C 14124-10

RIJKSWATERSTAAT/RIZA
Bibliotheek
Maerlant 16 - Postbus 17
8200 AA LELYSTAD
Tel.: 03200 - 70513

Sedimenttransportmetingen in de Maas te Eijsden en Maaseik Januari 1991

Sediment transport measurements in the river Meuse
at Eijsden and Maaseik
January 1991

Transport du sediment à la Meuse près de Eijsden et Maaseik
Janvier 1991

Mauk Burgdorffer

Reports of the project
"Ecological Rehabilitation of the river Meuse"
nr. 10, june 1993

In commission of:

Institute of Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA)
P.O. Box 9072
6800 ED Arnhem
The Netherlands

Inhoud

Samenvatting 3

Summary 6

Résumé 9

1. Inleiding 12

2. Metingen Januari 1991 13

2.1 Meetinstrumenten 13

2.2 Meetplan 14

3. Meetresultaten. 16
3.1 Bodempeilingen 16
3.2 Afvoerverloop en stroomsnelheden 16
3.3 Korrelverdeling bodemtransport 17
3.4 Bodemtransport 17
3.5 Zwevend transport 18

4. Theoretische beschouwingen 19
4.1 Begin van beweging 19
4.2 Bodemtransportformules 20

5. Conclusies en aanbevelingen 21

REFERENTIES

FIGUREN

TABELLEN

Samenvatting

In het kader van het ecologisch herstel van de (Grens)Maas worden maatregelen, zoals stroomgeulverbreding, voorgesteld die van grote invloed kunnen zijn op het morfologisch gedrag. Om de morfologisch effekten te kunnen voorspellen is kennis van het sedimenttransport onontbeerlijk: momenteel is deze kennis maar beperkt beschikbaar.
In januari 1991 is op twee locaties in de Maas een onderzoek uitgevoerd naar de sedimenttransporten bij hoge afvoeren. Daartoe is gebruik gemaakt van een Helley-Smith bodemtransportmeter, een AZTM (akoestische zand transportmeter) en een PFS (Pump filter sampler) voor het suspensief transport. De metingen zijn uitgevoerd op twee locaties te weten: Eijsden op km 6.500 en Maaseik op km 54.000. Ter plaatse zijn bodemprofiel, stroomsnelheden en sedimenttransport gemeten. In de meetresultaten vallen een aantal dingen op. De bodemtransporten bij Eijsden zijn laag en constant over de hele breedte. Bij Maaseik varieert het bodemtransport van bijna niets aan de linkeroever tot een flinke hoeveelheid langs de rechteroever. De korrelgrootte van het materiaal neemt daar ook af van de linker- naar de rechteroever. Het zwevend transport speelt op beide locaties een ondergeschikte rol. Dit maakt bij Eijsden nog tot 20% uit van het totale transport; bij Maaseik is dit gezakt tot maximaal 2%. Bij Eijsden worden bij het bodemtransport veel kleinere korreldiameters aangetroffen dan op grond van theoretische beschouwingen verwacht mag worden. Bij Maaseik komen de verwachtingen in de verticalen I en II redelijk overeen met de resultaten. In verticaal III wordt evenwel fijn materiaal getransporteerd. Wellicht is hier de afpleisteringslaag (een laag van relatief grof materiaal die een laag met fijner materiaal afsluit) doorbroken. De transporten blijven zowel op de locatie Eijsden als op de locatie Maaseik achter bij de voorspellingen volgens Engelund-Hansen, Meyer-Peter-Müller, van Rijn en Parker & Klingeman.

FIGUREN

1 Overzicht meetlocaties
2 Dwarsprofiel Eijsden (km 6.500)
3 Dwarsprofiel Maaseik (km 54.000)
4 Helley-Smith 65 bodemtransportmeter
5 Afvoer Borgharen (Dec '90 - Jan '91)

6 Stroomsnelheden bij Eijsden
7 Stroomsnelheden bij Maaseik

8 Bodemtransport Eijsden (km 6.500)
9 Bodemtransport Maaseik (km 54.000)

10 Zwevend zandtransport Eijsden
11 idem
12 idem
13 idem
14 Zwevend zandtransport Maaseik
15 idem
16 idem
17 idem

18 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Zeefkromme Verticaal I
19 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Zeefkromme Verticaal II
20 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Zeefkromme Verticaal III
21 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Zeefkromme Verticaal I
22 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Zeefkromme Verticaal II
23 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Zeefkromme Verticaal III
24 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Zeefkromme Verticaal I
25 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Zeefkromme Verticaal II
26 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Zeefkromme Verticaal III
27 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Zeefkromme Verticaal I
28 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Zeefkromme Verticaal II
29 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Zeefkromme Verticaal III
30 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Zeefkromme Verticaal I
31 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Zeefkromme Verticaal II
32 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Zeefkromme Verticaal III
33 Maaseik (km 54.000) 16-1-1991 Zeefkromme Verticaal II
34 Maaseik (km 54.000) 16-1-1991 Zeefkromme Verticaal III
35 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Zeefkromme Verticaal I
36 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Zeefkromme Verticaal II
37 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Zeefkromme Verticaal III
38 Maaseik (km 54.000) 18-1-1991 Zeefkromme Verticaal II
39 Maaseik (km 54.000) 18-1-1991 Zeefkromme Verticaal III

TABELLEN

1 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Zeeftabel Verticaal I
2 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Zeeftabel Verticaal II
3 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Zeeftabel Verticaal III
4 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Zeeftabel Verticaal I
5 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Zeeftabel Verticaal II
6 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Zeeftabel Verticaal III
7 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Zeeftabel Verticaal I
8 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Zeeftabel Verticaal II
9 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Zeeftabel Verticaal III
10 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Zeeftabel Verticaal I
11 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Zeeftabel Verticaal II
12 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Zeeftabel Verticaal III

13 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Zeeftabel Verticaal I
14 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Zeeftabel Verticaal II
15 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Zeeftabel Verticaal III
16 Maaseik (km 54.000) 16-1-1991 Zeeftabel Verticaal II
17 Maaseik (km 54.000) 16-1-1991 Zeeftabel Verticaal III
18 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Zeeftabel Verticaal I
19 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Zeeftabel Verticaal II
20 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Zeeftabel Verticaal III
21 Maaseik (km 54.000) 18-1-1991 Zeeftabel Verticaal II
22 Maaseik (km 54.000) 18-1-1991 Zeeftabel Verticaal III

Summary

Within the scope of the ecological recovery of the river (Grens)Maas, measurements have been proposed such as channel widening, which may have a great impact on morphological behaviour. To be able to predict the morphological effects, knowledge of sediment transport is essential. At present, however, the available knowledge is limited.
In January 1991 research was carried out in two locations in the river Maas into sediment transports at great discharges, using a Helley-Smith bed load transport meter, an AZTM (Acoustic Sand Transport Meter) and a PFS (Pump Filter Sampler) for suspended transport. The measurements have been conducted in two locations, namely Eijsden at KM 6,500 and Maaseik at KM 54,000. They involved measurements of bed profile, flow velocity and sediment transport. A number of findings call for our attention. The bed load transports at Eijsden are minor and constant over the entire width. At Maaseik bed load transports range from almost nothing on the left bank to a considerable amount on the right bank. The grain size of the material also decreases from left to right bank. Suspended transport is of minor importance in both locations. At Eijsden it still constitutes as much as 20% of the total transport; at Maaseik this has dropped to a maximum of 2%. At Eijsden grain diameters in bed load transport are much smaller than would have been expected on the basis of theoretical studies. At Maaseik the results in vertical I and II are reasonably in keeping with expectations. However, in vertical III fine material is transported. In this place the armoured layer (a layer of relatively rough material sealing a layer of finer material) may be broken through. Both in the Eijsden and in the Maaseik locations, the transports are not in agreement with the Engelund-Hansen, Meyer-Peter-Müller, van Rijn and Parker & Klingeman predictions.

ILLUSTRATIONS

1 Overview of measuring locations
2 Cross section at Eijsden (KM 6,500)
3 Cross section at Maaseik (KM 54,000)
4 Helley-Smith 65 bed load transport meter
5 Discharge at Borgharen (Dec 90 - Jan 91)

6 Flow velocities at Eijsden
7 Flow velocities at Maaseik
8 Bed load transport at Eijsden (KM 6,500)
9 Bed load transport at Maaseik (KM 54,000)

10 Suspended sand transport at Eijsden
11 idem
12 idem
13 idem

14 Suspended sand transport at Maaseik
15 idem
16 idem
17 idem

18 Eijsden (KM 6,500) 8-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical I
18 Eijsden (km 6,500) 8-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical I
19 Eijsden (km 6,500) 8-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical II
20 Eijsden (km 6,500) 8-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical III
21 Eijsden (km 6,500) 9-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical I
22 Eijsden (km 6,500) 9-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical II
23 Eijsden (km 6,500) 9-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical III
24 Eijsden (km 6,500) 10-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical I
25 Eijsden (km 6,500) 10-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical II
26 Eijsden (km 6,500) 10-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical III
27 Eijsden (km 6,500) 11-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical I
28 Eijsden (km 6,500) 11-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical II
29 Eijsden (km 6,500) 11-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical III
30 Maaseik (km 54,000) 15-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical I
31 Maaseik (km 54,000) 15-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical II
32 Maaseik (km 54,000) 15-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical III
33 Maaseik (km 54,000) 16-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical II
34 Maaseik (km 54,000) 16-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical III
35 Maaseik (km 54,000) 17-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical I
36 Maaseik (km 54,000) 17-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical II
37 Maaseik (km 54,000) 17-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical III
38 Maaseik (km 54,000) 18-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical II
39 Maaseik (km 54,000) 18-1-1991 Grain-size distribution diagram Vertical III

TABLES

1 Eijsden (km 6,500) 8-1-1991 Grain-size distribution table Vertical I
2 Eijsden (km 6,500) 8-1-1991 Grain-size distribution table Vertical II
3 Eijsden (km 6,500) 8-1-1991 Grain-size distribution table Vertical III
4 Eijsden (km 6,500) 9-1-1991 Grain-size distribution table Vertical I
5 Eijsden (km 6,500) 9-1-1991 Grain-size distribution table Vertical II
6 Eijsden (km 6,500) 9-1-1991 Grain-size distribution table Vertical III
7 Eijsden (km 6,500) 10-1-1991 Grain-size distribution table Vertical I
8 Eijsden (km 6,500) 10-1-1991 Grain-size distribution table Vertical II
9 Eijsden (km 6,500) 10-1-1991 Grain-size distribution table Vertical III
10 Eijsden (km 6,500) 11-1-1991 Grain-size distribution table Vertical I
11 Eijsden (km 6,500) 11-1-1991 Grain-size distribution table Vertical II
12 Eijsden (km 6,500) 11-1-1991 Grain-size distribution table Vertical III

13 Maaseik (km 54,000) 15-1-1991 Grain-size distribution table Vertical I
14 Maaseik (km 54,000) 15-1-1991 Grain-size distribution table Vertical II
15 Maaseik (km 54,000) 15-1-1991 Grain-size distribution table Vertical III
16 Maaseik (km 54,000) 16-1-1991 Grain-size distribution table Vertical II
17 Maaseik (km 54,000) 16-1-1991 Grain-size distribution table Vertical III
18 Maaseik (km 54,000) 17-1-1991 Grain-size distribution table Vertical I
19 Maaseik (km 54,000) 17-1-1991 Grain-size distribution table Vertical II
20 Maaseik (km 54,000) 17-1-1991 Grain-size distribution table Vertical III
21 Maaseik (km 54,000) 18-1-1991 Grain-size distribution table Vertical II
22 Maaseik (km 54,000) 18-1-1991 Grain-size distribution table Vertical III

Résumé

Dans le cadre du rétablissement écologique de la Meuse (mitoyenne), sont proposées des mesures telles que l'élargissement du chenal, qui pourront avoir une influence importante sur le comportement morphologique. Pour pouvoir prévoir les effets morphologiques, il est indispensable de connaître le transport de sédiments: pour le moment, cette connaissance n'est disponible que de façon limitée.
En janvier 1991, on a réalisé sur deux lieux de la Meuse une étude sur les transports de sédiments en cas de débits élevés. A cet effet, on s'est servi d'un appareil de mesure de charriage de fond Helley-Smith, d'un appareil de mesure de transport des sables acoustique AZTM (Akoestische Zand TransportMeter) et d'un échantillonneur à pompe de filtre PFS (Pump Filter Sampler) pour le transport des sédiments en suspension. Les mesures ont été réalisées sur deux lieux, à savoir: Eijsden au km 6.500 et Maaseik au km 54.000. Sur place ont été mesurés le profil de lit, les vitesses d'écoulement et le transport de sédiments. Dans les résultats des mesures, on note un certain nombre de choses. Les charriages de fond à Eijsden sont faibles et constants sur toute la largeur. A Maaseik le charriage de fond varie de presque rien sur la rive gauche à une quantité considérable le long de la rive droite. La grandeur des grains du matériau y diminue aussi de la rive gauche à la rive droite. Le transport des sédiments en suspension joue un rôle secondaire sur les deux lieux. A Eijsden, il constitue encore jusqu'à 20% du transport total; à Maaseik, sa part a baissé jusqu'à 2% au maximum. A Eijsden, on trouve au charriage de fond des diamètres de grains beaucoup plus petits qu'il est permis d'attendre sur la base de considérations théoriques. A Maaseik, les attentes dans les verticales I et II concordent assez bien avec les résultats. Dans la verticale III, des matériaux fins sont également transportés. Il se peut que le pavage naturel (une couche de matériau relativement grossier couvrant une couche de matériau plus fin) soit ici interrompue. Les transports restent, tant sur le lieu d'Eijsden que sur le lieu de Maaseik, inférieurs aux prévisions suivant Engelund-Hansen, Meyer-Peter-Müller, van Rijn en Parker & Klingeman.

FIGURES

1 Aperçu des lieux de mesures
2 Section transversale Eijsden (km 6.500)
3 Section transversale Maaseik (km 54.000)
4 Appareil de mesure de charriage de fond Helley-Smith 65
5 Débit Borgharen (Déc '90 - Jan '91)

6 Vitesses d'écoulement à Eijsden
7 Vitesses d'écoulement à Maaseik
8 Charriage de fond Eijsden (km 6.500)
9 Charriage de fond Maaseik (km 54.000)

10 Transport des sables en suspension Eijsden
11 idem
12 idem
13 idem

14 Transport des sables en suspension Maaseik
15 idem
16 idem
17 idem

18 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale I
18 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale I
19 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale II
20 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale III
21 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale I
22 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale II
23 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale III
24 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale I
25 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale II
26 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale III
27 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale I
28 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale II
29 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale III
30 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale I
31 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale II
32 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale III
33 Maaseik (km 54.000) 16-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale II
34 Maaseik (km 54.000) 16-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale III
35 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale I
36 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale II
37 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale III
38 Maaseik (km 54.000) 18-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale II
39 Maaseik (km 54.000) 18-1-1991 Diagramme granulométrique Verticale III

TABLEAUX

1 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Tableau granulométrique Verticale I
2 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Tableau granulométrique Verticale II
3 Eijsden (km 6.500) 8-1-1991 Tableau granulométrique Verticale III
4 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Tableau granulométrique Verticale I
5 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Tableau granulométrique Verticale II
6 Eijsden (km 6.500) 9-1-1991 Tableau granulométrique Verticale III
7 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Tableau granulométrique Verticale I
8 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Tableau granulométrique Verticale II
9 Eijsden (km 6.500) 10-1-1991 Tableau granulométrique Verticale III
10 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Tableau granulométrique Verticale I
11 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Tableau granulométrique Verticale II
12 Eijsden (km 6.500) 11-1-1991 Tableau granulométrique Verticale III

13 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Tableau granulométrique Verticale I
14 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Tableau granulométrique Verticale II
15 Maaseik (km 54.000) 15-1-1991 Tableau granulométrique Verticale III
16 Maaseik (km 54.000) 16-1-1991 Tableau granulométrique Verticale II
17 Maaseik (km 54.000) 16-1-1991 Tableau granulométrique Verticale III
18 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Tableau granulométrique Verticale I
19 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Tableau granulométrique Verticale II
20 Maaseik (km 54.000) 17-1-1991 Tableau granulométrique Verticale III
21 Maaseik (km 54.000) 18-1-1991 Tableau granulométrique Verticale II
22 Maaseik (km 54.000) 18-1-1991 Tableau granulométrique Verticale III

1. Inleiding

Dit rapport presenteert de resultaten van een onderzoek in het kader van het project Ecologisch Herstel Maas (EHM) dat in een samenwerkingsverband tussen de directie Limburg en het RIZA wordt uitgevoerd [6]. Aansluitend op de actuele ontwikkelingen richt dit project zich momenteel vooral op de Grensmaas. In [6] zijn naast vragen op het gebied van de biologie en chemie vragen op het gebied van de hydrologie en morfologie geformuleerd die bij de uitvoering van het ecologisch herstel van de Grensmaas beantwoord moeten worden. Laatstgenoemde vragen vormen de aanleiding tot het hier gerapporteerde onderzoek.
In de huidige situatie is over het zand- en grindtransport in de Grensmaas niet of nauwelijks informatie voorhanden. Inzicht hierin is nodig om de morfologische effekten van ingrepen die in het kader van het ecologisch herstel onderwerp van studie zijn, zoals stroomgeulverbreding, te kunnen voorspellen.
Tijdens het hoogwater van januari 1991 zijn sedimenttransportmetingen uitgevoerd ter hoogte van Eijsden en Maaseik (figuur 1). Daarbij is van een drietal meet instrumenten gebruik gemaakt: de Helley-Smith, een bodemtransportmeter, en de AZTM (akoestisch zand transport meter) en de PFS (Pump filter sampler), zwevend transportmeters. De bodemtransportmetingen werden, in opdracht van het RIZA, uitgevoerd door dhr. W. van Pesch van het Waterloopkundig laboratorium in samenwerking met dhr. J. van den Born(RIZA). Dhr. H.B. Schoonman van het Waterloopkundig Laboratorium (WL) droeg zorg voor de rapportage van dit deel van de metingen [4]. De inwinning van gegevens betreffend zwevend zandtransport werd verzorgd door de meetdienst van RWS directie Gelderland, die tevens een meetvaartuig ter beschikking stelde.
In deze nota wordt een totaaloverzicht van de meetresultaten gepresenteerd. Waar nodig vindt een toelichting plaats. Bovendien worden de meetgegevens aan de resultaten van enkele theoretische beschouwingen getoetst.

2. Metingen Januari 1991

2.1 Meetinstrumenten

Helley Smith. (HS)

De HS is een bodemtransportmeetinstrument welke bestaat uit een vangkorf met vangopening die in een frame zijn opgehangen (figuur 4). Het frame wordt op de rivierbodem neergelaten waarbij het zich richt op de stroomrichting.
Voor de metingen op de Grensmaas is het type HS 65 gebruikt waarvan de afmetingen van de vangopening 76 * 77 mm en de maaswijdte van de vangkorf 250 micron bedragen. In Figuur 4 is een tekening van de HS 65 weergegeven ontleend aan van Rijn [1].

De werkwijze met de bodemtransportmeter op de Maas is als volgt:

-De Helley Smith verzamelt zijn sample in een nylon zak.
-De zak wordt geleegd in een emmer, half gevuld met water.
-Na gedeeltelijk verwijderen van takjes en bladeren wordt zoveel water afgeheveld dat het restant, inclusief het sediment, m.b.v. een trechter in een 1-liter monsterfles geleegd kan worden.
-Emmer en trechter worden nagespoeld met een spuitfles.
-Samples die niet in een monsterfles passen, zijn in hun nylon zak bewaard.

Voor het berekenen van het bodemtransport van de rivier moeten de vangsten van het instrument omgerekend worden naar het transport per etmaal. Vervolgens kan door integratie over de zandtransporterende breedte van de rivier het bodemtransport van de rivierdoorsnede verkregen worden.

$$S = \frac{\alpha * V * B}{b * T} * 60 * 24 * 10^{-6}\ m^3/dag$$

waarin :
S = sedimenttransport in m^3/dag
α = de correctiefactor = 0.5 voor 0.25 mm < d50 < 0.50 mm
= 1.0 voor 0.50 mm < d50 < 16 mm
= 1.5 voor 16 mm < d50 < 32 mm
= 1.8 voor n 32 mm < d50 < 64 mm

V = het volume van de vangst (cm^3)
B = de transporterende breedte (m)
b = breedte van de vangopening (m)
T = meettijd per vangst (minuten)

In het onderhavige geval is niet het volume maar het gewicht van de vangsten bepaald. Voor het omrekenen van gewichten naar volume is uitgegaan van een ρ van 1450 kg/m^3 .
De grootte van de correctiefactor α is ontleend aan calibratieonderzoek van de Helley Smith door Emmet, (Emmet 1980)[2]. Door het vergelijken van een groot aantal HS-vangsten met gelijktijdige bodemtransportmetingen in een betonnen zandvang in een rivier zijn de correctiefactoren verkregen. Zie ook van Rijn [1].

AZTM

AZTM staat voor Akoestische Zand Transport Meter. Het meetprincipe van de AZTM is gebaseerde op uitdoving en dopplerverschuiving van een ultrasoon signaal (zie [3]). De uitdoving is een maat voor de concentratie, de dopplerverschuiving een maat voor de snelheid van de deeltjes in het meetvolume. De AZTM wordt vaak in combinatie met een meetvis gebruikt. De meetvis wordt met behulp van een lier langs een verticaal gepositioneerd; een echolood en een drukdoos zijn aanwezig om de juiste hoogte in te kunnen stellen. Door de vorm richt de meetvis zich automatisch op de stroom. Vanwege het relatief hoge gewicht is de AZTM inzetbaar tot een stroomsnelheid van 5 m/s. De AZTM is via een datakabel verbonden met het meetschip zodat de meetgegevens gelijk aan boord verwerkt kunnen worden.

PFS

Een nadeel van de AZTM is dat er geen monsters genomen worden, zodat later geen uitspraak gedaan kan worden over de korrelgrootteverdeling van het getransporteerde sediment. Dit is een van de redenen waarom in combinatie met de AZTM vaak de PFS (Pump Filter Sampler) wordt gebruikt. Een andere reden is de controle op de door de AZTM bepaalde transporten. De werking van de PFS berust op de afscheiding van sediment in het water door filtering van het opgepompte water-sediment mengsel. De opening van de inlaatslang is gemonteerd aan de meetvis, waarin ook de AZTM zich bevindt. Na droging en weging van de sedimentvangst kunnen korrelgrootteverdeling en sedimenttransport bepaald worden.

2.2 Meetplan

Lokaties:
- Eijsden, bovenstrooms bochtafsnijding ter hoogte van het meetponton, km 6.500.
- Maaseik, km 54.000.

De lokaties zijn terug te vinden in figuur 1.
Op elke lokatie werden, in een dwarsraai over de rivier, in 3 vertikalen de metingen uitgevoerd. Eén verticaal in de rivieras, één op een 1/4 van de breedte links van de as en één op een 1/4 van de breedte rechts van de as.

Voor de respectievelijke lokaties was dat:
- Eijsden, verticaalafstand tot raaipaal op rechteroever van 102, 72 en 42 m.
- Maaseik, verticaalafstand tot raaipaal op linkeroever bedraagt 35, 60 en 80 m.

Van links naar rechts, stroomafwaarts gezien, zijn in beide gevallen de verticalen I, II en III genummerd.
In elke verticaal is het bodemtransport met de Helley Smith gemeten, en een dwarspeiling gemaakt in de meetraai en 100 m beneden- en bovenstrooms hiervan.
In iedere verticaal zijn bovendien stroomsnelheidsmetingen en zwevend transportmetingen uitgevoerd.

3. Meetresultaten.

3.1 Bodempeilingen

Op beide lokaties zijn drie dwarspeilingen ten tijde van de transportmetingen uitgevoerd. In de dwarsraai zelf, op 100 m bovenstrooms en op een afstand van 100 m benedenstrooms van de lokatie. De bodem in de dwarsraai bij Eijsden is vlak (Fig 2). De rivierbodem van de dwarsraai van Maaseik heeft een sterk dwarsverhang, net als de beide bodems van de naastgelegen dwarsraaien (Fig 3). De dwarsraai is vlak voor een rivierbocht gesitueerd. Uit de dwarspeilingen blijkt echter dat de binnenbochtzijde diep en de buitenbochtzijde (=rechteroever) ondiep is. Langs de ondiepe kant vindt het merendeel van het bodemtransport plaats.

3.2 Afvoerverloop en stroomsnelheden

Het afvoerverloop bij Borgharen is afgebeeld in figuur 5. Tevens is de gemiddelde afvoer (berekend over de periode 1911-1991) voor de betrokken dagen zichtbaar gemaakt. De topafvoer van 1805 m^3/s, die op 5 januari bereikt is, is een gebeurtenis met een herhalingstijd van ongeveer 5 jaar. Omdat in Eijsden en Maaseik geen debietgegevens beschikbaar zijn, worden de gegevens van Borgharen gebruikt. De looptijd tussen Borgharen en Maaseik is ongeveer 12 uur. De top bij Maaseik valt dus 12 uur later. De looptijd tussen Eijsden en Borgharen is enkele uren. De top valt hier dus enkele uren eerder.
De stroomsnelheid is met een Ott-molen gemeten. Tijdens het meten van het bodemtransport is de snelheidsverticaal zo vaak mogelijk doorgemeten. De resultaten zijn in de figuren 6 en 7 weergegeven. De metingen bij Eijsden zijn na de top van de afvoergolf uitgevoerd, het debiet bij Borgharen bedroeg toen 1550-1066 m3/s.De gemiddelde stroomsnelheid bedroeg 1.60 m/s. Aan de bodem varieerde de snelheid tussen 1.15 en 1.37 m/s. Er zijn geen duidelijke verschillen tussen de linker- en rechteroever. De stroomsnelheid bij Maaseik is gemeten bij een debiet van 900-580 m3/s te Borgharen na de afvoertop. Door de geringere breedte was de stroomsnelheid hier hoger èn varieerde tussen de 1.75 en 2.09 m/s. Hier lijken de snelheden langs de rechteroever wat groter te zijn dan langs de linkeroever.In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de verschillende gemeten snelheden.

Eijsden				Maaseik			
Datum	$Q_{borgharen}$ (m^3/s)	V_{gem} (m/s)	$Vbodem_{gem}$ (m/s)	Datum	$Q_{borgharen}$ (m^3/s)	V_{gem} (m/s)	$Vbodem_{gem}$ (m/s)
8/1	1550	1.65	1.37	15/1	900	2.09	1.78
9/1	1200	1.60	1.30	16/1	800	1.75	1.20
10/1	1050	1.57	1.20	17/1	720	1.89	1.49
11/1	1066	1.64	1.15	18/1	580	1.84	1.35

Tabel 3.2 Stroomsnelheden bij Eijsden en Maaseik

3.3 Korrelverdeling bodemtransport

In het verslag 'Bodemtransportmetingen op de Grensmaas'[4] van het Waterloopkundig Laboratorium worden zeefkrommen gepresenteerd die betrekking hebben op de tijdens de meetcampagne ingewonnen monsters. Deze zijn echter nog niet gecorrigeerd voor de korrelafhankelijke ijkfactor α van de HS, zoals genoemd in paragraaf 2.1 van deze nota. Dat dit invloed heeft op de d_{50} van het korrelmateriaal wordt geïllustreerd aan de hand van de volgende tabel waarin zowel de ongecorrigeerde als de gecorrigeerde waarde voor de d_{50} zijn opgenomen.

	d_{50} Eijsden (mm)							d_{50} Maaseik (mm)						
Datum	Verticaal I		Verticaal II		Verticaal III		Datum	Verticaal I		Verticaal II		Verticaal III	
	WL	cor.	WL	cor	WL	cor		Wl	cor	WL	cor	WL	cor
8/1	0.55	0.6	0.45	0.5	25	35	15/1	45	45	35	40	10	15
9/1	0.55	0.6	0.5	0.6	0.9	2.5	16/1	-	-	35	35	1.5	1.5
10/1	0.7	1.0	0.5	0.6	0.8	1.0	17/1	50	50	35	35	6	3.5
11/1	0.5	0.6	0.55	0.6	0.75	0.9	18/1	-	-	30	30	0.9	0.7

Tabel 3.3 Korreldiameters bodemtransport

De waarden onder de kop 'WL' stellen de oorspronkelijke waarden voor. Onder de kop 'cor' staat de, met behulp van de ijkfactor van de HS gecorrigeerde, waarde.
Op 16/1 en 18/1 is in verticaal I geen sedimenttransport waargenomen. Dientengevolge is er ook geen zeefkromme en geen d_{50} bepaald.

