

i Informasjon/forside

Institutt for konstruksjonsteknikk

Eksamensoppgave i TKT4116 Mekanikk 1

Eksamensdato: Torsdag 10. juni 2021

Eksamenstid (fra-til): 09:00 – 13:00

Hjemmeeksamen med alle hjelpemidler tillatt

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: A / Alle hjelpemidler tillatt

Faglig kontakt under eksamen: Arild Holm Clausen

Tlf.: 73 59 76 32 / 482 66 568

Teknisk hjelp under eksamen: NTNU Orakel

Tlf: 73 59 16 00

Får du tekniske problemer underveis i eksamen, må du ta kontakt for teknisk hjelp snarest mulig, og senest innen eksamenstida løper ut. Kommer du ikke gjennom umiddelbart, hold linja til du får svar.

ANNEN INFORMASJON:

Lever en ryddig besvarelse med tydelige skisser og systematisk redegjørelse for hva som beregnes.

Gjør om nødvendig dine egne antagelser, og presiser i besvarelsen hvilke forutsetninger du har lagt til grunn i tolkning/avgrensing av oppgaven. Faglig kontaktperson skal kun kontaktes dersom det er direkte feil eller mangler i oppgavesettet.

Lagring: Besvarelsen din i Inspira lagres automatisk hvert 15. sekund.

Juks/plagiat: Eksamen skal være et individuelt, selvstendig arbeid. Det er tillatt å bruke hjelpemidler, f.eks. lærebok og regneøvinger. Under eksamen er det ikke tillatt å kommunisere med andre personer om oppgaven eller å distribuere utkast til svar. Slik kommunikasjon er å anse som juks.

Alle besvarelser kan bli kontrollert for plagiat. [Du kan lese mer om juks og plagiering på eksamen her](#).

Varslinger: Hvis det oppstår behov for å gi beskjeder til kandidatene underveis i eksamen (f.eks. ved feil i oppgavesettet), vil dette bli gjort via varslinger i Inspira. Et varsel vil dukke opp som en dialogboks på skjermen i Inspira. Du kan finne igjen varselet ved å klikke på bjella øverst i høyre hjørne på skjermen. Det vil i tillegg bli sendt SMS til alle kandidater for å sikre at ingen går glipp av viktig informasjon. Ha mobiltelefonen din tilgjengelig.

Vekting av oppgavene: Vekting er angitt for hver oppgave og hvert delspørsmål.

OM LEVERING:

Eksamenssettet består av seks oppgaver, hvorav fem besvares på papir som skannes/fotograferes og lastes opp i Inspira. Hver av disse fem oppgavene skal starte på et nytt ark. Skriv kandidatnummer på alle ark. Én av oppgavene (Oppgave 5) besvares direkte i Inspira.

Filopplasting: Alle filer må være lastet opp i besvarelsen før eksamenstida går ut. Det er lagt til 30 minutter til ordinær eksamenstid for digitalisering av håndberegninger og opplasting av filer. (Tilleggstida inngår i gjenstående eksamenstid som vises øverst til venstre på skjermen.)

[Slik digitaliserer du eventuelle håndtegninger](#)

[Slik lagrer du dokumentet ditt som PDF.](#)

[Slik fjerner du forfatterinformasjon fra filen\(e\) du skal levere.](#)

NB! Det er ditt eget ansvar å påse at du laster opp riktig(e) fil(er). Kontroller filene du har lastet opp ved å klikke “Last ned” når du står i filopplastingsoppgaven. Alle filer kan fjernes og byttes ut så lenge prøven er åpen.

De ekstra 30 minuttene er forbeholdt innlevering. Får du tekniske problemer med opplasting/innlevering, må du ta kontakt for teknisk hjelp før eksamenstida løper ut. Kommer du ikke gjennom umiddelbart, hold linja til du får svar.

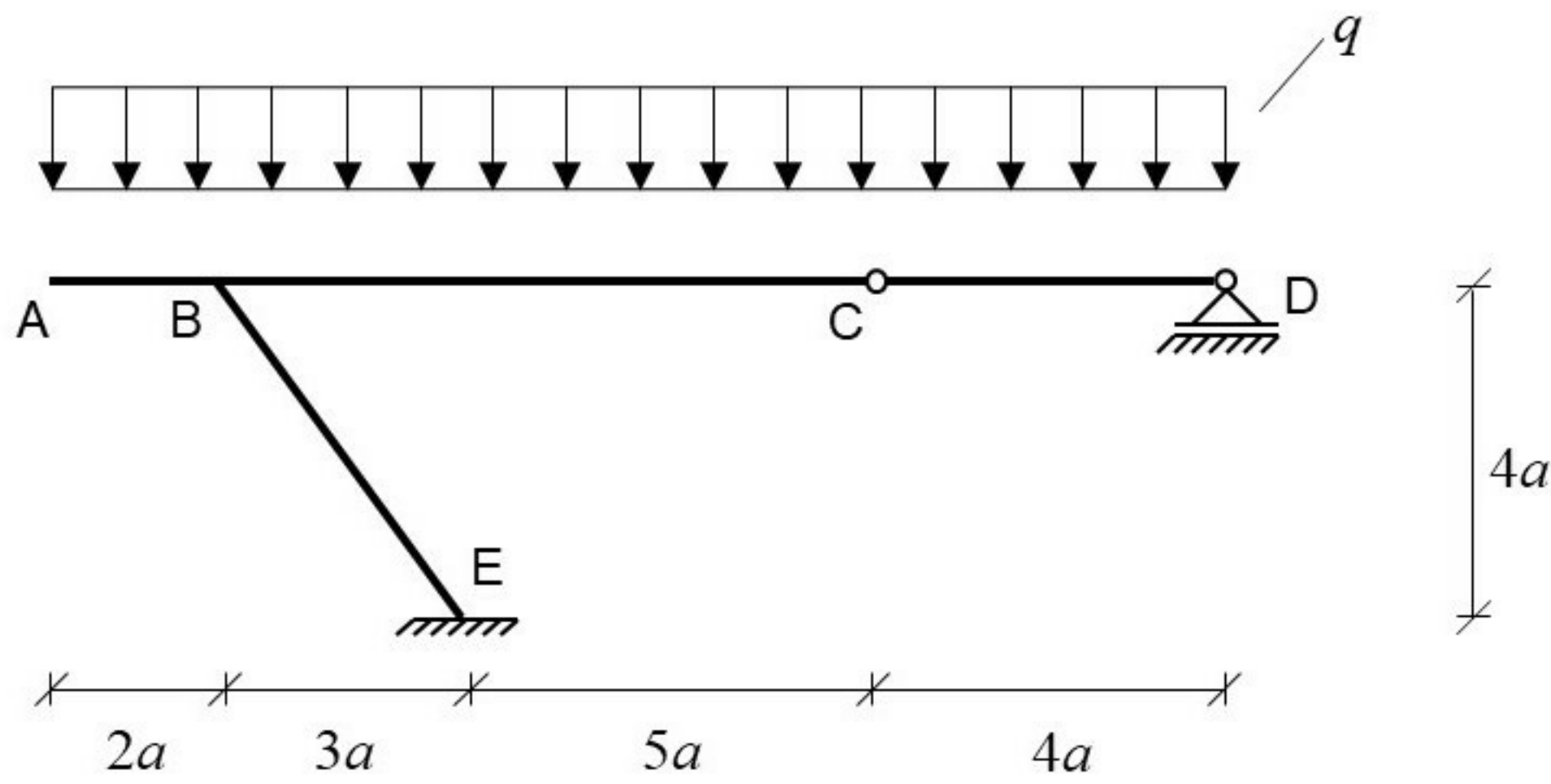
Besvarelsen din leveres automatisk når eksamenstida er ute og prøven stenger, forutsatt at minst én oppgave er besvart. Dette skjer selv om du ikke har klikket «Lever og gå tilbake til Dashboard» på siste side i oppgavesettet. Du kan gjenåpne og redigere besvarelsen din så lenge prøven er åpen. Dersom ingen oppgaver er besvart ved prøveslutt, blir ikke besvarelsen din levert. Dette vil anses som “ikke møtt” til eksamen.

Trekk fra eksamen: Blir du syk under eksamen, eller av andre grunner ønsker å levere blankt/trekke deg, gå til “hamburgermenyen” i øvre høyre hjørne og velg «Lever blankt». Dette kan ikke angres selv om prøven fremdeles er åpen.

Tilgang til besvarelse: Du finner besvarelsen din i Arkiv etter at sluttida for eksamen er passert.

1 Oppgave 1 (30%)

Det var 8 varianter av denne rammen, se de 8 påfølgende sidene



Figuren viser en statisk bestemt ramme ABCDE. Belastning, dimensjoner og opplagerbetingelser framgår av figuren.

- a. (10%) Bestem lagerreaksjonene D_z , E_x , E_z og M_E samt leddkreftene C_x og C_z .
- b. (20%) Bestem lastvirkningene $N(x)$, $V(x)$ og $M(x)$ i alle rammekomponentene. Tegn N-, V- og M-diagram for rammen. Angi karakteristiske verdier i diagrammene. N- og V-diagram tegnes med virkningssymbol. M-diagrammet tegnes på strekksiden.

Den samlede besvarelsen av oppgave 1 lastes opp nedenfor. Start besvarelsen av oppgave 1 på et nytt ark. Skriv kandidatnummer på alle ark.

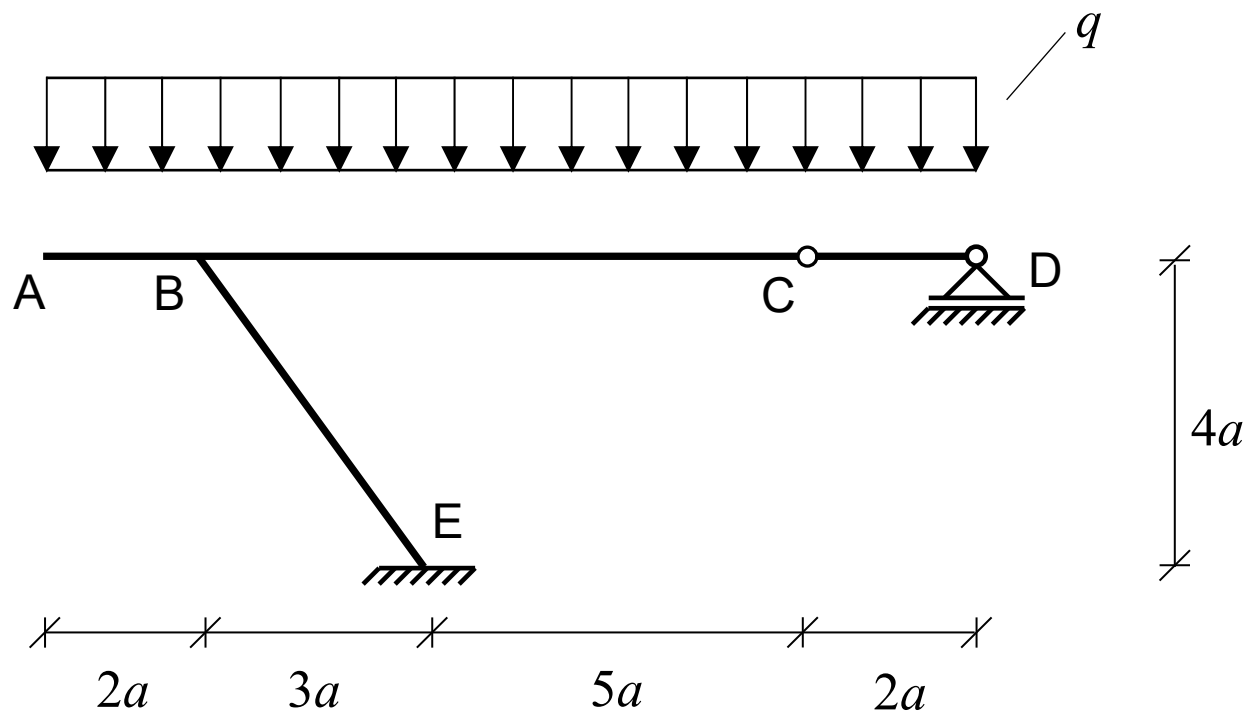


Last opp filen her. Maks én fil.

