

Geotechniek.  
Bepaling van de conusweerstand  
en de plaatselijke  
wrijvingsweerstand van grond.  
Elektrische sondermethode

Geotechnics. Determination of the cone resistance  
and the sleeve friction of soil. Electric penetration test

1e druk, september 1996  
ICS 93.020

Vervangt NEN 3680:1982 gedeeltelijk

## Inhoud

	blz.
Inleiding	2
1 Onderwerp en toepassingsgebied	3
2 Normatieve verwijzingen	3
3 Termen en definities	3
4 Beginsel	4
5 Procedure	4
6 Toestellen en hulpmiddelen	4
7 Werkwijze	6
8 Berekeningen	7
9 Administratieve bepalingen	8
Bijlage A (informatief): Klasse-indeling en nauwkeurigheden	9
Bijlage B (normatief): Berekening van de correctiefactor $C_n$ en de afwijking van de verticaal $h$	11
Bijlage C (informatief): Voorbeeld van een sondeertabel	12
Bijlage D (informatief): Voorbeeld van een sondeergrafiek	13

## Inleiding

In 1982 heeft de toenmalige normcommissie 352 52 "Sonderen" de NEN 3680 "Grondonderzoek. Statische sondeermethoden" gepubliceerd. In deze norm waren twee statische sondeermethoden genormaliseerd: de mechanische methode waarbij binnenstangen en een mechanische conus of kleefmantelconus worden toegepast, en een elektrische methode waarbij gebruik wordt gemaakt van een elektrische conus of kleefmantelconus. In de loop der jaren werd met name de elektrische sondeermethode verder ontwikkeld en werd het noodzakelijk de NEN 3680:1982 aan te passen aan de nieuwe inzichten. Om praktische redenen werd in 1995 besloten om voor de elektrische sondeermethode een aparte norm uit te geven.

De onderhavige norm is een nadere uitwerking van de elektrische sondeermethode die in NEN 3680:1982 werd gehanteerd.

In deze norm is, voor wat betreft de terminologie en wijze van verslaglegging, aangesloten bij de systematiek van NEN 3680 zij het dat een aantal punten hiervan zijn geactualiseerd. Daarnaast zijn de uitvoeringseisen en de essentiële onderdelen van de elektrische sondeerapparatuur ingrijpend aangepast aan de ontwikkelingen uit de praktijk.

Met de publicatie van NEN 5140 vervalt de elektrische sondeermethode volgens NEN 3680. Voor de mechanische sondeermethode blijft NEN 3680 nog van kracht.

Ten tijde van de uitgifte van de norm kan dit ertoe leiden dat de toegepaste elektrische sondeerapparatuur nog is afgestemd op de NEN 3680. Bijvoorbeeld in die gevallen wanneer de norm mede gebruikt wordt in het kader van de verlening van een procescertificaat<sup>1)</sup> is voorgesteld een overgangperiode van twee jaar (tot september 1998) in te stellen.

In de onderhavige norm is de meeton nauwkeurigheid van de sonderingsresultaten in principe door middel van een klasse-indeling vastgelegd. Daarmee staat ook de apparatuur in nauwe relatie met deze klasse-indeling. Ten aanzien van de keuzes voor de toestellen en hulpmiddelen zijn in de bijlage A aanwijzingen gegeven over de meetonzekerheden en mogelijke invloeden op de sondering.

Door de klasse aan een toepassingsgebied te koppelen, kan een aansluiting met NEN 6740: "Geotechniek. TGB 1990. Basiseisen en belastingen" worden gerealiseerd.

Behalve de werkwijze, wordt in de onderhavige norm ook aandacht besteed aan de interpretatie van de meetresultaten door de berekeningswijze vast te leggen voor de bepaling van de sondeerdiepte, conusweerstand, wrijvingsweerstand en het wrijvingsgetal, alsmede de correctiefactoren die van invloed zijn op de sondeerdiepte.

