

F₃O richtlijn

Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen

Op- en aanmerkingen over de inhoud van deze richtlijn kunnen worden gemeld aan het bestuur van F₃O en zullen in overweging worden genomen bij mogelijke toekomstige versies.

Klachten over onderzoek dat uitgevoerd is conform deze richtlijn kunnen gemeld worden aan het bestuur van F₃O. De klachten zullen vertrouwelijk worden behandeld.

Uitgave van F₃O

www.f3o.nl

ISBN / EAN nummer: 978-90-816732-1-1

Woord vooraf

Houten heipalen zijn onderdeel van de geschiedenis en het culture erfgoed van Nederland. Op instabiele bodems staan veel gebouwen, waaronder honderden jaren oude monumenten, op houten palen. Hieronder zijn ook duizenden woningen en de laatste decennia zijn in toenemende mate eigenaren van deze panden onverwacht geconfronteerd met het resultaat van een langjarig proces van veroudering van hun fundering. Een grote kapitaalinjectie voor funderingsherstel is dan noodzakelijk om de stabiliteit van het pand te waarborgen. Dit funderingsherstel heeft een grote impact op de privé financiële situatie van de eigenaren. Daarom is een goed inzicht in de kwaliteit van een houten paalfundering noodzakelijk. Die kwaliteit kan bepaald worden door een funderingsonderzoek.

Eén richtlijn voor het uitvoeren van funderingsonderzoek kan het vertrouwen in de kwaliteit van het onderzoek vergroten. Eén goede richtlijn kan een rol spelen in het vergemakkelijken van een overdracht van het pand en kan onterechte sloop of niet noodzakelijk funderingsherstel voorkomen.

Aangezien de noodzaak voor een goede beoordeling van houten funderingen al jaren in de branche gevoeld wordt, is direct bij de oprichting van de brancheorganisatie F₃O het initiatief genomen om hiervoor een richtlijn te schrijven. Een richtlijn omdat het funderingsonderzoek vaak over een oude en momenteel niet meer ontworpen constructie gaat die in vele opzichten buiten de bestaande regelgeving valt en waarvan de beoordeling een specifieke en complexe zaak is.

De richtlijn is opgesteld door een interdisciplinair team van wetenschappers en praktijkmensen. Door deze samenstelling was de meeste actuele kennis beschikbaar om het complex van interacties tussen houten palen, pand en bodem in een werkbare richtlijn om te zetten.

Binnen het onderzoek en beoordeling van funderingen is deze richtlijn (voor houten paalfunderingen onder gebouwen) de eerste uit een serie. Andere relevante richtlijnen gaan over funderingen op staal en funderingen onder waterbouwkundige constructies.

Bij de totstandkoming van deze richtlijn is met een open structuur gewerkt. De commissieleden hebben zich vrijwillig aangemeld uit de leden van F₃O, onder voorzitterschap van een F₃O bestuurslid heeft de commissie de richtlijn opgesteld en is deze ter goedkeuring voorgedragen aan alle leden en participanten van F₃O. Na verwerking van de kritiek is de richtlijn bekrachtigd door het bestuur. Jaarlijks wordt de richtlijn geëvalueerd voor de commissie. Wijzigingsvoorstellen worden aan de ledenvergadering voorgelegd ter goedkeuring. Na goedkeuring wordt de richtlijn aangepast.

Namens de F₃O commissie,

René Klaassen (SHR, voorzitter), Ariën Heddes (Lankelma), Herman Keijer (FUGRO Ingenieursbureau), Peter den Nijs (Wareco), Jan-Willem Oome (Techniek en Methode), Frans Sas (Stadsdeel Zuid-Amsterdam), Jan Stoker (Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam), Hans de Wit (Funderingswinkel).

Inhoud

Woord vooraf	3
Inhoud	5
1. Doelstelling	7
2. Onderdelen funderingsonderzoek	9
2.1 Archieffonderzoek (bureaustudie)	9
2.2 Visuele inspectie pand	9
2.2.1 Inpandige inspectie	9
2.2.2 Gevelinspecties	11
2.3 Scheefstandsmetingen	11
2.3.1 Lintvoegwaterpassing	11
2.3.2 Vloerwaterpassing	13
2.3.3 Loodmeting	13
2.4. Hoogtemetingen	13
2.4.1 Peilmaatmeting	13
2.4.2 Nauwkeurigheidswaterpassing	15
2.5 Omgevingsfactoren	15
2.6 Grondwaterstandmetingen	17
2.7 Funderingsinspectie	17
2.7.1 Ontgraving	17
2.7.2 Classificatie bodemmateriaal	19
2.7.3 Kwaliteit metselwerk en beton	19
2.7.4 Visuele inspectie en het opmeten van de funderingsconstructie	21
2.7.5 Bepaling dikte zachte schil van het hout	23
2.7.6 Monstername hout	23
2.7.7 Beslissing noodzaak monstername hout	25
2.7.8 Berekening resterende dragende doorsnede houten paal	27
2.7.9 Paal draagkracht bepaald op basis van een proefbelasting (facultatief)	29
2.8 Houtonderzoek aan boorkernmonsters	29
3. Beoordeling functioneren houten paalfundering	31
3.1 Toetsing draagkracht fundering	31
3.1.1 Stabiliteit funderingsconstructie	31
3.1.2 Draagkracht paalhout	31
3.1.3 Draagkracht horizontaal funderingshout direct liggend op de paal	33
3.1.4 Geotechnische draagkracht	35
3.2 Beoordeling	37
4. Verklarende woordenlijst	38
5. Gebruikte normen, publicaties, en richtlijnen	44
Bijlage inslaghamer	46

TOELICHTING Doelstelling

Voor het beoordelen van het functioneren van een oude houten paalfundering is informatie nodig die soms moeilijk te verkrijgen en lastig te interpreteren is. Deze richtlijn geeft eenduidige benamingen voor de noodzakelijke informatieonderdelen waardoor een objectieve analyse kan worden uitgevoerd om tot een beoordeling van een houten 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 – Bestaande Bouw (VROM 2005) voldoet een houten paalfundering vaak niet en een beoordeling volgens Bouwbesluit leidt dan te snel tot afkeur, terwijl uit ervaring is gebleken dat in goede staat verkerende houten paalfunderingen een aanzienlijke handhavingstermijn hebben. De theorie van het Bouwbesluit is hierdoor niet goed bruikbaar in de praktijk van houten paalfunderingen. Belangrijke oorzaken voor de te negatieve toetsing bij gebruik van het Bouwbesluit zijn:

