

Eksamensoppgave i MEKA1101/MEKT1101/MEKG1101/TKT4118/VB6046

Eksamensdato: 5. desember 2024

Eksamenstid (fra-til): 15:00-19:00

Faglig kontakt: Torodd Skjerve Nord (Ålesund) / Victorien Prot (Trondheim) / Per Harald Ninive (Gjøvik)

Tlf.: 97 77 94 31/ 98 49 77 31 / 99 58 76 72

Møter i eksamenslokalet: NEI

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: D / Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler tillatt. Bestemt, enkel kalkulator tillatt.

ANNEN INFORMASJON:

Sjakk deg overblikk over oppgavesettet før du begynner på besvarelsen din.

Les oppgavene nøye og gjør dine egne antagelser. Presiser i besvarelsen hvilke forutsetninger du har lagt til grunn i tolkning/avgrensning av oppgaven.

Faglig kontaktperson skal kun kontaktes dersom det er direkte feil eller mangler i oppgavesettet. Henvend deg til en eksamensvakt hvis du mistenker feil og mangler. Noter spørsmålet ditt på forhånd.

FAGSPESIFIKK INFORMASJON

Håndtegninger:

I en del oppgaver skal håndberegninger leveres på ark, disse oppgavene er merket tydelig. Manglende håndberegninger på disse oppgavene vil gi redusert uttelling selv om svaret ført inn i Inspira er rett. Andre oppgaver skal besvares direkte i Inspira. Nederst i oppgaven finner du en sjusifret kode. Fyll inn denne koden øverst til venstre på arkene du ønsker å levere.

Det anbefales å gjøre dette underveis i eksamen. Dersom du behøver tilgang til kodene etter at eksamenstiden har utløpt, må du klikke «Vis besvarelse».

Du er selv ansvarlig for å fylle inn riktige koder på eventuelle håndtegningsark. Les derfor informasjonen på omslagsarket nøye. Eksamenskontoret kan ikke garantere at feilaktig utfylte ark blir lagt til besvarelsen din.

Vekting av oppgavene: Maksimal uttelling er angitt for hver oppgave, oppgavesettet summerer til 100 poeng

oppgave 1: 16 poeng

oppgave 2: 10 poeng

oppgave 3: 25 poeng

oppgave 4: 23 poeng

oppgave 5: 16 poeng

oppgave 6: 10 poeng

Formelark: Formelarket finner du bakerst i oppgavesettet.

Varslinger:

Eventuelle beskjeder under eksamen (f.eks. ved feil i oppgavesettet), sendes ut via varslinger i Inspira. Et varsel vil dukke opp som en dialogboks på skjermen. Du kan finne igjen varselet ved å klikke på bjella øverst til høyre.

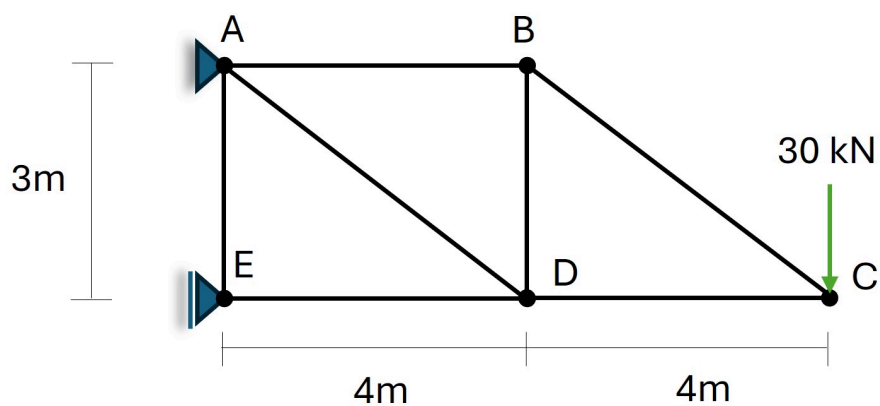
Trekk fra/avbrutt eksamen:

Dersom du ønsker å levere blankt/avbryte eksamen, gå til "hamburgermenyen" i øvre høyre hjørne og velg «Lever blankt». Dette kan ikke angres selv om prøven fremdeles er åpen.

Tilgang til besvarelse:

Etter eksamen finner du besvarelsen din under tidligere prøver i Inspira. Merk at det kan ta én virkedag før eventuelle håndtegninger vil være tilgjengelige under «tidligere prøver».

1(a) Figuren viser et fagverk ABCDE. Fagverket er festet til en vegg i punkt A og B. En punktlast på 30 kN virker i punkt C som angitt på figuren.

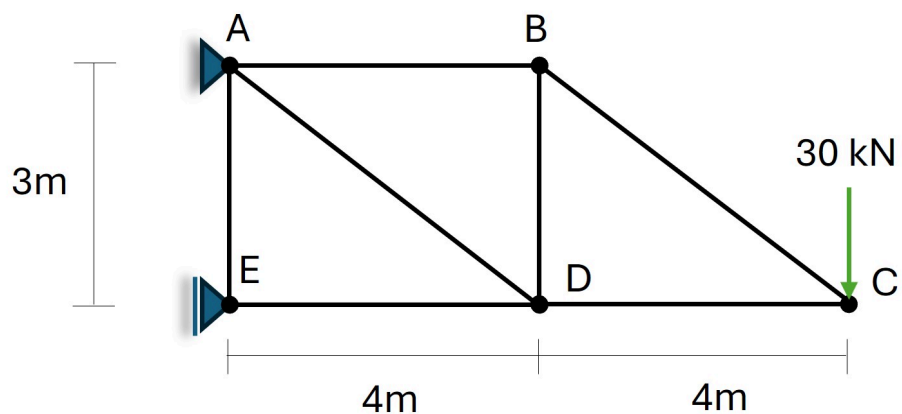


a) Vis at fagverket er statisk bestemt.

Skriv ditt svar her

Maks poeng: 3

- 1(b) Figuren viser et fagverk ABCDE. Fagverket er festet til en vegg via et fastlager i punkt A og et glidelager i punkt E. En punktlast på 30 kN virker i punkt C som angitt på figuren.



- b) Bestem opplagerkreftene i A og E. Angi svaret i et heltall antall kN.

La positiv x-akse peke mot høyre og positiv z-akse peke oppover på figuren. Angi svaret med negativt fortegn dersom du mener opplagerkreftene i x-retning peker mot venstre, eller hvis du mener opplagerkreftene i z-retning peker nedover.

$$A_x = \boxed{-80} \text{ (-80)}$$

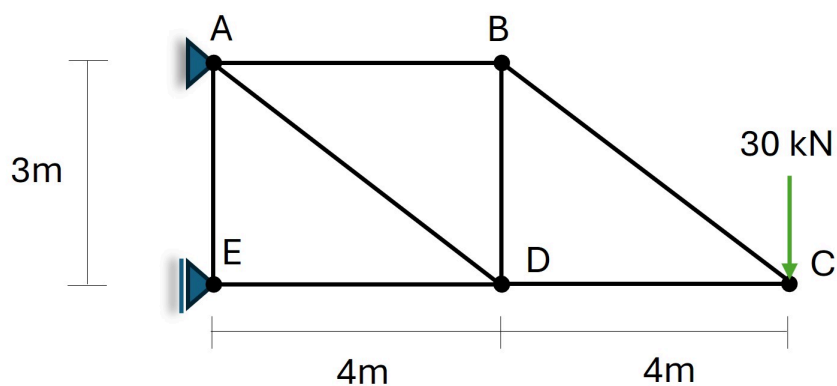
$$A_z = \boxed{30} \text{ (30)}$$

$$E_x = \boxed{80} \text{ (80)}$$

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 3

- 1(c) Figuren viser et fagverk ABCDE. Fagverket er festet til en vegg via et fastlager i punkt A og et glidelager i punkt E. En punktlast på 30 kN virker i punkt C som angitt på figuren.



c) Hvilken eller hvilke staver er nullstaver?

Velg ett alternativ:

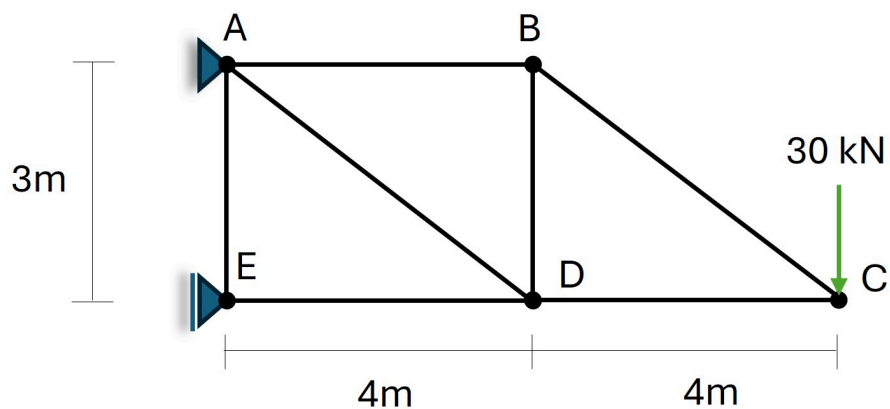
- ☐ Stav AE og BD
- ☐ Stav DE
- ☐ Det er ingen nullstaver
- ☐ Stav AD og BD
- ☐ Stav AE
- ☐ Stav BD



Merk at håndberegningene eller begrunnelsene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 4

- 1(d) Figuren viser et fagverk ABCDE. Fagverket er festet til en vegg via et fastlager i punkt A og et glidelager i punkt E. En punktlast på 30 kN virker i punkt C som angitt på figuren.



