

**Rapport betreffende  
funderingsinspecties woningen  
aan de Kabeljauwsestraat en Hoyledestraat  
te Rotterdam**

Opdracht nummer	AA11882-1a
Datum rapport	14 april 2010

**Rapport betreffende  
funderingsinspecties woningen  
aan de Kabeljauwsestraat en Hoyledestraat  
te Rotterdam**

Opdracht nr.	AA11882-1a
Datum rapport	14 april 2010
Opdrachtgever	Era Contour BV Postbus 62 2700 AB Zoetermeer Tel.: 079 316 58 00

**Bijlagen**

- |                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| - overzicht houtmonsters             | 1           |
| - resultaten laboratorium            | 2           |
| - verwachting uitbreiding aantasting | 3           |
| - foto's inspectieputten             | 14 blz.     |
| - tabellen lintvoegwaterpassing      | 4.1 t/m 4.3 |
| - grafiek lintvoegwaterpassing       | 1 blz.      |
| - details inspectieputten            | i01 t/m i05 |
| - rapport Houtonderzoek              | 17 blz.     |

rapportcontrole: J. de Vos

d.d.

opgesteld door: I. Klein

## **INLEIDING**

Op 23 februari ontving Geomet van Era Contour de opdracht voor het uitvoeren van funderingsinspecties en een lintvoegwaterpassing betreffende panden aan de Kabeljauwsestraat en Hoyledestraat te Rotterdam.

In aansluiting op de reeds verstrekte gegevens bevat dit rapport de resultaten van de funderingsinspecties alsmede het laboratoriumonderzoek op het funderingshout. De resultaten van de lintvoegwaterpassing zijn eveneens opgenomen. De uitgevoerde werkzaamheden zijn getoetst en beoordeeld aan de concept IGWR Richtlijnen d.d. 22 januari 2009 van Gemeentewerken Rotterdam.

## **FUNDERINGSINSPECTIE**

Voor het funderingsonderzoek zijn op basis van de lintvoegwaterpassing en de toegankelijkheid 5 inspectieputten uitgevoerd, waarvan 3 aan de buitenzijde van de voorgevel en 2 aan de achterkant van de woningen. Per locatie zijn foto's gemaakt en is de funderingswijze in kaart gebracht. De gegevens zijn als volgt gepresenteerd:

<u>inspectieput</u>	<u>foto's</u>	<u>tekening</u>
1: Kabeljauwsestraat 20/22, achterzijde	Put 01-F01 t/m F05	i01
2: Hoyledestraat 14/16, achterzijde	Put 02-F01 t/m F04	i02
3: Kabeljauwsestraat 32c/34a, voorzijde	Put 03-F01 t/m F05	i03
4: Hoyledestraat 14b/16a, voorzijde	Put 04-F01 t/m F05	i04
5: Hoyledestraat 32b/34a, voorzijde	Put 05-F01 t/m F06	i05

Per inspectieput is het aangehouden referentieniveau op tekening aangegeven.

Bij de panden wordt de typische funderingsmethode "Rotterdam" (enkele paal met daarop direct het langshout) aangetroffen. Tijdens de inspecties zijn 19 houten onderdelen visueel bekeken en op sterkte beproeft met behulp van een Pilodyn ("schiethamer"). De gemeten prikwaarden variëren van 5 tot 35 mm. Op basis van de prikwaarde in relatie met de diameter van de palen kan worden gesteld dat er sprake is van (geringe) aantasting. Ten behoeve van nader onderzoek zijn 13 monsters genomen voor bacteriologisch onderzoek in het laboratorium. In de tabel op bijlage 1 is de codering alsmede de relatieve sterkte van het houtmonster gegeven. De specifieke situatie per put is in de volgende paragrafen beschreven.

inspectieput 1, Kabeljauwsestraat 20/22, achterzijde

Ter plaatse van put 1 zijn de paalkoppen in het dwarshout gedrukt. De diameter van de paalkoppen varieerde tussen 240 en 260 mm. Het dwarshout had oorspronkelijk een afmeting van 70x340 mm. Het deel onder paal 1 heeft nu een dikte van 40 mm en een breedte van 380 mm. Naar verwachting is de vermindering een gevolg van overbelasting in combinatie met aantasting van het hout.

Tijdens het onderzoek is de grondwaterstand op 0,36 meter boven het dwarshout waargenomen, hetgeen slechts een relatief beperkte dekking inhoudt.

inspectieput 2, Hoyledestraat 14/16, achterzijde

Bij inspectieput 2 zijn 3 palen aangetroffen met een diameter van 260 mm en een h.oh.-afstand van 1,11 à 1,16 meter. Het langshout (70x335 mm) ligt op een niveau van ca 0,8 m- maaiveld. Onder de middelste paal is het dwarshout (70x340 mm) van de scheidingsmuur waargenomen. Visueel zijn er geen gebreken geconstateerd.

De grondwaterstand is op ca 0,1 meter boven het langshout waargenomen, hetgeen een zeer beperkte dekking is.

inspectieput 3, Kabeljauwsestraat 32c/34a, voorzijde

Vanwege de zandtoplaag en de toestroom van grondwater was de put instabiel, waardoor niet alle gewenste gegevens konden worden vastgelegd. Desondanks zijn wel 2 houtmonster genomen.

Onder de voorgevel bij put 3 zijn relatief op korte afstand (0,57 meter) van elkaar 2 palen aanwezig. Paal 1 heeft een diameter van 240 mm. De diameter van paal 2 kon niet worden vastgesteld. Het langshout (80x360 mm) is aangetroffen op ca 1,7 m- maaiveld. Visueel zijn er geen gebreken aan de fundering geconstateerd.

Het grondwater is aangetroffen op 1,25 m- maaiveld, hetgeen inhoudt dat de dekking op de fundering ca 0,4 meter is. Dit is relatief beperkt.

Opgemerkt wordt dat bij het graven van de put een gat in het riool is aangetroffen, welke mogelijk is ontstaan door zetting van de puinhoudende toplaag (zie foto Put 3-09). Daarnaast is ook een lekkende waterleiding geconstateerd (zie foto Put 3-10).

inspectieput 4, Hoyledestraat 14b/16a, voorzijde

Ter plaatse van put 4 is een gelijke opzet van de fundering aangetroffen als bij put 2 alleen ligt hier de bovenkant van het langshout (80x330 mm) op een niveau van ca 1,6 m- maaiveld en is er geen dwarshout waargenomen. De h.oh.-afstand van de palen bedraagt 1,05 à 1,20 meter. De diameter van de palen is 250 mm. Visueel zijn er geen gebreken aan de fundering geconstateerd

De grondwaterstand is aangetroffen op 0,07 meter boven het langshout, hetgeen een zeer beperkte dekking is.

inspectieput 5, Hoyledestraat 32b/34a, voorzijde

Ter plaatse van put 5 is een gelijke opzet van de fundering aangetroffen als bij put 2 alleen ligt hier de bovenkant van het dwarshout (75x330 mm) op een niveau van 1,65 m- maaiveld. Onder het dwarshout bevindt zich het langshout (75x350 mm). De h.o.h.-afstand van de palen bedraagt 1,00 à 1,19 meter en de diameter van de palen varieert van 260 mm tot 270 mm. Paal 2 is in het langshout gedrukt. Gezien de visuele situatie lijkt dit ontstaan te zijn door overbelasting of een plaatselijke van nature aanwezige zwakke plek in het langshout.

Het grondwater is aangetroffen op 1,4 m- maaiveld, hetgeen inhoudt dat de dekking op de fundering 0,25 meter is, hetgeen relatief een beperkte dekking betekend.

**LABORATORIUMONDERZOEK**

Voor het laboratoriumonderzoek zijn 13 monster genomen, welke zijn onderzocht op mogelijke aantasting. De monsters zijn zowel visueel beoordeeld als microscopisch onderzocht. Tevens is het houtvochtgehalte, de volumieke massa en het spintgehalte (indien van toepassing) bepaald. Op het overzicht van bijlage 2 zijn de resultaten van het laboratorium weergegeven.

Bij 8 van de 13 monsters is softrot, bruinrot en/of blauwschimmeldraden aangetroffen. Dit omvat de putten 1, 2, 4 en 5. Dit type aantasting ontstaat alleen bij droogstand. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd, dat de waargenomen dekking onvoldoende is. Indien in de toekomstige situatie opnieuw droogstand ontstaat, kan het hout volledig worden aangepast, waarbij het risico op schade wordt vergroot en bezwijken van het funderingshout in korte tijd kan optreden. Opgemerkt wordt dat de structuur van de bruinrot aantasting doet vermoeden dat de aantasting voor het aanbrengen van de paal is ontstaan.

Verder zijn afwisselende sterk en/of matig aangetaste zones met bacteriën aangetroffen, waarbij plaatselijk schimmeldraden aanwezig zijn. De concurrentiekracht van de bacteriën ten opzichte van andere micro-organismen (schimmels) is erg zwak. Bacteriën kunnen, in tegenstelling tot de andere micro-organismen, bij zeer lage zuurstof concentraties het hout aantasten. Aangezien de bacteriën in de monsters dieper werden waargenomen dan de schimmeldraden en het typische patroon voor softrotschimmels ontbreekt, kan gesteld worden dat deze aantasting onder het grondwaterniveau heeft plaatsgevonden. Op basis hiervan kan ook worden gesteld dat de waargenomen schimmeldraden secundaire aantasters zijn.

Daar de opgetreden bacteriële aantasting van de palen onder water is ontstaan, dient aangenomen te worden dat dit over de gehele lengte van de paal aanwezig is. Over de mate van aantasting alsmede de dieptewerking kunnen geen uitspraken worden gedaan. Wel is door beperkt onderzoek op getrokken palen in het algemeen vastgesteld dat deze parameters diameter afhankelijk zijn, waarbij tevens de verhouding tussen spint- en kernhout van invloed is.

Verwacht wordt dat in de komende 25 jaar de aangetaste zone in de monsters zal toenemen, waarmee ook de zachte schil zich uitbreidt. Uitzonderingen zijn de monsters P1D1, P4L1, P5P1 en P5P2, waarbij geen sterke aantasting is waargenomen. Een overzicht van de levensverwachting per monster is gepresenteerd op bijlage 3. Opgemerkt wordt dat de bovenstaande verwachtingen zijn gebaseerd op het niet wezenlijk anders zijn van de omstandigheden rondom het funderingshout in de komende 25 jaar dan in de afgelopen decennia. Indien er wederom perioden van droogstand optreden, kunnen de aanwezige softrot, bruinrot en/of blauwschimmeldraden actief worden en het funderingshout volledig aantasten.

Voor de volledige resultaten van het onderzoek wordt verwezen naar het bijgevoegde rapport 10.182 d.d. 29 maart 2010 van SHR Hout Research.

Een afname van de zachte schil alsmede de resterende druksterkte hebben invloed op het paal draagvermogen. Aan de hand van een constructieve berekening in combinatie met het aantal palen dient te worden vastgesteld of de afname van de diameter van de palen toelaatbaar is voor de resterende druksterkte c.q. de toekomstige druksterkte.

### **LINTVOEGWATERPASSING**

Voor het in kaart brengen van onderlinge verschillen in zetting van de woningen is een lintvoegwaterpassing uitgevoerd. Van de Hoyledestraat zijn de voor- en gedeeltelijk de achtergevel ingemeten. Bij de Kabeljauwsestraat is in verband met zeer beperkte zichtlijnen en bereikbaarheid van de achtergevel alleen de voorgevel ingemeten.

In de bijgevoegde overzichtstabellen zijn de meetpunten ten opzichte van de huisnummers weergegeven, zie bijlagen 4.1 t/m 4.3. Naast de gemeten hoogte, is tevens de onderlinge afstand en hoekverdraaiing vermeld. De opbouw van de straat bestaat uit tegen elkaar aangebouwde blokken van woningen, waardoor er niet één en de zelfde lintvoeg kon worden aangehouden. De blokveranderingen zijn aangegeven in de overzichtstabellen. Op de grafieken in de bijlagen zijn de gemeten onderlinge verschillen weergegeven. De meetrichting van de punten 1 t/m maximaal 49 verloopt bij de voorgevels van het hoogste huisnummer naar de lagere huisnummers.

In de voorgevel van de Kabeljauwsestraat zijn verschilzettingen waargenomen van 9 mm tot 42 mm. De maximale hoekverdraaiing is 10 mm/m<sup>1</sup>. Ter plaatse van de Hoyledestraat liggen de verschillen tussen de 19 mm en 45 mm, waarbij een maximale hoekverdraaiing is opgetreden van 10 mm/m<sup>1</sup>. Op basis van de concept IGWR richtlijn is een hoekverdraaiing < 10 mm/m<sup>1</sup> acceptabel.

