


MEMO

Aan	: Ontwerpteam A7 Prinses Magrietunnel	Memo nr.	: W23-003-631
C.C.	:	Datum	: 12-05-2023
		Project nr.	: W23-003
Pagina's	: 5 (incl. dit blad)	Werk nr.	: W23-003
		Afzender	: 
Betreft	: Veerwaardes moot 26		: 5.1.2.e

Met spoed behandelen a.u.b. Ter informatie Uw commentaar a.u.b. Volgens afspraak

1 INLEIDING

In het constructieve model zijn twee veren van belang om de interactie tussen constructief model en geotechnische belastingen (de constructie en de grond) te schematiseren:

- Horizontale veerwaarden om de wrijving tussen de grond en de tunnelwand modelleren;
- Axiale veerwaarden ankerpalen;

In deze memo worden waarden voor de veren bepaald voor moot 26.

Eventuele wrijving tussen de vloer en de grond wordt niet meegenomen, omdat niet gegarandeerd kan worden dat de vloer aanligt.

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 Wandwrijving

De wandwrijving wordt bepaald o.b.v. CUR166 4.10 – horizontaal in het vlak belaste wanden. De maximale te mobiliseren schuifweerstand is gelijk aan:

$$\tau_{max} = \sigma'_v * K * \tan(\delta)$$

Met:

σ'_v is de verticale korrelspanning direct naast de wand in kPa

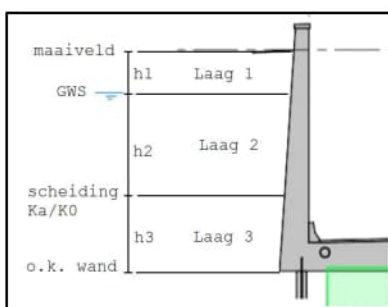
K is de gronddruk coëfficiënt

δ is de wandwrijvingshoek in °, deze is gelijk aan $2/3 * \varphi$

φ is de representatieve waarde van de hoek van inwendige wrijving van de grond

Een lage veerstijfheid van de wrijving langs de wand is maatgevend, omdat dit resulteert in de maximale horizontale verplaatsing van de ankerpalen.

De grond achter de tunnelwand wordt verdeeld in 3 lagen. Op de onderkant van elke laag wordt de verticale effectieve korrelspanning, σ'_v , bepaald, waarna voor elke laag een gemiddelde schuifspanning $\tau_{max;gem}$ langs de wand wordt berekend. Door de gemiddelde schuifspanning te vermenigvuldigen met de hoogte van de laag wordt voor elke laag de resultante kracht bepaald die per laag gemobiliseerd ($T_{1,2,3}$) kan worden. De som van deze krachten (T_{totaal}) is de totale kracht die per strekkende meter wand gemobiliseerd kan worden.



Geometrie

De freatische waterstand is gelijk aan NAP -1,5 m conform het peilbesluit van het waterschap. Het maaiveld bevindt zich, op basis van de sonderingen rond de moot, op NAP 0 m. De onderkant van de tunnelwand bevindt zich gemiddeld genomen op NAP -9,88 m.

Bodemopbouw

Conform de ontwerpbasis zijn er twee uiterste grondprofielen bepaald voor de aanvulling: zand of cohesieve laag (zandige klei/leem) over de volledige hoogte van de wand, met de volgende eigenschappen. Een cohesieve met deze eigenschappen wordt bijvoorbeeld aangetroffen in sondering DKMP103 en C01-A.

Grond in de aanvulling:		γ_{droog} [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	ϕ_{rep} [°]	v^* [mm]
1	Zandige klei/leem	17	20	28	20
2	Zand	18	20	30	10

* benodigde verplaatsing om de maximale wrijving te mobiliseren conform CUR166

Uit oriënterende berekening is gebleken dat het uitgaan van een aanvulling bestaande uit cohesief materiaal resulteert in de laagste veerstijfheid. De cohesie van de klei/leem wordt voorsnog verwaarloosd.

Gronddruk coëfficiënt

Voor een aantal moten in de Noord-Oost toerit zijn Plaxis berekening uitgevoerd. Uit deze berekening is gebleken dat het gedeelte van de wand waarover de gronddruk actief danwel neutraal is verschilt met de kerende hoogte van de wand. Bij moot 26 ligt de scheiding op 2/3^{de} van de hoogte van de wand; de gronddruk over de bovenste 2/3^{de} is actief en de is over onderste 1/3^{de} neutraal.

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt de gronddruk per moot bepaald met K_0 en K_a als volgt:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$K_0 = 1 - \sin(\phi)$$

2.2 Axiale veerwaarde ankerpaal

2.2.1 Trek

De axiale veerwaarde van de ankerpalen wordt bepaald o.b.v. CUR236 hoofdstuk 8.3 met behulp van een intern gevalideerde rekensheet. Het validatierapport kan op verzoek toegestuurd worden. Het betreft de veerwaarde aan de kop van de paal, waarbij de elastische verlenging van de paal al is meegenomen.

De berekening is gebaseerd op sondering DKMP102, hieruit is de volgende bodemopbouw bepaald.