- d) Finn største strekkraft og største trykkraft i fagverket ved å bruke knutepunktsmetoden. Angi svaret i (positivt) heltall antall kN. Merk at vi kun er ute etter tallverdier.

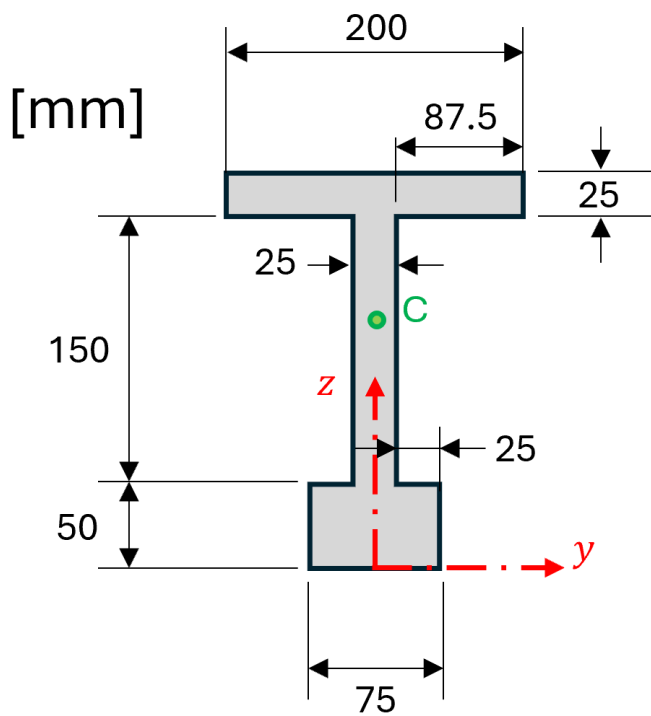
Maks. strekkraft = (50) kN

Maks. trykkraft = (80) kN

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 6

2(a)



Et sammensatt tverrsnitt har geometri som vist i figuren.

z-aksen er en symmetriakse for tverrsnitts geometrien.

a) Regn ut beliggenheten til arealsenter C (y_C og z_C).

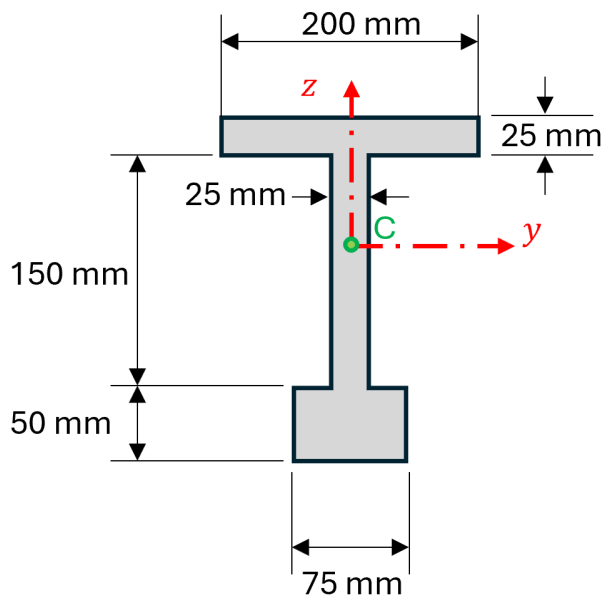
$$y_C = \boxed{0} \text{ (0) mm,}$$

$$z_C = \boxed{130} \text{ (130) mm.}$$

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 4

- 2(b) Et sammensatt tverrsnitt har geometri som vist i figuren.
z-aksen er en symmetriakse for tverrsnitts geometrien.



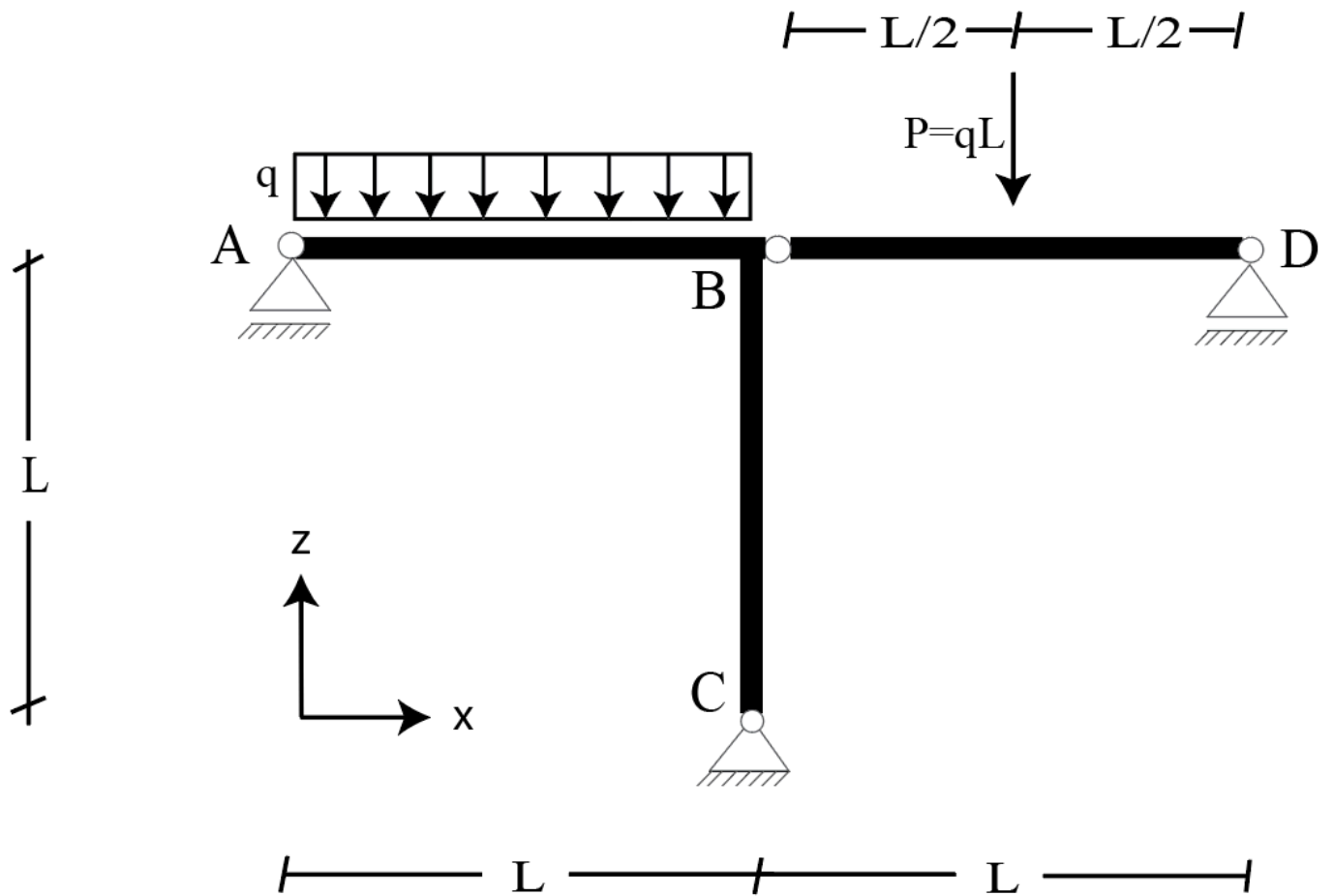
- b) Beregn tverrsnittets annet areal moment I_y . Bruk Steiners teorem
Rund av svaret ditt til nærmeste heltall.

$$I_y = \boxed{} (83 - 84) \cdot 10^6 \text{ mm}^4.$$

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 6

3(a)



Figuren over viser en ramme ABC med stift hjørne i B, hvor en Bjelke BD er festet til rammen gjennom et ledd i B. Det er benyttet forskyvelig leddlager (glidelager) i A og D, og et uforskyvelig lager i C. Ytre laster og geometri fremgår av figuren. Argumenter for om denne rammen er statisk underbestemt, statisk bestemt eller statisk ubestemt.