## **CONCLUSIES**

Uit het onderzoek is op te maken dat tijdens de inspectie bij alle putten de grondwaterstand boven het funderingshout is waargenomen, waarbij de dekking op het hout beperkt tot zeer beperkt is. De resultaten van het laboratorium onderbouwen deze conclusie, gezien de aangetroffen softrot, bruinrot en/of blauwschimmeldraden bij 8 van de 13 monsters. De waargenomen aantasting van softrot bij put 1 geeft aan dat ook in de Kabeljauwsestraat droogstand optreedt.

Ter plaatse van alle putten is de typische funderingsmethode "Rotterdam" (enkele paal met daarop direct het langshout) aangetroffen. Bij de putten 1 en 5 zijn de paalkoppen in het langshout gedrukt. Deels is dit mogelijk te verklaren door overbelasting en anderzijds door de mate van aantasting. Visueel zijn er geen gebreken aan de fundering in de vorm van scheurvorming geconstateerd. Ter plaatse van de putten 1, 2 en 5 is ook dwarshout waargenomen.

In de komende 25 jaar is de verwachting dat de aangetaste zone in de monsters zal toenemen, waarmee ook de zachte schil zich uitbreidt. Uitzonderingen zijn de monsters P1D1, P4L1, P5P1 en P5P2, waarbij geen sterke aantasting is waargenomen. Aan bovenstaande conclusie ligt het uitgangspunt ten grondslag dat de omstandigheden rondom de palen in de komende 25 jaar niet wezenlijk anders zijn dan in de afgelopen decennia. Indien er wederom perioden van droogstand ontstaan kunnen de aanwezige softrot, bruinrot en/of blauwschimmeldraden actief worden en het funderingshout volledig aantasten, hetgeen gezien de beperkte tot zeer beperkte dekking van het grondwater aannemelijk is.

Op basis van de uitgevoerde lintvoegwaterpassing is op te maken dat er tussen de woningen onderling verschilzettingen zijn opgetreden. De maximale hoekverdraaiing bedraagt hierbij  $10 \text{ mm/m}^1$ , hetgeen net aan acceptabel is op basis van de concept IGWR richtlijn.

Of de toekomstige situatie ( tot 25 jaar) toelaatbaar blijft, is afhankelijk van de belasting op de paal alsmede het wel of niet droog komen te staan van de fundering (of door toevoer van zuurstofrijk grondwater).

Gezien de staat van de bovenbouw (scheurvorming, scheefstand, hoekverdraaiing) kan op basis van de concept IGWR Richtlijnen mogelijk een handhavingstermijn van 30 à 40 jaar worden gehanteerd. Indien daarbij de huidige funderingssituatie en de laboratoriumresultaten worden beschouwd is dit mogelijk 25 à 30 jaar. Opgemerkt wordt dat hierbij ervan wordt uitgegaan dat droogstand niet optreedt. Indien dit aspect wel ontstaat, kan de beoordeling voor de fundering en de bovenbouw direct veranderen van goed/redelijk naar slecht.

Bij een constructieve ingreep zal er voor moeten worden gezorgd dat de slechts beperkte herverdeling van paalbelastingen kan optreden of dat er extra palen worden toegevoegd. Eventuele belastingstoename ten gevolge van hogere vloerbelastingen zullen sowieso door extra funderingselementen moeten worden opgenomen.

Alphen a/d Rijn, 14 april 2010

GEOMET B.V.

Opgesteld door:

ing. I. Klein  
Adviseur Geotechniek

ing. J. de Vos  
Adjunct Directeur



**codering alsmede de relatieve sterkte houtmonster**

<u>monster</u>	<u>houten afmeting</u>	<u>gem. prikwaarden</u>	<u>lengte monster</u>
inspectieput 1, Kabeljauwsestraat 20/22, achterzijde			
P1P1 (>)	paal, ø260 mm	5 à 10 mm	83 mm
P1P2	paal, -	ca 5 mm	-
P1P3	paal, ø240 mm	ca 5 mm	-
P1D1 (>)	dwarshout, 80x380 mm	7 à (45) mm	74 mm
P1L1	langshout, dikte 80 mm	15 à (45) mm	-
inspectieput 2, Hoyledestraat 14/16, achterzijde			
P2P1 (>)	paal, ø260 mm	5 à 10 mm	62 mm
P2P2 (>)	paal, ø260 mm	8 à 12 mm	84 mm
P2L1 (>)	langshout, 70x335 mm	8 à 14 mm	89 mm
P2D1	dwarshout, 70x340 mm	10 à 14 mm	-
inspectieput 3, Kabeljauwsestraat 32c/34a, voorzijde			
P3P1 (>)	paal, ø240 mm	ca 5 mm	87 mm
P3P2	paal, -	-	-
P3L1 (>)	langshout, 80x360 mm	8 à 14 mm	72 mm
inspectieput 4, Hoyledestraat 14b/16a, voorzijde			
P4P1 (>)	paal, ø250 mm	5 à 7 mm	72 mm
P4P2 (>)	paal, ø250 mm	15 à 35 mm	76 mm
P4L1 (>)	langshout, 80x330 mm	10 à 12 mm	93 mm
inspectieput 5, Hoyledestraat 32b/34a, voorzijde			
P5P1 (>)	paal, ø260 mm	3 à 5 mm	45 mm
P5P2 (>)	paal, ø270 mm	3 à 5 mm	72 mm
P5L1 (>)	langshout, 75x350 mm	5 à 20 mm	81 mm
P5D1	dwarshout, 75x330 mm	5 à 10 mm	-

(&gt;) monster is horizontaal gestoken

(45) waarde gemeten aan het uiteinde van het langshout

**resultaten van het laboratorium**

<u>monster</u>	houten <u>soort</u>	schimmeldraden <u>in buitenste</u>	bacteriële aantasting [in mm]***			
			<u>totale verwoesting</u>	<u>ernstig</u>	<u>matig</u>	<u>weinig</u>
inspectieput 1, Kabeljauwsestraat 20/22, achterzijde						
P1P1	dennen	15 mm	-	!! 3	-	39 <sup>^</sup>
P1D1	vuren	hele monster	-	!! 2	-	72
inspectieput 2, Hoyledestraat 14/16, achterzijde						
P2P1	vuren	-	-	!! 5 <sup>^</sup>	-	-
P2P2	vuren	-	-	!! 3	-	14 <sup>^</sup>
P2L1	vuren	35 mm	-	!! 2	35	5 <sup>^</sup>
inspectieput 3, Kabeljauwsestraat 32c/34a, voorzijde						
P3P1	vuren	7 mm	-	7	5	16 <sup>^</sup>
P3L1	vuren	15 mm	8	-	7	33 <sup>^</sup>
inspectieput 4, Hoyledestraat 14b/16a, voorzijde						
P4P1	dennen	-	-	!! 5	15	20 <sup>^</sup>
P4P2	vuren	43 mm	-	43	10 <sup>^</sup>	-
P4L1	vuren	1 mm	1	-	2	6 <sup>^</sup>
inspectieput 5, Hoyledestraat 32b/34a, voorzijde						
P5P1	dennen	hele monster	-	!! 7	4	5 <sup>*</sup>
P5P2	dennen	16 mm	-	!! 1	17	1 <sup>^</sup>
P5L1	vuren	17 mm	-	-	! 17	21 <sup>^</sup>

<sup>^</sup> resterende deel tot aan het hart vrij van aantasting

<sup>\*</sup> de rest van het monster was afwisselend weinig en matig aangetast

\*\*\* ten opzichte van buitenzijde monster tot aan het hart/einde monster

!! naast bacteriële aantasting ook softrot, bruinrot en/of blauwschimmeldraden waargenomen

**overzicht levensverwachting c.q. uitbreiding zachte schil komende 25 jr.**

<u>monster</u>	<u>houten soort</u>	<u>waargenomen*** zachte schil [in mm]</u>	<u>verwachte*** zachte schil [in mm]</u>
inspectieput 1, Kabeljauwsestraat 20/22, achterzijde			
P1P1	dennen	3	4
P1D1	vuren	2	geen uitbreiding
inspectieput 2, Hoyledestraat 14/16, achterzijde			
P2P1	vuren	5	6
P2P2	vuren	3	4
P2L1	vuren	2	3
inspectieput 3, Kabeljauwsestraat 32c/34a, voorzijde			
P3P1	vuren	7	9
P3L1	vuren	8	10
inspectieput 4, Hoyledestraat 14b/16a, voorzijde			
P4P1	dennen	5	6
P4P2	vuren	43	55
P4L1	vuren	1	geen uitbreiding
inspectieput 5, Hoyledestraat 32b/34a, voorzijde			
P5P1	dennen	7	geen uitbreiding
P5P2	dennen	1	geen uitbreiding
P5L1	vuren	-	-

^^ in het verleden aan hoge zuurstofconcentraties blootgesteld

\* monster is uiteengevallen aangeleverd, beperkt onderzoek mogelijk

\*\*\* ten opzichte van buitenzijde monster tot aan hart/einde monster

AA11882-1a



Put 01-F01.JPG



Put 01-F02.JPG



AA11882-1a



Put 01-F03.JPG



Put 01-F04.JPG



AA11882-1a



Put 01-F05.JPG



AA11882-1a



Put 02-F01.JPG



Put 02-F02.JPG



AA11882-1a



Put 02-F03.JPG



Put 02-F04.JPG



AA11882-1a



Put 03-F01.JPG



Put 03-F02.JPG



AA11882-1a



Put 03-F03.JPG



Put 03-F04.JPG

AA11882-1a



Put 03-F05.JPG



AA11882-1a



Put 04-F01.JPG



Put 04-F02.JPG



AA11882-1a



Put 04-F03.JPG



Put 04-F04.JPG



AA11882-1a



Put 04-F05.JPG



AA11882-1a



Put 05-F01.JPG



Put 05-F02.JPG



AA11882-1a



Put 05-F03.JPG



Put 05-F04.JPG



AA11882-1a



Put 05-F05.JPG



Put 05-F06.JPG

**Lintvoegwaterpassing**

Voorgevel Kabeljauwsestraat 20 t/m 36 te Rotterdam

Datum Meting: 10-2-2010  
 Aangehouden nulpunt: huisnr. 36  
 Meetrichting: van huisnr. 36 richting huisnr. 20

Puntnr	hoogte afstand		onderlinge			opmerkingen
	t.o.v. nulpunt [mm]	[m]	hoogte [mm]	afstand [m]	hoekverdraaiing	
1	-26	0	-7	-2,30	-3	huisnr. 36
2	-19	2,30	1	-1,40	1	
3	-20	3,70	-6	-1,40	-4	
4	-14	5,10	-8	-1,40	-6	
5	-6	6,50	2	-0,60	3	
6	-8	7,10	-4	-1,30	-3	
7	-4	8,40	-4	-1,10	-4	
8	0	9,50	0	0,00		huisnr. 34
9	-2	11,00	-2	1,50	-1	
10	-5	12,70	-3	1,70	-2	
11	-5	14,80	0	2,10	0	huisnr. 32
12	-5	17,75	0	2,95	0	
13	-9	19,75	-4	2,00	-2	
14	0	19,85				blok verandering, huisnr. 30
15	-4	22,00	-4	2,15	-2	
16	-8	24,60	-4	2,60	-2	
17	-7	25,30	1	0,70	1	huisnr. 28
18	-9	27,35	-2	2,05	-1	
19	0	30,45	9	3,10	3	
20	-10	30,50	-1	-2,00	-1	blok verandering, huisnr. 26
21	-9	32,50	-2	-2,60	-1	
22	-7	35,10	-7	-2,25	-3	huisnr. 24
23	0	37,35	0	2,25		
24	-1	40,00	-1	2,65	0	
25	-41	40,10	-19	-2,10	-9	blok verandering, huisnr. 22
26	-22	42,20	20	-3,40	6	
27	-42	45,60	-1	-0,70	-1	
28	-41	46,30	-30	-3,00	-10	huisnr. 20
29	-11	49,30	-11	-2,40	-5	
30	0	51,70	0	0,00		

Lintvoegwaterpassing voorgevel

Voorgevel Hoyledestraat 14 t/m 42 te Rotterdam

Datum Meting: 10-2-2010  
 Aangehouden nulpunt: huisnr. 42  
 Meetrichting: van huisnr. 42 richting huisnr. 14

