



CHALMERS



# Gång- och cykelbro över Hägernäs station

Konceptuell design och preliminär dimensionering

Kandidatarbete inom Samhällsbyggnadsteknik

Maria Blazevic

Wille Kristensson

Zayed Mahra

Oliver Pettersson

Algot Stålmarm

Linus Sundsten

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2025

[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



KANDIDATARBETE 2025

# Gång- och cykelbro över Hägernäs station

Konceptuell design och preliminär dimensionering

*Kandidatarbete i Samhällsbyggnadsteknik*

Maria Blazevic  
Wille Kristensson  
Zayed Mahra  
Oliver Pettersson  
Algot Stålar  
Linus Sundsten



**CHALMERS**

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2025



Gång- och cykelbro över Hägernäs station

*Kandidatarbete i Samhällsbyggnadsteknik*

Maria Blazevic  
Wille Kristensson  
Zayed Mahra  
Oliver Pettersson  
Algot Stålar  
Linus Sundsten

© Maria Blazevic, 2025  
© Wille Kristensson, 2025  
© Zayed Mahra, 2025  
© Oliver Pettersson, 2025  
© Algot Stålar, 2025  
© Linus Sundsten, 2025

Handledare: Samanta Robuschi, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik,  
Staffan Lindén och Marcus Davidsson, COWI

Examinator: Carlos Gil Berrocal, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Chalmers tekniska högskola, 2025

Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon: +46 31 772 1000



Gång- och cykelbro över Hägernäs station  
*Kandidatarbete i Samhällsbyggnadsteknik*

Maria Blazevic  
Wille Kristensson  
Zayed Mahra  
Oliver Pettersson  
Algot Stålar  
Linus Sundsten

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Chalmers tekniska högskola

## **Sammanfattning**

Detta kandidatarbete behandlar utvecklingen och dimensioneringen av en gång- och cykelbro över Hägernäs station i Täby kommun. Projektets syfte är att förbättra tillgängligheten och säkerheten för oskyddade trafikanter i samband med utbyggnaden av Roslagsbanan från enkelspår till dubbelspår.

Arbetet omfattar en konceptuell designprocess där olika brotyper och konstruktionsmaterial utvärderas utifrån tekniska, ekonomiska, estetiska och miljömässiga kriterier. Det slutgiltiga valet blev en balkbro i trä, baserat på dess lämplighet i relation till platsens förutsättningar, hållbarhetskrav och gestaltungsambitioner. Preliminära beräkningar av det valda brokonceptet genomförs med hjälp av MATLAB och CALFEM, med hänsyn till relevanta laster och normer.

Projektet belyser betydelsen av en integrerad designprocess där teknik, estetik, hållbarhet och produktion samverkar för att skapa en funktionell och långsiktigt hållbar infrastrukturlösning.

Nyckelord: Kandidatarbete, Gång- och cykelbro, Hägernäs station, Roslagsbanan, Preliminär dimensionering, Balkbro

Pedestrian and bicycle bridge over Hägernäs station  
*Bachelor's thesis in Civil Engineering*

Maria Blazevic  
Wille Kristensson  
Zayed Mahra  
Oliver Pettersson  
Algot Stålar  
Linus Sundsten

Department of Architecture and Civil Engineering  
Chalmers University of Technology

## **Abstract**

This bachelor's thesis explores the conceptual design and preliminary structural analysis of a pedestrian and bicycle bridge over Hägernäs station in Täby Municipality, Sweden. The project aims to enhance safety and accessibility for non-motorized traffic in conjunction with the planned upgrade of the Roslagsbanan railway to double track.

The design process includes an evaluation of various types of bridges and materials, considering technical, economic, environmental, and aesthetic aspects. A timber beam bridge was selected as the optimal solution, meeting both structural and contextual demands. Preliminary calculations were performed using MATLAB and CALFEM, with consideration given to applicable loads and design standards.

The thesis emphasizes the importance of an integrated design approach that balances functionality, sustainability, constructability, and visual integration in infrastructure projects.

Nyckelord: Bachelor's thesis, Pedestrian- and bicyclebridge, Roslagsbanan, Preliminary dimensioning, Beam bridge

# Innehåll

<b>Sammanfattning</b>	<b>III</b>
<b>Abstract</b>	<b>IV</b>
<b>Förord</b>	<b>VIII</b>
<b>Begreppslista</b>	<b>IX</b>
<b>1 Bakgrund</b>	<b>1</b>
1.1 Problembeskrivning . . . . .	1
1.2 Syfte . . . . .	1
1.3 Avgränsningar . . . . .	2
1.4 Metod . . . . .	2
<b>2 Förutsättningar</b>	<b>4</b>
2.1 Gestaltning och geografi . . . . .	4
2.2 Geoteknik . . . . .	5
2.3 Tekniska krav . . . . .	5
2.3.1 Laster att beakta . . . . .	5
2.3.2 Dimensioneringskrav . . . . .	6
2.4 Produktion . . . . .	7
<b>3 Konstruktionsmaterial</b>	<b>8</b>
3.1 Betong . . . . .	8
3.1.1 Egenskaper . . . . .	8
3.1.2 Hållbarhet och miljöpåverkan . . . . .	9
3.2 Stål . . . . .	9
3.2.1 Egenskaper . . . . .	10
3.2.2 Hållbarhet och miljöpåverkan . . . . .	10
3.3 Trä . . . . .	11
3.3.1 Egenskaper . . . . .	11
3.3.2 Hållbarhet och miljöpåverkan . . . . .	11
<b>4 Brotyper</b>	<b>12</b>
4.1 Bågverkansbroar . . . . .	12
4.1.1 Valvbro . . . . .	12
4.1.2 Bågbro . . . . .	13
4.2 Kabelburna broar . . . . .	14
4.2.1 Hängbro . . . . .	14
4.2.2 Snedkabelbro . . . . .	15
4.3 Balkverkansbroar . . . . .	16
4.3.1 Balkbro . . . . .	16
4.3.2 Plattbro . . . . .	17
4.4 Fackverksbro . . . . .	18

<b>5</b>	<b>Urvalsprocess</b>	<b>19</b>
5.1	Urvalskriterier . . . . .	19
5.2	Viktning . . . . .	20
5.3	Urval 1 . . . . .	20
5.4	Urval 2 . . . . .	21
5.5	Brokoncept . . . . .	23
<b>6</b>	<b>Dimensionering och beräkningar</b>	<b>24</b>
6.1	Systemmodell . . . . .	24
6.2	Lasteffekter . . . . .	25
6.2.1	Horisontella laster . . . . .	25
6.2.2	Vertikala laster . . . . .	25
6.3	Lastkombinationer . . . . .	26
6.4	Beräkningsprocess . . . . .	27
6.4.1	Moment och tvärkraftskapacitet . . . . .	27
6.4.2	Nedböjning . . . . .	28
<b>7</b>	<b>Beskrivning av slutgiltigt brokoncept</b>	<b>29</b>
7.1	Underbyggnad och grundläggning . . . . .	29
7.2	Överbyggnad . . . . .	30
7.3	Brodetaljer . . . . .	31
7.3.1	Förband och anslutning . . . . .	31
7.3.2	Räckessystem . . . . .	32
7.3.3	Lager . . . . .	33
7.4	Produktion . . . . .	33
7.4.1	Förberedelser och grundläggning . . . . .	33
7.4.2	Montage . . . . .	34
7.5	Underhåll och förvaltning . . . . .	34
7.5.1	Huvudinspektion . . . . .	35
7.5.2	Fortlöpande och översiktliga inspektioner . . . . .	35
7.5.3	Underhållsåtgärder . . . . .	35
<b>8</b>	<b>Resultat</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Diskussion</b>	<b>39</b>
<b>10</b>	<b>Slutsats</b>	<b>40</b>
	<b>Bilagor</b>	<b>44</b>
	<b>Bilaga 1: Modellbild</b>	<b>44</b>
	<b>Bilaga 2: MATLAB-kod för dimensionering av bron</b>	<b>44</b>



## **Förord**

Denna rapport är skriven av sex civilingenjörstudenter på programmet Samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och ses som det examinerande momentet till Kandidatprogrammet. Under arbetet har studenterna arbetat med ett verklighetsbaserat projekt vilket har varit mycket lärorikt.

Tidigare kunskaper från utbildningen har kompletterats med gästföreläsningar från personer inom branschen, handledare Samanta Robuschi samt handledning med COWI, stort tack till dem.

Göteborg, Maj 2025

Maria Blazevic  
Wille Kristensson  
Zayed Mahra  
Oliver Pettersson  
Algot Stålar  
Linus Sundsten

## Begreppslista

<b>Beräkningsmodell</b>	En förenklad bild av ett system för att förenkla beräkningar
<b>Beställare</b>	Aktör som initierar, finansierar och ansvarar över att ett bygg- eller anläggningsprojekt uppfyller uppsatta mål, krav och lagar
<b>CALFEM</b>	Ett programvarupaket med funktioner till MATLAB
<b>Detaljplan</b>	Kommunens regler för hur mark och byggnader får användas i ett visst område
<b>Dimensionering</b>	En process för att bestämma storlek på komponenter för att klara av ställda krav
<b>Dynamiska laster</b>	Laster som varierar över tid
<b>Eurocode</b>	Gemensamma europeiska standarder som används inom byggbranschen
<b>Frihöjd</b>	Minsta höjden med fritt utrymme under konstruktionen
<b>Förfrågningsunderlag</b>	Underlag framtaget av beställare inför upphandling för att beskriva krav, omfattning och villkor
<b>GC-bro</b>	Gång- och cykelbro
<b>Livslängd</b>	Tid som en konstruktion förväntas användas
<b>LCA</b>	Livscykelanalys
<b>MATLAB</b>	Ett programmeringsprogram som förenklar uträkningar
<b>MKB</b>	Miljökonsekvensbeskrivning
<b>SLS</b>	Står för <i>serviceability limit state</i> och avser bruksgränstillstånd
<b>Släntstabilitet</b>	Hur stabilt jordmaterialet är i lutningar
<b>Spännvidd</b>	Avstånd mellan två bärande stöd
<b>Systemmodell</b>	En modell som visar hur olika delar av en konstruktion samverkar
<b>Säkerhetsklass</b>	Anger nivå på säkerhet som en konstruktion kräver beroende på hur allvarliga konsekvenserna kan bli vid ett fel eller en olycka
<b>Sättning</b>	Markens deformation med tid efter belastning av exempelvis en konstruktion
<b>TRVK Bro</b>	Trafikverkets kravdokument för broar
<b>TDOK</b>	Trafikverkets databas för standarder och föreskrifter
<b>ULS</b>	Står för <i>ultimate limit state</i> och avser brottgränstillstånd

# 1 Bakgrund

I arbetet ska en gång och cykelbro (GC-bro) projekteras och dimensioneras över Hägernäs station belägen i Täby kommun. Roslagsbanan är en enspårig järnväg som knyter samman centrala Stockholm med dess nordöstra förorter och landsbygd. Banan ska byggas ut till en tvåspårig järnväg och det ska vara möjligt för GC-trafikanter i angränsande områden till tågplattformen att ta sig över tåggränsen, samt ta sig till plattformen på ett säkert sätt. Bron ska sträcka sig 74 meter med en fri höjd på 6,1 meter för att möjliggöra tågtrafikens framkomst. Vidare ska det finnas en förbindelse mellan bron och plattformen, i form av en hiss och en trappa.

Nordöst om Hägernäs station befinner sig ett koloniområde. En omdragning av den befintliga gång- och cykelvägen kommer leda till en avlastning från cykeltrafik i koloniområdet. Den nuvarande anslutningen och övergången kommer att rivas, vilket leder till att vägen för fotgängare och cyklister blir något längre om man har koloniområdet som mål.

## 1.1 Problembeskrivning

I dagsläget saknas en säker och effektiv passage över järnvägen för fotgängare och cyklister, vilket försvårar tillgängligheten till stationen och omgivande områden. En ny gång- och cykelbro behöver därför utformas för att förbättra framkomligheten och säkerheten, samtidigt som den ska integreras i den omgivande miljön och uppfylla tekniska krav på hållfasthet, produktions- och kostnadseffektivitet. Vid val av brotyp måste geotekniska förhållanden, byggtid, produktionskostnader samt produktionsförhållanden och underhållsbehov beaktas. Utmaningen ligger i att identifiera och utforma den mest lämpliga brokonstruktionen utifrån dessa faktorer för att möta både funktionella och estetiska krav.

## 1.2 Syfte

Arbetet syftar till att utveckla ett brokoncept för en GC-bro över Hägernäs station, belägen strax utanför Stockholm, dimensionerad med framtagna beräkningsmodeller. Bron ska förbättra framkomligheten över Roslagsbanan för gång- och cykeltrafikanter som kan uppmuntra fler personer att resa kollektivt.

### 1.3 Avgränsningar

Bron kommer ansluta till en hiss och en trappa för tillgång till perrongen. Ett preliminärt lösningsförslag kommer tas fram men kommer däremot inte dimensioneras. Ur ett geotekniskt perspektiv kommer det inte utföras några sättnings- och släntstabilitetsberäkningar. Istället kommer de geotekniska förhållandena tas i beaktande vid val av brotyp och grundläggningsmetod. Vidare kommer inga beräkningar utföras med hänsyn till termiska, dynamiska och vindlaster vid dimensionering av bron.

Miljöpåverkan kommer tas i beaktande vid materialval, val av brotyp och mängden underhåll som krävs. En livscykelanalys (LCA) på bron kommer inte utföras. De ekonomiska aspekterna kommer att granskas för bedömning av produktionskostnadernas rimlighet och hållbarhet. Detaljerade ekonomiska kalkyler kommer inte tas fram. Ingen hänsyn kommer tas till ljud och vibrationer.

### 1.4 Metod

Arbetet utfördes i tre olika delar. Under de fyra första veckorna bestod arbetet av litteraturstudier. Litteraturstudiernas syfte var att skapa en grund för den andra delen av arbetet där flera brokoncept togs fram. Under val av brokoncept delades arbetet upp i tre ansvarsområden: beställare och konstruktörer, produktion samt förvaltning, miljö och underhåll. Valet av brokoncept skedde med hänsyn till de tre ansvarsområdena.

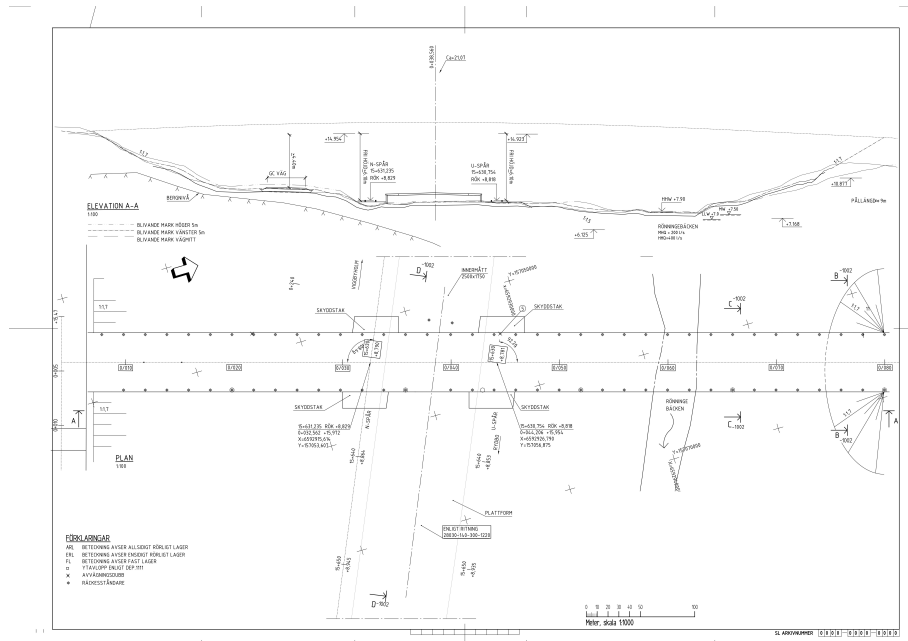
Beställare och konstruktörer hade en central roll i att identifiera risker och ta hänsyn till samhällets intressen vid val av brokoncept. De ansvarade även för att arbetsprocessen skulle bli så smidig och effektiv som möjligt. Produktion fokuserade på att föreslå lämpliga produktionsmetoder för det valda brokonceptet samt identifiera temporära konstruktioner, såsom byggställningar, för att säkerställa en trygg och effektiv byggprocess. Dessutom genomfördes en noggrann analys av potentiella risker under produktionen. Förvaltning, miljö och underhåll säkerställde bronns långsiktiga hållbarhet genom att fastställa nödvändiga inspektioner och underhållsåtgärder samt identifiera kritiska punkter med avseende på underhåll.

I den andra delen av arbetet skulle de olika ansvarsområdena sammanställa kriterier för att avgöra vilket koncept som är mest lämpligt. Den processen skedde i form av två urval. Vid det första urvalet valdes de tre mest lämpliga brotyperna ut, som sedan jämfördes i olika material under det andra urvalet. Koncepten utvärderades utifrån förutsättningar, lämplighet och de krav som ställts. Därefter valdes det mest lämpliga brokonceptet och en systemmodell togs fram för systemberäkning.

I den tredje delen av arbetet gjordes en preliminär dimensionering och beräkningar på systemmodellen av det valda brokonceptet. Vidare gjordes även en presentationsmodell för att representera bron i sitt landskap. Beräkningarna av systemmodellen utfördes med hjälp av MATLAB och CALFEM.

## 2 Förutsättningar

För att utveckla ett genomtänkt brokoncept är det avgörande att beakta platsens specifika förutsättningar och krav. Detta kapitel redogör de faktorer som påverkar utformningen av bron, med utgångspunkt i underlagsmaterial från COWI samt Täby kommuns detaljplan för Roslagsbanan från 2014, se figur 2.1. Nedanstående aspekter kommer att ligga till grund för urvalet av brokoncept samt material.



Figur 2.1: Plan- och sektionsritning på området från uppdragsgivare COWI. Sektionsritningen ligger överst och planritning nederst.

### 2.1 Gestaltning och geografi

Enligt planbeskrivningen ska gång- och cykelbron vid Hägernäs station ges en tunn och luftig utformning för att smälta in i den omgivande miljön (Täby kommun, 2014). Brons räck och övriga stålkonstruktioner bör ha en diskret och återhållsam färgsättning som harmoniserar med platsens karaktär. Vid bedömningen av detaljplanen konstateras att bron inte medför någon risk för betydande miljöpåverkan, vilket innebär att ingen miljökonsekvensbeskrivning (MKB) har ansetts nödvändig.

## 2.2 Geoteknik

Jordlagren består av torrskorpelera, lera, friktionsmaterial och berg enligt förfrågningsunderlaget från COWI. Torrskorpan bedöms vara 72 cm tjock följt av ett 150 cm tjockt lager lera. Bergets nivå är kartlagd från den södra sidan fram till perrongens mittdel. Norr om perrongen saknas data över bergsnivån, däremot är längden på pålarna utskrivna vid bronns norra ände. Pålängden är angiven till 9 meter och antas gå ner till berget, således kan berget antas börja på 9 meters djup vid den norra änden. Där berget slutar under perrongen, se figur 1, antas bergets lutning vara konstant upp till den norra änden. Med det antagandet bedöms friktionsmaterialets lager variera i sektionen. Det antas vara det enda materialet mellan leran och berget vilket ger upphov till att det kommer variera i tjocklek.

## 2.3 Tekniska krav

I detta avsnitt behandlas de konstruktionstekniska förutsättningar och krav som måste beaktas vid dimensioneringen av en bro. Varje brokonstruktion är unik och utsätts för olika typer av laster, vilket innebär att det finns specifika dimensioneringskrav för varje enskilt broprojekt.

Inledningsvis presenteras de laster som den aktuella GC-bron i projektet utsätts för, för att ge en grundläggande förståelse för de påfrestningar som konstruktionen behöver kunna hantera. Därefter följer en genomgång av dimensioneringskraven baserade på COWIs ritningar och regelverk, vilket är avgörande för att säkerställa att brokonstruktionen uppfyller alla tekniska- och säkerhetskrav.

### 2.3.1 Laster att beakta

Laster som beaktas vid dimensionering av konstruktionen är egenvikt och variabla laster. Egenvikten omfattar konstruktionens egentyngd, samt övriga brodetaljer och fasta installationer. De variabla lasterna inkluderar GC-last samt last från servicefordon, vilket påverkar konstruktionen under dess livslängd (J. Leppänen, personlig kommunikation, 6 Mars, 2025). GC-lasten är belastningen av fotgängare och cyklister. Denna last varierar beroende på antalet användare och deras rörelsemönster, vilket måste beaktas vid dimensioneringen för att säkerställa tillräcklig bärförmåga och komfort. Utöver GC-laster är det även nödvändigt att dimensionera bron för att klara vikten av ett servicefordon, främst avsett för underhåll. Temperaturförändringar kan orsaka materialexpansion eller krympning, vilket skapar spänningar och deformationer som måste hanteras i konstruktionen. Detta kräver en konstruktionsutformning som tillåter nödvändig rörlighet utan att skapa oönskade påfrestningar.

