



**RICHTLIJN**

# Funderingen onder gebouwen

onderzoek en beoordeling van funderingen op houten palen en ondiepe funderingen

Deze uitgave is mede mogelijk gemaakt door een bijdrage van RVO



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland





Figuur 1: Sfeerbeeld panden op palen in Rotterdam (Gemeente Rotterdam)



Figuur 2: Sfeerbeeld panden met ondiepe fundering - Oude Gracht Utrecht (AdP)



Figuur 3: Sfeerbeeld panden op palen in Haarlem (BVL)

# Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting	6
<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1 Achtergrond en verantwoording	7
1.2 Doelstelling	8
1.3 Gebruik van de richtlijn	10
1.4 Beschrijving funderingstypen	10
<b>2. Onderdelen funderingsonderzoek</b>	<b>12</b>
2.1 Basisgegevens- en archiefonderzoek (bureaustudie)	12
2.2 Visuele inspectie pand	14
2.3 Scheefstandsmetingen	17
2.4 Hoogtemetingen	21
2.5 Omgevingsfactoren	23
2.6 Funderingsinspectie	25

<b>3. Beoordeling functioneren fundering</b>	<b>43</b>
3.1 Toetsing draagkracht fundering	43
3.2 Invloed omgevingsfactoren	50
3.3 Beoordeling	50
<b>4. Rapportage</b>	<b>52</b>
4.1 Opbouw en inhoud	52
4.2 Tabelsamenvatting resultaten, facultatief	52
4.3 Geldigheidsduur rapport	53
<b>Bijlage A: Verklarende woordenlijst</b>	<b>54</b>
<b>Bijlage B: Gebruikte normen, publicaties en richtlijnen</b>	<b>65</b>
<b>Bijlage C: Inslaghamers</b>	<b>68</b>
<b>Bijlage D: Bijzondere funderingstypen en historie van de houten paalfundering</b>	<b>69</b>
<b>Bijlage E: Format tabelsamenvatting in rapport houten paalfunderingen</b>	<b>71</b>
<b>Bijlage E2: Format voor tabelsamenvatting in rapport ondiepe funderingen (funderingen op staal)</b>	<b>72</b>

Elk gebouw, elke woning heeft een fundering. In Nederland met zijn slappe bodems is dat vaak een paalfundering, en op hogere gronden een ondiepe fundering zonder palen (op staal genoemd).

Funderingen bij woningen zijn er dan ook in diverse soorten. Al enige jaren blijkt dat de risico's op funderingsschade bij woningen (maar ook overige gebouwen) enorm toeneemt. En als we geen passende maatregelen nemen, nog sterk zal toenemen.

Oorzaken als houtaantasting door schimmels en bacteriën, droogte en bodemdaling, zijn bij veel partijen inmiddels wel bekend, maar hoe dat precies zit en wat precies de risico's zijn, is nog vaak onbekend.

Te vaak zien we ook dat men er – zeker bij weinig of geen schade – vanuit gaat dat de fundering nog prima is. Met alle (financiële en sociale) gevolgen van dien.

Vandaar dat funderingsonderzoek ter plekke vaak noodzakelijk is. Al enige jaren wordt er gewerkt met daarvoor geldende richtlijnen: de laatste twee versies dateren uit 2016 en 2012, een voor onderzoek aan houten paalfunderingen en een voor onderzoek bij ondiepe funderingen.

Deze richtlijnen zijn destijds opgesteld vanuit de brancheorganisatie F30. Inmiddels is deze organisatie opgeheven en als Platform Funderingsonderzoek bij het KCAF ondergebracht. Dit Platform heeft, samen met diverse partijen gewerkt aan een actualisatie van de richtlijnen, resulterend in de voorliggende nieuwe Richtlijn.

Ik vertrouw erop dat deze richtlijn een belangrijke bijdrage zal leveren aan de



Figuur 4: Sfeerbeeld verzakte gevel Overschie (Gemeente Rotterdam)

kwaliteit van het funderingsonderzoek en indirect aan de noodzakelijke aanpak van de problematiek.

We moeten niet vergeten dat van de 7,8 miljoen woningen er ca. 3,8 miljoen gebouwd zijn voor 1970 en dus of een houten paalfundering heeft of een ondiepe fundering. Recente schattingen bij KCAF geven aan dat 1 miljoen woningen een risico op funderingsschade heeft! Kortom: werk aan de winkel!

Mede namens het KCAF,

Ir. Frank van Lier, dir.



# Samenvatting



Figuur 5: Sfeerbeeld verzakte panden Overschie (Gemeente Rotterdam)

In Nederland staat nog een aanzienlijke aantal gebouwen op houten paalfunderingen of op funderingen die zijn aangelegd voor het ontstaan van de nationale en internationale bouwregelgeving. Veel van deze funderingen zijn ontworpen en gebouwd op basis van ervaring of oude protocollen en voldoen daarmee vaak niet aan de huidige eisen.

Deze richtlijn geeft aanwijzingen voor onderzoek om toch tot een onderbouwing van de stabiliteit van deze funderingen te komen.

In hoofdstuk 2 worden noodzakelijke onderdelen voor funderingsonderzoek opgesomd en het doel, de methode en het resultaat besproken. In de toelichting wordt aanvullende informatie gegeven en geïllustreerd met praktijkervaring.

In hoofdstuk 3 worden de verschillende onderdelen voor de beoordeling besproken en toegelicht waarbij ingegaan wordt op de toetsing van de draagkracht van de funderingsconstructie, het paalhout, het langshout en de geotechniek. De toetsing samen met omgevingsfactoren leidt tot een classificatie in drie kleuren, groen (goed), rood (slecht) en oranje, een tussencategorie.

In hoofdstuk 4 worden aanwijzingen gegeven om tot een standaard rapportage te komen waarin gebruik gemaakt wordt van de woordenlijst (zie bijlage A) en waarin alle onderzoeksonderdelen worden behandeld.

## 1.1 Achtergrond en verantwoording

Op de vele slappe bodems in Nederland is al duizenden jaren gebouwd. Doordat in de tijd de constructies steeds zwaarder werden en er hogere eisen werden gesteld aan de stabiliteit, veranderde de bouwwijze. De draagkracht van de bodem werd verbeterd, het contactvlak met de bodem werd verbreed en houten palen werden toegepast. De eerste houten palen waren kort en verbeterde de draagkracht van de bodem, de latere langere houten palen reikten tot in de stabiele zandlaag. Daar waar de stabiele zandlaag ondiep was werd direct op het zand gebouwd, de zogenaamde ondiepe fundering of fundering op staal. Hierbij werd de eerste stenen rij direct op het zand of op een houten plaat gelegd. Vanaf de tweede helft van de vorige eeuw werden funderingen ontworpen op basis van sonderingen, uitgevoerd in gewapend beton en getoetst aan de bouwregelgeving. De oudere funderingen, in deze richtlijn bestaande funderingen genoemd, zijn gemaakt op basis van oudere protocollen en ervaringsgegevens en maken nog steeds een aanzienlijk deel uit van de huidige bebouwde omgeving. Het gaat hierbij om constructies van enkele decennia oud tot honderden jaren oude monumenten. Dit laat zien dat deze funderingen robuust kunnen zijn en een lange levensduur kunnen hebben. Dit is echter niet altijd het geval en wordt veroorzaakt door een veelheid aan factoren. De gebruikte materialen, het ontwerp en de belasting van de fundering spelen hierbij een rol. Ook de omgevingsfactoren zijn belangrijk zoals het grondwater, de bodemopbouw (Keijer 2015) en de effecten van verdroging door de klimaatverandering en aardbevingen als gevolg van delfstoffenwinning. Het

verouderingsproces van de funderingen is hiermee complex en heeft de afgelopen decennia geleid tot onverwachte problemen. Om een goede voorspelling te kunnen doen over de stabiliteit van een fundering in de toekomst, is het belangrijk om de huidige staat van de funderingsconstructie te kennen en te duiden in relatie tot de balans tussen draagkracht en belasting, maar ook tussen omgevingsfactoren en houtaantasting.

Funderingsonderzoek dat volgens deze richtlijn wordt uitgevoerd, beschouwt al deze invloeden, waardoor met vertrouwen de fundering kan worden gehandhaafd of voor funderingsvernieuwing of sloop kan worden gekozen.

De afgelopen decennia is het doen van funderingsonderzoek steeds meer geprofessionaliseerd. In de jaren negentig van de vorige eeuw kwam een eerste protocol voor het doen van funderingsonderzoek uit. Dit protocol was opgesteld met ondersteuning van de rijksoverheid en het VNG (Werkgroep VROM 2003). Door de ontwikkelingen in het onderzoeksveld is het protocol diverse malen aangepast. De brancheorganisatie F30 (onderzoekers en belanghebbenden van oude funderingen) heeft op basis van het protocol en andere notities voor funderingsonderzoek (Sas 2007, SBR 2007, Gemeentewerken Rotterdam 2008, Amsterdam stadsdeelcentrum 2009, SBR 2009, CROW 2010) een eerste versie van een richtlijn voor houten paalfunderingen en een versie voor funderingen op staal uitgebracht (beide in 2011). In beide documenten werden zoveel mogelijk alle aspecten die een rol spelen in het funderingsonderzoek, beschouwd. Met de opheffing van F30 in 2018 is de enige versie van de richtlijn voor funderingen op staal en de derde druk (2016) van de



Figuur 6: Sfeerbeeld met rechts panden op houten palen en links op staal gefundeerde panden die ooit op hetzelfde niveau gebouwd zijn in Rotterdam (Gemeente Rotterdam)

richtlijn op houten palen overgedragen aan het KCAF.

Om de beschrijving van het funderingsonderzoek te publiceren wordt ook in deze druk vastgehouden aan het Richtlijn-format. De reden hiervoor is dat het meestal gaat om onderzoek aan oude en niet volgens huidige normen ontworpen constructies die in vele opzichten buiten de bestaande regelgeving vallen. Het opstellen en updaten van de richtlijn is daarom steeds gedaan door een interdisciplinair team van wetenschappers en praktijkmensen.

Bij de totstandkoming van deze richtlijn is met een open structuur gewerkt. De richtlijncommissieleden zijn afkomstig van het KCAF platform funderingsonderzoek en aangevuld met mensen die betrokkenheid hebben met funderingsproblematiek vanuit hun werk bij gemeentes, woningbouwvereniging en bouwhistorie.

Vier jaar na de derde druk van de F30-richtlijn bleek actualisatie wenselijk. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de derde druk zijn:

- Combineren van de richtlijnen voor funderingen op staal en funderingen op palen;
- Toevoegen nieuwe onderzoekstechnieken zoals gevelscans en remote sensing;

- Specificeren van het gebruik van houtanalyses bij het beoordelen van het functioneren van een funderingsconstructie;
- Vervangen van het begrip handhavingstermijn door een meer eenduidige een groene, oranje en rode classificatie;
- Aanscherpen wijze van rapportage en toevoegen van een algemene en tabsamenvatting;
- Aanvullen verklarende woordenlijst en illustraties.

De eindversie van de richtlijn is bekrachtigd door het KCAF bestuur.

Op- en aanmerkingen over de inhoud van deze richtlijn kunnen worden gemeld aan het *KCAF platform funderingsonderzoek* en zullen in overweging worden genomen bij toekomstige versies. Klachten over onderzoek dat uitgevoerd is conform deze richtlijn kunnen gemeld worden via de klachtenregeling binnen de KCAF erkenningsregeling ([www.KCAF.nl](http://www.KCAF.nl)).

## 1.2 Doelstelling

Deze richtlijn heeft tot doel de uniformiteit en objectiviteit van het onderzoek aan funderingen onder bebouwing te waarbor-



gen en tot een navolgbare kwaliteitsbeoordeling en toetsing van funderingen in Nederland te komen. Hiertoe zijn beschikbare technieken beschreven voor het uitvoeren van funderingsonderzoek aan gebouwen met een houten paalfundering of met een ondiepe fundering. Ook zijn criteria opgesteld om tot eenduidige benamingen van waarnemingen te komen. Door deskundige weging van alle onder-

zoeksonderdelen kan het functioneren van een funderingsconstructie worden ingeschat. Juist voor funderingen onder bestaande gebouwen die ruim voor de introductie van de huidige regelgeving zijn gerealiseerd, is de huidige regelgeving ongeschikt om als beoordelingsgrondslag voor deze oude constructies te gebruiken. Daarom is de hier gegeven systematiek afwijkend, van deze regelgeving.

### TOELICHTING 1.2 Doelstelling

Voor het beoordelen van het functioneren van een oude fundering is informatie nodig die soms moeilijk te verkrijgen en lastig te interpreteren is. Deze richtlijn geeft eenduidige benamingen voor de waarnemingen van de verschillende onderzoeksonderdelen. Met gebruik van deze onderzoeksonderdelen kan een objectieve analyse worden uitgevoerd om tot een beoordeling van een fundering te komen. Een deel van de informatie is direct toetsbaar aan geldende normen. Een ander deel echter niet omdat deze funderingsconstructies aangelegd zijn in een periode dat er nog geen regelgeving en toetsing bestond. Op basis van het Bouwbesluit 2012 voldoet een oude fundering vaak niet en een beoordeling volgens het Bouwbesluit leidt dan te snel tot afkeuring, terwijl uit ervaring is gebleken dat in goede staat verkerende funderingen nog een aanzienlijke termijn goed kunnen functioneren. De theorie van het Bouwbesluit is hierdoor niet goed bruikbaar in de praktijk van bijvoorbeeld houten paalfunderingen. Belangrijke oorzaken voor de te negatieve toetsing bij gebruik van het Bouwbesluit zijn:

- Funderingen van vóór 1950 zijn empirisch ontworpen. Er werden nog geen sonderingen uitgevoerd en geotechnische berekeningen van de draagkracht gemaakt. Bij paalfunderingen werd de benodigde paallengte en de paal draagkracht vastgesteld door middel van proefheien. Hierbij werd de eindkalendering (zakking in cm bij 30 slagen) en een van de Hollandse heiformules gebruikt. Er werden geen proefbelastingen uitgevoerd (Wattjes 1922).
- Er werd vroeger geen rekening gehouden met het optreden van negatieve kleefbelasting bij paalfunderingen. Pas vanaf de jaren 50 van de vorige eeuw is men begonnen met het toekennen van een geschatte negatieve kleefbelasting.
- De gebrekkige rekenkundige onderbouwing heeft tot gevolg dat houten paalfunderingen vaak doorgaande zakking vertonen, hetgeen moeilijk verenigbaar is met de huidige normen. Bij invoering van nieuwe normen is om normalisatieredenen vaak de sterkte van een houten paalfundering rekentechnisch verlaagd. Bij de invoering van de geotechnische normen in 1991 (NEN 6740, NEN 6743 en NEN 6744) verdween voor de draagkrachtberekening het verschil bij de partiële onzekerheidsfactor voor hout (1,25) en andere materialen (1,4) zoals dit daarvoor werd gehanteerd door de RFG. Hierdoor werd de berekende draagkracht van houten palen 11% lager. Bij de omzetting van de houtnorm NEN 6760 naar Eurocode 5 veranderde de modificatiefactor van 0,6 naar 0,5 en de materiaalfactor van 1,2 naar 1,3 waardoor de rekenwaarde (van de draagkracht) 25% lager werd. Bij de invoering van de NEN9997-1 is opnieuw sprake van een verlaging van het paal draagvermogen van de punt met 30%.

### 1.3 Gebruik van de richtlijn

In hoofdstuk 2 van deze richtlijn zijn de onderdelen van een funderingsonderzoek uitgewerkt. Per onderdeel is aangegeven hoe deze moet worden uitgevoerd, hoe over het onderdeel dient te worden gerapporteerd en welke benamingen daarbij gebruikt moeten worden. Door deze aanpak is uniformiteit en standaardisatie van terminologie op de onderzoeks-onderdelen georganiseerd.

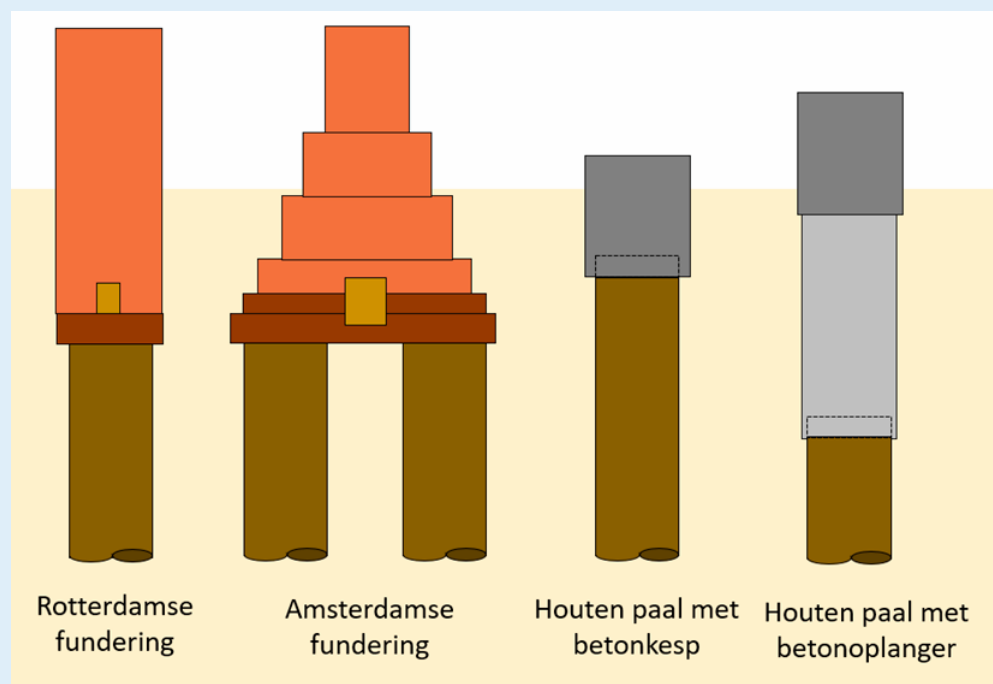
De richtlijn bevat de onderdelen om te kunnen beoordelen of een fundering nu en in de toekomst nog functioneert. Hierbij dient de richtlijn als onderzoeksopzet en is het afwerken van alle onderdelen van de richtlijn in veel gevallen voldoende.

De onderdelen van de richtlijn kunnen ook als basis gebruikt worden voor specifiekere

vraagstellingen, zoals die op wijkniveau waarbij vaak het onderzoek in fases wordt uitgevoerd en wordt gewerkt van grof naar fijn. Hierbij kan specifiek grondwateronderzoek zinvol zijn maar deze richtlijn geeft hiervoor geen invulling over de onderzoeksopzet.

### 1.4 Beschrijving funderingstypen

De algemeen voorkomende funderingstypen zijn voor een fundering op palen weergegeven in figuur 7 als tekening. Figuren 8-11 geven hiervan praktijkvoorbeelden. Voor een fundering op staal zijn in de figuren 12 en 13 ook twee algemene typen gegeven: een gemetselde fundering met versnijding en een betonnen strokenfundering.



