



LØSNINGSVEJLEDNING

Beregningsopgave 2 om bærende konstruktioner

Indledning:

Familien Jensen har netop købt nyt hus. Huset skal moderniseres, og familien ønsker i den forbindelse at ændre på nogle af de bærende konstruktioner.

Vedlagt er: Bilag 1 – Plantegning af stueetagen
Bilag 2 – Snittegning

Det skal du bruge:

- Papir, blyant og viskelæder
- Bogen Teknisk Ståbi
- Lommeregner

Opgaver:

1. På vedlagte bilag 1 ses en plantegning af husets stueetage
 - **Find bilag 1 og gennemgå plantegningen for huset. Bestem husets grundareal ud fra geometrien angivet på bilag 1.**
 - **Svar: Huset grundareal er $A = 8,67\text{m} * 8,30\text{m} = 72,0\text{ m}^2$**
2. På vedlagte bilag 2 ses en snittegning af huset
 - **Find bilag 2 og gennemgå snittegningen af huset. Angiv etagehøjden for stueetagen og husets fulde højde.**
 - **Svar: Etagehøjden for stuen er $h = 2,32\text{ m}$, Husets fulde højde er $h = 2,32\text{m} + 5,0\text{m} = 7,32\text{m}$**
3. Familien Jensen ønsker at nedrive en bærende væg i stueetagen imellem de to værelser.

- **Find den pågældende væg på bilag 1 og bestem længden af væggen.**

- **Svar: Væggens længde er $l = 3,34$ m**

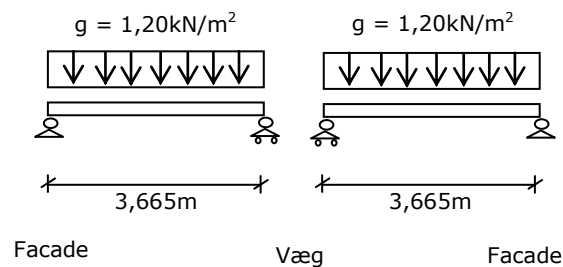
4. Væggen bærer last fra etageadskillelsen på 1. sal. Etageadskillelsen er den konstruktion der adskiller stueetagen og 1. salen. Når man skal bestemme den last, som væggen skal kunne bære, skal man medregne både egenvægten af etageadskillelsen og nyttelast. Egenvægt er vægten af etageadskillelsen, såsom vægten af de bærende bjælker, gulvbelægningen og nedhængt loft. Nyttelast er den last, som etageadskillelsen påvirkes af fra brugen af 1. salen, såsom last fra personer, møbler og flytbare genstande. I skemaet nedenfor ses en oversigt over de nyttelaster, man skal anvende i Danmark, når man beregner bærende konstruktioner.

- **Angiv værdien af den fladelast og den punktlast familien Jensens hus skal dimensioneres for.**

- **Svar: Kategori A**

Kategorier	Fladelast, q_k [kN/m ²]	Punktlast, Q_k [kN]
Kategori A - bolig -A1 bolig og interne adgangs- veje	1,5	2,0
Kategori B – kontor	2,5	2,5
Kategori C - samlingsrum -C1 med bordopstilling	2,5	3,0
Kategori D - butikker -D1 mindre butikker	4,0	4,0

5. Etageadskillelsen spænder fra facadelinjerne til den bærende væg midt i huset. Idet bjælkerne i etageadskillelsen er simpelt understøttede, fordeles lasten på etagedækket således, at halvdelen af lasten optages i facadelinjen, mens den anden halvdel optages i den bærende væg midt i huset. Etageadskillelsen i familien Jensens hus, har en egenvægt på $g = 1,20$ kN/m². (1 kN svarer til ca. 100 kg)

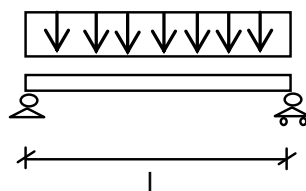


- **Bestem den linjelast (kN/m) fra egenvægt, som bjælken skal kunne optage**
 - **Svar: Bjælken skal kunne optage halvdelen af lasten fra hver af de to dækfelter, svarende et felt med bredden, $b = 0,5 * 3,665\text{m} + 0,5 * 3,665\text{m} = 3,665\text{ m}$. Linjelasten fra egenvægt er derfor: $g = 3,665\text{ m} * 1,20\text{kN/m}^2 = 4,4\text{ kN/m}$**
 - **Bestem den linjelast (kN/m) fra nyttelast, som bjælken skal kunne optage**
 - **Svar: På samme vis bestemmes linjelasten fra nyttelast, $q = 3,665\text{ m} * 1,5\text{kN/m}^2 = 5,5\text{ kN/m}$**
6. Når bjælken, som skal erstatte den bærende væg skal beregnes, skal man undersøge den nedbøjning, bjælken vil have i anvendelsestilstanden.