### 2.3.2 Dimensioneringskrav

GC-bron har särskilda krav på livslängd, säkerhetsklass, geometri och beständighet. Enligt figur 1 ska bron designas med en frihöjd på 6,1 meter, brolängd på 74 meter och bredd om 5 meter. Konstruktionshöjden begränsas till 760 mm, vilket har lästs ut i förfrågningsunderlaget från COWI. Utöver detta förväntas ett räckessystem väljas som uppfyller Trafikverkets säkerhetskrav.

GC-bron kommer att passera över en tågplattform och järnvägsspår. Det innebär en betydligt ökad risk för allvarliga personskador vid ett eventuellt konstruktionsfel eller olycka. Enligt Boverkets föreskrifter bör sådana konstruktioner byggas efter säkerhetsklass 3 (Boverket, 2011).

Säkerhetsklass 3 ställer de högsta kraven på konstruktionssäkerhet (Boverket, 2011). För en bro över en tågplattform och järnväg krävs därför att samtliga bärande delar, såsom balkar, pelare och stabiliserande element, noggrant dimensioneras och utförs med största precision för att minimera risken för kollaps. Detta omfattar genomtänkt val av material, noggrant utförda kvalitetskontroller och regelbundna inspektioner för att säkerställa att konstruktionen uppfyller de strikta krav som säkerhetsklass 3 medför.

Vidare förväntas bron projekteras för en livslängd på 80 år. Det ställer krav på att projekteringen tar hänsyn till underhåll och förvaltning redan i det tidiga projekteringskedet. Beroende på materialval kan olika underhållsåtgärder förväntas. Bron ska vara åtkomlig för underhåll och förvaltning.

## 2.4 Produktion

Vid projektering av broar är det viktigt att ta hänsyn till byggtiden eftersom produktionen kan medföra störningar i verksamheter som redan finns på plats. I detta fall är det väldigt viktigt då det redan existerande spåret är mycket trafikerat. Genom att välja produktionsmetoder som har kort byggtid kan trafikstörningar på tågtrafiken minimeras.

Platsen som bron förväntas byggas på, ligger som tidigare nämnt i ett skogsparti utanför ett villaområde där bron sträcker sig över en järnväg. Utöver järnvägen går bron också ovanför Rönningebäcken samt en gång- och cykelväg, vilket medför en del produktionstekniska svårigheter. Vid val av brotyp kommer det vara viktigt att ta hänsyn till vilka produktionstekniska förutsättningar som finns. Det är viktigt att undersöka vilka tillfälliga konstruktioner som krävs för det valda brokonceptet och undersöka om dessa är möjliga på platsen bron ska byggas. Det behövs även undersökas om de maskiner som krävs kan ta sig fram och om inte hur detta löses. Möjliga lösningar är att bron kan lyftas på plats med en större kran eller så finns det möjlighet att exempelvis bygga tillfälliga vägar för att inte störa trafikanter.

Söderifrån är det 30 meter från brofäste till första spåret samtidigt som det är 35 meter från andra spåret till det norra brofästet. Vidare ligger GC-vägen och bäcken på olika avstånd från både spår och brofäste på varje sida vilket behöver beaktas vid placering av stöd.

Rönningebäcken rinner ut från Rönningesjön i väst och slingrar sig sedan en bit längs med Roslagsbanan för att sedan mynna ut till Östersjön (Täby kommun, 2014). Längs med denna sträcka ligger järnvägen på flertalet ställen väldigt lågt i jämförelse med bäcken och det finns risk för översvämning upp på spåret vid stora vattenmängder. Med framtidens fortsatta klimatförändringar och mer planerade hårdytor kring Hägernäs station ökar risken för översvämningar och stående vatten. Detta kan leda till olyckor och det är därför inte rimligt att bygga ett brostöd i Rönningebäcken.

### **3 Konstruktionsmaterial**

De främsta konstruktionsmaterialen som används idag inom brokonstruktion är betong, stål och trä. För att kunna välja det mest lämpliga brokonceptet är det avgörande att ha god kunskap om materialens egenskaper samt deras fördelar och nackdelar. Ett välgrundat materialval har stor inverkan på brons livslängd, konstruktionens ekonomi, visuella utformning, underhålls krav och klimatavtryck.

#### **3.1 Betong**

Betong är ett av världens mest använda byggmaterial och spelar en central roll inom anläggningskonstruktioner som broar, vägar, byggnader och dammar. Dess popularitet grundar sig på en kombination av hög hållbarhet, utmärkt formbarhet och kostnadseffektivitet, vilket gör det till ett optimalt val för både små och storskaliga byggprojekt.

##### **3.1.1 Egenskaper**

Den främsta egenskapen hos härdad betong är att dess draghållfasthet är avsevärt lägre än dess tryckhållfasthet (Al-Emrani et al., 2013). Normalt utgör draghållfastheten endast omkring en tiondel av tryckhållfastheten. När ett betongelement utsätts för belastning kan dragpåkänningar från belastningen orsaka sprickbildning redan vid relativt låga belastningsnivåer.

För att bevara kraftjämvikt i betongen även efter sprickbildning förstärker man det vanligtvis med armering (Al-Emrani et al., 2013). Armeringen är oftast ingjutna armeringsstänger av stål. Syftet med armeringen är att ta upp dragkrafterna som uppstår i betongen vid sprickbildning i dragzonerna. Ett sprucket armerat betongelement har därför högre hållfasthet och stabilitet än ett sprucket oarmerat element.

För att bibehålla en lång livslängd hos betongen och minimera underhållsarbete samt kostnader eftertraktas en god beständighet hos betongen (Al-Emrani et al., 2013). En god beständighet uppnås genom att betongblandning, utformning och utförande väljs noggrant och varsamt beroende på de krav som ställs, samt miljön som betongen förväntas byggas i. Vanliga nedbrytande processer som påverkar betongen är kloridinträngning, karbonatisering och frostsprängning (Fagerlund, 1992).

Armeringsstål i betong är normalt skyddat av betongens höga alkalinitet, men detta skydd kan brytas ner genom karbonatisering eller kloridinträngning (Fagerlund, 1992). Karbonatisering sker när koldioxid tränger in i betongen och sänker pH-värdet, vilket gör att det passiva skyddet på stålet försvinner. Klorider från vägsalt eller havsvatten kan orsaka groppfrätning på armeringen. Korrosion kräver både fukt och syre. Den produktbildning som expanderar från korrosionsytan kan orsaka sprickbildning och skador på betongens ytskikt. Vid frostsprängning fryser vattnet i betongens porer och skapar ett inre tryck som kan orsaka sprickbildning eller direkt nedbrytning.

### **3.1.2 Hållbarhet och miljöpåverkan**

Betong är ett hållbart material för konstruktioner främst på grund av sin långa livslängd, låga underhållsbehov och höga hållfasthet, vilket säkerställer stabila och pålitliga infrastrukturer (Svensk Betong, u.å.). Betong blir ett ekonomiskt fördelaktigt val, eftersom de initiala byggkostnaderna är relativt låga samtidigt som underhålls- och driftkostnaderna förblir låga genom hela konstruktionens livslängd. Det kan däremot vara dyrare vid produktionen av en konstruktion i betong, då formarbete, armering och härdningstid kan medföra högre arbetskrafts- och tidskostnader. Miljömässigt utgör cementproduktionen en utmaning på grund av höga koldioxidutsläpp. För att minska denna påverkan pågår idag omfattande forskning kring mer miljövänliga alternativ, som exempelvis slaggbaserad cement (CEM III) (Al-Taher & Ahmad, 2023). För att fullt ut dra nytta av betongens hållbara egenskaper krävs dock regelbundet underhåll och noggranna inspektioner, dock mindre i jämförelse med andra material, som säkerställer konstruktionens funktionalitet och förlänger dess livslängd. Ett välplanerat underhåll minskar dessutom risken för större skador som kräver resurskrävande reparationer, vilket bidrar till att hålla den totala miljöpåverkan på en låg nivå.

## **3.2 Stål**

Stål är en legering som huvudsakligen består av järn och mindre än två procent kol. Är kolhalten över två procent kallas det gjutjärn, tackjärn eller råjärn (Nationalencyklopedin, u.å.-a). Kolhalten styr hållfastheten för stålet som således går att anpassa efter behov, en högre kolhalt ger en högre hållfasthet och en mindre formbarhet (Al-Emrani m.fl., 2013). Vidare kan det tillsättas olika legeringsämnen som ger upphov till olika egenskaper vilket gör stål till ett mycket användbart material (Nationalencyklopedin, u.å.-a).

### **3.2.1 Egenskaper**

Stål är ett av de mest använda materialen för brokonstruktioner på grund av dess hållfasthet och flexibilitet (Al-Emrani m.fl., 2013). Det har hög draghållfasthet, vilket gör det idealiskt för konstruktioner som utsätts för stora belastningar och dynamiska krafter. Stål har högre hållfasthet både i tryck och drag jämfört med trä och betong. Då stål är starkt i förhållande till sin vikt lämpar det sig bra för långa spännvidder och slankare konstruktioner. Stål lämpar sig väl för förtillverkning, där standardiserade och måttnoggranna komponenter tillverkas i verkstad och monteras på plats, vilket möjliggör en effektiv industriell produktion.

### **3.2.2 Hållbarhet och miljöpåverkan**

Stål är ett material som är känsligt för korrosion. Vid en relativ luftfuktighet över 60 procent börjar korrosionsprocessen vilket betyder att stål ej rostar inomhus eller i torra miljöer (Stålbyggnadsinstitutet, u.å.-a). För att öka beständigheten kan stålet målas med rostskyddande färg, vilket är vanligt förekommande. Det är en väsentlig behandling för att bibehålla konstruktionens tänkta livslängd men leder till en ökad underhållskostnad. Alternativet är rostfritt stål där krom tillsätts och ger korrosionsskydd vid en kromhalt på över 10,5 procent. Det är däremot dyrare än ej rostfritt stål men kräver mindre underhåll (Stålbyggnadsinstitutet, u.å.-b).

Stålproduktion medför betydande koldioxidutsläpp, främst på grund av användningen av kol för att reducera järnmalm till järn (Fossilfritt Sverige, u.å.). Denna process står för cirka 85 procent av stålindustrins koldioxidutsläpp. Däremot har stål en lång livslängd på grund av att det kan återanvändas och återvinnas utan att förlora sina egenskaper (SSAB, u.å.).

### 3.3 Trä

Trä är ett lätt byggnadsmaterial och har i jämförelse med stål och betong hög hållfasthet i förhållande till sin vikt (Al-Emrani m.fl., 2013). Materialets låga vikt är fördelaktig vid transporter men även under produktionsstadiet. Det krävs således färre transporter, mindre grundläggningsarbeten och ett lägre antal stora maskiner på plats vid byggnation vilket sparar pengar.

#### 3.3.1 Egenskaper

Som byggnadsmaterial finns trä idag i två varianter, konstruktionsvirke och limträ (Al-Emrani m.fl., 2013). Konstruktionsvirke eller sågat virke delas först upp efter hållfasthetsklass och längd för att sedan sågas ut till önskad dimension direkt från trästockar. Limträ är istället ett fabrikat bestående av hoplimmade trälameller. För att hålla nere kostnaderna används höghållfast trä i de yttersta lamellerna eftersom de bär majoriteten av momenten och trä med lägre hållfasthet i mitten. Trä är ett anisotrop material vilket innebär att det har olika hållfasthet beroende på belastningsriktning. För en del träsorter är draghållfastheten enbart 1/30 vinkelrätt fiberriktningen jämfört med parallellt och tryckhållfastheten i fiberriktningen är ungefär hälften av vad den är vinkelrätt (Nationalencyklopedin, u.å.-b). På grund av detta är det viktigt att hålla koll på i vilken riktning träet bär i och bygga utefter det. Även fuktkvot spelar en stor roll i träets hållfasthet, högre fuktkvot ger lägre hållfasthet etcetera.

#### 3.3.2 Hållbarhet och miljöpåverkan

Trä är ett organiskt material som är benäget till biologisk nedbrytning. Trä som ruttnar, angrepp av mikroorganismer samt svampar är olika sätt träet bryts ned på vilket är problematiskt gällande beständigheten (Nationalencyklopedin, u.å.-c). Bakomliggande orsaken till dessa problem är fukt. Fukten får träet att ruttna och får organismerna att överleva och utvecklas. För att säkerställa träets beständighet är det därför viktigt att hålla fuktkvoten under 20 procent. Genom att leda bort vatten och se till att luft kan cirkulera runt konstruktionen minskar man risken för fukten att tränga sig in i träet. Kontinuerligt underhållsarbete med ytbehandling såsom impregnering är ett annat sätt för att skydda trä mot nedbrytning. Om detta genomförs kan en träkonstruktions livslängd nå 80 år (P. Mollberg, personlig kommunikation, 10 februari, 2025) . En annan nackdel med träkonstruktioner är risken för brand. Sett till miljöpåverkan ses trä som ett miljövänligt alternativ då koldioxid från luften binds till växande träd genom fotosyntesen. Koldioxiden är sedan lagrat i trädet under hela livslängden även när det blivit en träprodukt (Svenskt trä, u.å.). Trä kan även i sin slutfas användas som biobränsle som alternativ för fossila bränslen, vilket också har en klimatfördel.

## 4 Brotyper

I detta kapitel redogörs relevanta brotyper inför urvalsprocessen.

### 4.1 Bågverkansbroar

Bågverksbroar är en kategori av broar som kännetecknas av sin bågformade konstruktion, vilken effektivt omfördelar laster och ger hög hållfasthet. Dessa broar har använts i olika former i årtusenden och finns idag i både moderna och historiska varianter. Under denna kategori ryms bågbroar och valvbroar.

#### 4.1.1 Valvbro

En valvbro består av ett eller flera valv konstruerade av sten eller armerad/oarmerad betong. Valvet omges av fyllnadsmaterial vilket bidrar till en effektiv fördelning av lasterna, se figur 4.1. Fyllningsmaterialet bidrar till att skapa tryckkrafter i primärbärningen genom valvet ner till brofästena i marken. Detta stärker brons hållfasthet och stabilitet (Al-Ayish, Laurell Lyne, & During, 2020).

Valvbroar har dessutom en exceptionellt lång livslängd och det finns broar som har stått i över 2000 år tack vare sin konstruktion och materialvalet. Historiska valvbroar som de romerska visar att rätt konstruktion och materialval kan ge en extremt lång livslängd på bron (Broar, u.å.-a).



Figur 4.1: Illustration av valvbro i sten. Genererad av OpenAI.

#### 4.1.2 Bågbro

Bågbroar består av en bågformad konstruktion som omfördelar vertikala belastningar, såsom egenvikt och trafiklast, till horisontella tryckkrafter som leds längs bågens kurvatur och vidare till landfästena där krafterna överförs till marken. Bågbroar är särskilt lämpliga för längre spännvidder på grund av denna effektiva kraftöverföring (Broar, u.å.-b). Bågbroar är vanligen byggda i stål eller betong, men träkonstruktioner förekommer också. Bågen kan antingen placeras över brobanan, som i figur 4.2 nedan, eller under brobanan beroende på designkrav. När brobanan hängs upp under bågen används vertikala hängare av stål eller andra material med hög hållfasthet. En utmaning med bågbroar är att de horisontella krafterna som uppstår i bågen kräver kraftiga landfästen och stabil mark, vilket kan begränsa användningen i vissa områden. Dessutom innebär den komplexa formen att konstruktionen kan bli mer kostsam att bygga och underhålla jämfört med enklare brotyper. Trots detta är bågbroar uppskattade för sin estetiska design och förmåga att effektivt hantera stora spännvidder, vilket gör dem till ett populärt val i landskap där både funktion och form är viktiga.



Figur 4.2: Illustration av bågbro med överliggande båge. Genererad av OpenAI.

## 4.2 Kabelburna broar

Kabelburna broar är en brotyp där kablar spelar en central roll i konstruktionen och bärförmågan. De två vanligaste varianterna är hängbroar och snedkabelbroar, som båda möjliggör långa spann och eleganta, hållfasta konstruktioner.

### 4.2.1 Hängbro

En hängbro är en brotyp där huvudlasten bärs av vertikala kablar eller stag som är upphängda i huvudkablar. Dessa huvudkablar löper mellan två eller flera pyloner och fäster i marken i var sin sida av bron, se figur 4.3 nedan. Hängbroar är en av de mest lämpliga brotyperna för att täcka stora avstånd, ofta över vatten eller djupa dalar. De kan ha spann på flera kilometer, vilket gör dem ideala för stora trafikleder. Då en hängbro kräver färre pelare än exempelvis en balkbro är de lämpliga för djupa eller strömma vattendrag. En hängbro innebär höga pyloner och kommer därmed vara svår att föra samman med landskapet rent estetiskt. En hängbro kommer även att innebära höga byggkostnader jämfört med andra alternativ (Lindvall, 2016).



*Figur 4.3: Illustration som visar en hängbro med 2 pyloner. Genererad av OpenAI.*

#### 4.2.2 Snedkabelbro

Snedkabelbroar bär lasten med kablar, likt hängbroar. Det som skiljer dem åt är att kablarna är fästa i brobanan och förankrade i pylonerna, istället för i marken, se figur 4.4 nedan. Som följd ger kablarna upphov till horisontella laster i brobanan vilket behöver tas i beaktande vid dimensionering. Vidare förspänns brobanan av de sneda kablarna vilket ökar bärförmågan (Nationalencyklopedin, u.å.-c). Pylonerna behöver vara höga vilket leder till samma problematik som för hängbroar, bekymmer att passa in med omgivningen.



*Figur 4.4: Illustration som visar en snedkabelbro med 4 pyloner. Genererad av OpenAI.*

### 4.3 Balkverkansbroar

Balkverkansbroar bär last genom balkverkan, vilket innebär att det bildas ett kraftpar som ger upphov till ett moment (Nationalencyklopedin, u.å.-d). Kraftparet består av en tryckkraft i överkant av tvärsnittet och en dragkraft i underkant. De vanligaste balkverkansbroarna är balkbro och plattbro.

#### 4.3.1 Balkbro

En balkbro bärs upp av en eller flera balkar upplagda antingen fritt eller kontinuerligt över stöd. Tvärsektionen består av bärande balkar som primärbärning, en tunnare tvärspänd platta eller tvärgående balkar för att fördela ner last från farbana till balkar, samt en farbana av slitplank eller liknande material, se figur 4.5. Balkar i stål, trä och betong är alla vanliga material för denna brotyp där balkarnas dimensioner utgår från att bredden är avsevärt mindre än höjden (Skogskunskap, 2024). Fördelen med balkbroar är den att de har förhållandevis låga produktionskostnader och är lätta att installera. Balkbroar används ofta vid kortare spännvidder.



Figur 4.5: Illustrationen visar en karakteristisk balkbro. Genererad av OpenAI.

### 4.3.2 Plattbro

Plattbroar bär likt balkbroar upp lasten genom balkverkan men istället för bärande balkar bärs lasten av en större platta, se figur 4.6. Den tillverkas vanligast i betong eller trä. Denna typ av bro är fördelaktig när en lägre brohöjd vill uppnås eftersom höjden på bärverket är betydligt mindre än bredden (Skogskunskap, 2024). Precis som balkbroar används plattbroar ofta vid kortare spännvidder.



*Figur 4.6: Illustrationen visar en karakteristisk plattbro. Genererad av OpenAI.*

#### 4.4 Fackverksbro

Fackverksbroar består av sammanfogade stänger som genom flera knutpunkter bildar ett gallerverk av bärande balkar, se figur 4.7. Fackverksbroar är vanligtvis byggda i stål men träkonstruktioner är också förekommande. Detta då de ofta är självbärande, alltså bär sin egen vikt utan extra stöd utifrån. Då en fackverkskonstruktion huvudsakligen bär laster i enbart tryck och drag kan den uppnå en högre styvhet med en lägre materialåtgång jämfört med andra brotyper. På grund av brons utformning så kan den uppfattas mindre estetiskt tilltalande och passar inte in i alla miljöer. Då en fackverksbro består av flera sammanfogade stänger kommer många knutpunkter med hög känslighet för korrosion och utmattning uppstå. Detta kommer att leda till höga långsiktiga kostnader då inspektioner och underhåll kommer att vara nödvändigt flera gånger under brons livslängd (Rozwadowski & Krysell, 2017).



*Figur 4.7: Illustrationen visar en fackverksbro i stål. Genererad av OpenAI.*

## 5 Urvalsprocess

Kapitlet redogör det slutliga brovalet. Först presenteras kriterierna följt av ett preliminärt urval av en brotyp. Brotypen utvärderas och jämförs i olika material innan det slutliga valet av brokoncept görs.

### 5.1 Urvalskriterier

I syfte att kunna jämföra de olika brotyperna valdes sju olika kriterier ut som anses vara mest relevanta och presenteras nedan:

- **Grundläggning**

Grundläggningen är ett viktigt kriterium att beakta, i och med att markförhållandena vid Hägernäs station varierar. Det är viktigt för bron att ha en stabil grund som kan hantera sättningar och säkerställa stabilitet. De olika brotyperna ställer olika krav på grundläggningen, exempelvis beroende på deras tyngd. Lättare broar har lägre egenvikt och har därmed lägre risk för sättningar.

