



OMEGAM

NO 90 818094



## GEOTECHNISCH ONDERZOEK

Boordvoorziening NH-Kanaal

Deel Zuid

km. 02.433 ... km. 3.814 (rechts)

Project: (12)11.601

Senior Projectleider	: ir J.L.P. Stam
Opgesteld door	: ir. J.L.P. Stam
Oprachtgever	: Provincie Noord Holland, Beheer en Uitvoering
Datum	: 30 maart 1999



1. INLEIDING

Langs het Noord-Hollandsch kanaal wordt op een tiental locaties de bestaande oevervoorziening vervangen. Het bestaande dwarsprofiel wordt aangepast, waarbij, indien het dwarsprofiel dit toestaat, een natuurvriendelijke oever wordt aangelegd. Ten behoeve van de aanleg van deze natuurvriendelijke oevers is door de Onderzoeksdienst voor Milieu en Grondmechanica Amsterdam, OMEGAM, een geotechnisch onderzoek uitgevoerd op deze tien locaties. Voor de onderzoekstrajecten zijn vervolgens damwandberekeningen uitgevoerd ten behoeve van het dimensioneren van de oevervoorziening.

Dit deelrapport betreft het uitgevoerde onderzoek en de naar aanleiding van dit onderzoek uitgevoerde damwandberekeningen voor het traject tussen km. 02.433 ... km 03.814 (rechterzijde).

Door middel van 7 sonderingen is de bodemopbouw onderzocht. Aan de hand van de sonderingen is voor deze locaties vervolgens het bodemprofiel geschematiseerd. Voor deze bodemprofielen zijn damwandberekeningen uitgevoerd ten behoeve van de dimensionering van de damwand als onderdeel van de (natuurvriendelijke) oeverbescherming.

2. RESULTATEN SONDEERONDERZOEK

De nummering van de 7 sonderingen en de locatie waar de sonderingen zijn uitgevoerd is samengevat in tabel 1.

Tabel 1 - Locatie sonderingen

SONDERING	KILOMETRERING
25E-20	02.500
25E-21	02.700
25E-22	02.900
25E-23	03.200
25E-24	03.400
25E-25	03.600
25E-26	03.800

Ter plaatse van de uitgevoerde sonderingen is het dwarsprofiel van het dijklichaam ingemeten. De ingemeten dwarsprofielen en de daarin uitgevoerde sonderingen zijn weergegeven op bijlage (12)11.601 Doc. 2/2.

De sondeergrafieken zijn als bijlage aan dit rapport toegevoegd.

Uit de sonderingen volgt in het algemeen dat onder een laag zandig ophoogmateriaal een aanzienlijke laag samendrukbaar materiaal wordt aangetroffen. De ligging van het maaiveld varieert van circa

1999-03-30/St/KO	Damwandberekeningen NH-Kanaal Zuid	
Controle/	km 02.433 ... km. 03.814	(12)11.601/V01
Hoofd GTV/	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.1 van 5

NAP + 0,3 m tot NAP+ 0,7 m. Het sterk samendrukbare pakket bestaat voornamelijk uit sterk humeuze klie, kleihoudend veen, en veen op een slappe kleilaag. De onderzijde van deze slappe kleilaag bevindt zich op circa N.A.P. - 6,70 m.

Onder deze sterk samendrukbare lagen worden tussen circa NAP - 6,70 m en circa NAP - 10,60 m zandige wadafzettingen aangetroffen bestaande uit slecht verdichte siltige zanden, of zand met een enkel kleilaagje. Onder deze afzettingen worden vervolgens zandige afzettingen aangetroffen. De berekeningsparameters (representatieve waarden) zijn samengevat in tabel 2.

**Tabel 2 - Geotechnische parameters grondprofiel**

Van/tot m NAP	Grondsoort	$\gamma_{droog}/\gamma_{nat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$k_h$ [kN/m <sup>3</sup> ]
circa + 07 tot - 1,7	Zand, matig fijn, siltig, ophoogmateriaal	16 / 19	30	0	5500
circa - 1,7 tot - 2,2	Klei, zand/veenhoudend, ophoogmateriaal	14,5 / 14,5	22,5	1	500
circa - 2,2 tot - 3,4	Sterk humeuze klei, veenhoudend, enkele klei- laagjes	13 / 13	20	3	450
circa - 3,4 tot - 5,6	Veen	11 / 11	15	5	380
circa - 5,6 tot - 6,5	Klei, slap	15 / 15	22,5	2	750
circa - 6,5 tot - 10,8	Zand, klei/silt houdend	18 / 18	25	1	2500
circa - 10,8 ...	Zand	17 / 20	30	0	7000


$\gamma_{droog}/\gamma_{nat}$  = Droge en natte volumieke massa  
 $\phi'$  = Effectieve hoek van inwendige wrijving  
 $c'$  = Effectieve cohesie  
 $k_h$  = Horizontale beddingsconstante

### 3. OEVERCONSTRUCTIE MET BASALTON

Ter plaatse van het onderzoeksgebied is een natuurvriendelijke oever niet mogelijk en zal derhalve de basisconstructie met Basaltonkeien worden toegepast. Bij de aanleg van de oeverbescherming ligt de bovenzijde van de damwand 0,1 m boven onder het onderhoudspeil van de vaart. Het onderhoudspeil van de vaart bedraagt NAP - 1,50 m, de bovenzijde van de damwand ligt derhalve op circa NAP - 1,40 m. Het verankeringsniveau is gelijk aan het onderhoudspeil. Op deze hoogte wordt de gording langs de damwand aangebracht.

Achter de damwand worden drie lagen Basalton keien aangebracht (hoogte 0,9 m, 1:1) waarna het talud aangesloten wordt op het bestaande talud. In de berekeningen is het gewicht van de Basalton aangebracht als een externe belasting van 5 kPa.

In de berekeningen is een maximale bodemdpte van NAP - 3,6 m aangehouden. Dit is de maximale bodemdpte gemeten over de 7 onderzoekslocaties.

1999-03-30/SJKO	Damwandberekeningen NH-Kanaal Zuid	
Controle/ 	km 02.433 ... km. 03.814	(12)11.601/V01
Hoofd GTV/	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.2 van 5



#### 4. OVERIGE RANDVOORWAARDEN IN DE DAMWANDBEREKENINGEN

Aan de hand van de sonderingen is de bodemopbouw geschematiseerd. Voor deze bodemopbouw is volgens CUR 166 de damwand gedimensioneerd, voor de onder 3 aangegeven constructie. Hierbij wordt het ontwerp getoetst aan de gebruikstoestand en de grenstoestand. In de gebruikstoestand wordt gerekend met de representatieve grondparameters die aan de verschillende grondlagen zijn toegekend. In de uiterste grenstoestand wordt, afhankelijk van de veiligheidsklasse, een veiligheidsfactor toegepast over de grondparameters en de belastingen. Deze benaderingswijze is een veiligheidsanalyse van het gekozen ontwerp.

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd met het programma MSHEET. Voor de toetsing is de constructie in de veiligheidsklasse 1 geplaatst.

In het onderhavige project is als uitgangspunt het toepassen van een vurenhouten damwand met een plankdikte van 60 mm of 80 mm. Daarnaast is in de berekeningen het toepassen van een verankerde wand, respectievelijk het toepassen van een vrijstaande damwand onderzocht. Indien de belasting op de constructie zodanig is dat een houten damwand niet voldoet, is de toepassing van een stalen damwand (PU6 of PU8) uitgewerkt.

De planken zijn aan de bovenzijde verbonden door middel van een gording. Deze gording wordt tevens gebruikt voor de verankering (met schroefankers) van de kop van de damwand.

