

**berekening van een betonnen poer op staal excentrisch belast met wapeningsbanen volgens NEN 6720 art. 7.5.3**

werk	werk
werknummer	werknummer
onderdeel	onderdeel
norm	Eurocode NIEUWBOUW
veiligheidsklasse	= CC1
correctiefactor voor formule 6.10.b	$\xi = 0,89$
ontwerpsituatie	blijvend en tijdelijk
<b>geometrie</b>	
lengte plaat	$L_y = 2000$ mm
breedte plaat	$L_x = 1500$ mm
dikte plaat	$h_{plaat} = 250$ mm
vorm van de opstorting	middenkolom rechthoekig
lengte opstorting	$k_y = 350$ mm
breedte opstorting	$k_x = 350$ mm
hoogte opstorting	$h_{kolom} = 500$ mm
excentriciteit opstorting y-richting	$e_y = 0$ mm
diepte o.k. plaat onder maaiveld	D = 500 mm

**belastingen** de waarden voor F1, H1 en M1 zijn **representatief**

**representatieve waarden:**

F1	representatieve verticale last	$G_k = 102$ kN
		$Q_{extr+mom} = 150$ kN
		$Q_{mom} = 100$ kN
H1	horizontale last	$G_k = 10$ kN
		$Q_{extr+mom} = 2$ kN
		$Q_{mom} = 0$ kN
	vertikale afstand H1 boven bk poer	$a_{v1} = 0$ mm
M1	uitwendig moment	$G_k = 6$ kNm
		$Q_{extr+mom} = 0$ kNm
		$Q_{mom} = 0$ kNm
q1	representatieve belasting	$q_{1,rep} = 10$ kN/m <sup>2</sup>
	momentaanfactor van q1-last	$\psi_0 = 0,4$

verhouding $M_{op} / M_{Ed}$	=	0,74
soortelijke massa beton van de plaat	$\gamma_{beton} = 24$ kN/m <sup>3</sup>	
soortelijke massa opstorting	$\gamma_{opstort} = 24$ kN/m <sup>3</sup>	
soortelijke massa grond	$\gamma_{grond} = 18$ kN/m <sup>3</sup>	
toelaatbare grondspanning	$\sigma'_{max,d} = 100$ kN/m <sup>2</sup>	

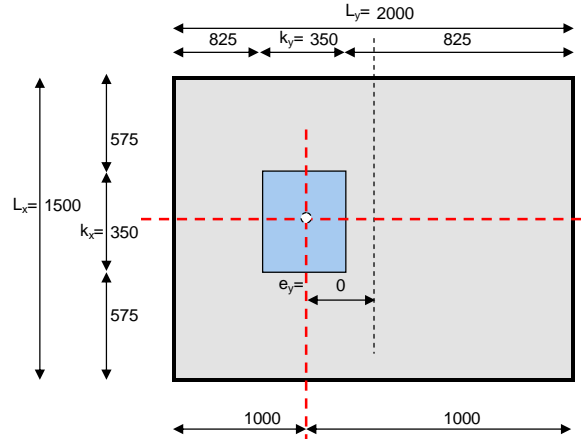
**positie inklemmingsmoment uit de as**

positie inklemming	in y-richting	$e_y = 0$ mm
positie inklemming	in x-richting	$e_x = 0$ mm