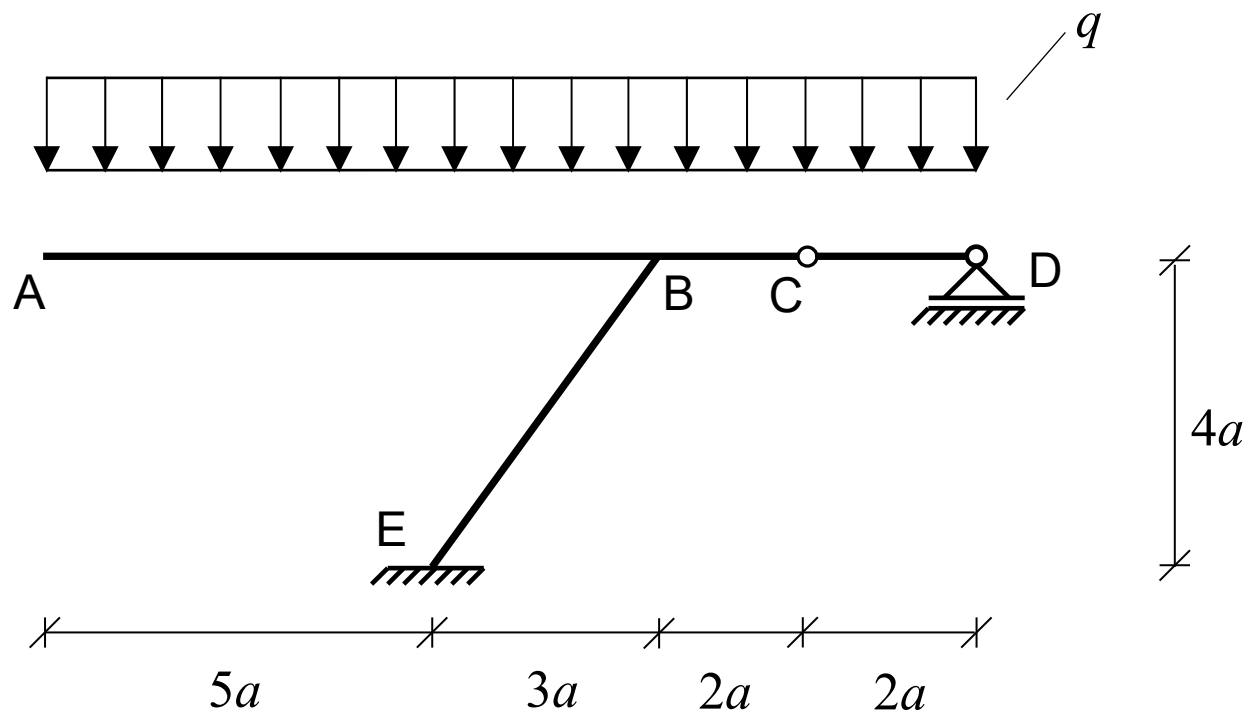
Alle filtyper er tillatt. Maksimal filstørrelse er 50 GB.