Op het maaiveld wordt een bovenbelasting aangebracht. Deze grijpt aan vanaf het punt waar het talud achter de damwand aansluit op het bestaande talud. Bij toepassing van de Basalton bekleding grijpt de maaiveldbelasting van 10 kN/m<sup>2</sup> direct achter de steenbekleding aan. Praktisch gezien is het immers mogelijk dat verkeersbelasting tot op deze afstand van de damwand plaats kan vinden.

In de vaart wordt een maximale waterspiegeldaling van 0,3 m aangehouden. Deze waterspiegeldaling volgt uit de haalgolf ten gevolge van scheepvaart in het kanaal. De damwand moet de hieruit volgende belastingen op kunnen nemen.

#### 5. BEREKENINGSRESULTATEN

In de berekeningen is steeds gekeken of de damwand als vrijstaande wand kan worden uitgevoerd. Uit de berekeningen volgt echter dat bij een vrijstaande wand, bij een plankdikte van 80 mm de uitbuiging ontoelaatbaar groot wordt (>100 mm). Dit volgt voornamelijk uit de grote dikte van het slappe pakket, de grote waterdiepte, de hoge ligging van de weg ten opzichte van de damwand en de gewenste inbedding. In dit geval dient een stalen damwand te worden toegepast.

De onderhavige constructie is verder uitgewerkt voor de toepassing van het profiel PU6.

1999-03-30/SV/KO	Damwandberekeningen NH-Kanaal Zuid	
Controle/	km 02.433 ... km. 03.814	(12)11.601/V01
Hoofd GTV/	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.3 van 5

De berekeningsresultaten zijn samengevat in tabel 3.

Op de waarden in de tabel zijn nog niet de factoren toegepast die voor de toetsing aan de sterkte van de constructie volgens CUR 166 dienen te worden toegepast. Voor het moment bedraagt deze factor 1,1 en voor de ankerkracht bij toepassing van schroefankers een factor van 1,25 voor de ankerstang en 1,1 op de toelaatbare ankerkracht.

Tabel 3 - Berekeningsresultaten MSHEET

SONDERING	KILOMETRERING	Profiel	LENGTE	MAXIMALE MOMENT	MAXIMALE ANKER-KRACHT	MAXIMALE DOORBUIGING
	[km]		[m]	[kNm/m']	[kN/m']	[mm]
25E-20 ... 25E-26	02.43 ... 03.814	PU6	9,0	72,6	63	37

*↳ A2-18 i.v.m. bes. Pont en rooiaar Kunselaar.*

Uit de berekeningsresultaten volgt dat bij een verankering het profiel PU6 volstaat. Bij toepassing van Basaltonbekleding dient de verankering (het schroefanker) minimaal een ankerkracht van circa 208 kN op te kunnen nemen, bij een h.o.h. afstand van 3 m tussen de ankers. De ankerstaaf dient gedimensioneerd te worden op circa 240 kN bij een h.o.h. afstand van 3 m. De gevonden ankerkrachten betreffen de horizontale component van de ankerkracht. Bij toepassing van ankers onder een hoek met de horizontaal dient met een toename van de ankerkracht rekening te worden gehouden. Bij een hoek van 30 graden met de horizontaal neemt de benodigde ankerkracht toe tot 240 kN bij een h.o.h. afstand van 3 m.



Uit een globale schatting volgt dat voor het mobiliseren van deze ankerkracht minimaal een conuswaarde van 6 MPa noodzakelijk is bij toepassing van schroefankers met een diameter van 400 mm. Eventueel kan een schroefanker met een grotere diameter of een kortere h.o.h. afstand overwogen worden om de ankerkracht te reduceren.

De materiaalspanning in de stalen damwandprofielen bedraagt inclusief de veiligheid op het moment circa 133,1 N/mm<sup>2</sup>. Dit is lager dan de bezwijkspanning van 235 N/mm<sup>2</sup>.

## 6. CONCLUSIES

Op het onderzoekstraject km. 2.433 ... km. 3.814 zal als oeverbescherming de basisconstructie met Basalton worden toegepast. Uit de damwandberekeningen volgt dat de damwandberekening uitgevoerd dient te worden in PU6 of een vergelijkbaar stalen profiel, met een planklengte van 9 m.

De damwand aan de kop (gording) dient te worden verankerd. Gezien de grootte van de ankerkrachten (bij h.o.h. afstand 3 m van de ankers ) wordt het toepassen van schroefankers aanbevolen.

1999-03-30/SJKO	Damwandberekeningen NH-Kanaal Zuid	
Controle/ 	km 02.433 ... km. 03.814	(12)11.601/V01
Hoofd GTV/ 	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.4 van 5



7. BIJLAGEN

- (12)11.601 Doc. 2/2 - Dwarsprofielen en locatie sonderingen
- Doc. 2/3 - Maatgevende berekeningsfase; grafische weergave invoer MSHEET
- Doc. 2/4 - Maatgevende berekeningsfase; grafische weergave resultaten MSHEET

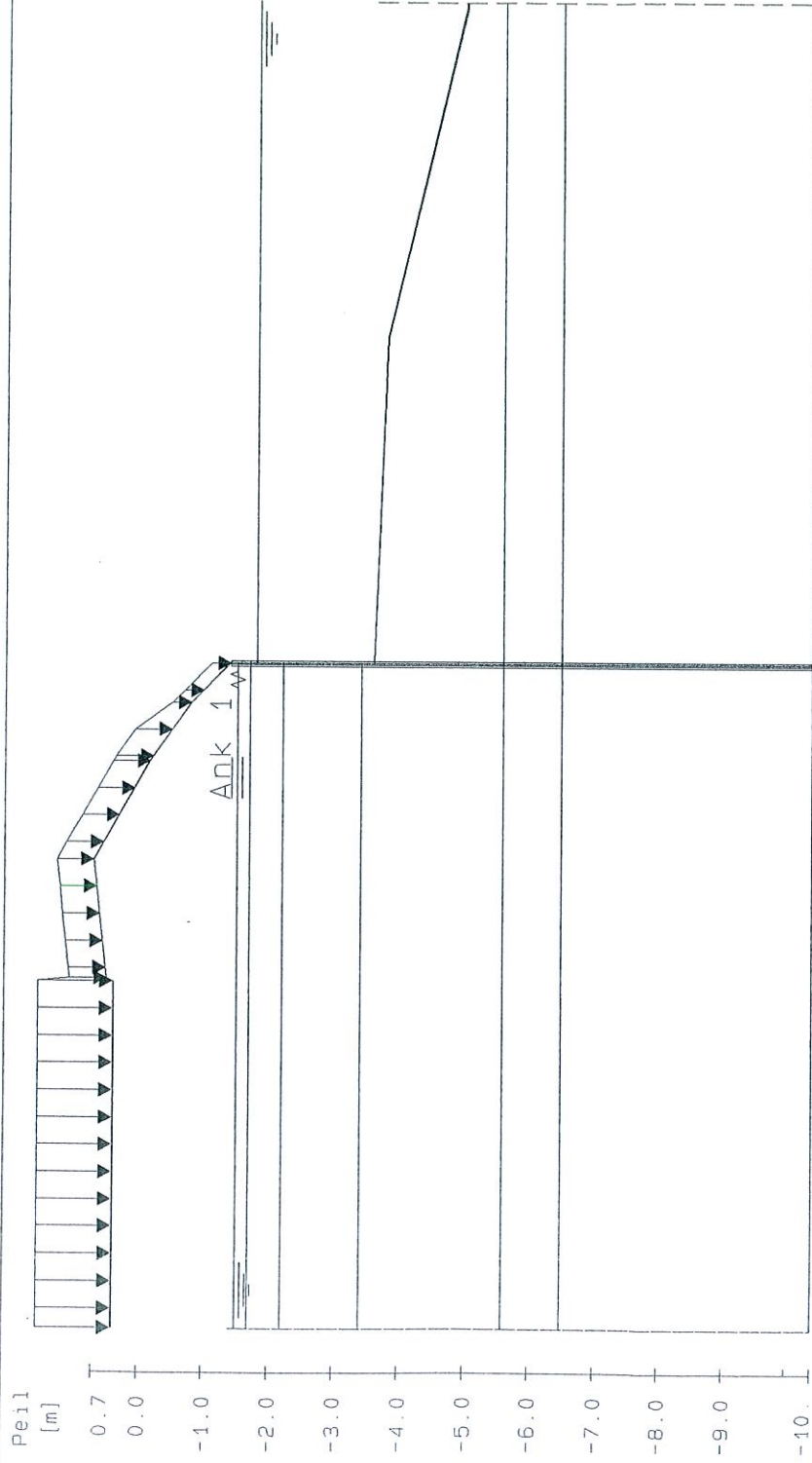
Grafieken van sonderingen 25E-20 ... 25E-26

Hoofd Geotechniek

ing. G.T. Visser

1999-03-30/St/KP	Damwandberekeningen NH-Kanaal Zuid	
Controle/	km 02.433 ... km. 03.814	(12)11.601/V01
Hoofd GTV/	Afdeling Geotechniek	Doc.1 Pg.5 van 5

OVERZICHT INVOER BOUWFASE : 3



OMEGAM

Maaiveld L/R : 1 / 2    Lengte : 9.00

Lic: 0086 Cop: S1

Water    L/R : -1.50 / -1.80

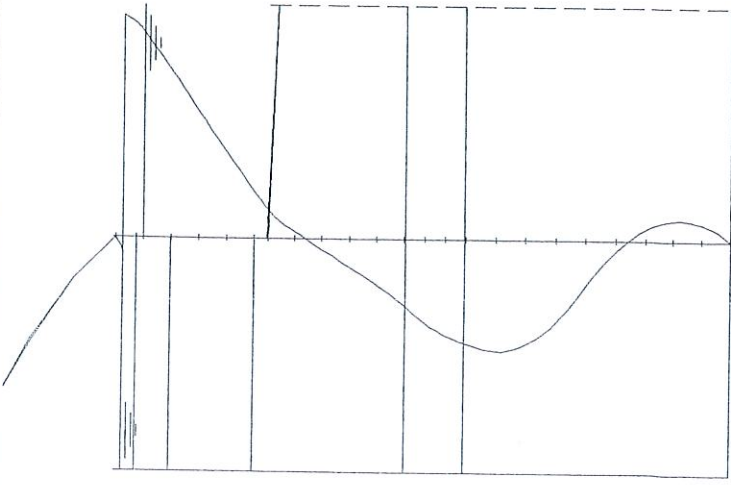
GD MSHEET [4.0.2]

Noord-Hollandsch Kanaal

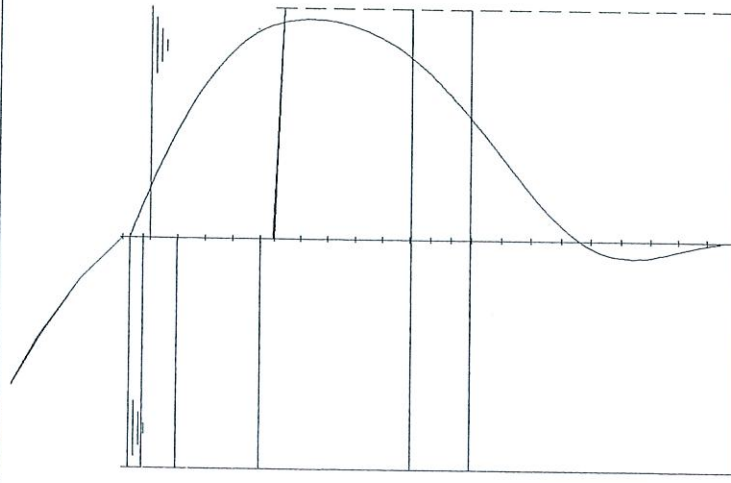
File : 11601D1

Berekening dwarsprofiel km.2.433...3.814

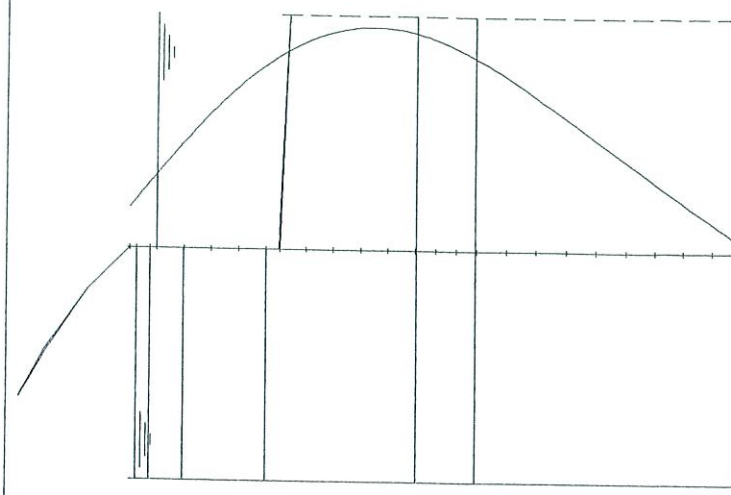
KRACHTEN EN VERPLAATSINGEN BOUWFASE : 3



Dwarskrachten [kN/Bm]  
 Maximum : 57.1  
 Minimum : -28.6



Momenten [kNm/Bm]  
 Maximum : 72.0  
 Minimum : -5.6



Verplaatsingen [mm]  
 Maximum : 35.8

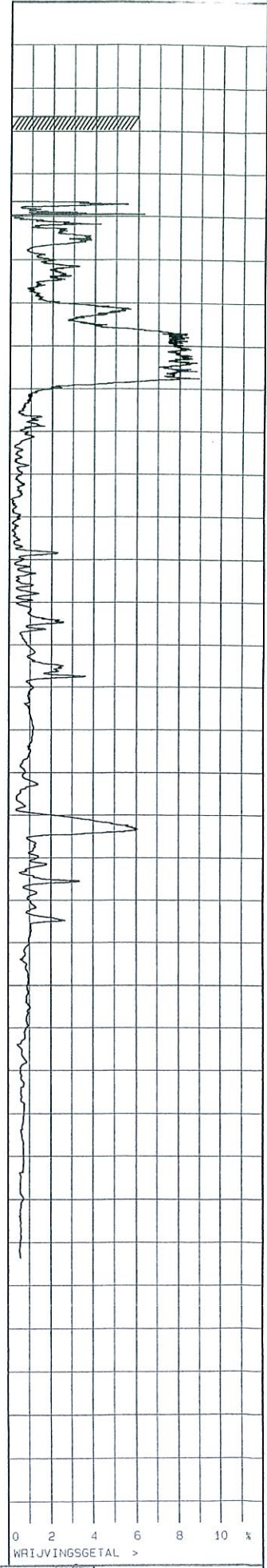
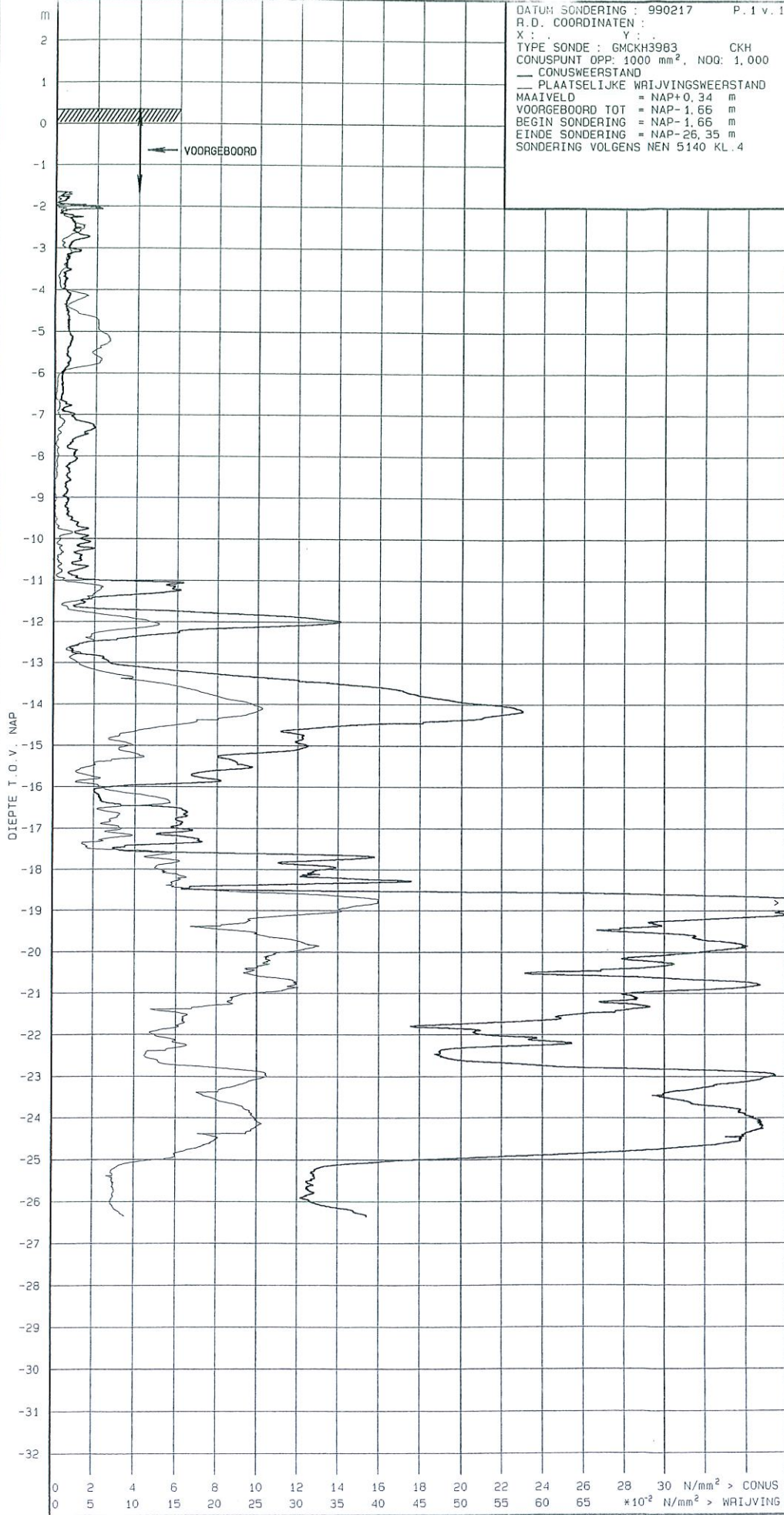
OMEGAM  
 Lic: 0086 Cop: S1  
 GD MSHEET [4.0.2]  
 File : 11601D1

Maaiveld L/R : 1 / 2    Lengte : 9.00  
 Water    L/R : -1.50 / -1.80  
 Noord-Hollandsch Kanaal  
 Berekening dwarsprofiel km.2.433...3.814

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 \*10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup> > WRIJVING  
 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 N/mm<sup>2</sup> > CONUS

WRIJVINGSGETAL > 0 2 4 6 8 10 %

DATUM SONDERING : 990217 P.1 v.1  
 R.D. COORDINATEN :  
 X : Y :  
 TYPE SONDE : GMCKH3963 CKH  
 CONUSPUNT OPP: 1000 mm<sup>2</sup>, NOG: 1,000  
 — CONUSWEERSTAND  
 — PLAATSELIJKE WRIJVINGSWEEERSTAND  
 MAAIVELD = NAP+0,34 m  
 VOORGEBOORD TOT = NAP-1,66 m  
 BEGIN SONDERING = NAP-1,66 m  
 EINDE SONDERING = NAP-26,35 m  
 SONDERING VOLGENS NEN 5140 KL.4



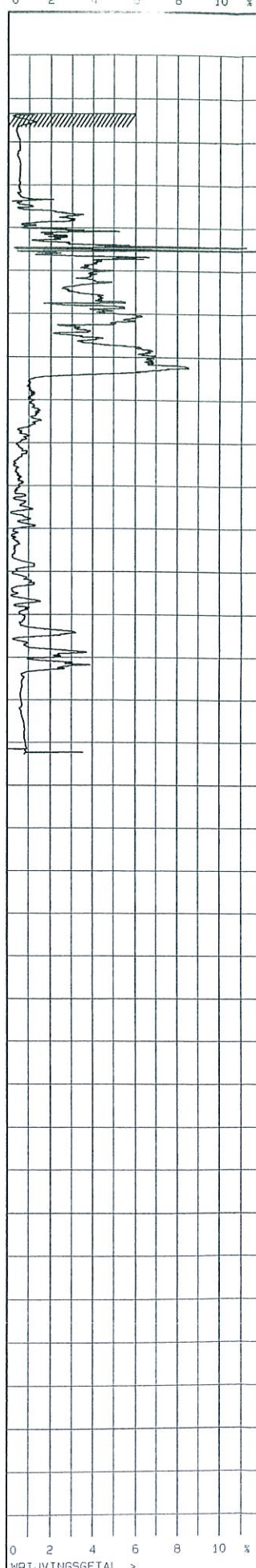
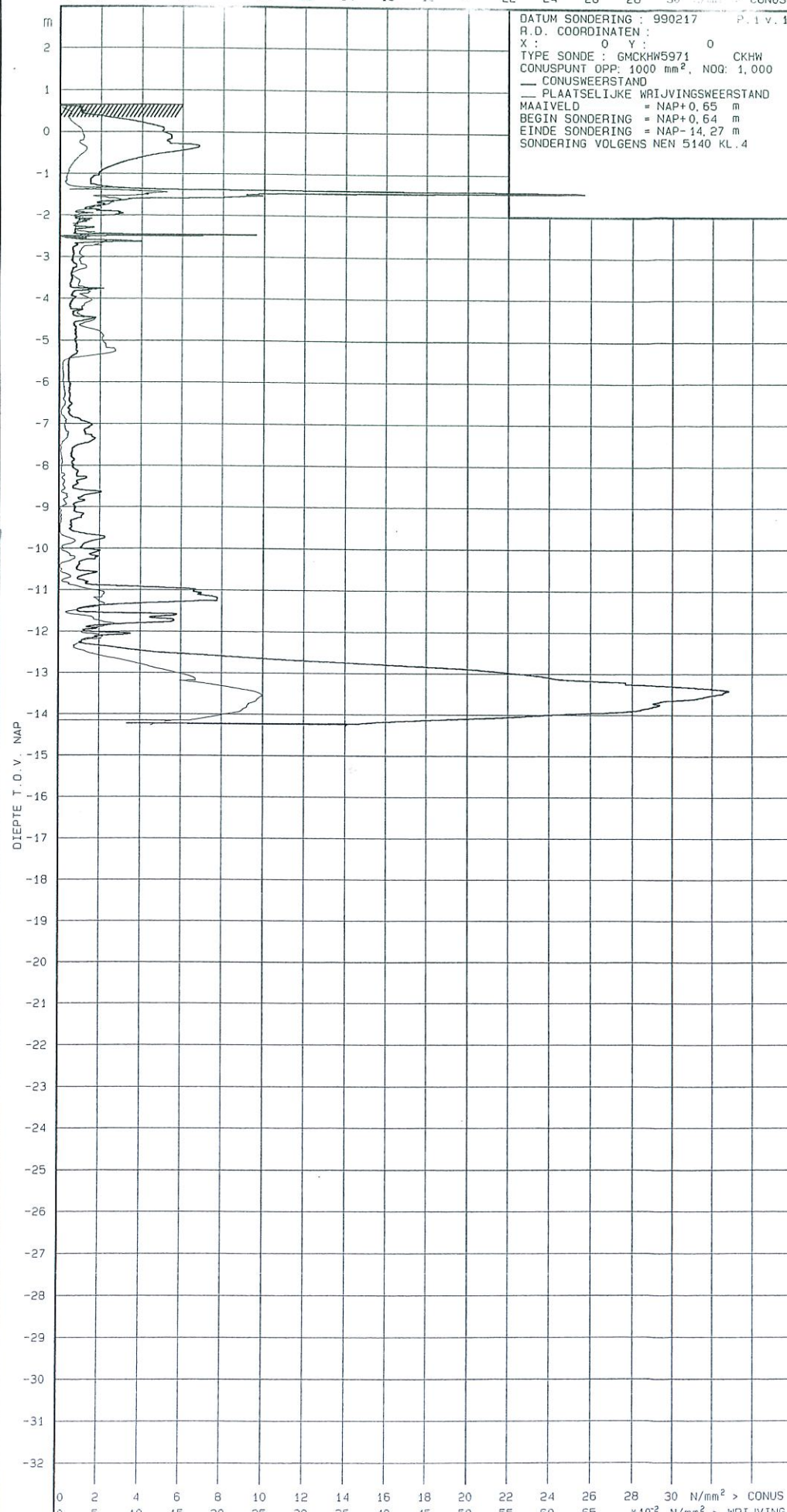
DEVERBESCHERMING N-H KANAAL  
 KM 02.433 - 03.814  
**SONDERING**

GET. 990217  
 GEC.   
 GEZ.   
 OPDRACHT: 11.601  
 ▼ 25E-20 G1

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65  $\times 10^{-2}$  N/mm<sup>2</sup> > WRIJVING  
 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30  $\times 10^{-2}$  N/mm<sup>2</sup> > CONUS

WRIJVINGSGETAL >  
 0 2 4 6 8 10 %

DATUM SONDERING : 990217 P.1 v.1  
 R.D. COORDINATEN :  
 X : 0 Y : 0  
 TYPE SONDE : GMCKHW5971 CKHW  
 CONUSPUNT OPP: 1000 mm<sup>2</sup>, NOG: 1.000  
 — CONUSWEERSTAND  
 — PLAATSELIJKE WRIJVINGSWEERSTAND  
 MAAVELD = NAP+0,65 m  
 BEGIN SONDERING = NAP+0,64 m  
 EINDE SONDERING = NAP-14,27 m  
 SONDERING VOLGENS NEN 5140 KL.4



DIEPTE T. O. V. NAP

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 N/mm<sup>2</sup> > CONUS  
 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65  $\times 10^{-2}$  N/mm<sup>2</sup> > WRIJVING

0 2 4 6 8 10 %  
 WRIJVINGSGETAL >



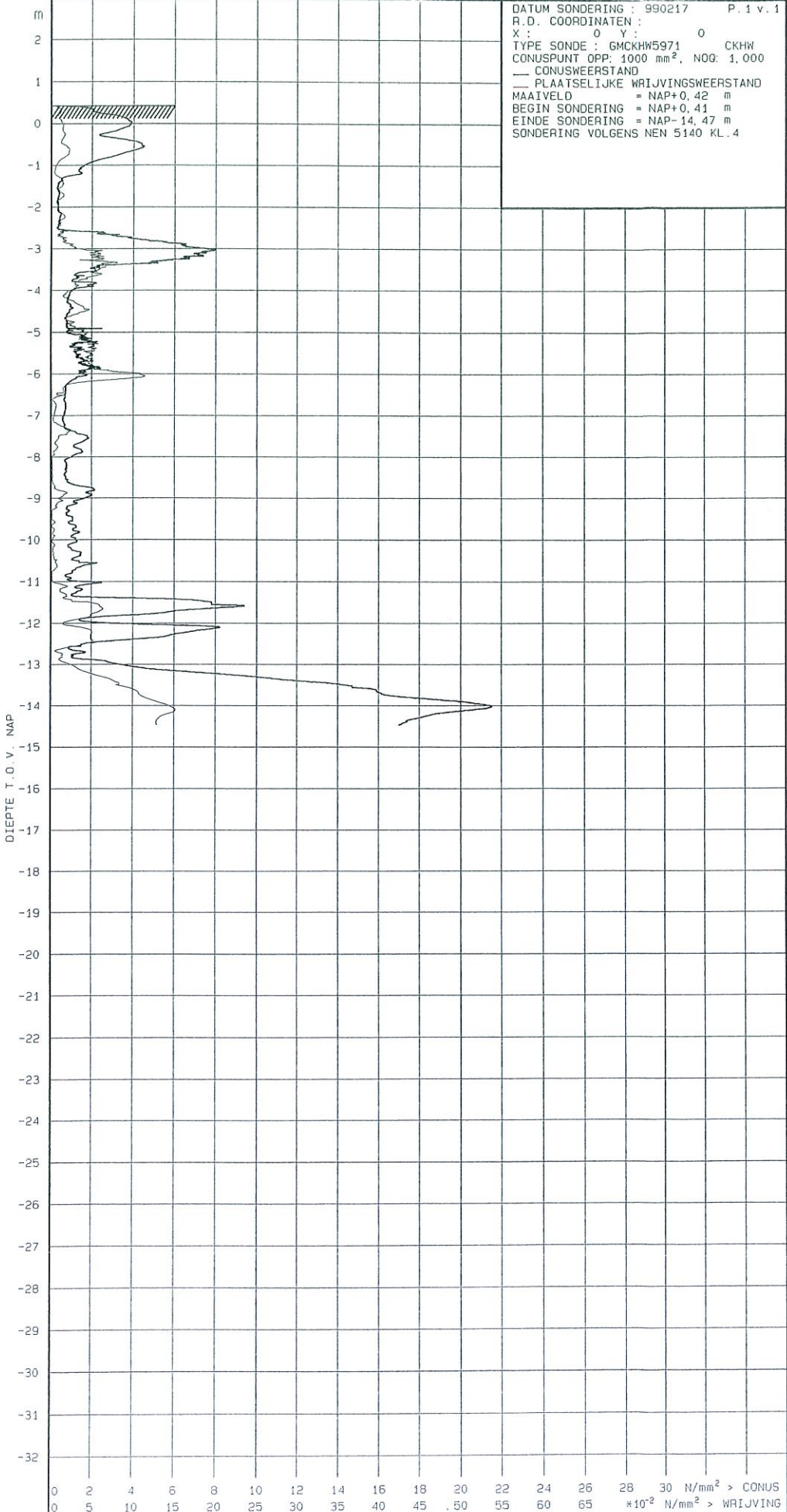
OEVERBESCHERMING N-H KANAAL  
 KM 02.433 - 03.814  
**SONDERING**

GET.	990217	OPDRACHT:	11.601
GEC.			
GEZ.			

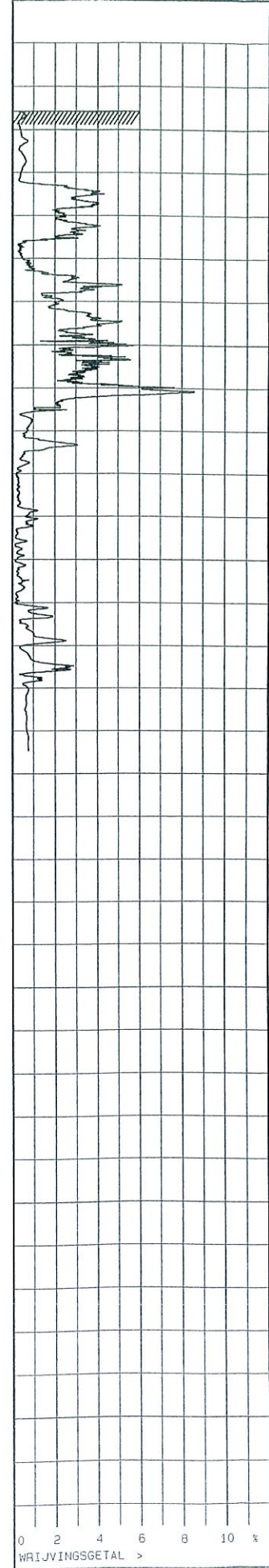
▼ 25E-21 61

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65  $\times 10^{-2}$  N/mm<sup>2</sup> > WRIJVING  
 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 N/mm<sup>2</sup> > CONUS

WRIJVINGSGETAL >  
 0 2 4 6 8 10 %



DATUM SONDERING : 990217 P. 1 v. 1  
 R.D. COORDINATEN :  
 X : 0 Y : 0  
 TYPE SONDE : GMCKHW5971 CKHW  
 CONUSPUNT OPP: 1000 mm<sup>2</sup>, NOG: 1.000  
 — CONUSWEERSTAND  
 — PLAATSELIJKE WRIJVINGSWEERSTAND  
 MAAIVELO = NAP+0,42 m  
 BEGIN SONDERING = NAP+0,41 m  
 EINDE SONDERING = NAP-14,47 m  
 SONDERING VOLGENS NEN 5140 KL.4

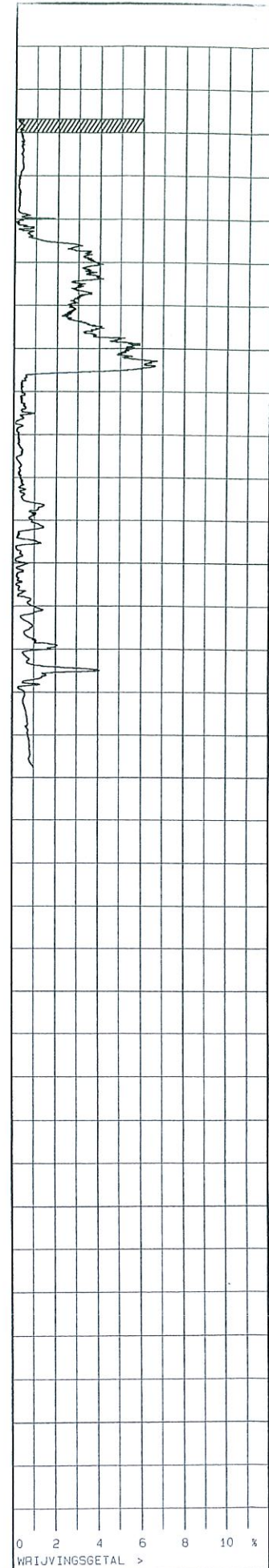
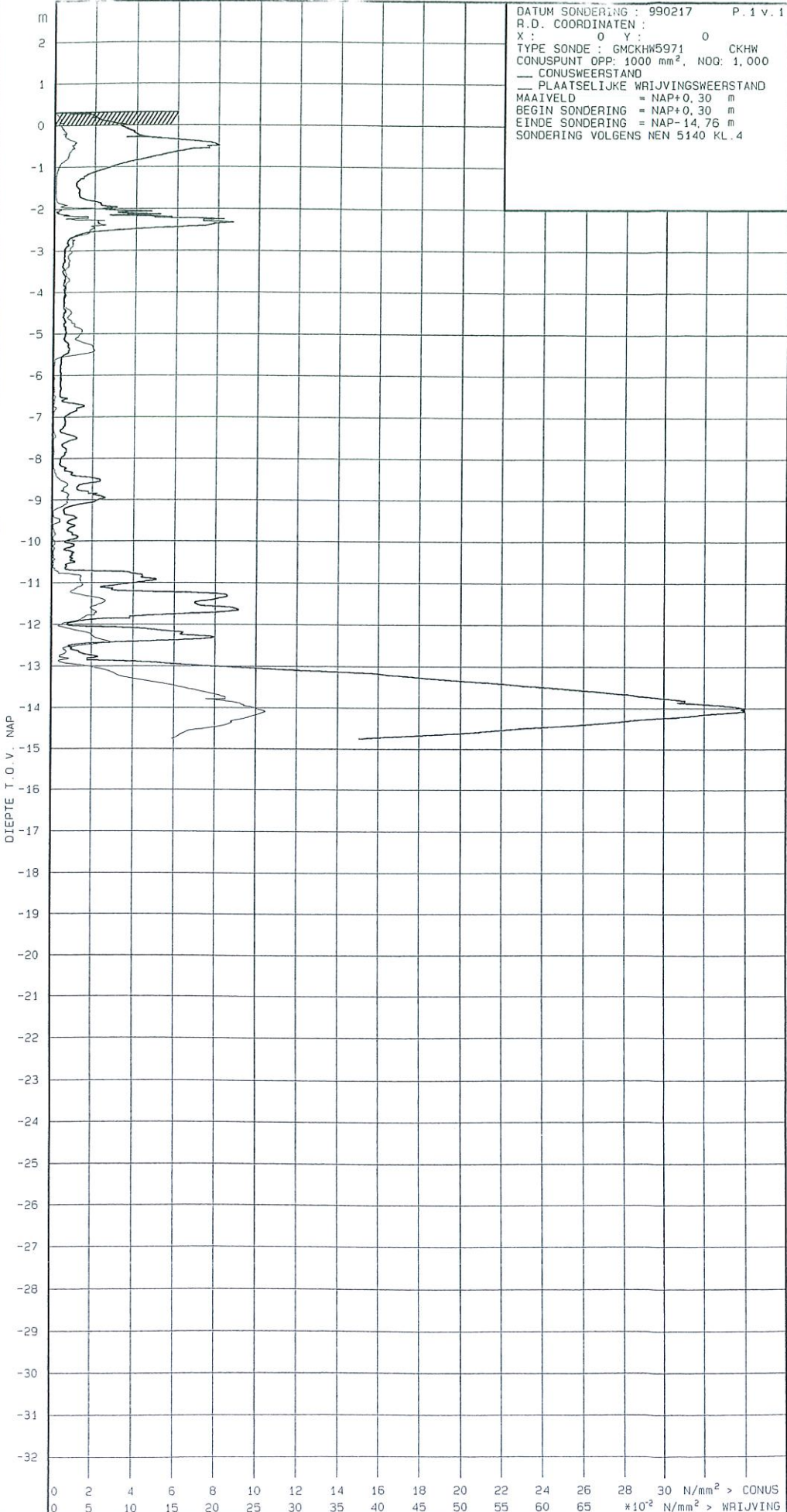


DIEPTE T.O.V. NAP

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65  $\times 10^2$  N/mm<sup>2</sup> > WRIJVING  
 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 N/mm<sup>2</sup> > CONUS

WRIJVINGSGETAL >  
 0 2 4 6 8 10 x

DATUM SONDERING : 990217 P. 1 v. 1  
 R.D. COORDINATEN :  
 X : 0 Y : 0  
 TYPE SONDE : GMCKHW5971 CKHW  
 CONUSPUNT OPP: 1000 mm<sup>2</sup>, NOG: 1,000  
 — CONUSWEERSTAND  
 — PLAATSELIJKE WRIJVINGSWEERSTAND  
 MAAVELD = NAP+0,30 m  
 BEGIN SONDERING = NAP+0,30 m  
 EINDE SONDERING = NAP-14,76 m  
 SONDERING VOLGENS NEN 5140 KL.4



OEVERBESCHERMING N-H KANAAL  
 KM 02.433 - 03.814  
**SONDERING**

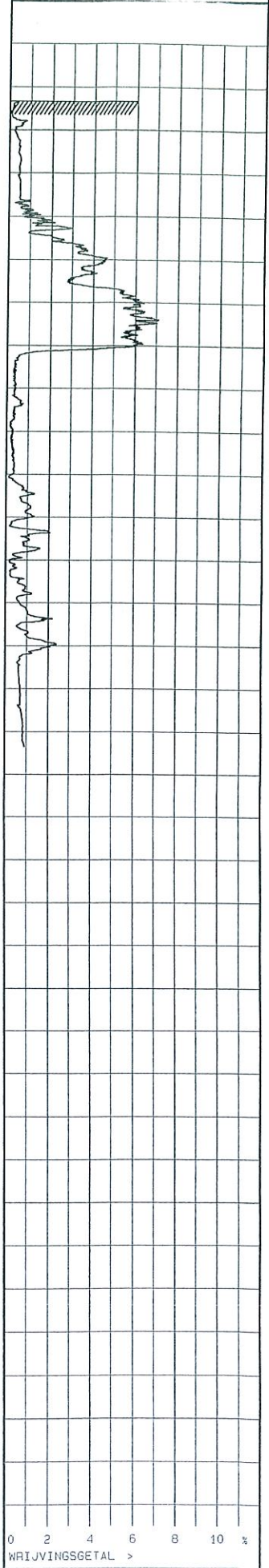
GET. 990217  
 GEC. *[Signature]*  
 GEZ. *[Signature]*  
 OPDRACHT: 11.601  
**25E-23** G1

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 \*10<sup>-2</sup> N/mm<sup>2</sup> > WRIJVIJING  
 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 N/mm<sup>2</sup> > CONUS

WRIJVIJINGSGEHALTE  
 0 2 4 6 8 10 %

m  
 2  
 1  
 0  
 -1  
 -2  
 -3  
 -4  
 -5  
 -6  
 -7  
 -8  
 -9  
 -10  
 -11  
 -12  
 -13  
 -14  
 -15  
 -16  
 -17  
 -18  
 -19  
 -20  
 -21  
 -22  
 -23  
 -24  
 -25  
 -26  
 -27  
 -28  
 -29  
 -30  
 -31  
 -32

DATUM SONDERING : 990217 P. 1 v. 1  
 R.D. COORDINATEN :  
 X : 0 Y : 0  
 TYPE SONDE : GMCKHW5971 CKHW  
 CONUSPUNT OPP: 1000 mm<sup>2</sup>, NOG: 1,000  
 — CONUSWEERSTAND  
 — PLAATSELIJKE WRIJVIJINGSGEHALTE  
 MAAIVELD = NAP+0,66 m  
 BEGIN SONDERING = NAP+0,66 m  
 EINDE SONDERING = NAP-14,35 m  
 SONDERING VOLGENS NEN 5140 KL.4



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 N/mm<sup>2</sup> > CONUS  
 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 \*10<sup>-2</sup> N/mm<sup>2</sup> > WRIJVIJING

0 2 4 6 8 10 %  
 WRIJVIJINGSGEHALTE >



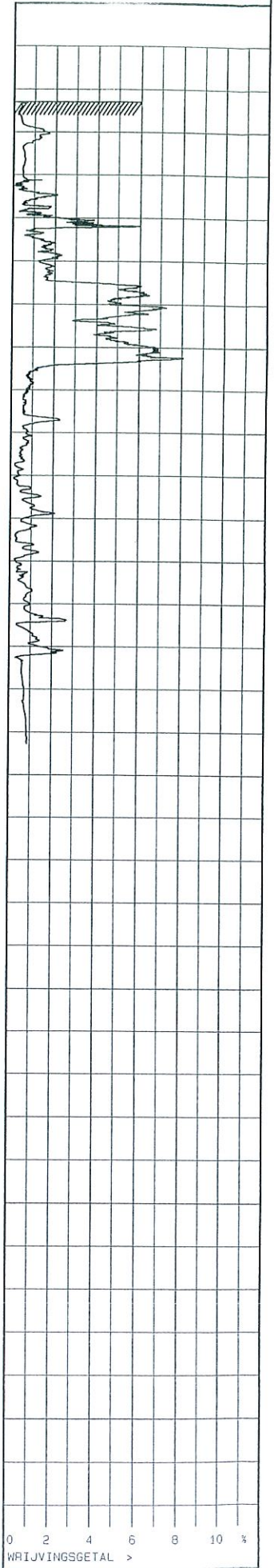
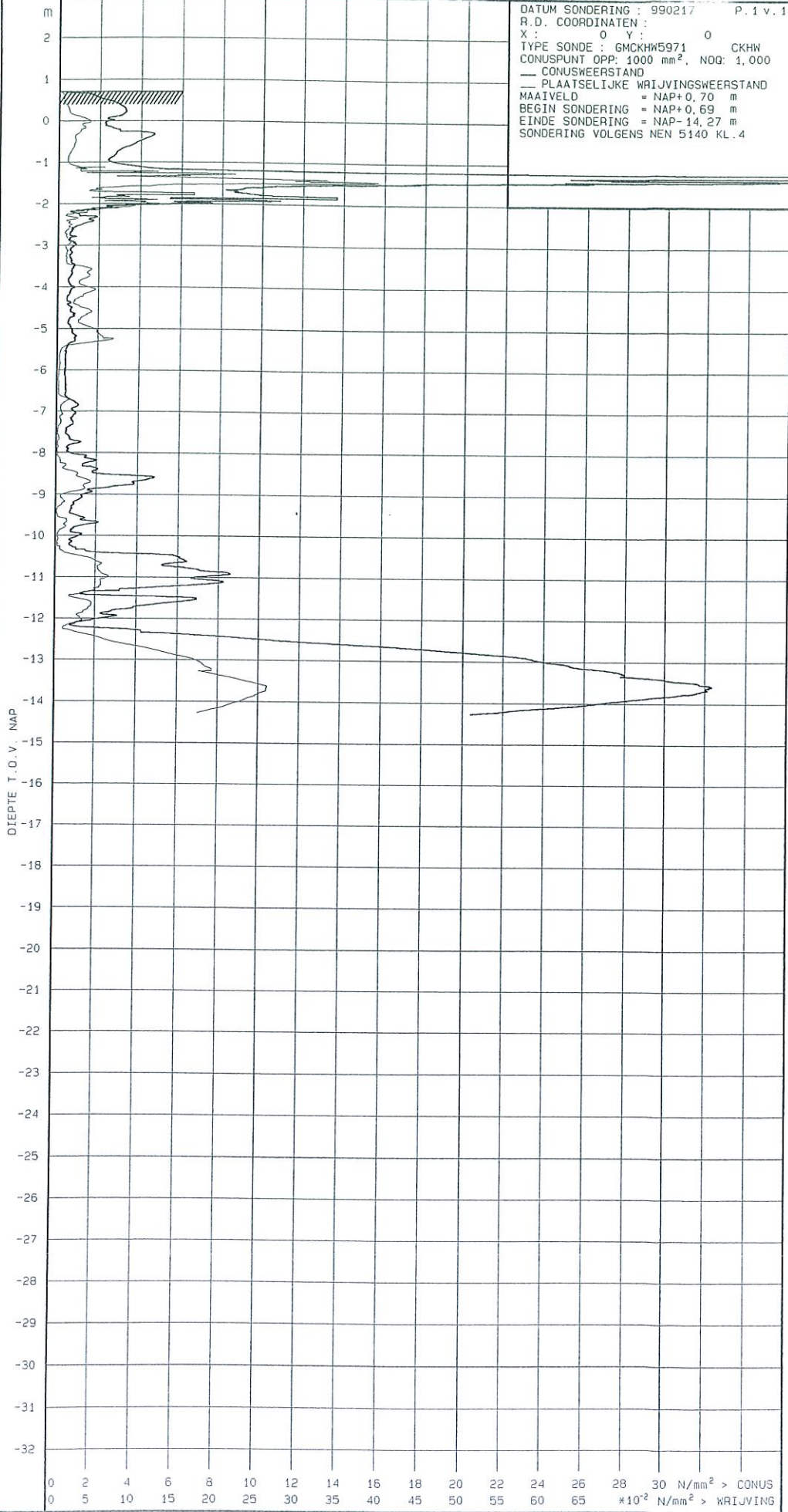
OEVERBESCHERMING N-H KANAAL  
 KM 02.433 - 03.814  
**SONDERING**

