

Astrid Synnøve Knudsen

Betongbru med alkalireaksjoner og korrosjon

Kapasitetsberegninger av eksisterende konstruksjoner i Tromsøbrua

Masteroppgave i Konstruksjonsteknikk

Veileder: Terje Kanstad

Juni 2023

Astrid Synnøve Knudsen

Betongbru med alkalireaksjoner og korrosjon

Kapasitetsberegninger av eksisterende konstruksjoner i Tromsøbrua

Masteroppgave i Konstruksjonsteknikk
Veileder: Terje Kanstad
Juni 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden



MASTEROPPGAVE 2023

FAGOMRÅDE: Betongkonstruksjoner	DATO: 10.juni 2023	ANTALL SIDER: 126+272
------------------------------------	-----------------------	--------------------------

TITTEL:

Betongbru med alkalireaksjoner og korrosjon

Concrete bridge with alkali reactions and corrosion

UTFØRT AV:



Astrid Synnøve Knudsen

SAMMENDRAG:

Alkalireaksjoner i betong er en langsom skademekanisme som vil kunne gi utvidelser i betongen som både fører til rissdannelse og oppsprekking, samt tilleggslaster i konstruksjonene i form av momenter, skjærkrefter og aksialkrefter.

Armeringskorrosjon ansees å være den viktigste skademekanismen i betongkonstruksjoner (Markeset & Myrdal, 2008). Konstruksjoner i kystnære strøk, og spesielt konstruksjoner som avises med veisalt, er ekstra utsatt. Dette pga. de forhøyede kloridkonsentrasjonene. Tidligere vurderinger av Tromsøbrua har funnet kloridverdier i betongen under kritisk verdi, men de siste vurderingene og målingene fra 2022 viser høy korrosjonsrisikoen (Fredheim, 2022).

Tromsøbrua er en betongbru med samlet lengde på 1016 m. Denne oppgaven tar for seg bjelkedelen av bruene som består av brudekke med underliggende bjelker som danner dobbelt t-tverrsnitt opplagt på internt avstivede, doble søyler.

Konstruksjonens utnyttelsesgrad i bruddgrensetilstand beregnes i en tilstand med økte laster og redusert bæreevne som følge av alkalireaksjoner og korrosjon. Analyseverktøy som benyttes for å finne dimensjonerende laster er programvaren FEM-design, mens kapasitetsberegninger gjøres manuelt i MathCAD.

Med alkalireaksjoner i Tromsøbrua er det momentbelastningen i felt som blir mest kritisk rammet av tvangskrefter. Ut ifra forutsetningene gjort i denne oppgaven kan det sees at momentkapasitetene i bruene reduseres i størrelsesorden 10-15 % med 5 % korrosjon i armeringen, og 25% med 10 % korrosjon. Skjærkapasitetene i tverrsnitt med skjærarmering vil få kapasitetsreduksjonen på om lag 10% og 20% ved tilfellene med 5% og 10% armeringskorrosjon. I tilfellene uten skjærarmering er kapasitetsreduksjonen i området 1-4%.

Konklusjonen fra beregningene er at bruens kapasitet i lengderetning er tilfredsstillende i en situasjon med alkalireaksjoner. Hvis hovedarmeringen oppnår en korrosjonsgrad på 5% er kapasiteten raskt overskredet like vel. I tverretning overskrider bruens belastning dens dimensjonerende momentkapasitet i bruddgrensetilstand. Dette allerede i en situasjon uten armeringskorrosjon. Skjærkapasiteten i bruene er generelt god og overskrides ikke i en situasjon med 10 % armeringskorrosjon.

FAGLÆRER: Terje Kanstad

VEILEDER: Terje Kanstad

UTFØRT VED: Institutt for konstruksjonsteknikk

Forord

Denne oppgaven er gjennomført som avsluttende del av masterstudiet Bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) våren 2023. Omfanget av masteroppgaven tilsvarer 30 studiepoeng og er arbeidet med gjennom 20 uker.

Jeg vil rekke en stor takk til veileder Terje Kanstad ved NTNU for alle råd og innspill til oppgaven. I tillegg vil jeg takke Håvard Johansen fra Stantens vegvesen som har bidratt til bedre forståelse for alkalireaksjoners konstruktive effekter, og Magdalena Jadwiga Osmolska for innspill til materialegenskaper i korrodert armering.

Sammendrag

Alkalireaksjoner i betong er en langsom skademekanisme som vil kunne gi utvidelser i betongen som både fører til rissdannelse og oppsprekking, samt tilleggslaster i konstruksjonene i form av momenter, skjærkrefter og aksialkrefter.

Armeringskorrosjon ansees å være den viktigste skademekanismen i betongkonstruksjoner (Markeset & Myrdal, 2008). Konstruksjoner i kystnære strøk, og spesielt konstruksjoner som avises med veisalt, er ekstra utsatt. Dette pga. de forhøyede kloridkonsentrasjonene. Tidligere vurderinger av Tromsøbrua har funnet kloridverdier i betongen under kritisk verdi, men de siste vurderingene og målingene fra 2022 viser høy korrosjonsrisikoen (Fredheim, 2022).

Tromsøbrua er en betongbru med samlet lengde på 1016 m. Denne oppgaven tar for seg bjelkedelen av bruene som består av brudekke med underliggende bjelker som danner dobbelt t-tverrsnitt opplagt på internt avstivede, doble søyler.

Konstruksjonens utnyttelsesgrad i bruddgrensetilstand beregnes i en tilstand med økte laster og redusert bæreevne som følge av alkalireaksjoner og korrosjon. Analyseverktøy som benyttes for å finne dimensjonerende laster er programvaren FEM-design, mens kapasitetsberegninger gjøres manuelt i MathCAD.

Med alkalireaksjoner i Tromsøbrua er det momentbelastningen i felt som blir mest kritisk rammet av tvangskrefter. Ut ifra forutsetningene gjort i denne oppgaven kan det sees at momentkapasitetene i bruene reduseres i størrelsesorden 10-15 % med 5 % korrosjon i armeringen, og 25% med 10 % korrosjon. Skjærkapasitetene i tverrsnitt med skjærarmering vil få kapasitetsreduksjonen på om lag 10% og 20% ved tilfellene med 5% og 10% armeringskorrosjon. I tilfellene uten skjærarmering er kapasitetsreduksjonen i området 1-4%.

Konklusjonen fra beregningene er at bruens kapasitet i lengderetning er tilfredsstillende i en situasjon med alkalireaksjoner. Hvis hovedarmeringen oppnår en korrosjonsgrad på 5% er kapasiteten raskt overskredet like vel. I tverretning overskrider bruens belastning dens dimensjonerende momentkapasitet i bruddgrensetilstand. Dette allerede i en situasjon uten

armeringskorrosjon. Skjærkapasiteten i bruene er generelt god og overskrides ikke i en situasjon med 10 % armeringskorrosjon.

Abstract

Concrete can suffer slow damage from alkali reactions, which can cause cracking and can lead to additional loads on constructions in the form of moment, shear forces, and axial forces.

Reinforcement corrosion is considered the most significant damage mechanism in concrete structures (Markeset & Myrdal, 2008). Constructions in coastal areas, especially constructions that are de-iced with road salt, are particularly vulnerable. Due to the elevated level of chlorides.

Previous assessments of the Tromsø Bridge have found chloride values in the concrete below the critical value, but the latest assessments and measurements from 2022 show a high corrosion risk (Fredheim, 2022).

The Tromsø Bridge is a concrete bridge with a total length of 1,016 m. This thesis deals with the beam part of the bridge, which consists of a bridge deck with underlying beams that form a double t-section laid on internally braced, double columns.

The construction's degree of utilization in the ultimate limit state is calculated in a state with increased loads and reduced bearing capacity due to alkali reactions and corrosion. The analysis tool used to find dimensioning loads is the software FEM design, while capacity calculations are done manually in MathCAD.

With alkali reactions in the Tromsø bridge, the moment in mid-span is hit hardest by coercive forces. Based on the assumptions made in this thesis, the moment capacities in the bridge were reduced in the order of 10-15% with 5% corrosion in the reinforcement, and 25% with 10% corrosion. The shear capacities in cross sections with shear reinforcement will have the capacity reduction of about 10% and 20% in the cases with 5% and 10% reinforcement corrosion. In the cases without shear reinforcement, the capacity reduction is in the range of 1-4%.

The conclusion from the calculations shows the capacity in the longitudinal direction is satisfactory in a situation with alkali reactions. If the main reinforcement achieves a

corrosion rate of 5%, the capacity is quickly exceeded as well. In the transverse direction, the bridge's load exceeds its design moment capacity in the ultimate limit state. Even in a scenario where reinforcement corrosion isn't taken into consideration. The shear capacity in the bridge is generally good and does not exceed design shear capacity, when factoring in 10% reinforcement corrosion.

Forkortelser

AR - Alkalireaksjoner

OK - Overkant

UK - Underkant

GB - Gangbane

Innhold

Forord	iii
Sammendrag	iv
Abstract	vi
Forkortelser	viii
Innhold	ix
1 Innledning.....	1
2 Bakgrunn	3
2.1 Korrosjon	3
2.1.1 Karboniseringsindusert korrosjon.....	5
2.1.2 Kloridindusert korrosjon.....	6
2.1.3 Skader som følge av korrosjon	7
2.2 Alkalireaksjoner	8
2.2.1 Skader som følge av alkalireaksjoner	9
3 Beregningsgrunnlag.....	11
3.1 Regelverk.....	11
3.1.1 Standarder og håndbøker.....	11
3.2 Geometri.....	12
3.3 Materialer.....	16
4 Laster og lastkombinasjoner	19
4.1 Permanente laster	19
4.1.1 Egenvekt brudekke	19
4.1.2 Egenvekt slitelag.....	19
4.1.3 Rekkverk og andre installasjoner	19
4.2 Variable laster.....	21
4.2.1 Trafikklaster	21
4.2.2 Naturlaster.....	23
4.3 Deformasjonslaster	27
4.4 Lastkombinering.....	28
5 Tilstandsvurdering.....	31
5.1 Undersøkelser av Tromsøbrua	31
5.2 Tilstandsvurdering av bjelkedelen.....	33
6 Implementering av skademekanismer	39
6.1 Materialelegenskaper	39

6.1.1	Alkalireaksjon	39
6.1.2	Korrosjon	40
6.2	Tilleggslaster	43
6.2.1	Alkaliereaksjon	43
6.3	Korrosjonsscenarioer	46
7	Modellering og beregningsmetoder	52
7.1	Statisk system	52
7.2	FEM-Design	55
7.2.1	Modellering i FEM-design	55
7.2.2	Laster i FEM-design	58
7.3	Manuelle beregninger	69
7.3.1	Momentkapasitet	70
7.3.2	Skjærkapasitet	74
8	Beregningsresultater	76
8.1	Dimensjonerende momenter	76
8.1.1	Dimensjonerende momenter uten AR	76
8.1.2	Dimensjonerende momenter med AR, uten temperaturlaster	78
8.1.3	Dimensjonerende momenter med AR og temperaturlaster	80
8.1.4	Dimensjonerende momenter i tverretning	82
8.1.5	Dimensjonerende momenter	85
8.2	Dimensjonerende skjærkrefter	86
8.2.1	Dimensjoner skjærkrefter uten AR	86
8.2.2	Dimensjonerende skjærkrefter med AR, uten temperaturlaster	87
8.2.3	Dimensjonerende skjærkrefter med AR og temperaturlaster	88
8.2.4	Dimensjonerende skjærkrefter i tverretning	89
8.2.5	Dimensjonerende skjærkrefter	92
8.3	Kapasitet	92
8.3.1	Momentkapasitet	93
8.3.2	Skjærkapasitet	94
9	Kapasitetsutnyttelse	96
9.1	Uten kapasitetsinnvirkning fra skademekanismer	96
9.2	Med 5 % korrosjon	98
9.3	Med 10% korrosjon	100
10	Resultat	102
11	Diskusjon	104
11.1	Forutsetninger	104

11.2	Analyse	105
11.3	Tidligere arbeid.....	105
12	Konklusjon	111
13	Referanser	113
14	Vedlegg.....	115
	A) Tegninger	A-1
	B) Kryp og svinn	B-1
	C) Bjelkehøyder og koter	C-1
	D) Laster fra gangbane	D-1
	E) Vindlaster	E-1
	F) AR-laster	F-1
	G) Omregning temperatur-/AR-laster	G-1
	H) Momentkapasitet	H-1
	I) Skjærkapasitet	I-1
	J) FEM-rapport brumodell 1	J-1
	K) FEM-rapport brumodell 2	K-1

1 Innledning



Figur 1-1 Tromsøbrua, Bildet er lånt av fotograf Mark Ledingham

Tromsøbrua går mellom Tromsdalen og Tromsøya, og ble ferdigstilt i 1960. Bruen ansees å ha en høy arkitektonisk og identitetsskapende verdi. Den ble derfor i 2002 foreslått vernet, og i 2008 ble den fredet av riksantikvaren. Det er derfor ikke ønskelig med ombygging og endringer, men bevaring av både hovedkonstruksjoner og detaljer (Stokke, 2014).

Bruens bestandighet og bæreevne er derfor svært viktig at ivaretas, i og med at bruene skal bli stående «for evig». Skademekanismer som bruene utsettes for bør være under oppsyn og vurdering kontinuerlig.

På den tiden bruene ble bygget var det ikke kjent at alkalireaksjoner kunne være et problem i betongkonstruksjoner i Norge. Det er derfor mange bruene og konstruksjoner fra denne tiden som lider under denne skademekanismen, og Tromsøbrua er ikke et unntak. I tillegg er armeringskorrosjon et kjent og stort problem, spesielt i kloridutsatte betongkonstruksjoner.

En vurdering av disse skademekanismenes innvirkning på bruens bærekapasitet er derfor en relevant problemstilling i dag.

Inspeksjons- og prøverapporter fra SINTEF og Multiconsult frem til år 2022 benyttes i denne oppgaven som underlag for bruens tilstand og skadeomfang. Ut ifra disse beskrivelsene og målingene gjøres en vurdering av de konstruktive effektene dette har på bruene, og bruene beregnes i bruddgrensetilstand.

Konstruksjonen modelleres i FEM-design for å finne de dimensjonerende kreftene som bruene skal tåle. Her implementeres laster fra alkalireaksjoner. Bruenes konstruktive kapasiteter beregnes manuelt med nødvendige justeringer i materialegenskaper som følge av skademekanismene. Til slutt er kapasitetsutnyttelsene vurdert for tilfeller med og uten AR og korrosjon.

En vurdering av de konstruktive effektene av korrosjon og alkalireaksjoner i armert betong er en kombinasjon av fagområdene materialteknologi og konstruksjonsteknikk. Å se betongkonstruksjoner i lys av betongteknologi gir en større forståelse og innsikt i konstruksjonenes egenskaper og oppførsel i skadet tilstand.

Tromsøbrua har tidligere blitt vurdert for effektene av alkalireaksjoner, men en kombinasjon av de samtidige effektene av alkalireaksjoner og korrosjon i bruene er ikke blitt sett på tidligere.

2 Bakgrunn

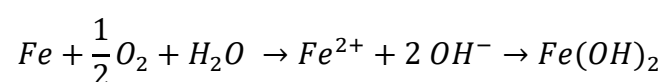
Betongkonstruksjoner kan utsettes for forskjellige nedbrytningsmekanismer. Dette inkluderer korrosjon av armering, fysisk nedbrytning, kjemisk nedbrytning og biologisk nedbrytning. I forbindelse med brukonstruksjoner er det gjerne korrosjon, fysisk- og kjemisk nedbrytning som er de reelle farene. Under kjemiske nedbrytninger er det i dette tilfellet alkalireaksjoner som er aktuelt, mens det for fysiske nedbrytninger er frostskaader som vil kunne påvirke bruens bestandighet og bæreevne.

I denne oppgaven er det valgt å sette søkelys på de to skademekanismene armeringskorrosjon og alkalireaksjoner. Like vel er det viktig å være klar over at bruene også vil være utsatt for frostsprengning. Disse tre skademekanismene vil kunne ha en negativ innvirkning på hverandre, for eksempel ved at en konstruksjon med mye riss fra enten AR eller korrosjon vil være mer utsatt for frostsprengning ved at vann trenger lettere inn i konstruksjonen.

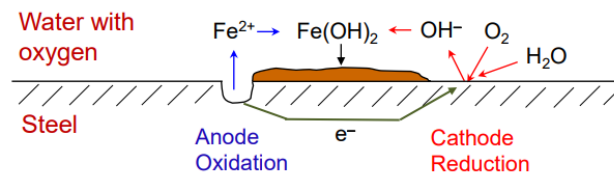
2.1 Korrosjon

Korrosjon (rust) i armering ansees som den mest dominerende skademekanismen for armerte betongkonstruksjoner (Markeset & Myrdal, 2008). Årsakene til at korrosjon er så skadelig er for det første at mer og mer av armeringsjernet ruster bort og man mister armeringsareal i konstruksjonene. I tillegg har korrosjonsproduktene et volum som er vesentlig større enn armeringsstålet slik at betongen vil bli utsatt for sprengning fra armeringen og kan risse opp og avskalles. Dessuten vil den resterende armeringen bli mindre duktil og få lavere styrke (Hanjari, 2010).

Korrosjon av jern er en reaksjon hvor jern-ioner i en ustabil tilstand reagerer med vann og oksygen og danner jernoksider gjennom redoksreaksjoner. Det vil si reaksjoner hvor det skjer reduksjon (ved en katode) og oksidasjon (ved en anode) synkront.



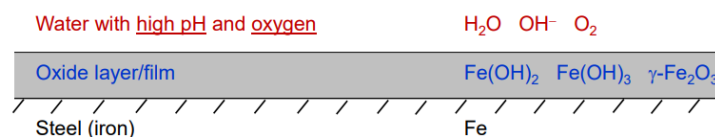
I korrosjonsreaksjonen er det stålet som virker som anode. Her skjer det en oksidasjon av jern som blir til positivt ladede jernioner. Oksygenet tar imot elektronene og fungerer som katode. Her skjer en reduksjon hvor oksygen reduseres fra O_2 til OH^- , i en reaksjon sammen med vann (H_2O). De positivt ladede jernionene vil sammen med OH^- danne rust. Dette er illustrert i Figur 2-1.



Figur 2-1 Korrosjon av armeringsstål. Figur lånt fra forelesningsnotat "Corrosion of steel reinforcement in concrete" (Myrdal, 2022)

Betong har i utgangspunktet en høy pH, >12 . Dette er viktig for å beskytte armeringen mot korrosjon. Det dannes først et tynt beskyttende lag av jernoksider rundt armeringsjernene. Dette laget kalles gjerne en passivfilm, og er helt essensiell for beskyttelse av armeringsjern mot korrosjon. En prinsipiell skisse av passivfilmen rundt armeringen er vist i Figur 2-2.

En reduksjon av pH ned til om lag 9, eller tilstedeværelse av kloridioner, vil føre til at passivfilmen blir ustabil og jernet vil bli tilgjengelig for korrosjon (Jacobsen, et al., 2016).



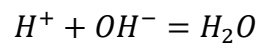
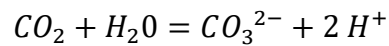
Figur 2-2 Passivfilm rundt armeringsstålet. Figur lånt fra forelesningsnotat "Corrosion of steel reinforcement in concrete" (Myrdal, 2022)

Oftest ser man på korrosjonsutviklingen delt i to faser, initieringsfasen og propageringsfasen. Initieringsfasen er frem til man når en kritisk verdi av CO_2 eller klorider i betongen helt inn ved armeringen slik at det skjer en depassivering av passivfilmen, mens propageringsfasen er fra oppstart av korrosjon, gjennom aktiv korrosjon, frem til sammenbrudd.

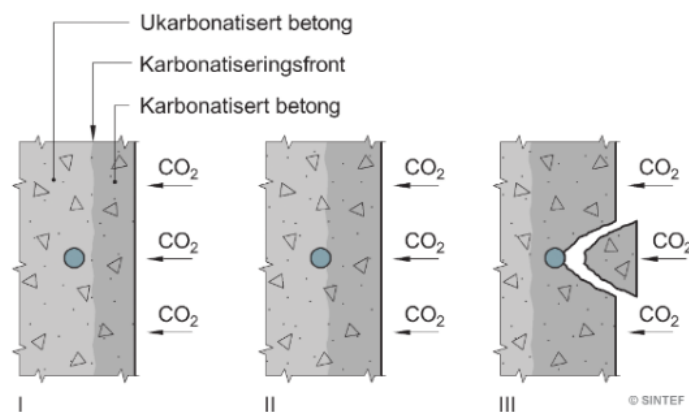
Armeringskorrosjon deles gjerne inn i to forskjellige former, karbonatiseringsindusert- og kloridindusert korrosjon.

2.1.1 Karbonatiseringsindusert korrosjon

Årsaken til at karbonatisering av betongkonstruksjoner fører til korrosjon er at det fører til redusert pH som igjen gjør passivfilmen av jernoksider rundt armeringen ustabil og armeringen kan korrodere. Følgende formler viser hvordan CO₂ vil kunne redusere pH i betong:



Korrosjonen som følger av CO₂ som penetrerer betongen er ofte en relativt jevn overflatekorrosjon, og derfor lettere å estimere konsekvensene av enn pittingkorrosjon som kommer som følge av kloridinntrengning. Hvordan karbonatisering av armeringskorrosjon fører til korrosjon vises i Figur 2-3.



Figur 2-3 Lånt fra SINTEF byggforsk 720.105 Nedbrytningsmekanismer i betongkonstruksjoner. (SINTEF, 2021)
Skjematisk illustrasjon av karbonatisering og korrosjon

I. Begynnende karbonatisering

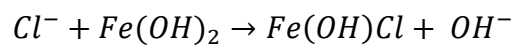
II. Karbonatiseringsfronten har nådd armeringen, og depassivering begynner. Se pkt. 22.

III. Karbonatiseringsfronten har passert armeringen og initiert aktiv korrosjon, som har ført til sprekkdannelse og avskalling.

2.1.2 Kloridindusert korrosjon

Kloridindusert korrosjon er spesielt aktuelt i konstruksjoner utsatt for vegsalt eller kystklima med saltvann fra havet. Dette er derfor svært aktuelt for Tromsøbrua, og er den korrosjonsformen som er sannsynlig at opptrer her. Dessuten øker stadig bruken av vegsalt, så eksponeringen blir tilsvarende verre.

Kloridioner som når frem til armeringsstålet vil kunne løse opp passivfilmen og videre reagere med jernet og danne rust. Den kjemiske formelen for oppløsning av passivfilm ved kloridioner er som følger:

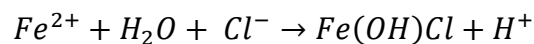
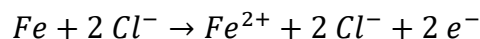


Som vist i Figur 2-4 vil stålet bli mindre beskyttet når $\text{Fe}(\text{OH})_2$ som er uløselig erstattes av $\text{Fe}(\text{OH})\text{Cl}$ som er løselig og kan vaskes bort.



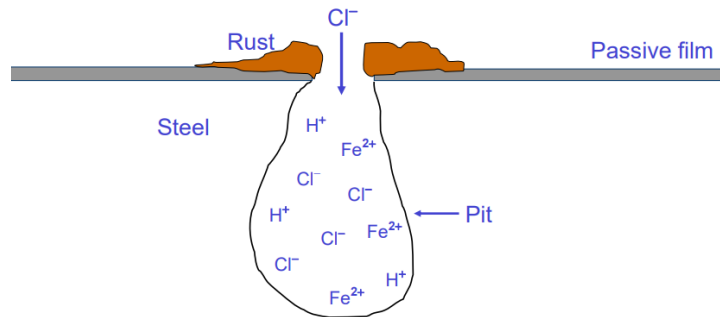
Figur 2-4 Passivfilm rundt armeringsstålet utvaskes av klorider. Figur lånt fra forelesningsnotat "Corrosion of steel reinforcement in concrete" (Myrdal, 2022)

Kjemisk formel for reaksjon mellom kloridioner og jern er:



Reaksjonene kan fortsette med tilgjengelig vann og klorid uten at det trengs oksygen. Den videre korroderingen kan derfor fortsette innover i jernet og danne en «dam» som illustrert i

Figur 2-5.



Figur 2-5 Klorider danner hull i armeringsjern. Figur lånt fra forelesningsnotat "Corrosion of steel reinforcement in concrete" (Myrdal, 2022)

Slik korrosjon vil være mindre synlig på overflaten enn jevnt fordelt korrosjon, og det vil derfor vær vanskeligere å se omfanget og skadevirkningen av denne typen korrosjon.

2.1.3 Skader som følge av korrosjon

Som tidligere nevnt vil reaksjonsproduktene ved armeringskorrosjon, rust, være av større volum enn armeringsstålets opprinnelige volum. Denne utvidelsen trykker på betongen og vil ved større omfang føre til oppsprekking av betong, redusert heft mellom armering og betong, og delaminering. Ved stor grad kan deler av betongtversnittet falle av.

Armeringsjernet får redusert effektivt tverrsnitt samtidig som styrken og duktiliteten til jernet svekkes.

Samlet gir dette reduserte konstruktive og estetiske egenskaper. Det gir blant annet redusert moment- og skjærkapasitet, økt nedbøyning og kortere levetid.

Det er mange faktorer som virker inn på sannsynligheten og raten av korrosjon. De mest opplagte er vann og oksygen-tilførsel, kloridkonsentrasjon og karbonatiseringsgrad. I tillegg er tykkelse og kvalitet på overdekning, utførelse, betongens permeabilitet, konstruksjonens geometri, frostbestandighet og en rekke flere faktorer viktige for å forhindre armeringskorrosjon.

2.2 Alkalireaksjoner

Alkalireaksjoner er reaksjoner i betongen som skyldes tilstedeværelse av reaktivt tilslag, alkalier og vann. Reaksjonene regnes som både kjemiske og fysiske, og består av at høy pH og alkalier i betongens porevann løser silisiumoksid i tilslaget. Silisiumoksidet reagerer så med vann og alkalier, og danner en gel (SINTEF, 2021).

Denne gel-en sveller når den tar til seg vann, og vil dermed prøve å utvide seg. Dette fører til et trykk i betongen som ved små mengder bare fyller opp porer og andre hulrom i betongen. Ved større omfang vil trykkraften fra utvidelsene kunne bli større enn betongkonstruksjonens strekkapasitet slik at betongen risser og sprekker opp (SINTEF, 2021).

I en statisk ubestemt konstruksjon vil utvidelser også kunne føre til tvangskrefter i konstruksjonen.

Alkalireaksjonene er langsomme reaksjoner og det tok derfor lang tid før man oppdaget at vi har slike utfordringer i Norge. Det er snakk om år og tiår før alkalireaksjoner fører til alvorlig skade (SINTEF, 2021). Dessuten er dette reaksjoner som går raskere med økt temperatur, så med vårt kalde klima blir reaksjonene spesielt trege. Alkalireaksjoner ble ikke regnet som noe problem før på 1990-tallet, men i dag er det reguleringer for hvordan betongsammensetningen skal være når det gjelder tilslagets reaktivitet og mengden alkalier i sementen. Utfordringen er dermed ivaretatt for nye konstruksjoner, men er svært reell for betong fra før 90-tallet.

For at alkalireaksjonene skal skje må alle tre forutsetninger være på plass:

- Reaktivt tilslag
- Alkalier
- Vann

Dette oppsummerer SINTEF i en avhengighetstrekant kalt RAV-trekanten. Denne er vist i Figur 2-6.



Figur 2-6 Lånt fra SINTEF byggforsk 720.105 Nedbrytningsmekanismer i betongkonstruksjoner. (SINTEF, 2021). RAV-trekanten beskriver forutsetninger som må være oppfylt samtidig for at skadelig alkalireaksjoner skal kunne utvikles.

Grenseverdien for fuktinnhold settes ofte til 80% RF. I tillegg øker hastigheten på nedbrytningen med økt fuktinnhold over dette. (Guðmundsson & Einarsson, 2013)

2.2.1 Skader som følge av alkalireaksjoner

Tvangskraftene som en statisk ubestemt konstruksjon utsettes for pga. AR-laster er en stor utfordring i mange sammenhenger. Kraftene oppstår ved at betongen prøver å utvide seg som følge av den ekspanderende gel-en, samtidig som oppleggsbetingelser og armering prøver å holde igjen. Dette medfører strekk i armeringen og trykk i betongen.

Ved usymmetrisk armering over et tverrsnitt vil konstruksjonen utsettes for krumning som resultat fra disse trykk- og strekkraftene. Dette fører til tvangsmomenter i konstruksjonen.

Utvidelser i betongkonstruksjoner som følge av alkaliereaksjoner vil også kunne føre til forskyvninger av for eksempel søyleopplegg, lager eller fuger som kan lukkes (Rodum & Pedersen, 2022).

Ekspansjonen fra alkalireaksjonene fører til både interne riss og riss i overflaten. Dette vil kunne redusere betongens E-modul og strekkfasthet i tillegg til økt permeabilitet.

Rissdannelse i overflaten på en betongkonstruksjon vil kunne medføre dårligere bestandighet og være en katalysator for videre skadeutvikling i betongen. Eksempelvis kloridinntrengning med korrosjonsskader som følge, og vanninntrengning med frostsprengning som følge.

Ofte sees overflateriss fra alkalireaksjoner som krakeleringsriss eller riss parallelt med belastningen (Rodum & Pedersen, 2022).

3 Beregningsgrunnlag

3.1 Regelverk

Tromsøbrua ble ferdigbygget i 1960, og er derfor bygget etter eldre standarder og ikke etter eurokodene. Tidligere skulle eksisterende bruer kontrolleres etter regelverket fra den tiden bruene ble bygget. Slik er det ikke lenger i dag. I Vegvesenets håndbok V413 (Statens vegvesen, 2021) står det at kapasiteten til betongkonstruksjoner skal kontrolleres i henhold til NS-EN 1992, med unntak av skjærkapasitet, som kan kontrolleres etter NS 3473, 6. utgave fra 2003 (Statens vegvesen, 2021).

3.1.1 Standarder og håndbøker

Prosjektering av konstruksjoner skal følge eurokodene. Det vil si NS-EN-1990 til NS-EN1999. I denne sammenhengen er de aktuelle standardene:

- NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering (Standard Norge, 2016), Heretter referert til som EC0.
- NS-EN 1991 Laster på konstruksjoner Del 1-1: Allmenne laster Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger (Standard Norge, 2019), Del 1-4: Allmenne laster Vindlaster (Standard Norge, 2009) og Del 1-5: Allmenne laster Termiske påvirkninger (Standard Norge, 2008). Heretter referert til som EC1-1, EC1-4 og EC1-5.
- NS-EN 1992 Prosjektering av betongkonstruksjoner (Standard Norge, 2018), heretter referert til som EC2.

I tillegg til standardene har Statens vegvesen utarbeidet håndbøker som deles inn i vegnormaler, retningslinjer og veiledninger. Vegnormaler er kravdokumenter som gjelder for all offentlig veg og gate. Disse er hjemlet i lovverket. Retningslinjer gjelder for riksveger og Statens vegvesen og er også hjemlet i lovverk. Veiledninger er dokumenter som utdyper og understøtter vegnormalene. Det er dermed normalene som er de overordnede dokumentene og om det er motstridelser imellom dokumentene er det vegnormaler som veier tyngst, deretter retningslinjer og til slutt veiledninger (Statens vegvesen, 2022).

Aktuelle håndbøker:

- N400 Bruprosjektering (Statens vegvesen, 2023), heretter referert til som N400.
- V412 Bæreevneklassifisering av bruer, laster (Statens vegvesen, 2021), heretter referert til som V412.
- V413 Bæreevneklassifisering av bruer, materialer (Statens vegvesen, 2021), heretter referert til som V413.

I tillegg gjøres beregninger etter prinsipper og erfaringer fra Statens vegvesens rapporter:

- SVV rapport 855 Bæreevneklassifisering av bruer med alkalireaksjoner (Johansen, 2022).
- FoU-programmet Bedre bruvedlikehold 2017-2021 (Statens vegvesen, 2022).

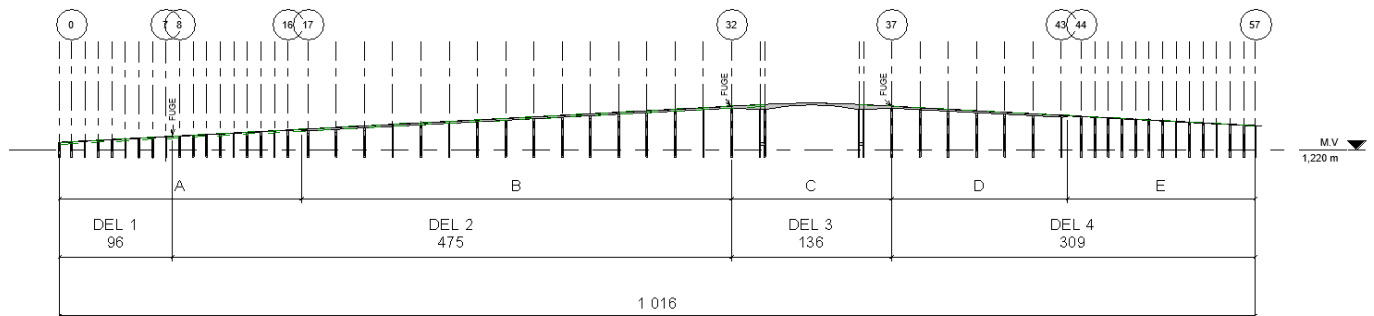
3.2 Geometri



Figur 3-1 Oversiktsbilde, et utklipp fra Google maps

Tromsøbrua er 1016 m lang og bygget etter tre forskjellige konstruksjonsprinsipper. Disse tre er:

- Brudekke opplagt på enkeltsøyler, markert som seksjon A og E i Figur 3-2.
- Brudekke med to underliggende bjelker (T-bjelker) lagt opp på doble søyler, markert som seksjon B og D i Figur 3-2.
- Fritt frambygg som et spennarmert kassetvernsnitt på doble søyler, markert som seksjon C i Figur 3-2.

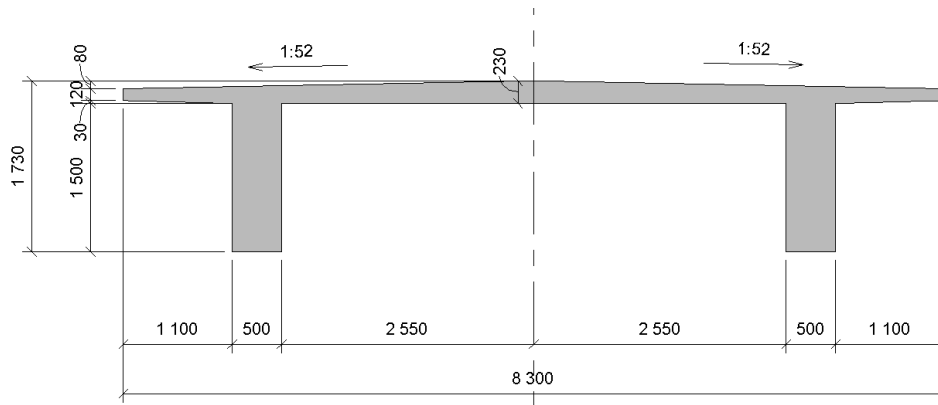


Figur 3-2 Oppriss av Tromsøbrua delt inn i seksjoner og deler etter hhv. konstruksjonsprinsipper og fuger

Bruen har fuger ved tre plasseringer. Mellom akse 7 og 8, i akse 32 og i akse 37. Dette deler bruene i fire statiske systemer som kan vurderes hver for seg. Del 1 til del 4.

Denne oppgaven omhandler bjelkedelen av bruene og begrenses til seksjon B i del 2.

Betongvernsnitt er som vist i Figur 3-3 mens opplegg på søyler er vist i Figur 3-4.

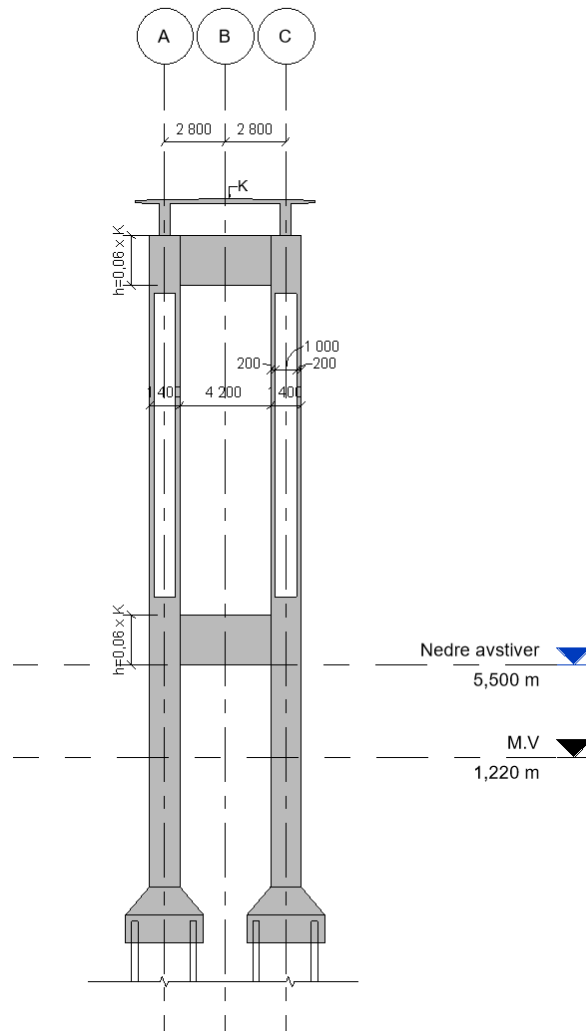


Figur 3-3 Tverrsnitt av bjelkedelen av bruen

Brudekket med underliggende bjelker ligger kontinuerlig over betongsøylene plassert i hver akse. Spennvidden er 24 m. Bruen har stigning tilnærmet lineært 5,4% i denne brudelen.

Søylene under bjelkedelen er doble søyler avstivet med to interne bjelker. En i overkant og en ved en fast høyde over havet. Se Figur 3-4 for et snitt gjennom søylene.

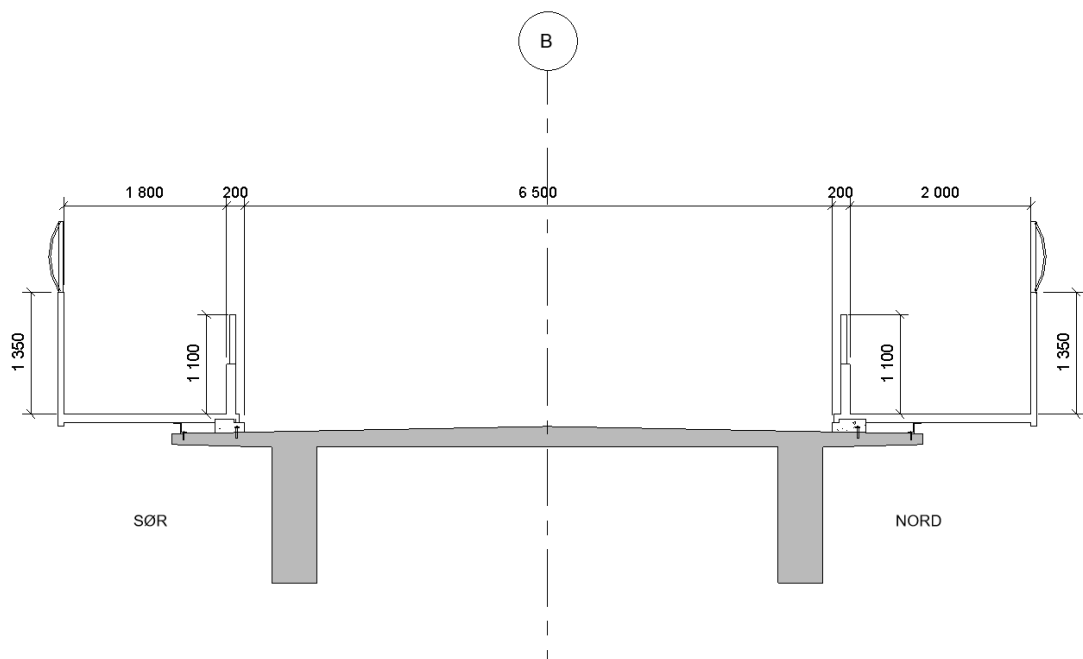
T-bjelkene som utgjør brutverrsnittet, er forankret med armering ned i søylene og søylene er forankret med peler ned i bakken.



Figur 3-4 Snitt gjennom søyler under bjelkedelen av bru

Som det kommer frem på figuren, er søylene delvis hule og delvis massive. Den hule delen er mellom øvre og nedre avstiver. Ifølge arbeidstegningene gjelder ikke dette for søyleparene i akse 32 og 37 som støpes massive. Se vedlegg A.

Oppå bru er det montert gangbane med rekkverk i stål. Se Figur 3-5.



Figur 3-5 Gangbane og rekkverk i stål

3.3 Materialer

Ifølge tabell 2.1.1 i V413 skal eksisterende betongbruer beregnes med følgende materialfaktorer for henholdsvis betong og armeringsstål i bruddgrensetilstand:

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\gamma_s = 1,25$$

Dimensjonerende fasthet i betong fra EC2:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

(3-1)

Der γ_c er materialfaktor for betong, $\alpha_{cc} = 0,85$ og f_{ck} er karakteristisk sylindrefasthet gitt i tabell 2.1.2 i V413.

Betongens fasthet for strekk, f_{tn} , finnes i tabell 2.1.4 i V413 mens E-modulen til betongen er hentet fra tabell 3.1 i EC2.

Dimensjonerende fasthet i armering fra EC2:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

(3-2)

Der γ_s er materialfaktor for armering og f_{yk} er armeringens karakteristiske flytegrense gitt i tabell 2.1.3 i V413.

Betong- og stål kvalitet er gitt fra arbeidstegninger, se vedlegg A.

Oppsummert skal bjelkedelen av Tromsøbrua beregnes med materialkvaliteter listet opp i Tabell 3-1 og Tabell 3-2.

Tabell 3-1, materialeegenskaper betong

Betongkvalitet	Tilsvarende betongkvalitet	f_{ck} (MPa)	f_{cd} (MPa)	E_{cm} (GPa)	f_{tn} (MPa)
A-betong	B20	20	11,3	30	1,4

Tabell 3-2, materialeegenskaper armering

Stålkvalitet	f_{yk}	f_{yd}	E_s (GPa)
St 37	230	184	200
CSF 50 / Ks 50 (ø8-ø16)	500	400	200
CSF 50 / Ks 50 (ø20-ø32)	480	384	200

For kapasitetsberegninger vil det også bli aktuelt å se på bruddtøyninger til armeringen. Fra NS 481 del 2 (Norges Byggstandardiseringsråd, 1968) finnes bruddtøyningen for armeringen i stål kvalitet KS50 i tabell 3:

$$\varepsilon_{uk,ks50} = 0,12$$

NS 481 Del 2
Side 3

4.2 Fasthetsegenskaper

Stålet skal oppfylle de fasthetskrav som er angitt i Tabell 3.
Strekprøvingen utføres som beskrevet i pkt. 7.2.

Tabell 3

Betegnelse for stål kvalitet	Nominell diameter		Nominell flytegrense σ_F kp/mm ² min.	Bruddforlengelse δ_{10} resp. δ_L % min.
	f. o. m.	t. o. m.		
Ks 40	8	20	40	15
Ks 40S	25	32	38	15
Ks 50	8	16	50	12
Ks 50S	20	25	48	12
Ks 60	8	16	60	12
Ks 60S				

4.3 Bøyningssegenskaper

4.3.1 Stengene skal tåle bøyeprovning som beskrevet i pkt. 7.3.1 uten at det vises an-tydning av riss eller sprekker på strekksiden.

4.3.2 Stengene skal tåle frem- og tilbakebøyning som beskrevet i pkt. 7.3.2 uten at dette medfører brudd eller rissdannelser.

Figur 3-6 Utklipp fra NS 481 del 2 (Norges Byggstandardiseringsråd, 1968)

Den dimensjonerende bruddtøyningen blir dermed etter EC2 punkt NA.3.2.7(2) etter følgende formel:

$$\varepsilon_{ud,ks50} = 0,4 * \varepsilon_{uk,ks50} = 0,4 * 0,12 = 0,048$$

(3-3)

Bruddtøyning for ST 37 antas til 3% som for armeringsstål teknisk klasse C etter tabell NA.3.5(901) i EC2:

$$\varepsilon_{ud,st37} = 0,03$$

4 Laster og lastkombinasjoner

I denne rapporten vurderes bruene i bruddgrensetilstand, så laster og lastkombinasjoner aktuelle for denne tilstanden inkluderes her.

Laster og lastkombinasjoner er i henhold til håndbok V412 som tar for seg laster for bæreevneklassifisering av eksisterende bruer. Disse lastene forutsetter at dimensjoneringskontroll skal være etter partialfaktormetoden.

4.1 Permanente laster

Permanente laster inkluderer alle laster som virker permanent på konstruksjonen. Det vil si egenvekten av konstruksjonen, vekten av slitelag, rekkverk og annen ballast eller utstyr som ikke skal fjernes.

I tillegg regnes jordtrykk og vanntrykk med som permanente laster, da disse lastene ikke fjernes. Jordtrykk og vanntrykk er ikke aktuelt for brudekket. Søylene står i vann, men med likt vanntrykk på alle sider, og bare på nederste del av søylene. Dette vil derfor ikke medføre noen krefter til brudekket.

4.1.1 Egenvekt brudekke

Egenvekt av armert betong settes til 25 kN/m^2 (Statens vegvesen, 2021) og lastene fra dette genereres automatisk i FEM-design.

4.1.2 Egenvekt slitelag

I henhold til V412 skal belegningslast beregnes etter tillatt belegningstykkelse for bruksklasse. Etter N400 tabell 5.5.2-1 blir dette $2,5 \text{ kN/m}^2$. Dette tilsvarer 100 mm asfalt. Kjørebanelen er 6,5 m bred, så resulterende linjelast blir $16,25 \text{ kN/m}$.

4.1.3 Rekkverk og andre installasjoner

Bruene har gangveg bygget i stål montert på begge sider av bruene, og gangvegen har rekkverk mot trafikken og mot yttersiden. På toppen av rekkverket mot yttersidene er det montert et

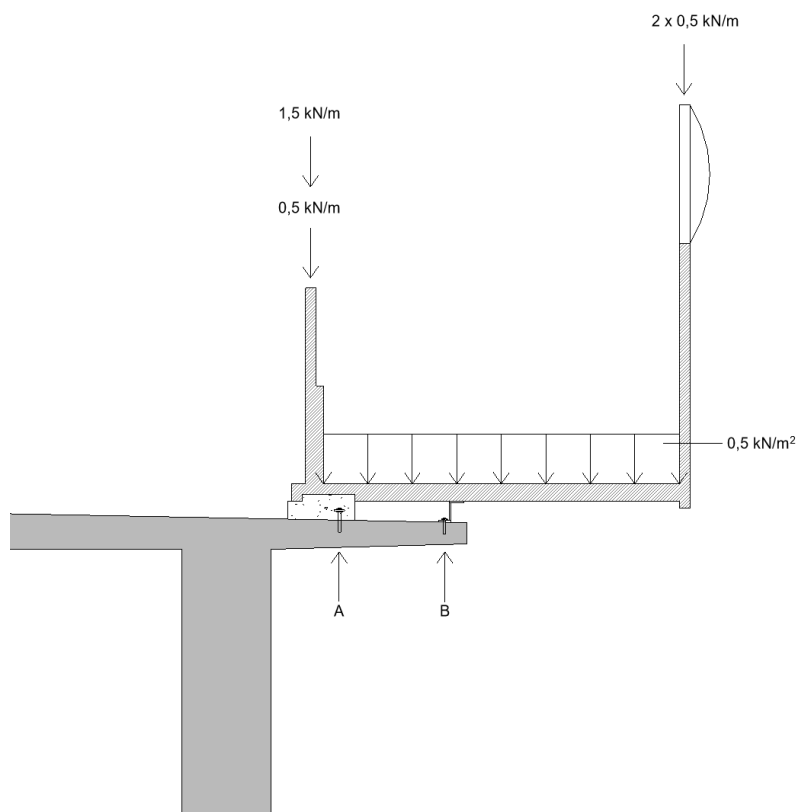
ytterligere rekkverk for å hindre selvmord fra bruene. Ståldekket er lagt opp på en bankett i betong mot kjørebanelen.

Rekkverk skal ifølge V412 antas å være 0,5 kN/m. Selve gangvegen beregnes etter tegning 06 og 07 i vedlegg A med en egenvekt på 77kN/m³ for stål, og ender med en egenvekt på 0,5 kN/m² etter beregninger i vedlegg D. Betongbanketten har et tverrsnittsareal rett i underkant av 0,06 m² og vil da ha en egenvekt på 1,5 kN/m.

Av tegning 07 fra vedlegg A sees det at det ikke skal være belegning på gangvegen. Her er det kun et sklissikkert belegg.

Se vedlegg D for utregning av egenvekter på gangveg. Lastene er vist i Figur 4-1.

Lastene fra gangbanen omregnes til resultanter som virker i innfestingspunktene til brudekket i lasttilfellene for kapasitet i tverretning. For kapasitet i lengderetning summeres lastene til en linjelast på 7.9kN/m.



Figur 4-1 Egenlaster gangbane

4.2 Variable laster

Variable laster rommer alle laster som kan variere over tid. Dette vil for en bru inkludere trafikklaster, naturlaster og andre variable laster som for eksempel midlertidige installasjoner eller utstyr.

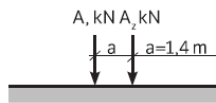
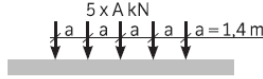
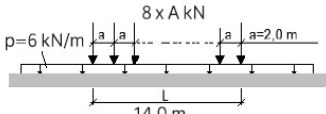
4.2.1 Trafikklaster

Trafikklaster er laster på kjørebane, gang- og sykkelbane, skuldre, rekkverk og midtdele. Laster på bruer deles inn etter bruksklasser og Tromsøbrua beregnes etter bruksklasse Bk10/50 som er den strengeste ordinære bruksklassen. Den dekker normaltransport med totalvekt opp til 50 tonn (500kN).

Bruer skal også dimensjoneres for dynamiske laster. I V412 er disse inkludert som et dynamisk tillegg i de vertikale lastene. Det vil si at det er lagt til 40% på ekvivalentlastene på tyngste aksling. Se last A1 og A2 for boggilast.

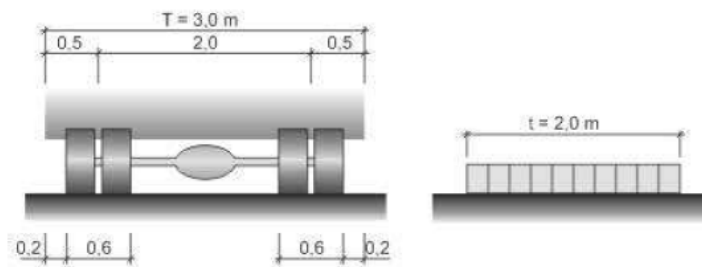
Ekvivalentlaster som benyttes i bæreevneklassifisering er basert på en momentsammenstilling mot trafikklaster og ikke en skjærsammenstilling. Dermed vil skjærkreftene i en slik beregning bli noe større, og beregningene blir i skjærsammenheng tilsvarende konservative.

Ekvivalentlaster består av en boggilast, kjøretøylast og vogntoglast som vist i Figur 4-2.

Lasttype	Lastfordeling	Ordinære bruksklasser					
		Bk 10/50	Bk T8/50	Bk T8/40	Bk 8/32	Bk 6/28	
Boggilast		A1	165	125	125	125	100
		A2	120	90	90	55	35
Kjøretøylast		A	80	68	68	58	45
Vogntoglast		A	60	55	47	38	30

Figur 4-2 Ekvivalentlaster for ordinære bruksklasser (V412)

Lastene skal fordeles i bredden på brudekket etter prinsipp vist i Figur 4-3, på den mest ugunstige plasseringen innenfor føringsavstanden. Et lastfelt har en bredde på 3 m for tunge kjøretøy, mens den jevnt fordelte lasten skal fordeles på et 2 m bredt lastfelt. Lastflaten under hjulene regnes 0,2 m i lengden og 0,6 m i bredden.



Figur 4-3 Bredden av lastfelt

Føringsavstanden for Tromsøbrua er 6,5 m, så her går det to lastfelt på 3 m i bredden. I tillegg er det gangveg på begge sider av bruen. Disse er 1,8 m og 2 m på henholdsvis sør- og nord-side av bruen. I henhold til V412 skal gang- og sykkelbane som er adskilt fra kjørebane med rekkverk belastes med 1 kN/m^2 med samtidig last i kjørebane. Uten samtidig last i kjørebane beregnes gang og sykkelbanen med 4 kN/m^2 . Dette var den dimensjonerende lasten da gangbanen ble montert på 80-tallet, etter Statens vegvesens håndbok 081 kap. 2 punkt 17. (Vegdirektoratet Bruavdelingen, 1976). Dermed kan gangbanen klassifiseres til GS 400 etter tabell 3-3 i V412. Denne tabellen er gjengitt i Figur 4-4.

Trafikklasten på gangbane behandles på samme måte som egenlasten på gangbane når det kommer til omregning til resultanter på bruen. Se vedlegg D.

GS-brukslast ⁽¹⁾	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	-

⁽¹⁾: GS-brukslast At 6/10 står for 6 tonns aksellast og 10 tonns totalvekt. GS 500 står for 5,0 kN/m² jevnt fordelt last.

Figur 4-4 Brukslaster for gang- og sykkebaner og gang- og sykkelbruer. Figur lånt fra V412

Horisontale laster fra trafikklast rommer bremselast, sidelast og sentrifugallast. Bjelkedelen av bruene har ingen svinger så det vil ikke oppstå sentrifugallaster. Bremselasten er iht. tabell 3-2 i V412 300 kN. Denne lasten skal fordeles over hele kjørebanelens bredde og virke i bruens lengderetning i høyde med kjørebanelen. Ved skjev bremsing oppstår det en sidelast. Denne skal være på 25% av bremselasten, altså 75 kN.

I og med at brudekket vil fungere som en stor skive vil disse horisontale kreftene bli fordelt over et stort antall søyler. Dermed vil effekten dette har for moment i overgang søyle/bjelkedekke bli liten og kan i denne sammenhengen neglisjeres.

4.2.2 Naturlaster

Naturlaster som virker på bruene er snølast, vindlast og temperaturlast. Maksimal snølast og maksimal trafikklast vil ikke opptre samtidig. Dermed blir ikke snølast dimensjonerende for bruene, og regnes ikke med.

Vindlast

Vindlaster beregnes etter håndbok N400, EC1-4, samt Statens vegvesens rapport 668. (Johansen, 2017) Bruens vindklasse blir ifølge N400 *vindklasse 1, brukonstruksjoner med ubetydelig dynamisk lastvirkning fra vind*, og vindlasten regnes etter krav 5.6.2-1 i N400.

Vindlasten per lengdeenhet finnes ved å beregne topphastighetstrykket og kraftfaktor for bruene, og multiplisere dette. Grunnlaget for topphastighetstrykket er kasthastighetstrykket etter NA.4.5 i EC1-4, mens formfaktorene for søyler og brudekke finnes i henholdsvis kap. 7 og 8 i samme standard.

For beregning av vindlaster skal det tas hensyn til samtidig trafikklast på bru i tillegg til lasttilfellet uten trafikk, etter krav 5.6.6-2 i N400. Med samtidig trafikk skal kjørebane regnes med en ekstra høyde på 2 m, men kastvindhastigheten skal ikke regnes høyere enn 35 m/s. Vindlastene resulterer derfor i forskjellig størrelse for tilfellene med og uten samtidig trafikk. Se vedlegg E for utregninger av vindlast.

Resultatene fra vindlast er vist samlet i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Vindlast

	Horisontal vindlast på tvers av bruretningen (x-retning)	Vertikal vindlast på brudekket (z-retning)	Horisontal vindlast på søyler (x-retning, på tvers)	Horisontal vindlast på søyler (y-retning, lengderetning)
Med samtidig trafikk	5,0 kN/m	7.4 kN/m	0,7 kN/m	0,7 kN/m
Uten samtidig trafikk	6,6 kN/m	15,1 kN/m	1,4 kN/m	1,3 kN/m

Temperaturlast

Temperaturlaster beregnes etter N400 og EC1-5. Etter krav 5.4-1 i N400 skal de termiske lastene romme en sammensatt virkning av:

- Jevnt fordelt temperaturandel
- Vertikal lineært varierende temperaturandel, alternativt vertikal ikke-lineært varierende temperaturandel
- Horisontalt lineært varierende temperaturandel
- Temperaturdifferanse over veggtykkelse mellom utvendige og innvendige vegger i kassetverrsnitt

Brudekket som beregnes i denne oppgaven er som tidligere beskrevet et dobbelt T-bjelkeverrsnitt. Dermed utgår punkt fire. Avsnitt 6.1.4.3 i EC1-5 hevder at det vanligvis bare er nødvendig å ta hensyn til temperaturdifferanser i vertikal retning, og at horisontalt varierende temperaturdifferanser kun er nødvendig å inkludere i spesielle tilfeller hvor for eksempel utforming av bruene gjør at en side er mer eksponert for sollys enn en annen. Dermed er det de to første punktene som inkluderes i temperaturlastene til brudekket.

Bruoverbygningen er av type 1 etter EC1-5 punkt 6.1.1.

Jevnt fordelt temperaturandel:

Ved beregning av den jevnt fordelte temperaturandelen ser man på den laveste og høyeste temperaturen som kan forventes for bruene med en returperiode på 50 år. Figur NA.A1 og NA.A2 i EC1-5 gir maksimums- og minimumstemperaturene på stedet:

$$T_{min} = -25^{\circ}\text{C}$$

$$T_{max} = 34^{\circ}\text{C}$$

Standardens figur NA.6.1 gir så høyeste og laveste temperatur i bruene:

$$T_{e.min} = T_{min} + 8^{\circ}\text{C} = -17^{\circ}\text{C}$$

(4-1)

$$T_{e.max} = T_{max} - 3^{\circ}\text{C} = 31^{\circ}\text{C}$$

(4-2)

For å beregne maksimal ekspansjon og kontraksjon som følge av temperaturendringene beregnes differansen mellom høyeste eller laveste temperatur i bruene og initialtemperaturen for bruene. Initialtemperatur for en bru er den temperaturen hvor kontraksjonen fastholdes. (A.1(3) og 6.1.3.3):

$$T_0 = 10^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{N.con} = T_0 - T_{e.min} = 10^\circ\text{C} - (-17^\circ\text{C}) = 27^\circ\text{C}$$

(4-3)

$$\Delta T_{N.exp} = T_{e.max} - T_0 = 31^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 21^\circ\text{C}$$

(4-4)

Vertikalt varierende temperaturandel:

Vertikalt varierende temperaturandel kan beregnes lineært eller ikke-lineært. Ifølge punkt NA.6.1.2 i EC1-5 kan betongbruer beregnes etter begge metoder. Her beregnes dette etter metode 1, lineært. Verdier for temperaturredifferanseandelene finnes etter tabell NA.6.1. Antar en belegningstykkelse på 100 mm:

$$\Delta T_{M.heat} = 0.7 * 15^\circ\text{C} = 10.5^\circ\text{C}$$

(4-5)

$$\Delta T_{M.cool} = 8^\circ\text{C}$$

Se vedlegg G for en omregning fra ΔT_M til temperaturer i OK og UK brudekke.

Punkt 6.1.5 i EC1-5 gir veiledning til kombinerings av temperaturlaster der samtidighet skal medregnes. Lastene kombinert med to lastfaktorer i to formler, som resulterer i åtte lastkombinasjoner:

$$\Delta T_{M.heat} \text{ (eller } \Delta T_{M.cool}) + \omega_N * \Delta T_{N.exp} \text{ (eller } \Delta T_{N.con})$$

(4-6)

$$\omega_M * \Delta T_{M.heat} \text{ (eller } \Delta T_{M.cool}) + \Delta T_{N.exp} \text{ (eller } \Delta T_{N.con})$$

(4-7)

Hvor:

$$\omega_N = 0,35$$

$$\omega_M = 0,75$$

Tabell 4-2 Lastfaktorer til lastkombinering av temperaturlaster

Lastkombinering nr.	$\Delta T_{M.heat}$	$\Delta T_{M.cool}$	$\Delta T_{N.exp}$	$\Delta T_{N.con}$
1	1,0	0	0,35	0
2	0	1,0	0,35	0
3	1,0	0	0	0,35
4	0	1,0	0	0,35
5	0,75	0	1	0
6	0	0,75	1	0
7	0,75	0	0	1
8	0	0,75	0	1

4.3 Deformasjonslaster

Deformasjonslaster inkluderer alle laster som kommer som følge av deformasjoner i konstruksjonene. Det vil si svinn og kryp i betongen, setninger og i AR-utsatte konstruksjoner vil det være utvidelser som følge av alkalireaksjonene.

Se vedlegg B for utregning av kryp og svinn.

For beregningene av brudekket i FEM-design legges begge disse egenskapene inn i materialegenskaper. I tillegg legges svinn inn som en egen deformasjonslast. Brubjelken ender med følgende verdier for svinn og kryp:

$$\varepsilon_{cs} = 0,00027$$

$$\varphi = 2,02$$

Om det er setninger og eventuelt omfanget av dette er det ikke gjort målinger eller vurderinger av, så dette medregnes ikke i denne vurderingen av bruene.

Når det gjelder alkalireaksjonene er det gjort målinger av utvidelser gjennom en 3D-scanning utført av Multiconsult i 2016. Se kapittel 5 for beskrivelser av utførte undersøkelser på bruene. Med bakgrunn i disse målingene er det tidligere blitt beregnet en utvidelsespromille som effekt av ASR på 0,5‰ -0,55‰ (Kanstad, 2022). Da det ikke er foretatt noen nyere målinger, er det antatt at disse resultatene fremdeles kan benyttes som underlag. Utvidelsen fører til tvangskrefter i konstruksjonen og er beskrevet nærmere i kapittel 6.2.1 om tilleggslaster som følge av alkalireaksjoner.

4.4 Lastkombinering

- Laster som er sterkt avhengige og opptrer samtidig skal kombineres som om de var én last
- Laster som utelukker hverandre skal ikke kombineres

(Statens vegvesen, 2021).

Kap.9.3.1 i håndbok V412 beskriver lastkombinering i bruddgrensetilstanden for bæreevneklassifisering av eksisterende bruer. Dette er to lastkombinasjoner gjengitt i Tabell 4-3.

For hvert av de dimensjonerende tilfellene kombineres lastene etter denne tabellen. Se kapittel 7.2.2 for hvordan lastene er kombinert i beregningsprogrammet.

Tabell 4-3 Lastfaktorer for bruddgrensetilstanden

Lastgruppe Kombinasjon	Permanente laster, P		Deformasjonslaster, D	Variable laster, Q
	Jordtrykk, J	Egenlast/Andre		
a	1,0	1,15 ^{(1) (2)}	γ_D	$\gamma_1 * Q_1$
b	1,0	1,0	1,0	$\gamma_2 * Q_1 + 0,8 * \sum Q_n$

⁽¹⁾ Ved kontroll for engangstransporter settes lastfaktor for egenlast og andre permanente laster til 1,1

⁽²⁾ Lastfaktor for permanente laster settes lik 1,0 dersom dette er ugunstigere

Q_1 = Karakteristisk verdi for den variable last som er mest ugunstig for den lastvirkning som betraktes

Q_n = Karakteristisk verdi for øvrige variable laster som er ugunstige for lastvirkningen

Lastfaktorer for disse lastkombinasjonene er som følger, iht V412:

γ_D = 1,1/0,9 for direkte virkning av spennkrefter, for øvrig er $\gamma_D=1,0$

γ_1 = 1,3 for bruksklasser, to lastfelt

= 1,4 for bruksklasser, ett lastfelt

= 1,2 for spesialtransporter (faktoren benyttes også for Bk 10/60 som kombineres med spesialtransport)

= 1,15 for Sv 12/65 (faktoren benyttes også for Bk 10/60 som kombineres med Sv 12/65)

= 1,1 for engangstransporter

= 1,0 for temperaturlast, variabel del av vanntrykk og støt- og fortøyningslast fra ferje

= 1,6 for øvrige variable laster

γ_2 = 1,2 for bruksklasser

- = 1,1 for spesialtransporter (faktoren benyttes også for Bk 10/60 som kombineres med spesialtransportene)
- = 1,05 for Sv 12/65 (faktoren benyttes også for Bk 10/60 som kombineres med Sv12/65)
- = 0,8 for temperaturlast, variabel del av vanntrykk og støt- og fartøyningslast fra ferjer
- = 1,3 for øvrige variable laster

5 Tilstandsvurdering

5.1 Undersøkelser av Tromsøbrua

Det er gjort en rekke undersøkelser og målinger på Tromsøbrua gjennom de senere år. En fullstendig oversikt over undersøkelsene som er gjennomført samles nå til én rapport av medstudent Ole Listad Hansen.

Ut fra målinger som er gjennomført trekkes det her frem noen hovedtrekk fra funnene i de senere undersøkelser, samtidig som endringene i resultatene over tid poengteres og vurderes.

SINTEF gjorde laboratorieundersøkelser av utborede betongkjerner i 2015. Betongkjernene ble utboret i 2014 og undersøkelsene som ble utført gikk ut på strukturanalyser, bestemmelse av vanninnhold, porøsitet og bestemmelse av kloridinnhold. Prøvene var fra dekke og søyler. Resultatet fra disse undersøkelsene var at det ble påvist alkalireaksjoner i alle kjernene, men med varierende omfang. I prøvene fra dekker var reaksjonene veldig beskjedne. Vannmetningsgraden var generelt høy, men resultatet varierte. Kloridmåling ble gjennomført for freste sjikt fra én kjerne fra dekke. Det ble ikke påvist klorider i de øverste 70 mm av kjernen (Haugen, 2015).

I 2016 gjorde SINTEF en utseparering av tilslag fra betongkjernene fra 2014. Her fant de forskjellige bergartsammensetninger. Noe er fra Kattfjord Grustak og annet er Alta-tilslag. Det så også ut til at det kan ha blitt benyttet blandet tilslag i noen deler av bruene. Sammensetningene inneholder noen alkalireaktive bergarter/mineraler (Haugen, 2016).

Multiconsult gjorde en spesialinspeksjon av Tromsøbrua i 2016. Inspeksjonen inkluderte visuell inspeksjon, 3D-scanning, overdekningsmålinger, kloridmålinger og rissmålinger. Den visuelle inspeksjonen kom frem til at det i søyletopper registreres riss opp til 3 mm som de konkluderte med at mest sannsynlig kommer fra alkalireaktivt tilslag. Det ble registrert krakeleringssiss som tyder på alkalireaksjoner. 3D-scanningen viste forskyvninger i bruene, og det er disse forskyvningene som dannet grunnlag for en antagelse om 0,5-0,55 ‰

ekspansjon fra AR. Overdekningen ble målt til å variere fra 8 mm til ikke målbare verdier. Ikke målbare verdier vil si > 100 mm. Multiconsults kloridmålinger ble tatt fra fire tverrsnitt i overbygningen og profilene i fire dybder opp til 75 mm. Det ble ikke påvist kloridinnhold med verdier over aksepterte grenseverdier i de nivåene som armeringen ligger i. Dermed kan det konkluderes med minimal risiko for armeringskorrosjon på denne tiden. Rissmålinger ble utført på bjelke mot nord. Her ble det registrert bøyeriss med senteravstand 120-300 mm. Rissviddene måles til $< 0,5$ mm. Konklusjonen fra Multiconsults undersøkelser var at det var nødvendig å iverksette tiltak på deler av konstruksjonen. Spesielt pilarene mellom akse 19 og 45 (Fredheim, 2016).

I 2022 gjorde Multiconsult igjen en spesialinspeksjon av Tromsøbrua. Denne inspeksjonen ble gjengitt i tre rapporter som samlet inneholder visuelle registreringer, kjerneprøver med registreringer av riss, EKP-målinger (potensialmålinger), overdekningsmålinger og kloridmålinger (Fredheim, 2022).

Fra visuell kontroll ble det sett riss i krakkeleringsmønster i bjelker og kassesider fra akse 17 til 43, der graden av riss varierte. Det samme gjaldt for pilarene fra akse 5 til 55. I tillegg var fugene ved akse 32 og 37 tette, og det ble konkludert med at den mest sannsynlige årsaken til dette er utvidelser fra alkalireaksjoner. Pilarene var skadet med avskallinger og utvaskinger ved tidevannsonen og ned til fundamenter.

Fra rissregistreringene fra områdene hvor kjerneprøvene ble tatt ut ble det konkludert med stor sannsynlighet for alkalireaksjoner i betongen.

Potensialmålinger (EKP) ble utført på bruens overbygning og pilarer. Rapportene konkluderte med korrosjonsfare i alle konstruksjonsdeler, med størst potensiale i overbygningens vinger og pilarenes nedre del. Det ble også registrert «stor korrosjonsfare» i nordre bjelke mellom akse 28 og 29.

Kloridmålinger ble gjennomført med 16 profiler tatt i tre dybder. Denne gangen viste kloridmålinger verdier over akseptabelt nivå i dybder hvor armeringen ligger. Ved lokasjonen med EKP måling som tydet «stor korrosjonsfare» i nordre bjelke ble det målt kloridkonsentrasjoner som resulterte i «stor sannsynlighet» for at armeringen korroderer her.

Tidligere i år kom SINTEF med to nye rapporter etter analyse av utborede betongkjerner fra bruene (Jensen & Haugen, 2023), (Haugen, 2023). Her ble kjernene undersøkt visuelt, det ble tatt prøver av densitet, trykkfasthet og Stiffness Damage Test (SDT) som inkluderer E-moduler. Deretter ble det gjennomført en strukturanalyse av to av kjernene. Resultatene fra disse undersøkelsene er at omfanget av alkalireaksjoner er tydelig og varierende. Det er klare indikasjoner på at grad av utvidelse i betongen på tvers av søyler, bjelker og kassevegger har foregått ulikt. Testene tyder på at to forskjellige tilslag er benyttet i betongen, hvor det ene bidrar mer til reaksjoner enn det andre.

Ut fra undersøkelser som er gjort de siste årene kommer det frem at bruene er utsatt for alkalireaksjoner og i en viss grad korrosjon. Det kommer tydelig frem at situasjonen er betydelig endret med tanke på korrosjon, over en periode på bare seks år. Selv om korrosjonsmålingene ikke sier noe om korrosjonsgrad, kun sannsynlighet, ser man at det er stor endring fra 2016 til 2022. At det er utvidelser, riss og oppsprekking av betong som følge av alkalireaksjoner har stor innvirkning på hvor fort konstruksjonen kan korrodere. Dette fordi salter og klorider lettere trenger gjennom opprisset betong, og derfor når frem til armeringen raskere.

Det er vanskelig å fastslå den konstruktive effekten av dagens korrosjonssituasjon, men at korrosjonsprosesser er initiert og at forholdene ligger til rette for armeringen skal kunne korrodere ansees som sikkert.

5.2 Tilstandsvurdering av bjelkedelen

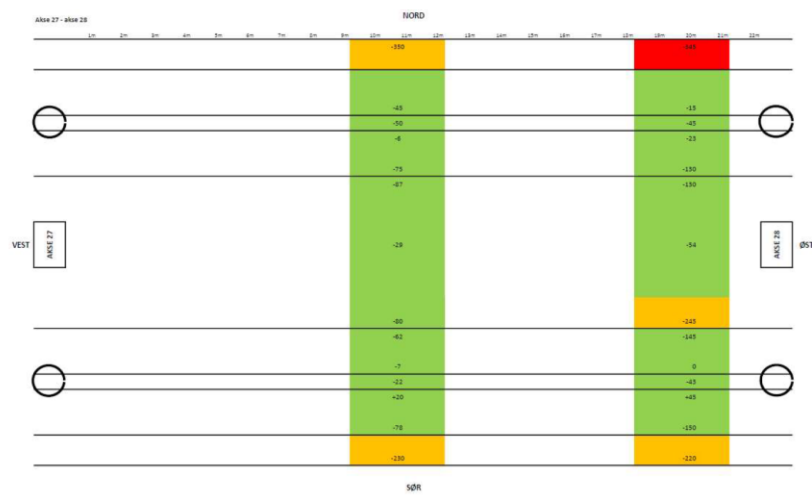
Denne oppgaven omhandler bjelkedelen av bruene og det er derfor interessant å se på hvilke funn som er gjort mellom akse 17 og 32. I det følgende er det vist hva de siste målingene av riss, potensiale og klorider sier om brudelens skadeomfang

Det er krakeleringsriss i alle bjelker fra akse 17-32 (Fredheim, 2022). I forbindelse med Multiconsilts spesialinspeksjon i 2022 ble det tatt ut 10 kjerner fra brudel B mellom akse 20 og 21 for å vurdere riss. Rissvidde ble målt området 0,2 mm til 0,5 mm, og man kunne se langsgående riss i kjernene fra bjelkene. Figur 5-1 viser de typiske krakeleringsrissene som indikerer alkalireaksjoner i konstruksjonen.



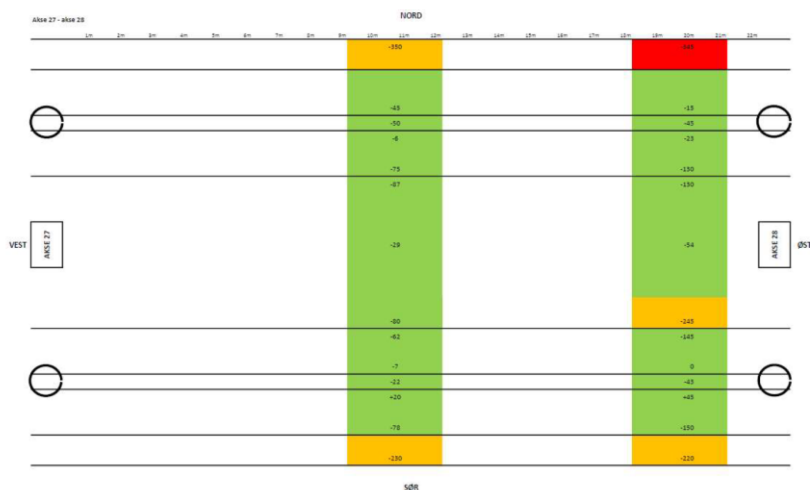
Figur 5-1 Krakelingsriss i bjelke mellom akse 26 og 27. Bildet er hentet fra vedlegg til Multiconsults spesialinspeksjon i 2022. (Fredheim, 2022)

EKP målingene fra Tromsøbra er registrert grafisk i et kart over bruene. Et lite utklipp fra registreringene mellom akse 27 og



28 er vist i

Figur 5-2. Generelt tenderer det til å være lavere verdier, og dermed høyeste korrosjonsfarene, ute mot vingene enn lenger inn i konstruksjonen. Her er bruene mer eksponert og ikke like beskyttet som midt under dekket.



Figur 5-2 Utklipp av hvordan EKP målinger er registrert grafisk av Multiconsult

Multiconsults potensialmålinger er oppsummert i tabeller. Den delen av tabellen som omhandler brudel B er gjengitt i Figur 5-3 til Figur 5-6.

Det er lave verdier ved bjelker og UK dekke ved alle målepunktene. Resultatet varierer mellom «fare for korrosjon» og «stor korrosjonsfare» indikert med henholdsvis oransje og rød farge.

Målingene ved vinger er tatt på undersiden av dekket.

Akse	Plassering	Høyeste verdi/mV	Laveste verdi/mV	Kommentarer
16 - 17	Bjelker og UK dekke	-26	-160	Liten korrosjonsfare.
17	Pilar	+50	-643	Liten korrosjonsfare over vann. Laveste verdi målt i sjø.
17 - 18	Bjelker og UK dekke	-27	-260	Liten korrosjonsfare, til fare for korrosjon i vingeside mot nord.
18	Pilar	+50	-650	Liten korrosjonsfare over vann. Laveste verdi målt i sjø.
19	Pilar sør	-26	-618	Liten korrosjonsfare fra ca. 5m og opp. Stor fare for korrosjon fra 3m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
19	Pilar nord	-36	-36	Liten korrosjonsfare.
19	Tverrbjelke	+10	-140	Liten korrosjonsfare.
20	Pilar sør	-165	-614	Liten korrosjonsfare fra ca. 5m og opp. Økende fare for korrosjon fra 5m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
19 - 20	Bjelker og UK dekke	+80	-376	Fra fare for korrosjon, til stor korrosjonsfare i vinger. Lavest verdi mot nord.
21	Pilar sør	+5	-685	Liten korrosjonsfare fra ca. 4m og opp. Stor fare for korrosjon fra 4m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
21	Pilar nord	-23	-28	Liten korrosjonsfare.

Figur 5-3 EKP målinger akse 16-21

Akse	Plassering	Høyeste verdi/mV	Laveste verdi/mV	Kommentarer
21	Tverrbjelke	+50	-40	Liten korrosjonsfare.
21 - 22	Bjelker og UK dekke	+137	-322	Fra fare for korrosjon, til stor korrosjonsfare i vinger. Lavest verdi mot nord.
22	Pilar sør	+6	-623	Liten korrosjonsfare fra ca. 3m og opp. Stor fare for korrosjon fra 3m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
22	Pilar nord	+40	-70	Liten korrosjonsfare.
22	Tverrbjelke	+63	-30	Liten korrosjonsfare.
22 - 23	Bjelker og UK dekke	+62	-340	Stor korrosjonsfare i vingene og UK dekke mot akse 23. Her er det også registrert korrodert armering.
23	Pilar sør	-56	-656	Liten korrosjonsfare fra ca. 3m og opp. Økende fare for korrosjon fra 3m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
23	Pilar nord	-38	-63	Liten korrosjonsfare.
23	Tverrbjelke	-86	-86	Liten korrosjonsfare.
23 - 24	Bjelker og UK dekke	+65	-288	Fare for korrosjon i vingene mot akse 24. Ellers liten korrosjonsfare.
24	Pilar sør	+85	-660	Liten korrosjonsfare fra ca. 4m og opp. Økende fare for korrosjon fra 4m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
24	Pilar nord	+31	-10	Liten korrosjonsfare
24	Tverrbjelke	+20	+20	Liten korrosjonsfare.
24 - 25	Bjelker og UK dekke	+52	-224	Fare for korrosjon i vingene og UK dekke ved bjelkene, mot akse 25. Ellers liten korrosjonsfare.
25	Pilar sør	+19	-676	Liten korrosjonsfare fra ca. 4m og opp. Økende fare for korrosjon fra 4m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
25	Pilar nord	+70	+10	Liten korrosjonsfare.
25	Tverrbjelke	+13	+13	Liten korrosjonsfare.
25 - 26	Bjelker og UK dekke	+34	-240	Fare for korrosjon i vingene. Ellers liten korrosjonsfare.
26	Pilar sør	+83	-87	Liten korrosjonsfare.
26	Pilar nord	+8	-28	Liten korrosjonsfare.

Figur 5-4 EKP målinger akse 21-26

Akse	Plassering	Høyeste verdi/mV	Laveste verdi/mV	Kommentarer
26	Tverrbjelke	-17	-17	Liten korrosjonsfare.
26 - 27	Bjelker og UK dekke	+90	-354	Fra fare for korrosjon, til stor korrosjonsfare i vinger. Lavest verdi mot nord.
27	Pilar sør	-7	-8	Liten korrosjonsfare.
27	Pilar nord	+80	-25	Liten korrosjonsfare.
27	Tverrbjelke	+30	+30	Liten korrosjonsfare.
27 - 28	Bjelker og UK dekke	+45	-345	Fra fare for korrosjon, til stor korrosjonsfare i vinger. Lavest verdi mot nord. Fare for korrosjon i UK dekke ved bjelke mot sør, 2m fra akse 28.
28	Pilar sør	+10	-635	Liten korrosjonsfare fra ca. 4m og opp. Økende fare for korrosjon fra 4m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
28	Pilar nord	-38	-77	Liten korrosjonsfare.
28	Tverrbjelke	-17	-17	Liten korrosjonsfare.
28 - 29	Bjelker og UK dekke	+80	-520	Fare for korrosjon i vingene. Stor korrosjonsfare i nordre bjelke, midt i spenn.
29	Pilar sør	-87	-632	Stor fare for korrosjon i nedre del av pilar. Laveste verdi målt i sjø.
29	Pilar nord	-72	-75	Liten korrosjonsfare.
29	Tverrbjelke	-73	-73	Liten korrosjonsfare.

Figur 5-5 EKP målinger akse 26-29

Akse	Plassering	Høyeste verdi/mV	Laveste verdi/mV	Kommentarer
29 - 30	Bjelker og UK dekke	+5	-258	Fare for korrosjon i vingene. Ellers liten korrosjonsfare.
30	Pilar sør	-10	-642	Liten korrosjonsfare fra ca. 3m og opp. Økende fare for korrosjon fra 3m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
30	Pilar nord	-10	-35	Liten korrosjonsfare.
30	Tverrbjelke	+19	-38	Liten korrosjonsfare.
30 - 31	Bjelker og UK dekke	+51	-365	Fra fare for korrosjon, til stor korrosjonsfare i vinger. Lavest verdi mot nord.
31	Pilar sør	-77	-645	Liten korrosjonsfare fra ca. 2m og opp. Økende fare for korrosjon fra 2m og ned. Laveste verdi målt i sjø.
31	Pilar nord	-24	-205	Fare for korrosjon 2m fra UK bjelke mot nord.

Figur 5-6 EKP målinger akse 29-31

Kloridmålinger av brudelen er tatt ved fire lokasjoner. Dette er 6,5 m vest for akse 17, 9,5 m vest for akse 19, 11 m vest for akse 28 og 1 m vest for akse 31. Resultatene herfra viser størst kloridkonsentrasjoner i bjelke på nord side av bruene, men også høye konsentrasjoner ved UK vinge på sør side. Det er ikke gjort målinger av vinger på nord side, med i og med at bjelkene har mer klorider på nord enn sør side, er det trolig at vingene også er mer utsatt mot nord.

Fra målingene er det bjelken på nord side av bruene som har høyeste kloridkonsentrasjoner i dybde ved armering. Her er konsentrasjonen 1,33% kloridinnhold av sementvekt, noe som tilsvarer «sannsynlig» korrosjonsrisiko.

Figur 5-7 til Figur 5-10 er utklipp fra disse kloridmålingene.

PRØVE NR.	KONSTRUKSJONSDEL	KLORIDPRØVER %Cl ⁻ av sementvekt			OVERDEKNING		EKP
		2-10	10-30	30-50	min OD	middel OD	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
P4	UK Vinge Mot sør	0,99	0,66	0,24	26	60	-36
					26	60	

Figur 5-7 Kloridmålinger 6,5 m vest for akse 17 fra spesialinspeksjon (Fredheim, 2022)

PRØVE NR.	KONSTRUKSJONSDEL	KLORIDPRØVER %Cl ⁻ av sementvekt			OVERDEKNING		EKP
		2-10	10-30	30-50	min OD	middel OD	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
P5	UK Vinge Mot sør	0,83	0,07	0,00	16	52	-230
P6	Bjelke sør. Sørside	0,32	0,11	0,02	23	41	12
P7	Bjelke nord. Nordside	1,23	0,04	0,01	26	50	0
					22	48	

Figur 5-8 Kloridmålinger 9,5 m vest for akse 19 fra spesialinspeksjon (Fredheim, 2022)

PRØVE NR.	KONSTRUKSJONSDEL	KLORIDPRØVER %Cl ⁻ av sementvekt			OVERDEKNING		EKP
		2-10	10-30	30-50	min OD	middel OD	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
P8	Bjelke sør. Sørside	0,37	0,03	0,01	30	43	65
P9	Bjelke sør. Nordside	0,42	0,01	0,00	28	34	-10
P10	Bjelke nord. Sørside	0,60	0,03	0,00	49	51	-270
P11	Bjelke nord. Nordside	1,52	1,33	0,80	19	43	-400
					32	43	

Figur 5-9 Kloridmålinger 11 m vest for akse 28 fra spesialinspeksjon (Fredheim, 2022)

PRØVE NR.	KONSTRUKSJONSDEL	KLORIDPRØVER %Cl ⁻ av sementvekt			OVERDEKNING		EKP
		2-10	10-30	30-50	min OD	middel OD	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
P12	UK Vinge Mot sør	1,09	0,94	0,36	31	53	-355
P13	Bjelke sør. Sørside	0,32	0,03	0,02	36	38	13
P14	Bjelke sør. Nordside	0,41	0,01	0,00	31	36	-28
P15	Bjelke nord. Sørside	1,24	0,11	0,00	26	39	-47
P16	Bjelke nord. Nordside	0,57	0,09	0,01	36	47	-23
					32	43	

Figur 5-10 Kloridmålinger 1 m vest for akse 31 fra spesialinspeksjon (Fredheim, 2022)

På samme måte som for EKP målingene er kloridmålingene ved vinger tatt på undersiden av dekket. Målinger på oversiden av dekket nær bjelkene ville vært svært nyttig i vurdering av bruen i tverretning. Dette fordi armeringen som gir bruen kapasitet til utkragerene ligger i OK dekket. Her er trolig forholdene verre med tanke på eksponering, men det er ikke gjort noen målinger som kan bekrefte dette. Se kapittel 6.3 for beskrivelser av korrosjonsscenarioer.

6 Implementering av skademekanismer

Skademekanismer vil ha innvirkning på konstruksjonens bæreevne både ved tillegg i laster og endringer i materialegenskaper. For å kunne implementere skadene i beregningene justeres derfor både materialegenskaper og laster for AR og korrosjon.

6.1 Materialegenskaper

6.1.1 Alkalireaksjon

Som beskrevet i kapittel 2.2 om alkalireaksjoner vil alkaliegelen ekspandere og føre til utvidelse i betongen. I tillegg vil reaksjonene føre til endrede materialegenskaper. Dette rommer:

- Redusert E-modul
- Redusert trykkfasthet
- Redusert strekkfasthet

(Johansen, 2022)

At betongen får redusert strekkfast har ingen innvirkning på momentkapasitet da betongtverrsnittet regnes uten strekkfasthet i betongen, kun i armeringen. Redusert strekkfasthet kan like vel ha innvirkning på forankringslengde og skjærkapasitet.

Trykkfastheten har en innvirkning på momentkapasiteten der trykksonen er fullt utnyttet. Dette er mest aktuelt over opplegg hvor underkant av bjelkene blir trykksone. I spenn hvor trykksonen er i overkant av bjelken, har betongen et mye større areal å fordele trykkreftene over, så redusert trykkfasthet blir av mindre betydning. Innvirkningen AR har på trykkfastheten er imidlertid relativt lav, og det er først når utvidelsene har ført til betydelig opprissing at trykkfastheten bør reduseres i beregninger.

Redusert E-modul vil ikke påvirke lastvirkningen i en konstruksjon i en vesentlig grad dersom den antas lik i hele konstruksjonen. Når en utvidelseslast fra AR blir modellert som en

temperaturlast er E-modulen like vel av betydning for å kunne beregne riktig temperaturlast. Det er derfor viktig at det benyttes samme E-modul i analysene som i temperaturlastberegningene.

Det er foretatt Stiffness Damage Test (SDT) og målinger av E-modul etter ulik pålastning på utborede prøver fra forskjellige deler av bruene (Haugen, 2023), (Jensen & Haugen, 2023). Disse undersøkelsene indikerer at det har foregått ekspansjon i varierende grad pga. alkaliereaksjoner. Her ses det i hovedsak på hvordan E-modulen endrer seg som følge av repeterende last slik at man kan finne stivhetsegenskaper til betongen. Konklusjonen er at dette varierer en del over konstruksjonene.

Det er ikke lett å fastsette en E-modul som representerer bjelkene godt, og det velges derfor å ikke justere den i denne oppgaven. Når E-modulen endrer seg pga. AR vil arbeidsdiagrammet også endres (Rodum & Pedersen, 2022). Dette er vist i vegvesenets rapport nr. 852 *Inspeksjon av bruer med alkalireaksjoner* (Rodum & Pedersen, 2022). Det er først når tverrsnitt er overarmert at denne endringen i E-modul vil ha betydning for momentkapasiteten.

6.1.2 Korrosjon

Armeringskorrosjon har en direkte innvirkning på materialegenskapene i armeringen. Det er selve armeringsjernet som korroderer og man sitter igjen med et redusert armeringstverrsnitt. I tillegg vil resterende armering oppføre seg mindre duktilt.

Som tidligere beskrevet vil reaksjonsproduktene når armeringen korroderer ha større volum enn den opprinnelige armeringen. Dette trykker og presser på betongen som videre vil kunne risse og sprekke opp.

Det er foretatt målinger av kloridkonsentrasjoner og potensialmålinger flere steder i bruene. Se kapittel 5. I bjelkedelen er det konkludert med «stor korrosjonsfare» fra EKP-målinger og «sikker korrosjonsrisiko» fra kloridmålingene. Det er ikke gjort målinger som kan si noe om korrosjonsraten. Man vet derfor ikke hvor stor skade det er i konstruksjonene. For å se på effekten av korrosjon er det derfor aktuelt å se på ulike scenarioer med forskjellig grad av armeringskorrosjon. Se delkapittel 6.3 for korrosjonsscenarioer.

Korrosjonens innvirkning på materialegenskapene kan deles inn i tre punkter. Dette er betong, armering og forankringslengde (Hanjari, 2010):

Betong

Om det er mye rust i armeringen og dette har ført til oppsprekking og avskalling av betong vil det være aktuelt å redusere betongtverrsnittet i beregningene som resultat av dette.

Eventuelt en reduksjon i overdekning. I trykksoner med opprisset tverrsnitt vil det være aktuelt å redusere trykkfasthet og E-modulen til betongen, mens strekkfastheten kan reduseres for å kompensere for effekten av redusert heft mellom betong og korrodert armering.

Det er ikke registrert avskallinger av betongen i bjelkedelen, så betongtverrsnittet reduseres ikke i beregningene her. På samme måte som for skadene fra alkalireaksjoner, er det vanskelig å tallfeste reduksjonen i E-modul og trykkfasthet for betongen som følge av korrosjon.

Armering

For å ta høyde for at armeringen ruster bør armeringstverrsnittet reduseres tilsvarende korrosjonsgraden. Å beregne effekten med et jevnt redusert tverrsnitt er en forenkling da det ofte er en del pitting-korrosjon som ikke er fordelt jevnt utover armeringen. Like vel er dette en vanlig måte å kompensere for redusert armering og empiriske koeffisienter i utregningene av materialegenskaper velges konservativt for å ta høyde for dette. I tillegg vil duktiliteten bli redusert.

Materialegenskapene til korrodert armering kan beregnes etter følgende formler (Carins, et al., 2005) :

$$f_{y,c} = (1 - \alpha_y \rho) f_y$$

$$\varepsilon_{u,c} = (1 - \alpha_1 \rho) \varepsilon_u$$

Hvor $f_{y,c}$ og $\epsilon_{u,c}$ er henholdsvis flytspenning og bruddtøyning for korrosjonsskadet armering, mens f_y og ϵ_u er initiell flytspenning og bruddtøyning. Faktorene α_y og α_1 er empiriske koeffisienter som varierer ut ifra type korrosjon. Pitting-korrosjon fører til de høyeste verdiene. ρ er korrosjonsgrad gitt i prosentvis tverrsnittstap av armering.

Da man ikke kan vite, ut ifra de målinger som er gjort, hvilken korrosjonsrate og graden av pitting-korrosjon, velges koeffisientene konservativt etter tabell 1 – Empirical coefficients for strength and ductility reduction of reinforcement (Carins, et al., 2005):

$$\alpha_y = 0,017$$

$$\alpha_1 = 0,06$$

Resulterende flytspenning og bruddtøyning er gitt i Tabell 6-1.

Tabell 6-1 Materialelegenskaper for korrosjonsutsatt armering

Stålkvalitet	f_{yk}	f_{yd}	ϵ_{ud}	α_y	α_1	ρ %	$f_{yd,c}$	$\epsilon_{ud,c}$
St 37	230	184	0,03	0,017	0,06	10	153	0,012
						5	168	0,021
CSF 50 / Ks 50 (ø8- ø16)	500	400	0,048	0,017	0,06	10	332	0,0192
						5	366	0,0336
CSF 50 / Ks 50 (ø20- ø32)	480	384	0,048	0,017	0,06	10	319	0,0192
						5	351	0,0336

Forankringslengde

Reaksjonsproduktene fra korrosjon fører til redusert forankring mellom armering og betong. Dette fører til at nødvendig forankringslengde øker. Ved beregninger av enkelte

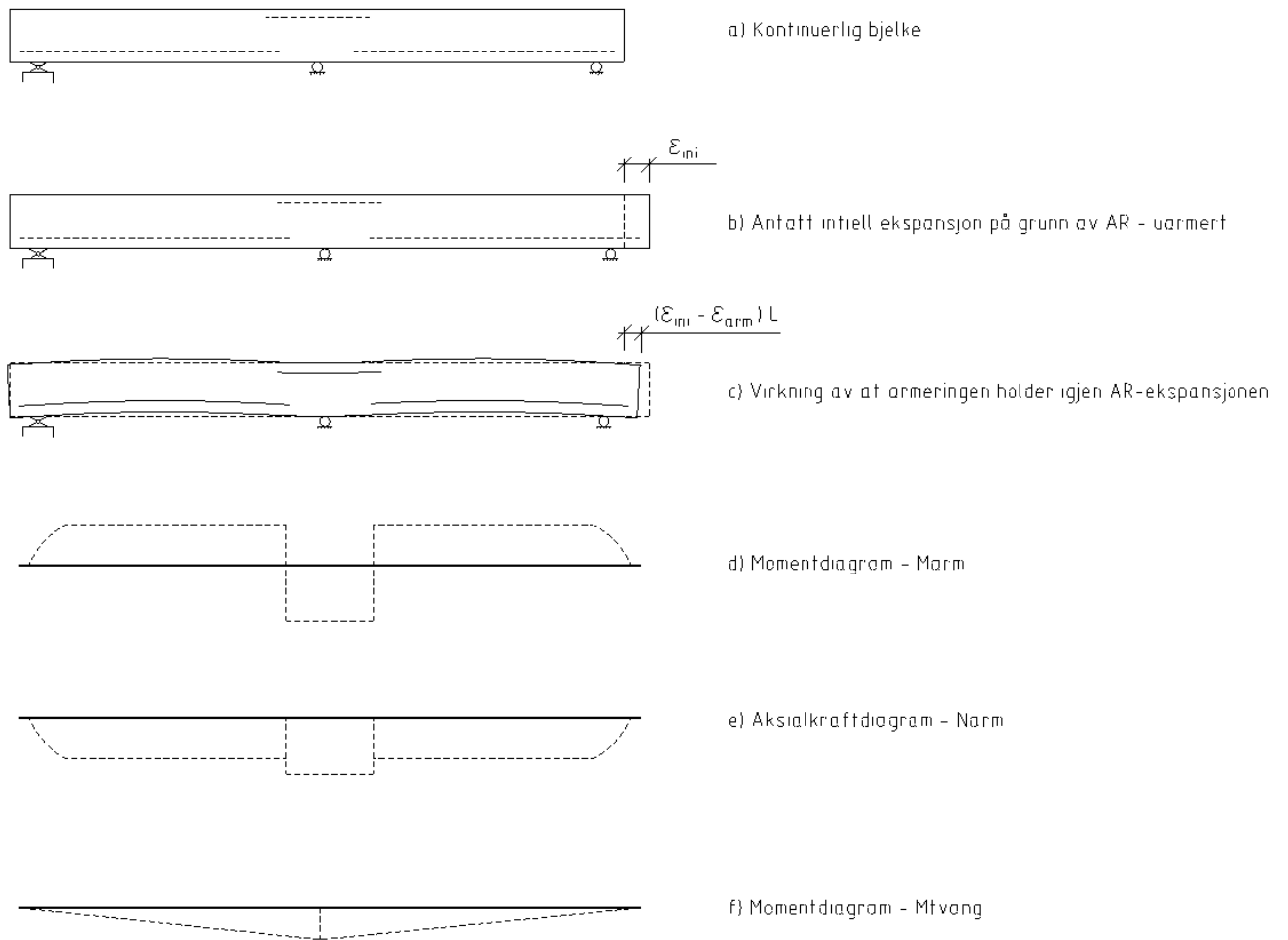
innfestningsdetaljer bør dette hensyntas, men for moment- og skjærkapasiteter til bjelketverrsnittet blir dette av mindre betydning og kan derfor neglisjeres i denne oppgaven.

6.2 Tilleggslaster

Ekspansjon av betong fører til tvangskrefter i en statisk ubestemt konstruksjon. Dermed vil alkalireaksjoner føre til krefter i konstruksjonen. Dette kan modelleres som en deformasjonslast. At armeringen rustet vil derimot ikke virke inn på lastbildet, det har sin effekt på bæreevnen.

6.2.1 Alkaliereaksjon

Utvidelser som følge av alkalireaksjoner vil føre til lastbidrag på to måter. Det første er et resultat av utvidelse i lengderetning. Søylene får en forskyvning i toppen som medfører et moment. Dette momentet overføres til T-bjelkene ved opplegg. Den andre måten hvor alkalireaksjoner gir lastbidrag kommer av at armeringen i betongen holder igjen for ekspansjon. Alkaliereaksjonene foregår kun i betongen, så når betongen utvider seg medfører dette et strekk i armeringen. Samtidig vil armeringen prøve å holde igjen betongen og betongen utsettes dermed for trykk. Når tverrsnittet ikke er symmetrisk armert over tyngdepunktaksen, vil disse trykk- og strekkreftene medføre en krumning i betongkonstruksjonen. Dermed oppstår tilleggsmomenter. I Statens vegvesens rapport 855 (Johansen, 2022) er dette illustrert slik:



Figur 6-1 Lånt fra Statens vegvesens rapport 855 (Johansen, 2022). AR-ekspansjon i en kontinuerlig bjelke

I tillegg til kreftene som oppstår pga. alkalireaksjoner vil en tilstrekkelig stor utvidelse kunne endre det statiske systemet til en bru. Det er tidligere vist at med utvidelsene fra AR i Tromsøbrua vil en videre temperaturutvidelse føre til lukking av fuger allerede ved 17 °C (Kanstad, 2022). Dette endrer det statiske systemet ved at konstruksjonsdeler som tidligere har kunnet bevege seg uavhengig av hverandre vil kunne overføre krefter. For bjelkedelen av bruene vil ikke dette bli et problem, men ved beregninger av søylene bør dette hensyntas.

For å kunne modellere lastene som virker på konstruksjonen som følge av AR er det utarbeidet en rapport av Statens vegvesen SVV Rapport 855 Bæreevneklassifisering av bruer med alkalireaksjoner (Johansen, 2022).

Utregningene i denne oppgaven er basert på denne rapporten, og fremgangsmåten er som følger:

- Antar en initiell AR-ekspansjon og beregner ekvivalente temperaturlaster, ΔT_{N-ini} og ΔT_{M-ini} .
- Beregner armeringens motstand mot ekspansjon samt armeringsmotstandens ekvivalente temperaturlaster, ΔT_{N-arm} og ΔT_{M-arm} .
- Beregner AR-last som skal brukes i analysen:

$$\Delta T_{N-AR} = \Delta T_{N-ini} + \Delta T_{N-arm} \quad (6-1)$$

$$\Delta T_{M-AR} = \Delta T_{M-ini} + \Delta T_{M-arm} \quad (6-2)$$

- Analyse kjøres med permanente laster + AR-laster.
- Beregnede forskyvninger vurderes opp mot målte forskyvninger. Om forskyvningene ikke stemmer justeres initielle tøyninger og beregningene kjøres på nytt til forskyvningene samsvarer med de målte.
- AR-last kan nå brukes som en variabel last i lastkombinasjonene. Lastfaktor på 1,0.

Tøyningene i konstruksjonen som følge av AR er som tidligere beskrevet fastsatt til et sted mellom 0,5‰ og 0,55 ‰. Med svinntøyninger på 0,27 ‰ tilsvarer dette en målt ekspansjon på 0,23-0,28 ‰. Initiell tøyning i beregningene er justert frem til beregningen i FEM-design ga en tøyning på 0,275‰.

Om ekspansjonen i konstruksjonen er konstant eller varierer i vertikal retning er det ikke gjort målinger av. Ofte forutsetter man en lineært varierende ekspansjon med større utvidelser i overkant dekke enn i bjelkene. Dette fordi brudekket som regel er mer vannutsatt. I Tromsøbruen er de underliggende bjelkene plassert relativt langt ut til sidene av bruen i tillegg til at brudekket mangler dryppneser. Dette fører til at bjelkene ikke er like

beskyttet som de kunne vært. Med uvisshet i variasjonen i vertikal retning velges det i denne oppgaven å regne med en konstant initiell tøyning.

For beregninger av AR-laster se vedlegg F. For omregning fra ΔT_{M-AR} til temperatur i OK og UK se vedlegg G.

Resulterende AR-laster er listet opp i Tabell 6-2.

Tabell 6-2 AR-last

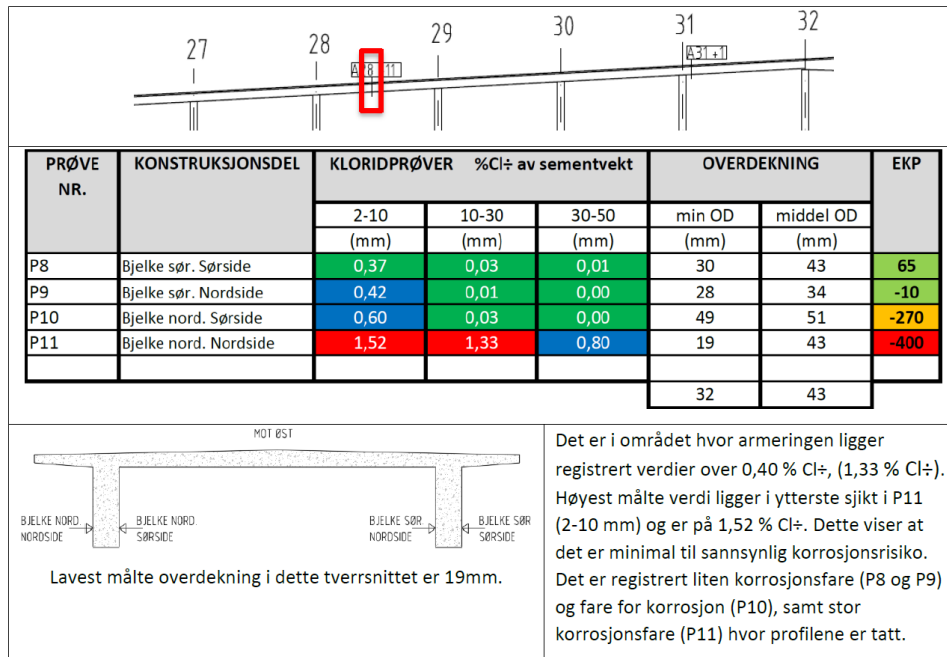
Snitt:	ΔT_{N-AR}	ΔT_{M-AR}
Felt 17-30	29	19
Støtte 18-30	27	3
Felt 31-32	27	28
Støtte 31	24	11

6.3 Korrosjonsscenarioer

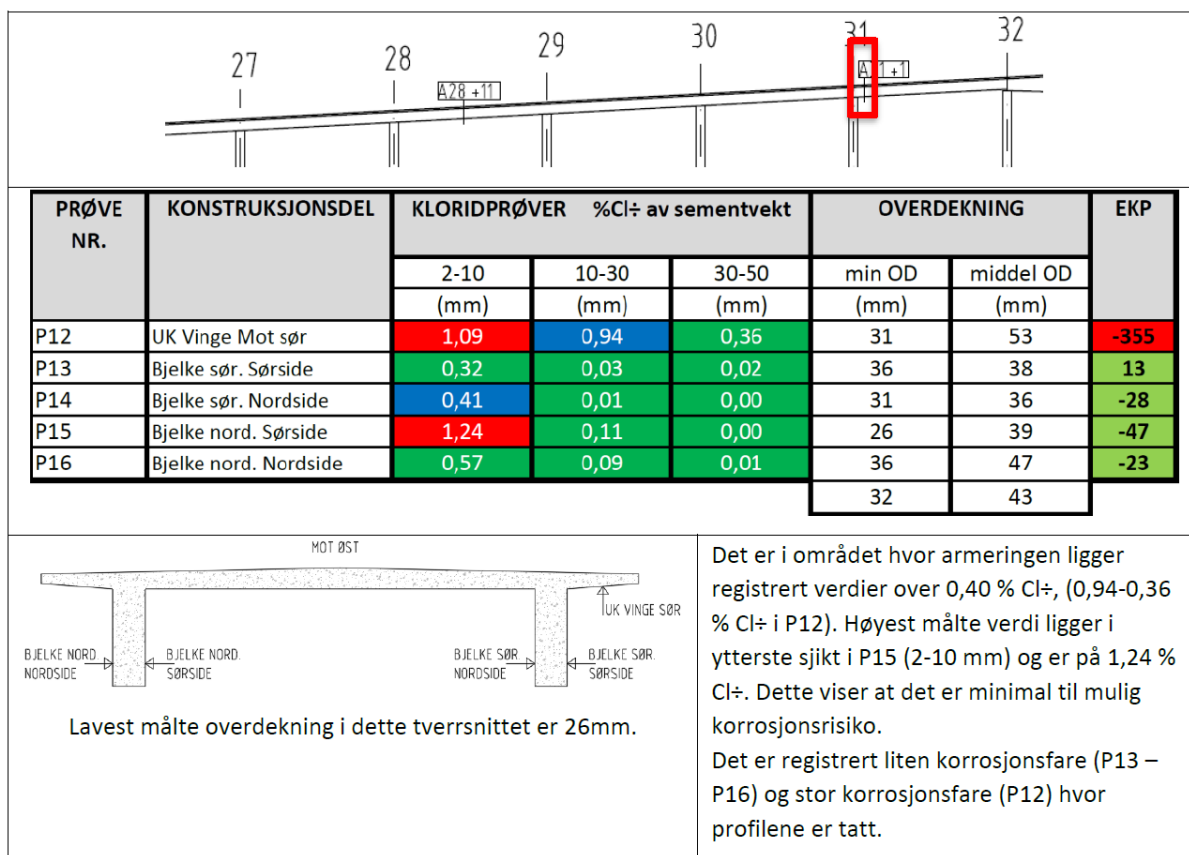
Korrosjonsmålinger utført på Tromsøbrua er som beskrevet i kapittel 5, potensialmålinger og kloridmålinger. Begge disse metodene resulterer i tall på sannsynligheter for at det foregår en korrosjonsprosess i området, men ingen av de kan si noe sikkert om hvor mye av armeringen som har gjennomgått en korrosjonsprosess. Dermed kan man ikke vite hvor stort omfanget er. Det vi vet er at det ved flere posisjoner er stor sannsynlighet for at armeringen har begynt å korrodere, og at forholdene er mye endret på få år. Dessuten er det riss i betongen som vil kunne øke hastigheten til prosessen ved økt tilførsel av salter og klorider.