Laag	Omschrijving	b.k. laag [m NAP]	o.k. laag [m NAP]	γ_{eff} [kN/m ³]	ϕ [°]
1	zand nat	+0,00	-8,00	10	32,5
2	Leem	-8,00	-10,50	10	27,5
3	Zand	-10,50	-11,50	10	32,5
4	Leem	-11,50	-12,50	10	27,5
5	Zand	-12,50	-33,00	10	32,5

De volgende parameters zijn ingevoerd:

Eigenschap	Waarde		Opmerking
	Randpalen	Middenpalen	
Belasting	560 kN	469 kN	Maximale BGT belasting conform ontwerp
Eigenschappen paal			
ϕ_{staal}	63,5 mm	63,5 mm	
E_{staal}	$1,95 \cdot 10^8$ kN/m ²	$1,95 \cdot 10^8$ kN/m ²	Conform CUR 236
ϕ_{grout}	200 mm	200 mm	Diameter ankerlichaam
E_{grout}	20000 N/mm ²	20000 N/mm ²	Conform CUR 236
Niveaus			

b.k. paal	-8,0 m NAP	-8,0 m NAP	b.k. vloer moot 26
Ontgravings niveau	-10,3 m NAP	-10,3 m NAP	o.k. vloer moot 26 (ontgravingsreductie met wortel methode)
b.k. pos schacht wrijving	-14,3 m NAP	-14,3 m NAP	4 m onder o.k. vloer (afpersen boven dit niveau niet haalbaar)
Paalpuntniveau	-34 m NAP	-31 m NAP	
Factoren			
ξ	1,18	1,18	ξ_s o.b.v. 3 sonderingen
$\gamma_{var,qc}$	1,25	1,25	o.b.v. door de constructeur opgegeven belastingen
α_t	0,021	0,021	In de invoer van α_t in de sheet wordt $\gamma_{var,qc}$ verdisconteerd
Stramien			
X	2,0	2,0	Stramienmaat middenpalen bestaand palenplan
y	2,0	2,25	Stramienmaat middenpalen bestaand palenplan

3 RESULTATEN

3.1 Wandwrijving

In onderstaande tabel staan de (tussen) resultaten weergegeven.

Moot	Niveaus [m NAP]			Verticale effectieve korrelspanningen [kPa]			Gemiddelde schuifspanningen [kPa]			Resultante per laag [kN/m]			T _{totaal} [kN/m]	k [MN/m/m]
	GWS	Scheiding Ka/K0	o.k. vloer	σ_v^* GWS	σ_v^* scheiding	σ_v^* o.k. wand	T _{gem 1}	T _{gem 2}	T _{gem 3}	T1	T2	T3		
26	-1,5	-6,58	-9,88	25,50	76,33	109,25	1,56	6,21	16,63	2,33	31,57	54,74	88,65	4,43

De veerwaarde is gelijk aan ca. 4,43 MN/m per strekkende meter wand. De maximale weerstand is gemobiliseerd na 20 mm vervorming.

Om de volgende redenen wordt deze waarde als conservatief beschouwd:

- In de aanvulling wordt op basis van sonderingen vaak zowel zand als leem aangetroffen, uitgaan van enkel leem zoals hier is gedaan is conservatief;

Voor de volledige berekening wordt verwezen naar bijlage 2.