Velg fil for opplasting

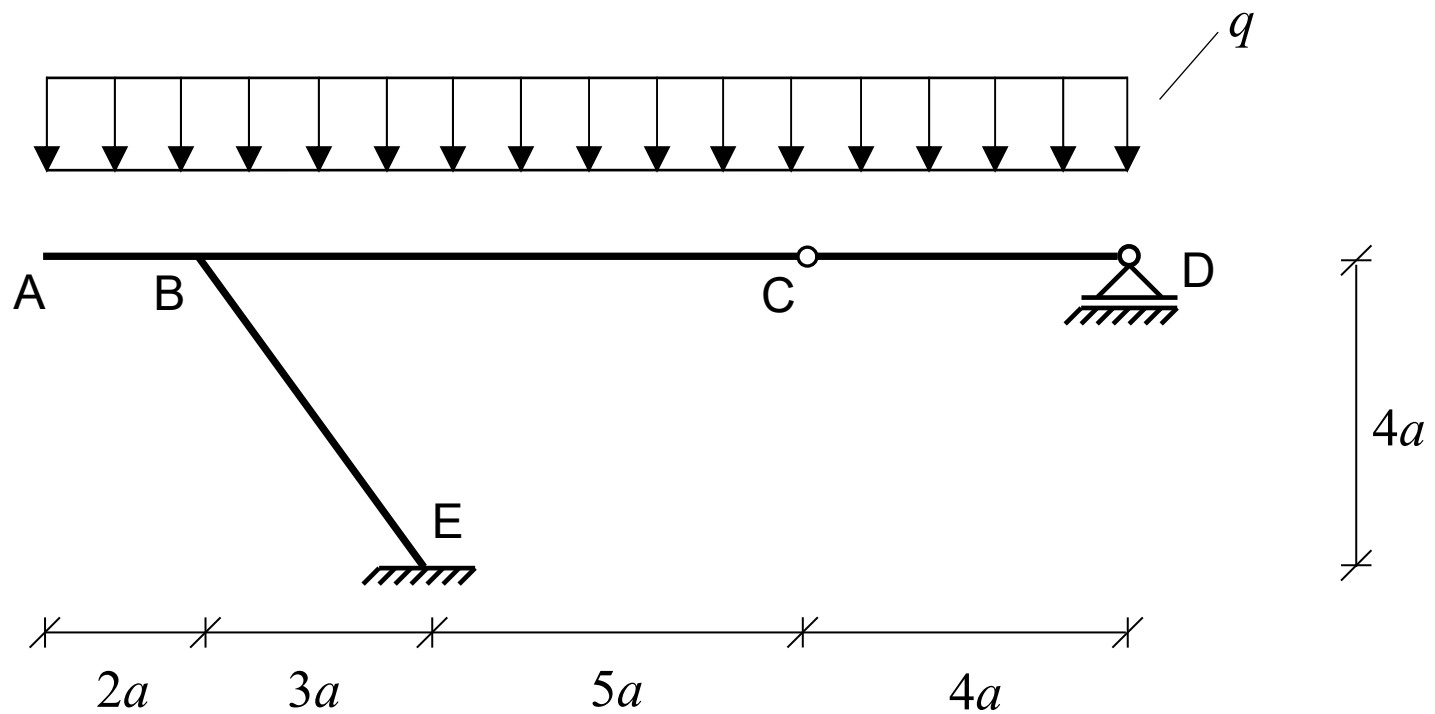
Maks poeng: 30



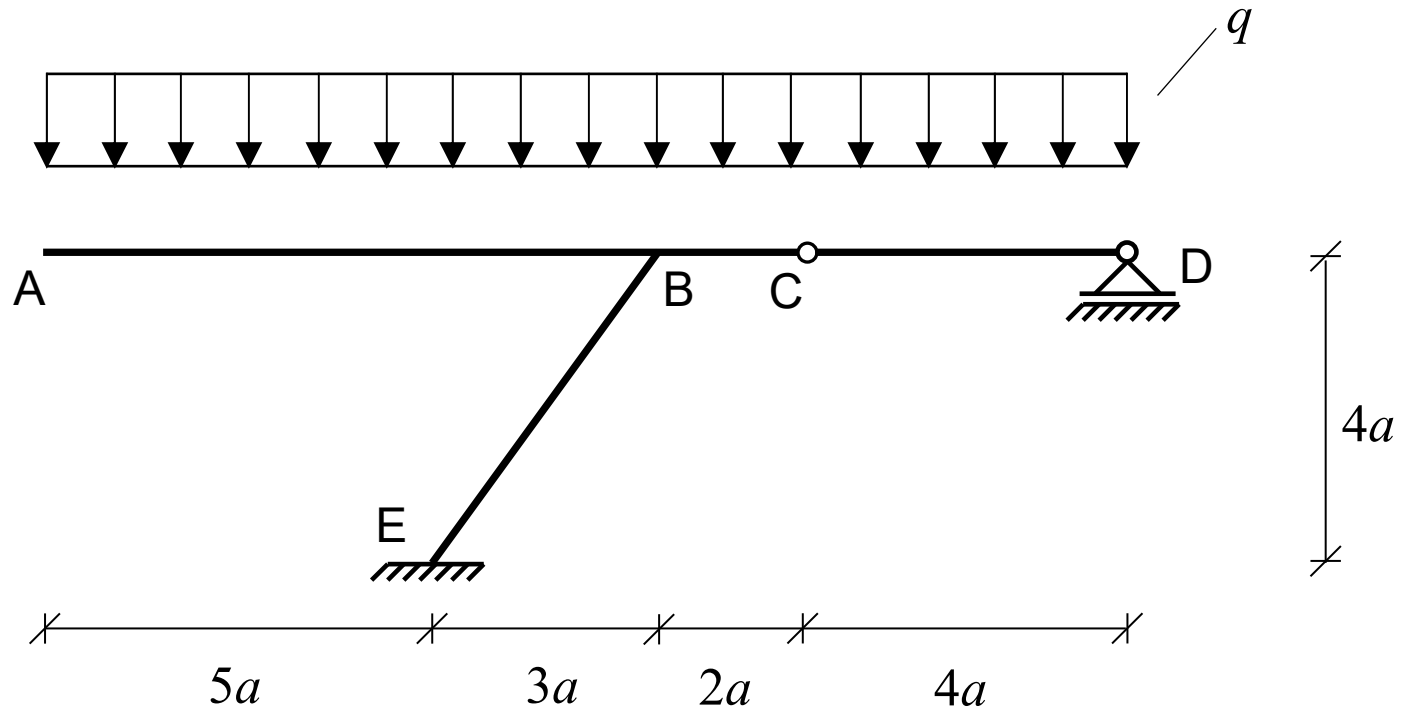
Oppgave 1 – Variant 1



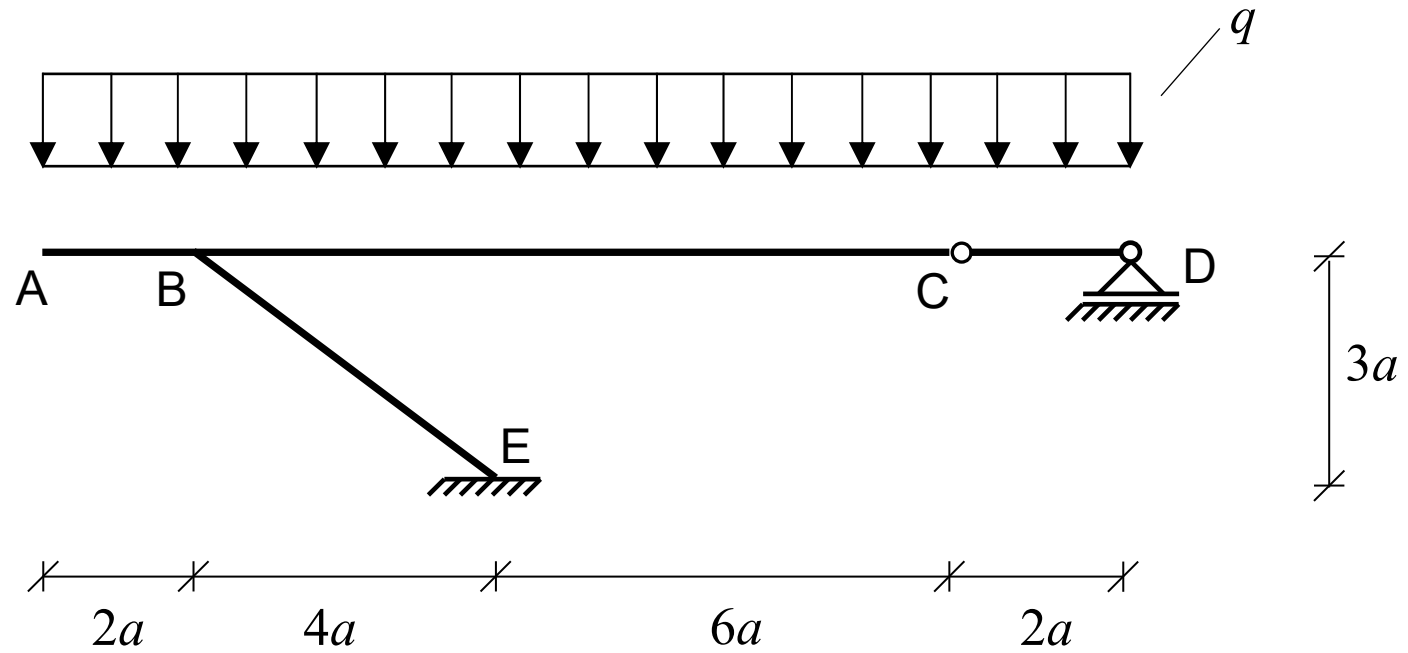
Oppgave 1 – Variant 2



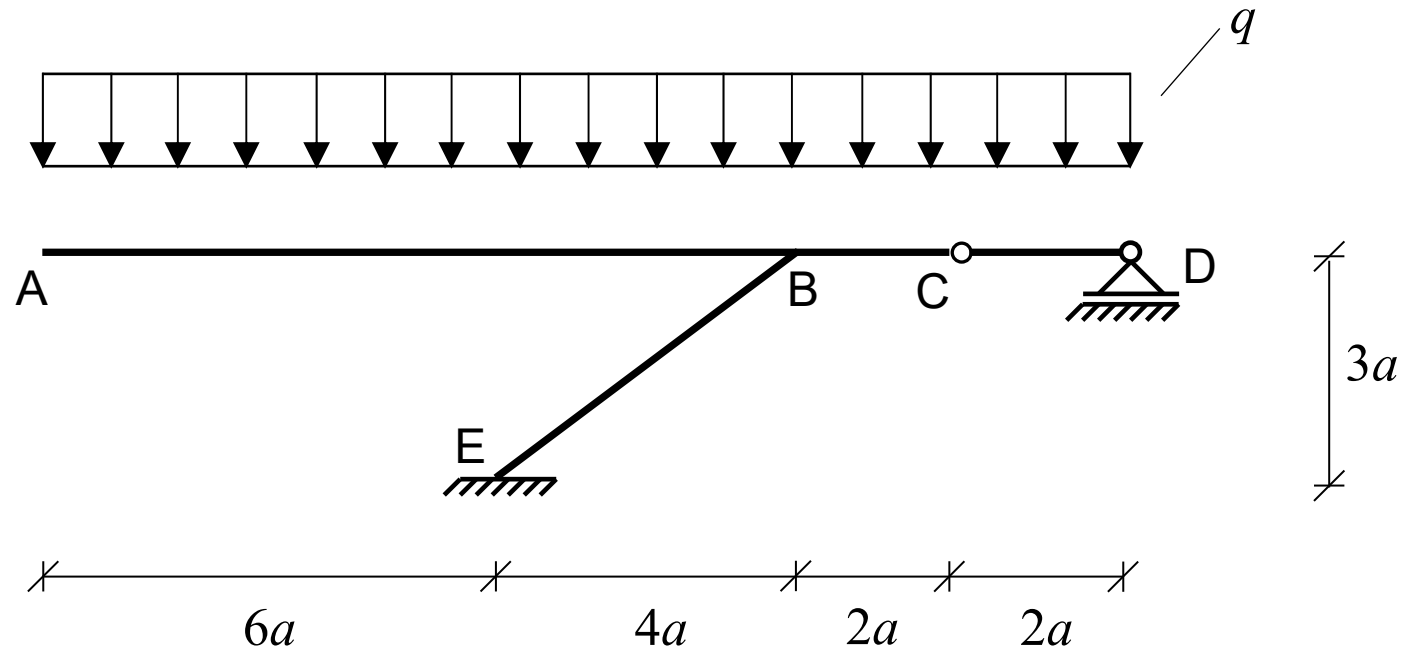
Oppgave 1 – Variant 3



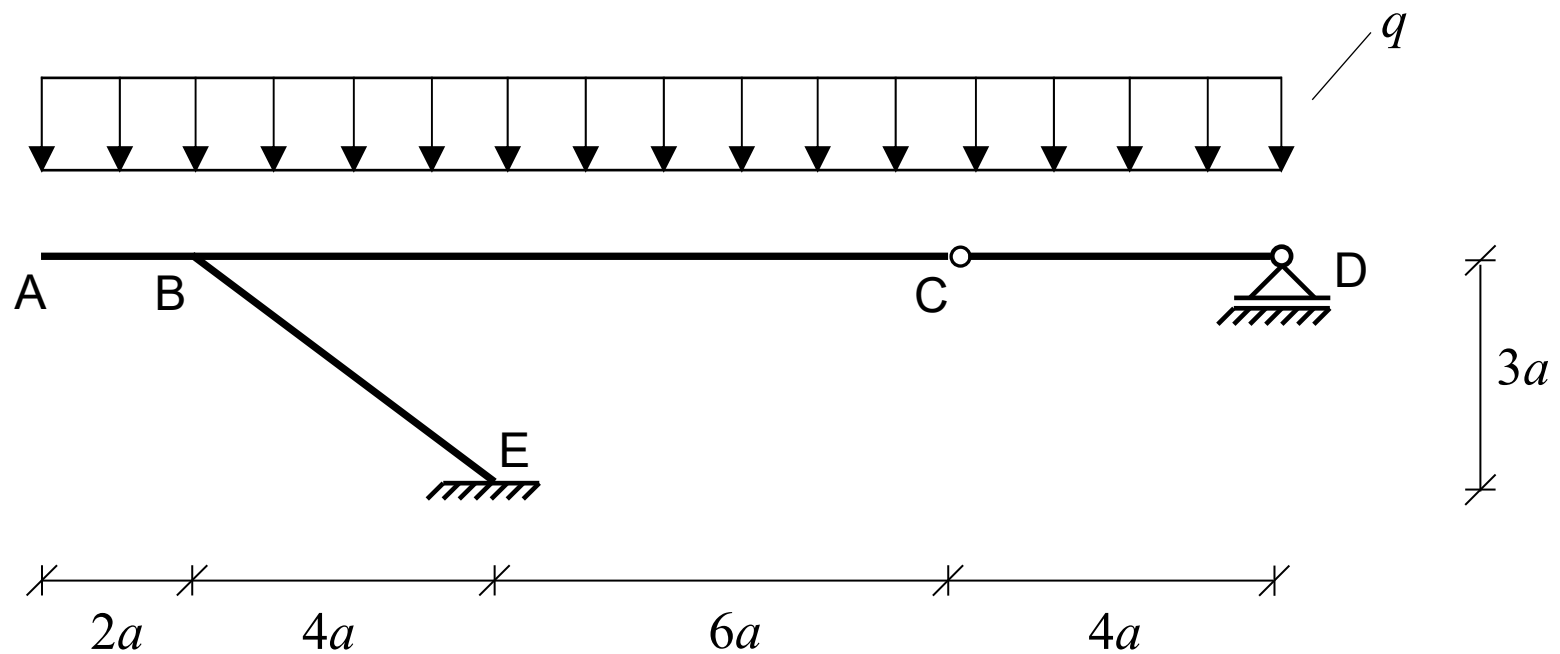
Oppgave 1 – Variant 4



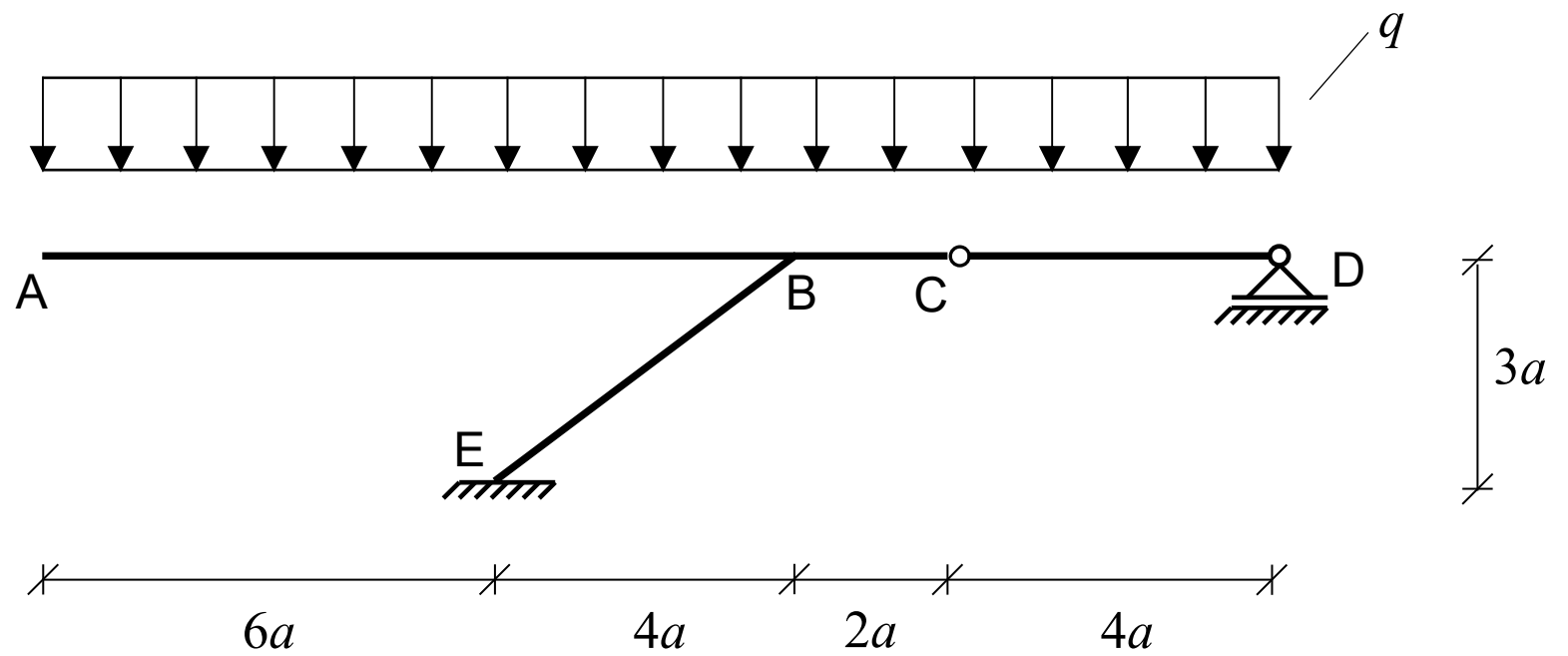
Oppgave 1 – Variant 5



Oppgave 1 – Variant 6

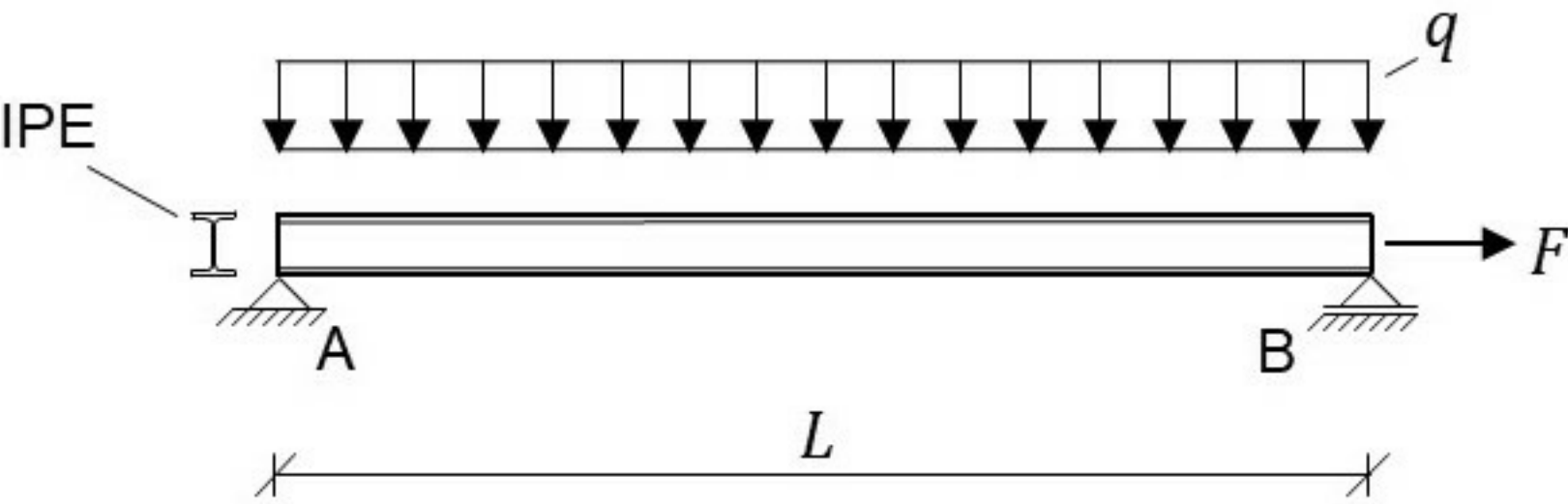


Oppgave 1 – Variant 7



Oppgave 1 – Variant 8

2 Oppgave 2 (20%)



Figuren ovenfor viser en fritt opplagt stålbjelke med IPE-tverrsnitt. Profilet er orientert slik at det bøyes om sterk akse. Stålmateriale er S355 med flytespenning $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$. Last- og geometridata er:

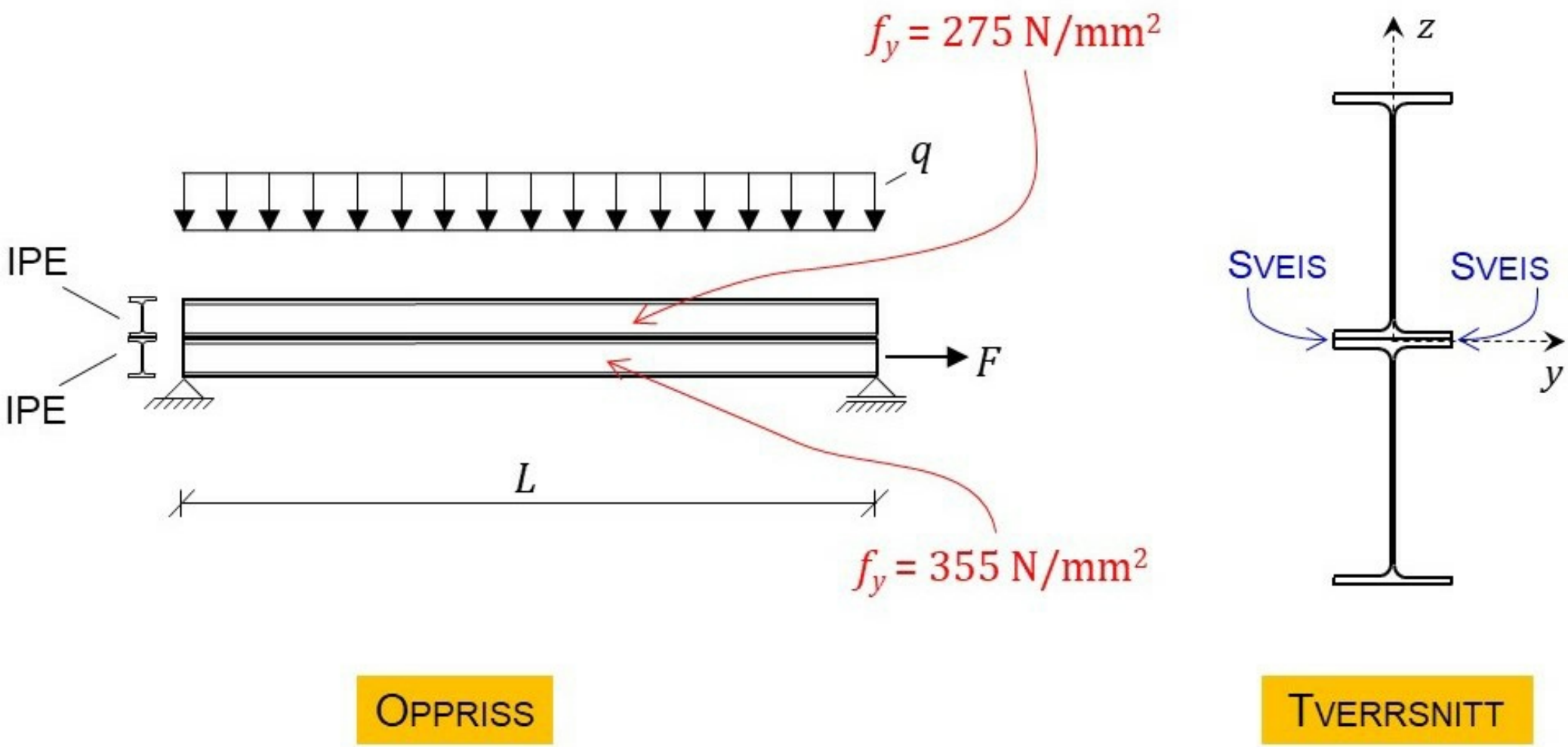
- $q = 14 \text{ kN/m}$
- $F = 140 \text{ kN}$
- $L = 6 \text{ m}$

På denne oppgaven var det 8 varianter med ulike verdier av parametrene q , F og L . Fullstendig parametersett er gitt på side 9 i løsningen.

Punktlasten F angriper i arealsenteret til IPE-profilet.

a. (6%) Bestem nødvendig størrelse av IPE-profilet i bjelken. Profilet skal ikke være større enn det som er nødvendig for at flytespenningen ikke overskrides i noe punkt i tverrsnittet. Formelark A5 gir data for tilgjengelige IPE-profiler.

Det er ønskelig å forsterke bjelken. Dette gjøres ved å sveise et identisk IPE-profil med samme lengde L oppå overflensen til den opprinnelige IPE-bjelken.



b. (4%) Beregn 2. arealmoment I_y for det forsterkede tverrsnittet, se høyre del av figuren rett ovenfor. Hvert av IPE-profilene har den dimensjonen som ble bestemt i spørsmål a. Benytt IPE 100 hvis du mangler svar på spørsmål a.

Den opprinnelige (nederste) IPE-bjelken er laget av stål S355, mens den påsveiste (øverste) IPE-bjelken er laget av stål S275 med flytespenning $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$.

c. (10%) Bestem den maksimale jevnt fordelte lasten q som den forsterkede bjelken kan belastes med uten

TKT4116 Mekanikk 1 - Juni 2021

at flytespenningen overskrides i noe punkt i bjelken. Punktlasten F og spennvidden L er som i spørsmål a. Legg merke til at punktlasten F stadig angriper i arealsenteret til den nederste bjelken.

Den samlede besvarelsen av oppgave 2 lastes opp nedenfor. Start besvarelsen av oppgave 2 på et nytt ark. Skriv kandidatnummer på alle ark.



Last opp filen her. Maks én fil.

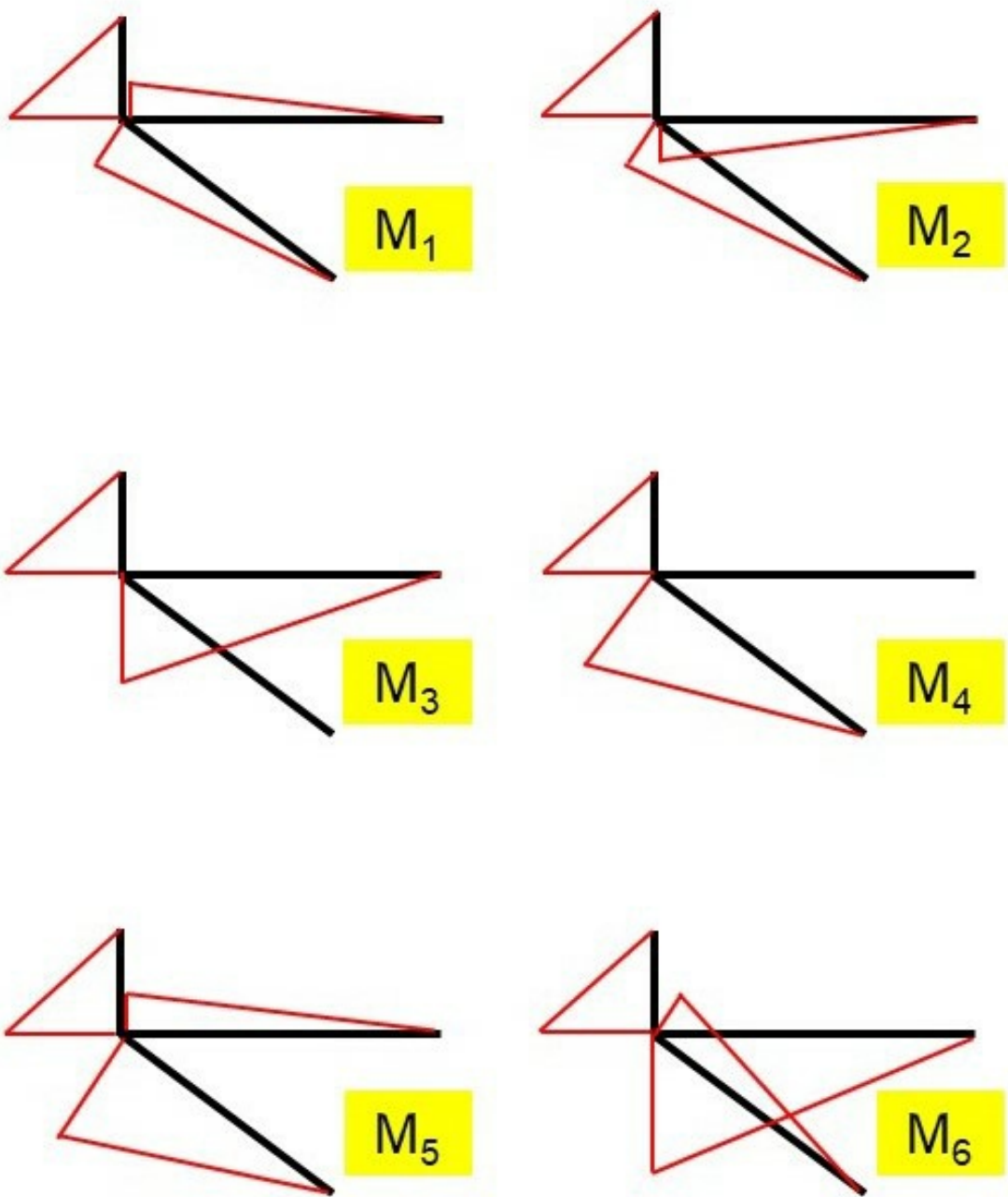
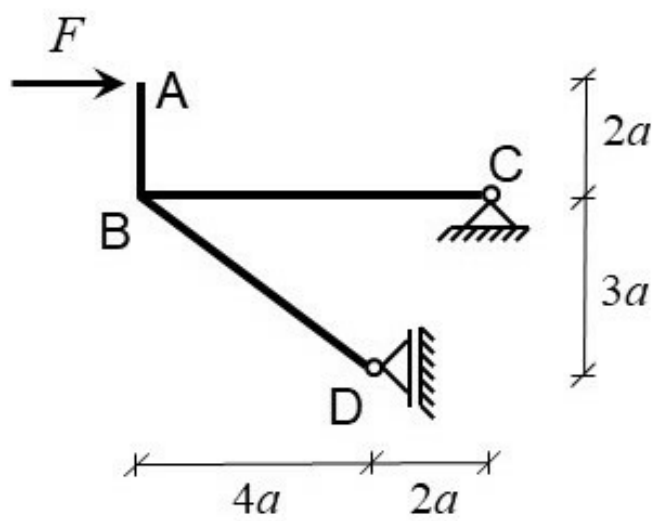
Alle filtyper er tillatt. Maksimal filstørrelse er **50 GB**.