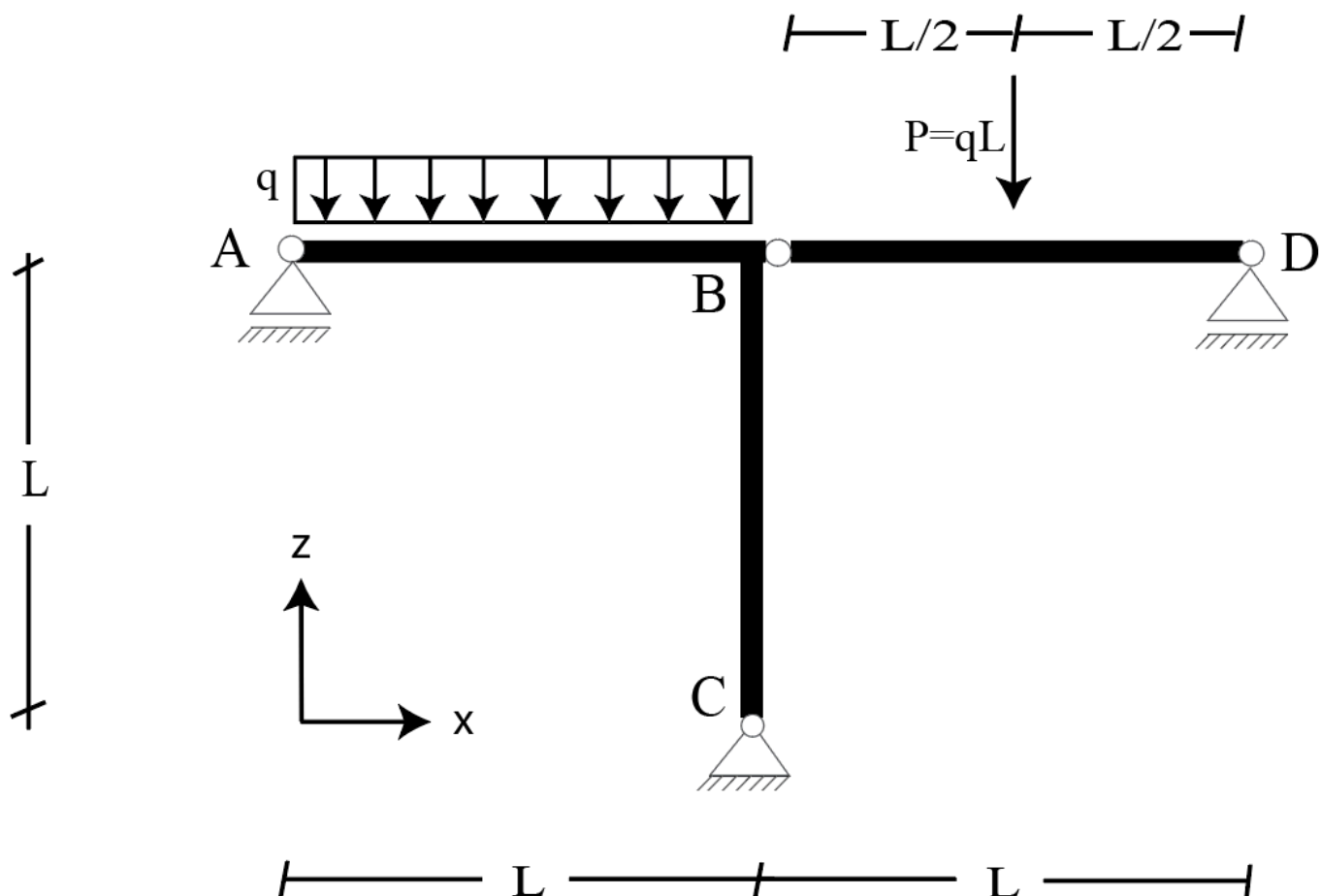
Skriv ditt svar her

Format

Σ

Words: 0

3(b)



Figuren over viser en ramme ABC med stivt hjørne i B, hvor en Bjelke BD er festet til ramma gjennom et ledd i B. Det er benyttet forskyvelig leddlager (glidelager) i A og D, og et uforskyvelig lager i C. Ytre laster og geometri fremgår av figuren. Bestem reaksjonskreftene i A, C og D.

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Velg ett alternativ

- $A_x = 0$ ☒ $A_x = -qL/8$ ☐ $A_x = qL/4$ ☐ $A_x = qL/2$ ☐

Velg ett alternativ

- $A_z = 0$ ☐ $A_z = qL/4$ ☐ $A_z = qL/8$ ☐ $A_z = qL/2$ ☒

Velg ett alternativ

- $C_z = 3qL/2$ ☐ $C_z = qL/4$ ☐ $C_z = qL$ ☒ $C_z = qL/10$ ☐

Velg ett alternativ

$$Cx = 0$$



$$Cx = qL/8$$



$$Cx = qL/3$$



$$Cx = qL/5$$



Velg ett alternativ

$$Dz = 2qL$$



$$Dz = qL/2$$



$$Dz = qL/4$$

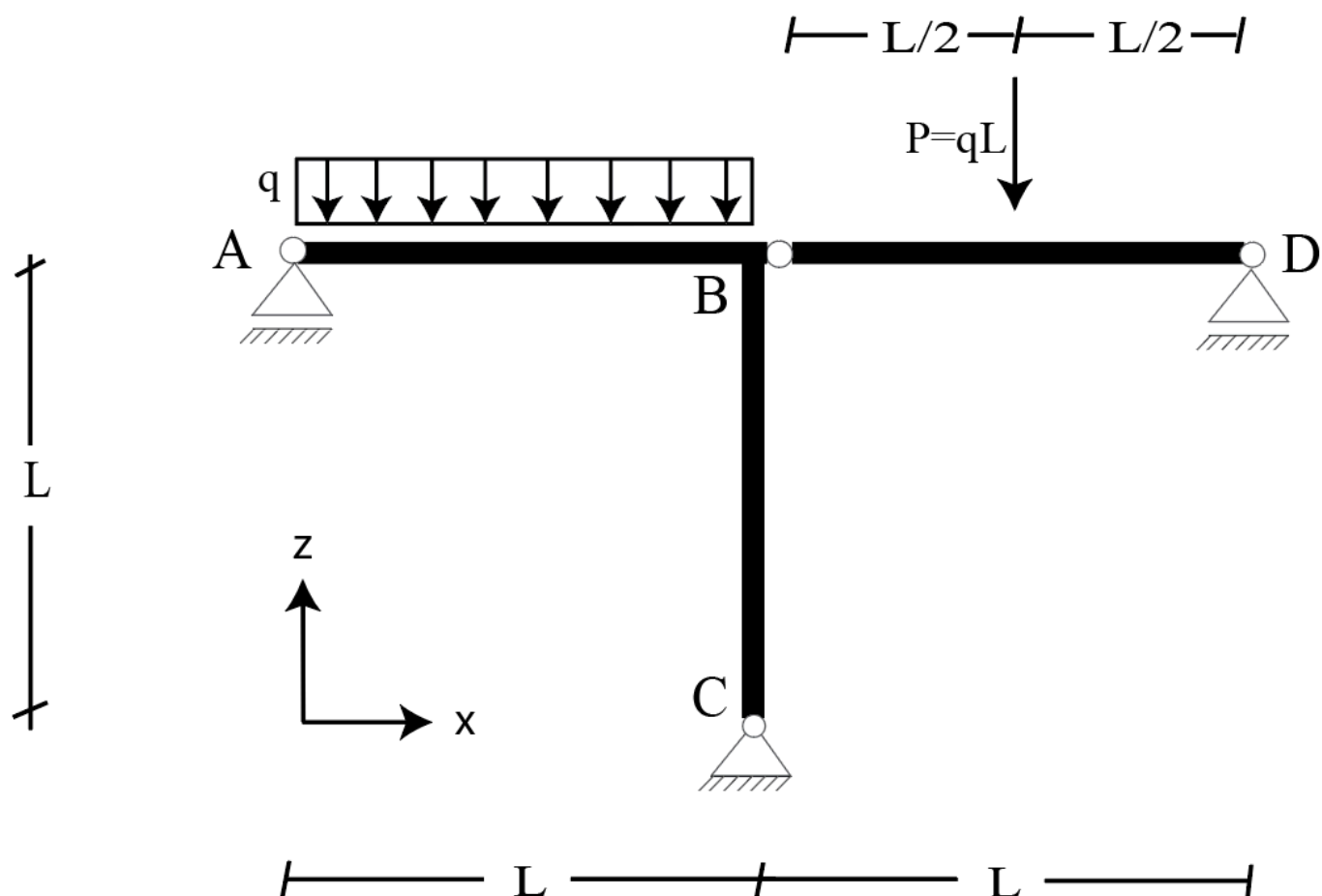


$$Dz = 2qL/3$$



Maks poeng: 5

3(c)



Figuren over viser en ramme ABC med stivt hjørne i B, hvor en Bjelke BD er festet til rammen gjennom et ledd i B. Det er benyttet forskyvelig leddlager (glidelager) i A og D, og et uforskyvelig lager i C. Ytre laster og geometri fremgår av figuren.

Nedenfor finner du seks alternativer for normalkraftdiagrammet til rammen (A, B, ..., F). I diagrammene angir **virkningssymbolet strekk eller trykk**. Bestem hvilket diagram som viser rett fordeling av normalkreftene i rammen.

Merk at vi her bare er ute etter fordelingen av trykk og strekkrefter i rammen så størrelsen på boksene er ikke nødvendigvis i skala i forhold til størrelsen på normalkreftene i hver del av rammen.

Du skal vise hvordan du kommer frem til riktig diagram ved hjelp av håndberegning.

