
BG ENGINEERING bvba

Gingelom, 30/10/2022

Truilingenstraat 38A

B-3891 - GINGELOM (BUV)

Tel +32 (0)478/95.93.51

Fax +32 (0)11/72.86.87

Email info@bg-engineering.be

URL www.bg-engineering.be

REVA Ter Linde vzw

Kapelstraat 12

2880 - BORNEM

GEOTECHNISCH VERSLAG BG22401

Project	Revalidatiecentrum te Puurs-St-Amands
Ontwerper	SAN-CNU architecten
Terrein	Leopold Van Kerckhovenstraat 62
Kadastrale gegevens	1 Afd – Sec D – Nr 853 r2
Datum uitvoering	16/08/2022
Bouwoppervlak	722 m²
Uitgevoerde proeven	3 CPT/E 100 kN (S01 tot S03)* + peilbuis PB
Zaak behandeld door	ir Jan Goffa

** Sondering met opname van de lokale kleef*

INHOUD VAN HET VERSLAG

1. VOORAFGAANDELIJKE INFORMATIE
2. NOMENCLATUUR VAN DE GEBRUIKTE SYMBOLEN
3. FUNDERINGSPRINCIPES
4. INFORMATIE OVER DE GEBRUIKTE SONDEERCONUS
5. ACHTERGRONDEN BIJ DE GEBRUIKTE REKENMETHODEN
6. UITVOERING VAN DE SONDERINGEN
7. SIMULATIEBEREKENINGEN VOOR ZOOLFUNDERINGEN
8. SIMULATIEBEREKENINGEN VOOR PLAATFUNDERINGEN
9. FUNDERINGSADVIES

BIJLAGEN

- A. INPLANTING VAN DE SONDERINGEN
- B. SCHEMA VAN HET CPT/E SONDEERAPPARAAT
- C. TABEL DER SONDEERRESULTATEN
- D. SONDEERGRAFIEKEN
- E. SIMULATIEKROMMEN VOOR STROOK- EN POERFUNDERINGEN
- F. SIMULATIEBEREKENINGEN VOOR PLAATBEREKENINGEN

1. VOORAFGAANDELIJKE INFORMATIE

- Opdracht :** In het kader van de bouw van een revalidatiecentrum in open bebouwing aan de Leopold Van Kerckhovenstraat 62 te Puurs-Sint-Amunds werd ons door REVA Ter Linde opdracht gegeven tot uitvoering van 3 sonderingen 100 kN en het plaatsen van een peilbuis (in S02).
- Inplanting :** De sonderingen werden ingeplant volgens de aanduidingen op het inplantingsplan in bijlage A.
- Nulpas :** Als referentiepeil R werd gekozen voor het putdeksel linksvoor op het terrein (zie bijlage A). Zijn niveau werd vastgesteld op 0,00 m.
Navolgende studie geeft steeds zowel de diepte ten opzichte van het plaatselijke maaiveld als ten opzichte van deze overeengekomen nulpas (enig voor de ganse campagne).
- Diepte :** De maximale sondeerdiepte bedroeg 10,0 m.
- Helling :** Het terrein mag als horizontaal beschouwd worden .
- Grondwater :** Na verwijdering van de sondeerstangen wordt het grondwaterpeil in het sondeergat opgemeten. Deze meetmethode is indicatief en dient met voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd. Afhankelijk van de doorlatendheid van de grond wordt het evenwicht soms pas na verloop van tijd bereikt. In niet-cohesieve zandachtige gronden duidt een dichtvallen van het sondeergat vaak het niveau van de grondwaterspiegel aan.
- ☒ Het grondwater werd gevonden vanaf 1,7 m – mv (peil R – 2,0 m).