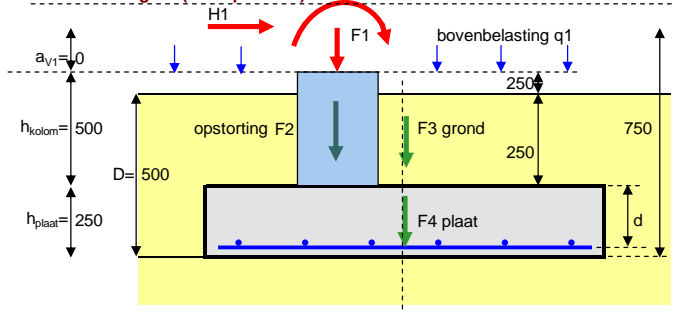
**beton en wapening**

betonklasse	=	C35/45
staalsoort	=	B 500
betondekking onderzijde plaat	$C_{onderzijde\ plaat} = 35$ mm	
beugel in eerste laag	$D_{bg} = 0$ mm	
positie onderwapening : de buitenste laag ligt in de	y-richting	
basisnet y-richting	diameter	$D_{1y} = 10$ mm
	hart op hart	$hoh_{1y} = 150$ mm
	diameter	$D_{2y} = 0$ mm
	hart op hart	$hoh_{2y} = 0$ mm
extra in wapeningsbaan	diameter	$D_{3y} = 0$ mm
	aantal staven	$n_{3y} = 0$ st
	lengte	$L_{3y} = 0$ mm
basisnet x-richting	diameter	$D_{1x} = 10$ mm
	hart op hart	$hoh_{1x} = 150$ mm
	diameter	$D_{2x} = 0$ mm
	hart op hart	$hoh_{2x} = 0$ mm
extra in wapeningsbaan	diameter	$D_{3x} = 0$ mm
	aantal staven	$n_{3x} = 0$ st
	lengte	$L_{3x} = 0$ mm

**schematische weergave**



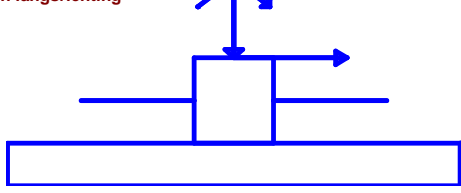
**schematische weergave (niet op schaal)**



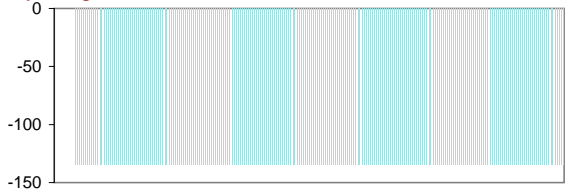
**tabel met belastingen**

	$G_k$	$Q_{extr+mom}$	$Q_{mom}$	UGT
bovenbelasting	F1 = 102,0	150,0	100,0	kN
opstorting	F2 = 1,5	-	-	kN
grond op plaat	F3 = 12,9	-	-	kN
plaat	F4 = 18,0	-	-	kN
veranderlijke bovenbelasting	q1 = -	10,0	4,0	kN/m <sup>2</sup>
horizontaalkracht	H1 = 10,0	2,0	0,0	kN
uitwendig moment	M1 = 6,0	0,0	0,0	kNm

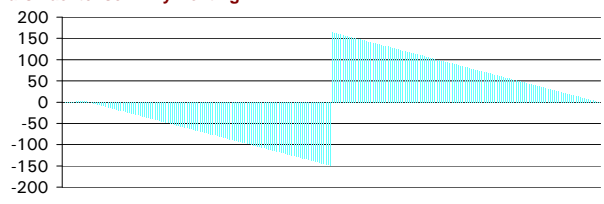
**doorsnede in langsrichting**



**grondspanning**



**dwarskrachtensom in y-richting**



**invoergegevens m.b.t. scheurwijdte zonder berekening**

ontwerplevensduur	=	50	jaar
milieuklasse A	=	XC2	
milieuklasse B	=	X0	
soort constructie	=	poer	
dekking verhogen bij oncontroleerbaarheid	=	nee	
wordt de beton nabewerkt	=	nee	
verhoging dekking grindkorrel (>32mm)	=	nee	
ondergrond waarop gestort wordt	=	werkvloer	
worden staven d1 gebundeld?	=	nee	
worden staven d2 gebundeld?	=	nee	
is kwaliteitsbeheersing gewaarborgd?	=	nee	
luchtinsluiting van meer dan 4%	=	nee	
verhoging dekking staafdiameter >25mm	=	nee	