*Titels van de normen waarnaar ter informatie is verwezen:*

NEN 3680:1982	Grondonderzoek. Statistische sondeermethoden
NEN 6740:1991	Geotechniek. TGB 1990. Basiseisen en belastingen (met correctieblad september 1993)
NEN-ISO 10012-1	Eisen voor kwaliteitsborging van meetapparatuur. Deel 1: Metrologische goedkeuring van meetapparatuur.

1) De Raad voor de Accreditatie kan meedelen welke instellingen dit procescertificaat verlenen.

## 1 Onderwerp en toepassingsgebied

Deze norm beschrijft methoden voor de bepaling van de conusweerstand en, indien van toepassing, de plaatselijke wrijvingsweerstand van grond. Deze norm geeft tevens een klasse-indeling gebaseerd op de nauwkeurigheid van de verkregen meetgrootheden.

De norm is bedoeld te worden toegepast voor de uitvoering van sonderingen, waarbij de weerstand van de grond direct wordt gemeten met een elektrische krachtopnemer die in de sondeerconus en/of wrijvingsmantel bevindt.

## 2 Normatieve verwijzingen

De volgende normen bevatten bepalingen die, doordat ernaar wordt verwezen, tevens bepalingen van deze norm zijn. Op het ogenblik van publicatie van de onderhavige norm waren de vermelde drukken van kracht. Alle normen kunnen echter worden herzien; partijen die overeenkomsten sluiten op basis van deze norm wordt daarom aanbevolen na te gaan of het mogelijk is de meest recente druk van de onderstaande normen toe te passen.

- NEN 2649:1981 Voorwaarden te stellen aan meet- en kalibratiesystemen.
- NEN 3114:1990 Nauwkeurigheid van metingen. Termen en definities.
- NEN 3632:1986 Oppervlakteruwheid. Waardebepaling van de ruwheid  $R_a$ .

## 3 Termen en definities

**3.1 elektrische sondering:** Meting waarbij vanaf een bepaald punt neerwaarts langs een verticaal de conusweerstand en, indien van toepassing, de plaatselijke wrijvingsweerstand van de grond wordt bepaald en geregistreerd ten opzichte van de bereikte diepte, door een sondeerconus, voorzien van inwendige krachtopnemers, gelijkmatig in de grond te drukken.

**3.2 conusweerstand:** Quotiënt van de kracht, nodig om de conuspunt bij het sonderen neerwaarts te verplaatsen, en het oppervlak van de basis van de conuspunt.

**3.3 plaatselijke wrijvingsweerstand:** Quotiënt van de kracht, nodig om de kleefmantel bij het sonderen neerwaarts te verplaatsen, en het uitwendige cilindrische oppervlak van de kleefmantel.

**3.4 wrijvingsgetal:** Quotiënt van de plaatselijke wrijvingsweerstand gemeten op een bepaalde diepte, en de conusweerstand gemeten op dezelfde diepte, uitgedrukt in procenten.

### OPMERKING

De wrijvingsindex is de reciproke waarde van het wrijvingsgetal.

**3.5 sondeersnelheid:** Snelheid van de sondeerconus op het moment van de meting van de indringingsweerstand.

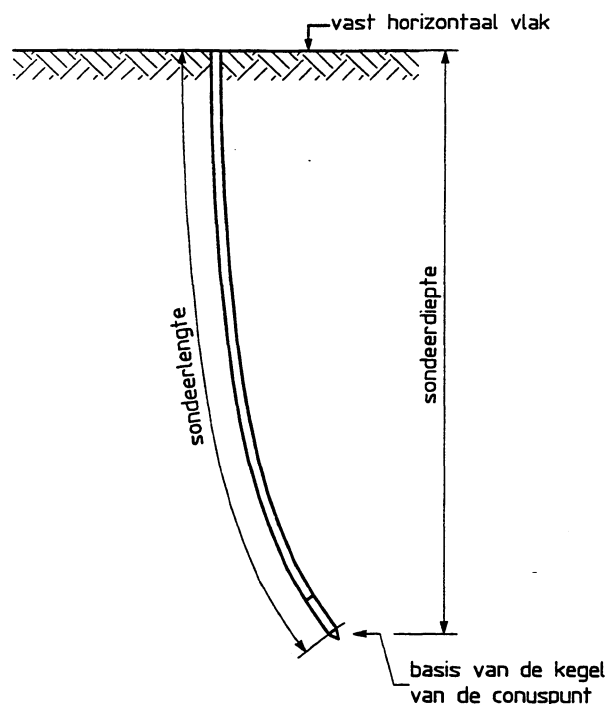
**3.6 sondeerlengte:** Som van de lengten van de sondebuizen en de sondeerconus, verminderd met de hoogte van de kegel van de conuspunt ten opzichte van een vast horizontaal vlak.