1. Houten paalfunderingen van vóór 1950 zijn empirisch ontworpen. Er werden nog geen sonderingen en geotechnische berekeningen van de draagkracht gemaakt. De benodigde paallengte werd vastgesteld door middel van proefheien, dat wil zeggen kalenderen / op stuit heien. Vaak werd de eindkalendering, zakking in cm bij 30 slagen, bepaald met een Hollandse heiformule. Er werden geen proefbelastingen uitgevoerd.
2. Er werd vroeger geen rekening gehouden met het optreden van negatieve kleeftbelasting. Pas vanaf de jaren 50 van de vorige eeuw is men begonnen met het toekennen van een geschatte negatieve kleeftbelasting.
3. De gebrekkige rekenkundige onderbouwing heeft tot gevolg dat houten paalfunderingen vaak 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) verdwijnt 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 NEN 6760 naar EUROCODE 5 veranderen de modificatiefactor van 0,6 naar 0,5 en de materiaalfactor van 1,2 naar 1,3 waardoor rekenwaarden 25% lager werd.

In 2003 is in opdracht van VROM door een aantal branchepartijen een protocol voor de uitvoering van een funderingsinspectie opgesteld. De uitvoering van een funderingsinspectie is vaak een onderdeel van een funderingsonderzoek. In verband met een eenduidige en complete omschrijving in deze richtlijn is de inhoud van het protocol uit 2003 in deze richtlijn geïntegreerd en geactualiseerd naar de laatste stand van de kennisopbouw. Verder is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande documenten handelend over houten paalfunderingen (Amsterdam 2009, SBR 2007 en 2010, Gemeentewerken Rotterdam 2008, Wattjes 1922).

1. Doelstelling

Deze richtlijn heeft tot doel de uniformiteit en objectiviteit van het onderzoek aan houten paalfunderingen onder bebouwing te waarborgen. Hiermee wordt ook de uniformiteit van kwaliteitsbeoordeling en toetsing van houten paalfunderingen in Nederland vergroot. Hiertoe zijn beschikbare technieken beschreven voor het uitvoeren van funderingsonderzoek aan gebouwen met een houten paalfundering en zijn criteria gegeven om tot eenduidige benamingen van waarnemingen en een kwaliteitsbeoordeling te komen.

Aangegeven wordt hoe een vertaling gemaakt kan worden naar de funderingstechnische handhavingstermijn. Houten paalfunderingen zijn vaak ruim voor de huidige regelgeving gerealiseerd. Daarom wordt een van de huidige regelgeving afwijkende systematiek gegeven om tot een funderingstechnische handhavingstermijn te komen.

TOELICHTING Archiefonderzoek (bureaustudie)

Het archiefonderzoek wordt gedaan door een ter zake deskundige onderzoeker die in staat is (oude) bouwtekeningen te interpreteren. Bronnen voor het archiefonderzoek zijn gemeentelijke bouwarchieven, streek- of stadsarchieven en mogelijk private archieven (bijvoorbeeld van woningbouwverenigingen en adviesbureaus). Hieronder volgt een opsomming van minimaal te behandelen gegevens.

- Oprichtingsdatum en oprichtingstekeningen van het pand of bouweenheid en indien noodzakelijk ook van de belendende panden of bouweenheden.
- Aanlegniveau begane grond vloer (bouwpeil), hoogstgelegen funderingshout of paalkop, palen: palenplan, inheidiepte (heistaat of heiregister, opzichterdagboek), houtsoort, diameter, lengte beton oplanger.
- Langshout / kespen: houtsoort, afmeting.
- Historische bodemgegevens (opbouw, ophogingen).
- Historische grondwaterstand gegevens.
- Constructieve gegevens: stabiliteit (afmetingen van elementen die de standzekerheid van het pand verzorgen (gevels, binnenmuren en vloeren), opvangconstructies, beschikbare berekeningen).
- Constructieve wijzigingen na oprichting: vergund en uitgevoerd (notities inspecteur), herstelwerkzaamheden, wat betreft indeling en gebruik.
- Gegevens over belendingen en gemeenschappelijke bouwdelen (bouwmuren, funderingen, onderdeel bouweenheid, funderingsherstel, stabiliteitsverbetering).
- Resultaten eerdere inspecties en onderzoeken.

TOELICHTING Inpandige inspectie

Inspecties worden bij voorkeur uitgevoerd op de begane grond en (indien aanwezig) kelder en souterrainniveau. Indien hiervoor aanleiding is worden hogere verdiepingen geïnspecteerd. Speciale aandacht wordt gegeven aan constructieve wijzigingen in het pand of aansluitingen op latere bouwfases (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.

2. Onderdelen funderingsonderzoek

In dit hoofdstuk worden de relevante meetmethodieken voor het doen van funderingsonderzoek beschreven en de resultaten worden zoveel mogelijk in klassen benoemd.

2.1 Archiefonderzoek (bureaustudie)

Doel: verzamelen beschikbare relevante informatie over het casco, de fundering, andere bouwkundige elementen (inclusief eventueel belendende panden).

Methode: gegevens (zie toelichting) verzamelen uit archieven.

Resultaat: relevant materiaal opnemen onder bronvermelding in de rapportage. Bespreking van conclusies op basis van verzameld materiaal in rapportage opnemen.

2.2 Visuele inspectie pand

2.2.1 Inpandige inspectie

Doel: inventariseren zichtbare aspecten die duiden op verminderd functioneren van de fundering of 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 Gevelinspecties

Gevelinspecties worden uitgevoerd aan de vrij bereikbare gevels. Wanneer het pand deel uit maakt van een bouwblok of bouwstroom wordt ook de gevel van de direct belendende panden geïnspecteerd.

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), metselwerk (bol staan, wijkt van kozijnen), niet haaks zijn van kozijnen (scheefstand van onder- en bovendorpels), deuren en ramen.

TOELICHTING Lintvoegwaterpassing

Bij voorkeur wordt een lintvoeg (bovenzijde van de steen) in het metselwerk gemeten rondom het gehele pand. 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. Om de rotatie te kunnen bepalen dient de onderlinge afstand van de meetpunten aan de gevel te worden gemeten. Bij de bouwmuren met maximale onderlinge afstand van 10 m.

De nauwkeurigheid van de meting is beperkt tot circa ± 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 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; de vervormingen of rotaties geleid hebben tot scheurvorming. 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.

2.2.2 Gevelinspecties

Doel: inventariseren signalen die duiden op verminderd functioneren van de fundering of belastingafdracht naar de fundering.

