

PUBLICATION OF THE NETHERLANDS GEODETIC COMMISSION

DE TWEEDE NAUWKEURIGHEIDSWATERPASSING  
VAN NEDERLAND  
1926-1940

DOOR  
A. WAALEWIJN

1979  
RIJKSCOMMISSIE VOOR GEODESIE, THIJSEWEG 11, DELFT, THE NETHERLANDS

**GEDRUKT IN NEDERLAND BIJ W. D. MEINEMA B.V., DELFT**

ISBN 90 6132 030 5

## VOORWOORD

Met de publicatie van dit verslag wordt een lang geleden verstrekte opdracht vervuld. Men kan zich afvragen of het nog nut heeft dit verslag zo veel jaren na de voltooiing van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing uit te brengen. Ik heb gemeend deze vraag in positieve zin te moeten beantwoorden, omdat nog steeds alle in Nederland gebruikte hoogtegegevens gebaseerd zijn op de berekening van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing, terwijl het aantal mensen dat kennis draagt van de opzet en uitwerking van deze waterpassing steeds geringer wordt.

Van de aanvankelijke gedachte om in dit verslag vooral in te gaan op de nauwkeurigheidsaspecten van de waterpassing en de theoretische achtergronden daarvan is slechts in § 10.3 een kleine neerslag terug te vinden. Voor het overige heb ik mij beperkt tot de vraag wat er is gebeurd en hoe het is gebeurd. Tenslotte heb ik gemeend naar goed geodetisch gebruik een staat van waarnemingen en uitkomsten te moeten toevoegen, zodat het totaal van het waarnemingsmateriaal beschikbaar is voor bewerking met vereffeningstechnieken die in 1940 nog buiten de mogelijkheden lagen.

Bij het samenstellen van dit verslag heb ik veel steun ondervonden van medewerkers en oud-medewerkers van de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat. Mijn oprechte dank gaat uit naar hen allen voor hun onontbeerlijke hulp.

A. Waalewijn

## PREFACE

The publication of this report marks the completion of an assignment which stretches back over a considerable period, and it may indeed be wondered whether there is any point in publishing it at all so long after the second geodetic levelling. I feel that an affirmative answer must be given as all benchmark data used in the Netherlands are still based on the results of this work while the number of people who know how it was planned and carried out is steadily dwindling.

The original intention, to concentrate in this report on the precision aspects of levelling and the theoretical background, has been reduced to brief references in § 10.3. For the rest, I have restricted myself to events and methods. Finally, I felt that it would be in keeping with good geodetic procedures to add a table of observations and results in order to make all the material available for adjustment, using techniques that had not yet been developed in 1940.

I should like to take this opportunity to express my warmest thanks to staff and former staff of the Survey Department of the Department of Public Works for their invaluable assistance and support in preparing this report.



## INHOUDSOPGAVE

	Lijst van gebruikte afkortingen en symbolen . . . . .	7
Hoofdstuk 1	Historische gegevens . . . . .	11
1.1	Waterpassingen vóór 1875 . . . . .	11
1.2	De eerste nauwkeurigheidswaterpassing 1875-1885 . . . . .	12
1.3	Waterpassingen tussen 1885 en 1920 . . . . .	16
1.4	De inrichting van de registers en de nummering der verken- merken . . . . .	17
Hoofdstuk 2	Voorgeschiedenis en voortgang van de tweede nauwkeurigheds- waterpassing 1926-1940. . . . .	25
2.1	De voorgeschiedenis en het begin van de metingen . . . . .	25
2.2	De voortgang van het terreinwerk . . . . .	26
2.3	Medewerkers tweede nauwkeurigheidswaterpassing . . . . .	31
Hoofdstuk 3	Peilmerken . . . . .	32
3.1	Normale peilmerken . . . . .	32
3.2	Ondergrondse peilmerken. . . . .	32
Hoofdstuk 4	Het referentievlak: N.A.P. . . . .	38
4.1	Vergelijking van peilmerken te Amsterdam . . . . .	38
4.2	Vergelijking van het N.A.P. met het Normal-Null . . . . .	42
4.3	Aansluiting van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing aan het N.A.P. . . . .	44
Hoofdstuk 5	Instrumentarium . . . . .	47
5.1	Waterpasinstrumenten . . . . .	47
5.1.1	Het instrument van Breithaupt . . . . .	47
5.1.2	Het instrument van Hildebrand . . . . .	49
5.1.3	Het instrument van Zeiss: Nivellier A . . . . .	50
5.2	Baken . . . . .	51
5.2.1	Baken met veldenmillimeterverdeling volgens DIEPERINK . . . . .	51
5.2.2	De invarbaak met halvecentimeterstreepverdeling . . . . .	52
5.2.3	Speciale baken . . . . .	54
5.3	Diversen . . . . .	55
5.4	IJking van de baken . . . . .	56
Hoofdstuk 6	Methode van meting . . . . .	63
6.1	Algemeen . . . . .	63
6.2	Opstelling van instrument en baken . . . . .	63
6.3	Gebruik van het waterpasinstrument . . . . .	64
6.4	Organisatie van de meting . . . . .	66

6.5	De boekhouding . . . . .	68
6.5.1	Het waarnemingsformulier . . . . .	68
6.5.2	De resumtiestaat . . . . .	70
6.6	Rivierovergangen . . . . .	73
Hoofdstuk 7	Aansluitingen met Duitsland en België . . . . .	76
Hoofdstuk 8	Reductie van de waarnemingen . . . . .	78
8.1	Knooppuntscorrectie . . . . .	78
8.2	Orthometrische correctie . . . . .	78
8.3	Samenvoeging van de gemeten hoogteverschillen en bepaling van de gewichtscoefficiënten . . . . .	83
Hoofdstuk 9	De vereffening . . . . .	86
9.1	Samenstelling van het net. . . . .	86
9.2	De vereffening van het vereffenningsnet . . . . .	88
9.3	Berekening van het overige deel van het net . . . . .	93
Hoofdstuk 10	Nauwkeurigheid van metingen en resultaten . . . . .	97
10.1	Standaardafwijking van de waarnemingen . . . . .	97
10.2	Nauwkeurigheid van de berekende hoogten . . . . .	101
10.3	Diverse onderzoeken aan het waarnemingsmateriaal . . . . .	103
10.3.1	Relatie tussen standaardafwijking en sectielengte . . . . .	103
10.3.2	Relatie tussen standaardafwijking en slaglengte . . . . .	107
10.3.3	De standaardafwijking per kilometer waterpassing op verschillende manieren berekend . . . . .	111
10.4	Vergelijking van de resultaten der eerste en tweede nauwkeurigheidswaterpassing. . . . .	113
Hoofdstuk 11	Waarnemingen en uitkomsten . . . . .	129
	Literatuur . . . . .	152
	Summary . . . . .	155

## LIJST VAN GEBRUIKTE AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

$a$	sectielengte in meters (zie ook $R$ )	§ 6.5.2
$A_1(A_2)$	verschillende methoden van waterpassing	§ 6.3
$a_s$	standaardafwijking invloed inspelen niveau bij slaglengte $S$	§ 10.3.2
$\overline{AB, AB}$	gewichtscoefficiënt van het hoogteverschil $AB$	§ 10.2
$AD$	Algemene Dienst van de Waterstaat	§ 1.4
$A.P.$	Amsterdams Peil	§1.1 en § 4.1
$B_1(B_2)$	verschillende methoden van waterpassing	§ 6.3
$B.M.$	Bovengronds Merk (bij een ondergronds merk)	§ 3.2
$b_s$	standaardafwijking baakaflezing bij slaglengte $S$ .	§ 10.3.2
$C$	(Rijks)Commissie voor Graadmeting en Waterpassing	§ 1.4
$C_{\Delta H}$	orthometrische correctie aan hoogteverschil $\Delta H$	§ 8.2
$\Delta D_1(\Delta D_2)$	gemiddelde van heen- en terugmeting per sectie voor waarnemer $M_1(M_2)$	§ 10.3.3
$F$	omtrek van een kring in kilometers	§ 10.1
$F_m$	gemiddelde omtrek van de kringen	§ 10.1
$\bar{F}$	gereduceerde omtrek van een kring	§ 10.1
$g$	versnelling van de zwaartekracht	§ 8.2
$g_i$	gewicht van de waarneming $i$	§ 8.3
$\Delta G_1(\Delta G_2)$	heenmeting per sectie van waarnemer $M_1(M_2)$	§ 10.3.3
$\Delta G$	gemiddelde van $\Delta G_1$ en $\Delta G_2$	§ 10.3.3
$G.K.B.$	Grote Kruisbout	§ 3.1
$G.M.T.$	Greenwich Mean Time	§ 6.5
$H$	hoogte	§ 8.2
$\Delta H, \Delta h$	hoogteverschil	§ 8.2 en § 10.3.3
$H.M.$	Hoofdmerk	§ 3.1
$\Delta J_1(\Delta J_2)$	Heenmeting van een sectie door waarnemer $M_1(M_2)$	§ 10.3.3
$\Delta J$	gemiddeld van $\Delta J_1$ en $\Delta J_2$	§ 10.3.3
$K_a$	naam van de secundaire Nederlandse standaardmeter	§ 5.4
$K_1$ t/m $K_{26}$ of $K_u$ t/m $K_w$	korrelaten	§ 9.2
$k_i$	factoren van $P_i$ in samengesteld hoogteverschil	§ 10.2
$Kn.B.$	knopbout	§ 3.1
$K.R.B.$	Keine ronde bout	§ 3.1
$K.R.K.B.$	Kleine ronde kruisbout	§ 3.1
$L$	trajectlengte in kilometers	§ 8.3 en § 10.1
$L_m$	gemiddelde trajectlengte	§ 10.1
$\bar{L}$	gereduceerde trajectlengte (= gewichtscoefficiënt)	§ 8.3
$M_1(M_2)$	waarnemer 1 (2)	§ 6.3
$m$	schatting voor $\sigma$ , standaardafwijking per kilometer waterpassing berekend uit de netsvereffening	§ 9.2

$m_1$	standaardafwijking van $Z$ (gemiddeld nominale baakmeter)	§ 5.4
$n$	aantal	
N.A.P.	Normaal Amsterdams Peil	§ 1.3
N.N.	Normal Null	§ 4.2
N.T.	Nederlandse Tijd	§ 6.5
O. M.	Ondergronds Merk	§ 3.2
$P_1$ t/m $P_{67}$	vereffende hoogteverschillen per traject	§ 9.2
$p_1$ t/m $p_{67}$	gemeten hoogteverschillen per traject	§ 9.2
P.B.	pijpbout	§ 3.1
P.L.	Parijse lijn, afstand van 2 deelstrepen op het niveau	§ 10.3.2
P.M.S.	peilmerksteen	§ 3.1
$q_s$	standaardafwijking enkele waterpassing per slag	§ 10.3.2
$Q_{uu}$	gewichtscoëfficiënt van korrelaat $K_u$	§ 9.2
$Q_{ij}$	gewichtscoëfficiënt van korrelaten $K_i$ en $K_j$	§ 9.2
$R$	sectielengte in kilometers (zie ook „ $a$ ”)	§ 6.4 en § 10.1
$R_m$	gemiddelde sectielengte	§ 10.1
R.B.	ronde bout	§ 3.1
$S$	slaglengte in meters	§ 10.3.2
$s$	somcontrole bij oplossing normaalvergelijkingen	§ 9.2
T.H.	Technische Hogeschool	§ 3.2
$t_u$ t/m $t_w$	sluittermen van de kringen (zie ook $\Phi$ )	§ 9.2
U.F.	Unterirdische Festlegung (Duits ondergronds merk)	tabel 18
$u$	standaardafwijking per kilometer waterpassing:	
	$u_R$ berekend uit verschillen $p$ per sectie	§ 10.1
	$u_L$ berekend uit verschillen $\lambda$ per traject	§ 10.1
	$u_F$ berekend uit verschillen $\Phi$ per kring	§ 10.1
	$u_a$ berekend uit instrumentele gegevens	§ 10.3.3
	$u_q$ berekend uit standaardafwijking per slag $q_s$	§ 10.3.3
	$u'_R$ berekend uit verschil van de resultaten van beide waarnemers per sectie.	§ 10.3.3
$u_i(v_i, w_i)$	coëfficiënt van de vereffende waarneming $P_i$ in de voorwaardevergelijkingen	§ 9.2
$u_0(v_0, w_0)$	bekende term in de voorwaardevergelijkingen (= 0)	§ 9.2
$v$	sluitterterm tussen de hoogteverschillen gemeten door beide waarnemers in een slag. (zie ook voor secties 6.5.2)	§ 10.3.2
V.B.	vierkante bout	§ 3.1
V.D.L.	Voeten, duimen, lijnen (Amsterdamse maat) in Fig. 4	§ 1.4
$W_A$	potentiaal in punt A	§ 8.2
$\Delta W$	potentiaalverschil	§ 8.2
$z$	afwijking van de nominale baakmeter	§ 5.4
$Z$	gemiddelde afwijking van de nominale baakmeter	§ 5.4
$\times$	decadisch complement voor negatief getal	§ 6.5
$\alpha$ en $\beta$	coëfficiënten in de formules van Clairaut-Bouguer	§ 8.2