De sondeerlengte wordt aangegeven in figuur 1.

### OPMERKING

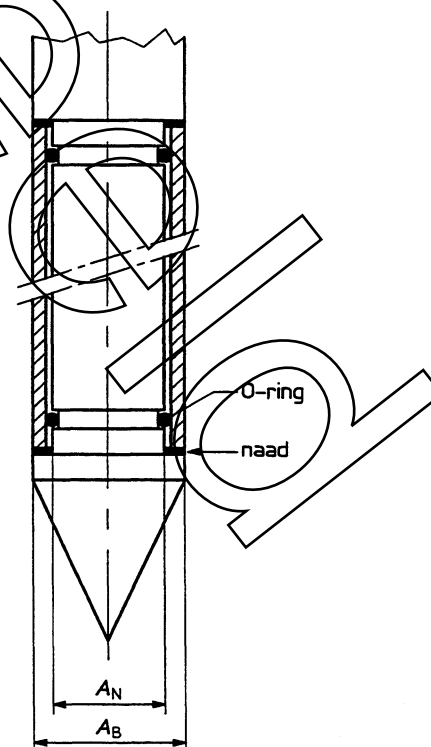
Als vast horizontaal vlak wordt meestal het horizontale vlak door het maaiveld of de waterbodembodem ter plaatse van de sondering aangehouden.

**3.7 sondeerdiepte:** Diepte van de basis van de kegel van de conuspunt tot een vast horizontaal vlak. De sondeerdiepte wordt aangegeven in figuur 1.



Figuur 1: Sondeerlengte en sondeerdiepte

**3.8 netto-oppervlaktequotiënt:** Quotiënt van de oppervlakte van de doorsnede van de sondeerconus boven de conuspunt ter plaatse van de naad ( $A_N$ ) en het nominale oppervlak van de basis van de conuspunt ( $A_B$ )



Figuur 2: Netto-oppervlaktequotiënt:  $\frac{A_N}{A_B}$

**3.9 sondegrafiek:** Resultaat van een sondering, bestaande uit een grafische weergave van de conusweerstand, en, indien van toepassing, de plaatselijke wrijvingsweerstand, het wrijvingsgetal en de helling van de sondeerconus ten opzichte van de verticaal, alle tegen de diepte ten opzichte van een vast horizontaal vlak.

**3.10 sondeertabel:** Resultaat van een sondering, bestaande uit een numerieke weergave van de conusweerstand, de sondeerdiepte of de sondeerlengte en, indien van toepassing, de plaatselijke wrijvingsweerstand, het wrijvingsgetal en de helling van de sondeerconus ten opzichte van de verticaal, alle ten opzichte van de tijd.

**3.11 meetsysteem:** Systeem bestaande uit meet-, gegevensoverdracht-, registratie- en verwerkingsapparatuur, en programmatuur.

**3.12 meetapparatuur:** Apparatuur bestaande uit een sondeerconus met inwendige krachtopnemers en, indien van toepassing, met een hellingopnemer, en bestaande uit een lengte-opnemer en, indien van toepassing, een terugloopcompensator.

**3.13 nulpunt:** Gejusteerde nulwaarde.

**3.14 nulwaarde:** Directe aanwijzing van een meetstelsel waarbij het meetstelsel is ingeschakeld en de meetwaarde van de meetgrootte nul is.