**resultaten**

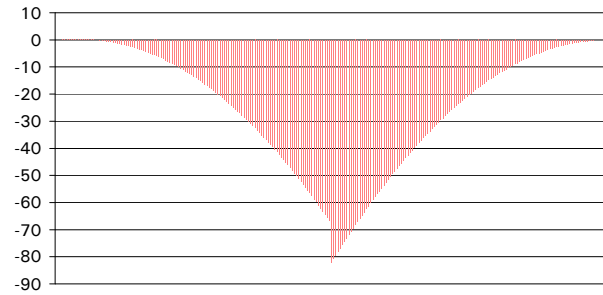
nominale betondekking	$c_{nom}$ =	30,0	mm
maximum grondspanning	$\sigma_{max}$ =	134,7	kN/m <sup>2</sup>
pons	$V_{Ed}$ =	387	kN
dwarskracht	$V_{Ed}$ =	164,6	kN
verankeringslengte benodigd	$l_{bd}$ =	100	mm
verankeringslengte aanwezig	$l_{bd,aanw}$ =	90	mm
optredende trekspanning bij de rand	$\sigma_{ct}$ =	0,10	N/mm <sup>2</sup>
toelaatbare trekspanning in rand	$f_{ctd}$ =	1,20	N/mm <sup>2</sup>
hoeveelheid staal	staal=	54,1	kg
hoeveelheid beton	Inhoud=	0,811	m <sup>3</sup>

totale verticale belasting UGT	$\Sigma F_{Ed}$ =	386,7	kN
totaal uitwendig moment UGT	$\Sigma M_{Ed}$ =	16,6	kNm
excentriciteit tov hart plaat	$e_y = M_{Ed}/F_{Ed}$ =	0,043	m
effectieve funderingslengte	$L_{y,eff}$ =	1,914	m
effectief funderingsoppervlak	$A_{eff}$ =	2,871	m <sup>2</sup>

**resultaten momenten en wapening per m'**

	$M_{Ed}$	$A_{ben}$	$A_{aanw}$	uc
	kNm/m'	mm <sup>2</sup> /m'	mm <sup>2</sup> /m'	$A_{ben}/A_{aanw}$
y-richting				
wapeningsbaan	55,3	623,5	523,6	1,19
naast wapeningsbaan	0,0	0,0	523,6	0,00
x-richting				
wapeningsbaan	37,7	443,2	523,6	0,85
naast wapeningsbaan	18,7	271,1	523,6	0,52

**momentenlijn in y-richting**



**unity-checks**

$c_{min} / c_{onderzijde}$	=	30,0	/	35,0	=	0,86
$\sigma_{Ed} / \sigma_{max,td}$	=	134,7	/	100	=	1,35
$V_{Ed} / V_{Rd,c}$	=	387	/	473	=	0,82
$V_{Ed} / V_{Rd,c}$	=	0,52	/	0,61	=	0,86
$l_{bd} / l_{bd,aanw}$	=	100,00	/	90,00	=	1,11
geen haak nodig, beton kan trekspanning opnemen						
$\sigma_{ct} / f_{ctd}$	=	0,10	/	1,20	=	0,08
kg staal / m <sup>3</sup> beton	=	54,1	/	0,81	=	66,7 kg/m <sup>3</sup>

vertikaal evenwicht EQU	formule 6.10	$\Sigma F_{Ed}$ =	346,0	kN
totaal te mobiliseren permanente belasting		$\Sigma G_{rep}$ =	134,4	kN
		0,9 $\Sigma G_{rep}$ =	121,0	kN

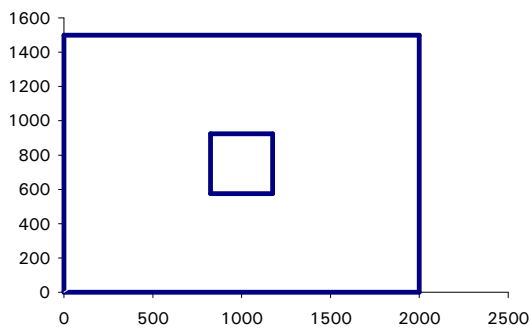
**scheurwijdte**

zonder berekening		uc	uc	met berekening	uc
$d_{gem}$	$hoh_{gem}$	diam	hoh	$w_{toel,r}$	w
$d_{max}$ = 5,5	$hoh_{max}$ = 18	1,81	9,92	$w_k$ = 0,38	1,28
$d_{max}$ = 25,8	$hoh_{max}$ = 242	0,39	0,72	$w_k$ = 0,00	0,00
$d_{max}$ = 8,3	$hoh_{max}$ = 103	1,21	1,69	$w_k$ = 0,27	0,91
$d_{max}$ = 20,0	$hoh_{max}$ = 189	0,50	0,93	$w_k$ = 0,17	0,56

