

# Økning i bæreevne for stålbejelkebruer med betongdekke uten samvirke

Etablering av samvirke mellom stål og  
betong

**Andreas Hanssen Vang**

Master i veg og jernbane

Innlevert: mai 2017

Hovedveileder: Jan Arve Øverli, KT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for konstruksjonsteknikk





## MASTEROPPGAVE 2017

|   |                       |                                   |
|---|-----------------------|-----------------------------------|
| FAGOMRÅDE:<br>Samvirkekonstruksjoner i stål og betong | DATO:<br>15. mai 2017 | ANTALL SIDER:<br>91 + 15(vedlegg) |
|---|-----------------------|-----------------------------------|

TITTEL:

Økning i bæreevne for stålbjelkebruer med betongdekke uten samvirke

Utført av:

Andreas Hanssen Vang



SAMMENDRAG:

Oppgaven er en kvantitativ analyse av eksisterende stålbjelkebruer med betongdekke uten samvirke hvor hensikten er å se på potensiale for økt bæreevne ved å etablere samvirke mellom stål og betong.

Det er analysert 106 ulike bruer på riks- og fylkesvegnettet i Nord-Trøndelag for å finne en sammenheng mellom bjelkehøyder, bjelketyper og ulik utforming av betongdekke.

Resultatene viser at den relative økningen i potensiale ved etablering av samvirke mellom stål og betong er synkende når forholdet mellom ståltverrsnittets aksialkapasitet og betongdekkets aksialkapasitet er synkende.

|             |  |
|-------------|--|
| FAGLÆRER:   | Ida Knudsen  |
| VEILEDERE:  | Jan Arve Øverli, Institutt for konstruksjonsteknikk NTNU og Amund Geicke, Sweco Norge AS |
| UTFØRT VED: | Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU   |



## **I. Forord**

Denne masteroppgaven er utarbeidet høsten 2016 og våren 2017 og er en del av en mastergrad i videreutdanningsprogrammet Veg og Jernbane ved Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Universitet (NTNU). Oppgaven tilsvarer 30 studiepoeng og er skrevet av Andreas Hanssen Vang. Veileder ved NTNU har vært Jan Arve Øverli ved institutt for konstruksjonsteknikk. Veilededer i Sweco Norge AS har vært Amund Geicke. Knut Grefstad i Vegdirektoratet, Statens vegvesen, har bidratt med relevante opplysninger og forutsetninger til oppgaven.

Oppgaven har gitt en god forståelse og innsikt i brumassen som finnes på riks og fylkesvegnettet i Norge. Gjennom oppgaven har jeg tilegnet meg god kunnskap om samvirkebruer og hvordan ulike faktorer spiller inn ved prosjektering av disse. Oppgaven har bydd på utfordringer med manglende datagrunnlag og har belyst viktigheten av å ta vare på som bygd dokumentasjon for ettertida.

Det rettes en spesiell takk til Statens vegvesen for tilgang til brudatabasen BRUTUS og innsyn i relevante data som har vært avgjørende for å kunne svare på oppgaven. Vil også takke kollegaer ved Sweco for nyttige samtaler og problemløsning i et tema få av oss har vært borte i før.



## II. Sammendrag

I riks- og fylkesvegnettet i Norge er det registrert 22717 bruer. Av disse er 1682 stålbjelkebruer med betongdekke. Alle bruer er prosjektert og bygget etter lastforskrifter og prosjekteringsstandarder som var gjeldende da bruene ble bygget. Kravene i tidligere standarder avviker fra de kravene som gjelder i dag. Av de 1682 stålbjelkebruene er det ingen som er prosjektert med samvirke mellom stål og betong.

Denne oppgaven ser på hvilket potensiale som ligger i å etablere samvirke mellom stål og betong på eksisterende bruer. Oppgaven ser også på hvilke parametere som påvirker den relative økningen i tverrsnittskapasitet. Dette som ledd i å kunne bidra til økt bæreevne for bruene.

Det er lagt ned mye tid i å kartlegge og finne tegninger og annet grunnlag for videre analyse. Data er hentet fra Statens vegvesens brudatabase, Brutus. Grunnet store mengder data og antall bruer, er materialet benyttet i denne oppgaven begrenset til bruer i Nord-Trøndelag. Tilgjengelig datamateriale viser et høyt antall bruer av brutypen i Nord-Trøndelag.

For å kunne si noe om potensiale for bæreevneøkning, er det gjennomført elastisk og plastisk tverrsnittsberegning for alle bjelketyper som er funnet i det valgte datagrunnlaget. Disse er sammenlignet med beregninger av samvirkekapasitet for tverrsnitt for alle bruer i datagrunnlaget.

Resultatene viser at for bruer hvor dekkets aksialkapasitet er større enn bjelkeprofilets aksiale strekkapasitet, er potensialet for økt bæreevne større enn for andre tilfeller. Tendensen er at den relative økningen i bæreevne går ned, når forholdet mellom stålprofilets aksiale strekkapasitet og betongdekkets aksiale trykkapasitet øker.





### III. Abstract

There are 22717 bridges on the roads managed by the Norwegian Public Roads Administration (NPRA). Of these, 1682 bridges are steel girder bridges with concrete decks. In general, most of these bridges are built without a shear connection between the steel girders and the concrete deck. The bridges were built according to regulations applicable for the year they were built. The requirements were different in earlier regulations than those used today.

The aim of this Master thesis is to see if there is a possibility to increase the capacity by creating a shear connection between the steel girders and the concrete deck. The report also tries to find a coherence between key variables in the sections such as beam height, beam type and geometric variations of the concrete deck.

The focus area of this report are the bridges in the Nord-Trøndelag county in the middle of Norway. The number of steel girder bridges in the county of Nord-Trøndelag are high. The statistical data available for the bridges are good. All data is extracted from the NPRA bridge database BRUTUS. The data is then being analyzed to be able to get the relevant data that are needed in the Master thesis.

Plastic and elastic calculations have been carried out to verify the section capacities for all girder sections found in the basic dataset. These are compared to the relevant combined steel and concrete section for all bridges analyzed in this Master thesis.

The results indicate a considerable increase in section capacities for all sections calculated. There are found no coherence between increased section capacity and beam heights, beam types or deck properties and geometry. The bridge designs vary too much to be able to find a pattern. Further calculations must be performed, and material properties should be accurate to be able to calculate the exact increased capacity.

This Master thesis indicate that bridges with a concrete deck with larger axial capacity than the axial capacity of the steel girders, have a larger relative increased capacity than for other occurrences. The tendency is that the relative increased capacity decreases when the ratio between steel beam profile capacity and the concrete deck increases.



## IV. Figurliste

|  |    |
|--|----|
| Figur 1-1 Typisk tverrsnitt stålbejelkebru med to stålbejelker og fritt opplagt betongdekke.....                                 | 2  |
| Figur 2-1 Oversikt over materialfastheter for stålkonstruksjoner iht. HB R412<br>Bruklassifisering, tabell 4.1-2[3].....         | 6  |
| Figur 2-2 Strekk – tøyingsdiagram for stål[10].....  | 7  |
| Figur 2-3 Krav til den kjemiske sammensetningen av produktanalysen jfr tabell 3 i NS-EN<br>10025-3:2005[12].....                 | 8  |
| Figur 2-4 Prøvetaking av stålbejelker på Røyrvik bru i Nord- Trøndelag. Foto: Andreas<br>Hanssen Vang.....                       | 10 |
| Figur 2-5 spenning-tøyingsdiagram for ulike betongkvaliteter.[17].....   | 11 |
| Figur 2-6 Betongens konstruksjonsfasthet, differensiert på ulike tidsepoker. [3] .....   | 12 |
| Figur 2-7 Oversikt over materialfaktorer for stål iht. HB R412 Bruklassifisering, tabell 4.1-<br>1[3] .....                      | 13 |
| Figur 2-8 Oversikt over materialfaktorer for betong og armering iht. HB R412<br>Bruklassifisering, tabell 4.2-1.[3].....         | 14 |
| Figur 2-9 Eksempler på dybler for samvirkekonstruksjoner i stål og betong[18] .....  | 15 |
| Figur 2-10 Bøyepening og 2. arealmoment som funksjon av skjærkraftoverføring[18] .....   | 16 |
| Figur 3-1 Utsnitt fra BRUTUS. Søket viser 27802 registrerte bruer på riks og fylkesvegnettet i<br>Norge.....                     | 18 |
| Figur 3-2 Filtrering av søk i Brutus.....  | 19 |
| Figur 3-3 Figuren viser hvor i landet det er flest stålbejelkebruer. Data er hentet fra<br>datagrunnlaget i vedlegg I.[19] ..... | 20 |
| Figur 3-4 Figuren viser fordelingen av antallet spenn framstilt i en logaritmisk skala.....                                      | 21 |
| Figur 3-5 Hafstad bru. 2stk HE1000A, 18,82 m spennvidde .....  | 22 |
| Figur 3-6 Fjellselv bru, 2stk HE900B, 16 m spennvidde.....   | 22 |
| Figur 3-7 Forholdet mellom brulengder og antall bejelker .....   | 23 |

|   |    |
|---|----|
| Figur 3-8 Litlefundsjøbekk, 2 stk HE400A, 7,8 m spennvidde .....  | 23 |
| Figur 3-9 Nordre Myrset, 2*2stk NP45, 11,5 m spennvidde .....   | 24 |
| Figur 3-10 Hammervatnet, 3stk HE900B, 20,3 m spennvidde .....   | 24 |
| Figur 3-11 Litlåa, 3stk NP50, 7,63 m spennvidde .....   | 25 |
| Figur 3-12 Fordeling av bjelketyper, uavhengig av spennvidder og brubredder. ....   | 25 |
| Figur 3-13 Viser fordelingen av bjelkekonfigurasjon for alle bruer i datagrunnlaget. ....   | 26 |
| Figur 3-14 Dekketykkelser for stålbelegbruer med betongdekke i Nord Trøndelag .....   | 26 |
| Figur 3-15 Viser hvordan mål normalt settes på brutverrsnitt med varierende tykkelse på<br>betongplata. ....  | 29 |
| Figur 4-1 Beregning av effektiv flensbredde iht NS-EN 1994-1-1 [22] .....   | 37 |
| Figur 4-2 Beregningsgang for effektiv flensbredde for betongens bidrag til<br>samvirketverrsnittet. Utføres iht. NS-EN 1994-1-1. [22].....                                    | 38 |
| Figur 4-3 Effektiv flensbredde varierer. Figuren viser fordelingen. Det framgår av figuren at<br>de aller fleste bruer har en effektiv bredde fra om lag 1300mm – 2500mm..... | 39 |
| Figur 4-4 Spenningsfordeling for plastisk nøytralakse i betongplata .....   | 40 |
| Figur 4-5 Spenningsfordeling for plastisk nøytralakse i trykkflens .....  | 41 |
| Figur 4-6 Spenningsfordeling for plastisk nøytralakse i stålprofilets steg .....  | 42 |
| Figur 5-1 Momentkapasitet for bjelker .....   | 47 |
| Figur 5-2 Oversikt over alle bruene i datautvalget, sortert på relativ økning i momentkapasitet.<br>.....   | 48 |
| Figur 5-3 Viser fordelingen av bjelkekonfigurasjon for alle bruer i datagrunnlaget. ....  | 49 |
| Figur 5-4 Oversikt over bruer med nøytralakse i betongplata.. Økning i momentkapasitet vist<br>på y-aksen.....  | 49 |
| Figur 5-5 viser fordeling av antall bjelker for tverrsnitt med nøytralaksen i betongplata .....   | 50 |
| Figur 5-6 Fordeling av bjelketyper for samvirketverrsnitt med nøytralakse i betongplata.....  | 51 |
| Figur 5-7 Oversikt over bruer med nøytralakse i stålets trykkflens .....  | 51 |

|   |    |
|---|----|
| Figur 5-8 viser fordeling av antall bjelker for tverrsnitt med nøytralaksen i stålets trykkflens  | 52 |
| Figur 5-9 Fordeling av bjelketyper for samvirketverrsnitt med nøytralakse i stålbjelkens trykkflens.....  | 52 |
| Figur 5-10 Oversikt over bruer med nøytralakse i stålprofilets steg .....   | 53 |
| Figur 5-11 Fordeling av antall bjelker for tverrsnitt med nøytralaksen i stålets steg.....  | 54 |
| Figur 5-12 Fordeling av bjelketyper for samvirketverrsnitt med nøytralakse i stålbjelkens steg. ....  | 54 |
| Figur 5-13 Oversikt over brune med teoretisk økning i momentkapasitet plottet langs x-aksen er effektivt betongareal plottet. ....  | 55 |
| Figur 5-14 Oversikt over brune med teoretisk økning i momentkapasitet plottet langs y-aksen.. Langs x-aksen er effektivt flensbredde for samvirketverrsnittet plottet. ....             | 55 |
| Figur 5-15 Oversikt over økning i momentkapasitet ved etablering av samvirke plottet mot bjelkehøyde. ....  | 56 |
| Figur 5-16 Viser økningen i momentkapasitet for samvirketverrsnittet plottet mot forholdet mellom stålprofilets aksialkapasitet og det effektive dekketverrsnittets trykkapasitet. .... | 57 |
| Figur 6-1 Forhold mellom stålkapasitet og dekkekapasitet .....  | 61 |
| Figur 7-1 Understøttelse av bru med Superprop understøttelse.[23] .....   | 65 |



## **V. Tabeller**

|  |    |
|--|----|
| Tabell 3-1 Oversikt over bjelektyper som er analysert i datagrunnlaget. ....             | 28 |
| Tabell 4-1 Avstand mellom dybler for IN-P bjelker .....                                  | 38 |
| Tabell 6-1 Materialkombinasjoner for sjekk av ømfintlighet mot materialvariasjoner ..... | 62 |





## VI. Innholdsfortegnelse

|       |                                       |      |
|-------|---------------------------------------|------|
| I.    | Forord.....                           | iii  |
| II.   | Sammendrag.....                       | v    |
| III.  | Abstract .....                        | vii  |
| IV.   | Figurliste.....                       | ix   |
| V.    | Tabeller.....                         | xiii |
| VI.   | Innholdsfortegnelse .....             | xv   |
| 1     | Innledning .....                      | 1    |
| 1.1   | Generelt .....                        | 1    |
| 1.2   | Bakgrunn .....                        | 1    |
| 1.3   | Historikk .....                       | 2    |
| 1.4   | Problemstilling.....                  | 3    |
| 1.5   | Avgrensninger og forutsetninger ..... | 3    |
| 1.6   | Forbehold.....                        | 3    |
| 2     | Prosjekteringsgrunnlag .....          | 5    |
| 2.1   | Regelverk.....                        | 5    |
| 2.2   | Plastisk teori .....                  | 5    |
| 2.3   | Materialer.....                       | 6    |
| 2.3.1 | Stål.....                             | 6    |
| 2.3.2 | Armert betong .....                   | 11   |
| 2.4   | Materialfaktorer .....                | 13   |
| 2.4.1 | Stål.....                             | 13   |
| 2.4.2 | Betong .....                          | 13   |
| 2.5   | Samvirketverrsnitt .....              | 14   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.5.1 | Generelt .....                                   | 14 |
| 2.5.2 | Etablering- og virkning av samvirke .....        | 15 |
| 2.5.3 | Friksjon.....                                    | 16 |
| 2.5.4 | Regelverk .....                                  | 16 |
| 3     | Analyse av datagrunnlaget .....                  | 17 |
| 3.1   | Metodebeskrivelse .....                          | 17 |
| 3.2   | Datautvalg.....                                  | 18 |
| 3.2.1 | Generelt .....                                   | 18 |
| 3.2.2 | Datagrunnlag og søk.....                         | 18 |
| 3.2.3 | Stålbjelkebruer – Geografisk fordeling .....     | 20 |
| 3.2.4 | Spenninndeling .....                             | 20 |
| 3.2.5 | Antall bjelker .....                             | 22 |
| 3.2.6 | Bjelketyper .....                                | 25 |
| 3.2.7 | Dekketykkelser.....                              | 26 |
| 3.3   | Byggeår og restlevetid .....                     | 27 |
| 3.4   | Materialer.....                                  | 27 |
| 3.5   | Valg av data for videre analyse .....            | 28 |
| 4     | Beregninger.....                                 | 31 |
| 4.1   | Generelt .....                                   | 31 |
| 4.2   | Tverrsnittskapasitet valsede bjelker.....        | 31 |
| 4.2.1 | Tverrsnittsklasser .....                         | 31 |
| 4.2.2 | Tverrsnittskapasiteter for valsede bjelker ..... | 34 |
| 4.3   | Samvirke .....                                   | 36 |
| 4.3.1 | Definisjoner .....                               | 36 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.3.2 | Effektiv bredde .....  | 36 |
| 4.3.3 | Momentkapasitet .....  | 40 |
| 4.3.4 | Skjærkapasitet .....   | 46 |
| 5     | Resultater .....   | 47 |
| 5.1   | Tverrsnitt uten samvirke .....   | 47 |
| 5.2   | Tverrsnitt med samvirke .....  | 48 |
| 5.2.1 | Oversikt alle bruer .....  | 48 |
| 5.2.2 | Nøytralakse i betongplata .....  | 49 |
| 5.2.3 | Nøytralakse i stålets trykkflens .....                                 | 51 |
| 5.2.4 | Nøytralakse i bjelkens steg .....                                      | 53 |
| 5.2.5 | Forhold mellom effektivt betongareal og økning i momentkapasitet ..... | 55 |
| 5.2.6 | Forhold mellom effektiv flensbredde og økning i momentkapasitet .....  | 55 |
| 5.2.7 | Forhold mellom bjelkehøyde og økning i momentkapasitet .....           | 56 |
| 5.2.8 | Forhold mellom bjelkekapasitet og dekkekapasitet .....                 | 57 |
| 6     | Vurdering av resultater .....  | 59 |
| 6.1   | Usikkerheter .....   | 59 |
| 6.2   | Ulike brutyper .....   | 60 |
| 6.3   | Sammenhenger .....   | 60 |
| 6.4   | Kapasitet av dybler .....  | 62 |
| 6.5   | Materialkvaliteter .....   | 62 |
| 7     | Praktisk gjennomføring .....   | 65 |
| 7.1   | Spenningsløs tilstand .....  | 65 |
| 7.2   | Etablering av skjærforbindelse .....                                   | 66 |
| 7.3   | Dekkets egenskaper .....   | 66 |

|     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 7.4 | Kostnader.....     | 66 |
| 8   | Videre arbeid..... | 67 |
| 9   | Konklusjon.....    | 69 |
| 10  | Referanser.....    | 71 |
| 11  | Vedlegg .....      | 73 |

# 1 Innledning

## 1.1 Generelt

I Norge er det registrert 22717 trafikkerte bruer på det offentlige vegnettet som eies og forvaltes av stat og fylkeskommune. I tillegg til disse bruene er det et antall kommunale og private bruer. Antallet kommunale og private bruer er usikkert, ettersom det ikke finnes noen felles database for forvaltning drift og av disse. For de kommunale og private bruene er det svært lite eller ingen tilgjengelig dokumentasjon, hverken fra prosjekteringa eller fra bygginga.

Vegtrafikken i Norge øker. Det gjør også antallet tunge kjøretøy. Kjøretøyene blir større, tyngre og bredere. Det stilles stadig nye og høyere krav til bæreevnen i det norske vegnettet og med det høyere krav til bæreevne for bruene[1]. Det er ingenting som tyder på at dette vil avta i årene som kommer[2].

Mange av de gamle bruene har en geometri og bæreevne som gjør de til flaskehalser. Bygging av nye bruer er ei stor og kostbar investering for vegeiere og restlevetid forsøkes ofte å utnyttes så lenge det er mulig.

Å bygge nye bruer innebærer som regel store trafikantkostnader i form av omkjøring og stenging av veger i byggefase. Tiltak som kan utføres uten at det får store konsekvenser for trafikanter er derfor gunstig og ønsket.

## 1.2 Bakgrunn

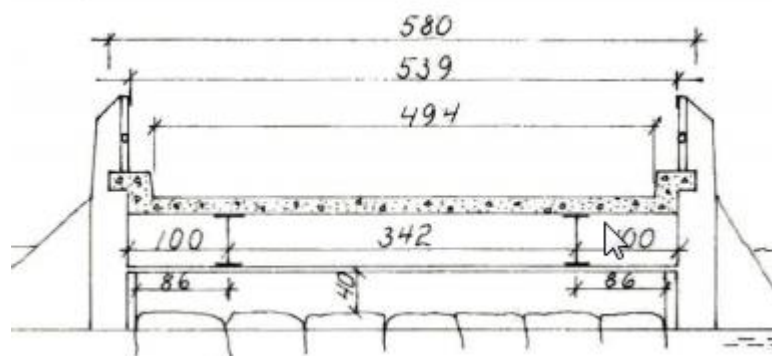
Et søk i Statens vegvesens brudatabase BRUTUS gir et bilde på hvilken alder de forskjellige bruene som er trafikkert har. Det er bygget en hel del nye bruer de senere årene, men det er fremdeles en rekke bruer i det norske vegnettet som er bygget i perioden 1960 – 1990. Det var en voldsom byggeaktivitet på 1970-tallet med utbygginga av riksvegnettet.

Bruene ble klassifisert iht. gjeldende lover og regelverk den gangen. I de senere år er det gjennomført oppklassifisering av en rekke bruer med tanke på å tilfredsstille kravene i SvV HB R412 Bruklassifisering[3] til Bk10-60. Mange av bruene har man kunnet gjøre dette med uten å iverksette tiltak, mens det for andre ikke er mulig å klassifisere de i Bk10-60. Felles for mange av bruene er at de er oppklassifisert en rekke ganger i takt med samfunnets krav til framkommelighet for stadig tyngre kjøretøyer. Mange av bruene har sannsynligvis ikke mer tilgjengelig kapasitet å hente når det igjen blir aktuelt å se på økte nyttelaster. Det må derfor sees på tiltak som kan være med å bidra til økt bæreevne for bruene.

### 1.3 Historikk

I Statens vegvesens bruforvaltningsdatabase BRUTUS[4] er det registrert 1689 stålbruer med betongdekke. De fleste av disse er bygget i perioden etter 2. verdenskrig og fram til midten av 90-tallet. I denne perioden har en rekke ulike standarder vært lagt til grunn for prosjektering og bygging av stålbruer med betongdekke. Dette har medført at kvaliteten og utforming av bruene varierer.

I store deler av denne perioden fantes det ikke et regelverk som muliggjorde og la til rette for at stålbjelkebruer med betongdekke kunne prosjekteres med samvirke mellom stål og betong. Dette kom først inn i standardverket som ble utgitt av Standard Norge på 70-tallet. Det var derfor hverken tradisjon eller byggeskikk å bygge på denne måten. Figur 1-1 viser typisk utførelse av stålbjelkebru med betongdekke, uten samvirke.



Figur 1-1 Typisk tverrsnitt stålbjelkebru med to stålbjelker og fritt opplagt betongdekke.

## **1.4 Problemstilling**

Denne rapporten tar for seg eksisterende stålbjelkebruer med betongdekke og muligheten for å forsterke disse ved å etablere samvirke mellom stål og betong. Hoveddelen av arbeidet er en kvantitativ undersøkelse av et utvalg bruer med tanke på om det er mulig å gi generelle retningslinjer for potensialet for økning i bæreevne.

Oppgaven gjør videre en kortfattet identifisering av praktiske muligheter og utfordringer ved etablering av samvirke.

## **1.5 Avgrensninger og forutsetninger**

Det forutsettes at det er mulig å etablere samvirke for både egenlast og nyttelast ved å etablere samvirke mellom dekket og stålbjeldene i spenningsløs tilstand. Det antas videre at tilstanden til bruene, både stålet og betongen, er slik at alle tverrsnitt kan beregnes med prosjektert tverrsnitt. Alle beregninger forutsetter at det ikke er skader som påvirker bruenes bæreevne eller konstruksjonssikkerhet.

Flere tegninger har mangelfull målsetting. Mål på tegninger med mangelfull målsetting måles med linjal. Unøyaktighet som følge av manglende målsetting ansees å være neglisjerbar. Den samlede usikkerheten i datagrunnlaget vurderes å påvirkes lite av denne ene faktoren.

Kapasitet til betongdekker i tverretning er ikke vurdert i oppgaven. Armeringstegninger er ikke tilgjengelig for de fleste bruene i datagrunnlaget.

## **1.6 Forbehold**

Beregninger som er utført i denne rapporten har ikke vært gjennom 3. partskontroll. Det er utført begrenset kontroll på hver enkelt bru, og beregningene kan ikke benyttes for generell dimensjonering av samvirketverrsnitt. Beregningene er gjennomført for å finne kvantitative data som benyttes for å kunne analysere potensiale for å øke bæreevnen på stålbjelkebruer. Dataene er ment å kunne benyttes som grunnlag for valg av strategi for valg av tiltak ved behov for økning av bæreevne. Enhver prosjektering med bakgrunn i resultater funnet i denne oppgaven må kvalitetssikres og kontrolleres.





## **2 Prosjekteringsgrunnlag**

### **2.1 Regelverk**

Bruene som undersøkes er registrert med ulike byggeår og dertil ulike prosjekteringsstandarder som grunnlag.

For klassifisering av bruer i det offentlige vegnettet (riksveger, fylkesveger og kommunale veger) legges Statens vegvesens håndbok R412 Bruklassifisering til grunn [5]. Håndboka er retningsgivende og er hjemlet i instruks fra Vegdirektøren og i forskrift.[6]

Håndboka baserer seg i stor grad på nasjonale standarder som var gyldige i Norge fram til 2009 da Eurokodestandarder ble innført. Materialfaktorer, materialkvaliteter, laster og lastfaktorer gitt i HB R412 Bruklassifisering benyttes framfor de gitt i Eurokoden, ettersom håndboka er grunnlaget for all klassifisering av bruer på riks- og fylkesvegnettet i Norge.

### **2.2 Plastisk teori**

Statens vegvesen HB N400 Bruprosjektering gir åpning for å benytte plastisk teori ved kontroll av opptredende lastvirkninger. Eurokode 3 – Prosjektering av stålkonstruksjoner, åpner for at tverrsnitt i tverrsnittsklasse 1 og 2 bereregnes med plastisk teori.[7, 8]

## 2.3 Materialer

I de følgende kapitler omtales de viktigste materialegenskapene til stål og betong, og bruksområdene for disse i tradisjonell brubygging.

### 2.3.1 Stål

#### Generelt

Stål er ett av våre mest brukte materialer i bygging av konstruksjoner. Stålets lave vekt i forhold til styrke gjør det svært egnet som konstruksjonsmateriale. Det utvikles stadig konstruksjonsstål med høyere fasthet, bedre sveiseegenskaper, økt korrosjonsmotstand og større slagseighet ved lave temperaturer.[9]

#### Fasthet

Stål produseres med ulik fasthet. Den mest brukte stålkvaliteten i konstruksjonsstål i dag er S355 og høyere, men også S235 benyttes i noen grad. 355 indikerer karakteristisk flytegrense for stålet.

Flytegrensen har opp gjennom årene variert og den generelle tendensen er at flytegrensen har økt i takt med at teknologi og materialutviklingen har utviklet seg. Figur 2-1 viser hvordan R412 gir en oversikt over forventende fastheter til betong i ulike tidsepoker. Disse er vist i Figur 2-6 under. Tabellen er basert på prøveserier som er utført på ulike typiske bruer i periodene som er gjengitt. Det er en mulighet for at stålet kan ha både høyere og lavere fasthet enn angitt. Den statistiske fordelingen er ikke gitt i håndboka, men er trolig 5% fraktil som i Eurokode. Hvis stålkvaliteten er ukjent skal det beregningsmessig benyttes stål med karakteristisk flytegrense  $f_y$  på 235 Mpa.

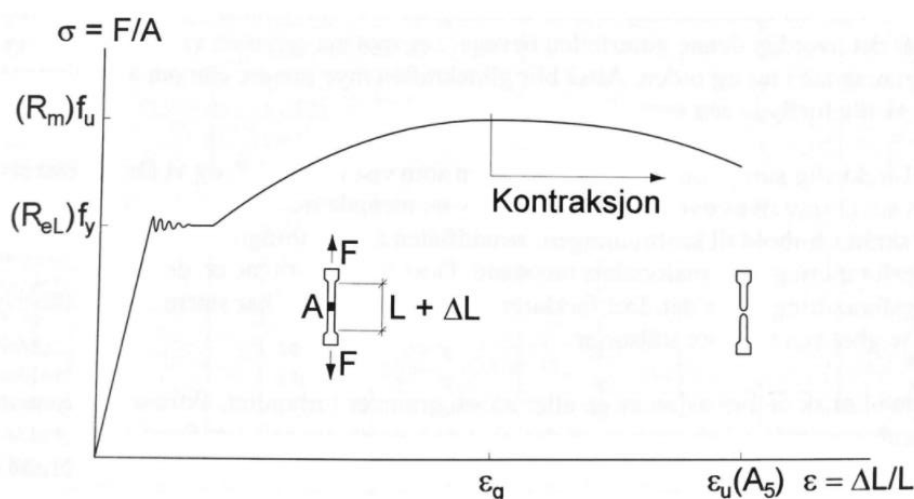
| Alder      | Stål-<br>kvalitet             | Strekfasthet                  | Flytegrense                   |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|            |                               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $f_y$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| Før 1920   | Alt<br>konstruksjons-<br>stål | 350                           | 220                           |
| Etter 1920 | St. 37                        | 370                           | 235                           |
|            | St. 42                        | 420                           | 255                           |
|            | St. 44                        | 440                           | 265                           |
|            | St. 52                        | 520                           | 345                           |

Figur 2-1 Oversikt over materialfastheter for stålkonstruksjoner iht. HB R412 Bruklassifisering, tabell 4.1-2[3]

E-modulen til stål er uavhengig av fastheten til stålet. Det betyr at det i enkelte tilfeller ikke er bruddkriterier som er dimensjonerende, men brukskriterier som nedbøyning og stabilitet.[9]

Et spennings - tøyingsdiagram som vist i Figur 2-2 viser forholdet mellom tøyning og spenning i stål. Inntil spenningene når stålets flytegrense  $f_y$  er materialet lineærelastisk og tøyningen er lineært avhengig av spenningen. Vi har da tilfellet at  $\sigma_s = f_y$  i ytterste fiber i ståltverrsnittet som belastes. Det bemerkes at figuren viser et idealisert bilde av virkeligheten og at den lineærelastiske delen av diagrammet er tilnærmet lineært elastisk.

Ved ytterligere belastning vil ikke spenningene i tverrsnittet øke, men tøyningen øker. Vi er inne i materialets plastiske område og vi får varige deformasjoner. Denne tilstanden vil vi ha inntil hele tverrsnittet har nådd flytegrensen  $f_y$ .



Figur 2-2 Strekk – tøyingsdiagram for stål[10].

### Stålsammensetning

Stål er en legering som består av omtrent 98% jern. De resterende 2% består av karbon og andre grunnstoffer, ofte kaldt legeringselementer [10]. Det stilles i dag strenge krav til stålets kjemiske sammensetning. Dette er gitt i de felles europeiske standardene NS-EN 10025 del 2 til 4.[11-13]. Den kjemiske sammensetningen av stålet påvirker stålets mekaniske egenskaper og et riktig forhold mellom stålets ulike bestanddeler er avgjørende for å oppnå de egenskaper man er ute etter for de ulike ståltypene.

De viktigste legeringselementene i stål er:

- Aluminium
- Fosfor
- Hydrogen
- Kobber
- Krom
- Mangan
- Nikkel
- Nitrogen
- Oksygen
- Silisium
- Svovel

Under kjøleprosessen ved framstilling av stål er stålet utsatt for forurensning. Dette fører til at det ferdige stålmaterialet kan ha varierende innhold av de ulike legeringselemente[10]. Det er gitt krav til innhold av de ulike legeringselementene i NS-EN ISO 10025[11, 12]. Dette er vist i Figur 2-3.

| Betegnelse<br>Designation                               |                     | C<br>% | Si<br>% | Mn<br>%     | P<br>%     | S<br>%        | Nb<br>% | V<br>% | Al <sup>total</sup><br>% | Ti<br>% | Cr<br>% | Ni<br>% | Mo<br>% | Cu<br>%    | N<br>% |
|---|---------------------|--------|---------|-------------|------------|---------------|---------|--------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|------------|--------|
| Etter/<br>According<br>EN 10027-1<br>og/and<br>CR 10260 |                     | maks.  | maks.   |             | maks.<br>a | maks.<br>a, b | maks.   | maks.  | min.<br>c                | maks.   | maks.   | maks.   | maks.   | maks.<br>d | maks.  |
| S275N   | 1.0490              | 0,20   | 0,45    | 0,45 - 1,60 | 0,035      | 0,030         | 0,06    | 0,07   | 0,015                    | 0,06    | 0,35    | 0,35    | 0,13    | 0,60       | 0,017  |
| S275NL  | 1.0491              | 0,18   |         |             | 0,030      | 0,025         |         |        |                          |         |         |         |         |            |        |
| S355N   | 1.0545              | 0,22   | 0,55    | 0,85 - 1,75 | 0,035      | 0,030         | 0,06    | 0,14   | 0,015                    | 0,06    | 0,35    | 0,55    | 0,13    | 0,60       | 0,017  |
| S355NL  | 1.0546              | 0,20   |         |             | 0,030      | 0,025         |         |        |                          |         |         |         |         |            |        |
| S420N   | 1.8902              | 0,22   | 0,65    | 0,95 - 1,80 | 0,035      | 0,030         | 0,06    | 0,22   | 0,015                    | 0,06    | 0,35    | 0,85    | 0,13    | 0,60       | 0,027  |
| S420NL  | 1.8912              |        |         |             | 0,030      | 0,025         |         |        |                          |         |         |         |         |            |        |
| S460N <sup>e</sup>                                      | 1.8901 <sup>e</sup> | 0,22   | 0,65    | 0,95 - 1,80 | 0,035      | 0,030         | 0,06    | 0,22   | 0,015                    | 0,06    | 0,35    | 0,85    | 0,13    | 0,60       | 0,027  |
| S460NL <sup>e</sup>                                     | 1.8903 <sup>e</sup> |        |         |             | 0,030      | 0,025         |         |        |                          |         |         |         |         |            |        |

<sup>a</sup> For lange produkter kan P- og S-innholdet være 0,005 % høyere.

<sup>b</sup> For jernbanemål kan et maksimum S-innhold på 0,012 % avtales ved bestilling og ordre.

Se valgmulighet 32.

<sup>c</sup> Hvis en tilstrekkelig mengde andre nitrogenbindende elementer er til stede, gjelder ikke minimumskravet til Al.

<sup>d</sup> Cu-innhold over 0,45 % kan føre til rødskjørhet.

<sup>e</sup> V + Nb + Ti ≤ 0,26 % og Mo + Cr ≤ 0,38 %.

<sup>a</sup> For long products the P and S content can be 0,005 % higher.

<sup>b</sup> For railway applications a maximum S content of 0,012 % may be agreed at the time of enquiry and order.

See option 32.

<sup>c</sup> If sufficient other N-binding elements are present the minimum total Al content does not apply.

<sup>d</sup> Cu content above 0,45 % may cause hot shortness during hot forming.

<sup>e</sup> V + Nb + Ti ≤ 0,26 % and Mo + Cr ≤ 0,38 %.

Figur 2-3 Krav til den kjemiske sammensetningen av produktanalysen jfr tabell 3 i NS-EN 10025-3:2005[12]

Hva de ulike legeringselementene har å si for det endelige stålproduktet er beskrevet i Per Kristian Larsen kapittel 2.2 [9], og i Stålhåndbok Del 3, kapittel 2.3[10] og gjengis ikke her.

## Sveisbarhet

Stålets sveisbarhet er sterkt avhengig av stålets kjemiske sammensetning. De viktigste legeringselementene for å oppnå god sveisbarhet er:

- Aluminium:  
Reagerer med Nitrogen og danner aluminiumsnitrater. Gir god slagseighet og sveisbarhet.
- Mangan  
Reagerer med svovel til MnS(ManganSulfid), og øker fastheten og sveisbarheten.
- Karbon  
Innholdet av karbon avgjør stålets sprøhet som igjen påvirker sveisbarheten.

Det er laget et mål for stålets sveisbarhet, og denne angis som karbonekvivalenten[10]. Karbonekvivalenten angir en verdi for forholdet mellom de ulike legeringselementene og verdien gir et mål på sveisbarheten.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cr}{15} \quad (1)$$

For eldre bruer hvor manglende dokumentasjon av stålkvaliteter er normalt, vil stålets sveisbarhet kunne være styrende for valg av metode ved rehabilitering og påvirke konstruksjonsløsning og det endelige resultatet.

### Standardiserte bjelkeprofiler

Standardiserte bjelkeprofiler for stål er gitt i en felles europeisk standard NS-EN 10034:1993[14]. Denne gir mål og toleranser for framstilling og produksjon av I – og H-profiler og ble gyldig i 1993. Før 1993 var profiler produsert etter DIN 1025:1940. I datagrunnlaget er det bruer fra perioden før 1940, fra 1940-1993 og 1993-d.d. Utdrag fra DIN 1025 er vist i Vedlegg II.

