

Trekonstruksjoner

-dimensjonering etter Eurokoder

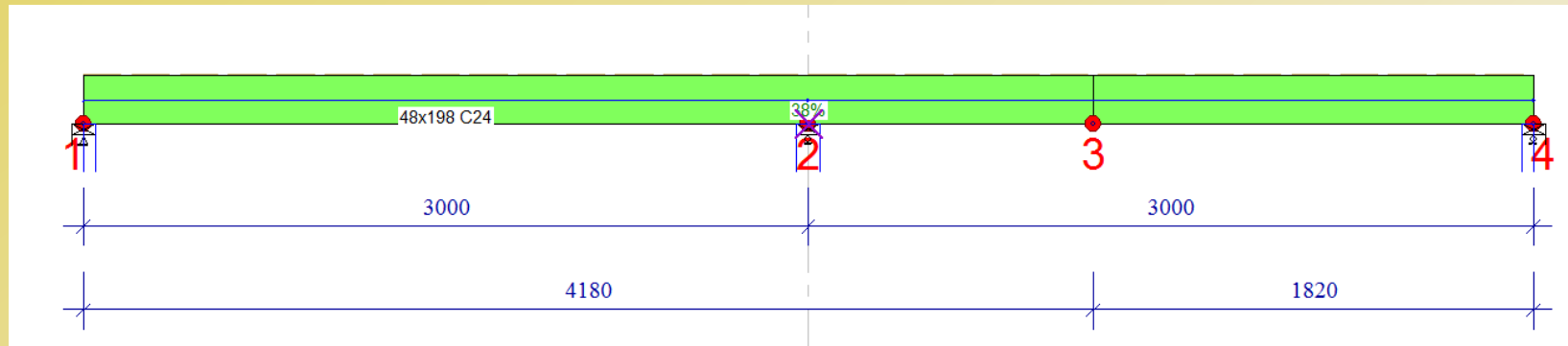
Beregningseksempler med ulike
forbindelser.

Erik Syversen – PBM AS

Beregningseksempler

1. Laskeskjøt med spiker og trelasker
2. Laskeskjøt med bolter og trelasker
3. Laskeskjøt med bolter og stållasker
4. Oppheng av mønedrager

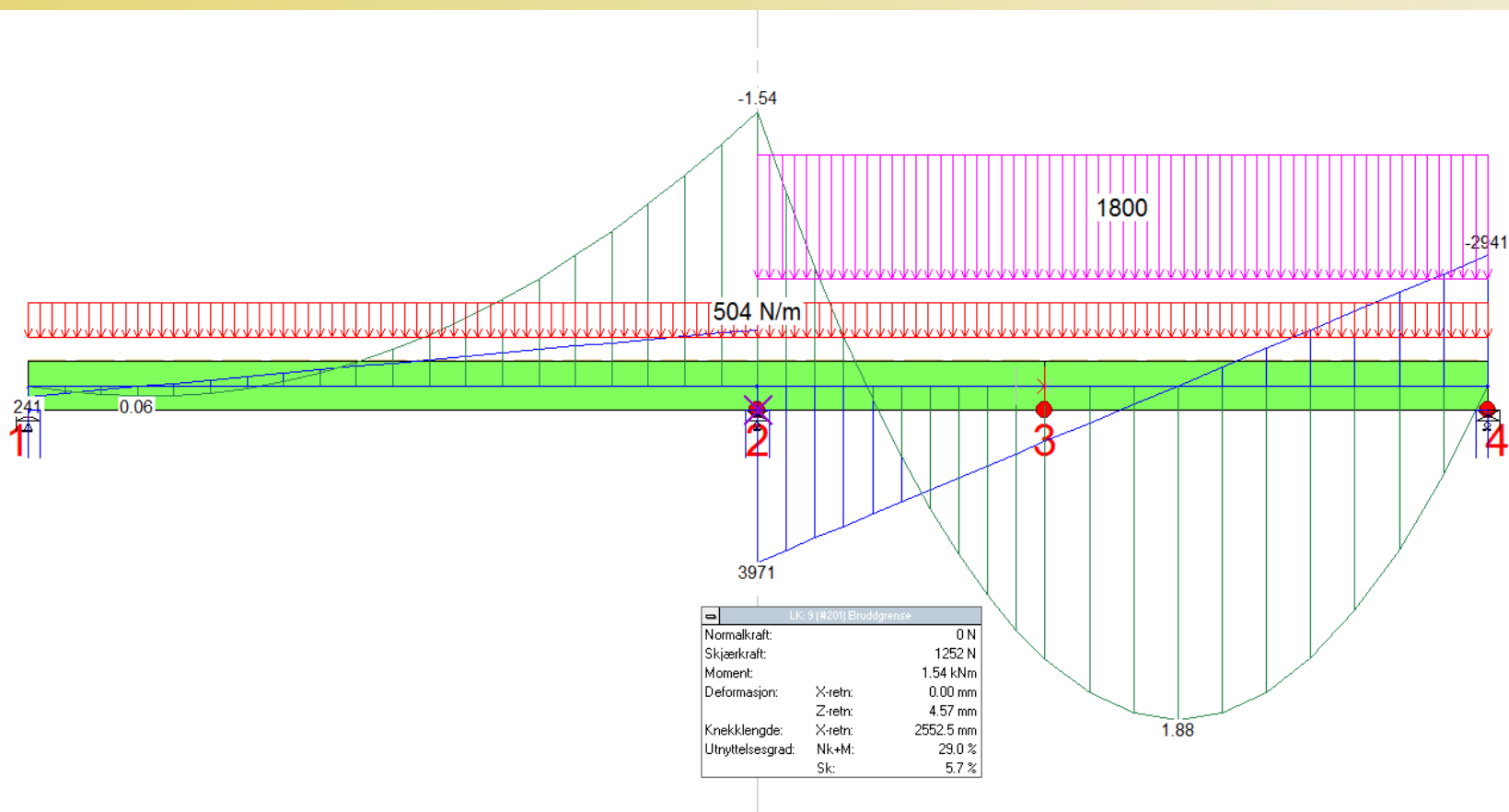
Eksempel 1: Laskeskjød med spiker og trelasker.



- 2 felts bjelke.
- Her et bjelkelag, som skal skjøtes i pkt 3
- Skjøtes med 2-sidig trelask og spiker

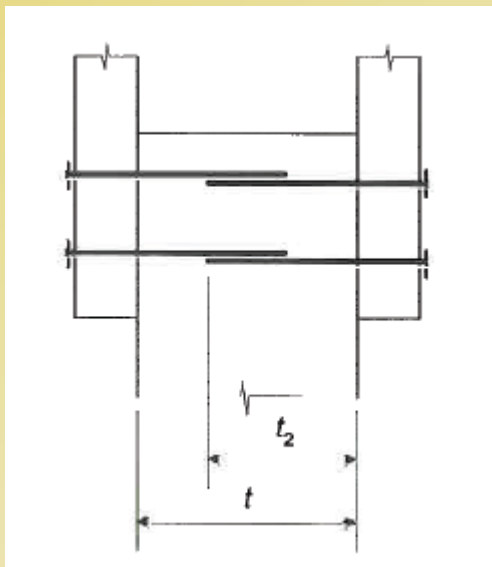
Eksempel 1

- Belastning og krefter i skjøt, i valgt lastkombinasjon. Den som er antatt verst.



Eksempel 1

- Nå som kreftene i skjøten er kjent, må vi bestemme oss for lask og spiker.
- Bruker lasker som er like brede som bjelken og velger å bruke 36 mm tykke i kvalitet c24.
- For å kunne spikre uavhengig fra hver side, må det være igjen 4*d før midtstykket er gjennomspikret.



- $t - t_2 > 4 \cdot d$
- Bruker $d = 2,8$
- $l < (36 + 48) \text{ mm} - 4 \cdot 2,8 \text{ mm} = 73 \text{ mm}$
- 2,8 x 65 er standard maskin spiker
- Diameter på spikerhode settes til 5 mm.

Eksempel 1

- Vinkel mellom kraft og fiber har ikke noe å si for spiker med $d \leq 8\text{ mm}$
- $k_{\text{mod}} = 0,8$ for halvårslast/ mellomlangtidslast og konstruksjonstre
- $\gamma_M = 1,3$ for forbindelser
- $t_{\text{lask}} = 36\text{ mm}$
- $t_{\text{bjelke}} = 48\text{ mm}$

INNDATA		
Diameter d_{ef} :	2,8	mm
Diameter hode, d_h :	5	mm
Lengde forbinder:	65	mm
Type forbinder	Rund spiker	▼
Vinkel 1 =	90	°
Vinkel 2 =	90	°
t1 =	36	mm
t2 =	48	mm
Fasthetsklasse, t1:	C24	▼
Fasthetsklasse, t2:	C24	▼
k_{mod} =	0,8	
γ_m =	1,3	

Eksempel 1

- Resultat spikerkapasitet:

Enkeltsnittede forbindere, tre mot tre:				Johansens del	rope effect		sum	
		Fv,Rk,a	=	2124	0	=	2124	N
		Fv,Rk,b	=	1711	0	=	1711	N
		Fv,Rk,c	=	802	29	=	831	N
		Fv,Rk,d	=	818	29	=	847	N
		Fv,Rk,e	=	690	29	=	720	N
		Fv,Rk,f	=	639	29	=	668	N
					Fv,Rd	=	411	N

- Lask

- 36 x 198 c24 l=1200 mm

Eksempel 1

•Spikeravstand:

Tabell 8.2 – Minste avstander mellom spikre innbyrdes og fra spikre til kant og ende

Innbyrdes avstand og kant-/endeavstander (se figur 8.7)	Vinkel α	densitet ρ_k [kg/m ³]	Minste avstander		
			Uten forboring		Med forboring
			$\rho_k \leq 420$	$420 < \rho_k \leq 500$	
a_1 (i fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ $d < 5 \text{ mm}$ $d \geq 5 \text{ mm}$		$(5+5 \cos \alpha) d$ $(5+7 \cos \alpha) d$	$(7+8 \cos \alpha) d$	$(4+ \cos \alpha) d$
a_2 (vinkelrett på fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$		$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha) d$
$a_{3,t}$ (belastet ende)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$		$(10+5 \cos \alpha) d$	$(15+5 \cos \alpha) d$	$(7+5 \cos \alpha) d$
$a_{3,c}$ (ubelastet ende)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$		$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,t}$ (belastet kant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ $d < 5 \text{ mm}$ $d \geq 5 \text{ mm}$		$(5+2 \sin \alpha) d$ $(5+5 \sin \alpha) d$	$(7+2 \sin \alpha) d$ $(7+5 \sin \alpha) d$	$(3+2 \sin \alpha) d$ $(3+4 \sin \alpha) d$
$a_{4,c}$ (belastet kant)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$		$5d$	$7d$	$3d$

