







Een ontwerpmethodiek voor grond-constractie-interactie bij hoogbouwzettingen
veroorzaakt door samendrukbare lagen onder paalpuntniveau.

16 November 2023
KIVI Geotechniekdag

Inhoudsopgave

- I. Introductie & Relevantie
- II. Probleemstelling
- III. Oplossing: Matrasmodel
- IV. Discussie: Mogelijkheden en Beperkingen



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

2

Introductie

- VVO Gymnasium, Mendelcollege Haarlem (2013)
 - Tussenjaar vrijwilligerswerk Afrika (2014)
- Propedeuse Bouwkunde, TU Eindhoven (2015)
- Bachelor Civiele Techniek – Constructie, Ohio University (2019)
 - Ohio University Field Hockey (2015-2018)
- Master Civiele Techniek – Geotechniek, Virginia Tech (2020)
 - COVID-19
- Master Civiele Techniek – Geotechniek, TU Delft (2023)



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

3

Vanaf welke hoogte wordt een gebouw in Nederland gezien als hoogbouw?

Een gebouw met...

- a) 5 verdiepingen of meer (>15 m hoog)
- b) 23 verdiepingen of meer (>70 m hoog)
- c) 40 verdiepingen of meer (>120 m hoog)



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

4



Vanaf welke hoogte wordt een gebouw in Nederland gezien als hoogbouw?



Een gebouw met...

- a) 5 verdiepingen of meer (>15 m hoog)
- b) **23 verdiepingen of meer (>70 m hoog)**
- c) 40 verdiepingen of meer (>120 m hoog)

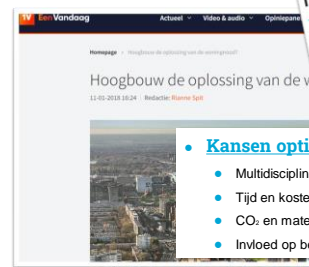
Bron: Stichting Hoogbouw (2019)



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

5

Relevantie

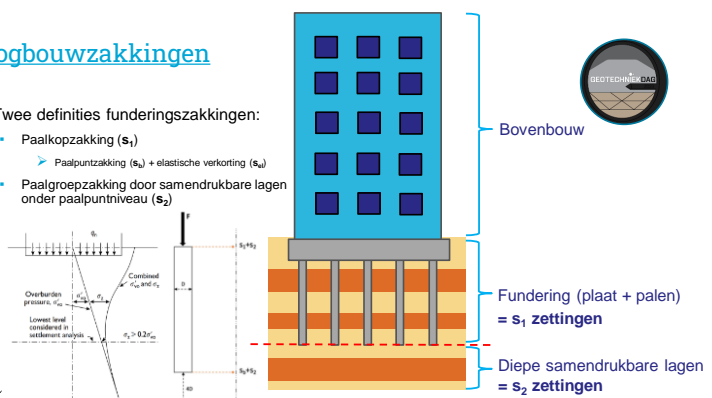


16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

6

Hoogbouwzakkingen

- Twee definities funderingszakkingen:
 - Paalkopzakking (s_1)
 - Paalpuntzakking (s_{p1}) + elastische verkorting (s_{e1})
 - Paalgroepzakking door samendrukbare lagen onder paalpuntniveau (s_2)



Bron: Frissen (2020)

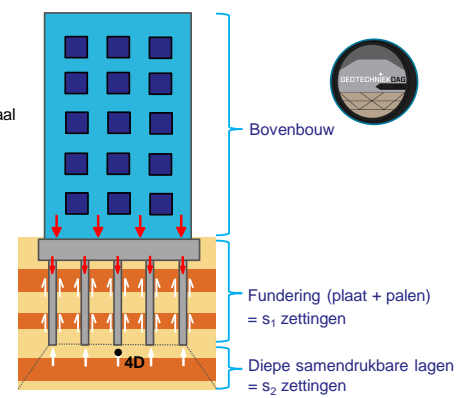
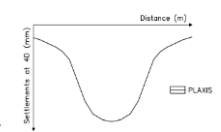


16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman



Grond-constructie-interactie

- (positieve) Schachtwrijving langs paal
- Puntweerstand onderkant paal
- Iteratief proces tot balans: zettingen