3.2 Axiale veerwaarde ankerpaal

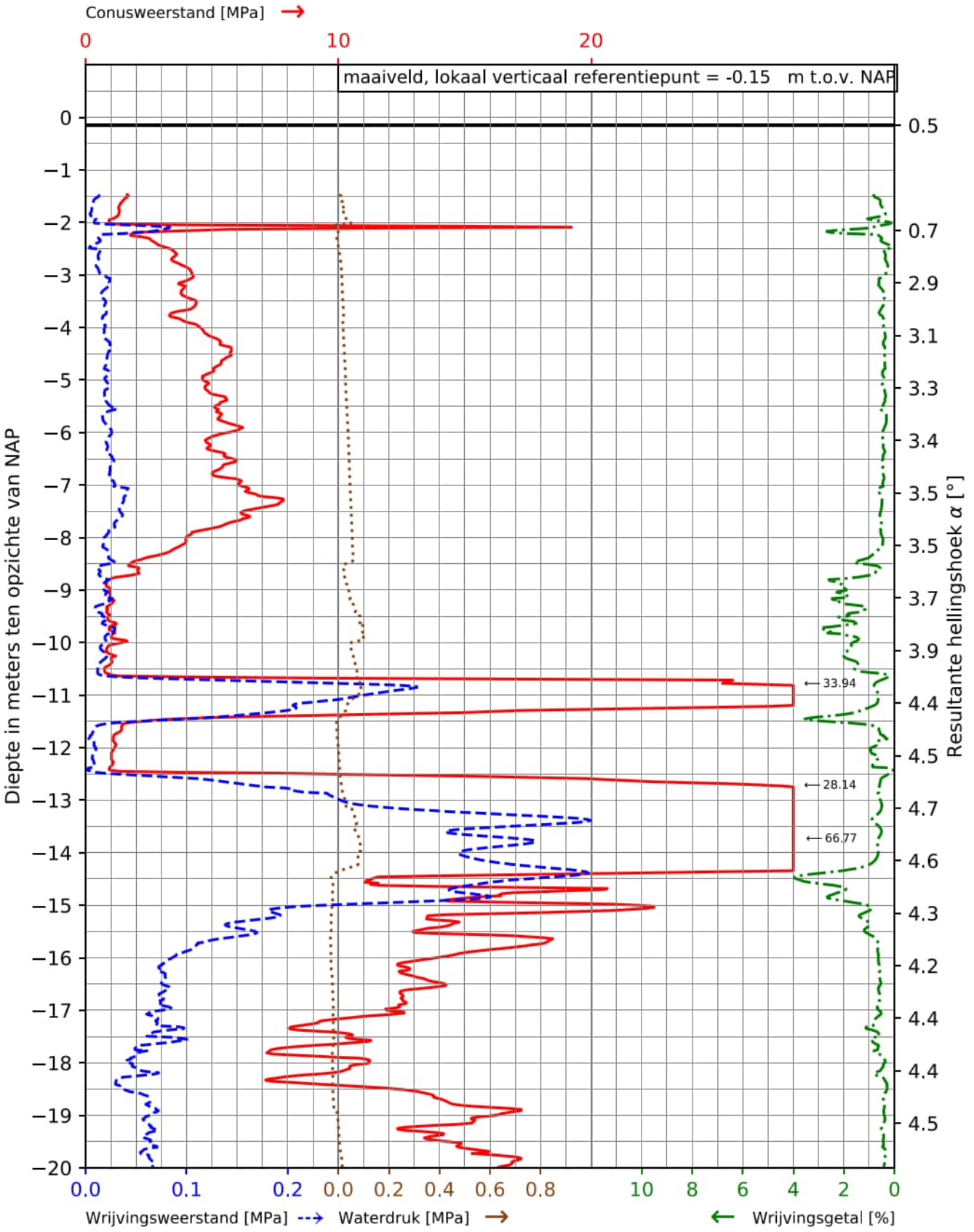
3.2.1 Trek

Met de uitgangspunten uit paragraaf 2.2.1 worden onderstaande veerwaardes gevonden. Dit betreft de axiale veerstijfheid aan de kop van het anker. De hoge- en lage veerwaarde worden gevonden door respectievelijk te vermenigvuldigen met en te delen door $\sqrt{2}$. Voor de volledige berekening wordt verwezen naar bijlage 3.

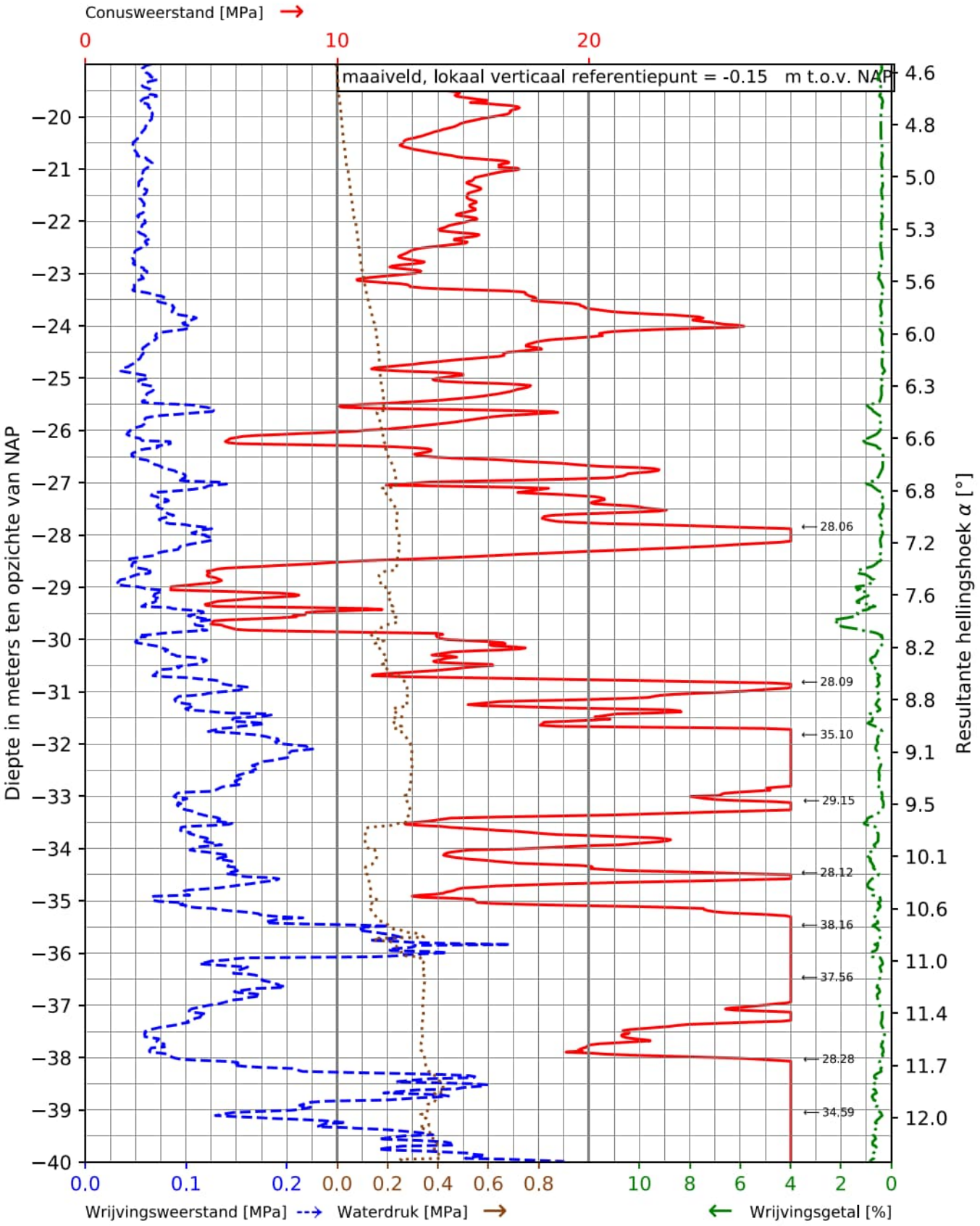
Paal [-]	StAAF	Paalpuntniveau [m NAP]	k _{v,kop} [MN/m]		
			Laag	Gemiddeld	Hoog
Middenpaal	GEWI Ø63,5	-31	34	48	68
Randpaal	GEWI Ø63,5	-34	32	45	64

Bovenstaande veerwaardes wijken in kleine mate af van de gehanteerde waardes in het constructieve model. Aangezien deze nog ruim binnen de bandbreedte van $\sqrt{2}$ valt wordt dit als acceptabel gezien.