- **Estetik och gestaltning**

I detaljplanen uttrycker Täby kommun att bron ska vara lätt och luftig. Den ska passa in i omgivningen och inte ta upp för mycket plats. Med andra ord ska det vara en balans mellan bron och miljön omkring.

- **Byggtid och produktion**

På grund av att bron går över en järnväg är tågtrafiken ett hinder för produktionen. Det går inte att undvika tågstopp under byggskedet och på så vis behöver produktionen vara så effektiv som möjligt.

- **Kostnad**

Kostnaden för produktion och underhåll ska vara så låg som möjligt. En hög investeringskostnad kan däremot leda till mindre underhållskostnader och vice versa.

- **Miljöpåverkan**

Brons miljöpåverkan ska vara så liten som möjligt under dess livslängd. Materialet ska användas så effektivt som möjligt, rätt material på rätt plats, för att göra minimera mängden material som behöver ersättas under hela livscykeln.

- **Förvaltning och underhåll**

Det är kostsamt med en bro som kräver mycket underhållsarbete. Underhåll går inte att undkomma och järnvägen är en begränsande faktor. Det ska vara så få underhåll som möjligt under bronns livslängd och underhållen ska gå fort att genomföra. Detsamma gäller för inspektioner av bron, där ingående delar ska vara synliga och lättåtkomliga. På grund av järnvägsspår under bron är säkerheten särskilt viktig.

## 5.2 Viktning

För att kunna komma fram till vilka brotyper och koncept som är lämpligast har kriterierna viktats utifrån hur väsentliga de är i detta projekt. I tabell 5.1 framgår det hur urvalskriterierna har viktats. Siffran 1 innebär att kriteriet till vänster är av mindre betydelse i jämförelse med kriteriet överst i tabellen. Siffran 2 betyder att båda kriterier är lika viktiga och siffran 3 att kriteriet till vänster är viktigare än kriteriet det jämförs mot.

Tabell 5.1: Viktning av kriterierna i urvalsprocessen.

Kriterium	1	2	3	4	5	6	7	Poäng	Viktning [%]
1 Grundläggning		2	1	1	2	1	1	8	9,52
2 Estetik/gestaltning	2		1	2	2	2	1	10	11,90
3 Byggtid och produktion	3	3		3	3	2	2	16	19,05
4 Kostnad	3	2	1		2	2	1	11	13,10
5 Miljöpåverkan	2	2	1	2		2	1	10	11,90
6 Förvaltning och underhåll	3	2	2	2	2		2	13	15,48
7 Arbetsmiljö och säkerhet	3	3	2	3	3	2		16	19,05
Summa								84	100,000

## 5.3 Urval 1

I detta avsnitt behandlas det första urvalet för att identifiera den mest lämpliga brotypen för projektet. De utvärderas utifrån de kriterier som är definierande i avsnitt 5.1. Därefter presenteras de brotyper som går vidare i urvalsprocessen och motivering bakom urvalet.

- **Valvbro**

Valvbroar används vid kortare spännvidder och är tunga konstruktioner. De är även svåra att prefabricera vilket kommer innebära längre stopp i tågtrafiken, därför anses inte denna lämplig för projektet.

- **Bågbro**

Med sin tilltalande utformning och effektiva kraftöverföring är idag bågbroar ett rimligt alternativ till de flesta situationer. För att bygga en bågbro behövs bra grundläggningsförhållanden som klarar av de stora tryckkrafterna som förs ner genom bågen till stöden. Dessa förhållanden finns vid Hägernäs station och gör bågbron till ett rimligt alternativ.

- **Hängbro**

En hängbro må vara estetiskt lätt och luftig men de används vid längre spännvidder där man ej kan eller vill ha stöd i spannet. I detta fall ska det finnas ett stöd vid perrongen och en hängbro blir inte ekonomiskt hållbar för denna korta spännvidd om man jämför med andra brotyper.

- **Snedkabelbro**

Snedkabelbron är likt hängbron optimerad för större spännvidder både ekonomiskt och sett till lasterna. Pylonerna bildar tillsammans med kablarna en igenkännbar siluett som ej bedöms lätt och luftig samtidigt som alla kablar bidrar med en ökad mängd underhåll till bron. På grund av detta bedöms snedkabelbron som en ej lämplig brotyp.

- **Balkbro**

Balkbron är bland de enklaste och mest kostnadseffektiva broarna. Detta gör den till ett av de bättre valen av brotyper för detta projekt. Konstruktionen består av horisontella balkar som vilar på stöd, vilket gör det enkelt att producera och sätta ihop. Denna brotyp har relativt låga produktionskostnader och kräver mindre avancerad grundläggning jämfört med exempelvis bågbroar. Dess enkla design gör att den kan byggas snabbt, vilket är en fördel vid platser med järnvägstrafik. Nackdelen är däremot att balkbroar ofta har en mer avskalad estetik och kan kräva extra åtgärder för att smälta in i omgivningen.

- **Plattbro**

Plattbroar är precis som balkbroar enkla och kostnadseffektiva. Det är även möjligt att hålla konstruktionshöjden låg vilket kan vara viktigt när det finns krav på fri höjd. Därför anses plattbro som ett möjligt koncept för projektet. Likt balkbroar är plattbroar estetiskt avskalade.

- **Fackverksbro**

Fackverksbroar används främst för tågtrafik och kräver mycket underhåll. På grund av järnvägen som går nedanför kräver bron så lite underhåll som möjligt och en fackverksbro anses därför inte som en rimlig brotyp.

## 5.4 Urval 2

I det första urvalet framgår det att balkbro, bågbro och plattbro är de tre mest lämpade brotyperna för Hägernäs station. I urval 2 tas åtta brokoncept fram och urvalsprocessen upprepas. Plattbro i stål utesluts ur urvalet eftersom de huvudsakligen byggs i betong och trä. Vidare bedöms broarna mellan 0-4 där 0 är underkänt, 1 är mindre lämpligt, 2 är godkänt, 3 är bra och 4 är mycket bra. Poängen multipliceras med respektive viktningsfaktor, som summeras nederst i bild. Resultatet redovisas i tabell 5.2 nedan.

Tabell 5.2: Resultat från poängsättning av brokoncept enligt kriterierna.

Kriterium	Balkbro i trä	Balkbro i betong	Balkbro i stål	Plattbro i trä	Plattbro i betong	Bågbro i trä	Bågbro i betong	Bågbro i stål	Viktningsfaktor
1 Grundläggning	4	3	4	3	2	2	1	1	0,095
2 Estetik/gestaltning	3	2	2	3	2	4	4	4	0,119
3 Byggtid och produktion	4	4	4	4	0	2	0	2	0,190
4 Kostnad	4	3	3	4	3	3	2	2	0,131
5 Miljöpåverkan	4	2	3	4	1	4	1	3	0,119
6 Förvaltning och underhåll	2	4	3	3	4	2	3	3	0,155
7 Arbetsmiljö och säkerhet	4	4	4	3	3	2	2	2	0,190
<b>Summa</b>	<b>3,571</b>	<b>3,298</b>	<b>3,357</b>	<b>3,440</b>	<b>2,131</b>	<b>2,607</b>	<b>1,798</b>	<b>2,417</b>	<b>1,000</b>

- **Balkbro i trä**

Balkbro i trä är ett hållbart och estetiskt tilltalande alternativ. Från urval 2 framstår balkbro i trä som ett bra val på grund av dess enkelhet, låga kostnad och korta byggtid. Träbroar har generellt en låg egenvikt vilket tillåter produktionen att kunna exempelvis montera och lyfta ihop större element under en kortare tid. Produktionen är viktad högt bland urvalskriterierna från urval 1.

En balkbro i trä smälter bättre in den naturliga omgivningen vid Hägernäs station. Dock kräver träbroar regelbundet underhåll för att skydda mot fukt och röta, vilket beaktas i den slutliga utvärderingen. En bro i trä kommer i regel inte att kunna uppnå samma spännvidder som stål och betong. Dock är detta bekymmer ett hanterbart problem då miljön där bron ska byggas har goda möjligheter att placera ut flera stöd.

- **Plattbro i trä**

Plattbro i trä är precis som en balkbro i trä en enkel och kostnadseffektiv konstruktion med kort produktionstid. I jämförelse med balkbro i trä kräver plattbroar generellt färre komponenter och kopplingar eftersom att den är en enda sammanhållen platta som placeras över stöd. Precis som balkbron i trä är den här lösningen estetiskt tilltalande för omgivningen och har en låg miljöpåverkan. Plattbroar i trä har också begränsad bärförmåga och spännvidd jämfört med brotyper av stål och betong. Plattbro i trä görs av limträbalkar som är tvärsända. För att upprätthålla bronns kapacitet behövs limträbalkarna spännas var fjärde år, detta innebär att denna brotyp kräver mer underhåll än en balkbro i trä.

- **Balkbro i stål**

Balkbro i stål är ett tåligt alternativ med lång livslängd och låg underhållskostnad. Stål har hög bärförmåga, vilket gör det möjligt att skapa en slank, luftig och estetiskt tilltalande bro. Jämfört med träbroarna kan en stålbro vara mer motståndskraftig mot väder och yttre påfrestningar, vilket kan minska behovet av löpande underhåll. Nackdelen är att stålkonstruktioner ofta har en högre initial byggkostnad och en större miljöpåverkan vid tillverkning. Med lansering av prefabricerade stålelement som produktionsmetod kan byggtiden hållas kort. Stålbroar kan dessutom byggas i längre spännvidder och kräver färre stöd än träbroarna, vilket gör landskapet runt omkring GC-bron mer öppet.

## **5.5 Brokoncept**

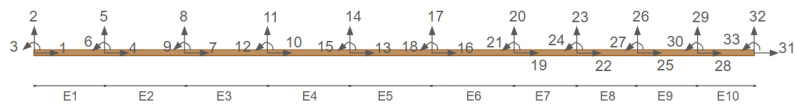
Efter urvalsprocessen konstateras att det mest lämpade brokonceptet är en balkbro i trä. Det kommer att vara fem brospänn där spännvidderna är 12,5, 15 och 17 meter där symmetrin har beaktats. Stora spännvidder ger upphov till stora moment som i sin tur kräver större dimensioner på bron. Därför hålls spännvidderna relativt korta vilket tar hänsyn till både frihöjd och gestaltning. De varierar på grund av att GC-vägen och Rönningebäcken begränsar möjligheten till fri pelarplacering.

## 6 Dimensionering och beräkningar

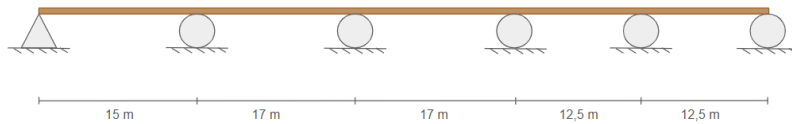
Dimensionering är en iterativ process. I kapitlet redogörs hur beräkningarna utförs och vilka antaganden som görs.

### 6.1 Systemmodell

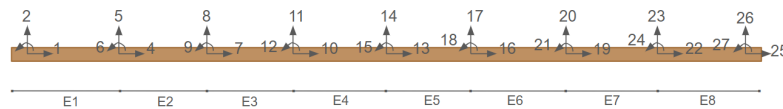
Det första steget i beräkningsprocessen var att skapa systemmodeller för bron i tvärled samt längsled, se figur 6.1 och 6.3. Här valdes förenklade tvådimensionella modeller med noder över pelare och ändupplag samt i mittfält. Vid varje nod tilldelas frihetsgrader för vertikal och horisontell förskjutning samt rotation. Placeringen av noderna valdes för att kunna undersöka maximalt moment, tvärkraft och nedböjning i fält och över stöd. Modeller har även gjorts för att beskriva bronns upplagsvillkor, se figur 6.2 och 6.4.



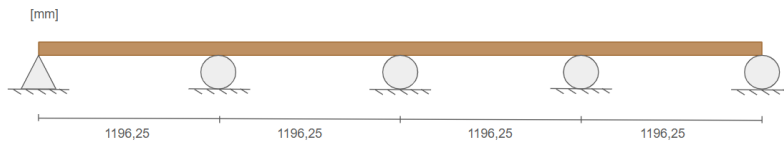
Figur 6.1: Systemmodell i längsled.



Figur 6.2: Upplagsvillkor i längsled.



Figur 6.3: Systemmodell i tvärled.



Figur 6.4: Upplagsvillkor i tvärled.

## 6.2 Lasteffekter

Avsnittet redogör de laster som verkar på bron och var de är hämtade ifrån.

### 6.2.1 Horisontella laster

För att ta hänsyn till horisontella laster beräknas de som 10 procent av den utbredda lasten eller 60 procent av servicefordonets last, enligt SS-EN 1991-2 (Svenska institutet för standarder, 2019). Enligt handledare och examinator ska både temperatur- och vindlast ej beräknas vid dimensionering. Däremot har horisontella rörelser tagits i beaktande vid upplagsvillkoren. Lagren är utformade så att rörelser är tillåtna, detta för att spänningar ej ska uppstå i bron.

### 6.2.2 Vertikala laster

Det är tre olika laster som utgör de vertikala lasterna: GC-last, egentygnd och servicefordon. Egentyngden är en permanent last som verkar över hela bron. Under iterationsprocessen ändras egentyngden genom att antalet balkar och dimensionerna på både syll och balkar ändras. Hållfasthetsklasserna påverkar också egentyngden, på grund av att de har varierande densitet. För GC-lasten beskrivs i SS-EN 1991-2 som  $2.5 \leq q_{fk} \leq 5.0$  [kN/m<sup>2</sup>] (Svenska institutet för standarder, 2019). För att beräkningarna ska vara konservativa användes 5 kN/m<sup>2</sup>. Servicefordonets lasteffekt är också hämtad ur SS-EN 1991-2, där ena axeln på fordonet är en punktlast på 80 kN och den andra på 40 kN. I längsled är de placerade 3 meter ifrån varandra och 1.3 meter i tvärled. I stället för två punktlaster förenklades de till en punktlast om 120 kN.

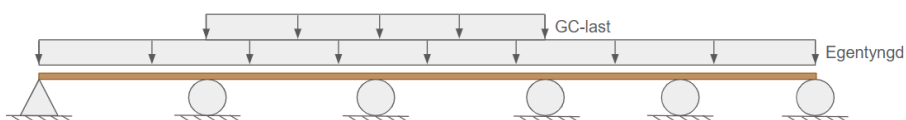
### 6.3 Lastkombinationer

De dimensionerande lastfallen för ULS respektive SLS har tagits fram iterativt. Partialkoefficienter och nedräkningsfaktorer har använts för att omvandla lasteffekter vid beräkningar, se tabell 6.1 (Svenska institutet för standarder, 2019).

Tabell 6.1: Partialkoefficienter och nedräkningsfaktorer.

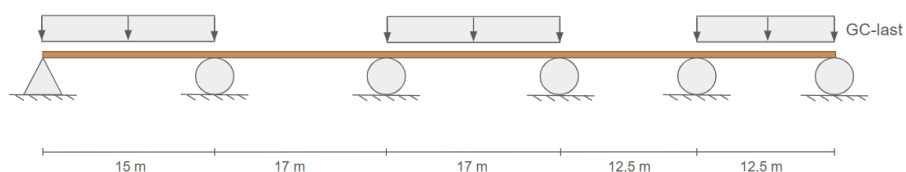
Laster	Partialkoefficienter	Nedräkningsfaktorer
Egentyngd	1,35	1
GC-Last	1,5	0,4
Servicefordon	1,5	0,75

I ULS är det dimensionerande momentet negativt, när den variabla lasten (GC-lasten) verkar över de två längsta facken i längsled. Se figur 6.5 för placering av den variabla lasten och egentynghden.



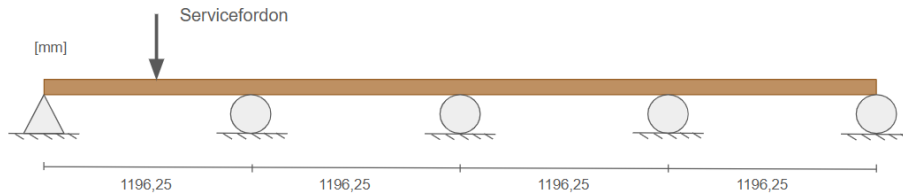
Figur 6.5: Maximalt moment och tvärkraft i längsled i brottsgränstillstånd.

Den maximala nedböjningen uppkommer i SLS när den variabla lasten verkar över fack 1, 3 och 5 i längsled. Lastplaceringen går att se i figur 6.6 nedan.



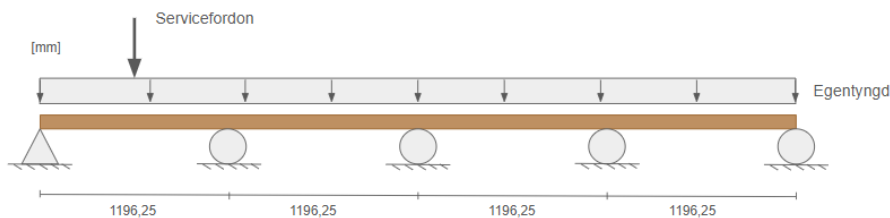
Figur 6.6: Maximal nedböjning i längsled i bruksgränstillstånd.

Det dimensionerande lastfallet i SLS för bron i tvärled utgörs av en punktlast i facket längs till vänster, vilket går att se i figur 6.7 nedan.



Figur 6.7: Dimensionerande lastfall i tvärled, i bruksgränstillstånd.

I ULS är det dimensionerande lastfallet en punktlast och egentyngd. Placering av lastfallen går att se i figur 6.8 nedan.



Figur 6.8: Dimensionerande lastfall i tvärled, i brottsgränstillstånd.

## 6.4 Beräkningsprocess

Beräkningen av bärande komponenters dimensioner har gjorts enligt Eurocode 5, genom en iterativ process. Detta genom att väga maximalt moment och tvärkraft från respektive lastfall mot syllens och balkarnas kapacitet.

### 6.4.1 Moment och tvärkraftskapacitet

I beräkningarna antas balkarna och syllens vara i full samverkan. Det innebär att alla krafter som verkar på bron, både i tvärled och längsled, överförs mellan syllens och balkarna genom anslutningarna. För fullständiga beräkningar, se bilaga 2. För att undvika brott ska moment- och tvärkraftskapaciteten vara större än de dimensionerande moment och tvärkrafter som uppkommer i bron.

#### **6.4.2 Nedböjning**

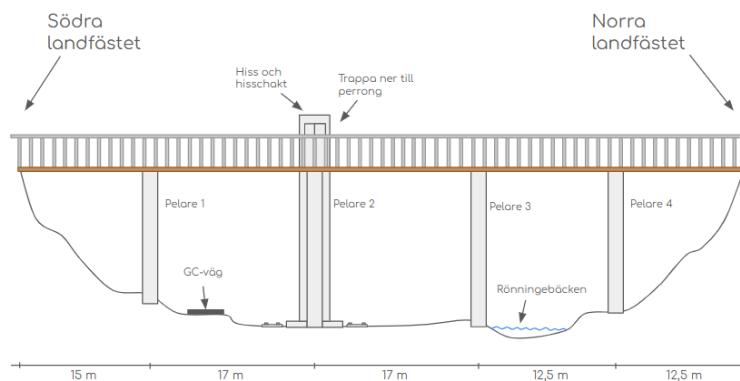
Vid beräkning av nedböjning användes MATLAB och CALFEM för att få ut vertikala förskjutningar i både tvärled och längsled. Egentyngden räknas inte med som last utan det är enbart den variabla lasten som är dimensionerande (Staffan Lindén, Personlig kommunikation, 29 april 2025). Nedböjning av egentyngd tas i hänsyn vid produktion av balkarna. Beräkningarna kontrollerades sedan med hjälp av elementarfall för att se om de stämde överens med datorprogrammen, se bilaga 2 för fullständiga beräkningar. Den beräknade nedböjningen får ej överstiga trafikverkets krav på L/400 (Trafikverket, 2019a). Vidare räknas nedböjning med i konstruktionshöjden, något som Täby kommun ställt krav på, vilket gör att trafikverkets krav eventuellt inte är det begränsande kravet (Staffan Lindén, Personlig kommunikation, 29 april 2025).

## 7 Beskrivning av slutgiltigt brokoncept

Efter urvalsprocessen och dimensionering av bron har ett slutgiltigt och dimensionerat koncept uppnåtts. I detta kapitel redovisas detta mer i detalj.

### 7.1 Underbyggnad och grundläggning

Då underhållsaspekten av bron har prioriterats högt, vilket redovisas i tabell 1 ovan, kommer de fyra bropelarna att utformas i betong. Stöden placeras med spännvidder på 15, 17, 17, 12.5 och 12.5 meter vilket går att se i figur 7.1 nedan. Betongens höga beständighet mot klimat- och vattenrelaterade nedbrytningsprocesser underlättar förvaltningen och minskar framtida underhållskostnader. Eftersom pelare tre och fyra är belägna i närheten av ett vattendrag, bedöms träpelare som olämpliga på grund av den förhöjda risken för biologisk nedbrytning och fuktrelaterade skador. För att effektivisera produktionen kommer samtliga pelare att ha en enhetlig geometrisk utformning med undantag för den pelare som placeras på tågplattformen, som dimensioneras för olyckslast enligt gällande normer. Genom att använda samma dimensioner på pelarna kan man återanvända gjutformen, vilket minskar materialåtgången och leder till minskad miljöpåverkan.