Puntnr	hoogte afstand t.o.v. nulpunt		onderlinge hoogte afstand hoekverdraaiing			opmerkingen
	[mm]	[m]	[mm]	[m]		
1	-2	0	0	0,00		huisnr. 42
2	-15	4,35	-13	4,35	-3	
3	-13	4,55	2	0,20	10	huisnr. 40
4	-16	6,50	-3	1,95	-2	
5						n.t.m. door aanwezigheid klimop
6	-12	9,00	-2	-0,20	-10	
7	-10	9,20	2	-1,30	2	huisnr. 38
8	-12	10,50	0	-1,30	0	
9	-12	11,80	0	-1,90	0	
10	-12	13,70	-4	-0,40	-10	
11	-8	14,10	-8	-4,20	-2	huisnr. 36
12	0	18,30	0	0,00		
13	-45	18,40	-1	-1,30	-1	blok verandering, huisnr. 34
14	-44	19,70	-8	-2,10	-4	
15	-36	21,80	-6	-0,60	-10	
16	-30	22,40	1	-0,90	1	
17	-31	23,30	-14	-1,95	-7	huisnr. 32
18	-17	25,25	-6	-1,35	-4	
19	-11	26,60	-8	-1,35	-6	
20	-3	27,95	0	-0,10	0	
21	-3	28,05	-3	-1,40	-2	<b>blok verandering, huisnr. 30</b>
22	0	29,45	0	0,00		
23	-3	30,80	-3	1,35	-2	
24	-4	32,60	-1	1,80	-1	huisnr. 28
25	-8	34,20	-4	1,60	-3	
26	-11	35,50	-3	1,30	-2	
27	-19	37,50	-8	2,00	-4	
28	0	37,60				blok verandering, huisnr. 26
29	-6	39,55	-6	1,95	-3	
30	-11	40,90	-5	1,35	-4	
31	-17	42,25	-6	1,35	-4	huisnr. 24
32	-20	44,30	-3	2,05	-1	
33	-21	45,60	-1	1,30	-1	
34	-24	47,10	-3	1,50	-2	
35	0	47,15				blok verandering, huisnr. 22
36	-6	48,45	-6	1,30	-5	
37	-10	49,70	-4	1,25	-3	
38	-12	51,85	-2	2,15	-1	huisnr. 20
39	-15	54,45	-3	2,60	-1	
40	-19	56,70	-4	2,25	-2	huisnr. 18
41	-29	59,25	-10	2,55	-4	
42	-38	61,35	-9	2,10	-4	
43	0	61,45				blok verandering, huisnr. 16
44	-8	63,55	-8	2,10	-4	
45	-13	64,75	-5	1,20	-4	
46	-18	65,95	-5	1,20	-4	
47	-19	68,20	-1	2,25	0	huisnr. 14
48	-9	69,30	10	1,10	9	
49	0	70,50	9	1,20	7	

**Lintvoegwaterpassing achtergevel**

Achtergevel Hoyledestraat 14, 18, 32 en 34 te Rotterdam

Datum Meting: 10-2-2010

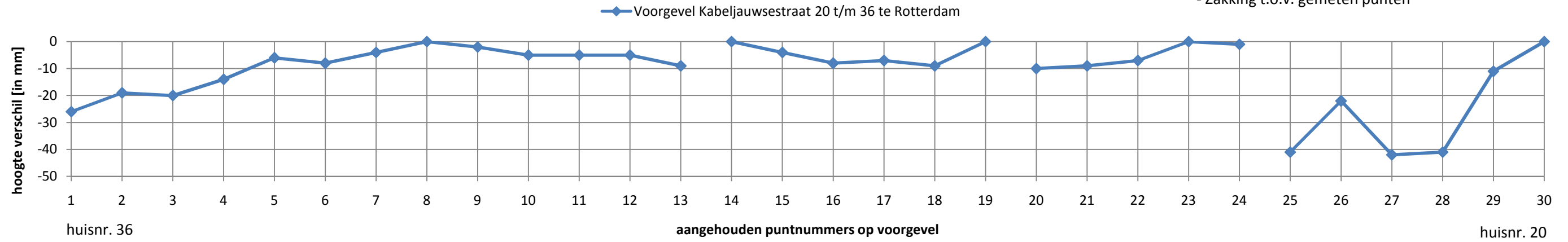
Aangehouden nulpunt: diverse

Meetrichting: n.v.t.

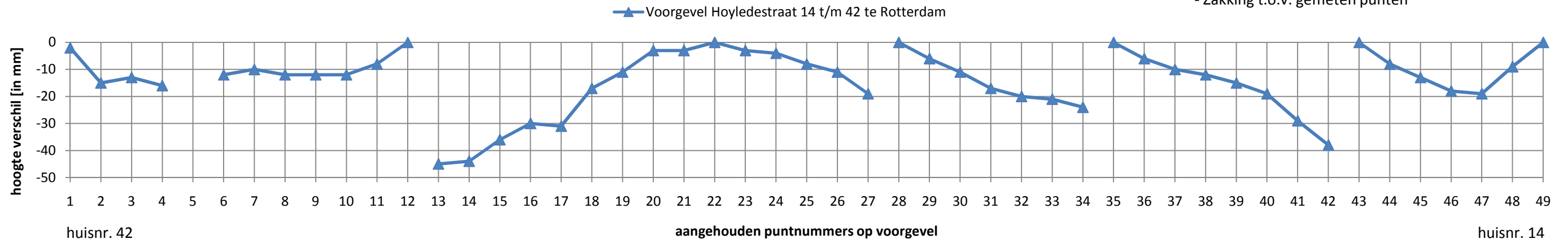
Puntnr	hoogte afstand		onderlinge			opmerkingen
	t.o.v. nulpunt [mm]	[m]	hoogte [mm]	afstand [m]	hoekverdraaiing	
1	-3		0			huisnr. 14
2	<b>0</b>		3			
3	-3		-3			
4	-3		0			
5	<b>0</b>		0			huisnr. 18 verschil over volledige breedte won.
6	-1		-1			
7	<b>0</b>		0			huisnr. 32
8	-2		-2			
9	-3		-1			
10	-5		-2			
11	-9		-4			
12	-17		-8			
13	-11		-11			huisnr. 34
14	<b>0</b>		0			
15	-4		-4			
16	-11		-7			
17	-9		2			
18	-19		-10			
19	-25		-6			



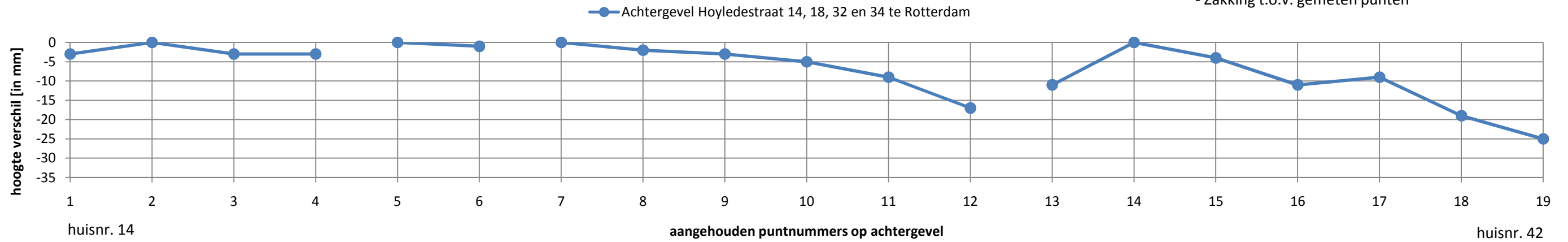
### Lintvoegwaterpassing



### Lintvoegwaterpassing



### Lintvoegwaterpassing

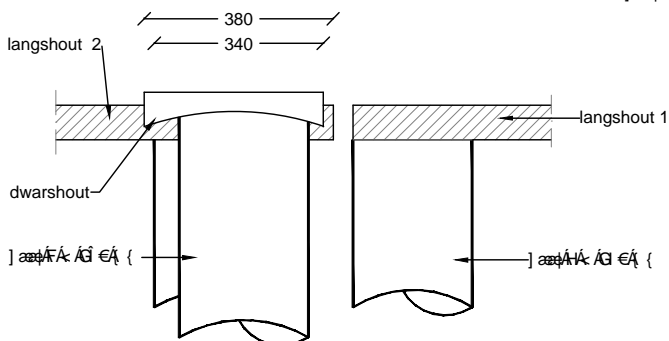


# Hoyledestraat 20/22

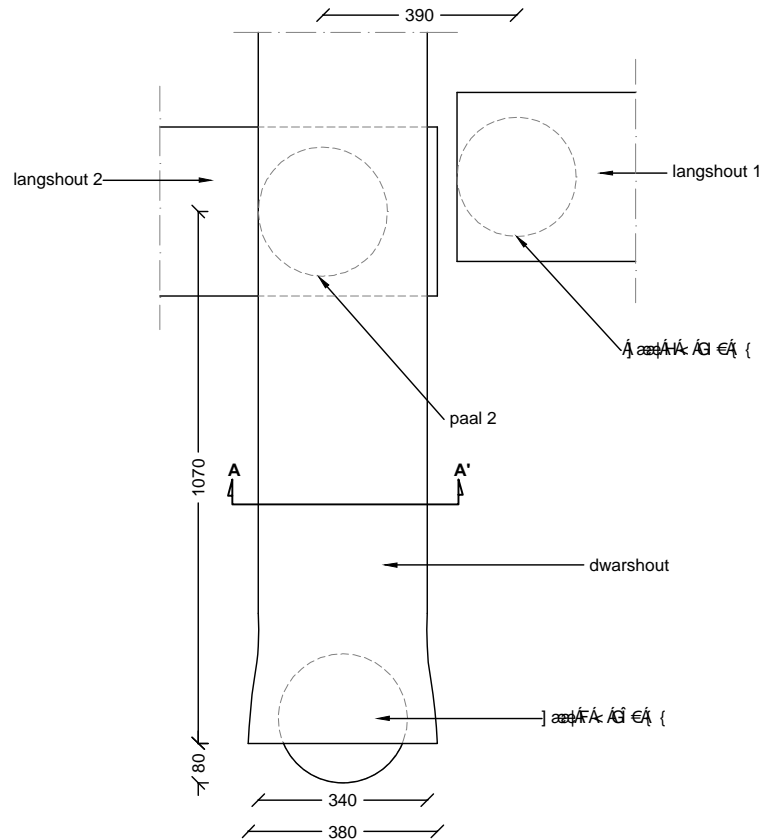
## PUT 1



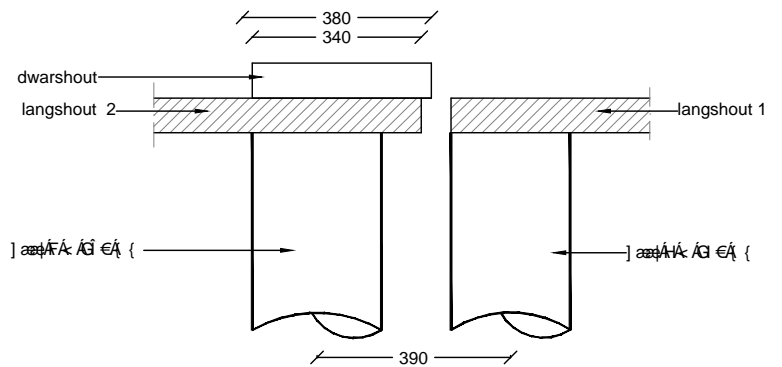
## ZIJAAANZICHT



## VOORAANZICHT



## BOVENAANZICHT



## DWARSDOORSNEDE A-A'

DATUM: 14-04-2010	GETEKEND: WJA
SCHAAL: 1: 15	FORMAAT : A4

**GEOMET**  
0172 449822  
Alphen aan den Rijn

INSPECTIE PUT A/D HOYLEDESTRAAT 20/22  
ROTTERDAM

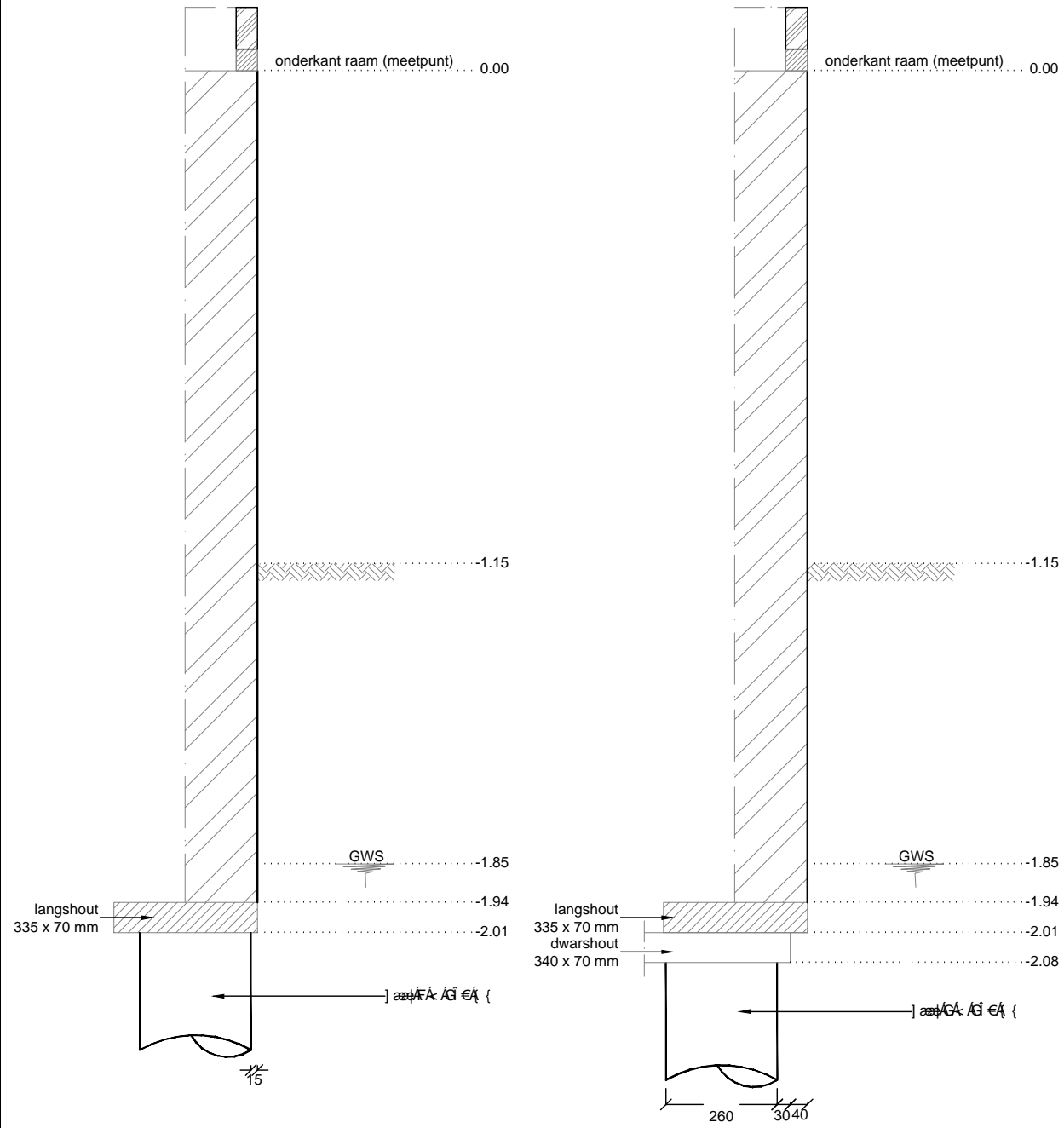
OPDRACHT NUMMER:

AA11882/ I-01

SITUATIE

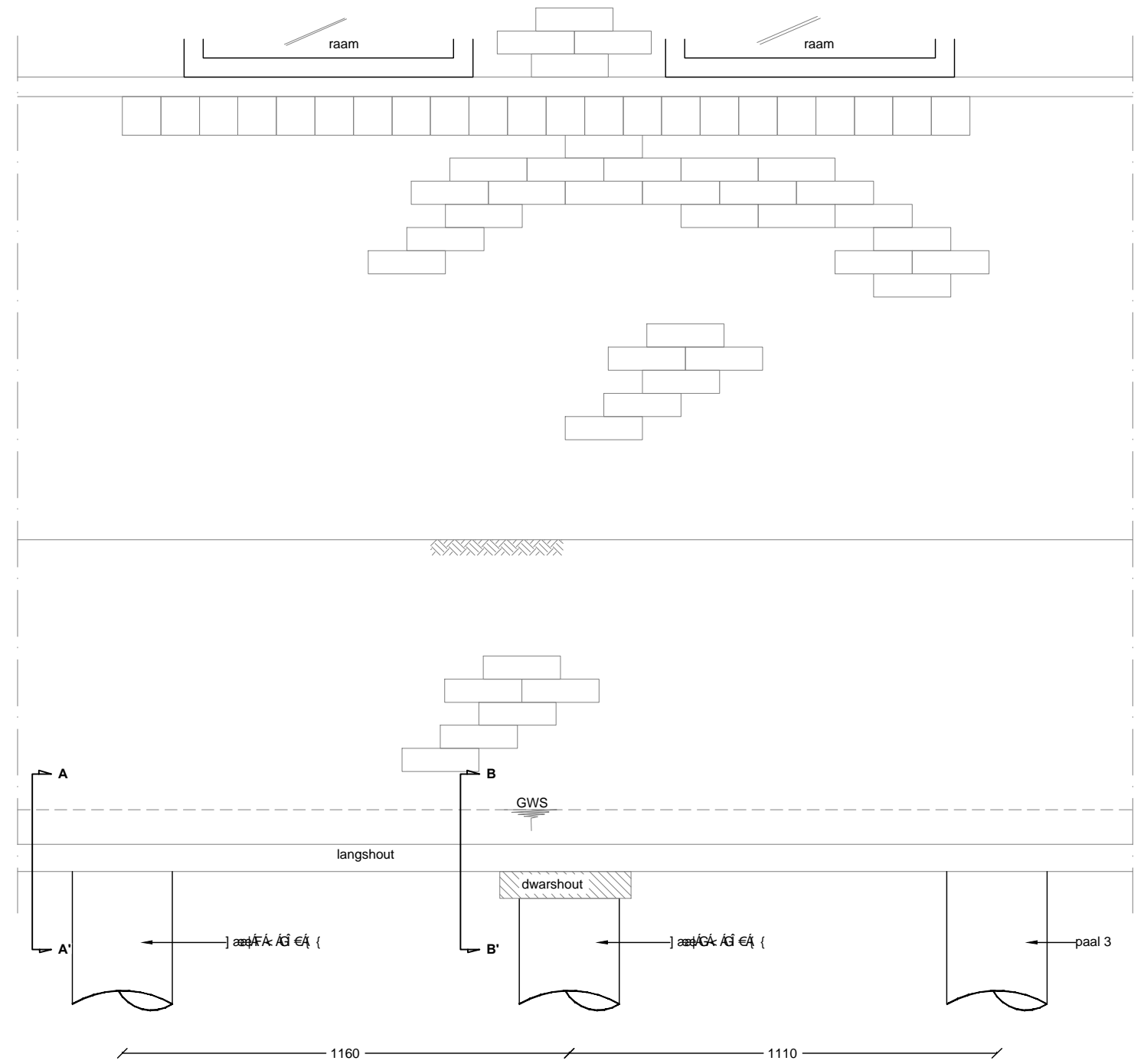
**Hoyledestraat 14/16**

**PUT 2**



**DWARSDOORSNEDE A-A'**

**DWARSDOORSNEDE B-B'**



**VOORAANZICHT**

DATUM: 14-04-2010	GETEKEND: WJA
SCHAAL: 1:15	FORMAAT : A3

**GEOMET**  
0172 449822  
Alphen aan den Rijn

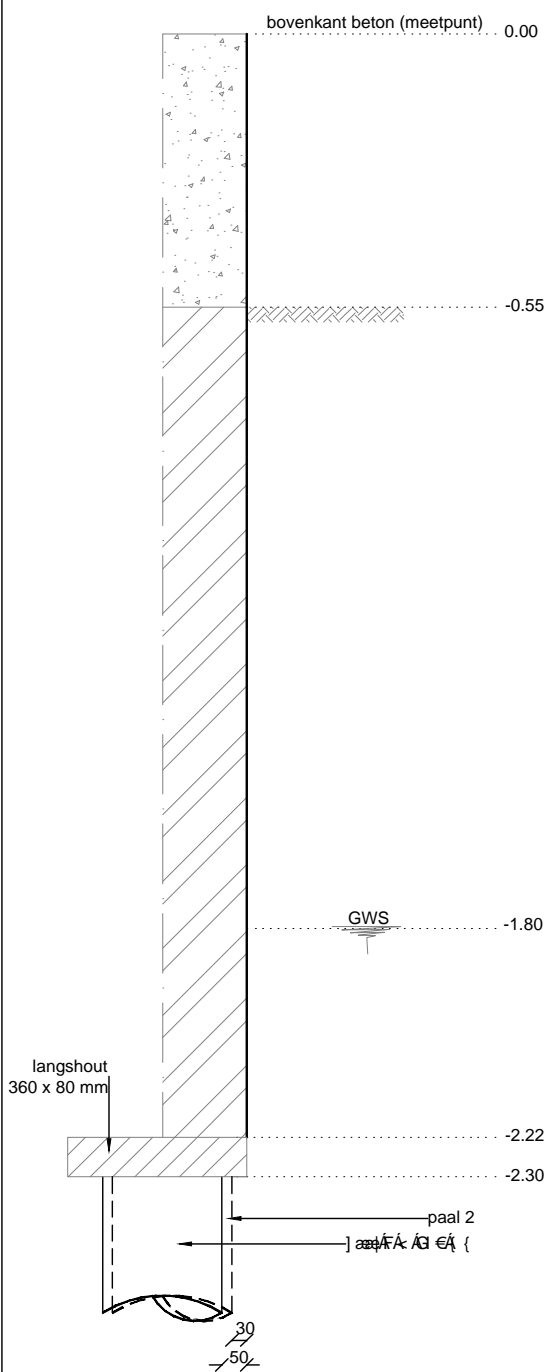
INSPECTIE PUT A/D HOYLEDESTRAAT 14/16  
ROTTERDAM

OPDRACHT NUMMER:  
AA11882/ I-02

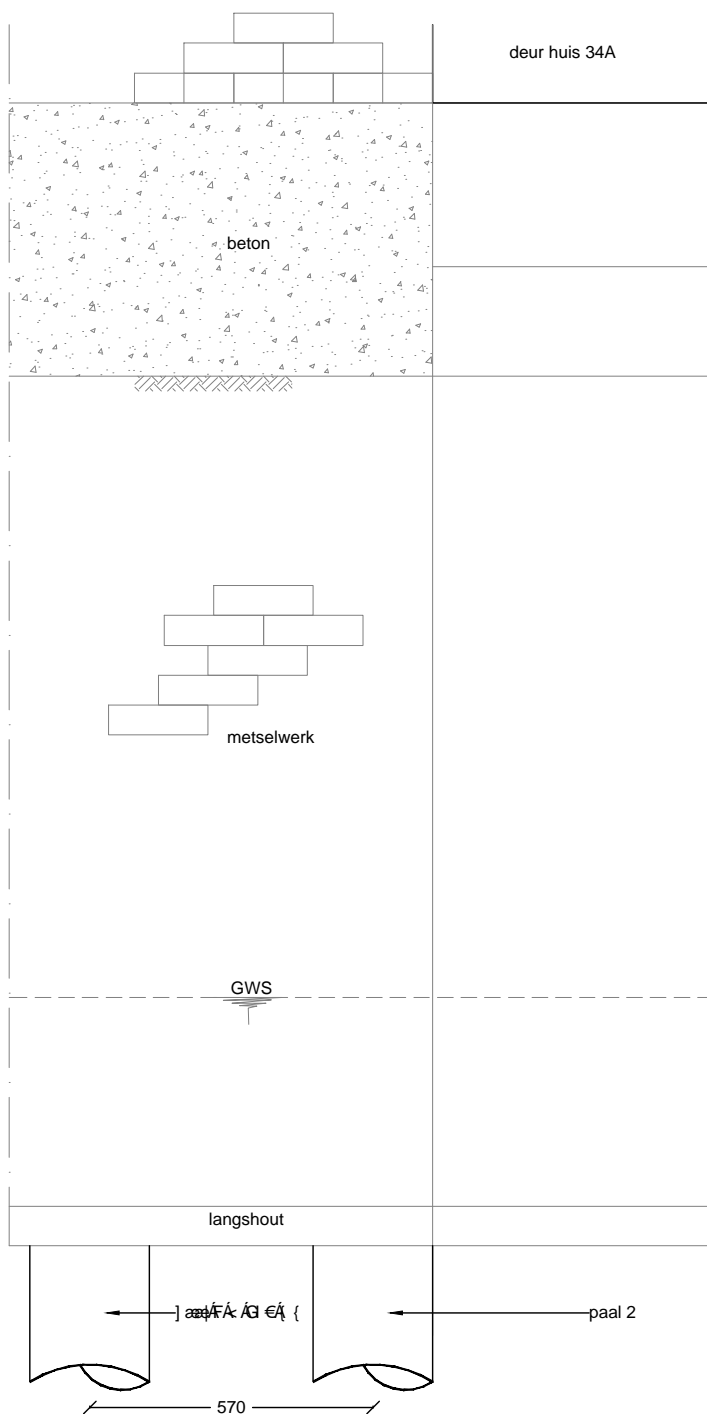
SITUATIE

# Kabeljowsstraat 32C/34A

## PUT 3



**DWARSDOORSNEDE**



**VOORAANZICHT**

DATUM: 6-04-2010	GETEKEND: WJA
SCHAAL: 1:15	FORMAAT : A4

**GEOMET**  
 0172 449822  
 Alphen aan den Rijn

INSPECTIE PUT A/D KABELJOWSSTRAAT 32C/34A  
 ROTTERDAM

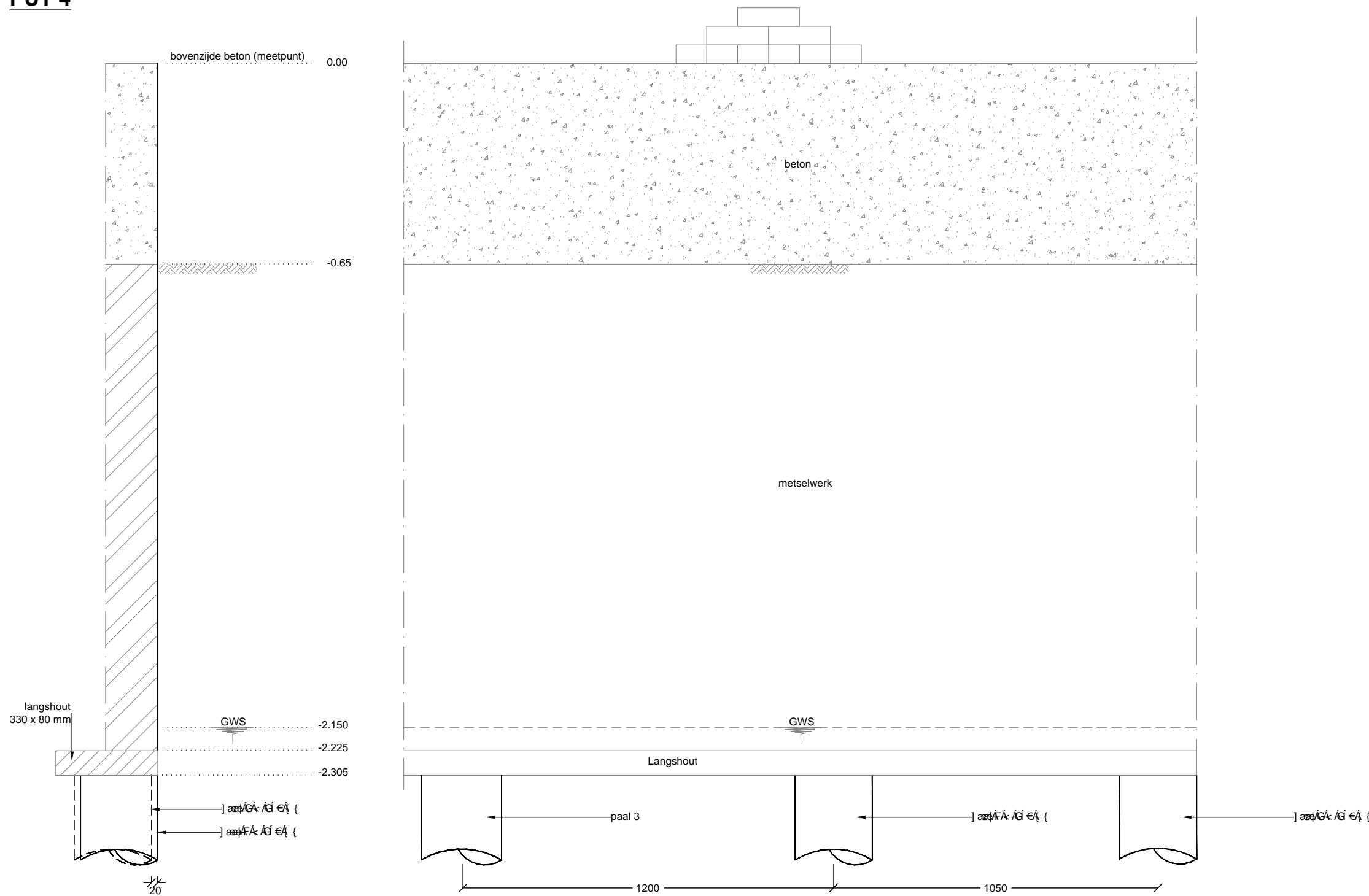
OPDRACHT NUMMER:  
 AA11882/ I-03

SITUATIE



# Hoyledestraat tussen 14B/16A

## PUT 4



**DWARSDOORSNEDE**

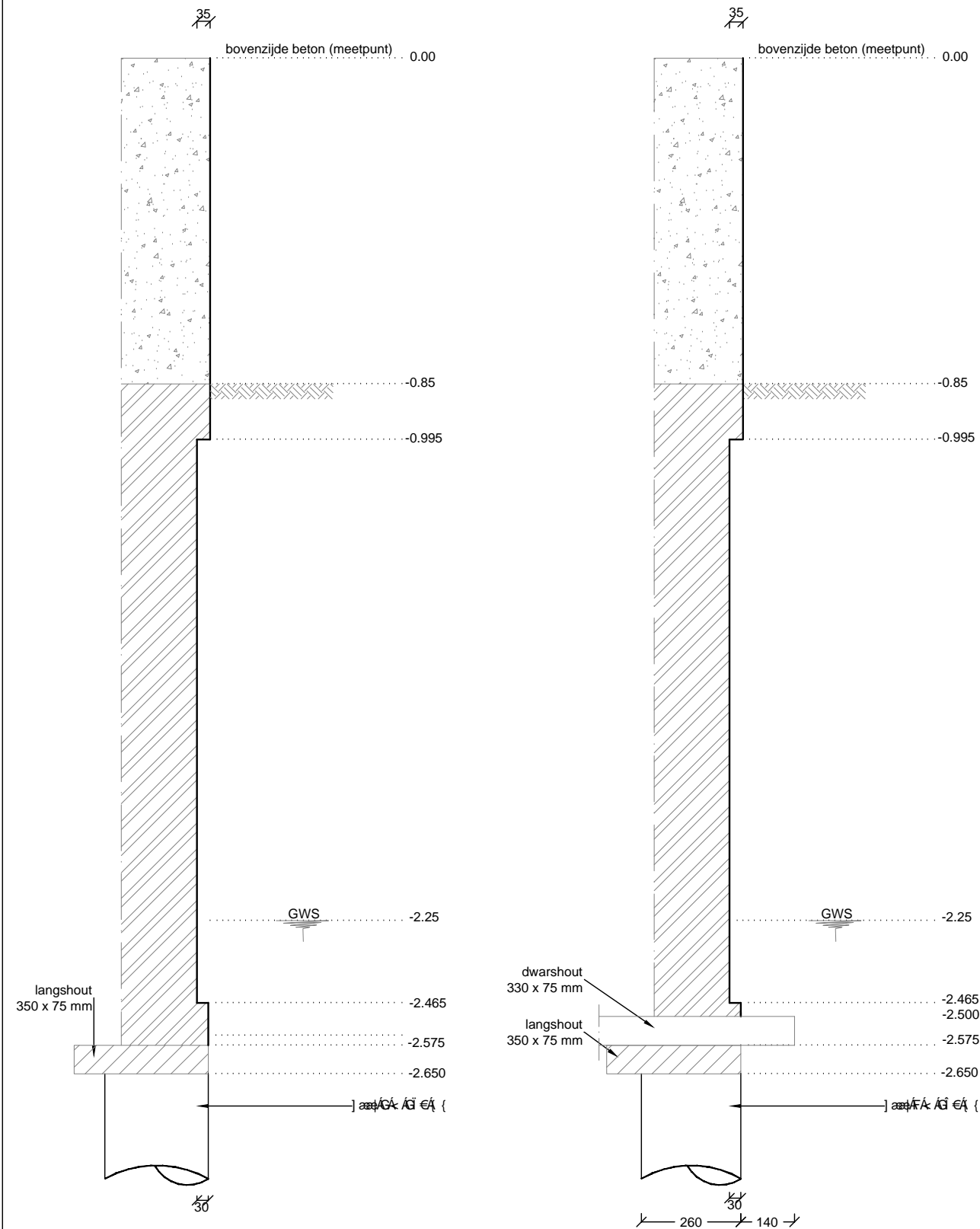
**VOORAANZICHT**

DATUM: 14-04-2010	GETEKEND: WJA
SCHAAL: 1:15	FORMAAT : A3

<p><b>GEOMET</b> 0172 449822 Alphen aan den Rijn</p>	INSPECTIE PUT A/D HOYLEDESTRAAT TUSSEN 14B/16A ROTTERDAM	OPDRACHT NUMMER:  AA11882/ I-04
	SITUATIE	

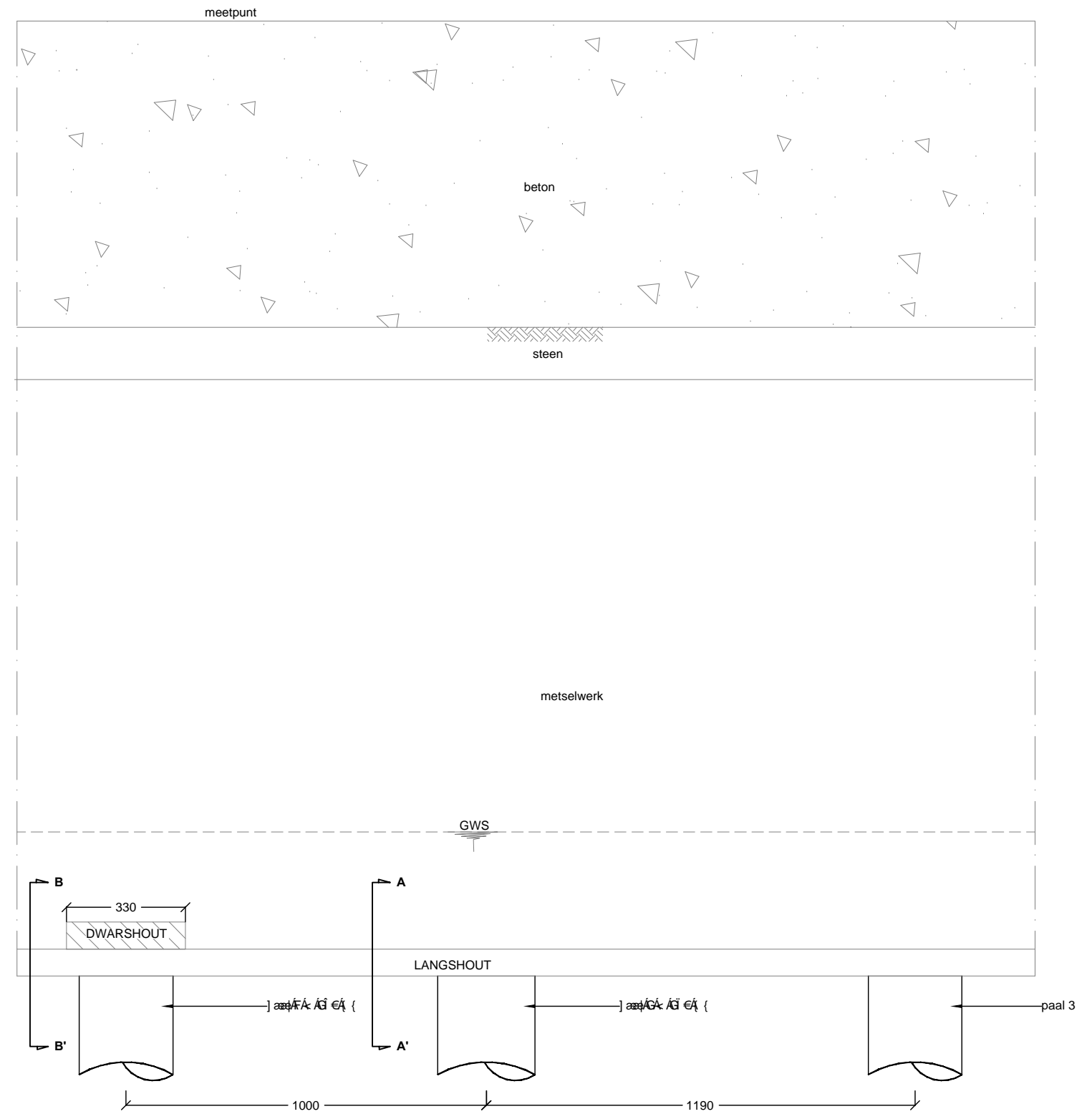
**Hoyledestraat tussen 32B/34A**

**PUT 5**



**DWARSDOORSNEDE A-A'**

**DWARSDOORSNEDE B-B'**



**VOORAANZICHT**

DATUM: 14-04-2010	GETEKEND: WJA
SCHAAL: 1:15	FORMAAT : A3

<p><b>GEOMET</b> 0172 449822 Alphen aan den Rijn</p>	INSPECTIE PUT A/D HOYLEDESTRAAT 32B/34A ROTTERDAM	OPDRACHT NUMMER:  AA11882/ I-05
	SITUATIE	



**Titel:** Houtonderzoek Kabeljauwsestraat en Hoyledestraat te Rotterdam, project AA11882

**Rapportcode:** 10.182

**Datum:** 29 maart 2010

SHR  
"Het Cambium"  
Nieuwe Kanaal 9b  
Postbus 497  
6700 AL Wageningen

Tel: 0317 – 467366  
Fax: 0317 – 467399

E-mail: m.remie@shr.nl

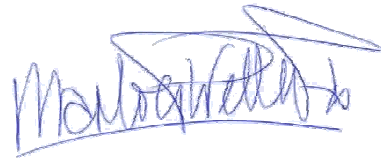
Dit rapport heeft 17bladen. Het is eigendom van de opdrachtgever, die gerechtigd is dit rapport integraal te publiceren. Gedeeltelijke publicatie, ook door de eigenaar, is slechts toegestaan na schriftelijke toestemming van SHR.

Opdrachtgever: Geomet  
Postbus 670  
2400 AR Alphen aan den Rijn

Bijlage: -

Projectnummer: 10.182

Auteurs:



M. Remie



Dr. R.K.W.M. Klaassen

Trefwoorden: lichtmicroscop, heipalen, grenen, vuren, dennen, bacteriële aantasting, erosie-type, schimmelaantasting, softrot, bruinrot, hyfen, schimmeldraden, druksterkte, reststerkte, levensverwachting

## Samenvatting

Van Geomet werd de opdracht ontvangen om de houtsoort, de mate en het type aantasting te bepalen van 13 houtmonsters afkomstig van de fundering onder panden aan de Kabeljauwsestraat en Hoyledestraat te Rotterdam.

De monsters zijn visueel beoordeeld, microscopisch onderzocht en het houtvochtgehalte, de volumieke massa en het spintgehalte (indien van toepassing) zijn bepaald en er is een schatting gemaakt van de gradiënt van reststerkte over de paaldiameter. Daarnaast wordt er een uitspraak gedaan over de levensverwachting voor de komende 25 jaar.

Vier palen zijn dennen en de overige palen, het langshout en het dwarshout zijn vuren. In alle monsters werd bacteriële aantasting waargenomen, bij 10 monsters was deze aantasting sterk. In 1 monster was de sterk aangetaste schil dik (43 mm), bij de overige monsters was de sterk aangetaste schil smal (max. 7 mm dik). Bij 8 van de 13 monsters werd schimmelactiviteit waargenomen (softrot en koloniserende blauwschimmels. Deze vorm van activiteit is ontstaan tijdens perioden van droogstand.

Bij voldoende waterdekking op het funderingshout is de verwachting dat in de komende 25 jaar de zachte schil (druksterkte kleiner dan  $2,5 \text{ N/mm}^2$ ) zich in de monsters kan uitbreiden 1.1, 2.1, 2.2, 2.LH, 3.1, 3.LH, 4.1 en 4.2 tot respectievelijk 4, 6, 4, 3, 9, 10, 6, 55 mm. In de overige monsters zal dan geen (uitbreiding van de) zachte schil ontstaan. Indien rond de monsters opnieuw perioden met een verhoogd zuurstofaanbod voorkomen kan het hout geheel aangetast worden.

## Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Inhoudsopgave .....	4
1 Inleiding.....	5
2 Materiaal .....	5
3 Microscopisch onderzoek .....	5
4 Vochtgehalte, volumieke massa, spintgehalte en druksterkte .....	6
5 Resultaten.....	7
5.1 Visuele beoordeling .....	7
5.2 Microscopisch onderzoek en bepaling van de hoeveelheid kernhout .....	8
5.3 Bepaling vochtgehalte, volumieke massa en schatting van de druksterkte .....	9
6 Discussie .....	12
6.1 Microscopisch onderzoek .....	12
6.2 Volumieke massa en houtvochtgehalte.....	13
6.3 Schatting van de druksterkte .....	13
6.4 Levensverwachting .....	16
7 Conclusie .....	17
8 Literatuur.....	17

## 1 Inleiding

Van Geomet werd op 10 maart 2010 de opdracht ontvangen om de houtsoort, de mate en het type van aantasting te bepalen van 13 houtmonsters. De monsters zijn op 10 maart bij SHR afgeleverd. Volgens de opdrachtgever zijn de monsters afkomstig van de fundering onder panden aan de Kabeljauwsestraat en Hoyledestraat te Rotterdam (project AA11882). De monsters zijn door SHR gecodeerd (zie tabel 5.1).

## 2 Materiaal

In luchtdicht afgesloten buisjes, geheel gevuld met omgevingswater, zijn de monsters bij SHR afgeleverd. In de buisjes bevonden zich boorkernen met een diameter van 10 mm. Volgens de opdrachtgever is het water in de buisjes afkomstig van het omgevingswater rond de fundering. De monsters zijn in de buisjes tot het moment van analyse (op 17/18-03-2010) opgeslagen bij een temperatuur van 4°C.

## 3 Microscopisch onderzoek

Voorafgaand aan het microscopische onderzoek zijn de monsters visueel beoordeeld. Daarna zijn met behulp van het microtoom radiale en kopse coupes gesneden met een dikte van 20-30 µm en een oppervlakte van circa 0.5-1 cm<sup>2</sup>. De coupes zijn aangekleurd om mogelijke aantasting beter zichtbaar te maken. Onder het lichtmicroscop (met en zonder gepolariseerd licht) zijn de coupes vervolgens onderzocht op de aanwezigheid van houtaantasters en is het houtanatomische patroon bekeken.

Vijf patronen van aantasting kunnen worden onderscheiden. Deze patronen worden veroorzaakt door de volgende micro-organismen:

- erosie bacteriën (EB);
- tunnelvormende bacteriën (TB);
- softrotschimmels;
- witrotschimmels;
- bruinrotschimmels.

In aanvulling op het patroon van aantasting wordt het hout gecontroleerd op de aanwezigheid van aantasters en andere houtkoloniserende micro-organismen:

- dikke bruine hyfe van blauwschimmel;
- dunne transparante hyfe van houtaantastende schimmel (wit-, bruin- en softrot veroorzakers);
- sporen van diverse micro-organismen;
- algen;
- andere insluitsels van organische herkomst.

Bij de classificering van de mate van aantasting wordt de indeling gehanteerd volgens Klaassen (2008) waarbij de volgende klassen worden gebruikt: totale verwoesting; ernstige aantasting; matige aantasting; weinig aantasting en gezond hout. In de discussie worden de begrippen *totale verwoesting* en *ernstige aantasting* samengevat onder het begrip *sterke aantasting*.

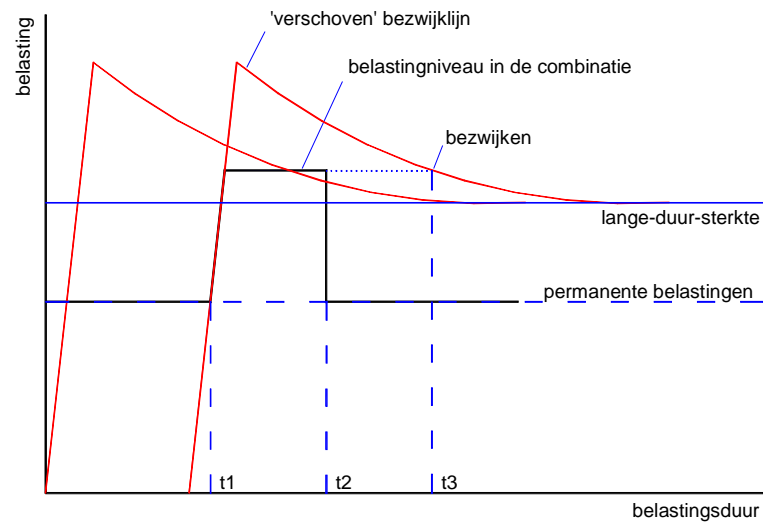
#### **4 Vochtgehalte, volumieke massa, spintgehalte en druksterkte**

Het houtvochtgehalte en de volumieke massa zijn voor elk monster in stukjes van circa 15 mm bepaald door middel van wegen en drogen. Bij een grenenmonster wordt de boorkern aangekleurd met een daartoe geëigend reagens om kern- en spinthout te kunnen onderscheiden.

Klaassen (2008) heeft aangetoond dat op basis van het houtvochtgehalte een redelijke schatting kan worden gemaakt van de druksterkte van het hout. Het door Klaassen (2008) opgestelde model is hier toegepast. De ingeschatte druksterkte is de zogenaamde *korte duursterkte*. Er zijn modellen beschikbaar voor grenen en eiken. Het grenen model wordt ook voor andere naaldhoutsoorten gebruikt bij gebrek aan specifieke modellen voor vuren en dennen. De ingeschatte druksterktes voor zowel vuren als dennen moeten om die reden met enige voorzichtigheid worden beschouwd.

In tegenstelling tot de hier bepaalde *korte duursterkte*, staat in de TGB een rekenwaarde vermeld van  $9.9 \text{ N/mm}^2$ . Deze waarde is tot stand gekomen door de karakteristieke druksterkte (*korte duursterkte*) van heipalen (5% laagste waarden uit een verzameling) door de materiaalfactor (veiligheidsmarge in verband met de variabiliteit: hout=1.2, vergelijk homogeen materiaal: beton =1) te delen en deze waarden met een modificatiefactor (in verband met de vertaling van de *korte duursterkte* naar de *lange duursterkte*) te vermenigvuldigen. Wanneer de permanente belasting op een paal niet boven de rekenwaarde (*lange duursterkte*) uitkomt, gaat men ervan uit dat de druksterkte van de paal in de tijd niet afneemt (zie figuur 4.1).





**Figuur 4.1** Relatie tussen belasting en de belastingstuur op hout (vrij naar Jorissen 1995). Een permanente belasting die lager is dan de lange-duur-sterkte leidt niet tot bezwijken. Wanneer de permanente belasting op  $t_1$  kortstondig wordt verhoogd (bijvoorbeeld tot tijdstip  $t_2$ ) tot boven de lange-duur-sterkte maar onder de korte-duur-sterkte (maximale belasting) zal geen bezwijking optreden en wanneer de belasting weer op zijn oorspronkelijke niveau is, zal het hout nog volkomen intact zijn. Als echter de verhoogde belasting te lang duurt zal op  $t_3$  bezwijking optreden.

## 5 Resultaten

### 5.1 Visuele beoordeling

**Tabel 5.1** Codering en overzicht van de visuele beoordeling van de monsters

code		Monster- datum	Lengte [mm]	Gemiddelde jaarringbreedte [mm]		Aantal jaarringen		Wankant/ Buitenkant
opdrachtgever	SHR			juveniel	volwassen	Totaal	Aangetast	
P1P1	1.1	02-03-10	83	-	1.3	79	54	+
P1D1	1.D	02-03-10	74	-	3.4	22	22	-
P2P1	2.1	03-03-10	62	-	1.3	58	13	+
P2P2	2.2	03-03-10	84	-	2.6	>38	>2	-
P2L1	2.LH	03-03-10	89	-	3.0	31	17	-
P3P1	3.1	04-03-10	87	-	2.6	35	13	+
P3L1	3.LH	04-03-10	72	-	3.0	>18	>18	+
P4P1	4.1	05-03-10	72	-	1.4	71	51	+
P4P2	4.2	05-03-10	76	-	3.1	26	26	+
P4L1	4.LH	05-03-10	93	-	3.6	23	3	-
P5P1	5.1	08-03-10	45	-	1.8	26	26	-
P5P2	5.2	08-03-10	72	-	0.9	91	27	+
P5L1	5.LH	08-03-10	81	-	5.0	15	7	-

## 5.2 Microscopisch onderzoek en bepaling van de hoeveelheid kernhout

In de monsters 1.1, 4.1, 5.1 en 5.2 werd de volgende houtstructuur waargenomen (dennen):

*Naaldhout met homogene stralen met picioides kruisvlakstippels, geen harskanalen, tracheïden met eenrijige hofstippels.*

In de overige monsters werd de volgende houtstructuur waargenomen (vuren):

*Naaldhout met heterogene stralen met picioides kruisvlakstippels, radiale en axiale harskanalen, tracheïden met eenrijige hofstippels en hofstippels in de straaltracheïden met name van het Picea-1 type.*

### **Monster 1.1 (paal, dennen, totale lengte van het monster 83 mm)**

In de buitenste 3 mm werd ernstige softrotaantasting en bacteriële aantasting van het erosietype (EB) waargenomen. Hierna werd in 39 mm weinig EB-aantasting gevonden. De rest van het monster was vrij van aantasting. In de buitenste 15 mm werden schimmeldraden aangetroffen.

### **Monster 1.D (dwarshout, vuren, totale lengte van het monster 74 mm)**

In de buitenste 2 mm werd matige softrotaantasting en bacteriële aantasting van het erosietype (EB) waargenomen. Hierna werd in de rest van het monster weinig EB-aantasting gevonden. In het hele monster werden schimmeldraden aangetroffen.

### **Monster 2.1 (paal, vuren, totale lengte van het monster 62 mm)**

In de buitenste 5 mm werd ernstige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) waargenomen. De rest van het monster was vrij van aantasting. In de buitenste 31 mm werden (blauw)schimmeldraden aangetroffen.

### **Monster 2.2 (paal, vuren, totale lengte van het monster 84 mm)**

In de buitenste 3 mm werd ernstige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) en weinig bruinrotaantasting gevonden gevolgd door 14 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting. In de buitenste 21 mm werden (blauw)schimmeldraden aangetroffen.

### **Monster 2.LH (langshout, vuren, totale lengte van het monster 89 mm)**

In de buitenste 2 mm werd ernstige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) en softrotaantasting gevonden. Hierna werd in 35 mm matige EB-aantasting gevonden, gevolgd door 5 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting. In de buitenste 35 mm werden schimmeldraden aangetroffen.

### **Monster 3.1 (paal, vuren, totale lengte van het monster 87 mm)**

In de buitenste 7 mm werd ernstige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) waargenomen. Hierna werd in 5 mm matige EB-aantasting gevonden, gevolgd door 16 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting. In het sterk door bacteriën aangetaste hout werden schimmeldraden aangetroffen.

**Monster 3LH (langshout, vuren, totale lengte van het monster 72 mm)**

In de buitenste 8 mm werd totale verwoesting van de houtstructuur waargenomen. Hierna werd in 7 mm matige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) gevonden, gevolgd door 33 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting. In de buitenste 15 mm werden schimmeldraden aangetroffen.

**Monster 4.1 (paal, dennen, totale lengte van het monster 72 mm)**

In de buitenste 1 mm werd ernstige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) en softrot aantasting waargenomen. Hierna werd in 4 mm ernstige EB-aantasting gevonden, gevolgd door 15 mm matige EB-aantasting en 20 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting. In de buitenste 35 mm werden veel (blauw)schimmeldraden aangetroffen.

**Monster 4.2 (paal, vuren, totale lengte van het monster 76 mm)**

In de buitenste 43 mm werd ernstige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) waargenomen. Hierna werd in 10 mm matige EB-aantasting waargenomen. De rest van het monster was vrij van aantasting. In het sterk door bacteriën aangetaste hout werden veel schimmeldraden aangetroffen.

**Monster 4.LH (langshout, vuren, lengte tot aan het hart 93 mm)**

In de buitenste 1 mm werd totale verwoesting van de houtstructuur waargenomen. Hierna werd in 2 mm matige EB-aantasting gevonden, gevolgd door 6 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting. In het sterk door bacteriën aangetaste hout werden schimmeldraden aangetroffen.

**Monster 5.1 (paal, dennen, totale lengte van het monster 45 mm)**

In de buitenste 7 mm werd matige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) en softrotaantasting waargenomen. Hierna werd in 4 mm matige EB-aantasting gevonden, gevolgd door 5 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was afwisselend weinig en matig aangetast door EB. In het hele monster werden veel schimmeldraden aangetroffen.

**Monster 5.2 (paal, dennen, totale lengte van het monster 72 mm)**

In de buitenste 1 mm werd ernstige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) en softrotaantasting waargenomen. Hierna werd in 17 mm matige EB-aantasting gevonden, gevolgd door 1 mm weinig EB-aantasting. De rest van het monster was vrij van aantasting. In de buitenste 16 mm werden schimmeldraden aangetroffen.

**Monster 5.LH (langshout, vuren, totale lengte van het monster 81 mm)**

In de buitenste 17 mm werd matige bacteriële aantasting van het erosietype (EB) waargenomen. Hierna werd in 21 mm weinig EB-aantasting gevonden. De rest van het monster was vrij van aantasting. In de buitenste 17 mm werden veel schimmeldraden aangetroffen.

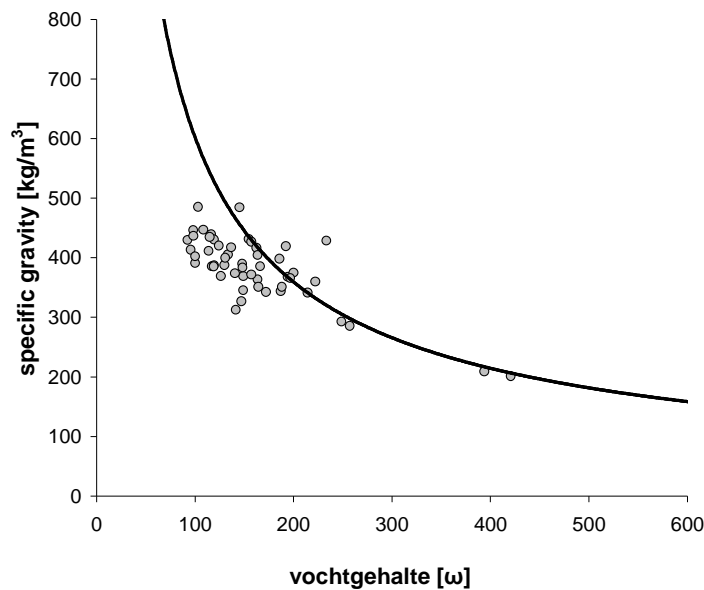
**5.3 Bepaling vochtgehalte, volumieke massa en schatting van de druksterkte**

Voor houtvochtgehalte, volumieke massa en ingeschatte druksterkte, zie tabel 5.2. In principe is voor alle boorkernen de volumieke massa en het vochtgehalte bepaald aan de buitenzijde (bastzijde, gecodeerd met een a) en verder naar binnen toe (kernkant, gecodeerd met een oplopende letter). De volumieke massa is bepaald op basis van het droge volume. Alleen wanneer aangegeven met een “\*\*”





Monster	Gewicht [g]		Volume [cm <sup>3</sup> ]		VM[kg/m <sup>3</sup> ]	VG [%]		DS [N/mm <sup>2</sup> ]	Spec gravity [kg/m <sup>3</sup> ]
	nat	droog	nat	droog		bepaald	TMV		
4,1b	1,14	0,46	1,18	1,04	442	148	190	13,8	389,8
4,1c	1,39	0,56	1,46	1,31	427	148	200	13,7	383,6
4,1d	1,3	0,58	1,38	1,29	450	124	190	16,2	420,3
4,2a	1,51	0,29	1,44	1,13	<b>257</b>	<b>421</b>	360	<b>2,1</b>	201,4
4,2b	1,58	0,32	1,53	1,29	<b>248</b>	<b>394</b>	370	<b>2,5</b>	209,2
4,2c	1,43	0,41	1,4	1,25	328	249	270	6,8	292,9
4,2d	1,37	0,52	1,43	1,27	409	163	210	12,3	363,6
4.Lha*	0,11	0,01	0,1	0,08	<b>125</b>	<b>1000</b>	770	<b>0,0</b>	100,0
4.Lhb*	0,5	0,14	0,49	0,44	318	257	280	6,4	285,7
4.Lhc*	0,68	0,25	0,73	0,64	391	172	220	11,6	342,5
4.Lhd	1,17	0,47	1,36	1,2	392	149	220	13,7	345,6
4.Lhe	2,47	1	3,06	2,74	365	147	240	13,8	326,8
4,Lhf	1,69	0,7	2,24	2,04	343	141	260	14,4	312,5
5,1a*	0,1	0,03	0,07	0,09	<b>333</b>	<b>233</b>	270	<b>7,6</b>	428,6
5,1b	1,8	0,7	1,64	1,47	476	157	180	12,9	426,8
5,1c*	1,18	0,45	1,08	0,99	<b>455</b>	<b>162</b>	190	<b>12,5</b>	416,7
5,1d*	0,72	0,24	0,64	0,59	<b>407</b>	<b>200</b>	210	<b>9,6</b>	375,0
5,2a	1,95	0,74	1,83	1,64	451	164	190	12,3	404,4
5,2b	1,08	0,42	1,13	1,05	400	157	220	12,9	371,7
5,2c	1,43	0,62	1,55	1,4	443	131	190	15,5	400,0
5,2d	1,23	0,59	1,32	1,19	496	108	170	18,1	447,0
5.Lha	1,7	0,59	1,68	1,53	386	188	230	10,4	351,2
5.Lhb	1,28	0,59	1,53	1,4	421	117	200	17,1	385,6
5.Lhc	1,36	0,62	1,6	1,47	422	119	200	16,8	387,5
5.Lhd	1,29	0,6	1,38	1,27	472	115	180	17,3	434,8



**Grafiek 5.1** Relatie dichtheid (in deze grafiek specific gravity = droog gewicht / nat volume) en vochtgehalte. Bij waterverzadigd hout liggen de waarden op de lijn, bij niet water verzadigd hout liggen de punten onder de lijn (Klaassen 2008).

## 6 Discussie

### 6.1 Microscopisch onderzoek

Op grond van de gevonden houtstructuur kan geconcludeerd worden dat de monsters 1.1, 4.1, 5.1 en 5.2 dennen zijn en de overige monsters vuren zijn (Heinz 2004). Alle palen, behalve paal 4.2, zijn in een smalle buitenste schil sterk aangetast door bacteriën. Bij monster 4.2 is de sterk aangetaste buitenste schil breed (43 mm). Onduidelijk is waarom alleen deze paal sterker is aangetast. Bij alle paalmonsters behalve de monsters 3,1 en 4,2 is schimmelactiviteit aangetroffen (bruinrot, softrot of kolonisatie door blauwschimmels). Het dwarshoutmonster 1D was geheel aangetast door EB, maar de aantasting was nergens sterk. Ook in dit monster werd in de buitenste 2 mm softrotaantasting gevonden. Van de 4 langshoutmonsters werd in 1 monster (2.LH) softrotaantasting aangetroffen. De langshoutmonsters 2.LH, 3.LH en 4.LH zijn sterk aangetast door bacteriën in een smalle buitenste schil van respectievelijk 2, 8 en 1 mm. Omdat bij de monster 1,1, 2,1, 3,1, 3LH, 4,1, 4,2 en 5,2 geen wankant of duidelijke buitenkant werd waargenomen, kan bij deze monsters geen uitspraak gedaan worden over de absolute dikte van de aangetaste schil.

In monster 2.2 is naast bacteriële aantasting ook bruinrotaantasting waargenomen. De snelheid van aantasting door bruinrotschimmels ligt een factor 10 hoger dan de snelheid van aantasting door softrot. De structuur van de hyfen doet echter vermoeden dat de bruinrotaantasting voor plaatsing in de paal is gekomen.

De concurrentiekracht van de bacteriën ten opzichte van andere micro-organismen (schimmels) is erg zwak. Omdat bacteriën, in tegenstelling tot de andere micro-organismen, hout in afwezigheid van



zuurstof kunnen aantasten kan gesteld worden dat de bacteriële aantasting onder het grondwatervniveau heeft plaatsgevonden (Björdal & Nilsson, 2008, Blanchette et al. 1990). In zijn algemeenheid is het grondwater zuurstofloos, alleen in de bovenste lagen kan zeer beperkt zuurstof aanwezig zijn.

Er zijn bij de monsters 3,1, 3.LH, 4,2, 4.LH en 5.LH alleen schimmeldraden waargenomen in het door bacteriën aangetaste hout. Dat de aantasting hier met name door de bacteriën wordt veroorzaakt blijkt uit het feit dat: de schimmeldraden niet dieper in het hout zitten dan de bacteriële aantasting; de aantasting het typische patroon veroorzaakt door erosie bacteriën heeft en het typische patroon, veroorzaakt door softrotschimmels, ontbreekt. Het is bekend dat de zogenaamd secundaire houtaantasters (leven van het restmateriaal dat na primaire aantasting achter blijft) snel aangetast hout kunnen koloniseren. De waargenomen schimmeldraden moeten als secundaire aantasters worden beschouwd en wijzen op kortstondige perioden met voldoende zuurstof in en rond de paal waardoor schimmelgroei kan optreden maar er te weinig zuurstof aanwezig is voor houtaantasting door schimmels. Aanvoer van zuurstof kan ontstaan door droogstand of door toevoer van zuurstofhoudend (grond)water.

De gevonden blauwschimmeldraden tot grote diepte in monster 2,1 geven aan dat het hout op zijn minst korte tijd aan hoge zuurstofconcentraties is blootgesteld. Bij temperaturen > 20°C groeien deze schimmels namelijk enkele cm per uur. Gezien het voorkomen van blauwschimmels en softrot in monster 7 moet geconcludeerd worden dat tenminste een deel van de fundering ooit heeft drooggestaan. De diepte van de schimmelaantasting in de palen is beperkt wat er op duidt dat de periode van droogstand niet lang heeft geduurd.

## 6.2 Volumieke massa en houtvochtgehalte

De volumieke massa kan binnen een houtsoort sterk variëren en een schatting van gewichtsafname door aantasting kan alleen bepaald worden wanneer de oorspronkelijke volumieke massa van een monster bekend is. Omdat dit van de hier onderzochte monsters niet meer te achterhalen is, is de onderstaande vergelijking van de volumieke massa's slechts indicatief. Tabel 6.1 geeft de bekende waarden van dennen en vuren.

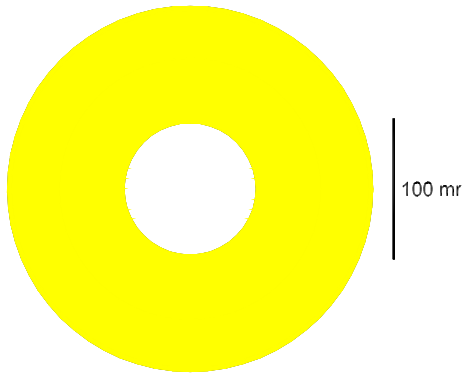
Zowel de volumieke massa's als de vochtgehalten ondersteunen het gevonden anatomische beeld.

**Tabel 6.1** Volumieke massa (bij 0% houtvochtgehalte) volgens Laming et al. (1978)

Midden Europees vuren	428 (363 – 539) kg/m <sup>3</sup>
Europees vuren	407 (332 – 490) kg/m <sup>3</sup>
Dennen	494 (392 - 616) kg/ m <sup>3</sup>

## 6.3 Schatting van de druksterkte

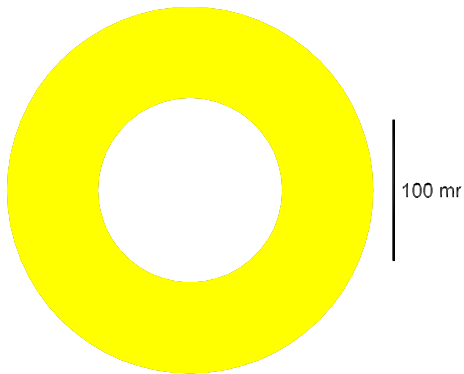
Voor de palen is hieronder de ingeschatte *korte duursterkte* visueel voor de gehele paaldoorsnede weergegeven. Gezond grenenhout dat vers beproefd wordt (vochtgehalte 50 – 120%) heeft een *korte duursterkte* van circa 22 N/mm<sup>2</sup>. Bij vers vurenhout is dat circa 20 N/mm<sup>2</sup>. Het eerst gevormde, zogenaamde juveniele, hout dat in de kern van de stam zit kan een wat lagere druksterkte hebben (Laming et al. 1978 en Zobel & Sprague, 1998), waardoor een lagere druksterkte in de kern van de paal als natuurlijk moet worden beschouwd.



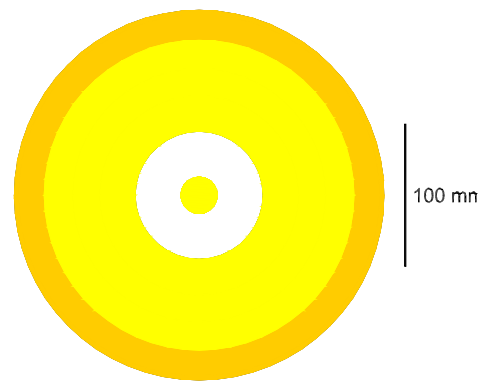
Monster 1.1 (dennen)



Monster 1.D (vuren)



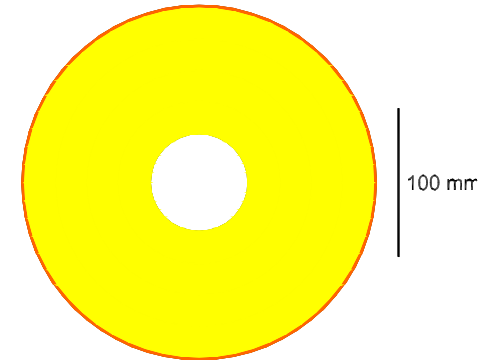
Monster 2.1 (vuren)



Monster 2.2 (vuren)



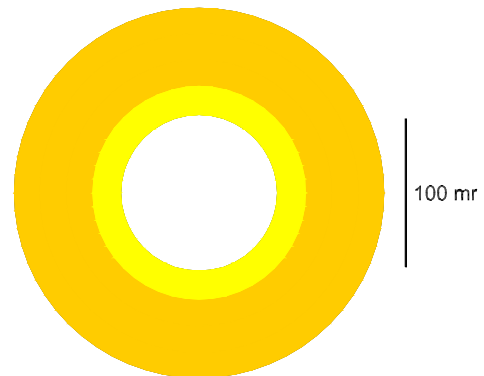
Monster 2.LH (vuren)



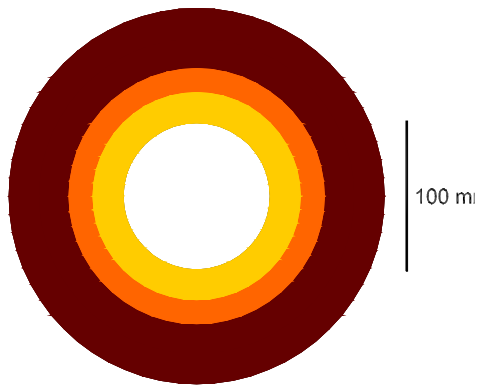
Monster 3.1 (vuren)



Monster 3.LH (vuren)



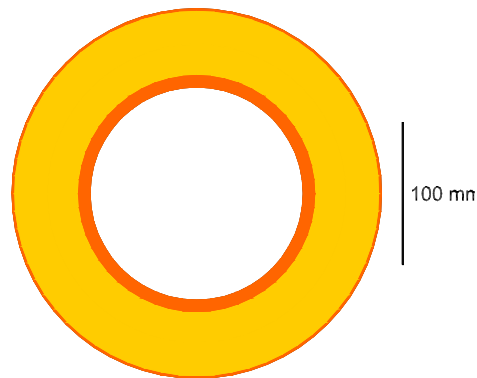
Monster 4.1 (dennen)



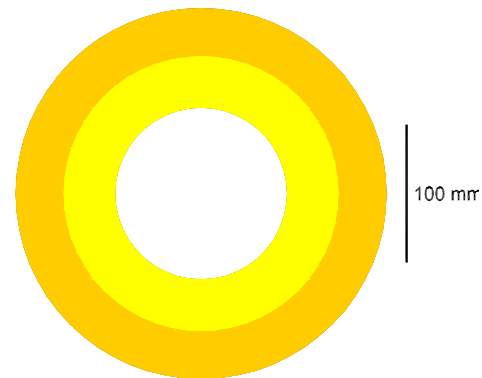
Monster 4.2 (vuren)



Monster 4.LH (vuren)



Monster 5.1 (dennen)



Monster 5.2 (dennen)



Monster (5.LH)

Legenda

	< 2,5 N/mm <sup>2</sup>
	2,5 - 6,25 N/mm <sup>2</sup>
	6,25 - 10 N/mm <sup>2</sup>
	10 - 15 N/mm <sup>2</sup>
	> 15 N/mm <sup>2</sup>
	niet bepaald
	niet beschikbaar

Paaldiameters (opgave opdrachtgever)

- Monster 1,1: 260 mm
- Monster 1.D: 80x380 mm
- Monster 2.1: 260 mm
- Monster 2.2: 260 mm
- Monster 2.LH: 70x335 mm
- Monster 3.1: 240 mm
- Monster 3.LH: 80x360 mm
- Monster 4.1: 250 mm
- Monster 4.2: 250 mm
- Monster 5.1: 250 mm
- Monster 5.2: 80x330 mm
- Monster 5.LH: 75x350 mm

Om vanuit de *korte duursterkte* tot de rekenwaarde voor lange duurbelasting te kunnen komen moet volgens de TGB een modificatiefactor van 0.7 worden toegepast wanneer het vochtgehalte geen rol speelt. Verder moet de materiaalfactor (1.2) in rekening worden gebracht. De hier gevonden waarden



van de maximale druksterkte (*korte duursterkte*) moeten dus met een factor van 0.58 ( $0.7 / 1.2$ ) worden vermenigvuldigd om tot een rekenwaarde voor *lange duursterkte* te komen.

#### 6.4 Levensverwachting

Ervan uitgaande dat de omstandigheden rondom de palen de komende 25 jaar niet wezenlijk anders zullen zijn dan de afgelopen decennia kan op grond van het microscopisch en fysisch onderzoek een inschatting gemaakt worden over de verwachte sterkteverlies van het paalhout voor de komende 25 jaar. In dit kader wordt de term *zachte schil* gehanteerd waarmee hout wordt bedoeld met een druksterkte  $< 2.5 \text{ N/mm}^2$  dat niet meer bijdraagt aan de draagkracht van de paal.

Uit ervaring weten we dat grenenspinthout snel ( $> 1 \text{ mm/jaar}$ ), sterk door bacteriën kan worden afgebroken. De snelheid van bacteriële aantasting in grenenkernhout ligt veel lager waardoor het onder het grondwater onder "normale" omstandigheden bijna onbeperkt mee kan.

Van vuren heipalen weten we dat ze vaak slechts een dunne sterk door bacteriën aangetaste schil hebben, die afhankelijk van de bodemsituatie slechts langzaam tot zeer langzaam voortschrijdt. De aantastingsnelheid van dennen ligt tussen die van vuren en grenenspint in.

Het lijkt zeer waarschijnlijk dat de plaatselijke grondwaterdynamiek bepalend is voor de snelheid van bacteriële aantasting en bij het inschatten van toekomstige uitbreiding van de aantasting gaan we er van uit de bodemomstandigheden in de toekomst vergelijkbaar zullen zijn als die in de afgelopen periode. Verder weten we dat bij droogstand zuurstof in het hout kan komen waardoor schimmels zoals softrotters, verblauwers en bruinrotters actief worden. Softrotters hebben de minste zuurstof nodig. Op grond van deze aannamen is het mogelijk om een uitspraak te doen over de toename van de aangetaste zone en de zachte schil. Hierbij gaan we er van uit dat de paal circa 90 jaar geleden is geplaatst (opgave opdrachtgever).

Alle monsters behalve de monsters 3,1, 3LH, 4.2, 4LH en 5LH hebben drooggestaan, getuige de waargenomen schimmelactiviteit. Wanneer er in de komende 25 jaar opnieuw periode(n) van droogstand optreden en langdurig zijn, kan het hout in 25 jaar geheel aangetast worden. Indien de waterdekking op de paalkop voldoende blijft wordt verwacht dat de zone met bacteriële aantasting met 28% kan toenemen. De zachte schil kan zich in de monsters 1.1, 2.1, 2.2, 2.LH, 3.1, 3.LH, 4.1 en 4.2 uitbreiden tot een diepte van respectievelijk 4, 6, 4, 3, 9, 10, 6, 55 mm. Bij de overige monsters (1D, 5.1, 5.2 en 5LH) zal de mate van aantasting zal echter wel toenemen. De periode waarin de matig aangetaste zone geheel geclassificeerd kan worden als zachte schil is moeilijk in te schatten. Verwacht wordt dat in de komende 25 jaar geen zachte schil ontstaat.

## 7 Conclusie

Vier palen zijn dennen en de overige palen, het langshout en het dwarshout zijn vuren. In alle monsters werd bacteriële aantasting waargenomen, bij 10 monsters was deze aantasting sterk. In 1 monster was de sterk aangetaste schil dik (43 mm), bij de overige monsters was de sterk aangetaste schil smal (max. 7 mm dik). Bij 8 van de 13 monsters werd schimmelactiviteit waargenomen (softrot en koloniserende blauwschimmels. Deze vorm van activiteit is ontstaan tijdens perioden van droogstand.

Bij voldoende waterdekking op het funderingshout is de verwachting dat in de komende 25 jaar de zachte schil (druksterkte kleiner dan 2,5 N/mm<sup>2</sup>) zich in de monsters kan uitbreiden 1.1, 2.1, 2.2, 2.LH, 3.1, 3.LH, 4.1 en 4.2 tot respectievelijk 4, 6, 4, 3, 9, 10, 6, 55 mm. In de overige monsters zal dan geen (uitbreiding van de) zachte schil ontstaan. Indien rond de monsters opnieuw perioden met een verhoogd zuurstofaanbod voorkomen kan het hout geheel aangetast worden.

## 8 Literatuur

Björdal, C. & T. Nilsson, 2008. Culturing wood-degrading erosion bacteria. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1): 3-10

Blanchette, R.A., Nilsson, T., Daniel, G. & A. Abad. 1990. Biological degradation of wood. In Rowell, R.M. & Barbour, R.J. (eds.) *Archaeological wood: properties chemistry, and preservation*.

Heinz, I. 2004. Systematische Erfassung und Dokumentation der mikroanatomischen Merkmale der Nadelhölzer aus der Klasse Pinatae. Dissertation Technische Universität München.

Jorissen, A.J.M. 1995. Modificatiefactor vochtgehalte en duurbelasting. Technische Houtdocumentatie A 4/2 – 010210, Centrum Hout, Almere.

Laming, P.B., Rijdsdijk, J.F. & J.C. Verwijs. 1978. Houtsoorten, informatie voor de praktijk. Houtinstituut TNO, Delft.

Klaassen 2007 Velocity of bacterial decay in wooden foundation piles. Proceedings ICOM Amsterdam

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.

TGB. 1990. Belastingen en vervormingen, NEN 6702, 1<sup>st</sup> druk, NNI december 1991

Zobel, B.J. & J.R. Sprague. 1998. Juvenile wood in forest trees. Springer –Verlag Berlin, Heidelberg, New York.