Methode: gevelschouw uitvoeren en gebreken vastleggen. De scheurgrootte wordt visueel bepaald (met een meetnauwkeurigheid $\pm 0,5$ mm).

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.

Beoordeling: breedte van de scheuren wordt volgens tabel 2.1 benoemd (conform NIVRE).

Tabel 2.1

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

2.3 Scheefstandsmetingen

2.3.1 Lintvoegwaterpassing

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

Methode: inmeten van gevelelementen 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 2.2 benoemd.

Tabel 2.2

Rotatie	Schade typering	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

TOELICHTING Vloerwaterpassing

Deze metingen worden vaak uitgevoerd bij vloervelden waarvan verwacht mag worden dat de originele balklaag wordt gemeten. Bij een vloerveldmeting wordt van de vloer ter plaatse van de balkopleggingen in de muren het niveauverschil tussen een aantal punten gemeten (bij voorkeur op de 1^{ste} etage). De aanwezigheid van mogelijk verschillende vloerafwerkingen vereist aandacht bij de uitvoering van de metingen en mogelijk correcties van de meetwaarden. Per vloerveld kan de afwijking ten opzichte van een horizontaal vlak worden gemeten.

Maatafwijkingen in vloerafwerking beperken de meetnauwkeurigheid.

TOELICHTING Loodmeting

Deze meting wordt vaak uitgevoerd met een hiervoor geschikt waterpastoestel. 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 waterpastoestel. Afwijkingen van circa ± 10 mm zijn te verwachten.

Indien de gevel hiervoor bereikbaar is kan bij helling voorover ook een meting met een schietlood worden uitgevoerd.

TOELICHTING Peilmaatmeting

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 (N)AP hoogten in de loop van de tijd zijn aangepast en het vloerpeil kan zijn gewijzigd.

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 de gefundeerde muur ten opzichte van een horizontaal vlak. De meting wordt middels een waterpassing uitgevoerd (meetnauwkeurigheid ± 10 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 2.2 benoemd.

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 ± 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 dient eenduidig te worden aangegeven.

Beoordeling: de scheefstand uit de verticaal wordt volgens tabel 2.2 benoemd.

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 middels een waterpassing (meetnauwkeurigheid ± 5 mm). Als een hoogte t.o.v. (N)AP 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 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 onderhevig 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 bouwfases 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.

TOELICHTING Omgevingsfactoren

De visuele inspectie wordt uitgevoerd met in achtname van de voorinformatie uit het archiefonderzoek. Belangrijke aspecten om op te letten zijn belendende nieuwbouw; effecten van herprofilering straat; effecten van straatophoging; zakking ten opzichte van straatniveau; verzakte bestrating; bouwputten; bodemsaneringen; openwaterpeilen.

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

2.4.2 Nauwkeurigheidswaterpassing

Doel: vaststellen zakkingsnelheid van een constructie.

Methode: door middel van het herhaald meten (met een precisie waterpasinstrument en een speciaal temperatuurongevoelige baak, de nauwkeurigheid is $\pm 0,5$ mm) van meetpunten, vaststellen van beweging van die vaste meetpunten. Vaste meetpunten worden krimpvrij 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.

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/jaar ook grafische de zakking in de tijd te worden gegeven.

Beoordeling: beoordeling van de zakkingsnelheid wordt gedaan volgens tabel 2.3.

Tabel 2.3

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

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 indien een verband wordt verondersteld met het functioneren van de fundering dan wordt hiervan expliciet melding gemaakt.

TOELICHTING Grondwaterstandmeting

De dynamiek van het grondwatersysteem in de stad laat zich doorgaans slechts door intensief onderzoek vaststellen. Op sommige locaties kan al informatie over het grondwater beschikbaar zijn bijvoorbeeld vanwege gemeentelijke peilbuizen die vele jaren zijn bemeaten. Deze meetreeksen zijn waardevol om bij een funderingsonderzoek te betrekken. Het is niet zonder meer mogelijk om peilbuismetingen te gebruiken in termen van grondwaterdekking, tenzij deze peilbuis tegen de gevelmuur ter plaatse van de inspectie is aangebracht. De dynamiek van het grondwater in de stad zal ook, zonder specifieke grondwaterbeheermaatregelen, in de toekomst aan veranderingen onderhevig zijn. Voorspellingen aangaande de in de toekomst optredende grondwaterstanden bij een fundering zijn dan ook zonder specifiek onderzoek niet te doen.

TOELICHTING Ontgraving

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 openbare ruimte (clac melding, regeling kabels en leidingen grondroeders, Veiligheids en Gezondheidsplan).

Een indicatie voor het aantal inspectieputten wordt in tabel 2.5 gegeven, afhankelijk van de locatie kan dit aantal groter zijn.

Om een goede inspectie te kunnen uitvoeren zal 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 is locatie-afhankelijk. Bij panden 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.

De funderingsconstructie dient schoon te worden gemaakt alvorens met de inspectiewerkzaamheden wordt begonnen.

2.6 Grondwaterstandmetingen

Doel: verkrijgen indicatie van de actuele waterdekking boven het hoogste funderingshout.

Methode: er wordt een peilbuis in de directe nabijheid van de inspectieput geplaatst. De grondwaterstand in de peilbuis wordt gemeten met een peilklokje of peilpieper (meetnauwkeurigheid ± 10 mm) op een moment dat er geen verstoring van de grondwaterstand (meer) is als gevolg van de inspectiewerkzaamheden.

Resultaat: grondwaterstand op een specifiek tijdstip ten opzichte van NAP. Is geen NAP hoogte beschikbaar, dan kan worden volstaan met grondwaterdekking (verschil niveau bovenste funderingshout en gemeten grondwaterstand) op een specifiek tijdstip. In de rapportage dient nadrukkelijk vermeld te worden dat een enkelvoudige meting een momentopname betreft en dat hiermee geen uitspraak mogelijk is over de grondwaterdekking over de jaren heen.

Beoordeling: op basis van tabel 2.4 worden de verschillende, momentane, grondwaterdekkingen benoemd.

Tabel 2.4

Grondwaterdekking [cm]	Benaming
> 20	Voldoende
20 tot 5	Klein
< 5	Onvoldoende

2.7 Funderingsinspectie

Inspectie van de fundering wordt uitgevoerd in een voor de fundering representatieve inspectieput(ten) om inzicht te krijgen in het functioneren ervan en de mate van veroudering die heeft plaats gevonden. Het aantal inspectieputten en de plaats waar ze gegraven moeten worden, wordt bepaald op basis van het archiefonderzoek, de waterpassingen en de visuele beoordeling. Tabel 2.5 geeft richting voor het aantal inspectieputten per bouweenheid.