Figur 7.1: Sektionsritning som visar stödplacering och bronns spännvidder.

Det södra ändupplaget och den intilliggande pelaren har, enligt figur 2.1, kortare avstånd till berggrunden än övriga stöd. Därför bedöms grundläggning med platta på packad fyllning vara den mest lämpliga lösningen för de stöden. Pelare två, hiss och trappa kommer att placeras direkt på tågplattformen och kräver därmed inga ytterligare grundläggningsåtgärder. Pelare tre, fyra och det norra ändupplaget är belägna på större avstånd från berggrunden, vilket medför att spetsburna pålar bedöms vara det mest lämpliga grundläggningsalternativet för dessa stöd.

## 7.2 Överbyggnad

Det bärande systemet utgörs av fem huvudbalkar i limträ, av hållfasthetsklass GL36k, vilka bär upp hela brokonstruktionen. Ovanpå huvudbalkarna placeras en syll av tryckimpregnerat trä, av hållfasthetsklass C35, för att kunna motstå påverkan av vatten. Syllens agerar lastfördelning och möjliggör samverkan mellan balkarna. Eftersom balkarna placeras relativt nära varandra, används inga tvärbalkar mellan huvudbalkarna. Syllens bedöms vara tillräcklig då tvärbalkarna inte hade haft en betydande inverkan på nedböjningen och syllens klarar av att fördela all last.

Brobanan har, enligt tidigare angivna förutsättningar, en bredd och längd på 5, respektive 74 meter. Den totala konstruktionshöjden är 755 mm, vilket inkluderar huvudbalkar, syll, beläggning och maximal nedböjning. Varje huvudbalk har en höjd på 585 mm och en bredd på 215 mm. Syllens som ligger på balkarna har en tjocklek på 55 mm och en bredd på 5 m. På syllens ovansida adderas en 85 mm tjock beläggning som skyddar konstruktionen. Denna beläggningsuppbyggnad följer underlag från COWI.

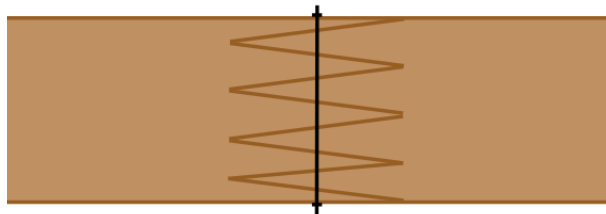
Beläggningsen består av en 5 mm tjock tätskiktsgjord av plast som har uppgiften att förhindra transport av fukt mellan lagerna som kan leda till vatten och fuktskador i träet. Ovanpå tätskiktsgjorden placeras ett 20 mm tjockt skyddslag av gjutasfalt. Det placeras ovanpå tätskiktsgjorden med fokus på att motverka skador som kan uppstå från maskiner eller andra påverkningar under beläggningsarbetet. Det översta lagret av beläggningsen består av ett slitlager av slitplank av trä med en tjocklek på 60 mm, med hållfasthetsklass C24. Dess funktion är att ge ett slittåligt underlag med halkskydd som skapar komfort för gående och cyklister.

### 7.3 Brodetaljer

I detta avsnitt redovisas lösningar för detaljer på bron.

#### 7.3.1 Förband och anslutning

Eftersom bron är kontinuerlig och har en total längd på 74 meter, är det inte möjligt att transportera limträbalkarna i full längd. För att möjliggöra transport och montering kommer balkarna därför att delas upp i tre element och skarvas på plats. Med hjälp av skarvförband kommer man kunna ansluta elementen på två specifika positioner längs bron, vid 29 meter och 59 meter sett från den södra änden. Dessa punkter har valts utifrån analys av momentfördelningen i gränstillståndet för brott (ULS), där momenten är som minst, på grund av att bron inte ska belastas i anslutningarna som blir dess svaga punkter. Det kommer också användas spännstål för att kunna spänna åt i tvärled, enligt figur 7.2.



Figur 7.2: Anslutningarna av konstruktionselementen, skarvning med förband.

Vid dimensionering av bron har det antagits att syll och huvudbalkar har full samverkan. För att möjliggöra detta har valet att använda ett skruvförband gjorts. Förbandet utgörs av självborrande konstruktionsskruvar monterade i vinkel, vilket ger möjlighet till kraftöverföring i både skjuv- och dragriktning. Genom att skruvarna monteras snett genom syllen och in i huvudbalken uppnås ett förband som uppnår full samverkan. Syllen förhindrar balkarna från att vippa. Därför görs antagandet att balkarna är stagade mot vippning.

### 7.3.2 Räckessystem

För att säkerställa en trygg och tillgänglig passage över järnvägen kommer GC-bron att förses med räckessystemet Birsta GC 2.0 från Saferoad, se figur 7.3. Räckessystemet är konstruerat och utvalt i enlighet med kraven i TRVK Bro och TRVR Bro. Särskilt beaktas krav på personsäkerhet, klätter- och fallskydd.

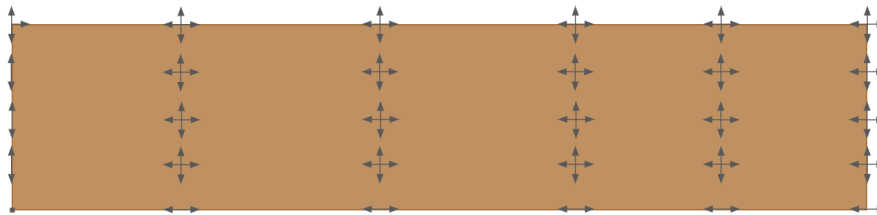


*Figur 7.3: GC Birsta 2.0 räckessystem från Saferoad.*

Räckena ska monteras på de yttre kantbalkarna och har en totalhöjd på 1,4 meter, vilket uppfyller Trafikverkets minimikrav för minsta räckeshöjd för en GC-bro över trafikerad järnväg (Trafikverket, 2019a). Räckets utrustas med spjälgrind som räckesfyllnad för att uppfylla säkerhetskrav, samtidigt som det bidrar till en luftig och öppen design med genomsikt. Ytterligare är räckessystemet konstruerat av varmförzinkat stål, vilket säkerställer en lång teknisk livslängd och minimerar underhållsbehov.

### 7.3.3 Lager

Lager används mellan balkar och stöd för att bron ska kunna röra sig. Brons rörelser motverkar inre spänningar vilket på sikt kan försämra bärförmågan men även förstöra byggnadsdelar hos bron. Lagren placeras enligt figur 7.4 och består av ett fast lager nere i vänstra hörnet för att hålla fast bron. Längs med kanten från det fasta lagret placeras ensidiga lager som ger möjlighet till rörelse i antingen horisontell eller vertikal riktning. Resterande lager är allsidiga och kan röra sig fritt.



Figur 7.4: Placering av lager

## 7.4 Produktion

Produktionen av GC-bron sker i ett antal steg som samordnas för att minimera påverkan på omkringliggande infrastruktur, natur och miljö. Tvärsnittet som vilar på betongstöden består av lager, limträbalkarna, en syll och beläggning.

### 7.4.1 Förberedelser och grundläggning

Arbetet inleds först med att byggarbetsplatsen etableras. Avspärningar och tillfälliga skydd upprättas. Mobila plattformar och lyftkranar används för att minimera störningar på tågtrafiken. För det valda brokonceptet kommer majoriteten av produktionstiden gå åt förberedelser och grundläggning.

Grundläggningen omfattar fyra platsgjutna betongpelare som gjuts med hjälp av stödkonstruktioner och gjutformar. Ytterligare anläggs landfästen i vardera broände för att koppla samman bron med angränsande terräng. Därefter fästs brolager på stöden. Montage av balkbron sker efter att alla betongpelare härdat och landfästen anlagts.

#### **7.4.2 Montage**

Montage av en GC-bro i limträ är en mycket effektiv process. Broelement med önskade spännvidder kan tillverkas industriellt och kan fraktas till byggarbetsplats helt prefabricerade (Moelven, u.å). Byggtiden är kort och omgivande infrastruktur påverkas minimalt.

Enligt Moelven, en ledande tillverkare av prefabricerade limträbroar, så kan hela överbyggnaden färdigställs i fabrik som ett enda element. Även räckessystemet och mindre brodetaljer kan förmonteras på överbyggnaden i fabrik. Överbyggnaden transporteras sedan till byggarbetsplatsen som tre element och lyfts på plats med hjälp av mobila lyftkranar. Längsta prefab element av överbyggnad förväntas bli 30 meter. Överbyggnaden monteras på byggarbetsplats med hjälp av skarvförband enligt kapitel 7.3.1 och figur 7.2.

#### **7.5 Underhåll och förvaltning**

Underhåll av den dimensionerade GC-bron ska utföras i enlighet med Trafikverkets kravdokument TRVK Bro, för planering och genomförande av broarbeten (Trafikverket, 2019b). Eftersom att den dimensionerade GC-bron förväntas konstrueras över en trafikerad järnväg ställs särskilda krav på tillgänglighet, säkerhet och effektiv dränering under hela underhållsprocessen.

Vidare ska den dimensionerade GC-bron konstrueras på ett sådant vis att underhåll och förvaltning kan ske smidigt och effektivt utan att påverka tågtrafiken i största möjliga mån (Trafikverket, 2019b).

För att uppnå den önskade tekniska livslängden på 80 år krävs det att det genomförs regelbundna inspektioner för att kunna upptäcka, förebygga och åtgärda problem i konstruktionen. Enligt Träguiden genomförs tre typer av regelbundna inspektioner på träbroar: Huvudinspektion, fortlöpande och översiktliga inspektioner.

### **7.5.1 Huvudinspektion**

Huvudinspektion av bron bör göras minst var sjätte år och omfattar en fullständig inspektion av hela GC-bron. Fokus ligger på att identifiera skador som kan påverka brons bärförmåga och trafiksäkerhet på en tioårsperiod (Träguiden, 2015). Alla upptäckta skador ska noggrant dokumenteras.

För den dimensionerade GC-bron är det mer specifikt inspektion på sprickbildning, deformationer och röta på limträbalkarna. Betongpelare bör också granskas för exempelvis sprickbildning och karbonatisering av tätskiktet.

### **7.5.2 Fortlöpande och översiktliga inspektioner**

Fortlöpande och översiktliga inspektioner utgör en viktig del av brons kontinuerliga underhåll och syftar till att tidigt upptäcka skador, förändringar eller avvikelser i skötseln. Dessa inspektioner utförs i regel av underhållsentreprenörer minst en gång per år, men tätare intervaller kan krävas för broar med hög trafikintensitet eller särskilt utsatta lägen (Trafikverket, 2020).

Den fortlöpande inspektionen omfattar främst brons ovasida samt angränsande vägbankar. Fokus ligger på att identifiera skador som kan påverka konstruktionen negativt på kort sikt, såsom sprickor, missfärgningar, eller andra ytliga förändringar i farbanan eller räckessystemet. Dessa inspektioner sker ofta i samband med drift- och skötselrutiner och ger underlag för omedelbara åtgärder vid behov.

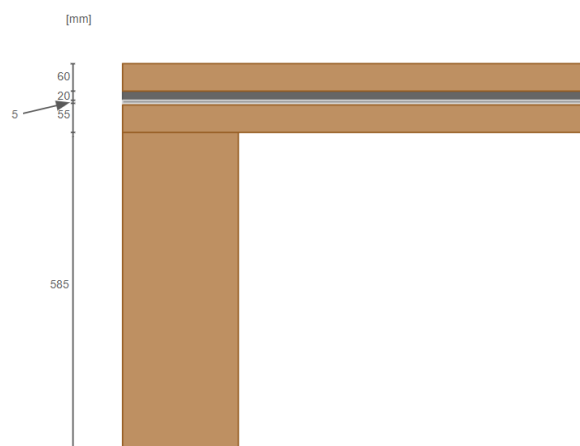
En översiktlig inspektion ska genomföras årligen på den dimensionerade GC-bron och innebär en visuell kontroll av brons alla åtkomliga delar. Syftet är att snabbt identifiera tydliga skador eller tecken på nedsatt funktion, samt att säkerställa att underhållsåtgärder har utförts i enlighet med gällande avtal (Trafikverket, 2020).

### **7.5.3 Underhållsåtgärder**

Underhållsåtgärder för den dimensionerade GC-bron omfattar kontroll och eventuellt utbyte av slitplank samt inspektion och åtgärd av räckessystemet. Slitplanken på överbyggnaden, som används av cyklister och fotgängare, kontrolleras för slitage och skador. Slitplank kan komma att behöva bytas ut vid behov och förväntas bytas ut under brons dimensionerade livslängd. Betongpelare kommer att tvättas för att avlägsna smuts och föroreningar som kan samlas över tid. Tvättning av betongpelare görs i förebyggande syfte mot korrosionsangrepp i armeringen.

## 8 Resultat

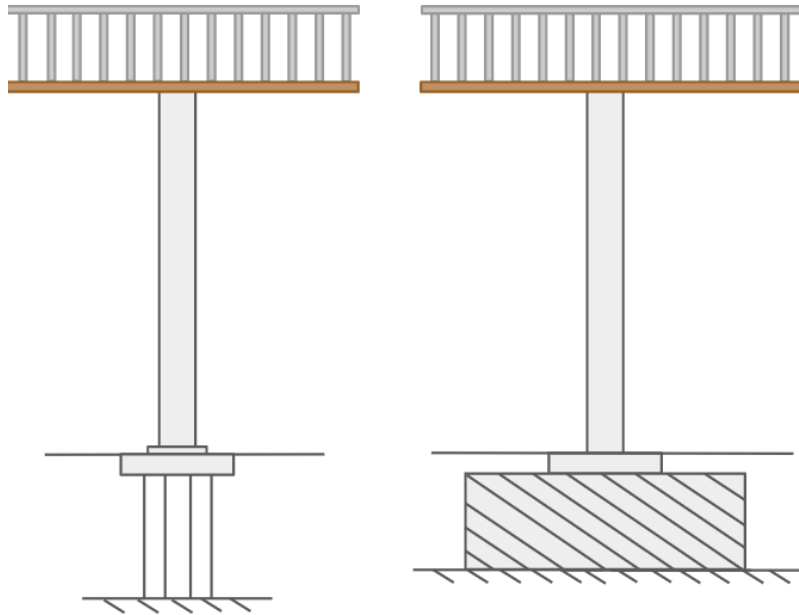
Arbetet har resulterat i en balkbro i trä med fem huvudbalkar. På dessa ligger en syll med höjden 55 mm och bredden 5 m, som fördelar brons belastningar till dess bärande element. Huvudbalkarna har en profil med en höjd på 585 mm och bredd på 215 mm. Brobaneplattan har ett tätskikt och en beläggning bestående av en tätskiktsmatta av plast med en tjocklek på 5 mm, ett skyddslager i gjutasfalt med en tjocklek på 20 mm och slutligen ett slitlager av slitplank med en tjocklek på 60 mm. Detta ger en tjocklek på totalt 85 mm. Figur 8.1 visar detta i en detalj nedan.



Figur 8.1: Tvärsnitt för bron med tätskikt och beläggning

Säkerheten för trafikanterna säkerställs genom ett räckessystem längs med bron. Räckena har en höjd på 1.4 meter som uppfyller kraven på säkerhet för bro över järnväg. Räckena är gjorda av varmförzinkat stål vilket är korrosionsskyddat och underlättar underhållet. Det ska dessutom sitta skärmar på bron över järnvägen för att skydda från att skräp och annat ska kastas in på järnvägen. Bron ansluter till perrongen via en trappa och hiss vilket resulterar i tillgänglighet till alla fotgängare och cyklister.

Bron är upplagd på ändfästen i vardera ände samt fyra mellanliggande betongpelare. Pelarna är placerade med spännlängder om 15, 17, 17, 12.5 respektive 12.5 meter. Det södra ändfästet samt den intilliggande pelaren är grundlagda med platta på packad fyllning. Övriga pelare är grundlagda med spetsburna pålar. Grundläggningsmetoderna visas i detalj i figur 8.2.



Figur 8.2: Pålning till vänster och platta på packad fyllning till höger.

Dimensioneringen av huvudbalkarna har utförts med avseende på moment- och tvärkraftspåverkan, där resultaten framgår i tabell 8.1 och 8.2 nedan. För bron i längsled uppgår det dimensionerande momentet till 1204.95 kNm, vilket motsvarar en utnyttjandegrad på 97.28 procent av momentkapaciteten som är 1239.25 kNm. För tvärkraften är utnyttjandegraden lägre, 56.95 procent, baserat på en dimensionerande tvärkraft på 385.99 kN och en tvärkraftskapacitet på 678.12 kN.

Tabell 8.1: Utnyttjandegrad för moment och tvärkraft i längsled.

Snittstorheter	Dimensionerande värde	Kapacitet	Utnyttjandegrad
Moment	1204.95 [kNm]	1239.25 [kNm]	97.28 [%]
Tvärkraft	385.99 [kN]	678.12 [kN]	56.95 [%]

Moment och tvärkraftskapacitet har även beräknats i tvärled. Där beräknas sylens kapacitet i ULS så att den ska klara de största momenten och tvärkrafterna som uppstår i tvärled. Det dimensionerande momentet är 43.33 kNm och momentkapaciteten 54.35 kNm, vilket resulterar i en utnyttjandegrad på 79.73 procent. Gällande tvärkraft är kapaciteten 257.26 kN, där dimensionerande den tvärkraften är 110.28 kN. Det resulterar i en utnyttjandegrad på 42.87 procent.

*Tabell 8.2: Utnyttjandegrad för moment och tvärkraft i tvärled.*

Snittstorheter	Dimensionerande värde	Kapacitet	Utnyttjandegrad
Moment	43.33 [kNm]	54.35 [kNm]	79.73 [%]
Tvärfkraft	110.28 [kN]	257.26 [kN]	42.87 [%]

Nedböjning har kontrollerats i både längsled och tvärled, och resultaten redovisas i tabell 8.2 och 8.3 nedan. Beräkningar är utförda i MATLAB och CALFEM och dessa resultat har verifierats med handberäkningar, vilka ger liknande värden. Samtliga beräknade deformationer ligger med god marginal inom Trafikverkets tillåtna gränsvärden, vilket bekräftar att konstruktionen uppfyller aktuella krav på styvhet.

*Tabell 8.3: Maximal nedböjning i tvärled och längsled, handberäkningar och krav.*

Riktning	MATLAB och CALFEM	Handberäkning	Trafikverkets krav
Tvärtled	0.0001 [mm]	0.054 [mm]	2.98 [mm]
Längsled	28.45 [mm]	32.80 [mm]	42.5 [mm]

## 9 Diskussion

Projektets huvuddel kan anses slutförd med hänsyn till dimensioneringen som genomförts. Resultaten som erhållits visar att det framtagna brokonceptet är genomförbart. Vid utformningen har önskemål och krav tagits hänsyn till, detta har lett till ett brokoncept som bedöms uppfylla projektets mål på ett tillfredsställande sätt. Olika val och avvägningar har under projektets gång och fram till slutgiltiga dimensioner gjort som kan påverka resultatet. Det innebär att det framtagna förslaget kan avvika från andra möjliga lösningar.

Genom att ställa upp olika kriterier och vikta dessa mot varandra kunde ett slutgiltigt broförslag tas fram. Viktningen är subjektiv och det kan diskuteras huruvida det är lämpligt att så pass viktiga beslut för projektet bör beslutas på detta sätt. Redan i samband med att urvalskriterierna formulerades fanns en risk att viktiga aspekter uteslöts, då urvalet endast baserades på författarnas egna bedömning av vad som var relevant att inkludera. På samma sätt är det värt att nämna att poängen som gavs till de olika kriterier baseras på studenternas kunskap och egna åsikter. Det fanns dessutom risk att koncept som studenterna hade tycke för gynnades undermedvetet.

Brokoncepten utvärderades utifrån de uppställda kriterierna. Ekonomi och miljöpåverkan analyserades dock förenklat, främst genom en översiktlig jämförelse. Med mer detaljerade kalkyler och LCA-analyser hade resultatet möjligen sett annorlunda ut.

Ett faktiskt samarbete med Täby kommun hade sannolikt lett till större fokus på deras specifika önskemål, vilket i sin tur kunnat påverka valet av brotyp. Även detaljutformningen, som exempelvis val av räckel, hade då kunnat styras av kommunens krav.

Vid beräkningar i CALFEM kan felkällor ha uppstått. Inmatningsfel eller fel i programvaran kan ha lett till felaktiga resultat. För att kontrollera och minimera dessa felkällor har resultaten jämförts med handberäkningar. Vid handberäkningar har däremot generella elementarfall använts. Dessa elementarfall gör antagandet att alla spännvidder är symmetriska, något som inte stämmer överens med brokonceptet och kan vara anledningen till en viss differens mellan handberäkningar och resultat från programvara.