Formlen til bestemmelse af den maksimale nedbøjning, u_{\max} , af bjælker med en jævnt fordelt last findes i bogen Teknisk Ståbi i afsnit 3.2.2.

- **Find den figur i afsnit 3.2.2, der minder mest om nedenstående figur.**
- **Svar: Figuren er placeret nederst på side 95**

Til højre for figuren, står de formler der skal anvendes, når bjælken skal beregnes.



Familien Jensen overvejer at montere enten en stålbjælke som erstatning for den bærende væg eller en limtræsbjælke.

Til bestemmelse af nedbøjningen af et stålprofil, type HE180B anvendes følgende tværsnitskonstanter:

$$\begin{array}{lcl} E & = & 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa} \\ I & = & 38,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \end{array}$$

I anvendelsestilstanden bliver bjælken påvirket af en jævnt fordelt last fra egenvægt og nyttelast på $q_k = 9,8 \text{ kN/m}$.

- **Bestem den maksimale nedbøjning, u_{\max} , af et stålprofil type HE180B (OBS! længden af bjælken angives i mm)**
- **Svar: Den maksimale nedbøjning bestemmes ved:**

$$\underline{u_{\max} = 5/384 * 9,8 \text{ kN/m} * (3340\text{mm})^4 / (2,1 * 10^5 \text{ MPa} * 38,3 * 10^6 \text{ mm}^4) = 2,0 \text{ mm}}$$

Hvis den bærende væg i stedet erstattes af en limtræsbjælke med en højde på 300 mm og en bredde på 140 mm anvendes følgende tværsnitskonstanter.

$$\begin{array}{lcl} E & = & 12600 \text{ MPa} \\ I & = & 315 * 10^6 \text{ mm}^4 \end{array}$$

- **Bestem nedbøjningen, u_{\max} , af limtræsbjælken påvirket af egenvægt alene.**
- **Svar: Nedbøjningen bestemmes på samme måde som ved stålprofilet**

$$\underline{u_{\max} = 5/384 * 4,4 \text{ kN/m} * (3340\text{mm})^4 / (12600 \text{ MPa} * 315 * 10^6 \text{ mm}^4) = 1,8 \text{ mm}}$$
- **Bestem nedbøjningen, u_{\max} , af limtræsbjælken påvirket af nyttelast alene.**
- **Svar: Nedbøjningen bestemmes ved:**

$$\underline{u_{\max} = 5/384 * 5,5 \text{ kN/m} * (3340\text{mm})^4 / (12600 \text{ MPa} * 315 * 10^6 \text{ mm}^4) = 2,2 \text{ mm}}$$

Summen af de fundne nedbøjninger er den nedbøjning, også kaldet u_{inst} , limtræsbjælken øjeblikkeligt vil få, når den belastes med de pågældende laster. Med tiden vil bjælkens nedbøjning dog øges. Dette fænomen kaldes krybning. Den endelige nedbøjning bestemmes ved formlen:

$$u_{inst} = u_{max}$$

$$u_{fin} = u_{inst} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

Der anvendes følgende værdier:

Konstruktionstræ og limtræ	K_{def}	0,6
Egenvægt	Ψ_2	1,0
Nyttelast, Kategori A: Bolig	Ψ_2	0,2

- **Bestem u_{fin} for egenvægt alene**
- **Svar: $u_{fin} = 1,8 \text{ mm} * (1 + 1 * 0,6) = 2,9 \text{ mm}$**
- **Bestem u_{fin} for nyttelast alene**
- **Svar: $u_{fin} = 2,2 \text{ mm} * (1 + 0,2 * 1) = 2,0 \text{ mm}$**
- **Bestem den samlede nedbøjning for egenvægt og nyttelast**
- **Svar: $u_{total} = 2,9 \text{ mm} + 2,0 \text{ mm} = 4,9 \text{ mm}$**
- **Hvilket profil bøjer mindst ned? Stål eller træ?**
- **Svar: Stål**

7. Bjælkerne skal også undersøges i brudgrænsetilstanden. I brudgrænsetilstanden kontrollerer man bl.a. om tværsnittets momentbæreevne er større end det største moment, bjælken vil opleve ved den aktuelle last.