Det er relativt små avvik i de forskjellige standardene:

HEA tilsvarer omtrent DIMEL

HEB tilsvarer omtrent DIP

IPE tilsvarer omtrent INP bjelker

Avvikene er likevel såpass store for enkelte av bjelkeprofilene at det har beregningsmessig betydning og kan påvirke resultatene.

### Materialprøver

For bruer hvor det mangler materialsertifikat for stål og dokumentasjon fra bygging er fraværende er prøving av materialet et relativt billig og enkelt tiltak for å få kontroll på kjemisk sammensetning og materialets oppførsel under varierende forhold. En prøve tas fra stålbjelkenes steg eller flens der hvor spenningsforhold er slik at opptredende spenning  $\sigma \approx 0MPa$ . Figur 2-4 viser prøvetaking i flens ved opplegg ved forsterkning av Røyrvik bru i Nord-Trøndelag.



Figur 2-4 Prøvetaking av stålbjelker på Røyrvik bru i Nord- Trøndelag. Foto: Andreas Hanssen Vang

### 2.3.2 Armert betong

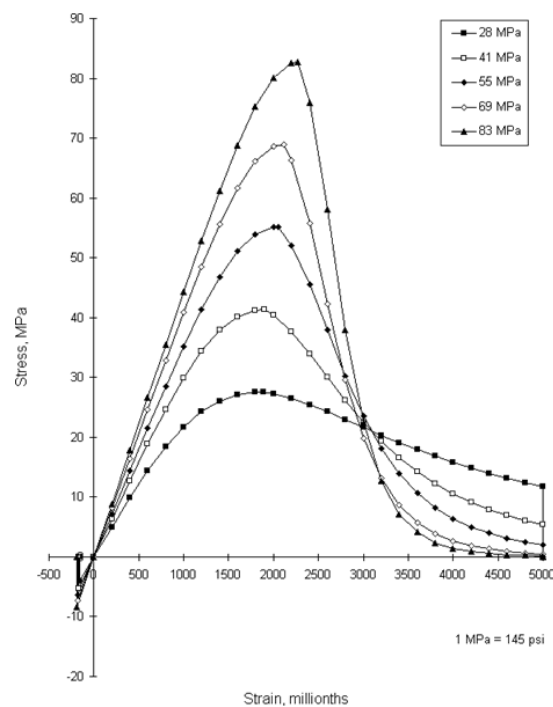
Armert betong er i dag verdens mest brukte byggemateriale. Kostnader, bestandighet og enkel produksjon og utnyttelse av lokale råvareressurser antas å være hovedårsakene til dette[15]. Betong består i hovedsak av sement, tilslag, og porer. I tillegg er det andre tilsetningsstoffer som benyttes for å oppnå ønskede egenskaper. Her kan nevnes ulike kjemikalier, flygeaske og pozzolaner som mye brukte tilsetningsstoffer[16].

#### Fasthet

Betong er et materiale som i all hovedsak har trykkapasitet. Betongtrykkfastheten avhenger av en rekke parametere og avhenger hovedsakelig av forholdet mellom sement, vann og tilslag.

Strekkapasiteten til betong er omtrent 10% av trykkfastheten, og neglisjeres vanligvis i dimensjoneringsammenheng. For slakkarmerte konstruksjoner fører dette til at det nesten alltid oppstår riss i betongtverrsnittet.

Felles for alle betongkvaliteter er at de har en tilnærmet lineær oppførsel fram til brudd som angitt i Figur 2-5. Når betong belastes til brudd har den en svært lite duktil oppførsel. Det gis ingen forvarsel i form av store deformasjoner før materialet når sin bruddkapasitet.



Figur 2-5 spenning-tøyingsdiagram for ulike betongkvaliteter.[17]

## Teknologisk utvikling

Betongkvaliteten har variert det siste århundret. Generelt har betongfasthet og betongkvalitet økt fra 1920 og fram til i dag. Statens vegvesen har, i sin bruforvaltningsdatabase Brutus, tilgang på store mengder statistiske data som sier noe om utviklingen av betongkvalitet. Bruklassifiseringshåndboka R412 gir en oversikt over forventende fastheter til betong i ulike tidsepoker. Disse er vist i Figur 2-6 under. Tabellen er basert på prøveserier som er utført på ulike typiske bruer i periodene som er gjengitt. Det er en mulighet for at betong kan ha både høyere og lavere fasthet enn angitt. Den statistiske fordelingen er ikke gitt i håndboka, men er trolig 5% fraktil, som i Eurokode.

**Tabell 4.2-2 Betongens konstruksjonsfasthet for trykk,  $f_{cn}$**

| Byggeår    | NS 427<br>(av 1939) | NS 427A<br>(av 1962) |                                     | NS 3473<br>(av 1973 og senere) |                                  |
|------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
|            | Betong-<br>kvalitet | Betong-<br>kvalitet  | $\sigma_c$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Fasthets-<br>klasse            | $f_{cn}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| Før 1920   | C-betong            | B 200                | 40                                  | C 15                           | 11,2                             |
| 1920-1945  | B-betong            | B 250                | 45                                  | C 20                           | 14,0                             |
| Etter 1945 | A-betong            | B 300                | 55                                  | C 25                           | 16,8                             |
|            |                     | B 350                | 60                                  | C 30                           | 19,6                             |
|            |                     | B 400                | 70                                  | C 35                           | 22,4                             |
|            |                     | B 450                | 80                                  | C 40                           | 25,2                             |
|            |                     |                      |                                     | C 45                           | 28,0                             |

*Figur 2-6 Betongens konstruksjonsfasthet, differensiert på ulike tidsepoker. [3]*

## Materialprøver

For bruer hvor det mangler dokumentasjon for betong og betongreseppter fra bygging kan materialprøver tas ved å bore ut kjerneprøver som testes i lab. Tester kan gi svar på betongkvalitet, poreinnhold, tilslagsstørrelse og vann og sementforhold.



## 2.4 Materialfaktorer

### 2.4.1 Stål

Materialfaktorer for stål er gitt i kapittel 4.1.1 i HB R412 Bruklassifisering.[3]

Materialfaktorene for bruddgrensetilstand er differensiert på bruens byggeår og generelt er materialfaktor  $\gamma_m$  økende med økende alder på bruene. Et utdrag fra SvV HB R412 er vist i Figur 2-7.

| Materiale                  | Materialfaktor, $\gamma_m$ |
|----------------------------|----------------------------|
| <u>Konstruksjonsstål</u>   |                            |
| - før 1920    strekkstaver | 1,50                       |
| trykkstaver                | 1,35                       |
| bjelker                    | 1,35                       |
| - etter 1920               | 1,20                       |
| <u>Hengebruer</u>          |                            |
| - kabler                   | 1,20                       |
| - hengestenger             | 1,50                       |
| - avstivningsbærer         | 1,10                       |
| - tverrbærer               | 1,20                       |
| <u>Nagler/skruer</u>       |                            |
| - før 1920                 | 1,35                       |
| - etter 1920               | 1,20                       |

Figur 2-7 Oversikt over materialfaktorer for stål iht. HB R412 Bruklassifisering, tabell 4.1-1[3]

For karakteristiske faktorer settes materialfaktor  $\gamma_m = 1,0$  jfr. kapittel 4.1.1 i SvV HB R412.

### 2.4.2 Betong

Materialfaktorene for betong er gitt i kapittel 4.2.2 i HB R412 Bruklassifisering.[3]

Materialfaktorene for armering i bruddgrensetilstand er differensiert på bruens byggeår med et skille i 1920. For betong settes materialfaktor i bruddgrensetilstand til 1,4 for alle byggeår. Et utdrag fra SvV HB R412 er vist i Figur 2-8.

| Materiale           | Materialfaktor, $\gamma_m$ |                      |                                      |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------------------|
|                     | Bruddgrense-tilstand       | Bruksgrense-tilstand | Ulykkes- og utmattingsgrensetilstand |
| Armert betong       | 1,40                       | 1,0                  | 1,20                                 |
| Armering før 1920   | <sup>(1)</sup> 1,50        | 1,0                  | 1,32                                 |
| Armering etter 1920 | 1,25                       | 1,0                  | 1,10                                 |

<sup>(1)</sup> For brudekker som ikke viser tegn til armeringskorrosjon, kan benyttes  $\gamma_m = 1,25$ .

Figur 2-8 Oversikt over materialfaktorer for betong og armering iht. HB R412 Bruklassifisering, tabell 4.2-1.[3]

For karakteristiske faktorer settes materialfaktor  $\gamma_m = 1,0$  jfr. kapittel 4.2.1 i SvV HB R412.

## 2.5 Samvirketverrsnitt

### 2.5.1 Generelt

Samvirkekonstruksjon er et begrep som kan benyttes for alle konstruksjoner som er sammensatt av flere materialer og hvor de ulike materialenes egenskaper sammen bidrar til bæreevne og stivhet.[18] De mest vanlige materialene å benytte i samvirketverrsnitt er de tradisjonelle byggematerialene som stål og betong, men også andre materialer kan benyttes i samvirketverrsnitt. Komposittmaterialer er vanlig og limtreprodusenter benytter seg av den samme teorien ved å lime lameller til hverandre med et lim som overfører all horisontal skjærkraft mellom lamellene.

Å kombinere to materialer i et samvirkende tverrsnitt har flere fordeler:

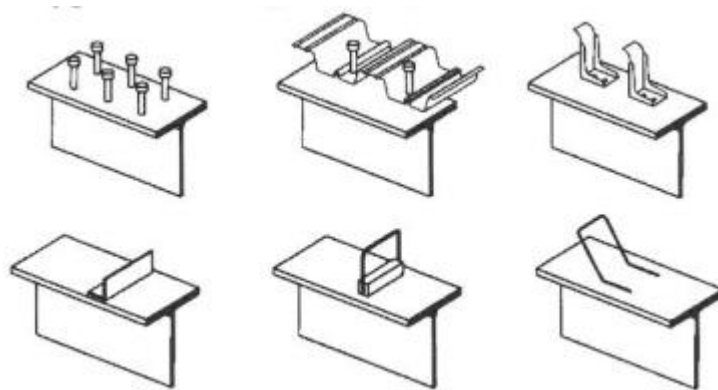
- Man utnytter materialenes egenskaper på en måte som gir bedre utnyttelse og redusert materialbruk.
- Lavere CO<sub>2</sub>-avtrykk som følge av mindre materialbruk.
- Økt kapasitet for tverrsnitt med samme byggehøyde.
- Kan være bedre økonomi
- Trafikkavvikling på eksisterende bruer
- Reduserte trafikantkostnader

Ulemper:

- Prosjekteringstid og kostnader kan øke pga. mer kompliserte modeller
- Utbyggingstid og kostnader kan øke pga. mer utfordrende byggemetode.

## 2.5.2 Etablering- og virkning av samvirke

For at et samvirketverrsnitt skal være virkningsfullt er man avhengig av en skjærforbindelse mellom de to materialene som skal samvirke med hverandre. Det er i utgangspunktet irrelevant hva denne skjærforbindelsen består av, men faktorer som pris, byggbarhet og robusthet vil være avgjørende for valget. For samvirke mellom stål og betong er dybler i stål som er sveist til stålet den mest brukte forbindelsen. Ulike metoder for å etablere skjærforbindelser mellom stål og betong er vist i Figur 2-9.

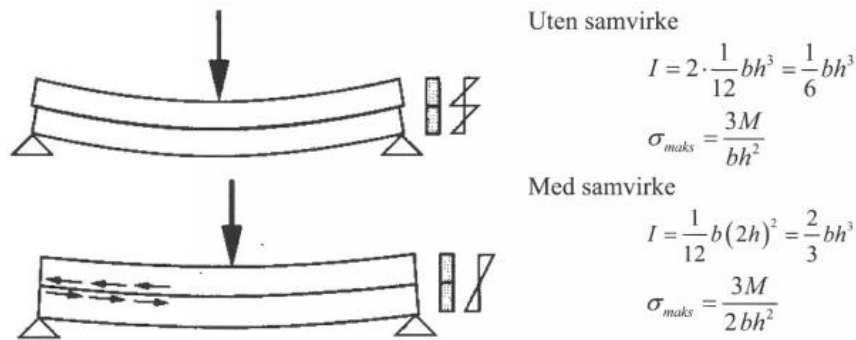


Figur 2-9 Eksempler på dybler for samvirkekonstruksjoner i stål og betong[18]

Følgende er hentet fra kompendiet Samvirkekonstruksjoner i Stål og betong[18]:

«Dersom fugen mellom de to delene ikke kan overføre skjærkrefter, finnes bæreevnen og stivheten som summen av bidragene fra de to delene, med en spenningsfordeling som vist i figuren. Dersom man sørger for full skjærkraftoverføring mellom bjelkedelene vil de to delene fungere som en enhetlig bjelke med høyde  $2h$ . Dette halverer den maksimale bøyepeningen og firedobler bøyestivheten  $EI$ .»

Virkingen av samvirke er illustrert godt i kompendiet til Per Kristian Larsen med følgende figurer[18].



Figur 2-10 Bøyepening og 2. arealmoment som funksjon av skjærkraftoverføring[18]

### 2.5.3 Friksjon

Friksjon mellom stålbjelker og betongdekke gir samvirkevirkning. Kapasiteten til samvirketverrsnittet kan være lik friksjonskapasiteten til forbindelsen. Når denne kapasiteten overskrides vil kapasiteten være tilsvarende kapasiteten til stålbjelken + kapasiteten til dekket som vil være betydelig mindre enn kapasiteten til samvirketverrsnittet[18].

Denne forbindelsen er svært lite duktil og det er derfor ikke tillat å inkludere denne kapasiteten ved beregning og dimensjonering av bruer på det norske offentlige vegnettet.

### 2.5.4 Regelverk

I HB N400 Bruprosjektering er det ikke tillatt å dimensjonere skjærdyblene for deler av den horisontale skjærkrafta mellom bjelker og dekke. Det er heller ikke tillatt å regne deler av friksjonskapasiteten inn i forbindelsens totale kapasitet. Det betyr at alle dybler skal dimensjoneres for full opptredende bruddlast i snittet hvor dyblene er plassert. Dyblene skal dimensjoneres for full horisontal skjærkraft i sjiktet mellom stål og betong og i enkelte tilfeller må de også dimensjoneres for strekk i dyblenes akseretning.

## 3 Analyse av datagrunnlaget

### 3.1 Metodebeskrivelse

Oppgaven er en kvantitativ undersøkelse som tar for seg et antall bruer som faller inn under kategorien bruer som skal undersøkes. Oppgaven har som formål å se på et problem som er relevant for et utvalg bruer som er trafikkerte og som det finnes tilgjengelige data fra.

Bruforvaltningsdatabasen BRUTUS [4] inneholder informasjon om 27802 bruer. Det er en enorm database og det er ikke mulig innenfor rammen av denne oppgaven å gå inn på alle bruer i databasen og analysere dette. Det er derfor nødvendig å snevre inn datagrunnlaget slik at det er håndterbart.

Analyse av datagrunnlaget danner grunnlaget for de videre beregninger. Formålet med analysen er å kartlegge hvilke data som er relevante, finne typiske bjelke/dekk-tverrsnitt og sikre at problemstillingen som er formulert er relevant.

En stor del av arbeidet med oppgaven består i å finne relevant litteratur og relevante data som grunnlag for oppgaven.

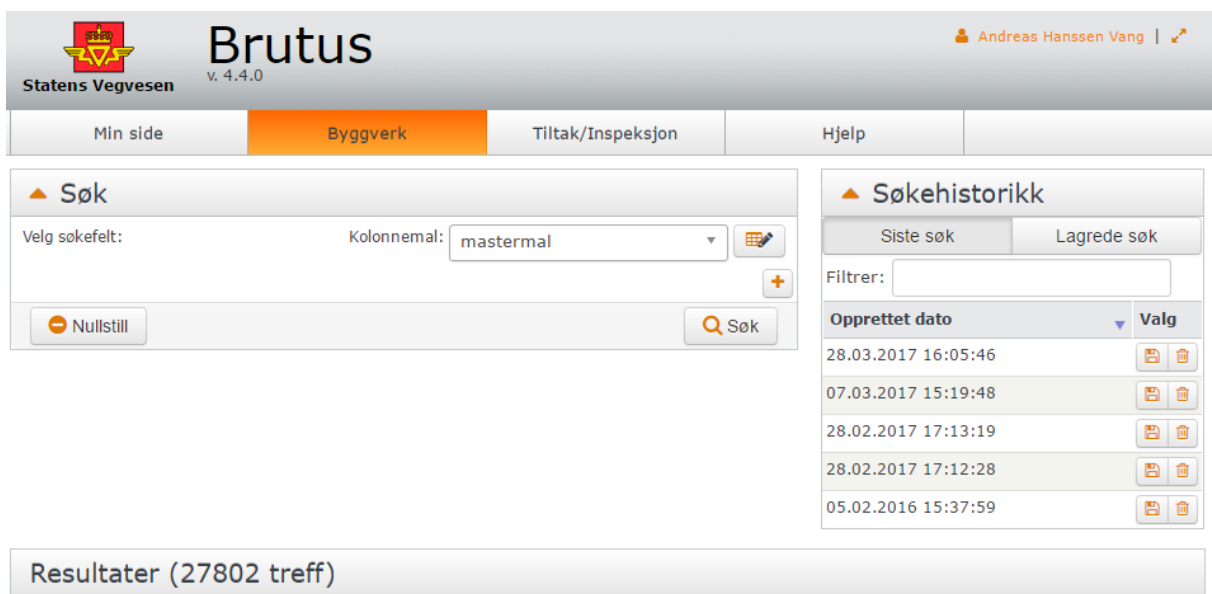
I de videre beregningene skal de mest typiske bjelker og betongdekker analyseres for å kontrollere tverrsnittskapasiteten med og uten samvirke for å kartlegge hvor store effekter som er mulig å oppnå med tanke på økt bæreevne for bruer på riks og fylkesvegnettet ved å etablere samvirke.

Det er ikke gjort noe forsøk i denne oppgaven og oppgaven baserer seg utelukkende på tilgjengelig tegningsgrunnlag, SVVs bruforvaltningsdatabase, teoretiske data og tilgjengelig litteratur. Tegningsgrunnlaget er tilgjengelig elektronisk ved forespørsel.











## 3.2 Datautvalg

### 3.2.1 Generelt

Datagrunnlaget for oppgaven er i sin helhet hentet fra Statens vegvesens bruforvaltningsdatabase BRUTUS[4]. Kvaliteten på dataene som ligger der er varierende. De aller fleste bruer har tegninger knyttet til databasen, men det hefter usikkerhet ved om disse tegningene i alle tilfeller stemmer overens med de faktiske bruene. For oppgaven sin del er dette en akseptabel usikkerhet.



The screenshot shows the BRUTUS web application interface. At the top, there is a header with the Statens Vegvesen logo, the text 'Brutus v. 4.4.0', and the user name 'Andreas Hanssen Vang'. Below the header is a navigation bar with tabs for 'Min side', 'Byggverk', 'Tiltak/Inspeksjon', and 'Hjelp'. The main content area is divided into two panels. The left panel is titled 'Søk' and contains a search form with a search field, a dropdown menu for 'Kolonnemal' set to 'mastermal', a 'Nullstill' button, and a 'Søk' button. The right panel is titled 'Søkehistorikk' and shows a table of search history. The table has columns for 'Opprettet dato' and 'Valg'. The search results are displayed in a box below the search panel, showing 'Resultater (27802 treff)'. The search history table contains the following data:

| Opprettet dato      | Valg  |
|---------------------|---|
| 28.03.2017 16:05:46 |   |
| 07.03.2017 15:19:48 |   |
| 28.02.2017 17:13:19 |   |
| 28.02.2017 17:12:28 |   |
| 05.02.2016 15:37:59 |   |

Figur 3-1 Utsnitt fra BRUTUS. Søket viser 27802 registrerte bruer på riks og fylkesvegnettet i Norge.

### 3.2.2 Datagrunnlag og søk

Uttrekk av data fra BRUTUS snevres inn ved å legge inn filter i søket. Søket som er vist i Figur 3-1 er uten filter og viser 27802 bruer på riks- og fylkesvegnettet i Norge.

Det er en rekke søkeparameter, men det er bare et fåtall som er relevante og gir presise treff for oppgaven. For å begrense søkene og gjøre data håndterbare gjøres søk basert på fylker. Dette gir en oversiktlig mengde bruer og gjør det også mulig å sammenligne datautvalget mellom de ulike fylkene.

▲ Søk

Velg søkefelt: Kolonnemal: mastermal

Fylker: 17 - Nord-Trøndelag

Byggverkskategorier: Vegbru

Byggverkstyper:
 

- 300 - Bjelkebru
- 360 - Bjelkebru, valsede bjelker
- 361 - Bjelkebru, valsede bjelker, HE-A u/samvirke
- 363 - Bjelkebru, valsede bjelker, HE-B u/samvirke
- 365 - Bjelkebru, valsede bjelker, HE-M
- 366 - Bjelkebru, valsede bjelker, I-profiler
- 369 - Bjelkebru, valsede bjelker, andre
- 370 - Bjelkebru, platebærere, konstant høyde
- 380 - Bjelkebru, platebærere, variabel høyde

Materialer: Stål

Lengde: Fra lengde: 50

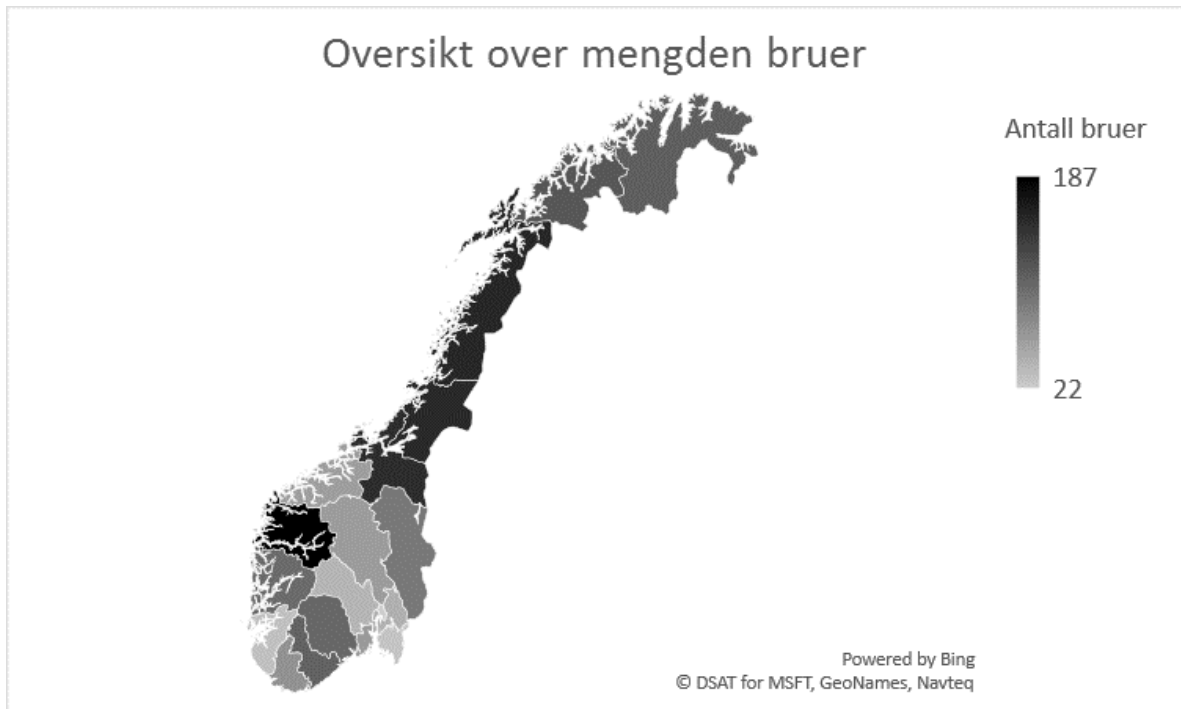
Byggstater: Trafikkert

Figur 3-2 Filtrering av søk i Brutus

Organisering av byggverkstyper er meget uoversiktlig i Brutus og det er svært stor usikkerhet knyttet til om bruer er lagt i riktig kategori. I teorien skulle det være tilstrekkelig å velge kategori 360-Bjelkebru-Valsede bjelker for å få alle treff på brutypen oppgaven omhandler. Som Figur 3-2 viser, er det en rekke andre kategorier som feilaktig er opprettet av brukere i Brutus og som gjør håndteringen av søk mye mer kompleks og øker usikkerheten i datagrunnlaget.

### 3.2.3 Stålbjelkebruer – Geografisk fordeling

Datasettet gir et godt grunnlag for å fastslå hvor tettheten av stålbjelkebruer uten samvirke er størst. Figur 3-3 viser at disse bruene er overrepresentert i områder i landet hvor befolkningstettheten er minst. På Østlandet og Sørlandet er det relativt få stålbjelkebruer, mens det i Sogn og Fjordane, Trøndelagsfylkene og i Nordland er relativt høy tetthet.



Figur 3-3 Figuren viser hvor i landet det er flest stålbjelkebruer. Data er hentet fra datagrunnlaget i vedlegg I.[19]

### 3.2.4 Spenninndeling

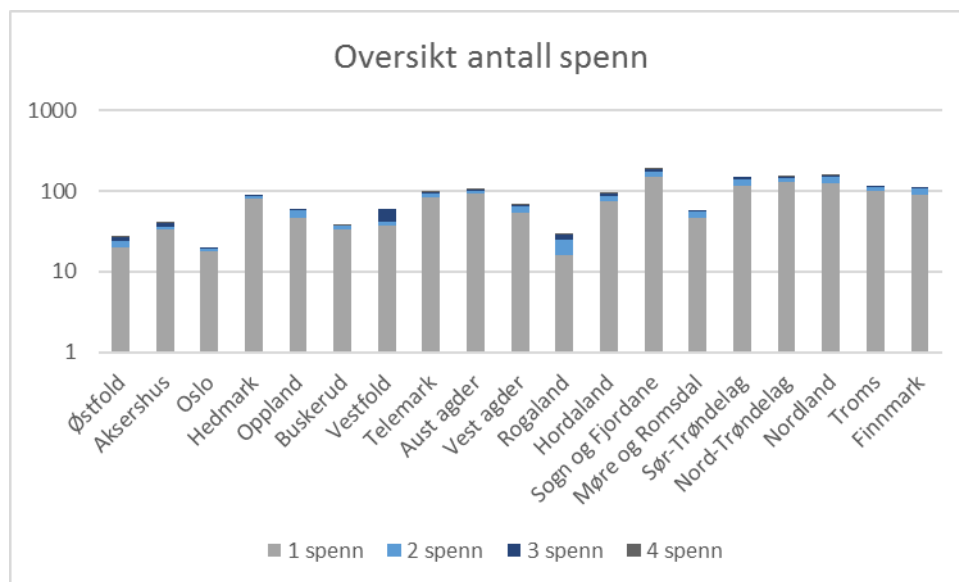
Det er interessant å se på fordelingen av bruer basert på antall spenn av følgende årsaker:

- Bruer med ett spenn har ikke negativt moment som gir trykk i underflens. Det vil for bruer med ett spenn være en enkel statisk modell som ligger til grunn for vurderingen av samvirkekapasiteter. Det antas at man ved å etablere samvirke mellom stålbjelker og betongdekke vil kunne redusere det positive momentet i felt og samtidig redusere deformasjoner som følge av trafikk i bruksgrensetilstand SLS-TP.



- For bruer med flere kontinuerlige spenn vil det oppstå negativt moment over støtte. Dette gir strekk i betongtverrsnittet og trykk i stålbjelkene. En hypotese er at disse bruene er høyt utnyttet over støtte og at det av den grunn vil være begrensninger for bæreevnen. Ved å etablere samvirke i feltene og redusere feltmomentene vil det også gi reduksjon av støttemomenter. Det antas at det reduserte støttemomentet kan reduseres tilstrekkelig til at det kan tillates økte brukslaster på bruene.

Figur 3-4 viser at denne brutypen er valgt der det er behov for relativt beskjedne antall spenn. Antall bruer med 1 spenn er overrepresentert. Dette framkommer godt i Figur 3-4 hvor dette er presentert i en logartismisk skala. Denne typen bruer har relativt oversiktlige moment og skjærkraftdiagram med strekk i underkant av tverrsnittet i hele spennet. Ved at det unngås strekk i overkant av tverrsnittet er det i teorien svært gunstig å etablere samvirke mellom stål og betong for bruer i denne kategorien.



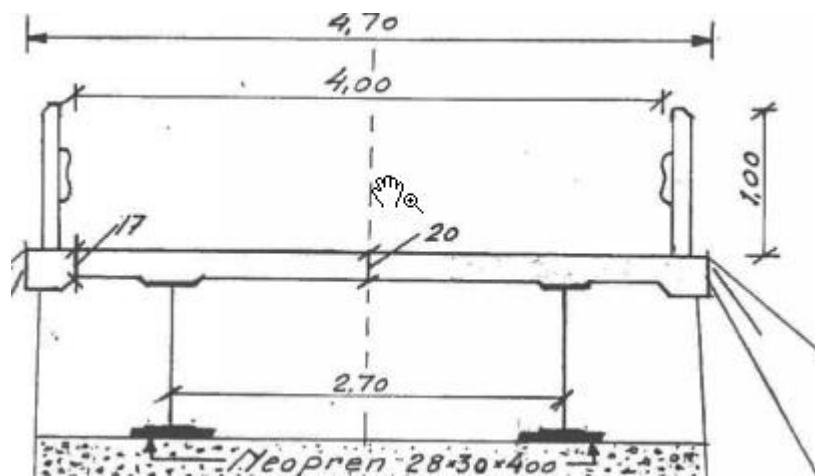
Figur 3-4 Figuren viser fordelingen av antallet spenn framstilt i en logaritmisk skala.

Det statistiske materialet viser at det for alle utvalgte fylker er en klar overvekt av bruer med 1 spenn. Fordelingen viser også at det er en del bruer med 2 spenn. Bruer med 3 eller flere spenn er betydelig underrepresentert i statistikken.

I oppgaven vil det, med bakgrunn i tallgrunnlaget som ligger bak oversikten over, fokuseres på bruer i Nord-Trøndelag i den videre databehandlingen for å finne representative brudata som benyttes i beregningene i kapittel 4.

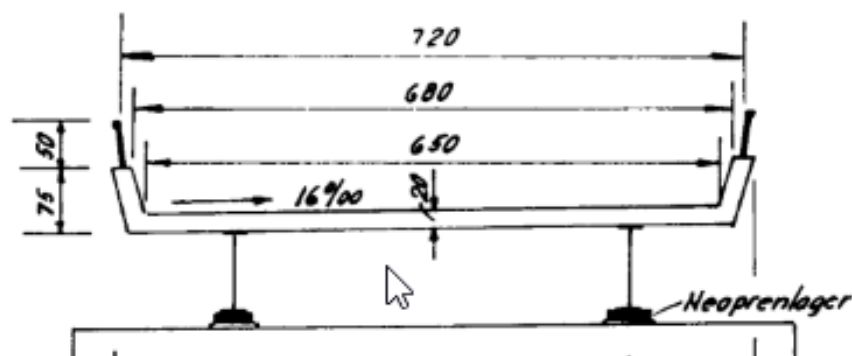
### 3.2.5 Antall bjelker

En gjennomgang av ferdigbrutegninger for bruer som angitt i datagrunnlaget viser liten korrelasjon mellom brubredder, brulengder og valg av bjelker i bæresystemet. Det er i noen tilfeller valgt å benytte lavere bjelker og heller benytte 3 bjelker i stedet for 2 og motsatt. Det er heller ikke funnet en klar strategi for valg av bjelketype. Typiske tverrsnitt er ikke mulig å gjengi uten å gjengi hele tegningsdatabasen for datagrunnlaget. Illustrasjonene under gir en kort oppsummert oversikt over ulike løsninger.

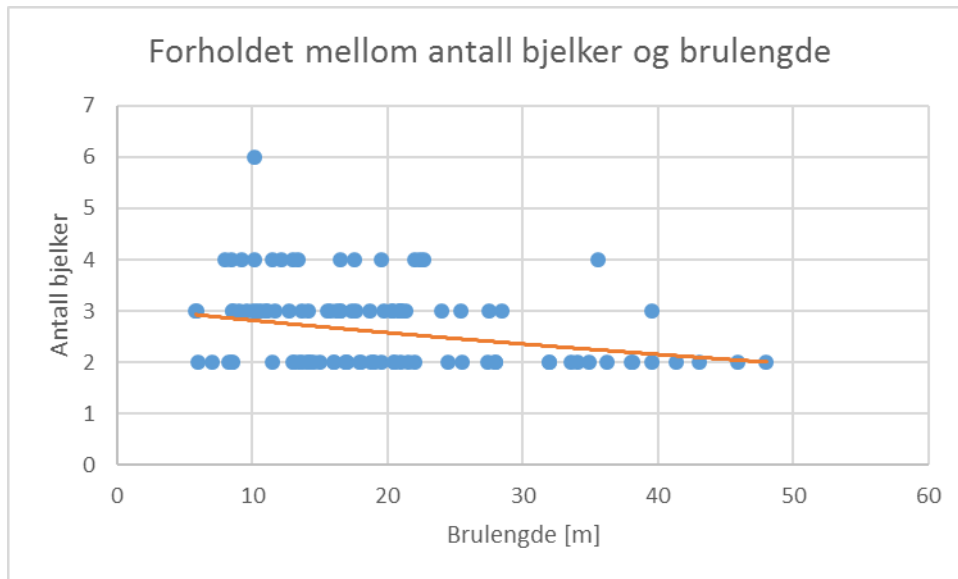


Figur 3-5 Hafstad bru, 2stk HE1000A, 18,82 m spennvidde

Figur 3-5 og Figur 3-6 viser vanlig bjelkekonfigurasjon for bruer med spennlengder på 15 til 20 m. Bjelkehøydene er her i øvre skitet for hva som leveres som standard stålprofiler og det antas derfor at det er av økonomiske årsaker at denne bjelkekonfigurasjonen er valgt.

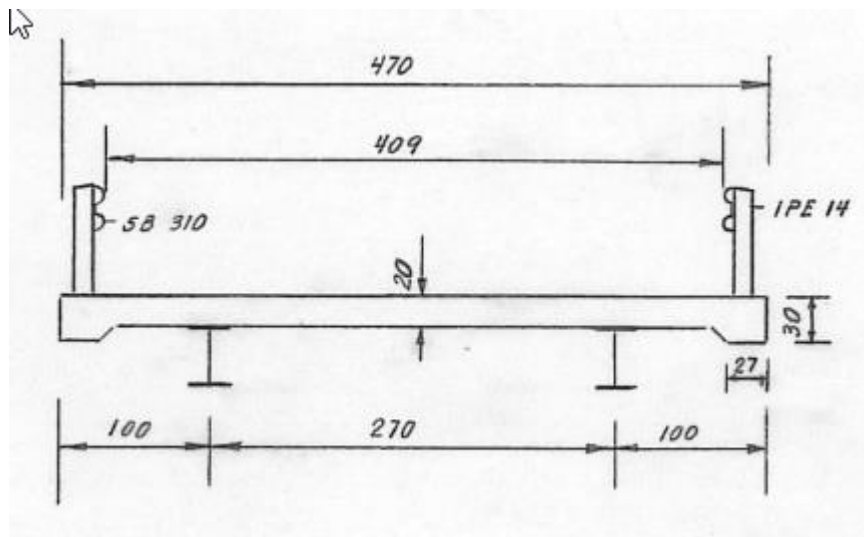


Figur 3-6 Fjellselv bru, 2stk HE900B, 16 m spennvidde

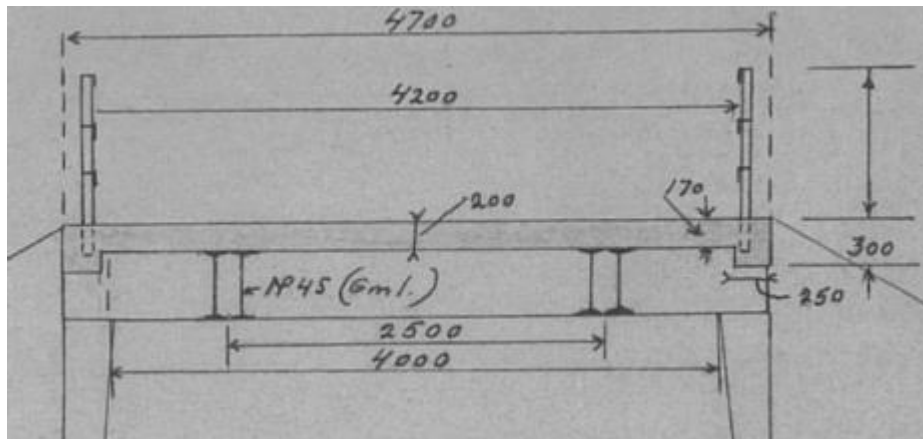


Figur 3-7 Forholdet mellom brulengder og antall bjelker

I datagrunnlaget er det mulig å se en trend som tilsier at ved økende brulengder reduseres antallet bjelker. For alle bruer er det en tendens at det er en overvekt av bruer med to og tre bjelker. Dette framgår av Figur 3-7.