 Velg fil for opplasting

Maks poeng: 20

3 Oppgave 3 (15%)

Det var 4 varianter av denne rammen, se de 4 påfølgende sidene



Den venstre delen av figuren ovenfor viser en ramme ABCD. Belastning, dimensjoner og opplagerbetingelser framgår av figuren.

a. (6%) Den høyre delen av figuren ovenfor viser 6 alternative momentdiagram for rammen. Hvilket diagram er korrekt? Svaret skal begrunnes.

b. (9%) Bestem horisontalforskyvningen av punkt A. Alle rammedeler har bøyestivhet EI . Det skal kun tas hensyn til bøyedeformasjoner. Uttrykk svaret som funksjon av F , a og EI .

Den samlede besvarelsen av oppgave 3 lastes opp nedenfor. Start besvarelsen av oppgave 3 på et nytt ark. Skriv kandidatnummer på alle ark.

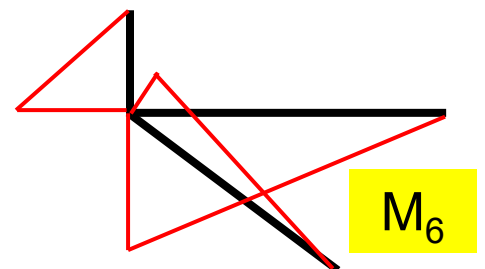
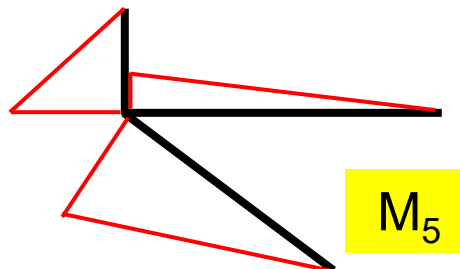
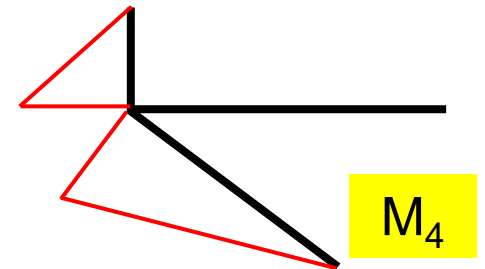
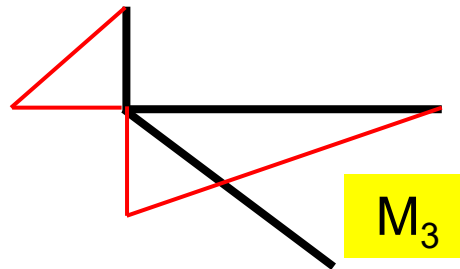
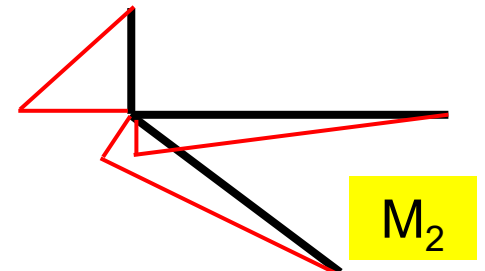
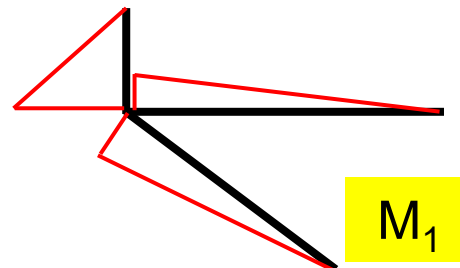
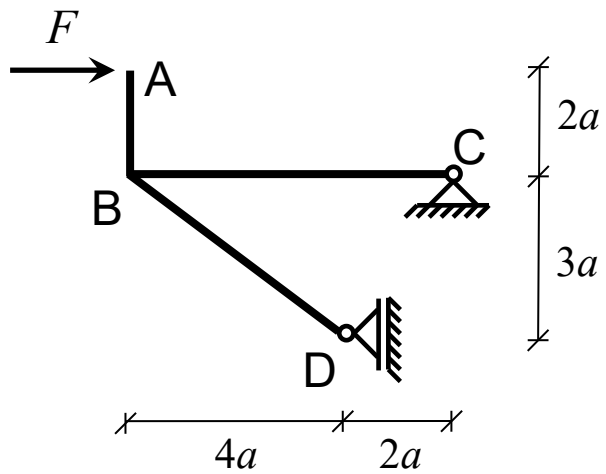


Last opp filen her. Maks én fil.

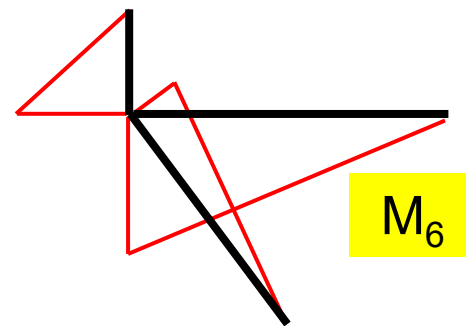
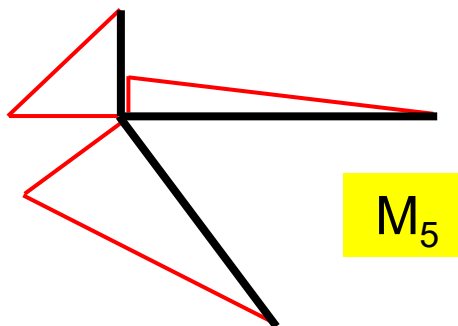
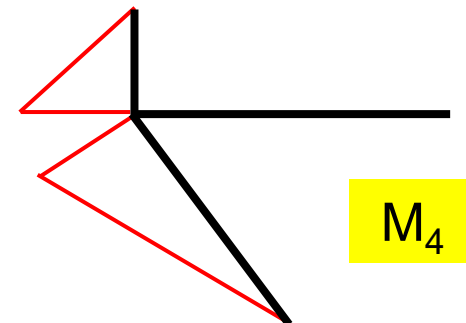
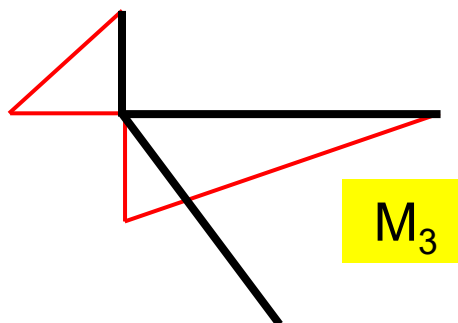
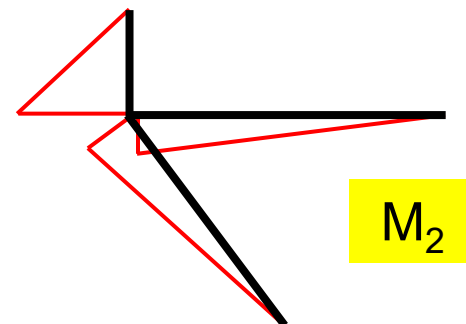
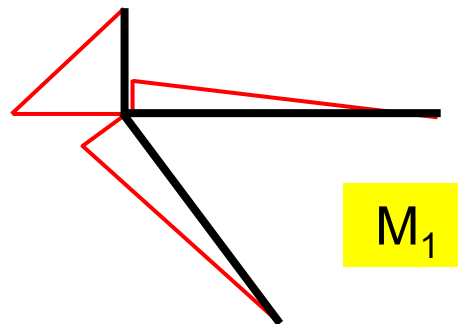
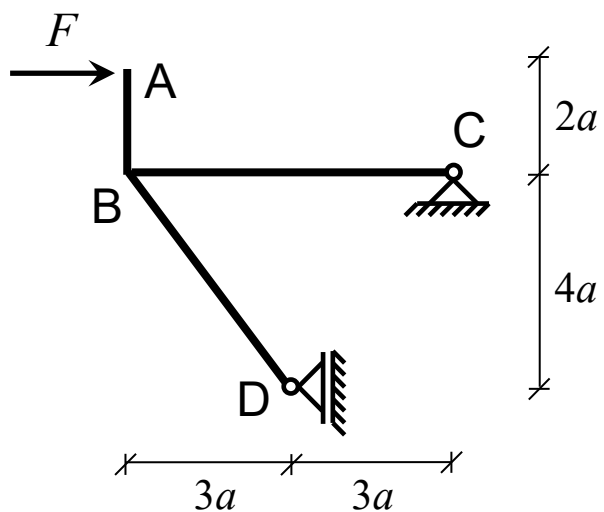
Alle filtyper er tillatt. Maksimal filstørrelse er 50 GB.

Velg fil for opplasting

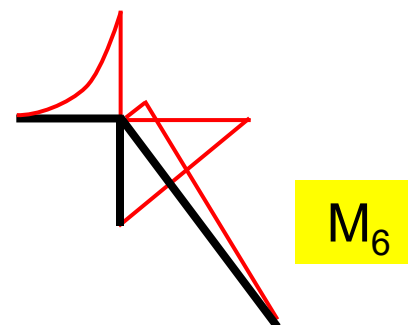
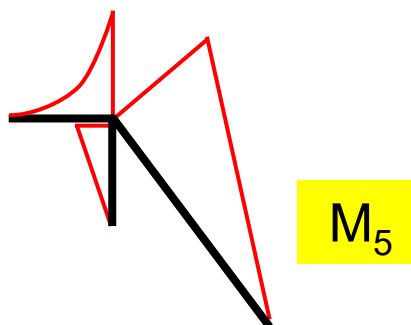
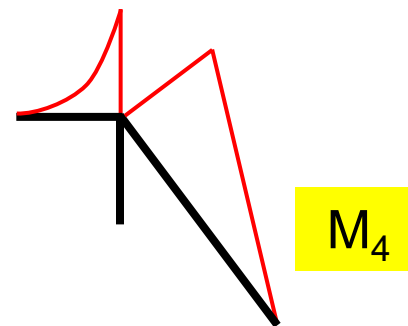
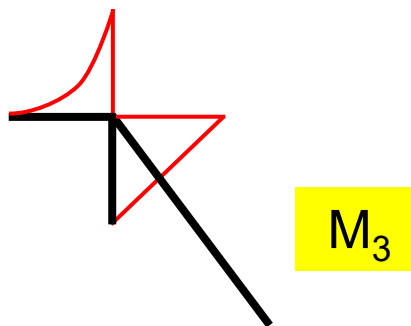
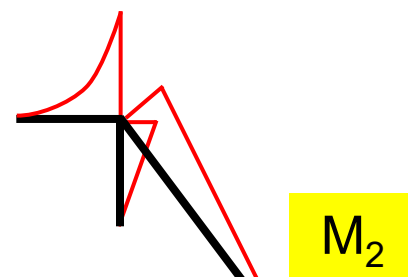
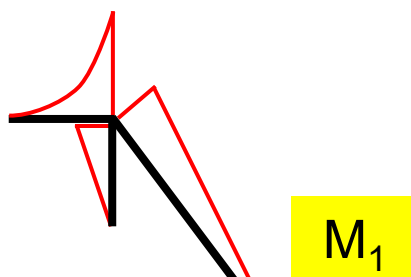
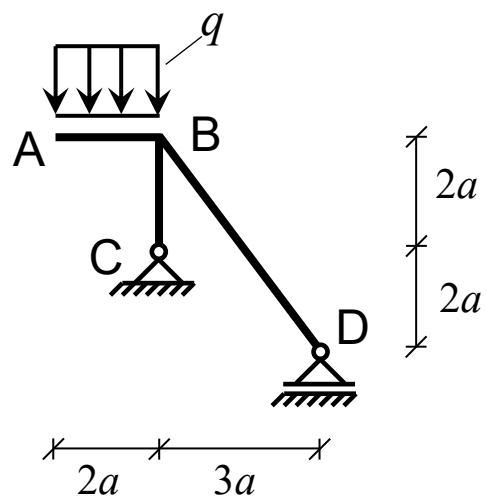
Maks poeng: 15