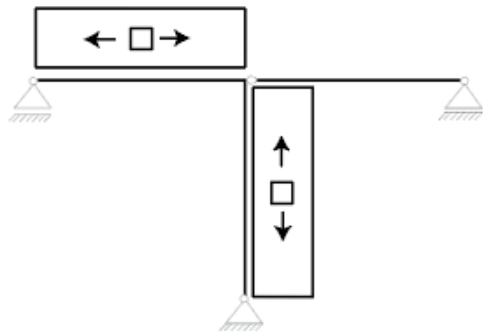
Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Velg ett alternativ:

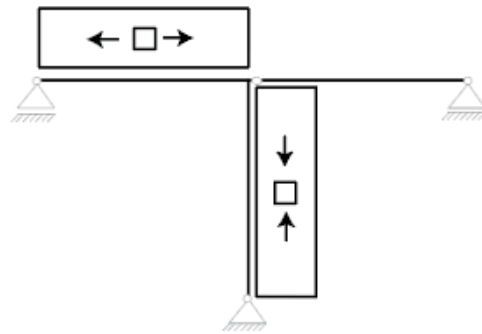
- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E
- ☐ F



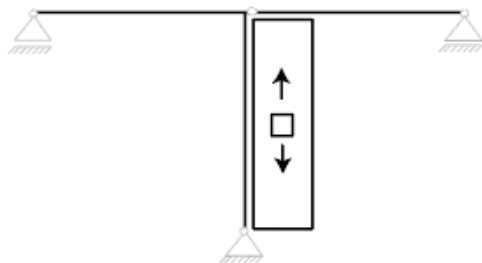
A



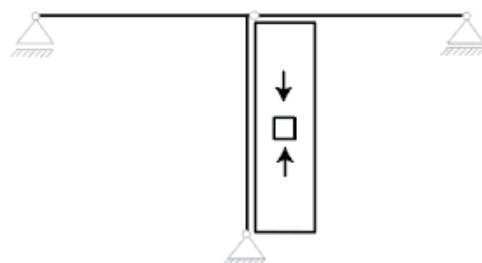
B



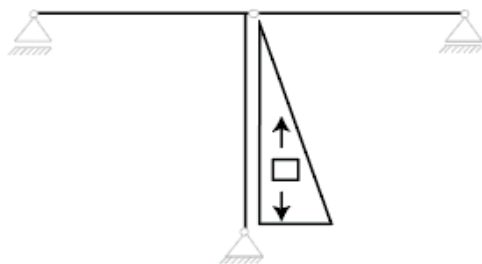
C



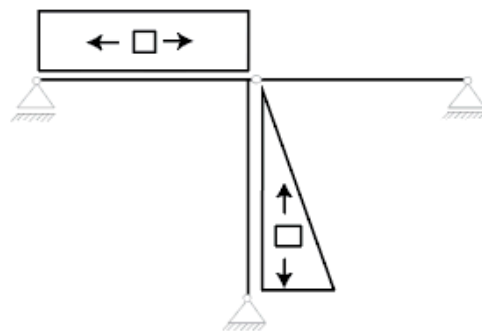
D



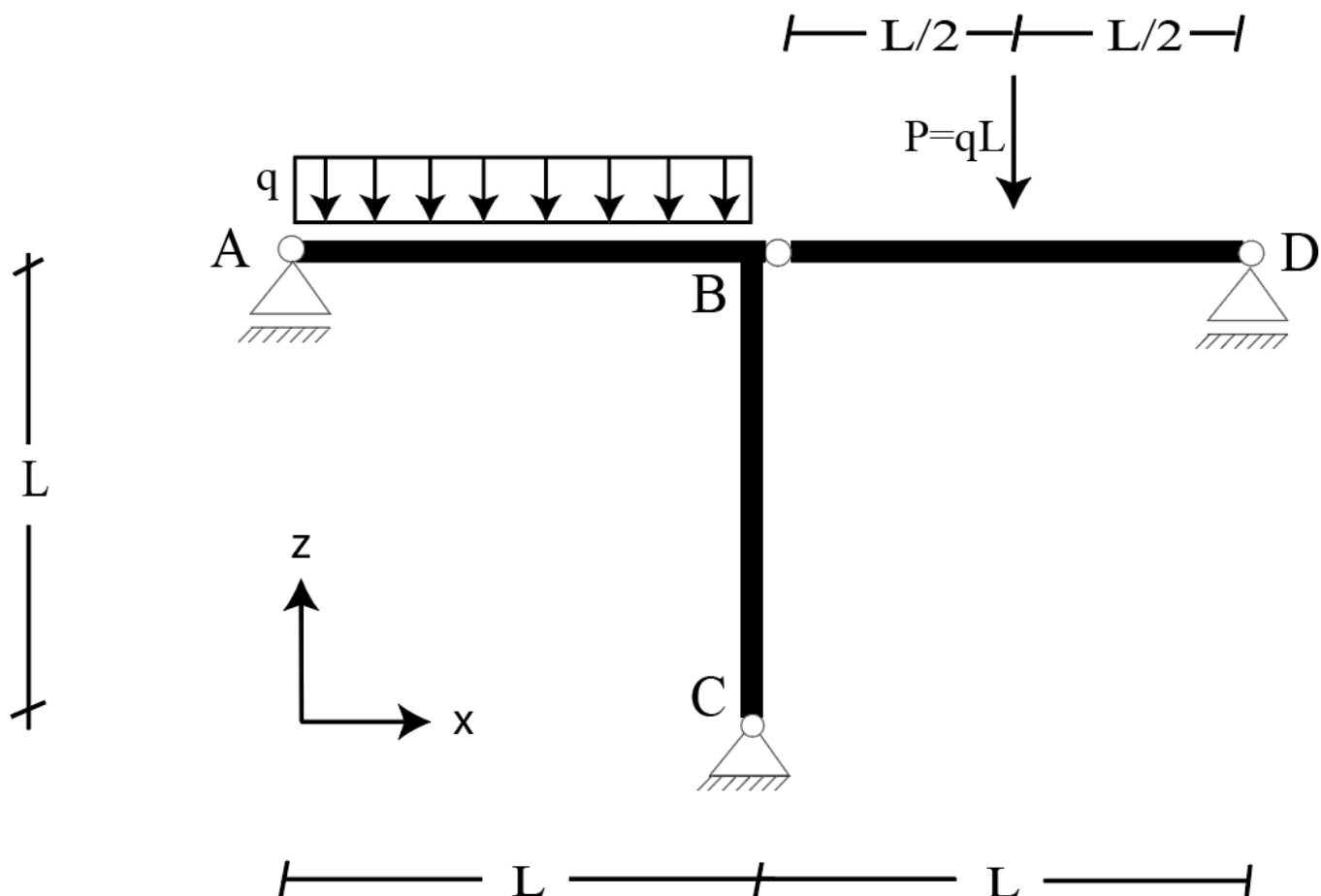
E



F



3(d)



Figuren over viser en ramme ABC med stivt hjørne i B, hvor en Bjelke BD er festet til ramma gjennom et ledd i B. Det er benyttet forskyvelig leddlager (glidelager) i A og D, og et uforskyvelig lager i C. Ytre laster og geometri fremgår av figuren.

Nedenfor finner du seks alternativer for skjærkraftdiagrammet til ramma (A, B, ..., F).

Skjærkraftdiagrammet er tegnet med virkningssymbol som angir retningen til skjærkreftene.

Bestem hvilket diagram som viser rett fordeling av skjærkrefter i rammen.

Merk at vi her bare er ute etter formen, samt retning på virkningssymbol på skjærkraftdiagrammet.

Du skal vise hvordan du kommer frem til riktig diagram ved hjelp av håndberegning.

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Velg ett alternativ:

☐ A

☐ B

☐ C

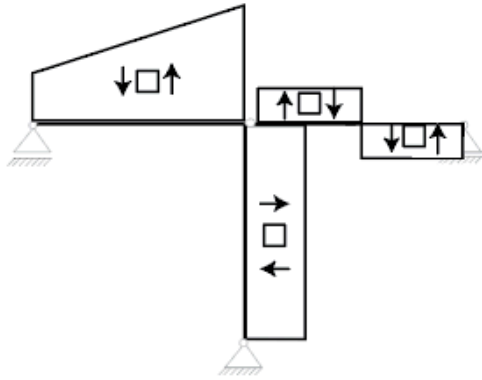
☐ D

☐ E

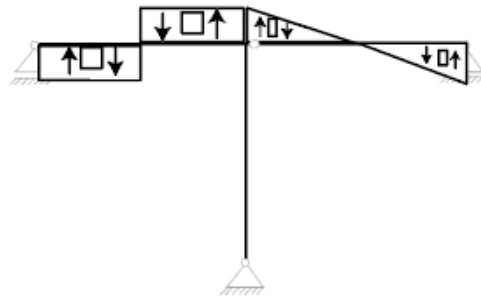
☐ F



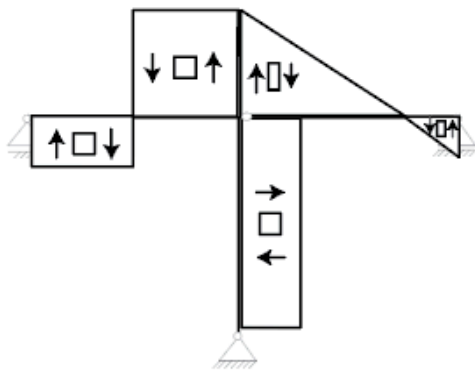
A



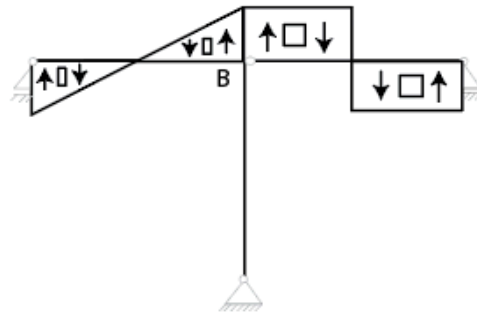
B



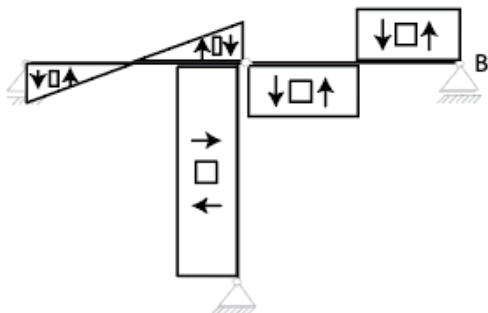
C



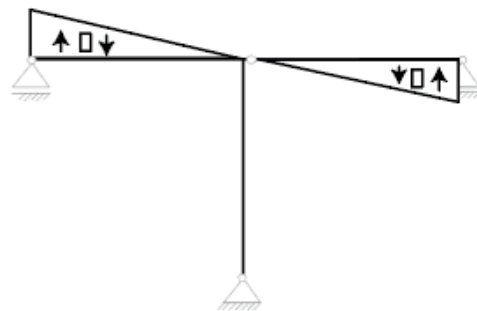
D



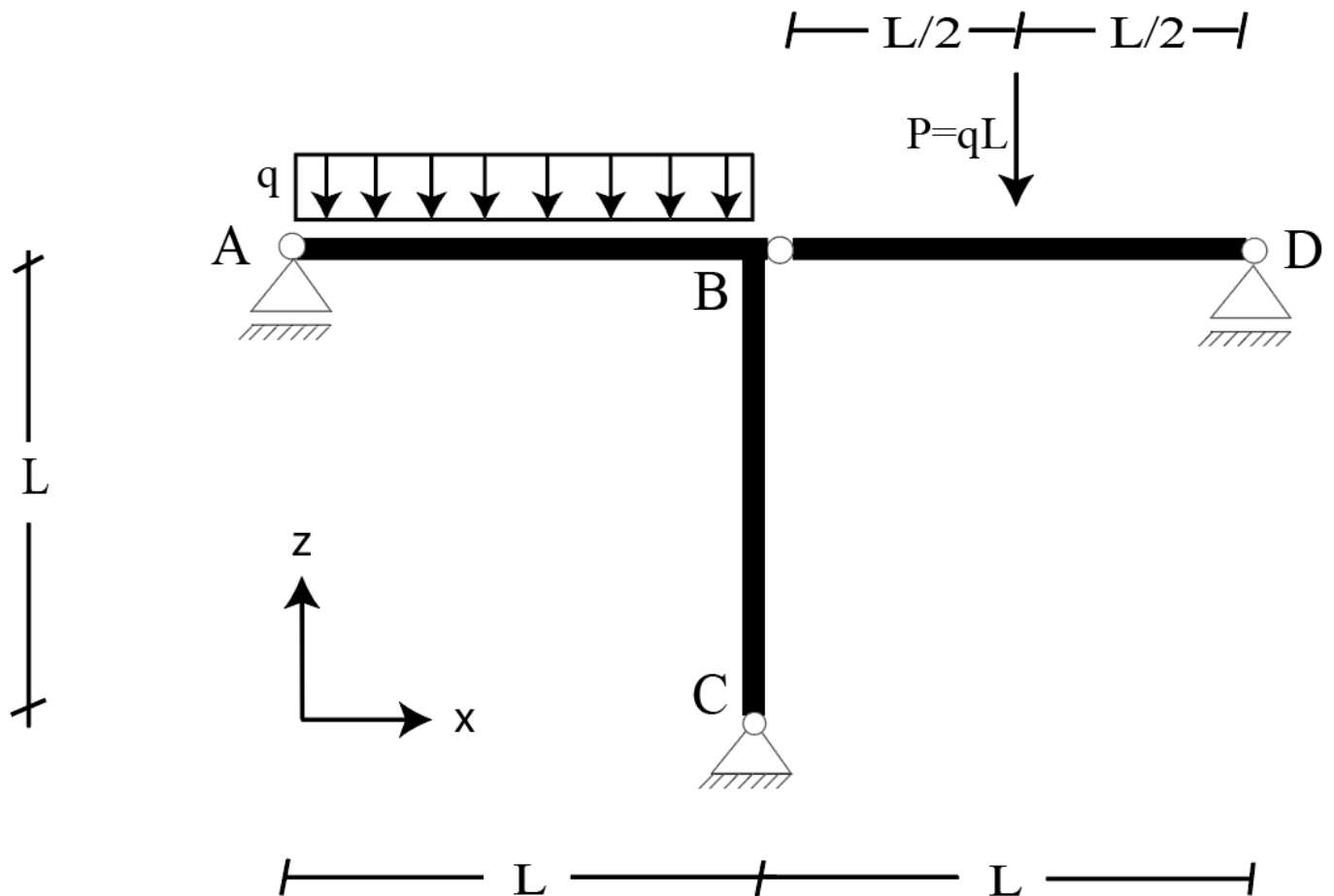
E



F



3(e)



Figuren over viser en ramme ABC med stivt hjørne i B, hvor en Bjelke BD er festet til ramma gjennom et ledd i B. Det er benyttet forskyvelig leddlager (glidelager) i A og D, og et uforskyvelig lager i C. Ytre laster og geometri fremgår av figuren.

Nedenfor finner du seks alternativer for momentdiagrammet (A, B, ..., F).

Momentdiagrammene er tegnet på strekksiden.

Bestem hvilket diagram som viser rett fordeling av moment i rammen.

Merk at vi her bare er ute etter formen på momentdiagrammet.

Du skal vise hvordan du kommer frem til riktig diagram ved hjelp av håndberegning.

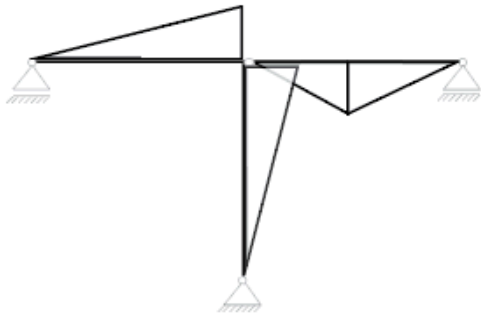
Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Velg ett alternativ:

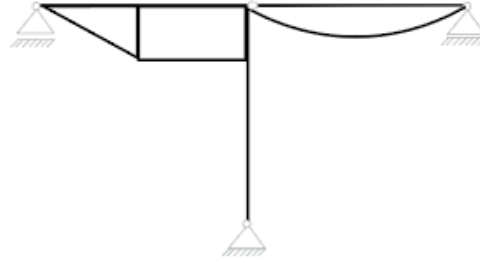
- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D
- ☐ E
- ☐ F



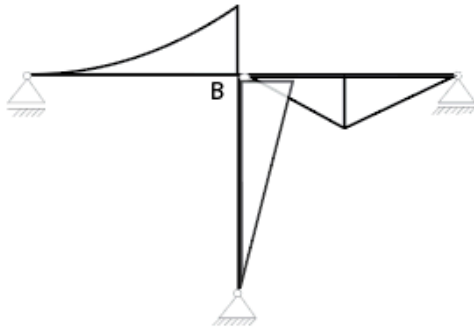
A



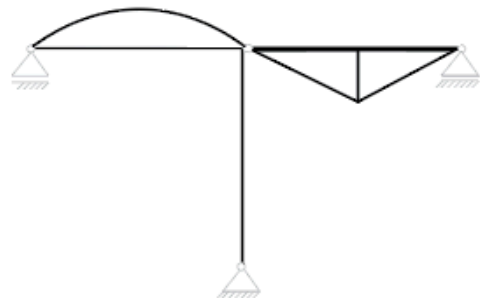
B



C



D



E

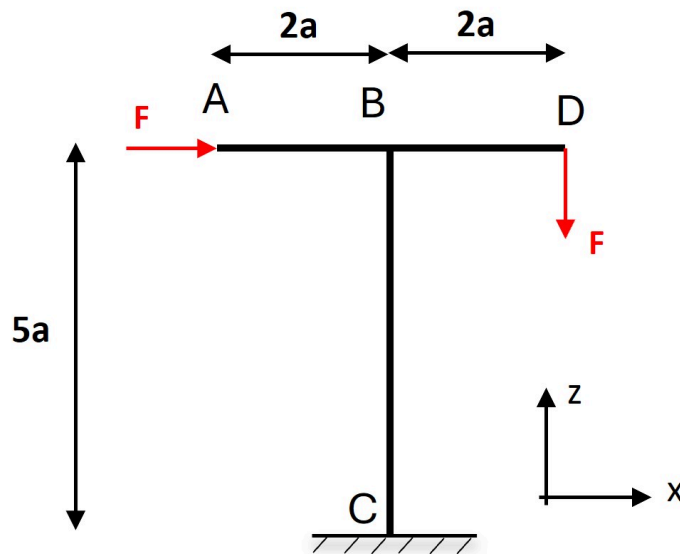


F

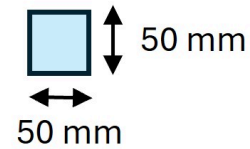


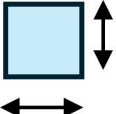
- 4 Figuren viser en T-formet mast som er satt sammen av trebjelker med massive, kvadratiske tverrsnitt. Tverrsnittdimensjonene fremgår av figuren. Masten er fast innspent i punkt C. To like store punktlaster F angriper som anvist i punkt A og D.

Bruddspenningen i trematerialet er $f_y = 30 \text{ MPa}$.

