



**SUBJECT:**

**S4-GRONEXT-ASG**

**DOCUMENT NUMBER**

***FWU01 + FWU02 Fundatie vliegwiel***

			Project Revisions	
Rev.	Datum	Omschrijving / Status	Opgesteld door	Goedgekeurd door
A00	2022-03-23	Voor commentaar		
A01	2022-04-06	Document nummer gewijzigd		

## INHOUDSOPGAVE :

<b>1. ALGEMEEN .....</b>	<b>3</b>
1.1 INLEIDING.....	3
1.2 UITGANGSPUNTEN .....	4
1.2.1 <i>Gebruikte normen en richtlijnen</i> .....	4
1.2.2 <i>Materialen</i> .....	5
<b>2. GRONDSPANNINGEN .....</b>	<b>6</b>
2.1 VERTICALE GRONDDRUK.....	6
2.2 STABILITEIT .....	6
2.2.1 <i>Rotatiepunt over korte rechthoekzijde</i> .....	6
2.2.2 <i>Rotatiepunt over lange rechthoekzijde</i> .....	7
2.3 HORIZONTALE GRONDDRUK .....	7
<b>3. BETONBEREKENING .....</b>	<b>11</b>
3.1 BUIGEND MOMENT IN DE FUNDATIE - CALAMITEIT .....	11
.....	12
<b>4. VORSTRAND .....</b>	<b>13</b>
<b>5. CONCLUSIE .....</b>	<b>14</b>

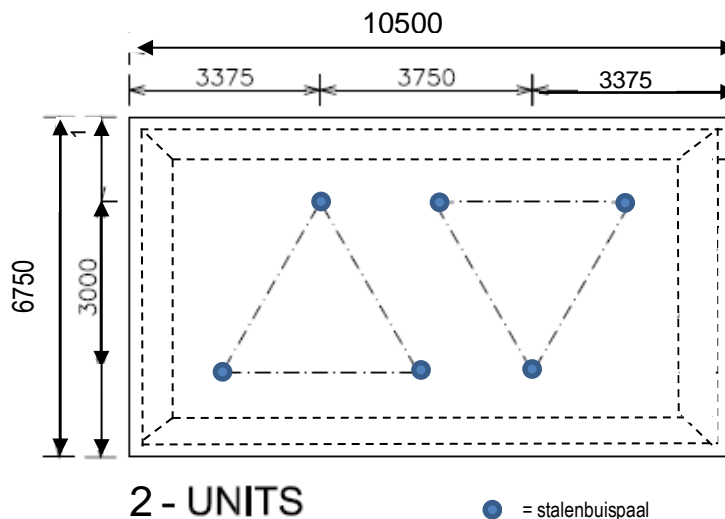
## 1. ALGEMEEN

### 1.1 Inleiding

Dit document bevat de berekening van de vloerfundatie voor de KINEXT-units FWU01 en FWU02. Elke Kinext-unit wordt verticaal op drie stalenbuispalen gefundeerd. De drie palen per KINEXT-unit zullen enkel het verticale gewicht van de unit dragen. De betonvloer met vorstrand dient in het geval van falen van de as van één van de units, als horizontale stootbumper voor de op dat moment in onbelans verkerende rotor. Verder dient de betonvloer ook als fundatie voor de later aantebrenge overkapping. De horizontale weerstand van de palen zal voor de berekening van de KINEXT-unit in onbelans niet worden meegeteld.