$\varepsilon$	correctie aan de waarnemingen $p_1$ t/m $p_{67}$	§ 9.2
$\lambda$	verschil tussen heen- en terugmeting per traject	§ 10.1
$\rho$	verschil tussen heen- en terugmeting per sectie	§ 6.5.2 en § 10.1 en § 10.3.3
$\rho'$	verschil tussen $\Delta D_1$ en $\Delta D_2$	§ 10.3.3
$\Sigma$ of $[\ ]$	som van getallen	
$\sigma$ ( $\sigma_1$ )	standaardafwijking van een kilometer waterpassing	§ 8.3 en § 10.3.1
$\sigma^2$	variantiefactor	§ 8.3
$\sigma_R$	standaardafwijking van R kilometer waterpassing	§ 10.3.1
$\sigma_\rho$	standaardafwijking van $\rho$	§ 10.1
$\Phi$	sluitterm van een kring (zie ook $t_u$ t/m $t_z$ )	§ 10.1
$\varphi$	geografische breedte	§ 8.2



## HOOFDSTUK 1

## HISTORISCHE GEGEVENS

## 1.1 Waterpassingen vóór 1875

Omtrent het juiste jaartal van invoering van het Amsterdams Peil is men in het onzekere; volgens VAN DER WEELE [32] (pag. 11) zou het onder de naam Stadtspeyl in 1670 zijn vastgelegd, doch hiervan zijn geen merktekens bekend. Bij de verbetering van de waterkering te Amsterdam in 1682 werd dit Stadtspeyl echter op voortreffelijke wijze door het aanbrengen van marmeren peilmerkstenen in de verschillende sluizen definitief materieel vastgelegd. Zie STAMKART [24] pag. 268. Deze zg. dijkpeilstenen waren nagenoeg identiek; zij droegen het opschrift (zie Fig. 1):

ZEEDYKSHOOGHTE  
ZYNDE NEGEN VOET VYF DUYM  
BOVEN STADTS PEYL



Fig. 1 Dijkpeilsteen in de Nieuwe Brugsluis (Amsterdam 1). Historische topografische atlas, Gemeentelijke Archiefdienst, Amsterdam.

Benchmark (ordnance datum) in the Nieuwe Brugsluis (Amsterdam 1). Historical topographical atlas, Municipal Archives Service, Amsterdam.

Van deze (vermoedelijk acht) stenen waren er na bijna twee eeuwen in 1876 nog vijf over, in 1928 nog slechts drie. De laatste dijkpeilsteen werd in 1955 tengevolge van reconstructiewerkzaamheden aan de Nieuwe Brugsuis verplaatst. Zie verder hoofdstuk 4.

KRAYENHOFF heeft van 1797 tot 1812 een uitgebreide waterpassing over een groot deel van Nederland uitgevoerd, waarbij hij het bovengenoemde Stadtspeyl onder de naam Amsterdamsche Peil (afgekort A.P.) als nulvlak gebruikte. KRAYENHOFF legde de resultaten van deze waterpassingen vast in zijn „Verzameling van hydrographische en topografische waarnemingen in Holland” [14]. De lijnen van deze waterpassing lopen voornamelijk langs de grote rivieren en langs de kust van de voormalige Zuiderzee. De metingen werden in hoofdzaak verricht door KRAYENHOFF en de hem toegevoegde geografische ingenieurs, met uitzondering van de lijnen XII, XIII en XIV langs de Zuiderzee, die door de Waterstaat zijn gemeten. Een aantal verkenmerken\* in de waterschappen Amstelland, Rijnland en Woerden werden met het A.P. vergeleken door middel van de waterstand in de met ijs bedekte wateren op 5, 6 en 7 januari 1813. Fig. 2 toont een reconstructie van het net aan de hand van de beschrijvingen door KRAYENHOFF [14].

In de loop van de 19e eeuw werd het Amsterdams Peil door waterpassingen ten behoeve van de Waterstaat en de Spoorwegen over bijna geheel Nederland verspreid. Blijkens een mededeling van JORDAN in het Zeitschrift für Vermessungswesen [11] was het Amsterdams Peil vóór 1880 in Pruisen één van de meest gebruikte peilen. Volgens VON MOROZOWICZ [17] werd in Pruisen westelijk van Hannover en Kurhessen met Amsterdams Peil gebruikt, oostelijk daarvan werden de hoogten ontleend aan de peilschaal van Swinemünde.

## 1.2 De eerste nauwkeurigheidswaterpassing 1875–1885

De eerste nauwkeurigheidswaterpassing in Nederland werd uitgevoerd in de jaren 1875–1885. Tijdens deze meting werden jaarlijks de voorlopige uitkomsten gepubliceerd in [28] en [19] waarna de definitieve resultaten werden neergelegd in „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20]. Dit werk geeft een beknopt overzicht van de methoden en hulpmiddelen bij de waterpassing gebruikt. Nadere bijzonderheden zijn te vinden in het verslag van een voordracht in 1877 door COHEN STUART gehouden voor het Koninklijk Instituut van Ingenieurs [2].

De directe aanleiding tot deze waterpassing was een verzoek van het Pruisisch Geodetisch Instituut om een zo nauwkeurig mogelijke verbinding tussen Amsterdam en de Duitse waterpassing bij Salzbergen tot stand te brengen. De Nederlandse regering besloot toen met spoed om deze meting zelf te doen uitvoeren, omdat anders... „de Regering, zonder aanstoot te geven, niet zou kunnen verhoeden dat Pruisische officieren of ambtenaren in ons land de waterpassingen kwamen verrichten” (Brief dd. dec. 1878 van de Koninklijke Akademie voor Wetenschappen aan de Minister van Binnenlandse Zaken). De Nederlandse regering besloot tevens om behalve deze verbindinglijn een net van nauwkeurigheidswaterpassingen over geheel Nederland aan te leggen zodanig dat er, „met enkele uitzonderingen, geen punt in ons land is aan te wijzen dat meer dan 25 kilometers van een merk der waterpassing verwijderd is”. Dit besluit berustte op de overweging dat alle hoogtegegevens in Nederland gebaseerd waren op de inmiddels meer dan 60 jaar oude waterpassing van Krayenhoff, uitgevoerd met hulpmid-

\* de benaming peilmerk werd in 1942 ingevoerd (§ 3.1).

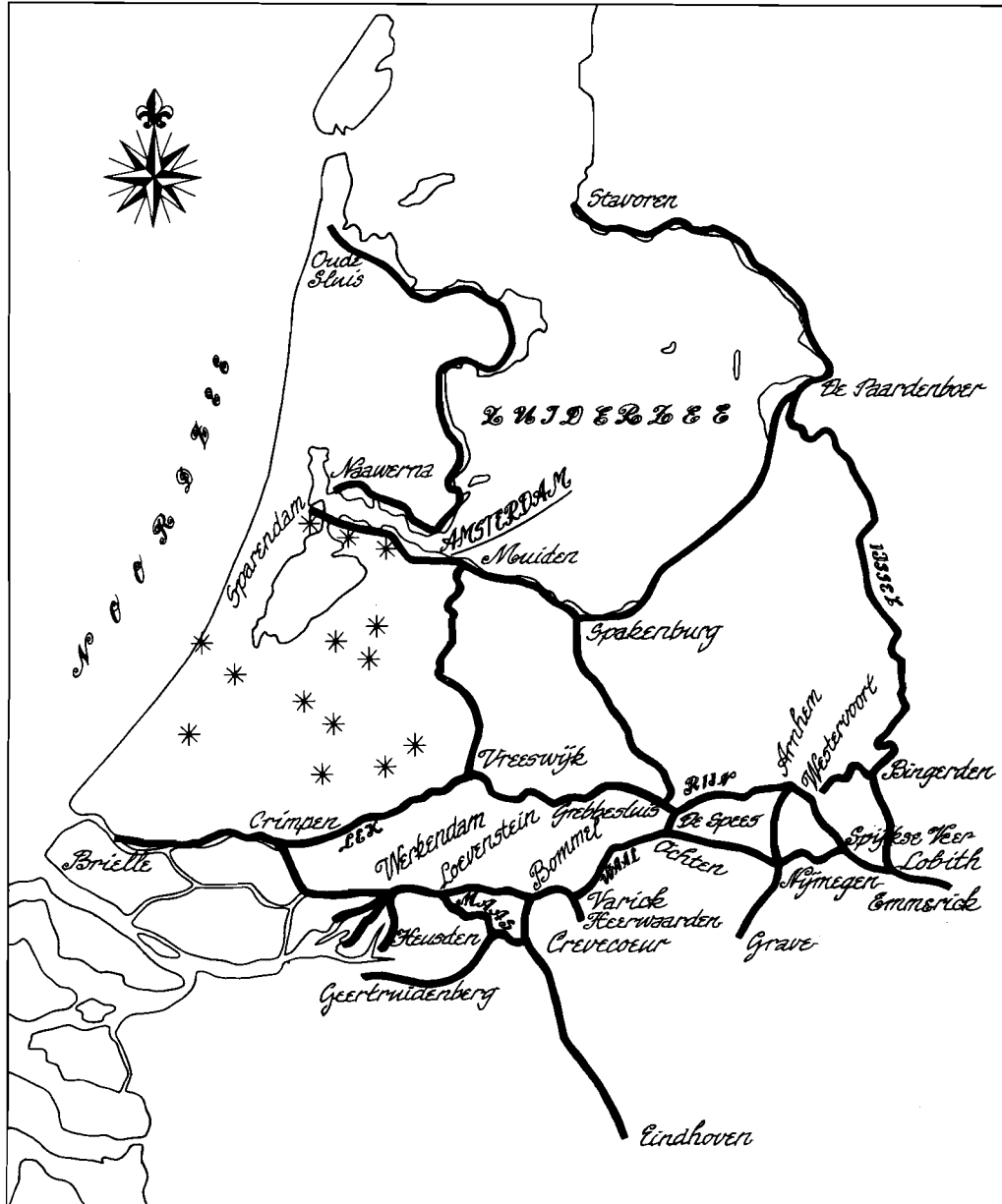


Fig. 2 Reconstructie van het net van de waterpassing van Krayenhoff. (ijswaarnemingen schematisch aangegeven met\*).

Reconstruction of Krayenhoff's levelling network. (hydrostatic measurements taken under ice conditions indicated by\*).

delen die niet meer in overeenstemming waren met de stand van de techniek in de jaren omstreeks 1870.

De waterpassing werd ontworpen en begonnen door COHEN STUART en na diens overlijden (in 1878) voortgezet door de op 20 februari 1879 opgerichte Rijksc commissie voor Graadmeting en Waterpassing. Bij de opzet werd ervan uitgegaan dat het net door secundaire waterpassing zou worden verdicht. De lijnen van het net werden gekozen langs de straatwegen wegens de daar te verwachten vastere bodem en de gedeeltelijke beschutting tegen zon en wind. De verkenmerken werden aangebracht in openbare min of meer monumentale gebouwen. Door deze keuze was het niet mogelijk de verkenmerken dichter bij elkaar te plaatsen dan ongeveer 5 km. Ter verzekering tegen eventuele storingen werden nabij de belangrijkste verkenmerken in hetzelfde gebouw meestal één of meer verklikkers aangebracht. Voor de beschrijving van de bij deze waterpassing geplaatste verkenmerken wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

Het net (Fig. 3) bestond uit 12 kringen met een totale lengte van 1368 km (volgens de vereffening) alsmede nog een groot aantal losse takken waarvan de gezamenlijke lengte ongeveer 750 km bedraagt. De gehele waterpassing had derhalve een lengte van meer dan 2100 km. Het aantal nieuw geplaatste verkenmerken bedroeg 566, terwijl bovendien nog 410 bestaande punten (oude verkenmerken, nulpunten van peilschalen e.d.) en hulppunten „ter herziening van het A.P.” opnieuw in hoogte werden bepaald.

Voor de bepaling van het nulvlak werden in 1876 de 5 toen nog aanwezige dijkpeilstenen te Amsterdam in de waterpassing opgenomen. Alle in „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20] gepubliceerde hoogten zijn aangegeven als „Hoogte boven A.P. in M”. Voor de verkenmerken, waarvan reeds een vroegere hoogtebepaling bekend was, werd in een speciale kolom de hoogte „tot nu aangenomen” vermeld alsmede het geconstateerde verschil tussen de oude en de nieuw bepaalde hoogte. Deze verschillen zijn in het algemeen in de omgeving van Amsterdam gering (enige centimeters), doch op grotere afstand van Amsterdam lopen ze op tot enige decimeters. De verschillen zijn nagenoeg altijd „positief”, d.w.z. de nieuw bepaalde hoogte is kleiner dan de oude hoogte.

De standaardafwijking per kilometer waterpassing zoals deze volgt uit de vereffening van het net bedroeg 0.75 mm. Met behulp hiervan werd voor 87 belangrijke punten in het net de standaardafwijking van de berekende hoogte t.o.v. Amsterdam bepaald en gepubliceerd in een tabel op blz. X t/m XII van „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20]. Een aantal van deze standaardafwijkingen is opgenomen in tabel 17.