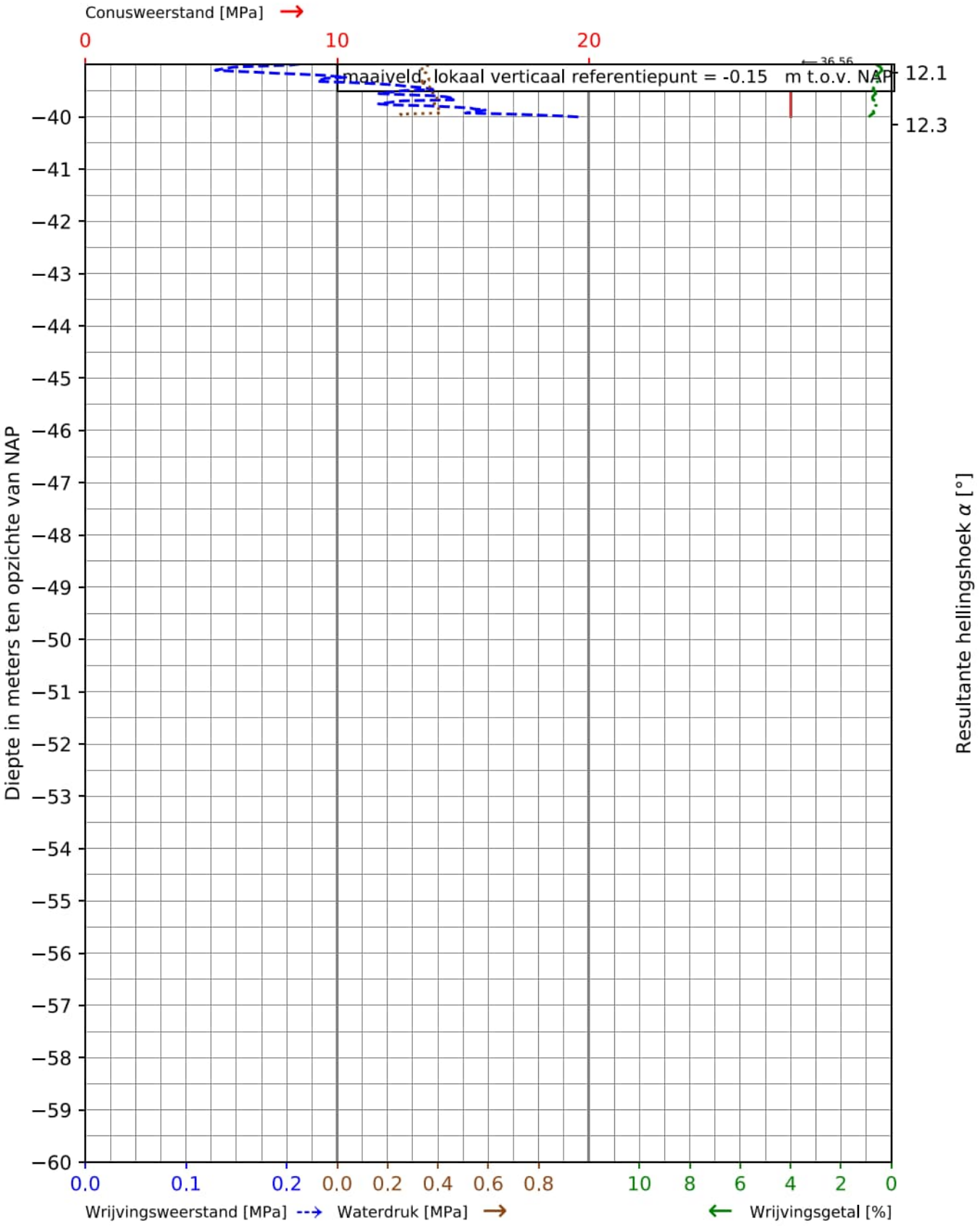
Gef id: DKMP102	x = 176255.5	Datum meting: 2023, 01, 24
Conustype: I-CFXYP20-10/200715, conustype	y = 556995.5	Datum plot: 2023-03-20
Norm en klasse: NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2, sondeernorm en kwaliteitsklasse		
		Page: 1/3



Gef id: DKMP102	x = 176255.5	Datum meting: 2023, 01, 24
Conustype: I-CFXYP20-10/200715, conustype	y = 556995.5	Datum plot: 2023-03-20
Norm en klasse: NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2, sondeernorm en kwaliteitsklasse		
		Page: 2/3



Gef id: DKMP102	x = 176255.5	Datum meting: 2023, 01, 24
Conustype: I-CFYYP20-10/200715, conustype	y = 556995.5	Datum plot: 2023-03-20
Norm en klasse: NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2, sondeernorm en kwaliteitsklasse		
		Page: 3/3



Bijlage 2 Berekening Axiale veerstijfheid (excel)