- a_1 (|| fiberretning) spiker: $14d = 14 \cdot 2,8 \text{ mm} = 39 \text{ mm}$, (pga n_{ef})
- a_2 ($\perp$ fiberretning) spiker: $5d = 5 \cdot 2,8 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$
- a_3 (endeavstand) spiker: $15d = 15 \cdot 2,8 \text{ mm} = 42 \text{ mm}$
- a_4 (kantavstand) spiker: $7d = 7 \cdot 2,8 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$

Eksempel 1

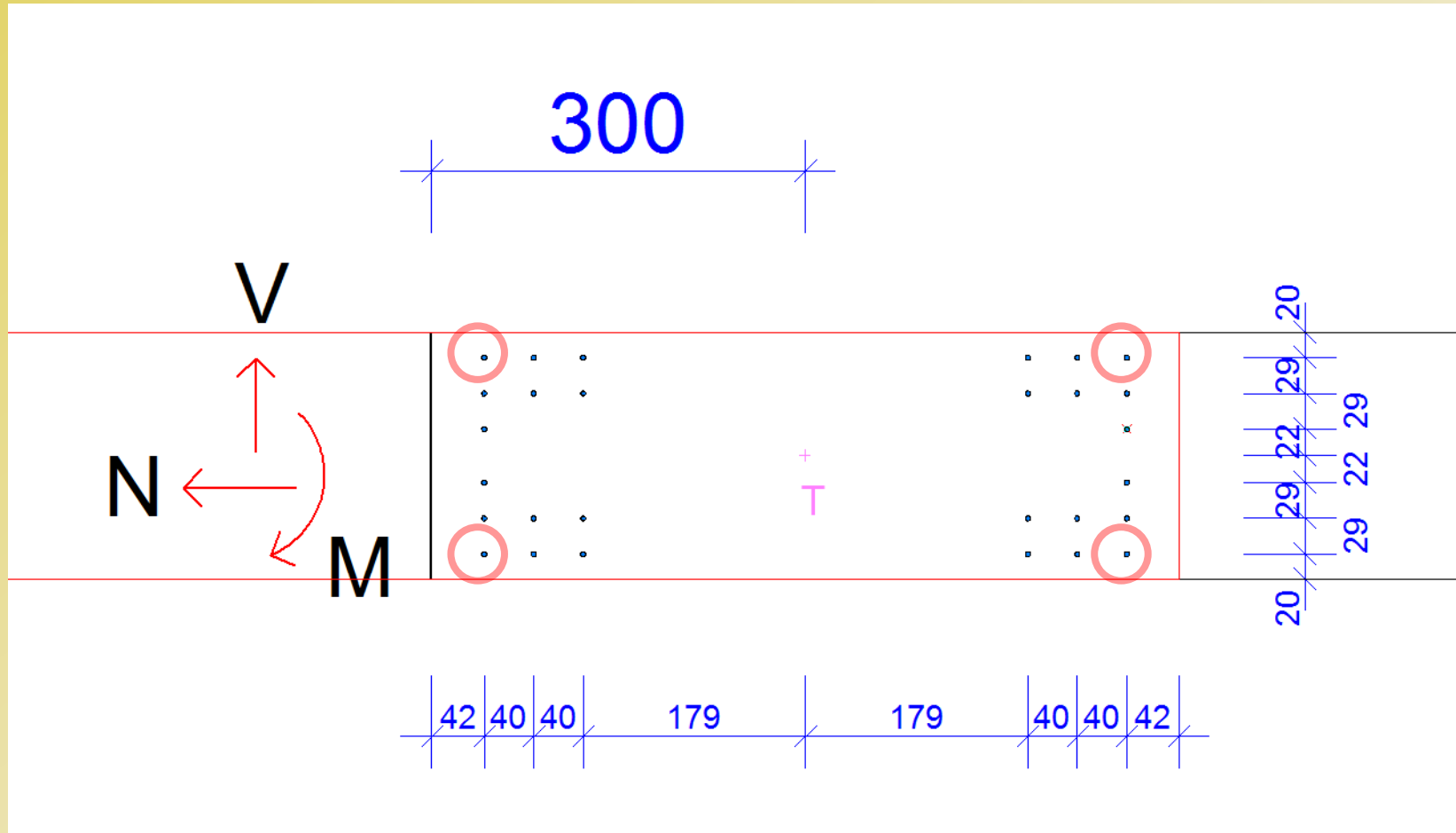
- Forboring?

$$t = \max \left| \begin{array}{l} 7d \\ (13d - 30) * \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right|$$

- Med trelastkvalitet c30 eller lavere og diameter $d < 5,7$ mm blir kravet $7d$.
- $t = 36$ mm $> 7d = 7 * 2,8$ mm = 20 mm OK!

Eksempel 1

- Løsning.



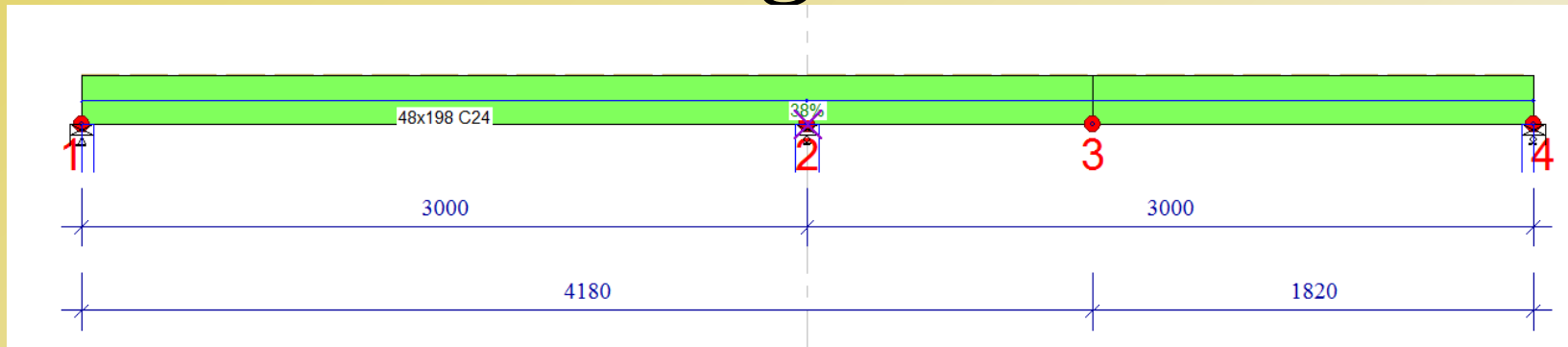
Eksempel 1

[illegible]

Eksempel 1

- Vi har ikke kontrollert tverrsnitt på laskene, men siden tverrsnittet på de 2 laskene er større enn på bjelke, går dette bra.

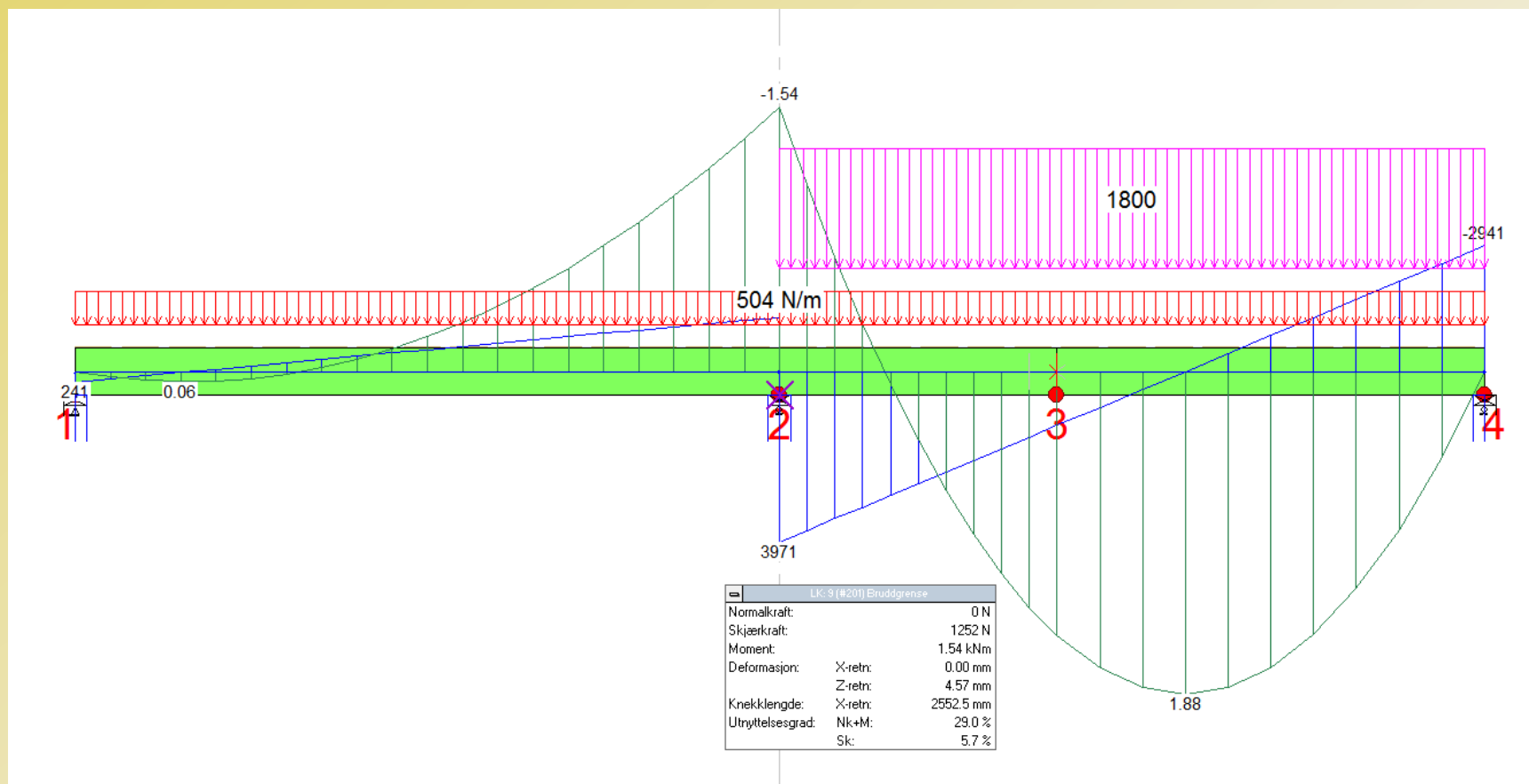
Eksempel 2: Laskeskjød med bolter og trelasker.