Figur 6-2 og Figur 6-3 viser to utklipp fra Multiconsults klorid- og potensialmålinger fra 2022 (Fredheim, 2022). Som det kommer frem av figurene er det gjort målinger på nord- og sørside av nord- og sør-bjelke, samt underside av vinge.

Med høye kloridmålinger og lav EKP i bjelke er scenarioer med korrosjon i bjelkenes armering aktuelle å se på. Underkant vinger har også påvist høy korrosjonsfare, mens overkant ikke er målt.

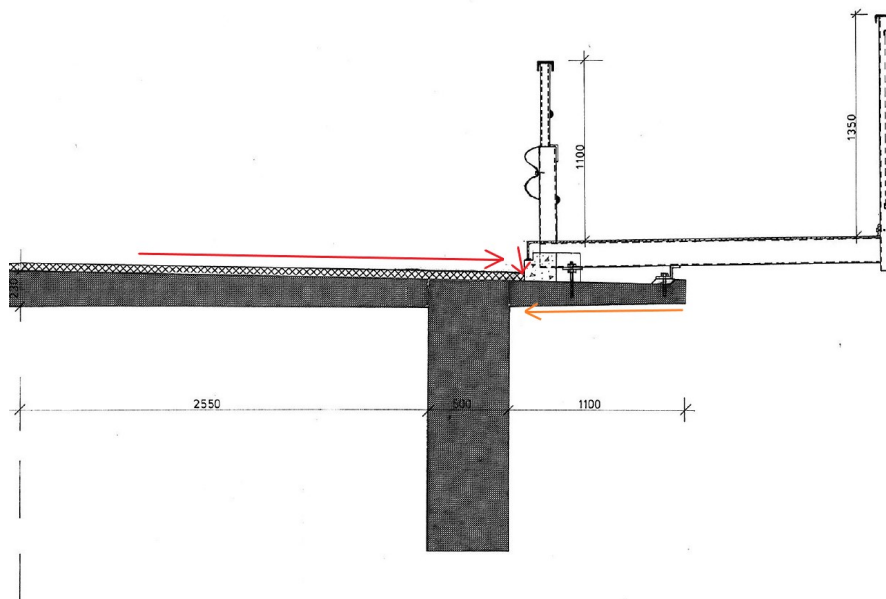


Figur 6-2 Klorid og EKP måling fra mellom akse 28 og 29. Figur lånt fra Multiconsult (Fredheim, 2022)



Figur 6-3 Klorid og EKP måling fra akse 31. Figur lånt fra Multiconsult (Fredheim, 2022)

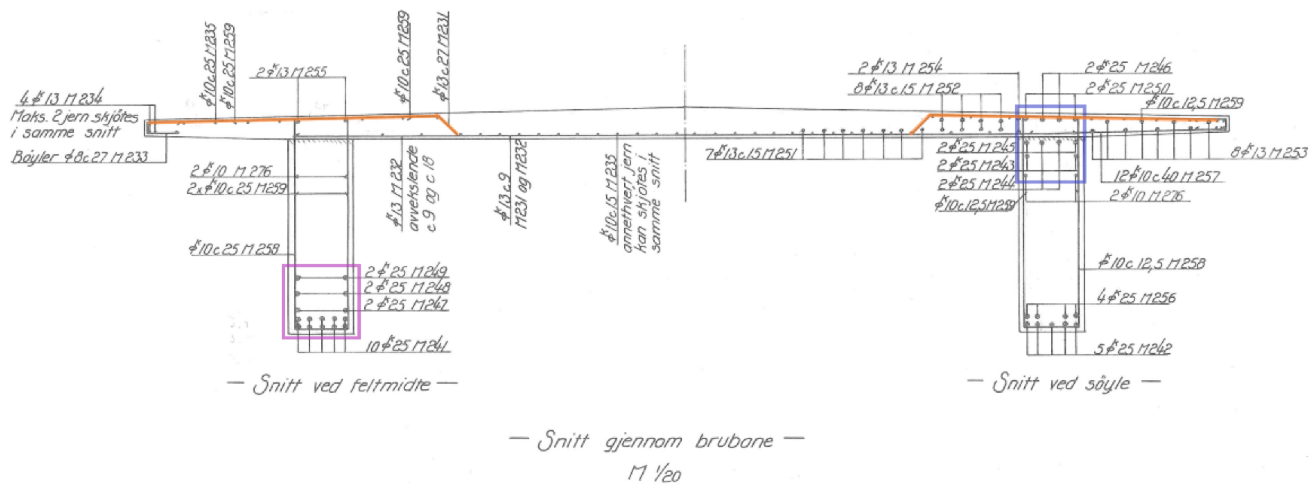
Da bruen ikke har membran på vegbanen eller noen korrosjon/fukt-beskyttelse ved innfestingspunkter for påhengt gangbane, er det aktuelt å vurdere scenarier med korrosjon i armeringen også her. Se røde piler i Figur 6-4 for illustrasjon av hvordan vegsalt vil kunne føres med vann og bli liggende ved overkant av bruens utkrager og trenge seg inn i betongen.



Figur 6-4 Snitt gjennom brudekket med gangbane fra vedlegg Hvordan vann vil kunne renne langs betongen er påtegnet med piler.

Dette er et spesielt kritisk punkt hvor overkantarmeringen i tverretning gir momentkapasiteten til utkrageren. Denne armeringen er markert med oransje farge i Figur 6-5. I henhold til armeringstegningene fra byggeår er det angitt 20 mm overdekning i plate. Se vedlegg A. Dessuten er armeringen til utkrager plassert i ytterste lag og dermed mest utsatt for korrosjonsangrep.

Det er fra fylkeskommunen kommet et ønske om å utvide gangbanen for å få bedre plass til syklistene. Derfor er vurderinger av kapasiteten i tverretning av bruens av spesiell interesse.



Figur 6-5 Armeringsføring i brudekke og bjelker. hentet fra vedlegg ... Kritisk armering er markert med ulike farger.

En annen ting verd å merke seg fra Figur 6-4 er at bruene er utført uten dryppnese ytterst på vingene. Dette medfører at vann og salter fra brudekket og gangbanen vil kunne føres langs underkant av vinge inn til brubjelken. Se oransje pil på tegning. Dette medfører en unødvendig ekstra eksponering av bjelkene.

I Figur 6-5 er armering kritisk for momentkapasitet i felt markert lilla, armering kritisk for momentkapasitet i bjelker ved søyler markert blått, og armering for vinger markert oransje. Bjelkene er angitt med en overdekning på 40 mm i tillegg til at hovedarmeringen ligger plassert innenfor skjærbøylene. Denne armeringen ligger derfor mer beskyttet i tverrsnittet enn armeringen til vingene.

Skjærarmering er ikke markert på Figur 6-5, men rommer bøylere i bjelke, samt bjelkens hovedarmering som går skrått fra overkant til underkant mellom felt og opplagg. Bøylene er plassert i ytterste lag, og det er derfor sannsynlig at denne rusten før hovedarmeringen.

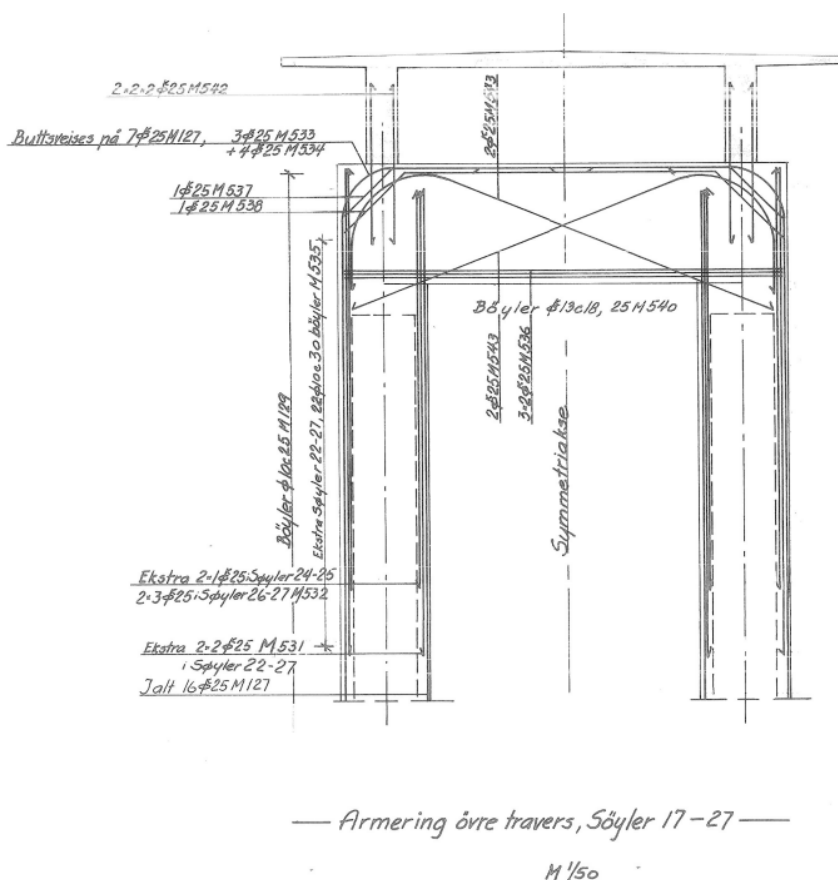
I og med at det er uvisst hvilken korrosjonsrate som er gjeldende for de forskjellige delene av brubjelken, men at det er høy sannsynlighet for korrosjon i både bjelker og vinger, velges det i denne oppgaven å se på tre forskjellige scenarier for hver av de nevnte kapasitetene. Av den grunn at måleresultatene er endret fra liten til stor korrosjonsfare fra 2016 til 2022 kan det antas at korrosjonsprosessen er relativt nylig initiert og at korrosjonsgraden foreløpig er lav. Scenariene som velges i denne oppgaven er derfor situasjoner uten korrosjon,

situasjoner med 5% korrosjon i aktuell armering, og situasjoner med 10% korrosjon i armeringen.

7 Modellering og beregningsmetoder

7.1 Statisk system

Tromsøbrua er som beskrevet i delkapittel 3.2 en bru med tre forskjellige bæresystemer. Denne oppgaven omhandler bjelkedelen av bruene som er utformet som en dobbel-T-bjelke opplagt på runde betongsøyler avstivet med interne bjelker. Ut fra armeringstegninger, se vedlegg A, kommer det frem at de interne avstivende bjelkene er godt forankret i søylene og den doble T-bjelken er forankret med 6ø25 ned i søylene. Det er derfor en rimelig antagelse å se de avstivende bjelkene som fast innspent i søylene, og brubjelkene som innspent ved opplegg på søyler. Figur 7-1 viser armeringsføringen ved disse forbindelsene. Dette gjelder ikke siste opplegg i akse 32 ved fuge. Denne forbindelsen anses derfor som et glidelager for brudekket, mens søylen er fastholdt i topp.



Figur 7-1 Utklipp fra armeringstegnin. Se vedlegg A

Søylene er forankret med pæler mot grunn. Minimum seks pæler per fundament. Derfor antas søylene som fast innspent mot grunn.

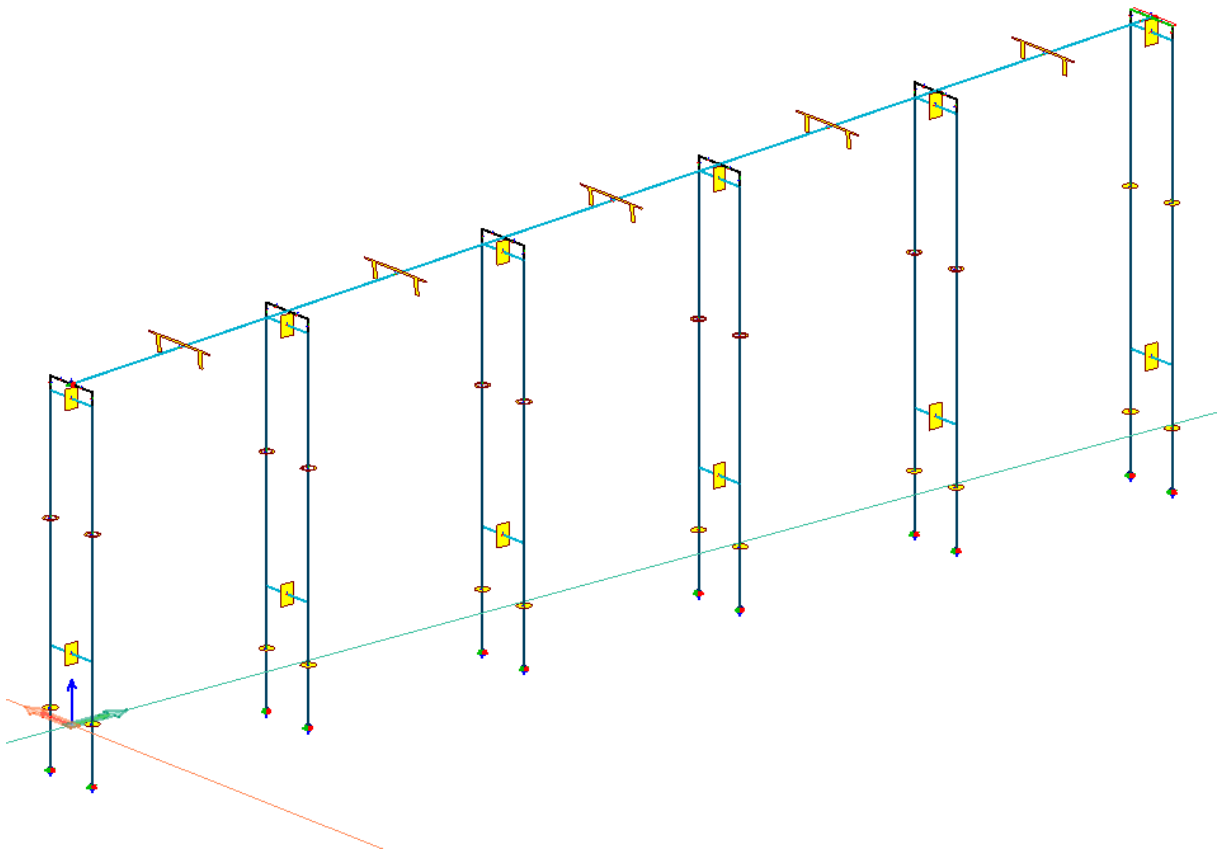
For å kunne regne på brubjelkene holder det å se på noen spenn av bruene. Årsaken til dette er at brudelen er kontinuerlig med alle spenn like lange. Det sees på fem spenn i seksjon B. Det vil si fra akse 27-32. Med seksjonen avgrenset på denne måten er det med mange nok spenn til å kunne beregne krefter i felt og opplegg både for endefelt og midtfelt i seksjonen. Brudekket regnes med en fastholding ved opplegg 27 for å kompensere for fastholdingen fra de utelatte feltene i modellen. Søylene ansees fastholdt i akse 32 for å kompensere for fastholdingen fra del C av bruene.

Søylene er massive opp til nederste avstivning, og derfra hule opp til øvre avstiver. Søylene i akse 32 er massive i hele høyden.

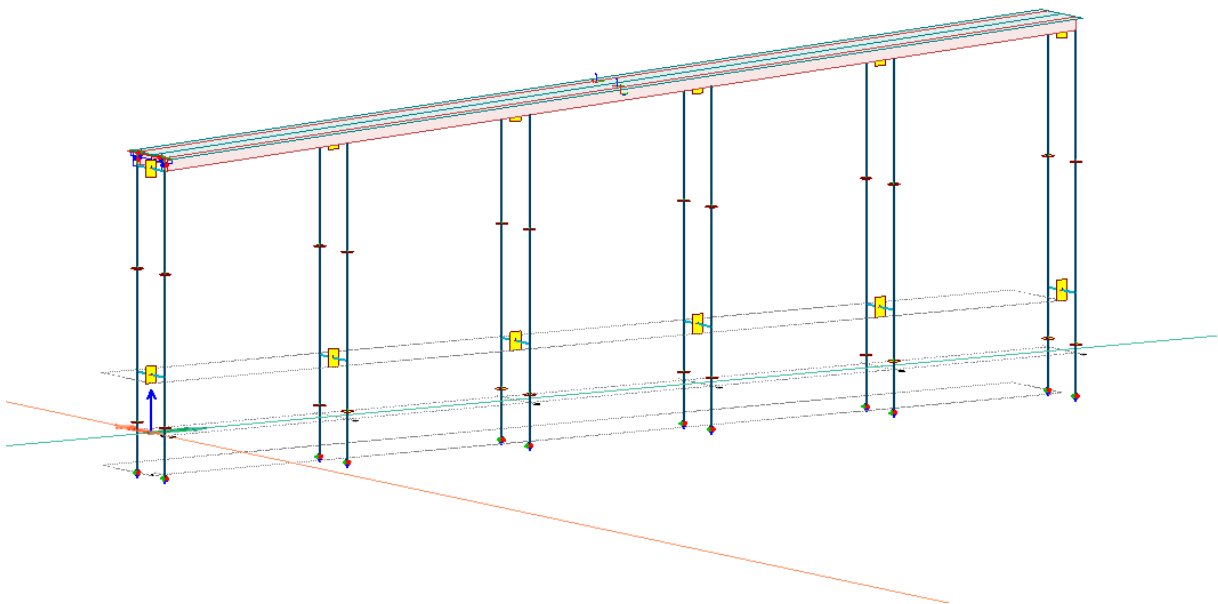
Det er aktuelt med et statisk system hvor brudekket modelleres som et bjelkeelement for å kunne beregne krefter og belastning i hovedretning. I følge SVV rapport 855 (Johansen, 2022) modelleres ofte bruer med T-tverrsnitt både enklest og best som bjelkeelementer.

I tillegg er det aktuelt med et system hvor brudekket modelleres som skallelementer, altså vegger og dekke. Dette for beregninger i tverretning. Eksempelvis for å kunne hensynte momentbelastningen fra påhengt gang- og sykkelbane.

De to modellene er vist i Figur 7-2 og Figur 7-3.



Figur 7-2 Statisk system med brudekket modellert som en dobbel-T-bjelke



Figur 7-3 Statisk system med brudekket modellert med skallelementer

7.2 FEM-Design

For analyse av lastvirkning i bruene er det valgt å benytte programvaren FEM-design fra Strusoft. Dette er et verktøy som bruker elementmetoden i sine beregninger. Årsaken til at akkurat denne programvaren ble brukt er relevansen dette programmet har i arbeidslivet, samt tidligere kjennskap og noe kompetanse innen bruene.

7.2.1 Modellering i FEM-design

Bruene modelleres i FEM-design i to modeller. Begge modellene inneholder søyler og bjelker opp til brubjelken i akse 27 til 32.

Det er ikke angitt dybder på søylene på eksisterende tegninger. Derfor antas en dybde ut fra tegningenes målestokk. Plasserer søyleopplegg 6 m under vannstand. Søylenes modelleres med et massivt tverrsnitt med $D = 1400$ mm opp til nedre avstiver og som et hult tverrsnitt med $D_i = 1000$ mm og $D_y = 1400$ mm fra nedre avstiver til øvre avstiver som plasseres ved søyletopp. I akse 32 modelleres søylen massiv til øverste avstiver.

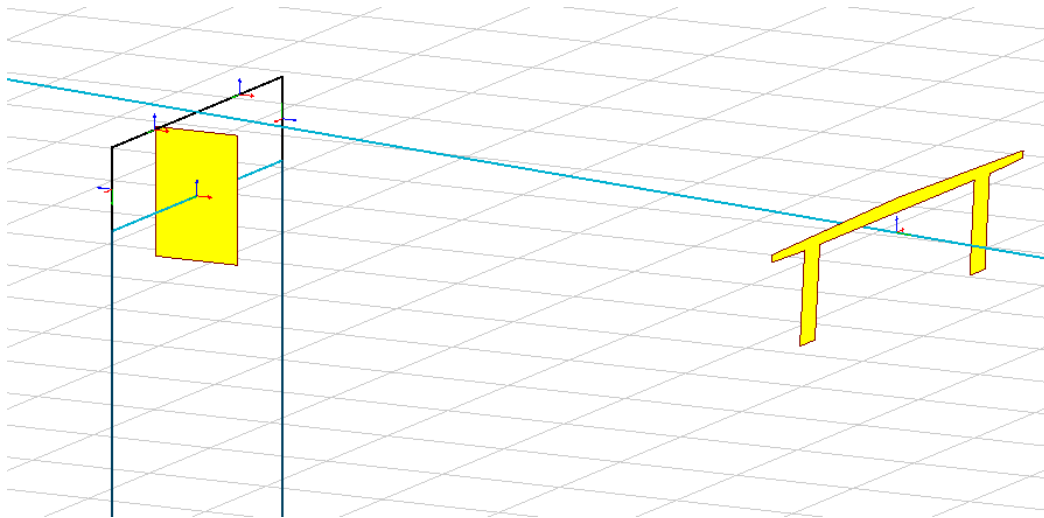
Avstiverne har varierende tverrsnittshøyde angitt som $0,06 \cdot K$ på tegning, hvor K er kote for OK brudekke ved aksene. Dermed vil de avstivende bjelkene ha høyder fra 1,94 m til 2,33 m fra akse 27 til 32. Se vedlagt utregninger av bjelkehøyder og koter ved plassering bjelker i vedlegg C. Bjelkene har samme bredde som søylenes diameter, 1400 mm.

Materialeegenskaper justeres for å samsvare med A-betong, og kryp og svinn legges inn manuelt for hvert element.

Brumodell 1

I brumodell 1 modelleres brudekket som en dobbel T-bjelke. FEM-design har en «section editor» hvor den doble T-bjelken kan tegnes og videre importeres i modellen. For å få denne bjelken opplagt på søyletoppene så ikke lastene havner på midten av de avstivende bjelkene, ble det benyttet fire «fictitious bar» fra søyletoppene til brudekket. Dette etter veiledning fra bruavdelingen i Norconsult. De fiktive bjelkene/søylenes modelleres stive med alle

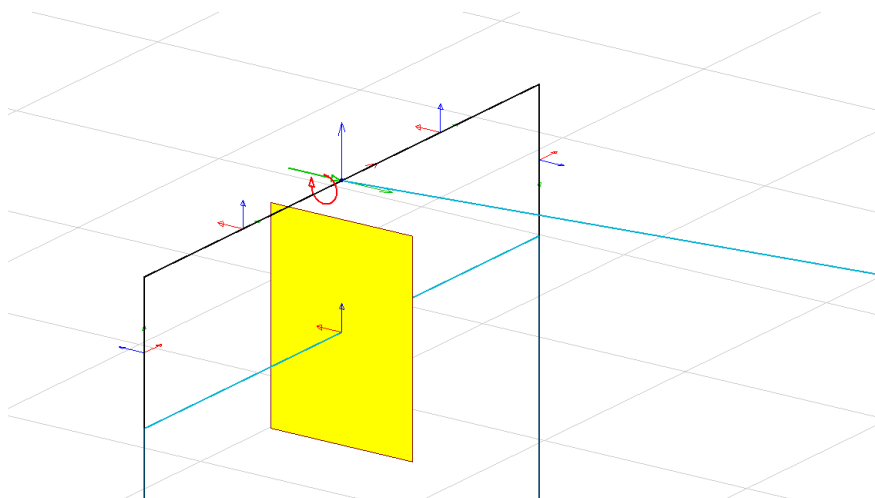
frihetsgrader fastholdt. Slik føres kreftene fra brubjelken ned i søyletoppene. Dette vises i Figur 7-4.



Figur 7-4 Utklipp fra FEM-design. Brubjelke lagt opp på fiktive bjelker

Søylene er forankret gjennom de avstivende bjelkene med oppstikkende armering til brubjelken, og overgangen modelleres derfor momentstiv. Eneste overgang i modellen som ikke ansees innspent er dermed brubjelkens opplegg på søylene i akse 32, som modelleres som glidelager pga. fuge.

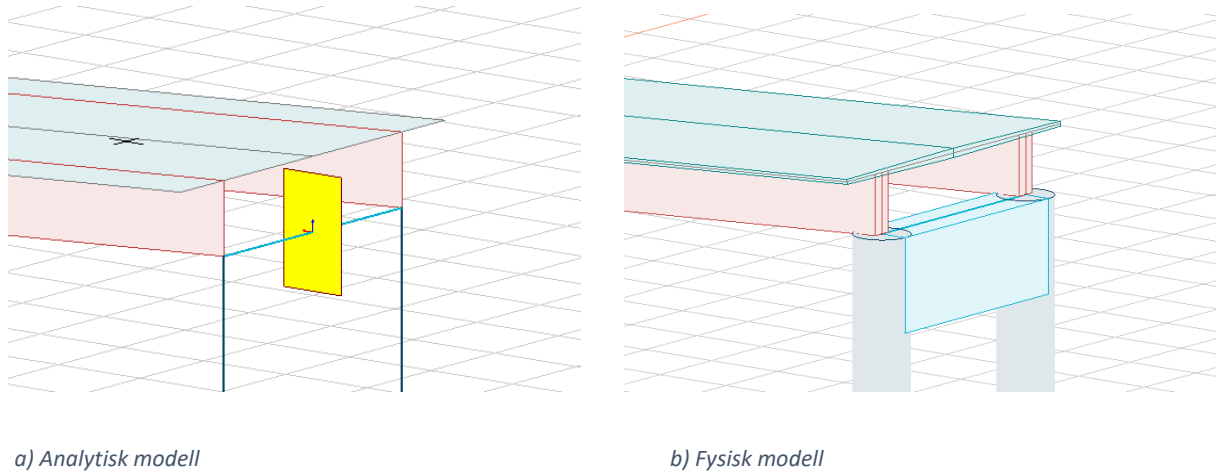
Ved akse 27 legges det inn en fastholding mot forskyvning i bruens lengderetning, og mot rotasjon om aksene i tverretning. Se utklipp fra beregningsmodellen i Figur 7-5.



Figur 7-5 Utklipp fra FEM-design. Fastholding ved akse 27.

Brumodell 2

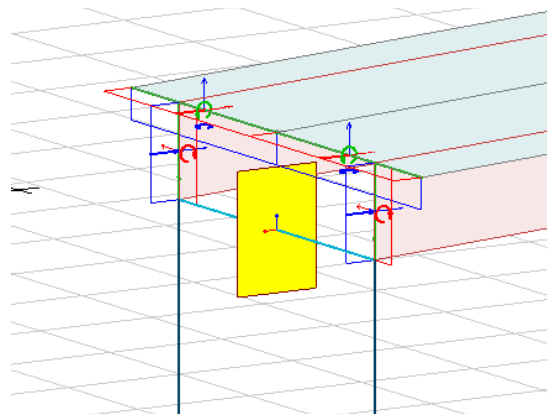
Bumodell 2 er modellert med skallelementer. De høye bjelkene modelleres som vegger og brudekket som dekker. Det genereres et elementnett for beregningene av denne modellen. Prinsippene er illustrert i Figur 7-6 i henholdsvis analytisk og fysisk modell.



Figur 7-6 Utklipp fra FEM-design. Brumodell vist som analytisk og fysisk modell

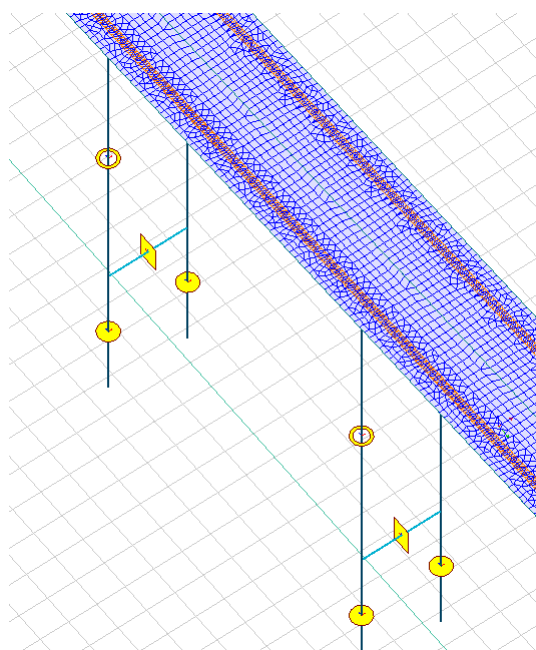
Brudekket er modellert med varierende tykkelse.

Denne modellen er også med fastholding i akse 27 mot forskyvning i bruens lengderetning og rotasjon om akse i tverretning og om vertikal akse. Se Figur 7-7.



Figur 7-7 Utklipp fra FEM-design. Fastholding ved akse 27

Brumodell 2 skal benyttes til lastberegninger i tverretning. For å kompensere for at modellen behandler overgangen mellom dekket og de underliggende, langsgående bjelkene (veggene) som en tynn linje, benyttes «peak smoothing» i FEM-design. Dette er for å justere kreftene til å samsvare med en oppleggsbredde lik bjelkens bredde på 0,5 m. Uten dette vil man kunne få peak-verdier som ikke korresponderer med det virkelige tilfellet. Se rødt område i Figur 7-8.



Figur 7-8 Utklipp fra FEM-design. Brumodell 2 er modellert med "peak smoothing" områder ved overgang til dekket

7.2.2 Laster i FEM-design

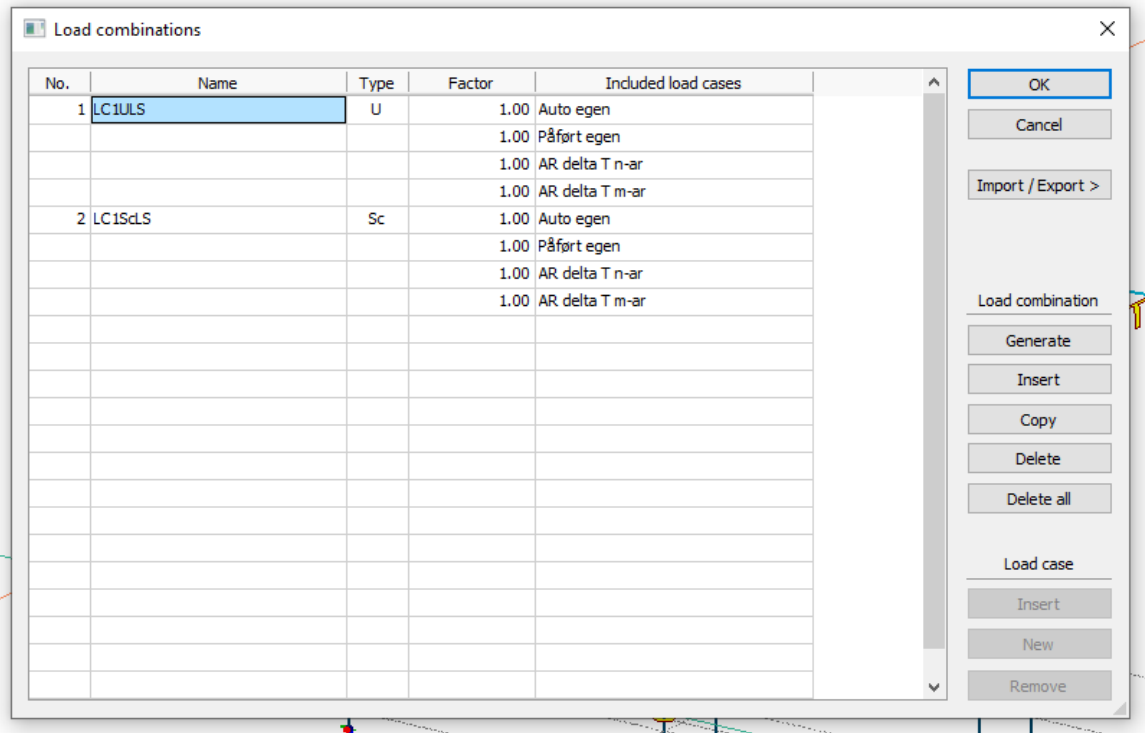
Alle laster legges inn som et lasttilfelle i FEM-design. Dette er vist i Figur 7-9. Disse lasttilfellene er valgt å ha med i modell 1 for belastning på bjelken i lengderetning.

No.	Name	Type	Duration class (EN 1995 1-1)
1	Temperatur delta M heat	Ordinary	Medium-term
2	Temperatur delta M cool	Ordinary	Medium-term
3	Temperatur delta N exp	Ordinary	Medium-term
4	Temperatur delta N con	Ordinary	Medium-term
5	Temp 1	Ordinary	Medium-term
6	Temp 2	Ordinary	Medium-term
7	Temp 3	Ordinary	Medium-term
8	Temp 4	Ordinary	Medium-term
9	Temp 5	Ordinary	Medium-term
10	Temp 6	Ordinary	Medium-term
11	Temp 8	Ordinary	Medium-term
12	Temp 7	Ordinary	Medium-term
13	Auto egen	+Struc. dead load	Permanent
14	Påført egen	Ordinary	Permanent
15	Vind vertikalt m/trafikk	Ordinary	Short-term
16	Vind tverretning m/trafikk -	Ordinary	Short-term
17	Vind lengderetning m/trafikk -	Ordinary	Short-term
18	Vind tverretning m/trafikk +	Ordinary	Short-term
19	Vind lengderetning m/trafikk +	Ordinary	Short-term
20	Vind vertikalt u/trafikk	Ordinary	Short-term
21	Vind lengderetning u/trafikk -	Ordinary	Short-term
22	Vind tverretning u/trafikk +	Ordinary	Short-term
23	Vind tverretning u/trafikk -	Ordinary	Short-term
24	Vind lengderetning u/trafikk +	Ordinary	Short-term
25	svinn	+Shrinkage	Permanent
26	Trafikk A	Ordinary	Permanent
27	Trafikk B	Ordinary	Long-term
28	Trafikk D	Ordinary	Long-term
29	Trafikk C	Ordinary	Long-term
30	AR delta T n-ar	Ordinary	Permanent
31	AR delta T m-ar	Ordinary	Permanent

Figur 7-9. Lasttilfeller i FEM-design

Etter at alle lasttilfeller er listet opp, modelleres det laster på konstruksjonen for hvert av tilfellene. Deretter lager man såkalte lastgrupper av lasttilfellene hvor det for eksempel kan angis om det er noen laster som alltid skal kombineres sammen eller om det er noen laster som aldri skal kombineres sammen. Til slutt skal man lage lastkombinasjoner som skal kombinere lastgruppene. Dette kan enten gjøres manuelt eller automatisk.

Det er denne fremgangsmåten som er benyttet når AR-laster er kombinert med permanente laster i utregningene av horisontale forskyvninger for å justere AR-beregningenes initielle tøyninger. Dette sees i Figur 7-10. Svinntøyninger er inkludert i AR-lastene.

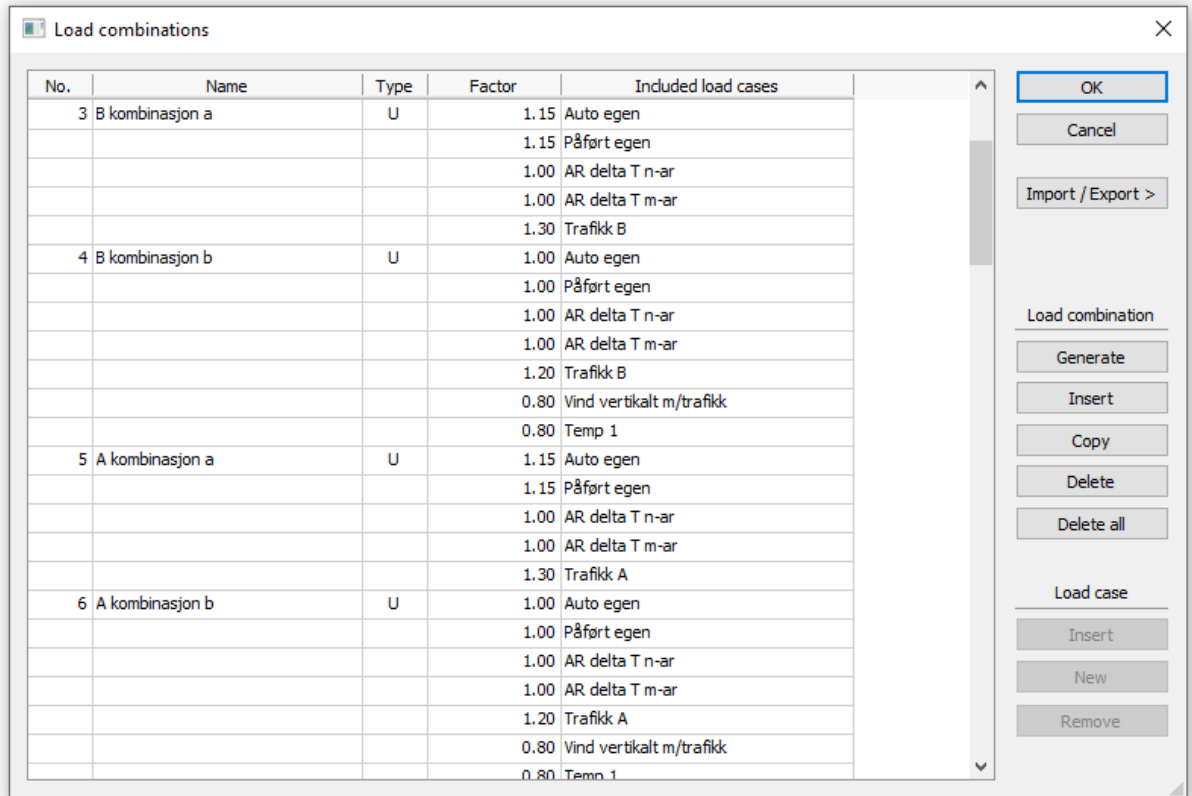


Figur 7-10 Lastkombinering for å finne AR-forskyvninger

For å kombinere laster i bruddgrensetilstand er det valgt å se på effekten av hvert enkelt lasttilfelle for så å utelukke de lastkombinasjonene som ikke blir dimensjonerende. Dette for å redusere antallet kombinasjoner i beregningene. Deretter er lastkombinasjonene satt opp manuelt.

Der hvor det er gitt hvilke lastsammensettinger som skal høre sammen, er det laget noen lasttilfeller som kombinerer andre lasttilfeller. For eksempel er det laget 8 temperaturlaster, Temp 1 til Temp 8 i figuren, som er kombinasjoner av de fire temperaturlastene beskrevet i delkapittel om naturlaster. På samme måte er det laget fire trafikklaster A, B, C og D som inneholder trafikklastene kombinert på verste måte for fire forskjellige scenarioer. Se punkt om trafikklaster.

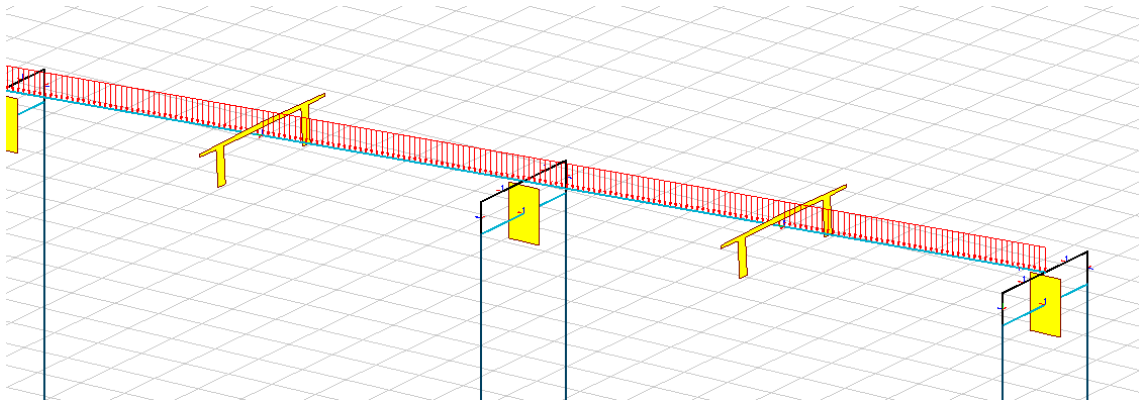
Et utvalg lastkombinasjoner er vist i Figur 7-11.



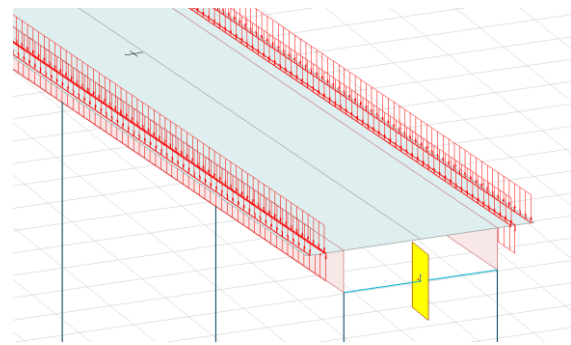
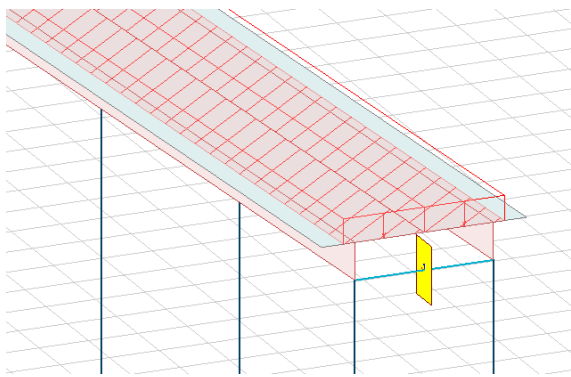
Figur 7-11 Et utvalg lastkombinasjoner i bruddgrensetilstand fra FEM-design

Egenlaster

Egenlast fra konstruksjonene som er modellert i FEM-design klarer programmet selv å beregne basert på tverrsnittene og materialegenskapene som er lagt inn i modellen. Påførte egenlaster må derimot tegnes inn. Påført egenlast legges inn som linjelast på bjelken i modell 1. I modell 2 legges det inn som jevnt fordelt over brudekke, og som linjelaster ved innfesting av gangbane. Dette er vist i utklippene fra beregningsmodellen i Figur 7-12.



a) Egenvekt modellert som linjelast i brumodell 1



b) Egenlast vegbane modellert som flatelast i brumodell 2

c) Egenlast fra GB modellert som linjelaster i brumodell 2

Figur 7-12 Egenlaster på beregningsmodellene

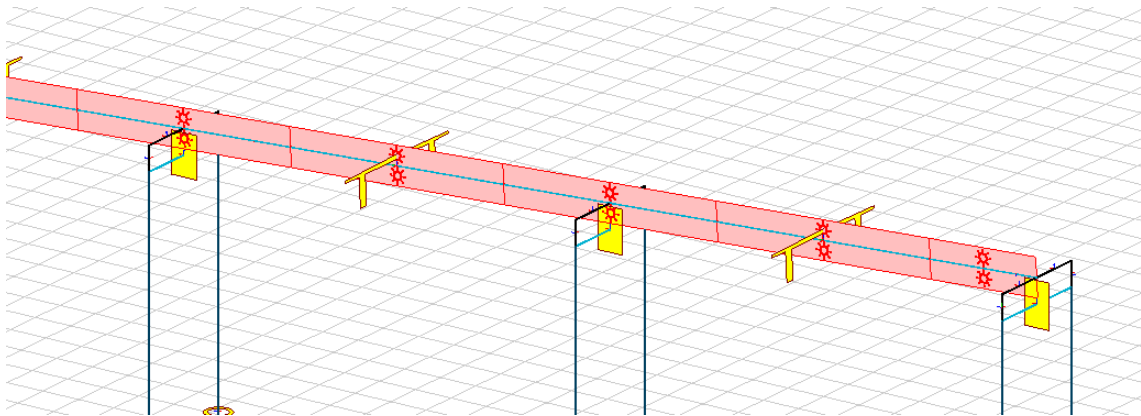
Svinn

Svinnkrefter genereres automatisk når dette legges inn som et eget lasttilfelle og alle konstruksjonsdelene har svinn lagt inn i materialegenskapene. Svinn medregnes kun i lasttilfeller som ikke inkluderer AR-laster, da AR-lastene inneholder svinntøyningene.

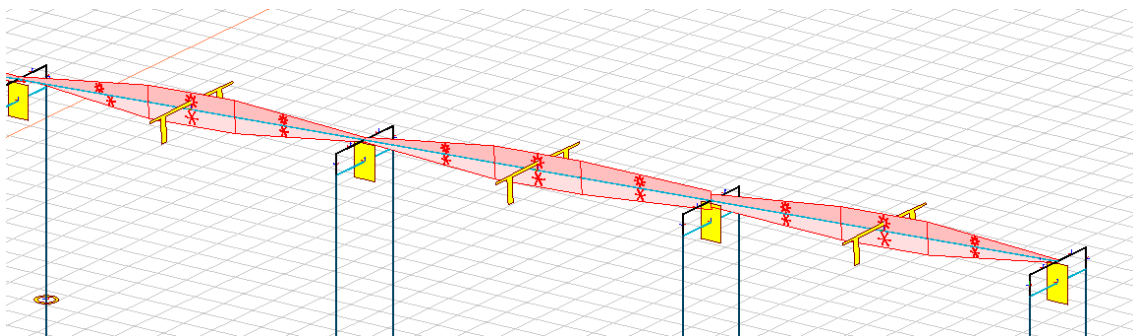
AR-laster

Lastene fra alkalireaksjoner beregnes etter fremgangsmåte beskrevet i kapittel 6.2.1. Denne påkjenningen modelleres som to lasttilfeller, ΔT_{N-AR} og ΔT_{M-AR} , og modelleres som vist i Figur 7-13 og Figur 7-14 som temperurlaster. Grunnen til at temperaturgradienten modelleres med varierende intensitet i lengderetning er at hovedarmeringen i bjelkene går skrått over fra OK til UK i bjelken mellom opplegg og felt. Dermed er situasjonen beregnet for opplegg

bare gyldig akkurat over oppleggene, og det vil være en gradvis overgang fra dette tilfellet og tilfellet midt i felt med hovedarmering i UK.



Figur 7-13 AR-last ΔT_{N-AR} modellert som temperaturlast i FEM-design



Figur 7-14 AR-last ΔT_{M-AR} modellert som temperaturlast i FEM-design

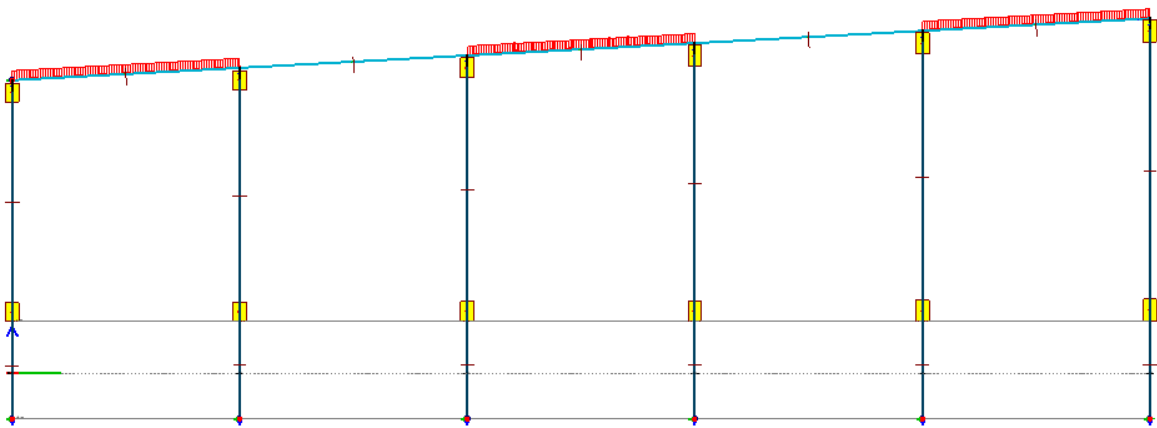
AR-last legges ikke inn i modell 2, da denne modellen kun skal brukes for å finne belastning i tverretning. Det er ikke vesentlig fastholding i tverretning og dermed vil det ikke oppstå tvangskrefter i denne retningen som følge av utvidelsene. Fra bjelkene og ut i utkrager er det rom for fri ekspansjon, mens det vil være en liten fastholding av dekket mellom bjelkene. Dette er av liten størrelsesorden og kan derfor neglisjeres.

Trafikklast

Trafikklast modelleres i fire forskjellige lasttilfeller for modell 1, og to lasttilfeller for modell 2. For modell 1 er tilfellene laget slik:

Det legges inn linjelast på 12 kN/m og 3,8 kN/m i de feltene som er belastet. Dette tilsvarer to kjørebaneer med jevnt fordelt trafikklast som beskrevet i kapittel 4.2.1, samt trafikklast i gangbanen på begge sider, for tilfellet med samtidig last i kjørebane. I tillegg plasseres det vogntog i minst gunstig felt. Vogntog modelleres som åtte punktlaster. De fire tilfellene A, B, C og D er som følger:

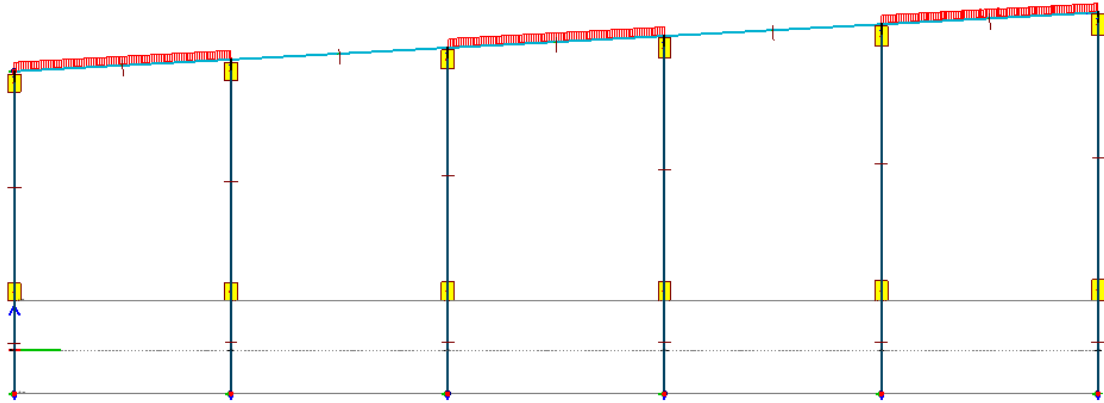
A) Maksimal belastning for midtfelt



Figur 7-15 Trafikklast tilfelle A

Her plasseres to vogntog i midterste felt. Ett i hver kjørebane.

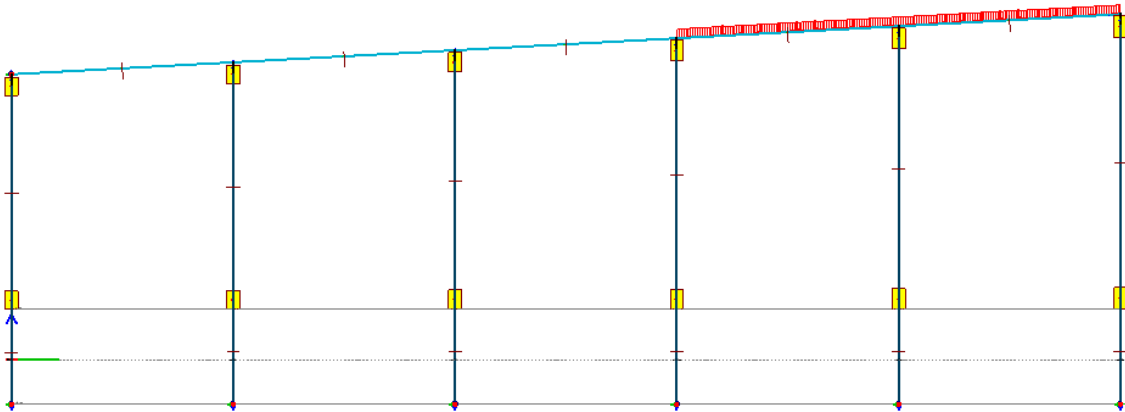
B) Maksimal belastning for endefelt akse 31-32



Figur 7-16 Trafikklast tilfelle B

Her plasseres to vogntog i endefelt. Ett i hver kjørebane.

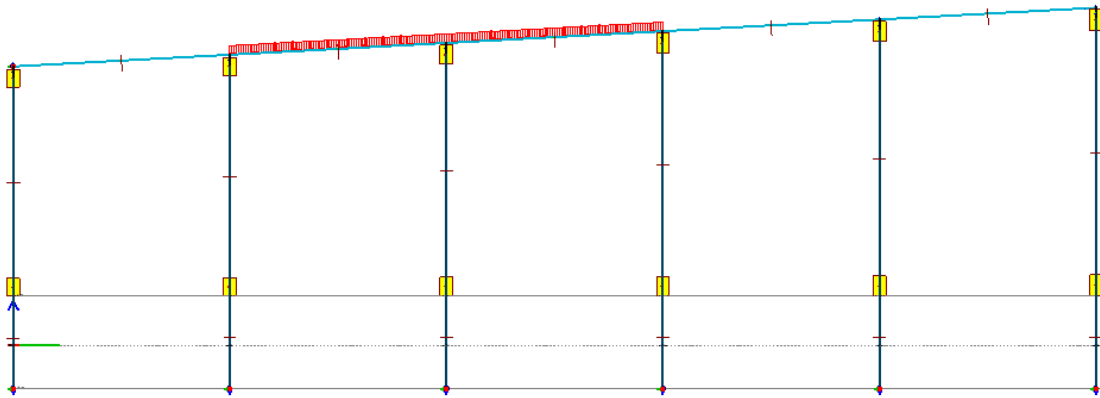
C) Maksimal belastning for opplegg akse 31



Figur 7-17 Trafikklast tilfelle C

Her plasseres ett vogntog på hver side av opplegg 31.

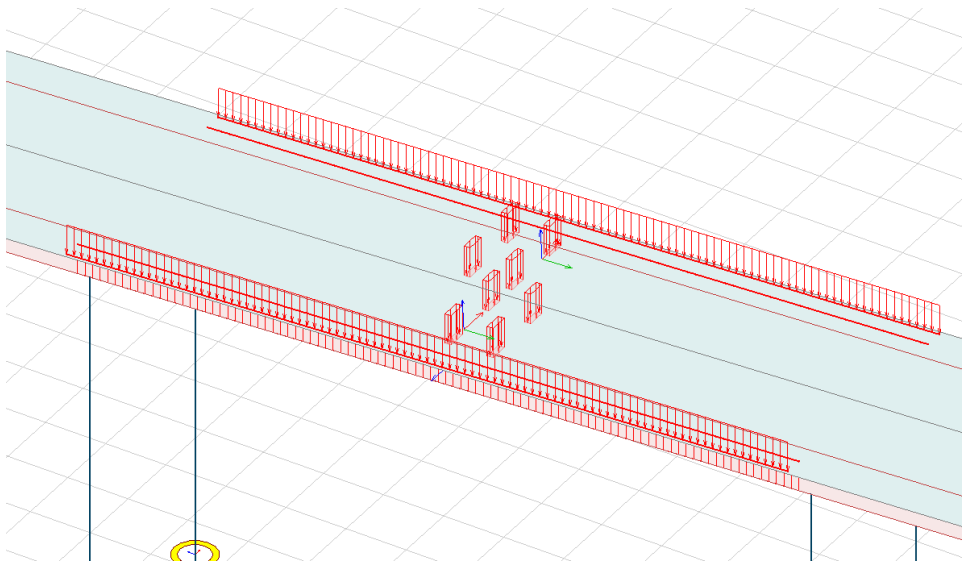
D) Maksimal belastning for midtopplegg



Figur 7-18 Trafikklast tilfelle D

Her plasseres ett vogntog på hver side av et midtopplegg.

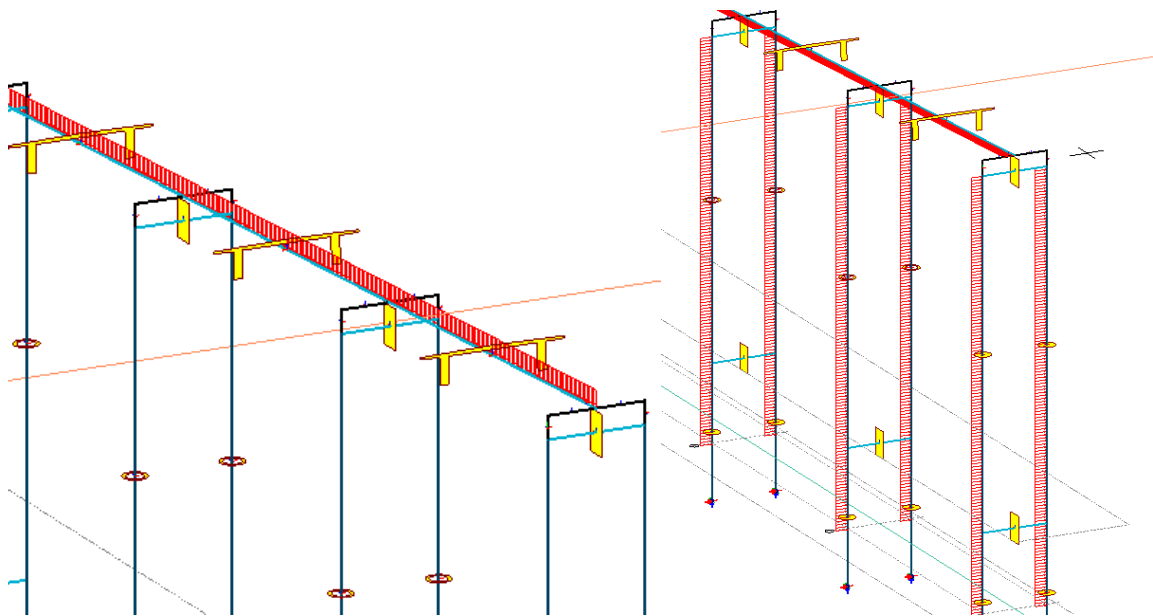
Når det gjelder tverretning er det trafikklast i gangbanen uten samtidig trafikk i kjørebane som gir den største lasten på utkragingen og dermed størst moment inn mot bjelkene. For momentbelastning over bjelkene, på innsiden mot senter av bruen, er det tilfellet med boggilast i to kjørebane samtidig med redusert trafikk på gangbane som gir den verste belastningen. Denne lastkombinasjonen er modellert som vist i Figur 7-19. I tillegg blir det vurdert et lasttilfelle med disse lastene plassert over søylene i lengderetning. Her er konstruksjonen stivere pga. fastholding av bjelkene ved opplegg.



Figur 7-19 Trafikklast som gir størst moment i tverretning

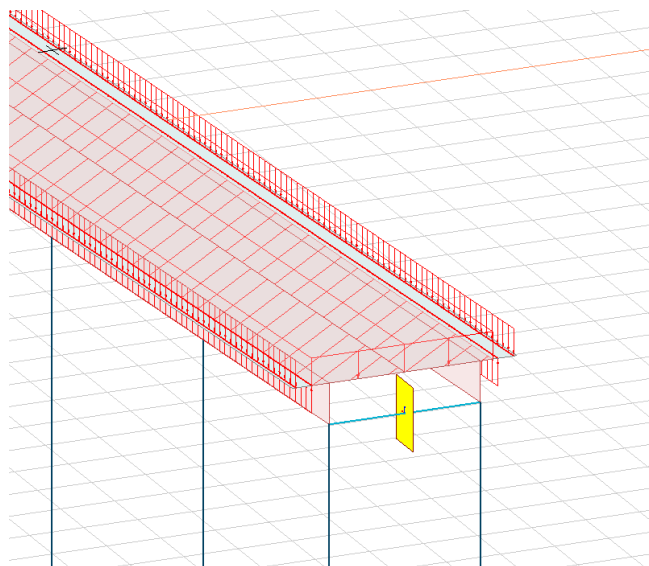
Vindlaster

Vindlastene modelleres som linjelaster på søylene og brudekket for brumodell 1. For modell 2 modelleres vindlastene som jevnt fordelt flatelast og linjelaster fra gangbane i vertikalretning. Ellers er vindlastene modellert tilsvarende som for modell 1. Det lages to tilfeller for hver vindretning, ett med samtidig trafikk og ett uten trafikk. Noen utklipp fra modelleringen av vindlaster er vist i Figur 7-20.



a) Vertikal vindlast modellert som linjelast i brumodell 1

b) Horizontal vindlast på søyler modellert som linjelast for begge brumodeller



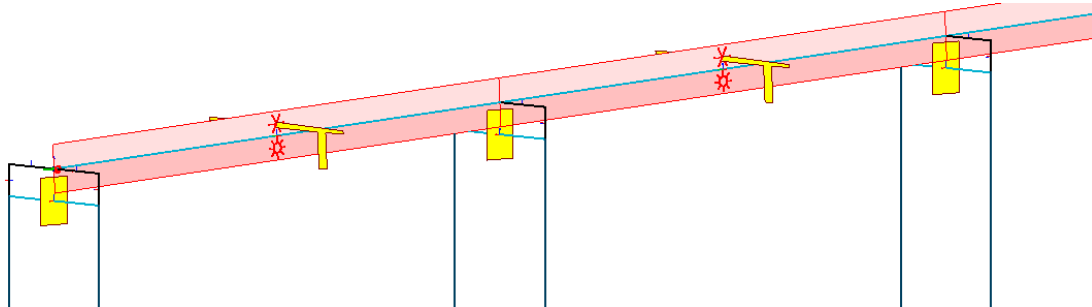
c) Vertikal vindlast modellert som jevnt fordelt last og linjelast fra GB ved brumodell 2

Figur 7-20 Vindlast på brumodell 1 og 2

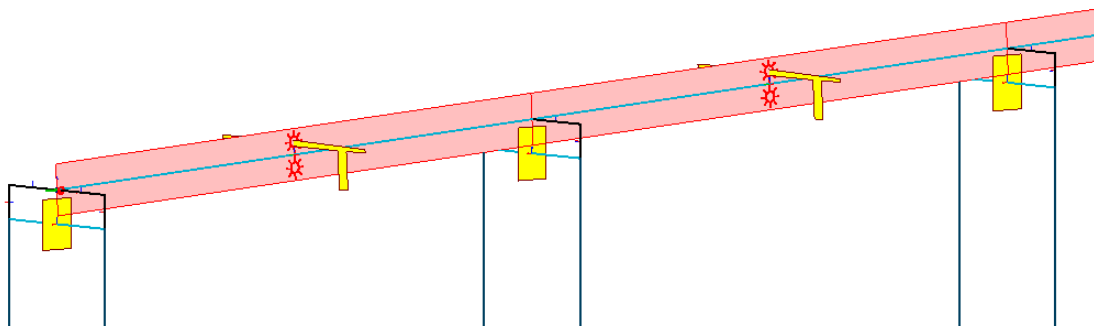
Temperaturlaster

På samme måte som for AR-laster vil temperaturutvidelsene føre til tvangskrefter i lengderetning, men ha liten betydning for belastningen i tverretning. Disse lastene inkluderes derfor i modell 1, men ikke i modell 2.

Som beskrevet i kapittel 4.2.2 skal temperaturlastene kombineres i åtte tilfeller. Det er derfor laget åtte lasttilfeller som kombinerer de fire temperaturlastene som inngår. Figurene Figur 7-21 og Figur 7-22 viser to eksempler på hvordan lastene er modellert.



Figur 7-21 Temperaturlaster modellert i FEM-design. $\Delta T_{M,cool}$



Figur 7-22 Temperaturlaster modellert i FEM-design. $\Delta T_{N,exp}$

7.3 Manuelle beregninger

Alle kapasitetsberegninger regnes manuelt med MathCAD. De dimensjonerende kapasitetene skal etter håndbok V413 beregnes i samsvar med Eurokodene NS-EN 1992/1/, NS-EN 1993/2 og NS-EN 1995/3. Betongbruer prosjektert før Eurokodene kan beregnes etter NS 3473, 6. utgave 2003 for skjærkapasitet.

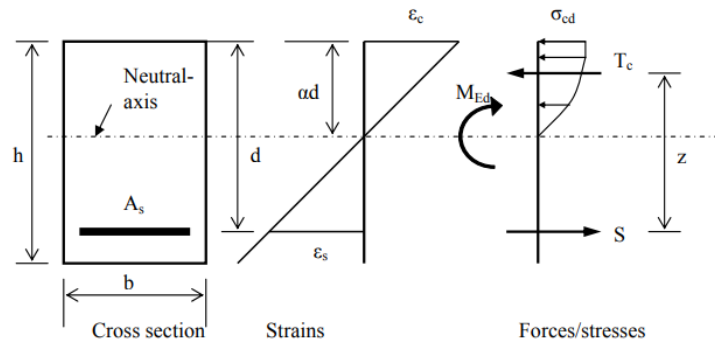
Materialfaktorer og materialfastheter skal være som gitt i V413.

For å kunne se på effektene av korrosjon og alkalireaksjoner i konstruksjonen vil kapasitetene beregnes med og uten justeringer av materialegenskaper. Dermed kan man se innvirkningen skadene har på bruens bæreevne.

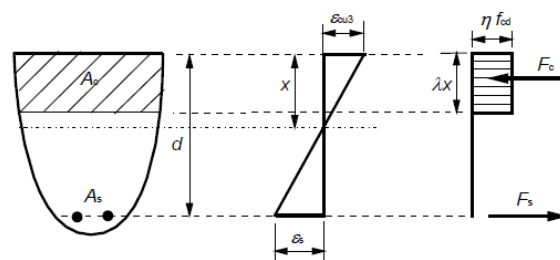
7.3.1 Momentkapasitet

Momentkapasitet for bjelketverrsnittet beregnes etter formler fra formelark tilhørende undervisning i TKT4175 concrete structures 1 (Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU, 2016), og etter figur 3.5 i EC2. I tillegg beregnes tverrsnittet med en effektiv flensbredde etter punkt 5.3.2 i EC2.

Formlene for momentkapasitet tar utgangspunkt i en tøyning ϵ_{cu} i betongen og regner med en rektangulær trykksonehøyde λx , hvor $\lambda = 0,8$ for karakteristisk sylindertykkfasthet, $f_{ck} < 50$ MPa. x tilsvarer αd som er avstanden inn til nøytralaksen fra trykkranden. Det regnes en kraftlikevekt mellom armeringen i strekk og betongen i trykk, som gir momentkapasiteten til tverrsnittet.



Figur 7-23 Tøyninger og spenninger over tverrsnittet for beregning av momentkapasitet etter formelark (Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU, 2016)



Figur 7-24 23 Tøyninger og spenninger over tverrsnittet for beregning av momentkapasitet etter EC2

For å kunne beregne kapasiteten til tverrsnittet må man først regne ut om det er et overarmert, underarmert eller balansert armert tverrsnitt. Det vil si hvor vidt armeringen flyter eller ikke før betongen knuses. Underarmert tverrsnitt er et viktig kriterium for å kunne oppnå et duktilt brudd. Hvis armeringen flyter før betongen knuses vil man kunne

oppdage store deformasjoner før et eventuelt brudd. Tøyningene gir et forvarsel.

Utrekningen av balansert armering er etter formelark som følger:

$$\alpha_b = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}}$$

(7-1)

$$A_{s,b} = \lambda \eta \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b d \alpha_b$$

(7-2)

Hvor α_b er α ved balansert armeringstverrsnitt, ε_{cu} er tøyningsgrense for trykk i betongen og ε_{yd} er dimensjonerende flyttøyning i armeringen. $A_{s,b}$ er armeringsarealet ved balansert armeringstverrsnitt, f_{cd} er dimensjonerende betongtrykkfasthet, f_{yd} er armeringens dimensjonerende flytegrense, b er bjelkens bredde og d er effektiv tykkelse av tverrsnittet, altså avstand fra strekkarmeringens tyngdepunktslinje til trykkranden.

Dersom A_s , armeringsarealet som er i tverrsnittet, er mindre enn $A_{s,b}$ er tverrsnittet underarmert og formelen for underarmert tverrsnitt kan benyttes for å finne α :

$$\lambda \eta f_{cd} b d \alpha - f_{yd} A_s = 0$$

(7-3)

Momentkapasiteten finnes så ved følgende formel:

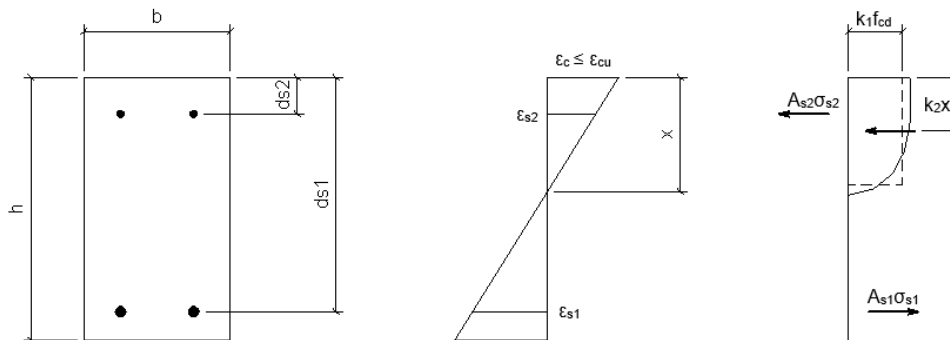
$$M_{Rd} = 0,8\alpha(1 - 0,4\alpha)f_{cd}bd^2$$

(7-4)

Bjelketversnitt utformet som T-bjelker kan beregnes som rektangulære med bredde lik effektiv flensbredde utregnet etter EC2 punkt 5.3.2.1 så sant hele trykksonen havner i flens. For bjelkens kapasiteter for negativt moment over opplegg er det stegbredden som benyttes som bredde i beregningene da trykket er i UK bjelke.

Videre kontrolleres armeringstøyningen mot bruddtøyningen i armeringen.

Om bruddtøyningen overskrides benyttes formler fra fib Bulletin 90 (Matthys & Triantafillou, 2019). Denne beregningsmetoden tar utgangspunkt i at tøyningen i armeringen blir begrensende faktor, og regner betongtrykktøyning og trykksoneplassering etter følgende figurer og formler:



Figur 7-25 Tøyninger og spenninger over tverrsnittet for beregning av momentkapasitet etter fib Bulletin 90 (Matthys & Triantafillou, 2019)

$$k_1 = \begin{cases} 1000\varepsilon_c \left(0,5 - \frac{1000}{12} \varepsilon_c \right), & \text{for } \varepsilon_c \leq 0,002 \\ 1 - \frac{2}{3000\varepsilon_c}, & \text{for } 0,002 \leq \varepsilon_c \leq 0,0035 \end{cases}$$

(7-5)

$$k_2 = \begin{cases} \frac{8 - 1000\varepsilon_c}{4(6 - 1000\varepsilon_c)}, & \text{for } \varepsilon_c \leq 0,002 \\ \frac{1000\varepsilon_c(3000\varepsilon_c - 4) + 2}{2000\varepsilon_c(3000\varepsilon_c - 2)}, & \text{for } 0,002 \leq \varepsilon_c \leq 0,0035 \end{cases}$$

(7-6)

Fra figuren er:

- h = tverrsnittshøyde
- ds1 = d

- d_{s2} = avstand fra trykkarmeringens tyngdepunktslinje til trykkranden
- ϵ_c = betongtøyning
- ϵ_{s1} = tøyning i strekkarmering
- ϵ_{s2} = tøyning i trykkarmering
- A_{s1} = tverrsnittsareal strekkarmering
- A_{s2} = tverrsnittsareal trykkarmering
- σ_{s1} = spenning i strekkarmering
- σ_{s2} = spenning i trykkarmering
- k_1 etter formel (7-5)
- k_2 etter formel (7-6)

Ut fra Figur 7-25 Tøyninger og spenninger over tverrsnittet for beregning av momentkapasitet etter fib Bulletin 90 får man følgende formler hvor T_c er trykkraft fra betongen, T_s er trykkraft fra trykkarmering, og S er strekk i strekkarmeringen:

$$x = \alpha d_{s1} \tag{7-7}$$

$$\alpha = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + \epsilon_{s1}} \tag{7-8}$$

$$T_c = k_1 f_{cd} b x \tag{7-9}$$

$$T_s = A_{s2} \sigma_{s2} \tag{7-10}$$

$$S = A_{s1} \sigma_{s1} \tag{7-11}$$

Kraftlikevekt gir:

$$T_c + T_s = S$$

(7-12)

Strekkeftene begrenses av bruddtøyningen, og trykktøyningen i betongen justeres i beregningene frem til likevektslikningen stemmer. Bruddtøyningene i beregningene justeres for initielttøyninger fra AR i tilfellene med AR.

Momentkapasitet blir:

$$M_{Rd} = S(1 - k_2\alpha)d_{s1}, \quad \text{når trykkarmeringen neglisjeres}$$

(7-13)

$$M_{Rd} = S(1 - k_2\alpha)d_{s1} + T_s(k_2x - d_{s2}), \quad \text{når trykkarmeringen medregnes}$$

(7-14)

Se vedlegg H for beregninger av momentkapasitet for bruene.

7.3.2 Skjærkapasitet

Skjærkapasiteten i brubjelken kan i henhold til V413 beregnes etter NS 3473, 6. utgave (Standard Norge, 2003). Denne standarden benyttes derfor her til å beregne skjærkapasitet i brubjelken.

Kapasitet ved strekkbrudd er etter punkt 12.3.1.2:

$$V_{cd} + V_{sd}$$

(7-15)

Der:

$$V_{cd} = V_{co} = 0,3 \left(f_{td} + \frac{k_A A_s}{\gamma_c b_w d} \right) b_w d k_v \leq 0,6 f_{td} b_w d k_v$$

(7-16)

Og :

$$V_{sd} = \frac{f_{sd} A_{sv}}{s} z (1 + \cot \alpha) \sin \alpha$$

(7-17)

Hvor:

- $k_A = 100 \text{ N/mm}^2$
- $A_s =$ tverrsnittsareal av lengdearmring på strekksiden
- $k_v = 1,0$
- $f_{td} =$ dimensjonerende strekkfasthet i betong
- $\gamma_c =$ partialfaktor for betong
- $b_w =$ bredde av steg
- $s =$ senteravstand
- $z =$ tverrsnittets indre momentarm, kan settes lik $0,9 d$
- $\alpha =$ vinkelen mellom skjærarmring og systemakse

Kapasitet ved trykkbrudd er etter punkt 12.3.2.5:

$$V_{ccd} = 0,3 f_{cd} b_w z (1 + \cot \alpha) \leq 0,45 f_{cd} b_w z$$

Den dimensjonerende skjærkapasitet blir dermed den minste av V_{ccd} og $V_{cd} + V_{sd}$.

Se vedlegg I for skjærkapasitetsberegninger av brubjelken.

8 Beregningsresultater

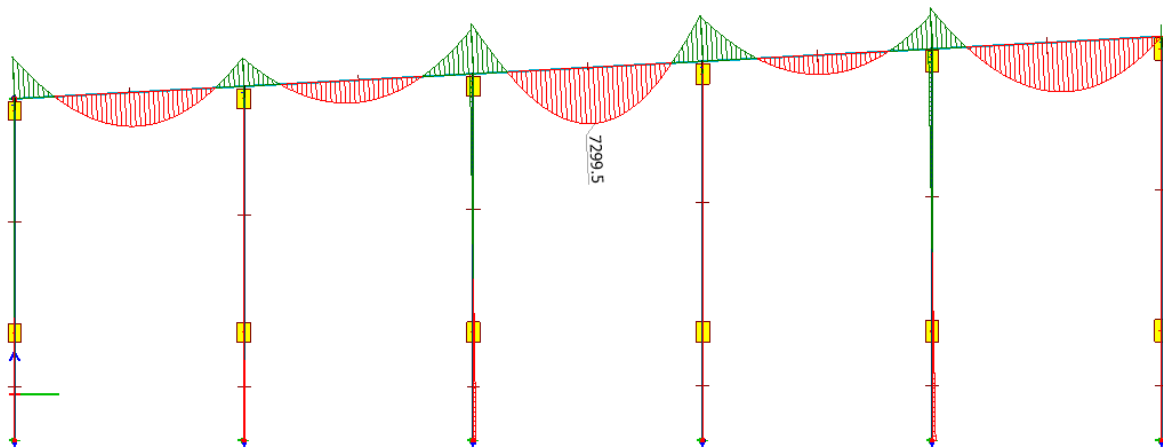
Resultater fra beregninger i FEM-design er oppsummert i diagrammer og tabeller. Utfyllende rapport fra FEM-design ligger vedlagt i vedlegg J og K.

8.1 Dimensjonerende momenter

Momentdiagrammer for hvert dimensjonerende tilfelle er vist i det følgende. Kreftene er vist for tilfeller med og uten AR-laster og temperaturlaster.

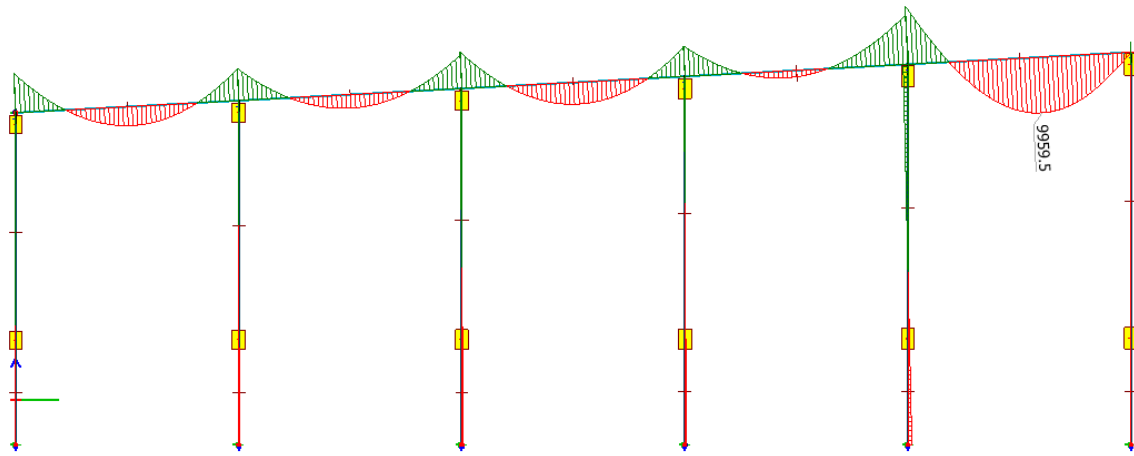
8.1.1 Dimensjonerende momenter uten AR

A) Midtfelt



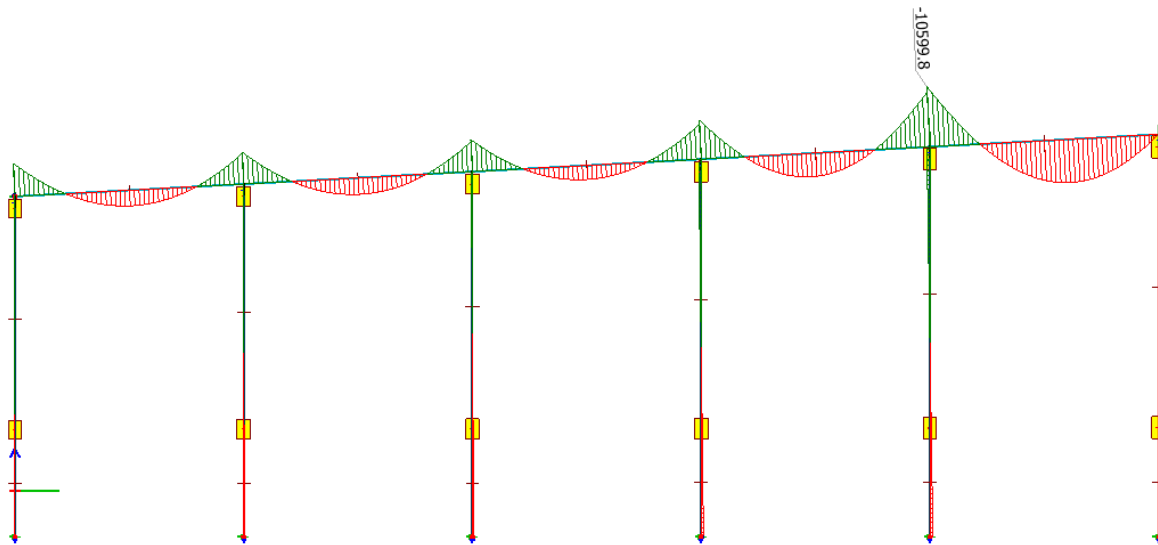
Figur 8-1 Dimensjonerende moment for midtfelt for tilfellet uten AR-last

B) Endefelt



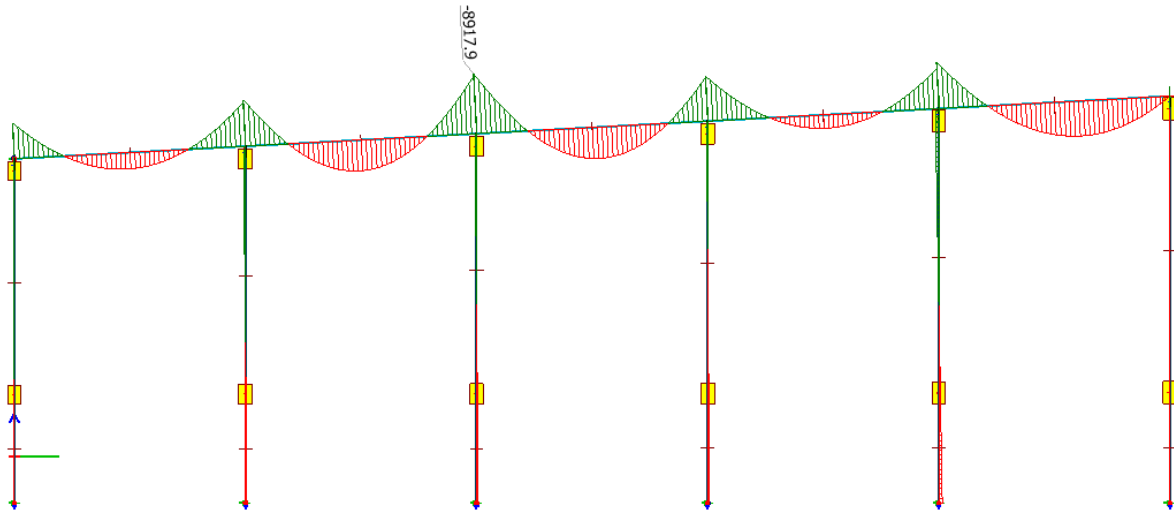
Figur 8-2 Dimensjonerende moment for endefelt for tilfellet uten AR-last

C) Opplegg akse 31



Figur 8-3 Dimensjonerende moment ved opplegg akse 31 for tilfellet uten AR-last

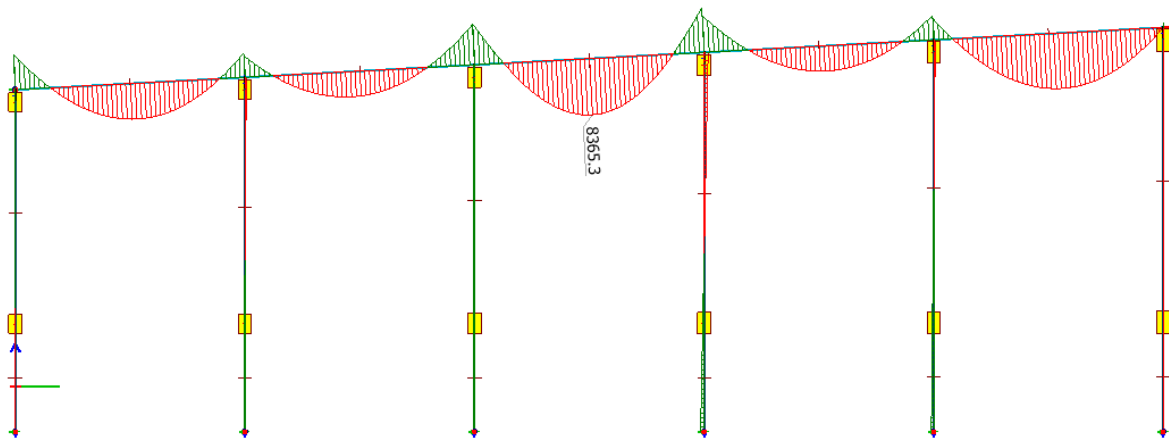
D) Midtopplegg



Figur 8-4 Dimensjonerende moment ved midtopplegg for tilfellet uten AR-last

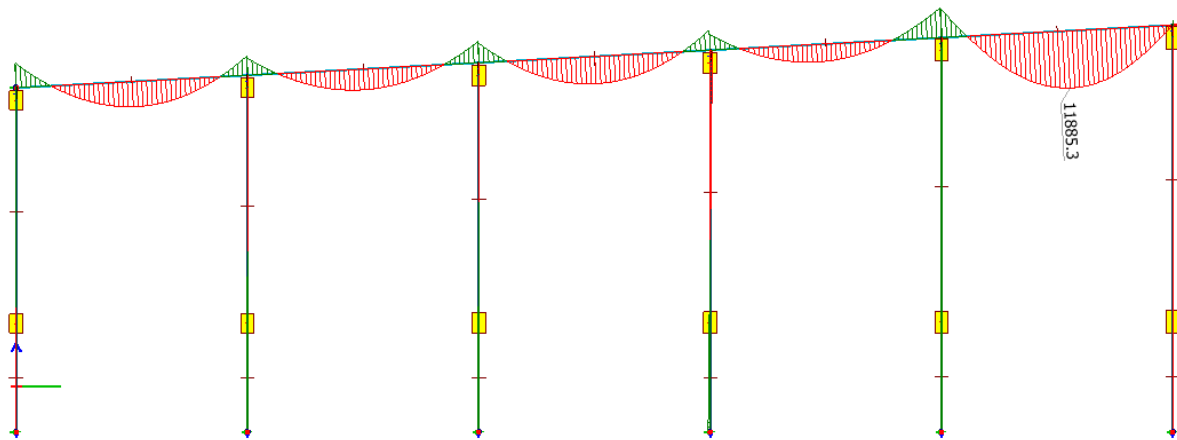
8.1.2 Dimensjonerende momenter med AR, uten temperaturlaster

A) Midtfelt



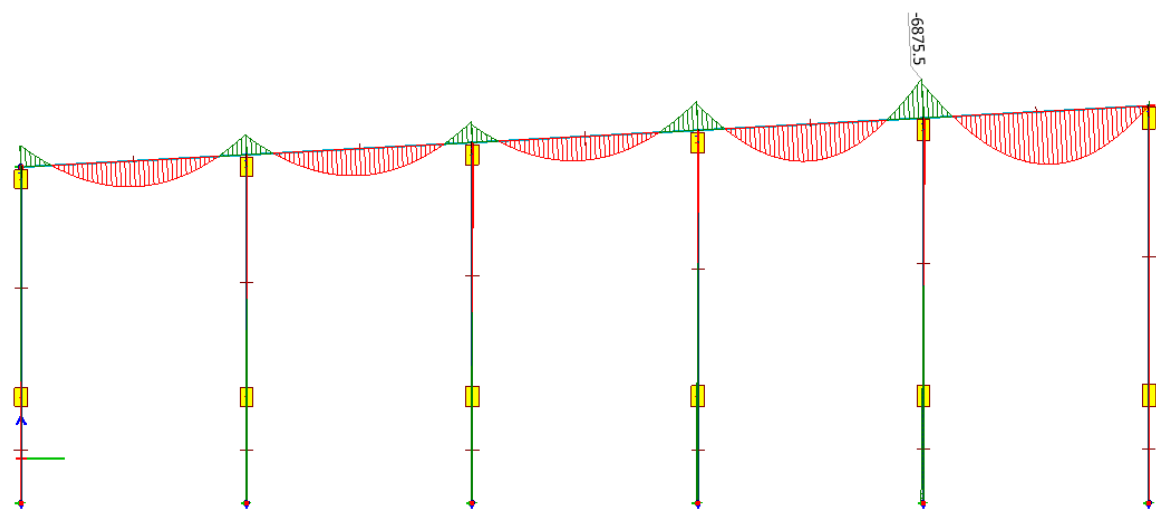
Figur 8-5 Dimensjonerende moment for midtfelt for tilfellet med AR-last, uten temperaturlast

B) Endefelt



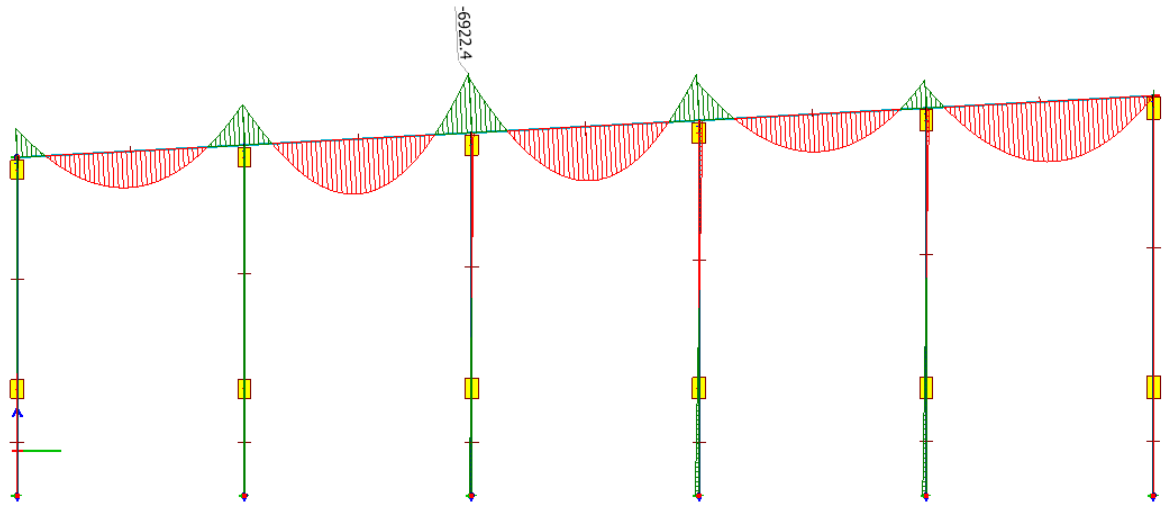
Figur 8-6 Dimensjonerende moment for endefelt for tilfellet med AR-last, uten temperaturlast

C) Opplegg akse 31



Figur 8-7 Dimensjonerende moment ved opplegg akse 31 for tilfellet med AR-last, uten temperaturlast

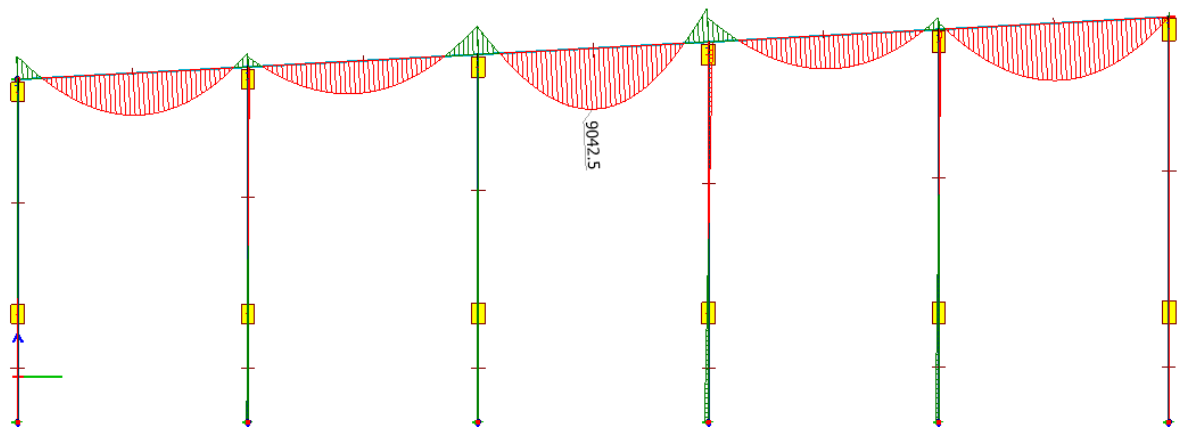
D) Midtopplegg



Figur 8-8 Dimensjonerende moment ved midtopplegg for tilfellet med AR-last, uten temperaturlast

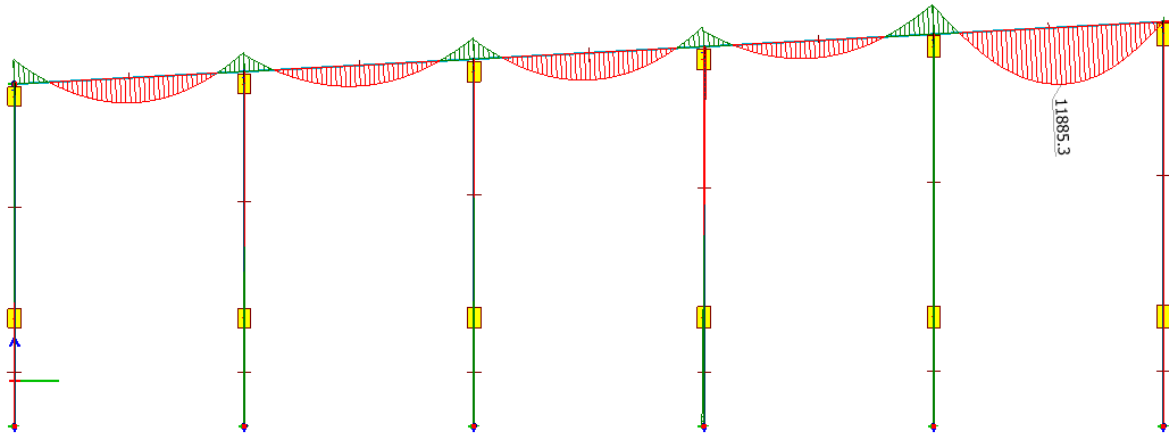
8.1.3 Dimensjonerende momenter med AR og temperaturlaster

A) Midtfelt



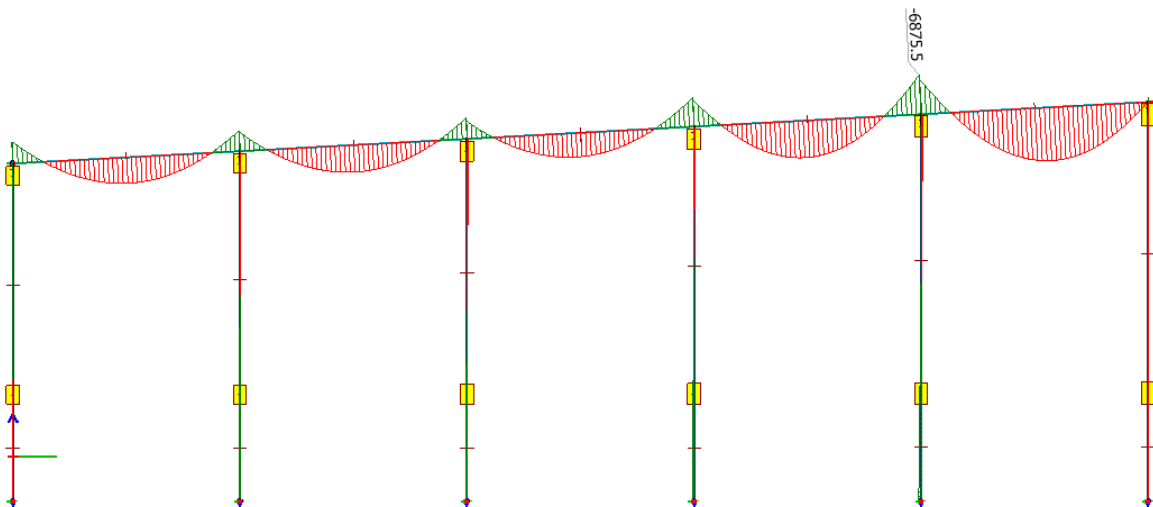
Figur 8-9 Dimensjonerende moment for midtfelt for tilfellet med AR-last og temperaturlast

B) Endefelt



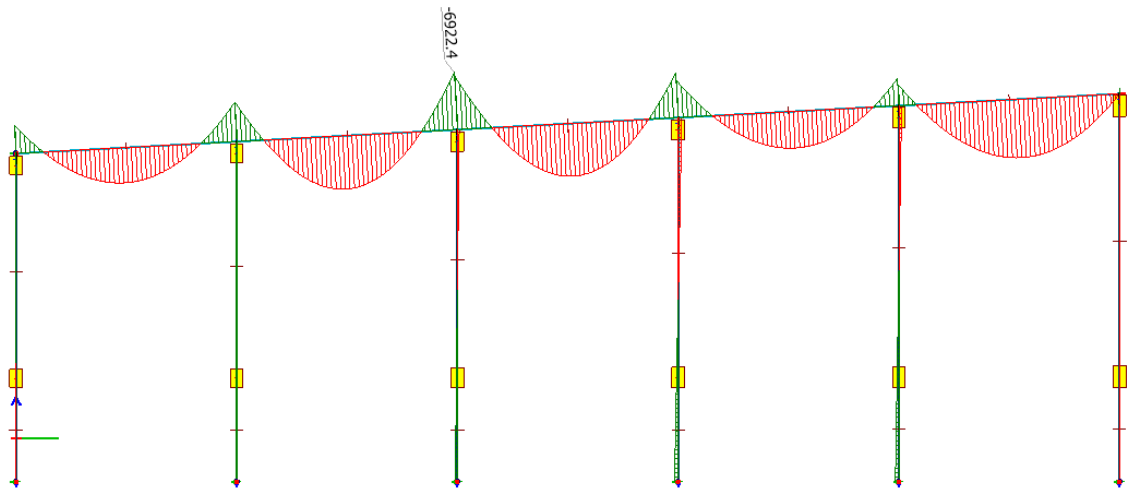
Figur 8-10 Dimensjonerende moment for endefelt for tilfellet med AR-last og temperaturlast

C) Opplegg akse 31



Figur 8-11 Dimensjonerende moment ved opplegg akse 31 for tilfellet med AR-last og temperaturlast

D) Midtopplegg



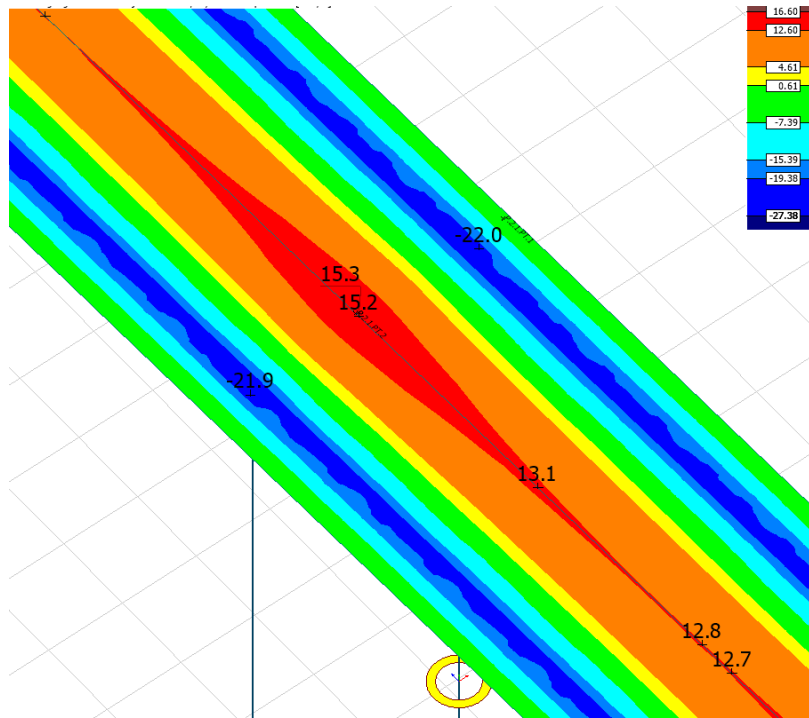
Figur 8-12 Dimensjonerende moment ved midtopplegg for tilfellet med AR-last og temperaturlast

8.1.4 Dimensjonerende momenter i tverretning

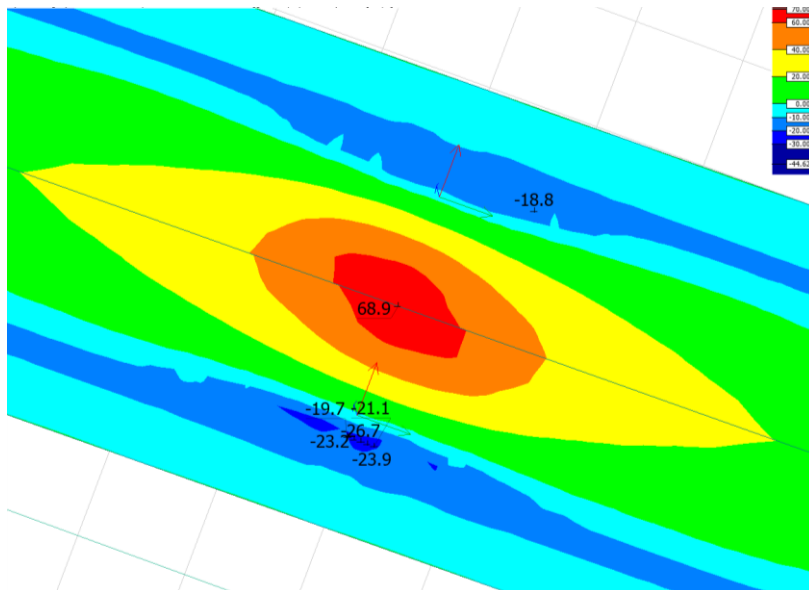
Hverken temperaturlaster eller alkalierreaksjoner fører til tvangskrefter i tverretning i vesentlig grad. Dermed blir ikke tilfeller med disse lastene beregnet for tverretning.

Det dimensjonerende tilfellet for moment over vingene er tilfellet med maksimal trafikklast på gangbanen uten trafikklast i kjørebanelen. For moment over bjelken mot senter av bruene og for momentet midt i brudekket er det tilfellet med boggilast i begge kjørebaneler med samtidig trafikklast på gangbane som blir dimensjonerende. Den siste lastkombinasjonen kan plasseres både midt i feltet i lengderetning og over søyler. Det vil gi noe varierende resultater. Grunnen til at momentene blir annerledes i tverretning om lastene plasseres over søyler enn midt i feltet i lengderetning er at konstruksjonen er stivere ved opplegg. Bjelkene er fastholdt ved opplegg og dette fører til større negativt moment ved bjelkene.