## **10 Slutsats**

Detta kandidatarbete har resulterat i ett förslag på en gång- och cykelbro över Hägernäs station som uppfyller högt ställda krav på säkerhet, tillgänglighet och hållbarhet. Genom en noggrann utvärdering av olika brotyper och material valdes en balkbro i limträ som det mest lämpliga alternativet.

Preliminära beräkningar och dimensioneringar genomfördes med hjälp av MATLAB och CALFEM och visade att konstruktionen klarar de aktuella lasterna enligt gällande normer. Trämaterialets möjlighet att smälta in i den omgivande miljön bidrar till att uppfylla projektets ställda gestaltningskrav samtidigt som det har en låg klimatpåverkan.

Resultatet uppfyller därmed arbetets syfte att skapa en säker, tillgänglig och långsiktigt hållbar passage över järnvägen vid Hägernäs station. Den föreslagna bron kan förväntas bidra både till en förbättrad trafikmiljö för gång- och cykeltrafikanter och till att göra kollektivtrafiken mer attraktiv för fler resenärer.

## Referenser

- [1] Al-Emrani, M., Engström, B., Johansson, M., & Johansson, P. (2013). *Bärande konstruktioner: Del 1*. Institutionen för Bygg- och miljöteknik, Avdelningen för konstruktionsteknik, Chalmers tekniska högskola.
- [2] Al-Ayish, N., Laurell Lyne, Å., & During, O. (2020). *Livslängden hos betongbroar: Erfarenheter och implementering med LCA/LCC* (RISE Rapport 2020:68). RISE Research Institutes of Sweden. Hämtad 25 februari 2025, från <https://www.rise.se/livslangden-hos-betongbroar>
- [3] Al-TaHER, A., Ahmad, S. (2023). *Minskning av klimatpåverkan hos betong genom användning av gröna bindemedel: En studie av tryckhållfasthetsutvecklingen* [Examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan]. DiVA. <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1850653/FULLTEXT01.pdf>
- [4] Broar.net. (u.å.-a). *Valvbro*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://www.broar.net/Valvbro>
- [5] Broar.net. (u.å.-b). *Bågbro*. Hämtad 24 februari 2025, från <https://www.broar.net/Bagbro>
- [6] Detaljplan för dubbelspår Roslagsbanan Hägernäs, del av Roslags-Näsby 2:1 och Hägernäs 7:6 m.fl. (2014). Hämtad 25 februari 2025, från <https://docplayer.se/39584147-Detaljplan-for-dubbelspar-roslagsbanan-hagernas-del-av-roslags-nasby-2-1-och-hagernas-7-6-m-fl.html>
- [7] Fagerlund, G. (2025). *Betongkonstruktioners beständighet: En översikt* (3rd ed.). Cementa. Hämtad 2 mars 2025, från <https://www.lu.se/article/betongkonstruktioners-bestandighet-en-oversikt-3e-uppl>
- [8] Fossilfritt Sverige. (u.å.). *Stålindustrins färdplan för fossilfri konkurrenskraft*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://fossilfrittisverige.se/roadmap/stalindustrin/>
- [9] Moelven. (u.å.). Träbroar. *Moelven*. Hämtad 12 maj 2025 från <https://www.moelven.com/se/produkter-och-tjanster/allt-om-limtra/trabroar/>
- [10] Nationalencyklopedin. (u.å.-a). *Stål*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lng/stl>
- [11] Nationalencyklopedin. (u.å.-b). *Trä*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lng/tr>

- [12] Nationalencyklopedin. (u.å.-c). *Bro*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lng/bro>
- [13] Nationalencyklopedin. (u.å.-d). *Balk*. Hämtad 19 februari 2025, från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lng/balk>
- [14] Skogskunskap. (2024). *Balkbro och plattbro*. Hämtad 20 februari 2025, från <https://www.skogskunskap.se/vagar-i-skogen/broar/olika-brokonstruktioner/balkbro-eller-plattbro/>
- [15] Stålbyggnadsinstitutet. (u.å.-a). *Rostskydd*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://www.sbi.se/rostskydd-2/>
- [16] Stålbyggnadsinstitutet. (u.å.-b). *Rostfritt stål*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://www.sbi.se/rostfritt-stal/>
- [17] Svensk Betong. (u.å.). *Betong för långsiktigt hållbart samhällsbyggande*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://www.svenskbetong.se/hallbarhet>
- [18] Svenska institutet för standarder. (2019). *Eurocode 1: Laster på bärverk - del 2: trafiklast på broar* (nr. SS-EN 1991-2). Hämtad 2 maj 2025, från <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsindustrin/tekniska-aspekter/ssen199122/>
- [19] Svenskt Trä. (u.å.). *Bygg klimatsmart*. Hämtad 26 februari 2025, från <https://www.svensktra.se/bygg-med-tra/byggande/varfor-tra/bygg-klimatsmart/>
- [20] Trafikverket. (2011). *Trafikverkets tekniska råd Bro* (TRV publ. nr 2011:086).
- [21] Trafikverket. (2019a). *Krav brobyggande: TDOK 2016:0204 (Version 3.0)*.
- [22] Trafikverket. (2019b). *TRVK Bro*. Trafikverket.
- [23] Träguiden. (2015). *Inspektion och underhåll*. Hämtad 12 maj 2025, från [urlhttps://www.traguiden.se/konstruktion/underhall-och-reparation/inspektion-och-underhall/](https://www.traguiden.se/konstruktion/underhall-och-reparation/inspektion-och-underhall/)
- [24] Träguiden. (2019). *Broräcken*. Hämtad 13 maj 2025 från <https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/trabroar/trabroar/broracken/>

- [25] Trafikverket. (2020). *Broinspektioner och underhåll*. Trafikverket. Hämtad 12 maj 2025, från <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/Utformning-av-vagar-och-gator/vagar-och-gators-utformning-vgu/aldre-versioner-av-vagars-och-gators-utformning-vgu/vagar-och-gators-utformning-vgu-2020/>

## Bilagor

Bilagor rörande bromodell och beräkningar i MATLAB och CALFEM.

### Bilaga 1: Modellbild



### Bilaga 2: MATLAB-kod för dimensionering av bron

Tvärledsberäkningar i SLS och ULS, lastfall 1

---

```

clc, clear

%Lastfall 1 SLS, egentyngd och jämt utbredd GC-last
%Tvärled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

c1=1.1925; c2=2.3925; %avstånd från balkar till tyngdpunkten [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+Ibalk+2*Ibalk+2*A1*c1^2+2*Ibalk+2*A1*c2^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=5e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd
qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last

```

---

---

```

ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27]; %topologimatrix

K=zeros(27); f=zeros(27,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0.1075 0.705625]; ex2=[0.705625 1.30375]; ex3=[1.30375 1.901875];
%koordinatvektorer
ex4=[1.901875 2.5]; ex5=[2.5 3.098125]; ex6=[3.098125 3.69625]; ex7=[3.69625
4.294375];
ex8=[4.294375 4.8925];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS)]; %utbredda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq1);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq1);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq1);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq1);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq1);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq1);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);

bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq1,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq1,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq1,27);

```

---

---

```

es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq1,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq1,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq1,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim ([-1 1]);
title('momentdiagram jämt utbredd GC-last')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 1 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim ([-1 1]);
title('tvärkraftsdiagram jämt utbredd GC-last')

allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 1 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

vert_disp = a(2:3:end); % Vertikal förskjutningar (DOF 2, 5, 8, ...)
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));

```

---

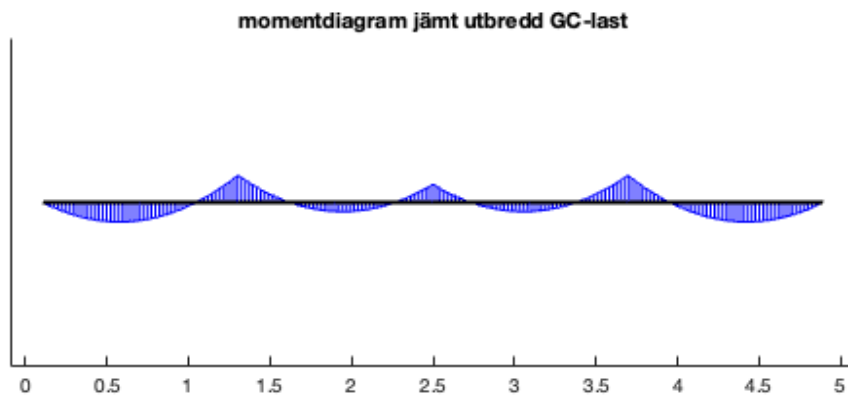
---

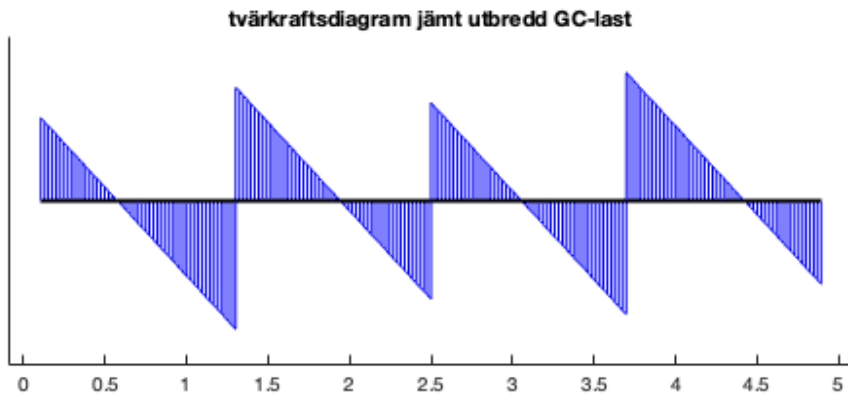
```
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 1 är %.8f mm\n',  
maxDisp*1000-0.00000158);
```

*Största momentet i lastfall 1 är 0.47 kNm*

*Största tvärkraften i lastfall 1 är 2.20 kN*

*Största vertikala förskjutningen i lastfall 1 är -0.00000000 mm*





*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear

%Lastfall 1 ULS, egentyngd och jämt utbredd GC-last
%Tvärled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

c1=1.1925; c2=2.3925; %avstånd från balkar till tyngdpunkten [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+Ibalk+2*Ibalk+2*A1*c1^2+2*Ibalk+2*A1*c2^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=5e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd
qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last

```

---

---

```

ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27]; %topologimatrix

K=zeros(27); f=zeros(27,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0.1075 0.705625]; ex2=[0.705625 1.30375]; ex3=[1.30375 1.901875];
%koordinatvektorer
ex4=[1.901875 2.5]; ex5=[2.5 3.098125]; ex6=[3.098125 3.69625]; ex7=[3.69625
4.294375];
ex8=[4.294375 4.8925];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq1);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq1);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq1);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq1);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq1);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq1);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq1,27);

```

---

---

```

es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq1,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq1,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq1,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq1,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq1,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;
title('momentdiagram jämt utbredd GC-last')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 1 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;
title('tvärkraftsdiagram jämt utbredd GC-last')

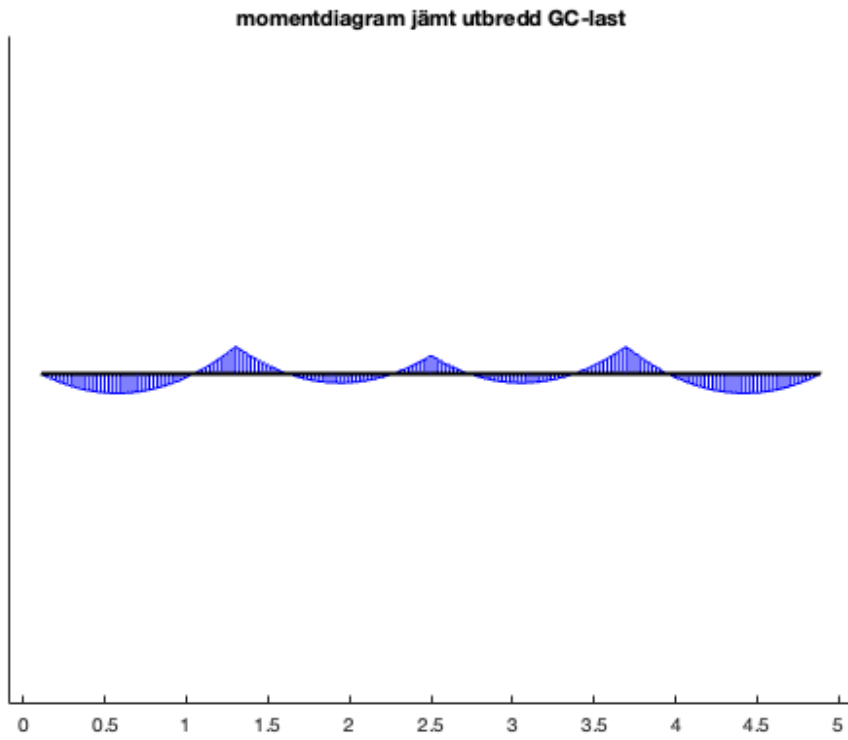
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 1 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

```

---

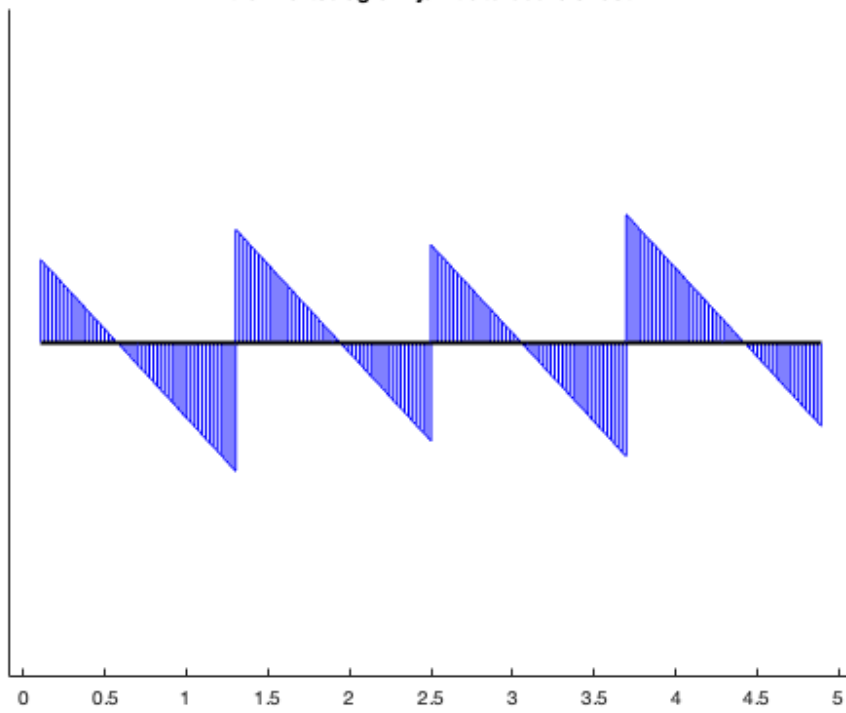
---

Största momentet i lastfall 1 är 1.62 kNm  
Största tvärkraften i lastfall 1 är 7.65 kN



---

tvärkraftsdiagram jämt utbredd GC-last



*Published with MATLAB® R2024b*

## **Tvärledsberäkningar i SLS och ULS, lastfall 2**

---

```

clc, clear

%Lastfall 2 SLS, egentyngd och GC-last i spann 2 och 3
%Tvärled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

c1=1.1925; c2=2.3925; %avstånd från balkar till tyngdpunkten [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+Ibalk+2*Ibalk+2*A1*c1^2+2*Ibalk+2*A1*c2^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=5e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd
qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last

```

---

---

```

ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27]; %topologimatrix

K=zeros(27); f=zeros(27,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0.1075 0.705625]; ex2=[0.705625 1.30375]; ex3=[1.30375 1.901875];
%koordinatvektorer
ex4=[1.901875 2.5]; ex5=[2.5 3.098125]; ex6=[3.098125 3.69625]; ex7=[3.69625
4.294375];
ex8=[4.294375 4.8925];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS+qt_SLS_h)]; %utbredda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq1);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq1);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);

```

---

---

```

es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq1,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq1,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim ([-1 1]);
title('momentdiagram GC-last i spann 2 och 3')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 2 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.03);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim ([-1 1]);
title('tvärkraftsdiagram GC-last i spann 2 och 3')

allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 2 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

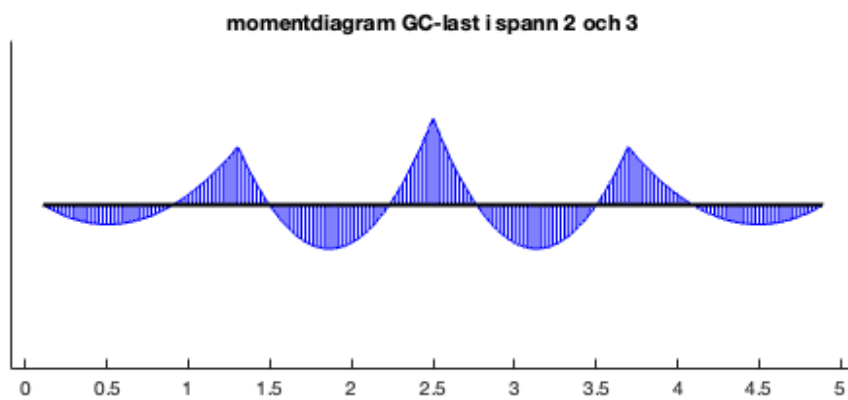
```

---

---

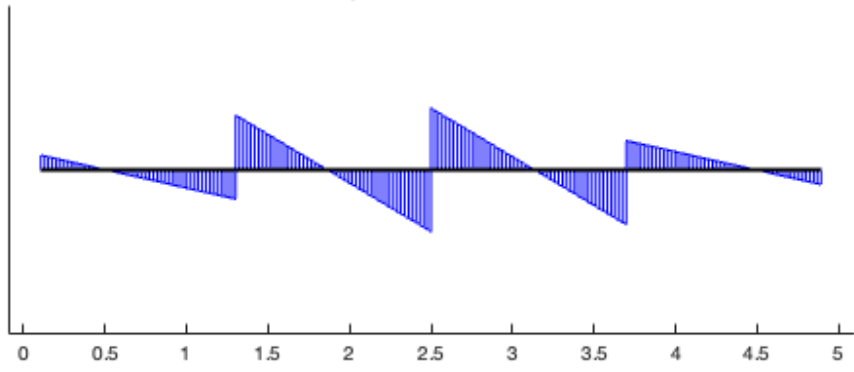
```
vert_disp = a(2:3:end); % Vertikala förskjutningar (DOF 2, 5, 8, ...)
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 2 är %.8f mm\n',
maxDisp*1000-0.00000158);
```

*Största momentet i lastfall 2 är 1.08 kNm*  
*Största tvärkraften i lastfall 2 är 5.10 kN*  
*Största vertikala förskjutningen i lastfall 2 är 0.00000057 mm*



---

tvärkraftsdiagram GC-last i spann 2 och 3



*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear

%Lastfall 2 ULS, egentyngd och GC-last i spann 2 och 3
%Tvärled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

c1=1.1925; c2=2.3925; %avstånd från balkar till tyngdpunkten [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+Ibalk+2*Ibalk+2*A1*c1^2+2*Ibalk+2*A1*c2^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=5e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd
qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last

```

---

---

```

ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27]; %topologimatrix

K=zeros(27); f=zeros(27,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0.1075 0.705625]; ex2=[0.705625 1.30375]; ex3=[1.30375 1.901875];
%koordinatvektorer
ex4=[1.901875 2.5]; ex5=[2.5 3.098125]; ex6=[3.098125 3.69625]; ex7=[3.69625
4.294375];
ex8=[4.294375 4.8925];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq1);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq1);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);