Tabel 2.5

Omschrijving	Aantal putten
Bouweenheid tot en met 5 panden	2*
Bouweenheid > 5 panden	3*

* = op basis van locatie-specifieke kennis kan besloten worden om minder of zelfs geen inspectieputten te graven (argumenten hiervoor opnemen in het onderzoek of onderzoeksvoorstel).

2.7.1 Ontgraving

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

Methode: het vrijgraven van de fundering en het zo nodig tijdelijk afvoeren van grondwater.

Resultaat: een veilige en verantwoorde inspectieput waarin metingen kunnen worden verricht en houtmonsters kunnen worden genomen.

TOELICHTING Classificatie bodemmateriaal

Bij de beschrijving van het bodemprofiel kan gebruik worden gemaakt van de definities uit NEN 5104. Als de onderzijde van de ophooglaag 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 een grondboring kan worden gedaan. 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.

TOELICHTING Kwaliteit metselwerk en beton

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 de volgende:

- *Scheuren (aantal, afmetingen patroon);*
- *Steensoort en kwaliteit (kwalitatief) van de steen;*
- *Voegen (kwalitatief, hard, zacht, onsamenvast);*
- *In geval betonwerk aanwezig wordt de afmeting opgenomen en het betonwerk kwalitatief geïnspecteerd op dichtheid van het oppervlak, zichtbaarheid en corrosie van wapeningstaal.*

Bij de beoordeling kan gebruikgemaakt worden van NEN 771.

2.7.2 Classificatie 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.

2.7.3 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 2.6 te worden gebruikt.

Tabel 2.6

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

TOELICHTING Visuele inspectie en het opmeten van de funderingsconstructie

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.

- *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.*

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 kessen;*
- *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.*

TOELICHTING Visuele inspectie en het opmeten van de funderingsconstructie (vervolg)

De situatie wordt vaak in tekeningen (bovenaanzicht, doorsnede, vooraanzicht) vastgelegd. Hierbij worden geen vervormingen getekend. Gebreken en vervormingen kunnen eenduidig in een fotorapportage (kleur, goede beschrijving locatie) worden weergegeven. Voor het beschrijven van het algemene beeld van de fundering kan uitgegaan worden van een fotorapportage met de volgende aspecten:

- Eén overzichtsfoto van de gehele inspectieput.
- Bij één enkele palenrij minimaal twee detailfoto's per paal, zodanig dat de aansluiting met het bovenliggende langshout vanaf beide zijden in beeld wordt gebracht.
- Bij een dubbele palenrij of bij paaljukken minimaal twee detailfoto's per paaljuk, zodanig dat de aansluiting met de bovenliggende kesp en langshout vanaf beide zijden in beeld wordt gebracht.
- Bij een gebroken kesp moet de breuk fotografisch worden vastgelegd.
- Eventuele gebreken van de fundering moeten door middel van detailfoto's duidelijk worden vastgelegd (gebroken of sterk vervormde funderingsdelen; scheve of buiten het metselwerk staande palen).

2.7.4 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 referentiepunten. 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.

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).

TOELICHTING Bepaling van de dikte zachte schil van het hout

Inslaghamers zijn speciaal ontwikkeld voor funderingsonderzoek. In de bijlage 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.*

TOELICHTING Monstername hout

Het aantal monsters zal representatief zijn voor het beeld dat in de put is aangetroffen: paaldiameter, shadebeeld 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

2.7.5 Bepaling dikte zachte schil van het hout

Doel: vaststellen dikte zachte schil.

Methode: de metingen worden uitgevoerd met een gekalibreerde inslaghamer en uitgelezen in millimeters (afleesnauwkeurigheid ± 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.

2.7.6 Monstername hout

Doel: het nemen van monsters geschikt voor houtonderzoek (zie 2.8).

Methode: met een aanwasboor (interne diameter 10 mm) wordt een boorkern op een representatieve plaats genomen. Per funderingsput worden minimaal twee palen bemonsterd (zie toelichting). Indien van toepassing kan ook het horizontale hout bemonsterd worden. De boorkern wordt onmiddellijk ondergedompeld in water, verpakt en tot het moment van analyse gekoeld (1-8°C) opgeslagen.

Resultaat: samenhangende boorkern, bij palen van wan (bast) tot hart en bij balken van buitenzijde (gezaagde zijde) tot kern en een omschrijving van de plaats van monstername.

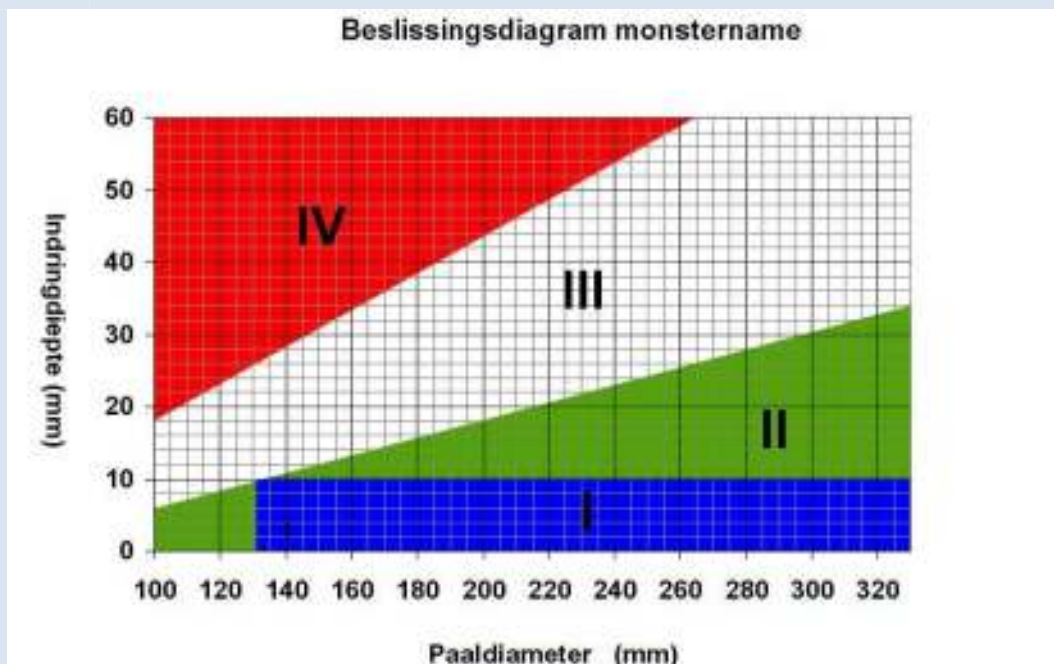
TOELICHTING Beslissing noodzakelijk monstername hout

Gebied I: Bij deze combinatie van diameter en indringing wordt gesteld dat geen aantasting van constructieve betekenis aanwezig is. Het nemen van houtmonsters is hier niet noodzakelijk.