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

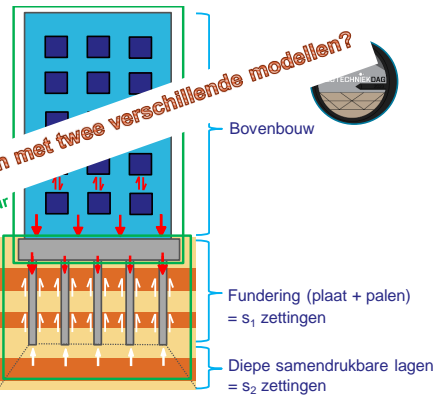
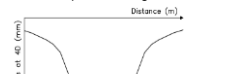
8



Grond-constructie-interactie gebouwstijfheid

- (positieve) Schachtwrijving langs paal
- Puntweerstand onderkant paal
- Iteratief proces tot balans:
 - Mobilisatie langs
 - Toen

Hoe modelleren we deze effecten met twee verschillende modellen?

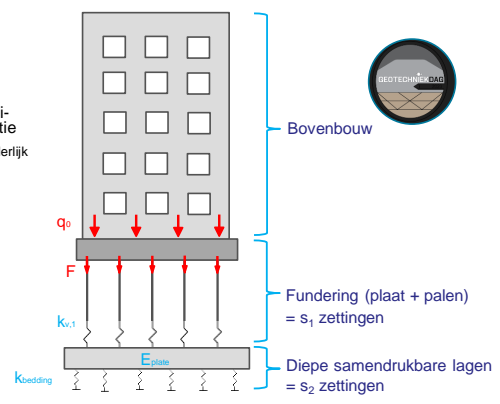


Geotechnisch Adviseur

16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

Grond-constructie-interactie modellen

- Uniforme belasting (q_0) = quasi-permanente belastingcombinatie
 - = $1,0 \cdot$ permanent + $0,3 \cdot$ veranderlijk
- $k_{v,1} = F / S_1$
- $E_{plate} + K_{wedding} = S_2$
 - = Model parameters
 - = Matrasmodel



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

- I – Introductie
- II – Probleemstelling
- III – Matrasmodel
- IV – Discussie

Probleemstelling

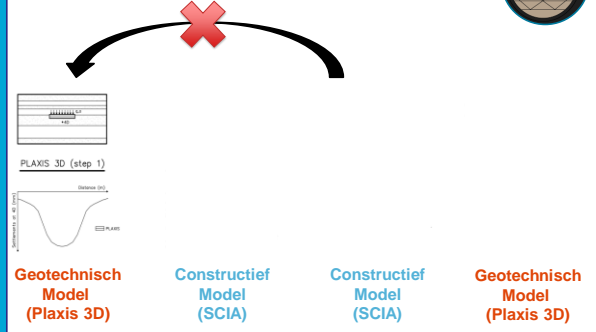
- Geen uniforme aanpak voor het voorspellen en modelleren van funderingszakkingen tijdens de ontwerpfase van hoogbouwtorens
- Het modelleren van realistische grond-constructie-interactie-effecten
 - Iteratief proces tussen meerdere belanghebbenden
 - Verscheidene (samendrukbare) grondlagen onder paalpuntniveau
 - Variërende elasticiteitsmodulus (E-modulus)
 - Niet-lineair grondgedrag
 - Belasting spreiding



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

- I – Introductie
- II – Probleemstelling
- III – Matrasmodel
- IV – Discussie

Matrasmodel

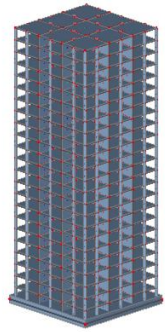




I – Introductie
 II – Probleemstelling
 III – Matrasmodel
 IV – Discussie

Matrasmodel

- Theoretische casus
- Symmetrische toren van 69 m hoog (23 verdiepingen)
- Veiligheidsklasse CC2 (< 70 m)
- Breedte = 24 m
- Funderingsplaat = 26 m x 26 m x 2 m
- Woontoren
- Amsterdam-Noord