**doorsnede (lengte- en breedte / hoogteschaal zijn niet gelijk!)**

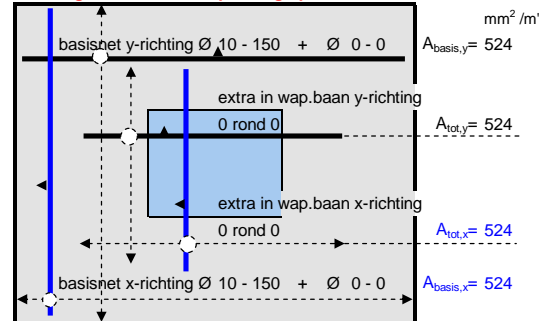
onderdeel

**bovenaanzicht**

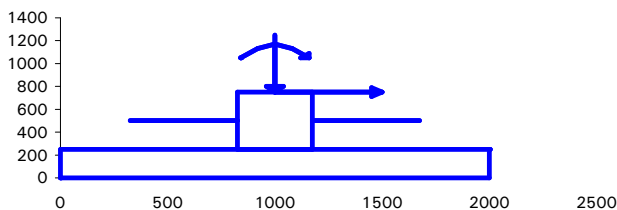


**gekozen basisnet en (eventuele) extra wapening**

geen haak nodig, beton kan trekspanning opnemen



**zijaanzicht**



**gegevens waarmee de wapening wordt berekend**

belastingfactoren 6.10a	$\gamma_{t,g}$ =	1,22	6.10b	$\gamma_{t,g}$ =	1,08	-
	$\gamma_{t,q}$ =	1,35		$\gamma_{t,q}$ =	1,35	-
betondruksterkte	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$	=	23,3	N/mm <sup>2</sup>		
staalspanning	$f_{yd}$	=	435	N/mm <sup>2</sup>		
materiaalfactor beton	$\gamma_c$	=	1,50	-		
materiaalfactor wapening	$\gamma_s$	=	1,15	-		





**ponscontrole (centrisch belast en ongewapend)**

maatgevend oppervlak onder ponscirkel A = 0,25 π D<sup>2</sup> = 0,25 π 1,25<sup>2</sup> = 1,22 m<sup>2</sup>  
reductie ponsbelasting (wordt niet mee gerekend) V<sub>red</sub> = A p<sub>d</sub> = 1,22 134,7 = 165 kN  
rekenwaarde ponsbelasting V<sub>Ed</sub> = 387 - Er wordt gerekend met de ongereduceerde waarde V<sub>Ed</sub> = 386,7 kN  
resulterende lengte periferie u<sub>1</sub> = 3976 mm  
opneembare schuifspanning V<sub>Rd,c</sub> = 0,58 N/mm<sup>2</sup>  
opneembare belasting zonder wapening V<sub>Rd,c</sub> = 473 kN

Er wordt GEEN rekening gehouden met de reductie volgens art. 6.4.4(2) reductie ponsbelasting

Voor een nauwkeurige controle van de pons gebruik de file "B pons EC"

**dwarskrachtcontrole (ongewapend ; in y-richting)**

V<sub>max</sub> = 164,6 kN  
V<sub>min</sub> = 148,5 kN

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{b \cdot d} = \frac{164,6}{1500} \cdot \frac{1000}{210,0} = 0,52 \text{ N/mm}^2 \quad V_{Rd,c} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