De correctie is uitgevoerd door de zeefpercentages van de verschillende korrelgrootten te vermenigvuldigen met de bijbehorende ijkfactor. Door dit te doen wijkt de som van alle percentages af van 100%, bijvoorbeeld in tabel 1 waar het totaal nu op 77.2% uitkomt. Alle percentages in de 2^e kolom zijn vermenigvuldigd met 100/77.2 en vervolgens gesommeerd, wat de cumulatieve resultaten in kolom 3 oplevert.

In deze nota zijn de gecorrigeerde zeefkrommen opgenomen als Fig 18 tot en met 39. Zeeftabellen met daarin opgenomen de oorspronkelijke zeefpercentages, de gecorrigeerde percentages, de gecorrigeerde cumulatieve percentages, het gewicht van het verzamelmonster en het gecorrigeerde monstergewicht(beide in grammen) zijn bijgevoegd als tabel 1 t/m 22.

3.4 Bodemtransport

Per meetpunt zijn met de HS een aantal monsters genomen. De monsternametijd van 5 minuten is aangepast indien er na 5 minuten heel veel of heel weinig bodem materiaal aanwezig was. De monsternametijd werd dan gewijzigd in 2 respectievelijk

10 minuten. Na afzonderlijke weging van de vangsten zijn per meetpunt de vangsten geaccumuleerd tot één monster, waarna een zeefkromme is gemaakt.
De meetresultaten zijn omgerekend naar transporten.
De gemeten transporten bij Eijsden zijn laag, te weten 0 tot 4 $m^3/m/dag$. De conclusie is gerechtvaardigd dat hier nauwelijks sedimenttransport plaatsvond. De gemeten transporten bij Maaseik zijn groter dan bij Eijsden maar wat vooral opvalt is dat de verdeling over de breedte hier zeer asymmetrisch is. Aan de linkeroever is er zo goed als geen transport, in de as 4 à 5 $m^3/m/dag$ en aan de rechteroever tussen 14 en 28 $m^3/m/dag$. Te Maaseik valt verder op dat de korrelgrootte van het getransporteerde materiaal in de dwarsraai aanzienlijk verschilt. In de as en links van de as wordt voornamelijk grof materiaal getransporteerd en rechts van de rivieras alleen fijn materiaal. Verspreid over de 4 meetdagen varieerde de d50 aan de rechteroever tussen 0.7 en 15 mm, de linkeroever en as laten waarden zien van 30 en 50 mm. Bij Eijsden werden geen grote verschillen in korrelgrootte geconstateerd over de breedte. De d50 lag behoudens één uitschieter tussen de 0.5 en 2.5 mm.

3.5 Zwevend transport

De gemeten concentraties op de beide meetlocaties zijn uitgezet tegen de hoogte tov de bodem (zie figuur 10 t/m 17). De gemeten concentraties zijn echter zeer laag, eigenlijk te laag om nauwkeurig te kunnen meten. Hieruit kan worden geconcludeerd, dat het zwevend transport op de Maas een ondergeschikte rol speelt. De transporten zijn berekend door de gemiddelde concentraties te vermenigvuldigen met de debieten. Om het aldus verkregen massatransport om te rekenen naar volumetransport is gebruik gemaakt van een dichtheid van 1300 kg/m^3 [5]. Ter illustratie van de verhouding tussen bodem- en zwevend transport is de volgende tabel opgenomen waarin bodemtransport en zwevend transport op de verschillende meetdagen wordt weergegeven.

Eijsden				Maaseik			
Datum	$Q_{borgharen}$ (m^3/s)	Bodem-transport (m^3/dag)	Zwevend transport (m^3/dag)	Datum	$Q_{borgharen}$ (m^3/s)	Bodem-transport (m^3/dag)	Zwevend transport (m^3/dag)
8/1	1550	248	95	15/1	372	558	9
9/1	1200	114	38	16/1	567	850	6
10/1	1050	242	36	17/1	306	459	3
11/1	1066	209	36	18/1	253	380	3

Tabel 3.5 Bodem- en zwevend transport

4. Theoretische beschouwingen

4.1 Begin van beweging

Voor het berekenen van het begin van beweging is door Shields een vergelijking opgesteld:

$$psi_{crit} = \frac{h_w * i_w}{d_{50} * \Delta}$$

waarin:
- d_{50} = korrelgroottekarakteristiek in m
- h_w = waterdiepte in m
- Δ = relatieve dichtheid (1.65)
- i_w = verhang
- psi_{crit} = criterium voor begin van beweging

Vullen we deze formule in voor de situatie bij Eijsden dan vinden we een kritische korreldiameter d_{50} = 0.014 m. Dit gebaseerd op : h_w = 6.50 m, i_w = $1.67*10^{-4}$ (afgeleid uit verhanglijngegevens voor 1200 m^3/s) en psi_{crit} = 0.047
M.a.w. alleen materiaal met een d_{50} < 0.014 m zou in beweging komen.

Voor Maaseik is een vergelijkbare berekening gemaakt en daar volgt een korrel diameter d_{50} van 0.045 m uit. De gegevens hier zijn h_w = 5.70 m, psi_{crit} = 0.047, i_w = $6.1*10^{-4}$ (afgeleid uit verhanglijngegevens voor 1000 m^3/s).
Begin van beweging bij Maaseik: d_{50} < 0.045 m.

Leggen we deze berekeningen naast de zeefkrommen die gemaakt zijn aan de hand van de bodemtransportmetingen dan valt voor de locatie Eijsden op dat de d_{50} in de zeefkrommen veel kleiner is dan uit de berekening naar voren komt(22 mm versus 0.4 à 1 mm met een uitschieter van 35 mm). → niet Rsobelijker maar alle fracties? zie fig 10 + m 29
Reden hiervoor kan zijn dat bij Eijsden zich een afpleisteringslaag bevindt en dat de gemeten hoeveelheden sediment afkomstig zijn van bovenstroomse rivierdelen.

Bij Maaseik zijn de resultaten, zoals blijkt uit de zeefkrommen, redelijk in overeenstemming met de theorie. In de verticalen 1 en 2 ligt de d_{50} in de buurt van de berekende 45 mm; in verticaal 3 wordt duidelijk fijner materiaal getransporteerd.
Waarom dit fijnere materiaal niet in een eerder stadium (tijdens de afvoertop) weggespoeld is, is niet duidelijk.

? waarom weggespoeld het blijft in transport!

4.2 Bodemtransportformules

Om een indruk te krijgen hoe gemeten waarden zich verhouden tot de uitkomsten van transportformules is met de formules van Engelund-Hansen, Meyer-Peter en Müller, van Rijn en Parker & Klingeman gerekend.

Voor Eijsden zijn hierbij de volgende gegevens gebruikt:
V_{gem} = 1.62 m/s
h = 6.50 m
D_{50} = 1.00 mm
I = 1.67 $*10^{-4}$

Sedimenttransport Eijsden in m3/m/dag			
Methode	Bodemtransport	Zwevend transport	Totaal transport
Engelund-Hansen			79
Meyer-Peter-Müller	15		
van Rijn	35	70	105
Parker & Klingeman			64
Meetresultaat	2	0.5	2.5

Tabel 4.2.1 Transportformules versus meetwaarden lokatie Eijsden

Voor Maaseik zijn de gegevens:
V_{gem} = 1.89 m/s
h = 5.70 m
D_{50} = 5.0 mm (verticaal 3) en 40 mm (verticaal 1 en 2)
I = 6.1 $*10^{-4}$

Sedimenttransport Maaseik in m3/m/dag			
Methode	Bodemtransport	Zwevend transport	Totaal transport
Engelund-Hansen			124 (15)
Meyer-Peter-Müller	44		
van Rijn	18	10	28
Parker & Klingeman			270
Meetresultaat	6	0	6

Tabel 4.2.2 Transportformules versus meetwaarden lokatie Maaseik

Duidelijk is dat de gemeten hoeveelheden sterk achterblijven bij de voorspelde transporten. Blijkbaar is er niet voldoende materiaal aanwezig om volledig van de aanwezige transportcapaciteit gebruik te maken. Dit is opnieuw een aanwijzing voor de aanwezigheid van een afpleisteringslaag op de meetlocaties.

5. Conclusies en aanbevelingen

De transportcapaciteit van de Maas op de twee meetlocaties blijkt vele malen (afhankelijk van de transportformule tot een factor 50) groter te zijn dan het gemeten transport. Blijkbaar is niet voldoende materiaal voorhanden om de transportcapaciteit volledig te benutten.
Dit ondergedoseerde karakter is ook al in andere publikaties belicht en wordt hier opnieuw bevestigd.

De d_{50} van het korrelmateriaal bij Eijsden wijkt sterk af van wat op grond van de Shields-vergelijking verwacht mag worden. Verondersteld wordt dat het bodemtransport bij Eijsden niet zozeer lokaal transport is, maar transport van hoger gelegen rivierdelen over een plaatselijk aanwezige vaste laag met een hogere d_{50}.

Uit de sedimenttransportcijfers voor Eijsden en Maaseik lijkt geconcludeerd te mogen worden dat er op het tussenliggende traject sprake is van erosie. De hoeveelheid transport is bij Maaseik aanzienlijk groter dan bij Eijsden.
Het effect hiervan zal echter niet groot zijn omdat het in beide gevallen om kleine hoeveelheden sediment gaat.

De, door de AZTM en PFS gemeten, concentraties zijn laag.
Op de locatie Maaseik wordt de laagste concentratie gemeten en dit ligt, gezien de relatief grote d_{50} van het getransporteerde bodemmateriaal, voor de hand. Bij Eijsden is de d_{50} van het bodemmateriaal veel kleiner en het grotere aandeel van het zwevend transport in het totale transport is dan ook in overeenstemming met de theorie.

Bij toekomstige metingen verdient het aanbeveling op de meetlocaties tevens boormonster te nemen. Door de korrelsamenstelling van zo'n monster te vergelijken met de samenstelling van een monster uit de bodemtransportmeter kan wellicht een uitspraak worden gedaan over de herkomst (lokaal versus bovenstrooms) van bodemtransportmateriaal.

REFERENTIES

[1] Rijn, L.C. van (1986)
Manual sediment transport measurements
Delft hydraulics laboratory, maart 1986

[2] Emmet, W.W. (1980)
A field calibration of the sediment trapping characteristics of the Helley-Smith bed load sampler.
Geological Survey Professional Paper 1139, Washington, USA

[3] Kamphuis, H. (1990)
Sedimenttransportmetingen Rijntakken.
Rijkswaterstaat, Dienst binnenwateren/Riza
Nota 90.075, september 1990

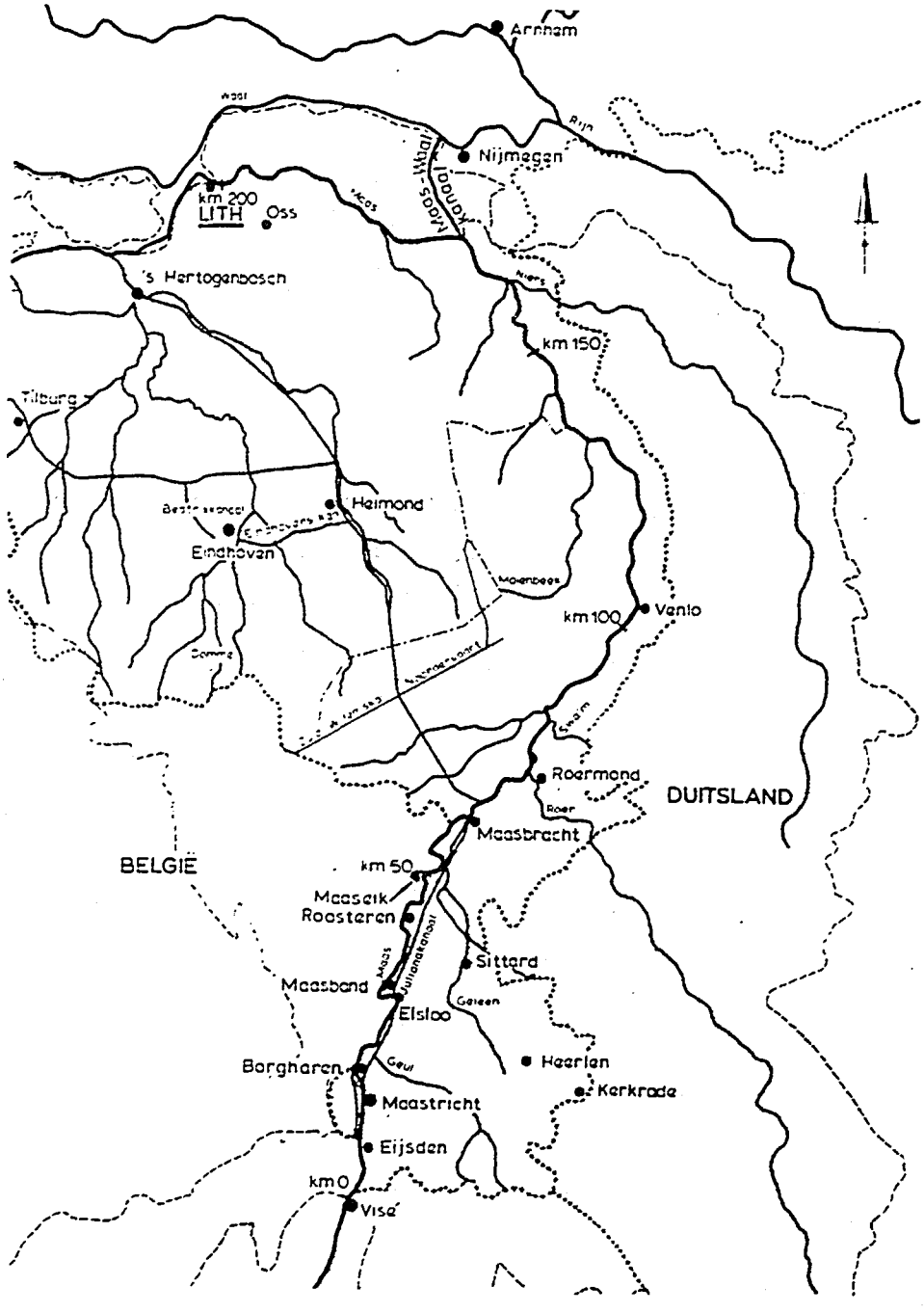
[4] Schoonman, H.B. (1991)
Bodemtransportmetingen op de Grensmaas.
Waterloopkundig laboratorium, april 1991

[5] Kamphuis, H. (1990)
Sedimenttransport op de Rijn tijdens het hoogwater van 1988.
Rijkswaterstaat, Dienst binnenwateren/Riza
Werkdocument 90.011X, april 1990

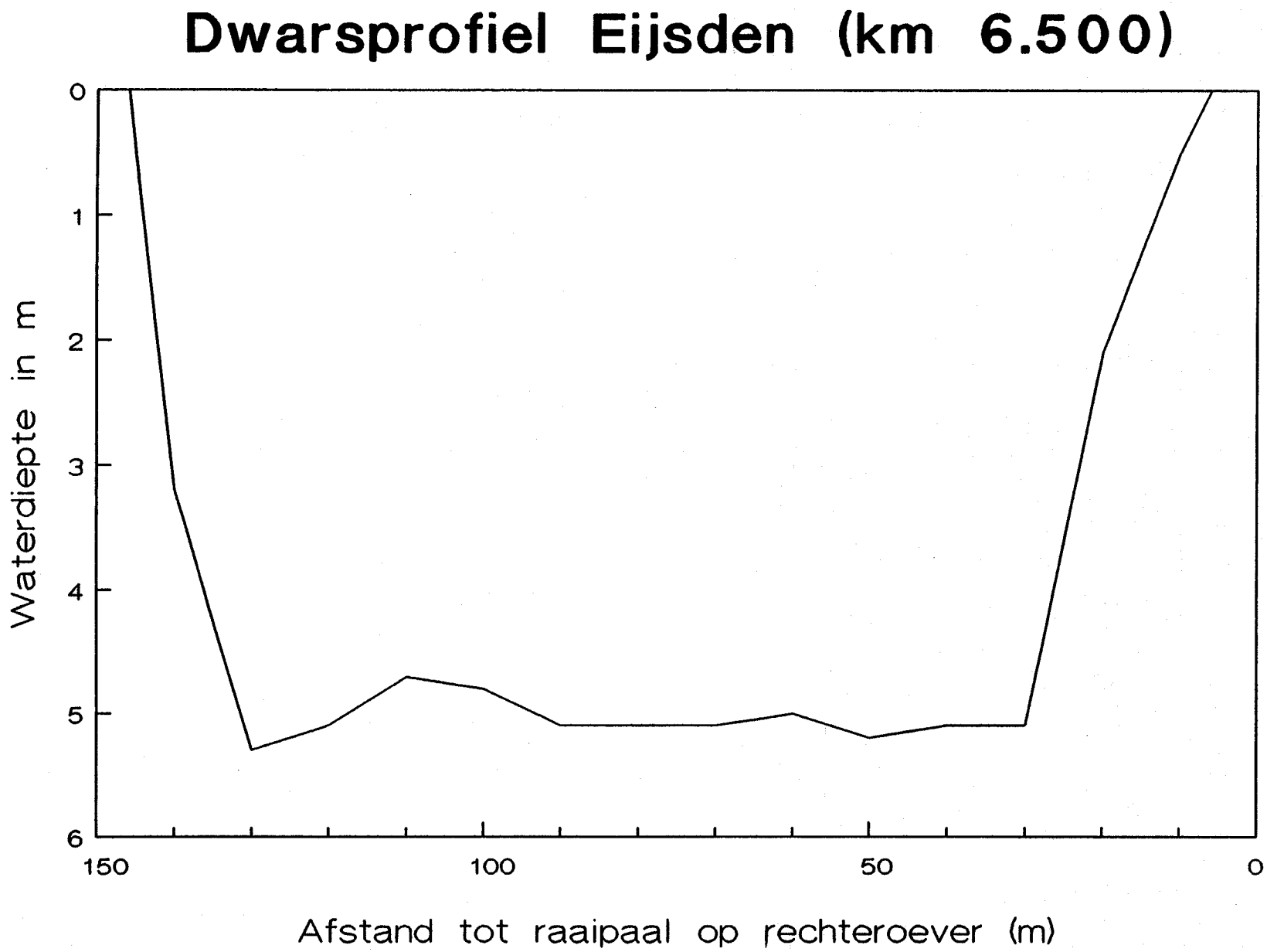
[6] Botterweg, J. en Silva, W.(1992)
Project Ecologisch Herstel Maas
Werkdocument 92.043X

Figuren

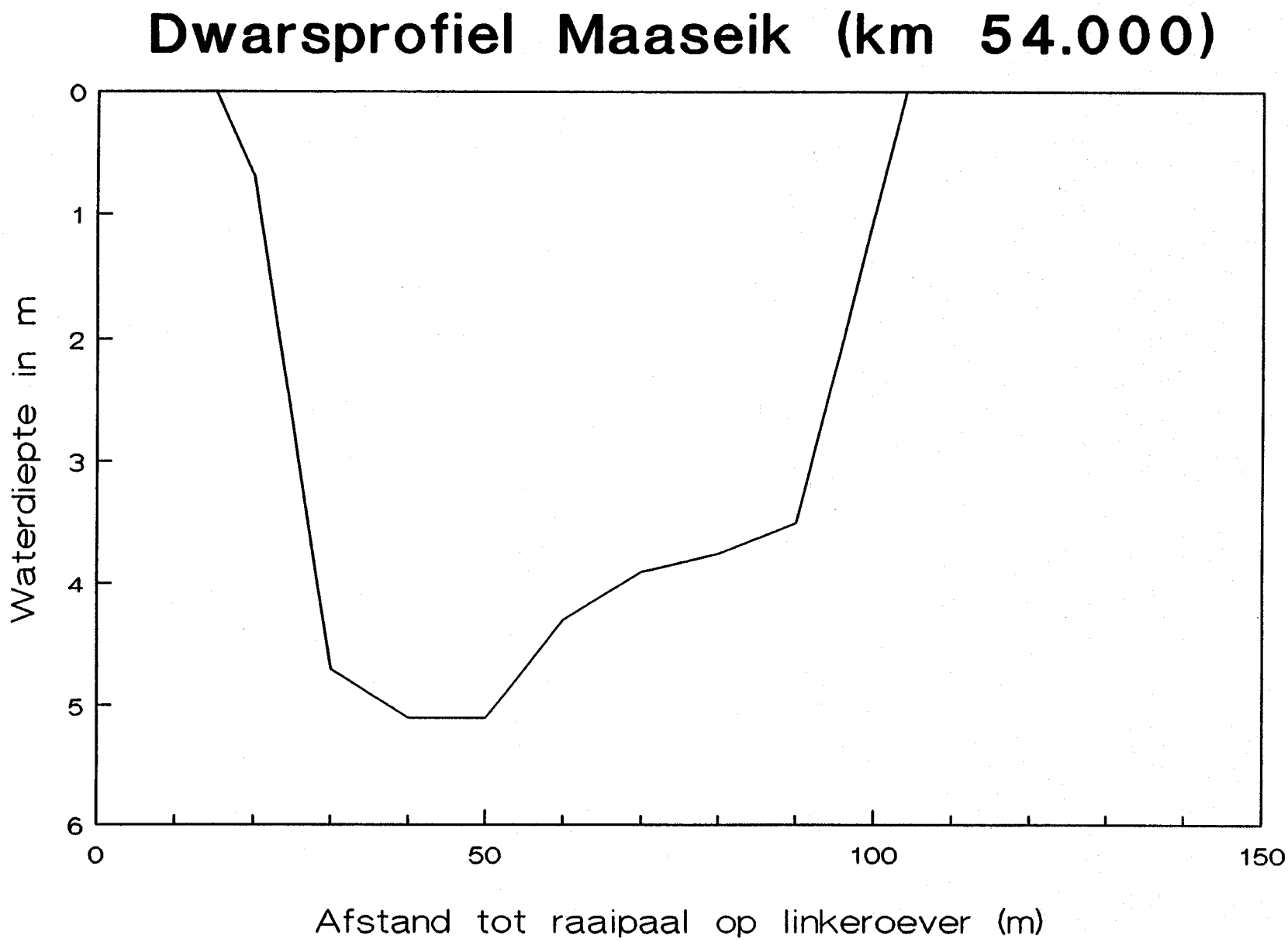
MEETLOCATIES



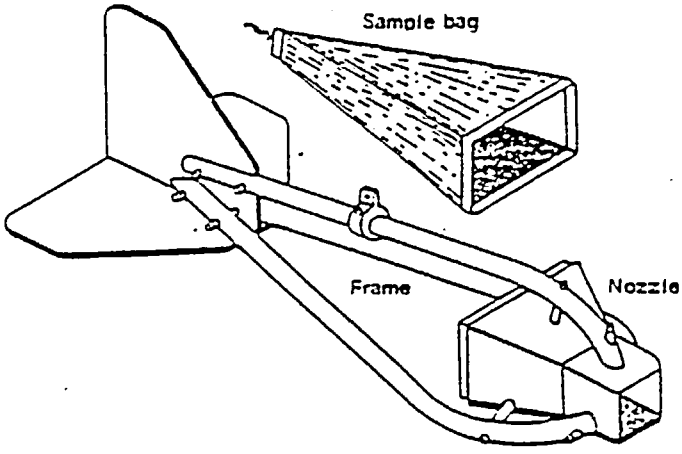
Figuur 1


Dwarsprofiel Eijsden (km 6.500)
Waterdiepte in m
0
1
2
3
4
5
6
150
100
50
0
Afstand tot raaipaal op rechteroever (m)

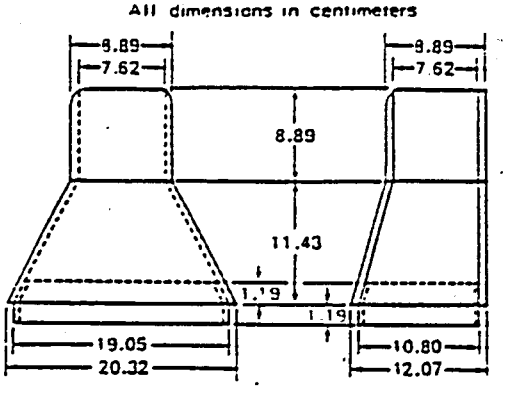
Figuur 2

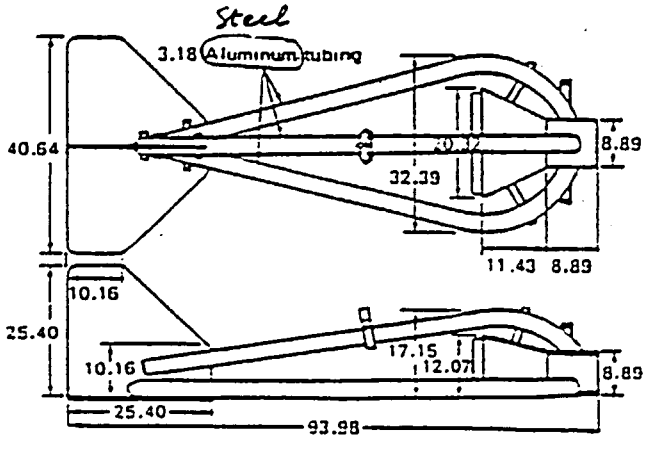

Dwarsprofiel Maaseik (km 54.000)
Waterdiepte in m
0
1
2
3
4
5
6
0
50
100
150
Afstand tot raaipaal op linkeroever (m)

Figuur 3



Sketch of the Helley-Smith bedload sampler.