```

---

---

```

es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq1,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq1,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim ([-1 1]);
title('momentdiagram GC-last i spann 2 och 3')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 2 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.03);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim ([-1 1]);
title('tvärkraftsdiagram GC-last i spann 2 och 3')

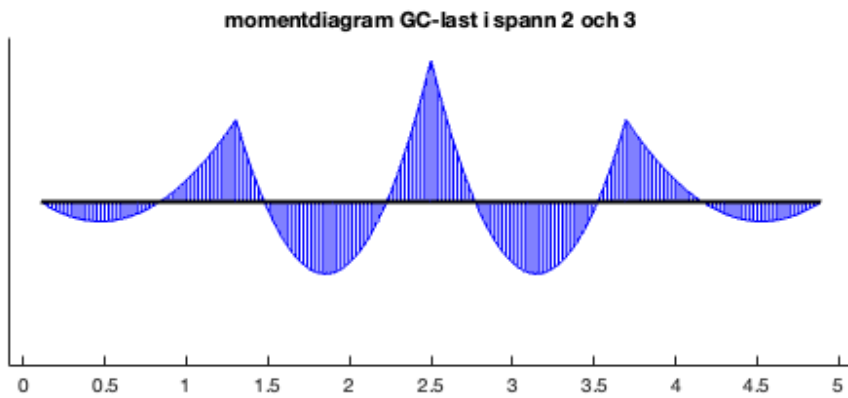
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 2 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

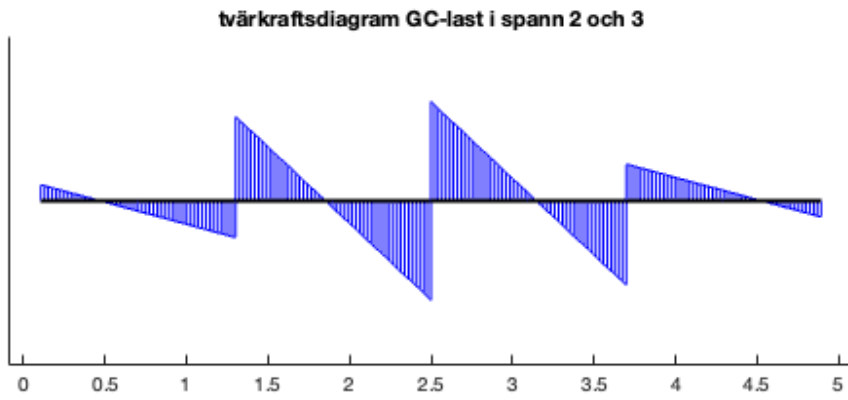
```

---

---

Största momentet i lastfall 2 är 1.46 kNm  
Största tvärkraften i lastfall 2 är 6.81 kN





*Published with MATLAB® R2024b*

### **Tvärledsberäkningar i SLS och ULS, lastfall 3**

---

```

clc, clear

%Lastfall 3 SLS, egentyngd och servicefordon i mitten av spann 1
%Tvärled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

c1=1.1925; c2=2.3925; %avstånd från balkar till tyngdpunkten [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+Ibalk+2*Ibalk+2*A1*c1^2+2*Ibalk+2*A1*c2^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=5e3; %GC-last N/m

ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS

```

---

---

```

gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd
qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27]; %topologimatrix

K=zeros(27); f=zeros(27,1); f(5,1)=-ps_SLS_h;

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0.1075 0.705625]; ex2=[0.705625 1.30375]; ex3=[1.30375 1.901875];
%koordinatvektorer
ex4=[1.901875 2.5]; ex5=[2.5 3.098125]; ex6=[3.098125 3.69625]; ex7=[3.69625
4.294375];
ex8=[4.294375 4.8925];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS+qt_SLS_h)]; %utbredda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq2);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq2);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

```

---

---

```

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq2,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq2,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.4);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;
title('momentdiagram servicefordon i mitten av spann 2')

```

```

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 3 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),0.4);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;;
title('tvärkraftsdiagram servicefordon i mitten av spann 2')

```

```

allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2)];

```

---

```
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));  
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 3 är %.2f kN\n', maxshear/1000);  
vert_disp = a(2:3:end); % Vertikala förskjutningar (DOF 2, 5, 8, ...)  
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));  
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 3 är %.6f mm\n',  
maxDisp*1000-0.00000158);
```

```
%elementarfall
```

```
k3=0.66; f=ps_SLS_h; %enbart servicefordon  
L=c1; w=k3*f*L^3/(100*E1*I1)*1000;
```

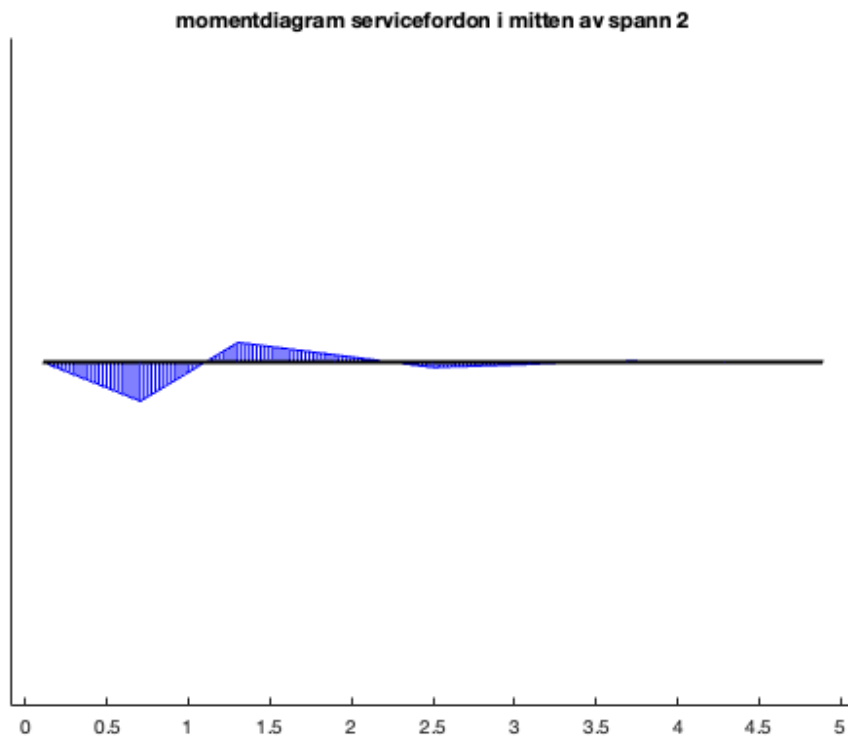
```
fprintf('Nedböjning enligt elementarfall är %.7f mm\n', w);
```

*Största momentet i lastfall 3 är 28.70 kNm*

*Största tvärkraften i lastfall 3 är 72.24 kN*

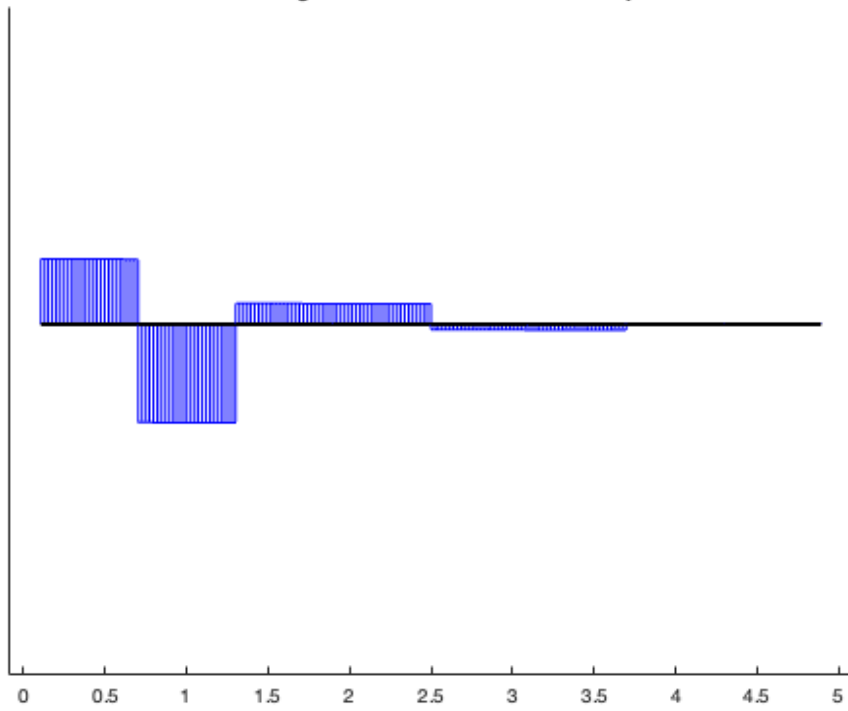
*Största vertikala förskjutningen i lastfall 3 är 0.000119 mm*

*Nedböjning enligt elementarfall är 0.0000540 mm*



---

tvärkraftsdiagram servicefordon i mitten av spann 2



*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear

%Lastfall 3 ULS, egentyngd och servicefordon i mitten av spann 1
%Tvärled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

c1=1.1925; c2=2.3925; %avstånd från balkar till tyngdpunkten [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+Ibalk+2*Ibalk+2*A1*c1^2+2*Ibalk+2*A1*c2^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=5e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd
qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last

```

---

---

```

ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27]; %topologimatrix

K=zeros(27); f=zeros(27,1); f(5,1)=-ps_ULS_h;

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0.1075 0.705625]; ex2=[0.705625 1.30375]; ex3=[1.30375 1.901875];
%koordinatvektorer
ex4=[1.901875 2.5]; ex5=[2.5 3.098125]; ex6=[3.098125 3.69625]; ex7=[3.69625
4.294375];
ex8=[4.294375 4.8925];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq2);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq2);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment

```

---

---

```

es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq2,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq2,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.4);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;
title('momentdiagram servicefordon i mitten av spann 2')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 3 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.4);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;;
title('tvärkraftsdiagram servicefordon i mitten av spann 2')

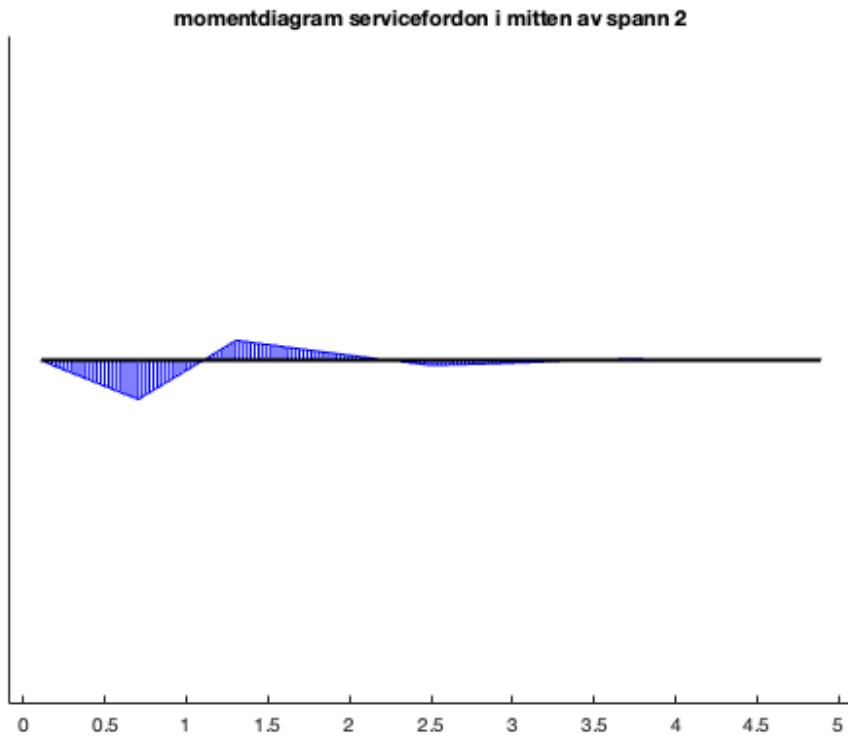
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 3 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

```

---

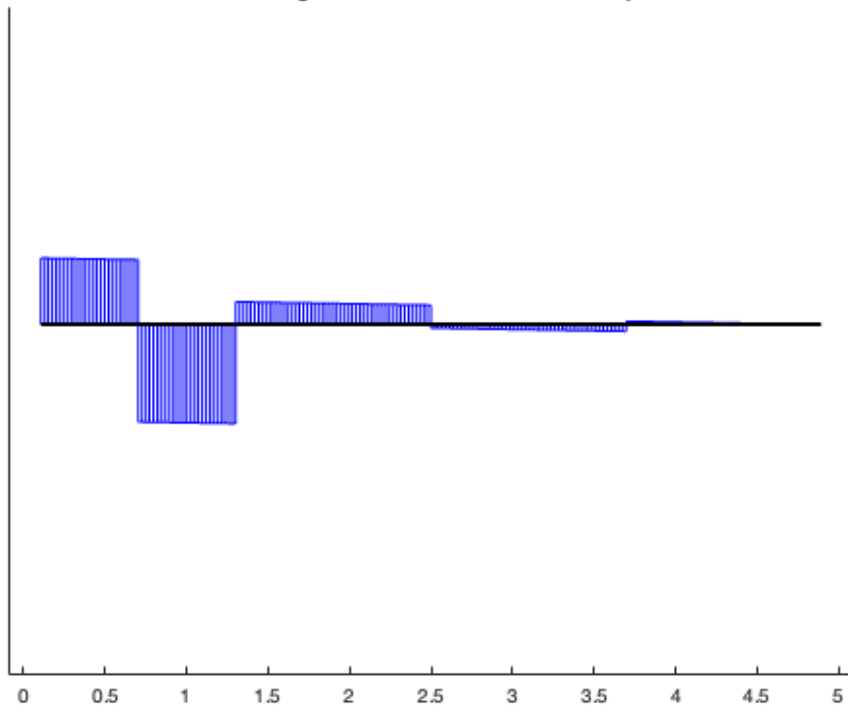
---

Största momentet i lastfall 3 är 43.33 kNm  
Största tvärkraften i lastfall 3 är 110.28 kN



---

tvärkraftsdiagram servicefordon i mitten av spann 2



*Published with MATLAB® R2024b*

## **Tvärledsberäkningar i SLS och ULS, lastfall 4**

---

```

clc, clear

%Lastfall 4 SLS, egentyngd och servicefordon ovanpå den tredje balken
%Tvärled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

c1=1.1925; c2=2.3925; %avstånd från balkar till tyngdpunkten [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+Ibalk+2*Ibalk+2*A1*c1^2+2*Ibalk+2*A1*c2^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=5e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd
qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last

```

---

---

```

ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27]; %topologimatrix

K=zeros(27); f=zeros(27,1); f(14,1)=-ps_SLS_h;

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0.1075 0.705625]; ex2=[0.705625 1.30375]; ex3=[1.30375 1.901875];
%koordinatvektorer
ex4=[1.901875 2.5]; ex5=[2.5 3.098125]; ex6=[3.098125 3.69625]; ex7=[3.69625
4.294375];
ex8=[4.294375 4.8925];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS+qt_SLS_h)]; %utbredda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq2);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq2);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);

```

---

---

```

es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq2,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq2,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;
title('momentdiagram servicefordon över balk 3')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 4 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;
title('tvärkraftsdiagram servicefordon över balk 3')

allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 4 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

```

---

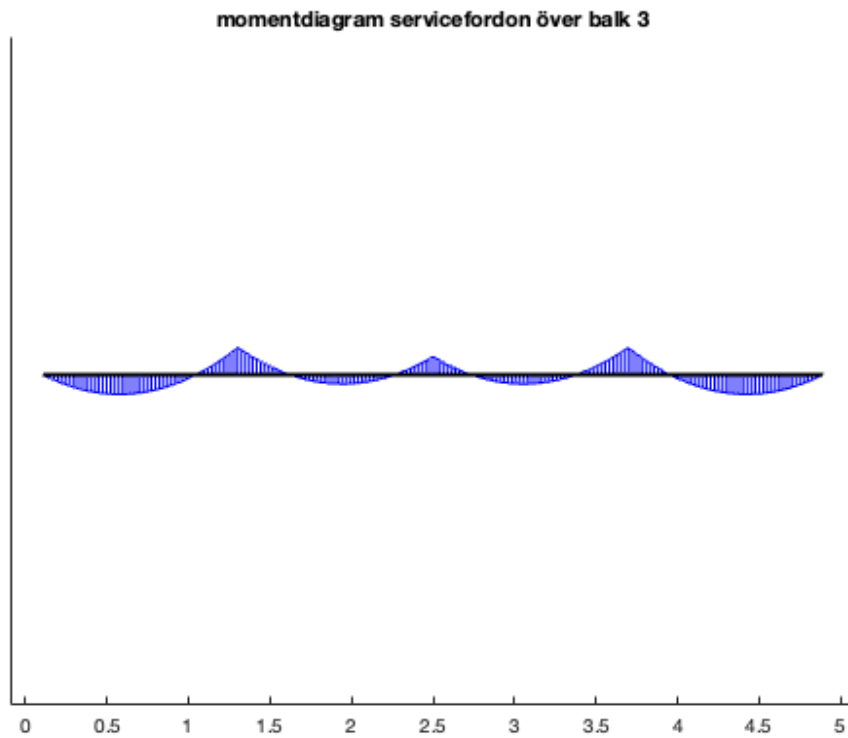
---

```
vert_disp = a(2:3:end); % Vertikala förskjutningar (DOF 2, 5, 8, ...)
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 4 är %.8f mm\n',
maxDisp*1000-0.00000158);
```

*Största momentet i lastfall 4 är 0.47 kNm*

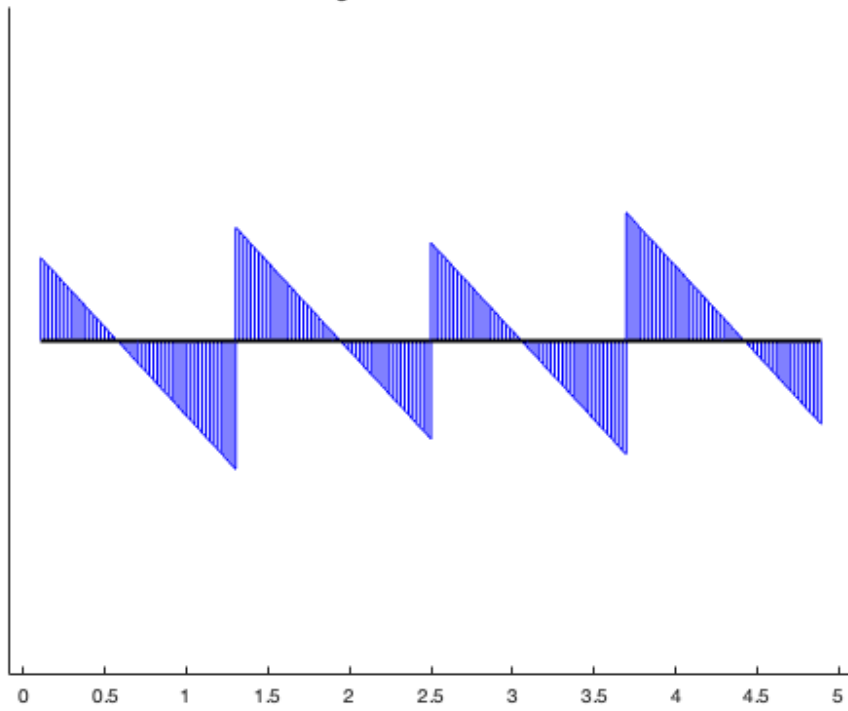
*Största tvärkraften i lastfall 4 är 2.20 kN*

*Största vertikala förskjutningen i lastfall 4 är -0.00000000 mm*



---

tvärkraftsdiagram servicefordon över balk 3



*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear

%Lastfall 4 ULS, egentyngd och servicefordon ovanpå den tredje balken
%Tvärled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

c1=1.1925; c2=2.3925; %avstånd från balkar till tyngdpunkten [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+Ibalk+2*Ibalk+2*A1*c1^2+2*Ibalk+2*A1*c2^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=5e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd
qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last

```

---

---

```

ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27]; %topologimatrix

K=zeros(27); f=zeros(27,1); f(14,1)=-ps_SLS_h;

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0.1075 0.705625]; ex2=[0.705625 1.30375]; ex3=[1.30375 1.901875];
%koordinatvektorer
ex4=[1.901875 2.5]; ex5=[2.5 3.098125]; ex6=[3.098125 3.69625]; ex7=[3.69625
4.294375];
ex8=[4.294375 4.8925];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq2);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq2);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);

```

---

---

```

es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq2,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq2,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;
title('momentdiagram servicefordon över balk 3')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 4 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

xlim([min([ex1 ex8]) - 0.2, max([ex1 ex8]) + 0.2]);
ylim auto;
title('tvärkraftsdiagram servicefordon över balk 3')

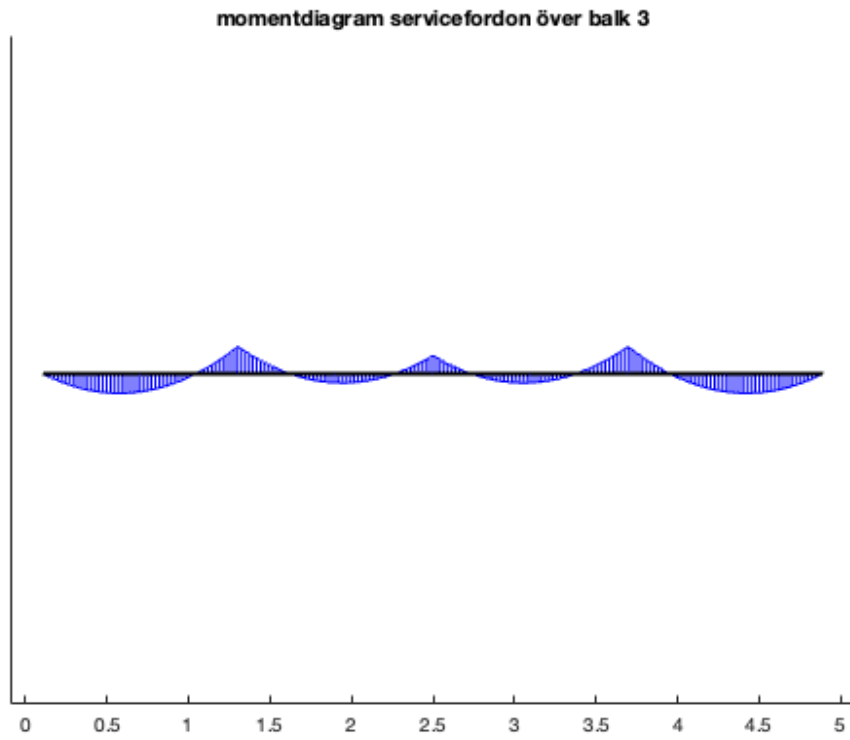
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 4 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