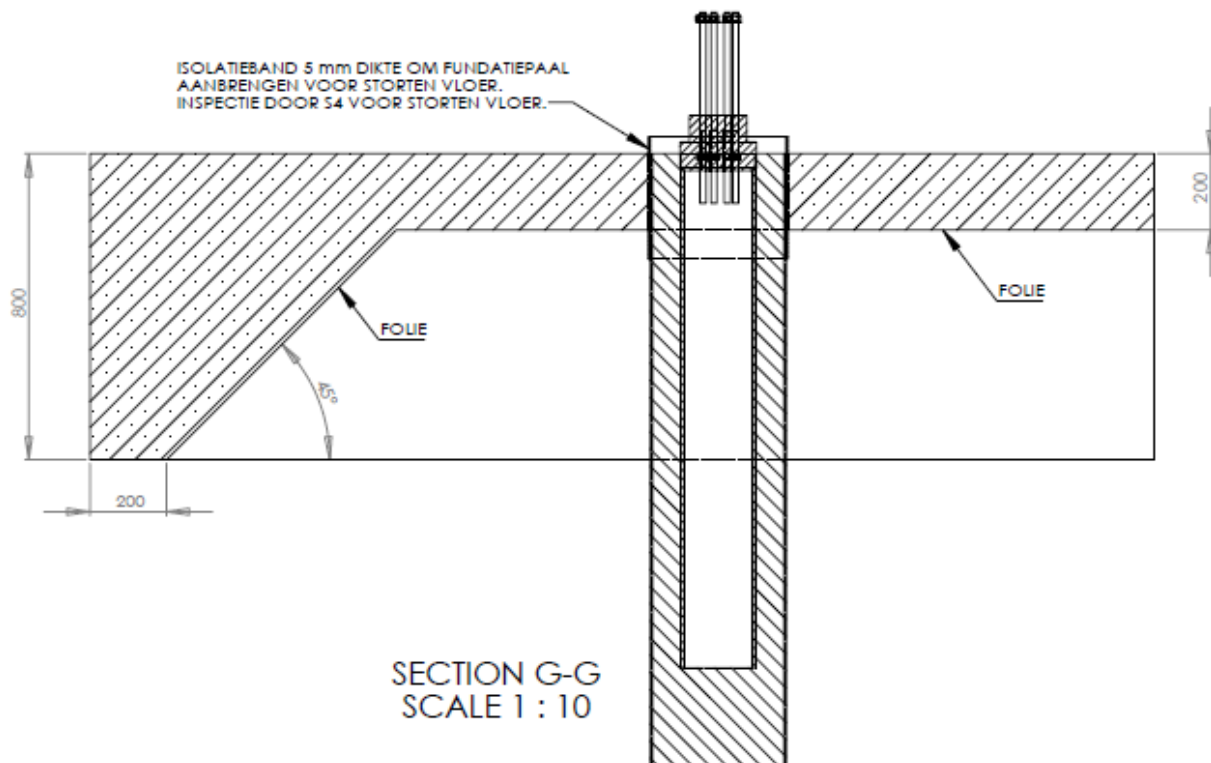
De basis voor de KINEXT-units is een gewapende betonvloer van 6,75 meter breed, met een dikte van 200 mm. en een vorstrand rondom met een totale hoogte van 800 mm. ( Inclusief vloer dikte.) De lengte van de betonvloer voor de twee KINEXT-units die worden gecombineerd op één vloer, bedraagt 10,50 meter.

De betonkwaliteit voor deze constructie bedraagt C28/35



Tijdens de uitvoering zullen allereerst de buispalen op diepte worden aangebracht. Na het boren van de stalenbuispalen met achterblijvende schacht, kan het fundatieblok vervolgens gewapend en gestort worden. De vloerfundatie wordt losgehouden van de stalenbuispalen middels een isolatieband rondom de buispaal, over een hoogte van de vloerdikte.

Nadat de stalenbuispalen op de juiste hoogte zijn afgewerkt, wordt in deze palen een kleinere stalen buis met einddop geplaatst. Deze laatste buizen worden gefixeerd door de schacht met beton af te storten. Op deze binnenste buizen wordt de KINEXT-unit middels draadeinden en moeren gemonteerd.



## 1.2 Uitgangspunten

### 1.2.1 Gebruikte normen en richtlijnen

NEN-EN 1990	Grondslagen van het Ontwerp.
NEN-EN 1991	Belastingen op constructies.
NEN-EN 1992-reeks	Ontwerp en berekening van Betonconstructies.
NEN-EN 1993-reeks	Ontwerp en berekening van Staalconstructies.
NEN-EN 1997-reeks	Geotechnisch Ontwerp.

Voor deze berekening zijn sneeuw en windbelasting niet meegenomen. Beide belasting gevallen zijn, in vergelijking met de overige belastingen dusdanig gering dat ze geen invloed hebben op het ontwerp van de fundatie.

### 1.2.2 Referentiegegevens

Ontwerp levensduurklasse 2 → 20 jaar

Voor deze fundatie toegepast gevolgklasse CC1 en de Betrouwbaarheidsklasse RC1 →  
 $K_{fi} = 0,90$

( CC1 = Consequence Class 1 en RC1 = Reliability Classes 1 )

Belasting factoren: ( Partiele veiligheidsfactoren )	yf;g	yf;q	$\Psi$
ULS	1,10	1,35	-
ULS	1,20	1,35	$\Psi_0$
SLS	1,00	1,00	$\Psi_{1/2}$

Als stootbelasting voor de horizontale kracht een factor van 1,1 meegenomen in de berekeningen.