Behalve de aansluiting naar Salzbergen (bekend als Losser-Gildehaus) werden ook op andere plaatsen verbindingen met buitenlandse waterpassingen tot stand gebracht.

De verbindingen zijn:

met de Duitse waterpassingen:

Nieuwe Schans

{ Denekamp - Frensdorferhaar

{ Losser - Gildehaus

Zevenaar - Elten

Venlo - Dammerbruch

met de Belgische waterpassingen:

Eijsden - Visé

Maeseyck

Putten - Stabroeck

Clinge - Kieldrecht

Sluis - Westcappelle

De verbindingslijn van het waterpasnet met de lijnen in Zeeuwsch Vlaanderen werd over Belgisch gebied gemeten met een overgang over de Schelde bij Lillo-Liefkenshoek. Bovendien werd deze waterpaslijn bij Sluis over Belgisch gebied doorgetrokken tot aan de Belgische kust

bij Heyst. Een korte samenvatting over de geschiedenis van deze waterpassing geeft het artikel „Honderd jaar nauwkeurigheidswaterpassing”, WAALEWIJN [30]. De verbindingen van de Nederlandse waterpassingen met aangrenzende buitenlandse netten worden in hoofdstuk 4 en 7 nader besproken.



Fig. 3 Overzicht van het net van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing.  
Plan of the first geodetic levelling network.

### 1.3 Waterpassingen tussen 1885 en 1920

Onmiddellijk na de voltooiing van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing werden door de „Algemeenen Dienst van den Waterstaat” nog 5 lijnen gewaterpast in de jaren 1886 en 1887. Deze lijnen waren aangesloten aan punten van het net der nauwkeurigheidswaterpassing en zij vormen met deze waterpassing een min of meer gesloten geheel. De lengte van deze lijnen bedroeg 309 km, de standaardafwijking per km was ongeveer 0.9 mm. Zowel vanwege het tijdstip van meting als vanwege de bereikte nauwkeurigheid hadden deze metingen gemakkelijk in de vereffening van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing kunnen worden opgenomen, doch dit is destijds niet gebeurd. Ten behoeve van de evaluatie van de aansluitingen met Duitsland werd deze berekening in 1965 alsnog uitgevoerd (zie hoofdstuk 10). De resultaten van de metingen van de Waterstaat werden gepubliceerd in de „Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen verricht in 1886 en 1887” [16]. Deze publikatie is op dezelfde wijze ingericht als de „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20].

Na 1887 werden de hoogten van verkenmerken regelmatig gecontroleerd en aangevuld door secundaire waterpassingen van de Algemene Dienst van de Waterstaat. Het ging hierbij voornamelijk om kleine plaatselijke metingen, meestal noodzakelijk wegens het verloren gaan van verkenmerken. In het archief van de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat bevindt zich een lijst „Inhoudsopgave van de resumties I t/m XXX<sup>A</sup> 1887-1920”. Uit deze lijst blijkt dat er tussen 1887 en 1913 slechts weinig waterpassingen zijn uitgevoerd, bovendien waren deze van geringe omvang. Daarna is een wat grotere activiteit in waterpassingen aan te wijzen tot ongeveer 1920, doch het bleef al met al beperkt tot incidentele metingen.

Aan de publikatie van de hoogten van de verkenmerken werd in deze jaren wel veel aandacht besteed. Reeds in 1892-1893 verscheen de eerste uitgave van de registers „Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P. gevonden bij de nauwkeurigheidswaterpassingen en de waterpassingen van den Algemeenen Dienst van den Waterstaat” [7]. Deze publikatie bestaat uit 11 delen, één voor elke provincie, in de volgorde:

I Groningen	IV Overijssel	VII Limburg	X Zuid-Holland
II Friesland	V Gelderland	VIII Utrecht	XI Zeeland
III Drenthe	VI Noord-Brabant	IX Noord-Holland	

In deze registers zijn de verkenmerken uit de „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20] en de „Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen” [16] verenigd, samen met de gegevens van verkenmerken die door secundaire waterpassingen uit deze nauwkeurigheidswaterpassingen zijn afgeleid.

De inrichting van de registers „Hoogte van verkenmerken” [7] wijkt belangrijk af van die van „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20] en de „Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen” [16]; zie hiervoor paragraaf 1.4. In de registers „Hoogte van verkenmerken” [7] wordt voor het eerst de afkorting N.A.P. voor het vergelijkingsvlak gebruikt. De kolom voor de hoogte is gesplitst in twee delen:

Hoogte in M.	
boven N.A.P. gevonden.	boven A.P. tot nu aangenomen.



waarbij de aanduiding N.A.P. duidt op een hoogtebepaling berustend op de eerste nauwkeurigheidswaterpassing van 1875–1885, terwijl de aanduiding A.P. wijst op een hoogtebepaling vóór 1875.

De benaming N.A.P. (Normaal Amsterdamsch Peil) voor het vergelijkingsvlak werd in 1890 voorgesteld door de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing (vergadering 5 mei 1890). De invoering van de nieuwe naam vond plaats op 1 januari 1891 (brief no. 144 d.d. 29 december 1890 afdeling Waterstaat I, van de Minister aan de Hoofdingenieurs in de districten van de Waterstaat) zonder dat de betekenis van de toegevoegde letter N (= Normaal) werd verklaard; zie bijv. ook de registers [7] en de mededeling onder „Rivierberichten” in het tijdschrift „De Ingenieur” van 1893 (pag. 10).

In de periode tot 1920 verschenen vier uitgaven van de registers „Hoogte van verkenmerken” namelijk

1e uitgave 1892–1893	[7]
2e uitgave 1898	[7]
3e uitgave 1906	[7]
4e uitgave 1916–1917	[8]

Daarnaast werden de resultaten van verschillende andere waterpassingen afzonderlijk gepubliceerd in de eveneens provinciegewijs ingedeelde registers: „Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P. gevonden bij *verspreiding* van het N.A.P. door den Rijkswaterstaat” (1898) [10].

#### 1.4 De inrichting van de registers en de nummering der verkenmerken

In de publikatie van KRAYENHOFF „Verzameling van hydrographische en topographische waarnemingen in Holland” [14] worden de verkenmerken beschreven in de volgorde waarin zij in de waterpassing langs de verschillende lijnen zijn voorgekomen. Elke lijn wordt beschreven in een „afdeling” met een romeins nummer, elk verkenmerk krijgt in deze afdeling een volgnummer (Fig. 4).

De publikatie „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20] bestaat uit twee afdelingen waarvan de eerste de nieuw geplaatste verkenmerken bevat en de tweede voornamelijk nulpunten van peilschalen en reeds bestaande verkenmerken. In beide afdelingen worden de verkenmerken beschreven in de volgorde waarin zij in de lijnen van de waterpassing voorkomen; de lijnen zijn in chronologische volgorde naar het jaar van meting gerangschikt. Per afdeling werden de beschreven verkenmerken doorlopend genummerd, nl.

in de afdeling I van 1 t/m 566;  
in de afdeling II van 1 t/m 410.

Twee alfabetische registers (één voor de lijnen en één voor de gemeenten waarin verkenmerken voorkomen) plus een overzichtskaart 1 : 600000 completeren de systematiek in de publikatie (Fig. 5).

De „Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen” [16] is op geheel dezelfde wijze ingericht. Ook hier zijn twee afdelingen waarin de verkenmerken doorlopend zijn genummerd:

in afdeling I van 1 t/m 134,  
in afdeling II van 1 t/m 91.

( 142 )

XI. AFD.				
HAKKELROUTEN EN ANDERE VASTE VERKEN DE RIVIER DE VECHT EN				
Nos.	P L A A T S E N D E R V E R K E N M E R K E N .	Derzelver betrekking tot AP.		AANMERKINGEN.
		V. D. L.	Meters.	
24.	⊞ AMSTERDAM, in den westelijken vleugel van den oostelijken opgang der groote <i>Amstel</i> -brug, of zoogenaamde <i>Hooge Sluis</i> aan den <i>Binnen-Amstel</i> .	2. 9. 1.	0,865.	Deze bout is op den kop één duim vierkant en voert het jaarmerk 1808.
25.	⊞ In den voor-gevel tusschen en beneden de beide vensters van het <i>Sluis-wagters huisje</i> aan de <i>groote Amstel-Sluis</i> .	6. 5. 9.	2,034.	Nabij deze bout is de peilschaal aangeplagen tegen de hoofd-muur aan de westzijde van den eersten of westelijken koker der fluis. (*)

(\*) AANMERKINGEN OMTRENT HET AMSTERDAMSCH E PEIL.

Het *Amsterdamsche Peil*, in deze tafelen door de letters AP voorgesteld, heeft tot vergelijkings-punt gediend van alle de waterpassingen der Rivieren en Wateren in Holland, de daarbij opgenomene Peilschalen en gestelde of gekozene *Verkenmerken* zijn allen herleid geworden tot een denkbeeldig horizontaal vlak, door dit punt gaande, het welk *Stads-peil* genoemd wordt, en zedert meer dan 60 jaren onbewegelijk gebleven is. Men vindt van dit Peil gewag gemaakt in de *Geschiedenis der Stad Amsterdam*, door WAGENAAR beschreven (gedrukt in folio 1765) Tweede Stuks of 3<sup>e</sup> Deels 1<sup>e</sup> Boek, bladz. 61. alwaar deszelfs stand wordt opgegeven en bepaald op 9 voeten en 5 duimen *Amsterdamsche maat*, = 8'. 6". 3½" *Rhijnlandsche*, = 2,676 *Meters* beneden de groef in de dijk-peilstenen, die in de muur van de *Kolks-waterkeering*, in die onder de *nieuwe brug*,

Fig. 4 Bladzijde uit „Verzameling van hydrographische en topographische waarnemingen in Holland” [14]. Hoogte in zowel voeten, duimen en lijnen als in meters.

A page from „Verzameling van hydrographische en topographische waarnemingen in Holland” (Collection of hydrographic and topographic observations made in Holland) [14]. Heights in feet, inches and lines as well as in metres.

Bij elk verkenmerk werd bovendien de afstand tot het beginpunt van de lijn vermeld (Fig. 6).

In de registers „Hoogte van verkenmerken” [7] zijn de verkenmerken per gemeente aangegeven met een volgnummer, en vervolgens in alfabetisch-numerieke volgorde in de provinciegewijze registers opgenomen.

In deze registers is in een speciale kolom, aangeduid met „Merken der nauwkeurigheidswaterpassingen”, een verwijzing opgenomen voor de verkenmerken die reeds voorkomen in de publikaties „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20] of „Lijst van de lijnen der

57

Volgnummer.	Gemeente en gebouw.	Plaats van het merk.	Omschrijving van het merk.	Hoogte boven A.P. in M.
XXIV.				
<b>ALKMAAR—ENKHUIZEN. 1882.</b>				
369	<b>ALKMAAR.</b> Protestantsche Groote kerk.	Zuidoostelijke gevel, midden onder het raam, 3,35 M. rechts van het linker contrefort, 0,71 M. boven den sokkel.	<b>HOOFDMERK</b> en twee pijpbouten, een 379 millimeters er boven, een 226 millimeters er onder.	<b>4,337</b> (Zie traject XXIII).
384	<b>ALKMAAR.</b> Brugwachterswoning bij de Friesche brug.	Voorgevel, tusschen de deur en het linker raam, 0,40 M. links van den deurpilaster, 1,37 M. boven het plint, ongeveer 1,75 M. boven beganen grond.	<b>PIJPBOUT</b> en twee kleine ronde kruisbouten, een 343 millimeters er boven, een 259 millimeters er onder.	<b>3,175</b>
385	<b>OTERLEEK.</b> Raadhuis.	Noordoostelijke zijgevel, tusschen het eerste en tweede raam van den rechterkant, 0,37 M. links van het rechter raam, 1,38 M. boven het plint.	<b>GROOTE KRUISBOUT</b> en twee pijpbouten, een 485 millimeters er boven, een 419 millimeters er onder.	<b>1,264</b>
386	<b>URSEM.</b> Katholieke kerk.	Noordoostelijke gevel, in het voorvlak van het tweede contrefort van den rechterkant, 0,28 M. van den rechterkant van het contrefort, ongeveer 1,65 M. boven beganen grond.	<b>HOOFDMERK</b> en twee pijpbouten, een 305 millimeters er boven, een 421 millimeters er onder.	<b>— 0,188</b>
387	<b>AVENHORN.</b> Protestantsche kerk.	Voorgevel, tusschen den rechterhoek van den gevel en het contrefort rechts van den ingang, 1,31 M. rechts van dat contrefort, ongeveer 1,16 M. boven beganen grond.	<b>GROOTE KRUISBOUT</b> en twee pijpbouten, een 415 millimeters er boven, een 369 millimeters er onder.	<b>0,880</b>
388	<b>BERKHOUT.</b> Stoomgemaal der Westerkoggen.	Noordelijke gevel, tusschen de deur en het linker raam, 1,28 M. links van het deurkozijn, 1,10 M. boven het plint.	<b>GROOTE KRUISBOUT</b> en twee pijpbouten, een 400 millimeters er boven, een 462 millimeters er onder.	<b>1,522</b>

Fig. 5 Fragment van een pagina „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” deel I [20].