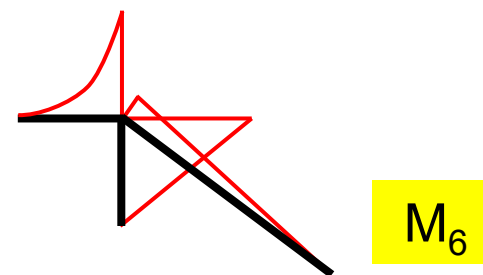
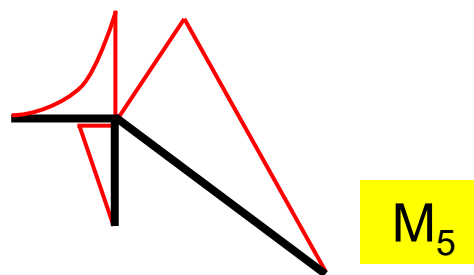
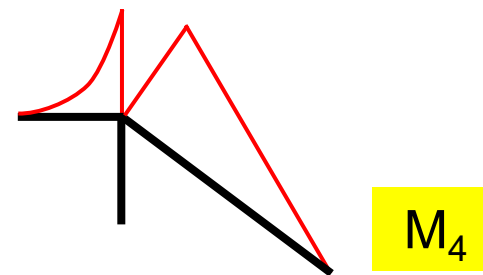
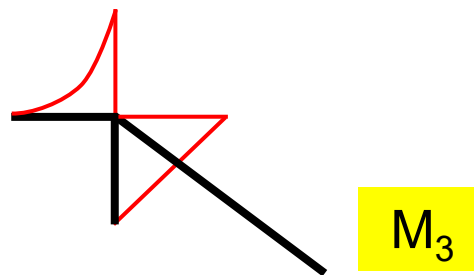
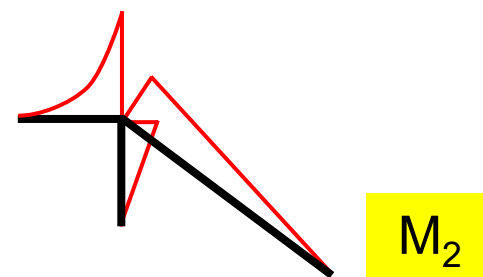
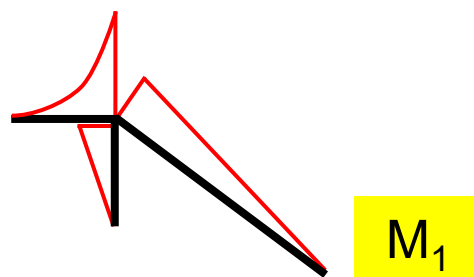
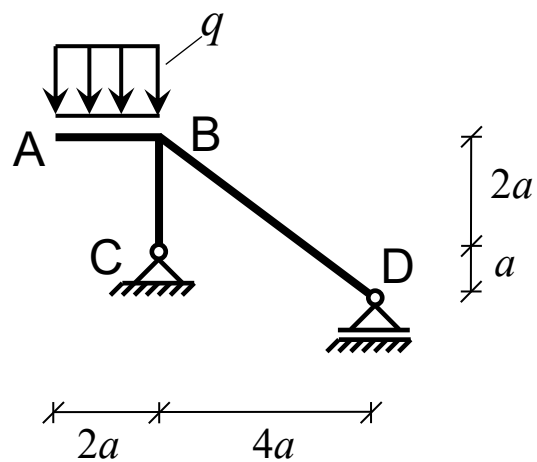
Oppgave 3 – Variant 1



Oppgave 3 – Variant 2

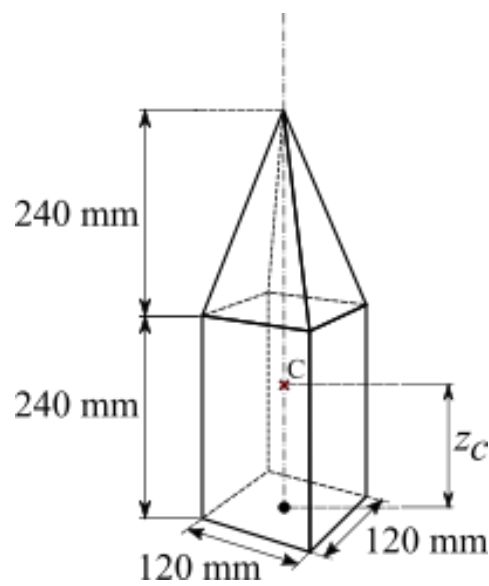


Oppgave 3 – Variant 3



Oppgave 3 – Variant 4

4 Oppgave 4 (15%)

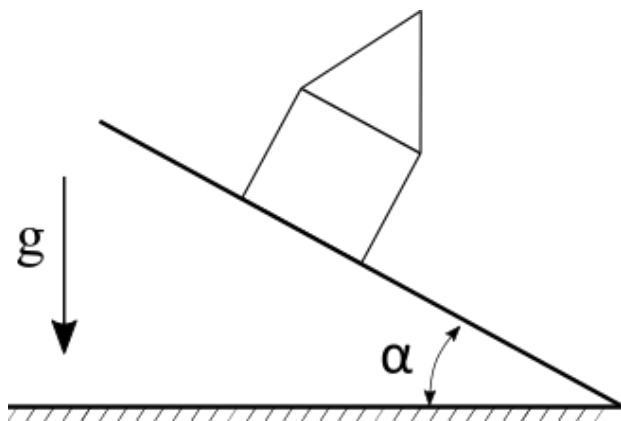


Det var 6 varianter av det tredimensjonale legemet i denne oppgaven, se de 3 påfølgende sidene

Figuren ovenfor viser et tredimensjonalt legeme. Den nederste delen er et rektangulært prisme med kvadratisk bunnflate, og den øvre delen er en pyramide. Geometriske mål framgår av figuren. De to delene er laget av samme materiale.

a. (4%) Bestem beliggenheten z_C til volumsenteret C til legemet. Et ekstra formelark med volumer og volumsenter er lagt ved som "ressurs" til eksamenssettet.

Legemet i spørsmål a. plasseres på et skråplan, se figuren nedenfor.



b. (7%) Anta at friksjonen i flaten mellom legemet og skråplanet er tilstrekkelig stor slik at legemet ikke glir. Beregn den største helningsvinkelen α som skråplanet kan ha uten at legemet velter.

c. (4%) Beregn hvor stor friksjonskoeffisienten μ minst må være for at legemet skal velte før det glir. Sett $\alpha = 50^\circ$ hvis du mangler svar i spørsmål b.

Den samlede besvarelsen av oppgave 4 lastes opp nedenfor. Start besvarelsen av oppgave 4 på et nytt ark. Skriv kandidatnummer på alle ark.

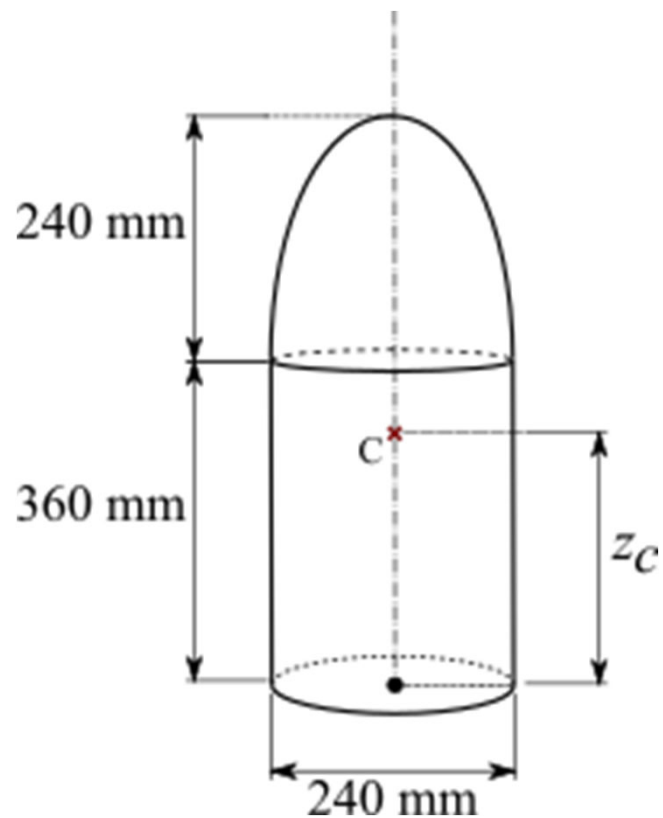


Last opp filen her. Maks én fil.

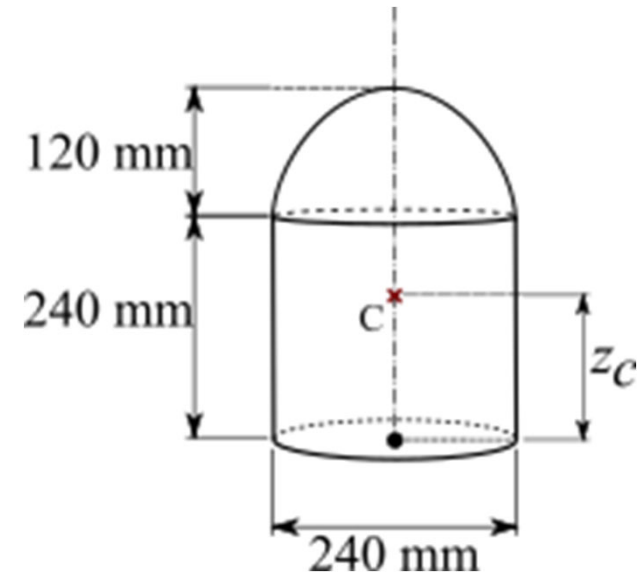
Alle filtyper er tillatt. Maksimal filstørrelse er 50 GB.