Rapport : Investigation calamities KINEXT 1.0 d.d 23-06-2015 doc.nr : 000243-000

**Tabel NB.5 — Partiële factoren voor gevolgklassen 1 en 3 voor belastingen (STR/GEO) (groep B)**

CC	Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
		Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
1	(Vgl. 6.10a)	$1,2 G_{k,j,sup}^a$	$0,9 G_{k,j,inf}$		$1,35 \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$1,35 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
	(Vgl. 6.10b)	$1,1 G_{k,j,sup}^b$	$0,9 G_{k,j,inf}$	$1,35 Q_{k,1}$		$1,35 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
3	(Vgl. 6.10a)	$1,5 G_{k,j,sup}^a$	$0,9 G_{k,j,inf}$		$1,65 \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$1,65 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
	(Vgl. 6.10b)	$1,3 G_{k,j,sup}^b$	$0,9 G_{k,j,inf}$	$1,65 Q_{k,1}$		$1,65 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$

NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011

**Tabel NB.6 – A1.2(C) — Rekenwaarden van belastingen (STR/GEO) (groep C)**

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
(Vgl. 6.10)	$1,0 G_{k,j,sup}$	$1,0 G_{k,j,inf}$	$1,3 Q_{k,1}$		$1,3 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$

### 1.2.3 Materialen

Betonkwaliteit : Constructiebeton C28/35  
 Betonstaal : B500B  
 Betondekking : C=40 mm.  
 Milieuklasse : XC4 ( Wisselend nat en droog )  
 Staalkwaliteit: Constructie staal wals profielen S235  $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   
 Bouten en moeren: Kwaliteit 8.8 – Gegalvaniseerd  
 Haakankers : Kwaliteit 8.8 – Gegalvaniseerd.

## 2. GRONDSPANNINGEN

### 2.1 Verticale gronddruk

Indien de unit op palen gefundeerd wordt zal t.g.v. de betonfundatie de volgende gronddruk ontstaan :

Inhoud van de fundatie :

$$L \times B \times H - l \times b \times h = 10,50 \times 6,75 \times 0,80 - 9,30 \times 5,55 \times 0,60 = 56,7 - 30,9 =$$

$$= 25,8 \text{ m}^3 \rightarrow \text{Gewicht} : 25,8 \text{ [m}^3\text{]} \times 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} = 645 \text{ kN (} \sim 64 \text{ ton)}$$

$$\sigma = F \cdot 1,2 / A_a = 645 \text{ [kN]} \cdot 1,2 / 6,75 \cdot 10,50 \text{ [m}^2\text{]} = 10,92 \text{ kN/m}^2 < 50 \text{ kN/m}^2$$

( = Maximaal toelaatbare gronddruk op locatie. )

### 2.2 Stabiliteit

Bij het eventueel falen van de centrale as van de unit zal er een horizontale kracht op de fundatie uitgeoefend gaan worden van 500 kN. horizontaal op elk van de drie bumper punten. Deze krachten zullen tegelijkertijd opgaan treden.

(Zie rapport Doc. Nr. : 000243-000 d.d 23-06-2015: Investigation calamities KINEXT 1.0)  
Deze horizontale krachten zullen aan de bovenkant van de betonfundatie gaan optreden.

Alleen het eigengewicht van de fundatie met daarbij opgeteld het gewicht van de overkapping en de omringende grondmassa zal voor het tegenwicht moeten zorgen.

Gewicht van fundatie ( inclusief overkapping ) :

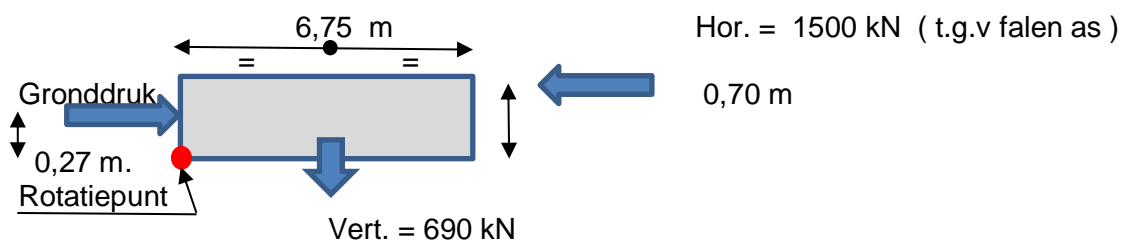
$$645 + 45 = 690 \text{ kN}$$

#### 2.2.1 Rotatiepunt over korte rechthoekzijde

Verticale gewicht \* Y( ongunstig ) \* arm / Horizontale kracht \* Y\* arm =

$$= [( 690 \cdot 0,9 \cdot 6,75) / 2] / (1500 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot ( 0,70 - 0,27 ) ) = 2096 / 851 = 2,46$$