- Samme bjelke som i eksempel 1
- 2 felts bjelke.
- Her et bjelkelag, som skal skjøtes i pkt 3
- Skjøtes med 2-sidig trelask og bolter

Eksempel 2

- Belastning og krefter i skjøt, i valgt lastkombinasjon. Den som er antatt verst. Som i eks. 1.



Eksempel 2

- Nå som kreftene i skjøten er kjent, må vi bestemme oss for lask og spiker.
- Bruker lasker som er 198 mm brede og 36 mm tykke i kvalitet c24.
- Velger å bruke 10 mm bolter.
- $k_{\text{mod}} = 0,8$ for halvårslast/ mellomangtidslast og konstruksjonstre
- $\gamma_M = 1,3$ for forbindelser
- Finner kapasiteten til en bolt i regne arket.

Eksempel 2

INNDATA		
Diameter d_{ef} :	10	mm
Diameter hode, d_h :	10	mm
Lengde forbinder:	160	mm
Type forbinder	Bolter	
Vinkel 1 =	90	⁰
Vinkel 2 =	90	⁰
t1 =	36	mm
t2 =	48	mm
Fasthetsklasse, t1:	C24	
Fasthetsklasse, t2:	C24	
k_{mod} =	0,8	
γ_m =	1,3	

- Lengde på forbinder er satt til $2 \cdot 36 \text{ mm} + 48 \text{ mm} + 2 \cdot 20 \text{ mm} = 160 \text{ mm}$
- Vinkel mellom kraft og fiberretning er satt til 90 gr. Dette er mest ugunstig, så kan vi heller justere denne når vi nesten har løst oppgaven

Eksempel 2

- Resultat boltekapasitet:

Dobbeltsnittede forbindere, tre mot tre		Johansens del	rope effect		sum		
	Fv,Rk,g =	6199	0	=	6199	N	
	Fv,Rk,h =	4133	0	=	4133	N	
	Fv,Rk,j =	4389	1097	=	5486	N	
	Fv,Rk,k =	6597	1147	=	7744	N	
		Fv,Rd		=	2543	N	pr. snitt

- Lask

- 36 x 198 c24 l=1200 mm

Eksempel 2

•Bolteavstander:

Tabell 8.4 – Minste avstander mellom bolter innbyrdes og fra bolter til kant og ende

Innbyrdes avstand og kant-/endeavstander (se figur 8.7)	Vinkel α	Minste innbyrdes avstand og kant-/endeavstand
a_1 (i fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) d$
a_2 (vinkelrett på fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 d$
$a_{3,t}$ (belastet ende)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max [7 d; 80 \text{ mm}]$
$a_{3,c}$ (ubelastet ende)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha) d$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha) d$
$a_{4,t}$ (belastet kant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max [(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,c}$ (ubelastet kant)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 d$

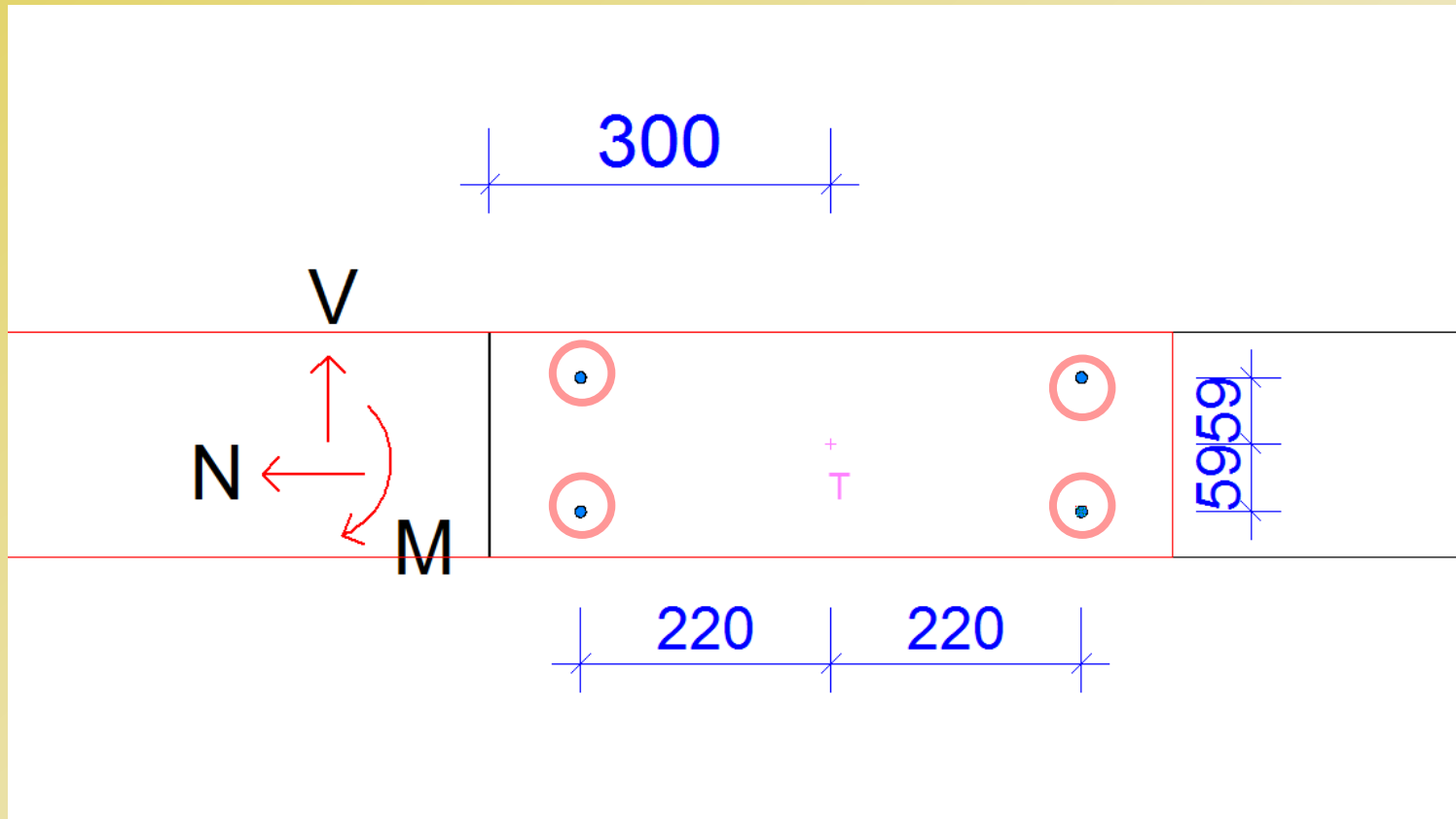
- a_1 ($\parallel$ fiberretning) spiker: $4d = 4 \cdot 10 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$
- a_2 ($\perp$ fiberretning) spiker: $4d = 4 \cdot 10 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$
- a_3 (endeavstand) spiker: $\max(7d; 80 \text{ mm}) = 80 \text{ mm}$
- a_4 (kantavstand) spiker: $4d = 4 \cdot 10 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$

Eksempel 2

- Forboring, krav til boltehull
 - $d_{\text{hull}} < d_{\text{bolt}} + 1 \text{ mm}$
- Underlagsskive
 - $d_{\text{skive}} > 3d = 30 \text{ mm}$
 - $t_{\text{skive}} > 0,3d = 3 \text{ mm}$
 - Brukes under både hode og mutter
 - Må ha full anleggsflate

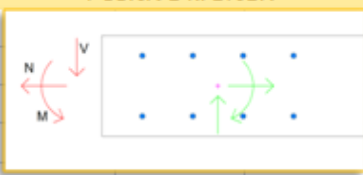
Eksempel 2

- Løsning.