Berekening veerstijfheid ankerpalen

5.1.2.e

Project: A7 prs Margrietunnel	Constructeur:	
Projectnummer: W23-003	Datum:	2-5-2023
Onderdeel: Axiale veerstijfheid ankerpalen moot 26 (randpaal)	Sondering	S102
Revisie: 1		

INVOER

Staal

ϕ_{staal}	63,5 mm	diameter ankerstaaf/buis
t	0,0 mm	wanddikte (ingeval van buis)/bij staaf t=0 mm
A_{staal}	3,17E-03 m ²	doorsnede ankerstaaf/buis
E_{staal}	1,95E+08 kN/m ²	elasticiteitsmodulus staal
EA	617.550 kN	rekstijfheid staal

Trekdraagvermogen ankerpaal

afsnuiten	20,000 Mpa	afsnuiten conusweerstand (afhankelijk van paaltype)
last-zakkingslijn	lijn 1 -	last-zakkingslijn cf NEN 9997-1+C1:2012 / figuur 7o)
red.meth	wortelmethode -	methode voor het reduceren van de qc tgv de ontgraving
paaltype	grondverdringende palen	

Stramienen

x	2,00 m	hoh-afstand palen in de x-richting
y	2,00 m	hoh-afstand palen in de y-richting

Bodemopbouw

Opmerking: op de GWS een laagscheiding aanbrengen (ivm de berekening van de vert. korrelspanning)

Maaiveldniveau conform sondering -2,00 m NAP
 handmatig opgegeven +0,00 m NAP

Laag	Omschrijving	Van [m NAP]	tot [m NAP]	ΔH [m]	γ_{eff} [kN/m ³]	$\sigma'_{v,boven}$ [kN/m ²]	$\sigma'_{v,onder}$ [kN/m ²]	α_t	ϕ [deg]
1	zand nat	+0,00	-8,00	8,00	10	0,0	80,0	0,000	32,5
2	leem	-8,00	-10,50	2,50	10	80,0	105,0	0,000	27,5
3	zand	-10,50	-11,50	1,00	10	105,0	115,0	0,000	32,5
4	leem	-11,50	-12,50	1,00	10	115,0	125,0	0,000	27,5
5	zand	-12,50	-14,50	2,00	10	125,0	145,0	0,000	32,5
6	zand	-14,50	-43,00	28,50	10	145,0	430,0	0,017	32,5
7		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
8		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
9		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
10		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
11		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
12		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
13		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
14		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
15		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
16		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
17		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
18		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
19		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
20		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		

Groutlichaam wel afgeperst

ϕ_{grout}	200 mm	diameter groutlichaam
E_{grout}	20.000 N/mm ²	elasticiteitsmodulus (trek)
$f_{t,grout}$	2,00 N/mm ²	treksterkte
A_{grout}	28.249 mm ²	oppervlakte grout
EA_{grout}	5,65E+05 kN	rekstijfheid grout
$EA_{staal+grout}$	1,18E+06 kN	stijfheid

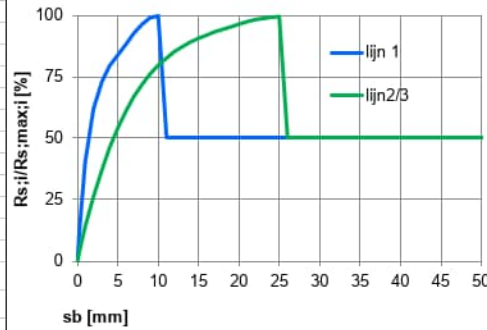
Niveaus

b.k. paal	-8,00 m NAP	b.k. paal (niveau ankerschotel)
ontgr. niv	-10,30 m NAP	ontgravingniveau
b.k. pos sch wr	-14,50 m NAP	niveau bovenzijde positieve schachtwrijving
PPN	-34,00 m NAP	paalpuntniveau