Part of a page from „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” (Results of Government levelling), Part I [20].

Volg-nummer.	Afstand tot het beginpunt in K. M.	Gemeente en plaats van het merk.	Nadere plaatsbeschrijving.	Omschrijving van het merk.	Hoogte boven A.P. in M.		Verschil in M.
					Ge-vonden.	Tot nu aange-nomen.	
47	32,8	<b>ST. PHILIPSLAND.</b> Uitwateringsduikersluis van den Anna Jacoba polder aan het Zijpe.	Noordwestelijk of buitenfront, 1,19 M. rechts van den achterkant der linkerschotbalkssponning, 1,18 M. links van den achterkant der rechter schotbalkssponning, 0,48 M. onder den bovenkant of 5 lagen metalwerk onder den onderkant der hardsteen dekzerk.	<b>VIERKANTE IJZEREN KRUISBOUT</b> met eene horizontale en twee verticale groeven, 16 m.M. hoog en 16 m.M. breed. Register VII van Peilschalen, enz., Bijlage V D, n°. 7; in manuscript aanwezig in het archief van den algemeenen dienst van den waterstaat.	1,594 <sup>1)</sup>	1,62	+0,026
48	34,1	<b>BRUINISSE.</b> Veerhuis, bewoond door en toebehorende aan M. Zoeter, staande aan den buitendijk van den Bruinissepolder te Zijpe, gemerkt B 36.	Noordelijke zijgevel, 0,12 M. rechts van den oostelijken of voorgevel, 0,23 M. onder den onderkant van den houten dorpel van het rechtsgelegen raam, ongeveer 0,39 M. boven de bestrating.	<b>VIERKANTE IJZEREN KRUISBOUT</b> met eene horizontale en eene verticale groef, 21 m.M. hoog en 17 m.M. breed. BOVENKANT. Proces-Verbaal N°. 1292.	1,239 <sup>2)</sup>	4,318	+0,079
49	34,1	<b>BRUINISSE.</b> Veerhuis, bewoond door en toebehorende aan M. Zoeter, staande aan den buitendijk van den Bruinissepolder te Zijpe, gemerkt B 36.	Noordelijke zijgevel, 0,13 M. rechts van den oostelijken of voorgevel, 0,55 M. links van den verticaal van den steenen dag van het rechtsgelegen raam, 0,32 M. onder den onderkant van den houten raamdorpel, ongeveer 0,30 M. boven de bestrating.	<b>VIERKANTE IJZEREN BOUT</b> zonder groeven, 21 m.M. hoog en 21 m.M. breed. BOVENKANT. Proces-Verbaal N°. 1292.	1,143 <sup>3)</sup>	4,221	+0,078
50	34,1	<b>BRUINISSE.</b> Veerhuis, bewoond door en toebehorende aan M. Zoeter, staande aan den buitendijk van den Bruinissepolder te Zijpe, gemerkt B 36.	Zuidelijke gevel, 0,28 M. links van den oostelijken of voorgevel, ongeveer 0,42 M. boven de bestrating.	<b>VIERKANTE IJZEREN KRUISBOUT</b> met eene horizontale en twee verticale groeven, 16 m.M. hoog en 16 m.M. breed. Staat der Verkenmerken, enz., opgenomen bij de waterpassing langs de Noord- en Zuidzijde van Duiveland in 1871; in manuscript aanwezig als voren.	1,252 <sup>4)</sup>	4,312	+0,060

Fig. 6 Fragment van een pagina „Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen” (tweede afdeling) [16]

Part of a page from „Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen” (List of precision levelling lines) (second section) [16].

Volg-nummer.	Merken der nauwkeurigheidswaterpassingen.	Gemeente en plaats van het merk.	Nadere plaatsbeschrijving.	Omschrijving van het merk.	Hoogte in M.		Verschil in M.
					boven N.A.P. gevonden.	boven A.P. tot nu aangenomen.	
2		<b>PERNIS.</b> Huis, genaamd „de Bontekoe”.	Zuidelijke of voor-gevel, tusschen de twee westelijke der drie tusschen de beide deuren gelegen ramen, 4,88 M. uit den steenen dag der westelijke deur, 4,29 M. uit den steenen dag der oostelijke deur, 2,23 M. beneden den onderkant van een loodrecht bovengelygen ankerknoop, 0,18 M. boven de bestrating.	<b>VIKRAKTE IJZEREN KRUISBOUT</b> met één horizontale en twee verticale groeven, 16 m.M. hoog en 16 m.M. breed. Register VI, n°. 161.	2,954	3,110	+ 0,156
3		<b>PERNIS.</b> Huis, genaamd „de Bontekoe”.	Zuidelijke of voor-gevel, tusschen de twee westelijke der drie tusschen de beide deuren gelegen ramen, de rechterkant 4,18 M. links van den steenen dag der oostelijke deur, het midden der groef 2,02 M. beneden den onderkant van een loodrecht bovengelygen anker en 0,46 M. boven de bestrating.	<b>PEILMERKSTEEN</b> met eene horizontale groef en ingehakt hoogtecijfer van 3,33 M. + A.P.	3,181	3,33	+ 0,149
1	AD, 102	<b>PUTTERSCHOEK.</b> Schaar van het logement „De Posthoorn” te Puttershoek, bewoond door A. Buurman, toebehoorende aan de kinderen van J. Buurman te Puttershoek, aan den grindweg van Puttershoek naar 's Gravendeel op den hoek van den weg naar Maasdam.	Zuidoostelijke gevel, tusschen de twee meest links gelegen ramen, 0,67 M. rechts van den steenen dag van het rechter raam, ongeveer 2,26 M. boven beganen grond.	<b>PIJPBOUT.</b>	3,946		

Fig. 7 Bladzijde uit de eerste uitgave „Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P.” 1892 [7].

A page from the first edition of „Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P.” (Benchmark levels in relation to N.A.P., 1892 [7].

Volg-nummer.	Merken der nauwkeurigheidswaterpassingen.	Gemeente en plaats van het merk.	Nadere plaatsbeschrijving.	Omschrijving van het merk.	Hoogte in M.		Verschil in M.
					boven N.A.P. gevonden.	boven A.P. tot nu aangenomen.	
3		<b>PERNIS.</b> Huis, genaamd „de Bontekoe”.	Zuidelijke of voorgevel, 4,18 M. links van het meest westwaarts gelegen lichtkozijn, gemeten uit den steenen dag der deur, het midden der groef 2,02 M. beneden den onderkant van den knoop van het loodrecht bovengelige anker, 0,21 M. boven de bestrating.	<b>PEILMERKSTEEN</b> met eene horizontale groef en ingehakt hoogtecijfer van 3,33 M. + A.P.	3,181	3,33	+ 0,149
1a	AD, 102a	<b>PUTTERSCHOEK.</b> Huis bewoond door A. Buurman, toebehoorende aan J. Buurman, gemerkt n°. 43.	Westelijke of voorgevel, 0,29 M. links van den houten deurpost, 0,81 M. boven de bestrate stoep.	<b>RONDE GEGALVANISEERD IJZEREN BOUT.</b>	3,739		
3	AD, 66	<b>PUTTERSCHOEK.</b> Uitwateringsduikersluis van den polder Nieuw-Bonaventura onder den ringdijk nabij Puttershoek, ten noorden van het stoomgemaal.	Gemetseld in het westelijk zijvlak van een baksteen zuil op den westelijken hoek van het noordoostelijke of buitenfront, verdeeld in centimeters, met het opschrift: „Rijks Peilschaal boven A.P.”, tellende van 2,00 M. + tot 3,20 M. + A.P.	<b>NULPUNT DER HARDSTEENEN PEILSCHAAL</b> , afgeleid uit de hoogten der deelstrepn 3,15 M. en 3,20 M. + A.P.	- 0,170	0,000	+ 0,179
5	AD, 68	<b>PUTTERSCHOEK.</b> Schut- en uitwateringssluis in het benedeneinde van den boezem der Binnenbedijkte Maas aan de Oude Maas te Puttershoek.	Noordoostelijk of buitenfront van den zuidoostelijken rechtstandsmuur van het buitensluishoofd, 1,50 M. rechts van den kaaimuur van de voorhaven, 0,67 M. onder den bovenkant of 11 lagen metselwerk onder den onderkant der hardsteenen dekzerk.	<b>VIERKANTE IJZEREN KRUISBOUT</b> met één horizontale en twee verticale groeven, 16 m.M. hoog en 16 m.M. breed. Register IV van Peilschalen enz., 2de ged., n°. 10.	2,649	2,82	+ 0,171
1	C, 340	<b>RIDDERKERK.</b> Protestantsche kerk te Rijsoord.	Voorgevel, ongeveer in het midden onder het linker raam, 3,57 M. links van het vooruitspringende gedeelte, 3,81 M. van den linkerhoek van den muur, 0,85 M. onder den onderkant van de raamopening, ongeveer 1,80 M. boven beganen grond.	<b>GROOTE KRUISBOUT</b> en twee pijpbouten, een 288 millimeters er boven, een 297 millimeters er onder.	1,333		

Fig. 8 Bladzijde uit de derde uitgave „Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P.” 1906 [7].

A page from the third edition of „Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P.” (benchmark levels in relation to N.A.P., 1906 [7].

nauwkeurigheidswaterpassingen” [16]. Deze verwijzing bestaat uit de letters C (= Commissie voor Graadmeting en Waterpassing) of AD (= Algemene Dienst van de Waterstaat) al naar gelang het verkenmerk in [20] of [16] voorkomt. Met een toevoeging van 1 of 2 achter deze letters wordt aangeduid of het verkenmerk in de eerste of tweede afdeling van de desbetreffende publikatie voorkomt. Het volgnummer van het verkenmerk in afdeling 1 of 2 van de publikaties [20] of [16] voltooit de verwijzing (Fig. 7 en Fig. 8).

Bijvoorbeeld:

- Beerta 1 = C<sub>1</sub>512 (Uitkomsten der Rijkswaterpassing, eerste afd. no. 512)
- Beerta 2 = C<sub>2</sub>386 (Uitkomsten der Rijkswaterpassing, tweede afd. no. 386)
- Nieuw Beijerland 4 = AD<sub>1</sub>110 (Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen, eerste afd. no. 110)
- Oud Beijerland 1 = AD<sub>2</sub>73 (Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen, tweede afd. no. 73).

Soms werden vervallen verkenmerken van de categorie C<sub>1</sub> of AD<sub>1</sub> vervangen door nieuwe merken in hetzelfde gebouw. Dergelijke nieuwe verkenmerken werden met hetzelfde oude nummer aangeduid echter met de toevoeging a, b etc.

Bijvoorbeeld:

- Puttershoek 1 = AD<sub>1</sub>102 (N.A.P. + 3.946) (in de eerste uitgave 1892)
  - Puttershoek 1a = AD<sub>1</sub>102 a (N.A.P. + 3.739) (in de derde uitgave 1906).
- Zie Fig. 7 en Fig. 8.

De gemeentegewijze nummering van de eerste uitgave van „Hoogte van verkenmerken” [7] werd ongewijzigd gehandhaafd in de tweede en derde uitgave van deze publikatie: in het voorbericht van de tweede uitgave wordt opgemerkt dat de inrichting en nummering der merken van de eerste uitgave is behouden, terwijl in het voorbericht van de derde uitgave wordt opgemerkt dat deze geheel gelijk is aan de vorige.

In de registers „Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P. gevonden bij de *verspreiding* van het N.A.P. door den Rijkswaterstaat” [10] die in 1898 werden uitgegeven worden de verkenmerken op precies dezelfde wijze per gemeente genummerd als in de registers „Hoogte van verkenmerken” [7] echter wel onafhankelijk daarvan, zodat er in feite twee parallel lopende nummeringen in gebruik waren.

Het gebruik om in de registers „Hoogte van verkenmerken” [7] van oude merken de vroeger bekende hoogte t.o.v. A.P. in een speciale kolom mede op te nemen werd gehandhaafd tot in de derde uitgave (1906). In de vierde uitgave (1916–1917) [8] werd deze informatie vervangen door een tabel in elk register waarin per gemeente de gemiddelde verschillen tussen de oude (A.P.) hoogten en de nieuwe (N.A.P.) hoogten waren samengevat.

In de vierde uitgave (1916–1917) [8] zijn alle verkenmerken *opnieuw* per gemeente van een nummer voorzien, onafhankelijk van de nummering in de eerste t/m derde uitgave [7]. Bij de in de jaren 1924–1931 gepubliceerde vijfde uitgave [9] werd nogmaals een nieuwe nummering per gemeente ingevoerd; zie het voorbericht van de vijfde uitgave, pagina 8. Deze nummering werd gehandhaafd tot en met de zesde uitgave [18] (1942–1952).