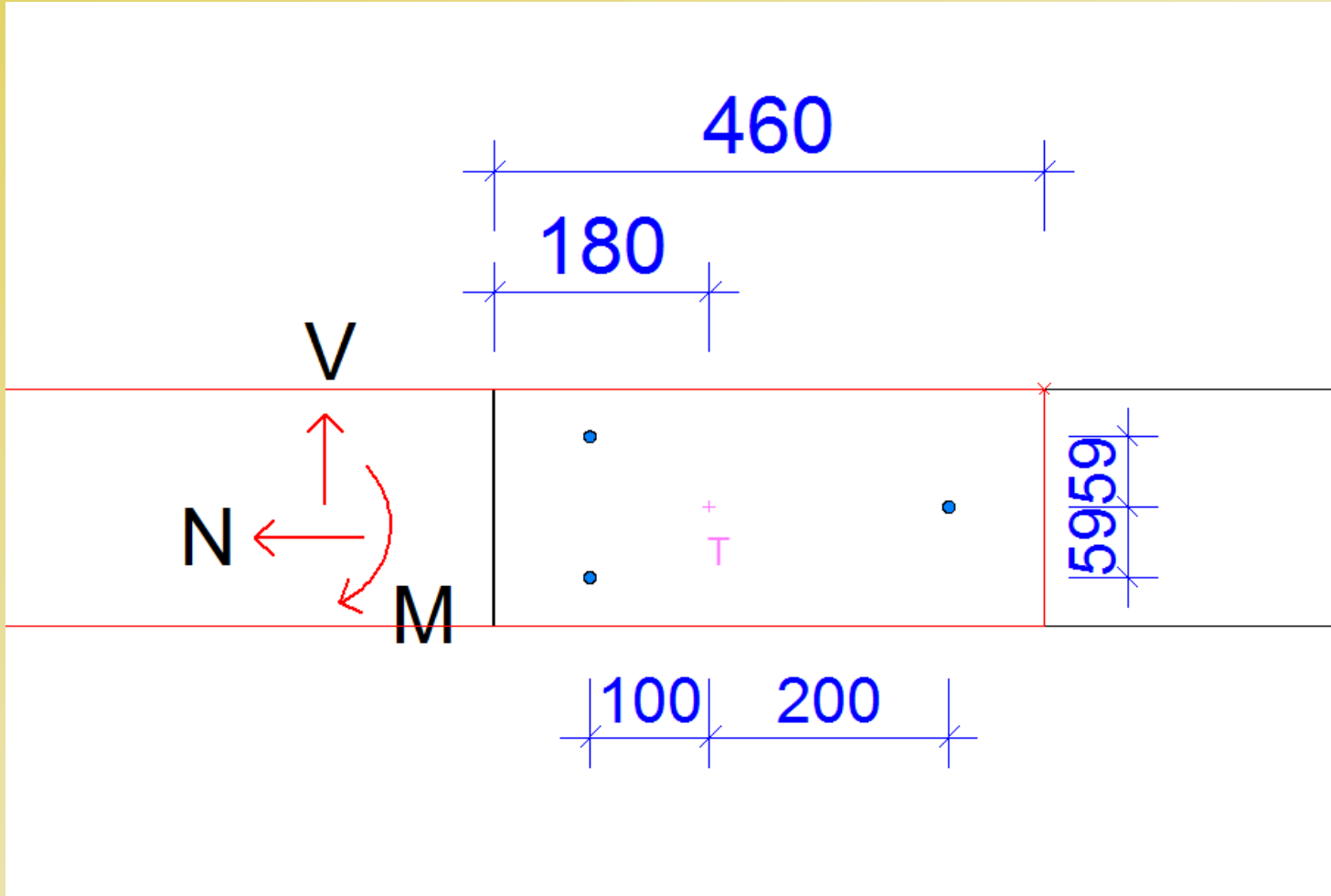
Eksempel 2

•Løsning.

				eksentrisitet		Positive krefter.						
Ytre normalkraft, FN	0	N		0	mm			positive koordinater har samme retning som positive krefter				
Ytre skjærkraft, FV	-1252	N		300	mm							
Ytre moment, M	-1540000	Nmm										
Moment i tyngdepunkt, MT	-1915600	Nmm										
koordinater oppgis i mm fra spikergruppens tyngdepunkt												
bolt	x(mm)	y(mm)	r2(mm2)	r(mm)	F-MTi (N)	vinkel momen	F-MTx(N)	F-Mty(N)	F-Ni(N)	F-Vi(N)	F-res(N)	res. vinkel, fiber
1	-220	-59	51881	227,8	-2102,5	105,01	545	-2031	0	-313	2406	-76,9
2	-220	59	51881	227,8	-2102,5	74,99	-545	-2031	0	-313	2406	76,9
3	220	-59	51881	227,8	-2102,5	254,99	545	2031	0	-313	1802	72,4
4	220	59	51881	227,8	-2102,5	285,01	-545	2031	0	-313	1802	-72,4
5			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
6			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
7			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
8			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
9			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
10			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
11			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
12			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
13			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
14			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
15			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0
		Sum r2:	207524	mm2								
		Ant. Bolter:	4	stk								

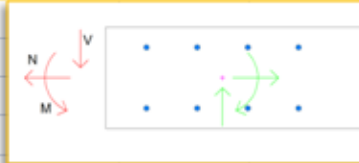
Eksempel 2

- Løsning.

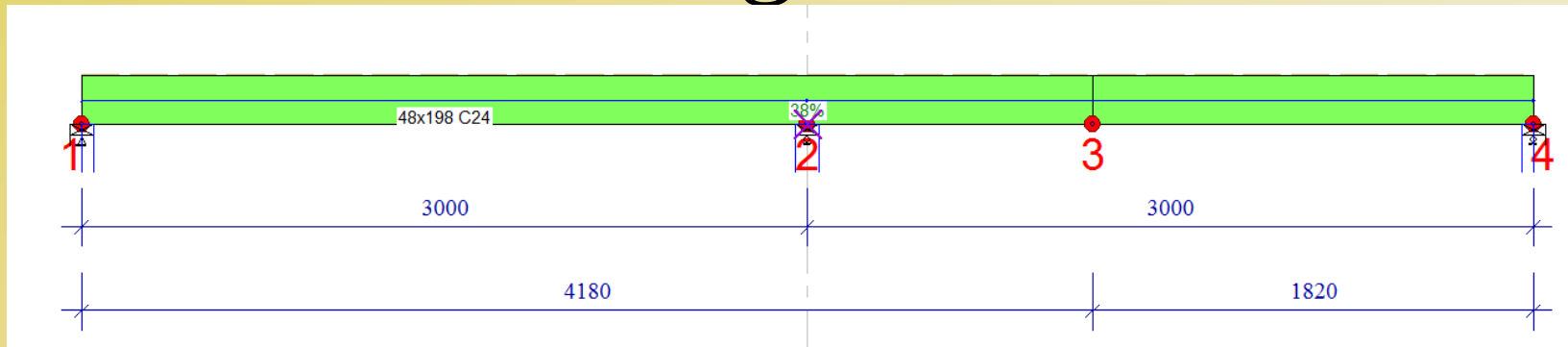


Eksempel 2

•Løsning.

				eksentrisitet		Positive krefter.							
Ytre normalkraft, FN	0	N	0	mm		<i>positive koordinater har samme retning som positive krefter</i>							
Ytre skjærkraft, FV	-1252	N	160	mm									
Ytre moment, M	-1540000	Nmm											
Moment i tyngdepunkt, MT	-1740320	Nmm											
koordinater oppgis i mm fra spikergruppens tyngdepunkt													
bolt	x(mm)	y(mm)	r2(mm2)	r(mm)	F-MTi (N)	vinkel momen	F-MTx(N)	F-Mty(N)	F-Ni(N)	F-Vi(N)	F-res(N)	res. vinkel/ fiber	
1	-100	-59	13481	116,1	-3017,6	120,54	1533	-2599	0	-417	3384	-63,1	
2	-100	59	13481	116,1	-3017,6	59,46	-1533	-2599	0	-417	3384	63,1	
3	200	0	40000	200,0	-5197,9	270,00	0	5198	0	-417	4781	90,0	
4			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
5			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
6			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
7			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
8			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
9			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
10			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
11			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
12			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
13			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
14			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
15			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
		Sum r2:	66962	mm2									
		Ant. Bolter:	3	stk									

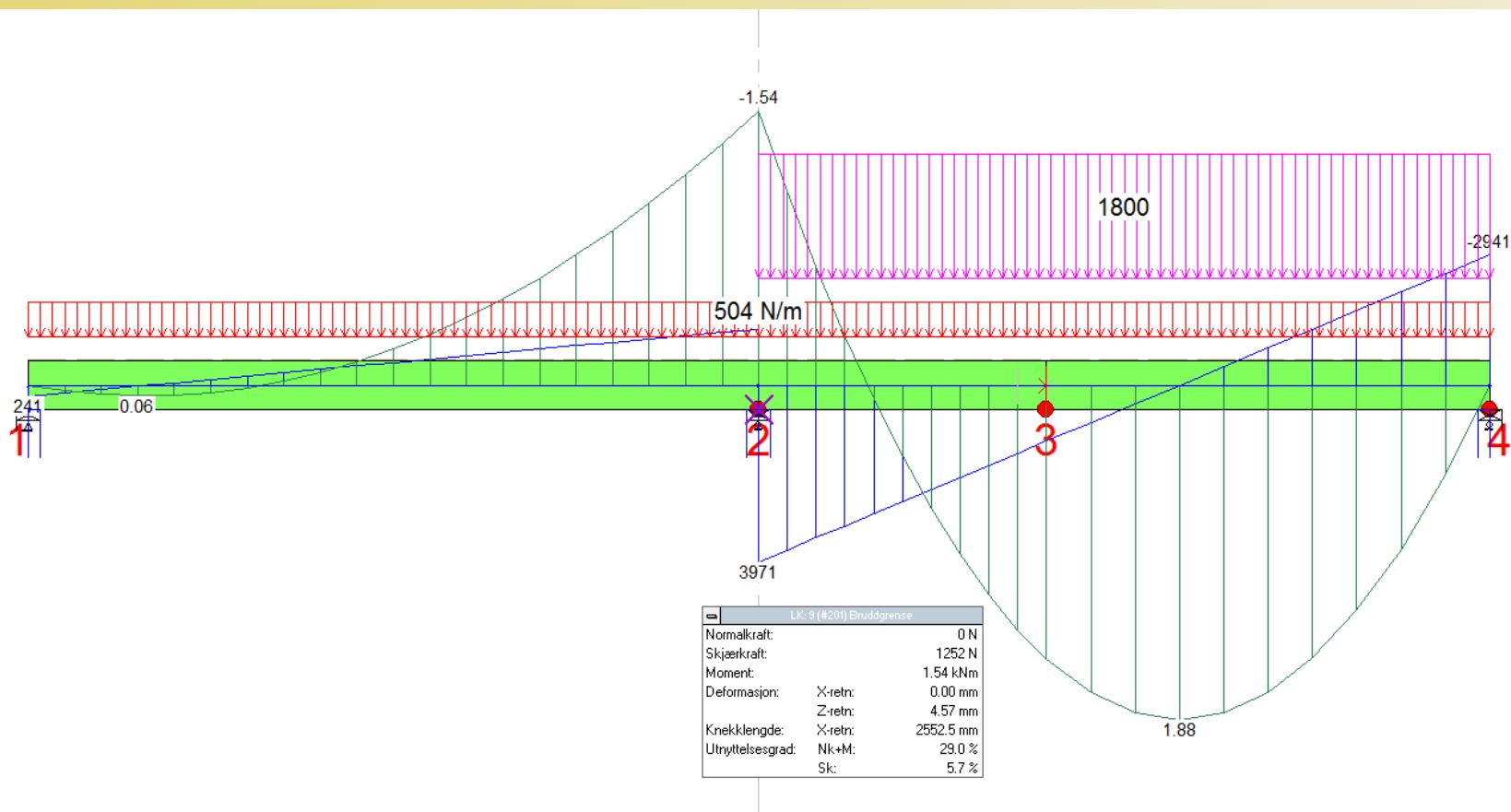
Eksempel 3: Laskeskjød med bolter og stållasker.