2. NOMENCLATUUR VAN DE GEBRUIKTE SYMBOLEN

Symbool	Eenheid	Verklaring
<i>(kracht)</i>	kN	1 kilo-Newton \approx 100 kg - 10 kN \approx 1 ton
<i>(spanning)</i>	N/mm ²	1 Newton/mm ² \approx 10 bar = 10 kg/cm ²
z	m	diepte onder het maaiveld
peil	m	absoluut niveau t.o.v. een referentie-nulpas (zie §1 - Nulpas)
q _c	N/mm ²	puntconusweerstand (conus : tophoek 60° - oppervlak 10 cm ²)
q _r	N/mm ²	berekende eenheidsdraagkracht van de grond onder zoelfundering
q _u	N/mm ²	berekende eenheidsdraagkracht van de grond onder een fundeerpaal
f _s	N/mm ²	plaatselijke zijdelingse wrijvingsweerstand op kleefmantel 150 cm ²
Fl	kN	totale zijdelingse wrijvingsweerstand
Q _t	kN	totale opgemeten indringingsweerstand
γ _d	kN/m ³	effectief volumegewicht van de droge grond (boven GW)
γ _n	kN/m ³	effectief volumegewicht van de ondergedompelde grond (onder GW)
p _o	kN/m ²	natuurlijke korrelspanning in de grond (ongerekend de waterspanning)
pb	-	peilbuis
C	-	samendrukkingsconstante van de grond = $\alpha \cdot q_c/P_o$
α	-	coëfficiënt van Sanglerat (1.5 in zand, ...)
w _f	-	wrijvingsgetal van de grond (= 100 x f _s /q _c)
mv	-	maaiveld
φ	(°)	schijnbare inwendige wrijvingshoek (ongeconsolideerde meetwaarde)
φ'	(°)	werkelijke inwendige wrijvingshoek (geconsolideerde rekenwaarde)
s	-	veiligheidscoëfficiënt (zie § 5).

3. FUNDERINGSPRINCIPES

Een fundering heeft tot doel de belasting te verdelen en over te brengen op een draagkrachtige ondergrond. Hieronder worden de voornaamste fundeerprincipes voor woningbouw beschreven. In de laatste paragraaf *Funderingsadvies* wordt het meest aangewezen type voor onderhavig project aanbevolen. In stijgende graad van veiligheid (en kostprijs) onderscheidt men :

a. Rechtstreekse fundering (ook genoemd : fundering op staal)

- Meest verspreide methode, toepasbaar op goed draagkrachtige en weinig zettingsgevoelige grond. De zool bevindt zich op beperkte maar vorstvrije diepte (minstens 80 cm).
- Men onderscheidt strookfunderingen (lijnvormige zolen, bv. onder draagmuren) en poerfunderingen of sokkels (rechthoekige of vierkante zolen, bv. onder kolommen).

b. Algemene fundeerplaat

- Wordt toegepast bij zwakke, matig draagkrachtige of zettingsgevoelige ondergrond
- Soms ook omwille van de eenvoud (interessant als werkvloer)
- De vloerplaat (dikte/wapening zijn te berekenen) wordt rechtstreeks op de (voorafgegraven) grond gestort
- Bestaat uit gewapend beton (meestal met dubbele staalnettenlaag of vezelbeton)
- Onder de draagmuren kunnen balken of verzwaringen en extra wapening nodig zijn
- Dient steeds vorstvrij geplaatst te worden (minstens 80 cm onder het maaiveld of met een vorstrand tot een diepte van minstens 80 cm onder het maaiveld onder de buitengevels)

c. Gebruik van kruipkelder of kelder op algemene fundeerplaat

- Door het uitgraven van een (kruip)kelder ontlast men de ondergrond, zodat de latere belasting van de nieuwbouw hierdoor gedeeltelijk gecompenseerd wordt en de zettingen gereduceerd worden.
- De keuze van een (kruip)kelder heeft vaak ook te maken met de aanwezige stand van het grondwater, de plaatsing van nutsleidingen of het gewenste hogere peil van de nulpas van het gelijkvloers.
- Het gedeeltelijk onderkelderen kan soms af te raden zijn (wegens mogelijke zettingsverschillen tussen de verschillend onderkelderde delen en aanhorige schade)..
- Indien de (kruip)kelder zich onder het grondwaterpeil bevindt dienen zijn buitenwanden uitgevoerd te worden in gewapend beton.

d. Fundering op palen of putten

- Wordt toegepast als de draagkrachtige grond te diep zit (vb. moeras, alluviale grond, veengrond, zwakke aanvulgrond,). Dit fundeertype sluit latere zettingen nagenoeg volledig uit.
- Indien de weerstandbiedende ondergrond niet dieper zit dan 6 m en de uitvoering mogelijk is i.f.v. het grondwater en de cohesiviteit van de bovenlagen, dan opteert men voor putfunderingen.
- Indien de weerstandbiedende ondergrond dieper zit dan 6 m, dan opteert men beter voor paalfunderingen. Het type paalfundering (boorpaal, schroefpaal, heipaal, grindpaal, injectiepaal, ..) dient project per project bekeken te worden in functie van de ondergrond, draagvermogen en toepassing.