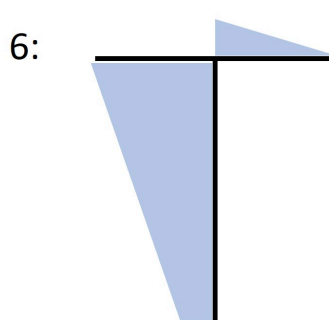
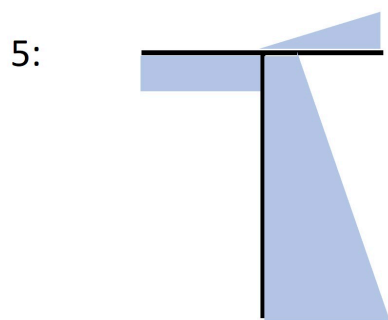
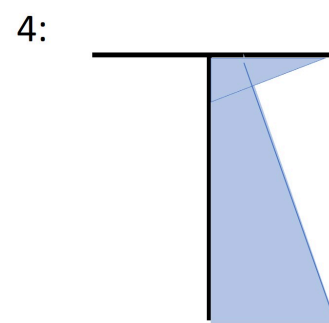
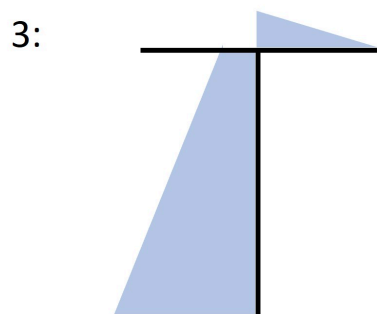
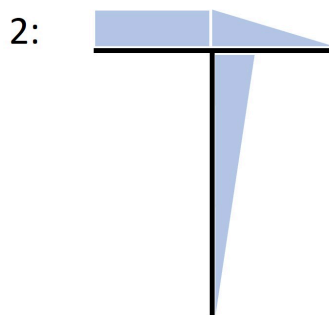
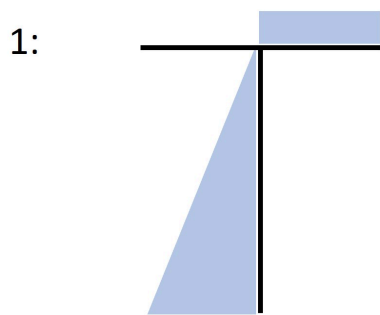


Tverrsnitt, del ABD:



Tverrsnitt, del BC:  75 mm

4(a) a) Bestem den riktige formen på M-diagrammet.



Velg ett alternativ:

- ☐ Alternativ 2
- ☐ Alternativ 6
- ☐ Alternativ 3
- ☐ Alternativ 5
- ☐ Alternativ 4
- ☐ Alternativ 1



Merk at håndberegningene eller begrunnelsene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 5

4(b) b) Bestem bøyemomentene i punkt B og C uttrykt ved F og a .

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Bøyemoment M_B i punkt B er lik:

Velg ett alternativ:

☐ $7Fa$

☐ 0

☐ $4Fa$

☐ $2Fa$



☐ $5Fa$

☐ Fa

Bøyemoment M_C i punkt C er lik:

Velg ett alternativ

☐ Fa

☐ $9Fa$

☐ $2Fa$

☐ 0

☐ $5Fa$

☐ $7Fa$



Maks poeng: 5

4(c) c) Anta $F = 250 \text{ N}$ og $a = 1,0 \text{ m}$. Hvor i konstruksjonen oppstår største bøyespenning?

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Velg ett alternativ:

- ☐ Like til venstre for punkt B (i del AB)
- ☐ Punkt D
- ☐ Punkt A
- ☐ Rett i underkant av punkt B (i del BC)
- ☐ Punkt C
- ☐ Like til høyre for punkt B (i del BD)



Maks poeng: 5

4(d) d) Beregn største bøyespenning i konstruksjonen dersom $F = 250 \text{ N}$ og $a = 1,0 \text{ m}$. Angi svaret med 1 desimal nøyaktighet.

$$\sigma_{max}^M = \boxed{} (24.8 - 25.0) \text{ MPa.}$$

Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 5

4(e) e) Hva blir største verdi som punktlastene F kan ha uten at bruddspenningen ($f_y = 30 \text{ MPa}$) overskrides? Anta fortsatt at $a = 1,0 \text{ m}$.

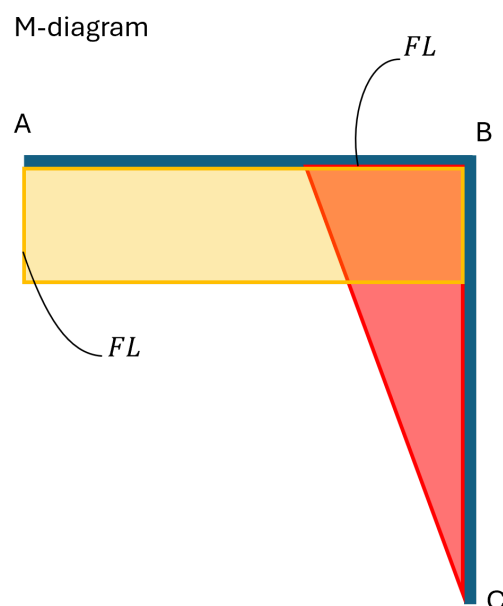
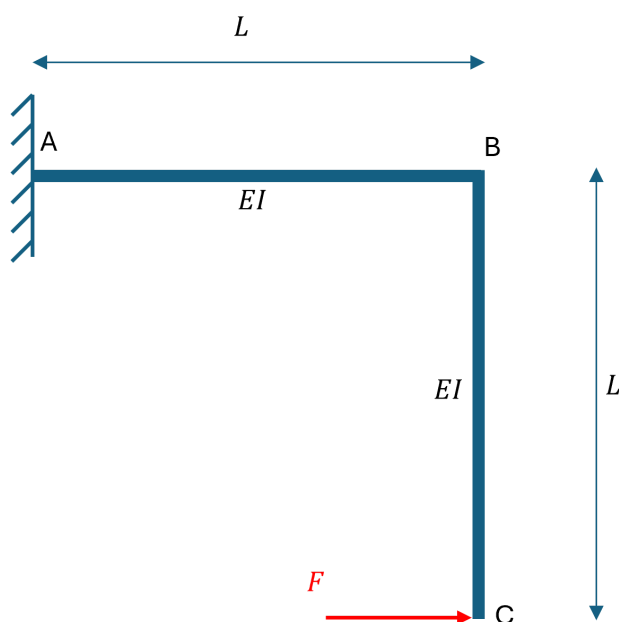
Avrund svaret til nærmeste heltall antall newton (N).

$$F_{max} = \boxed{} (297 - 302) \text{ N.}$$

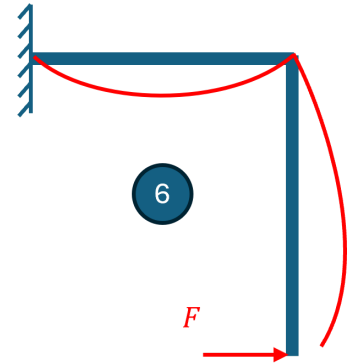
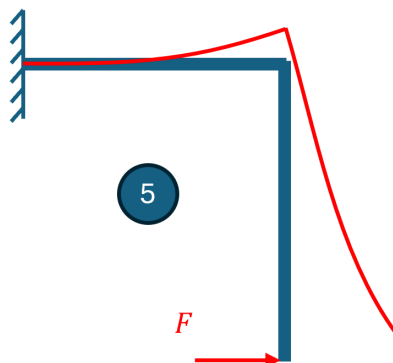
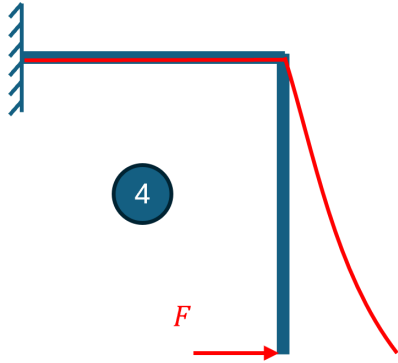
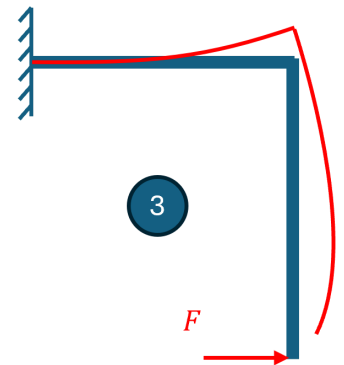
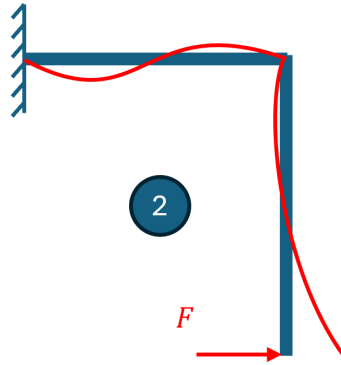
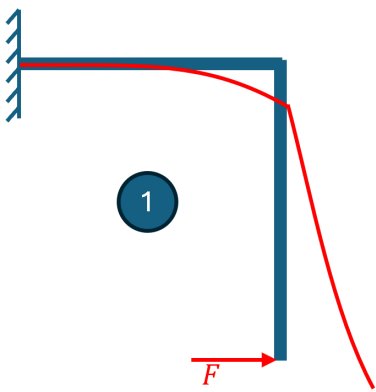
Merk at håndberegningene du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 3

- 5 En ramme ABC er påkjent av en kraft P i C som vist på figuren. Rammeelementene (AB og BC) har lengde L og bøyestivhet EI . Momentdiagrammet er oppgitt.



