

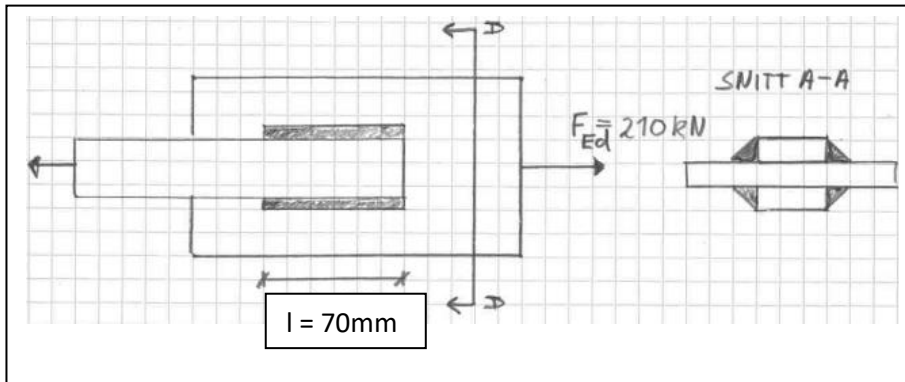
# EKSAMEN

<b>Emnekode:</b> IRB22013	<b>Emnenavn:</b> Konstruksjonsteknikk 2
<b>Dato:</b> 02.01.2019 <b>Sensurfrist:</b> 23.01.2019	<b>Eksamenstid:</b> kl. 09.00 – 13.00
<b>Antall oppgavesider:</b> 4 <b>Antall vedleggsider:</b> 4 (inkl vedlegg for innlevering)	<b>Faglærer:</b> Geir Flote og Kjetil Gulbrandsen <b>Oppgaven er kontrollert:</b> 19.12.2018, Geir Flote
<b>Hjelpemidler:</b> Utdelt kalkulator og egne Eurokoder for Betong, Stål og Tre og NS-EN 338, NS-EN 1194	
<b>Om eksamensoppgaven:</b>  Les oppgaven nøye. Dersom du mener noe er uklart, så skriv hvilke forutsetninger du legger til grunn, og regner videre utfra disse forutsetningene.	
<b>Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig</b>	

## Oppgave 1 Stål

Tre stålplater **S235** skal sveises sammen med **fire like** sveiselengder, hver med lengde  **$l = 70 \text{ mm}$** .

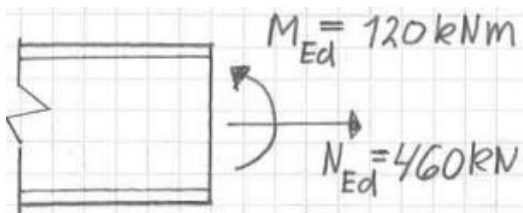
Kilsvaisene har rotmål  **$a = 4 \text{ mm}$** , og er belastet **parallelt** med kraften  **$F_{Ed} = 210 \text{ kN}$** . Se figuren under.



- Kontroller om sveisen har tilstrekkelig kapasitet etter forenklet metode. Vis utregningen.
- Bestem nødvendig lengde på sveisen etter forenklet metode dersom kraften endres til  **$F_{Ed} = 300 \text{ kN}$** . Vis utregningen.

## Oppgave 2 Stål

Tverrsnittet til en stålbjelke **IPE 270** er belastet med en kombinasjon av aksial strekkraft  **$N_{Ed} = 460 \text{ kN}$**  og moment  **$M_{y,Ed} = 120 \text{ kNm}$** . Se figuren under.



For løsning av oppgavene gjelder følgende forutsetninger:

S355 varmvalset

Tverrsnittsklasse 2

Plastisk motstandsmoment:  $W_{pl,y} = 2 \cdot S_y$

Maks elastisk bøyespenning:  $\sigma_{M,maks} = \frac{M}{W_{y,el}}$

- a) Kontroller om tverrsnittet har tilstrekkelig kapasitet etter elastisk teori. Vis utregningen.
- b) Tegn spenningsfordelingen over tverrsnittet etter elastisk og plastisk teori. Hvilken av disse (elastisk eller plastisk) gir størst utnyttelse av IPE-profilet? (Du skal skissere – IKKE regne ut spenninger og ikke tegne i målestokk.)