4. INFORMATIE OVER DE HOLLANDSE CONUS

De Hollandse conus of Deltse mantelconus (type E) beantwoordt aan de Europese Voorschriften van het ISSMFE voor CPT-sondes (CPT : Cone Penetration Testing).

De sonde (zie figuren in Bijlage B) heeft een dwarsdoorsnede van 10 cm² en een tophoek van 60°. Het betreft een elektrische sonde welke via stangen op continue wijze (snelheid 2 cm/s) wordt ingedrukt. Via elektrische weg worden de drukweerstand onder de conus (conusweerstand) en schuifweerstand op de mantel (lokale wrijving) om de 2 cm gemeten. Dit induwen wordt voortgezet tot uitputting van het beschikbare tegengewicht (10 ton) of tot het bereiken van de gewenste sondeerdiepte.

Om praktische reden wordt de conus- en wrijvingsweerstand verwerkt per dieptestap van 20 cm i.p.v. 2 cm. Hiertoe worden per 10 opeenvolgende metingen de grootste en kleinste waarde geëlimineerd en wordt het gemiddelde berekend van de 8 resterende meetwaarden. Dit zal beschouwd worden als rekenwaarde voor de betreffende grondlaag met dikte 20 cm.

Uit de kennis van de conus- en de lokale wrijvingsweerstand van de grond kunnen volgende karakteristieken worden berekend (onder voorbehoud) :

- | | |
|---|-----------------------------|
| ■ de ongedraineerde inwendige wrijvingshoek ϕ (volgens De Beer) | - <i>zoldraagvermogen</i> |
| ■ de eenheidspuntweerstand q_u (volgens De Beer of Begemann) | - <i>paal draagvermogen</i> |
| ■ de samendrukkingsconstante C (volgens Terzaghi) | - <i>zettingen</i> |
| ■ de relatieve dichtheid D_R voor zand (volgens Schertmann) | - <i>verdichtbaarheid</i> |
| ■ het wrijvingsgetal, of de verhouding $R = f_s/q_c$ (volgens Begemann) | - <i>grondherkenning</i> |
| ■ de ongedraineerde schuifweerstand c_u (volgens Baligh) | - <i>taludevenwicht</i> |
| ■ de samendrukkingsmodulus E_o (volgens Michell en Gardner) | - <i>plaatberekening</i> |

5. ACHTERGRONDEN BIJ DE GEBRUIKTE REKENMETHODEN

Het *uiterste grensdragvermogen* q_r van de grond wordt hierna bepaald door vergelijking van de resultaten uit 6 erkende rekenwijzen van de grondmechanica voor zoelfunderingen (De Beer, Meyerhof, Buisman, Brinch-Hanssen, EC7 en DIN 4017). Ter ondersteuning van het funderingsadvies zal gebruikt gemaakt worden van de eerste kwartielwaarde uit deze reeks van 6 resultaten (de waarde waarvoor 25% van de resultaten groter zijn).

Het *toelaatbaar zooldraagvermogen* q_a wordt vervolgens verkregen door deling van deze waarde door een veiligheidscoëfficiënt ($s = 2.5$).

Voor de bepaling van het *uiterste grensdragvermogen* van de grond q_r (N/mm²) heeft men voor elk van de aangehaalde rekenmethoden de algemene uitdrukking :

$$q_r = D_q + D_\gamma + D_c \quad (\text{waaruit verder :} \quad q_a = q_r/2.5)$$

waarin :	D_q	=	diepteterm	=	$s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma_{d1} \cdot D \cdot N_q$
	D_γ	=	breedeterm	=	$s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \gamma_{d2} \cdot B' / 2 \cdot N_\gamma$
	D_c	=	cohesieterm	=	$s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c$
met :	D	=	diepte van de zoolaanzet onder het maaiveld		
	B'	=	betekenisvolle breedte van de zool (i.f.v. excentriciteit van de last)		
	c	=	cohesie van de grond (<i>buiten beschouwing gelaten in deze studie</i>)		
	γ_{d1}, γ_{d2}	=	effectief volumegewicht van de grond boven/onder de funderingsaanzet		
	s	=	vormfactor, functie van de dimensies van de zool		
	d	=	dieptefactor, functie van de diepte van de zool		
	i	=	hellingsfactor, functie van de inclinatie van de belasting		
	N	=	geotechnische draagvermogenfactoren welke functie zijn van ϕ		
	ϕ	=	inwendige wrijvingshoek (°) berekend uit de conuswaarden (Cf De Beer).		