Dus een kantelveiligheid van 2,46 ( U.C. = 0,41 )



Optredende gronddruk tijdens dit belastinggeval bedraagt:

$$\sigma = Y \cdot F / A \pm Y \cdot M / W =$$

$$= 0,9 \cdot 690 \text{ [kN]} / ( 6,75 \cdot 10,50 ) \text{ [m}^2] \pm 1,2 \cdot 1,1 ( 1500 \cdot ( 0,70 - 0,27 ) ) \text{ [ kNm]} / ( 1/6 \cdot 6,75 \cdot 10,50^2 ) \text{ [m}^3])$$

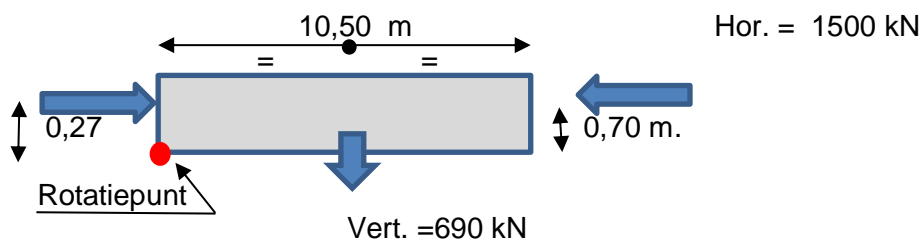
$$= 8,76 \pm 6,86 \rightarrow \text{Maximale gronddruk : } 15,62 \text{ kN/m}^2 \text{ en minimaal : } 1,90 \text{ kN/m}^2$$

### 2.2.2 Rotatiepunt over lange rechthoekzijde

Verticale gewicht \* Y( ongunstig ) \* arm / Horizontale kracht \* Y \* arm =

$$= [ ( 0,9 \cdot 690 \cdot 10,50 ) / 2 ] / ( 1500 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot ( 0,70 - 0,27 ) ) = 3260 / 851 = 3,83$$

Dus een kantelveiligheid van 3,83 ( U.C.= 0,26)



Optredende gronddruk tijdens dit belastinggeval bedraagt:

$$\sigma = Y \cdot F / A \pm Y \cdot M / W =$$

$$= 0,9 \cdot 690 \text{ [kN]} / ( 6,75 \cdot 10,50 ) \text{ [m}^2] \pm 1,2 \cdot 1,1 ( 1500 \cdot ( 0,70 - 0,27 ) ) \text{ [ kNm]} / ( 1/6 \cdot 6,75^2 \cdot 10,50 ) \text{ [m}^3])$$

$$= 8,76 \pm 7,11 \rightarrow \text{Maximale gronddruk : } 15,87 \text{ kN/m}^2 \text{ en de minimaal : } 1,65 \text{ kN/m}^2$$

### 2.3 Horizontale gronddruk

De fundatie is op een vorstvrije diepte gefundeerd in de grond. Tijdens het falen van de verticale as van de KINEXT-unit zal zich een kracht van  $3 \cdot 500 \text{ kN}$  in de behuizing van de KINEXT-unit ontwikkelen. Deze kracht zal snel in de ronde gaan met elke keer bij de drie bumpers met een kracht van  $3 \cdot 500 \text{ kN}$ . Deze kracht zal zeer snel afnemen naar nul.

Bij een fundatie op zand/klei zal er een wrijvingscoëfficiënt ontstaan van 0,5. Dus om het fundament te kunnen verplaatsen is een horizontale kracht noodzakelijk van

$$(645+45) \cdot 0,5 = 345 \text{ kN}$$

(Het totale [verticale gewicht betonfundatie + Overkapping ] \* wrijvingsfactor )

De maximaal optredende horizontale kracht van t.g.v. het falen van de centrale as bedraagt :  $3 \cdot 500 \text{ kN} = 1500 \text{ kN}$ .