- Samme bjelke som i eksempel 1
- 2 felts bjelke.
- Her et bjelkelag, som skal skjøtes i pkt 3
- Skjøtes med 2-sidig stållask og bolter

Eksempel 3

- Belastning og krefter i skjøt, i valgt lastkombinasjon. Den som er antatt verst. Som i eks. 1.



Eksempel 3

- Nå som kreftene i skjøten er kjent, må vi bestemme oss for lask og spiker.
- Bruker lasker som er 160 mm brede og 4 mm tykke i kvalitet S235.
- Bruker 10 mm bolter her også.
- $k_{\text{mod}} = 0,8$ for halvårslast/ mellomangtidslast og konstruksjonstre
- $\gamma_M = 1,3$ for forbindelser
- Finner kapasiteten til en bolt i regne arket.

Eksempel 3

INNDATA		
Diameter d_{ef} :	10	mm
Diameter hode, d_h :	10	mm
Lengde forbinder:	96	mm
Type forbinder	Bolter	
Vinkel 1 =	90	⁰
Vinkel 2 =	90	⁰
t1 =	4	mm
t2 =	48	mm
Fasthetsklasse, t1:	stål	
Fasthetsklasse, t2:	C24	
k_{mod} =	0,8	
γ_m =	1,3	

- Lengde på forbinder er satt til $2 \cdot 4 \text{ mm} + 48 \text{ mm} + 2 \cdot 20 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$
- Vinkel mellom kraft og fiberretning er satt til 90 gr. Dette er mest ugunstig, så kan vi heller justere denne når vi nesten har løst oppgaven

Eksempel 3

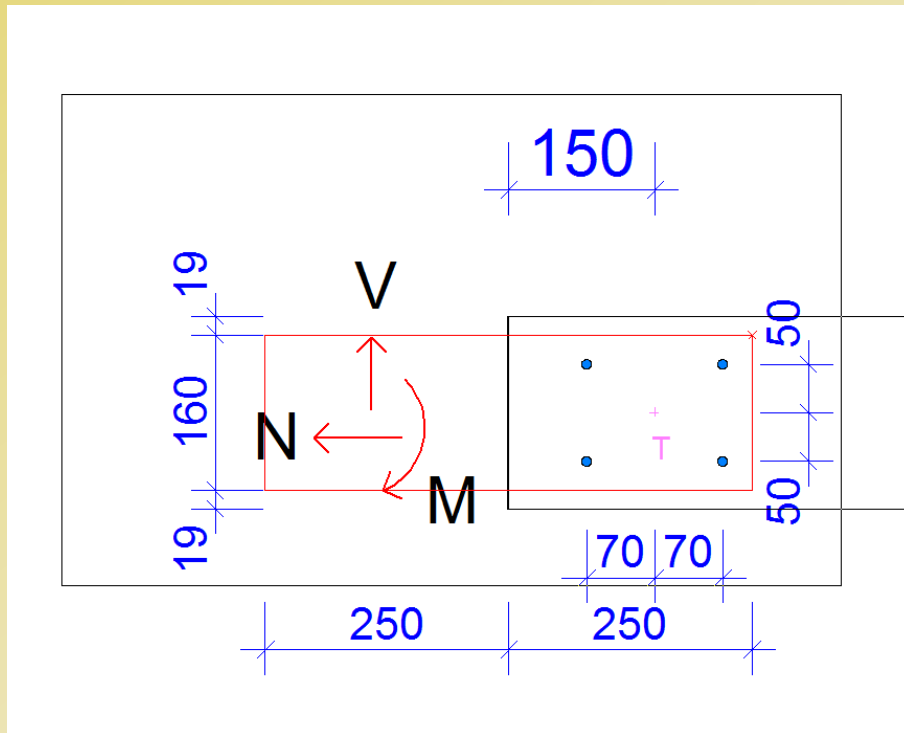
•Resultat:

Dobbeltsnitt, stål-tre-stål		Johansens del	rope effect		sum		
	Fv,Rk,j/l =	4133	0	=	4133	N	
	Fv,Rk,k =	6597	1649	=	8246	N	
	Fv,Rk,m =	9329	2178	=	11507	N	
			Fv,Rk	=	4133	N	
			Fv,Rd	=	2543	N	pr.snitt

- Med 2543 N pr. snitt blir det 5086 N pr. bolt.
- Stålet ønsker vi kanskje å holde så kort som mulig, og dermed vil gruppens tyngdepunkt endre seg hvis vi ikke treffer med rett antall bolter første runde.
- Noen avstander som vi må overholde:
 - Avstand til stål ende og kant $> 1,2d_0 = 12 \text{ mm}$

Eksempel 3

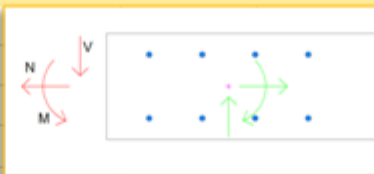
- a_1 ($\parallel$ fiberretning) bolter: $5d = 5 \cdot 10\text{ mm} = 50\text{ mm}$
- a_2 ($\perp$ fiberretning) bolter: $4d = 4 \cdot 10\text{ mm} = 40\text{ mm}$
- a_3 (endeavstand) bolter: $\max(80\text{ mm}, 7d) = 80\text{ mm}$
- a_4 (kantavstand) bolter: $4d = 4 \cdot 10\text{ mm} = 40\text{ mm}$



- Her er avstand i fiberretning
 $14 \cdot d = 140\text{ mm}$

$$n_{ef} = \min \left[n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right]$$

Eksempel 3

				eksentrisitet		Positive krefter.							
Ytre normalkraft, FN	0	N		0	mm						positive koordinater har samme retning som positive krefter		
Ytre skjærkraft, FV	-1252	N	150	mm									
Ytre moment, M	-1540000	Nmm											
Moment i tyngdepunkt, MT	-1727800	Nmm											
koordinater oppgis i mm fra spikergruppens tyngdepunkt													
bolt	x(mm)	y(mm)	r2(mm2)	r(mm)	F-MTi (N)	vinkel momen	F-MTx(N)	F-Mty(N)	F-Ni(N)	F-Vi(N)	F-res(N)	res. vinkel/ fiber	
1	-70	-50	7400	86,0	-5021,3	125,54	2919	-4086	0	-313	5279	-56,4	
2	-70	50	7400	86,0	-5021,3	54,46	-2919	-4086	0	-313	5279	56,4	
3	70	50	7400	86,0	-5021,3	305,54	-2919	4086	0	-313	4770	-52,3	
4	70	-50	7400	86,0	-5021,3	234,46	2919	4086	0	-313	4770	52,3	
5			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
6			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
7			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
8			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
9			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
10			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
11			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
12			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
13			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
14			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
15			0	0,0	0,0	-1,00	0	0	0	0	0	90,0	
		Sum r2:	29600	mm2									
		Ant. Bolter:	4	stk									

Eksempel 3

•Resultat:

INNDATA		
Diameter d_{ef} :	10	mm
Diameter hode, d_h :	10	mm
Lengde forbinder:	96	mm
Type forbinder	Bolter	
Vinkel 1 =	90	°
Vinkel 2 =	56	°
t1 =	4	mm
t2 =	48	mm
Fasthetskklasse, t1:	stål	
Fasthetskklasse, t2:	C24	
k_{mod} =	0,8	
γ_m =	1,3	

Dobbeltsnitt, stål-tre-stål			Johansens del	rope effect		sum		
	$F_v, R_{k,j/l}$ =		4614	0	=	4614	N	
	$F_v, R_{k,k}$ =		6970	1743	=	8713	N	
	$F_v, R_{k,m}$ =		9857	2178	=	12035	N	
				F_v, R_k	=	4614	N	
				F_v, R_d	=	2839	N	pr.snitt

• Dette gir oss en kapasitet pr. bolt på $2 * 2839 \text{ N} = 5678 \text{ N} > 5279 \text{ N}$

Eksempel 3.

- Kontroll av ståltverrsnittet.
 - Stållask plasseres i tverrsnittsklasse 4.
 - Ser på momentkapasitet
 - Ser på skjærkapasitet
 - Vurderer kombinasjonen av skjær og moment

Eksempel 3.

•Momentkapasitet, (NS-EN 1993-1-1:2005+NA:2008):

6.2.5 Bøyningsmoment

(1)P Dimensjonerende moment, M_{Ed} , skal i hvert tverrsnitt oppfylle følgende krav:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.12)$$

der

$M_{c,Rd}$ er bestemt slik at det er tatt hensyn til hull for festemidler, se (4) til (6).

(2) Dimensjonerende kapasitet mot bøying om én hovedakse i et tverrsnitt skal bestemmes på følgende måte:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \text{ for tverrsnitt av klasse 1 eller 2} \quad (6.13)$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} \text{ for tverrsnittsklasse 3} \quad (6.14)$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} \text{ for tverrsnittsklasse 4} \quad (6.15)$$

der

$W_{el,min}$ og $W_{eff,min}$ tilsvarer tverrsnittsfaser med største spenning etter elastisitetsteori.

Eksempel 3.

- Momentkapasitet:

$$W_{eff,min} = \frac{I_{eff}}{\frac{h}{2}}$$

$$I_{eff} = I_{midt} + 2 * (b^2 A_{ytre} + I_{ytre})$$

$$I_{eff} = \frac{1}{12} * 4 * 90^3 mm^4 + 2 * ((45 + 10 + 12,5)^2 * 4 * 25 mm^4 + \frac{1}{12} * 4 * 25^3 mm^4)$$

$$I_{eff} = 703833 mm^4$$

$$W_{eff,min} = 703833 mm^4 * 2 / 160 mm = 8798 mm^3$$

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

$$f_y = 235 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{8798 mm^3 * 235 \frac{N}{mm^2}}{1,05} = 1969057 Nmm$$

$$M_{Ed} = 1540000 Nmm$$

Eksempel 3.

- Skjærkapasitet (NS-EN 1993-1-1:2005+NA:2008):

6.2.6 Skjær

(1)P Dimensjonerende skjærkraft, V_{Ed} , skal i hvert tverrsnitt oppfylle følgende krav:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.17)$$

der

$V_{c,Rd}$ er dimensjonerende skjærkraftkapasitet. For plastisk dimensjonering er $V_{c,Rd}$ dimensjonerende plastisk skjærkraftkapasitet $V_{pl,Rd}$ som angitt i (2). For elastisk dimensjonering skal dimensjonerende skjærkraftkapasitet $V_{c,Rd}$ beregnes på grunnlag av (4) og (5).

Eksempel 3.

- Skjærkapasitet :

(2) Uten torsjon i tverrsnittet er dimensjonerende plastisk skjærkraftkapasitet gitt ved:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

der

A_v er skjærarealet.

(7) Ved påvisning for skjær er det ikke nødvendig å ta hensyn til hull for festemidler unntatt ved påvisning av dimensjonerende skjærkraftkapasitet i forbindelsene som er angitt i NS-EN 1993-1-8.

Eksempel 3.

- Skjærkapasitet:

$$A_v = t * h = 4mm * 160mm = 640mm^2$$

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{640mm^2 * \left(\frac{235 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}} \right)}{1,05} = 82699 \text{ N}$$

$$V_{Ed} = 1252 \text{ N}$$

- Kontroll av bukling kan vi se bort i fra. Ved trykk vil tredelene også overføre krefter ved direkte kontakt og avlaste stållask.

Eksempel 3.

- Hullkantrykk,
(og avskjæring):
(NS-EN 1993-1-8:2005
+NA:2009)

Tabell 3.4 – Dimensjonerende kapasitet for individuelle festemidler påkjent av avskjæring og/eller strekk

Bruddform	Skruer	Nagler
Avskjæringskapasitet per snitt	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ - dersom avskjæringssnittet går gjennom den gjengede delen av skruen (A settes lik spenningsarealet for skruen, A_s): - for fasthetsklasse 4.6, 5.6 og 8.8: $\alpha_v = 0,6$ - for fasthetsklasse 4.8, 5.8, 6.8 og 10.9: $\alpha_v = 0,5$ - dersom avskjæringssnittet går gjennom den ugjengede delen av skruen (A er skruens brutto tverrsnitt): $\alpha_v = 0,6$	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Kapasitet for hullkantrykk ^{1), 2), 3)}	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ der α_b er den minste av α_d, $\frac{f_{ub}}{f_u}$ eller 1,0 i kraftretningen: - for endeskruer: $\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$; - for innvendige skruer: $\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$ normalt på kraftretningen: - for skruer langs randen: k_1 er den minste av $2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7$, $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$, eller 2,5 - for innvendige skruer: k_1 er den minste av $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$ eller 2,5	
Strekkkapasitet ²⁾	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ der $k_2 = 0,63$ for senkskrue, ellers $k_2 = 0,9$.	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Gjennomlokking	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	Påvisning ikke nødvendig
Kombinert avskjæring og strekk	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	
¹⁾ Kapasitet for hullkantrykk $F_{b,Rd}$ for skruer - i overstore hull er 0,8 ganger kapasiteten for skruer i normale hull. - i avlange hull, der hullets lengdeakse er normalt på kraftretningen, er 0,6 ganger kapasiteten for skruer i runde, normale hull; ²⁾ For senkskruer: - beregnes kapasiteten for hullkantrykk $F_{b,Rd}$ på grunnlag av tykkelsen av den innfestede platen t minus halve dybden av forsenkningen; - for bestemmelse av strekkkapasiteten $F_{t,Rd}$ bør vinkelen og dybden av forsenkningen være i samsvar med 1.2.4 Referansestandarder, gruppe 4 I motsatt fall bør strekkkapasiteten $F_{t,Rd}$ justeres tilsvarende. ³⁾ Hvis lasten på en skrue ikke er parallell med randen, kan kapasiteten for hullkantrykk påvises separat for skruens lastkomponenter parallellt med og vinkelrett på randen.		

Eksempel 3.

- Hullkantrykk:

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{d,ende} = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{30mm}{3*10mm} = 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800 \text{ N/mm}^2}{360 \text{ N/mm}^2} = 2,2 \\ 1,0 \end{array} \right.$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 * \frac{e_2}{d_0} = \frac{2,8 * 25mm}{10mm} = 7,0 \\ 1,4 * \frac{p_2}{d_0} = 1,4 * \frac{100mm}{10mm} = 14 \\ 2,5 \end{array} \right.$$

Eksempel 3.

- Hullkantrykk, (og bolt/skrue):

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

- Dette gir:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 1,0 * 360 \frac{N}{mm^2} * 10mm * 4mm}{1,25} = 28800N$$

$$F_{b,Rd} > F_{Ed} = 5279N$$

Eksempel 3.

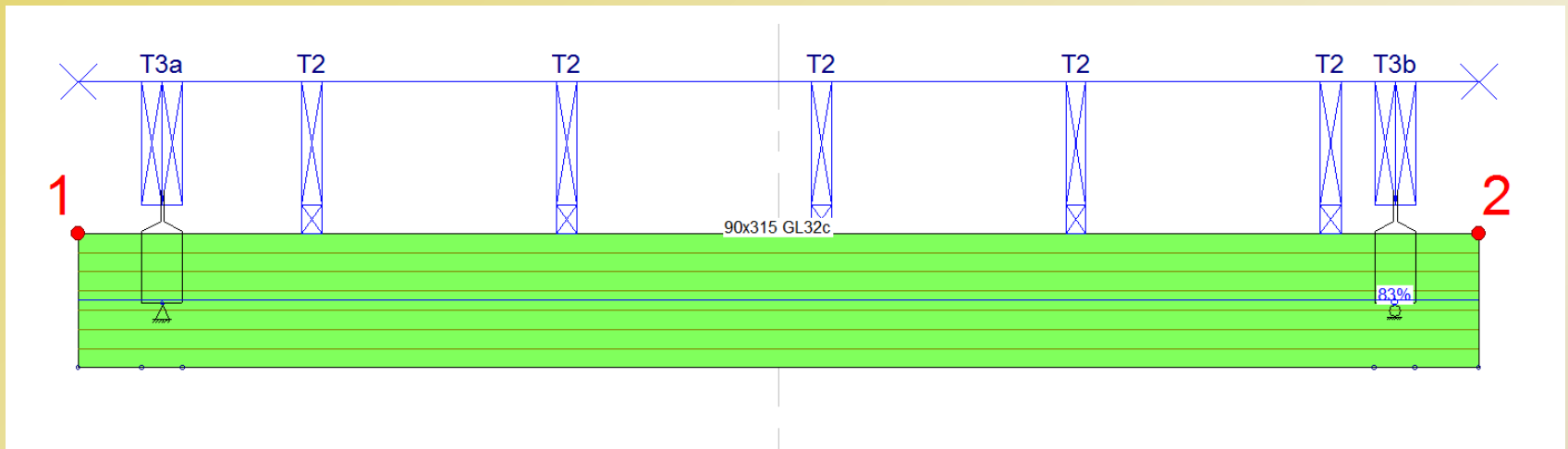
•(Avskjæring):

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * 800 \text{ N/mm}^2 * \pi * 5^2 \text{ mm}^2}{1,25} = 30159 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} > F_{Ed} = 5279 \text{ N}$$

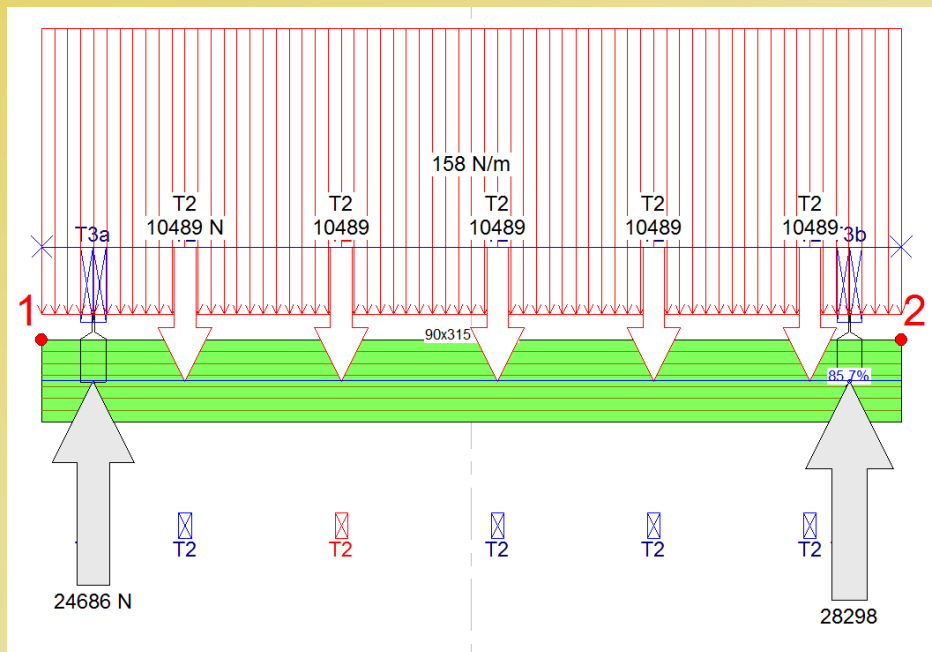
Eksempel 4:Oppheng av mønedrager.



- Mønedrager er hengt opp i doble takstoler på hver side.
- Vi skal nå se på innfestingen av beslag til drager og takstol.

Eksempel 4.