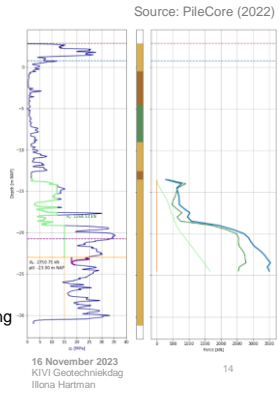


16 November 2023
 KIVI Geotechniekdag
 Ilona Hartman 13

I – Introductie
 II – Probleemstelling
 III – Matrasmodel
 IV – Discussie

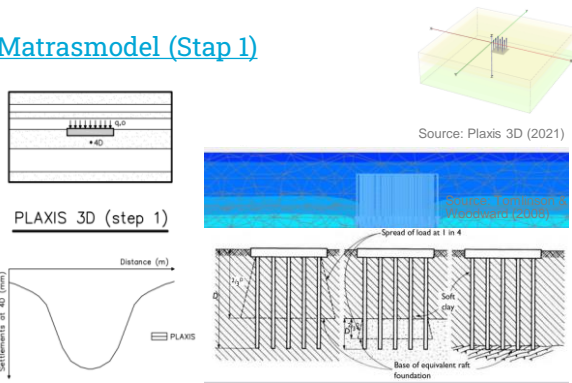
Matrasmodel

- Amsterdam-Noord
- NEN paalfactoren
- Fundex 460/560
- Paalpuntniveau = NAP – 23,0 m
 - Tweede zandlaag
- Omslagpunt = NAP – 13,5 m
 - Bovenkant eerste zandlaag
- Eem & Drenthekleilagen = SSC
- Overige lagen = HSSsmall
- Tomlinson equivalente plaatbenadering
- Nieuwe formulering embedded beam (EB-I) in Plaxis 3D



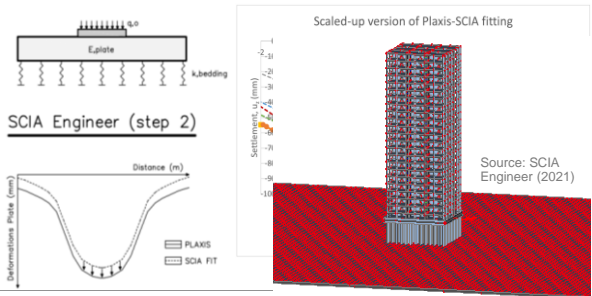
I – Introductie
 II – Probleemstelling
 III – Matrasmodel
 IV – Discussie

Matrasmodel (Step 1)



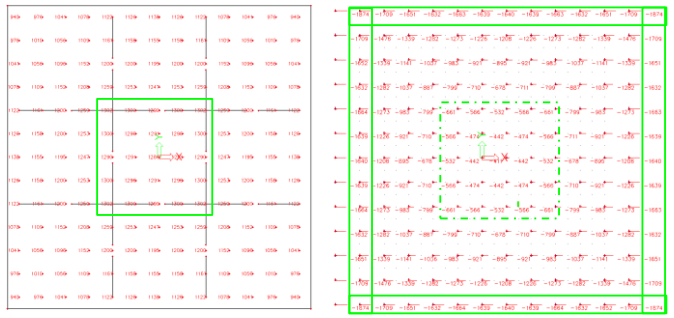
I – Introductie
 II – Probleemstelling
 III – Matrasmodel
 IV – Discussie

Matrasmodel (Step 2)





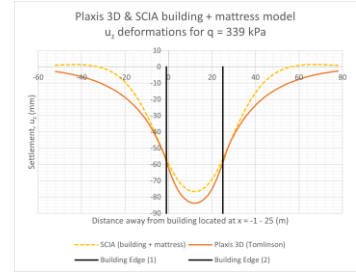
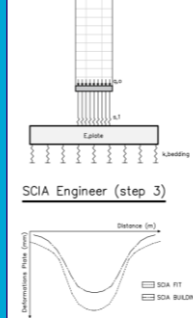
Matrasmodel (Step 2 - 3)