**3.15 nulwaardeverloop:** Absoluut verschil van de nulwaarde aan het begin van de sondering en de nulwaarde aan het einde van de sondering.

## 4 Beginsel

Tijdens het met constante snelheid in de grond drukken van een buis met een kegelvormige punt wordt de indringingsweerstand van de punt en eventueel de wrijvingsweerstand van een deel van de buis bepaald.

## 5 Procedure

De volgende randvoorwaarden moeten zijn vastgelegd:

- het type sondering volgens tabel 1;
- de klasse volgens tabel 2;
- de te bereiken sondeerdiepte of sondeerlengte.

### OPMERKING

De te bereiken sondeerdiepte of sondeerlengte is afhankelijk van de grondgesteldheid, de toelaatbare wegdrukkkracht, de toelaatbare krachten op de sondeerbuis en koppelingen, en de toepassing van een kleefbreker en/of steunbuizen en het meetgebied van de sondeerconus.

- de hoogte van het maaiveld of de waterbodembodem ter plaatse van de sondering ten opzichte van N.A.P.;
- de plaats van de sondering ten opzichte van een vast referentiepunt;
- indien van toepassing, de methode hoe het sondergat in de grond is opgevuld.

De bepaling van de conusweerstand van grond, de sondeerlengte en, indien van toepassing, de plaatselijke wrijvingsweerstand van grond en de helling van de sondeerconus ten opzichte van de verticaal, moet plaats vinden zoals aangegeven in hoofdstuk 7, rekening houdend met de klasse volgens tabel 2, de te bereiken diepte en de maximaal toelaatbare helling van de sondeerconus ten opzichte van de verticaal.

De bij de werkwijze behorende toestellen en hulpmiddelen moeten voldoen aan hoofdstuk 6.

## 6 Toestellen en hulpmiddelen

### OPMERKING

In bijlage A zijn aanwijzingen gegeven over het ontwerp van toestellen en hulpmiddelen en hun nauwkeurigheid.

### 6.1 Meetsysteem

Het meetsysteem moet met geijkte hulpmiddelen zijn gekalibreerd volgens NEN 2649.

### OPMERKING

Aanbevolen wordt de kalibratie van het meetsysteem als geheel uit te voeren.

De meetnauwkeurigheid van het meetsysteem mag niet groter zijn dan de aangegeven waarden voor de vereiste klasse volgens tabel 2. De resolutie van het meetstelsel moet ten minste voldoen aan één derde van de aangegeven waarden voor de vereiste klasse volgens tabel 2.

### 6.2 Sondeerconus

#### 6.2.1 Samenstelling

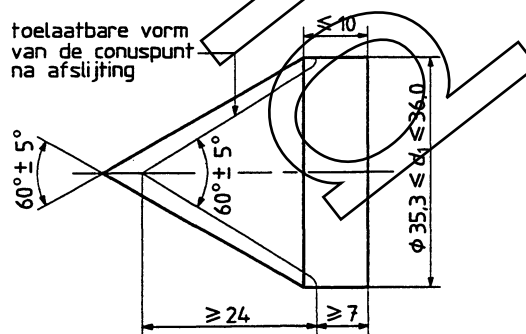
Een sondeerconus bestaande uit een conuspunt met een bijbehorende inwendige krachtopnemer en, indien van toepassing, een kleefmantel met een bijbehorende inwendige krachtopnemer en, indien van toepassing, een inwendige hellingopnemer.

De middellijn van uitwendige onderdelen van de sondeerconus mag niet meer dan 0,3 mm kleiner, en niet meer dan 1,0 mm groter zijn dan de middellijn van de basis van de conuspunt en mag niet groter zijn dan de uitwendige middellijn van de kleefmantel. De axiale projectie van de basis van de conuspunt en onderdelen van de sondeerconus mogen niet buiten de projectie van de kleefmantel vallen. De afstand tussen de bovenkant van het cilindrische gedeelte van de conuspunt en de onderkant van de kleefmantel mag ten hoogste 5 mm bedragen.