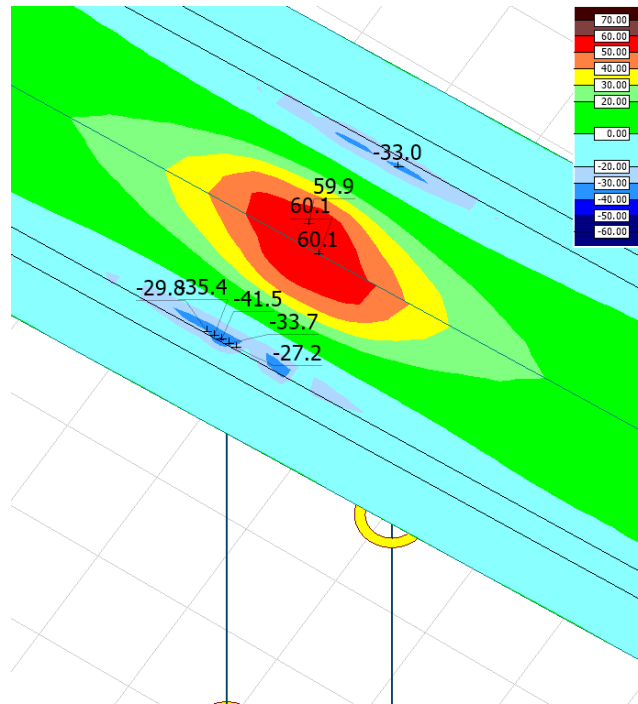
Disse tre tilfellene resulterer i følgende momenter i tverretning av dekket:



Figur 8-13 Dimensjonerende moment i tverretning for tilfellet med maksimal last på gangbane



Figur 8-14 Dimensjonerende moment i tverretning for tilfellet med boggilast i to kjørebaneer og redusert trafikklast på gangbane, plassert i feltmidte

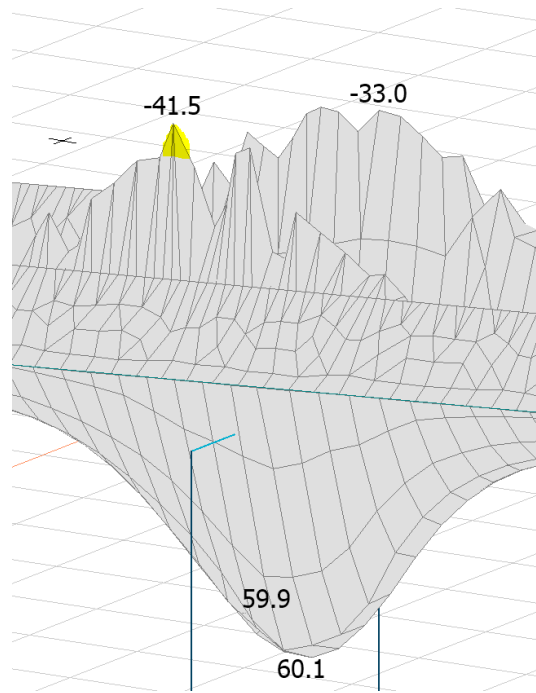


Figur 8-15 Dimensjonerende moment i tverretning for tilfellet med boggilast i to kjørebane og redusert trafikklast på gangbane, plassert over søyler

Ved tilfellet med boggilast i begge kjørebane ser vi et negativt moment over bjelke på -41,5 kNm. I henhold til anbefalingen *Recommendations for finite element analysis for the design of reinforced concrete slabs* (Johansson, et al., 2012) kan vidden for integrering og fordeling av moment i tverretning være $w_x = 2h + b + t$, hvor h er høyden ved kritisk snitt, b er vidden av lasten og t er tykkelsen på belegningen. Dette blir $2 \cdot 175 + 200 + 100 = 650$ mm.

Peak-verdien på -41,5 kNm er på innsiden av bjelken. Årsaken til at det ikke er en større verdi over opplegg er at det er benyttet «peak smoothing» over bjelken. Den største verdien midt over bjelken er ikke interessant da den dimensjonerende verdien vil være ved kanten mot bjelken (Øverli & Sørensen, u.d.) Dermed vil dimensjonerende moment bli et integral av verdiene over en bredde på 650 mm langs en linje på innsiden av bjelken, fordelt på bredden. Gjennomsnittet blir -34,8 kNm. Dette er dimensjonerende moment ved innsiden av bjelken.

En grafisk illustrering av peak-verdien som er integrert og fordelt på 0,65 m er illustrert med gul markering på Figur 8-16.



Figur 8-16 Grafisk fremstilling av dimensjonerende moment i tverretning for tilfellet med boggilast i to kjørebaner og redusert trafikklast på gangbane

8.1.5 Dimensjonerende momenter

De dimensjonerende momentene for brudelen er oppsummert i Tabell 8-1.

Tabell 8-1 Dimensjonerende moment (kNm)

Lokasjon	Lastkombinasjoner u/AR	Lastkombinasjoner m/AR, u/temp	Lastkombinasjoner m/AR, m/temp
Midtfelt	7300	8365	9043
Endefelt	9960	11885	11885
Opplegg 31	-10600	-6876	-6876
Midtopplegg	-8918	-6922	-6922

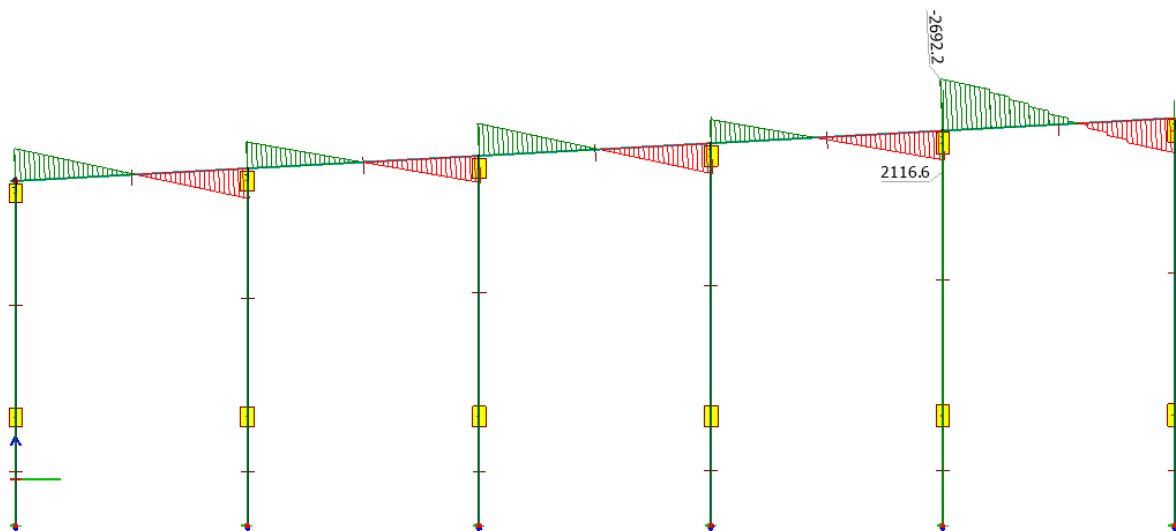
Utkrager, ytterside av bjelke	-22		
Tverretning, innside av bjelke	-35		
Tverretning, mellom bjelker	69		

8.2 Dimensjonerende skjærkrefter

Skjærdiagrammer for hvert dimensjonerende tilfelle er vist i det følgende. Kraftene er vist for tilfeller med og uten AR-laster og temperaturlaster.

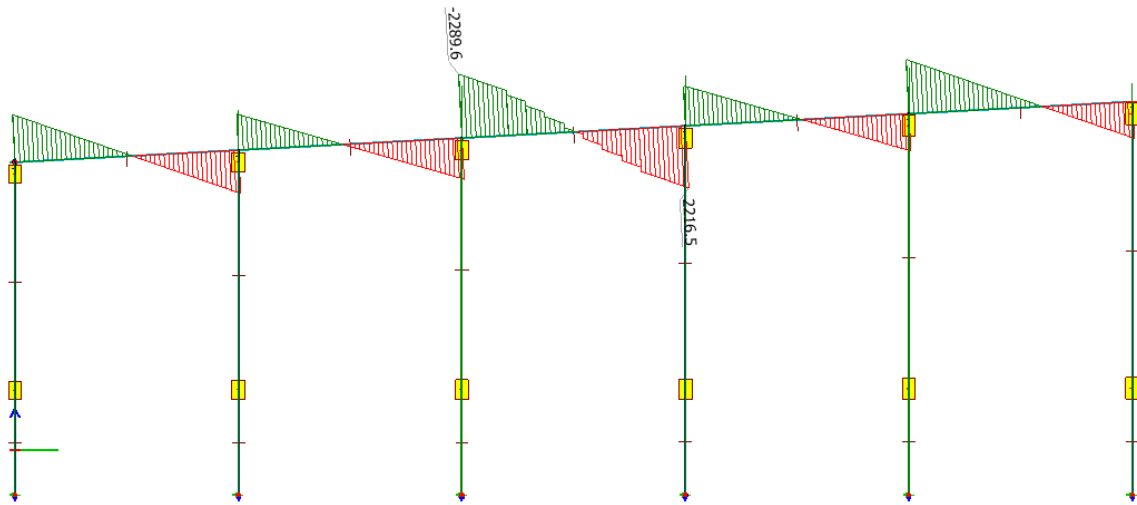
8.2.1 Dimensjoner skjærkrefter uten AR

1) Opplegg 31



Figur 8-17 Dimensjonerende skjærkrefter ved opplegg 31 for tilfellet uten AR-laster

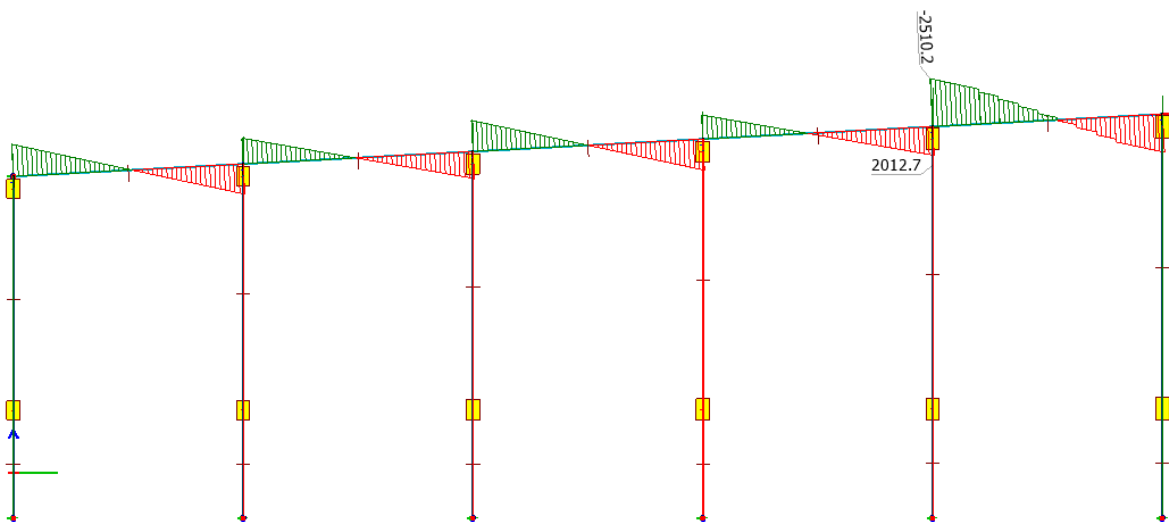
2) Midtopplegg



Figur 8-18 Dimensjonerende skjærkrefter ved midtopplegg for tilfellet uten AR-laster

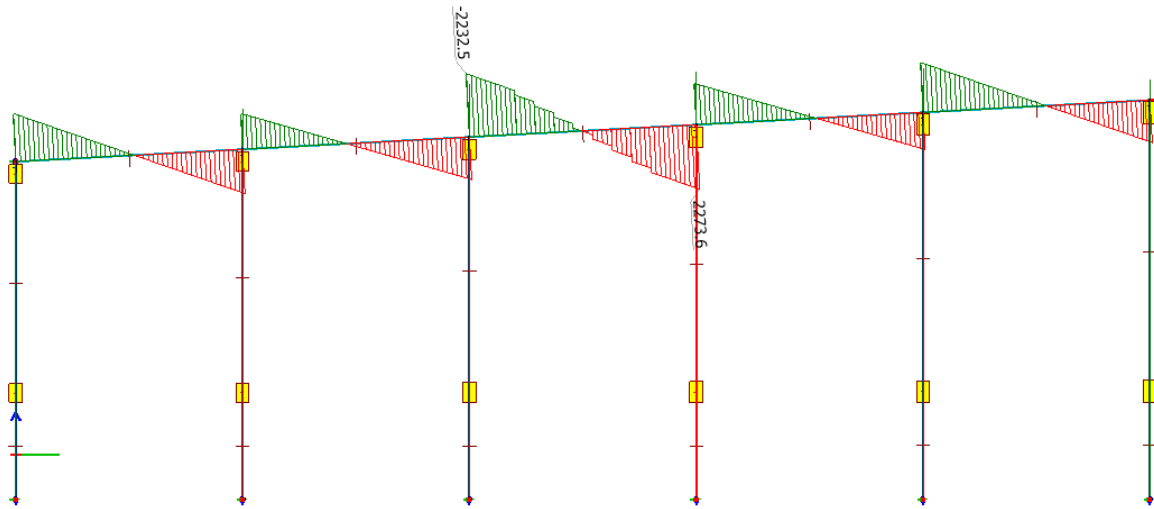
8.2.2 Dimensjonerende skjærkrefter med AR, uten temperaturlaster

1) Opplegg 31



Figur 8-19 Dimensjonerende skjærkrefter ved opplegg 31 for tilfellet med AR-laster, uten temperaturlaster

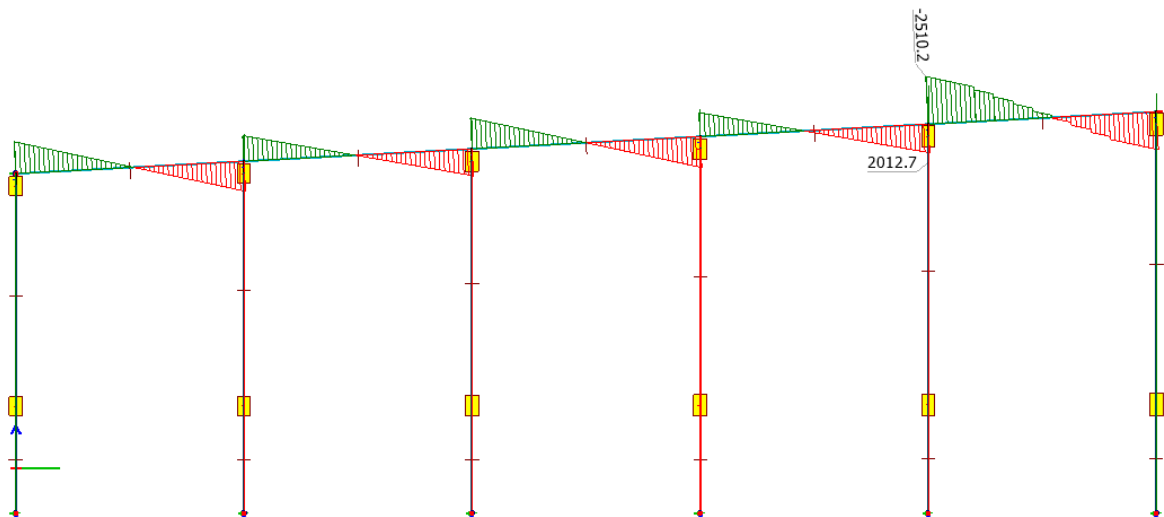
2) Midtopplegg



Figur 8-20 Dimensjonerende skjærkrefter ved midtopplegg for tilfellet med AR-laster, uten temperaturlaster

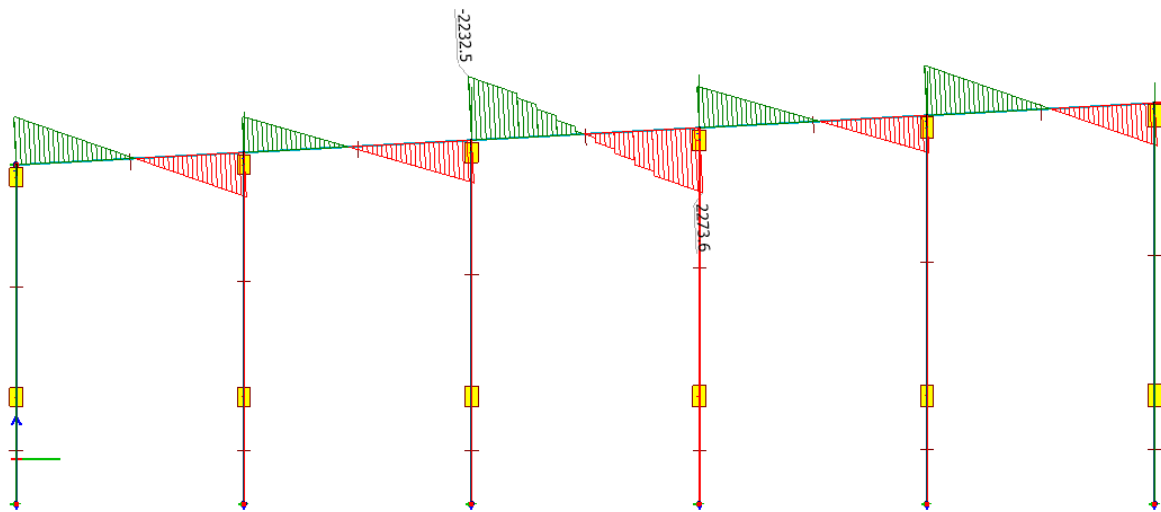
8.2.3 Dimensjonerende skjærkrefter med AR og temperaturlaster

1) Opplegg 31



Figur 8-21 Dimensjonerende skjærkrefter ved opplegg 31 for tilfellet med AR-laster og temperaturlaster

2) Midtopplegg

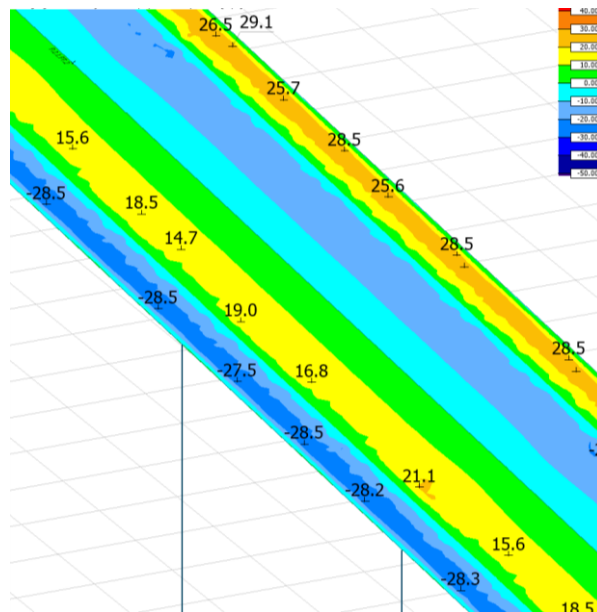


Figur 8-22 Dimensjonerende skjærkrefter ved midtopplegg for tilfellet med AR-laster og temperaturlaster

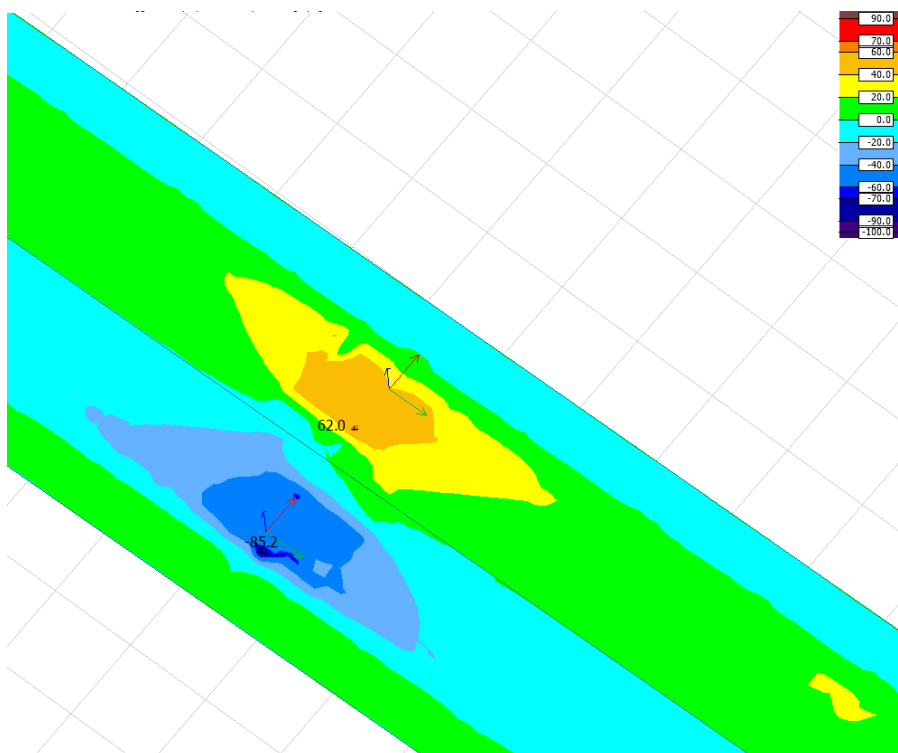
8.2.4 Dimensjonerende skjærkrefter i tverretning

De dimensjonerende skjærkreftene er fra to lasttilfeller. For vinge ved linjelaster og ved ytterkant bjelke er det tilfellet med maksimal trafikklast på gangbane, og for innside av bjelke er det boggilast i vegbanen plassert midt i felt i lengderetning.

Linjelastene som fører til de høyeste skjærkreftene i tilfellet med maksimal last i gangbane er modellert som tynne linjer. Dette kunne vært kompensert for med «peak smoothing», men da de opptredende kreftene er mye mindre enn kapasitet, er dette ikke justert.

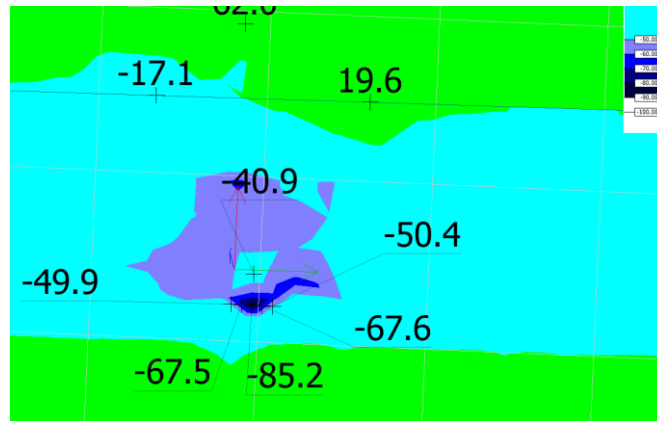


Figur 8-23 Dimensjonerende skjærkrefter for tilfellet med maksimal last på gangbane



Figur 8-24 Dimensjonerende skjærkrefter for tilfellet med boggilast i vegbanen

Man ser av siste figur at skjærbelastningen har en peak-verdi på 85,2 kN/m.



Figur 8-25 Nærmere utklipp av dimensjonerende skjærkrefter for tilfellet med boggilast i vegbanen

Ser man på det mørkeblå området rundt peak-verdien, som fremdeles er et lite område, korresponderer denne blåfargen med skjærkrefter mellom 60 og 70 kN/m. Et gjennomsnitt av den verste halvmeteren resulterer i en skjærkraft på 68 kN/m.

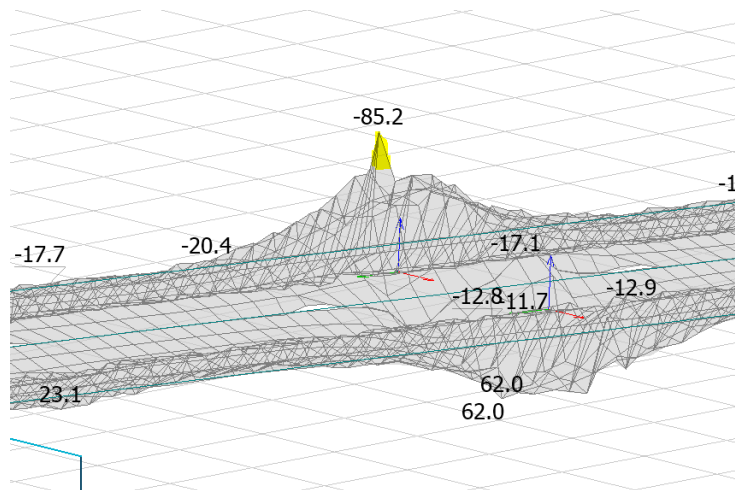
På samme måte som for moment er det beskrevet hvordan skjærkreftene kan integreres og fordeles på en bredde w , i veiledningen *Recommendations for finite element analysis for the design of reinforced concrete slabs* (Johansson, et al., 2012):

$$w = \max \begin{cases} 7d + b + t \\ 10d + 1,3y_{cs} \end{cases}$$

(8-1)

Vidden som skjærkreftene kan integreres og fordeles over blir dermed $7 \cdot 150 + 200 + 100 = 1350$ mm, eller $10 \cdot 150 + 0 = 1500$ mm. Det er dermed noe konservativt å anta dimensjonerende kraft på 68 kN/m, men da opptredende kraft er mindre enn kapasiteten, er det lite hensiktsmessig å justere resultatent.

Figur 8-26 viser en grafisk illustrasjon av peak-verdien som blir omregnet. Denne er markert i gult.



Figur 8-26 Grafisk illustrering av dimensjonerende skjærkrefter for tilfellet med boggilast i vegbanen

8.2.5 Dimensjonerende skjærkrefter

De dimensjonerende skjærkreftene for brudelen er oppsummert i Tabell 8-2.

Tabell 8-2 Dimensjonerende skjærkrefter (kN)

Lokasjon	Lastkombinasjoner u/AR	Lastkombinasjoner m/AR, u/temp	Lastkombinasjoner m/AR, m/temp
Opplegg 31	2692	2510	2510
Midtopplegg	2290	2274	2274
Tverretning, vinge	29		
Tverretning, innside mellom bjelker	68		

8.3 Kapasitet

Moment- og skjærkapasitet er beregnet etter formler beskrevet i kapittel 7.3 og oppsummert her.

8.3.1 Momentkapasitet

Resultatene fra beregningene av momentkapasitet er oppsummert i Tabell 8-3. Her vises kapasitetene i kNm og i prosentvis reduksjon ved skademekanismer, i forhold til tilfeller uten skader.

Tabell 8-3 Momentkapasitet (kNm)

	Uten skade- mekanismer	Med AR	Med AR + 5% korrosjon	Med AR + 10% korrosjon
Midtfelt	8876	8876	7722	6639
Reduksjon	-	0	-13%	-25%
Endefelt	12460	12460	10850	9342
Reduksjon	-	0	-13%	-25%
Opplegg 31	12290	12290	10710	9250
Reduksjon	-	0	-13%	-25%
Midtopplegg	8289	8289	7227	6250
Reduksjon	-	0	-13%	-25%
Utkrager, ytterside av bjelke	27	27	23	20
Reduksjon	-	0	-15%	-26%
Tverretning, innside av bjelke	29	29	25	22
Reduksjon	-	0	-14%	-24%

Tverretning, mellom bjelker	105	105	93	81
Reduksjon	-	0	-11%	-23%

Det er et tydelig mønster hvor kapasitetene reduseres i størrelsesorden 10-15 % med 5 % korrosjon, og 25% med 10 % korrosjon. Disse resultatene er avhengige av antagelser gjort i kapittel 6.1.2, hvor armeringens duktilitet, fasthet og areal justeres for tilfellene med rust.

8.3.2 Skjærkapasitet

Tabell 8-4 viser resultatene fra skjærkapasitetsberegningene. Kapasitetene er gitt i kN og i prosentvis reduksjon ved skademekanismer, i forhold til tilfeller uten skader.

Tabell 8-4 Skjærkapasitet (kN)

	Uten skademekanismer	Med AR	Med AR + 5% korrosjon	Med AR + 10% korrosjon
Opplegg 31	3767	3767	3394	3031
Reduksjon	-	0	-10%	-20%
Midtopplegg	3276	3276	2933	2614
Reduksjon	-	0	-10%	-20%
Utkrager, ved innfestingspunkter GB	57	57	56	55
Reduksjon	-	0	-2%	-4%

Tverretning, innside	77	77	76	75
mellom bjelker				
Reduksjon	-	0	-1%	-3%

På same måte som for momentkapasitet ser man et tydelig mønster for reduksjonen i skjærkapasitet. I tverrsnittene med skjærarmering har korrosjon stor innflytelse med henholdsvis 10% og 20% kapasitetsreduksjon ved tilfellene med 5% og 10% korrosjon. Denne innflytelsen på skjærkapasitet er mye mindre i tilfellene uten skjærarmering. Her reduseres kapasitetene med 1-4%.

9 Kapasitetsutnyttelse

Hvor høyt utnyttet bruene er kommer an på hvilke forutsetninger som ligger til grunn. I dette kapitlet blir det derfor vist i tabeller hvilken utnyttelsesgrad bruene har for tilfeller med og uten skader ved bruddgrensetilstand med og uten AR-laster og temperaturlaster.

9.1 Uten kapasitetsinnvirkning fra skademekanismer

Utnyttelsesgrad for momentkapasitet og skjærkapasitet er oppsummert i Tabell 9-1 og Tabell 9-2. Kapasitetsoverskridelser markeres med rød tekst.

Tabell 9-1 Kapasitetsutnyttelse, moment

Lokasjon	Lastkombinasjoner u/AR	Lastkombinasjoner m/AR, u/temp	Lastkombinasjoner m/AR, m/temp
Midtfelt	7300/8876 = 0,82	8365/8876 =0,94	9043/8876 =1,02
Endefelt	9960/12460 = 0,80	11885 /12460 =0,95	11885/12460 = 0,95
Opplegg 31	-10600/12290 =0,86	-6876/12290 = 0,56	-6876/12290 = 0,56
Midtopplegg	-8918/8289 =1,08	-6922/8289 =0,84	-6922/8289 =0,84
Utkrager, ytterside av bjelke	-22/27 =0,81		

Tverretning, innside av bjelke	-35/29 =1,2		
Tverretning, mellom bjelker	69/105 =0,66		

Tabell 9-2 Kapasitetsutnyttelse, skjær (kN)

Lokasjon	Lastkombinasjoner u/AR	Lastkombinasjoner m/AR, u/temp	Lastkombinasjoner m/AR, m/temp
Opplegg 31	2692/3767 =0,71	2510/3767 =0,67	2510/3767 =0,67
Midtopplegg	2290/3276 =0,70	2274/3276 =0,69	2274/3276 =0,69
Tverretning, vinge	29/57 =0,51		
Tverretning, innside mellom bjelker	68/77 =0,88		

Fra tabellene sees det at ved lastkombinasjoner uten AR-laster vil bjelkedelen av bruene ha nok kapasitet for moment og skjær for de fleste tilfeller. Unntakene er momentutnyttelsen over midtopplegg, og i tverretning ved innside av opplegg. Her overskrids kapasitetene med henholdsvis 8 og 20%.

Når tvangskrefter fra AR inkluderes i beregningene, vil dette ha et hjelpende bidrag for momentkapasitet over opplegg. I dette tilfellet er alle kapasiteter i lengderetning større enn de dimensjonerende kreftene.

Hvis temperaturlaster inkluderes samtidig med AR-laster er det midtfeltene som begynner å slite. I dette tilfellet overskrides momentkapasiteten i feltet med 2%.

Kapasitet i tverretning er uavhengig av AR- og temperaturlaster.

9.2 Med 5 % korrosjon

Utnyttelsesgraden ved 5% armeringskorrosjon endres ved at kapasitetene er redusert samtidig med at de dimensjonerende kreftene forblir de samme. Kapasitetsoverskridelser markeres med rød tekst i Tabell 9-3 og Tabell 9-4.

Tabell 9-3 Kapasitetsutnyttelse, moment

Lokasjon	Lastkombinasjoner u/AR	Lastkombinasjoner m/AR, u/temp	Lastkombinasjoner m/AR, m/temp
Midtfelt	7300/7722 = 0,95	8365/7722 = 1,08	9043/7722 = 1,17
Endefelt	9960/10850 = 0,92	11885 /10850 = 1,10	11885/10850 = 1,10
Opplegg 31	-10600/10710 =0,99	-6876/10710 = 0,64	-6876/10710 = 0,64
Midtopplegg	-8918/7227 = 1,23	-6922/7227 =0,96	-6922/7227 =0,96

Utkrager, ytterside av bjelke	-22/23 =0,96		
Tverretning, innside av bjelke	-35/25 =1,4		
Tverretning, mellom bjelker	69/93 =0,74		

Tabell 9-4 Kapasitetsutnyttelse, skjær (kN)

Lokasjon	Lastkombinasjoner u/AR	Lastkombinasjoner m/AR, u/temp	Lastkombinasjoner m/AR, m/temp
Opplegg 31	2692/3394 =0,79	2510/3394 =0,74	2510/3394 =0,74
Midtopplegg	2290/2933 =0,78	2274/2933 =0,78	2274/2933 =0,78
Tverretning, vinge	29/56 =0,52		
Tverretning, innside mellom bjelker	68/76 =0,89		

Som det kommer frem av tabellene over vil overskridelser av momentkapasitet over opplegg og i tverretning på innside av bjelke øke i tilfellet med 5% armeringskorrosjon. Ellers er

resterende momentkapasiteter og skjærkapasiteter fremdeles høyere enn dimensjonerende krefter i tilfellene uten AR. Utnyttelsesgraden er generelt veldig høy for moment.

Med inkludert AR-last vil momentkapasitet i felt overskrides med henholdsvis 8% og 10%.

Om temperaturlaster medregnes samtidig med AR-laster vil feltmomentet overskride kapasiteten med opptil 17 %.

Utnyttelse i tverretning er høy, men for scenarioet med 5% korrosjon er det fremdeles kun inside av bjelke som er overskredet.

9.3 Med 10% korrosjon

Tabell 9-5 og Tabell 9-6 viser utnyttelsesgraden for tilfellene med 10 % armeringskorrosjon. Se rød tekst for kapasitetsoverskridelser.

Tabell 9-5 Kapasitetsutnyttelse, moment

Lokasjon	Lastkombinasjoner u/AR	Lastkombinasjoner m/AR, u/temp	Lastkombinasjoner m/AR, m/temp
Midtfelt	7300/6639 = 1,10	8365/6639 =1,26	9043/6639 =1,36
Endefelt	9960/9342 = 1,07	11885 /9342 =1,27	11885/9342 = 1,27
Opplegg 31	-10600/9250 =1,15	-6876/9250 = 0,74	-6876/9250 = 0,74
Midtopplegg	-8918/6250 =1,43	-6922/6250 =1,11	-6922/6250 =1,11

Utkrager, ytterside av bjelke	-22/20 =1,1		
Tverretning, innside av bjelke	-35/22 =1,6		
Tverretning, mellom bjelker	69/81 =0,85		

Tabell 9-6 Kapasitetsutnyttelse, skjær (kN)

Lokasjon	Lastkombinasjoner u/AR	Lastkombinasjoner m/AR, u/temp	Lastkombinasjoner m/AR, m/temp
Opplegg 31	2692/3031 =0,89	2510/3031 =0,83	2510/3031 =0,83
Midtopplegg	2290/2614 =0,88	2274/2614 =0,87	2274/2614 =0,87
Tverretning, vinge	29/55 =0,53		
Tverretning, innside mellom bjelker	68/75 =0,91		

Om bruene kommer til en situasjon med 10 % korrosjon i armeringen vil de fleste momentkapasiteter være overskredet. Skjærkapasiteten vil fremdeles være større enn opptredende krefter for alle tilfeller.

10 Resultat

Resultatet fra vurderingene av utnyttelsesgrad er at bruene ikke har tilstrekkelig kapasitet i tverretning for å tåle de dimensjonerende lasttilfellene. Momentkapasiteten ved bjelkene er overskredet selv i tilfellene uten innvirkning av skademekanismer. Skjærkapasiteten er derimot ikke kritisk.

Videre kommer det frem av beregningsresultatene at det ikke er rom for spesielt mye korrosjon før konstruksjonen får momentkapasitetene overskredet i lengderetning. Det er like vel viktig å poengtere at Tromsøbrua er en mange ganger statisk ubestemt konstruksjon med mulighet for momentomlagring, så lenge kapasiteten er bedre andre steder i konstruksjonen.

Generelt kan det sees at momentkapasitetene reduseres i størrelsesorden 10-15 % med 5 % korrosjon, og 25% med 10 % korrosjon.

Skjærkapasitetene er mer påvirket av armeringskorrosjon i tverrsnitt med skjærarmering enn områder uten skjærarmering, da det er armeringen som korroderer og mister kapasitet. I tverrsnittene med skjærarmering påvirker korrosjon med henholdsvis 10% og 20% kapasitetsreduksjon ved tilfellene med 5% og 10% korrosjon. I tilfellene uten skjærarmering er kapasitetsreduksjonen kun 1-4%.

Årsaken til at kapasitetene reduseres i en større prosentvis andel enn skadeomfanget, er at armeringen i tillegg til å miste tverrsnittsareal også mister styrke og duktilitet. Disse verdiene er sterkt avhengige av antagelsen om pitting-korrosjon. I et tilfelle med jevn armeringskorrosjon uten pitting, ville ikke materialegenskapene fått samme reduksjon. Da ville prosentvis korrosjon og prosentvis kapasitetsreduksjon vært nærmere i størrelse.

Allerede ved 5% korrosjon vil Tromsøbrua overskride momentkapasitet med 10% i felt. Her er bruene også høyt utnyttet ved opplegg, så mulighetene for omlagring er ikke store.

Momentkapasiteten i lengderetning i bruene er trolig ikke den første som blir redusert som følge av korrosjon. Dette fordi denne armeringen ligger beskyttet i tverrsnittet innenfor skjærarmingen, og har en relativt god overdekning på 40 mm.

Skjærarmingen vil sannsynligvis korrodere før hovedarmingen i lengderetning da denne er plassert i ytterste lag. Her er det god kapasitet, og bruene vil tåle at denne armeringen korroderer til 10%.

Armeringen som gir momentkapasitet til bruens vinger vil trolig korrodere tidlig i en situasjon som i dag, uten beskyttende tiltak på overside av brudekke. Denne armeringen har kun 20 mm overdekning og er plassert i ytterste lag. I og med at kapasiteten i tverretning allerede overskrides av de dimensjonerende lastene, er det ikke rom for korrosjon i denne armeringen. Fylkeskommunen ønsker å øke bredden på gangbanen. Dette vil medføre en større belastning enn i dag, noe bruene ikke har kapasitet til. Om dette skal vurderes bør det sees på alternative metoder for innfesting eller en forsterkning av utkraget brudekke.

Det er momentkapasitet i tverretning som er det mest kritiske punktet i dagens situasjon, men om korrosjonsprosessene får fortsette til hovedarmingen i lengderetning blir utsatt, vil kapasiteten i lengderetning også bli for lav.

11 Diskusjon

11.1 Forutsetninger

Det er mange forutsetninger som ligger til grunn for beregningene som er gjort i denne oppgaven. Disse har nødvendigvis en innvirkning på resultatene, og det er viktig å være klar over dette for å kunne trekke en konklusjon.

I oppgaven er det forutsatt at bruene er bygget etter arbeidstegninger fra byggetidspunktet. Oppgaven baserer seg ikke på «som bygget»-tegninger, og man kan derfor ikke være helt sikker på at det ikke har vært noen justeringer av arbeidstegningene etter de vedlagte. Man kan heller ikke vite om utførelsen har mangler.

Ikke alle mål og plasseringer er med på tegninger. Det er derfor gjort antagelser om plassering av armering der dette ikke er gitt på tegning. En variasjon her med redusert eller økt indre momentarm har relativt stor betydning for momentkapasiteten til brudelen.

Overdekningsmål i beregningene er antatt som på tegning, selv om dette har vist seg, fra kloridmålinger, å kunne variere noe (Fredheim, 2022).

På den tiden bruene ble bygget var arbeidsmetodene mer manuelle enn de er i dag. Blant annet brukte de trillebårer for å fordele betongen ut i dekket. Det er derfor mulig det er lokale variasjoner i betongkvaliteten og utstøpingen.

I forbindelse med alkalireaksjoner er det ikke gjort noen ny 3D-scanning siden 2016, og man vet derfor ikke sikkert hvor mye forskyvninger det er i dag. Man vet også at det er varierende grad av alkalireaksjoner i forskjellige lokasjoner i bruene som følge av varierende tilslag. Dermed er det å anta en jevn ekspansjon i hele bruseksjonen uten variasjon hverken i tverretning eller vertikalt en forenkling av situasjonen.

Andre forutsetninger som har innvirkning på beregningsresultatene, er antagelser om materialenes oppførsel. I vurderingene av armeringskorrosjon antas empiriske koeffisienter som man ikke vet sikkert relevansen av til denne konstruksjonen. Betongens

materialeegenskaper antas like for hele konstruksjonsdelen, uten innvirkning fra skademekanismene. I dagens skadesituasjon er dette en rimelig forutsetning.

11.2 Analyse

Analysene som er gjort i FEM-design er for belastning i lengderetning en modell med bjelke- og søyleelementer. Dette er en forenklet modell som ikke kan samsvare 100% med bruens virkelige egenskaper, men som beskrevet i kapittel 7.1 er dette ansett som en foretrukket metode.

FEM-design modellene har også sine unøyaktigheter ved at det forutsettes full fastholding mellom deler som er forankret med mye armering eller med peler mot grunn. Disse forbindelsene vil i virkeligheten ha en stivhet som er nærmere fastholdt enn leddet, men uendelig stivt er det ikke.

Bruen kunne vært vurdert for torsjonskrefter, men dette er utelatt da bruene er en dobbel T-bjelke med doble søyler og dermed har stor rotasjonsstivhet.

11.3 Tidligere arbeid

Resultatene fra denne oppgaven samsvarer ikke 100% med tidligere masteroppgavers AR-vurdering av bruene. Det er flere årsaker for dette. Noe av grunnen er variasjon i forutsetninger og en av de største forskjellene er hvordan AR-laster beregnes og modelleres i analyseverktøy. I og med at denne oppgaven vurderer AR-laster etter beregningsprosedyre fra Statens vegvesens rapport 855 som ble utgitt i 2022 (Johansen, 2022) i tillegg til at lasten varieres i lengderetning etter plasseringen av armering, er det ikke rart at dette medfører endringer fra tidligere arbeid.

Andre faktorer som utgjør forskjeller fra tidligere arbeid, er hvor i bruene man beregner kapasitet i tverretning. I denne oppgaven er bruene beregnet for kapasitet i tverretning av bjelkedelen, mens tidligere oppgaver har regnet tverretningen fra andre brudeler. Det er noe armeringvariasjon mellom delene som medfører ulike kapasitetsresultater.

Angående bruens kapasitet i tverretning er det ikke blitt gjort en elementmetode-analyse for å finne de dimensjonerende lastene før i denne oppgaven. Dermed er ikke lasttilfellene med boggilast i vegbanene blitt sett på i vurderingen av moment over bjelkene. Dette fører til at resultatene fraviker tidligere beregninger.

Tabell 11-1 viser resultater fra tidligere oppgaver sammenlignet med denne oppgaven.

Tabell 11-1 Kapasitetsutnyttelse uten alkalireaksjoner

Kapasitet	Beregninger fra 2022	Denne oppgaven	Årsak til avvik
Moment-kapasitet midtfelt	7163/8902 =0,80	7300/8876 = 0,82	Små forskjeller. Noe variasjon vil det være når ulike forutsetninger legges til grunn i beregningene og modelleringen i analyseverktøy. En årsak til ulike dimensjonerende momenter er forskjellen i hvordan lastene kombineres i disse to oppgavene. I årets oppgave kombineres lastene i beregningsprogrammet og den samlede virkningen leses av. I oppgaven fra 2022 ble resultatene fra hver last kombinert manuelt i en tabell. I og med at maksimum og minimumsverdiene fra hvert lasttilfelle ikke havner på akkurat samme plass, vil en summasjon av tilfellene kunne føre til noen unøyaktigheter.
Moment-kapasitet endefelt	9548/12489 =0,76	9960/12460 = 0,80	Små forskjeller.

Moment- kapasitet opplegg 31	10657/11852 =0,90	10600/12290 =0,86	Liten forskjell, men noe høyere kapasitet når trykkarmeringen medregnes i denne oppgaven. Trykkarmering var ikke medregnet i 2022.
Moment- kapasitet midtopplegg	10642/9469 =1,12	8918/8289 =1,08	<p>Her medregnes trykkarmering i begge oppgaver. Forskjellene i kapasitet ligger i antagelser av armeringsplassering, samt at $\varnothing 10$ jern ikke er medregnet i kapasitet i lengderetning i denne oppgaven. Her er disse antatt som svinn- og fordelingsarmering for hovedarmeringen til vingene.</p> <p>Den største forskjellen ligger i dimensjonerende moment. Det vil være forskjeller i brumodellene da disse ikke er modellert likt. Modellen i denne oppgaven inkluderer ikke hele brudelens lengde, og kan derfor fravike noe fra fjorårets oppgave som modellerte hele bruseksjonen.</p>
Moment- kapasitet tverretning, vinger	24,4/35,1 =0,70	22/27 =0,81	<p>Belastningen i tverretning er beregnet i FEM-design med skallelementer som hensyntar geometrien i begge retninger. Dermed vil man få et litt annet resultat enn ved en betraktning av et tverrsnitt.</p> <p>Årsaken til at kapasiteten er lavere i denne oppgaven er at det ligger mindre armering i tverretning i bjelkedelen enn i</p>

			fritt frambygg-delen som ble beregnet i 2022.
Moment-kapasitet tverretning, innside av bjelke		35/29 =1,2	Ikke sett på tidligere.
Moment-kapasitet tverretning, mellom bjelker	95,2/133,4 =0,71	69/105 =0,66	<p>Lastene er beregnet ved hjelp av influensdiagram i oppgaven fra 2022, og med FEM-design i denne oppgaven. Det er noe mer konservativt å bruke influensdiagram enn å beregne med skallelementer.</p> <p>På samme måte som for vingene er det sett på to forskjellige armeringstegninger for beregninger i tverretning. I bjelkedelen av bruene ligger armeringen i tverretning i UK dekket med en senteravstand på 90 mm. I brudelen som ble beregnet i 2022 ligger armeringen med senteravstand 70 mm. Dette utgjør en forskjell.</p>
Skjærkapasitet opplegg 31		2692/3767 =0,71	Ikke sett på tidligere.
Skjærkapasitet midtopplegg	2536/3859 =0,66	2290/3276 =0,70	Generelt regnes skjærkapasitetene etter EC2 i oppgaven fra 2022, og etter NS 3473, 6. utgave i denne oppgaven. Begge metoder er godkjent for

			bæreevneklassifisering av eksisterende bruer.
Skjærkapasitet tverretning, vinge	22,2/94,5	29/57 =0,51	I denne oppgaven beregnes skjærkapasiteten lenger ut på vingene enn tidligere, for å se på kapasiteten ved innfestingspunktene til GB. Her er dekket tynnere og det blir en lavere kapasitet enn inntil bjelken. Dimensjonerende krefter blir også litt forskjellig da de i denne oppgaven er utregnet i FEM-design.
Skjærkapasitet tverretning, innside mellom bjelker	73,8/103	68/77 =0,88	Ulik kapasitet fordi det er benyttet ulike standarder. EC2 og NS3473.

Når det gjelder lastkombinasjoner med AR-laster er det lite hensiktsmessig å sammenligne resultatene for hver plassering med resultatene fra tidligere arbeid. Årsaken til dette er at lastene er fordelt på bruene på en annen måte. I oppgaven fra 2022 ble det regnet et gjennomsnitt av de ekvivalente temperaturlastene i felt og opplegg, som ble påført bruene. Dermed blir krumningene forårsaket av ulik armeringsføring i felt enn ved opplegg ikke medregnet på samme måte. I denne oppgaven er de ekvivalente temperaturlastene fordelt etter armeringsplasseringen i tverrsnittene. I tillegg er håndboken som beregningene i denne oppgaven baserer seg på, helt ny og avviker noe fra hvordan dette er regnet i tidligere oppgaver.

En kombinasjon av alkalireaksjoner og korrosjon i Tromsøbruen har ikke blitt sett på tidligere. Resultater som følge av denne kombinasjonen kan derfor ikke sammenlignes med tidligere oppgaver på Tromsøbrua.

12 Konklusjon

En brukonstruksjon utsatt for både armeringskorrosjon og alkalireaksjoner i betongen får økt belastning i tillegg til redusert kapasitet. I tillegg vil skademekanismen kunne føre til riss og oppsprekninger som medvirker til raskere skadeutvikling for begge mekanismene.

Momentbelastningen i felt er spesielt berørt av tvangskreftene som kommer som følge av alkalireaksjoner. Like vel vil Tromsøbruas bjelke del ha kapasitet nok til å håndtere disse kreftene om man ser på en bruddsituasjon uten temperaturlaster i et tilfelle uten armeringskorrosjon.

Bruens kapasitet i tverretning er overskredet av de dimensjonerende lastsituasjonene, selv om det ikke oppstår tvangskrefter fra AR. Det er i dag et ønske om å utvide gangbanen. Etter denne oppgavens beregninger har ikke bruens restkapasitet slik at dette lar seg gjøre. I så fall bør det vurderes alternative metoder for nye påhengte gangbaner og/eller forsterkninger av betongkonstruksjonen.

Brudelen vil ha overskridende utnyttelsesgrad ved armeringskorrosjon på 5% i hovedarmeringen. Det er vist at sannsynligheten for armeringskorrosjon på Tromsøbrua er høy, samtidig med at den har økt fort fra 2016 til 2022. Det er derfor viktig at bruens blir vurdert i forhold til vedlikehold og tiltak for å kunne hindre videre utvikling av armeringskorrosjon.

En vurdering av mulige tiltak for å hindre korrosjonsutviklingen er et viktig punkt for videre arbeid. I og med at bruens er utsatt for alkalireaksjoner er det ikke alle former for korrosjonsbeskyttelse som vil være egnet fordi flere av disse vil være alkaliserende. Det ville derfor vært svært interessant å gjøre en vurdering av hvilke tiltak som har god effekt mot korrosjonsutviklingen uten å forverre situasjonen med alkalireaksjoner. I tillegg kan det bli aktuelt med tiltak for å redusere effekten av alkalireaksjonene og videre utvikling. Bruens fuger bør holdes åpne og det kan bli aktuelt å beskytte overflatene mot fukteksposering. Dessuten er bruens fredet, så tiltak bør ikke påvirke bruens estetiske uttrykk i for stor grad. Vedlikehold er derfor et felt for videre arbeid.

Denne oppgaven tar kun for seg bjelkedelen av bruene. Det er derfor behov for vurderinger av resterende deler av bruene. Med tanke på kombinasjonene av AR og korrosjon er fritt fram-bygg-delen spesielt interessant å se på. Dette fordi forankringslengder, innfestingspunkter og duktilitet blir påvirket av armeringskorrosjon samtidig med at den oppspente armeringen får økt belastning fra betongutvidelsene. Søylene, som er høyt eksponert både for fukt og salter er også viktig at blir vurdert. Parallelt med arbeidet med denne oppgaven blir søylene beregnet i en annen oppgave.

13 Referanser

- Carins, J. et al., 2005. *Mechanical Properties of Corrosion-Damaged Reinforcement*, s.l.: ACI Materials Journal.
- Fredheim, L. H., 2016. *Spesialinspeksjon Bru nr. 19-0511 Tromsøbrua*, s.l.: Multiconsult.
- Fredheim, L. H., 2022. *Spesialinspeksjon. 19-0511 Tromsøbrua*, s.l.: Multiconsult.
- Hanjari, K. Z., 2010. *Structural Behaviour of Detoriated Concrete Structures*, Gothenburg: Chalmers University of Technology.
- Haugen, M., 2015. *Prøvingsrapport, Laboratorieundersøkelser av utborede betongkjerne fra Tromsøbrua*, s.l.: SINTEF Byggforsk.
- Haugen, M., 2016. *Notat, Utseparering av tilslag fra betongkjerne boret ut fra Tromsøbrua*, s.l.: SINTEF Byggforsk.
- Haugen, M., 2023. *Prøvingsrapport Strukturanalyse av utborede betongkjerne fra Tromsøbrua*, s.l.: SINTEF.
- Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU, 2016. *Formulas TKT4175 Concrete Structures 1*, s.l.: Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU.
- Jacobsen, S. et al., 2016. *Concrete Technology*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Jensen, T. M. & Haugen, M., 2023. *Prøvningsrapport Tromsøbrua Laboratorieundersøkelser av 20 stk utborede betongkjerne*, s.l.: SINTEF.
- Johansen, H., 2017. *Statens vegvesens rapporter nr. 668, Beregningsveiledning for etteroppspente betongbruer*, s.l.: Statens vegvesen.
- Johansen, H., 2022. *SVV Rapport 855 Bæreevneklassifisering av bruer med alkalireaksjoner*, s.l.: Statens vegvesen.
- Johansson, M., Pacoste, C. & Plos, M., 2012. *Recommendations for finite element analysis for the design of reinforced slabs*, s.l.: KTH Stockholm.
- Kanstad, T., 2022. *Tromsøbrua - kort status*. s.l.:s.n.
- Lindland, J., 2021. *720.105 Nedbrytningsmekanismer i betongkonstruksjoner*. [Internett]
Available at:
https://www.byggforsk.no/dokument/6237/nedbrytningsmekanismer_i_betongkonstruksjoner
- Markeset, G. & Myrdal, R., 2008. *Modelling of reinforcement corrosion in concrete - State of the art*, s.l.: SINTEF Building and Infrastructure.
- Matthys, S. & Triantafillou, T., 2019. *Externally applied FRP reinforcement for concrete structures*, s.l.: fib Bulletin 90.
- Myrdal, R., 2022. *Corrosion of steel reinforcement in concrete*. s.l.:NTNU.
- Norges Byggstandardiseringsråd, 1968. *Armeringsstål - Varmvalset kamstål*, s.l.: Norges Byggstandardiseringsråd.

Rodum, E. & Pedersen, B. M., 2022. *Inspeksjon av bruer med alkalireaksjoner*, s.l.: Statens vegvesen.

SINTEF, 2021. *720.105 Nedbrytningsmekanismer i betongkonstruksjoner*, s.l.: SINTEF.

Standard Norge, 2003. *NS 3473, Prosjektering av betongkonstruksjoner Beregnings- og konstruksjonsregler*, s.l.: Standard Norge.

Standard Norge, 2008. *NS-EN 1991-1-5, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner Del 1-5: Allmenne laster Termiske påvirkninger*, s.l.: Standard Norge.

Standard Norge, 2009. *NS-EN 1991-1-4, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner Del 1-4: Allmenne laster Vindlaster*, s.l.: Standard Norge.

Standard Norge, 2016. *NS-EN 1990, Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*, s.l.: Standard Norge.

Standard Norge, 2018. *NS-EN 1992-1-1, Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger*, s.l.: Standard Norge.

Standard Norge, 2019. *NS-EN 1991-1-1, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner Del 1-1: Allmenne laster Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*, s.l.: Standard Norge.

Statens vegvesen, 2013. *Alkalireaksjoner - Overflatebehandling og andre tiltak*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2021. *Håndbok V412, Bæreevneklassifisering av bruer, laster*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2021. *Håndbok V413, Bæreevneklassifisering av bruer, materialer*, s.l.: Sttens vegvesen.

Statens vegvesen, 2022. *FoU-programmet Bedre bruvedlikehold 2017-2021*, s.l.: Statens vegvesen.

Statens vegvesen, 2022. *Om håndbøkene*. [Internett]
Available at: <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/om-handbokene/>

Statens vegvesen, 2023. *N400 Bruprosjektering*, s.l.: Statens vegvesen.

Stokke, G. A., 2014. *Tromsøbrua, en verdig jublant*. [Internett]
Available at: <https://digitaltmuseum.no/011085439624/tromsobra-en-verdig-jublant>

Thue, J. V., 2019. *Armeringskorrosjon*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/armeringskorrosjon>

Vegdirektoratet Bruavdelingen, 1976. *Håndbok 81 - Prosjektering Kapittel nr. 2 - Lastforskrifter*, s.l.: Statens vegvesen.

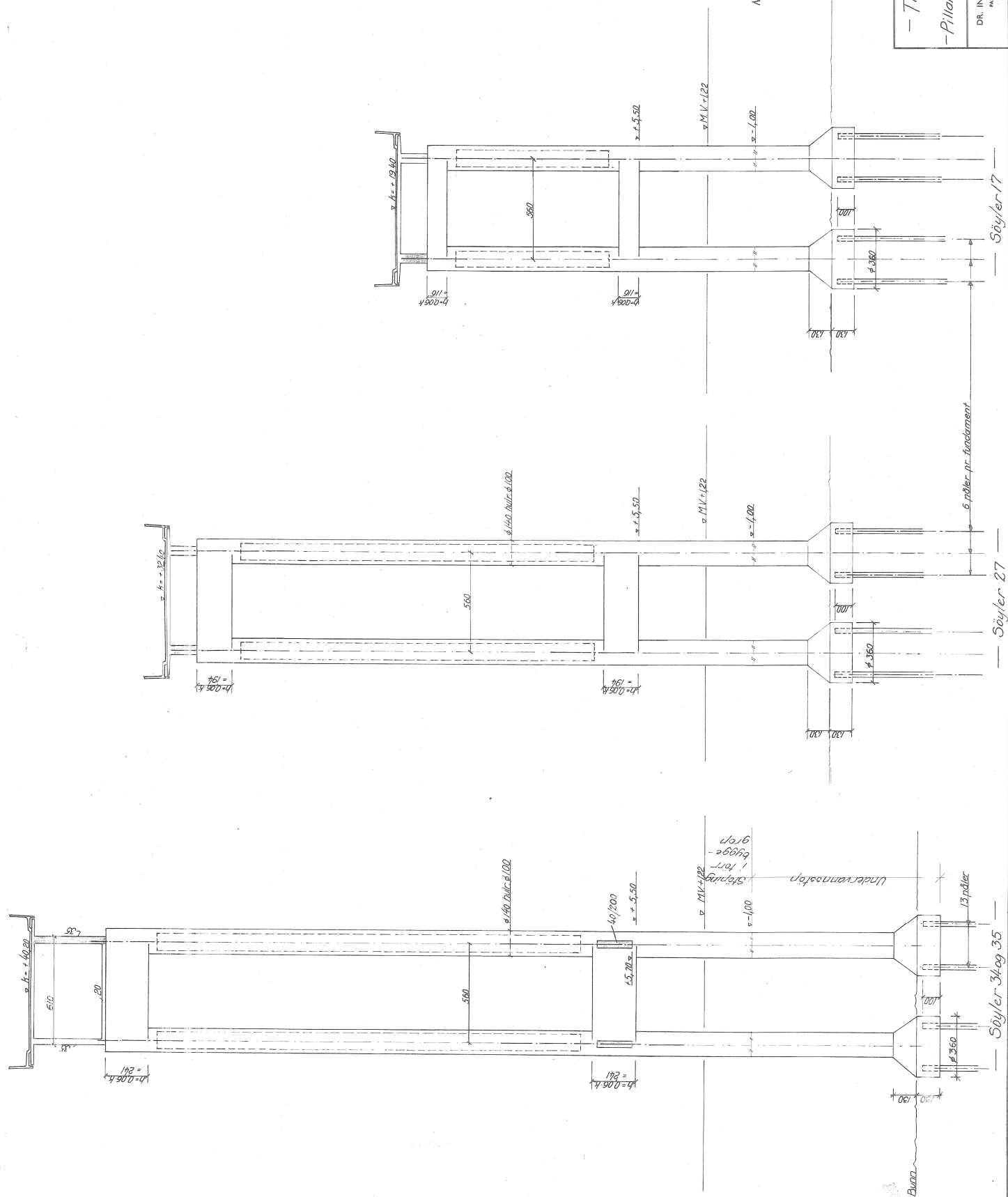
Øverli, J. A. & Sørensen, S. I., u.d. *TKT 4222 Concrete Structures 3 Compendium*, s.l.: Department og Structural Engineering NTNU.

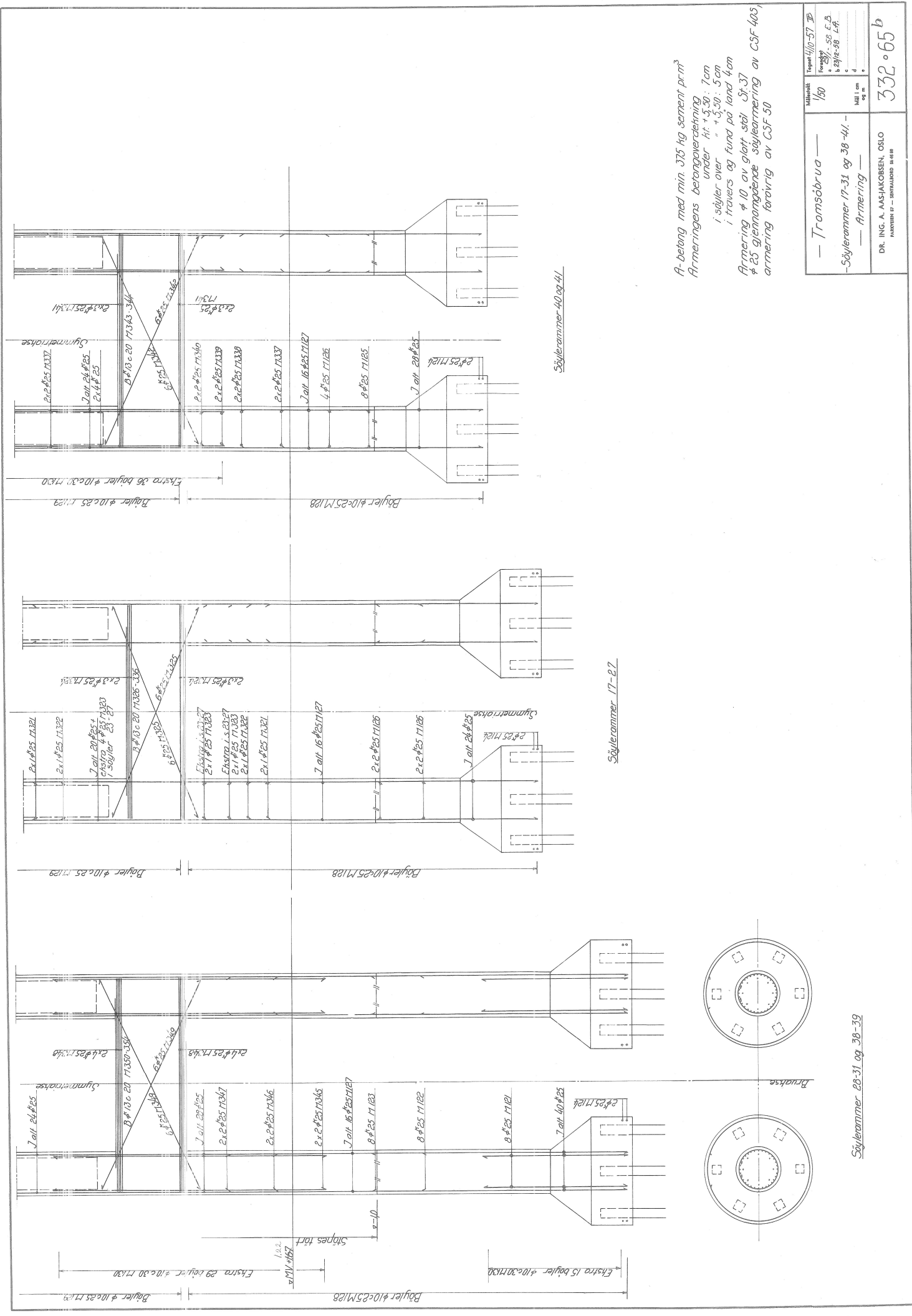
14 Vedlegg

A) Tegninger	A-1
B) Kryp og svinn	B-1
C) Bjelkehøyder og koter	C-1
D) Laster fra gangbane	D-1
E) Vindlaster	E-1
F) AR-laster	F-1
G) Omregning temperatur-/AR-laster	G-1
H) Momentkapasitet	H-1
I) Skjærkapasitet	I-1
J) FEM-rapport brumodell 1	J-1
K) FEM-rapport brumodell 2	K-1

NB! Søylepar 38 og 37 skal støpes massive.
 Søylepar 33,34,35,36 og 17 vil og med 20
 kan støpes massive, Kfr. Kontrollring.

f. 9/2-59, 4A Tegnet 2/16-57 0.0	
Målestok 1/100	Tegnet a. 17-57, 22 b. 17-57, 22 c. 17-57, 22 d. 17-57, 22 e. 17-57, 22 f. 17-57, 22
Nål i cm og m	332.049f
- Tramsøbrua - - Pillarer i sidespenn -	DR. ING. A. AASJAKOBSEN, OSLO PAKETEN 6 - SIMULONN 14-6

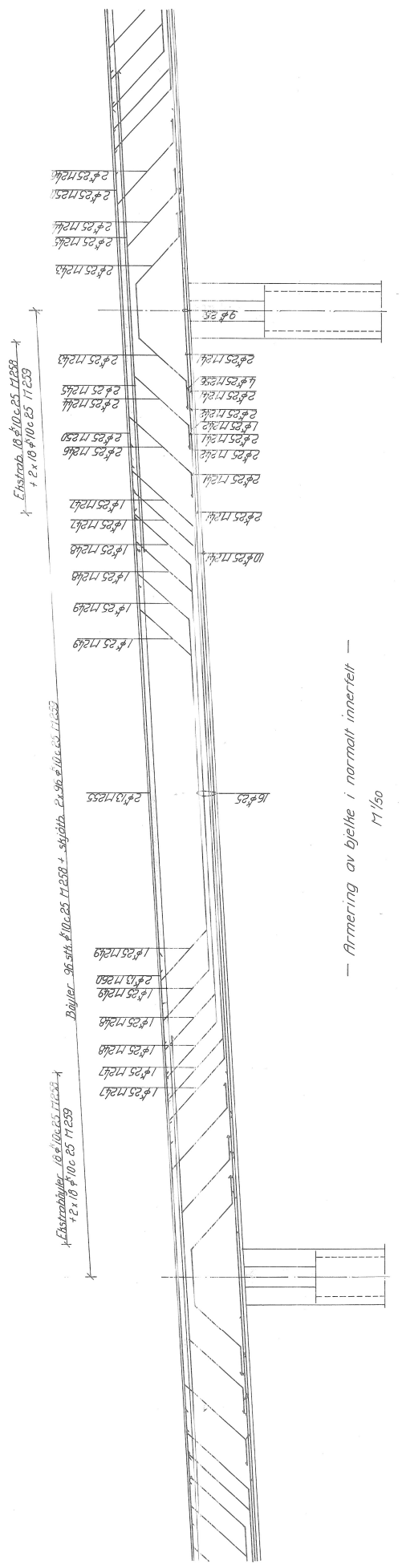




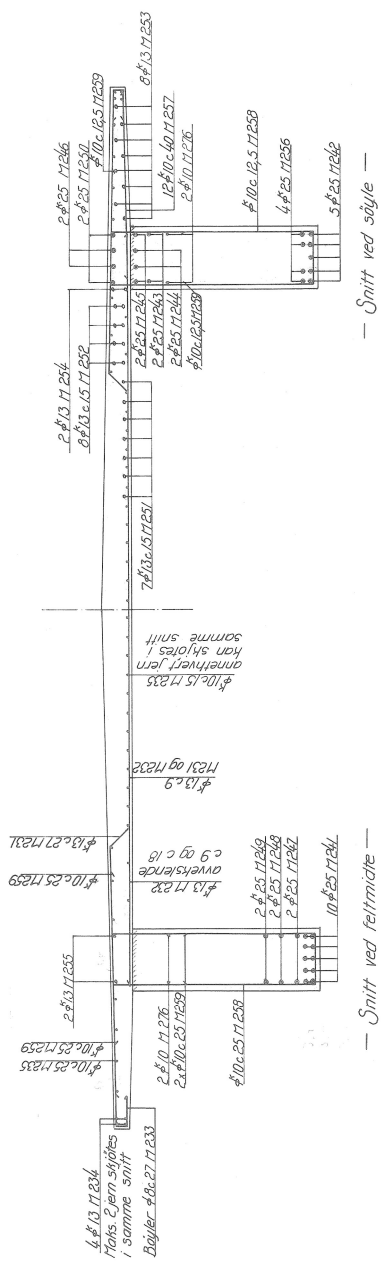
A-betong med min 375 kg sement pr m³
 Armerings betongoverdekning
 under Af +3,30 : 7cm
 i søjler over " +3,30 : 5cm
 i travere og fund på land 4cm

Armering $\phi 10$ av gløft stål St-37
 $\phi 25$ gjennomgående søylearmering av CSF 40S,
 armering forøvrig av CSF 50

Type 4/10-57 DP	
Målestokk	1/50
Forøkt	a 25/ - 50 E.B.
	b 25/12-88 L.F.
	c
	d
Mål i cm og m	
— Tramsøbrua —	
— Söjlerammer 17-31 og 38-41. —	
— Armering —	
DR. ING. A. AASJAKOBSEN, OSLO	
FAKULTET ET - BILBYGGING N 48	
332.065 b	



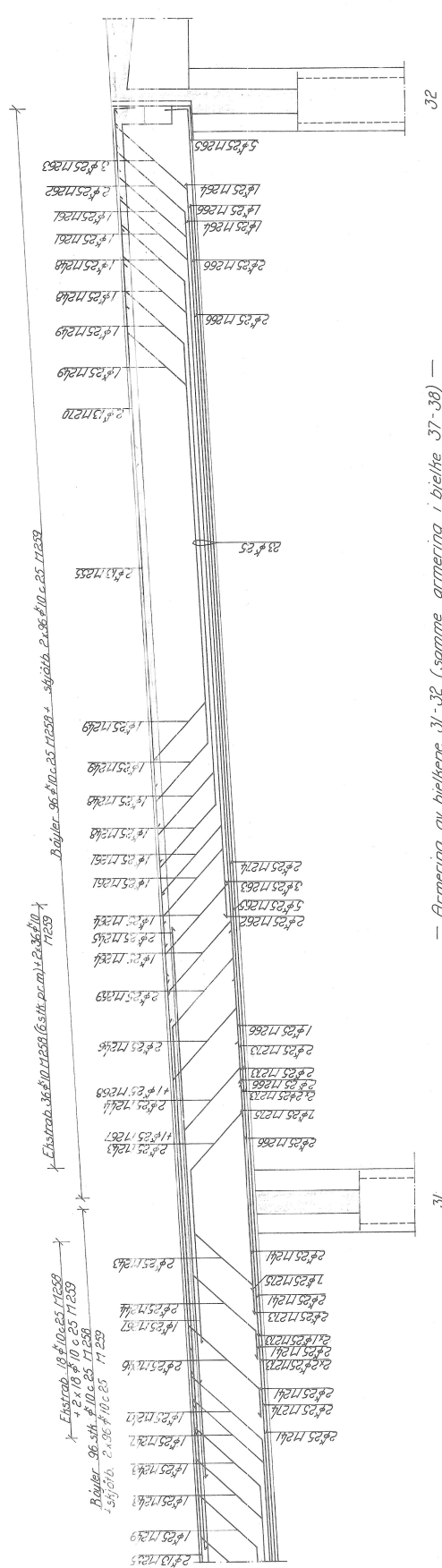
— Armering av bjelke i normalt innertfelt —
M 1/50



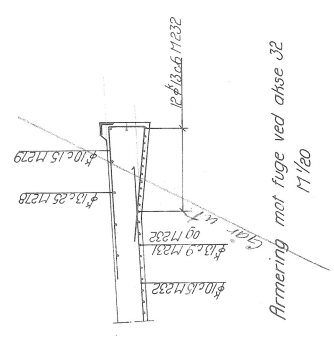
— Snitt gjennom brubane —
M 1/20

Overdekning i bjelke 4 cm
" " Platte 2 cm
Armering φ10 og større er C5F 50
" " φ8 og φ10 er Sf 37

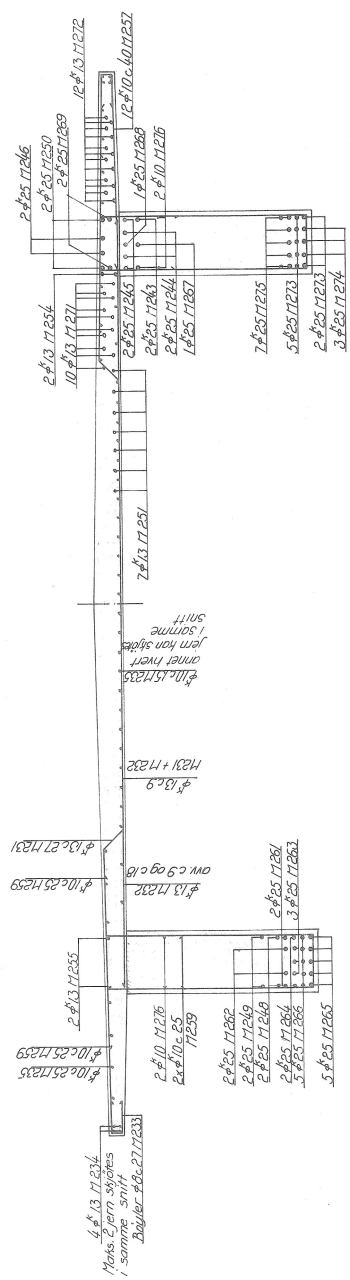
Nåværelse	Tegnet 19/2-50 JH	
Formål	a	b
Skala	1/20	1/50
Mål i cm		
Bl. nr.		
332 ° 83		
— Tromsøbrua —		
Arm. av bjelke og platte i spenn 17-31 og 38-43		
DR. ING. A. AAS-JAKOBSEN, OSLO		
PARTNER P. — SHTALFORD BK 40		



— Armering av bjelkene 31-32 (sammen armering i bjelke 37-38) —



Armering mot fuger ved akse 32
17120

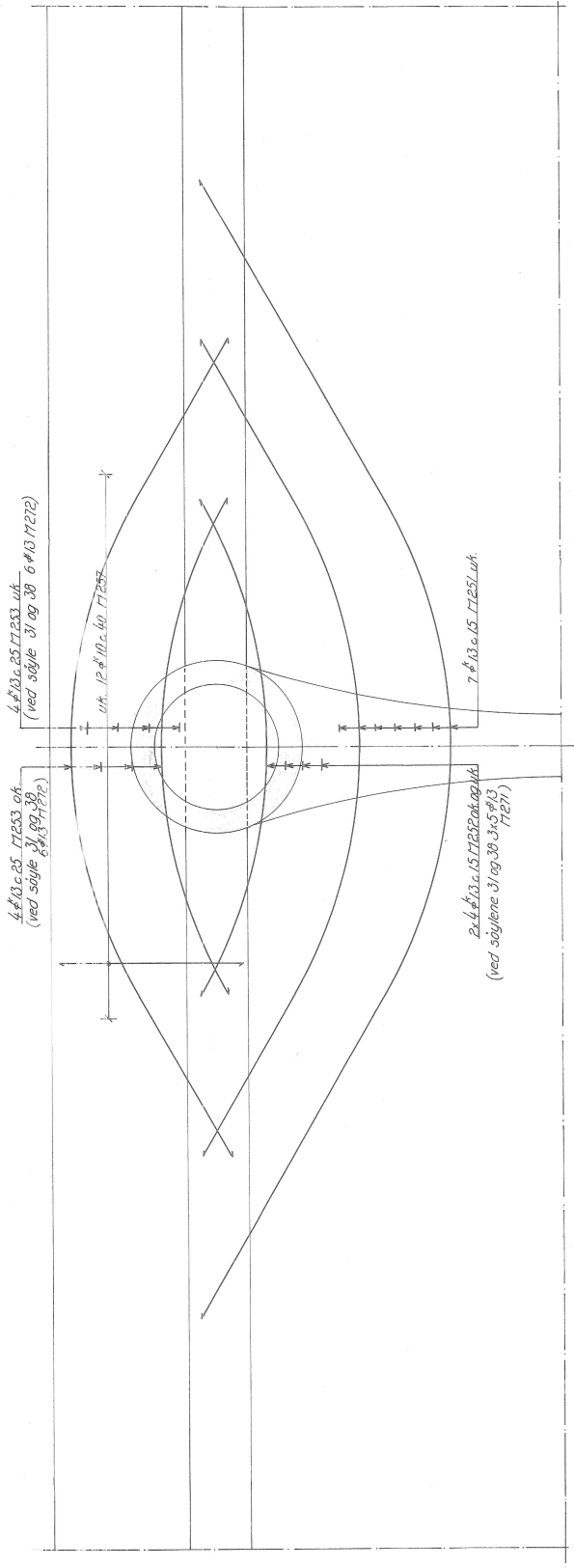


— Snitt ved søyle 31 —

— Snitt gjennom brubane —
17120

Overdekning i bjelker 4 cm
 Armering φ10 og større er C50F50
 φ8 og φ10 er St-37
 Se også tegn. nr. 332-85

Målestokk	1/50	Tegnet	19/2-50 JH
Forordret	1/20	a	10/4-59
1:1 cm og m		b	
		c	
		d	
		e	
— Tromsøbrua —		Arm av bjelke og plote i spenn 37-38 og 37-38	
DR. ING. A. AASJAKOBSEN, OSLO		332-84	
HAKKEN 17 — BENTLINDSBO 14-40			



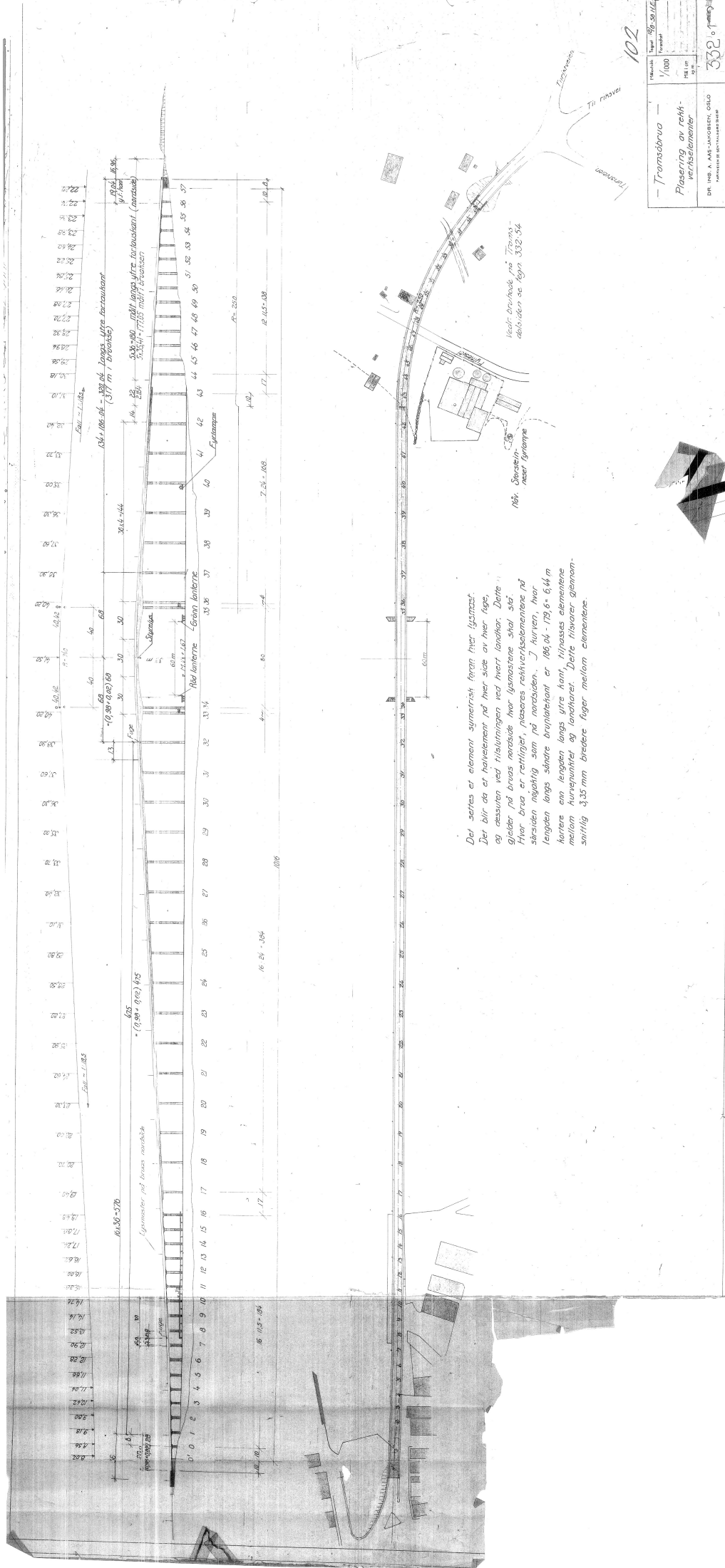
— Tilleggsarming i plate —
T11e0

Overføring i plate 2 cm
 Armering #10 og større er CSF-50
 Kfr. tegn. nr. 332-83 og 84

Målestokk	Tegnet	10/2 - 59 714
Forandret	a	
	b	
	c	
	d	
	e	
Målt i cm		
og m		
332		85

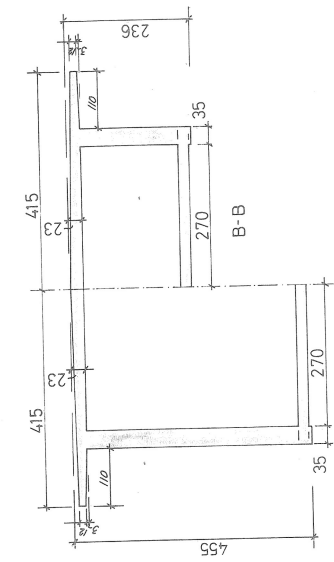
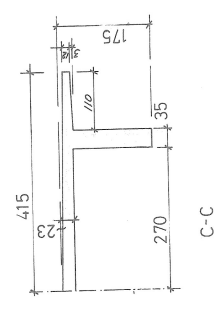
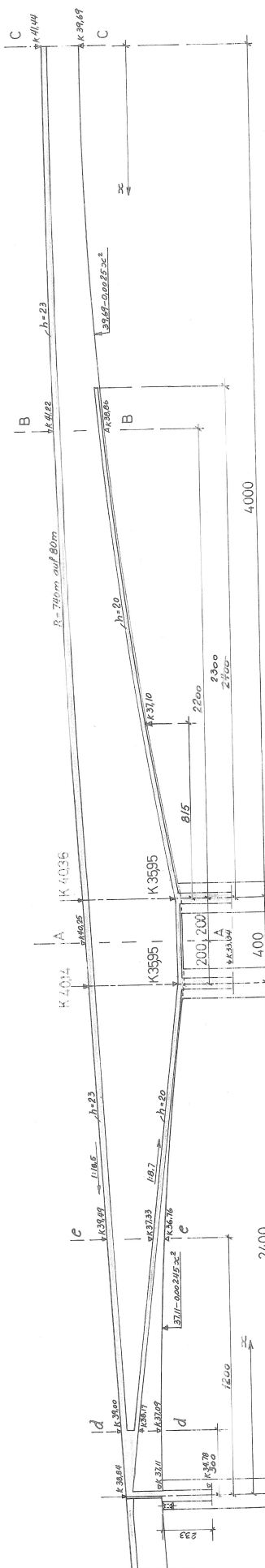
— Tromsøbrua —
 — Spenn 17-32 og 37-43 —
 Tilleggsarm. i plate ved søyler

DR. ING. A. AAS-JAKOBSEN, OSLO
 PARTNER I — SPENTALLØD 84100

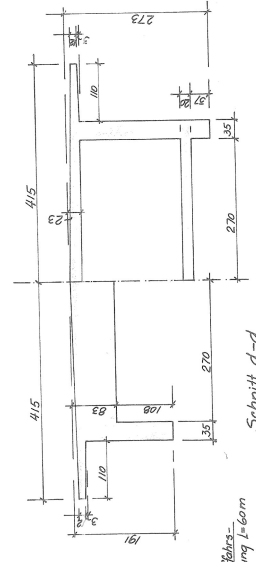


Det seres et element symmetrisk foran hver lysmast.
 Der blir da et halvelement på hver side av hver lys.
 og elementet ved tilslutningen ved hver landkari. Dette
 gjelder på broen samtidig hver lysmastens skil skil
 hvor broen er rettlinjet, plasseres rethvinknelementene på
 sidsiden nærliggig som på rundsiden. I kurven, hvor
 lengden langs sånne bruplattform er 100,00 - 719,64 - 644 m
 kortere enn lengden langs ytre kant, tilpasses elementene
 mellom kurvepunktet og landkariet. Dette tilvarer gjennom-
 snittlig 3,35 mm bredere figer mellom elementene.

102	
Prosjekt	Tronsbrua
Skala	1:1000
Blad nr	332
Plasering av rekk- veipåbyggninger	
DR. ING. A. AAS-JACOBSEN, OSLO	
KONTORET FOR VEI- OG BRU	



A-A



Schnitt d-d

Schnitt e-e

— Querschnitte, M 1:50 —

— Längsschnitt —
M 1:100

Målestokk	Tegnet 23.10.20	L. ff.
	Kontr.	Forordnet
Mål i cm	a	
	b	
	c	
	d	
332.112		

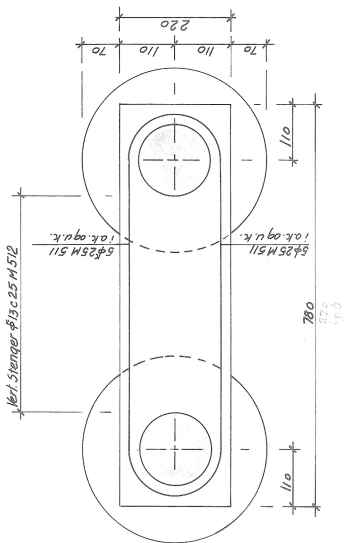
— Tromsøbrua —
Längs- og Quersnitte

DR. ING. A. AAS-JAKOBSEN, OSLO
PARTNER I — SHTJALDØD 14.4.20

6 Pflöhe je Fundament

13 Pflöhe

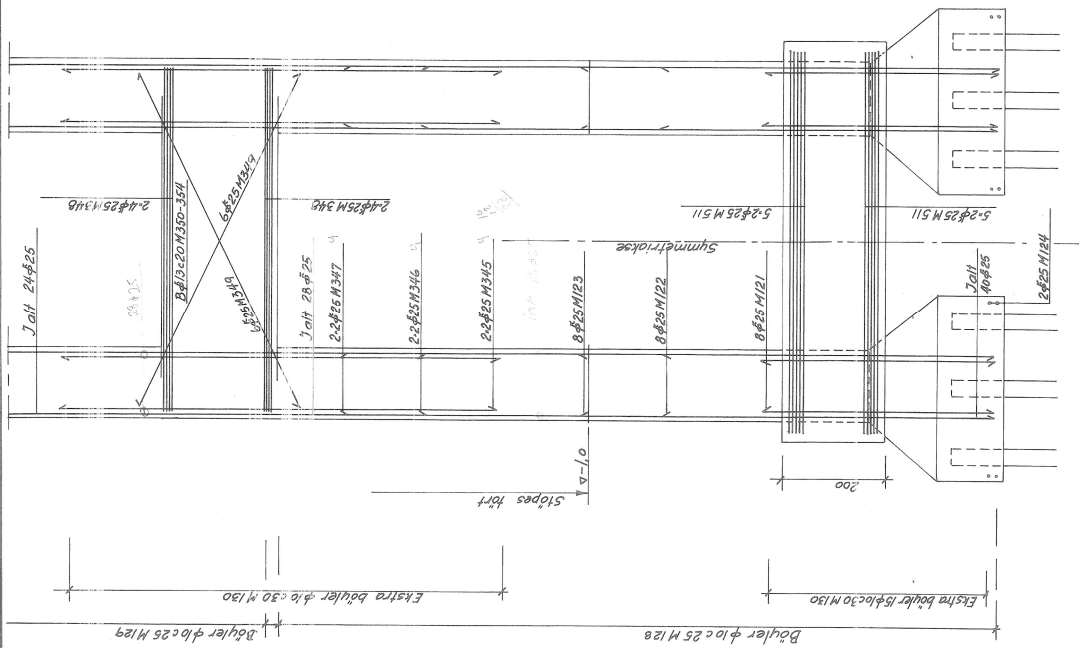
11 Pflöhe



Før søylerammer og nedre travers.-Se anm.
på tegn.nr. 332-65b.

Nedre travers:- Armering av C50, min.
beløngoverdeknin 15cm.

— Armering av nedre travers —
M 150

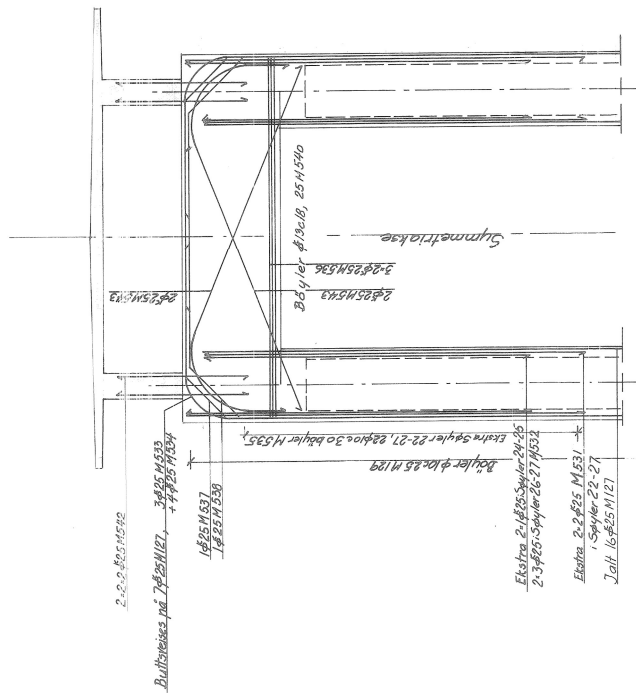


— Søylerammer 32 og 37 —

M 150

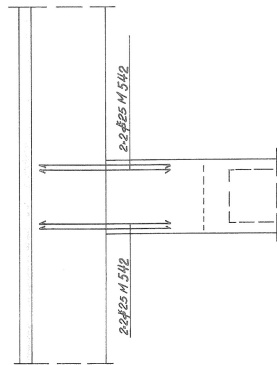
Tegnet 23/12-58 AF	
Planarkid	Kont.
1/50	
Foredelt	
a	b
c	d
Mål i cm	
og m	
332-120	
DR. ING. A. NASTIKOBSEN, OSLO KAROLINELISTEN, BUNDEVEI 148	

— Tramsøbrua —
— Armering av Søylerammer
32 og 37 —



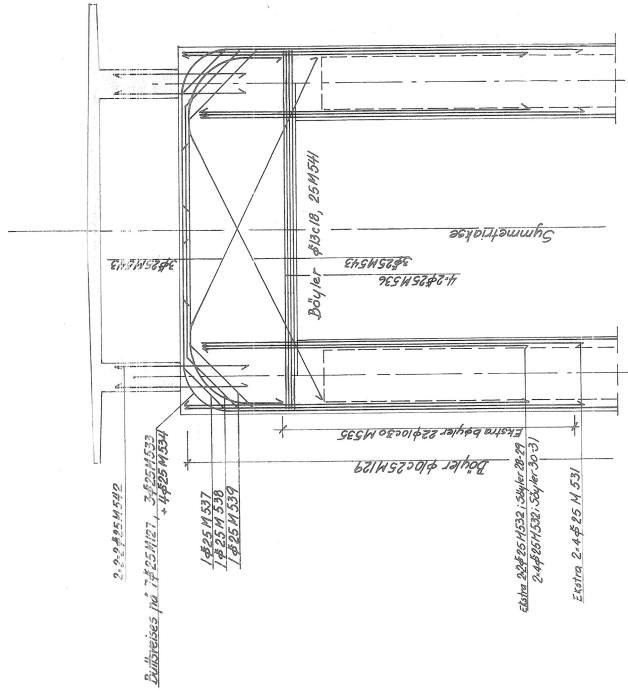
— Armringing övre travers, Söyler 17-27 —

M 1/50



Armringing travers-bjelke,
Söyler 17-31

M 1/50

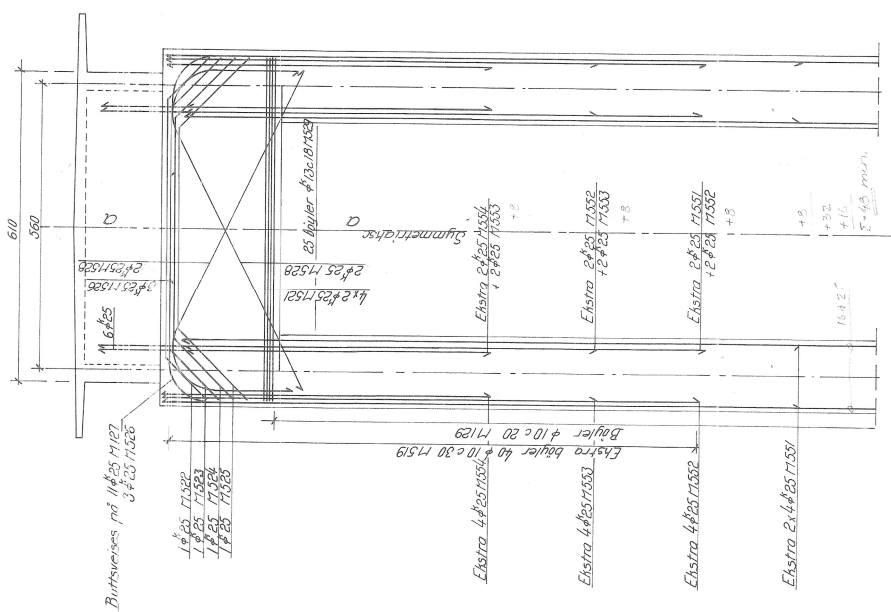


— Armringing övre travers, Söyler 28-31 —

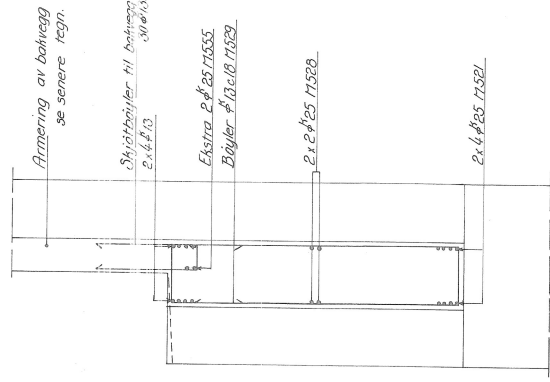
M 1/50

Armringing:-
 φ10 av St.37.
 φ25 buktsviesel gjerningsgjænde søylearmringing av CSF40 S
 All armringing forøvrig CSF 50
 Se også tegn. 332.447 og 654

Tegningsskala LAR	
Målestokk	1/50
Kont.	
Formidlet	
a	
b	
c	
d	
Mål i cm og m	
332-123	
DR. ING. A. AAS-JAKOBSEN, OSLO	
PARKVEIEN 17 — SENTRALBOEN 18 45 88	

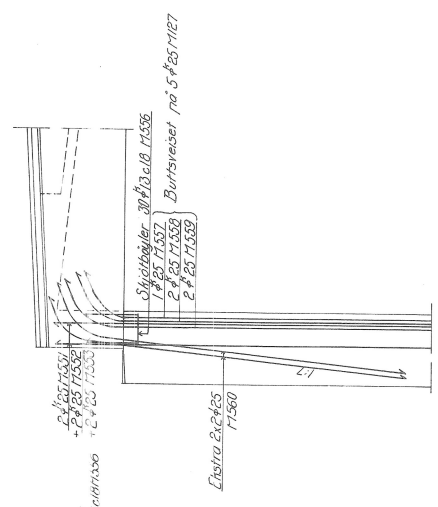


— Armering søyletjenn og øvre trøvers
Søylor 32 og 37



— Snitt a-a
M160

Bare armering fra halve trøvers er vist



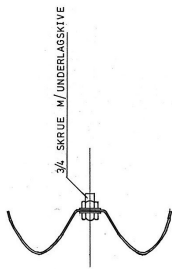
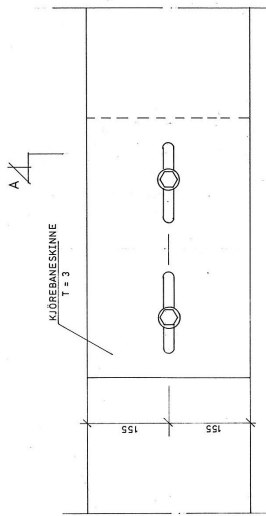
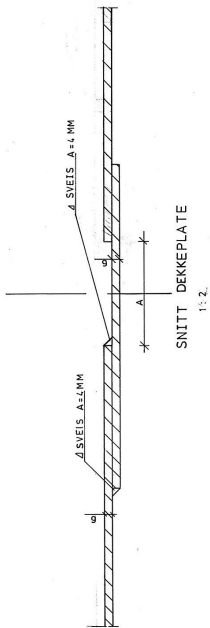
Detail armering for forankring av
endeledstrøger til søyle
M160

Armering:
ø 10 : St. 37
ø 25 : bultsvisset gjennomgående
søylearmering CSF 4075
All armering forøvrig CSF 50
Se også tegn. nr. 332/120 og 127

Tegnet	33-39 LR
Kontrollert	
Forarbeidet	
Målsskala	1/30
	1/20
Mål i cm	
	a
	b
	c
	d
	e
	f
332*128	
DR. ING. A. AASHAKOBSEN, OSLO	
PARTNER 87 — SIRMALDING 84 4 P	

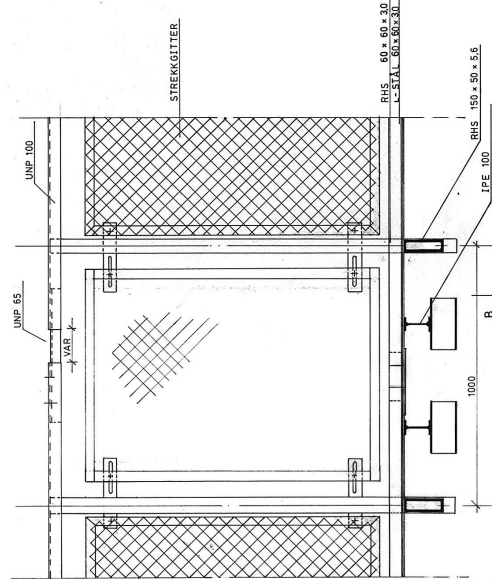
— Tramsåbrua —

Armering søyletjenn og øvre trøvers
Søylor 32 og 37



SNITT A-A
1:5

KJØREBANESKINNE
1:5



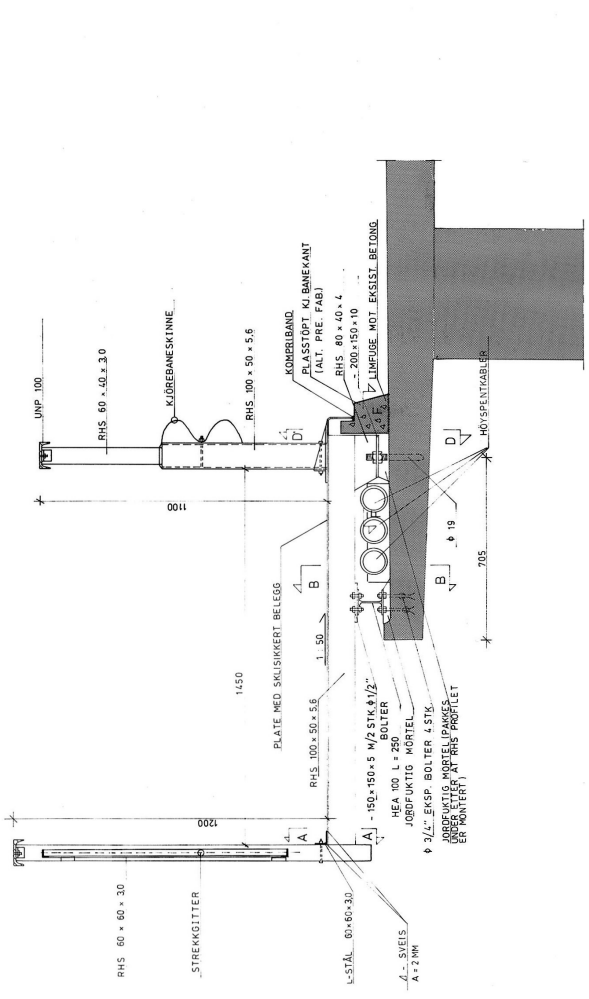
REKKEVERK YK
1:10

BEMERKNINGER:
SE TEGN. 14.

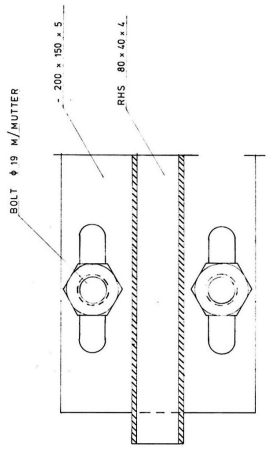
HELVISNINGER:
REKKEVERK MED STREKKGITTER TEGN. 12, 18
SYKKELBANE M/DETALJER " 14

Godkjent som arbeidstegning.
TEKNIKTILRÅDET, den 19/10-79
E. S. S. S. S.