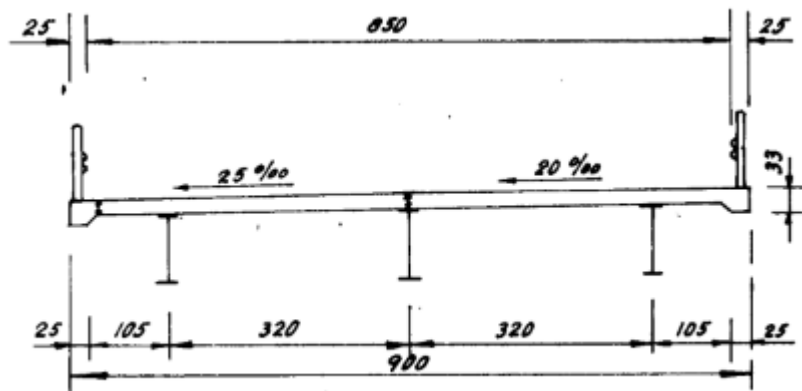


Figur 3-8 Litlefundsjøbekk, 2 stk HE400A, 7,8 m spennvidde



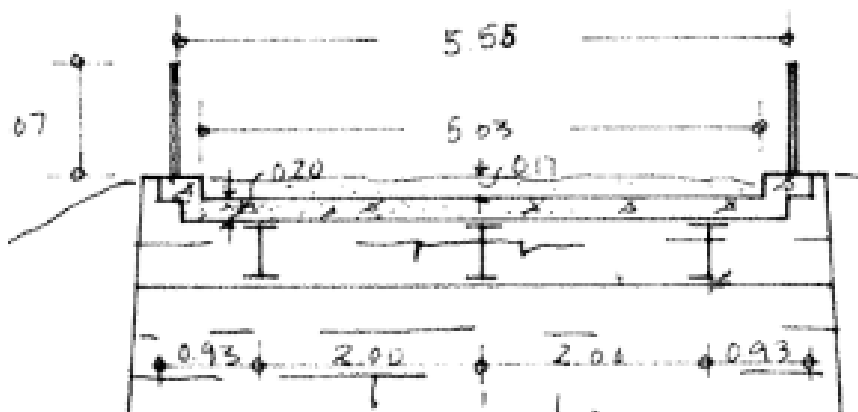
Figur 3-9 Nordre Myrset, 2\*2stk NP45, 11,5 m spennvidde

For en del bruer i datagrunnlaget er bruene oppgitt med fire bjelker. I praksis fungerer to og to bjelker parvise. Bjelketypene som gjennomgående går igjen for disse bruene er I-bjelker som vist i Figur 3-9. Disse bjelkene har smale flenser og det er derfor behov for en ekstra bjelke for å oppnå tilfredsstillende momentkapasitet.



Figur 3-10 Hammervatnet, 3stk HE900B, 20,3 m spennvidde

Figur 3-10 og Figur 3-11 viser den mest vanlige bjelkekonfigurasjonen i datagrunnlaget. Konfigurasjonen benyttes både for lave og høye bjelker og for ulike bjelketyper.

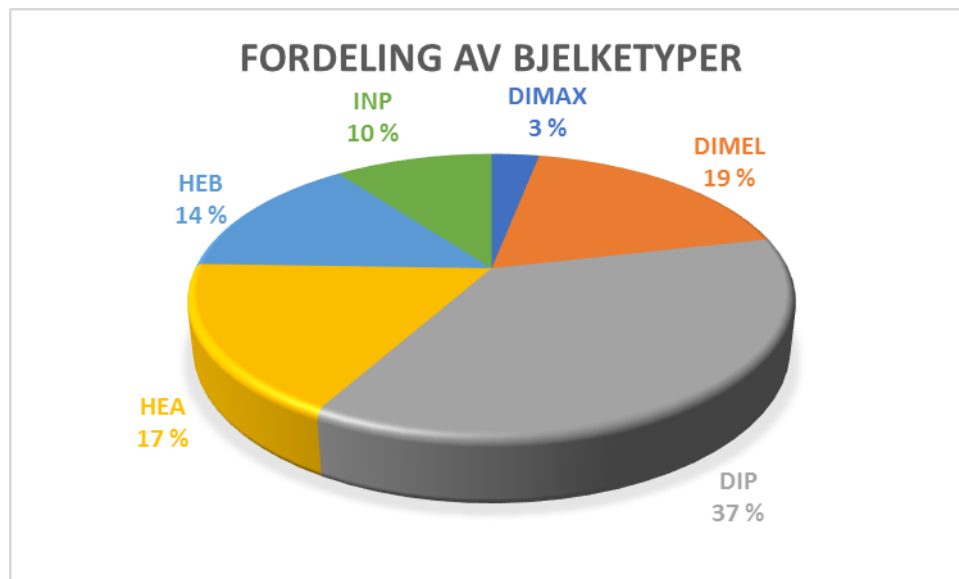


Figur 3-11 Litlåa, 3stk NP50, 7,63 m spennvidde

### 3.2.6 Bjelketyper

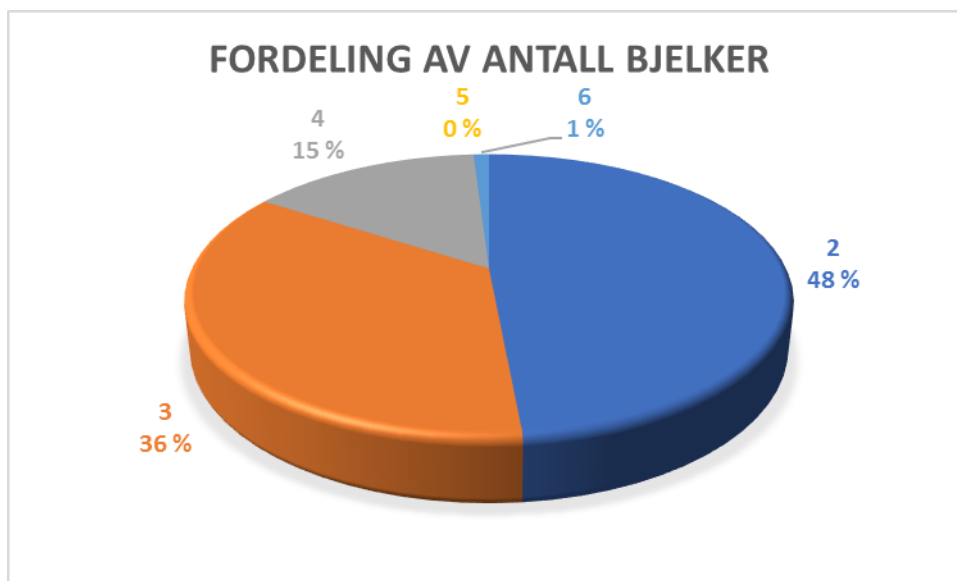
Fordeling av bjelketyper spenner over et vidt spekter. Datagrunnlaget gir ingen indikasjoner på at spesielle bjelketyper er valgt etter gitte kriterier.

Det virker å være vilkårlig om det er valgt HE-A, HE-B, DIMEL; DIP eller IN-P bjelker som hovedbæresystem. Fordelingen er vist i Figur 3-12 under.



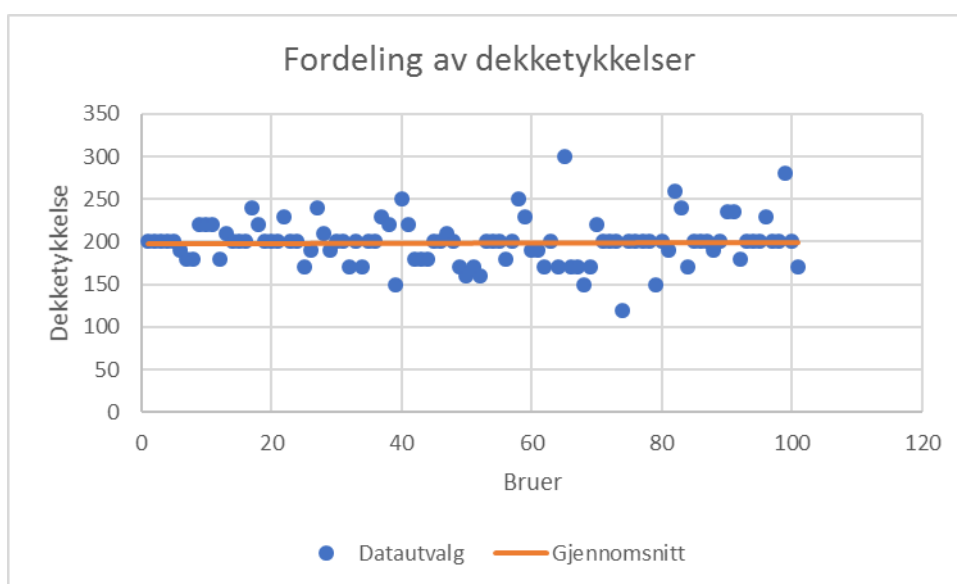
Figur 3-12 Fordeling av bjelketyper, uavhengig av spennvidder og brubredder.

Fordelingen av antall bjelker som er valgt som hovedbæresystem varierer også. Den totale fordelingen for alle bruene i datasettet er vist i Figur 3-13. Figuren viser en klar overvekt for bruer med 2 og 3 bjelker som hovedbæresystem.



Figur 3-13 Viser fordelingen av bjelkekonfigurasjon for alle bruer i datagrunnlaget.

### 3.2.7 Dekketykkelser



Figur 3-14 Dekketykkelser for stålbelegbruer med betongdekke i Nord Trøndelag

Figur 3-14 viser at dekketykkelsen på bruene varierer fra ca. 120 mm til 350 mm. Den oransje linja viser middelverdien og den viser at de fleste bruene har en dekketykkelse som ligger i området 170 mm – 230 mm. Dette er minimumsverdier for alle dekkene. En eventuell større tverrsnittstykkelse enkelte punkter i tverrsnittet er ikke tatt med i datagrunnlaget.

### 3.3 Byggeår og restlevetid

Bruer har en teoretisk forventet levetid på 100 år[20]. Gjennomsnittlig alder på bruene i datagrunnlaget er 57 år, noe som betyr at de fleste bruene har en restlevetid som er i overkant av 40 år. Dette kan være retningsgivende ved valg av strategi for økning av bæreevne på bruene.

### 3.4 Materialer

Materialkvaliteter er som beskrevet i kapittel 2 svært varierende. Det er ikke funnet noen koralens mellom materialkvaliteter og når bruene er bygget, men dokumentasjon av materialkvaliteter er mangelfull for de fleste bruene. I formler i kapittel 4.3.3 inngår materialfastheter i beregningene for å avgjøre avstanden til samvirketverrsnittets nøytralakse. I enkelte tilfeller der hvor nøytralaksen ligger nærme en grenseverdi for valg av formelgrunnlag kan usikkerhet ved materialkvalitetene føre til at momentkapasiteten for samvirketverrsnittet beregnes feil. Materialfastheter velges i henhold til SvV HB R412. Det velges samme kvalitet på alle bruene, siden usikkerheten ved flesteparten av bruene er svært stor.

Materialkvaliteter settes iht. HB R412[3] til:

Betong:                    B30

Stål:                        S235

### 3.5 Valg av data for videre analyse

Datagrunnlaget gir ikke noe klart svar på hvilke strategier som ligger til grunn for valg av konsept når bjelketyper og dekketyper er valgt. For det videre arbeidet med oppgaven og beregninger av kapasiteter er det derfor valgt å undersøke alle bjelketyper som er funnet i søk i databasen.

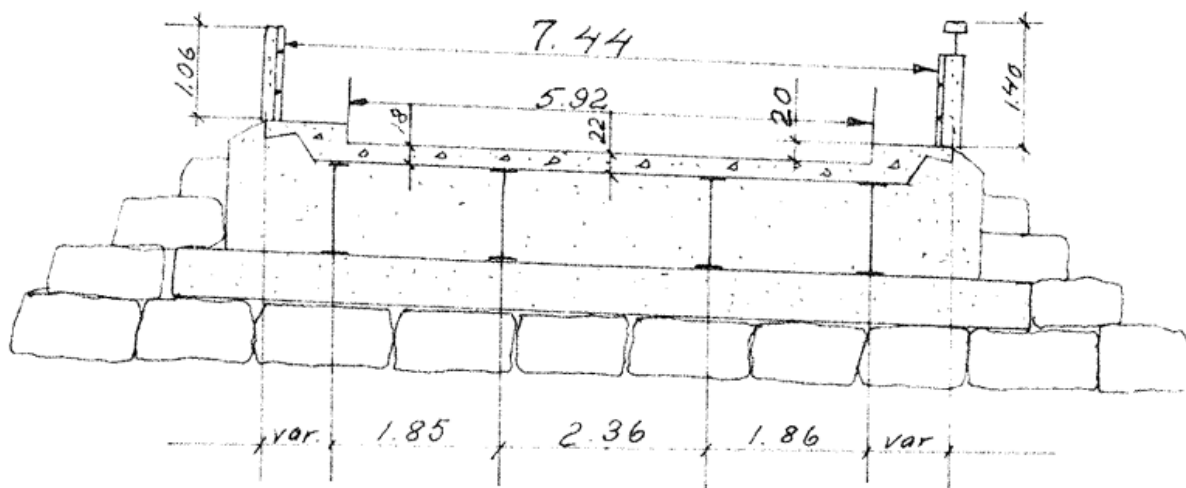
Tabell 3-1 Oversikt over bjelekyper som er analysert i datagrunnlaget.

| <b>HE-A</b>  | <b>HE-B</b> | <b>I-NP</b>  |
|--------------|-------------|--------------|
| 400          | 500         | 38           |
| 550          | 550         | 40           |
| 600          | 700         | 45           |
| 650          | 800         | 47,5         |
| 700          | 900         | 50           |
| 800          | 1000        | 55           |
| 1000         |             |              |
| <b>DIMEL</b> | <b>DIP</b>  | <b>DIMAX</b> |
| 38           | 32          | 90           |
| 40           | 42,5        | 100          |
| 47,5         | 45          |              |
| 65           | 50          |              |
| 70           | 55          |              |
| 75           | 60          |              |
| 80           | 65          |              |
| 85           | 75          |              |
| 90           | 80          |              |
| 100          | 85          |              |
|              | 90          |              |
|              | 95          |              |
|              | 100         |              |



For en del tverrsnitt varierer dekketykkelsen på tvers av brua. For de fleste bruer vil den mest ugunstige lastplasseringen på tvers være kjøretøy helt på kanten av bruplata der hvor betongtverrsnittet vanligvis er minst jfr. Figur 3-15.

For fastsettelse av samvirketverrsnittets kapasitet velges den minste verdien for dekketykkelsen som er angitt på tegning. For de bruene hvor dekketykkelsen er ukjent settes verdien til  $t = 200 \text{ mm}$  jfr Figur 3-14.



Figur 3-15 Viser hvordan mål normalt settes på brutverrsnitt med varierende tykkelse på betongplata.



## 4 Beregninger

### 4.1 Generelt

Alle beregninger gjøres med karakteristiske verdier for materialfastheter. Materialfaktorene for stål og betong er ulike og påvirker avstanden til samvirketverrsnittets nøytralakse. For å kunne få resultater som er mest mulig riktige og representative for det faktiske tverrsnittet, velges derfor materialfaktorer:

$$\gamma_s = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,0$$

### 4.2 Tverrsnittskapasitet valsede bjelker

I kapittel 3.5 ble et utvalg bjelketyper valgt for videre analyse av potensiale ved å etablere samvirke mellom stålbjelkene og betongdekket. Utgangspunktet for analysen er at det ikke eksisterer noen horisontal skjærkapasitet mellom dekket og bjelkene. I vedlegg I er de ulike bjelkene og deres tilhørende tverrsnittskonstanter vist i profiltabell. Grunnlaget for dataene er funnet i data som vist i vedlegg II

#### 4.2.1 Tverrsnittsklasser

Tverrsnittsklasser ivaretar effekten av lokal knekking av trykkpåkjennte tverrsnittsdeler. Tverrsnittsklassene angir igjen om det tillates at tverrsnittet plastifiseres. I Stålhåndbok Del 3 er dette beskrevet i kapittel 8.2.3.[10] De fleste standardiserte bjelketverrsnitt kan klassifiseres i tverrsnittsklasse 1. Det finnes unntak og av den grunn må alle tverrsnitt sjekkes.

Eurokode 3[21] gir regler for fastsettelse av tverrsnittsklasse for bjelker og søyler utsatt for moment og trykk. Det vises til vedlegg III for beregning av tverrsnittsklasser for ståltverrsnitt.

Alle stålprofiler som er undersøkt kan beregnes i tverrsnittsklasse 1 for ren bøyning. For rent trykk, ligger de fleste profiler i tverrsnittsklasse 2 og steget er bestemmende for tverrsnittsklassen. Brubjelker utsettes for bøyning og svært lite trykk. Trykk oppstår pga. bremselaster men kan ikke forekomme alene som rent trykk. Vi klassifiserer derfor alle profilene i tverrsnittsklasse 1. Beregningsgang er vist på de påfølgende sidene.

## Bestemmelse av tverrsnittsklasse iht NS-EN 1993-1-1:2005

### Materialfaktorer:

Stål:  $\gamma_c := 1.0$   
Betong:  $\gamma_s := 1.0$

### Materialdata:

Stålkvalitet:

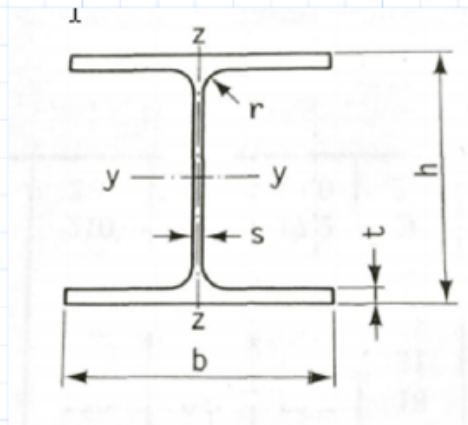
Karakteristisk fasthet:  $f_{yk} := 235 \text{ MPa}$

Dimensjonerende fasthet:  $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 235 \text{ MPa}$

### Tverrsnittsdata:

Stålprofil: *Profil := "INP40"*

Tverrsnittsdata:



Høyde tverrsnitt:

$$h_s := h \cdot \text{mm} = 400 \text{ mm}$$

Bredde flens:

$$b_f := b \cdot \text{mm} = 155 \text{ mm}$$

Tykkelse steg:

$$t_w := s \cdot \text{mm} = 14.4 \text{ mm}$$

Tykkelse flens:

$$t_f := t \cdot \text{mm} = 21.6 \text{ mm}$$

Areal av steg:

$$A_w := t_w \cdot (h_s - 2 \cdot t_f) = (5.138 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Radius:

$$r_s := r \cdot \text{mm} = 14.4 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_y := \sqrt{\frac{235}{f_{yk}} \cdot MPa} = 1$$

Utsikkende flensbredde:

$$c_f := \frac{b_f - (t_w + 2 r_s)}{2} = 55.9 \text{ mm}$$

Flensens slankhet:

$$\lambda_f := \frac{c_f}{t_f \cdot \varepsilon_y} = 2.588$$

Tverrsnittsklasse flens:

$$\begin{aligned}
 tvk_f := & \text{if } \lambda_f \leq 9 & = 1 \\
 & \parallel 1 \\
 & \text{else if } 9 < \lambda_f \leq 10 \\
 & \parallel 2 \\
 & \text{else if } 10 < \lambda_f \leq 14 \\
 & \parallel 3 \\
 & \text{else} \\
 & \parallel 4
 \end{aligned}$$

Steghøyde:

$$c_w := h_s - 2 (t_f + r_s) = 328 \text{ mm}$$

Stegets slankhet:

$$\lambda_w := \frac{c_w}{t_w \cdot \varepsilon_y} = 22.778$$

Steget utsettes for sentrisk trykk:

$$\begin{aligned}
 tvk_{w,N} := & \text{if } \lambda_w \leq 33 & = 1 \\
 & \parallel 1 \\
 & \text{else if } 33 < \lambda_w \leq 38 \\
 & \parallel 2 \\
 & \text{else if } 38 < \lambda_w \leq 42 \\
 & \parallel 3 \\
 & \text{else} \\
 & \parallel 4
 \end{aligned}$$

Steget utsettes for ren bøyning:

$$\begin{aligned}
 tvk_{w,M} := & \text{if } \lambda_w \leq 72 & = 1 \\
 & \parallel 1 \\
 & \text{else if } 72 < \lambda_w \leq 83 \\
 & \parallel 2 \\
 & \text{else if } 83 < \lambda_w \leq 124 \\
 & \parallel 3 \\
 & \text{else} \\
 & \parallel 4
 \end{aligned}$$

Tverrsnittsklasse flens:

$$tvk_f = 1$$

Tverrsnittsklasse steg (trykk)

$$tvk_{w,N} = 1$$

Tverrsnittsklasse steg (bøyning)

$$tvk_{w,M} = 1$$

## 4.2.2 Tverrsnittskapasiteter for valsede bjelker

### Momentkapasitet elastisk

For beregning av den elastiske momentkapasiteten benytter vi oss av Hooks lov:

$$\sigma = E * \varepsilon \quad (2)$$

Hooks lov gjelder inntil tøyning i ytterste fiber når flytetøyningen. Når flytetøyningen nås gjelder ikke forutsetningen i Hooks lov lenger og man beveger seg over i det plastiske området. Tøyningen vil da øke, men spenningen vil holde seg konstant inntil hele tverrsnittet oppnår flytetøyning.

Alle tverrsnitt vi undersøker er dobbeltsymmetriske.

For beregning av elastisk momentkapasitet:

$$M_{EL.Rd} = W_{El} * f_y \quad (3)$$

### Momentkapasitet plastisk

For beregning av den plastiske momentkapasiteten benytter vi oss av arealmomentet for å finne det plastiske motstandsmomentet:

$$W_{pl} = 2 * S_y \quad (4)$$

Plastisk momentkapasitet:

$$M_{pl.Rd} = W_{pl} * f_y \quad (5)$$

## Skjærkapasitet

Skjærkraften må tas opp av den tverrsnittsdelen som har størst stivhet i kraftretning. For vertikalt rettet skjær er det steget som må ha tilstrekkelig skjærkapasitet. Flensene bidrar svært lite i denne sammenhengen.

Betongplatas skjærkapasitet er svært liten sammenlignet med stålets skjærkapasitet.

Samvirketverrsnittets skjærkapasitet beregnes derfor kun ut fra bjelkeprofilets skjærkapasitet som er gitt ved formelen:

$$V_{pl,a,Rd} = \frac{f_y * A_v}{\sqrt{3} * \gamma_s} \quad (6)$$

hvor

$$A_v = \text{Arealet av steg}$$

## Kritisk moment for vipping

Vipping kan være et problem for alle bjelketverrsnitt hvor trykkflensen ikke er fastholdt mot sideveis utbøyning[9]. For bruer uten samvirke må dette beregnes for hver bru.

Ved å etablere samvirke elimineres denne problemstillinga for bruer med ett spenn da trykkflensen fastholdes mot vipping. For bruer med flere kontinuerlige spenn vil vipping være ei aktuell problemstilling for stålbejelken over støtte hvor det oppstår et negativt moment som gir trykk i underflensen. Kritisk vippemoment nås når trykket i flenser er så stort at bjelken knekker ut sideveis.

Dimensjonerende moment for stålbejelkene uten samvirke vil være den minste av  $M_{cr}$  og  $M_{pl,Rd}$ . I oppgaven er det sett bort fra vipping, da dette er beregninger som er avhengig av opptredende lastvirkninger og dette er ikke vurdert. For oppgaven sin del kan dette bety at beregningene som viser bejelkenes momentkapasitet gir for stort moment og at effekten av å etablere samvirke underestimeres.

## 4.3 Samvirke

### 4.3.1 Definisjoner

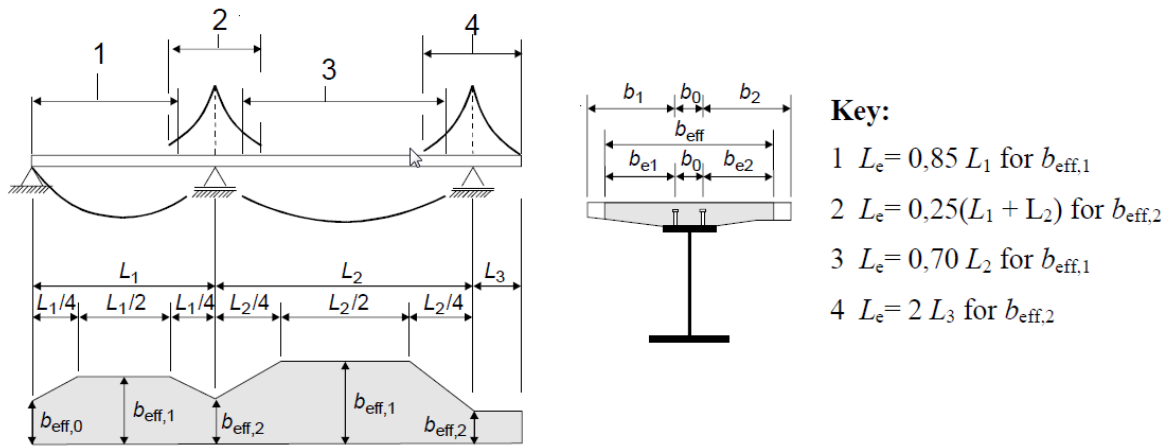
|  |             |
|--|-------------|
| <i>Effektiv bredde av betongtverrsnitt:</i>                            | $b_{eff}$   |
| <i>Tykkelsen av betongdekket:</i>                                      | $h_c$       |
| <i>Avstand fra overkant av betongplata til samvirkenøytralakse:</i>    | $z_{pl}$    |
| <i>Avstand fra OK ståflens til nøytralaksens til ståltverrsnittet:</i> | $z_a$       |
| <i>Tykkelse flens:</i>   | $t_f$       |
| <i>Bredde flens:</i>   | $b_f$       |
| <i>Tykkelse steg:</i>  | $t_w$       |
| <i>Stålprofilets kapasitet:</i>  | $N_{Pl.a}$  |
| <i>Betongplatas kapasitet:</i>   | $N_{c.f}$   |
| <i>Kraften i flensen:</i>  | $N_f$       |
| <i>Kraft i trykkpåkjent del av steg:</i>                               | $N_w$       |
| <i>Plastisk momentkapasitet:</i>                                       | $M_{Pl.Rd}$ |

### 4.3.2 Effektiv bredde

Brudekkets bredde i forhold til spennvidden er stor sammenlignet med bjelken. Dette fører til at bøyespenningen  $\sigma$  ikke er jevnt fordelt over flensens bredde. For å fastsette en effektiv bredde av flensen er det gjort en forenkling slik at man betrakter spenningsfordelingen som konstant med et redusert effektivt tverrsnitt  $b_{eff}$ . [22]

Beregninger av effektiv bredde utføres i henhold til NS-EN 1994-1-1:2004 5.4.1[22].





Figur 4-1 Beregning av effektiv flensbredde iht NS-EN 1994-1-1 [22]

Effektiv flensbredde i felt og støtte:

$$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei} \quad (7)$$

Effektiv flensbredde ved endeopplegg:

$$b_{eff} = b_0 + \sum \beta_i * b_{ei} \quad (8)$$

Effektiv bredde er i modellen uavhengig av tykkelsen på dekket, men den er avhengig av brulengde og avstand fra steg til kant av dekke. Avstander fra steg til dekkekant varierer for de ulike bruene. 4 av 104 bruer har en avstand mellom momentnullpunkt på mindre enn 8 m. Avstand fra bjelke til kant dekke settes til maks 1,5 m. For enkelte bruer er denne mindre.

De fleste stålprofilene har en flensbredde på ca. 300 mm. Avvik fra dette er I-NP – bjelker som har betydelig smalere flenser enn resten av bjelkene. For alle bjelker unntatt I-NP settes en senteravstand mellom dybler til  $b_0 = 150mm$

For IN-P – bjelker settes avstanden som vist i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Avstand mellom dybler for IN-P bjelker

| I-NP |  | Bredde | c/c |
|------|--|--------|-----|
| 38   |  | 149    | 69  |
| 40   |  | 155    | 75  |
| 45   |  | 170    | 90  |
| 47,5 |  | 178    | 98  |
| 50   |  | 185    | 105 |
| 55   |  | 200    | 120 |

Senteravstanden er basert på en kantavstand for dybler på 40 mm.

Effektiv betongbredde som beregningsmessig inngår i samvirketverrsnittet er vist i vedlegg IV. For ettspenns bruer er momentet ved opplegg 0. Det er derfor ikke nødvendig å beregne effektiv bredde ved opplegg da dette uansett ikke er dimensjonerende.

Beregningsgang er vist her:

**Effektiv flensbredde:**

Avstand mellom dybler på tvers av bjelkeretning:  $b_0 := 150 \text{ mm}$

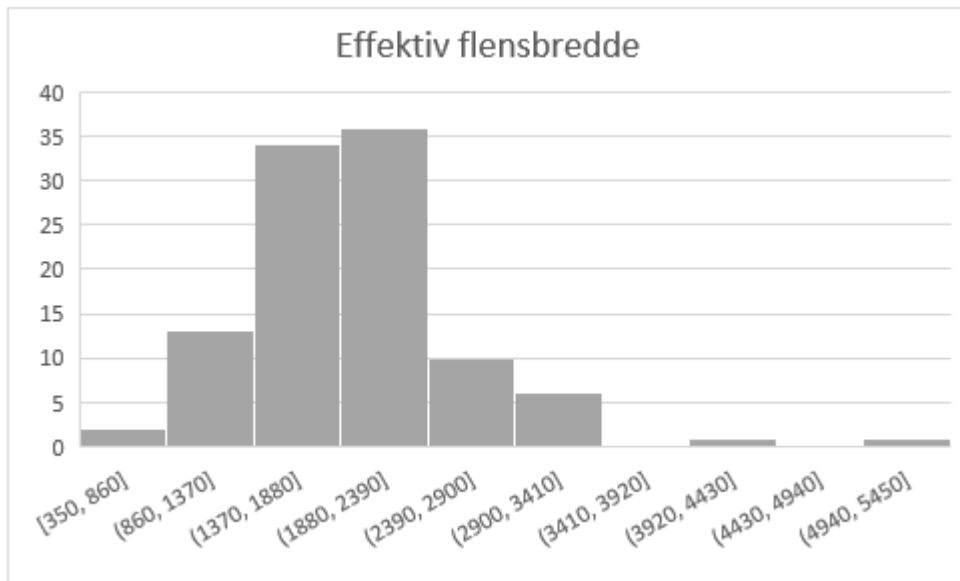
Avstand mellom momentnullpunkt. For 1-spenns bruer er  $L_e := "L"$   $L_e := 8 \text{ m}$

Dekkets utkragende lengde fra steg  $b_i := 1500 \text{ mm}$

$$+ \quad b_{ei} := \min\left(\frac{L_e}{8}, b_i\right) = 1 \text{ m}$$

Effektiv bredde:  $b_{eff} := b_0 + 2 \cdot b_{ei} = 2.15 \text{ m}$

Figur 4-2 Beregningsgang for effektiv flensbredde for betongens bidrag til samvirketverrsnittet. Utføres iht. NS-EN 1994-1-1. [22]



Figur 4-3 Effektiv flensbredde varierer. Figuren viser fordelingen. Det framgår av figuren at de aller fleste bruer har en effektiv bredde fra om lag 1300mm – 2500mm.

For korte bruer hvor utkragende del av dekke er lang vil effektiv bredde avgjøres av brulengden. I motsatt tilfelle vil utkrageren være avgjørende. Det er ikke mulig å finne en grenseverdi for når det er brulengde eller utkragerlengde som avgjør effektiv bredde da dette er to uavhengige variabler.

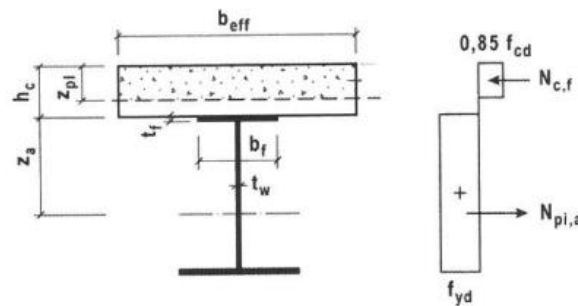
I Figur 4-3 over vises fordelingen av effektiv bredde for betongdekke. Vi ser av fordelingen at bredden varierer mye men at mesteparten av bruene har en effektiv bredde som ligger i området ca. 1350 mm til 2500 mm.

### 4.3.3 Momentkapasitet

Alle bjelketverrsnittene vi undersøker ligger i tverrsnittsklasse 1 for bøyning. Disse regnes etter plastisitetsteorien i bruddgrensetilstand.

For bruene som undersøkes i oppgaven er det ikke opptredende negativt moment. Det er med den begrensningen fire tilfeller som kan være aktuelle ved fastsettelsen av momentkapasiteten. [18] De fire tilfellene er:

#### 1. Nøytralakse i betongplata



Figur 4-4 Spenningsfordeling for plastisk nøytralakse i betongplata

$$M_{pl,Rd} = N_{pl,a} \left( z_a + h_c - \frac{z_{pl}}{2} \right) \quad (9)$$

$$z_{pl} = \frac{f_{yd} * A_s}{0,85 * f_{cd} * b_{eff}} \quad (10)$$

Nøytralaksen ligger i betongplata når det effektive betongarealets aksialkapasitet  $N_{f,c}$  er større enn stålprofilets plastiske aksialkapasitet  $N_{pl,a}$ . Hele stålverrsnittet utnyttes for strekkspenninger. Deler av betongtverrsnittet utnyttes for trykkspenninger og begrenses av hvor i betongtverrsnittet nøytralaksen ligger.

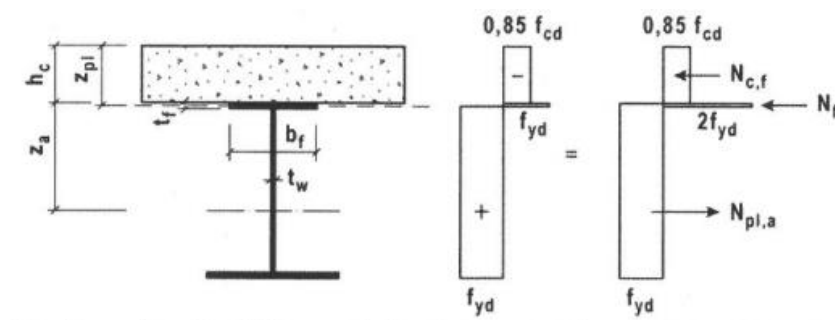
## 2. Nøytralakse i snittet mellom betongplata og stålprofilet

$$M_{PL,Rd} = N_{Pl,a} \left( z_a + h_c - \frac{z_{pl}}{2} \right) \quad (11)$$

$$z_{pl} = h_c \quad (12)$$

Nøytralaksen ligger i fugen mellom betongplata og stålprofilet når det effektive betongarealets aksialkapasitet  $N_{f,c}$  er lik stålprofilets plastiske aksialkapasitet  $N_{pl,a}$ . Hele stålverrsnittet utnyttes for strekkspenninger og hele betongverrsnittet utnyttes for trykkspenninger. Dette tilfellet er teoretisk mulig å oppnå for nye bruer, men vil for de fleste bruer som allerede er bygget og hvor dette ikke er betraktet under dimensjoneringa av brua, ikke opptre annet ved rene tilfeldigheter.

## 3. Nøytralakse i stålprofilets trykkflens (toppflens)



Figur 4-5 Spenningsfordeling for plastisk nøytralakse i trykkflens

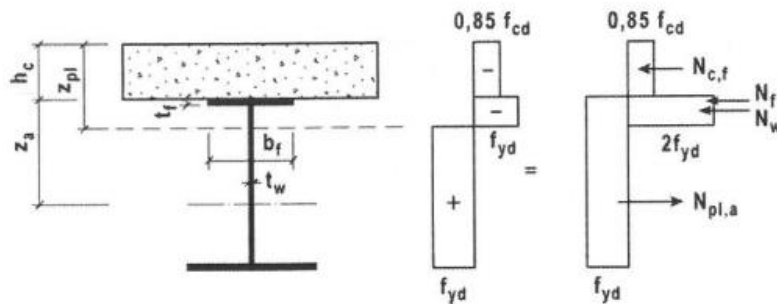
$$M_{PL,Rd} = N_{Pl,a} \left( z_a + \frac{h_c}{2} \right) - N_f * \frac{z_{pl}}{2} \quad (13)$$

$$z_{pl} = \frac{N_{Pl,a} - N_{c,f}}{2f_{yd} * b_f} \quad (14)$$

$$N_f = 2f_{yd} * b_f * (z_{pl} - h_c) \quad (15)$$

Nøytralaksen ligger i stålprofilets trykkflens effektive betongarealets aksialkapasitet  $N_{f,c}$  er mindre enn stålprofilets plastiske aksialkapasitet  $N_{pl,a}$ , men større enn kapasiteten til stålprofilets steg  $N_{w,a}$ . Deler av stålverrsnittet utnyttes for strekkspenninger og deler av stålverrsnittet utnyttes for trykkspenninger sammen med hele betongverrsnittet. Hvor stor andel av stålverrsnittet som utnyttes for strekk avgjøres av nøytralaksens plassering i samvirketverrsnittet.