#### 6.2.2 Conuspunt

Maten en toleranties moeten voldoen aan figuur 3. Niet-symmetrisch afgesleten conuspunten zijn niet toelaatbaar.

Maten in mm



Figuur 3: Conuspunt. Afmetingen en toleranties

#### OPMERKINGEN

1. Bij normaal gebruik zal een conuspunt symmetrisch afslijten. Niet-symmetrische slijtage ontstaat door bijzondere omstandigheden. Een visuele inspectie van de conuspuntsymmetrie zal in dergelijke gevallen volstaan.
2. Conuspunten met een middellijn tussen 25 mm (oppervlak van de basis van de conuspunt van 500 mm<sup>2</sup>) en 50 mm (oppervlak van de basis van de conuspunt van 2000 mm<sup>2</sup>) zijn voor speciale toepassingen toelaatbaar zonder toepassing van correctiefactoren. De maten en toleranties volgens figuur 3 moeten in dergelijke gevallen proportioneel met de middellijn worden aangepast.
3. Gedurende een overgangstermijn van twee jaar na publicatie van de onderhavige norm (= september 1998), kan de opdrachtgever bepalen dat in plaats van een conuspunt met een cilindrische lengte van 7 mm tot 10 mm, het gebruik van een conuspunt met een cilindrische lengte van 2 mm tot 5 mm is toegestaan. Geadviseerd wordt om een dergelijke afwijkende toepassing in het sonderingsverslag te melden.

#### 6.2.3 Kleefmantel

Maten en toleranties moeten voldoen aan figuur 4. Aan de boven- en onderzijde mag over een hoogte van maximaal 2 mm een afschuining aanwezig zijn. De ruwheid van de kleefmantel in de richting van de lengte moet  $(0,4 \pm 0,25) \mu\text{m}$  te bedragen, overeenkomstig de waardebepaling volgens NEN 3632.

#### OPMERKINGEN

1. De ruwheid na gebruik wordt beïnvloed door de aard van de grond. Bij normaal gebruik zal aan de aangegeven ruwheid worden voldaan.
2. Kleefmantels met een uitwendige middellijn tussen 25 mm en 50 mm zijn voor speciale toepassingen toelaatbaar zonder toepassing van correctiefactoren. De maten en toleranties volgens figuur 4 moeten in dergelijke gevallen proportioneel met de middellijn van de basis van de conuspunt worden aangepast. De verhouding van de lengte en de middellijn van de kleefmantel moet bij voorkeur 3,75 bedragen. Verhoudingen van 3 tot 5 zijn toelaatbaar.

#### 6.2.4 Krachtopnemers

Krachtopnemers moeten voor eventuele excentriciteit van axiale krachten zijn gecompenseerd.

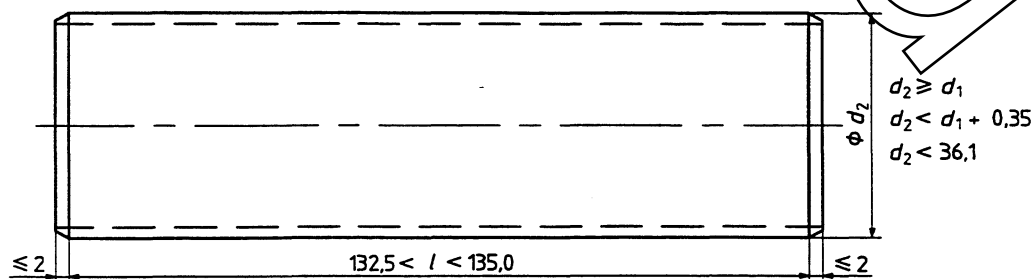
#### 6.2.5 Hellingopnemer

Een hellingopnemer met een meetgebied van ten minste 20° ten opzichte van de verticaal.

#### 6.3 Lengte-opnemer

Toestel noodzakelijk om de sondeerlengte te meten.