Gebied II: Dit betreft aangetaste palen. De aantasting is beperkt waardoor geen nadelige invloed op de sterkte van de paalschacht wordt verwacht. Het nemen van houtmonsters is alleen noodzakelijk om een uitspraak te kunnen doen over de oorzaak van de aantasting en de ontwikkeling van de aantasting in de tijd.

Gebied III: Voor onderzoek naar de sterkte van de paalschacht is bij deze combinatie van diameter en indringingswaarde houtonderzoek aan monsters noodzakelijk.

Gebied IV: Dit is het gebied van relatief grote aantasting ten opzichte van de diameter. De sterkte van de paalschacht is hier onvoldoende. Het nemen van een houtmonster is alleen noodzakelijk indien de oorzaak van de aantasting moet worden vastgesteld.



Grafiek 2.1. Beslissingsdiagram voor het nemen van een monster, welke gebaseerd is op normaal voorkomende situaties met betrekking tot de verhouding paaldiameter en belasting (100 mm en 30 kN; 150 mm en 60 kN; 200 mm - grotere diameters en 150 kN).

2.7.7 *Beslissing noodzaak monstername hout*

Doel: beoordelen noodzakelijk voor het nemen van houtmonsters in de funderingsinspectieput.

Methode: altijd monsters nemen wanneer de oorzaak van de houtaantasting of de levensverwachting (handhavingstermijn) deel uitmaakt van de vraagstelling van het funderingsonderzoek. Is de vraagstelling beperkter, dan geeft grafiek 2.1 uit de toelichting aan wanneer houtonderzoek facultatief is. In de grafiek zijn vier verschillende gebieden in relatie tot de gemeten diameter en indringdiepten aangegeven. Het vermoeden van droogstand zonder zichtbare houtaantasting is aanleiding voor het nemen van extra houtmonsters uit palen en horizontaal hout.

Resultaat: selectie van houtmonsters die essentieel zijn voor het funderingsonderzoek.

TOELICHTING Berekening resterende dragende doorsnede houten heipaal

Het bepalen van de resterende dragende doorsnede met behulp van een gekalibreerde inslaghamer en vergelijking 1 en 2 is een praktijkmethode waarmee de zachte schil van funderingspalen in een ontgraving kan worden bepaald. Onderbouwing van deze methode wordt gegeven in Den Nijs (2002).

[Vergelijking 1]:

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

[Vergelijking 2]:

$$A = 0,25 \pi d^2$$

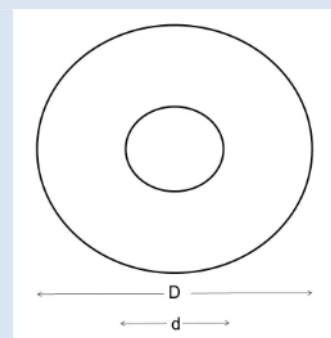
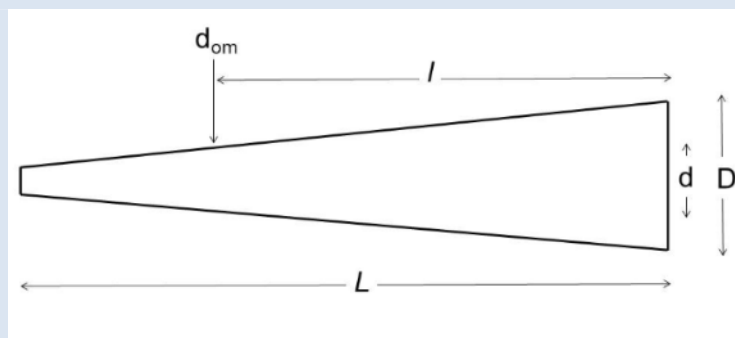
Gebruikte symbolen:

i = gemiddelde indringdiepte in het hout [mm]

D = oorspronkelijke paaldiameter [mm]

d = resterende dragende paaldiameter [mm]

A = resterend dragend oppervlak [mm²]



Voor een verfijndere inschatting van de dragende diameter kunnen de vergelijkingen 3 en 4 worden gebruikt.

[Vergelijking 3]:

$$d = D - 2 \times i$$

Vergelijking 3 mag worden toegepast wanneer uit het houtonderzoek blijkt dat:

de diepte van de sterke aantasting \leq gemiddelde indringwaarde.

[Vergelijking 4]:

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

Vergelijking 4 mag worden toegepast wanneer uit het houtonderzoek blijkt dat:

de ingeschatte druksterkte ≥ 10 N/mm² ter plaatse van de gemiddelde indringwaarde.

TOELICHTING Berekening resterende dragende doorsnede houten heipaal (vervolg)

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 7.5mm/m. Indien uit archiefgegevens vastgesteld kan worden dat de tapsheid anders is dan kan vergelijking 5 hieraan worden aangepast. De plaats van het omslagpunt wordt bepaald op basis van het bodemprofiel.

[Vergelijking 5]:

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

Aanvullend gebruikt symbool

l=afstand tussen paalkop en omslagpunt

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 hier 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.

[Vergelijking 6]:

$$d_{om} = D - l \times 7,5 - \frac{D - d}{2} \times \left(1 + \frac{L - l}{L}\right)$$

Aanvullend gebruikt symbool

L=paallengte

d_{om} = resterende dragende paaldiameter bij omslagpunt balk

2.7.8 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.

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

De proefbelasting maakt geen deel uit van het funderingsonderzoek maar is een alternatieve rekentechnische methode. Aanvullend op de eisen uit de richtlijn kan gekozen worden om een proefbelasting uit te voeren. 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).

TOELICHTING Houtonderzoek aan boorkernmonsters

Houtonderzoek wordt gedaan om een uitspraak te kunnen doen over de oorzaak van de aantasting, de ontwikkeling van de aantasting in de toekomst en de reststerkte van het hout. Een levensverwachting die op deze manier wordt gespecificeerd, is gebaseerd op essentiële parameters (leeftijd paal; houtsoort; mate en type aantasting; kernhoutaandeel; druksterkteverloop over de paalkopdiameter) en op de meest actuele kennis op het gebied van houtaantasting.