Velg fil for opplasting

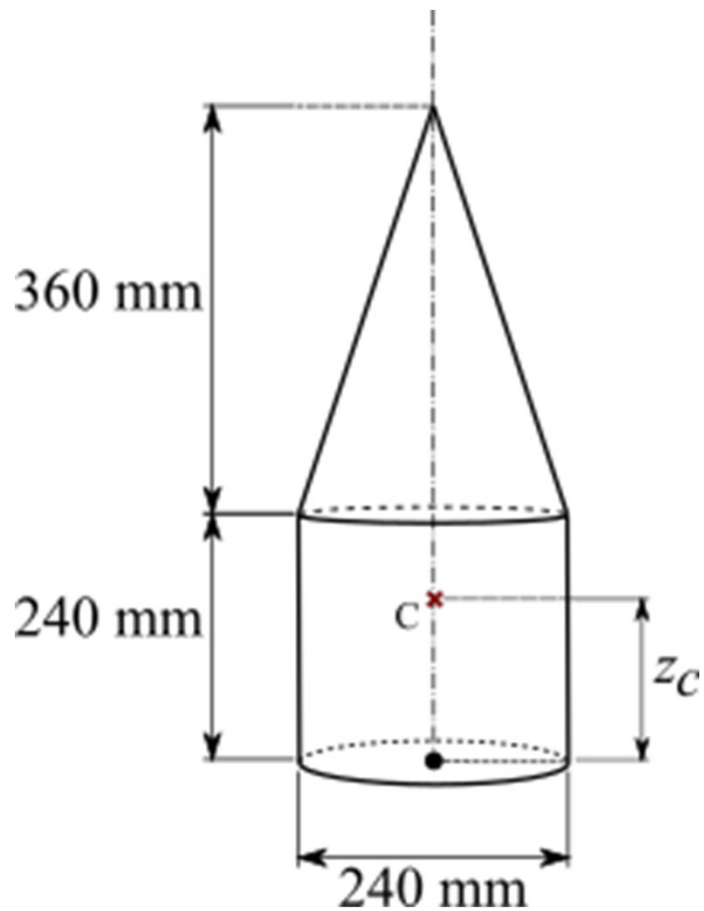
Maks poeng: 15



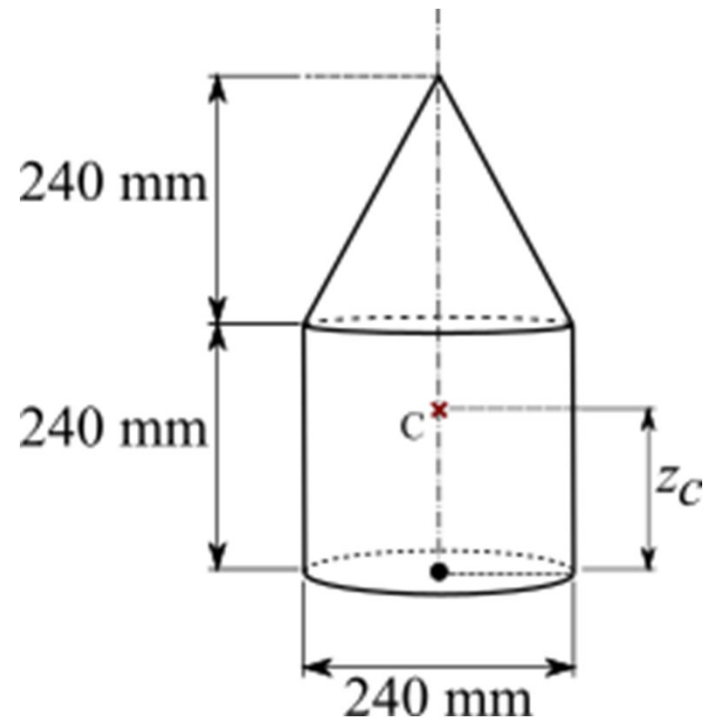
Oppgave 4 – Variant 1



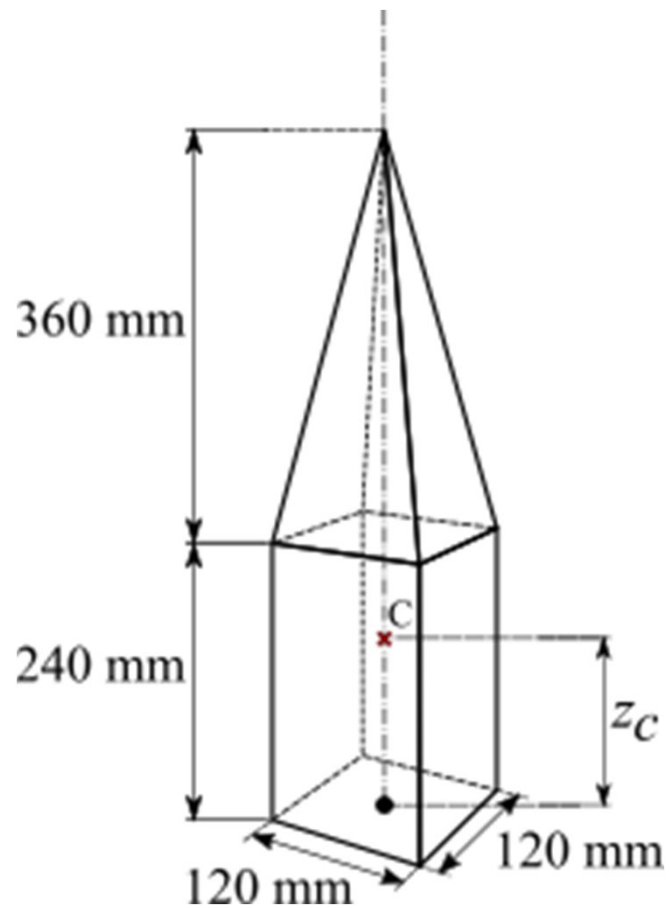
Oppgave 4 – Variant 2



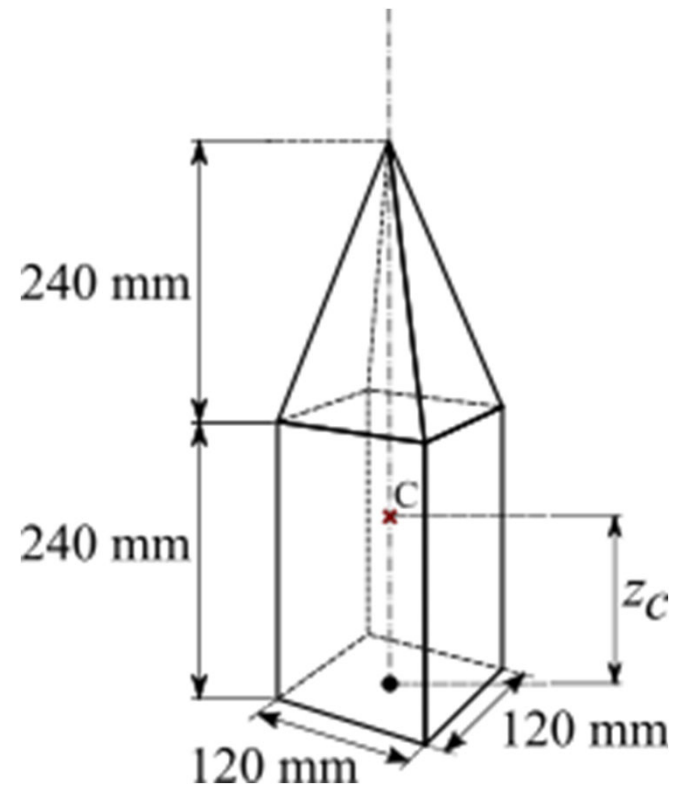
Oppgave 4 – Variant 3



Oppgave 4 – Variant 4



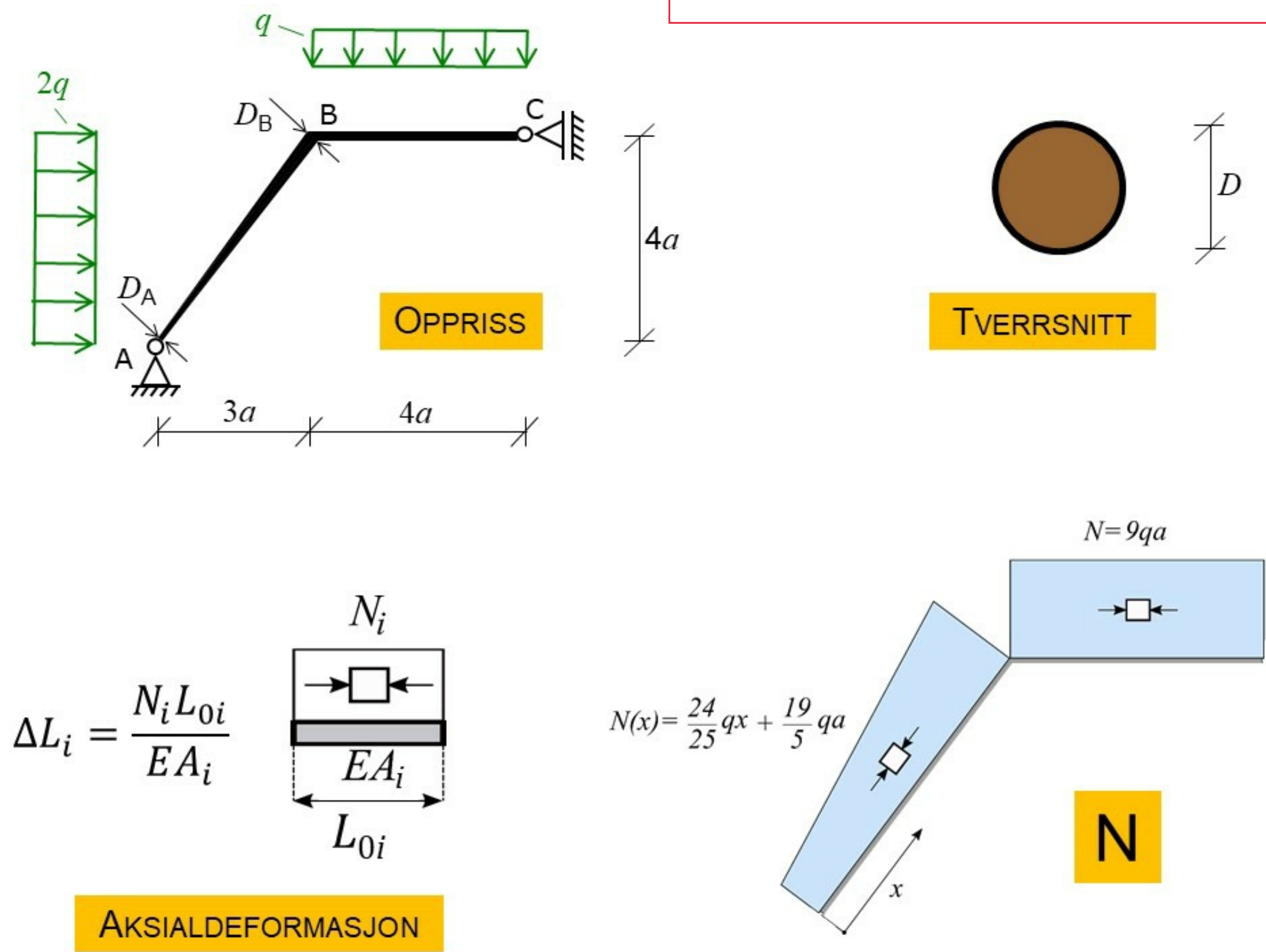
Oppgave 4 – Variant 5



Oppgave 4 – Variant 6

5 Oppgave 5 (10%)

Det var 2 varianter av denne oppgaven; en hvor søylen har størst diameter i B, og en hvor søylen har størst diameter i A. Se figurer på de 2 påfølgende sidene.



Den øverste figuren til venstre ("Oppriss") viser en ramme som ble drøftet i et forelesningseksempel om lastvirkningsdiagram i slutten av februar. Aksialkraftdiagrammet til rammen er vist i den nederste figuren til høyre.

Rammen er laget av massivt rundtømmer med sirkulært tverrsnitt. Skråsøylen AB har en lineært varierende diameter. Diameter D_A og D_B i hhv. punkt A og B er gitt nedenfor.

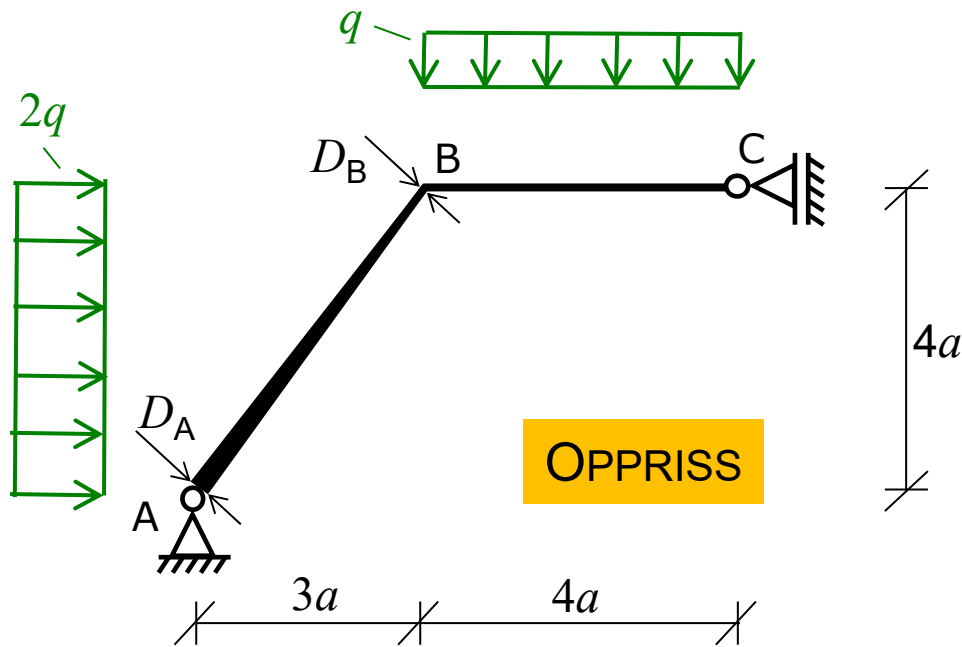
Oppgaven her er å beregne forkortelsen ΔL av skråsøylen AB. Søylenes opprinnelige lengde er $5a$, der a er spesifisert nedenfor. Formelen for aksialdeformasjon er gitt i figuren. Oppgaven må løses numerisk siden søylens diameter varierer og aksialkraften i søylen ikke er konstant.