Maten in mm



Figuur 4: Kleefmantel. Afmetingen en toleranties

#### 6.4 Terugloopcompensator

Toestel om meetwaarden te selecteren indien opwaartse verplaatsingen van de sondeerbuis ten opzichte van de lengte-opnemer optreden door een vermindering van de kracht op de sondeerbuisen.

#### OPMERKING

Een terugloopcompensator registreert een eventueel optredende opwaartse verticale verplaatsing van de sondeerbuisen ten opzichte van de lengte-opnemer. De conusweerstand en, indien van toepassing, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling van de sondeerconus ten opzichte van de verticaal worden niet geregistreerd gedurende eventueel daaropvolgende, even grote, neerwaartse verplaatsing van de sondeerbuisen ten opzichte van de lengte-opnemer.

#### 6.5 Apparatuur voor gegevensoverdracht

Toestellen en programmatuur noodzakelijk om meetwaarden van de meetapparatuur naar de registratie-apparatuur over te brengen.

#### 6.6 Registratie-apparatuur

Toestellen en programmatuur noodzakelijk om tijdens het sonderen meetwaarden van meetgrootheden te registreren.

#### OPMERKING

Het verdient aanbeveling om tijdens het sonderen de conusweerstand, de sondeerlengte en de wegdrukkracht en, indien van toepassing, de plaatselijke wrijvingsweerstand, het wrijvingsgetal en de helling van de sondeerconus ten opzichte van de verticaal af te kunnen lezen.

#### 6.7 Verwerkingsapparatuur

Toestellen en programmatuur noodzakelijk om de geregistreerde meetwaarden van meetgrootheden te bewerken en weer te geven op de sondeergrafiek en, indien van toepassing, op de sondeertabel.

#### 6.8 Sondeerbuisen

Buisen die aan elkaar kunnen worden gekoppeld, noodzakelijk om een druk- of trekkracht op de sondeerconus over te brengen.

Maten en toleranties van de buitenmiddellijn moeten voldoen aan figuur 5. De afwijking van een rechte lijn met een lengte van 1 m mag in het midden van deze lijn ten hoogste 1 mm bedragen. Dit geldt ook voor gekoppelde buizen.

### 6.9 Kleefbreker

Een kleefbreker, bestaande uit een plaatselijke en symmetrische vergroting van de doorsnede van de sondeerbuis, om de wrijving langs de sondeerbuisen te verminderen. Maten en toleranties van de uitwendige onderdelen van de kleefbreker moeten voldoen aan figuur 5.

### 6.10 Steunbuisen en/of geleiders

Hulpmiddelen om uitknikken van de sondeerbuisen te voorkomen.

Maten en toleranties van de uitwendige middellijn moeten voldoen aan figuur 5.

### 6.11 Sondeerapparaat

Een hulptoestel, noodzakelijk voor het verticaal en met een constante snelheid in de grond drukken van de sondeerconus en de sondeerbuisen.

#### OPMERKING

Het verdient aanbeveling op het toestel een voorziening aan te brengen, waarop tijdens het sonderen de wegdrukkracht globaal kan worden afgelezen.

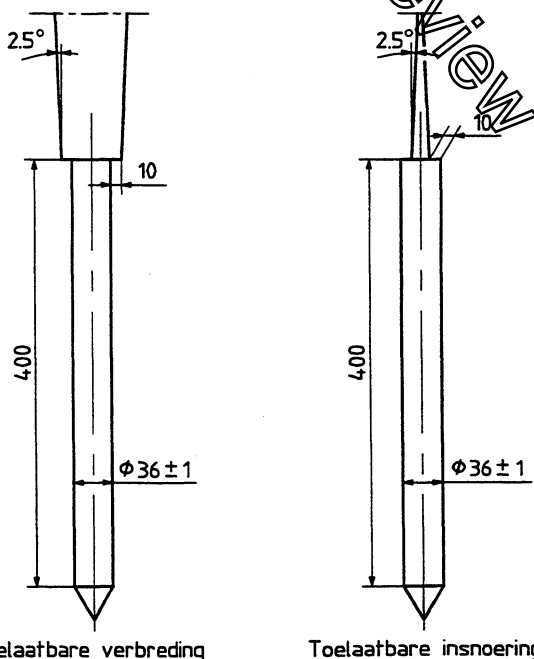
### 6.12 Waterpas

Een waterpas om de verticaalstand van het sondeerapparaat te controleren met een meetnauwkeurigheid van ten hoogste 1°.