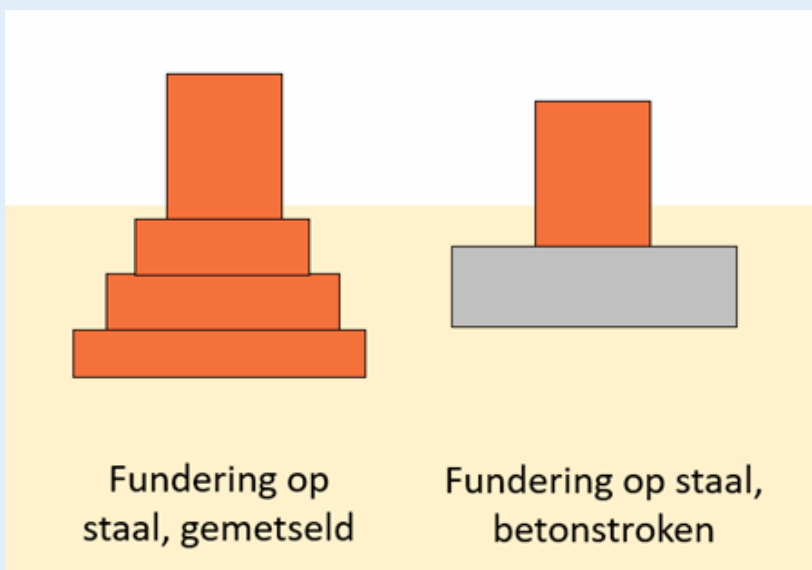
Figuur 7: Funderingstypen in Nederland, A: Rotterdamse fundering, B: Amsterdamse fundering, C: houten paalfundering onder een betonbalk, D: houten paalfundering met betonopzetter (tekeningen KCAF)



Figuur 8 en 9: Links funderingstype A: Rotterdamse fundering en rechts funderingstype B: Amsterdamse fundering (Fugro)



Figuur 10 en 11: Links funderingstype C: houten paalfundering onder een beton balk en rechts funderingstype D: houten paalfundering met betonopzetter (Fugro)



Figuur 12 en 13: Fundering op staal, links gemetselde fundering met versnijding; rechts betonnen strokenfundering (KCAF)

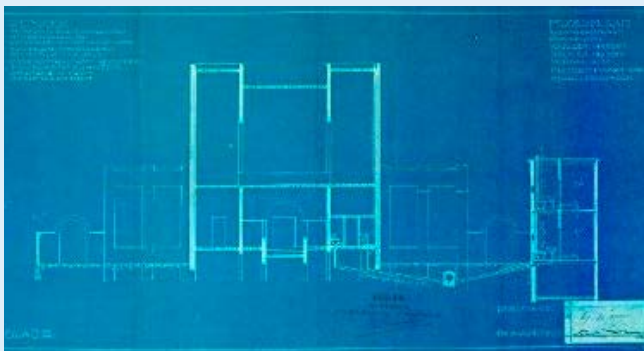


## 2. Onderdelen funderingsonderzoek

In dit hoofdstuk worden de relevante meetmethodieken voor het doen van funderingsonderzoek beschreven en voor de resultaten worden zoveel mogelijk standaard benamingen opgegeven.

### 2.1 Basisgegevens- en archiefonderzoek (bureaustudie)

- Doel:** in kaart brengen identiteit pand en de van toepassing zijnde “kaders en status” door het verzamelen van beschikbare relevante informatie over het casco, de fundering, andere bouwkundige elementen (inclusief eventueel belendende panden) en over de bodemopbouw en de grondwatersituatie ter plaatse.
- Methode:** gegevens (zie toelichting) verzamelen uit openbare bronnen en archieven.
- Resultaat:** opsomming relevant materiaal met bronvermelding; conclusies op basis van het verzameld materiaal; specifiek bij het ontbreken van bodem- en grondwatergegevens is de noodzaak aangegeven of deze via onderzoek alsnog verkregen moeten worden.



**Figuur 14:** Archiefstukken kunnen informatie geven over toegepaste funderingstypen: op deze blauwdruk is te zien dat een deel van het gebouw gefundeerd is op palen, terwijl het rechterdeel geen paalfundering heeft (blauwdruk Museum Kam – Nijmegen, 1920)



**Figuur 15:** Archeologische resten kunnen gevonden worden onder of tussen een funderingsconstructie en vraagt om aanpassing van de onderzoeksstrategie

### TOELICHTING 2.1 basisgegevens- en archiefonderzoek (bureaustudie)

Het onderzoek naar basisgegevens brengt de identiteit van het pand in kaart en de factoren die van invloed kunnen zijn op het funderingsonderzoek en de adviezen in relatie tot vervolgstappen en herstel. Onderstaande punten worden daarbij minimaal behandeld:

1. Adres en gemeente;
2. Het archiefonderzoek (bebouwing en ondergrond) wordt gedaan door een ter zake deskundige onderzoeker die in staat is (oude) bouwtekeningen (figuur 14) te interpreteren. Bronnen voor het archiefonderzoek zijn gemeentelijke bouwarchieven, streek- of stadsarchieven en mogelijk private archieven (zoals van woningbouwverenigingen en adviesbureaus). Hieronder volgt een opsomming van ten minste te beschouwen gegevens:
  - Oprichtingsdatum en oprichtingstekeningen van het pand of bouweenheid en indien noodzakelijk ook van de belendende panden of bouweenheden;
  - Aanlegniveau begane grond vloer (bouwpeil), officieel straatpeil, hoogstgelegen funderingshout of paalkop, palen: palenplan, inheidiepte (heistaat of heiregister, opzichterdagboek), houtsoort, diameter, (werkende) lengte beton oplanger;
  - Langshout / kespren: houtsoort, afmeting;
  - Aanlegdiepte en breedte van de grondplaat en -constructie van een ondiepe fundering;
  - Bodemgegevens: historische (opbouw, ophogingen) en sonderingen en grondboringen;
  - Grondwaterstand gegevens: historische en meetreeksen peilbuizen en mogelijk uitgevoerd onderzoek;
  - Constructieve gegevens: stabiliteit (afmetingen van elementen die de standzekerheid van het pand verzorgen (gevels, binnenmuren en vloeren), opvangconstructies, beschikbare berekeningen);
  - Geotechnische en milieutechnische gegevens van de grond (sonderingen, boringen en grondkwaliteit);
  - Bouwkundige en constructieve wijzigingen na oprichting: vergund en uitgevoerd (notities inspecteur), herstelwerkzaamheden, wat betreft indeling en gebruik (herbestemming, functiewijziging);
  - Gegevens over belendingen en gemeenschappelijke bouwdelen (bouwmuren, funderingen, onderdeel bouweenheid, funderingsherstel, stabiliteitsverbetering);
  - Resultaten eerdere inspecties en onderzoeken;
  - Riooltekeningen en jaar van aanleg (kan in verband met lekkages verklaring zijn voor een lage grondwaterstand).
3. Monumentenstatus pand (rijks, provinciaal, gemeente) (via kadaster en gemeentelijke of provinciale websites);
4. Archeologisch monumentenstatus bodem en archeologische waarden gebied zoals door de gemeente bestempeld (gebruik Archeologische monumenten kaart en indicatieve kaart archeologische waarden, zie bijlage B). Blijkt het gebied of bodem archeologische waarde te hebben, dan wordt contact opgenomen met de gemeente en kan voor de start van het funderingsonderzoek mogelijk tot archeologische inspectieput(ten) besloten worden. Het belang van zowel de archeologische als de historische waarden kunnen leiden tot aanpassing van het funderingsonderzoek en de daaruit volgende adviezen.

## 2.2 Visuele inspectie pand

### 2.2.1 Inpandige inspectie

- Doel:** inventariseren zichtbare aspecten die duiden op verminderd functioneren van de fundering of gewijzigde belastingafdracht naar de fundering.
- Methode:** inpandige inspectie uitvoeren en gebreken vastleggen.
- Resultaat:** fotorapportage van geconstateerde gebreken (inclusief eenduidige weergave van de locatie van de gebreken). Er wordt aangegeven welke schade waarom verband heeft met het functioneren van de fundering.

#### TOELICHTING 2.2.1 Inpandige inspectie

Inspecties worden bij voorkeur uitgevoerd op de begane grond en (indien aanwezig) op kelder- en souterrainniveau. Indien hiervoor aanleiding is (bijvoorbeeld bij uitgevlakte benedenvloer of extreme scheefstand) worden de plafonds gemeten of hogere verdiepingen geïnspecteerd. Speciale aandacht wordt gegeven aan constructieve wijzigingen in het pand of aansluitingen op latere bouwfasen (vergelijking gegevens archiefonderzoek). Bij de inpandige inspectie is het de bedoeling dat een inventarisatie plaatsvindt van signalen die een relatie hebben met de vervormingen van het pand en daarmee met de prestaties van de fundering. Signalen die bijvoorbeeld kunnen worden opgemerkt zijn: actuele en herstelde scheuren, metselwerk dat bol staat of wijkt van kozijnen, scheefstand van onder- en bovendorpels of uit zichzelf open- of dichtvallende deuren. De fotorapportage wordt gemaakt met een reguliere camera's maar een 3D camera kan ook.



Figuur 16: Scheefstaande woning met rechte elementen (Gemeente Rotterdam)



### 2.2.2 Gevelinspecties



Figuur 17: Te inspecteren gevel (BVL)



Figuur 18: Te inspecteren gevel met gerepareerde en bestaande scheuren (AdP)

- Doel:** inventariseren signalen die duiden op verminderd functioneren van de fundering of problemen met belastingafdracht naar de fundering.
- Methode:** gevelschouw uitvoeren en gebreken vastleggen. De scheurgrootte wordt visueel of per scan bepaald (met een meetnauwkeurigheid  $\pm 0,5$  mm).
- Resultaat:** fotorapportage of scans van geconstateerde gebreken (inclusief eenduidige weergave van de locatie van de gebreken). Er wordt aangegeven welke schade waarom verband heeft met het functioneren van de fundering.
- Beoordeling:** breedte van de scheuren wordt volgens tabel 1 benoemd (conform NIVRE).



Figuur 19: Gevelvorming bij een scharnierpand (gemeente Rotterdam)



Figuur 20: Gevel met een scheur als gevolg van schade aan de fundering (BVL)

Tabel 1.

Scheuren	Benaming
Haarscheuren	Zeer klein
0,5 – 1 mm	Klein
1 – 3 mm	Matig
> 3 mm	Groot

### TOELICHTING 2.2.2 Gevelinspecties

Visuele gevelinspecties worden uitgevoerd aan de vrij bereikbare gevels (figuren 17-20). Wanneer het pand deel uitmaakt van een bouwblok, bouweenheid of bouwstream of de bouwmuren gemeenschappelijk zijn met de buurpanden worden ook de gevels van de direct belendende panden geïnspecteerd. Hierbij is extra aandacht voor de onderlinge aansluitingen. Bij de gevelinspectie is het de bedoeling dat een inventarisatie plaatsvindt van signalen die een relatie hebben met de vervormingen van het pand en daarmee met de prestatie van de fundering. Signalen die bijvoorbeeld kunnen worden opgemerkt zijn (herstelde) scheuren (wigvorming bij aansluiting belendingen), oude scheuren (met vervuild breukvlak) of nieuwe scheuren (met schoon breukvlak), metselwerk (bol staan, wijkt van kozijnen), niet haaks zijn van kozijnen (scheefstand van onder- en bovendorpels), deuren en ramen.

Scans ten behoeve van een gevelinspectie (figuur 21) worden uitgevoerd met een 3D scanner waarmee een digitaal beeld (pointcloud) verkregen wordt van de gevel. Op basis van dit digitale beeld kunnen scheuren worden herkend en lintvoegmetingen worden gedaan. Digitale analyse is in ontwikkeling op basis van de pointcloud waarin ieder punt een x, y en z coördinaat heeft in een relatief stelsel op minimaal 2 mm nauwkeurigheid.



Figuur 21: Gevelscan als nieuwe techniek voor gevelinspecties (Zandbergen)

## 2.3 Scheefstandmetingen

### 2.3.1 Lintvoegwaterpassing

**Doel:** vaststellen van de vervormingen aan het pand (gehele pand en rotaties).

**Methode:** inmeten van gevelementen die horizontaal zijn aangelegd door middel van waterpassing (meetnauwkeurigheid  $\pm 2,5$  mm).

**Resultaat:** grafische presentatie van de meting als relatieve zakkingen ten opzichte van het hoogst gemeten punt. Er dient specifiek te worden vermeld welke geveldetails gemeten zijn. De presentatie van de metingen dient grafisch langs de gemeten gevels te worden weergegeven. De onderlinge afstand van de metingen dient gemeten en weergegeven te worden.

**Beoordeling:** de scheefstand wordt volgens tabel 2 benoemd.

Tabel 2.

Rotatie	Schadetypering	Benaming
< 1:300	Geen	Nihil
1:300 tot 1:200	Architectonisch	Klein
1:200 tot 1:100	Architectonisch	Matig
1:100 tot 1: 75	Constructief	Groot
> 1:75	Constructief	Zeer groot



Figuur 22: Rapportage-vorm van een lintvoegwaterpassing (Fugro)



Figuur 23: Lintvoegmeting in de praktijk (gemeente Rotterdam)

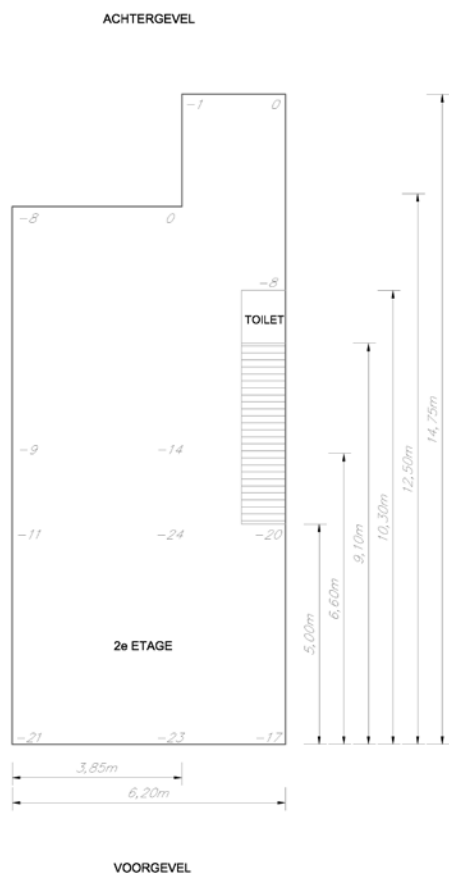


### TOELICHTING 2.3.1 Lintvoegwaterpassing (figuur 22 en 23)

Bij voorkeur wordt een lintvoeg (bovenzijde van de steen) in het metselwerk gemeten rondom de gehele bouweenheid. Bij gepleisterde gevels kan ervoor gekozen worden om bijvoorbeeld de bovenzijde van kozijnen en versnijdingen in het metselwerk in te meten. Hiervan dient duidelijk notitie te worden gemaakt. In geval een pand of bouweenheid aansluit op belendingen ook de lintvoegmeting bij de belendingen uitvoeren bij voorkeur aan twee panden aan weerszijden, om zodoende de zakkingen in samenhang te kunnen beoordelen. Bij middelgrote bouweenheden moet worden overwogen de lintvoegwaterpassing bij de hele bouweenheid uit te voeren. Bij voorkeur de meting op die locaties uitvoeren waar de bovenbouw afdraagt op de fundering. Om de rotatie te kunnen bepalen dient de onderlinge afstand van de meetpunten binnen één lintvoegwaterpassing steeds te worden gerapporteerd. De nauwkeurigheid van de meting is beperkt tot circa  $\pm 2.5$  mm als gevolg van maatafwijkingen in stenen en het metselproces en de meetmethode. De gemeten vervormingen geven uitsluitend een beeld van de vervormingen over de periode tussen de meting en de oprichting van het metselwerk. Uitgangspunt is dat de lintvoegen horizontaal zijn aangelegd. De lintvoegwaterpassing is, vanwege de meetonnauwkeurigheid, niet geschikt om actuele zakkingsnelheden vast te stellen. Uit de zakkingsverschillen en de afstanden tussen de meetpunten kan worden herleid in welke mate het metselwerk van de gevels vervormd is. Bij welke rotaties scheurvorming begint op te treden, is afhankelijk van de geometrie en de samenhang van de constructie, de gebruikte bouwmaterialen en het tijdsverloop van de zakkingsverschillen. Architectonische schade is schade die zichtbaar is maar de constructie niet negatief beïnvloedt, constructieve schade doet dit wel.

### 2.3.2 Vloerwaterpassing

- Doel:** vaststellen scheefstand van gefundeerde muren.
- Methode:** bepalen welke vloervelden de originele vervormingen weergeven. Inmeten van vloeren nabij de balkopleggingen in een gefundeerde muur ten opzichte van een horizontaal vlak. De meting wordt middels een waterpassing uitgevoerd (meetnauwkeurigheid  $\pm 5$  mm).
- Resultaat:** grafische presentatie van meetwaarden omgerekend naar zakking ten opzichte van het hoogste punt van het vloerveld. De locatie van de meting op het vloerveld dient eenduidig te worden aangegeven. De representativiteit van de meting voor de originele vervormingen moet worden aangegeven.
- Beoordeling:** de scheefstand en zakkingsverschillen worden volgens tabel 2 benoemd.



Figuur 24: Rapportage-vorm van een vloerwaterpassing (Fugro)



Figuur 25: Vloerwaterpassing (gemeente Rotterdam)

### TOELICHTING 2.3.2 Vloerwaterpassing (figuur 24 en 25)

Deze metingen worden vaak uitgevoerd bij vloervelden waarvan verwacht mag worden dat de originele balklaag wordt gemeten (bij voorkeur op de 1ste etage). Bij een vloerveldmeting wordt het niveauverschil van de vloer ter plaatse van de balkopleggingen in de bouwmuren op een regelmatig verspreid aantal punten gemeten. De aanwezigheid van mogelijk verschillende vloerafwerkingen vereist aandacht bij de uitvoering van de metingen en mogelijke correcties van de meetwaarden. Per vloerveld moet de afwijking ten opzichte van één horizontaal vlak worden gemeten. Maatafwijkingen in vloerafwerking beperken de meetnauwkeurigheid. Bij de presentatie van de meetgegevens dient het doel (de vervorming van de bouwmuren en gevels) in het oog te worden gehouden. Waar nodig zullen de meetgegevens van de verschillende vloervelden in samenhang dienen te worden beoordeeld.

Wanneer het vermoeden bestaat dat de vloeren zijn uitgevlakt of recht gelegd kan worden overwogen het plafond te meten.

Met een minimum van 5 meetpunten bij de voorgevel is de aanbevolen afstand tussen de meetpunten:

- (vloer)oppervlakte begane grond gebouw minder dan 50 m<sup>2</sup>: 2,5 meter;
- (vloer)oppervlakte begane grond gebouw meer dan 50 m<sup>2</sup>: 5 meter.

### 2.3.3 Loodmeting

**Doel:** vaststellen voor- of achteroverhellen van de gevel.

**Methode:** de gevelstandmeting kan worden uitgevoerd met een theodoliet, tachymeter of oploodinstrument (meetnauwkeurigheid  $\pm 10$  mm) en maakt de helling van een gevel ten opzichte van de verticaal inzichtelijk.

**Resultaat:** presentatie van meetwaarden over de hoogte van de gevel. De methode en de locatie van de meting op de gevel dienen eenduidig te worden aangegeven.

**Beoordeling:** de scheefstand uit de verticaal wordt volgens tabel 2 benoemd.

#### TOELICHTING 2.3.3 Loodmeting (figuur 26 en 27)

Deze meting wordt vaak uitgevoerd met een hiervoor geschikt waterpasoestel. Hierbij wordt met de afleesdraden en projectie op markante geveldelen, de onderlinge verticale afwijking vastgesteld. De nauwkeurigheid van deze meting is afhankelijk van hoogte van de gevel en de afstand tot het waterpasoestel. Afwijkingen van circa  $\pm 10$  mm zijn te verwachten. Indien de gevel hiervoor bereikbaar is kan bij helling voorover ook een meting met een schietlood of een lange waterpas (circa 2 m) worden uitgevoerd.



Figuur 26: Schietloodmeting (BVL)



Figuur 27: Loodmeting (BVL)



## 2.4 Hoogtemetingen

### 2.4.1 Peilmaatmeting

**Doel:** relateren historisch bouwpeil met actuele hoogte bouwpeil.

**Methode:** het vastleggen van bovenkant begane grondvloer ten opzichte van NAP door middel van een waterpassing (meetnauwkeurigheid  $\pm 5$  mm). Als een hoogte ten opzichte van NAP bekend is uit de archiefstukken kan hiermee een globale absolute zakking worden bepaald.

**Resultaat:** een afgeleide absolute zakking van de constructie. In de rapportage dient de herkomst van het historisch bouwpeil te zijn beschreven.