```

---

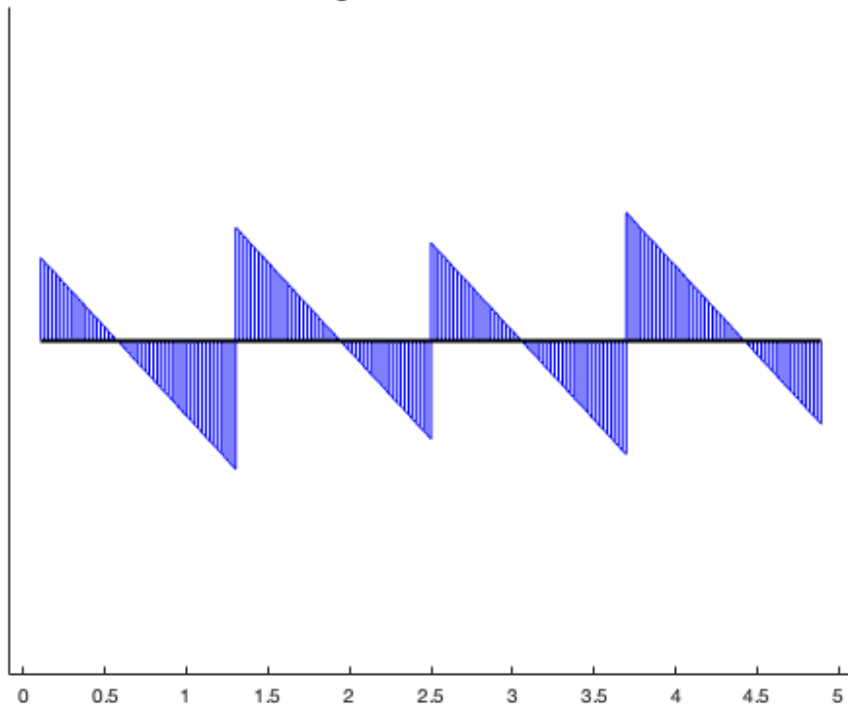
---

Största momentet i lastfall 4 är 0.47 kNm  
Största tvärkraften i lastfall 4 är 2.20 kN



---

tvärkraftsdiagram servicefordon över balk 3



*Published with MATLAB® R2024b*

## Längsleksberäkningar i SLS och ULS, lastfall 1

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 1 SLS, egentyngd och jämt utbredd GC-last
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS+qt_SLS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

%skapar elementstyvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq1);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq1);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq1);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq1);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq1);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq1);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq1);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq1);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];

```

---

---

```

[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq1,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq1,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq1,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq1,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq1,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq1,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq1,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq1,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -3 20]);
title('momentdiagram jämt utbredd GC-last')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 1 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.5);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -3 20]);

```

---

---

```

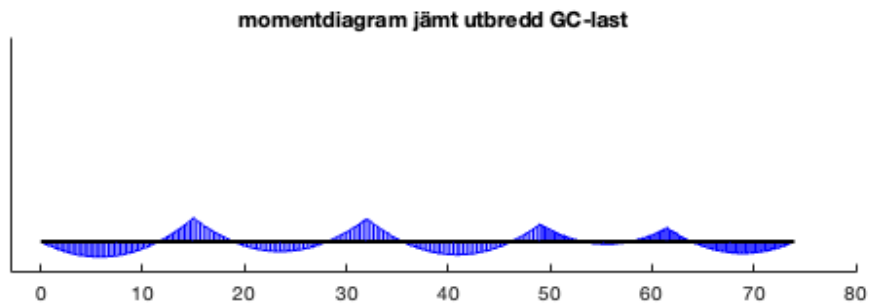
title('tvärkraftsdiagram jämt utbredd GC-last')

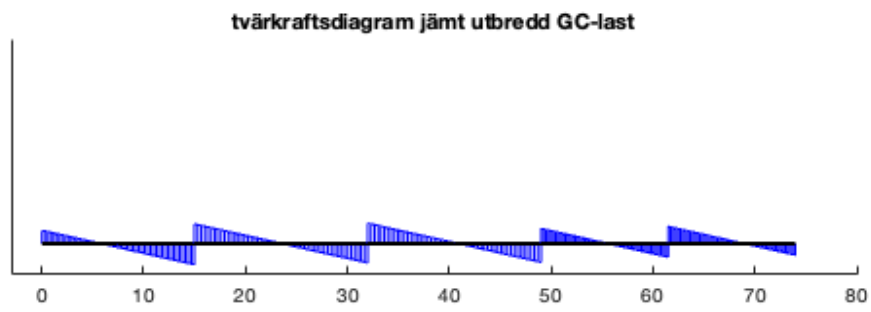
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 1 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

vert_disp = a(2:3:end); % Vertikala förskjutningar (DOF 2, 5, 8, ...)
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 1 är %.4f mm\n',
maxDisp*1000-1.7514);

Största momentet i lastfall 1 är 721.40 kNm
Största tvärkraften i lastfall 1 är 258.35 kN
Största vertikala förskjutningen i lastfall 1 är 14.4306 mm

```





*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 1 ULS, egentyngd och jämt utbredd GC-last
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1);

ep1=[E1 A2 I1]; % Elementegenskaper

% Skapar koordinatvektorer
ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5];
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %utbredda laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar styvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq1);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq1);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq1);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq1);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq1);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq1);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq1);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq1);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0]; %Randvillkor

```

---

---

```

[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq1,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq1,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq1,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq1,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq1,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq1,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq1,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq1,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -3 20]);
title('momentdiagram jämt utbredd GC-last')

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3);
              es6(:,3); es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 1 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.5);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -3 20]);

```

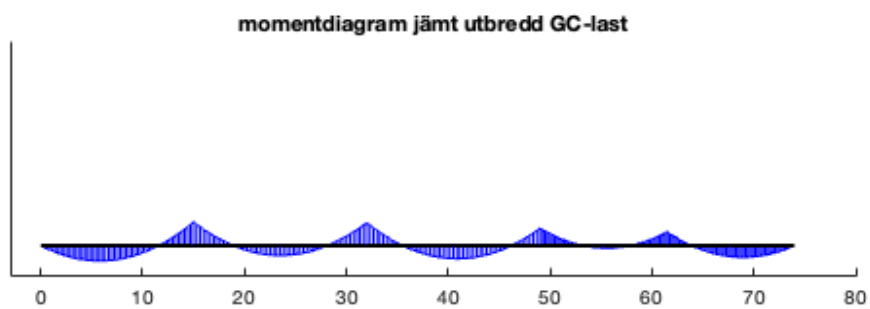
---

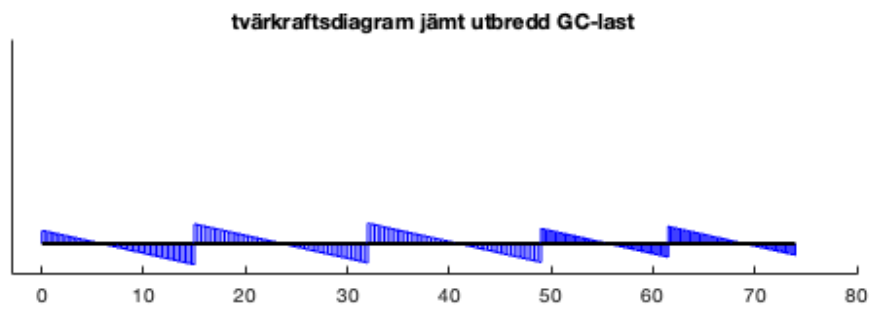
---

```
title('tvärkraftsdiagram jämt utbredd GC-last')
```

```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);  
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];  
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));  
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 1 är %.2f kN\n', maxshear/1000);
```

```
Största momentet i lastfall 1 är 1043.06 kNm  
Största tvärkraften i lastfall 1 är 373.54 kN
```





*Published with MATLAB® R2024b*

## Längsleksberäkningar i SLS och ULS, lastfall 2

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 2 SLS, egentyngd och GC-last över spann 2 och 3
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS+qt_SLS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq1);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq1);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq2);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq2);

[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

```

---

---

```

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq1,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq1,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq2,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq2,27);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

```

```
axis([-3 80 -10 20]);
```

```
title(['momentdiagram GC-last över GC-last över spann 2 och 3'])
```

```

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3); es6(:,3);
              es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 2 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

```

```
axis([-3 80 -10 20]);
```

```
title('tvärkraftsdiagram GC-last över GC-last över spann 2 och 3')
```

---

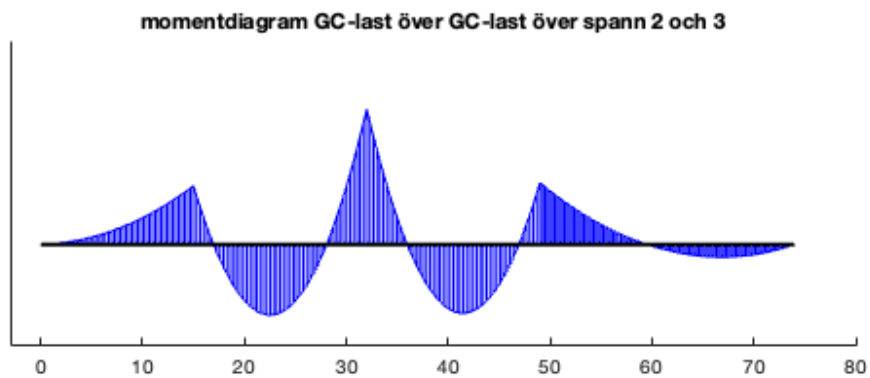
```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 2 är %.2f kN\n', maxshear/1000);
```

```
vert_disp = a(2:3:end); % Vertikala förskjutningar
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 2 är %.4f mm\n',
maxDisp*1000-1.7514);
```

*Största momentet i lastfall 2 är 828.95 kNm*

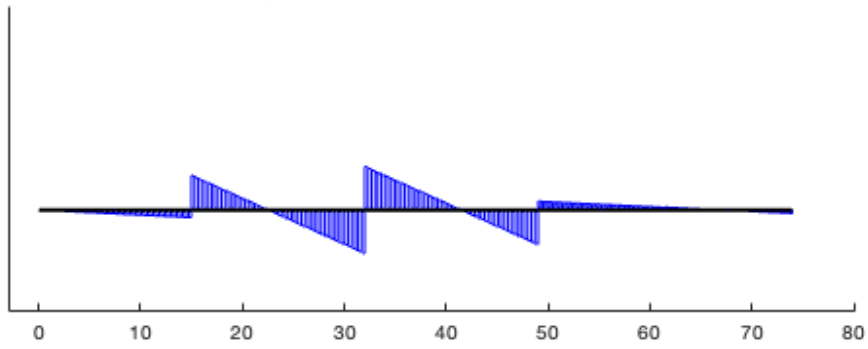
*Största tvärkraften i lastfall 2 är 266.00 kN*

*Största vertikala förskjutningen i lastfall 2 är 15.8215 mm*



---

tvärkraftsdiagram GC-last över GC-last över spann 2 och 3



*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 2 ULS, egentyngd och GC-last över GC-last över spann 2 och 3
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar elementstyvhetismatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq1);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq1);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq2);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

```

---

---

```

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq1,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq1,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq2,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq2,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -10 20]);
title(['momentdiagram GC-last över GC-last över spann 2 och 3'])

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3); es6(:,3);
    es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 2 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -10 20]);
title('tvärkraftsdiagram GC-last över GC-last över spann 2 och 3')

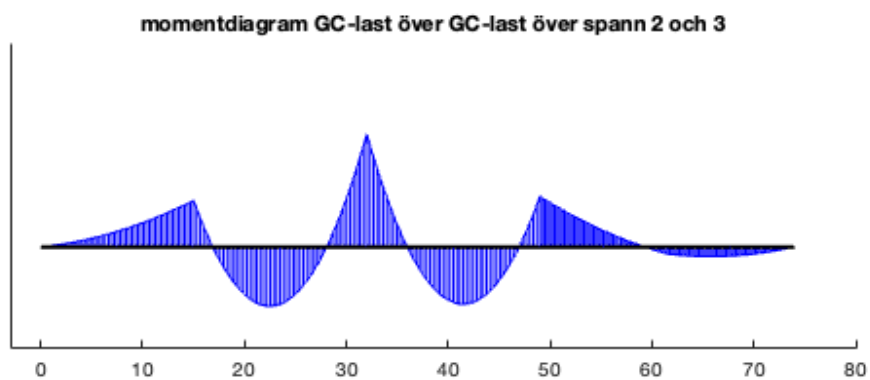
```

---

---

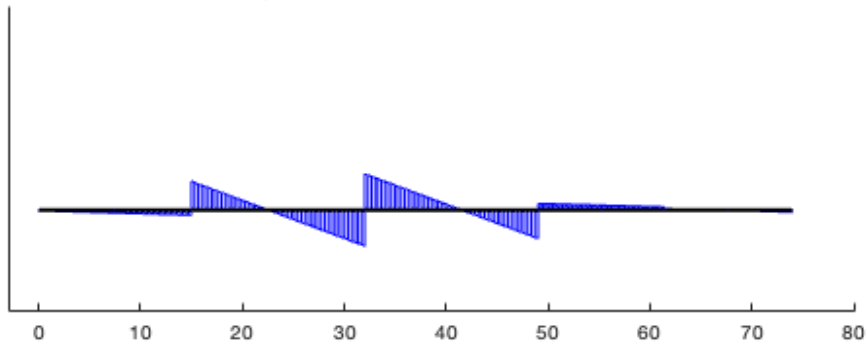
```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);  
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];  
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));  
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 2 är %.2f kN\n', maxshear/1000);
```

Största momentet i lastfall 2 är 1205.49 kNm  
Största tvärkraften i lastfall 2 är 386.18 kN



---

tvärkraftsdiagram GC-last över GC-last över spann 2 och 3



*Published with MATLAB® R2024b*

### Längsleksberäkningar i SLS och ULS, lastfall 3

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 3 SLS, egentyngd och servicefordon i mitten av spann 2
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1); f(11,1)=-ps_SLS_h;

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS+qt_SLS_h)]; %utbredda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq2);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq2);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq2);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq2);

[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

```

---

---

```

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq2,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq2,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq2,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq2,27);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

```

```
axis([-3 80 -20 20]);
```

```
title(['momentdiagram servicefordon i mitten av spann 2'])
```

```

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3); es6(:,3);
              es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 3 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),0.4);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

```

```
axis([-3 80 -10 20]);
```

```
title('tvärkraftsdiagram servicefordon i mitten av spann 2')
```

```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2)];
```

---

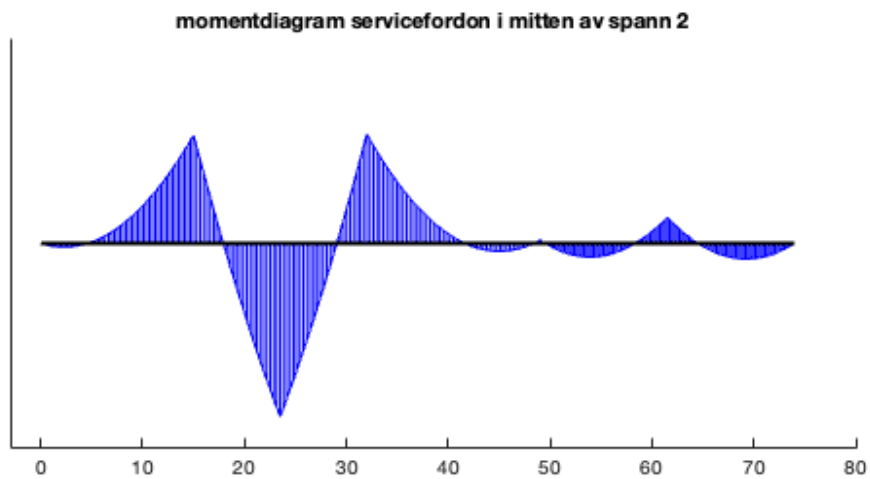
```
    es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 3 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

vert_disp = a(2:3:end); % Vertikala förskjutningar (DOF 2, 5, 8, ...)
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 3 är %.4f mm\n',
maxDisp*1000-1.7514);
```

*Största momentet i lastfall 3 är 380.89 kNm*

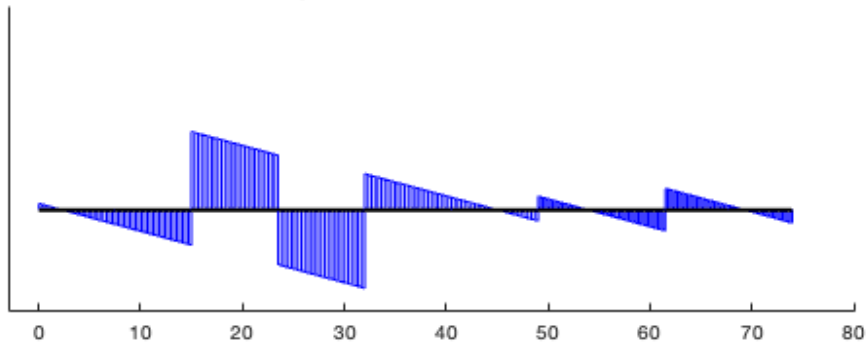
*Största tvärkraften i lastfall 3 är 85.90 kN*

*Största vertikala förskjutningen i lastfall 3 är 11.7585 mm*



---

tvärkraftsdiagram servicefordon i mitten av spann 2



*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 3 ULS, egentyngd och servicefordon i mitten av spann 2
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1); f(11,1)=-ps_ULS_h;

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar elementstyvhetismatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq2);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq2);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq2);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

```

---

---

```

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq2,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq2,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq2,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq2,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -15 20]);
title(['momentdiagram servicefordon i mitten av spann 2'])

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3); es6(:,3);
    es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 3 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.4);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -10 20]);
title('tvärkraftsdiagram servicefordon i mitten av spann 2')

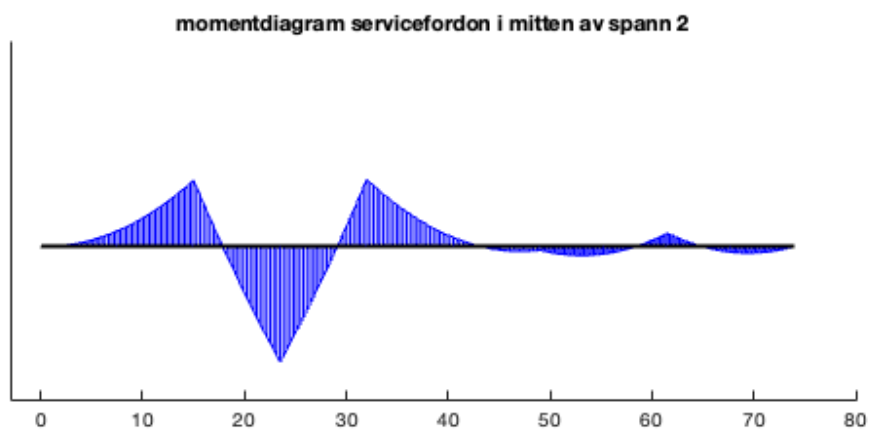
```

---

---

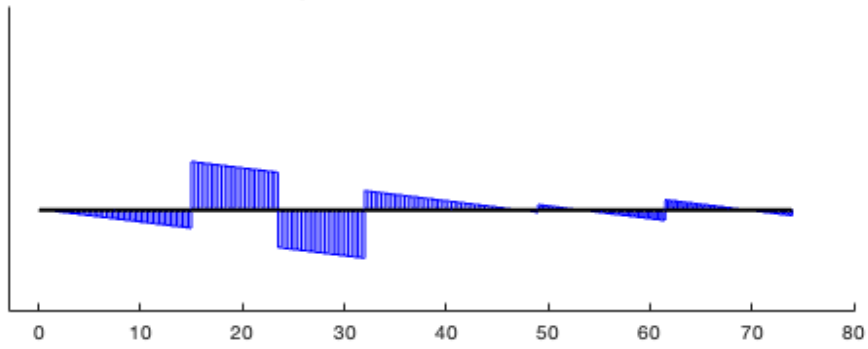
```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);  
           es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];  
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));  
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 3 är %.2f kN\n', maxshear/1000);
```

*Största momentet i lastfall 3 är 555.02 kNm*  
*Största tvärkraften i lastfall 3 är 116.02 kN*



---

tvärkraftsdiagram servicefordon i mitten av spann 2



*Published with MATLAB® R2024b*

## Längsleksberäkningar i SLS och ULS, lastfall 4

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 4 SLS, egentyngd och servicefordon över den andra pelaren
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1); f(14,1)=-ps_SLS_h;