In afdeling I van de vijfde uitgave [9] (1924–1931) werden van elk verkenmerk de hoogten, ge-

vonden bij de opvolgende waterpassingen, afzonderlijk gepubliceerd; elke nieuwe bepaling werd gemarkeerd door een van de letters van het alfabet toe te voegen:

Roermond	2	1877	28.668
	2a	1920	28.667
	2b	1923	28.670

In afdeling II volgde dan een beschrijving van het verkenmerk.

Aangezien de vijfde uitgave gedurende de uitvoering van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing verscheen, zijn een groot aantal voorlopige resultaten van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing er in verwerkt, ingepast op bekende hoogten in het systeem van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing.



## HOOFDSTUK 2

VOORGESCHIEDENIS EN VOORTGANG VAN DE  
TWEDE NAUWKEURIGHEIDSWATERPASSING 1926–1940**2.1 De voorgeschiedenis en het begin van de metingen**

In de periode 1890–1913 werden nagenoeg geen uitgebreide waterpassingen verricht. Eerst omstreeks 1914 leefde de activiteit weer op. Bij de berekening van deze metingen kwamen veelvuldig discrepanties aan het licht tussen de gemeten hoogteverschillen en de bekende hoogten van de aansluitingspunten uit de eerste nauwkeurigheidswaterpassingen. Op grond van de nauwkeurigheid van de secundaire waterpassingen bleek handhaving van de oude hoogten van de bestaande verkenmerken in vele gevallen niet mogelijk. Gezien de grote tijdruimte verlopen sinds de waterpassing van 1875–1885 ( $\pm 40$  jaar) was het wel aannemelijk dat verschillende verkenmerken een verandering van hoogte hadden ondergaan.

In 1917 liet de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing een waterpassing langs de zg. Rotterdamse Waterweg uitvoeren met een instrument van Zeiss. De resultaten waren weinig bevredigend hetgeen o.a. werd toegeschreven aan de instabiele ondergrond (122e vergadering Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing, 1918).

In de 124e vergadering van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing (6 augustus 1919) werd een subcommissie ingesteld ter bestudering van het vraagstuk van de herziening van de nauwkeurigheidswaterpassing van Nederland. De subcommissie hield zich in hoofdzaak bezig met het te gebruiken instrumentarium en de wijze van meten (1920), er werden nog geen aanbevelingen gedaan.

In 1923 voerde het Geodetisch Bureau van ir. W. SCHERMERHORN te Delft in opdracht van de Directie van de Staatsmijnen, de Rijks Geologische Dienst en de Rijkswaterstaat een waterpassing uit over het traject Venlo–Maastricht (zie DIEPERINK [3] pagina 405–408). Deze meting werd door de Rijkswaterstaat gezien als een proefmeting en als het begin van de herziening van de Rijkswaterpassing. De Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing besloot in dat jaar een herhaling van de Rijkswaterpassing aan de Minister van Waterstaat aan te bevelen (130e vergadering van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing, 20 december 1923). In 1925 vervolgde het Geodetische Bureau het werk in Limburg met de meting van het traject Venlo–Nijmegen. In 1926 werd het Geodetisch Bureau officieel belast „met de herziening van de nauwkeurigheidswaterpassing, volgens te geven voorschriften, onder toezicht van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing.”

In de Staatsbegroting 1926 (art. 42, hoofdstuk IX met toelichtende nota) was de herziening van de Rijkswaterpassing geraamd op f100.000,- verdeeld over 10 jaren: 1926–1935. Door de Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat werd in een onderhandse overeenkomst (goedgekeurd door de Minister van Waterstaat d.d. 25 juni 1926, no. 317 afd. Wat. T) aan het Geodetisch Bureau opgedragen „de waterpassing van 720 km, in 920 dagen te voltooien tegen een vergoeding van f21.900,-”.

Het werk begon op 6 april 1926 met het aanbrengen van verkenmerken. De eigenlijke waterpassingen begonnen op 7 juni 1926; zij werden ononderbroken voortgezet tot en met 1936,

meestal met uitzondering van de wintermaanden (ongeveer november tot april). In 1937, de winter 1938/1939 en in 1940 werden nog enige trajecten opnieuw gemeten en enige aanvullende verbindingen tot stand gebracht.

Het Geodetisch Bureau werd in december 1931 geliquideerd. De waterpassing ten westen van de Zuiderzee en de lijn Amersfoort-Nijmegen was toen nagenoeg voltooid. De metingen ten oosten van deze lijn zijn uitgevoerd door de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat, ontstaan door samenvoeging van een gedeelte van de Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat en het Geodetisch Bureau. Prof. ir. W. SCHERMERHORN, die als adviseur aan de Meetkundige Dienst was verbonden, bleef met de leiding van de waterpassing belast.

Het net van de nieuwe waterpassing werd zodanig ontworpen dat de trajecten van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing alle opnieuw in de meting konden worden opgenomen. Bovendien werd een groot aantal lijnen toegevoegd zodat een veel dichter netwerk van kringen ontstond, hetgeen de onderlinge samenhang ten goede kwam. Een zeer belangrijke verbetering van de samenhang ontstond door het gereedkomen van de Afsluitdijk (1932) die het mogelijk maakte een directe verbinding te meten tussen de Kop van Noord-Holland en de Friese kust. In de loop van het werk zijn een groot aantal herhalingen verricht; veel trajecten en kringen werden voor een tweede, soms zelfs voor een derde maal, gemeten; zie § 2.2.

## **2.2 De voortgang van het terreinwerk**

Aan de jaarverslagen van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing (sedert 1936 de Rijkscommissie voor Geodesie) werden de volgende gegevens over de voortgang van het terreinwerk ontleend.

### **1923**

Maastricht - Venlo - Velden

### **1925**

Venlo - Straelen

Venlo - Nijmegen

### **1926, juni-november**

Roermond - Eindhoven

Eindhoven - 's-Hertogenbosch - Geldermalsen

Geldermalsen - Ede

Ede - Arnhem

Arnhem - Nijmegen

Nijmegen - Bergen - Velden

's-Hertogenbosch - Heesch - Nijmegen

Heesch - Gemert - Velden

Eindhoven - Gemert - Bergen (L)

### **1927, april-november**

Ede - Amersfoort - Diemerbrug - Nieuwerkerk - Vennepdorp - Sassenheim - Leidschendam - Gouda - Schalkwijk - Utrecht - Amersfoort

Schalkwijk - Geldermalsen

Utrecht - Bodegraven - Vennepdorp

Gouda - Bodegraven  
Utrecht - Diemerbrug  
Arnhem - Zevenaar  
Herhaling: Reuver - Straelen

**1928, mei-oktober**

Sassenheim - Santpoort - Nieuwerkerk  
Santpoort - Velsen - Alkmaar - Schermerhorn - Amsterdam  
Velsen - IJmuiden  
Zevenaar - Babberich - Herwen - Lent  
Herwen - Lobith  
Maastricht - Eijsden - Sint Geertruid  
Herhaling: Maastricht - Venlo - Straelen

**1929, mei-september**

Alkmaar - De Kooij - Den Helder - Van Ewijcksluis - Winkel - Enkhuizen - Schermerhorn  
Alkmaar - Winkel  
Van Ewijcksluis - Wieringen  
Schoonhoven - Goudriaan - Gorinchem - Waardenburg  
Goudriaan - Brandwijk - Oud Alblas - Papendrecht - Dordrecht

**1930, april-november**

Dordrecht - Wevershoek - Rhoon - Nieuwesluis - Maassluis - Naaldwijk - Hoek van Holland  
Naaldwijk - Delft - 's-Gravenhage - Veur  
Wevershoek - Hillegersberg - Moordrecht  
Delft - Overschie - Rotterdam - Hillegersberg  
Maassluis - Overschie  
Nieuwesluis - Hellevoetsluis - Numansdorp - Wieldrecht  
Numansdorp - Rhoon  
Dordrecht - Wieldrecht - Lage Zwaluwe (Moerdijkschebrug)  
Lage Zwaluwe (Moerdijkschebrug) - Helwijk - Ooltgensplaat - Middelharnis - Dirksland -  
Stellendam - Ouddorp

**1931 vanaf april**

Helwijk - Steenberg - Halsteren - Bergen op Zoom  
Halsteren - Tholen  
Bergen op Zoom - Woensdrecht - Schore - Goes - Middelburg - Vlissingen  
Schore - Hoedekenskerke - 's-Heerenhoek - Lewedorp  
Vlissingen - Westkapelle - Domburg - Middelburg  
Woensdrecht - Putte - Stabroek (België) - Nieuw-Namen  
Nieuw-Namen - Hulst - Neuzen - Walsoorden - Clinge  
Breskens - IJzendijke - Sluiskil  
Schoondijke - Oostburg - Cadzand  
Oostburg - Sluis  
Bergen op Zoom - Roosendaal  
Breda - Keizersveer - Sleeuwijk  
Breda - Lage Zwaluwe (Moerdijkschebrug)

Breda – Strijbeek

Breda – Tilburg

Breda – Princenhage

Herhaald werd het traject Maassluis – Naaldwijk – Delft – Veur

### 1932, mei–december

Schoonhoven – Ammerstol – Bergambacht

Loenen a.d. Vecht – Nederhorst den Berg – Muiderberg

Arnhem – Velp (Gld.) – Westervoort

Steenbergen – Zierikzee – Haamstede – Renesse – Brouwershaven

Stavenisse – St. Annaland

Goes – Kortgene – Wissekerke – Colijnsplaat

Tilburg – Bladel – Valkenswaard – Eindhoven

Tilburg – Vught

Tilburg – Best

Princenhage – Roosendaal

Alkmaar – Schermerhorn – Averhorn – Ursem – Oterleek – Alkmaar, gedeeltelijk een reeds gewaterpaste route.

Herhaling: Arnhem – Westervoort – Zevenaar – Elten en IJmuiden – Velzen – Halfweg – Haarlemmermeerpolder.

Ter verbetering van kringsluitingen werden herhaald:

de kring: Delft – Veur – Moordrecht – Hillegersberg – Overschie – Delft

de kring: Schoonhoven – Culemborg – Tuil – Gorinchem – Schoonhoven

het traject: Gouda – Schoonhoven

het traject: Utrecht – Culemborg

### 1933, januari–december

Harlingen – Leeuwarden – Grijpskerk – Groningen

Leeuwarden – Dokkum

Achtkarspelen – Dokkum – Holwerd – Harlingen

Harlingen – Stavoren – Lemmer

Lemmer – Wollegaast – Leeuwarden

Wollegaast – Donkerbroek – Assen

Achtkarspelen – Donkerbroek

Groningen – Assen – Beilen

Assen – Rolde – Gieten

Hillegersberg – kring in Rotterdam

Ter verbetering van kringsluitingen werden herhaald:

Breda – Gorinchem

Hillegersberg – Schiedam – Vlaardingen – Maassluis

### 1934, januari–december

Beilen – Meppel – Steenwijk – Donkerbroek

Lemmer – Vollenhoven – Meppel

Grijpskerk – Zoutkamp – Delfzijl – Nieuwe Schans

Groningen – Heiligerlee – Nieuwe Schans

Heiligerlee - Gieten  
 Wonseradeel - Afsluitdijk - Wieringen  
 Hoorn - Den Burg - Oude Schild (kring op Texel)  
 Ter verbetering van kringsluitingen werden herhaald:  
 Leeuwarden - Achtkarspelen  
 Wollegaast - Donkerbroek - Meppel  
 Leeuwarden - Lemmer - Vollenhoven - Meppel

**1935, mei-november**

Nieuwe Schans - Ter Apel  
 Ter Apel - Holslootbrug - Erm  
 Ter Apel - Stadskanaal - Gasselte - Gieten - de Punt  
 Gasselte - Erm - Beilen  
 Holslootbrug - Mariënberg - Zwolle  
 Zwolle - Meppel  
 Ambt Vollenhove - Kampen - Wezep  
 Wezep - Zwolle  
 Zwolle - Hattem - Apeldoorn  
 Apeldoorn - Deventer - Zutphen - Arnhem  
 Apeldoorn - Arnhem  
 Apeldoorn - Hoevelaken - Amersfoort  
 Hoevelaken - Harderwijk - Wezep



Fig. 9 Waterpassing Oldenzaal-Lonneker in het traject Deventer-Duitsche grens. Augustus 1936.  
 Levelling between Oldenzaal and Lonneker in the line Deventer-German border. August 1936.