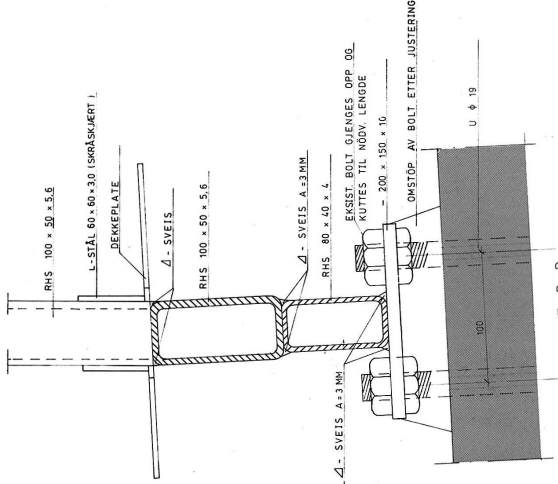
Nystrøket	4	20/10	19/10-79	
Kontrollklasse	Rev.	Revidert av	Revisjon	Dato
Betegn	STA TENS VEGVESEN			
	TROMSØBRUA, TROMS FYLKE			
	GANG- OG SYKKELBANE			
	FUGELØSNINGER			
Arbeid	1350			
Arbeid	06			
DR. ING. A. AAS-JAKOBSEN FINNENNES AS POSTBOKS 527, 5807 FINNENNES - TLF. (088) 40 824				



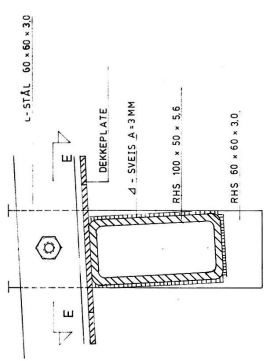
OPPRISS GANGBANE
1 : 10



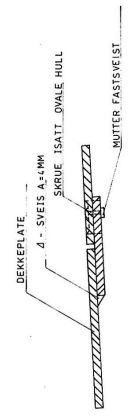
SNITT F - F
1 : 2



SNITT D - D
1 : 2



SNITT A - A
1 : 2



SKJØT DEKKEPLATE
1 : 2

SNITT C - C
1 : 2

BEKRENNINGER

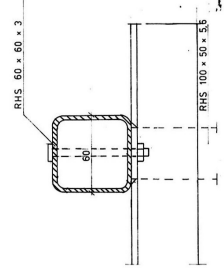
- FALL VARIERER OG SPROSSER SKAL STÅ VERTIKALT
- STÅL SKAL VÆRE SLETTET
- STÅL TILSV. FOR PLATER, KANALER OG STANGSTÅL ST 52-30, EL. TILSV. FOR HULPROFILER RSH 100x50x5.6
- ALLE STÅLDELER UNNTA DEMPELANSBLÅSES TIL GRAD SÅS ETTER 50 058900 ETTER SVEISING OG VARMFORSIKKNES MED BELEGGTYKKELSE MIN 600 G/M² (85 MY)
- SKJØTER UTFØRES MED VARMFORSIKNET SVARBRUNNEN Ø 5/8" FORSIKNET HOVE PÅ HÅNDLUST, SEKSANTHODE ANDRE
- TILSTANDSKONTROLLKLASSE 2
- KONSTRUKTIVKONTROLLKLASSE III
- SVEISEKVALITETSKLASSE B
- KONTROLLKLASSE FOR SVEIS, III
- HEMVISNINGER
- ALTERNATIVT REKVERK TEGN 11
- REKVERK MED STREKKGITTER = 12

Godkjent som erstatning for
VEDLEGG 2, art. 18/12-79
Sveinbjørn Erik Lie

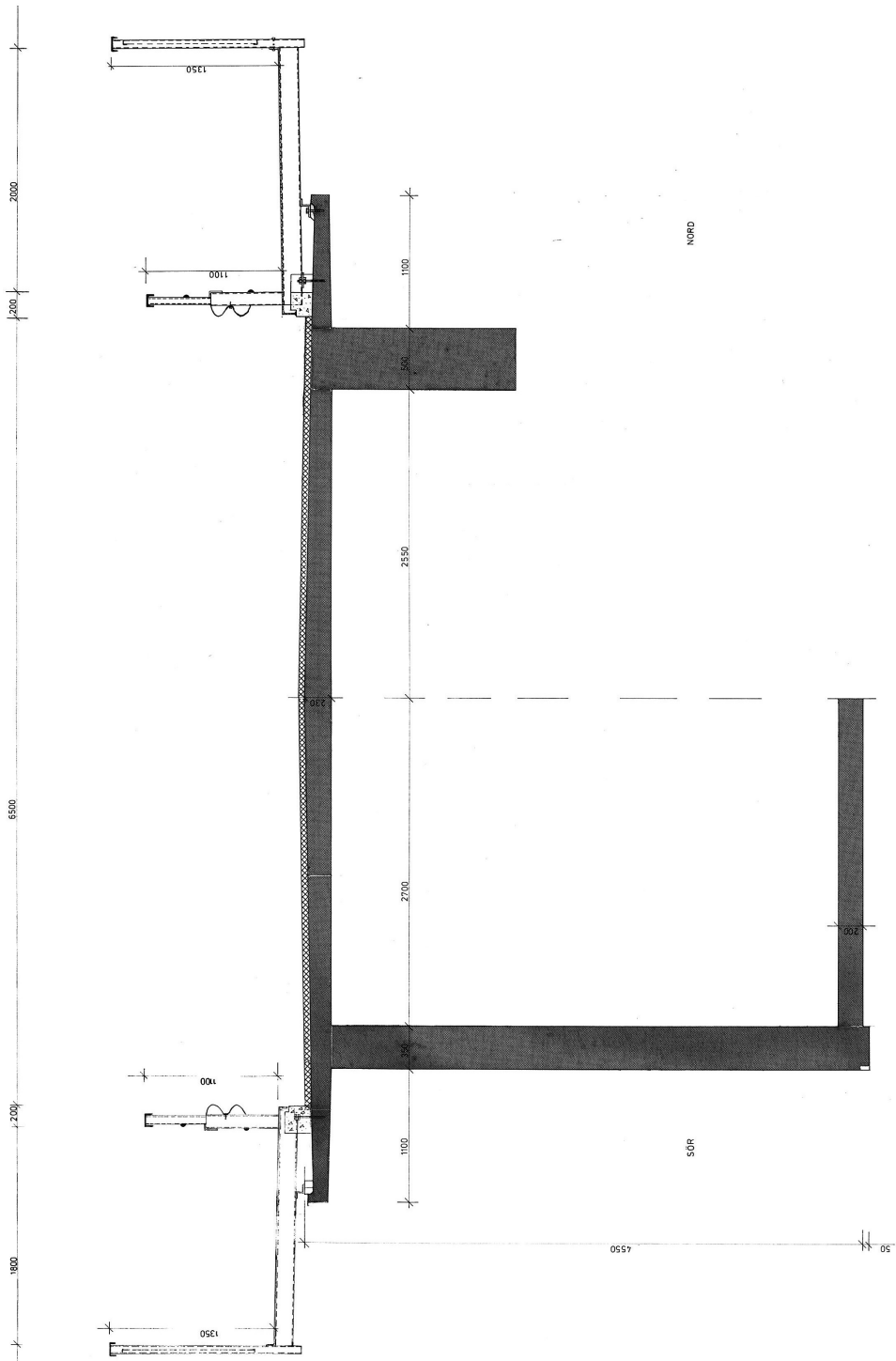
Rev.	Revisjonsgrunnlag	Dato
Typ	O.E.	
Kont	S.S. Jansen	
Dato	22.06.79	
MM	1:2, 1:10	
1350		Fig.nr.
DR ING. A. AAS-JAKOBSEN FINNSNES A/S		Rev.
POSTBOKS 269, 5301 FINNSNES - TLF. 1089 80 42 4		07

Nytlekst	
Kontrollklasse	
Bygning	STATENS VEGVESEN
	TROMSØBRUA
	TROMS FYLKE
	GANGBANE M/DETAILER
Arbeid	

SNITT B - B
1 : 2



SNITT E - E
1 : 2



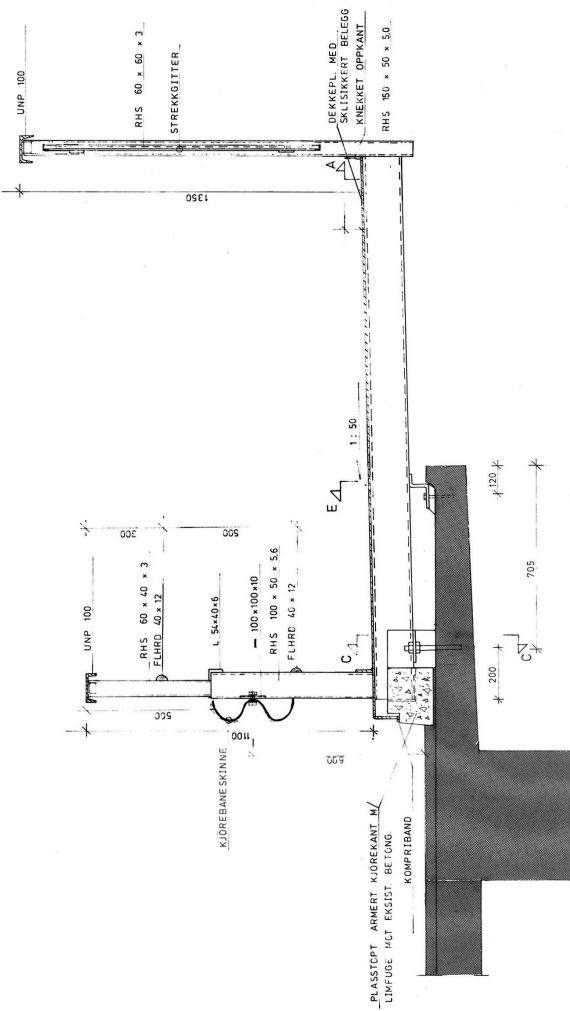
TYPISK TVERRSNITT
KASSE / BJELKE

1 : 20

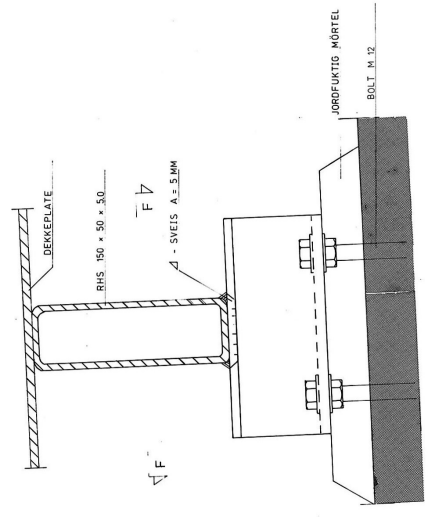
BEKJÆRINGER :
 UTFØRSELSESKRAV, SE DETALJTEGNINGER
 HENVISNINGER :
 SYKKELBANE, SE TEGN. - 14
 REKVIKREK, SE TEGN. - 12
 FESTE AV LSKMÅST, SE TEGN. - 16

Godkjent som arbeiddokumentering.
 REGISTRATORIET, den 29/3 - 82
[Signature]
 Erik P. W.

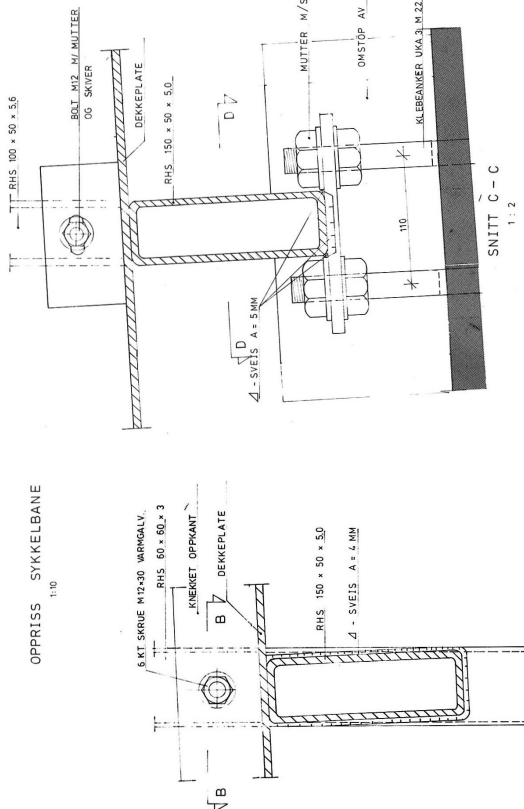
Myrkest	B	INNETNET FORTAU PÅ SØNDRE SIDE	SHL	17/0881
Kontrollklasse		TEGNET NY TEGNING	J.E.H.	14.05.80
Betong		Revisjonsgrunnlaget	Rev. nr.	
Armering		STATENS VEGVESEN	Typ	J. E. H.
		TRØMSØBRUA	Kont	B. K. Jacobsen
		TRØMS FYLKE	Dato	28.02.80
		TYPISK TVERRSNITT	Bl. nr.	1 : 20
			1350	
			13	



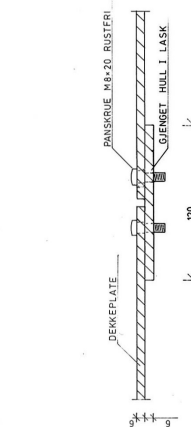
OPPRISS SYKKELBANE
1:10



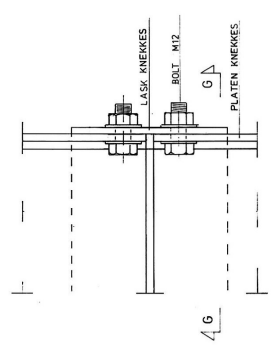
SNITT E-E
1:2



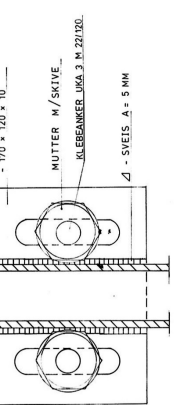
SNITT A - A
1:2



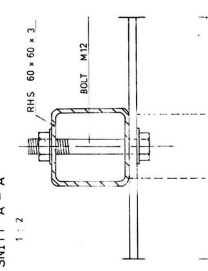
SNITT F-F
1:2



SNITT G - G
1:2



SNITT D - D
1:2



SNITT B - B
1:2

- BEMERKNINGER:
1. FALL VARIERER
 2. ALLE STØPER OG SPROSSER SKAL STÅ VERTIKALT
 3. ALT STÅL SKAL VÆRE I SVEISEKVALITET RST 37-2, EL TILSV, FOR PLATER, KANALER OG STANGSTÅL ST 52-3U, EL TILSV, FOR HJULPROFILER RHS 150 x 50 x 5.0
 4. ETTER STÅLELER VARMFORSKNES IHT. NS 1970 MIN. 1000 G/M² (500 M²).
 5. SKJØTER UTFØRES MED VARMFORSKNEN SVARTSKJURER PÅ 50° FORSKNEN HODE PÅ HÅNDLIST SEKSANTHODE ANDRE STEDER.
 6. TILSTANDSKONTROLLKLASSE 2
 7. SVEISEKVALITETSKLASSE B
 8. KONTROLLKLASSE FOR SVEIS, III
 9. HENVISNINGER:
 10. REKKVERK MED STREKKGITTER TEGN 12

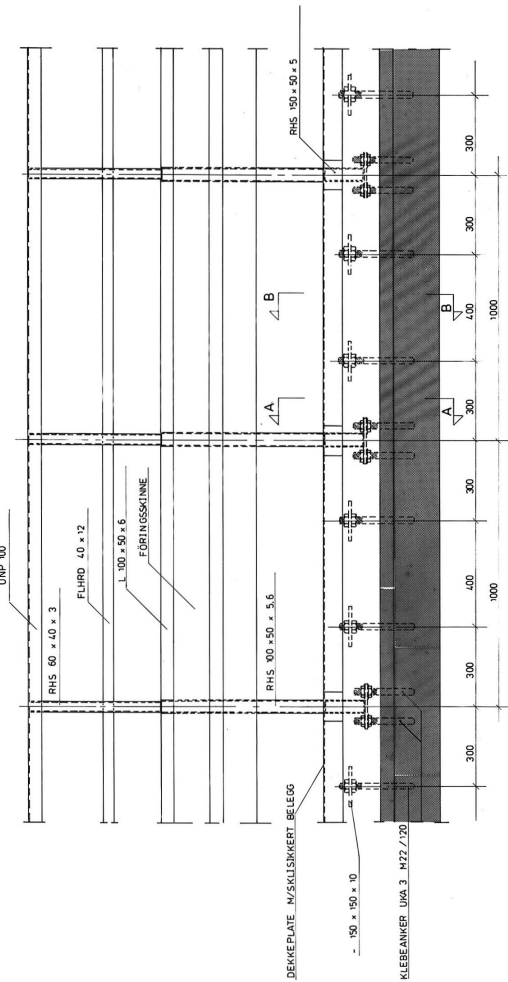
Er skissert som arbeids tegning. RÅDNINGSDOKUMENT Dato 29.12.82
[Signature]

Div.	Endringer	Jeh.	Dato
D	Div. Endringer	SHL	23.09.81
C	Div. Endringer	SHL	14.05.80
B	Div. Endringer	SHL	30.04.80
A	Ny tegning, erstatter tegn. 08	SHL	27.03.80

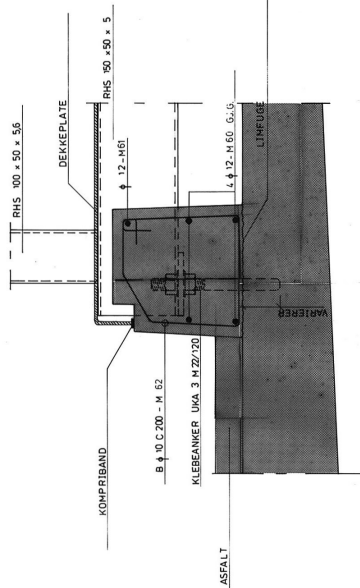
Typ.	S.H.L.	Ris. Nr.	Dato
Kontrollklasse			
Betong			

STATENS VEVESEN		1350
TROMSØ BRUA		
SYKKELBANE MED DETALJER		

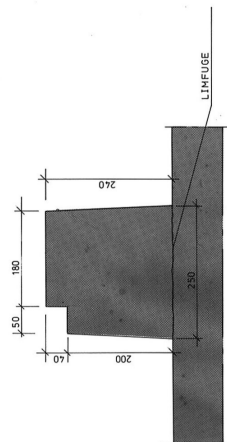
Arbeid	Bl. nr.	Bl. av
DR. ING. A. AAS-JANSEN FINNØES AS	14	14
POSTBOKS 262, 2301 FINNØES - TEL. (083) 04-524		



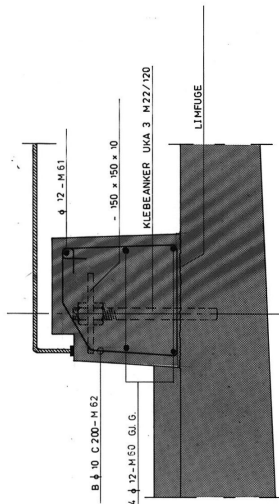
OPPRISS
1:10



SNITT A-A
1:5



SNITT A-A
1:5



SNITT B-B
1:5

BEMERKNINGER:

- HULL FÖR FESTEJOLTER UWA 3 M22/170 BORES MAX. 120 MM DJUP, ELLER TIL EN TREFFER SPENNARMERINGEN.
- ALT STÅL SKAL VÄRE I SVEISEKVALITET. RST 37 - 2, EL. TILSV. FÖR PLATER, KANALER OCH STANGSTÅL. ST. 52 - 3U, EL. TILSV. FÖR HJULPROFILER RHS 150 x 50 x 5.0.
- ALLE STÅLDELER VARMFORSINKES IHT. NS 1970 EFTER SVEISING. MIDLERE BELEGTYKKELSE MIN. $0/m^2$ (150 MY)
- TILSTÅNDSKONTROLLKLASSE 2
KONSTRUKTIONSKLASSE III
SVEISEKVALITETSKLASSE B
KONTROLLKLASSE FÖR SVEIS. III
- ÖVERDEKNING 25 mm
- GENNING. ARMERING M60 SKJÖTES MED OMFAR MIN. 600mm. SKJÖTENE FÖRBELES.

HENVISNINGAR:
GANGBANE MED DETALJER

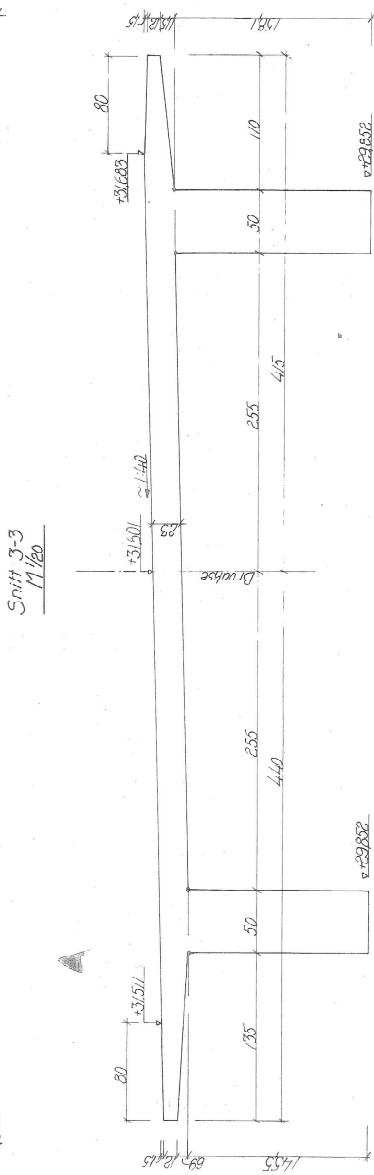
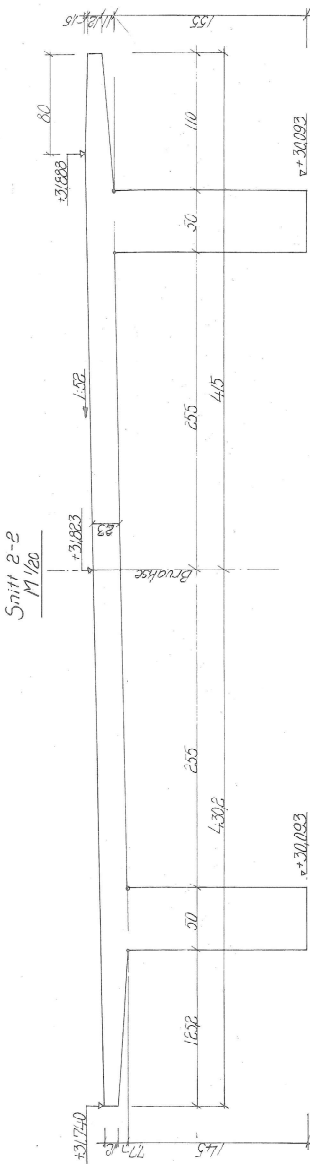
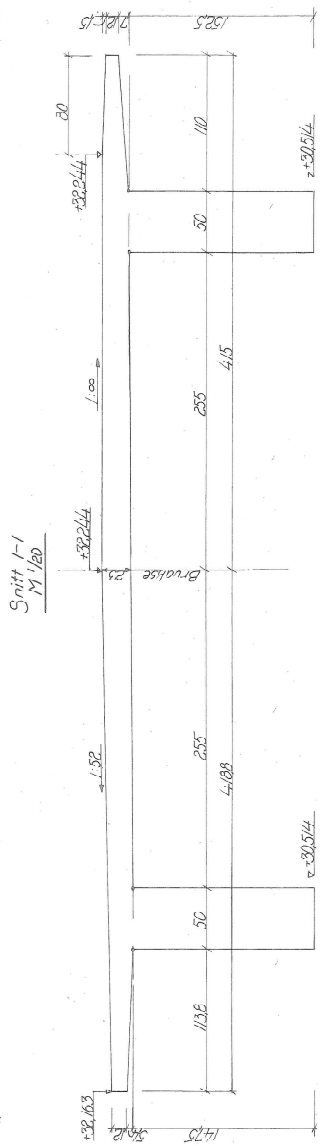
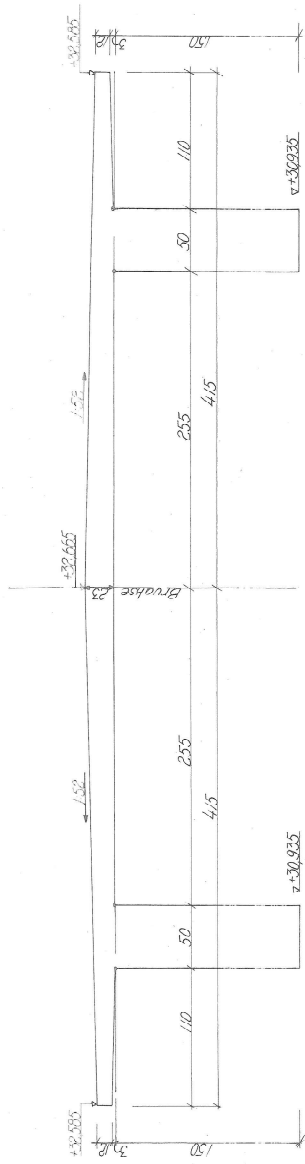
SE TEGN. 23

Gedönt som arbetstegning.
VEDSÄKSTORLÄT, den 29/5-82.
[Signature] *[Signature]*
Sich Lu.

Nyfärd Konstruktions	A. RÖS. INR. ARMERING/DETALJ FORTAUSKANT	DEJ	10652
	STATENS VEGVESEN	TEK. O.EJ	2000
Beleg C 35	TROMSÖBRUA	Kont. <i>[Signature]</i>	23.09.81
	TROMS FJÄRE SÖNDRÉ FORTAU EKSTRA BÖLTFESTER I HÖVEDSPENN	Sk. nr.	1.5, 1.10
Armering Ks 40 Ks 40 S		Sk. nr.	1350
		Bl. nr.	27

RTI
AAS-JAKOBSEN
DRÖM. A. ANKJÄRSEN FINNBERG A.S.
P.O. Box 257, 2001 Finnmark, Tromsø, Norge 9224

BOVÄRDELISTE - s. 6



Flussumkontrakt

A-betong med min. 375 kg sement pr m³
 Snitternes beliggenhet, se tegning nr. 332.76 og 80

Målestokk	Figur 131-58 P
Kont.	1/20
Forandrt	a b c d
Vall i cm og m	
Tversnitt 1, 2, 3 og 4 i teigene 41-42-43	
DR. ING. A. NASSINKOBSEN, OSLO	
Tegning nr. - 332.76 og 80	
332 082	

Kryp dobbel T-bjelke

Beregnes etter NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B, B.1

$$RH := 80\% \quad \text{Utendørs forhold}$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} := 28 \text{ MPa} \quad \text{tabell 3.1}$$

$$A_c := 2.953 \text{ m}^2$$

$$b_{plate} := 8300 \text{ mm}$$

$$h_{bjelke} := 1500 \text{ mm}$$

$$h_{plate} := 175 \text{ mm}$$

$$u := 2 \cdot b_{plate} + 4 \cdot h_{bjelke} + 2 \cdot h_{plate} = (2.295 \cdot 10^4) \text{ mm}$$

$$h_0 := 2 \cdot \frac{A_c}{u} = 257.342 \text{ mm}$$

$$\beta_H := 1.5 \left(1 + (0.012 \cdot RH \cdot 100)^{18} \right) \cdot \frac{h_0}{\text{mm}} + 250 = 821.146$$

$$t_0 := 28$$

$$t := (2023 - 1960) \cdot 365 = 2.3 \cdot 10^4$$

$$\beta_c := \left(\frac{(t - t_0)}{\beta_H + t - t_0} \right)^{0.3} = 0.99$$

$$\beta_{t0} := \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.2})} = 0.488$$

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 3.175$$

$$\varphi_{RH} := 1 + \frac{(1 - RH)}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} = 1.314$$

VEDLEGG B) KRYP OG SVINN

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 2.038$$

$$\varphi_{t,t0} := \varphi_0 \cdot \beta_c = 2.017$$

Kryp massive søyler

Beregnes etter NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B, B.1

$$RH := 80\% \quad \text{Utendørs forhold}$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} := 28 \text{ MPa} \quad \text{tabell 3.1}$$

$$d_{søyle} := 1400 \text{ mm}$$

$$A_c := \pi \cdot \frac{d_{søyle}^2}{4} = 1.539 \text{ m}^2$$

$$u := \pi \cdot d_{søyle} = (4.398 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$h_0 := 2 \cdot \frac{A_c}{u} = 700 \text{ mm}$$

$$\beta_H := 1.5 \left(1 + (0.012 \cdot RH \cdot 100)^{18} \right) \cdot \frac{h_0}{\text{mm}} + 250 = 1.804 \cdot 10^3$$

$$\beta_H := \min(1500, \beta_H) = 1.5 \cdot 10^3$$

$$t_0 := 28$$

$$t := (2023 - 1960) \cdot 365 = 2.3 \cdot 10^4$$

$$\beta_c := \left(\frac{(t - t_0)}{\beta_H + t - t_0} \right)^{0.3} = 0.981$$

$$\beta_{t_0} := \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.2})} = 0.488$$

$$\beta_{f_{cm}} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 3.175$$

$$\varphi_{RH} := 1 + \frac{(1 - RH)}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} = 1.225$$

VEDLEGG B) KRYP OG SVINN

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 1.9$$

$$\varphi_{t,t0} := \varphi_0 \cdot \beta_c = 1.864$$

Kryp hule søyler

Beregnes etter NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B, B.1

$RH := 80\%$ Utendørs forhold

$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$f_{cm} := 28 \text{ MPa}$ tabell 3.1

$d_{søyle} := 1400 \text{ mm}$

$d_i := 1000 \text{ mm}$

$$A_c := \pi \cdot \frac{d_{søyle}^2}{4} - \pi \cdot \frac{d_i^2}{4} = 0.754 \text{ m}^2$$

$$u := \pi \cdot d_{søyle} + \pi \cdot d_i = (7.54 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$h_0 := 2 \cdot \frac{A_c}{u} = 200 \text{ mm}$$

$$\beta_H := 1.5 \left(1 + (0.012 \cdot RH \cdot 100)^{18} \right) \cdot \frac{h_0}{\text{mm}} + 250 = 693.881$$

$$\beta_H := \min(1500, \beta_H) = 693.881$$

$$t_0 := 28$$

$$t := (2023 - 1960) \cdot 365 = 2.3 \cdot 10^4$$

$$\beta_c := \left(\frac{(t - t_0)}{\beta_H + t - t_0} \right)^{0.3} = 0.991$$

$$\beta_{t_0} := \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.2})} = 0.488$$

$$\beta_{f_{cm}} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 3.175$$

$$\varphi_{RH} := 1 + \frac{(1 - RH)}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} = 1.342$$

VEDLEGG B) KRYP OG SVINN

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 2.081$$

$$\varphi_{t,t0} := \varphi_0 \cdot \beta_c = 2.063$$

Kryp avstivende bjelker

Beregnes etter NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B, B.1

$RH := 80\%$ Utendørs forhold

$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$f_{cm} := 28 \text{ MPa}$ tabell 3.1

$b_{bjelke} := 1400 \text{ mm}$

$h_{bjelke} := 2127 \text{ mm}$

$A_c := b_{bjelke} \cdot h_{bjelke} = 2.978 \text{ m}^2$

$u := 2 \cdot b_{bjelke} + 2 \cdot h_{bjelke} = (7.054 \cdot 10^3) \text{ mm}$

$h_0 := 2 \cdot \frac{A_c}{u} = 844.287 \text{ mm}$

$\beta_H := 1.5 \left(1 + (0.012 \cdot RH \cdot 100)^{18} \right) \cdot \frac{h_0}{\text{mm}} + 250 = 2.124 \cdot 10^3$

$\beta_H := \min(1500, \beta_H) = 1.5 \cdot 10^3$

$t_0 := 28$

$t := (2023 - 1960) \cdot 365 = 2.3 \cdot 10^4$

$\beta_c := \left(\frac{(t - t_0)}{\beta_H + t - t_0} \right)^{0.3} = 0.981$

$\beta_{t0} := \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.2})} = 0.488$

$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{cm}}{\text{MPa}}}} = 3.175$

$\varphi_{RH} := 1 + \frac{(1 - RH)}{0.1 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} = 1.212$

VEDLEGG B) KRYP OG SVINN

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0} = 1.879$$

$$\varphi_{t,t0} := \varphi_0 \cdot \beta_c = 1.844$$

Svinn dobbel T-bjelke

Beregnes etter NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B, B.2

$RH := 80\%$ Utendørs forhold

$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$f_{cm} := 28 \text{ MPa}$ tabell 3.1

$f_{cm0} := 10 \text{ MPa}$

$\alpha_{ds1} := 4$ Antar sementklasse N

$\alpha_{ds2} := 0.12$

$RH_0 := 100\%$

$$\beta_{RH} := 1.55 \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right) = 0.756$$

$$\varepsilon_{cd,0} := 0.85 \left((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right)} \right) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 3.032 \cdot 10^{-4}$$

ε_{ca}

$\beta_{ds} := 1$ konstruksjonen var ferdig bygget for over 60 år siden, kan bruke $t = \infty$

$\beta_{as} := 1$

$A_c := 2.953 \text{ m}^2$

$b_{plate} := 8300 \text{ mm}$

$h_{bjelke} := 1500 \text{ mm}$

$h_{plate} := 175 \text{ mm}$

$$u := 2 \cdot b_{plate} + 4 \cdot h_{bjelke} + 2 \cdot h_{plate} = (2.295 \cdot 10^4) \text{ mm}$$

$$h_0 := 2 \cdot \frac{A_c}{u} = 257.342 \text{ mm}$$

$$k_h := 0.57 \cdot 0.75 + 0.43 \cdot 0.85 = 0.793$$

VEDLEGG B) KRYP OG SVINN

$$\varepsilon_{cd} := \beta_{ds} \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = 2.405 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ca\infty} := 2.5 \frac{(f_{ck} - 10 \text{ MPa})}{\text{MPa}} \cdot 10^{-6} = 2.5 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{ca} := \varepsilon_{ca\infty} \cdot \beta_{as} = 2.5 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 2.655 \cdot 10^{-4}$$

Svinn massive søyler

Beregnes etter NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B, B.2

$RH := 80\%$ Utendørs forhold

$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$f_{cm} := 28 \text{ MPa}$ tabell 3.1

$f_{cm0} := 10 \text{ MPa}$

$\alpha_{ds1} := 4$ Antar sementklasse N

$\alpha_{ds2} := 0.12$

$RH_0 := 100\%$

$$\beta_{RH} := 1.55 \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right) = 0.756$$

$$\varepsilon_{cd.0} := 0.85 \left((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right)} \right) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 3.032 \cdot 10^{-4}$$

$\beta_{ds} := 1$ konstruksjonen var ferdig bygget for over 60 år siden, kan bruke $t = \infty$

$\beta_{as} := 1$

$d_{søyle} := 1400 \text{ mm}$

$$A_c := \pi \cdot \frac{d_{søyle}^2}{4} = 1.539 \text{ m}^2$$

$$u := \pi \cdot d_{søyle} = (4.398 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$h_0 := 2 \cdot \frac{A_c}{u} = 700 \text{ mm}$$

$k_h := 0.7$

$$\varepsilon_{cd} := \beta_{ds} \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd.0} = 2.123 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ca\infty} := 2.5 \frac{(f_{ck} - 10 \text{ MPa})}{\text{MPa}} \cdot 10^{-6} = 2.5 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{ca} := \varepsilon_{ca\infty} \cdot \beta_{as} = 2.5 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 2.373 \cdot 10^{-4}$$

Svinn hule søyler

Beregnes etter NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B, B.2

 $RH := 80\%$ Utendørs forhold $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$ $f_{cm} := 28 \text{ MPa}$ tabell 3.1 $f_{cmo} := 10 \text{ MPa}$ $\alpha_{ds1} := 4$ Antar sementklasse N $\alpha_{ds2} := 0.12$ $RH_0 := 100\%$

$$\beta_{RH} := 1.55 \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right) = 0.756$$

$$\varepsilon_{cd.0} := 0.85 \left((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}} \right)} \right) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 3.032 \cdot 10^{-4}$$

$\beta_{ds} := 1$ konstruksjonen var ferdig bygget for over 60 år siden, kan bruke $t = \infty$

$\beta_{as} := 1$

 $d_{søyle} := 1400 \text{ mm}$ $d_i := 1000 \text{ mm}$

$$A_c := \pi \cdot \frac{d_{søyle}^2}{4} - \pi \cdot \frac{d_i^2}{4} = 0.754 \text{ m}^2$$

$$u := \pi \cdot d_{søyle} + \pi \cdot d_i = (7.54 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$h_0 := 2 \cdot \frac{A_c}{u} = 200 \text{ mm}$$

 $k_h := 0.85$

$$\varepsilon_{cd} := \beta_{ds} \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd.0} = 2.578 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ca\infty} := 2.5 \frac{(f_{ck} - 10 \text{ MPa})}{\text{MPa}} \cdot 10^{-6} = 2.5 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{ca} := \varepsilon_{ca\infty} \cdot \beta_{as} = 2.5 \cdot 10^{-5}$$

VEDLEGG B) KRYP OG SVINN

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 2.828 \cdot 10^{-4}$$

Svinn avstivende bjelker

Beregnes etter NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B, B.2

$RH := 80\%$ Utendørs forhold

$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$f_{cm} := 28 \text{ MPa}$ tabell 3.1

$f_{cm0} := 10 \text{ MPa}$

$\alpha_{ds1} := 4$ Antar sementklasse N

$\alpha_{ds2} := 0.12$

$RH_0 := 100\%$

$$\beta_{RH} := 1.55 \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right) = 0.756$$

$$\varepsilon_{cd,0} := 0.85 \left((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right)} \right) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 3.032 \cdot 10^{-4}$$

$\beta_{ds} := 1$ konstruksjonen var ferdig bygget for over 60 år siden, kan bruke $t = \infty$

$\beta_{as} := 1$

$b_{bjelke} := 1400 \text{ mm}$

$h_{bjelke} := 2127 \text{ mm}$

$A_c := b_{bjelke} \cdot h_{bjelke} = 2.978 \text{ m}^2$

$u := 2 \cdot b_{bjelke} + 2 \cdot h_{bjelke} = (7.054 \cdot 10^3) \text{ mm}$

$h_0 := 2 \cdot \frac{A_c}{u} = 844.287 \text{ mm}$

$k_h := 0.7$

$\varepsilon_{cd} := \beta_{ds} \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = 2.123 \cdot 10^{-4}$

$\varepsilon_{ca\infty} := 2.5 \frac{(f_{ck} - 10 \text{ MPa})}{\text{MPa}} \cdot 10^{-6} = 2.5 \cdot 10^{-5}$

VEDLEGG B) KRYP OG SVINN

$$\varepsilon_{ca} := \varepsilon_{ca\infty} \cdot \beta_{as} = 2.5 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 2.373 \cdot 10^{-4}$$

Utregning av bjelkehøyder og koter for avstivende bjelker mellom søyler

Koter OK brubane i hver akse:

Tverrsnittshøyder avstivende bjelker i hver akse:

$$K_{27} := 32.4 \text{ m}$$

$$h_{27} := 0.06 \cdot K_{27} = 1.944 \text{ m}$$

$$K_{28} := 33.7 \text{ m}$$

$$h_{28} := 0.06 \cdot K_{28} = 2.022 \text{ m}$$

$$K_{29} := 35 \text{ m}$$

$$h_{29} := 0.06 \cdot K_{29} = 2.1 \text{ m}$$

$$K_{30} := 36.3 \text{ m}$$

$$h_{30} := 0.06 \cdot K_{30} = 2.178 \text{ m}$$

$$K_{31} := 37.6 \text{ m}$$

$$h_{31} := 0.06 \cdot K_{31} = 2.256 \text{ m}$$

$$K_{32} := 38.9 \text{ m}$$

$$h_{32} := 0.06 \cdot K_{32} = 2.334 \text{ m}$$

For plassering av bjelker slik at brudekket blir liggende med jevnt fall i lengderetning antars en gjennomsnittlig høyde på bjelkene:

$$h_{\text{gjennomsnitt}} := \frac{h_{27} + h_{28} + h_{29} + h_{30} + h_{31} + h_{32}}{6} = 2.139 \text{ m}$$

Kote i senter av øverste avstivende bjelke i hver akse:

$$a_{27} := K_{27} - 1.73 \text{ m} - \frac{h_{\text{gjennomsnitt}}}{2} = 29.601 \text{ m}$$

$$a_{28} := K_{28} - 1.73 \text{ m} - \frac{h_{\text{gjennomsnitt}}}{2} = 30.901 \text{ m}$$

$$a_{29} := K_{29} - 1.73 \text{ m} - \frac{h_{\text{gjennomsnitt}}}{2} = 32.201 \text{ m}$$

$$a_{30} := K_{30} - 1.73 \text{ m} - \frac{h_{\text{gjennomsnitt}}}{2} = 33.501 \text{ m}$$

$$a_{31} := K_{31} - 1.73 \text{ m} - \frac{h_{\text{gjennomsnitt}}}{2} = 34.801 \text{ m}$$

$$a_{32} := K_{32} - 1.73 \text{ m} - \frac{h_{\text{gjennomsnitt}}}{2} = 36.101 \text{ m}$$

VEDLEGG C) BJELKEHØYDER OG KOTER

Kote i senter av nederste avstivende bjelke i hver akse:

$$b_{27} := 5.5 \text{ m} + \frac{h_{27}}{2} = 6.472 \text{ m}$$

$$b_{28} := 5.5 \text{ m} + \frac{h_{28}}{2} = 6.511 \text{ m}$$

$$b_{29} := 5.5 \text{ m} + \frac{h_{29}}{2} = 6.55 \text{ m}$$

$$b_{30} := 5.5 \text{ m} + \frac{h_{30}}{2} = 6.589 \text{ m}$$

$$b_{31} := 5.5 \text{ m} + \frac{h_{31}}{2} = 6.628 \text{ m}$$

$$b_{32} := 5.5 \text{ m} + \frac{h_{32}}{2} = 6.667 \text{ m}$$

Laster på gangbane

Egenvekt:

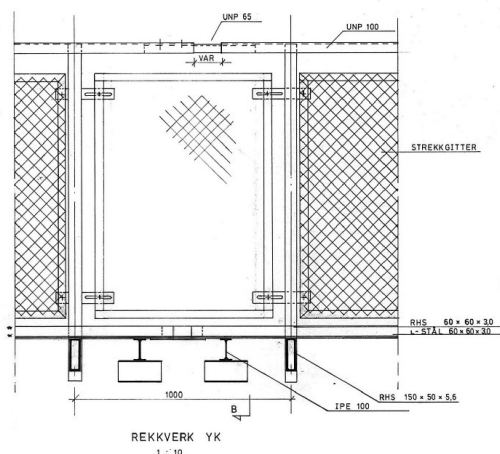
4.1.1 Materialer - egenvekter

Egenvekter etter V412

Ved bæreevneklassifisering av bruer skal det benyttes følgende egenvekter:

• Stål	=	77	kN/m ³
• Aluminium	=	27	kN/m ³
• Armert betong	=	25	kN/m ³
• Asfalt	=	25	kN/m ³
• Oljegrus	=	22	kN/m ³
• Stein	=	25	kN/m ³
• Grus	=	18	kN/m ³
• Leca, stabilisert	=	8	kN/m ³
• Tredekker u/fuktisolasjon	=	8	kN/m ³
• Tre, konstruksjonsvirke	=	5	kN/m ³
• Ståltrekkverk	=	0,5	kN/m

Gangvegen er bygget opp 2 stk IPE100 og 1 stk RHS150x50x5,6 per meter i tillegg til en dekkeplate i stål. Antar tykkelse 4 mm



Utklipp fra tegning 06

$$EV_{stål} := 77 \frac{kN}{m^3}$$

$$A_{IPE100} := 1.03 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

$$A_{RHS150x50x5} := 1900 \text{ mm}^2$$

$$A_{RHS150x50x5.6} := A_{RHS150x50x5} \cdot \frac{5.6}{5} = (2.128 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{plate} := 0.004 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = (4 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{tot.per.m} := \frac{(2 \cdot A_{IPE100} + A_{RHS150x50x5.6} + A_{plate})}{m} = (6.131 \cdot 10^3) \frac{mm^2}{m}$$

VEDLEGG D) LASTER PÅ GANGBANE

$$EV_{dekke} := A_{tot.per.m} \cdot EV_{stål} = 0.472 \frac{kN}{m^2}$$

Rundes opp til 0,5 kN/m²

$$EV_{dekke} := 0.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$EV_{betong} := 25 \frac{kN}{m^3}$$

$$A_{bankett} := 240 \text{ mm} \cdot 240 \text{ mm} = 0.058 \text{ m}^2$$

Mål fra tegning nr 27.
Rundes opp til 0,06 m² for å hensynta understøp etter justering av bolter.

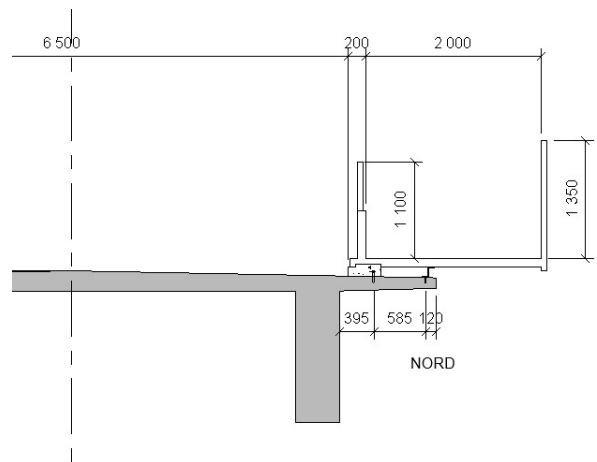
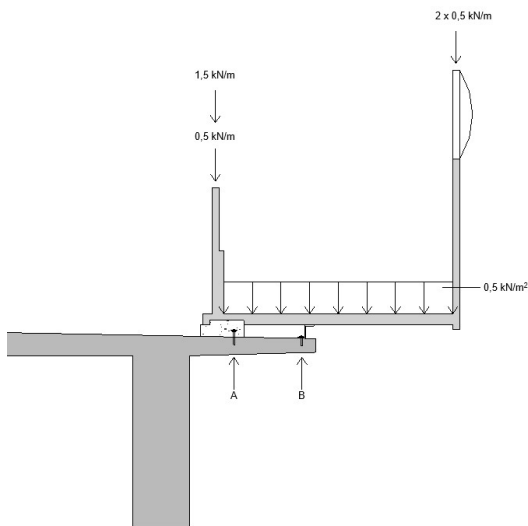
$$A_{bankett} := 0.06 \text{ m}^2$$

$$EV_{bankett} := A_{bankett} \cdot EV_{betong} = 1.5 \frac{kN}{m}$$

$$EV_{rekkverk} := 0.5 \frac{kN}{m}$$

Fra tabell 4.1.1 i V412

Reaksjonskrefter på brudekke fra gangveg nordside:



Egenvekt fra betongkant og rekkverk nærmest opplegg A plasseres 850 mm fra ytterkant brudekke. Lasten fra gangbanen og lasten fra det ytterste rekkverket regnes om til resultanter A og B.

$$EV_{rekkverk} = 0.5 \frac{kN}{m}$$

Plasseres 1250mm utenfor brudekket

$$A_{EV.r} := \frac{-EV_{rekkverk} \cdot 2 \cdot (1.25 + 0.12) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -2.342 \frac{kN}{m}$$

$$B_{EV.r} := (2 \cdot EV_{rekkverk}) - A_{EV.r} = 3.342 \frac{kN}{m}$$

VEDLEGG D) LASTER PÅ GANGBANE

$$EV_{gangbane} := EV_{dekke}$$

$$EV_{g.nord} := EV_{gangbane} \cdot 2 \text{ m} = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resultanten ligger 200mm utenfor brudekket

$$A_{EV.g} := \frac{-EV_{g.nord} \cdot (0.12 + 0.2) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -0.547 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{EV.g} := EV_{g.nord} - A_{EV.g} = 1.547 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

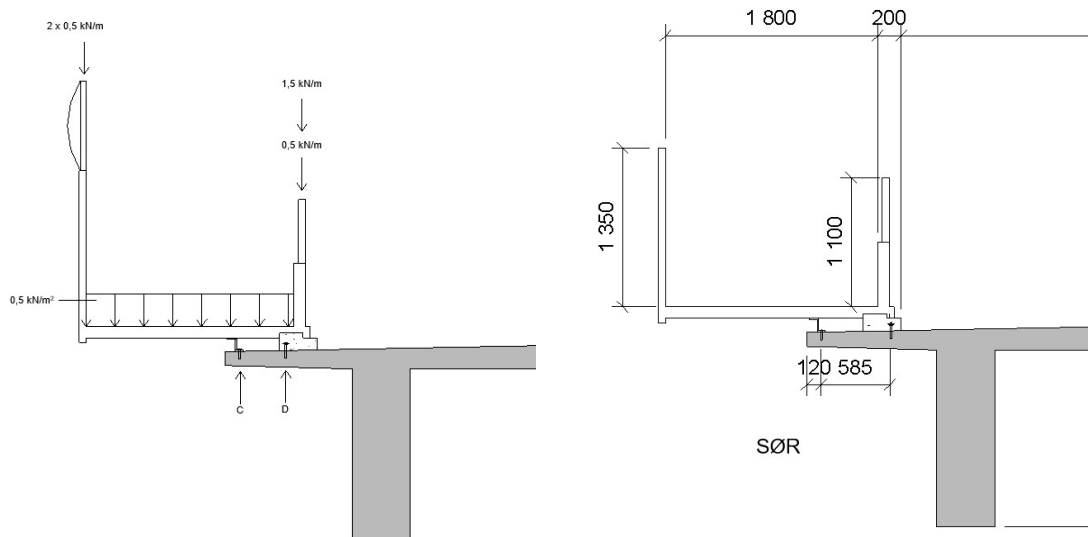
$$A_{EV} := A_{EV.r} + A_{EV.g} = -2.889 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_{EV} := B_{EV.r} + B_{EV.g} = 4.889 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{nord} := EV_{bankett} + 3 \cdot EV_{rekkverk} + EV_{g.nord} = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

GB-last som linjelast

Reaksjonskrefter på brudekket fra gangveg sørside:



Egenvekt fra betongkant og rekkverk nærmest opplegg D plasseres 650 mm fra ytterkant brudekke. Lasten fra gangbanen og lasten fra det ytterste rekkverket regnes om til resultanter C og D.

$$EV_{rekkverk} = 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Plasseres 1250mm utenfor brudekket

$$D_{EV.r} := \frac{-EV_{rekkverk} \cdot 2 \cdot (1.25 + 0.12) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -2.342 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

VEDLEGG D) LASTER PÅ GANGBANE

$$C_{EV.r} := (2 \cdot EV_{rekkeverk}) - D_{EV.r} = 3.342 \frac{kN}{m}$$

$$EV_{gangbane} = 0.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$EV_{g.sør} := EV_{gangbane} \cdot 1.8 \text{ m} = 0.9 \frac{kN}{m}$$

Resultanten ligger 300mm utenfor brudekket

$$D_{EV.g} := \frac{-EV_{g.sør} \cdot (0.12 + 0.3) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -0.646 \frac{kN}{m}$$

$$C_{EV.g} := EV_{g.sør} - D_{EV.g} = 1.546 \frac{kN}{m}$$

$$D_{EV} := D_{EV.r} + D_{EV.g} = -2.988 \frac{kN}{m}$$

$$C_{EV} := C_{EV.g} + C_{EV.r} = 4.888 \frac{kN}{m}$$

$$P_{sør} := EV_{bankett} + 3 \cdot EV_{rekkeverk} + EV_{g.sør} = 3.9 \frac{kN}{m}$$

$$P_{GB} := P_{sør} + P_{nord} = 7.9 \frac{kN}{m}$$

GB-last som linjelast

Trafikklast på gangbane med samtidig trafikklast i vegbane:

$$TL_m := 1 \frac{kN}{m^2}$$

V412 pkt. 3.2.6.1

$$TL_{m.nord} := TL_m \cdot 2 \text{ m} = 2 \frac{kN}{m}$$

Resultanten ligger 200mm utenfor brudekket

$$A_{TL.m} := \frac{-TL_{m.nord} \cdot (0.12 + 0.2) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -1.094 \frac{kN}{m}$$

Resultanter i A og B som følge av trafikklast på gangbane

$$B_{TL.m} := TL_{m.nord} - A_{TL.m} = 3.094 \frac{kN}{m}$$

$$TL_{m.sør} := TL_m \cdot 1.8 \text{ m} = 1.8 \frac{kN}{m}$$

Resultanten ligger 300mm utenfor brudekket

$$D_{TL.m} := \frac{-TL_{m.sør} \cdot (0.12 + 0.3) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -1.292 \frac{kN}{m}$$

Resultanter C og D som følge av trafikklast på gangbane

VEDLEGG D) LASTER PÅ GANGBANE

$$C_{TL.m} := TL_{m.nord} - D_{TL.m} = 3.292 \frac{kN}{m}$$

$$Q_{TL} := TL_{m.nord} + TL_{m.sør} = 3.8 \frac{kN}{m}$$

Trafikklast som linjelast

Trafikklast på GB uten samtidig trafikklast i vegbane:

$$TL_u := 4 \frac{kN}{m^2}$$

Håndbok 081

$$TL_{u.nord} := TL_u \cdot 2 \text{ m} = 8 \frac{kN}{m}$$

Resultanten ligger 200mm utenfor brudekket

$$A_{TL.u} := \frac{-TL_{u.nord} \cdot (0.12 + 0.2) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -4.376 \frac{kN}{m}$$

Resultanter i A og B som følge av trafikklast på gangbane

$$B_{TL.u} := TL_{u.nord} - A_{TL.u} = 12.376 \frac{kN}{m}$$

$$TL_{u.sør} := TL_u \cdot 1.8 \text{ m} = 7.2 \frac{kN}{m}$$

Resultanten ligger 300mm utenfor brudekket

$$D_{TL.u} := \frac{-TL_{u.sør} \cdot (0.12 + 0.3) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -5.169 \frac{kN}{m}$$

Resultanter C og D som følge av trafikklast på gangbane

$$C_{TL.u} := TL_{u.sør} - D_{TL.u} = 12.369 \frac{kN}{m}$$

Vindlast på GB med samtidig trafikklast i vegbane:

$$VL := 0.7 \frac{kN}{m^2}$$

Fra vindlastberegning

$$VL_{nord} := VL \cdot 2 \text{ m} = 1.4 \frac{kN}{m}$$

Resultanten ligger 200mm utenfor brudekket

$$A_{VL} := \frac{-VL_{nord} \cdot (0.12 + 0.2) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -0.766 \frac{kN}{m}$$

Resultanter i A og B som følge av vindlast på gangbane

$$B_{VL} := VL_{nord} - A_{VL} = 2.166 \frac{kN}{m}$$

VEDLEGG D) LASTER PÅ GANGBANE

$$VL_{sør} := VL \cdot 1.8 \text{ m} = 1.26 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$D_{VL} := \frac{-VL_{sør} \cdot (0.12 + 0.3) \text{ m}}{0.585 \text{ m}} = -0.905 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$C_{VL} := VL_{sør} - D_{VL} = 2.165 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resultanten ligger 300mm utenfor
brudekket

Resultanter C og D som følge
av vindlast på gangbane

Vindlast på bru etter N400 og NS-EN 1991-1-4

I hht. V400 skal lastvirkningen fra vind bestemmes på grunnlag av kastvindhastighetstrykket som skal beregnes etter punkt NA.4.5 i NS-EN 1991-1-1+NA:2009.

Vindlasten per lengdeenhet skal regnes som produktet av kraftvektorer (formfaktorer) og topphastighetstrykket.

BRUDEKKE:

Toppkastighetstrykk q_{pz} :

$$c_{season} := 1.0 \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$c_{prob} := 1.0 \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$c_{dir} := 1.0 \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$H := 0 \text{ m}$$

$$H_0 := 700 \text{ m} \quad (\text{Tabell NA.4(901.2)})$$

$$H_{topp} := 1300 \text{ m} \quad (\text{Tabell NA.4(901.2)})$$

$$v_{bo} := 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Tabell NA.4(901.1)})$$

$$v_0 := 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Tabell NA.4(901.1)})$$

$$c_{alt1} := 1 + \frac{((v_0 - v_{bo}) \cdot (H - H_0))}{v_{bo} \cdot (H_{topp} - H_0)} = 0.87 \quad (\text{NA.4(901.1)})$$

$$c_{alt} := \max(c_{alt1}, 1) = 1 \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{alt} \cdot c_{prob} \cdot v_{bo} = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$z := \frac{32.4 + 38.9}{2} \text{ m} = 35.65 \text{ m}$$

$$z_0 := 0.01 \text{ m} \quad (\text{Tabell 4.1})$$

$$z_{min} := 1 \text{ m} \quad (\text{Tabell 4.1})$$

$$z_{02} := 0.05 \text{ m} \quad (\text{Tabell 4.1})$$

VEDLEGG E) VINDLAST

$$k_r := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{02}} \right)^{0.07} = 0.17 \quad (4.3.2)$$

$$c_{rz} := k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 1.388 \quad (4.3.2)$$

$$c_{0z} := 1.0 \quad (4.3.1)$$

$$v_{mz} := c_{rz} \cdot c_{0z} \cdot v_b = 37.487 \frac{m}{s} \quad (4.3.1)$$

$$k_l := 1.0 \quad (4.4)$$

$$l_{vz} := \frac{k_l}{c_{0z} \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = 0.122 \quad (4.4)$$

$$\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3} \quad (NA.4.5)$$

$$k_p := 3.5 \quad (NA.4.5)$$

$$v_{pz} := \left(1 + 2 k_p \cdot l_{vz} \right)^{0.5} \cdot v_{mz} = 51.069 \frac{m}{s} \quad (\text{SSV 668 punkt 1.9.3})$$

$$q_{pz.u.trafikk} := 0.5 \cdot \rho \cdot v_{pz}^2 = 1.63 \frac{kN}{m^2} \quad (NA.4.5)$$

$$v_{p.m.trafikk} := \min \left(v_{pz}, 35 \frac{m}{s} \right) = 35 \frac{m}{s} \quad (\text{N400 krav 5.6.6-2})$$

$$q_{pz.m.trafikk} := 0.5 \cdot \rho \cdot v_{p.m.trafikk}^2 = 0.766 \frac{kN}{m^2}$$

Kraftvektorer (formfaktorer):

$$b := 10.7 \text{ m}$$

$$d := 1.73 \text{ m} + 0.1 \text{ m} = 1.83 \text{ m}$$

$$d_{tot.m.trafikk} := d + 2 \text{ m} = 3.83 \text{ m}$$

$$d_{tot.u.trafikk} := d + 1.2 \text{ m} = 3.03 \text{ m} \quad (\text{Tabell 8.1})$$

$$c_{fz} := 0.9 \quad (NA.8.3.3)$$

VEDLEGG E) VINDLAST

$$C_{fx0.u.trafikk} := 1.4 \quad (\text{Figur 8.3})$$

$$C_{fx0.m.trafikk} := 1.7 \quad (\text{Figur 8.3})$$

$$C_{fx.u.trafikk} := C_{fx0.u.trafikk} = 1.4 \quad (8.1)$$

$$C_{fx.m.trafikk} := C_{fx0.m.trafikk} = 1.7$$

Horisontal last i tverretning med trafikk:

$$q_{x.m.trafikk} := C_{fx.m.trafikk} \cdot d_{tot.m.trafikk} \cdot q_{pz.m.trafikk} = 4.985 \frac{kN}{m} \quad (\text{N400 krav 5.6.2-1})$$

Horisontal last i tverretning uten trafikk:

$$q_{x.u.trafikk} := C_{fx.u.trafikk} \cdot d_{tot.u.trafikk} \cdot q_{pz.u.trafikk} = 6.915 \frac{kN}{m}$$

Vertikal last på brudekke med trafikk:

$$q_{z.m.trafikk} := C_{fz} \cdot q_{pz.m.trafikk} \cdot b = 7.373 \frac{kN}{m} \quad \text{Som linjelast}$$

$$q_{z.m.trafikk.pr.m2} := C_{fz} \cdot q_{pz.m.trafikk} = 0.689 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Som flatelast}$$

Vertikal last på brudekke uten trafikk:

$$q_{z.u.trafikk} := C_{fz} \cdot q_{pz.u.trafikk} \cdot b = 15.697 \frac{kN}{m} \quad \text{Som linjelast}$$

SØYLER

Topphastighetstrykk q_{pz} :

$$c_{season} := 1.0 \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$c_{prob} := 1.0 \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$c_{dir} := 1.0 \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$H := 0 \text{ m}$$

$$H_0 := 700 \text{ m} \quad (\text{Tabell NA.4(901.2)})$$

$$H_{topp} := 1300 \text{ m} \quad (\text{Tabell NA.4(901.2)})$$

$$v_{bo} := 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Tabell NA.4(901.1)})$$

$$v_0 := 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Tabell NA.4(901.1)})$$

$$c_{alt1} := 1 + \frac{((v_0 - v_{bo}) \cdot (H - H_0))}{v_{bo} \cdot (H_{topp} - H_0)} = 0.87 \quad (\text{NA.4(901.1)})$$

$$c_{alt} := \max(c_{alt1}, 1) = 1 \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{alt} \cdot c_{prob} \cdot v_{bo} = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{Formel NA.4.1})$$

$$z := \frac{32.4 + 38.9}{4} \text{ m} = 17.825 \text{ m} \quad \text{Gjennomsnittshøyde for søyler akse 27 - 32}$$

$$z_0 := 0.01 \text{ m} \quad (\text{Tabell 4.1})$$

$$z_{min} := 1 \text{ m} \quad (\text{Tabell 4.1})$$

$$z_{02} := 0.05 \text{ m} \quad (\text{Tabell 4.1})$$

$$k_r := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{02}} \right)^{0.07} = 0.17 \quad (4.3.2)$$

$$c_{rz} := k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 1.271 \quad (4.3.2)$$

$$c_{0z} := 1.0 \quad (4.3.1)$$

$$v_{mz} := c_{rz} \cdot c_{0z} \cdot v_b = 34.31 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (4.3.1)$$

VEDLEGG E) VINDLAST

$$k_l := 1.0 \quad (4.4)$$

$$l_{vz} := \frac{k_l}{c_{0z} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = 0.134 \quad (4.4)$$

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (\text{NA.4.5})$$

$$k_p := 3.5 \quad (\text{NA.4.5})$$

$$v_{pz} := \left(1 + 2 k_p \cdot l_{vz}\right)^{0.5} \cdot v_{mz} = 47.729 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{SSV 668 punkt 1.9.3})$$

$$q_{pz.u.trafikk} := 0.5 \cdot \rho \cdot v_{pz}^2 = 1.424 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (\text{NA.4.5})$$

$$v_{p.m.trafikk} := \min\left(v_{pz}, 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \quad (\text{N400 krav 5.6.6-2})$$

$$v_{p.m.trafikk} = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_{pz.m.trafikk} := 0.5 \cdot \rho \cdot v_{p.m.trafikk}^2 = 0.766 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$v_{m.trafikk} := v_{p.m.trafikk}$$

$$v_{u.trafikk} := v_{pz} = 47.729 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kraftvektorer (formfaktorer):

$$b := 1.4 \text{ m}$$

$$\nu := 15 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Re_{m.trafikk} := b \cdot \frac{v_{m.trafikk}}{\nu} = 3.267 \cdot 10^6$$

$$Re_{u.trafikk} := b \cdot \frac{v_{u.trafikk}}{\nu} = 4.455 \cdot 10^6$$

$$k := 0.2 \text{ mm}$$

$$\frac{k}{b} = 1.429 \cdot 10^{-4}$$

$$c_{f,0} := 0.6$$

figur 7.28

VEDLEGG E) VINDLAST

$$a_x := 5.6 \text{ m}$$

$$\frac{a_x}{b} = 4$$

$$a_y := 24 \text{ m}$$

$$\frac{a_y}{b} = 17.143$$

$$\kappa_x := \frac{210 - \frac{a_x}{b}}{180} = 1.144$$

$$\kappa_y := \frac{210 - \frac{a_y}{b}}{180} = 1.071$$

$$c_{fx} := c_{f,0} \cdot \kappa_x = 0.687$$

$$c_{fy} := c_{f,0} \cdot \kappa_y = 0.643$$

Tabell 7.14 for sylindere ordnet i rekke

7.9.3 Kraftfaktor for vertikale sylindere ordnet i rekke

Last på søyler med trafikk:

$$q_{x.m.trafikk} := c_{fx} \cdot b \cdot q_{pz.m.trafikk} = 0.736 \frac{kN}{m}$$

$$q_{y.m.trafikk} := c_{fy} \cdot b \cdot q_{pz.m.trafikk} = 0.689 \frac{kN}{m}$$

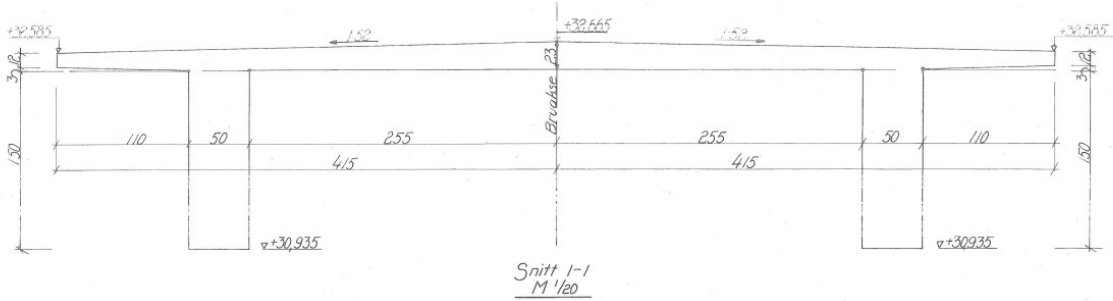
Last på søyler uten trafikk:

$$q_{x.u.trafikk} := c_{fx} \cdot b \cdot q_{pz.u.trafikk} = 1.369 \frac{kN}{m}$$

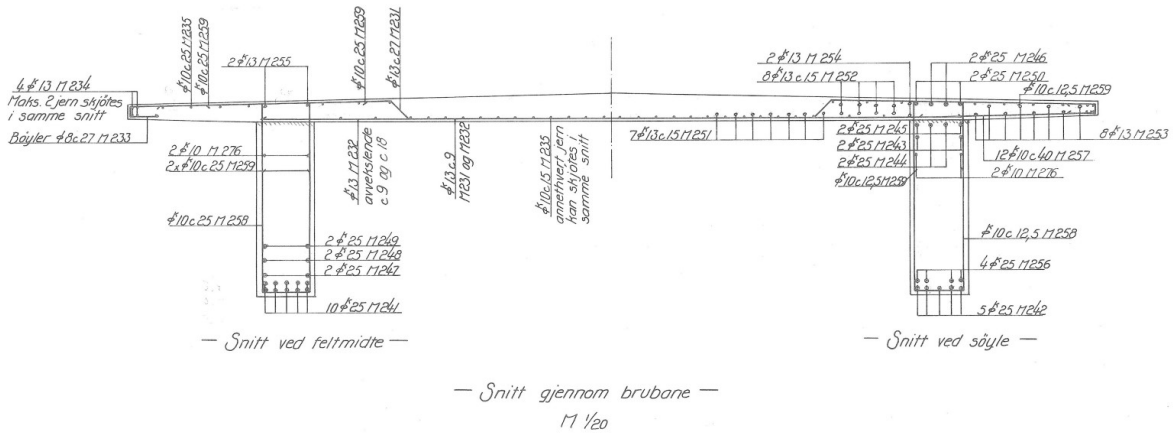
$$q_{y.u.trafikk} := c_{fy} \cdot b \cdot q_{pz.u.trafikk} = 1.281 \frac{kN}{m}$$

ALKALIREAKSJONER, LASTER

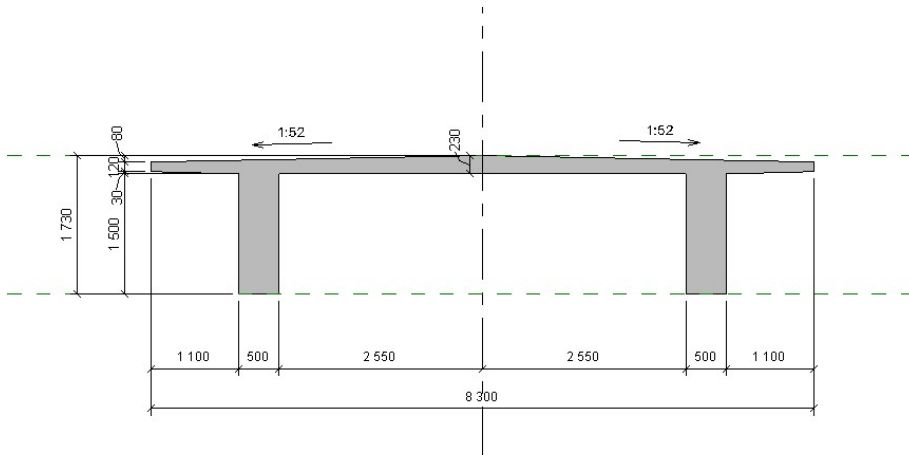
Akse 17-31 i felt



Måltegning - snitt



Armering - snitt



Måltegning - snitt

Beregninger etter SVV Rapport 855 Bæreevneklassifisering av bruer med alkalireaksjoner

Tverrsnittsdata:

Ser på halve tverrsnittet

$$A_c := 1522000 \text{ mm}^2 \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$I_c := 4.168 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4 \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$e_z := 1180 \text{ mm} \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$I_{EL} := I_c = (4.168 \cdot 10^{11}) \text{ mm}^4$$

$$A_{EL} := A_c = (1.522 \cdot 10^6) \text{ mm}^2$$

$$H := 1730 \text{ mm}$$

$$A_{s.uk} := 7854 \text{ mm}^2 \quad \text{Fra momenkap.beregning}$$

$$A_{s.ok} := \pi \cdot \frac{(6 \cdot 13^2 + 20 \cdot 10^2) \text{ mm}^2}{4} = (2.367 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$y_{uk} := 163 \text{ mm} \quad \text{Fra momenkap.beregning}$$

$$y_{ok} := 1500 \text{ mm} + \frac{176}{2} \text{ mm} = (1.588 \cdot 10^3) \text{ mm} \quad \text{Bjelkehøyde + halve dekketykkelse midt over bjelke}$$

$$\varphi := 2.02$$

$$E_{cm} := 30 \text{ GPa} \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

$$E_{cL} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi} = (9.934 \cdot 10^3) \text{ MPa}$$

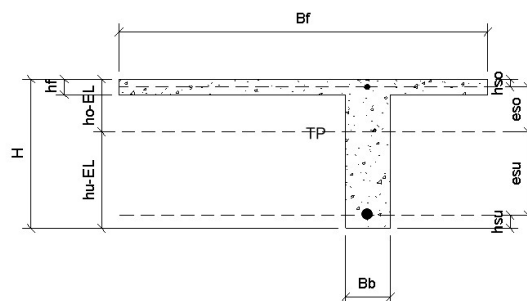
$$E_s := 200000 \text{ MPa}$$

$$B_f := 4150 \text{ mm}$$

$$B_b := 500 \text{ mm}$$

$$h_{u.EL} := e_z = (1.18 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$h_{o.EL} := H - h_{u.EL} = 550 \text{ mm}$$



$$\alpha := 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \quad \text{EC2. 3.1.3 (5)}$$

$$h_{so} := H - y_{ok} = 142 \text{ mm}$$

$$h_{su} := y_{uk} = 163 \text{ mm}$$

$$e_{so} := h_{o,EL} - h_{so} = 408 \text{ mm}$$

$$e_{su} := h_{u,EL} - h_{su} = (1.017 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Antar konstant ekspansjon

$$\varepsilon_{ini.o} := 0.00033 \quad \text{Antar en initiell tøyning}$$

$$\varepsilon_{ini.u} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.os} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.TP} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.us} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\kappa_{ini} := \frac{(\varepsilon_{ini.o} - \varepsilon_{ini.u})}{H} = 0 \frac{1}{m}$$

$$\Delta T_{N.ini} := \frac{\varepsilon_{ini.TP}}{\alpha} = 33 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.ini} := \frac{\kappa_{ini} \cdot H}{\alpha} = 0 \text{ K}$$

$$F_{so} := \varepsilon_{ini.os} \cdot E_s \cdot A_{s.ok} = 156.235 \text{ kN}$$

$$F_{su} := \varepsilon_{ini.us} \cdot E_s \cdot A_{s.uk} = 518.364 \text{ kN}$$

$$N_{arm} := F_{so} + F_{su} = 674.599 \text{ kN}$$

$$M_{arm} := F_{so} \cdot e_{so} - F_{su} \cdot e_{su} = -463.432 \text{ kN} \cdot m$$

$$\varepsilon_{arm.TP} := \frac{N_{arm}}{(E_{CL} \cdot A_{EL})} = 4.462 \cdot 10^{-5}$$

$$\kappa_{arm} := \frac{M_{arm}}{E_{CL} \cdot I_{EL}} = -1.119 \cdot 10^{-4} \frac{1}{m}$$

VEDLEGG F) AR-LAST

$$\Delta T_{N.arm} := \frac{\varepsilon_{arm.TP}}{\alpha} = 4.462 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.arm} := \frac{\kappa_{arm} \cdot H}{\alpha} = -19.364 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.AR} := \Delta T_{N.ini} - \Delta T_{N.arm} = 28.538 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.AR} := \Delta T_{M.ini} - \Delta T_{M.arm} = 19.364 \text{ K}$$

$$\varepsilon := \varepsilon_{ini.TP} - \varepsilon_{arm.TP} = 2.854 \cdot 10^{-4}$$

Kontrollerer at ε er rundt 0.28 promille

Akse 18-30 ved opplegg

Beregninger etter SVV Rapport 855 Bæreevneklassifisering av bruer med alkalireaksjoner

Tverrsnittsdata:

Ser på halve tverrsnittet

$$A_c := 1522000 \text{ mm}^2$$

Fra FEM-design

$$I_c := 4.168 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$$

Fra FEM-design

$$e_z := 1180 \text{ mm}$$

Fra FEM-design

$$I_{EL} := I_c = (4.168 \cdot 10^{11}) \text{ mm}^4$$

$$A_{EL} := A_c = (1.522 \cdot 10^6) \text{ mm}^2$$

$$H := 1730 \text{ mm}$$

Armering

$$A_{s,\phi 25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2 = 490.874 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\phi 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = 132.732 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\phi 10} := \pi \cdot \frac{10^2}{4} \text{ mm}^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

Underkant:

$$A_{s,u1} := 5 \cdot A_{s,\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

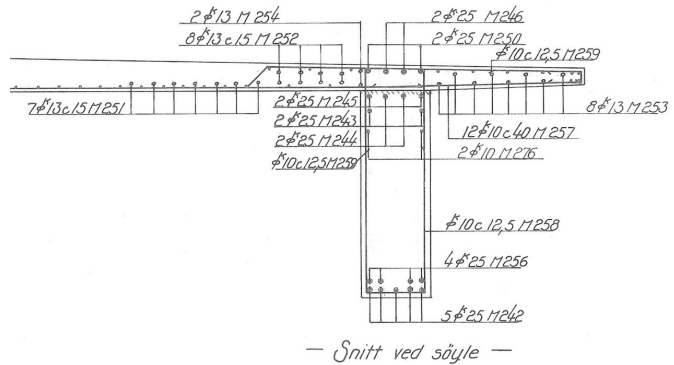
$$A_{s,u2} := 4 \cdot A_{s,\phi 25} = (1.963 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s,uk} := A_{s,u1} + A_{s,u2} = (4.418 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$c_{uk} := 40 \text{ mm}$$

$$y_{u1} := c_{uk} + 10 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 62.5 \text{ mm}$$

$$y_{u2} := y_{u1} + 40 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 127.5 \text{ mm}$$



VEDLEGG F) AR-LAST

$$y_{uk} := \frac{(5 \cdot y_{u1} + 4 \cdot y_{u2})}{9} = 91.389 \text{ mm}$$

Overkant:

$$c_{ok} := 20 \text{ mm}$$

$$A_{s.o1} := 27 \cdot A_{s.\phi13} + 20 \cdot A_{s.\phi10} = (5.155 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.o2} := 4 \cdot A_{s.\phi25} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_{s.o3} := 4 \cdot A_{s.\phi25} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_{s.o4} := 2 \cdot A_{s.\phi25} = (9.817 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.ok} := A_{s.o1} + A_{s.o2} + A_{s.o3} + A_{s.o4} = (1.006 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$y_1 := 54 \text{ mm} + \frac{175}{2} \text{ mm} = 141.5 \text{ mm}$$

$$y_2 := 54 \text{ mm} + 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 96.5 \text{ mm}$$

$$y_3 := 230 \text{ mm} + 40 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 282.5 \text{ mm}$$

$$y_4 := y_3 + 60 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 367.5 \text{ mm}$$

$$y_{ok} := \frac{(A_{s.o1} \cdot y_1 + A_{s.o2} \cdot y_2 + A_{s.o3} \cdot y_3 + A_{s.o4} \cdot y_4)}{A_{s.ok}} = 182.279 \text{ mm}$$

$$\varphi := 2.02$$

$$E_{cm} := 30 \text{ GPa}$$

EC2, tabell 3.1

$$E_{cL} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi} = (9.934 \cdot 10^3) \text{ MPa}$$

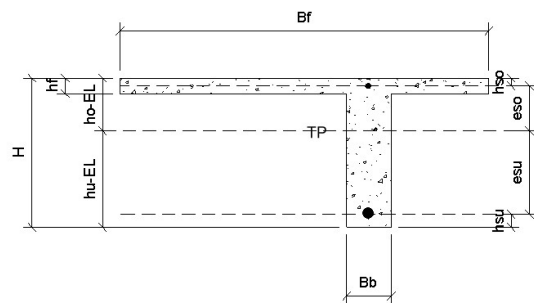
$$E_s := 200000 \text{ MPa}$$

$$B_f := 4150 \text{ mm}$$

$$B_b := 500 \text{ mm}$$

$$h_{u.EL} := e_z = (1.18 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$h_{o.EL} := H - h_{u.EL} = 550 \text{ mm}$$



$$\alpha := 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

EC2. 3.1.3 (5)

$$h_{so} := y_{ok} = 182.279 \text{ mm}$$

$$h_{su} := y_{uk} = 91.389 \text{ mm}$$

$$e_{so} := h_{o,EL} - h_{so} = 367.721 \text{ mm}$$

$$e_{su} := h_{u,EL} - h_{su} = (1.089 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Antar konstant ekspansjon

$$\varepsilon_{ini.o} := 0.000330$$

Antar en initiell tøyning

$$\varepsilon_{ini.u} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.os} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.TP} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.us} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\kappa_{ini} := \frac{(\varepsilon_{ini.o} - \varepsilon_{ini.u})}{H} = 0 \frac{1}{m}$$

$$\Delta T_{N.ini} := \frac{\varepsilon_{ini.TP}}{\alpha} = 33 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.ini} := \frac{\kappa_{ini} \cdot H}{\alpha} = 0 \text{ K}$$

$$F_{so} := \varepsilon_{ini.os} \cdot E_s \cdot A_{s.ok} = 664.178 \text{ kN}$$

$$F_{su} := \varepsilon_{ini.us} \cdot E_s \cdot A_{s.uk} = 291.579 \text{ kN}$$

$$N_{arm} := F_{so} + F_{su} = 955.757 \text{ kN}$$

$$M_{arm} := F_{so} \cdot e_{so} - F_{su} \cdot e_{su} = -73.184 \text{ kN} \cdot m$$

$$\varepsilon_{arm.TP} := \frac{N_{arm}}{(E_{CL} \cdot A_{EL})} = 6.321 \cdot 10^{-5}$$

$$\kappa_{arm} := \frac{M_{arm}}{E_{CL} \cdot I_{EL}} = -1.768 \cdot 10^{-5} \frac{1}{m}$$

VEDLEGG F) AR-LAST

$$\Delta T_{N.arm} := \frac{\varepsilon_{arm.TP}}{\alpha} = 6.321 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.arm} := \frac{\kappa_{arm} \cdot H}{\alpha} = -3.058 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.AR} := \Delta T_{N.ini} - \Delta T_{N.arm} = 26.679 \text{ K}$$

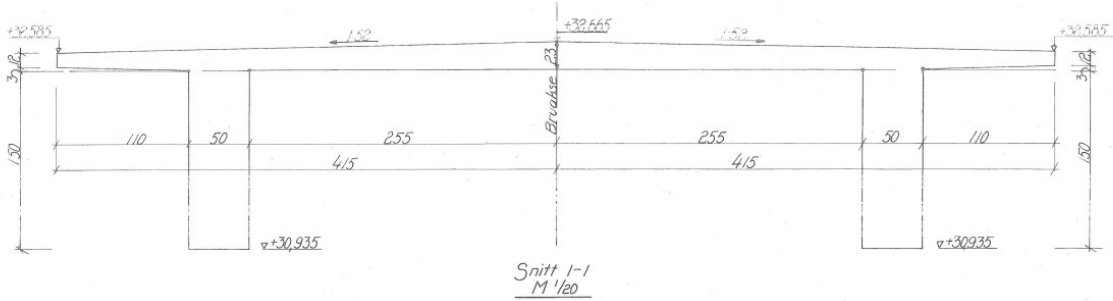
$$\Delta T_{M.AR} := \Delta T_{M.ini} - \Delta T_{M.arm} = 3.058 \text{ K}$$

$$\varepsilon := \varepsilon_{ini.TP} - \varepsilon_{arm.TP} = 2.668 \cdot 10^{-4}$$

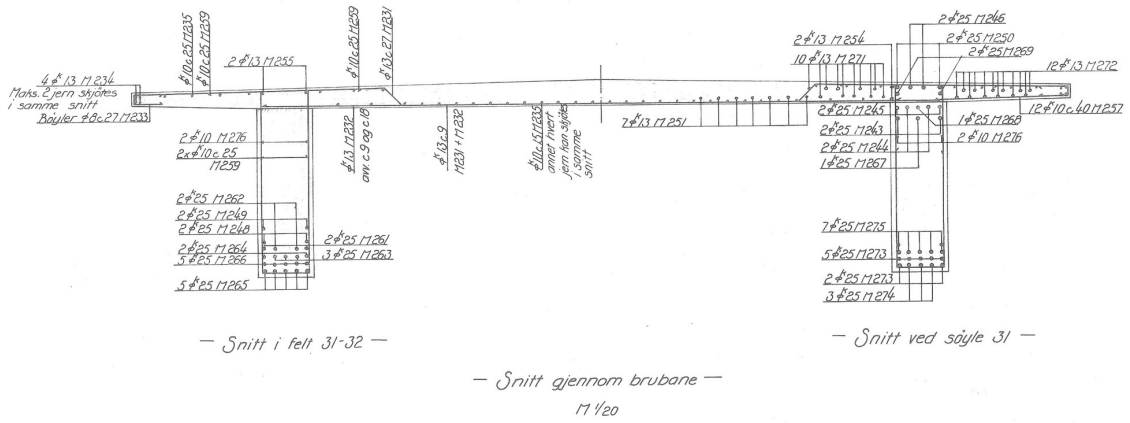
Kontrollerer at ε er i rundt 0.28 promille

VEDLEGG F) AR-LAST

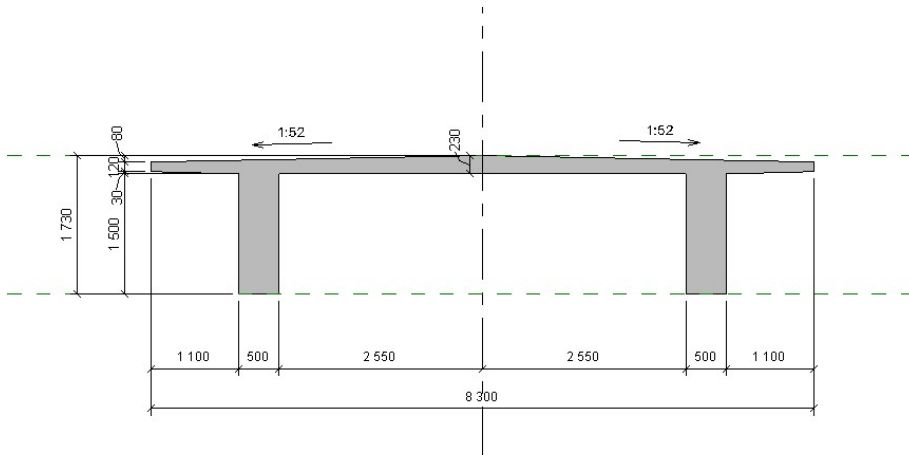
Akse 31-32 i felt



Måltegning - snitt



Armering - snitt



Måltegning - snitt

Beregninger etter SVV Rapport 855 Bæreevneklassifisering av bruer med alkalireaksjoner

Tverrsnittsdata:

Ser på halve tverrsnittet

$$A_c := 1522000 \text{ mm}^2 \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$I_c := 4.168 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4 \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$e_z := 1180 \text{ mm} \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$I_{EL} := I_c = (4.168 \cdot 10^{11}) \text{ mm}^4$$

$$A_{EL} := A_c = (1.522 \cdot 10^6) \text{ mm}^2$$

$$H := 1730 \text{ mm}$$

$$A_{s.uk} := 11290 \text{ mm}^2 \quad \text{Fra momenkap.beregning}$$

$$A_{s.ok} := \pi \cdot \frac{(6 \cdot 13^2 + 20 \cdot 10^2) \text{ mm}^2}{4} = (2.367 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$y_{uk} := 191 \text{ mm} \quad \text{Fra momenkap.beregning}$$

$$y_{ok} := 1500 \text{ mm} + \frac{176}{2} \text{ mm} = (1.588 \cdot 10^3) \text{ mm} \quad \text{Bjelkehøyde + halve dekketykkelse midt over bjelke}$$

$$\varphi := 2.02$$

$$E_{cm} := 30 \text{ GPa} \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

$$E_{cL} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi} = (9.934 \cdot 10^3) \text{ MPa}$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa}$$

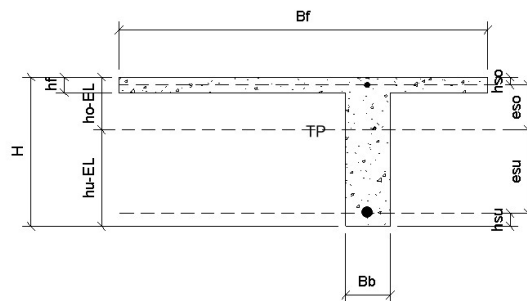
$$B_f := 4150 \text{ mm}$$

$$B_b := 500 \text{ mm}$$

$$h_{u.EL} := e_z = (1.18 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$h_{o.EL} := H - h_{u.EL} = 550 \text{ mm}$$

$$\alpha := 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \quad \text{EC2. 3.1.3 (5)}$$



VEDLEGG F) AR-LAST

$$h_{so} := H - y_{ok} = 142 \text{ mm}$$

$$h_{su} := y_{uk} = 191 \text{ mm}$$

$$e_{so} := h_{o,EL} - h_{so} = 408 \text{ mm}$$

$$e_{su} := h_{u,EL} - h_{su} = 989 \text{ mm}$$

Antar konstant ekspansjon

$$\varepsilon_{ini.o} := 0.00033$$

Antar en initiell tøyning

$$\varepsilon_{ini.u} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.os} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.TP} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.us} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\kappa_{ini} := \frac{(\varepsilon_{ini.o} - \varepsilon_{ini.u})}{H} = 0 \frac{1}{m}$$

$$\Delta T_{N.ini} := \frac{\varepsilon_{ini.TP}}{\alpha} = 33 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.ini} := \frac{\kappa_{ini} \cdot H}{\alpha} = 0 \text{ K}$$

$$F_{so} := \varepsilon_{ini.os} \cdot E_s \cdot A_{s.ok} = 156.235 \text{ kN}$$

$$F_{su} := \varepsilon_{ini.us} \cdot E_s \cdot A_{s.uk} = 745.14 \text{ kN}$$

$$N_{arm} := F_{so} + F_{su} = 901.375 \text{ kN}$$

$$M_{arm} := F_{so} \cdot e_{so} - F_{su} \cdot e_{su} = -673.2 \text{ kN} \cdot m$$

$$\varepsilon_{arm.TP} := \frac{N_{arm}}{(E_{CL} \cdot A_{EL})} = 5.962 \cdot 10^{-5}$$

$$\kappa_{arm} := \frac{M_{arm}}{E_{CL} \cdot I_{EL}} = -1.626 \cdot 10^{-4} \frac{1}{m}$$

$$\Delta T_{N.arm} := \frac{\varepsilon_{arm.TP}}{\alpha} = 5.962 \text{ K}$$

VEDLEGG F) AR-LAST

$$\Delta T_{M.arm} := \frac{\kappa_{arm} \cdot H}{\alpha} = -28.129 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.AR} := \Delta T_{N.ini} - \Delta T_{N.arm} = 27.038 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.AR} := \Delta T_{M.ini} - \Delta T_{M.arm} = 28.129 \text{ K}$$

$$\varepsilon := \varepsilon_{ini.TP} - \varepsilon_{arm.TP} = 2.704 \cdot 10^{-4}$$

Kontrollerer at ε er i rundt 0.28 promille

Akse 31 ved opplegg

Beregninger etter SVV Rapport 855 Bæreevneklassifisering av bruer med alkalireaksjoner

Tverrsnittsdata:

Ser på halve tverrsnittet

$$A_c := 1522000 \text{ mm}^2 \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$I_c := 4.168 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4 \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$e_z := 1180 \text{ mm} \quad \text{Fra FEM-design}$$

$$I_{EL} := I_c = (4.168 \cdot 10^{11}) \text{ mm}^4$$

$$A_{EL} := A_c = (1.522 \cdot 10^6) \text{ mm}^2$$

$$H := 1730 \text{ mm}$$

Armering

$$A_{s,\phi 25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2 = 490.874 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\phi 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = 132.732 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\phi 10} := \pi \cdot \frac{10^2}{4} \text{ mm}^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

Underkant:

$$A_{s,u1} := 5 \cdot A_{s,\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s,u2} := 5 \cdot A_{s,\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

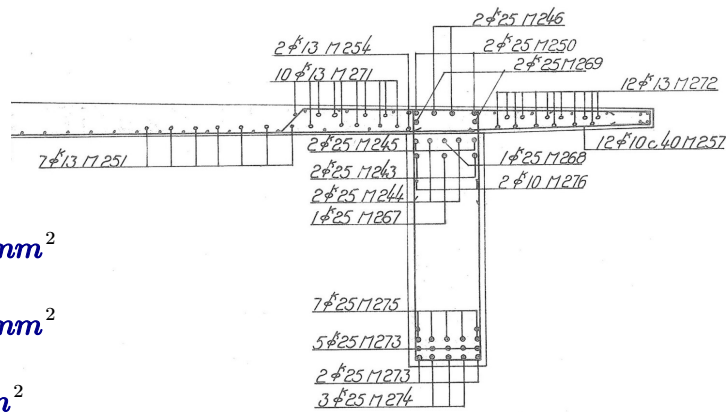
$$A_{s,u3} := 5 \cdot A_{s,\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s,u4} := 2 \cdot A_{s,\phi 25} = 981.748 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,uk} := A_{s,u1} + A_{s,u2} + A_{s,u3} + A_{s,u4} = (8.345 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$c_{uk} := 40 \text{ mm}$$

$$y_{u1} := c_{uk} + 10 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$



— Snitt ved søyle 31 —

VEDLEGG F) AR-LAST

$$y_{u2} := y_{u1} + 30 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

$$y_{u3} := y_{u2} + 30 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 185 \text{ mm}$$

$$y_{u4} := y_{u3} + 30 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$y_{uk} := \frac{(5 \cdot y_{u1} + 5 \cdot y_{u2} + 5 \cdot y_{u3} + 2 \cdot y_{u4})}{17} = 142.941 \text{ mm}$$

Overkant:

$$c_{ok} := 20 \text{ mm}$$

$$A_{s.o1} := 35 \cdot A_{s.\phi13} + 20 \cdot A_{s.\phi10} = 0.006 \text{ m}^2$$

$$A_{s.o2} := 4 \cdot A_{s.\phi25} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_{s.o3} := 2 \cdot A_{s.\phi25} = (9.817 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.o4} := 5 \cdot A_{s.\phi25} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_{s.o5} := 3 \cdot A_{s.\phi25} = 0.001 \text{ m}^2$$

$$A_{s.ok} := A_{s.o1} + A_{s.o2} + A_{s.o3} + A_{s.o4} + A_{s.o5} = (1.309 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$y_1 := 54 \text{ mm} + \frac{175}{2} \text{ mm} = 141.5 \text{ mm}$$

$$y_2 := 54 \text{ mm} + 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 96.5 \text{ mm}$$

$$y_3 := y_2 + 30 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 151.5 \text{ mm}$$

$$y_4 := 230 \text{ mm} + 40 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 282.5 \text{ mm}$$

$$y_5 := y_4 + 60 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 367.5 \text{ mm}$$

$$y_{ok} := \frac{(A_{s.o1} \cdot y_1 + A_{s.o2} \cdot y_2 + A_{s.o3} \cdot y_3 + A_{s.o4} \cdot y_4 + A_{s.o5} \cdot y_5)}{A_{s.ok}} = 187.367 \text{ mm}$$

VEDLEGG F) AR-LAST

$$\varphi := 2.02$$

$$E_{cm} := 30 \text{ GPa}$$

EC2 tabell 3.1

$$E_{cL} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi} = (9.934 \cdot 10^3) \text{ MPa}$$

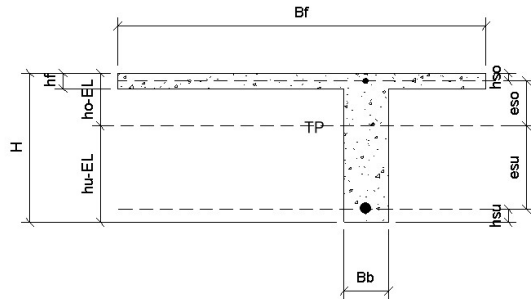
$$E_s := 200000 \text{ MPa}$$

$$B_f := 4150 \text{ mm}$$

$$B_b := 500 \text{ mm}$$

$$h_{u.EL} := e_z = (1.18 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$h_{o.EL} := H - h_{u.EL} = 550 \text{ mm}$$



$$\alpha := 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

EC2. 3.1.3 (5)

$$h_{so} := y_{ok} = 187.367 \text{ mm}$$

$$h_{su} := y_{uk} = 142.941 \text{ mm}$$

$$e_{so} := h_{o.EL} - h_{so} = 362.633 \text{ mm}$$

$$e_{su} := h_{u.EL} - h_{su} = (1.037 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Antar konstant ekspansjon

$$\varepsilon_{ini.o} := 0.000330$$

Antar en initiell tøyning

$$\varepsilon_{ini.u} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.os} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.TP} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ini.us} := \varepsilon_{ini.o} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\kappa_{ini} := \frac{(\varepsilon_{ini.o} - \varepsilon_{ini.u})}{H} = 0 \frac{1}{m}$$

$$\Delta T_{N.ini} := \frac{\varepsilon_{ini.TP}}{\alpha} = 33 \text{ K}$$

VEDLEGG F) AR-LAST

$$\Delta T_{M.ini} := \frac{\kappa_{ini} \cdot H}{\alpha} = 0 \text{ K}$$

$$F_{so} := \varepsilon_{ini.os} \cdot E_s \cdot A_{s.ok} = 863.852 \text{ kN}$$

$$F_{su} := \varepsilon_{ini.us} \cdot E_s \cdot A_{s.uk} = 550.76 \text{ kN}$$

$$N_{arm} := F_{so} + F_{su} = (1.415 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$M_{arm} := F_{so} \cdot e_{so} - F_{su} \cdot e_{su} = -257.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_{arm.TP} := \frac{N_{arm}}{(E_{cL} \cdot A_{EL})} = 9.356 \cdot 10^{-5}$$

$$\kappa_{arm} := \frac{M_{arm}}{E_{cL} \cdot I_{EL}} = -6.229 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{m}}$$

$$\Delta T_{N.arm} := \frac{\varepsilon_{arm.TP}}{\alpha} = 9.356 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.arm} := \frac{\kappa_{arm} \cdot H}{\alpha} = -10.776 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.AR} := \Delta T_{N.ini} - \Delta T_{N.arm} = 23.644 \text{ K}$$

$$\Delta T_{M.AR} := \Delta T_{M.ini} - \Delta T_{M.arm} = 10.776 \text{ K}$$

$$\varepsilon := \varepsilon_{ini.TP} - \varepsilon_{arm.TP} = 2.364 \cdot 10^{-4}$$

Kontrollerer at ε er i rundt 0.28 promille

VEDLEGG G OMREGNING TEMPERATUR-/AR-LAST

Temperaturlaster som representerer varierende temperatur over tverrsnittet

Temperaturdifferanser over tverrsnitt modelleres som en negativ temperatur i UK og en positiv temperatur i OK, og 0 grader i nøytralaksen. Den totale differansen i temperatur over tverrsnittet må derfor regnes om til en temperatur i UK og en i OK.

h:	1730		
Avstand til UK fra nøytralakse:	1180	-h/uk:	-0,682080925
Avstand til OK fra nøytralakse:	550	h/ok	0,317919075

TEMPERATURLASTER:

	tot	uk	ok	
Delta M heat		10,5	-7,2	3,3
Delta M cool		8	-5,5	2,5

ALKALILASTER:

	tot	uk	ok	
M AR F 17-30		19	-13,0	6,0
M AR S 18-30		3	-2,0	1,0
M AR F 31-32		28	-19,1	8,9
M AR S 31		11	-7,5	3,5

Momentkap. i felt 17-31 uten innvirkning fra skademekanismer

Materialegenskper, betong:

$$\gamma_c := 1.5 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 11.333 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} := 0.0035 \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

$$E_{cm} := 30 \text{ GPa} \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

Materialegenskper, armering:

Håndbok V413

$$\gamma_s := 1.25$$

$$f_{sk.\phi 20\phi 32} := 480 \text{ MPa}$$

$$f_{sk.\phi 8\phi 16} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sk.\phi 20\phi 32}}{\gamma_s} = 384 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sk.\phi 8\phi 16}}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa}$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad \text{EC2, 3.2.7(4)}$$

$$\varepsilon_{yd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sd.\phi 20\phi 32}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{yd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sd.\phi 8\phi 16}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud} := 0.048 \quad \text{NS 481, tabell 3 + EC2 NA.3.2.7(2)}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

Geometri:

EC2, 5.3.2.1

$$l_2 := 24 \text{ m}$$

$$l_0 := 0.7 \cdot l_2 = 16.8 \text{ m}$$

$$b := 4150 \text{ mm}$$

$$b_1 := 1100 \text{ mm}$$

$$b_2 := 2550 \text{ mm}$$

$$b_w := 500 \text{ mm}$$

$$b_{eff.1} := \min(b_1, 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 1.1 \text{ m}$$

$$b_{eff.2} := \min(b_2, 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 2.19 \text{ m}$$

$$b_{eff} := \min(b_{eff.1} + b_{eff.2} + b_w, b) = 3.79 \text{ m}$$

T-tverrsnittet kan regnes som et rektangulært tverrsnitt med bredde b_{eff} hvis hele trykksonen havner i flensen.

$$t_f := \frac{(223 + 120)}{2} \text{ mm} = 171.5 \text{ mm}$$

$$h_{steg} := 1500 \text{ mm}$$

$$h := h_{steg} + t_f = (1.672 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Armering UK:

$$A_{s,\phi 25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2 = 490.874 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,lag1} := 5 \cdot A_{s,\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s,lag2} := 5 \cdot A_{s,\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s,lag3} := 2 \cdot A_{s,\phi 25} = 981.748 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,lag4} := 2 \cdot A_{s,\phi 25} = 981.748 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,lag5} := 2 \cdot A_{s,\phi 25} = 981.748 \text{ mm}^2$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

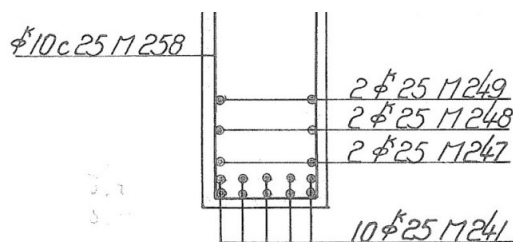
$$A_{s.uk} := A_{s.lag1} + A_{s.lag2} + A_{s.lag3} + A_{s.lag4} + A_{s.lag5} = (7.854 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Avstand til kant UK:

Overdekning bjelke er 4cm

$$c_{uk} := 40 \text{ mm}$$

Avstand mellom armeringslag er ikke bestemt på tegning, men etter NS 427 §16.9 er minimumavstand mellom lagene 2 cm på den tiden hvor bruene ble bygget. Ut fra armeringstegning 332.83 ser det like vel ut som avstanden fra 3. til 4. og fra 4. til 5. lag er noe større enn avstanden mellom de første lagene. Antar en større avstand enn minimumkravet da det er uvisst hvordan armeringen ligger, i tillegg til at det ser ut som at avstanden er ment større. Antar derfor 4 cm mellom de nederste og 6 cm mellom de øverste lagene.



— Snitt ved feltmidte —

$$y_1 := c_{uk} + 10 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 62.5 \text{ mm}$$

$$y_2 := y_1 + 40 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 127.5 \text{ mm}$$

$$y_3 := y_2 + 40 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 192.5 \text{ mm}$$

$$y_4 := y_3 + 60 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 277.5 \text{ mm}$$

$$y_5 := y_4 + 60 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 362.5 \text{ mm}$$

$$y_{uk} := \frac{(y_1 \cdot 5 + y_2 \cdot 5 + y_3 \cdot 2 + y_4 \cdot 2 + y_5 \cdot 2)}{16} = 163.438 \text{ mm}$$

$$d := h - y_{uk} = (1.508 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd.\phi 20\phi 32}} = 0.646$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$A_{s,b} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32}} \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \alpha_b = (8.715 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Siden $A_{s,b}$ er større enn A_s er tverrsnittet underarmert

$$\alpha := \frac{(f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32} \cdot A_{s,uk})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d} = 0.058$$

if $\alpha \cdot d < t_f$ "OK" else "IKKE OK"	= "OK"	Hele trykksonen er i flensen
--	--------	------------------------------

$$M_{Rd,halvtverrsnitt} := 0.8 \cdot \alpha \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha) \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2 = (4.442 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd,halvtverrsnitt} = (8.885 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

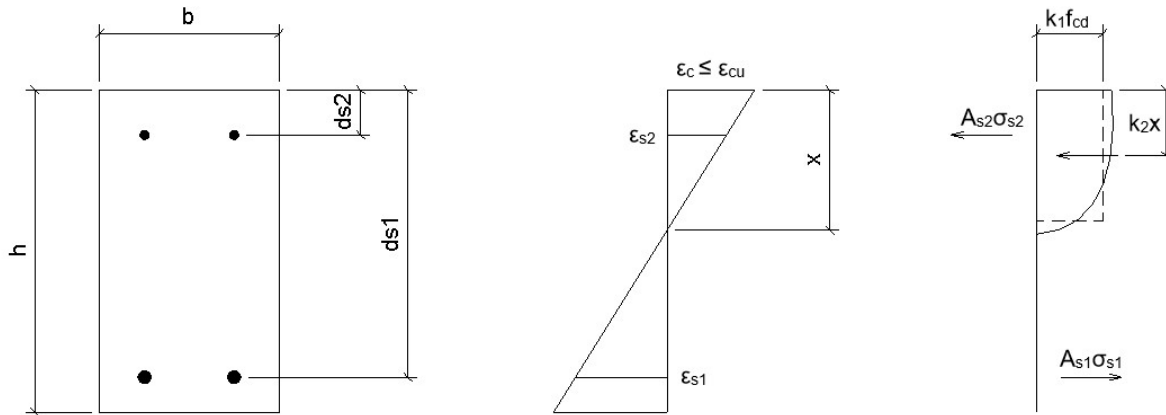
Kontroll av armeringstøyning:

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.057$$

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud}$ "OK" else "IKKE OK"	= "IKKE OK"	Armeringstøyning over det tillatte
--	-------------	------------------------------------

Regner momentkap. etter metode fra fib.rapport:

Fib Bulletin 90, Appendix 6.1



$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_{eff} = 3.79 \text{ m}$$

$$h = 1.672 \text{ m}$$

$$d = 1.508 \text{ m}$$

$$f_{sd, \phi 20 \phi 32} = (3.84 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

$$\varepsilon_{ud} = 0.048$$

$$A_{s, uk} = (7.854 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S := A_{s, uk} \cdot f_{sd, \phi 20 \phi 32} = (3.016 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$\varepsilon_c := 0.003044$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud}} = 0.06$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } \alpha_1 \cdot d < t_f \\ \quad \parallel \text{ "OK" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "IKKE OK" } \end{array} \right| = \text{"OK"}$$

Hele trykksonen er i flensen

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.75$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.781$$

$$k_1 := \begin{cases} \varepsilon_c > 0.002 & \parallel k_{1b} \\ \text{else} & \parallel k_{1a} \end{cases} = 0.781$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.419$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.406$$

$$k_2 := \begin{cases} \varepsilon_c > 0.002 & \parallel k_{2b} \\ \text{else} & \parallel k_{2a} \end{cases} = 0.406$$

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b_{eff} \cdot f_{cd} = (3.017 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{T_c}{S} = 1 \quad \text{Justerer } \varepsilon_c \text{ til } T_c/S=1$$

$$M_{Rd.fib} := 2 \cdot S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d = (8.876 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkap. i felt 17-31 med initielltøyning fra AR

$$\varepsilon_{ini.AR} := 0.00033$$

Fra AR-last beregninger

$$\varepsilon_{ud.AR} := \varepsilon_{ud} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.048$$

$$A_{s.uk} = (7.854 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S := A_{s.uk} \cdot f_{sd.\sigma 20\sigma 32} = (3.016 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$\varepsilon_c := 0.003027$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud.AR}} = 0.06$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \alpha_1 \cdot d < t_f \\ \quad \parallel \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“IKKE OK”} \end{array} \quad \left| \right.$$

Hele trykksonen er i flensen

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.75$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.78$$

$$k_1 := \begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 \\ \quad \parallel k_{1b} \\ \text{else} \\ \quad \parallel k_{1a} \end{array} \quad \left| \right. = 0.78$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.418$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.405$$

$$k_2 := \begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 \\ \quad \parallel k_{2b} \\ \text{else} \\ \quad \parallel k_{2a} \end{array} \quad \left| \right. = 0.405$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b_{eff} \cdot f_{cd} = (3.016 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{T_c}{S} = 1$$

$$M_{Rd.fib.AR} := 2 \cdot S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d = (8.876 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkap. i felt 17-31 med initielltøyning fra AR og 5 % korrosjon

$$\varepsilon_{ud.5} := 0.0336$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.5.AR} := \varepsilon_{ud.5} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.033$$

$$f_{sd.\emptyset 20\emptyset 32.5} := 351 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\rho := 0.05$$

$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_{eff} = 3.79 \text{ m}$$

$$h = 1.672 \text{ m}$$

$$d = 1.508 \text{ m}$$

$$A_{s.uk.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.uk} = (7.461 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S := A_{s.uk.5} \cdot f_{sd.\emptyset 20\emptyset 32.5} = (2.619 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$\varepsilon_c := 0.002097$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud.5.AR}} = 0.059$$

$$\text{if } \alpha_1 \cdot d < t_f \quad \left| \begin{array}{l} = \text{“OK”} \\ \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \text{“IKKE OK”} \end{array} \right.$$

Hele trykksonen er i flensen

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.682$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.682$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$k_1 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.682 \\ \parallel k_{1b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{1a} \end{cases}$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.378$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.378$$

$$k_2 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.378 \\ \parallel k_{2b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{2a} \end{cases}$$

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b_{eff} \cdot f_{cd} = (2.62 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{T_c}{S} = 1$$

$$M_{Rd.fib.5} := 2 \cdot S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d = (7.722 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkap. i felt 17-31 med initielltøyning fra AR og 10 % korrosjon

$$\varepsilon_{ud.10} := 0.0192$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.10.AR} := \varepsilon_{ud.10} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.019$$

$$f_{sd.\phi 20\phi 32.10} := 319 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\rho := 0.1$$

$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_{eff} = 3.79 \text{ m}$$

$$h = 1.672 \text{ m}$$

$$d = 1.508 \text{ m}$$

$$A_{s.uk.10} := (1 - \rho) \cdot A_{s.uk} = (7.069 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S := A_{s.uk.10} \cdot f_{sd.\phi 20\phi 32.10} = (2.255 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$\varepsilon_c := 0.001347$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud.10.AR}} = 0.067$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } \alpha_1 \cdot d < t_f \\ \quad \parallel \text{ "OK" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "IKKE OK" } \end{array} \right| = \text{"OK"}$$

Hele trykksonen er i flensen

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.522$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.505$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$k_1 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.522 \\ \parallel k_{1b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{1a} \end{cases}$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.357$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.374$$

$$k_2 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.357 \\ \parallel k_{2b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{2a} \end{cases}$$

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b_{eff} \cdot f_{cd} = (2.254 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{T_c}{S} = 1$$

$$M_{Rd.fib.10} := 2 \cdot S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d = (6.639 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkap. i felt 31-32 uten innvirkning fra skademekanismer

Materialelegenskper, betong:

$$\gamma_c := 1.5 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 11.333 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} := 0.0035 \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

$$E_{cm} := 30 \text{ GPa} \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

Materialelegenskper, armering:

$$\gamma_s := 1.25 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$f_{sk.\phi 20\phi 32} := 480 \text{ MPa}$$

$$f_{sk.\phi 8\phi 16} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sk.\phi 20\phi 32}}{\gamma_s} = 384 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sk.\phi 8\phi 16}}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa}$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad \text{EC2, 3.2.7(4)}$$

$$\varepsilon_{yd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sd.\phi 20\phi 32}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{yd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sd.\phi 8\phi 16}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud} := 0.048 \quad \text{NS 481, tabell 3 + EC2 NA.3.2.7(2)}$$

Geometri:

$$l_1 := 24 \text{ m} \quad \text{EC2, 5.3.2.1}$$

$$l_0 := 0.85 \cdot l_1 = 20.4 \text{ m}$$

$$b := 4150 \text{ mm}$$

$$b_1 := 1100 \text{ mm}$$

$$b_2 := 2550 \text{ mm}$$

$$b_w := 500 \text{ mm}$$

$$b_{eff.1} := \min(b_1, 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 1.1 \text{ m}$$

$$b_{eff.2} := \min(b_2, 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 2.55 \text{ m}$$

$$b_{eff} := \min(b_{eff.1} + b_{eff.2} + b_w, b) = 4.15 \text{ m}$$

T-tverrsnittet kan regnes som et rektangulært tverrsnitt med bredde b_{eff} hvis hele trykksonen havnerhavner i flensen.

$$t_f := \frac{(230 + 120)}{2} \text{ mm} = 175 \text{ mm}$$

$$h_{steg} := 1500 \text{ mm}$$

$$h := h_{steg} + t_f = 1.675 \text{ m}$$

Armering UK:

$$A_{s.\phi 25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2 = (4.909 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag1} := 5 \cdot A_{s.\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.lag2} := 5 \cdot A_{s.\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.lag3} := 5 \cdot A_{s.\phi 25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.lag4} := 4 \cdot A_{s.\phi 25} = (1.963 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.lag5} := 2 \cdot A_{s.\phi 25} = 981.748 \text{ mm}^2$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$A_{s.lag6} := 2 \cdot A_{s.\phi 25} = 981.748 \text{ mm}^2$$

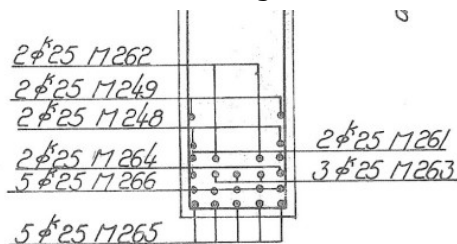
$$A_{s.uk} := A_{s.lag1} + A_{s.lag2} + A_{s.lag3} + A_{s.lag4} + A_{s.lag5} + A_{s.lag6} = (1.129 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Avstand til kant UK:

Overdekning bjelke er 4cm

$$c_{uk} := 40 \text{ mm}$$

Avstand mellom armeringslag er ikke bestemt på tegning, men etter NS 427 §16.9 er minimumavstand mellom lagene 2 cm på tiden hvor bruene ble bygget. Ut fra armeringstegning 332.83 ser det like vel ut som avstanden fra 5. til 6. lag er noe større enn avstanden mellom de første lagene. Antar en noe større avstand enn minimumkravet da det er uvisst hvordan armeringen ligger. Antar derfor 4 cm mellom de nederste og 6 cm mellom de øverste lagene



— Snitt i felt 31-32 —

$$y_1 := c_{uk} + 10 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 62.5 \text{ mm}$$

$$y_2 := y_1 + 40 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 127.5 \text{ mm}$$

$$y_3 := y_2 + 40 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 192.5 \text{ mm}$$

$$y_4 := y_3 + 40 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 257.5 \text{ mm}$$

$$y_5 := y_4 + 40 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 322.5 \text{ mm}$$

$$y_6 := y_5 + 60 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 407.5 \text{ mm}$$

$$y_{uk} := \frac{(y_1 \cdot 5 + y_2 \cdot 5 + y_3 \cdot 5 + y_4 \cdot 4 + y_5 \cdot 2 + y_6 \cdot 2)}{23} = 191.413 \text{ mm}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$d := h - y_{uk} = (1.484 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd.\phi 20\phi 32}} = 0.646$$

$$A_{s,b} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd.\phi 20\phi 32}} \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \alpha_b = (9.387 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Siden $A_{s,b}$ er større enn A_s er tverrsnittet underarmert

$$\alpha := \frac{(f_{sd.\phi 20\phi 32} \cdot A_{s.uk})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d} = 0.078$$

if $\alpha \cdot d < t_f$ "OK" else "IKKE OK"	= "OK"	Hele trykksonen er i flensen
--	--------	------------------------------

$$M_{Rd.halvtverrsnitt} := 0.8 \cdot \alpha \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha) \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2 = (6.232 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd.halvtverrsnitt} = (1.246 \cdot 10^4) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll av armeringstøyning:

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.042$$

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud}$ "OK" else "IKKE OK"	= "OK"	Armeringstøyning innenfor det tillatte
--	--------	--

Momentkap. i felt 31-32 med initielltøyning fra AR

$$\varepsilon_{ini.AR} := 0.00033$$

Fra AR-last beregninger

$$\varepsilon_{ud.AR} := \varepsilon_{ud} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.048$$

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud.AR}$	= "OK"
"OK"	
else	= "IKKE OK"
"IKKE OK"	

Armeringstøyning innenfor det tillatte, initielltøyningen fra AR har ingen innvirkning på momentkapasiteten i tilfellet uten korrosjon.

Momentkap. i felt 31-32 med initielltøyning fra AR og 5 % korrosjon

Fib Bulletin 90, Appendix 6.1

$$\varepsilon_{ud.5} := 0.0336$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.5.AR} := \varepsilon_{ud.5} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.033$$

$$f_{sd.\phi 20\phi 32.5} := 351 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

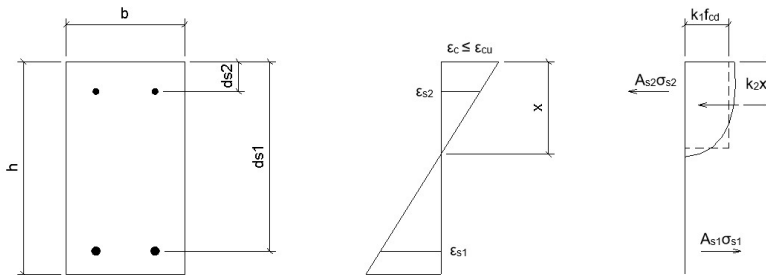
$$\rho := 0.05$$

$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_{eff} = 4.15 \text{ m}$$

$$h = 1.675 \text{ m}$$

$$d = 1.484 \text{ m}$$



$$A_{s.uk.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.uk} = (1.073 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$S := A_{s.uk.5} \cdot f_{sd.\phi 20\phi 32.5} = (3.765 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$\varepsilon_c := 0.002605$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud.5.AR}} = 0.073$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } \alpha_1 \cdot d < t_f \\ \quad \parallel \text{ "OK" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "IKKE OK" } \end{array} \right| = \text{"OK"}$$

Hele trykksonen er i flensen

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.737$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.744$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$k_1 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.744 \\ \parallel k_{1b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{1a} \end{cases}$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.397$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.394$$

$$k_2 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.394 \\ \parallel k_{2b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{2a} \end{cases}$$

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b_{eff} \cdot f_{cd} = (3.77 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{T_c}{S} = 1.001$$

$$M_{Rd, fib.5} := 2 \cdot S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d = (1.085 \cdot 10^4) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkap. i felt 31-32 med initielltøyning fra AR og 10 % korrosjon

$$\varepsilon_{ud.10} := 0.0192$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.10.AR} := \varepsilon_{ud.10} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.019$$

$$f_{sd.\varnothing 20\varnothing 32.10} := 319 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\rho := 0.1$$

$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_{eff} = 4.15 \text{ m}$$

$$h = 1.675 \text{ m}$$

$$d = 1.484 \text{ m}$$

$$A_{s.uk.10} := (1 - \rho) \cdot A_{s.uk} = (1.016 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$S := A_{s.uk.10} \cdot f_{sd.\varnothing 20\varnothing 32.10} = (3.241 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$\varepsilon_c := 0.001613$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud.10.AR}} = 0.079$$

$$\text{if } \alpha_1 \cdot d < t_f \quad \left| \begin{array}{l} = \text{“OK”} \\ \parallel \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \parallel \text{“IKKE OK”} \end{array} \right.$$

Hele trykksonen er i flensen

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.59$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.587$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$k_1 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.59 \\ \parallel k_{1b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{1a} \end{cases}$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.364$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.366$$

$$k_2 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.364 \\ \parallel k_{2b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{2a} \end{cases}$$

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b_{eff} \cdot f_{cd} = (3.24 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{T_c}{S} = 1$$

$$M_{Rd, fib.10} := 2 \cdot S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d = (9.342 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkap. opplegg 18-30

Materialegenskper, betong:

$$\gamma_c := 1.5 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 11.333 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} := 0.0035 \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

$$E_{cm} := 30 \text{ GPa} \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

Materialegenskper, armering:

$$\gamma_s := 1.25 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$f_{sk.\phi 20\phi 32} := 480 \text{ MPa}$$

$$f_{sk.\phi 8\phi 16} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sk.\phi 20\phi 32}}{\gamma_s} = 384 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sk.\phi 8\phi 16}}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa}$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad \text{EC2, 3.2.7(4)}$$

$$\varepsilon_{yd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sd.\phi 20\phi 32}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{yd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sd.\phi 8\phi 16}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud} := 0.048 \quad \text{NS 481, tabell 3 + EC2 NA.3.2.7(2)}$$

Geometri:

$$l_1 := 24 \text{ m} \quad \text{EC2, 5.3.2.1}$$

$$l_2 := 24 \text{ m}$$

$$l_0 := 0.15 (l_1 + l_2) = 7.2 \text{ m}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$b := 4150 \text{ mm}$$

$$b_1 := 1100 \text{ mm}$$

$$b_2 := 2550 \text{ mm}$$

$$b_w := 500 \text{ mm}$$

$$b_{eff.1} := \min(b_1, 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 0.94 \text{ m}$$

$$b_{eff.2} := \min(b_2, 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 1.23 \text{ m}$$

$$b_{eff} := \min(b_{eff.1} + b_{eff.2} + b_w, b) = 2.67 \text{ m}$$

$$t_f := \frac{(205 + 127)}{2} \text{ mm} = 0.166 \text{ m}$$

$$h_{steg} := 1500 \text{ mm}$$

$$h := h_{steg} + t_f = 1.666 \text{ m}$$

Armering

$$A_{s.\phi 25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2 = (4.909 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.\phi 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = (1.327 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.\phi 10} := \pi \cdot \frac{10^2}{4} \text{ mm}^2 = (7.854 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag1} := 20 \cdot A_{s.\phi 13} + 0 \cdot A_{s.\phi 10} = 0.003 \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag2} := 4 \cdot A_{s.\phi 25} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag3} := 4 \cdot A_{s.\phi 25} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag4} := 2 \cdot A_{s.\phi 25} = (9.817 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.ok} := A_{s.lag1} + A_{s.lag2} + A_{s.lag3} + A_{s.lag4} = (7.563 \cdot 10^{-3}) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.uk} := 9 \cdot A_{s.\phi 25} = (4.418 \cdot 10^{-3}) \text{ mm}^2$$

Regner ikke med $\phi 10$ jern, da disse ansees som svinn- og fordelingsarmering for armeringen i tverretning.

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

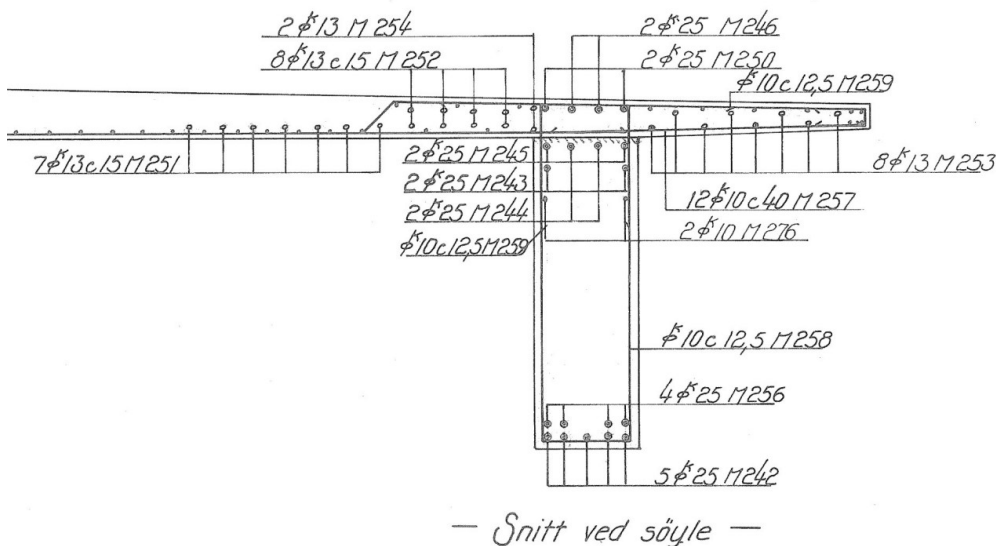
Avstand til kant OK:

Overdekning bjelke er 4cm,
overdekning dekke er 2 cm

$$c_{uk} := 40 \text{ mm}$$

$$c_{ok} := 20 \text{ mm}$$

Avstand mellom armeringslag er ikke bestemt på tegning, men etter NS 427 §16.9 er minimumavstand mellom lagene 2 cm på tiden hvor bruene ble bygget. Ut fra armeringstegning 332.83 ser det like vel ut som avstanden varierer noe. Antar en noe større avstand enn minimumkravet da det er uvisst hvordan armeringen ligger. Antar 3 cm og 6 cm mellom lagene av overkantarmeringen. ø13- og ø10-Armeringen i plata antas med et gjennomsnittlig tyngdepunkt midt i platen.



$$y_1 := \frac{175}{2} \text{ mm} = 87.5 \text{ mm}$$

$$y_2 := 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 42.5 \text{ mm}$$

$$y_3 := 175 \text{ mm} + 40 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 227.5 \text{ mm}$$

$$y_4 := y_3 + 60 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 312.5 \text{ mm}$$

$$y_{ok} := \frac{(A_{s.lag1} \cdot y_1 + A_{s.lag2} \cdot y_2 + A_{s.lag3} \cdot y_3 + A_{s.lag4} \cdot y_4)}{A_{s.ok}} = 141.368 \text{ mm}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$d := h - y_{ok} = (1.525 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Avstand til kant UK:

$$y_{uk1} := c_{uk} + 10 \text{ mm} + 25 \frac{\text{mm}}{2} = 62.5 \text{ mm}$$

$$y_{uk2} := y_{uk1} + 40 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 127.5 \text{ mm}$$

$$y_{uk} := \frac{(y_{uk1} \cdot 5 + y_{uk2} \cdot 4)}{9} = 91.389 \text{ mm}$$

$$d_{s2} := y_{uk} = 91.389 \text{ mm}$$

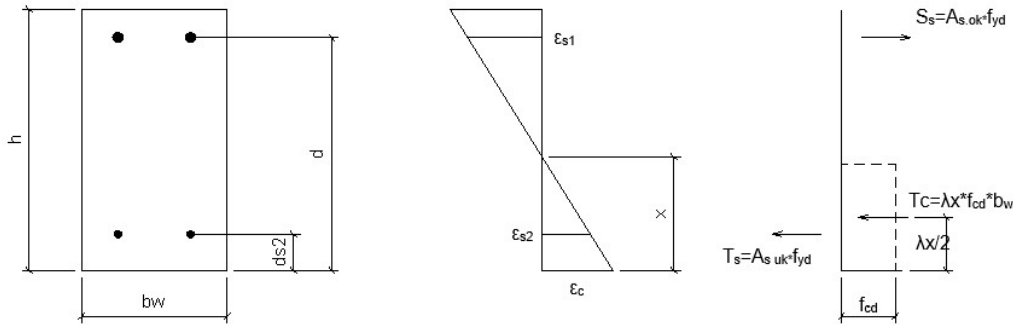
$$\alpha_b := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd.\phi 20\phi 32}} = 0.646$$

$$A_{s,b} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd.\phi 20\phi 32}} \cdot b_w \cdot d \cdot \alpha_b = (1.162 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Siden $A_{s,b}$ er større enn $A_{s,ok}$ er tverrsnittet underarmert

Momentkap. opplegg 18-30 uten innvirkning fra skademekanismer:

Antar flyting i både strekk- og trykkarmeringen, og regner kraftlikevekt for å finne momentkapasitet. Kontrollerer så antagelsen om flyting i armeringen.



$$S_s := A_{s.ok} \cdot f_{sd.\phi 20\phi 32} = (2.904 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_s := A_{s.uk} \cdot f_{sd.\phi 20\phi 32} = (1.696 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_c := S_s - T_s = (1.208 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_c}{f_{cd} \cdot b_w} = 213.155 \text{ mm}$$

$$\lambda := 0.8$$

EC2, 3.1.7(3)

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 266.444 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{x}{d} = 0.175$$

$$M_{Rd.halvtverrsnitt} := S_s \cdot d - T_s \cdot d_{s2} - T_c \cdot \frac{\lambda x}{2} = (4.144 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd.halvtverrsnitt} = (8.289 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll av armeringstøying:

$$\varepsilon_{s1} := \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.017$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

if $\varepsilon_{s1} < \varepsilon_{ud}$ | = "OK, armeringstøyning innenfor det tillatte"
|| "OK, armeringstøyning innenfor det tillatte"
else
|| "IKKE OK"

$$\varepsilon_{s2} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.002$$

if $\varepsilon_{yd. \phi 20 \phi 32} < \varepsilon_{s2}$ | = "OK, trykkarmeringen flyter"
|| "OK, trykkarmeringen flyter"
else
|| "IKKE OK"

Momentkap. ved opplegg 18-30 med initielltøyning fra AR

$$\varepsilon_{ini.AR} := 0.00033$$

Fra AR-last beregninger

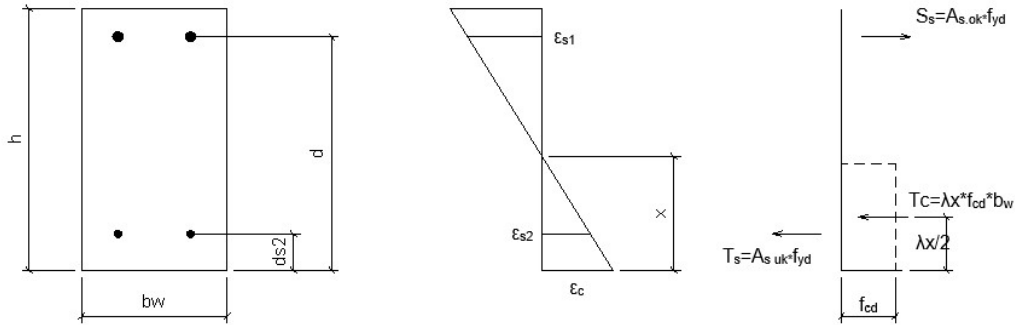
$$\varepsilon_{ud.AR} := \varepsilon_{ud} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.048$$

if $\varepsilon_{s1} < \varepsilon_{ud.AR}$		= "OK"
"OK"		
else		
"IKKE OK"		

Armeringstøyning innenfor det tillatte, initielltøyningen fra AR har ingen innvirkning på momentkapasiteten i tilfellet uten korrosjon.

Momentkap. ved opplegg 18-30 med 5 % korrosjon og initielltøyning fra AR

Antar flyting i både strekk- og trykkarmeringen, og regner kraftlikevekt for å finne momentkapasitet. Kontrollerer så antagelsen om flyting til sutt.



$$f_{sd.\phi 20\phi 32.5} := 351 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\epsilon_{yd.\phi 20\phi 32.5} := \frac{f_{sd.\phi 20\phi 32.5}}{E_s} = 0.002$$

$$\epsilon_{ud.5} := 0.0336$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\epsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon_{ud.5.AR} := \epsilon_{ud.5} - \epsilon_{ini.AR} = 0.033$$

$$\rho := 0.05$$

$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_w = 0.5 \text{ m}$$

$$h = 1.666 \text{ m}$$

$$d = 1.525 \text{ m}$$

$$A_{s.uk.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.uk} = (4.197 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.ok.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.ok} = (7.185 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$S_{s.5} := A_{s.ok.5} \cdot f_{sd.ø20ø32.5} = (2.522 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{s.5} := A_{s.uk.5} \cdot f_{sd.ø20ø32.5} = (1.473 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{c.5} := S_{s.5} - T_{s.5} = (1.049 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_{c.5}}{f_{cd} \cdot b_w} = 185.095 \text{ mm}$$

$$\lambda = 0.8$$

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 231.369 \text{ mm}$$

$$\alpha_5 := \frac{x}{d} = 0.152$$

$$M_{Rd.halvtverrsnitt.5} := S_{s.5} \cdot d - T_{s.5} \cdot d_{s2} - T_{c.5} \cdot \frac{\lambda x}{2} = (3.613 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd.halvtverrsnitt.5} = (7.227 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll av armeringstøying:

$$\varepsilon_{s1.5} := \frac{(1 - \alpha_5)}{\alpha_5} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.02$$

if $\varepsilon_{s1.5} < \varepsilon_{ud.5.AR}$ "OK, armeringstøying innenfor det tillatte" else "IKKE OK"	= "OK, armeringstøying innenfor det tillatte"
---	---

$$\varepsilon_{s2.5} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.002$$

if $\varepsilon_{yd.ø20ø32.5} < \varepsilon_{s2.5}$ "OK, trykkarmeringen flyter" else "Trykkarmeringen flyter ikke"	= "OK, trykkarmeringen flyter"
--	--------------------------------

Momentkap. ved opplegg 18-30 med 10 % korrosjon og initielltøyning fra AR

Antar flyting i både strekk- og trykkarmeringen, og regner kraftlikevekt for å finne momentkapasitet. Kontrollerer så antagelsen om flyting til sutt.

$$f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32,10} := 319 \frac{N}{mm^2}$$

Utrechnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{yd,\emptyset 20\emptyset 32,10} := \frac{f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32,10}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud,10} := 0.0192$$

Utrechnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini,AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud,10,AR} := \varepsilon_{ud,10} - \varepsilon_{ini,AR} = 0.019$$

$$\rho := 0.1$$

$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_w = 0.5 \text{ m}$$

$$h = 1.666 \text{ m}$$

$$d = 1.525 \text{ m}$$

$$A_{s,uk,10} := (1 - \rho) \cdot A_{s,uk} = (3.976 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s,ok,10} := (1 - \rho) \cdot A_{s,ok} = (6.807 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$S_{s,10} := A_{s,ok,10} \cdot f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32,10} = (2.171 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{s,10} := A_{s,uk,10} \cdot f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32,10} = (1.268 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{c,10} := S_{s,10} - T_{s,10} = 903.079 \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_{c,10}}{f_{cd} \cdot b_w} = 159.367 \text{ mm}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\lambda = 0.8$$

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 199.209 \text{ mm}$$

$$\alpha_{10} := \frac{x}{d} = 0.131$$

$$M_{Rd, \text{halvtverrsnitt}.5} := S_{s.10} \cdot d - T_{s.10} \cdot d_{s2} - T_{c.10} \cdot \frac{\lambda x}{2} = (3.123 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd, \text{halvtverrsnitt}.5} = (6.246 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll av armeringstøyning:

$$\varepsilon_{s1.10} := \frac{(1 - \alpha_{10})}{\alpha_{10}} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.023$$

if $\varepsilon_{s1.10} < \varepsilon_{ud.10.AR}$

|| "OK, armeringstøyning innenfor det tillatte"

else

|| "IKKE OK, armeringstøyning over det tillatte"

= "IKKE OK, armeringstøyning over det tillatte"

$$\varepsilon_{s2.10} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.002$$

if $\varepsilon_{yd. \emptyset 20 \emptyset 32.10} < \varepsilon_{s2.10}$

|| "OK, trykkarmeringen flyter"

else

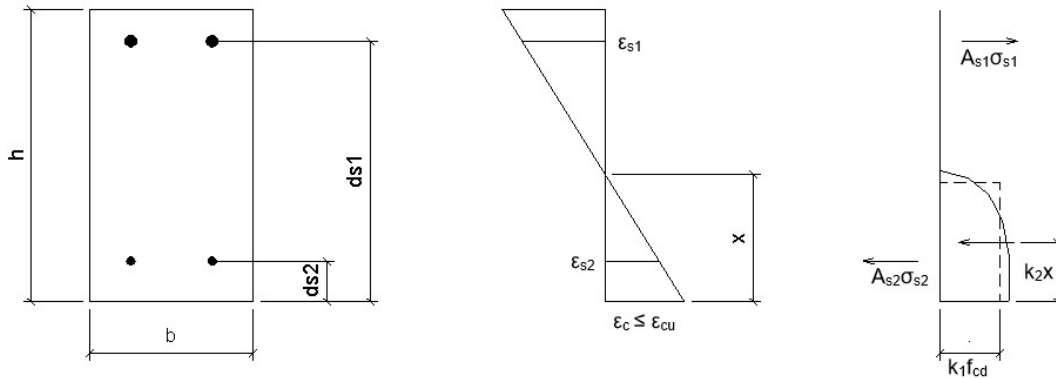
|| "Trykkarmeringen flyter ikke"

= "OK, trykkarmeringen flyter"

Armeringstøyningen i OK er over det tillatte, beregner derfor tverrsnittet etter modell fra fib:

Momentkap. ved opplegg 18-30 med initielltøyning fra AR og 10 % korrosjon, FIB

Fib Bulletin 90, Appendix 6.1



$$S := A_{s.ok.10} \cdot f_{sd.\phi 20\phi 32.10} = (2.171 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$\varepsilon_c := 0.002945$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud.10.AR}} = 0.135$$

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.75$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.774$$

$$k_1 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & 0.774 \\ \parallel & k_{1b} \\ \text{else} & \\ \parallel & k_{1a} \end{cases}$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.414$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.403$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$k_2 := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 & = 0.403 \\ \parallel k_{2b} \\ \text{else} \\ \parallel k_{2a} \end{cases}$$

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} = 902.308 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s2} := \frac{\varepsilon_c}{\alpha_1 \cdot d} \cdot (\alpha_1 \cdot d - d_{s2}) = 0.002$$

$$\sigma_{s2} := \min(\varepsilon_{s2} \cdot E_s, f_{sd.\phi 20\phi 32.10}) = 319 \text{ MPa}$$

$$T_s := A_{s.uk.10} \cdot \sigma_{s2} = (1.268 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{T_c + T_s}{S} = 1$$

$$M_{Rd.fib.10} := 2 \cdot S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d + T_s \cdot (k_2 \cdot \alpha_1 \cdot d - d_{s2}) = (6.25 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkap. opplegg 31

Materialegenskper, betong:

$$\gamma_c := 1.5 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 11.333 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} := 0.0035 \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

$$E_{cm} := 30 \text{ GPa} \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

Materialegenskper, armering:

$$\gamma_s := 1.25 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$f_{sk.\phi 20\phi 32} := 480 \text{ MPa}$$

$$f_{sk.\phi 8\phi 16} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sk.\phi 20\phi 32}}{\gamma_s} = 384 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sk.\phi 8\phi 16}}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa}$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad \text{EC2, 3.2.7(4)}$$

$$\varepsilon_{yd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sd.\phi 20\phi 32}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{yd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sd.\phi 8\phi 16}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud} := 0.048 \quad \text{NS 481, tabell 3 + EC2 NA.3.2.7(2)}$$

Geometri:

$$l_1 := 24 \text{ m} \quad \text{EC2, 5.3.2.1}$$

$$l_2 := 24 \text{ m}$$

$$l_0 := 0.15 (l_1 + l_2) = 7.2 \text{ m}$$

$$b := 4150 \text{ mm}$$

$$b_1 := 1100 \text{ mm}$$

$$b_2 := 2550 \text{ mm}$$

$$b_w := 500 \text{ mm}$$

$$b_{eff.1} := \min(b_1, 0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 0.94 \text{ m}$$

$$b_{eff.2} := \min(b_2, 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0) = 1.23 \text{ m}$$

$$b_{eff} := \min(b_{eff.1} + b_{eff.2} + b_w, b) = 2.67 \text{ m}$$

$$t_f := \frac{(205 + 127)}{2} \text{ mm} = 0.166 \text{ m}$$

$$h_{steg} := 1500 \text{ mm}$$

$$h := h_{steg} + t_f = 1.666 \text{ m}$$

Armering OK:

$$A_{s,\phi 25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2 = (4.909 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s,\phi 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = (1.327 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$A_{s,\phi 10} := \pi \cdot \frac{10^2}{4} \text{ mm}^2 = (7.854 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag1} := 35 \cdot A_{s,\phi 13} + 0 \cdot A_{s,\phi 10} = 0.005 \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag2} := 4 \cdot A_{s,\phi 25} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag3} := 2 \cdot A_{s,\phi 25} = (9.817 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

Regner ikke med $\phi 10$ jern, da disse ansees som svinn- og fordelingsarmering for armeringen i tverretning.

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$A_{s.lag4} := 5 \cdot A_{s.\phi25} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$A_{s.lag5} := 3 \cdot A_{s.\phi25} = 0.001 \text{ m}^2$$

$$A_{s.ok} := A_{s.lag1} + A_{s.lag2} + A_{s.lag3} + A_{s.lag4} + A_{s.lag5} = (1.152 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Armering UK:

$$A_{s.u1} := 5 \cdot A_{s.\phi25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.u2} := 5 \cdot A_{s.\phi25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.u3} := 5 \cdot A_{s.\phi25} = (2.454 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.u4} := 2 \cdot A_{s.\phi25} = 981.748 \text{ mm}^2$$

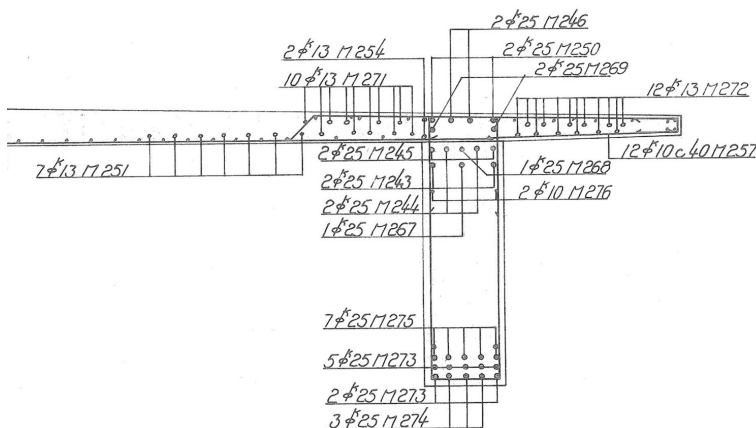
$$A_{s.uk} := A_{s.u1} + A_{s.u2} + A_{s.u3} + A_{s.u4} = (8.345 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Overdekning bjelke er 4 cm,
overdekning dekke er 2 cm

$$c_{uk} := 40 \text{ mm}$$

$$c_{ok} := 20 \text{ mm}$$

Avstand mellom armeringslag er ikke bestemt på tegning, men etter NS 427 §16.9 er minimumavstand mellom lagene 2 cm på tiden hvor bruene ble bygget. Ut fra armeringstegning 332.83 ser det like vel ut som avstanden varierer noe. Antar en noe større avstand enn minimumkravet da det er uvisst hvordan armeringen ligger. Antar derfor 3 cm og 6 cm mellom lagene av overkantarmeringen. $\phi 13$ -Armeringen i plata antas med et gjennomsnittlig tyngdepunkt midt i platen.



— Snitt ved søyle 31 —

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

Avstand til kant OK:

$$y_1 := \frac{175}{2} \text{ mm} = 87.5 \text{ mm}$$

$$y_2 := 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 42.5 \text{ mm}$$

$$y_3 := y_2 + 30 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 97.5 \text{ mm}$$

$$y_4 := 175 \text{ mm} + 40 \text{ mm} + \frac{25}{2} \text{ mm} = 227.5 \text{ mm}$$

$$y_5 := y_4 + 60 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 312.5 \text{ mm}$$

$$y_{ok} := \frac{(A_{s.lag1} \cdot y_1 + A_{s.lag2} \cdot y_2 + A_{s.lag3} \cdot y_3 + A_{s.lag4} \cdot y_4 + A_{s.lag5} \cdot y_5)}{A_{s.ok}} = 139.281 \text{ mm}$$

$$d := h - y_{ok} = (1.527 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

Avstand til kant UK:

$$y_{uk1} := c_{uk} + 10 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$y_{uk2} := y_{uk1} + 30 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

$$y_{uk3} := y_{uk2} + 30 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 185 \text{ mm}$$

$$y_{uk4} := y_{uk3} + 30 \text{ mm} + 25 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$y_{uk} := \frac{(5 \cdot y_{uk1} + 5 \cdot y_{uk2} + 5 \cdot y_{uk3} + 2 \cdot y_{uk4})}{17} = 142.941 \text{ mm}$$

$$d_{s2} := y_{uk} = 142.941 \text{ mm}$$

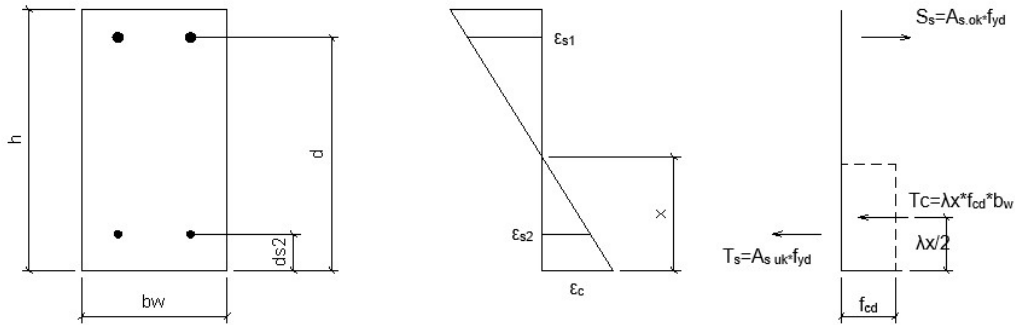
$$\alpha_b := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd.\phi 20\phi 32}} = 0.646$$

$$A_{s,b} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd.\phi 20\phi 32}} \cdot b_w \cdot d \cdot \alpha_b = (1.164 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Siden A_{sb} er større enn A_s er tverrsnittet underarmert

Momentkap. opplegg 31 uten innvirkning fra skademekanismer:

Antar flyting i både strekk- og trykkarmeringen, og regner kraftlikevekt for å finne momentkapasitet. Kontrollerer så antagelsen om flyting i armeringen.



$$S_s := A_{s.ok} \cdot f_{sd,\phi 20\phi 32} = (4.423 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_s := A_{s.uk} \cdot f_{sd,\phi 20\phi 32} = (3.204 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_c := S_s - T_s = (1.218 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_c}{f_{cd} \cdot b_w} = 215.018 \text{ mm}$$

$$\lambda := 0.8$$

EC2, 3.1.7(3)

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 268.772 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{x}{d} = 0.176$$

$$M_{Rd,halvtverrsnitt} := S_s \cdot d - T_s \cdot d_{s2} - T_c \cdot \frac{\lambda x}{2} = (6.163 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd,halvtverrsnitt} = (1.233 \cdot 10^4) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll av armeringstøying:

$$\varepsilon_{s1} := \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.016$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_{s1} < \varepsilon_{ud} \\ \quad \parallel \text{ "OK, armeringstøyning innenfor det tillatte" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "IKKE OK" } \end{array} \quad \Bigg| = \text{"OK, armeringstøyning innenfor det tillatte"}$$

$$\varepsilon_{s2} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.002$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_{yd.020032} < \varepsilon_{s2} \\ \quad \parallel \text{ "OK, trykkarmeringen flyter" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "Trykkarmeringen flyter ikke" } \end{array} \quad \Bigg| = \text{"Trykkarmeringen flyter ikke"}$$

Prøver med tøyning 0.0018 i trykkarmeringen:

$$\sigma_{s2} := 0.0018 \cdot E_s = 360 \text{ MPa}$$

$$T_s := A_{s,uk} \cdot \sigma_{s2} = (3.004 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_c := S_s - T_s = (1.419 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_c}{f_{cd} \cdot b_w} = 250.361 \text{ mm}$$

$$\lambda = 0.8$$

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 312.951 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{x}{d} = 0.205$$

$$M_{Rd,halvtverrsnitt} := S_s \cdot d - T_s \cdot d_{s2} - T_c \cdot \frac{\lambda x}{2} = (6.145 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd,halvtverrsnitt} = (1.229 \cdot 10^4) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_{s2} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.0019 \quad \text{ca } 0.0018 \Rightarrow \text{OK}$$

Momentkap. ved opplegg 31 med initielltøyning fra AR

$$\varepsilon_{ini.AR} := 0.00033$$

Fra AR-last beregninger

$$\varepsilon_{ud.AR} := \varepsilon_{ud} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.048$$

if $\varepsilon_{s1} < \varepsilon_{ud.AR}$	= "OK"
"OK"	
else	
"IKKE OK"	

Armeringstøyning under det tillatte, initielltøyningen fra AR har ingen innvirkning på momentkapasiteten i tilfellet uten korrosjon.

Momentkap. ved opplegg 31 med 5 % korrosjon og initielltøyninger fra AR

Antar flyting i både strekk- og trykkarmeringen, og regner kraftlikevekt for å finne momentkapasitet. Kontrollerer så antagelsen om flyting til sutt.

$$f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32.5} := 351 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{yd,\emptyset 20\emptyset 32.5} := \frac{f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32.5}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud.5} := 0.0336$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.5.AR} := \varepsilon_{ud.5} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.033$$

$$\rho := 0.05$$

$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_w = 0.5 \text{ m}$$

$$h = 1.666 \text{ m}$$

$$d = 1.527 \text{ m}$$

$$A_{s.uk.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.uk} = (7.928 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.ok.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.ok} = (1.094 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$S_{s.5} := A_{s.ok.5} \cdot f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32.5} = (3.841 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{s.5} := A_{s.uk.5} \cdot f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32.5} = (2.783 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{c.5} := S_{s.5} - T_{s.5} = (1.058 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_{c.5}}{f_{cd} \cdot b_w} = 186.713 \text{ mm}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\lambda = 0.8$$

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 233.391 \text{ mm}$$

$$\alpha_5 := \frac{x}{d} = 0.153$$

$$M_{Rd, \text{halvtverrsnitt},5} := S_{s,5} \cdot d - T_{s,5} \cdot d_{s2} - T_{c,5} \cdot \frac{\lambda x}{2} = (5.367 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd, \text{halvtverrsnitt},5} = (1.073 \cdot 10^4) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll av armeringstøyning:

$$\varepsilon_{s1,5} := \frac{(1 - \alpha_5)}{\alpha_5} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.019$$

if $\varepsilon_{s1,5} < \varepsilon_{ud,5,AR}$ "OK, armeringstøyning innenfor det tillatte" else "IKKE OK"	= "OK, armeringstøyning innenfor det tillatte"
--	--

$$\varepsilon_{s2,5} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.001$$

if $\varepsilon_{yd, \phi 20 \phi 32,5} < \varepsilon_{s2,5}$ "OK, trykkarmeringen flyter" else "Trykkarmeringen flyter ikke"	= "Trykkarmeringen flyter ikke"
--	---------------------------------

Prøver med tøyning 0.00165 i trykkarmeirngen:

$$\sigma_{s2} := 0.00165 \cdot E_s = 330 \text{ MPa}$$

$$T_{s,5} := A_{s,uk,5} \cdot \sigma_{s2} = (2.616 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{c,5} := S_{s,5} - T_{s,5} = (1.225 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_{c,5}}{f_{cd} \cdot b_w} = 216.092 \text{ mm}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\lambda := 0.8$$

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 270.115 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{x}{d} = 0.177$$

$$M_{Rd, \text{halvtverrsnitt}} := S_{s.5} \cdot d - T_{s.5} \cdot d_{s2} - T_{c.5} \cdot \frac{\lambda x}{2} = (5.357 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd, \text{halvtverrsnitt}} = (1.071 \cdot 10^4) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_{s2} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.0016 \quad \text{ca } 0.00165 \Rightarrow \text{OK}$$

Momentkap. ved opplegg 31 med 10 % korrosjon og initielltøyninger fra AR

Antar flyting i både strekk- og trykkarmeringen, og regner kraftlikevekt for å finne momentkapasitet. Kontrollerer så antagelsen om flyting til sutt.

$$f_{sd.\emptyset20\emptyset32.10} := 319 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{yd.\emptyset20\emptyset32.10} := \frac{f_{sd.\emptyset20\emptyset32.10}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud.10} := 0.0192$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.10.AR} := \varepsilon_{ud.10} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.019$$

$$\rho := 0.1$$

$$f_{cd} = (1.133 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$b_w = 0.5 \text{ m}$$

$$h = 1.666 \text{ m}$$

$$d = 1.527 \text{ m}$$

$$A_{s.uk.10} := (1 - \rho) \cdot A_{s.uk} = (7.51 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{s.ok.10} := (1 - \rho) \cdot A_{s.ok} = (1.037 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$S_{s.10} := A_{s.ok.10} \cdot f_{sd.\emptyset20\emptyset32.10} = (3.307 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{s.10} := A_{s.uk.10} \cdot f_{sd.\emptyset20\emptyset32.10} = (2.396 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{c.10} := S_{s.10} - T_{s.10} = 910.971 \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_{c.10}}{f_{cd} \cdot b_w} = 160.76 \text{ mm}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\lambda = 0.8$$

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 200.949 \text{ mm}$$

$$\alpha_{10} := \frac{x}{d} = 0.132$$

$$M_{Rd, \text{halvtverrsnitt}.5} := S_{s.10} \cdot d - T_{s.10} \cdot d_{s2} - T_{c.10} \cdot \frac{\lambda x}{2} = (4.633 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd, \text{halvtverrsnitt}.5} = (9.266 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll av armeringstøyning:

$$\varepsilon_{s1.10} := \frac{(1 - \alpha_{10})}{\alpha_{10}} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.023$$

if $\varepsilon_{s1.10} < \varepsilon_{ud.10.AR}$ "OK, armeringstøyning innenfor det tillatte" else "IKKE OK"	= "IKKE OK"
--	-------------

$$\varepsilon_{s2.10} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.001$$

if $\varepsilon_{yd. \phi 20 \phi 32.10} < \varepsilon_{s2.10}$ "OK, trykkarmeringen flyter" else "Trykkarmeringen flyter ikke"	= "Trykkarmeringen flyter ikke"
--	---------------------------------

Prøver med tøyning 0.00145 i trykkarmeringen:

$$\sigma_{s2} := 0.00145 \cdot E_s = 290 \text{ MPa}$$

$$T_{s.10} := A_{s.uk.10} \cdot \sigma_{s2} = (2.178 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$T_{c.10} := S_{s.10} - T_{s.10} = (1.129 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\lambda x := \frac{T_{c.10}}{f_{cd} \cdot b_w} = 199.195 \text{ mm}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\lambda := 0.8$$

$$x := \frac{\lambda x}{\lambda} = 248.994 \text{ mm}$$

$$\alpha_{10} := \frac{x}{d} = 0.163$$

$$M_{Rd, \text{halvtverrsnitt}} := S_{s.10} \cdot d - T_{s.10} \cdot d_{s2} - T_{c.10} \cdot \frac{\lambda x}{2} = (4.625 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := 2 \cdot M_{Rd, \text{halvtverrsnitt}} = (9.25 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kontroll av armeringstøyning:

$$\varepsilon_{s2.10} := \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{s2}) = 0.0015 \quad \text{ca } 0.00145 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\varepsilon_{s1.10} := \frac{(1 - \alpha_{10})}{\alpha_{10}} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.018$$

<p>if $\varepsilon_{s1.10} < \varepsilon_{ud.10.AR}$</p> <p> “OK, armeringstøyning innenfor det tillatte”</p> <p>else</p> <p> “IKKE OK”</p>	<p>= “OK, armeringstøyning innenfor det tillatte”</p>
---	---

Momentkapasitet brudekke i tverretning

Materialelegenskper, betong:

$$\gamma_c := 1.5 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 11.333 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu} := 0.0035 \quad \text{EC2, tabell 3.1}$$

Materialelegenskper, armering:

$$\gamma_s := 1.25 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$f_{sk.\emptyset 8\emptyset 16} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\emptyset 8\emptyset 16} := \frac{f_{sk.\emptyset 8\emptyset 16}}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa}$$

$$E_s := 200000 \text{ MPa} \quad \text{EC2, 3.2.7(4)}$$

$$\varepsilon_{yd.\emptyset 8\emptyset 16} := \frac{f_{sd.\emptyset 8\emptyset 16}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud} := 0.048 \quad \text{NS 481, tabell 3 + EC2 NA.3.2.7(2)}$$

Momentkapasitet vinge ved ytterside av bjelke, uten skademekanismer

Geometri:

$$h := 171 \text{ mm}$$

$$c := 20 \text{ mm}$$

$$\phi := 13 \text{ mm}$$

$$d := h - c - \frac{\phi}{2} = 144.5 \text{ mm}$$

Armering:

$$s := 270 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$A_{s,\phi 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = 132.732 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,OK} := A_{s,\phi 13} \cdot \frac{b}{s} = 491.601 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_b := \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd,\phi 8\phi 16}} = 0.636$$

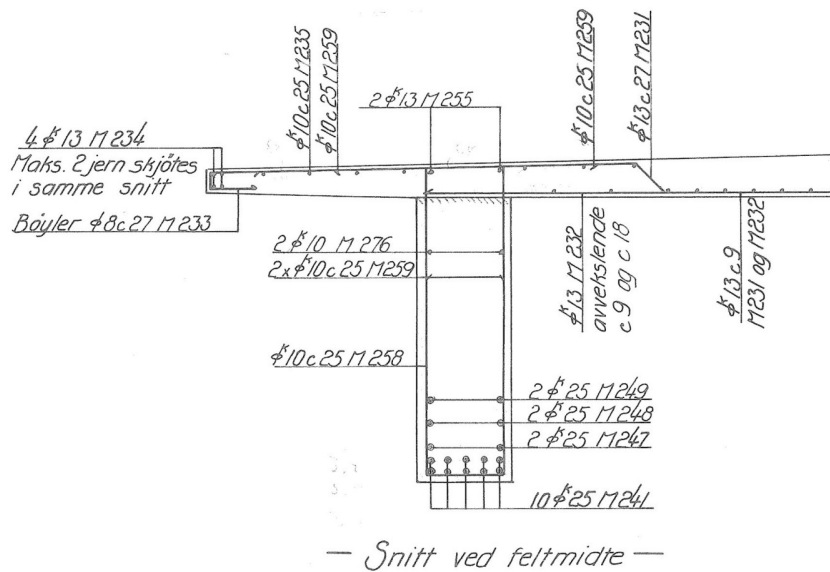
$$A_{s,b} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\phi 8\phi 16}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_b = (2.084 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{if } A_{s,OK} < A_{s,b} \\ \quad \parallel \text{ "Underarmert" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "Overarmert" } \end{array} \Bigg| = \text{ "Underarmert" }$$

$$\alpha := \frac{(f_{sd,\phi 8\phi 16} \cdot A_{s,OK})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.15$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 26.709 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\epsilon_s := \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} \cdot \epsilon_{cu} = 0.02$$



VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud}$	= "OK"	Armeringstøyning innenfor det tillatte
"OK"		
else		
"IKKE OK"		

Momentkapasitet vinge ved ytterside av bjelke med AR

$$\varepsilon_{ini.AR} := 0.00033$$

$$\varepsilon_{ud.AR} := \varepsilon_{ud} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.048$$

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud.AR}$	= "OK"	Armeringstøyning under det tillatte, initieltøyningen fra AR har ingen innvirkning på momentkapasiteten i tilfellet uten korrosjon.
"OK"		
else		
"IKKE OK"		

Momentkapasitet vinge ved ytterside av bjelke, med AR og 5% korrosjon:

Armerig:

$$f_{sd.\emptyset 8\emptyset 16.5} := 366 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ud.5} := 0.0336$$

$$\varepsilon_{ud.5.AR} := \varepsilon_{ud.5} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.033$$

$$\rho := 0.05$$

$$\varepsilon_{yd.\emptyset 8\emptyset 16.5} := \frac{f_{sd.\emptyset 8\emptyset 16.5}}{E_s} = 0.002$$

$$A_{s.OK.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.OK} = 467.021 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_{b.5} := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd.\emptyset 8\emptyset 16.5}} = 0.657$$

$$A_{s.b.5} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd.\emptyset 8\emptyset 16.5}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_{b.5} = (2.351 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{if } A_{s.OK.5} < A_{s.b.5} \\ \quad \parallel \text{ "Underarmert" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "Overarmert" } \end{array} \Bigg| = \text{ "Underarmert" }$$

$$\alpha_5 := \frac{(f_{sd.\emptyset 8\emptyset 16.5} \cdot A_{s.OK.5})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.13$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha_5 \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha_5) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 23.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha_5)}{\alpha_5} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.023$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud.5.AR}$ = "OK"
|| "OK"
else
|| "IKKE OK"

Armeringstøyning innenfor det tillatte

Momentkapasitet vinge ved ytterside av bjelke, med AR og 10% korrosjon:

Armerig:

$$f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16,10} := 332 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\rho := 0.1$$

$$\varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16,10} := \frac{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16,10}}{E_s} = 0.002$$

$$\varepsilon_{ud,10} := 0.0192$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini,AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud,10,AR} := \varepsilon_{ud,10} - \varepsilon_{ini,AR} = 0.019$$

$$A_{s,OK,10} := (1 - \rho) \cdot A_{s,OK} = 442.441 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_{b,10} := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16,10}} = 0.678$$

$$A_{s,b,10} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16,10}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_{b,10} = (2.677 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{if } A_{s,OK,10} < A_{s,b,10} \\ \quad \parallel \text{“Underarmert”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“Overarmert”} \end{array} \Bigg| = \text{“Underarmert”}$$

$$\alpha_{10} := \frac{(f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16,10} \cdot A_{s,OK,10})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.112$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha_{10} \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha_{10}) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 20.274 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha_{10})}{\alpha_{10}} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.028$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_s < \varepsilon_{ud.10.AR} \\ \quad \parallel \text{“OK”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“IKKE OK”} \end{array} = \text{“IKKE OK”} \quad \text{Armeringstøying over det tillatte}$$

Regner etter fib:

Fib Bulletin 90, Appendix 6.1

$$S := A_{s.OK.10} \cdot f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.10} = 146.89 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_c := 0.002592$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud.10.AR}} = 0.121$$

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.736$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.743$$

$$\begin{array}{l} k_1 := \text{if } \varepsilon_c > 0.002 \\ \quad \parallel k_{1b} \\ \text{else} \\ \quad \parallel k_{1a} \end{array} = 0.743$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.397$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.394$$

$$\begin{array}{l} k_2 := \text{if } \varepsilon_c > 0.002 \\ \quad \parallel k_{2b} \\ \text{else} \\ \quad \parallel k_{2a} \end{array} = 0.394$$

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b \cdot f_{cd} = 146.913 \text{ kN}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\frac{T_c}{S} = 1$$

$$M_{Rd, fib.10} := S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d = 20.217 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkapasitet tverretning ved innside bjelke uten skademekanismer:

Geometri:

$$h := 181 \text{ mm}$$

$$c := 20 \text{ mm}$$

$$\phi := 13 \text{ mm}$$

$$d := h - c - \frac{\phi}{2} = 154.5 \text{ mm}$$

Armerig:

$$s := 270 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$A_{s,\phi 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = 132.732 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,OK} := A_{s,\phi 13} \cdot \frac{b}{s} = 491.601 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_b := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd,\phi 8\phi 16}} = 0.636$$

$$A_{s,b} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\phi 8\phi 16}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_b = (2.229 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{if } A_{s,OK} < A_{s,b} \\ \quad \parallel \text{“Underarmert”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“Overarmert”} \end{array} \quad \Bigg| = \text{“Underarmert”}$$

$$\alpha := \frac{(f_{sd,\phi 8\phi 16} \cdot A_{s,OK})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.14$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 28.675 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha)}{\alpha} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.021$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud}$	= "OK"	Armeringstøyning innenfor det tillatte
"OK"		
else		
"IKKE OK"		

Momentkapasitet vinge ved innside av bjelke med AR

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.AR} := \varepsilon_{ud} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.048$$

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud.AR}$	= "OK"	Armeringstøyning under det tillatte, initieltøyningen fra AR har ingen innvirkning på momentkapasiteten i tilfellet uten korrosjon.
"OK"		
else		
"IKKE OK"		

Momentkapasitet tverretning ved innside bjelke, med AR og 5% korrosjon:

Armerig:

$$f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5} := 366 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ud.5} := 0.0336$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ud.5.AR} := \varepsilon_{ud.5} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.033$$

$$\rho := 0.05$$

$$\varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16.5} := \frac{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5}}{E_s} = 0.002$$

$$A_{s.OK.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.OK} = 467.021 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_{b.5} := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16.5}} = 0.657$$

$$A_{s.b.5} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_{b.5} = (2.513 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } A_{s.OK.5} < A_{s.b.5} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{“Underarmert”} \\ \text{else} \\ \text{“Overarmert”} \end{array} \right. \\ \end{array} \right\} = \text{“Underarmert”}$$

$$\alpha_5 := \frac{(f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5} \cdot A_{s.OK.5})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.122$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha_5 \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha_5) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 25.12 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha_5)}{\alpha_5} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.025$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud.5.AR}$ = "OK"
|| "OK"
else
|| "IKKE OK"

Armeringstøyning innenfor det tillatte

Momentkapasitet tverretning ved innside bjelke, med AR og 10% korrosjon:

Armerig:

$$f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.10} := 332 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ud.10} := 0.0192$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.10.AR} := \varepsilon_{ud.10} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.019$$

$$\rho := 0.1$$

$$\varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16.10} := \frac{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.10}}{E_s} = 0.002$$

$$A_{s.OK.10} := (1 - \rho) \cdot A_{s.OK} = 442.441 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_{b.10} := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16.10}} = 0.678$$

$$A_{s.b.10} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.10}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_{b.10} = (2.862 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{if } A_{s.OK.10} < A_{s.b.10} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} \text{“Underarmert”} \\ \text{else} \\ \text{“Overarmert”} \end{array} \right. \\ \text{end if} \end{array} = \text{“Underarmert”}$$

$$\alpha_{10} := \frac{(f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.10} \cdot A_{s.OK.10})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.105$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha_{10} \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha_{10}) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 21.743 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha_{10})}{\alpha_{10}} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.03$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_s < \varepsilon_{ud.10.AR} \\ \quad \parallel \text{ "OK" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "IKKE OK" } \end{array} \right| = \text{"IKKE OK" Armeringstøyning over det tillatte}$$

Regner etter fib:

Fib Bulletin 90, Appendix 6.1

$$S := A_{s,OK.10} \cdot f_{sd.08016.10} = 146.89 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_c := 0.002455$$

$$\alpha_1 := \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_{ud.10.AR}} = 0.115$$

$$k_{1a} := 1000 \cdot \varepsilon_c \cdot \left(0.5 - \frac{1000}{12} \cdot \varepsilon_c \right) = 0.725$$

$$k_{1b} := 1 - \frac{2}{3000 \cdot \varepsilon_c} = 0.728$$

$$k_1 := \left. \begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 \\ \quad \parallel k_{1b} \\ \text{else} \\ \quad \parallel k_{1a} \end{array} \right| = 0.728$$

$$k_{2a} := \frac{(8 - 1000 \cdot \varepsilon_c)}{4 (6 - 1000 \cdot \varepsilon_c)} = 0.391$$

$$k_{2b} := \frac{1000 \cdot \varepsilon_c \cdot (3000 \cdot \varepsilon_c - 4) + 2}{(2000 \cdot \varepsilon_c) (3000 \cdot \varepsilon_c - 2)} = 0.39$$

$$k_2 := \left. \begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_c > 0.002 \\ \quad \parallel k_{2b} \\ \text{else} \\ \quad \parallel k_{2a} \end{array} \right| = 0.39$$

$$T_c := k_1 \cdot \alpha_1 \cdot d \cdot b \cdot f_{cd} = 146.84 \text{ kN}$$

VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\frac{T_c}{S} = 1$$

$$M_{Rd.fib.10} := S \cdot (1 - k_2 \cdot \alpha_1) \cdot d = 21.677 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momentkapasitet tverretning midt i dekket uten skademekanismer:

$$\varepsilon_s := \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.021$$

Geometri:

$$h := 230 \text{ mm}$$

$$c := 20 \text{ mm}$$

$$\phi := 13 \text{ mm}$$

$$d := h - c - \frac{\phi}{2} = 203.5 \text{ mm}$$

Armering:

$$s := 90 \text{ mm}$$

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$A_{s,\phi 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = 132.732 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,UK} := A_{s,\phi 13} \cdot \frac{b}{s} = (1.475 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

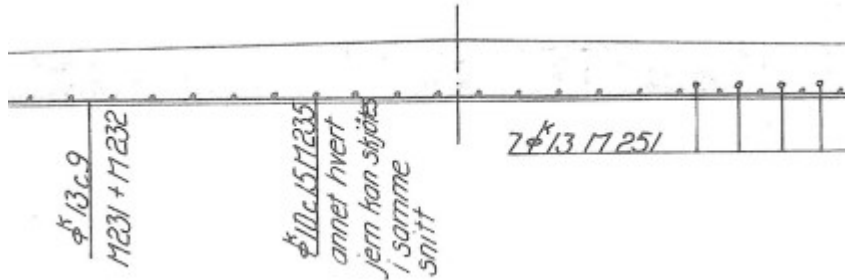
$$\alpha_b := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd,\phi 8\phi 16}} = 0.636$$

$$A_{s,b} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\phi 8\phi 16}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_b = (2.935 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

if $A_{s,UK} < A_{s,b}$ | = "Underarmert"
 || "Underarmert"
 else
 || "Overarmert"

$$\alpha := \frac{(f_{sd,\phi 8\phi 16} \cdot A_{s,UK})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.32$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 104.696 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



VEDLEGG H) MOMENTKAPASITET

$$\varepsilon_s := \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.007$$

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud.AR}$	= "OK"	Armeringstøyning innenfor det tillatte
"OK"		
else		
"IKKE OK"		

Momentkapasitet tverretning midt i dekket med AR

$$\varepsilon_{ini.AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud.AR} := \varepsilon_{ud} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.048$$

if $\varepsilon_s < \varepsilon_{ud.AR}$	= "OK"	Armeringstøyning under det tillatte, initieltøyningen fra AR har ingen innvirkning på momentkapasiteten i tilfellet uten korrosjon.
"OK"		
else		
"IKKE OK"		

Momentkapasitet tverretning midt i dekket, med 5% korrosjon:

Armerig:

$$f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5} := 366 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ud.5} := 0.0336$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ud.5.AR} := \varepsilon_{ud.5} - \varepsilon_{ini.AR} = 0.033$$

$$\rho := 0.05$$

$$\varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16.5} := \frac{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5}}{E_s} = 0.002$$

$$A_{s.UK.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.UK} = (1.401 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\alpha_{b.5} := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16.5}} = 0.657$$

$$A_{s.b.5} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_{b.5} = (3.31 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{if } A_{s.OK.5} < A_{s.b.5} \\ \quad \parallel \text{ "Underarmert" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "Overarmert" } \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} = \text{ "Underarmert" } \\ \\ \\ \end{array} \right.$$

$$\alpha_5 := \frac{(f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5} \cdot A_{s.UK.5})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.278$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha_5 \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha_5) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 92.752 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha_5)}{\alpha_5} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.009$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_s < \varepsilon_{ud.5.AR} \\ \quad \parallel \text{ "OK" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "IKKE OK" } \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} = \text{ "OK" } \\ \\ \\ \end{array} \right.$$

Armeringstøyning innenfor det tillatte

Momentkapasitet tverretning midt i dekket, med 10% korrosjon:

Armerig:

$$f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16,10} := 332 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ud,10} := 0.0192$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\varepsilon_{ini,AR} = 3.3 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ud,10,AR} := \varepsilon_{ud,10} - \varepsilon_{ini,AR} = 0.019$$

$$\rho := 0.1$$

$$\varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16,10} := \frac{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16,10}}{E_s} = 0.002$$

$$A_{s,UK,10} := (1 - \rho) \cdot A_{s,UK} = (1.327 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\alpha_{b,10} := \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd,\emptyset 8\emptyset 16,10}} = 0.678$$

$$A_{s,b,10} := 0.8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16,10}} \cdot b \cdot d \cdot \alpha_{b,10} = (3.77 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{if } A_{s,OK,10} < A_{s,b,10} \\ \quad \parallel \text{ "Underarmert" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "Overarmert" } \end{array} \Bigg| = \text{"Underarmert"}$$

$$\alpha_{10} := \frac{(f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16,10} \cdot A_{s,UK,10})}{0.8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d} = 0.239$$

$$M_{Rd} := 0.8 \cdot \alpha_{10} \cdot (1 - 0.4 \cdot \alpha_{10}) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 = 81.109 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_s := \frac{(1 - \alpha_{10})}{\alpha_{10}} \cdot \varepsilon_{cu} = 0.011$$

$$\begin{array}{l} \text{if } \varepsilon_s < \varepsilon_{ud,10,AR} \\ \quad \parallel \text{ "OK" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "IKKE OK" } \end{array} \Bigg| = \text{"OK"}$$

Armeringstøyning innenfor det tillatte

Skjærkap. ved opplegg 18-30, uten innvirkning fra skademekanismer

Materialelegenskper, betong:

$$\gamma_c := 1.5 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 11.333 \text{ MPa}$$

$$f_{tn} := 1.4 \text{ MPa} \quad \text{NS 3473 tabell 5.c}$$

$$\gamma_c := 1.4 \quad \text{NS 3473 tabell 4}$$

$$f_{td} := \frac{f_{tn}}{\gamma_c} = (1 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

Materialelegenskper, armering:

$$\gamma_s := 1.25 \quad \text{Håndbok V413}$$

$$f_{sk.\emptyset 20\emptyset 32} := 480 \text{ MPa}$$

$$f_{sk.\emptyset 8\emptyset 16} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\emptyset 20\emptyset 32} := \frac{f_{sk.\emptyset 20\emptyset 32}}{\gamma_s} = 384 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\emptyset 8\emptyset 16} := \frac{f_{sk.\emptyset 8\emptyset 16}}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa}$$

Geometri:

$$A_{s.\emptyset 25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2 = 490.874 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.\emptyset 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = 132.732 \text{ mm}^2$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

$$d := 1534 \text{ mm}$$

Fra momentberegning

$$b_w := 500 \text{ mm}$$

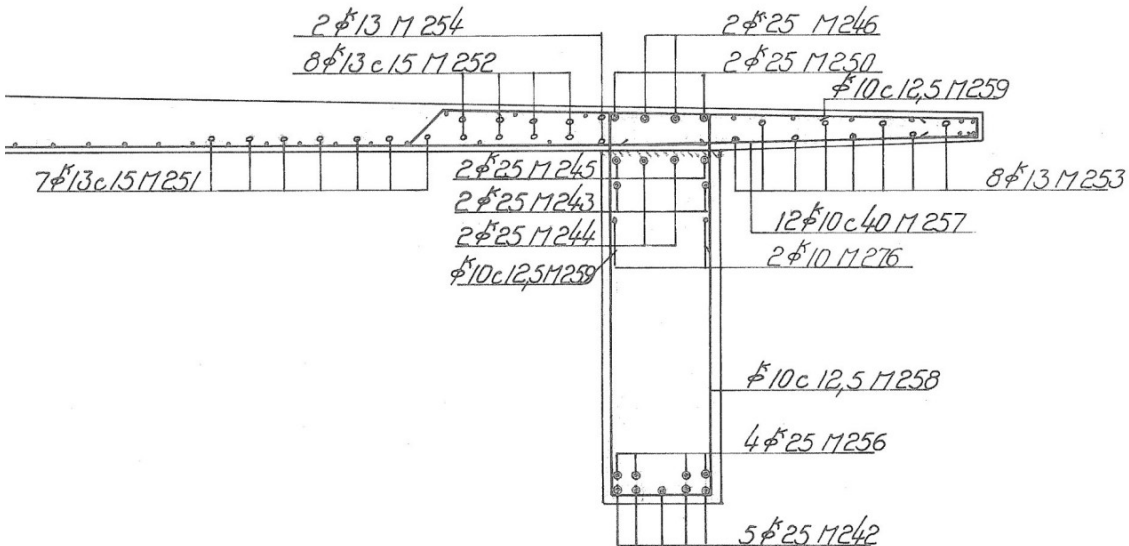
Skjærkraftkapasitet ved strekkbrudd, uten skjærarmoring. Utregnet etter NS 3473 punkt 12.3.2.1:

$$k_A := 100 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

NS 3473 punkt 12.3.2.1

$$k_v := 1$$

NS 3473 punkt 12.3.2.4



— Schnitt ved søyle —

$$A_{s,OK} := 10 \cdot A_{s,\emptyset 25} + 20 \cdot A_{s,\emptyset 13} = (7.563 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$V_{co} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s,OK}}{\gamma_c \cdot b_w \cdot d} \right) \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 392.173 \text{ kN}$$

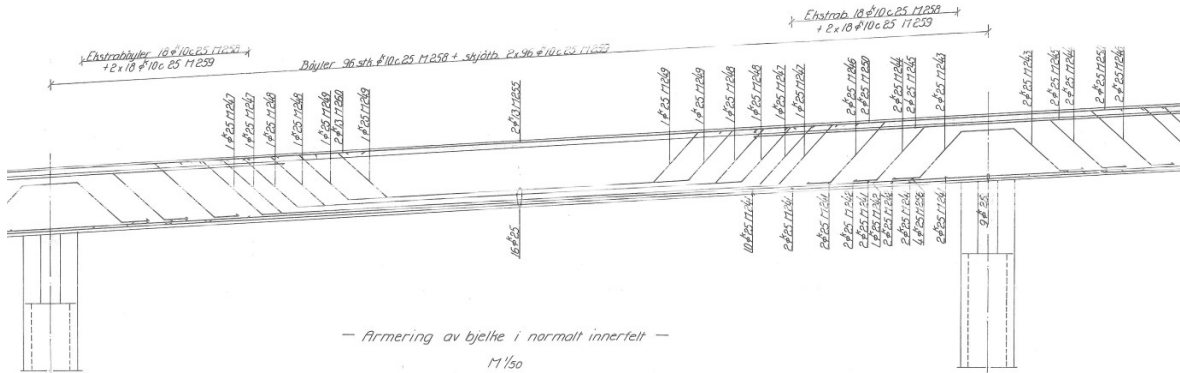
NS 3473 punkt 12.3.2.1

$$V_{cd1} := V_{co}$$

$$V_{cd2} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 460.2 \text{ kN}$$

$$V_{cd} := \min(V_{cd1}, V_{cd2}) = 392.173 \text{ kN}$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET



Kapasitet for konstruksjonsdeler med skjærarmering. Utregnet etter NS 3473 punkt 12.3.2.4:

Bidrag fra bøyler:

$$A_{sv.10} := 2 \cdot \pi \cdot \frac{10^2}{4} \text{ mm}^2$$

$$s_{10} := 125 \text{ mm}$$

$$z := 0.9 \cdot d = (1.381 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$\alpha_{10} := 90$$

$$\cot \alpha_{10} := 0$$

$$\sin \alpha_{10} := 1$$

$$V_{sd.10} := \frac{f_{sd,\phi 8\phi 16} \cdot A_{sv.10}}{s_{10}} \cdot z \cdot (1 + \cot \alpha_{10}) \sin \alpha_{10} = 693.965 \text{ kN}$$

Bidrag fra skjærarmering ø25:

$$A_{sv.25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2$$

$$s_{25} := 8000 \frac{\text{mm}}{12} = 666.667 \text{ mm}$$

$$z := 0.9 \cdot d = (1.381 \cdot 10^3) \text{ mm}$$

$$\alpha_{25} := 45$$

$$\cot \alpha_{25} := 1$$

Antar at skjærarmeringen er fordelt over en bredde på 8m (ut fra ca mål på tegning)

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

$$\sin\alpha_{25} := \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$$

$$V_{sd.25} := \frac{f_{sd,\phi 20\phi 32} \cdot A_{sv.25}}{s_{25}} \cdot z \cdot (1 + \cot\alpha_{25}) \sin\alpha_{25} = 552.046 \text{ kN}$$

Samlet skjærstrekkapasitet:

$$V_{Rd.s} := 2 \cdot (V_{cd} + V_{sd.10} + V_{sd.25}) = (3.276 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \text{Strekkapasitet}$$

Kapasitet for trykkbrudd etter NS 3473 punkt 12.3.2.5:

$$V_{ccd1} := 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (1 + \cot\alpha_{10}) = (2.347 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{ccd2} := 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (1 + \cot\alpha_{25}) = (4.694 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{ccd3} := 0.45 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z = (3.521 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{ccd} := \min(V_{ccd1}, V_{ccd2}, V_{ccd3}) = (2.347 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c} := 2 \cdot V_{ccd} = (4.694 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \text{Trykkapasitet}$$

Skjærkapasitet dobbel-T-bjelke:

$$V_{Rd} := \min(V_{Rd.s}, V_{Rd.c}) = (3.276 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkap. ved opplegg 18-30, med 5 % korrosjon

$$f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32.5} := 351 \frac{N}{mm^2}$$

Utreget etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5} := 366 \frac{N}{mm^2}$$

Utreget etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\rho := 0.05$$

$$A_{s,OK.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s,OK} = (7.185 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,10.5} := (1 - \rho) \cdot A_{sv,10} = 149.226 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,25.5} := (1 - \rho) \cdot A_{sv,25} = 466.33 \text{ mm}^2$$

Skjærkraftkapasitet ved strekkbrudd, uten skjærarmering. Utreget etter NS 3473 punkt 12.3.2.1:

$$V_{co.5} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s,OK.5}}{\gamma_c \cdot b_w \cdot d} \right) \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 384.069 \text{ kN} \quad \text{NS 3473 punkt 12.3.2.1}$$

$$V_{cd1.5} := V_{co.5}$$

$$V_{cd2.5} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 460.2 \text{ kN}$$

$$V_{cd.5} := \min(V_{cd1.5}, V_{cd2.5}) = 384.069 \text{ kN}$$

Kapasitet for konstruksjonsdeler med skjærarmering. Utreget etter NS 3473 pukt 12.3.2.4:

Bidrag fra bøyer:

$$V_{sd,10.5} := \frac{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5} \cdot A_{sv,10.5}}{s_{10}} \cdot z \cdot (1 + \cot \alpha_{10}) \sin \alpha_{10} = 603.229 \text{ kN}$$

Bidrag fra skjærarmering $\emptyset 25$:

$$V_{sd,25.5} := \frac{f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32.5} \cdot A_{sv,25.5}}{s_{25}} \cdot z \cdot (1 + \cot \alpha_{25}) \sin \alpha_{25} = 479.374 \text{ kN}$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

Samlet skjærstrekkapasitet:

$$V_{Rd.s.5} := 2 \cdot (V_{cd.5} + V_{sd.10.5} + V_{sd.25.5}) = (2.933 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkapasitet dobbel-T-bjelke:

$$V_{Rd.5} := \min(V_{Rd.s.5}, V_{Rd.c}) = (2.933 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkap. ved opplegg 18-30, med 10 % korrosjon

$$f_{sd.\emptyset20\emptyset32.10} := 319 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$f_{sd.\emptyset8\emptyset16.10} := 332 \frac{N}{mm^2}$$

Utregnet etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\rho := 0.1$$

$$A_{s.OK.10} := (1 - \rho) \cdot A_{s.OK} = (6.807 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{sv.10.10} := (1 - \rho) \cdot A_{sv.10} = 141.372 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv.25.10} := (1 - \rho) \cdot A_{sv.25} = 441.786 \text{ mm}^2$$

Skjærkraftkapasitet ved strekkbrudd, uten skjærarmring. Utregnet etter NS 3473 punkt 12.3.2.1:

$$V_{co.10} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s.OK.10}}{\gamma_c \cdot b_w \cdot d} \right) \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 375.965 \text{ kN}$$

$$V_{cd1.10} := V_{co.10}$$

$$V_{cd2.10} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 460.2 \text{ kN}$$

$$V_{cd.10} := \min(V_{cd1.10}, V_{cd2.10}) = 375.965 \text{ kN}$$

Kapasitet for konstruksjonsdeler med skjærarmring. Utregnet etter NS 3473 pukt 12.3.2.4:

Bidrag fra bøyer:

$$V_{sd.10.10} := \frac{f_{sd.\emptyset8\emptyset16.10} \cdot A_{sv.10.10}}{s_{10}} \cdot z \cdot (1 + \cot\alpha_{10}) \sin\alpha_{10} = 518.392 \text{ kN}$$

Bidrag fra skjærarmring $\emptyset25$:

$$V_{sd.25.10} := \frac{f_{sd.\emptyset20\emptyset32.10} \cdot A_{sv.25.10}}{s_{25}} \cdot z \cdot (1 + \cot\alpha_{25}) \sin\alpha_{25} = 412.741 \text{ kN}$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

Samlet skjærstrekkkapasitet:

$$V_{Rd.s.10} := 2 \cdot (V_{cd.10} + V_{sd.10.10} + V_{sd.25.10}) = (2.614 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkapasitet dobbel-T-bjelke:

$$V_{Rd.10} := \min(V_{Rd.s.10}, V_{Rd.c}) = (2.614 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkap. ved opplegg 31, uten innvirkning fra skademekanismer

Materialeegenskper, betong:

$$\gamma_c := 1.5$$

Håndbok V413

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 11.333 \text{ MPa}$$

$$f_{tn} := 1.4 \text{ MPa}$$

NS 3473 tabell 5.c

$$\gamma_c := 1.4$$

NS 3473 tabell 4

$$f_{td} := \frac{f_{tn}}{\gamma_c} = (1 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

Materialeegenskper, armering:

$$\gamma_s := 1.25$$

Håndbok V413

$$f_{sk.\phi 20\phi 32} := 480 \text{ MPa}$$

$$f_{sk.\phi 8\phi 16} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 20\phi 32} := \frac{f_{sk.\phi 20\phi 32}}{\gamma_s} = 384 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\phi 8\phi 16} := \frac{f_{sk.\phi 8\phi 16}}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa}$$

Geometri:

$$A_{s.\phi 25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2 = 490.874 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.\phi 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = 132.732 \text{ mm}^2$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

$$d := 1536 \text{ mm}$$

Fra momentberegning

$$b_w := 500 \text{ mm}$$

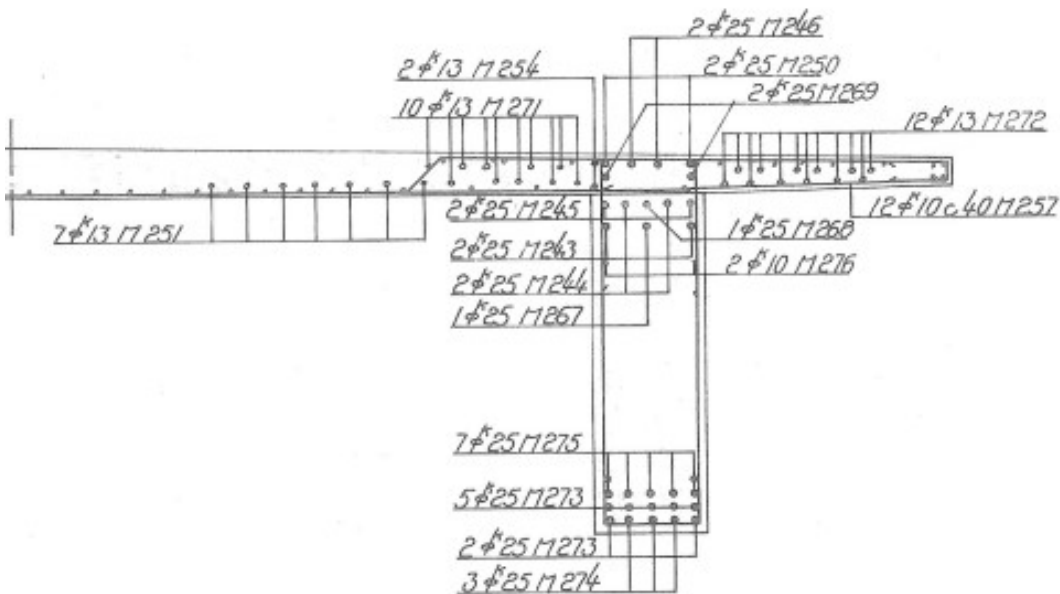
Skjærkraftkapasitet ved strekkbrudd, uten skjærarmoring. Utregnet etter NS 3473 punkt 12.3.2.1:

$$k_A := 100 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

NS 3473 punkt 12.3.2.1

$$k_v := 1$$

NS 3473 punkt 12.3.2.4



— Snitt ved søyle 31 —

$$A_{s,OK} := 14 \cdot A_{s,\emptyset 25} + 35 \cdot A_{s,\emptyset 13} = (1.152 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$V_{co} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s,OK}}{\gamma_c \cdot b_w \cdot d} \right) \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 477.211 \text{ kN}$$

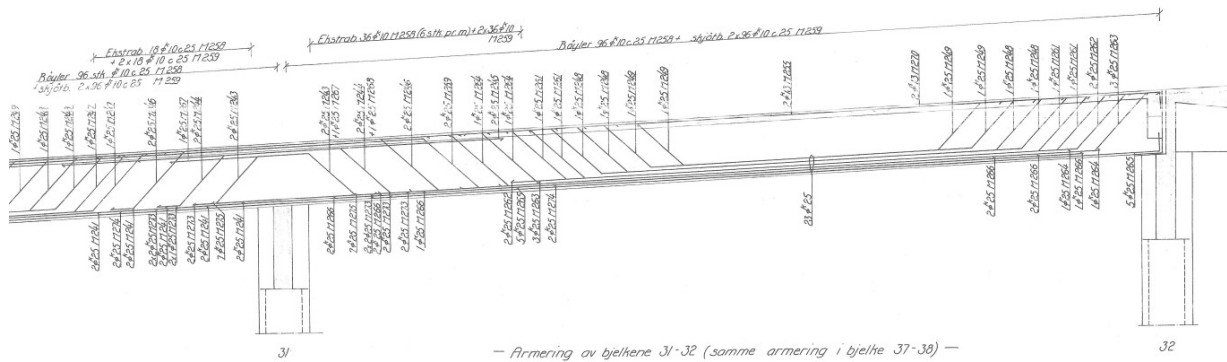
NS 3473 punkt 12.3.2.1

$$V_{cd1} := V_{co}$$

$$V_{cd2} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 460.8 \text{ kN}$$

$$V_{cd} := \min(V_{cd1}, V_{cd2}) = 460.8 \text{ kN}$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET



Kapasitet for konstruksjonsdeler med skjærarmering. Utrechnet etter NS 3473 punkt 12.3.2.4:

Bidrag fra bøyer:

$$A_{sv.10} := 2 \cdot \pi \cdot \frac{10^2}{4} \text{ mm}^2$$

$$s_{10} := \frac{(250 + 167)}{4} \text{ mm} = 104.25 \text{ mm}$$

$$z := 0.9 \cdot d = 1.382 \text{ m}$$

(s=125 mm på venstre side av opplegg, men det er skjærkraft på høyre side som blir dimensjonerende, så ser på kapasiteten her)

$$\alpha_{10} := 90$$

$$\cot \alpha_{10} := 0$$

$$\sin \alpha_{10} := 1$$

$$V_{sd.10} := \frac{f_{sd.08\phi 16} \cdot A_{sv.10}}{s_{10}} \cdot z \cdot (1 + \cot \alpha_{10}) \sin \alpha_{10} = 833.177 \text{ kN}$$

Bidrag fra skjærarmering $\phi 25$:

$$A_{sv.25} := \pi \cdot \frac{25^2}{4} \text{ mm}^2$$

$$s_{25} := 10000 \frac{\text{mm}}{16} = 625 \text{ mm}$$

$$z := 0.9 \cdot d = 1.382 \text{ m}$$

Antar at skjærarmeringen er fordelt over en bredde på 10 m (ut fra ca mål på tegning)

$$\alpha_{25} := 45$$

$$\cot \alpha_{25} := 1$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

$$\sin\alpha_{25} := \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$$

$$V_{sd.25} := \frac{f_{sd,\phi 20\phi 32} \cdot A_{sv.25}}{s_{25}} \cdot z \cdot (1 + \cot\alpha_{25}) \sin\alpha_{25} = 589.617 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.s} := 2 \cdot (V_{cd} + V_{sd.10} + V_{sd.25}) = (3.767 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \text{Strekkapasitet}$$

Kapasitet for trykkbrudd etter NS 3473 punkt 12.3.2.5:

$$V_{ccd1} := 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (1 + \cot\alpha_{10}) = (2.35 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{ccd2} := 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (1 + \cot\alpha_{25}) = (4.7 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{ccd3} := 0.45 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z = (3.525 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$V_{ccd} := \min(V_{ccd1}, V_{ccd2}, V_{ccd3}) = (2.35 \cdot 10^6) \text{ N}$$

$$V_{Rd.c} := 2 \cdot V_{ccd} = (4.7 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad \text{Trykkapasitet}$$

Skjærkapasitet dobbel-T-bjelke:

$$V_{Rd} := \min(V_{Rd.s}, V_{Rd.c}) = (3.767 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkap. ved opplegg 31, med 5 % korrosjon

$$f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32.5} := 351 \frac{N}{mm^2}$$

Utreget etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5} := 366 \frac{N}{mm^2}$$

Utreget etter formler vist i kapittel 6.1.2 i oppgaverapporten

$$\rho := 0.05$$

$$A_{s,OK.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s,OK} = (1.094 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,10.5} := (1 - \rho) \cdot A_{sv,10} = 149.226 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,25.5} := (1 - \rho) \cdot A_{sv,25} = 466.33 \text{ mm}^2$$

Skjærkraftkapasitet ved strekkbrudd, uten skjærarmering. Utreget etter NS 3473 punkt 12.3.2.1:

$$V_{co.5} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s,OK.5}}{\gamma_c \cdot b_w \cdot d} \right) \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 464.871 \text{ kN} \quad \text{NS 3473 punkt 12.3.2.1}$$

$$V_{cd1.5} := V_{co.5}$$

$$V_{cd2.5} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 460.8 \text{ kN}$$

$$V_{cd.5} := \min(V_{cd1.5}, V_{cd2.5}) = 460.8 \text{ kN}$$

Kapasitet for konstruksjonsdeler med skjærarmering. Utreget etter NS 3473 pukt 12.3.2.4:

Bidrag fra bøyer:

$$V_{sd,10.5} := \frac{f_{sd,\emptyset 8\emptyset 16.5} \cdot A_{sv,10.5}}{s_{10}} \cdot z \cdot (1 + \cot \alpha_{10}) \sin \alpha_{10} = 724.24 \text{ kN}$$

Bidrag fra skjærarmering $\emptyset 25$:

$$V_{sd,25.5} := \frac{f_{sd,\emptyset 20\emptyset 32.5} \cdot A_{sv,25.5}}{s_{25}} \cdot z \cdot (1 + \cot \alpha_{25}) \sin \alpha_{25} = 511.999 \text{ kN}$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

Samlet skjærstrekkkapasitet:

$$V_{Rd.s.5} := 2 \cdot (V_{cd.5} + V_{sd.10.5} + V_{sd.25.5}) = (3.394 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkapasitet dobbel-T-bjelke:

$$V_{Rd.5} := \min(V_{Rd.s.5}, V_{Rd.c}) = (3.394 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkap. ved opplegg 18-30, med 10 % korrosjon

$$f_{sd,\phi 20\phi 32,10} := 319 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{sd,\phi 8\phi 16,10} := 332 \frac{N}{mm^2}$$

$$\rho := 0.1$$

$$A_{s,OK,10} := (1 - \rho) \cdot A_{s,OK} = (1.037 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,10,10} := (1 - \rho) \cdot A_{sv,10} = 141.372 \text{ mm}^2$$

$$A_{sv,25,10} := (1 - \rho) \cdot A_{sv,25} = 441.786 \text{ mm}^2$$

Skjærkraftkapasitet ved strekkbrudd, uten skjærarmering. Utregnet etter NS 3473 punkt 12.3.2.1:

$$V_{co,10} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s,OK,10}}{\gamma_c \cdot b_w \cdot d} \right) \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 452.53 \text{ kN}$$

$$V_{cd1,10} := V_{co,10}$$

$$V_{cd2,10} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b_w \cdot d \cdot k_v = 460.8 \text{ kN}$$

$$V_{cd,10} := \min(V_{cd1,10}, V_{cd2,10}) = 452.53 \text{ kN}$$

Kapasitet for konstruksjonsdeler med skjærarmering. Utregnet etter NS 3473 pukt 12.3.2.4:

Bidrag fra bøyer:

$$V_{sd,10,10} := \frac{f_{sd,\phi 8\phi 16,10} \cdot A_{sv,10,10}}{s_{10}} \cdot z \cdot (1 + \cot \alpha_{10}) \sin \alpha_{10} = 622.384 \text{ kN}$$

Bidrag fra skjærarmering $\phi 25$:

$$V_{sd,25,10} := \frac{f_{sd,\phi 20\phi 32,10} \cdot A_{sv,25,10}}{s_{25}} \cdot z \cdot (1 + \cot \alpha_{25}) \sin \alpha_{25} = 440.831 \text{ kN}$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

Samlet skjærstrekkapasitet:

$$V_{Rd.s.10} := 2 \cdot (V_{cd.10} + V_{sd.10.10} + V_{sd.25.10}) = (3.031 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkapasitet dobbel-T-bjelke:

$$V_{Rd.5} := \min(V_{Rd.s.10}, V_{Rd.c}) = (3.031 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

Skjærkapasitet brudekke i tverretning

Materialeegenskper, betong:

$$\gamma_c := 1.5$$

Håndbok V413

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 11.333 \text{ MPa}$$

$$f_{tn} := 1.4 \text{ MPa}$$

NS 3473 tabell 5.c

$$\gamma_c := 1.4$$

NS 3473 tabell 4

$$f_{td} := \frac{f_{tn}}{\gamma_c} = (1 \cdot 10^6) \text{ Pa}$$

Materialeegenskper, armering:

$$\gamma_s := 1.25$$

Håndbok V413

$$f_{sk.\emptyset 8\emptyset 16} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{sd.\emptyset 8\emptyset 16} := \frac{f_{sk.\emptyset 8\emptyset 16}}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa}$$

Armering:

$$A_{s.\emptyset 13} := \pi \cdot \frac{13^2}{4} \text{ mm}^2 = 132.732 \text{ mm}^2$$

Skjærkapasitet vinge ved innfestingspunkter (linjelaster), uten korrosjon:

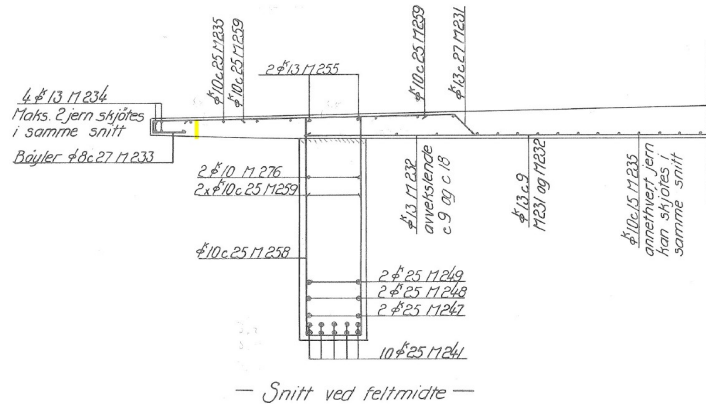
Geometri:

$d := 100 \text{ mm}$ Fra momentberegning

$b := 1000 \text{ mm}$

$s := 270 \text{ mm}$

$z := 0.9 \cdot d = 90 \text{ mm}$



Skjærkraftkapasitet ved strekkbrudd, uten skjærarmoring. Utregnet etter NS 3473 punkt 12.3.2.1:

$$k_A := 100 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{NS 3473 punkt 12.3.2.1}$$

$$d_1 := 1 \text{ m}$$

$$k_v := 1.5 - \frac{d}{d_1} = 1.4 \quad \text{NS 3473 punkt 12.3.2.1}$$

$$A_{s,OK} := A_{s,\emptyset 13} \cdot \frac{b}{s} = 491.601 \text{ mm}^2$$

$$V_{co} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s,OK}}{\gamma_c \cdot b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d \cdot k_v = 56.748 \text{ kN}$$

$$V_{cd1} := V_{co}$$

$$V_{cd2} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b \cdot d \cdot k_v = 84 \text{ kN}$$

$$V_{cd} := \min(V_{cd1}, V_{cd2}) = 56.748 \text{ kN}$$

Ingen skjærarmoring i utkraget dekke

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

$$V_{Rd.s} := V_{cd} = 56.748 \text{ kN}$$

Kapasitet for trykkbrudd etter NS 3473 punkt 12.3.2.5:

$$V_{ccd1} := 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot (1 + 0) = 306 \text{ kN}$$

$$V_{ccd2} := 0.45 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z = 459 \text{ kN}$$

$$V_{ccd} := \min(V_{ccd1}, V_{ccd2}) = (3.06 \cdot 10^5) \text{ N}$$

$$V_{Rd.c} := V_{ccd} = 306 \text{ kN}$$

Trykkapasitet

Skjærkapasitet dobbel-T-bjelke:

$$V_{Rd} := \min(V_{Rd.s}, V_{Rd.c}) = 56.748 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet vinge ved innfestingspunkter (linjelaster), med 5% korrosjon:

$$\rho := 0.05$$

$$A_{s.OK.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.OK} = 467.021 \text{ mm}^2$$

$$V_{co.5} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s.OK.5}}{\gamma_c \cdot b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d \cdot k_v = 56.011 \text{ kN}$$

$$V_{cd1.5} := V_{co.5}$$

$$V_{cd2.5} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b \cdot d \cdot k_v = 84 \text{ kN}$$

$$V_{cd.5} := \min(V_{cd1.5}, V_{cd2.5}) = 56.011 \text{ kN}$$

Skjærstrekkapasitet:

$$V_{Rd.s.5} := V_{cd.5} = 56.011 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet:

$$V_{Rd.5} := \min(V_{Rd.s.5}, V_{Rd.c}) = 56.011 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet vinge ved innfestingspunkter (linjelaster), med 10% korrosjon:

$$\rho := 0.1$$

$$A_{s.OK.10} := (1 - \rho) \cdot A_{s.OK} = 442.441 \text{ mm}^2$$

$$V_{co.10} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s.OK.10}}{\gamma_c \cdot b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d \cdot k_v = 55.273 \text{ kN}$$

$$V_{cd1.10} := V_{co.10}$$

$$V_{cd2.10} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b \cdot d \cdot k_v = 84 \text{ kN}$$

$$V_{cd.10} := \min(V_{cd1.10}, V_{cd2.10}) = 55.273 \text{ kN}$$

Skjærstrekkapasitet:

$$V_{Rd.s.10} := V_{cd.10} = 55.273 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet:

$$V_{Rd.10} := \min(V_{Rd.s.10}, V_{Rd.c}) = 55.273 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet vinge ved ytterside bjelke kontrolleres ikke, da kapasiteten her ville blitt høyere enn ved linjelastene samtidig som opptredende skjærkrefter er mindre. Se FEM-design beregning.

Skjærkapasitet ved innside av bjelke, uten korrosjon:

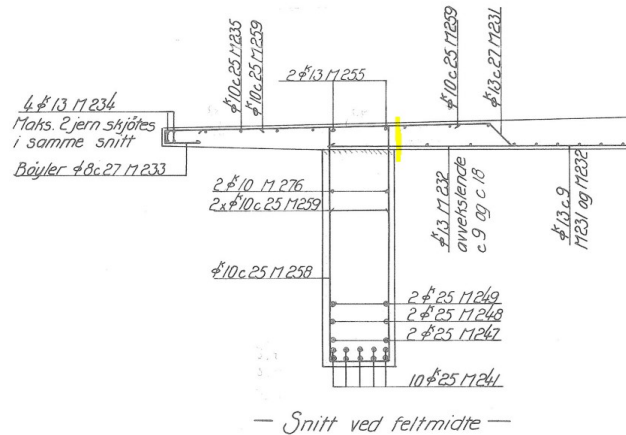
Geometri:

$d := 154.5 \text{ mm}$ Fra momentberegning

$b := 1000 \text{ mm}$

$s := 270 \text{ mm}$

$z := 0.9 \cdot d = 139.05 \text{ mm}$



Skjærkraftkapasitet ved strekkbrudd, uten skjærarmoring. Utregnet etter NS 3473 punkt 12.3.2.1:

$$k_A := 100 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{NS 3473 punkt 12.3.2.1}$$

$$d_1 := 1 \text{ m}$$

$$k_v := 1.5 - \frac{d}{d_1} = 1.346 \quad \text{NS 3473 punkt 12.3.2.1}$$

$$A_{s,OK} := A_{s,\phi 13} \cdot \frac{b}{s} = 491.601 \text{ mm}^2$$

$$V_{co} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s,OK}}{\gamma_c \cdot b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d \cdot k_v = 76.538 \text{ kN}$$

$$V_{cd1} := V_{co}$$

$$V_{cd2} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b \cdot d \cdot k_v = 124.728 \text{ kN}$$

$$V_{cd} := \min(V_{cd1}, V_{cd2}) = 76.538 \text{ kN}$$

VEDLEGG I) SKJÆRKAPASITET

Ingen skjærarmering i utkraget dekke

$$V_{Rd.s} := V_{cd} = 76.538 \text{ kN}$$

Kapasitet for trykkbrudd etter NS 3473 punkt 12.3.2.5:

$$V_{ccd1} := 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot (1 + 0) = 472.77 \text{ kN}$$

$$V_{ccd2} := 0.45 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z = 709.155 \text{ kN}$$

$$V_{ccd} := \min(V_{ccd1}, V_{ccd2}) = (4.728 \cdot 10^5) \text{ N}$$

$$V_{Rd.c} := V_{ccd} = 472.77 \text{ kN}$$

Trykkapasitet

Skjærkapasitet dobbel-T-bjelke:

$$V_{Rd} := \min(V_{Rd.s}, V_{Rd.c}) = 76.538 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet ved innside av bjelke, med 5% korrosjon:

$$\rho := 0.05$$

$$A_{s.OK.5} := (1 - \rho) \cdot A_{s.OK} = 467.021 \text{ mm}^2$$

$$V_{co.5} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s.OK.5}}{\gamma_c \cdot b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d \cdot k_v = 75.829 \text{ kN}$$

$$V_{cd1.5} := V_{co.5}$$

$$V_{cd2.5} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b \cdot d \cdot k_v = 124.728 \text{ kN}$$

$$V_{cd.5} := \min(V_{cd1.5}, V_{cd2.5}) = 75.829 \text{ kN}$$

Skjærstrekkapasitet:

$$V_{Rd.s.5} := V_{cd.5} = 75.829 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet:

$$V_{Rd.5} := \min(V_{Rd.s.5}, V_{Rd.c}) = 75.829 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet ved innside av bjelke, med 10% korrosjon:

$$\rho := 0.1$$

$$A_{s.OK.10} := (1 - \rho) \cdot A_{s.OK} = 442.441 \text{ mm}^2$$

$$V_{co.10} := 0.3 \left(f_{td} + \frac{k_A \cdot A_{s.OK.10}}{\gamma_c \cdot b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d \cdot k_v = 75.12 \text{ kN}$$

$$V_{cd1.10} := V_{co.10}$$

$$V_{cd2.10} := 0.6 \cdot f_{td} \cdot b \cdot d \cdot k_v = 124.728 \text{ kN}$$

$$V_{cd.10} := \min(V_{cd1.10}, V_{cd2.10}) = 75.12 \text{ kN}$$

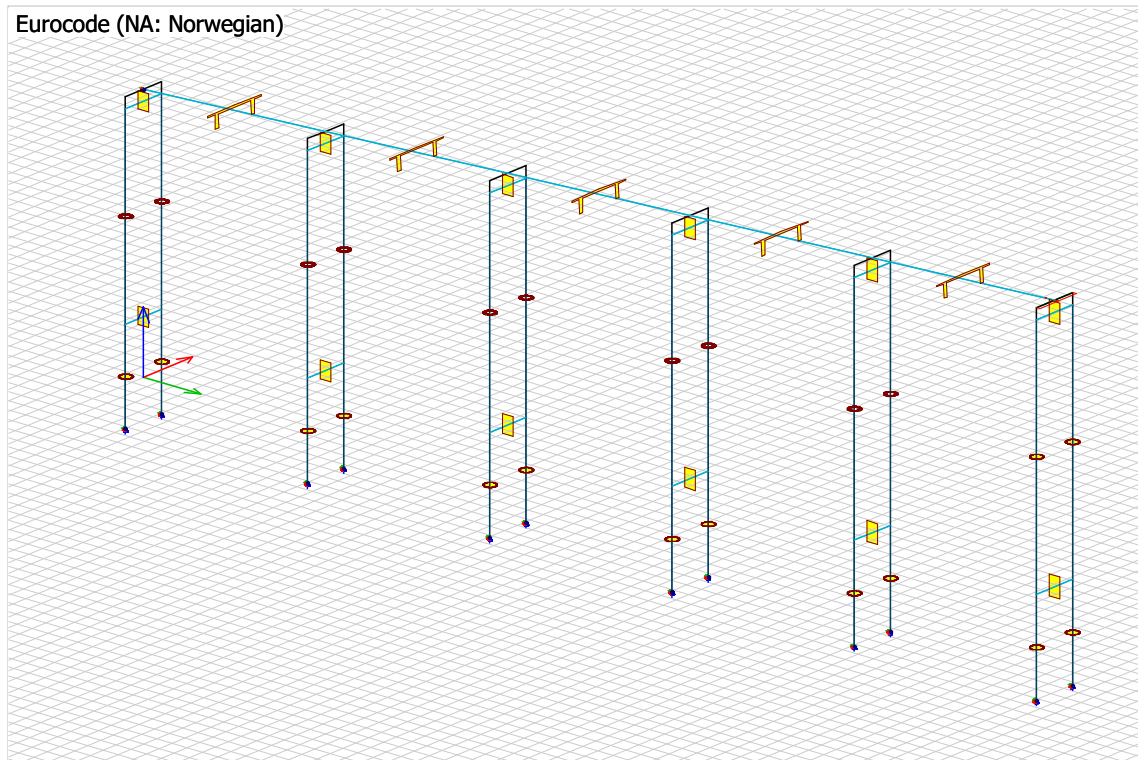
Skjærstrekkapasitet:

$$V_{Rd.s.10} := V_{cd.10} = 75.12 \text{ kN}$$

Skjærkapasitet:

$$V_{Rd.10} := \min(V_{Rd.s.10}, V_{Rd.c}) = 75.12 \text{ kN}$$

Tromsøbrua - Brumodell 1



Vedlegg J

FEM-Design 3D Structure

Vedlegg J

FEM-Design 3D Structure	Contents
1 Geometri.....	3
1.1 Grafisk presentasjon geometri.....	3
1.1.1 Oversikt.....	3
1.1.2 Typisk snitt.....	4
1.1.3 Fastholding akse 27 og 32.....	5
1.2 Materiale	6
1.3 Grafisk presentasjon laster.....	17
1.4 Laster.....	29
1.5 Last kombinasjoner.....	37
2 Statikk.....	40
2.1 Likevekt.....	40
2.2 Dimensjonerende lastkombinasjoner	42
2.2.1 Dimensjonerende moment.....	42
2.2.2 Dimensjonerende skjærkrefter.....	61
2.2.3 Forskyvning.....	82

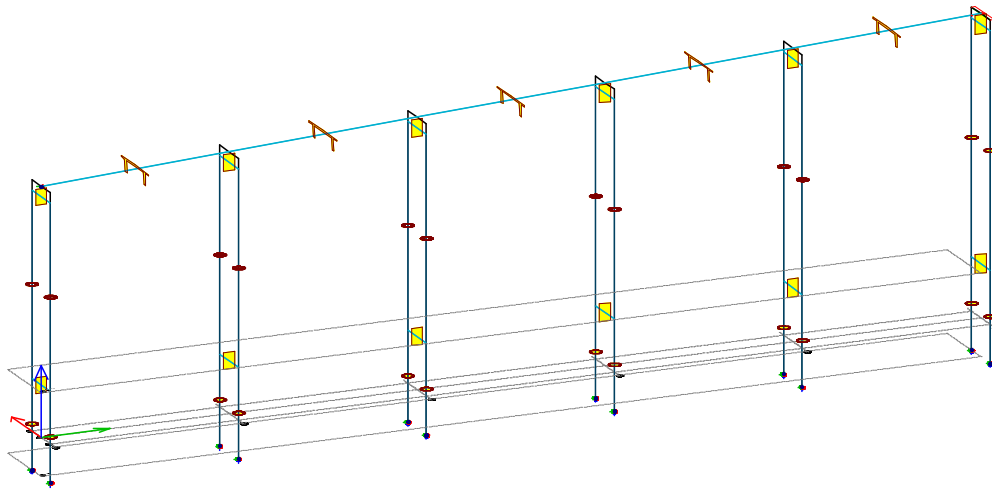
Vedlegg J

1 Geometri

1.1 Grafisk presentasjon geometri

1.1.1 Oversikt

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure

Eurocode (NA: Norwegian)

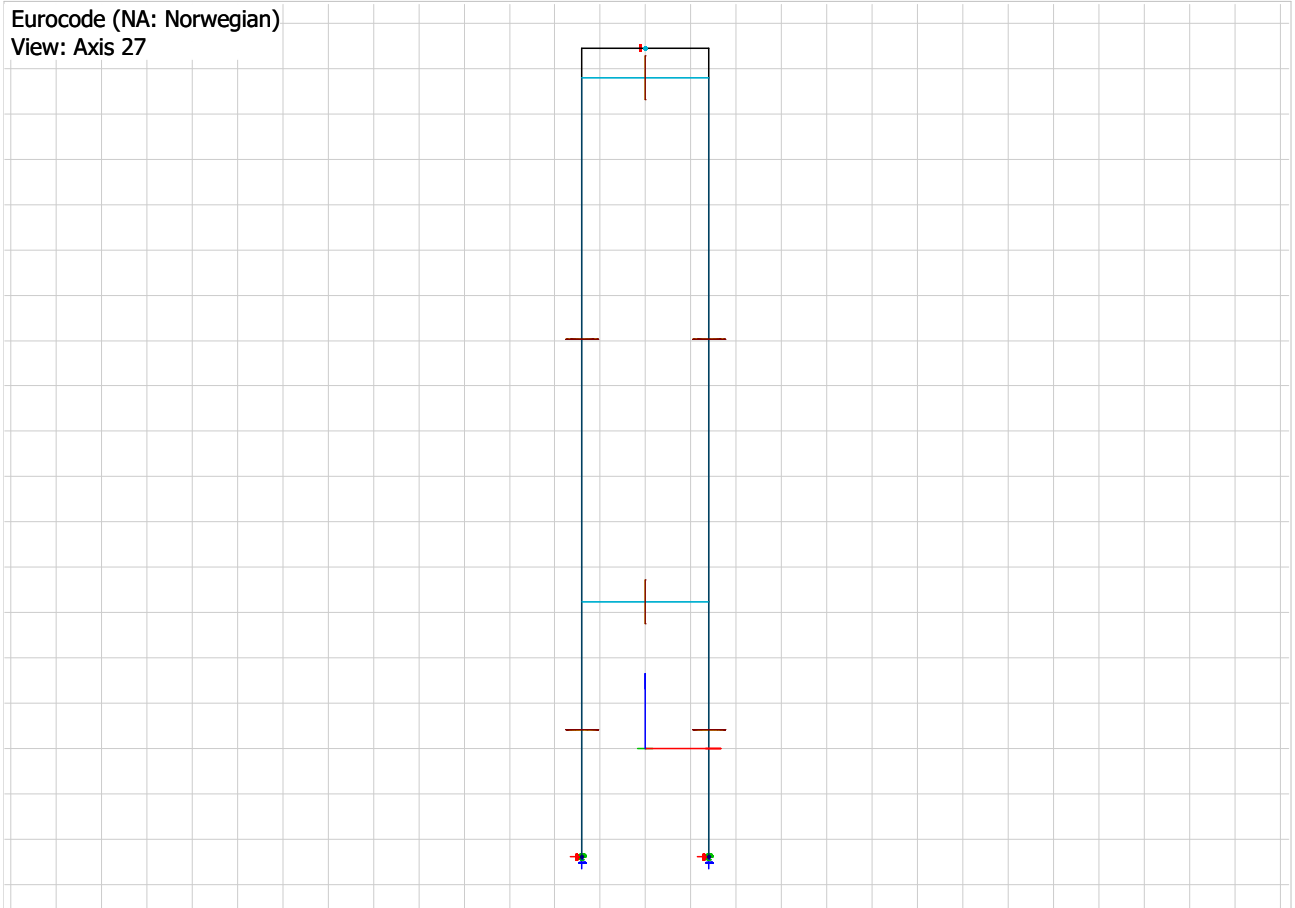


Vedlegg J

1.1.2 Typisk snitt

Axis 27

Eurocode (NA: Norwegian)
View: Axis 27

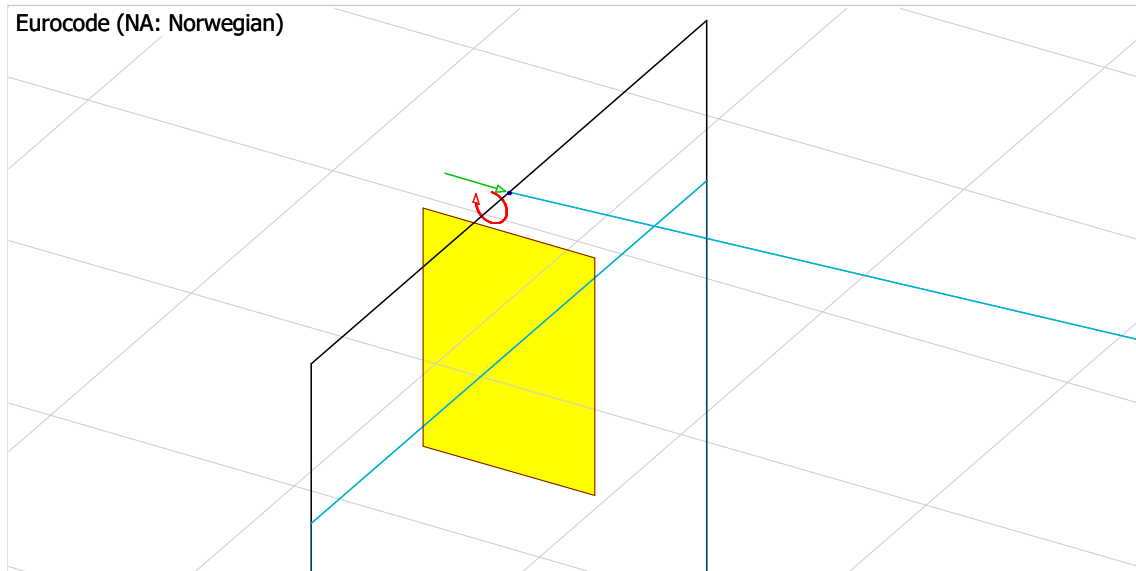


Vedlegg J

1.1.3 Fastholding akse 27 og 32

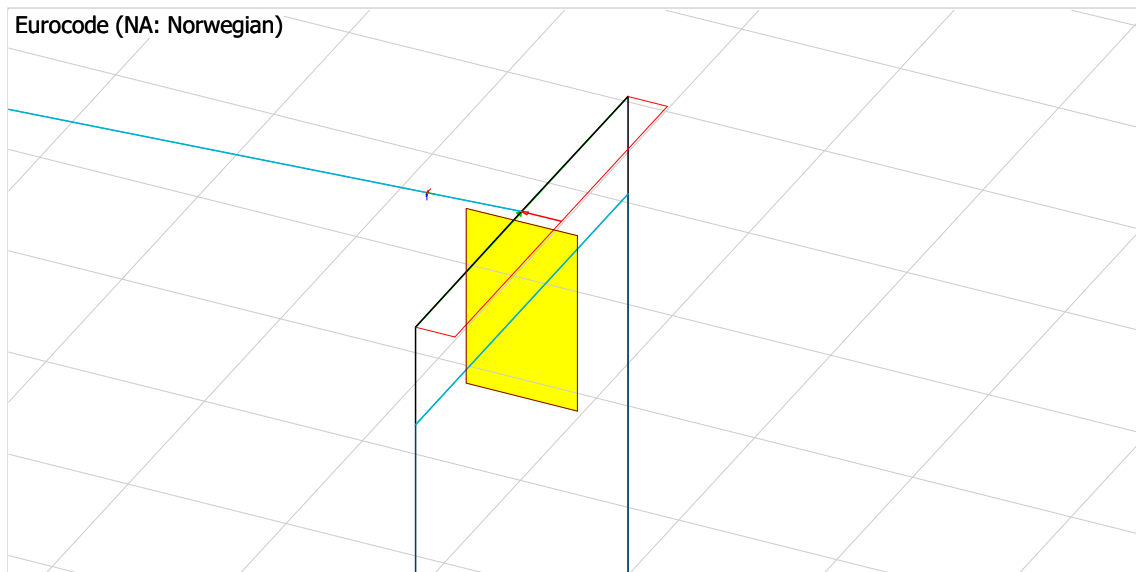
Whole structure

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure

Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

ID	Material	Section, start	Section, end	Ecc(x'), start	Ecc(y'), start	Ecc(z'), start
[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]
B.13.1	C20/25_1	T 1	T 1	0.000	0.000	0.000
B.14.1	C20/25_1	T 1	T 1	0.000	0.000	0.000
B.15.1	C20/25_1	T 1	T 1	0.000	0.000	0.000
B.16.1	C20/25_1	T 1	T 1	0.000	0.000	0.000
B.17.1	C20/25_1	T 1	T 1	0.000	0.000	0.000

Ecc(x'), end	Ecc(y'), end	Ecc(z'), end	Ecc. mode.	Ecc. crack.	Sp. cond.	Ep. cond.	Sp. stiffness, e,x'
[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN/m]
0.000	0.000	0.000	Release at END	No	-FFF--	FFFFFF	0.000
0.000	0.000	0.000	Release at END	No	FFFFFF	FFFFFF	Fixed
0.000	0.000	0.000	Release at END	No	FFFFFF	FFFFFF	Fixed
0.000	0.000	0.000	Release at END	No	FFFFFF	FFFFFF	Fixed
0.000	0.000	0.000	Release at END	No	FFFFFF	FFFFFF	Fixed

Sp. stiffness, e,y'	Sp. stiffness, e,z'	Sp. stiffness, phi,x'	Sp. stiffness, phi,y'	Sp. stiffness, phi,z'	Ep. stiffness, e,x'
[kN/m]	[kN/m]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kN/m]
Fixed	Fixed	Fixed	0.000	0.000	Fixed
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed

Ep. stiffness, e,y'	Ep. stiffness, e,z'	Ep. stiffness, phi,x'	Ep. stiffness, phi,y'	Ep. stiffness, phi,z'	Calculation type
[kN/m]	[kN/m]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[-]
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	All
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	All
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	All
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	All
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	All

Stiff. mod. r1	Stiff. mod. r2	Stiff. mod. r3	Stiff. mod. r4	Stiff. mod. r5	Stiff. mod. r6
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Vedlegg J

Concrete materials

No.	Name	Fck	Fck,cube	Fctm	Fctk	Ecm	Yield strain	Ultimate strain	Gamma c
[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]
1	C20/25	20.000	25.000	2.200	1.500	30000.000	0.00200	0.00350	1.50
2	C20/25_1	20.000	25.000	2.200	1.500	30000.000	0.00200	0.00350	1.50
3	C20/25_2	20.000	25.000	2.200	1.500	30000.000	0.00200	0.00350	1.50
4	C20/25_3	20.000	25.000	2.200	1.500	30000.000	0.00200	0.00350	1.50

Gamma c, Acc	Gamma cE	Gamma s	Gamma s, Acc	Gamma c,fi	Gamma s,fi	Alfa cc	Alfa ct	Density
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[t/m ³]
1.20	1.20	1.15	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	2.548
1.20	1.20	1.15	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	2.548
1.20	1.20	1.15	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	2.548
1.20	1.20	1.15	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	2.548

Therm. coeff.	Poisson's ratio	Creep c.(U,Ua,U _s)	Creep c.(S _q)	Creep c.(S _f)	Creep c.(S _c)	Shrinkage	Dyna r.
[1/°C]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0.000010	0.200	0.00	1.80	1.80	1.80	0.240	1.000
0.000010	0.200	0.00	2.02	2.02	2.02	0.266	1.000
0.000010	0.200	0.00	2.06	2.06	2.06	0.280	1.000
0.000010	0.200	0.00	1.86	1.86	1.86	0.237	1.000

Stab r.	Time-dependent creep	Time-dependent shrinkage	Time-dependent elastic modulus
[-]			
1.000	No	No	No
1.000	No	No	No
1.000	No	No	No
1.000	No	No	No

Fictitious bars

ID	E x A	G x It	E x I1	E x I2	Sp. cond.	Ep. cond.	Sp. stiffness, e,x'
[-]	[kN]	[kNm ²]	[kNm ²]	[kNm ²]	[-]	[-]	[kN/m]
BF.1	10000000.000	10000000.000	10000000.000	10000000.000	FFFFFF	FFFFFF	Fixed
BF.2	10000000.000	10000000.000	10000000.000	10000000.000	FFFFFF	FFFFFF	Fixed

Sp. stiffness, e,y'	Sp. stiffness, e,z'	Sp. stiffness, phi,x'	Sp. stiffness, phi,y'	Sp. stiffness, phi,z'	Ep. stiffness, e,x'
[kN/m]	[kN/m]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kN/m]
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed

Ep. stiffness, e,y'	Ep. stiffness, e,z'	Ep. stiffness, phi,x'	Ep. stiffness, phi,y'	Ep. stiffness, phi,z'
[kN/m]	[kN/m]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed
Fixed	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed

Vedlegg J

ID	x	y	z	Calculation type	Kx' comp.	Kx' tens.	Ky' comp.	Ky' tens.
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
Opplegg søyler.3	24.000	-2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.4	24.000	2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.5	48.000	-2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.6	48.000	2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.7	72.000	-2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.8	72.000	2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.9	96.000	-2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.10	96.000	2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.11	120.000	-2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
Opplegg søyler.12	120.000	2.800	-4.780	All	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10
S.1	0.000	0.000	30.907	All	1.00E+10	1.00E+10	0.00E+00	0.00E+00

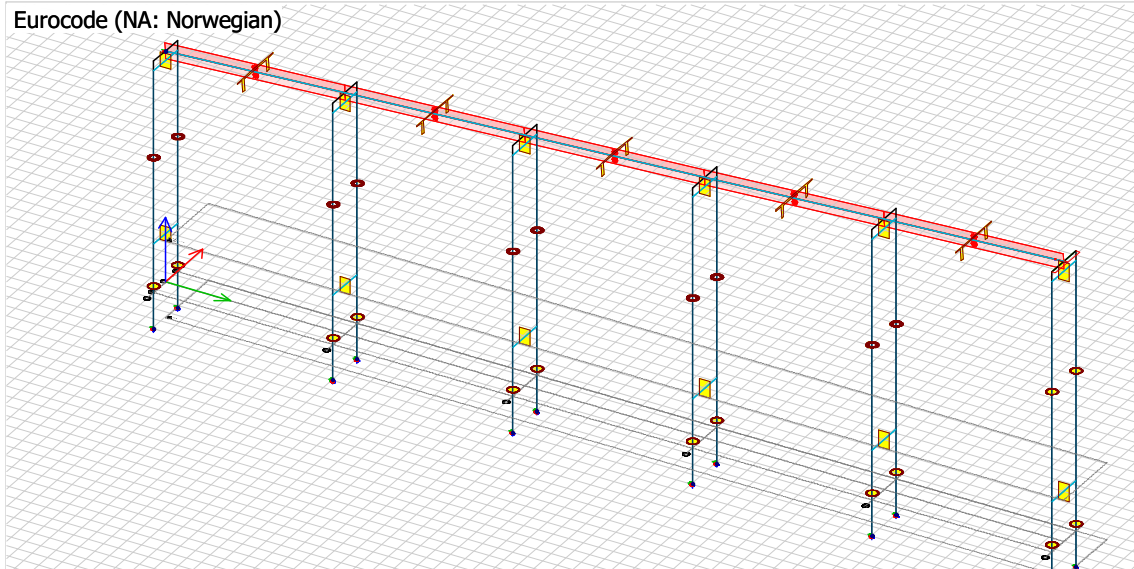
Kz' comp.	Kz' tens.	Cx' comp.	Cx' tens.	Cy' comp.	Cy' tens.	Cz' comp.	Cz' tens.	Type	Disconn.
[kN/m]	[kN/m]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]		
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	-	No
0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+10	1.00E+10	0.00E+00	0.00E+00	-	No

Vedlegg J

1.3 Grafisk presentasjon laster

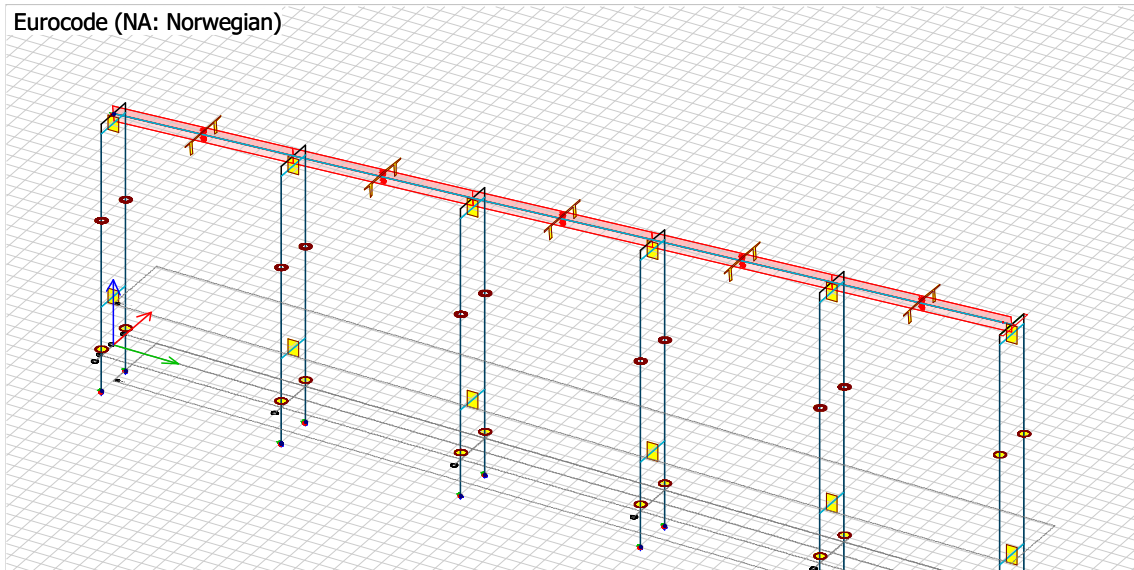
Whole structure / Temp 1

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Temp 2

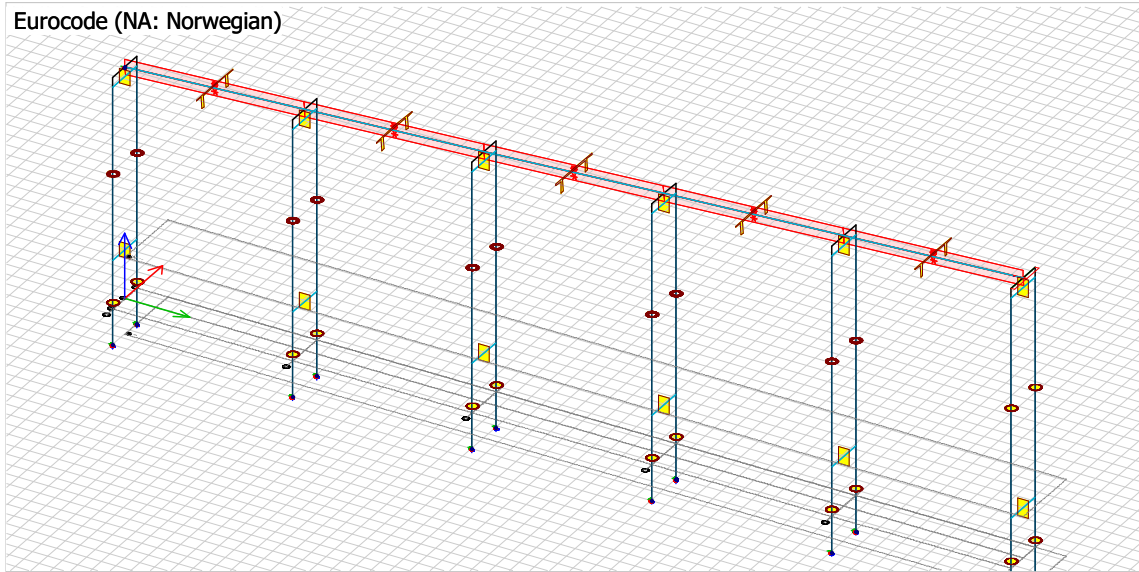
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

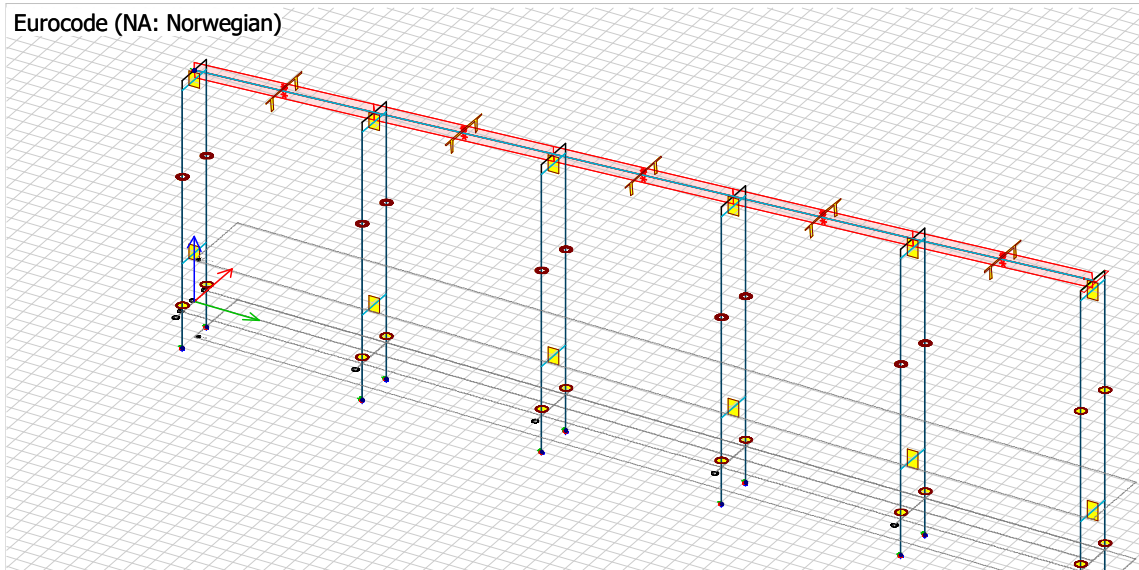
Whole structure / Temp 3

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Temp 4

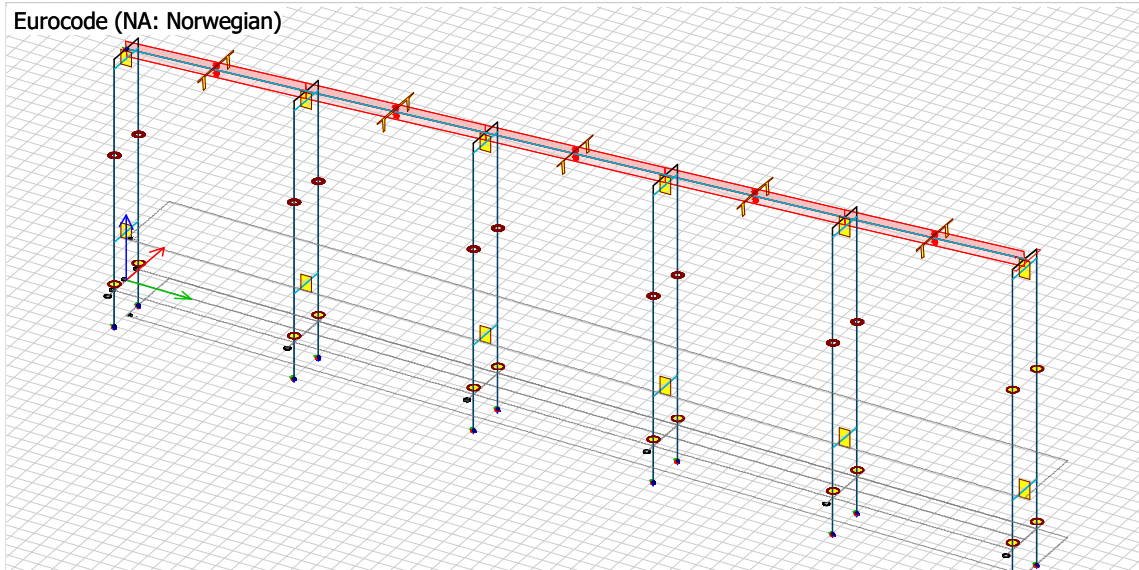
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

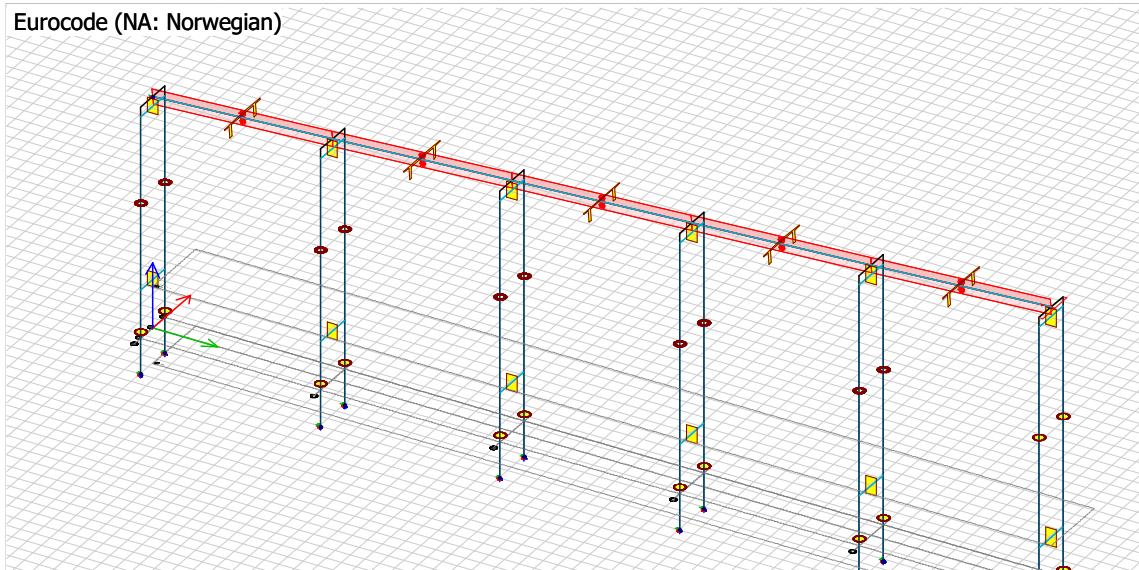
Whole structure / Temp 5

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Temp 6

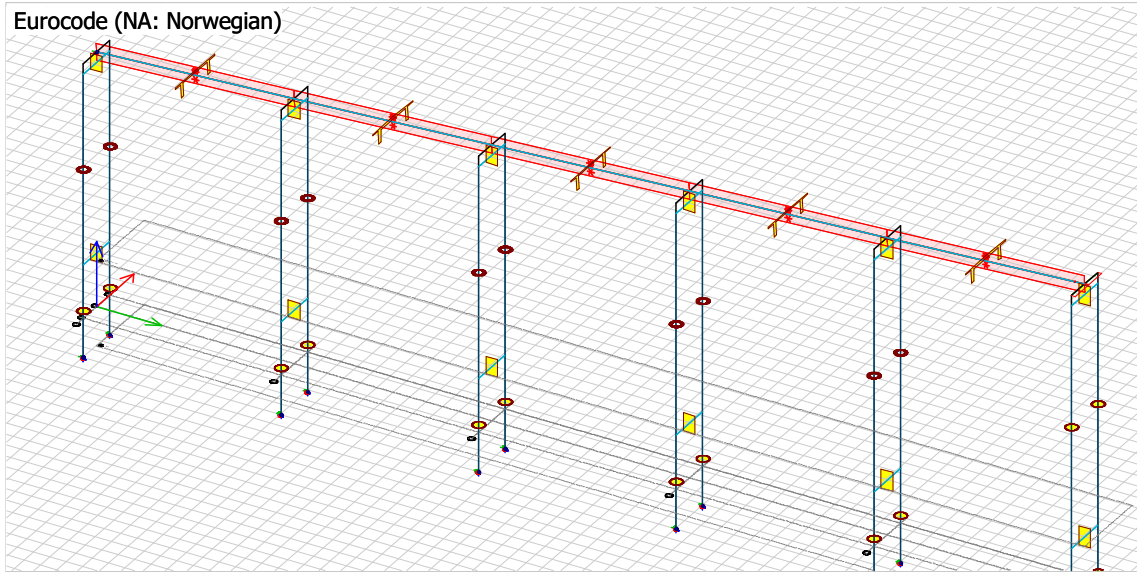
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

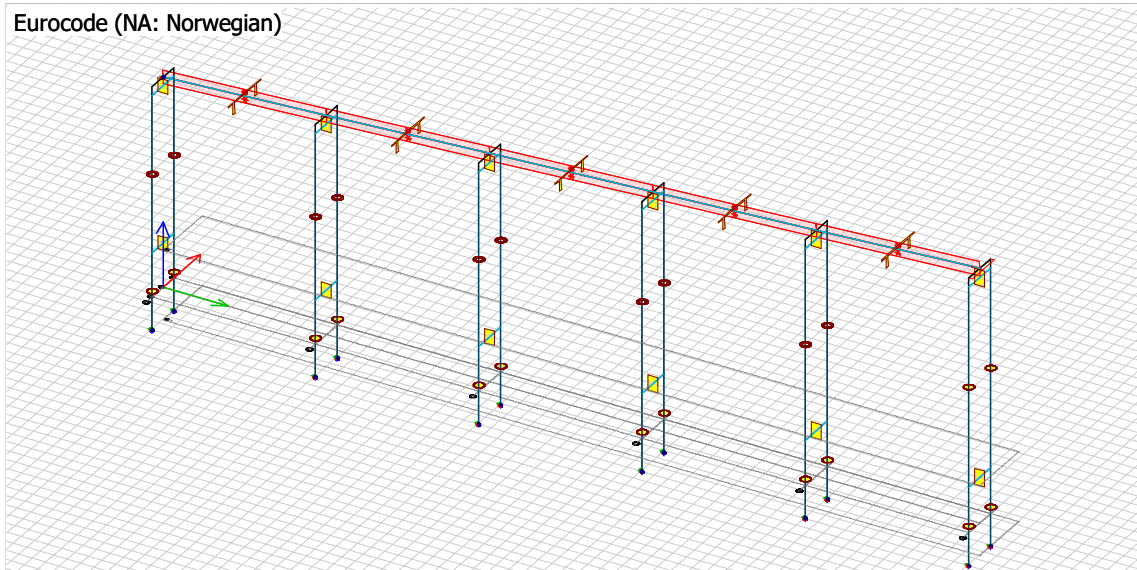
Whole structure / Temp 7

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Temp 8

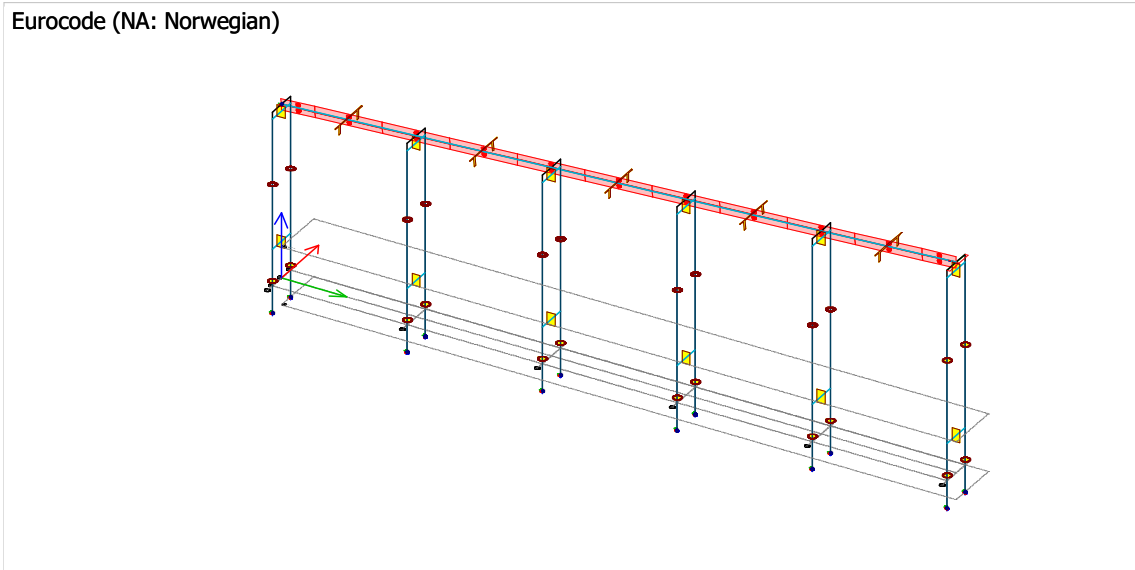
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

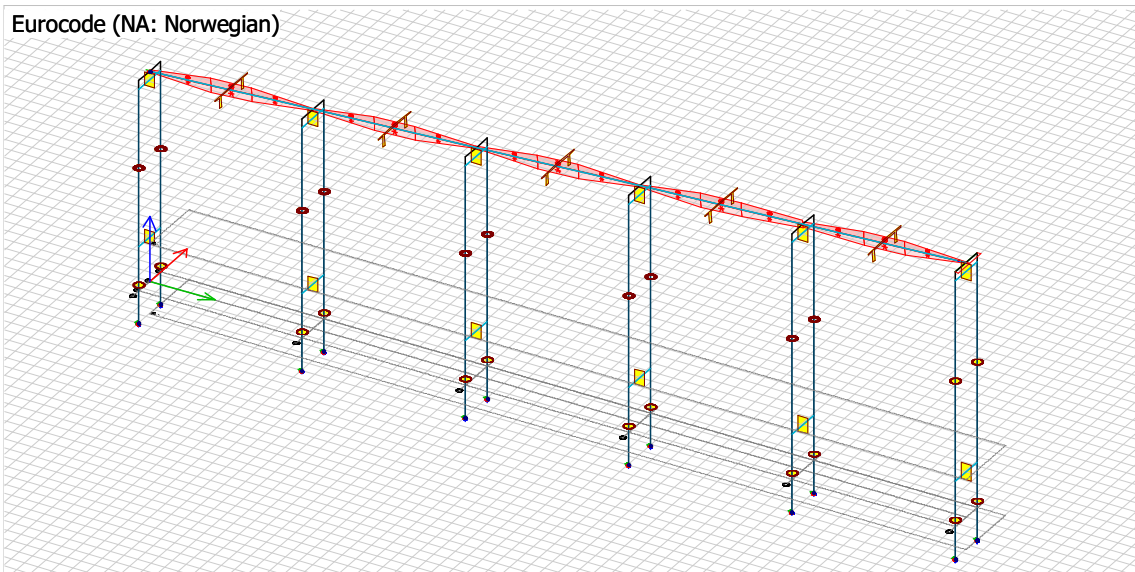
Whole structure / AR delta T n-ar

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / AR delta T m-ar

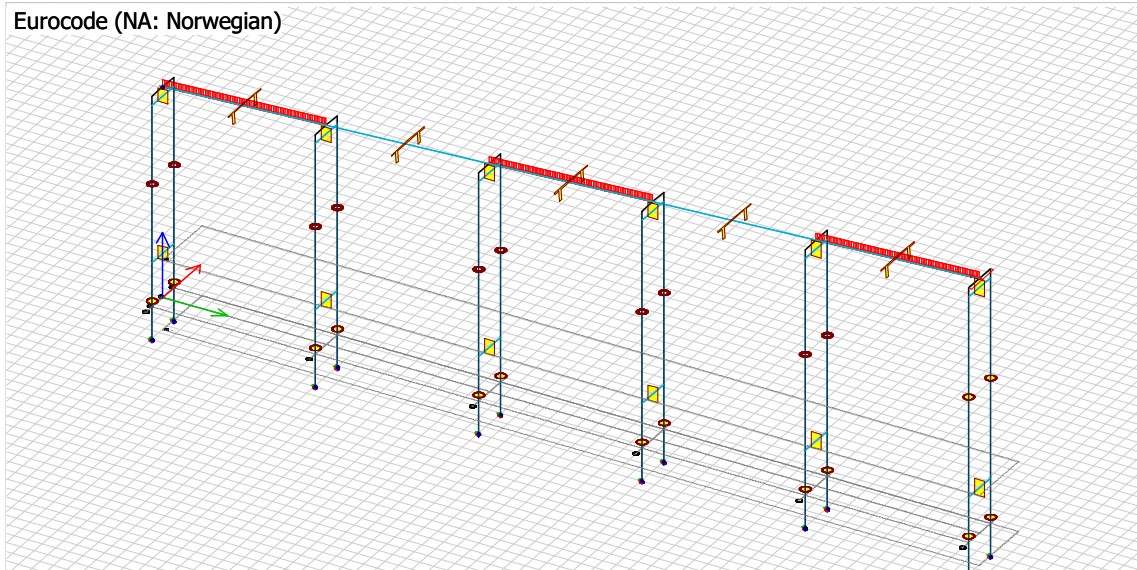
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

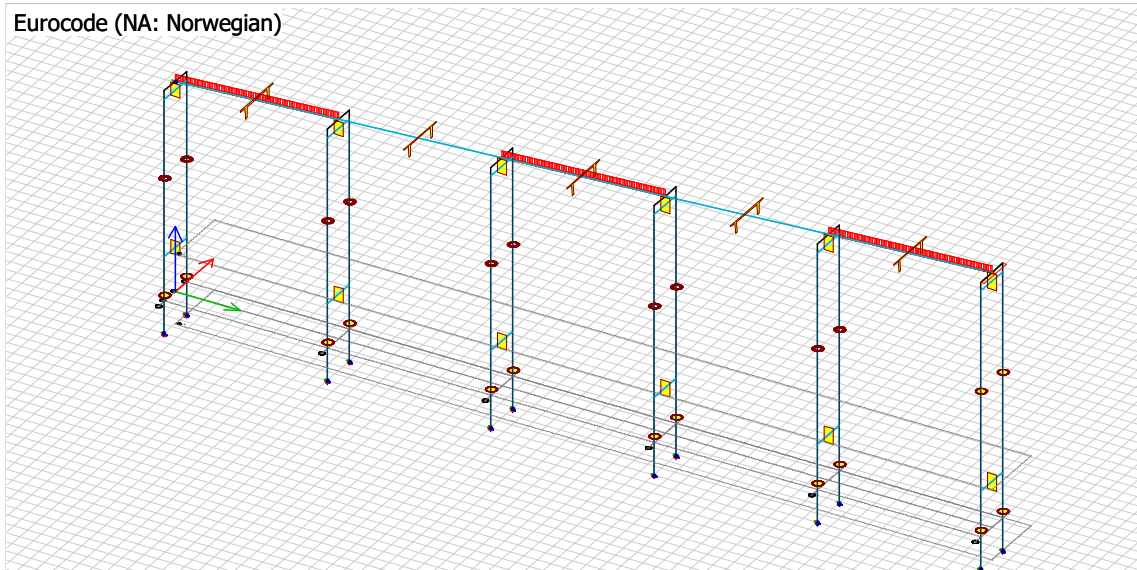
Whole structure / Trafikk A

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Trafikk B

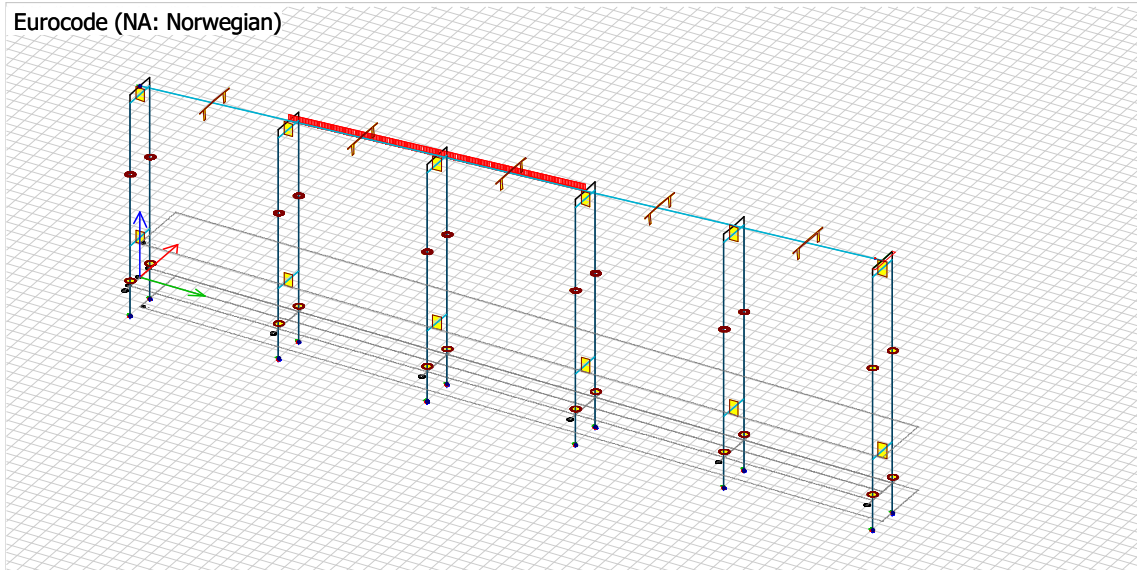
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

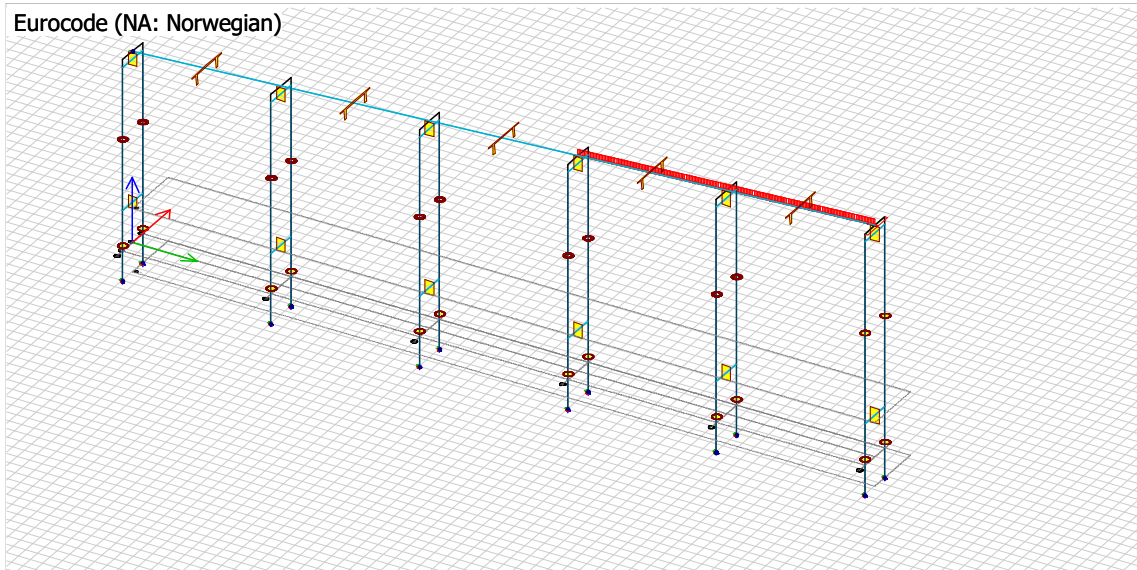
Whole structure / Trafikk D

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Trafikk C

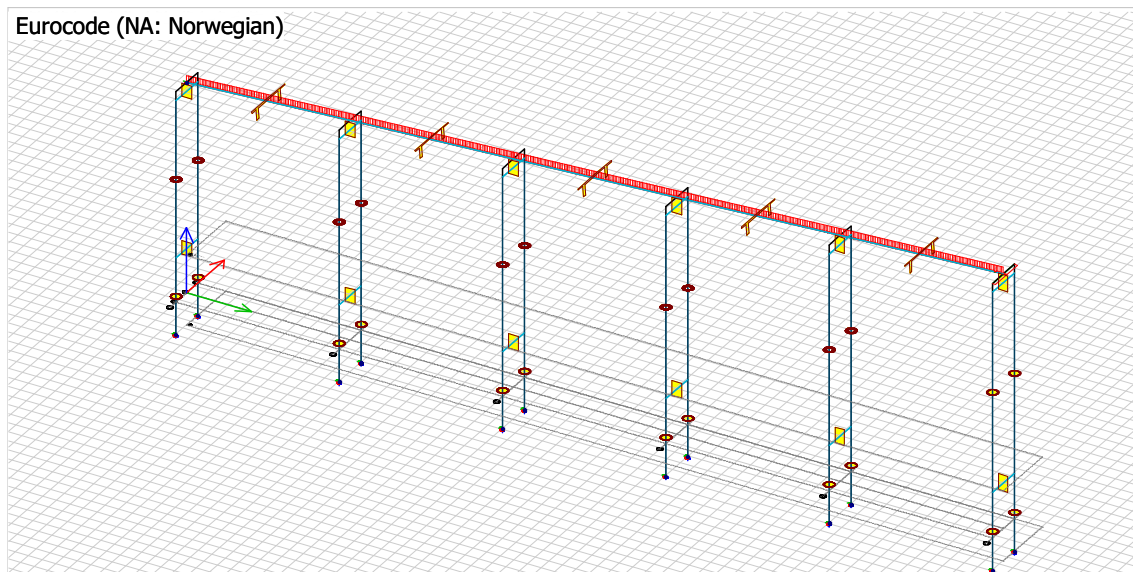
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

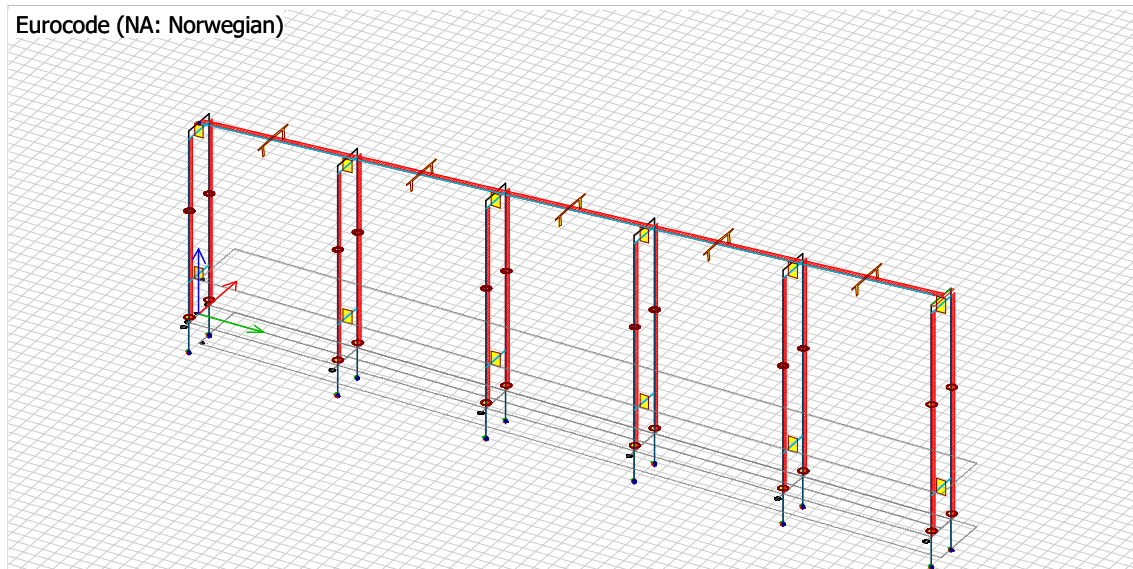
Whole structure / Vind vertikalt m/trafikk

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Vind tverretningg m/trafikk -

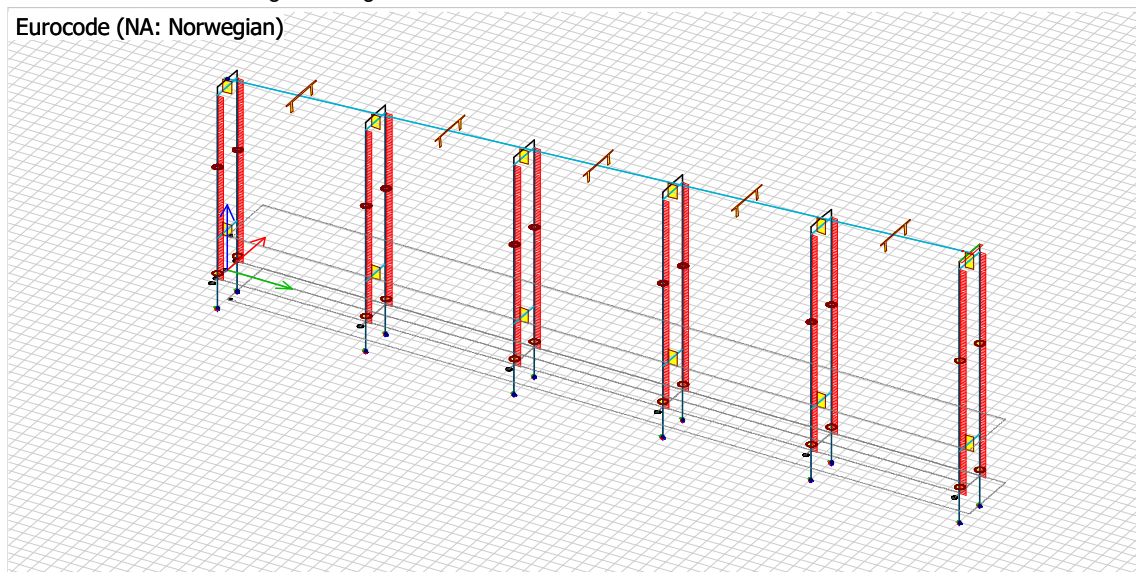
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

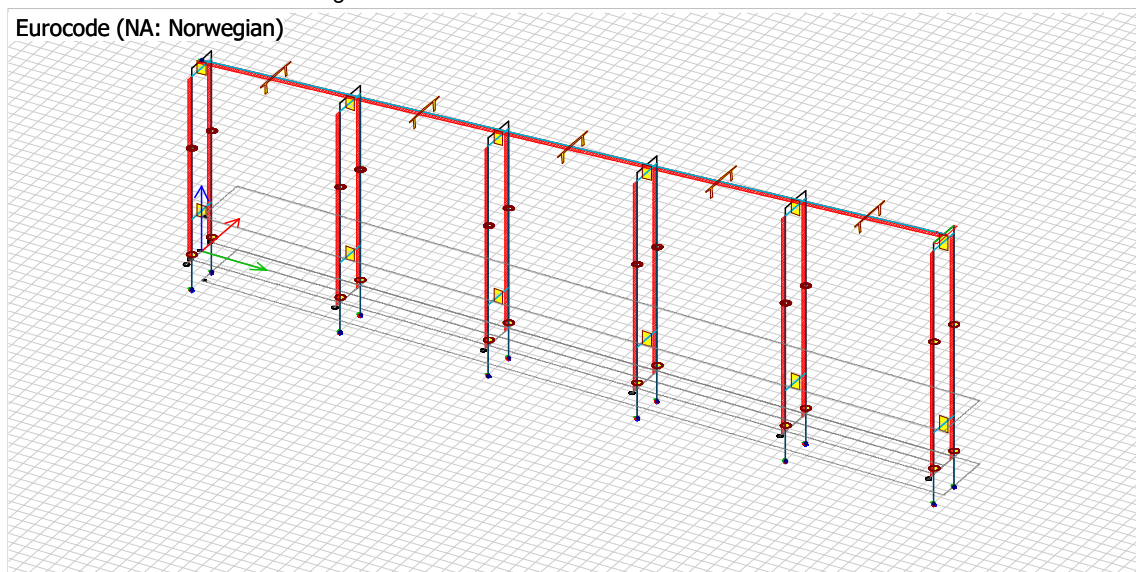
Whole structure / Vind lengderetning m/trafikk -

Eurocode (NA: Norwegian)



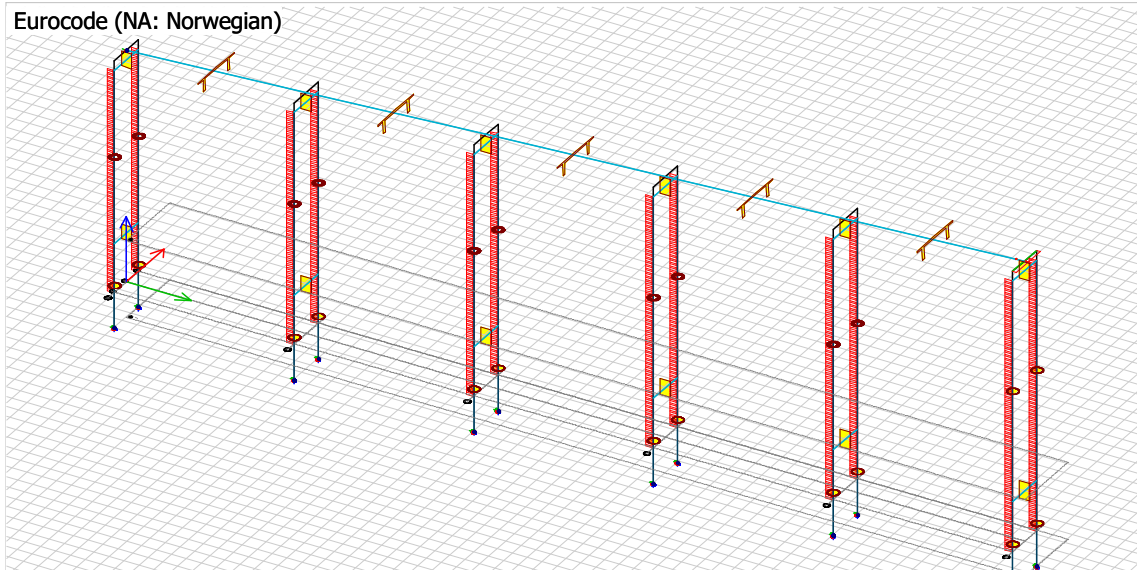
Whole structure / Vind tverretning m/trafikk +

Eurocode (NA: Norwegian)

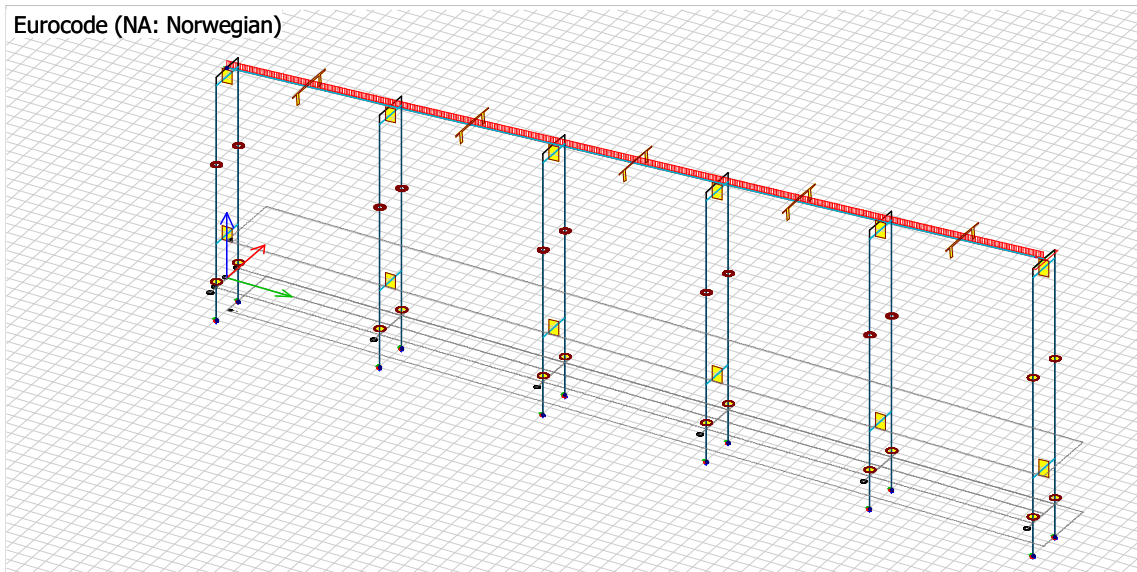


Vedlegg J

Whole structure / Vind lengderetning m/trafikk +
Eurocode (NA: Norwegian)



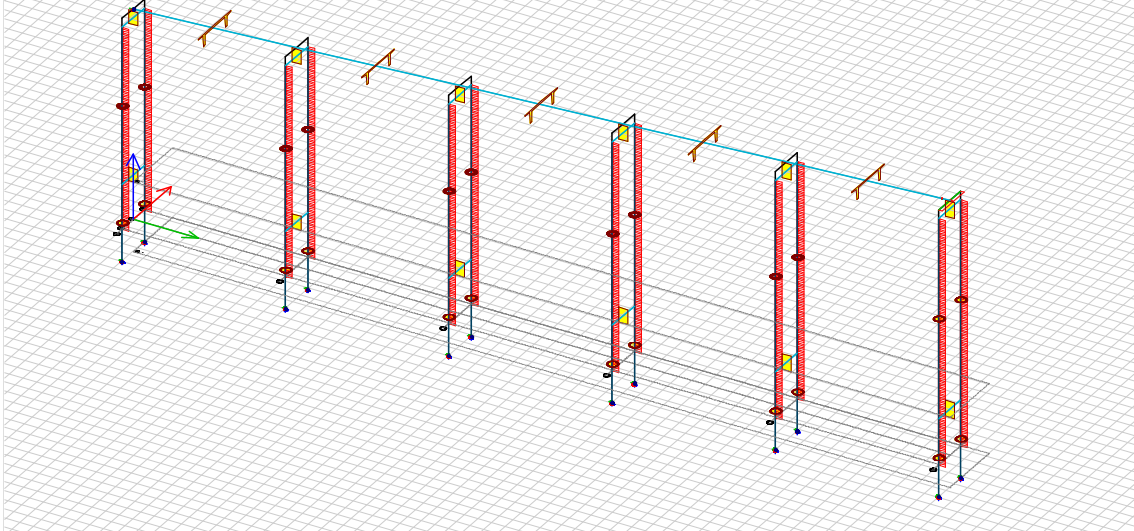
Whole structure / Vind vertikalt u/trafikk
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

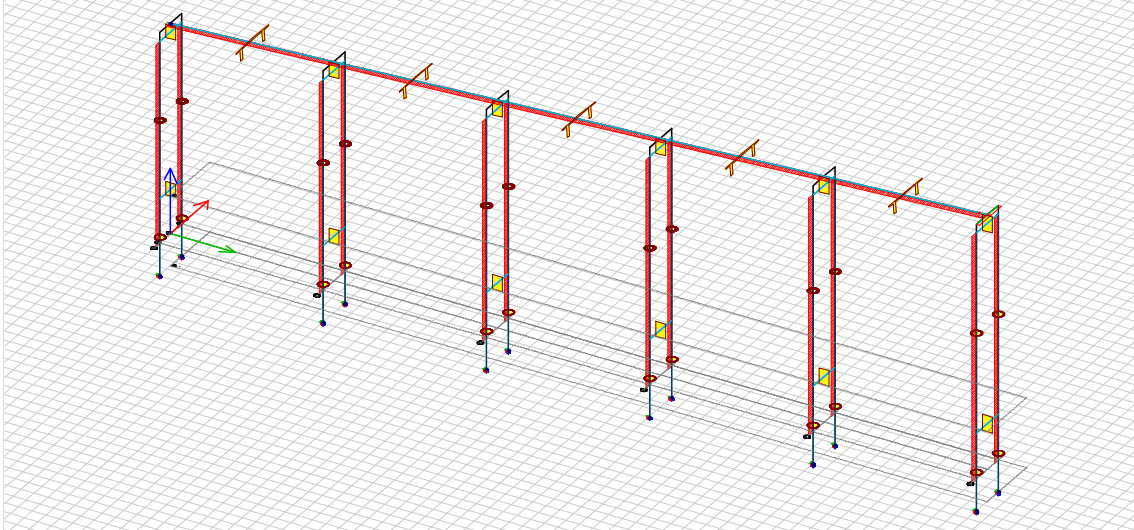
Whole structure / Vind lengderetning u/trafikk -

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Vind tverretningg u/trafikk+

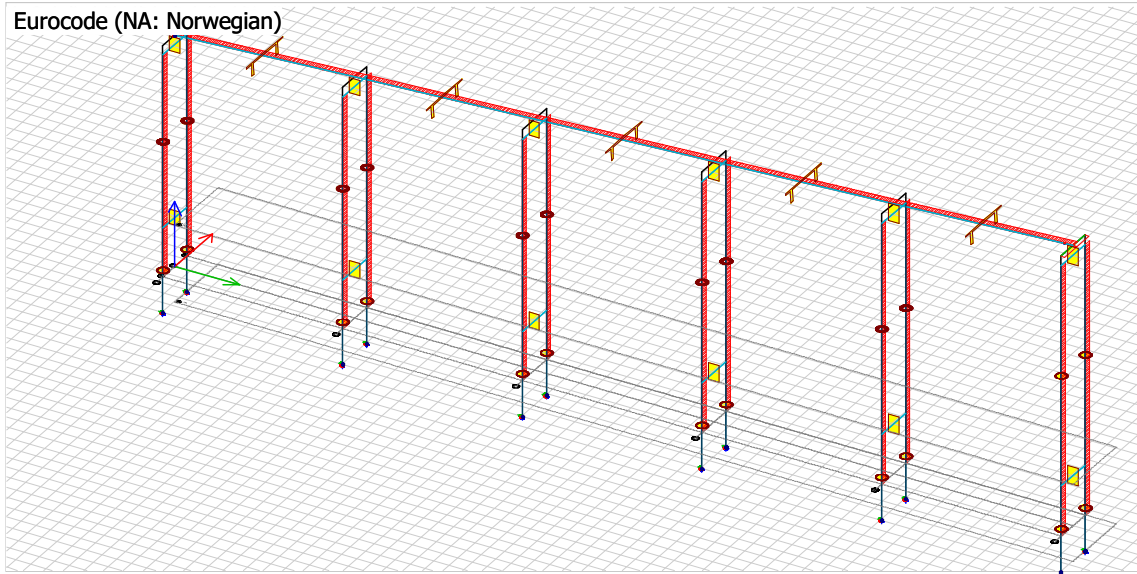
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

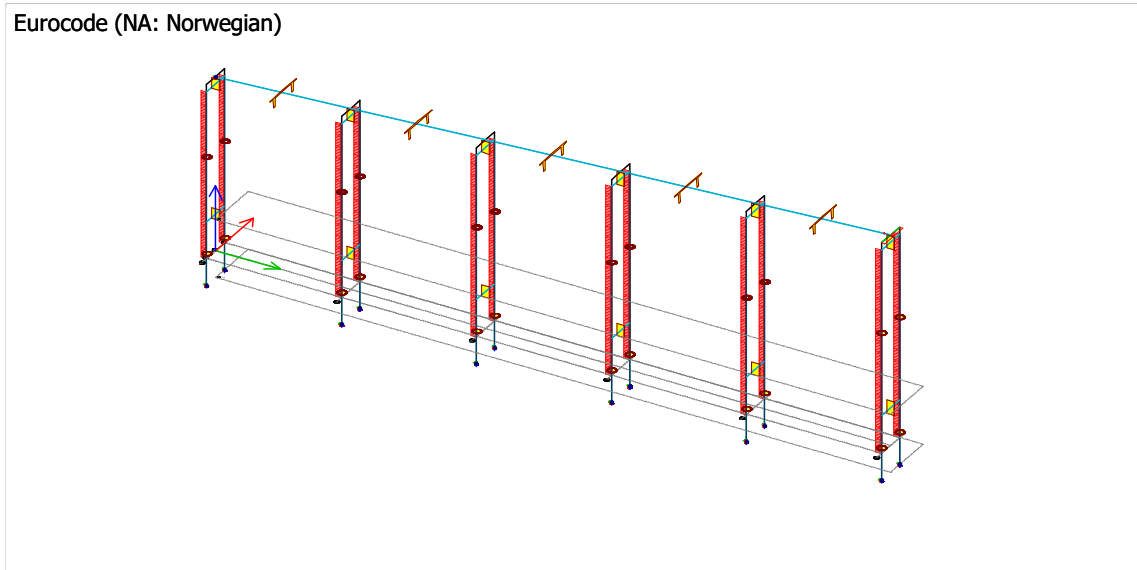
Whole structure / Vind tverretning u/trafikk -

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Vind lengderetning u/trafikk +

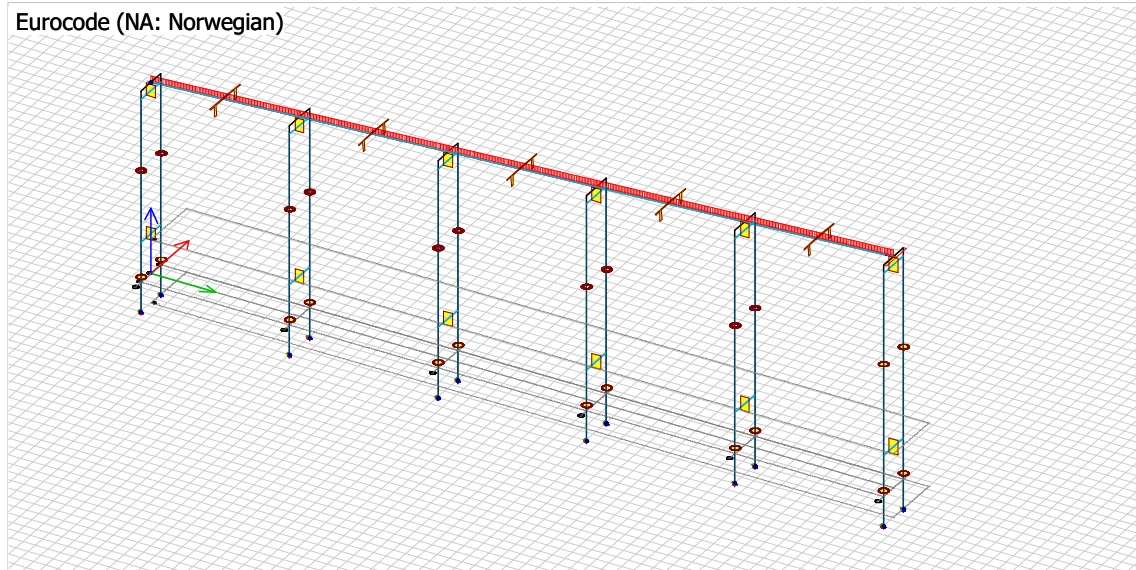
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg J

Whole structure / Påført egen

Eurocode (NA: Norwegian)



1.4 Laster

Load cases

No.	Name	Type	Duration class
1	Temperatur delta M heat	Ordinary	Medium-term
2	Temperatur delta M cool	Ordinary	Medium-term
3	Temperatur delta N exp	Ordinary	Medium-term
4	Temperatur delta N con	Ordinary	Medium-term
5	Auto egen	+Struc. dead load	Permanent
6	Påført egen	Ordinary	Permanent
7	Vind vertikalt m/trafikk	Ordinary	Short-term
8	Vind tverretningg m/trafikk -	Ordinary	Short-term
9	Vind lengderetning m/trafikk -	Ordinary	Short-term
10	Vind tverretning m/trafikk +	Ordinary	Short-term
11	Vind lengderetning m/trafikk +	Ordinary	Short-term
12	Vind vertikalt u/trafikk	Ordinary	Short-term
13	Vind lengderetning u/trafikk -	Ordinary	Short-term
14	Vind tverretningg u/trafikk+	Ordinary	Short-term
15	Vind tverretning u/trafikk -	Ordinary	Short-term
16	Vind lengderetning u/trafikk +	Ordinary	Short-term
17	svinn	+Shrinkage	Permanent
18	Trafikk A	Ordinary	Permanent
19	Trafikk B	Ordinary	Long-term
20	Trafikk D	Ordinary	Long-term
21	Trafikk C	Ordinary	Long-term
22	AR delta T n-ar	Ordinary	Permanent
23	AR delta T m-ar	Ordinary	Permanent
24	Temp 1	Ordinary	Medium-term
25	Temp 2	Ordinary	Medium-term
26	Temp 3	Ordinary	Medium-term
27	Temp 4	Ordinary	Medium-term
28	Temp 5	Ordinary	Medium-term

Vedlegg J

No.	Name	Type	Duration class
29	Temp 6	Ordinary	Medium-term
30	Temp 7	Ordinary	Medium-term
31	Temp 8	Ordinary	Medium-term
32	a	Ordinary	Permanent

Line loads

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
2	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
3	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
4	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
5	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
6	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
7	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
8	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
9	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
10	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
11	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
12	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
13	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
14	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
15	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
16	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
17	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
18	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
19	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
20	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
21	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
22	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
23	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
24	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
25	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
26	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
27	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
28	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
29	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
30	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
31	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
32	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
33	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
34	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
35	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
36	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
37	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
38	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
39	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
40	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk -	...	-	Action	Constant

Vedlegg J

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
41	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
42	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
43	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
44	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
45	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
46	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
47	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
48	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
49	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
50	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
51	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
52	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
53	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
54	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
55	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
56	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
57	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
58	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
59	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
60	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
61	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
62	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
63	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
64	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
65	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
66	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
67	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
68	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
69	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
70	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
71	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
72	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
73	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
74	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
75	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
76	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
77	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
78	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
79	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
80	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
81	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
82	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
83	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
84	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
85	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
86	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
87	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant

Vedlegg J

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
88	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
89	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
90	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
91	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
92	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
93	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
94	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
95	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
96	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
97	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
98	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
99	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
100	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
101	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
102	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
103	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
104	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
105	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
106	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
107	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
108	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
109	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
110	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
111	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
112	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
113	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
114	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
115	12.000	12.000	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
116	3.800	3.800	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
117	24.150	24.150	0.000	0.000	Påført egen	...	-	Action	Constant
118	24.150	24.150	0.000	0.000	Påført egen	...	-	Action	Constant
119	24.150	24.150	0.000	0.000	Påført egen	...	-	Action	Constant
120	24.150	24.150	0.000	0.000	Påført egen	...	-	Action	Constant
121	24.150	24.150	0.000	0.000	Påført egen	...	-	Action	Constant
122	7.400	7.400	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
123	7.400	7.400	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
124	7.400	7.400	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
125	7.400	7.400	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
126	7.400	7.400	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
127	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
128	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
129	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
130	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
131	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
132	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
133	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
134	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant

Vedlegg J

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
135	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
136	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
137	15.100	15.100	0.000	0.000	Vind vertikalt u/trafikk	...	-	Action	Constant
138	15.100	15.100	0.000	0.000	Vind vertikalt u/trafikk	...	-	Action	Constant
139	15.100	15.100	0.000	0.000	Vind vertikalt u/trafikk	...	-	Action	Constant
140	15.100	15.100	0.000	0.000	Vind vertikalt u/trafikk	...	-	Action	Constant
141	15.100	15.100	0.000	0.000	Vind vertikalt u/trafikk	...	-	Action	Constant
142	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
143	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
144	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
145	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
146	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
147	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
148	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
149	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
150	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
151	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant

Line temperature loads

No.	t1	t1'	t2	t2'	Load case	Comment
[-]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[-]
1	21.000	21.000	21.000	21.000	Temperatur delta N exp	
2	21.000	21.000	21.000	21.000	Temperatur delta N exp	
3	21.000	21.000	21.000	21.000	Temperatur delta N exp	
4	21.000	21.000	21.000	21.000	Temperatur delta N exp	
5	21.000	21.000	21.000	21.000	Temperatur delta N exp	
6	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temperatur delta N con	
7	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temperatur delta N con	
8	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temperatur delta N con	
9	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temperatur delta N con	
10	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temperatur delta N con	
11	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temperatur delta M cool	
12	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temperatur delta M cool	
13	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temperatur delta M cool	
14	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temperatur delta M cool	
15	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temperatur delta M cool	
16	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temperatur delta M heat	
17	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temperatur delta M heat	
18	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temperatur delta M heat	
19	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temperatur delta M heat	
20	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temperatur delta M heat	
21	27.000	27.000	27.000	27.000	AR delta T n-ar	
22	29.000	29.000	29.000	29.000	AR delta T n-ar	
23	27.000	27.000	27.000	27.000	AR delta T n-ar	
24	29.000	29.000	29.000	29.000	AR delta T n-ar	
25	27.000	27.000	27.000	27.000	AR delta T n-ar	
26	29.000	29.000	29.000	29.000	AR delta T n-ar	

Vedlegg J

No.	t1	t1'	t2	t2'	Load case	Comment
[-]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[-]
27	27.000	27.000	27.000	27.000	AR delta T n-ar	
28	29.000	29.000	29.000	29.000	AR delta T n-ar	
29	24.000	24.000	24.000	24.000	AR delta T n-ar	
30	27.000	27.000	27.000	27.000	AR delta T n-ar	
31	27.000	27.000	27.000	27.000	AR delta T n-ar	
32	1.000	-2.000	6.000	-13.000	AR delta T m-ar	
33	6.000	-13.000	6.000	-13.000	AR delta T m-ar	
34	6.000	-13.000	1.000	-2.000	AR delta T m-ar	
35	1.000	-2.000	6.000	-13.000	AR delta T m-ar	
36	6.000	-13.000	6.000	-13.000	AR delta T m-ar	
37	6.000	-13.000	1.000	-2.000	AR delta T m-ar	
38	1.000	-2.000	6.000	-13.000	AR delta T m-ar	
39	6.000	-13.000	6.000	-13.000	AR delta T m-ar	
40	6.000	-13.000	1.000	-2.000	AR delta T m-ar	
41	1.000	-2.000	6.000	-13.000	AR delta T m-ar	
42	6.000	-13.000	6.000	-13.000	AR delta T m-ar	
43	6.000	-13.000	3.500	-7.500	AR delta T m-ar	
44	3.500	-7.500	8.900	-19.100	AR delta T m-ar	
45	8.900	-19.100	8.900	-19.100	AR delta T m-ar	
46	8.900	-19.100	1.000	-2.000	AR delta T m-ar	
47	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 1	
48	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 1	
49	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 1	
50	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 1	
51	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 1	
52	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 1	
53	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 1	
54	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 1	
55	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 1	
56	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 1	
57	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 2	
58	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 2	
59	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 2	
60	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 2	
61	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 2	
62	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 2	
63	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 2	
64	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 2	
65	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 2	
66	7.350	7.350	7.350	7.350	Temp 2	
67	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 3	
68	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 3	
69	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 3	
70	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 3	
71	3.300	-7.200	3.300	-7.200	Temp 3	
72	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 3	
73	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 3	

Vedlegg J

No.	t1	t1'	t2	t2'	Load case	Comment
[-]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[-]
74	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 3	
75	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 3	
76	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 3	
77	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 4	
78	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 4	
79	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 4	
80	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 4	
81	2.500	-5.500	2.500	-5.500	Temp 4	
82	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 4	
83	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 4	
84	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 4	
85	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 4	
86	-9.450	-9.450	-9.450	-9.450	Temp 4	
87	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 5	
88	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 5	
89	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 5	
90	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 5	
91	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 5	
92	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 5	
93	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 5	
94	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 5	
95	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 5	
96	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 5	
97	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 6	
98	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 6	
99	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 6	
100	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 6	
101	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 6	
102	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 6	
103	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 6	
104	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 6	
105	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 6	
106	21.000	21.000	21.000	21.000	Temp 6	
107	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 7	
108	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 7	
109	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 7	
110	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 7	
111	2.475	-5.400	2.475	-5.400	Temp 7	
112	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 7	
113	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 7	
114	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 7	
115	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 7	
116	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 7	
117	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 8	
118	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 8	
119	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 8	
120	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 8	

Vedlegg J

No.	t1	t1'	t2	t2'	Load case	Comment
[-]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[-]
121	1.875	-4.125	1.875	-4.125	Temp 8	
122	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 8	
123	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 8	
124	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 8	
125	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 8	
126	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000	Temp 8	

Point loads

No.	F	M	Load case	Comment	Applied on Ecc.	Assigned
[-]	[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	120.000	0.000	Trafikk A		Yes	-
2	120.000	0.000	Trafikk A		Yes	-
3	120.000	0.000	Trafikk A		Yes	-
4	120.000	0.000	Trafikk A		Yes	-
5	120.000	0.000	Trafikk A		Yes	-
6	120.000	0.000	Trafikk A		Yes	-
7	120.000	0.000	Trafikk A		Yes	-
8	120.000	0.000	Trafikk A		Yes	-
9	120.000	0.000	Trafikk B		Yes	-
10	120.000	0.000	Trafikk B		Yes	-
11	120.000	0.000	Trafikk B		Yes	-
12	120.000	0.000	Trafikk B		Yes	-
13	120.000	0.000	Trafikk B		Yes	-
14	120.000	0.000	Trafikk B		Yes	-
15	120.000	0.000	Trafikk B		Yes	-
16	120.000	0.000	Trafikk B		Yes	-
17	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
18	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
19	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
20	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
21	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
22	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
23	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
24	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
25	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
26	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
27	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
28	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
29	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
30	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
31	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
32	60.000	0.000	Trafikk D		Yes	-
33	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
34	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
35	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
36	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
37	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-

Vedlegg J

No.	F	M	Load case	Comment	Applied on Ecc.	Assigned
[-]	[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]
38	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
39	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
40	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
41	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
42	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
43	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
44	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
45	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
46	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
47	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-
48	60.000	0.000	Trafikk C		Yes	-

1.5 Last kombinasjoner

Load combinations

No.	Name	Type	Factor	Load cases
1	AR-kontroll 1	Ultimate	1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
2	AR-kontroll 2	Charact...	1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
3	B kombinasjon a	Ultimate	1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
4	B kombinasjon b	Ultimate	1.300	Trafikk B
			1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
5	A kombinasjon a	Ultimate	1.000	AR delta T m-ar
			1.200	Trafikk B
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			0.800	Temp 1
6	A kombinasjon b	Ultimate	1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
			1.300	Trafikk A
			1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
			1.200	Trafikk A
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk

Vedlegg J

No.	Name	Type	Factor	Load cases
7	C kombinasjon a	Ultimate	0.800	Temp 1
			1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
8	C kombinasjon b	Ultimate	1.300	Trafikk C
			1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
9	D kombinasjon a	Ultimate	1.200	Trafikk C
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			0.800	Temp 4
			1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen
10	D kombinasjon b	Ultimate	1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
			1.300	Trafikk D
			1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
11	A kombinasjon b uten temp	Ultimate	1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
			1.200	Trafikk A
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			0.800	Temp 4
12	B kombinasjon b uten temp	Ultimate	1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
			1.200	Trafikk B
13	C kombinasjon b uten temp	Ultimate	0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
14	D kombinasjon b uten temp	Ultimate	1.200	Trafikk C
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	AR delta T n-ar
			1.000	AR delta T m-ar
			1.200	Trafikk D

Vedlegg J

No.	Name	Type	Factor	Load cases
15	A kombinasjon a uten AR	Ultimate	0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.300	Trafikk A
16	A kombinasjon b uten AR	Ultimate	1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.200	Trafikk A
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
17	B kombinasjon a uten AR	Ultimate	0.800	Temp 1
			1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.300	Trafikk B
18	B kombinasjon b uten AR	Ultimate	1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.200	Trafikk B
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
19	C kombinasjon a uten AR	Ultimate	0.800	Temp 1
			1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.300	Trafikk C
20	C kombinasjon b uten AR	Ultimate	1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.200	Trafikk C
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
21	D kombinasjon a uten AR	Ultimate	0.800	Temp 4
			1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.300	Trafikk D
22	D kombinasjon b uten AR	Ultimate	1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.200	Trafikk D
			0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			0.800	Temp 4

Vedlegg J

2 Statikk

2.1 Likevekt

Equilibrium, Ultimate - Load case

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
Temper...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
Temper...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
Temper...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temper...	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	-0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	-0.001	-
	Mz'	0.000	0.000	-
Auto eg...	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-26566.616	26566.616	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	1697418.071	1697418.070	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
Påført e...	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-2902.248	2902.248	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	174134.898	174134.897	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
Vind ve...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-889.302	889.302	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	53358.105	53358.105	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
Vind tv...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	-877.500	877.500	0.00
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	25077.509	25077.508	0.00
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	-53414.398	53414.397	0.00
Vind len...	Fx'	-276.620	276.620	0.00
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	-4553.266	4553.266	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
Vind tv...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	877.500	-877.500	0.00
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	-25077.509	25077.508	0.00
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	53414.398	-53414.397	0.00
Vind len...	Fx'	276.620	-276.620	0.00
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	4553.266	-4553.266	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
Vind ve...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-1814.656	1814.656	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	108879.377	108879.377	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
Vind len...	Fx'	-513.724	513.724	0.00
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	-8456.066	8456.066	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
Vind tv...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	709.469	-709.469	0.00
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	-14442.835	14442.835	0.00
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	44096.969	-44096.969	0.00

Vedlegg J

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
Vind tv...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	-709.469	709.469	0.00
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	14442.835	-14442.835	0.00
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	-44096.969	44096.969	0.00
Vind len...	Fx'	513.724	-513.724	0.00
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	8456.066	-8456.066	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
svinn	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	-0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.001	-
	Mz'	0.000	0.000	-
Trafikk A	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-2099.268	2099.268	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	125956.007	-125956.007	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
Trafikk B	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-2099.268	2099.268	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	172036.007	-172036.007	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
Trafikk D	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-1719.512	1719.512	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	82536.513	-82536.513	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
Trafikk C	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-1719.512	1719.512	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	165073.078	-165073.078	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
AR delt...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.001	-
	Mz'	0.000	0.000	-

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
AR delt...	Mz'	0.000	-0.000	-
	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
Temp 1	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temp 2	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temp 3	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temp 4	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temp 5	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temp 6	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temp 7	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Mz'	0.000	-0.000	-

Vedlegg J

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
Temp 8	My'	0.000	-0.001	-
	Mz'	0.000	0.000	-
	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	-0.001	-

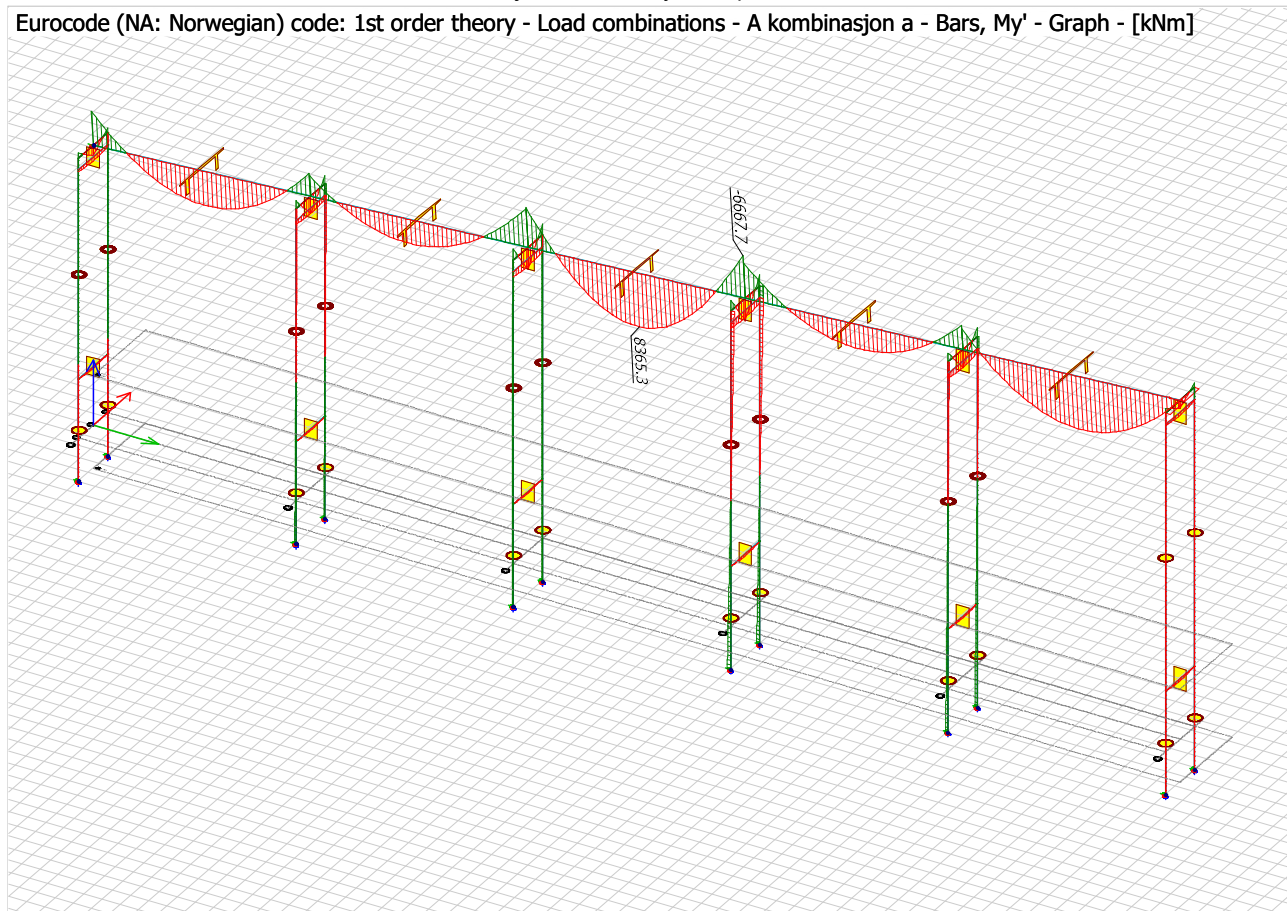
Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
a	Mz'	0.000	0.000	-
	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-

2.2 Dimensjonerende lastkombinasjoner

2.2.1 Dimensjonerende moment

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon a - Bars, My' - Graph

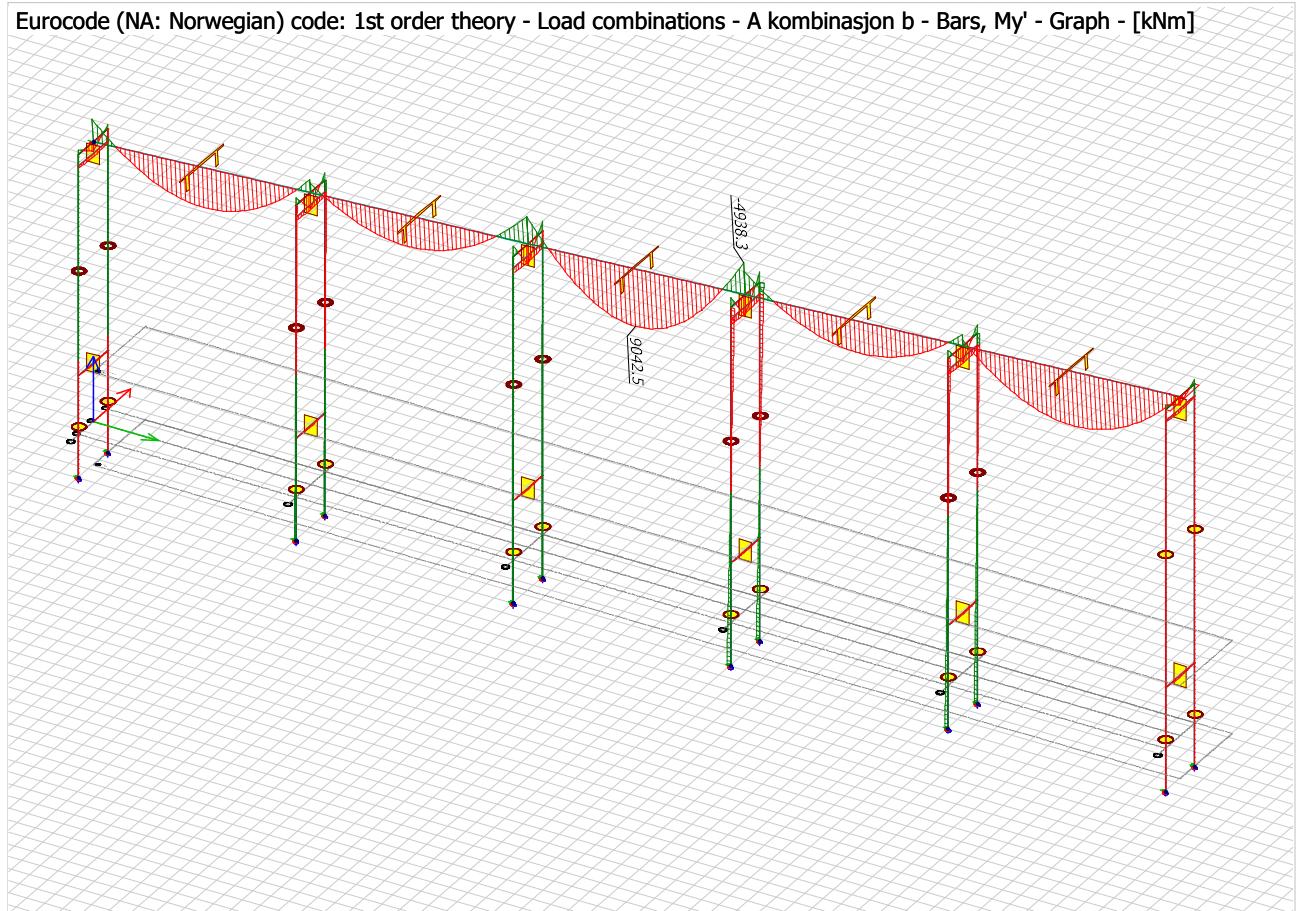
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon a - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon b - Bars, My' - Graph

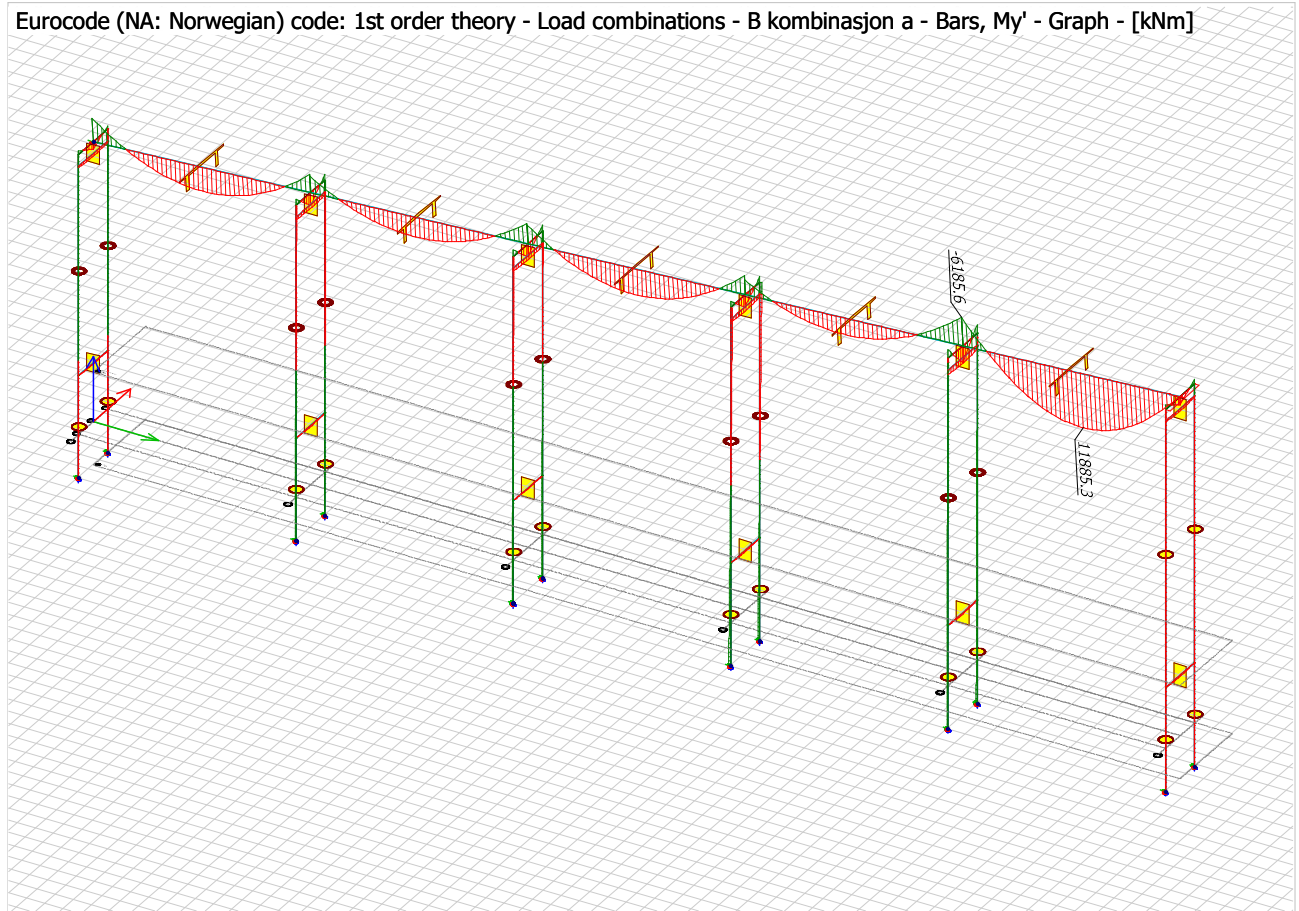
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon b - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon a - Bars, My' - Graph

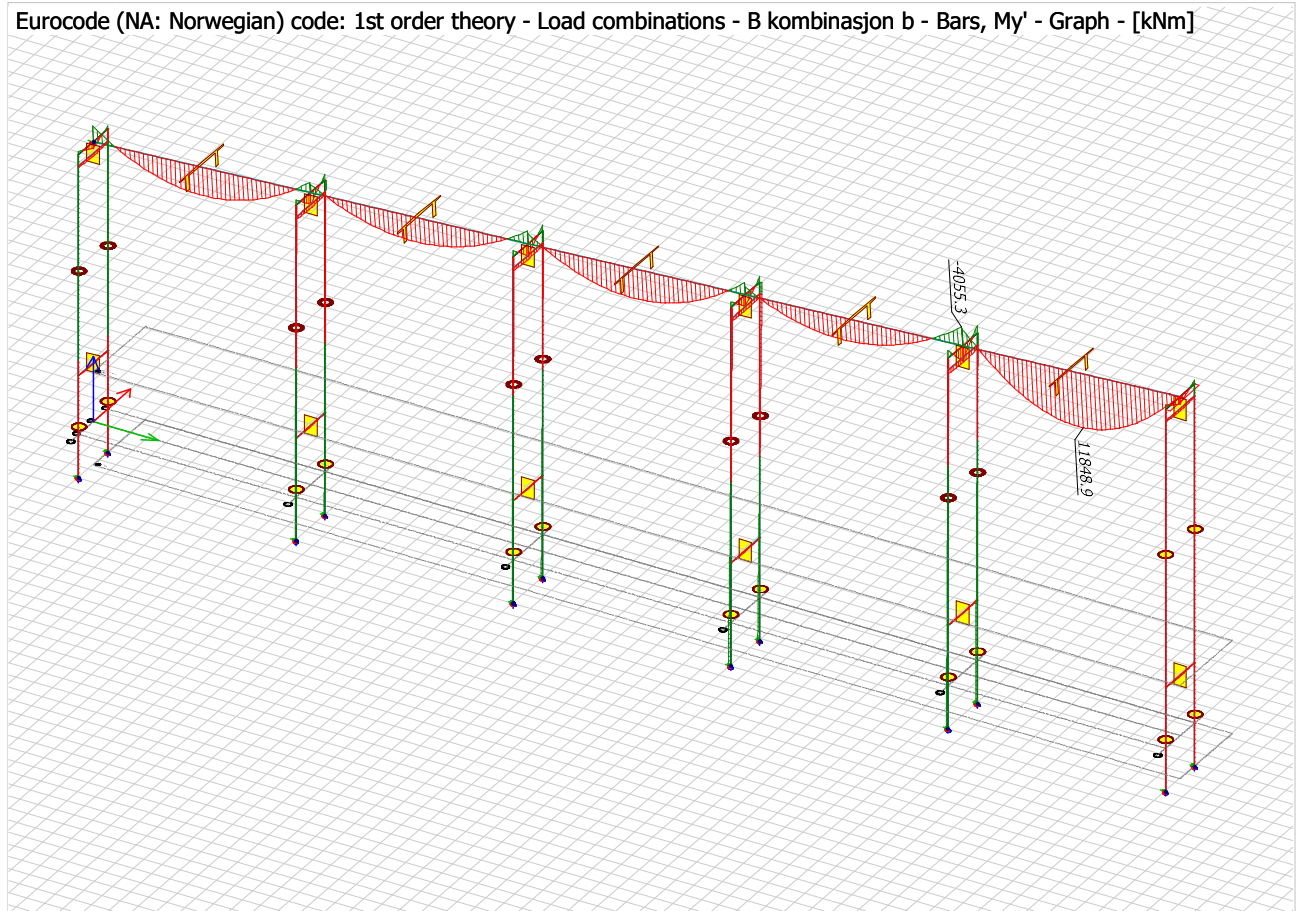
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon a - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon b - Bars, My' - Graph

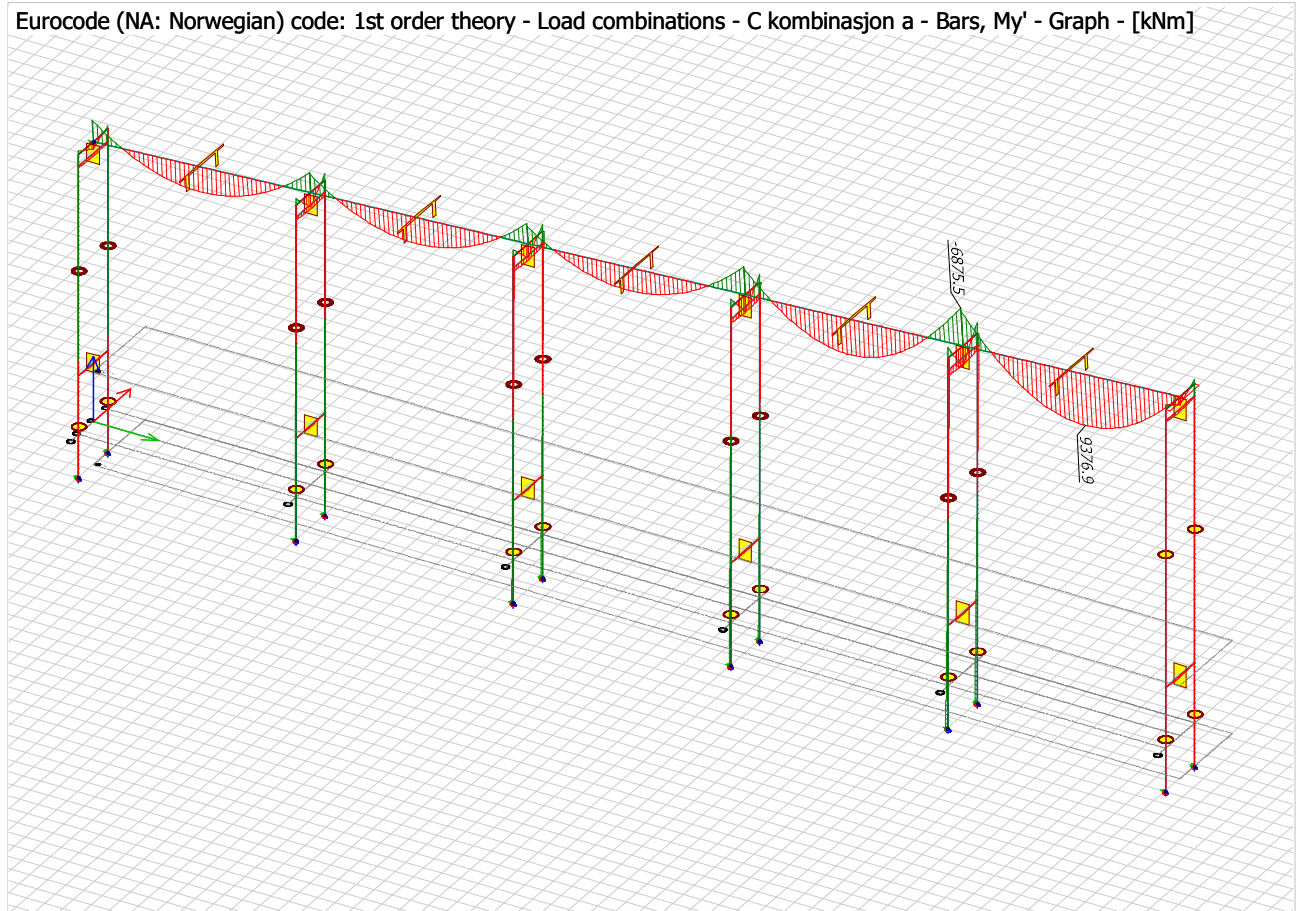
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon b - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon a - Bars, My' - Graph

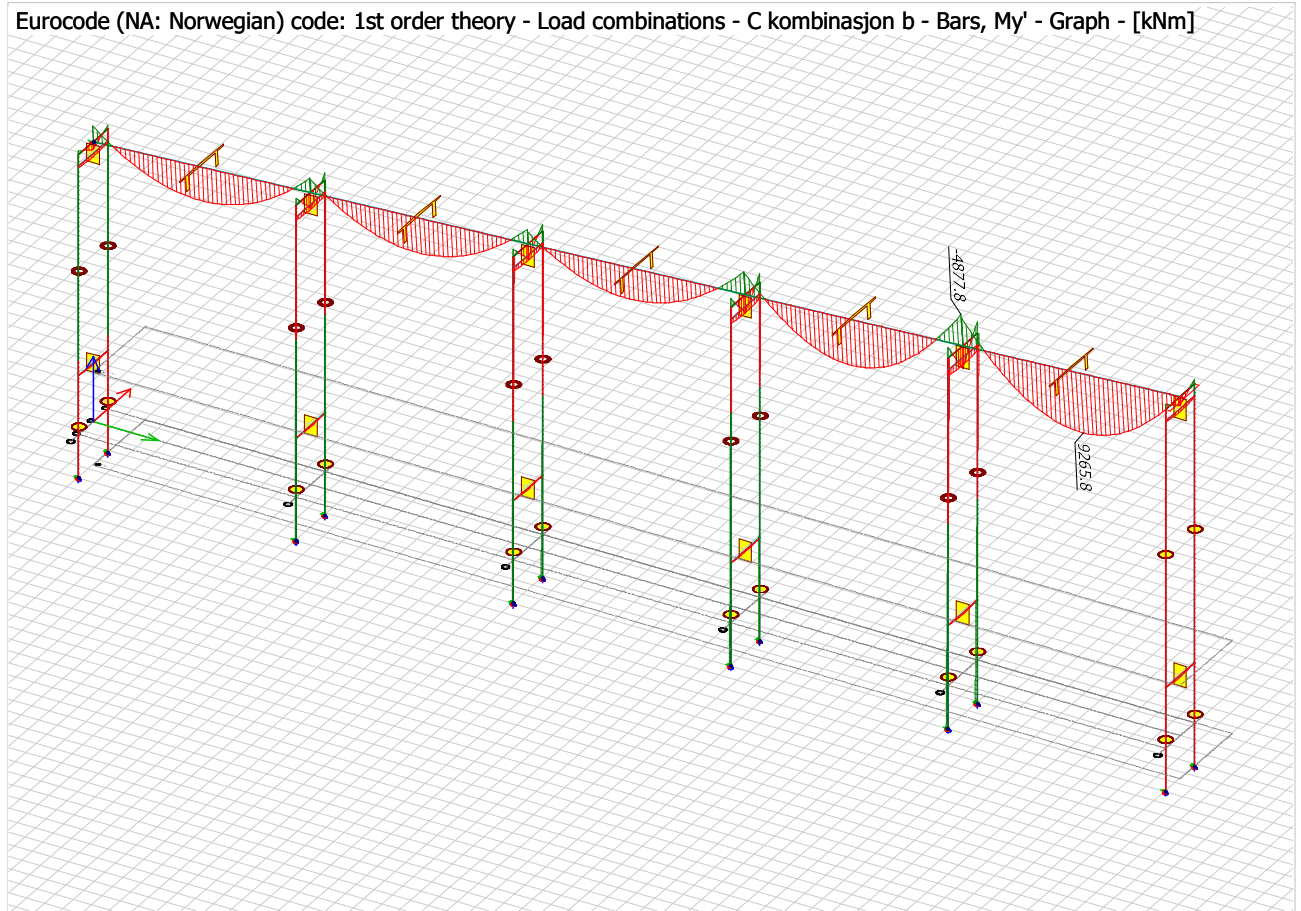
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon a - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon b - Bars, My' - Graph

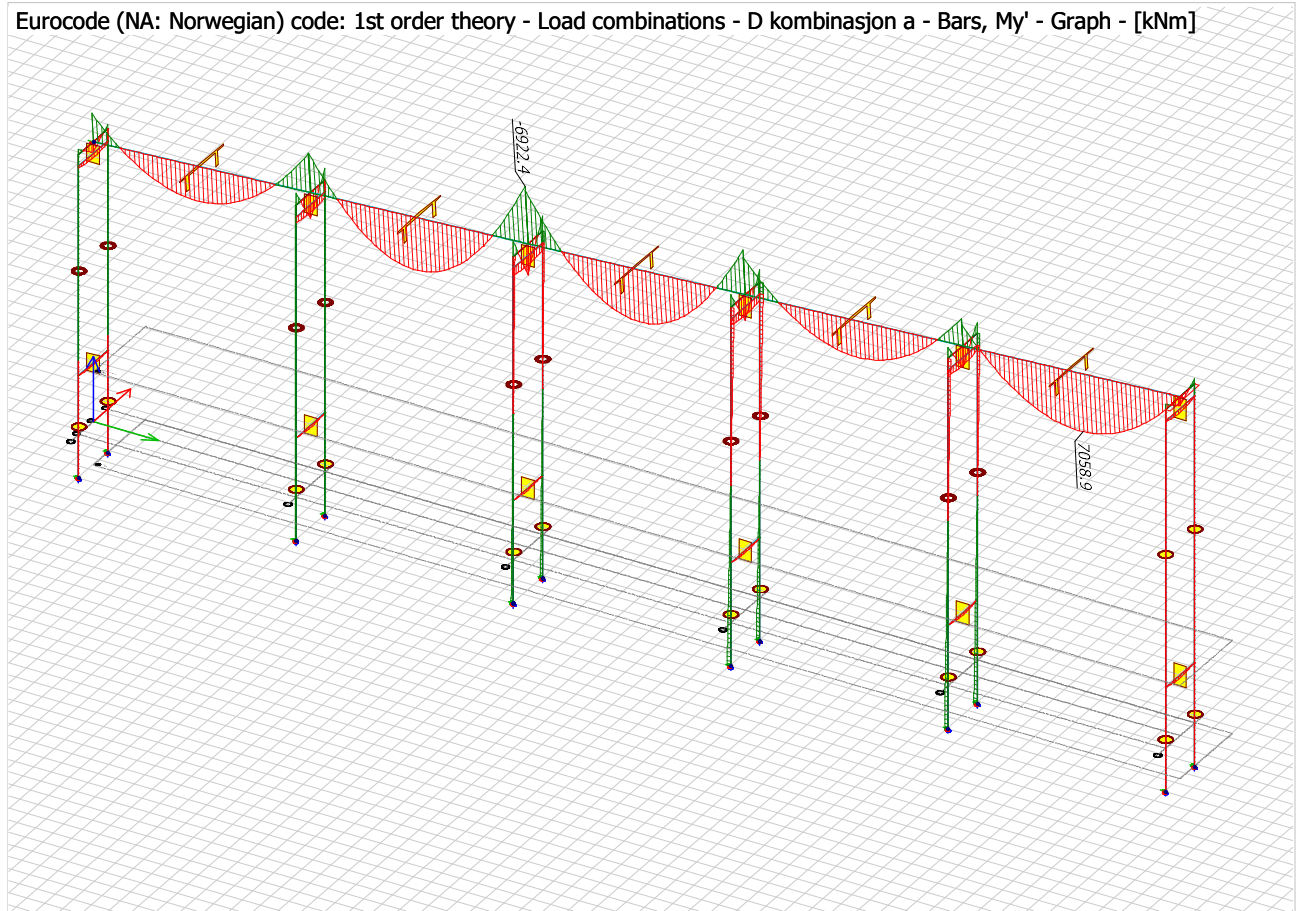
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon b - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon a - Bars, My' - Graph

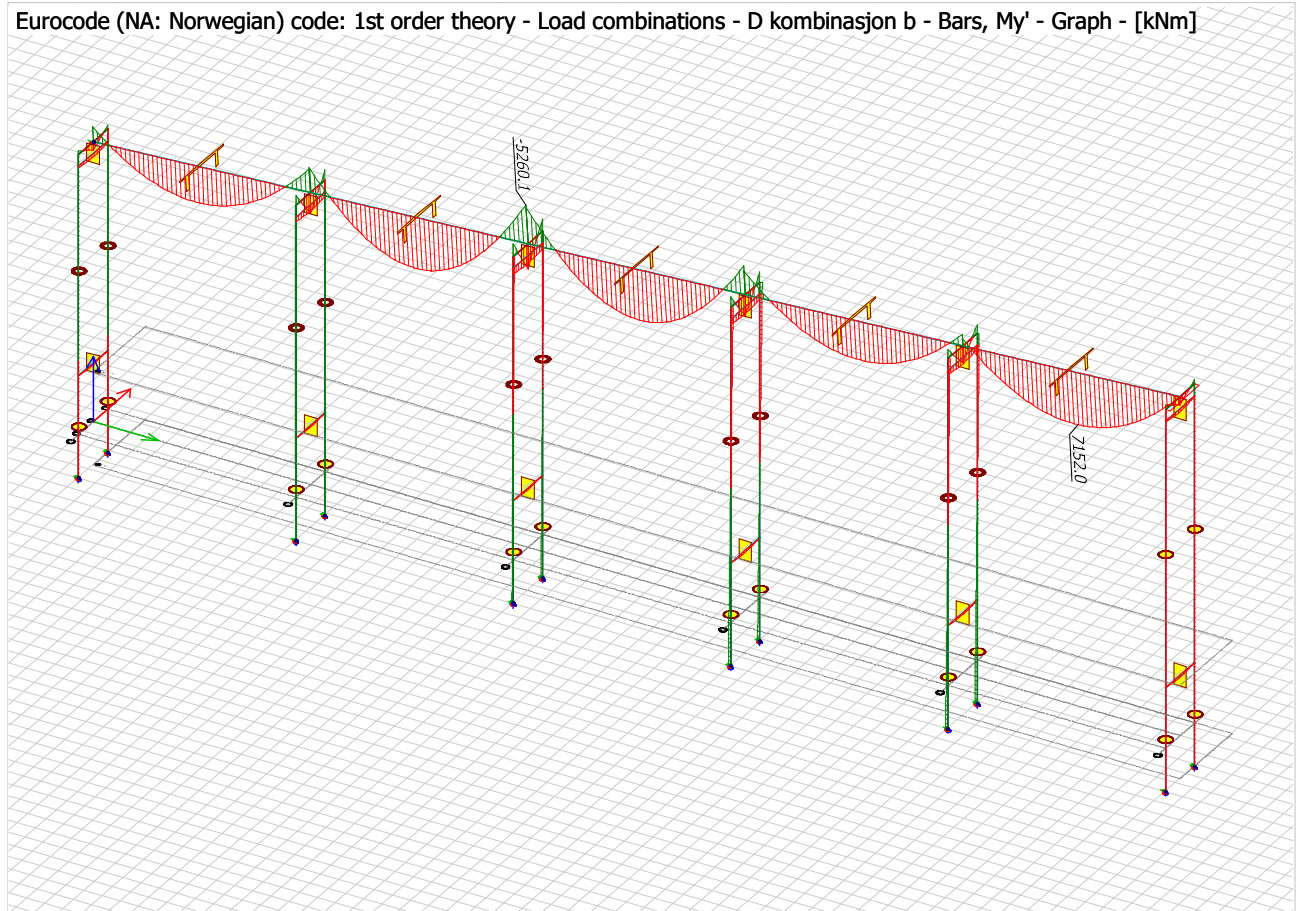
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon a - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon b - Bars, My' - Graph

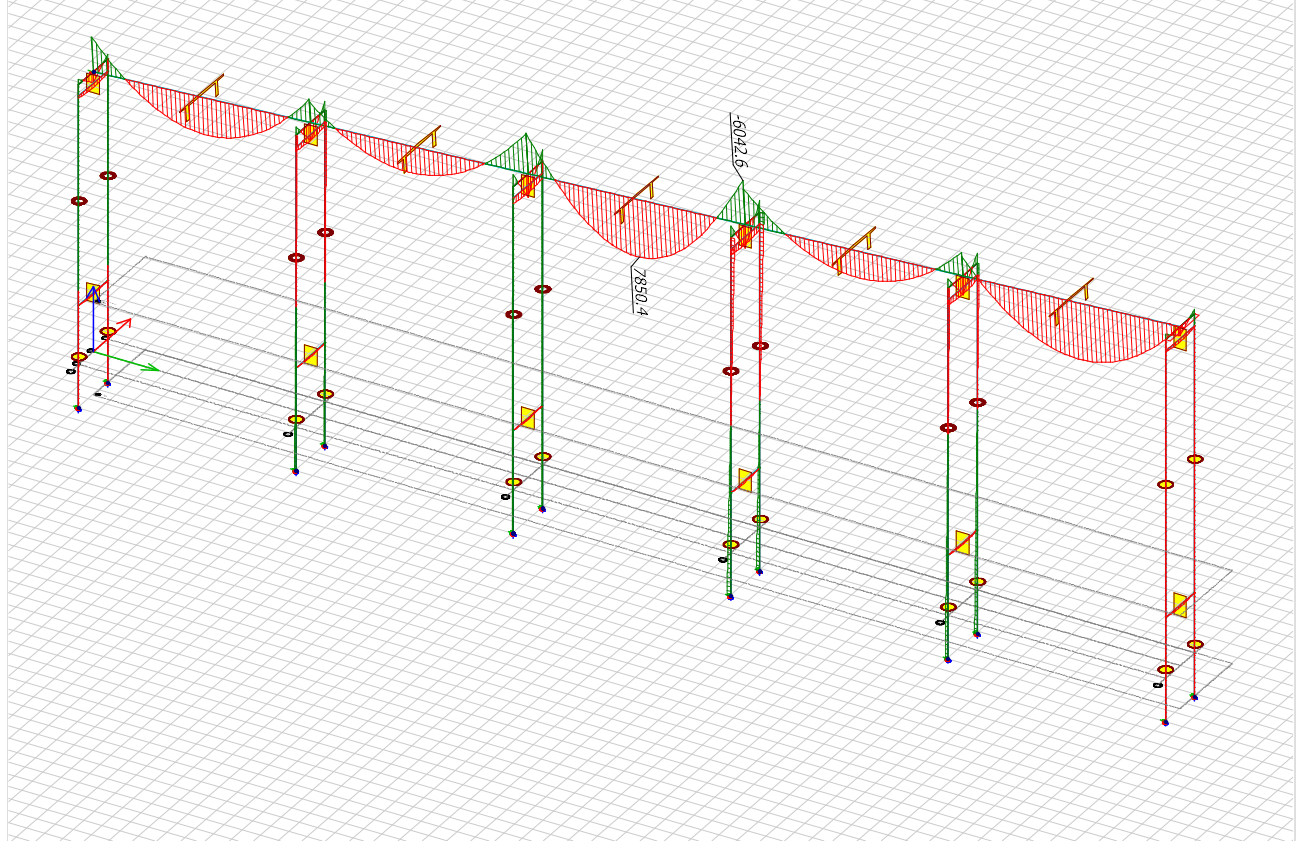
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon b - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon b uten temp - Bars, My' - Graph

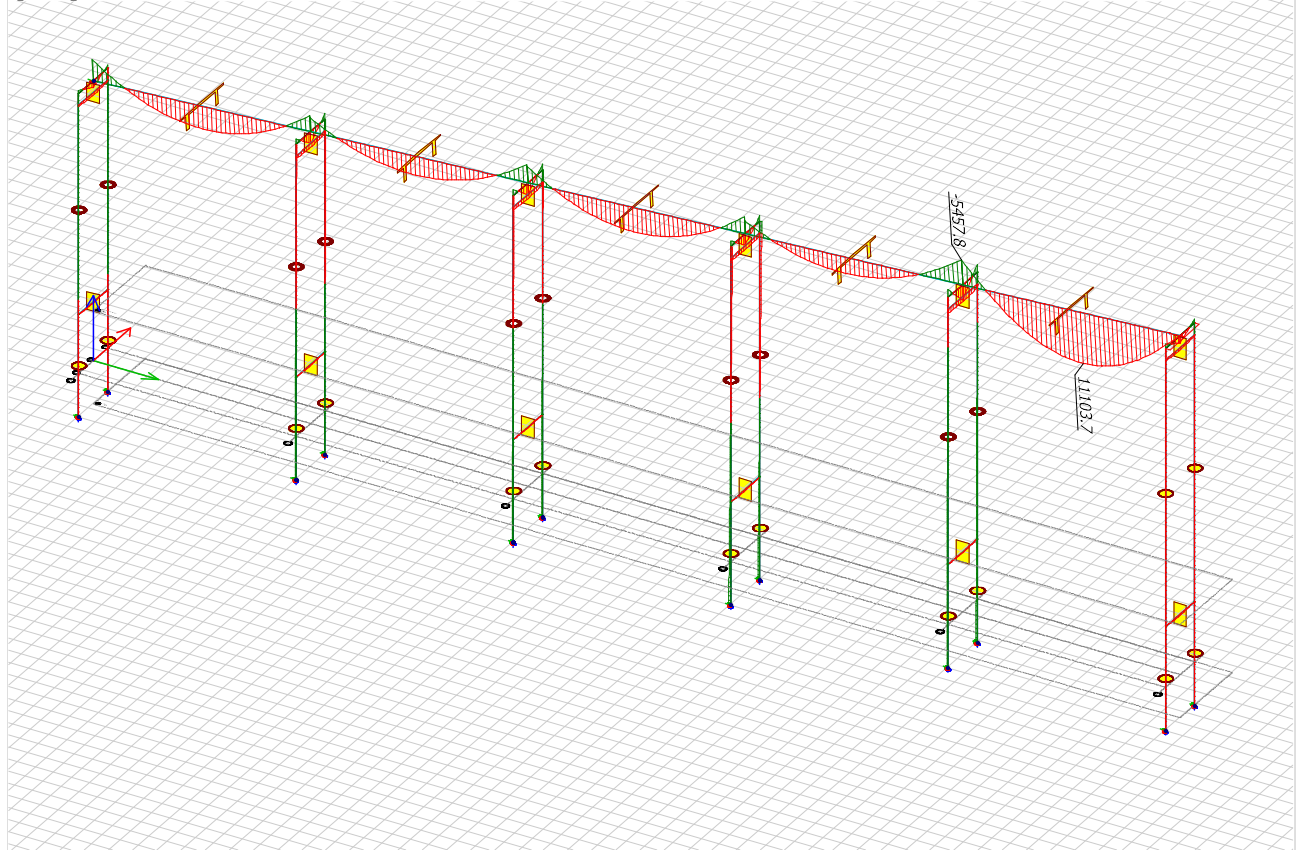
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon b uten temp - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon b uten temp - Bars, My' - Graph

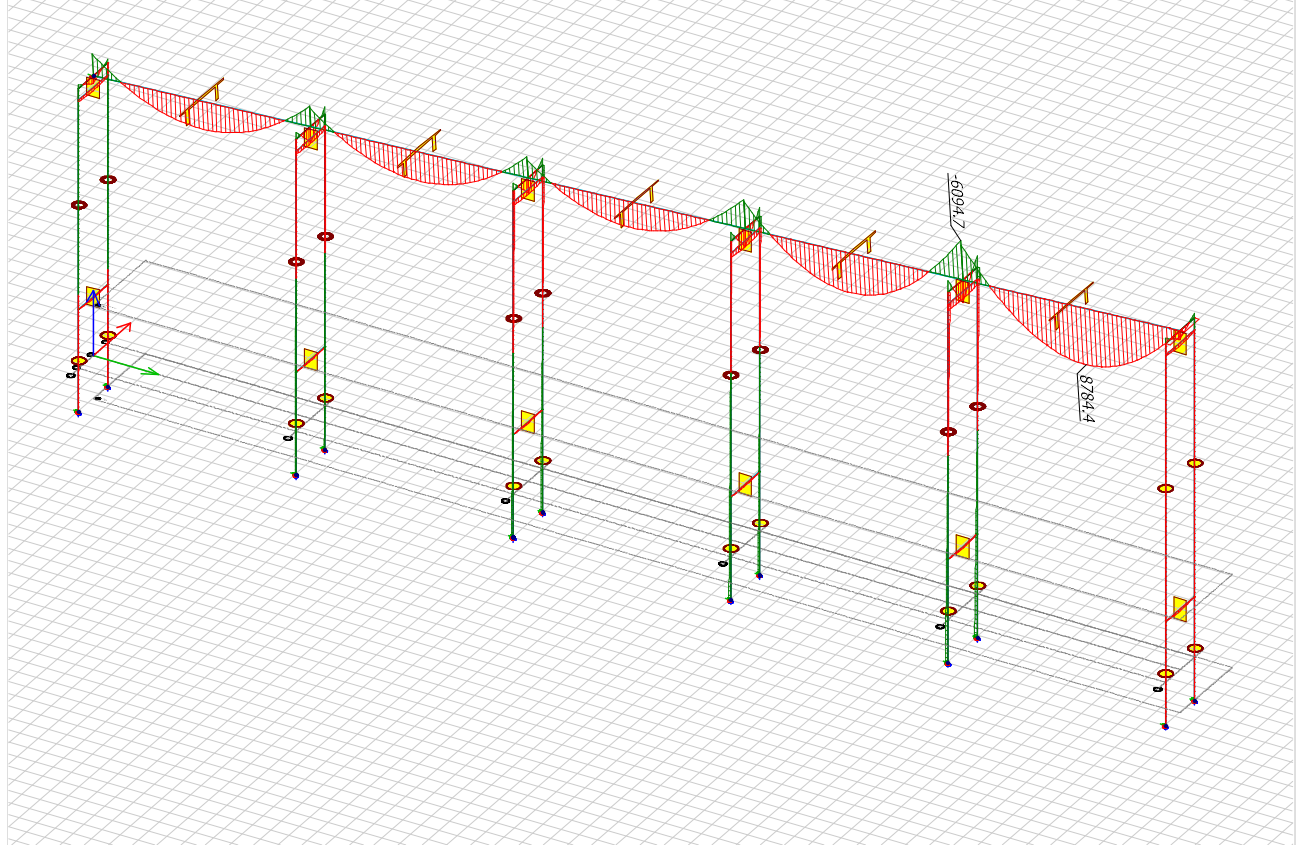
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon b uten temp - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon b uten temp - Bars, My' - Graph

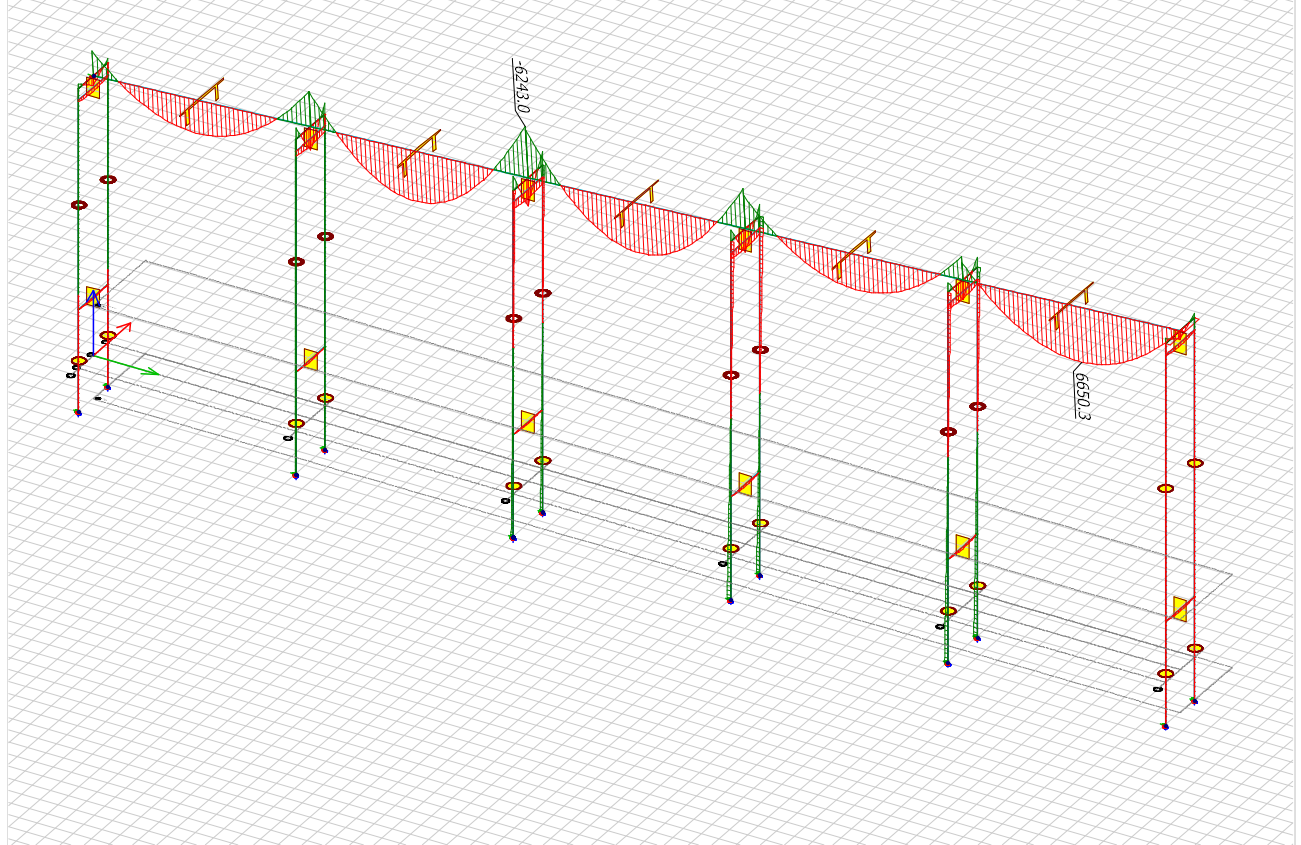
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon b uten temp - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon b uten temp - Bars, My' - Graph

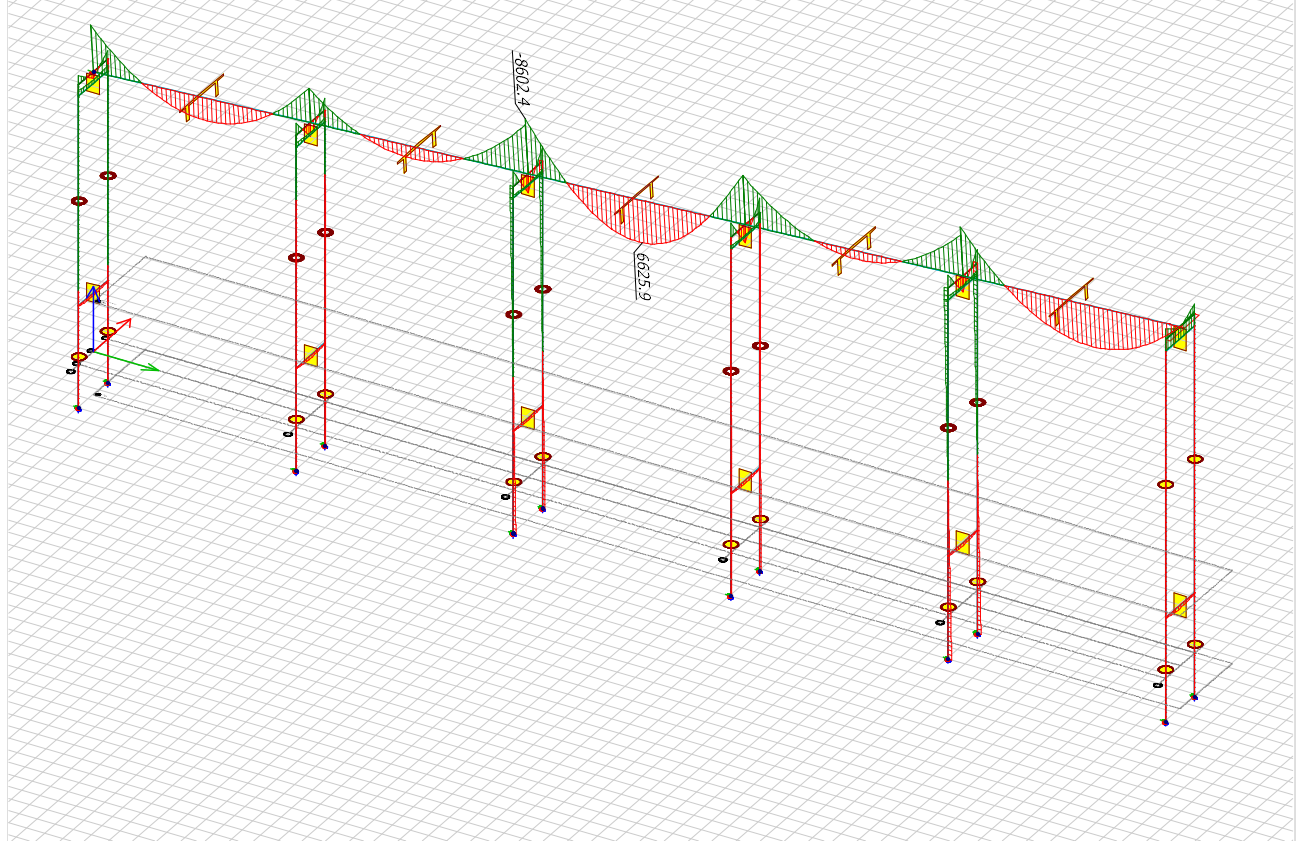
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon b uten temp - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon a uten AR - Bars, My' - Graph

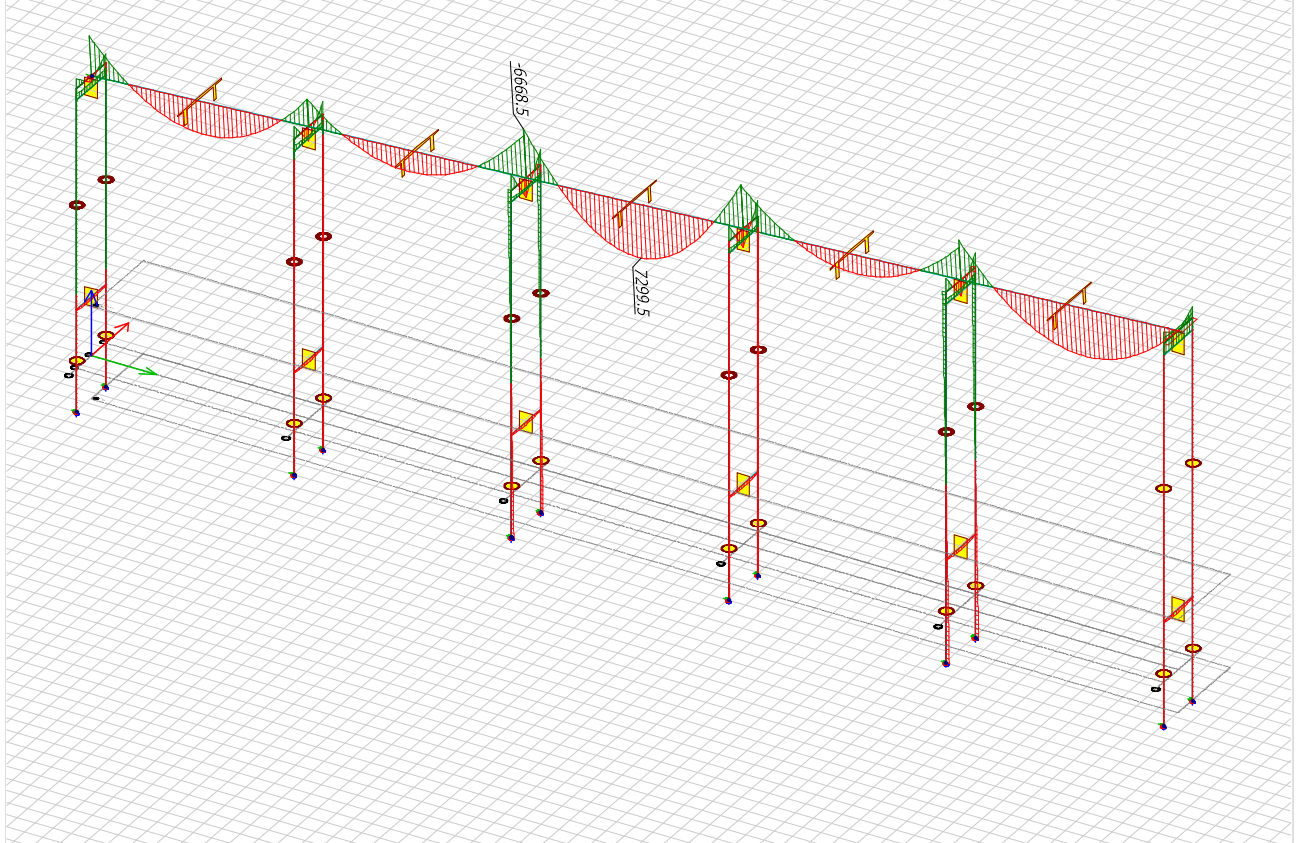
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon a uten AR - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon b uten AR - Bars, My' - Graph

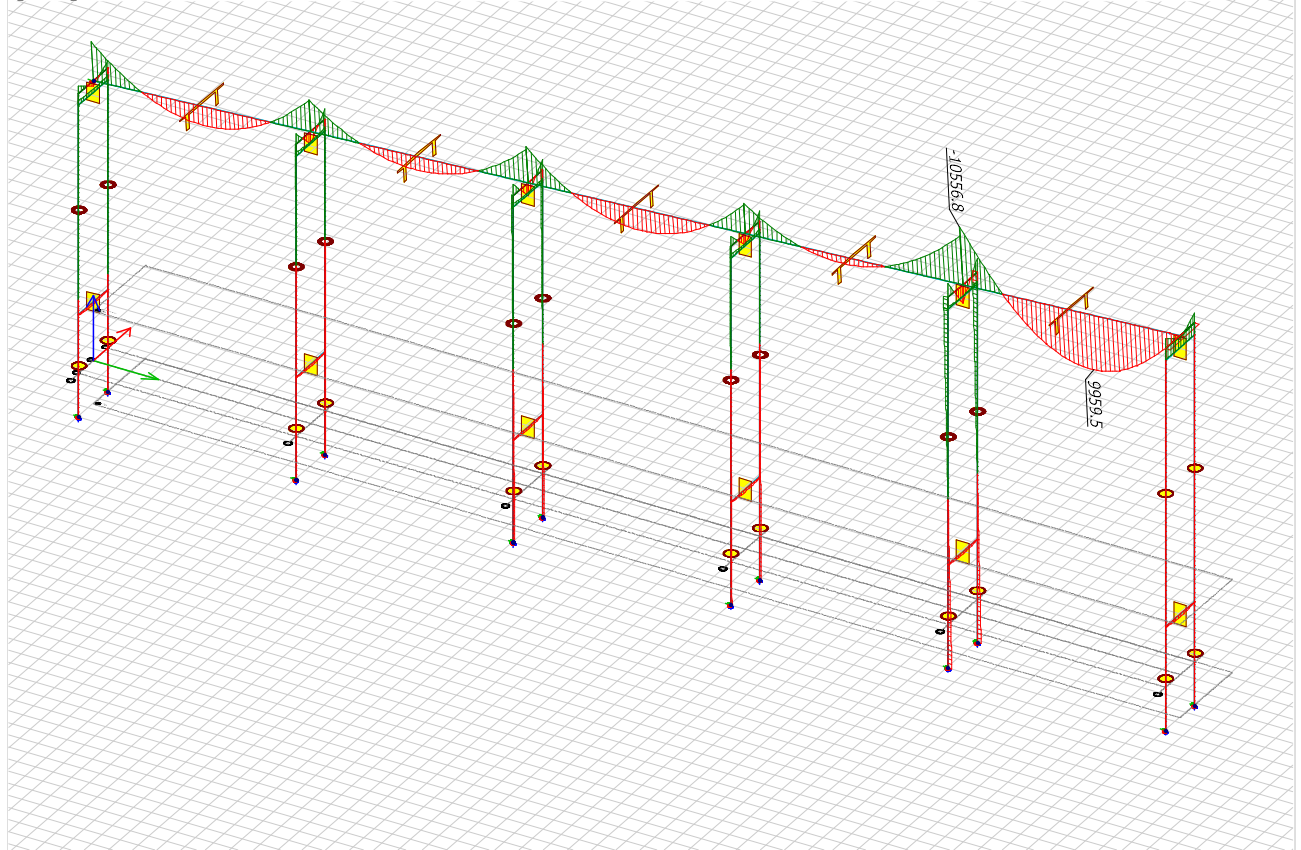
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon b uten AR - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon a uten AR - Bars, My' - Graph

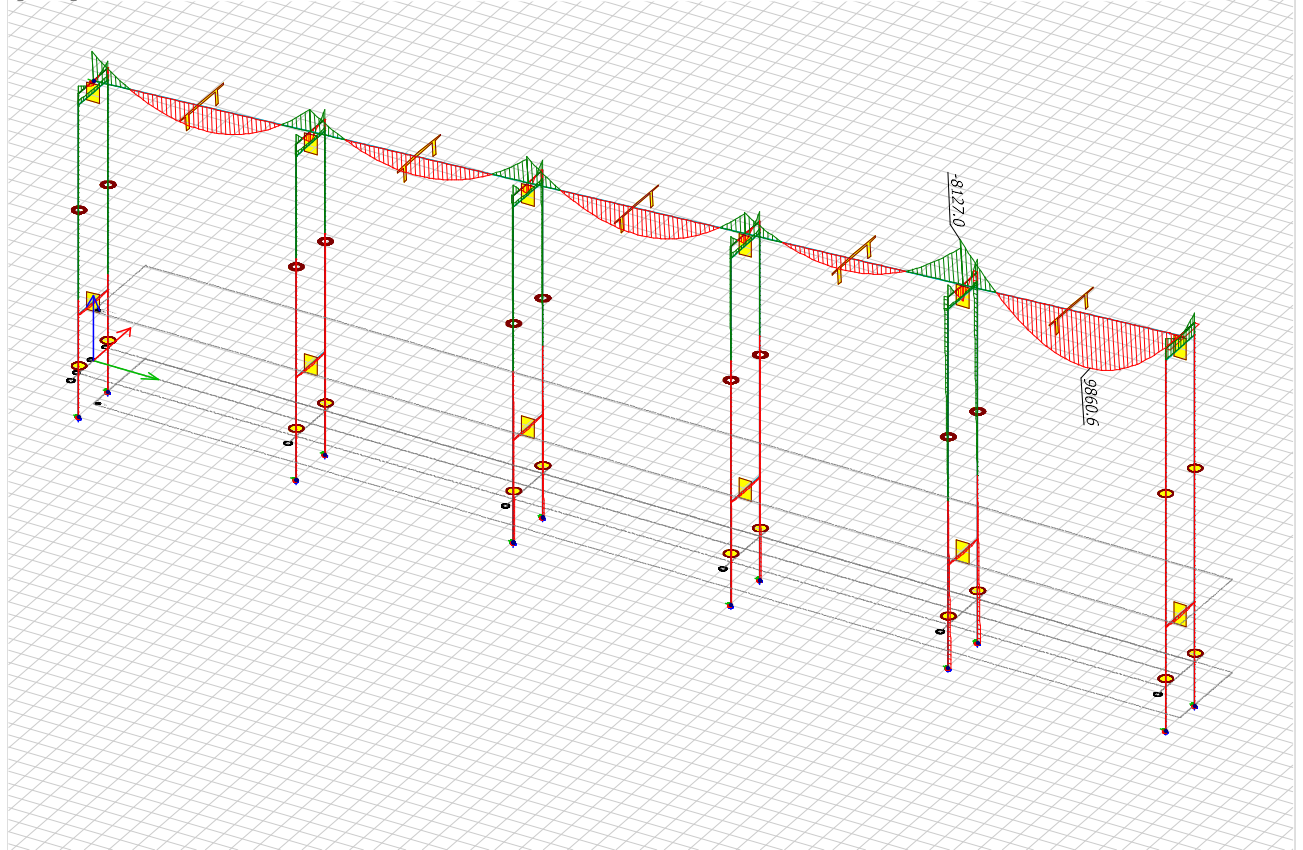
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon a uten AR - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon b uten AR - Bars, My' - Graph

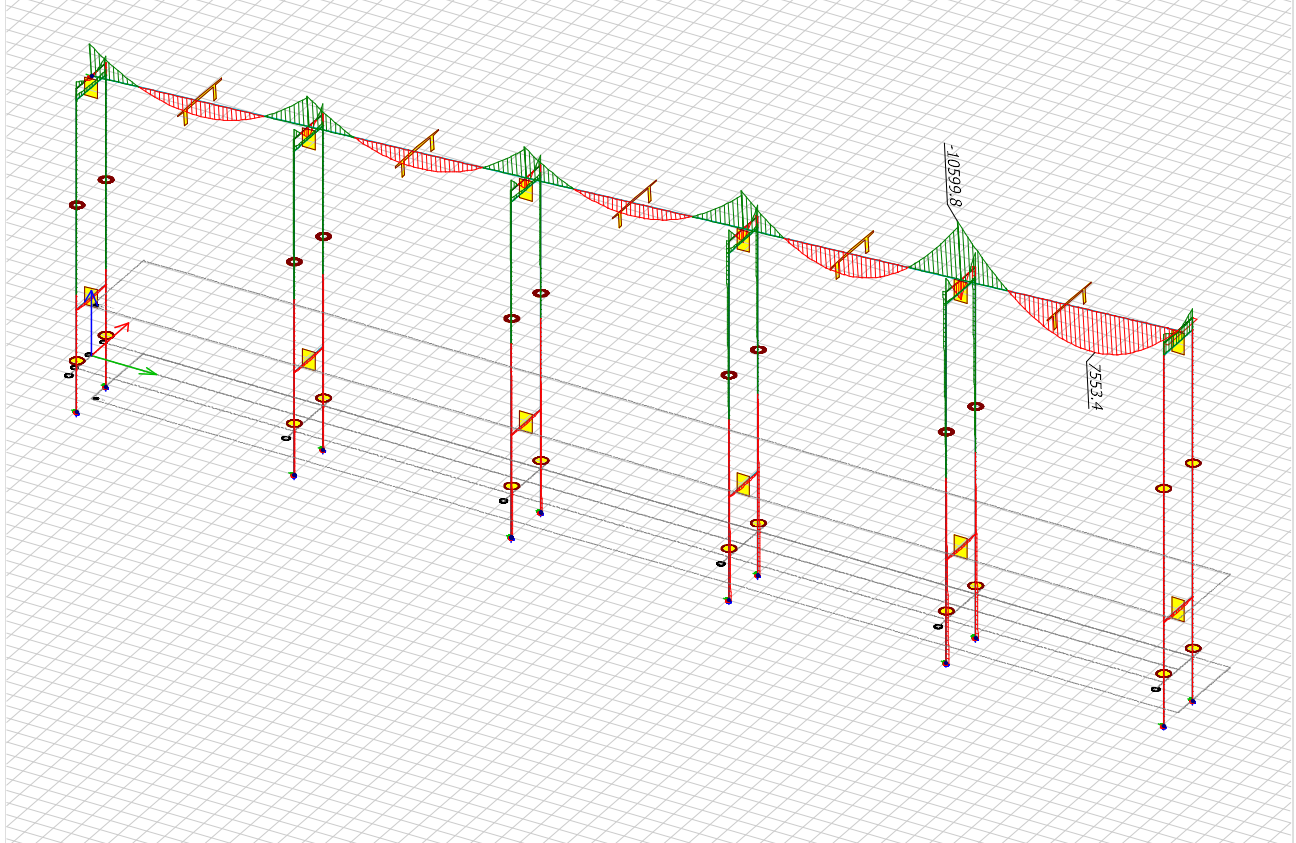
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon b uten AR - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon a uten AR - Bars, My' - Graph

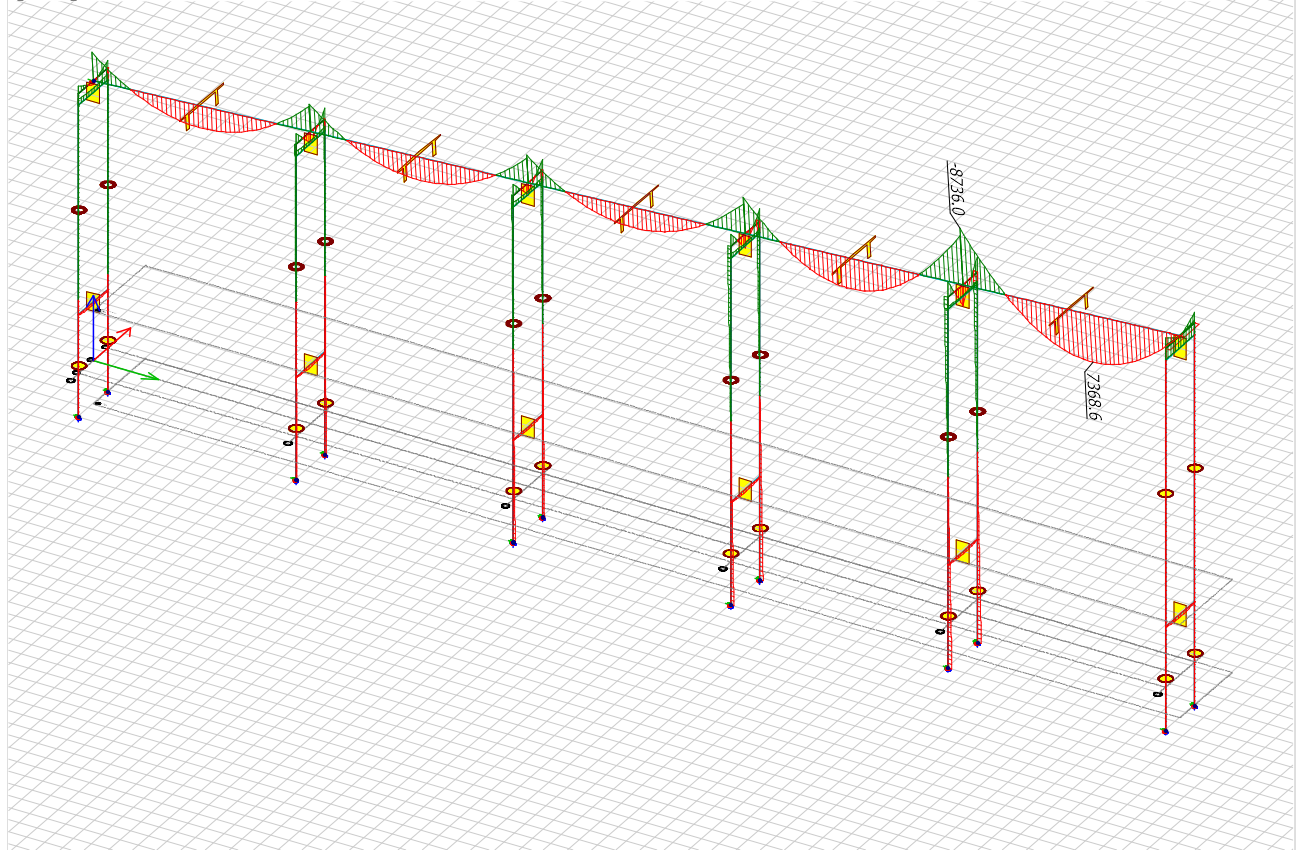
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon a uten AR - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon b uten AR - Bars, My' - Graph

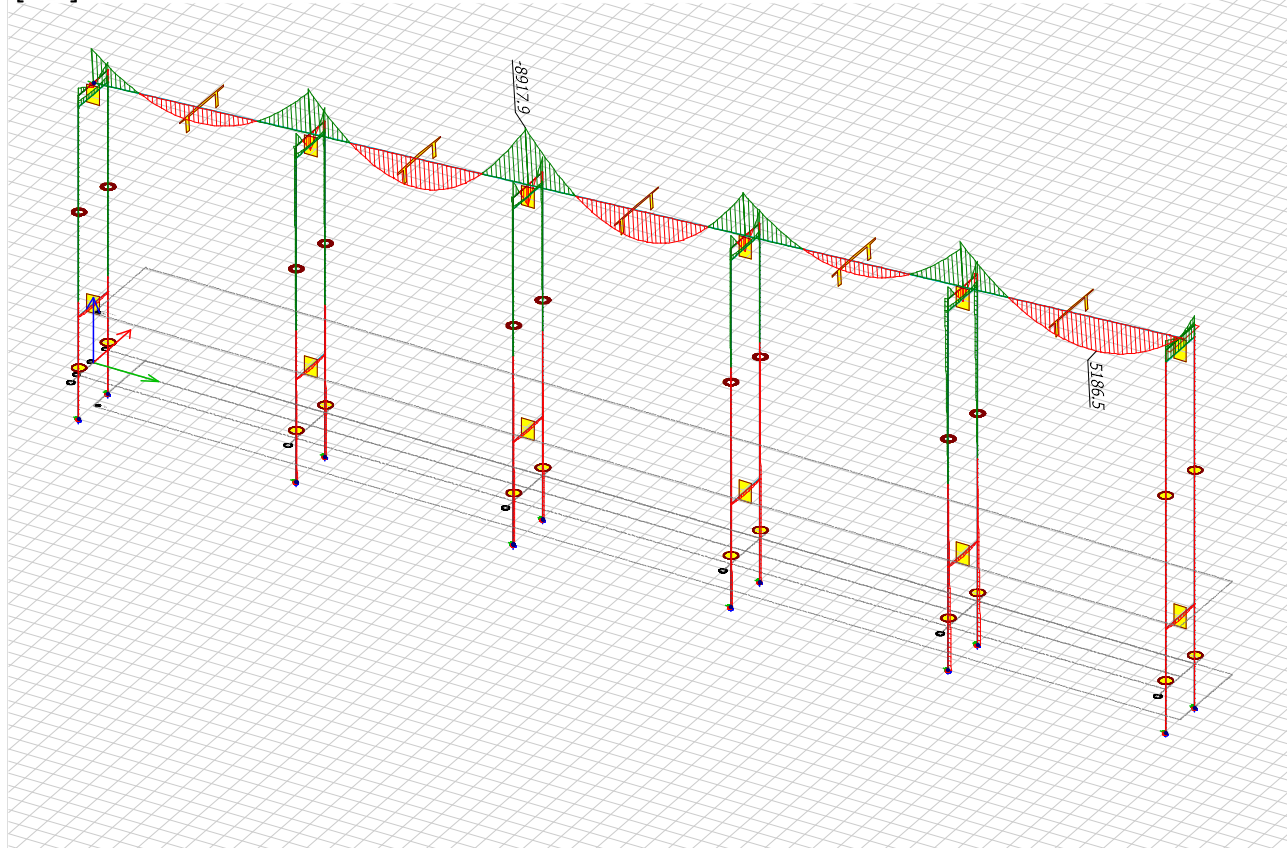
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon b uten AR - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon a uten AR - Bars, My' - Graph

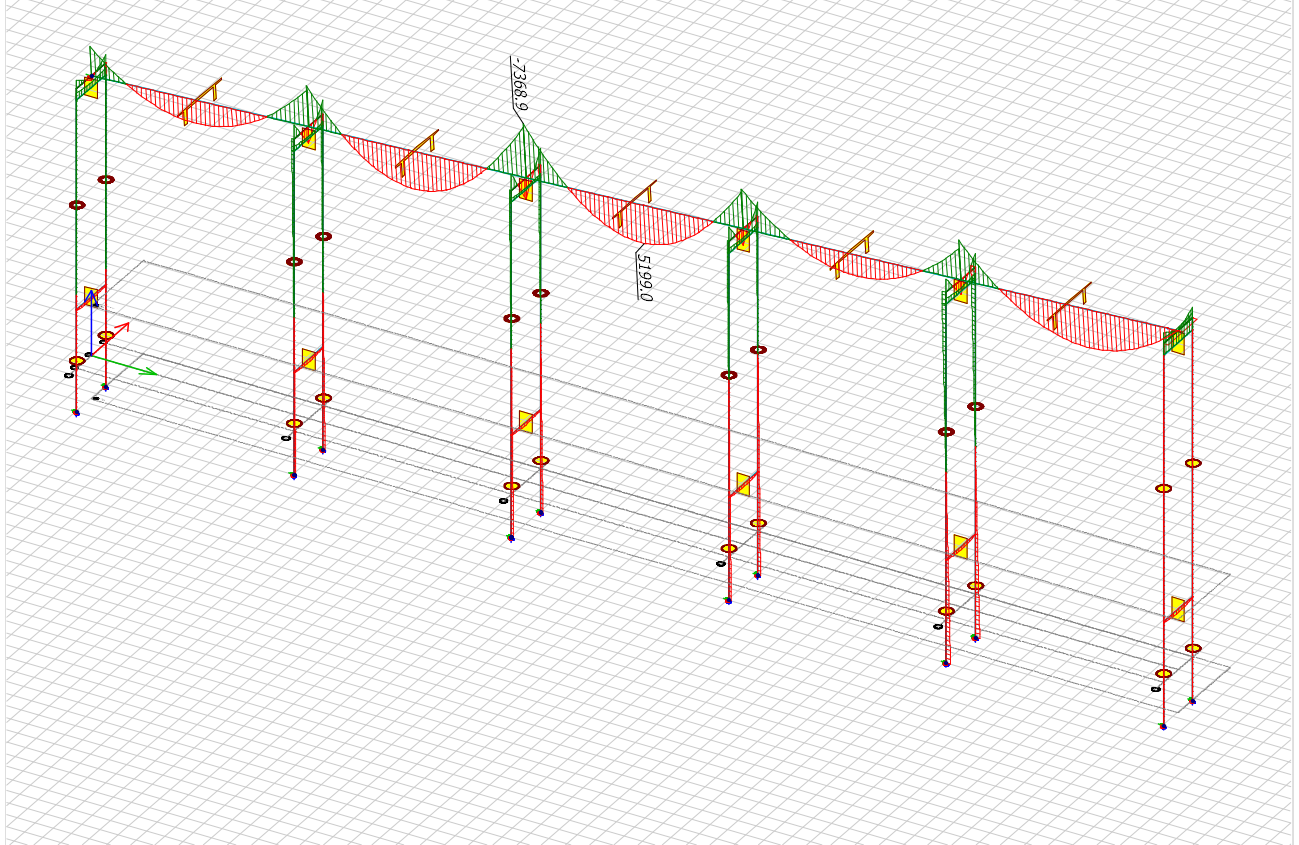
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon a uten AR - Bars, My' - Graph - [kNm]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon b uten AR - Bars, My' - Graph

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon b uten AR - Bars, My' - Graph - [kNm]

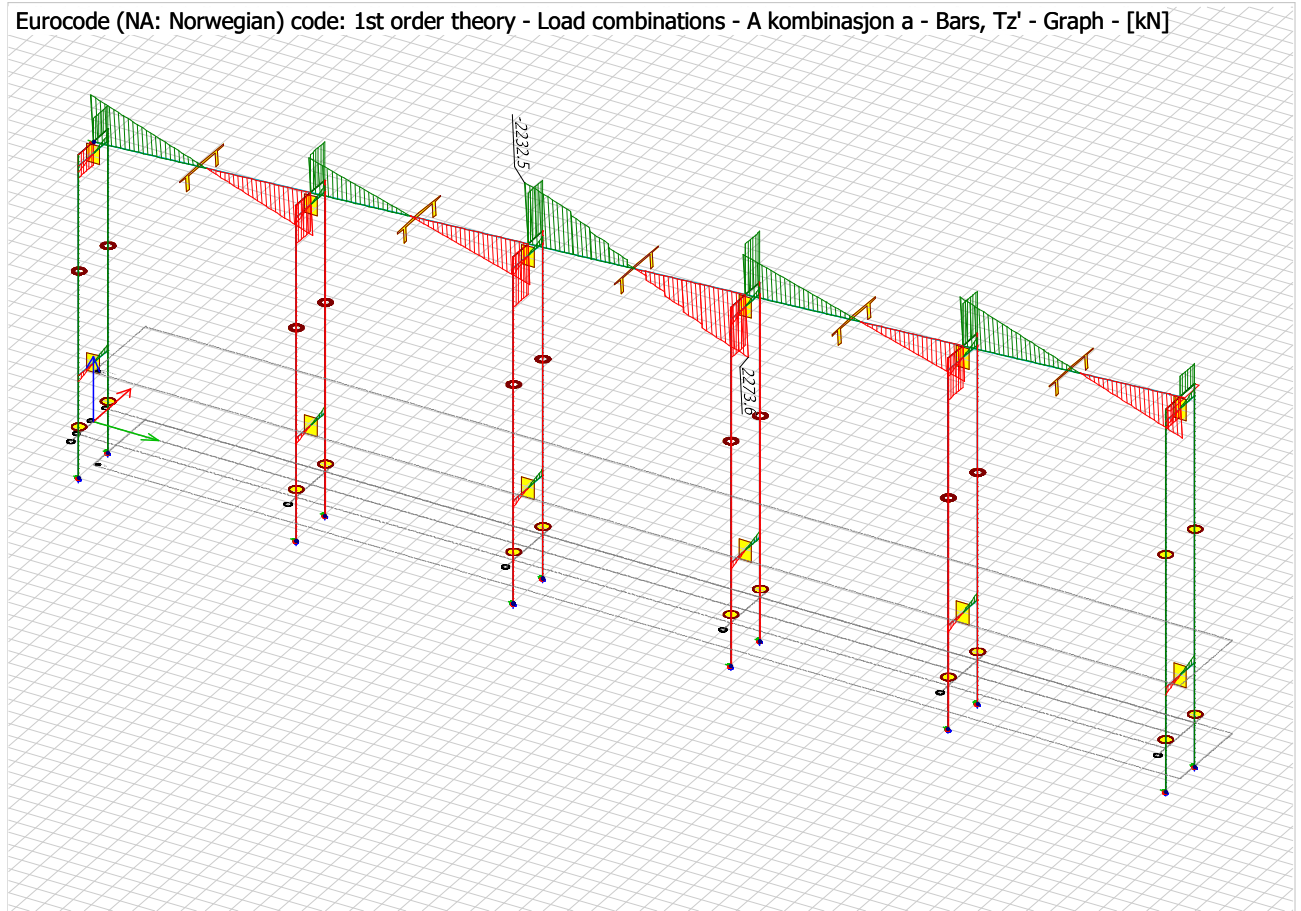


2.2.2 Dimensjonerende skjærkrefter

Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon a - Bars, Tz' - Graph

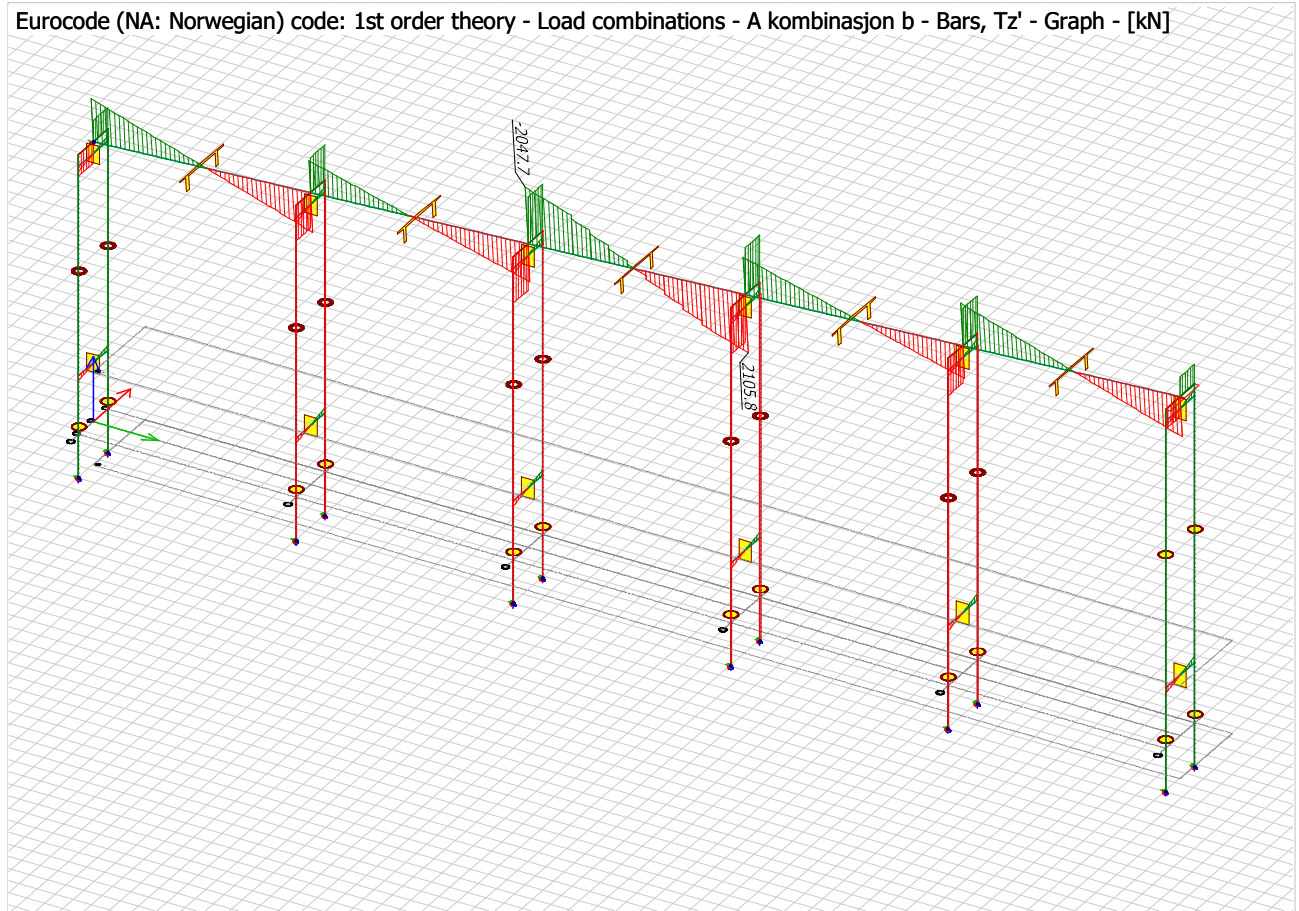
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon a - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon b - Bars, Tz' - Graph

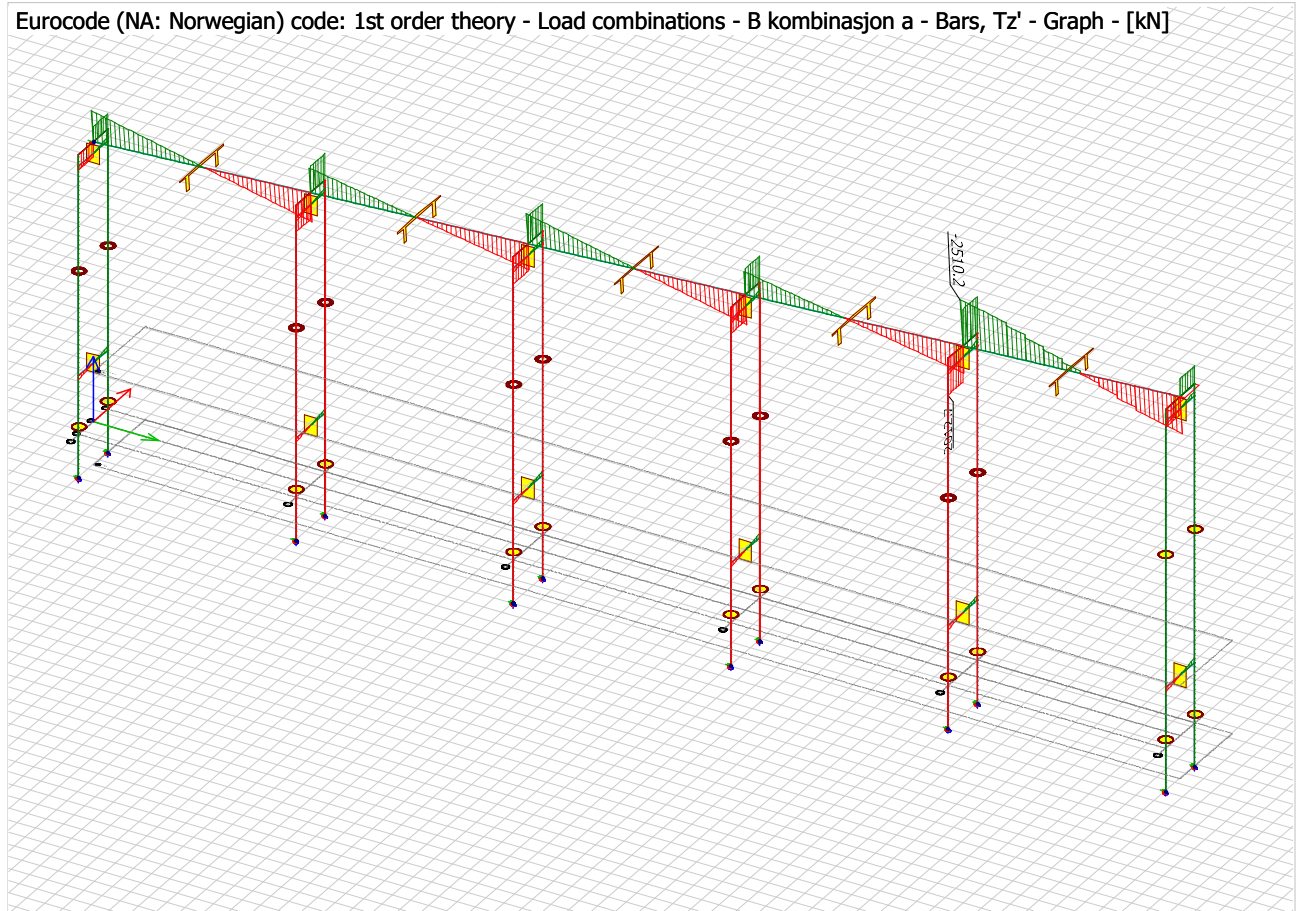
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon b - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon a - Bars, Tz' - Graph

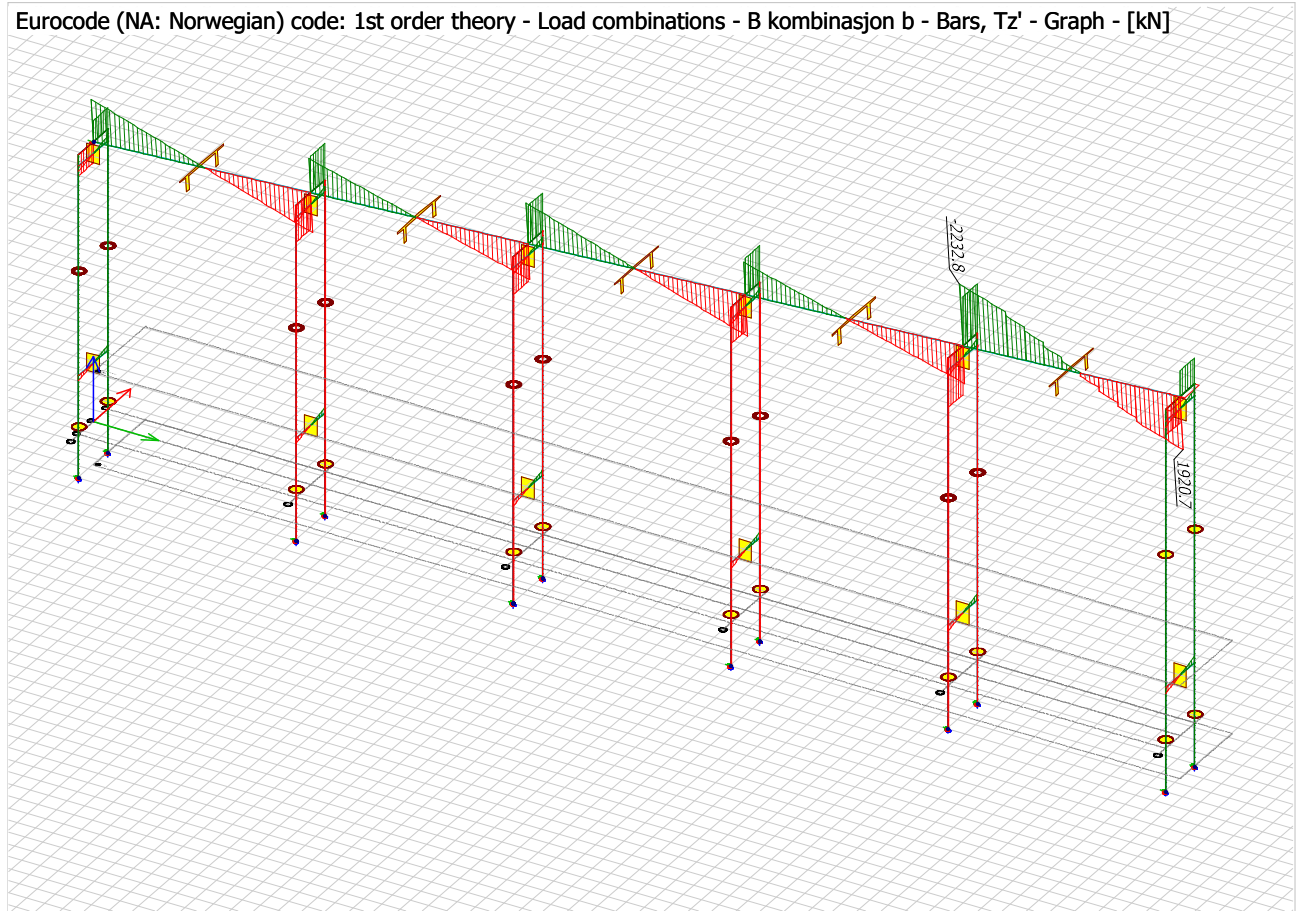
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon a - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon b - Bars, Tz' - Graph

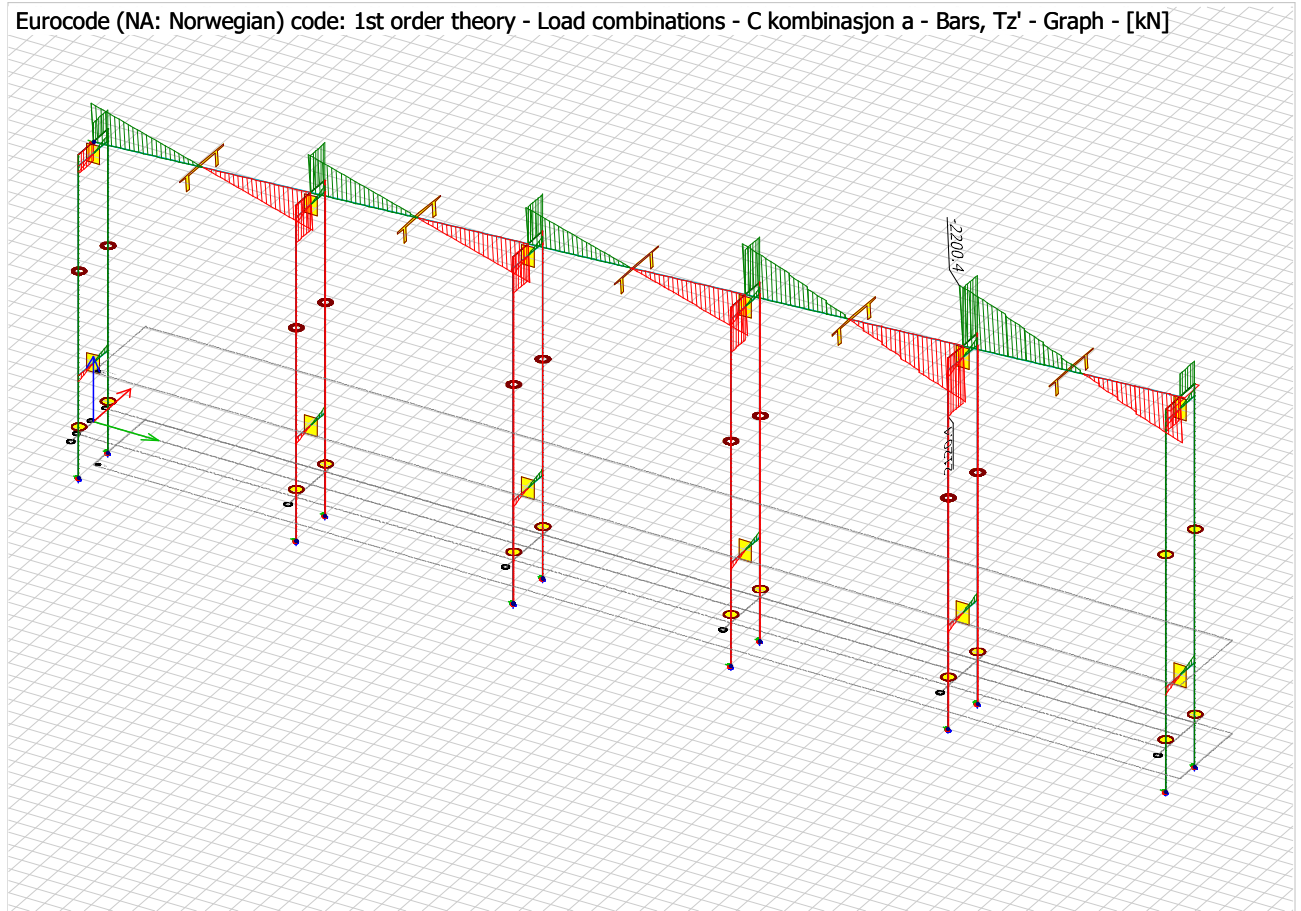
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon b - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon a - Bars, Tz' - Graph

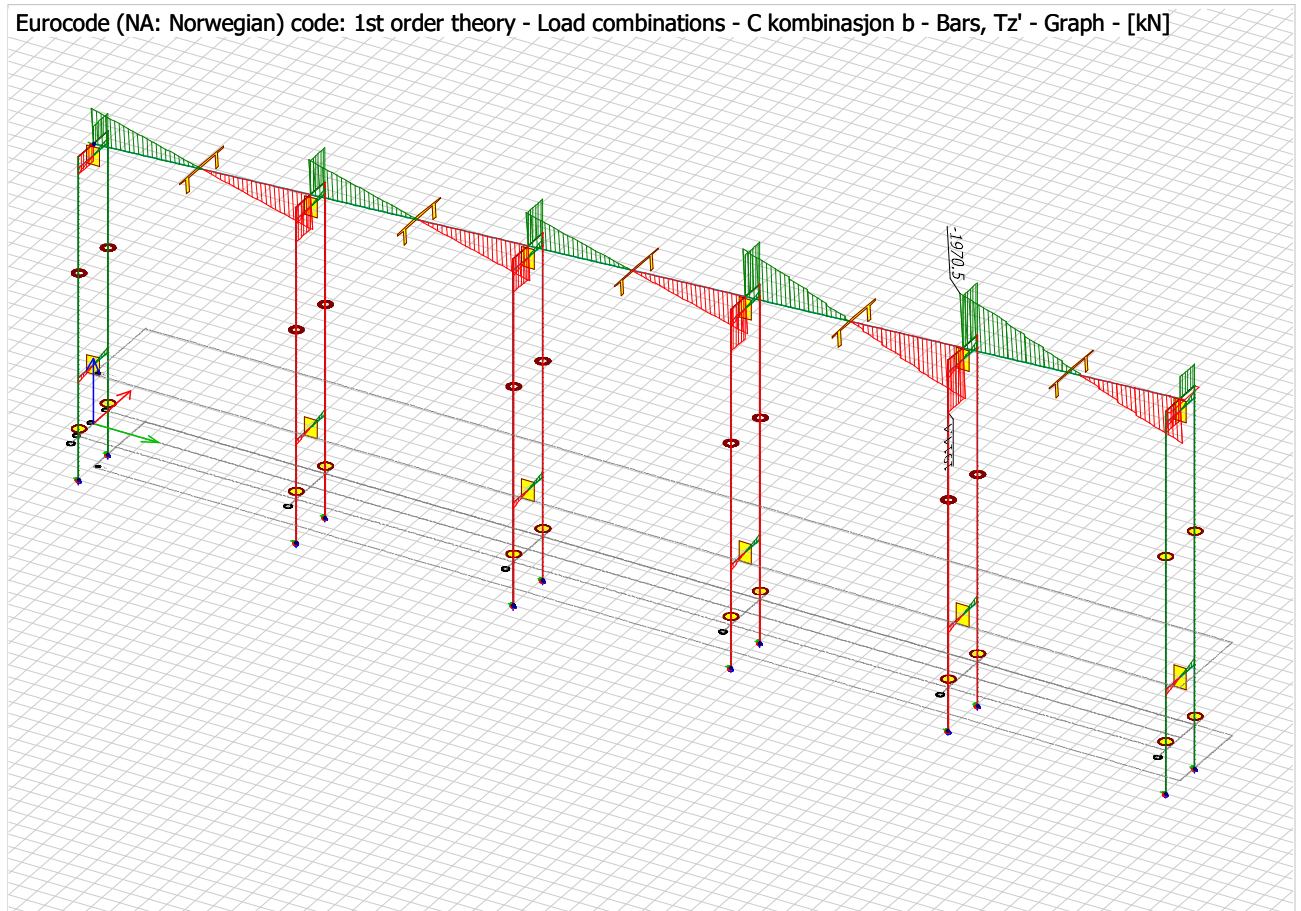
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon a - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon b - Bars, Tz' - Graph

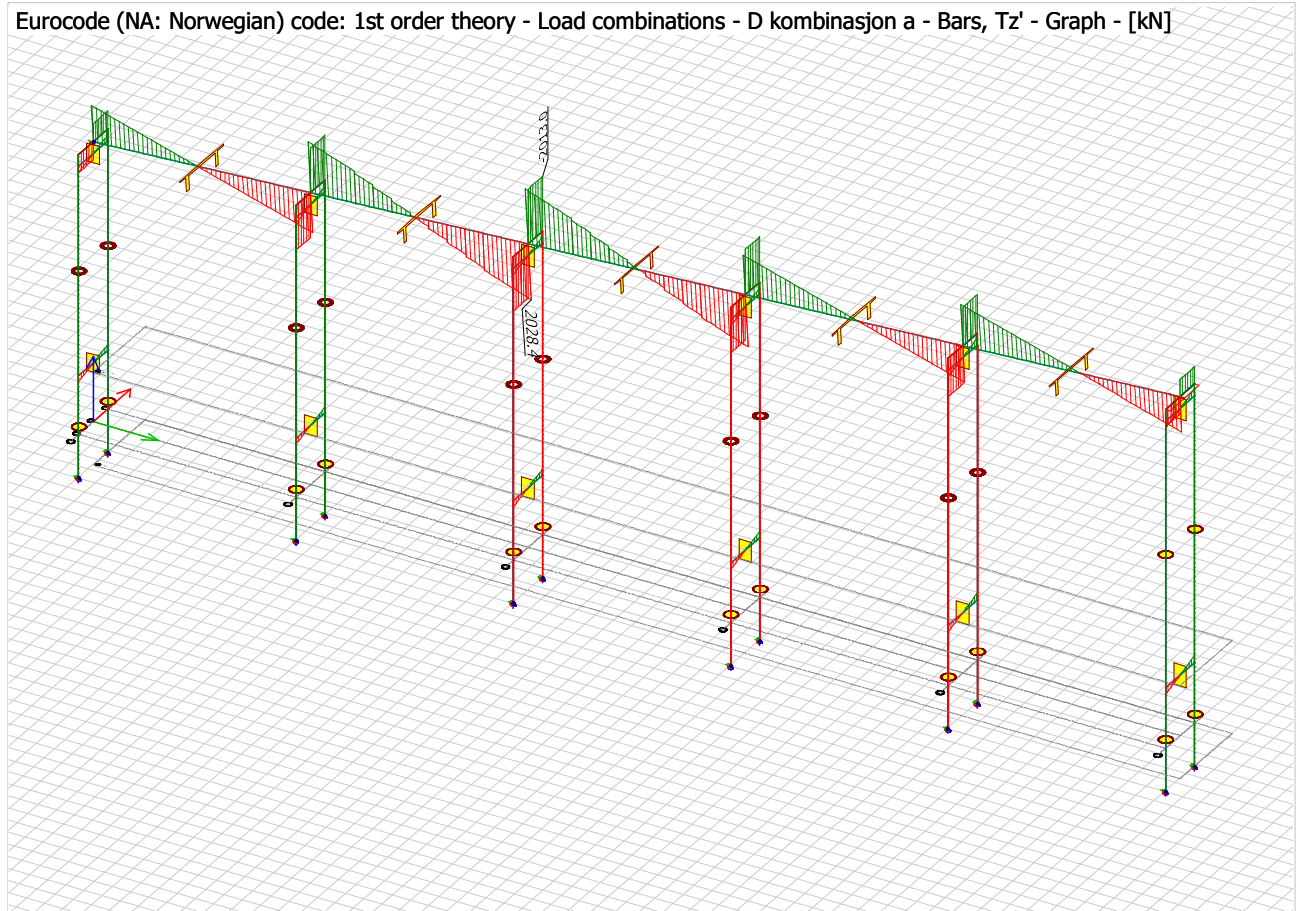
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon b - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon a - Bars, Tz' - Graph

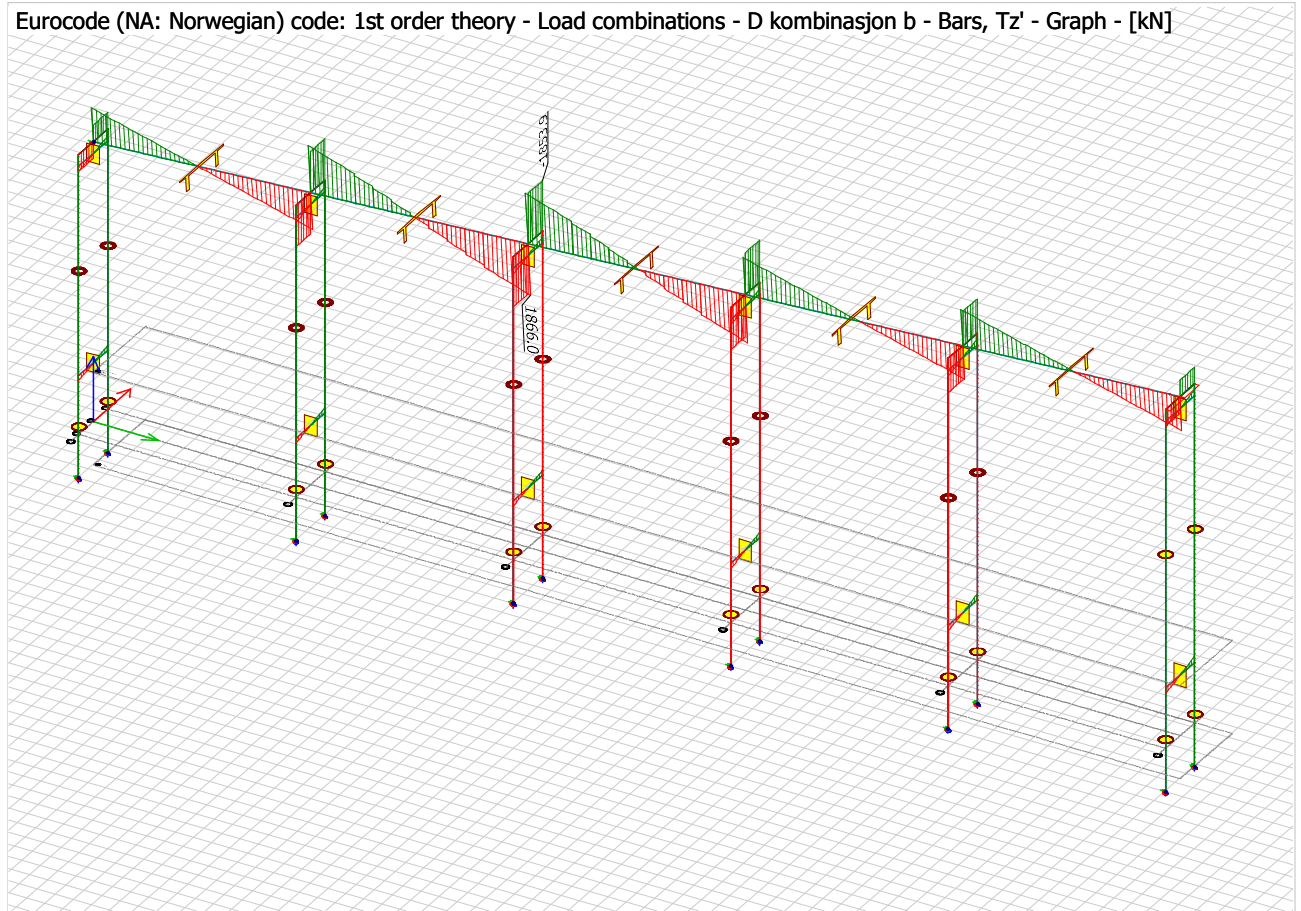
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon a - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon b - Bars, Tz' - Graph

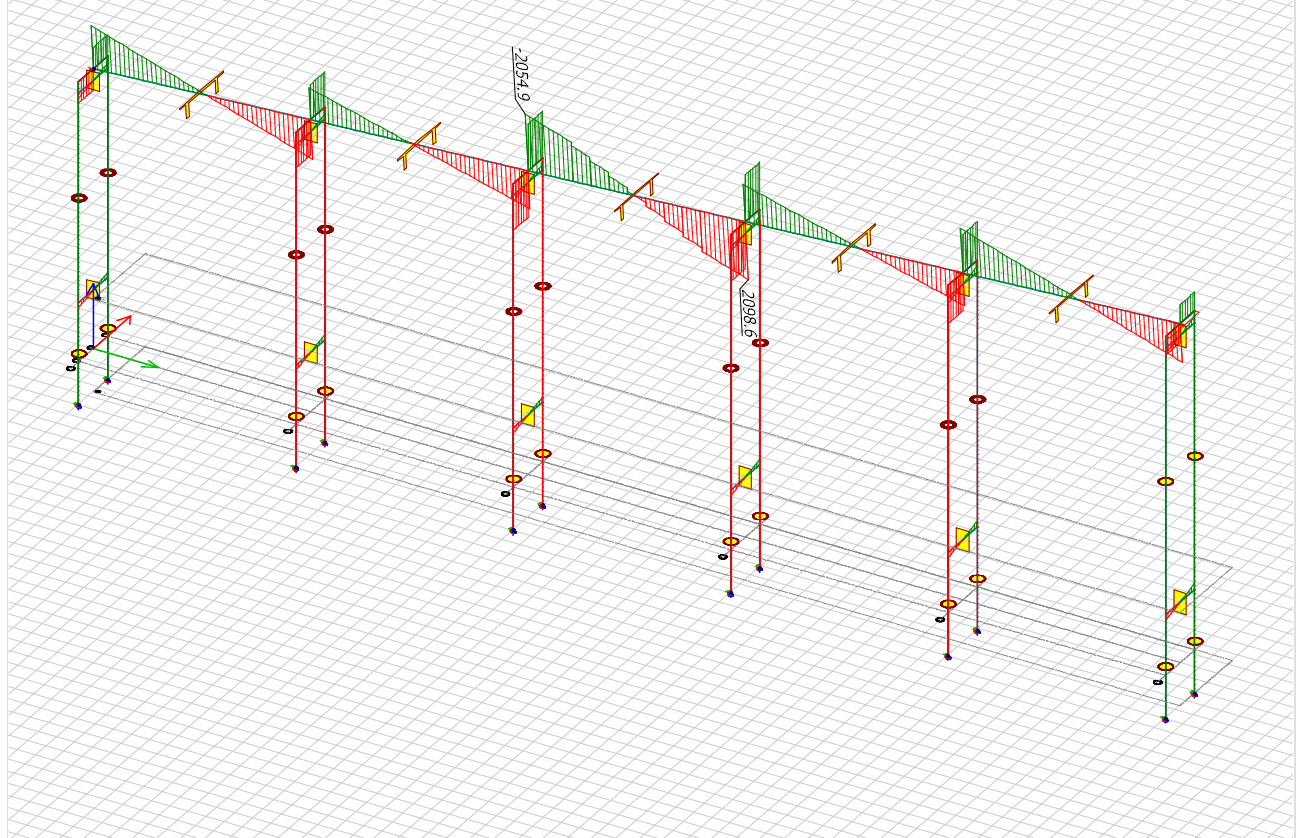
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon b - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon b uten temp - Bars, Tz' - Graph

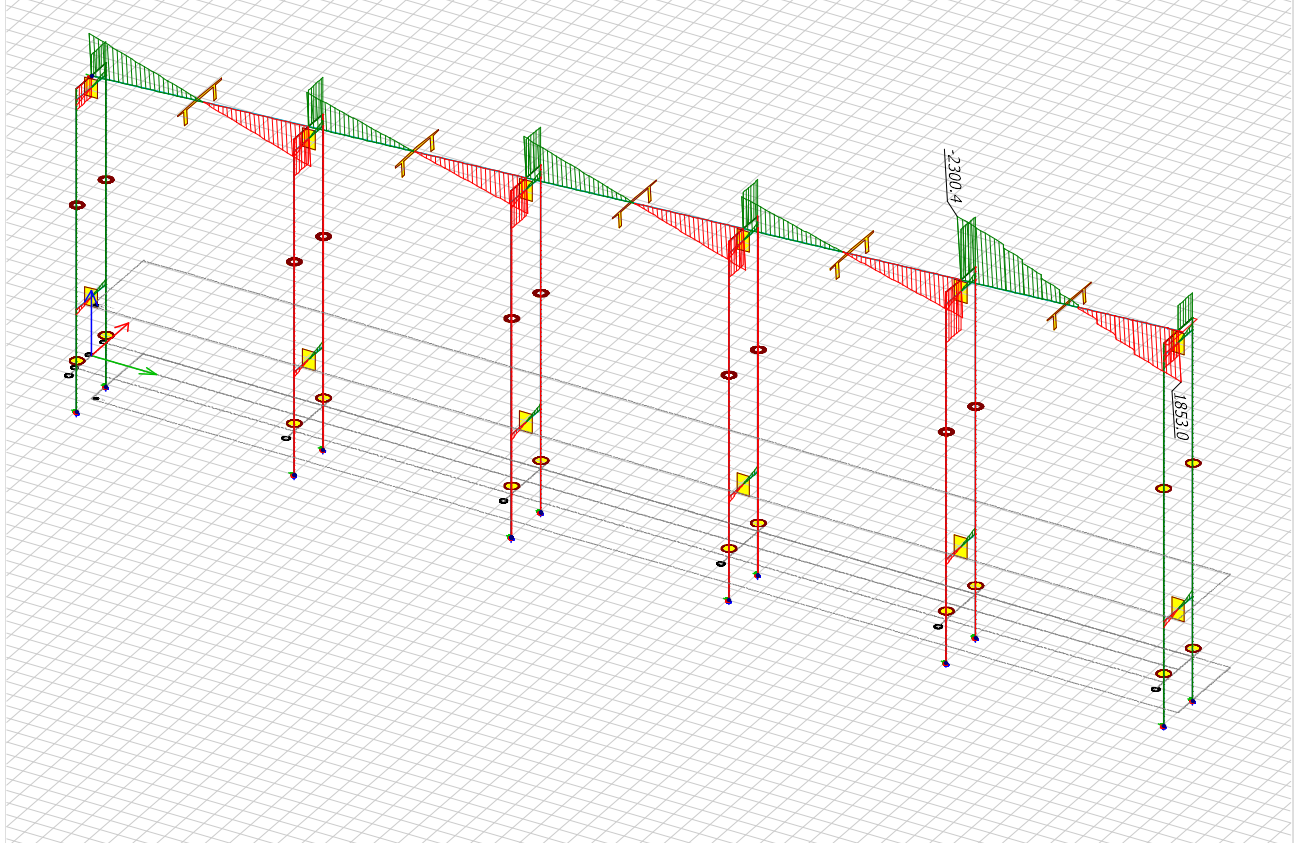
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon b uten temp - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon b uten temp - Bars, Tz' - Graph

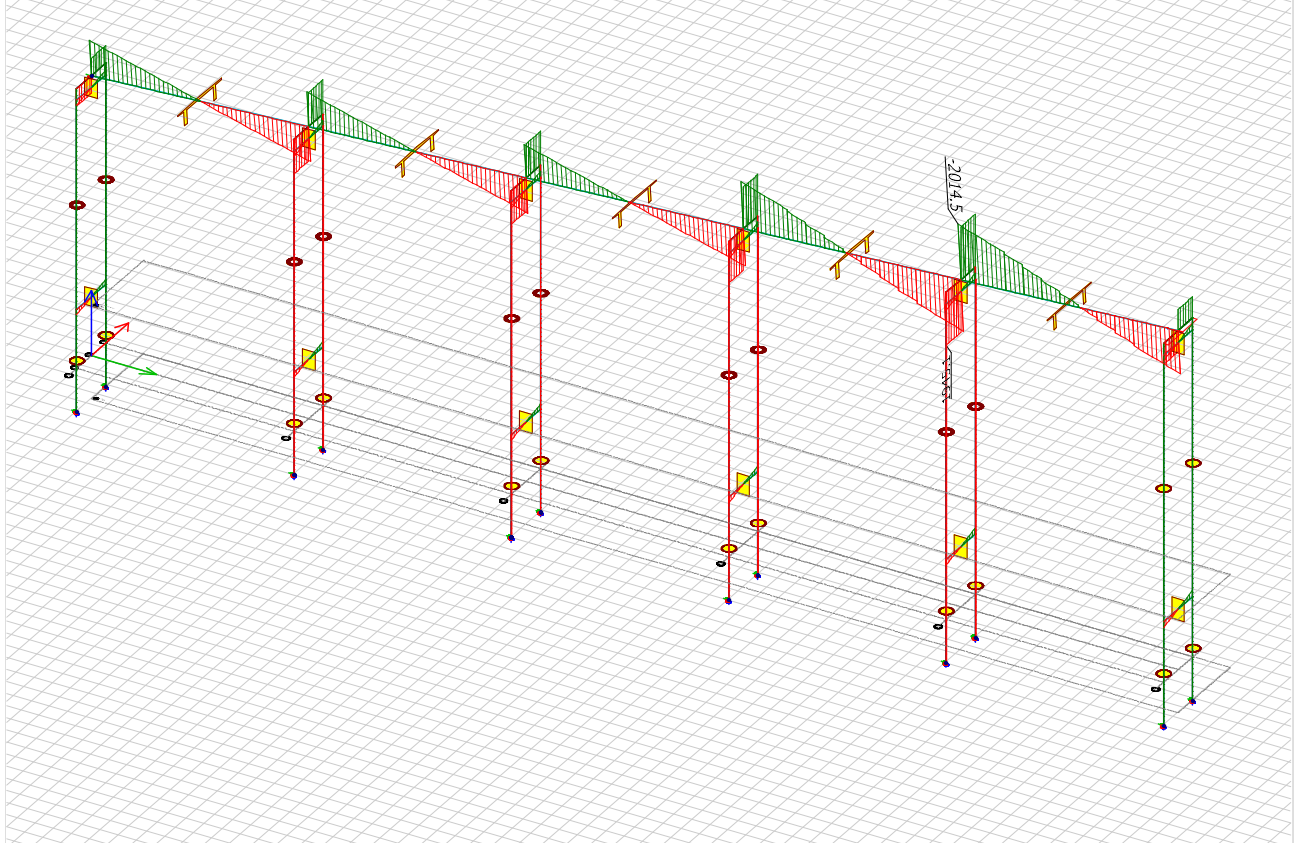
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon b uten temp - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon b uten temp - Bars, Tz' - Graph

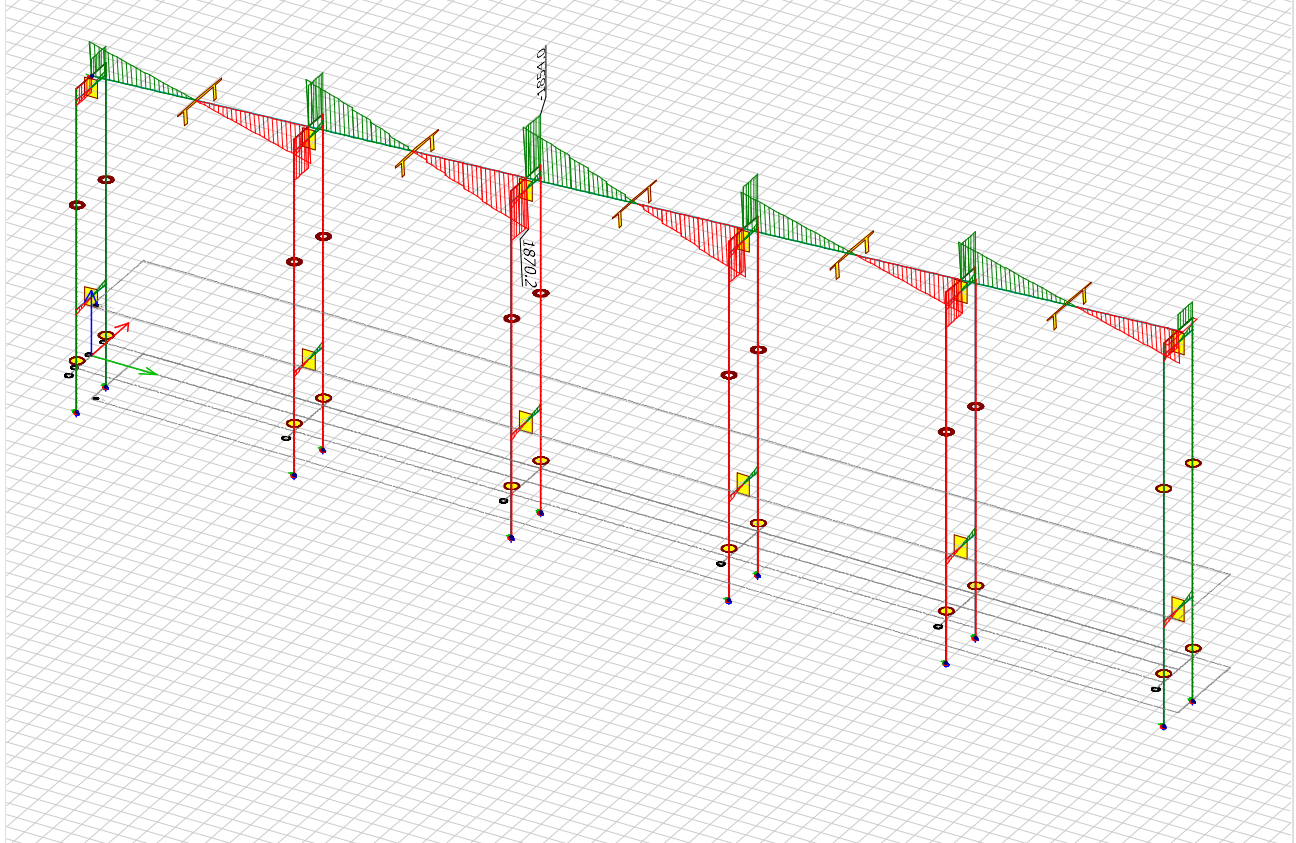
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon b uten temp - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon b uten temp - Bars, Tz' - Graph

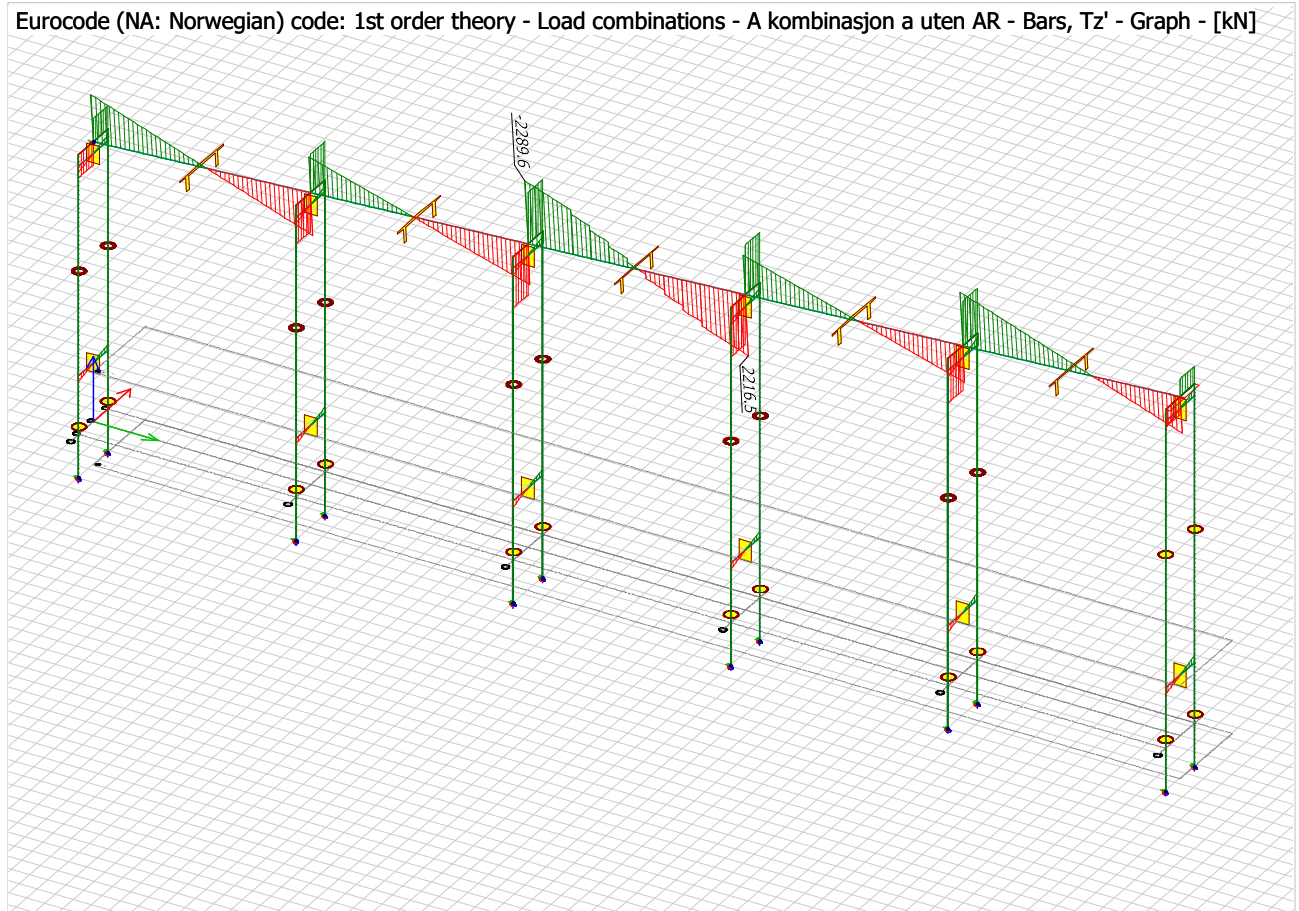
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon b uten temp - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon a uten AR - Bars, Tz' - Graph

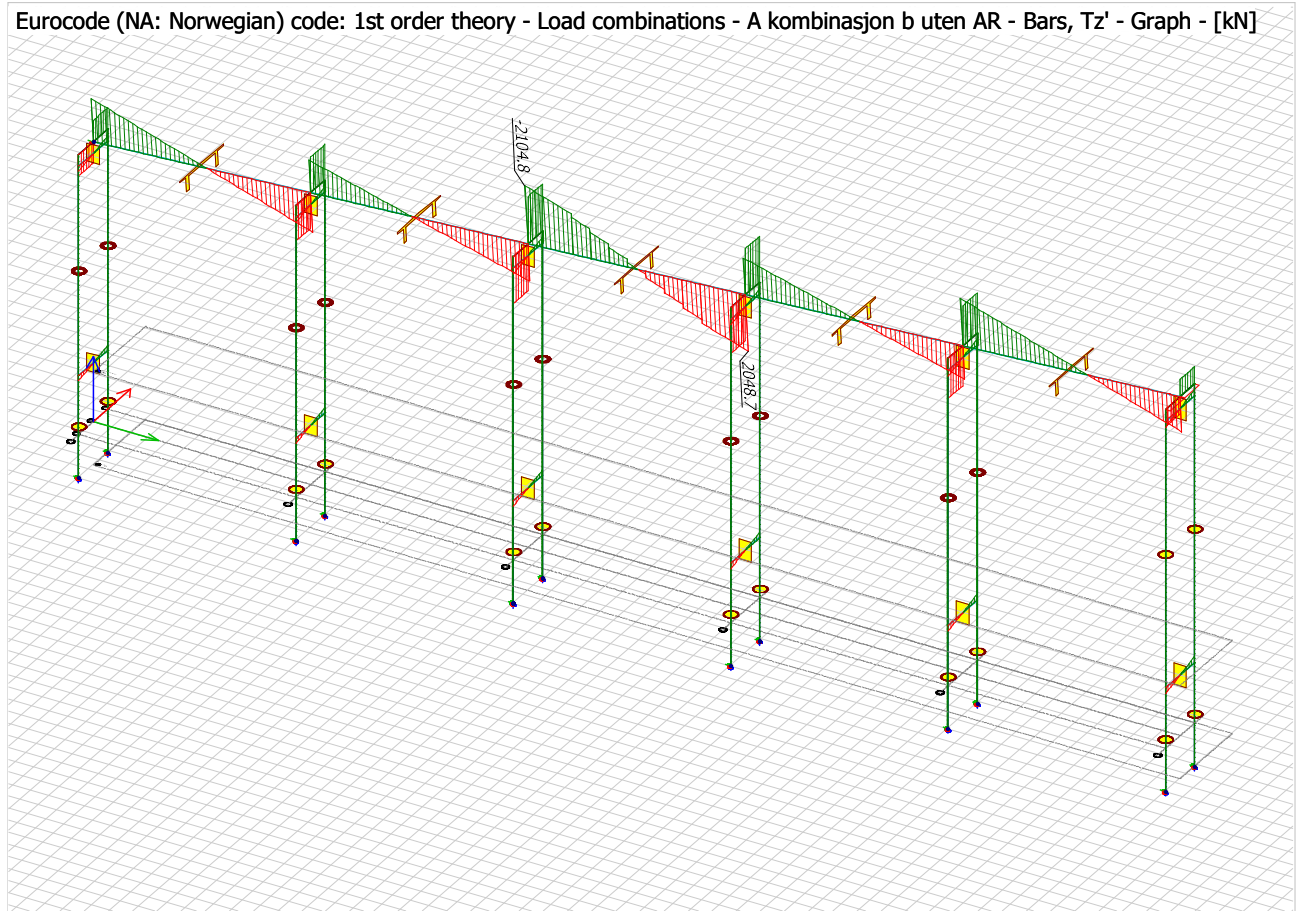
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon a uten AR - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - A kombinasjon b uten AR - Bars, Tz' - Graph

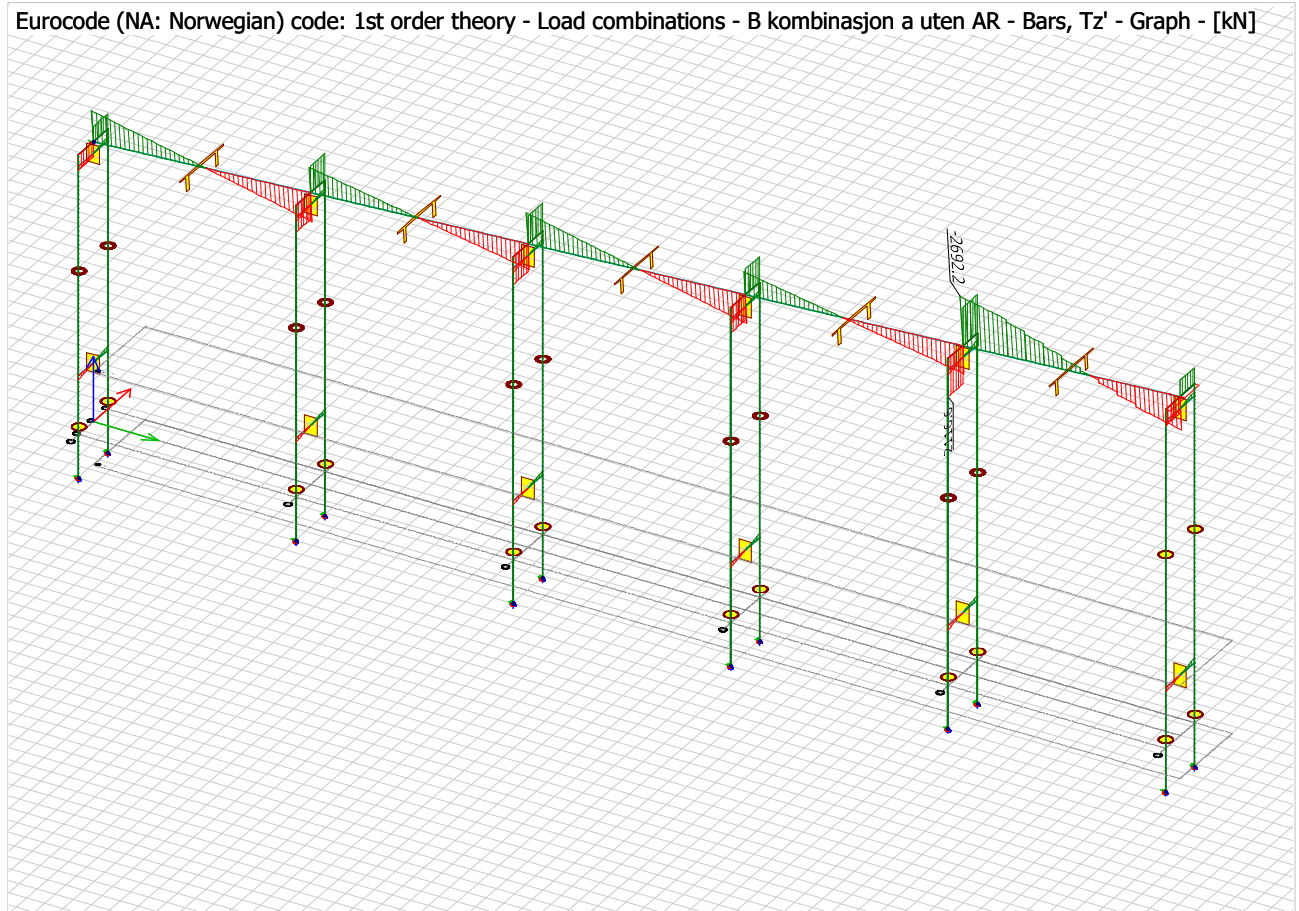
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A kombinasjon b uten AR - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon a uten AR - Bars, Tz' - Graph