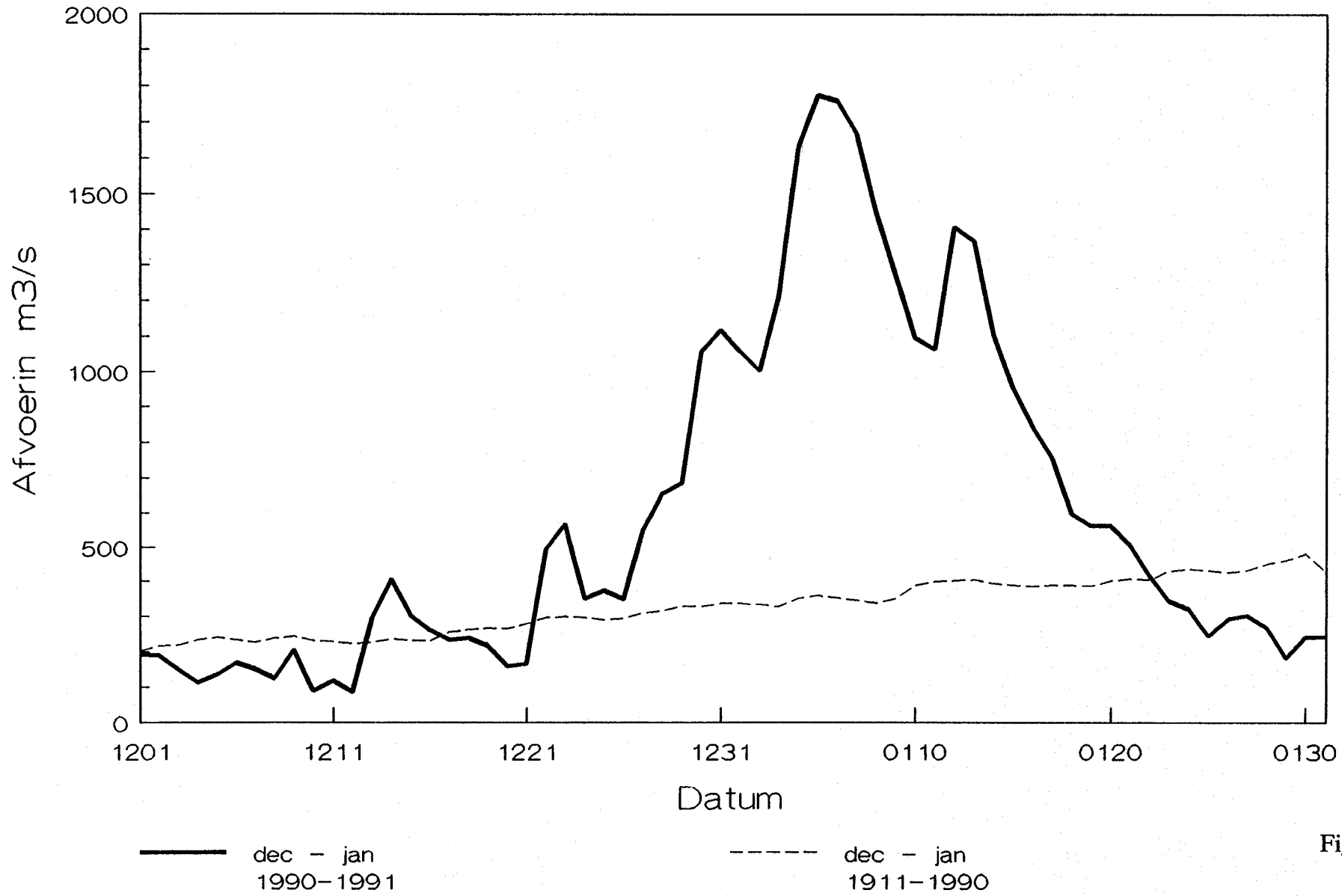




Figuur 4

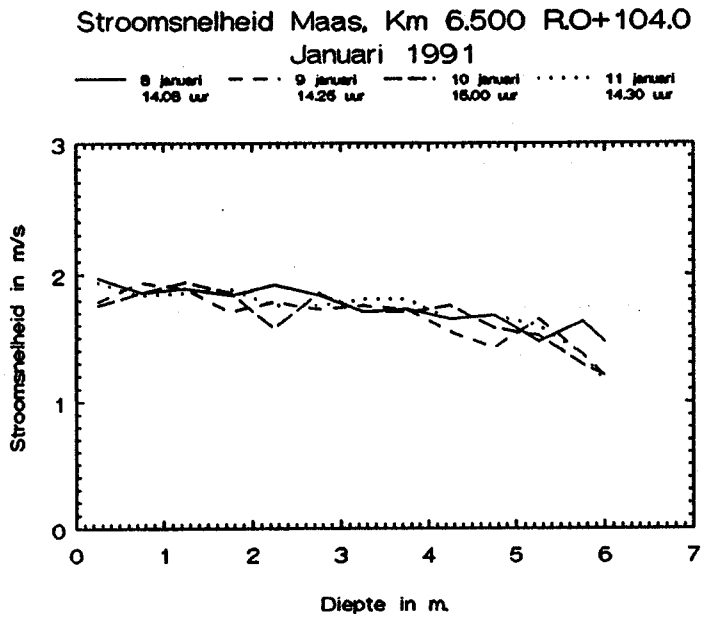
DE HELLEY SMITH 65 BODEMTRANSPORTMETER

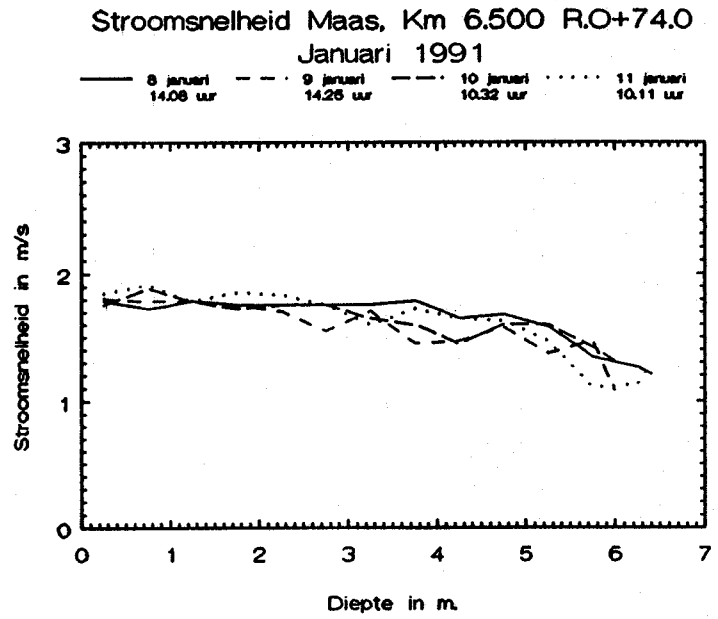
Afvoer Borgharen

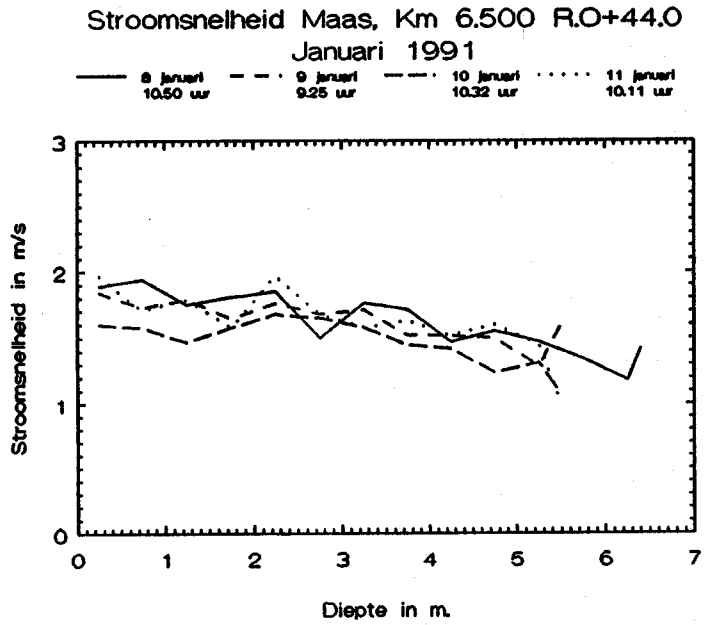


Figuur 5

Stroomsnelheden bij Eijsden

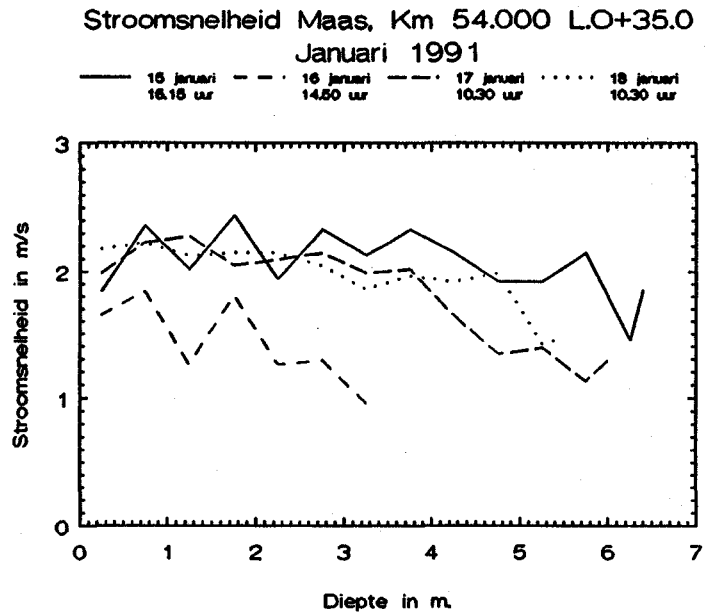


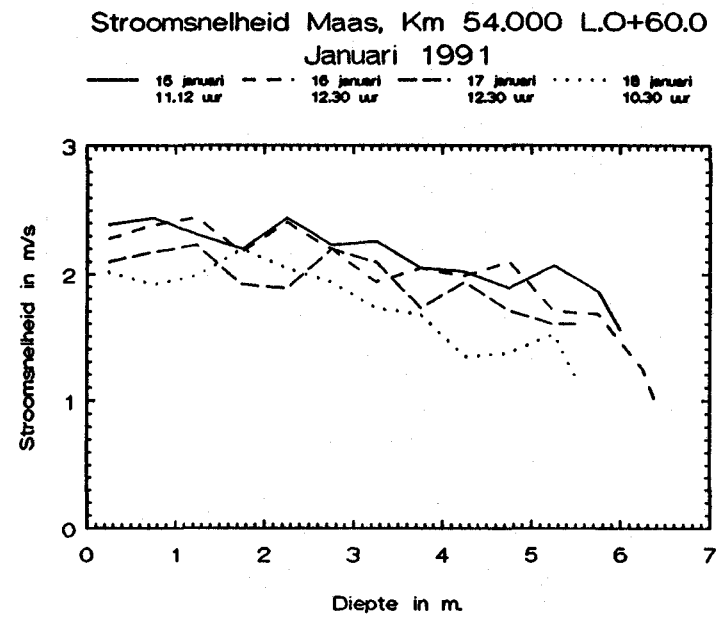


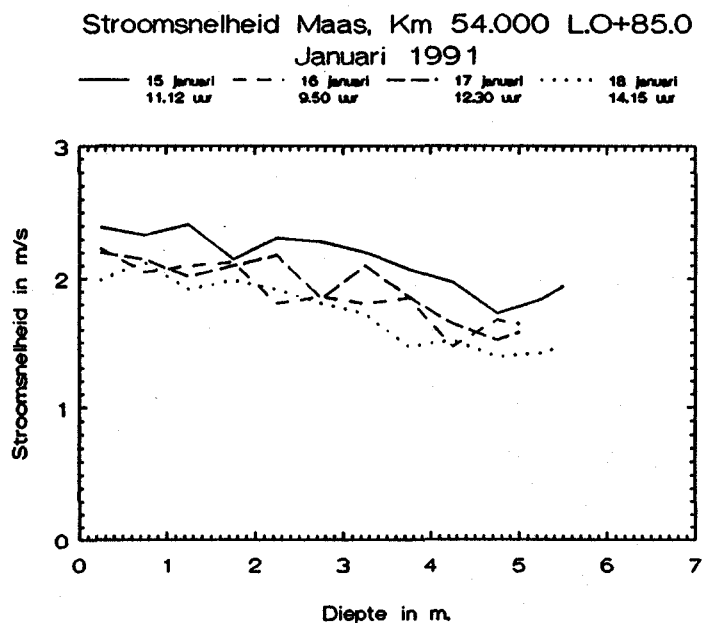


Figuur 6

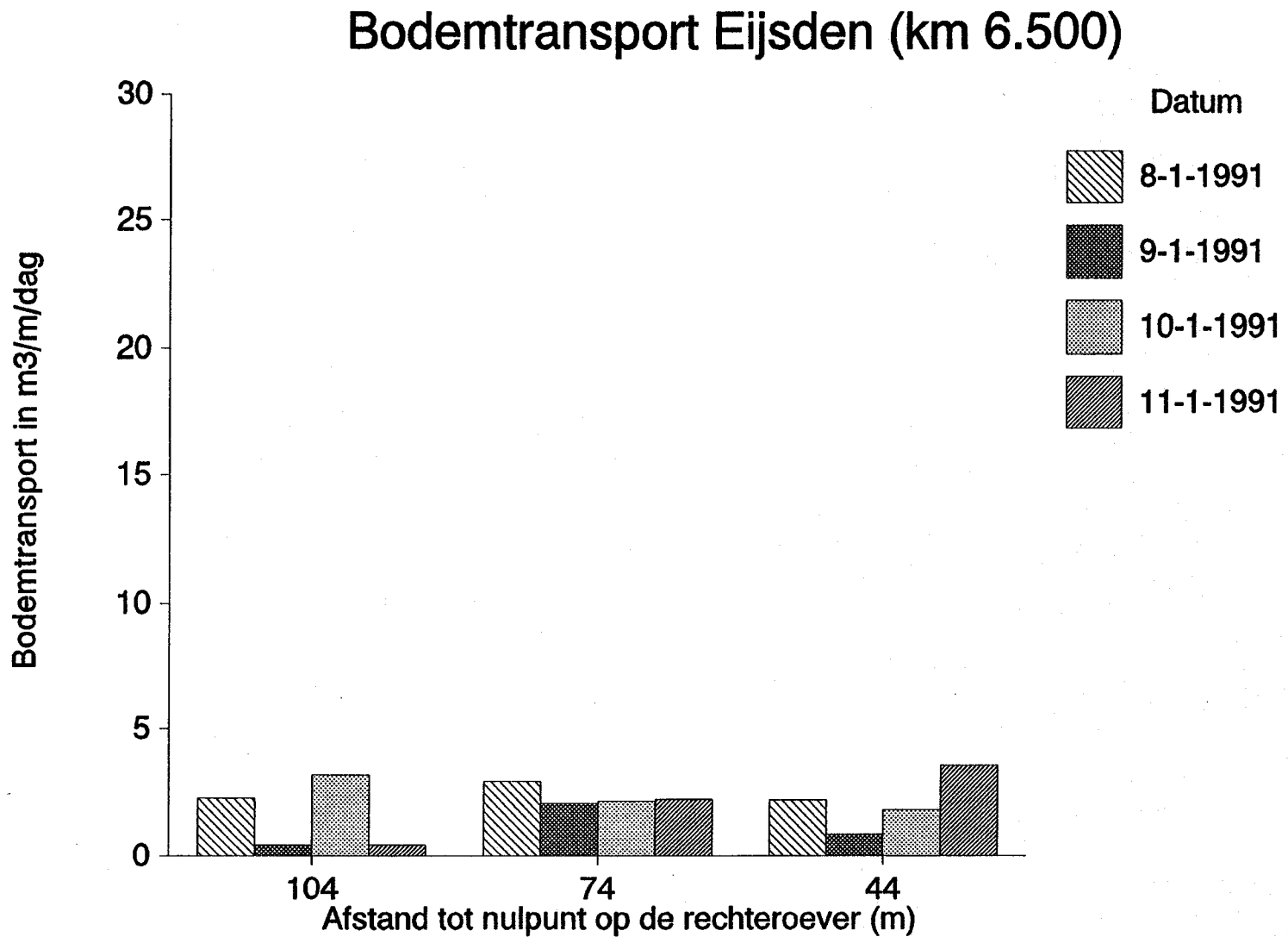
Stroomsnelheden bij Maaseik



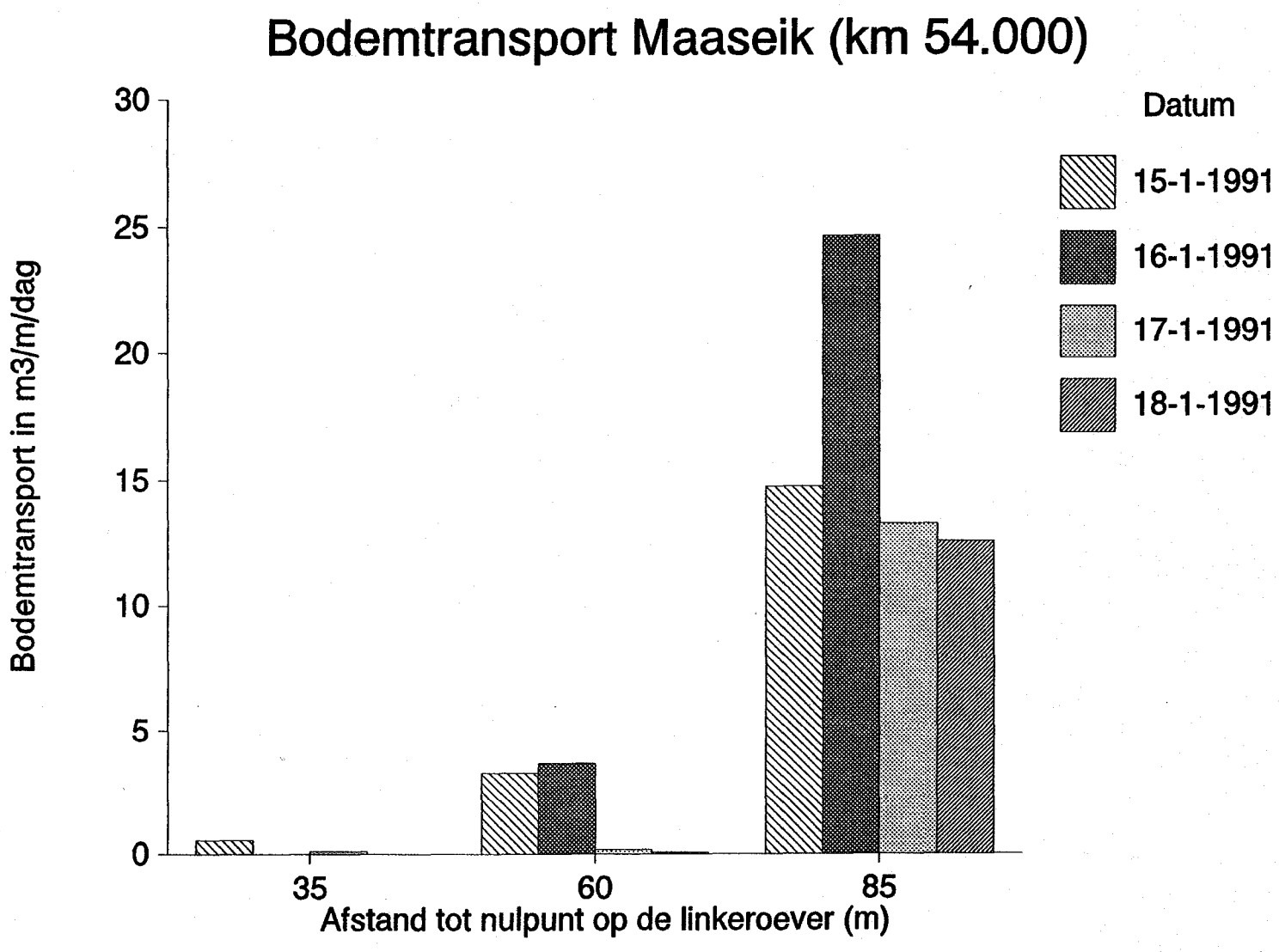




Figuur 7

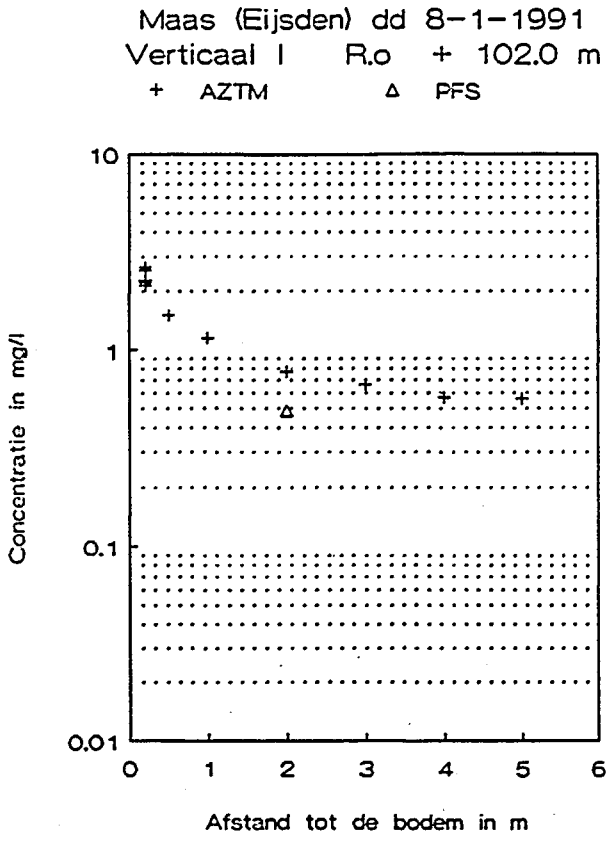

Bodemtransport Eijsden (km 6.500)
Datum
8-1-1991
9-1-1991
10-1-1991
11-1-1991
Bodemtransport in m3/m/dag
30
25
20
15
10
5
0
104
74
44
Afstand tot nulpunt op de rechteroever (m)

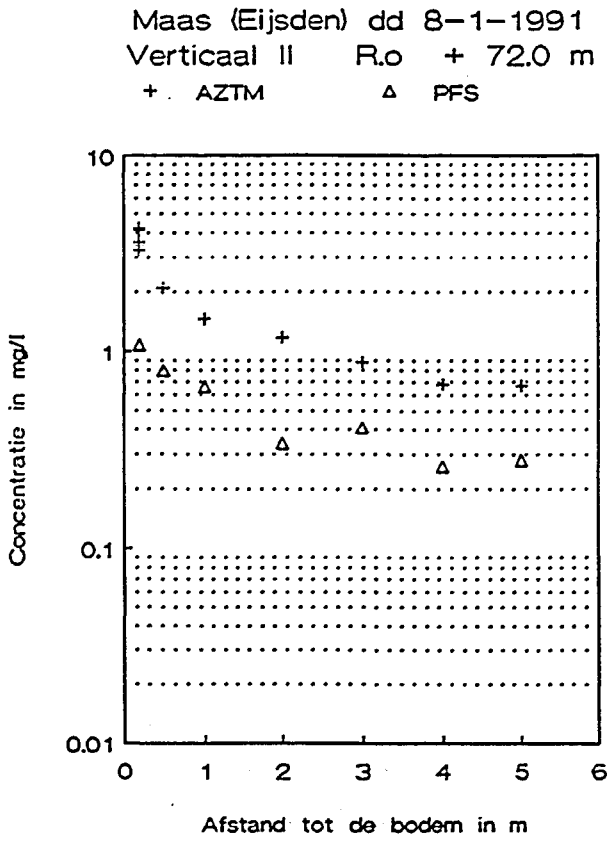
Figuur 8

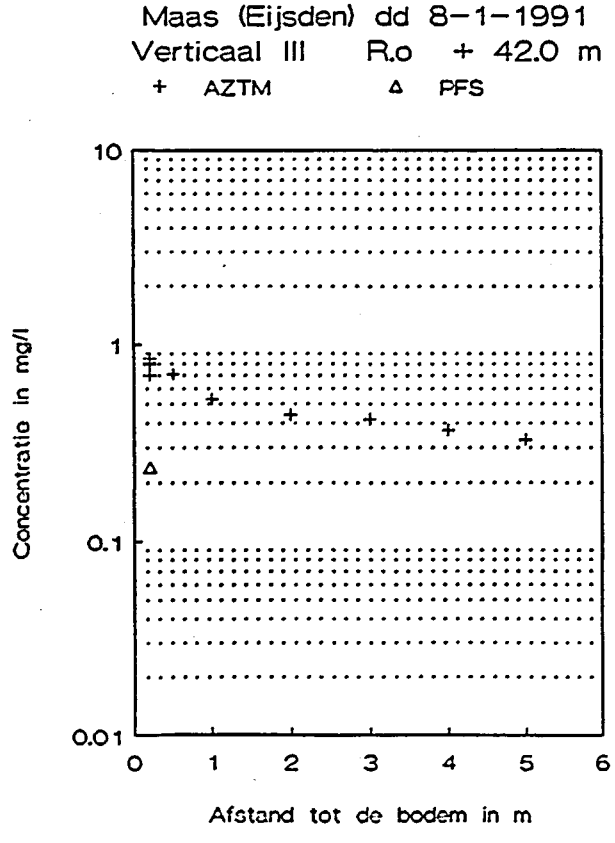

Bodemtransport Maaseik (km 54.000)
Bodemtransport in m3/m/dag
30
25
20
15
10
5
0
35
60
85
Afstand tot nulpunt op de linkeroever (m)
Datum
15-1-1991
16-1-1991
17-1-1991
18-1-1991

Figuur 9

Zwevend zandtransport Eijsden

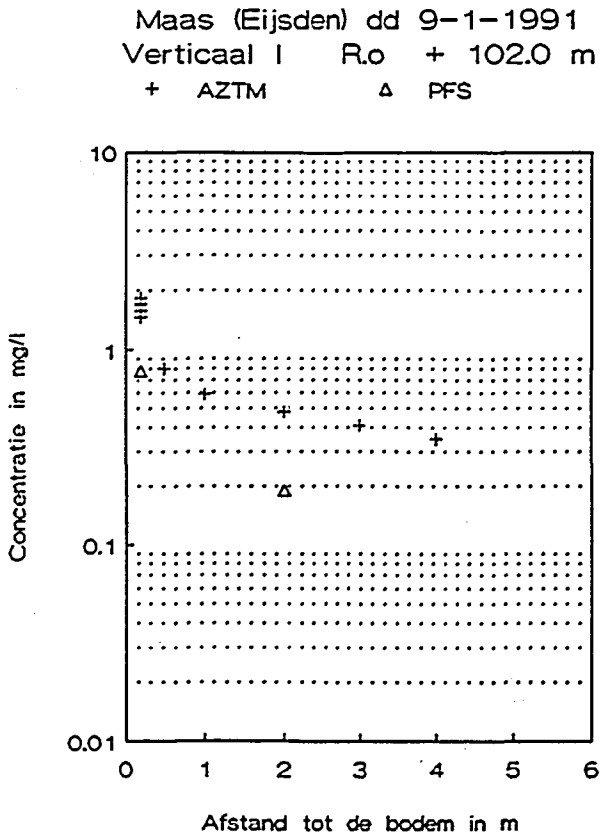


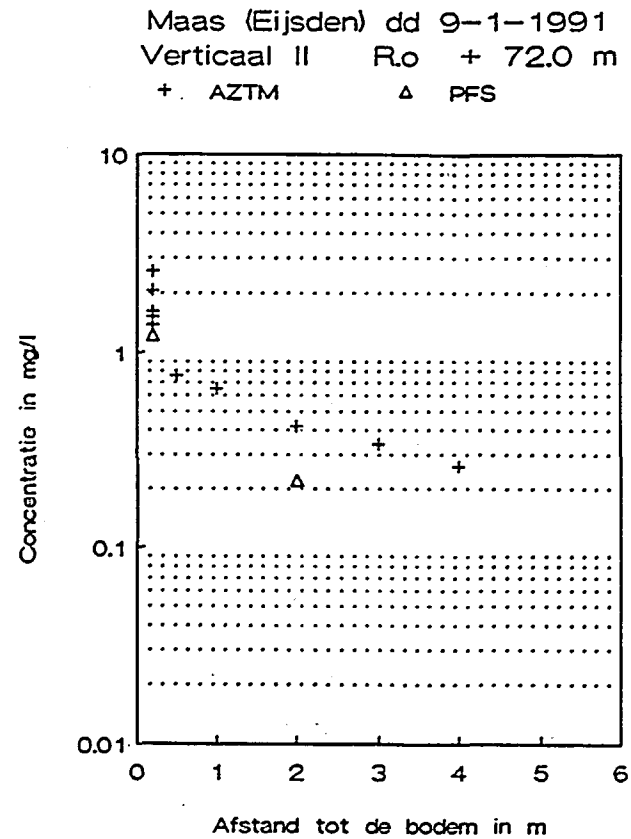


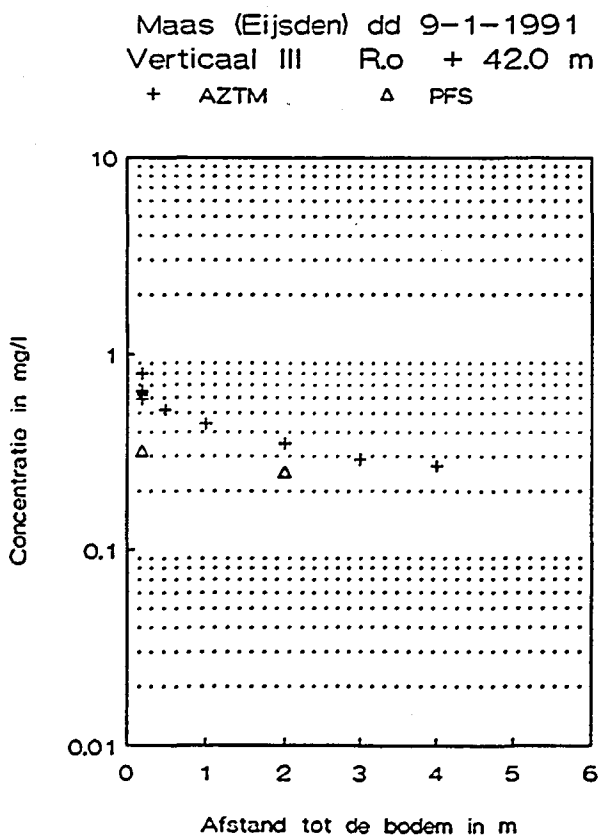


Figuur 10

Zwevend zandtransport Eijsden

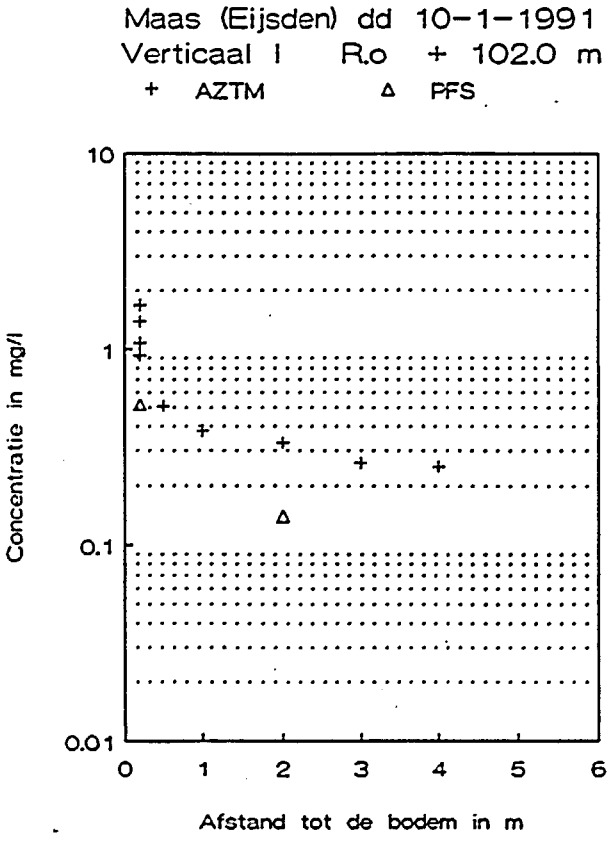


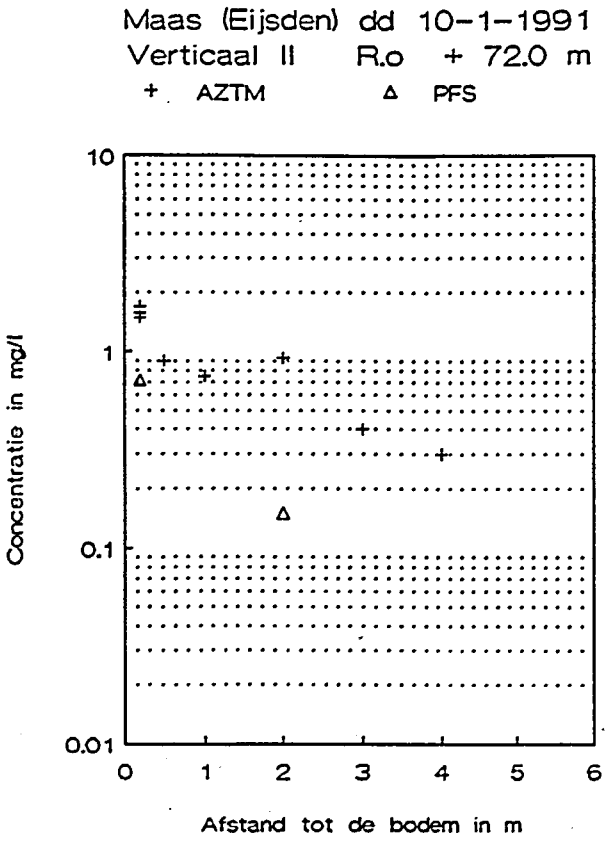


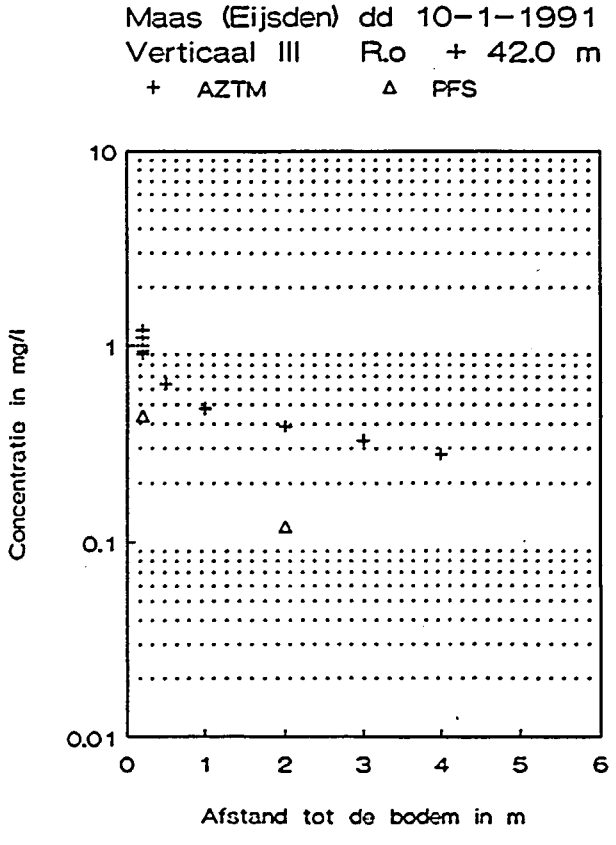


Figuur 11

Zwevend zandtransport Eijsden

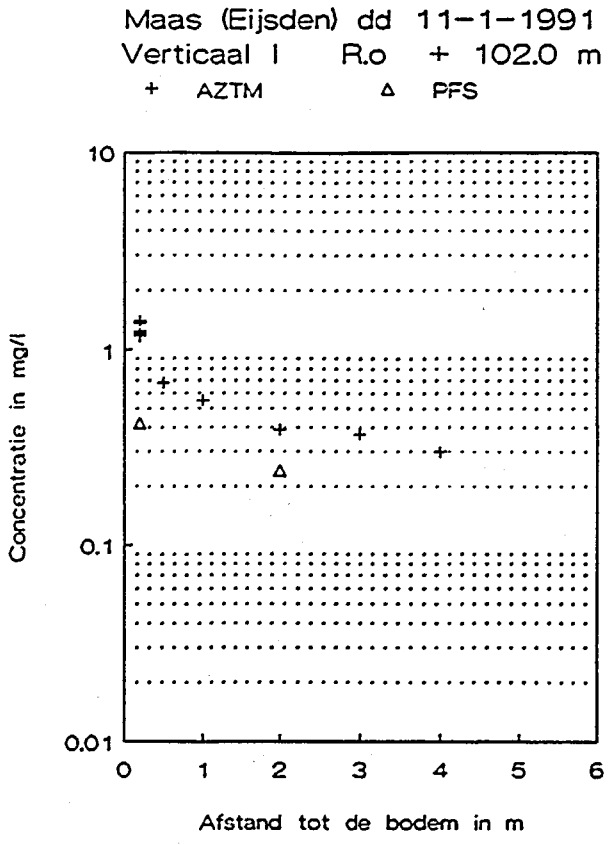


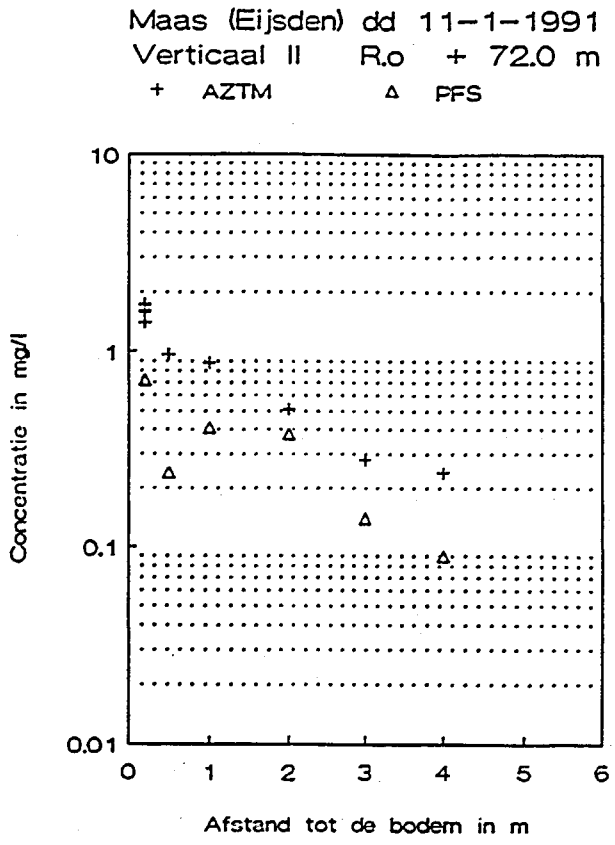


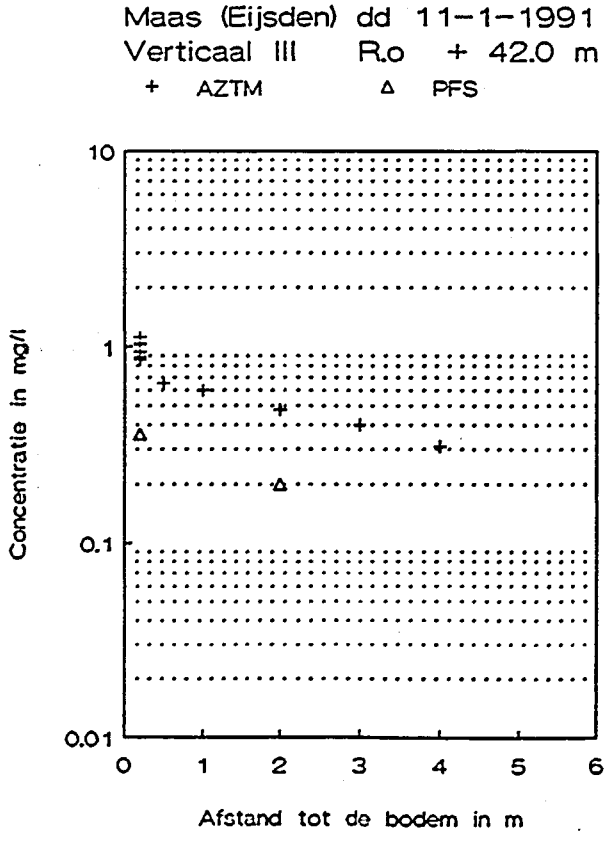


Figuur 12

Zwevend zandtransport Eijsden

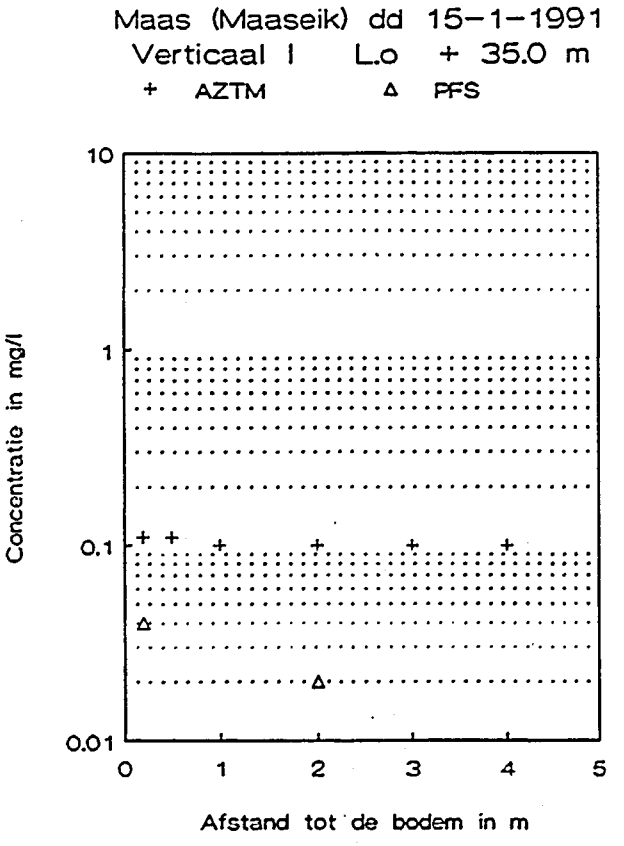


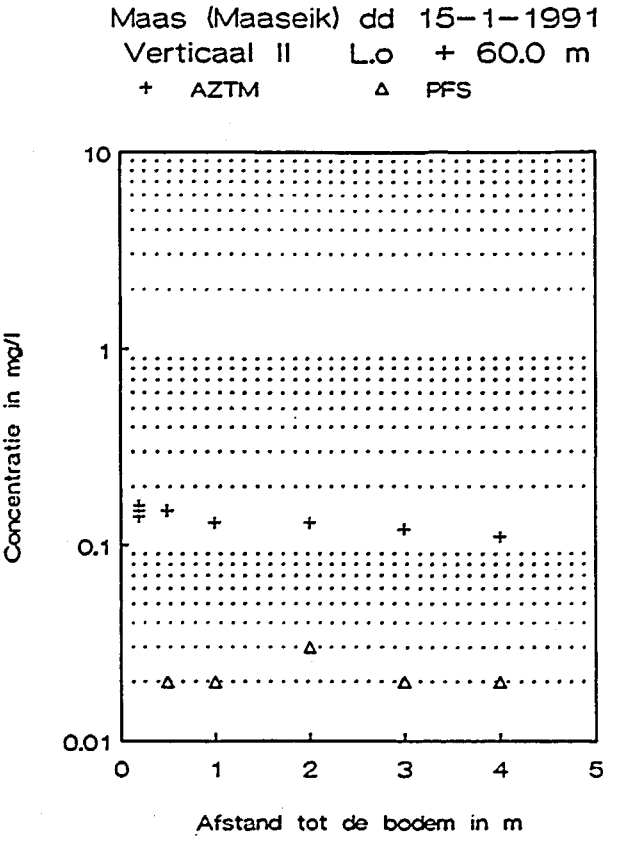


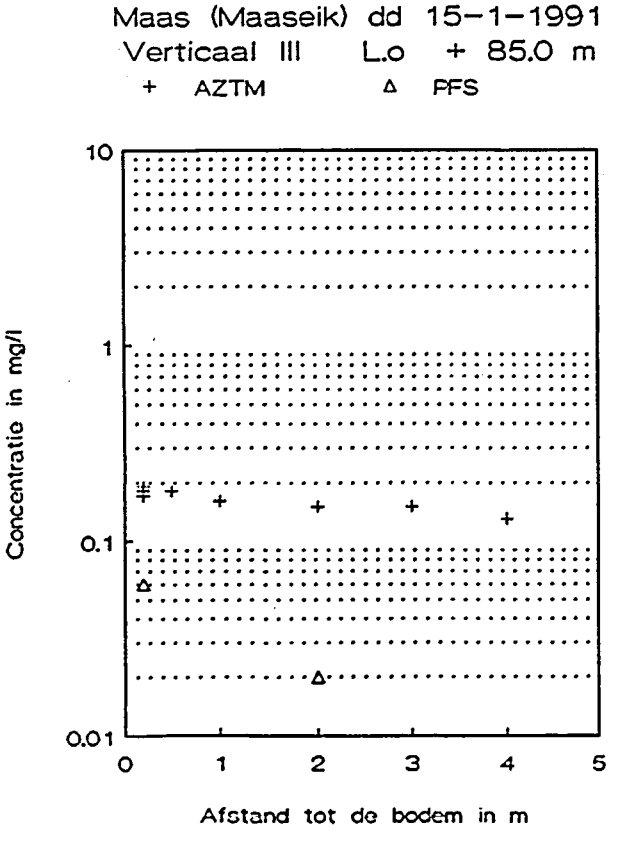


Figuur 13

Zwevend zandtransport Maaseik

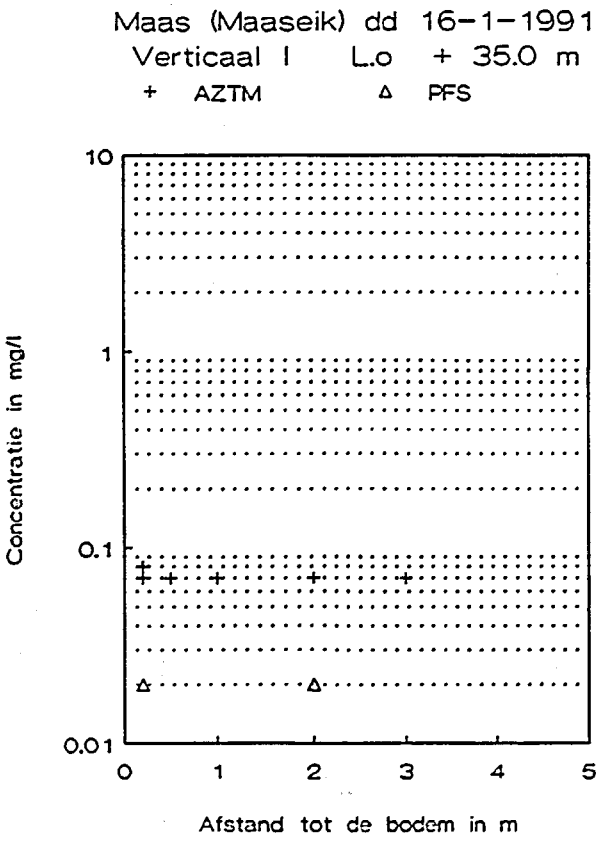


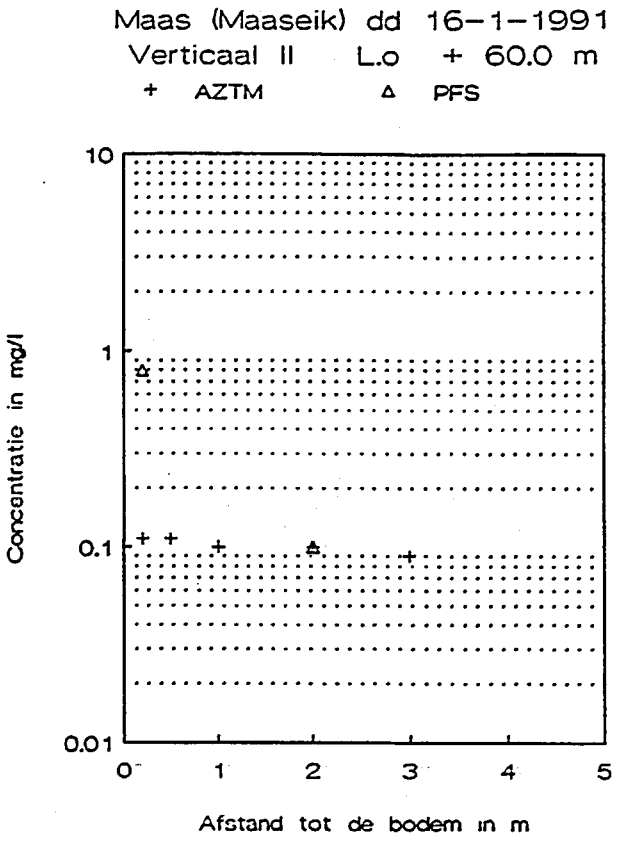


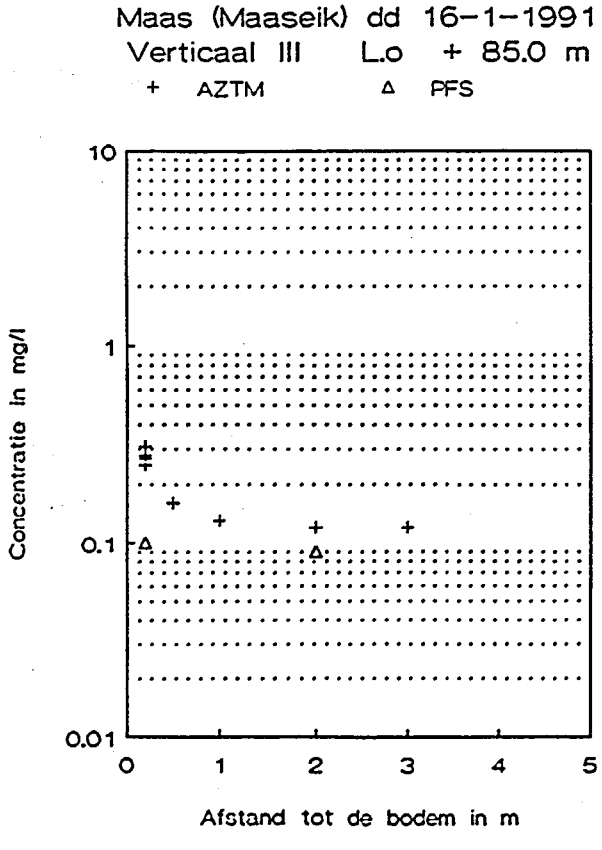


Figuur 14

Zwevend zandtransport Maaseik

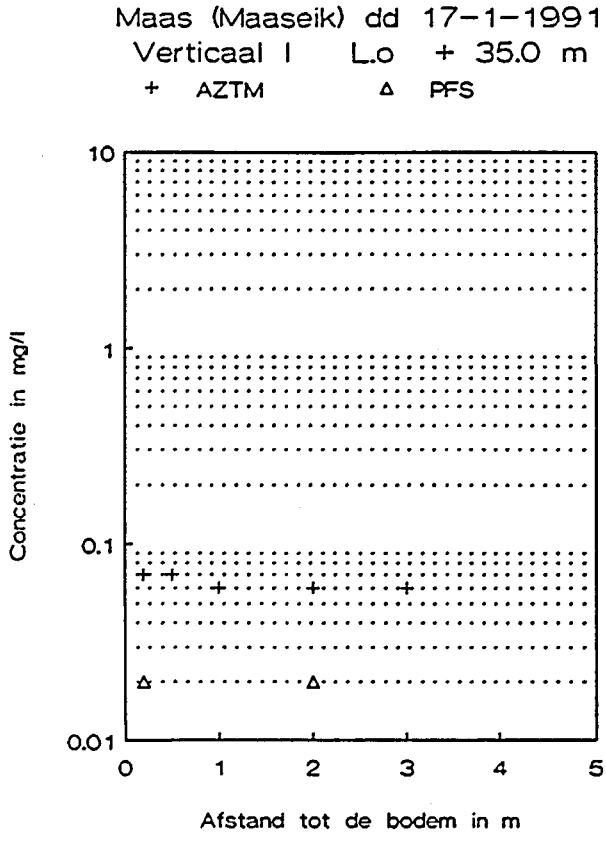


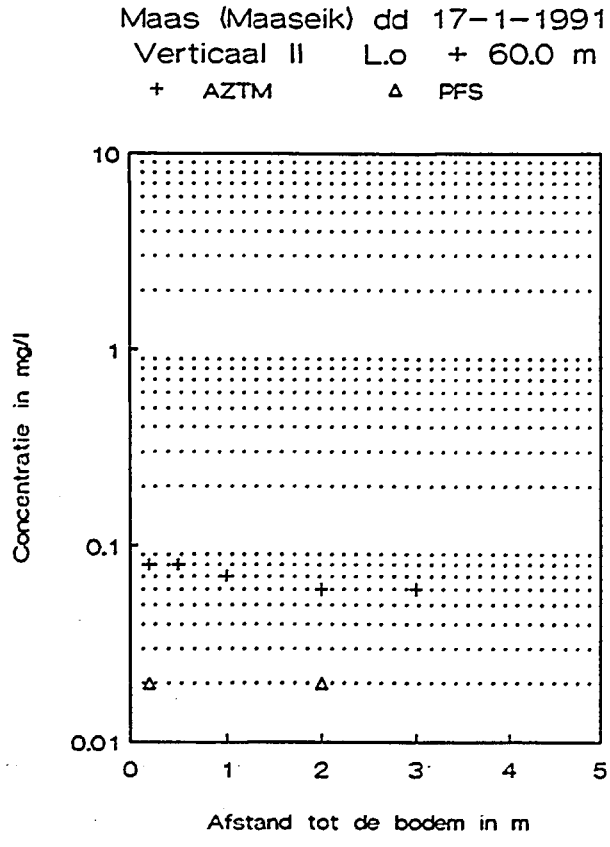


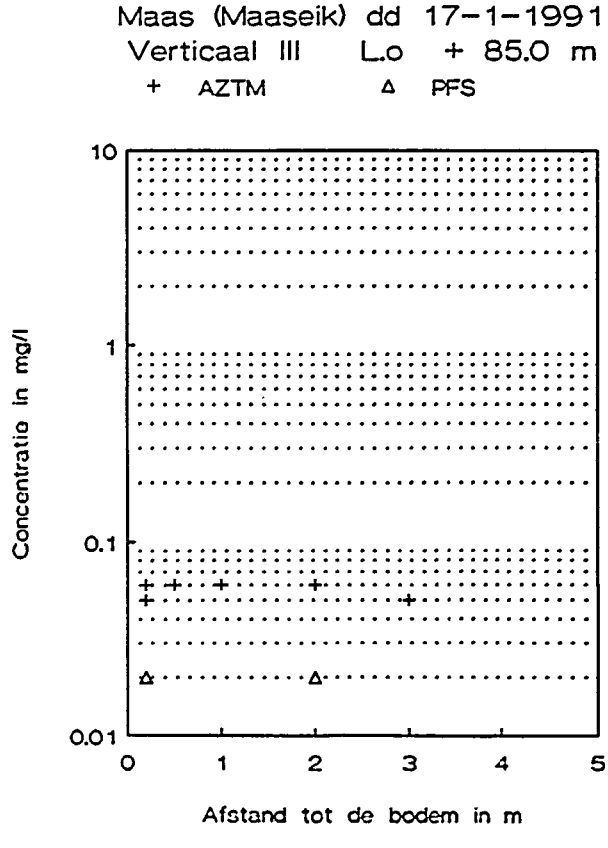


Figuur 15

Zwevend zandtransport Maaseik

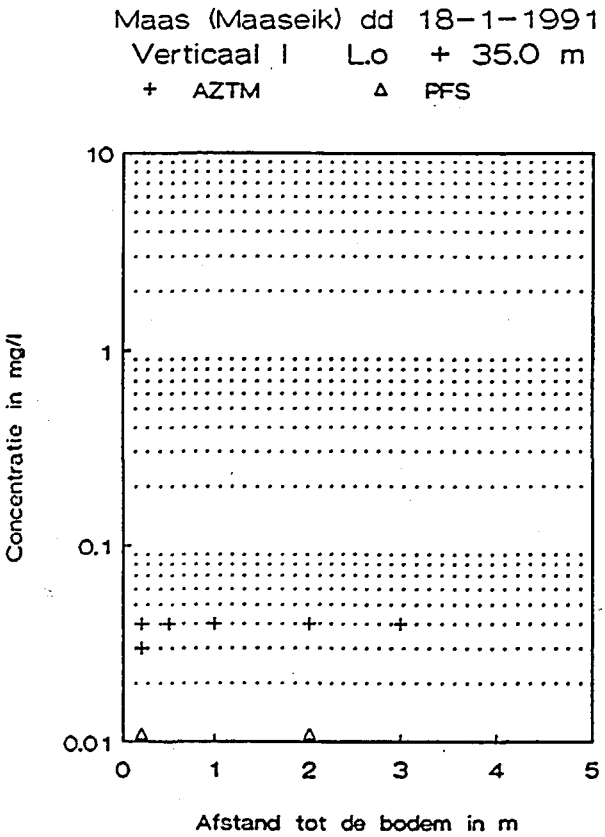


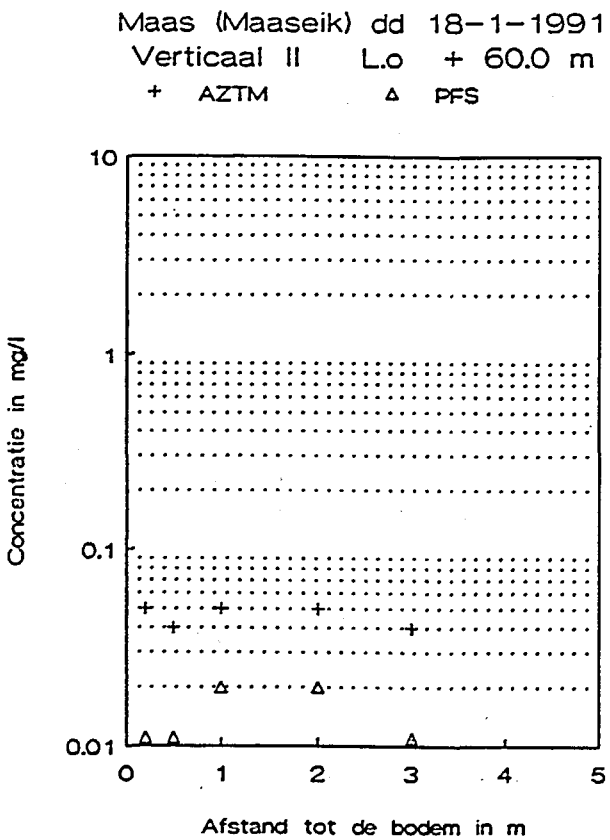


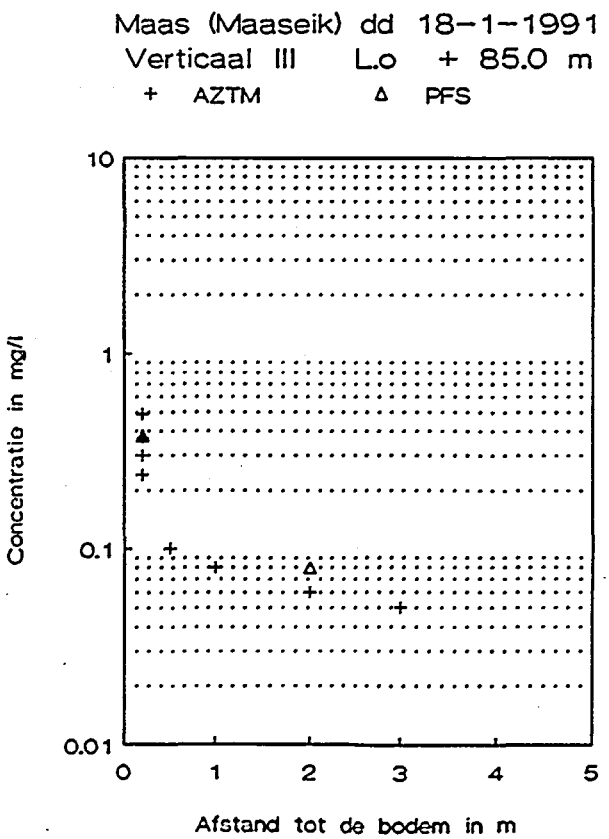


Figuur 16

Zwevend zandtransport Maaseik



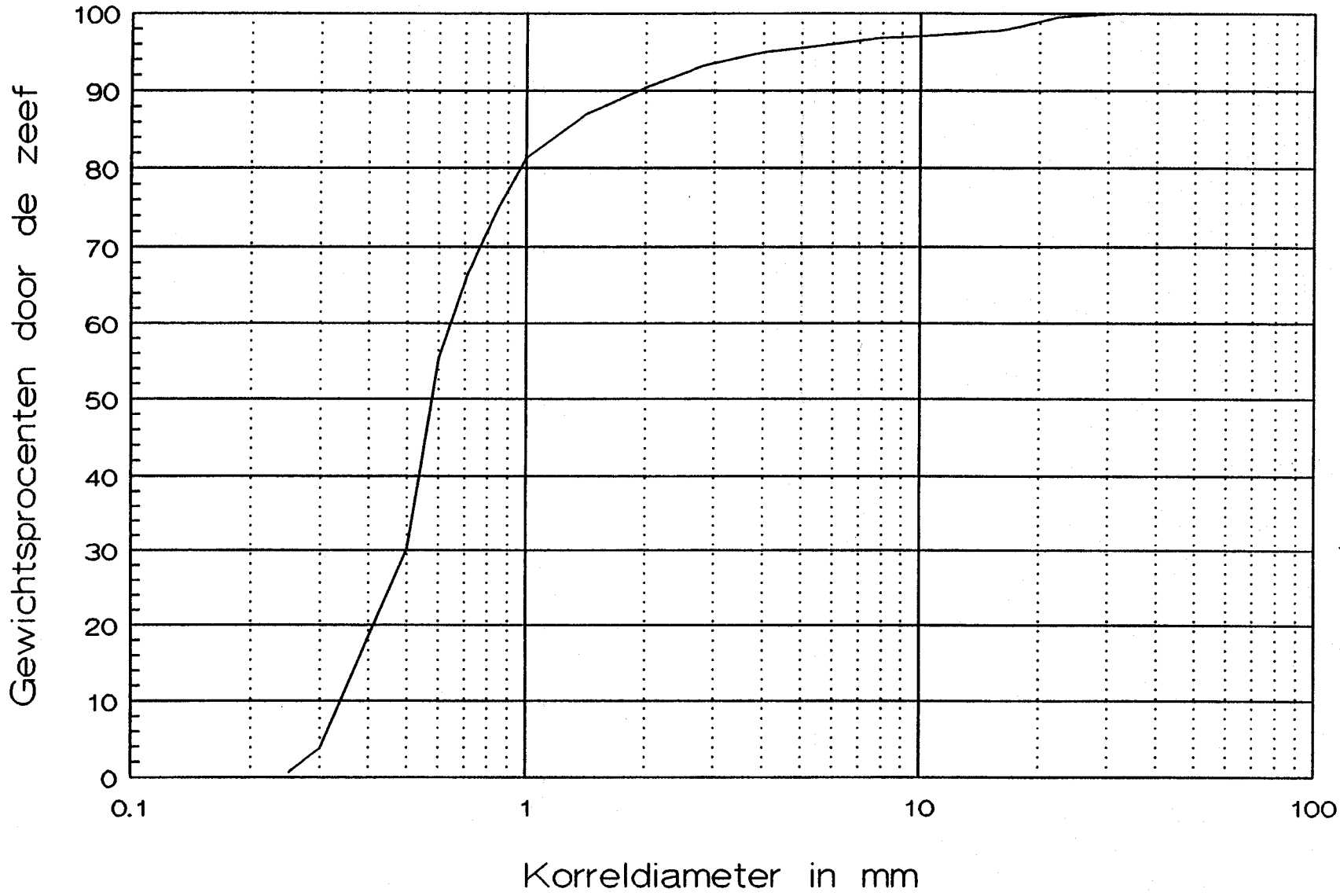




Figuur 17

Eijsden (km 6.500) 8-1-1991

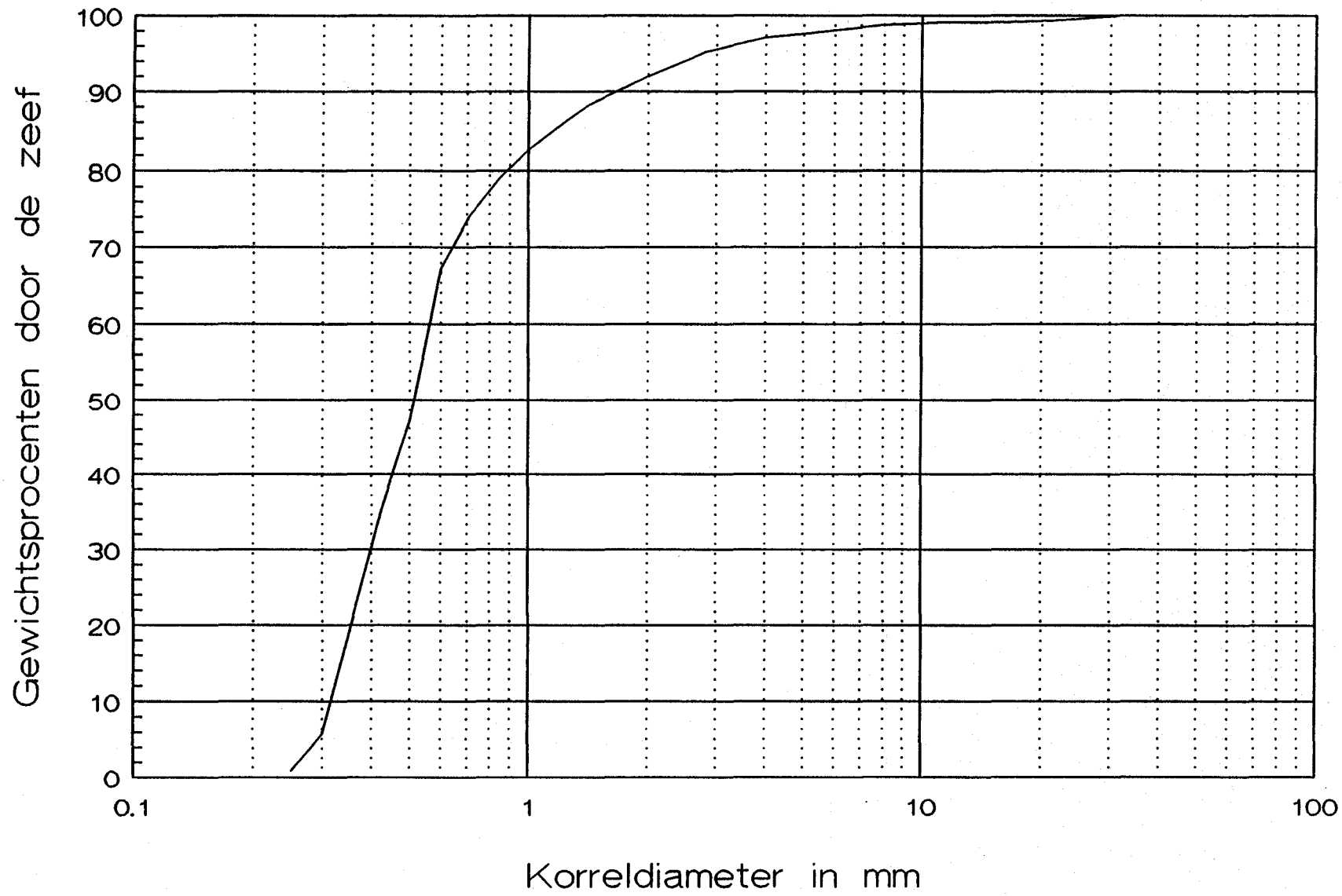
Zeefkromme Verticaal I



Figuur 18

Eijsden (km 6.500) 8-1-1991

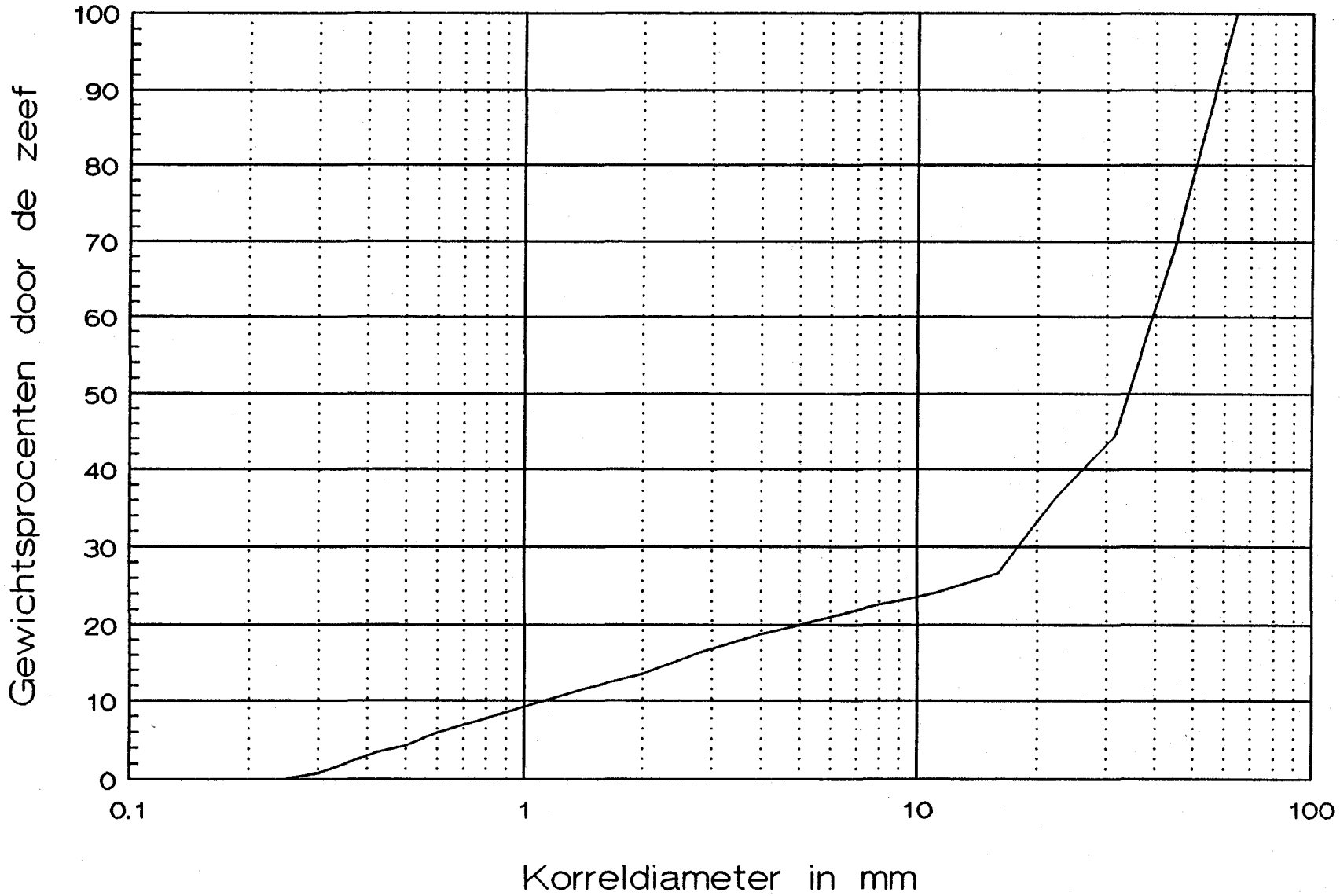
Zeefkromme Verticaal II



Figuur 19

Eijsden (km 6.500) 8-1-1991

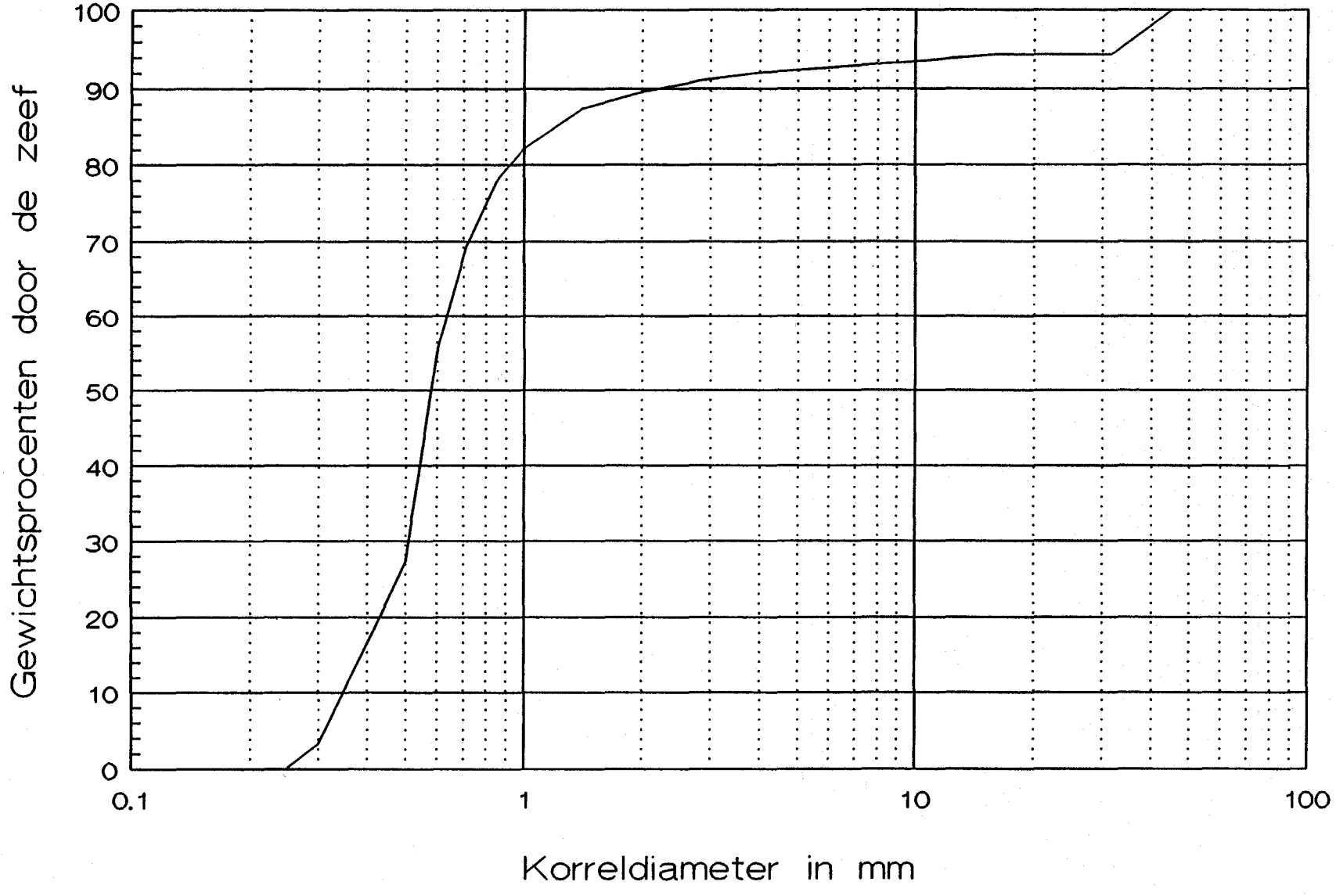
Zeefkromme Verticaal III



Figuur 20

Eijsden (km 6.500) 9-1-1991

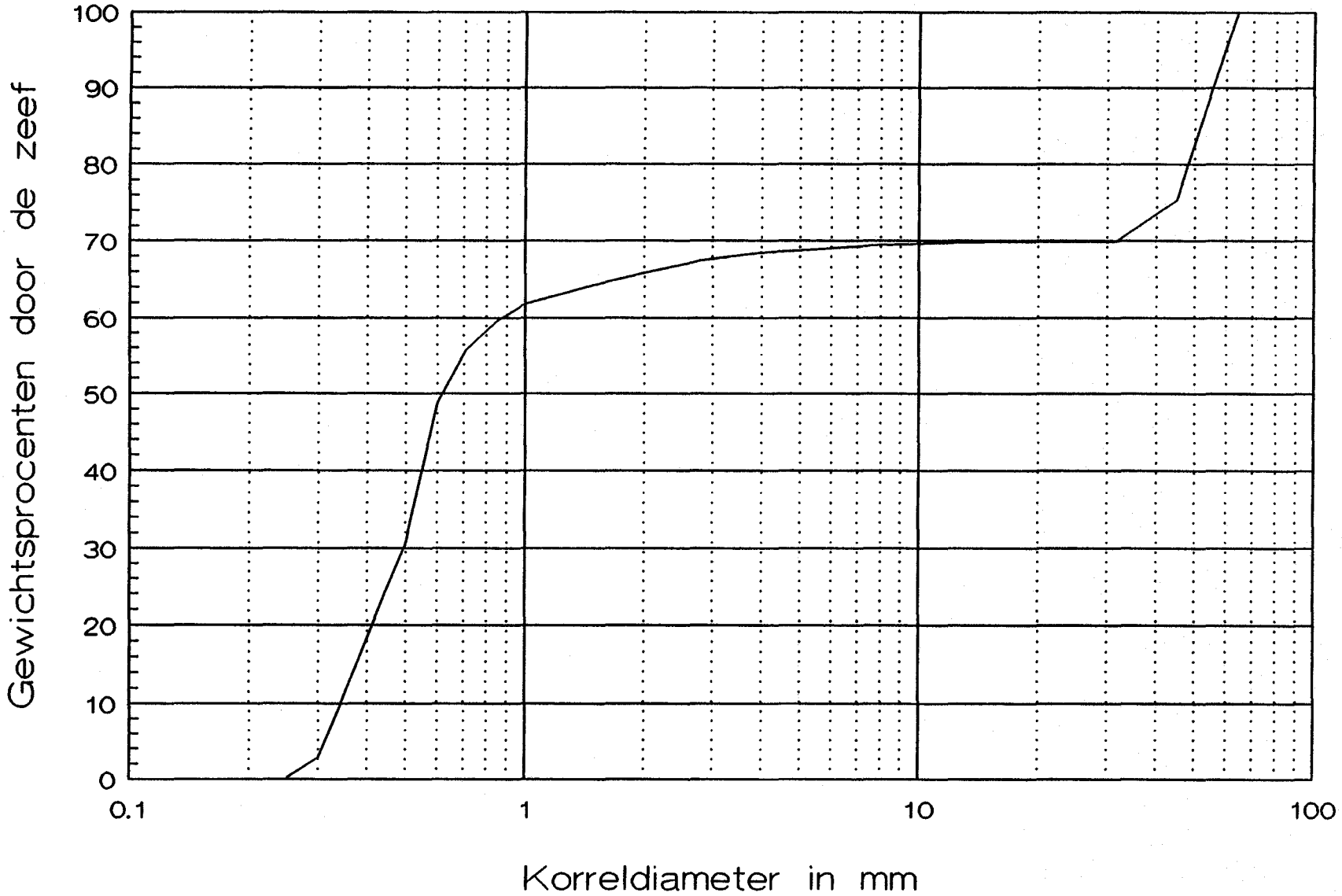
Zeefkromme Verticaal I



Figuur 21

Eijsden (km 6.500) 9-1-1991

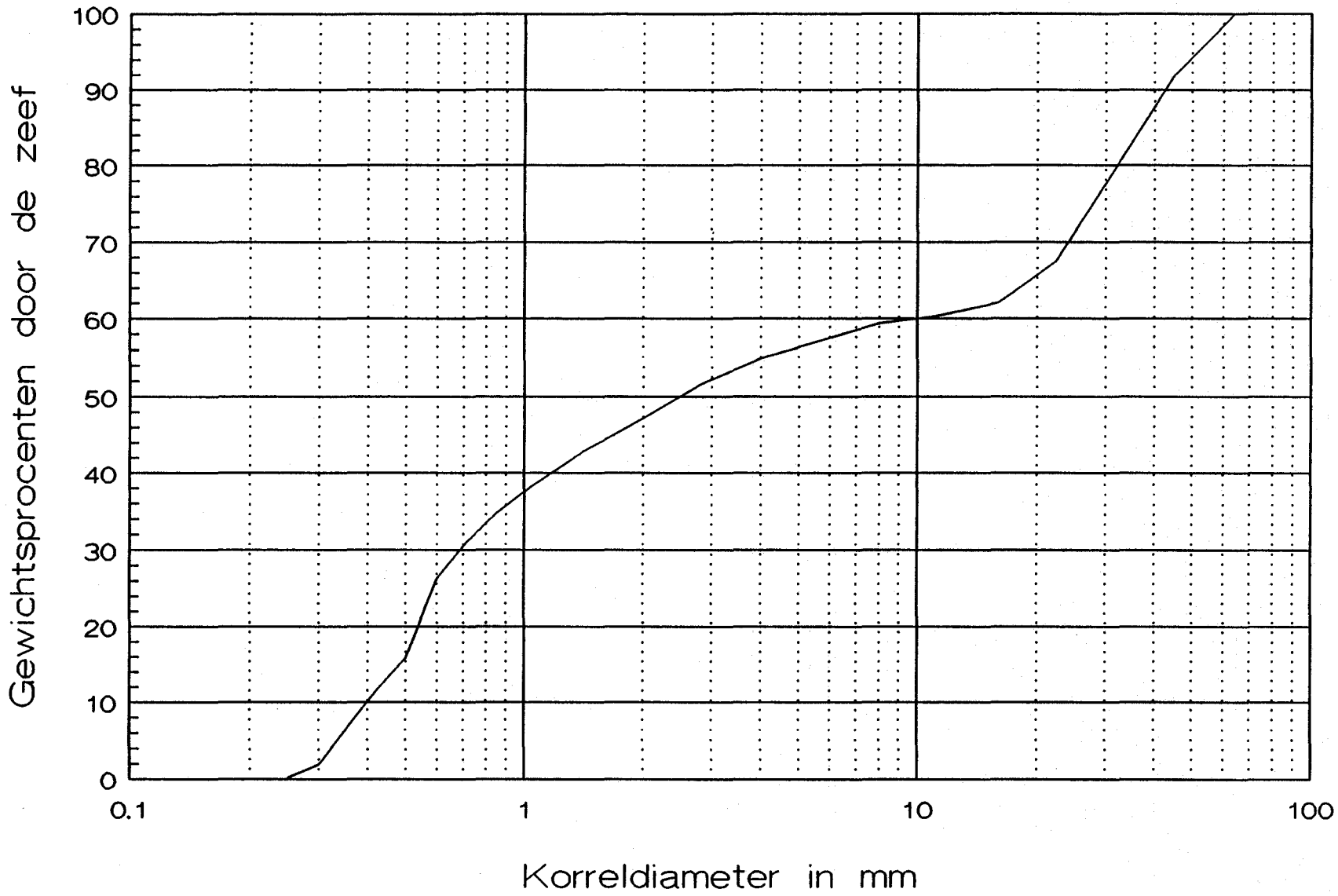
Zeefkromme Verticaal II



Figuur 22

Eijsden (km 6.500) 9-1-1991

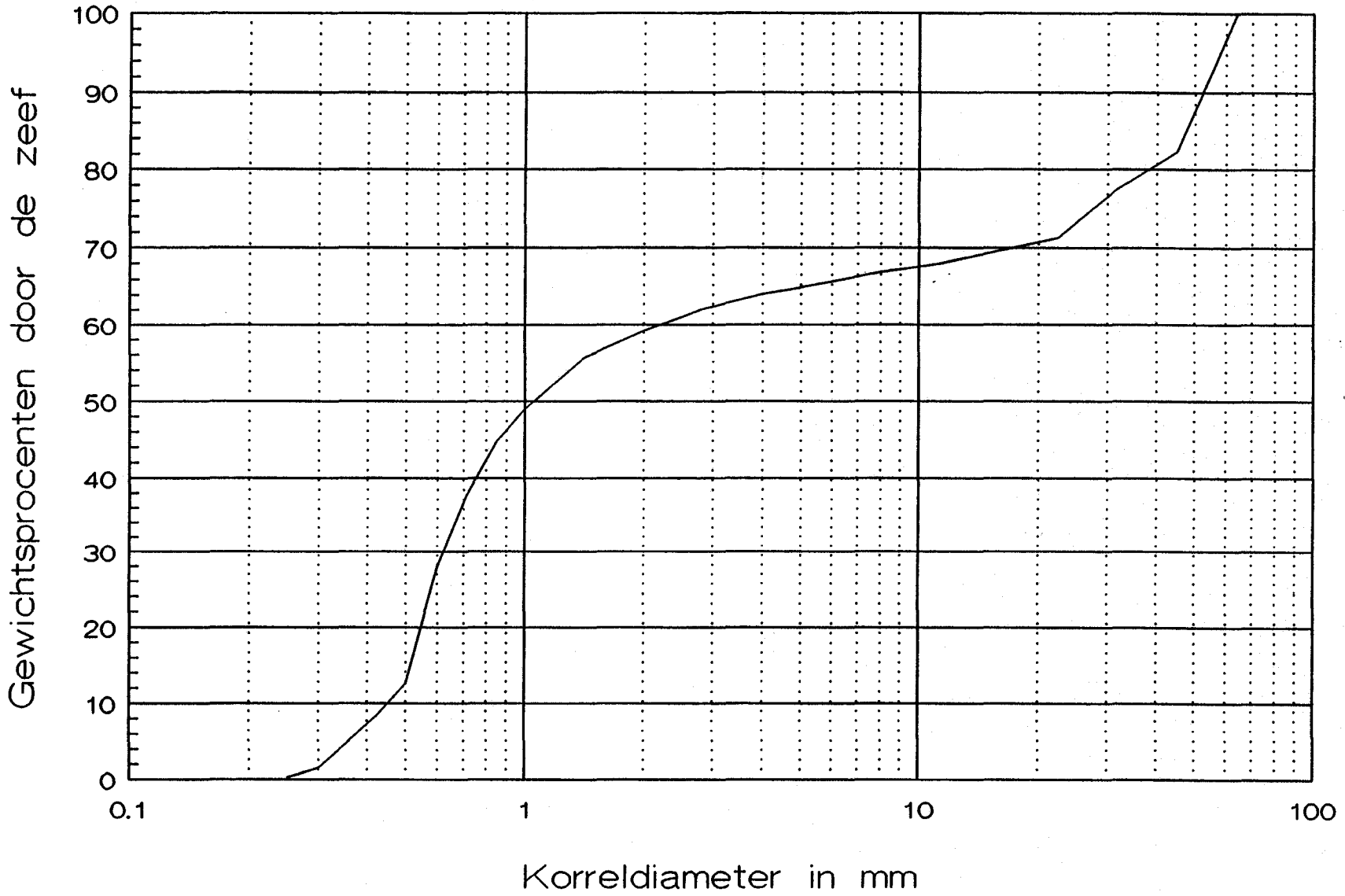
Zeefkromme Verticaal III



Figuur 23

Eijsden (km 6.500) 10-1-1991

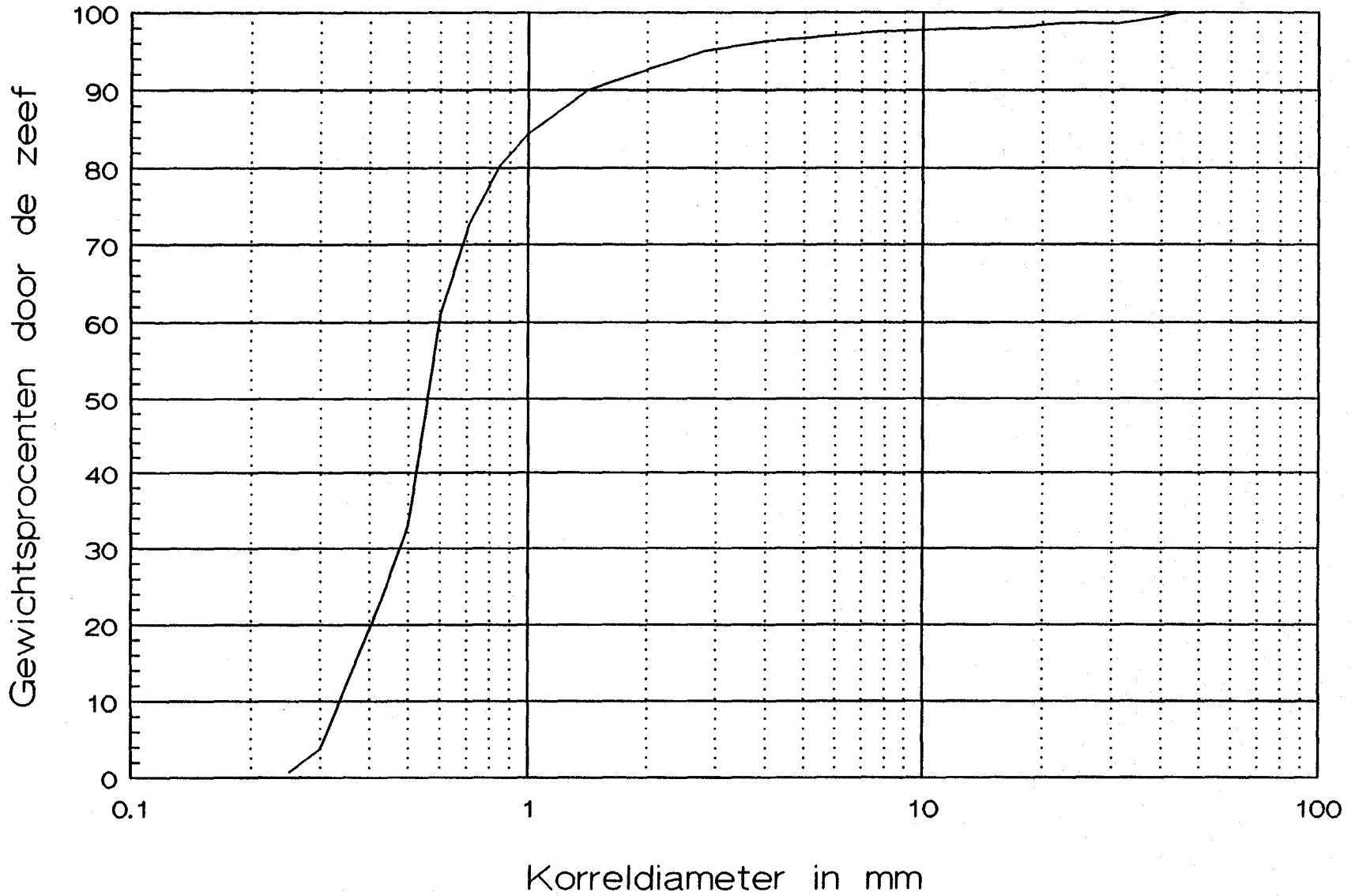
Zeefkromme Verticaal I



Figuur 24

Eijsden (km 6.500) 10-1-1991

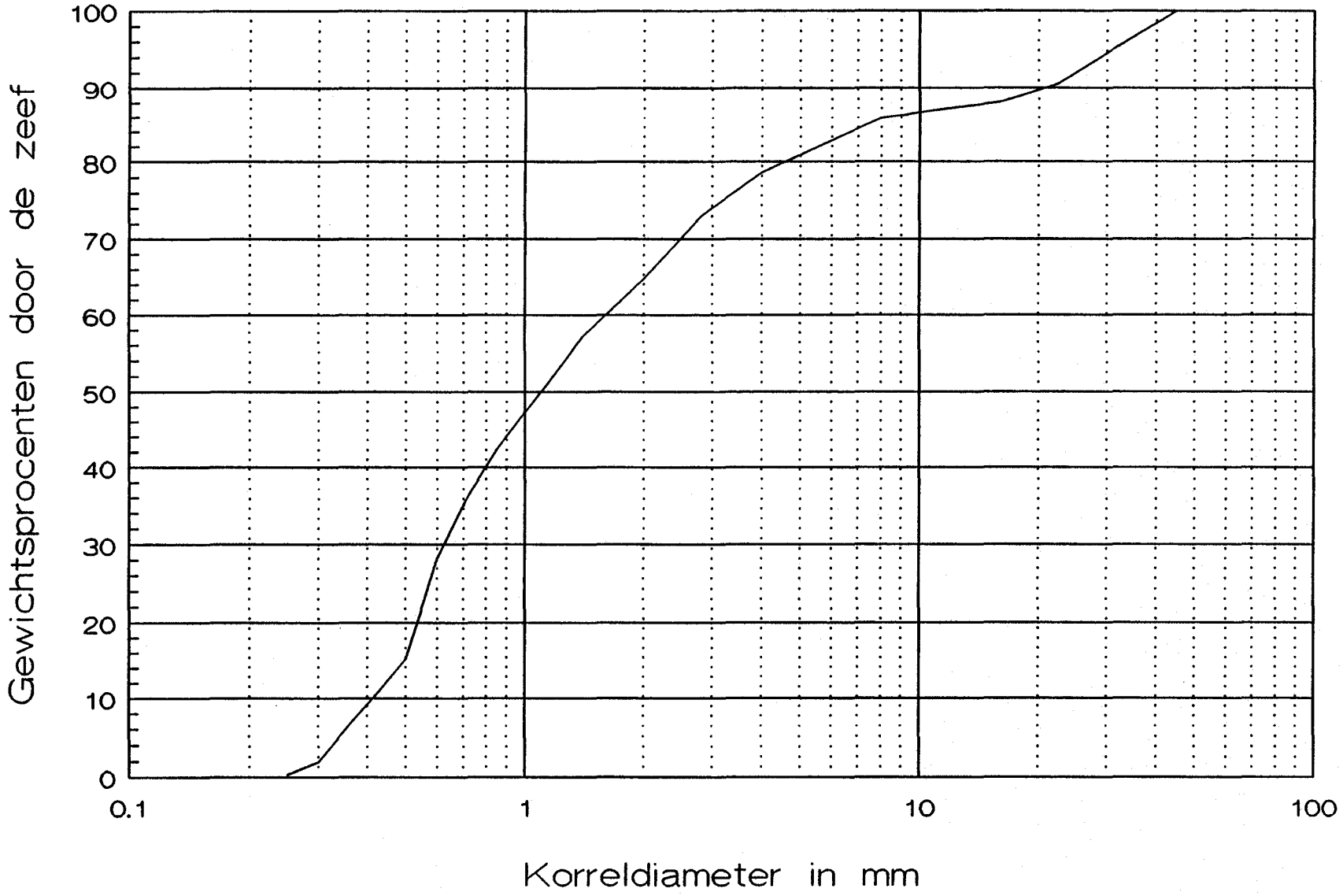
Zeefkromme Verticaal II



Figuur 25

Eijsden (km 6.500) 10-1-1991

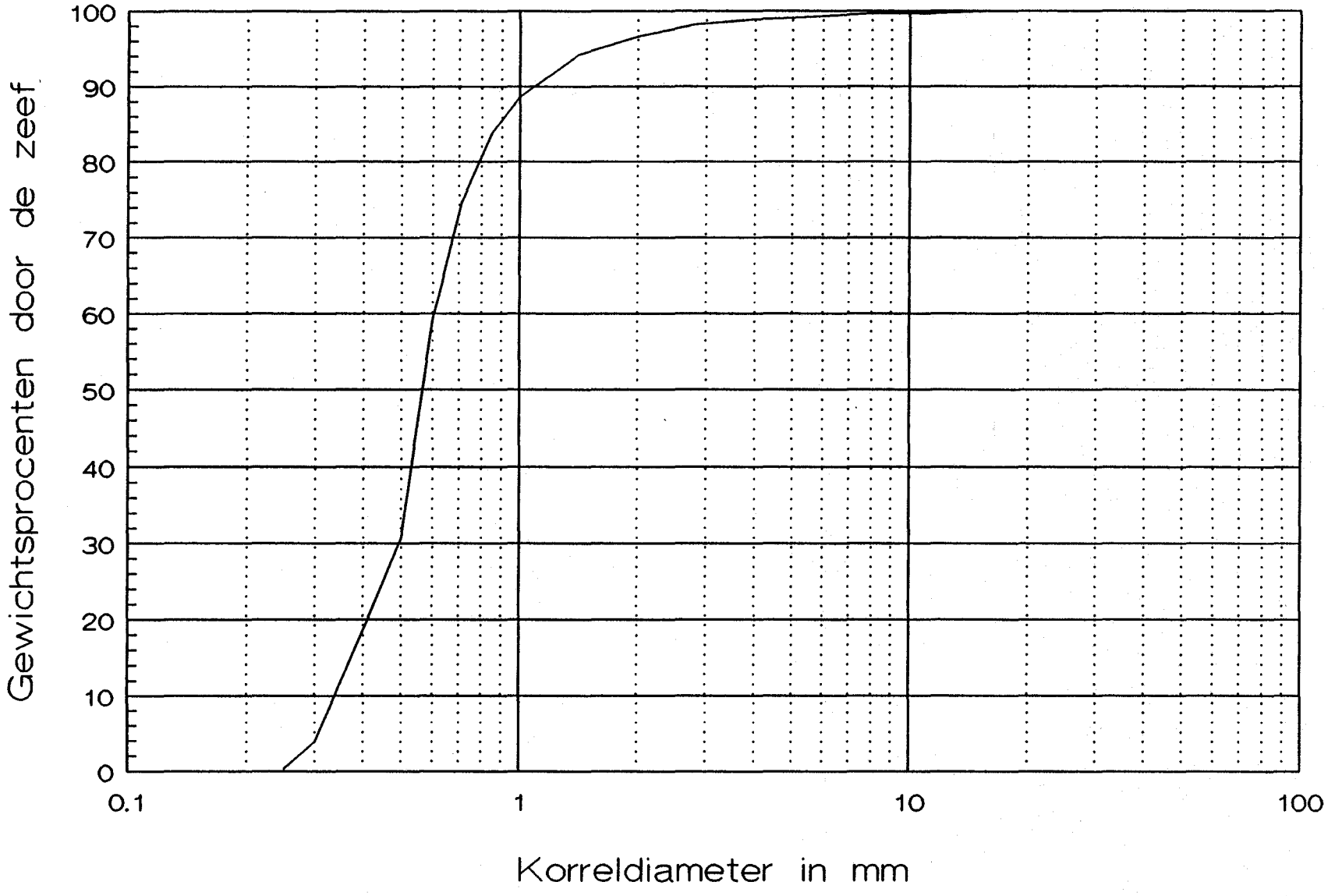
Zeefkromme Verticaal III



Figuur 26

Eijsden (km 6.500) 11-1-1991

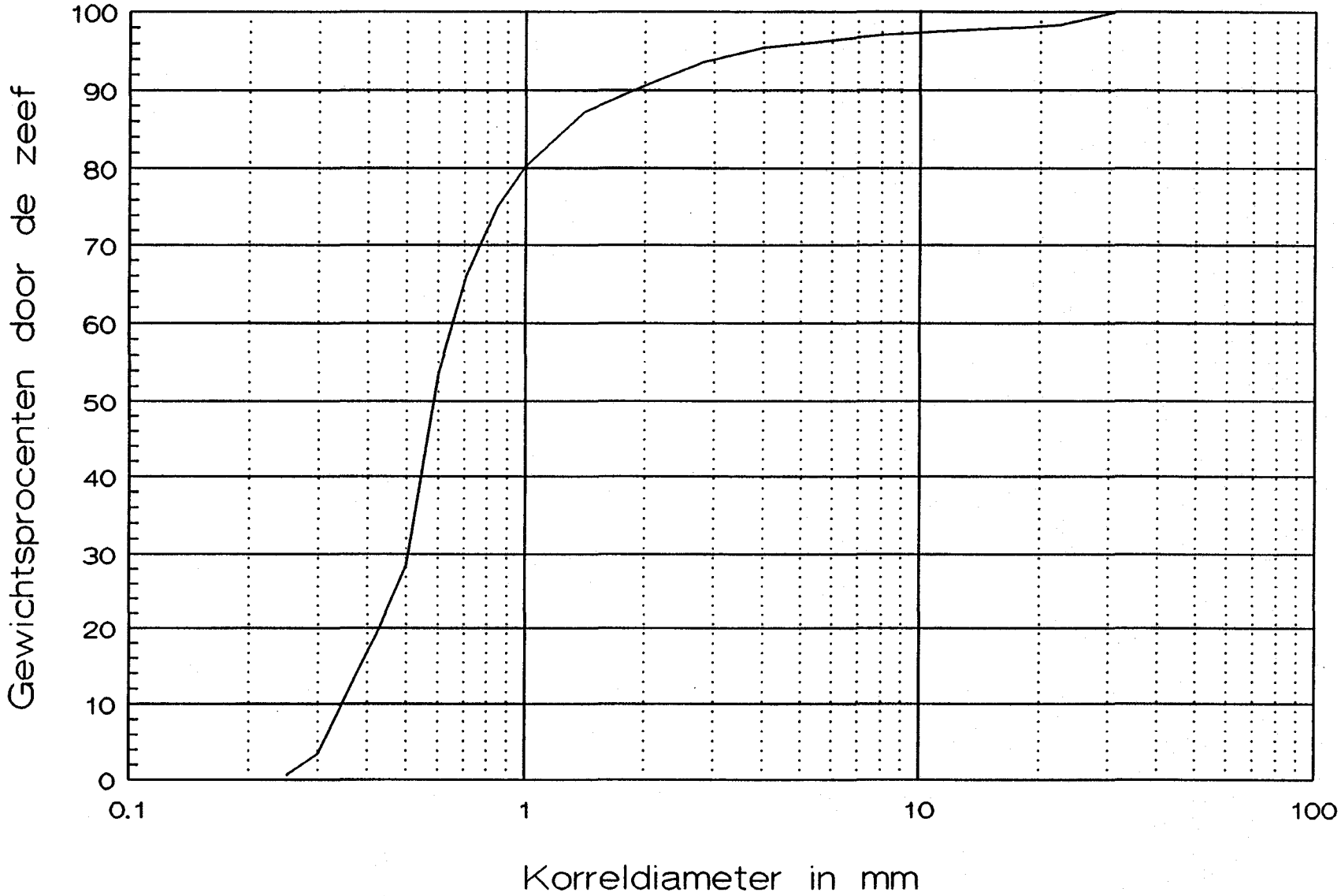
Zeefkromme Verticaal I



Figuur 27

Eijsden (km 6.500) 11-1-1991

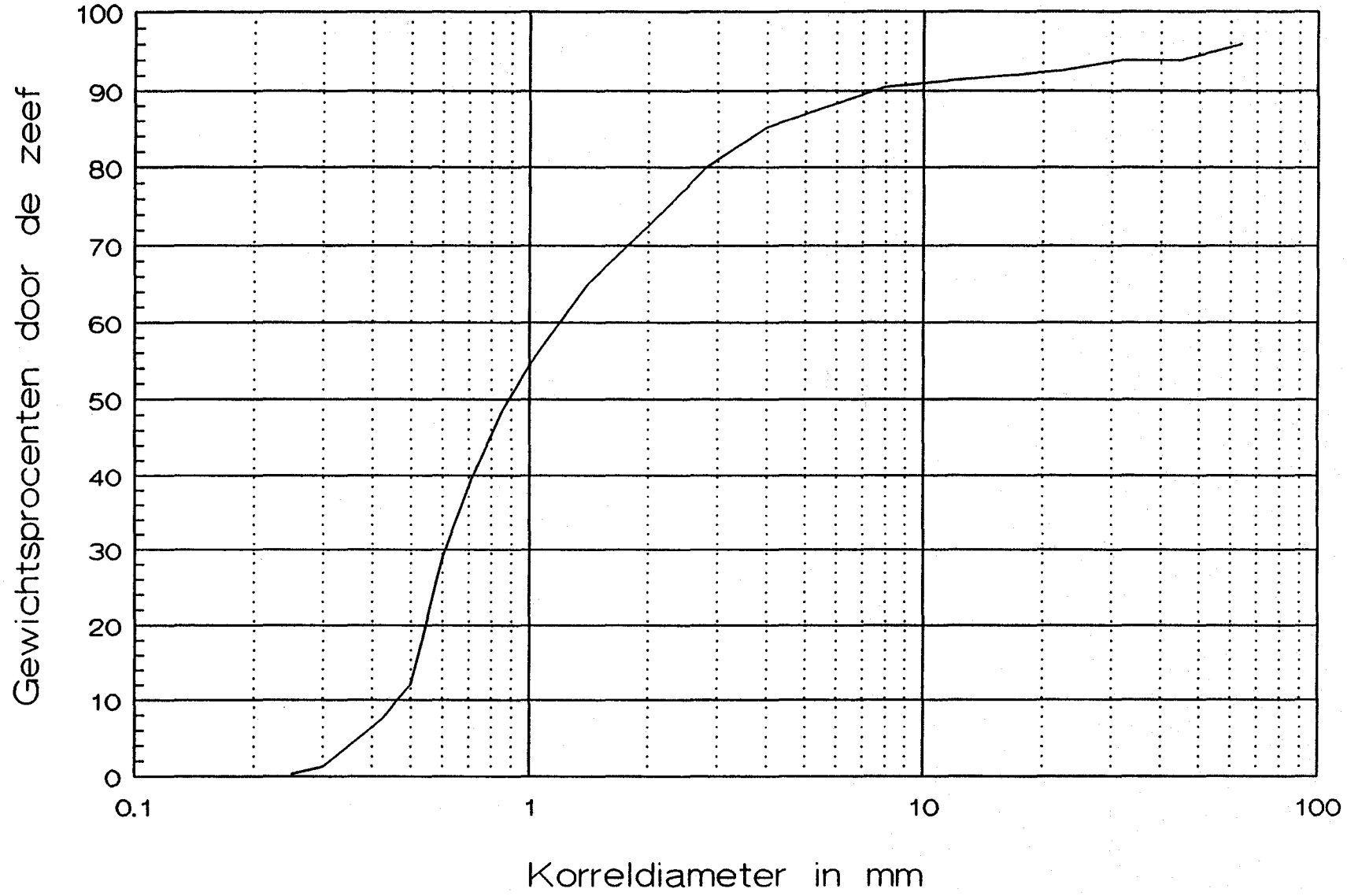
Zeefkromme Verticaal II



Figuur 28

Eijsden (km 6.500) 11-1-1991

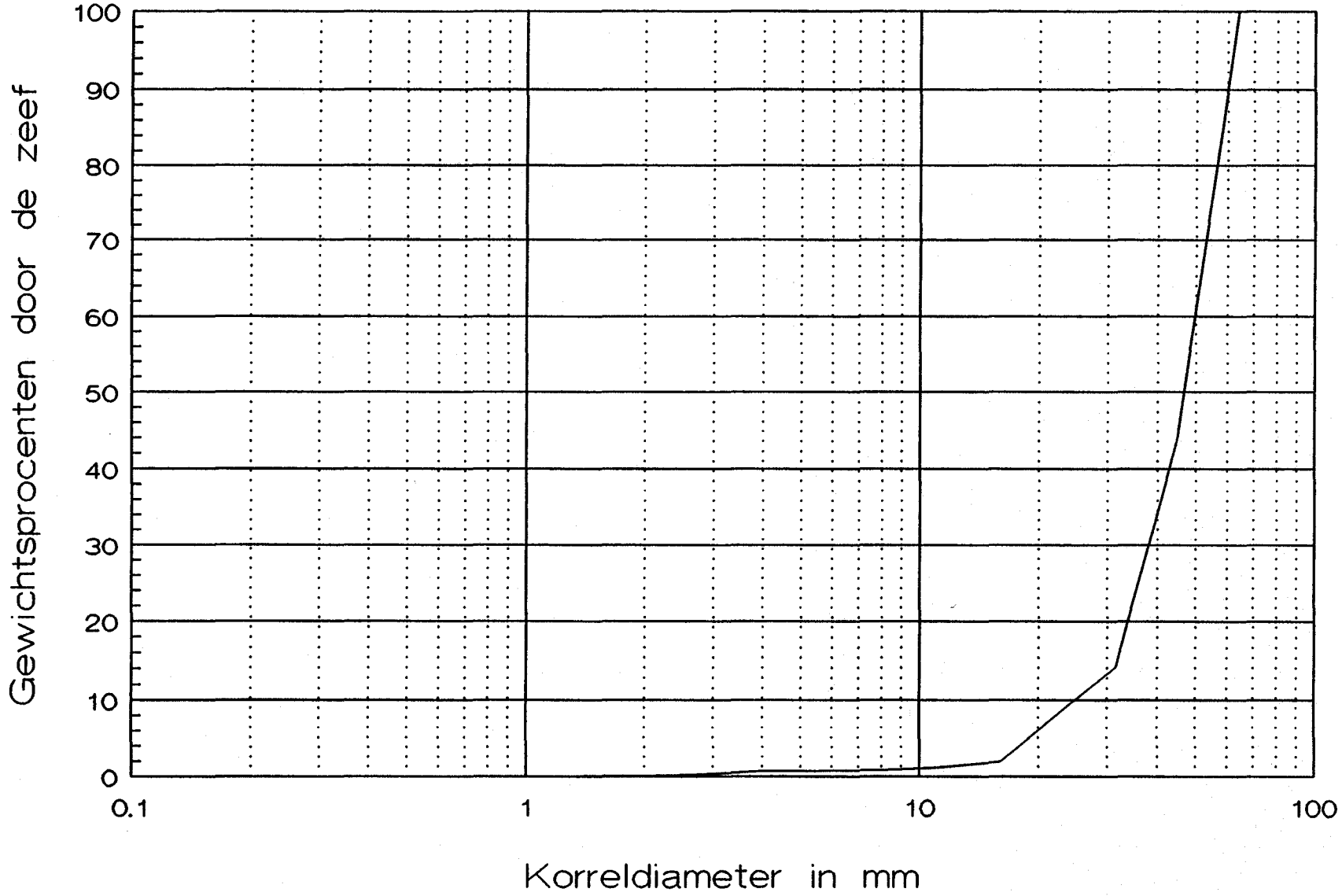
Zeefkromme Verticaal III



Figuur 29

Maaseik (km 54.000) 15-1-1991

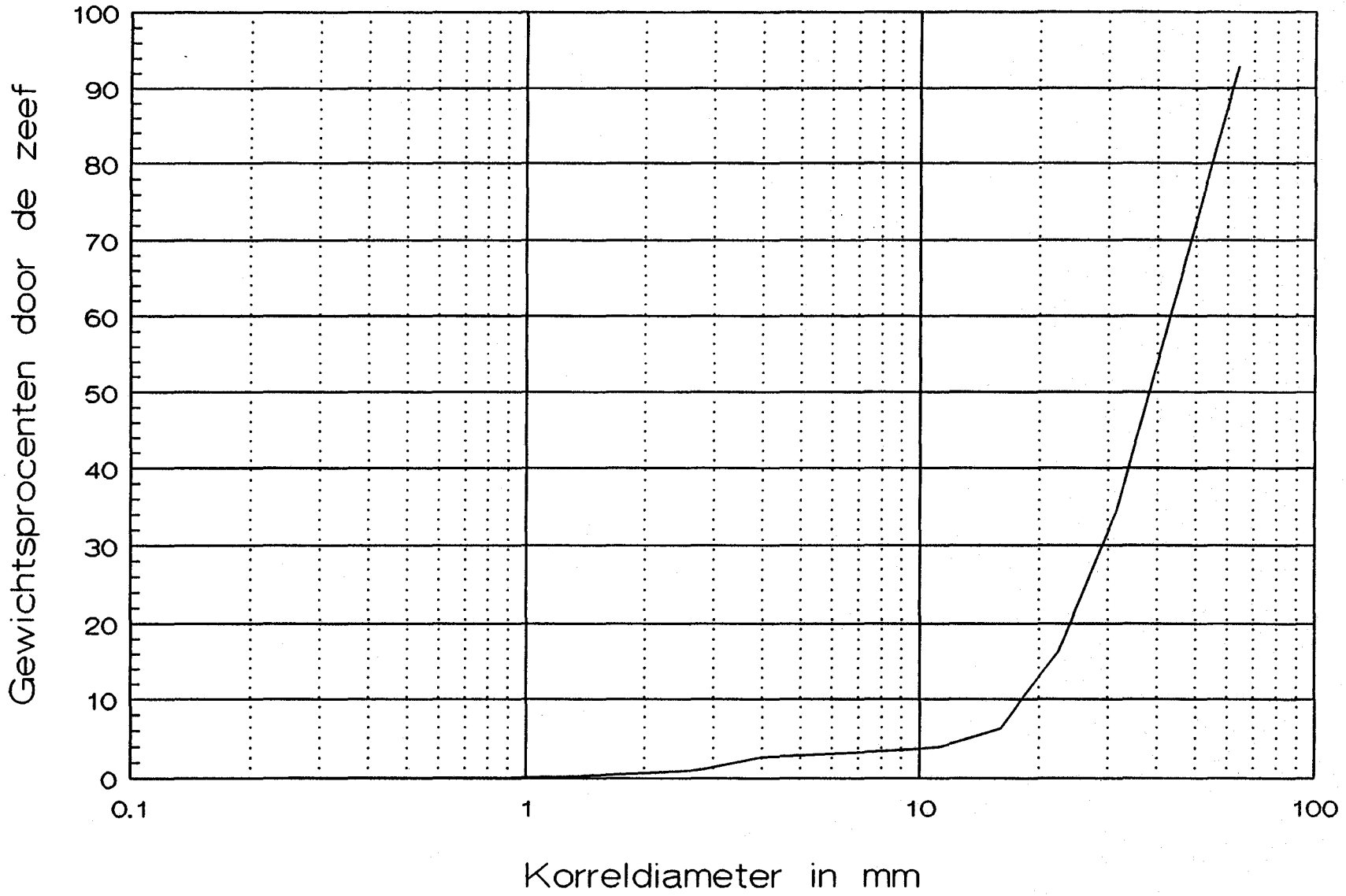
Zeefkromme Verticaal I



Figuur 30

Maaseik (km 54.000) 15-1-1991

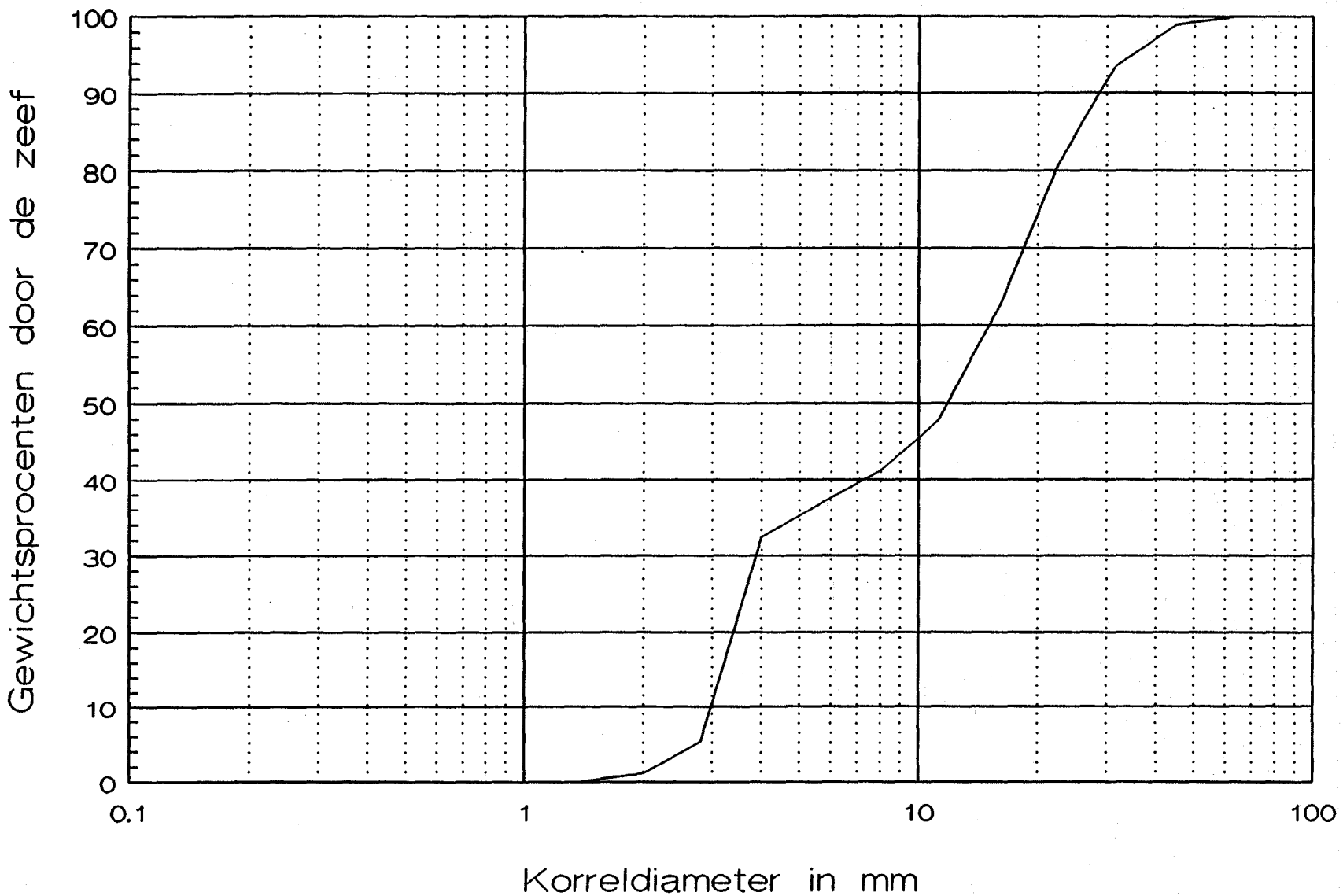
Zeefkromme Verticaal II



Figuur 31

Maaseik (km 54.000) 15-1-1991

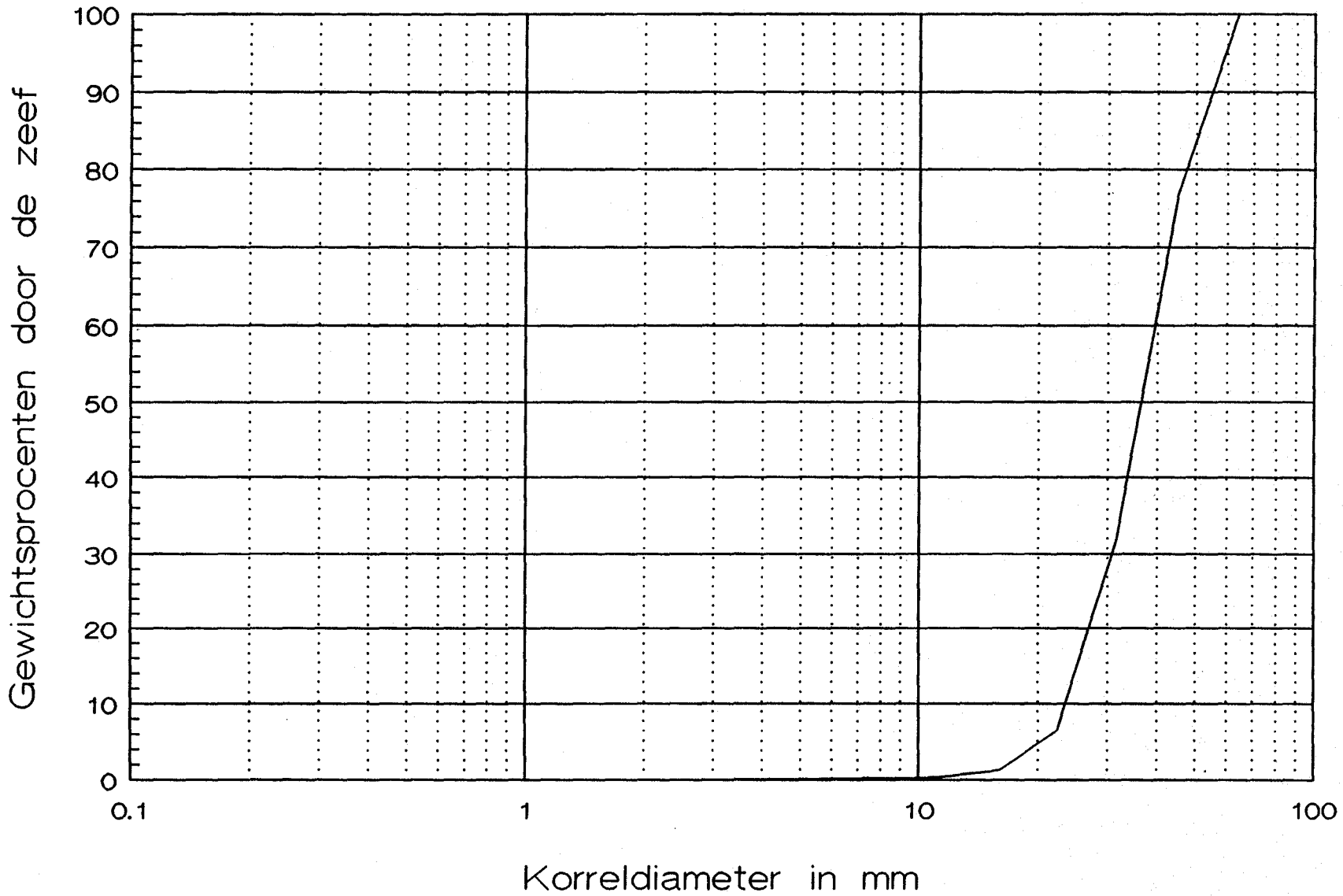
Zeefkromme Verticaal III



Figuur 32

Maaseik (km 54.000) 16-1-1991

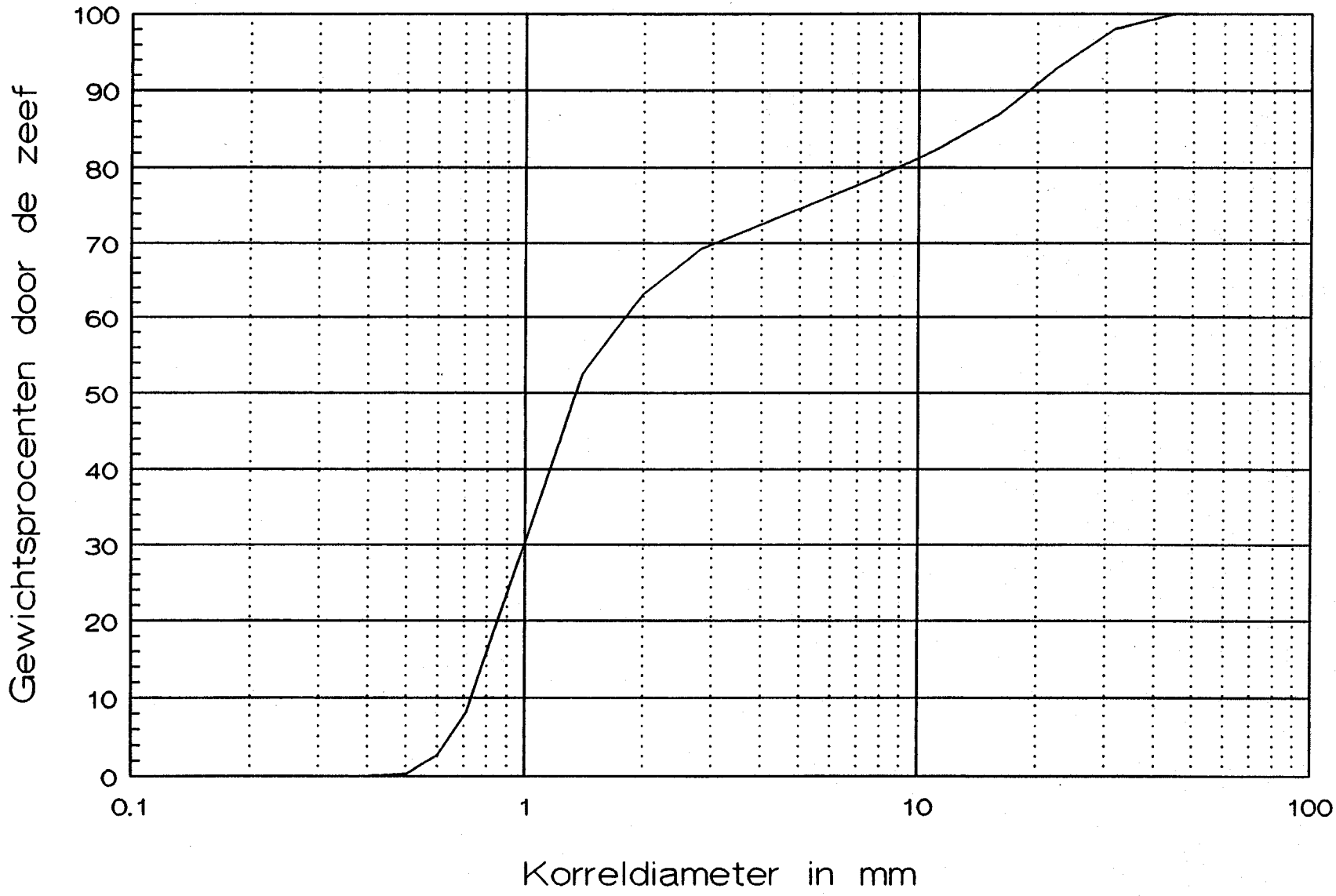
Zeefkromme Verticaal II



Figuur 33

Maaseik (km 54.000) 16-1-1991

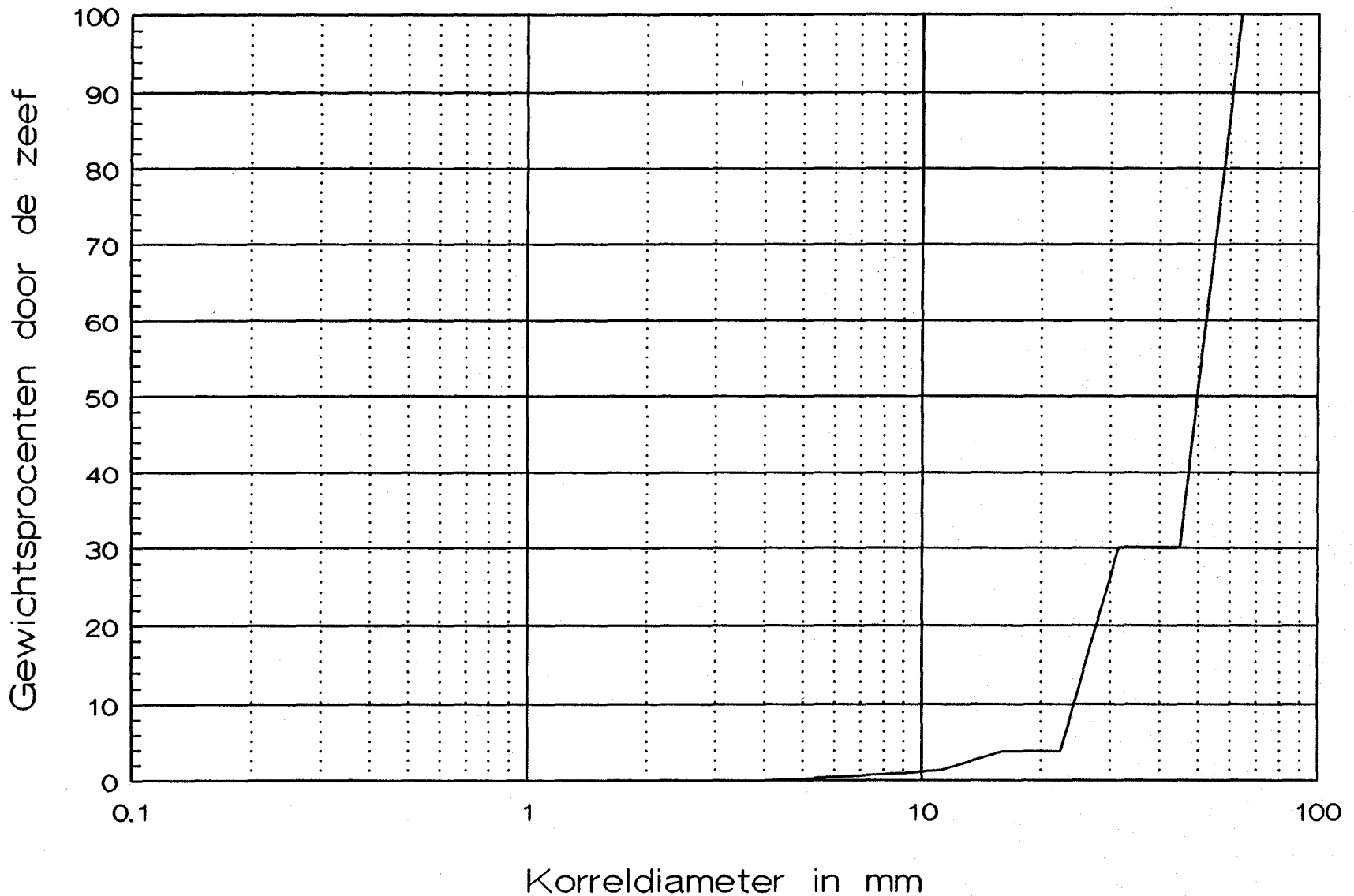
Zeefkromme Verticaal III



Figuur 34

Maaseik (km 54.000) 17-1-1991

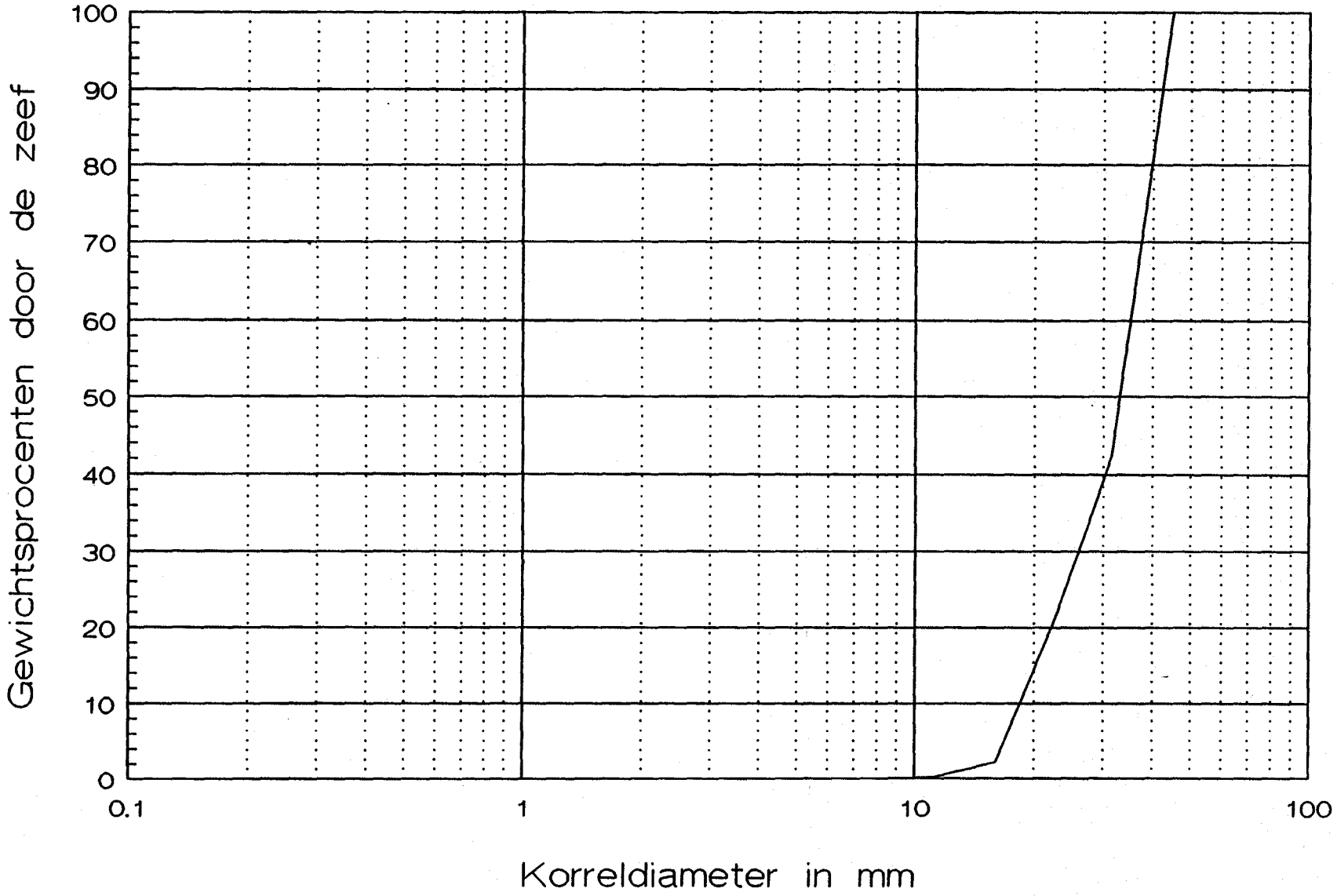
Zeefkromme Verticaal I



Figuur 35

Maaseik (km 54.000) 17-1-1991

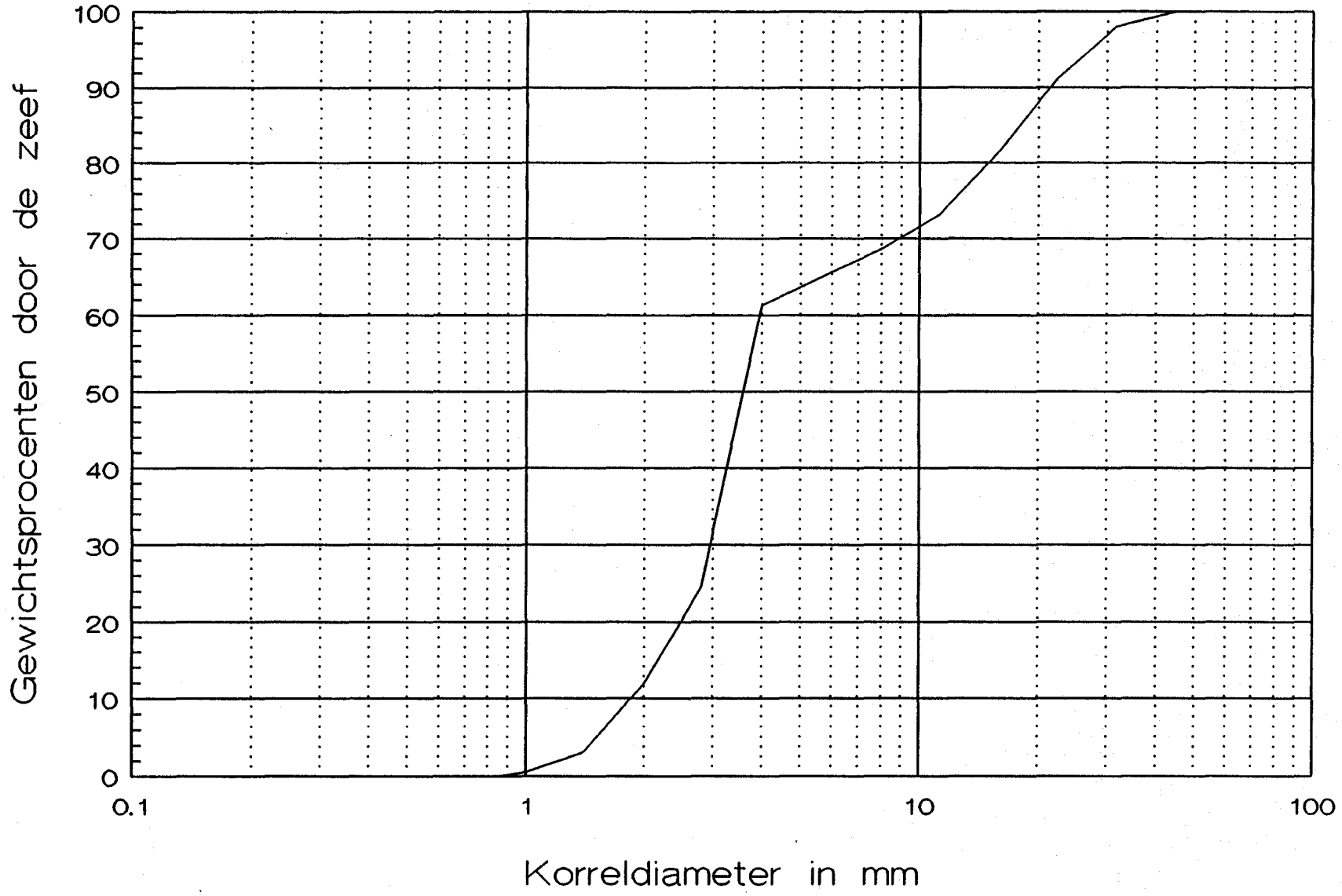
Zeefkromme Verticaal II



Figuur 36

Maaseik (km 54.000) 17-1-1991

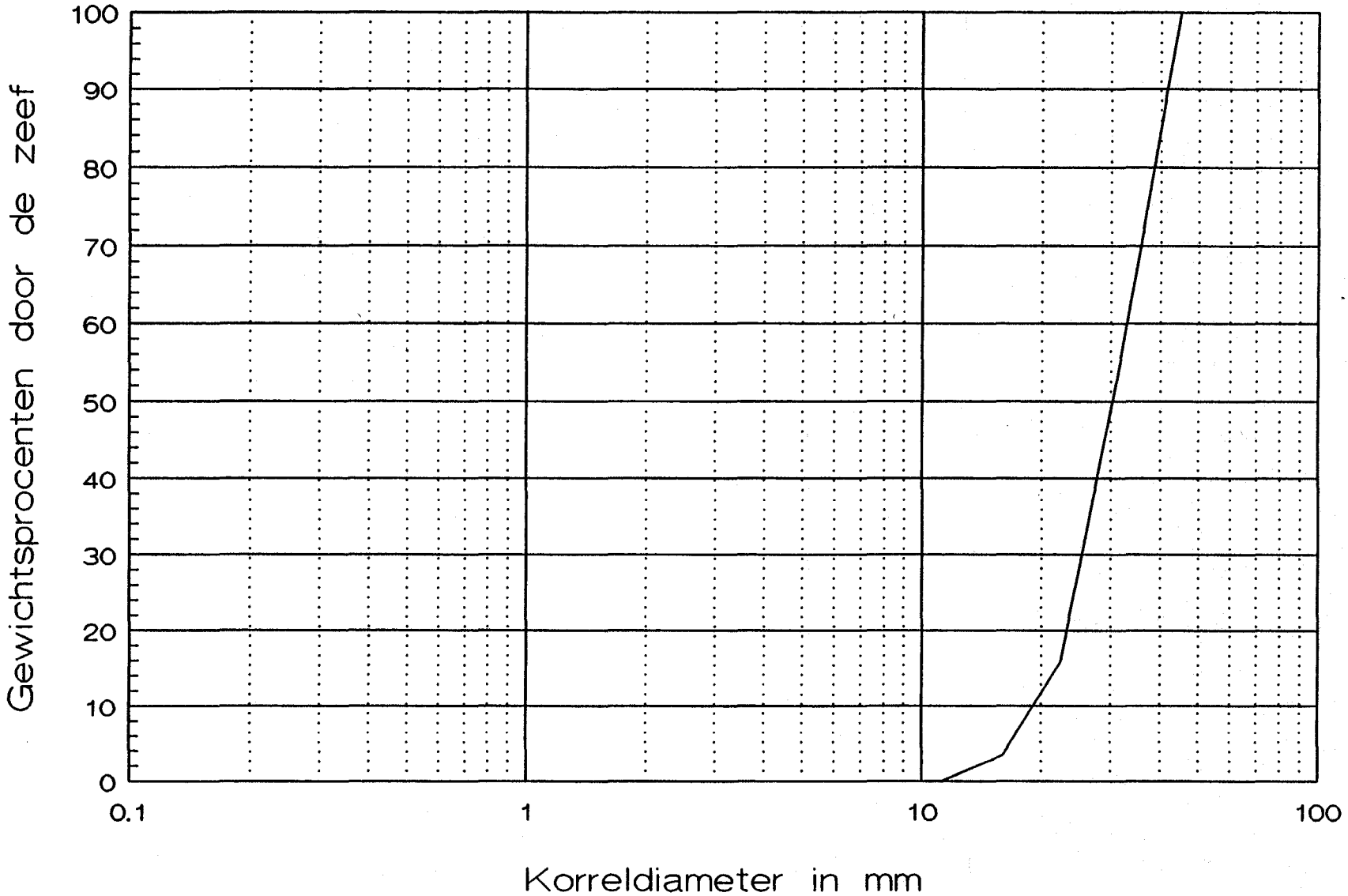
Zeefkromme Verticaal III



Figuur 37

Maaseik (km 54.000) 18-1-1991

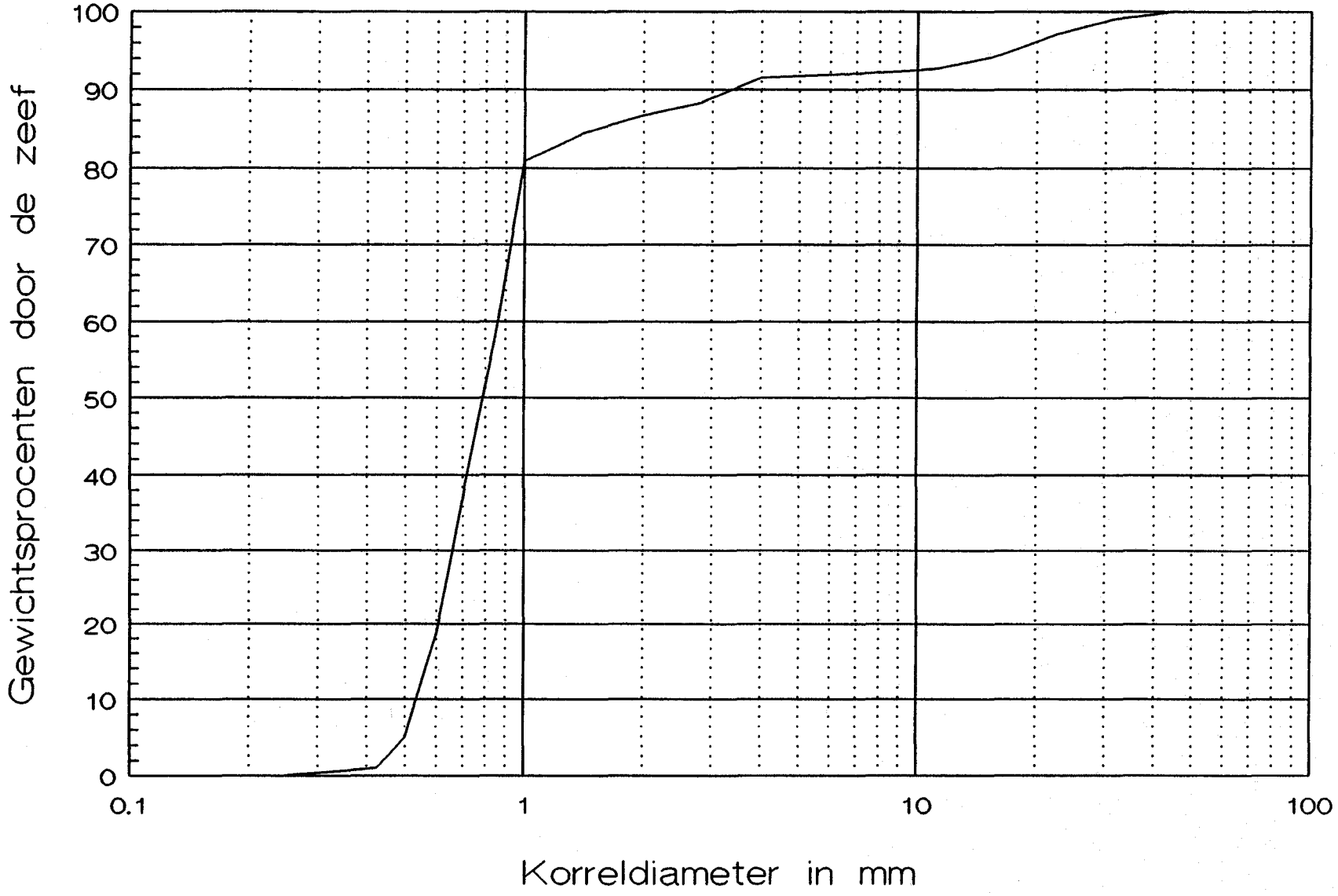
Zeefkromme Verticaal II



Figuur 38

Maaseik (km 54.000) 18-1-1991

Zeefkromme Verticaal III



Figuur 39

Tabellen

Datum 8/1/1991
Verticaal I

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	0.0	0.0	100.0
22.4	0.2	0.4	99.5
16.0	0.9	1.3	97.8
11.2	0.5	0.5	97.2
8.0	0.3	0.3	96.8
4.0	1.4	1.4	94.9
2.8	1.4	1.4	93.2
2.0	2.2	2.2	90.3
1.4	2.7	2.7	86.9
1.0	4.4	4.4	81.3
0.9	4.9	4.9	74.9
0.7	6.5	6.5	66.5
0.6	8.7	8.7	55.3
0.5	19.4	19.4	30.2
0.4	13.4	6.7	21.5
0.3	27.4	13.7	3.8
0.3	4.8	2.4	0.7
rest	1.1	0.5	
Totaal	100.0	77.2	0.8

Totaal monstergewicht	4989.6
Gecorrigeerd monstergewicht	3853.9

Tabel 1

Datum 8/1/1991
Verticaal II

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	0.0	0.0	100.0
22.4	0.3	0.4	99.4
16.0	0.1	0.2	99.1
11.2	0.0	0.0	99.1
8.0	0.2	0.2	98.8
4.0	1.1	1.1	97.1
2.8	1.3	1.3	95.2
2.0	2.2	2.2	92.0
1.4	2.6	2.6	88.1
1.0	3.7	3.7	82.7
0.9	2.3	2.3	79.2
0.7	3.5	3.5	74.1
0.6	4.7	4.7	67.2
0.5	13.6	13.6	47.3
0.4	16.3	8.2	35.3
0.3	40.2	20.1	5.7
0.3	6.6	3.3	0.9
rest	1.2	0.6	
Totaal	100.0	68.0	0.7

Totaal monstergewicht	5263.3
Gecorrigeerd monstergewicht	3581.2

Tabel 2

Datum 8/1/1991
Verticaal III

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	22.0	39.7	69.7
31.5	22.0	33.0	44.5
22.4	7.0	10.4	36.5
16.0	8.5	12.8	26.7
11.2	3.3	3.3	24.2
8.0	2.0	2.0	22.6
4.0	5.0	5.0	18.8
2.8	3.1	3.1	16.4
2.0	3.8	3.8	13.5
1.4	2.7	2.7	11.5
1.0	3.0	3.0	9.2
0.9	1.4	1.4	8.1
0.7	1.5	1.5	7.0
0.6	1.4	1.4	5.9
0.5	2.2	2.2	4.3
0.4	2.0	1.0	3.5
0.3	7.1	3.6	0.8
0.3	1.7	0.9	0.1
rest	0.3	0.1	
Totaal	100.0	130.8	1.3

Totaal monstergewicht	2079.1
Gecorrigeerd monstergewicht	2719.5

Tabel 3

Datum 9/1/1991
Verticaal I

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	3.0	4.5	94.4
22.4	0.0	0.0	94.4
16.0	0.0	0.0	94.4
11.2	0.6	0.6	93.7
8.0	0.4	0.4	93.2
4.0	0.9	0.9	92.0
2.8	0.8	0.8	91.1
2.0	1.2	1.2	89.6
1.4	1.8	1.8	87.4
1.0	4.1	4.1	82.2
0.9	3.4	3.4	78.0
0.7	6.9	6.9	69.3
0.6	11.2	11.2	55.3
0.5	22.3	22.3	27.3
0.4	12.7	6.4	19.3
0.3	25.5	12.8	3.3
0.3	5.0	2.5	0.2
rest	0.3	0.2	
Totaal	100.0	79.7	0.8

Totaal monstergewicht	2199.7
Gecorrigeerd monstergewicht	1753.8

Tabel 4

Datum 9/1/1991
Verticaal II

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	11.7	21.0	75.3
31.5	3.0	4.6	69.9
22.4	0.0	0.0	69.9
16.0	0.0	0.0	69.9
11.2	0.1	0.1	69.8
8.0	0.2	0.2	69.5
4.0	0.8	0.8	68.5
2.8	0.9	0.9	67.5
2.0	1.3	1.3	65.9
1.4	1.7	1.7	64.0
1.0	1.7	1.7	61.9
0.9	1.9	1.9	59.6
0.7	3.3	3.3	55.8
0.6	5.9	5.9	48.8
0.5	15.4	15.4	30.7
0.4	15.3	7.7	21.6
0.3	31.9	15.9	2.8
0.3	4.5	2.2	0.2
rest	0.3	0.2	
Totaal	100.0	84.8	0.8

Totaal monstergewicht	3776.6
Gecorrigeerd monstergewicht	3204.3

Tabel 5

Datum 9/1/1991
Verticaal III

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	4.4	7.9	91.9
31.5	8.1	12.2	79.4
22.4	7.7	11.5	67.6
16.0	3.6	5.3	62.1
11.2	1.7	1.7	60.4
8.0	0.9	0.9	59.4
4.0	4.3	4.3	55.0
2.8	3.3	3.3	51.6
2.0	4.3	4.3	47.2
1.4	4.3	4.3	42.8
1.0	5.1	5.1	37.6
0.9	2.7	2.7	34.8
0.7	3.8	3.8	30.9
0.6	4.5	4.5	26.3
0.5	10.2	10.2	15.9
0.4	8.1	4.1	11.8
0.3	19.1	9.6	2.0
0.3	3.5	1.7	0.2
rest	0.4	0.2	
Totaal	100.0	97.7	1.0

Totaal monstergewicht	3461.8
Gecorrigeerd monstergewicht	3381.8

Tabel 6

Datum 10/1/1991
Verticaal I

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	9.8	17.6	82.3
31.5	3.2	4.8	77.4
22.4	4.1	6.1	71.3
16.0	1.0	1.6	69.7
11.2	1.6	1.6	68.1
8.0	1.1	1.1	66.9
4.0	2.8	2.8	64.1
2.8	2.0	2.0	62.1
2.0	2.8	2.8	59.3
1.4	3.7	3.7	55.5
1.0	6.5	6.5	49.1
0.9	4.2	4.2	44.8
0.7	7.1	7.1	37.7
0.6	9.6	9.6	28.0
0.5	15.3	15.3	12.6
0.4	8.2	4.1	8.5
0.3	13.8	6.9	1.5
0.3	2.6	1.3	0.2
rest	0.5	0.2	
Totaal	100.0	99.5	1.0

Totaal monstergewicht	12274.0
Gecorrigeerd monstergewicht	12207.0

Tabel 7

Datum 10/1/1991
Verticaal II

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	0.7	1.1	98.6
22.4	0.0	0.0	98.6
16.0	0.3	0.5	98.0
11.2	0.1	0.1	97.8
8.0	0.2	0.2	97.6
4.0	1.0	1.0	96.3
2.8	1.0	1.0	95.0
2.0	1.8	1.8	92.6
1.4	2.0	2.0	89.9
1.0	4.2	4.2	84.4
0.9	3.0	3.0	80.5
0.7	5.9	5.9	72.7
0.6	9.0	9.0	60.8
0.5	21.0	21.0	33.0
0.4	15.6	7.8	22.7
0.3	28.6	14.3	3.8
0.3	4.6	2.3	0.7
rest	1.1	0.5	
Totaal	100.0	75.6	0.8

Totaal monstergewicht	8869.6
Gecorrigeerd monstergewicht	6701.8

Tabel 8

Datum 10/1/1991
Verticaal III

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	2.8	4.3	95.3
22.4	2.9	4.3	90.5
16.0	1.5	2.2	88.1
11.2	1.0	1.0	87.0
8.0	1.0	1.0	85.8
4.0	6.4	6.4	78.7
2.8	5.2	5.2	72.9
2.0	7.3	7.3	64.8
1.4	6.9	6.9	57.1
1.0	8.8	8.8	47.3
0.9	4.4	4.4	42.4
0.7	6.0	6.0	35.7
0.6	6.8	6.8	28.2
0.5	11.7	11.7	15.2
0.4	8.1	4.1	10.7
0.3	15.7	7.9	1.9
0.3	2.8	1.4	0.4
rest	0.7	0.3	
Totaal	100.0	89.9	0.9

Totaal monstergewicht	6259.2
Gecorrigeerd monstergewicht	5628.0

Tabel 9

Datum 11/1/1991
Verticaal I

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	0.0	0.0	100.0
22.4	0.0	0.0	100.0
16.0	0.0	0.0	100.0
11.2	0.3	0.3	99.6
8.0	0.0	0.0	99.6
4.0	0.6	0.6	98.9
2.8	0.5	0.5	98.2
2.0	1.2	1.2	96.6
1.4	1.9	1.9	94.1
1.0	4.2	4.2	88.6
0.9	3.6	3.6	83.9
0.7	7.1	7.1	74.6
0.6	11.8	11.8	59.2
0.5	21.8	21.8	30.7
0.4	13.8	6.9	21.7
0.3	27.3	13.7	3.9
0.3	5.4	2.7	0.3
rest	0.5	0.3	
Totaal	100.0	76.5	0.8

Totaal monstergewicht	1793.2
Gecorrigeerd monstergewicht	1371.7

Tabel 10

Datum 11/1/1991
Verticaal II

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	0.0	0.0	100.0
22.4	0.9	1.3	98.3
16.0	0.2	0.3	97.9
11.2	0.4	0.4	97.5
8.0	0.3	0.3	97.1
4.0	1.3	1.3	95.4
2.8	1.4	1.4	93.6
2.0	2.4	2.4	90.6
1.4	2.7	2.7	87.1
1.0	5.3	5.3	80.3
0.9	4.0	4.0	75.2
0.7	7.0	7.0	66.2
0.6	9.9	9.9	53.6
0.5	19.6	19.6	28.5
0.4	14.1	7.0	19.5
0.3	25.2	12.6	3.4
0.3	4.3	2.2	0.7
rest	1.1	0.5	
Totaal	100.0	78.2	0.8

Totaal monstergewicht	8812.1
Gecorrigeerd monstergewicht	6891.5

Tabel 11

Datum 11/1/1991
Verticaal III

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	2.0	3.6	96.0
45.0	1.1	1.9	94.0
31.5	0.0	0.0	94.0
22.4	0.8	1.2	92.6
16.0	0.4	0.6	92.0
11.2	0.7	0.7	91.2
8.0	0.6	0.6	90.5
4.0	5.0	5.0	85.2
2.8	4.7	4.7	80.0
2.0	6.9	6.9	72.5
1.4	6.9	6.9	65.0
1.0	9.7	9.7	54.5
0.9	5.5	5.5	48.5
0.7	8.3	8.3	39.5
0.6	9.7	9.7	29.0
0.5	15.5	15.5	12.1
0.4	8.5	4.3	7.5
0.3	11.5	5.7	1.3
0.3	1.7	0.8	0.4
rest	0.7	0.3	
Totaal	100.0	91.9	0.9

Totaal monstergewicht	11855.7
Gecorrigeerd monstergewicht	10896.7

Tabel 12

Datum 15/1/1991
Verticaal I

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	50.8	91.5	44.1
31.5	32.6	48.9	14.2
22.4	6.7	10.0	8.1
16.0	6.7	10.1	2.0
11.2	1.2	1.2	1.2
8.0	0.6	0.6	0.8
4.0	0.2	0.2	0.7
2.8	0.8	0.8	0.2
2.0	0.2	0.2	0.1
1.4	0.1	0.1	0.0
1.0	0.1	0.1	0.0
0.9	0.0	0.0	0.0
0.7	0.0	0.0	0.0
0.6	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0
0.4	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.0	0.0	
Totaal	100.0	163.6	1.6

Totaal monstergewicht	1299.5
Gecorrigeerd monstergewicht	2126.3

Tabel 13

Datum 15/1/1991
Verticaal II

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
0.0	6.1	11.0	92.9
45.0	25.1	45.2	63.6
31.5	30.1	45.1	34.4
22.4	18.6	27.9	16.3
16.0	10.2	15.3	6.3
11.2	3.6	3.6	4.0
8.0	0.8	0.8	3.5
4.0	1.1	1.1	2.7
2.8	2.5	2.5	1.1
2.0	0.7	0.7	0.7
1.4	0.5	0.5	0.3
1.0	0.3	0.3	0.1
0.9	0.1	0.1	0.0
0.7	0.0	0.0	0.0
0.6	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0
0.4	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.1	0.1	
Totaal	100.0	154.4	1.5

Totaal monstergewicht	8415.7
Gecorrigeerd monstergewicht	12993.3

Tabel 14

Datum 15/1/1991
Verticaal III

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.7	1.2	99.0
31.5	4.1	6.2	93.6
22.4	10.0	15.0	80.5
16.0	13.7	20.6	62.5
11.2	16.8	16.8	47.8
8.0	7.5	7.5	41.3
4.0	10.1	10.1	32.4
2.8	31.0	31.0	5.3
2.0	4.8	4.8	1.2
1.4	1.3	1.3	0.1
1.0	0.1	0.1	0.0
0.9	0.0	0.0	0.0
0.7	0.0	0.0	0.0
0.6	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0
0.4	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.0	0.0	
Totaal	100.0	114.4	1.1

Totaal monstergewicht	34604.3
Gecorrigeerd monstergewicht	39594.2

Tabel 15

Datum 16/1/1991
Verticaal II

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	20.1	36.1	76.7
31.5	46.5	69.7	31.8
22.4	26.1	39.1	6.5
16.0	5.5	8.2	1.3
11.2	1.4	1.4	0.4
8.0	0.3	0.3	0.2
4.0	0.1	0.1	0.1
2.8	0.1	0.1	0.0
2.0	0.0	0.0	0.0
1.4	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0
0.9	0.0	0.0	0.0
0.7	0.0	0.0	0.0
0.6	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0
0.4	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.0	0.0	
Totaal	100.0	155.0	1.6

Totaal monstergewicht	9054.6
Gecorrigeerd monstergewicht	14035.99

Tabel 16

Datum 16/1/1991
Verticaal III

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	1.4	2.1	98.0
22.4	3.6	5.4	92.9
16.0	4.1	6.2	86.9
11.2	4.6	4.6	82.5
8.0	3.6	3.6	79.0
4.0	6.7	6.7	72.6
2.8	3.5	3.5	69.2
2.0	6.4	6.4	63.1
1.4	11.0	11.0	52.6
1.0	23.2	23.2	30.3
0.9	10.8	10.8	19.9
0.7	12.3	12.3	8.1
0.6	5.7	5.7	2.7
0.5	2.6	2.6	0.3
0.4	0.4	0.2	0.1
0.3	0.1	0.1	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.0	0.0	
Totaal	100.0	104.3	1.0

Totaal monstergewicht	36229.7
Gecorrigeerd monstergewicht	37774.88

Tabel 17

Datum 17/1/1991
Verticaal I

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	64.5	116.0	30.2
31.5	0.0	0.0	30.2
22.4	29.2	43.7	3.8
16.0	0.0	0.0	3.8
11.2	4.1	4.1	1.3
8.0	1.0	1.0	0.8
4.0	1.3	1.3	0.0
2.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	0.0	0.0
1.4	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0
0.9	0.0	0.0	0.0
0.7	0.0	0.0	0.0
0.6	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0
0.4	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.0	0.0	
Totaal	100.0	166.2	1.7

Totaal monstergewicht	260.6
Gecorrigeerd monstergewicht	433.00

Tabel 18

Datum 17/1/1991
Verticaal II

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	57.0	85.4	42.4
22.4	21.6	32.3	20.6
16.0	18.1	27.2	2.3
11.2	3.1	3.1	0.2
8.0	0.3	0.3	0.0
4.0	0.0	0.0	0.0
2.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	0.0	0.0
1.4	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0
0.9	0.0	0.0	0.0
0.7	0.0	0.0	0.0
0.6	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0
0.4	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.0	0.0	
Totaal	100.0	148.3	1.5

Totaal monstergewicht	490.5
Gecorrigeerd monstergewicht	727.53

Tabel 19

Datum 17/1/1991
Verticaal III

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	1.4	2.1	98.0
22.4	4.9	7.3	91.2
16.0	6.8	10.1	81.7
11.2	8.9	8.9	73.3
8.0	5.0	5.0	68.6
4.0	7.7	7.7	61.3
2.8	39.1	39.1	24.6
2.0	13.6	13.6	11.8
1.4	9.2	9.2	3.2
1.0	2.8	2.8	0.5
0.9	0.6	0.6	0.0
0.7	0.0	0.0	0.0
0.6	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0
0.4	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.0	0.0	
Totaal	100.0	106.5	1.1

Totaal monstergewicht 19075.9
Gecorrigeerd monstergewicht 20313.95

Tabel 20

Datum 18/1/1991
Verticaal II

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	44.6	66.9	54.6
22.4	38.1	57.1	15.9
16.0	12.3	18.4	3.4
11.2	5.0	5.0	0.0
8.0	0.0	0.0	0.0
4.0	0.0	0.0	0.0
2.8	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	0.0	0.0
1.4	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0
0.9	0.0	0.0	0.0
0.7	0.0	0.0	0.0
0.6	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0
0.4	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
0.3	0.0	0.0	0.0
rest	0.0	0.0	
Totaal	100.0	147.5	1.5

Totaal monstergewicht	210.4
Gecorrigeerd monstergewicht	310.30

Tabel 21

Datum 18/1/1991
Verticaal III

Zeefdiameter (mm)	Gewicht (%)	Gew (cor) (%)	Cum (cor) (%)
64.0	0.0	0.0	100.0
45.0	0.0	0.0	100.0
31.5	0.6	0.9	99.1
22.4	1.3	1.9	97.1
16.0	1.8	2.7	94.4
11.2	1.6	1.6	92.7
8.0	0.5	0.5	92.2
4.0	0.7	0.7	91.5
2.8	3.1	3.1	88.3
2.0	1.6	1.6	86.7
1.4	2.2	2.2	84.5
1.0	3.4	3.4	81.0
0.9	21.8	21.8	58.5
0.7	18.9	18.9	38.9
0.6	19.5	19.5	18.8
0.5	13.4	13.4	5.0
0.4	7.7	3.8	1.1
0.3	1.3	0.7	0.4
0.3	0.7	0.3	0.0
rest	0.1	0.0	
Totaal	100.0	97.0	1.0

Totaal monstergewicht	19836.0
Gecorrigeerd monstergewicht	19232.01

Tabel 22

Rapporten van het project "Ecologisch Herstel Maas" (Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the River Meuse")
(all reports with a summary and list of illustrations and tables in english and french)

nr. 1 - 1992 Projekt Ecologisch Herstel Maas
J. Botterweg en W. Silva (RIZA)

nr. 2 - 1992 Groei en overleving van de Vlottende waterranonkel (Ranunculus Fluitans Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten.
M. de la Haye (Aquasense)

nr. 3 - 1992 Microverontreinigingen in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991
B. van Hattum en S. Dirksen (IVM, Waardenburg)

nr. 4 - 1992 Vegetaties in het oevermilieu van de Grensmaas: I Veldopname en verwerking van gegevens
D. de Boer (STL)

nr. 5 - 1992 Waterplanten in de Maasplassen: inventarisatie 1990-1991
B. Paffen, P. van Avesaath en W. Overmars (Bureau Stroming)

nr. 6 - 1992 De visstand in de Grensmaas
T. Vriese (OVB)

nr. 7 - 1992 Watervogels en wetlands in Limburg
B. van Noorden (Provincie Limburg, RIZA, Waardenburg)

nr. 8 - 1992 Worden groei, overleving en kieming van Vlottende waterranonkel (Ranunculus fluitans LAMARCK) in Maaswater beïnvloed door waterstandsfluctuaties? semi-veldexperimenten
M. de la Haye (Aquasense)

nr. 9 - 1992 Paai- en opgroeigebieden voor vis in de Maas
S. Semmekrot en F.T. Vriese (OVB)

nr.10 - 1993 Sedimenttransportmetingen in de Maas te Eijsden en Maaseik januari 1991
M.C. Burgdorffer (RIZA)

Aanvragen/requests:
(RIZA): Institute for Inland Watermanagement and Waste Water Treatment,
P.O. Box 9072, 6800 ED Arnhem, The Netherlands

PUBLICATIES EN RAPPORTEN VAN HET PROJECT "ECOLOGISCH HERSTEL RIJN EN MAAS"

1 - 1988 Ecological rehabilitation of the river Rhine: a proposal for a Netherlands research programme. (RIZA, RIVM, RIVO-DLO)

2 - 1988 Fish and their environment in large european river ecosystems; the Dutch part of the river Rhine. W.G. Cazemier, Science de l'Eau 7, 95-114 (1988). (RIVO-DLO)

3 - 1988 High rates of denitrification in a storage reservoir fed with water of the river Rhine. W. Admiraal and J.C. van der Vlugt, Arch. Hydrobiol. 113, 593-605 (1988). (RIVM)

4 - 1988 Impact of biological activity on detritus transported in the lower river Rhine: an excercise in ecosystem analysis. W. Admiraal en B. van Zanten, Freshwater Biology 20, 215-225 (1988). (RIVM)

5 - 1988 Continue signalering van toxische stoffen in het aquatische milieu met behulp van biologische bewakingssystemen - literatuurstudie. J. Botterweg, 31 pp., Den Haag (1988). (RIZA)

6 - 1988 Environmental stress in five aquatic ecosystems in the floodplain of the river Rhine. W. Admiraal, E.D. de Ruyter van Steveninck en H.A.M. de Kruijf. The Science of the Total Environment 78, 59-75 (1988). (RIVM)

7 - 1989 Bioaccumulation in yellow eel (*Anguilla anguilla*) and perch (*Perca fluviatilis*) from the Dutch branches of the Rhine- mercury, organochlorine compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons. F. van der Valk, H. Pieters en R.C.C. Wegman. (RIVO-DLO)

8 - 1989 Beoordeling en evaluatie van biologische alarmeringssystemen op het meetstation Lobith. Bio-alarm projekt fase I. J. Botterweg. (RIZA)

9 - 1989 Ecologisch herstel Rijn - beleid en onderzoek. Symposium- verslag 26 mei. E.C.L. Marteijn (red.). (RIZA)

10 - 1989 Summary of results and conclusions from the first phase (1988-1989) of the Netherlands research programme "Ecological Rehabilitation Rhine". J.A.W. de Wit, W. Admiraal, C. van der Guchte and W.G. Cazemier. (RIZA)

11 - 1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with Atlantic salmon (*Salmo salar*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)

12 - 1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with sea trout (*Salmo trutta trutta*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)

13 - 1989 Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysische en chemische parameters. M.M.J. Maenen. (RIZA)

14 - 1989 Ecologisch herstel van de Rijnmakrofauna. B. van Dessel. (RIZA)

15 - 1989 Comparison of nitrification rates in three branches of the lower river Rhine. Biogeochemistry 8, 135-151. W. Admiraal and Y.J.H. Botermans. (RIVM)

16 - 1990 Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. M.C.C. de Graaf, H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voesenek en C.W.P.M. Blom. (RIZA)

17 - 1990 Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine. T.C. van Brummelen. (RIZA)

18 - 1990 Biomonitoring met de larven van Chironomiden en kokerjuffers. F. Heinis en T. Krommentuijn. (RIZA)

19 - 1990 Changes in plankton communities in regulated reaches of the lower River Rhine. E.D. de Ruyter van Steveninck, W. Admiraal and B. van Zanten. (RIVM)

20 - 1990 Fixation of dissolved silicate and sedimentation of biogenic silicate in the lower River Rhine during diatom blooms. W. Admiraal, P. Breugem, D.M.L.H.A. Jacobs and E.D. de Ruyter van Steveninck. (RIVM)

21 - 1990 On the potential of basing an ecological typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the River Rhine. T. Bongers and J. van de Haar. (RIVM)

22 - 1990 Monitoring the toxicity of organic compounds dissolved in Rhine water. D. de Zwart and A.J. Folkerts. (RIVM)

23 - 1990 The kinetics of the degradation of chloroform and benzene in anaerobic sediment from the River Rhine. P. van Beelen and F. van Keulen. (RIVM)

24 - 1990 Phases in the development of riverine plankton: examples from the rivers Rhine and Meuse. E.D. de Ruijter van Steveninck, B. van Zanten and W. Admiraal. (RIVM)

25 - 1990 Typologie en waardering van stagnante wateren langs de grote rivieren in Nederland, op grond van waterplanten, plankton en macrofauna, in relatie tot fysisch-chemische parameters. F.W.B. van den Brink. (RIZA)

26 - 1990 Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Aanzet tot kwantitatieve uitwerking van ecologische doelstellingen voor de grote rivieren in Nederland. J.A.M. Vanhemelrijk en A.L.M. van Broekhoven. (RIZA)

27 - 1991 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study made in 1988 in the Dutch part. A. bij de Vaate and M. Greijdanus-Klaas. (RIZA)

28 - 1991 Voedselecologie van vissen in de Nederlandse Rijntakken. P.J.M. Bergers. (RIZA)

29 - 1991 Natuurontwikkeling in uiterwaarden. Perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van ooibossen in de uiterwaarden van de Rijn. H. Duel. (RIZA)

30 - 1991 Phytoplankton in the river Rhine, 1989. Comparison between Lobith and Maassluis. R. Bijkerk. (RIVM)

31 - 1991 Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren. A.W. de Haas. (RIZA)

32 - 1991 Visintrekmogelijkheden in de Rijn in Nederland. J.A.M. Vanhemelrijk. (RIZA)

33 - 1991 Nevengeulen - onderzoek naar de mogelijkheden, de consequenties en de te stellen eisen bij de aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden. A.W. de Haas. (RIZA)

34 - 1991 The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), a new immigrant in the River Rhine. A. bij de Vaate (ed.). (RIZA)

35 - 1991 The effects of micropollutants on components of the Rhine ecosystem. Ed. J.A.W. de Wit *et al.*. (RIZA)

36 - 1991 Aquatische makro-evertebraten in de Duursche Waarden 1989- 1991. A. Klink, E. Marteijn, J. Mulder en B. bij de Vaate. (RIZA)

37 - 1991 Sensitivity of bacterioplankton in the Rhine river to various toxicants measured by thymidine incorporation and activity of exoenzymes. D.M.J. Tubbing and W. Admiraal. (RIVM)

38 - 1992 Schatting van risico's van microverontreinigingen in de Rijn voor groepen organismen van de rivier-AMOEBE. J.W. Dogger, F. Balk, L.L. Bijlmakers en A.J. Hendriks (RIZA)

39 - 1992 Macrofauna in de diepe waterbodem van het noordelijk Deltabekken. H.C. Dudok van Heel, H. Smit en S.M. Wiersma. (RIZA)

40 - 1992 Ecological rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse: Netherlands research programme(1992-1995). Anonymous. (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO).

41 - 1992 Projekt Ecologisch Herstel Maas. J. Botterweg en W. Silva (RIZA).

42 - 1992 Groei en overleving van Vlottende waterranonkel (Ranunculus Fluitans Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten. M. de la Haye (RIZA).

43 - 1992 Microverontreiniging in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991. B. van Hattem en S. Dirksen (RIZA).

44 - 1992 Vegetaties en het oevermilieu van de Grensmaas: I Veldopname en verwerking van gegevens. D. de Boer (RIZA).

45 - 1992 Waterplanten en de Maasplassen: inventarisatie 1990 - 1991. B. Paffen, P. van Avesaath en W. Overmars (RIZA).

46 - 1992 De visstand in de Grensmaas. T. Vriese (RIZA).

47 - 1992 Methode voor de schatting van milieurisico's in de Gelderse uiterwaarden (RIZA).

48 - 1993 Macro-evertebraten op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet. A. Klink en H.C. Dudok van Heel. (RIZA)

49 - 1993 De morfodynamiek van rivierduinen langs de Waal en de Lek. R.F.B. Isarin en H.J.A. Berendsen. (RIZA)

50 - 1993 Ecologisch herstel van de Rijn, van onderzoek naar beleid (1988-1992). Ecological rehabilitation of the River Rhine, The Netherlands summary report (1988-1992). G.M. van Dijk en E.C.L. Marteijn (eds.). (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)

51 - 1993 Documentation of zooplankton species in the Lower River Rhine. B. van Zanten and P. Leentvaar. (RIVM)

52 - 1993 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study executed in the Dutch part in 1990. A. bij de Vaate and M. Greijdanus-Klaas. (RIZA)

53 - 1993 Worden groei, overleving en kieming van Vlottende Waterranonkel (*Ranunculus fluitans Lamarck*) in Maaswater beïnvloed door waterstandsfluctuaties? Semi-veldexperimenten. M.A.A. de la Haye. (RIZA)

54 - 1993 Paai- en opgroeigebieden voor vis in de Maas. S. Semmekrot en F.T. Vriese. (RIZA)

Aanvragen/requests:

(RIZA): Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, P.O. Box 17, 8200 AA Lelystad, The Netherlands.

(RIVM): National Institute for Public Health and Environmental Protection, P.O. Box 1, 3720 BA Bilthoven, The Netherlands.

(RIVO-DLO): Netherlands Institute for Fishery Investigations, P.O. Box 68, 1970 AB IJmuiden, The Netherlands.

(IBN-DLO): Institute for Forestry and Nature Research, P.O. Box 9201, 6800 HB Arnhem, The Netherlands.

(SC-DLO): The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, P.O. Box 125, 6700 AC Wageningen, The Netherlands.