5(a) a) Velg riktig skisse av deformasjonsmønsteret (elastiske linjen).



Velg ett alternativ:

- ☐ Alternativ 5
- ☐ Alternativ 4
- ☐ Alternativ 6
- ☐ Alternativ 1
- ☐ Alternativ 3
- ☐ Alternativ 2



Maks poeng: 4

5(b) b) Hva blir vertikalforskyvningen av punkt B? Bruk elementærbjelkemetoden.

$w_B = 0$	$w_B = \frac{FL^3}{3EI}$	$w_B = \frac{FL^3}{2EI}$	$w_B = \frac{FL^3}{8EI}$	$w_B = \frac{FL^3}{384EI}$	$w_B = \frac{FL^3}{16EI}$	$w_B = \frac{FL^3}{48EI}$
1	2	3	4	5	6	7

Velg ett alternativ:

- ☐ Alternativ 7
- ☐ Alternativ 4
- ☐ Alternativ 6
- ☐ Alternativ 1
- ☐ Alternativ 3
- ☐ Alternativ 2
- ☐ Alternativ 5



Merk at håndberegningene og argumentasjonen du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 5

5(c) c) Hva er rotasjonsvinkelen i punkt B?

$\phi_B = 0$	$\phi_B = \frac{FL^2}{EI}$	$\phi_B = \frac{FL^2}{2EI}$	$\phi_B = \frac{FL^2}{6EI}$	$\phi_B = \frac{FL^2}{16EI}$	$\phi_B = \frac{FL^2}{3EI}$
1	2	3	4	5	6

Velg ett alternativ:

- ☐ Alternativ 1
- ☐ Alternativ 6
- ☐ Alternativ 2
- ☐ Alternativ 5
- ☐ Alternativ 3
- ☐ Alternativ 4



Merk at håndberegningene og argumentasjonen du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 4

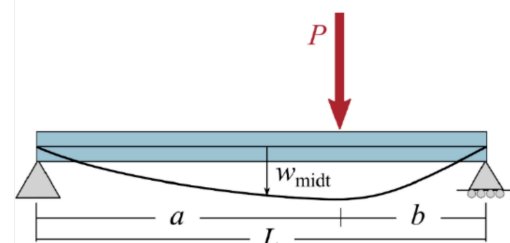
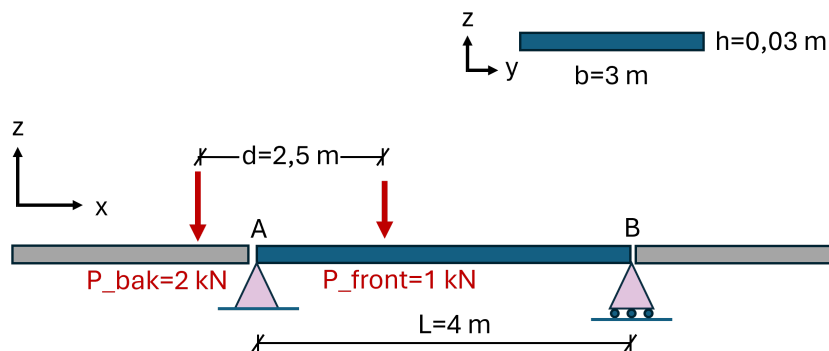
5(d) d) Beregn horisontalforskyvningen av punkt C.

Skriv ditt svar her

Merk at håndberegningene og argumentasjonen du gjør for å løse denne oppgaven må leveres inn.

Maks poeng: 3

6(a)



$$w_{\text{midt}} = \frac{PL^3}{48EI} \left(4\left(\frac{a}{L}\right)^3 - 3\left(\frac{a}{L}\right) \right), \quad a \leq \frac{L}{2}$$

$$w_{\text{midt}} = \frac{PL^3}{48EI} \left(4\left(\frac{b}{L}\right)^3 - 3\left(\frac{b}{L}\right) \right), \quad a > \frac{L}{2}$$

Oppgaven besvares direkte i Inspira

Trondheim kommune har sendt ut et varsel om kommende gravearbeid utenfor boligen din. I innkjørselen din kommer det til å være en lang og dypt grop som er 4 meter bred. For at du og andre skal kunne benytte innkjørselen så legges det ned en stålplate, som er 4 m lang, 3 m bred og 3 cm tykk, over gropa. Du ser på den tynne stålplata og er nysgjerrig på hvor mye nedbøyning som kommer til å oppstå når du skal kjøre over den. Du har ikke lært plateteori som undervises i TKT4134 Mekanikk 4, men du bestemmer deg for å forenkle problemet og benytter bjelketeori istedenfor.

Da du fikk varselingen fra kommunen lagde du en skisse av problemet og en detaljert kode som beregner og plotter nedbøyningen på midten av plata som funksjon av posisjonen til forhjulene. Platens E-modul er 210 GPa og bøyes om svak akse.

Du viser nå koden til en venn, en stund etter du skrev koden. Samtidig som du viser koden til vennen din oppdager du noen feil i koden.

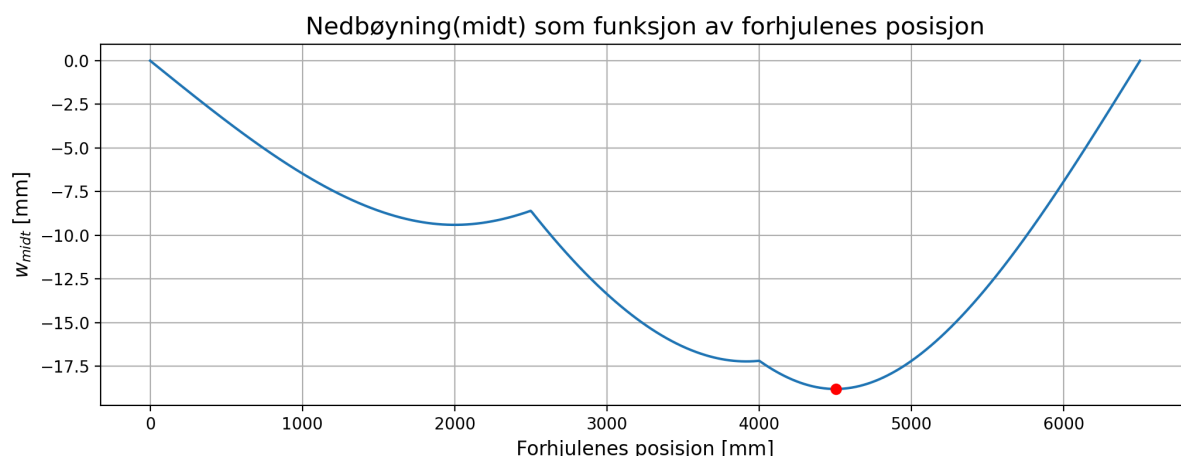
a) Koden inneholder 3 feil. Bruk svarboksen nedenfor til å føre opp linjenummerne du mener det er feil på, hva som er galt og forslå korrigert kode for disse linjene. Feilene er ikke syntaksfeil.

```

1  ## Importer nødvendige biblioteker
2  import numpy as np
3
4  ## Definerer konstanter
5  L = 4 # Lengde av stålplate [m]
6  b = 3000 # Bredde av stålplate [mm]
7  h = 30 # Høyde av stålplate [mm]
8  E = 210000 # E-modul stål [N/mm^2]
9  I = h*b**3/12 # 2. Areal moment [mm^4]
10
11  P_front = 10000 # Last frontaksling [N]
12  P_bak = 20000 # Last bakaksling [N]
13  d = 2500 # Avstand mellom akslingene [mm]
14
15  wc1 = P_front * L**3 / (48*E*I) # Nedbøyningskoeffisient for P_front
16  wc2 = P_bak * L**3 / (48*E*I) # Nedbøyningskoeffisient for P_bak
17
18  ## Diskretisering
19  pos_for = np.linspace(0, L+d, 1000) # forakslingens posisjon
20  pos_bak = pos_for - d # bakakslingens posisjon
21  w_midt = np.zeros_like(pos_for) # tomt array for nedbøyning
22
23  # ???
24  for i in range(len(pos_for)):
25      if pos_for[i] <= L/2:
26          w_midt[i] = wc1*(4*(pos_for[i]/L)**3 - 3*pos_for[i]/L)
27      elif pos_for[i] > L/2 and pos_for[i] <= d:
28          w_midt[i] = wc1*(4*((L-pos_for[i])/L)**3 - 3*(L-pos_for[i])/L)
29      elif pos_for[i] <= L:
30          w_midt[i] = wc1*(4*((L-pos_for[i])/L)**3 - 3*(L-pos_for[i])/L) + wc2*(4*(pos_bak[i]/L)**3 - 3*pos_bak[i]/L)
31      elif pos_for[i] > L and pos_bak[i] <= L/2:
32          w_midt[i] = wc2*(4*(pos_bak[i]/L)**3 - 3*pos_bak[i]/L)
33      else:
34          w_midt[i] = wc2*(4*((L-pos_bak[i])/L)**3 - 3*(L-pos_bak[i])/L)
35
36  # Finner størst nedbøyning og tilhørende posisjon
37  maks_nedbøyning_pos = pos_for[np.argmin(w_midt)] # Forhjulenes posisjon ved størst nedbøyning
38  maks_nedbøyning = np.min(w_midt) # Størst nedbøyning
39
40  ## Plotter og printer resultatet
41  plt.figure(figsize=(12, 4), dpi=200)
42  plt.title("Nedbøyning(midt) som funksjon av forhjulenes posisjon", fontsize=15)
43  plt.plot(pos_for, w_midt)
44  plt.plot(maks_nedbøyning_pos, maks_nedbøyning, marker="o", color="red")
45  plt.xlabel("Forhjulenes posisjon [mm]", fontsize=12)
46  plt.ylabel(r"$w_{midt}$ [mm]", fontsize=12)
47  plt.grid()
48  plt.show()
49  print(
50      "Maks nedbøyning er {:.1f} mm når forhjulene er {:.2f} m på veg over stålplata"
51      .format(-maks_nedbøyning, maks_nedbøyning_pos/1000)
52  )