Ter verbetering van kringsluitingen werden herhaald:

Gieten - de Punt - Assen

Assen - Gieten

Assen - Beilen

**1936, maart-december**

Mariënberg - Almelo

Zwolle - Wijhe - Almelo - Hengelo - Oldenzaal

Oldenzaal - Denekamp - Frensdorferhaar (Fig. 9)

Wijhe - Deventer - Hengelo

Deventer - Zutphen - Lochem - Eibergen - Oldenzaal - Duitse grens (richting Bentheim)

Eibergen - Aalten - Zevenaar

Ter verbetering van kringsluitingen werden herhaald:

Beilen - Erm - Mariënberg - Berkum - Meppel - Beilen

**1937, januari-februari en juni-november**

Arnhem - Wageningen (met de herhaling van het traject Wageningen - Ede) en

Well - Horst

In verband met de belangrijke aansluiting aan het Duitse waterpasnet werden de volgende trajecten herhaald:

Elten - Zevenaar - Arnhem - Nijmegen

Nijmegen - Grave - Heesch - 's-Hertogenbosch

Heesch - Gemert - Bergen

Nijmegen - Bergen - Velden - Venlo

Reuver - Venlo - Straelen

Ter verbetering van kringsluitingen werden herhaald:

Berkum - Zwolle - Katerveer - Wezep - Ambt Vollenhove - Meppel

**1938/1939, november 1938 - mei 1939**

Herhaling kring:

Arnhem - Zutphen - Eibergen - Zevenaar - Arnhem

Sint Geertruid - Vaals\*

Herhaling:

Reuver - Maastricht - Sint Geertruid

**1940**

Lochem - Holten - Nijverdal

Wijhe - Heerde

Steenwijk - Kuinre

\* Het verslag van de Rijkscommissie voor Geodesie vermeldt hier ten onrechte „Kerkrade”.

### 2.3 Medewerkers tweede nauwkeurigheidswaterpassing

H. A. BROUWER

ir. J. BRUINS

ir. A. J. BUURMAN

J. G. FORTUIN, Hoofd van de  
Meetkundige Dienst

ir. L. A. L. HAMERS

ir. A. TEN HAVE

ir. N. A. VAN DEN HEUVEL

G. V. D. HOUVEN

D. J. LUITEN

ir. J. H. v. D. MEULEN

H. B. v. D. MEULEN

jhr. ir. M. J. ORTT

ir. K. E. POMES

prof. ir. W. SCHERMERHORN, adviseur

S. J. SCHOENMAKER

A. SMITS

ir. H. J. VAN STEENIS

K. VIERKANT

J. WOLTHUIS



Fig. 10 Prof. dr. ir. W. SCHERMERHORN. 17 december 1894 - 10 maart 1977.

## HOOFDSTUK 3

## PEILMERKEN

**3.1 Normale peilmerken**

Met ingang van de zesde uitgave van de registers „Normaal Amsterdamsch Peil” (1942) [18] werd de benaming „peilmerk” in plaats van „verkenmerk” ingevoerd.

Bij alle waterpassingen in de tweede nauwkeurigheidswaterpassing (na 1925) zijn steeds ronde bouten met het opschrift N.A.P. voor nieuw aan te brengen peilmerken gebruikt. Deze ronde bout (R.B.) is een gegalvaniseerde ijzeren hakkelbout, lang 75 mm met cilindrische kop van 20 mm middellijn, die  $\pm 20$  mm buiten het muurwerk uitsteekt. Er werd gestreefd naar een onderlinge afstand van 1 à 2 km tussen de peilmerken in elk traject. De merken werden bij voorkeur geplaatst in openbare gebouwen (kerken, scholen), in landhoofden van bruggen, in goed gefundeerde woonhuizen of frontmuren van duikers. De uitgekozen gebouwen moesten minstens enige jaren oud zijn.

Uit de periode vóór 1925 komen nog een aantal afwijkende peilmerken voor, namelijk:

- pijpbouten met daarvoor geplaatste bronzen beschermingsplaat; in de eerste nauwkeurigheidswaterpassing „Hoofdmerk” (H.M.) genoemd [20].  
(Vanaf de zesde uitgave „Normaal Amsterdamsch Peil” [18] wordt dit type als pijpbout (P.B.) beschouwd) H.M.
- pijpbouten P.B.
- grote kruisbouten G.K.B.
- kleine ronde kruisbouten K.R.K.B.
- ronde bouten zonder opschrift R.B.
- kleine ronde bouten K.R.B.
- knopbouten Kn.B.
- peilmerkstenen P.M.S.
- vierkante bouten met of zonder groeven in de kop V.B.
- bijzondere, nader omschreven merktekens (zie Fig. 11).

Voor een uitvoerige beschrijving van deze oudere peilmerken wordt verwezen naar de sedert 1885 verschenen registers: [20] [16] [7] [8] [9] [18].

Bij de meeste van deze peilmerken geldt het opgegeven hoogtecijfer voor de bovenkant, tenzij uitdrukkelijk een andere aanwijzing is gegeven. Uitzonderingen op deze regel zijn:

- stenen peilmerken voorzien van een groef en kleine ronde kruisbouten (K.R.K.B.) waarbij het hoogtecijfer op de groef of het snijpunt van de groeven betrekking heeft;
- alle merken met een uitboring (P.B. en G.K.B.) waarbij het hoogtecijfer voor het midden van het gat geldt.

**3.2 Ondergrondse peilmerken**

Teneinde de ligging van het N.A.P.-vlak zo goed mogelijk over geheel Nederland vast te leggen werd bij de aanvang van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing besloten een aantal on-



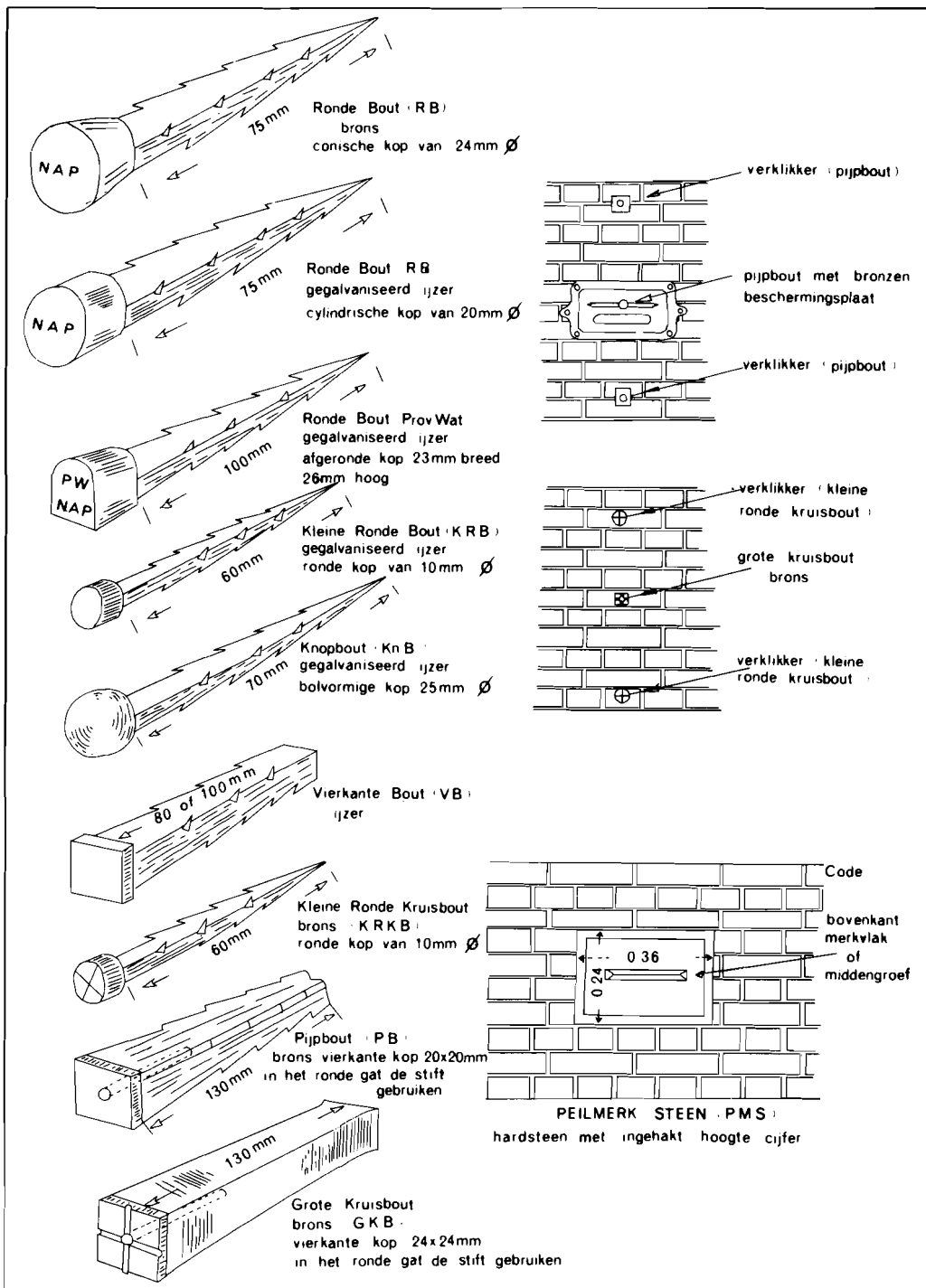


Fig. 11 Verschillende typen peilmerken.

Various types of benchmarks.

dergrondse peilmerken (O.M.) verspreid over het gehele land aan te leggen. De eenvoudige constructie beperkte de keuze van de bouwplaatsen tot die locaties waar draagkrachtige lagen (diluvium of ouder) aan de oppervlakte kwamen. Deze plaatsen werden in overleg met de Rijks Geologische Dienst geselecteerd. Volgens het eerste ontwerp zou een ondergronds peilmerk worden gevormd door een in de bodem aan te brengen granieten zuil van  $\pm 1$  m lengte waarvan het bovenvlak ongeveer 75 cm onder het maaiveld zou liggen.

Na overleg met de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing werd besloten om bij wijze van proef de in 1926 te plaatsen ondergrondse peilmerken van beton te vervaardigen in plaats van graniet. Deze werkwijze zou goedkoper en sneller zijn.

De kosten van een ondergronds peilmerk werden in 1928 als volgt begroot:

Beton: per zuil:		
aankoop en vracht		$\pm f 14,-$
plaatsen met inbegrip van bronzen bout		$\pm f 30,-$
onvoorzien		<u><math>f 1,-</math></u>
	totaal	$\pm f 45,-$
Graniet: per zuil:		
aankoop franco Amsterdam		$\pm f 35,-$
vervoerkosten en plaatsen		$\pm f 25,-$
bewerken van een halfbolvormige kop (i.p.v. bronzen bout)		$\pm f 8,-$
onvoorzien		<u><math>\pm f 7,-</math></u>
	totaal	$\pm f 75,-$

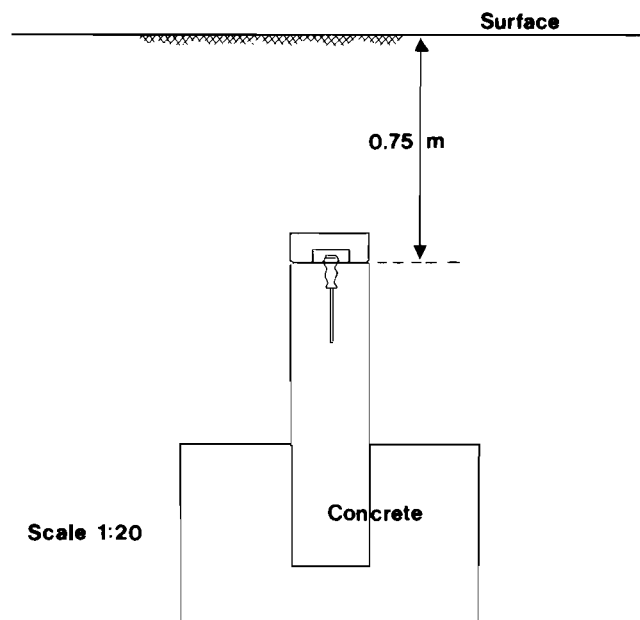


Fig. 12 Schema constructie ondergronds peilmerk.

Diagram showing the construction of underground benchmarks.

Overeenkomstig deze voorstellen werden inderdaad de eerste van de in totaal 18 te plaatsen ondergrondse peilmerken in beton uitgevoerd.