### 6.13 Lengtemeetinstrumenten

Hulptoestellen om de lengte en geometrie van de sondeerconus en de lengte van de sondeerbuisen te bepalen.

Maten in mm



Figuur 5: Sondeerbuisen, kleefbreker en steunbuisen. Afmetingen en toleranties

## 7 Werkwijze

7.1 Kies een type sondering aan de hand van tabel 1.

Tabel 1: Overzicht typen sondering

Type sondering	Voor de bepaling van
1	conusweerstand
2	conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand

7.2 Kies, aan de hand van de voorgeschreven sonderingsklasse, de vereiste werkwijze met de bijbehorende toestellen en hulpmiddelen volgens tabel 2.

#### OPMERKING

In bijlage A worden aanwijzingen gegeven over de werkwijze en de meetnauwkeurigheid.

Tabel 2: Klasse-indeling

Klas-se	Meetgrootheid	Toelaatbare meetnauwkeurigheid	Maximaal toelaatbare sondeerlengte-interval tussen de metingen
1	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand helling sondeerdiepte	0,05 MPa of 3 % 0,01 MPa of 10 % 2° 0,2 m of 1 %	20 mm
2	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand helling sondeerdiepte	0,25 MPa of 5 % 0,05 MPa of 15 % 2° 0,2 m of 2 %	50 mm
3	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand helling sondeerdiepte	0,5 MPa of 5 % 0,05 MPa of 20 % 5° 0,2 m of 2 %	100 mm
4	conusweerstand plaatselijke wrijvingsweerstand sondeerlengte	0,5 MPa of 5 % 0,05 MPa of 20 % 0,1 m of 1 %	100 mm

#### OPMERKINGEN

- De toelaatbare meetnauwkeurigheid is de grotere waarde van de absolute meetnauwkeurigheid en de relatieve meetnauwkeurigheid. De relatieve meetnauwkeurigheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetgebied.
- De meetnauwkeurigheid van mechanische sonderingen volgens NEN 3680 is veelal groter dan de toelaatbare meetnauwkeurigheid voor elektrische sonderingen volgens klasse 4.

7.3 Plaats het sondeerapparaat op een afstand van ten minste 1 m van een eerder gemaakte sondering en op een afstand van ten minste 25 maal de boorgatmiddellijn van een eerder gemaakte boring.

#### OPMERKING

Bij kortere afstanden moet rekening worden gehouden met mogelijke beïnvloeding van de metingen.

7.4 Stel het sondeerapparaat verticaal op, de afwijking mag ten hoogste 2° ten opzichte van de verticale as bedragen.

#### OPMERKING

Tijdens het sonderen moet het sondeerapparaat zoveel mogelijk in de beginstand gefixeerd blijven.

# ALTIJD DE ACTUELE NORM IN UW BEZIT HEBBEN?

Nooit meer zoeken in de systemen en uzelf de vraag stellen:  
'Is NEN 5140:1996 nl de laatste versie?'

Via het digitale platform NEN Connect heeft u altijd toegang tot de meest actuele versie van deze norm. Vervallen versies blijven ook beschikbaar. **U en uw collega's** kunnen de norm via NEN Connect makkelijk raadplagen, online en offline.

Kies voor slimmer werken en bekijk onze mogelijkheden op [www.nenconnect.nl](http://www.nenconnect.nl).

## Heeft u vragen?

Onze Klantenservice is bereikbaar maandag tot en met vrijdag, van 8.30 tot 17.00 uur.

Telefoon: 015 2 690 391

E-mail: [klantenservice@nen.nl](mailto:klantenservice@nen.nl)