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

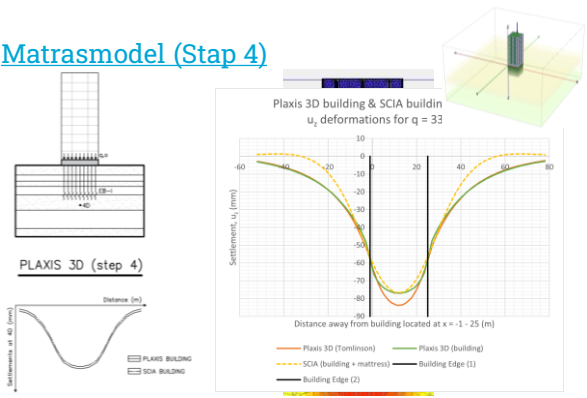
I – Introductie
II – Problemstelling
III – Matrasmodel
IV – Discussie

Matrasmodel (Step 3)



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

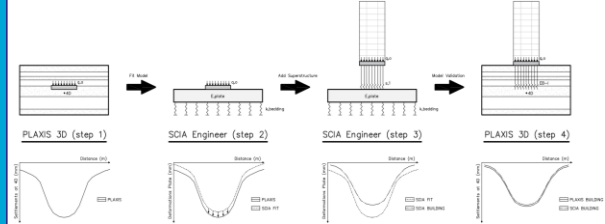
Matrasmodel (Step 4)



16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

I – Introductie
II – Problemstelling
III – Matrasmodel
IV – Discussie

Discussie: Mogelijkheden Matrasmodel




- **Mogelijkheden optimalisatie:**
 - Multidisciplinair ontwerpen
 - Tijd en kostenbesparing
 - CO₂ en materiaalreductie
 - Invloed op beleningen

16 November 2023
KIVI Geotechniekdag
Ilona Hartman

I – Introductie
II – Problemstelling
III – Matrasmodel
IV – Discussie



I – Introductie
 II – Problemstelling
 III – Matrasmodel
 IV – Discussie



Discussie: Beperkingen Matrasmodel



- **Beperkingen (door onderzoeksomvang):**
 - Tomlinson's equivalente plaatbenadering is betrouwbaar voor het voorspellen van zakkings, minder voor grondspanning op paalpuntniveau en 4D dieper;
 - Het matrasmodel is alleen geverifieerd voor een symetrische toren gefundeerd op een representatief grondprofiel in Amsterdam-Noord;
 - Opletten met Tomlinson's 1:4 belastingspreiding wanneer gewerkt wordt met belastingszones met meerdere vlaklasten;
 - Het matrasmodel in SCIA kan niet gebruikt worden voor de effecten op belendingen (onderschatting), Plaxis kan hier beter voor gebruikt worden;
 - Voor het matrasmodel zijn er nog steeds kalibratie stappen nodig voor de modelparameters, maar mogelijkheden van automatisering zijn onderzocht...

16 November 2023
 KIVI Geotechniekdag
 Ilona Hartman 21

Vragen?
 lhartman@fugro.com




...Bedankt voor uw aandacht!
 KIVI Geotechniekdag 16 November 2023



The flowchart details the workflow from input to output. It starts with 'START' and 'INPUT' (Structural pipe, Laboratory tests, Pipe properties, Spacing of loading springs, Allowable settlement, Reaction restrictions). Key steps include: 'Determine load cases + combinations', 'Create SCIA model of superstructure', 'Calculate ELS loads', 'Surface load to point load', 'Transfer to SCIA', 'Create SCIA model of foundation', 'Create SCIA model of soil', 'Analyze load redistribution', 'Check for settlement', 'Check for lateral displacement', 'Check for ultimate capacity', 'Check for ultimate settlement', 'Check for ultimate lateral displacement', 'Check for ultimate ultimate capacity', 'Check for ultimate ultimate settlement', 'Check for ultimate ultimate lateral displacement', 'Check for ultimate ultimate ultimate capacity', 'Check for ultimate ultimate ultimate settlement', 'Check for ultimate ultimate ultimate lateral displacement'. The process ends with 'END' and 'OUTPUT' (Pipe head settlement, Pipe stiffness, Sea Pressure, Point of settlement, Area of SCIA, Deflection, Pipe curve, Load redistribution, Point settlement, Pipe curve).