**Beoordeling:** er is geen benaming voor de mate van zakking voorhanden.

#### TOELICHTING 2.4.1 Peilmaatmeting (figuur 28 en 29)

Een geringe absolute zakking is een indicatie voor een goede geotechnische draagkracht. Bij de beoordeling moet worden bedacht dat bouwpeilen tijdens de uitvoering kunnen zijn aangepast, dat NAP hoogten in de loop van de tijd zijn aangepast en het vloerpeil kan zijn gewijzigd.



Figuur 28: Peilmaat op kozijndorpel voordeur (Fugro)



Figuur 29: Hoogtemeting NKW-Bout met Invar-baak (Fugro)

## 2.4.2 Zakking

**Doel:** vaststellen zakkingsnelheid van een constructie.

**Methode:** door middel van het herhaald meten van meetpunten met een precisie waterpasinstrument en een speciaal temperatuurongevoelige baak, vaststellen van beweging van die vaste meetpunten. Vaste meetpunten worden krimprij aan de constructie vastgemaakt en met een hoge nauwkeurigheid ten opzichte van een vast referentiepunt ingemeten. Herhalingsmetingen geven informatie over de zakking van de constructie. De nauwkeurigheid van de metingen dient van ieder punt aantoonbaar binnen de range  $\pm 0,5$  mm te vallen.

**Resultaat:** zakking van meetpunten (met duidelijke plaatsbepaling) over een bepaalde meetperiode en omgerekend naar zakking per jaar. Bij meerdere metingen van eenzelfde meetpunt dient naast de maximale zakking per jaar ook grafisch de zakking in de tijd te worden weergegeven.

**Beoordeling:** beoordeling van de zakkingsnelheid wordt gedaan volgens tabel 3.

Tabel 3.

Zakking [mm/jaar]	Benaming
tot 0,5	Nihil
0,5 tot 2	Klein
2 tot 3	Matig
3 tot 4	Groot
> 4	Zeer groot



Figuur 30: Remote sensing techniek (Zandbergen)

### TOELICHTING 2.4.2 Zakking

#### Nauwkeurigheidswaterpassing

Vaste meetpunten (bijvoorbeeld ingelijmde roestvast stalen of messing meetbouten in gevels of andere dragende muren) worden ingemeten (nulmeting) ten opzichte van referentiemeetpunten (in nabijgelegen niet aan zakking onderhevige constructies). De intensiteit van de metingen zal afhankelijk zijn van de vraagstelling. Voor beheer van onroerend goed is bijvoorbeeld een jaarlijkse cyclus gebruikelijk. Wordt bij een onderzoek een mogelijk instabiele situatie verwacht dan kunnen de metingen frequenter worden uitgevoerd (bijvoorbeeld metingen om de 3 - 6 maanden). Bij bepaling van de invloed van nabijgelegen bouwactiviteiten op de zakking wordt vaak volgens een, met de verschillende bouwfasen meelopend schema, gemeten. Bij de interpretatie van de data zal rekening gehouden moeten worden met de meetnauwkeurigheid die vooral beperkend is bij korte meetintervallen (< 3 maanden) en geringe verplaatsingen.

Hoogteverschillen kunnen ook via satellietmetingen in kaart worden gebracht. Via de Remote sensing techniek, InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar, figuur 30) die ingezet wordt om zakkings van objecten te meten, voor zowel kleine gebieden (straten en buurten) als grote gebieden (zoals gemeentes). Specialistische bedrijven voeren InSAR analyses uit. Het aardoppervlak wordt hierbij gemeten en door tijdsopvolgende registraties kan op millimeter nauwkeurige bewegingen van het aardoppervlak over de tijd in kaart worden gebracht. Tussen de periodes van registratie zit 5 tot 24 dagen (afhankelijk van de databron). Door meetpunten binnen de contouren van een bouweenheid in de tijd te volgen kan de gemiddelde relatieve zakkingsnelheid (mm/jaar) per pand worden bepaald. Het voordeel ten opzichte van de nauwkeurigheidswaterpassing is dat zakking bepaald wordt zonder direct contact met het object en in de tijd kan worden teruggekeken. De techniek wordt al wel gebruikt in de funderingswereld maar zal in de komende jaren nog verder ontwikkeld moeten worden voor onder andere een grotere nauwkeurigheid.

#### Opmerking voor ondiepe funderingen:

Bij de beoordeling van de zakkingsnelheden volgens tabel 3 betreft dit voor ondiepe funderingen de zakkingsnelheid van de fundering ten opzichte van de omgeving (maaiveld). De zakkingsnelheid van de omgeving zal zodoende verdisconteerd dienen te worden in de totaalzakkingsmeting.

## 2.5 Omgevingsfactoren

- Doel:** verkrijgen van informatie over de directe omgevingsfactoren die van belang kunnen zijn voor het functioneren van de funderingsconstructie.
- Methode:** visuele inspectie van de locatie.
- Resultaat:** de waarnemingen worden schriftelijk en fotografisch vastgelegd en wanneer een verband wordt verondersteld met het functioneren van de fundering dan wordt hiervan expliciet melding gemaakt.





Figuur 31: Grondwaterstandsmeting in een vast buis (Gemeente Rotterdam)



Figuur 32: Inspectieput met peilbuis voor latere lokale grondwaterstandsmeting (Aveco de Bondt)

### TOELICHTING 2.5 Omgevingsfactoren

De visuele inspectie van de locatie wordt uitgevoerd met in achtneming van de voorinformatie uit het archiefonderzoek. Belangrijke aspecten om op te letten zijn:

- grondwaterstand en -variëaties in de tijd;
- belendende nieuwbouw;
- effecten van herprofilering straat;
- effecten van straatophoging;
- zakking ten opzichte van straatniveau;
- verzakte bestrating;
- verplaatsingsmeting van het totale pand;
- grondwerk (bv bouwputten);
- bodemsaneringen;
- grote bomen (leiden plaatselijk en periodiek tot grondwaterstandverlaging)
- openwaterpeilen.

Uit dit soort waarnemingen kunnen aanwijzingen in de directe omgeving van het pand of bouweenheid gevonden worden die invloed hebben of hebben gehad op het functioneren van de fundering.

De grondwatersituatie ter plaatse van de fundering kan bepalend zijn voor de kwaliteit van de fundering. Echter de dynamiek van het grondwatersysteem in de stad laat zich meestal alleen na intensieve metingen vaststellen. Langjarige grondwatermeetreeksen die uit de directe omgeving van het te onderzoeken pand, beschikbaar zijn bijvoorbeeld via (gemeentelijke) peilbuizen (figuur 31), kunnen van toegevoegde waarde voor het funderingsonderzoek zijn. Echter voor het inschatten van de paalkop-waterdekking zijn gegevens nodig uit peilbuizen direct aan de gevelmuur ter plaatse van de inspectie (figuur 32 en 42).

Reconstructies van de variatie in grondwaterstanden in het verleden en voorspelling ervan in de toekomst kan alleen op basis van specifiek onderzoek.

Verplaatsingsmetingen zijn belangrijk voor panden nabij dijklichamen of bij grote niveauverschillen tussen voortuin en achtertuin. Deze metingen geven inzicht in het risico op afschuiven (horizontale verplaatsing) van de boven-constructie van de fundering.

## 2.6 Funderingsinspectie

Inspectie van de funderingsconstructie wordt uitgevoerd op een voor de fundering representatieve plaats om inzicht te krijgen in het functioneren van de funderingsconstructie en de mate van veroudering van het funderingsmateriaal die heeft plaats gevonden. Het aantal inspectieputten en de plaats waar deze gegraven moeten worden, wordt bepaald op basis van het basisgegevens- en archiefonderzoek, de waterpassingen en de visuele beoordeling van het casco. Representatieve plaatsen zijn die plaatsen waar de meeste zakking plaats heeft gevonden en/of waar sprake is van funderingsgerelateerde scheurvorming en waar het risico op funderingsschade het grootst is. Hiervoor worden lintvoeg- en vloerwaterpassing, schade inventarisatie, informatie over de bodemopbouw en grondwaterstandsgegevens gebruikt. De funderingsinspectie(s) wordt bij voorkeur uitgevoerd bij een maatgevende bouwmuur.

Tabel 4 geeft richting voor het minimaal aantal inspectieputten per bouweenheid. De onderlinge afstand van inspectieputten zal hierbij niet groter zijn 25 meter.

Tabel 4.

Omschrijving	Aantal putten
Bouweenheid tot en met 3 panden	1
Bouweenheid > 3 panden	2

### 2.6.1 Ontgraving

**Doel:** het in beeld brengen van de funderingsconstructie onder maaiveld.

**Methode:** het conform de geldende regels vrijgraven van de fundering en het zo nodig tijdelijk afvoeren van grondwater. Voorafgaand aan de ontgraving wordt de milieukundige kwaliteit van de bodem vastgesteld.

**Resultaat:** een veilige en verantwoorde inspectieput waarin metingen kunnen worden verricht en houtmonsters kunnen worden genomen. Het resultaat van het milieukundig bodemonderzoek wordt opgenomen in de rapportage.



Figuur 33: Bronbemaling ten behoeve van een funderingsinspectie (BVL)



Figuur 34: Graafwerk ten behoeve van een funderingsinspectie (BVL)

### TOELICHTING 2.6.1 Ontgraving (figuur 33, 34, 35 en 36)

Voorafgaand aan de ontgraving is het wettelijk noodzakelijk om bodemonderzoek te verrichten. Conform de Arbeidsomstandighedenwet (veiligheid voor de inspecteurs) en de Wet Bodembescherming (werken in verontreinigde grond) moet de bodemkwaliteit op de graaflocatie bekend zijn.

Om hieraan te kunnen voldoen wordt eerst een historisch en archeologisch vooronderzoek uitgevoerd, gericht op de bodemkwaliteit en historische activiteiten op en nabij de graaflocatie (dit kan aanvullend zijn op 2.2 Archiefonderzoek). Uit dit vooronderzoek wordt geconcludeerd of voldoende gegevens bekend zijn om vast te stellen:

- Welke meldingen gedaan moeten worden in het kader van de Wet Bodembescherming, en als aanwezig in het kader van lokaal bodembeleid;
- Welke maatregelen getroffen moeten worden in het kader van de Arbeidsomstandighedenwet en conform CROW400.

Als het vóóronderzoek onvoldoende inzicht biedt in de lokale bodemkwaliteit, is een milieuhygiënisch bodemonderzoek verplicht. Bodemonderzoek wordt uitgevoerd onder de BRL2000 certificering.

Een ontgraving van de fundering kan zowel aan de buitenzijde als inpandig plaatsvinden. Veiligheid bij de ontgraving is belangrijk en moet een toegankelijke inspectieruimte opleveren. Met betrekking, tot de veiligheid wordt verwezen naar Arbo-informatieblad 5 "Besloten ruimten", Arbo-informatieblad 22 "Werken met verontreinigde grond" en P-blad 25 "Putten en sleuven". Bij de ontgraving moet men zich houden aan de wetgeving met betrekking tot graafwerkzaamheden in de openbare ruimte (klic melding, ingraafmelding gemeente, regeling kabels en leidingen grondroerders, Veiligheids- en Gezondheidsplan, milieutechnische regelgeving).



Figuur 35: Fundering op staal put boerderij Midden-Delfland (BVL Bouwadvies)



Figuur 36: Fundering op palen put (Fugro)

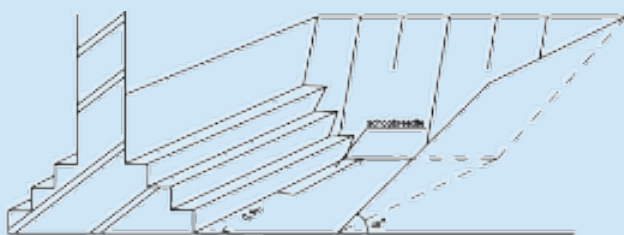


### Bij houten palen

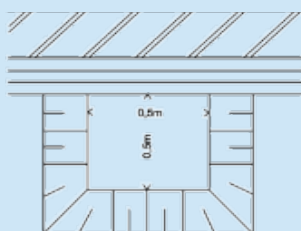
Als een houten paalfundering wordt aangetroffen zal om een goede inspectie te kunnen uitvoeren ter hoogte van de bovenkant van het funderingshout de put minstens 0,7 m breed moeten zijn en de paalkoppen minstens 0,4 m zijn vrij gegraven. Het aantal te inspecteren palen per inspectieput is locatie-afhankelijk. Bij panden of bouweenheden met meer dan drie bouwlagen worden minimaal drie palen (Rotterdamse fundering) of drie jukken (Amsterdamse fundering) voor onderzoek blootgelegd. Bij lagere bebouwing kan worden volstaan met twee jukken dan wel twee palen. In dat geval dient aan beide zijden van de palen (paaljukken) de afstand tot de volgende paal (juk) bepaald te worden. Het totaal geïnspecteerde palen van een te onderzoeken heiwerk dient minimaal 3% te zijn. De funderingsconstructie dient schoon (vrij van vuil en grond) te worden gemaakt alvorens met de inspectiewerkzaamheden wordt begonnen.

### Bij fundering op staal

Anders dan bij een houten paalfundering dient bij een ondiepe fundering de afmeting van de bodem van de funderingsinspectieput beperkt te blijven tot ca.  $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$  op het aanlegniveau (zie figuur 35 en 36) om een afname van het bodemdraagvermogen te beperken/voorkomen. Om de breedte van de ontgraving op maaiveldniveau te beperken, kan een grondkerende constructie wenselijk zijn. De noodzaak hiertoe is afhankelijk van de diepte van de ontgraving, de bodemgesteldheid en grondwaterstand. Bij de ontgraving moet voorkomen worden dat de grond onder of nabij de funderingsaanleg wegspoelt of afkalft (zie ook EUROCODE 7). De ontgraving mag niet dieper zijn dan het aanlegniveau van de fundering. Om toch inzicht te verkrijgen in wat zich bevindt onder de fundering, kan steekproefsgewijs (maximaal een schopbreedte) onder het funderingsniveau worden gegraven. Na afloop van de inspectie moet bodemmateriaal wat eventueel onder de fundering is verwijderd in omgekeerde volgorde terug worden gebracht waarbij een dichtheid vergelijkbaar met de oorspronkelijke situatie gerealiseerd wordt. Om een goede inspectie te kunnen uitvoeren wordt de funderingsconstructie schoon (vrij van vuil en grond) gemaakt voor de inspectie.



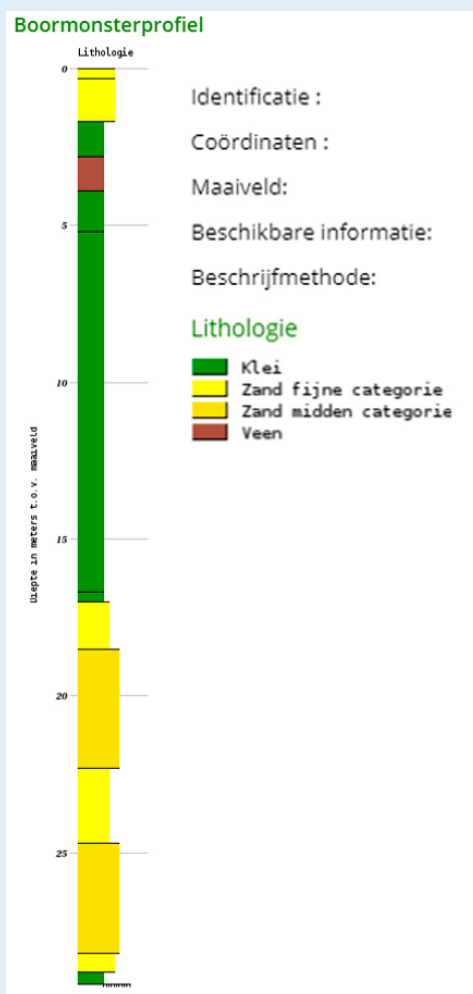
Figuur 37: Beperkte breedte inspectieput bij een ondiepe fundering



Figuur 38: Beperkte breedte inspectieput bij een ondiepe fundering

### 2.6.2 Identificatie bodemmateriaal

- Doel:** eenduidige omschrijving van bodemprofiel bij een funderingsdetail vanaf maaiveld tot 1 meter onder het bovenste funderingshout.
- Methode:** beschrijving bodemprofiel met opmerkingen over eventueel aanwezige bodemvreemde stoffen.
- Resultaat:** eenduidige grafische weergave van het bodemprofiel op basis van visuele waarnemingen.



Figuur 39: Boorprofiel bodem (FUGRO)

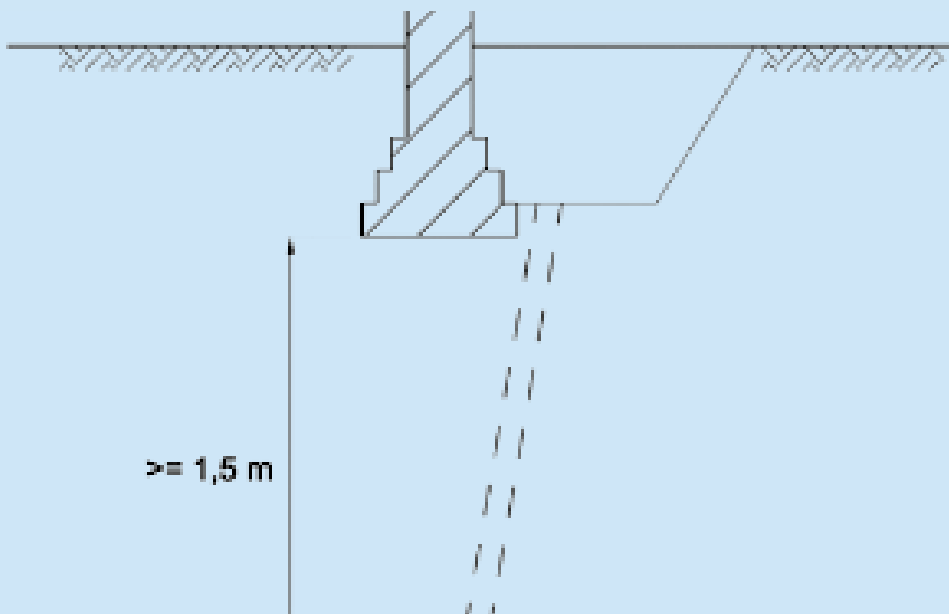


Figuur 40: Kwaliteit metselwerk en meting met inslaghamer (Fugro)

### TOELICHTING 2.6.2. Identificatie bodemmateriaal

Bij de beschrijving van het bodemprofiel kan gebruik worden gemaakt van de definities uit NEN-EN-ISO 14688-1. Als de onderzijde van de ophoog-laag dieper ligt dan 1 m onder het bovenste funderingshout, dan heeft het de voorkeur om de beschrijving van het bodemprofiel dieper door te zetten. Het bodemprofiel kan verder vrij gegraven worden of er kan een grondboring worden verricht. Bodemvreemde stoffen als puin, asfalt of slakken dienen eveneens in de beschrijving van het bodemprofiel te zijn opgenomen. Het maaiveldniveau en de laagscheidingen moeten worden ingemeten ten opzichte van NAP.

Op basis van archiefonderzoek kan worden nagegaan of er mogelijk samendrukbare lagen onder de fundering te verwachten zijn (figuur 39). Het is aan te bevelen om bij ondiepe funderingen een handboring of handsondering uit te voeren tot minimaal 1,5 meter onder de funderingsaanleghoogte (zie figuur 41), om te onderzoeken of een samendrukbare laag onder de fundering aanwezig is of dat deze door middel van een grondverbetering kan worden vervangen.



Figuur 41: Boring onder fundering



### 2.6.3 Kwaliteit metselwerk en beton

- Doel:** inzicht krijgen in de kwaliteit van de steenachtige onderdelen van de fundering onder het maaiveld.
- Methode:** visuele inspectie van het steenwerk (zie toelichting) en visuele beoordeling van onderdelen (klinker, voegen, beton) op hardheid en samenhang.
- Resultaat:** de waarnemingen worden schriftelijk en fotografisch vastgelegd waarbij de locatie van scheuren herleidbaar is, zowel ten opzichte van het funderingsdetail als een boven het maaiveld herkenbaar deel van de constructie.
- Beoordeling:** voor de kwalitatieve benaming van metselwerk en beton dient tabel 5 te worden gebruikt.