Elk hoofdpeilmerk (ondergronds merk 1e orde) bestaat uit vier betonnen zuilen met een lengte van 1 m en een doorsnede van 0.25 m × 0.25 m, rustend in een voet van 0.60 m hoogte met een grondvlak van 1 m × 1 m. De vier zuilen zijn meestal geplaatst in de hoekpunten van een rechthoek of vierkant met zijdelengte variërend van 11 tot 40 m. Van drie van deze zuilen

Tabel 1 Overzicht ondergrondse peilmerken van de eerste orde  
List of first order underground benchmarks

ondergronds merk eerste orde (gemeente)	ondergronds (O.M.)		bovengronds (B.M.)		jaar	bijzonderheden
	beton	graniet	beton	graniet		
Den Donk (Brandwijk)	3		-	-	1926 1929	Perceeltjes gekocht
		1				
Gilze Rijen	3		1		1926 1929	Rijksgrond
		1				
Amersfoort	3		1		1926 1929	Rijksgrond
		1				
Malden (Heumen)	3		1		1926 1929	Perceeltjes gekocht
		1				
Reuver (Beesel)	3		1		1926 1929	Grond van N.S.
		1				
Nieuw Namen (Clinge)	3		1		1927 1929	Perceeltjes gekocht
		1				
Ubbena (Vries)	3		1		1927 1929	Rijksgrond
		1				
Oude Mirdum (Gaasterland)	3		1		1927 1929	Perceeltjes gekocht
		1				
Wieringen		3	1		1927	3 O.M. van Drentse steen. Perceeltjes gekocht
Heiligerlee (Scheemda)	3		1		1928 1929	Rijksgrond
		1				
Oldenzaal (Losser)	3		1		1928 1929	Rijksgrond
		1				
Sint Geertruid		(3)	1		1928	3 O.M. van hard- steen. Perceeltjes gekocht
Velp (Gld) (Rheden)		3		1	1930	Rijksgrond
Lochem		3	-	-	1930	Rijksgrond
Haarle (Hellendoorn)		3		1	1930	Rijksgrond
Steenwijk		3	-	-	1930	Gemeente
Heerde		3		1	1930	Perceeltjes gekocht
Den Burg (Texel)		3	1		1930	Perceeltjes gekocht

bevindt zich de bovenzijde ongeveer 75 cm onder het maaiveld; de vierde zuil is echter zo lang dat deze boven het maaiveld uitsteekt (het zogenaamde bovengrondse merk: B.M.). Het eigenlijke peilmerk wordt bij de ondergrondse zuilen gevormd door een in het bovenzvlak aangebrachte bronzen bout met bolvormige kop beschermd door een bronzen afsluitdop die vóór de meting moet worden afgeschroefd. De bout wordt bovendien afgedekt met een betonnen deksel. Het bovengrondse peilmerk bestaat uit een cilindrische bronzen bout die in het zijvlak van de boven het maaiveld uitstekende zuil is aangebracht. Zoveel mogelijk werden de peilmerken aangebracht in grond die eigendom was van het Rijk (zoals bijvoorbeeld in de bermen van een rijksweg) en ook wel in grond die eigendom was van de Nederlandse Spoorwegen of van diverse gemeenten. Waar een dergelijke oplossing niet mogelijk was werden kleine perceeltjes van 4 m × 4 m voor elke aan te brengen zuil aangekocht.

In 1928 werd op advies van prof. ir. VISSER (T.H. Delft) besloten om voor de nog aan te leggen ondergrondse peilmerken van de eerste orde in het vervolg geen beton doch graniet te gebruiken. Bovendien werden op grond van dit advies in 1929 de reeds in beton uitgevoerde ondergrondse merken groepen van de eerste orde uitgebreid met een granieten zuil.

In 1930 waren alle ondergrondse merken van de eerste orde gereed. Bij drie ervan zijn alleen maar ondergrondse zuilen aanwezig, het bovengrondse merk wordt gevormd door een in de onmiddellijke omgeving aanwezig normaal peilmerk in een gebouw. De ondergrondse merken van het O.M. Wieringen bestaan uit „ter plaatse aanwezige Drentse steen”; het is echter niet duidelijk of dit in situ aangetroffen en gehandhaafd graniet is. De drie ondergrondse zuilen van het merk Sint Geertruid bestaan uit hardsteen.

Tabel 2 Ondergrondse peilmerken van de tweede orde  
Second order underground benchmarks

1929	Muiderberg	1931	Ossendrecht
	Hillegersberg		Sellingen
	Nederhorst den Berg		Gasselte
	Bergambacht	1931-1936	Westernieland
	Ermelo		Wagenborgen
	Wageningen		Noordsleen
	Oud Millingen		Sibculo Klooster
	Ommen		Aalten
	Roosendaal		Eibergen
1930	Gaast (Fr.)		Beilen (Spier)
	Murmerwoude		
	Oranjewoud		
	Zuidhorn		
	Gemert		
	Schaijk*		
	Horst		
	Wellerlooi		
	Westerhoven		
	Hilvarenbeek		

\* In het verslag van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing (1930) ten onrechte als „Heesch” aangeduid.

Aangezien de onderlinge afstand van de ondergrondse merken eerste orde te groot werd geacht voor het regionaal onderhouden van het waterpasnet zijn na 1928 nog 29 ondergrondse peilmerken van de tweede orde aangebracht. Deze merken bestaan uit slechts één zuil uitgevoerd in beton.

Voorts werden in 1930 de oude basiseindpunten van de driehoeksmeting 1865-1867, gelegen in de Haarlemmermeer, ingericht als ondergronds peilmerk „derde orde” (zie HAASBROEK [5] pagina 46).

Enige speciale ondergrondse peilmerken, nl. bij de sluizen van IJmuiden en op de Afsluitdijk (Breezanddijk), alsmede ondergrondse peilmerken van de Gemeente Rotterdam werden eveneens in de waterpassing opgenomen.

## HOOFDSTUK 4

## HET REFERENTIEVLAK: N.A.P.

## 4.1 Vergelijking van peilmerken te Amsterdam

Het Amsterdams Peil (A.P.) werd omstreeks 1682 vastgelegd door een aantal dijkpeilstenen, marmeren platen in de sluizen die de wateren van de stad Amsterdam van het buitenwater (het IJ) scheidde. VAN DER STERR [38] vermeldt dat er in 1851 nog acht van deze dijkpeilstenen aanwezig waren; vermoedelijk is dit het oorspronkelijke aantal. Ze waren aangebracht in de Eenhoornsluis, de Nieuwe Haarlemmersluis, de Oude Haarlemmersluis, de Nieuwe Brugsluis, de Kolksluis, de Kraansluis, de West Indische Sluis en de Scharrebiersluis. De platen waren voorzien van een groef die volgens het bijschrift de zeedijkshoogte aangaf, 9 voet 5 duim (Amsterdamse maat) boven het „Stads Peijl” (= A.P.). (Fig. 1). Zeer waarschijnlijk kwam het A.P. in 1682 overeen met de gewone zomervloed in het IJ, dat toen nog in open verbinding stond met de zee (VAN DER WEELE [32]).

KRAYENHOFF had in 1812 zijn waterpassing aangesloten aan de dijkpeilsteen in de Kolksluis, „daar het Amsterdamsche Peil overal zoo zeer bekend is en aan verscheidene waterschappen tot rigtsnoer verstrekt” ([14] pagina VII). Bij deze aansluiting in 1812 liet KRAYENHOFF een viertal extra peilmerkstenen aanbrengen voorzien van een groef ter hoogte van het A.P.-vlak. Eén van deze stenen was aangebracht in de Kolksluis in de verticaal onder de daar aanwezige marmeren dijkpeilsteen; een tweede was in de Amstelsluis geplaatst. Zie het Proces Verbaal van 16 December 1812, [13] dat volledig is overgenomen door VAN DER WEELE [32] (pag. 35 t/m 39).

Bij Koninklijk Besluit van 18 februari 1818 no. 60 werd het Amsterdams Peil officieel ingevoerd als referentievlak voor peilschaalwaarnemingen en voor de bepaling van de hoogte van de dijkkruien langs de rivieren (VAN DER WEELE [32]).

Van 1700 tot 1861 werden regelmatige waarnemingen verricht van het zeeniveau te Amsterdam. Deze metingen geschieden in het zogenaamde Stadswaterkantoor nabij de Nieuwe Markt. Zie de beschrijvingen van STAMKART [24], VAN VEEN [29] en VAN DER WEELE [32]. Deze waarnemingsreeks van het zeeniveau is de oudste reeks ter wereld (Fig. 13).

In 1861 werd het oude Stadswaterkantoor afgebroken. Voordien heeft STAMKART [24] een aantal waterpassingen verricht ter controle van de peilschaal in dit Stadswaterkantoor ten opzichte van de marmeren dijkpeilstenen, alsmede de A.P.-peilmerkstenen van KRAYENHOFF en enige peilmerken in oude gebouwen te Amsterdam. Aangezien een aantal van deze peilmerken tot in de huidige tijd kon worden gecontroleerd is er enig vergelijkingsmateriaal aanwezig, waaruit de stabiliteit van de oorspronkelijke marmeren dijkpeilstenen kan worden afgeleid.

De gegevens van deze vergelijking zijn verzameld in tabel 3 waarbij het volgende is op te merken. Volgens KRAYENHOFF moet voor de herleiding van Amsterdamse maateenheden naar het metrieke stelsel de zeedijkshoogte van 9 voet 5 duim worden gesteld op 2.6762 m (zie [32] pag. 38). Dit getal werd ook door STAMKART gehanteerd. Hoewel dit bedrag ook door COHEN STUART [2] in 1877 nog werd genoemd is bij de definitieve berekening van de eerste nauwkeu-

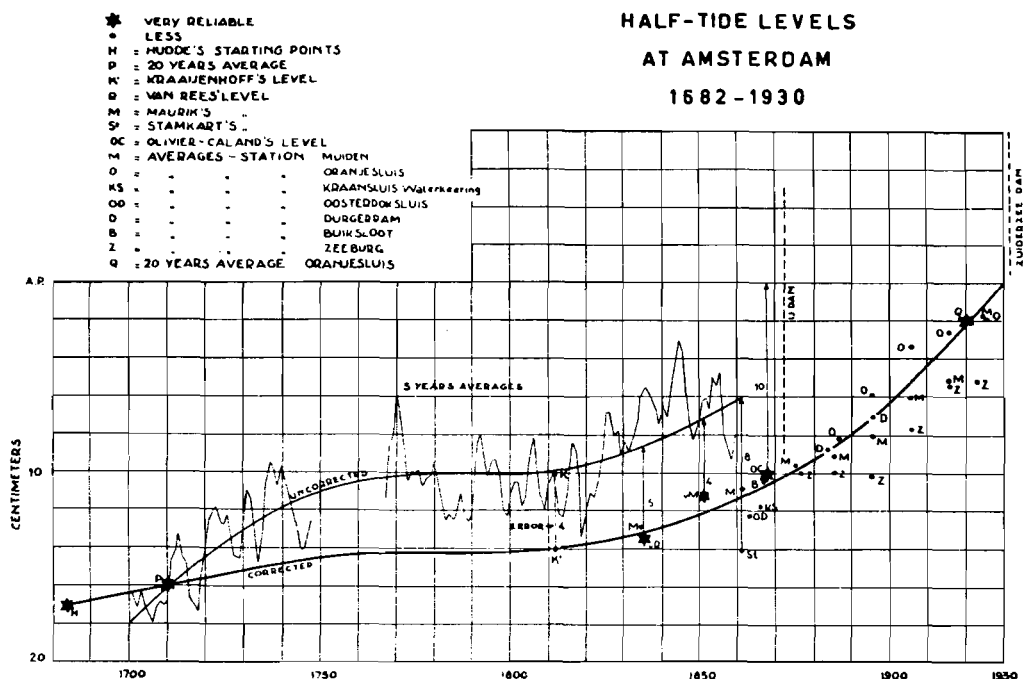


Fig. 13 Waarnemingen van het zeeniveau te Amsterdam (naar VAN VEEN [29]).  
Sea level observations, Amsterdam (after VAN VEEN [29]).

righeidswaterpassing in 1885 het getal 2.67689 volgens de officiële tabel van VAN SWINDEN gebruikt (Uitkomsten der Rijkswaterpassing [20] pag. IX). De correctie van +0.69 mm aan de hoogtecijfers van Krayenhoff en Stamkart kan voor de vergelijking in tabel 3 worden verwaarloosd. Bovendien mag worden verwaarloosd het verschil van -0.16 mm dat is ontstaan doordat STAMKART [24] het gemiddelde van slechts drie marmeren dijkpeilstenen (Kraansluis, Kolksluis, Nieuwe Brugsluis) als uitgangshoogte aannam, terwijl bij de eerste nauwkeurigheidswaterpassing het gemiddelde van vijf dijkpeilstenen werd genomen.

De in de tabel opgenomen hoogten zijn als volgt verkregen:

- 1812 Proces verbaal van 1812. Zie [32] pag. 38 en 39.
- 1861 STAMKART [24] pag. 284, 290 en 291 (met een correctie voor de hoogte van de peilmerksteen Amstelsluis i.v.m. discrepantie tussen pag. 290 en 291).
- 1876 Archief Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat. Zie ook [20] pag. 3, 4 en 45.
- 1928 Archief Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat (resumpties pag. 122 t/m 124). Zie ook [18] register IX.
- 1943 Archief Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat (portefeuille IX resumtie 10). Zie ook [18] register IX.
- 1952 Archief Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat.

In de eerste kolom van de tabel 3 zijn de nummers van de peilmerken aangegeven volgens het register „Hoogte van verkenmerken” vijfde uitgave [9].