2.7.9 Paal draagkracht bepaald op basis van een proefbelasting (facultatief)

Doel: bepalen draagkracht van funderingspalen.

Methode: de test wordt uitgevoerd volgens NEN 6745-1.

Resultaat: draagkracht in N.

Beoordeling: conform NEN 6745-1.

2.8 Houtonderzoek aan boorkernmonsters

Doel: achterhalen oorzaak en voortgang aantasting, nadere inschatting zachte schil en reststerkte hout.

Methode: van elk houtmonster (boorkern) wordt de houtsoort, de dikte van de spintrand en het type van aantasting bepaald. Voor microscopisch onderzoek worden van de boorkernen over de gehele radiaal, coupes gesneden met een dikte van circa 20 µm. Onder de microscoop worden de coupes beoordeeld op houtstructuur, patroon en mate van aantasting en het voorkomen van aantasters. Onderscheid wordt gemaakt tussen primaire, secundaire aantasters en koloniserende organismen. De volumieke massa en het vochtgehalte van boorkernstukjes van circa 20 mm worden bepaald middels drogen en wegen (meetnauwkeurigheid volumieke massa ± 25 kg/m³, vochtgehalte ± 1%). Op basis van het vochtgehalte van het waterverzadigde hout wordt via een omrekenmodel (Klaassen 2008) een inschatting gemaakt van de druksterkte. De mate van aantasting, dichtheid, vochtgehalte en ingeschatte reststerkte wordt weergegeven als gradiënt over de diameter.

Resultaat: de oorzaak van de houtaantasting, een voorspelling van de aantastingsontwikkeling en het sterkteverlies in het paal- of balkhout in de volgende 25 – 50 jaar. De gradiënt van de mate van aantasting en druksterkte worden over de diameter gespecificeerd.

TOELICHTING Draagkracht paalhout

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

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

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

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

De waarden voor $\sigma_{c,d}$ uit vergelijking 7^a en 7^b 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 EN 1991) worden bepaald. Gebruikelijk zijn referentieperioden van 1 jaar (aanschrijfniveau), 15 jaar (observatieniveau) en 25 jaar (splitsingsniveau).

Formules (6.10^a) en (6.10^b) van NEN EN 1990 beschrijven de in rekening te brengen belastingcombinaties. Voor funderingen zal vaak [vergelijking 7^a], gebruik makende van NEN EN 1990 formule (6.10^a) maatgevend zijn aangezien het eigen gewicht van het te dragen bouwwerk vaak overheerst. Voor lichte draagconstructies, bijvoorbeeld hoogbouw in hout, houtskeletbouw, kassenbouw, zal vaak een combinatie met wind of sneeuw maatgevend zijn waardoor in die gevallen [vergelijking 7^b], gebruik makend van NEN EN 1990 formule (6.10^b), maatgevend is. Vergelijkingen 7^a en 7^b dienen beide te worden opgesteld ten einde vast te kunnen stellen welke maatgevend is.

3. Beoordeling functioneren houten paalfundering

Het doel bij de beoordeling van een houten paalfundering is om de kwaliteit ervan in beeld te brengen en om een levensverwachting te kunnen geven voor de komende decennia. Een goed oordeel kan alleen verkregen worden op basis van een volledig onderzoeksprogramma (zie hoofdstuk 2). Gemotiveerd afwijken van het volledige onderzoeksprogramma is onder voorwaarden mogelijk (zie toelichting). In de rapportage van het onderzoek wordt per onderdeel aangegeven waarom het niet is onderzocht en welke specifieke beperkingen met betrekking tot de reikwijdte van de conclusie zijn ontstaan.

Tijdens de uitvoering van het onderzoek kan blijken dat het niet doelmatig is om alle voorgenomen onderzoekonderdelen uit te voeren. In de rapportage dient toegelicht te worden welke omstandigheden er toe hebben geleid dat onderzoeks-onderdelen niet zijn uitgevoerd. Ook in dit geval dienen de consequenties met betrekking tot de eindbeoordeling te worden aangegeven.

3.1 Toetsing draagkracht fundering

Deze toetsing bestaat uit vijf componenten (stabiliteit funderingsconstructie, draagkracht paalhout / langshout / kessen, geotechnische draagkracht).

3.1.1 Stabiliteit funderingsconstructie

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 Draagkracht paalhout

Doel: toetsing houtspanning in paal.

Methode: voor de constructieve beoordeling zijn enerzijds de rekenwaarde van de belasting, $\sigma_{c,d}$, 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 Draagkracht horizontaal funderingshout direct liggend op de paal

EN 338 geeft $2,5 \text{ N/mm}^2$ als karakteristieke waarde voor de druksterkte loodrecht op de houtvezel voor het veel gebruikte naaldhout (sterkteklasse C24). Bij deze druksterkte zijn vervormingen in het langshout beperkt en de praktijk heeft aangetoond dat in een funderingsconstructie enige vervormingen in het langshout acceptabel zijn. Sas (2007) heeft aangetoond dat $4,5 \text{ N/mm}^2$ een goede praktische rekenwaarde is voor het toetsen van houtspanningen loodrecht op de vezels, een waarde waarin ook belastingspreiding door het langshout is verdisconteerd. Deze belastingspreiding zorgt voor een effectief groter 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.

De waarde van $4,5 \text{ N/mm}^2$ mag alleen worden gebruikt wanneer de palen zodanig onder de bouwmuur zijn gepositioneerd dat het hout dat direct op de paal ligt, niet op buiging wordt belast.

Omdat de zachte schil van de paal, ondanks de aantasting ook een bijdrage levert aan de belastingoverdracht, 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.

3.1.3 Draagkracht horizontaal funderingshout direct liggend op de paal

Doel: toetsing houtspanning.

Methode: het ondersteunend paaloppervlak wordt berekend volgens vergelijking 8 met $f_{c90,d} = 4,5 \text{ N/mm}^2$. Vergelijking 8 mag alleen worden toegepast bij een onaangetaste houtdikte $> 40 \text{ mm}$ en een houtbreedte die ten minste de hele paalkop bedekt. De toetsing is volgens vergelijking 9.

[Vergelijking 8]: $D_{\text{langshout}} = D - 2 \times (i - 10)$

[Vergelijking 9]: $\sigma_{c90,d} \leq f_{c90,d}$

Aanvullend gebruikte symbolen:

$D_{\text{langshout}}$ = effectieve dragende diameter niet aangetast funderingshout dat direct op de paal ligt

$\sigma_{c90,d}$ = rekenwaarde voor de optredende drukspanning loodrecht op de vezel in de contactzone

$f_{c90,d}$ = rekenwaarde druksterkte loodrecht op de vezel

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

TOELICHTING Geotechnische draagkrachtMethode 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 1.5 van paragraaf 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. Aanvullend kan door een nauwkeurigheidswaterpassing, informatie worden verkregen over de actuele zakkingsnelheid van de fundering.

Algemene criteria op basis waarvan vastgesteld kan worden of de methode kan worden ingezet met betrekking tot de 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.

Belangrijk aandachtspunt bij deze methode is de verplaatsing die de paal heeft ondergaan als gevolg van haar belasting. Vervormingen in de verdere funderingsconstructie dienen buiten beschouwing te blijven.

Methode 2

- Bij een geotechnische toetsing via de normen NEN6740 en NEN6743 moeten de volgende aspecten in aanmerking worden genomen:
- De rekenbelasting op de paalkop (zie VROM 2005) 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 6740 11.2 Schematisering) wordt 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.

3.1.4 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 6740, NEN 6743 en NEN 8700 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: toetsing geotechnische draagkracht.

TOELICHTING Beoordeling

Er kunnen omstandigheden aanwezig zijn waaronder afgeweken wordt van het volledige onderzoeksprogramma. Er zijn bijvoorbeeld vraagstellingen mogelijk die kunnen leiden tot vooraf te bepalen beperktere onderzoeksinspanning, zoals:

- A: Is er een indicatie voor toekomstige funderingsproblemen?*
- B: Wat is de beoordeling van een funderingsdetail op basis van een funderingsinspectie?*
- C: Voldoet de actuele staat van de fundering aan het Bouwbesluit?*
- D: Wat is een juridisch houdbare klasse-indeling van de fundering, op basis van de classificatie volgens Bouwbesluit of een andere door een opdrachtgever opgegeven classificatie?*
- E: Wat is de handhavingstermijn?*
- F: Wat is de oorzaak en de toekomstverwachting van een fundering bij vermoedelijke funderingsschade?*
- G: Kan een opbouw geplaatst worden?*

Het volgende (beperkte) onderzoeksprogramma kan dan minimaal nodig zijn om tot een goede beantwoording te komen:

- A: archiefonderzoek (2.1), visuele inspectie (2.2), omgevingsfactoren (2.5);*
- B: archiefonderzoek (2.1), funderingsinspectie (2.7);*
- C: archiefonderzoek (2.1), visuele inspectie (2.2), scheefstandmetingen (2.3), funderingsinspectie (2.7), houtonderzoek (2.8), draagkrachtberekening (3.1);*
- D: volledig onderzoek*
- E: volledig onderzoek*
- F: volledig onderzoek*
- G: volledig onderzoek*

3.2 Beoordeling

De beoordeling van de kwaliteit van een fundering wordt gedaan op basis van de waardering van alle onderdelen van het funderingsonderzoek zoals beschreven in hoofdstuk 2. In een rapport wordt de beoordeling van een fundering onderbouwd door alle onderzoekonderdelen in samenhang te bespreken en te wegen waarbij alleen termen uit de *verklarende woordenlijst* worden gebruikt. Voor het beoordelen van het functioneren van de funderingsconstructie, is voor een aantal onderdelen een toetsingskader gegeven, voor andere aspecten is een deskundige analyse noodzakelijk. Het wegen van het geheel aan factoren is een specialisme en algemene richtlijnen hiervoor zijn in verband met de complexiteit moeilijk te geven.

Wanneer een bouwwerk voldoende draagkracht ($\sigma_{c,d} / f_{c,d} < 0,7$ en $\sigma_{c90,d} / f_{c90,d} < 0,7$), geen scheuren, geringe zakking, rotaties $< 1:300$, een stabiele funderingsconstructie heeft en niet (actief) is aangetast, dan is de beoordeling positief (ruim voldoende volgens tabel 3.1). Heeft een bouwwerk onvoldoende draagkracht ($\sigma_{c,d} / f_{c,d} > 1$ en/of $\sigma_{c90,d} / f_{c90,d} > 1$) en/of een instabiele funderingsconstructie en/of een rotatie van $> 1:75$ en/of grote zakking en/of een zakkingsnelheid van > 4 mm/jaar, dan is de beoordeling negatief (onvoldoende volgens tabel 3.1). Vaak zijn de onderzoekresultaten minder eenduidig en kan alleen op basis van funderingsexpertise en -ervaring tot een goede beoordeling worden gekomen. Tabel 3.1 wordt gebruikt om vanuit de resultaten van het funderingsonderzoek in alle gevallen tot een classificatie te komen.

Tabel 3.1

Resultaat funderingsonderzoek		
Classificatie	Omschrijving	Handhavingstermijn
Ruim voldoende	Binnen 25 jaar is nauwelijks (extra) scheurvorming of (extra) scheefstand te verwachten, verhoging belasting mogelijk (wel rekentechnisch onderbouwen).	>25 jaar
Voldoende	Binnen 25 jaar zijn geringe onderlinge zakkingsverschillen te verwachten, geringe verhoging belasting van 3% tot maximaal 5% mogelijk.	>25 jaar
Matig	Binnen 25 jaar zijn onderlinge zakkingsverschillen te verwachten (hou rekening met aanvullende zakkingen en scheurvorming), verhoging belasting niet mogelijk.	10 - 15 jaar
Onvoldoende	Onderlinge zakkingsverschillen zijn te verwachten die leiden tot schade aan casco, herstel noodzakelijk.	0 - 5 jaar

4. 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: zakking ten opzichte van vast punt.

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 kespen. Onder een kesp staan steeds twee houten palen.

Bacteriële aantasting: houtaantasting door bacteriën, ontstaat onderwater en kan de paal over 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.

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.

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

- Funderingshout:** het geheel van alle houten onderdelen van een fundering op houten palen dus inclusief het langshout, de kespen en de houten palen zelf.
- Funderingsmuur:** muurvlak tussen het langsfunderingshout en de begane grondvloer.
- Funderingsloof:** zie funderingsbalk.
- Funderingsverlaging:** methode van funderingsherstel waarbij langshout, kespen en de bovenste delen van houten palen worden vervangen door metselwerk of beton.
- Gemeenschappelijke bouwmuur:** één bouwmuur die door beide aangrenzende panden wordt gebruikt.
- Gemengde fundering:** fundering op staal, waaronder ook palen aanwezig zijn, of pand 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.
- 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.
- 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 kesphout 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 kespen 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 omringt 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 deur- 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.

Meetbout: een in een gevel van een gebouw geplaatste bout voor het uitvoeren van hoogtemetingen (bv. 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.

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.

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 gevelelement (zijmuur) en het horizontale vlak (vloer), hieruit kan het schranken worden bepaald.

Opvangconstructie: tijdelijke constructie welk dient om bouwdeelen 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 vijf maal 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.

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.

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.

RFG: Richtlijnen voor Funderingen van Gebouwen. De voorloper van de huidige geotechnische normen NEN 6740, NEN 6743 en NEN 6744. De 1^{ste} RFG versie is uit 1985, de 2^{de} verbeterde versie uit 1988.

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

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 m 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 pand.
- Schranken:** resultaat van een oploodmeting [mm/m].
- Schuifhout:** een op of tussen het plaathout aangebracht, rechtopstaand stuk hout, waardoor de muur zijdelings wordt gefixeerd.
- Slaghamer:** zie inslaghamer.
- Slangenwaterpas:** van oorsprong een waterpasoestel 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 om de aard en vastheid van grondlagen vast te stellen.
- 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.
- 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.
- Stijghoogte:** druk van het water in het 1^e 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:** onderdeel van een houten paalfundering waarop metselwerk met een groot grondoppervlak (bijvoorbeeld keldervloeren, kademuren) is aangebracht. Onder vloerhout zijn vaak kessen 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.
- Waterpassing:** het opmeten van hoogteverschillen tussen twee of meerdere punten met behulp van een waterpasinstrument en een baak.

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

Zachte schil: aangetaste buitenste schil van het funderingshout dat 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).

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

5. Gebruikte normen, publicaties, en richtlijnen

- Amsterdam stadsdeel Centrum. 2009. Maatwerk -onderzoek naar de technische staat van panden in het kader van "behoud en herstel". Gemeente Amsterdam.
- 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)
- EUROCODE 0 (NEN-EN 1990) Grondslag voor het constructief ontwerp
- EUROCODE 1 (NEN-EN 1991-1-1) Belastingen op constructies
- EUROCODE 5 (NEN –EN 1995-1-1) Ontwerp en berekening van houtconstructies. Algemeen - Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen;
- EUROCODE 5 (NEN –EN 1995-1-2) Ontwerp en berekening van houtconstructies. Algemeen - Ontwerp en berekening van constructies bij brand;
- EUROCODE 5 (NEN –EN 1995-2) Ontwerp en berekening van houtconstructies. Bruggen
- EUROCODE 7 (NEN-EN 1997-1): Geotechnisch ontwerp – deel 1: algemene regels
- EUROCODE 7 (NEN-EN 1997-2): Geotechnisch ontwerp – deel 2: grondonderzoek en beproeving
- Gemeentewerken Rotterdam. 2008. Richtlijn funderingsinspecties
- 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): 45-60.
- NEN. 2003. NEN-EN 338 Hout voor constructieve toepassingen – sterkteklassen.
- NEN 2005 NEN-EN 771-1 Specificaties voor metselstenen - Deel 1: Baksteen
- NEN 2006 NEN 2767-1 Conditiemeting van bouw- en installatiedelen - Deel 1: Methodiek
- NEN 2008 NEN 2767-2 Conditiemeting van bouw- en installatiedelen - Deel 2: Gebrekenlijsten
- NEN 1989. NEN 5104 Geotechniek - Classificatie van onverharde grondmonsters
- NEN 2010. NEN 5491 Kwaliteitseisen voor hout (KVH 2010) - Heipalen - Europees naaldhout.
- NEN 2006 NEN 6740 Geotechniek - TGB 1990 - Basiseisen en belastingen
- NEN 1991 NEN 6743 Geotechniek - Berekeningsmethode voor funderingen op palen – Drukpalen Ingetrokken
- NEN 2007 NEN 6744 Geotechniek - Berekeningsmethode voor funderingen op staal
- NEN 2002. NEN 6745-1: Geotechnisch – proefbelasting van funderingspalen deel 1 statische axiale belasting op druk.
- NEN 1990. NEN 6760, "Technische grondslagen voor bouwconstructies" en de TGB 1990. "Houtconstructies. Basiseisen. Eisen en bepalingmethoden". Ingetrokken norm
- NEN 2009 NEN 8700 Grondslagen van de beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk - Gebouwen - Het minimumveiligheidsniveau
- Nijs den, P.J.M. (ed.) 2002. Onderbouwing prikgegevens funderingsonderzoek", kenmerk: K6103.020pn.rap.doc 28 juni. Uitgebracht door de werkgroep "Standaardisatie meetapparaat funderingsonderzoek" aan VROM Directoraat-Generaal van de Volkshuisvesting Bestuursdienst Beleidsinformatie en Onderzoek.
- 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 2007 Handboek funderingen digitale versie deel A: theorie en praktijk, deel B: systemen, deel C: leveranciers en deel D: projecten.
- SBR 2010 Handboek funderingen deel B auteur E. Smienk.
- VROM 2005. Praktijkboek Bouwbesluit 2003.
- Wattjes, J.G. 1922. Constructie van gebouwen -1^{ste} deel: muren schoorsteenen, kelders, fundeeringen en rioleeringen, N.V. Wed. J. Ahrend & Zoon, Amsterdam
- Werkgroep protocol. 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 houtrotprikkers voor het onderzoek van houten paalfunderingen. TNO rapport.

Bijlage inslaghamer

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, Postbus 469,
 2740 AL Waddinxveen.
 Tel. 0182-640964
 W: www.profound.nl
 E: info@profound.nl.

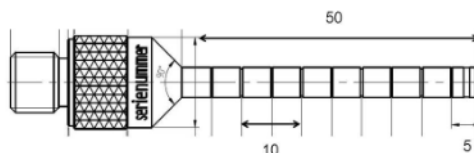
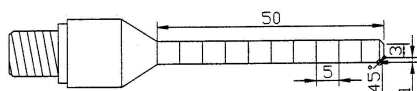


Fig 1 specificatie meetpen Pilodyn, maten in mm Fig 2 specificatie meetpen Specht, maten in mm

De te gebruiken meetpen is conform figuur 1 of 2 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,
 Postbus 49,
 2600 AA Delft of bij:

Profound B.V.
 Profound BV, Postbus 469,
 2740 AL Waddinxveen.