Tabel 5. Kwalitatieve benaming invloed op functioneren fundering

Beton	Metselwerk	Benaming schade
Hard, geen scheuren of scholvorming	Stenen en voegen hard, geen scheuren	Nihil
Weinig scheuren of scholvorming	Stenen hard, voegen zacht, weinig scheuren	Klein
Scheuren, scholvorming of grindnesten	Stenen en voegen zacht, scheuren	Matig
Ernstige scheuren of scholvorming, corroderende wapening zichtbaar	Losse en verbrokkelde stenen, ernstige scheuren	Groot



Figuur 42: Metselwerk bij een paalfundering en peilbuis voor lokale grondwaterstandsmeting (Aveco de Bondt)



Figuur 43: Metselwerk bij een fundering op staal (Fugro)

### TOELICHTING 2.6.3 Kwaliteit metselwerk en beton (figuur 40, 42 en 43)

De staat van het metselwerk en beton in de funderingsconstructie (onder maaiveld) wordt geïnspecteerd om mogelijke verbanden met vervormingen en stabiliteit te kunnen onderbouwen.

Aspecten bij de inspectie van het ontgraven en schoongemaakte muurvlak zijn:

- scheuren (aantal, afmetingen, patroon);
- steensoort en kwaliteit (kwalitatief) van de steen;
- voegen (materiaal (op basis van cement/traskalk/kalk/leem), kwalitatief, hard, zacht, onsamenvastend);
- in geval betonwerk aanwezig is wordt de afmeting opgenomen en het betonwerk kwalitatief geïnspecteerd op dichtheid van het oppervlak, zichtbaarheid en corrosie van wapeningstaal.

Bij de beoordeling kan gebruik worden gemaakt van NEN 772-1.

Indien de opbouw van de funderingsconstructie niet zeker is, kan aanvullend onderzoek aan het metselwerk en mortel, bijvoorbeeld op basis van een kernboring, meer duidelijkheid geven.

Oude - meestal dikkere - metselwerkconstructies kunnen zijn uitgevoerd in zogenaamd "kistwerk", waarbij de buitenste constructie bestaat uit metselwerk, gevuld met puin, al dan niet vermengd met mortel. Bij dikkere metselwerkconstructies dient men hierop bedacht te zijn.

Bij de beoordeling van de kwaliteit van de voegen dient men onderscheid te maken in voegwerk dat zich aan de buitenkant van de constructie bevindt en voegwerk dat dieper is gelegen. Bij oude mortels (vaak luchtkalkmortels) kunnen de voegen aan het oppervlak ernstig zijn aangetast door water, wortelgroei en/of ongedierte, maar kan het dieper gelegen metselwerk van betere kwaliteit zijn. Bij de opname van de kwaliteit van de voegmortel dient men dus ook dieper in de constructie onderzoek te plegen.

Deformatie (schade) in funderingsmetselwerk impliceert niet dat de funderingsconstructie slecht functioneert. Het is van belang om te weten of de schade aan het metselwerk recent is opgetreden (bijvoorbeeld door veranderde omstandigheden) of dat de schade al geruime tijd geleden is ontstaan, waarna de fundering zich weer opnieuw heeft "gezet". Monitoring volgens 2.2, 2.3 en 2.4 is daarbij belangrijk, om te kunnen constateren of vervormingen van het bouwwerk actief zijn.

Schade aan ongewapende betonnen funderingen kunnen beoordeeld worden als gemetselde funderingen. Bij gewapende betonnen funderingen wordt de betondekking op de wapening, de betonkwaliteit en de mate van corrosie van de wapening in de beoordeling betrokken (roesten van de wapening leidt tot vervolgschade). De prognose van deze schade dient meegenomen te worden in de beoordeling.

### 2.6.4 Visuele inspectie en het opmeten van de funderingsconstructie

- Doel:** het inzichtelijk maken van de constructieve opbouw van het aangetroffen funderingsdetail waarbij vervormingen en uiterlijke aantasting eveneens overzichtelijk moeten zijn beschreven.
- Methode:** inmeten van de onderdelen (zie toelichting) van de fundering ten opzichte van een referentiepunt. Dit referentiepunt wordt middels een kringwaterpassing met een precisie waterpasinstrument en een baak, met een meetnauwkeurigheid van  $\pm 5$  mm ingemeten vanaf een vast peilmerk ten opzichte van NAP. De afmetingen van de onderdelen worden opgemeten. Voor de vervormingen dient gebruik gemaakt te worden van metingen en detailfoto's van de aangetroffen situatie. Visueel aanwezige aantasting dient te worden beschreven en fotografisch (in kleur) te worden vastgelegd. De grondwaterstand dient ter plaatse en ten tijde van de inspectie bij een houten fundering te worden vastgesteld.
- Resultaat:** een schriftelijke rapportage met de constructieve opbouw van de fundering (in tekeningen op schaal), een fotorapportage (inclusief detailfoto's, van alle zichtbare onderdelen), beschrijving vervormingen (inclusief foto's), beschrijving zichtbare aantasting (inclusief foto's). De grondwaterstand met de datum van meting wordt weergegeven in de rapportage.



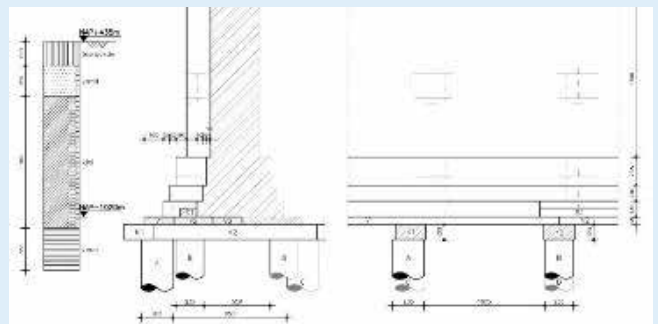
Figuur 44: Houten funderingsconstructie in goede conditie (BVL)



Figuur 45: Houten funderingsconstructie waarbij de paal door het langshout steekt (BVL)



Figuur 46: Krompasser: paal-diameter (BVL)



Figuur 47: Uitgetekende funderingsconstructie (Fugro)

### TOELICHTING 2.6.4 Visuele inspectie en het opmeten van de funderingsconstructie (figuur 44 - 47).

De inspectie heeft tot doel om de detaillering en de staat van het hout, onderdeel uitmakend van de fundering, in beeld te brengen, waarbij onderstaande aspecten worden behandeld:

#### Bij paalfunderingen:

- Paaldiameters;
- Afstanden tussen palen (Rotterdamse fundering) of paaljukken (Amsterdamse fundering);
- Paalafstanden in jukken;
- Stand palen loodrecht gemeten ten opzichte van de buitenkant van het langshout c.q. metselwerk;
- Kesp (afmeting, hoek met lengteas funderingsmuur, uitstekende deel (lengte en bij sterke vervorming of breuk de horizontale stand));
- Langshout (inclusief platen): afmeting;
- Schuifhout: afmeting en controleer bij Rotterdamse fundering op de aanwezigheid van het niet zichtbare schuifhout aan de hand van de onderste laag stenen die dan iets buiten de muur moet steken;
- Metselwerk en/of beton versnijdingen/hoogte en diepte;
- Mate van instorting van de paalkoppen: in het geval dat houten palen direct zijn opgenomen in een betonnen funderingsbalk dient, indien mogelijk, de hoogte van de instorting bepaald te worden;
- Positie van het funderingsdetail ten opzichte van een kenmerkend punt van het pand boven maaiveld (bv. woningscheidende muur; hoek van het pand);
- Diepteligging funderingshout (inclusief hoogste funderingshout) ten opzichte van NAP;
- Bepaling grondwaterstand ten tijde van de inspectie en ten minste ten opzichte van het bovenste funderingshout bij voorkeur aan zowel de voorzijde als de achterzijde van het object. Hiervoor wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van een peilfilter in de inspectieput of op een zodanige afstand van de put dat een representatieve meting mogelijk is. De grondwaterstand in de peilbuis wordt minimaal één week na plaatsen (conform NEN 5740) gemeten met een peilklokje, peilpieper of digitaal met datalogger/zendapparatuur (meetnauwkeurigheid  $\pm 10$  mm). Door te meten na 7 dagen na sluiten van de inspectieput wordt verondersteld dat het natuurlijk evenwicht tussen bodem en grondwater is hersteld.

Verder kan een globale beschrijving gegeven worden van de volgende aspecten:

- Zichtbare aantasting van het hout;
- Verkleuringen van houten onderdelen;
- Vervorming langshout (platen);
- Mate van inknijping van de kesp;
- Optreden van eventuele indrukking van de palen in de kesp;
- Vervorming kesp tussen de palen;
- Kespbreuk;
- Vermelden van overige bijzonderheden zoals aanwezigheid van spaarbogen, wisselingen in het niveau van de bovenkant van het funderingshout of aanpassingen en reparaties.



### Bij ondiepe funderingen:

- Inmeten van het doorsnedeprofiel (versnijdingen/hoogte) en diepte (ten opzichte van NAP);
- Aangeven positie van het doorsnedeprofiel ten opzichte van een kenmerkend punt van het bouwwerk boven maaiveld;
- Vermelden van bijzonderheden, zoals aanwezigheid van spaarbogen en/of wisselingen van funderingsaanlegniveau;
- Aangeven of grondverbetering is toegepast
- Vermelden van materialen (beton/metselwerk)
- Vermelden van eventuele gebreken;
- Indien horizontaal hout is aangetroffen worden aanvullende metingen verricht:
  - Opname met afmetingen van de houten delen;
  - Globale omschrijving van eventuele aantasting van het hout, eventueel onderzoek met een inslaghamer;
  - Vermelding van verkleuringen van houten onderdelen;
- Aangeven van vervormingen (bijvoorbeeld indrukking of breuk) van de houten delen;
- Bepaling grondwaterstand ten tijde van de inspectie en ten minste ten opzichte van de onderzijde van de fundering, bij voorkeur aan zowel de voorzijde als de achterzijde van het te onderzoeken object.

### Vastleggen aangetroffen situatie (fotografisch, tekeningen)

- Eén overzichtsfoto van de gehele inspectieput;
- Situatietekening (bovenaanzicht, doorsnede, vooraanzicht) met en zonder vervormingen getekend;
- Voor paalfunderingen:
  - bij een enkele palenrij minimaal twee detailfoto's per paal, waarbij de aansluiting met het bovenliggende langshout vanaf beide zijden zichtbaar is; bij een dubbele palenrij of bij paaljukken minimaal twee detailfoto's per paaljuk, waarbij de aansluiting met de bovenliggende kesp en langshout vanaf beide zijden zichtbaar is;
  - bij een gebroken kesp, een foto van de breuk;
  - detailfoto's van gebreken (zoals gebroken of sterk vervormde funderingsdelen; scheve of buiten het metselwerk staande palen);
- Voor ondiepe funderingen: geen verdere aanvullingen.

## 2.6.5 Kwaliteit hout

De beoordeling van de kwaliteit van het hout bestaat uit drie onderdelen. Een visuele beoordeling zoals aangegeven in § 2.6.4, bepaling van de dikte van de zachte schil zoals aangegeven in § 2.6.5.1. In paragraaf 2.6.5.2 wordt de noodzaak vastgesteld om de oorzaak en uitbreiding van de houtaantasting te kennen, § 2.6.5.3 beschrijft de houtmonstername en § 2.6.5.4 beschrijft het houttechnisch laboratoriumonderzoek.

### 2.6.5.1 *Bepaling van de dikte van de zachte schil van de houten funderingsconstructie*

- Doel:** vaststellen dikte zachte schil.
- Methode:** de metingen worden uitgevoerd met een gekalibreerde inslaghamer en uitgelezen in millimeters (afleesnauwkeurigheid  $\pm 2$  mm). Alle zichtbare houten funderingselementen worden gemeten (zie toelichting).
- Resultaat:** alle individuele metingen en de gemiddelden per meetring worden gerapporteerd. Afwijkingen in meetlocaties worden toegelicht.



Figuur 48: Meting met inslaghamer (bij niet verontreinigde grond) (BVL)

### TOELICHTING 2.6.5.1 Bepaling van de dikte van de zachte schil van het hout (figuur 40 en 48)

Inslaghamers zijn speciaal ontwikkeld voor funderingsonderzoek. In bijlage C is een specificatie over de “inslaghamers” en informatie over de kalibratie opgenomen. De metingen worden gedaan met een gekalibreerde inslaghamer en het identificatienummer van het apparaat wordt in het rapport vermeld. Bij heipalen zijn de inslagmetingen bedoeld om de zogenaamde zachte schil vast te stellen en bij het gezaagde hout zijn de metingen bedoeld om een indruk van de aantasting te krijgen. Wijze van meten:

- Houten palen worden op circa 15 cm onder langshout/kesp / betonbalk minimaal driemaal gemeten, zo veel mogelijk rondom de paal (meetring). Om een afwijkende zachte schil lager in de paal op het spoor te komen kan een tweede meetring 15 cm lager aan de paal worden uitgevoerd. Wanneer beide meetringen sterk afwijken, kan besloten worden om de inspectieput dieper te ontgraven en diepere metingen uit te voeren. Een meetring direct onder de kesp/betonbalk kan bij de palen worden uitgevoerd om een afwijkend zachte schil direct aan de paalkop te kunnen vaststellen.
- Kespen en langshout (platen, schuifhout) worden per onderdeel minimaal driemaal gemeten op minimaal 10 cm onderlinge afstand, dan wel verspreid over het zichtbare hout. Kespen en langshout worden niet binnen 20 cm vanaf de kopse kant gemeten.
- Bij het meten dient men onregelmatigheden als kwasten te vermijden.

#### 2.6.5.2 *Noodzaak vaststellen oorzaak en uitbreiding houtaantasting*

- Doel:** bepalen noodzaak om de oorzaak en uitbreiding van de houtaantasting vast te stellen na analyse houtmonsters
- Methode:** het bepalen van de oorzaak en uitbreiding van de houtaantasting is onderdeel van een funderingsinspectie maar is facultatief als:
- 1) uit de beoordeling van een funderingsconstructie blijkt dat andere zaken dan de staat van het hout beslissend zijn voor de beoordeling.
  - 2) in het beslissingsdiagram (figuur 49) de combinatie paaldiameter en gemiddelde inslagmeting in gebied I, in gebied IV en bij een verwachte restlevensduur van  $\leq 25$  jaar in gebied II ligt.
- Resultaat:** onderbouwing voor het niet nemen of analyseren van houtmonsters.

### TOELICHTING 2.6.5.2 Beslissing noodzaak monstername hout voor vaststelling oorzaak en uitbreiding houtaantasting

#### Gebied I:

Bij deze combinatie van diameter en indringing wordt gesteld dat aantasting niet van constructieve betekenis is. Monstername alleen bij duidelijk droogstandsrisico aangeraden.

#### Gebied II:

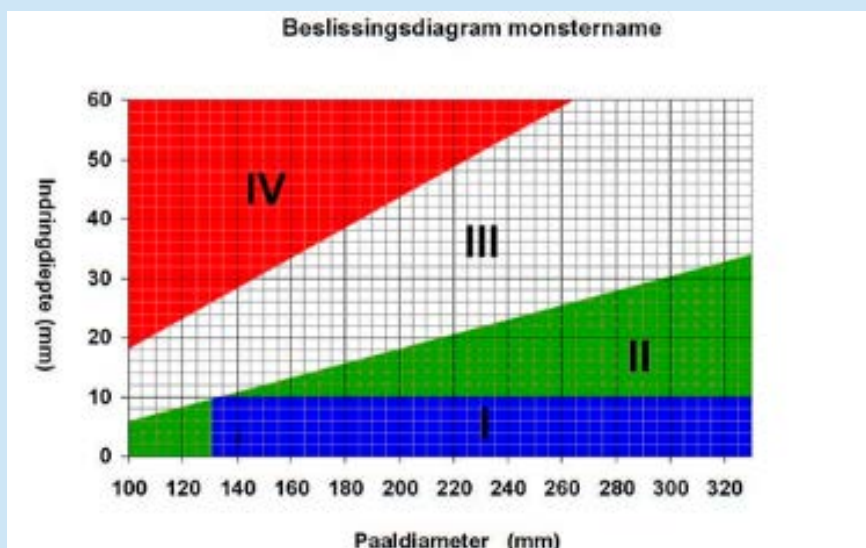
Dit betreft palen met beperkte aantasting die, nu en in de komende 25 jaar, niet van constructieve betekenis is. Monstername aangeraden om een uitspraak te kunnen doen over de oorzaak en ontwikkeling van de aantasting.

#### Gebied III:

Dit betreft palen met aantasting die, nu en in de komende 25 jaar, van constructieve betekenis kan zijn. Monstername noodzakelijk om een uitspraak te kunnen doen over de oorzaak en ontwikkeling van de aantasting.

#### Gebied IV:

Dit betreft palen met veel aantasting, waardoor de sterkte van de paalschacht onvoldoende is. Monstername alleen om een uitspraak te kunnen doen over de oorzaak van de aantasting.  
Opmerking: Bij dunne palen met veel aantasting uit gebied IV moet bij het besluit tot het nemen van een monster ook de verhouding paaldiameter - boormonstergat in acht worden genomen.



Figuur 49: Beslissingsdiagram, voor het nemen van een monster uit funderingen van voor 1980, dat gebaseerd is op normaal voorkomende verhouding paaldiameter en belasting (100 mm en 30 kN; 150 mm en 60 kN; 200 mm - grotere diameters en 150 kN).

Het uitgangspunt dat droogstand tot snelle zichtbare schimmelaantasting in hout leidt, blijkt in de praktijk niet altijd zo. Daarom wordt bij zichtbare gezonde palen met een duidelijk droogstandsrisico aangeraden middels monstername en houtonderzoek interne houtaantasting uit te sluiten en aanvullende laboratoriummetingen te doen naar het vochtgehalte op een lager niveau in de paal (zie ook § 2.6.5.4).



### 2.6.5.3 Houtmonsters, aantal en eisen aan de kwaliteit

**Doel:** het verkrijgen van monsters geschikt voor houtonderzoek (zie 2.6.5.)

**Methode:** met een aanwasboor (interne diameter minimaal 9 mm) boorkernen op representatieve plaatsen genomen. Per funderingsput worden minimaal twee palen bemonsterd. Indien van toepassing kan ook het horizontale hout bemonsterd worden. De boorkernen moeten van goede kwaliteit zijn (samenhangend en de gehele paalradiaal (van wan tot halve diameter) of element doorsnede (buitenkant tot helft van de dikte) bevatten. Standaard worden de boorkernen tot het moment van analyse in water opgeslagen. Als de situatie dit toelaat kunnen ook andere monsters genomen worden voor het doen van houtonderzoek (zoals paalschijven).

**Resultaat:** voldoende monsters van goede kwaliteit met omschrijving van de plaats van monstername.

#### TOELICHTING 2.6.5.3. Monstername hout (figuur 50 en 51)

Het aantal monsters is representatief voor het beeld dat in de put is aangetroffen: paaldiameter, schadebeeld en aantasting. De beste plaats van monstername in de palen is zo dicht mogelijk bij de locatie van de inslagmeting en op circa 0,15 m vanaf de onderzijde van het langshout/kesp/betonnen balk.



Figuur 50 en 51: Links het nemen van een boorkern (Fugro); rechts een boorkern met hart en sterke aantasting buitenzijde (BVL)

#### 2.6.5.4 Houtonderzoek

- Doel:** achterhalen oorzaak aantasting en uitbreiding aantasting in de tijd.
- Methode:** de monsters worden microscopisch (houtsoort, houtstructuur, type en mate van aantasting) beoordeeld, indien nodig wordt de gradiënt van het vochtgehalte en de volumieke massa over de paaldiameter bepaald.
- Resultaat:** activiteit aantasting (wel of niet actief) en inschatting van afname van de resterende dragende paaldiameter in de tijd.