Skriv nødvendig kode i Python (eller Matlab) for å beregne forkortelsen ΔL av skråsøylen AB i svarboksen nedenfor. Vi ønsker kode med syntaks i hht. formelark A6; ikke pseudo-kode.

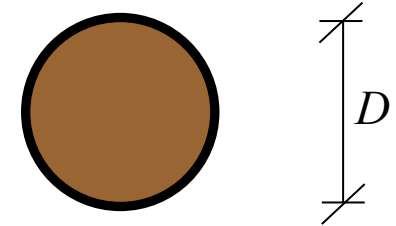
Data:

- $a = 1 \text{ m}$
- $q = 10 \text{ kN/m}$
- $E = 10\,000 \text{ N/mm}^2$
- $D_A = 200 \text{ mm}$
- $D_B = 500 \text{ mm}$

Oppgave 5 – Variant 1



OPPRISS



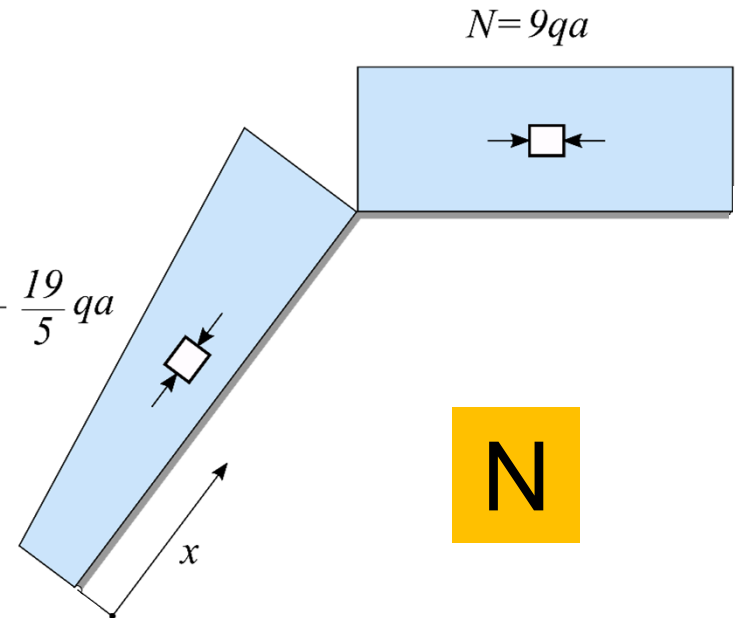
TVERRSNITT

$$\Delta L_i = \frac{N_i L_{0i}}{EA_i}$$

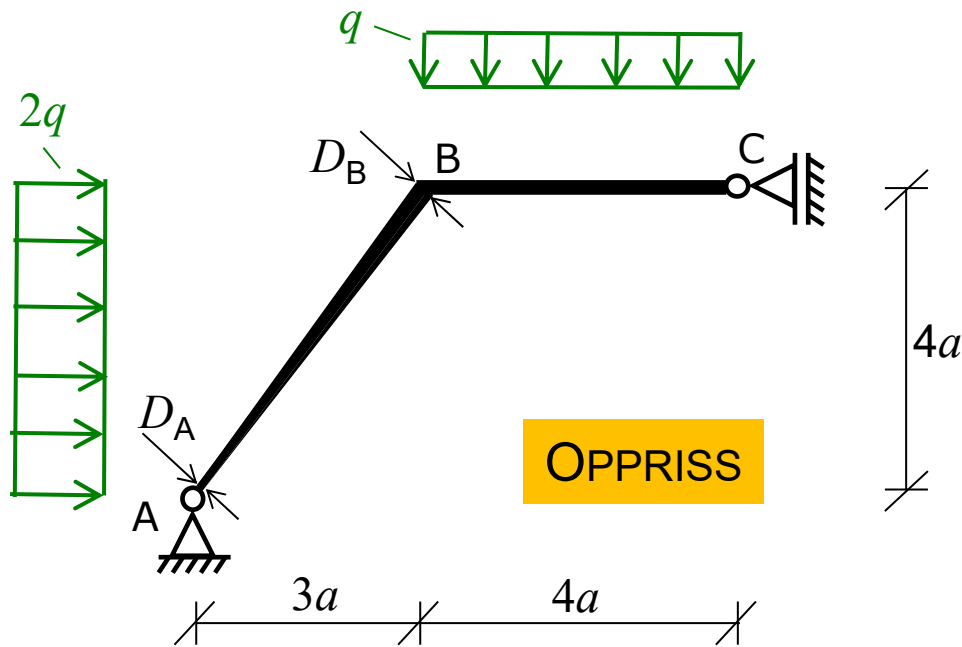
Diagram of a rectangular cross-section with width L_{0i} , height EA_i , and internal force N_i .

AKSIALDEFORMASJON

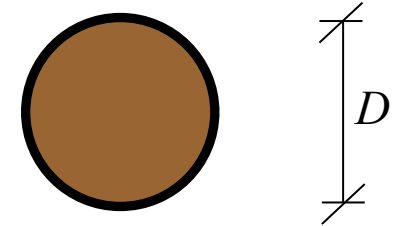
$$N(x) = \frac{24}{25}qx + \frac{19}{5}qa$$



Oppgave 5 – Variant 2



OPPRISS

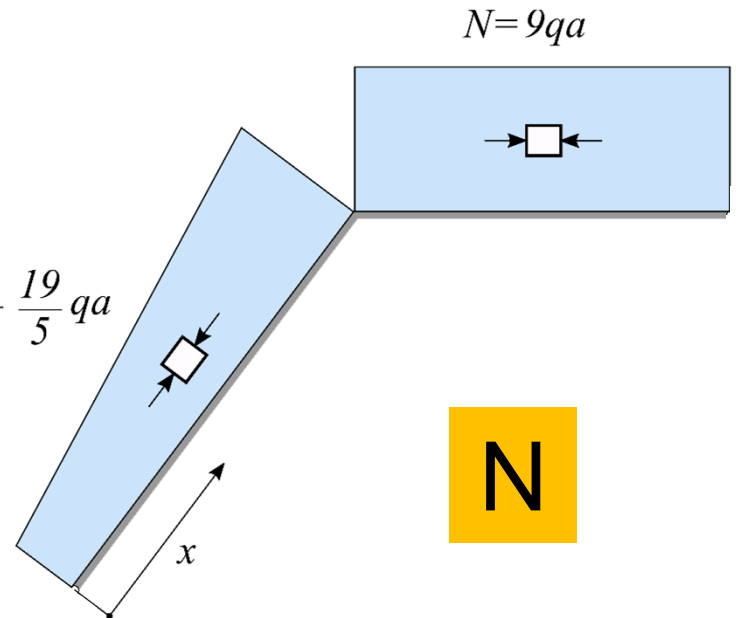


TVERRSNITT

$$\Delta L_i = \frac{N_i L_{0i}}{EA_i}$$

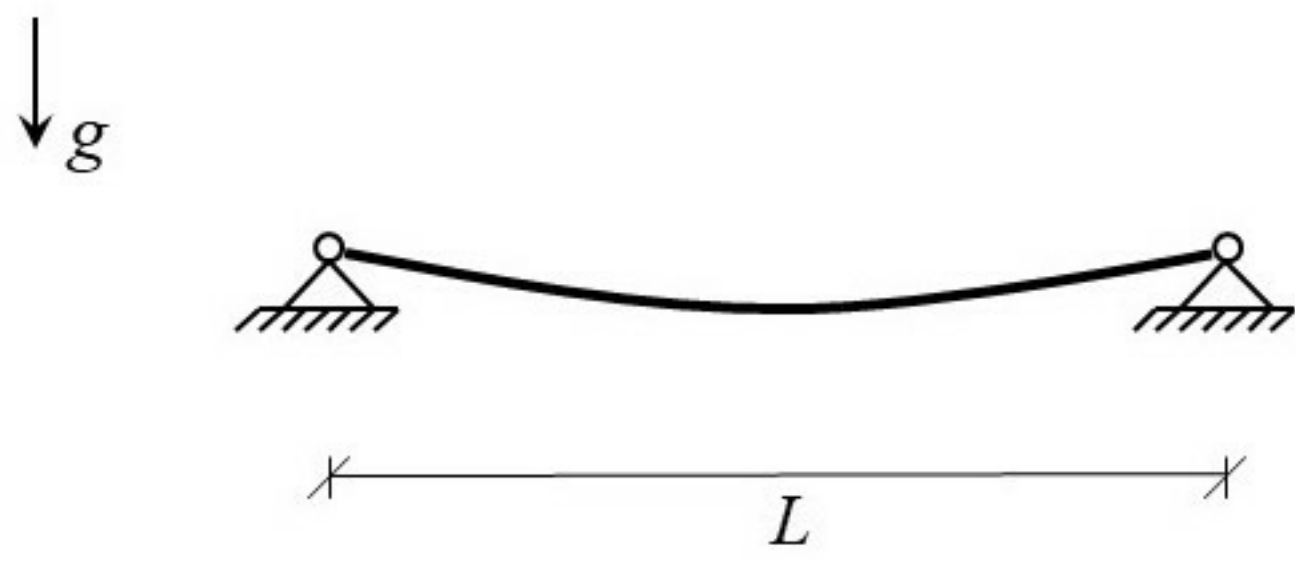
AKSIALDEFORMASJON

$$N(x) = \frac{24}{25}qx + \frac{19}{5}qa$$



N

6 Oppgave 6 (10%)



Figuren viser en lang stålkabel som spenner fritt mellom to punkter som har horisontal avstand $L = 2400$ m. De to oppleggspunktene ligger på samme vertikale høyde slik at kabelen er symmetrisk. Kabelens lengde er $s = 2410$ m. Kabelen er kun belastet av sin egen tyngde, og den henger ganske stramt siden det er lite forskjell på buelengden s og spennvidden L .

Tyngdens akselerasjon er $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Data for stålmaterialet (det er ikke sikkert at du får bruk for all informasjonen):

- Elastisitetsmodul: $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
- Tverrkontraksjonstall: $\nu = 0,3$
- Densitet: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Termisk lengdeutvidelseskoeffisient: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

På denne oppgaven var det 6 varianter med ulike verdier av parametrene L og s . Fullstendig parametersett er gitt på side 16 i løsningen.

- a. (7%) Bestem den største opptredende normalspenningen i kabelen.
- b. (3%) Kabelen ble montert på en varm sommerdag. En kald dag den påfølgende vinteren er temperaturen i stålet $50 \text{ }^\circ\text{C}$ lavere. Gi en kortfattet vurdering av hvordan dette eventuelt vil påvirke svaret i spørsmål a.

Den samlede besvarelsen av oppgave 6 lastes opp nedenfor. Start besvarelsen av oppgave 6 på et nytt ark. Skriv kandidatnummer på alle ark.



Last opp filen her. Maks én fil.

Alle filtyper er tillatt. Maksimal filstørrelse er 50 GB.

Velg fil for opplasting

Maks poeng: 10