**verankeringslengte tpv de plaatranden (ofwel: moet de onderwapening worden voorzien van een haak?)**

NEN-EN 1992 art. 9.8.2.2 (5) verankering van staven moment vlak langs de plaatrand op een afstand van 0,50 h van de rand M<sub>Ed</sub> = 1/2 134,7 (0,50 0,25)<sup>2</sup> = 1,1 kNm

beschikbare maat voor de verankeringslengte = 0,50 250 - 35 = 90 mm benodigde wapening A<sub>s</sub> = 15 mm<sup>2</sup>

verankeringslengte l<sub>bd</sub> = α 1 α 2 α 3 α 4 α 5 l<sub>b,req</sub> >= l<sub>b,min</sub> = 100 mm dit is groter dan 90 mm geen haak nodig, beton kan trekspanning opnemen

trekspanning in ongewapende doorsnede σ<sub>ct</sub> = 6 M<sub>Ed</sub> / bh<sup>2</sup> = 6 1,1 10<sup>6</sup> / (1000 250)<sup>2</sup> = 0,10 N/mm<sup>2</sup>

12.3.1(2) toelaatbare trekspanning in ongewapende beton 12.1 f<sub>ctd</sub> = α<sub>ct</sub> f<sub>ctk0,05</sub> / γ<sub>c</sub> = 0,8 2,25 / 1,50 = 1,20 N/mm<sup>2</sup>

12.9.3 funderingsstroken en funderingsvoeten (alleen voor lijnvormige elementen)

$$12.13 \quad 0,85 \frac{h_F}{a} \geq \sqrt{\left( \frac{9}{f_{ctd}} \right)} \quad \text{ofwel} \quad 0,85 \frac{250}{825} \geq \sqrt{\left( \frac{9}{1,20} \right)} \quad \text{ofwel} \quad 0,26 \geq 1,01$$

a = lengte buiten de kolomrand uitkragend deel; in y-richting a = 825 in x-richting a = 575 maatgevend a = 825 de poer moet worden gewapend

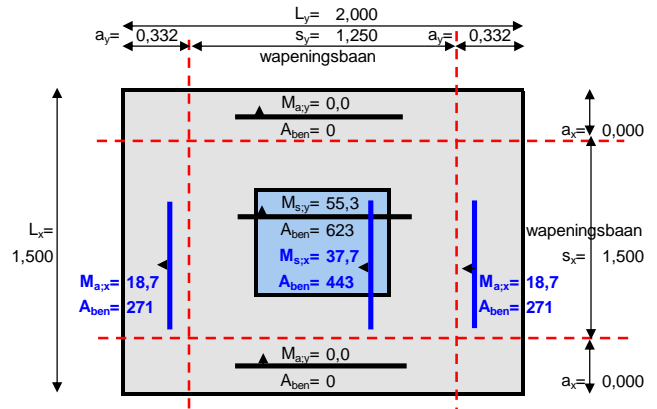
**berekening wapening met wapeningsbanen conform NEN 6720 art. 7.5.3 puntvormig ondersteunde platen**

uitgangspunten **EXCENTRISCH BELAST**

60% van totale moment in y-richting spreiden over de gehele breedte in één hoofdrichting (y) wapeningsbanen conform art. 7.5.3.4 van NEN 6720 hierin wordt de resterende 40% van de totale belasting gespreid de uitkragende lengte kan worden gereduceerd met e<sub>y</sub>

**gekozen wapeninghoeveelheid**

				mm <sup>2</sup> /m'
basisnet onderwapening y-richting	524	+	0	524
extra in wapeningsbaan y-richting	0	/	1,500	0
totaal in wapeningsbaan y-richting	524	+	0	524
totaal in poer in y-richting (mm <sup>2</sup> )	785	+	0	785
basisnet onderwapening x-richting	524	+	0	524
extra in wapeningsbaan x-richting	0	/	1,250	0
totaal in wapeningsbaan x-richting	524	+	0	524
totaal in poer in x-richting (mm <sup>2</sup> )	654	+	348	1002



**momentensom**

langsrichting (y) onderin ΣM<sub>Ed,y</sub> zie berekening hierboven = 82,9 kNm  
langsrichting (y) bovenin ΣM<sub>Ed,y</sub> zie berekening hierboven = 0,2 kNm  
dwarsrichting (x) onderin ΣM<sub>Ed,x</sub> = 1,914 0,5 \* (134,7 - 24,1) \* (0,750 - 0,000)<sup>2</sup> = 59,5 kNm