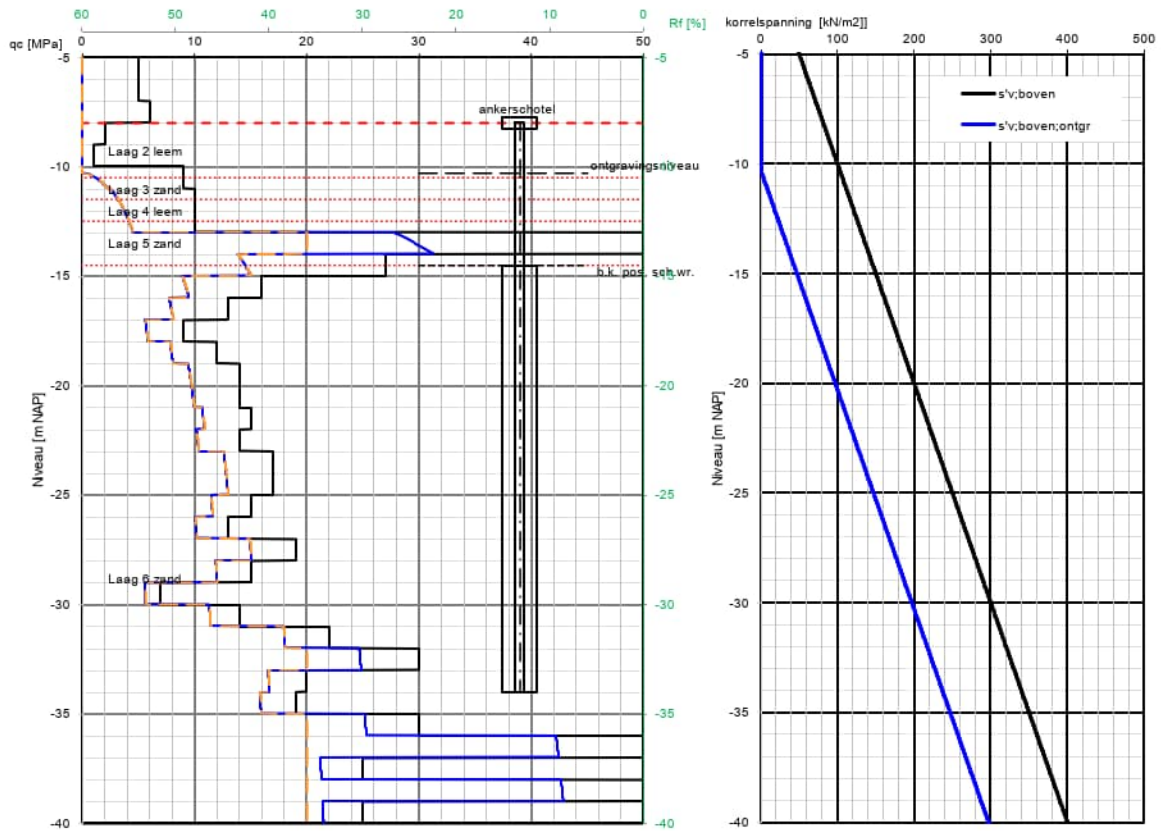
Trekbelasting

$F_{s,trek,rep}$	560,00 kN	representatieve waarde van de trekkracht
ξ	1,18 -	correlatiefactor conform NEN9997-1 bijlage A

Last-zakkingsgedrag



Sondering S102

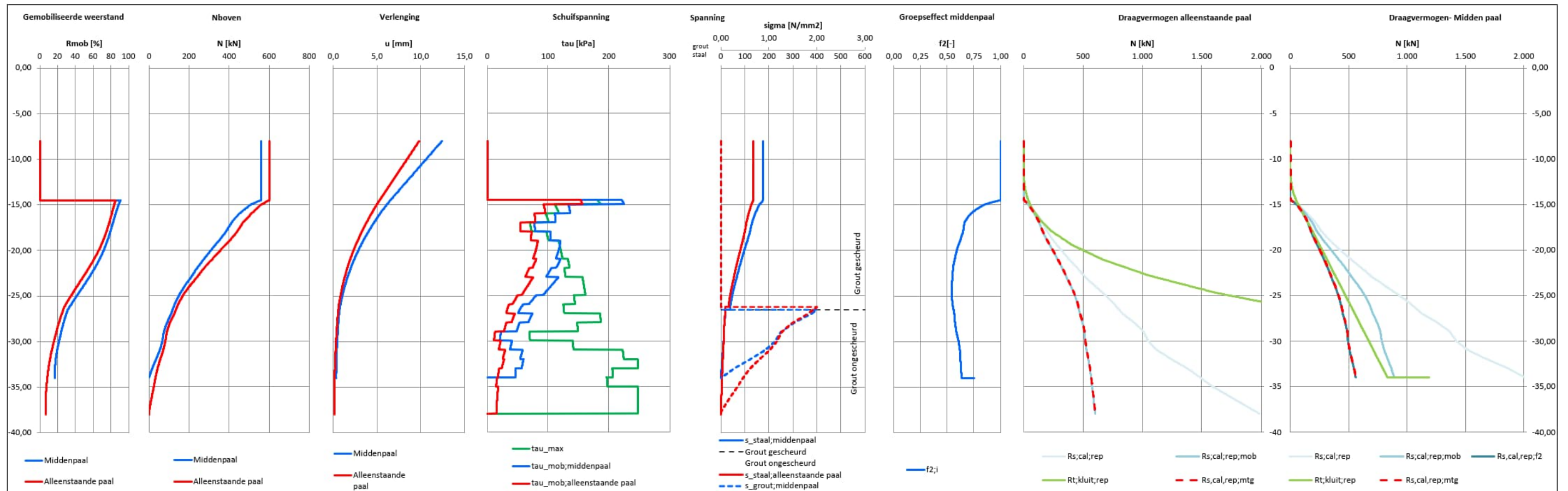


Legenda:
 — sondering initieel
 — sondering gereduceerd t.g.v. ontgraven
 — sondering afgesnoten

5.1.2.e

UITVOER

Veerstijfheid	Alleenstaande paal	Middenpaal		
u_{kop}	9,824	12,422	mm	benodigde paalkoprijzing om voldoende schachtweerstand te mobiliseren
k	57.003	45.081	kN/m	veerstijfheid op basis van representatief (dus incl z_c) draagvermogen
$L_{fictief}$	10,834	13,699	m	fictieve ankerlengte $L_{fictief} = u_{kop} * E_{staal} * A_{staal} / F_{s,trek,rep}$
$PPN_{fictief}$	-18,834	-21,699	m NAP	zwaartepunt krachtsafdracht



5.1.2.e

5.1.2.e

Berekening veerstijfheid ankerpalen

Project: A7 prs Margrietunnel	Constructeur:	
Projectnummer: W23-003	Datum:	2-5-2023
Onderdeel: Axiale veerstijfheid ankerpalen moot 26 (middenpaal)	Sondering	S102
Revisie: 1		