- Krefter/belastning:

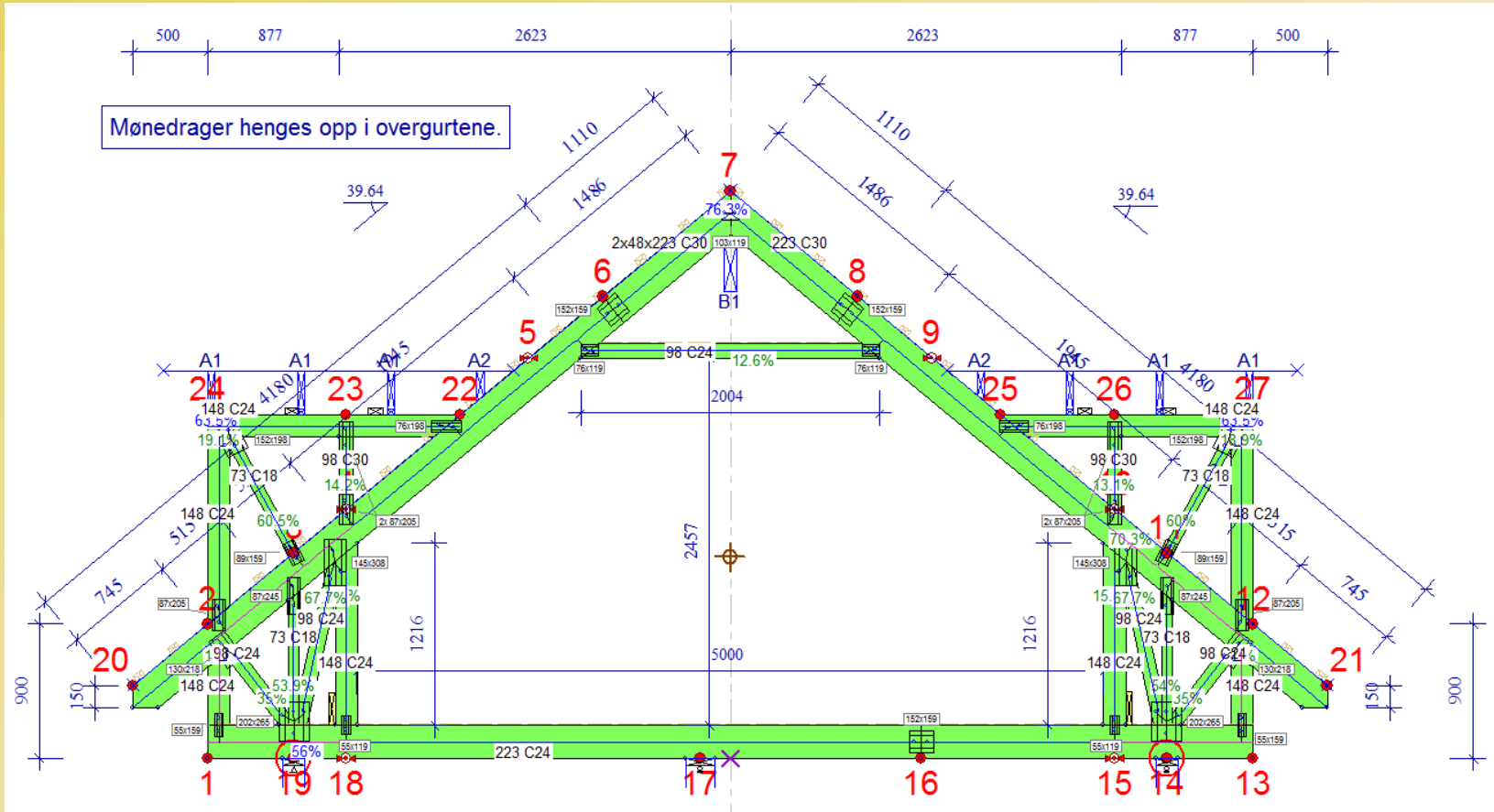


- Ved pkt. 2 er oppleggsreaksjonen størst

- $F_d = 28,3 \text{ kN}$

- Ser bare på dette tilfellet.

- Takstol:



Eksempel 4.

- Spiker
 - Kamstift 4,0 x 40
 - Vinkel 40 grader

Tabell 8.2 – Minste avstander mellom spikre innbyrdes og fra spikre til kant og ende

Innbyrdes avstand og kant-/endeavstander (se figur 8.7)	Vinkel α	densitet ρ_k [kg/m ³]	Minste avstander		
			Uten forboring		Med forboring
			$\rho_k \leq 420$	$420 < \rho_k \leq 500$	
a_1 (i fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ $d < 5$ mm $d \geq 5$ mm		$(5+5 \cos \alpha) d$ $(5+7 \cos \alpha) d$	$(7+8 \cos \alpha) d$	$(4+ \cos \alpha) d$
a_2 (vinkelrett på fiberretningen)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$		$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha) d$
$a_{3,i}$ (belastet ende)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$		$(10+5 \cos \alpha) d$	$(15+5 \cos \alpha) d$	$(7+5 \cos \alpha) d$
$a_{3,e}$ (ubelastet ende)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$		$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,i}$ (belastet kant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ $d < 5$ mm $d \geq 5$ mm		$(5+2 \sin \alpha) d$ $(5+5 \sin \alpha) d$	$(7+2 \sin \alpha) d$ $(7+5 \sin \alpha) d$	$(3+2 \sin \alpha) d$ $(3+4 \sin \alpha) d$
$a_{4,e}$ (belastet kant)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$		$5d$	$7d$	$3d$

8.3.1.4 Spikerforbindelser mellom stål og trevirke

(1) Minste innbyrdes spikeravstander bestemmes ved å multiplisere verdiene i tabell 8.2 med en faktor på 0,7. Kant- og endeavstander for spikre er som i tabellen.

Eksempel 4.

- $a_1 : (5+5*\cos(40))*0,7*d = (5+5*\cos(40))*0,7*4,0 \text{ mm} = 25 \text{ mm}$
- $a_2 : 5d*0,7 = 5*0,7*4,0\text{mm} = 14 \text{ mm}$
- $a_{3,c} : 10d = 10*4,0\text{mm} = 40 \text{ mm}$, ubelastet ende
- $a_{4,t} : 7d = 7*4,0\text{mm} = 28 \text{ mm}$
- $a_{4,c} : 5d = 5*4,0\text{mm} = 20 \text{ mm}$

Eksempel 4.

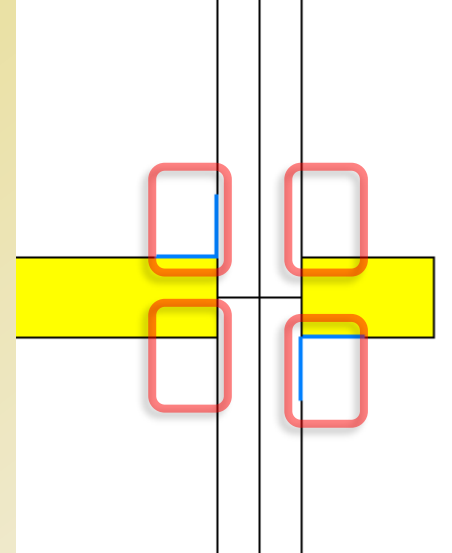
- Spiker kapasitet

INNDATA		
Diameter d_{ef} :	4	mm
Diameter hode, d_h :	8	mm
Lengde forbinder:	40	mm
Type forbinder	Andre spikre	
Vinkel 1 =	0	°
Vinkel 2 =	40	°
t1 =	1,5	mm
t2 =	198	mm
Fasthetsklasse, t1:	stål	
Fasthetsklasse, t2:	C30	
k_{mod} =	0,8	
γ_m =	1,3	

Enkeltsnittet stålplate				Johansens del	rope effect		sum	
		Fv,Rk,a =		1266	0	=	1266	N
		Fv,Rk,b =		1697	72	=	1769	N
		Fv,Rk,c =		3166	0	=	3166	N
		Fv,Rk,d =		1774	72	=	1846	N
		Fv,Rk,e =		2399	72	=	2471	N
					Fv,Rk	=	1846	N
					Fv,Rd	=	1136	N

Eksempel 4.

- Plassering opphengsjern
 - 2 og 2 plasseres diagonalt
 - Prøver med 2

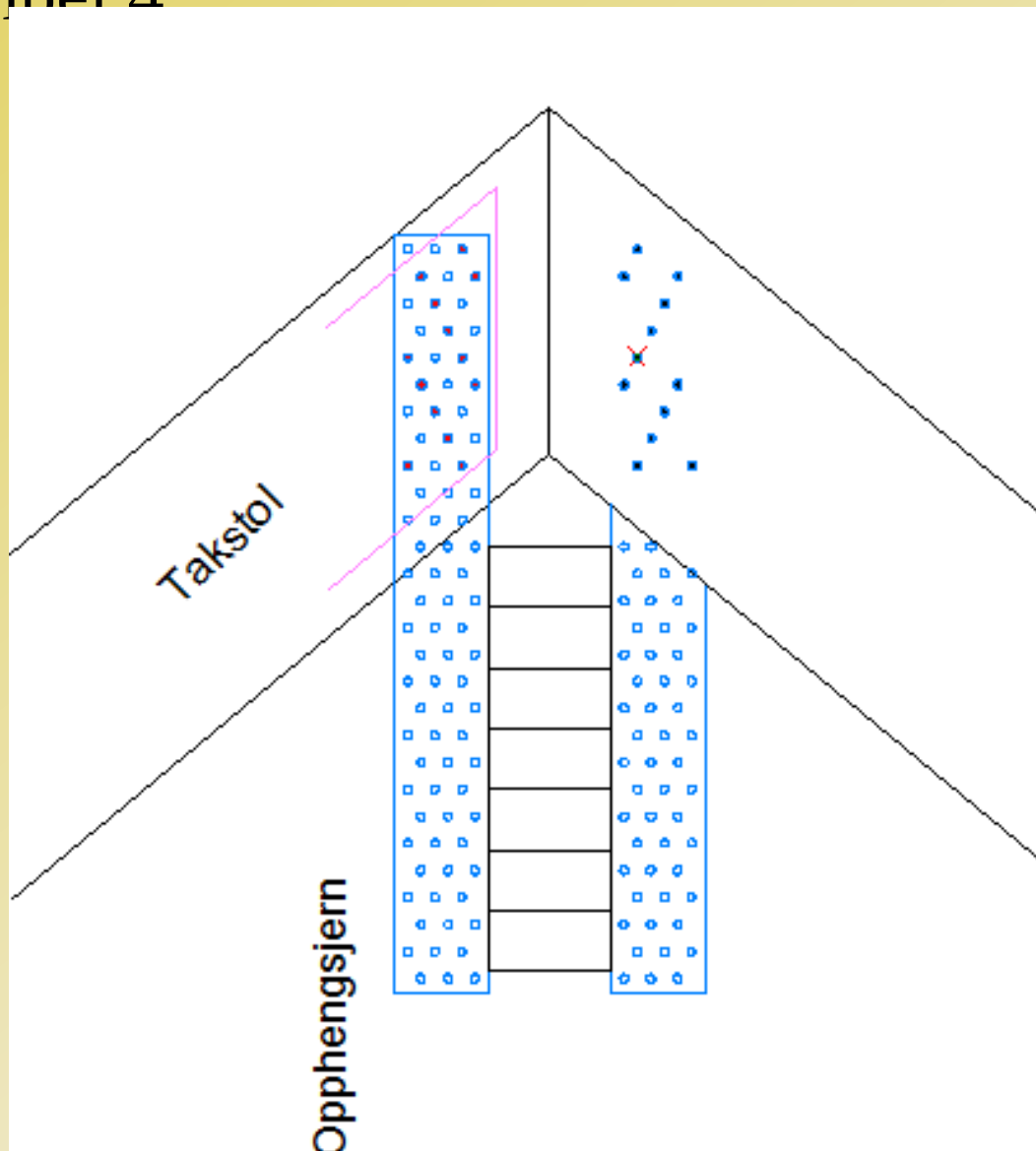


Eksempel 4.

- Antall spiker i takstol.
- Sannsynligheten for at 2 eller flere spiker skal havne på rekke i fiberretning er liten når trevirke og beslag danner vinkel ulik med 0 og 90.
- $n_{ef} = 28300 \text{ N} / 1136 \text{ N/stk} = 25 \text{ stk.}$
- For symmetriens skyld settes det 13 spiker i hvert beslag i takstol.

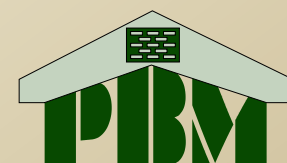
Eksempel 4

- Spiker i takstol.



11.-12. november 2010

NTF-kurs



Eksempel 4.

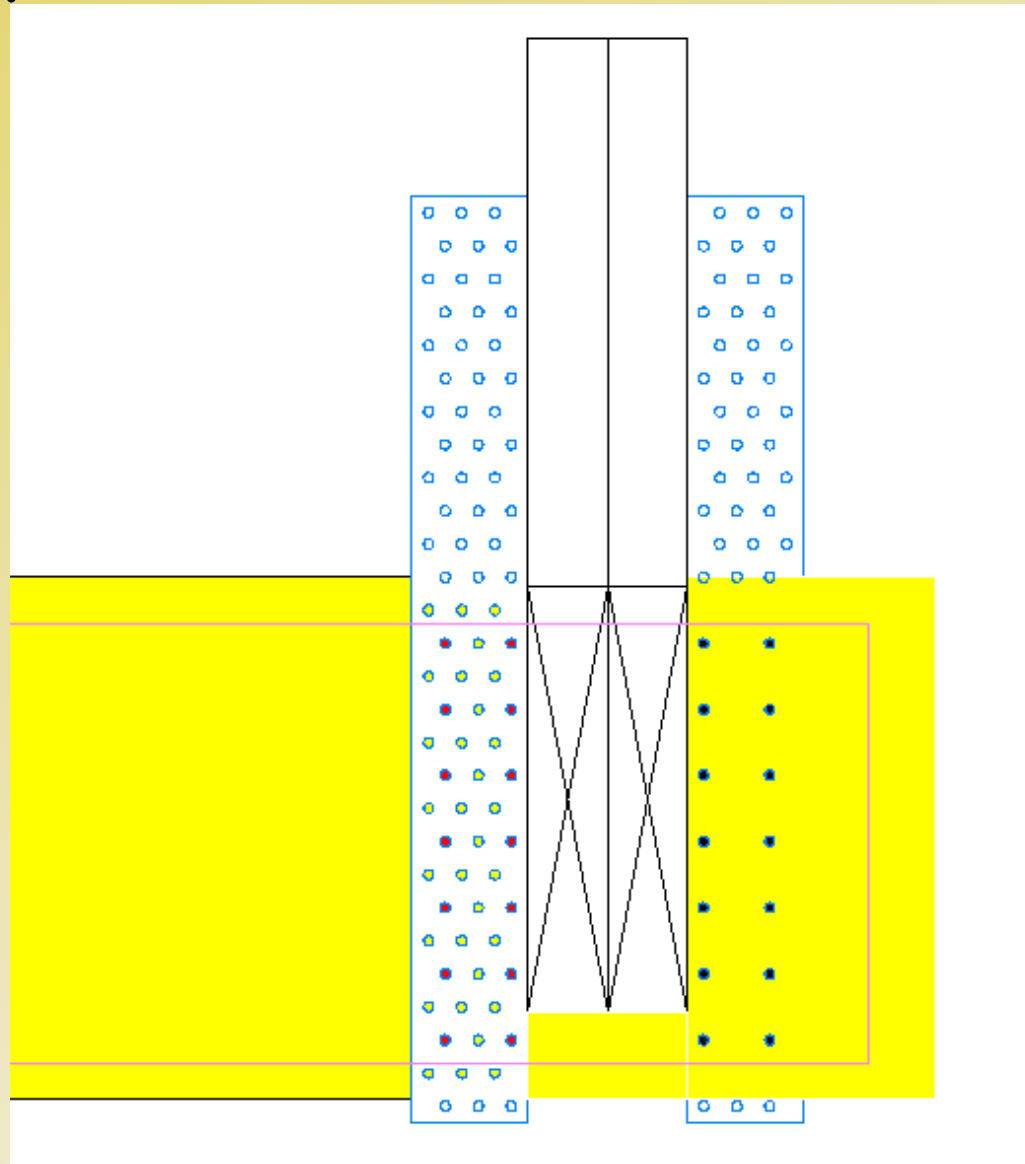
- Spiker i limtre.
- Her vil vi få 2 spiker i rekke med fiberretning.

Antall effektive spiker, uten forboring.			
Diameter	d:	4	mm
Spikeravstand, i fiberretn.	a ₁ :	40	mm
Antall spiker	1	2	3
Effektivt antall	1,00	1,80	2,54

$$\bullet n = n_{ef} * 2/1,8 = 25\text{stk} * 2/1,8 = 28 \text{ stk}$$

Eksempel 4.

•Spiker i limtre.



Eksempel 4.

- Tverrstrekkkontroll,(pkt 8.1.4).

$$F_{v,Ed} = 28,3kN$$

$$F_{v,Ed} \leq F_{90,Rd}$$

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}}$$

$$F_{90,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{90,Rk}}{\gamma_M}$$

Eksempel 4.

- Tverrstrekkkontroll, takstol.

- kraft dekomponeres kraft i fiberretning og tvers på fiberretning

$$F_{v,Ed,\perp} = 28,3kN / 2 * \cos 40 = 10,84kN$$

$$h_e = 162mm$$

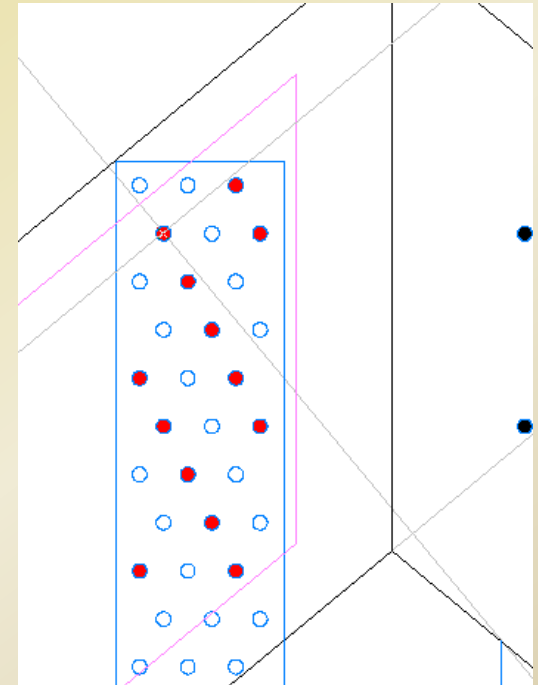
$$w = 1,0$$

$$F_{90,Rk} = 14 * 48 * 1 * \sqrt{\frac{162}{162 - \frac{162}{198}}} N = 20,1kN$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$F_{90,Rd} = 0,9 * \frac{20,1kN}{1,25} = 14,4kN \Rightarrow OK!$$



Eksempel 4.

- Tverrstrekkkontroll, limtre:

$$F_{v,Ed} = 28,3kN$$

$$h_e = 280mm$$

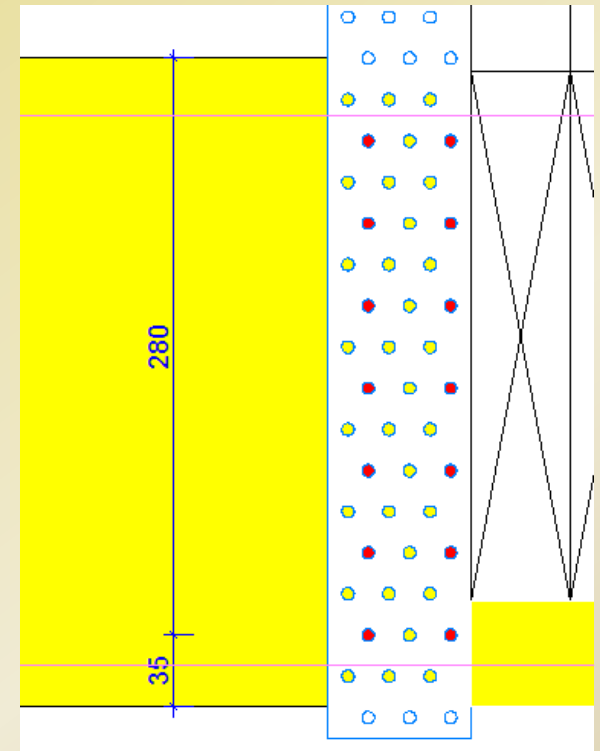
$$w = 1,0$$

$$F_{90,Rk} = 14 * 90 * 1 * \sqrt{\frac{280}{1 - \frac{280}{315}}} N = 63,3kN$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_M = 1,15$$

$$F_{90,Rd} = 0,9 * \frac{63,3kN}{1,15} = 49,5kN \Rightarrow OK!$$



Forutsetninger for regneark

- Andre spiker
 - kamspiker med konet hode
 - Gjennomtrekning av hode er forutsatt at ikke skjer for andre spiker
- Bolter
 - Underlagsskive diameter $> 3d$
 - Underlagsskive tykkelse $> 0,3d$
 - Stålkvalitet 8,8

Forutsetninger for regneark

- Dybler
 - Stålkvalitet 4,6

Forutsetninger for regneark

- Skruer er treskruer
 - når diameter < 6 mm, regnes det som for rund spiker
 - når diameter > 12 mm, regnes uttrekk som for 12 mm skrue
 - Gjennomtrekning av hode er forutsatt at ikke skjer for skruer
 - Stålkvalitet 4,6

Forutsetninger for regneark

- Platemateriale
 - Det er et krav at spikerhode skal være $> 2d$