Det største moment i bjælken bestemmes ved hjælp af formelen angivet i Teknisk Ståbi afsnit 3.2.2.

- **Bestem det største moment, M_{max} , i bjælken, idet lasten på bjælken er $q = 12,5 \text{ kN/m}$ (OBS! længden af bjælken angives i m)**
- **Svar: $M_{max} = 1/8 * 12,5 \text{ kN/m} * (3,34\text{m})^2 = 17,4 \text{ kNm}$**

Til bestemmelse af stålbjælkens momentbæreevne anvendes nedenstående formel.

$$M_{rd} = W_{el,y} * f_{yd}$$

-med følgende tværsnitskonstanter:

$$\begin{aligned}W_{el,y} &= 426 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ f_{yd} &= 214 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Bestem stålbjælkens momentbæreevne, M_{Rd} .**
- **Svar: $M_{Rd} = 426 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \cdot 214 \text{ MPa} \cdot 10^{-6} = 91,2 \text{ kNm}$**

- **Er stålbjælkens momentbæreevne, M_{Rd} , større end det største moment i bjælken, M_{max} ?**
- **Svar: Ja**

Til bestemmelse af limtræsbjælkens momentbæreevne anvendes nedenstående formel:

$$M_{Rd} = W_y \cdot f_{m,d}$$

For et rektangulært tværsnit bestemmes W_y , som er tværsnittets modstandsmoment, ved:

$$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

Hvor b er bredden og h er højden af tværsnittet.

- **Bestem modstandsmomentet, W_y , for limtræsbjælken, idet tværsnittet som tidligere nævnt har en bredde på 140 mm og en højde på 300 mm.**
- **Svar: $W_y = 1/6 \cdot 140 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} = 2100 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$**

Limtræsbjælken har en bøjningsstyrke på $f_{m,d} = 17,2 \text{ MPa}$.

- **Bestem limtræsbjælkens momentbæreevne, M_{Rd}**
- **Svar: $M_{Rd} = 2100 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \cdot 17,2 \text{ MPa} \cdot 10^{-6} = 36,1 \text{ kNm}$**
- **Er limtræsbjælkens momentbæreevne, M_{Rd} , større end det største moment i bjælken, M_{max} ?**
- **Svar: Ja**

8. Familien Jensen overvejer også at bygge til. De vil have lavet et økonomisk overslag over, hvad en tilbygning vil koste, for at afgøre om de har råd til tilbygningen. De har derfor bl.a. behov for at kende størrelsen på de nye fundamenter, for at kunne fastlægge udgifterne til fundamenterne.

Formlen til bestemmelse af bæreevnen af sribefundamenter findes i Teknisk Ståbi, afsnit 10.3.1, formel (10.20)

Til bestemmelse af bæreevnen i ler, anvendes følgende værdier:

$$\begin{aligned}c_{ud} &= 150\text{kN/m}^2 / 1,2 \\ N^0_c &= 5,14 \\ s^0_c &= 1,08 \\ i^0_c &= 1,0 \\ q' &= 18\text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- **Bestem bæreevnen, R'_d/A' , af fundamentet i ler**
- **Svar: $R'_d/A' = 150\text{kN/m}^2/1,2*5,14*1,08*1,0+18\text{kN/m}^2 = 711,9\text{ kN/m}^2$**

I Teknisk Ståbi er bæreevnen af fundamentet angivet som kraft pr. areal (kN/m^2).

- **Bestem bæreevnen pr. m af fundamentet, idet fundamentet udføres med en bredde på 0,4 m**
- **Svar: $R'_d/l = 711,9\text{ kN/m}^2*0,4\text{m} = 284,8\text{ kN/m}$**

Af de statiske beregninger, har man fundet frem til, at fundamenterne er belastet af en linjelast på 30 kN/m.