INVOER

Staal

ϕ_{staal}	63,5 mm	diameter ankerstaaf/buis
t	0,0 mm	wanddikte (ingeval van buis)/bij staaf t=0 mm
A_{staal}	3,17E-03 m ²	doorsnede ankerstaaf/buis
E_{staal}	1,95E+08 kN/m ²	elasticiteitsmodulus staal
EA	617.550 kN	rekstijfheid staal

Groutlichaam wel afgeperst

ϕ_{grout}	200 mm	diameter groutlichaam
E_{grout}	20.000 N/mm ²	elasticiteitsmodulus (trek)
$f_{t,grout}$	2,00 N/mm ²	treksterkte
A_{grout}	28.249 mm ²	oppervlakte grout
EA_{grout}	5,65E+05 kN	rekstijfheid grout
$EA_{staal+grout}$	1,18E+06 kN	stijfheid

Trekdraagvermogen ankerpaal

afsnuiten	20,000 Mpa	afsnuiten conusweerstand (afhankelijk van paaltype)
last-zakkingslijn	lijn 1 -	last-zakkingslijn cf NEN 9997-1+C1:2012 / figuur 7o)
red.meth	wortelmethode -	methode voor het reduceren van de qc tgv de ontgraving
paaltype	grondverdringende palen	

Niveaus

b.k. paal	-8,00 m NAP	b.k. paal (niveau ankerschotel)
ontgr. niv	-10,30 m NAP	ontgravingniveau
b.k. pos sch wr	-14,50 m NAP	niveau bovenzijde positieve schachtwrijving
PPN	-31,00 m NAP	paalpuntniveau

Stramienen

x	2,00 m	hoh-afstand palen in de x-richting
y	2,25 m	hoh-afstand palen in de y-richting

Trekbelasting

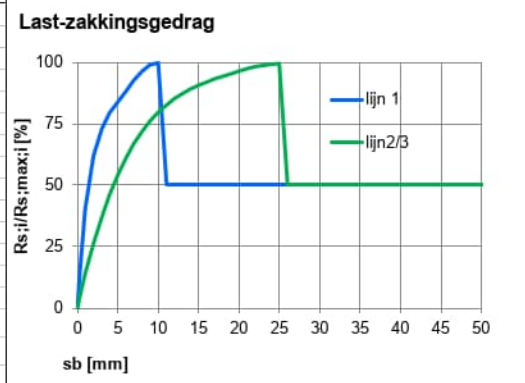
$F_{s,trek,rep}$	469,00 kN	representatieve waarde van de trekkracht
ξ	1,18 -	correlatiefactor conform NEN9997-1 bijlage A

Bodemopbouw

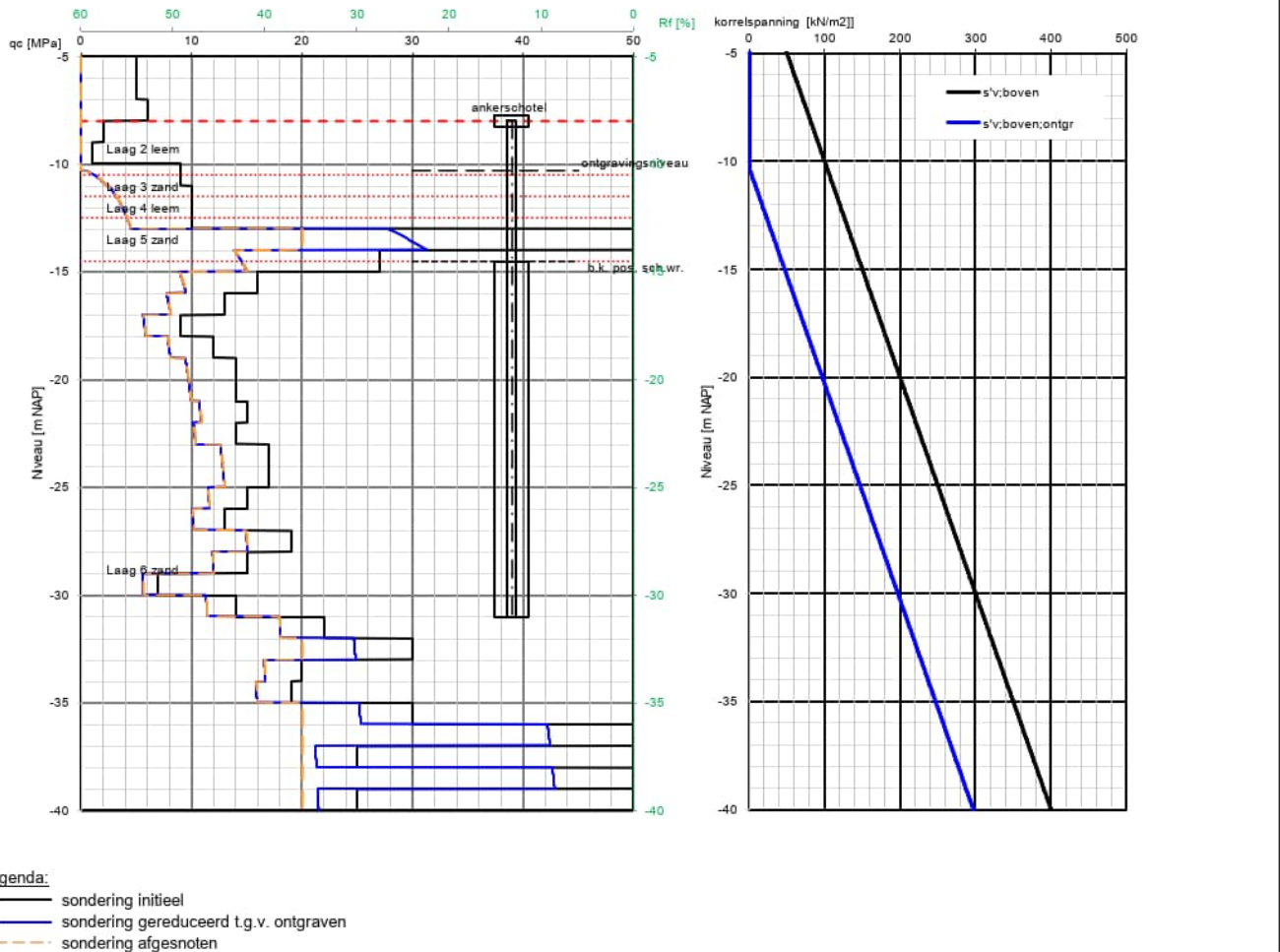
Opmerking: op de GWS een laagscheiding aanbrengen (ivm de berekening van de vert. korrelspanning)