Deze parameters worden in de verschillende rekenmethoden op een onderscheiden wijze berekend. Voor meer inlichtingen verwijzen we naar de vakliteratuur. Naderhand wordt een controle uitgevoerd van de zettingen welke optreden onder het weerhouden toelaatbare grensdragvermogen q_a voor zoelfunderingen of de reële belasting bij plaatfunderingen. Hiervoor wordt de klassieke hydrodynamische zettingswet van Terzaghi gebruikt.

(°) Opmerking in verband met de inwendige wrijvingshoek

Voor de bepaling van de rekenwaarde van de inwendige wrijvingshoek ϕ wordt diens harmonisch gemiddelde berekend over de invloedsdiepte onder de zool. Deze invloedsdiepte is op zijn beurt functie van ϕ zodat zijn rekenwaarde ϕ_a bepaald wordt door middel van recursief-iteratieve berekeningen tot convergentie.

6. UITVOERING VAN DE SONDERINGEN

De sonderingen (3 x CPT 100 kN) werden uitgevoerd op 26/10/2022.

Bijlage A bevat het inplantingsplan. Onderstaande tabel geeft de opgemeten peilen :

Sonderingen	Maaiveldpeil t.o.v. R (m)	Grondwater (m - mv)	Sondeerdiepte (m - mv)
S01	-0,21	1,7	10,0
S02+PB	-0,36		10,0
S03	+0,09		10,0

7. SIMULATIESTUDIE VOOR ZOOLFUNDERINGEN

Bijlage E groepeerde de simulatiekrommen (veilige draagvermogens en zettingen) voor strook- en poerfunderingen met breedten tussen 0.5 m en 1.6 m en aanzetdiepten tussen 0,8 m en 2,0 m - mv. Men vindt hierop het veilig draagvermogen (opwaartse ordinaatsas) en zijn zetting (neerwaartse ordinaatsas) in functie van de aanzetdiepte onder het maaiveld (abscisas).

8. SIMULATIESTUDIE VOOR PLAATFUNDERINGEN

Bijlage F geeft, voor elke sondering, een simulatieberekening van het veilig draagvermogen voor een funderingsplaat van 10 m x 10 m alsook de te verwachten zetting voor een plaatbelasting van 40 kN/m² en dit voor 4 aanzetdiepten (0.3 m, 0,8 m, 1.2 m en 2.4 m - mv).

9. FUNDERINGSADVIES

Op basis van de uitgevoerde sonderingen (3 x CPT 100 kN) en aansluitende rekensimulaties kunnen wij u als volgt berichten (zie ook § 3. Funderingsprincipes) :

De sonderingen geven een beeld van een goedgepakte silthoudende zandondergrond, welke lossergepakt is op diepten tussen $\pm 3,0$ en $4,5$ m – mv.

Het grondwater werd gevonden vanaf $1,7$ m – mv (peil R – $2,0$ m).

Het veilig draagvermogen q_a van strookfunderingen op vorstvrije diepte ($0,8$ m - mv) en de overeenstemmende zettingen Δz worden in navolgende tabel weergegeven :

<i>Sondering</i>	<i>q_a [bar]</i>	<i>Δz [mm]</i>
<i>S01</i>	<i>4,2</i>	<i>30</i>
<i>S02</i>	<i>4,1</i>	<i>20</i>
<i>S03</i>	<i>3,2</i>	<i>17</i>

Advies

*Er kan gefundeerd worden op vorstvrije strook- of poerfunderingen waarbij de zoldruk tot **$3,0$ kg/cm²** mag bedragen. De zettingen die hiermee overeenstemmen blijven kleiner dan 20 mm en zullen tegen het einde van de ruwbouw grotendeels uitgewerkt zijn (Bijlage E).*

Alternatief kan gefundeerd worden op een stijve fundeerplaat met vorstranden onder de buitenmuren of onder een ontlastende kruipruimte, waardoor de zettingen uitgemiddeld en gereduceerd worden (Bijlage F).

In de bovenbouw dienen geen speciale voorzorgen genomen te worden met betrekking tot eventuele zettingen.

Wij hopen met dit onderzoek een nuttige bijdrage gerealiseerd te hebben voor uw project en verblijven met de meeste hoogachting.



ir Jan Goffa
Zaakvoerder