- **Er bæreevnen af fundamentet større end den aktuelle belastning?**
- **Svar: Ja**
- **Sæt resultaterne i en mappe og gennemgå dem med en ingeniør**



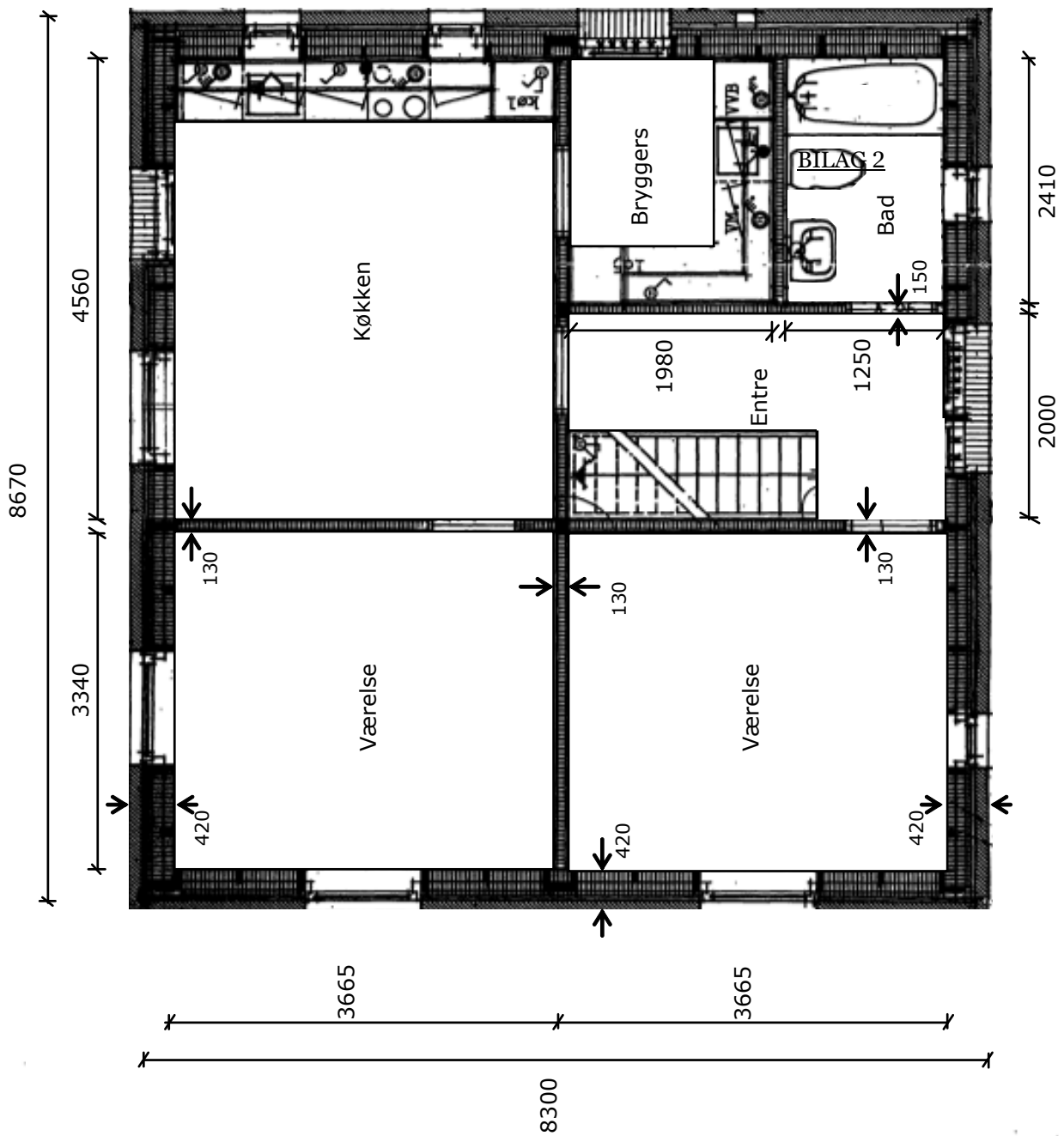
Foreningen af
Rådgivende Ingeniører
FRI

DOKNR-2-2647
Side 8 af 10

BILAG 1

PLANTEGNING AF STUEETAGEN

Alle ubenævnte mål er i mm



BILAG 2

SNITTEGNING

Alle ubenævnte mål er i mm