### Oppgave 3 Tre

Gitt et bjelkelag, hvor bjelkene har avstanden  $c/c = 0,6 \text{ m}$ .

Bjelkene regnes som fritt opplagt med spennvidde  $L = 4 \text{ m}$ .

Dimensjonerende flatelast i bruddgrenselast  $q_{Ed} = 3,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Tverrsnitt for bjelkelag:  $b \times h = 48 \text{ mm} \times 168 \text{ mm}$ .

Styrkeklasse **C24**. Klimaklasse 1

Tregghetsmoment:  $I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$

Generell formel, maks skjær:  $V = q \frac{L}{2}$

$k_{mod} = 0,8$   $k_{sys} = 1,1$

- a) Hvilken klimaklasse vil du velge for bjelkelaget. Begrunn svaret.
- b) Momentkontroll kan gjøres med eller uten å ta hensyn til effekt av vipping. (Det er to ulike kontroller i Eurocoden.) Hva vil avgjøre om vipping skal inkluderes i momentkontrollen eller ikke?
- c) For å sikre at konstruksjonen fyller sin hensikt på en akseptabel måte, kreves det at nedbøyningen av bjelkene ikke er større enn **L/200**. Dette er imidlertid ikke hverken nedbøyning eller kontroll i bruddgrensetilstand som normalt er mest kritisk for et bjelkelag i et bolighus. Hvilken annen situasjon (utenom de normale spenningskontrollene og nedbøyning) må alltid vurderes ved dimensjonering av bjelkelag?
- d) Ved bjelkenes opplegg ligger bjelkene på svill **48 mm x 98 mm**.

Kontroller om bjelkene har tilstrekkelig kapasitet for flatetrykket ved opplegget etter punkt 6.1.5 i NS-EN 1995. Anta  $a = 0$  og  $I_1 = 0$ . Vis utregningen.

(Tips:  $F_{c,90,d} = V_{Ed}$ .)

## Oppgave 4 Betong

Gitt en søyle med rektangulært tverrsnitt med **bredde = 370 mm** og **høyde 450 mm**,  $\frac{d_2}{h} = 0,15$ , betong **B30** og armering B500NC.

Søylen belastes med to kombinasjoner av ytre dimensjonerende moment og aksialkraft i bruddgrensetilstanden:

$$M_{Ed1} = 250 \text{ kNm}, \quad N_{Ed1} = 2410 \text{ kN}$$

$$M_{Ed2} = 330 \text{ kNm}, \quad N_{Ed2} = 1820 \text{ kN}$$

- a) De dimensjonsløse lastvirkningene for de 2 lastkombinasjonene er som følger:
- $n_{Ed1} = 0,48$
  - $m_{Ed1} = 0,11$
  - $n_{Ed2} = 0,36$
  - $m_{Ed2} = 0,15$

Bruk vedlagte dimensjonsløst M-N diagram og bestem den av de to lastkombinasjonene som krever størst armeringsmengde. (M-N diagrammet som viser svaret på oppgaven over, leveres med besvarelsen.)

- b) Bestem den største nødvendige armeringsmengden. Vis utregningen.
- c) Tegn tverrsnitt av søylen med mål, og legg inn akser (y-y og z-z). Bruk aksebetegnelse og forklar hva som vil skje dersom trykket økes ut over det tverrsnittet tåler. (Anta av søylen kun er fastholdt i topp og bunn.)
- d) Tegn resulterende spenningsfordeling over tverrsnittet pga M og N. (Du skal skissere – IKKE regne ut spenninger og ikke tegne i målestokk.)

## Oppgave 5 Betong

Gitt et normalarmert fritt opplagt betongdekke med tykkelse  $t = 270 \text{ mm}$  og spennvidde  $l = 7 \text{ m}$ .

Dekket er belastet med dimensjonerende bruddgrenselast  $q_{Ed} = 12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ .

Forutsett:

$$\text{Maks moment: } M_{Ed} = \frac{q_{Ed} \cdot l^2}{8}$$

Betong:

- **B40**
- Eksponeringsklasse: **XC2**, 50 års dimensjonerende levetid

Armering:

- B500NC
- fordelingsarmering: **Ø10**
- strekkarmering: **Ø12**

- a) Bestem nødvendig strekkarmering per meter bredde av dekket. Vis utregningen.
- b) Bestem nødvendig senteravstand mellom strekkarmeringsstengene (Ø12). Vis utregningen.
- c) Hvor i tverrsnittet ligger fordelingsarmeringen? (Tegn eventuelt skisse hvis du synes det gjør det lettere å forklare.)

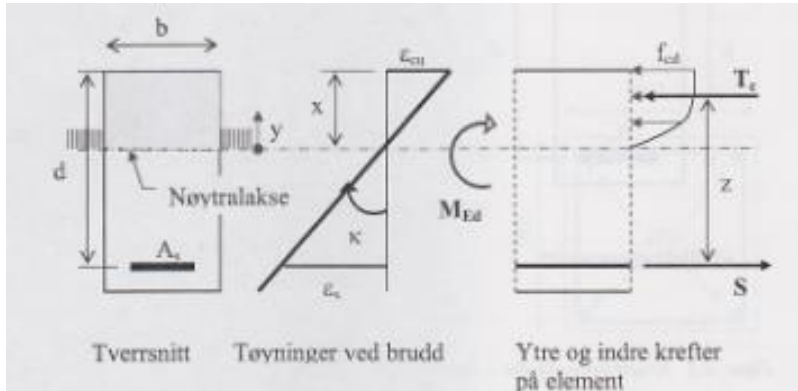
## Vedlegg, Stål:

IPE	Dimensjoner (mål i mm)					Masse kg/m	A ·10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup>	y - y			z - z			I <sub>T</sub> ·10 <sup>-3</sup> mm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> ·10 <sup>-3</sup> mm <sup>3</sup>	C <sub>w</sub> ·10 <sup>-9</sup> mm <sup>6</sup>	Hullavstand / hulldiam. (i mm)		
	h	b	s	t	r			I · 10 <sup>-6</sup> mm <sup>4</sup>	W · 10 <sup>-3</sup> mm <sup>3</sup>	i mm	I · 10 <sup>-6</sup> mm <sup>4</sup>	W · 10 <sup>-3</sup> mm <sup>3</sup>	i mm				w	w <sub>1</sub>	d
80	80	46	3,8	5,2	5	6,00	0,764	0,801	20,0	32,4	0,085	3,69	10,5	7,00	11,6	0,118	26	-	-
100	100	55	4,1	5,7	7	8,10	1,03	1,71	34,2	40,7	0,159	5,79	12,4	12,1	19,7	0,351	30	-	-
120	120	64	4,4	6,3	7	10,4	1,32	3,18	53,0	49,0	0,277	8,65	14,5	17,4	30,4	0,890	36	-	-
140	140	73	4,7	6,9	7	12,9	1,64	5,41	77,3	57,4	0,449	12,3	16,5	24,5	44,2	1,981	40	-	-
160	160	82	5,0	7,4	9	15,8	2,01	8,69	109	65,8	0,683	16,7	18,4	36,2	61,9	3,959	44	-	13
180	180	91	5,3	8,0	9	18,8	2,39	13,20	146	74,2	1,01	22,2	20,5	48,0	83,2	7,431	50	-	13
200	200	100	5,6	8,5	12	22,4	2,85	19,4	194	82,6	1,42	28,5	22,4	70,2	110	12,99	56	-	13
220	220	110	5,9	9,2	12	26,2	3,34	27,7	252	91,1	2,05	37,3	24,8	91,0	143	22,67	60	-	17
240	240	120	6,2	9,8	15	30,7	3,91	38,9	324	99,7	2,84	47,3	26,9	129	183	37,39	68	-	17
270	270	135	6,6	10,2	15	36,1	4,59	57,9	429	112	4,20	62,2	30,2	160	242	70,58	72	-	17
300	300	150	7,1	10,7	15	42,2	5,38	83,6	557	125	6,04	80,5	33,5	202	314	125,9	80	-	23
330	330	160	7,5	11,5	18	49,1	6,26	117,7	713	137	7,88	98,5	35,5	283	402	199,1	86	-	25
360	360	170	8,0	12,7	18	57,1	7,27	162,7	904	150	10,4	123	37,9	375	510	313,6	90	-	25
400	400	180	8,6	13,5	21	66,3	8,45	231,3	1160	165	13,2	146	39,5	514	654	490,0	96	-	28
450	450	190	9,4	14,6	21	77,6	9,88	337,4	1500	185	16,8	176	41,2	671	851	791,0	106	-	28
500	500	200	10,2	16,0	21	90,7	11,6	482,0	1930	204	21,4	214	43,1	897	1100	1249	110	-	28
550	550	210	11,1	17,2	24	106	13,4	671,2	2440	223	26,7	254	44,5	1240	1390	1884	116	-	28
600	600	220	12,0	19,0	24	122	15,6	920,8	3070	243	33,9	308	46,6	1660	1760	2846	120	-	28