##### TOELICHTING 2.6.5.4. Houtonderzoek (figuur 52 en 53)

Het houtonderzoek wordt uitgevoerd volgens BGS 007 "Bepaling microbiologische houtaantasting". Hierin wordt beschreven dat van een houtmonster coupes worden gesneden met een dikte van circa 20  $\mu\text{m}$  die onder de microscoop worden beoordeeld op houtstructuur, inhoudstoffen, patroon en mate van aantasting en aanwezigheid van aantasters. De volumieke massa en het vochtgehalte wordt bepaald aan submonsters van minimaal 15 mm middels drogen en wegen. Aankleuring van het hout kan relevant zijn om de spintbreedte te bepalen. Op basis van al deze informatie kan bepaald worden of de aantasting actief is en hoe snel en hoeveel uitbreiding van de zachte schil verwacht kan worden.

Om een indruk te krijgen van een actueel risico op schimmelaantasting als gevolg van droogstand kan aanvullend op de analyses, het actuele houtvochtgehalte bepaald worden. De monsters zijn dan niet in water bewaard maar verpakt in plastic en gekoeld bij 1-8°C tot het moment van analyse.

Op basis van het vochtgehalte van het waterverzadigde hout kan via het omrekenmodel [Klaassen 2008] een inschatting gemaakt worden van de druksterktegradiënt over de radius, die doorgerekend kan worden naar de houtsterkte van de paalkop. Hoewel deze methode niet geverifieerd is, wordt deze al wel gebruikt als alternatief voor de vergelijkingen 3, 4 en 7 van deze richtlijn en wordt deze ook genoemd in de NEN 8707.



Figuur 52: Boormonster vóór verzending (BVL)



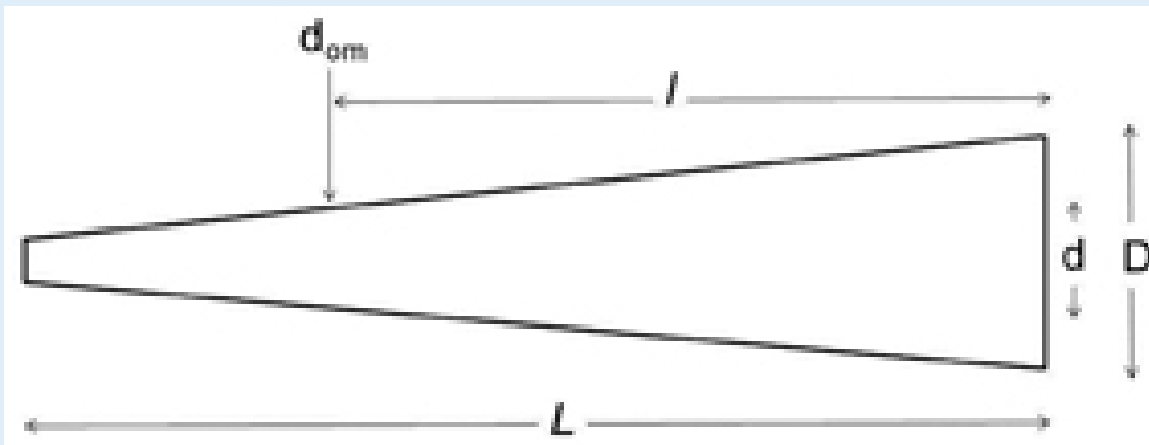
Figuur 53: Boormonsters uit het buisje voor laboratoriumonderzoek (SHR)

### 2.6.6 Berekening resterende dragende doorsnede houten paal

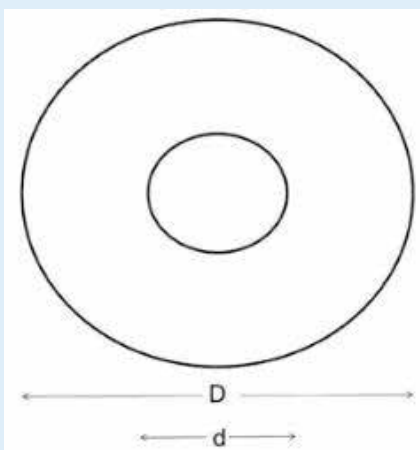
**Doel:** berekenen van de resterende dragende doorsnede van de paal om controleberekeningen op houtspanning in de doorsnede te kunnen uitvoeren.

**Methode:** uit de indringwaarden, mogelijk in combinatie met resultaten houtonderzoek (zie toelichting), wordt de gemiddelde dikte van de zachte schil bepaald. Uit de zachte schil en de paaldiameter wordt de dragende doorsnede berekend ter plaatse van de paalkop (zie vergelijking 1 en 2 of 3 en 4 uit de toelichting) en ter plaatse van het omslagpunt (zie vergelijking 5 en 6 uit de toelichting).

**Resultaat:** het resterende dragende oppervlak ter plaatse van de paalkop.



Figuur 54: Doorsnede lengte van de paal met daarin aangegeven de oorspronkelijk paaldiameter, de resterende dragende paaldiameter, de paallengte en het omslagpunt



Figuur 55: Kopse doorsnede paalkop met daarin aangegeven de oorspronkelijk en de resterende dragende paaldiameter

### TOELICHTING 2.6.6 Berekening resterende dragende doorsnede houten heipaal

Het bepalen van de resterende dragende doorsnede met behulp van een gekalibreerde inslaghamer en de vergelijkingen 1, 2 en 3 is een praktijkmethode waarmee de zachte schil van funderingspalen in een ontgraving kan worden bepaald en via vergelijking 4 het resterende paal dragend oppervlak kan worden vastgesteld. Onderbouwing van deze methode wordt gegeven in [Den Nijs 2002].

Voor een verfijndere inschatting van de dragende diameter kunnen de vergelijkingen 2 en 3 worden gebruikt. Vergelijking 2 wordt toegepast wanneer uit het houtonderzoek blijkt dat:

- de diepte van de sterke aantasting  $\leq$  gemiddelde indringwaarde.

Vergelijking 3 wordt toegepast wanneer uit het houtonderzoek blijkt dat:

- de ingeschatte druksterkte  $\geq 10$  N/mm<sup>2</sup> ter plaatse van de gemiddelde indringwaarde.

Bij de toetsing van de draagkracht van het paalhout is de resterende dragende doorsnede op het omslagpunt (daar waar de spanning het hoogst is) van belang. Dit punt kan bij palen zonder bacteriële aantasting bepaald worden volgens vergelijking 5. Hierbij wordt uitgegaan (conform NEN 5491) van de oorspronkelijke paaldiameter en een tapsheid van 7,5 mm/m. Indien uit archiefgegevens vastgesteld kan worden dat de tapsheid anders is dan wordt vergelijking 5 hieraan aangepast. De plaats van het omslagpunt wordt bepaald op basis van het bodemprofiel.

Wanneer bacteriële aantasting aan de paalkop is vastgesteld zal ook op het omslagpunt hiermee rekening moeten worden gehouden. Hoewel het verloop van bacteriële aantasting over de paallengte nog niet volledig in kaart is gebracht, wordt er van uitgegaan dat de dikte van de (door bacteriën veroorzaakte) zachte schil aan de paalpunt de helft is van die aan de paalkop. De dragende paaldiameter ter plaatse van het omslagpunt wordt volgens vergelijking 6 bepaald. Is de aantasting aan de paalkop een combinatie van schimmel- en bacterie-activiteit dan zal de omvang van de bacterie aantasting onder het droogstands niveau op basis van het houtonderzoek worden ingeschat en deze inschatting wordt gebruikt in vergelijking 6.

$$(Vergelijking 1): d = D - 2 \times (i + 5)$$

$$(Vergelijking 2): d = D - 2 \times i$$

$$(Vergelijking 3): d = D - 2 \times (i - 5)$$

$$(Vergelijking 4): A = 0,25 \pi d^2$$

$$(Vergelijking 5): A = 0,25 \pi (D - l \times 7,5)^2$$

$$(Vergelijking 6): d_{om} = D - l \times 7,5 - (D - d)/2 \times (2 - l/L)$$

Gebruikte symbolen:

i = gemiddelde indringdiepte in het hout [mm]

D = oorspronkelijke paaldiameter [mm]

d = resterende dragende paaldiameter [mm]

A = resterend dragend oppervlak [mm<sup>2</sup>]

l = afstand tussen paalkop en omslagpunt [m]

L = paallengte [m]

d<sub>om</sub> = resterende dragende paaldiameter bij omslagpunt in paal [mm<sup>2</sup>]



### 2.6.7 Paal draagkracht bepaald op basis van een proefbelasting (facultatief)

**Doel:** bepalen draagkracht van funderingspalen.

**Methode:** de test wordt uitgevoerd volgens NPR 7201.

**Resultaat:** draagkracht in N. Beoordeling: conform NPR 7201.

#### TOELICHTING 2.6.7 Paal draagkracht bepaald op basis van een proefbelasting (facultatief)

De proefbelasting (figuur 52) maakt geen deel uit van het funderingsonderzoek maar is een alternatieve rekentechnische methode. Aanvullend op de eisen uit de richtlijn kan gekozen worden voor het uitvoeren van een proefbelasting. Een proefbelasting gaat altijd samen met een inspectie maar is onvoldoende als steekproef. Mogelijk geschikt om de paallengte in te schatten en daarmee een berekening van alle palen te kunnen maken (sondering).



Figuur 56: Drukproef (Fugro)



Figuur 57: Ingeknepen kesp (Fugro)

# 3. Beoordeling functioneren fundering

Het doel bij de beoordeling van een fundering is om de kwaliteit ervan in beeld te brengen en om een voorspelling over het functioneren van de fundering als geheel in de toekomst af te geven. Er zijn veel, uiteenlopende, aspecten van belang voor het afgeven van een toekomstvoorspelling. Doorgaande zakkingsverschillen, dalende grondwaterstanden, de kwaliteit van de funderingsconstructie en de altijd aanwezige, maar sterk variabele, degeneratie van het houten funderingsmateriaal zijn aspecten die het functioneren van de fundering in de toekomst kunnen beïnvloeden. Informatie over de verwachte toename van degeneratie van funderingshout kan alleen met houtanalyses worden bepaald. Doorgaande zakkingsverschillen kunnen met lange meetreeksen van nauwkeurigheidswaterpassingen betrouwbaar worden vastgesteld. De variatie in grondwaterstand rondom het funderingshout kan met relevante lange meetreeksen of met gedetailleerd grondwateronderzoek worden bepaald. Het uitvoeren van alle onderzoeksonderdelen geeft een goede onderbouwing voor het advies over de fundering. Omdat niet altijd elk onderzoeksonderdeel zinvol is voor het advies kan gemotiveerd worden afgeweken. In de rapportage van het onderzoek moet dan per onderdeel worden aangegeven waarom dit niet is uitgevoerd en welke specifieke beperkingen met betrekking tot de reikwijdte van de conclusie daarmee zijn ontstaan.

Omdat de constructie en de geotechnische draagkracht van houten paalfunderingen en ondiepe funderingen fundamenteel verschillen is de toetsing van beide typen funderingen apart behandeld.

## 3.1 Toetsing draagkracht fundering

Deze toetsing bestaat voor houten paalfunderingen uit vijf componenten (stabiliteit funderingsconstructie, draagkracht paalhout/langshout / kespren, geotechnische draagkracht) en voor ondiepe funderingen uit drie componenten (stabiliteit funderingsconstructie, geotechnische draagkracht, kwaliteit eventueel aanwezig hout).

### 3.1.1 Stabiliteit houten paalfunderingsconstructie

**Doel:** beoordelen of de constructie van de fundering voldoende stabiliteit bezit om de belastingen vanuit de bovenbouw naar de palen over te dragen.

**Methode:** waardering van de resultaten van de visuele inspectie (2.7.4) gericht op kespbreuk, buiten het metselwerk geplaatste palen, onderlinge aansluiting elementen.

**Resultaat:** inschatting stabiliteit.

### 3.1.2 Stabiliteit ondiepe funderingsconstructie

- Doel:** beoordelen of de constructie van de fundering voldoende stabiliteit bezit om de belastingen vanuit de bovenbouw naar de ondergrond over te dragen.
- Methode:** waardering van de resultaten gericht op scheurvorming, vervormingen, scheefstand en onderlinge aansluiting elementen.
- Resultaat:** inschatting stabiliteit.

### 3.1.3 Draagkracht paalhout (actueel en aan het einde van de referentieperiode, bijvoorbeeld 25 jaar)

- Doel:** toetsing houtspanning in paal.
- Methode:** voor de constructieve beoordeling zijn enerzijds de rekenwaarde van de belasting,  $s_{c,d}$ , en anderzijds de rekenwaarde van de druksterkte van de paal evenwijdig aan de vezel,  $f_{c,d}$ , benodigde invoergegevens (zie toelichting) om de toetsing volgens vergelijking 7 te kunnen uitvoeren.

$$(Vergelijking 7): \sigma_{c,d} \leq f_{c,d}$$

Aanvullend gebruikte symbolen:

$\sigma_{c,d}$  = rekenwaarde voor de drukspanning parallel aan de vezel

$f_{c,d}$  = rekenwaarde druksterkte parallel aan de vezel

- Resultaat:** de optredende houtspanning is getoetst aan de rekenwaarde voor de druksterkte van het hout.

### TOELICHTING 3.1.3 Draagkracht paalhout

De rekenwaarde van de belasting  $\sigma_{c,d}$  wordt bepaald door uitwerking van de in NEN-EN 1990 (Eurocode 0) gegeven combinatieformules (6.10a en 6.10b). De hierbij in rekening te brengen belastingcombinaties worden ontleend aan de betreffende delen van NEN-EN 1991 (Eurocode 1). Indien de waarde voor  $\sigma_{c,d}$  wordt ontleend aan de uitwerking van de in NEN-EN 1990 gegeven formule (6.10a) wijzigt vergelijking 7 in vergelijking 7a. Indien de waarde voor  $\sigma_{c,d}$  wordt ontleend aan de uitwerking van de in NEN-EN 1990 gegeven formule (6.10b) wijzigt vergelijking 7 in vergelijking 7b.

(Vergelijking 7a):  $\sigma_{c,d} \leq 10,8 \text{ N/mm}^2$

(Vergelijking 7b):  $\sigma_{c,d} \leq 12,6 \text{ N/mm}^2$

In beide vergelijkingen 7a en 7b is de in de bij NEN-EN 1995 (Eurocode 5) gegeven  $k_{sys} = 1,1$  (samenwerking tussen de palen aspect) conform NEN-EN 1995-1-1, artikel 6.6, in rekening gebracht.

De waarden voor  $\sigma_{c,d}$  uit vergelijking 7a en 7b zijn gebaseerd op de, tot het invoeren van de Eurocodes op 1 april 2010, gangbare waarden. Voor de toetsing volgens de publiekrechtelijke regelgeving wordt paragraaf 2.1.2 van het Bouwbesluit gebruikt (beoordeling volgens richtlijnen bestaande bouw). Bij significante belastingtoevoegingen of wijzigingen kan een toetsing op nieuwbouwniveau vereist zijn. Dit fenomeen is uitgewerkt in de Regeling Bouwbesluit. Door keuze van een referentieperiode kunnen de belastingfactoren (conform de NA bij NEN-EN 1991) worden bepaald. Gebruikelijk zijn referentieperioden van 1 jaar (aanschrijfniveau), 15 jaar (observatieniveau bestaande bouw en verbouw) en 25 jaar (splittingsniveau). Formules (6.10a) en (6.10b) van NEN-EN 1990 beschrijven de in rekening te brengen belastingcombinaties. Voor funderingen zal vaak vergelijking 7a, gebruik makende van NEN-EN 1990 formule (6.10a), maatgevend zijn aangezien het eigen gewicht van het te dragen bouwwerk vaak overheerst. Voor lichte draagconstructies, bijvoorbeeld hoogbouw in hout, houtskeletbouw en kassenbouw, zal vaak een combinatie met wind of sneeuw maatgevend zijn. In die uitzonderlijke gevallen kan vergelijking 7b, gebruik makend van NEN-EN 1990 formule (6.10b), maatgevend zijn.

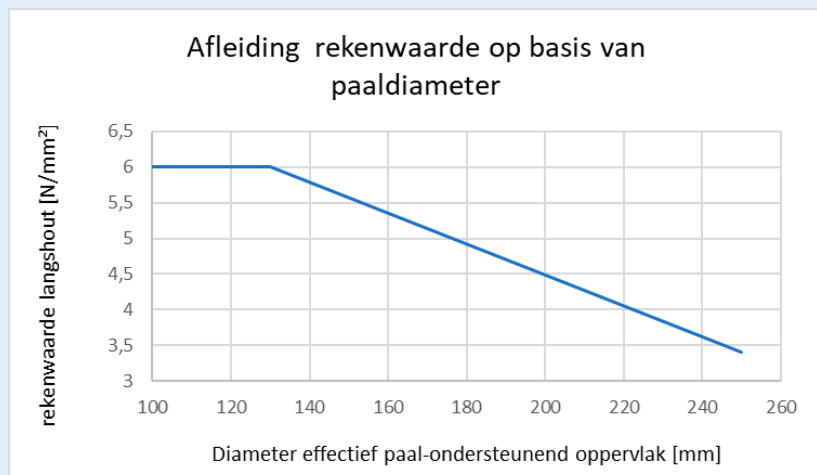
Er zijn alternatieve methoden in ontwikkeling om de draagkracht van de paalkop in te schatten. Anders dan de methode die hier gebruikt wordt waarbij de dragende diameter verminderd wordt met de dikte van de zachte schil, beschouwen de alternatieve methodes de gehele paaldiameter. Een voorbeeld is de houtvochtgehaltegradiënt over de paaldiameter die wordt vertaald naar druksterktes [Klaassen et al 2017]. Hoewel de methodes nog niet geverifieerd zijn kan dit wel op korte termijn verwacht worden en dan samen met voldoende onderbouwing ook ingezet worden voor funderingsonderzoek.



### 3.1.4 Draagkracht horizontaal toegepast funderingshout direct liggend op de paal

**Doel:** toetsing houtspanning (actueel en aan het einde van de referentieperiode).

**Methode:** gebruik van deze methode is alleen toegestaan indien is aangetoond dat de gehele doorsnede van de paal bijdraagt aan de krachtoverbrenging naar het horizontale hout. Het effectief paalondersteunend oppervlak wordt berekend volgens vergelijking 8. De toetsing is volgens vergelijking 9 en hierbij mag  $f_{c90,d}$  worden afgeleid uit figuur 58. Hogere spanningen dan  $4,5 \text{ N/mm}^2$  mogen alleen worden toegepast als voldaan wordt aan vergelijking 10 of wanneer de samendrukking van het horizontale hout minder dan  $\frac{1}{3}$  van de originele dikte is.



**Figuur 58:** Op basis van de diameter van het effectief paalondersteunend oppervlak kan de rekenwaarde voor de druksterkte loodrecht op de vezel worden afgeleid.

(Vergelijking 8):  $D_{\text{langshout}} = D - 2 \times (i - 10)$  en  $(i - 10) \geq 5 \text{ mm}$

(Vergelijking 9):  $\sigma_{c90,d} \leq f_{c90,d}$

(Vergelijking 10):  $h_{\text{langshout}} - 2 \times i_{\text{langshout}} > 40 \text{ mm}$

Aanvullend gebruikte symbolen:

$D_{\text{langshout}}$	=	diameter effectieve paal-ondersteunend oppervlak (contactzone) van het horizontale hout [mm]
$h_{\text{langshout}}$	=	dikte horizontaal hout direct op de paalkop [mm]
$i_{\text{langshout}}$	=	gemiddelde indringdiepte in het horizontale hout [mm]
$\sigma_{c90,d}$	=	rekenwaarde voor de optredende drukspanning loodrecht op de vezel in de contactzone [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]
$f_{c90,d}$	=	rekenwaarde druksterkte loodrecht op de vezel [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ].