GET. 990217  
 GEC. *[Signature]*  
 GEZ. *[Signature]*  
 OPRACHT: 11.601  
 ▼ 25E-24  
 61

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65  $\times 10^{-2}$  N/mm<sup>2</sup> > WRIJVING  
 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30  $\times 10^{-2}$  N/mm<sup>2</sup> > CONUS

WRIJVINGSGETAL >  
 0 2 4 6 8 10 %

DATUM SONDERING : 990217 P. 1 v. 1  
 R.D. COORDINATEN :  
 X : 0 Y : 0  
 TYPE SONDE : GMCKHW5971 CKHW  
 CONUSPUNT OPP: 1000 mm<sup>2</sup>, NOG: 1,000  
 — CONUSWEERSTAND  
 — PLAATSELIJKE WRIJVINGSWEERSTAND  
 MAAIVELD = NAP+0,70 m  
 BEGIN SONDERING = NAP+0,69 m  
 EINDE SONDERING = NAP-14,27 m  
 SONDERING VOLGENS NEN 5140 KL.4

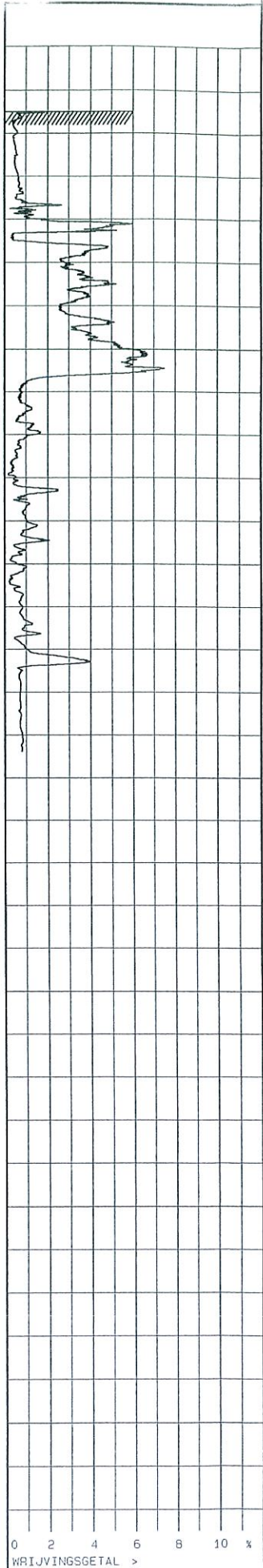
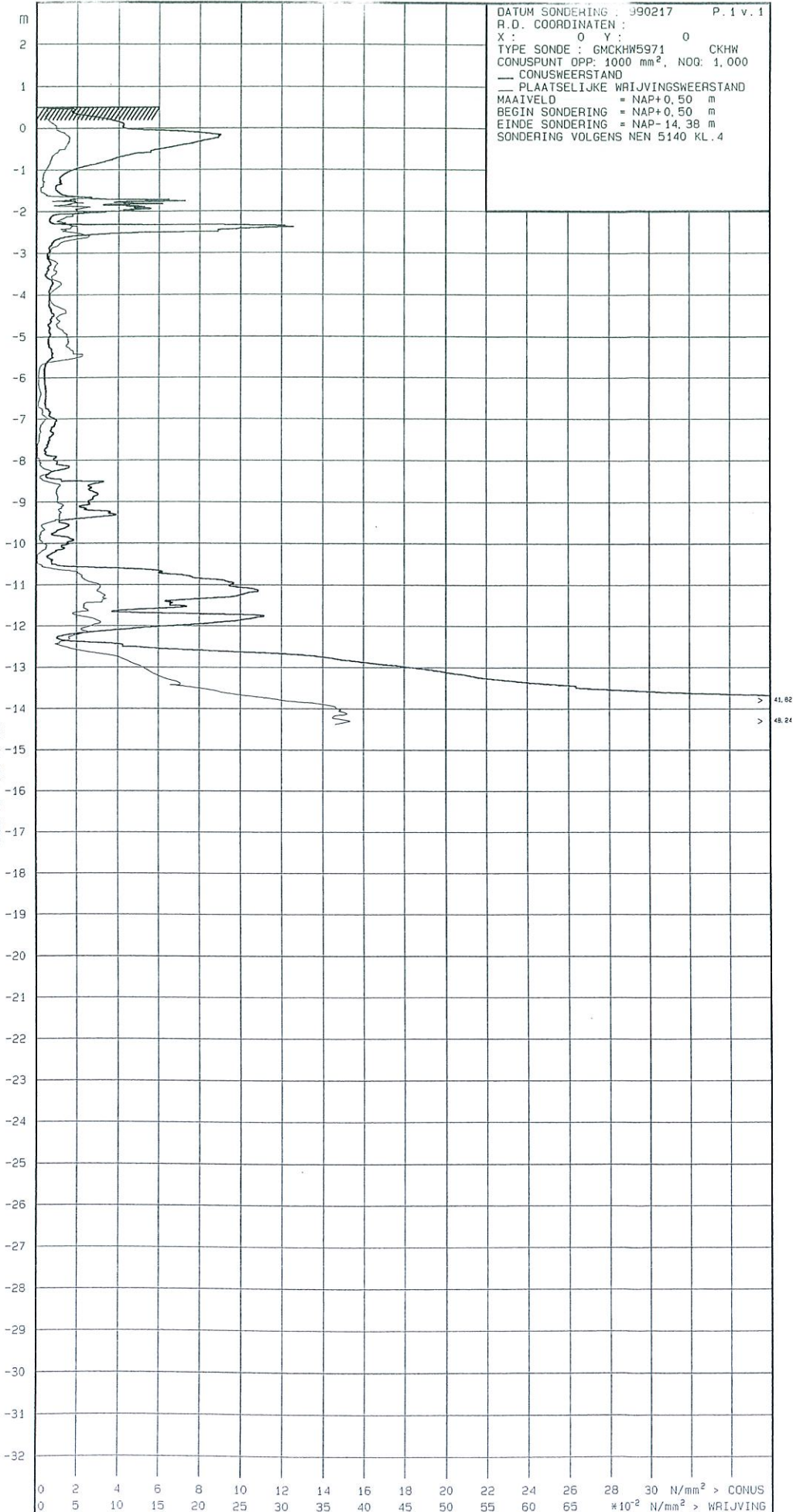


0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65  $\times 10^2$  N/mm<sup>2</sup> > WRIJVING  
 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 N/mm<sup>2</sup> > CONUS

WRIJVINGSGETAL >  
 0 2 4 6 8 10 %

DATUM SONDERING : 990217 P. 1 v. 1  
 R.D. COORDINATEN :  
 X : 0 Y : 0  
 TYPE SONDE : GMCKHW5971 CKHW  
 CONUSPUNT DPP: 1000 mm<sup>2</sup>, NOG: 1,000  
 — CONUSWEERSTAND  
 — PLAATSELIJKE WRIJVINGSWEERSTAND  
 MAAIVELD = NAP+0,50 m  
 BEGIN SONDERING = NAP+0,50 m  
 EINDE SONDERING = NAP-14,38 m  
 SONDERING VOLGENS NEN 5140 KL.4

DIEPTE T.O.V. NAP



> 41.82  
> 48.24



**OMEGAM**  
 GRONDMECHANICA  
 AMSTERDAM

OEVERBESCHERMING N-H KANAAL  
 KM 02.433 - 03.814  
**SONDERING**

GET. 990217  
 GEC.  
 GEZ.

OPDRACHT: 11.601  
 ▼ 25E-26