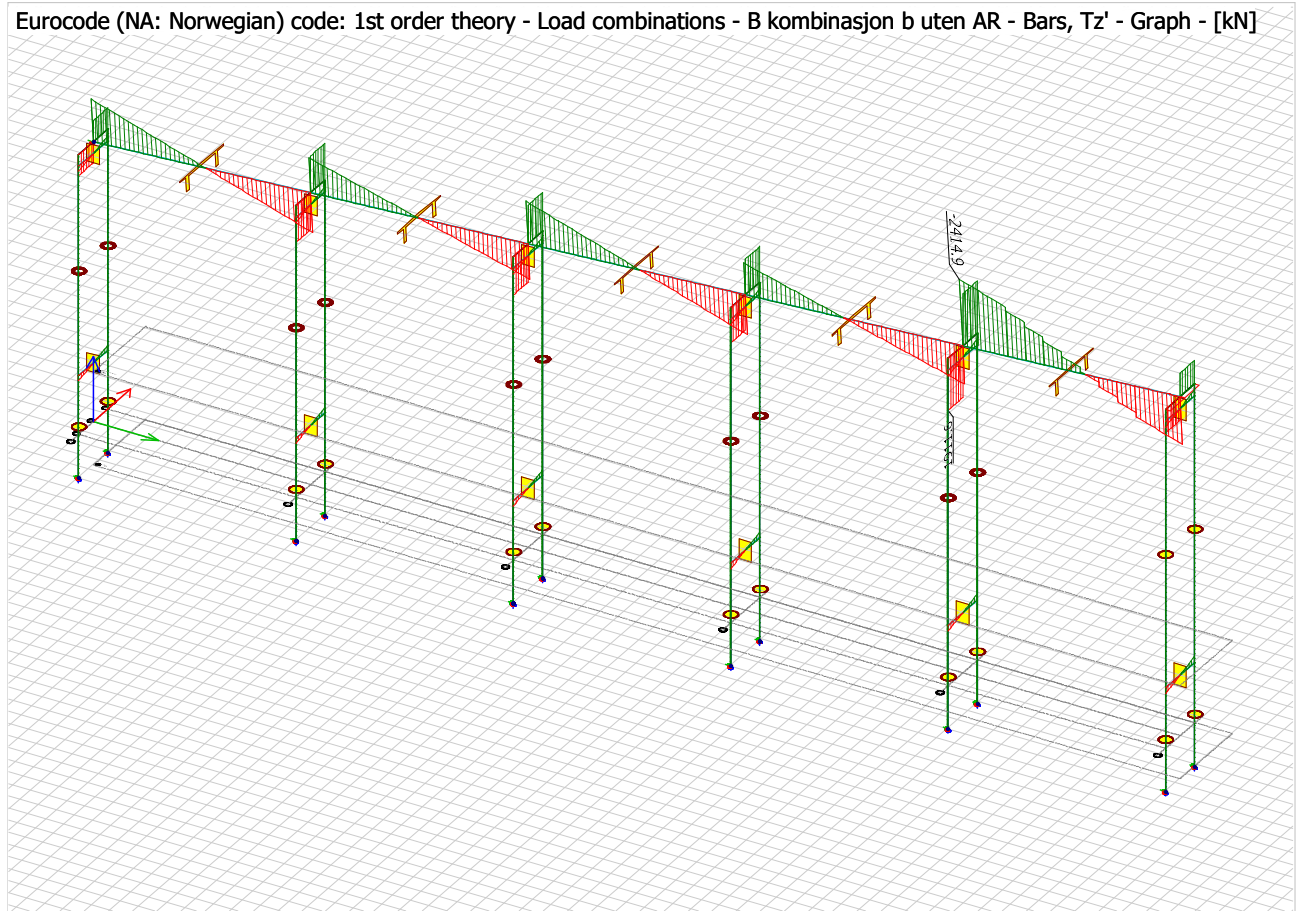
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon a uten AR - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - B kombinasjon b uten AR - Bars, Tz' - Graph

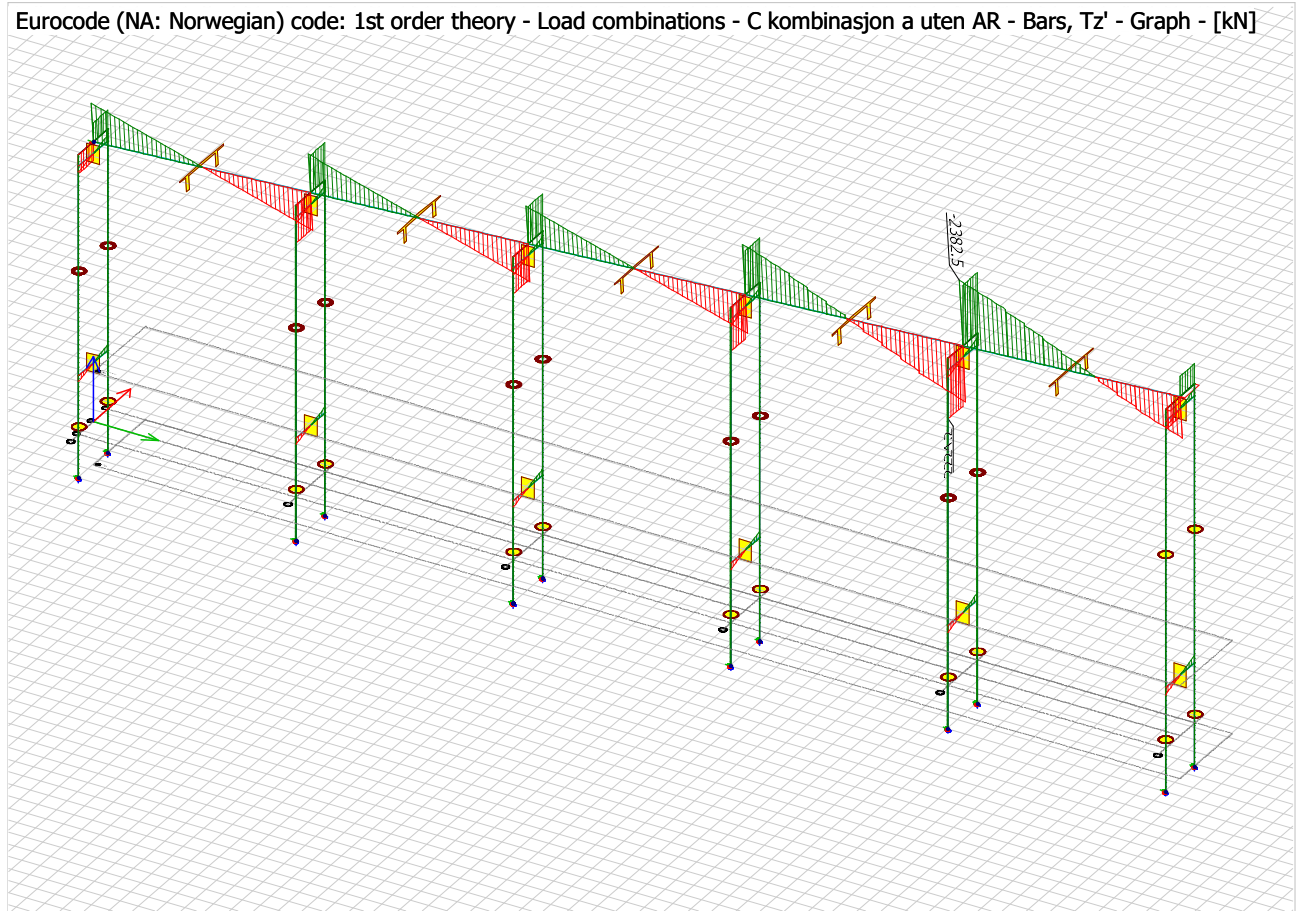
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - B kombinasjon b uten AR - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon a uten AR - Bars, Tz' - Graph

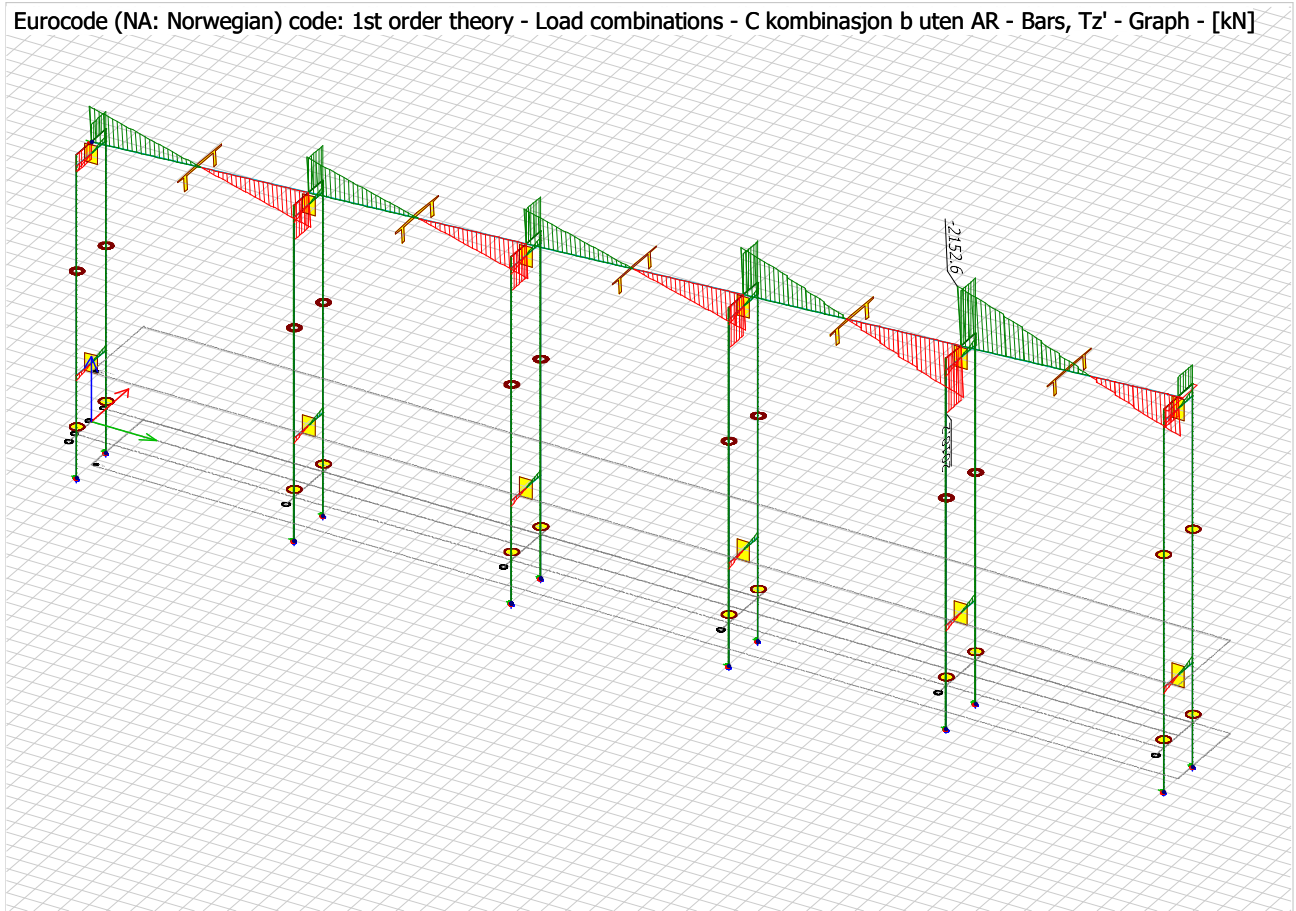
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon a uten AR - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - C kombinasjon b uten AR - Bars, Tz' - Graph

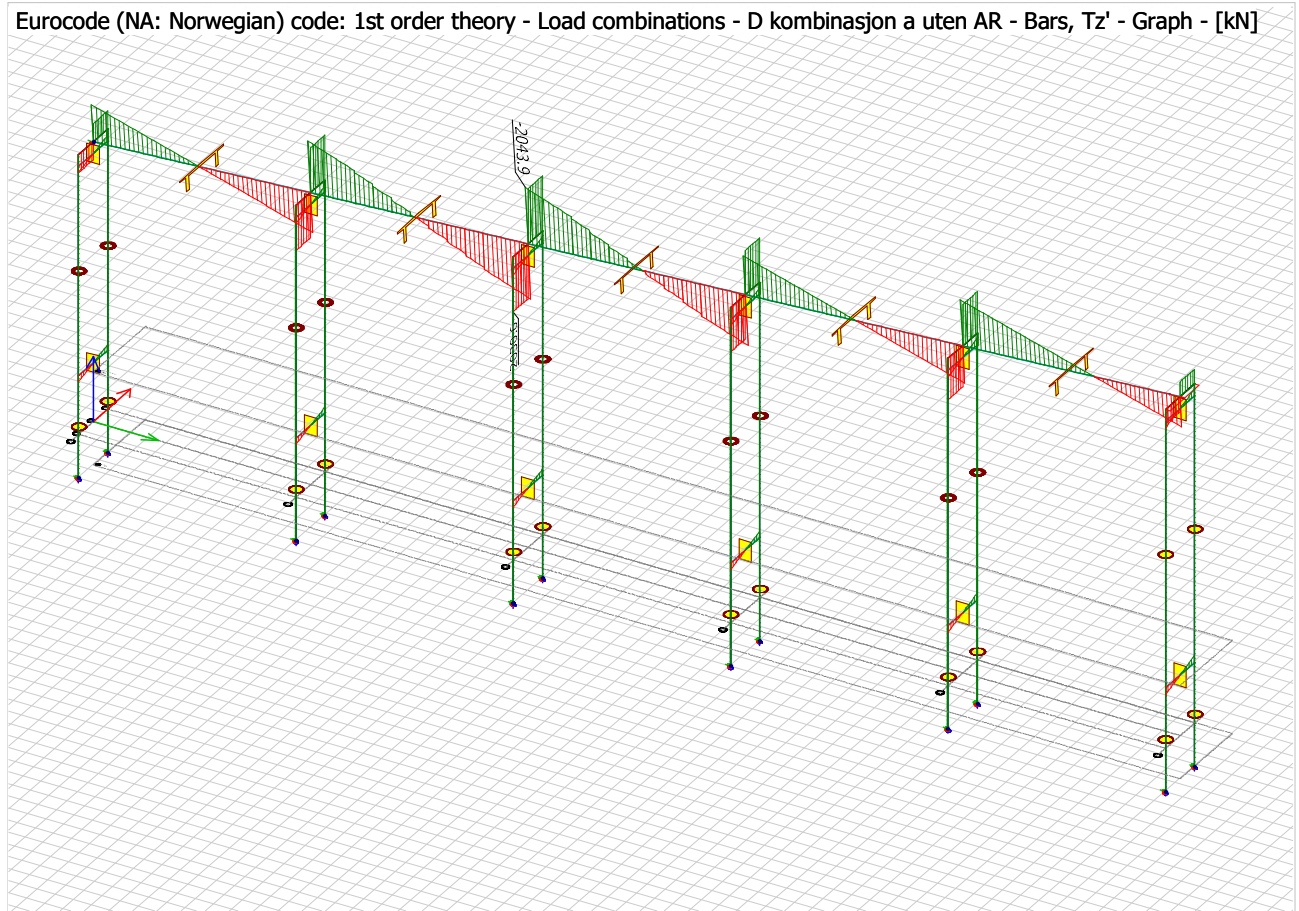
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - C kombinasjon b uten AR - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon a uten AR - Bars, Tz' - Graph

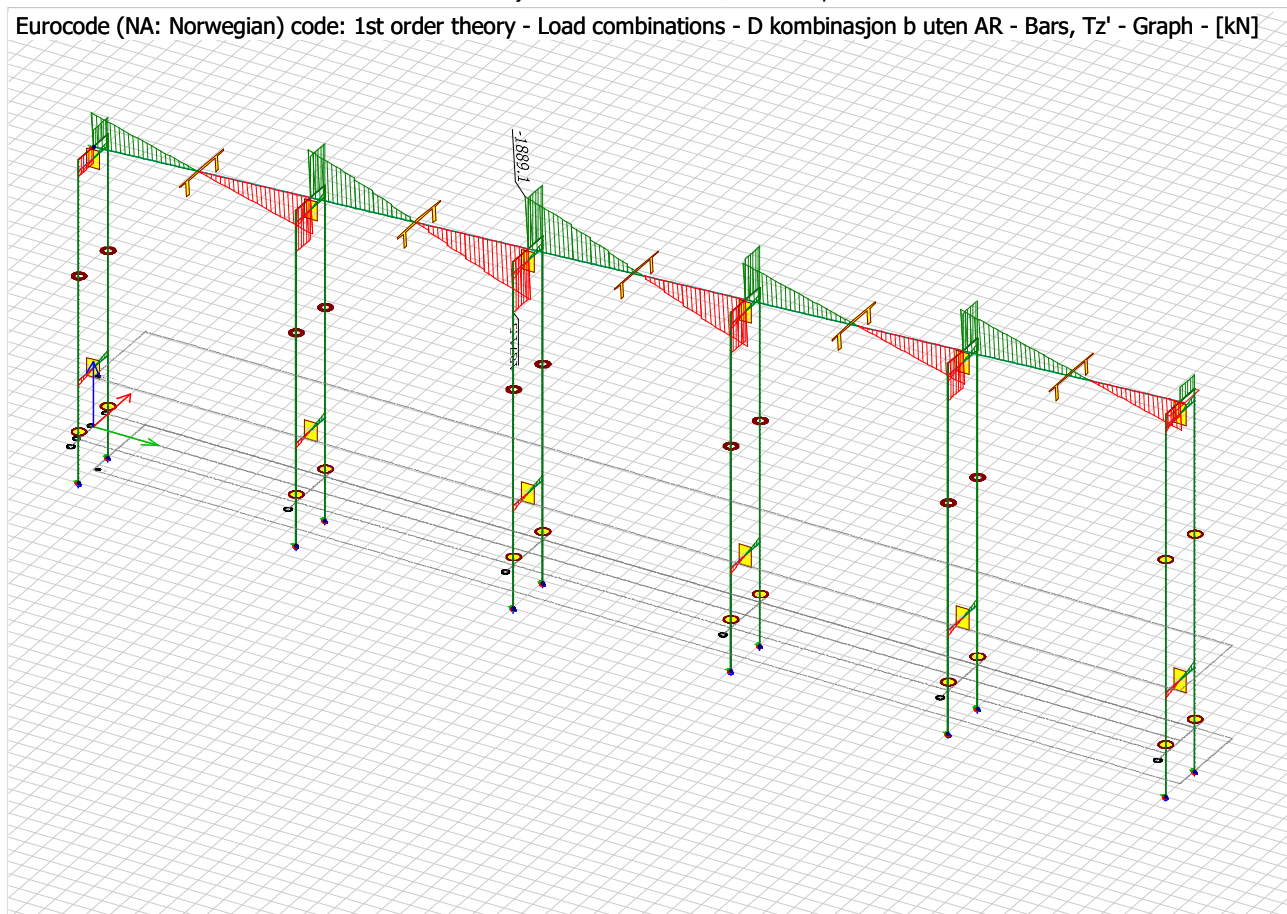
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon a uten AR - Bars, Tz' - Graph - [kN]



Vedlegg J

Whole structure / Load combinations - D kombinasjon b uten AR - Bars, Tz' - Graph

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - D kombinasjon b uten AR - Bars, Tz' - Graph - [kN]

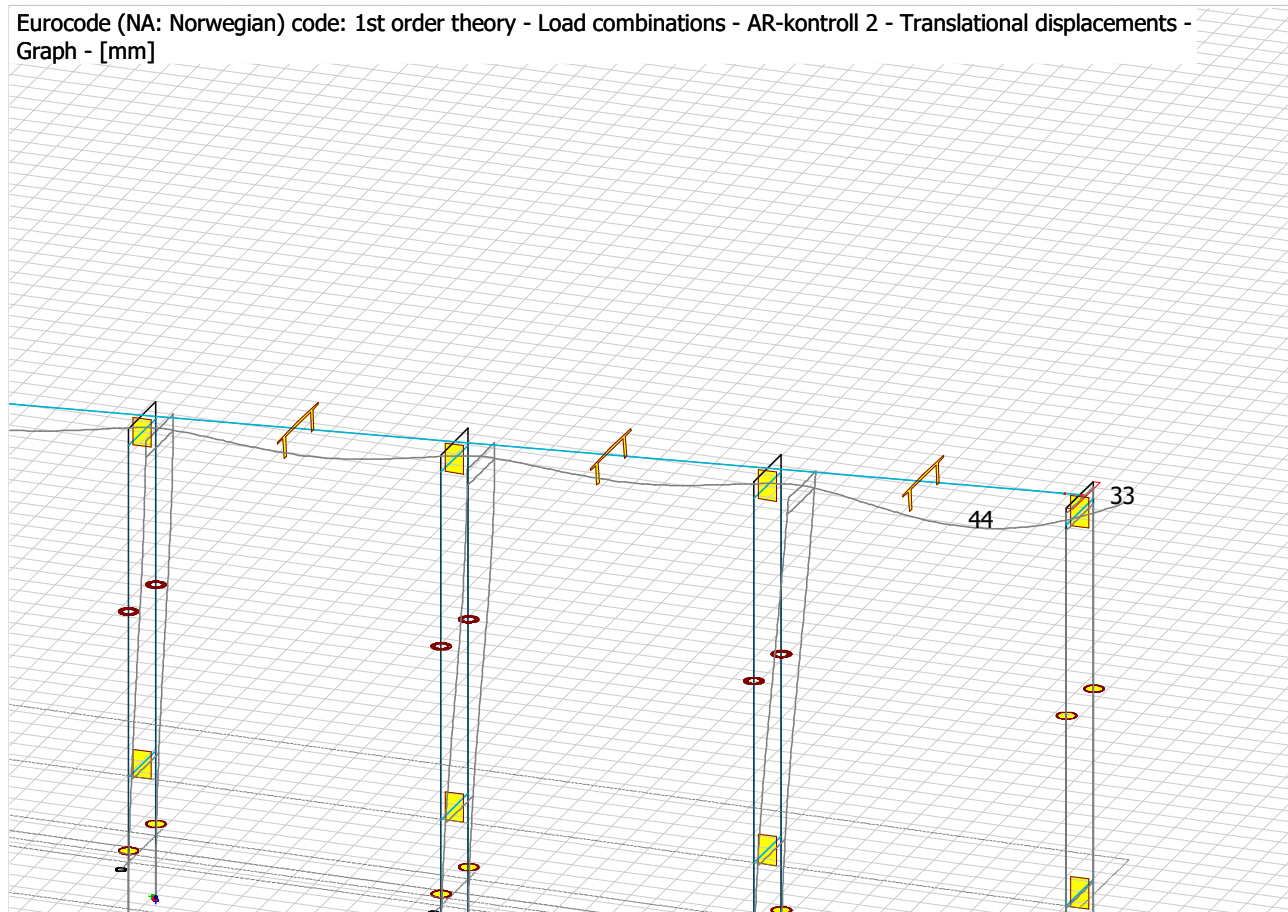


Vedlegg J

2.2.3 Forskyvning

Whole structure / Load combinations - AR-kontroll 2 - Translational displacements - Graph

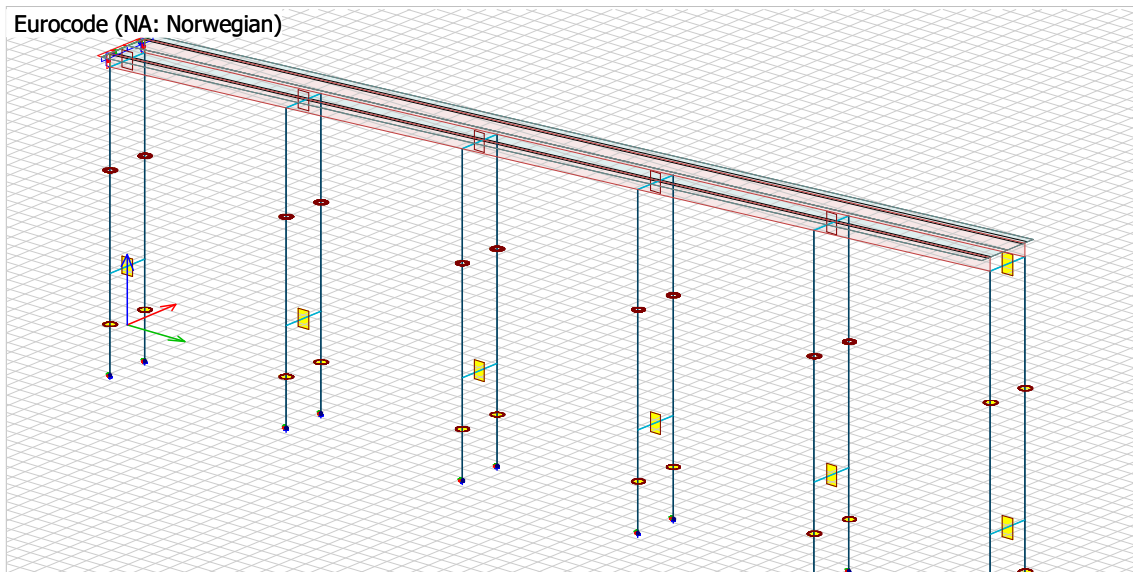
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - AR-kontroll 2 - Translational displacements - Graph - [mm]



Tromsøbrua - Brumodell 2

Oversiktsbilde

Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

Vedlegg K

Untitled

Contents

1 Geometri	3
1.1 Grafisk presentasjon geometri.....	3
1.1.1 Oversikt.....	3
1.1.2 Typisk snitt.....	4
1.1.3 Fastholding.....	5
1.2 Materiale.....	6
1.3 Grafisk presentasjon laster.....	15
1.4 Laster.....	24
1.5 Last kombinasjoner.....	29
2 Statikk	30
2.1 Likevekt.....	30
2.2 Dimensjonerende lastkombinasjoner.....	31
2.2.1 Dimensjonerende moment.....	31
2.2.2 Dimensjonerende skjærkrefter.....	34

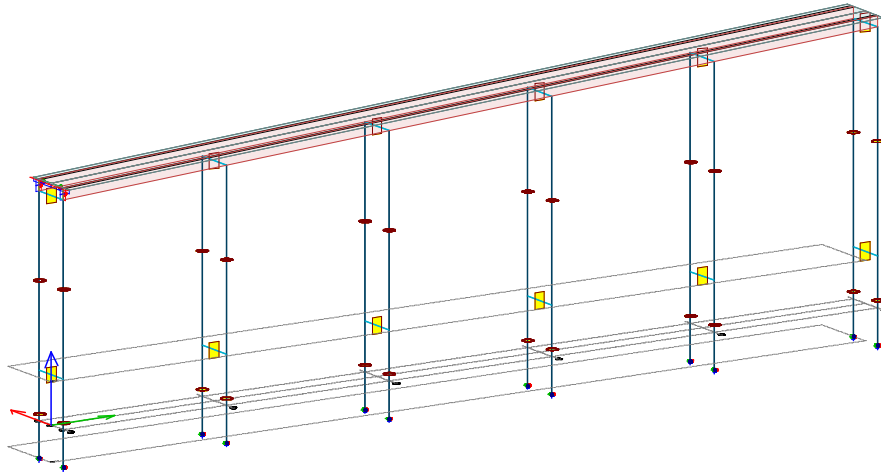
Vedlegg K

1 Geometri

1.1 Grafisk presentasjon geometri

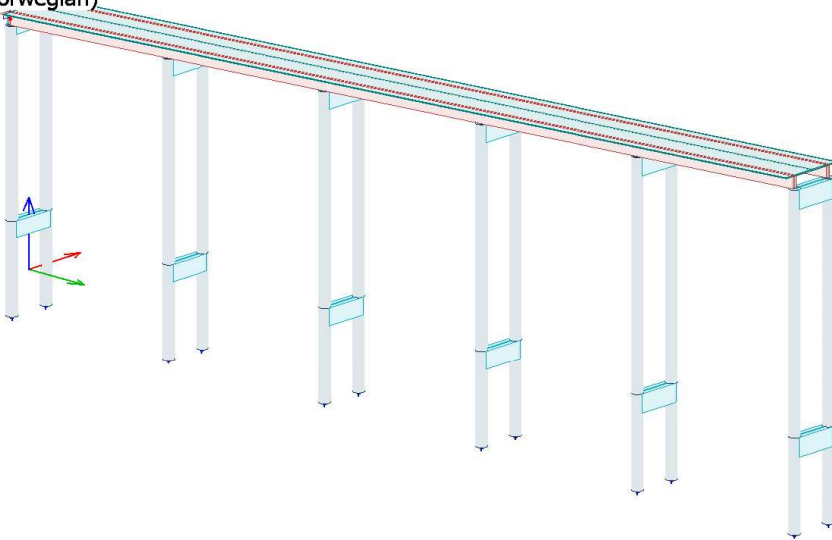
1.1.1 Oversikt

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure

Eurocode (NA: Norwegian)

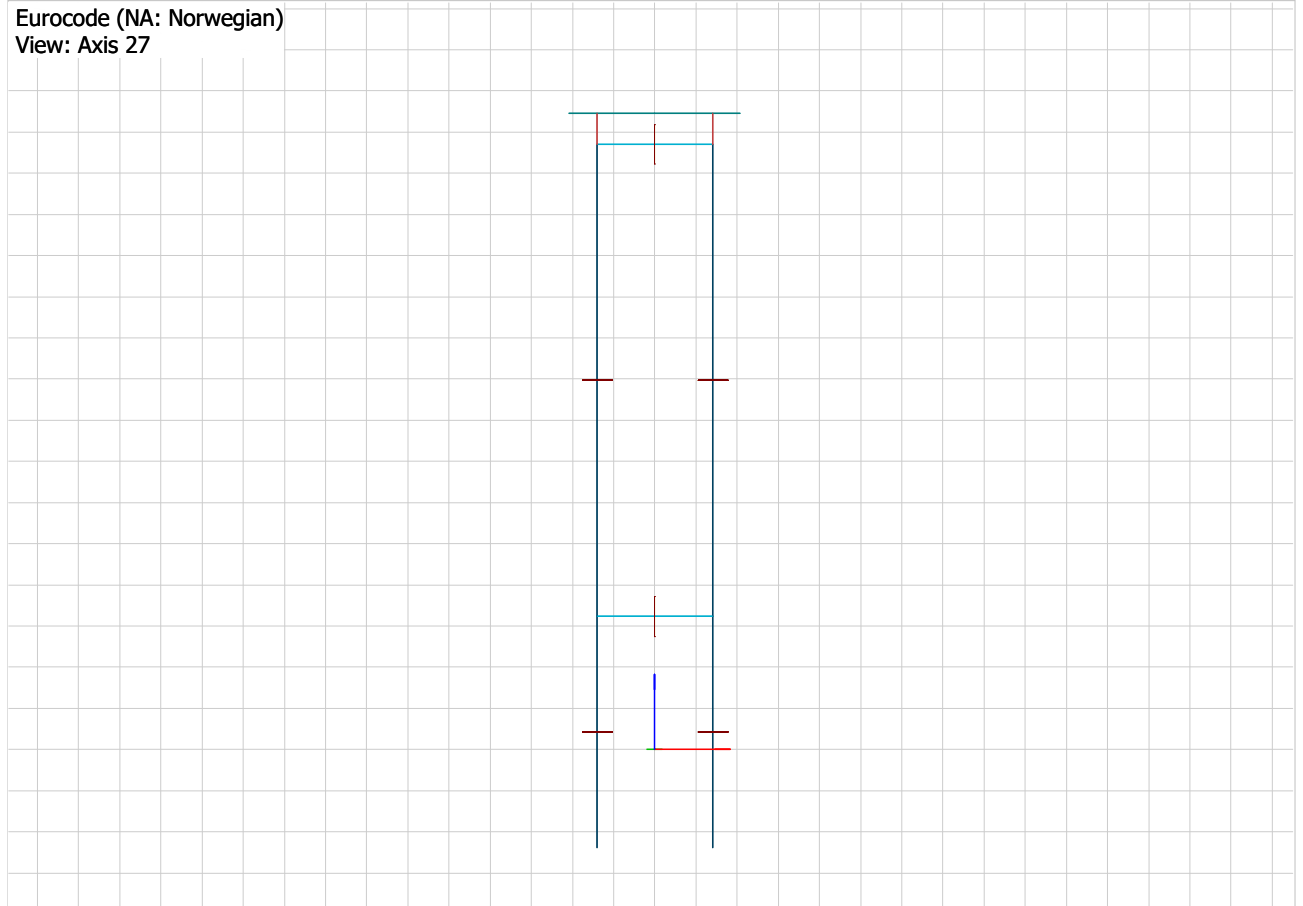


Vedlegg K

1.1.2 Typisk snitt

Axis 27

Eurocode (NA: Norwegian)
View: Axis 27

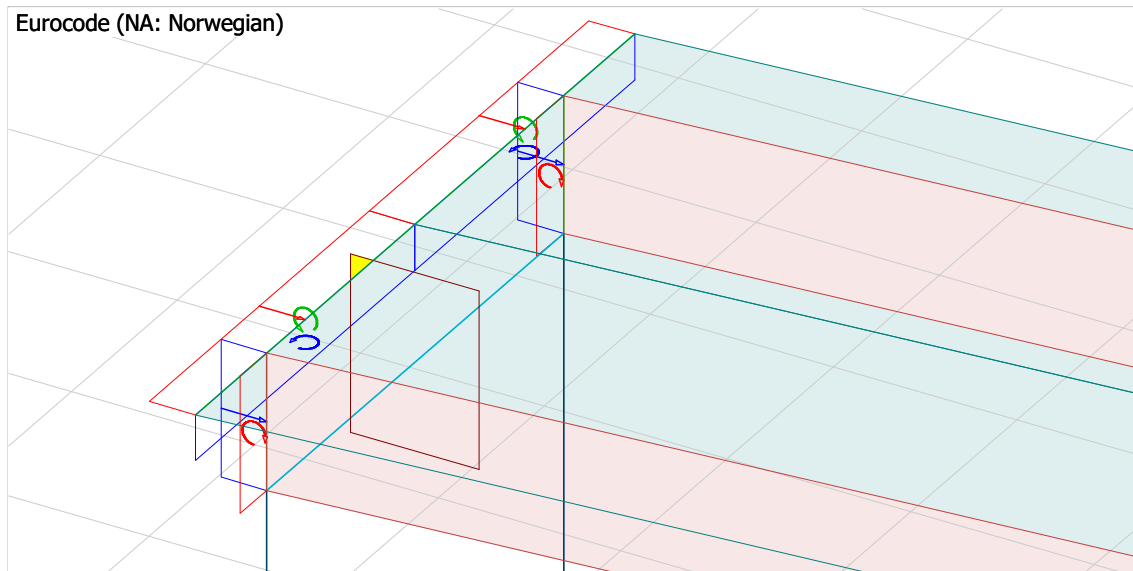


Vedlegg K

1.1.3 Fastholding

Whole structure

Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

Concrete materials

No.	Name	Fck	Fck,cube	Fctm	Fctk	Ecm	Yield strain	Ultimate strain	Gamma c
[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]
1	C20/25	20.000	25.000	2.200	1.500	30000.000	0.00200	0.00350	1.50
2	C20/25_1	20.000	25.000	2.200	1.500	30000.000	0.00200	0.00350	1.50
3	C20/25_2	20.000	25.000	2.200	1.500	30000.000	0.00200	0.00350	1.50
4	C20/25_3	20.000	25.000	2.200	1.500	30000.000	0.00200	0.00350	1.50

Gamma c, Acc	Gamma cE	Gamma s	Gamma s, Acc	Gamma c,fi	Gamma s,fi	Alfa cc	Alfa ct	Density	Therm. coeff.
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[t/m ³]	[1/°C]
1.20	1.20	1.15	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	2.548	0.000010
1.20	1.20	1.15	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	2.548	0.000010
1.20	1.20	1.15	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	2.548	0.000010
1.20	1.20	1.15	1.00	1.00	1.00	0.85	0.85	2.548	0.000010

Poisson's ratio	Creep c.(U,Ua,Us)	Creep c.(Sq)	Creep c.(Sf)	Creep c.(Sc)	Shrinkage	Dyna r.	Stab r.	Time-dependent
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	creep
0.200	0.00	2.06	2.06	2.06	0.280	1.000	1.000	No
0.200	0.00	1.86	1.86	1.86	0.237	1.000	1.000	No
0.200	0.00	1.80	1.80	1.80	0.240	1.000	1.000	No
0.200	0.00	2.02	2.02	2.02	0.266	1.000	1.000	No

Time-dependent shrinkage	Time-dependent elastic modulus
No	No
No	No
No	No
No	No

Fictitious bars
(empty table)

ID	E x A	G x It	E x I1	E x I2	Sp. cond.	Ep. cond.	Sp. stiffness, e,x'
[-]	[kN]	[kNm ²]	[kNm ²]	[kNm ²]	[-]	[-]	[kN/m]

Sp. stiffness, e,y'	Sp. stiffness, e,z'	Sp. stiffness, phi,x'	Sp. stiffness, phi,y'	Sp. stiffness, phi,z'	Ep. stiffness, e,x'
[kN/m]	[kN/m]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kN/m]

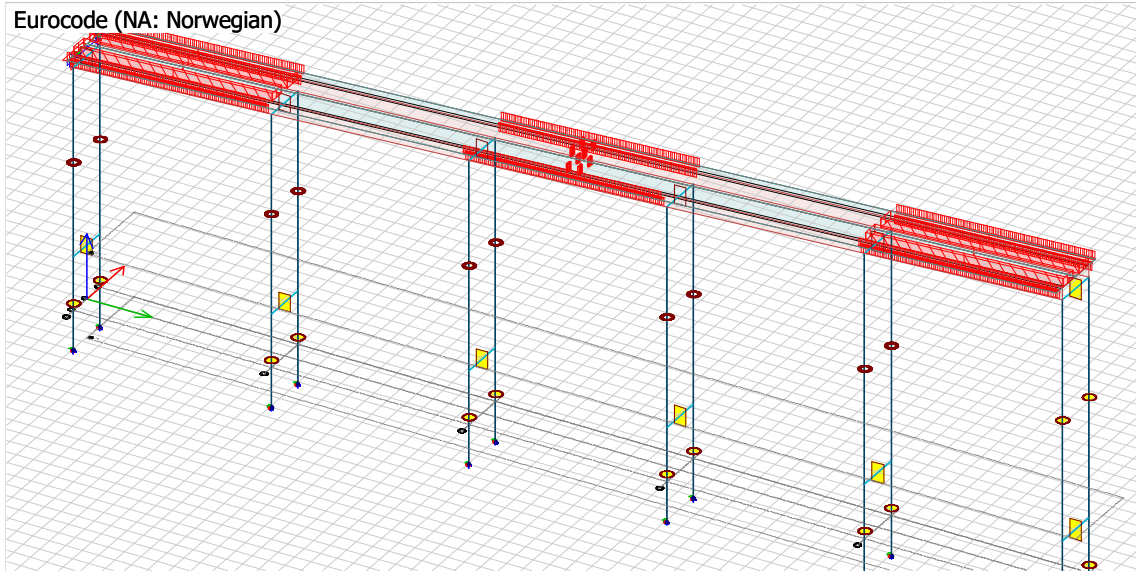
Ep. stiffness, e,y'	Ep. stiffness, e,z'	Ep. stiffness, phi,x'	Ep. stiffness, phi,y'	Ep. stiffness, phi,z'
[kN/m]	[kN/m]	[kNm/rad]	[kNm/rad]	[kNm/rad]

Vedlegg K

1.3 Grafisk presentasjon laster

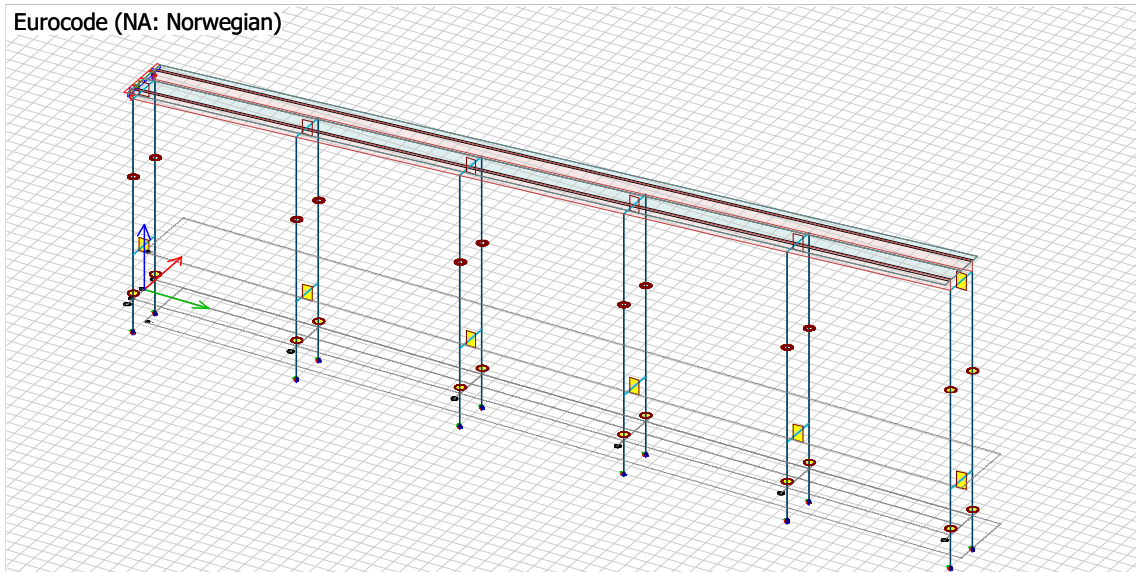
Whole structure / Trafikk A som boggilast

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Auto egen

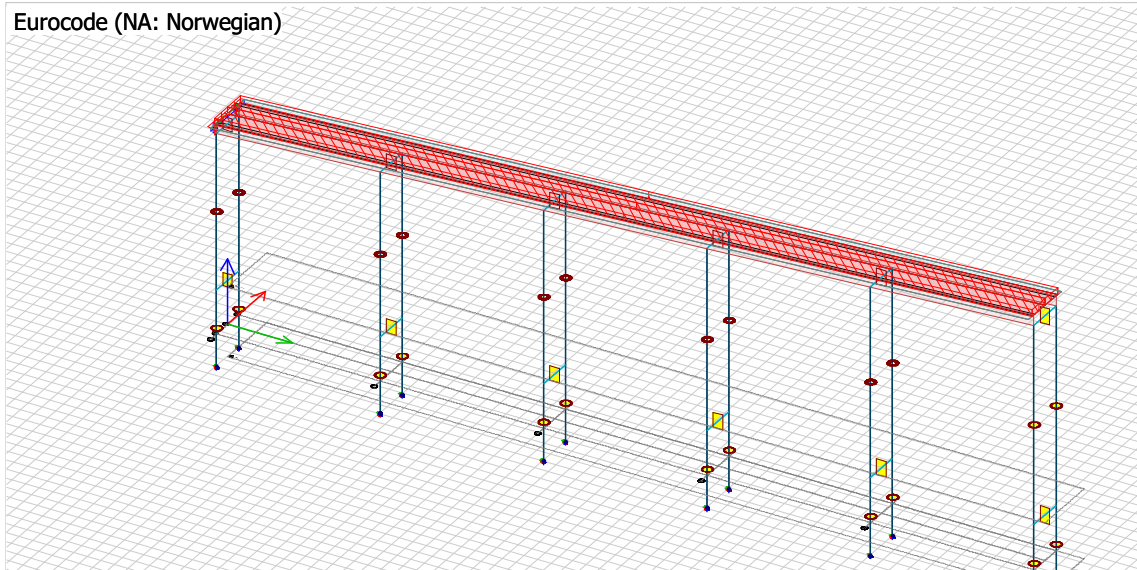
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

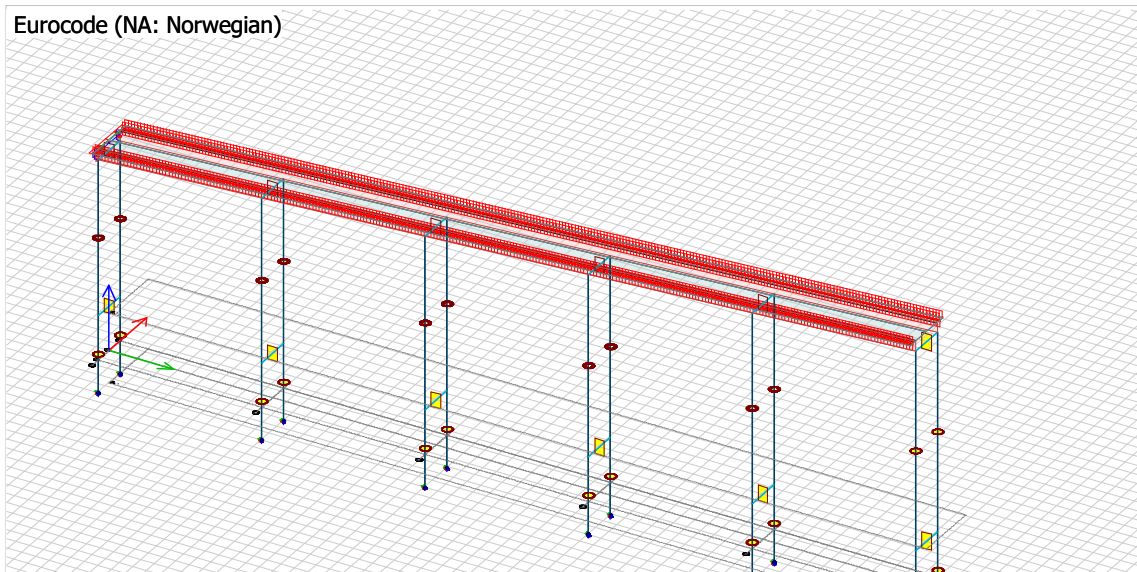
Whole structure / Påført egen brudekke

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Påført egen gangbru

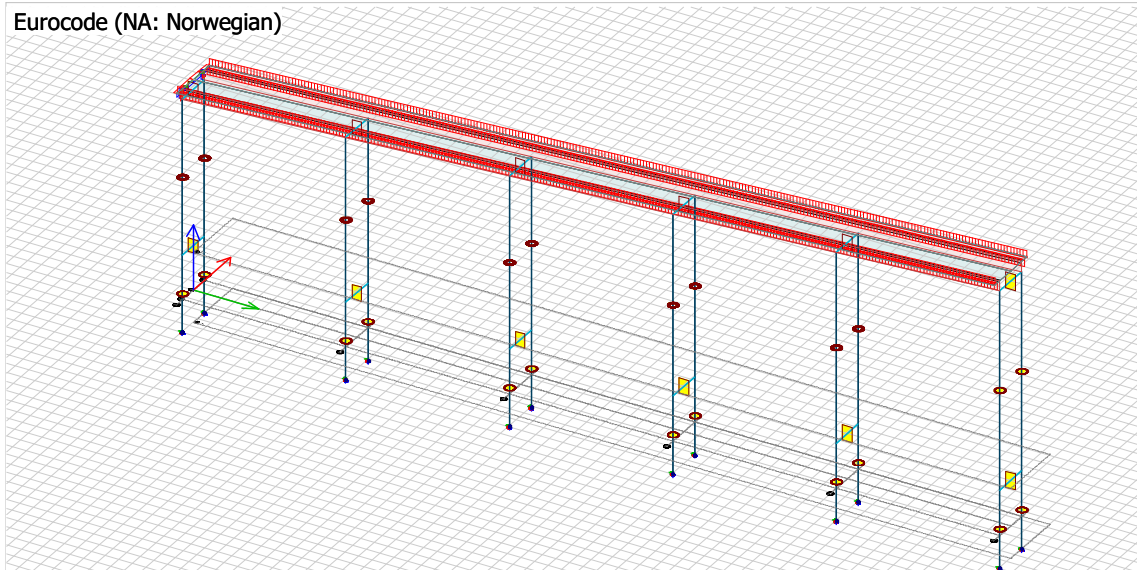
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

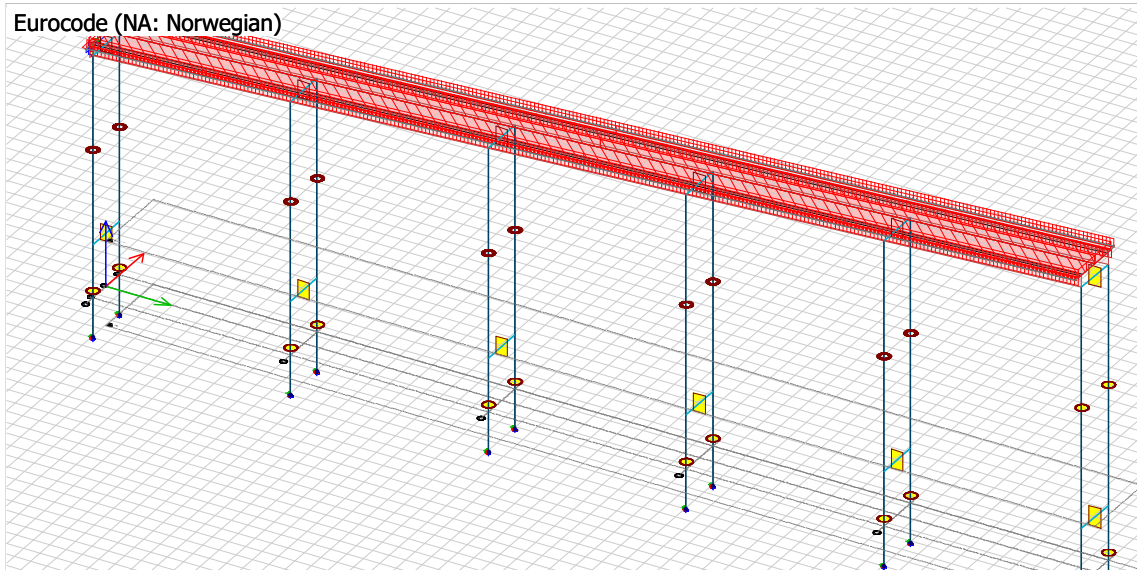
Whole structure / Trafikk gangbane u/trafikk

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Vind vertikalt m/trafikk

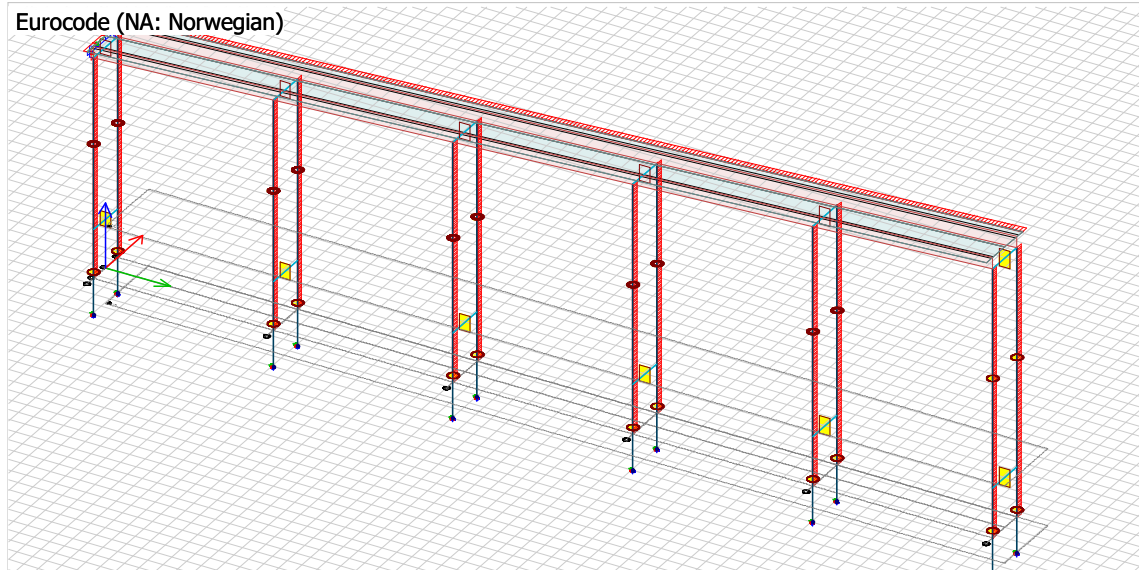
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

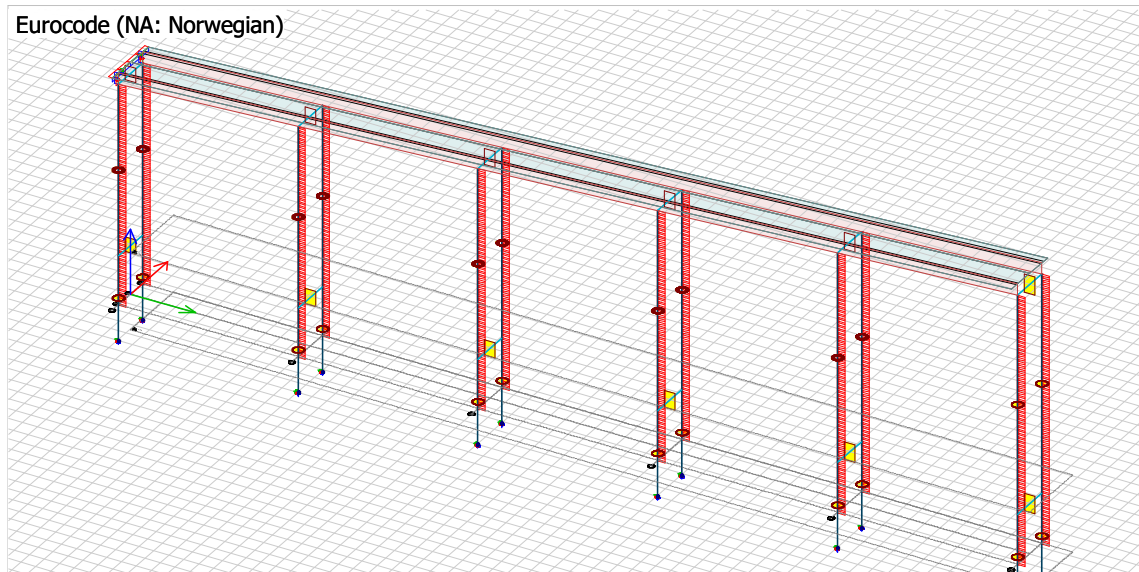
Whole structure / Vind tverretning m/trafikk -

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Vind lengderetning m/trafikk -

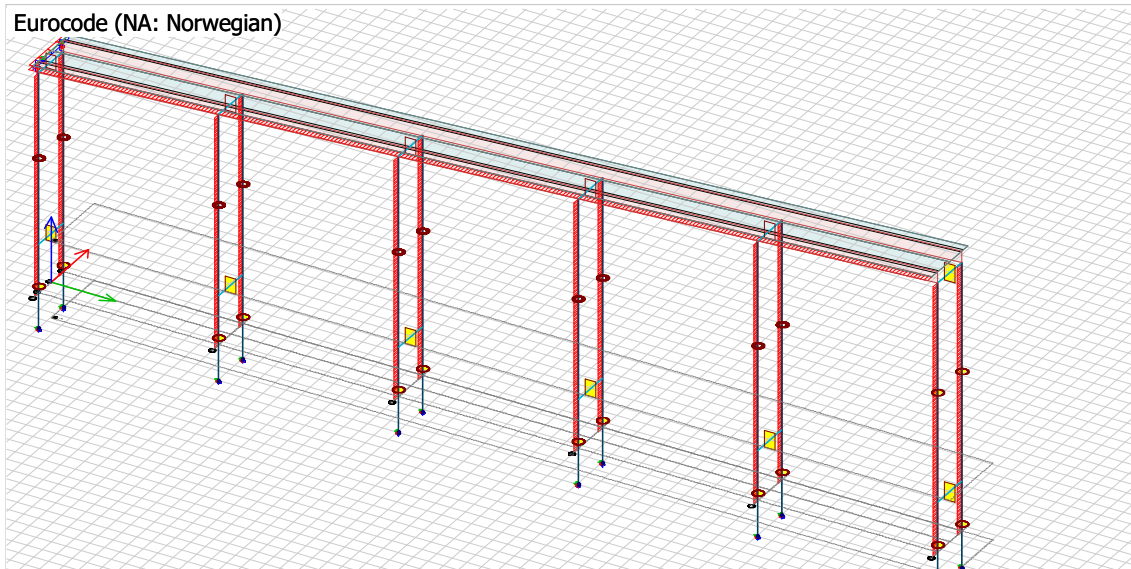
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

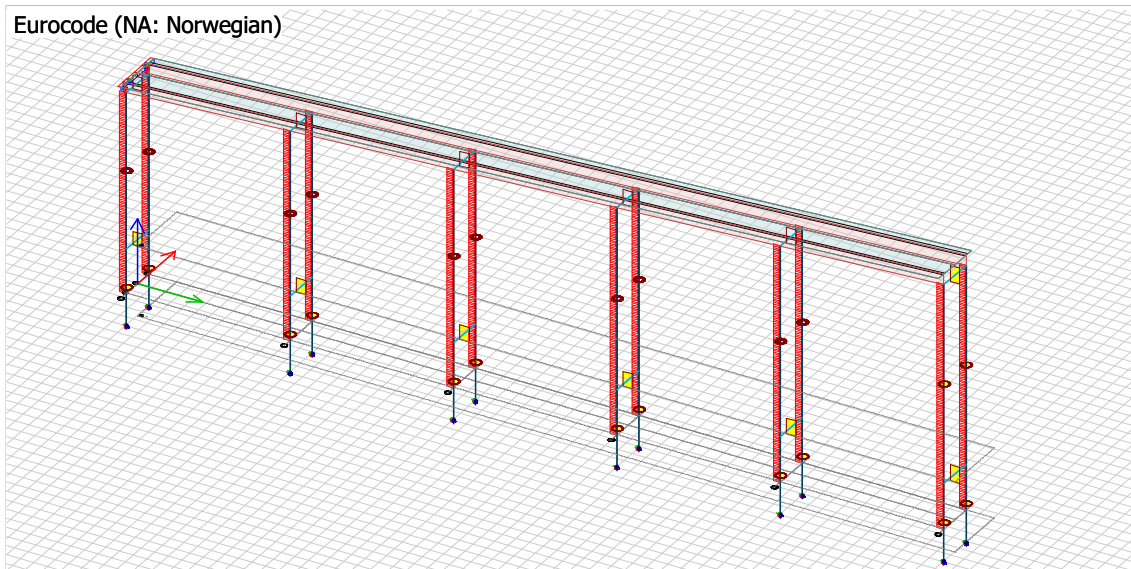
Whole structure / Vind tverretning m/trafikk +

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Vind lengderetning m/trafikk +

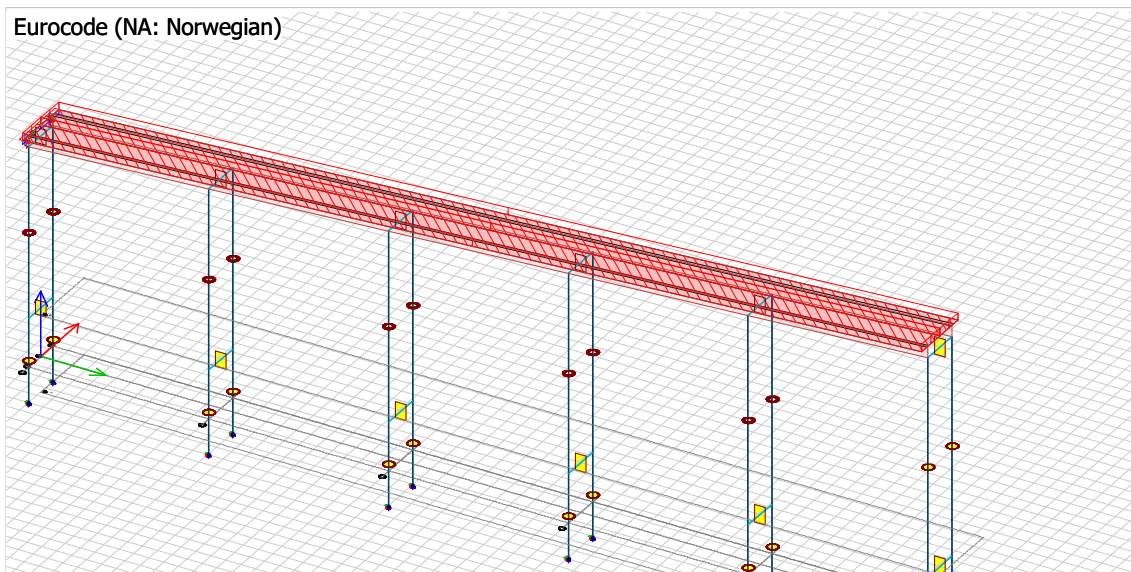
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

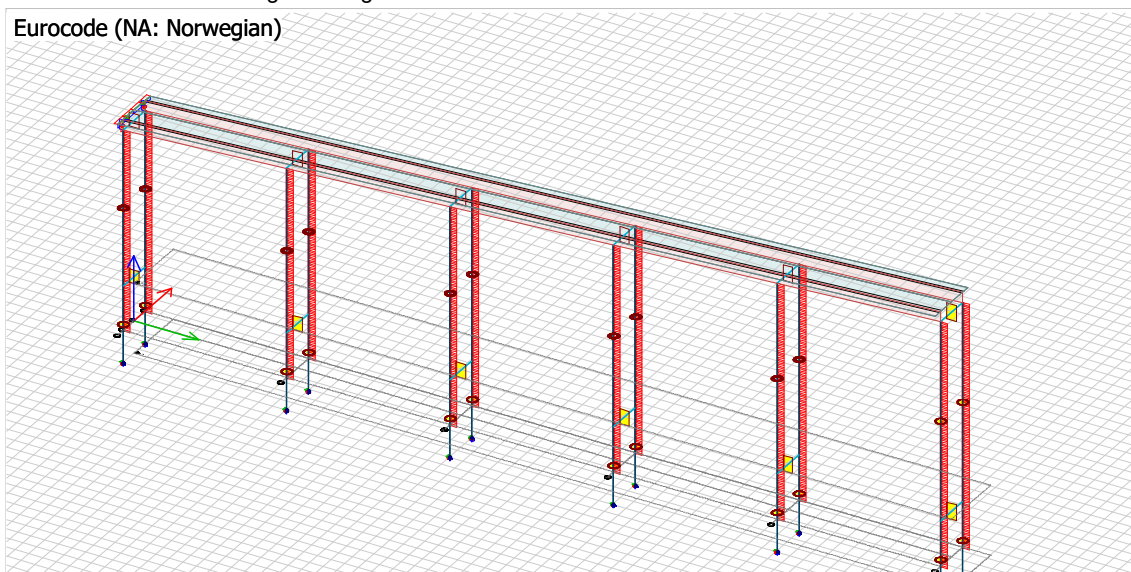
Whole structure / Vind vertikalt u/trafikk

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Vind lengderetning u/trafikk -

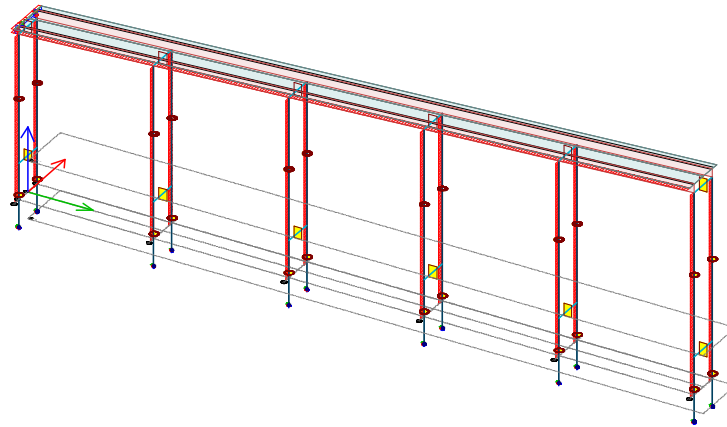
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

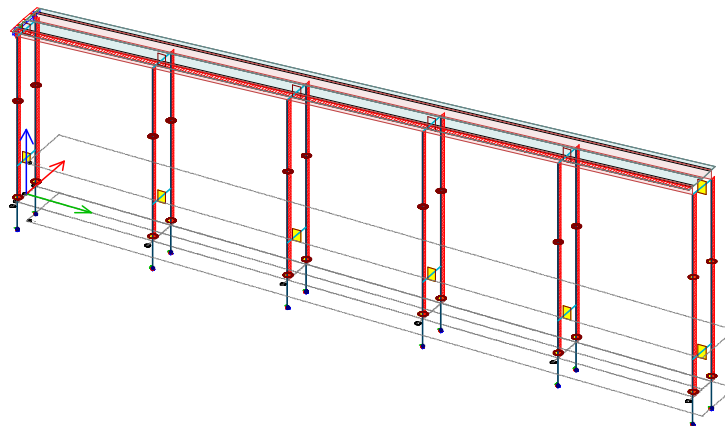
Whole structure / Vind tverretning u/trafikk+

Eurocode (NA: Norwegian)



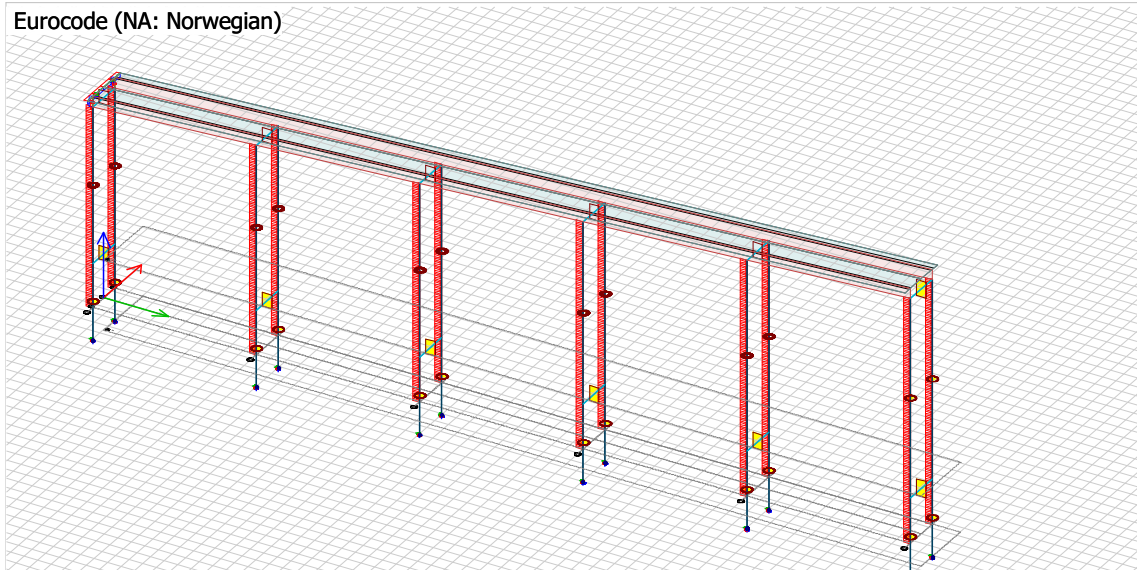
Whole structure / Vind tverretning u/trafikk -

Eurocode (NA: Norwegian)

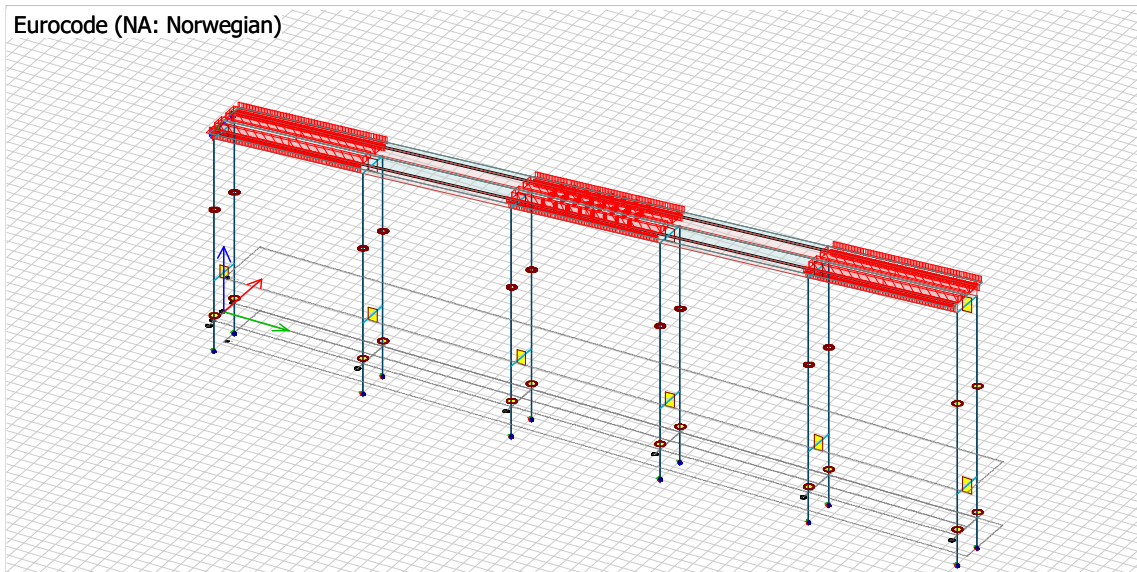


Vedlegg K

Whole structure / Vind lengderetning u/trafikk +
Eurocode (NA: Norwegian)



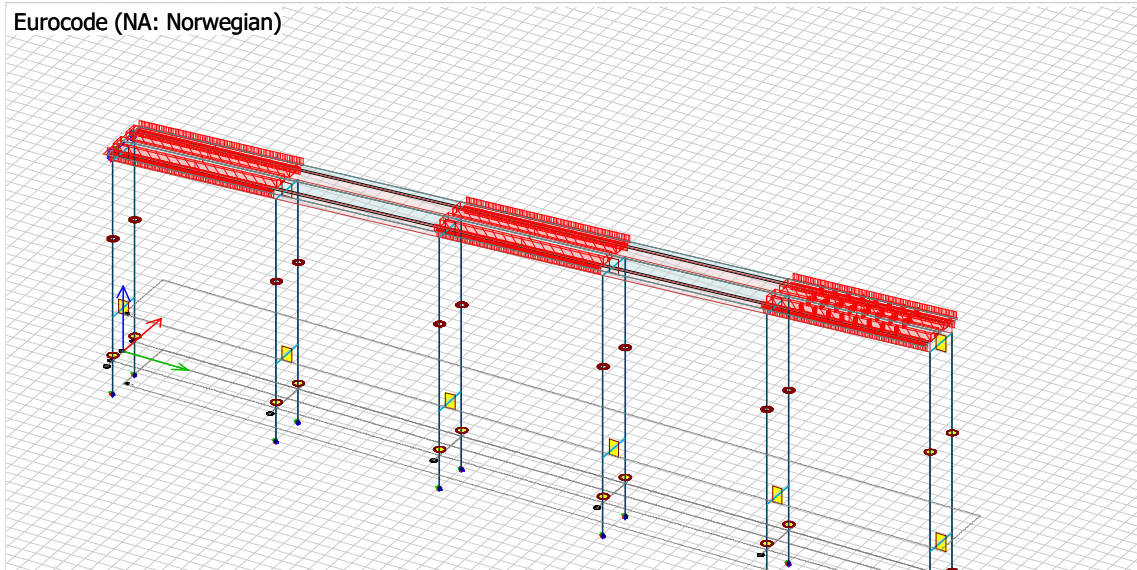
Whole structure / Trafikk A
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

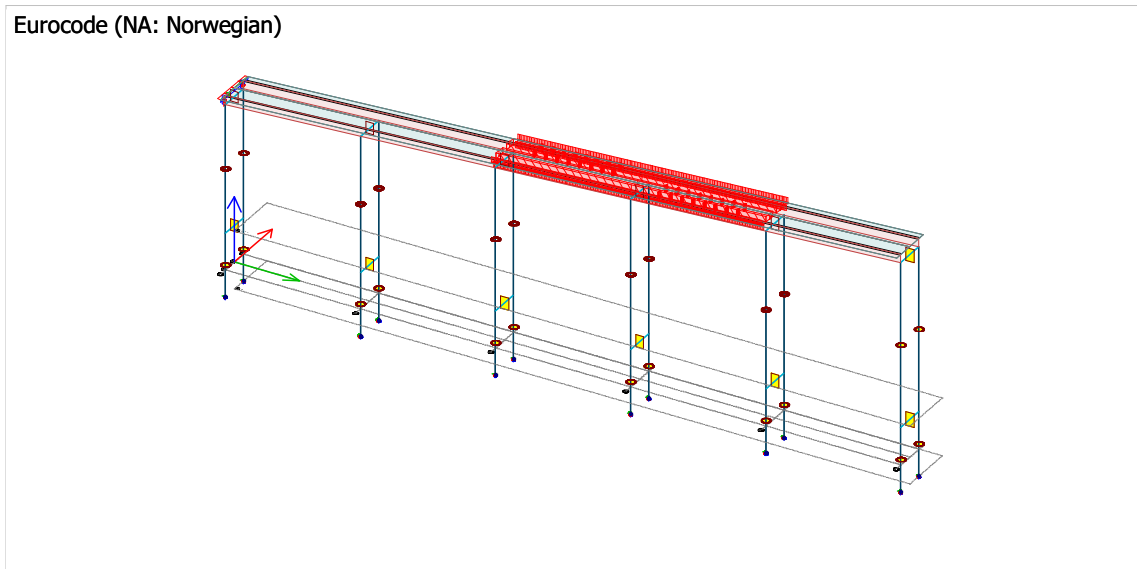
Whole structure / Trafikk B

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Trafikk C

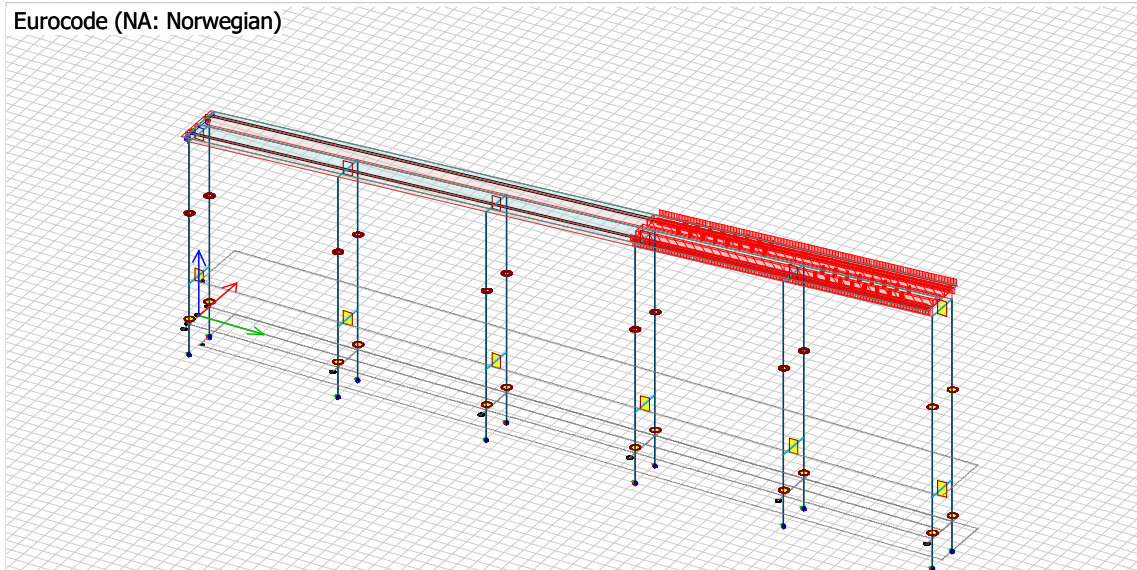
Eurocode (NA: Norwegian)



Vedlegg K

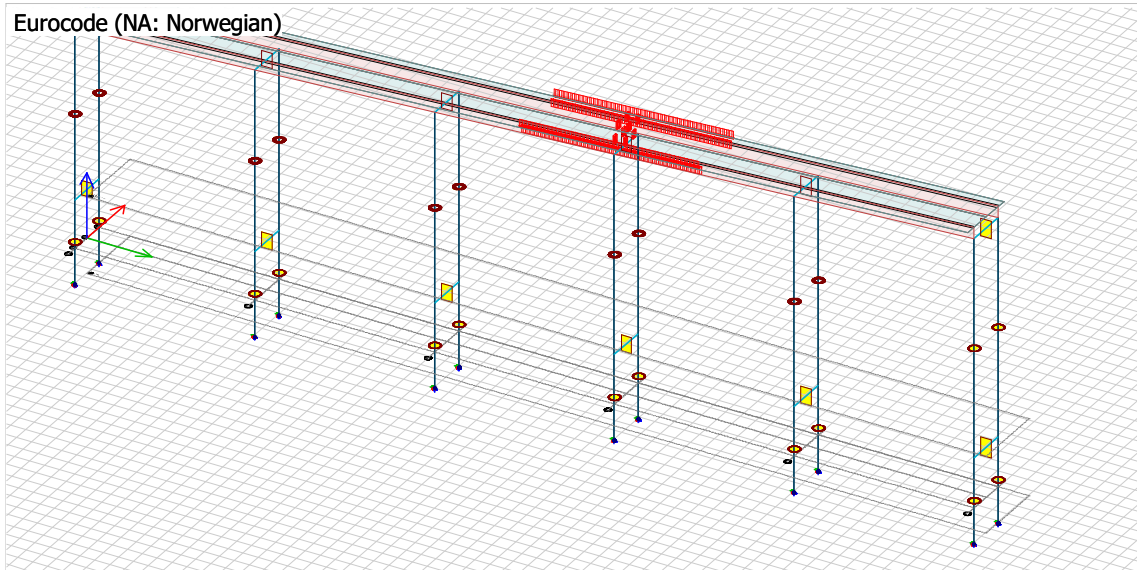
Whole structure / Trafikk D

Eurocode (NA: Norwegian)



Whole structure / Trafikklast A som boggilast over søyler

Eurocode (NA: Norwegian)



1.4 Laster

Load cases

No.	Name	Type	Duration class
1	Temperatur delta M heat	Ordinary	Medium-term
2	Temperatur delta M cool	Ordinary	Medium-term
3	Temperatur delta N exp	Ordinary	Medium-term
4	Temperatur delta N con	Ordinary	Medium-term
5	AR delta T n-ar	Ordinary	Permanent
6	AR delta T m-ar	Ordinary	Permanent
7	Trafikk A som boggilast	Ordinary	Long-term
8	Auto egen	+Struc. dead load	Permanent
9	Påført egen brudekke	Ordinary	Permanent
10	Påført egen gangbru	Ordinary	Permanent

Vedlegg K

No.	Name	Type	Duration class
11	Trafikk gangbane u/trafikk	Ordinary	Long-term
12	Vind vertikalt m/trafikk	Ordinary	Short-term
13	Vind tverretning m/trafikk -	Ordinary	Short-term
14	Vind lengderetning m/trafikk -	Ordinary	Short-term
15	Vind tverretning m/trafikk +	Ordinary	Short-term
16	Vind lengderetning m/trafikk +	Ordinary	Short-term
17	Vind vertikalt u/trafikk	Ordinary	Short-term
18	Vind lengderetning u/trafikk -	Ordinary	Short-term
19	Vind tverretning u/trafikk+	Ordinary	Short-term
20	Vind tverretning u/trafikk -	Ordinary	Short-term
21	Vind lengderetning u/trafikk +	Ordinary	Short-term
22	svinn	+Shrinkage	Permanent
23	Trafikk A	Ordinary	Permanent
24	Trafikk B	Ordinary	Long-term
25	Trafikk C	Ordinary	Long-term
26	Trafikk D	Ordinary	Long-term
27	Trafikklast A som boggilast ov...	Ordinary	Long-term

Line loads

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	-2.900	-2.900	0.000	0.000	Påført egen gangbru	...	-	Action	Constant
2	4.900	4.900	0.000	0.000	Påført egen gangbru	...	-	Action	Constant
3	2.000	2.000	0.000	0.000	Påført egen gangbru	...	-	Action	Constant
4	-3.000	-3.000	0.000	0.000	Påført egen gangbru	...	-	Action	Constant
5	4.900	4.900	0.000	0.000	Påført egen gangbru	...	-	Action	Constant
6	2.000	2.000	0.000	0.000	Påført egen gangbru	...	-	Action	Constant
7	-4.400	-4.400	0.000	0.000	Trafikk gangbane u/trafikk	...	-	Action	Constant
8	-5.200	-5.200	0.000	0.000	Trafikk gangbane u/trafikk	...	-	Action	Constant
9	12.400	12.400	0.000	0.000	Trafikk gangbane u/trafikk	...	-	Action	Constant
10	12.400	12.400	0.000	0.000	Trafikk gangbane u/trafikk	...	-	Action	Constant
11	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
12	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
13	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
14	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
15	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
16	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
17	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
18	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
19	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
20	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
21	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
22	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
23	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
24	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
25	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
26	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
27	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant

Vedlegg K

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
28	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
29	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
30	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
31	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
32	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
33	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
34	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind lengderetning m/trafikk -	...	-	Action	Constant
35	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
36	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
37	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
38	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
39	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
40	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
41	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
42	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
43	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
44	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
45	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
46	0.700	0.700	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
47	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
48	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
49	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
50	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
51	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
52	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
53	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
54	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
55	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
56	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
57	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
58	-0.700	-0.700	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
59	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretning m/trafikk +	...	-	Action	Constant
60	5.000	5.000	0.000	0.000	Vind tverretningg m/trafikk -	...	-	Action	Constant
61	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
62	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
63	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
64	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
65	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
66	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
67	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
68	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
69	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
70	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
71	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
72	1.300	1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk +	...	-	Action	Constant
73	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
74	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant

Vedlegg K

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
75	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
76	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
77	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
78	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
79	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
80	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
81	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
82	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
83	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
84	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Vind lengderetning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
85	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
86	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
87	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
88	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
89	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
90	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
91	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
92	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
93	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
94	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
95	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
96	1.400	1.400	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
97	6.600	6.600	0.000	0.000	Vind tverretningg u/trafikk+	...	-	Action	Constant
98	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
99	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
100	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
101	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
102	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
103	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
104	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
105	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
106	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
107	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
108	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
109	-1.400	-1.400	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
110	-6.600	-6.600	0.000	0.000	Vind tverretning u/trafikk -	...	-	Action	Constant
111	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
112	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
113	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
114	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
115	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
116	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
117	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
118	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
119	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
120	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
121	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant

Vedlegg K

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
122	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk A	...	-	Action	Constant
123	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
124	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
125	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
126	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
127	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
128	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
129	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
130	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
131	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
132	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
133	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
134	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk B	...	-	Action	Constant
135	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
136	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
137	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
138	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
139	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
140	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
141	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
142	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk C	...	-	Action	Constant
143	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
144	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
145	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
146	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
147	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
148	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
149	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
150	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk D	...	-	Action	Constant
151	-0.800	-0.800	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
152	-0.900	-0.900	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
153	2.200	2.200	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
154	2.200	2.200	0.000	0.000	Vind vertikalt m/trafikk	...	-	Action	Constant
155	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
156	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
157	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
158	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
159	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
160	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
161	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
162	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
163	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
164	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
165	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
166	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikk A som boggilast	...	-	Action	Constant
167	-1.100	-1.100	0.000	0.000	Trafikklast A som boggilast over s...	...	-	Action	Constant
168	-1.300	-1.300	0.000	0.000	Trafikklast A som boggilast over s...	...	-	Action	Constant

Vedlegg K

No.	q1	q2	m1	m2	Load case	Applied	Assigned	Intensity	Direction
[-]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
169	3.300	3.300	0.000	0.000	Trafikklast A som boggilast over s...	...	-	Action	Constant
170	3.100	3.100	0.000	0.000	Trafikklast A som boggilast over s...	...	-	Action	Constant

Line temperature loads
(empty table)

No.	t1	t1'	t2	t2'	Load case	Comment
[-]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[-]

Point loads
(empty table)

No.	F	M	Load case	Comment	Applied on Ecc.	Assigned
[-]	[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]

1.5 Last kombinasjoner

Load combinations

No.	Name	Type	Factor	Load cases
1	Trafikk gangbane kombinasjon a	Ultimate	1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen brudekke
			1.150	Påført egen gangbru
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.400	Trafikk gangbane u/trafikk
2	Trafikk gangbane kombinasjon b	Ultimate	1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen brudekke
			1.000	Påført egen gangbru
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.200	Trafikk gangbane u/trafikk
3	Vind + gangbane b	Ultimate	0.800	Vind vertikalt m/trafikk
			1.000	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.000	Påført egen brudekke
			1.000	Påført egen gangbru
			1.000	svinn (+Shrinkage)
4	A som boggi	Ultimate	1.300	Vind vertikalt m/trafikk
			0.800	Trafikk gangbane u/trafikk
			1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen brudekke
			1.150	Påført egen gangbru
5	A som boggi over søyler	Ultimate	1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.300	Trafikk A som boggilast
			1.150	Auto egen (+Struc. dead load)
			1.150	Påført egen brudekke
			1.150	Påført egen gangbru
			1.000	svinn (+Shrinkage)
			1.300	Trafikklast A som boggilast ov...

Vedlegg K

2 Statikk

2.1 Likevekt

Equilibrium, Ultimate - Load case

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
Temper...	Fx'	0.000	0.002	-
	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.061	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temper...	Fx'	0.000	0.001	-
	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.021	-
	Mz'	0.000	-0.000	-
Temper...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
Temper...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
AR delt...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
AR delt...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	0.000	0.000	-
Trafikk ...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-1435.856	1435.856	0.00
	Mx'	6.544	-6.544	0.00
	My'	86160.089	86160.068	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
Auto eg...	Fx'	0.000	0.000	-

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
Påført e...	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-26184.103	26184.101	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	1674024.315	1674024.194	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Fx'	0.000	0.000	-
Påført e...	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-1952.859	1952.858	0.00
	Mx'	0.089	-0.089	0.01
	My'	117171.522	117171.499	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Fx'	0.000	0.000	-
Trafikk ...	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-949.085	949.084	0.00
	Mx'	7.729	-7.729	0.00
	My'	56946.271	56946.261	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Fx'	0.000	0.000	-
Vind ve...	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-1825.041	1825.041	0.00
	Mx'	-331.976	331.975	0.00
	My'	109502.048	109502.027	0.00
	Mz'	0.000	0.002	-
	Fx'	0.000	0.000	-
Vind tv...	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-887.811	887.811	0.00
	Mx'	15.226	-15.226	0.00
	My'	53268.587	53268.576	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Fx'	0.000	0.000	-
Vind len...	Fy'	-875.870	875.860	0.00
	Fz'	0.000	-0.000	-
	Mx'	25024.133	25023.791	0.00
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	-53316.622	53315.989	0.00
	Fx'	-274.991	274.991	0.00
Vind tv...	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	-4499.890	4499.891	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
	Fx'	0.000	0.000	-
Vind tv...	Fy'	875.870	-875.860	0.00

Vedlegg K

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	-25024.133	25023.791	0.00
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	53316.622	53315.989	0.00
Vind len...	Fx'	274.991	-274.991	0.00
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	-0.000	-
	Mx'	0.000	-0.000	-
	My'	4499.890	-4499.891	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
Vind ve...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-1396.444	1396.444	0.00
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	83786.646	83786.631	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
Vind len...	Fx'	-510.697	510.697	0.00
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	-8356.939	8356.940	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
Vind tv...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	1343.143	-1343.128	0.00
	Fz'	0.000	0.000	-
	Mx'	-36091.781	36091.293	0.00
	My'	0.000	-0.000	-
	Mz'	82117.357	82116.449	0.00
Vind tv...	Fx'	0.000	-0.000	-
	Fy'	-1343.143	1343.128	0.00
	Fz'	0.000	-0.000	-
	Mx'	36091.781	-36091.293	0.00
	My'	0.000	0.000	-
	Mz'	-82117.357	82116.449	0.00
Vind len...	Fx'	510.697	-510.697	0.00
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	-0.000	-
	Mx'	0.000	-0.000	-

Case	Component	Loads	Reactions	Error
[-]	[-]	[kN(m)]	[kN(m)]	[%]
	My'	8356.939	-8356.940	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-
svinn	Fx'	0.000	-0.006	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	0.000	-0.004	-
	Mx'	0.000	0.000	-
	My'	0.000	0.001	-
	Mz'	0.000	0.000	-
Trafikk A	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-2114.847	2114.846	0.00
	Mx'	4.901	-4.901	0.00
	My'	126889.507	126889.479	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
Trafikk B	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-2114.847	2114.846	0.00
	Mx'	9.931	-9.931	0.00
	My'	173053.179	173053.120	0.00
	Mz'	0.000	-0.000	-
Trafikk C	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-1730.377	1730.376	0.00
	Mx'	5.202	-5.202	0.00
	My'	124590.611	124590.592	0.00
	Mz'	0.000	-0.001	-
Trafikk D	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	-0.000	-
	Fz'	-1730.348	1730.348	0.00
	Mx'	5.590	-5.589	0.00
	My'	166133.123	166133.077	0.00
	Mz'	0.000	-0.002	-
Trafikk...	Fx'	0.000	0.000	-
	Fy'	0.000	0.000	-
	Fz'	-666.905	666.905	0.00
	Mx'	-1.991	1.991	0.00
	My'	48001.820	48001.815	0.00
	Mz'	0.000	0.000	-

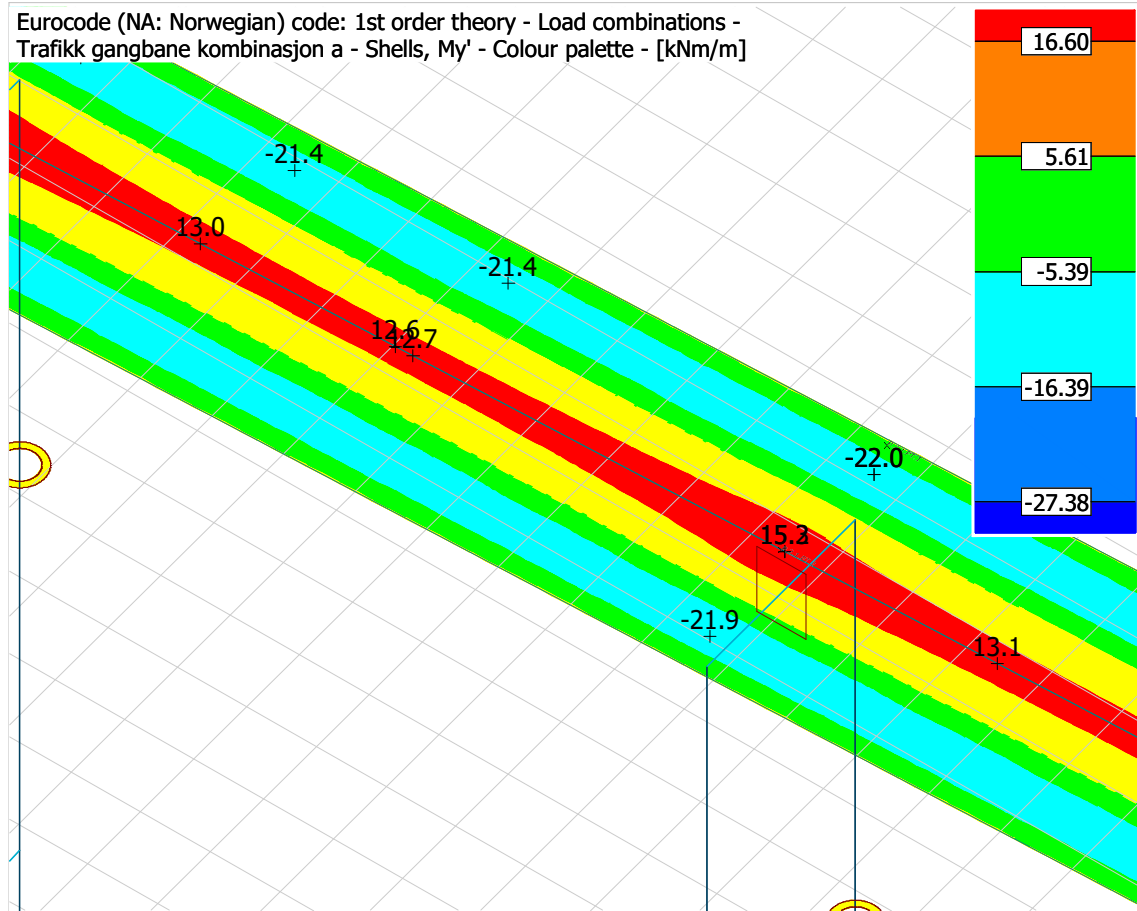
2.2 Dimensjonerende lastkombinasjoner

2.2.1 Dimensjonerende moment

Vedlegg K

Whole structure / Load combinations - Trafikk gangbane kombinasjon a - Shells, My' - Colour palette

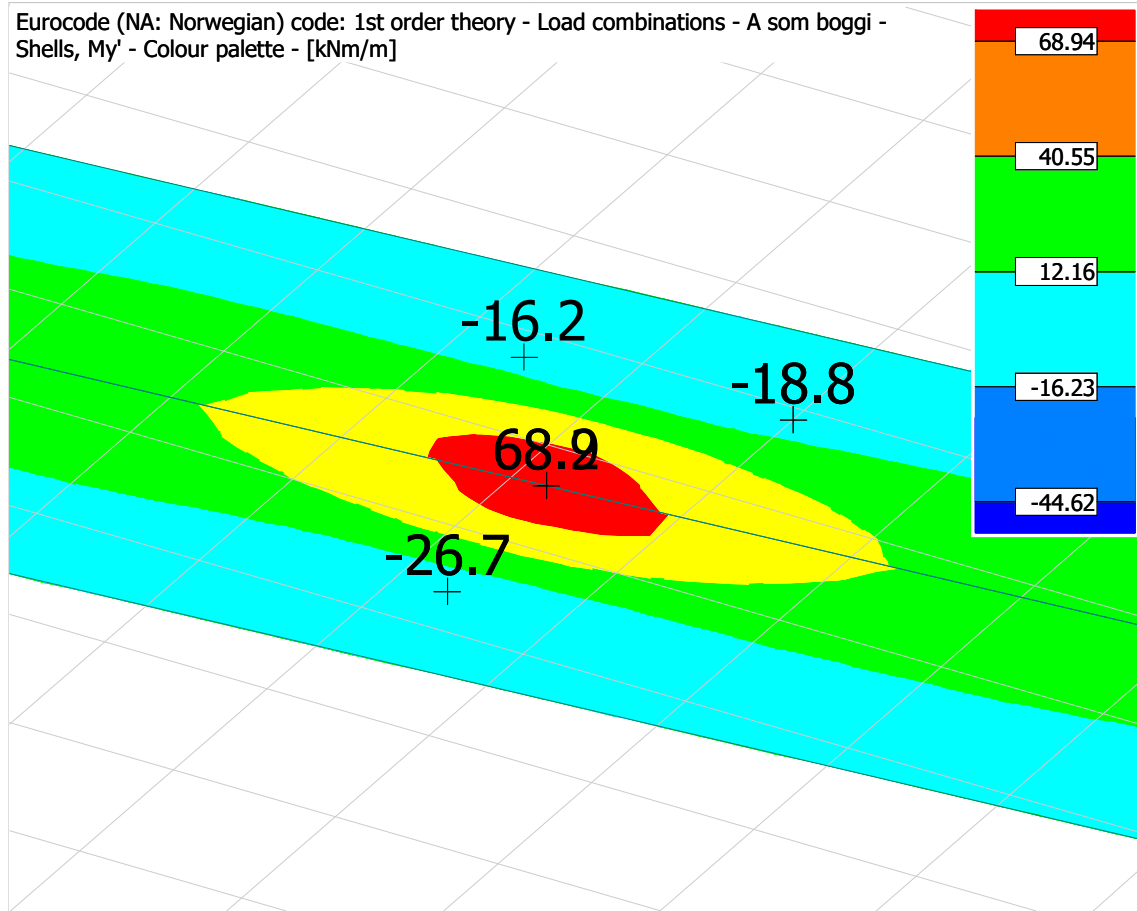
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Trafikk gangbane kombinasjon a - Shells, My' - Colour palette - [kNm/m]



Vedlegg K

Whole structure / Load combinations - A som boggi - Shells, My' - Colour palette

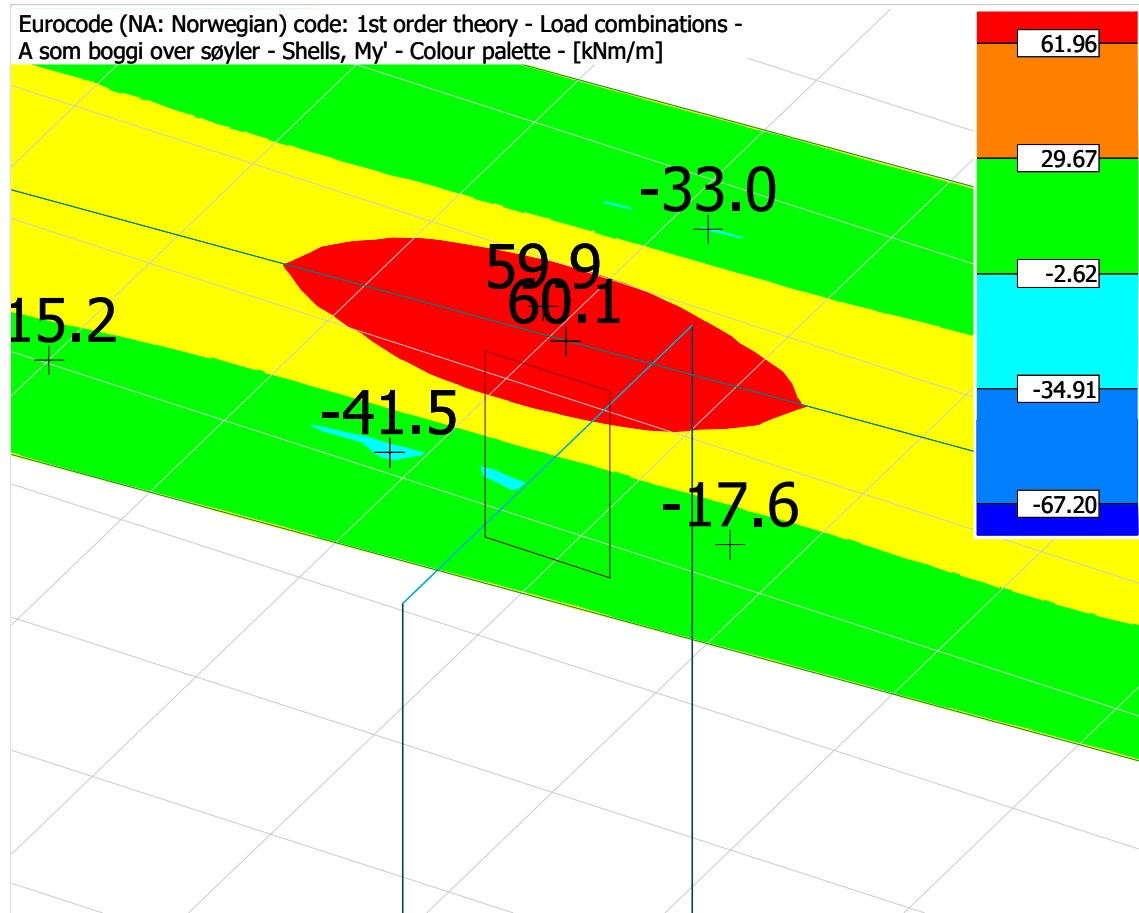
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A som boggi - Shells, My' - Colour palette - [kNm/m]



Vedlegg K

Whole structure / Load combinations - A som boggi over søyler - Shells, My' - Colour palette

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A som boggi over søyler - Shells, My' - Colour palette - [kNm/m]

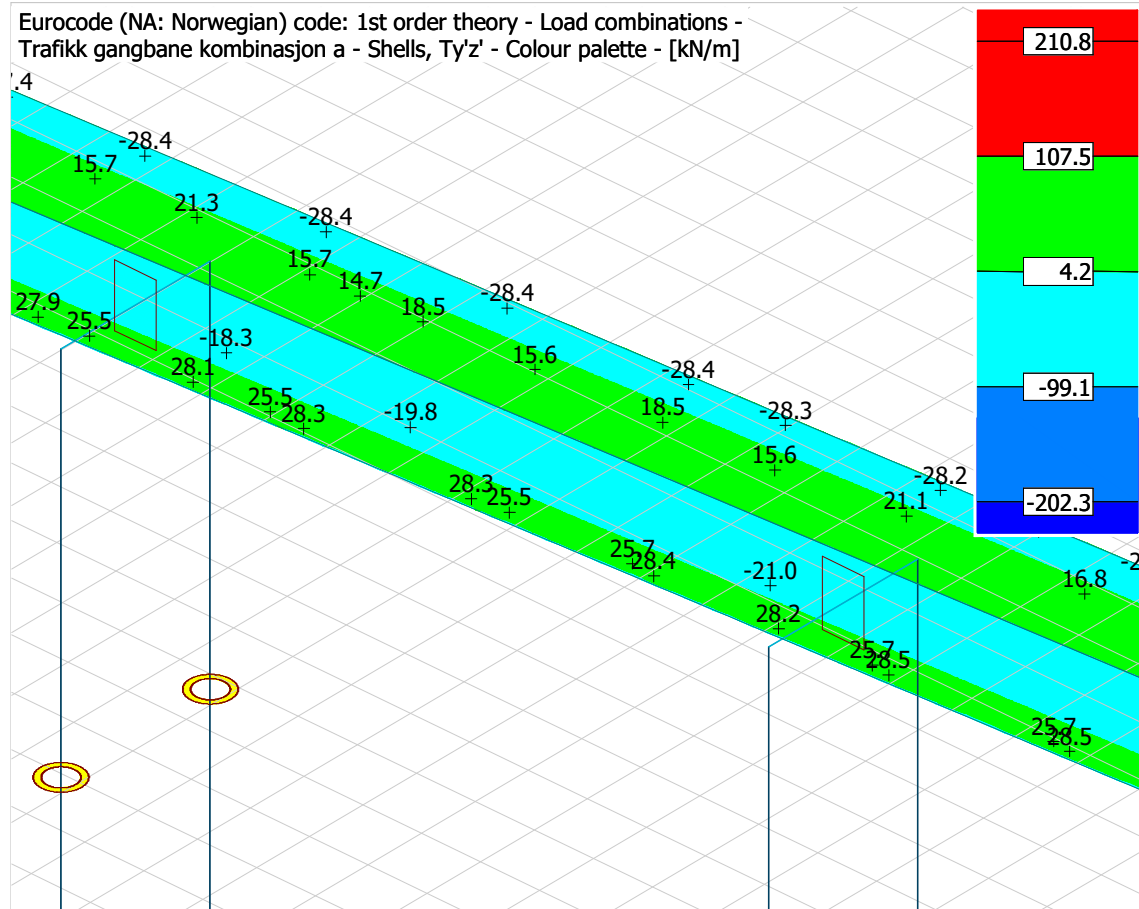


2.2.2 Dimensjonerende skjærkrefter

Vedlegg K

Whole structure / Load combinations - Trafikk gangbane kombinasjon a - Shells, Ty'z' - Colour palette

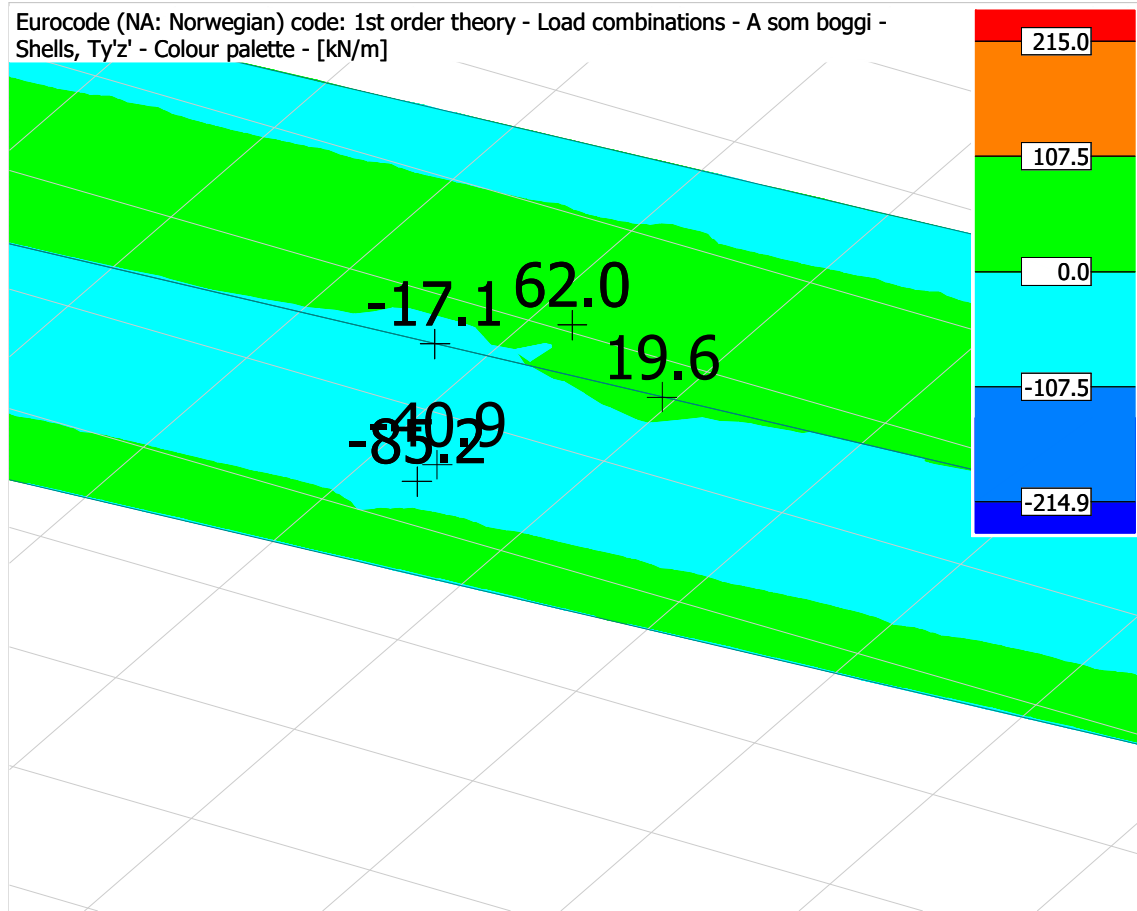
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Trafikk gangbane kombinasjon a - Shells, Ty'z' - Colour palette - [kN/m]



Vedlegg K

Whole structure / Load combinations - A som boggi - Shells, Ty'z' - Colour palette

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A som boggi - Shells, Ty'z' - Colour palette - [kN/m]



Vedlegg K

Whole structure / Load combinations - A som boggi over søyler - Shells, Ty'z' - Colour palette

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - A som boggi over søyler - Shells, Ty'z' - Colour palette - [kN/m]