## Vedlegg Betong

### For bøyningspåkjent tverrsnitt:

For betongkvaliteter B20 - B45 og armeringskvalitet B500NC:



For normalarmert tverrsnitt dvs  $\epsilon_s = 2\epsilon_{yk} = 0,005$ :

Betongtrykksoneens dimensjonerende momentkapasitet:  $M_{Rd} = 0,275 \cdot f_{cd} \cdot b d^2$

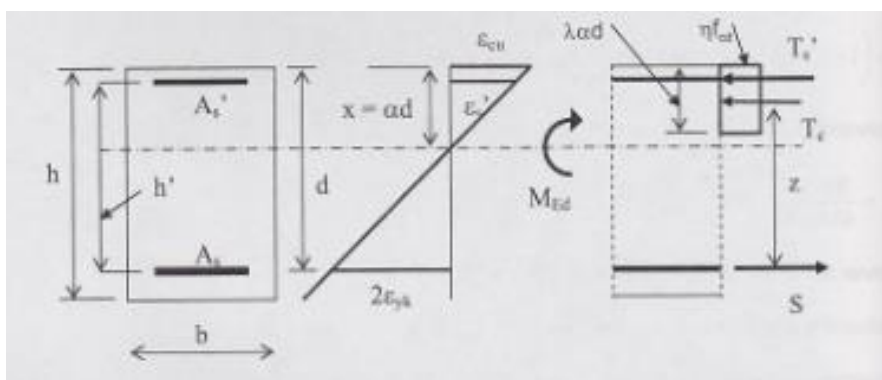
Momentlikevekt om trykkresultanten gir:  $M_{Ed} = S \cdot z = f_{yd} A_s \cdot z$

for fullt utnyttet trykksone:  $z = 0,835 d$

for delvis utnyttet trykksone:  $z = \left(1 - 0,17 \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) d$

Når betongens trykkapasitet er overskredet, bestemmes tilleggsarmeringen på trykk- og strekksiden,  $A_{s2}$ , med uttrykket:

$\Delta M_{Ed} = f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot h'$  hvor  $\Delta M_{Ed} = M_{Ed} - M_{Rd}$  og  $h'$  er avstanden mellom armeringen på strekk- og trykksiden.



ARMERINGSTABELL, armeringsareal i [mm<sup>2</sup>]

	Nominell diameter [mm]								
	8	10	12	14	16	20	25	32	40
Omkrets us [mm]	25	31	38	44	50	63	79	101	126
Vekt (kg/m)	0,395	0,62	0,89	1,21	1,58	2,47	3,86	6,32	9,87
1	50	79	113	154	201	314	491	804	1257
2	101	157	226	308	402	628	982	1608	2513
3	151	236	339	462	603	942	1473	2413	3770
4	201	314	452	616	804	1257	1963	3217	5027
5	251	393	565	770	1005	1571	2454	4021	6283
6	302	471	679	924	1206	1885	2945	4825	7540



# Vedlegg som skal leveres med besvarelsen

## Dimensjonsløst M-N diagram for fasthetsklasse $\leq B50$