Hierdoor zal aan horizontale druk door het omringende grondlichaam :

1500– 345 = 1165 kN moeten worden opgenomen.

Bij een lengte \* hoogte van 6,75 meter \* 0,80 meter van de fundatie zal de horizontale druk uitgeoefend op dit grondlichaam bedragen :

$$\sigma = F / A = 1165.000 \text{ [N]} / ( 6750 * 800 )[\text{mm}^2] = 0,22 \text{ N/mm}^2$$

Bij een horizontale beddingconstante volgens Menard van 0,04 N/mm<sup>3</sup> ( Tabel 2 – CUR-Aanbeveling 36:2011 ) zal de uiteindelijke verplaatsing bedragen :

$$0,22 \text{ [N/mm}^2] / 0,04 \text{ [N/mm}^3] = 5,4 \text{ mm.}$$

Door het bij aanvang zeer snelle wisselen van de belastingen per bumper zal het grondlichaam niet de tijd krijgen om deze vervorming van 5,4 mm. te kunnen opnemen, belasting is dan alweer een 120° verder aangestoten. Aan het einde van het belastingsgeval “falen as” zal de snelheid afnemen zodat de grond meer de tijd krijgt om de belasting te absorberen, maar dan is de energie ook voor het grootste deel uit de KINEXT-unit verdwenen dus zal de indringing weer niet zo groot zijn. De totale vervorming van de grond zal maximaal 5 á 6 keer de berekende 5,4 mm. bedragen. Dus maximaal 30 mm.

De grondwig welke zal ontstaan t.g.v. de horizontale belasting op het fundatieblok door het falen van de as zal zich onder een hoek van 45° naar buiten toe vergroten. Stel de invloedssfeer van de te vervormen grond rondom het fundatieblok is 9,18 meter bij een afschuifvlak onder 5°.

De dan ontstane grondwig heeft dan een inhoud van

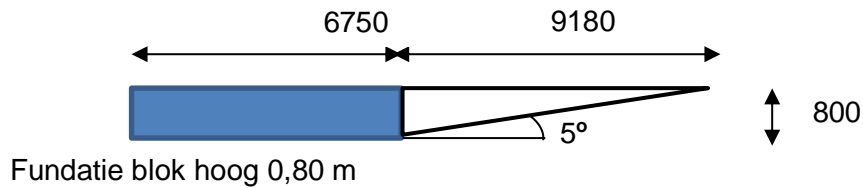
$$( 6,75 + [9,18 + 6,75 + 9,18] ) / 2 * 6,75 * 0,80 / 2 = 43,0 \text{ m}^3$$

Deze wig heeft vervolgens een massa van 43,0 \* 17 = 731 kN.

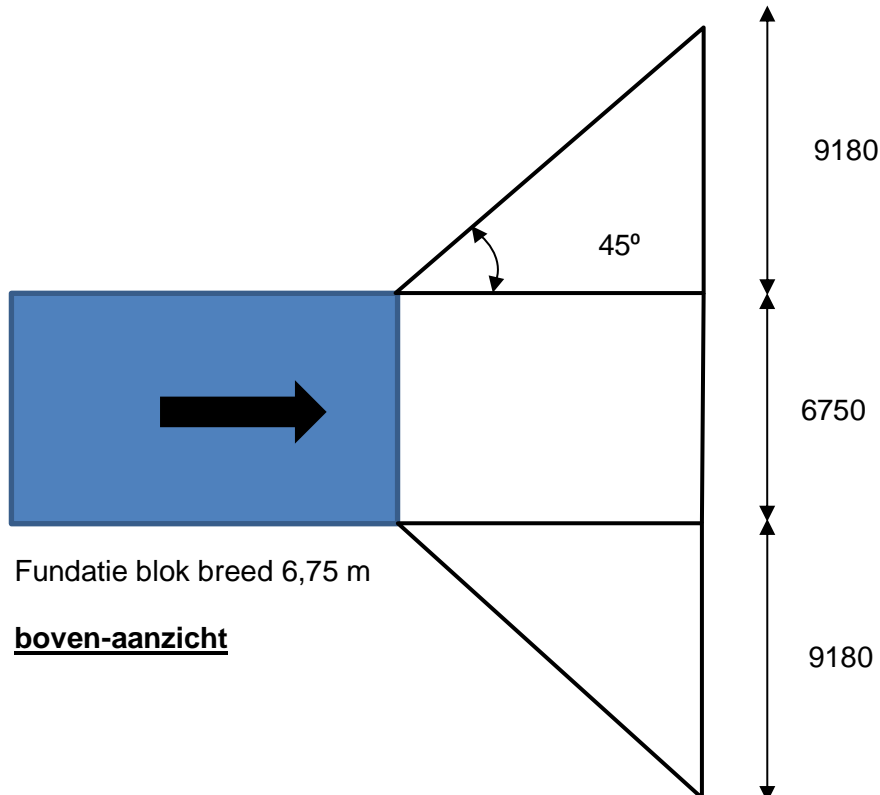
Om deze wig door de grond te verplaatsen naar buiten toe zal de passieve gronddruk over-wonnen moeten worden.