```

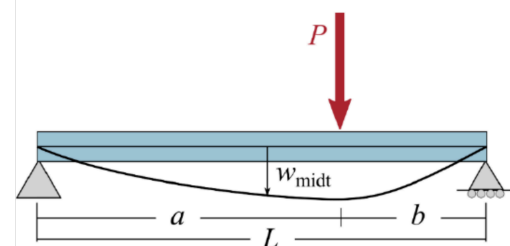
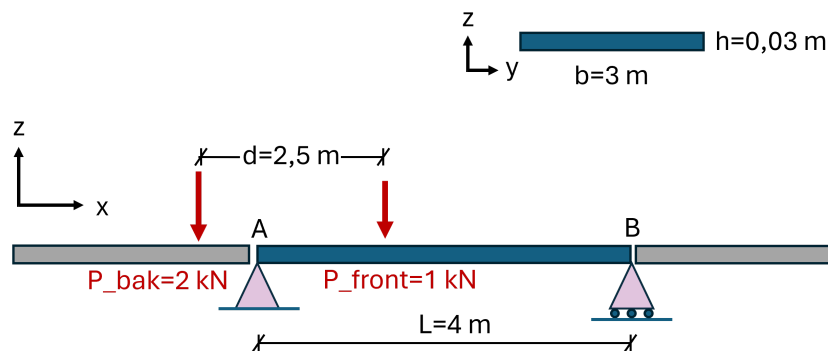
Figuren nedenfor viser plottet som koden lager når den er feilfri.



Skriv ditt svar her, dvs. feilene i Python-koden, inkl. hvilken linje hver feil befinner seg, og angi korrigert kode.

Maks poeng: 5

6(b)



$$w_{\text{midt}} = \frac{PL^3}{48EI} \left(4\left(\frac{a}{L}\right)^3 - 3\left(\frac{a}{L}\right) \right), \quad a \leq \frac{L}{2}$$

$$w_{\text{midt}} = \frac{PL^3}{48EI} \left(4\left(\frac{b}{L}\right)^3 - 3\left(\frac{b}{L}\right) \right), \quad a > \frac{L}{2}$$

Oppgaven besvares direkte i Inspira

Trondheim kommune har sendt ut et varsel om kommende gravearbeid utenfor boligen din. I innkjørselen din kommer det til å være en lang og dypt grop som er 4 meter bred. For at du og andre skal kunne benytte innkjørselen så legges det ned en stålplate, som er 4 m lang, 3 m bred og 3 cm tykk, over gropa. Du ser på den tynne stålplata og er nysgjerrig på hvor mye nedbøyning som kommer til å oppstå når du skal kjøre over den. Du har ikke lært plateteori som undervises i TKT4134 Mekanikk 4, men du bestemmer deg for å forenkle problemet og benytter bjelketeori istedenfor.

Da du fikk varselingen fra kommunen lagde du en skisse av problemet og en detaljert kode som beregner og plotter nedbøyningen på midten av plata som funksjon av posisjonen til forhjulene. Platens E-modul er 210 GPa og bøyes om svak akse.

Du viser nå koden til en venn, en stund etter du skrev koden. Vennen din ser over den detaljerte koden og stopper på linje 23 hvor det står #???. Der er det ingen forklaring på hva som skjer med for-løkken og vennen din spør deg "hva gjør koden her"?

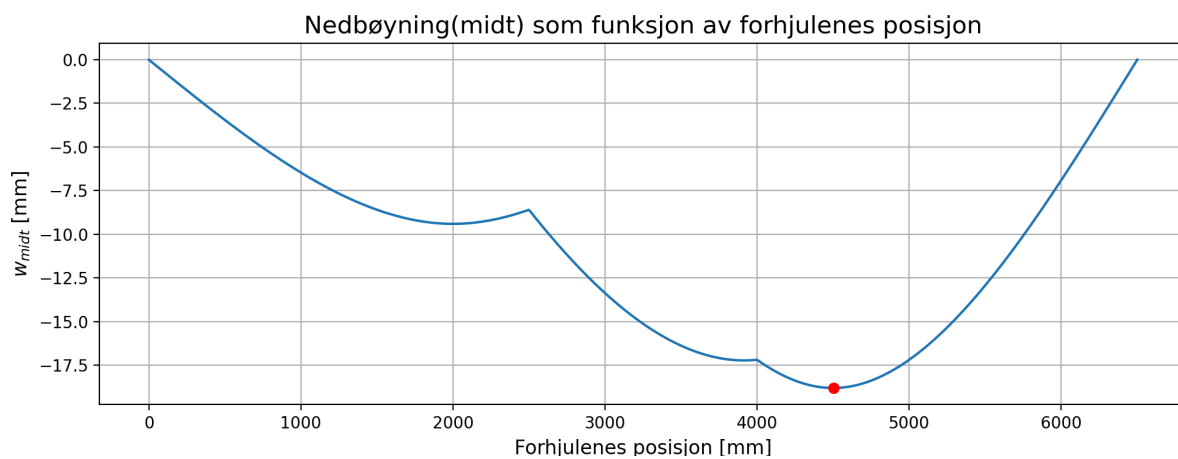
b) Forklar logikken og koden i for-løkken. Benytt svarboksene nedenfor.

```

1  ## Importer nødvendige biblioteker
2  import numpy as np
3
4  ## Definerer konstanter
5  L = 4 # Lengde av stålplate [m]
6  b = 3000 # Bredde av stålplate [mm]
7  h = 30 # Høyde av stålplate [mm]
8  E = 210000 # E-modul stål [N/mm^2]
9  I = h*b**3/12 # 2. Areal moment [mm^4]
10
11 P_front = 10000 # Last frontaksling [N]
12 P_bak = 20000 # Last bakaksling [N]
13 d = 2500 # Avstand mellom akslingene [mm]
14
15 wc1 = P_front * L**3 / (48*E*I) # Nedbøyningskoeffisient for P_front
16 wc2 = P_bak * L**3 / (48*E*I) # Nedbøyningskoeffisient for P_bak
17
18 ## Diskretisering
19 pos_for = np.linspace(0, L+d, 1000) # forakslingens posisjon
20 pos_bak = pos_for - d # bakakslingens posisjon
21 w_midt = np.zeros_like(pos_for) # tomt array for nedbøyning
22
23 # ???
24 for i in range(len(pos_for)):
25     if pos_for[i] <= L/2:
26         w_midt[i] = wc1*(4*(pos_for[i]/L)**3 - 3*pos_for[i]/L)
27     elif pos_for[i] > L/2 and pos_for[i] <= d:
28         w_midt[i] = wc1*(4*((L-pos_for[i])/L)**3 - 3*(L-pos_for[i])/L)
29     elif pos_for[i] <= L:
30         w_midt[i] = wc1*(4*((L-pos_for[i])/L)**3 - 3*(L-pos_for[i])/L) + wc2*(4*(pos_bak[i]/L)**3 - 3*pos_bak[i]/L)
31     elif pos_for[i] > L and pos_bak[i] <= L/2:
32         w_midt[i] = wc2*(4*(pos_bak[i]/L)**3 - 3*pos_bak[i]/L)
33     else:
34         w_midt[i] = wc2*(4*((L-pos_bak[i])/L)**3 - 3*(L-pos_bak[i])/L)
35
36 # Finner størst nedbøyning og tilhørende posisjon
37 maks_nedbøyning_pos = pos_for[np.argmin(w_midt)] # Forhjulets posisjon ved størst nedbøyning
38 maks_nedbøyning = np.min(w_midt) # Størst nedbøyning
39
40 ## Plotter og printer resultatet
41 plt.figure(figsize=(12, 4), dpi=200)
42 plt.title("Nedbøyning(midt) som funksjon av forhjulenenes posisjon", fontsize=15)
43 plt.plot(pos_for, w_midt)
44 plt.plot(maks_nedbøyning_pos, maks_nedbøyning, marker="o", color="red")
45 plt.xlabel("Forhjulenenes posisjon [mm]", fontsize=12)
46 plt.ylabel(r"$w_{midt}$ [mm]", fontsize=12)
47 plt.grid()
48 plt.show()
49 print(
50     "Maks nedbøyning er {:.1f} mm når forhjulene er {:.2f} m på veg over stålplata"
51     .format(-maks_nedbøyning, maks_nedbøyning_pos/1000)
52 )

```

Figuren nedenfor viser plottet som koden lager når den er feilfri.



Forklar linje 25 og 26

Forklar linje 27 og 28

Forklar linje 29 og 30

Forklar linje 31 og 32

Forklar linje 33 og 34

Maks poeng: 5