**wapeningsbaan s = b2+1,5b1+1,5h NEN 6720 art. 7.5.3.4**

wapening in langsrichting (y) s<sub>x</sub> = k<sub>x</sub>+1,5k<sub>y</sub>+1,5h = 0,35 + 1,5\* 0,35 + 1,5 \* 0,25 = 1,25 m  
wapening in dwarsrichting (x) s<sub>y</sub> = k<sub>y</sub>+1,5k<sub>x</sub>+1,5h = 0,35 + 1,5\* 0,35 + 1,5 \* 0,25 = 1,25 m  
begrenzing wapeningsbaan s<sub>x,max</sub> = 0,7 L<sub>x</sub> = 0,7 1,500 = 1,050 m aan te houden s<sub>x</sub> = 1,500 m  
conform NEN 6720 art 7.5.3.5 s<sub>y,max</sub> = 0,7 L<sub>y</sub> = 0,7 2,000 = 1,400 m aan te houden s<sub>y</sub> = 1,250 m

**breedte naast wapeningsbaan**

wapening in langsrichting (y) a<sub>x</sub> = (1,500 - 1,5) / 2 = 0,000 m  
wapening in dwarsrichting (x) a<sub>y</sub> = (1,914 - 1,25) / 2 = 0,332 m

**momenten in wapeningsbaan per m' breedte onderin**

wapening in langsrichting (y) M<sub>s,y</sub> = 0,6 82,9 / 1,500 + 0,4 82,9 / 1,500 = 55,3 kNm/m'  
benodigde drukwapening Adruk = 0 mm<sup>2</sup>/m' benodigde trekwapening Atrek = 623 mm<sup>2</sup>/m'  
wapening in dwarsrichting (x) M<sub>s,x</sub> = 0,6 59,5 / 1,914 + 0,4 59,5 / 1,250 = 37,7 kNm/m'  
benodigde drukwapening Adruk = 0 mm<sup>2</sup>/m' benodigde trekwapening Atrek = 443 mm<sup>2</sup>/m'

**momenten naast wapeningsbaan per m' breedte onderin**

wapening in langsrichting (y) M<sub>a,y</sub> = 0,6 0,0 / 1,500 = 0,0 kNm/m'  
benodigde drukwapening Adruk = 0 mm<sup>2</sup>/m' benodigde trekwapening Atrek = 0 mm<sup>2</sup>/m'  
wapening in dwarsrichting (x) M<sub>a,x</sub> = 0,6 59,5 / 1,914 = 18,7 kNm/m'  
benodigde drukwapening Adruk = 0 mm<sup>2</sup>/m' benodigde trekwapening Atrek = 271 mm<sup>2</sup>/m'

nuttige hoogte y-richting d<sub>y</sub> = 250 - 35 - 0 - 0 - 0,5 10 = 210 mm  
nuttige hoogte x-richting d<sub>x</sub> = 250 - 35 - 0 - 0 - 10 - 0,5 10 = 200 mm

**resultaten momenten en wapening per m'**

**scheurwijdte**



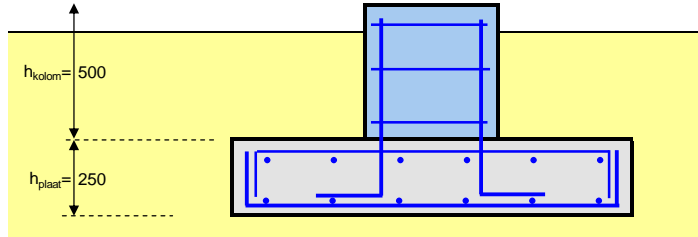
	$M_{Ed}$	$A_{ben}$	$A_{aanw}$	uc	zonder berekening		uc	uc	met berekening	
	$kNm/m'$	$mm^2/m'$	$mm^2/m'$	$A_{ben}/A_{aanw}$	$d_{gem}$	$h_{oh_{gem}}$	diam	hoh	$w_{toel,r}$	w
y-richting	55,3	623	524	1,19	10,0	175			0,30	
wapeningsbaan					$d_{max}$	$h_{oh_{max}}$	1,81	9,92	0,38	1,28
naast wapeningsbaan	0,0	0	524	0,00	$d_{max}$	$h_{oh_{max}}$	0,39	0,72	0,00	0,00
x-richting	37,7	443	524	0,85	8,3	103	1,21	1,69	0,27	0,91
wapeningsbaan					$d_{max}$	$h_{oh_{max}}$	0,50	0,93	0,17	0,56
naast wapeningsbaan	18,7	271	524	0,52	20,0	189				