Bij een  $\lambda_{\text{passief}} = 3,0$  bedraagt deze kracht 3,0 \* 731 = 2193 kN > 1165 kN maximaal optredend.





**zij-aanzicht**



**boven-aanzicht**

Note : De wig zal niet verschuiven omdat de weerstand van deze wig groter is dan de optredende horizontale kracht ! De vervorming vlak naast het fundatieblok zal enkele millimeters bedragen t.g.v. de optredende horizontale kracht ten gevolge van het falen van de as. Ook zal er nog een geringe vervorming van de grond moeten plaats vinden voordat de passieve gronddruk daadwerkelijk gaat werken. Deze vervorming ook wel de "Opdringbeweging" genoemd bedraagt volgens de Deense heren Brinch-Hansen en Lundgren circa 1/100 van de hoogte van de kerende hoogte. In ons geval zal dit  $1/100 * 800$  mm. = 8 mm. bedragen. Dus eerst zal het fundatieblok de naast liggende grondmassa circa 8 mm. elastisch vervormen voordat de  $\lambda_{passief}$  daadwerkelijk gaat optreden.

	Qc MPA	$\gamma_n$ kN/m <sup>3</sup>	Invloedssfeer m <sup>1</sup>
Zand (vast gepakt)	> 10	20	3
Veen	2	10	10
Klei / Rivierklei / Löss	0,7	17	7

De voorgaande berekening m.b.t het afschuiven van de grondwig waren gebaseerd op een Klei / Rivierklei / Löss achtige omgeving. Bij de bijbehorende s.m ( $\gamma_n$ ) van 17 kN/m<sup>3</sup> kwam de

invloedsfeer van de grondwig tot circa 9,18 meter ver. Bij vast gepakt zand zal de invloed van dezelfde wig slechts tot circa 3,00 meter komen omdat de massa van zand groter is en de hoek van inwendige wrijving ook groter is als die van klei. Bij veen tenslotte zal de wig een grotere diepte bestrijken. Hierbij zal de invloed van de wig circa 10,00 meter gaan bedragen. Deze invloedsfeer afstand is van belang indien er naast of nabij bestaande objecten een Kinext-unit zou worden geplaatst. In die gevallen zullen de afstanden van de invloedsfeer als vrije afstand tot de overige bebouwing moeten worden gerespecteerd. De objecten kunnen zijn : kelders, fundatiebalken, paalfundaties of damwandschermen ect. ect. Onderstaande kaart van Nederland geeft een indicatie met welke grond men waar te maken krijgt.



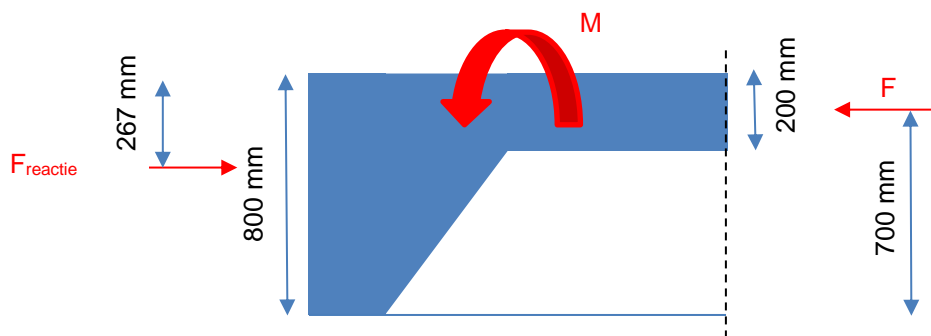
### 3. BETONBEREKENING

#### 3.1 Buigend moment in de fundatie - calamiteit

Het maximaal optredende buigende moment op de fundatieplaat zal tijdens een calamiteit het volgende zijn.