#### 4. Nøytralakse i stålprofilets steg.



Figur 4-6 Spenningsfordeling for plastisk nøytralakse i stålprofilets steg

$$M_{Pl,Rd} = N_{Pl,a} \left( z_a + \frac{h_c}{2} \right) - N_f \frac{t_f + h_c}{2} - N_w \frac{z_{pl} + t_f}{2} \quad (16)$$

$$z_{pl} = \frac{N_{Pl,a} - N_{c,f} - N_f}{2f_{yd} * t_w} + h_c + t_f \quad (17)$$

$$N_f = 2f_{yd} * b_f * t_f \quad (18)$$

$$N_w = 2f_{yd} * t_w * (z_{pl} - h_c - t_f) \quad (19)$$

Nøytralaksen ligger i stålprofilets steg når det effektive betongarealets aksialkapasitet  $N_{f,c}$  er mindre enn kapasiteten til stålprofilets steg. Deler av ståltverrsnittet utnyttes for strekkspenninger og deler av ståltverrsnittet utnyttes for trykkspenninger sammen med hele betongtverrsnittet. Hvor stor andel av ståltverrsnittet som utnyttes for strekk avgjøres av nøytralaksens plassering i samvirketverrsnittet.

Beregningene er utført i Excel regneark og kontrollert i Mathcad for hånd. Utdrag fra excelark er vist i vedlegg 5 som ligger vedlagt.

Beregningsgang i Mathcad er vist her:

---

### Plastisk momentkapasitet for samvirketverrsnitt i tverrsnittsklasse 1 og 2

#### Materialfaktorer:

Stål:  $\gamma_e := 1.0$

Betong:  $\gamma_s := 1.0$

#### Materialdata:

Stålkvalitet:

Karakteristisk fasthet:  $f_{yk} := 235 \text{ MPa}$

Dimensjonerende fasthet:  $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 235 \text{ MPa}$

Betongkvalitet:

Karakteristisk fasthet:  $f_{ck} := 25 \text{ MPa}$

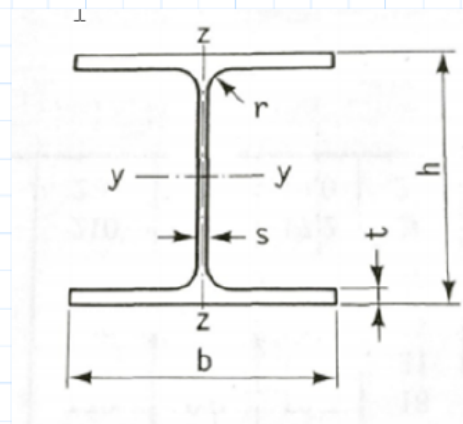
Dimensjonerende fasthet:  $f_{cd} := \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 21.25 \text{ MPa}$

**Tverrsnittsdata:**

Stålprofil:

Profil := "INP40"

Tverrsnittsdata:



Høyde tverrsnitt:

$$h_s := h \cdot \text{mm} = 400 \text{ mm}$$

Bredde flens:

$$b_f := b \cdot \text{mm} = 155 \text{ mm}$$

Tykkelse steg:

$$t_w := s \cdot \text{mm} = 14.4 \text{ mm}$$

Tykkelse flens:

$$t_f := t \cdot \text{mm} = 21.6 \text{ mm}$$

Areal av steg:

$$A_w := t_w \cdot (h_s - 2 \cdot t_f) = (5.138 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Radius:

$$r_s := r \cdot \text{mm} = 14.4 \text{ mm}$$

Areal av tverrsnitt

$$A_s := A \cdot \text{mm}^2 = (1.18 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

2. arealmoment sterk akse

$$I_{sy} := I_y \cdot 10^9 \cdot \text{mm}^4 = (5.138 \cdot 10^{12}) \text{ mm}^4$$

Motstandsmoment

$$W := W_y \cdot \text{mm}^3 = 0.292 \text{ mm}^3$$

Avstand fra topp stålfrens til  
stålprofillets nøytralakse:

$$z_a := \frac{h_s}{2} = 0.2 \text{ m}$$

**Betongtverrsnitt:**

Dekketykkelse:

$$t_c := 200 \text{ mm}$$

Effektiv bredde:

Avstand mellom dybler på tvers av bjelkeretning:

$$b_0 := 150 \text{ mm}$$

Avstand mellom momentnullpunkt:

$$L_e := 10 \text{ m}$$

Avstand fra steg til kant dekke:

$$b_i := 1500 \text{ mm}$$

$$b_{ei} := \min\left(\frac{L_e}{8}, b_i\right) = 1.25 \text{ m}$$

Effektiv bredde for betongdekke:

$$b_{eff} := b_0 + 2 \cdot b_{ei} = 2.65 \text{ m}$$



### Beregning av samvirketverrsnittets samlede momentkapasitet ved positivt moment:

$$\begin{aligned} \text{Stålprofilets aksialkraftkapasitet:} & N_{pl.a} := f_{yd} \cdot A_s = (2.773 \cdot 10^6) \text{ N} \\ \text{Stålprofilets stegkapasitet trykk:} & N_{wa} := f_{yd} \cdot A_w = (1.207 \cdot 10^6) \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Dekkets trykkapasitet:} \quad N_{c.f} := 0.85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot t_c = (9.573 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{nakse} := & \text{if } N_{pl.a} < N_{c.f} && = \text{“Nøytralaksen i betongplata”} \\ & \text{“Nøytralaksen i betongplata”} \\ & \text{else if } N_{pl.a} = N_{c.f} \\ & \text{“Nøytralaksen i fugen mellom betong og stål”} \\ & \text{else if } N_{wa} < N_{c.f} < N_{pl.a} \\ & \text{“Nøytralaksen i stålets trykkflens”} \\ & \text{else if } N_{c.f} < N_{wa} \\ & \text{“Plastisk nøytralske i profilets steg”} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Avstand til nøytralaksen:} \quad z_{pl} := & \text{if } N_{pl.a} < N_{c.f} && = 57.933 \text{ mm} \\ & \frac{f_{yd} \cdot A_s}{0.85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff}} \\ & \text{else if } N_{pl.a} = N_{c.f} \\ & t_c \\ & \text{else if } N_{wa} < N_{c.f} < N_{pl.a} \\ & \frac{N_{pl.a} - N_{c.f}}{2 \cdot f_{yd} \cdot b_f} + t_c \\ & \text{else if } N_{c.f} < N_{wa} \\ & \frac{N_{pl.a} - N_{c.f} - (2 \cdot f_{yd} \cdot b_f \cdot t_f)}{2 \cdot f_{yd} \cdot t_w} + t_c + t_f \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitet av betongplatas bidrag:} \quad N_{c.f} := 0.85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot z_{pl} = (2.773 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\text{Kraften i flensen er gitt ved:} \quad N_f := 2 \cdot f_{yd} \cdot b_f \cdot (z_{pl} - t_c) = -1.035 \cdot 10^4 \text{ kN}$$

$$\text{Stålprofilets aksialkraftkapasitet} \quad N_{pl.a} := f_{yd} \cdot A_s = (2.773 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\text{Kraft i trykkpåkjent del av steg:} \quad N_w := 2 \cdot f_{yd} \cdot t_w \cdot (z_{pl} - t_c - t_f) = -1.108 \cdot 10^3 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} := \begin{cases} \text{if } N_{pl,a} < N_{c,f} & \\ \left\| N_{pl,a} \cdot \left( z_a + t_c - \frac{z_{pl}}{2} \right) \right. & \\ \text{else if } N_{pl,a} = N_{c,f} & \\ \left\| N_{pl,a} \cdot \left( z_a + \frac{t_c}{2} \right) \right. & \\ \text{else if } N_{wa} < N_{c,f} < N_{pl,a} & \\ \left\| \left( N_{pl,a} \cdot \left( z_a + \frac{t_c}{2} \right) \right) - N_f \cdot \frac{z_{pl}}{2} \right. & \\ \text{else if } N_{c,f} < N_{wa} & \\ \left\| N_{pl,a} \cdot \left( z_a + \frac{t_c}{2} \right) - N_f \cdot \left( \frac{t_f + t_c}{2} \right) - N_w \cdot \left( \frac{z_{pl} + t_f}{2} \right) \right. & \end{cases} = 831.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Beregning av stålprofilets elastiske og plastiske momentkapasitet.

Elastisk momentkapasitet:  $M_{el} := W_{el} \cdot f_{yd} = 343.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Plastisk momentkapasitet:  $M_{pl} := W_{pl} \cdot f_{yd} = 402.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Beregnet økning av kapasitet:  $\frac{M_{pl,Rd}}{M_{pl}} = 2.065$

#### 4.3.4 Skjærkapasitet

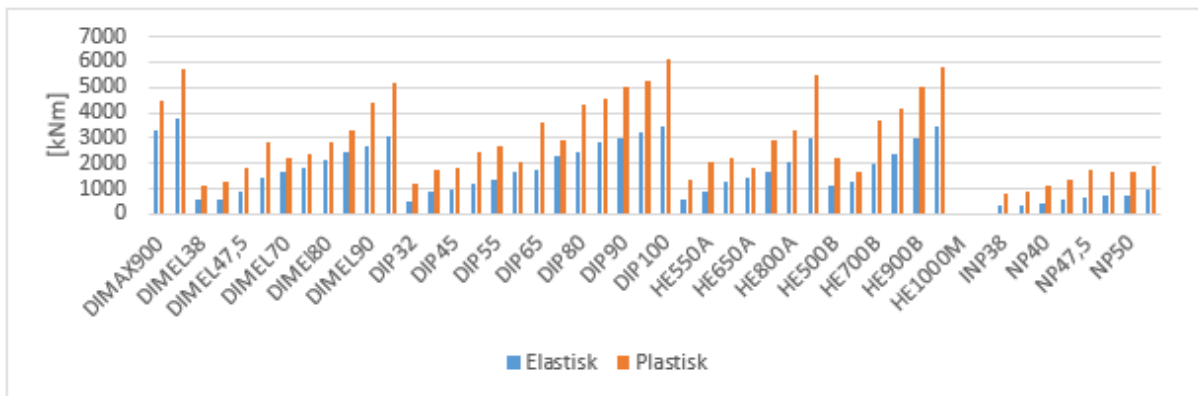
Skjærkapasitet for samvirketverrsnitt er beregningsmessig lik skjærkapasiteten til stålbejlen. Det vil derfor ikke ha noen effekt for skjærkapasiteten å etablere samvirke mellom stålbejlen og betongdekket. En økning av momentkapasiteten uten å øke skjærkapasiteten til tverrsnittet fører til at man endrer forholdet mellom moment- og skjærkapasitet. I regelverket er det gitt føringer som sier at dersom opptredende skjærkraft  $V_{Ed}$  overskrider  $0,5 * V_{pl,a,Rd}$ , skal stegets bidrag til momentkapasiteten reduseres.

Det gjøres ikke beregninger av opptredende skjærkraft for bejler i oppgaven. Det antas at skjærkapasitet for stålbejelkebruer av denne typen er god sammenlignet med opptredende skjærkrefter og at dette derfor neglisjeres i beregningene.

## 5 Resultater

### 5.1 Tverrsnitt uten samvirke

For tverrsnitt uten samvirke er alle bjelker analysert og beregnet i elektronisk vedlegg i Excelark. Resultatene er vist i diagrammet under og viser elastisk og plastisk momentkapasitet for alle tverrsnitt som er funnet i datagrunnlaget. Momentkapasiteten til bjelkene er uavhengig av dekketykkelse og effektiv bredde og er derfor uavhengige av statisk system og bruens geometri og antall bjelker. Antall bjelker i diagrammet under stemmer derfor ikke overens med antall bruer analysert da resultatene fra flere av bruene er like. Resultatene er som forventet, med stigende momentkapasitet med økende tverrsnittshøyde og flensbredder og tykkelser.



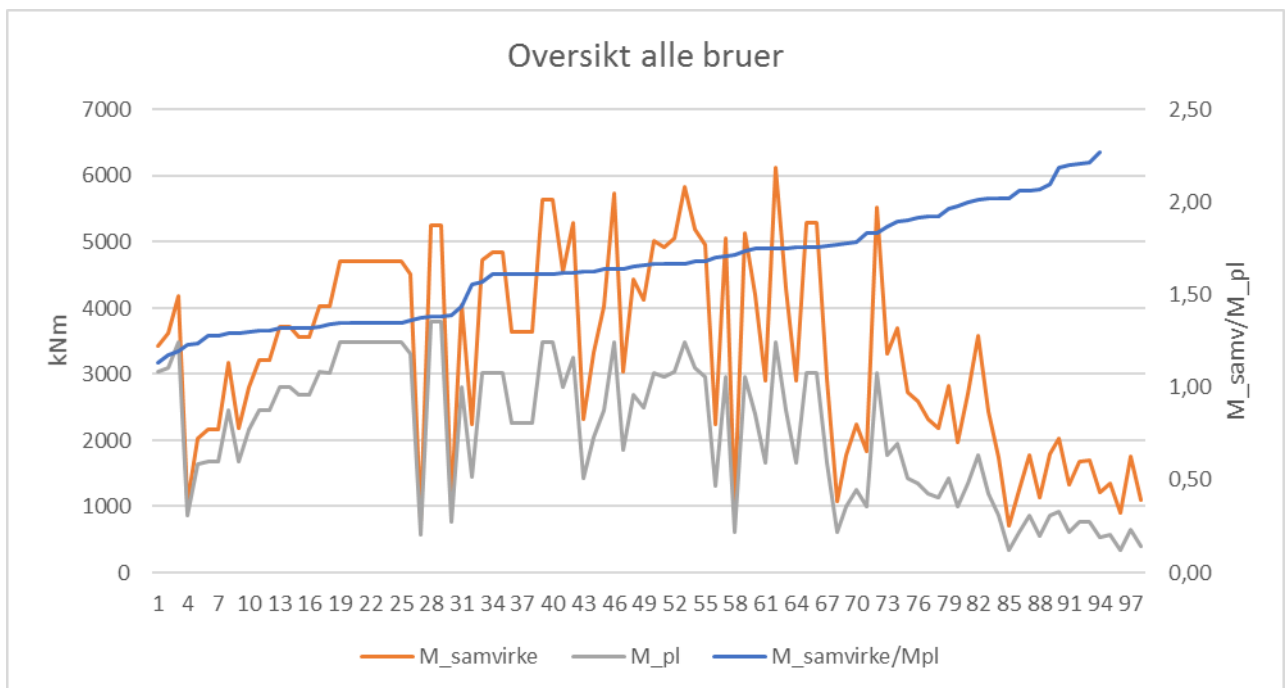
Figur 5-1 Momentkapasitet for bjelker

Resultatene er vist i tabellform i vedlegg V.

## 5.2 Tverrsnitt med samvirke

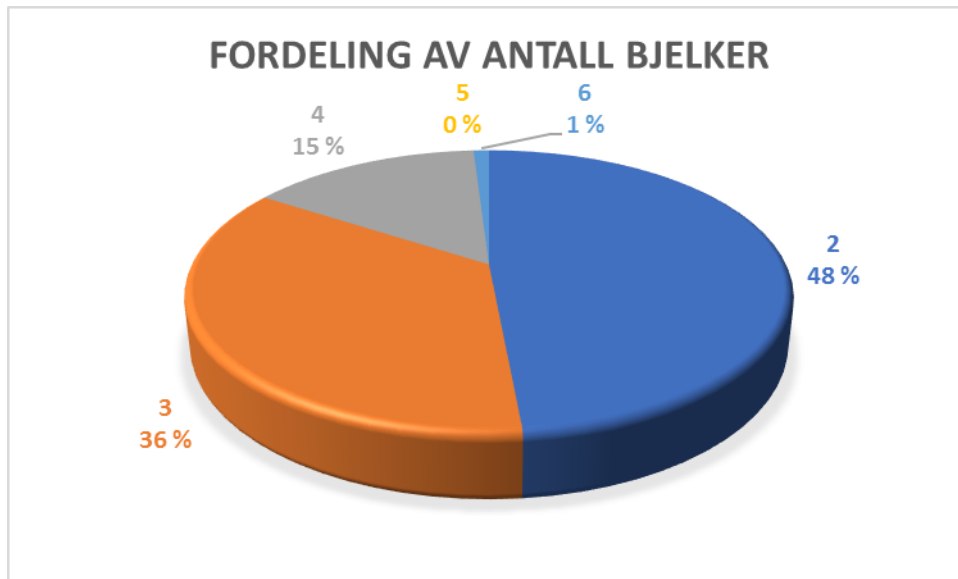
Ved etablering av samvirke og beregning av samvirketverrsnittets momentkapasitet er det langt flere variabler som spiller inn. Her nevnes dekketykkelse, flensbredder, utstikkende flensbredde betongplate og hvor nøytralaksen i samvirketverrsnittet ligger. Dette gjør det utfordrende å finne resultater som lar seg sammenligne med tverrsnitt uten samvirke.

### 5.2.1 Oversikt alle bruer



Figur 5-2 Oversikt over alle bruene i datautvalget, sortert på relativ økning i momentkapasitet.

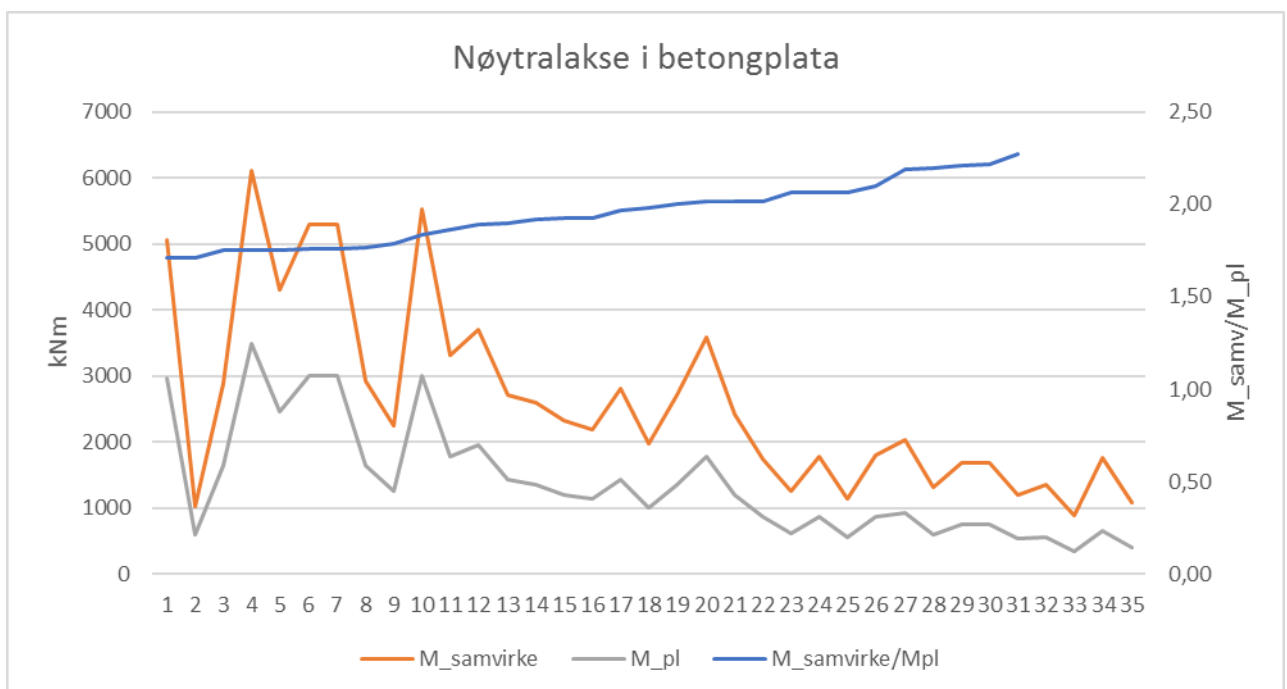
Figur 5-2 viser ingen sammenheng mellom bjelkenes plastiske momentkapasitet og økning i kapasitet som følge av etablering av samvirke. Momentkapasitet er vist i venstre vertikale akse. Forholdet mellom samvirkekapasitet og bjelkekapasitet er vist i høyre vertikale akse [%\*100]. Jfr. kapittel 5.1 hvor økende momentkapasitet med økt tverrsnittshøyde er vist, viser figuren over at vi har stor økning i momentkapasitet både for bjelker med lav tverrsnittshøyde og for bjelker med stor tverrsnittshøyde. Dette betyr at det er andre forhold enn bjelkehøyden som er avgjørende for økning i momentkapasiteten som følge av etablering av samvirke.



Figur 5-3 Viser fordelingen av bjelkekonfigurasjon for alle bruer i datagrunnlaget.

Bjelkekonfigurasjonen varierer i datagrunnlaget. Dette er omtalt i kapittel 3.2.5 og gjengis her i figur Figur 5-3. De overordnede tallene viser en klar overvekt av bruer med to bjelker i tverrsnittet. Bjelker med to eller tre bjelker i tverrsnittet utgjør 84 % av brumassen for denne typen bruer.

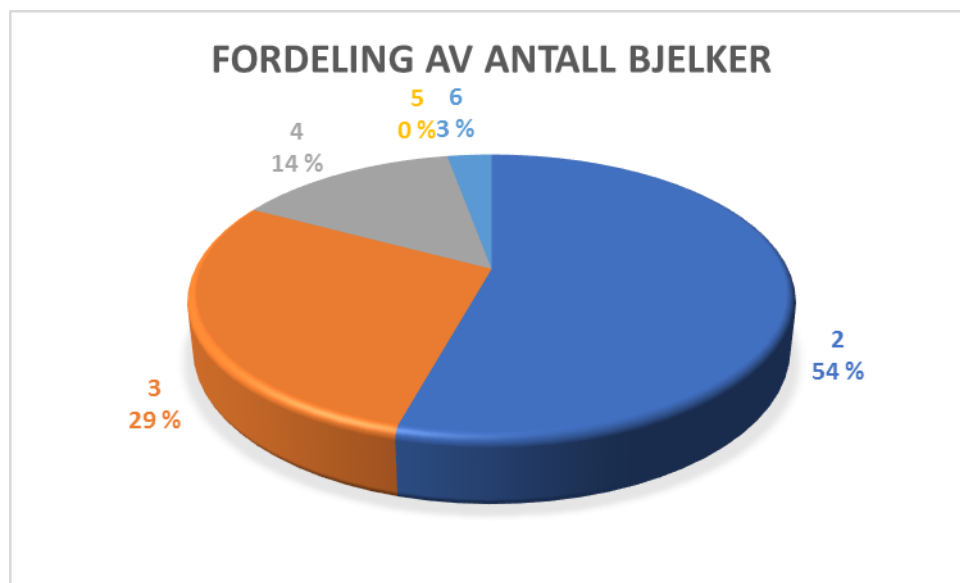
### 5.2.2 Nøytralakse i betongplata



Figur 5-4 Oversikt over bruer med nøytralakse i betongplata.. Økning i momentkapasitet vist på y-aksen.

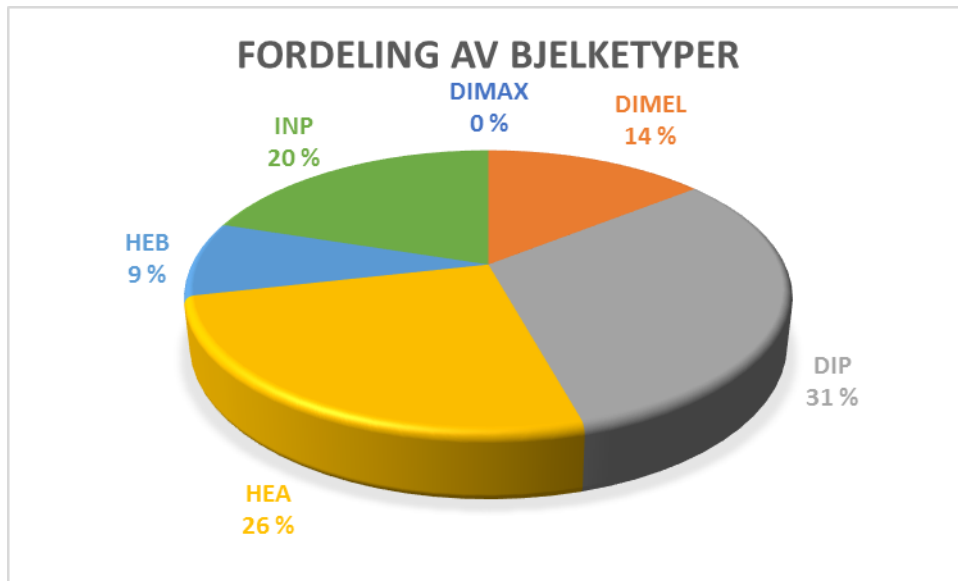
Figur 5-4 viser at for alle bruer hvor nøytralaksen til samvirketverrsnittet ligger i betongplata, har tverrsnittet en teoretisk mulighet for økning av bæreevnen som ligger fra 1,71 til 2,70 ganger stålbelegnets plastiske momentkapasitet.

Det er ikke funnet noen klar sammenheng mellom økningen i momentkapasiteten og størrelsen på momentkapasitetene, men det er en trend at bruer med relativt lav momentkapasitet i belegntverrsnittet (Belegger med lavt motstandsmoment) har et større potensiale for økning av bæreevnen når nøytralaksen ligger i betongdekket.



Figur 5-5 viser fordeling av antall belegger for tverrsnitt med nøytralaksen i betongplata

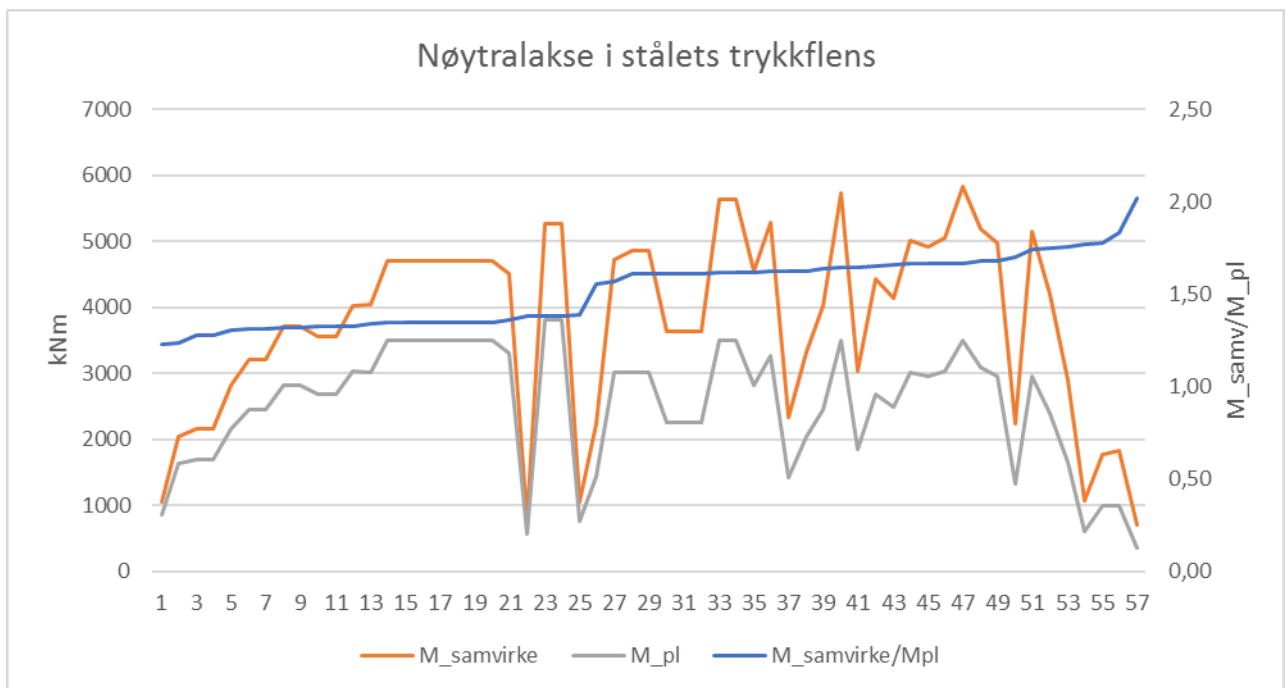
Antallet belegger i bruttverrsnittet fordeler seg som vist i Figur 5-5. Figuren viser en noe høyere andel bruer med to belegger i tverrsnittet enn for det totale datagrunnlaget., vist i Figur 5-3. Samtidig er andelen bruer med tre belegger redusert sammenlignet med det totale datagrunnlaget.



Figur 5-6 Fordeling av bjelketyper for samvirkeverrsnitt med nøytralakse i betongplata

Figur 5-6 viser at det er klar overvekt av DIP- og HEA bjelker i samvirkeverrsnittene med nøytralaksen i betongplata. DIP og HEA er bjelketyper med tilnærmet like geometriske data. Figuren viser en noe høyere andel av disse bjelketypene enn for datagrunnlaget totalt sett.

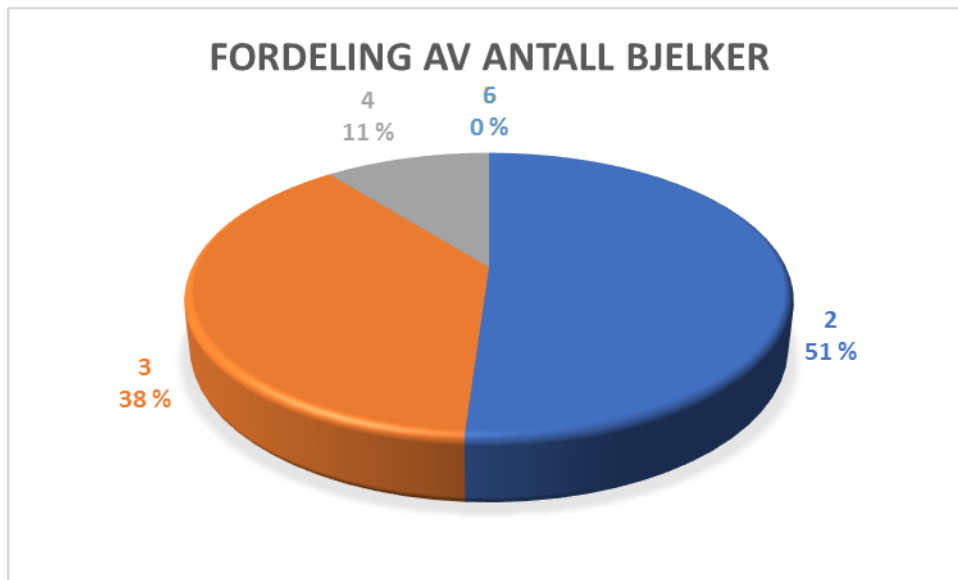
### 5.2.3 Nøytralakse i stålets trykkflens



Figur 5-7 Oversikt over bruer med nøytralakse i stålets trykkflens

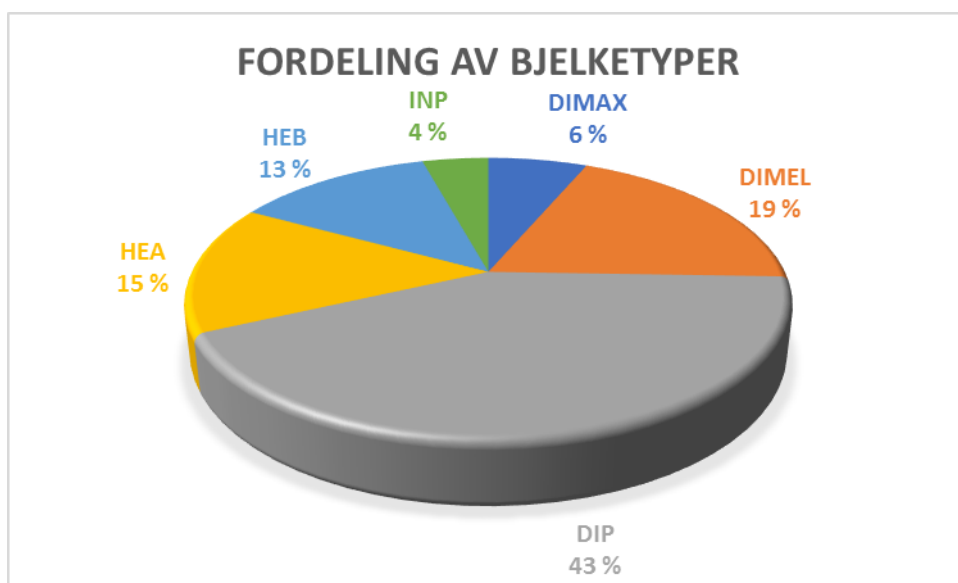
Figur 5-7 viser at for bruer hvor nøytralaksen til samvirketverrsnittet ligger i stålets trykkflens, har tverrsnittet en teoretisk mulighet for økning av bæreevnen fra 1,23 til 2,02 ganger stålbelegens plastiske momentkapasitet.

Det er ikke funnet noen klar sammenheng mellom økningen i momentkapasiteten og størrelsen på momentkapasitetene. Resultatene er inkonsistente.



Figur 5-8 viser fordeling av antall bjelker for tverrsnitt med nøytralaksen i stålets trykkflens

Antallet bjelker i brutverrsnittet fordeler seg som vist i Figur 5-8. Figuren viser noe høyere andel bruer med to og tre bjelker i tverrsnittet sammenlignet med det totale datagrunnlaget., vist i Figur 5-3.

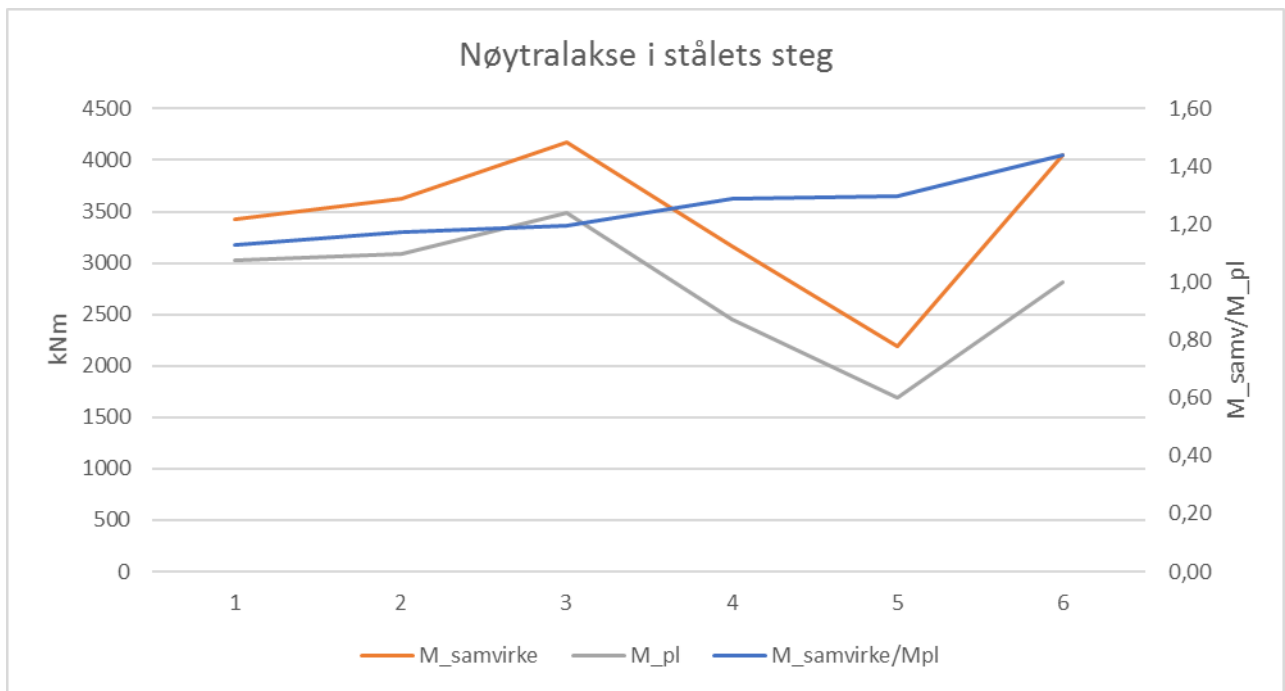


Figur 5-9 Fordeling av bjelketyper for samvirketverrsnitt med nøytralakse i stålbelegens trykkflens



Figur 5-9 viser at det er klar overvekt av DIP i samvirketverrsnittene med nøytralaksen i stålbjelkens trykkflens. Figuren viser en noe høyere andel DIP og HEA enn for datagrunnlaget totalt sett.

#### 5.2.4 Nøytralakse i bjelkens steg

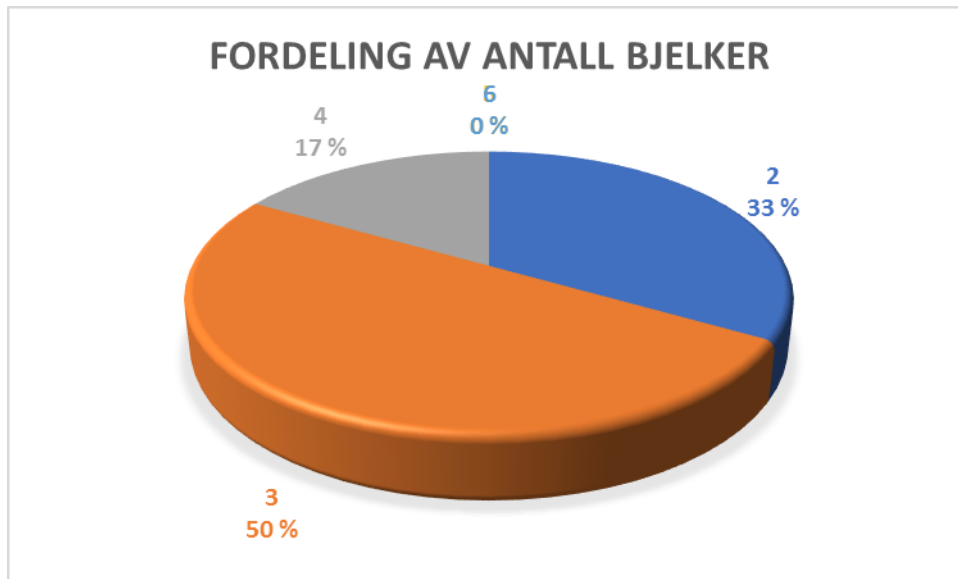


Figur 5-10 Oversikt over bruer med nøytralakse i stålprofilens steg

Det er et begrenset statistisk utvalg for samvirketverrsnitt med nøytralaksen i stålbjelkens steg. Det er derfor usikkert hvor representative dataene er.

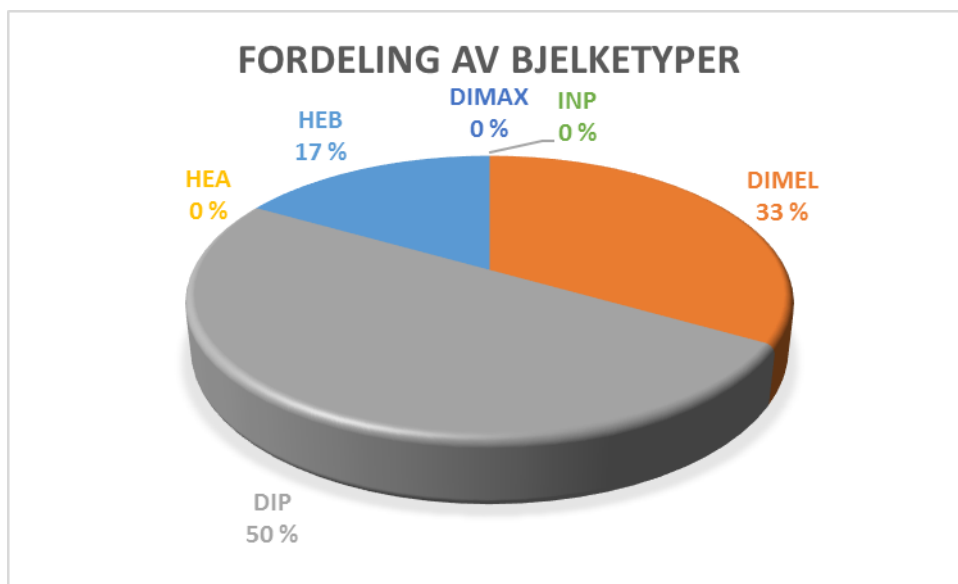
Figur 5-10 Viser at for bruer med nøytralaksen til samvirketverrsnittet liggende i steget til stålprofilet, har tverrsnittet en teoretisk mulighet for økning av bæreevnen fra 1,13 til 1,44 ganger stålbjelkens plastiske momentkapasitet.

Det er ikke funnet noen klar sammenheng mellom økningen i momentkapasiteten og størrelsen på momentkapasitetene.



Figur 5-11 Fordeling av antall bjelker for tverrsnitt med nøytralaksen i stålets steg

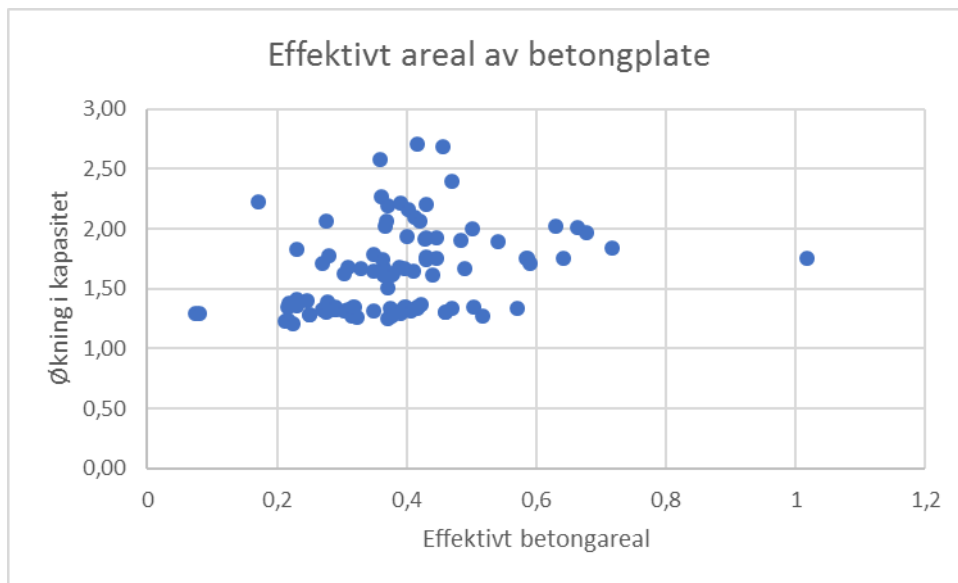
Antallet bjelker i brutverrsnittet fordeler seg som vist i Figur 5-11. Figuren viser noe lavere andel bruer med 2 bjelker for bruer med nøytralaksen i steget sammenlignet med det totale datagrunnlaget, samtidig som andelen bruer med tre bjelker er høyere.



Figur 5-12 Fordeling av bjelketyper for samvirketverrsnitt med nøytralakse i stålbjelkens steg.

Figur 5-12 viser at det er klar overvekt av DIP i samvirketverrsnittene med nøytralaksen i stålbjelkens trykkflens. Figuren viser også at andelen DIP og DIMEL er betydelig høyere enn for det totale datagrunnlaget som er vist i Figur 3-12.

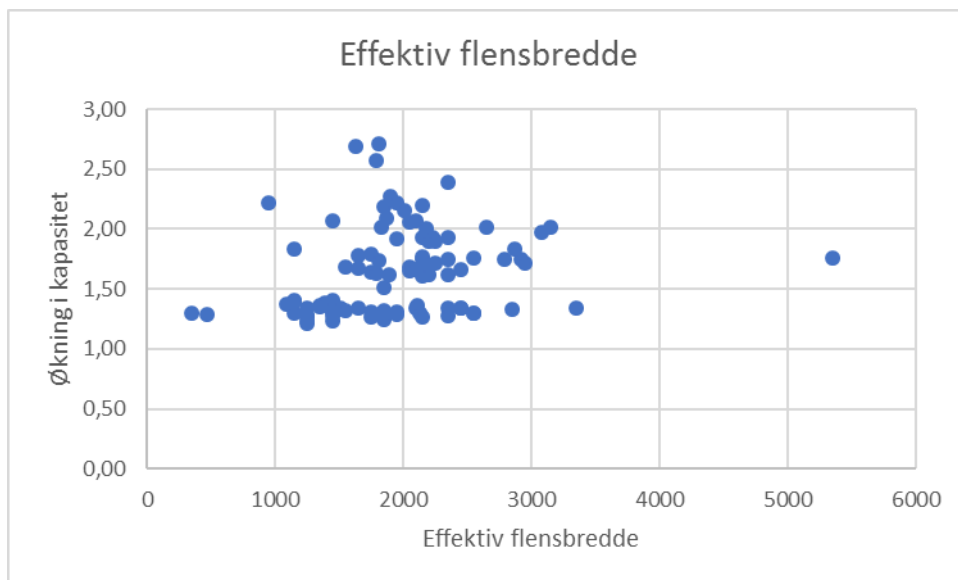
### 5.2.5 Forhold mellom effektivt betongareal og økning i momentkapasitet



Figur 5-13 Oversikt over brune med teoretisk økning i momentkapasitet plottet langs. Langs x-aksen er effektivt betongareal plottet.

Figur 5-13 viser ingen sammenheng mellom effektivt dekketverrsnitt og økning i momentkapasitet for samvirketverrsnittet.

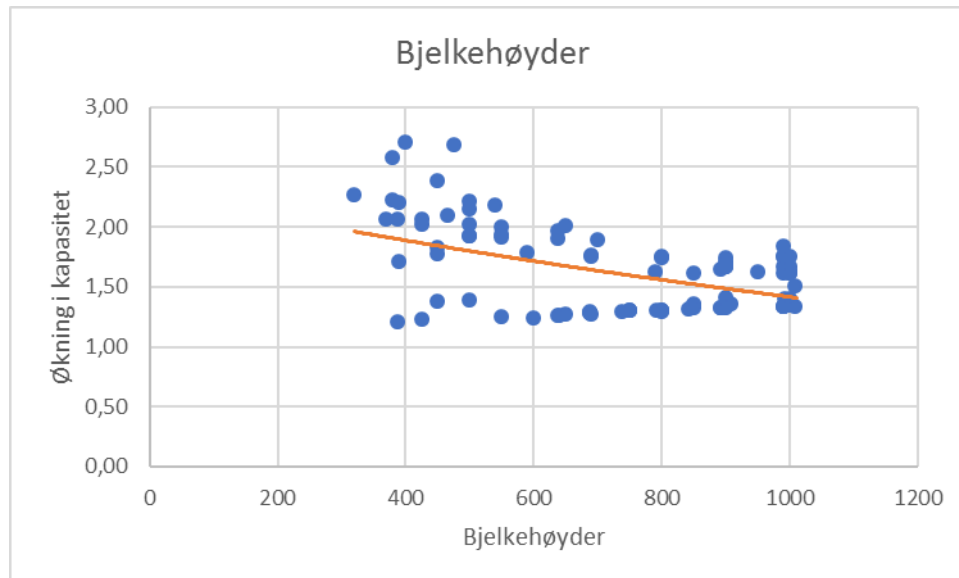
### 5.2.6 Forhold mellom effektiv flensbredde og økning i momentkapasitet



Figur 5-14 Oversikt over brune med teoretisk økning i momentkapasitet plottet langs y-aksen.. Langs x-aksen er effektiv flensbredde for samvirketverrsnittet plottet.

Figur 5-14 viser ingen sammenheng mellom effektiv bredde av betongflenser og økning i momentkapasitet for samvirketverrsnittet.

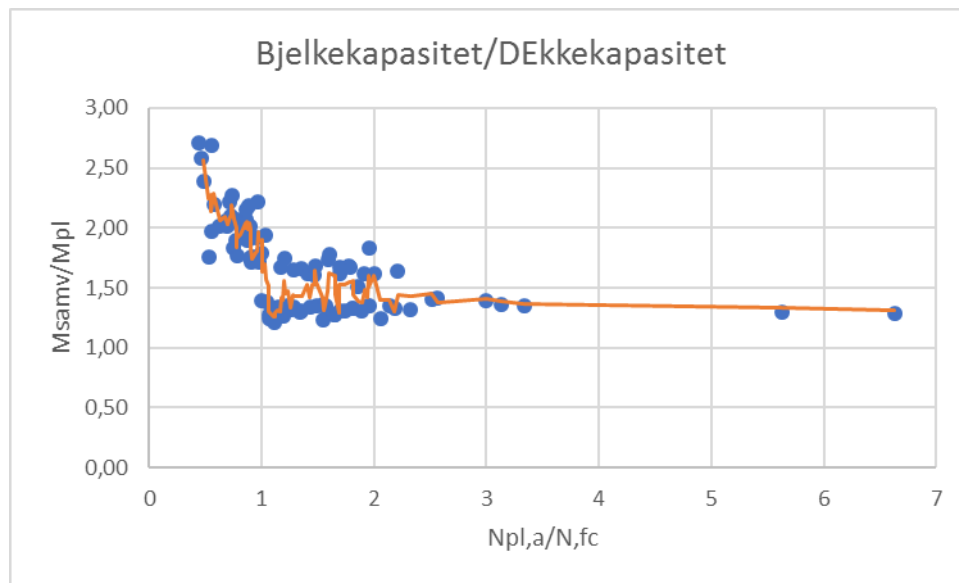
### 5.2.7 Forhold mellom bjelkehøyde og økning i momentkapasitet



Figur 5-15 Oversikt over økning i momentkapasitet ved etablering av samvirke plottet mot bjelkehøyde.

Figur 5-15 viser en mulig sammenheng mellom bjelkehøyde og økning i momentkapasitet. Det kan se ut som om grafen konvergerer mot et resultat på om lag 1,5 ganger bjelkenes plastiske momentkapasitet med økende bjelkehøyde.

## 5.2.8 Forhold mellom bjelkekapasitet og dekkekapasitet



Figur 5-16 Viser økningen i momentkapasitet for samvirketverrsnittet plottet mot forholdet mellom stålprofilens aksialkapasitet og det effektive dekketverrsnittets trykkapasitet.

Figur 5-16 viser en sammenheng mellom forholdet mellom bjelkens aksialkapasitet og dekkets trykkapasitet og potensiale for økning av samvirketverrsnittets momentkapasitet.

Resultatene er signifikante og det framgår tydelig at det er en endring i området  $\frac{N_{pl,a}}{N_{c,f}} \leq 1,0$ .

Når dette er tilfellet vil nøytralaksen til samvirketverrsnittet ligge i betongplata.



## 6 Vurdering av resultater

### 6.1 Usikkerheter

Datasettet består av en rekke ulike bruere med ulik utforming. Det er ulike bjelker, bjelkesammensetninger, spennlengder, flensbredder og dekketykkelser.

Usikkerhetene i datagrunnlaget er blant annet, men ikke avgrenset til:

- Manglende som bygd dokumentasjon. Tegningene som er mottatt fra bruarkivet til Statens vegvesen er ikke kvalitetssikret opp mot de faktiske bruene og det er derfor ingen garanti for at bruene er bygd slik som tegningene viser.
- Manglende data på tegninger. Enkelte tegninger har manglende informasjon om dekketykkelser, bredder, bjelketyper etc.
- Manglende materialsertifikat. For de fleste bruene på fylkesvegnettet eksisterer det ikke materialsertifikater fra produksjonen. Materialkvaliteten er dessuten varierende og sertifiseringen som følger stålprofilene er ei bekreftelse på at stålet tilfredsstiller minimumskravene i standardene. I datasettet er materialkvaliteten gitt i henhold til HB R412. Denne håndboka baserer seg også på et statistisk materiale som er usikkert, men det er ikke kjent hvor store usikkerheter som knyttes til dette statistiske grunnlaget.

Usikkerhetene ved enkeltresultater er store. Det er fare for at bruere med spesiell utforming eller med særegenheter skiller seg ut og danner toppe eller bunner i resultatene. Siden datamaterialet består av brukonstruksjoner med ulik utforming er usikkerhetene vanskelig å kvantifisere. Mål på usikkerhet, som standardavvik og varians, lar seg ikke tallfeste.

Resultatene viser likevel at det er et klart skille for hvor stort potensiale som er tilgjengelig for de ulike bruene når forutsetningene som ligger til grunn for analysen følges. Resultatene for hver enkelt bru kan ikke benyttes ved valg av løsning og prioritering av tiltak, men resultatene viser hvilke variabler som må legges til grunn og undersøkes når det vurderes om bruere av typen som er undersøkt i oppgaven kan få økt bæreevne.

## 6.2 Ulike brutyper

Datagrunnlaget viser at omtrent halvparten av de undersøkte bruene har 2 bjelker som hovedbæring på langs. Videre har 35% av bruene 3 bjelker som hovedbæring på langs. De resterende 16 % fordeler seg med 15% med 4 bjelker og 1% med 6 bjelker. Av de 15% med 4 bjelker er det også slik at for en del av bruene virker to og to bjelker parvis. Resultatene viser ingen sammenheng mellom antallet bjelker og det teoretiske samvirketverrsnittets potensiale. Dette kan ha sammenheng med at de fleste bruer i datasettet har enten to eller tre bærebjelker og at avstanden mellom disse på tvers sammen med avstanden mellom momentnullpunkt gjør at man oppnår en effektiv flensbredde som maksimeres for de fleste brutverrsnitt. Effektiv flensbredde avgjøres da av utstikkende del av dekket fra bjelkene.

## 6.3 Sammenhenger

Resultatene som vist i kapittel 5 viser få avhengigheter mellom de ulike brutypene og potensiale for økning av bæreevne ved etablering av samvirke. Ulike mulige avhengigheter er forsøkt analysert og det er lett etter mulige sammenhenger mellom bjelkehøyder, bjelketyper, bjelkenes aksialkapasitet, betongdekkenes effektive flensbredder og effektivt dekkeareal.

Det er funnet sammenheng mellom bjelkenes aksialkapasitet og dekkets aksialtrykkapasitet.

Figur 5-16 viser at når forholdet  $\frac{N_{pl,a}}{N_{c,f}} \leq 1,0$ , vil samvirketverrsnittets momentkapasitet øke

drastisk sammenlignet med tilfellene hvor  $\frac{N_{pl,a}}{N_{c,f}} > 1,0$

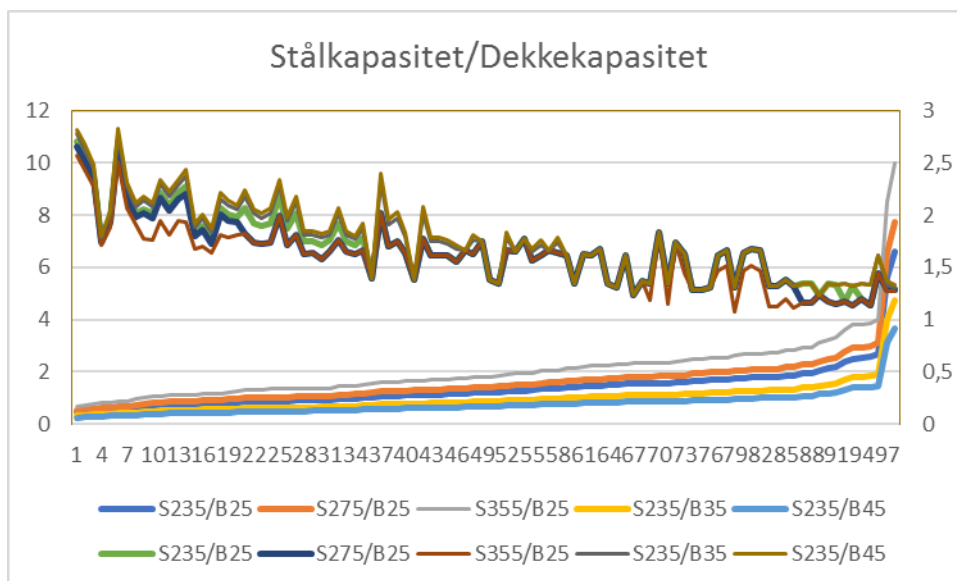
hvor,

$N_{pl,a}$  = Ståltverrsnittets aksialkapasitet

$N_{c,f}$  = Dekkets aksialtrykkapasitet

Grafene i Figur 5-15 og Figur 5-16 viser at man ved økende bjelketverrsnitt vil få en økning i samvirkekapasitet som er relativt sett lavere med økende tverrsnittsareal. Dette illustreres godt i Figur 6-1, hvor forholdet mellom bjelke og dekkekapasiteten er plottet langs x-aksen. Den relative økningen i momentkapasitet er også plottet langs x-aksen.





Figur 6-1 Forhold mellom stålkapasitet og dekkekapasitet

Betongdekkene er i utgangspunktet dimensjonert og bygget for å bære laster på tvers av bruretningen, og tykkelsen på dekkene øker ikke lineært med bjelkehøyden. Dette fører til at når stålbjelkenes tverrsnittsareal øker, endres forholdet mellom bjelkenes aksialkapasitet og dekkets aksialkapasitet, og det er en tendens at nøytralaksen blir liggende i ståltverrsnittet når bjelkehøyden øker.

Når stålbjelkenes aksialkapasitet er mindre enn dekkets aksialtrykkkapasitet vil nøytralaksen ligge i dekket. Dette medfører at hele ståltverrsnittet kan ta strekk. Siden ståltverrsnittets kapasitet regnes plastisk, jfr kapittel 4.2.1, tillates det at stålet når sin teoretiske flytegrense og man får utnyttet hele ståltverrsnittet for å ta strekkspenninger. Dette medfører at hele tverrsnittet når flytespenning og at stålet i ytterste fiber har ei tøyning som nærmer seg bruddtøyning. Reduksjonen av relativ økning i momentkapasitet med økende ståltverrsnitt er dermed logisk og en konsekvens av at bjelketverrsnitt og dekketykkelser ikke er optimalisert for best mulig samvirkevirkning.

## 6.4 Kapasitet av dybler

Kapasitet av dybler er ikke vurdert særskilt i oppgaven og det er forutsatt at det er mulig å etablere en forbindelse mellom stålbjelker og betong som har en kapasitet tilsvarende dimensjonerende skjærkapasitet i snittet fuge mellom stål og betong. Det er en teoretisk mulighet for at kapasiteten til samvirketverrsnittet og skjærkapasiteten er så stor at det ikke er mulig å etablere tilstrekkelig med dybelforbindelser for å ta opp den horisontale skjærkrafta i snittet. Dybelkapasiteten kan dermed være begrensende for samvirketverrsnittets totale kapasitet og føre til at det ikke er mulig å utnytte dekket og stålprofilets kapasiteter maksimalt.

## 6.5 Materialkvaliteter

Det er gjennomført beregninger med ulike materialkvaliteter for å se hvor sensitive resultatene er for variasjoner i materialkvalitet. Kombinasjonene som er beregnet er vist i Tabell 6-1.

*Tabell 6-1 Materialkombinasjoner for sjekk av ømfintlighet mot materialvariasjoner*

| Kombinasjon 1 | Fasthet | Enhet |
|---------------|---------|-------|
| Stål          | 235     | MPa   |
| Betong        | 25      | MPa   |
|               |         |       |
| Kombinasjon 2 | Fasthet | Enhet |
| Stål          | 275     | MPa   |
| Betong        | 25      | MPa   |
|               |         |       |
| Kombinasjon 3 | Fasthet | Enhet |
| Stål          | 355     | MPa   |
| Betong        | 25      | MPa   |

| Kombinasjon 4 | Fasthet | Enhet |
|---------------|---------|-------|
| Stål          | 235     | MPa   |
| Betong        | 35      | MPa   |
|               |         |       |
| Kombinasjon 5 | Fasthet | Enhet |
| Stål          | 235     | MPa   |
| Betong        | 45      | MPa   |

Resultatene viser at tverrsnittene er sensitive for variasjoner i materialkvaliteter. Figur 6-1 viser en generell tendens som tilsier fallende relativ økning av momentkapasitet når forholdet mellom stålbjelkenes aksialkapasitet og dekkets aksialkapasitet øker. Det betyr at hvis stålkvaliteten er høyere enn antatt og betongkvaliteten er lavere enn antatt, vil potensialet for bæreevneøkning kunne overestimeres. For å kunne gi sikre råd om potensiale for hver enkelt bru må grunnlaget for materialkvaliteter være godt. Dette innebærer at det ved manglende dokumentasjon må framskaffes ny dokumentasjon ved prøvetaking av stål og betong.



## 7 Praktisk gjennomføring

### 7.1 Spenningsløs tilstand

Denne rapporten har som forutsetning at samvirketverrsnittet etableres i spenningsløs tilstand og at samvirketverrsnittet bærer både egenvekt og nyttelast. For kosnruksjoner hvor egenvekt er den dominerende lasta er dette en forutsetning som vil påvirke tilgjengelig potensiale negativt om det velges å etablere samvirke uten at bjelkene gjøres spenningsløse når samvirke etableres.

De fleste bruene som er omtalt i oppgaven er bruer med spennvidder mellom 10 m og 20 m. Frihøyden under bruene er begrenset og det antas at man ved enkle grep kan stemple under bruene med understøttelser av typen Superprop eller tilsvarende. Dette kan være utfordrende for bruer over vassdrag med begrenset mulighet for midlertid understøttelse i anleggsperioden, men i det store og hele antas dette å være gjennomførbart.



*Figur 7-1 Understøttelse av bru med Superprop understøttelse.[23]*

## **7.2 Etablering av skjærforbindelse**

For å oppnå full samvirkevirkning er det krav om at skjæroverføringa dimensjoneres slik at all horisontal skjærkraft i snittet mellom stålbjelker og betongdekke tas opp av dyblene/boltene. Dette gjør at det blir behov for reelt mange dybler, spesielt ved endene hvor skjærspenningene er størst. Det er gjennomført etablering av samvirke mellom stål og betong på eksisterende bru tidligere i regi av Statens vegvesen, hvor dekket har blitt meislet bort og det er sveist på dybler. Framgangsmåten er meget tidkrevende og det er usikkerheter hetet ved kvaliteten av arbeidene som gjøres. Dette begrunnes blant annet i punkt som angitt tidligere i oppgaven med usikkerheter knyttet til stålkvaliteter og sveisbarhet.

Det antas at det kan være mulig å etablere samvirke uten at det er behov for å meisle bort deler av betongdekke. Dette kan løses ved å borre gjennom bjelkens overflens og inn i betongen fra undersida av brua og gyse fast bolter til betongen. Boltene kan deretter sveises til stålprofilets overflens og det etableres på det viset samvirke mellom stål og betong uten at det må gjøres inngripende arbeider med betongdekket.

## **7.3 Dekkets egenskaper**

Betongdekkene er i utgangspunktet dimensjonert for å bære laster på tvers og føre laster ned i stålbjelkene, som er hovedbæresystemet til brua. Ved å etablere samvirke mellom stål og betong, endres behovet for bæring på tvers og det effektive betongverrsnittet som inngår i samvirketverrsnittet skal bære laster på langs. For bruene i den tidsperioden som er undersøkt er det usikkerheter knyttet til armeringsføring og minimumsarmering i sekundær bæreretning. Dette gjør at det kan være utfordrende og ugunstig å etablere samvirke for bruer hvor nøytralaksen til samvirketverrsnittet ligger i betongdekket og det innføres strekk i underkant av dekket. For bruer hvor samvirketverrsnittets nøytralakse ligger i stålverrsnittet vil det ha mindre betydning for dekkekapasiteten da økning i trykk i betongdekket i de fleste tilfeller ikke vil ha negativ betydning for betongdekkets samlede bæreevne.

## **7.4 Kostnader**

Kostander vedrørende tiltakene er ikke vurdert i oppgaven og det er mulig at de tiltak som foreslås for å utnytte bruens maksimale potensiale er så kostbare at det i realiteten bør vurderes å heller bygge ei ny bru.

## 8 Videre arbeid

Oppgaven tar for seg en større mengde bruer, og det er derfor ikke gjort detaljerte beregninger for hver enkelt bru. Resultatene og konklusjonen i oppgaven baserer seg på kvantitative data.

Det bør i det videre arbeidet utføres kartlegging og analyse av materialkvaliteter for et større antall bruer. Kvalitative prøveserier fra et større utvalg bruer vil være med å kunne redusere usikkerheten i datagrunnlaget.

Oppgaven har ikke gått i dybden i hvordan skjærforbindelser mellom betongdekke og stålbjelker skal etableres. Det er i det videre arbeidet nødvendig å se på relevante metoder for å etablere denne forbindelsen. Det finnes ingen oversikt over stålbejelkenes kjemiske sammensetning og det vil være interessant å se på sveisbarheten av stål i bjelker som ikke følger dagens standarder og krav til kjemisk innhold.

Oppgaven har som forutsetning at det er mulig å etablere samvirke i spenningsløs tilstand. En dybdeanalyse bør gjennomføres for de ulike bruene for å se om dette er gjennomførbart. Det bør også sees på hvor stort potensialet for bæreevneøkning er om det viser seg at dette ikke er mulig.





## 9 Konklusjon

Virkingen av å etablere samvirke mellom eksisterende stålbjelkebruer er god. Data som er analysert viser en relativ økning i bæreevne fra 23 % til 178 % sammenlignet med stålbjelkenes plastiske momentkapasitet.

Resultatene viser at det er en sammenheng mellom relativ økning av momentkapasitet og forholdet mellom stålbjelkenes aksial strekkapasitet og dekkets aksiale trykkkapasitet. Tendensen er at den relative økningen i bæreevne går ned, når forholdet mellom stålprofilens aksiale strekkapasitet og betongdekkets aksiale trykkapasitet øker.

Det har ikke vært mulig å identifisere en enkelt parameter som er avgjørende for hvor stort potensiale hvert enkelt tverrsnitt har for økning i bæreevne ved å etablere samvirke mellom stål og betong. Flere av parametrene er overlappende og avhengig av hverandre.

De viktigste identifiserte parametre er:

- Betongdekkets effektive trykkapasitet
- Stålbjelkenes innbyrdes plassering i tverrsnittet
- Materialkvaliteter

Parametre som har mindre betydning er:

- Brulengde
- Stålprofiltype
- Bjelkehøyde

Den praktiske gjennomføringen av tiltak vurderes som løsbart. Videre vurderes det som løsbart å etablere samvirke mellom stål og betong for eksisterende bruer i spenningsløs tilstand.



## 10 Referanser

- [1] (2016-207). *Verdier i vekst - Konkurransedyktig skog- og trenæring*.
- [2] TØI. (2006). *Hvorfor trafikken blir som den blir*. Available: <https://samferdsel.toi.no/nr-5-juni-2006/hvorfor-trafikken-blir-som-den-blir-article18955-959.html>
- [3] *HB R412 Bruklasifisering*, S. vegvesen, 2003.
- [4] S. vegvesen. BRUTUS [Online].
- [5] *Bruforskrift for fylkesveg*, 2014.
- [6] S. v.-. Vegdirektoratet. (2015). *Om håndbøkene*. Available: <http://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/Handboker/om-handbokene/om-handbokene>
- [7] *NS-EN 1994-1-1:2004+NA:2009 Eurokode 4: Prosjektering av samvirkekonstruksjoner av stål og betong - Del 1-1: Allmenne regler for bygninger*, 2004.
- [8] *NS-EN 1993-1-1 (2005+NA:2008) Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler for bygninger*, 2008.
- [9] P. K. Larsen, *Dimensjonering av stålkonstruksjoner*, 2 ed. Tapir Akademiske forlag, 2010.
- [10] G. H. S. Bjørn Aasen, Bjørn Bringaker, Kjetil Myhre, Einar Braathu, *Stål Håndbok - Del 3 - Konstruksjoner av stål*. Norsk Stålforbund, 2010.
- [11] *NS-EN 10025 del 2 Ulegerte konstruksjonsstål*, S. Norge.
- [12] S. Norge, "NS-EN 10025 del 3 Normaliserte finkornstål."
- [13] S. Norge, "NS-EN 10025 del 4 Termomekaniske valsede finkornstål."
- [14] S. Norge, "NS-EN 10034:1993 - I- og H-profiler av konstruksjonsstål - Form- og dimensjonstoleranser," 1993.
- [15] A. D. a. E. S. Eugene Obrien, *Reinforced and prestressed concrete design to EC2*, Second edition ed. 2012.
- [16] S. Jacobsen, "Concrete Technology," vol. 1, ed. NTNU - Department of Structural Engineering: NTNU, 2014.
- [17] F. H. A. R. a. Technology, "Optimized Sections for High-Strength Concrete Bridge Girders--Effect of Deck Concrete Strength," 2006,

Available:

<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/05058/03.cfm>.

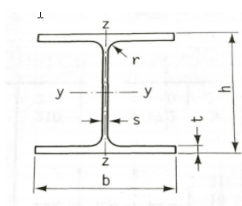
- [18] P. K. Larsen, "Samvirkekonstruksjoner i stål og betong," ed. Institutt for konstruksjonsteknikk: NTNU, 2008.
- [19] A. H. Vang, "Datagrunnlag for vurdering av stålbelegger med betongdekke," ed. BRUTUS: Statens vegvesen, 2017.
- [20] *HB N400 Bruprosjektering*, S. vegvesen, 2015.
- [21] *NS-EN 1993-1-1 (2005+NA:2008) Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler for bygninger*, 2008.
- [22] *NS-EN 1994-1-1:2004+NA:2009 Eurokode 4: Prosjektering av samvirkekonstruksjoner av stål og betong - Del 1-1: Allmenne regler for bygninger*, 2004.
- [23] Mabey, ed. [www.mabey.com](http://www.mabey.com): Mabey, p. Superprop Bridge supports.