### berekening van de wapeningshoeveelheid van de poer met opstorting

onderdeel

#### bovennet

wapening in y-ri	diameter	$D_{1y}$	8 mm
	hart op hart	$h_{oh_{1y}}$	150 mm
	diameter	$D_{2y}$	mm
	hart op hart	$h_{oh_{2y}}$	mm
wapening in x-ri	diameter	$D_{1x}$	8 mm
	hart op hart	$h_{oh_{1x}}$	150 mm
	diameter	$D_{2x}$	mm
	hart op hart	$h_{oh_{2x}}$	mm
ondernet met haak			ja
bovennet met haak			nee



#### wapening in de opstorting

stekken	totaal aantal (rondom)	$n_{bg}$	10 mm	benodigde wapening in de opstorting per zijde	$A_s$	=	161 mm <sup>2</sup>
	diameter	$D_{stek}$	12 mm				
	lengte horizontale haak	$L_{haak}$	250 mm	hoeveelheid beton plaat	2	1,5	0,25 = 0,750
beugels	beugel diameter	$D_{bg}$	8 mm	hoeveelheid beton opstorting	0,35	0,35	0,5 = 0,061
	hoh bgls	$h_{oh_{bgls}}$	150 mm				0,811 m <sup>3</sup>
	overlap beugels	$L_{overlap}$	300 mm	totale hoeveelheid wapening			= 54,1 kg
betondekkingen	bovenzijde plaat	$C_{boven}$	35 mm				
	zijkant plaat	$C_{zijkant,pl}$	40 mm	wapeningshoeveelheid	54,1	/	0,811 = 66,7 kg/m <sup>3</sup>
	zijkant poer (opstorting)	$C_{poer}$	35 mm				

#### berekening kg/m<sup>3</sup> in tabelvorm

		lengte	breedte	diam1	hoh1	drsn1	horizontaal			totaal		gewicht
							aantal	lengte	haak	lengte	massa	
		mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	st	mm	mm	totaal	kg/m <sup>3</sup>	kg
onderwapening in y-richting	staaf 1	2000	1500	10	150	78,5	10,0	1920	180	2280	0,6	14,1
	staaf 2	2000	1500	0	0	0,0	0,0	1920	180	2280	0,0	0,0
	extra in wapeningsbaan			0		0,0	0,0		geen	0	0,0	0,0
onderwapening in x-richting	staaf 1	1500	2000	10	150	78,5	13,3	1420	180	1780	0,6	14,6
	staaf 2	1500	2000	0	0	0,0	0,0	1420	180	1780	0,0	0,0
	extra in wapeningsbaan			0		0,0	0,0		geen	0	0,0	0,0
bovennet y-richting	staaf 1	2000	1500	8	150	50,3	10,0	1920	0	1920	0,4	7,6
	staaf 2	2000	1500	0	0	0,0	0,0	1920	0	1920	0,0	0,0
bovennet x-richting	staaf 1	1500	2000	8	150	50,3	13,3	1420	0	1420	0,4	7,5
	staaf 2	1500	2000	0	0	0,0	0,0	1420	0	1420	0,0	0,0
stekken				12		113,1	10,0	705	250	955	0,9	8,5
beugels			500	8	150	50,3	3,3	1120	300	1420	0,4	1,9
										totaal		54,1 kg

opmerking: