

opdrachtgever:

Rijkswaterstaat

Dienst Getijdewateren

stormvloedkering Nieuwe Waterweg

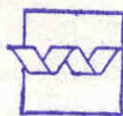
Seiches-berekeningen, tweede fase:

maatregelen ter reductie van het Europoortgebied
en op de Nieuwe Waterweg

AFGEHANDELD

deel II, verslag onderzoek

maart 1991



bibliotheek
postbus 177 - 2600 MH Delft

waterloopkundig laboratorium | WL

stormvloedkering Nieuwe Waterweg

Seiches-berekeningen, tweede fase:
maatregelen ter reductie van het Europoortgebied
en op de Nieuwe Waterweg

J.J. Veldman



waterloopkundig laboratorium | WL

INHOUD

LIJST VAN TABELLEN

LIJST VAN FIGUREN

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
2. <u>Doel</u>	2
3. <u>Schematisaties</u>	3
3.1 Begrenzing.....	3
3.2 Rekengebied.....	3
3.3 Bodemligging.....	4
3.4 Waterstand.....	5
3.5 Bodemruwheid.....	5
3.6 Reflectie- en Transmissie-coëfficiënten.....	5
4. <u>Berekeningen</u>	6
4.1 Opzet.....	6
4.2 Partieel Reflecterende Stormvloedkering.....	6
4.2.1 Kering bij km 1022.....	7
4.2.2 Kering bij km 1026,5.....	8
4.2.3 Conclusies partiële reflectie tegen de stormvloedkering.....	9
4.3 Maatregelen in Scheidingsdam.....	9
4.3.1 Partiele transmissie over de Scheidingsdam.....	10
4.3.2 Opening in Scheidingsdam.....	11
4.4 Maatregelen bij kopeind Mississippihaven.....	12
4.5 Maatregelen bij Rozenburgsesluis.....	13
4.6 Combinaties van Maatregelen.....	15
4.6.1 Opening in Scheidingsdam en partieel reflecterend kopeind..... Mississippihaven.....	15
4.6.2 Partieel reflecterende kering met afgegraven Scheidingsdam..... (bij S.V. stand).....	16
4.7 Situaties met open Hartelkanaal.....	17
4.7.1 Eén opening in de Beerdam en gesloten keringen.....	18
4.7.2 Eén opening in de Beerdam en geopende keringen.....	19
4.7.3 Vier openingen naar Hartelkanaal en gesloten kering.....	20

INHOUD (vervolg)

	blz.
4.8 Voorkeursoplossing.....	21
4.8.1 Voorkeursoplossing bij NAP +2,5 m.....	21
4.8.2 Voorkeursoplossing bij NAP +5,0 m.....	22
4.8.3 Voorkeursoplossing bij volledig reflecterende kering.....	24
4.9 Aanvullende berekeningen.....	25
4.9.1 Partiële transmissie over de Scheidingsdam.....	25
4.9.2 Partiële reflectie van de Beerdam.....	26
5. <u>Conclusies</u>	28

REFERENTIES

TABELLEN

FIGUREN

APPENDIX A: Reflectie en Transmissie van lange golven

LIJST VAN TABELLEN

1. Overzicht seichesberekeningen met partieel reflecterende kering
2. Overzicht seichesberekeningen met maatregelen in Scheidingsdam
- 3a Horizontale snelheidsamplitudes (kering gesloten), inkomende golf:
H = 0.30 m
- 3b Horizontale snelheidsamplitudes (kering open), inkomende golf:
H = 0.30 m
4. Overzicht seichesberekeningen met maatregelen in Mississippihaven en bij Rozenburgsesluis
5. Overzicht seichesberekeningen voor combinaties van maatregelen
6. Overzicht seichesberekeningen met open Hartelkanaal
7. Overzicht seichesberekeningen Voorkeursoplossing met partieel reflecterende kering
8. Overzicht seichesberekeningen Voorkeursoplossing met volledig reflecterende kering
9. Overzicht aanvullende seichesberekeningen

LIJST VAN FIGUREN

1. SVK Nieuwe Waterweg - Bestaande Situatie; Bodemschematisatie
- 1a. SVK Nieuwe Waterweg - Aanpassingen reflectie/transmissieranden
2. SVK Nieuwe Waterweg - Kering t.p.v. km 1022,00 - Opening in Scheidingsdam;
Bodemschematisatie
3. SVK Nieuwe Waterweg - Kering t.p.v. km 1026,50 - met Hartelkanaal;
Bodemschematisatie
4. SVK Nieuwe Waterweg - Posities uitvoerpunten
5. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 1, Europahaven
6. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 4, Mississippihaven (west)
7. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
8. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 7, Beneluxhaven
9. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
10. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 12, Brittaniëhaven
11. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 13, Maasmond
12. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
13. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 18, SVK km 1026,50
14. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 20, SVK km 1022,00
15. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 1, Europahaven
16. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 4, Mississippihaven (west)
17. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
18. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 7, Beneluxhaven

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

19. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
20. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 12, Brittanniëhaven
21. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 13, Maasmond
22. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (8esloten) - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
23. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 18, SVK km 1026,50
24. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Postie 1, Europahaven
25. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (8esloten) - Positie 4, Mississippihaven (west)
26. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
27. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (8esloten) - Positie 7, Beneluxhaven
28. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
29. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 12, Brittanniëhaven
30. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 13, Maasmond
31. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
32. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (8esloten) - Positie 18, SVK km 1026,50
33. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 20, SVK km 1022,00
34. SVK Nieuwe Waterweg - Gesloten op km 1022 - Opening in Scheidingsdam -
Uitwijking vrij wateroppervlak; $f = 0.00082$ Hz
35. SVK Nieuwe Waterweg - Gesloten op km 1022 - Opening in Scheidingsdam -
Uitwijking vrij wateroppervlak; $f = 0.00150$ Hz

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

36. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 1, Europahaven
37. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 4, Mississippihaven
38. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 5, Breddiep (zuidzijde)
39. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 7, Beneluxhaven
40. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
41. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 12, Britanniëhaven
42. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 13, Maasmond
43. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 17, Breddiep (noordzijde)
44. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 18, SVK km 1026,50
45. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (open) - Positie 20. SVK km 1022,00
46. SVK Nieuwe Waterweg - Open op km 1022 - Opening in Scheidingsdam -
Uitwijking vrij water oppervlak; $f = 0.00087$ Hz
47. SVK Nieuwe Waterweg - Open op km 1022 - Opening in Scheidingsdam -
Uitwijking vrij water oppervlak; $f = 0.00096$ Hz
48. SVK Nieuwe Waterweg - Open op km 1022 - Opening in Scheidingsdam -
Uitwijking vrij water oppervlak; $f = 0.00150$ Hz
49. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 1, Europahaven
50. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 4, Mississippihaven
51. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 5, Breddiep (zuidzijde)
52. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 7, Beneluxhaven

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

53. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (8esloten) - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
54. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 12, Brittanniëhaven
55. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 13, Maasmond
56. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
57. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (8esloten) - Positie 18, SVK 1026,50
58. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1022,00 (gesloten) - Positie 20, SVK 1022,00
59. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 1, Europahaven
60. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 4, Mississippihaven
61. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
62. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 7, Beneluxhaven
63. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
64. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 12, Brittanniëhaven
65. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 13, Maasmond
66. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
67. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 18, SVK km 1026,50
68. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 21, Hartelhaven (noord)
69. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 23, Gat Beerdam (zuid)

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

70. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 25, Dintelhaven (west)
71. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 27, Kuwait steiger
72. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 30, Hartelkering
73. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 1, Europahaven
74. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 4, Mississippihaven
75. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
76. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 7, Beneluxhaven
77. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
78. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 12, Britanniëhaven
79. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 13, Maasmond
80. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
81. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 18, SVK km 1026,5
82. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 21, Hartelhaven (noord)
83. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 23, Gat Beerdam (zuid)
84. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 25, Dintelhaven (west)
85. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 27, Kuwait steiger
86. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (open) - Positie 30, Hartelkering

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

87. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 1, Europahaven
88. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 4, Mississippihaven
89. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (8esloten) - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
90. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 7, Beneluxhaven
91. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 10, Overzijde 73 Petroleumhave
92. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 12, Brittanniëhaven
93. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 13, Maasmond
94. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (8esloten) - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
95. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (8esloten) - Positie 18, SVK km 1026,5
96. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 21, Hartelhaven (noord)
97. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 23, Gat Beerdam (zuid)
98. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 25, Dintelhaven (west)
99. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 27, Kuwait steiger
100. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 (gesloten) - Positie 30, Hartelkering
101. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 1, Europahaven
102. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 4, Mississippihaven
103. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
104. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 7, Beneluxhaven

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

105. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
106. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 12, Brittanniëhaven
107. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 13, Maasmond
108. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
109. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17A, km 1028,75
110. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 18, SVK km 1026,5
111. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 1, Europahaven
112. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 4, Mississippihaven
113. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
114. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 7, Beneluxhaven
115. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
116. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 12, Brittanniëhaven
117. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 13, Maasmond
118. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
119. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17A, km 1028,75
120. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 18, SVK km 1026,5
121. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 1, Europahaven
122. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 4, Mississippihaven (west)

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

123. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
124. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 7, Beneluxhaven
125. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
126. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 12, Brittanniëhaven
127. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 13, Maasmond
128. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
129. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17A, km 1028.75
130. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 18, km 1026.50
131. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 1, Europahaven
132. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 4, Mississippihaven (west)
133. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
134. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 7, Beneluxhaven
135. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
136. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 12, Brittanniëhaven
137. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 13, Maasmond
138. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
139. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17A, km 1028.75
140. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 18, km 1026.50

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

141. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 1, Europahaven
142. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 4, Mississippihaven (west)
143. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
144. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 7, Beneluxhaven
145. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
146. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 11, Rozenburgsesluis
147. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 12, Brittanniëhaven
148. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 13, Maasmond
149. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
150. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17A, km 1028.75
151. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17A, km 1026.5
152. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 1, Europahaven
153. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 4, Mississippihaven (west)
154. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
155. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 7, Beneluxhaven
156. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
157. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 11, Rozenburgsesluis
158. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 12, Brittanniëhaven

LIJST VAN FIGUREN (vervolg)

159. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 13, Maasmond
160. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
161. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17A, km 1028.75
162. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 18, km 1026.5
163. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 1, Europahaven
164. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 4, Mississippihaven (west)
165. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 5, Breeddiep (zuidzijde)
166. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 7, Beneluxhaven
167. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 10, Overzijde 7e Petroleumhaven
168. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 11, Rozenburgsesluis
169. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 12, Brittanniëhaven
170. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 13, Maasmond
171. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17, Breeddiep (noordzijde)
172. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 17A, km 1028.75
173. Stormvloedkering Nieuwe Waterweg -
Kering t.p.v. km 1026,50 - Positie 18, km 1026.5

1. Inleiding

Sedert april 1987 bestudeert Rijkswaterstaat de mogelijkheid van een Stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg als alternatief voor noodzakelijke dijkverhogingen in het Rijnmondgebied. Als deelproject van het project "Studie Stormvloedkering Nieuwe Waterweg" heeft RWS in haar brief van 22-09-87 (kenmerk: RFB/9140) aan het Waterloopkundig Laboratorium opdracht verleend nader overeen te komen seiches-berekeningen uit te voeren. Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd zoals vermeld in het onderzoeksvoorstel van 13-08-87 (kenmerk HK3624/H688.95/JKK). De eerste fase van de werkzaamheden omvat een studie naar de respons van de havens in het Europoortgebied op inkomende lange golven, en een inventarisatie van de seiches-problematiek bij een gesloten kering. De tweede fase heeft tot doel maatregelen ter beperking van de resonantie-gevoeligheid van het gebied te onderzoeken. De studie is uitgevoerd door ir. J.J. Veldman en dhr. J. Vis, onder begeleiding van ir. J.K. Kostense. Van de zijde van RWS-Dienst Getijdewateren is de studie begeleid door drs. J.A. Vogel, die ook verantwoordelijk is voor de keuze van de onderzochte maatregelen. De resultaten van de eerste fase van de studie zijn weergegeven in Deel I van dit rapport. In dit Deel II, dat is opgesteld door ir. J.J. Veldman, worden de berekeningen van de tweede fase gerapporteerd.

De resultaten van de tweede fase zijn in verkorte vorm voor het merendeel al binnen de SVKW-organisatie gepresenteerd door drs. J.A. Vogel, in de interimrapportage fase 2 [1].

In de derde fase van het onderzoek zijn o.a. met behulp van spectrale analyses van zowel meetreeksen als modelberekeningen statistische verdelingen van de waterbeweging ten gevolge van seiches opgesteld. Met de in die fase ontwikkelde methodieken kunnen de in de voorgaande twee fasen verkregen relatieve uitspraken (toename of afname ten opzichte van een andere situatie) omgezet worden in absolute uitspraken, zie [2].

2. Doel

In de eerste fase van deze studie is voor de bestaande situatie de resonantie-gevoeligheid van de havenbekkens in het Europoortgebied onderzocht. Daarnaast is het effect van een gesloten kering bestudeerd. Hiertoe zijn met het mathematisch model PHAROS (Program for computation of HARbour OScilations, zie ook Appendix A bij Deel I) de resonantie-frequenties en de amplificatiefactoren bepaald (Deel I van dit rapport).

In deze tweede fase van de studie zijn mogelijkheden onderzocht die de negatieve effecten van een gesloten kering op de resonantie-gevoeligheid terugbrengen. Effecten van de volgende technische ingrepen zijn met PHAROS berekend:

- partiële reflectie van de gesloten kering,
- overslag over de Scheidingsdam,
- opening in de Scheidingsdam,
- maatregelen ter plaatse van het kopeinde van de Mississippihaven,
- maatregelen bij Rozenburgsesluis,
- combinaties van bovenstaande maatregelen,
- open verbinding(en) met het Hartelkanaal (o.a. bij de Beerdam).

Uit een vergelijking van de resultaten voor situaties met en zonder deze maatregelen kan het effect van de ingrepen op de resonantiegevoeligheid van de havens worden bepaald en kunnen combinaties van maatregelen worden samengesteld met als doel die de resonantiegevoeligheid in voldoende mate terug te brengen.

3. Schematisaties

3.1 Begrenzungen

Het geschematiseerde gebied omvat evenals in de eerste fase van de deze studie de Nieuwe Waterweg, het Calandkanaal en het Beerkanaal met aanliggende havens. Voor een aantal berekeningen is het gebied uitgebreid met het Hartelkanaal vanaf de Hartelhaven tot de Rozenburgsesluis. De contour van het Hartelkanaal is overgenomen van de zeekaart "Nieuwe Waterweg en Europoort" [3]. Voor de contour van de Hartelhaven is gebruik gemaakt van recente kaarten van Gemeentewerken Rotterdam.

3.2 Rekengebied

Voor de PHAROS berekeningen wordt een eindige-elementenrooster gebruikt. Er is bij het ontwerp van de grids uitgegaan van de schematisaties die beschreven zijn in Deel I (Fig. 1). Ten behoeve van het onderzoek naar het effect van verschillende maatregelen in het gebied zijn deze schematisaties waar nodig aangepast.

De schematisaties zijn als volgt aangepast voor situaties met partiële reflectie en transmissie van de randen:

- partiële reflectie van een gesloten stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg,
- partiële reflectie en transmissie over 3000 m van de Scheidingsdam (km 1025 tot km 1028),
- partiële reflectie van het kopeinde van de Mississippihaven (ca 390 m),
- partiële reflectie van de kade bij de Rozenburgsesluis (ca 340 m),
- partiële reflectie en transmissie van de Splitsingsdam.

De schematisatie is voorts gewijzigd voor berekeningen met een opening in de Scheidingsdam. Hiertoe is in het grid met een kering op km 1022, in de Scheidingsdam ter plaatse van km 1024,6 een 150 m brede opening aangebracht (Fig. 2).

De schematisatie met een stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg op km 1026,5 is voor een aantal berekeningen uitgebreid met een deel van het Hartelkanaal.

Het deel tussen Hartelhaven en een Hartelkering nabij de Rozenburgsesluis staat middels een aantal openingen in verbinding met het Caland- en Beerkanaal.

Er zijn vier mogelijke open verbindingen (Fig. 3):

- tussen Hartelhaven en het kopeinde van de Mississippihaven (ca. 350 m),
- aan het oosteinde van de Beerdam (ca. 300 m),
- van Dintelhaven via Dommelhaven naar de Beneluxhaven (ca. 330 m),
- tussen Neckarhaven en Calandkanaal bij Rozenburgsesluis (ca. 340 m).

Deze met het Hartelkanaal uitgebreide schematisatie omvat bijna 3000 knooppunten. In het Hartelkanaal bedraagt de afstand tussen de knooppunten 100 à 150 m, wat overeenkomt met ca. 40 knooppunten per golflente bij een periode van T=10 min. In dwarsrichting is de knooppuntsafstand kleiner gekozen. Afhankelijk van de breedte en de bodemvariatie is het minimum aantal knooppunten steeds 4 à 6, zodat de aan de knooppunten toegekende bodemhoogtes het dwarsprofiel goed weergeven.

Voor een aantal berekeningen van een mogelijke eindsituatie, de zogenaamde "Voorkeursoplossing", is de schematisatie met een stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg bij km 1026,5 aangepast. De volgende mogelijkheden zijn ingebouwd:

- partiële reflectie van de gesloten stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg,
- partiële reflectie en transmissie over 1500 m van de Scheidingsdam (km 1026.5 tot km 1028),
- partiële reflectie en transmissie over de Splitsingsdam.

Tevens is ten behoeve van berekeningen bij extreme waterstanden de mogelijkheid ingebouwd van partiële reflectie van de Maasvlakte, de zuidoever van het Calandkanaal en de oevers van de Brittanniëhaven.

3.3 Bodemligging

De bodemligging van de Nieuwe Waterweg, het Calandkanaal en het Beerkanaal met aanliggende havens is overgenomen uit Deel I. De bodemligging in het Hartelkanaal is overgenomen van recente lodingen zoals die door Gemeentewerken Rotterdam op 14-12-1987 (Hartelkanaal) en 20-01-1988 (Dintelhaven)

zijn verstrekt. De bodemligging in de openingen sluit steeds aan bij de bodem aan weerszijden van de opening (Fig. 2 en 3).

3.4 Waterstand

De meeste berekeningen zijn uitgevoerd bij een waterstand van NAP +2,5 m. Aan het begin van het onderzoek was het waarschijnlijk dat de kering bij deze waterstand gesloten zal worden; omwille van de vergelijkbaarheid van de rekenresultaten is deze waterstand in de berekeningen gehandhaafd. Één serie berekeningen is uitgevoerd bij een waterstand van NAP +4,0 m en één serie bij een extreme waterstand van NAP +5,0 m.

3.5 Bodemruwheid

In een aantal berekeningen is het effect van de bodemwrijving meegenomen. De equivalente Nikuradse-bodemruwheid $k_N = 0,010$ m en de in deze berekeningen gebruikte golfhoogte $H = 0,30$ m zijn gelijk aan die van de in Deel I gerapporteerde berekeningen.

3.6 Reflectie- en Transmissie-coëfficiënten

De golfsteilheid van seiches is zeer gering, vele malen kleiner dan de helling van de oever. Door een niet overstroomde oever, zelfs als dit een strand is, worden seiches dan ook vrijwel volledig gereflecteerd. Evenals in Deel I zijn reflectie voor de oevers in het geschematiseerde gebied gesteld op $R = 100\%$, de reflectie en transmissie voor de doorlatende en bij de waterstand NAP +2,5 m ca. 0,5 m overstroomde Noorderpier op $R = 0\%$ en $T = 100\%$. De open zeeranden en de geopende kring zijn volledig absorberend: $R = 0\%$.

In de berekeningen is het effect onderzocht van partieel reflecterende keringen en oevers en/of partieel reflecterende en transmitterende dammen. Deze per situatie wisselende coëfficiënten zijn bepaald met de methode beschreven in Appendix A.

4. Berekeningen

4.1 Opzet

In dit hoofdstuk worden de berekeningen beschreven. Eerst volgt een overzicht van de gevolgde aanpak en daarna een bespreking van de berekeningen. Met deze berekeningen zijn de effecten onderzocht van:

- partiële reflectie van de kering (Par. 4.2),
- maatregelen aan de Scheidingsdam (Par. 4.3),
- maatregelen aan het kopeinde van de Mississippihaven (Par. 4.4),
- maatregelen aan de kade bij Rozenburgsesluis (Par. 4.5),
- combinaties van maatregelen (Par. 4.6),
- maatregelen met een open Hartelkanaal (Par. 4.7),
- de "Voorkeursoplossing" (Par. 4.8).

De opzet van de berekeningen is analoog aan die in Deel I; eerst met lineaire (zonder bodemwrijving) berekeningen de resonantie-frequenties bepalen, om vervolgens voor een aantal frequenties met iteratieve (met bodemwrijving) berekeningen de amplificatiefactor en/of de oscillatievorm te bepalen.

Bij de berekeningen met bodemwrijving bedraagt de inkomende golfhoogte steeds: $H = 0,30$ m en de equivalente Nikuradse-bodemruwheid $k_N = 0,010$ m.

Een overzicht van de berekeningen wordt gegeven in de Tabellen 1, 2 en 4 t/m 9. Voor een aantal van de bestudeerde situaties zijn de resonantie-frequenties al bekend uit de berekeningen beschreven in Deel I. Dit geldt voor de situaties waarin zowel de waterstand als de geometrie gelijk zijn, en slechts plaatselijk de reflectie- en/of transmissiecoëfficiënten zijn gewijzigd. Voor deze situaties zijn alleen berekeningen met bodemwrijving uitgevoerd.

4.2 Partieel Reflecterende Stormvloedkering

Uit Deel I blijkt dat een volledig reflecterende ($R = 100\%$) gesloten kering een negatieve invloed heeft op de gevoeligheid van het gebied voor seiches. Door de reflectie van de kering te verlagen, wordt de gevoeligheid voor seiches verminderd. In deze paragraaf wordt het effect van partiële reflectie bij een gesloten kering beschreven.

De reflectie van een gesloten kering kan worden gereduceerd door het nemen van technische maatregelen. Dit kan onder andere door bij het ontwerp van de kering rekening te houden met een doorlaatopening of overstortsituatie. Bij een waterstandsverschil over de kering van ca. 1,5 m (zeezijde NAP +2,5 m, rivierzijde NAP +1,0 m) en een doorlaatopening onder de waterspiegel met een capaciteit van 1000 à 4000 m³/s wordt verwacht dat de reflectiecoëfficiënt van de kering wordt gereduceerd tot $R = 90$ à 70% (Appendix A). Gezien de beperkingen van de berekeningsmethoden verdient het aanbeveling deze waarden experimenteel te verifiëren.

Voor beide locaties, km 1022,0 en km 1026,5, is het effect van een partieel reflecterende kering berekend. Hiervoor is gebruik gemaakt van twee schematisaties uit Deel I die zijn aangepast voor partiële reflectie. De berekeningen zijn uitgevoerd voor $R = 90\%$, $R = 80\%$ en $R = 70\%$.

De resonantie-frequenties voor de twee locaties van de kering zijn al bekend uit de berekeningen met een volledig reflecterende kering (Deel I Par. 4.3 en 4.4). Voor een aantal van deze resonantie-frequenties zijn berekeningen met bodemwrijving uitgevoerd. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van alle voor deze situatie doorgerekende resonantie-frequenties. De resultaten van de berekeningen zijn per locatie van de kering voor een tiental posities weergegeven in de figuren 5 t/m 14 en 15 t/m 23. Ter vergelijking zijn in deze grafieken ook de resultaten gegeven voor de situatie met een volledig reflecterende kering.

4.2.1 Kering bij km 1022

Bij de resonantie-frequentie $f = 0,32 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 52 min) is het effect van het partieel reflecterend maken van de gesloten kering groot. Bij deze door de gesloten kering veroorzaakte resonantie-frequentie worden door reductie van de reflectie van de kering van $R = 100\%$ naar $R = 90\%$ de amplificaties ongeveer gehalveerd. De berekende amplificatie factoren nemen af van ca. 11 naar ca. 5 bij de kering en in de Brittanniëhaven van 7 à 8 naar ca. 4 (zie ook Fig. 10 en Fig. 14).

Bij de resonantie-frequentie $f = 0,68 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 25 min) is het effect van het partieel reflecterend maken gering. De grootste amplificaties treden bij deze frequentie op in de Brittanniëhaven. Door de gesloten kering zijn deze

amplificaties ongeveer verdrievoudigd t.o.v. de bestaande situatie. Door de reflectie van de gesloten kering te reduceren van $R = 100\%$ naar $R = 90\%$, respectievelijk $R = 80\%$, reduceren de amplificaties 10%, respectievelijk 20%.

De voor de Brittanniëhaven berekende amplificatie-factor wordt dan gereduceerd van ca. 13 bij $R = 100\%$ naar ca. 10,5 bij $R = 80\%$ (Fig. 10).

Bij de resonantie-frequentie $R = 0,83 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 20 min) is het effect van partiële reflectie tamelijk groot. De scherpe amplificatie piek bij deze frequentie wordt veroorzaakt door de gesloten kering. De grootste zonder bodemwrijving berekende amplificatiefactoren bedragen ca. 12 voor de Brittanniëhaven en 5 à 6 t.p.v. de gesloten kering. Door de reflectie van de kering te verlagen tot 80% blijven de berekende amplificatiefactoren beperkt tot 6 à 6,5 voor de Brittanniëhaven; en tot ca. 3 bij de kering, zie ook de figuren 10 en 14.

Bij de resonantie-frequentie $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min) is het effect van een reductie van de reflectie van de gesloten kering gering. De grootste amplificaties treden bij deze frequentie op in de Mississippi-haven, en bedragen ca. 7. Door de gesloten kering zijn de amplificaties met ca. 25% vergroot ten opzichte van de bestaande situatie. Door een reductie van de reflectie van de gesloten kering van $R = 100\%$ naar $R = 90\%$, worden de amplificaties met minder dan 2% gereduceerd (Fig. 6).

4.2.2 Kering bij km 1026,5

Bij een stormvloedkering op km 1026,5 en de resonantie frequentie $f = 0,58 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 29 min.) is het effect van het partieel reflecterend maken van de gesloten kering aanzienlijk. Bij deze frequentie, waarbij de afstand tussen Maasmond en kering een kwart golflengte bedraagt, treden grote amplificaties op bij de kering (ca. 10) en ook in de Europa-, Mississippi- en Brittanniëhaven (ca. 4). Door een reductie van de reflectie van de gesloten kering van $R = 100\%$ naar $R = 90\%$ worden de amplificaties met 60 à 70% gereduceerd. Wordt de reflectie van de kering gereduceerd tot $R = 70\%$ dan bedraagt de grootste amplificatiefactor nog slechts 1,5 à 2 (Fig. 23).

Bij de resonantie-frequentie $f = 0,93 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 18 min.) is het effect van het partieel reflecterend maken van de gesloten kering groot. Bij deze

frequentie treden grote amplificatiefactoren op in de Brittanniëhaven, de Beneluxhaven en bij de kering. Door een reductie van de reflectie van de gesloten kering van $R = 100\%$ naar $R = 90\%$ worden de amplificaties met 25% à 30% gereduceerd. Bij een reductie van de reflectie tot $R = 70\%$ reduceert de amplificatiefactor met ca. 60%. De grootste amplificatiefactor, die in de Brittanniëhaven, bedraagt dan nog ca. 5 (Fig. 20).

Bij de resonantie-frequentie $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min.) is het effect van het partiëel reflecterend maken van de gesloten kering klein. Bij deze frequentie met grote amplificatiefactoren in de Mississippihaven (ca. 10), de Europahaven en de Beneluxhaven, worden deze factoren door de gesloten kering ca. 1,5 à 2 maal vergroot ten opzichte van de bestaande situatie. Door een reductie van de reflectie van de gesloten kering van $R = 100\%$ naar $R = 90\%$ nemen de grootste amplificaties met ca. 5% af. Bij een reductie van de reflectie tot $R = 70\%$ reduceert de amplificatie met ca. 15%; voor de Mississippihaven van ca. 10 tot 8 à 8,5 (Fig. 16).

4.2.3 Conclusies m.b.t. partiële reflectie van de stormvloedkering

Een gesloten en volledig reflecterende kering vergroot de amplificaties bij een aantal bestaande resonantie-frequenties (zie Deel I) en veroorzaakt bovendien een aantal nieuwe resonantie-frequenties. Een reductie van de reflectie van de gesloten kering heeft een groot reducerend effect op de amplificaties bij deze nieuwe resonantie-frequenties. Bij bestaande resonanties waarvan de amplificaties vergroot zijn is het reducerend effect minder met uitzondering van locaties bij de kering.

4.3 Maatregelen aan de Scheidingsdam

Voor een aantal resonantie-frequenties bij de situatie met een gesloten kering op km 1022 geldt dat de amplificaties bij de kering groot zijn, en tevens in tegenfase met die in het Calandkanaal. Door transmissie (of overslag) van de lange golven over de Scheidingsdam tussen de Nieuwe Waterweg en het Caland-kanaal mogelijk te maken, kunnen de amplificaties worden beperkt. Een alternatief om de resonantie-gevoeligheid te beïnvloeden is het aanbrengen van een open verbinding tussen de Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal. In deze paragraaf wordt voor een aantal bekende resonantie-frequenties het effect onderzocht van transmissie over de Scheidingsdam en

tevens wordt het effect van een opening in de Scheidingsdam op de resonantie-gevoeligheid onderzocht.

4.3.1 Partiële Transmissie over de Scheidingsdam

Transmissie over of door de Scheidingsdam van een deel van de inkomende lange golven kan worden bereikt door de kruin van de dam te verlagen of door in de dam doorlatend te maken. Wanneer de kruin van de Scheidingsdam wordt verlaagd tot de waterspiegel (= NAP +2.5 m) dan wordt de transmissie over de dam $T = 5$ à 10% en de reflectie $R = 95$ à 90% (Appendix A).

De effecten van partiële transmissie en reflectie zijn berekend op een aangepast grid uit Deel I. De reflectie en transmissie bij de Scheidingsdam (van km 1025 tot km 1028) is gesteld op $R = 93\%$ en $T = 7\%$.

De resonantie-frequenties voor deze situatie zijn bekend uit de berekeningen met volledig reflecterende oevers (Deel I, Par. 4.3). Voor een aantal van deze frequenties (zie Tabel 2) zijn berekeningen met bodemwrijving uitgevoerd (Fig. 24 t/m 33).

Bij de resonantie-frequentie $f = 0,32 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 52 min) zijn de amplificaties bij de kering en in de Brittanniëhaven groot en met elkaar in tegenfase. Door de transmissie over de Scheidingsdam worden de amplificaties bij de kering en in de Brittanniëhaven ca. 30% lager, bij de kering van ca. 11 tot ca. 7,5 en in de Brittanniëhaven 7 & 8 tot ca. 5 (Fig. 29 en Fig. 33).

Bij de resonantie-frequentie $f = 0,68 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 25 min) zijn de amplificaties aan weerszijden van de Scheidingsdam plaatselijk met elkaar in fase. De berekende reductie van de grootste amplificatie factor, die voor de Brittanniëhaven bedraagt ca. 15%, van ca. 13 tot ca. 11 (Fig. 29).

Bij de resonantie-frequentie $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min) zijn de amplificaties aan weerszijden van de Scheidingsdam klein, en grotendeels met elkaar in fase. De berekende reductie van de amplificaties bedraagt voor de havens met de grootste amplificaties (Mississippi- Europa- en Beneluxhaven) minder dan 5%.

4.3.2 Opening in de Scheidingsdam

Het effect van een opening in de Scheidingsdam is voor zowel een gesloten (km 1022) als een open kering onderzocht. Figuur 2 geeft de situatie weer met een 150 m brede opening in de Scheidingsdam ter plaatse van km 1024,6.

Tabel 2 geeft een overzicht van de berekeningen. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in frequentie/amplificatie grafieken en als oscillatievorm (gesloten kering: Fig. 24 t/m 33, open kering: Fig. 36 t/m 45, gesloten kering: Fig. 34, 35 en open kering: Fig. 46 t/m 48).

Daar de geometrie gewijzigd is, zijn er nieuwe oscillatievormen met andere resonantie-frequenties mogelijk. Met wrijvingsloze berekeningen zijn eerst de resonantie-frequenties bepaald. Het blijkt dat als gevolg van de opening resonantie-frequenties zijn verschoven, maar dat ook nieuwe oscillaties zijn toegevoegd. Voor een aantal frequenties is het effect van bodemwrijving bepaald.

In de situatie met een gesloten kering en een opening in de Scheidingsdam komen er meer pieken met lagere amplificaties, uitgezonderd in de Europa- en Mississippihaven. Met een geopende kering worden de grootste amplificaties door het effect van de opening in de Scheidingsdam verhoogd.

Voor de Brittanniëhaven wordt in de situatie met een gesloten kering bij vier frequenties een amplificatiefactor tussen de 6 en 8 gevonden. De hoge en scherpe amplificatie-piek (ca. 13 bij $f = 0,68 \cdot 10^{-3}$ Hz) is verdwenen door het effect van de opening (Fig. 29). Bij een geopende kering bedraagt de grootste amplificatiefactor voor de Brittanniëhaven 7,5 à 8, bij $f = 0,87 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 19 min). Deze amplificatie-piek is vrij breed, en 1,5 à 2,0 maal hoger dan de pieken in de bestaande situatie (Fig. 41).

Zowel bij gesloten als bij open kering treedt de grootste amplificatie op in de Mississippihaven, bij de frequentie $f = 1,50 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min). Bij deze frequentie kunnen buiken onderscheiden worden in de Europa- en Mississippihaven en ten noorden van de Scheidingsdam, die in tegenfase zijn met een buik in de mond van het Beerkanaal (Fig. 35 en Fig. 48). De amplificatiefactoren voor de Mississippihaven (10 à 10,5) zijn 1,5 à 2 maal hoger dan in de situatie zonder opening in de Scheidingsdam (Fig. 25 en Fig. 37).

Als algemene conclusie met betrekking tot een opening in de Scheidingsdam kan worden gesteld, dat deze als maatregel om de resonantiegevoeligheid te verlagen niet voldoet.

Er zijn vijf oscillatievormen gepresenteerd, twee bij een gesloten kering (Fig. 34 en 35) en drie bij een open kering (Fig. 46 t/m 48). Voor een aantal locaties zijn de bij deze oscillatievormen berekende horizontale snelheidsamplitudes weergegeven in Tabel 3. De grootste snelheden treden op in het Breëddiep (max. 4 m/s). In de Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal bedragen de snelheden ter plaatse van de knopen maximaal 0,5 m/s. De grootste snelheden in de opening in de Scheidingsdam bedragen 1,0 à 1,5 m/s. Alle genoemde snelheden treden op bij een inkomende golfhoogte van $H = 0.30$ m.

4.4 Maatregelen bij het kopeinde van de Mississippihaven

Bij sommige resonantie-frequenties treden in de Mississippihaven grote amplificaties op. In deze paragraaf wordt voor een aantal resonantie-frequenties het effect van partiële reflectie op de westelijke beëindiging van de Mississippihaven beschreven.

De reflectie van deze kade kan worden gereduceerd door een technische ingreep waarbij een doorlaatopening wordt gecreëerd, waardoor er een zeker debiet vanuit de Mississippihaven naar het Hartelkanaal kan stromen. Bij een waterstandsverschil van ca. 1,5 m (zeezijde NAP +2,5 m, kanaalzijde NAP +1,0 m) en een doorlaatopening met een capaciteit van 1000 à 2000 m³/s, kan de reflectie-coëfficiënt van het kopeinde (ca. 390 m) van de Mississippihaven worden gereduceerd tot $R = 90$ à 80% (Appendix A).

Voor de locatie km 1022 van een gesloten kering is het effect van partiële reflectie tegen het kopeinde van de Mississippihaven berekend. Hiervoor is gebruik gemaakt van een schematisatie uit Deel I, die is aangepast voor partiële reflectie. De reflectie van het kopeinde van de Mississippihaven is gesteld op $R = 90\%$.

De resonantie-frequenties voor deze situatie zijn bekend uit de berekeningen met volledig reflecterende oevers (Deel I, Par. 4.3). Voor een aantal van deze frequenties zijn berekeningen met bodemwrijving uitgevoerd. Tabel 4 geeft een overzicht van deze berekeningen waarvan de resultaten zijn weergegeven in de figuren 24 t/m 33.

Bij de resonantie-frequenties $f = 0,32 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 52 min) is het effect van partiële reflectie tegen het kopeind van de Mississippihaven klein, daar de amplificatiefactor in de Mississippihaven klein is (ca. 1). In de Brittanniëhaven is de amplificatiefactor met ca. 10% afgenomen van ca. 7,5 tot ca. 6,5 (Fig. 29).

Bij de resonantie-frequentie $f = 0,68 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 25 min) reduceert de amplificatiefactor voor de Mississippihaven met ca. 20% van ca. 2,5 tot 2 (Fig. 24).

In de Brittanniëhaven is de amplificatiefactor met ca. 10% afgenomen van 13 tot 11,5 \approx 12 (Fig. 29).

Bij de resonantie-frequentie $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min) is de amplificatiefactor in de Mississippihaven bij 100% reflectie en een gesloten kering op km 1022 ca. 7. Door het effect van het partiëel reflecterend gemaakte kopeinde van de Mississippihaven, reduceert de amplificatiefactor met ca. 25% tot ca. 5,5 (Fig. 25). Daarnaast worden ook de amplificatiefactoren voor de Europa- en Beneluxhaven met ca. 25% gereduceerd tot 4 à 4,5 (Fig. 24 en 27). De amplificatiefactoren voor deze drie posities zijn dan ongeveer gelijk aan die voor de bestaande situatie (Deel I, Fig. 3, 4 en 6).

Het effect van het partieel reflecterend maken van het kopeind van de Mississippihaven uit zich vooral bij resonantie-frequenties met grote amplificaties achterin de Mississippihaven, bij kleine amplificaties blijft het effect uiteraard beperkt. Bij een van de onderzochte resonantie-frequenties ($f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz, $T \approx 11$ min) blijkt het mogelijk de amplificaties terug te brengen tot onder die van de bestaande situatie.

4.5 Maatregelen bij Rozenburgsesluis

Voor de bij Rozenburgsesluis gelegen Brittanniëhaven, zijn bij sommige resonantie-frequenties grote amplificaties berekend. Door de reflectie van een gedeelte van de oever te verminderen, wordt de resonantiegevoeligheid verminderd. In deze paragraaf wordt het effect van partiële reflectie van een kade ten noordwesten van de Rozenburgsesluis beschreven.

De reflectie van deze oever zou verminderd kunnen worden door het aanbrengen van doorlaatopeningen. Als gevolg hiervan stroomt een debiet vanuit het

Calandkanaal naar het Hartelkanaal. Bij een waterstandsverschil van ca. 1,5 m (Calandkanaal NAP +2,5 m, Hartelkanaal NAP +1,0 m) en een doorlaatopening met een capaciteit van 1000 m³/s, wordt een reductie van de reflectie van deze 340 m lange kade verwacht tot R = ca. 90% (Appendix A). Voor de situatie met een gesloten kering op km 1022 is het effect hiervan berekend.

De resonantie-frequenties voor deze situatie zijn bekend uit de berekeningen met volledig reflecterende oevers (Deel I, Par. 4.3). Voor een aantal van deze frequenties zijn berekeningen met bodemwrijving uitgevoerd. Tabel 4 geeft een overzicht van deze berekeningen. De resultaten zijn weergegeven in de figuren 24 t/m 33.

Bij de onderzochte resonantie-frequentie $f = 32 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 52 min) is het effect van het partieel reflecterend gemaakte deel van de oever bij de Rozenburgsesluis vrij klein. De amplificatiefactor voor de Brittanniëhaven reduceert met ca. 15% van ca. 7,5 tot 6,5 (Fig. 29). In de bestaande situatie bedragen de amplificaties bij naastliggende resonantie-frequenties ca. 6 (bij $f = 0,21 \cdot 10^{-8}$ Hz) en ca. 4 (bij $f = 0,41 \cdot 10^{-3}$ Hz) (zie Deel I, Fig. 8). Bij de kering wordt de amplificatiefactor ca. 5% lager (Fig. 33).

Bij de resonantiefrequentie $f = 0,68 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 25 min) reduceert de amplificatiefactor in de Brittanniëhaven met ca. 20% van ca. 13 tot ca. 10,5 (Fig. 29). Dit is echter nog ca. 2,5 x hoger dan de amplificatiefactor voor de vergelijkbare resonantie-frequentie in de bestaande situatie (ca. 4, zie Deel I, Fig. 8).

Bij de resonantie-frequentie $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min) is de amplificatiefactor in de Brittanniëhaven klein, ca. 1. Het effect van het partieel reflecterend maken van de kade is dan ook miniem.

Het effect van het partieel reflecterend maken van de kade bij de Rozenburgsesluis is bij de onderzochte resonantie-frequenties gering. Bij deze frequenties blijven de amplificaties veel groter dan die in de bestaande situatie. Bij resonantie-frequenties met grote amplificatiefactoren ter plaatse van Rozenburgsesluis is de reductie procentueel groter dan bij frequenties met kleine amplificatiefactoren.

4.6 Combinaties van Maatregelen

De onderzochte maatregelen reduceren in een bepaalde situatie vaak slechts een deel van de amplificatiepieken. Daarom is het effect van combinaties van maatregelen onderzocht. Eerst is voor een situatie met een gesloten stormvloedkering het effect onderzocht van een opening in de Scheidingsdam gecombineerd met een partiële reflectie tegen het kopeind van de Mississippihaven. Daarna is bij een stormvloedstand met gesloten kering het effect onderzocht van een partieel reflecterende kering, gecombineerd met een afgegraven Scheidingsdam en een overstroomde Splitsingsdam.

4.6.1 Opening in de Scheidingsdam en partieel reflecterend kopeinde van de Mississippihaven

Uit o.a. figuur 25 blijkt dat door een opening in de Scheidingsdam de piek nabij $15 \cdot 10^{-4}$ Hz in de Mississippihaven aanzienlijk vergroot wordt. Aangezien deze verlaagd zou kunnen worden door maatregelen ter plaatse, is het effect van partiële reflectie tegen het kopeind van de Mississippihaven in de situatie met een opening in de Scheidingsdam onderzocht op het gewijzigde grid uit Deel I. De reflectie op het kopeind van de Mississippihaven is gevarieerd: $R = 90\%$ en $R = 80\%$.

De geometrie en de waterstand, en dus ook de oscillatievormen en resonantiefrequenties zijn gelijk aan die van de situaties met alleen een opening in de Scheidingsdam (Par. 4.3). Voor een aantal van deze resonantiefrequenties zijn wrijvingsberekeningen uitgevoerd. Tabel 5 geeft een overzicht van alle berekeningen voor deze situatie. De resultaten zijn weergegeven in de figuren 24 t/m 33.

In de situatie met een opening in de Scheidingsdam is het effect van partiële reflectie tegen het kopeind van de Mississippihaven afhankelijk van de resonantiefrequentie en amplificatiefactor in de Mississippihaven. Bij frequenties met kleine amplificatiefactoren (kleiner dan 3) in de Mississippihaven bedragen de reducties van de amplificaties 0 tot 10%.

Bij de frequentie $f = 0,40 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 42 min) bedraagt de reductie van de amplificatiefactor 10 à 15%. Bij deze frequentie behoort een oscillatievorm

met een halve golflengte op het traject Europa-/Mississippihaven-Calandkanaal- Brittanniëhaven. In de Mississippihaven reduceert de amplificatiefactor van ca. 5,5 naar 4,5 à 5 (Fig. 25) en in de Brittanniëhaven van 6 à 6,5 naar ca. 5 (Fig. 29).

Bij de resonantie-frequentie $f = 1,50 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min) is de reductie van de amplificatie het grootst, 40% bij $R = 90\%$ en 60% bij $R = 80\%$ reflectie tegen het kopeind van de Mississippihaven. Bij deze frequentie zijn er buiken in de Europa- en Mississippihaven en ten noorden van de Splitsingsdam. In de Europahaven reduceert de amplificatiefactor van ca. 8 naar ca. 5 resp. ca. 3 (Fig. 24) en in de Mississippihaven van ca. 10,5 naar ca. 6 resp. ca. 4 (Fig. 25).

In de Brittanniëhaven blijven de amplificaties bij een aantal frequenties veel hoger (6 à 7) dan die in de bestaande situatie (vergelijk Fig. 29 met Deel I, Fig. 8). In de Europa- en Mississippihaven kunnen de grootste amplificatiefactoren teruggebracht worden tot ongeveer het niveau van de bestaande situatie, vergelijk Fig. 24 en 25 met Deel I, Fig. 3 en 4.

4.6.2 Partieel reflecterende kering met afgegraven Scheidingsdam (bij S.V. stand)

Het effect van partiële reflectie tegen de kering gecombineerd met een afgegraven Scheidingsdam is onderzocht bij een waterstand van NAP +4,0 m, waarbij ook de Splitsingsdam overstroomt.

Bij een waterstandsverschil over de kering van ca. 3 m (zeezijde NAP +4 m, rivierzijde NAP +1 m) kan met een doorlaatopening met een capaciteit van ca. 4000 m³/s de reflectie van de gesloten kering gereduceerd worden tot $R = 80$ à 85% (Appendix A). In de berekening is de reflectie gesteld op $R = 80\%$. De kruin van de tot NAP +2,5 m afgegraven Scheidingsdam is 1,5 m overstroomd. De reflectie en transmissie van de Scheidingsdam zijn gesteld op $R = 30\%$ en $T = 70\%$ (Appendix A). De kruin van de Splitsingsdam reikt tot ca. NAP +3,5 m, en is ca. 0,5 m overstroomd. De reflectie en transmissie van de Splitsingsdam is gesteld op $R = 60\%$ en $T = 40\%$ (Appendix A). De reflectie van de overige oevers is ongewijzigd: $R = 100\%$ evenals de reflectie en transmissie van de doorlatende en overstroomde Noorderpier: $R = 0\%$ en $T = 100\%$.

Door de gewijzigde waterstand zijn de resonantie-frequenties verschoven. Met lineaire berekeningen zijn de resonantie-frequenties bepaald. Voor een aantal frequenties zijn berekeningen met bodemwrijving uitgevoerd. Tabel 5 geeft een overzicht van alle voor deze situaties berekende frequenties. De resultaten zijn weergegeven in de figuren 49 t/m 58. In deze figuren zijn ter vergelijking ook de amplificaties weergegeven met een gesloten kering ($R = 100\%$) bij de waterstand NAP +2,5 m. Het blijkt dat er ten opzichte van die situatie amplificatiepieken zijn verschoven en zijn vervallen. De invloed van de bodemwrijving is bij deze brede en lage amplificatiepieken gering.

Er kunnen vier brede amplificatiepieken onderscheiden worden. De grootste amplificaties in de Brittanniëhaven bedragen: 5 à 6 bij $f = 0,21 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 80 min), ca. 5 bij $f = 0,89 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 19 min) en ca. 4,5 bij $f = 0,42 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 40 min). In de Mississippihaven bedragen de grootste amplificaties: ca. 5 bij $f = 1,58 \cdot 10^{-3}$ Hz ($\approx 10,5$ min) en ca. 4,5 bij $f = 0,42 \cdot 10^{-2}$ Hz (≈ 40 min). Voor andere posities en/of frequenties bedragen de amplificaties maximaal 4. De amplificatiefactoren zijn vergelijkbaar met die van de bestaande situatie bij de waterstand NAP +2,5 m.

De bij deze resonantie-frequenties behorende oscillaties komen ook in de bestaande situatie bij NAP +2,5 m voor, zij het door de lagere waterstand bij lagere frequenties (vergelijk Deel I, Fig. 3 t/m 13). De door de gesloten kering veroorzaakte resonanties met smalle en hoge amplificatiepieken zijn verdwenen.

4.7 Situaties met open Hartelkanaal

Zowel in de bestaande situatie als in situaties met een gesloten stormvloedkering zijn er hoge amplificaties in de Europa- en Mississippihaven, in de Beneluxhaven en in de Brittanniëhaven. Een of meerdere open verbindingen tussen deze havens en het Hartelkanaal zullen de amplificaties beïnvloeden. In dit onderzoek is uitgegaan van vier mogelijke verbindingen met het Hartelkanaal:

- een opening tussen de Hartelhaven en het kopeinde van de Mississippihaven (ca. 350 m),
- een opening in het oosteinde van de Beerdam (ca. 300 m),
- een verbinding van de Dintelhaven via de Dommelhaven naar de Beneluxhaven (ca. 330 m),

- een opening tussen de Neckarhaven en het Calandkanaal bij de Rozenburgse-sluis (ca. 340 m).

In de onderzochte situaties met een open Hartelkanaal ligt de kering in de Nieuwe Waterweg bij km 1026,5. Ter afsluiting van het Hartelkanaal is nabij de Rozenburgsesluis een Hartelkering geprojecteerd.

Er zijn drie situaties onderzocht, twee met gesloten keringen in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal, en een met geopende keringen:

- in de eerste set berekeningen is alleen de opening in het oosteinde van de Beerdam aanwezig en zijn de keringen gesloten,
- in de tweede set is de opening in het oosteinde van de Beerdam aanwezig en zijn de keringen open,
- in de derde set zijn de vier open verbindingen aanwezig en zijn de keringen gesloten.

Het effect van open verbindingen tussen Hartelkanaal en Caland- en Beerkanaal is onderzocht op een grid uit Deel I, dat is uitgebreid met het Hartelkanaal. Er zijn twee grids gebruikt, één met een opening en één met vier openingen. De waterstand bedraagt NAP +2,5 m. De reflectie van alle oevers en de gesloten keringen bedraagt $R = 100\%$.

4.7.1 Eén opening in de Beerdam en gesloten keringen

Tabel 6 geeft een overzicht van alle berekeningen voor deze situatie. De resultaten zijn voor 14 posities weergegeven in de figuren 59 t/m 72. Ter vergelijking zijn in een aantal van deze figuren ook de resultaten gegeven van de vergelijkbare situatie zonder opening in de Beerdam.

Voor deze nieuwe geometrie zijn eerst met lineaire berekeningen de resonantie-frequenties bepaald. Voor een aantal frequenties zijn vervolgens berekeningen met bodemwrijving uitgevoerd. Voor het gebied dat de Nieuwe Waterweg, Caland- en Beerkanaal en aangrenzende havens omvat is het effect van de opening in de Beerdam op de resonantie-frequenties en de amplificatie-factoren gering (Fig. 59 t/m 67). Voor resonantie-frequenties en oscillatievormen in dit gebied wordt verwezen naar Deel I, Par. 4.4. Voor een aantal posities in het Hartelkanaal zijn zeer hoge en smalle ampli-

catie-pieken gevonden. De invloed van de bodemwrijving op deze amplificatiefactoren is groot.

De grootste amplificaties in het Hartelkanaal treden op bij de frequentie $f = 0,13 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 125 à 130 min). De met bodemwrijving berekende amplificatiefactoren bedragen: in de Dintelhaven ca. 10 en bij de Hartelkering ca. 17 (Fig. 70 en Fig. 72). Bij deze frequenties hoort een oscillatievorm overeenkomend met een kwart golflengte op het traject Hartelkering/Dintelhaven-Hartelkanaal-Beerkanaal-Maasmond.

Bij de frequentie $f = 0,31 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 54 min) is alleen de amplificatiefactor voor de Hartelhaven groot. Deze bedraagt ca. 12,5 (Fig. 68).

Bij de frequentie $f = 0,57 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 29 min) bedragen de amplificatiefactoren ca. 10 bij de Hartelkering en 6 à 7 in de Dintelhaven en bij de Kuwait-steiger. Er past bij deze frequentie ca. drie kwart golflengte op het traject Hartelkering/Dintelhaven (buiken)-Hartelkanaal (buik)-opening in Beerdam (knoop) (Fig. 70 en 71).

4.7.2 Eén opening in de Beerdam en geopende keringen

Tabel 6 geeft een overzicht van alle berekeningen voor deze situatie. De resultaten van de berekeningen zijn voor 14 posities weergegeven in de figuren 73 t/m 86. Ter vergelijking zijn voor een aantal posities ook de amplificaties gegeven voor de vergelijkbare situatie zonder opening in de Beerdam.

Ook voor deze situatie zijn eerst met lineaire berekeningen de resonantiefrequenties bepaald. Voor een aantal frequenties zijn weer berekeningen met bodemwrijving uitgevoerd. Voor het gebied dat de Nieuwe Waterweg, Caland- en Beerkanaal en de aangrenzende havens omvat, is het effect van de opening in de Beerdam op de resonantiefrequenties en de amplificatiefactoren gering (Fig. 73 t/m 81). Voor de resonantiefrequenties en oscillatievormen in dit gebied wordt verwezen naar Deel I, Par. 4.2. In het Hartelkanaal zijn de amplificaties sterk gereduceerd ten opzichte van de situatie met gesloten keringen. Uitgezonderd de Hartelhaven, bedragen de amplificaties in het Hartelkanaal maximaal 3 (Fig. 82 t/m 86, vergelijk ook Fig. 68 t/m 72).

De grootste amplificaties treden op bij de frequentie $f = 0,31 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 54 min). In de berekening met bodemwrijving bedraagt de amplificatiefactor voor de Hartelhaven ca. 12. Bij deze frequentie hoort een oscillatievorm overeenkomend met een kwart golflengte op het traject Hartelhaven (buik) - opening in Beerdam- mond Beerkanaal (knoop)- Deze oscillatievorm treedt ook op bij gesloten keringen.

4.7.3 Vier openingen naar het Hartelkanaal bij gesloten kering

Tabel 6 geeft een overzicht van alle berekeningen voor deze situatie. De resultaten van de berekeningen zijn voor 14 posities in het gebied weergegeven in de figuren 87 t/m 100. Ter vergelijking zijn voor een aantal posities ook de amplificaties gegeven voor de vergelijkbare situaties zonder open verbindingen tussen Hartelkanaal en Caland- en Beerkanaal.

Door de vier open verbindingen tussen het Hartelkanaal en het Caland- en Beerkanaal is het aantal mogelijke oscillatievormen toegenomen. De berekeningen laten dan ook een groot aantal amplificatiepieken zien.

In het gedeelte Nieuwe Waterweg, Caland- en Beerkanaal met aanliggende havens is het aantal amplificatiepieken groter, maar zijn de grootste amplificatiefactoren kleiner dan in de vergelijkbare situatie zonder de open verbindingen met het Hartelkanaal. Voor de Brittanniëhaven is de grootste amplificatiefactor afgenomen van ca. 13 naar ca. 8,5. Voor de Europa-, Mississippi- en Beneluxhaven zijn de grootste amplificatiefactoren afgenomen van 6 à 10 naar 5 à 7. Het aantal frequenties met amplificatiefactoren groter dan 3 is echter toegenomen van ca. 6 naar ca. 10 (Fig. 87 t/m 95).

In het Hartelkanaal bedragen de grootste berekende amplificatiefactoren ca. 11 voor de Hartelhaven bij $f = 0,77 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 22 min). Het aantal frequenties met amplificatiefactoren groter dan 3 bedraagt ca. 10, waarvan 4 à 5 met amplificatiefactoren groter dan 8 (Fig. 96 t/m 100).

4.8 Voorkeursoplossing

Aan het eind van de studie is een door RWS aangegeven mogelijke combinatie van maatregelen onderzocht, welke wordt aangeduid als de voorkeursoplossing. Zowel de resultaten van de hiervoor beschreven berekeningen, (o.a. 4.6.2), als de praktische haalbaarheid speelden bij het zoeken naar een optimale combinatie van maatregelen een rol. Daarnaast was het voor het bepalen van statistiek van seiches t.b.v. het ontwerp van de kering en van dijken nodig om kwantitatieve informatie aan te leveren aangaande de door maatregelen haalbare amplificaties op diverse lokaties, zie [2]. Tevens is er tijdens de uitvoering van de studie meer zekerheid gekomen over de vermoedelijke locatie en constructie van de kering.

Deze oplossing met een kering ter plaatse van km 1026,5 omvat de volgende combinatie van maatregelen:

- een partieel (of volledig) reflecterende kering waarbij de reflectie afhankelijk is van de gekozen constructieve oplossing, het verval over de kering en het toelaatbare debiet,
- een afgegraven Scheidingsdam (km 1026,5 tot km 1028, kruin op NAP +1,5 à 2,0 m) en
- een afgegraven Splitsingsdam (kruin op NAP +1,5 à 2,0 m).

De zogenaamde voorkeursoplossing is onderzocht bij twee waterstanden, bij NAP +2,5 m en bij NAP +5,0 m. Bij deze laatste waterstand inunderen verschillende oevers. Het dempend effect van deze inundaties is op globale wijze in rekening gebracht. Voor deze berekeningen is gebruik gemaakt van een grid uit Deel I, dat is aangepast ten behoeve van de verschillende maatregelen en het in rekening brengen van het effect van de inundaties.

4.8.1 Voorkeursoplossing bij NAP +2,5 m

Bij deze berekeningen is in de kering een doorlaatopening aangenomen. Deze opening heeft bij een waterstandsverschil van ca. 1,5 m (zeezijde NAP +2,5 m, rivierzijde NAP +1,0 m) een capaciteit van ca. 2000 m³/s. De reflectie van de gesloten kering is geraamd op R = 80% (Appendix A). De kruin van zowel de Scheidings- als de Splitsingsdam is verlaagd tot ca. NAP + 1,5 m genomen. De reflectie en transmissie zijn in de berekening gesteld op R = 40% en T = 60%.

Tabel 7 geeft een overzicht van alle berekeningen voor deze situatie. De resultaten zijn voor 10 posities in de vorm van frequentie/amplificatie grafieken weergegeven in de figuren 101 t/m 110. Ter vergelijking zijn in deze figuren ook de resultaten gegeven van de situatie zonder maatregelen en met geopende kering, welke de bestaande situatie representeert.

De amplificatiepieken vertonen hetzelfde beeld als in de bestaande situatie (Deel I, Par. 4.2). De gesloten partieel reflecterende kering en de transmissie over de Scheidings- en Splitsingsdam beïnvloeden de amplificatiefactoren enigszins. Er ontstaan geen nieuwe oscillatie-vormen met grote amplificaties. De grootste amplificaties worden gevonden in de Brittanniëhaven (Fig. 106).

Bij de kering bedragen de amplificaties maximaal 2 à 3 (Fig. 110).

Bij de frequentie $f = 0,22 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 76 min) nemen de amplificatiefactoren ten opzichte van de bestaande situatie met ca. 10% toe, voor de Brittanniëhaven tot 7 à 7,5. Met volledig reflecterende kering en zonder afgegraven Scheidings- en Splitsingsdam zou de amplificatiefactor echter toenemen tot ca. 9 (zie Fig. 20).

Bij de frequentie $f = 0,38 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 44 min) neemt de grootste amplificatiefactor, die voor de Brittanniëhaven ten opzichte van de bestaande situatie met ca. 25% toe tot ca. 5. Met een gesloten en volledig reflecterende kering en zonder afgegraven Scheidings- en Splitsingsdam zou de amplificatiefactor toenemen tot ca. 6 (zie Fig. 20).

Bij de frequentie $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min) neemt de amplificatiefactor voor de Mississippihaven ten opzichte van de bestaande situatie met 25 à 30% af tot ca. 4. Deze reductie wordt vooral bereikt door de transmissie over de Splitsingsdam (zie Deel I, Fig. 17 en Fig. 44, met grote waterstandsverschillen aan weerszijden van de Splitsingsdam). Met een gesloten en volledig reflecterende kering en zonder afgegraven Scheidings- en Splitsingsdam zou de amplificatiefactor toenemen tot ca. 10 (Fig. 16).

4.8.2 Voorkeursoplossing bij NAP +5,0 m

In deze berekeningen is in de kering dezelfde opening aangenomen als in de hierboven beschreven berekeningen. Door het grotere waterstandsverschil over

de kering: ca. 3,5 m (zeezijde NAP +5,0 m, rivierzijde NAP +1,5 m) is de capaciteit van de openingen toegenomen tot ca. 3500 m³/s. De reflectie van de gesloten kering is in de berekening gesteld op R = 90% (Appendix A). De kruin van zowel de Scheidings- als de Splitsingsdam is verlaagd tot NAP +2,0 m. De reflectie- en transmissiecoëfficiënten voor deze dammen zijn in de berekening gesteld op R = 10% en T = 90% (Appendix A).

Grote delen van de oevers en kaden liggen op of net boven NAP +5,0 m. Bij het optreden van seiches zullen deze oeversecties daardoor overstromen, waarbij tevens het achtergelegen gebied inundeert. Het dempend effect hiervan op seiches, is in de berekening op globale wijze meegenomen. De geschatte reflectie van oevers met een kruinhoogte gelijk aan de waterspiegel bedraagt 90 à 95%, en voor oevers met een kruinhoogte die ca. 0,2 m hoger is dan de waterspiegel 95 à 99%. Er is in deze schattingen uitgegaan van een golfhoogte van 0,6 à 1,2 m (2 à 4 maal de inkomende golfhoogte) ter plaatse van de betreffende oeversectie. In de berekening is de reflectiecoëfficiënt voor oevers met een kruin op NAP +5,0 m (noordoever Nieuwe-Waterweg, zuidoever van het Caland-kanaal vanaf de Beerdam tot de Calandbrug en de kaden om de Brittanniëhaven), gesteld op R = 95%. De reflectie van oevers met een kruin op NAP +5,2 m (kaden om de Maasvlakte) is gesteld op R = 99%. De reflectie van de Beerdam (kruin op NAP +5,5 m) is gesteld op R = 100%.

Door de hogere waterstand verschuiven de resonantie-frequenties. Daarom is het onderzochte frequentiegebied voor deze situatie uitgebreid tot $1,7 \cdot 10^{-3}$ Hz. Daar de amplificatiepieken laag en breed zijn, is het effect van de bodemwrijving op de amplificatie-factor gering, en daarom niet afzonderlijk berekend. Tabel 7 geeft een overzicht van de berekeningen voor deze situatie. De resultaten zijn voor 10 posities weergegeven in de figuren 111 t/m 120. Ter vergelijking zijn in deze figuren ook de resultaten gegeven van de situatie bij de waterstand NAP +2,5 m zonder maatregelen en met geopende kering (is gelijk aan de bestaande situatie).

Ten opzichte van de bestaande situatie zijn de resonantie-frequenties 5 à 10% hoger geworden. De grootste amplificatiefactor wordt gevonden in de Brittanniëhaven, ca. 3,5 bij $f = 0,24 \cdot 10^{-3}$ Hz (\approx 70 min) en 3 à 3,5 bij $f = 0,40 \cdot 10^{-3}$ Hz (\approx 42 min). In de Europa-, Mississippi- en Beneluxhaven bedragen de amplificaties maximaal 2,5. Bij de kering bedraagt de grootste amplificatiefactor 1,5 à 2.

4.8.3 Voorkeursoplossing bij volledig reflecterende kering

Bij deze berekeningen is in de kering geen doorlaat opening voorzien. De reflectie van de gesloten kering is derhalve gesteld op $R = 100\%$. Voor het overige zijn deze berekeningen gelijk aan de in par. 4.8.1 en 4.8.2 beschreven berekeningen.

Tabel 8 geeft een overzicht van alle berekeningen voor deze situatie. De resultaten zijn voor 10 posities weergegeven in de figuren 121 t/m 130 (NAP +2.5 m) en in de figuren 131 t/m 140 (NAP +5.0 m). Ter vergelijking zijn in de figuren de resultaten gegeven van de situatie zonder maatregelen en met geopende kering, de bestaande situatie.

De resultaten van de berekeningen met volledig reflecterende kering wijken slechts in detail af van de resultaten met partieel reflecterende kering (par. 4.8.1 en 4.8.2). De amplificatie-pieken vertonen hetzelfde beeld. De amplificatie-factoren zijn soms enige procenten hoger, vergelijk hiertoe de figuren 121 t/m 140 met de figuren 101 t/m 120.

Bij de waterstand NAP +2.5 m neemt door de volledige reflectie van de kering de amplificatie factor voor de Brittanniëhaven bij een frequentie $f = 0,22 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 76 min.) toe van 7 à 7,5 tot 7,5 à 8 (bestaande situatie 6 à 6,5). Bij de frequentie $f = 0,38 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 44 min.) neemt de amplificatie-factor in deze haven toe van ca. 5 to ca. 5,5 (bestaande situatie ca. 4). De piek in de Mississippihaven bij $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min.) blijft ca. 4 (bestaande situatie 5,5 à 6).

Bij de waterstand NAP +5,0 m zijn de verschillen tussen de twee berekeningen minimaal. De grootste amplificatie factoren bedragen 3 à 3,5 en worden gevonden in de Brittanniëhaven. Door de volledige reflectie van de kering nemen deze toe met 1 à 2%. De grootste amplificatie in de Europa-, Mississippi- en Beneluxhaven (ca. 2,5) veranderen met minder dan 1% en de amplificatie bij de kering (1,5 à 2) neemt met 2,5 à 3% toe.

4.9 Aanvullende berekeningen

Tenslotte zijn voor een volledig reflecterende kering ter plaatse van km 1026,5 en bij een waterstand van NAP +2,5 m de afzonderlijke effecten van de volgende ingrepen onderzocht:

- een afgegraven Scheidingsdam van km 1026,5 tot km 1028 (kruin op N.A.P. +1,5 à 2,0 m) en
- een afgegraven Beerdam aan het kopeinde van de Mississippihaven (kruin op N.A.P. +2,0 m), zodat er over deze dam een debiet van de Mississippihaven naar de Hartelhaven stroomt.

Bij de keuze van deze door RWS aangegeven maatregelen speelde naast de resultaten van eerder uitgevoerde berekeningen, wederom de praktische haalbaarheid een belangrijke rol.

4.9.1 Partiële transmissie over de Scheidingsdam

Bij deze berekeningen werd een kruinverlaging van de Scheidingsdam tot ca. 1 m onder de waterspiegel gesimuleerd. Hiertoe werden de reflectie- en transmissie-coëfficiënten van de dam gesteld op $R = 40\%$ en $T = 60\%$ (Appendix A).

Tabel 9 geeft een overzicht van alle berekeningen voor deze situatie. De resultaten zijn voor 11 posities weergegeven in de vorm van frequentie/amplificatie grafieken. Ter vergelijking zijn in de grafieken ook de resultaten weergegeven van de situatie zonder maatregelen en met gesloten kering (Fig. 141 t/m 151).

Een gesloten volledig reflecterende kering vergroot de amplificaties bij een aantal bestaande resonantie-frequenties en veroorzaakt bovendien een aantal nieuwe resonantie-frequenties (zie Deel I). Transmissie over de Scheidingsdam heeft een reducerend effect op de amplificaties. De grootste amplificaties bedragen 7,5 à 8. In de Mississippihaven is deze amplificatie factor berekend bij $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz en in de Brittanniëhaven bij $f = 0,22 \cdot 10^{-3}$ Hz (Fig. 142 en 147).

Bij de in de bestaande situatie optredende resonantie-frequenties $f = 0,22 \cdot 10^{-3}$ Hz, $f = 0,38 \cdot 10^{-3}$ Hz en $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz worden als gevolg van een gesloten kering de amplificaties vergroot, zie Tabel 2, Deel I. Door de

transmissie over de Scheidingsdam worden deze vergrotingen ongeveer gehalveerd.

Het grootste reducerend effect is berekend voor nieuwe resonantie-frequenties. Bij de frequentie $f = 0,58 \cdot 10^{-3}$ Hz en $f = 0,93 \cdot 10^{-3}$ Hz worden de grootste amplificaties (ca. 10 bij de kering en ca. 13 in de Brittannië-haven) gereduceerd tot 1,5 à 2 (Fig. 147 en 151).

Deze berekeningen met alleen transmissie over de Scheidingsdam zijn ook vergeleken met berekeningen met transmissie over zowel de Splitsingsdam als de Scheidingsdam (Fig. 152 t/m 162). Deze laatste berekeningen zijn beschreven in par. 4.8.3.

Transmissie over de Splitsingsdam heeft in de situatie met afgegraven Scheidingsdam bij een aantal resonanties een reducerend effect op de amplificaties. Bij de lage resonantie frequenties ($f < 1,20 \cdot 10^{-3}$ Hz, $T > 14$ min.) is het effect nihil. Bij de resonantie-frequenties $f = 1,42 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 12 min.) en $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (≈ 11 min.) is het effect groot. Deel I, Fig. 44 laat zien dat bij de frequentie $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz de knopen aan weerszijden van de Splitsingsdam met elkaar in tegenfase zijn. Door transmissie over de Splitsingsdam halveren de amplificatiepieken in de Europa- en Mississippihaven bij deze frequentie tot ca. 3 en 4 (in de bestaande situatie bedragen deze amplificatie factoren ca. 4 en 5,5 à 6).

4.9.2 Partiële reflectie van de Beerdam

De Mississippihaven is een van de havens waarvoor bij sommige frequenties grote amplificaties zijn berekend. Door de reflectie van een deel van de oever te verlagen, wordt de resonantie-gevoeligheid verminderd. In deze paragraaf wordt het effect van partiële reflectie op de westelijke bevindiging van de Mississippihaven beschreven in de situatie met een gesloten kering ter plaatse van km 1026,5 (in par. 4.4 werd reeds voor enkele resonantie frequenties het effect beschreven bij een kering ter plaatse van km 1022).

In deze berekeningen is de kruin van het gedeelte van de Beerdam (ca. 350 m) aan het kopeind van de Mississippihaven verlaagt tot N.A.P. +2 m. Bij een waterstand van N.A.P. +2,5 m stroomt er (zonder seiches invloed) 200 à

250 m³/s vanuit de Mississippihaven naar de Hartelhaven. De reflectie van dit deel van de Beerdam is in de berekening gesteld op R = 80% (Appendix A).

Door het effect van seiches kan het debiet dat over een afgegraven Beerdam stroomt sterk gaan variëren. De response van het Hartelkanaal op zo'n wisselend debiet dient nader bestudeerd te worden (zie ook par. 4.7). De hier besproken berekeningen beperken zich tot het gedeelte dat de Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal met aanliggende havens omvat.

Tabel 9 geeft een overzicht van de berekeningen. De resultaten zijn voor 11 posities weergegeven in frequentie/amplificatie grafieken. Ter vergelijking zijn in deze figuren tevens de resultaten gegeven van de situatie met alleen een gesloten kering (Fig. 163 t/m 173).

Het effect van partiële reflectie van het kopeinde van de Mississippihaven is vooral merkbaar bij de frequenties die hoge amplificaties ter plaatse vertonen. De grootste reductie treedt op bij de frequentie $f = 1,52 \cdot 10^{-3}$ Hz (\approx 11 min.) met een oscilatie vorm van één golflengte op het traject Europa-/Mississippihaven - Mond Beerkanaal - Beneluxhaven (zie Deel I, Fig. 44). De amplificatie bij deze oscilatie-vorm reduceert 50 tot 70%. Bij de resonanties bij $f = 0,93 \cdot 10^{-3}$ Hz en $f = 0,58 \cdot 10^{-3}$ Hz (18 en 29 minuten), die zijn ontstaan door de gesloten kering, reduceren de amplificaties met 10 à 30%. Bij de frequentie $f = 0,38 \cdot 10^{-3}$ Hz (\approx 44 min.) reduceren de amplificaties met 10 à 20%.

5. Samenvatting en conclusies

Deze studie is uitgevoerd in het kader van een onderzoek naar de effecten van een stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg op resonantieverschijnselen in het Europoortgebied. Door een gesloten kering neemt de gevoeligheid van het havengebied in Europoort voor het optreden van havenoscillaties toe, zie Deel I van dit rapport. Met het model PHAROS zijn vergelijkenderwijs de effecten van een aantal maatregelen op de resonantiegevoeligheid onderzocht. De diverse maatregelen veranderen de resonantie-frequenties en/of de amplificatiefactoren.

Een vergelijking van de voor de verschillende situaties en toegepaste maatregelen berekende resonantie-frequenties en amplificatie factoren geven een goede indruk van de toename en/of afname van de resonantie gevoeligheid. De genoemde reducties van de met bodemwrijving berekende amplificatie-factoren zijn indicatief aangezien voor alle berekeningen een inkomende golfhoogte $H = 0,30$ m werd aangenomen (zie ook Deel I).

Diverse maatregelen en constructies die de reflecties van de randen en daarmee de resonantie-gevoeligheid van het gebied verkleinen zijn onderzocht. Toegepaste maatregelen betreffen:

- onderwater-openingen naar het achtergelegen gebied, in kade of kering,
- overlaatconstructies naar achtergelegen gebied ter plaatse van de kade,
- een tot op of onder de waterspiegel afgegraven dam die een uitwisseling mogelijk maken tussen b.v. de Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal.

Al deze maatregelen en constructies zijn in de berekeningen verwerkt middels aanpassing van de reflectie en/of transmissie coëfficiënten. De reflectie en/of transmissie eigenschappen zijn analytisch bepaald voor loodrechte golfaanval. De coëfficiënten zijn bepaald bij een van te voren aangenomen golfhoogte ter plaatse en in de berekeningen lineair verondersteld. Niet-lineaire effecten zoals de vervorming van de gereflecteerde en/of getransmitteerde golf worden in de berekeningen verwaarloosd. Om de effecten van golfaanval onder een hoek en de niet-lineaire effecten te kwantificeren zou experimenteel onderzoek benodigd zijn.

Een partieel doorlatende stormvloedkering reduceert de reflectie-coëfficiënt van de gesloten kering. Het effect van partiële reflectie van de kering is het grootst bij resonantie-frequenties die veroorzaakt worden door de gesloten kering zelf. Bij deze frequenties kunnen bij voldoende transmissie door de kering de amplificatiefactoren gehalveerd worden. Bij resonantie-frequenties die ook zonder kering optreden is het effect van partiële reflectie gering (orde 10% reductie).

Door verlaging van de kruin van de Scheidingsdam tot de waterspiegel treedt transmissie op. Het effect hiervan is het grootst bij oscillatievormen met grote amplificaties aan weerszijden van de Scheidingsdam die met elkaar in tegenfase zijn. Bij die oscillatievormen is het effect op de amplificatiefactor bij de kering en in de Brittanniëhaven tamelijk groot (max. 30% reductie).

Bij een opening in de Scheidingsdam ontstaan nieuwe oscillatievormen en het aantal amplificatiepieken neemt toe. Met een gesloten kering worden de amplificatiefactoren kleiner, maar in de situatie met een open kering worden de grootste amplificatiefactoren juist groter. Voor enkele frequenties zijn voor een aantal posities de snelheden berekend. De stroomsnelheden in de nieuwe opening bedragen ongeveer de helft van die in het bestaande Breddiep waar maximaal 4,0 m/s is berekend bij $f = 1,50 \cdot 10^{-3}$. Deze snelheid treedt op bij golfhoogte $H = 0,30$ m van de inkomende golven.

Partiële reflectie van kades kan bereikt worden door doorlaatopeningen naar achtergelegen gebieden. Een partieel reflecterende kade aan het kopeinde van de Mississippihaven heeft een tamelijk groot reducerend effect op de grootste amplificaties in de Europa- en de Mississippihaven (25 à 40%). Het effect van een partieel reflecterende kade bij de Rozenburgsesluis is kleiner: maximaal 20% in de Brittanniëhaven.

Met een combinatie van een opening in de Scheidingsdam en partiële reflectie aan het kopeinde van de Mississippihaven kan in de situatie met een gesloten kering de resonantiegevoeligheid teruggebracht worden tot ongeveer het niveau van de bestaande situatie. In de situatie met een open kering, een situatie die dus bijna het gehele jaar voorkomt, kunnen de amplificaties o.a. in de Brittanniëhaven door de opening in de Scheidingsdam groter worden dan in de bestaande situatie.

Een combinatie van partiële reflectie van een gesloten stormvloedkering bij km 1022 en transmissie over de Scheidings- en Splitsingsdam vormt een situatie waarin de resonantiegevoeligheid bij een hoge waterstand vergelijkbaar is met die van de bestaande situatie.

Een open verbinding met het Hartelkanaal geeft bij één opening in de Beerdam in het Europoortgebied, zowel bij gesloten als geopende stormvloed- en Hartekering geen of vrijwel geen verbetering, slechts één oscillatievorm met hoge amplificaties in de Mississippihaven wordt enigszins verzwakt. Daar staat tegenover dat in het Hartelkanaal bij geopende keringen één en bij gesloten kering ca. 5 hoge tot zeer hoge amplificatiepieken ontstaan. Bij vier openingen tussen Caland- en Beerkanal en het Hartelkanaal zijn er veel meer oscillatievormen mogelijk. Dit resulteert in ca. 10 amplificatiepieken. De grootste amplificatiepieken worden voor het Beer- en Calandkanaal met aanliggende havens wat lager, maar zijn voor het Hartelkanaal extreem hoog (ca. 17).

Mede aan de hand van de bovenvermelde conclusies en praktische haalbaarheid van de verschillende maatregelen is, door RWS een combinatie van maatregelen aangegeven, de zogenaamde "Voorkeursoplossing", waarvan verwacht werd dat deze de resonantiegevoeligheid van het Europoortgebied met gesloten kering kan verlagen tot het huidige niveau zonder kering. Deze oplossing behelst een partieel doorlatende stormvloedkering bij km 1026,5 en tot NAP +1,5 à 2 m afgegraven Scheidings- en Splitsingsdam. Door het gezamenlijke effect van de gesloten partieel reflecterende kering en de afgegraven dammen worden de amplificaties in de Brittanniëhaven iets hoger, en die in de Europa- en Mississippihaven iets lager dan in de bestaande situatie. In de situatie met een extreme stormvloedstand worden de amplificaties beperkt door het dempend effect van de ondergelopen kaden. Dit dempende effect kan slechts op globale wijze in rekening worden gebracht.

Met afgegraven Scheidings- en Splitsingsdam en een volledig reflecterende kering, neemt de resonantie gevoeligheid iets toe. De amplificaties in de Brittanniëhaven worden in vergelijking met de "Voorkeursoplossing" iets groter. In de situatie met een extreme stroomvloedstand is de toename van de resonantie-gevoeligheid echter verwaarloosbaar klein.

Grote amplificaties ten gevolge van een gesloten kering, kunnen effectief worden gereduceerd door transmissie over de Scheidingsdam mogelijk te maken, middels een kruinverlaging tot 1 m onder de waterspiegel. Bij resonantie-frequenties die veroorzaakt worden door de gesloten kering worden zodoende de amplificaties met 70 à 90% gereduceerd.

De amplificaties in de Europa- en Mississippihaven kunnen worden gereduceerd door de Splitsingsdam te verlagen, zodat de golven deels over de dam kunnen transmitteren. Het effect van transmissie over de Splitsingsdam is groot (tot 50% reductie) maar beperkt tot de hogere frequenties ($f > 1,2 \cdot 10^{-3}$ Hz, $T < 14$ min).

De amplificaties in de Europa- en Mississippihaven kunnen ook worden gereduceerd door het deel van de Beerdam aan de kop van de Mississippihaven te verlagen tot ca. 0,5 m beneden de waterspiegel. Over deze (partieel reflecterende) overlaatconstructie stroomt water naar de Hartelhaven/het Hartelkanaal. Een partieel reflecterende oever aan het kopeind van de Mississippihaven heeft een groot reducerend effect op de grootste amplificatie in de Europa- en Mississippihaven (50 à 70% reductie). Bij andere amplificatie punten is het effect kleiner (ca. 30% reductie). De responsie van het Hartelkanaal op het over een verlaagde Beerdam stromende debiet dient nader onderzocht te worden.

Resumerend kan gesteld worden dat het havengebied van Europoort in de bestaande situatie gevoelig is voor seiches en dat een gesloten stormvloedkering deze gevoeligheid vergroot. De diverse voorgestelde maatregelen beïnvloeden de resonantie-frequenties en/of reduceren de amplificatiefactoren. De mate waarin de amplificatiefactoren worden gereduceerd verschilt per maatregel, en is bovendien sterk afhankelijk van de oscillatie-vorm. Door maatregelen die de geometrie van het gebied veranderen, ontstaan er, ook voor de situatie met een open kering, nieuwe frequenties waarbij het havenbekken in opslingering komt.

Een opening in de Scheidingsdam is door een vergroting van het aantal resonantiefrequenties weinig aantrekkelijk. Een opening naar het Hartelkanaal door de Beerdam is in combinatie met een Hartelkering om dezelfde reden weinig aantrekkelijk.

Partiële reflectie tegen de kering is vooral effectief bij nieuwe door de gesloten kering veroorzaakte amplificatiepieken.

Een partieel reflecterende kade aan het kopeinde van de Mississippihaven reduceert vooral de hoge amplificatiepieken in de Europa- en Mississippihaven.

Door partiële transmissie over de Scheidingsdam reduceren de amplificaties op de Nieuwe Waterweg en in het Calandkanaal.

Een partieel reflecterende kade bij de Rozenburgsesluis heeft enig reducerend effect op de amplificaties in de Britanniëhaven.

Door een juiste combinatie te kiezen van een aantal voorgestelde maatregelen kan de resonantiegevoeligheid teruggebracht worden tot ongeveer het huidige niveau zonder kering. Deze uitspraak geldt zowel voor het aantal als de hoogte van de diverse pieken. In de derde fase van het seichesonderzoek is een methode ontwikkeld om een statistische parameter toe te kennen aan het hele amplificatiespectrum op een bepaalde lokatie, zie [2]. Ook voor deze parameter - een wat andere dus dan de in dit rapport gehanteerde - geldt deze uitspraak.

REFERENTIES

- [1] "Interim rapportage fase 2 van onderzoek naar seiches"; Vogel, J.A.; Rijkswaterstaat-Dienst Getijdewateren, notitie GWA0-87.449; november 1987.

- [2] Statistiek van seiches in Nieuwe Waterweg en Europoort en de invloed hierop van een stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg. Rapportage fase III van het onderzoek naar seiches. Nota GWA0-88.038 (in voorbereiding)

- [3] Internationale Kaartserie, Kaart nr. 1540.
"Nieuwe Waterweg en Europoort, Hoek van Holland tot Vlaardingen".
Uitg. dec. 1981, Chef der Hydrografie, 's Gravenhage.

Situatie	Waterstand boven NAP (m)	Ink. golf H (m)	Bodemruwheid kN (m)	Berekende freq. ** f_3 (.10 ⁻³ Hz)
SVK 1022 (dicht) - kering: R = 90%	2,5	0,30	0,01	0,32 0,68 1,51 1,52
SVK 1022 (dicht) - kering: R = 80%	2,5	0,30	0,01	0,68 0,83
SVK 1026,5 (dicht) - kering: R = 90%	2,5	0,30	0,01	0,58 0,93 1,52
SVK 1026,5 (dicht) - kering: R = 80%	2,5	0,30	0,01	0,58 0,93 1,52
SVK 1026,5 (dicht) - kering: R = 70%	2,5	0,30	0,01	0,58 0,93 1,52

** gepresenteerd voor ca. 10 posities (Fig. 5 t/m 14 en Fig. 15 t/m 23)
zie Figuur 4 voor de ligging van de uitvoerposities

Tabel 1 Overzicht seichesberekeningen met partieel reflecterende kering

Situatie	Waterstand boven NAP (m)	Ink. golf H (m)	Bodemruwheid kN (m)	Berekende freq. **			
				f ($\cdot 10^{-3}$ Hz)			
SVK 1022 (dicht) - Afgegraven Scheidingsdam R = 93%, T = 7%	2,5	0,3	0,01	0,32	0,68	1,51	1,52
SVK 1022 (dicht) - Opening in Scheidingsdam	2,5	-	0	0,02	-1,60	$\Delta f = 0,02$	
				0,19	0,21	0,39	0,41
				0,57	0,59	0,81	0,83
				0,89	0,91	0,93	0,95
				0,97	0,99	1,47	1,49
			1,51	1,53	1,55	1,57	
	2,5	0,3	0,01	0,20	0,32*	0,40	0,58*
				0,68	0,82*	0,98	1,50*
				1,51	1,52		
SVK 1022 (open) - Opening in Scheidingsdam	2,5	-	0	0,02	-1,60	$\Delta f = 0,02$	
				0,41	0,61	0,85	0,87
				0,95	0,97	1,49	1,51
	2,5	0,3	0,01	0,41	0,87*	0,96*	1,50*

* oscillatie gepresenteerd (Fig. 34 t/m 35 en Fig. 46 t/m 48)

** gepresenteerd voor 10 posities (Fig. 24 t/m 33 en Fig. 36 t/m 45)
zie Figuur 4 voor de ligging van de uitvoerposities

Tabel 2 Overzicht seichesberekeningen met maatregelen in Scheidingsdam

frequentie	$f = 0,00082 \text{ Hz}$	$f = 0,00150 \text{ Hz}$
Kop Splitsingsdam	0,5 à 1,0 m/s	ca. 2,0 m/s
Breddiep	1,5 à 2,0 m/s	3,0 à 4,0 m/s
Opening in Scheidingsdam	ca. 1,0 m/s	1,0 à 1,5 m/s
Nieuwe Waterweg	max. 0,5 m/s	max. 0,5 m/s
Calandkanaal	max. 0,5 m/s	max. 0,5 m/s

Tabel 3a Horizontale snelheidsamplitudes (kering gesloten),
inkomende golf: $H = 0.30 \text{ m}$

frequentie	$f = 0,00087 \text{ Hz}$	$f = 0,00096 \text{ Hz}$	$f = 0,00150 \text{ Hz}$
Kop Splitsingsdam	ca. 0,5 m/s	ca. 0,2 m/s	1,5 à 2,0 m/s
Breddiep	ca. 2,0 m/s	ca. 3,0 m/s	ca. 3,0 m/s
Opening in Scheidingsdam	ca. 1,0 m/s	ca. 1,0 m/s	ca. 1,0 m/s
Nieuwe Waterweg	max. 0,3 m/s	max. 0,2 m/s	max. 0,3 m/s
Calandkanaal	max. 0,3 m/s	max. 0,3 m/s	max. 0,3 m/s

Tabel 3b Horizontale snelheidsamplitudes (kering open),
inkomende golf: $H = 0.30 \text{ m}$

Situatie	Waterstand boven NAP (m)	Ink. golf H (m)	Bodemruwheid kN (m)	Berekende freq. ** f_3 (.10 ⁻³ Hz)
SVK 1022 (dicht) - Kopeind Mississip- pihaven (R = 90%)	2,5	0,30	0,01	0,32 0,68 1,51 1,52
SVK 1022 (dicht) - kade bij Rozenburg- sesluis (R = 90%)	2,5	0,30	0,01	0,32 0,68 1,51 1,52

** gepresenteerd voor 10 posities (Fig. 24 t/m 33)
zie Figuur 4 voor de ligging van de uitvoerposities

Tabel 4 Overzicht seichesberekeningen met maatregelen in Mississippihaven
en bij Rozenburgsesluis.

Situatie	Waterstand boven NAP (m)	Ink. golf H (m)	Bodemruwheid kN (m)	Berekende freq. **		
				f_3 (.10 ⁻³ Hz)		
SVK 1022 (dicht) - Opening in Scheidingsdam - Kopeind Mississippihaven: R = 90%	2,5	0,3	0,01	0,20 0,82	0,40 0,98	0,58 1,50
SVK 1022 (dicht) - Opening in Scheidingsdam - Kopeind Mississippihaven: R = 80%	2,5	0,3	0,01	0,20 0,82	0,40 0,98	0,58 1,50
SVK 1022 (dicht) - Kering: R = 80%	4,0	-	0	0,02 0,21 0,89	-1,60 0,41 0,57	$\Delta f = 0,02$ 0,43 1,59
Kruin Scheidingsdam op NAP +2,5 m (R = 30% T = 70%) - Kruin Splitsingsdam op NAP +3,5 m (R = 60% T = 40%)	4,0	0,3	0,01	0,21	0,42	0,89 1,58

* gepresenteerd voor 10 posities (Fig. 24 t/m 33 en Fig. 49 t/m 57)
zie Figuur 4 voor de ligging van de uitvoerposities

Tabel 5 Overzicht seichesberekeningen voor combinaties van maatregelen

Situatie	Waterstand boven NAP (m)	Ink. golf H (m)	Bodemruwheid kN (m)	Berekende freq.** f_3 (.10 ⁻³ Hz)
SVK 1026.5 (dicht) Hartelkering bij Rozenburgsesluis - gat in Beerdam (oost)	2,5	-	0	0,02 -0,12 Δf = 0,02 0,13 -1,60 Δf = 0,01
	2,5	0,30	0,01	0,13 0,31 0,57 0,59 0,93 1,53
SVK 1026.5 (open) Hartelkering (open) - gat in Beerdam (oost)	2,5	-	0	0,02 -1,60 Δf = 0,02 0,21 0,23 0,29 0,31 0,41 0,43 0,69 1,41 1,55 1,57
	2,5	0,30	0,01	0,30 0,31 0,41 0,69 1,54 1,55
SVK 1026.5 (dicht) Hartelkering bij Rozenburgsesluis - gat Hartelhaven/ Mississippihaven - gat Beerdam (oost) - gat Dintelhaven/ Dommelhaven - gat Neckarhaven/ Rozenburgsesluis	2,5	-	0	0,02 -0,12 Δf = 0,02 1,13 -1,60 Δf = 0,01
	2,5	0,30	0,01	0,19 0,39 0,65 0,77 0,99 1,21 1,48 1,57

* gepresenteerd voor 14 posities (Fig. 59 t/m 72, Fig. 73 t/m 86 en Fig. 87 t/m 100) zie Figuur 4 voor de ligging van de uitvoerposities

Tabel 6 Overzicht seichesberekeningen met open Hartelkanaal

Situatie	Waterstand boven NAP (m)	Ink. golf H (m)	Bodemruwheid kN (m)	Berekende freq.* f_3 ($\cdot 10^{-3}$ Hz)
SVK 1026.5 (dicht) - Kering: R = 80% - Kruin Scheidings- dam op NAP +1,5 m (R = 40%, T = 60%)	2,5	-	0	0,02 -1,60 $\Delta f = 0,02$ 0,21 0,23 0,37 0,39 1,51 1,53
- Kruin Splitsings- dam op NAP +1,5 m (R = 40%, T = 60%)	2,5	0,30	0,01	0,22 0,38 1,52 1,53
SVK 1026.5 (dicht) - Kering: R = 90% - Kruin Scheidings- dam op NAP +2,0 m (R = 10%, T = 90%) - Kruin Splitsings- dam op NAP +2,0 m (R = 10%, T = 90%) - Kaden Maasvlakte op NAP +5,2 m (R = 99%) - Oevers Nieuwe Waterweg (noord), Calandkanaal (zuid) en Brittannië- haven op NAP +5,0 m (R = 95%)	5,0	-	0	0,02 1,70 $\Delta f = 0,02$ 0,23 0,25 0,41 0,43 0,91 1,05 1,07 1,09

* gepresenteerd voor 10 posities (Fig. 101 t/m 110 en Fig. 111 t/m 120)
zie Figuur 4 voor de ligging van de uitvoerposities

Tabel 7 Overzicht seichesberekeningen Voorkeursoplossing met partieel
reflecterende kering

Situatie	Waterstand boven NAP (m)	Ink. golf H (m)	Bodemruwheid kN (m)	Berekende freq.* f_3 ($\cdot 10^{-3}$ Hz)
SVK 1026.5 (dicht) - Kering: R = 80% - Kruin Scheidings- dam op NAP +1,5 m (R = 40%, T = 60%)	2,5	-	0	0,02 -1,60 $\Delta f = 0,02$ 0,21 0,23 0,37 0,39 1,51 1,53 0,57 0,59
- Kruin Splitsings- dam op NAP +1,5 m (R = 40%, T = 60%)	2,5	0,30	0,01	0,22 0,38 1,52 1,53
SVK 1026.5 (dicht) - Kering: R = 90% - Kruin Scheidings- dam op NAP +2,0 m (R = 10%, T = 90%) - Kruin Splitsings- dam op NAP +2,0 m (R = 10%, T = 90%) - Kaden Maasvlakte op NAP +5,2 m (R = 99%) - Oevers Nieuwe Waterweg (noord), Calandkanaal (zuid) en Brittannië- haven op NAP +5,0 m (R = 95%)	5,0	-	0	0,02 1,70 $\Delta f = 0,02$ 0,23 0,25 0,41 0,43 0,91 1,05 1,07 1,09

* gepresenteerd voor 10 posities (Fig. 121 t/m 130 en Fig. 131 t/m 140)
zie Figuur 4 voor de ligging van de uitvoerposities

Tabel 8 Overzicht seichesberekeningen Voorkeursoplossing met volledig
reflecterende kering

Situatie	Waterstand boven NAP (m)	Ink. golf H (m)	Bodemruwheid kN (m)	Berekende freq.* f_3 ($\cdot 10^{-3}$ Hz)
SVK 1026.5 (dicht) - Kering: R = 100% - Kruin Scheidings- dam op NAP +1,5 m (R = 40%, T = 60%)	2,5	-	0	0,02 -1,60 $\Delta f = 0,02$
				0,21 0,23 0,25
				0,37 0,39 0,41
	2,5	0,30	0,01	1,41 1,43 1,45
				1,51 1,53 1,55
				0,22 0,38
SVK 1026.5 (dicht) - Kering: R = 100% - Kopeind Mississippi- haven (R = 80%)	2,5	-	0	1,42 1,52
				0,02 1,60 $\Delta f = 0,02$
				0,21 0,23 0,25
	2,5	0,30	0,01	0,37 0,39 0,41
				0,57 0,59
				0,93 0,95
2,5	0,30	0,01	1,41 1,43 1,45	
			1,51 1,53 1,55	
			0,22 0,38	
				0,57 0,93
				1,43 1,54

* gepresenteerd voor 10 posities (Fig. 141 t/m 162 en Fig. 163 t/m 173)
zie Figuur 4 voor de ligging van de uitvoerposities

Tabel 9 Overzicht aanvullende seichesberekeningen

SUK NIEUWE WATERWEG - Bestaande Situatie
 Bodemschematisatie; Bodemligging t.o.v nap

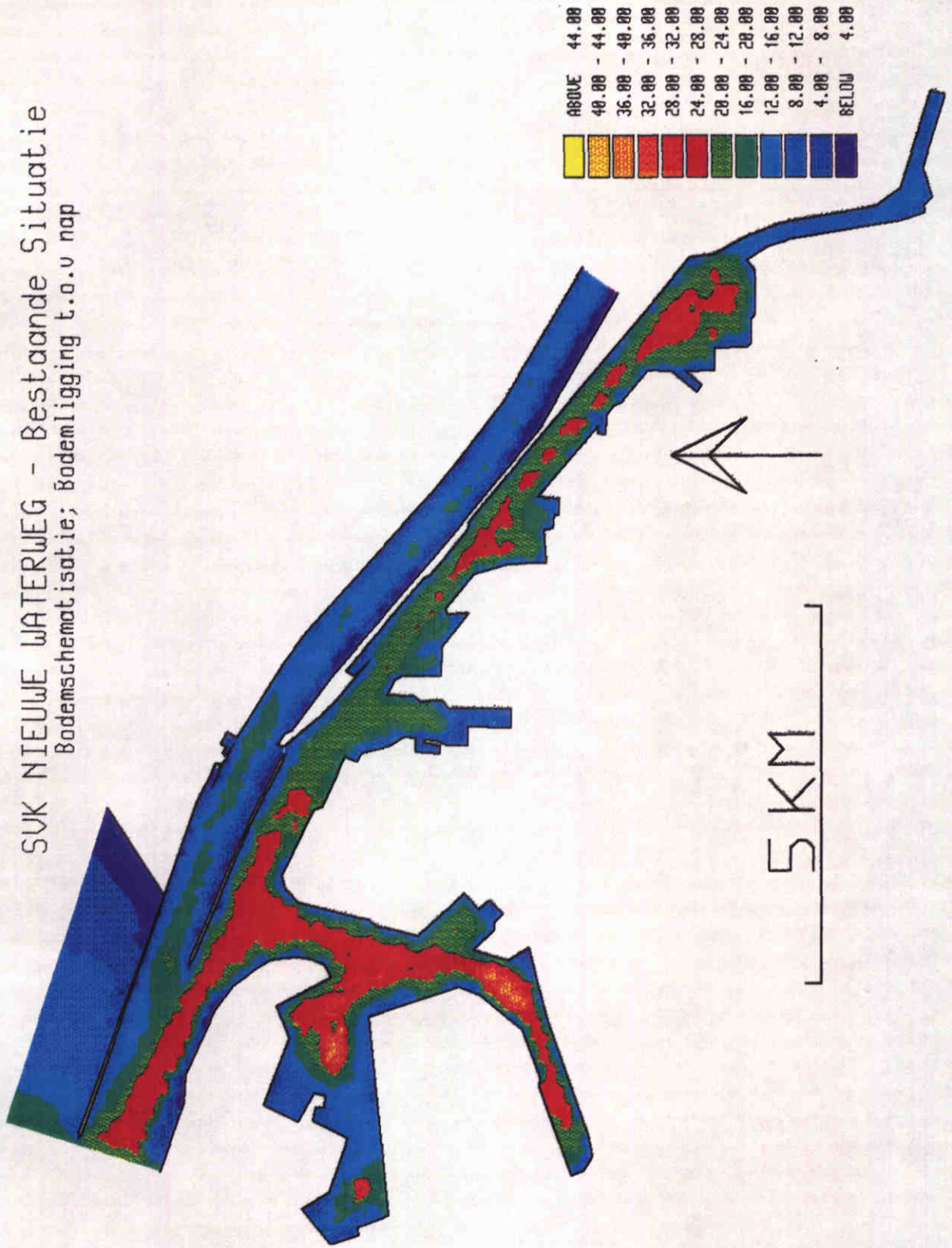
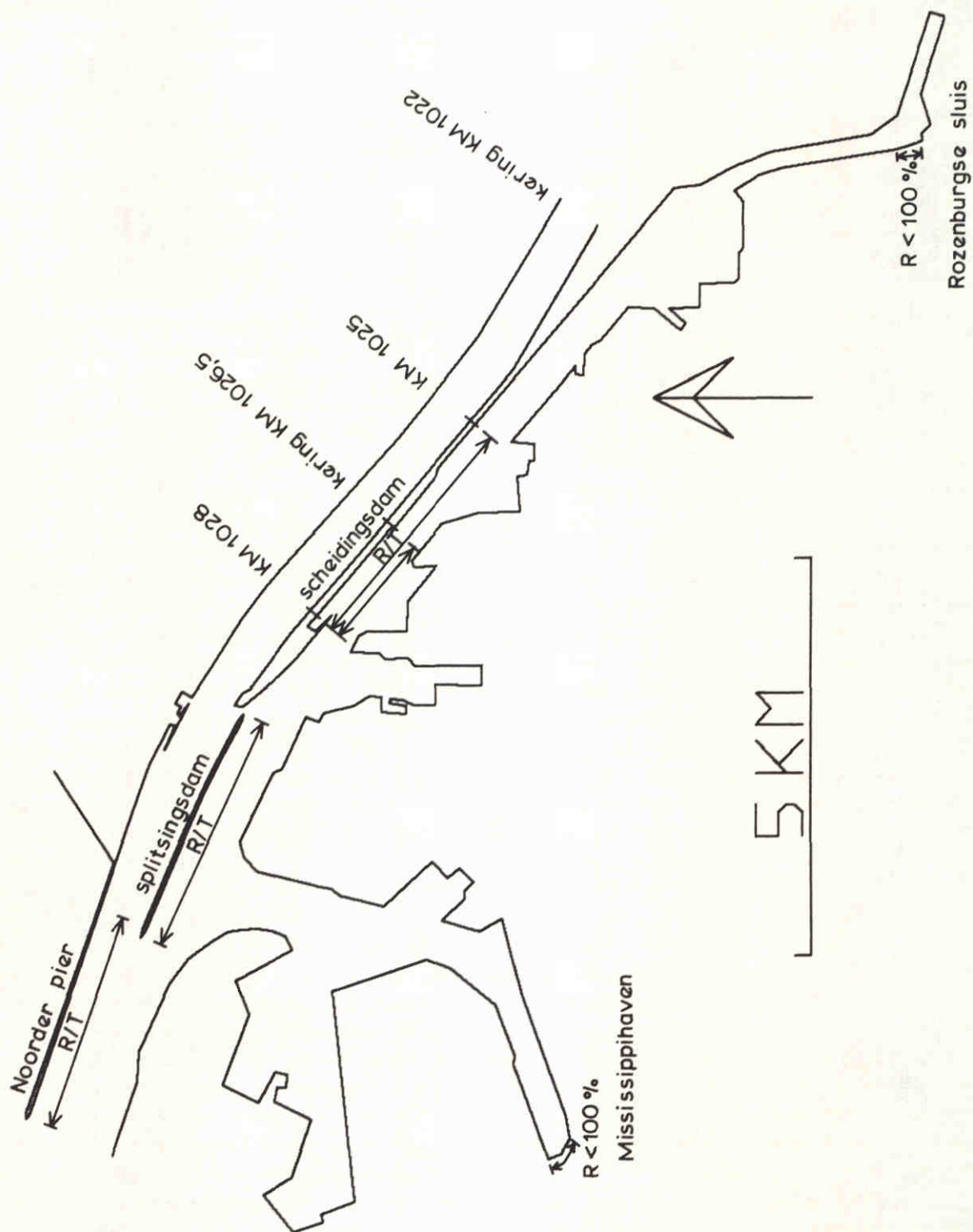


FIG. 1

SVK NIEUWE WATERWEG - Bestaande Situatie



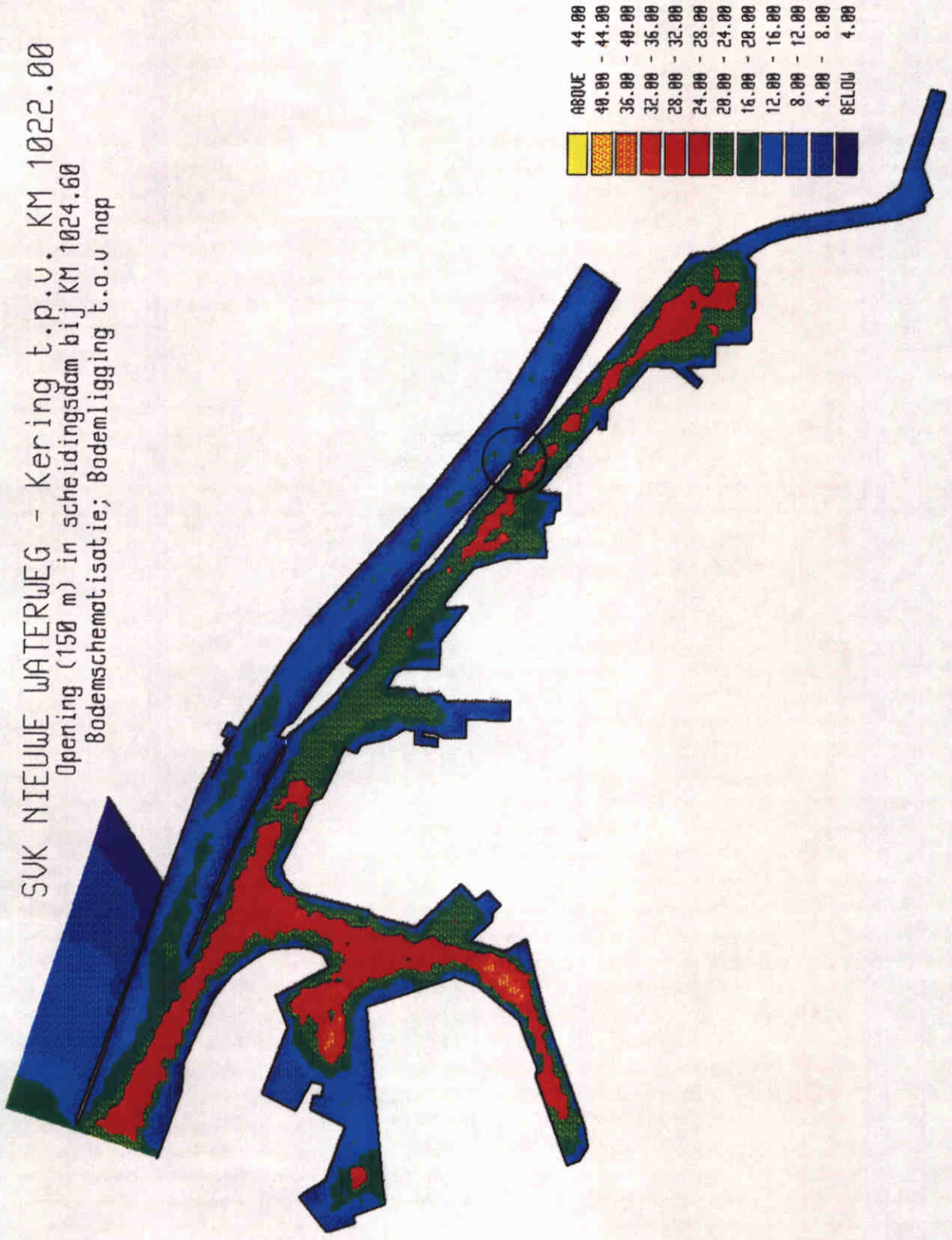
SVK NIEUWE WATERWEG
 AANPASSINGEN REFLECTIE/TRANSMISSIE RANDEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 688

FIG. 1a

SUK NIEUWE WATERWEG - Kering t.p.v. KM 1022.00
 Opening (150 m) in scheidingsdam bij KM 1024.60
 Bodemschematisatie; Bodemligging t.o.v nap



DP08 07/00/87 15.50

FIG. 2

SVK NIEUWE WATERWEG - Kering t.p.v. KM 1026.50
 Met Hartelkanaal - Hartelkering bij Rozenburgsesluis
 Bodemschematisatie Bodemligging t.a.v nap

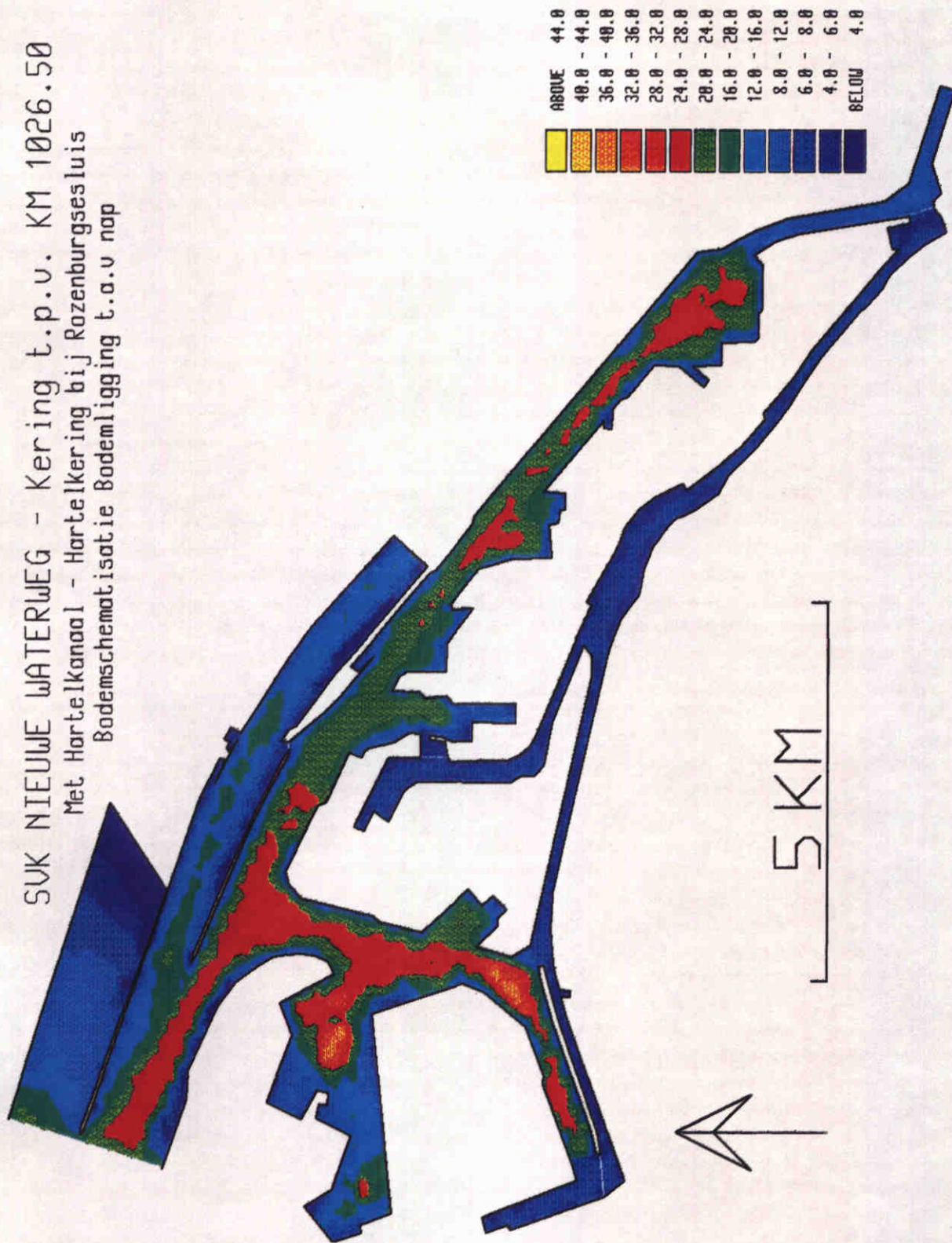
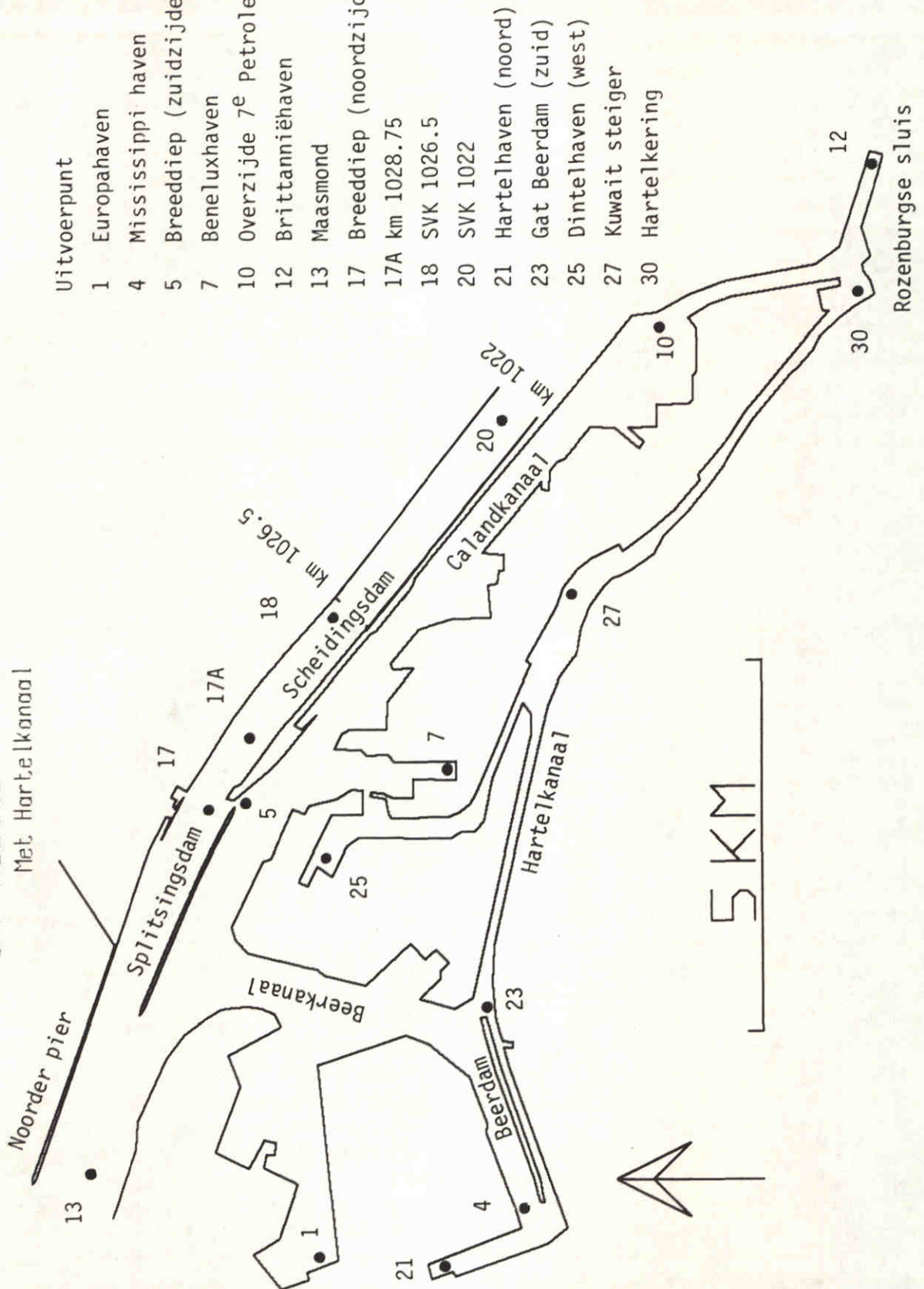


FIG. 3

SVK NIEUWE WATERWEG

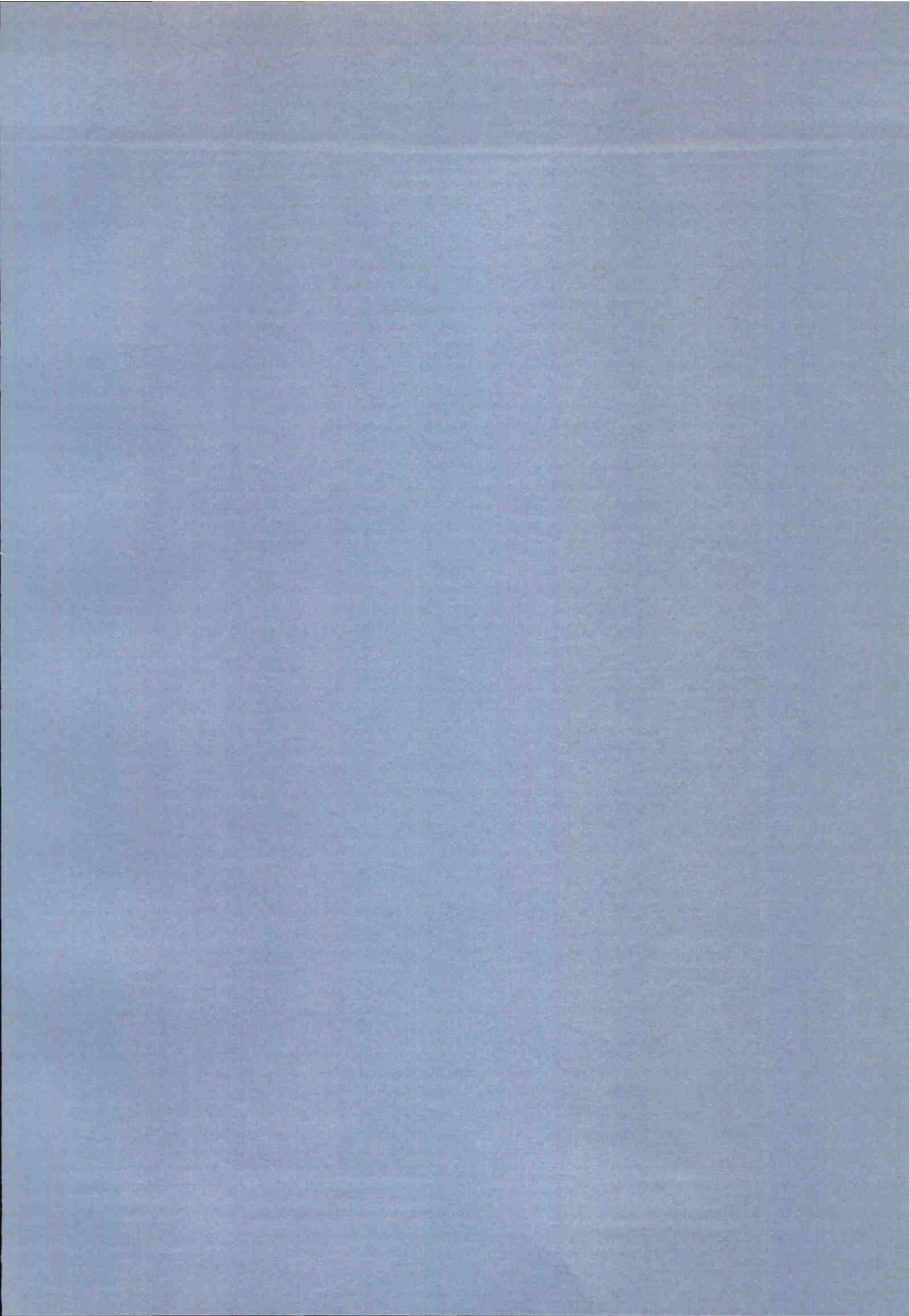
Met Hartelkanaal

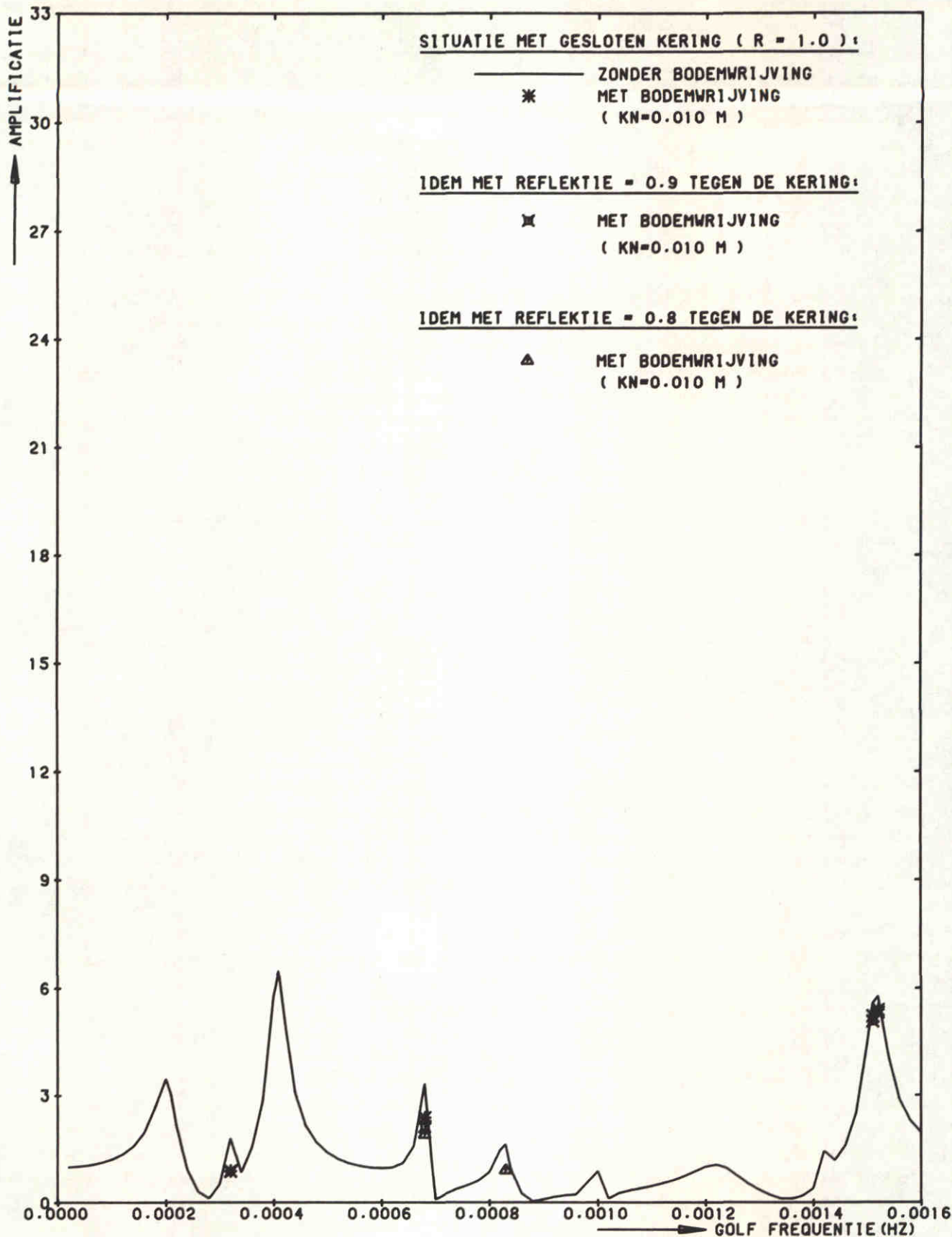


- Uitvoerpunt
- 1 Europahaven
 - 4 Mississippi haven
 - 5 Breeddiep (zuidzijde)
 - 7 Beneluxhaven
 - 10 Overzijde 7^e Petroleumhaven
 - 12 Brittanniëhaven
 - 13 Maasmond
 - 17 Breeddiep (noordzijde)
 - 17A km 1028.75
 - 18 SVK 1026.5
 - 20 SVK 1022
 - 21 Hartelhaven (noord)
 - 23 Gat Beerdam (zuid)
 - 25 Dintelhaven (west)
 - 27 Kuwait steiger
 - 30 Hartelkering

Rozenburgse sluis

**SVK NIEUWE WATERWEG
POSITIES UITVOERPUNTEN**





STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

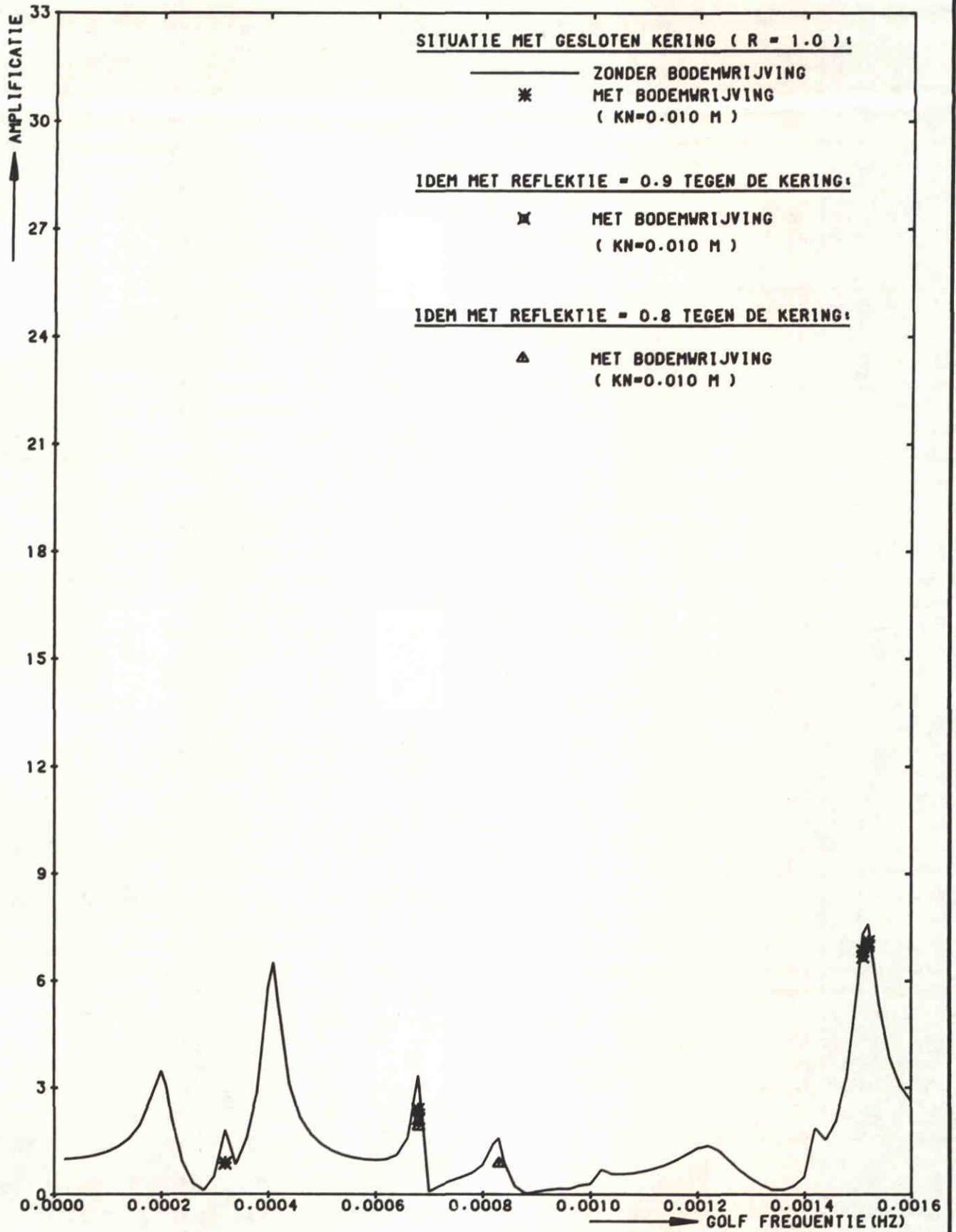
N.A.P.+2.5

POSITIE 1
 EUROPA HAVEN.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 5



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

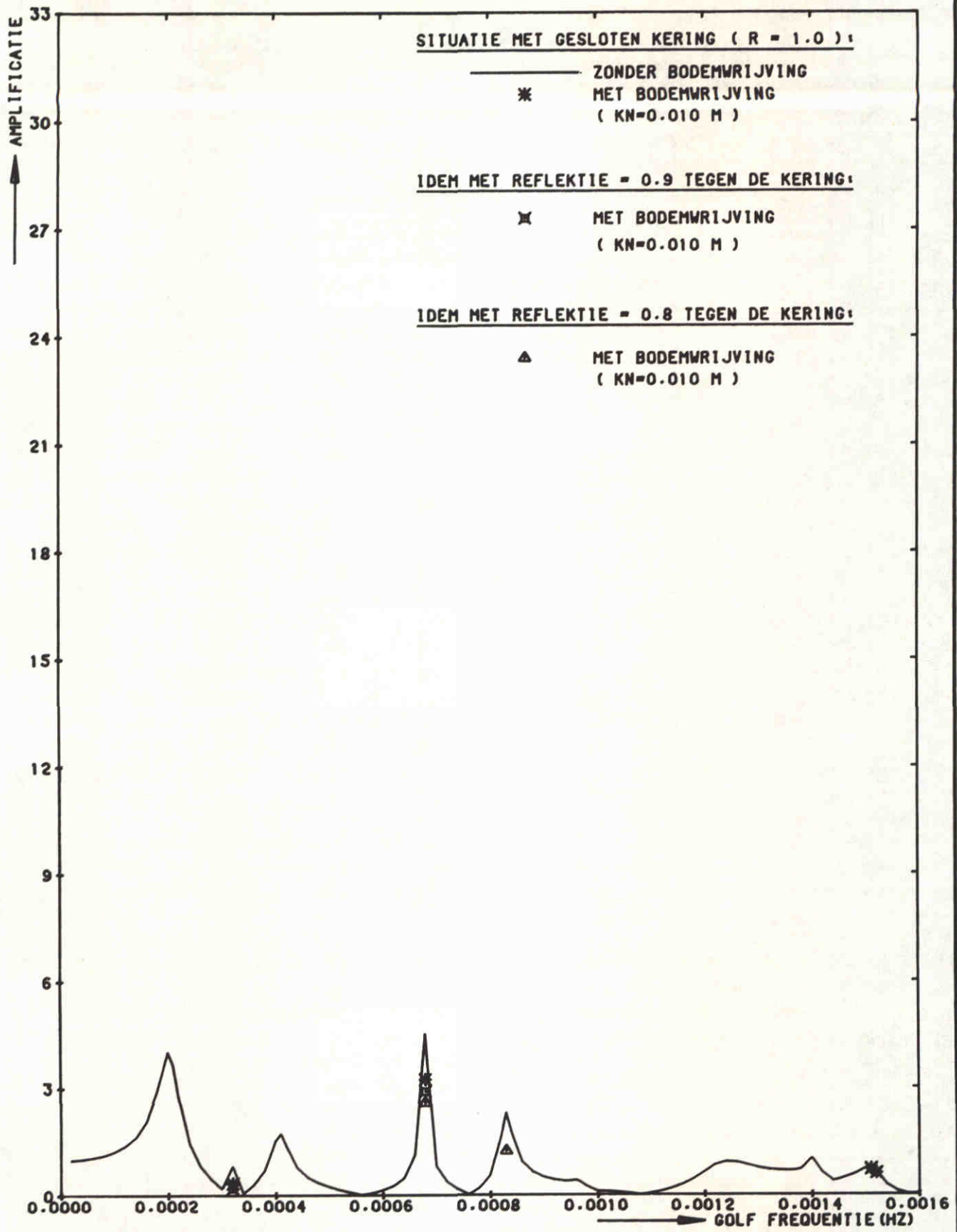
N.A.P.+2.5

POSITIE 4
 MISSISSIPPI HAVEN (WEST)

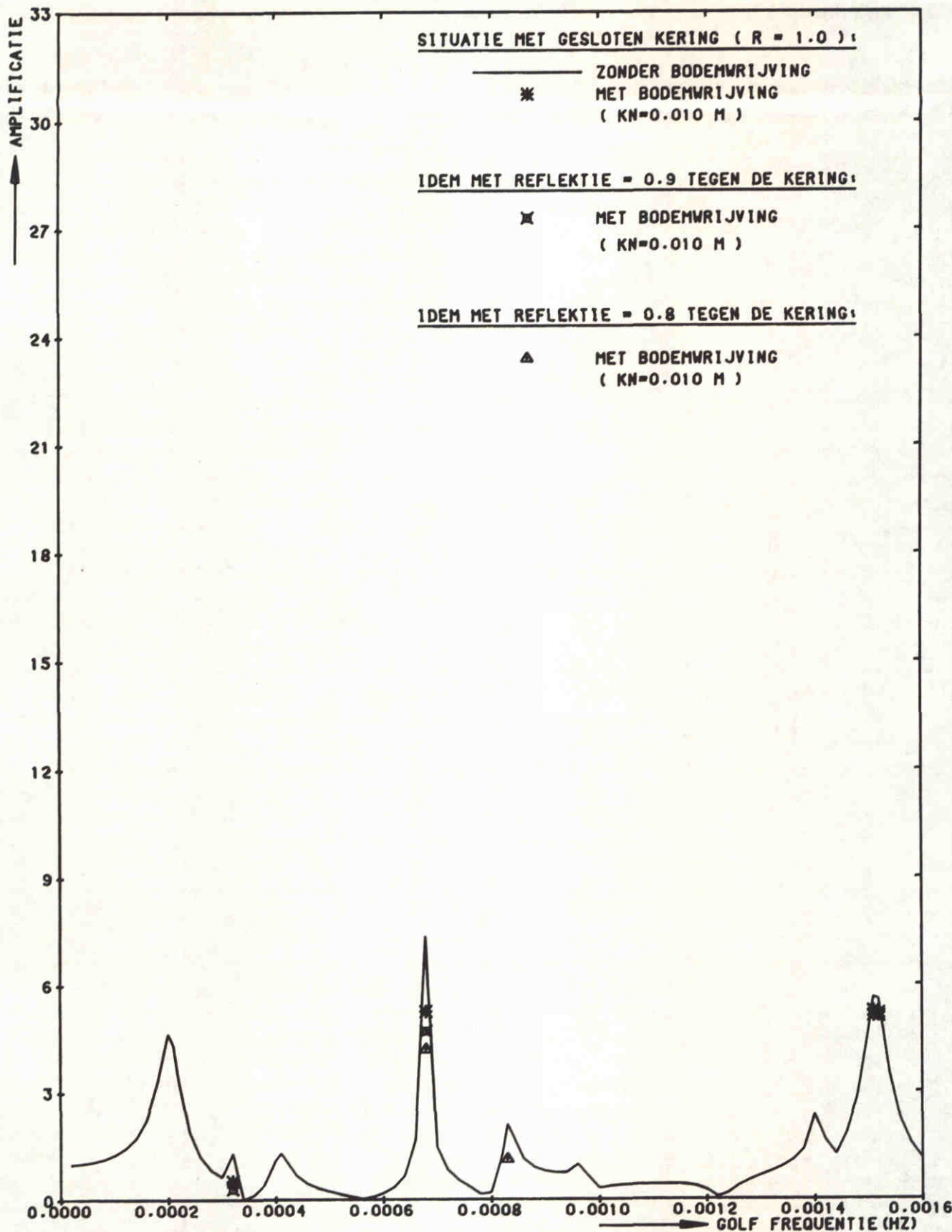
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 6



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)	H=0.3 M	N.A.P.+2.5
	POSITIE 5 BREEDDIEP (ZUIDZUDE)	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG. 7



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

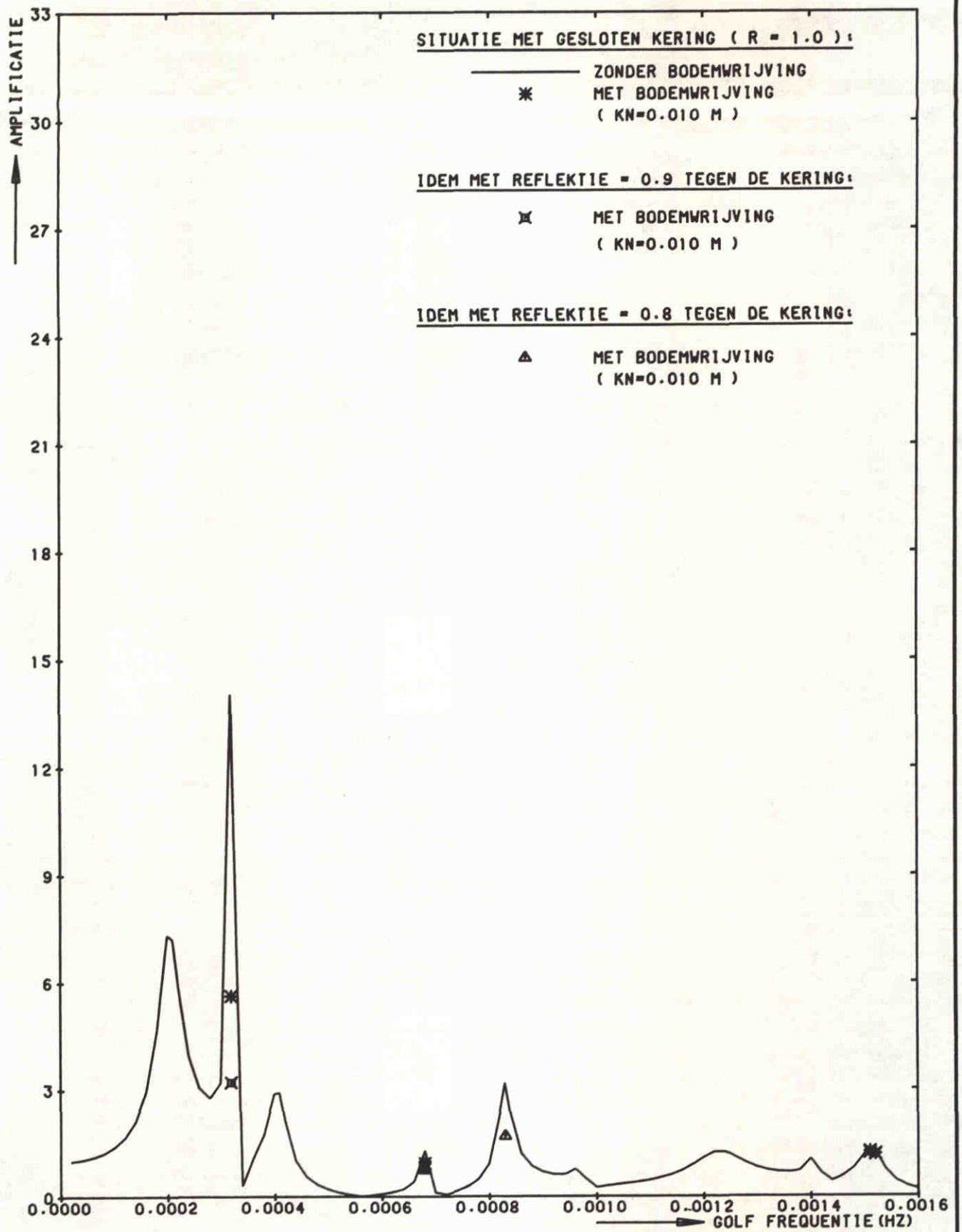
H=0.3 M N.A.P.+2.5

POSITIE 7
 BENELUX HAVEN

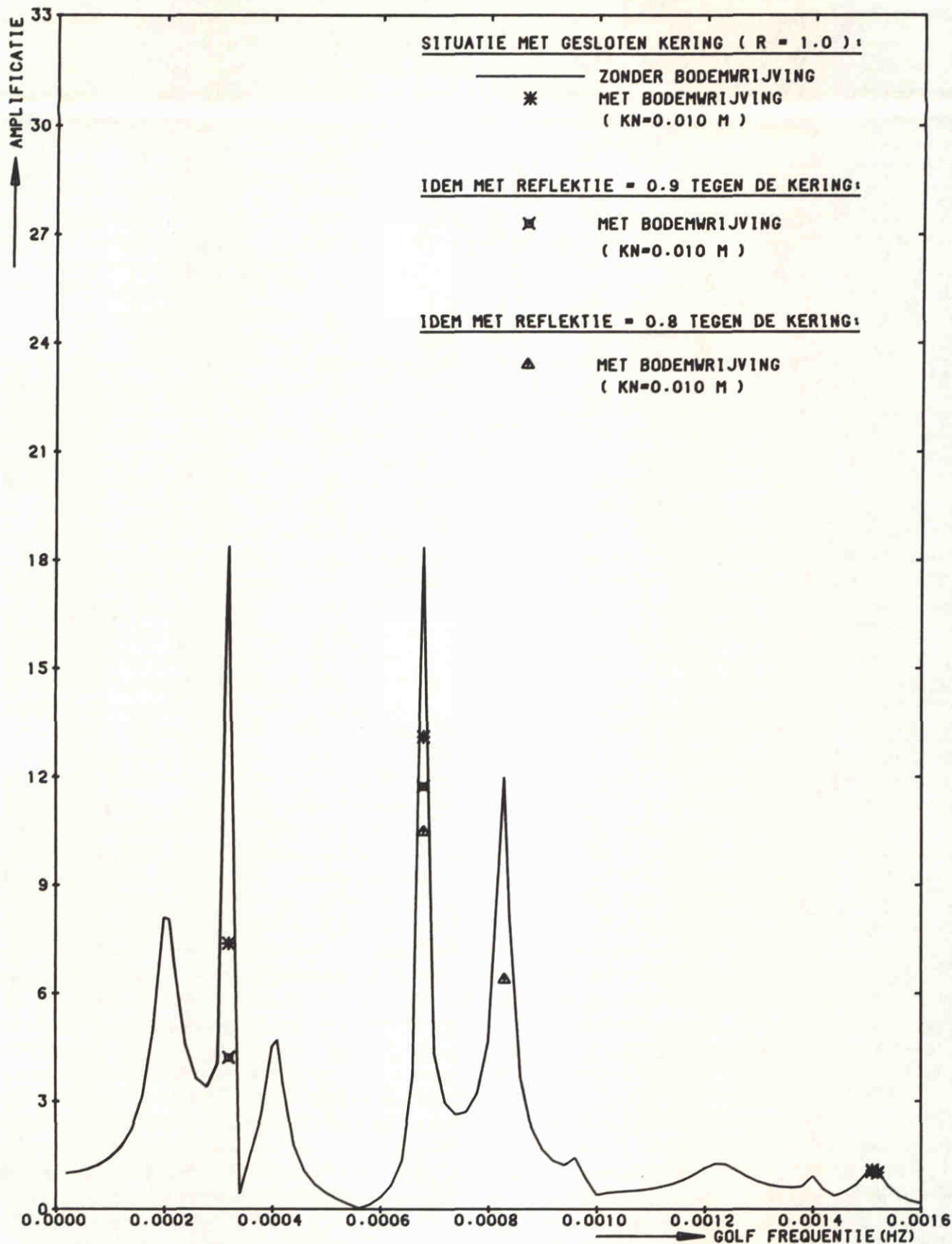
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 8



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)	H=0.3 M	N.A.P.+2.5
	POSITIE 10 0. ZIJDE 7E PETROLEUM H.V.	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG. 9



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

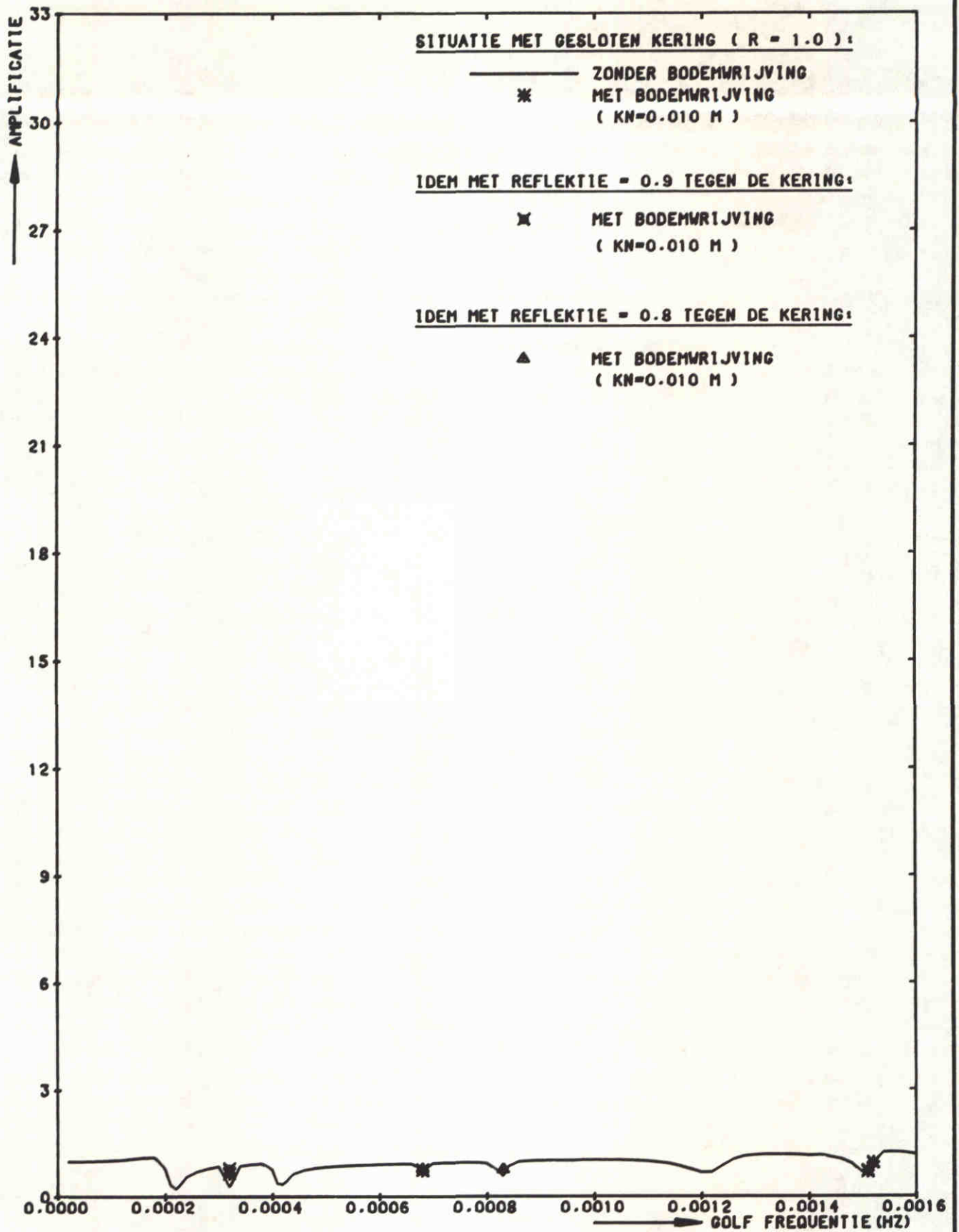
N.A.P.+2.5

POSITIE 12
BRITANNIË HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 10



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

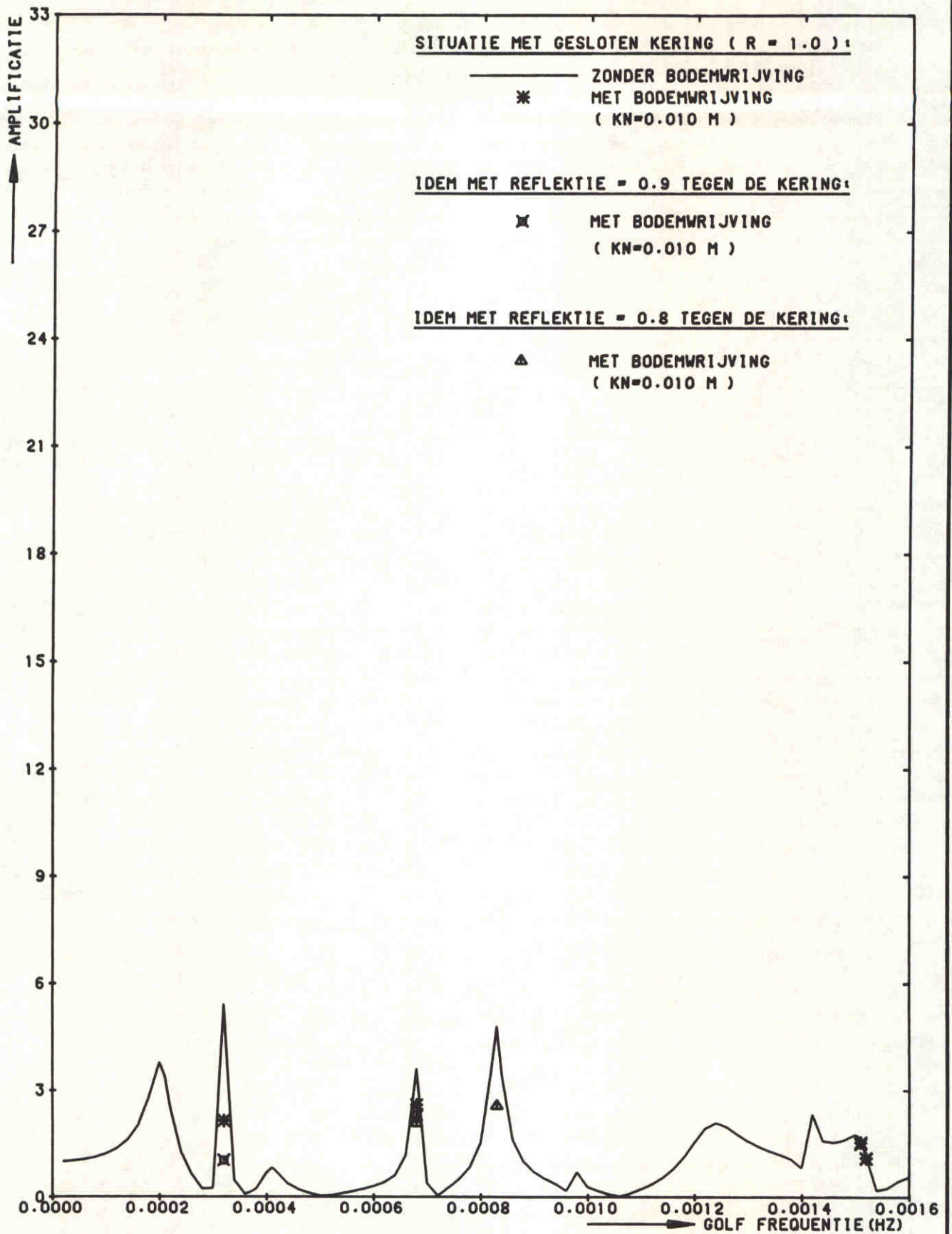
N.A.P.+2.5

POSITIE 13
 MAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 11



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

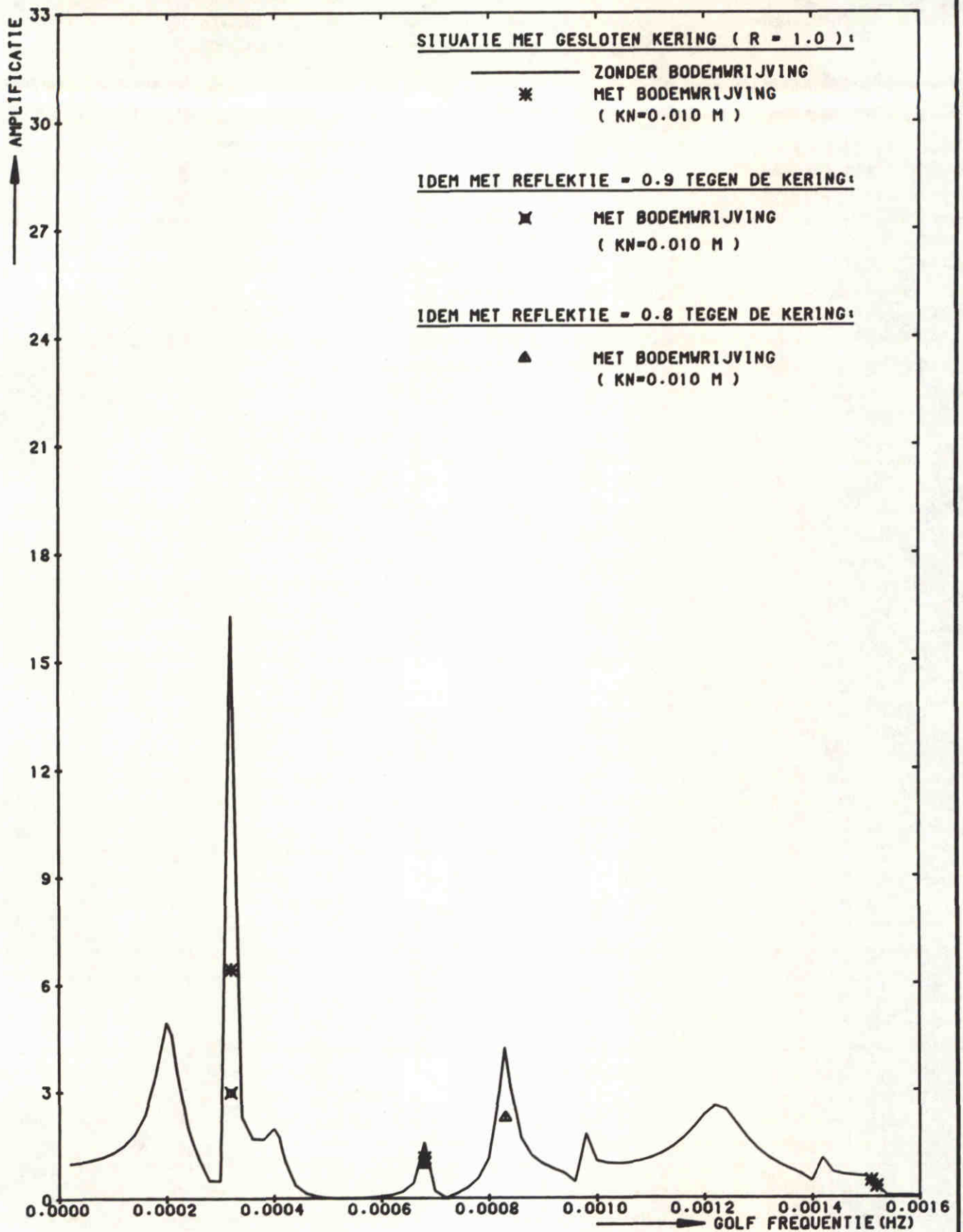
N.A.P.+2.5

POSITIE 17
BREEDDIEP (NOORDZUDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 12



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

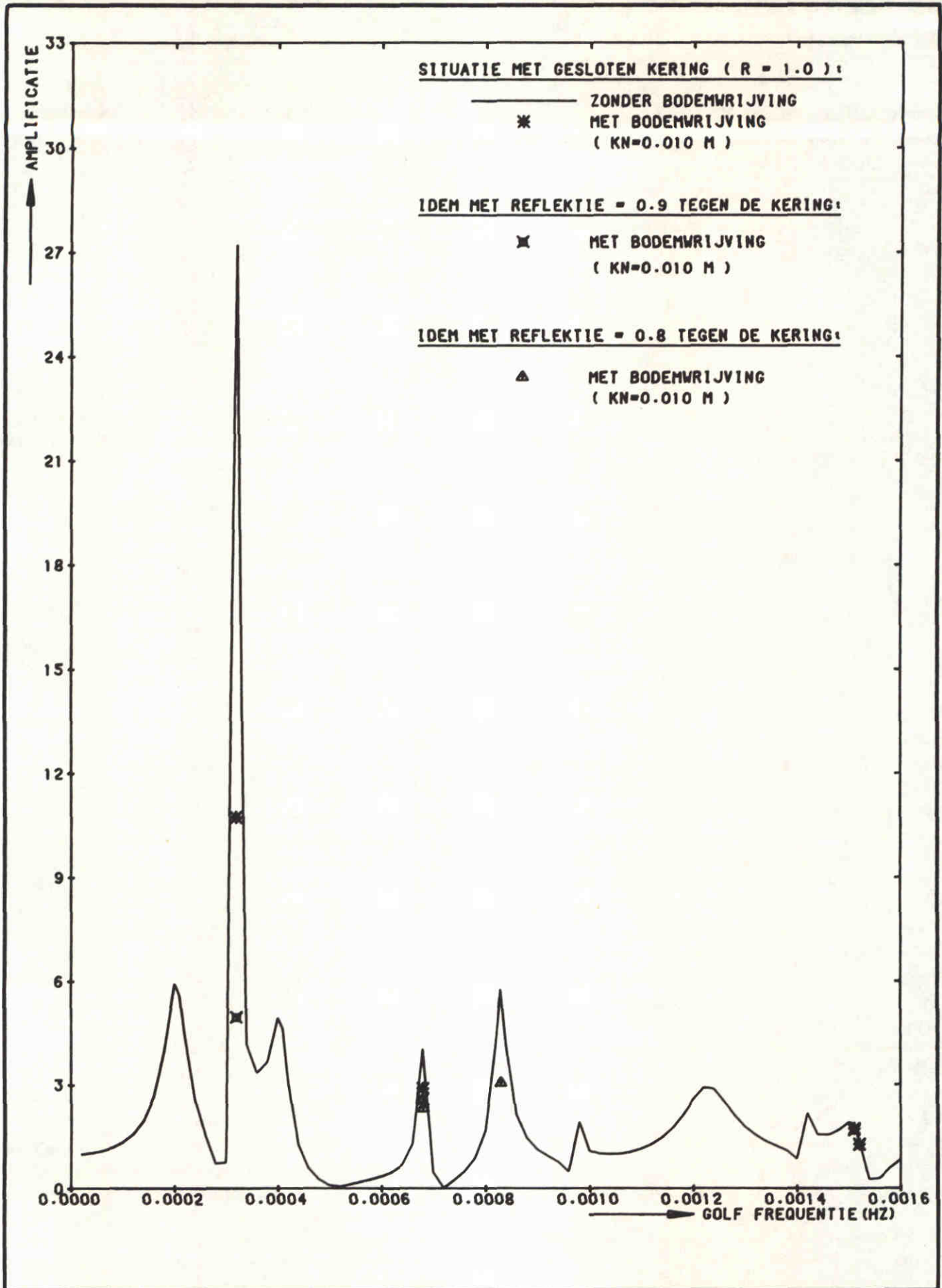
N.A.P.+2.5

POSITIE 18
S.V.K. KM 1026.50

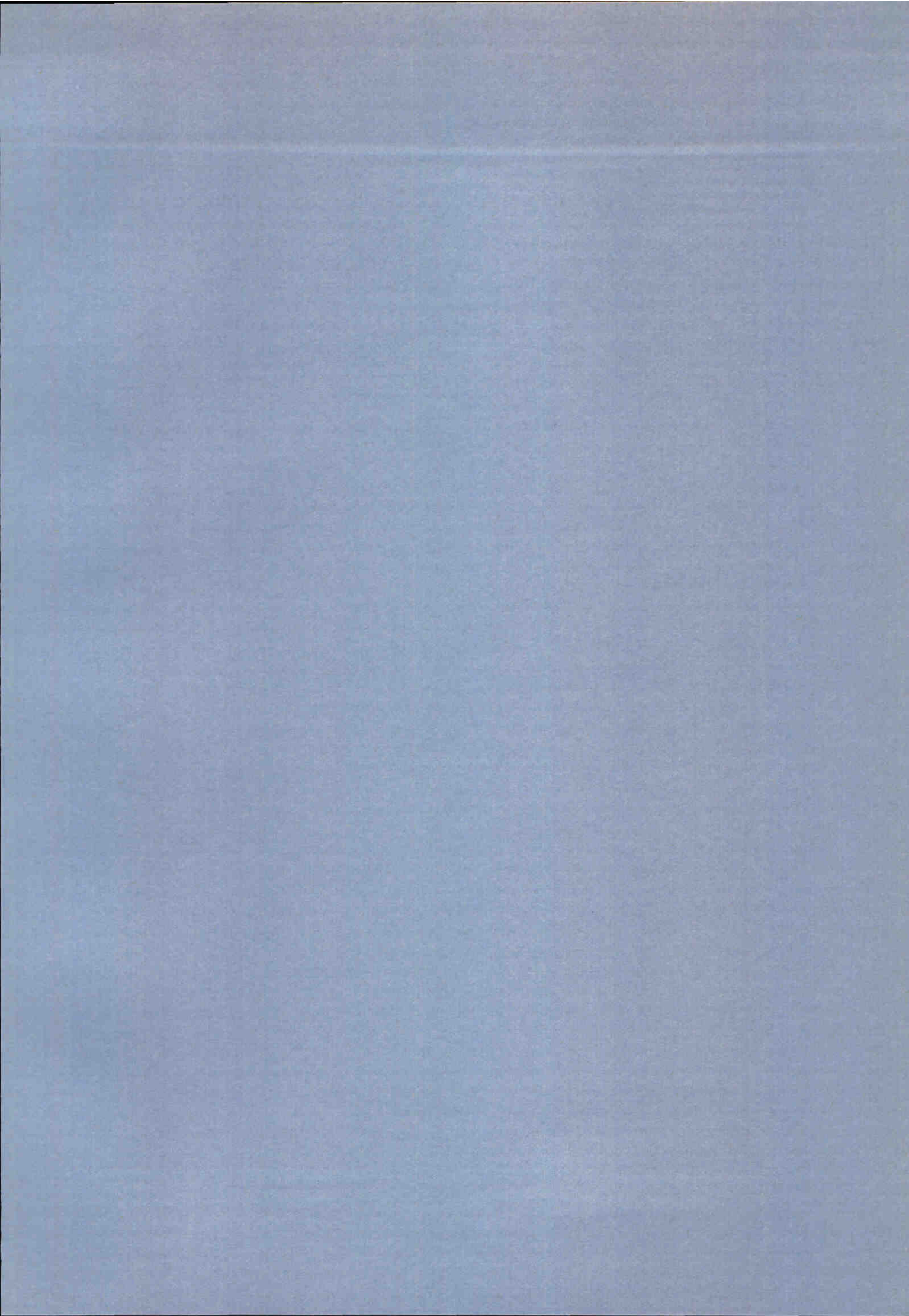
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

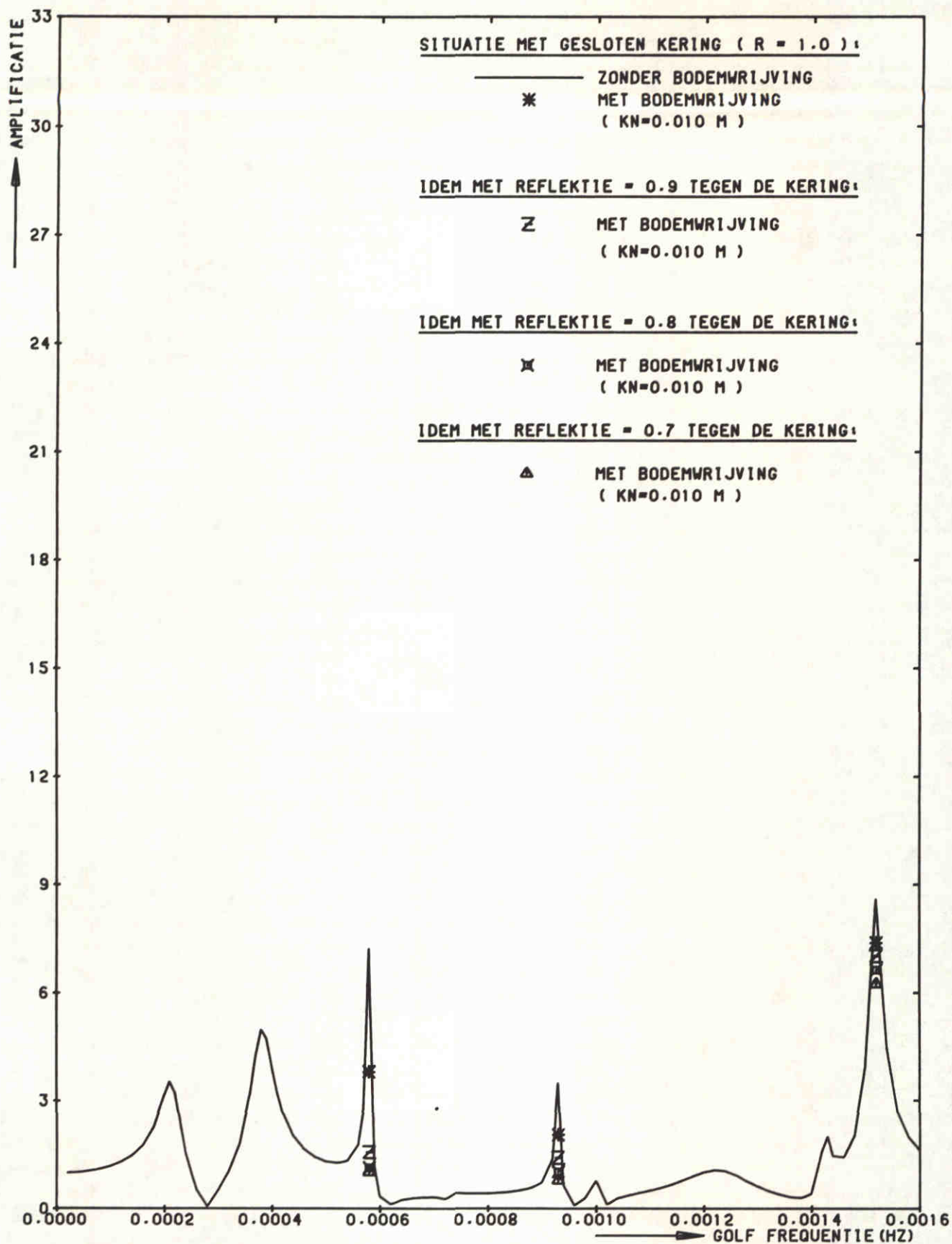
H0688

FIG. 13



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)	H=0.3 M	N.A.P.+2.5
	POSITIE 20 S.V.K. KM 1022.00	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG. 14





STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

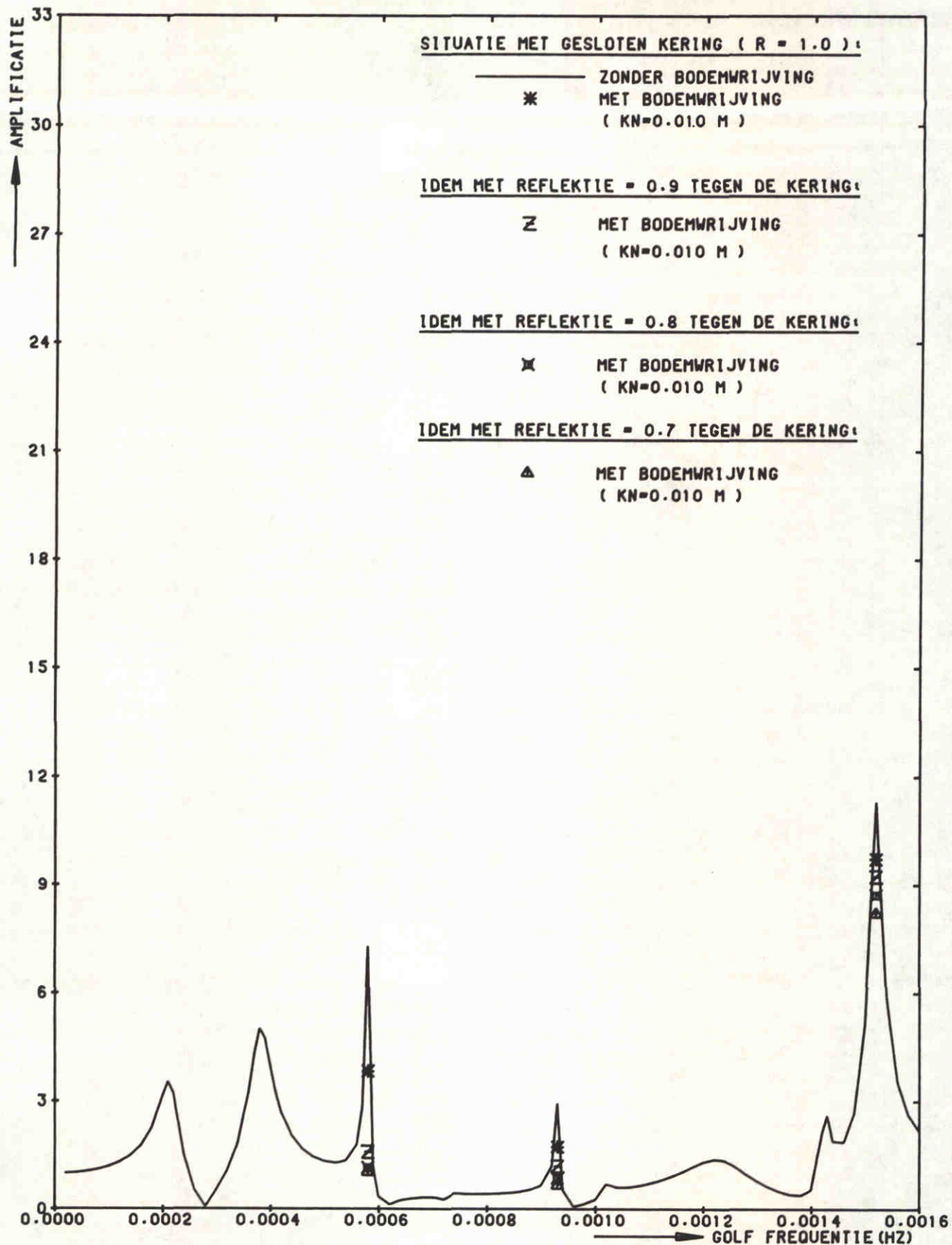
H=0.3 M

POSITIE 1
EUROPA HAVEN.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 15



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

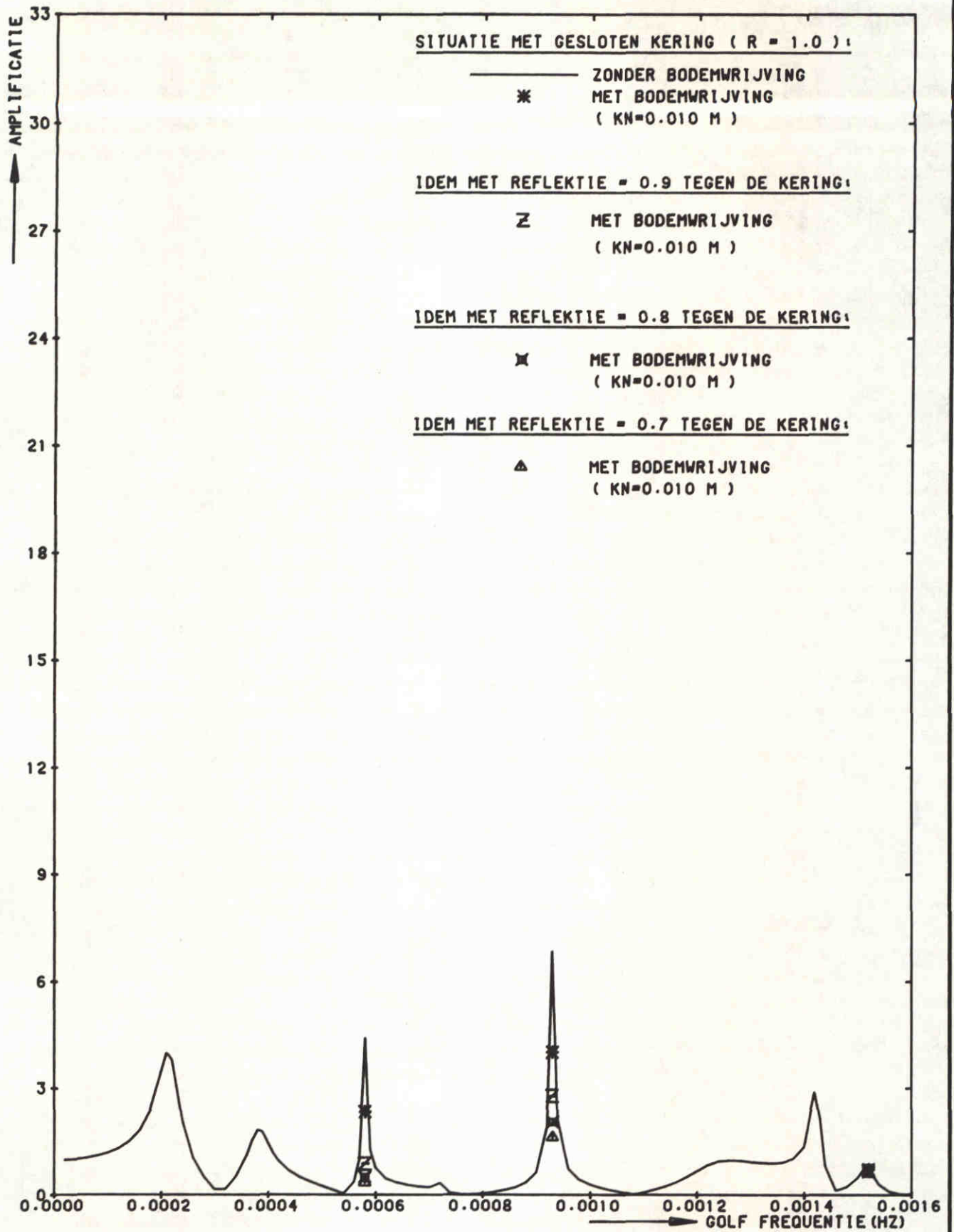
H=0.3 M

POSITIE 4
 MISSISSIPPI HAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 16



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

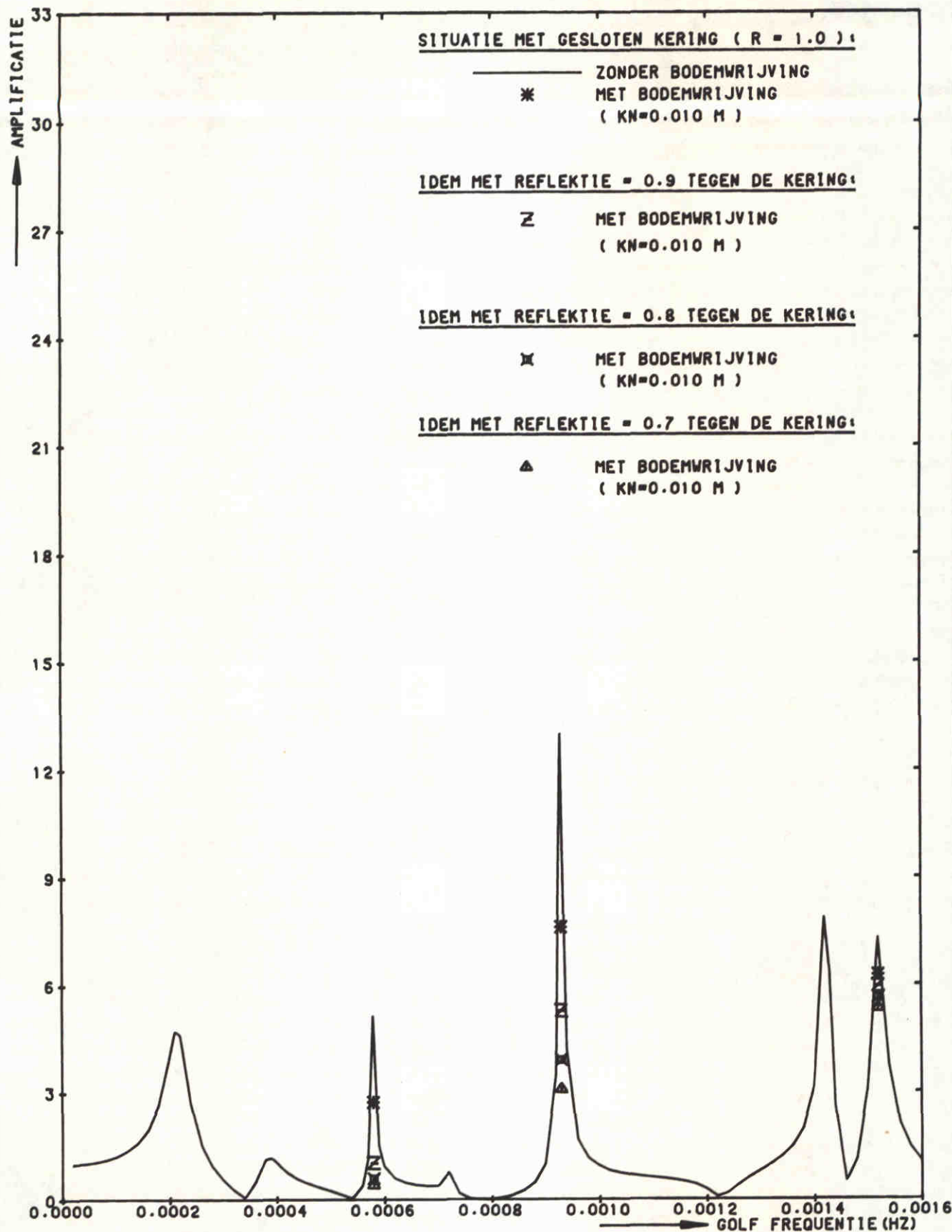
H=0.3 M

POSITIE 5
 BREEDDIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 17



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

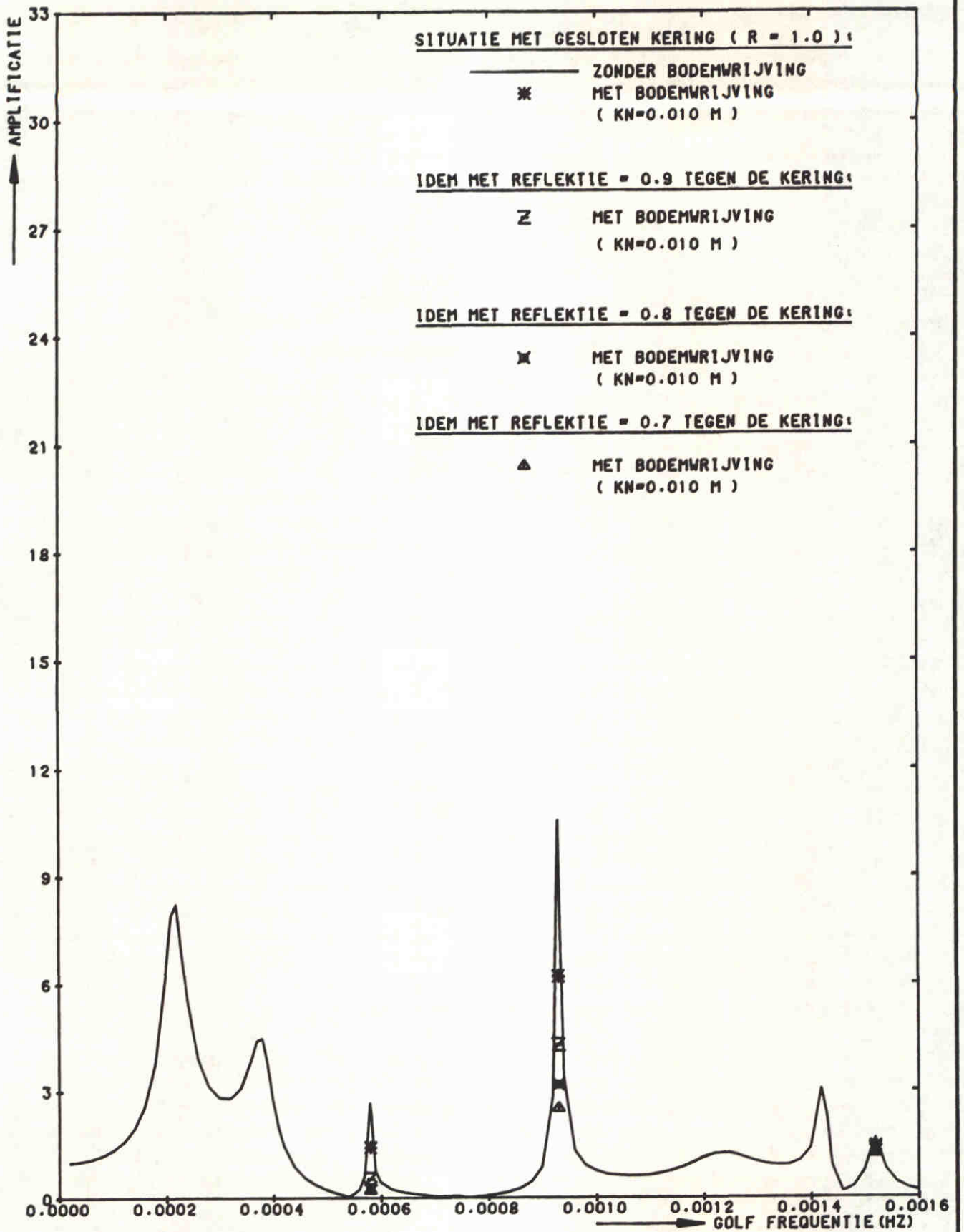
H=0.3 M

POSITIE 7
BENELUX HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 18



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

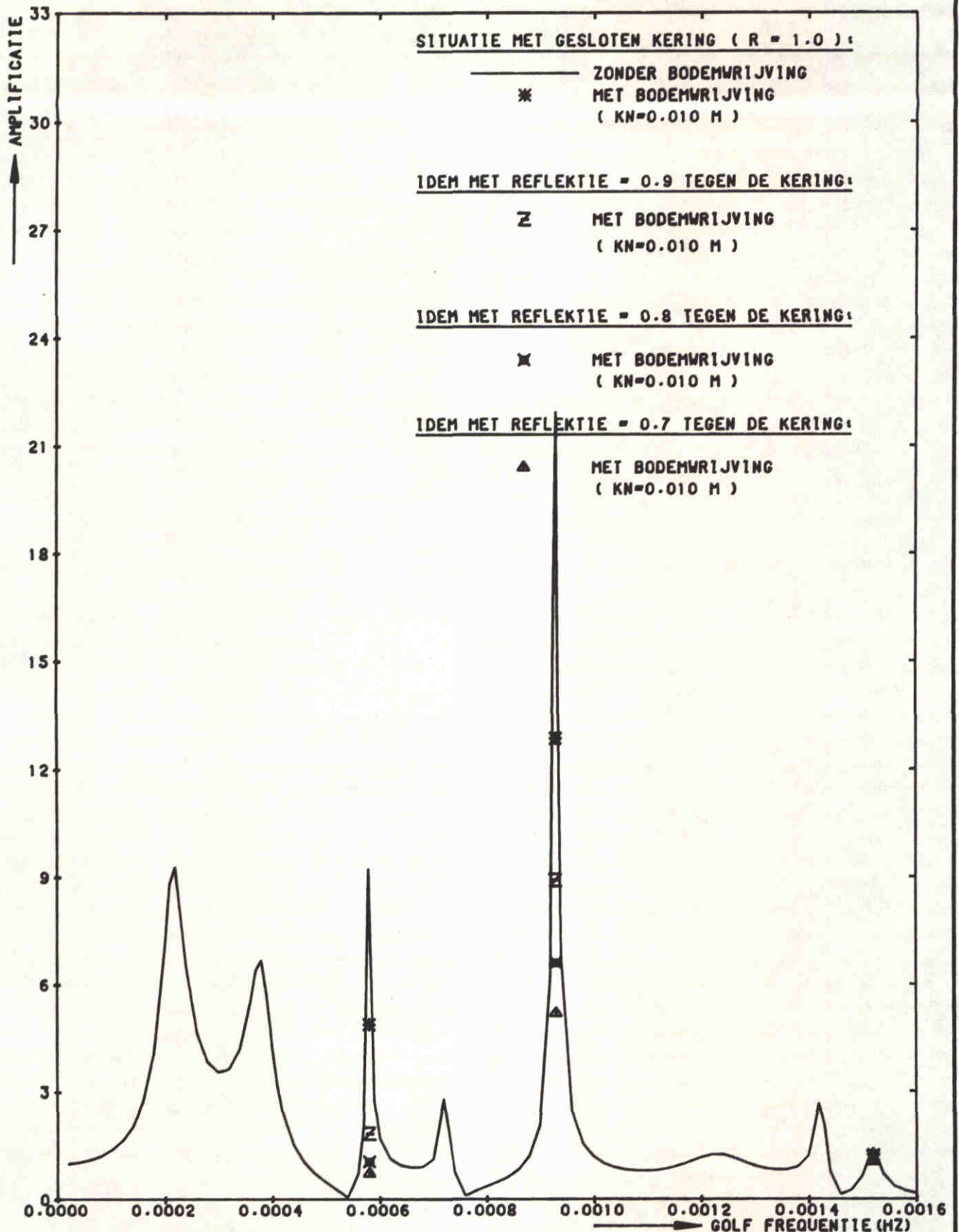
H=0.3 M

POSITIE 10
 0.21JDE 7E PETROLEUM H.V.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 19



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

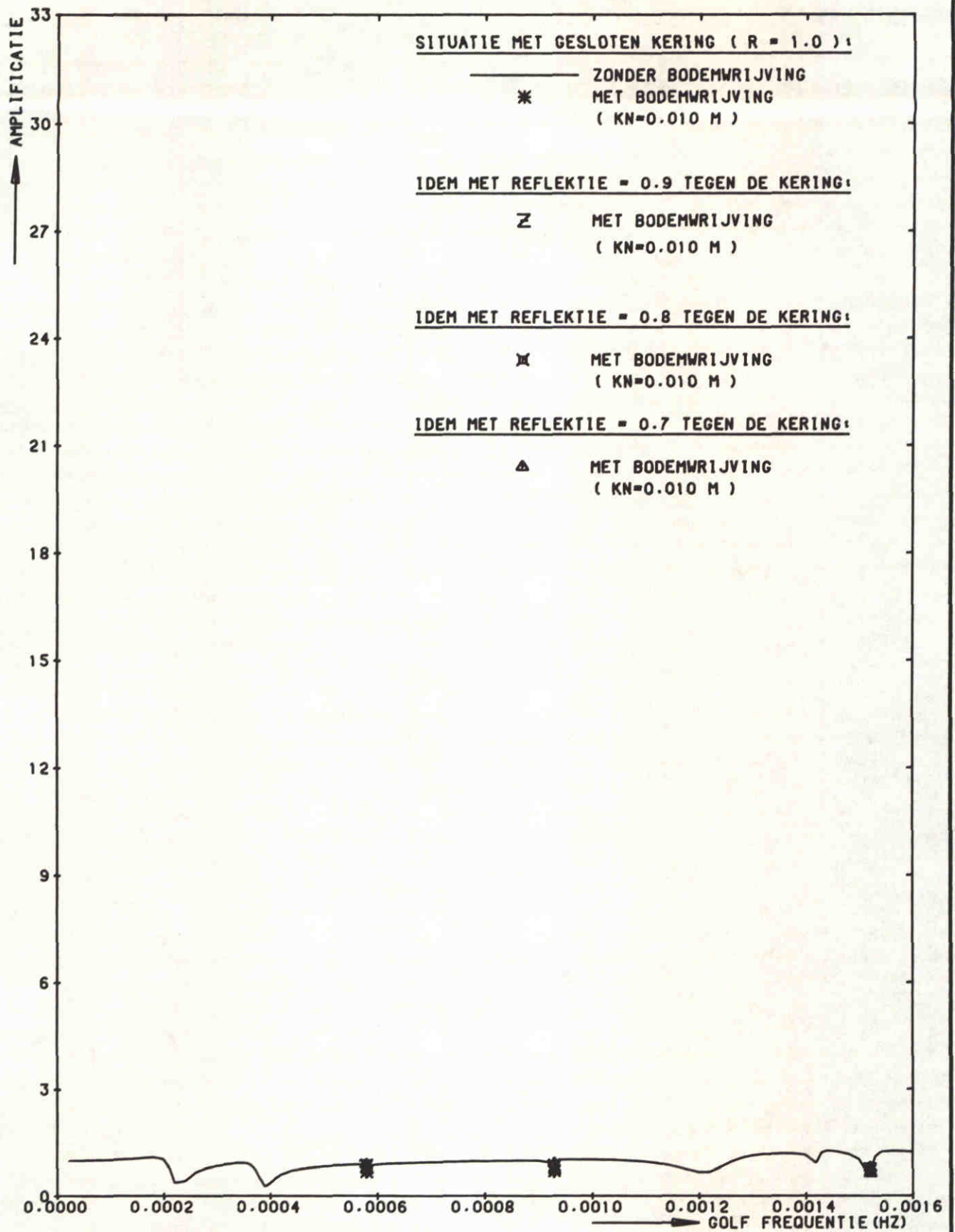
H=0.3 M

POSITIE 12
 BRITANNIË HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 20



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

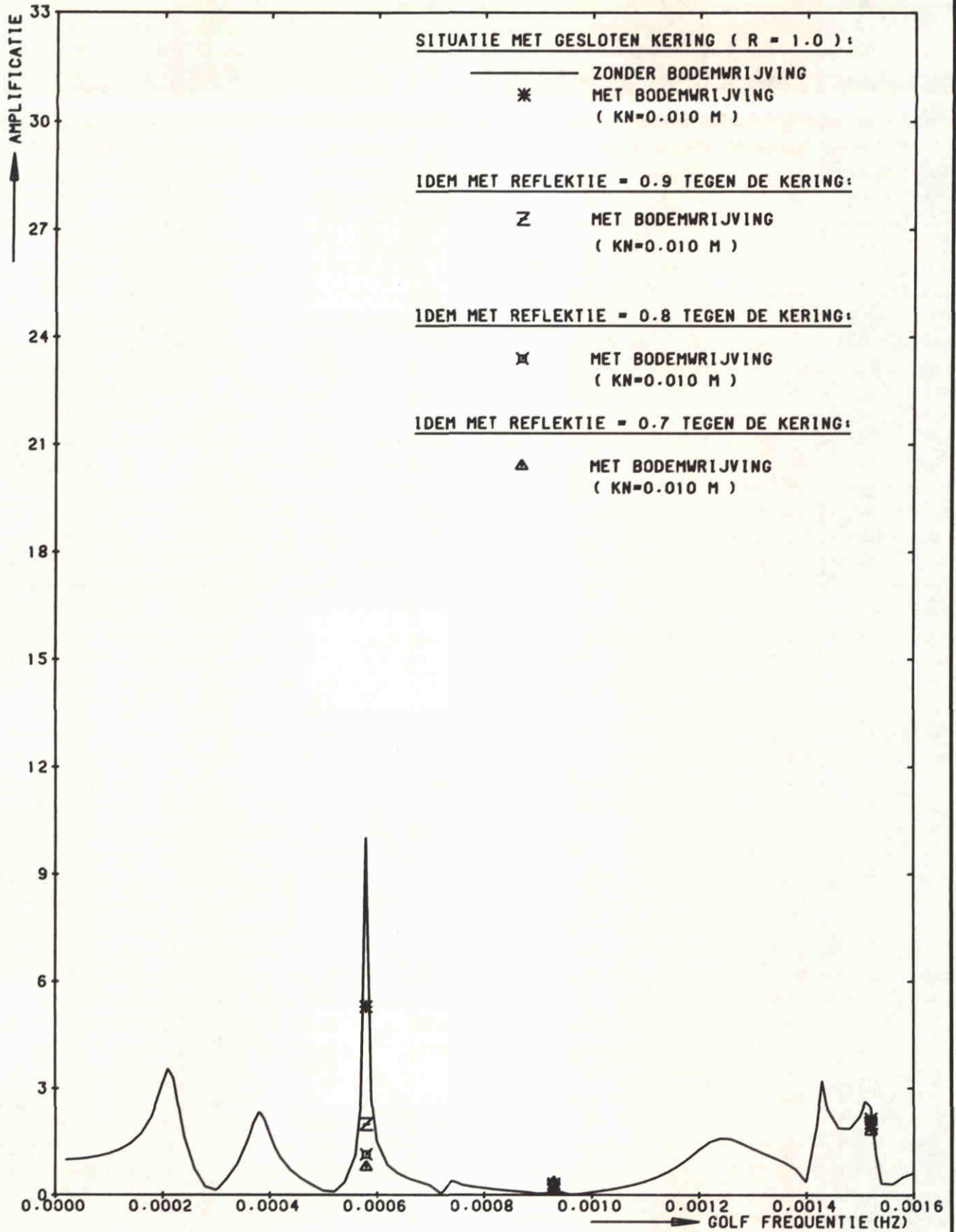
H=0.3 M

POSITIE 13
 MAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 21



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

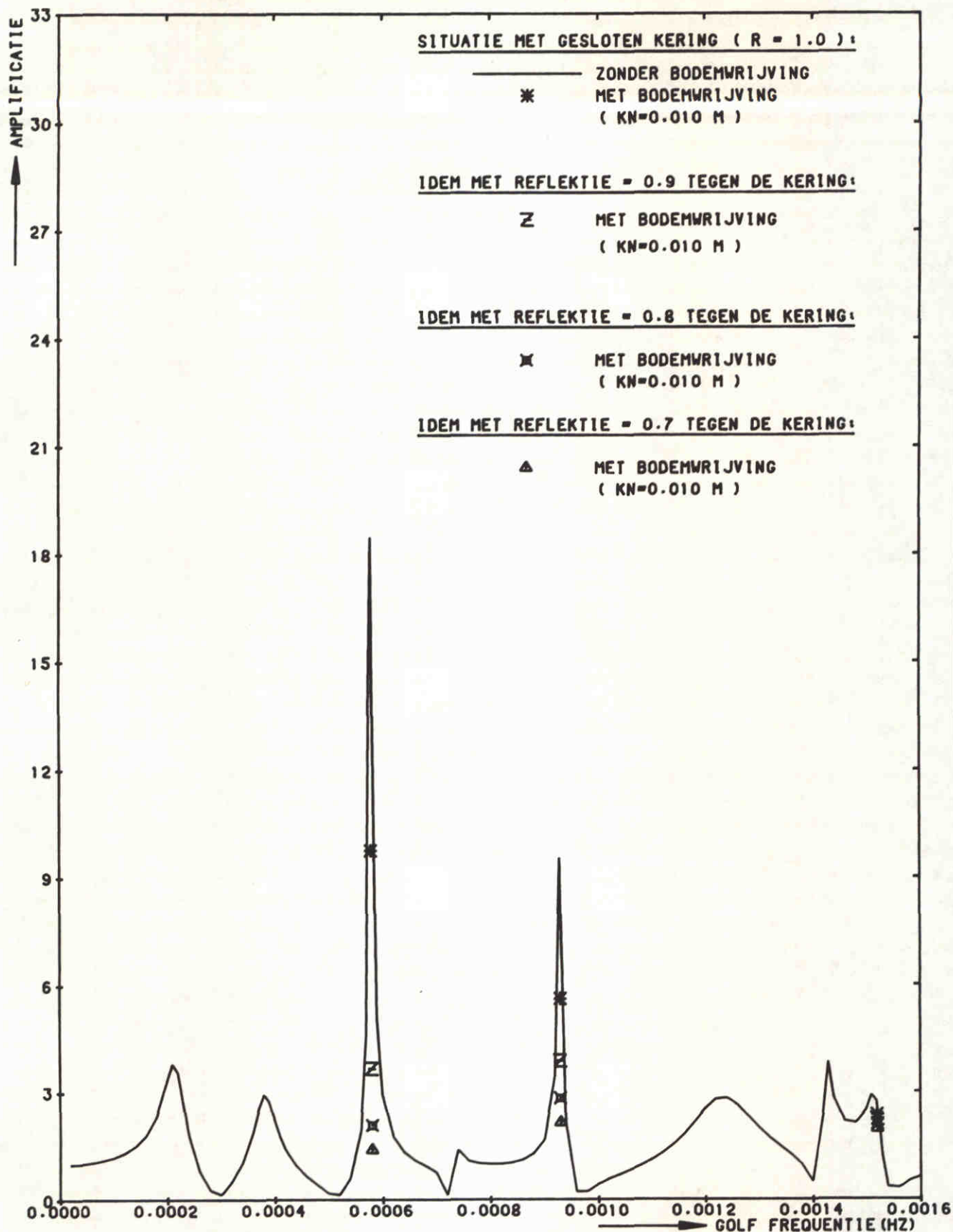
H=0.3 M

POSITIE 17
BREEDDIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 22



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

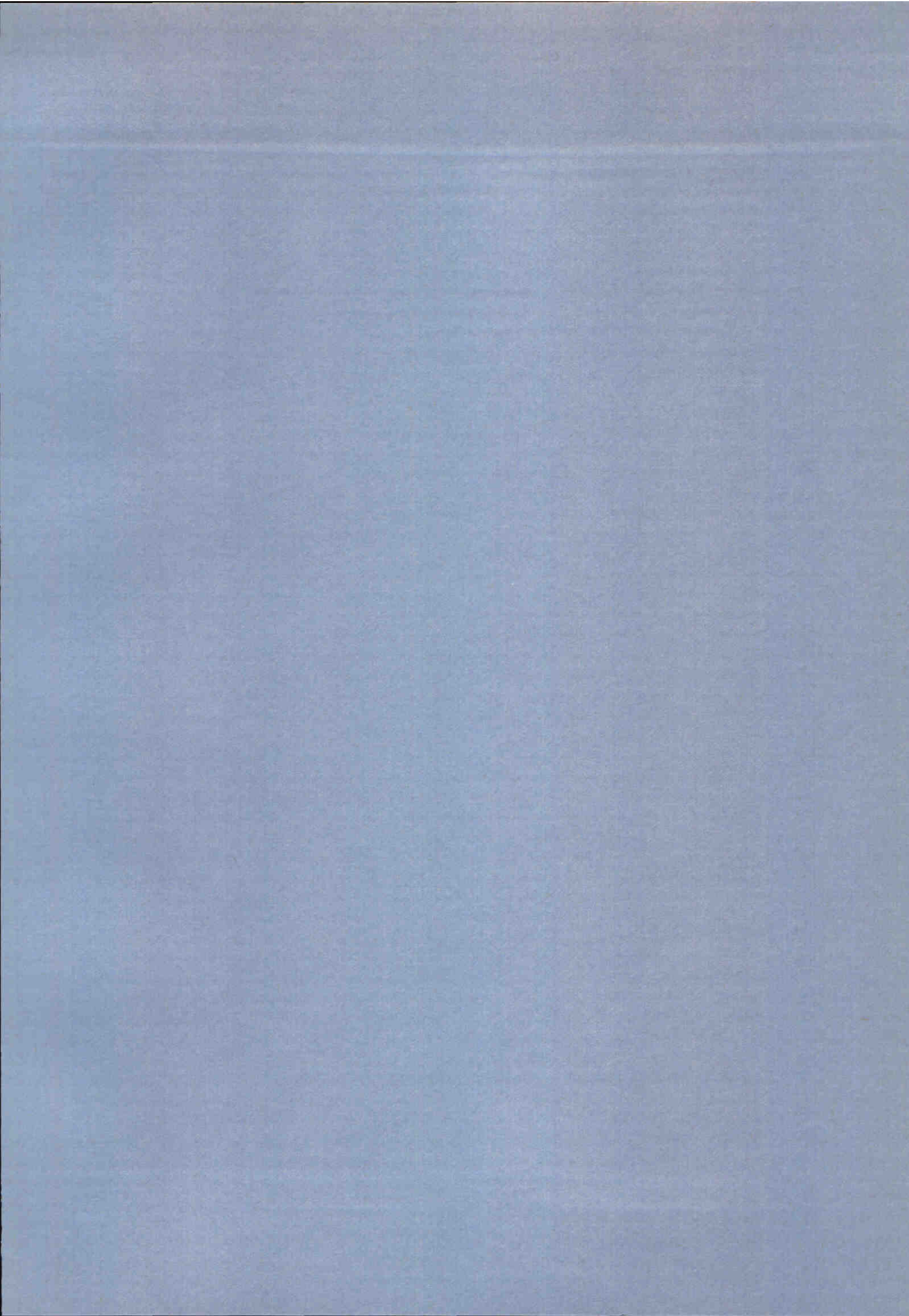
H=0.3 M

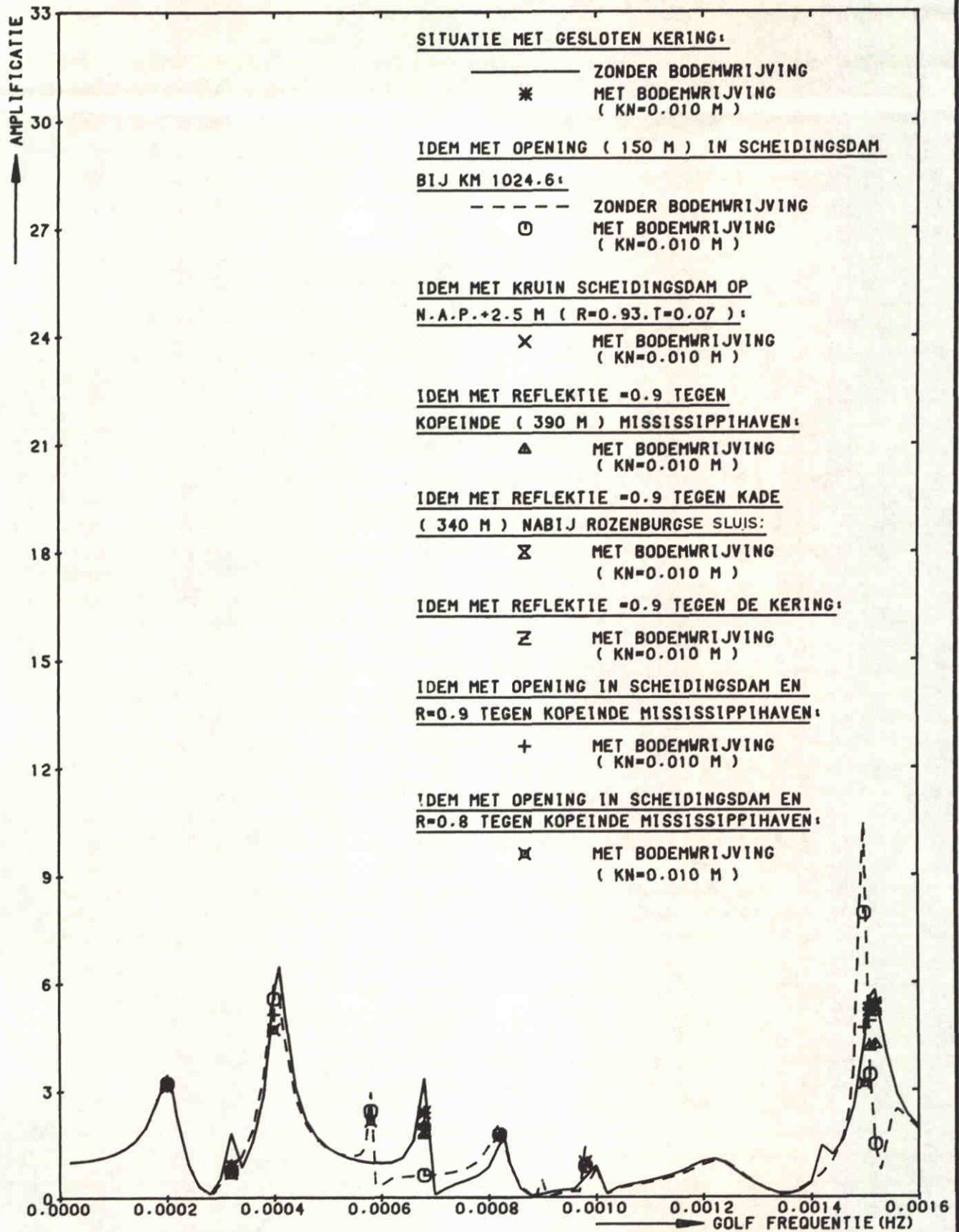
POSITIE 18
 S.V.K. 1026.50

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 23



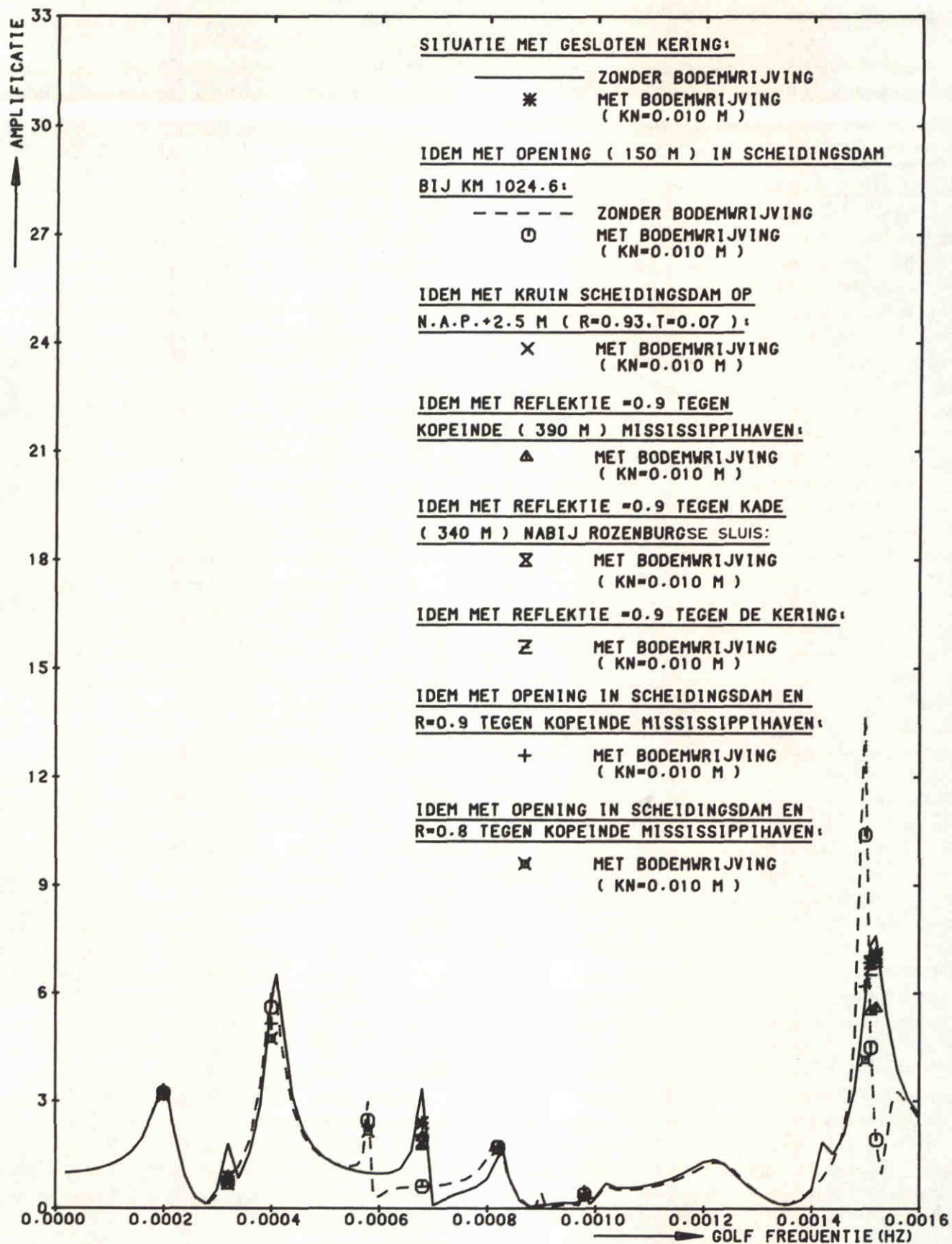


STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M N.A.P.+2.5
POSITIE 1
EUROPA HAVEN.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688 FIG. 24



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

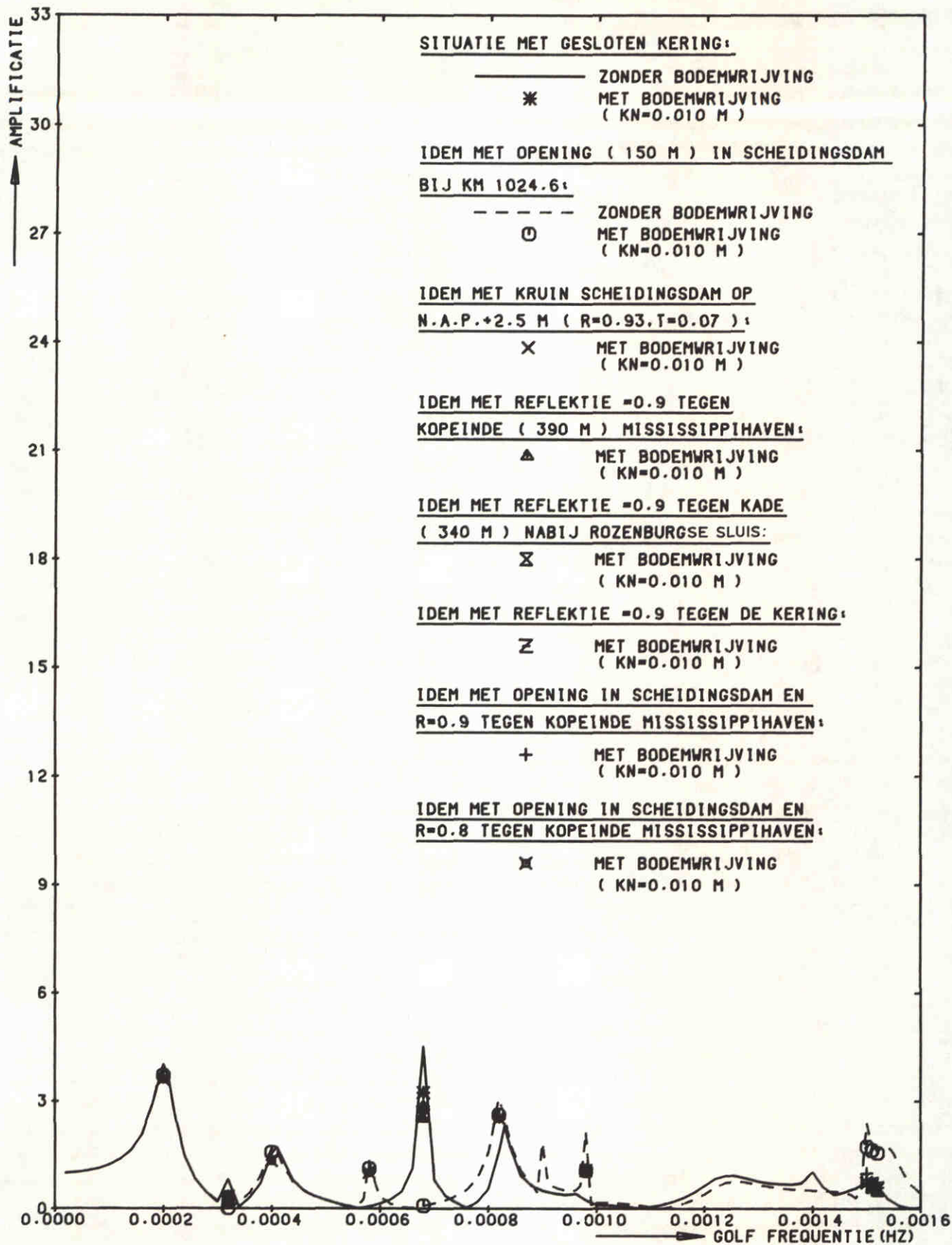
N.A.P.+2.5

POSITIE 4
MISSISSIPPI HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 25



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

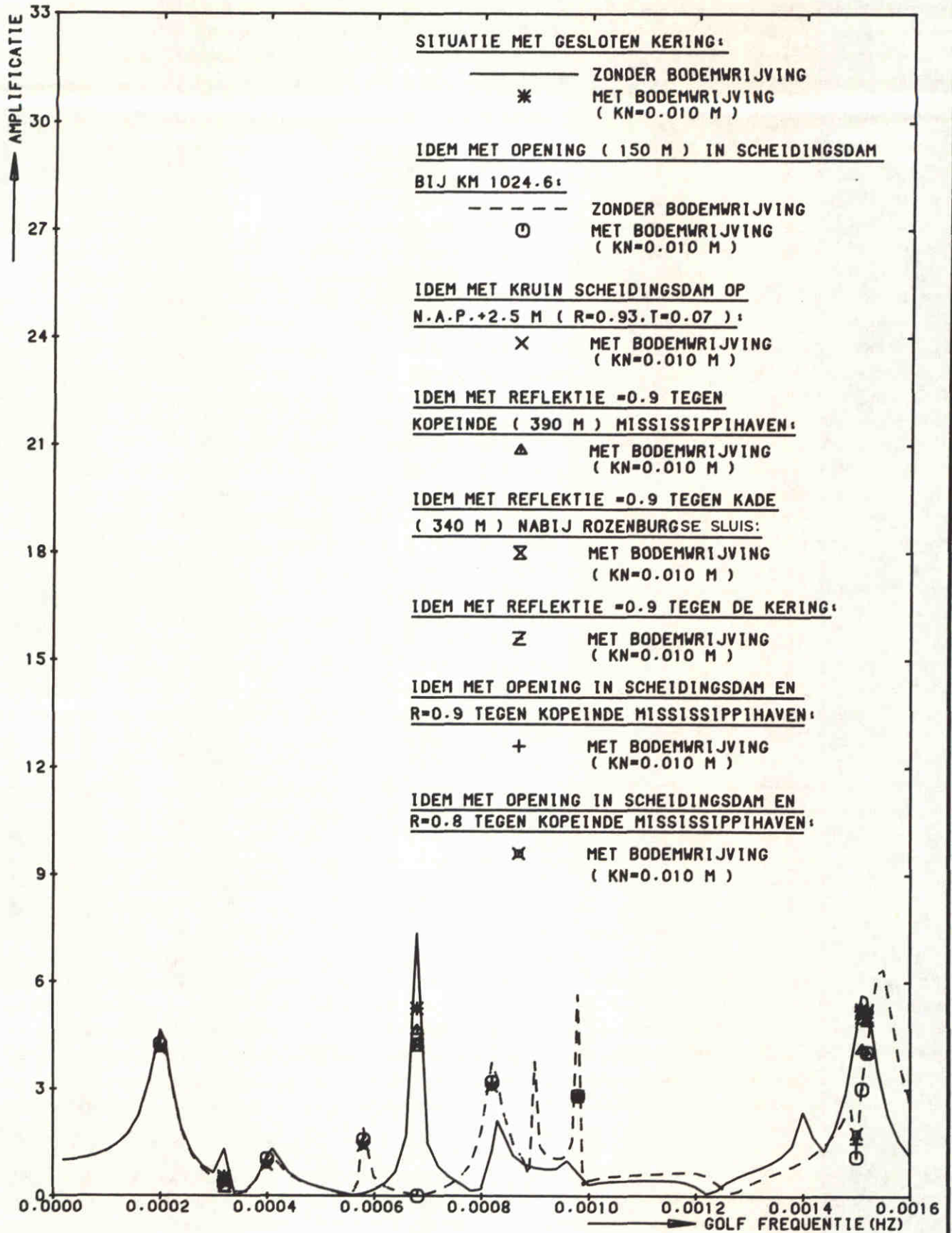
N.A.P.+2.5

POSITIE 5
BREEDDIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 26



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

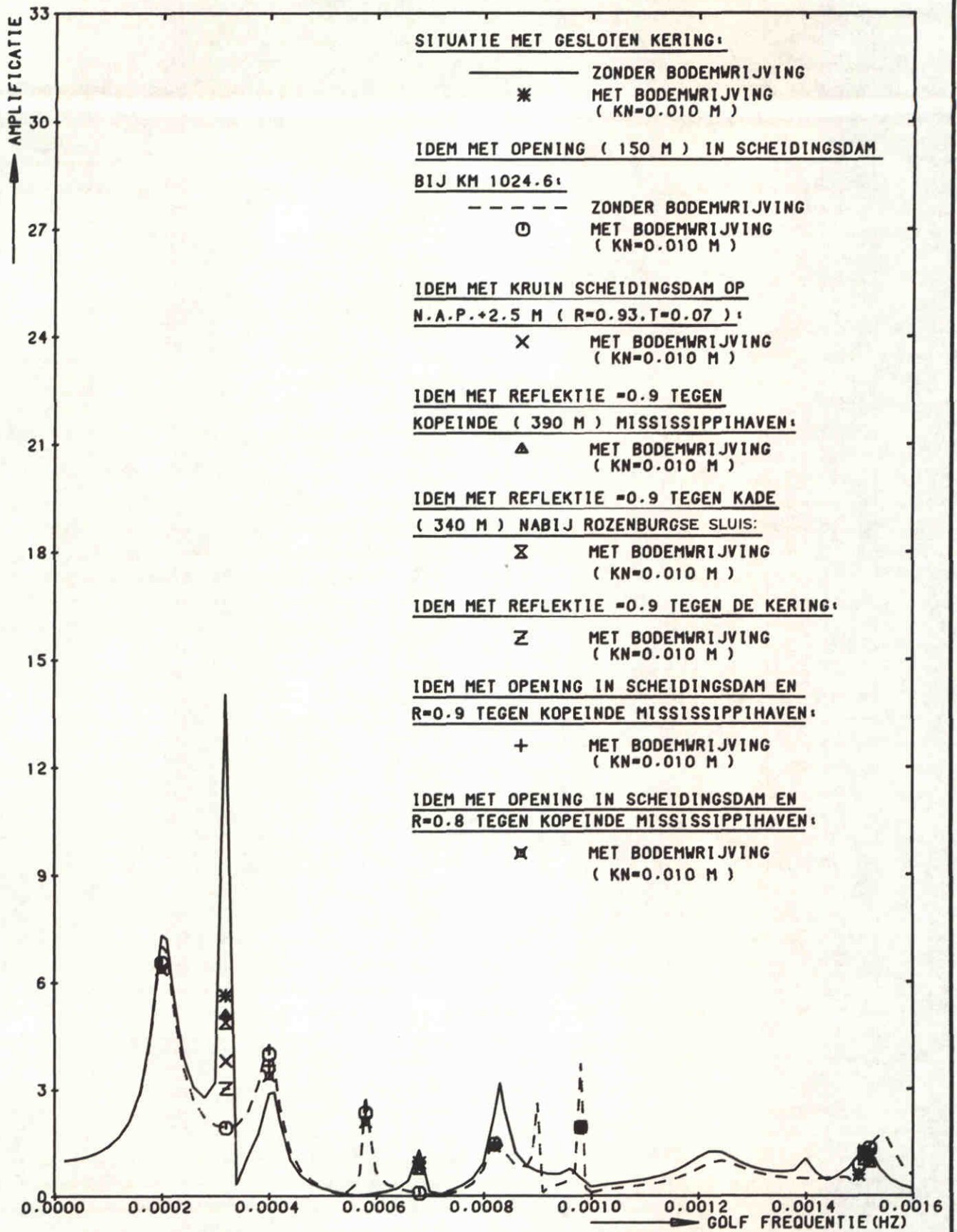
N.A.P.+2.5

POSITIE 7
 BENELUX HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 27

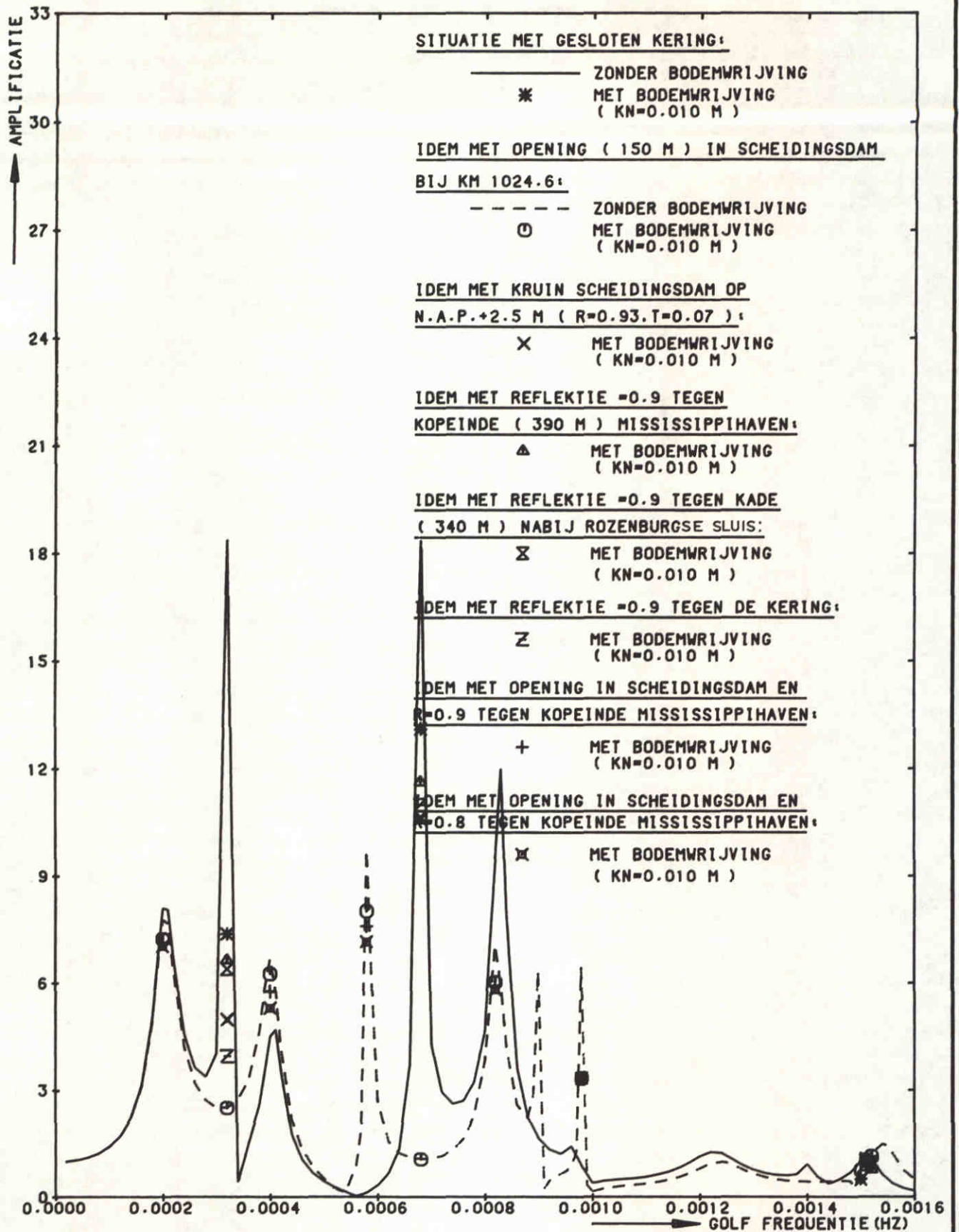


STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M	N.A.P.+2.5
POSITIE 10 0. ZIJDE 7E PETROLEUM H.V.	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688	FIG. 28
-------	---------



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

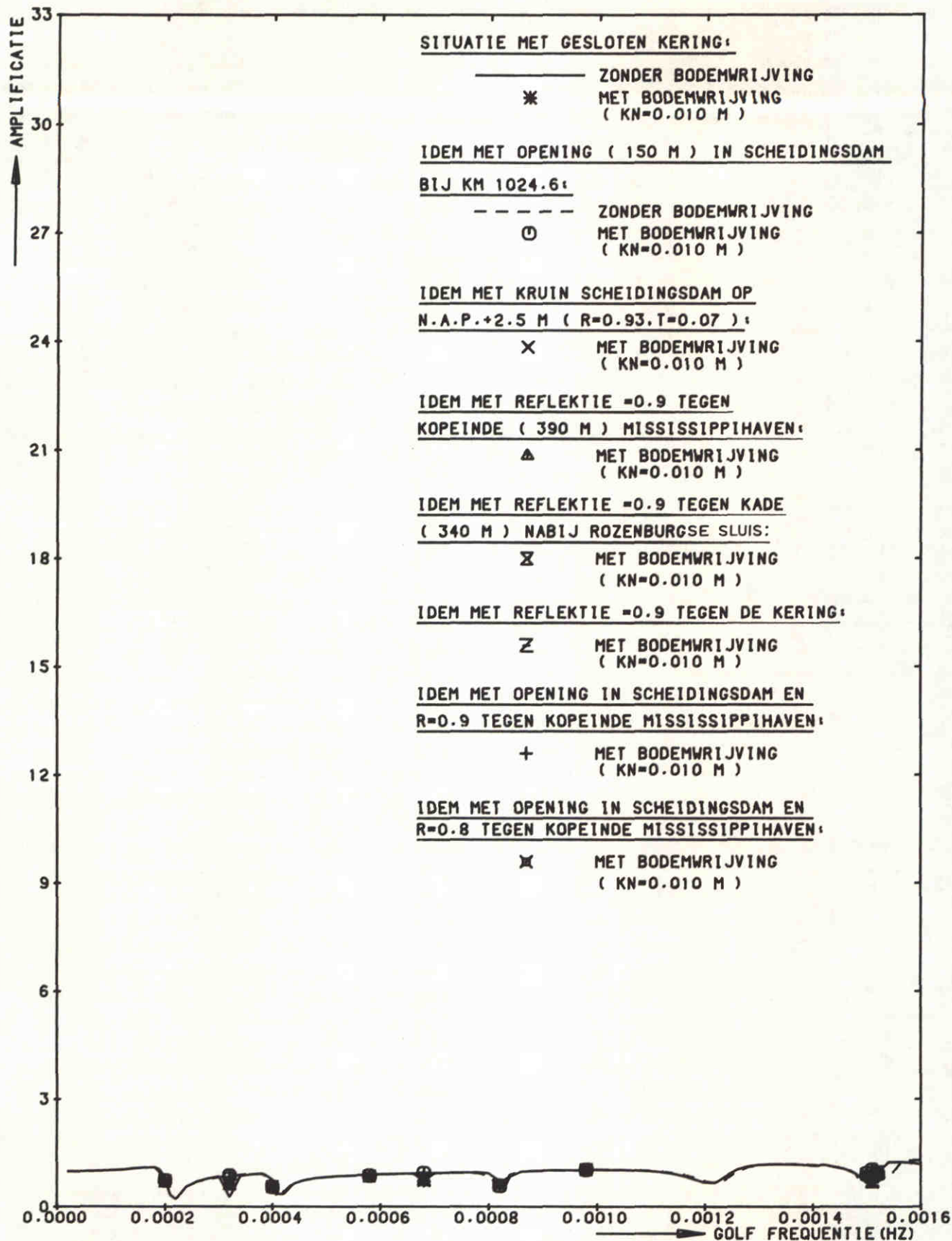
N.A.P.+2.5

POSITIE 12
BRITANNIË HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 29



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

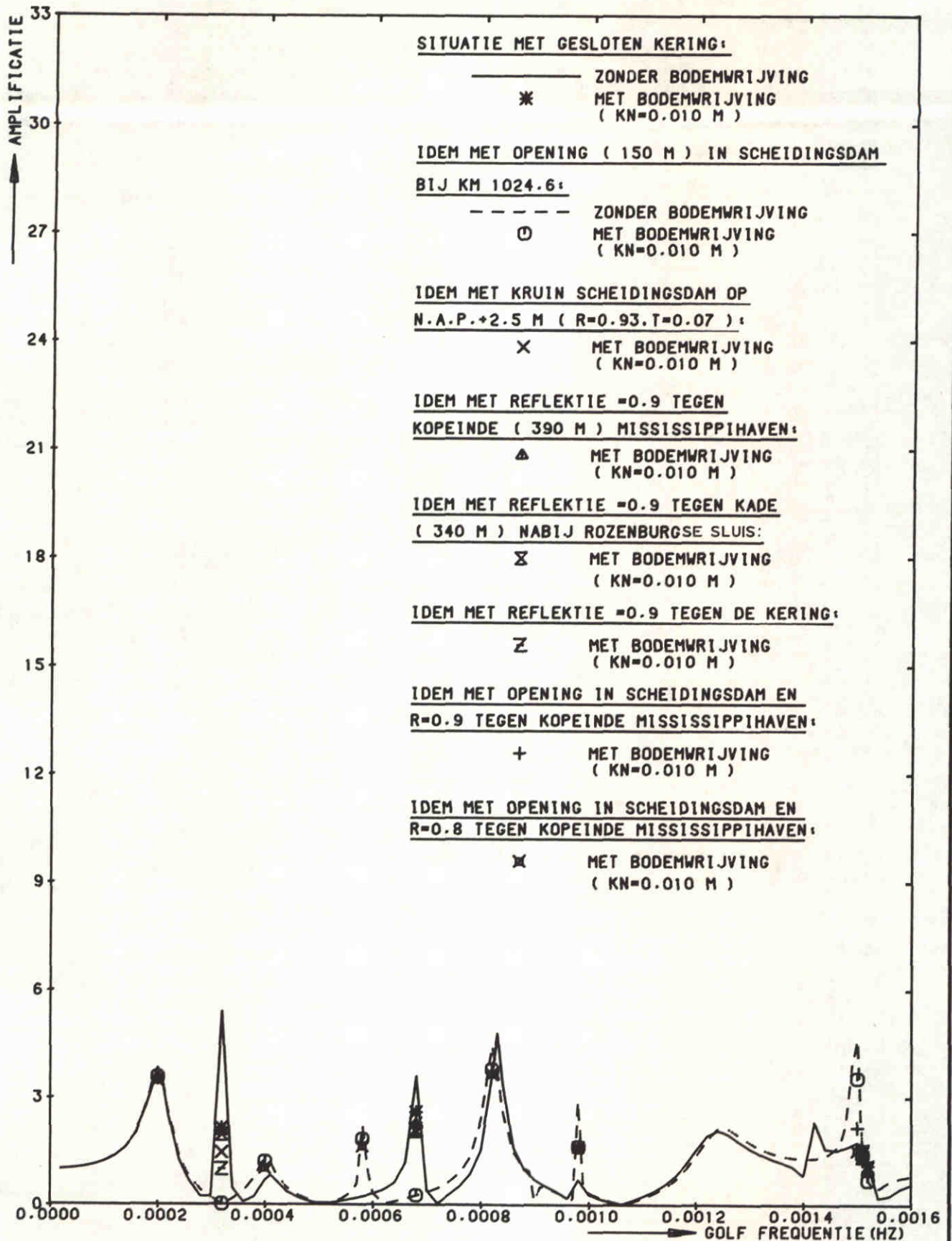
N.A.P.+2.5

POSITIE 13
MAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 30



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

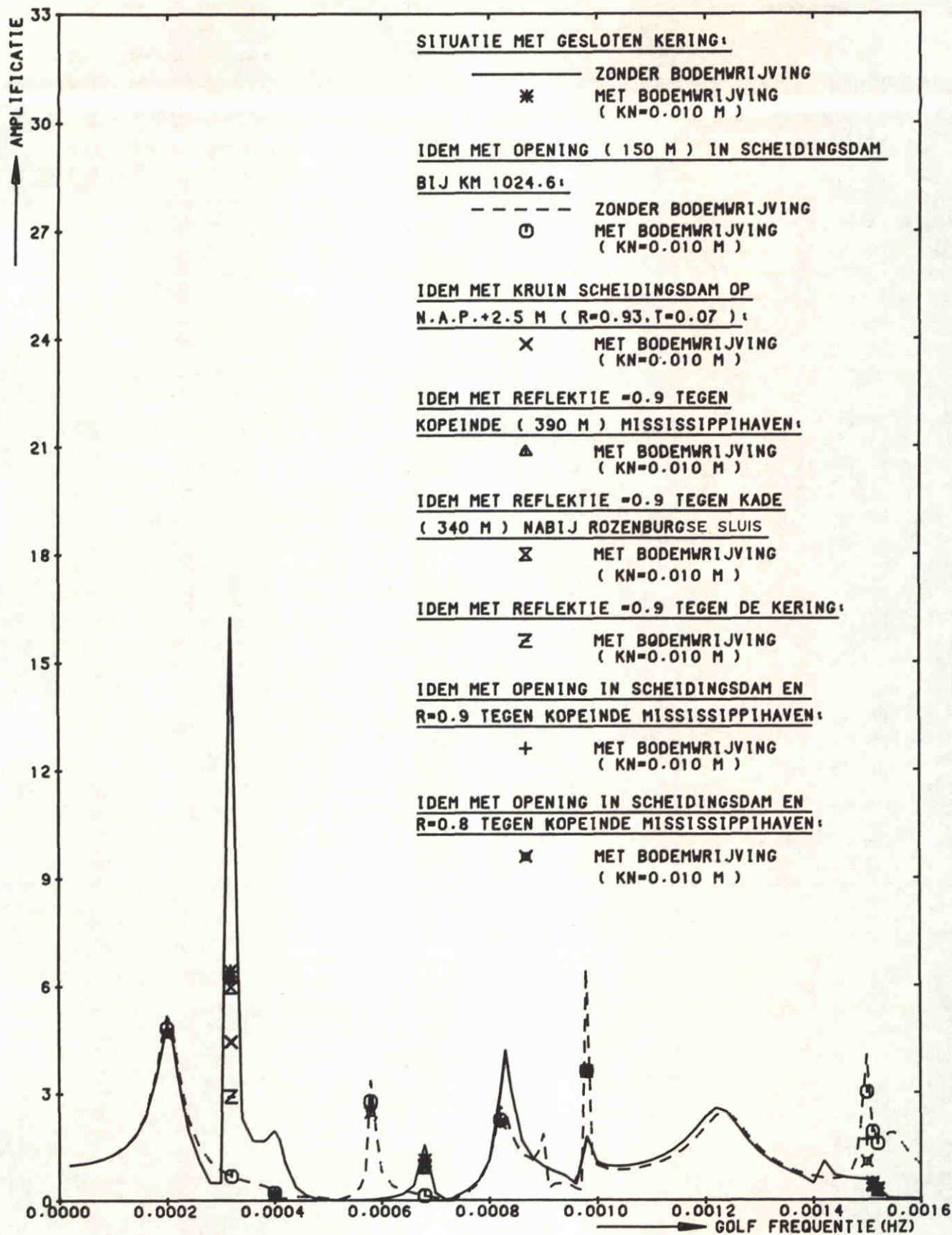
N.A.P.+2.5

POSITIE 17
BREEDDIEP (NOORDZ'JDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 31



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

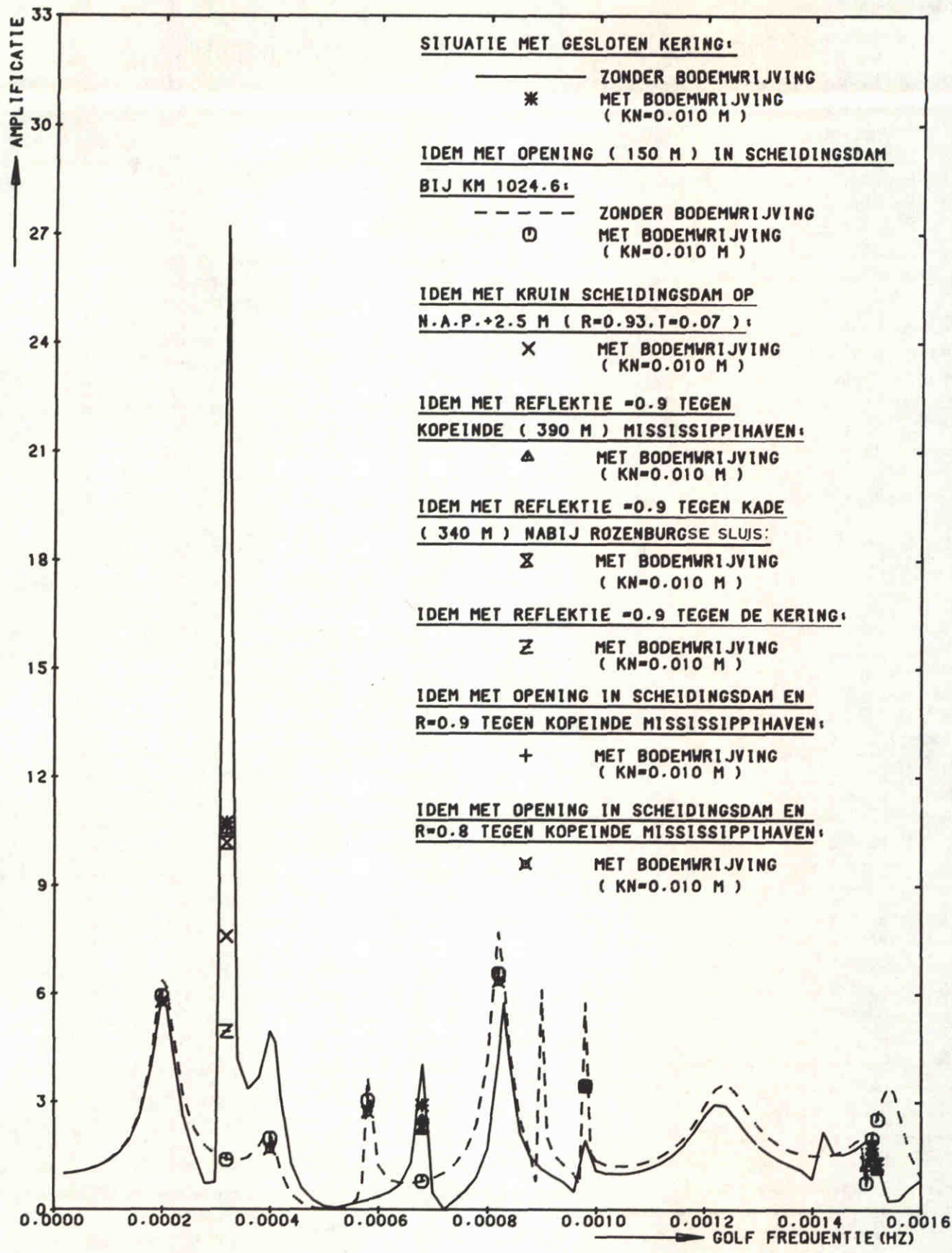
N.A.P.+2.5

POSITIE 18
 S.V.K. KM 1026.50

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 32



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M	N.A.P.+2.5
POSITIE 20	
S.V.K. KM 1022.00	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688	FIG. 33
-------	---------

SUK NIEUWE WATERWEG - Gesloten op KM 1022.00
 Opening (150 M) in Scheidingsdam bij KM 1024.60
 Uitwijking vrij wateroppervlak in m; $f = 0.00082$ Hz
 $H = 0.30$ m; $kN = 0.010$ m; wst 2.50 m + NAP

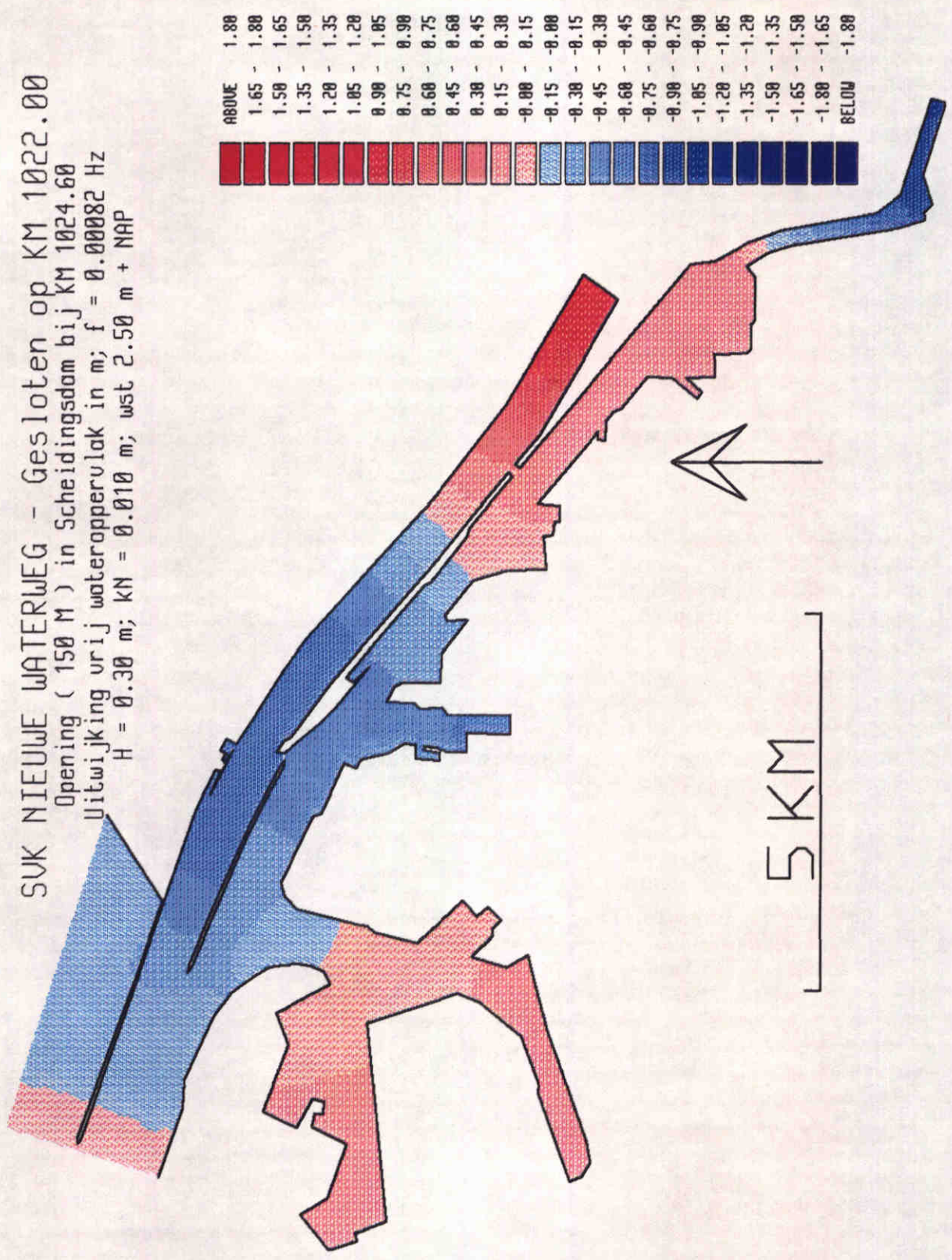


FIG. 34

SUK NIEUWE WATERWEG - Gesloten op KM 1022.00
 Opening (150 M) in Scheidingsdam bij KM 1024.60
 Uitwijking vrij wateroppervlak in m; $f = 0.00150$ Hz
 $H = 0.30$ m; $kN = 0.010$ m; wst 2.50 m + NAP

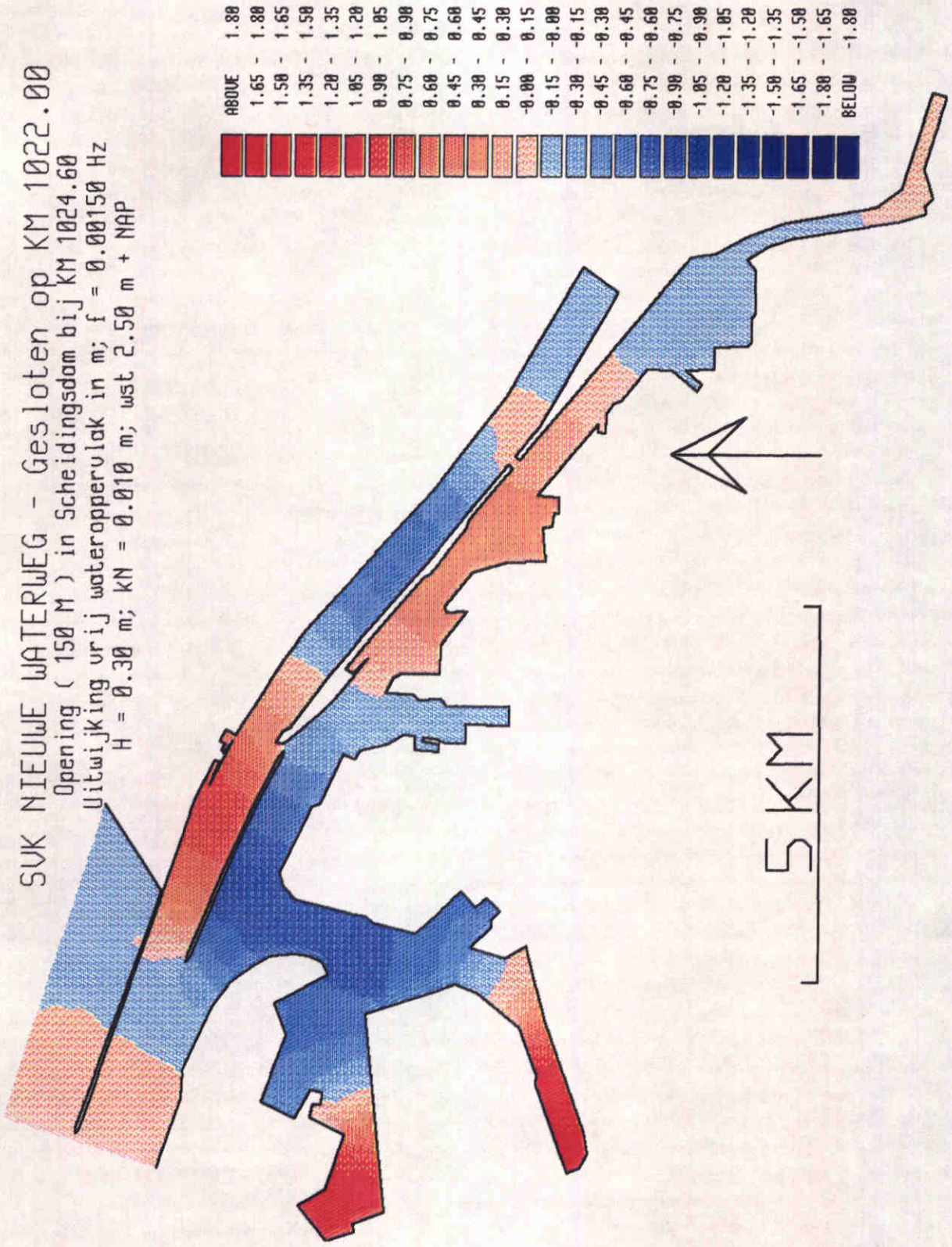
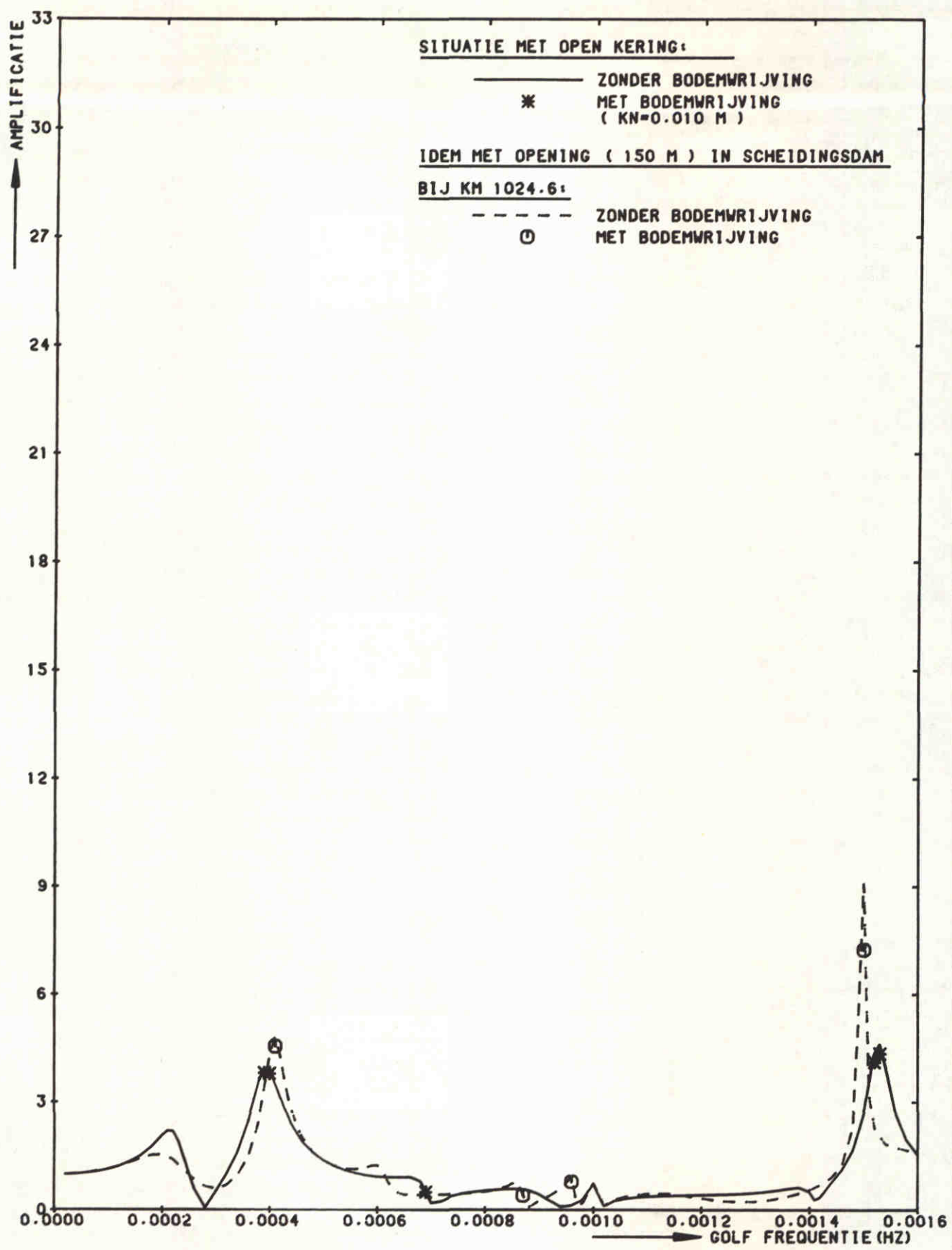


FIG. 35



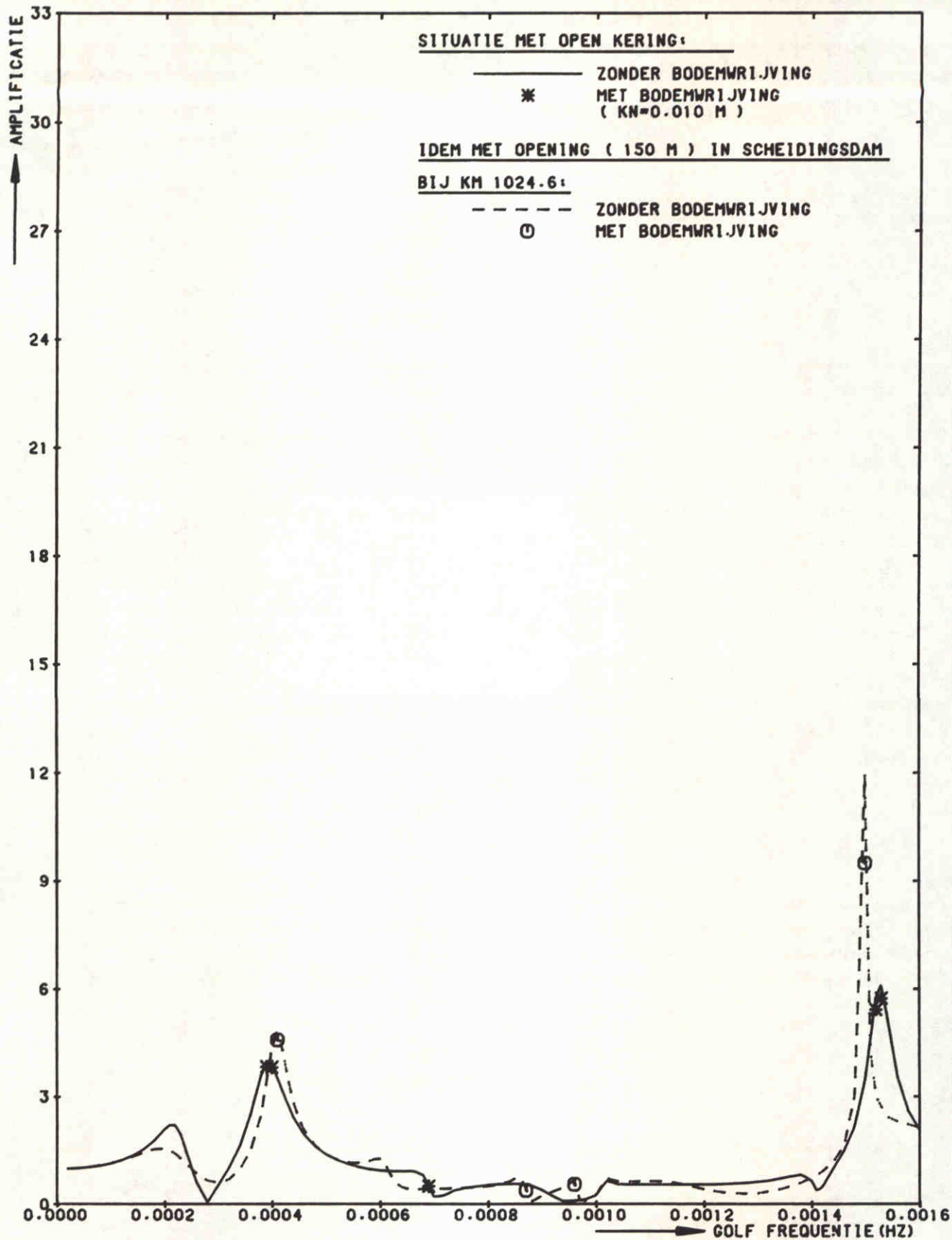
STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M	NAP +2.5
POSITIE 1 EUROPA HAVEN.	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 36



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

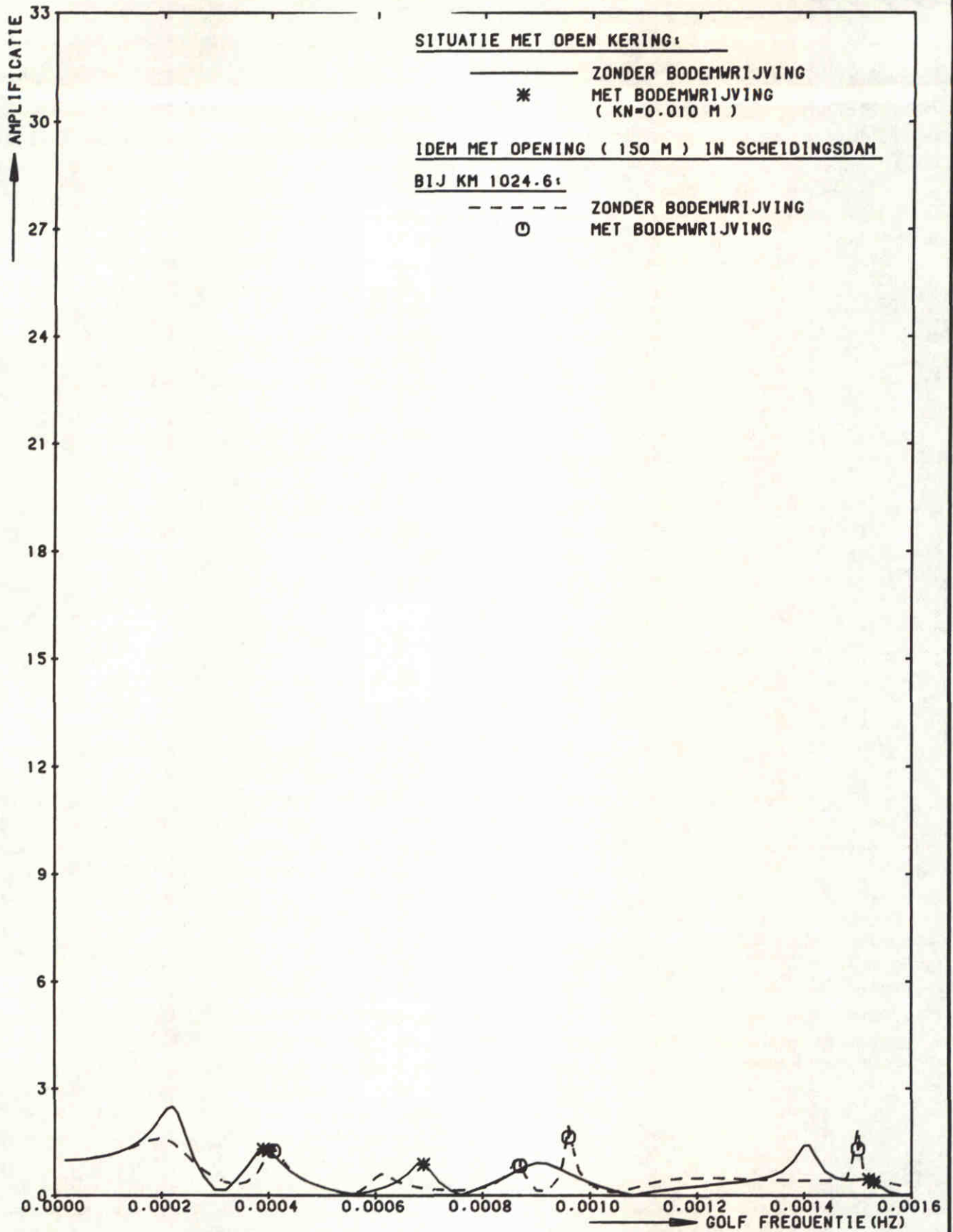
N.A.P.+2.5

POSITIE 4
 MISSISSIPPI HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 37



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

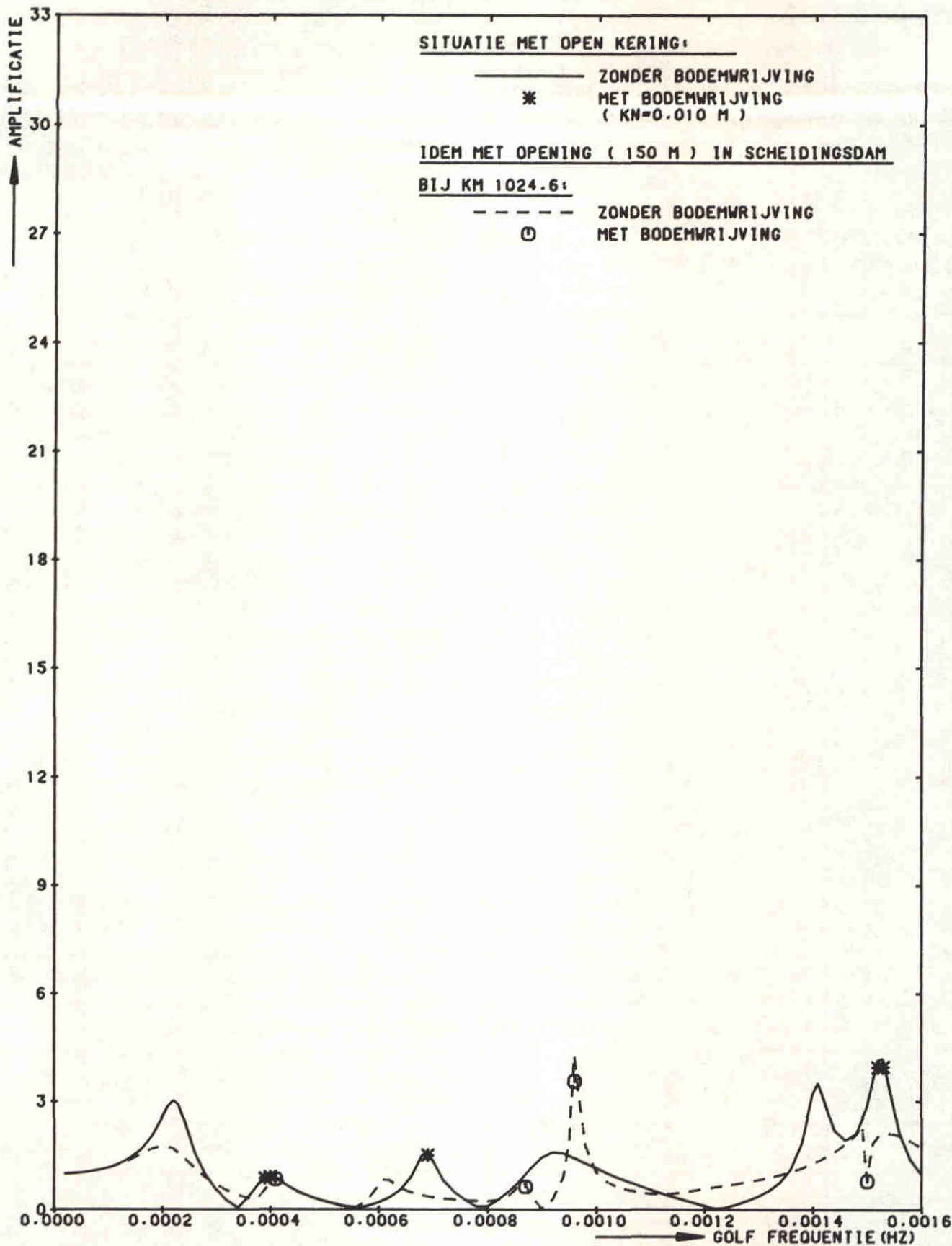
NAP +2.5

POSITIE 5
 BREEDDIEP (ZUIDZUDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 38



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

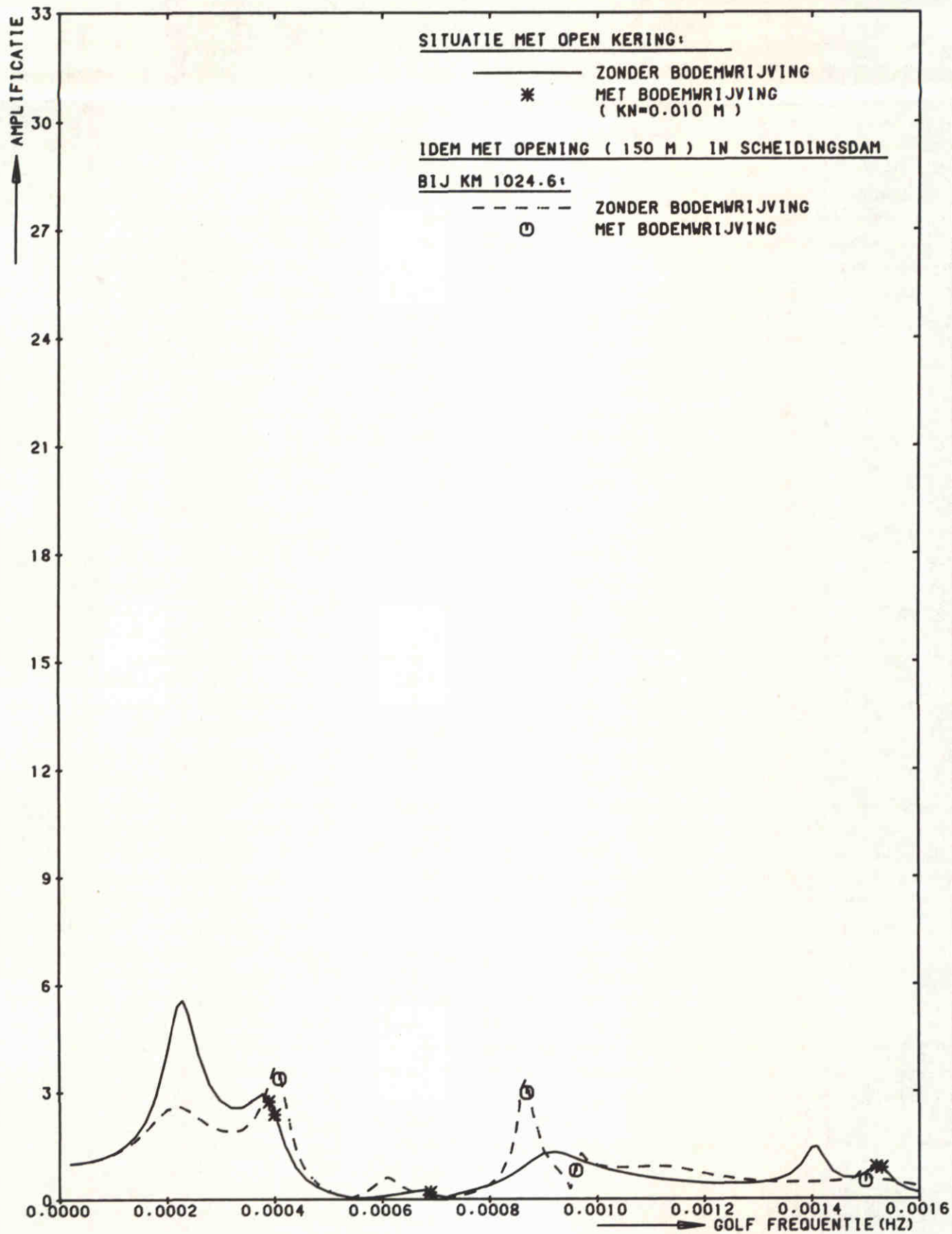
NAP + 2.5

POSITIE 7
BENELUX HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 39



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

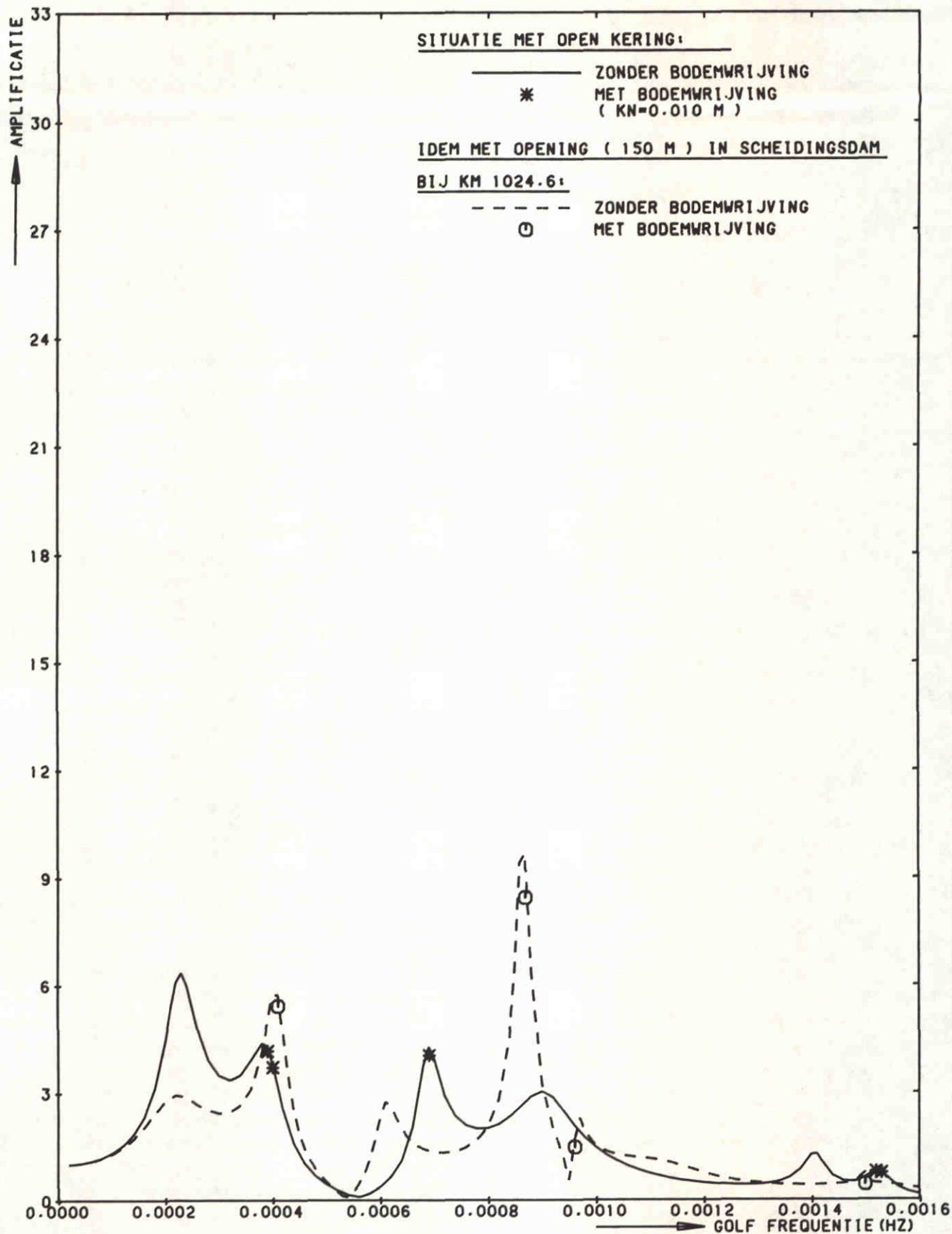
NAP +2.5

POSITIE 10
0.21JDE 7E PETROLEUM H.V.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 40



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

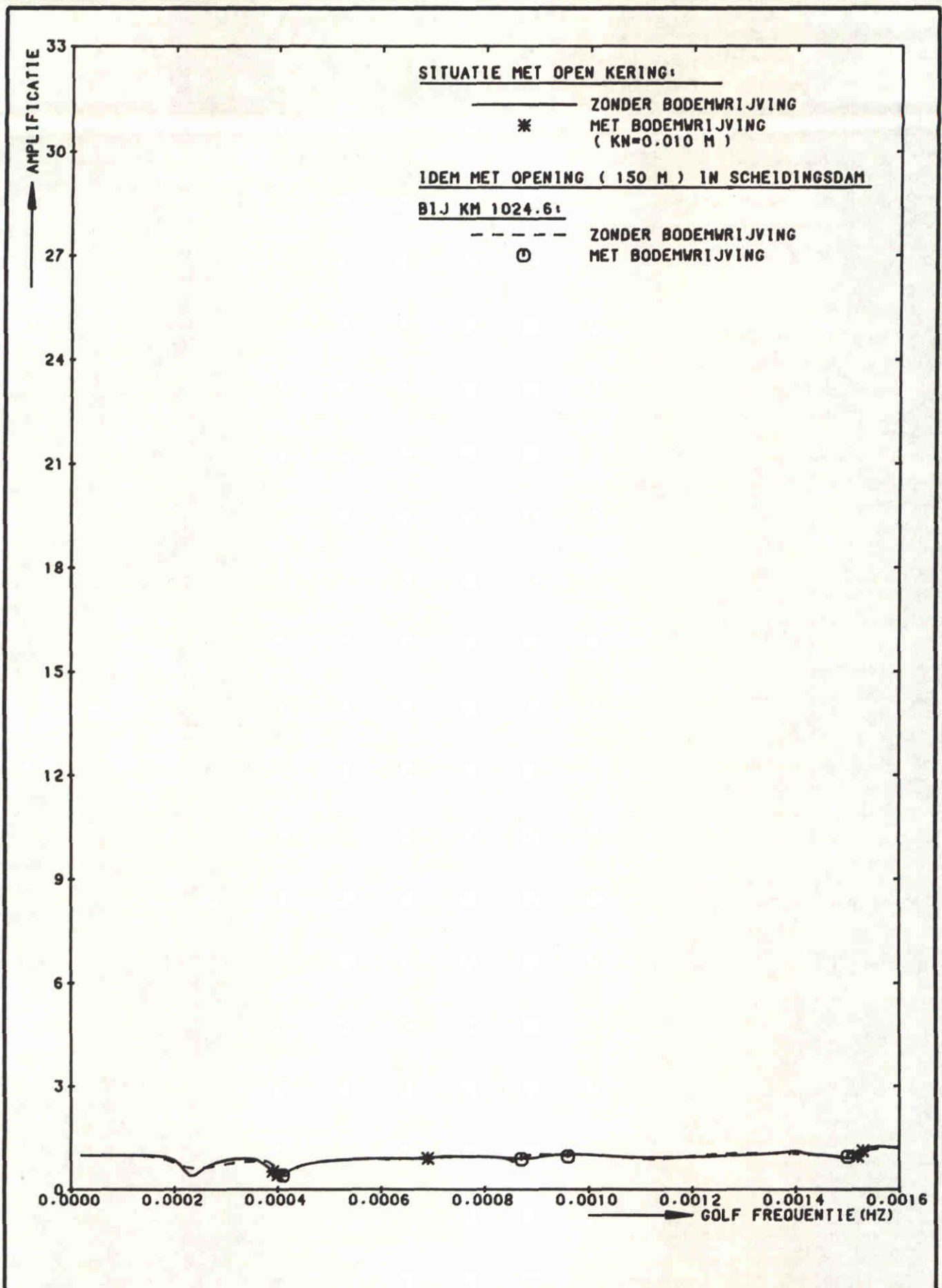
NAP +2.5

POSITIE 12
 BRITANNIË HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 41



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

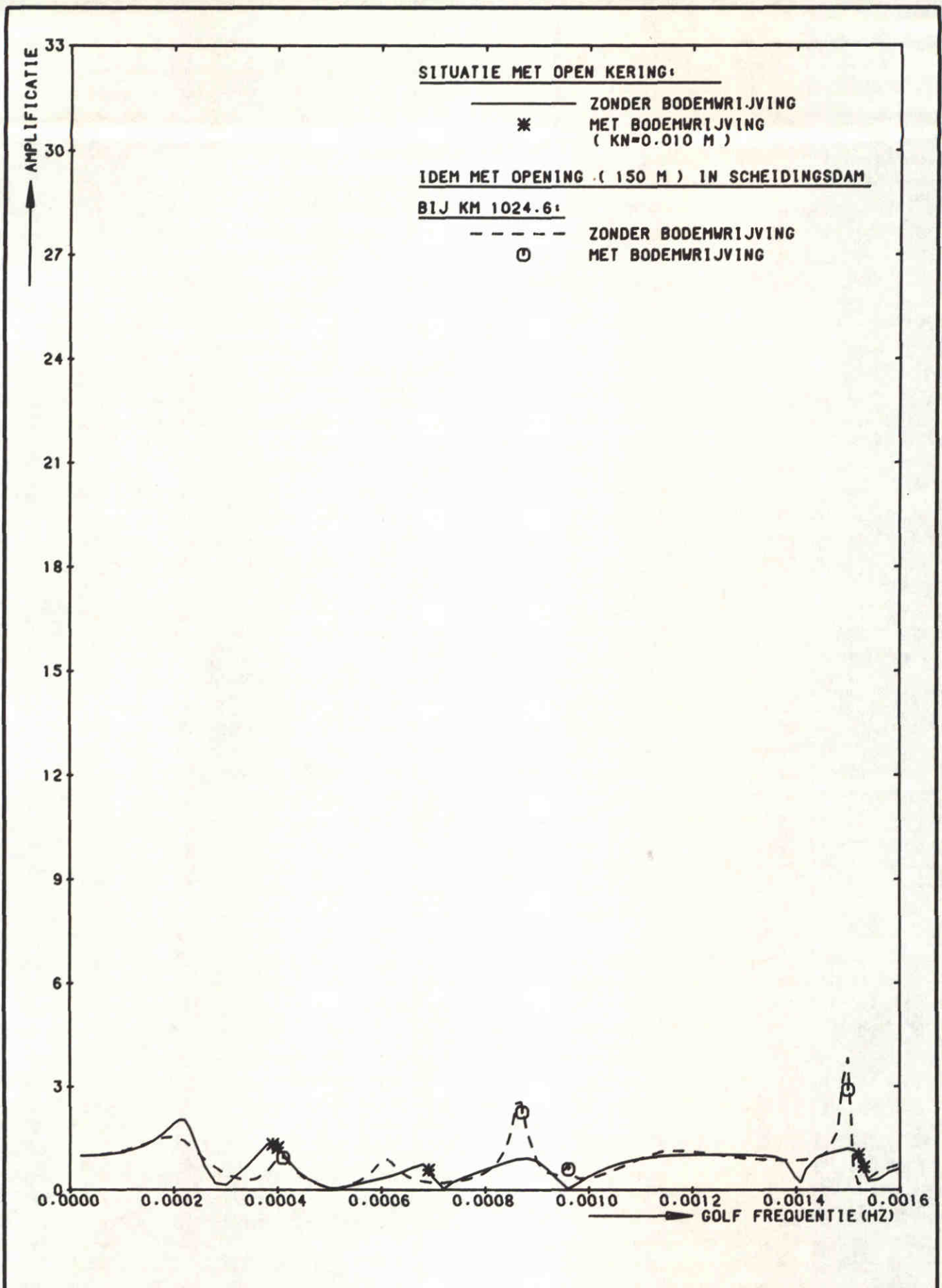
NAP +2.5

POSITIE 13
 MAASHOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 42



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

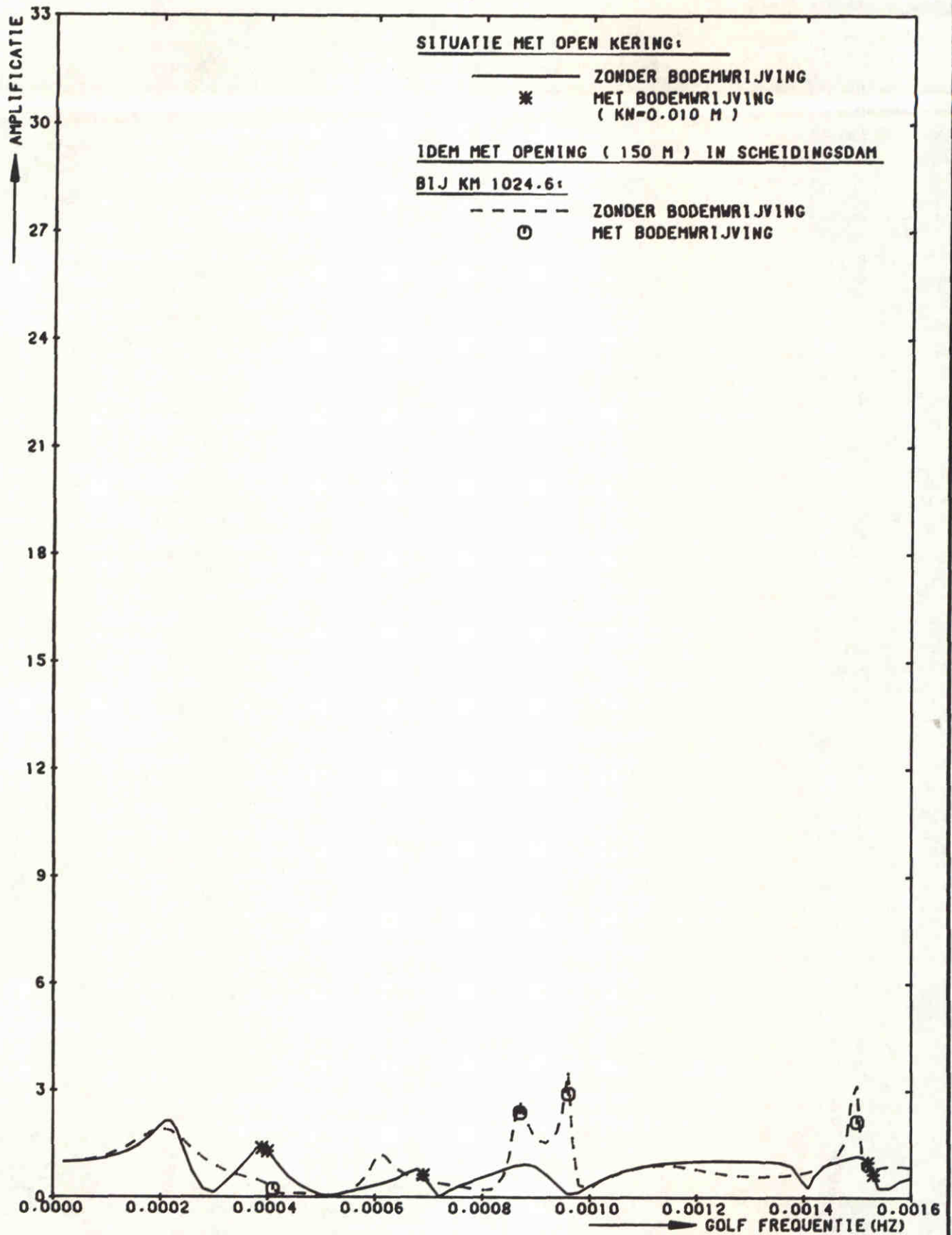
NAP +2.5

POSITIE 17
 BREEDDIEP (NOORDZUDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 43



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

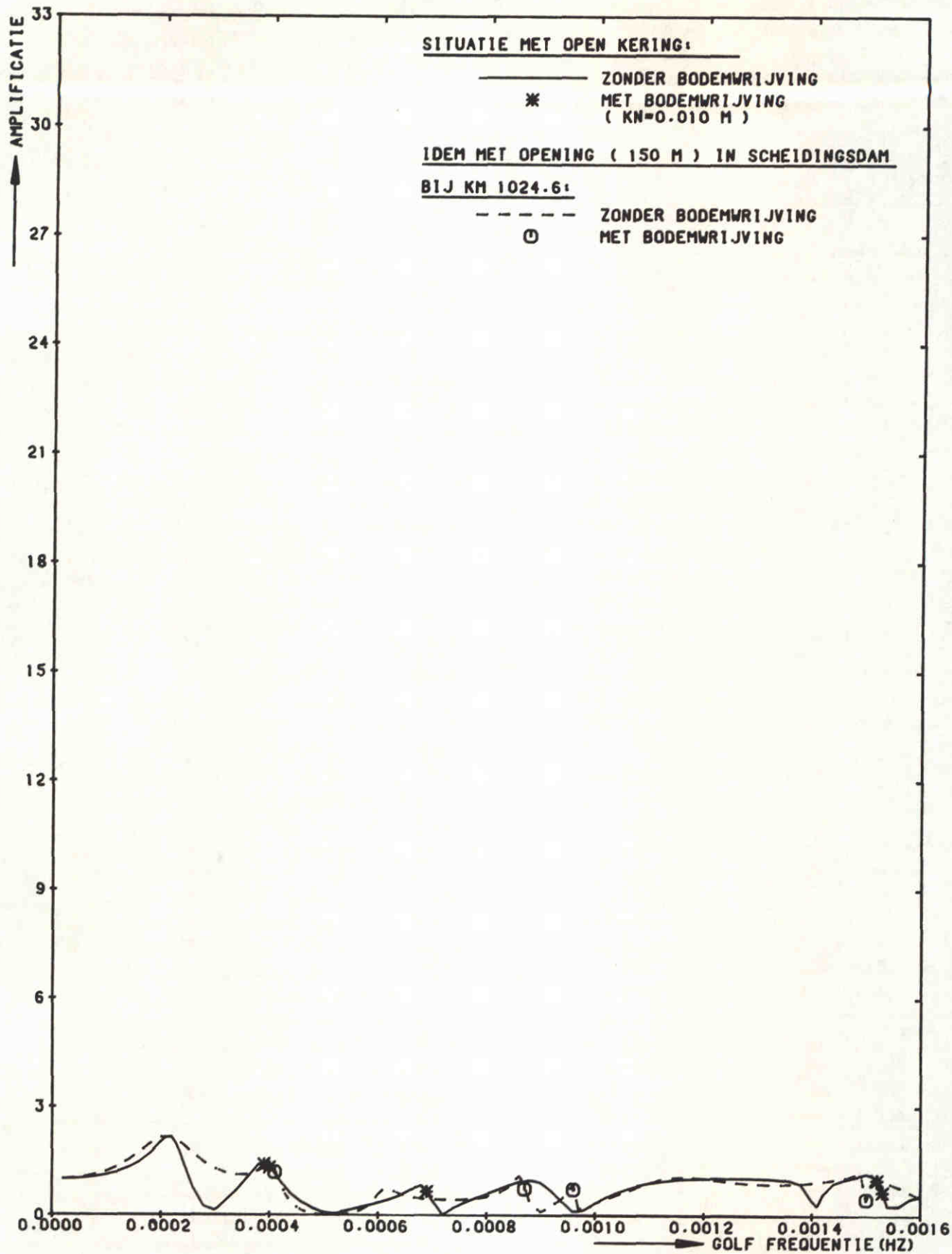
NAP +2.5

POSITIE 18
 S.V.K. KM 1026.50

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 44



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (OPEN)

H=0.3 M

NAP +2.5

POSITIE 20
S.V.K. KM 1022.00

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 45

SVK NIEUWE WATERWEG - Open op KM 1022.00
 Opening (150 M) in Scheidingsdam bij KM 1024.60
 Witwijking vrij wateroppervlak in m; $f = 0.00087$ Hz
 $H = 0.30$ m; $kN = 0.010$ m; wst 2.50 m + NAP

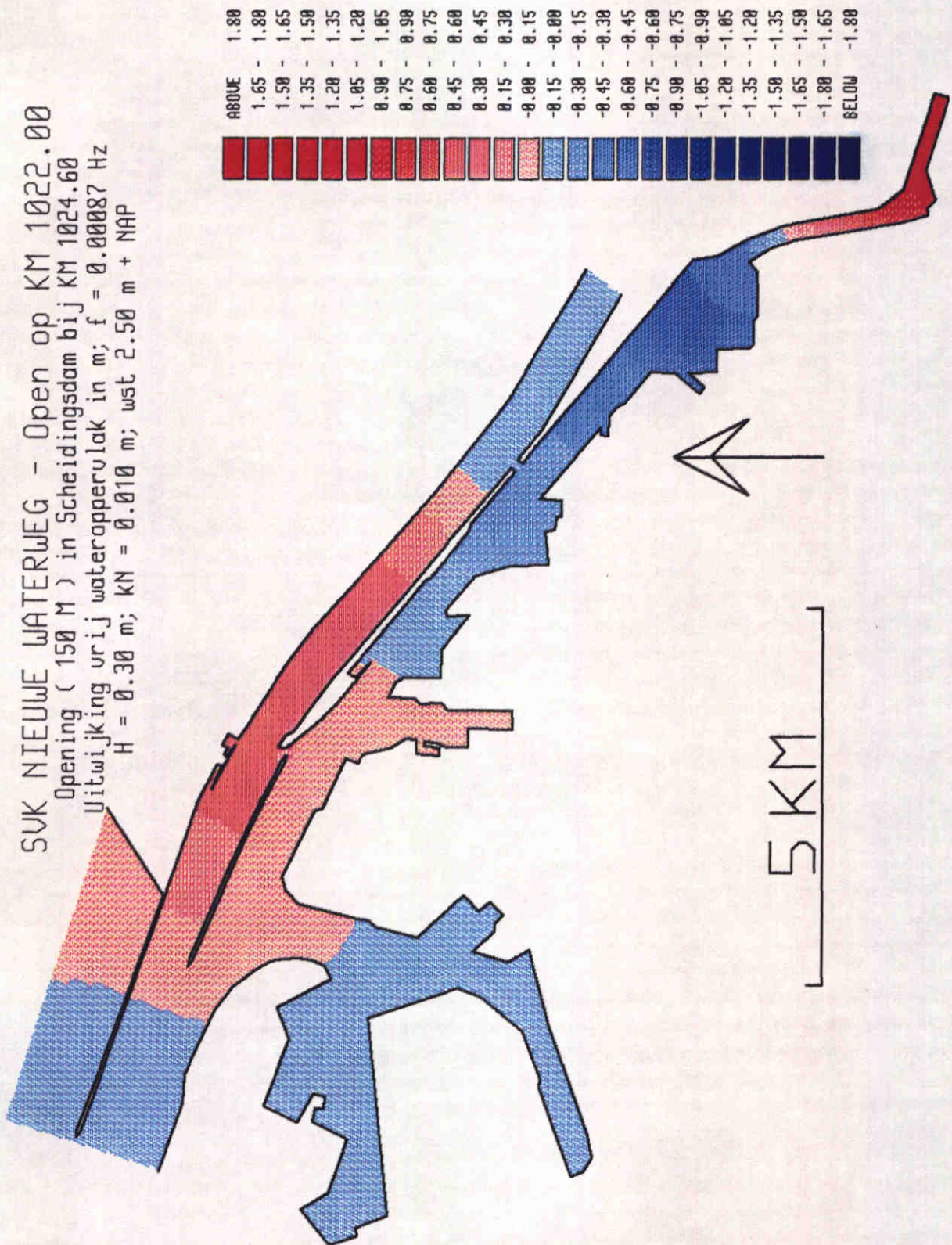


FIG. 46

SVK NIEUWE WATERWEG - Open op KM 1022.00

Opening (150 M) in Scheidingsdam bij KM 1024.60
 Uitwijking vrij wateroppervlak in m; $f = 0.00096$ Hz

$H = 0.30$ m; $kN = 0.010$ m; wst 2.50 m + NAP

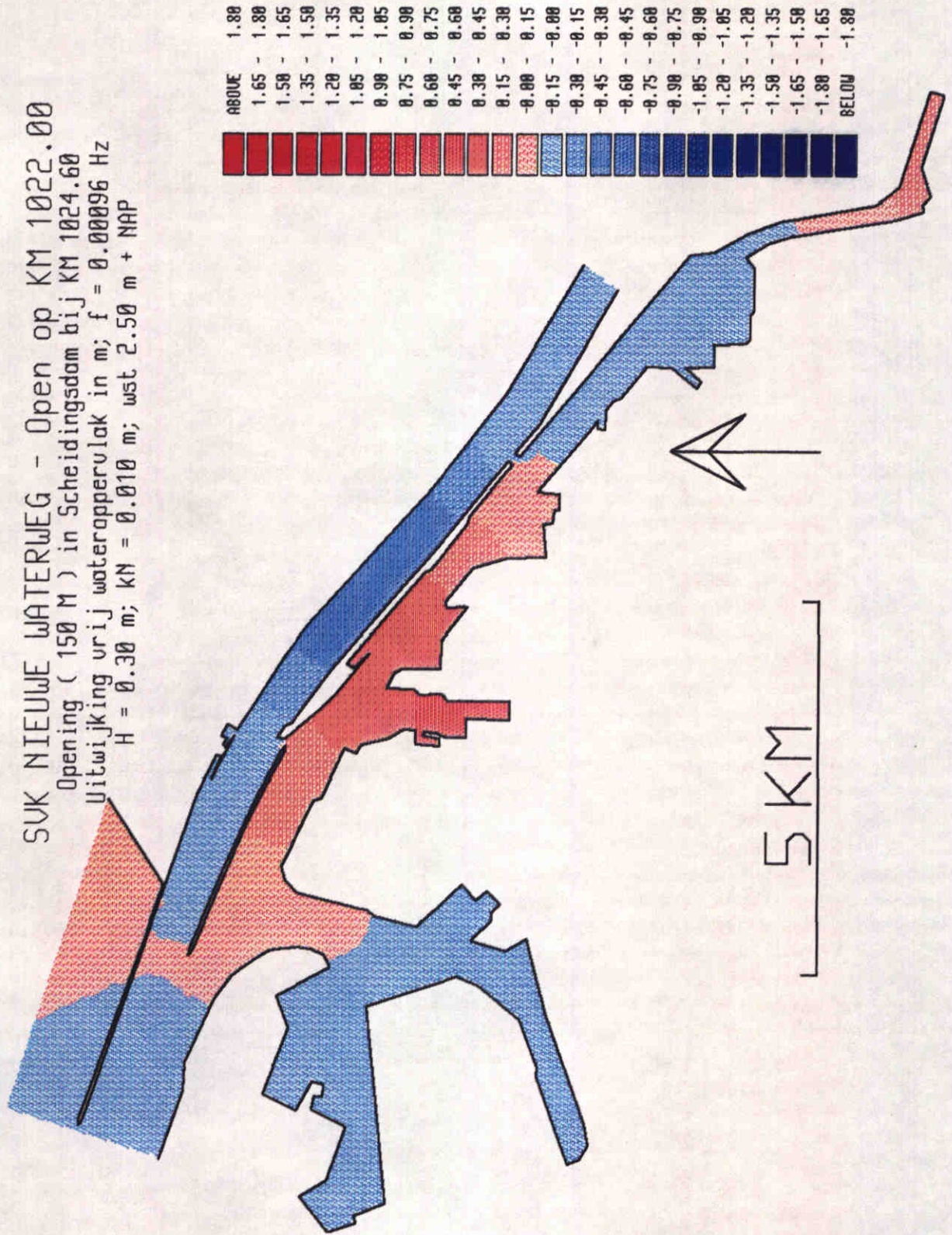


FIG. 47

SVK NIEUWE WATERWEG - Open op KM 1022.00
 Opening (150 M) in Scheidingsdam bij KM 1024.60
 Uitwijking vrij wateroppervlak in m; $f = 0.00150$ Hz
 $H = 0.30$ m; $kN = 0.010$ m; wst 2.50 m + NAP

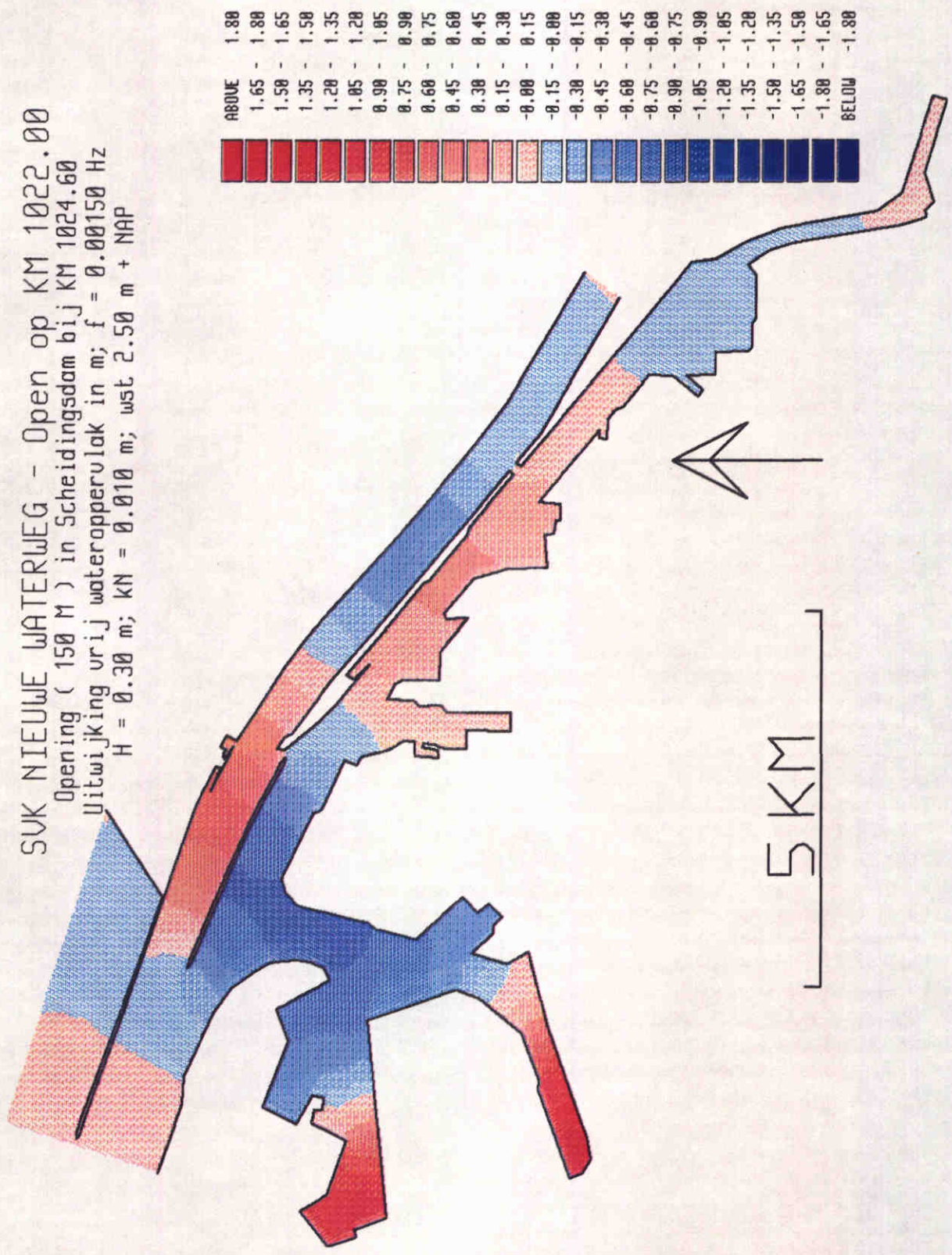
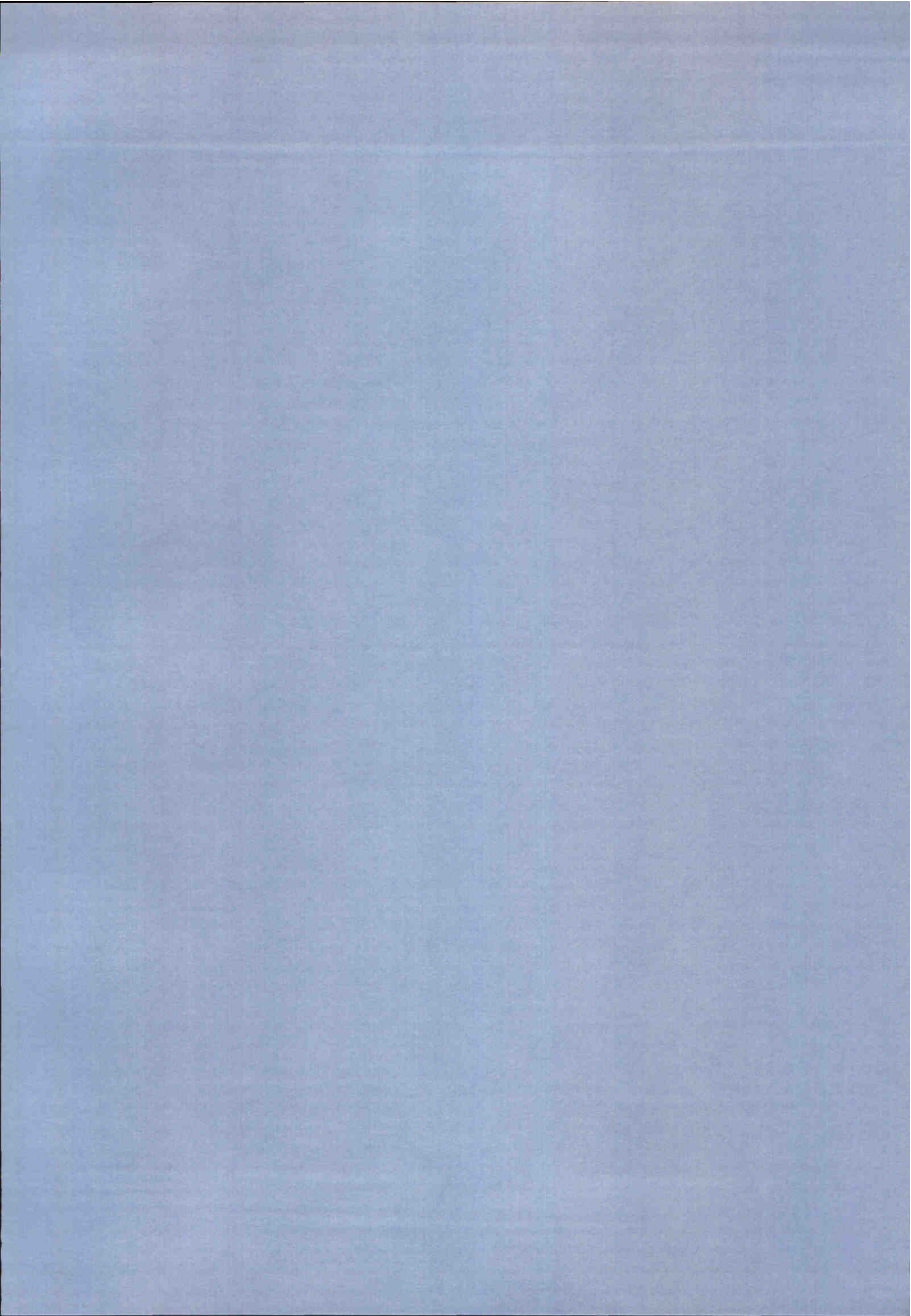
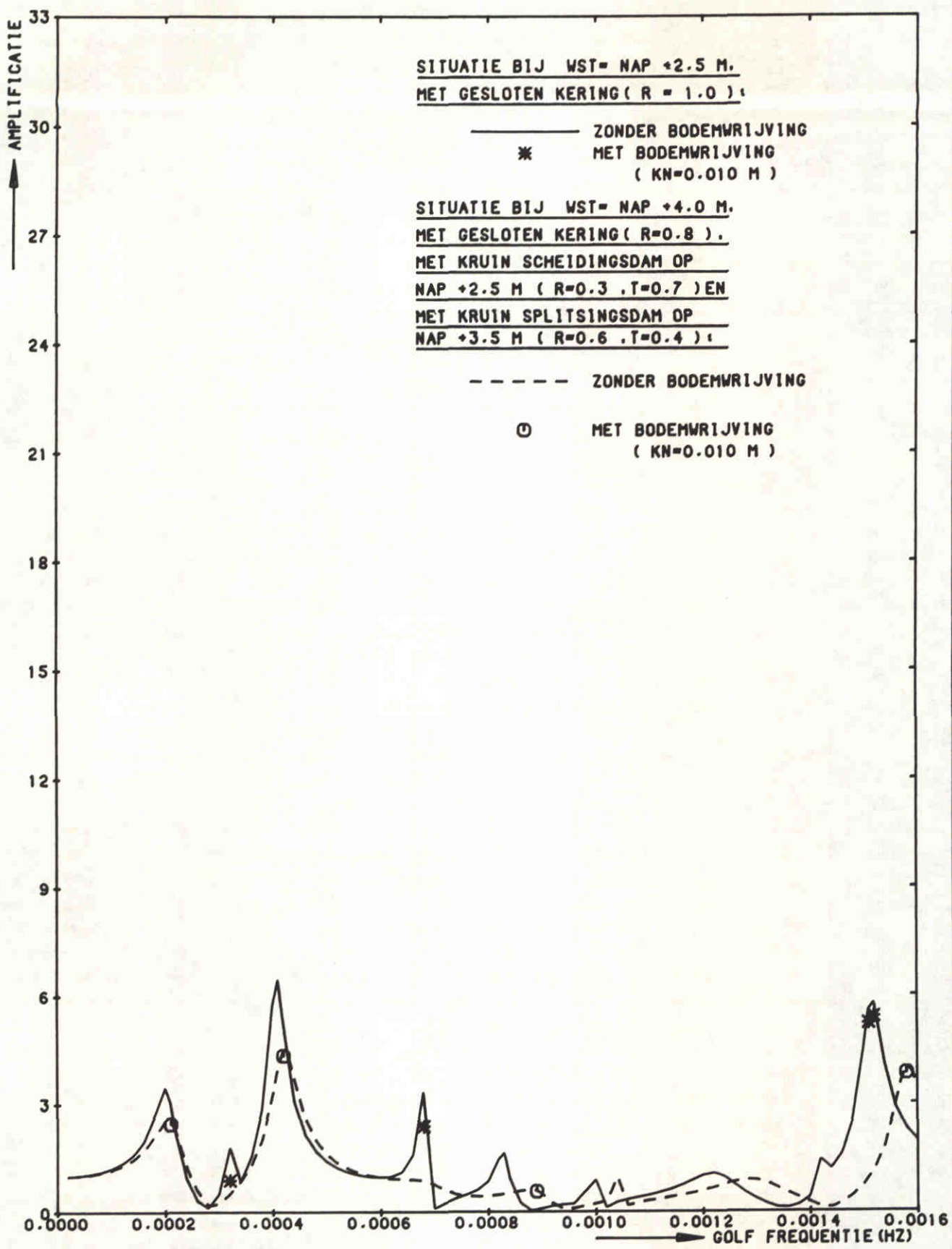


FIG. 48





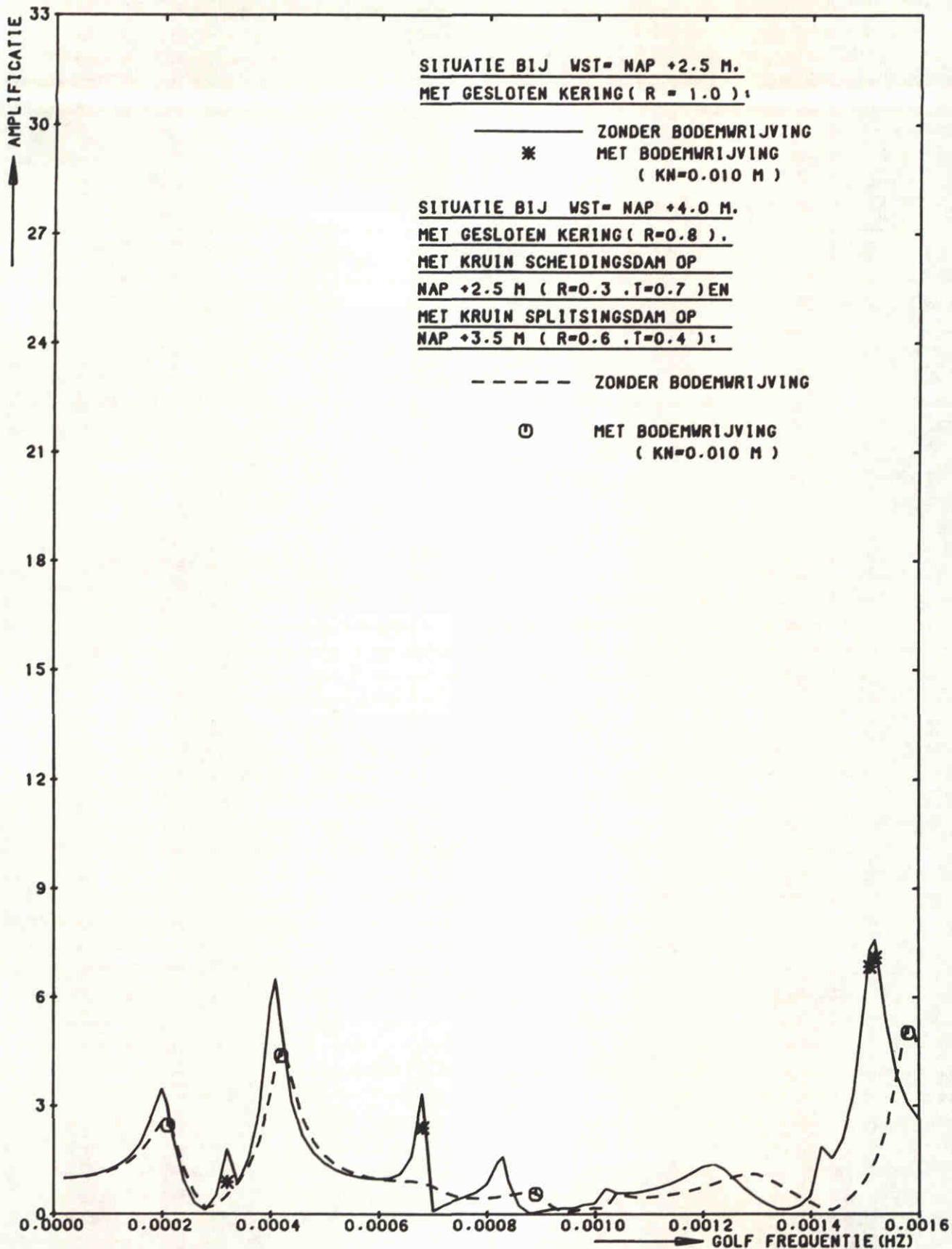
STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H = 0.3 M
POSITIE 1
EUROPA HAVEN.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 49



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

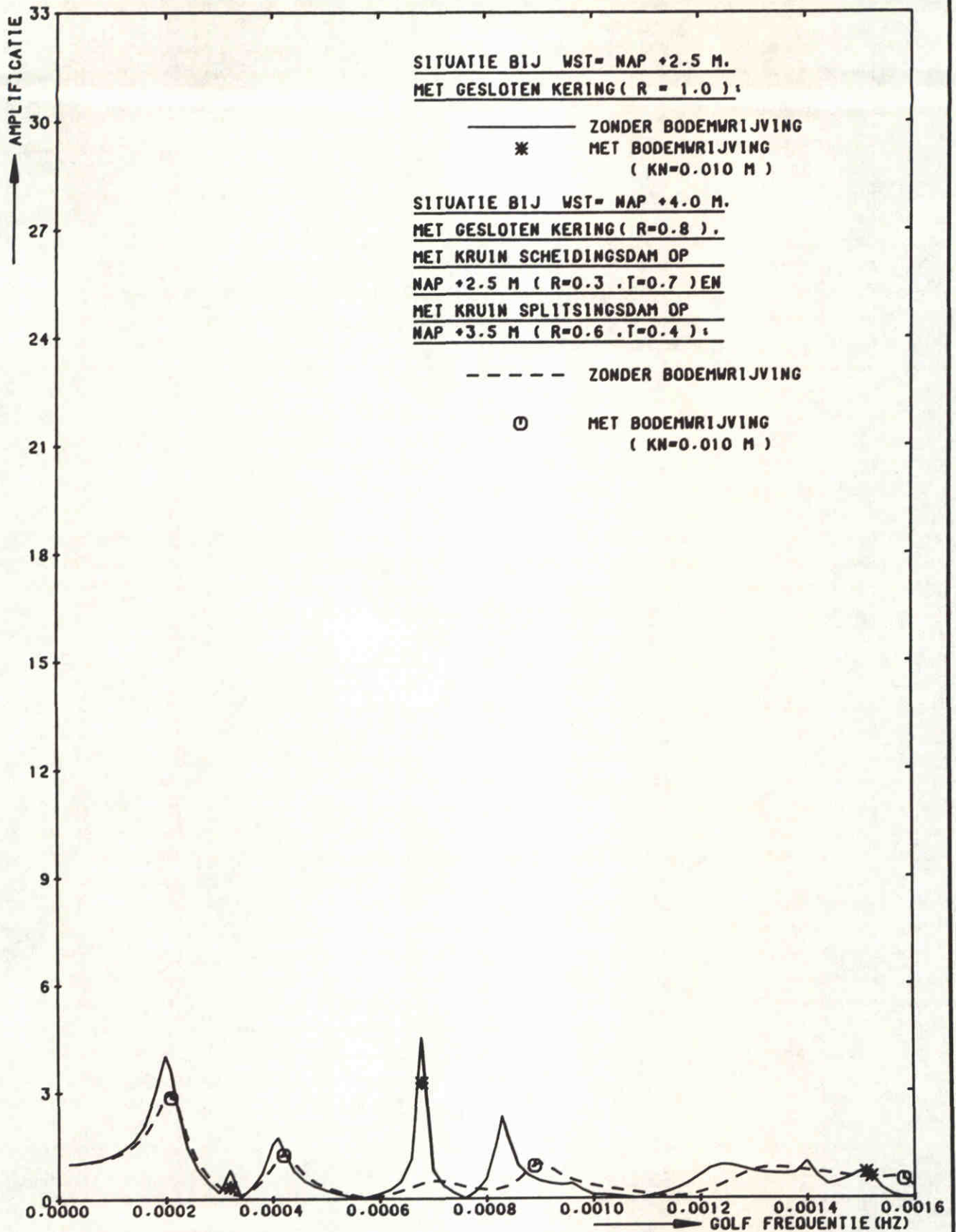
H=0.3 M

POSITIE 4
MISSISSIPPI HAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 50



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

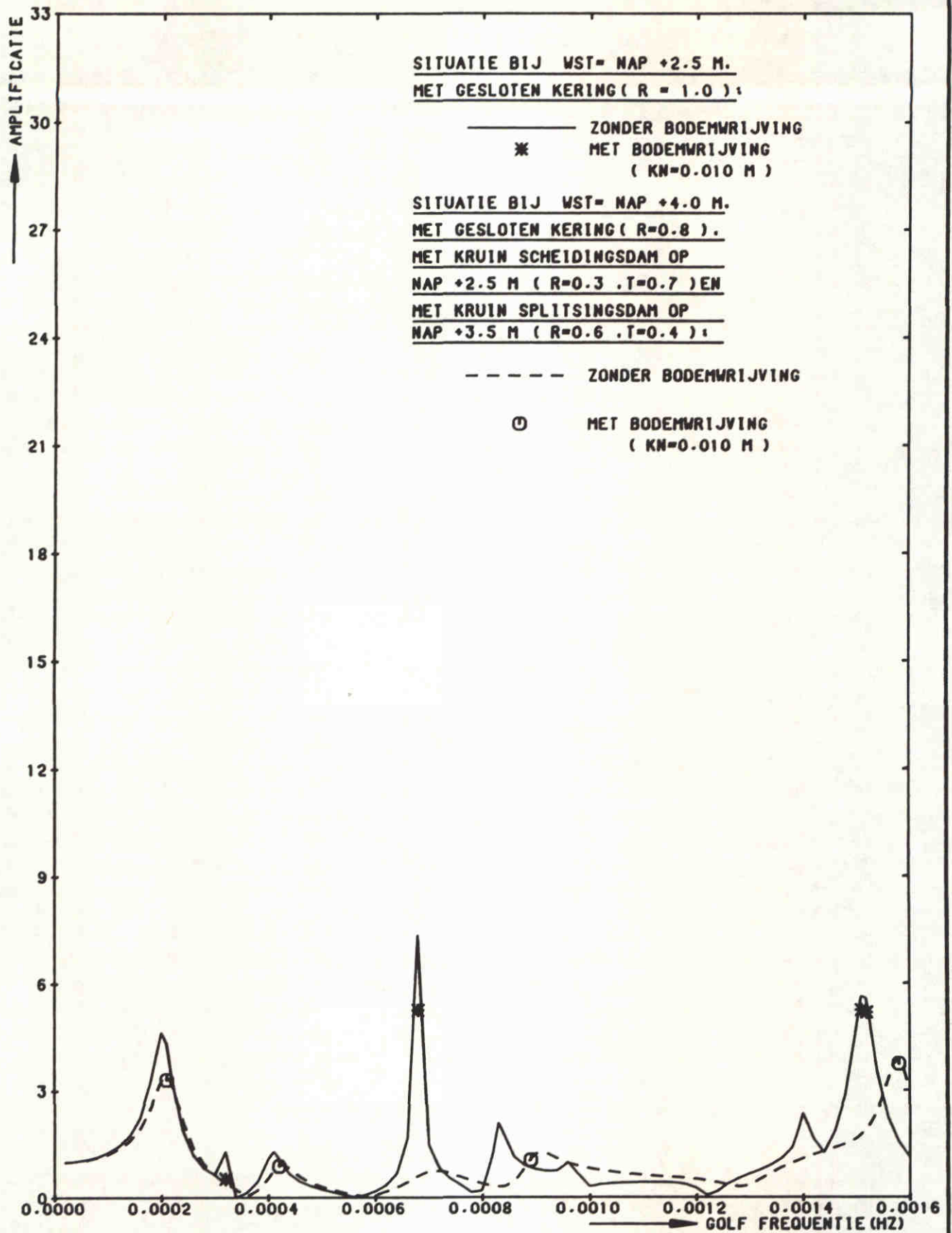
H=0.3 M

POSITIE 5
BREEDDIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 51



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1022.00 (GESLOTEN)

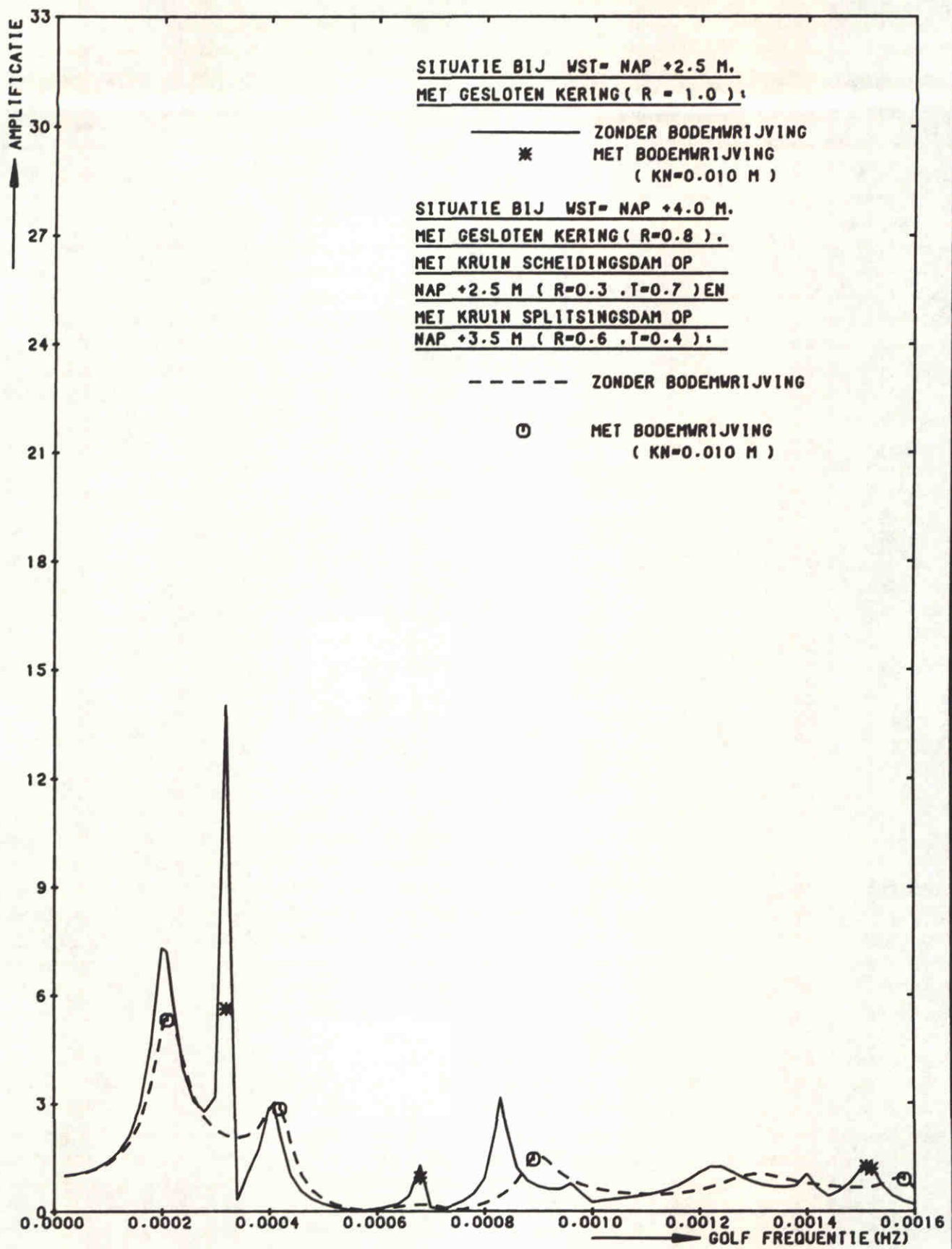
H=0.3 M

POSITIE 7
BENELUX HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 52



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

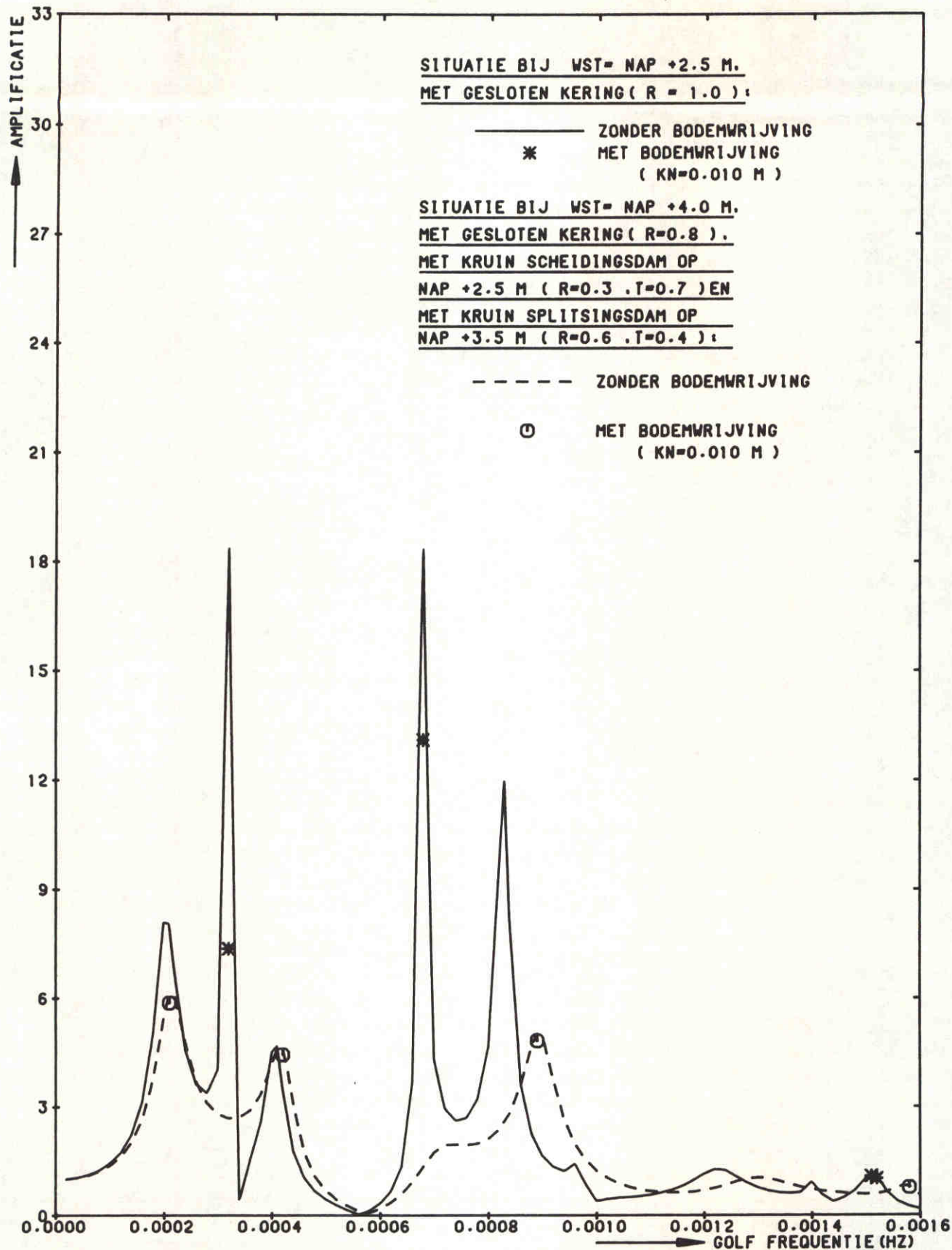
H=0.3 M

POSITIE 10
0.21JDE 7E PETROLEUM H.V.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 53



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

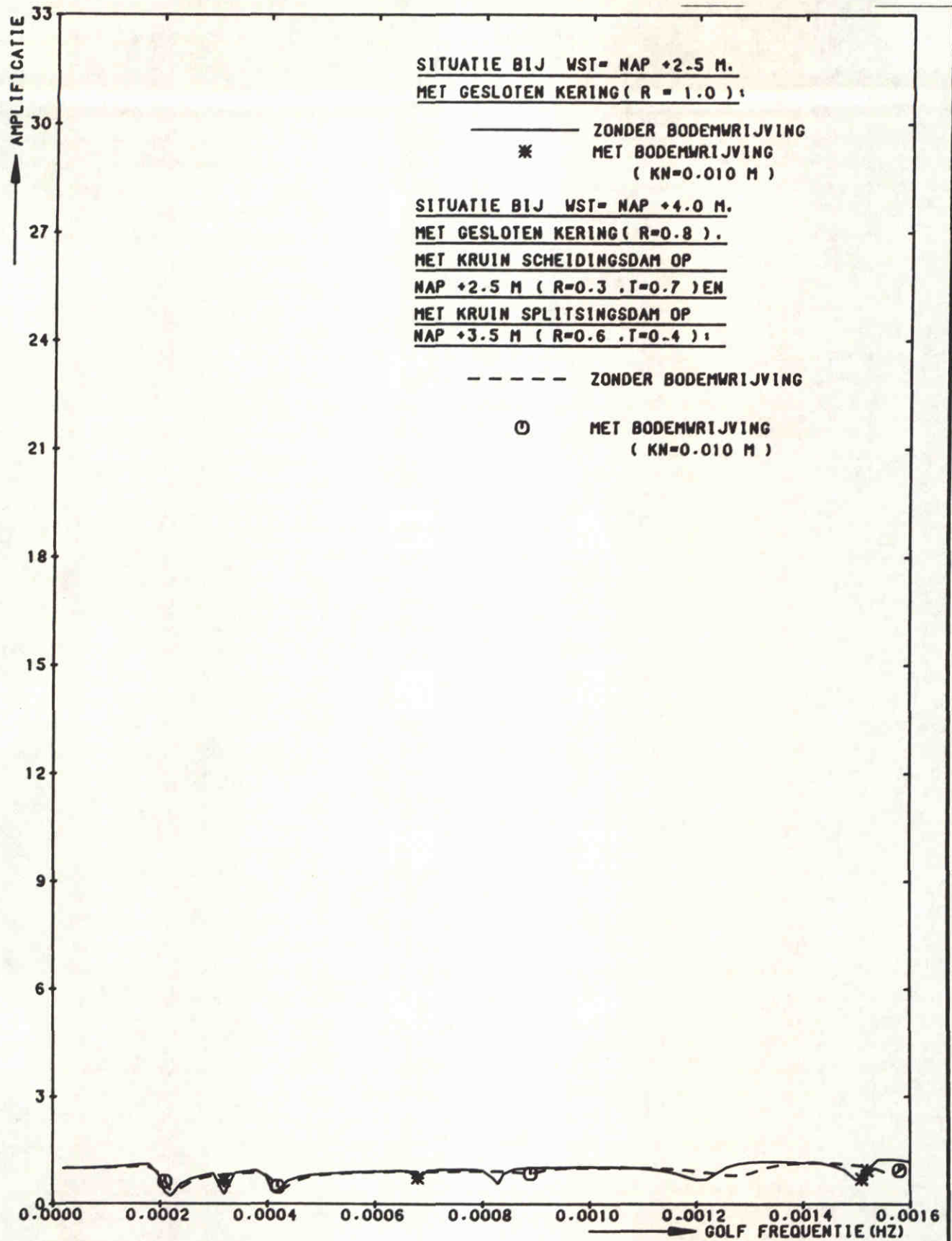
H=0.3 M

POSITIE 12
BRITANNIË HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 54



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

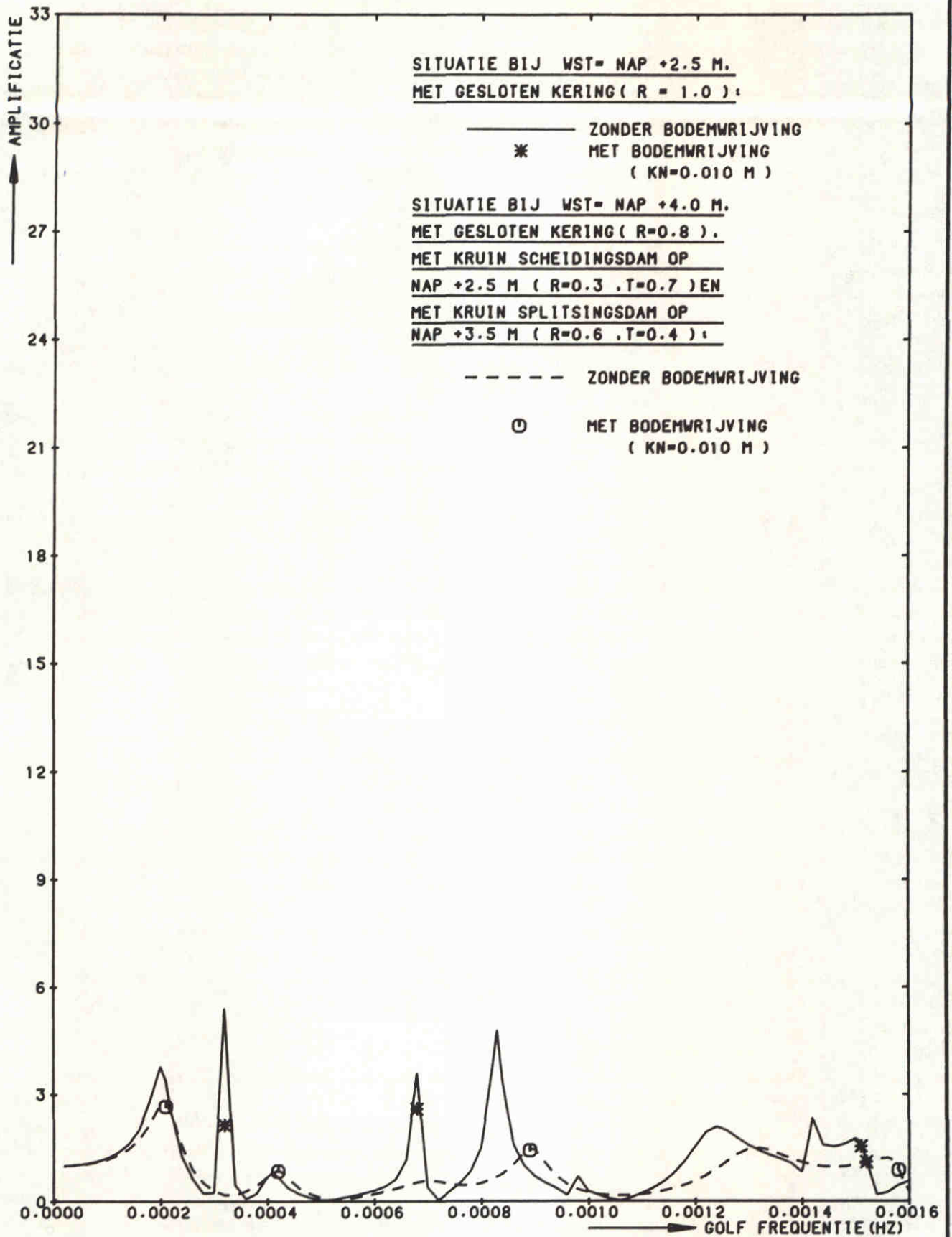
H=0.3 M

POSITIE 13
MAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 55



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

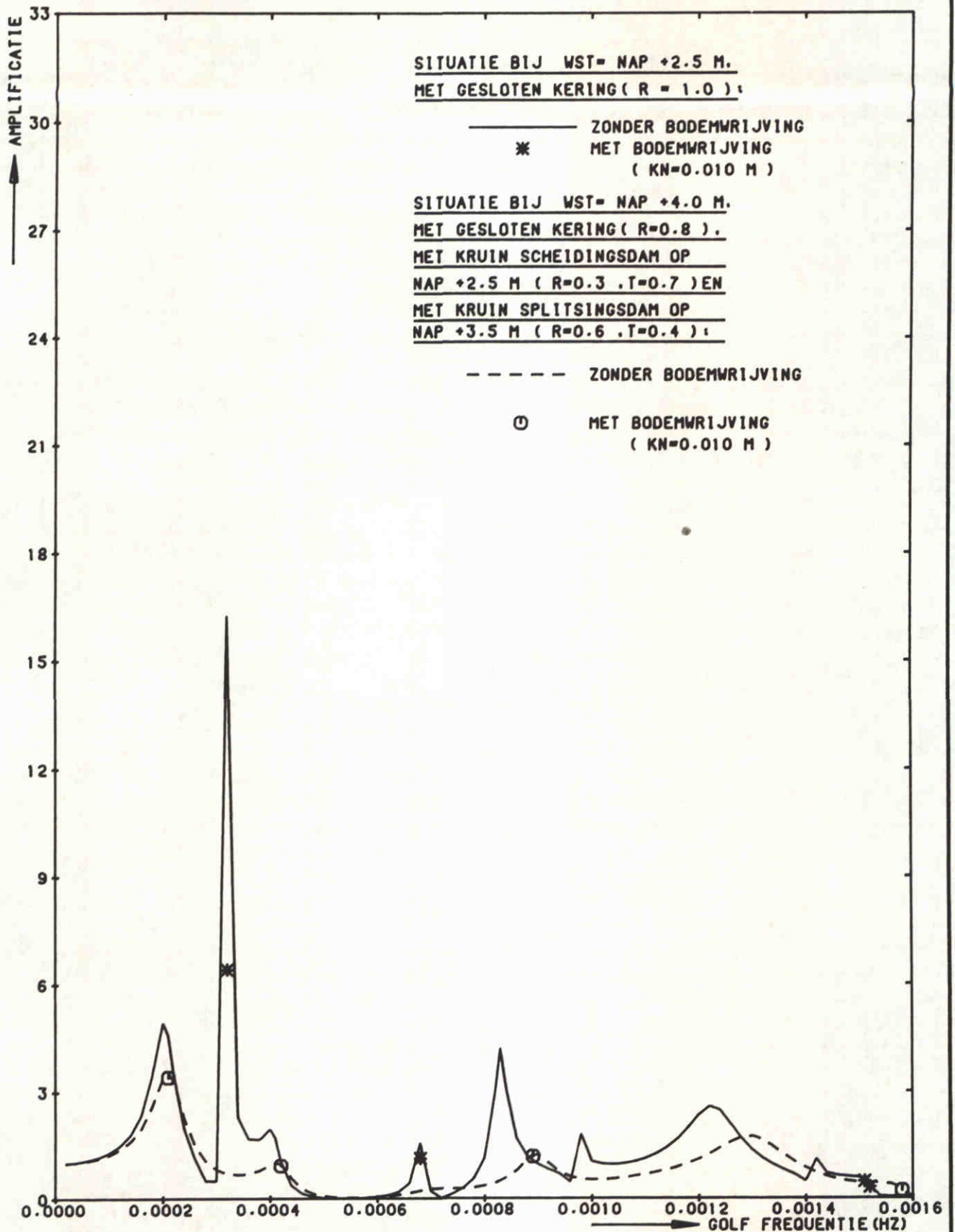
H=0.3 M

POSITIE 17
BREEDDIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 56



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)

H=0.3 M

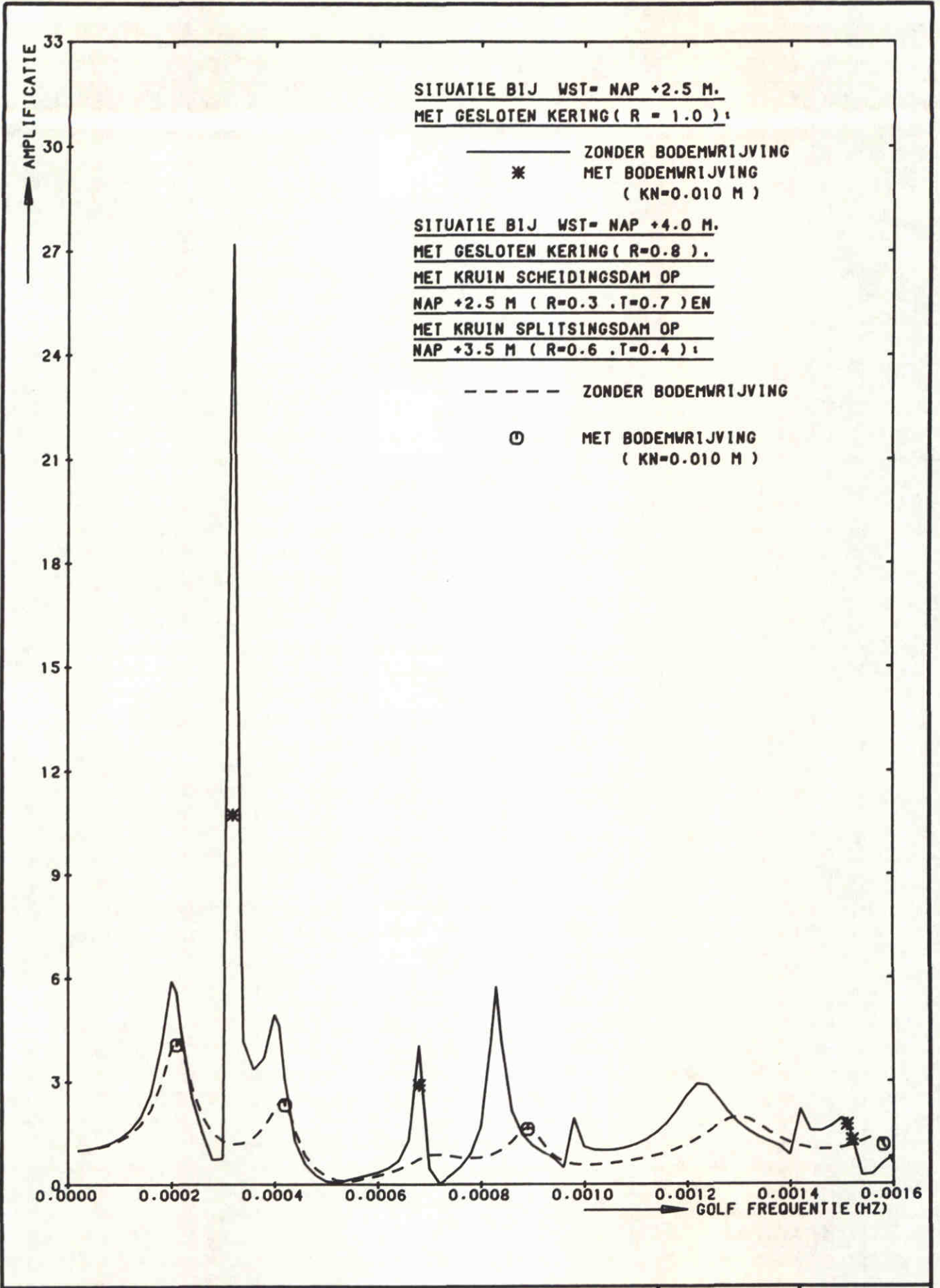
POSITIE 18

S.V.K. KM 1026.50

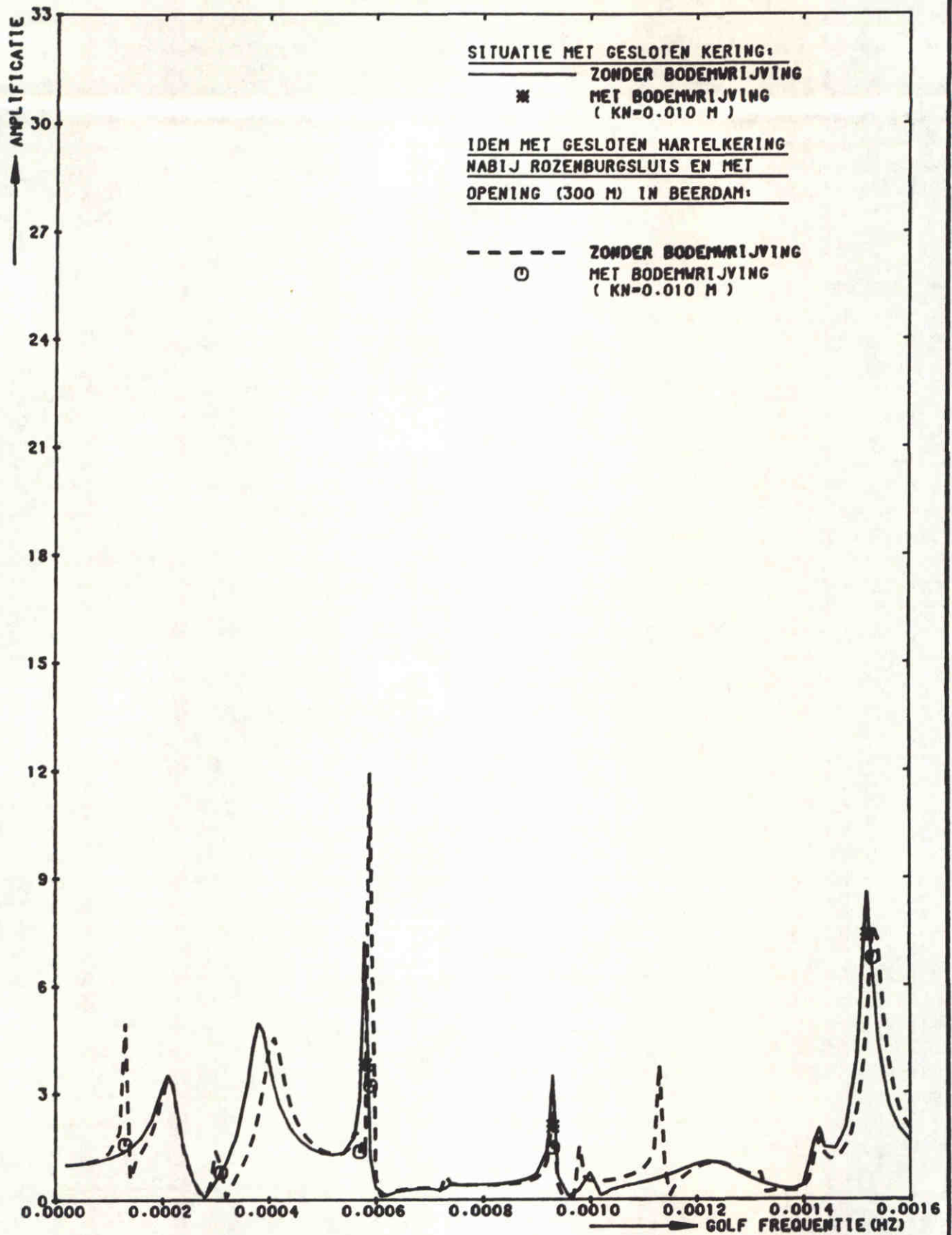
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 57



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V. KM 1022.00 (GESLOTEN)	H=0.3 M	
	POSITIE 20 S.V.K. KM 1022.00	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG. 58



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

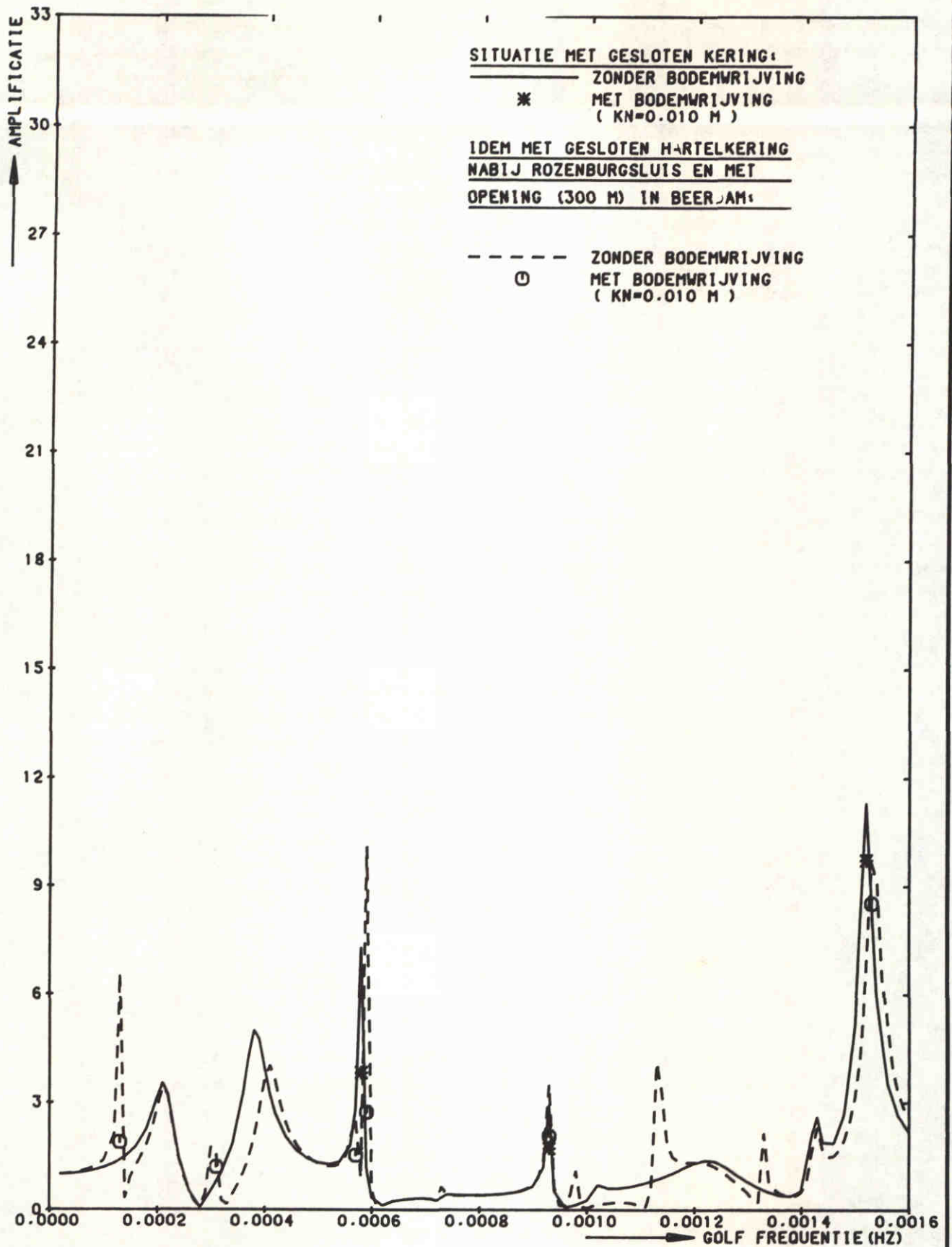
NAP +2.5 M

POSITIE 1
 EUROPA HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 59



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

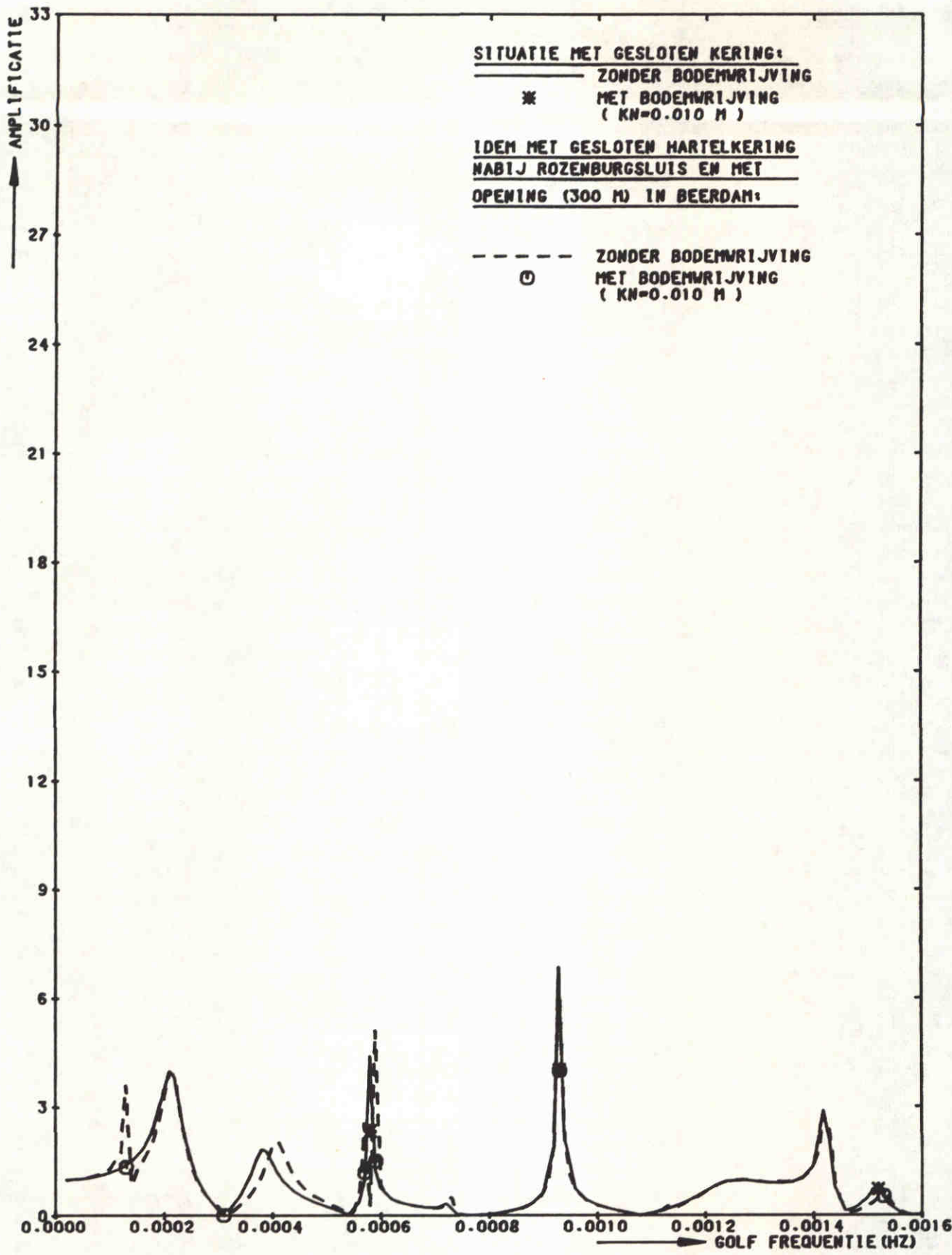
NAP +2.5 M

POSITIE 4
 MISSISSIPPIHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 60



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

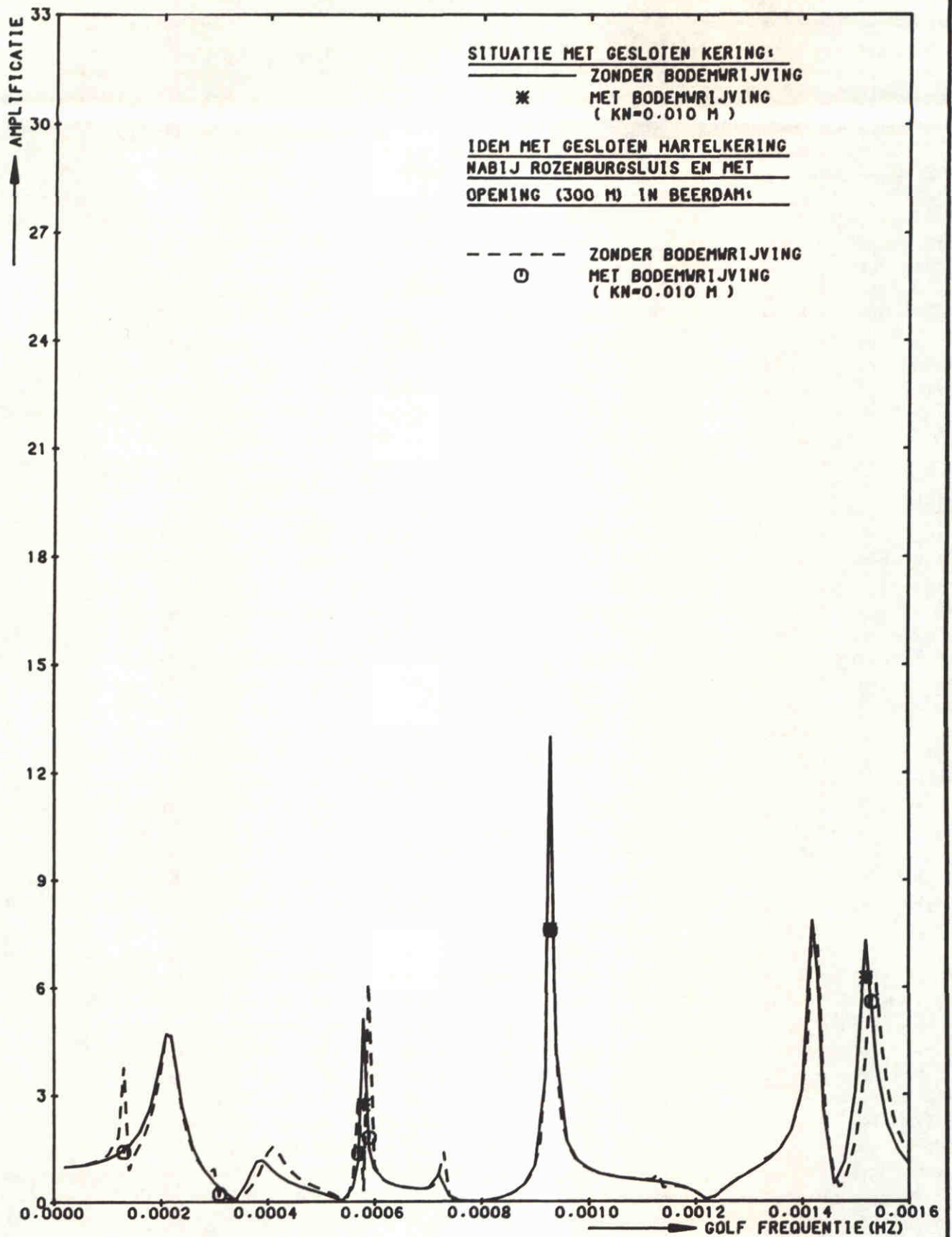
NAP +2.5 M

POSITIE 5
 BREEDDIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 61



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

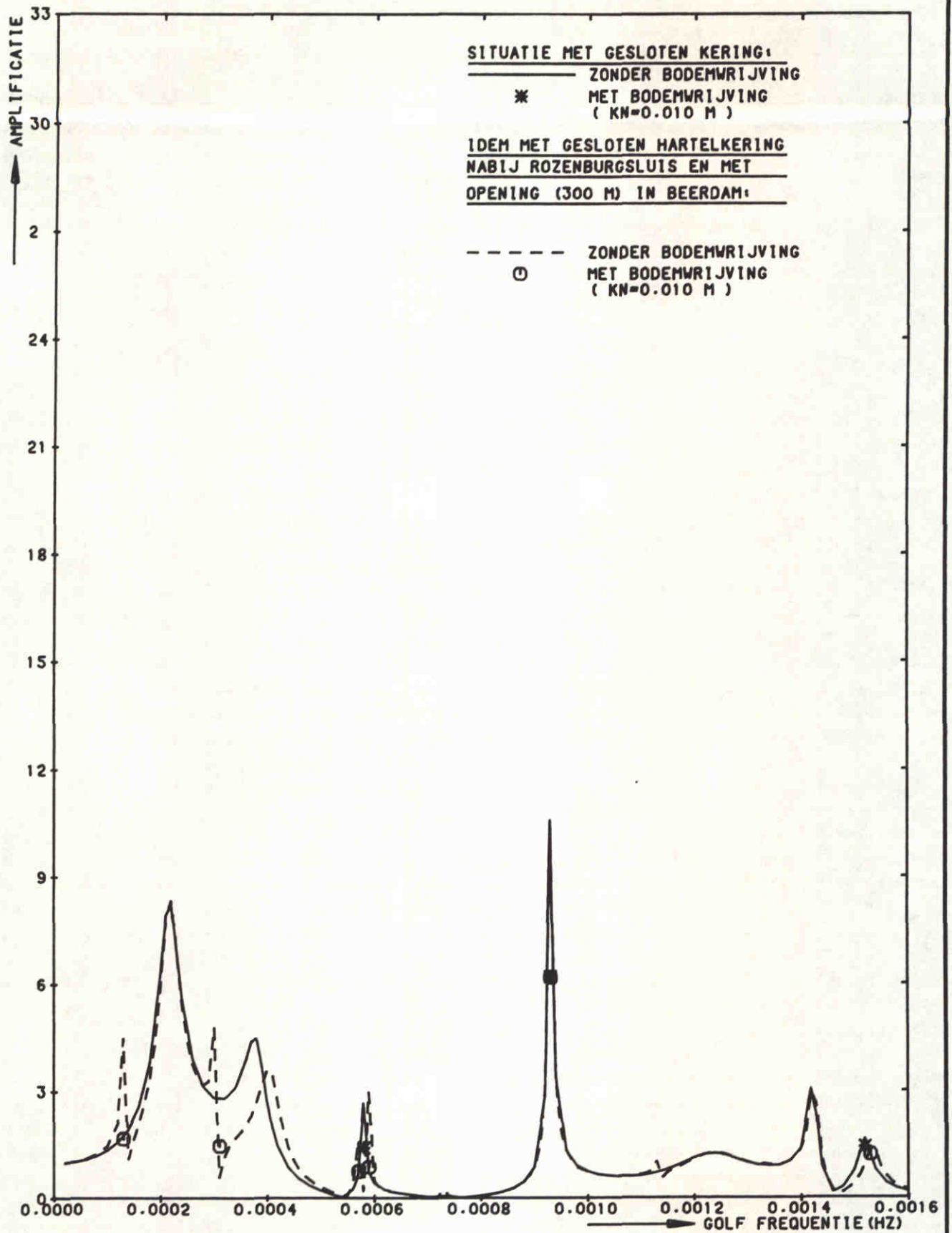
NAP +2.5 M

POSITIE 7
 BENELUX HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 62



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

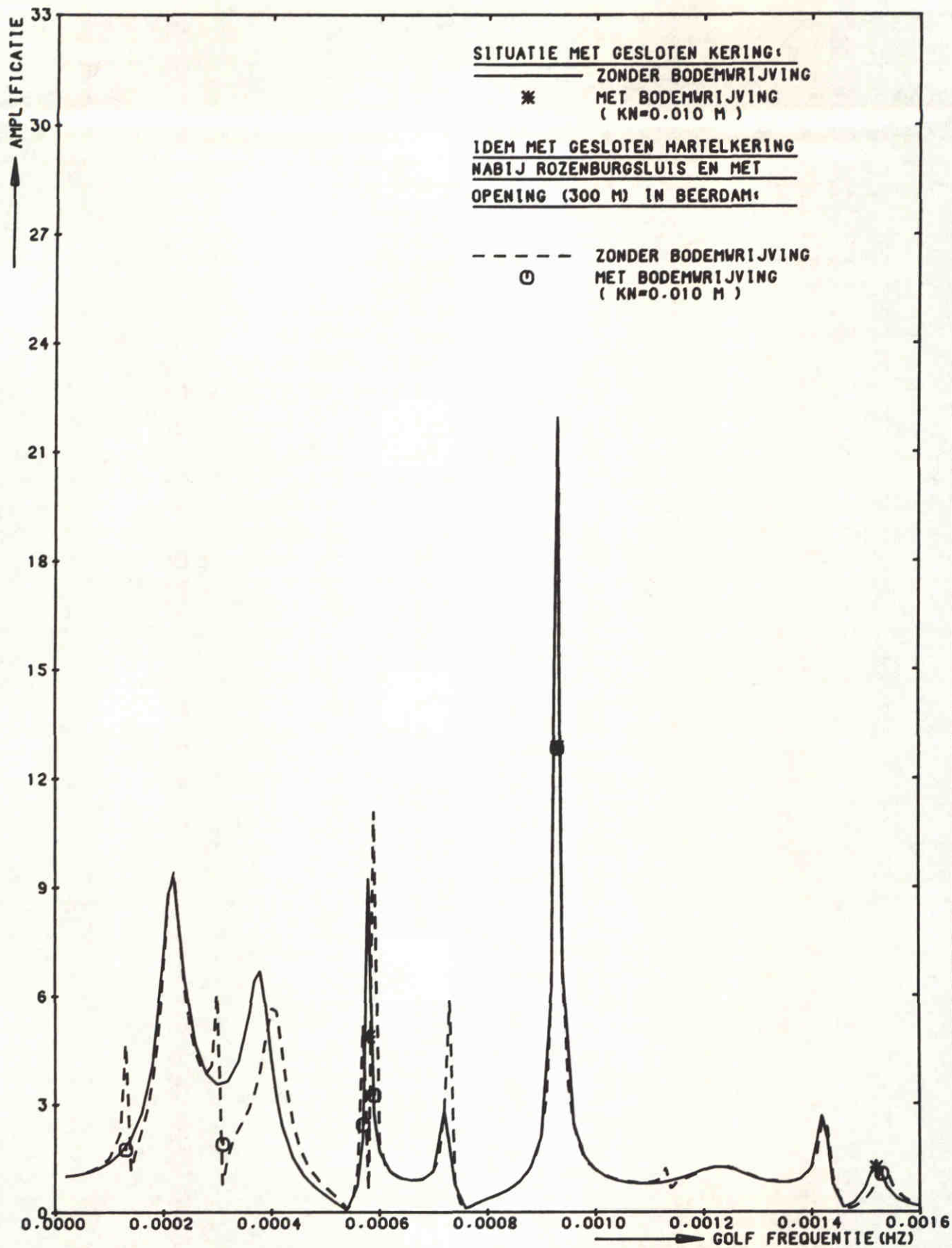
NAP +2.5 M

POSITIE 10
 OVERZ 7E PETROLEUMHV

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 63



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

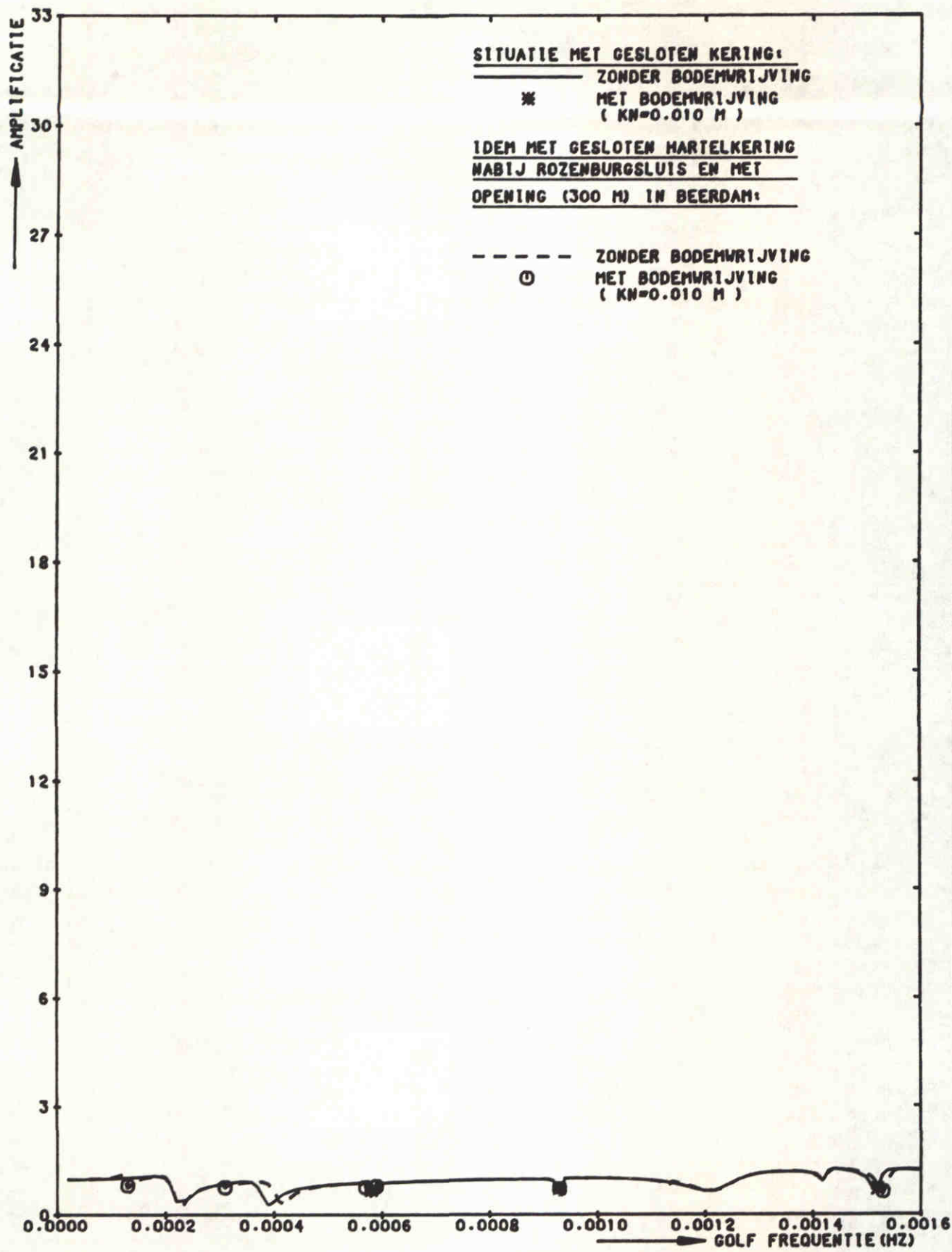
NAP +2.5 M

POSITIE 12
 BRITANNIË HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 64



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

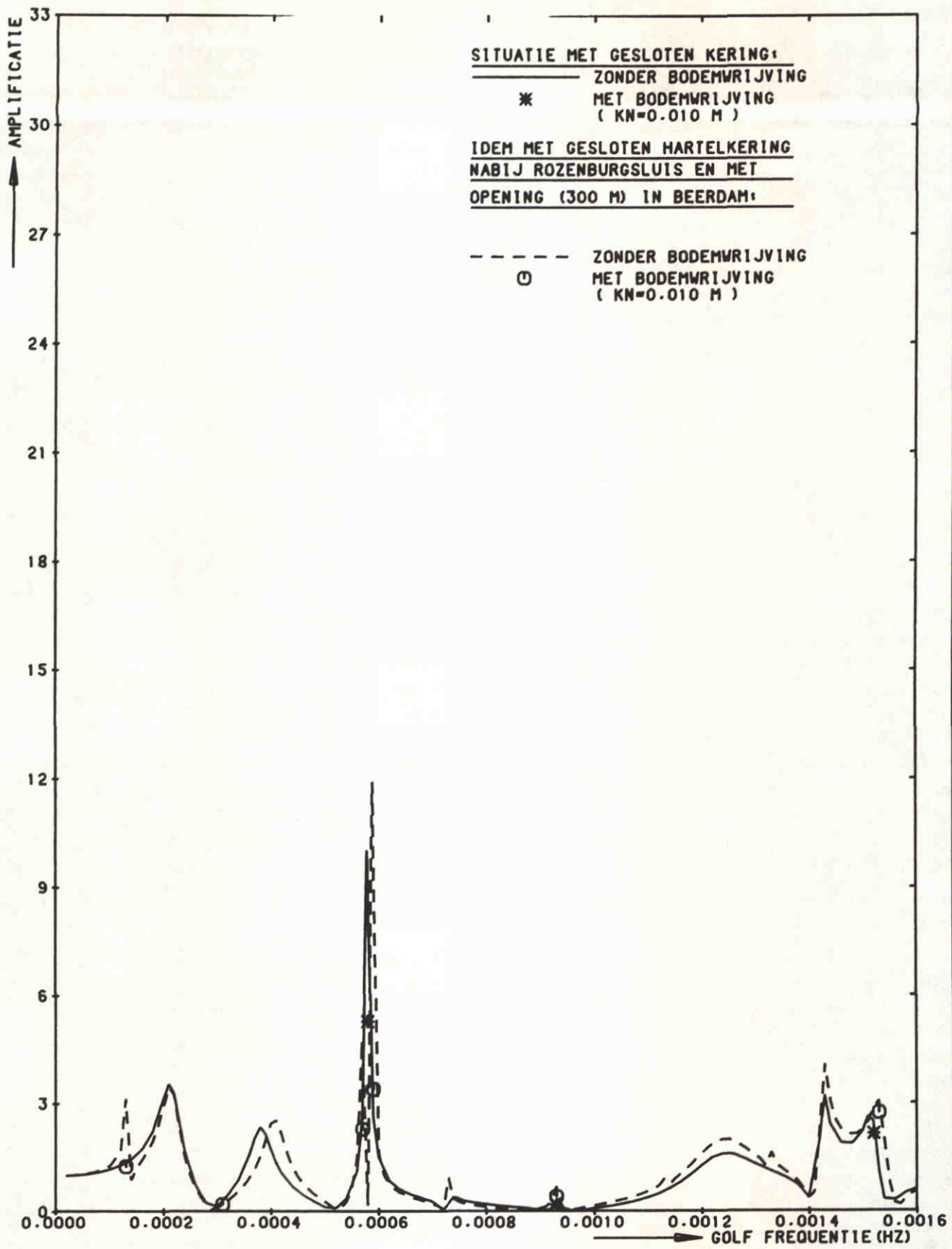
NAP +2.5 M

POSITIE 13
 MAASHOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 65



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

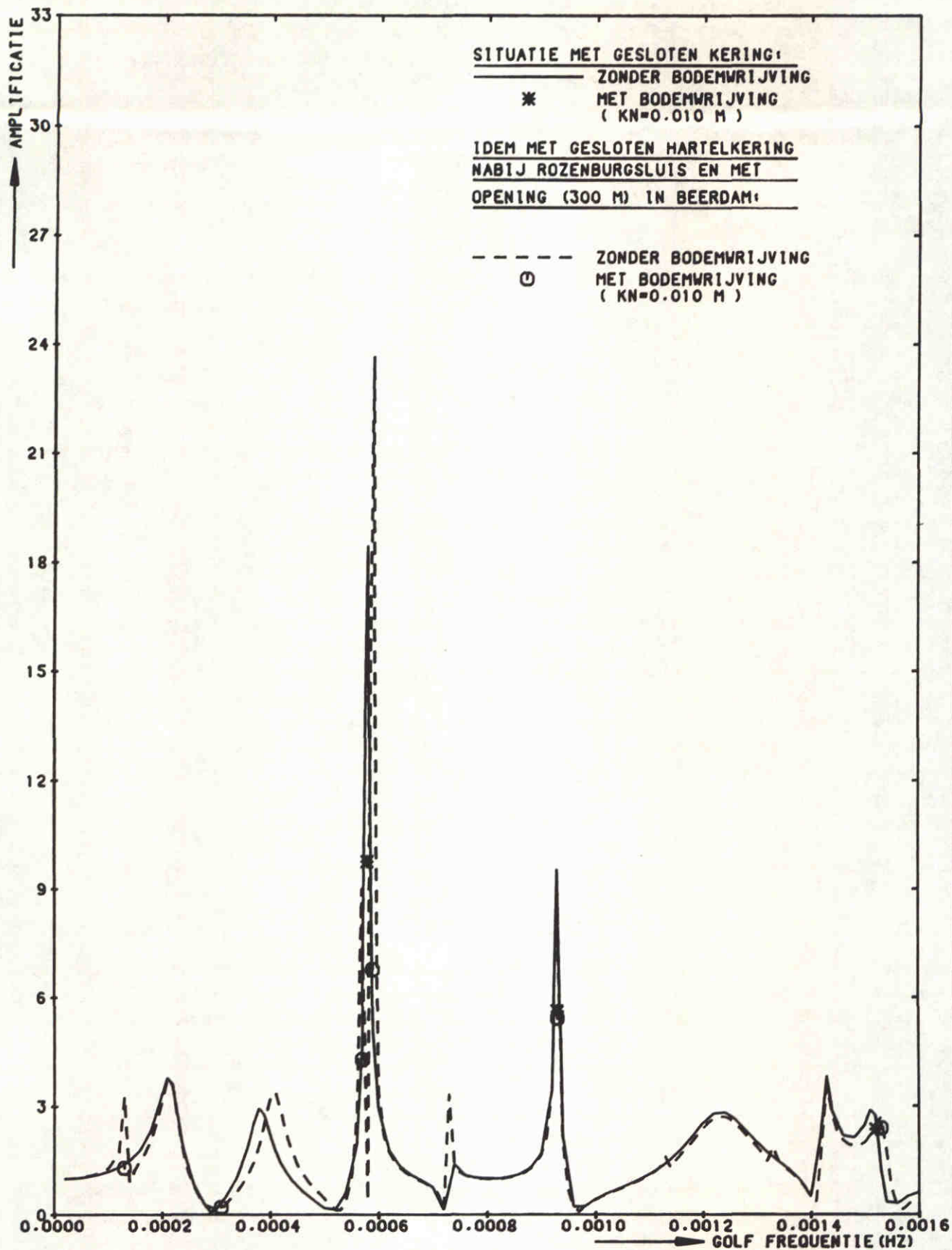
H=0.3 M NAP +2.5 M

POSITIE 17
 BREEDDIEP (NOORDZUDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 66



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

NAP +2.5 M

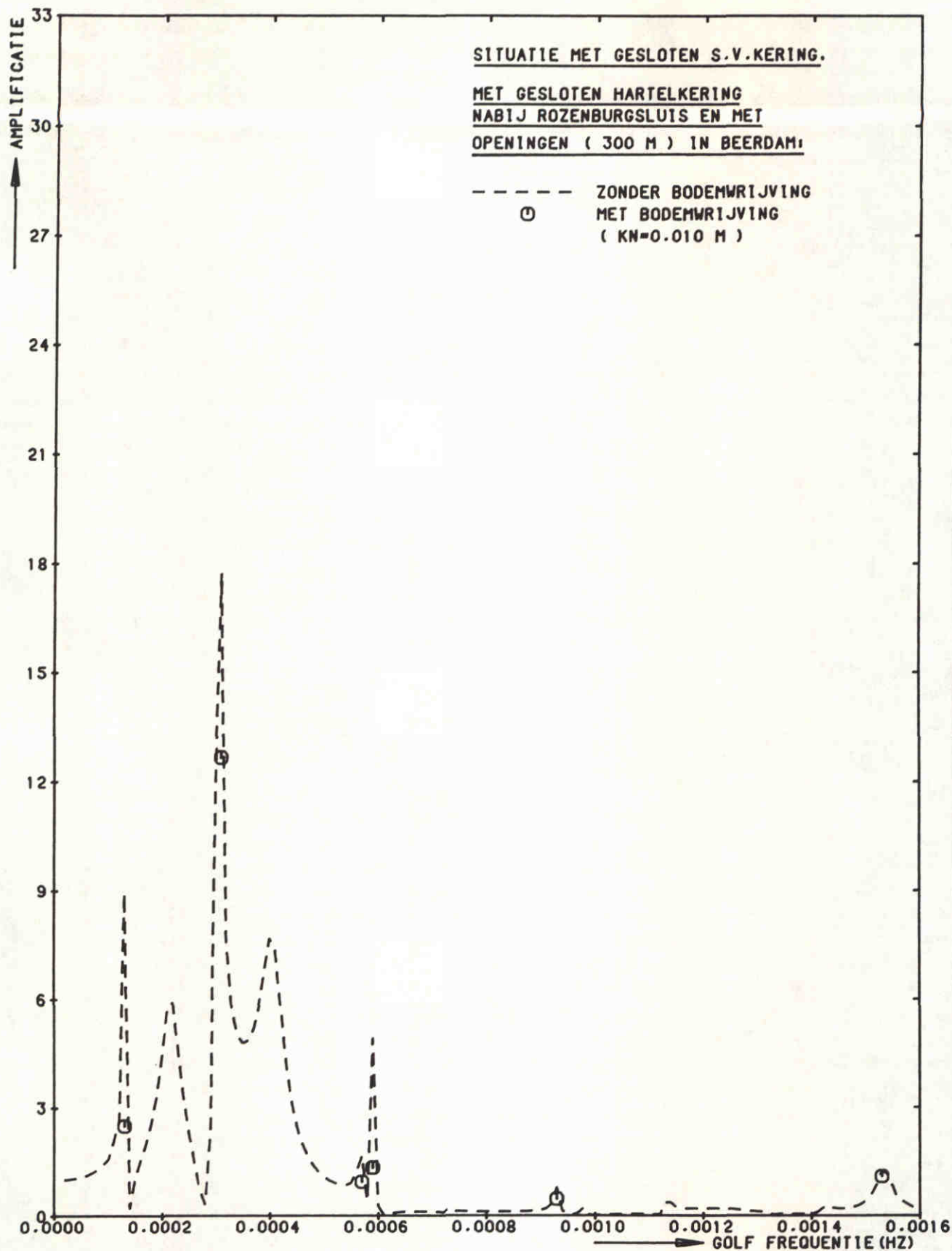
POSITIE 18

S.V.K. KM 1026.5

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 67



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

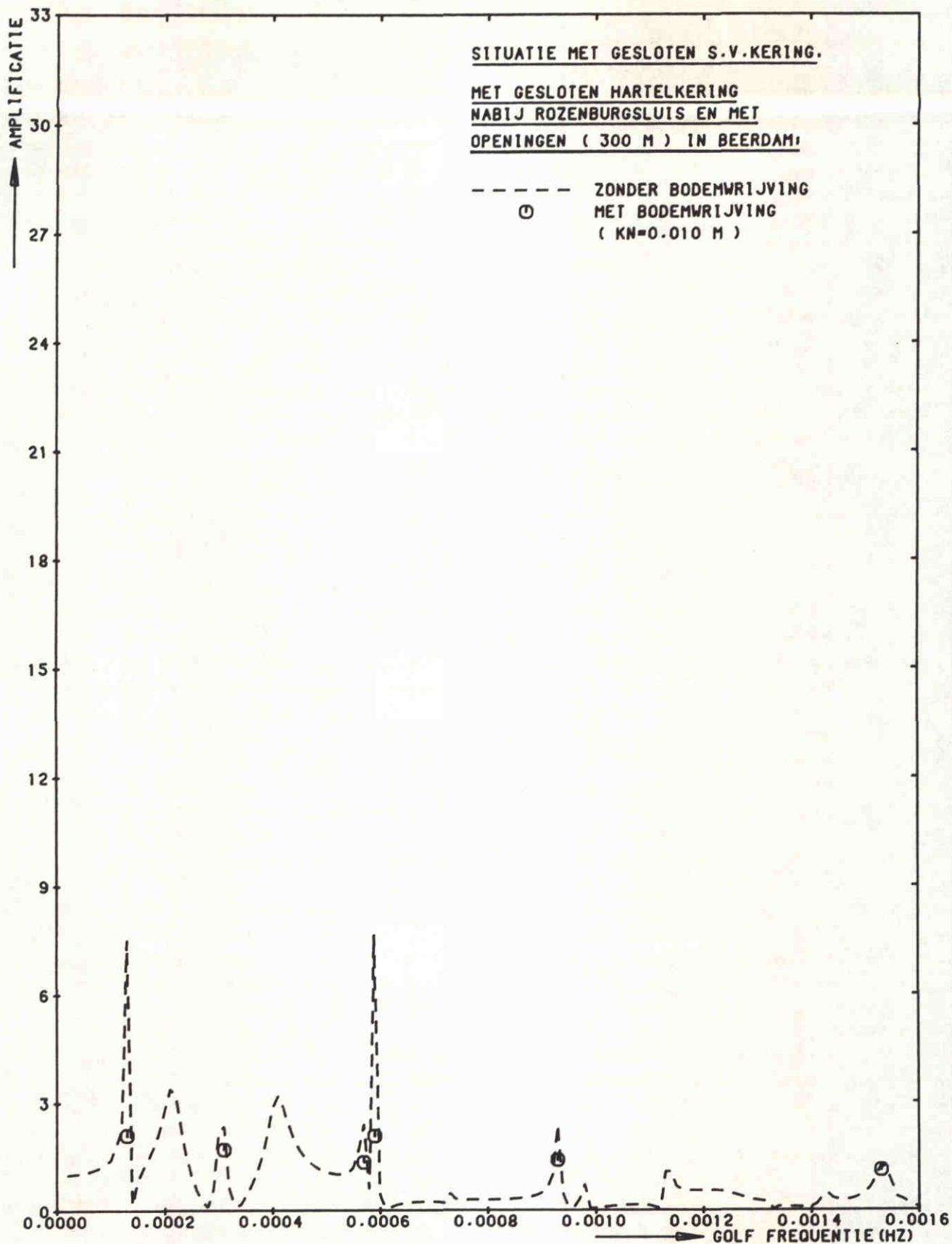
NAP +2.5 M

POSITIE 21
 HARTELHAVEN (NOORD)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 68



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

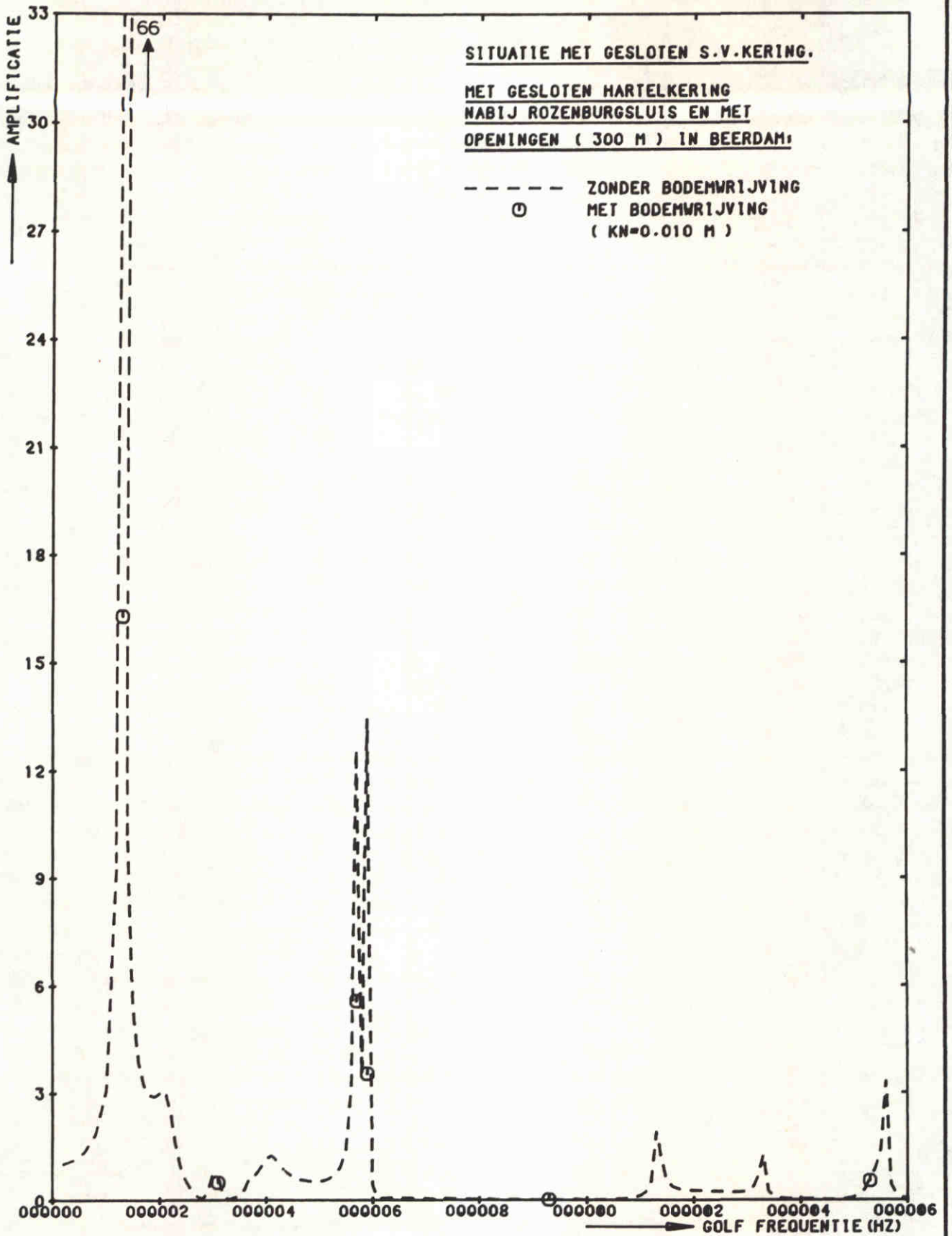
NAP +2.5 M

POSITIE 23
 GAT BEERDAM (ZUID)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 69



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

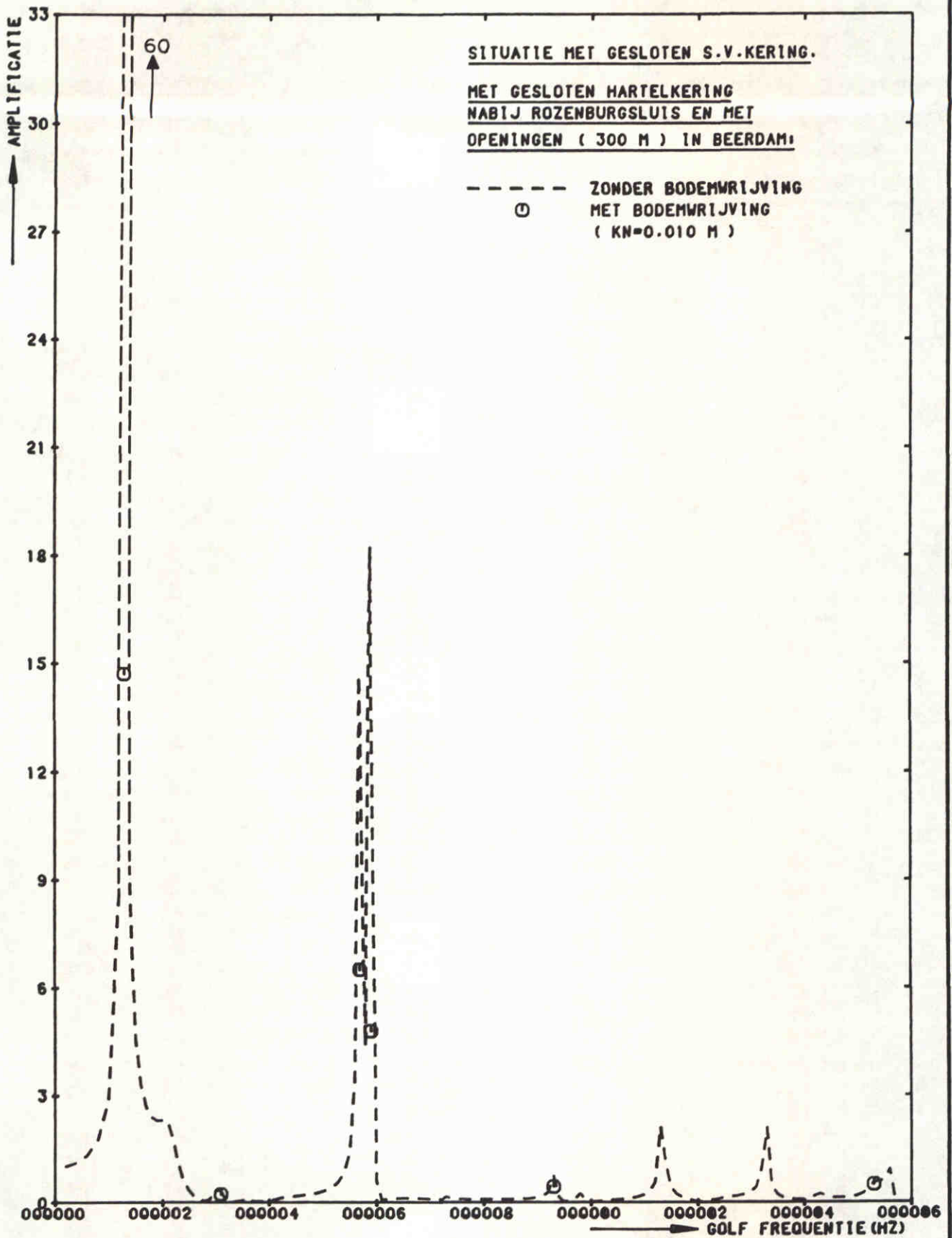
NAP +2.5 M

POSITIE 25
 DINTELHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 70



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

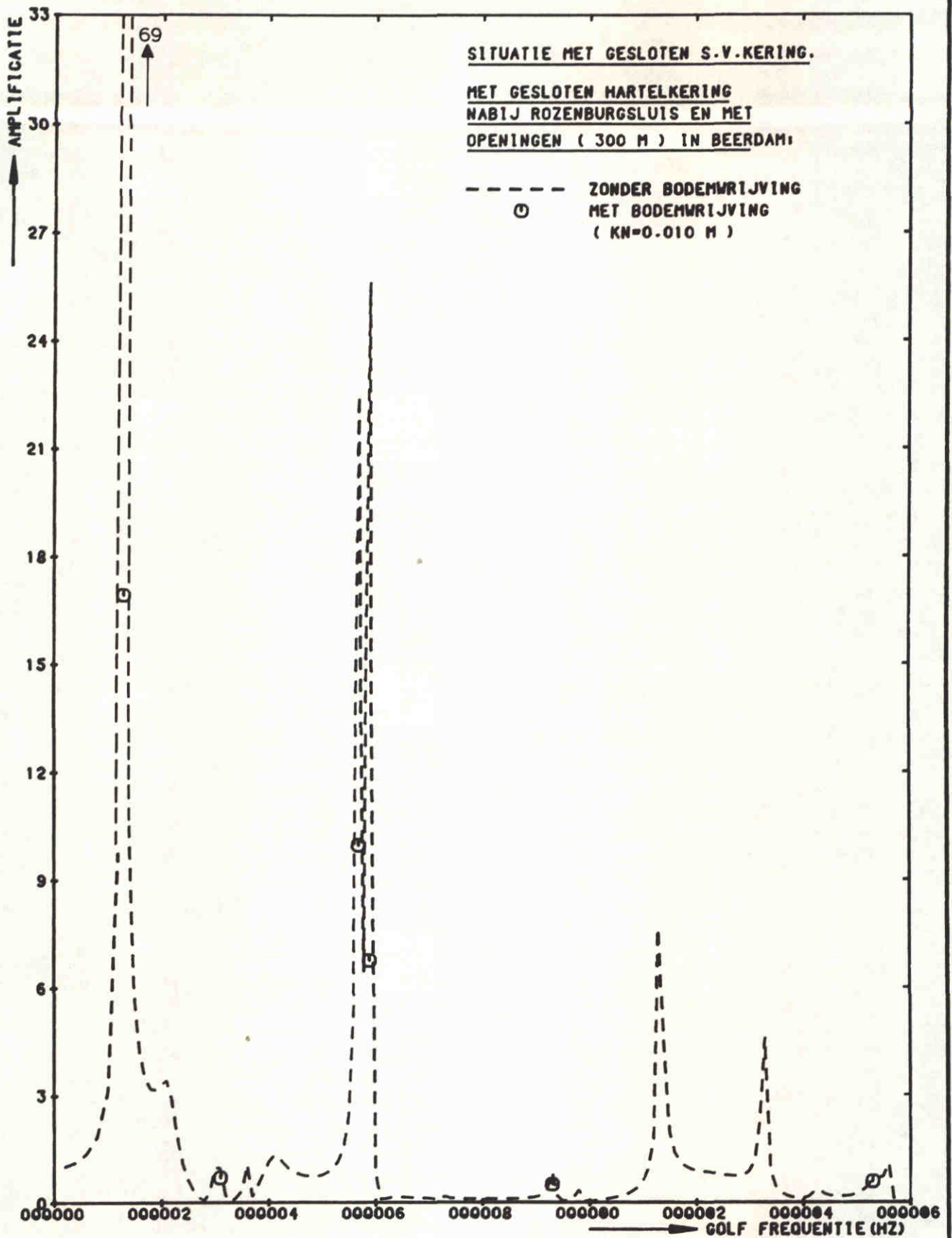
NAP +2.5 M

POSITIE 27
 KUWAIT STEIGER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 71



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

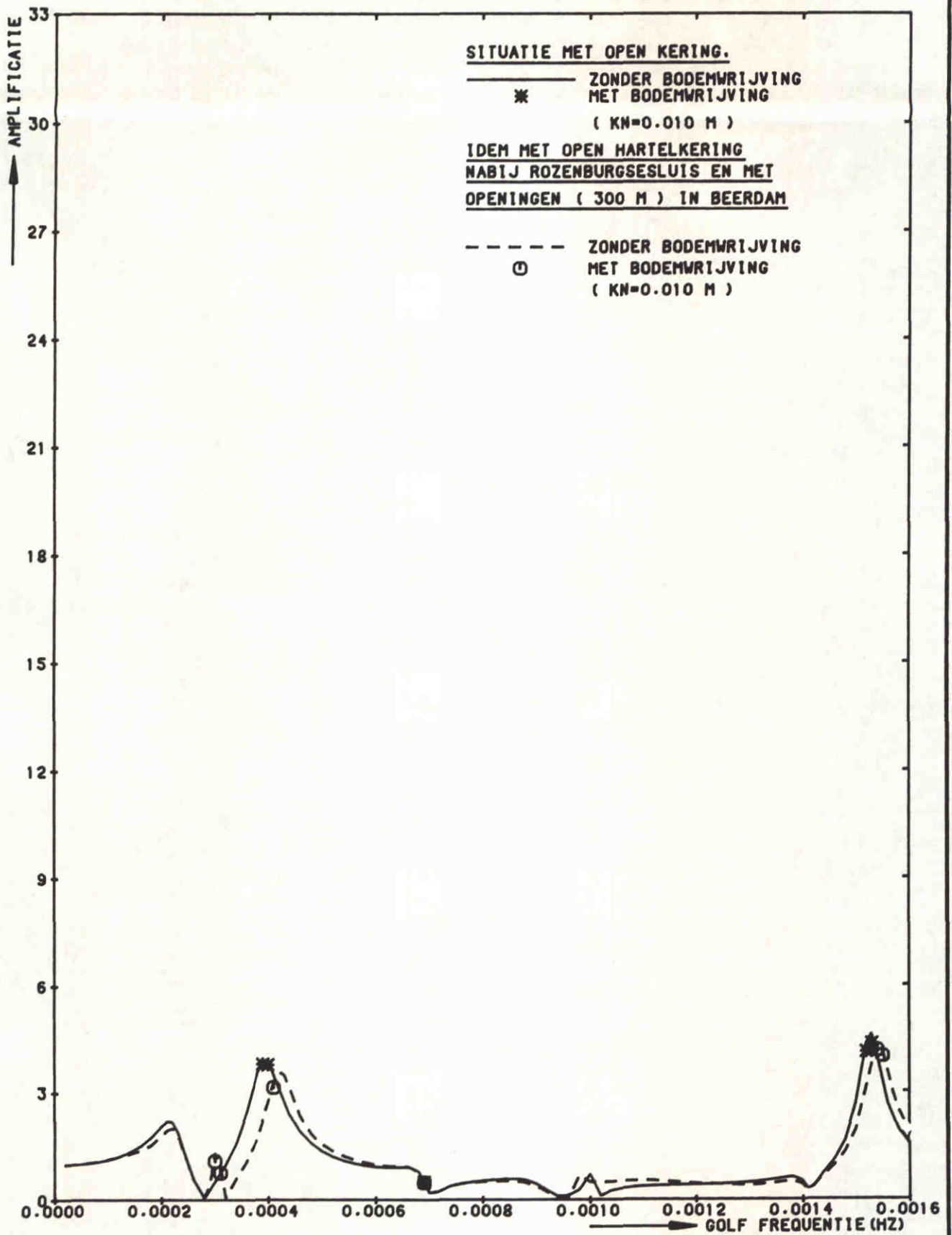
NAP +2.5 M

POSITIE 30
 HARTELKERING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 72



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

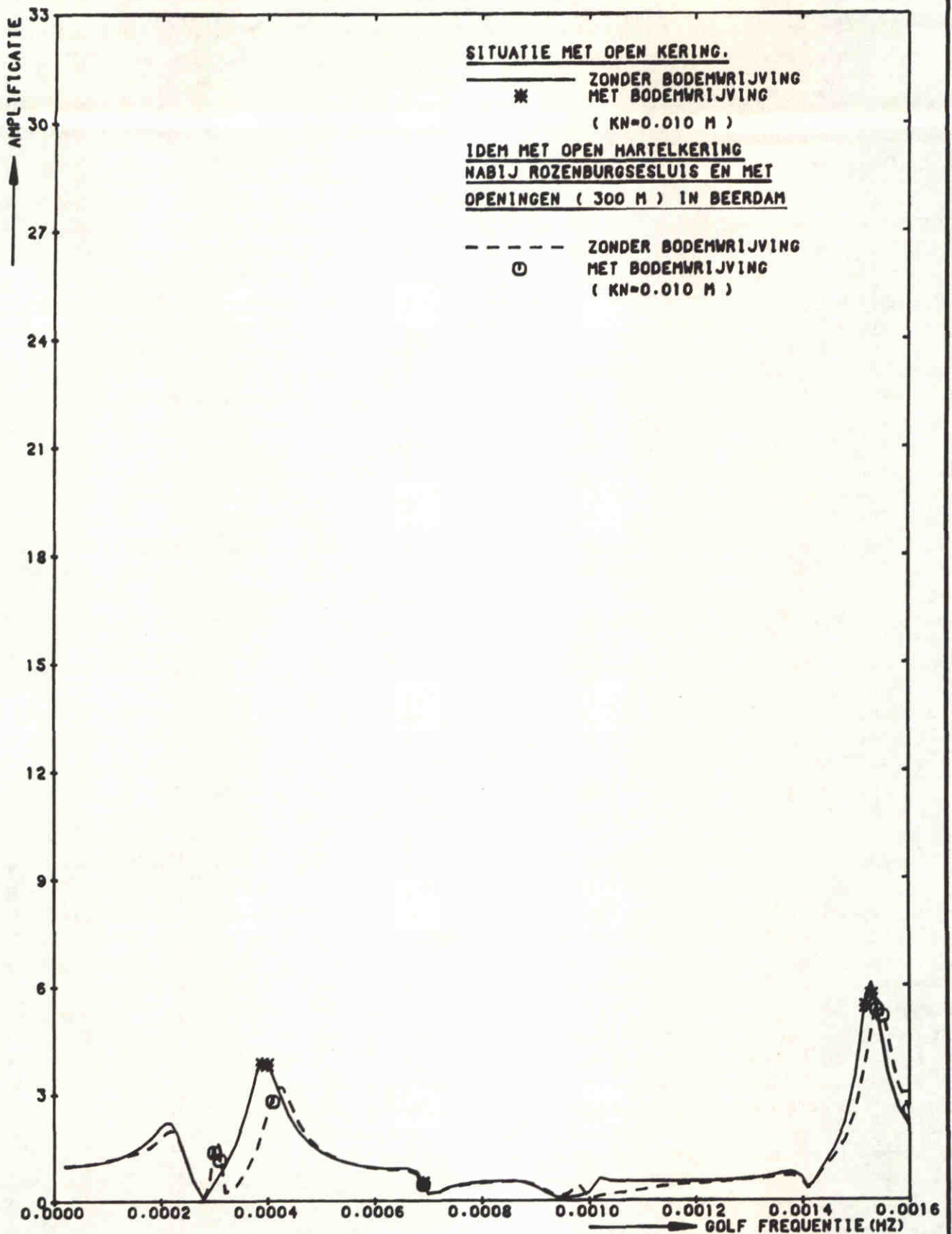
NAP +2.5 M

POSITIE 1
 EUROPA HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 73



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

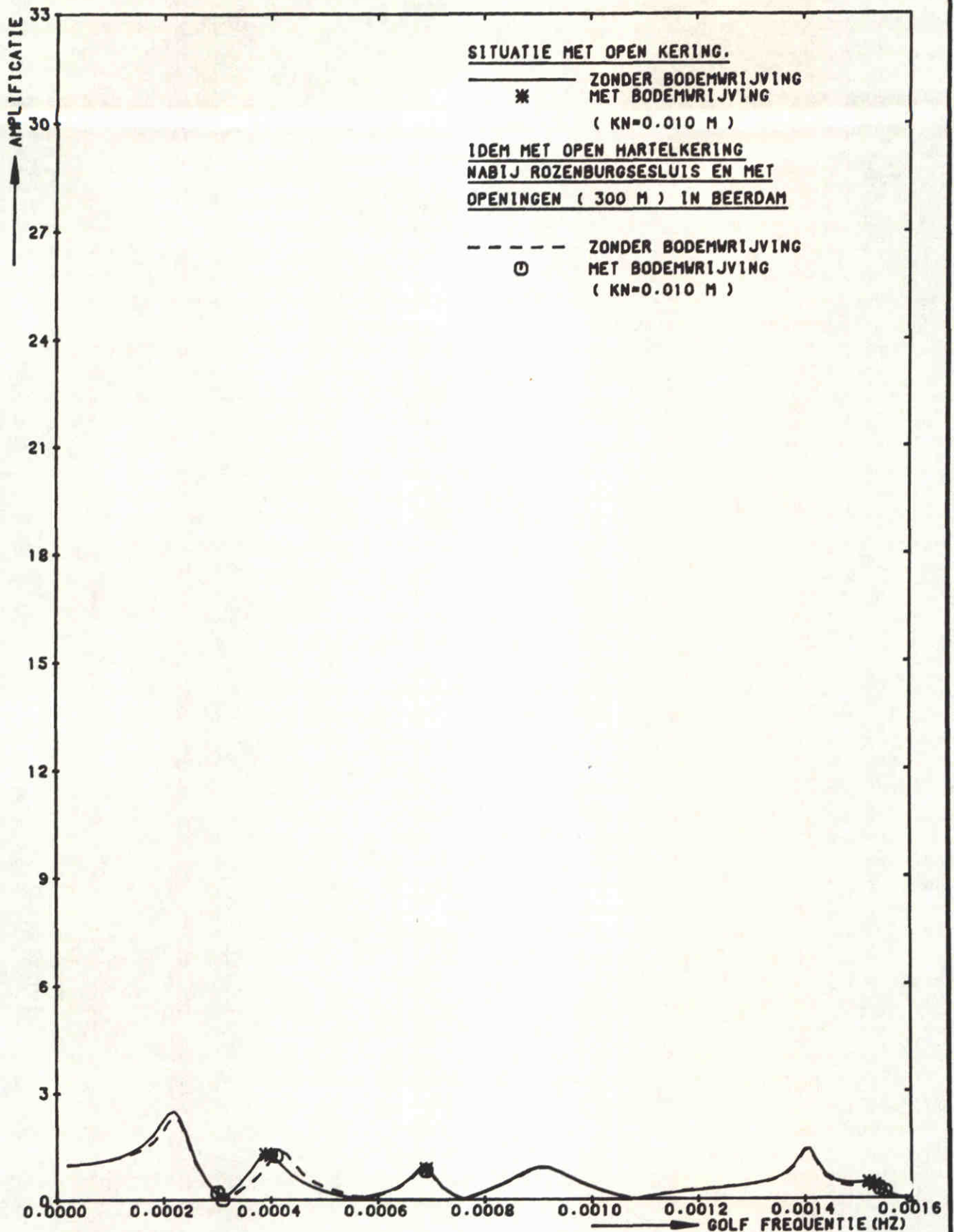
NAP +2.5 M

POSITIE 4
 MISSISSIPPIHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 74



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

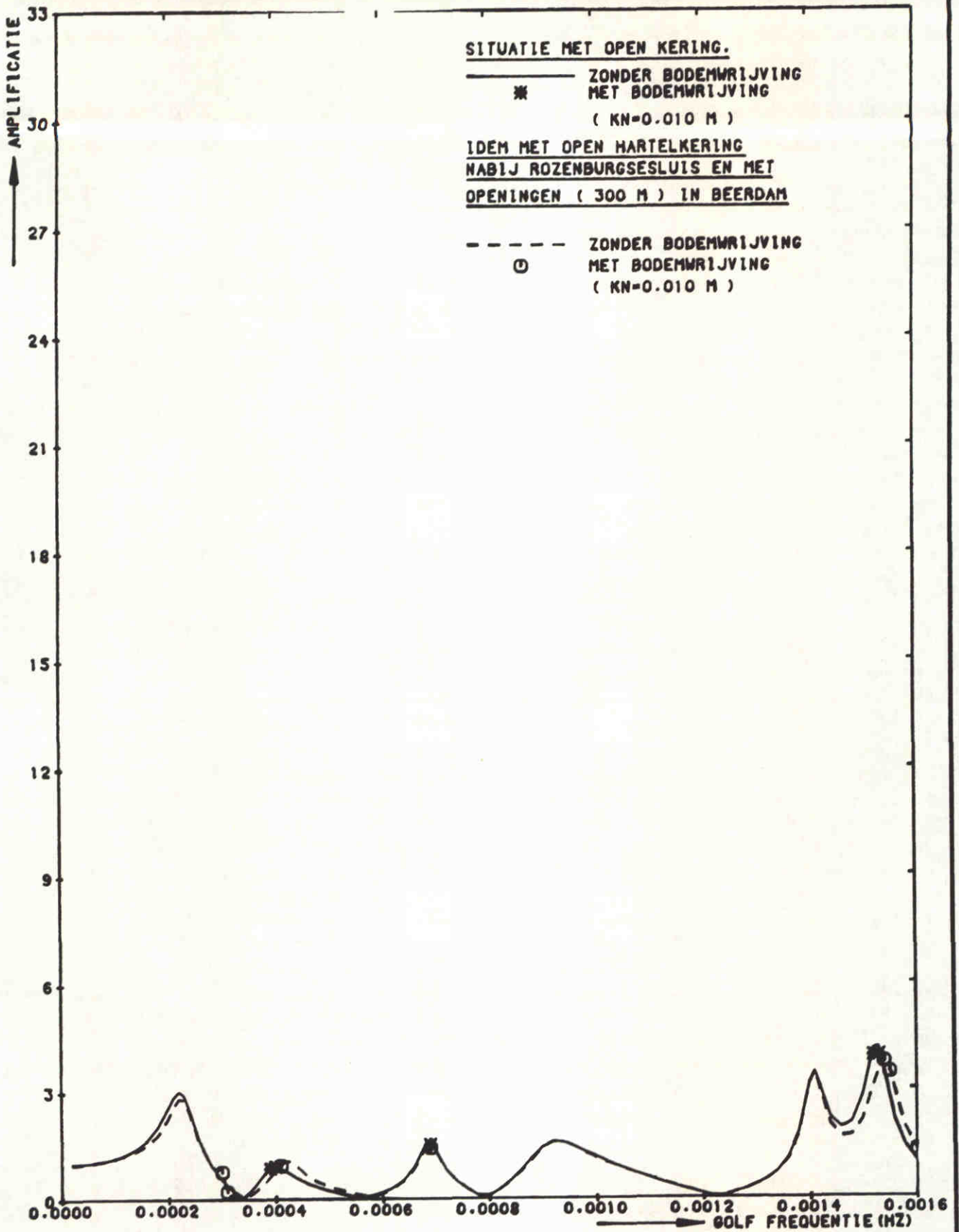
NAP +2.5 M

POSITIE 5
 BREEDDIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 75



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

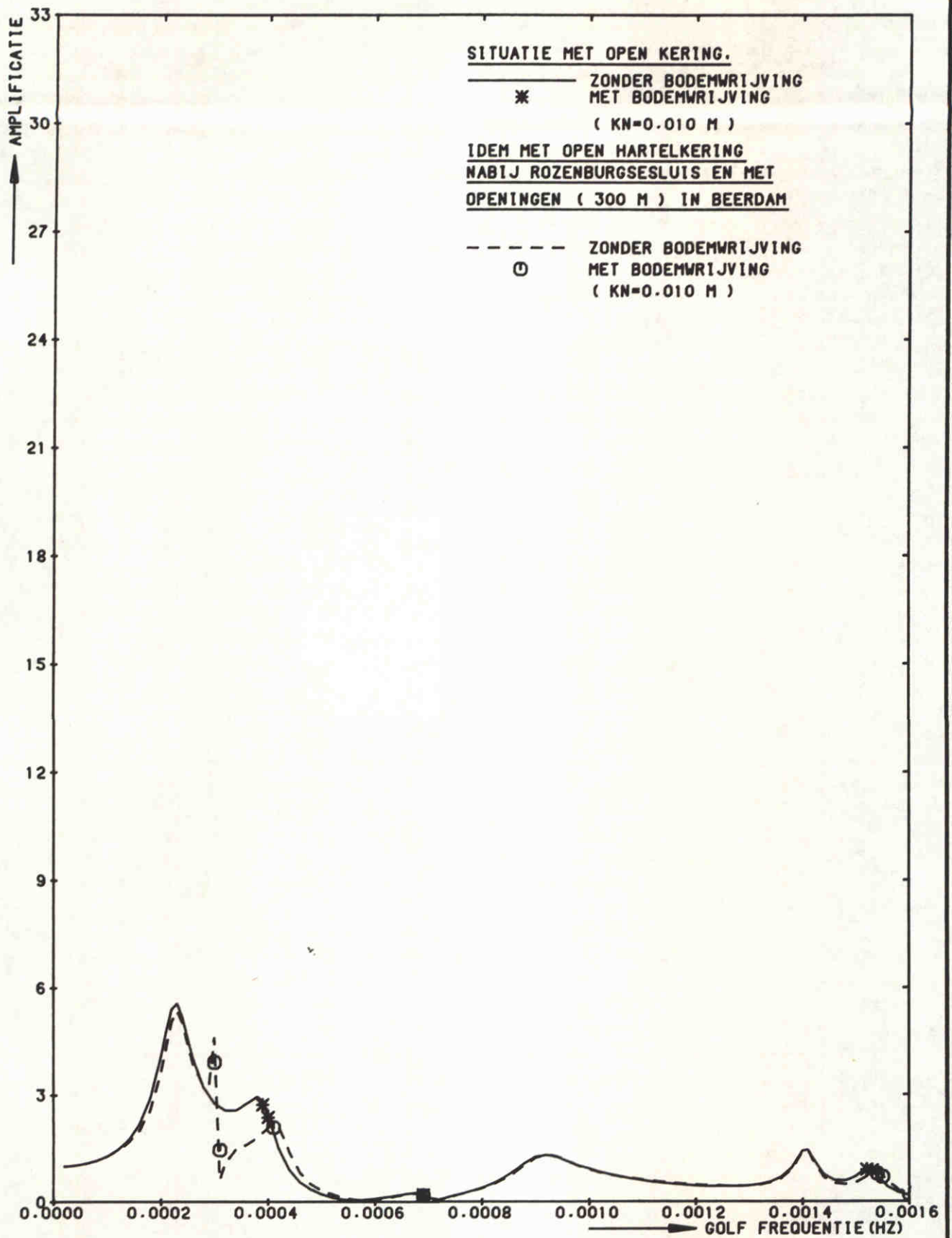
NAP +2.5 M

POSITIE 7
 BENELUXHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 76



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

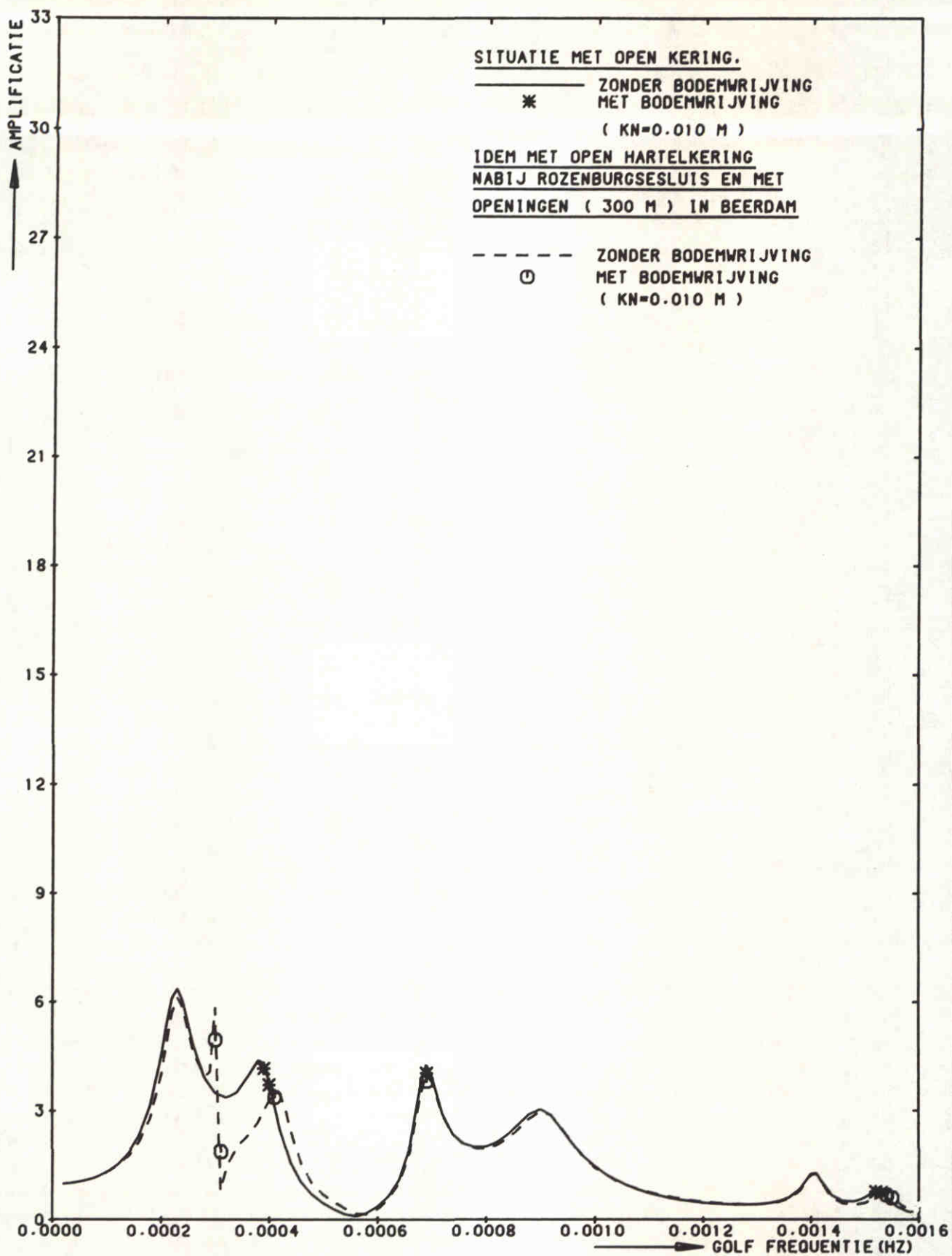
NAP +2.5 M

POSITIE 10
 OVERZIJDE 7E PETROLEUMHV

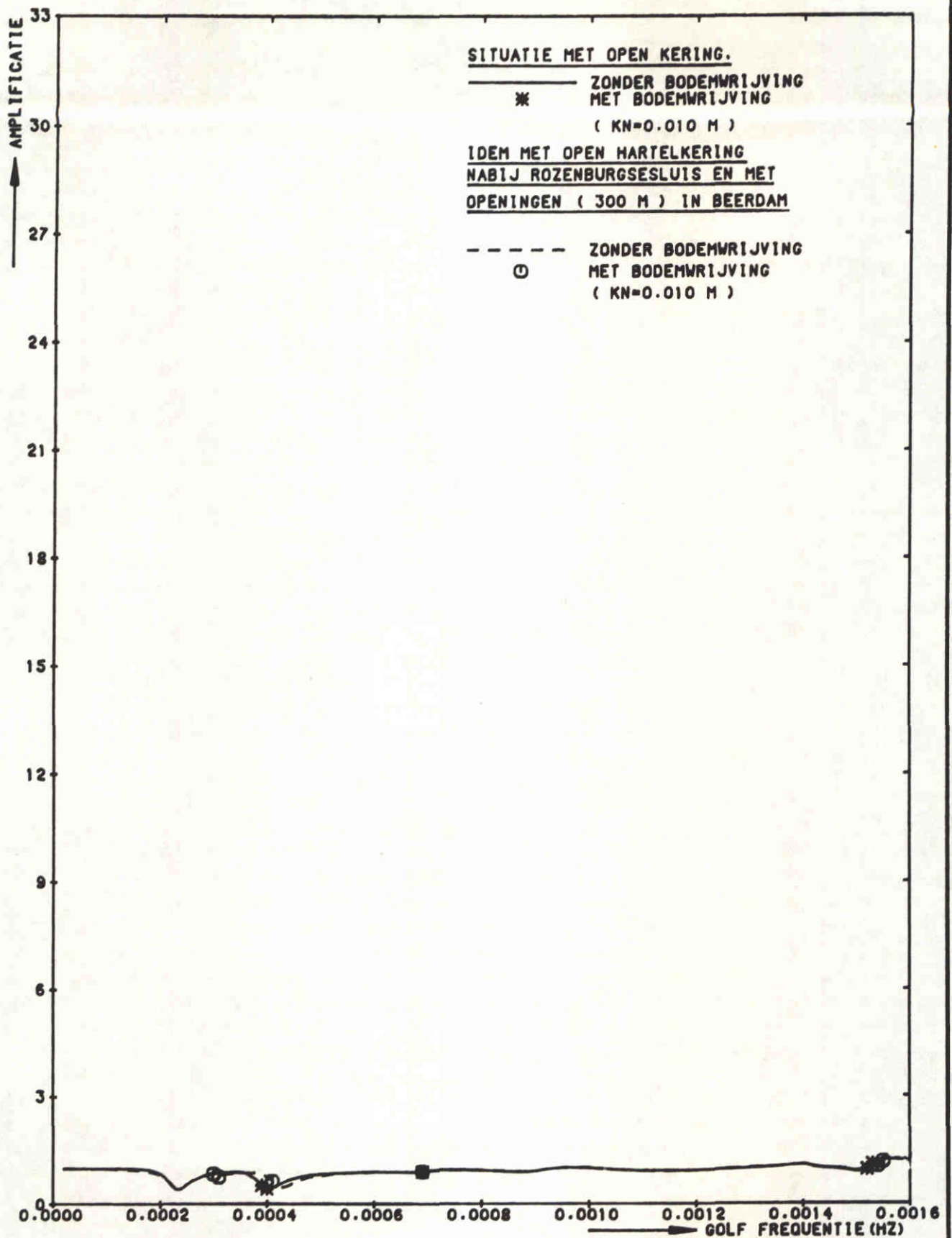
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 77



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)	H=0.3 M	NAP +2.5 M
	POSITIE 12 BRITANNIE HAVEN	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG. 78



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

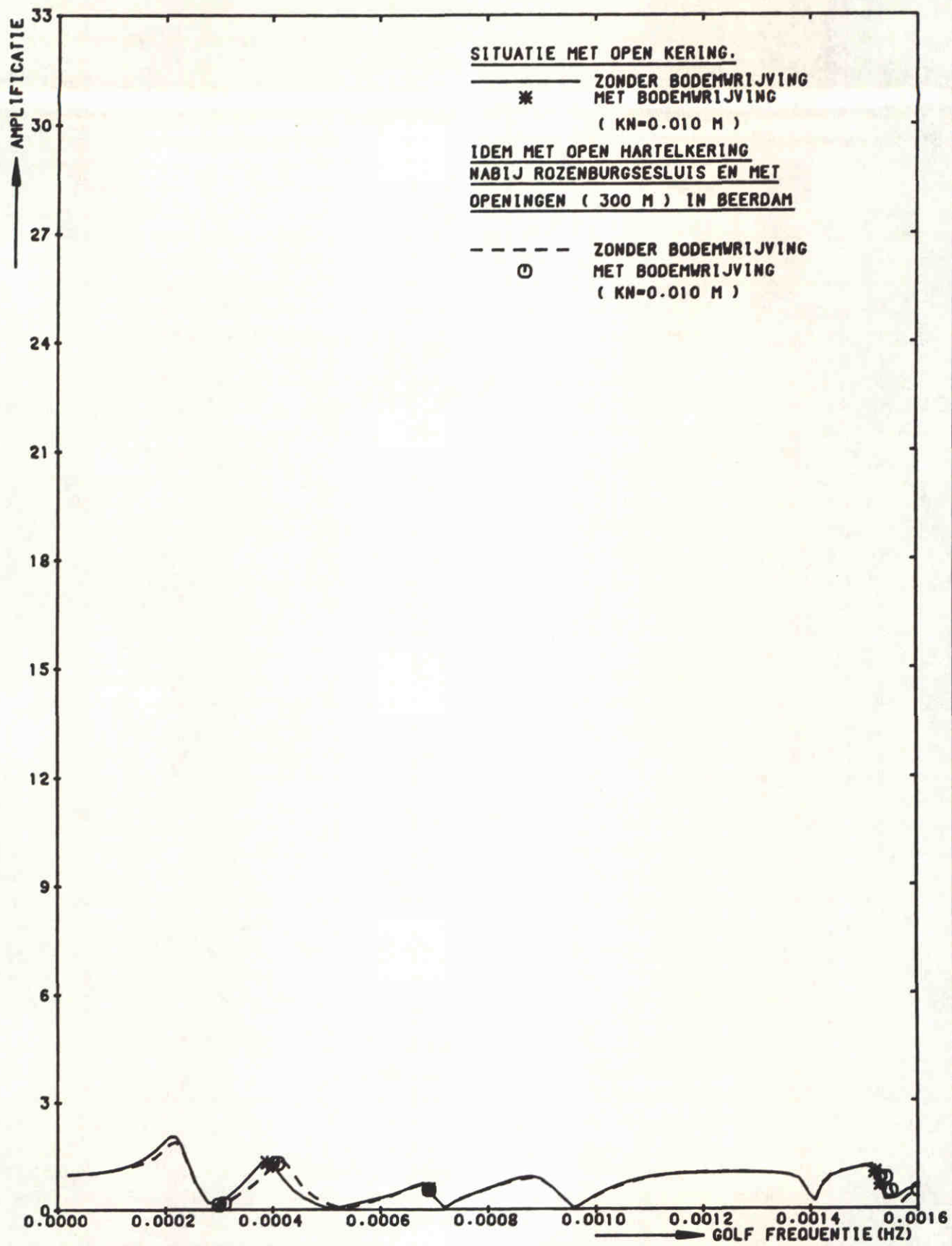
NAP +2.5 M

POSITIE 13
MAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 79



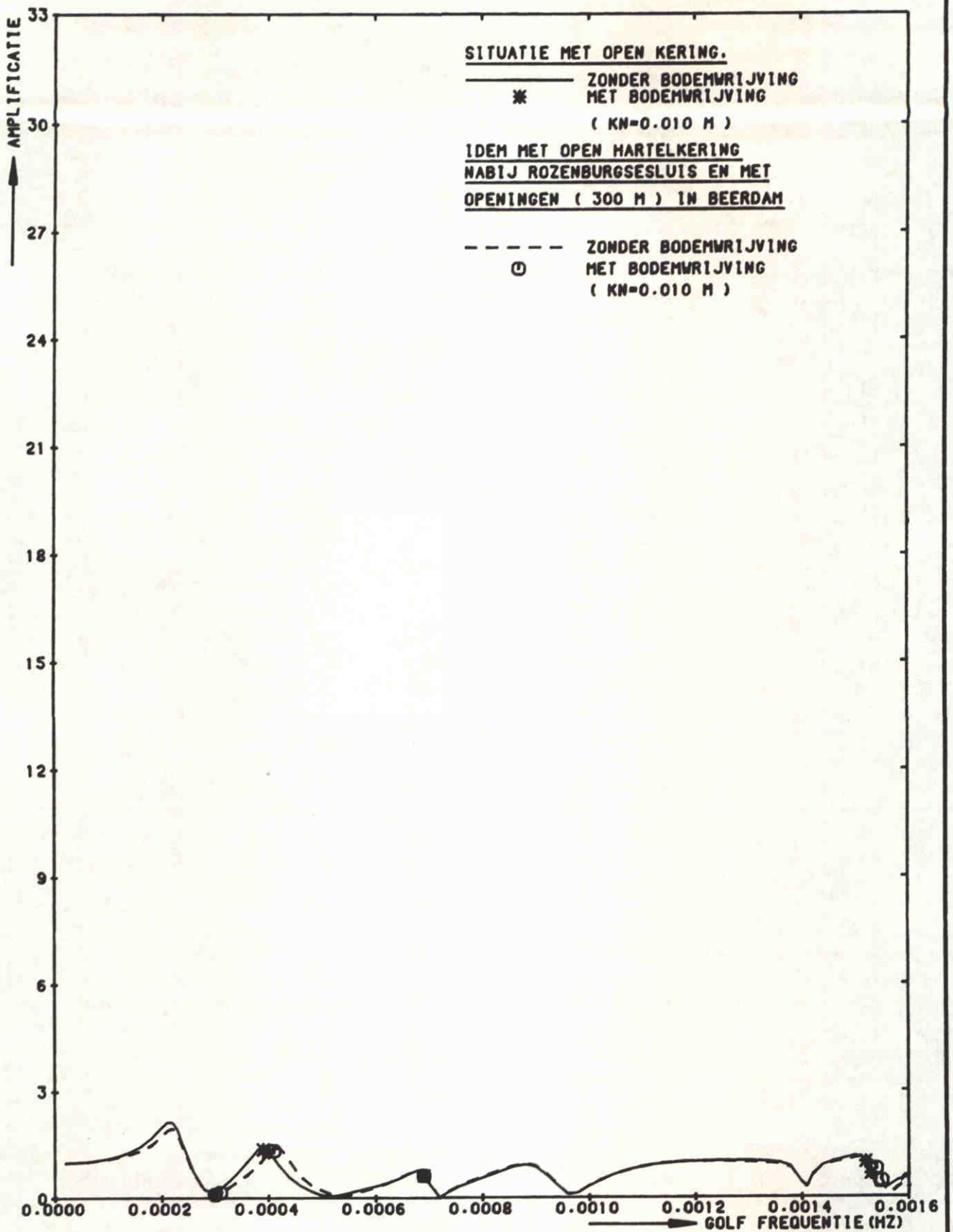
STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M NAP +2.5 M
 POSITIE 17
 BREEDDIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 80



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

NAP +2.5 M

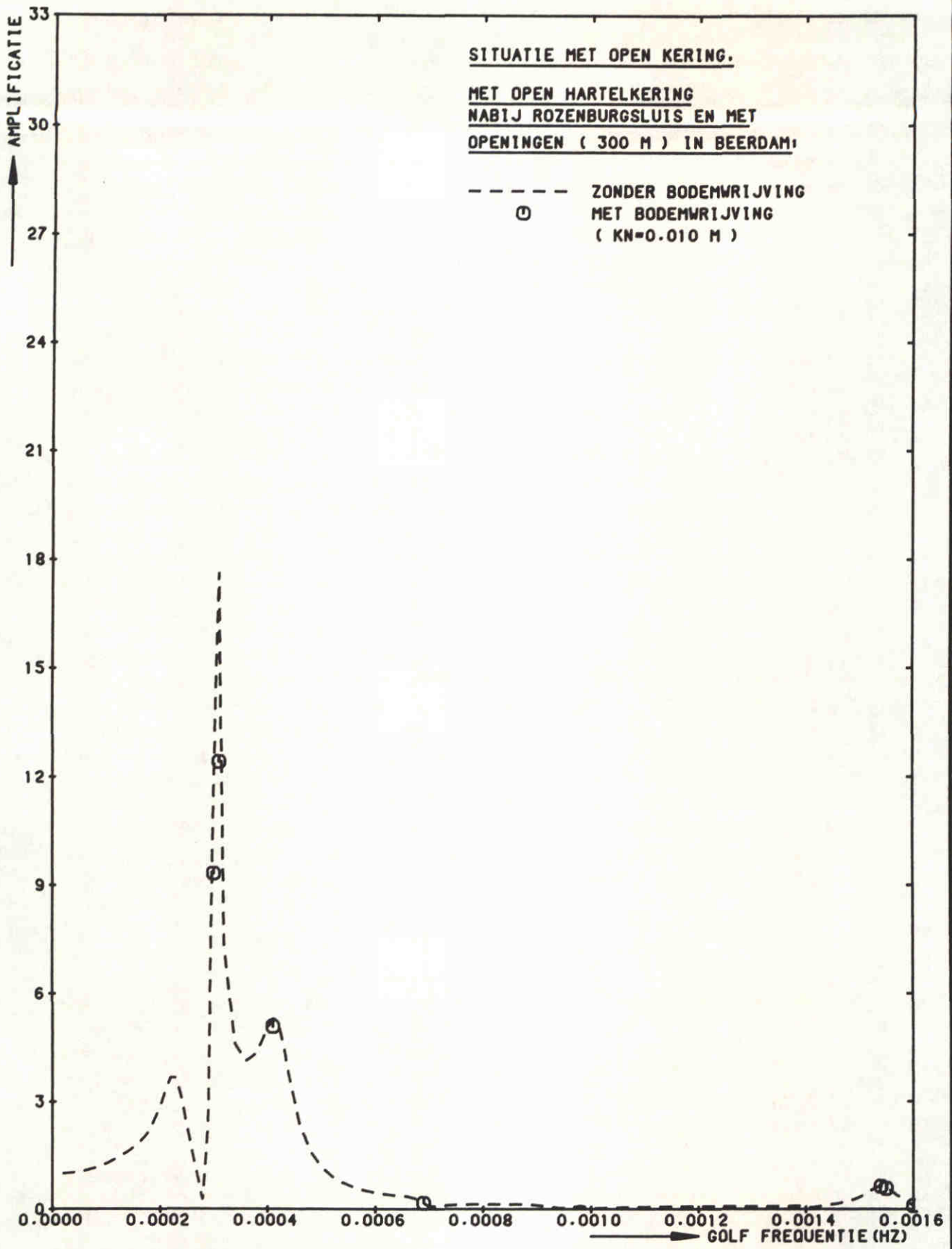
POSITIE 18

S.V.K KM 1026.50

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 81



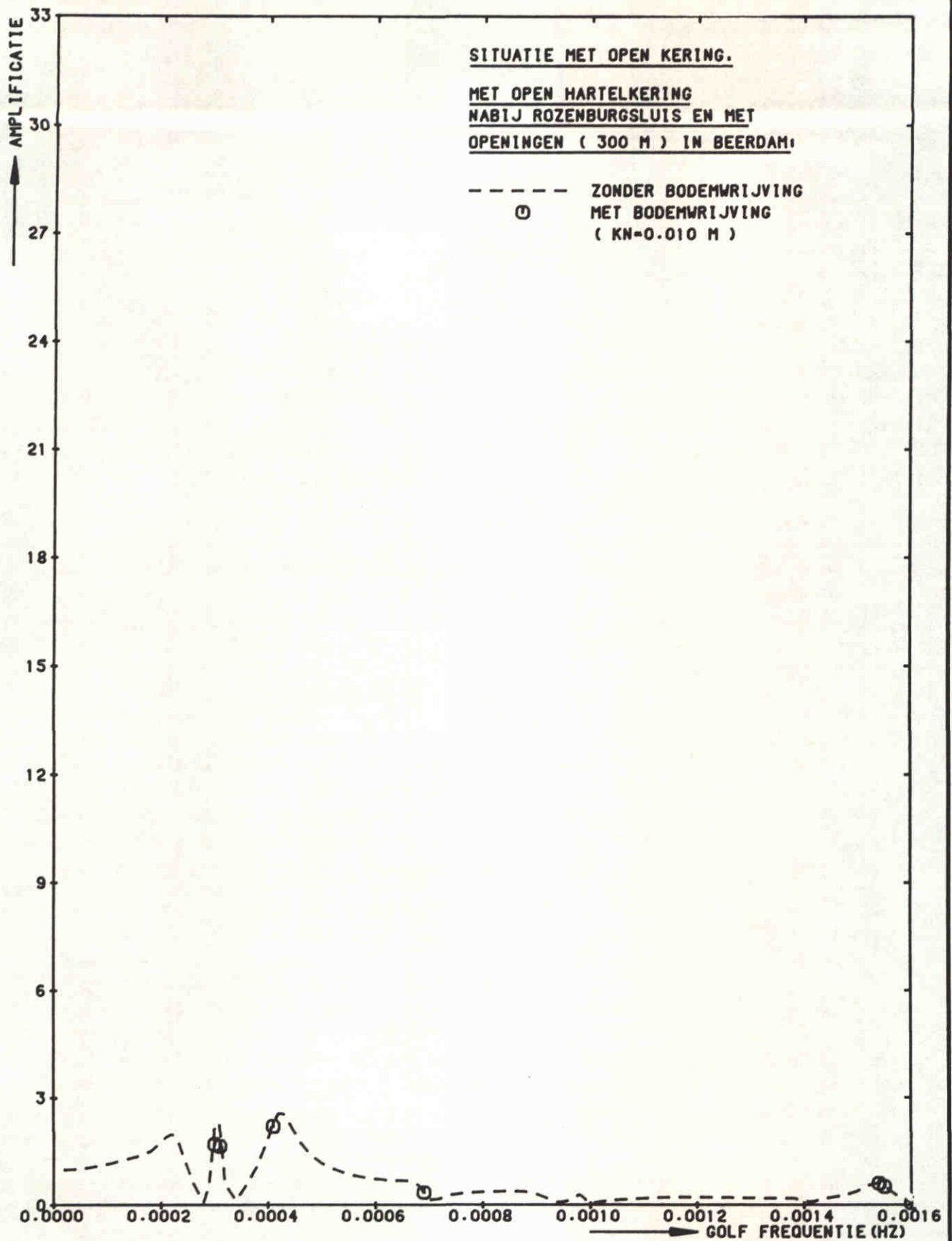
STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M	NAP +2.5 M
POSITIE 21 HARTELHAVEN (NOORD)	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 82



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

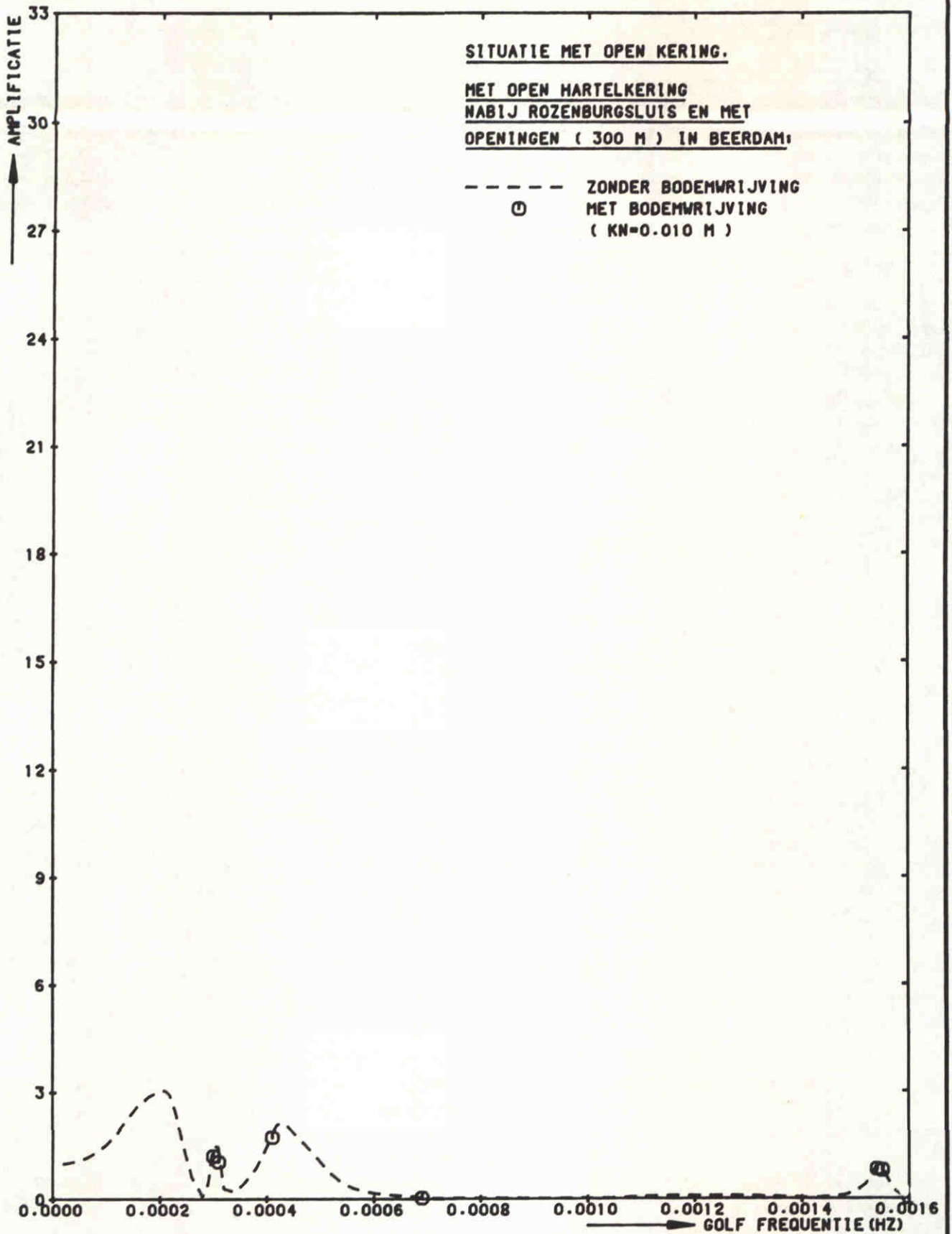
NAP +2.5 M

POSITIE 23
 GAT BEERDAM (ZUID)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 83



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

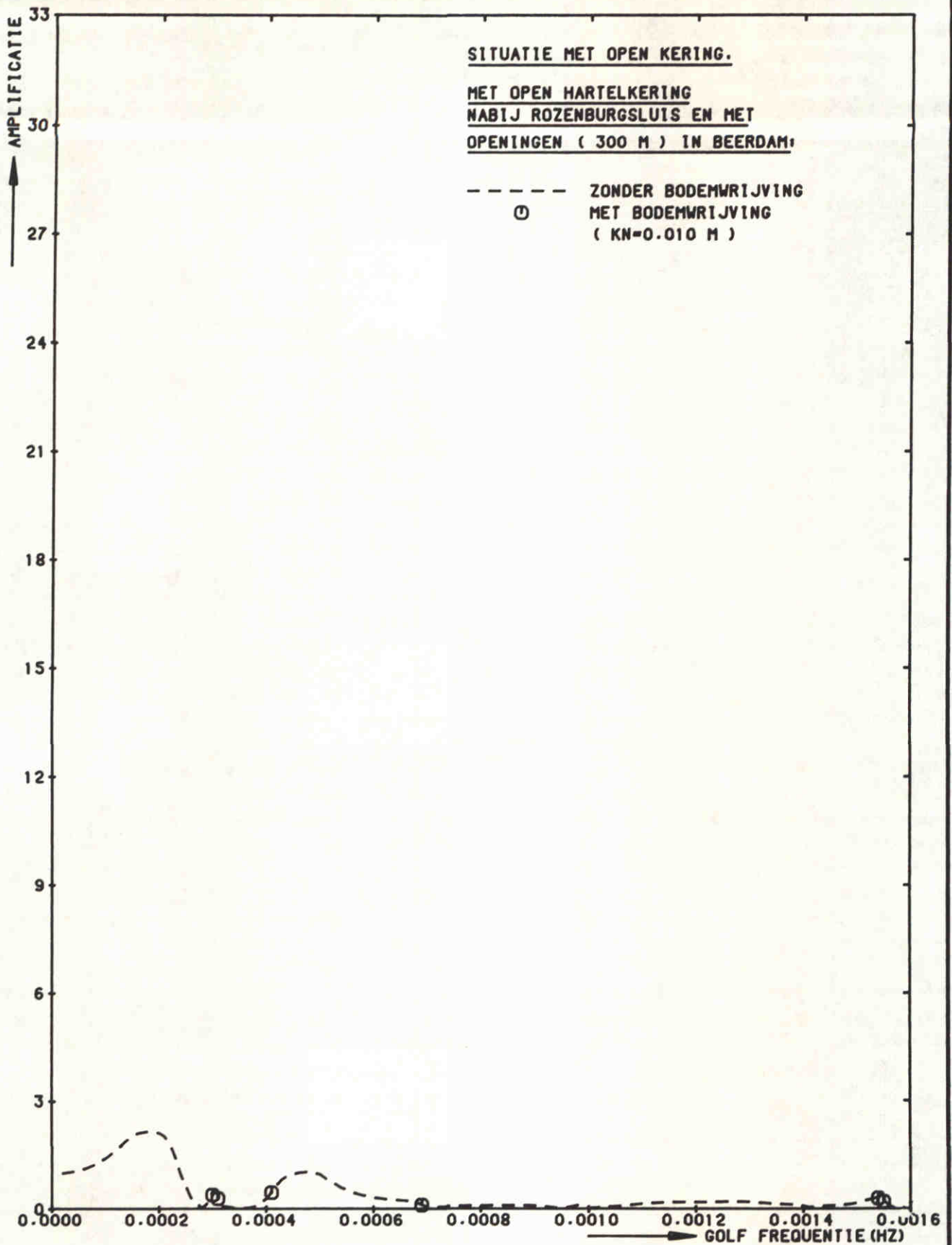
NAP +2.5 M

POSITIE 25
 DINTELHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 84



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)

H=0.3 M

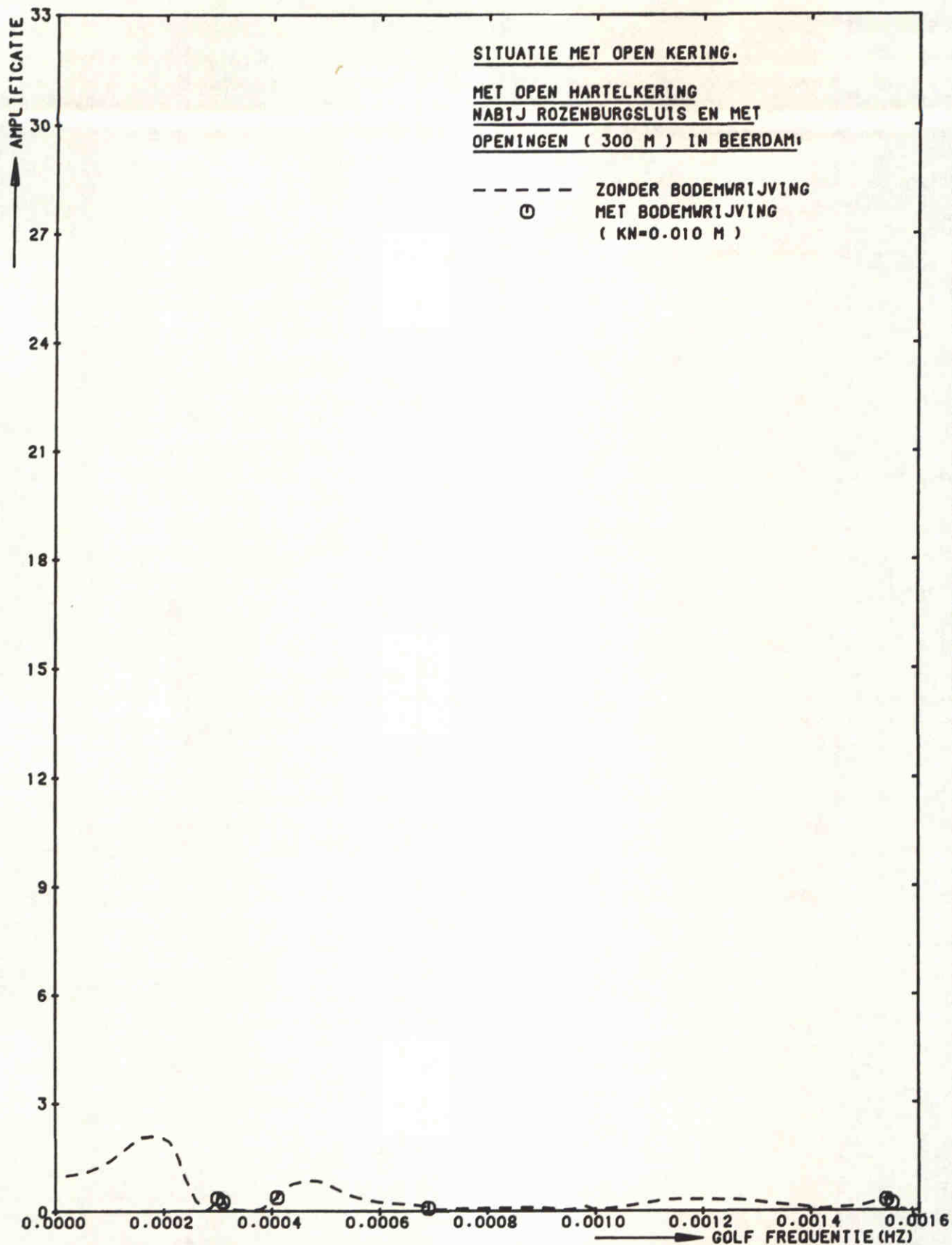
NAP +2.5 M

POSITIE 27
 KUWAIT STEIGER

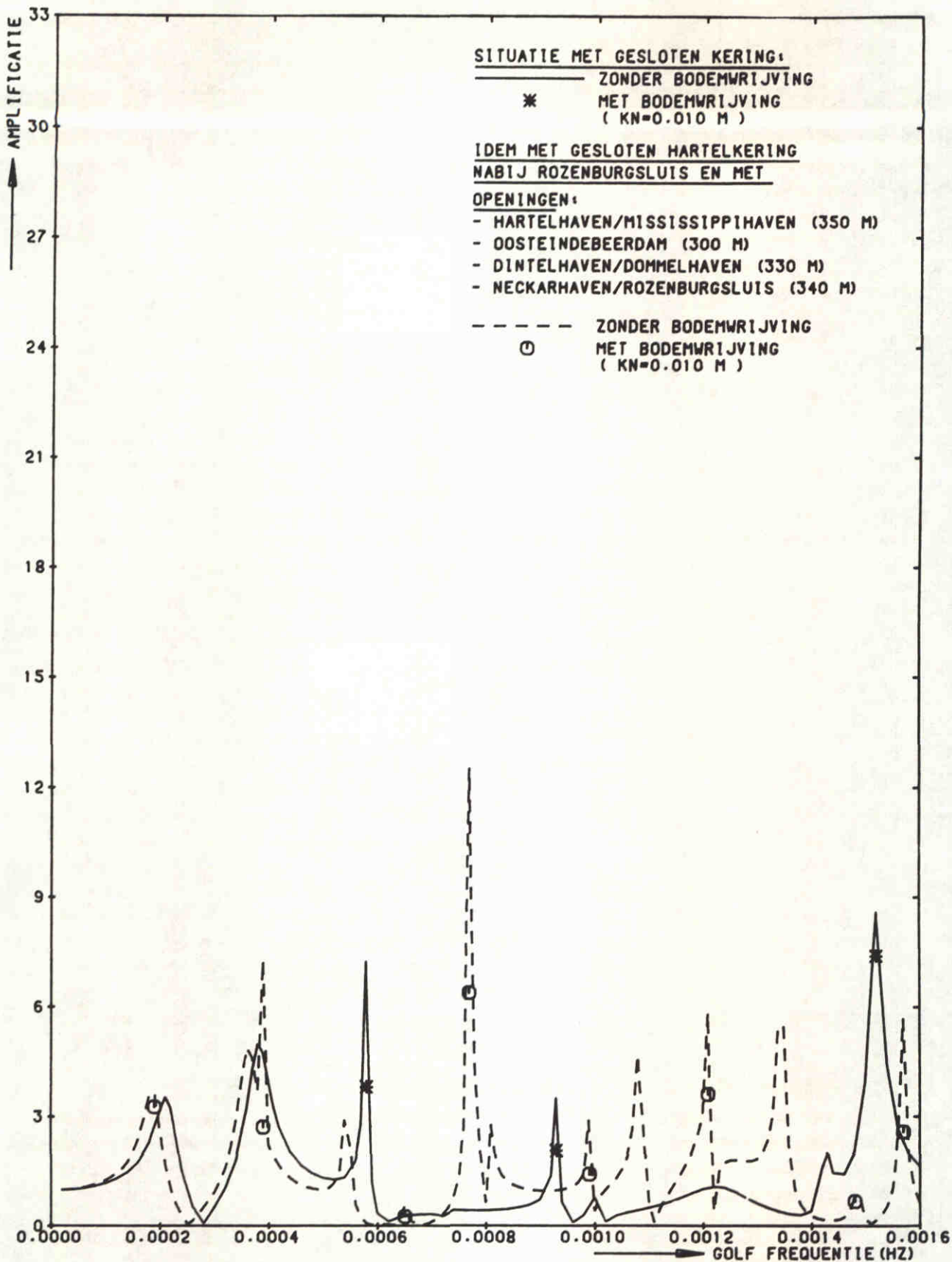
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 85



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V.KM 1026.50 (OPEN)	H=0.3 M	NAP +2.5 M
	POSITIE 30 HARTELKERING	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG. 86



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

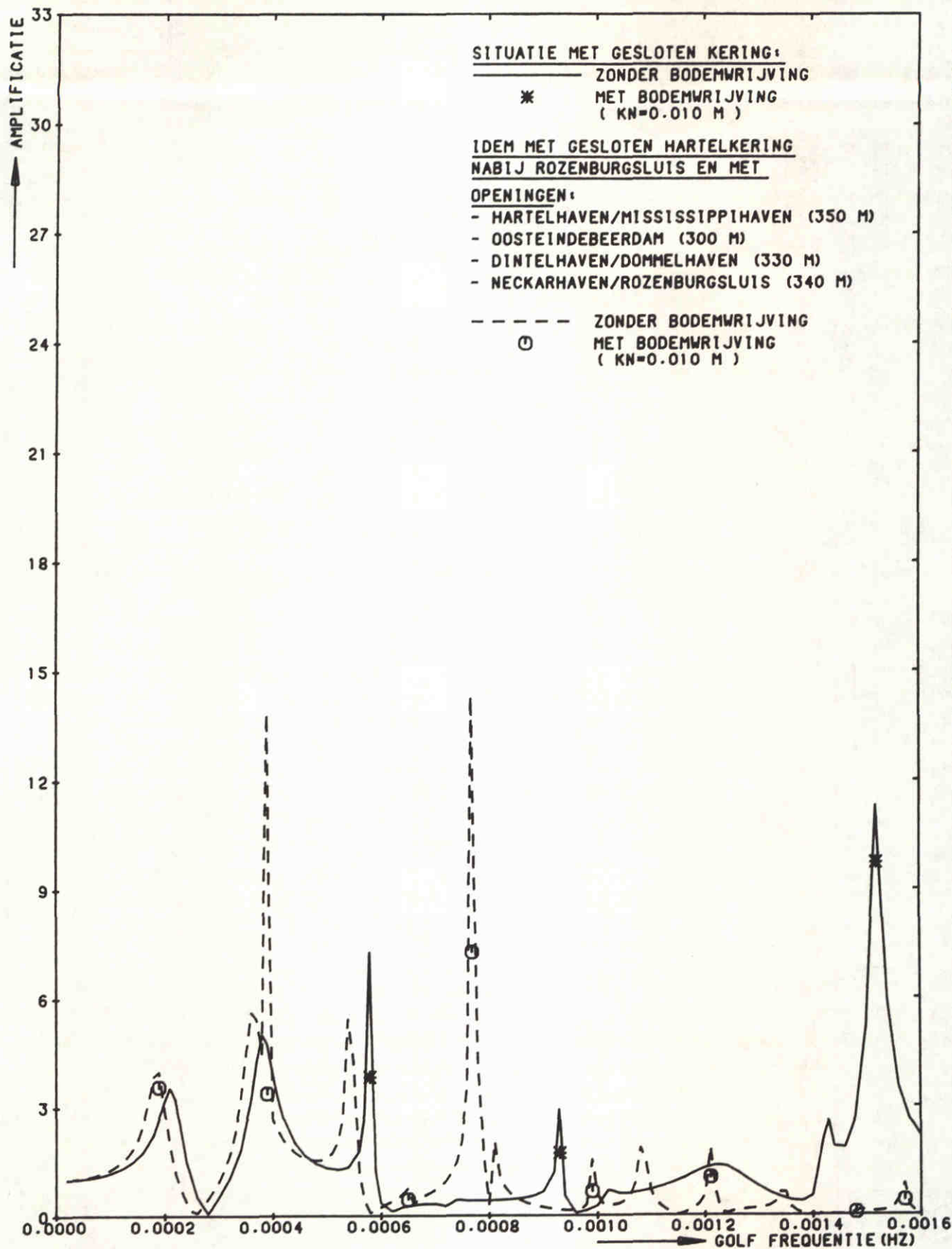
NAP +2.5 M

POSITIE 1
 EUROPA HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 87



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

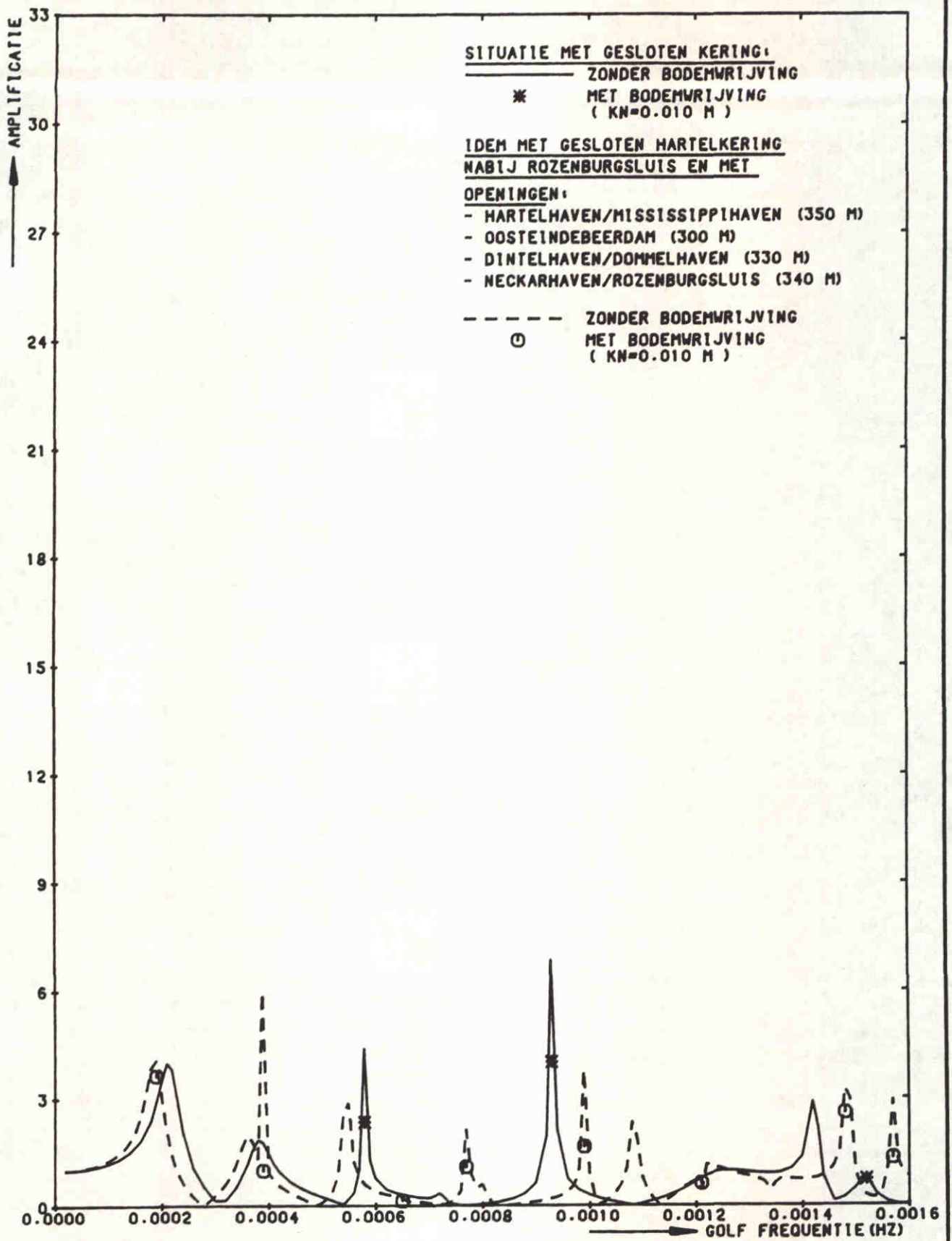
NAP +2.5 M

POSITIE 4
 MISSISSIPPI HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 88



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

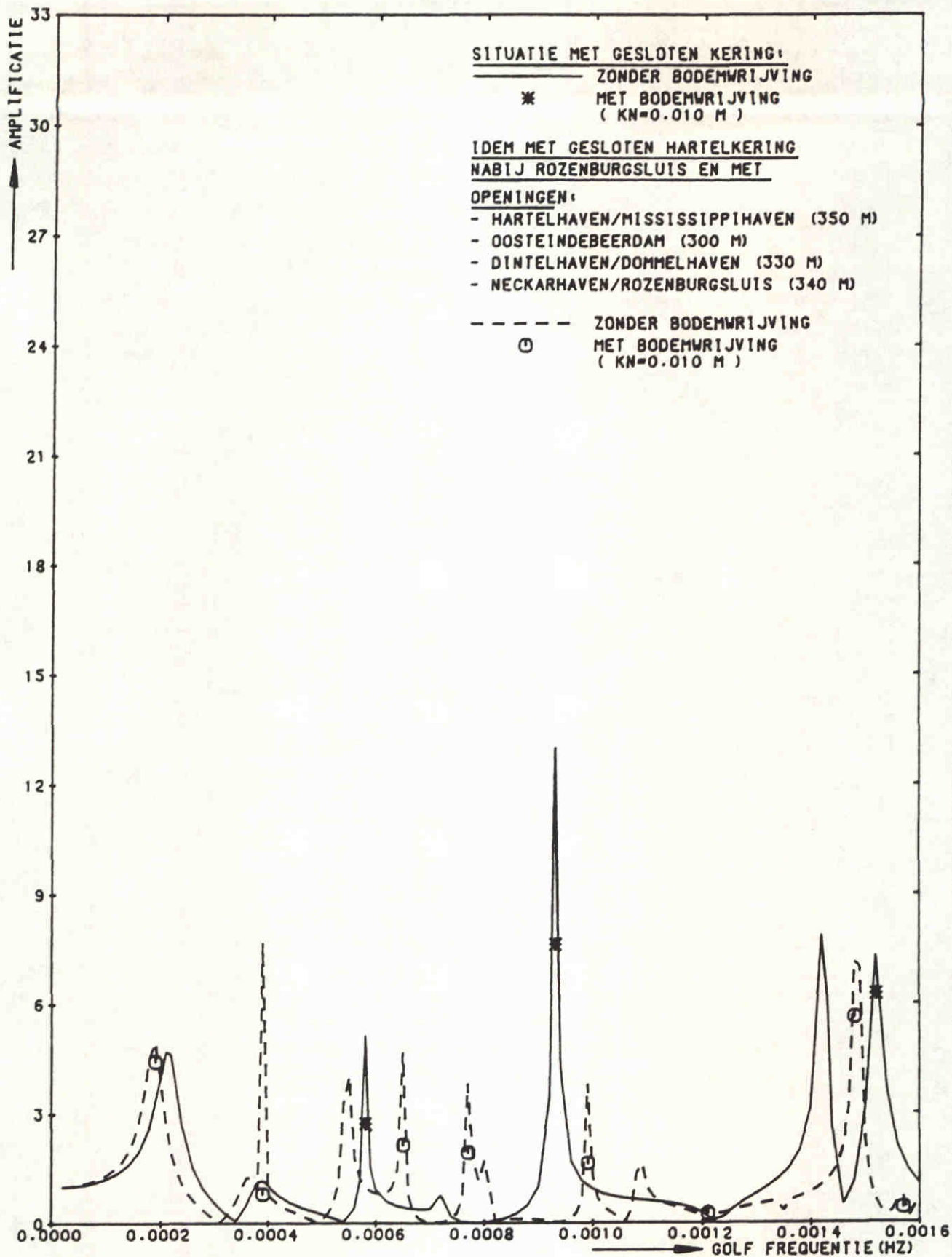
NAP +2.5 M

POSITIE 5
 BREEDDIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 89



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

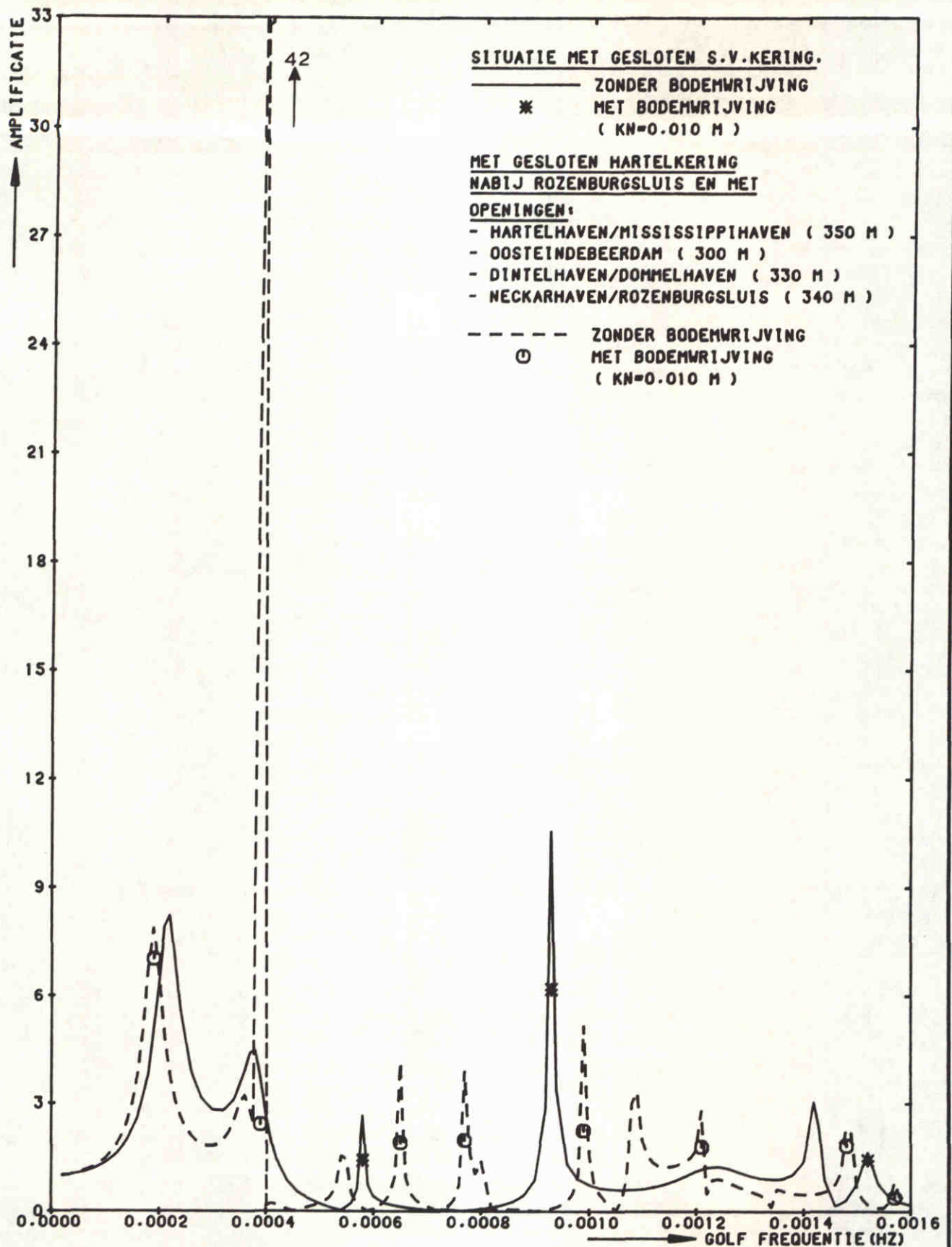
NAP +2.5 M

POSITIE 7
 BENELUX HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 90



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

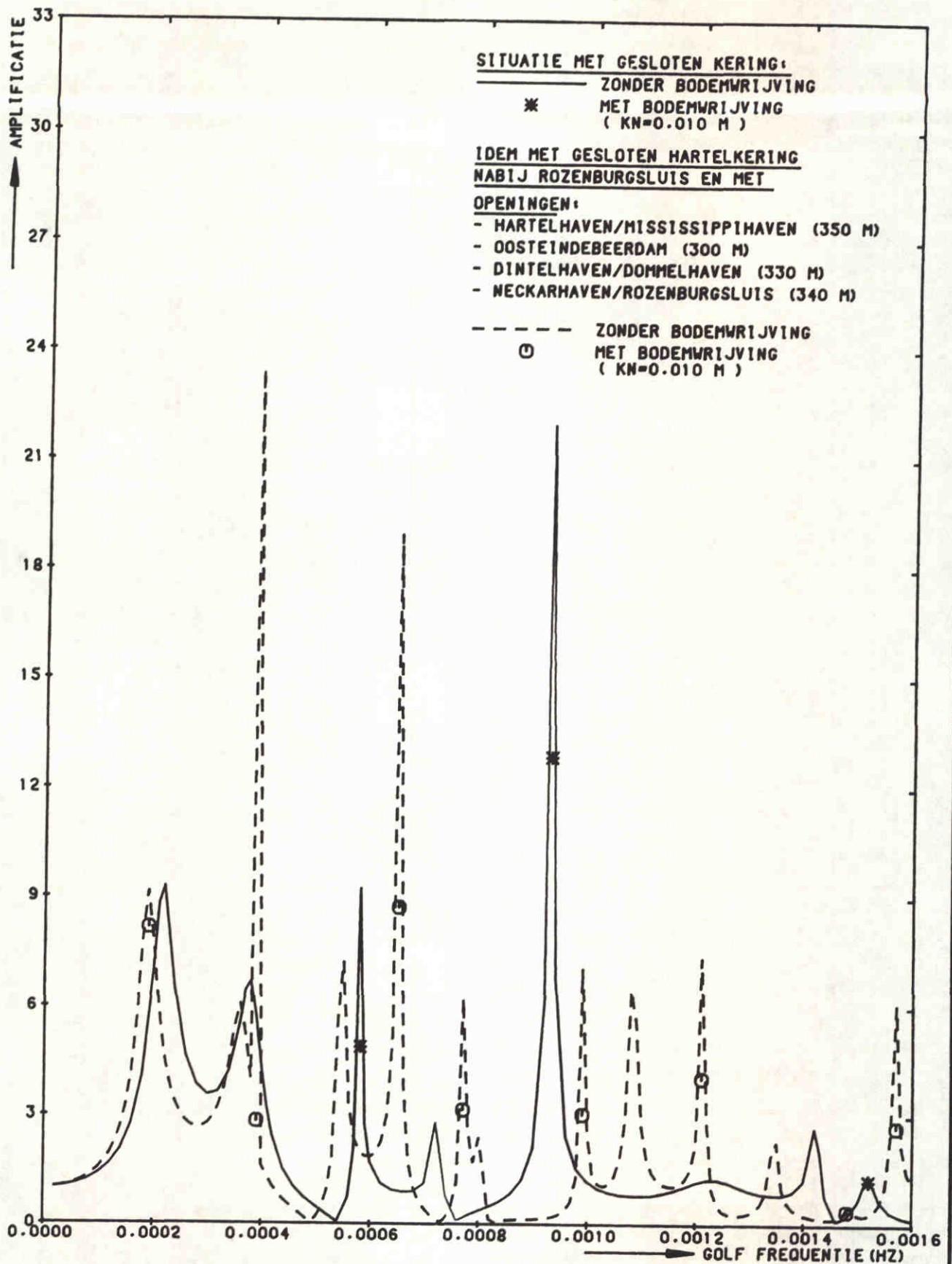
NAP +2.5 M

POSITIE 10
OVERZ 7E PETROLEUMHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 91



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

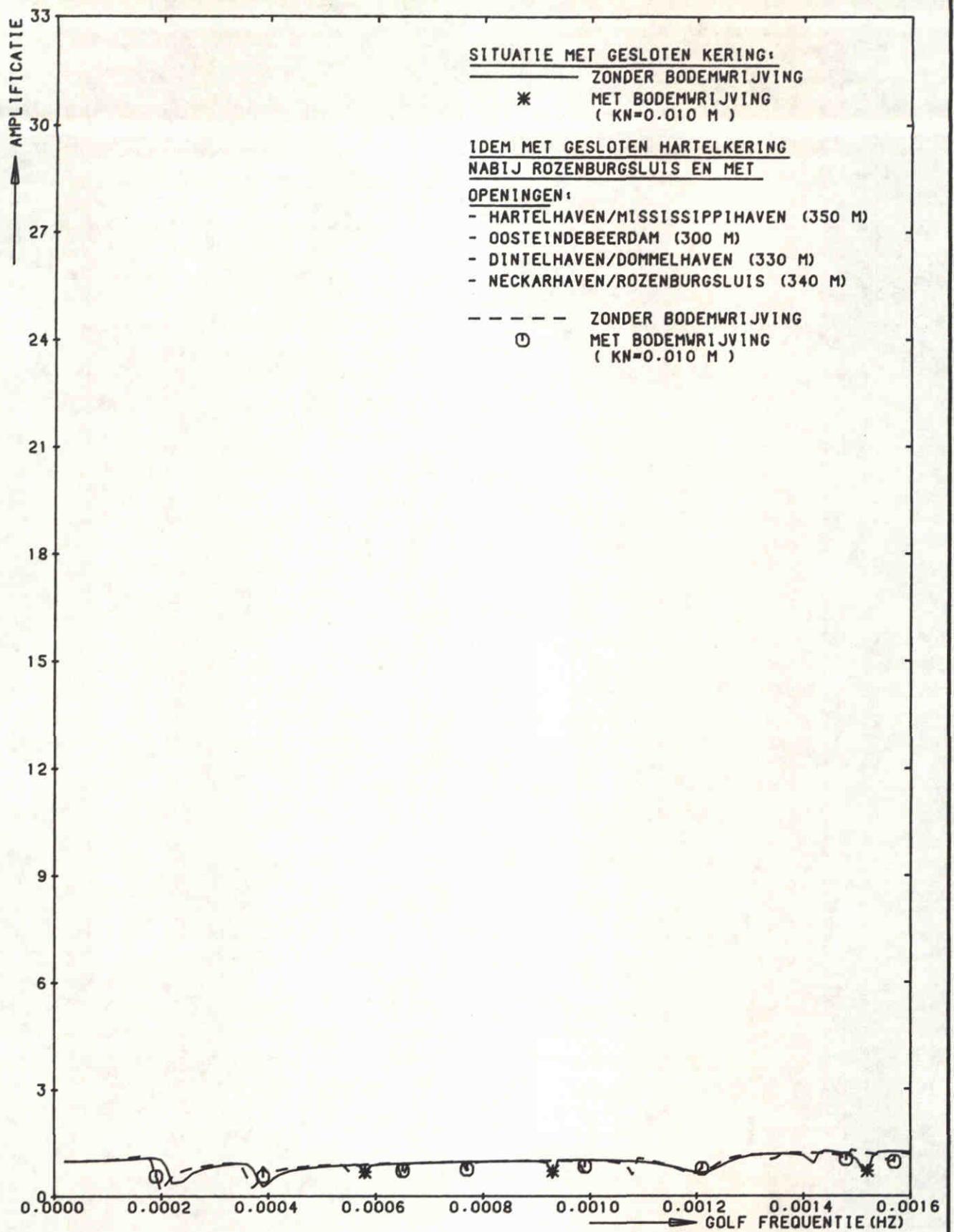
NAP +2.5 M

POSITIE 12
 BRITANNIË HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 92



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

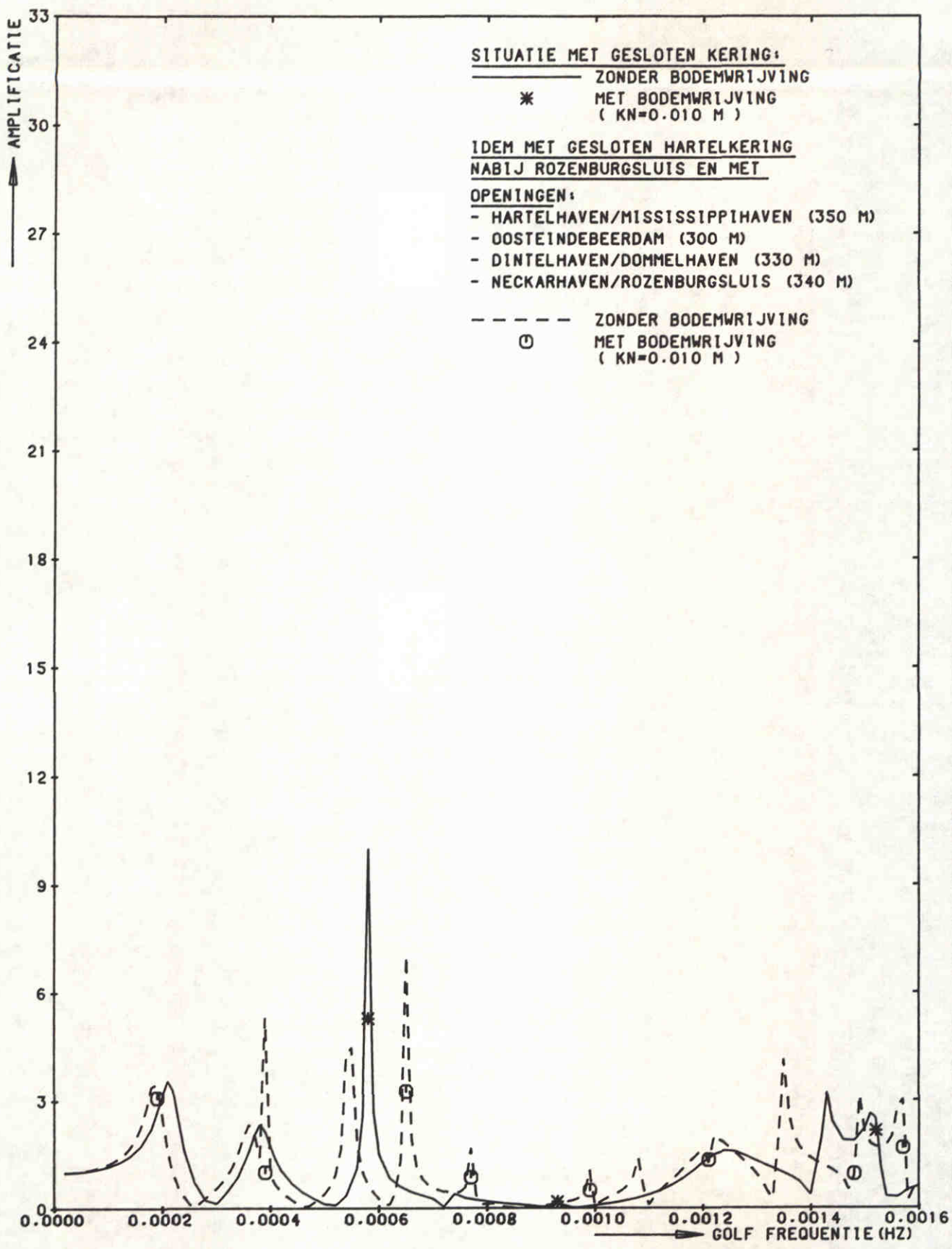
NAP +2.5 M

POSITIE 13
 MAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 93



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

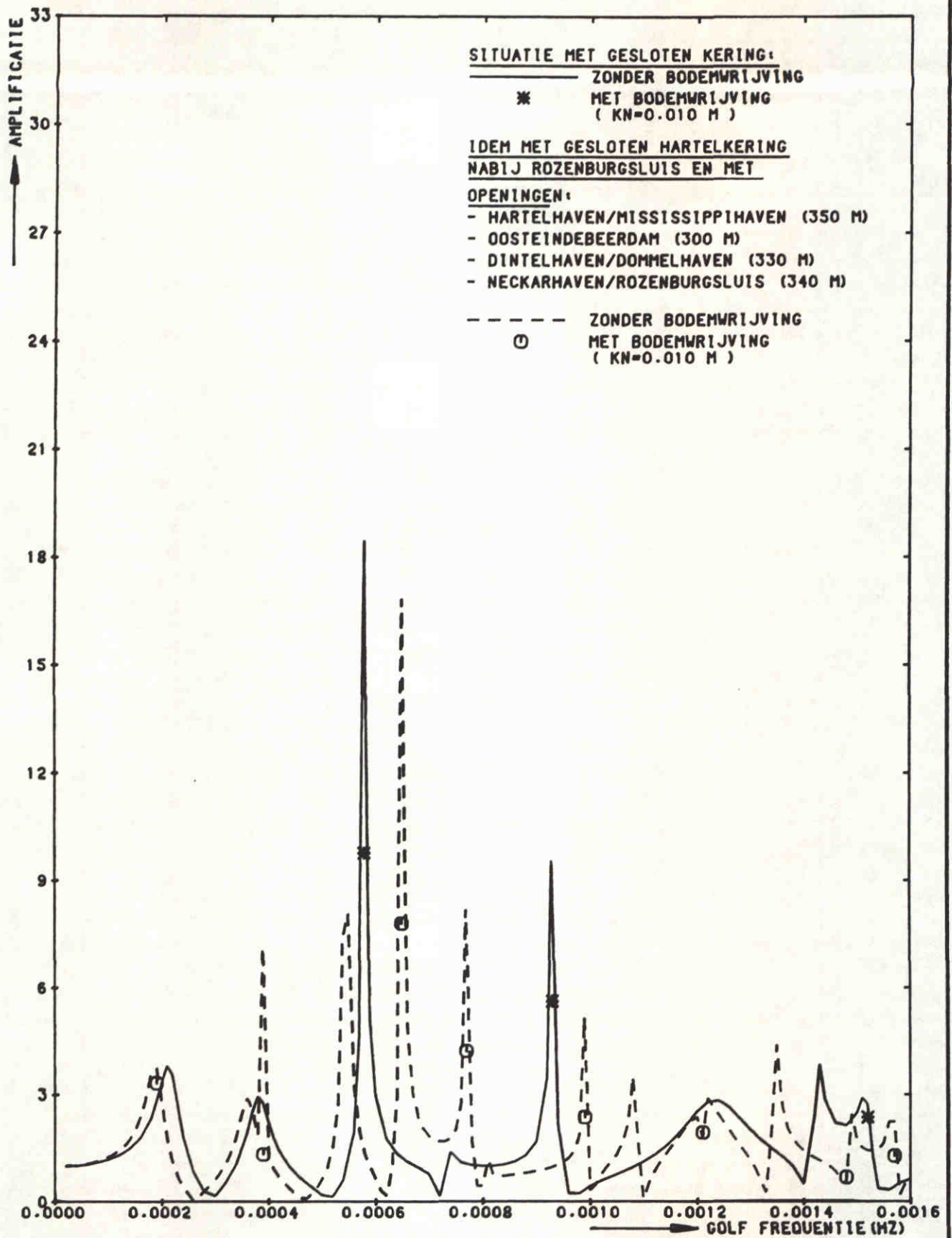
NAP +2.5 M

POSITIE 17
 BREDDIEP (NOORDZUDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 94



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

NAP +2.5 M

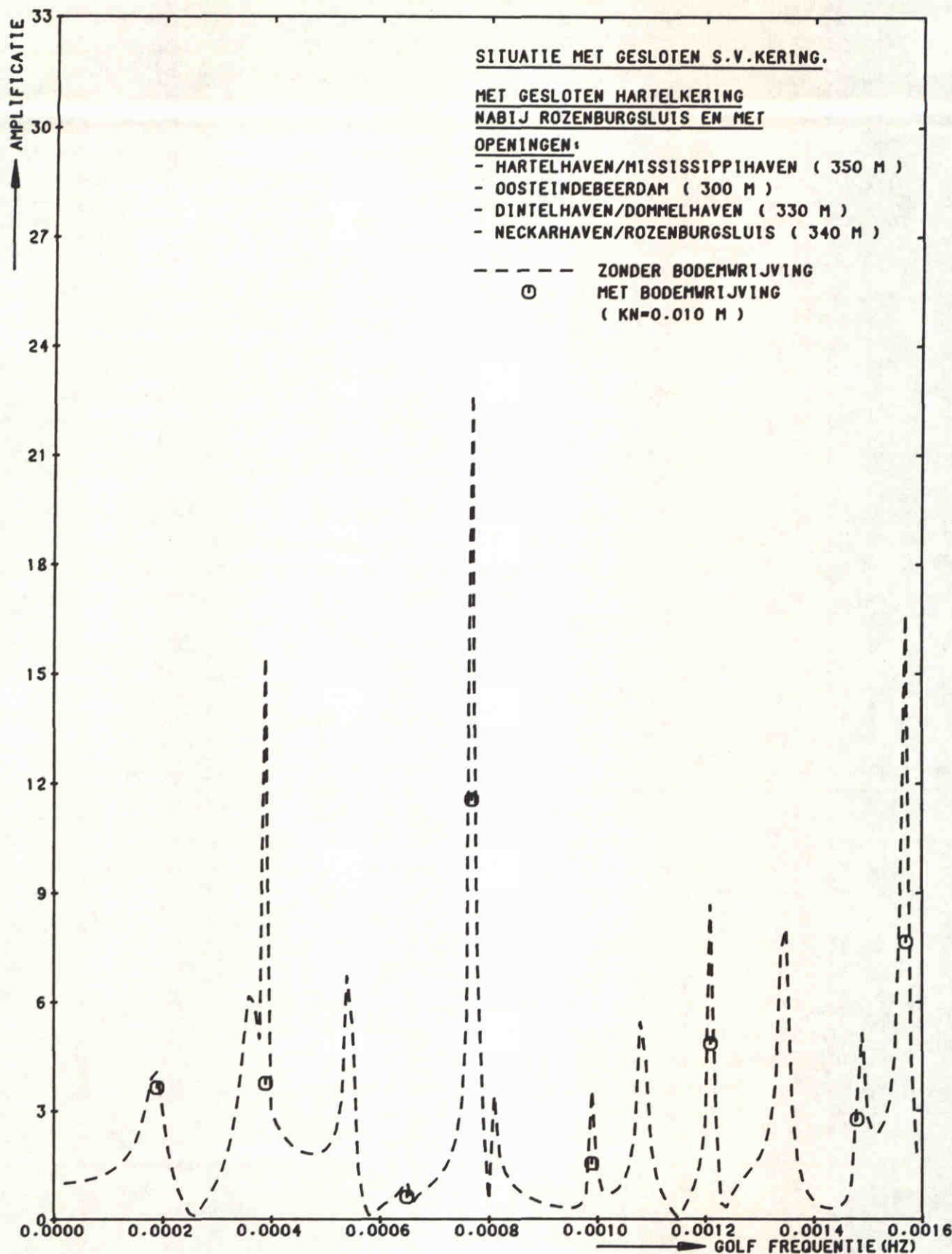
POSITIE 18

S.V.K.KM 1026.5

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 95



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

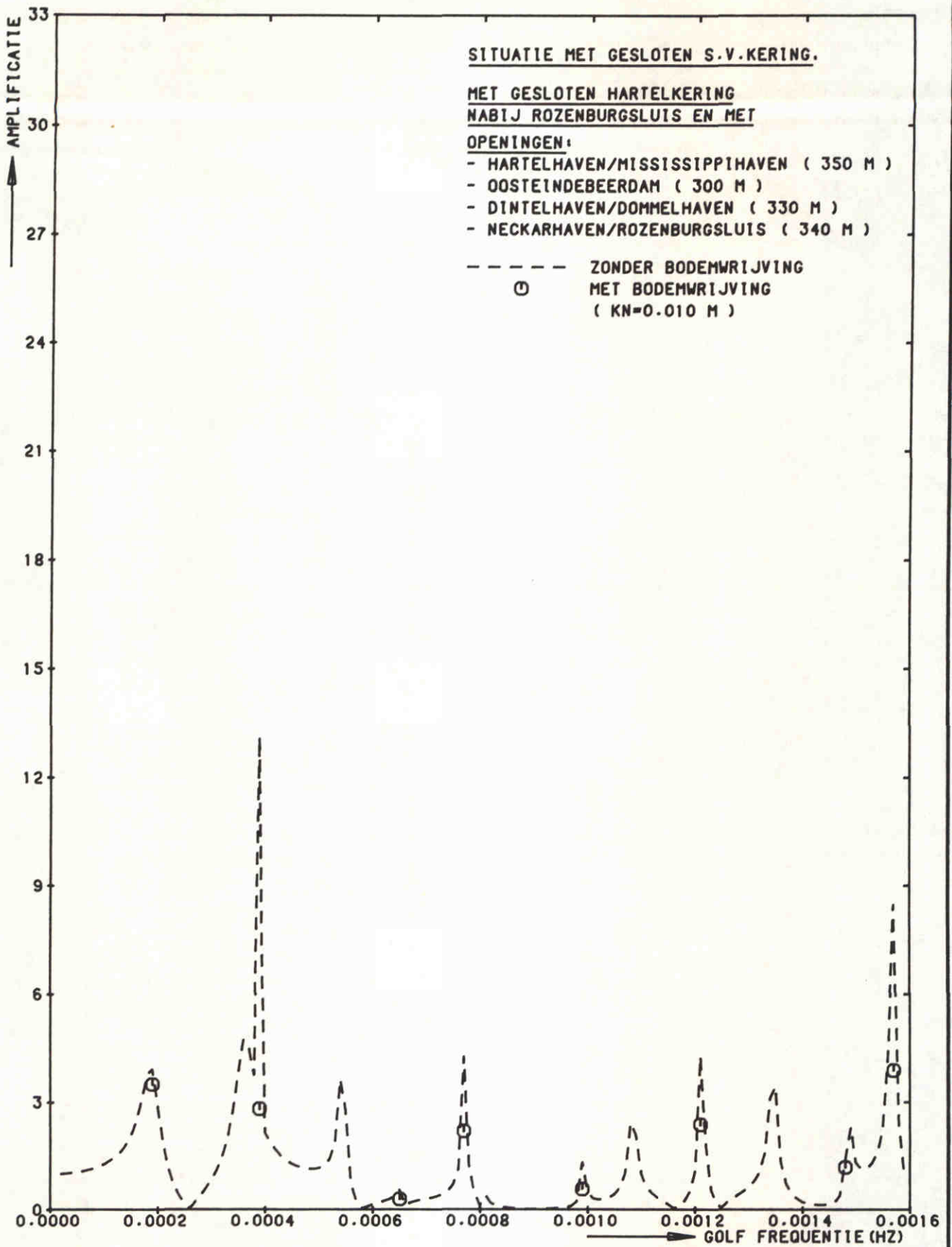
NAP +2.5 M

POSITIE 21
 HARTELHAVEN (NOORD)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 96



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

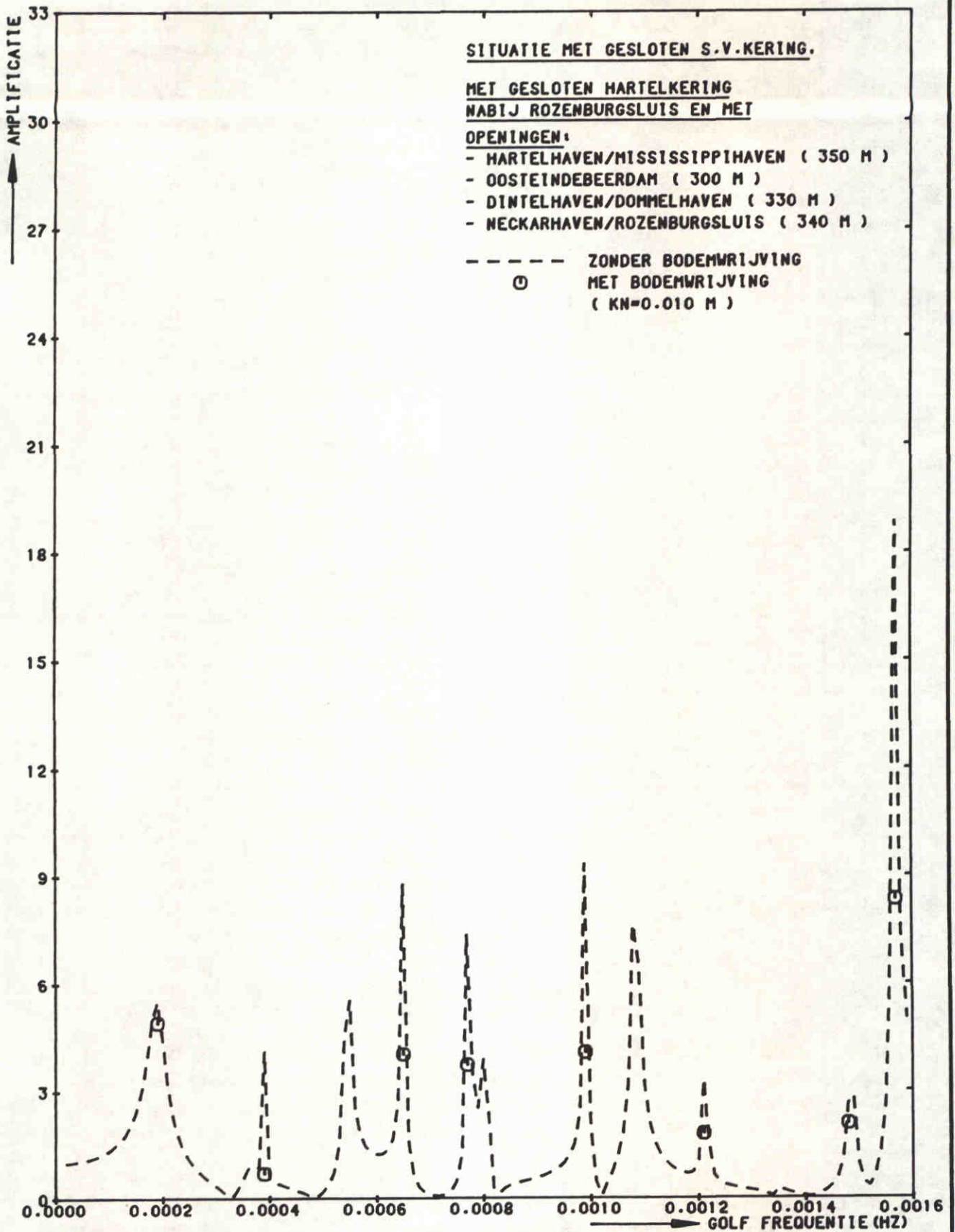
NAP +2.5 M

POSITIE 23
 GAT BEERDAM (ZUID)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 97



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

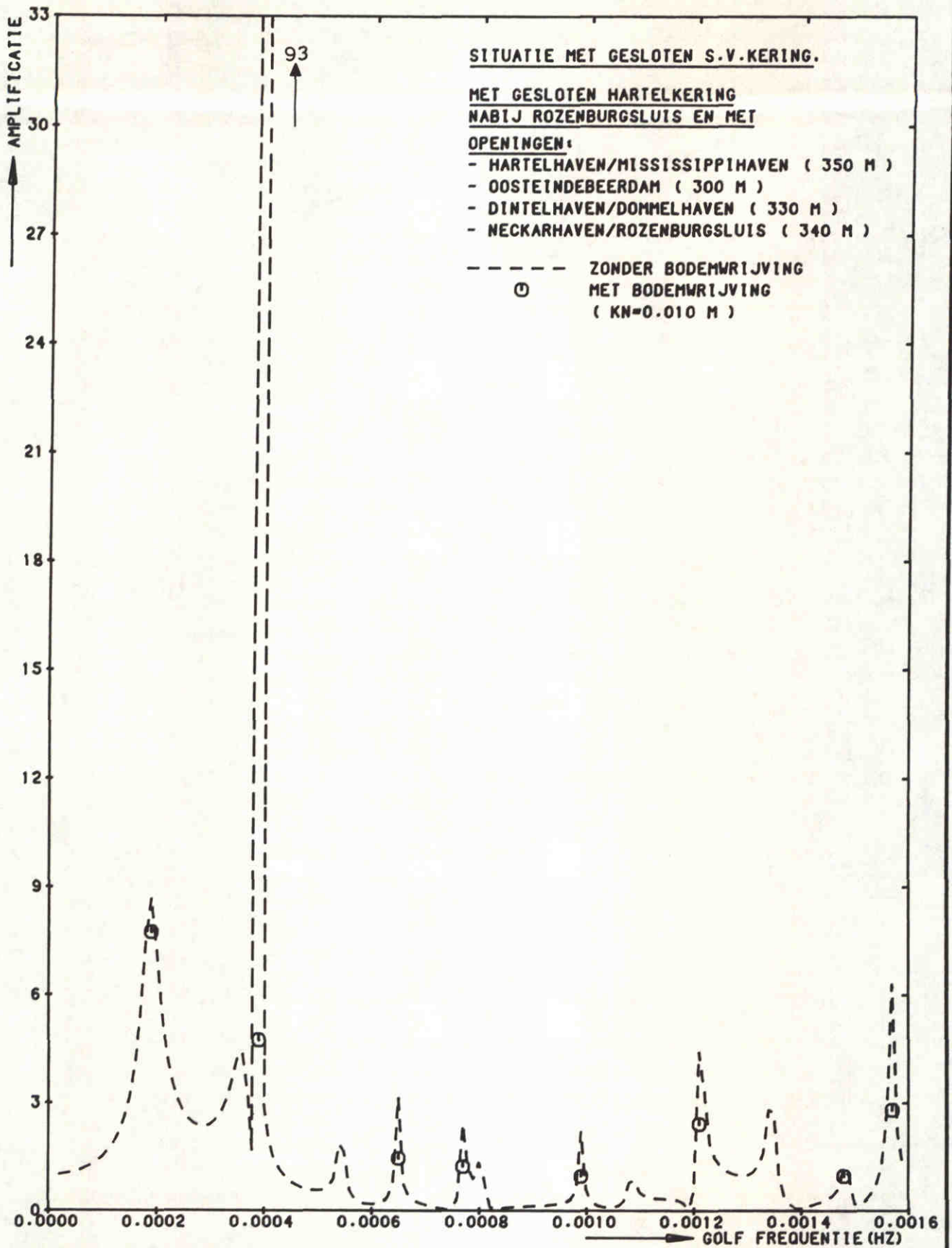
NAP +2.5 M

POSITIE 25
 DINTELHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 98



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

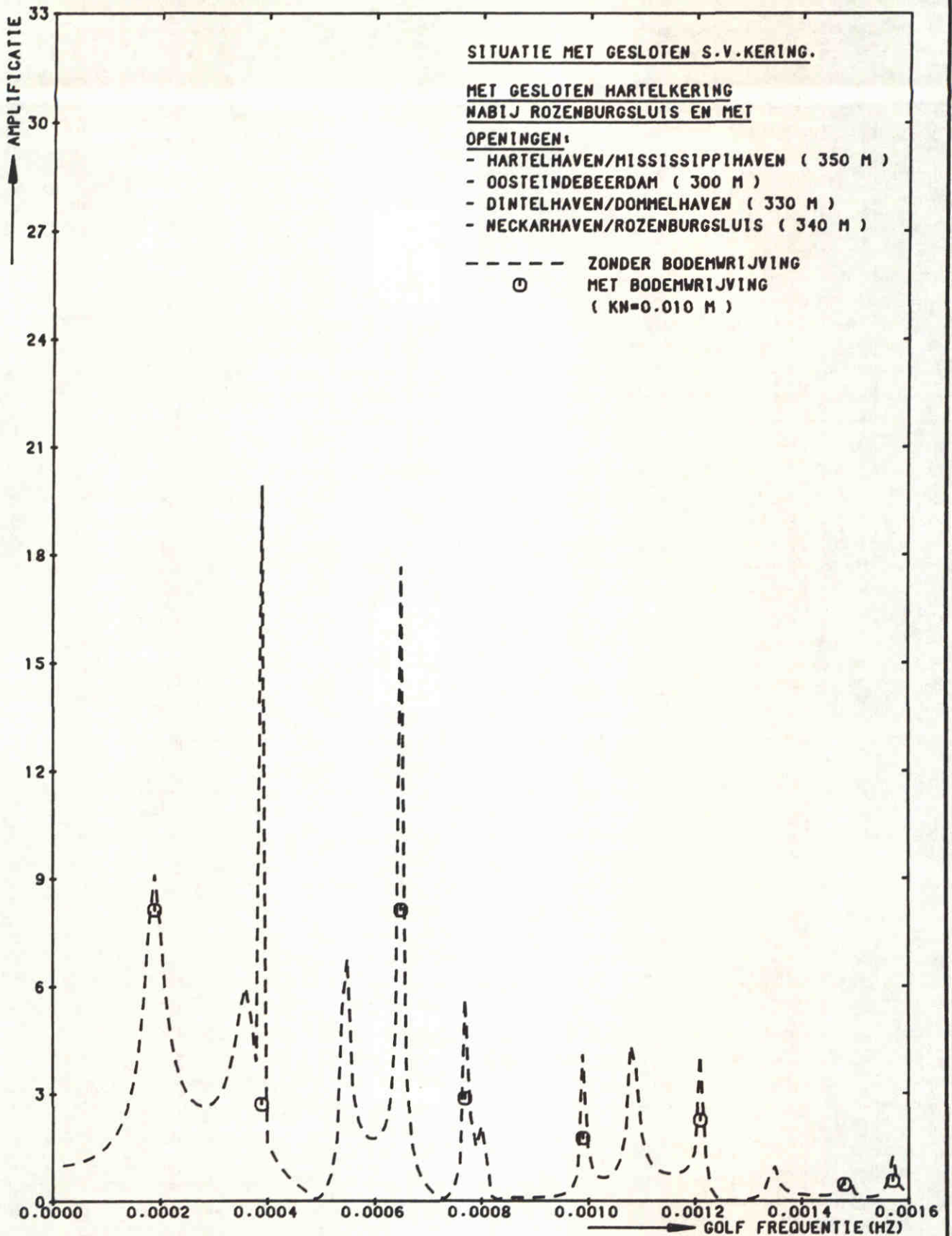
NAP +2.5 M

POSITIE 27
 KUWAIT STEIGER

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 99



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50 (GESLOTEN)

H=0.3 M

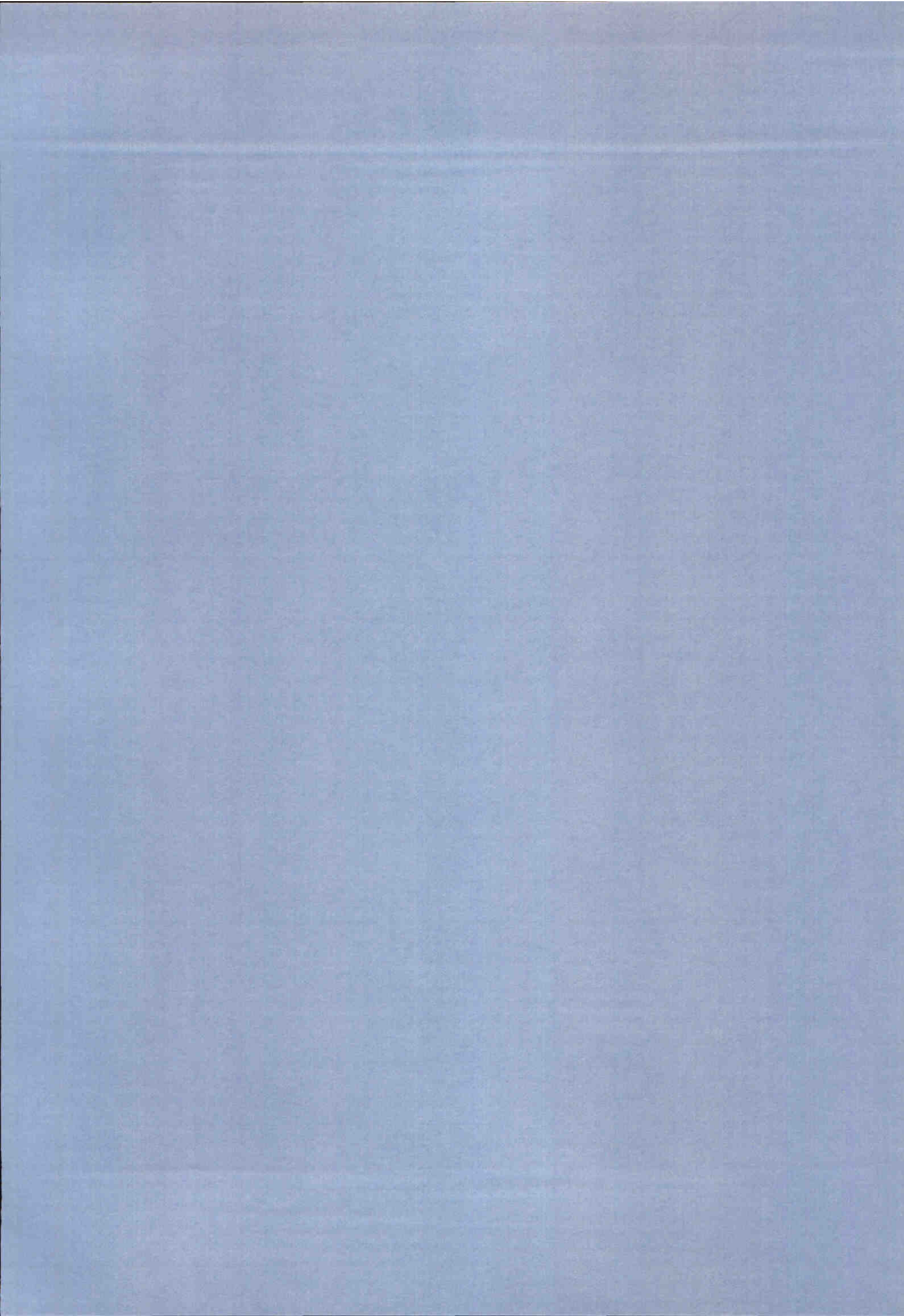
NAP +2.5 M

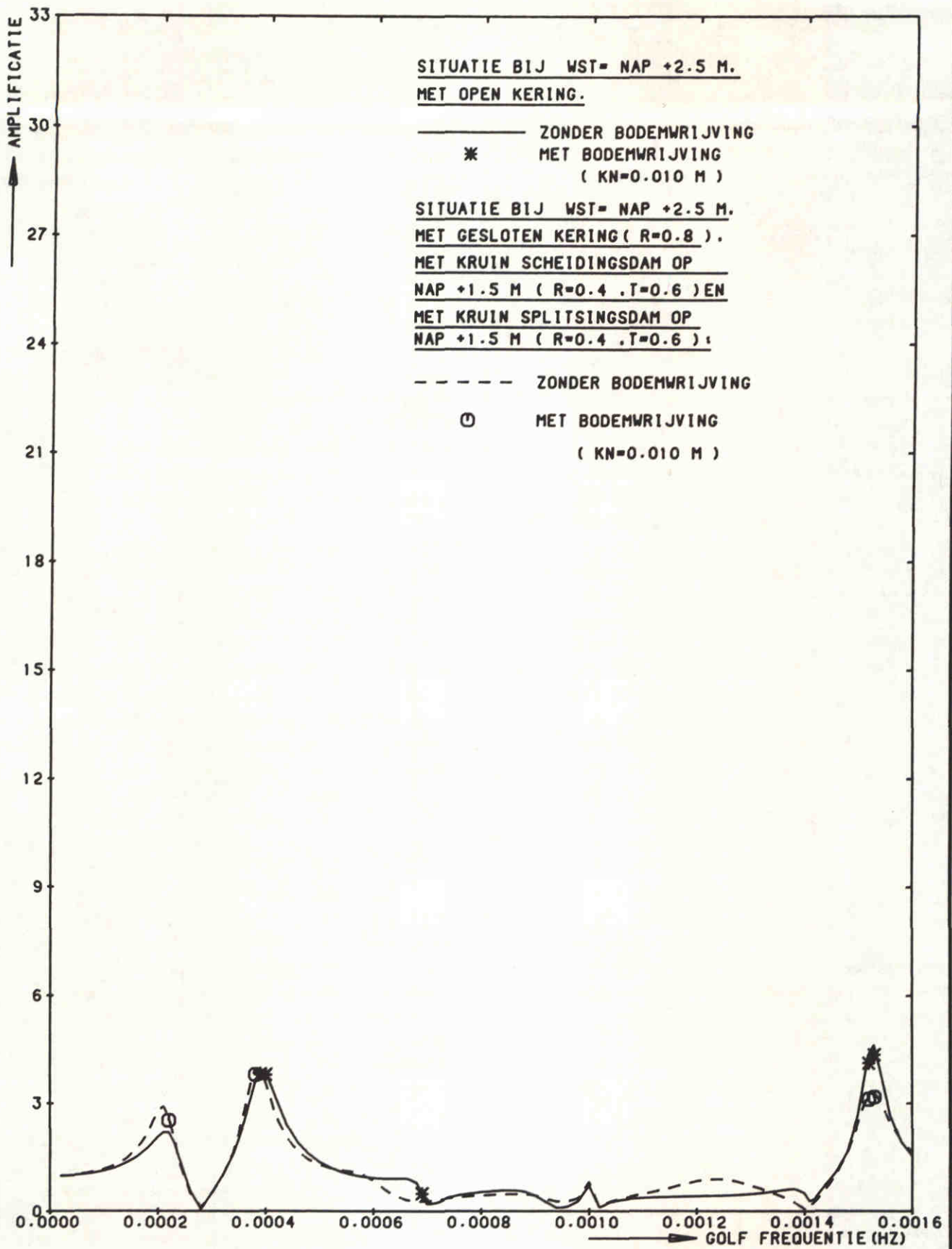
POSITIE 30
HARTELKERING

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.100





STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

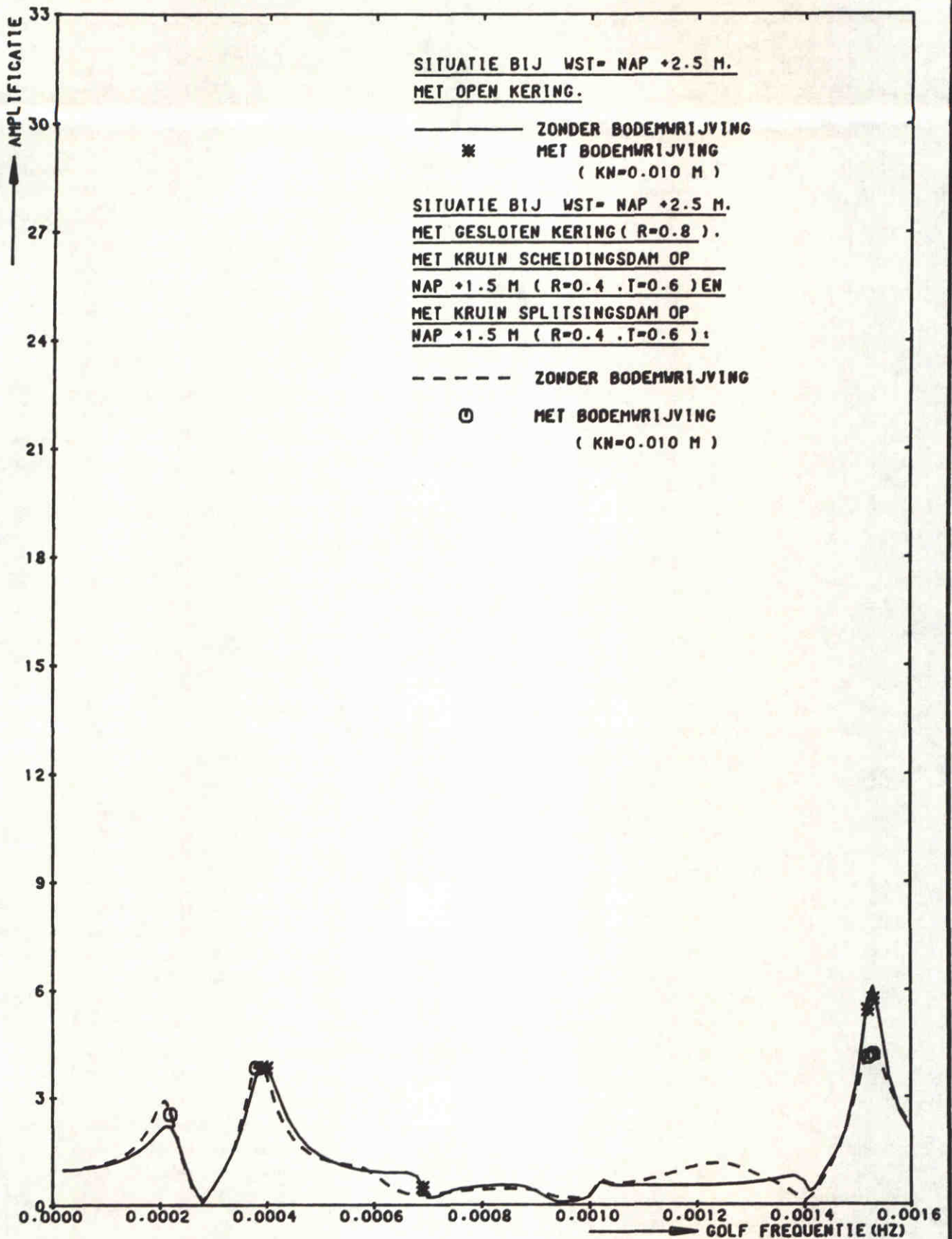
NAP +2.5 M

POSITIE 1
EUROPA HAVEN.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.101



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

NAP +2.5 M

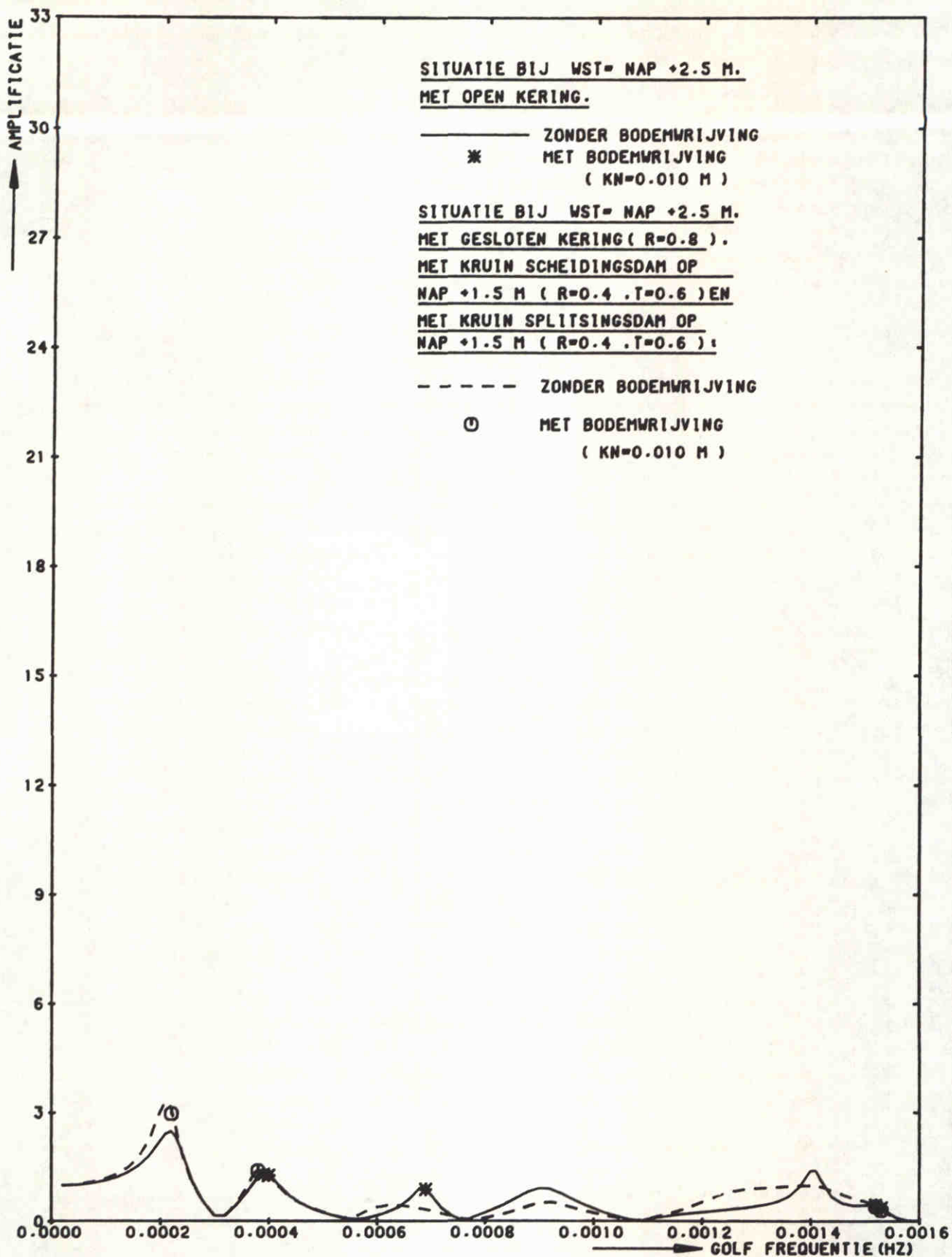
POSITIE 4

MISSISSIPPIHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.102



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

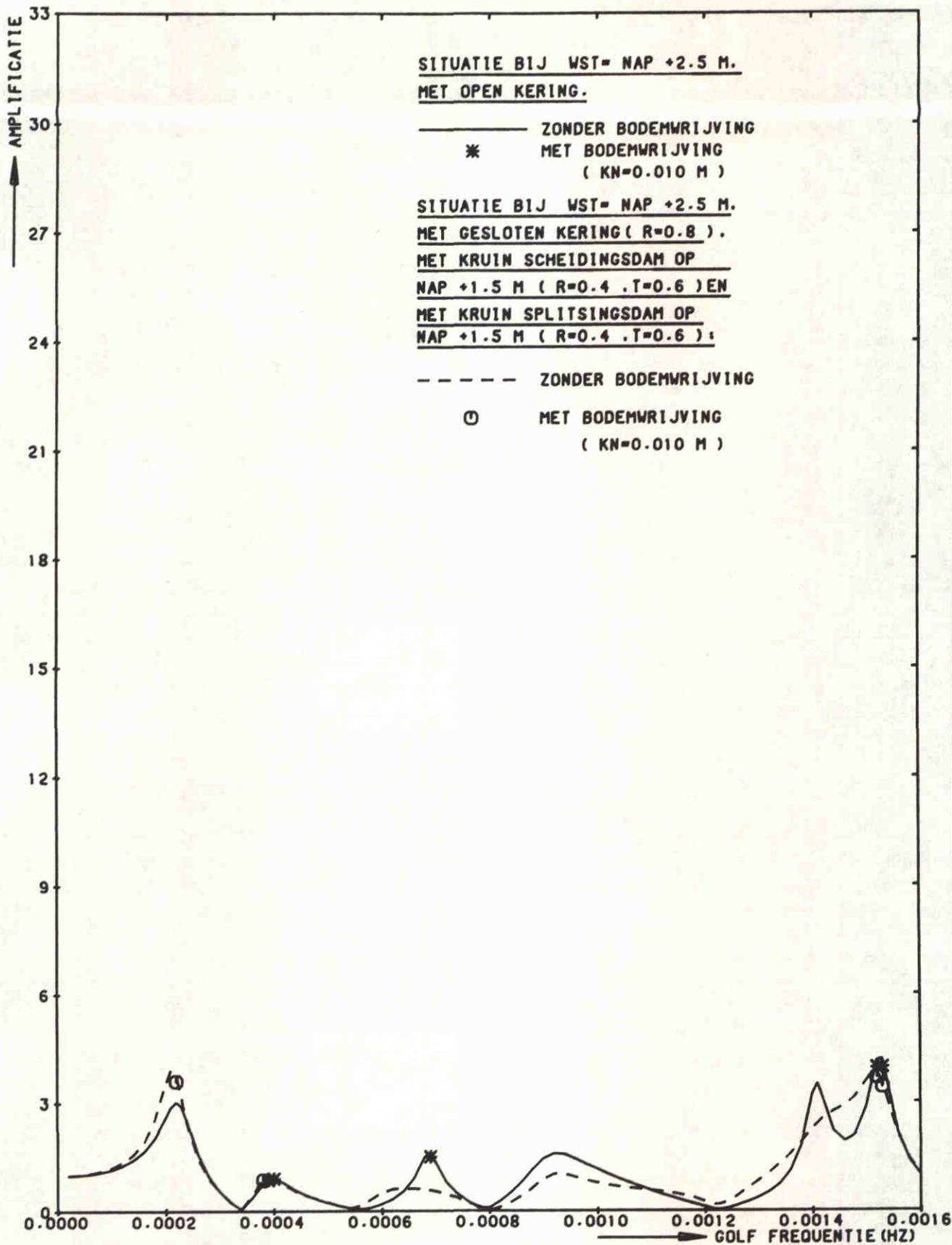
NAP +2.5 M

POSITIE 5
BREEDTIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.103



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

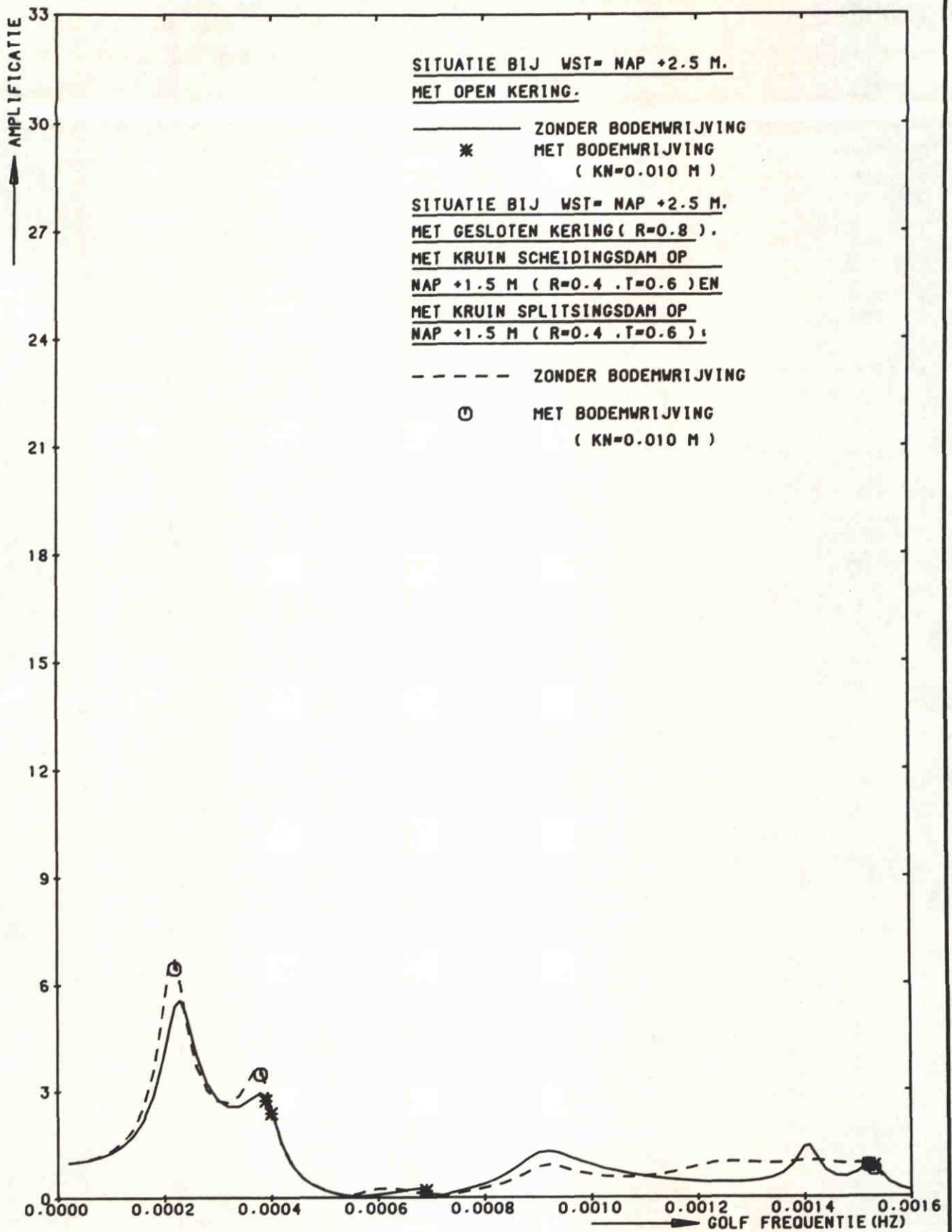
NAP +2.5 M

POSITIE 7
BENELUXHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.104



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

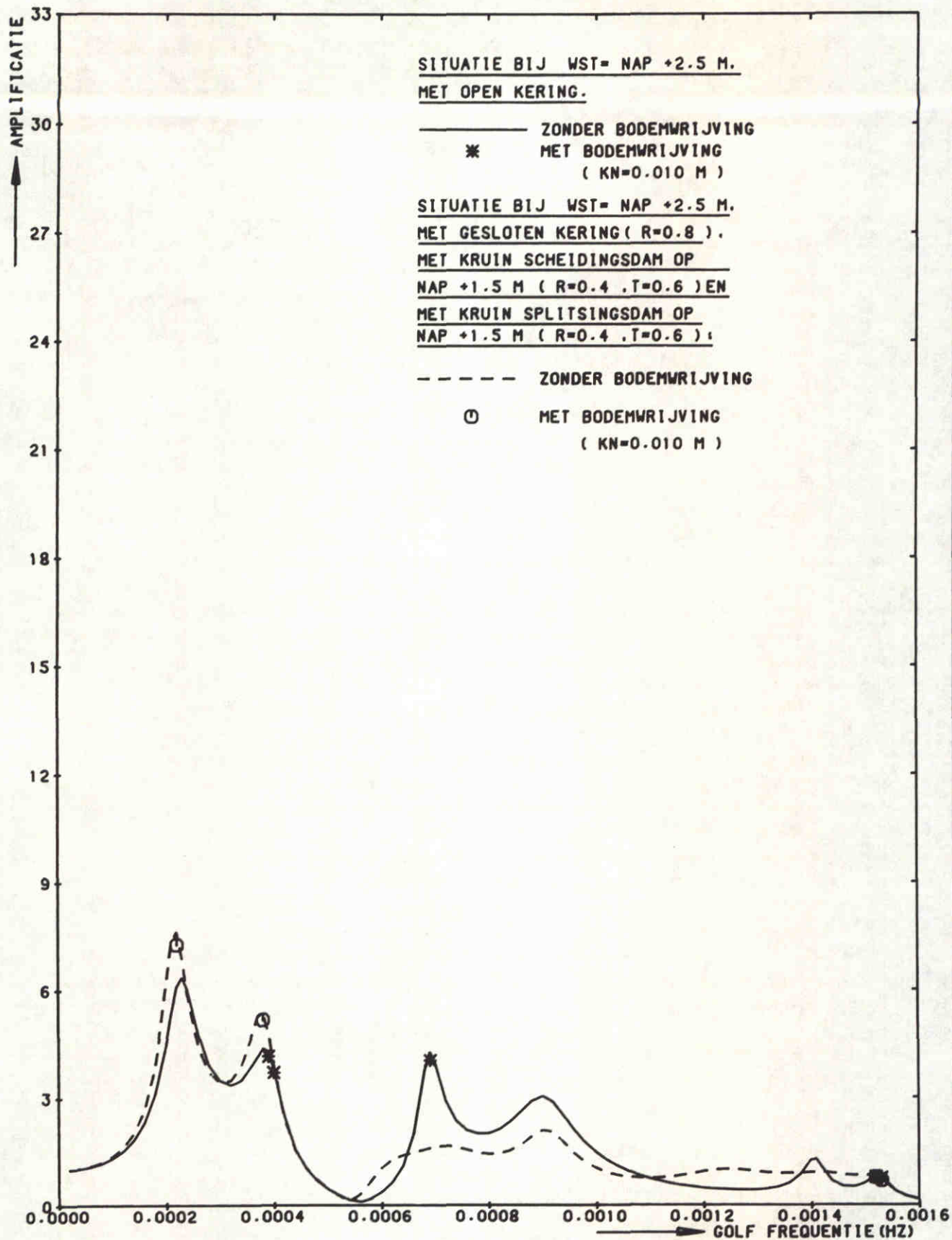
NAP +2.5 M

POSITIE 10
OVERZIJDE 7E PETROLEUMH.

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.105

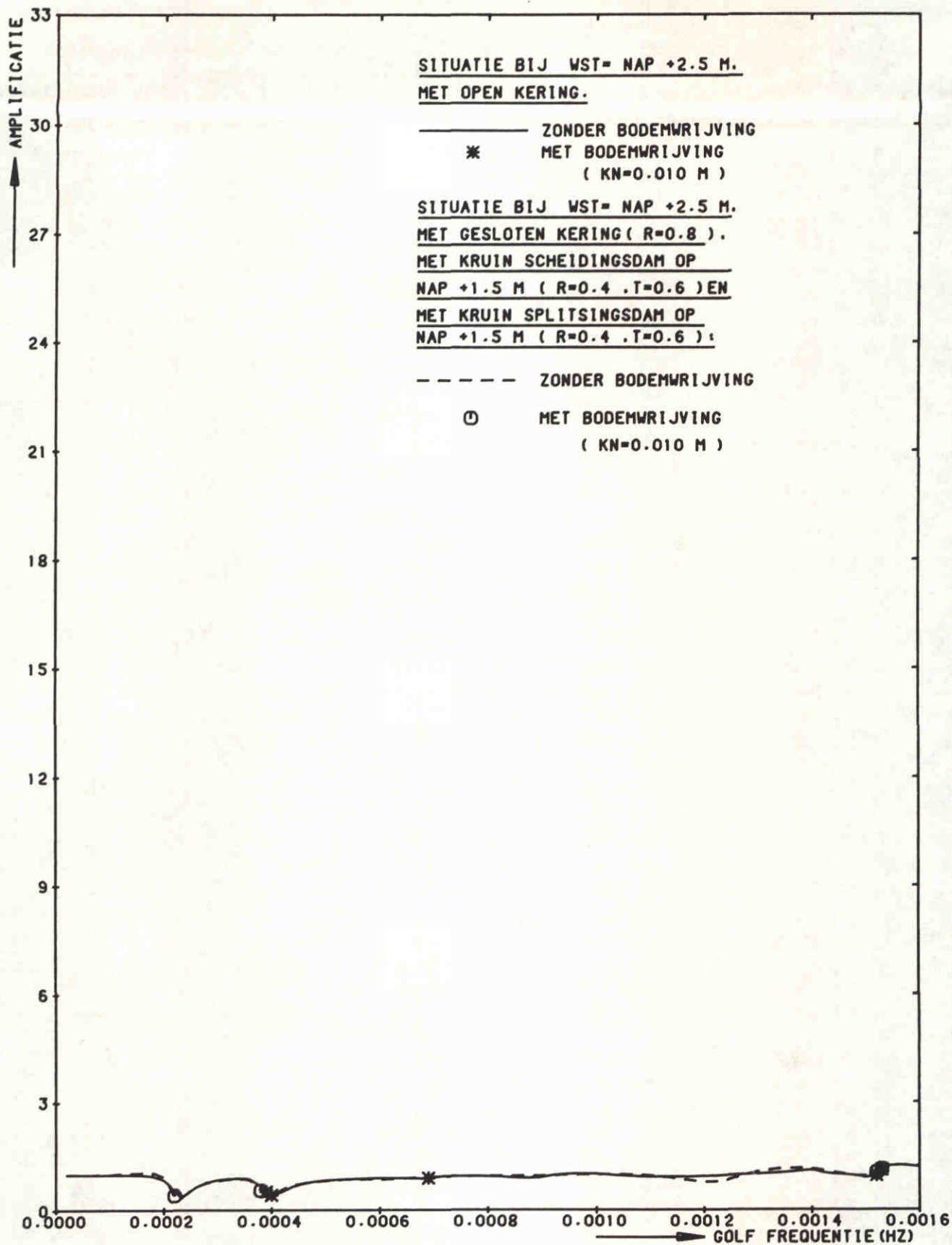


STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M	NAP +2.5 M
POSITIE 12 BRITANNIEHAVEN	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688	FIG.106
-------	---------



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

NAP +2.5 M

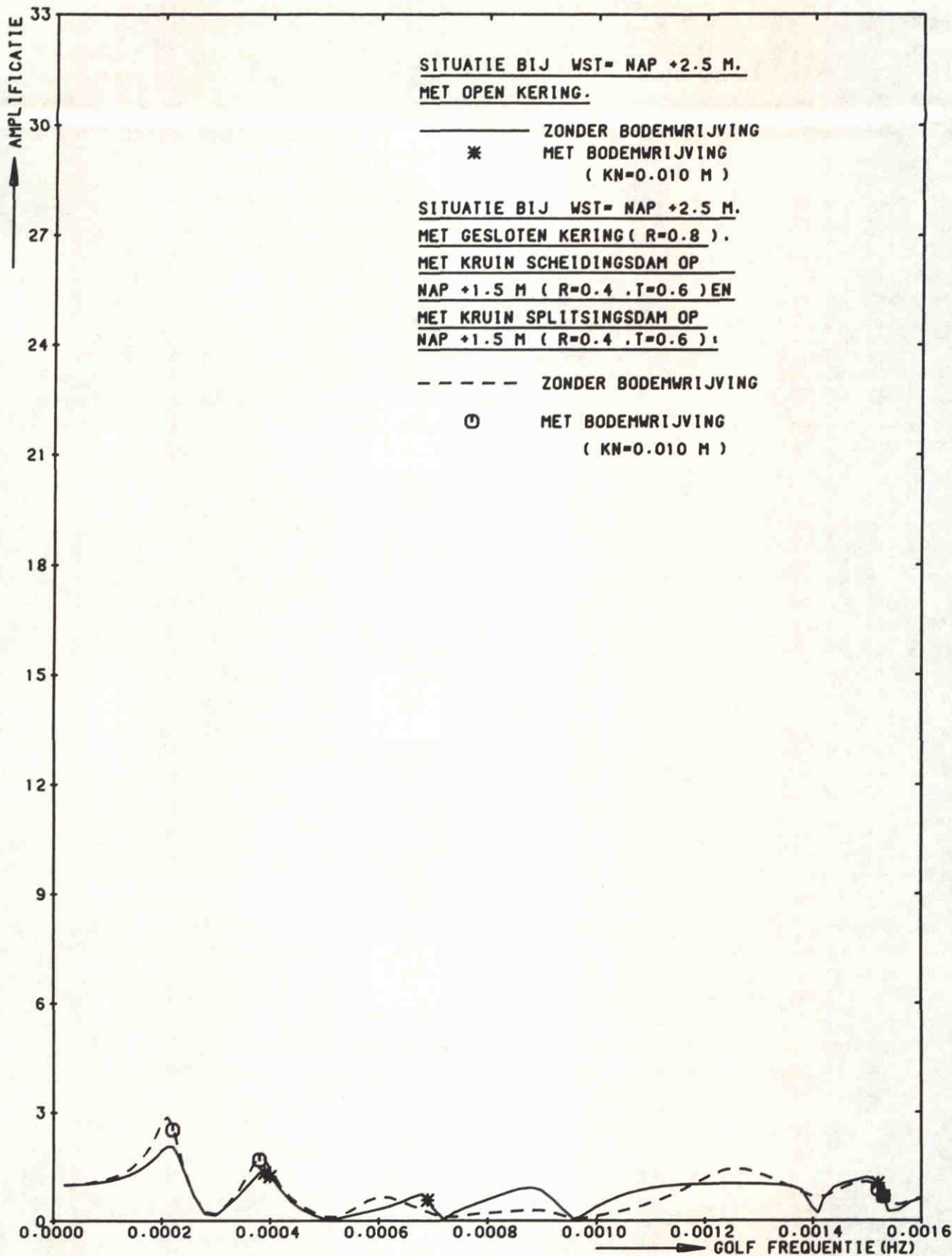
POSITIE 13

MAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.107



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

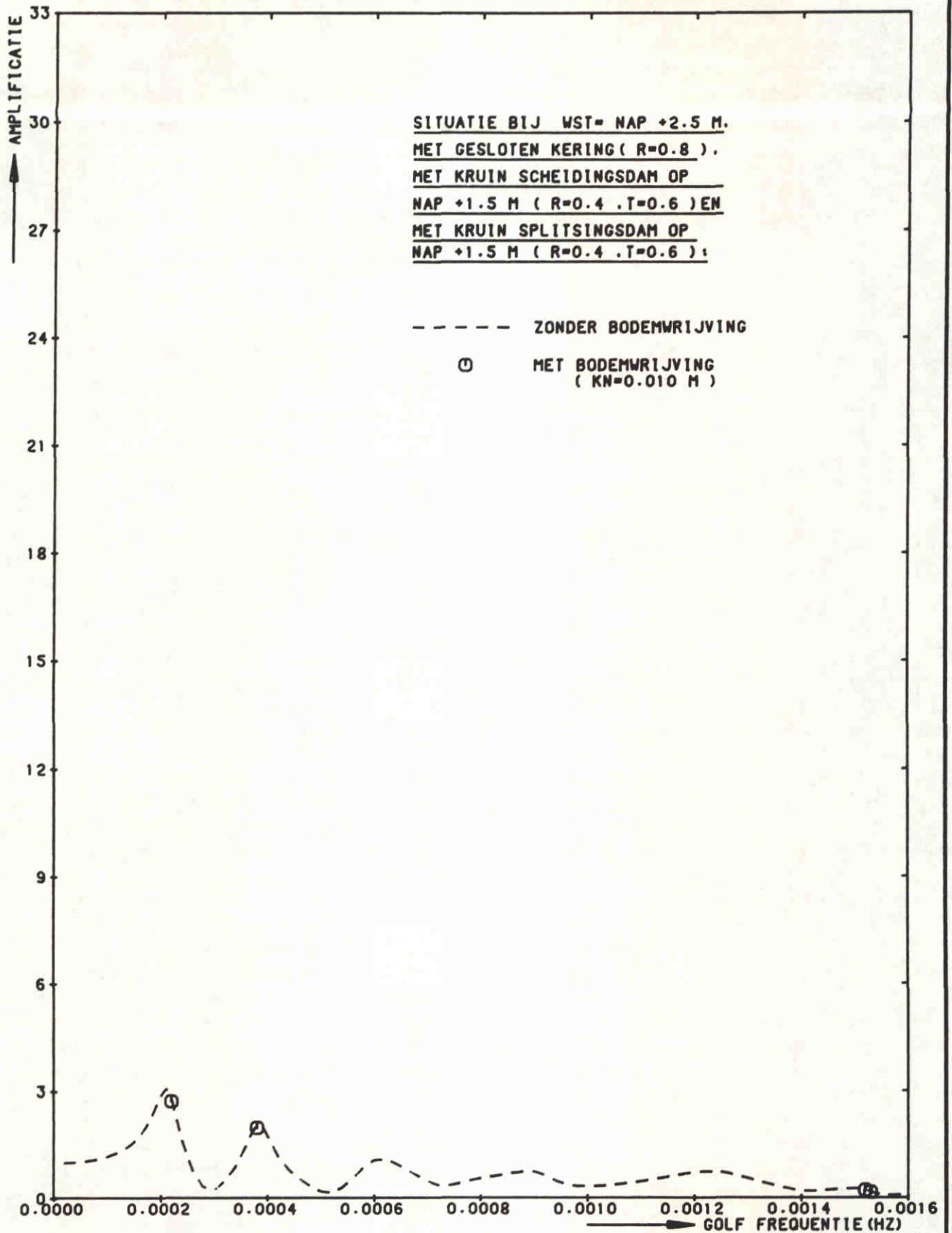
NAP +2.5 M

POSITIE 17
BREEDDIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.108



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

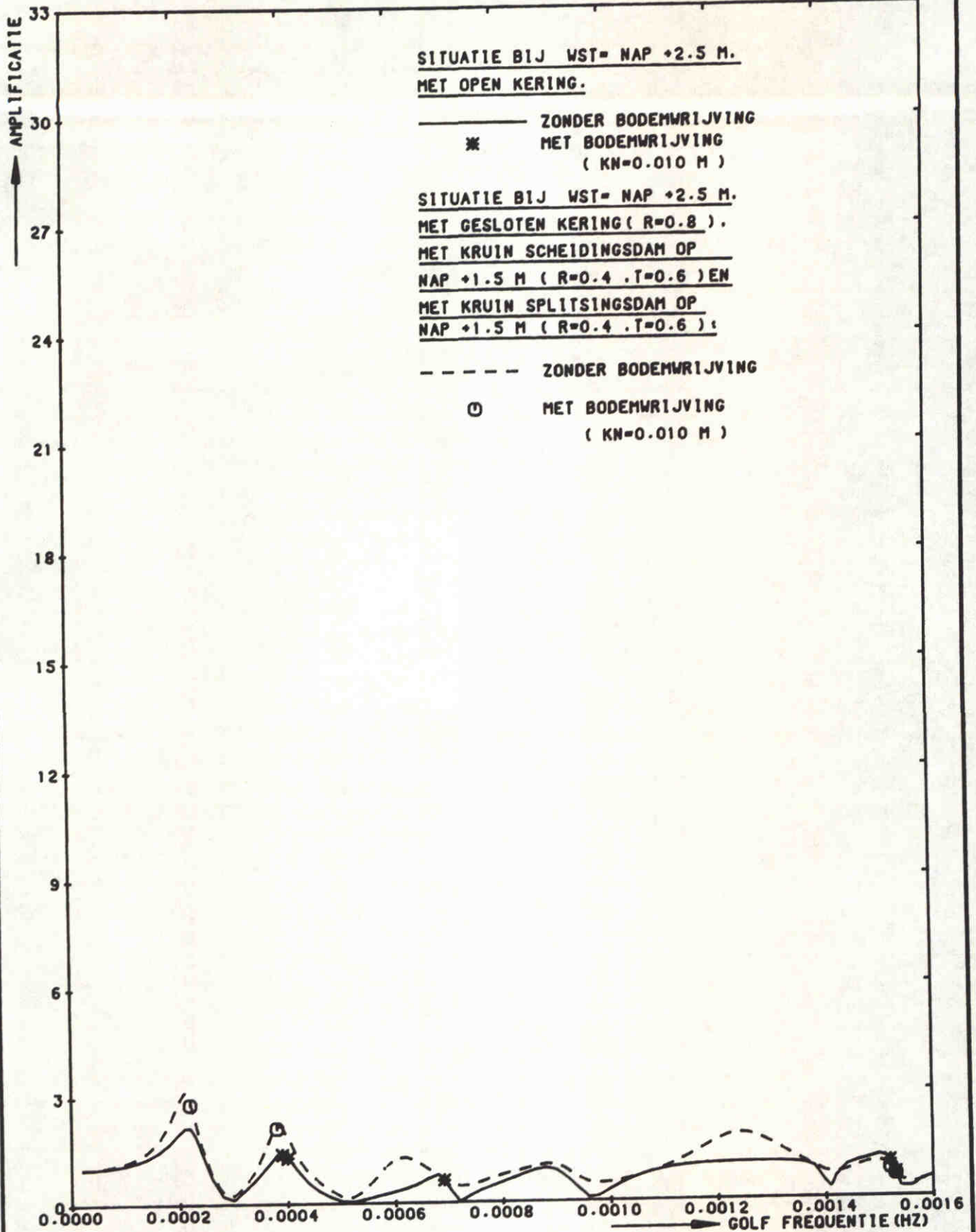
NAP +2.5 M

POSITIE 17A
 KM 1028.75

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.109



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

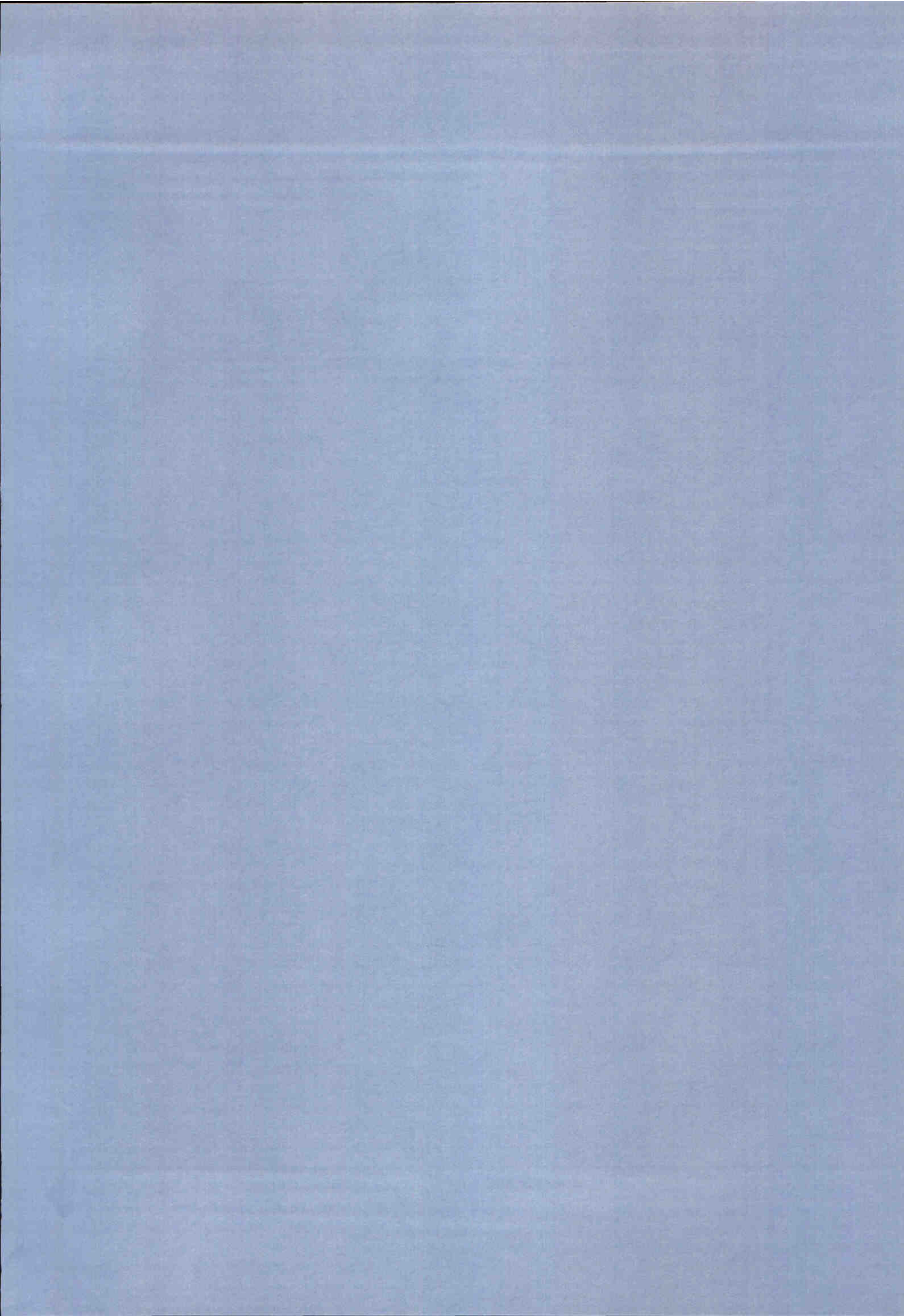
NAP +2.5 M

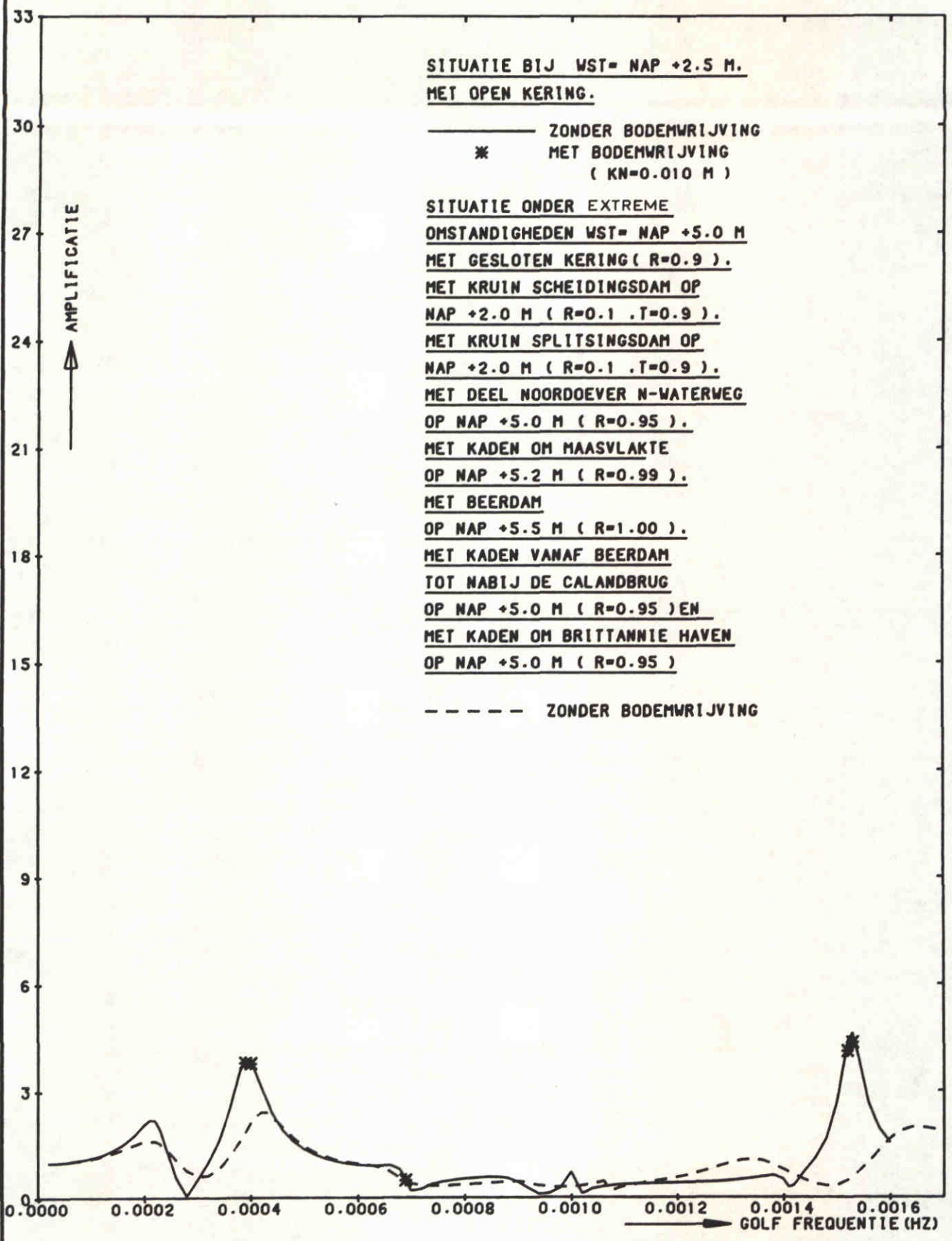
POSITIE 18
S.V.K.KM1026.50

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

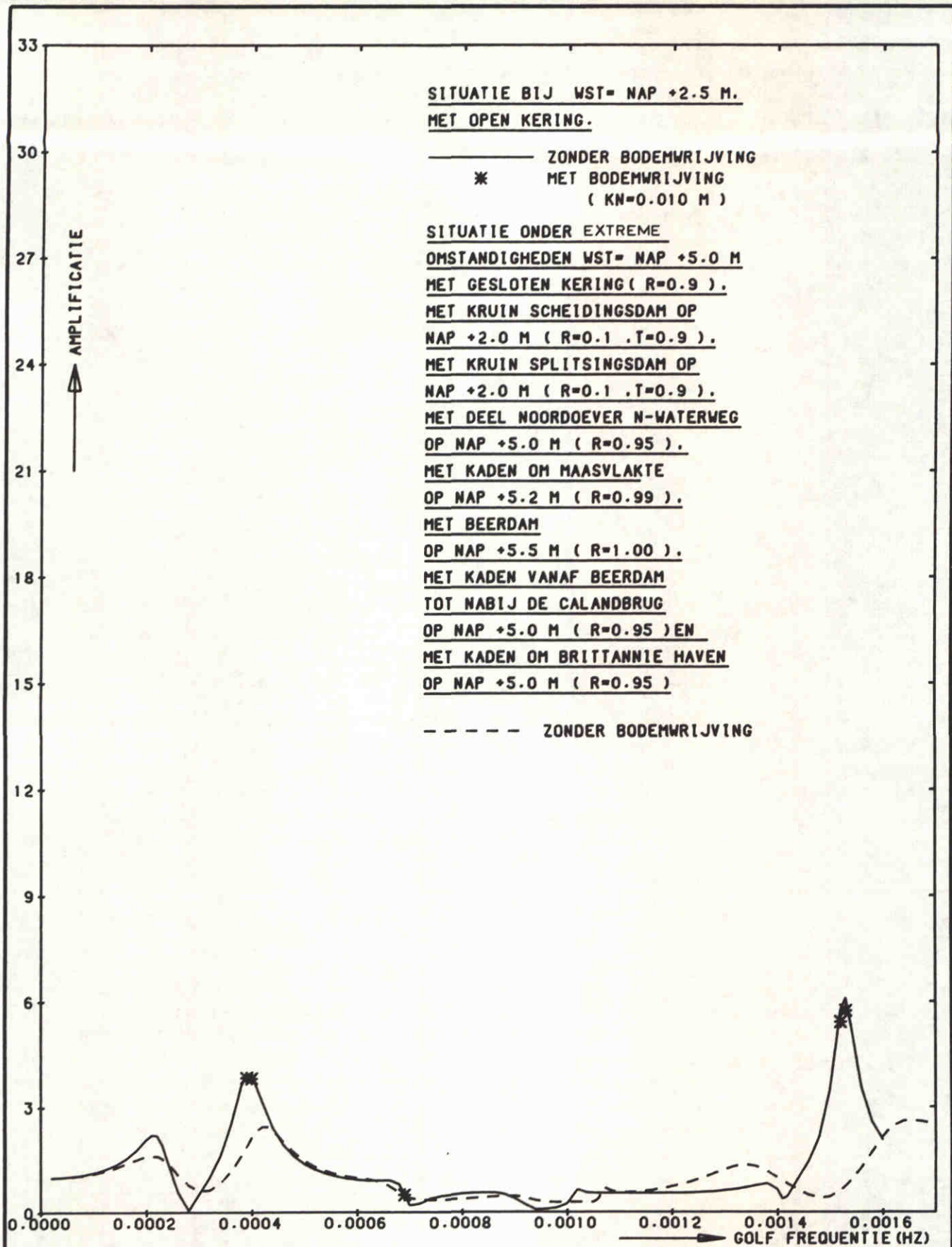
H0688

FIG.110





STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V.KM 1026.50	H=0.3 M	
	POSITIE 1 EUROPA HAVEN.	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG.111



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

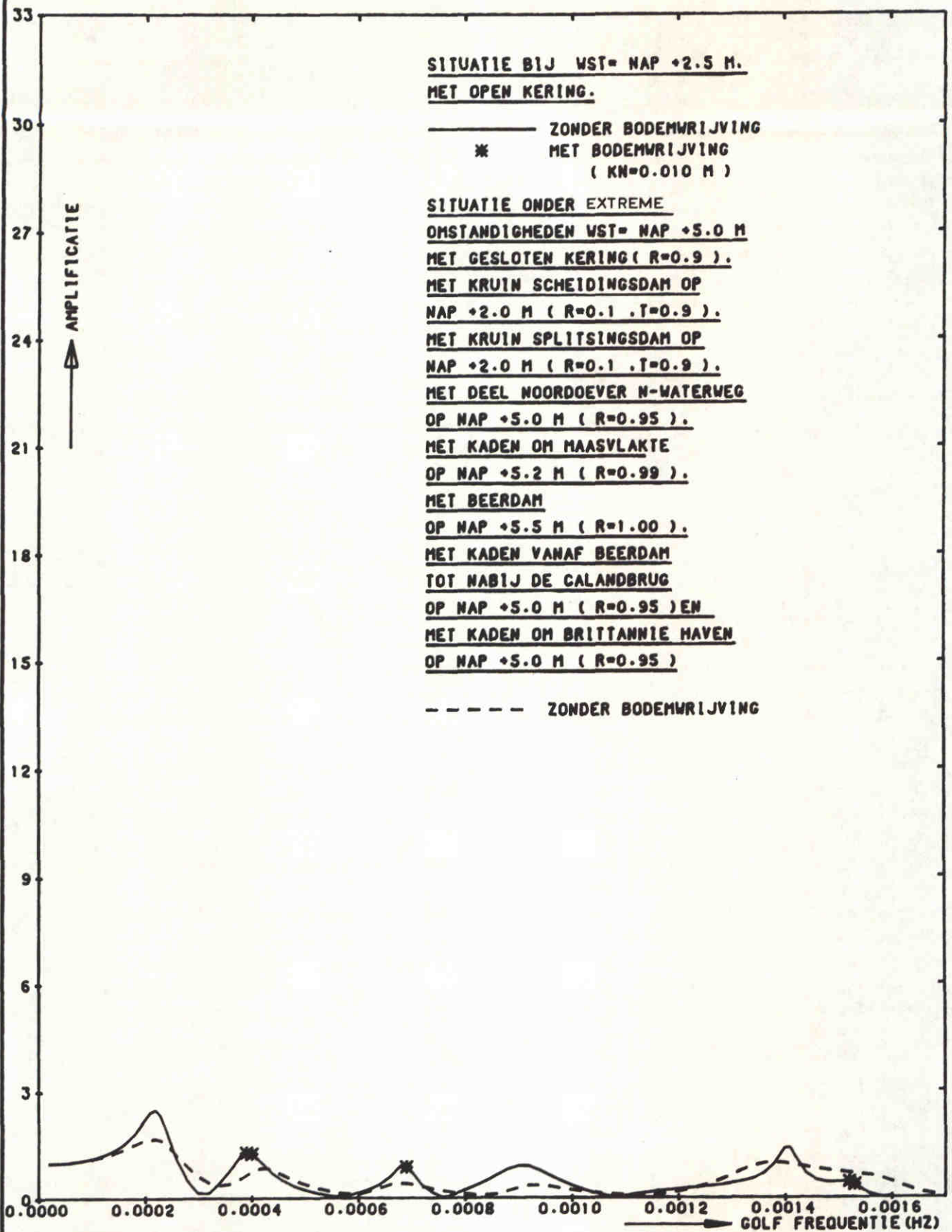
H=0.3 M

POSITIE 4
MISSISSIPPIHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.112



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

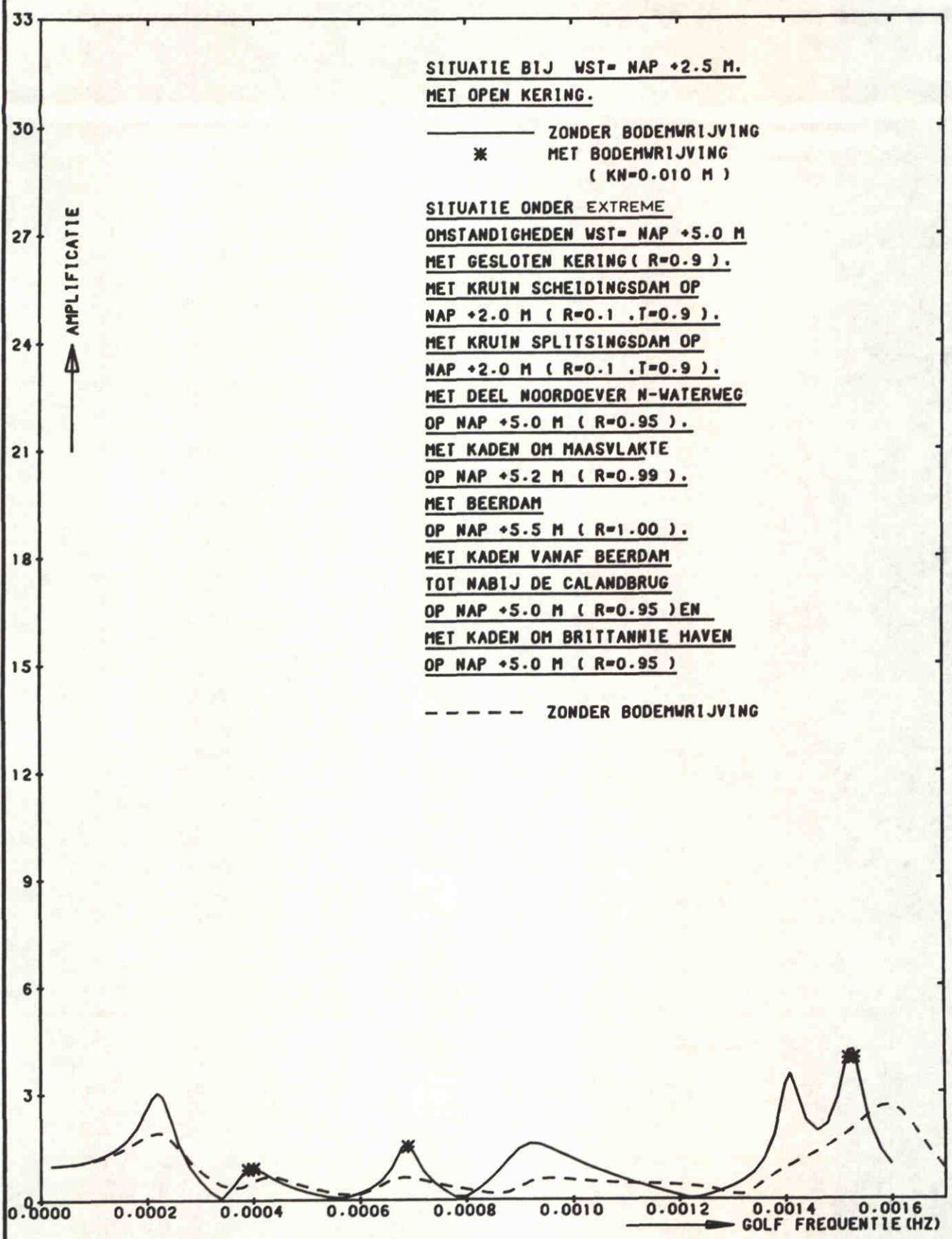
H=0.3 M

POSITIE 5
BREEDTIEP (ZIJDZIJDE)

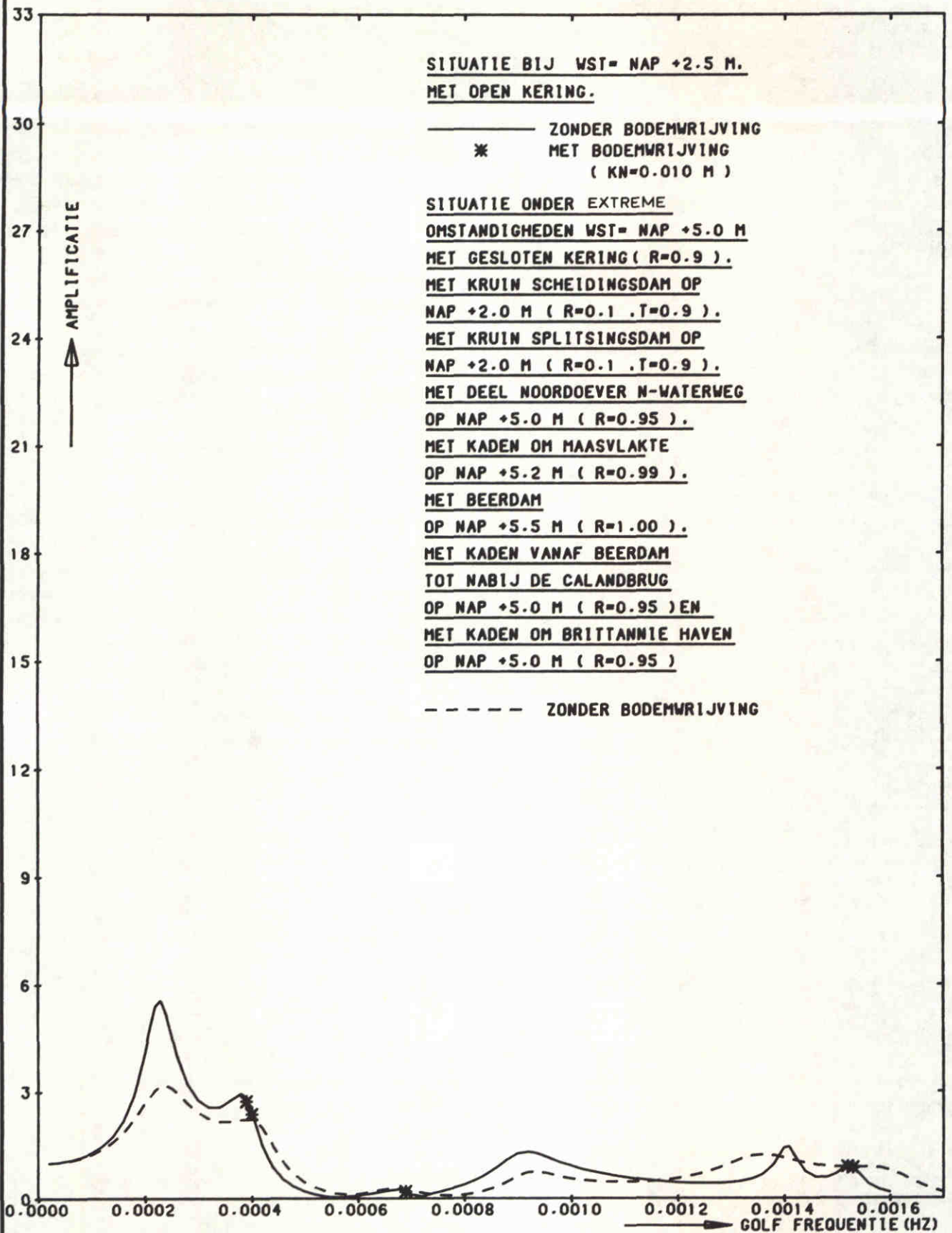
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 113



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V.KM 1026.50	H=0.3 M	
	POSITIE 7 BENELUXHAVEN	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG.114



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

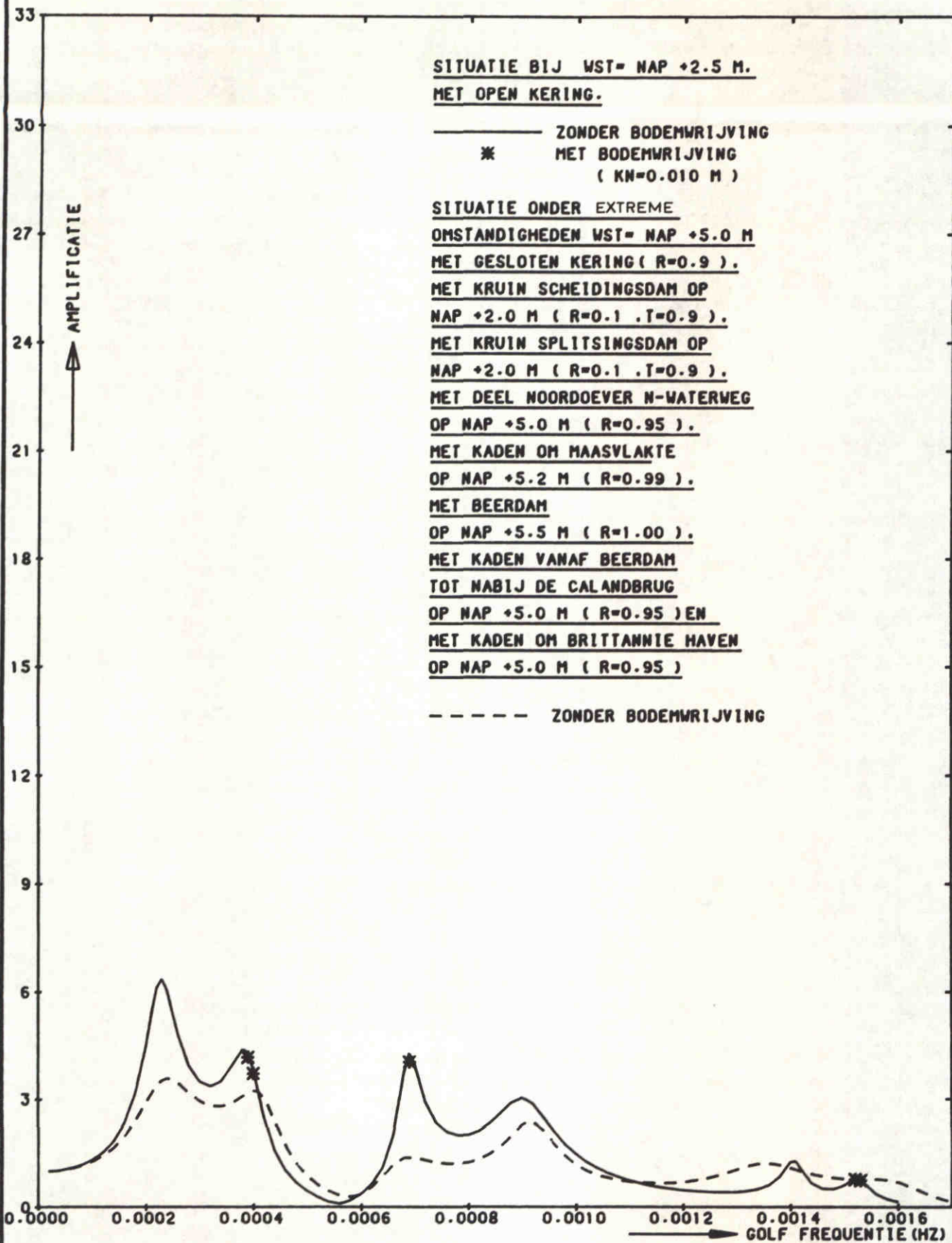
H=0.3 M

POSITIE 10
OVERZIJDE 7E PETROLEUMHV

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.115



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

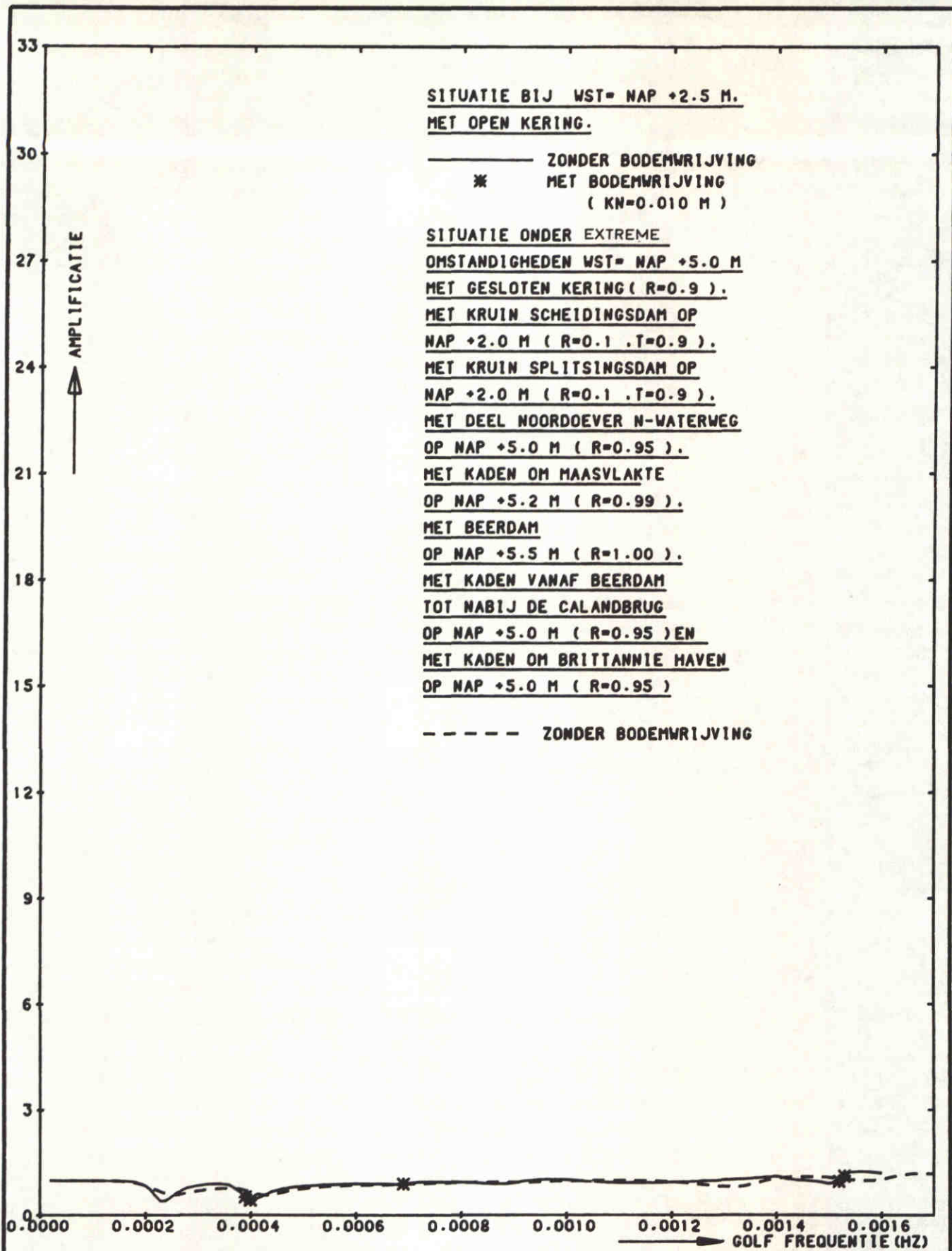
H=0.3 M

POSITIE 12
BRITANNIEHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.116



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

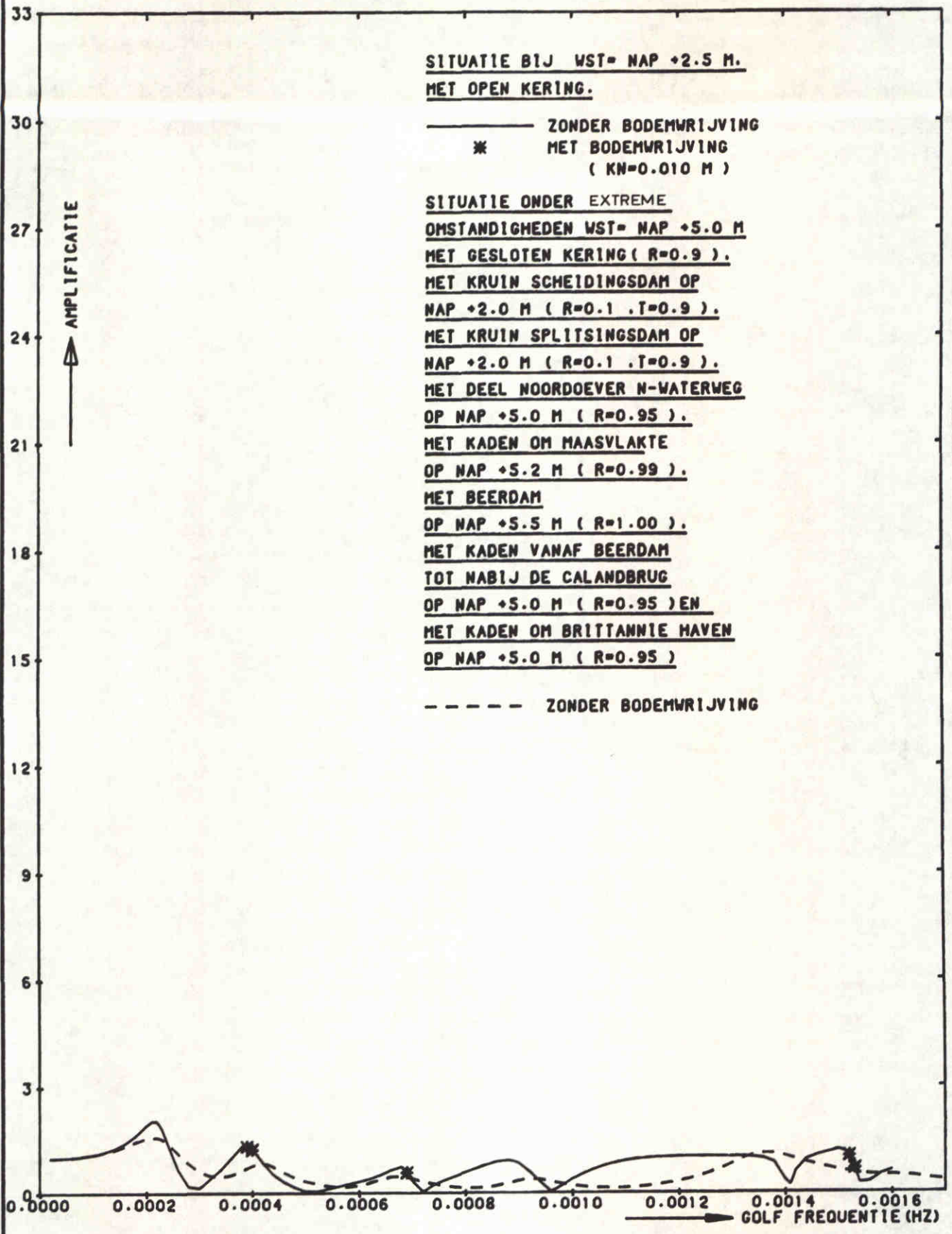
H=0.3 M

POSITIE 13
MAASMOND

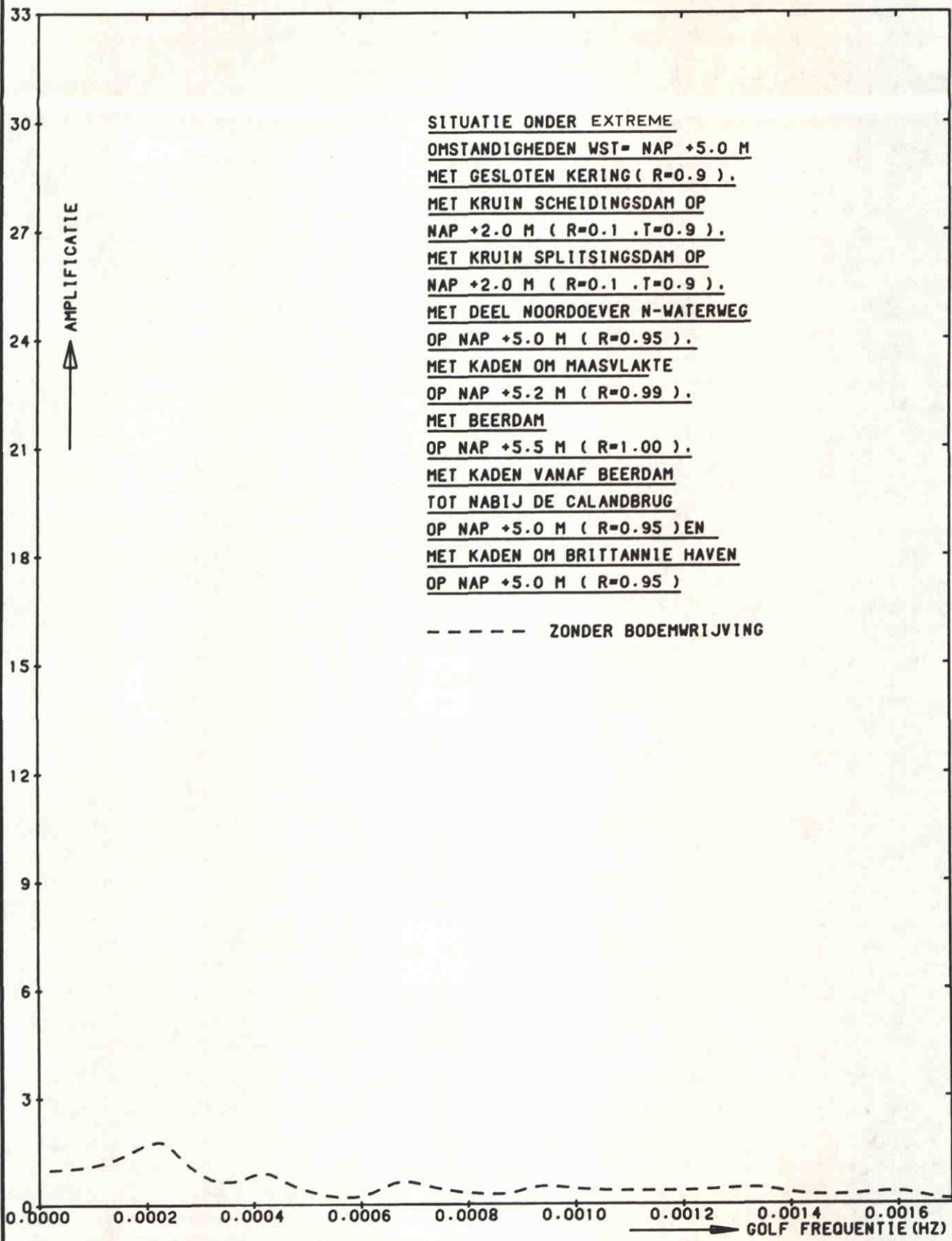
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.117



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V.KM 1026.50	H=0.3 M	
	POSITIE 17 BREEDTIEP (NOORDZIJDE)	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG.118



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

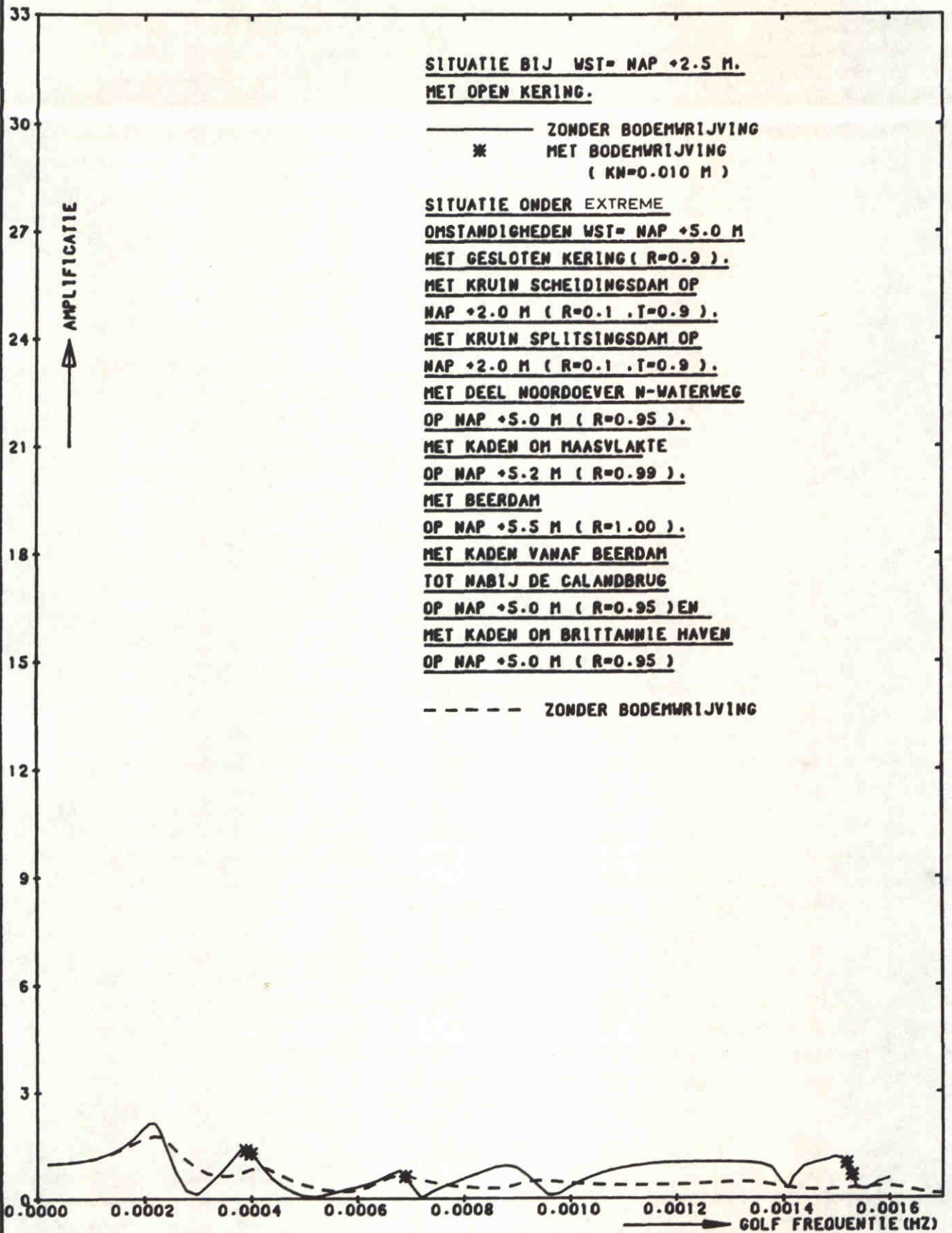
H=0.3 M

POSITIE 17A
 KM 1028.75

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.119



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

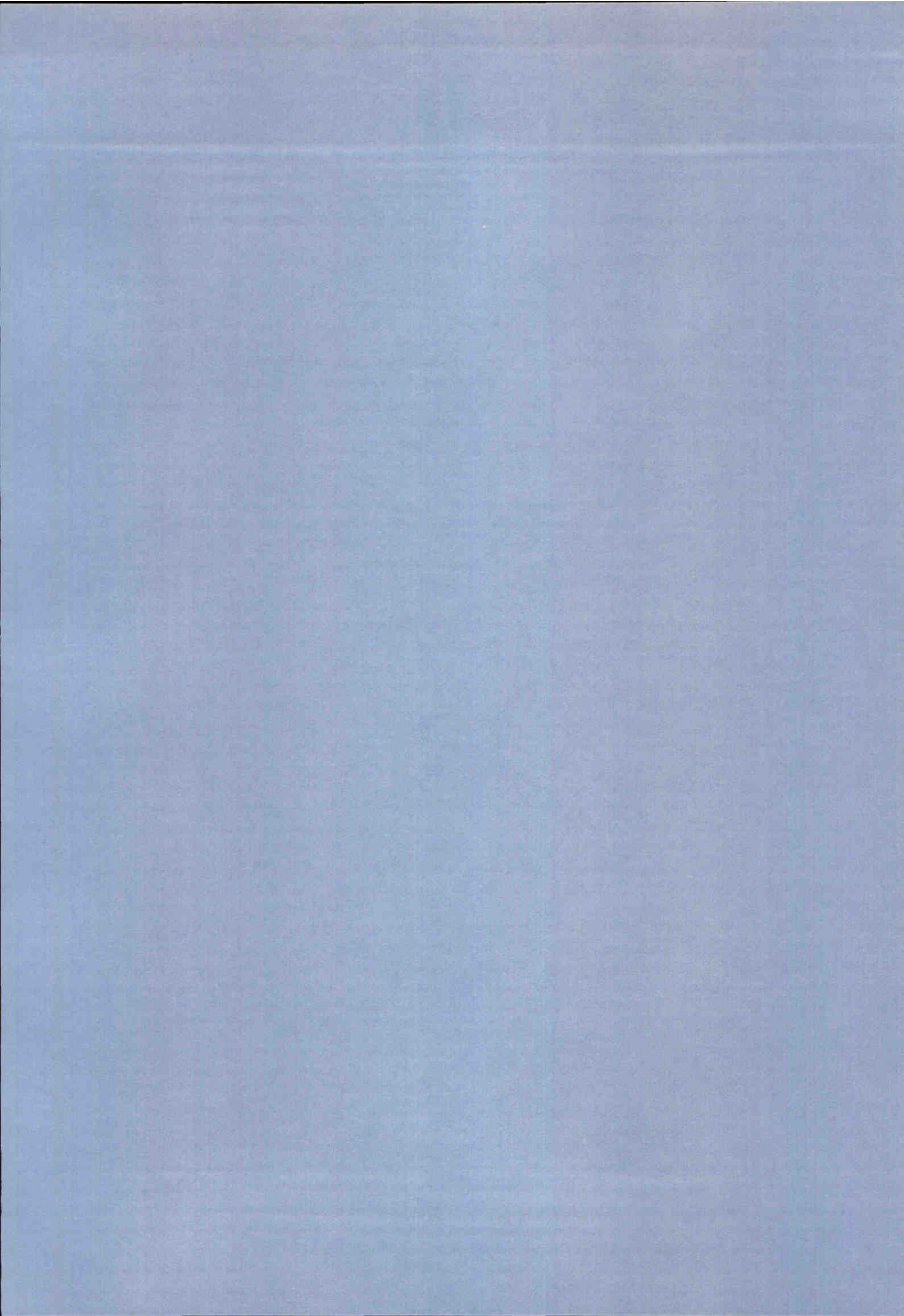
H=0.3 M

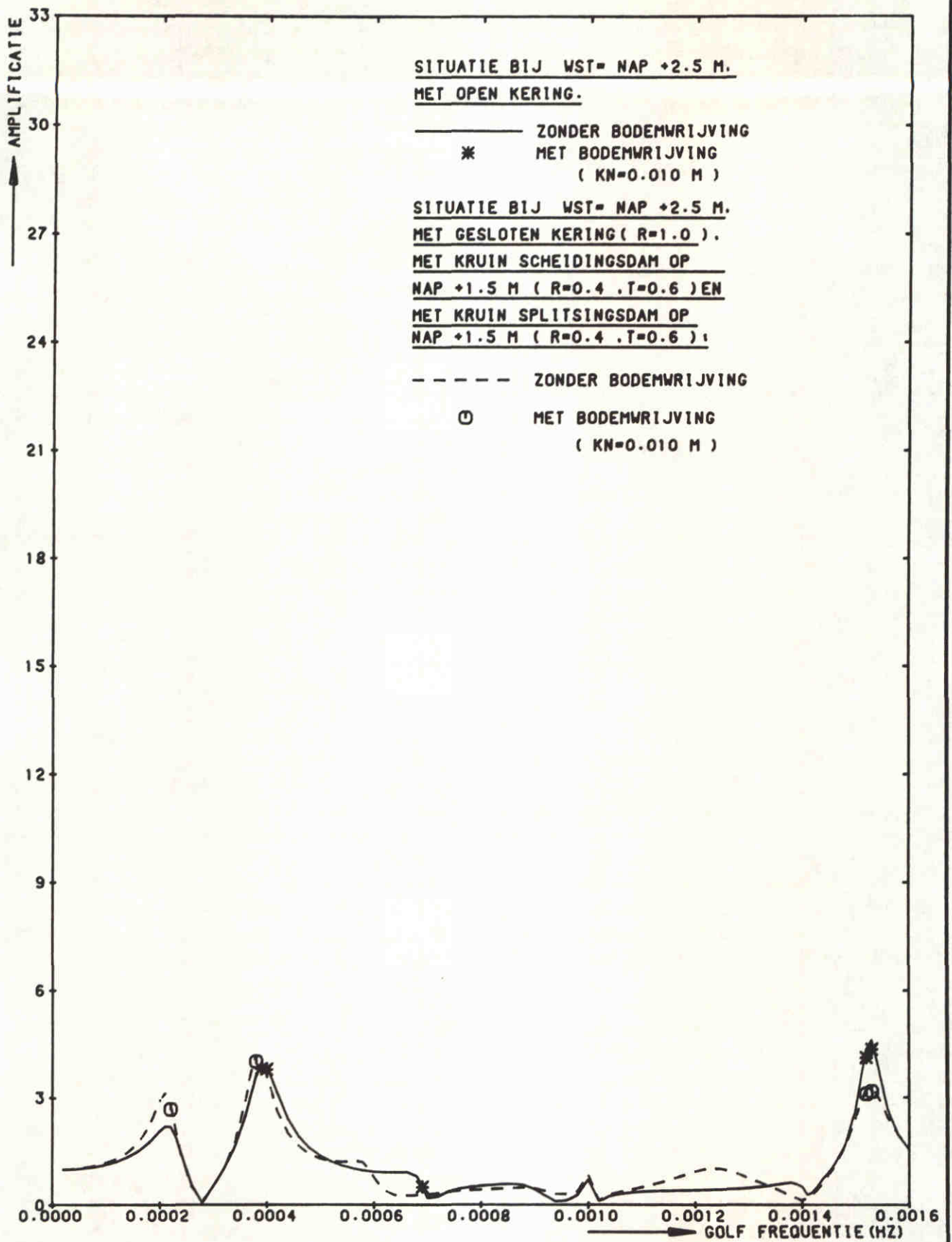
POSITIE 18
S.V.K.KM1026.50

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.120





STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

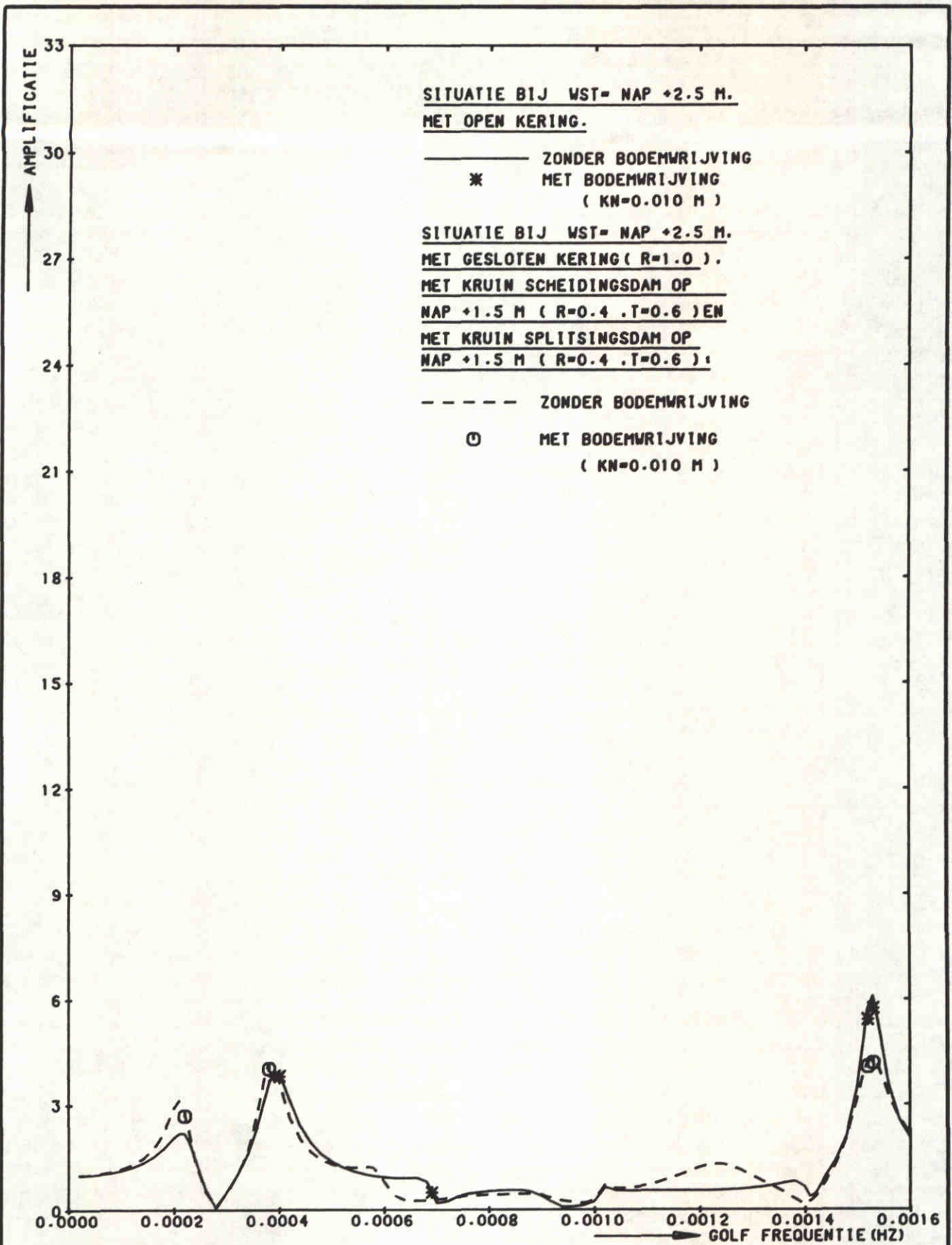
NAP +2.5 M

POSITIE 1
EUROPA HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 121



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

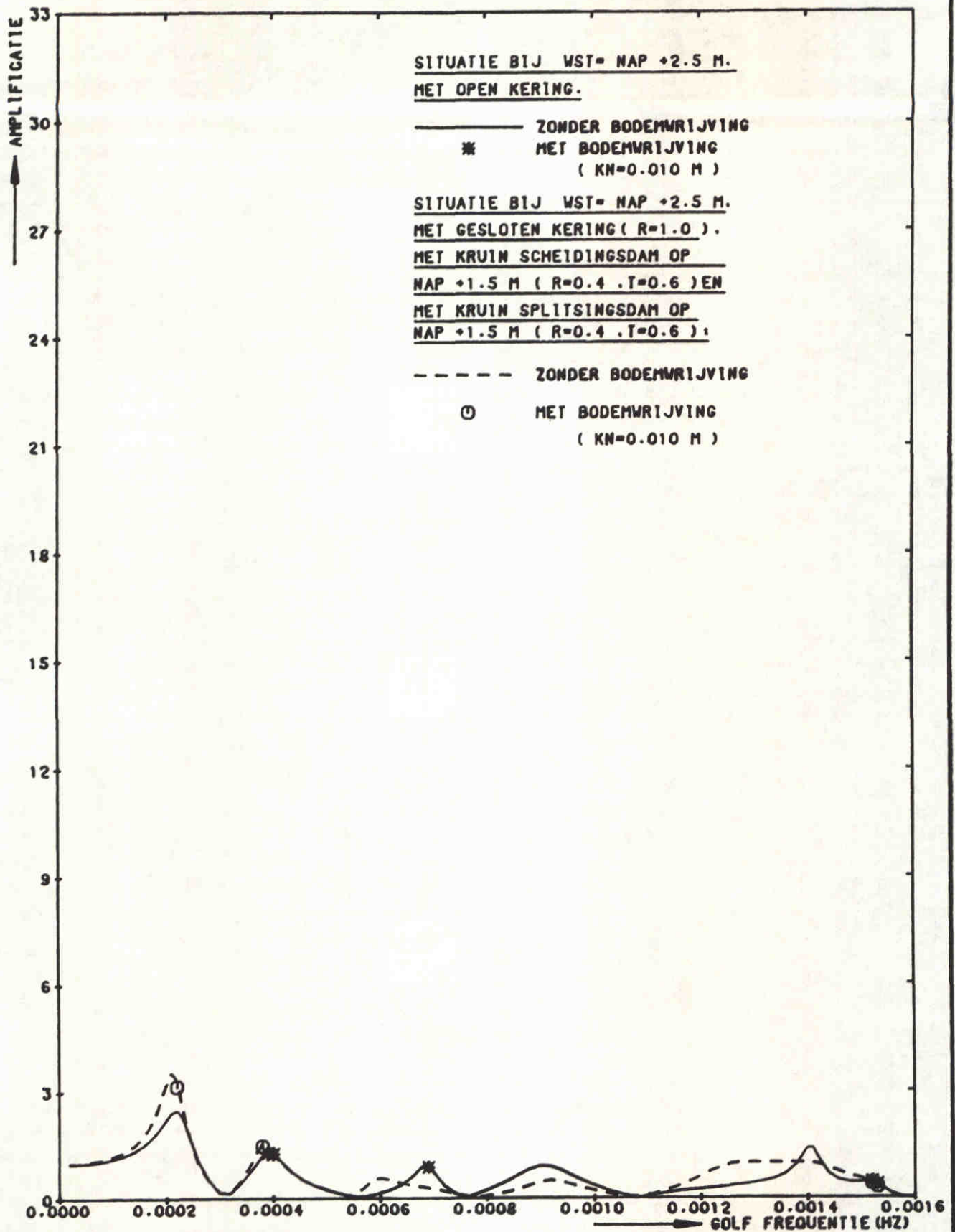
NAP +2.5 M

POSITIE 4
MISSISSIPPIHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 122



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

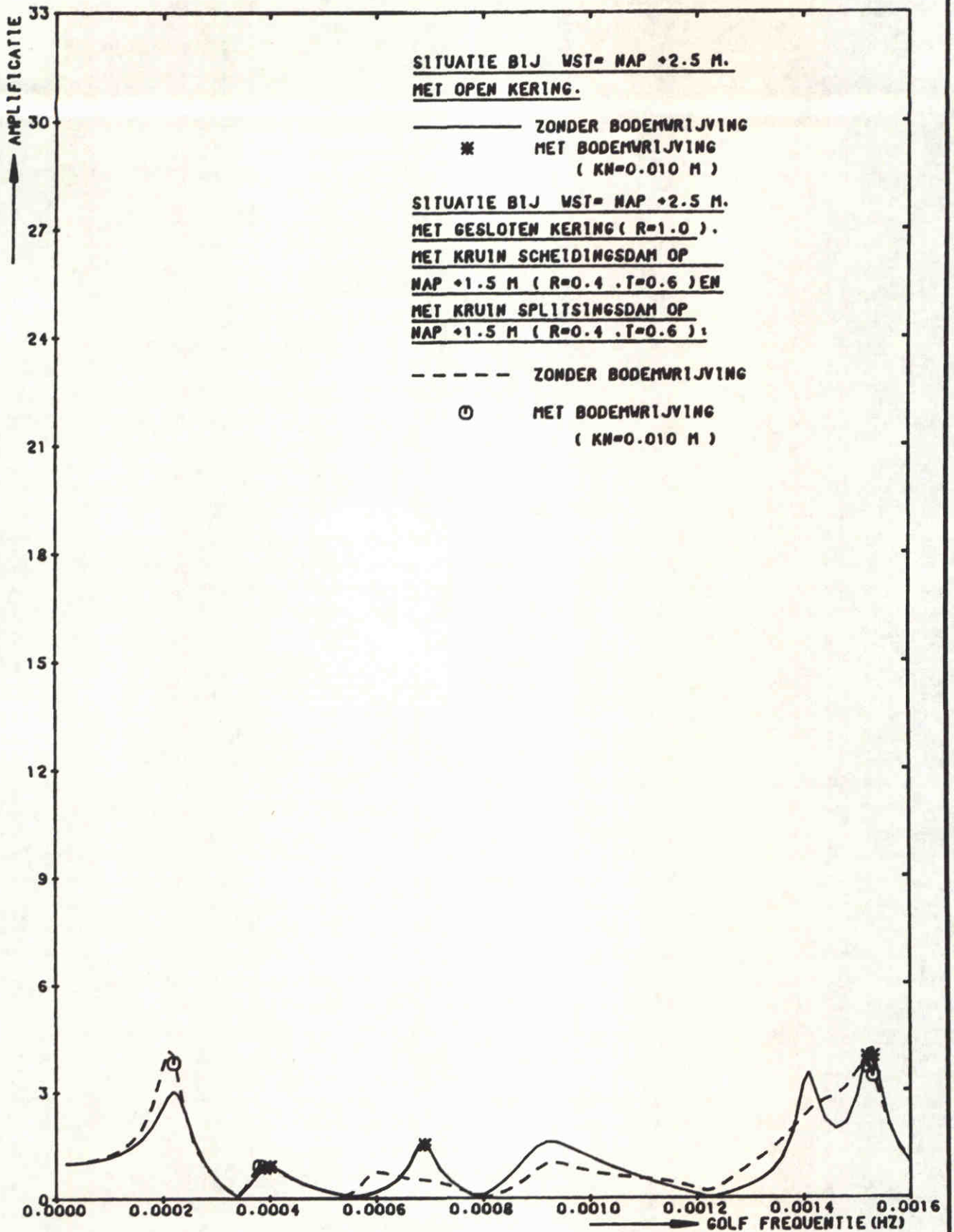
NAP +2.5 M

POSITIE 5
BREEDTIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 123



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

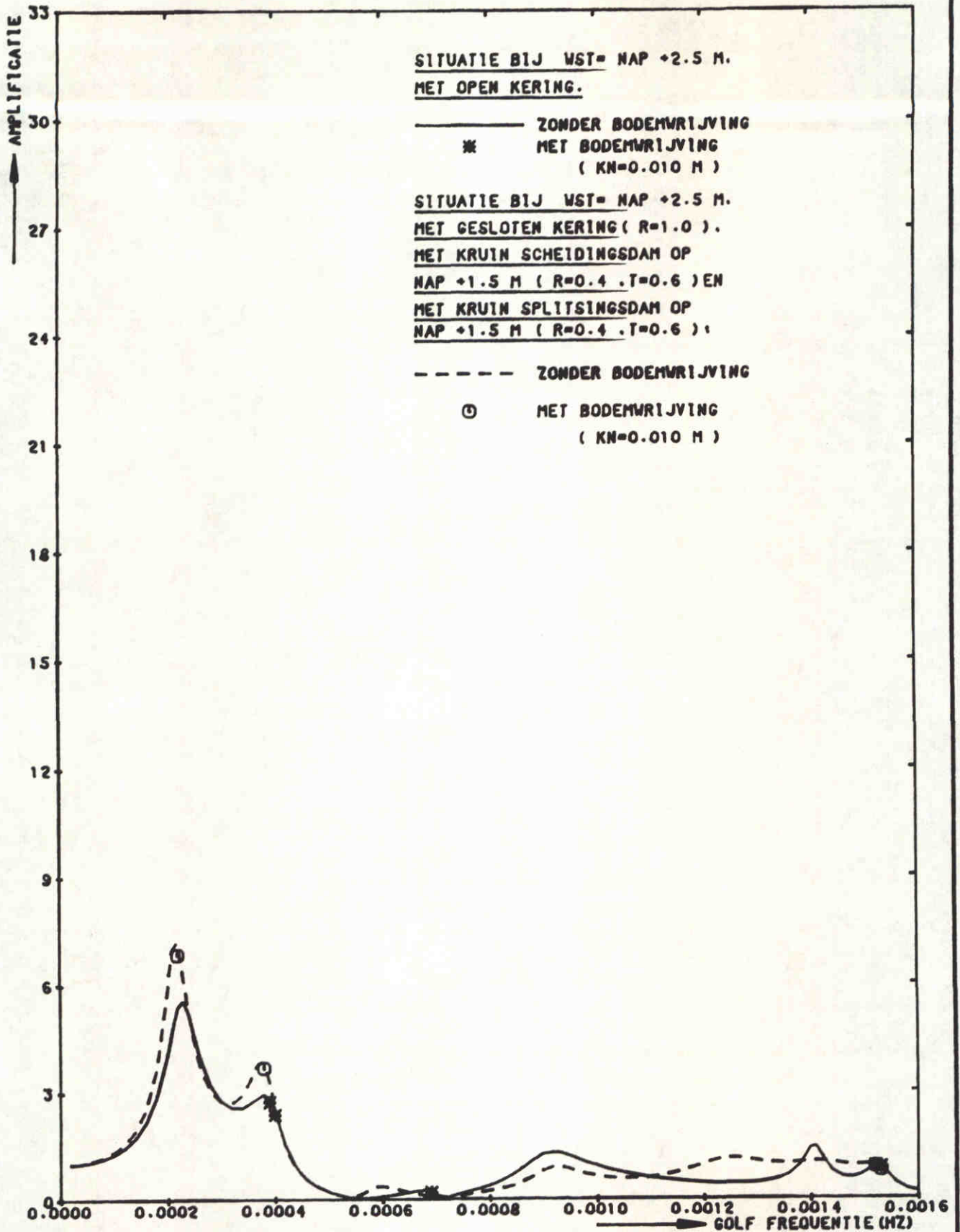
NAP +2.5 M

POSITIE 7
BENELUXHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 124



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

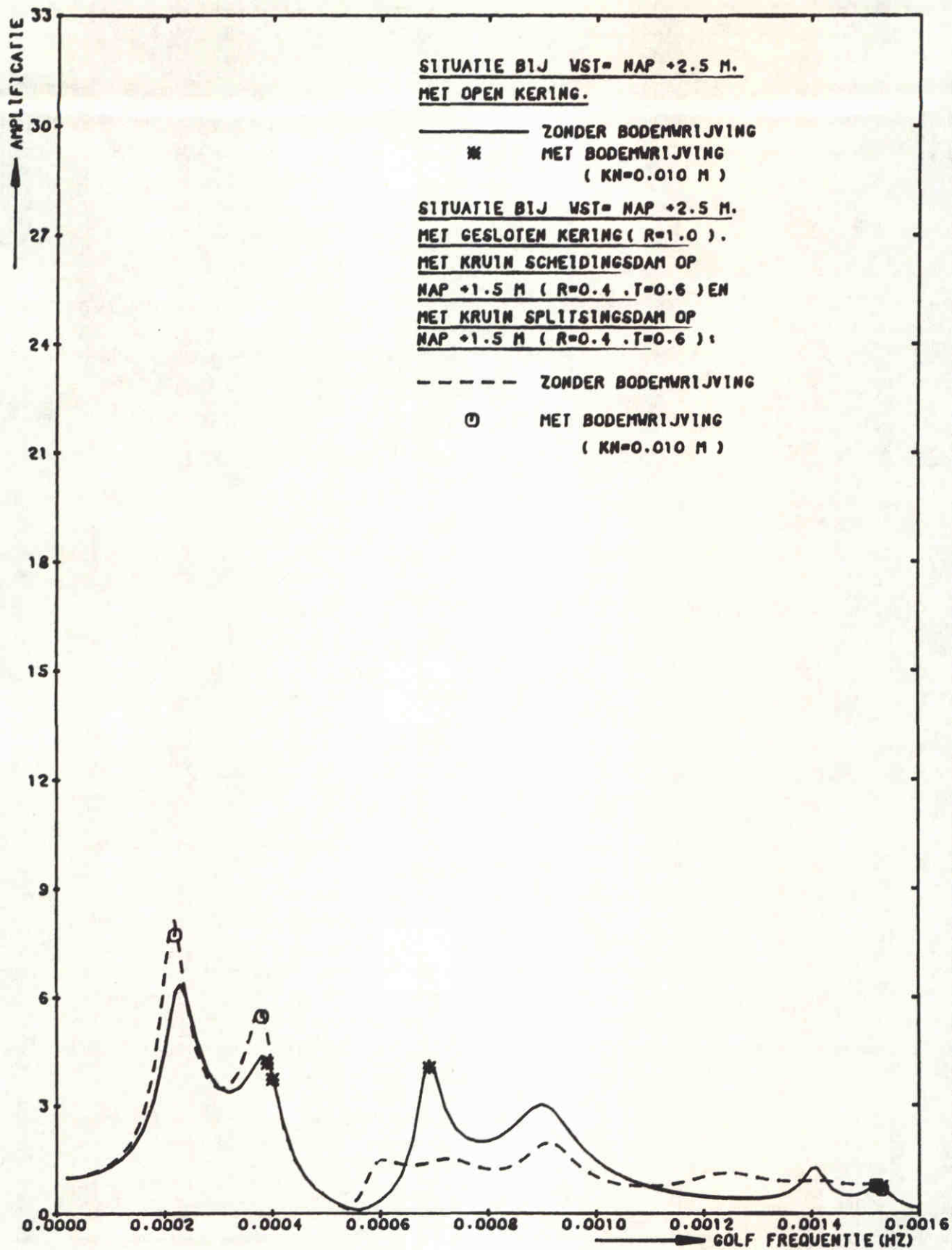
NAP +2.5 M

POSITIE 10
OVERZIJDE 7E PETROLEUMHV

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 125



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

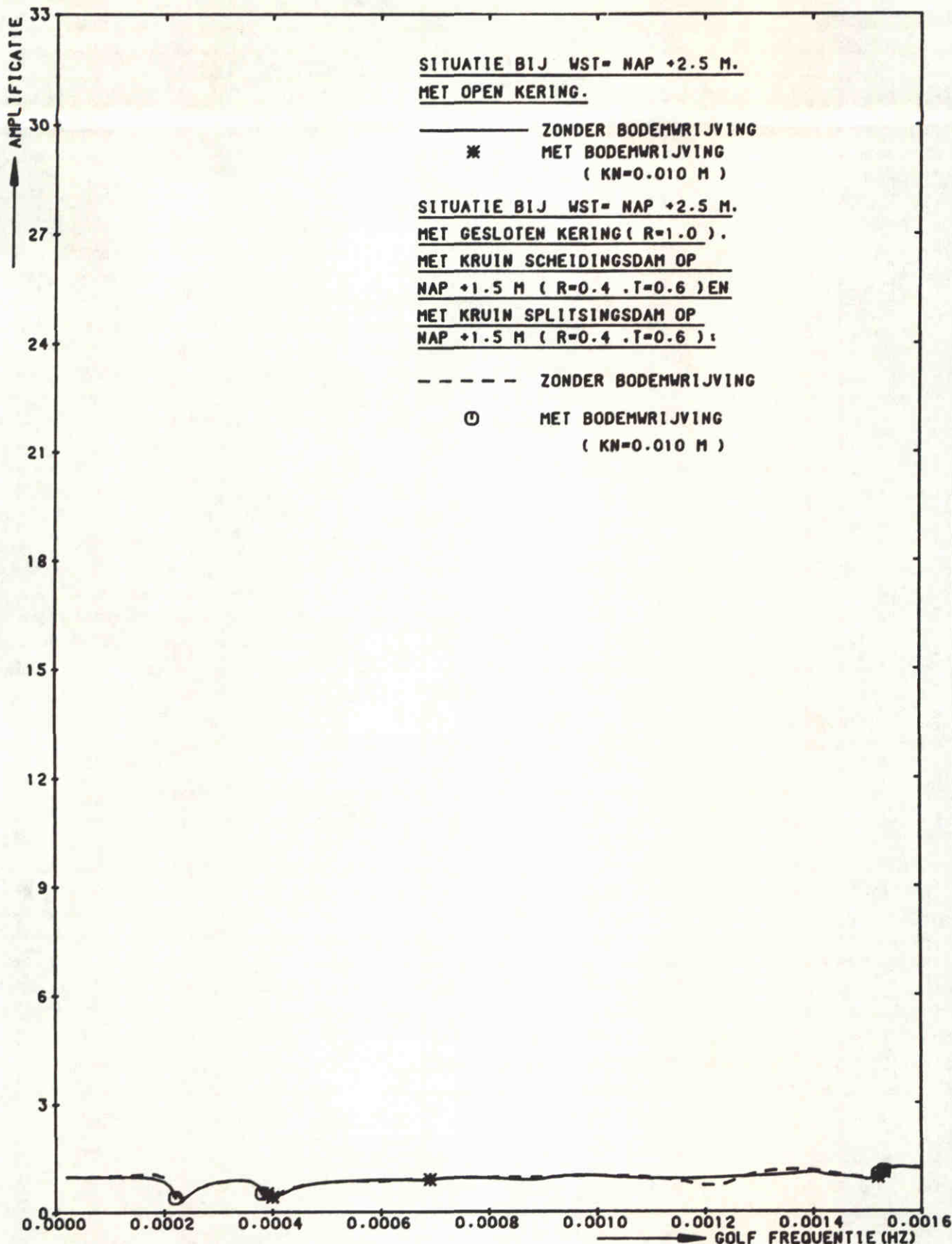
NAP +2.5 M

POSITIE 12
BRITANNIEHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 126



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

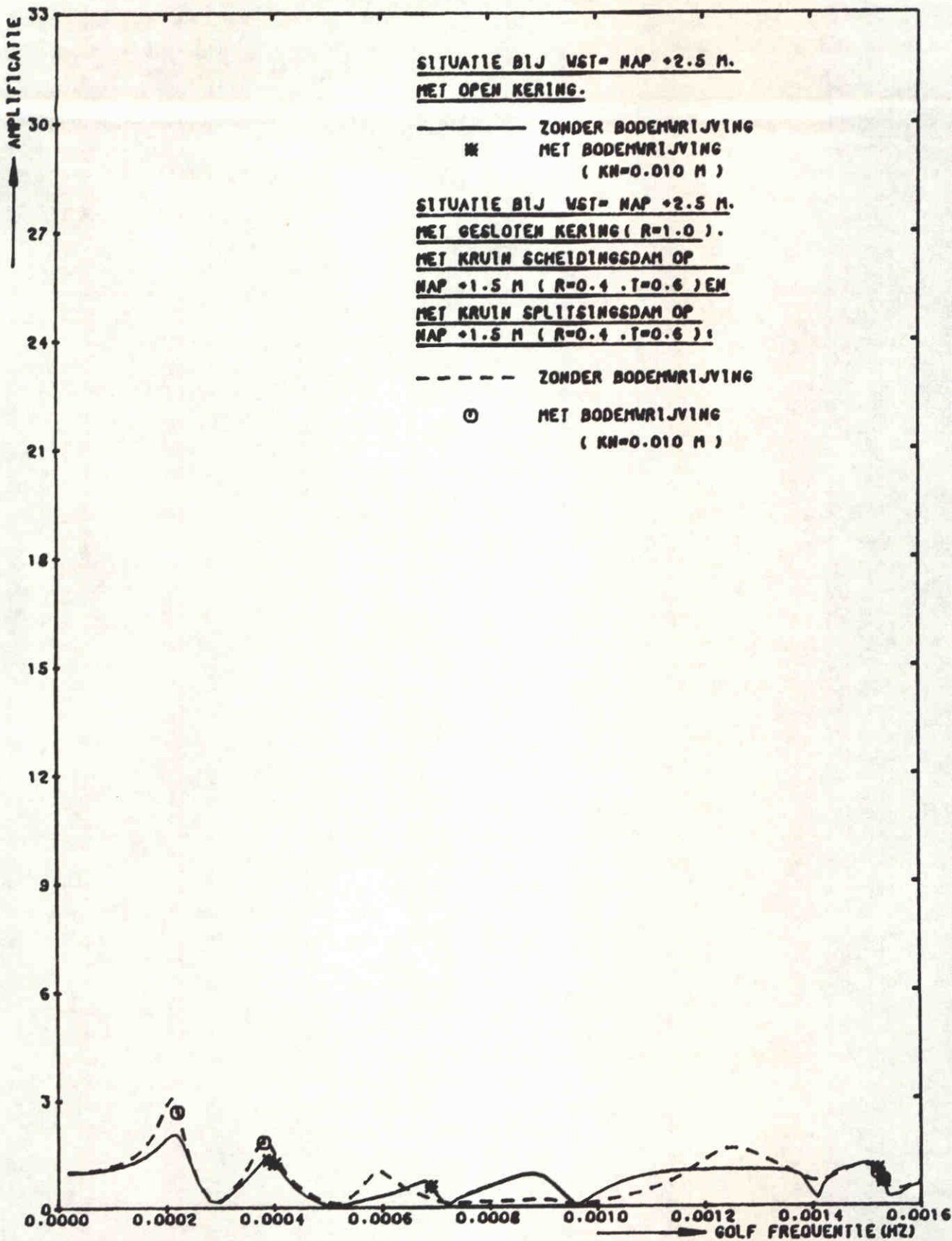
NAP +2.5 M

POSITIE 13
MAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 127



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

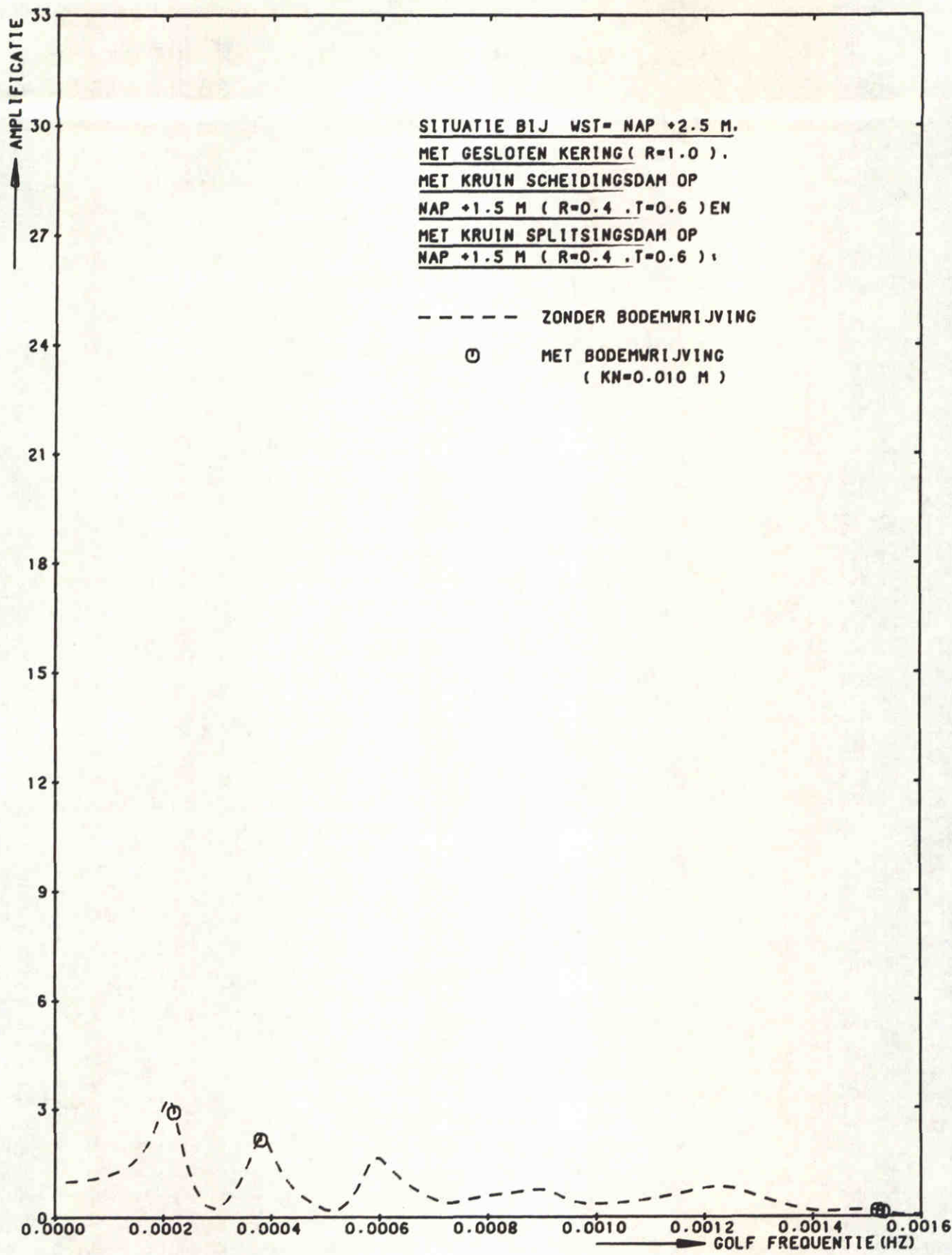
NAP +2.5 M

POSITIE 17
BREEDTIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 128



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

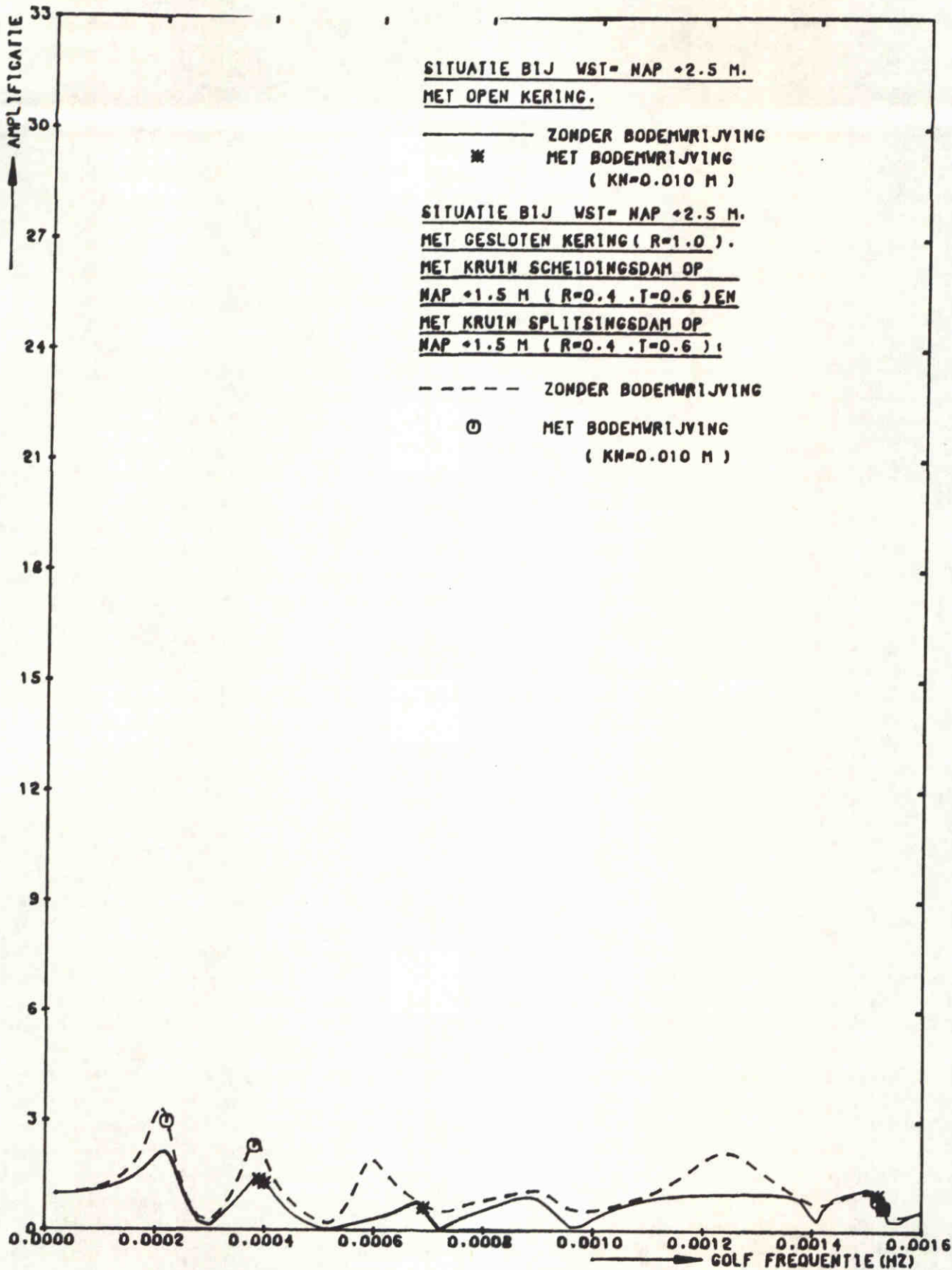
NAP +2.5 M

POSITIE 17A
 KM 1028.75

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 129



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

NAP +2.5 M

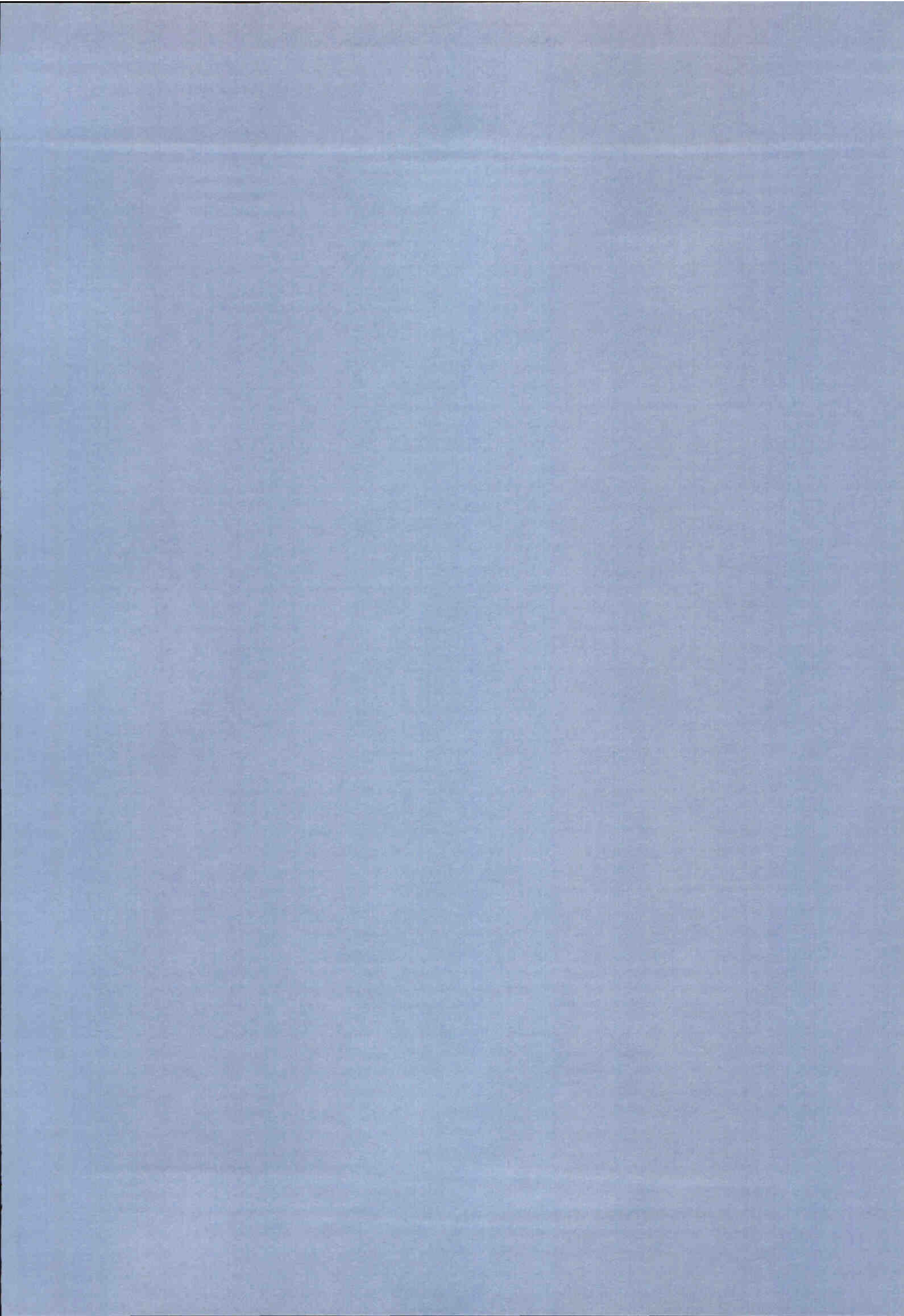
POSITIE 18

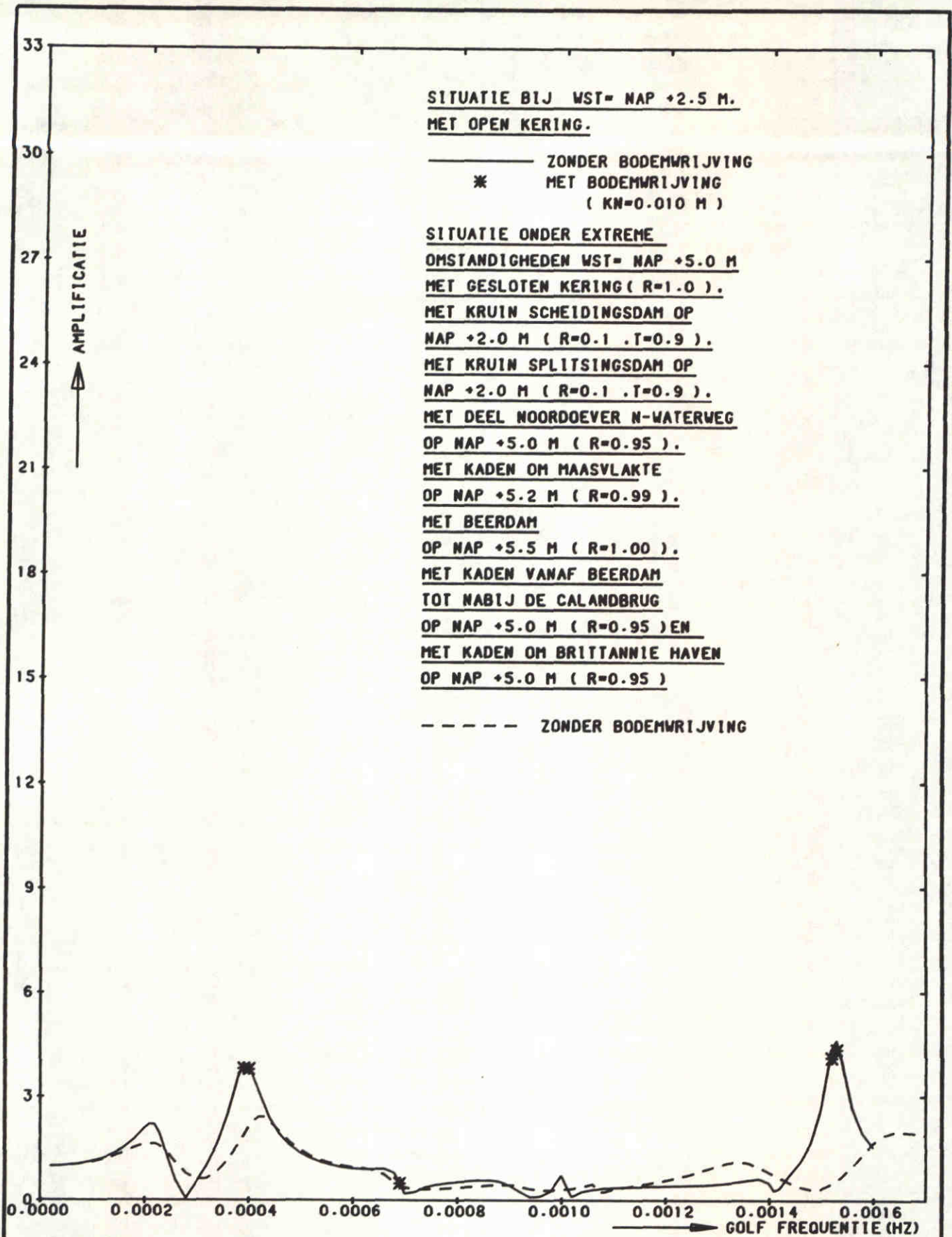
S.V.K. KM1026.50

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 130





STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

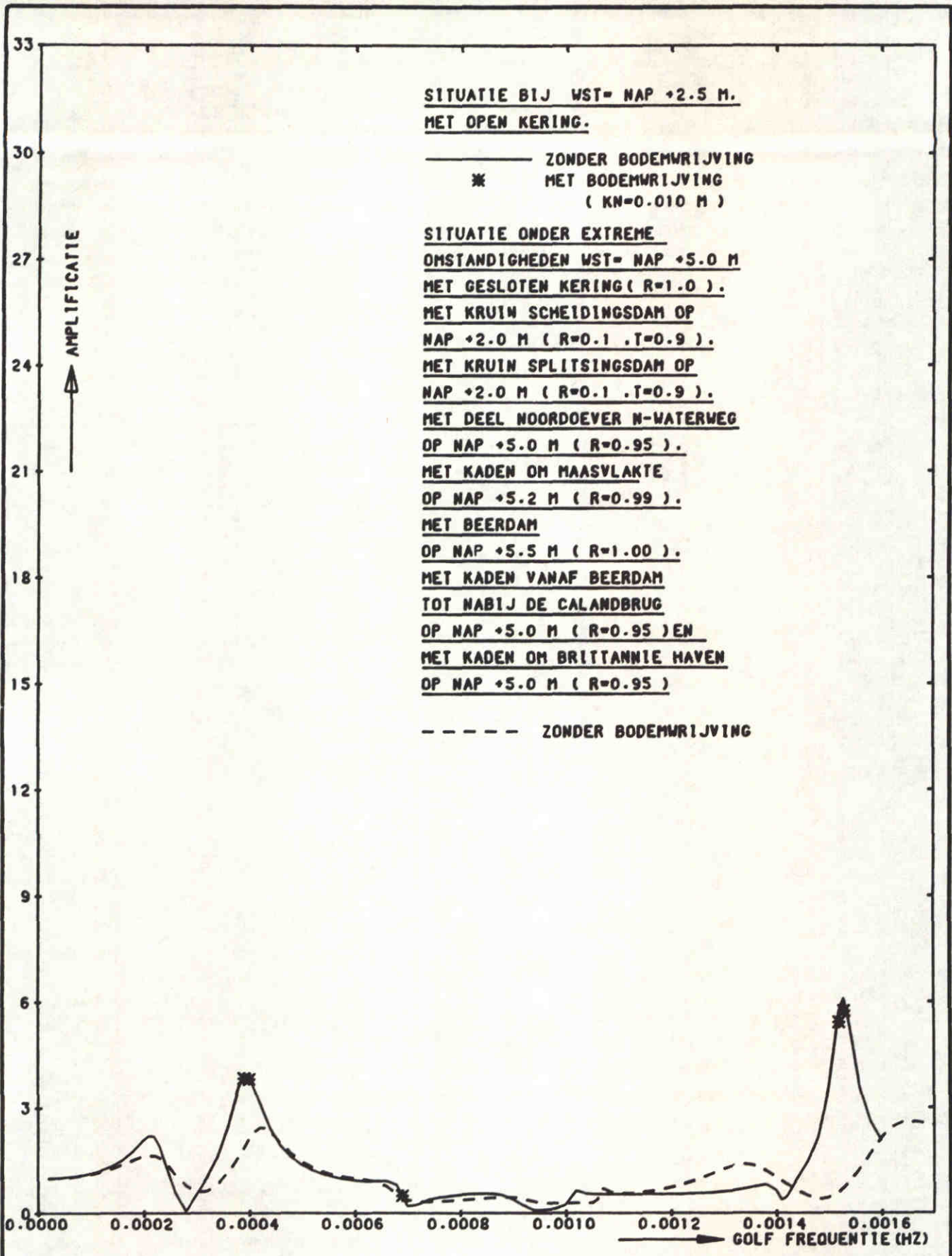
H=0.3 M

POSITIE 1
EUROPA HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 131



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

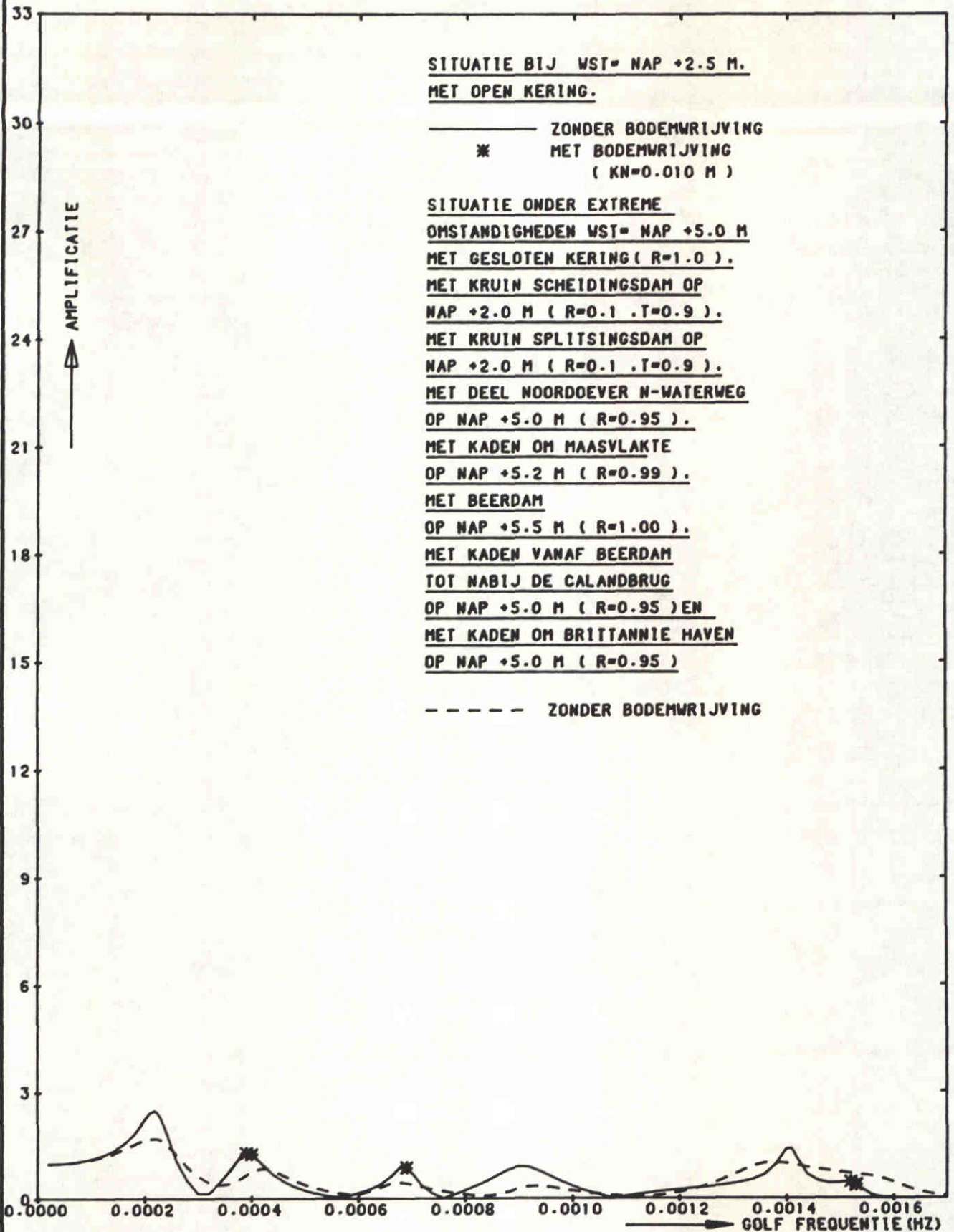
H=0.3 M

POSITIE 4
MISSISSIPPIHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 132



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

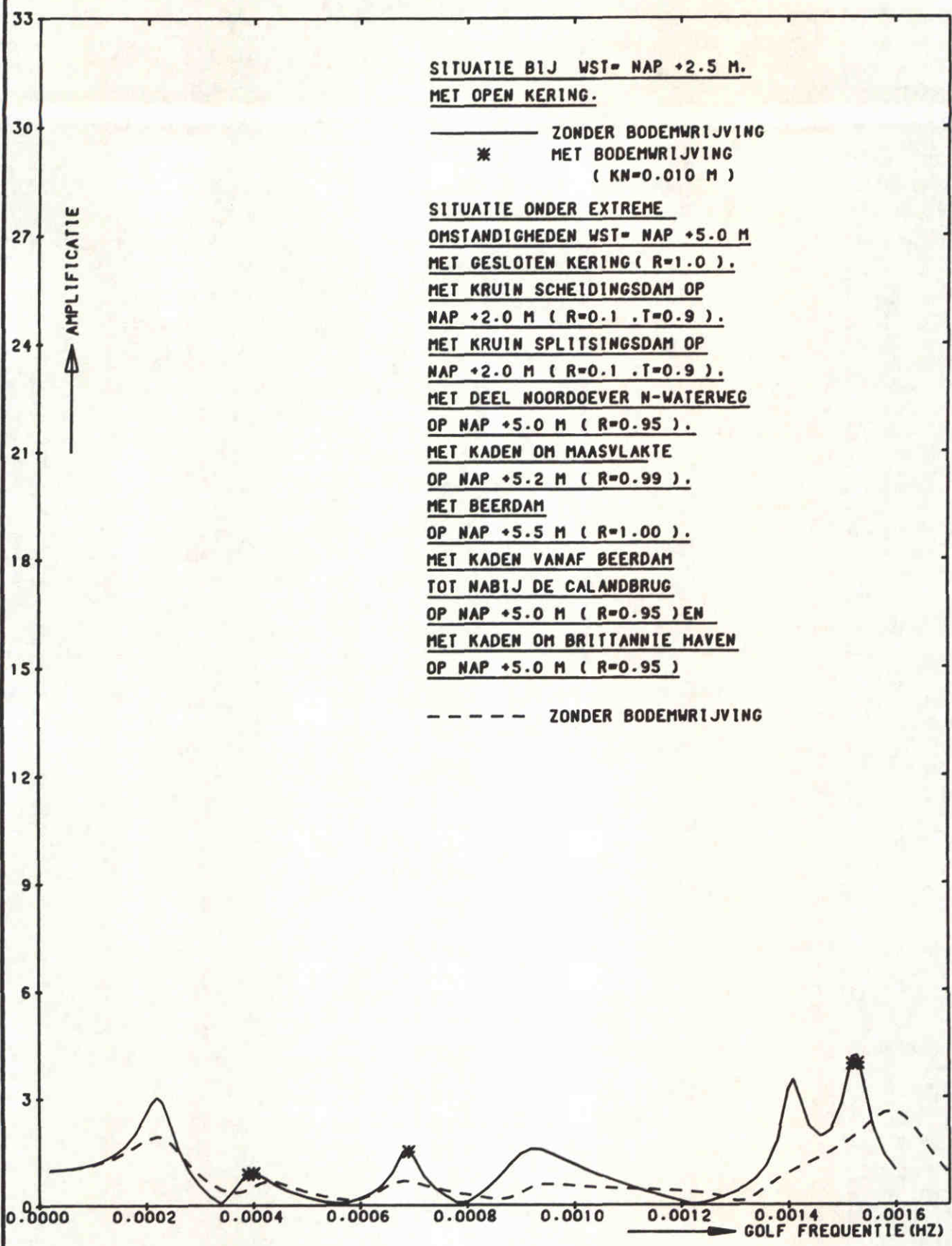
H=0.3 M

POSITIE 5
BREEDTIEP (ZUIDZIJDE)

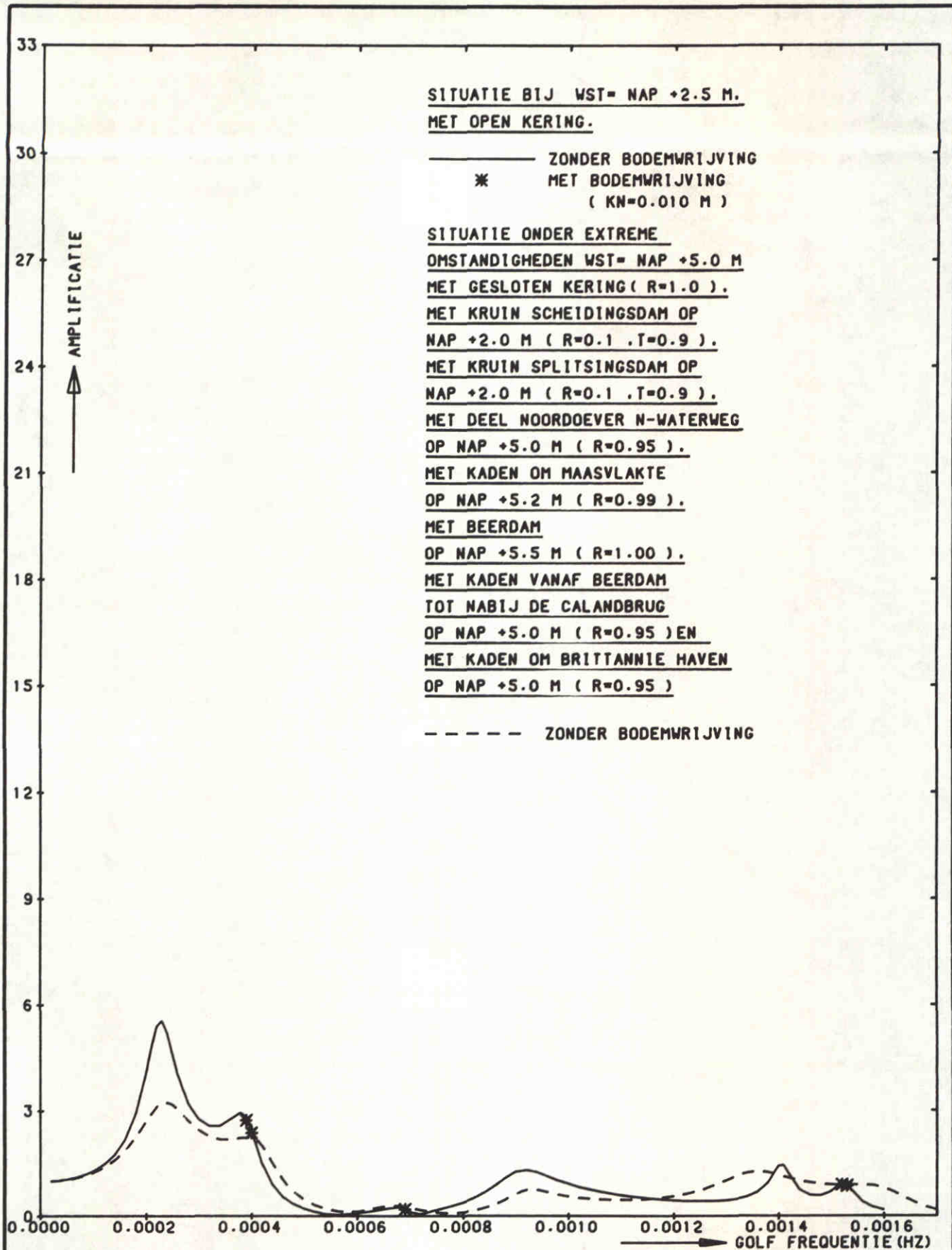
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 133



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG KERING T.P.V.KM 1026.50	H=0.3 M	
	POSITIE 7 BENELUXHAVEN	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	H0688	FIG. 134



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

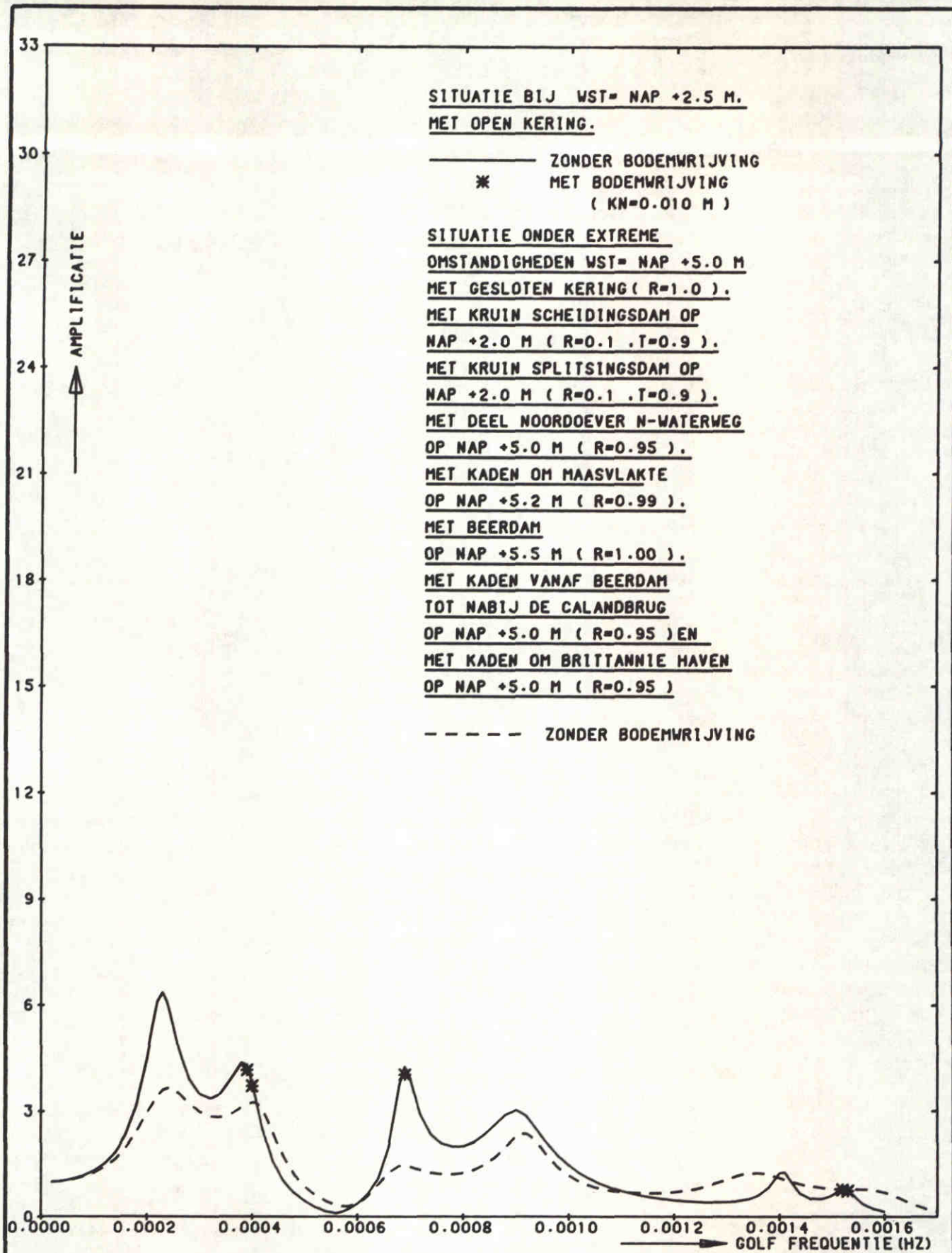
H=0.3 M

POSITIE 10
OVERZIJDE 7E PETROLEUMHV

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 135



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

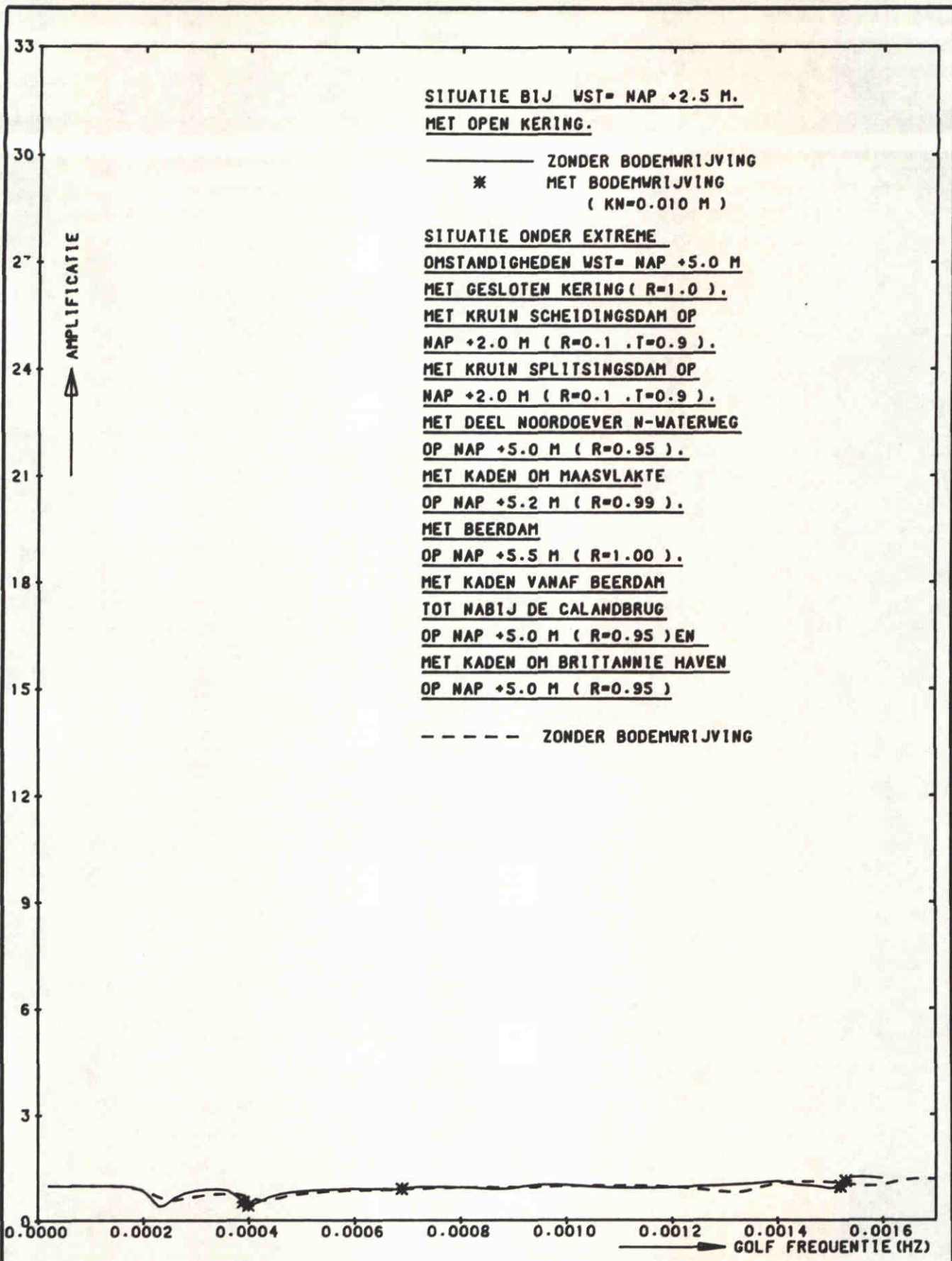
H=0.3 M

POSITIE 12
BRITTANNIEHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 136



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

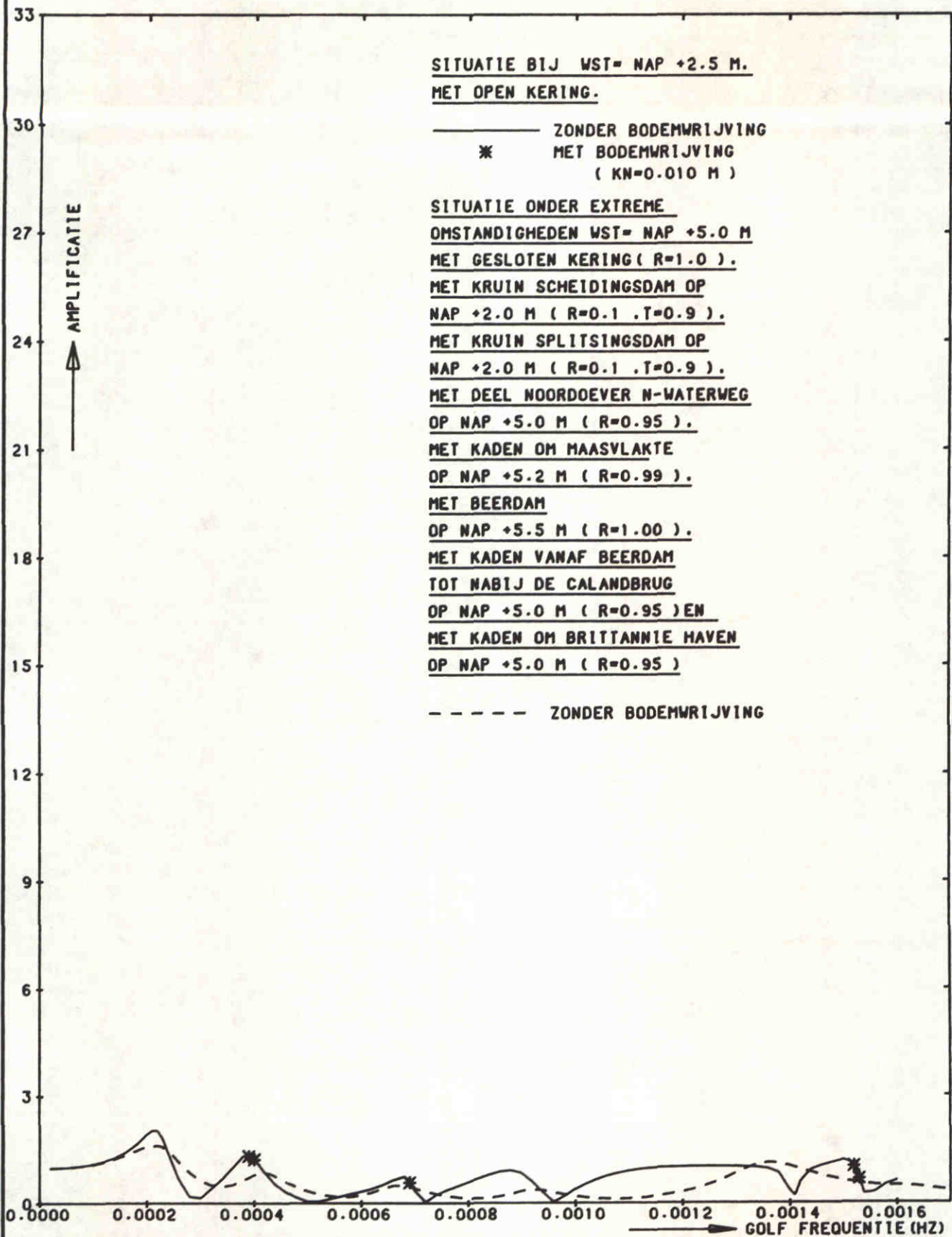
H=0.3 M

POSITIE 13
HAASMOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 137



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

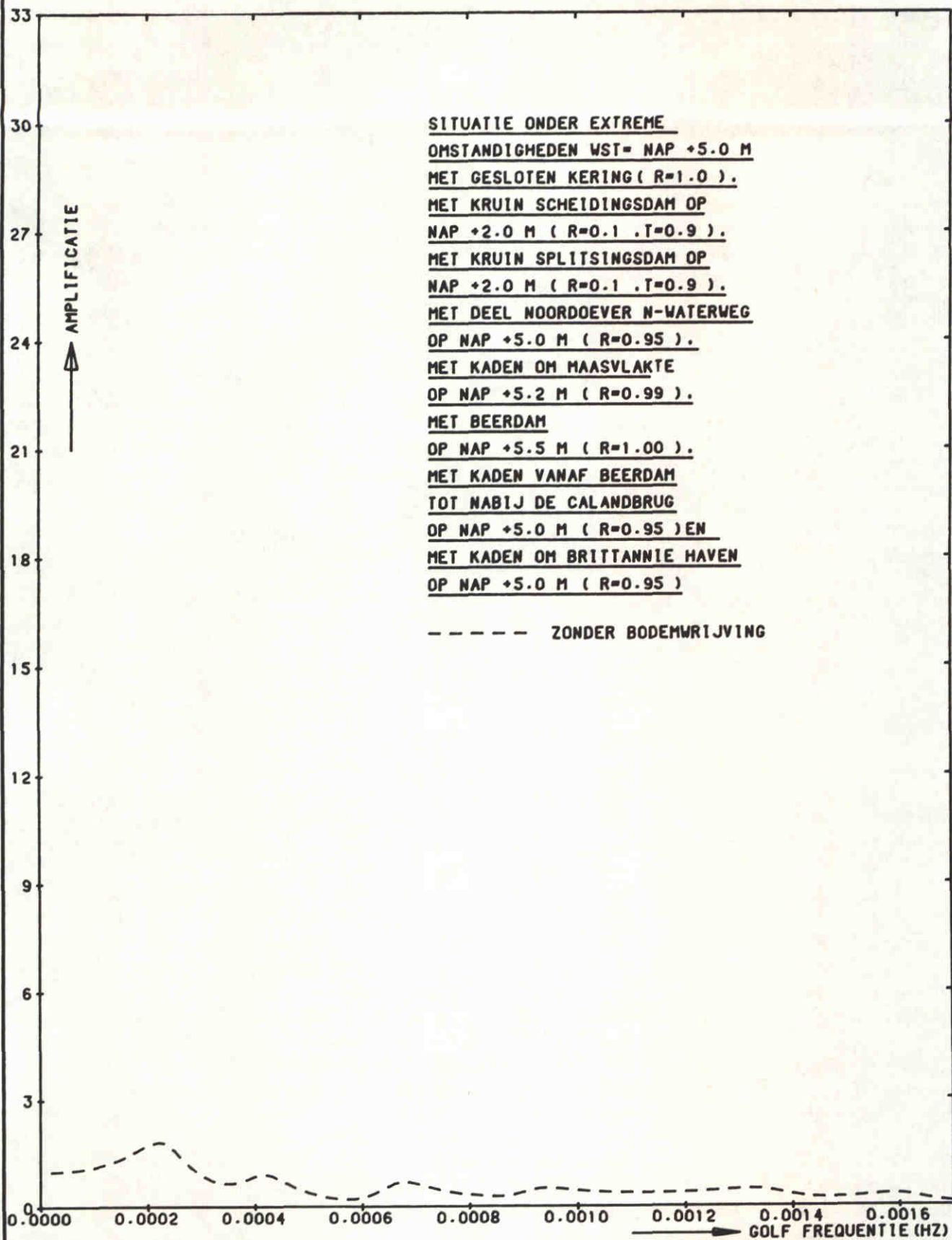
H=0.3 M

POSITIE 17
BREEDDIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.138



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

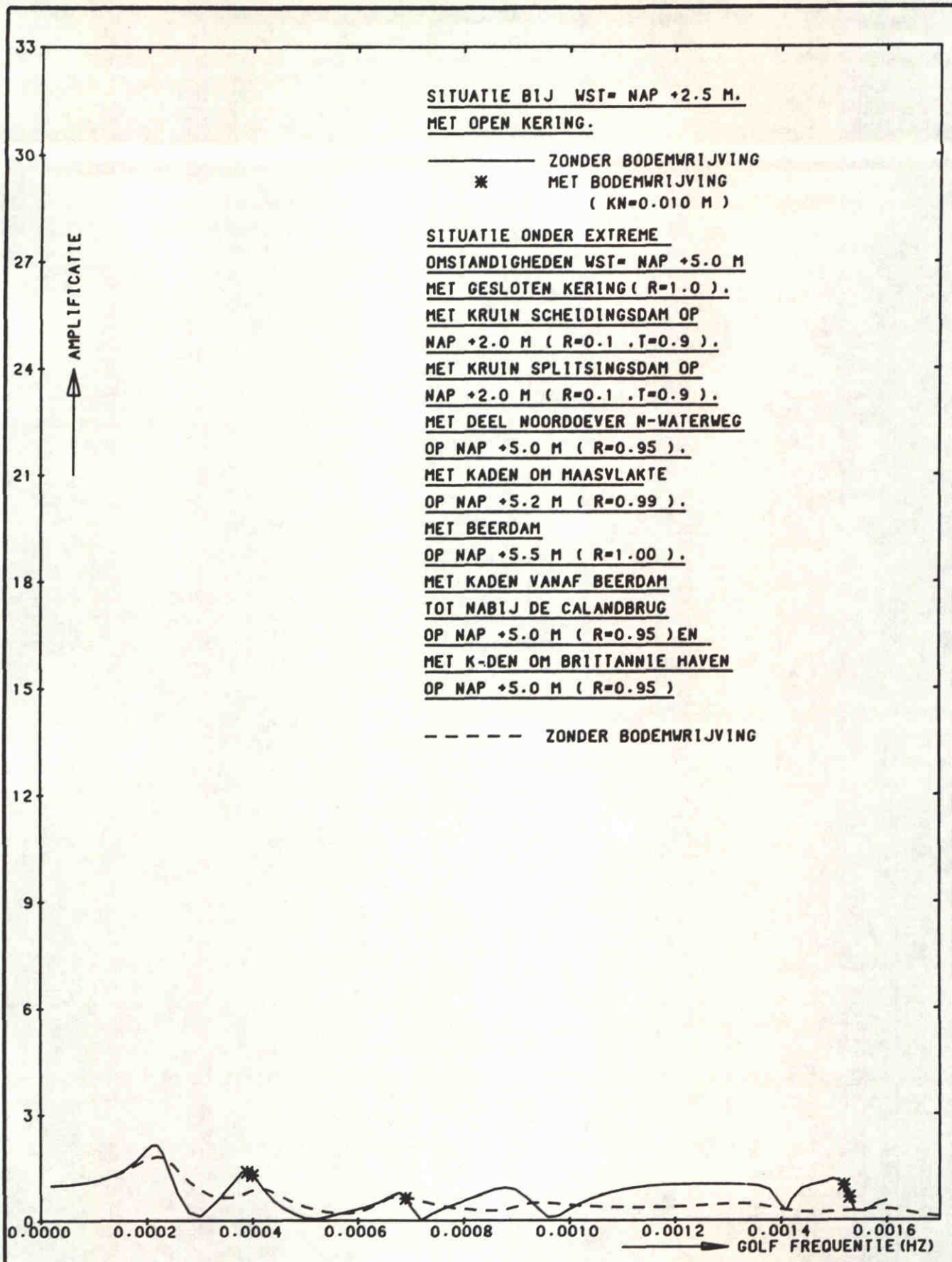
H=0.3 M

POSITIE 17A
KM 1028.75

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 139



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

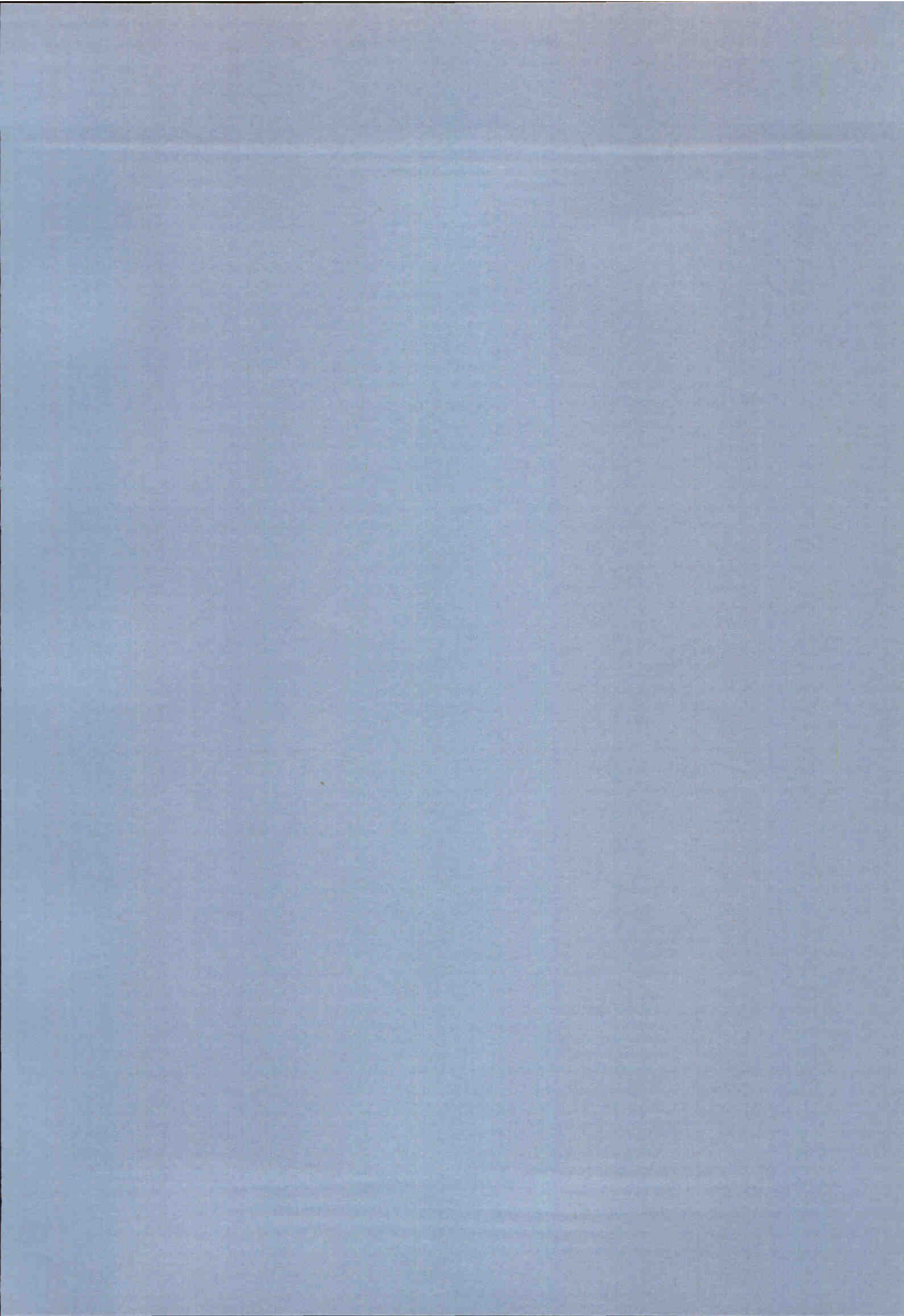
H=0.3 M

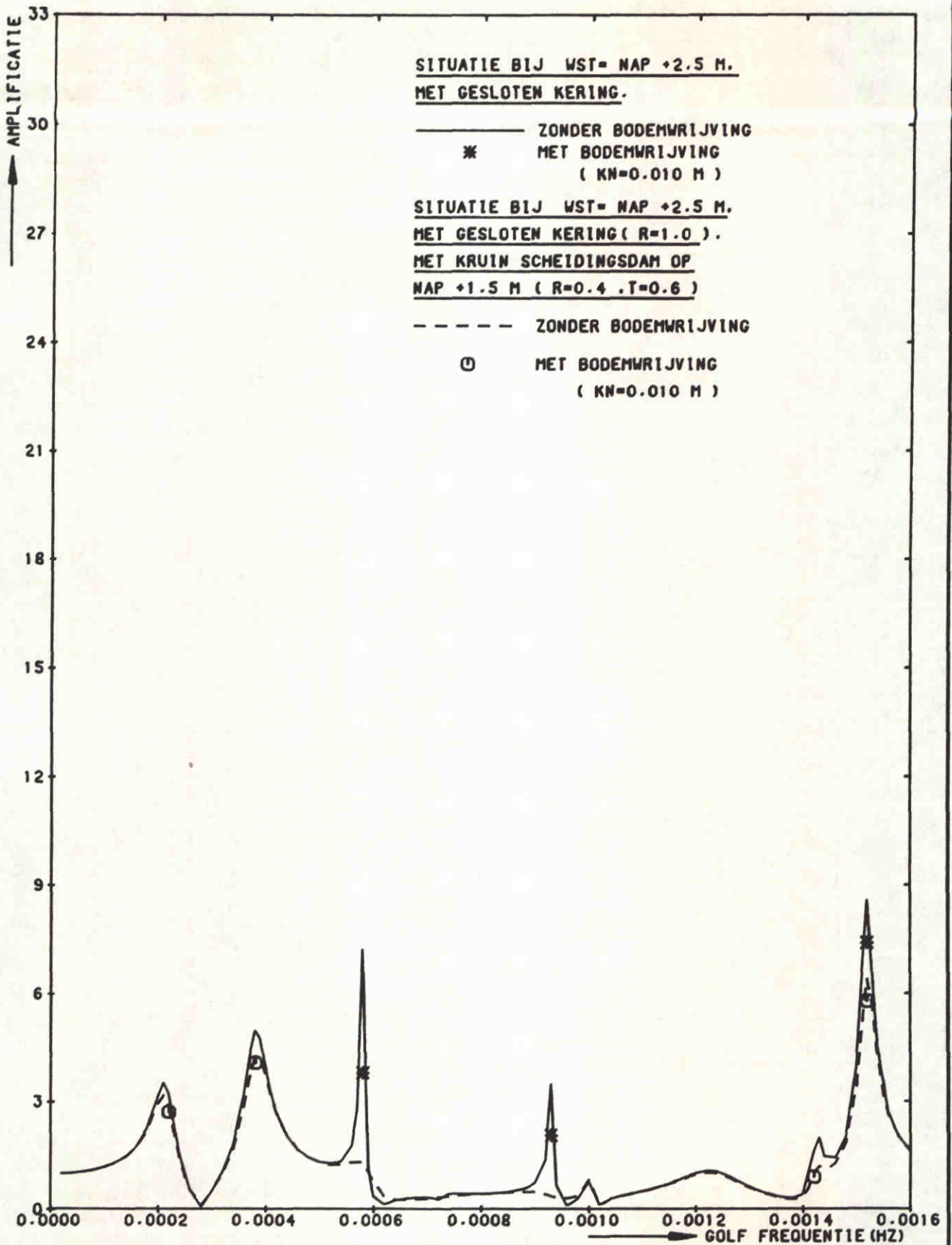
POSITIE 18
S.V.K.KM1026.50

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 140





STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

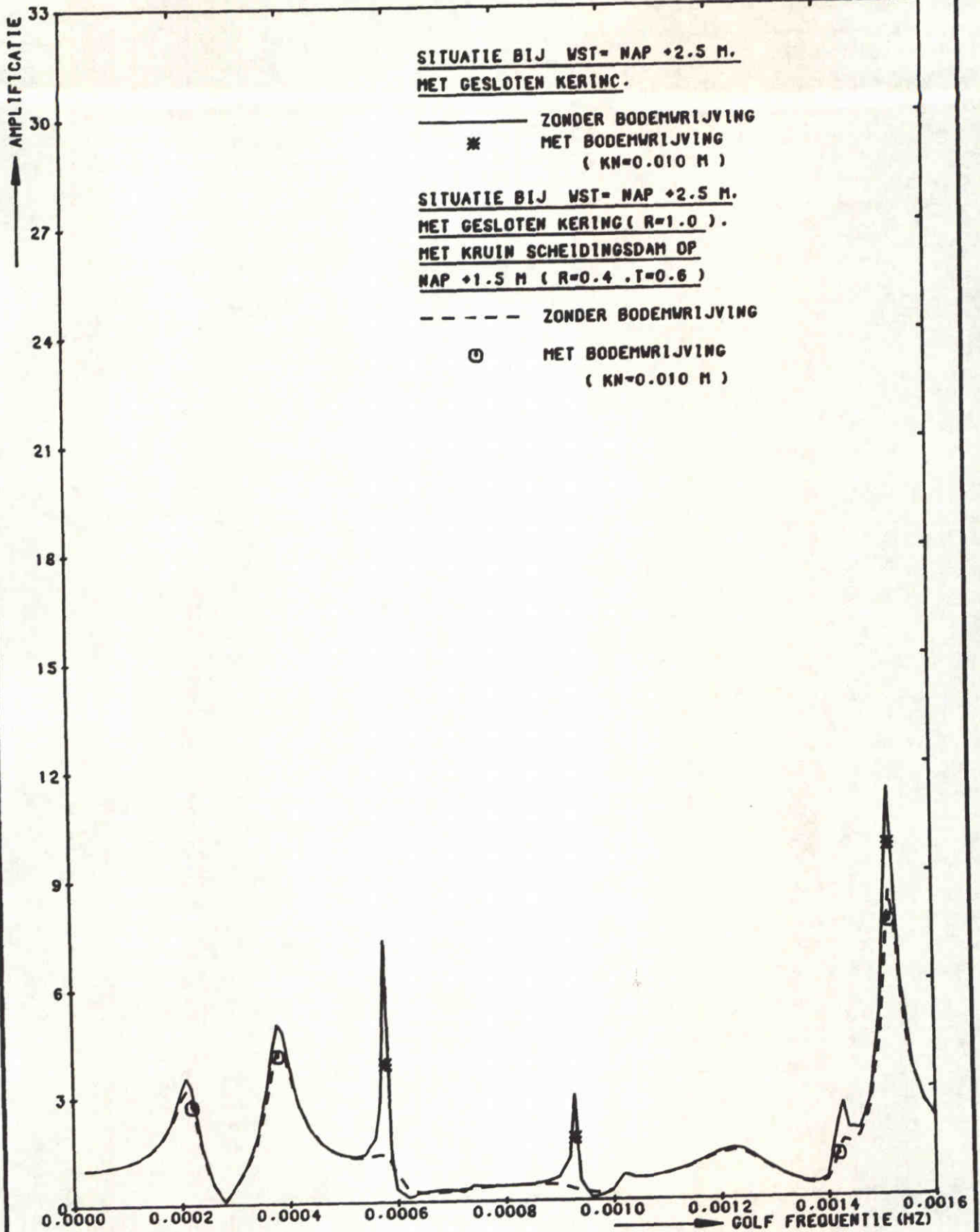
NAP +2.5 M

POSITIE 1
EUROPA HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

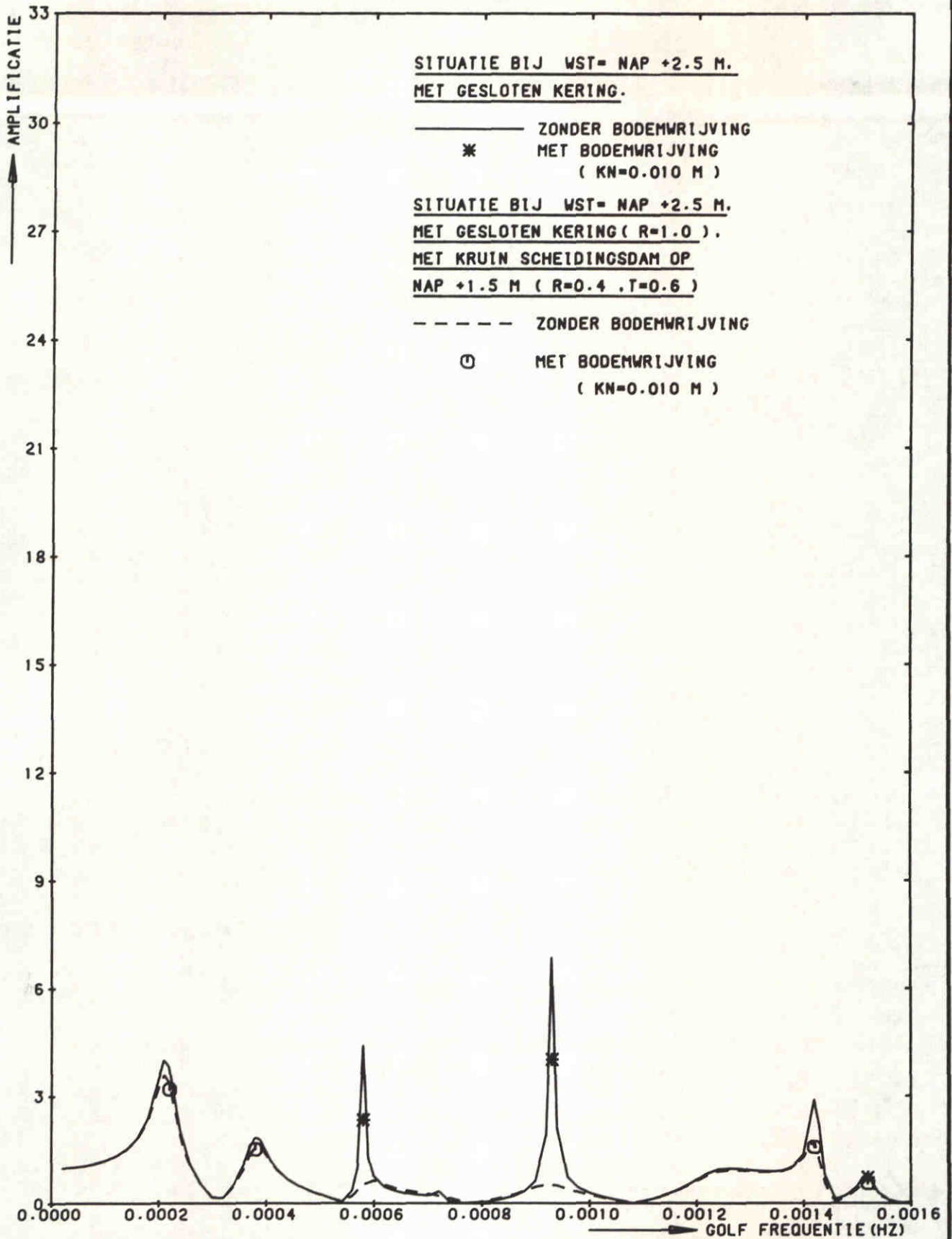
FIG. 141



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M	NAP +2.5 M
POSITIE 4	
MISSISSIPPIHAVEN (WEST)	
H0688	FIG. 142

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

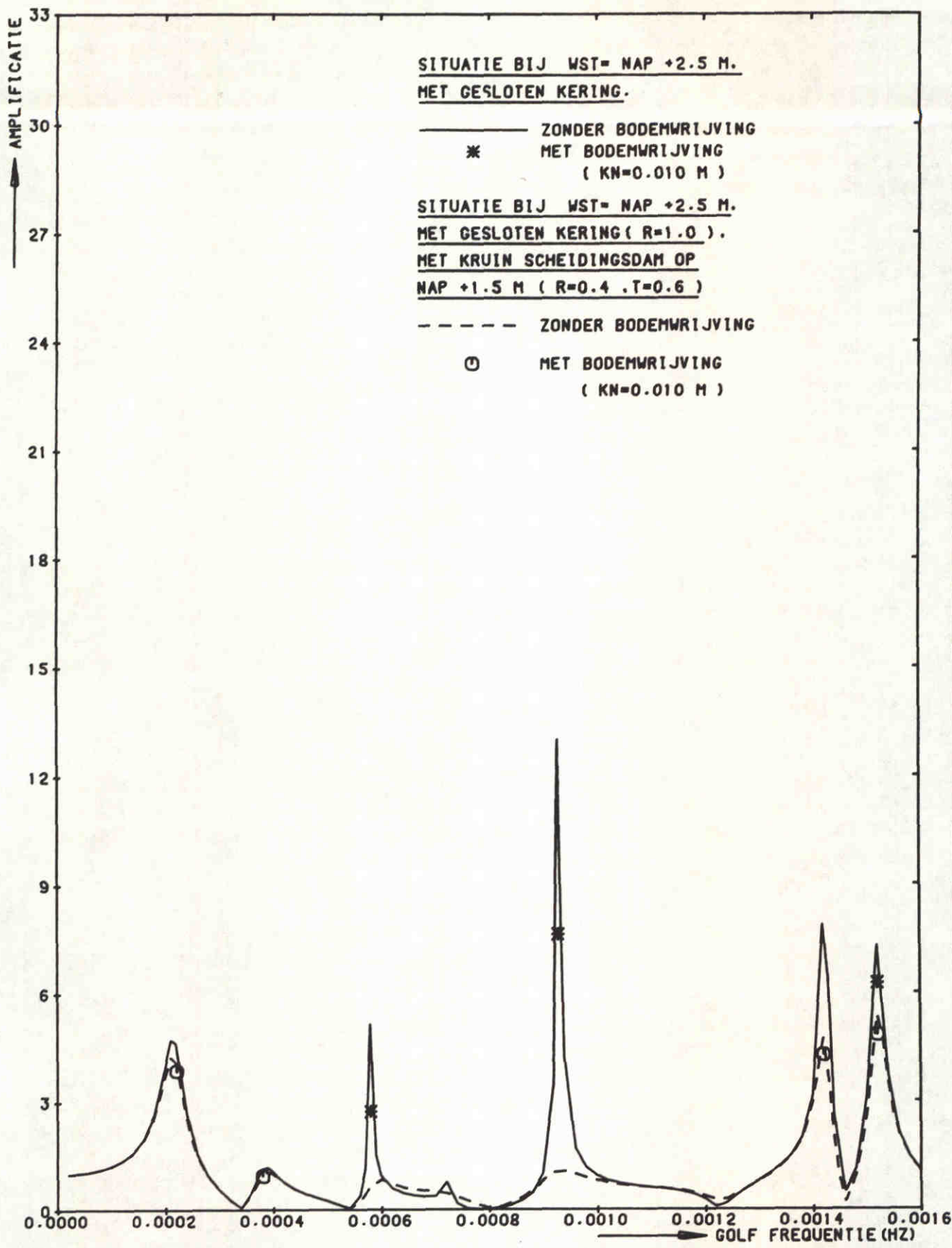
NAP +2.5 M

POSITIE 5
BEEDDIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 143



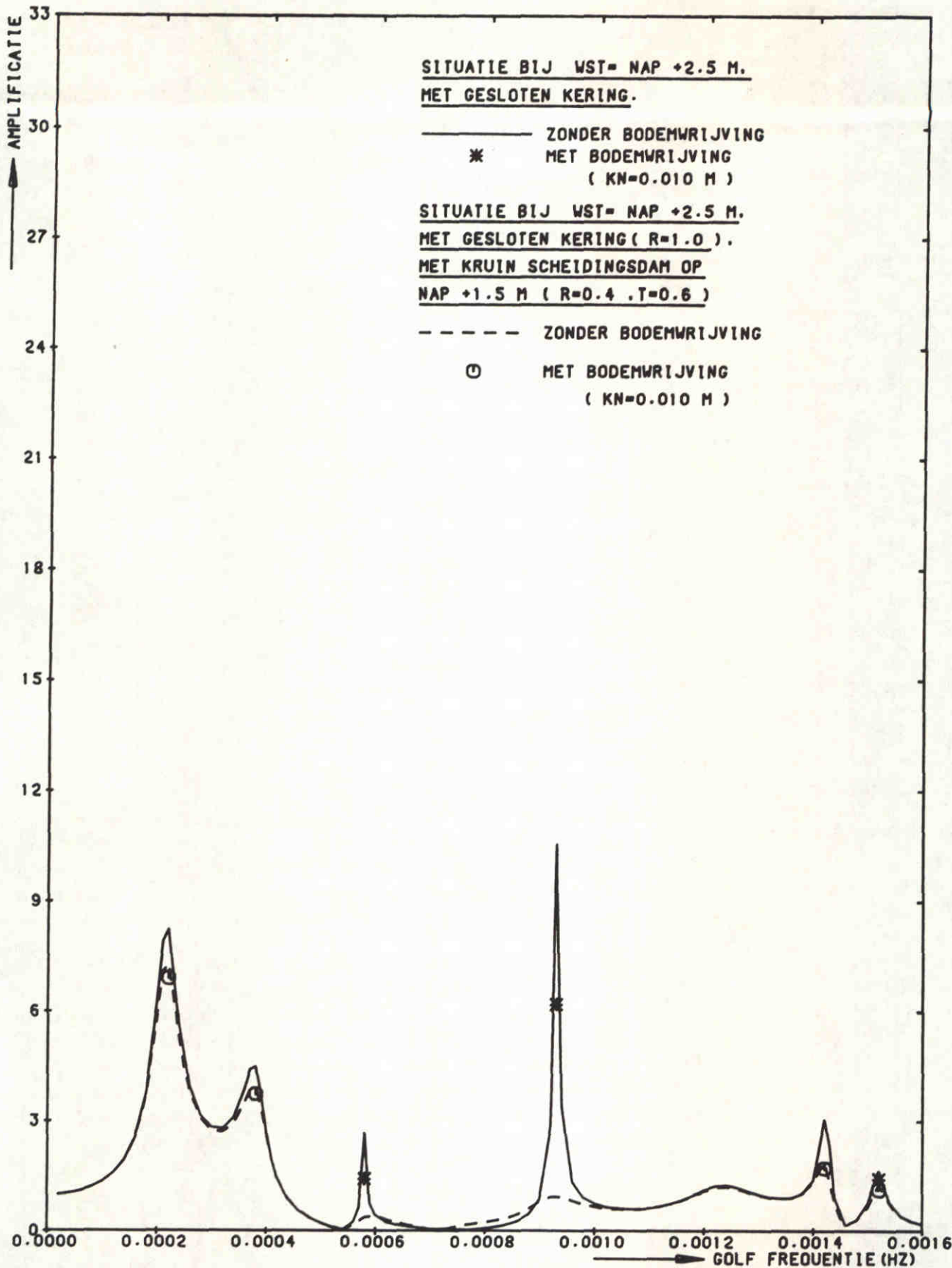
STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M	NAP +2.5 M
POSITIE 7	
BENELUXHAVEN	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.144



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

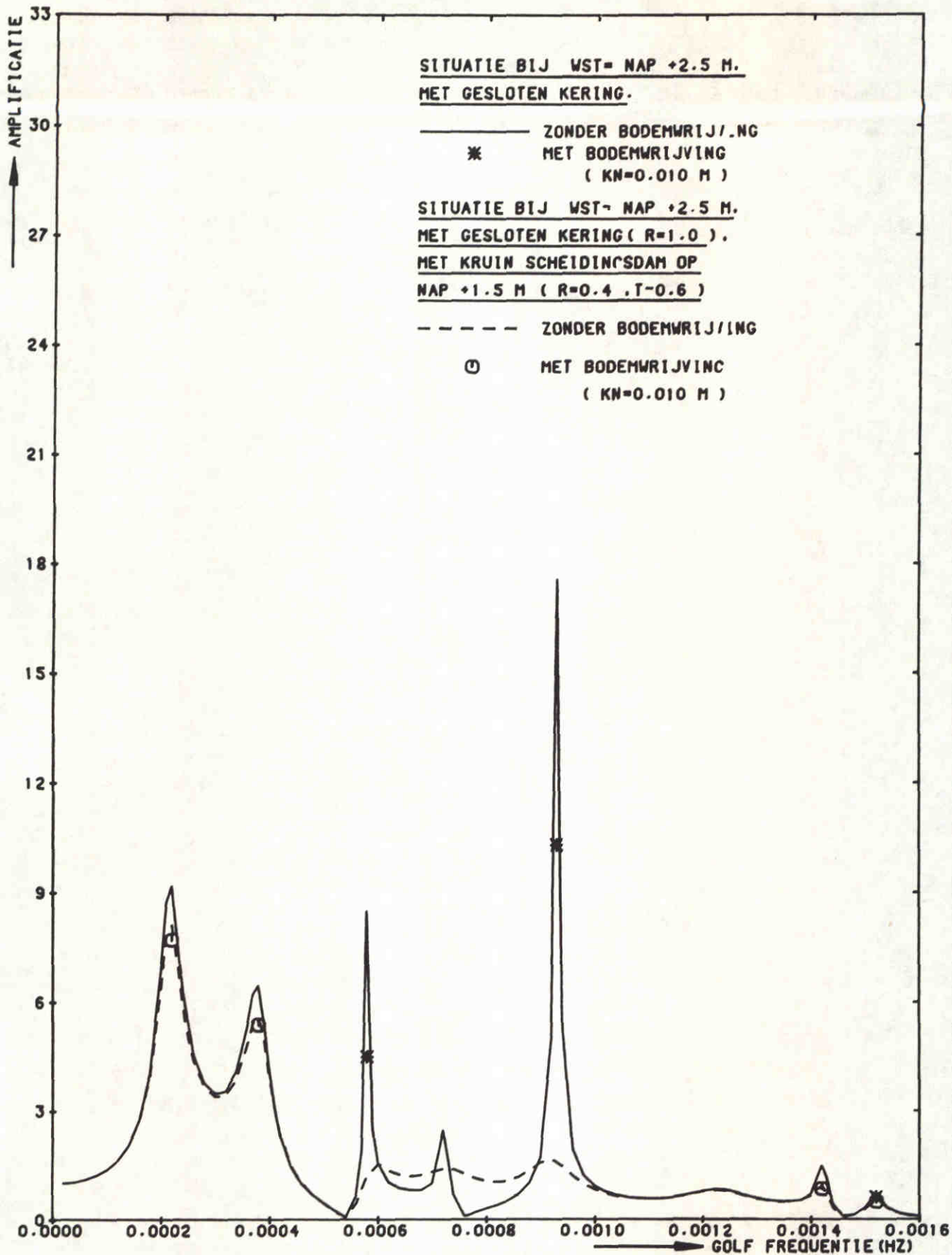
NAP +2.5 M

POSITIE 10
OVERZIJDE 7E PETROLEUMHV

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 145



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

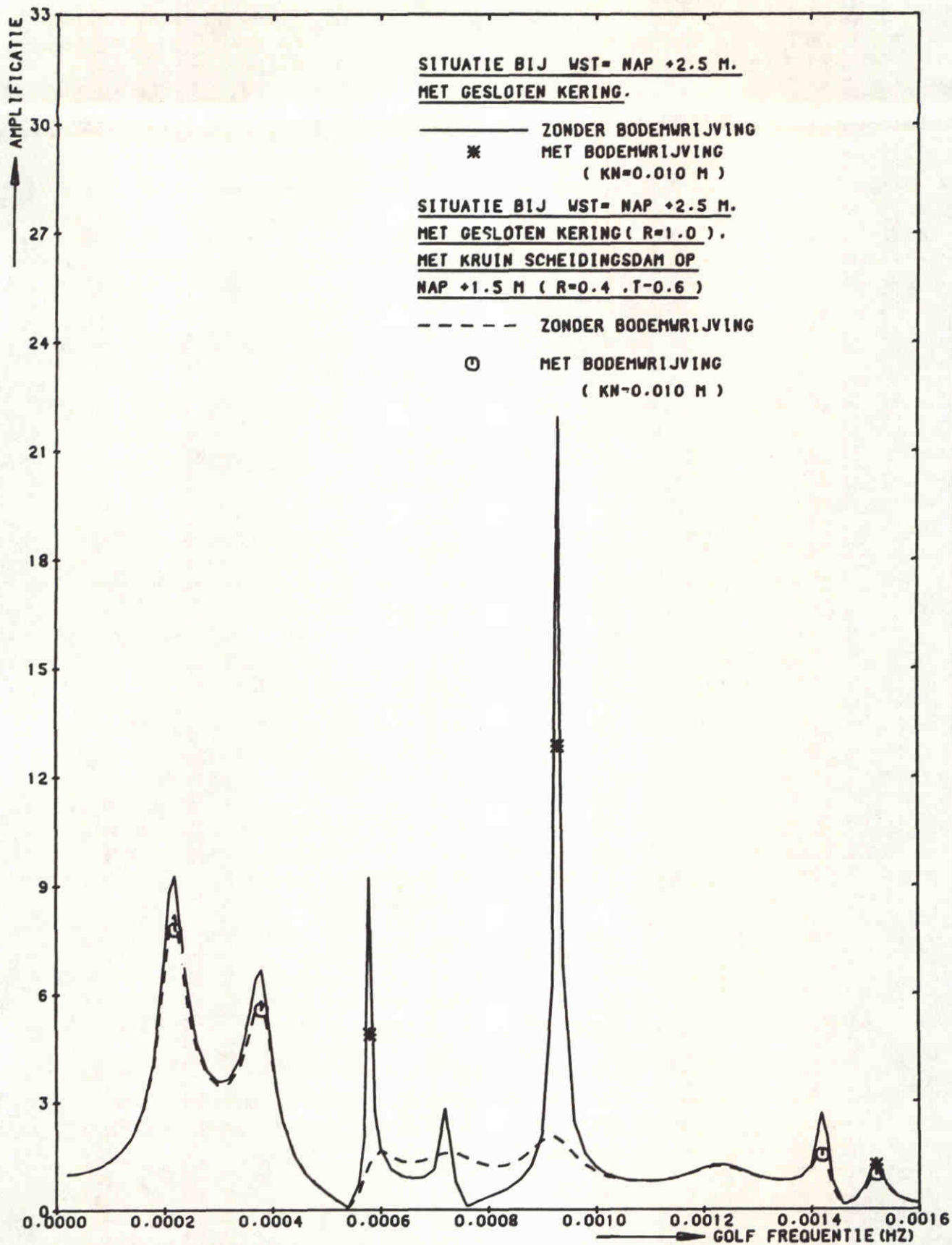
NAP +2.5 M

POSITIE 11
ROZENBURGSESLUIS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 146



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

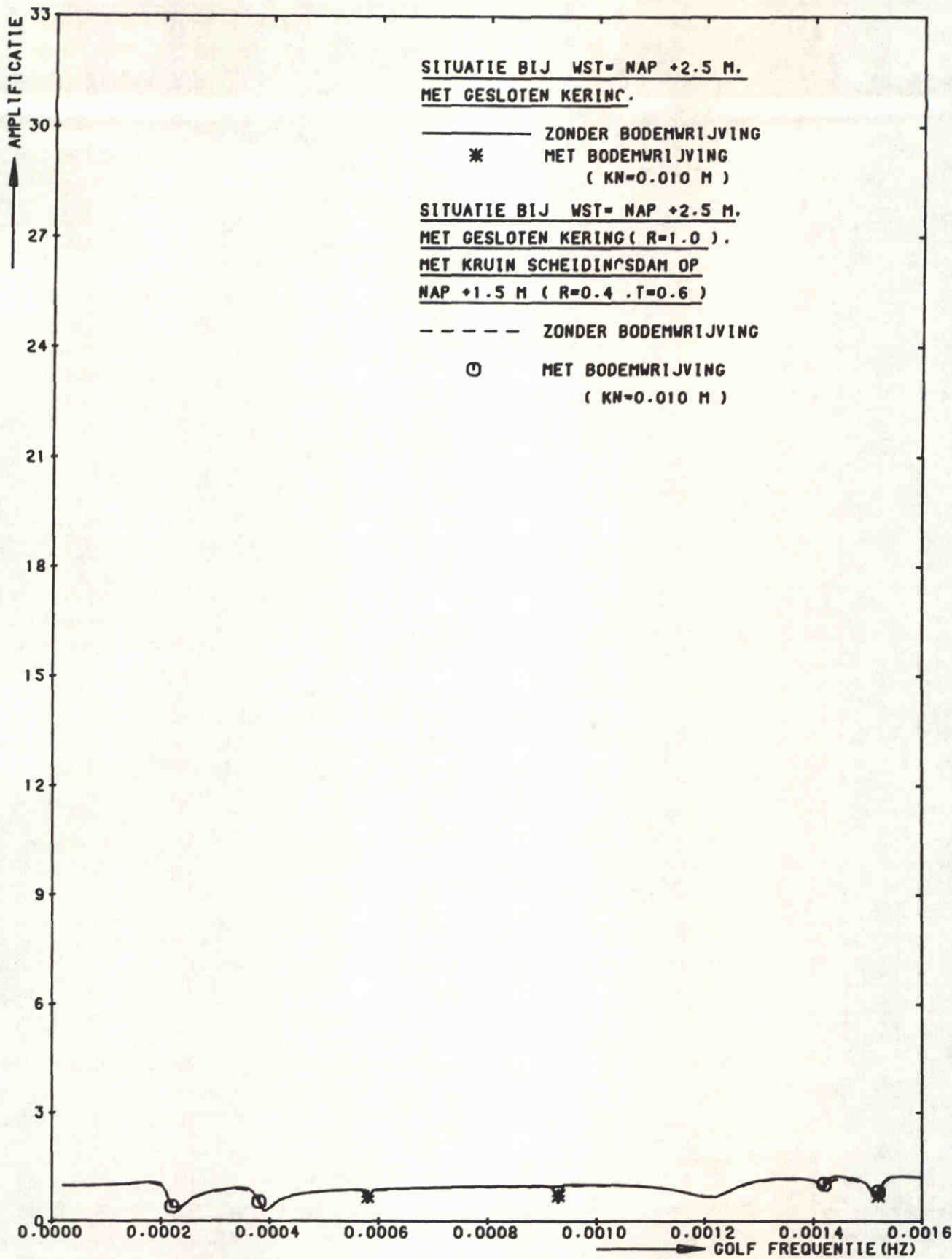
NAP +2.5 M

POSITIE 12
BRITANNIEHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.147



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

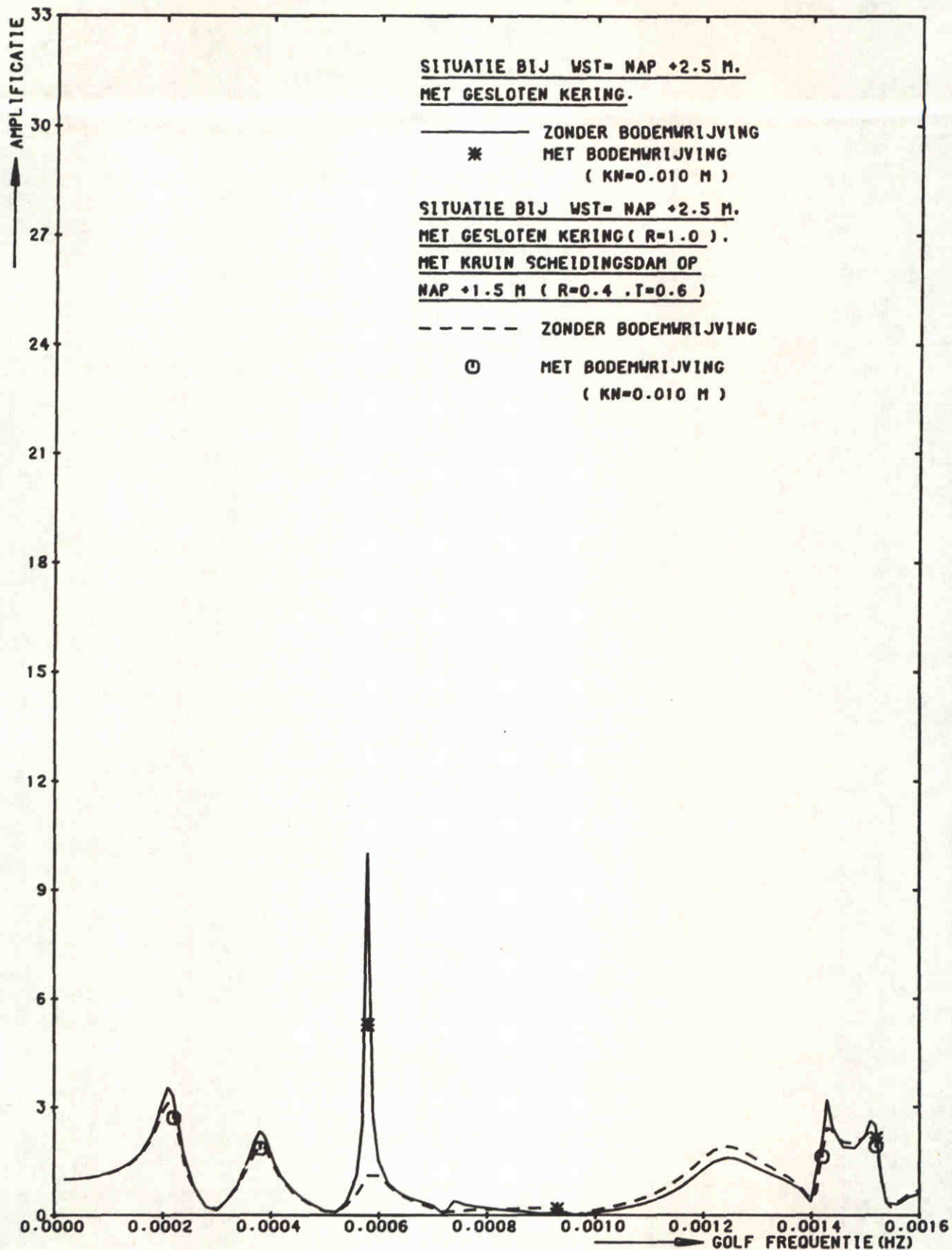
NAP +2.5 M

POSITIE 13
MAAS MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 148



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

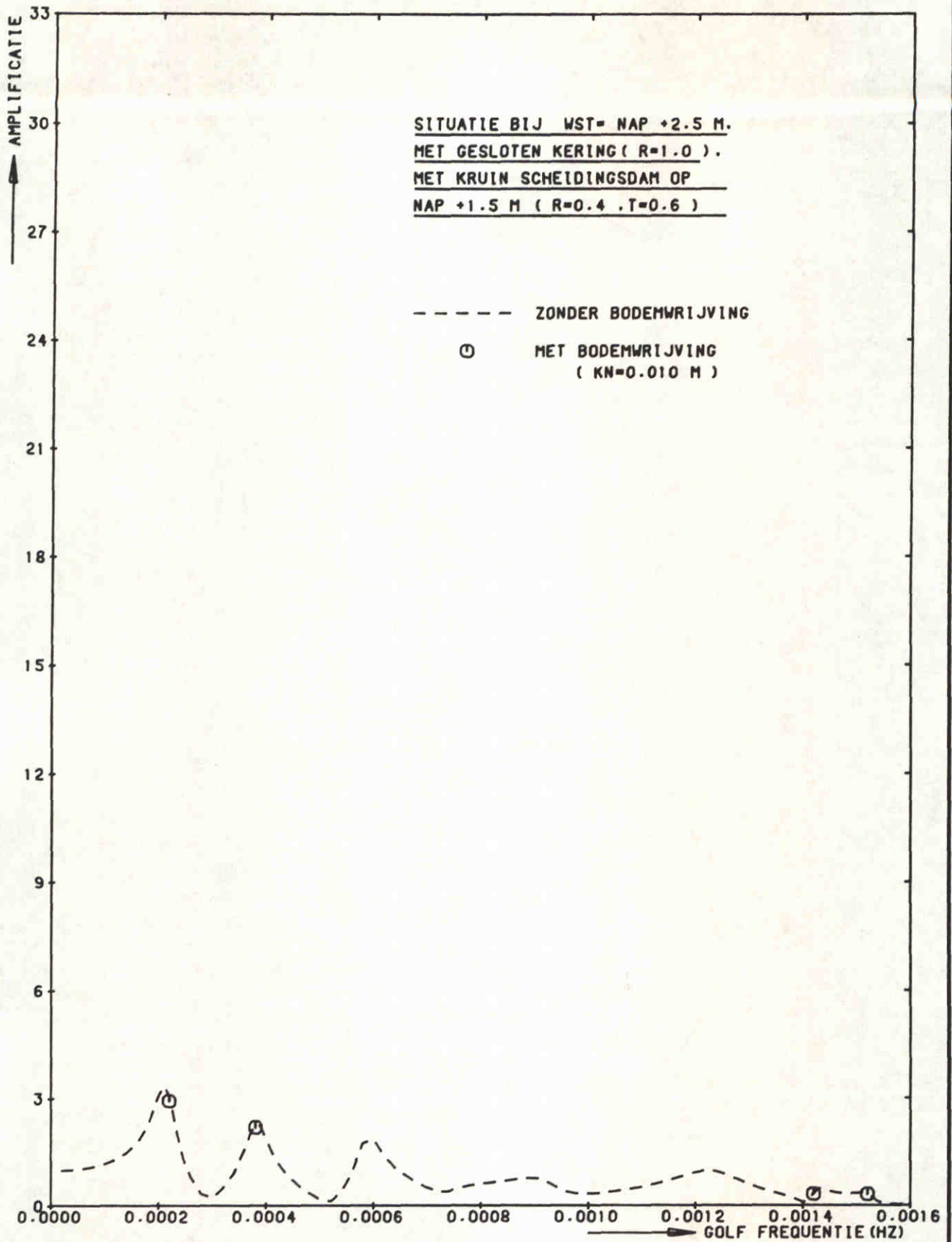
NAP +2.5 M

POSITIE 17
BREEDTIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 149



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

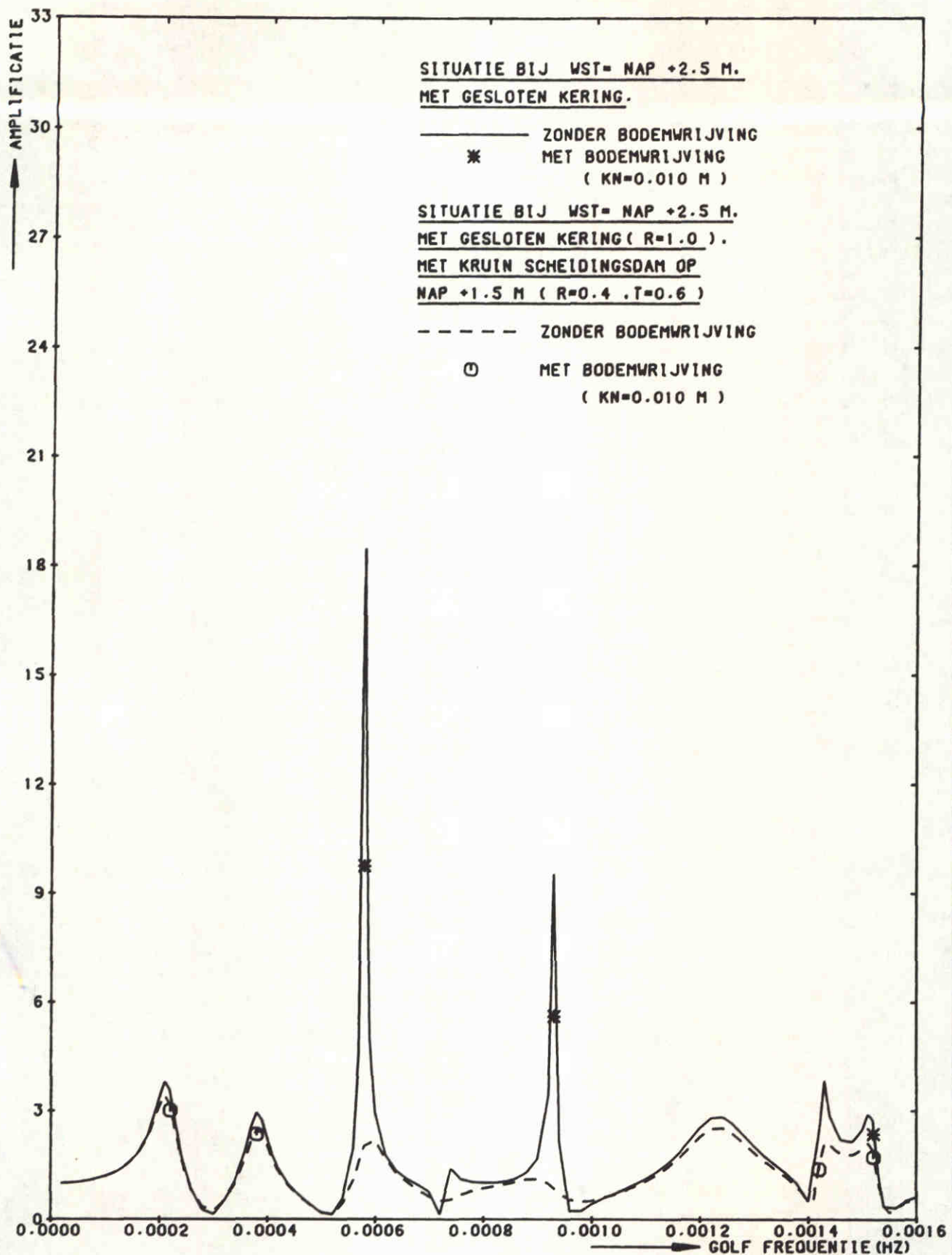
NAP +2.5 M

POSITIE 17A
 KM 1028.75

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 150

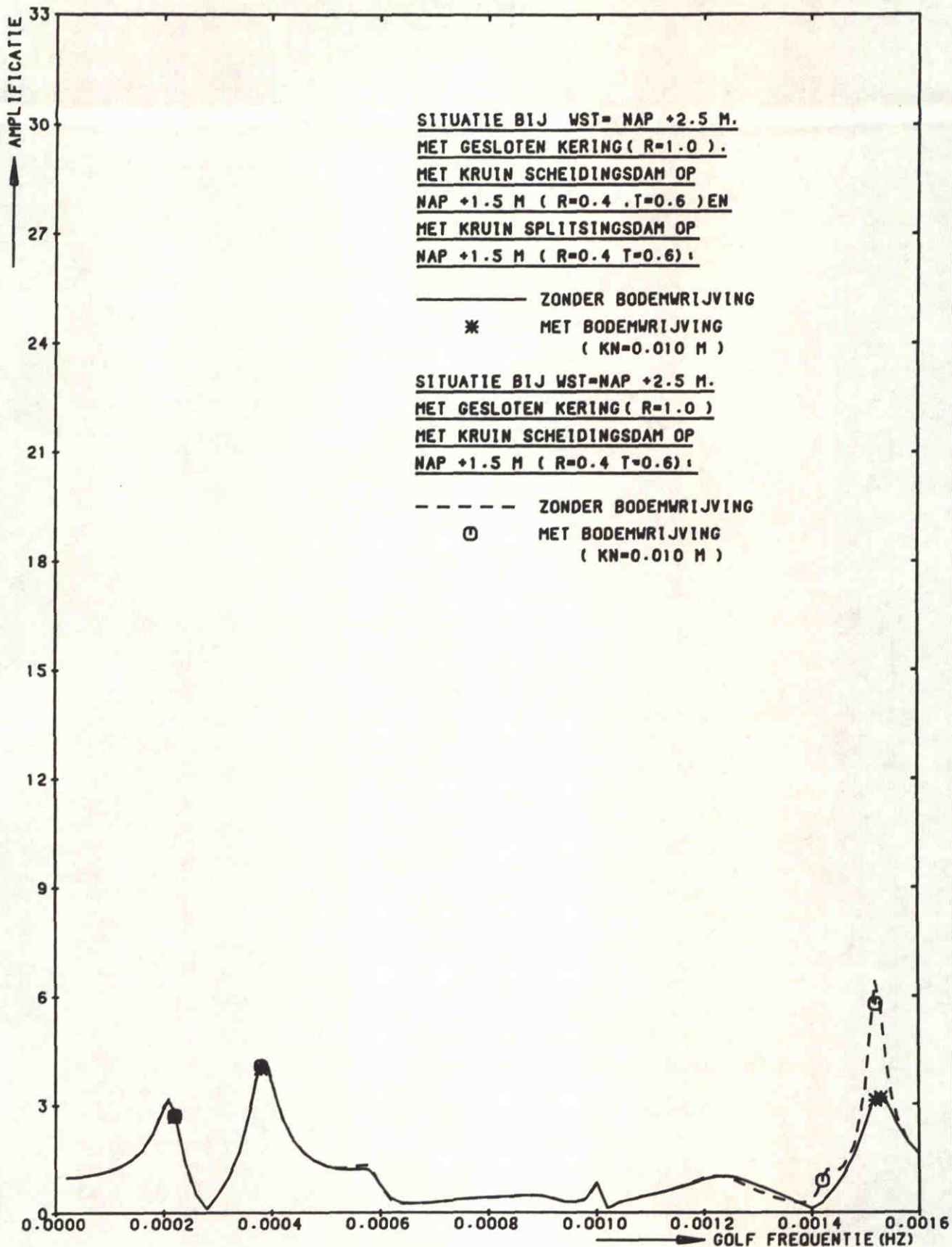


STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M	NAP +2.5 M
POSITIE 18	
S.V.K.KM 1026.5	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688	FIG.151
-------	---------



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

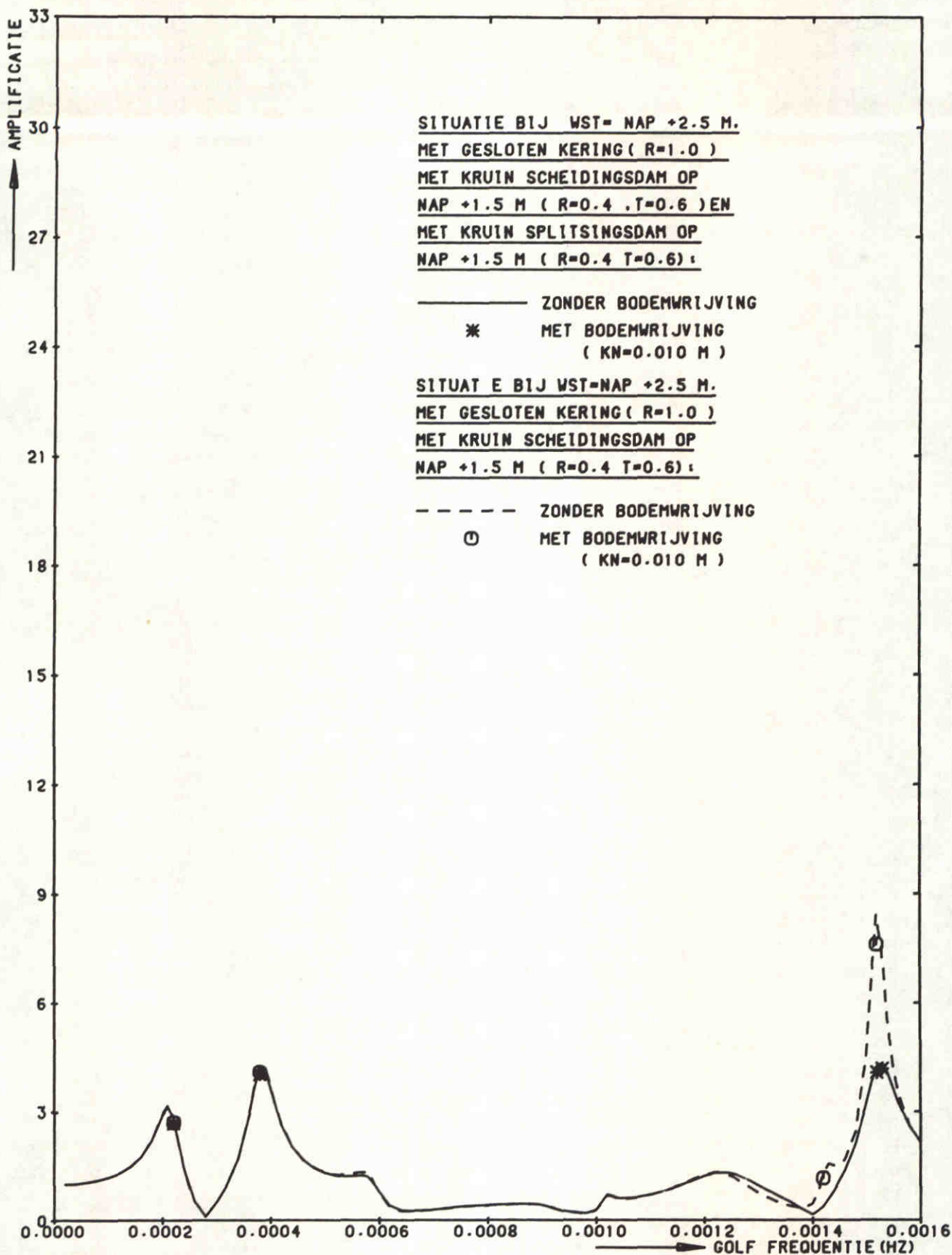
NAP +2.5 M

POSITIE 1
 EUROPA HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 152



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

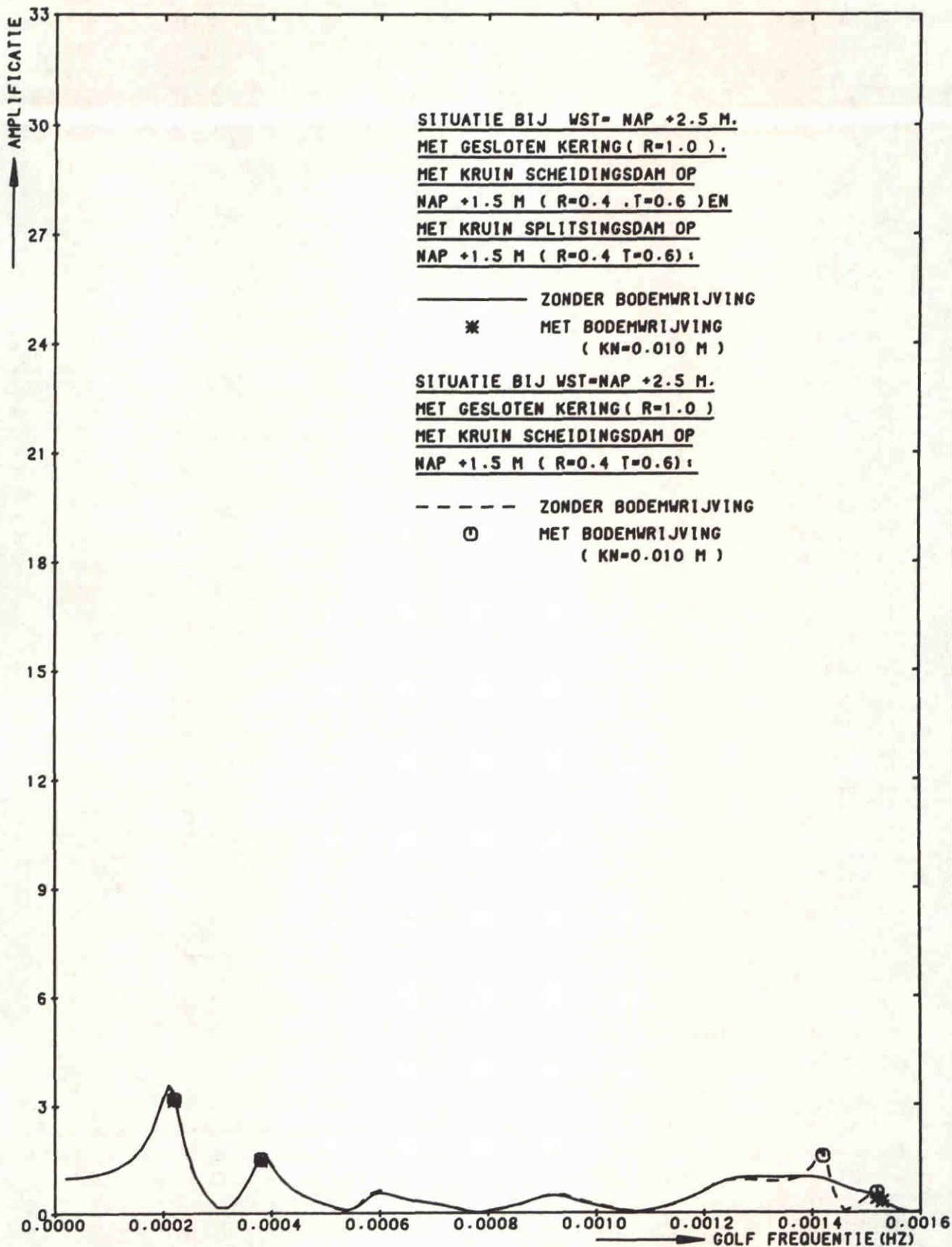
NAP +2.5 M

POSITIE 4
 MISSISSIPPIHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 153



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

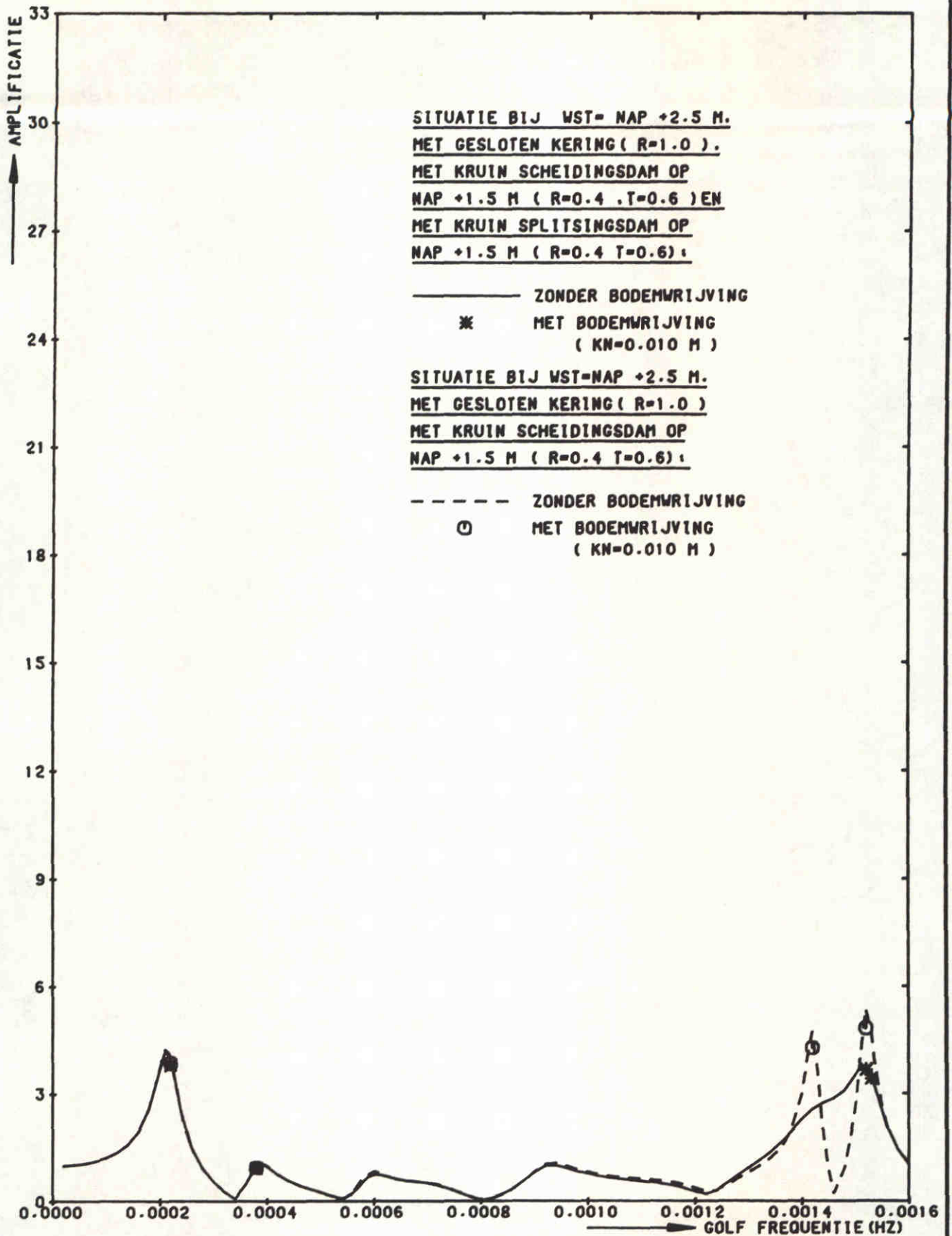
NAP +2.5 M

POSITIE 5
BREEDTIEP (ZUIDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 154



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

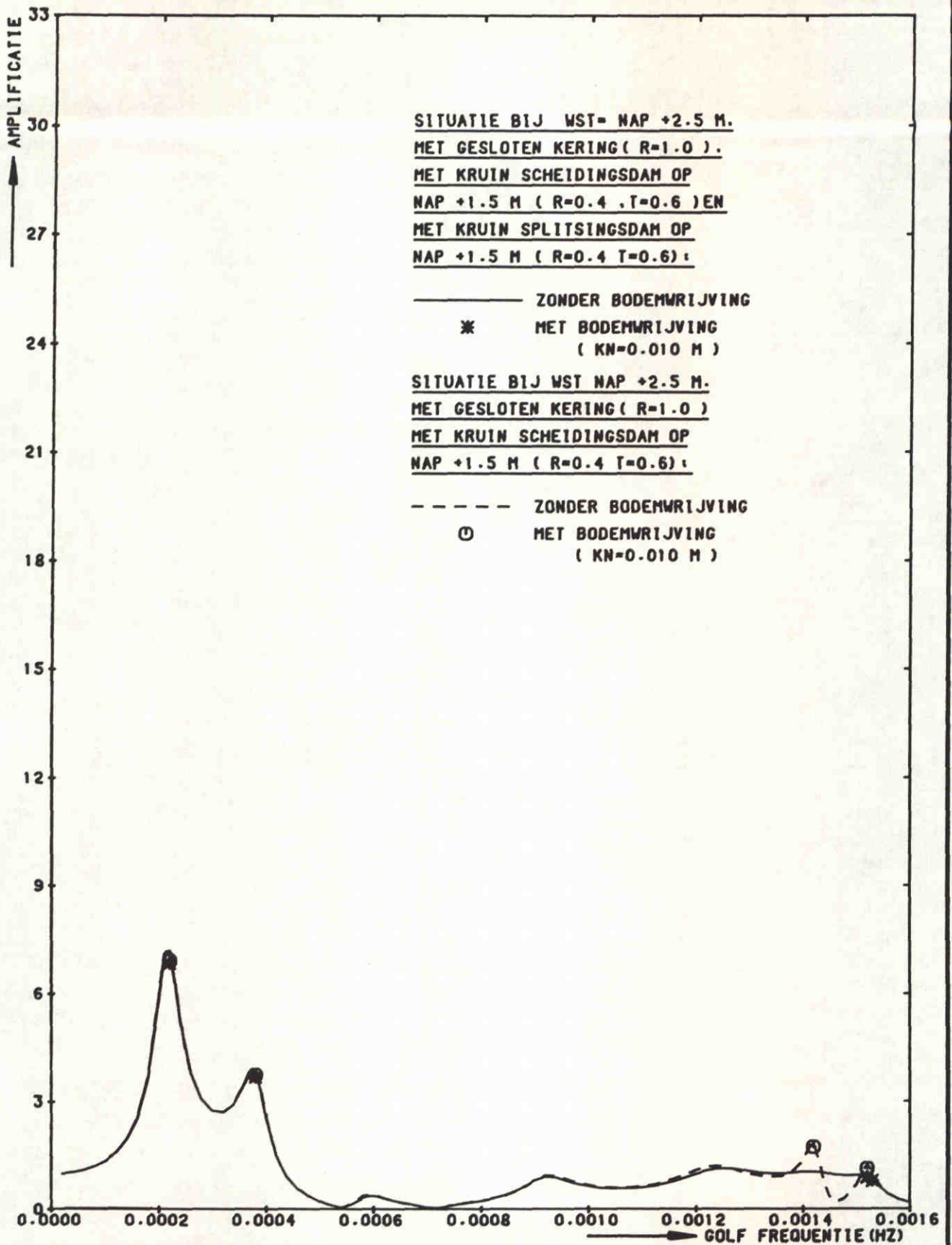
NAP +2.5 M

POSITIE 7
 BENELUXHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 155



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

NAP +2.5 M

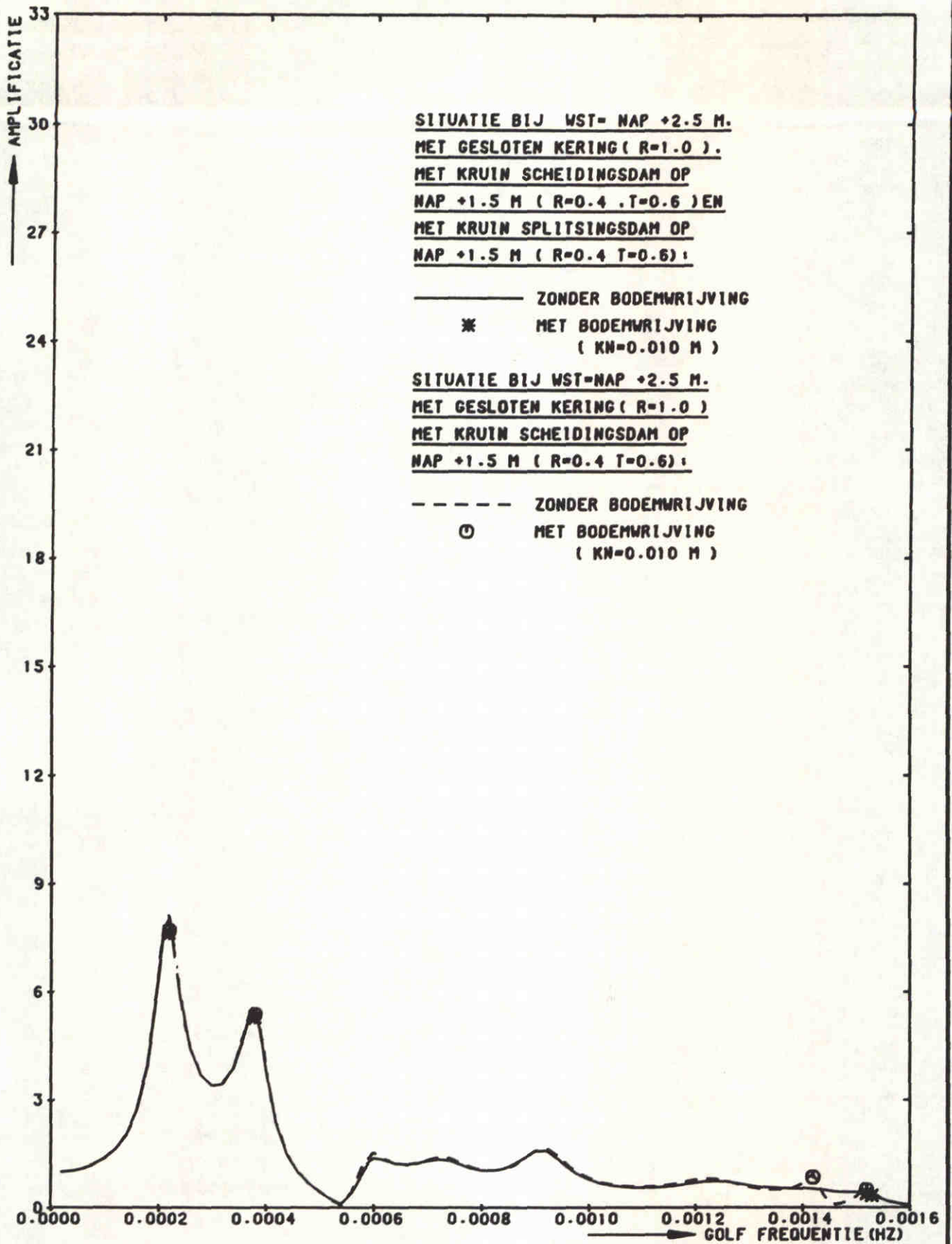
POSITIE 10

OVERZIJDE 7E PETROLEUMHV

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 156



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

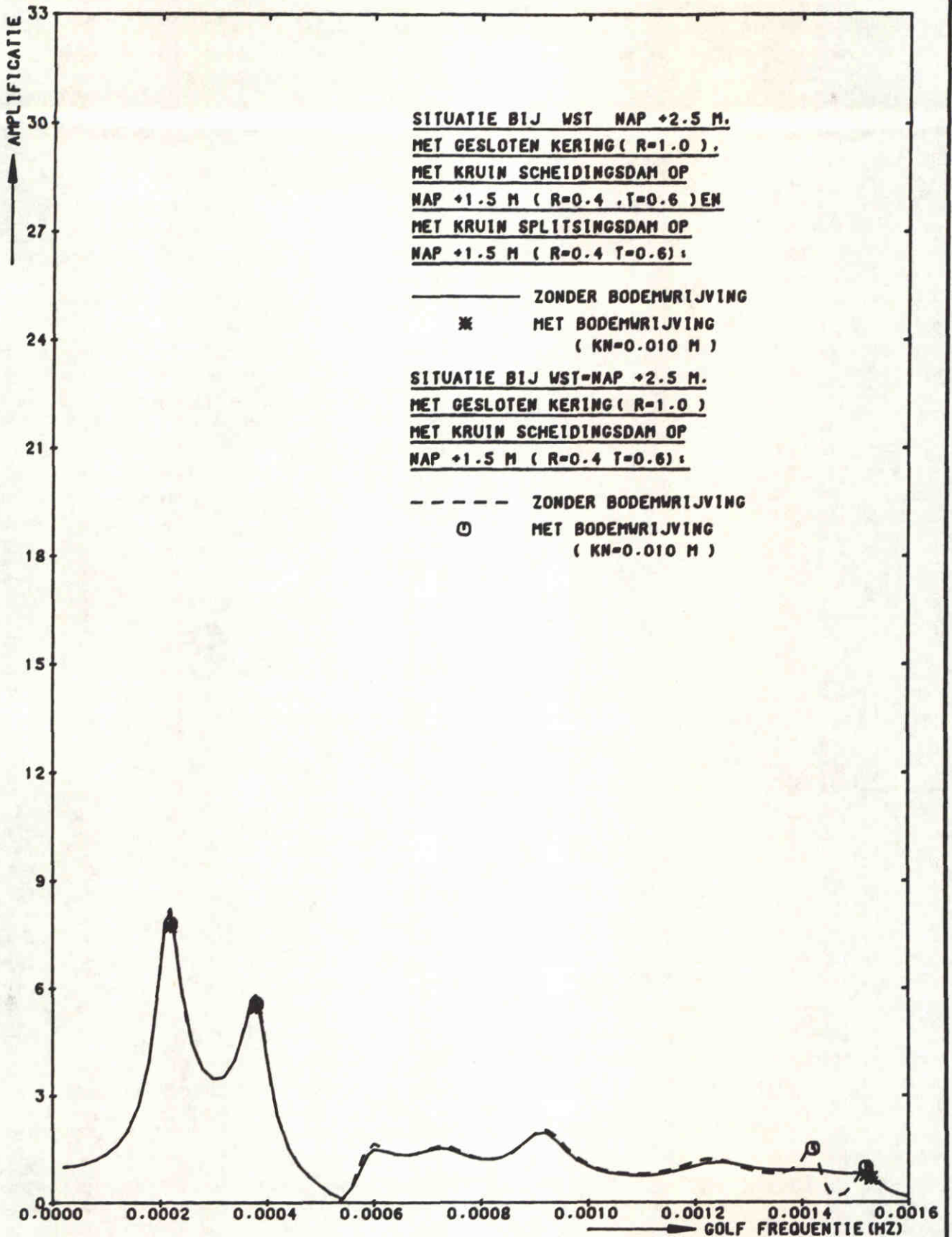
NAP +2.5 M

POSITIE 11
 ROZENBURGSESLUIS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 157



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

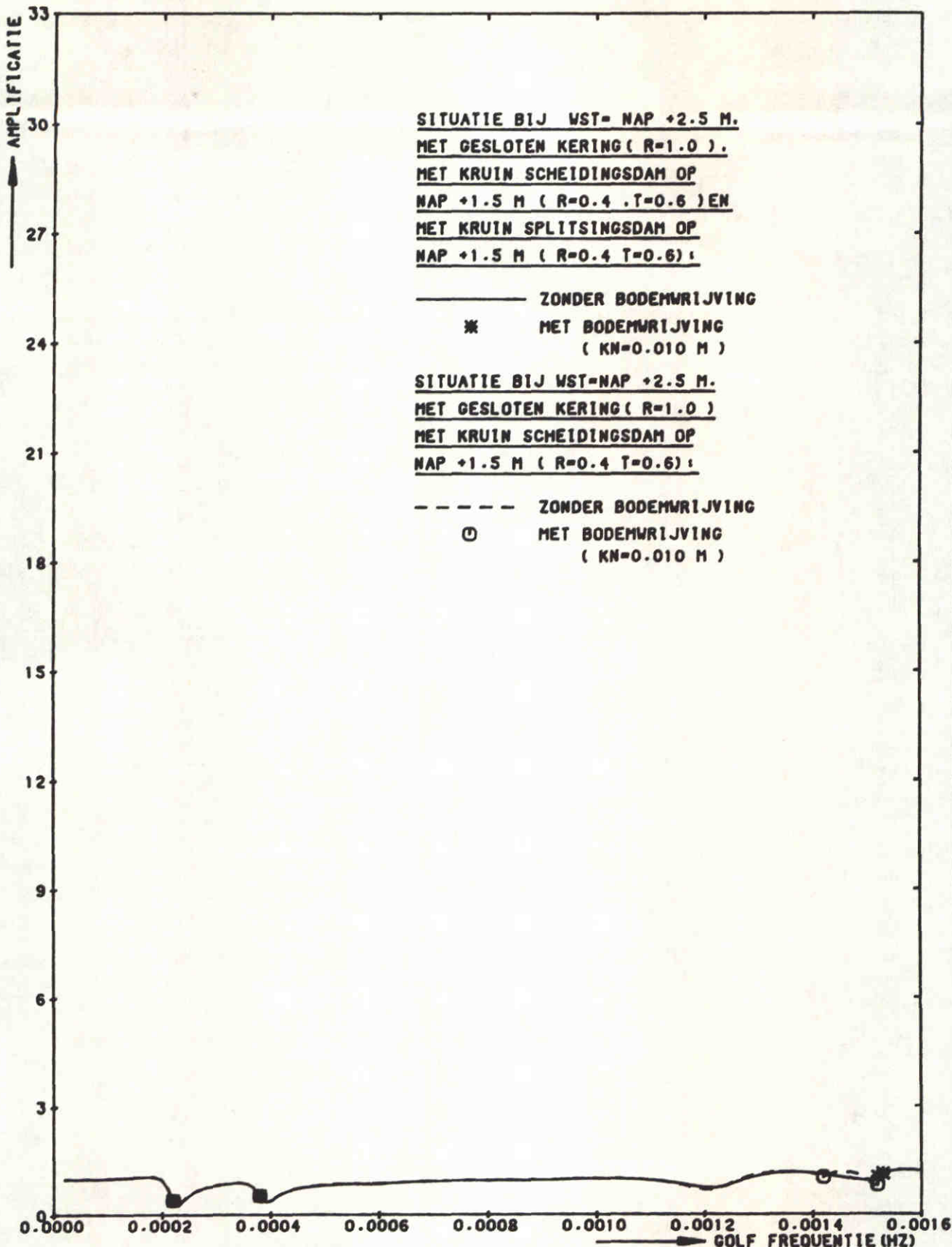
NAP +2.5 M

POSITIE 12
 BRITANNIEHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 158



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

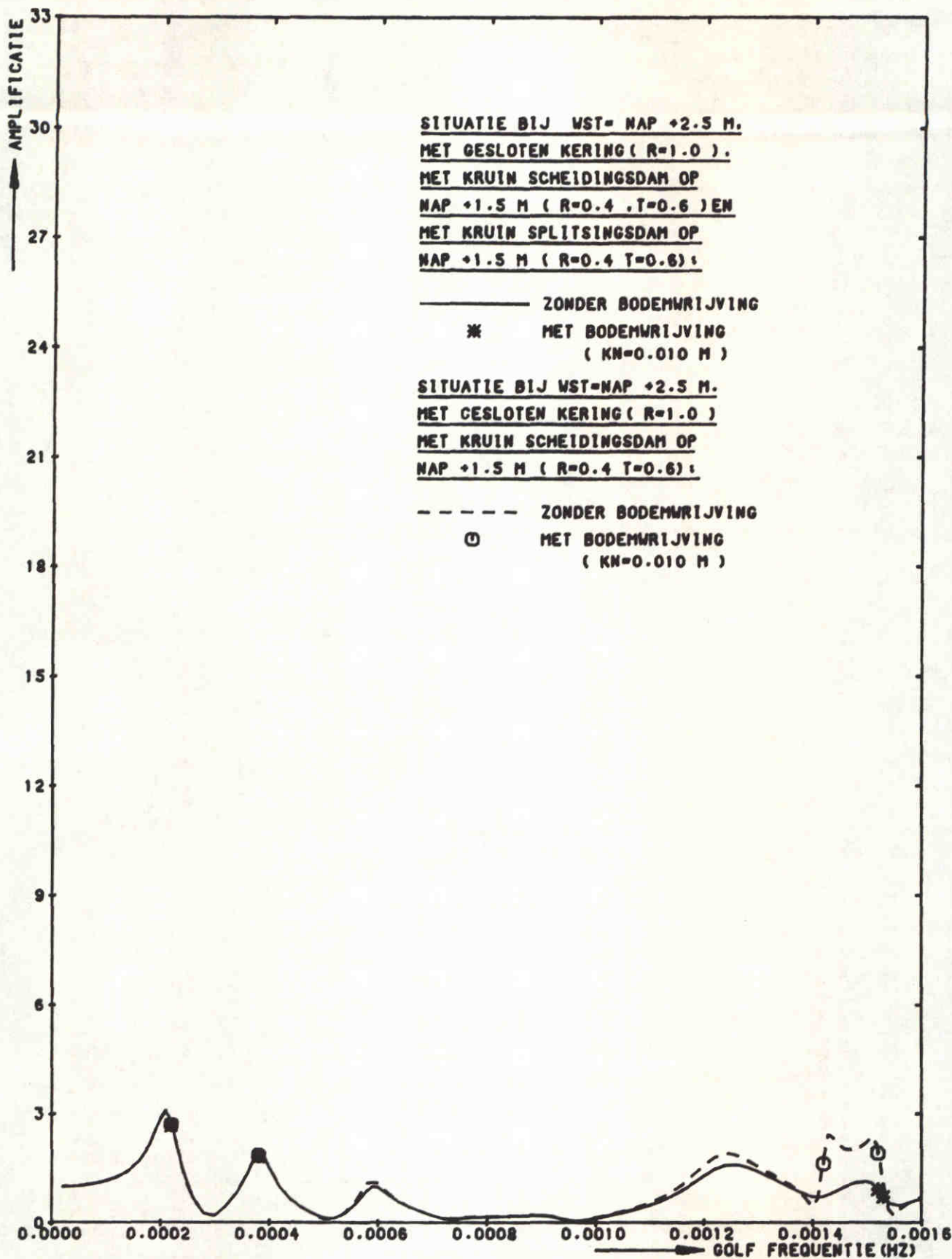
NAP +2.5 M

POSITIE 13
 MAAS MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 159



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

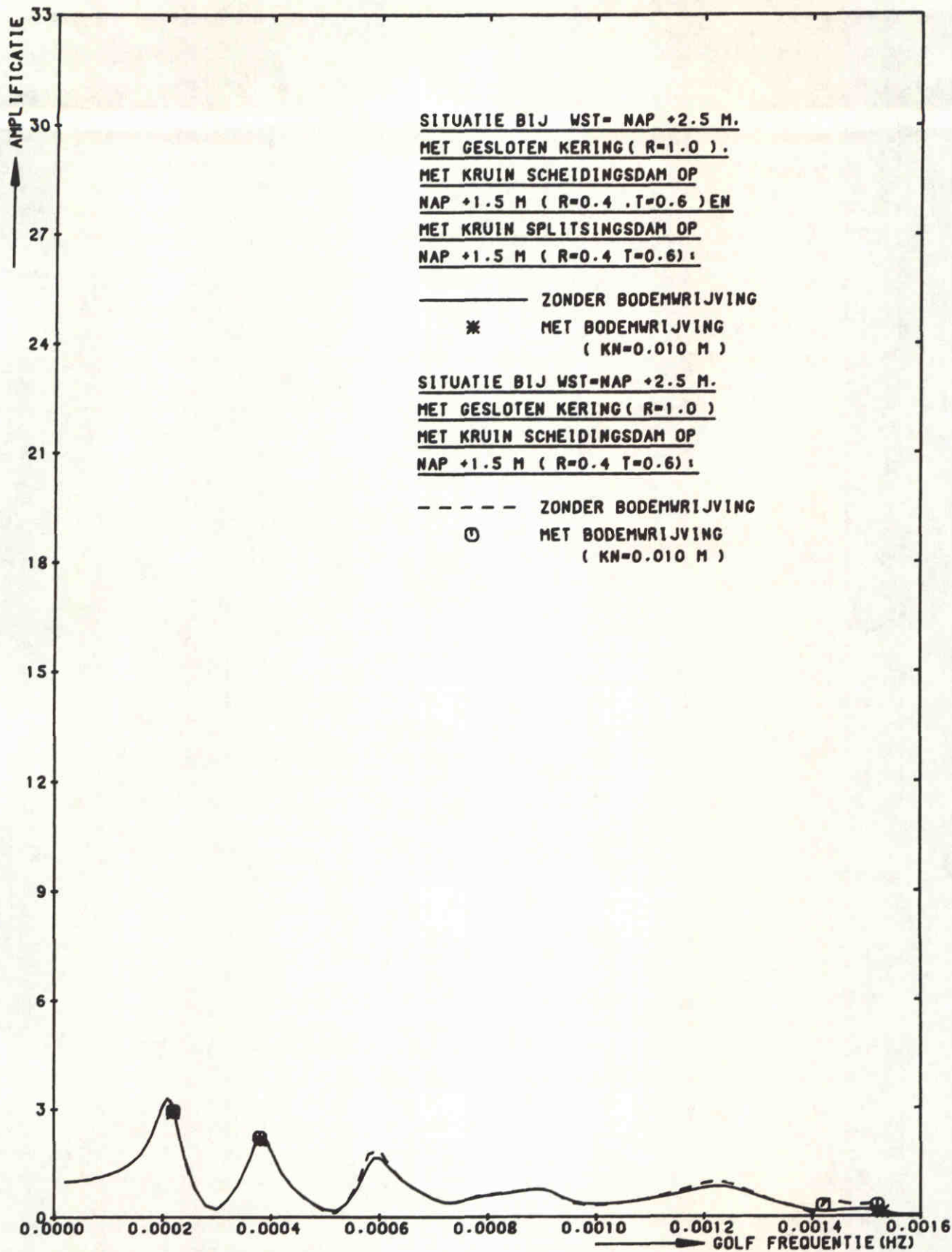
NAP +2.5 M

POSITIE 17
 BREEDDIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 160



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

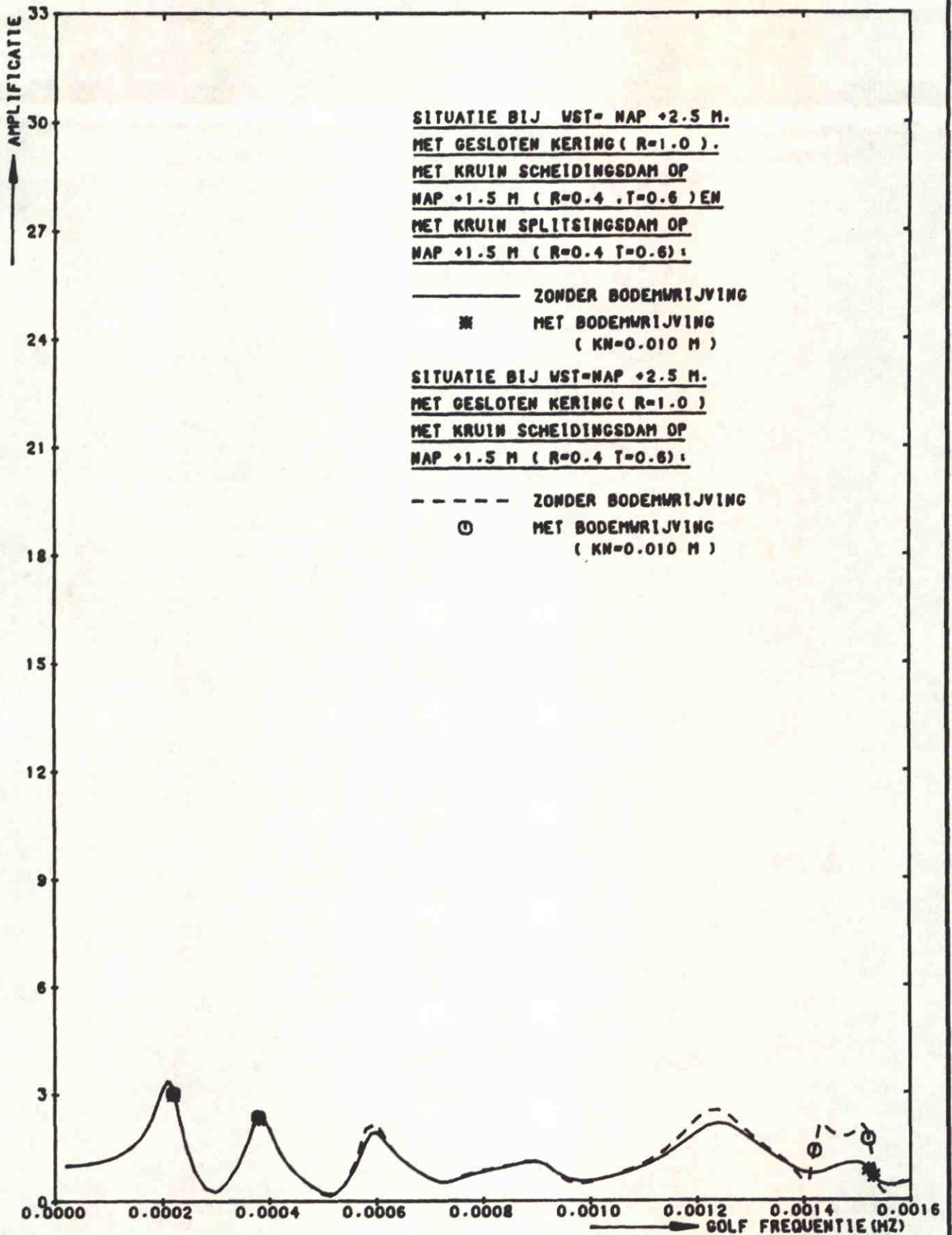
NAP +2.5 M

POSITIE 17A
KM 1028.75

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.161



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

NAP +2.5 M

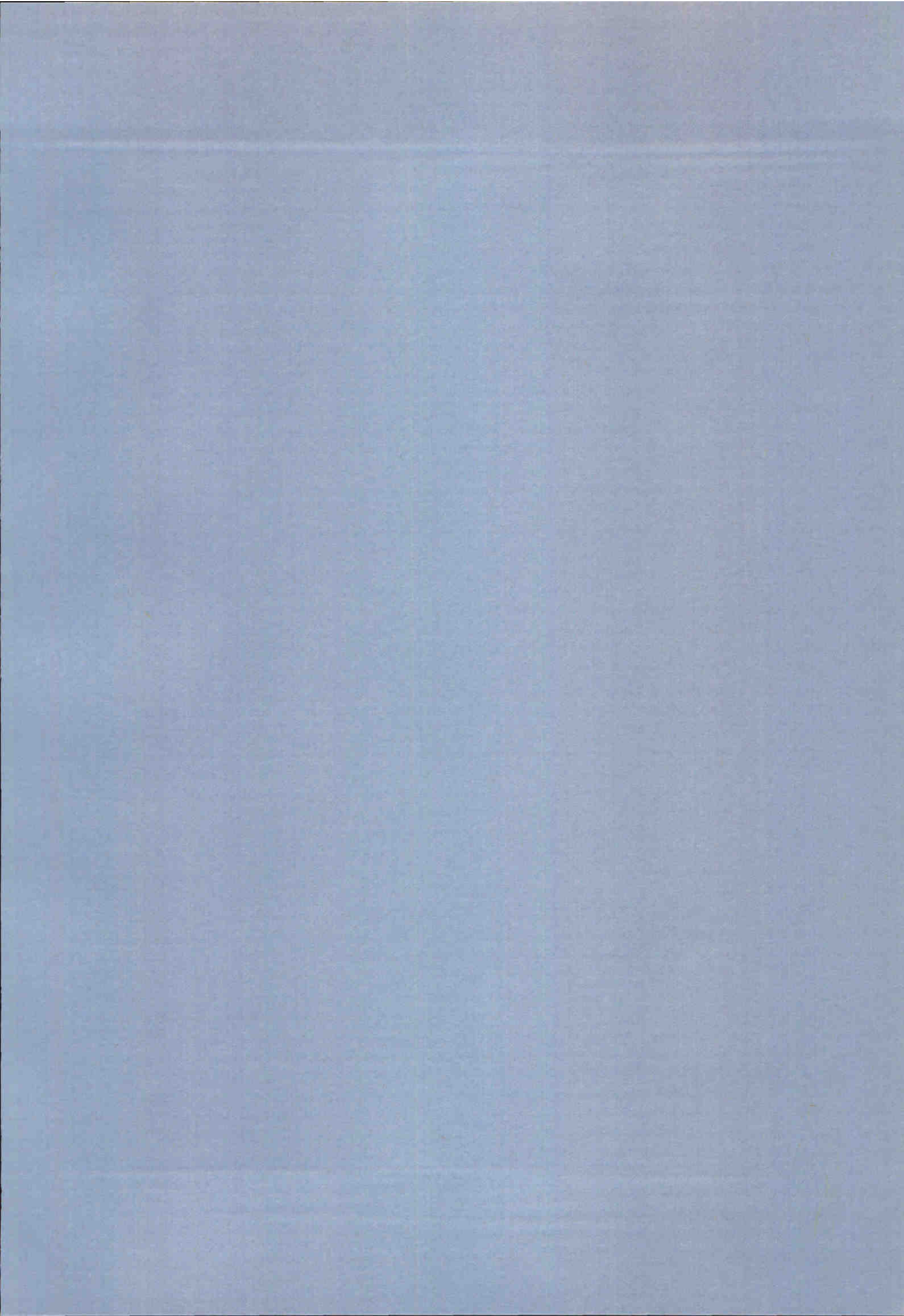
POSITIE 18

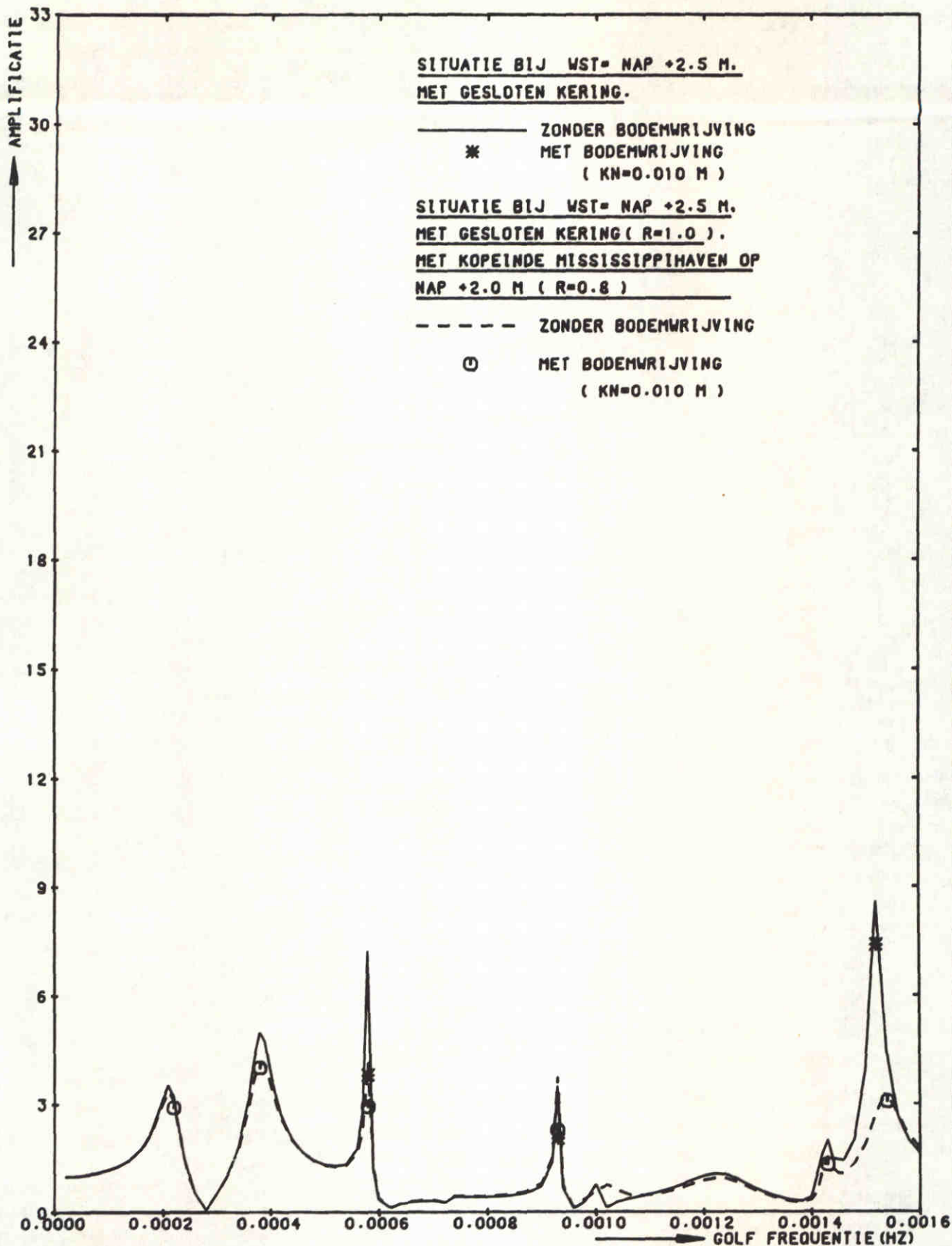
S.V.K.KM 1026.5

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 162





STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

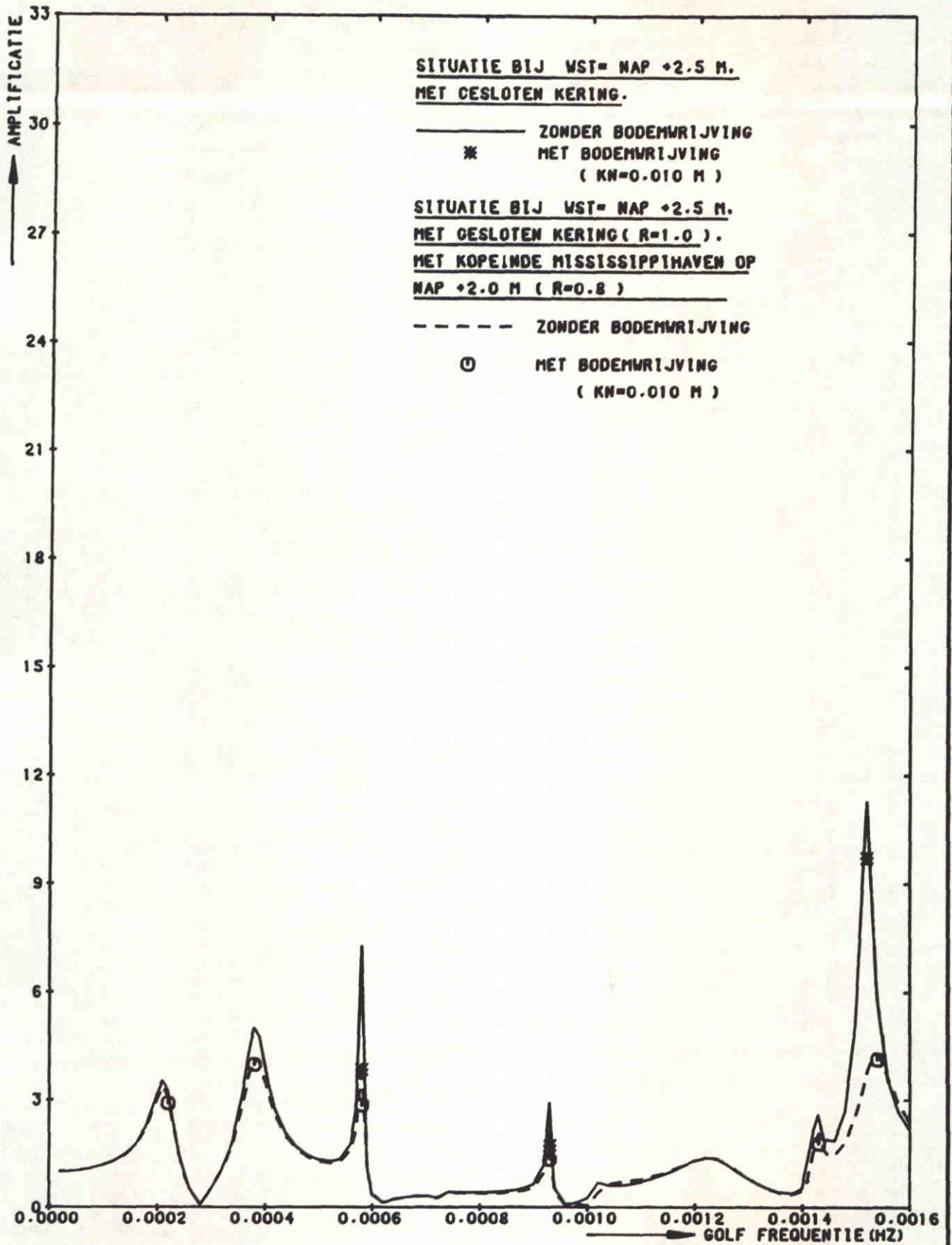
NAP +2.5 M

POSITIE 1
EUROPA HAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 163



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

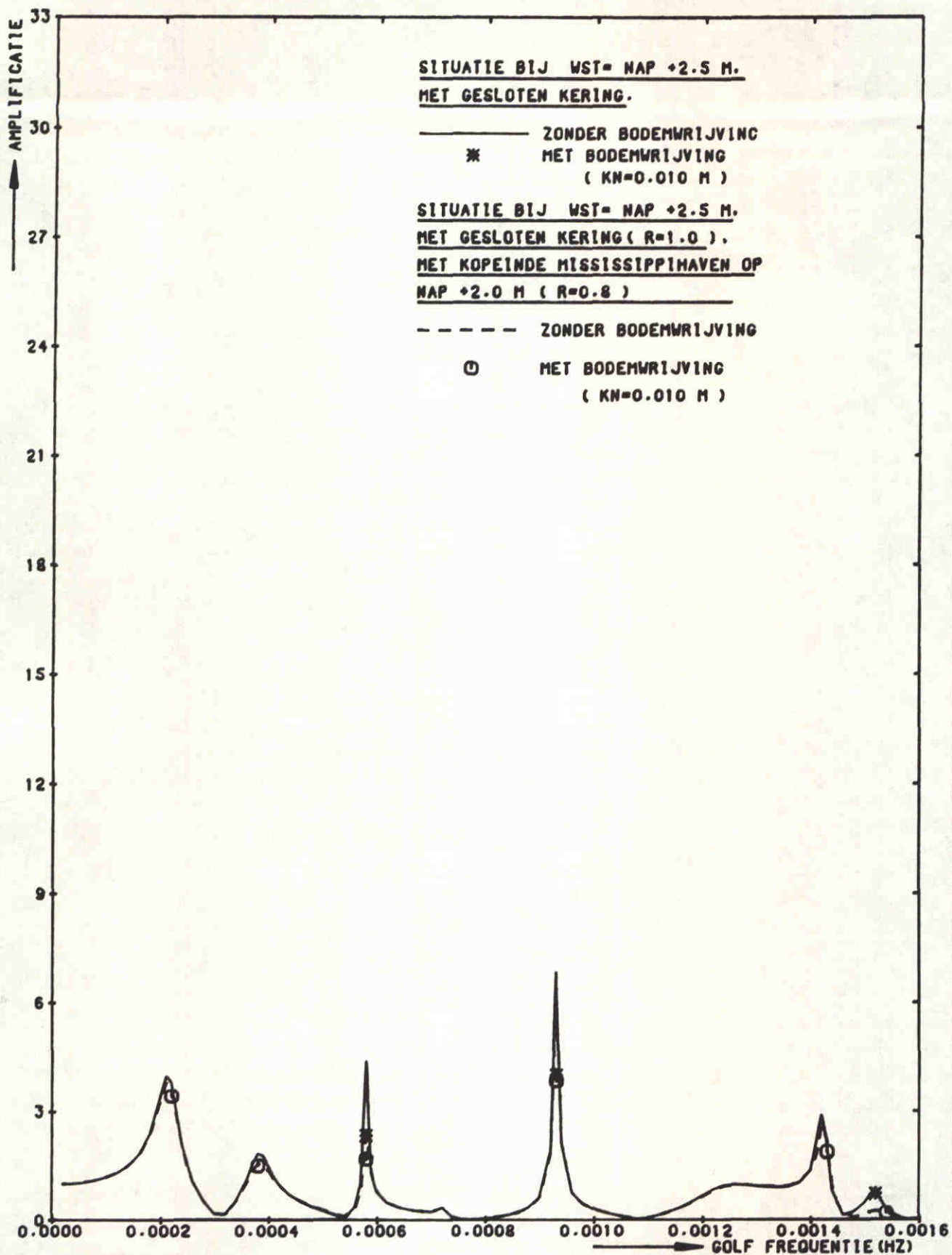
NAP +2.5 M

POSITIE 4
MISSISSIPPIHAVEN (WEST)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 164

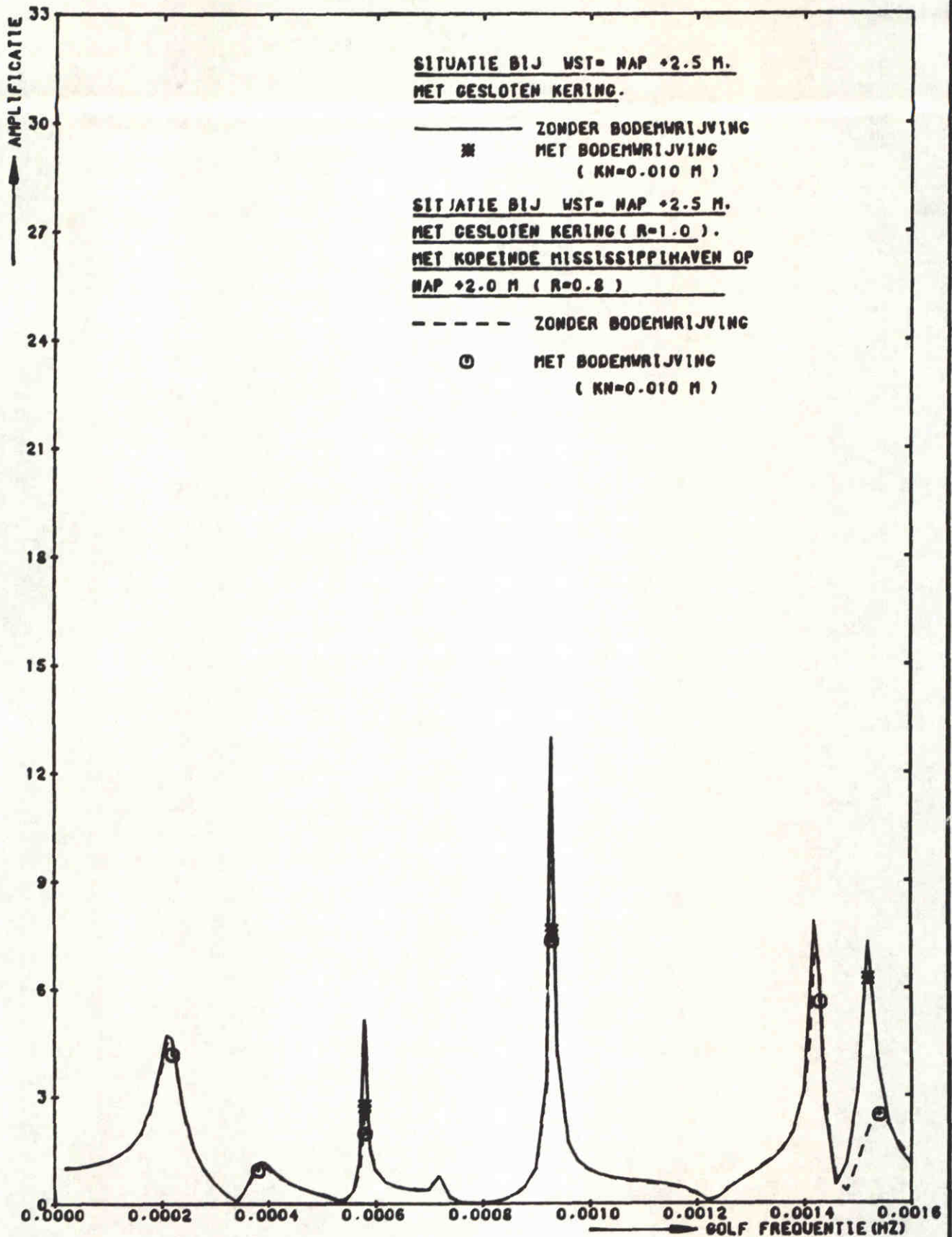


STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M	NAP +2.5 M
POSITIE 5	
BREEDTIEP (ZUIDZIJDE)	

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688	FIG. 165
-------	----------



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

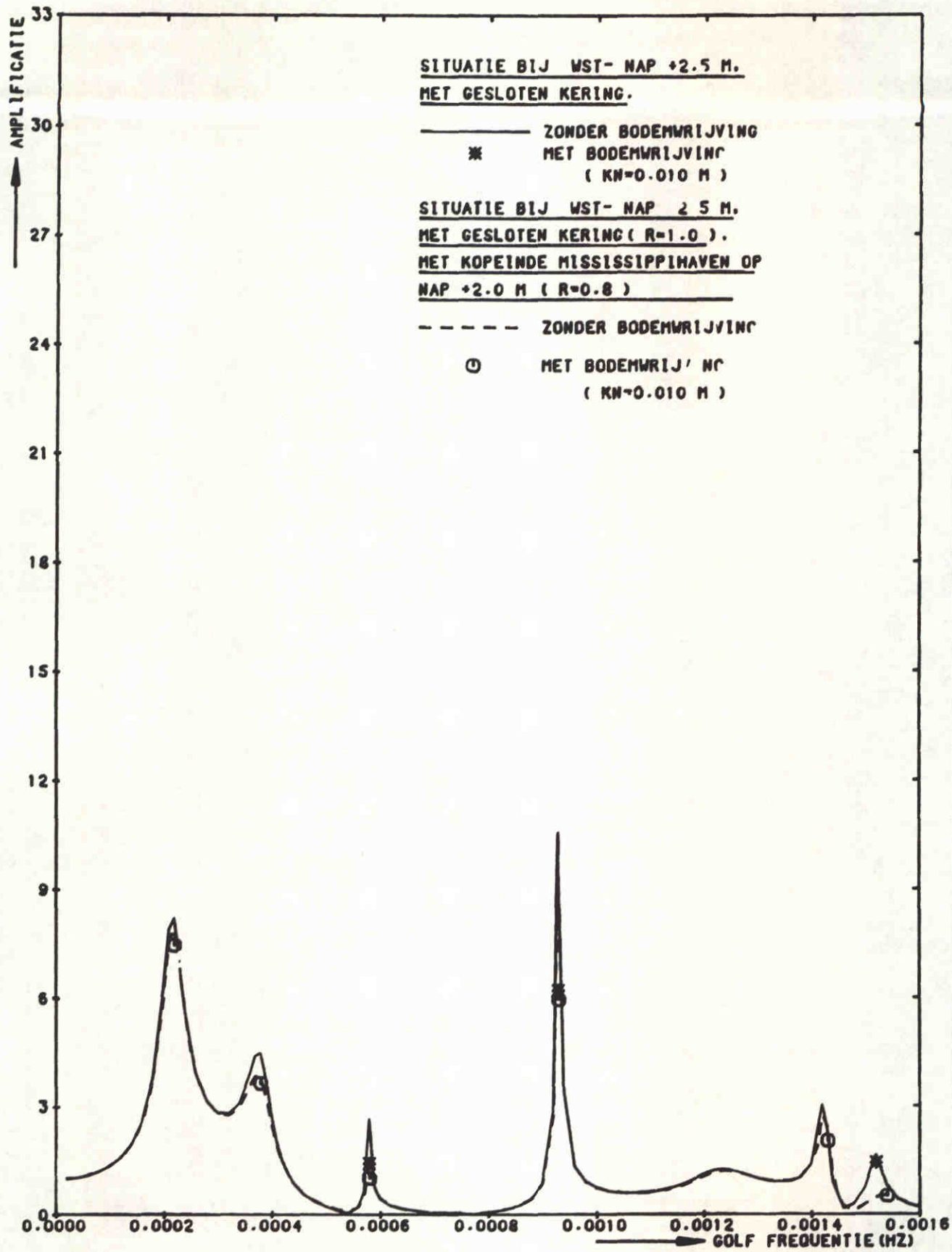
NAP +2.5 M

POSITIE 7
BENELUXHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 166



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

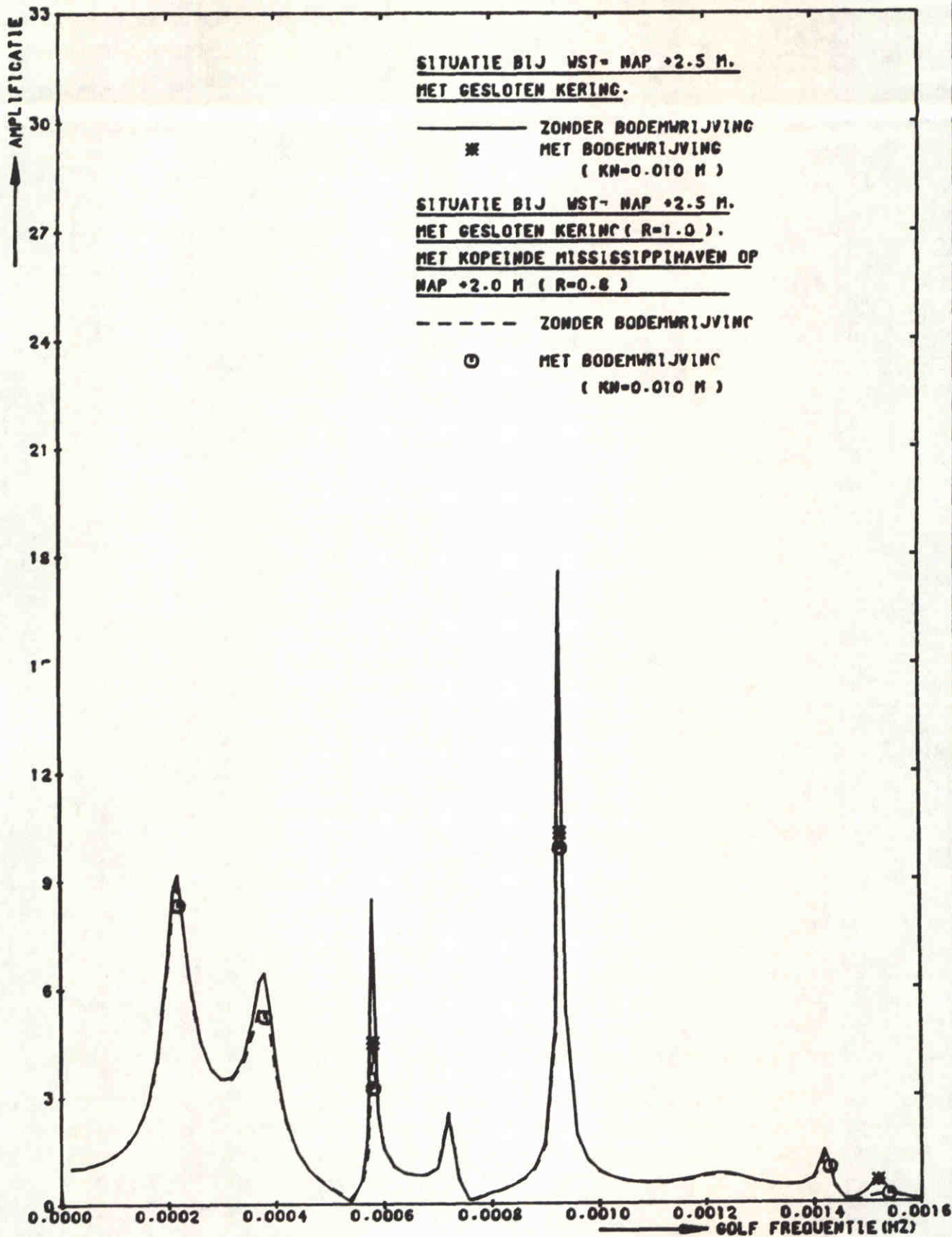
NAP +2.5 M

POSITIE 10
OVERZIJDE 7E PETROLEUMHV

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 167



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

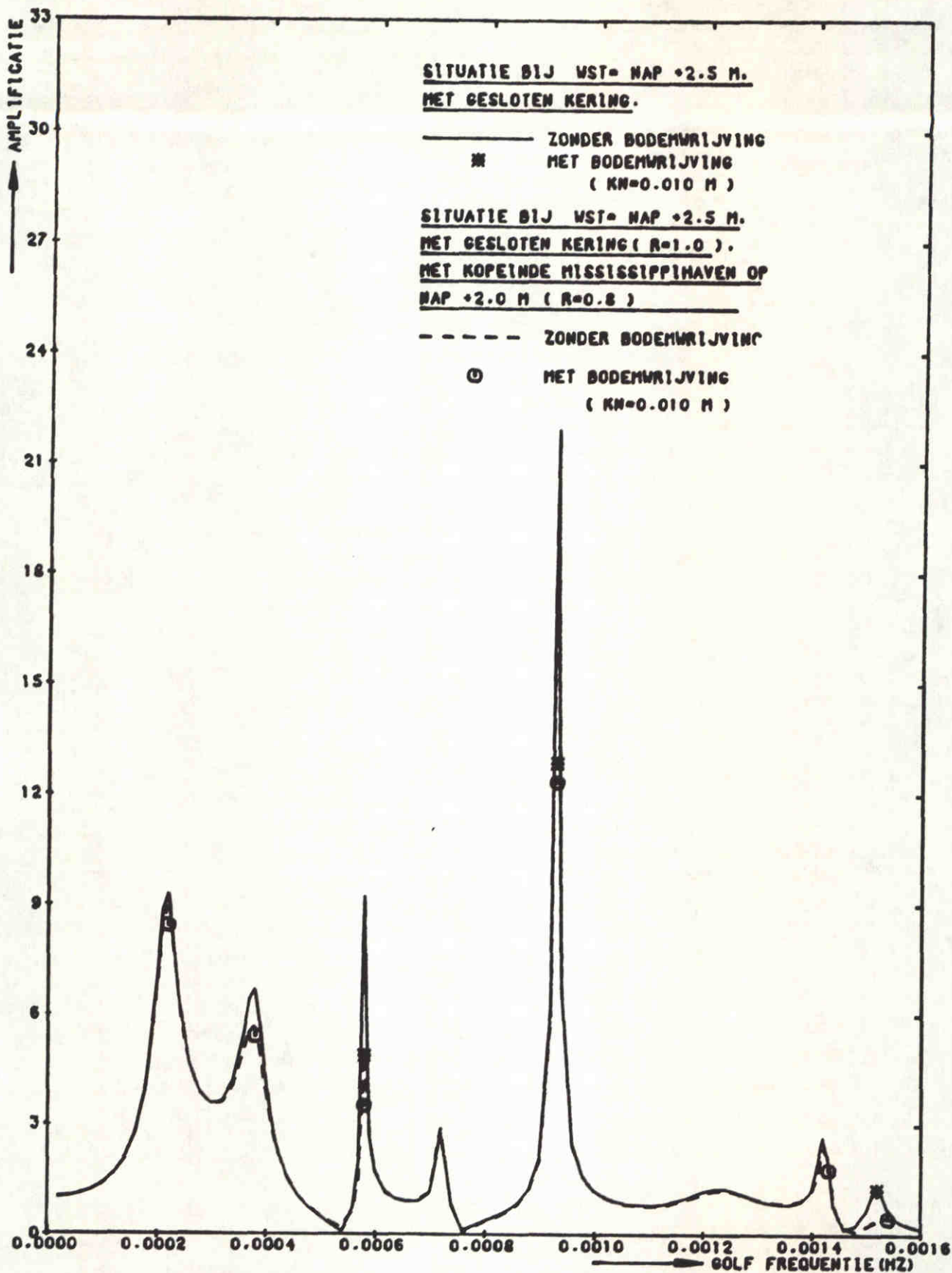
H=0.3 M NAP +2.5 M

POSITIE 11
ROZENBURGSESLUIS

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 168



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

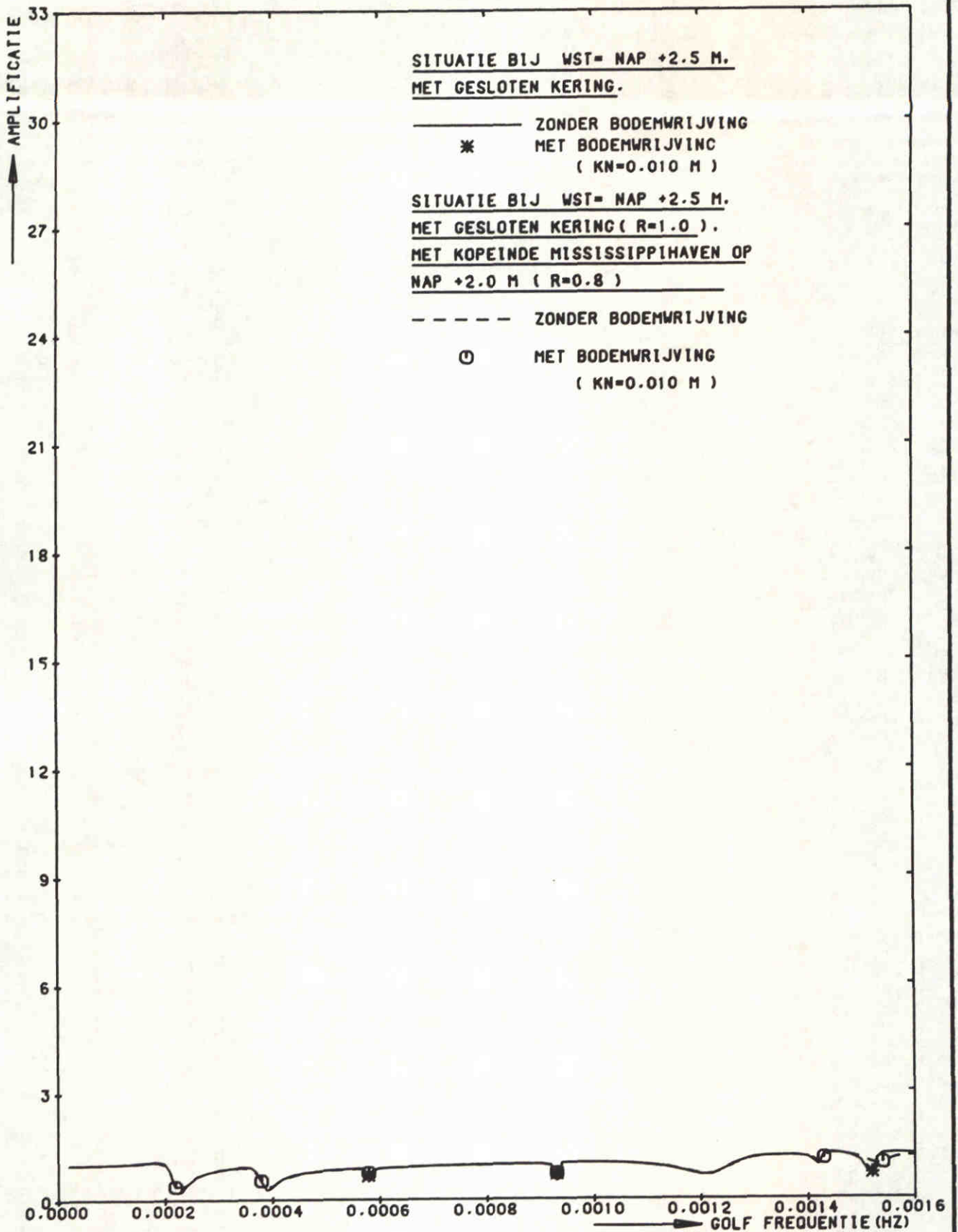
NAP +2.5 M

POSITIE 12
BRITTANNIEHAVEN

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 169



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

NAP +2.5 M

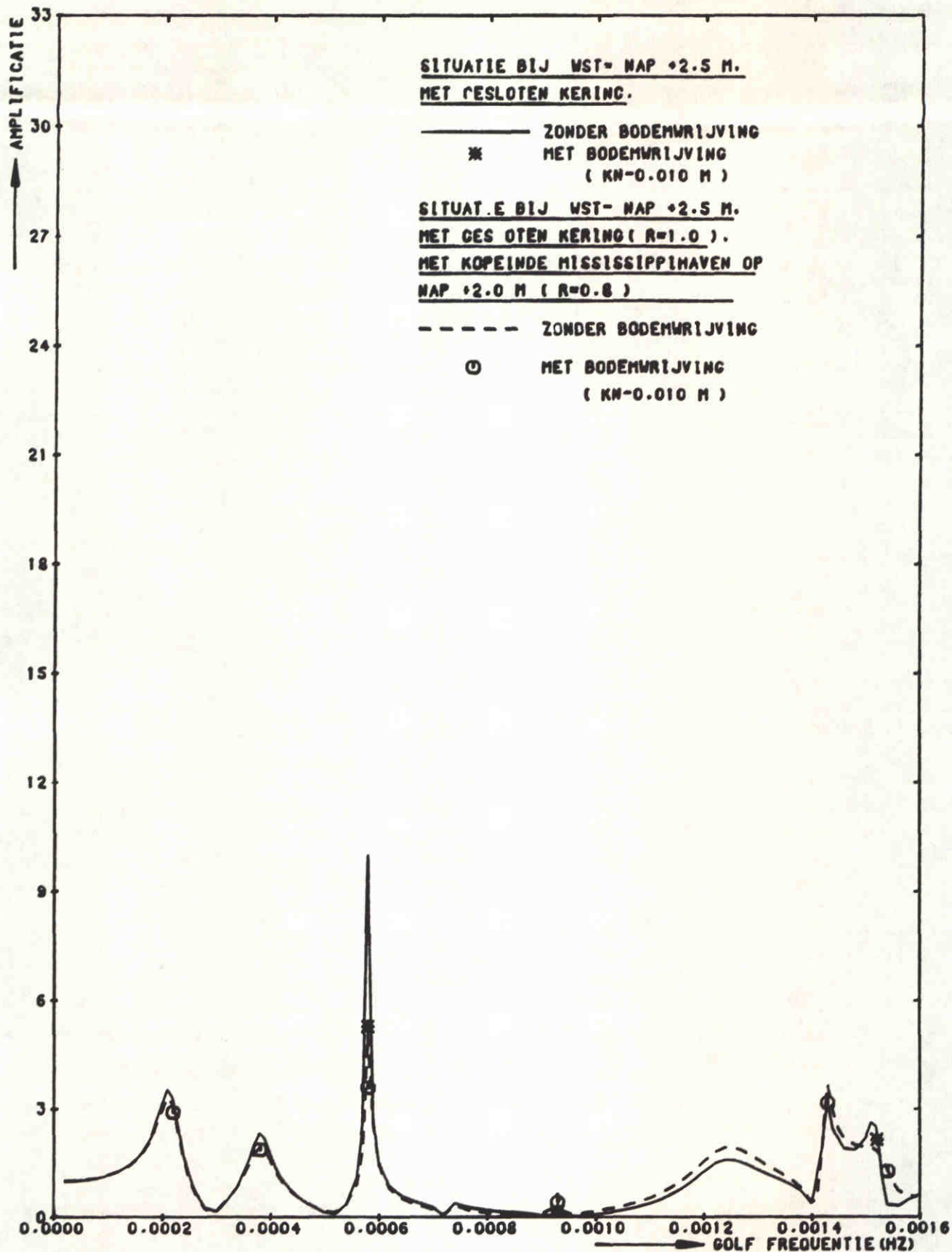
POSITIE 13

MAAS MOND

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 170



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

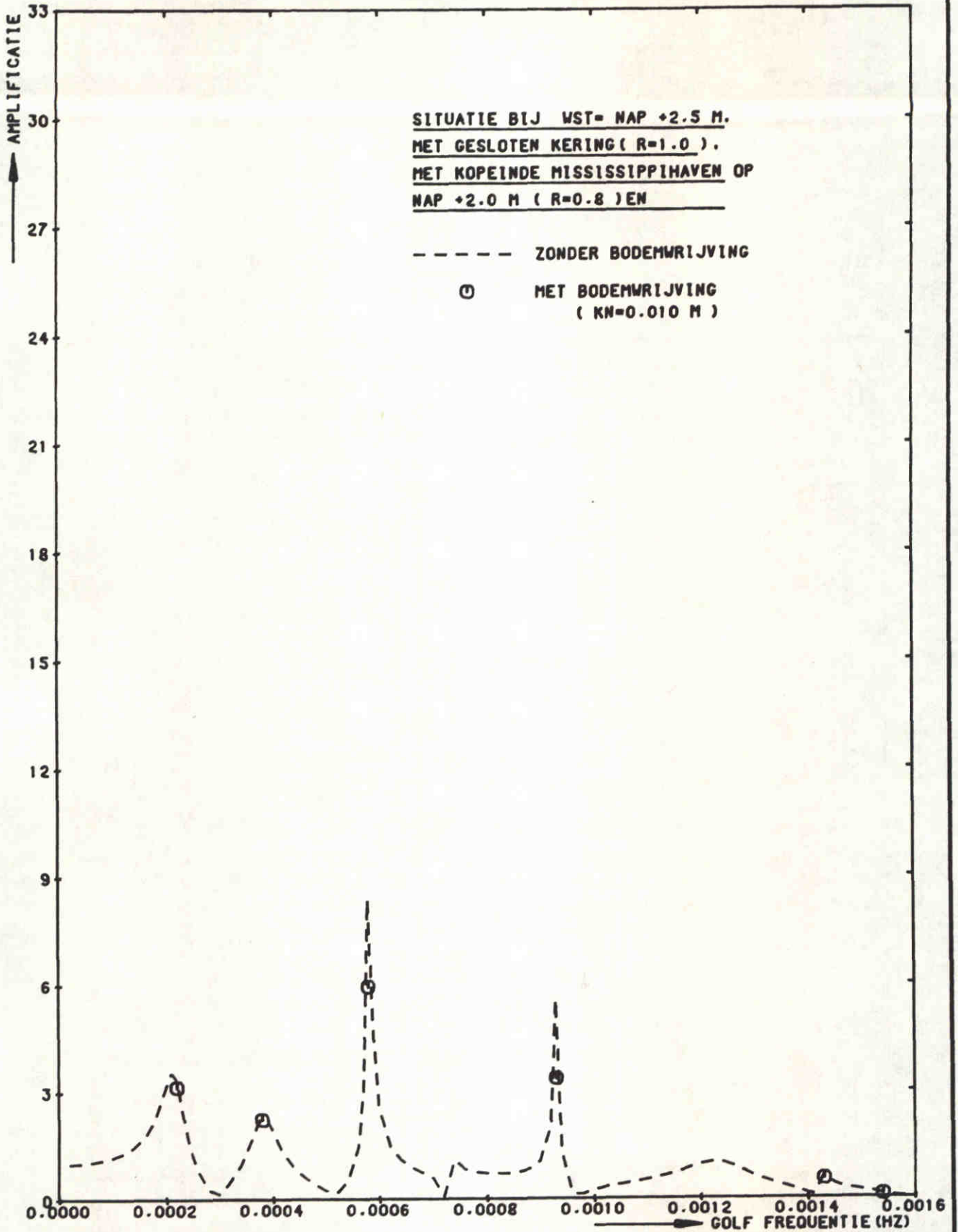
NAP +2.5 M

POSITIE 17
BREEDTIEP (NOORDZIJDE)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 171



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
 KERING T.P.V. KM 1026.50

H=0.3 M

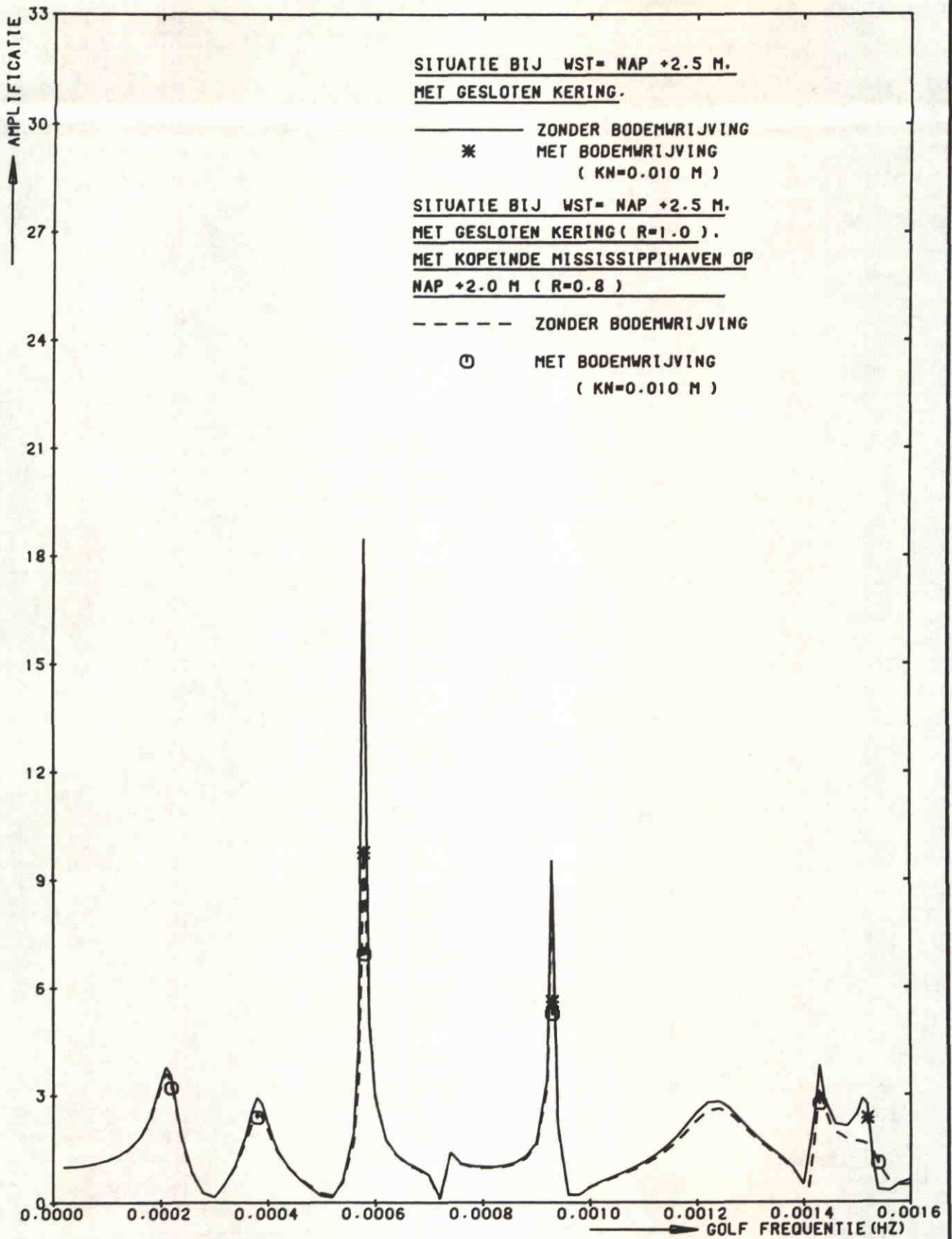
NAP +2.5 M

POSITIE 17A
 KM 1028.75

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG. 172



STORMVLOEDKERING N - WATERWEG
KERING T.P.V.KM 1026.50

H=0.3 M

NAP +2.5 M

POSITIE 18
S.V.K KM 1026.5

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H0688

FIG.173

APPENDIX A

Reflektie en Transmissie van lange golven

REFLEKTIE EN TRANSMISSIE VAN LANGE GOLVEN

Inleiding

De respons van een haven op lange golven (c.q. seiches), wordt behalve door de geometrie van de haven, voornamelijk door de reflectie en transmissie t.p.v. de randen van het basin bepaald.

Voor de berekening van de havenrespons op seiches is de bepaling van de juiste reflectie- en transmissiecoëfficiënten dan ook van essentieel belang. Wanneer we denken aan kadeconstructies rond havens, dan kunnen we onderscheid maken tussen dichte en doorlatende (of overstroomde) constructies.

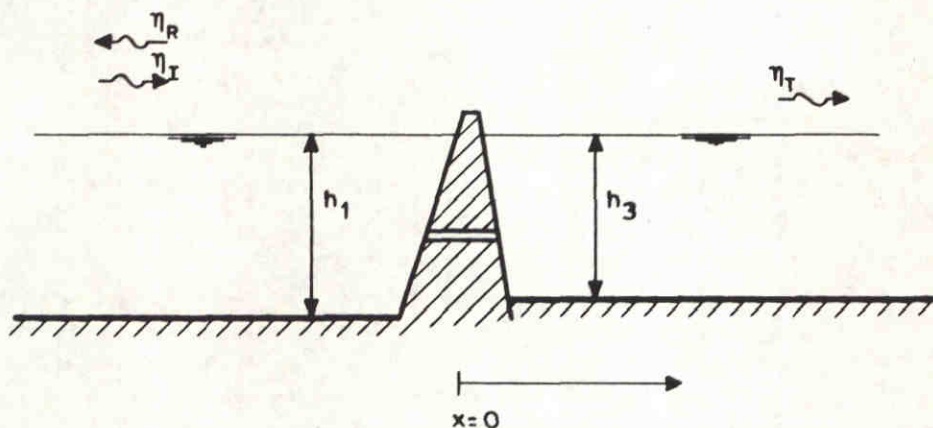
Dichte constructies

Voor dichte niet overstroomde constructies geldt in het geval van lange golven vrijwel altijd dat de steilheid van de golf ordes kleiner is dan de helling van het talud ter plaatse van de oever constructie. ($H/\lambda \ll \tan\theta$). Ter plaatse van de oever constructie vindt dan geen energiedissipatie plaats, en de invallende golf zal volledig ($R = 1$) gereflekteerd worden.

Doorlatende of overstroomde constructies

Een doorlatende of overstroomde constructie zal altijd een deel van de inkomende golf reflektieren ($1 > R > 0$) en een deel van de inkomende golf doorlaten of transmitteren ($0 < T < 1$), afhankelijk van de geometrie van de constructie. Hieronder zal voor een aantal mogelijke constructievormen een afleiding gegeven worden waarmee reflectie- en transmissie-coëfficiënten voor een lineair golfmodel kunnen worden afgeschat. In deze afleiding wordt uitgegaan van een loodrecht op de constructie invallende golf. Deze golf wordt door de constructie deels gereflekteerd, en deels getransmitteerd. De oppervlakte-uitwijkingen van de inkomende, de gereflekteerde en de getransmitteerde lange golf veroorzaken een periodiek wisselend verval over de constructie. Afhankelijk van de geometrie van de constructie en het verval stroomt er een zeker debiet over (of door) de constructie. Hieronder zal voor een aantal mogelijke constructievormen de relatie worden afgeleid tussen de oppervlakte uitwijking van de inkomende, $[\eta_I]$ van de

gereflekteerde (η_R) van de getransmitteerde (η_T) golf en het debiet q over of door de constructie.



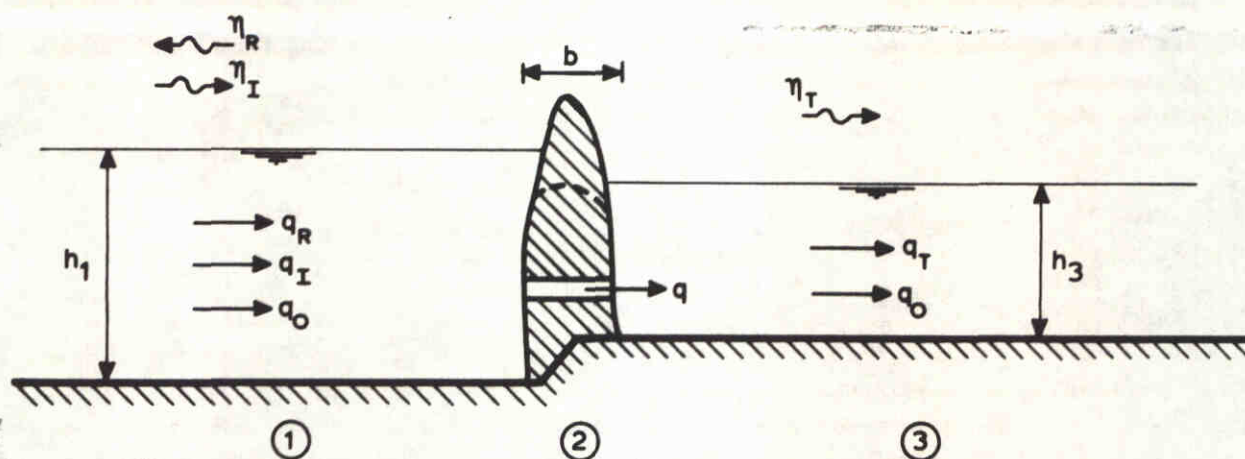
Overgang naar quasistationaire benadering

In deze afleiding wordt voor de lange golf ter plaatse van de constructie een quasi-stationaire benadering met hydrostatische drukverdeling toegepast. Voorwaarden voor deze benadering zijn:

- de invallende golf is lang periodiek en de oppervlakte-uitwijkingen zijn klein zodat de veranderingen in de tijd klein zijn ($d\eta/dt \approx 0$),
- de waterdiepte is klein ten opzichte van de golflengte ($h/\eta \ll 1$),
- de constructiebreedte is klein ten opzichte van de golflengte ($b/\eta \ll 1$).

Onder deze voorwaarde kan voor elke willekeurige oppervlakte uitwijking (η_I) van de inkomende golf, de reflectie en de transmissie bepaald worden voor diverse constructie vormen.

Er wordt nu eerst een aantal relaties tussen het debiet (q) ter plaatse van de constructies en de oppervlakte uitwijkingen η_I , η_R en η_t afgeleid die algemeen gelden. Verderop worden relaties voor specifieke constructies afgeleid.



Uit oogpunt van continuïteit ter plaatse van de constructie kan gesteld worden dat het debiet door of over de constructie gelijk is aan:

$$q = q_0 + q_I + q_R = q_0 + q_T \quad (\text{A.1})$$

waarin:

q = debiet door de constructie

q_0 = het (gegeven) debiet door de constructie zonder oppervlakte verstoringen

q_I = het (gegeven) debiet bij inkomende verstoring

q_R = debiet bij gereflekteerde verstoring

q_T = debiet bij getransmitteerde verstoring

In een benadering als translatie golf bedragen de debieten q_R en q_T :

$$q_R = -\eta_R \cdot \sqrt{g(h_1 + \eta_I)} \quad (\text{A.2})$$

$$q_T = \eta_T \cdot \sqrt{gh_3} \quad (\text{A.3})$$

waarin:

q_I = de (gegeven) oppervlakte uitwijking van de inkomende golf

q_R = oppervlakte uitwijking van de gereflekteerde golf

q_T = oppervlakte uitwijking van de getransmitteerde golf

q_1 = waterdiepte ter plaatse van (1)

q_3 = waterdiepte ter plaatse van (3)

Substitutie van B.2 en B.3 in B.1 levert een relatie tussen q_I , η_R en η_T .

$$q_I - \eta_R \sqrt{g(h_I + \eta_I)} = \eta_T \cdot \sqrt{gh_3} \quad (\text{A.4})$$

In de Bijlagen 1 t/m 3 worden voor een aantal constructie vormen nog twee vergelijkingen afgeleid, zodat uit bovenstaande vergelijkingen en de vergelijkingen uit een van de bijlagen η_R , η_T en q bepaald kunnen worden als functie van het debiet q_0 , de inkomende golfhoogte η_I en het bij deze inkomende golf behorende debiet q_I voor elke fase hoek van de inkomende golf.

Energie huishouding lang periodieke golf

Wanneer de inkomende golfhoogte (η_I) en het bijbehorende debiet (q_I), en dus ook η_R , q_R , η_T , q_T variëren in de tijd, dan blijft de bovenstaande beschouwing voor het stationaire geval geldig, indien de veranderingen in de tijd zeer klein zijn ($d\eta/dt \approx 0$ en $dq/dt \approx 0$)

Er volgt dan dat η_I , q_I , η_R , q_R , η_T en q_T tijdsafhankelijk zijn:

$$\eta_I = \eta_I(t) \quad (\text{A.5})$$

$$q_I = q_I(t) \quad (\text{A.6})$$

$$\eta_R = \eta_R(t) \quad (\text{A.7})$$

$$q_R = q_R(t) \quad (\text{A.8})$$

$$\eta_T = \eta_T(t) \quad (\text{A.9})$$

$$q_T = q_T(t) \quad (\text{A.10})$$

De energie huishouding rond de constructie wordt voor een periodieke lange golf beschreven door de energie transporten van de inkomende, de gereflekterde en de getransmitteerde golf. De energietransporten worden bepaald door de energie-inhoud van de golf en de fase snelheid. De totale energie in een golf wordt verondersteld gelijk te zijn aan tweemaal zijn

potentiële energie, hetgeen in een lineaire benadering het geval is. Het totale energie transport in een golfperiode (T) bedraagt dan:

$$E_{\text{tot}} = 2 E_{\text{pot}} = 2 \cdot \rho \cdot g \int_0^T \frac{1}{2} \cdot (\eta - \bar{\eta})^2 dt \cdot \sqrt{gh} \quad (\text{A.11})$$

waarin: $\bar{\eta}$ = de gemiddelde waterspiegel uitwijking volgens:

$$\bar{\eta} = \frac{1}{T} \int_0^T \eta \cdot dt \quad (\text{A.12})$$

Met A.11 en A.12 kan voor de inkomende, de gereflekteerde en de getransmitteerde golf het energietransport per periode worden bepaald.

In een lineair golfmodel (zoals PHAROS) wordt uitgegaan van een sinusvormige inkomende lange golf met een oppervlakte uitwijking volgens:

$$\eta_I = \hat{\eta}_I \cos(\omega t) \quad (\text{A.13})$$

waarin:

$\hat{\eta}_I$ = amplitude van de oppervlakte uitwijking van de inkomende golf

ω = hoeksnelheid van de golf

t = tijd

en een bijbehorend inkomend debiet volgens:

$$q_I = \sqrt{gh_1} \cdot \hat{\eta}_I \cdot \cos(\omega t) \quad (\text{A.14})$$

De door de inkomende golf getransporteerde energie bedraagt dan per golfperiode (A.11) en (A.12):

$$E_I = \rho \cdot g \cdot \sqrt{gh_1} \int_0^T (\eta_I - \bar{\eta}_I)^2 dt \quad (\text{A.15})$$

met:

$$\bar{\eta}_I = 0$$

Na uitwerking voor een sinusvormige periodieke golf:

$$E_I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot \sqrt{gh_1} \cdot \hat{\eta}_I^2 \cdot T \quad (\text{A.16})$$

Evenzo bedraagt de door de gereflekteerde en eventueel vervormde golf getransporteerde energie per golfperiode:

$$E_R = \rho \cdot g \cdot \sqrt{gh_1} \int_0^T (\eta_R - \bar{\eta}_R)^2 dt \quad (\text{A.17})$$

met

$$\bar{\eta}_R = \text{volgens (A.12).}$$

De door de getransmitteerde en eventueel vervormde golf getransporteerde energie per golfperiode:

$$E_T = \rho \cdot g \cdot \sqrt{gh_3} \int_0^T (\bar{\eta}_T - \eta_T) dt \quad (\text{A.18})$$

met:

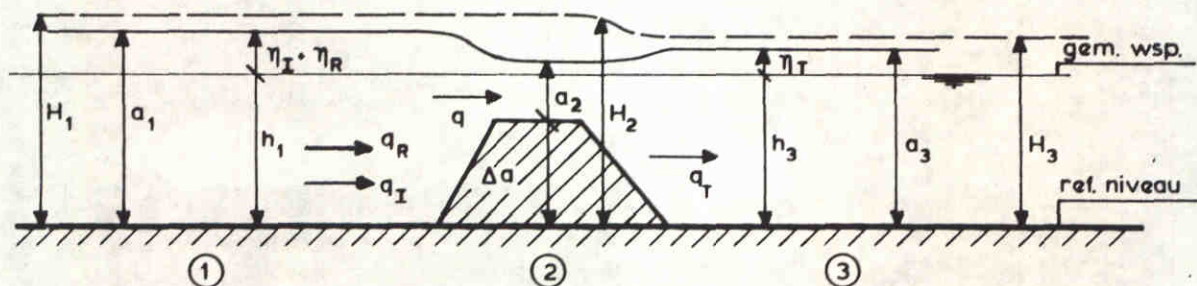
$$\bar{\eta}_T = \text{volgens (A.12).}$$

Uit deze energietransporten volgt de verdeling van de inkomende golfenergie over de gereflekteerde en de getransmitteerde golf. In een lineair golfmodel (zoals PHAROS) wordt een zelfde verdeling verkregen wanneer de reflectie en transmissie coëfficiënten bepaald worden via deze energie transporten:

$$\text{Reflectie: } \frac{\hat{\eta}_R}{\hat{\eta}_I} = \sqrt{\frac{E_R}{E_I}} \quad \text{Transmissie: } \frac{\hat{\eta}_T}{\hat{\eta}_I} = \sqrt{\frac{E_T}{E_I} \cdot \frac{h_1}{h_3}}$$

Overlaat constructies

Dit betreft constructies waarbij de kruin op of onder de waterspiegel ligt. In deze beschouwing wordt uitgegaan van een symmetrische constructie ($h_1 = h_3$, $q = q_T$).



Voor het algemeen geval wordt de stroming over de overlaat beschreven door de volgende vergelijkingen:

De energie hoogte ter plaatse van de drie doorsneden (1) (2) en (3):

$$H_1 = a_1 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_1^2} \quad \text{A.1.1}$$

waarin:

$$a_1 = h_1 + \eta_I + \eta_R$$

$$H_2 = \Delta a + a_2 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_2^2} \quad \text{A.1.2}$$

$$H_3 = a_3 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_3^2} \quad \text{A.1.3}$$

waarin:

$$a_3 = h_3 + \eta_T$$

Er wordt verondersteld dat er geen energie verlies plaatsvindt in het versnellingsgebied tussen doorsnede (1) en (2):

$$H_1 = H_2 \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_T > 0 \quad \text{A.1.4a}$$

of tussen (3) en (2):

$$H_3 = H_2 \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_T < 0 \quad \text{A.1.4b}$$

We onderscheiden nu twee gevallen, de volkomen overlaat en de onvolkomen overlaat:

Volkomen overlaat

De volkomen overlaat treedt op als het waterpeil benedenstrooms lager is dan het waterpeil dat hoort bij de grensdiepte op de kruin:

$$a_3 < \frac{2}{3} \cdot (H_2 - \Delta a) + \Delta a \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_T > 0 \quad \text{A.1.5a}$$

$$a_1 < \frac{2}{3} \cdot (H_2 - \Delta a) + \Delta a \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_T < 0 \quad \text{A.1.5b}$$

De waterdiepte op de overlaat is dan gelijk aan de grensdiepte:

$$a_2 = \frac{2}{3} \cdot (H_2 - \Delta a) \quad \text{A.1.6}$$

Eliminatie van H_1 , H_2 , a_1 en a_2 uit de vergelijkingen A.1.1 t/m A.1.3, A.1.4a en A.1.6 levert de formule voor de volkomen overlaat:

$$q = q_T = m \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot H^3} \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_t > 0 \quad \text{A.1.7a}$$

waarin:

q = debiet over de overlaat

$m \approx 1$ = afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de vorm van de overlaat

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (versnelling van de zwaartekracht)

H = energie hoogte bovenstrooms t.o.v. de kruin van de overlaat

$$H = h_1 + \eta_I + \eta_R + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (h_1 + \eta_I + \eta_R)^2} - \Delta a$$

en eliminatie van H_2 , H_3 , a_2 , a_3 uit A.1.1 t/m A.1.3, A.1.4b en A.1.6:

$$q = q_T = -m \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot H^3} \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_t < 0 \quad \text{A.1.7b}$$

waarin:

$$H = h_3 + \eta_T + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (h_3 + \eta_T)^2} - \Delta a$$

Samen met A.3 en A.4 leveren de vergelijkingen A.1.7 de relatie tussen η_I , η_R , η_T en q voor een constructie waarbij de volkomen overlaat optreedt.

Onvolkomen overlaat

De onvolkomen overlaat treedt op als de waterspiegel beneden strooms hoger is dan de grensdiepte op de kruin:

$$a_3 > \frac{2}{3} \cdot (H_2 - \Delta a) + \Delta a \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_T > 0 \quad \text{A.1.8a}$$

$$a_1 > \frac{2}{3} \cdot (H_2 - \Delta a) + \Delta a \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_T < 0 \quad \text{A.1.8b}$$

De waterspiegel op de overlaat wordt nu gelijk verondersteld aan de waterspiegel benedenstrooms:

$$h_2 = h_3 \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_T > 0 \quad \text{A.1.9a}$$

$$h_2 = h_1 \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_T < 0 \quad \text{A.1.9b}$$

Eliminatie van H_1 , H_2 , H_3 , a_1 , a_2 en a_3 uit de vergelijkingen A.1.1, A.1.2, A.1.4 en A.1.9 levert de formule voor de onvolkomen overlaat:

$$q = q_T = m \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g(H - a)} \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_t > 0 \quad \text{A.1.10a}$$

waarin:

q = debiet over de overlaat

$m \approx 1,1$ = afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de vorm van de overlaat

a = waterspiegel benedenstrooms t.o.v. de kruin van de overlaat

$$= h_3 + \eta_T - \Delta a$$

H = energie hoogte bovenstrooms t.o.v. de kruin van de overlaat

$$= h_1 + \eta_I + \eta_R + \frac{q^2}{2 \cdot g(h_3 + \eta_I + \eta_R)^2} - \Delta a$$

en:

$$q = q_T = -m \cdot a \cdot \sqrt{2g \cdot (H - a)} \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R - \eta_t > 0 \quad \text{A.1.10b}$$

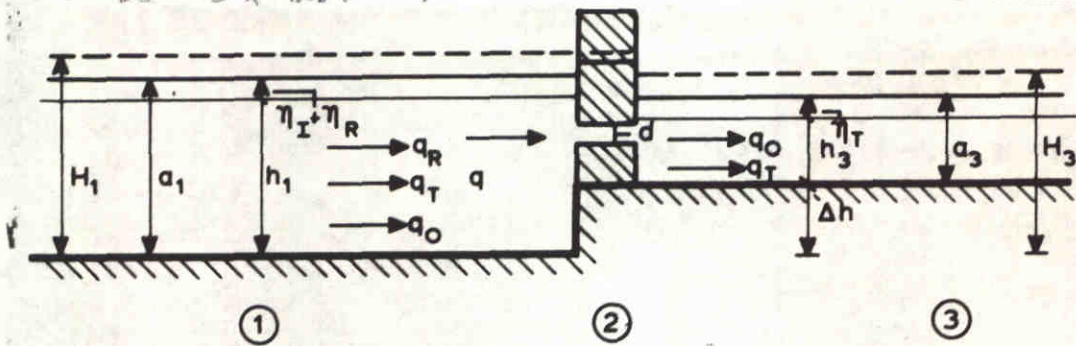
waarin:

$$a = h_1 + \eta_I + \eta_R - \Delta a$$

Samen met A.3 en A.4 leveren de vergelijkingen A.1.10 de relaties tussen η_I , η_R , η_T en q voor een constructie waarbij de onvolkomen overlaat optreed.

Constructie met onderwateropening

Dit betreft constructies waarbij er onder de waterspiegel een opening is geconstrueerd. Zowel de waterspiegel als de waterdiepte verschillen aan weerszijden van de constructie.



De energiehogte ter plaatse van de doorsneden (1) en (3):

$$H_1 = a_1 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_1^2}$$

A.2.1

waarin:

$$a_1 = h_1 + \eta_I + \eta_R$$

$$q = q_0 + q_1 + q_R$$

$$H_3 = \Delta h + a_3 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_3^2}$$

A.2.2

waarin:

$$a_3 = h_3 + \eta_T$$

$$q = q_0 + q_T$$

Terplaatse van doorsnede (2) is de snelheidshogte bij benadering gelijk aan het energiehogteverval tussen (1) en (3):

$$H_1 - H_3 = \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (m \cdot d)^2}$$

A.2.2

waarin:

m = afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de contractie en de ruwheid in de opening bedraagt deze 0.5 à 1.0.

d = hoogte van de opening.

Eliminatie van H_1 , H_3 , a_1 en a_3 uit A.2.1 t/m A.2.3 levert:

$$q = m \cdot d \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$$

waarin:

q = debiet door de opening

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$$\Delta H = h_1 + \eta_I + \eta_R + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (h_1 + \eta_I + \eta_R)^2} - \Delta h - h_3 - \eta_T - \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (h_3 + \eta_T)^2}$$

Uit continuïteit van (2) naar (3) volgt:

$$q = q_0 + q_T$$

A.2.5

waarin:

$$q_0 = m \cdot d \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H_0}$$

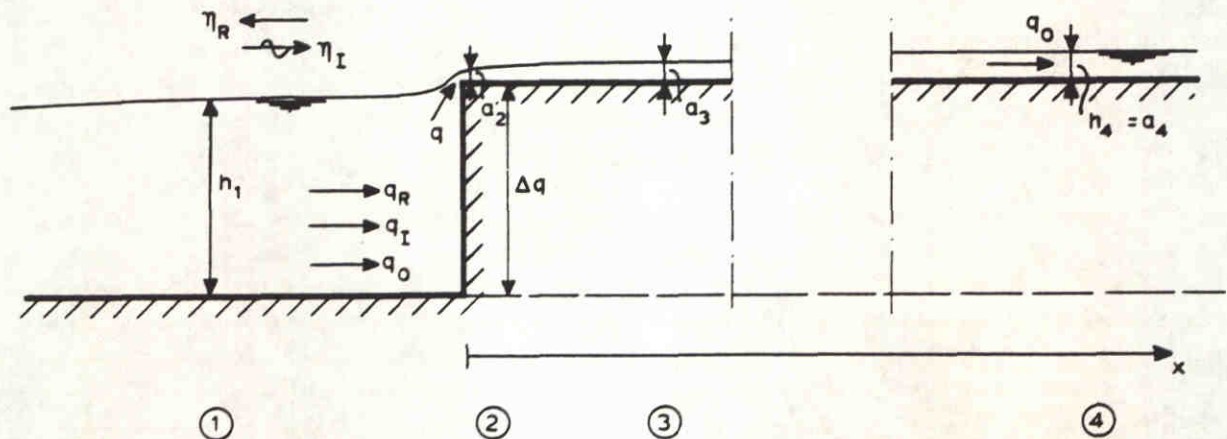
en:

$$\Delta H_0 = h_1 + \frac{q_0^2}{2 \cdot g \cdot h^2} - h_3 - \frac{q_0^2}{2 \cdot g \cdot h_3^2}$$

Samen met A.3 en A.4 leveren de vergelijkingen A.2.4 en A.2.5 de relatie tussen η_I , η_R , η_T en q voor een constructie met een onderwateropening.

Overstroomde oevers

Deze afleiding geeft middels een eenvoudige benadering een indruk van de reflectie van overstroomde oevers. Dit betreft oevers en kaden met een kruinlijn die ongeveer op de waterspiegel ligt.



De kade strekt zich zover naar rechts uit, dat de invloed van de inkomende golf in doorsnede (4) verwaarloosbaar is:

$$h_4 = a_4 = \text{constant} \quad (\text{A.3.1})$$

$$q_0 = 0 \quad (\text{A.3.2})$$

Het verloop van de waterspiegel van (2) naar (4) is afhankelijk van de oppervlakteruwheid en de aanwezigheid van obstakels op de kade. In deze afleiding wordt uitgegaan van:

$$a_3 = a_4 - \alpha \cdot (a_4 - (h_1 + \eta_I + \eta_R - \Delta a)) \text{ voor } h_1 + \eta_I + \eta_R - \Delta a > a_4 \quad (\text{A.3.3a})$$

$$H_3 = a_4 - \alpha \cdot (a_4 - a_2) \quad \text{voor } h_1 + \eta_I + \eta_R - \Delta a > a_4 \quad (\text{A.3.3b})$$

waarbij α gekozen kan worden volgens: $0 < \alpha < 1$.

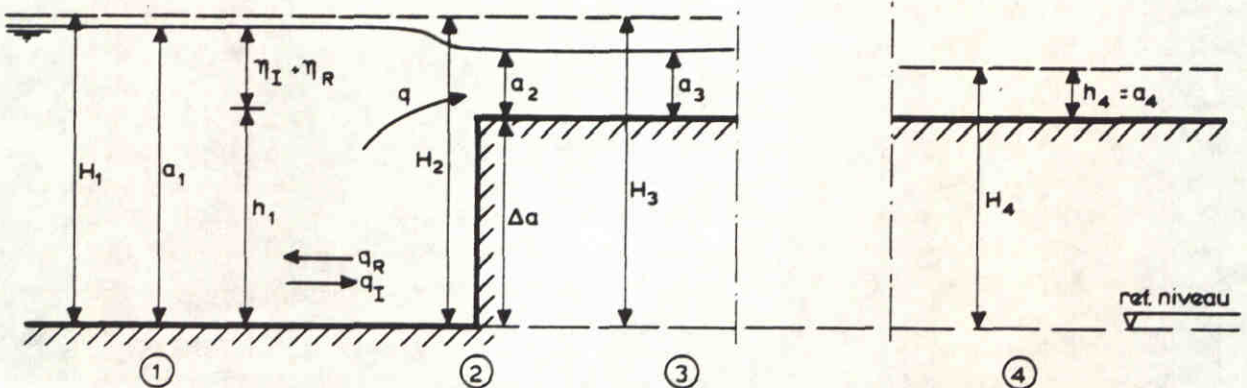
We onderscheiden nu vier situaties, met ter plaatse van de kruin:

- 1e kritische stroming naar rechts
- 2e subkritische stroming naar rechts
- 3e subkritische stroming naar links
- 4e kritische stroming naar links

Stroming naar rechts

Het debiet q stroomt naat rechts als de waterspiegel voor de oever hoger is dan op de kade:

$$h_1 + \eta_I + \eta_R - \Delta a > a_3 \quad (\text{A.3.4})$$



Voor het algemene geval wordt de stroming naar rechts beschreven door de volgende vergelijkingen:

De energiehogte ter plaatse van de doorsnede (1) en (2):

$$H_1 - a_1 = \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_1^3} \quad (\text{A.3.5})$$

waarin:

$$a_1 = h_1 + \eta_I + \eta_R \quad (\text{A.3.6})$$

en:

$$H_2 = \Delta a + a_2 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_2^3} \quad (\text{A.3.7})$$

Er wordt verondersteld dat er geen energie verlies plaatsvindt in het versnellingsgebied tussen (1) en (2):

$$H_1 = H_2 \quad (\text{A.3.8})$$

We onderscheiden nu twee gevallen voor de stroming naar rechts, de kritische en de subkritische.

Kritische stroming naar rechts

Deze stroming treedt op als het waterpeil benedenstrooms lager is dan het waterpeil dat hoort bij de grensdiepte op de kruin:

$$a_3 < \frac{2}{3} (H_2 - \Delta a) \quad (\text{A.3.9})$$

De waterdiepte op de kruin is dan gelijk aan de grensdiepte:

$$a_2 = \frac{2}{3} (H_2 - \Delta a) \quad (\text{A.3.10})$$

Eliminatie van H_1 , H_2 , a_1 en a_2 uit A.3.5 t/m A.3.8 en A.3.10 levert de vergelijking voor de volkomen overlaat:

$$q = m \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot H^3} \quad (\text{A.3.11})$$

waarin:

q = debiet over de kruin

$m \approx 1$ (afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de vorm van de kruin)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (versnelling van de zwaartekracht)

H = energiehoogte bovenstrooms t.o.v. de kruin

$$= h_1 + \eta_I + \eta_R + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (h_1 + \eta_I + \eta_R)^2} - \Delta a$$

Samen met A.1, A.2, A.3.2, A.3.3a levert de vergelijking A.3.11 de relatie tussen a_4 , $\eta_I + \eta_R$ en q voor een situatie met een kritische stroming naar rechts.

Subkritische stroming naar rechts

Deze stroming overlaat treedt op als het waterpeil benedenstrooms hoger is dan het waterpeil dat hoort bij de grensdiepte op de kruin:

$$a_3 > \frac{2}{3} (H_2 - \Delta a) + \Delta a \quad (\text{A.3.12})$$

De waterspiegel op de kruin wordt nu gelijk verondersteld aan de waterspiegel benedenstrooms:

$$a_2 = a_3 \quad (\text{A.3.13})$$

Eliminatie van H_1 , H_2 , a_2 en a_3 uit de vergelijkingen A.3.5 t/m A.3.8 en A.3.13 levert de vergelijking voor de onvolkomen overlaat:

$$q = m \cdot a \sqrt{2 \cdot g \cdot (H-a)} \quad (\text{A.3.14})$$

waarin:

q = debiet over de kruin

$m \approx 1,1$ (afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de vorm van de kruin)

$a = a_3$ waterspiegel benedenstrooms t.o.v. de kruin

H = energiehoogte bovenstrooms t.o.v. de kruin

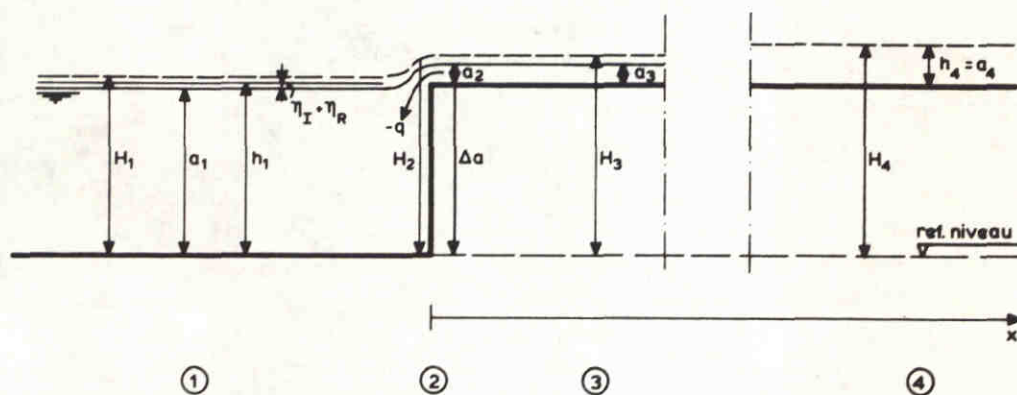
$$= h_1 + \eta_I + \eta_R + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (h_1 + \eta_I + \eta_R)^2} - \Delta a$$

Samen met A.1, A.2, A.3.2 en A.3.3a levert de vergelijking A.3.14 de relatie tussen a_4 , η_I , η_R en q voor een situatie met een subkritische stroming naar rechts.

Stroming naar links

Het debiet q stroomt naar links als de waterspiegel voor de oever lager is dan op de kade:

$$h_1 = \eta_I + \eta_R - \Delta a < a_3 \quad (\text{A.3.15})$$



Voor het algemene geval kan de stroming naar links worden beschreven door de volgende vergelijkingen:

De energiehoogte ter plaatse van de doorsnede (2) en (3):

$$H_2 = \Delta a + a_2 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_2^3} \quad (\text{A.3.16})$$

$$H_3 = \Delta a + a_3 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_3^3} \quad (\text{A.3.17})$$

Er wordt verondersteld dat er geen energie verlies plaatsvindt in het versnellingsgebied tussen (3) en (2):

$$H_2 = H_3 \quad (\text{A.3.18})$$

We onderscheiden nu twee gevallen voor de stroming naar links, de subkritische en de kritische.

Subkritische stroming naar links

Deze stroming overlaat treedt op als het waterpeil benedenstrooms hoger is dan het waterpeil dat hoort bij de grensdiepte op de kruin:

$$a_1 > \frac{2}{3} (H_2 - \Delta a) + \Delta a \quad (\text{A.3.19})$$

met

$$a_1 = h_1 + \eta_I + \eta_R$$

De waterspiegel op de kruin wordt nu gelijk verondersteld aan de waterspiegel benedenstrooms:

$$a_2 = a_1 - \Delta a \quad (\text{A.3.20})$$

Eliminatie van H_2 , H_3 en a_2 uit de vergelijkingen A.3.16 t/m A.3.18 en A.3.20 levert de vergelijking voor de onvolkomen overlaat:

$$q = -m \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (H-a)} \quad (\text{A.3.21})$$

waarin:

q = debiet over de kruin

m = 1,1 (afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de vorm van de kruin)

a = waterspiegel benedenstrooms t.o.v. de kruin

$$= h_1 + \eta_I + \eta_R - \Delta a$$

H = energiehoogte bovenstrooms t.o.v. de kruin

Samen met A1, A2, A3.2, en A.3.3b levert de vergelijking A.3.21 de relatie tussen a_4 , $\eta_I + \eta_R$ en q voor een situatie met een kritische stroming naar links.

Kritische stroming naar links

Deze stroming treedt op als het waterpeil benedenstrooms lager is dan het waterpeil dat hoort bij de grensdiepte op de kruin:

$$a_1 < \frac{2}{3} (H_2 - \Delta a) + \Delta a \quad (\text{A.3.22})$$

waarin:

$$a_1 = h_1 + \eta_2 + \eta_R$$

De waterdiepte op de kruin is dan gelijk aan de grensdiepte:

$$a_1 = \frac{2}{3} (H_2 - \Delta a) \quad (\text{B.3.23})$$

Eliminatie van H_2 , H_3 en a_2 uit A.3.16 t/m A.3.18 en A.3.22 levert de vergelijking voor de volkomen overlaat:

$$q = -m \cdot a \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot H^3} \quad (\text{A.3.24})$$

waarin:

q = debiet over de kruin

$m = 1$ (afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de vorm van de kruin)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (versnelling van de zwaartekracht)

H = energiehoogte bovenstrooms t.o.v. de kruin

$$= a_3 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_3^2}$$

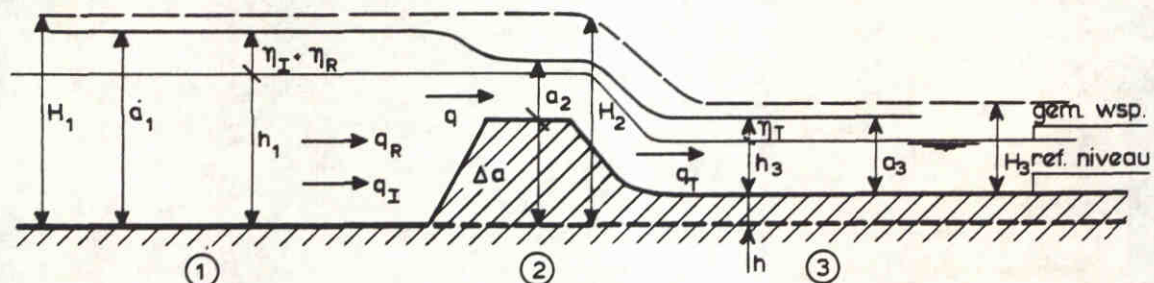
Samen met A.1, A.2, A.3.2 en A.3.3b levert de vergelijking A.3.24 de relatie tussen a_4 , η_I , η_R en q voor een situatie met een kritische stroming naar links.

De vergelijking A.3.11, A.3.14, A.3.21 en A.3.24 leveren gezamenlijk voor elke fasehoek van een inkomende en door een overstroomde kade partieel gereflecteerde lange golf de relatie tussen de golfhoogte van de inkomende en de gereflecteerde golf en de bijbehorende debieten. De waterstand a_4 op de kade is bepaald door de voorwaarde dat het netto debiet ter plaatse van de kade, geïntegreerd over een golfperiode T nul is:

$$\int_0^T q \cdot dt = 0 \quad (\text{A.3.25})$$

Overstortende oevers

Dit betreft oevers waarbij de kruin van de dam (of smalle kade) onder de waterspiegel ligt. Het over de kruin stortende of stromende water stroomt naar het achtergelegen gebied waar de waterspiegel lager is dan de grensdiepte op de kruin.



Voor het algemene geval wordt de stroming over de overlaat beschreven door de volgende vergelijkingen:

De energie hoogte ter plaatse van de drie doorsneden (1) (2) en (3):

$$H_1 = a_1 + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_1^2} \quad (\text{A.4.1})$$

waarin:

$$a_1 = h_1 + \eta_I + \eta_R$$

$$H_2 = \Delta a + a_2 \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_2^2} \quad (\text{A.4.2})$$

$$H_3 = \Delta a + a_3 \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot a_3^2} \quad (\text{A.4.3})$$

waarin:

$$a_3 = h_3 + \eta_T$$

Er wordt verondersteld dat er geen energie verlies plaatsvindt in het versnellingsgebied tussen doorsnede (1) en (2):

$$H_1 = H_2 \quad (\text{A.4.4})$$

Volkomen overlaat

De volkomen overlaat treedt op als het waterpeil benedenstrooms lager is dan het waterpeil dat hoort bij de grensdiepte op de kruin:

$$a_3 < \frac{2}{3} \cdot (H_2 - \Delta a) + \Delta a - \Delta h \quad (\text{A.4.5})$$

De waterdiepte op de overlaat is dan gelijk aan de grensdiepte:

$$a_2 < \frac{2}{3} \cdot (H_2 - \Delta a) \quad (\text{A.4.6})$$

Eliminatie van H_1 , H_2 , a_1 en a_2 uit de vergelijkingen A.4.1 t/m A.4.4 en A.4.6 levert de formule voor de volkomen overlaat:

$$q = q_T = m \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot H^3} \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R + h_1 - \Delta a > 0 \quad (\text{A.4.7a})$$

waarin:

q = debiet over de overlaat

$m \approx 1$ = afvoercoëfficiënt, afhankelijk van de vorm van de overlaat

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (versnelling van de zwaartekracht)

H = energie hoogte bovenstrooms t.o.v. de kruin van de overlaat

$$H = h_1 + \eta_I + \eta_R + \frac{q^2}{2 \cdot g \cdot (h_1 + \eta_I + \eta_R)^2} - \Delta a$$

$$\text{en: } q = q_T = 0 \quad \text{voor } \eta_I + \eta_R + h_1 - \Delta a < 0 \quad (\text{A.4.7b})$$

Samen met A.3 en A.4 leveren de vergelijkingen A.1.7 de relatie tussen η_I , η_R , η_T en q .



hoofdkantoor
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon (015) 56 93 53
telefax (015) 61 96 74
telex 38176 hydel-nl

locatie 'De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon (05274) 29 22
telefax (05274) 35 73
telex 42290 hylvo-nl