## 11 Vedlegg

|                    |   |           |
|--------------------|---|-----------|
| <b>Vedlegg I</b>   | <b>- Profiltabell.....</b>              | <b>1</b>  |
| <b>Vedlegg II</b>  | <b>- Gamle bjelkebenevnelser .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Vedlegg III</b> | <b>- Tverrsnittsklasser .....</b>       | <b>7</b>  |
| <b>Vedlegg IV</b>  | <b>- Effektiv flensbredde .....</b>     | <b>9</b>  |
| <b>Vedlegg V</b>   | <b>- Momentkapasitet samvirke .....</b> | <b>13</b> |



| HE-A  |           | Dimensjoner |     |      |      |      | Masse<br>kg/m | A<br>mm <sup>2</sup> | A<br>steg | y-y                   |                 |     | z-z                   |                 |      | I <sub>t</sub> | S <sub>y</sub> | C <sub>w</sub> |
|-------|-----------|-------------|-----|------|------|------|---------------|----------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----|-----------------------|-----------------|------|----------------|----------------|----------------|
|       |           | h           | b   | s    | t    | r    |               |                      |           | I                     | W               | i   | I                     | W               | i    |                |                |                |
|       |           | mm          | mm  | mm   | mm   | mm   |               |                      |           | l*10 <sup>-9</sup> mm | mm <sup>3</sup> | mm  | l*10 <sup>-9</sup> mm | mm <sup>3</sup> | mm   |                |                |                |
| HE-A  |           |             |     |      |      |      |               |                      |           |                       |                 |     |                       |                 | 8250 | 6410           | 32074          |                |
| 400   | HEA400    | 390         | 300 | 11   | 19   | 27   | 125           | 15900                | 3872      | 0,4507                | 2310000         | 168 | 0,0856                | 571000          | 73,4 | 1280000        |                |                |
| 550   | HEA550    | 540         | 300 | 12,5 | 24   | 27   | 166           | 21200                | 6150      | 1,119                 | 4150000         | 230 | 0,1082                | 721000          | 71,5 | 1970000        |                |                |
| 600   | HEA600    | 590         | 300 | 13   | 25   | 27   | 178           | 22600                | 7020      | 1,412                 | 4790000         | 250 | 0,1127                | 751000          | 70,5 | 2680000        |                |                |
| 650   | HEA650    | 640         | 300 | 13,5 | 26   | 27   | 190           | 24200                | 7938      | 1,752                 | 5470000         | 269 | 0,1172                | 782000          | 69,7 | 3070000        |                |                |
| 700   | HEA700    | 690         | 300 | 14,5 | 27   | 27   | 204           | 26000                | 9222      | 2,153                 | 6240000         | 288 | 0,1218                | 812000          | 68,4 | 3520000        |                |                |
| 800   | HEA800    | 790         | 300 | 15   | 28   | 30   | 224           | 28600                | 11010     | 3,034                 | 7680000         | 326 | 0,1264                | 843000          | 66,5 | 4350000        |                |                |
| 1000  | HEA1000   | 990         | 300 | 16,5 | 31   | 30   | 272           | 34700                | 15312     | 5,538                 | 11190000        | 400 | 0,14                  | 934000          | 63,5 | 6410000        |                |                |
| HE-B  |           |             |     |      |      |      |               |                      |           |                       |                 |     |                       |                 |      |                |                |                |
| 500   | HEB500    | 500         | 300 | 14,5 | 28   | 27   | 187           | 23900                | 6438      | 1,072                 | 4290000         | 212 | 0,1262                | 842000          | 72,7 | 2410000        |                |                |
| 550   | HEB550    | 550         | 300 | 15   | 29   | 27   | 199           | 25400                | 7380      | 1,367                 | 4970000         | 232 | 0,1308                | 872000          | 71,7 | 2800000        |                |                |
| 700   | HEB700    | 700         | 300 | 17   | 32   | 27   | 241           | 30600                | 10812     | 2,569                 | 7340000         | 290 | 0,1444                | 963000          | 68,7 | 4160000        |                |                |
| 800   | HEB800    | 800         | 300 | 17,5 | 33   | 30   | 262           | 33400                | 12845     | 3,591                 | 8980000         | 328 | 0,149                 | 994000          | 66,8 | 5110000        |                |                |
| 900   | HEB900    | 900         | 300 | 18,5 | 35   | 30   | 291           | 37100                | 15355     | 4,941                 | 10980000        | 365 | 0,1582                | 1050000         | 65,3 | 6290000        |                |                |
| 1000  | HEB1000   | 1000        | 300 | 19   | 36   | 30   | 314           | 40000                | 17632     | 6,447                 | 12890000        | 401 | 0,1628                | 1090000         | 63,8 | 7430000        |                |                |
| I-NP  |           |             |     |      |      |      |               |                      |           |                       |                 |     |                       |                 |      |                |                |                |
| 38    | INP38     | 380         | 149 | 13,7 | 20,5 | 13,7 | 84            | 10700                | 4644      | 0,2401                | 1260000         | 150 | 0,00975               | 131000          | 30,2 | 741000         |                |                |
| 40    | INP40     | 400         | 155 | 14,4 | 21,6 | 14,4 | 92,6          | 11800                | 5138      | 0,2921                | 1460000         | 157 | 0,0116                | 149000          | 31,3 | 857000         |                |                |
| 45    | INP45     | 450         | 170 | 16,2 | 24,3 | 16,2 | 115           | 14700                | 6503      | 0,4585                | 2040000         | 177 | 0,0173                | 203000          | 34,3 | 1200000        |                |                |
| 47,5  | INP47,5   | 475         | 178 | 17,1 | 25,6 | 17,1 | 128           | 16300                | 7247      | 0,5648                | 2380000         | 186 | 0,0209                | 235000          | 36   | 1400000        |                |                |
| 50    | INP50     | 500         | 185 | 18   | 27   | 18   | 141           | 18000                | 8028      | 0,6874                | 2750000         | 196 | 0,0248                | 268000          | 37,2 | 1620000        |                |                |
| 55    | INP55     | 550         | 200 | 19   | 30   | 19   | 167           | 21300                | 9310      | 0,9918                | 3610000         | 216 | 0,0349                | 349000          | 40,2 | 2120000        |                |                |
| DIMEL |           |             |     |      |      |      |               |                      |           |                       |                 |     |                       |                 |      |                |                |                |
| 38    | DIMEL38   | 370         | 297 | 11   | 19   | 21   | 120           | 15300                | 3652      | 0,3914                | 2120000         | 160 | 0,083                 | 559000          | 73,6 | 1172000        |                |                |
| 40    | DIMEL40   | 388         | 297 | 11   | 20   | 21   | 126           | 16100                | 3828      | 0,4521                | 2330000         | 168 | 0,0874                | 589000          | 73,7 | 1291000        |                |                |
| 47,5  | DIMEL47,5 | 465         | 297 | 12,5 | 23   | 23   | 152           | 19400                | 5238      | 0,7635                | 3280000         | 199 | 0,1006                | 677000          | 72,1 | 1829000        |                |                |
| 65    | DIMEL65   | 638         | 297 | 14   | 26   | 26   | 190           | 24200                | 8204      | 1,73                  | 5420000         | 267 | 0,1138                | 766000          | 68,5 | 3045000        |                |                |
| 70    | DIMEL70   | 688         | 297 | 15   | 28   | 27   | 210           | 26700                | 9480      | 2,187                 | 6360000         | 286 | 0,1225                | 825000          | 67,7 | 3588000        |                |                |
| 75    | DIMEL75   | 738         | 297 | 15   | 28   | 27   | 216           | 27500                | 10230     | 2,564                 | 6950000         | 305 | 0,1225                | 825000          | 66,7 | 3927000        |                |                |
| 80    | DIMEL80   | 792         | 298 | 16   | 30   | 27   | 237           | 30200                | 11712     | 3,201                 | 8080000         | 325 | 0,1327                | 890000          | 66,3 | 4588000        |                |                |
| 85    | DIMEL85   | 842         | 298 | 17   | 32   | 30   | 260           | 33100                | 13226     | 3,91                  | 9290000         | 344 | 0,1417                | 951000          | 65,4 | 5293000        |                |                |
| 90    | DIMEL90   | 892         | 298 | 17   | 32   | 30   | 266           | 33900                | 14076     | 4,461                 | 10000000        | 363 | 0,1417                | 951000          | 64,6 | 5711000        |                |                |
| 100   | DIMEL100  | 992         | 298 | 17   | 32   | 30   | 280           | 35600                | 15776     | 5,69                  | 11470000        | 400 | 0,1417                | 951000          | 63,1 | 6580000        |                |                |
| DIP   |           |             |     |      |      |      |               |                      |           |                       |                 |     |                       |                 |      |                |                |                |
| 32    | DIP32     | 320         | 300 | 13   | 22   | 20   | 135           | 17100                | 3588      | 0,3225                | 2020000         | 137 | 0,0991                | 661000          | 76   | 1130000        |                |                |
| 42,5  | DIP42,5   | 425         | 300 | 14   | 26   | 21   | 166           | 21200                | 5222      | 0,6948                | 3270000         | 181 | 0,1171                | 781000          | 74,3 | 1830000        |                |                |
| 45    | DIP45     | 450         | 300 | 15   | 28   | 23   | 182           | 23200                | 5910      | 0,8422                | 3740000         | 190 | 0,1262                | 841000          | 73,8 | 2120000        |                |                |
| 50    | DIP50     | 500         | 300 | 16   | 30   | 24   | 200           | 25500                | 7040      | 1,132                 | 4530000         | 210 | 0,1353                | 902000          | 72,8 | 2560000        |                |                |
| 55    | DIP55     | 550         | 300 | 16   | 30   | 24   | 207           | 26300                | 7840      | 1,403                 | 5100000         | 231 | 0,1353                | 902000          | 71,7 | 2880000        |                |                |
| 60    | DIP60     | 600         | 300 | 17   | 32   | 26   | 227           | 28900                | 9112      | 1,808                 | 6030000         | 250 | 0,1444                | 962000          | 70,7 | 3500000        |                |                |
| 65    | DIP65     | 650         | 300 | 17   | 32   | 26   | 234           | 29700                | 9962      | 2,168                 | 6670000         | 270 | 0,1444                | 962000          | 69,7 | 3780000        |                |                |
| 75    | DIP75     | 750         | 300 | 18   | 34   | 27   | 261           | 33300                | 12276     | 3,163                 | 8430000         | 308 | 0,1535                | 1020000         | 67,9 | 4800000        |                |                |
| 80    | DIP80     | 800         | 300 | 18   | 34   | 27   | 268           | 34200                | 13176     | 3,664                 | 9160000         | 327 | 0,1535                | 1020000         | 67   | 5220000        |                |                |
| 85    | DIP85     | 850         | 300 | 19   | 36   | 30   | 292           | 37200                | 14782     | 4,439                 | 10440000        | 346 | 0,1627                | 1080000         | 66,1 | 5980000        |                |                |
| 90    | DIP90     | 900         | 300 | 19   | 36   | 30   | 299           | 38100                | 15732     | 5,06                  | 11250000        | 364 | 0,1627                | 1080000         | 65,3 | 6450000        |                |                |
| 95    | DIP95     | 950         | 300 | 19   | 36   | 30   | 307           | 39100                | 16682     | 5,73                  | 12060000        | 383 | 0,1627                | 1080000         | 64,5 | 6930000        |                |                |
| 100   | DIP100    | 1000        | 300 | 19   | 36   | 30   | 314           | 40000                | 17632     | 6,447                 | 12900000        | 401 | 0,1627                | 1080000         | 63,7 | 7430000        |                |                |
| DIMAX |           |             |     |      |      |      |               |                      |           |                       |                 |     |                       |                 |      |                |                |                |
| 90    | DIMAX90   | 908         | 302 | 21   | 40   | 30   | 332           | 42300                | 17388     | 5,676                 | 12500000        | 366 | 0,1845                | 1220000         | 66   | 7040000        |                |                |
| 100   | DIMAX100  | 1008        | 302 | 21   | 40   | 30   | 349           | 44400                | 19488     | 7,23                  | 14330000        | 403 | 0,1846                | 1220000         | 64,5 | 8092000        |                |                |









## Stålbjelker, I-bjelker eller

Profilier etter DIN 1025 (1940), Normål på flens

Forklaring til de tekniske

| Beregningse | Lagerdim. | Vekt | Dimensjoner |     |      |      |      |      |      |                |                |                | For boyningsaksene |                |                |                |                |                | I |
|-------------|-----------|------|-------------|-----|------|------|------|------|------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|
|             |           |      | G           | h   | b    | d    | e    | f    | r    | r <sub>1</sub> | r <sub>2</sub> | h <sub>1</sub> | F                  | I <sub>x</sub> | W <sub>x</sub> | i <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | W <sub>y</sub> |   |
| 8           | X         | 5.95 | 80          | 42  | 50   | 3.9  | 6.9  | 3.9  | 2.3  | 5.9            | 5.9            | 7.56           | 77.8               | 19.5           | 3.20           | 6.29           | 3.00           | 0.91           |   |
| 10          | X         | 8.32 | 100         | 50  | 45   | 4.5  | 5.9  | 4.5  | 2.7  | 7.5            | 10.6           | 171            | 34.2               | 4.01           | 12.2           | 4.88           | 1.07           |                |   |
| 12          | X         | 11.2 | 120         | 58  | 5.1  | 7.7  | 5.1  | 3.1  | 9.2  | 14.2           | 328            | 54.7           | 4.81               | 2.15           | 7.41           | 1.23           |                |                |   |
| 14          | X         | 14.4 | 140         | 66  | 5.7  | 8.6  | 5.7  | 3.4  | 10.9 | 18.3           | 573            | 81.9           | 5.61               | 3.52           | 10.7           | 1.40           |                |                |   |
| 15          | X         | 16.0 | 150         | 70  | 6.0  | 9.0  | 6.0  | 3.6  | 11.7 | 20.4           | 735            | 90.0           | 6.00               | 4.39           | 12.5           | 1.47           |                |                |   |
| 16          | X         | 17.9 | 160         | 75  | 6.3  | 9.5  | 6.3  | 3.8  | 12.5 | 22.8           | 935            | 117            | 6.40               | 5.47           | 14.8           | 1.55           |                |                |   |
| 18          | X         | 21.9 | 180         | 82  | 6.9  | 10.4 | 6.9  | 4.1  | 14.2 | 27.9           | 1450           | 161            | 7.20               | 6.81           | 19.8           | 1.71           |                |                |   |
| 20          | X         | 26.3 | 200         | 90  | 7.5  | 11.3 | 7.5  | 4.5  | 15.9 | 33.5           | 2140           | 214            | 8.00               | 11.7           | 26.0           | 1.87           |                |                |   |
| 22          | X         | 31.1 | 220         | 98  | 8.1  | 12.2 | 8.1  | 4.9  | 17.5 | 39.6           | 3060           | 278            | 8.80               | 16.2           | 33.1           | 2.02           |                |                |   |
| 24          | X         | 36.2 | 240         | 106 | 8.7  | 13.1 | 8.7  | 5.6  | 19.2 | 46.1           | 4250           | 354            | 9.59               | 22.1           | 41.7           | 2.20           |                |                |   |
| 26          | X         | 41.9 | 260         | 113 | 9.4  | 14.1 | 9.4  | 6.1  | 20.8 | 53.4           | 5740           | 442            | 10.4               | 28.8           | 51.0           | 2.32           |                |                |   |
| 28          | X         | 48.0 | 280         | 119 | 10.1 | 15.2 | 10.1 | 6.1  | 22.5 | 61.1           | 7390           | 542            | 11.1               | 36.4           | 61.2           | 2.45           |                |                |   |
| 30          | X         | 54.2 | 300         | 125 | 10.8 | 16.2 | 10.8 | 6.5  | 24.1 | 69.1           | 9800           | 653            | 11.9               | 45.1           | 72.2           | 2.56           |                |                |   |
| 32          | X         | 61.1 | 320         | 131 | 11.5 | 17.3 | 11.5 | 7.3  | 25.7 | 77.8           | 12510          | 792            | 12.7               | 55.5           | 84.7           | 2.67           |                |                |   |
| 34          | X         | 68.1 | 340         | 137 | 12.2 | 18.3 | 12.2 | 7.3  | 27.4 | 86.8           | 15700          | 923            | 13.5               | 67.4           | 98.4           | 2.80           |                |                |   |
| 36          | X         | 76.2 | 360         | 143 | 13.0 | 19.5 | 13.0 | 7.8  | 29.0 | 97.1           | 19610          | 1090           | 14.2               | 81.8           | 114            | 2.90           |                |                |   |
| 38          | X         | 84.0 | 380         | 149 | 13.7 | 20.5 | 13.7 | 8.2  | 30.6 | 107            | 24010          | 1260           | 15.0               | 97.5           | 131            | 3.00           |                |                |   |
| 40          | X         | 92.6 | 400         | 155 | 14.4 | 21.6 | 14.4 | 8.6  | 32.3 | 118            | 29210          | 1460           | 15.7               | 116.0          | 149            | 3.13           |                |                |   |
| 42 1/2      | X         | 104  | 425         | 163 | 15.3 | 23.0 | 15.3 | 9.2  | 34.3 | 132            | 36970          | 1740           | 16.7               | 144.0          | 176            | 3.30           |                |                |   |
| 47 1/4      | X         | 115  | 450         | 170 | 16.2 | 24.3 | 16.2 | 9.7  | 36.3 | 147            | 46850          | 2040           | 17.7               | 173.0          | 203            | 3.43           |                |                |   |
| 50          | X         | 128  | 475         | 179 | 17.1 | 25.6 | 17.1 | 10.3 | 38.4 | 163            | 58480          | 2380           | 18.6               | 209.0          | 235            | 3.60           |                |                |   |
| 55          | X         | 141  | 500         | 185 | 18.0 | 27.0 | 18.0 | 10.8 | 40.4 | 180            | 68740          | 2750           | 19.6               | 248.0          | 268            | 3.72           |                |                |   |
| 60          | X         | 167  | 550         | 200 | 19.0 | 30.0 | 19.0 | 11.9 | 44.4 | 213            | 92180          | 3610           | 21.6               | 349.0          | 349            | 4.02           |                |                |   |
| 14          | I F       | 9.16 | 140         | 60  | 4.0  | 5.5  | 4.0  | 2.4  | 11.9 | 11.7           | 365            | 52.2           | 5.59               | 15.6           | 5.21           | 1.15           |                |                |   |

I 15 er et eldre normalprofil som ikke omfattes av DIN-normene.

Lagerlevering: Værktslevering.

Dimensjoner merket x fores vanligevis på lager i handelskvalitet St 00, til dels også i St 37. Normallengder 10—12 m, større profiler opp til 14 m. Kapping etter spesifikasjon mot pristillegg.

Stålkvaliteter: Handelsstål St 00 eller andre bygningssstål med angitt strekkfasthet. Normalkvaliteter eller spesielle sveiskvaliteter. Britiske profiler: BS, British Standard Beams etter BS 4, har andre profiler enn de ovenfor angitte, Nærmere oppgaver på forespørsel.

Toleranser på lengde l mm (i én retning det dobbelte).

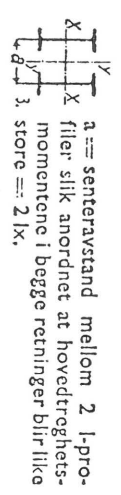
|        |                    |                 |              |
|--------|--------------------|-----------------|--------------|
| Vanlig | Redusert toleranse | Nøyaktig lengde | Fresco ender |
| ± 50   | ± 25               | ± 10            | ± 25         |

## NP-bjelker. Normalprofiler.

og naglehulldiameter (maks.) etter DIN 996. beegnelser, se s. 136.

| S <sub>x</sub> | s <sub>x</sub> | k    | W <sub>x</sub> /W <sub>y</sub> | W <sub>x</sub> /G | Rot-mål W | Hull-diam d <sub>1</sub> | Tverrsnit F <sub>n4</sub> | X—X                    |                       | I <sub>x</sub> | I <sub>y</sub> | I <sub>x</sub> /I <sub>y</sub> = 105 | I <sub>x</sub> /I <sub>y</sub> = 30 | a      | I |
|----------------|----------------|------|--------------------------------|-------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------|---|
|                |                |      |                                |                   |           |                          |                           | Maks. W <sub>xn2</sub> | Min. W <sub>xn2</sub> |                |                |                                      |                                     |        |   |
| 11.4           | 6.84           | 9.13 | 6.50                           | 3.28              | 22        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 0.95           | 0.27                                 | 6.2                                 | 8      |   |
| 19.9           | 8.57           | 9.21 | 7.01                           | 4.11              | 26        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 1.15           | 0.32                                 | 7.8                                 | 10     |   |
| 31.8           | 10.3           | 9.38 | 7.38                           | 4.91              | 30        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 1.29           | 0.37                                 | 9.4                                 | 12     |   |
| 47.7           | 12.0           | 9.51 | 7.65                           | 5.70              | 34        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 1.47           | 0.42                                 | 10.8                                | 14     |   |
| 57.1           | 12.9           | 9.48 | 7.48                           | 6.13              | 36        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 1.54           | 0.44                                 | 11.6                                | 15     |   |
| 68.0           | 13.7           | 9.50 | 7.91                           | 6.54              | 38        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 1.63           | 0.47                                 | 12.4                                | 16     |   |
| 93.4           | 15.5           | 9.57 | 8.13                           | 7.35              | 44        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 1.80           | 0.51                                 | 14.0                                | 18     |   |
| 125            | 17.2           | 9.59 | 8.23                           | 8.14              | 46        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 1.96           | 0.56                                 | 15.6                                | 20     |   |
| 162            | 18.9           | 9.68 | 8.40                           | 8.94              | 52        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 2.12           | 0.61                                 | 17.2                                | 22     |   |
| 206            | 20.6           | 9.62 | 8.49                           | 9.78              | 56        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 2.31           | 0.66                                 | 18.8                                | 24     |   |
| 257            | 22.3           | 9.50 | 8.67                           | 10.5              | 58        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 2.49           | 0.70                                 | 20.2                                | 26     |   |
| 316            | 24.0           | 10.3 | 8.86                           | 11.3              | 62        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 2.57           | 0.74                                 | 21.6                                | 28     |   |
| 381            | 25.7           | 10.6 | 9.04                           | 12.0              | 64        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 2.68           | 0.77                                 | 23.4                                | 30     |   |
| 457            | 27.4           | 10.9 | 9.23                           | 12.8              | 70        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 2.80           | 0.80                                 | 24.8                                | 32     |   |
| 540            | 29.1           | 11.2 | 9.37                           | 13.6              | 74        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 2.94           | 0.84                                 | 26.4                                | 34     |   |
| 638            | 30.7           | 11.5 | 9.55                           | 14.3              | 74        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 3.04           | 0.87                                 | 27.8                                | 36     |   |
| 741            | 32.4           | 11.7 | 9.65                           | 15.1              | 80        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 3.16           | 0.91                                 | 29.4                                | 38     |   |
| 857            | 34.1           | 12.0 | 9.81                           | 15.8              | 84        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 3.28           | 0.94                                 | 30.8                                | 40     |   |
| 1020           | 36.2           | 12.1 | 9.89                           | 16.8              | 86        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 3.47           | 0.99                                 | 32.8                                | 42 1/2 |   |
| 1200           | 38.3           | 12.5 | 10.0                           | 17.7              | 92        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 3.60           | 1.03                                 | 34.8                                | 45     |   |
| 1400           | 40.4           | 12.7 | 10.1                           | 18.6              | 96        | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 3.78           | 1.08                                 | 36.6                                | 47 1/4 |   |
| 1620           | 42.4           | 13.1 | 10.3                           | 19.5              | 100       | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 3.90           | 1.12                                 | 38.4                                | 50     |   |
| 2120           | 46.8           | 13.0 | 10.3                           | 21.6              | 110       | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 4.21           | 1.21                                 | 42.4                                | 55     |   |
| 2230           | 50.9           | 13.8 | 10.7                           | 23.2              | 120       | —                        | —                         | —                      | —                     | —              | 4.50           | 1.29                                 | 46.0                                | 60     |   |

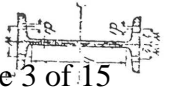
Nettoverdiene: Fnd etter fradrag for 4 nagle hull i flensene. I<sub>xn2</sub> og W<sub>xn2</sub> etter fradrag for 2 nagle hull i øvre eller nedre flens. Nettoverdiene for øvrerente som har andre nagle hull diameter enn de i tabellen angitte, kan med tilstrekkelig nøyaktighet utregnes ved interpolering.

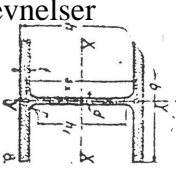


Nagler og naglesetting. Se oppgaver for nagler s. 330. Bæreevne ved fritt opplagg. Se Stormbulis bjelkefast s. 324.

### Vektberegning ved levering fra lager.

Til utførelse av lovlige overvekt på partier og vektavvikaler på de enkelte enheter, blir I-bjelker i alle dimensjoner ved levering fra lager, fakturert etter en for norske stålgrossister i 1942 fastsatte handelsvekt, som er ca 2% høyere enn den nominelle. Denne...





**DIP - bjelker**  
 Parallellflensene: stålbeleg  
 Profiler nr. 14—80 etter DIN 1025 (1940). Rotmål på flens  
 Forklaring til de tekniske

| Bereg-<br>ningse-<br>neste<br>DIP<br>nr. I P | Vekt<br>G<br>kg/m | Dimensjoner |     |     |    |    |                |                |                |                |                | Tverr-<br>snitt<br>F<br>cm <sup>2</sup> | For bryningsaksene    |                       |          |          |                |                | Sx<br>cm <sup>3</sup> | Sx<br>cm |
|--|-------------------|-------------|-----|-----|----|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------------|----------------|-----------------------|----------|
|  |                   | X—X         |     |     |    |    | Y—Y            |                |                |                |                |   | Ix<br>cm <sup>4</sup> | Iy<br>cm <sup>4</sup> | Ix<br>cm | Iy<br>cm |                |                |                       |          |
|  |                   | h           | b   | d   | e  | f  | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | h <sub>3</sub> | h <sub>4</sub> | h <sub>5</sub> |   |                       |                       |          |          | h <sub>6</sub> | h <sub>7</sub> |                       |          |
| 10   | 22.1              | 120         | 100 | 6.5 | 11 | 11 | 56             | 28.1           | 38.1           | 860            | 96             | 4.12                                    | 184                   | 36.8                  | 2.56     | 56       | 8.5            |                |                       |          |
| 12   | 26.5              | 120         | 120 | 6.5 | 11 | 11 | 76             | 33.8           | 44.1           | 878            | 147            | 5.04                                    | 317                   | 53.0                  | 3.06     | 82       | 10.5           |                |                       |          |
| 14   | 34.6              | 140         | 140 | 8   | 12 | 12 | 92             | 44.1           | 56.0           | 1520           | 217            | 5.87                                    | 550                   | 78.6                  | 3.53     | 127      | 12.0           |                |                       |          |
| 15   | 37.1              | 150         | 150 | 8   | 12 | 12 | 102            | 47.3           | 60.0           | 1900           | 253            | 6.33                                    | 676                   | 90.1                  | 3.78     | 144      | 13.2           |                |                       |          |
| 16   | 43.8              | 160         | 160 | 9   | 14 | 14 | 104            | 58.4           | 65.0           | 2630           | 329            | 6.72                                    | 958                   | 120                   | 4.05     | 188      | 14.0           |                |                       |          |
| 18   | 51.6              | 180         | 180 | 9   | 14 | 14 | 124            | 65.8           | 72.0           | 3830           | 426            | 7.63                                    | 1360                  | 151                   | 4.55     | 241      | 15.9           |                |                       |          |
| 20   | 64.9              | 200         | 200 | 10  | 16 | 16 | 138            | 82.7           | 82.7           | 5950           | 595            | 8.48                                    | 2140                  | 214                   | 5.08     | 337      | 17.7           |                |                       |          |
| 22   | 71.5              | 220         | 220 | 10  | 16 | 16 | 158            | 91.1           | 91.1           | 8050           | 732            | 9.37                                    | 2840                  | 258                   | 5.59     | 412      | 19.5           |                |                       |          |
| 24   | 87.4              | 240         | 240 | 11  | 18 | 18 | 170            | 111            | 111            | 11690          | 974            | 10.5                                    | 4150                  | 346                   | 6.11     | 549      | 21.3           |                |                       |          |
| 25   | 91.1              | 250         | 250 | 11  | 18 | 18 | 180            | 116            | 116            | 13300          | 1060           | 10.7                                    | 4690                  | 375                   | 6.36     | 588      | 22.5           |                |                       |          |
| 26   | 94.8              | 260         | 260 | 11  | 18 | 18 | 190            | 121            | 121            | 15050          | 1160           | 11.2                                    | 5280                  | 406                   | 6.61     | 649      | 23.2           |                |                       |          |
| 28   | 121               | 280         | 280 | 12  | 20 | 20 | 204            | 144            | 144            | 20720          | 1480           | 12.9                                    | 7220                  | 523                   | 7.14     | 831      | 24.9           |                |                       |          |
| 30   | 121               | 300         | 300 | 12  | 20 | 20 | 224            | 154            | 154            | 25760          | 1720           | 12.9                                    | 9010                  | 600                   | 7.65     | 959      | 26.8           |                |                       |          |
| 32   | 135               | 320         | 300 | 13  | 22 | 22 | 236            | 171            | 171            | 32250          | 2020           | 13.7                                    | 9910                  | 661                   | 7.60     | 1130     | 28.5           |                |                       |          |
| 34   | 137               | 340         | 300 | 13  | 22 | 22 | 256            | 174            | 174            | 36940          | 2170           | 14.5                                    | 9910                  | 661                   | 7.55     | 1220     | 30.3           |                |                       |          |
| 36   | 150               | 360         | 300 | 14  | 24 | 24 | 270            | 192            | 192            | 45120          | 2510           | 15.3                                    | 10810                 | 721                   | 7.51     | 1410     | 32.0           |                |                       |          |
| 38   | 153               | 380         | 300 | 14  | 24 | 24 | 290            | 196            | 196            | 50950          | 2680           | 16.2                                    | 10810                 | 721                   | 7.46     | 1510     | 33.8           |                |                       |          |
| 40   | 163               | 400         | 300 | 14  | 24 | 24 | 306            | 209            | 209            | 60640          | 3030           | 17.0                                    | 11710                 | 781                   | 7.49     | 1700     | 35.6           |                |                       |          |
| 42 1/2                                       | 166               | 425         | 300 | 14  | 26 | 26 | 331            | 212            | 212            | 69480          | 3270           | 18.1                                    | 11710                 | 781                   | 7.43     | 1830     | 37.8           |                |                       |          |
| 45   | 182               | 450         | 300 | 15  | 28 | 28 | 348            | 232            | 232            | 84220          | 3740           | 19.0                                    | 12620                 | 841                   | 7.38     | 2110     | 40.0           |                |                       |          |
| 47 1/2                                       | 185               | 475         | 300 | 15  | 28 | 28 | 373            | 235            | 235            | 95120          | 4010           | 20.1                                    | 13530                 | 902                   | 7.32     | 2250     | 42.2           |                |                       |          |
| 50   | 200               | 500         | 300 | 16  | 30 | 30 | 392            | 255            | 255            | 113200         | 4530           | 21.0                                    | 13530                 | 902                   | 7.38     | 2560     | 44.3           |                |                       |          |
| 55   | 207               | 550         | 300 | 16  | 30 | 30 | 442            | 263            | 263            | 140300         | 5100           | 23.1                                    | 13530                 | 902                   | 7. /     | 2880     | 48.7           |                |                       |          |
| 60   | 227               | 600         | 300 | 17  | 32 | 32 | 484            | 289            | 289            | 180800         | 6030           | 25.0                                    | 14440                 | 962                   | 7.07     | 3380     | 57.4           |                |                       |          |
| 65   | 234               | 650         | 300 | 17  | 32 | 32 | 534            | 297            | 297            | 216800         | 6670           | 27.0                                    | 14440                 | 962                   | 7.07     | 3780     | 61.4           |                |                       |          |
| 70   | 254               | 700         | 300 | 18  | 34 | 34 | 578            | 324            | 324            | 270300         | 7720           | 28.9                                    | 15350                 | 1020                  | 6.08     | 4400     | 61.5           |                |                       |          |
| 75   | 261               | 750         | 300 | 18  | 34 | 34 | 628            | 333            | 333            | 316300         | 8430           | 30.8                                    | 15350                 | 1020                  | 6.79     | 4800     | 65.8           |                |                       |          |
| 80   | 266               | 800         | 300 | 18  | 34 | 34 | 678            | 342            | 342            | 366400         | 9160           | 32.7                                    | 15350                 | 1020                  | 6.70     | 5220     | 70.1           |                |                       |          |
| 85   | 292               | 850         | 300 | 19  | 36 | 36 | 718            | 372            | 372            | 443900         | 10440          | 34.6                                    | 16270                 | 1080                  | 6.61     | 5980     | 74.2           |                |                       |          |
| 90   | 299               | 900         | 300 | 19  | 36 | 36 | 768            | 381            | 381            | 506000         | 11250          | 36.4                                    | 16270                 | 1080                  | 6.53     | 6450     | 78.4           |                |                       |          |
| 95   | 307               | 950         | 300 | 19  | 36 | 36 | 818            | 391            | 391            | 573000         | 12060          | 38.3                                    | 16270                 | 1080                  | 6.45     | 6930     | 82.6           |                |                       |          |
| 100  | 314               | 1000        | 300 | 19  | 36 | 36 | 868            | 400            | 400            | 644700         | 12900          | 40.1                                    | 16270                 | 1080                  | 6.37     | 7430     | 89.6           |                |                       |          |

Disse profiler omfattes ikke av DIN-normene.

**Lagerlevering.**  
 Lagerlevering merket x føres vanligvis på lager i handelskvalitet St 00, til dels også i St 37. Normal lengder 12 m, større profiler opp til 14 m. Kapping etter spesifikasjon mot pristillegg.

**Stålkvaliteter.**  
 Handelsstål St 00 eller andre byggingssstål med angitt strekkfasthet, Normalkvaliteter eller spesielle sveisekvaliteter.

Generelle toleranser på dimensjoner, se s. 116.

Toleranser på lengde l mm (i én retning det dobbelte).

| Vanlig | Redusert toleranse | Nøyaktig lengde | Presiso ender |
|--------|--------------------|-----------------|---------------|
| ± 5    | ± 7.5              | ± 10            | ± 3           |
| ± 1.5  | ± 2.25             | ± 3             | ± 1.5         |

**Verkstø levering.**

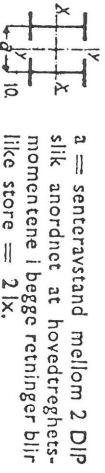
Fra verk leveres samtlige dimensjoner i lengder etter ønske. Normal lengder 1—15 m, andre lengder mot pristillegg. Vanlig lengdetoleranse når intet annet er angitt: ± 100 mm, intet minus. Nøyaktigere kapping betinger pristillegg.

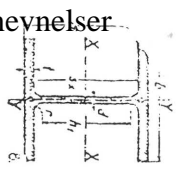
**eller P - bjelker.**

med normal tverrsnitt.  
 etter DIN 996. Naglehull diameter (maks.) ifølge V.d.E.  
 betegnelser, se s. 136.

| k    | Wx / Wy | Wx / G | Rotmål |                | Hull-<br>diam.<br>d <sub>1</sub> | Tverr-<br>snitt<br>Fn <sub>4</sub> | x—x              |                           |                          | y—y              |                           |                          | I/k<br>ved<br>l/105 | I/k<br>ved<br>l/30 | Bereg-<br>ningse-<br>neste<br>DIP<br>nr. I P |
|------|---------|--------|--------|----------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|--|
|      |         |        | W      | W <sub>1</sub> |                                  |                                    | I <sub>xn2</sub> | Maks.<br>W <sub>xn2</sub> | Min.<br>W <sub>xn2</sub> | I <sub>yn2</sub> | Maks.<br>W <sub>yn2</sub> | Min.<br>W <sub>yn2</sub> |                     |                    |  |
|      |         |        | mm     | mm             |                                  |                                    | cm <sup>4</sup>  | cm <sup>3</sup>           | cm <sup>3</sup>          | cm <sup>4</sup>  | cm <sup>3</sup>           | cm <sup>3</sup>          |                     |                    |  |
| 4.29 | 2.59    | 4.32   | 28     | —              | 17                               | 20.6                               | 392              | 91                        | 69                       | 149              | 33.0                      | 27.1                     | 2.69                | 0.77               | 10   |
| 3.60 | 2.70    | 5.40   | 35     | —              | 17                               | 26.3                               | 736              | 138                       | 110                      | 265              | 47.6                      | 41.2                     | 3.21                | 0.92               | 12   |
| 3.54 | 2.76    | 6.27   | 40     | —              | 20                               | 34.5                               | 1300             | 209                       | 167                      | 464              | 71.3                      | 62.0                     | 3.72                | 1.06               | 14   |
| 3.31 | 2.80    | 6.80   | 45     | —              | 20                               | 37.7                               | 1640             | 244                       | 198                      | 568              | 81.2                      | 70.9                     | 4.00                | 1.14               | 15   |
| 3.56 | 2.74    | 7.18   | 45     | —              | 23                               | 45.5                               | 2250             | 316                       | 252                      | 811              | 109                       | 94.8                     | 4.25                | 1.22               | 16   |
| 3.17 | 2.82    | 8.25   | 50     | —              | 23                               | 52.9                               | 3340             | 413                       | 337                      | 1190             | 140                       | 124                      | 4.76                | 1.37               | 18   |
| 3.20 | 2.78    | 9.16   | 55     | —              | 23                               | 68.0                               | 5270             | 579                       | 483                      | 1890             | 200                       | 180                      | 5.35                | 1.52               | 20   |
| 2.92 | 2.84    | 10.2   | 60     | —              | 23                               | 76.4                               | 7220             | 714                       | 607                      | 2550             | 244                       | 222                      | 5.88                | 1.68               | 22   |
| 2.98 | 2.82    | 11.2   | 45     | 35             | 23                               | 94.4                               | 10580            | 953                       | 821                      | 3580             | 315                       | 283                      | 6.40                | 1.83               | 24   |
| 2.98 | 2.83    | 11.6   | 50     | 35             | 23                               | 99.4                               | 12100            | 1040                      | 903                      | 4050             | 342                       | 308                      | 6.67                | 1.91               | 25   |
| 2.76 | 2.85    | 12.2   | 50     | 40             | 23                               | 104                                | 13750            | 1140                      | 990                      | 4560             | 369                       | 334                      | 6.69                | 1.98               | 26   |
| 2.81 | 2.83    | 13.1   | 55     | 45             | 26                               | 123                                | 18030            | 1450                      | 1250                     | 6200             | 469                       | 420                      | 7.50                | 2.14               | 28   |
| 2.63 | 2.86    | 14.2   | 55     | 55             | 26                               | 123                                | 23570            | 1690                      | 1470                     | 7660             | 539                       | 485                      | 8.02                | 2.30               | 30   |
| 2.96 | 3.05    | 15.0   | 55     | 55             | 26                               | 148                                | 29530            | 1980                      | 1730                     | 8430             | 593                       | 534                      | 7.97                | 2.28               | 32   |
| 3.05 | 3.29    | 15.9   | 55     | 55             | 26                               | 151                                | 33850            | 2130                      | 1870                     | 8430             | 592                       | 534                      | 7.92                | 2.27               | 34   |
| 3.05 | 3.48    | 16.7   | 55     | 55             | 26                               | 167                                | 41350            | 2460                      | 2160                     | 9200             | 646                       | 583                      | 7.87                | 2.25               | 36   |
| 3.49 | 3.72    | 17.6   | 55     | 55             | 26                               | 169                                | 46720            | 2630                      | 2310                     | 9200             | 646                       | 584                      | 7.81                | 2.24               | 38   |
| 3.71 | 3.88    | 18.5   | 55     | 55             | 26                               | 182                                | 55590            | 2970                      | 2610                     | 9960             | 700                       | 632                      | 7.87                | 2.25               | 40   |
| 3.83 | 4.19    | 19.7   | 55     | 55             | 26                               | 185                                | 63740            | 3200                      | 2820                     | 9970             | 759                       | 653                      | 7.81                | 2.23               | 42 1/2                                       |
| 4.25 | 4.45    | 20.6   | 55     | 55             | 26                               | 203                                | 77310            | 3670                      | 3220                     | 10740            | 833                       | 682                      | 7.76                | 2.21               | 45   |
| 4.39 | 4.76    | 21.7   | 55     | 55             | 26                               | 206                                | 87370            | 3920                      | 3460                     | 10740            | 833                       | 682                      | 7.65                | 2.20               | 47 1/2                                       |
| 4.82 | 5.02    | 22.6   | 55     | 55             | 26                               | 224                                | 104000           | 4430                      | 3920                     | 11520            | 806                       | 632                      | 7.65                | 2.18               | 50   |
| 5.12 | 5.66    | 24.7   | 55     | 55             | 26                               | 232                                | 129100           | 4990                      | 4430                     | 11520            | 805                       | 632                      | 7.50                | 2.15               | 55   |
| 5.78 | 6.27    | 26.6   | 55     | 55             | 26                               | 256                                | 166600           | 5890                      | 5250                     | 12300            | 858                       | 785                      | 7.40                | 2.12               | 60   |
| 6.13 | 6.93    | 28.6   | 55     | 55             | 26                               | 264                                | 200000           | 6520                      | 5820                     | 12300            | 858                       | 786                      | 7.30                | 2.09               | 65   |
| 6.84 | 7.56    | 30.4   | 55     | 55             | 26                               | 289                                | 249600           | 7540                      | 6760                     | 13080            | 911                       | 837                      | 7.25                | 2.07               | 70   |
| 7.23 | 8.26    | 32.3   | 55     | 55             | 26                               | 298                                | 292300           | 8240                      | 7400                     | 13080            | 910                       | 838                      | 7.15                | 2.04               | 75   |
| 7.62 | 8.98    | 34.2   | 55     | 55             | 26                               | 307                                | 339000           | 8940                      | 8060                     | 13100            | 909                       | 839                      | 7.04                | 2.01               | 80   |
| 8.49 | 9.67    | 35.7   | 55     | 55             | 26                               | 335                                | 411200           | 10190                     | 9210                     | 13880            | 963                       | 890                      | 6.92                | 1.98               | 85   |
| 8.92 | 10.41   | 37.6   | 55     | 55             | 26                               | 344                                | 469300           | 10970                     | 9940                     | 13890            | 962                       | 892                      | 6.87                | 1.96               | 90   |
| 9.37 | 11.16   | 39.2   | 55     | 55             | 26                               | 354                                | 531900           | 11770                     | 10680                    | 13890            | 962                       | 893                      | 6.77                | 1.93               | 95   |
| 9.83 | 11.94   | 41.0   | 55     | 55             | 26                               | 363                                | 599100           | 12580                     | 11440                    | 13900            | 961                       | 894                      | 6.66                | 1.90               | 100  |

**Netto verdier:** Fn<sub>4</sub> etter fradrag for 4 nagelhull i flensene, I<sub>xn2</sub> og W<sub>xn2</sub> etter fradrag for 2 nagelhull i øvre eller nedre flens, I<sub>yn2</sub> og W<sub>yn2</sub> etter fradrag for det ytre naglehull i begge flensene på samme side av steeet. Nettoverdier for tverrsnitt som har andre naglehulldiametere enn de i tabellen angitte, kan med tilstrekkelig nøyaktighet utregnes ved interpolering.

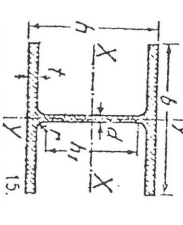




### DIMEL-bjelker. — Parallelltrensede

Profiler etter DIN 1025 bl. 2 (1940). Rotmål på fiens, nagle-  
 Forklaring til de tekniske betegnelser, se s. 135.

| Betegnelse | Vekt | Dimensjoner |     |      |      |      |    |     |      | Tverrsnitt |       | For boyningssakene |       |     |      |      |      | Sx |  | Sx |
|------------|------|-------------|-----|------|------|------|----|-----|------|------------|-------|--------------------|-------|-----|------|------|------|----|--|----|
|            |      | G           | h   | b    | d    | t    | r  | r1  | h1   | F          | Ix    | Iy                 | Wx    | Wy  | Iy   | Wy   | Iy   | cm |  |    |
| 10         | 16,3 | 94          | 99  | 5    | 5    | 8    | 11 | 56  | 20,8 | 327        | 70    | 3,97               | 125   | 26  | 2,50 | 40   | 8,2  |    |  |    |
| 12         | 17,5 | 111         | 115 | 5    | 5    | 8    | 11 | 62  | 25,0 | 598        | 105   | 4,89               | 130   | 38  | 3,00 | 60   | 10,0 |    |  |    |
| 14         | 24,4 | 133         | 138 | 5,5  | 5,5  | 8,5  | 12 | 92  | 31,1 | 1020       | 153   | 5,72               | 373   | 54  | 3,46 | 85   | 12,0 |    |  |    |
| 15         | 26,2 | 143         | 148 | 5,5  | 5,5  | 8,5  | 12 | 102 | 33,3 | 1280       | 179   | 6,18               | 460   | 62  | 3,71 | 99   | 12,9 |    |  |    |
| 16         | 29,7 | 150         | 157 | 6    | 6    | 9    | 14 | 104 | 37,9 | 1590       | 212   | 6,47               | 584   | 75  | 3,92 | 118  | 13,5 |    |  |    |
| 18         | 36,9 | 172         | 177 | 6,5  | 6,5  | 10   | 14 | 124 | 47,0 | 2610       | 303   | 7,45               | 925   | 104 | 4,43 | 138  | 15,5 |    |  |    |
| 20         | 44,0 | 190         | 197 | 7    | 7    | 11   | 15 | 138 | 57,0 | 3880       | 408   | 8,24               | 1403  | 143 | 4,96 | 162  | 17,2 |    |  |    |
| 22         | 51,4 | 211         | 217 | 7,25 | 7,25 | 11,5 | 15 | 158 | 65,5 | 5530       | 524   | 9,19               | 1960  | 181 | 5,47 | 209  | 19,1 |    |  |    |
| 24         | 60,9 | 229         | 237 | 7,75 | 7,75 | 12,5 | 17 | 170 | 77,5 | 7740       | 676   | 9,99               | 2780  | 234 | 6,24 | 273  | 20,7 |    |  |    |
| 26         | 68,5 | 250         | 257 | 8    | 8    | 13   | 17 | 180 | 83,8 | 9200       | 766   | 10,5               | 3270  | 265 | 6,73 | 317  | 21,7 |    |  |    |
| 30         | 76,4 | 267         | 277 | 8,25 | 8,25 | 13,5 | 18 | 190 | 87,2 | 10430      | 834   | 10,9               | 3680  | 286 | 6,49 | 347  | 22,3 |    |  |    |
| 32         | 87,7 | 289         | 297 | 8,75 | 8,75 | 14,5 | 18 | 224 | 112  | 17960      | 1240  | 12,7               | 6340  | 426 | 7,53 | 602  | 24,3 |    |  |    |
| 34         | 97,9 | 308         | 297 | 9,5  | 9,5  | 16   | 20 | 236 | 125  | 22560      | 1470  | 13,5               | 6990  | 471 | 7,49 | 806  | 28,0 |    |  |    |
| 36         | 105  | 330         | 297 | 10,5 | 10,5 | 18   | 21 | 256 | 134  | 27620      | 1670  | 14,4               | 7430  | 530 | 7,44 | 924  | 29,9 |    |  |    |
| 38         | 113  | 348         | 297 | 11,5 | 11,5 | 19   | 21 | 270 | 143  | 32560      | 1870  | 15,1               | 7920  | 530 | 7,40 | 1038 | 31,4 |    |  |    |
| 40         | 120  | 370         | 297 | 11   | 11   | 20   | 21 | 290 | 153  | 39140      | 2130  | 16,0               | 8300  | 559 | 7,36 | 1172 | 33,6 |    |  |    |
| 42         | 126  | 388         | 297 | 11   | 11   | 20   | 21 | 306 | 161  | 45210      | 2330  | 16,8               | 8740  | 589 | 7,37 | 1291 | 35,0 |    |  |    |
| 44         | 135  | 415         | 297 | 11,5 | 11,5 | 21   | 21 | 331 | 171  | 54680      | 2640  | 17,9               | 9180  | 618 | 7,32 | 1462 | 37,4 |    |  |    |
| 45         | 143  | 438         | 297 | 12,5 | 12,5 | 22   | 23 | 348 | 183  | 64380      | 2940  | 18,8               | 9620  | 648 | 7,26 | 1634 | 39,4 |    |  |    |
| 47         | 152  | 465         | 297 | 13,5 | 13,5 | 23   | 23 | 373 | 194  | 76330      | 3280  | 19,9               | 10060 | 677 | 7,21 | 1829 | 41,7 |    |  |    |
| 50         | 161  | 488         | 297 | 13   | 13   | 24   | 24 | 394 | 205  | 88310      | 3620  | 20,8               | 10500 | 707 | 7,16 | 2020 | 43,7 |    |  |    |
| 55         | 168  | 539         | 297 | 13   | 13   | 24,5 | 24 | 442 | 214  | 112000     | 4160  | 22,9               | 10720 | 722 | 7,07 | 2320 | 48,3 |    |  |    |
| 60         | 185  | 588         | 297 | 15   | 15   | 26   | 26 | 484 | 235  | 141000     | 4900  | 24,7               | 11380 | 766 | 6,95 | 2747 | 52,4 |    |  |    |
| 70         | 190  | 638         | 297 | 14   | 14   | 26   | 26 | 534 | 242  | 173000     | 5420  | 26,7               | 11390 | 766 | 6,85 | 3045 | 56,0 |    |  |    |
| 80         | 210  | 688         | 297 | 15   | 15   | 28   | 27 | 578 | 267  | 210700     | 6360  | 28,6               | 12250 | 825 | 6,77 | 3388 | 61,0 |    |  |    |
| 85         | 216  | 708         | 297 | 15   | 15   | 28   | 27 | 628 | 275  | 236400     | 6950  | 30,5               | 12250 | 825 | 6,67 | 3727 | 65,3 |    |  |    |
| 90         | 237  | 792         | 298 | 16   | 16   | 30   | 27 | 678 | 302  | 320100     | 8080  | 32,5               | 13270 | 890 | 6,63 | 4588 | 69,8 |    |  |    |
| 95         | 260  | 847         | 298 | 17   | 17   | 32   | 30 | 718 | 331  | 391000     | 9290  | 34,4               | 14170 | 951 | 6,54 | 5293 | 73,9 |    |  |    |
| 100        | 266  | 892         | 298 | 17   | 17   | 32   | 30 | 768 | 339  | 446100     | 10000 | 36,3               | 14170 | 951 | 6,46 | 5711 | 78,1 |    |  |    |
| 105        | 273  | 942         | 298 | 17   | 17   | 32   | 30 | 818 | 349  | 505400     | 10730 | 38,1               | 14170 | 951 | 6,38 | 6140 | 82,3 |    |  |    |
| 110        | 280  | 992         | 298 | 17   | 17   | 32   | 30 | 868 | 356  | 569000     | 11470 | 40,0               | 14170 | 951 | 6,31 | 6580 | 86,5 |    |  |    |



### DIBRED-bjelker.

med DIMEL hoveddimensjoner.

Parallelltrensede brede flenser.

| Betegnelse | Vekt | Dimensjoner |     |     |     |     |    |     |      | Tverrsnitt |      | For boyningssakene |      |      |      |      |         | Sx |  | Sx |
|------------|------|-------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|------------|------|--------------------|------|------|------|------|---------|----|--|----|
|            |      | G           | h   | b   | d   | t   | r  | r1  | h1   | F          | Ix   | Iy                 | Wx   | Wy   | Iy   | Wy   | Iy      | cm |  |    |
| 94-130     | 20,2 | 94          | 130 | 5   | 5   | 8   | 11 | 56  | 25,7 | 419        | 89,2 | 4,04               | 293  | 45,1 | 3,38 | 2,26 | 94,130  |    |  |    |
| 14-150     | 23,5 | 114         | 150 | 5,5 | 5,5 | 8,5 | 11 | 76  | 29,9 | 737        | 129  | 4,96               | 450  | 60,1 | 3,88 | 1,99 | 114,150 |    |  |    |
| 33-170     | 20,7 | 133         | 170 | 5,5 | 5,5 | 8,5 | 12 | 92  | 36,5 | 1231       | 185  | 5,81               | 697  | 92,0 | 4,37 | 1,91 | 133,170 |    |  |    |
| 43-180     | 30,4 | 143         | 180 | 5,5 | 5,5 | 8,5 | 12 | 102 | 38,8 | 1523       | 213  | 6,27               | 827  | 91,9 | 4,62 | 1,82 | 143,180 |    |  |    |
| 50-190     | 34,4 | 150         | 190 | 6   | 6   | 9   | 14 | 104 | 38,8 | 1884       | 251  | 6,56               | 1030 | 108  | 4,85 | 1,86 | 150,190 |    |  |    |
| 72-200     | 40,5 | 172         | 200 | 6,5 | 6,5 | 10  | 14 | 124 | 51,6 | 2908       | 339  | 7,51               | 1334 | 133  | 5,09 | 1,99 | 172,200 |    |  |    |

### stålbejler med redusert tverrsnitt.

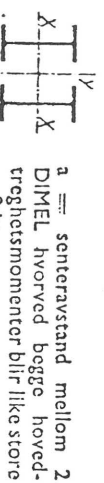
hullidiameter (maks.) og senteravstand a, som for DIP-bejler.  
 Tabeller for naglesetting, se s. 330.

| k    | Wx/Wy | Wx/Wy | G  | Rotmål |    | Hullidiameter |        | Tverrsnitt |       | x-x   |           | y-y  |           | l/k  | l/y | a   | DIP-EL |
|------|-------|-------|----|--------|----|---------------|--------|------------|-------|-------|-----------|------|-----------|------|-----|-----|--------|
|      |       |       |    | W      | W1 | d1            | d2     | Fn4        | Ixn2  | Wxn2  | Min. Wxn2 | Iyn2 | Min. Wyn2 |      |     |     |        |
| 3,32 | 2,69  | 4,30  | 28 | 17     | 17 | 15,3          | 270    | 66,5       | 50,4  | 105   | 24,6      | 20,5 | 2,63      | 0,75 | —   | 10  |        |
| 2,77 | 2,76  | 5,36  | 35 | 17     | 17 | 19,5          | 512    | 101        | 80,7  | 188   | 34,0      | 29,4 | 3,15      | 0,90 | —   | 12  |        |
| 2,59 | 2,83  | 6,28  | 40 | 17     | 17 | 25,3          | 697    | 149        | 123   | 322   | 49,6      | 44,1 | 3,64      | 1,04 | —   | 14  |        |
| 2,41 | 2,89  | 6,84  | 45 | 17     | 17 | 27,5          | 1130   | 174        | 146   | 396   | 56,8      | 50,6 | 3,90      | 1,11 | —   | 15  |        |
| 2,45 | 2,83  | 7,14  | 45 | 17     | 17 | 30,7          | 1390   | 206        | 169   | 503   | 68,2      | 60,5 | 4,12      | 1,18 | —   | 16  |        |
| 2,38 | 2,91  | 8,21  | 50 | 20     | 20 | 39,0          | 2320   | 295        | 248   | 816   | 97,3      | 87,6 | 4,65      | 1,33 | —   | 18  |        |
| 2,32 | 2,86  | 9,10  | 55 | 20     | 20 | 48,2          | 3500   | 400        | 341   | 1260  | 134       | 122  | 5,21      | 1,49 | —   | 20  |        |
| 2,19 | 2,90  | 10,2  | 60 | 20     | 20 | 56,3          | 5040   | 514        | 446   | 1780  | 171       | 158  | 5,74      | 1,64 | —   | 22  |        |
| 2,16 | 2,89  | 11,1  | 65 | 35     | 35 | 66,0          | 7010   | 663        | 569   | 2380  | 212       | 190  | 6,28      | 1,79 | —   | 24  |        |
| 2,15 | 2,89  | 11,6  | 50 | 35     | 35 | 71,9          | 8370   | 752        | 650   | 2800  | 240       | 216  | 6,55      | 1,87 | —   | 25  |        |
| 2,06 | 2,92  | 12,2  | 50 | 40     | 40 | 75,3          | 9530   | 819        | 713   | 3160  | 259       | 234  | 6,81      | 1,95 | —   | 26  |        |
| 1,98 | 2,90  | 13,1  | 55 | 45     | 45 | 85,0          | 12290  | 984        | 864   | 4120  | 313       | 284  | 7,36      | 2,10 | —   | 28  |        |
| 1,97 | 2,91  | 14,1  | 55 | 55     | 55 | 90,3          | 16620  | 1220       | 1080  | 5480  | 387       | 352  | 7,91      | 2,26 | —   | 30  |        |
| 2,22 | 3,12  | 15,0  | 55 | 55     | 55 | 110           | 20890  | 1440       | 1280  | 6050  | 427       | 389  | 7,86      | 2,25 | —   | 32  |        |
| 2,42 | 3,34  | 15,9  | 55 | 55     | 55 | 118           | 25590  | 1650       | 1460  | 6420  | 453       | 414  | 7,81      | 2,23 | —   | 34  |        |
| 2,61 | 3,53  | 16,5  | 55 | 55     | 55 | 127           | 30170  | 1840       | 1640  | 6800  | 480       | 438  | 7,77      | 2,22 | —   | 36  |        |
| 2,82 | 3,79  | 17,7  | 55 | 55     | 55 | 140           | 35880  | 2080       | 1820  | 7030  | 499       | 450  | 7,73      | 2,21 | —   | 38  |        |
| 2,96 | 3,96  | 18,5  | 55 | 55     | 55 | 143           | 41440  | 2290       | 2000  | 7400  | 525       | 474  | 7,74      | 2,21 | —   | 40  |        |
| 3,20 | 4,27  | 19,5  | 55 | 55     | 55 | 150           | 50160  | 2580       | 2270  | 7770  | 551       | 498  | 7,69      | 2,20 | —   | 42  |        |
| 3,46 | 4,53  | 20,6  | 55 | 55     | 55 | 160           | 59100  | 2880       | 2540  | 8140  | 577       | 522  | 7,62      | 2,18 | —   | 44  |        |
| 3,72 | 4,85  | 21,6  | 55 | 55     | 55 | 170           | 70120  | 3220       | 2840  | 8510  | 603       | 547  | 7,57      | 2,16 | —   | 46  |        |
| 3,99 | 5,12  | 22,5  | 55 | 55     | 55 | 180           | 81160  | 3540       | 3130  | 8890  | 629       | 571  | 7,52      | 2,15 | —   | 50  |        |
| 4,28 | 5,76  | 24,8  | 55 | 55     | 55 | 189           | 103000 | 4070       | 3600  | 9080  | 641       | 584  | 7,42      | 2,12 | —   | 55  |        |
| 4,86 | 6,40  | 26,5  | 55 | 55     | 55 | 208           | 132700 | 4800       | 4270  | 9640  | 680       | 621  | 7,30      | 2,09 | —   | 60  |        |
| 5,16 | 7,07  | 28,5  | 55 | 55     | 55 | 215           | 159600 | 5300       | 4730  | 10440 | 679       | 622  | 7,19      | 2,06 | —   | 65  |        |
| 5,83 | 7,71  | 30,3  | 55 | 55     | 55 | 238           | 207000 | 6310       | 5560  | 10390 | 731       | 671  | 7,11      | 2,03 | —   | 70  |        |
| 6,16 | 8,42  | 33,2  | 55 | 55     | 55 | 246           | 237000 | 6790       | 6100  | 10390 | 730       | 672  | 7,00      | 2,00 | —   | 75  |        |
| 6,88 | 9,08  | 34,1  | 55 | 55     | 55 | 26            | 276200 | 7890       | 7110  | 11280 | 789       | 728  | 6,96      | 1,99 | —   | 80  |        |
| 7,12 | 9,77  | 35,7  | 55 | 55     | 55 | 26            | 363200 | 9070       | 8190  | 12050 | 841       | 778  | 6,87      | 1,96 | —   | 85  |        |
| 8,72 | 10,5  | 37,6  | 55 | 55     | 55 | 26            | 413700 | 9760       | 8840  | 12050 | 841       | 779  | 6,78      | 1,94 | —   | 90  |        |
| 8,53 | 11,3  | 39,3  | 55 | 55     | 55 | 26            | 469200 | 10470      | 9500  | 12060 | 840       | 780  | 6,70      | 1,91 | —   | 95  |        |
| 8,95 | 12,1  | 41,0  | 55 | 55     | 55 | 26            | 520800 | 11190      | 10180 | 12060 | 840       | 781  | 6,63      | 1,89 | —   | 100 |        |

1. Nettoverdiene: Fn4 etter fradrag for 4 naglehu i flensene, Ixn2 og Wxn2 etter fradrag for det ytre naglehu i begge flenser på samme side av stogen. Nettoverdiene for tverrsnitt som har andre hullidiameter enn de i tabellen angitte, kan med tilstrekkelig nøyaktighet utregnes ved interpolering.

### Nagler og naglesetting.

Se oppgaver for nagler s. 330.

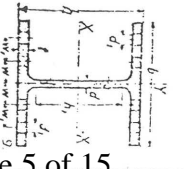


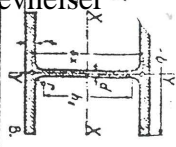
2. Senteravstand mellom 2 DIMEL hvorved begge hovedtreghetsmomenter blir like store = 2 \* kx.

Verkstøveling.  
 Lengder og toleranser som angitt for DIP-bejler, se s. 140.

Lagerlevering.  
 Dimensjoner merket x fores vanligvis på lager i handelskvalitet St 00, til dels også i St 37. Normal lengder opp til 12 m. Kapping eller spesifikasjon mot pristillegg.  
 Vektberegning ved levering fra lager som for DIP-bejler.

DIBRED-bejler leveres bare fra verk.





### DIPeX-bjelker.

Parallellflensete stålbjelker med tynt steg.

Hoveddimensjoner som for DIP-bjelker.

Forklaring til de tekniske betegnelser, se s. 136.

| Betegnelse | Vekt<br>G<br>kg/m | Dimensjoner |         |         |         |         |         |                      |                      |                                   |                                   | For bøyningssaksene  |                                   |                                   |                      |                                   |                                   |   |
|------------|-------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
|            |                   | h<br>mm     | b<br>mm | d<br>mm | t<br>mm | r<br>mm | f<br>mm | h <sub>1</sub><br>mm | F<br>cm <sup>2</sup> | x-x                               |                                   |                      | y-y                               |                                   |                      | S <sub>x</sub><br>cm <sup>2</sup> | S <sub>y</sub><br>cm <sup>2</sup> | k |
|            |                   |             |         |         |         |         |         |                      |                      | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | I <sub>x</sub><br>cm | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> | I <sub>y</sub><br>cm |                                   |                                   |   |
| 10         | 21.2              | 100         | 100     | 5       | 11      | 11      | 56      | 26.9                 | 47.2                 | 9.4                               | 4.18                              | 18.4                 | 37                                | 2.61                              | 55                   | 8.6                               | 3.94                              |   |
| 12         | 25.4              | 120         | 120     | 5       | 11      | 11      | 72      | 32.3                 | 8.49                 | 14.2                              | 5.12                              | 31.7                 | 53                                | 3.13                              | 80                   | 10.6                              | 3.30                              |   |
| 14         | 31.5              | 150         | 150     | 4.5     | 12      | 12      | 96      | 40.1                 | 14.80                | 21.1                              | 6.07                              | 54.9                 | 78                                | 3.71                              | 115                  | 12.8                              | 2.91                              |   |
| 15         | 33.9              | 150         | 150     | 4.75    | 12      | 12      | 102     | 43.2                 | 18.40                | 24.6                              | 6.53                              | 67.6                 | 90                                | 4.20                              | 138                  | 13.7                              | 2.77                              |   |
| 16         | 39.2              | 160         | 160     | 5       | 13      | 14      | 106     | 50.0                 | 24.20                | 30.2                              | 6.95                              | 88.8                 | 111                               | 4.75                              | 164                  | 14.7                              | 2.69                              |   |
| 18         | 47.5              | 180         | 180     | 5.5     | 14      | 14      | 124     | 60.5                 | 37.30                | 41.4                              | 7.85                              | 136.0                | 152                               | 5.25                              | 225                  | 16.6                              | 2.68                              |   |
| 20         | 56.6              | 200         | 200     | 6       | 15      | 15      | 140     | 72.1                 | 55.20                | 55.1                              | 8.74                              | 200.0                | 200                               | 5.27                              | 299                  | 18.5                              | 2.60                              |   |
| 22         | 66.4              | 220         | 220     | 6.5     | 16      | 15      | 158     | 84.6                 | 76.60                | 71.4                              | 9.64                              | 284.0                | 258                               | 5.79                              | 388                  | 20.3                              | 2.53                              |   |
| 24         | 77.3              | 240         | 240     | 7       | 17      | 17      | 172     | 98.5                 | 109.20               | 90.9                              | 10.5                              | 392.0                | 326                               | 6.31                              | 492                  | 22.2                              | 2.47                              |   |
| 25         | 82.9              | 250         | 250     | 7.25    | 17.5    | 17      | 178     | 106                  | 127.10               | 102.0                             | 11.0                              | 456.0                | 364                               | 6.57                              | 550                  | 23.1                              | 2.44                              |   |
| 26         | 88.6              | 260         | 260     | 7.5     | 18      | 17      | 190     | 113                  | 147.20               | 113.0                             | 11.4                              | 528.0                | 405                               | 6.84                              | 613                  | 24.0                              | 2.42                              |   |
| 28         | 101               | 280         | 280     | 8       | 19      | 18      | 204     | 129                  | 194.80               | 139.0                             | 12.3                              | 695.0                | 496                               | 7.35                              | 753                  | 25.8                              | 2.38                              |   |
| 30         | 114               | 300         | 300     | 8.5     | 20      | 18      | 224     | 145                  | 252.50               | 168.0                             | 13.2                              | 900.0                | 600                               | 7.89                              | 912                  | 27.7                              | 2.33                              |   |
| 32         | 121               | 320         | 300     | 9       | 21      | 20      | 238     | 154                  | 304.40               | 190.0                             | 14.0                              | 945.0                | 630                               | 7.82                              | 1019                 | 30.0                              | 2.52                              |   |
| 34         | 128               | 340         | 300     | 9.5     | 22      | 20      | 256     | 164                  | 361.90               | 213.0                             | 14.9                              | 990.0                | 660                               | 7.78                              | 1153                 | 31.4                              | 2.70                              |   |
| 36         | 136               | 360         | 300     | 10      | 22      | 21      | 272     | 173                  | 426.90               | 237.0                             | 15.7                              | 1036.0               | 690                               | 7.73                              | 1286                 | 33.2                              | 2.89                              |   |
| 38         | 143               | 380         | 300     | 10.5    | 24      | 24      | 290     | 183                  | 498.80               | 263.0                             | 16.5                              | 1081.0               | 720                               | 7.69                              | 1426                 | 35.0                              | 3.10                              |   |
| 40         | 151               | 400         | 300     | 11      | 25      | 21      | 308     | 192                  | 578.40               | 289.0                             | 17.3                              | 1126.0               | 750                               | 7.65                              | 1575                 | 36.7                              | 3.29                              |   |
| 42 1/2     | 159               | 425         | 300     | 11.5    | 26      | 21      | 331     | 203                  | 684.00               | 322.0                             | 18.4                              | 1171.0               | 780                               | 7.60                              | 1756                 | 39.0                              | 3.51                              |   |
| 45         | 168               | 450         | 300     | 12      | 27      | 23      | 350     | 214                  | 804.70               | 358.0                             | 19.4                              | 1216.0               | 811                               | 7.54                              | 1948                 | 41.0                              | 3.77                              |   |
| 47 1/2     | 177               | 475         | 300     | 12.5    | 28      | 24      | 373     | 225                  | 935.80               | 394.0                             | 20.4                              | 1261.0               | 841                               | 7.49                              | 2152                 | 43.5                              | 4.02                              |   |
| 50         | 186               | 500         | 300     | 13      | 29      | 24      | 394     | 236                  | 1083.00              | 433.0                             | 21.4                              | 1307.0               | 871                               | 7.44                              | 2366                 | 45.7                              | 4.28                              |   |
| 55         | 197               | 550         | 300     | 13.5    | 30      | 24      | 442     | 251                  | 1379.00              | 501.0                             | 23.5                              | 1352.0               | 901                               | 7.34                              | 2745                 | 50.0                              | 4.67                              |   |
| 60         | 210               | 600         | 300     | 14      | 31      | 26      | 486     | 267                  | 1729.00              | 576.0                             | 25.4                              | 1397.0               | 931                               | 7.23                              | 3111                 | 54.9                              | 5.10                              |   |

### Spesial P-bjelker.

Brede parallellflensete stålbjelker med redusert tverrsnitt.

Forklaring til de tekniske betegnelser, se s. 136.

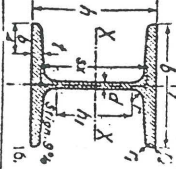
| 00-100-4-7   | 14.4 | 100 | 100 | 4   | 7 | 10 | 66  | 18.3 | 339  | 68  | 4.30 | 117 | 23 | 2.53 | 38  | 8.9  | 2.86 |
|--------------|------|-----|-----|-----|---|----|-----|------|------|-----|------|-----|----|------|-----|------|------|
| 20-120-4.5-7 | 19.4 | 120 | 120 | 4.5 | 8 | 10 | 84  | 24.7 | 667  | 111 | 5.19 | 231 | 38 | 3.05 | 62  | 10.8 | 2.65 |
| 40-140-5-9   | 25.6 | 140 | 140 | 5   | 9 | 12 | 98  | 32.5 | 1201 | 172 | 6.08 | 412 | 59 | 3.57 | 95  | 12.6 | 2.56 |
| 60-160-5-9   | 29.2 | 160 | 160 | 5   | 9 | 12 | 118 | 37.1 | 1821 | 228 | 7.02 | 615 | 77 | 4.07 | 126 | 14.5 | 2.54 |
| 80-180-5.5-9 | 33.8 | 180 | 180 | 5.5 | 9 | 14 | 134 | 43.0 | 2666 | 296 | 7.89 | 876 | 97 | 4.51 | 163 | 16.4 | 2.11 |

### B-bjelker.

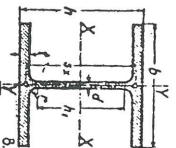
Stålbjelker med brede, skrånede flenser (90°/0 skrånning).

Profilen etter DIN 1025 bl. 2.

Forklaring til de tekniske betegnelser se s. 136.



| 10-10 | 21.0 | 100 | 100 | 7.5 | 10 | 10 | 55  | 26.8 | 447  | 89.4 | 4.09 | 151  | 30.1 | 2.37 | 53  | 8.4  | 4.75 |
|-------|------|-----|-----|-----|----|----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 12-12 | 27.2 | 120 | 120 | 8   | 11 | 11 | 70  | 34.6 | 832  | 142  | 4.96 | 276  | 46.0 | 2.87 | 62  | 10.4 | 4.34 |
| 14-14 | 34.0 | 140 | 140 | 8   | 11 | 12 | 85  | 43.3 | 1490 | 213  | 5.86 | 475  | 67.8 | 3.31 | 122 | 12.2 | 3.96 |
| 16-16 | 45.0 | 160 | 160 | 9   | 12 | 14 | 109 | 57.4 | 2580 | 322  | 6.70 | 631  | 104  | 3.81 | 184 | 14.0 | 3.96 |
| 18-18 | 50.8 | 180 | 180 | 9   | 14 | 14 | 120 | 64.7 | 3750 | 417  | 7.62 | 1170 | 130  | 4.25 | 257 | 15.9 | 3.57 |



### DIMAX-bjelker.

Parallellflensete stålbjelker med forsterket tverrsnitt.

Forklaring til de tekniske betegnelser, se s. 136.

| Betegnelse | Vekt<br>G<br>kg/m | Dimensjoner |         |         |         |         |         |                      |                      |                                   |                                   | For bøyningssaksene  |                                   |                                   |                      |                                   |                                   |   |
|------------|-------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
|            |                   | h<br>mm     | b<br>mm | d<br>mm | t<br>mm | r<br>mm | f<br>mm | h <sub>1</sub><br>mm | F<br>cm <sup>2</sup> | x-x                               |                                   |                      | y-y                               |                                   |                      | S <sub>x</sub><br>cm <sup>2</sup> | S <sub>y</sub><br>cm <sup>2</sup> | k |
|            |                   |             |         |         |         |         |         |                      |                      | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | I <sub>x</sub><br>cm | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> | I <sub>y</sub><br>cm |                                   |                                   |   |
| 10         | 34.6              | 112         | 103.5   | 10      | 10      | 17      | 56      | 44.0                 | 832                  | 152                               | 4.40                              | 315                  | 61                                | 2.68                              | 93                   | 9.2                               | 6.15                              |   |
| 12         | 41.5              | 132         | 123.5   | 10      | 10      | 17      | 64      | 52.8                 | 1500                 | 227                               | 5.33                              | 535                  | 87                                | 3.18                              | 135                  | 11.1                              | 5.21                              |   |
| 14         | 71.3              | 164         | 148     | 16      | 16      | 24      | 68      | 90.8                 | 3760                 | 459                               | 6.43                              | 1300                 | 176                               | 3.79                              | 276                  | 13.6                              | 6.31                              |   |
| 15         | 76.3              | 174         | 158     | 16      | 16      | 24      | 72      | 97.2                 | 4610                 | 530                               | 6.88                              | 1580                 | 200                               | 4.04                              | 320                  | 14.4                              | 5.96                              |   |
| 16         | 83.5              | 182         | 167     | 16      | 16      | 25      | 82      | 106                  | 5560                 | 611                               | 7.23                              | 1930                 | 233                               | 4.28                              | 363                  | 15.3                              | 5.80                              |   |
| 18         | 93.8              | 202         | 187     | 16      | 16      | 25      | 102     | 120                  | 7930                 | 785                               | 8.15                              | 2730                 | 323                               | 4.78                              | 460                  | 17.2                              | 5.22                              |   |
| 20         | 107               | 220         | 206     | 16      | 16      | 26      | 118     | 136                  | 10900                | 991                               | 8.96                              | 3800                 | 369                               | 5.28                              | 577                  | 18.9                              | 4.87                              |   |
| 22         | 117               | 240         | 226     | 16      | 16      | 26      | 138     | 150                  | 14570                | 1210                              | 9.98                              | 5010                 | 443                               | 5.79                              | 701                  | 20.8                              | 4.46                              |   |
| 24         | 137               | 260         | 246     | 17      | 17      | 28      | 150     | 175                  | 20070                | 1540                              | 10.7                              | 6960                 | 566                               | 6.32                              | 888                  | 22.5                              | 4.37                              |   |
| 25         | 153               | 274         | 257     | 18      | 18      | 30      | 156     | 195                  | 24800                | 1810                              | 11.3                              | 8500                 | 662                               | 6.60                              | 1043                 | 23.8                              | 4.48                              |   |
| 26         | 172               | 288         | 269     | 20      | 20      | 32      | 162     | 219                  | 30520                | 2170                              | 11.8                              | 10400                | 773                               | 6.89                              | 1226                 | 24.9                              | 4.62                              |   |
| 28         | 201               | 310         | 299     | 21      | 21      | 35      | 188     | 256                  | 41250                | 2660                              | 12.7                              | 14110                | 976                               | 7.44                              | 1541                 | 28.8                              | 4.68                              |   |
| 30         | 235               | 336         | 311     | 23      | 23      | 38      | 188     | 299                  | 56580                | 3370                              | 13.8                              | 19080                | 1230                              | 7.99                              | 1965                 | 28.8                              | 4.62                              |   |
| 32         | 251               | 356         | 310     | 23      | 23      | 40      | 200     | 315                  | 66880                | 3760                              | 14.6                              | 19900                | 1280                              | 7.95                              | 2180                 | 30.7                              | 4.98                              |   |
| 34         | 257               | 376         | 310     | 23      | 23      | 40      | 220     | 330                  | 76000                | 4040                              | 15.5                              | 19900                | 1280                              | 7.90                              | 2332                 | 32.6                              | 5.12                              |   |
| 36         | 263               | 393         | 309     | 23      | 23      | 40      | 238     | 337                  | 83590                | 4270                              | 16.1                              | 19710                | 1280                              | 7.82                              | 2455                 | 34.2                              | 5.28                              |   |
| 38         | 257               | 412         | 309     | 23      | 23      | 40      | 258     | 327                  | 93830                | 4560                              | 16.9                              | 19710                | 1280                              | 7.76                              | 2616                 | 35.3                              | 5.39                              |   |
| 40         | 257               | 428         | 308     | 22      | 22      | 40      | 278     | 327                  | 101900               | 4750                              | 17.7                              | 19520                | 1270                              | 7.72                              | 2733                 | 37.3                              | 5.50                              |   |
| 42 1/2     | 261               | 453         | 308     | 22      | 22      | 40      | 302     | 332                  | 116200               | 5130                              | 18.7                              | 19520                | 1270                              | 7.67                              | 2940                 | 39.5                              | 5.65                              |   |
| 45         | 261               | 474         | 306     | 21      | 21      | 40      | 324     | 332                  | 128000               | 5400                              | 19.6                              | 19140                | 1250                              | 7.59                              | 3071                 | 41.7                              | 5.77                              |   |
| 47 1/2     | 265               | 499         | 306     | 21      | 21      | 40      | 348     | 337                  | 144000               | 5770                              | 20.7                              | 19140                | 1250                              | 7.53                              | 3202                 | 43.9                              | 5.95                              |   |
| 50         | 268               | 520         | 305     | 21      | 21      | 40      | 372     | 341                  | 158100               | 6000                              | 21.5                              | 18960                | 1240                              | 7.45                              | 3450                 | 45.7                              | 6.15                              |   |
| 55         | 276               | 570         | 305     | 21      | 21      | 40      | 422     | 352                  | 195100               | 6850                              | 23.6                              | 18970                | 1240                              | 7.34                              | 3872                 | 50.3                              | 6.51                              |   |
| 60         | 284               | 616         | 304     | 21      | 21      | 40      | 458     | 362                  | 223000               | 7560                              | 25.4                              | 18790                | 1240                              | 7.21                              | 4230                 | 54.8                              | 7.35                              |   |
| 65         | 292               | 666         | 304     | 21      | 21      | 40      | 518     | 372                  | 278600               | 8370                              | 27.4                              | 18790                | 1240                              | 7.10                              | 4730                 | 59.0                              | 6.95                              |   |
| 70         | 299               | 712         | 303     | 21      | 21      | 40      | 566     | 381                  | 324200               | 9130                              | 29.1                              | 18610                | 1230                              | 6.98                              | 5220                 | 63.0                              | 7.81                              |   |
| 75         | 308               | 762         | 303     | 21      | 21      | 40      | 627     | 392                  | 378800               | 9940                              | 31.1                              | 18620                | 1230                              | 6.90                              | 5800                 | 67.6                              | 8.22                              |   |
| 80         | 316               | 812         | 303     | 21      | 21      | 40      | 696     | 402                  | 438200               | 10790                             | 33.0                              | 18620                | 1230                              | 6.80                              | 6103                 | 71.6                              | 8.70                              |   |
| 85         | 324               | 858         | 302     | 21      | 21      | 40      | 770     | 413                  | 498200               | 11610                             | 34.7                              | 18450                | 1220                              | 6.70                              | 6515                 | 76.4                              | 9.20                              |   |
| 90         | 332               | 908         | 302     | 21      | 21      | 40      | 850     | 423                  | 567600               | 12500                             | 36.6                              | 18450                | 1220                              | 6.60                              | 7040                 | 80.7                              | 9.72                              |   |
| 95         | 340               | 958         | 302     | 21      | 21      | 40      | 940     | 434                  | 642200               | 13410                             | 38.5                              | 18450                | 1220                              | 6.52                              | 7570                 | 84.9                              | 10.20                             |   |
| 100        | 349               | 1008        | 302     | 21      | 21      | 40      | 1040    | 444                  | 722300               | 14330                             | 40.3                              | 18460                | 1220                              | 6.45                              | 8092                 | 89.2                              | 10.66                             |   |

**Levering:**  
DIPeX-, DIMAX-, Spesial-P- og B-bjelker leveres bare direkte fra verk i normal lengder på 1—15 m. Andre lengder betinges overpris

| Tverrsnittsklasser for alle tverrsnitt |                  |  |                                |   |                         |                        |   |                        |         |  |
|--|------------------|--|--------------------------------|---|-------------------------|------------------------|---|------------------------|---------|--|
|  |                  |  | Flens                          |   |                         | Steg                   |   |                        |         |  |
|  |                  |  | Utsikende flensbredde          | Flensens slankhet                           | Tverrsnittsklasse flens | Steghøyde              | Stegets slankhet                            | Tverrsnittsklasse steg |         |  |
| HE-A                                   | Materialkvalitet | $\varepsilon_y = \frac{235}{\sqrt{f_y}}$ | $c_f = \frac{b - (s + 2r)}{2}$ | $\lambda = \frac{c_f}{t_f * \varepsilon_y}$ |                         | $c_s = h - 2(t_f + r)$ | $\lambda = \frac{c_s}{t_s * \varepsilon_y}$ | Trykk                  | Bøyning |  |
| 400                                    | 235 Mpa          | 1  | 117,5                          | 6,184                                       | 1                       | 298                    | 27,09                                       | 1                      | 1       |  |
| 550                                    | 235 Mpa          | 1  | 116,75                         | 4,865                                       | 1                       | 438                    | 35,04                                       | 2                      | 1       |  |
| 600                                    | 235 Mpa          | 1  | 116,5                          | 4,660                                       | 1                       | 486                    | 37,38                                       | 2                      | 1       |  |
| 650                                    | 235 Mpa          | 1  | 116,25                         | 4,471                                       | 1                       | 534                    | 39,56                                       | 2                      | 1       |  |
| 700                                    | 235 Mpa          | 1  | 115,75                         | 4,287                                       | 1                       | 582                    | 40,14                                       | 2                      | 1       |  |
| 800                                    | 235 Mpa          | 1  | 112,5                          | 4,018                                       | 1                       | 674                    | 44,93                                       | 2                      | 1       |  |
| 1000                                   | 235 Mpa          | 1  | 111,75                         | 3,605                                       | 1                       | 868                    | 52,61                                       | 2                      | 1       |  |
| HE-B                                   |                  |  |                                |   |                         |                        |   |                        |         |  |
| 500                                    | 235 Mpa          | 1  | 115,75                         | 4,134                                       | 1                       | 390                    | 26,90                                       | 1                      | 1       |  |
| 550                                    | 235 Mpa          | 1  | 115,5                          | 3,983                                       | 1                       | 438                    | 29,20                                       | 1                      | 1       |  |
| 700                                    | 235 Mpa          | 1  | 114,5                          | 3,578                                       | 1                       | 582                    | 34,24                                       | 2                      | 1       |  |
| 800                                    | 235 Mpa          | 1  | 111,25                         | 3,371                                       | 1                       | 674                    | 38,51                                       | 2                      | 1       |  |
| 900                                    | 235 Mpa          | 1  | 110,75                         | 3,164                                       | 1                       | 770                    | 41,62                                       | 2                      | 1       |  |
| 1000                                   | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 3,069                                       | 1                       | 868                    | 45,68                                       | 2                      | 1       |  |
| I-NP                                   |                  |  |                                |   |                         |                        |   |                        |         |  |
|  | Mpa              |  |                                |   |                         |                        |   |                        |         |  |
| 38                                     | 235              | 1  | 53,95                          | 2,632                                       | 1                       | 311,6                  | 22,74                                       | 1                      | 1       |  |
| 40                                     | 235 Mpa          | 1  | 55,9                           | 2,588                                       | 1                       | 328                    | 22,78                                       | 1                      | 1       |  |
| 45                                     | 235 Mpa          | 1  | 60,7                           | 2,498                                       | 1                       | 369                    | 22,78                                       | 1                      | 1       |  |
| 47,5                                   | 235 Mpa          | 1  | 63,35                          | 2,475                                       | 1                       | 389,6                  | 22,78                                       | 1                      | 1       |  |
| 50                                     | 235 Mpa          | 1  | 65,5                           | 2,426                                       | 1                       | 410                    | 22,78                                       | 1                      | 1       |  |
| 55                                     | 235 Mpa          | 1  | 71,5                           | 2,383                                       | 1                       | 452                    | 23,79                                       | 1                      | 1       |  |
| DIMEL                                  |                  |  |                                |   |                         |                        |   |                        |         |  |
| 38                                     | 235 Mpa          | 1  | 122                            | 6,421                                       | 1                       | 290                    | 26,36                                       | 1                      | 1       |  |
| 40                                     | 235 Mpa          | 1  | 122                            | 6,100                                       | 1                       | 306                    | 27,82                                       | 1                      | 1       |  |
| 47,5                                   | 235 Mpa          | 1  | 119,25                         | 5,185                                       | 1                       | 373                    | 29,84                                       | 1                      | 1       |  |
| 65                                     | 235 Mpa          | 1  | 115,5                          | 4,442                                       | 1                       | 534                    | 38,14                                       | 2                      | 1       |  |
| 70                                     | 235 Mpa          | 1  | 114                            | 4,071                                       | 1                       | 578                    | 38,53                                       | 2                      | 1       |  |
| 75                                     | 235 Mpa          | 1  | 114                            | 4,071                                       | 1                       | 628                    | 41,87                                       | 2                      | 1       |  |
| 80                                     | 235 Mpa          | 1  | 114                            | 3,800                                       | 1                       | 678                    | 42,38                                       | 2                      | 1       |  |
| 85                                     | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 3,453                                       | 1                       | 718                    | 42,24                                       | 2                      | 1       |  |
| 90                                     | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 3,453                                       | 1                       | 768                    | 45,18                                       | 2                      | 1       |  |
| 100                                    | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 3,453                                       | 1                       | 868                    | 51,06                                       | 2                      | 1       |  |
| DIP                                    |                  |  |                                |   |                         |                        |   |                        |         |  |
| 32                                     | 235 Mpa          | 1  | 123,5                          | 5,614                                       | 1                       | 236                    | 18,15                                       | 1                      | 1       |  |
| 42,5                                   | 235 Mpa          | 1  | 122                            | 4,692                                       | 1                       | 331                    | 23,64                                       | 1                      | 1       |  |
| 45                                     | 235 Mpa          | 1  | 119,5                          | 4,268                                       | 1                       | 348                    | 23,20                                       | 1                      | 1       |  |
| 50                                     | 235 Mpa          | 1  | 118                            | 3,933                                       | 1                       | 392                    | 24,50                                       | 1                      | 1       |  |
| 55                                     | 235 Mpa          | 1  | 118                            | 3,933                                       | 1                       | 442                    | 27,63                                       | 1                      | 1       |  |
| 60                                     | 235 Mpa          | 1  | 115,5                          | 3,609                                       | 1                       | 484                    | 28,47                                       | 1                      | 1       |  |
| 65                                     | 235 Mpa          | 1  | 115,5                          | 3,609                                       | 1                       | 534                    | 31,41                                       | 1                      | 1       |  |
| 75                                     | 235 Mpa          | 1  | 114                            | 3,353                                       | 1                       | 628                    | 34,89                                       | 2                      | 1       |  |
| 80                                     | 235 Mpa          | 1  | 114                            | 3,353                                       | 1                       | 678                    | 37,67                                       | 2                      | 1       |  |
| 85                                     | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 3,069                                       | 1                       | 718                    | 37,79                                       | 2                      | 1       |  |
| 90                                     | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 3,069                                       | 1                       | 768                    | 40,42                                       | 2                      | 1       |  |
| 95                                     | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 3,069                                       | 1                       | 818                    | 43,05                                       | 2                      | 1       |  |
| 100                                    | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 3,069                                       | 1                       | 868                    | 45,68                                       | 2                      | 1       |  |
| DIMAX                                  |                  |  |                                |   |                         |                        |   |                        |         |  |
| 90                                     | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 2,763                                       | 1                       | 768                    | 36,57                                       | 2                      | 1       |  |
| 100                                    | 235 Mpa          | 1  | 110,5                          | 2,763                                       | 1                       | 868                    | 41,33                                       | 2                      | 1       |  |



## Effektiv flensbredde

| Fylkesnr | Byggverksnr | Byggverksnavn        | Dekketykkelse | Avstand mellom dybler | Min (Le/8 - kant) | Effektiv bredde | Eff.areal av dekke      |
|----------|-------------|----------------------|---------------|-----------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|
| 17       | 870         | Reinselelvbrua       | 170 mm        | 0,15 m                | 1,15 m            | 2450 mm         | 0,4165 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 723         | Langsåvoll           | 150 mm        | 0,15 m                | 1 m               | 2150 mm         | 0,3225 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 232         | Krogstadaen          | 180 mm        | 0,15 m                | 0,99 m            | 2130 mm         | 0,3834 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 837         | Tylden               | 200 mm        | 0,15 m                | 1,1 m             | 2350 mm         | 0,47 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 61          | Finnfossbrua         | 200 mm        | 0,15 m                | 0,9 m             | 1950 mm         | 0,39 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 321         | Skjækerfoss II       | 180 mm        | 0,15 m                | 1,2 m             | 2550 mm         | 0,459 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 320         | Skjækerfoss I        | 180 mm        | 0,15 m                | 1,2 m             | 2550 mm         | 0,459 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 293         | Stordal              | 180 mm        | 0,15 m                | 0,8 m             | 1750 mm         | 0,315 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 652         | Fjellselv            | 200 mm        | 0,15 m                | 1,4 m             | 2950 mm         | 0,59 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 719         | Lilleå               | 120 mm        | 0,15 m                | 1,05 m            | 2250 mm         | 0,27 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 697         | Lenna                | 220 mm        | 0,15 m                | 0,85 m            | 1850 mm         | 0,407 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 676         | Bognbrua             | 190 mm        | 0,15 m                | 2,6 m             | 5350 mm         | 1,0165 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 586         | Ringelv              | 200 mm        | 0,15 m                | 0,9 m             | 1950 mm         | 0,39 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 349         | Storfossen           | 230 mm        | 0,15 m                | 1,32 m            | 2790 mm         | 0,6417 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 364         | Brekkvasselvbrua     | 200 mm        | 0,15 m                | 1,385 m           | 2920 mm         | 0,584 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 611         | Bogen                | 190 mm        | 0,15 m                | 1,1 m             | 2350 mm         | 0,4465 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 613         | Grøndalselvbrua      | 230 mm        | 0,15 m                | 1,2 m             | 2550 mm         | 0,5865 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 732         | Gravå                | 200 mm        | 0,15 m                | 1 m               | 2150 mm         | 0,43 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 483         | Kruken               | 200 mm        | 0,15 m                | 0,8 m             | 1750 mm         | 0,35 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 845         | Hudningselvbrua      | 250 mm        | 0,15 m                | 1,36 m            | 2870 mm         | 0,7175 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 408         | Segtnan              | 200 mm        | 0,15 m                | 0,85 m            | 1850 mm         | 0,37 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 82          | Osbrua               | 220 mm        | 0,15 m                | 1,1 m             | 2350 mm         | 0,517 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 738         | Finnangerbrua        | 220 mm        | 0,15 m                | 1,025 m           | 2200 mm         | 0,484 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 893         | Østerelva            | 240 mm        | 0,15 m                | 1,05 m            | 2250 mm         | 0,54 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 672         | Teplingan            | 260 mm        | 0,15 m                | 0,65 m            | 1450 mm         | 0,377 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 210         | Vibrua               | 180 mm        | 0,069 m               | 0,4 m             | 869 mm          | 0,15642 mm <sup>2</sup> |
| 17       | 689         | Søndre Myrset        | 200 mm        | 0,15 m                | 1 m               | 2150 mm         | 0,43 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 309         | Devikelv             | 180 mm        | 0,15 m                | 0,55 m            | 1250 mm         | 0,225 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 199         | Follafooss O/ Rørgt. | 200 mm        | 0,15 m                | 1,04 m            | 2230 mm         | 0,446 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 585         | Terskelbrua          | 220 mm        | 0,15 m                | 0,9 m             | 1950 mm         | 0,429 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 361         | Bratreit             | 220 mm        | 0,15 m                | 1,4625 m          | 3075 mm         | 0,6765 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 726         | Drogset Nedre        | 200 mm        | 0,15 m                | 1,5 m             | 3150 mm         | 0,63 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 1243        | Langtjønnebrua       | 250 mm        | 0,15 m                | 1,25 m            | 2650 mm         | 0,6625 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 1092        | Møytla               | 230 mm        | 0,15 m                | 1,015 m           | 2180 mm         | 0,5014 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 523         | Søre Fosserudbrua    | 200 mm        | 0,15 m                | 0,84 m            | 1830 mm         | 0,366 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 305         | Limingdammen         | 180 mm        | 0,15 m                | 0,95 m            | 2050 mm         | 0,369 mm <sup>2</sup>   |
| 17       | 526         | Nordre Fosserudbrua  | 200 mm        | 0,15 m                | 0,975 m           | 2100 mm         | 0,42 mm <sup>2</sup>    |
| 17       | 666         | Vallervassbrua       | 190 mm        | 0,15 m                | 0,65 m            | 1450 mm         | 0,2755 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 413         | Kjerknesbrua         | 220 mm        | 0,15 m                | 0,86 m            | 1870 mm         | 0,4114 mm <sup>2</sup>  |
| 17       | 722         | Litlfundsjøbekk      | 200 mm        | 0,15 m                | 1 m               | 2150 mm         | 0,43 mm <sup>2</sup>    |

|    |      |                 |        |         |         |         |                         |
|----|------|-----------------|--------|---------|---------|---------|-------------------------|
| 17 | 860  | Raunos          | 200 mm | 0,15 m  | 0,85 m  | 1850 mm | 0,37 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 824  | Gjersbekk       | 200 mm | 0,069 m | 0,82 m  | 1709 mm | 0,3418 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 1065 | Husås           | 230 mm | 0,075 m | 0,83 m  | 1735 mm | 0,39905 mm <sup>2</sup> |
| 17 | 731  | Nordre Myrset   | 200 mm | 0,09 m  | 1,1 m   | 2290 mm | 0,458 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 306  | Hovdbekken      | 190 mm | 0,15 m  | 0,875 m | 1900 mm | 0,361 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 415  | Meådal          | 200 mm | 0,09 m  | 0,47 m  | 1030 mm | 0,206 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 312  | Nyvikelvbrua    | 280 mm | 0,098 m | 0,74 m  | 1578 mm | 0,44184 mm <sup>2</sup> |
| 17 | 1226 | Fossmarka II    | 200 mm | 0,105 m | 0,9 m   | 1905 mm | 0,381 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 73   | Litlåbrua       | 200 mm | 0,105 m | 0,93 m  | 1965 mm | 0,393 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 896  | Fossing         | 210 mm | 0,15 m  | 0,1 m   | 350 mm  | 0,0735 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 608  | Vestre Hovdbrua | 170 mm | 0,15 m  | 0,16 m  | 470 mm  | 0,0799 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 308  | Liminglielv     | 170 mm | 0,15 m  | 0,55 m  | 1250 mm | 0,2125 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 668  | Eidbrua         | 150 mm | 0,15 m  | 0,65 m  | 1450 mm | 0,2175 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 582  | Storlunddammen  | 200 mm | 0,15 m  | 0,55 m  | 1250 mm | 0,25 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 486  | Selja           | 200 mm | 0,15 m  | 0,55 m  | 1250 mm | 0,25 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 370  | Funna I         | 240 mm | 0,15 m  | 0,5 m   | 1150 mm | 0,276 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 294  | Bjørnøy O/NSB   | 210 mm | 0,15 m  | 0,65 m  | 1450 mm | 0,3045 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 103  | Grennebakken    | 200 mm | 0,15 m  | 0,8 m   | 1750 mm | 0,35 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 79   | Fjerdingselvbua | 170 mm | 0,15 m  | 0,6 m   | 1350 mm | 0,2295 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 178  | Elverås         | 200 mm | 0,15 m  | 0,7 m   | 1550 mm | 0,31 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 484  | Gartland        | 200 mm | 0,15 m  | 0,65 m  | 1450 mm | 0,29 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 681  | Grythullet      | 200 mm | 0,15 m  | 0,65 m  | 1450 mm | 0,29 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 756  | Flåttabrua      | 200 mm | 0,15 m  | 0,5 m   | 1150 mm | 0,23 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 279  | Lia             | 180 mm | 0,15 m  | 0,675 m | 1500 mm | 0,27 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 449  | Grandbrua       | 300 mm | 0,15 m  | 0,55 m  | 1250 mm | 0,375 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 148  | Mørkvedbrua     | 200 mm | 0,15 m  | 0,5 m   | 1150 mm | 0,23 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 671  | Hasfjord        | 240 mm | 0,15 m  | 0,75 m  | 1650 mm | 0,396 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 881  | Strøm           | 170 mm | 0,15 m  | 0,65 m  | 1450 mm | 0,2465 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 822  | Strøm           | 200 mm | 0,15 m  | 0,65 m  | 1450 mm | 0,29 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 810  | Øvre Sona       | 220 mm | 0,15 m  | 0,65 m  | 1450 mm | 0,319 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 606  | Svarva          | 210 mm | 0,15 m  | 0,68 m  | 1510 mm | 0,3171 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 288  | Turifoss        | 190 mm | 0,15 m  | 0,975 m | 2100 mm | 0,399 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 814  | Flåttbrua       | 170 mm | 0,15 m  | 1,15 m  | 2450 mm | 0,4165 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 724  | Brennmo         | 150 mm | 0,15 m  | 1,6 m   | 3350 mm | 0,5025 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 493  | Hammer          | 200 mm | 0,15 m  | 0,98 m  | 2110 mm | 0,422 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 1224 | Fossmarka I     | 200 mm | 0,105 m | 0,62 m  | 1345 mm | 0,269 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 427  | Skjelbred       | 200 mm | 0,15 m  | 0,85 m  | 1850 mm | 0,37 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 751  | Draveng         | 200 mm | 0,15 m  | 1,35 m  | 2850 mm | 0,57 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 88   | Risbekken       | 170 mm | 0,12 m  | 1,1 m   | 2320 mm | 0,3944 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 225  | Hafstadbrua     | 170 mm | 0,15 m  | 1 m     | 2150 mm | 0,3655 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 1157 | Nylendbrua      | 170 mm | 0,15 m  | 1 m     | 2150 mm | 0,3655 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 1173 | Hopla           | 200 mm | 0,15 m  | 1,025 m | 2200 mm | 0,44 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 118  | Vaterholmen     | 160 mm | 0,15 m  | 0,6 m   | 1350 mm | 0,216 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 130  | Kvernbrua       | 160 mm | 0,15 m  | 1,1 m   | 2350 mm | 0,376 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 143  | Medbrua         | 200 mm | 0,15 m  | 0,87 m  | 1890 mm | 0,378 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 830  | Elstadelvbua    | 170 mm | 0,15 m  | 0,82 m  | 1790 mm | 0,3043 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 124  | Follafoss       | 200 mm | 0,15 m  | 0,8 m   | 1750 mm | 0,35 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 505  | Korsvoll        | 200 mm | 0,15 m  | 0,95 m  | 2050 mm | 0,41 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 610  | Fossli          | 190 mm | 0,15 m  | 0,97 m  | 2090 mm | 0,3971 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 935  | Sandmo          | 200 mm | 0,15 m  | 1,15 m  | 2450 mm | 0,49 mm <sup>2</sup>    |



|    |      |               |        |        |         |         |                         |
|----|------|---------------|--------|--------|---------|---------|-------------------------|
| 17 | 935  | Sandmo        | 200 mm | 0,15 m | 0,75 m  | 1650 mm | 0,33 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 863  | Fallet        | 170 mm | 0,15 m | 1 m     | 2150 mm | 0,3655 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 420  | Brusve        | 200 mm | 0,15 m | 0,7 m   | 1550 mm | 0,31 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 811  | Bruvold       | 190 mm | 0,15 m | 0,95 m  | 2050 mm | 0,3895 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 775  | Hammervatnet  | 200 mm | 0,15 m | 0,83 m  | 1810 mm | 0,362 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 1276 | Jørstad       | 200 mm | 0,15 m | 1 m     | 2150 mm | 0,43 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 133  | Ressem        | 170 mm | 0,15 m | 0,75 m  | 1650 mm | 0,2805 mm <sup>2</sup>  |
| 17 | 123  | Litlbrua      | 200 mm | 0,15 m | 0,5 m   | 1150 mm | 0,23 mm <sup>2</sup>    |
| 17 | 115  | Åttatjønnbrua | 235 mm | 0,15 m | 0,725 m | 1600 mm | 0,376 mm <sup>2</sup>   |
| 17 | 106  | Kvernbekk     | 235 mm | 0,15 m | 0,74 m  | 1630 mm | 0,38305 mm <sup>2</sup> |
| 17 | 832  | Åvassmarkbrua | 200 mm | 0,15 m | 1,45 m  | 3050 mm | 0,61 mm <sup>2</sup>    |



## Momentkapasitet samvirketverrsnitt

| Fylkesnr | Byggverksnr | Byggverksnavn       | MomentkapasitetMel | MomentkapasitetMpl | Momentkapasitet samv | M_samvirke / M_pl |
|----------|-------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
| 17       | 870         | Reinselelvbrua      | 2629,65 kNm        | 3012,7 kNm         | 4966,588 kNm         | 1,65              |
| 17       | 723         | Langsåvoll          | 1285,45 kNm        | 1442,9 kNm         | 2420,07 kNm          | 1,68              |
| 17       | 232         | Krogstadåen         | 1981,05 kNm        | 2256 kNm           | 3859,952 kNm         | 1,71              |
| 17       | 837         | Tylden              | 2629,65 kNm        | 3012,7 kNm         | 5191,813 kNm         | 1,72              |
| 17       | 61          | Finnfossbrua        | 2152,6 kNm         | 2453,4 kNm         | 4265,481 kNm         | 1,74              |
| 17       | 321         | Skjækerfoss II      | 1981,05 kNm        | 2256 kNm           | 3939,538 kNm         | 1,75              |
| 17       | 320         | Skjækerfoss I       | 1981,05 kNm        | 2256 kNm           | 3939,538 kNm         | 1,75              |
| 17       | 293         | Stordal             | 1273,7 kNm         | 1431,15 kNm        | 2527,206 kNm         | 1,77              |
| 17       | 652         | Fjellselv           | 2580,3 kNm         | 2956,3 kNm         | 5233,968 kNm         | 1,77              |
| 17       | 719         | Lilleå              | 542,85 kNm         | 601,6 kNm          | 1072,71 kNm          | 1,78              |
| 17       | 697         | Lenna               | 2183,15 kNm        | 2487,71 kNm        | 4436,347 kNm         | 1,78              |
| 17       | 676         | Bognbrua            | 2629,65 kNm        | 3012,7 kNm         | 5376,939 kNm         | 1,78              |
| 17       | 586         | Ringelv             | 1633,25 kNm        | 1845,69 kNm        | 3317,206 kNm         | 1,80              |
| 17       | 349         | Storfossen          | 3031,5 kNm         | 3492,1 kNm         | 6329,727 kNm         | 1,81              |
| 17       | 364         | Brekkvasselvbrua    | 2152,6 kNm         | 2453,4 kNm         | 4450,418 kNm         | 1,81              |
| 17       | 611         | Bogen               | 1466,4 kNm         | 1654,4 kNm         | 3001,858 kNm         | 1,81              |
| 17       | 613         | Grøndalselvbua      | 2629,65 kNm        | 3012,7 kNm         | 5473,747 kNm         | 1,82              |
| 17       | 732         | Gravå               | 1466,4 kNm         | 1654,4 kNm         | 3038,122 kNm         | 1,84              |
| 17       | 483         | Kruken              | 1125,65 kNm        | 1259,6 kNm         | 2358,052 kNm         | 1,87              |
| 17       | 845         | Hudningselvbua      | 2629,65 kNm        | 3012,7 kNm         | 5685,703 kNm         | 1,89              |
| 17       | 408         | Segtnan             | 1167,95 kNm        | 1316 kNm           | 2511,596 kNm         | 1,91              |
| 17       | 82          | Osbrua              | 1567,45 kNm        | 1776,6 kNm         | 3455,439 kNm         | 1,94              |
| 17       | 738         | Finnangerbrua       | 1273,7 kNm         | 1431,15 kNm        | 2818,219 kNm         | 1,97              |
| 17       | 893         | Østerelva           | 1724,9 kNm         | 1955,2 kNm         | 3856,431 kNm         | 1,97              |
| 17       | 672         | Teplingen           | 1466,4 kNm         | 1654,4 kNm         | 3263,839 kNm         | 1,97              |
| 17       | 210         | Vibrua              | 296,1 kNm          | 348,27 kNm         | 808,0819 kNm         | 2,32              |
| 17       | 689         | Søndre Myrset       | 1008,15 kNm        | 1132,7 kNm         | 2280,835 kNm         | 2,01              |
| 17       | 309         | Devikelv            | 547,55 kNm         | 606,77 kNm         | 1222,56 kNm          | 2,01              |
| 17       | 199         | Follafoss O/ Rørgt. | 1064,55 kNm        | 1203,2 kNm         | 2425,984 kNm         | 2,02              |
| 17       | 585         | Terskelbrua         | 1198,5 kNm         | 1353,6 kNm         | 2730,12 kNm          | 2,02              |
| 17       | 361         | Bratreit            | 1273,7 kNm         | 1431,15 kNm        | 2888,525 kNm         | 2,02              |
| 17       | 726         | Drogset Nedre       | 1064,55 kNm        | 1203,2 kNm         | 2505,028 kNm         | 2,08              |
| 17       | 1243        | Langtjønnebrua      | 1567,45 kNm        | 1776,6 kNm         | 3704,264 kNm         | 2,09              |
| 17       | 1092        | Møytla              | 1198,5 kNm         | 1353,6 kNm         | 2826,66 kNm          | 2,09              |
| 17       | 523         | Søre Fosserudbrua   | 768,45 kNm         | 860,1 kNm          | 1827,125 kNm         | 2,12              |
| 17       | 305         | Limingdammen        | 547,55 kNm         | 606,77 kNm         | 1297,67 kNm          | 2,14              |
| 17       | 526         | Nordre Fosserudbrua | 768,45 kNm         | 860,1 kNm          | 1856,433 kNm         | 2,16              |
| 17       | 666         | Vallervassbrua      | 498,2 kNm          | 550,84 kNm         | 1198,47 kNm          | 2,18              |
| 17       | 413         | Kjerknesbrua        | 770,8 kNm          | 859,63 kNm         | 1876,146 kNm         | 2,18              |
| 17       | 722         | Litlfundsjøbekk     | 542,85 kNm         | 601,6 kNm          | 1366,78 kNm          | 2,27              |

|    |      |                  |             |             |              |      |
|----|------|------------------|-------------|-------------|--------------|------|
| 17 | 860  | Raunos           | 975,25 kNm  | 925,9 kNm   | 2116,054 kNm | 2,29 |
| 17 | 824  | Gjersbekk        | 296,1 kNm   | 348,27 kNm  | 918,4759 kNm | 2,64 |
| 17 | 1065 | Husås            | 343,1 kNm   | 402,79 kNm  | 1117,903 kNm | 2,78 |
| 17 | 731  | Nordre Myrset    | 479,4 kNm   | 564 kNm     | 1380,58 kNm  | 2,45 |
| 17 | 306  | Hovdbekken       | 474,7 kNm   | 531,1 kNm   | 1263,633 kNm | 2,38 |
| 17 | 415  | Meådal           | 479,4 kNm   | 564 kNm     | 777,2571 kNm | 1,38 |
| 17 | 312  | Nyvikelvbrua     | 559,3 kNm   | 658 kNm     | 1826,01 kNm  | 2,78 |
| 17 | 1226 | Fossmarka II     | 646,25 kNm  | 761,4 kNm   | 1745,641 kNm | 2,29 |
| 17 | 73   | Litlåbrua        | 646,25 kNm  | 761,4 kNm   | 1750,461 kNm | 2,30 |
| 17 | 896  | Fossing          | 1494,6 kNm  | 1686,36 kNm | 2245,145 kNm | 1,33 |
| 17 | 608  | Vestre Hovdbrua  | 2152,6 kNm  | 2453,4 kNm  | 7366,644 kNm | 3,00 |
| 17 | 308  | Liminglielv      | 768,45 kNm  | 860,1 kNm   | 1058,665 kNm | 1,23 |
| 17 | 668  | Eidbrua          | 1417,05 kNm | 1645 kNm    | 2037,416 kNm | 1,24 |
| 17 | 582  | Storlunddammen   | 1494,6 kNm  | 1686,36 kNm | 2158,405 kNm | 1,28 |
| 17 | 486  | Selja            | 1494,6 kNm  | 1686,36 kNm | 2158,405 kNm | 1,28 |
| 17 | 370  | Funna I          | 1898,8 kNm  | 2156,36 kNm | 2810,374 kNm | 1,30 |
| 17 | 294  | Bjørnøy O/NSB    | 2152,6 kNm  | 2453,4 kNm  | 3214,766 kNm | 1,31 |
| 17 | 103  | Grennebakken     | 2152,6 kNm  | 2453,4 kNm  | 3214,79 kNm  | 1,31 |
| 17 | 79   | Fjerdingselvbrua | 2453,4 kNm  | 2810,6 kNm  | 3715,277 kNm | 1,32 |
| 17 | 178  | Elverås          | 2453,4 kNm  | 2810,6 kNm  | 3715,308 kNm | 1,32 |
| 17 | 484  | Gartland         | 2350 kNm    | 2684,17 kNm | 3553,022 kNm | 1,32 |
| 17 | 681  | Grythullet       | 2350 kNm    | 2684,17 kNm | 3553,022 kNm | 1,32 |
| 17 | 756  | Flåttabrua       | 2643,75 kNm | 3031,5 kNm  | 4028,969 kNm | 1,33 |
| 17 | 279  | Lia              | 2643,75 kNm | 3031,5 kNm  | 4029,017 kNm | 1,33 |
| 17 | 449  | Grandbrua        | 2629,65 kNm | 3012,7 kNm  | 4036,471 kNm | 1,34 |
| 17 | 148  | Mørkvedbrua      | 2695,45 kNm | 3092,6 kNm  | 4149,446 kNm | 1,34 |
| 17 | 671  | Hasfjord         | 3031,5 kNm  | 3492,1 kNm  | 4699,926 kNm | 1,35 |
| 17 | 881  | Strøm            | 3029,15 kNm | 3492,1 kNm  | 4699,927 kNm | 1,35 |
| 17 | 822  | Strøm            | 3029,15 kNm | 3492,1 kNm  | 4699,933 kNm | 1,35 |
| 17 | 810  | Øvre Sona        | 3029,15 kNm | 3492,1 kNm  | 4699,94 kNm  | 1,35 |
| 17 | 606  | Svarva           | 3031,5 kNm  | 3492,1 kNm  | 4699,944 kNm | 1,35 |
| 17 | 288  | Turifoss         | 3031,5 kNm  | 3492,1 kNm  | 4699,955 kNm | 1,35 |
| 17 | 814  | Flåttbrua        | 3029,15 kNm | 3492,1 kNm  | 4699,968 kNm | 1,35 |
| 17 | 724  | Brennmo          | 3029,15 kNm | 3492,1 kNm  | 4699,988 kNm | 1,35 |
| 17 | 493  | Hammer           | 2937,5 kNm  | 3308,8 kNm  | 4512,936 kNm | 1,36 |
| 17 | 1224 | Fossmarka I      | 646,25 kNm  | 761,4 kNm   | 1057,498 kNm | 1,39 |
| 17 | 427  | Skjelbred        | 3367,55 kNm | 3803,24 kNm | 5258,657 kNm | 1,38 |
| 17 | 751  | Draveng          | 3367,55 kNm | 3803,24 kNm | 5258,717 kNm | 1,38 |
| 17 | 88   | Risbekken        | 848,35 kNm  | 996,4 kNm   | 1973,34 kNm  | 1,98 |
| 17 | 225  | Hafstadbrua      | 2629,65 kNm | 3012,7 kNm  | 4851,897 kNm | 1,61 |
| 17 | 1157 | Nylendbrua       | 3031,5 kNm  | 3492,1 kNm  | 5639,954 kNm | 1,62 |
| 17 | 1173 | Hopla            | 3031,5 kNm  | 3492,1 kNm  | 5639,963 kNm | 1,62 |
| 17 | 118  | Vaterholmen      | 2453,4 kNm  | 2810,6 kNm  | 4545,766 kNm | 1,62 |
| 17 | 130  | Kvernbrua        | 2453,4 kNm  | 2810,6 kNm  | 4545,809 kNm | 1,62 |
| 17 | 143  | Medbrua          | 2834,1 kNm  | 3257,1 kNm  | 5283,333 kNm | 1,62 |
| 17 | 830  | Elstadelvbrua    | 1804,8 kNm  | 2044,5 kNm  | 3326,865 kNm | 1,63 |
| 17 | 124  | Follafoss        | 3031,5 kNm  | 3492,1 kNm  | 5733,93 kNm  | 1,64 |
| 17 | 505  | Korsvoll         | 2350 kNm    | 2684,17 kNm | 4429,349 kNm | 1,65 |
| 17 | 610  | Fossli           | 2629,65 kNm | 3012,7 kNm  | 5014,988 kNm | 1,66 |
| 17 | 935  | Sandmo           | 2580,3 kNm  | 2956,3 kNm  | 4925,937 kNm | 1,67 |

|    |      |              |             |            |              |      |
|----|------|--------------|-------------|------------|--------------|------|
| 17 | 935  | Sandmo       | 2643,75 kNm | 3031,5 kNm | 5058,656 kNm | 1,67 |
| 17 | 863  | Fallet       | 3029,15 kNm | 3492,1 kNm | 5827,954 kNm | 1,67 |
| 17 | 420  | Brusve       | 2695,45 kNm | 3092,6 kNm | 5195,216 kNm | 1,68 |
| 17 | 811  | Bruvold      | 2580,3 kNm  | 2956,3 kNm | 4969,506 kNm | 1,68 |
| 17 | 775  | Hammervatnet | 2580,3 kNm  | 2956,3 kNm | 5143,862 kNm | 1,74 |
| 17 | 1276 | Jørstad      | 2110,3 kNm  | 2401,7 kNm | 4199,197 kNm | 1,75 |
| 17 | 133  | Ressem       | 878,9 kNm   | 996,4 kNm  | 1771,882 kNm | 1,78 |
| 17 | 123  | Litlbrua     | 878,9 kNm   | 996,4 kNm  | 1826,369 kNm | 1,83 |