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS+qt_SLS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq2);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq2);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq2);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq2);

[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

```

---

---

```

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq2,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq2,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq2,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq2,27);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

```

```
axis([-3 80 -3 20]);
```

```
title(['momentdiagram servicefordon över den andra pelaren'])
```

```

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3); es6(:,3);
              es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 3 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),0.5);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

```

```
axis([-3 80 -3 20]);
```

```
title('tvärkraftsdiagram servicefordon över den andra pelaren')
```

```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2)];
```

---

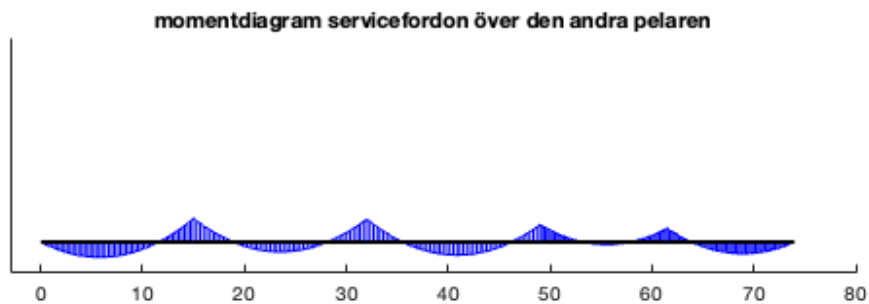
```
    es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 4 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

vert_disp = a(2:3:end); % Vertikala förskjutningar (DOF 2, 5, 8, ...)
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 4 är %.4f mm\n',
maxDisp*1000-1.7514);
```

*Största momentet i lastfall 3 är 78.08 kNm*

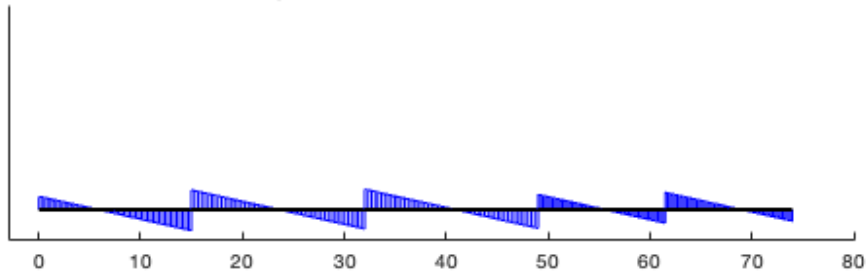
*Största tvärkraften i lastfall 4 är 27.96 kN*

*Största vertikala förskjutningen i lastfall 4 är -0.0000 mm*



---

tvärkraftsdiagram servicefordon över den andra pelaren



*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 4 ULS, egentyngd och servicefordon över den andra pelaren
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1); f(14,1)=-ps_ULS_h;

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %Egenvikt laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar elementstyvhetismatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq2);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq2);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq2);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq2);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq2);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq2);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];

```

---

---

```

[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq2,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq2,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq2,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq2,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq2,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq2,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.2);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -3 20]);
title(['momentdiagram servicefordon över den andra pelaren'])

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3); es6(:,3);
    es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 4 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.5);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -3 20]);
title('tvärkraftsdiagram servicefordon över den andra pelaren')

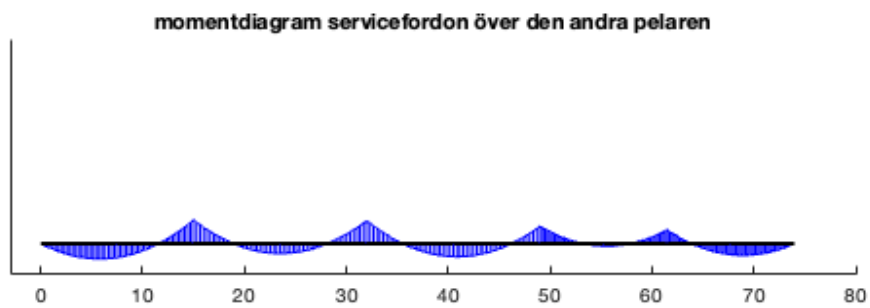
```

---

---

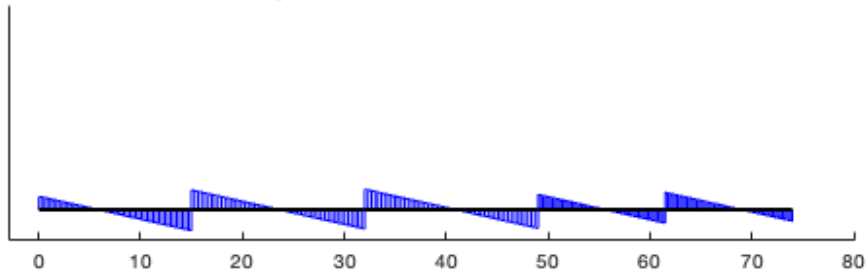
```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);  
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];  
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));  
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 4 är %.2f kN\n', maxshear/1000);
```

Största momentet i lastfall 4 är 78.08 kNm  
Största tvärkraften i lastfall 4 är 27.96 kN



---

tvärkraftsdiagram servicefordon över den andra pelaren



*Published with MATLAB® R2024b*

## Längsleksberäkningar i SLS och ULS, lastfall 5

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 5 SLS, egentyngd och GC-last över spann 1, 3 och 5
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_SLS+qt_SLS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_SLS];

[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq1);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq1);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq1);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq1);

[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];
[a,r]=solveq(K,f,bc);

```

---

---

```

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq1,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq1,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq1,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq1,27);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.3);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

```

```
axis([-3 80 -3 20]);
```

```
title(['momentdiagram GC-last över spann 1, 3 och 5'])
```

```

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3); es6(:,3);
              es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 5 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

```

```
figure
```

```

plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,2),1);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

```

```
axis([-3 80 -3 20]);
```

```
title('tvärkraftsdiagram GC-last över spann 1, 3 och 5')
```

```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2)];
```

---

```

    es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 5 är %.2f kN\n', maxshear/1000);

vert_disp = a(2:3:end); % Vertikala förskjutningar
[maxDisp, idxDisp] = max(abs(vert_disp));
fprintf('Största vertikala förskjutningen i lastfall 5 är %.4f mm\n',
maxDisp*1000-1.7514);

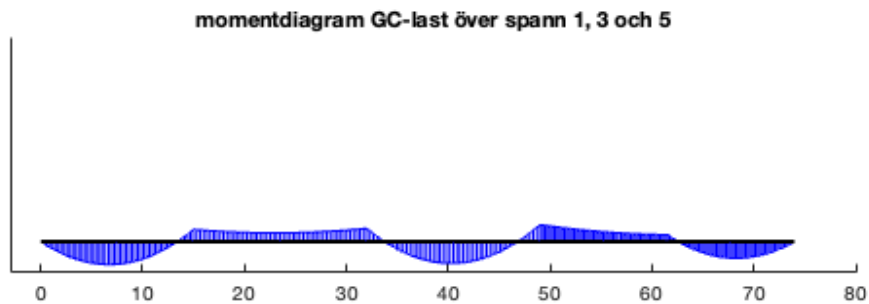
%kontroll med elementarfall

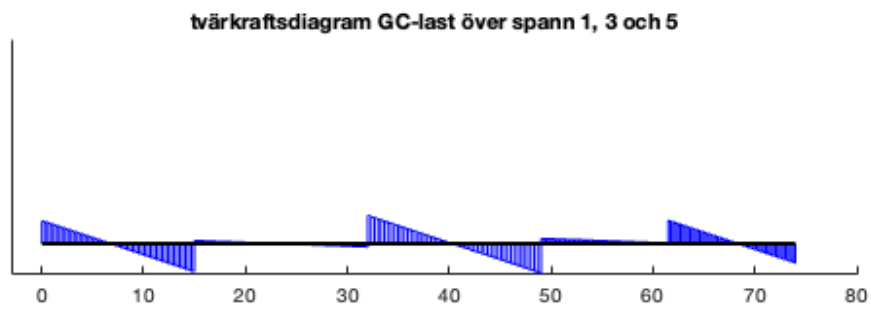
k3=0.809; q=25e3; %enbart GC-last
L=17; w=k3*q*L^4/(100*E1*I1)*1000;

fprintf('Nedböjning enligt elementarfall är %.4f mm\n', w);

Största momentet i lastfall 5 är 631.28 kNm
Största tvärkraften i lastfall 5 är 244.33 kN
Största vertikala förskjutningen i lastfall 5 är 28.4450 mm
Nedböjning enligt elementarfall är 32.7957 mm

```





*Published with MATLAB® R2024b*

---

```

clc, clear
%gl36k

%Lastfall 5 ULS, egentyngd och GC-last över spann 1, 3 och 5
%Längsled

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner [m]
bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner [m]
bp=5; hp=0.06; %slitplankets dimensioner [m]

E1=13700e6; %[Pa]
A1=b*h; As=bs*hs; A2=5*A1+As; Ap=bp*hp; %[m^2]

tp=(As*hs/2+5*A1*(hs+h/2))/A2; %[m]

Isyll=bs*hs^3/12; Ibalk=b*h^3/12; %[m^4]

I1=Isyll+As*(tp-hs/2)^2+5*Ibalk+5*A1*(hs+h/2-tp)^2; %[m^4]

rho_c24=420; %kg/m3
rho_c35=480; %kg/m3
rho_limtra=450; %kg/m3
g_limtra=rho_limtra*5*A1*9.81; %N/m
g_syll=rho_c35*As; %N/m
g_slitplank=rho_c24*Ap; %N/m

gk=g_limtra+g_syll+g_slitplank; %egentyngd N/m
qt=25e3; %GC-last N/m
ps=120e3; % Servicefordon N

% Partialkoefficienter
gamma_g=1.35; %Egentyngd
gamma_t=1.5; % GC-last
gamma_s=1.5; % Servicefordon

% Nedräkningsfaktor
psi_g = 1; % Egentyngd
psi_t = 0.4; % GC-last
psi_s = 0.75; % Servicefordon

% Lastkombinationer
% ULS
gk_ULS_h = gk*gamma_g; %Huvudlast egentyngd
qt_ULS_h = qt*gamma_t; %Huvudlast GC-last
ps_ULS_h = ps*gamma_s; %Huvudlast servicefordon

gk_ULS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_ULS = qt*psi_t; %GC-last
ps_ULS = ps*psi_s; %Servicefordon

%SLS
gk_SLS_h = gk; %Huvudlast egentyngd

```

---

---

```

qt_SLS_h = qt; %Huvudlast GC-last
ps_SLS_h = ps; %Huvudlast servicefordon

gk_SLS = gk*psi_g; %Egentyngd
qt_SLS = qt*psi_t; %GC-last
ps_SLS = ps*psi_s; %Servicefordon

Edof=[1 1 2 3 4 5 6; 2 4 5 6 7 8 9; 3 7 8 9 10 11 12; 4 10 11 12 13 14 15;
      5 13 14 15 16 17 18; 6 16 17 18 19 20 21; 7 19 20 21 22 23 24;
      8 22 23 24 25 26 27; 9 25 26 27 28 29 30;
      10 28 29 30 31 32 33]; %topologimatrix

K=zeros(33); f=zeros(33,1);

ep1=[E1 A2 I1];

ex1=[0 7.5]; ex2=[7.5 15]; ex3=[15 23.5]; %koordinatvektorer
ex4=[23.5 32]; ex5=[32 40.5]; ex6=[40.5 49]; ex7=[49 55.25];
ex8=[55.25 61.5]; ex9=[61.5 67.75]; ex10=[67.75 74];

ey1=[0 0];

eq1=[0 -(gk_ULS+qt_ULS_h)]; %utbreda laster
eq2=[0 -gk_ULS];

%skapar elementstyvhetsmatrix
[Ke1,fe1]=beam2e(ex1,ey1,ep1,eq1);
[Ke2,fe2]=beam2e(ex2,ey1,ep1,eq1);
[Ke3,fe3]=beam2e(ex3,ey1,ep1,eq2);
[Ke4,fe4]=beam2e(ex4,ey1,ep1,eq2);
[Ke5,fe5]=beam2e(ex5,ey1,ep1,eq1);
[Ke6,fe6]=beam2e(ex6,ey1,ep1,eq1);
[Ke7,fe7]=beam2e(ex7,ey1,ep1,eq2);
[Ke8,fe8]=beam2e(ex8,ey1,ep1,eq2);
[Ke9,fe9]=beam2e(ex9,ey1,ep1,eq1);
[Ke10,fe10]=beam2e(ex10,ey1,ep1,eq1);

%assemblerar styvhetsmatrixerna till en global
[K,f]=assem(Edof(1,:),K,Ke1,f,fe1);
[K,f]=assem(Edof(2,:),K,Ke2,f,fe2);
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
[K,f]=assem(Edof(4,:),K,Ke4,f,fe4);
[K,f]=assem(Edof(5,:),K,Ke5,f,fe5);
[K,f]=assem(Edof(6,:),K,Ke6,f,fe6);
[K,f]=assem(Edof(7,:),K,Ke7,f,fe7);
[K,f]=assem(Edof(8,:),K,Ke8,f,fe8);
[K,f]=assem(Edof(9,:),K,Ke9,f,fe9);
[K,f]=assem(Edof(10,:),K,Ke10,f,fe10);

format long
bc=[1 0; 2 0; 8 0; 14 0; 20 0; 26 0; 32 0];

```

---

---

```

[a,r]=solveq(K,f,bc);

Ed=extract(Edof,a); %kolumn1=normalkraft, kolumn2=tvärkraft, kolumn3=moment
es1=beam2s(ex1,ey1,ep1,Ed(1,:),eq1,27);
es2=beam2s(ex2,ey1,ep1,Ed(2,:),eq1,27);
es3=beam2s(ex3,ey1,ep1,Ed(3,:),eq2,27);
es4=beam2s(ex4,ey1,ep1,Ed(4,:),eq2,27);
es5=beam2s(ex5,ey1,ep1,Ed(5,:),eq1,27);
es6=beam2s(ex6,ey1,ep1,Ed(6,:),eq1,27);
es7=beam2s(ex7,ey1,ep1,Ed(7,:),eq2,27);
es8=beam2s(ex8,ey1,ep1,Ed(8,:),eq2,27);
es9=beam2s(ex9,ey1,ep1,Ed(9,:),eq1,27);
es10=beam2s(ex10,ey1,ep1,Ed(10,:),eq1,27);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),0.3);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,3),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,3),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -3 20]);
title(['momentdiagram GC-last över spann 1, 3 och 5'])

allMoments = [es1(:,3); es2(:,3); es3(:,3); es4(:,3); es5(:,3); es6(:,3);
    es7(:,3); es8(:,3); es9(:,3); es10(:,3)];
[maxMoment, idx] = max(abs(allMoments));
fprintf('Största momentet i lastfall 5 är %.2f kNm\n', maxMoment/1000);

figure
plotpar=[2 1 ];
sfac=scalfact2(ex1,ey1,es1(:,3),1);
eldia2(ex1,ey1,es1(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex2,ey1,es2(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex3,ey1,es3(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex4,ey1,es4(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex5,ey1,es5(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex6,ey1,es6(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex7,ey1,es7(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex8,ey1,es8(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex9,ey1,es9(:,2),plotpar,sfac);
eldia2(ex10,ey1,es10(:,2),plotpar,sfac);
set(gca, 'ytick', []);

axis([-3 80 -3 20]);

```

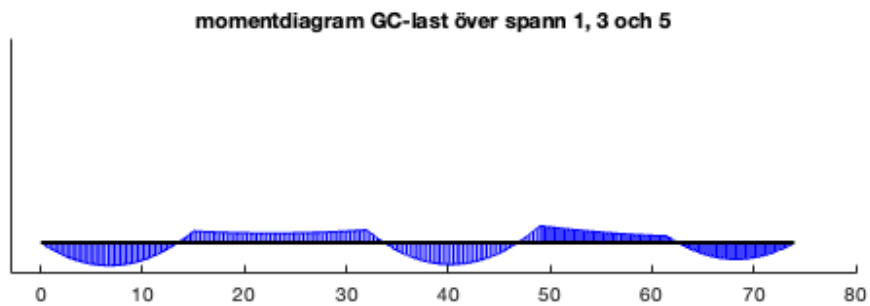
---

---

```
title('tvärkraftsdiagram GC-last över spann 1, 3 och 5')
```

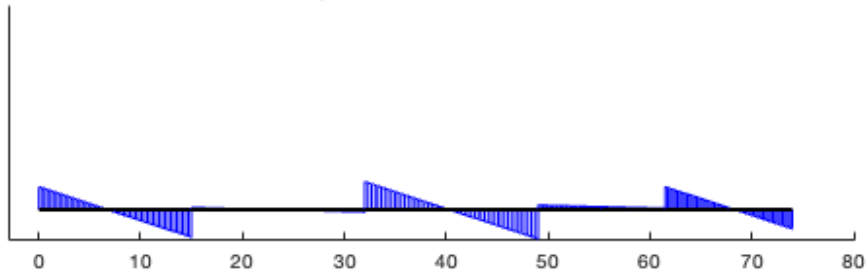
```
allshear = [es1(:,2); es2(:,2); es3(:,2); es4(:,2); es5(:,2);  
            es6(:,2); es7(:,2); es8(:,2); es9(:,2); es10(:,2)];  
[maxshear, idx] = max(abs(allshear));  
fprintf('Största tvärkraften i lastfall 5 är %.2f kN\n', maxshear/1000);
```

```
Största momentet i lastfall 5 är 922.08 kNm  
Största tvärkraften i lastfall 5 är 354.16 kN
```



---

**tvärkraftsdiagram GC-last över spann 1, 3 och 5**



*Published with MATLAB® R2024b*

## **Kapaciteter för syll och balkar**

---

```
clc, clear

%syll C35

bs=5; hs=0.055; %syllens dimensioner

fmk=35e6; %karakteristisk böjhållfasthet [Pa]
kmod=0.7; %omräkningsfaktor med hänsyn till klimatklass och lastvaraktighet
fvk=3.4e6; %karakteristisk skjuvhållfasthet[Pa]
gamma=1.25; %säkerhetsfaktor

kh=min((600/(hs*1000))^0.1, 1.1); %höjdeftektfaktor

fmd=kh*kmod*fmk/gamma; %dimensionerande böjhållfasthet
fvd=kh*kmod*fvk/gamma; %dimensionerande skjuvhållfasthet

w=bs*hs^2/6; %böjmotstånd [m^3]

mrd=fmd*w; %momentkapacitet

kcr=0.67; %faktor för hänsyn till sprickor
bef=kcr*bs; %effektiv bredd

vrd=2/3*bef*hs*fvd; %tvärkraftskapacitet

fprintf('Syllens momentkapacitet är %.2f kNm\n', mrd/1000);
fprintf('Syllens tvärkraftskapacitet är %.2f kN\n', vrd/1000);

fprintf('Utnyttjandegrad momentkapacitet är %.2f %%\n', 43.33e3/mrd*100);
fprintf('Utnyttjandegrad tvärkraftskapacitet är %.2f %%\n', 110.28e3/vrd*100);

Syllens momentkapacitet är 54.35 kNm
Syllens tvärkraftskapacitet är 257.26 kN
Utnyttjandegrad momentkapacitet är 79.73 %
Utnyttjandegrad tvärkraftskapacitet är 42.87 %
```

*Published with MATLAB® R2024b*

---

```
clc, clear

%balkar GL36k

b=0.215; h=0.585; %balkarnas dimensioner

fmk=36e6; %karakteristisk böjhållfasthet [Pa]
kmod=0.7; %omräkningsfaktor med hänsyn till klimatklass och lastvaraktighet
fvk=4.3e6; %karakteristisk skjuvhållfasthet[Pa]
gamma=1.25; %säkerhetsfaktor

kh=min((600/(h*1000))^0.1, 1.1); %höjdeeffektfaktor

fmd=kh*kmod*fmk/gamma; %dimensionerande böjhållfasthet
fvd=kh*kmod*fvk/gamma; %dimensionerande skjuvhållfasthet

w=5*b*h^2/6; %böjmotstånd [m^3]

mrd=fmd*w; %momentkapacitet [m^3]

kcr=0.67; %faktor för hänsyn till sprickor
bef=kcr*b; %effektiv bredd

vrd=2/3*bef*h*fvd*5; %tvärkraftskapacitet

fprintf('Balkarnas momentkapacitet är %.2f kNm\n', mrd/1000);
fprintf('Balkarnas tvärkraftskapacitet är %.2f kN\n', vrd/1000);

fprintf('Utnyttjandegrad momentkapacitet är %.2f %%\n', 1205.49e3/mrd*100);
fprintf('Utnyttjandegrad tvärkraftskapacitet är %.2f %%\n', 386.18e3/vrd*100);

Balkarnas momentkapacitet är 1239.25 kNm
Balkarnas tvärkraftskapacitet är 678.12 kN
Utnyttjandegrad momentkapacitet är 97.28 %
Utnyttjandegrad tvärkraftskapacitet är 56.95 %
```

*Published with MATLAB® R2024b*