**Resultaat:** de optredende houtspanning is getoetst aan de rekenwaarde voor de druksterkte van het hout.

#### TOELICHTING 3.1.4. Draagkracht horizontaal funderingshout direct liggend op de paal (figuur 57 en 58)

De NEN-EN 338 geeft  $2,5 \text{ N}/\text{mm}^2$  als karakteristieke waarde voor de druksterkte loodrecht op de houtvezel voor naaldhout (sterkteklasse C24). Bij deze druksterkte zijn vervormingen in het horizontale hout beperkt. De praktijk en experimenten hebben aangetoond dat in een funderingsconstructie enige vervormingen van het horizontale hout acceptabel zijn. De spreiding van de spanning zorgt hierbij voor een groter effectief dragend oppervlak in het hout dat direct op de paal ligt, dan het oppervlak van de resterende paaldiameter. Dit fenomeen heeft te maken met de vezelstructuur van hout. Om het effect van spreiding en aantasting te verdisconteren is in vergelijking 8 een correctiefactor aangebracht. De precieze rekenwaarden voor langshout, alsmede de dragende capaciteit van aangetast hout, zijn nog niet volledig in kaart gebracht maar onderbouwing van de hier aangegeven rekenwijze wordt in de praktijk gevonden.

Een hogere waarde voor  $f_{c90,d}$  ( $f_{c90,k} 2,5 \text{ N}/\text{mm}^2$ ) uit de houtnormen mag alleen worden gebruikt wanneer de palen zodanig onder de bouwmuur zijn gepositioneerd dat het hout niet op buiging wordt belast of wordt aangetoond dat het hout deze buigspanningen aan kan. Buiging treedt op ingeval de palen in een juk te veel excentrisch ten opzichte van de bouwmuur zijn geplaatst.

### 3.1.5 Geotechnische draagkracht

**Doel:** toetsing van de geotechnische draagkracht.

**Methode:** toetsing op basis van een beschouwing volgens methode 1 en indien dit niet mogelijk is dan volgens methode 2.  
*Methode 1: Beschouwing op basis van bewezen sterkte.*  
 De bewezen geotechnische draagkracht wordt bepaald op basis van zakking, zakkingsverschillen en zakkingsnelheid.  
*Methode 2: Beschouwing op basis van berekening van de geotechnische draagkracht.*  
 Een inschatting van de geotechnische draagkracht kan worden verkregen door berekening volgens NEN 9997-1 (hoofdstuk 7) met gebruikmaking van alle gegevens uit het funderingsonderzoek en in veel gevallen aangevuld met een sondering die aanvullend op het funderingsonderzoek moet worden uitgevoerd.

**Resultaat:** voldoet de geotechnische draagkracht.

#### TOELICHTING 3.1.5 Geotechnische draagkracht

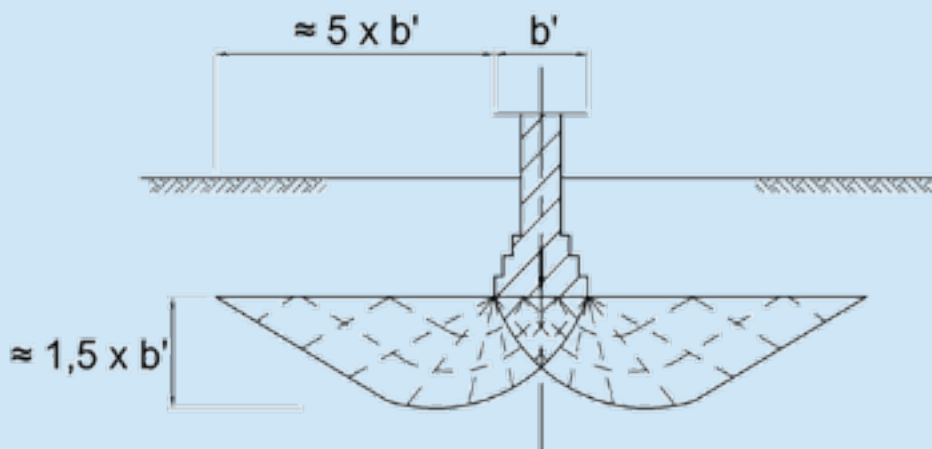
Voorschriften aangaande de aan te houden belastingen voor verbouwingen en voor beoordelingen van bestaande constructies worden gegeven door NEN 8701.

##### *Methode 1*

Volgens NEN 8700 is het toegestaan om via metingen meer over een bouwconstructie te weten te komen. Dit sluit aan bij de gelijkwaardigheidsbepaling van het Bouwbesluit (artikel 1.3). Dit maakt toetsing op basis van bewezen sterkte van de fundering mogelijk. Een lintvoeg- en vloerwaterpassing worden dan beschouwd als het resultaat van een proefbelasting van de gehele fundering van het bouwwerk sinds de oprichting. Deze metingen geven een betrouwbaar beeld, vooral als relatie tot aansluitende bebouwing mogelijk is (gaat wel om momentane belastingen, grenstoestand 2). Ook kan een peilmaatmeting informatie verschaffen over de absolute zakking sinds de oprichting van het pand of bouweenheid. Aanvullend kan door een nauwkeurigheds-waterpassing, informatie worden verkregen over de actuele zakkingsnelheid van de fundering. Algemene criteria op basis waarvan vastgesteld kan worden of de methode kan worden ingezet bij zakkingsverschillen, absolute zakking en zakkingsnelheden zijn niet te geven. De lokale omstandigheden met betrekking tot de bodemopbouw en het toegepaste funderingstype zijn hiervoor te bepalend. Aangegeven is of er een grondaanvulling en/of grondverbetering is toegepast. Voor een houten paalfundering is de verplaatsing die de paal heeft ondergaan als gevolg van haar belasting hierbij een belangrijk aandachtspunt. Vervormingen in de verdere funderingsconstructie dienen daarbij buiten beschouwing te blijven.

Een gemetselde ondiepe fundering hoeft geen samenhangende metselwerkconstructie te zijn. Door vervorming van de gemetselde fundering kunnen scheuren in het funderingsmetselwerk zijn ontstaan, waarna een stabiele situatie met de ondergrond kan zijn ontstaan. Recente scheuren kunnen aanleiding zijn voor verder onderzoek van de gemetselde fundering waarbij constructief wordt beoordeeld of de belasting voldoende wordt overgedragen naar de ondergrond.

Bij een ondiepe fundering wordt bij de beoordeling van de draagkracht van de fundering maar ook bij ontgraving nabij de fundering, rekening gehouden met het invloedsgebied in de ondergrond op het aanlegniveau (zie figuur 59).



Figuur 59: Invloedsbreedte en -diepte bij een ondiepe fundering

Bij gebouwen met de status van monument is het nodig om een nauwkeurigheidswaterpassing uit te voeren, dit om te zien of zakkingen nog actief zijn en ter onderbouwing van het advies voor behoud van de monumentale waarden.

#### Methode 2

Bij een geotechnische toetsing via de norm NEN 9997-1 moeten de volgende aspecten in worden meegenomen.

Voor paalfunderingen:

- Volgens NEN 8700 bladzijde 20 aanvullende bepalingen dienen de feitelijke zettingen in de berekening gebruikt te worden en niet de rekenkundige zettingen.
- Volgens NEN 8701 zijn de toe te passen belastingsfactoren bij de beoordeling van bestaande funderingen lager dan bij nieuwbouw of verbouw.
- De rekenbelasting op de paalkop en de rekenbelasting van de negatieve kleef mogen samen niet groter zijn dan de draagkracht van de paal (bepaald in 3.1.2).
- Bij geotechnische constructies die zijn ingedeeld in GC1 en GC2 (zie NEN 9997-1) wordt ervan uitgegaan dat de belasting uit de draagconstructie op de fundering volledig door de palen wordt opgenomen.
- De belasting mag niet worden verdeeld over de palen en de grond onder de funderingsbalken of de poeren, ook als die op de grond rusten.

Voor ondiepe funderingen:

- Rekening houden met de algemene eisen voor een fundering op staal, zie NEN 9997-1.
- Als de toetsing van de draagkracht bij rekenwaarden niet voldoet kan een beschouwing gemaakt worden in representatieve waarden. Op basis hiervan kan een veiligheidsniveau van de bestaande fundering bepaald worden. Hierbij kan onder andere de restlevensduur en de aard van de bebouwing in ogenschouw genomen worden.

## 3.2 Invloed omgevingsfactoren

Omstandigheden in de directe omgeving van de onderzochte fundering kunnen van invloed zijn op de toekomstverwachting en dienen daarom in de rapportage behandeld te worden.

De belangrijkste omgevingsfactor is het grondwater en de verwachte variaties ter plaatse van de fundering. Omdat het voorspellen van grondwatervariaties in de toekomst altijd is gebaseerd op aannames, moeten deze aannames in de rapportage worden geduid in relatie tot de voorspellende waarde van het advies. Ook dient in dit kader het handelingsperspectief voor de opdrachtgever te worden opgenomen.

## 3.3 Beoordeling

Bij het beoordelen van het functioneren van een fundering worden alle onderdelen van het funderingsonderzoek (zoals beschreven in hoofdstuk 2) en de toetsing (zoals beschreven in hoofdstuk 3) beschouwd. Voor elk niet uitgevoerd onderdeel wordt in het rapport gemotiveerd waarom dit achterwege kan blijven. Bij het opstellen van de beoordeling en het in dit kader duiden van de resultaten in onderlinge samenhang worden alleen termen uit de Bijlage A Verklarende woordenlijst gebruikt. De gemaakte analyse over het functioneren van de fundering dient helder en navolgbaar in de rapportage te zijn beschreven. Buiten het bovenstaande, zijn algemene richtlijnen voor de analyse niet te geven omdat het wegen van het geheel aan factoren complex is en multidisciplinaire expertise vereist.

Het eindresultaat van het onderzoek is dat het functioneren van de betreffende fundering als groen (voldoende), rood (onvoldoende/slecht) of oranje (niet eenduidig voldoende of onduidelijk) wordt aangeduid.

Bij het presenteren van het eindoordeel over een funderingsconstructie wordt tabel 6 als basis genomen. Hierbij wordt uitgegaan van de actuele staat van de fundering en van gelijkblijvende omstandigheden rondom de fundering. In de tabel is een kleurencodering gebruikt met de volgende betekenis:

- Groen:** de kwaliteit van de fundering is voldoende.
- Oranje:** de kwaliteit van de fundering is niet eenduidig als voldoende of onvoldoende te bepalen en vervolgonderzoek en/of observatie van het pand is wenselijk.
- Rood:** de kwaliteit van de fundering is onvoldoende/slecht en herstel is noodzakelijk en bij een slechte fundering urgent.



### TOELICHTING 3.3 Beoordeling

Doel van de beoordeling is om het actueel functioneren van de fundering als geheel aan te geven en om tot een verantwoorde inschatting te komen van het functioneren van de fundering in de toekomst. Veel gemeenten werken in het kader van de beoordeling van de staat van houten paalfunderingen met een classificatiesystematiek waarin handhavingstermijnen zijn opgenomen. De kleuren classificatie rood en groen sluiten hierop aan en oranje valt in de observatie categorie.

Bij de beoordeling van een oranje fundering wordt altijd een advies gegeven over te nemen maatregelen om de fundering te monitoren of te observeren en over mogelijk nader constructieve berekeningen. Afhankelijk van de geconstateerde waarneming kan hierbij gedacht worden aan meetbouten voor zakkingsmetingen, peilbuizenplan voor grondwatermetingen maar ook aan berekeningen die grote scheefstand in acht nemen.

Tabel 6. Resultaat funderingsonderzoek

Classificatie	Omschrijving
Voldoende	Binnen 25 jaar zijn geen of geringe onderlinge zakkingsverschillen te verwachten, beperkte verhoging belasting mogelijk (wel rekentechnisch onderbouwen).
Redelijk	Binnen 25 jaar is door zakking, rotatie en/of andere factoren cascochade aan het pand te verwachten; vervolgonderzoek zoals monitoring is wenselijk.
Matig	Binnen 15 jaar is door zakking, rotatie en/of andere factoren cascochade aan het pand te verwachten, vervolgonderzoek zoals monitoring is wenselijk.
Onvoldoende	Binnen 5 jaar door grote zakking, grote rotatie en/of andere factoren cascochade, funderingsherstel noodzakelijk.
Slecht	Door grote zakking, grote rotatie en/of andere factoren schade aan en/of instabiliteit van het casco; funderingsherstel noodzakelijk zo nodig direct stabiliserende maatregelen treffen aan het casco.

# 4. Rapportage

## 4.1 Opbouw en inhoud

Om te komen tot uniformiteit van de rapportages zijn de onderdelen uit hoofdstuk 2 en 3 het kader voor de funderingsonderzoeksrapportage. De opsteller geeft naast de beoordeling van de fundering ook advies zoals aangegeven in paragraaf 3.4 en is vrij om aanvullende (preventieve) beheersmaatregelen en/of oplossingsrichtingen om de levensduur van de fundering te verlengen in het rapport op te nemen.

Om de leesbaarheid van de rapportage voor een leek te bevorderen verdient het aanbeveling per hoofdstuk een korte deelconclusie te vermelden. Het doel hiervan is dat de lezer het eindoordeel beter kan begrijpen.

In tabel 7 is de klassieke rapportindeling tegenover een funderingsonderzoeksrapport gezet met te beschouwen onderdelen.

Tabel 7.

Opbouw rapport	
Standaard rapport	Funderingsonderzoek
<b>Samenvatting</b>	
Inleiding	Onderzoeksvraagstelling waarin aangegeven wordt dat volgens richtlijn wordt gewerkt
Methode	Verwijzing naar de richtlijn en eventuele aanvullingen
Resultaten en discussie	Bespreken van ALLE paragrafen 2.1 – 2.6.7 wat betreft resultaten en interpretatie ervan, eventueel onderbouwing waarom een onderdeel niet is uitgevoerd.
Analyse	Bespreking volgens hoofdstuk 3 en uitleg beoordeling
Conclusie/advies	Kleurclassificatie in relatie tot beperkingen in toekomstig gebruik, en handelingsperspectief bij beperkingen
Bijlagen	Tabelsamenvatting (facultatief) Specifieke informatie (data, tekeningen, e.d.) archiefonderzoek, inspectie, uitgevoerde berekeningen

## 4.2 Tabelsamenvatting resultaten, facultatief

Om het uitgevoerde onderzoek inzichtelijk te maken worden in één tabel alle uitkomsten van de verschillende onderzoeksonderdelen weergegeven. In één oogopslag is dan te zien wat de resultaten zijn en welke onderdelen niet zijn uitgevoerd, in de tekst kan dan naar de toelichting worden gezocht. De opname in het rapport van de tabelsamenvatting is facultatief. In bijlage E staan de formats voor de samenvattingstabel.

### 4.3 Geldigheidsduur rapport

Een rapportage opgesteld volgens deze richtlijn beschrijft het actueel functioneren van de onderzochte fundering en geeft een prognose over het toekomstig functioneren. Ook worden de actueel herkenbare risico's aangegeven betreffende veranderingen in de omgeving die het functioneren van de fundering nadelig kunnen beïnvloeden. De geldigheidsduur van een rapport met betrekking tot de waarnemingen op het moment van inspectie, is onbeperkt en minimaal vijf jaar voor de prognose. Bij een rood geclassificeerde fundering blijft het rapport geldig tot herstel.

# Bijlage A: Verklarende woordenlijst

**Aanleghoogte:** hoogte of niveau ten opzichte van NAP van de onderzijde van de gemetselde of betonnen fundering, bij paalfunderingen meestal gelijk aan de bovenkant van het funderingshout.

**Aanwasboor:** holle boor (binnendiameter 10 mm) voor het nemen van houtmonsters.

**Absolute zakking:** verschil in hoogte tussen het oorspronkelijk bouwpeil (bovenkant begane grond) en het huidige begane grond peil.

**Actieve of recente scheuren:** scheuren die nog steeds in beweging zijn, recent zijn ontstaan of recent in beweging zijn geweest.

**Amsterdamse fundering:** type houten paalfundering bestaande uit een gemetselde muur met versnijdingen, waaronder langshout en kespén. Onder een kesp staan steeds twee houten palen.

**Archeologische monumenten:** Een archeologisch monument in Nederland is gemeentelijk of een van rijkswege beschermde plaats die waardevol is vanwege de aanwezige archeologische sporen en bijzonder zijn voor onze geschiedenis.

**Archeologische waarden:** zijn archeologische sporen die waardevol en bijzonder zijn voor onze geschiedenis.

**Bacteriële aantasting:** houtaantasting door bacteriën, ontstaat onderwater en kan de paal over de hele lengte aantasten.

**Belending:** aangrenzend pand.

**Betonopzetter:** zie oplanger.

**Betonoplanger:** zie oplanger.

**Bouwblok:** een door straten of maaiveld omgeven aantal panden.

**Bouweenheid:** groep panden, als één ontwerp gemaakt en uitgevoerd, waardoor ze constructief onlosmakelijk aan elkaar zijn verbonden met een gezamenlijke fundering. De panden zijn per definitie tegelijkertijd gebouwd.

**Bouwmuur:** een constructieve muur met daaronder een fundering geen voor- of achtergevel zijnde. Bouwmuren dragen meestal ook balklagen en mogen balk-eindigend zijn. Vaak een pandscheidende muur of buitenmuur van een pand.

**Bouwstroom:** meerdere bouweenheden die aansluitend na elkaar gebouwd worden. Soms ook één ontwerp.

**Bovenkant fundering:** hoogte of niveau ten opzichte van NAP van het hoogste punt of gedeelte van het funderingshout of bovenkant paal/oplanger bij betonbalken. Wordt ook wel aanleghoogte genoemd.

**Casco:** het geheel van alle constructieve delen van een pand en de delen om het wind- en waterdicht te maken. Inrichting zoals: keuken, badkamer, verwarmingsinstallatie, leidingen en afwerkingen zoals pleisterwerk en plafonds behoren niet tot het casco.

**Dagmaat:** de binnenwerkse maat van een opening.

**Dilatatie:** een onderbreking van de constructie waardoor de twee delen (beperkt) los van elkaar kunnen bewegen.

**Dragende paaldiameter:** berekende paaldiameter waarbij rekening is gehouden met de niet dragende schil als gevolg van houtaantasting.

**Droogstand:** situatie waarbij de grondwaterstand beneden de bovenkant van de houten paalfundering ligt. Bij droogstand kan schimmelaantasting en houtrot ontstaan.

**Drukspanning:** drukkracht per oppervlak.

**Erosiebacterie:** type van bacteriële houtaantasting dat veel in funderingshout voorkomt.

**Freatische grondwaterstand:** grondwaterstand in het bovenste pakket van de bodem waarboven de waterstand de gewone luchtdruk heeft.

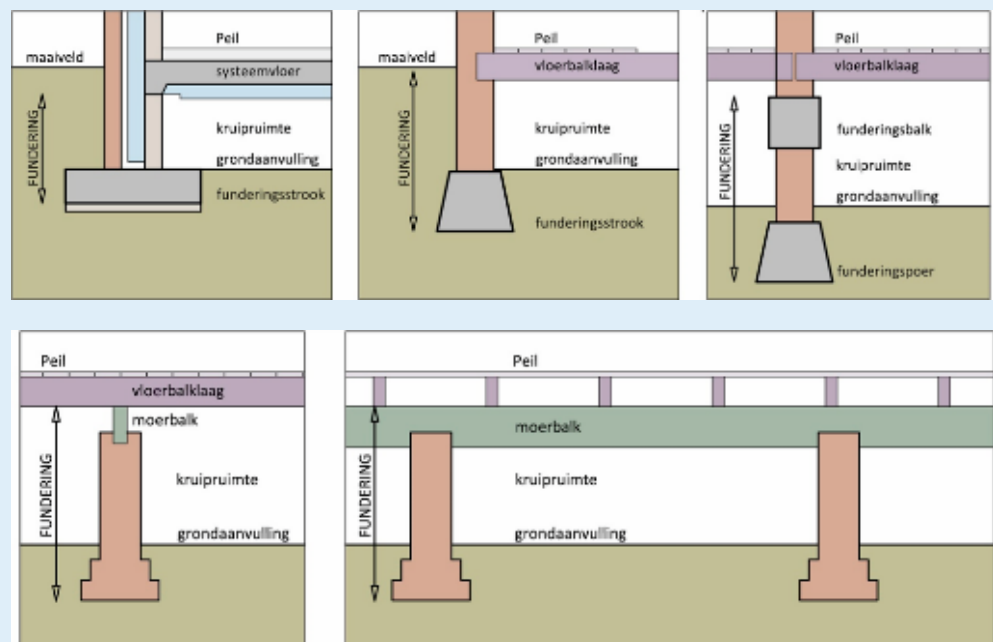
**Fundering op staal:** fundering zonder palen, waarbij gemetselde of betonnen funderingsstroken of platen direct op de onderliggende grond rust, alsmede houten roosterwerken of roosterwerken met korte palen of slieten. Ook aangeduid als "ondiepe fundering".