Maalveldniveau conform sondering -2,00 m NAP
 handmatig opgegeven +0,00 m NAP

Laag	Omschrijving	Van [m NAP]	tot [m NAP]	ΔH [m]	γ_{eff} [kN/m ³]	$\sigma'_{v,boven}$ [kN/m ²]	$\sigma'_{v,onder}$ [kN/m ²]	α_t	ϕ [deg]
1	zand nat	+0,00	-8,00	8,00	10	0,0	80,0	0,000	32,5
2	leem	-8,00	-10,50	2,50	10	80,0	105,0	0,000	27,5
3	zand	-10,50	-11,50	1,00	10	105,0	115,0	0,000	32,5
4	leem	-11,50	-12,50	1,00	10	115,0	125,0	0,000	27,5
5	zand	-12,50	-14,50	2,00	10	125,0	145,0	0,000	32,5
6	zand	-14,50	-43,00	28,50	10	145,0	430,0	0,017	32,5
7		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
8		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
9		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
10		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
11		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
12		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
13		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
14		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
15		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
16		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
17		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
18		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
19		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		
20		-43,00	-43,00	0,00		430,0	430,0		

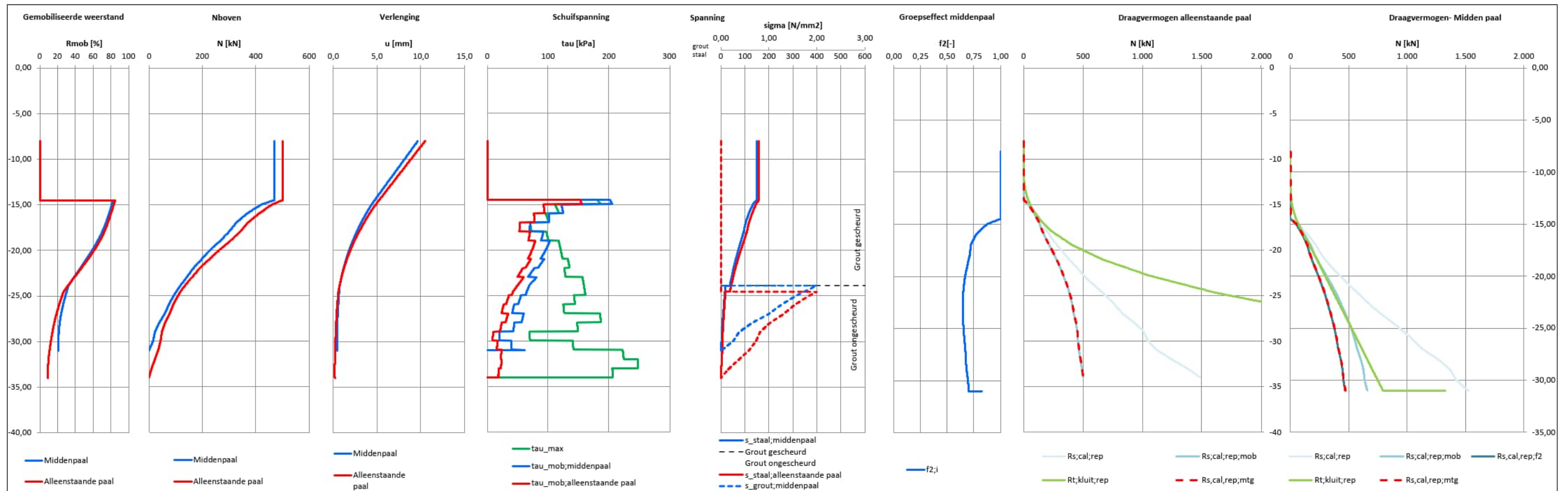


Sondering S102



UITVOER

Veerstijfheid	Alleenstaande paal	Middenpaal		
u_{kop}	10,489	9,663	mm	benodigde paalkoprijzing om voldoende schachtweerstand te mobiliseren
k	44.714	48.536	kN/m	veerstijfheid op basis van representatief (dus incl z_0) draagvermogen
$L_{fictief}$	13,811	12,724	m	fictieve ankerlengte $L_{fictief} = u_{kop} * E_{staal} * A_{staal} / F_{s,trek,rep}$
$PPN_{fictief}$	-21,811	-20,724	m NAP	zwaartepunt krachtsafdracht



5.1.2.e