Tijdens de calamiteit zal de maximale horizontale gronddruk welke door de grondwig zal moeten worden opgenomen :  $1500 - 345 = 1165$  kN bedragen.

We krijgen dan een moment t.p.v. de overgang van plaat naar vorstrand van :



Kracht vanuit plaat groot 1165 kN aangrijpend in het midden van de betonvloer (100 mm vanaf bovenkant) wordt opgenomen door grondmassa welke kracht aangrijpt op 1/3 van de hoogte van de vorstrand is :  $800 / 3 = 267$  mm.

Resultierend in een moment :  $1165 \text{ [kN]} * (0,267 - 0,100 \text{ [m]}) = 194,6 \text{ [kNm]}$

Maximaal optredende dwarskracht :  $0 \text{ kN/m}^1$

Deze horizontale kracht zal door de twee vorstranden worden opgenomen. Per rand een moment van  $194,6 / 2 = 97,3 \text{ kNm}$

CONCLUSIE : Fundatie plaat moet uitgerekend worden om een maximaal buigend moment van  $M_d = 1,1 * 97,3 = 107 \text{ kNm}$  en een dwarskracht van  $V_d = 0,00 \text{ kN/m}^1$

Berekening balkwapening volgens Eurocode -2							
Norm:	Eurocode 2		NL		Balk Nr:	0	
					Bekisting:	Kist	
DOORSNEDEKRACHTEN		BALK GEGEVENS			MATERIAALGEGEVENS		
$M_{Ed} =$	107,0	kNm	$b =$	200	mm	Beton kwaliteit	C28/35
$M_{Op} =$	97,3	kNm	$h =$	800	mm	Staal kwaliteit	B500
$V_{Ed} =$	0,0	kN	$d =$	758	mm	Kruip coëff. $\phi$	2,05
HOOFDWAPENING		DWARSKRACHT WAPENING			SCHEURVORMING		
Staaft $\phi_1 =$	8	mm	Beugel $\phi$	8	mm	Milieuklasse:	XC4
aantal =	7		h.o.h. =	150	mm	Dekking $C_{nom} =$	30 mm
Staaft $\phi_2 =$	0	mm	hoek $\theta =$	21	°	Dekking $C_{applied} =$	30 mm
aantal =	0	mm	dubbel	nee		$w_{k,max,toel.} =$	0,30 mm
$A_{s,prov} =$	352	mm <sup>2</sup>	$A_{sw,prov} =$	670	mm <sup>2</sup> / m	$w_k =$	0,27 mm
$\rho_{prov} =$	0,232	%	Ben. doorlopende onderwapening				
Staven h.o.h.	11	mm	$A_{sl} =$	352	mm <sup>2</sup>		
CONTROLE WAPENING		CONTROLE DWARSKRACHT			CONTROLE DETAILLERING		
$\rho_{req} =$	0,220	%	$V_{Rd,c} =$	52,3	kN	min. hoh staven	37 mm
$A_{s,req} =$	334	mm <sup>2</sup>	$A_{sw,req} =$	0,0	mm <sup>2</sup> / m	max. hoh staven	250 mm
$A_{s,min} =$	218	mm <sup>2</sup>	$A_{sw,min} =$	169,3	mm <sup>2</sup> / m	$S_{l,max} =$	mm
$\rho_{max} =$	1,443	%	$V_{Rd} =$	560,1	kN	$S_{tr,max} =$	mm
$M_{Rd} =$	113	kNm	$V_{Rd,max} =$	678,5	kN		

CONCLUSIE : Pas toe een kruisnet onder en boven in de fundatie plaat van Ø8-150 mm en in de vorstrand beugels Ø8-150 met flankstaven 6-Ø8



## 5. CONCLUSIE

In voorgaand document is de berekening gemaakt voor de fundatie plaat rondom de twee Kinext-units op palen. De fundatie plaat is gefundeerd op staal, terwijl de twee KINEXT-units op palen zijn gefundeerd.

Verder is er voor de wapening van het fundatie blok een traditionele wapening berekend. Deze wapening bestaat uit  $\text{Ø}8\text{-}150$  mm. onder en boven in het blok, met rondom aan de rand van het fundatie blok een bijleg wapening in de vorstrand ook van  $\text{Ø}8\text{-}150$  mm.