**Funderingsbalk:** balk van beton of hout, waaronder gewoonlijk een enkele rij (houten) palen (al dan niet met beton oplangers).

**Funderingsconstructie:** het gedeelte van een gebouw of kunstwerk dat het eigen gewicht en de krachten die op het gebouw of kunstwerk werken naar de draagkrachtige ondergrond overbrengt. Een funderingsconstructie bevindt zich meestal onder het maaiveld, maar kan ook deels zichtbaar zijn, bijvoorbeeld in kruipruimtes of kelders.



Volgens onderstaande figuren behoort bij een ondiepe fundering (fundering op staal) het metselwerk tot het maaiveldniveau tot de funderingsconstructie. Dit geldt voor een strokenfundering, een fundering op poeren (stiepen) en een fundering met spaarbogen.



Bij een fundering op poeren behoort de balk over de poeren ook tot de funderingsconstructie, dus ook de houten (en recenter betonnen) moerbalk op poeren onder een begane grondvloer.

**Funderingshout:** het geheel van alle houten onderdelen van een fundering op houten palen dus inclusief het langshout, de kessen en de houten palen zelf. Bij een fundering op staal ....

**Funderingsmuur:** muurvlak tussen funderingshout of funderingsbalk en de begane grondvloer.

**Funderingsloof:** zie funderingsbalk.

**Funderingsverlaging:** methode van funderingsherstel waarbij langshout, kessen en de bovenste delen van houten palen worden vervangen door metselwerk of beton.

**Gemeenschappelijke bouwmuur:** één bouwmuur die door beide aan elkaar grenzende panden wordt gebruikt.

**Gemengde fundering:** fundering op staal, waaronder ook palen aanwezig zijn, of bouweenheid dat deels op staal is gefundeerd (bijvoorbeeld ter plaatse van de kelder) en deels op palen staat. Wordt ook wel hybride fundering genoemd.

**Geotechnische draagkracht:** de draagkracht, die de bodem aan een paalfundering kan leveren.

**Grondmechanische paal draagkracht:** de draagkracht die de paal aan de diverse grondlagen ontleent.

**Grondverbetering:** methode ter verbetering van de draagkracht voor funderingen op staal. Slappe en weinig draagkrachtige lagen worden hierbij afgegraven tot aan een draagkrachtig niveau. Dit wordt opgevuld met bijvoorbeeld zand.

**Grondwaterdekking:** maat voor het hoogteverschil tussen de bovenkant van het funderingshout en de freatische grondwaterstand.

**Grondwaterniveau:** zie grondwaterstand.

**Grondwaterpeil:** zie grondwaterstand.

**Grondwaterspiegel:** zie grondwaterstand.

**Grondwaterstand:** hoogte ten opzichte van NAP van de bovenkant van het grondwater. Vermijd “gemiddelde grondwaterstand” omdat lokale droogstand tot problemen leidt en het niet om een gemiddelde gaat.

**Halfslachtige bouwmuur:** dragende tussenmuur.

**Handhavingstermijn:** de termijn waarbinnen de vervormingen van de fundering (bij gelijkblijvende omstandigheden) zodanig beperkt blijven dat geen verlies van gebruikswaarde van het bouwwerk zal optreden.

**Hardheidshamer:** zie inslaghamer.

**Heipaal:** paal (stamhout, beton, staal met beton) die in de grond is gebracht of gemaakt. Hoogtemeting: de hoogte van het object wordt bepaald ten opzichte van N.A.P.

**Historische waarden:** In algemene zin gaat het om een “container begrip”. Bij historische waarden gaat het om sporen uit het verleden in het heden, zichtbaar of onzichtbaar en die tastbare of ontastbare aanwezig zijn. Te denken valt aan voorwerpen: in musea, archeologische vondsten, archieven, monumenten en landschappen. Maar denk ook aan de hiermee verbonden gebruiken, verhalen en gewoonten.

**Hollandse heiformule:** Van oudsher is getracht een verband te leggen tussen de paal draagkracht en de hei weerstand. Hiervoor zijn in de historie veel verschillende heiformules ontwikkeld. De Hollandse heiformule is hiervan de meest bekende. De parameters die gebruikt werden waren: D = toe te laten paalbelasting; P = paalgewicht (in kg); B = valblok gewicht (vaak tussen 400-700 kg); h = valhoogte blok (vaak 2 meter); e = zakking bij laatste slag (cm); Met de kennis van nu blijkt dat het niet mogelijk was om uit deze parameters betrouwbaar het paal draagvermogen te achterhalen. Vanaf 1950 werd het steeds gebruikelijker de paal draagkracht te berekenen op basis van grondonderzoek door sonderingen en raakt de heiformules in onbruik.

**Houtspanning:** optredende spanning in hout.

**Hybride fundering:** zie gemengde fundering.

**Inbalken:** muur of fundering van een reeds bestaand pand gebruiken bij de bouw van een naastgelegen pand.

**Inbinten:** zie inbalken.

**Indringingswaarde:** de afstand in mm waarover de pen van een inslaghamer het funderingshout binnendringt bij een beproeving. Deze afstand is een maat voor de kwaliteit en aantasting van het funderingshout.

**Inknijping:** het samengeperst worden van langshout en of keshout tussen het funderingsmetselwerk aan de bovenzijde en de houten paalkop aan de onderzijde van het horizontale funderingshout.

**Inslaghamer:** apparaat waarmee op gestandaardiseerde wijze de indringingswaarde van houten heipalen, langshout en kessen wordt gemeten.

**Instorting:** de instorting is de maat welke de houten paal in de betonnen funderingsbalk of de betonnen oplanger steekt.

**Karakteristieke waarde:** getalswaarde van een belasting, waarbij de veronderstelde onderschrijdingskans 5% bedraagt wanneer de toetsing betrekking heeft op de uiterste grenstoestand, of waarbij de veronderstelde onderschrijdingskans 50% bedraagt wanneer de toetsing betrekking heeft op de bruikbaarheidsgrenstoestand.

**Kernhout:** binnenste en duurzaamste deel van stamhout omringd door spint.

**Kesp:** houten balk onder een funderingsmuur, dwars op de richting van die muur.

**Kleefpaal:** korte funderingspaal, niet geslagen tot in de diepere drachtkrachtige zandlaag, welke draagkracht genereert uit de wrijving (kleef) met de omringende grondlagen.

**Kopgevel:** eerste en laatste vrijstaande gevel van een bouweenheid (huizenrij).

**Langshout:** één of meerdere zware houten planken of balken onder gehele onderzijde van een gemetselde funderingsmuur.

**Latei:** soort balk (van bv. beton, staal of hout) of gemetselde rollaag in muur boven deuren en raamkozijnen en andere openingen.

**Lintvoeg:** doorgaande horizontale voeg in metselwerk. Wordt ook wel langsvoeg of strekvoeg genoemd.

**Lintvoegmeting:** zie lintvoegwaterpassing.

**Lintvoegwaterpassing:** meting van de hoogteligging ter plaatse van de bovenkant van de steen van de horizontaal aangelegde voeg.

**Loodmeting:** bepalen van scheefstand ten opzichte van de verticaal.

**Maaiveld:** het vlak gevormd door de bovenkant van de grond of de bestrating.

**Maaiveldhoogte:** hoogte waarop het maaiveld zich bevindt ten opzichte van NAP.

**Mandeligheid:** gebonden mede-eigendom, bijvoorbeeld van een bouwmuur tussen twee panden.

**Meetbout:** een in een gevel van een gebouw geplaatste bout voor het uitvoeren van hoogtemetingen (bijvoorbeeld t.b.v. zakkingsmetingen).

**Meetnauwkeurigheid:** combinatie van de onnauwkeurigheid van de meting en het meetapparaat.

**NAP of N.A.P (Normaal Amsterdams Peil):** vaste hoogte, die geldt voor geheel Nederland en is vastgelegd door middel van officiële hoogtemerken. Alle hoogtes, niveaus en peilen worden aangegeven ten opzichte van NAP.

**Monument status:** Een monument in Nederland is gemeentelijk, provinciaal of een van rijkswege beschermd object dat waardevol is vanwege aanwezige sporen die waardevol en bijzonder zijn voor onze geschiedenis.

**Monument waarden:** Bij monument waarden gaat het om sporen uit het verleden in het heden, zichtbaar of onzichtbaar en die tastbaar of ontastbaar aanwezig zijn. Te denken valt aan een gebouw (monument) of hiermee gerelateerde voorwerpen: in musea, archeologische vondsten, archieven en landschappen. Maar denk ook aan de hiermee verbonden gebruiken, verhalen en gewoonten.

**Negatieve kleef:** extra belasting uitgeoefend op een funderingspaal door wrijving van langs de paalschacht zakkende grond.

**NIVRE:** Stichting Nederlands instituut van schade-experts.

**Officieel straatpeil:** de hoogte ten opzichte van NAP waarop een straat (of openbaar gebied) wordt aangelegd en wordt onderhouden. Wordt ook wel aangeduid met streefpeil of stadspeil en is in principe gelijk aan het uitgiftepeil. Het werkelijke of actuele straatpeil kan ten gevolge van zakking afwijken van het officiële straatpeil.

**Omslagpunt:** de plaats in een houten heipaal waar de negatieve kleef langs een paal omslaat in positieve kleef en waar de paalbelasting vaak het hoogst is.

**Onderkant metselwerk:** hoogte of niveau ten opzichte van NAP van de onderzijde van de gemetselde of betonnen fundering; meestal gelijk aan de bovenkant van het funderingshout of de aanleghoogte.

**Ondiepe fundering:** zie fundering op staal.

**Oplanger:** geprefabriceerd betonnen opzetstuk, dat op een houten paal wordt gezet om deze vervolgens dieper weg te heien. Op deze wijze komt de kop van de houten paal verder onder de grondwaterstand te zitten, worden sinds 1920 toegepast.

**Oploodinstrument:** een landmeetkundig meetinstrument, waarmee horizontale verplaatsingen van een oorspronkelijk verticaal object kunnen worden gemeten.

**Oploodmeting:** bepaling van de hoek tussen het verticale gevelement (zijmuur) en het horizontale vlak (vloer), hieruit kan het schranken worden bepaald.

**Opvangconstructie:** tijdelijke constructie welk dient om bouwdelen of elementen te ondersteunen en de belasting hiervan af te dragen.

**Opzetter:** zie oplanger.

**Overstek:** het deel dat overhangt of uitsteekt ten opzichte van de ondersteunende draagconstructie.

**Paal:** constructie element waarbij de lengte minimaal vijfmaal de kleinste afmeting van de dwarsdoorsnede bedraagt.

**Paal draagkracht:** de draagkracht van een paal ontleend aan de eigen sterkte van (het materiaal van) de paal of paalschacht als kolom.

**Paaljuk:** het geheel van een kesp met daaronder twee houten palen.

**Paalkop:** bovenste gedeelte van een funderingspaal.



**Paalpunt:** onderste volle doorsnede van de paalvoet.

**Paalrot:** (ongewenste) term voor schimmelaantasting van funderingshout door droogstand.

**Paalschacht:** deel van de paal tussen paalvoet en paalkop.

**Paalvoet:** geometrische vorm van het onderste deel van de paal.

**Palenpest:** (ongewenste) term voor bacteriële aantasting van funderingshout.

**Palenplan:** tekening waarop de plaats van de palen in bovenaanzicht staat aangegeven.

**Peil:** niveau in de bouw meestal bovenkant vloer afgewerkte begane grondvloer, waaraan op bouwtekeningen alle hoogtematen in een bouwwerk worden gerelateerd.

**Peilbuis:** in de grond geplaatste (pvc) buis met een filter aan de onderzijde om de grondwaterstand te kunnen meten.

**Peilfilter:** zie peilbuis.

**Peilgebied:** gebied waarbinnen middels bemaling een stabiel open waterpeil gehandhaafd wordt.

**Peilklokje:** koperen cilinder, hol van onder, dat via een draad in een peilbuis tot op het waterniveau wordt gebracht en daar een klokkend geluid geeft.

**Peilmaatmeting:** een meting van de huidige hoogte van het constructiedeel dat bij de bouw als peil werd gehanteerd. Meestal was dat de begane grondvloer. Uit vergelijking van de huidige hoogte met het aanlegniveau kan de absolute zakking worden herleid.

**Peilpieper:** instrument dat via een draad in een peilbuis tot op het waterniveau wordt gebracht en daar een piepend geluid geeft.

**Penant:** (smal) deel van een muur of gevel naast of tussen deuren, ramen en hoeken van panden.

**Pilodyn:** type inslaghamer. Poer: blokvormig (betonnen of metselwerk) deel van een fundering waaronder één of meer palen kunnen staan.

**Poer:** blokvormig (betonnen of metselwerk) deel van een fundering.

**Prikapparaat:** zie inslaghamer.

**Prikken:** zie indringingswaarde.

**Prikker:** zie inslaghamer.

**Rekenwaarde:** de getalswaarde van een belasting die bij de toetsing van een constructie moet zijn aangehouden, en die wordt bepaald door de karakteristieke waarde te vermenigvuldigen met een modificatiefactor en vervolgens te delen door een materiaalfactor.

**Relatieve zakking:** optredende verschillen in vloerveldwaterpassing en in lintvoegwaterpassing. De relatieve zakking is kleiner tot significant kleiner dan de absolute zakking en daarmee een indicatie van de draagkracht van een paalfundering of een fundering op staal.

**RFG:** Richtlijnen voor Funderingen van Gebouwen. De voorloper van de geotechnische normen NEN 6740, 6743 en 6744 en later NEN 9997. De eerste RFG versie is uit 1985, de tweede verbeterde versie uit 1988.

**Rollaag:** een in het verband van een muur gewerkte laag van op hun kant of kop gemetselde stenen.

**Roosterfundering:** fundering op staal in de vorm van een houten rooster.

**Rotatie:** zakking gedeeld door de afstand waarover de zakking gemeten is.

**Rotterdamse fundering:** type houten paalfundering bestaande uit een gemetselde muur, gewoonlijk zonder versnijdingen, waaronder langshout bestaande uit een plaat (hier ook wel kesp genoemd) met in het midden daarop een balkje (schuifhout) en een enkele rij houten palen er onder.

**Scharnierpand:** pand tussen twee bouweenheden die beide ongelijkmatig zakken. Hierdoor toont het pand een scheefstand ten opzichte van de horizontaal.

**Scheefstand:** zakking uitgedrukt in mm scheefstand per meter hoogte. Wordt ook wel uit het lood staan genoemd.

**Scheefstand** t.o.v. de horizontaal: scheefstand ten opzichte van de horizontaal, wordt uitgedrukt in het aantal mm hoogteverschil over een afstand van 1 meter.

**Scheurvorming:** het geheel (en het patroon) van alle aanwezige scheuren in een bouweenheid.

**Scholvorming:** het loskomen van platte stukken of delen.

**Schranken:** resultaat van een oplodmeting [mm/m].

**Schuifhout:** een op of tussen het plaathout aangebracht, rechtopstaand stuk hout, waardoor de muur zijdelings wordt gefixeerd.

**Slaghamer:** zie inslaghamer.

**Slieten:** houten staken.

**Slangenwaterpas:** van oorsprong een waterpastaestel waarmee via een slang, met aan beide uiteinden een glazen buis met maatverdeling en gevuld met water, het mogelijk is om het hoogteverschil tussen twee punten te meten. De tegenwoordige moderne variant wordt digitaal afgelezen.

**Sondering:** onderzoeksmethode waarbij een conus de grond in wordt gedrukt met meting van de weerstand, zodat inzicht wordt verkregen in de aard en vastheid van grondlagen.

**Spaarbogen:** gemetselde fundering waarbij het onderste gedeelte van de funderingsmuur uit gemetselde bogen bestaat om materiaal en gewicht te besparen. De palen staan daarbij onder de voet van de boog.

**Spanning:** kracht per oppervlak. Specht: type inslaghamer.

**Specht:** type inslaghamer.

**Spint:** buitenste en in dikte variërende schil hout in een stam, is weinig duurzaam en gevoelig voor bacteriële aantasting.

**Stabiliteit:** zie standzekerheid.

**Standzekerheid:** hebben van voldoende stijfheid in een bouwwerk ter voorkoming van niet toelaatbare horizontale en verticale vervormingen.

**Stiepen:** poeren.

**Stijghoogte:** druk van het water in het 1e watervoerende pakket weergegeven in m ten opzichte van NAP.

**Straatpeil:** zie officieel straatpeil.

**Strokenfundering:** fundering op staal in de vorm van strookvormige elementen.

**Tachymeter:** een landmeetkundig meetinstrument, waarmee horizontale en verticale hoeken en afstanden met hoge nauwkeurigheid worden gemeten.

**Theodoliet:** een landmeetkundig meetinstrument, waarmee horizontale en verticale hoeken met hoge nauwkeurigheid worden gemeten.

**Trasraam:** het waterdichte metselwerk in muren tegen het optrekken van grondvocht (ook wel cementraam genoemd).

**Tussenbouwmuur:** inpandige bouwmuur.

**Uitgiftepeil:** officieel vastgestelde hoogte ten opzichte van NAP van een uit te geven of uitgegeven terrein.

**Versnijding(en):** trapsgewijze verbreding(en) in het metselwerk aan de onderzijde van een muur.

**Vlijlaag:** eerste laag stenen van een fundering die op de platen is gelegd, vaak zonder specie.

**Vloerhout:** houten onderdeel in een fundering waarop metselwerk met een groot grondoppervlak (bijvoorbeeld keldervloeren, kademuren) is aangebracht. Onder vloerhout zijn bij paalfunderingen vaak kespen aanwezig.

**Vloerwaterpassing:** meting van de scheefstanden (ten opzichte van een horizontaal vlak) van de vloeren in een pand. Geeft mate van zakking aan daar vloeren horizontaal zijn aangebracht.

**Wan:** (wankant) het laatste gevormde hout, bij een paal direct onder de bast.

**Waterpassing:** het opmeten van hoogteverschillen tussen twee of meerdere punten met behulp van een waterpasinstrument en een baak.

**Waterpastroestel:** optisch instrument op statief waarmee heel nauwkeurig in een horizontaalvlak gemeten kan worden, voor de eenvoudige methode van waterpassen zie slangenwaterpas.

**Werkvloer:** niet constructieve schone ondervloer waarop een fundering kan worden aangebracht.

**Zachte schil:** door bacteriën aangetaste buitenste schil van het funderingshout die niet meer bijdraagt aan de paalsterkte, de dikte ervan wordt bepaald door meting met een inslaghamer.

**Zakking:** afstand waarover een bouwelement is gezakt ten opzichte van een eerdere of oorspronkelijke positie.

**Zakkingsverschillen:** verschillen in zakking tussen of binnen panden. Zetting: vervorming van de grond onder belasting (geotechnische term).

**Zetting:** zie zakking.

**Zettingsverschillen:** verschillen in zakking tussen of binnen panden die uitsluitend door bodemvervorming worden veroorzaakt.

# Bijlage B: Gebruikte normen, publicaties en richtlijnen

## Normen

- NEN-EN 338:2016 Hout voor constructieve toepassingen – sterkteklassen.
- NEN-EN 772-1: Beproevingmethoden voor metselstenen - deel 1: bepaling van de druksterkte (2011+A1:2015);
- NEN-EN 1990: Eurocode Grondslag van het constructief ontwerp (+A1+A1/C2: 2019/nationale bijlage: 2019);
- NEN-EN 1991-1-1 Eurocode 1: Belastingen op constructies - deel 1-1: algemene belastingen - volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen (+C1+C11: 2019/nationale bijlage: 2019);
- NEN-EN 1995-1-1: Eurocode 5 Ontwerp en berekening van houtconstructies. Deel 1.1: algemeen - gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen (+C1+A1: 2011/nationale bijlage: 2013);
- NEN-EN 1995-1-2: Eurocode 5 Ontwerp en berekening van houtconstructies. Deel 1.2: algemeen - ontwerp en berekening van constructies bij brand (+C1+C2: 2005/nationale bijlage: 2011);
- NEN-EN 1995-2: Eurocode 5 Ontwerp en berekening van houtconstructies. Deel 2 bruggen (2005/nationale bijlage: 2011);
- NEN-EN 1997-1: Eurocode 7 Geotechnisch ontwerp – deel 1: algemene regels (+C1+A1: 2016/nationale bijlage: 2019)
- NEN-EN 1997-2: Eurocode 7 Geotechnisch ontwerp – deel 2: grondonderzoek en beproeving (2007 +C1: 2010/nationale bijlage: 2011).
- NEN EN ISO 14688-1 Geotechnisch onderzoek en beproeving - identificatie en classificatie van grond - deel 1: Identificatie en beschrijving (2018);
- NEN 2767-1: Conditiemeting gebouwde omgeving - deel 1: methodiek (+C1:2019);
- NEN 2767-2: Conditiemeting van bouw- en installatiedelen - deel 2: Gebrekenlijsten (2008);
- NEN 5104: Geotechniek - Classificatie van onverharde grondmonsters (1989, ingetrokken per 2004);
- NEN 5491: Kwaliteitseisen voor hout (KVH 2010) - Heipalen - Europees naaldhout (2010, ingetrokken 2018);
- NEN 6740:2006 Geotechniek - TGB 1990 - Basiseisen en belastingen (1991/A1:1997, ingetrokken 2006);
- NEN 6743:1991 Geotechniek - Berekeningsmethode voor funderingen op palen – drukpalen (1991, ingetrokken 2006);
- NEN 6744: Geotechniek - Berekeningsmethode voor funderingen op staal (20107, ingetrokken 2013);
- NEN 6745-1: Geotechnisch – proefbelasting van funderingspalen deel 1 statische axiale belasting op druk (2005, ingetrokken 2017);
- NEN 6760: Technische grondslagen voor bouwconstructies en de TGB 1990). Houtconstructies – basiseisen - eisen en bepalingmethoden (1991, ingetrokken 1997);
- NEN 8700: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – grondslagen (2011+A1:2020);
- NEN 8701: Beoordeling van de constructieve veiligheid een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren – belastingen (2011+A1:2020);
- NEN 8707: 2018 Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur - geotechnische constructies (2018+C1:2020);



- NEN 9997-1: Geotechnisch ontwerp van constructies - deel 1: algemene regels (2016/C2:2017);
- NPR 7201 Geotechniek - Bepaling van het axiaal draagvermogen van funderingspalen door middel van proefbelastingen (2017+A1:2020).

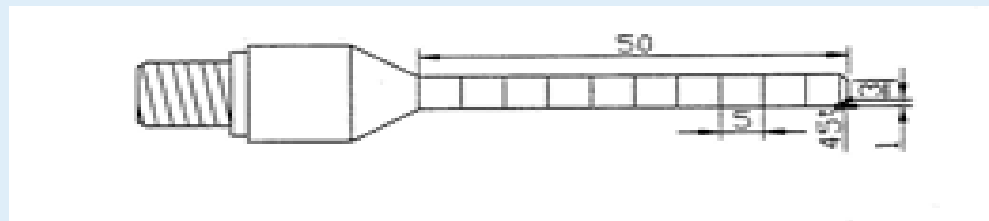
## Publicaties en richtlijnen

- Archeologische Monumentenkaart: zie <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bronnen-en-kaarten/overzicht/archeologie-in-nederland-amk-en-ikaw> en <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bronnen-en-kaarten/overzicht/overzicht-gemeentelijke-archeologische-kaarten>.
- Amsterdam 2009. Maatwerk-onderzoek naar de technische staat van panden in het kader van "behoud en herstel". Stadsdeel Centrum.
- Arbo-informatieblad AI-5 " Besloten ruimten" Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.
- Arbo-informatieblad AI 22 "Werken met verontreinigde grond". Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.
- Arbo-informatieblad P-blad 25 "Putten en sleuven" (is vervallen, maar nog geen alternatief voorhanden)
- Bouwbesluit 2012. Staatsblad van het koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2011 416 besluit van 29 augustus 2011 houdende vaststelling van voorschriften met betrekking tot het bouwen, gebruiken en slopen van bouwwerken.
- CROW. 2010. Handboek funderingen deel B systemen auteur E. Smienk.
- CROW400. 2017. Werken in en met verontreinigde bodem Richtlijn voor veilig, zorgvuldig en risico-gestuurd werken
- Gemeentewerken Rotterdam. 2008. Richtlijn funderingsinspecties.
- Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (zie Archeologische monumentenkaart).
- Keijer, H. 2015. 1-2-3 Geologie voor Ingenieurs. Koninklijk Instituut Van Ingenieurs (KIVI).
- Klaassen R.K.W.M. 2008. Bacterial decay in wooden foundation piles: patterns and causes. A study on historical pile foundations in the Netherlands. International Biodeterioration and Biodegradation 61 (1).
- Klaassen R.K.W.M., Jorissen A. & H. Keijer. 2017. Assessment of the quality and lifetime of wooden pile foundations. Proceedings IRG (the international research group on wood protection) annual meeting (ISSN 2000-8953) IRG/WP17-10883.
- Nijs den, P.J.M. (ed.). 2002. Onderbouwing prikgegevens funderingsonderzoek. Directoraat-Generaal van de Volkshuisvesting Bestuursdienst Beleidsinformatie en Onderzoek, werkgroep "Standaardisatie meetapparaat funderingsonderzoek" rapportcode. K6103.020pn.rap.doc 28 juni.
- Profound. 2009. Kalibratie van houthardheidsmeter De Specht, versie 1.00.
- Sas, F. 2007. De houten paalfundering doorgezaagd – rekenen aan een sterk verouderde houten paalfundering. Gemeente Amsterdam Stadsdeel Zuid.
- SBR. 2009. Handboek funderingen deel A: theorie en praktijk (enkel digitale versie).
- SBR. 2007. Handboek funderingen deel c: adressen, bedrijven en producten en deel d: documentatie praktijk projecten (enkel digitale versie).
- Wattjes, J.G. 1922. Constructie van gebouwen -1ste deel: muren schoorsteenen, kelders, funderingen en rioleeringen, N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon, Amsterdam.
- Werkgroep VROM. 2003. Protocol voor het uitvoeren van een inspectie aan houten paalfunderingen. Uitgave ministerie VROM directoraat generaal wonen directie strategie.
- Zwaag, A.E.J. & J.D. de Jong. 2003. Kalibratie van houtrotprickers voor het onderzoek van houten paalfunderingen. TNO rapport.

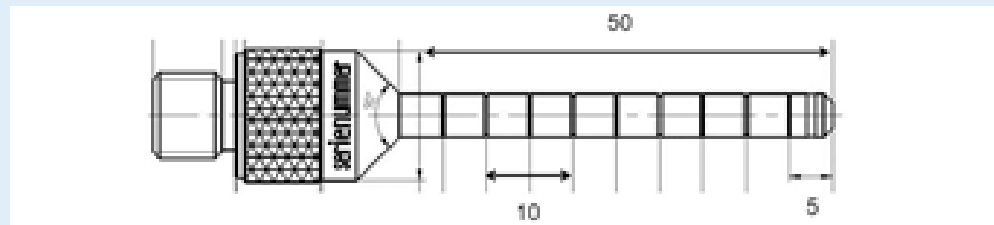
# Bijlage C: Inslaghamers

Inslaghamers als standaard meetapparatuur voor bepaling zachte schil. De inslaghamer moet voldoen aan eisen zoals omschreven in [Den Nijs 2002]. Op het moment van uitgave van deze richtlijn voldoen twee apparaten aan de geformuleerde eisen:

1. Pilodyn 6J-SW: serienummers beginnend met 6 en de onderwateruitvoering, De Pilodyn is niet meer in productie.
2. Specht, geproduceerd door Profound BV, [www.profound.nl](http://www.profound.nl)



Figuur C1: Specificatie meetpen Pilodyn, maten in mm



Figuur C2: Specificatie meetpen Specht, maten in mm

De te gebruiken meetpen is conform figuur C1 of C2 en de slijtage op frontaal oppervlak is maximaal 10%.

Het onderzoeksbureau moet voor het inzetten van het meetapparaat (inclusief meetpen) een geldig kalibratiecertificaat op aanvraag kunnen overleggen. Het certificaat zal worden verstrekt na een kalibratie conform het kalibratieprotocol [Zwaag & de Jong, 2003, Profound 2009]. Het kalibratiecertificaat heeft een geldigheidsduur van één jaar. Het onderzoeksbureau dient in de rapportage van het onderzoek de datum van ingebruikname van het meetapparaat en het bijbehorend nummer van het certificaat op te nemen. Een kalibratierapport kan worden verkregen bij: TNO bouw afdeling Houttoepassingen, of bij: Profound BV.

# Bijlage D: Bijzondere funderingstypen en historie van de houten paalfundering

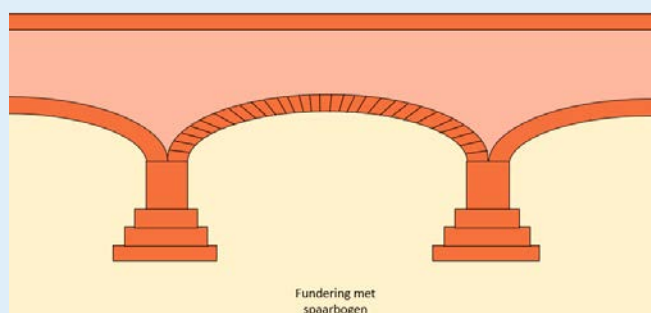
Een variant van de gemetselde fundering met versnijding is de strokenfundering. Behalve stroken worden ook vloeren (platen) als fundering gebruikt. De grond onder de funderingsconstructie wordt hierbij verdicht. Er kan ook een grondverbetering worden toegepast – eventueel in combinatie met een voldoende draagkrachtige tussenlaag.



Figuur D1: Plaatfundering (met vorstrand, KCAF)

Een latere variant van de fundering met spaarbogen is de poeren- of puttenfundering. Hierbij wordt een poer gemetseld op de draagkrachtige grondlaag waarover balken zijn aangebracht, zoals bij een fundering op palen. In plaats van poeren zijn ook betonnen putringen toegepast, welke door aan de binnenzijde te ontgraven op diepte zijn gebracht en vervolgens de putring is gevuld met grond of beton.

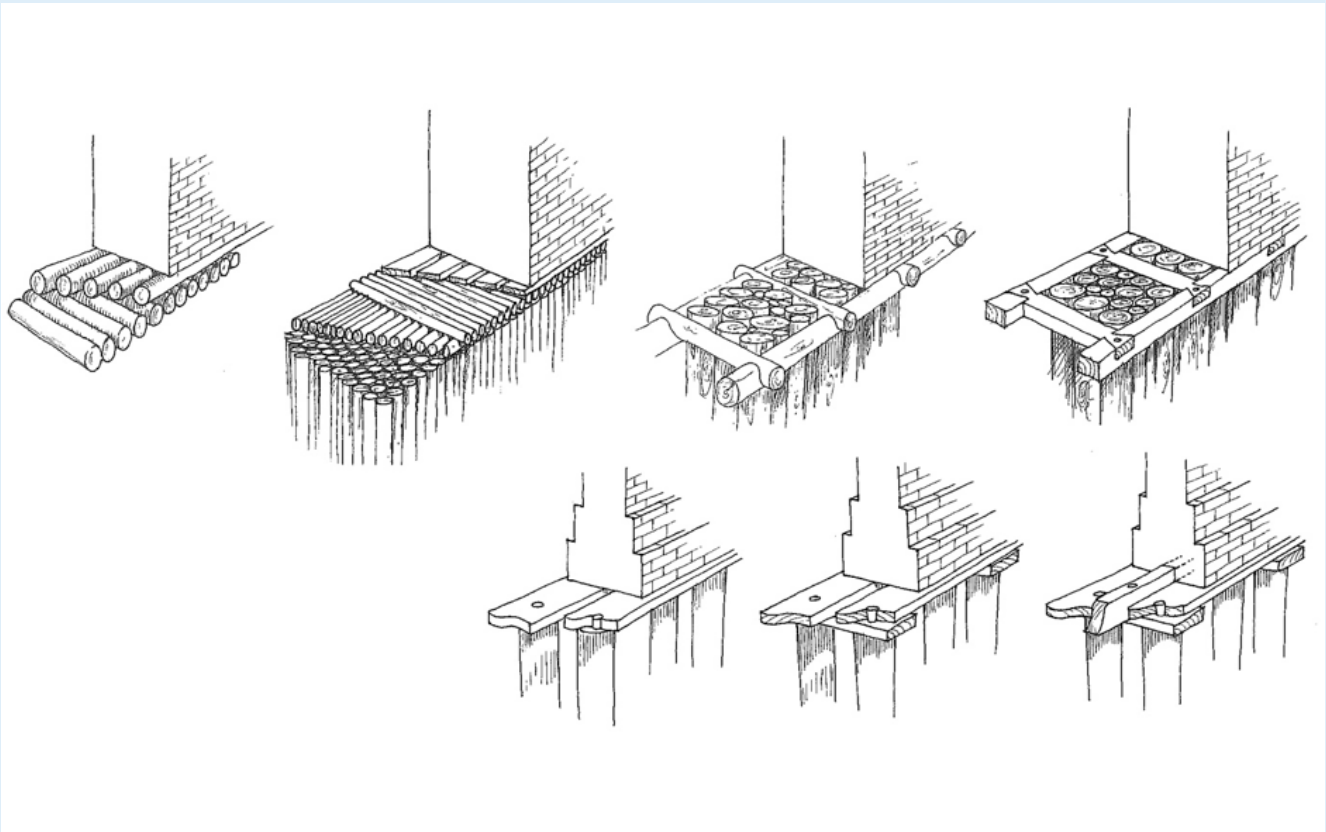
Ontwikkeling van de paalfundering in de tijd.



Figuur D2: Fundering met spaarbogen (KCAF)



Figuur D3: Poerenfundering (Fugro)



**Figuur D4:** links boven houten roosterwerk vanaf 2de helft 13de eeuw en de ontwikkeling via de slieten fundering vanaf 2de helft 13de eeuw naar roosterfundering en paalfundering (Bouwen in Amsterdam, auteur: H.J. Zantkuyl, Amsterdam 2007 (herdruk))

Het roosterwerk werd vanaf het eind van de 13e eeuw uitgevoerd in rondhout. Vanaf de tweede helft van de 14e eeuw is gekantrecht hout toegepast. Bij belangrijke gebouwen is het roosterwerk vaak van eikenhout. De korte paaltjes waarmee de roostervakken zijn opgevuld, zijn vaak lokale houtsoorten als populier, els en berk met verschillende diameters.

# Bijlage E: Format tabelsamenvatting in rapport houten paalfunderingen

Object	
Straat + huisnummer Postcode + plaats	
onderdeel bouwkundige eenheid	Ja/nee
mandeligheid met burens	Ja/nee
Bouwjaar	Getal
Type fundering	A'dam/R'dam/betonopzetten/betonbalk
Eerder funderingsonderzoek/herstel	Ja/nee
Monumenten status	Rijk provincie gemeente archeologisch n.v.t
Resultaten opnames en scheefstand	
Schade bij inpandige inspectie	Nee/weinig/veel
Scheuren bij gevelinspectie	Geen/zeer klein/klein/matig/groot
lintvoegwaterpassing	Nihil/klein/matig/groot/zeer groot
vloerwaterpassing	Nihil/klein/matig/groot/zeer groot
Loodmeting	Nihil/klein/matig/groot/zeer groot
Hoogtemeting	mm t.o.v. NAP
zakking	Nihil/klein/matig/groot/zeer groot
Omgevingsfactoren	
Factoren van invloed op functioneren fundering	Ja/nee
grondwaterdekking	Voldoende/klein/onvoldoende
Funderingsinspectie	
Aantal putten	x
Schade aan metselwerk	Nihil/klein/matig/groot
Aantal palen	X
Gemiddelde inslagwaarden palen	X mm
Staat funderingsconstructie	Goed/matig/slecht
houtsoort	Namen
Bacteriële aantasting actief	Ja/nee
Droogstand-schade	Ja/nee
Toetsing draagkracht fundering	
Stabiliteit funderingsconstructie	Voldoende/matig/onvoldoende
Draagkracht paalhout	Voldoende/matig/onvoldoende
Draagkracht horizontaal funderingshout	Voldoende/matig/onvoldoende
Geotechnische draagkracht	Voldoende/matig/onvoldoende
Aanvullende toekomstige bedreigingen	
Buiten genoemd	divers
Classificatie	
Classificatie	groen/oranje/rood
monitoren	Zakking/grondwater/anders



# Bijlage E2: Format voor tabelsamenvatting in rapport ondiepe funderingen (funderingen op staal)

Object	
Straat + huisnummer Postcode + plaats	
onderdeel bouwkundige eenheid	Ja/nee
mandigheid met burens	Ja/nee
Bouwjaar	Getal
Type fundering	
Eerder funderingsonderzoek/herstel	Ja/nee
Monumenten status	Rijk provincie gemeente archeologisch n.v.t
Resultaten opnames en scheefstand	
Schade bij inpandige inspectie	Nee/weinig/veel
Scheuren bij gevelinspectie	Geen/zeer klein/klein/matig/groot
lintvoegwaterpassing	Nihil/klein/matig/groot/zeer groot
vloerwaterpassing	Nihil/klein/matig/groot/zeer groot
Loodmeting	Nihil/klein/matig/groot/zeer groot
Hoogtemeting	mm t.o.v. NAP
zakking	Nihil/klein/matig/groot/zeer groot
Omgevingsfactoren	
Factoren van invloed op functioneren fundering	Ja/nee
hoogste en laagste grondwaterstand	x
Funderingsinspectie	
Aantal putten	x
Staat funderingsconstructie	Goed/matig/slecht
Schade aan metselwerk	Nihil/klein/matig/groot
Hout aanwezig in fundering	Ja/nee
Zo ja: houtsoort	Namen
gemiddelde inslagwaarden hout	x mm
bacteriële aantasting actief	Ja/nee
droogstand schade	Ja/nee
Toetsing draagkracht fundering	
Stabiliteit funderingsconstructie	Voldoende/matig/onvoldoende
Geotechnische draagkracht	Voldoende/matig/onvoldoende
Aanvullende toekomstige bedreigingen	
Buiten genoemd	divers
Classificatie	
Classificatie	groen/oranje/rood
monitoren	Zakking/grondwater/anders



## COLOFON

Foto voorpagina: Rotterdamse fundering (Fugro)

### **KCAF uitgave**

Commissie:

Rapporteur: René Klaassen (SHR)

Leden: Marco Bekker (BWT Rotterdam), Jaap Estié (NVAF), Ariën Heddes (Fugro),

Manon Helfrich (Woonstad Rotterdam), Maarten Kuiper (Aveco de Bondt),

Peter den Nijs (funderings- en grondwaterexpert), Frank van Lier (BVL Bouwadvies),

Harm Los (RCE), Taco Bresser (Techniek en Methode), Ben van der Kwaak

(Hanselman Groep), André de Prouw (De Prouw) en Don Zandbergen (IGR Rotterdam)

Herziene versie, 22 november 2022 (vorige versie 20 april 2022).

Deze versie van de richtlijn kwam mede tot stand door een bijdrage van RVO, Nationale Aanpak Funderingsproblematiek.