In Fig. 14 zijn de dalingslijnen voor de peilmerken uit tabel 3 weergegeven. Uit de figuur blijkt dat alle peilmerken dalen ten opzichte van de als uitgangspunten gebruikte marmeren dijkpeilstenen. De dalingen van de andere peilmerken ten opzichte van de dijkpeilstenen variëren van 0.3 mm/jr (Haarlemmerpoort) tot 0.9 mm/jr (Muiderpoort). De in 1861 door STAMKART [24] (pag. 284) geconstateerde afwijking van  $-79$  mm in het nulpunt van de peilschaal van het Stadswaterkantoor zou, gezien deze dalingscoëfficiënten, misschien veroorzaakt kunnen zijn door een geleidelijke daling van het gebouwtje ter grootte van 0.5 mm/jaar in de periode 1700–1861. Zeer merkwaardig is de daling van de AP-peilmerksteen van Krayenhoff in de Kolksluis. Deze steen bevindt zich in hetzelfde muurvlak als de marmeren dijkspeilsteen doch daalt ten opzichte van deze met een snelheid van 0.5 mm/jr. De twijfel aan de juistheid van de waterpassingen van Stamkart (zie VAN VEEN [29] pag. 19) wordt door de grafiek van Fig. 14 duidelijk weersproken.

De conclusie uit de hierboven verzamelde gegevens luidt dat de oorspronkelijke dijkpeilstenen ter vastlegging van het Amsterdams Peil de meest stabiele peilmerken zijn die in Amsterdam ter beschikking stonden.

Tabel 3 Vergelijking van de hoogte van een aantal peilmerken te Amsterdam in de loop der jaren (zie Fig. 14)  
Comparison of levels of a number of Amsterdam benchmarks over the years (see Fig. 14)

Amsterdam no. volgens [18]		KRAYENHOFF 1812 m	STAMKART 1861 m	1e nauwk. h.wp. 1876 m	2e nauwk. h.wp. 1928 m	Meetk. D 1943 m	Amsterdam 1952 m
2	Zeedijkshoogte Kraansluis		2.6795	2.6810	†	†	
	Zeedijkshoogte Kolksluis	2.6762	2.6745	2.6758	†	†	
1	Zeedijkshoogte Nieuwe Brugsluis		2.6745	2.6730	2.6740		2.6740
	Zeedijkshoogte Oude Haarlemmersluis		2.6852	2.6805	†	†	
3	Zeedijkshoogte West-Indische Sluis		2.6681	2.6740	2.6729	†	
5	Bov. hakkelbout St. Anthonieswaag (groef)		3.6264	3.6216	3.6032*		3.582
6	Ond. hakkelbout St. Anthonieswaag (groef)		3.1294	3.1242	3.1049*	3.0929*	
	Hakkelbout Oude Kerk		2.1217	2.1204	†	†	
9	Peilmerksteen Amstelsluis (Krayenhoff)	0	-0.0257	-0.0250	-0.0507	-0.0637	-0.072
8	Peilmerksteen Kolksluis (Krayenhoff)	0	-0.0273	-0.0402		-0.0681	
4	H.M. St. Anthonieswaag			5.1570	5.1394		5.117
7	H.M. Muiderpoort			4.9041	4.8587	4.8508	
				(1882)		(1942)	(1956)
10	H.M. Eilandskerk			4.6552	4.6181	4.6030	†
11	G.K.B. Haarlemmerpoort			4.8814	4.8653	4.8451	4.8493

\* In [18] werd de hoogte van de bovenkant van de bout gepubliceerd.



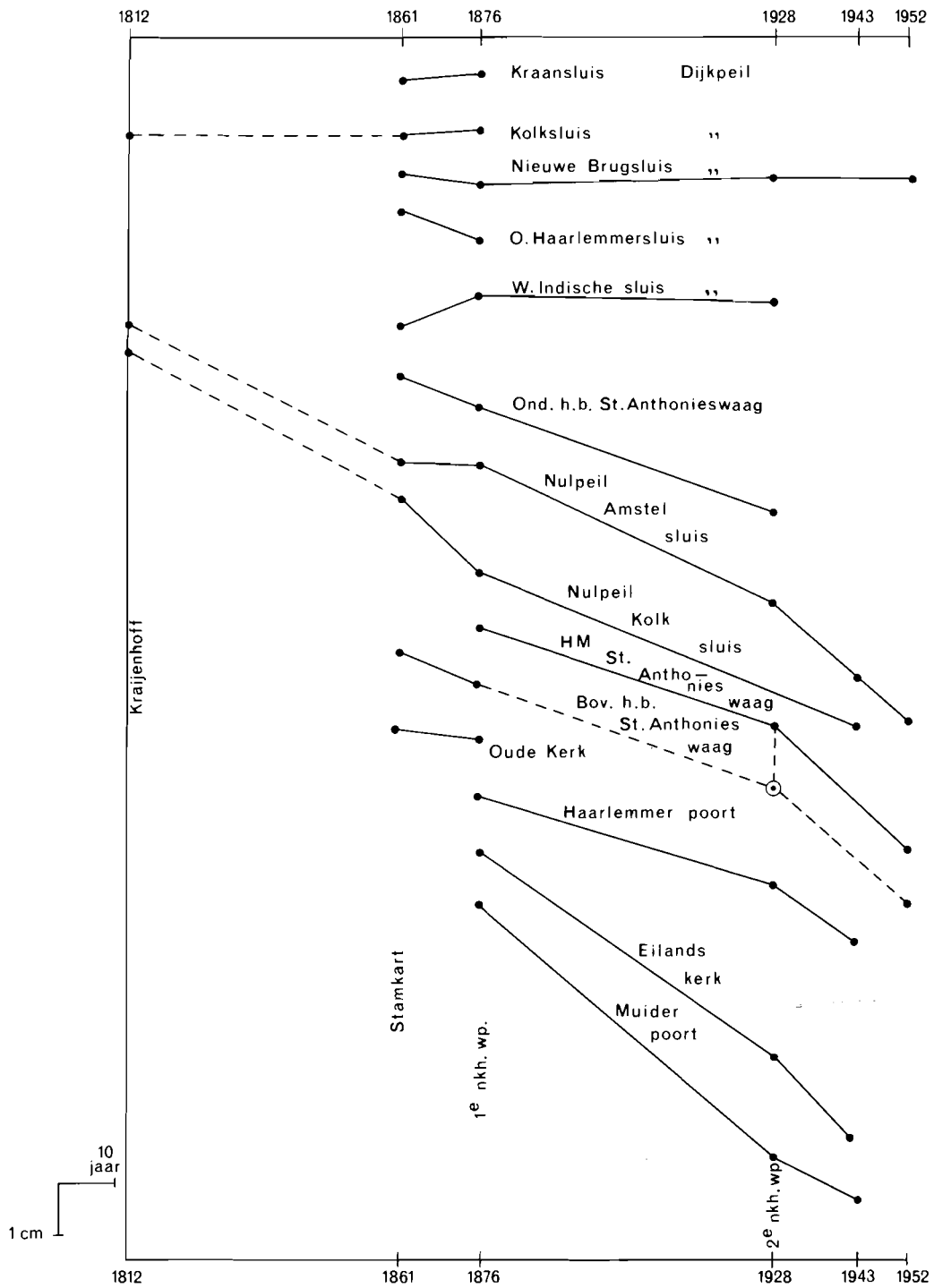


Fig. 14 Dalingsgrafieken voor enige oude peilmerken te Amsterdam (tabel 3).  
Graphs of settlement for some old benchmarks in Amsterdam (table 3).

#### 4.2 Vergelijking van het N.A.P. met het Normal-Null. (N.N.)

In 1875 en 1876 werden de trajecten

Amsterdam-Deventer  
Deventer-Nieuwe Schans  
Deventer-Denekamp

van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing gemeten. Bij Nieuwe Schans en Denekamp kwamen verbindingen met de Pruisische waterpassing tot stand. Uit de resultaten van deze verbindingen werd het Normal-Null gedefinieerd, nl. N.N. = N.A.P.\* Hierbij heeft men voor de sluitterm in de kring Denekamp-Deventer-Nieuwe Schans-Duitse traject-Denekamp uitsluitend de Nederlandse trajecten gecorrigeerd. Bovendien is voor het traject Amsterdam-Deventer de niet-vereffende waarde gebruikt, aangezien de aansluiting werd berekend vóór de definitieve voltooiing en vereffening van het Nederlandse net. (KNEISSL [12]). Tengevolge van deze opzet bestaat er een verschil tussen de ten behoeve van de aansluiting N.N.-N.A.P. vastgestelde provisorische hoogten en de vereffende hoogten in Denekamp en Nieuwe Schans:

1875-1885	hoogte t.o.v. provisorisch N.A.P. = N.N. (per definitie)	hoogte t.o.v. (vereffend) N.A.P.	verschil N.N.-N.A.P.
Nieuwe Schans	+ 2.741 m	+ 2.774 m	+ 0.033 m**)
Denekamp	+ 24.031 m	+ 24.028 m	- 0.003 m

Behalve deze beide werden naderhand in de eerste nauwkeurigheidswaterpassing nog twee aansluitingen tot stand gebracht, namelijk te Babberich en Venlo. De resultaten hiervan waren:

1875-1885	N.N.+	N.A.P.+	verschil N.N.-N.A.P.
Babberich	15.104 m	15.077 m	- 0.027 m
Venlo	21.885 m	21.882 m	- 0.003 m

Het uiteindelijke resultaat van de aansluiting van het Nederlandse vereffende net met het Duitse net levert in 1885 precies

$$N.N. = N.A.P.$$

Dat beide vlakken, ook na de Nederlandse vereffening, *precies* overeenstemmen moet dus in feite als een gelukkig toeval worden gezien.

\* Eigenlijk A.P.; de benaming N.A.P. werd pas na 1890 ingevoerd (§ 1.3). Eenvoudigheidshalve zal in deze paragraaf alleen de benaming N.A.P. worden gebruikt.

\*\* In de zesde uitgave van het register „Normaal Amsterdamsch Peil” deel II [18] (blz. 11 tabel 2) is door een drukfout een negatieve waarde vermeld voor Nieuwe Schans.

In de tweede nauwkeurigheidswaterpassing werden vijf verbindingen met het ongeveer gelijktijdig gemeten nieuwe Duitse net tot stand gebracht met het volgende resultaat:

1926-1940	N.N.-N.A.P.
Nieuwe Schans	- 0.018 m
Denekamp	- 0.018 m
Babberich	- 0.027 m
Venlo	- 0.020 m
Vaals	- 0.021 m
Gemiddeld:	- 0.021 m

Uit de vergelijking van beide resultaten zou men kunnen concluderen dat het N.A.P. t.o.v. het N.N. 21 mm gerezen zou zijn.

De gebruikte gegevens zijn echter niet geheel foutloos. In het volgende wordt getracht een ruwe schatting te verkrijgen van de nauwkeurigheid van dit getal.

De standaardafwijkingen ten opzichte van Amsterdam waren in 1885:

Nieuwe Schans	8.9 mm
Denekamp	8.2 mm
Elten (Babberich)	5.9 mm
Venlo	6.6 mm

(Zie [20] pag. X, XI).

De standaardafwijking langs de grens is op grond hiervan gemiddeld te stellen op 8 mm.

De standaardafwijking van de Duitse meting (Potsdam-Nederlandse grens) is onbekend, doch ongeveer te stellen op 10 mm. Dit brengt de standaardafwijking van het verschil

N.N.-N.A.P. in 1885 op:

$$\sqrt{64 + 100} = 13 \text{ mm.}$$

In de tweede nauwkeurigheidswaterpassing is de standaardafwijking van hoogten aan de grens ten opzichte van Amsterdam:

Nieuwe Schans	5.9 mm
Oldenzaal	5.3 mm
Zevenaar	4.7 mm
Venlo	5.4 mm
Maastricht	6.1 mm

(Zie hoofdstuk 10, tabel 17.)

Gemiddeld ongeveer 6 mm bij de verschillende grensovergangen.

KNEISSL [12] schat de standaardafwijking van het hoogteverschil Potsdam-Nordhorn op 7 mm, zodat het verschil

N.N.-N.A.P. in 1940 uitkomt op:

$$\sqrt{36 + 49} = 9 \text{ mm}$$

De verandering van het verschil tussen 1885 en 1940 ter grootte van 21 mm heeft derhalve een standaardafwijking van

$$\sqrt{164 + 85} = 16 \text{ mm.}$$

(Zie ook: WAALEWIJN [31] pag. 406, 407).

Op grond van deze schatting van de standaardafwijking is de verandering in het verschil N.N.-N.A.P. tussen 1885 en 1940 niet significant te noemen.

Uit deze gegevens kan dus de gevolgtrekking worden gemaakt dat het N.A.P. in de periode 1885-1940 niet aanwijsbaar is veranderd ten opzichte van de vastlegging van het N.N. te Potsdam.

#### 4.3 Aansluiting van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing aan het N.A.P.

Van de vijf dijkpeilstenen die in 1876 bij de eerste nauwkeurigheidswaterpassing werden aangesloten waren er in 1928 nog twee bruikbaar, namelijk de steen in de Nieuwe Brugsluis (Amsterdam 1) en die in de West-Indische Sluis (Amsterdam 3). De in 1876 aangesloten steen in de Kraansluis was weliswaar in 1928 nog aanwezig doch door overkluizing onbereikbaar geworden. De steen in de Eenhoornsluis werd in 1876 niet aangesloten, vermoedelijk omdat de



Fig. 15 De aansluiting van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing aan het N.A.P. Nieuwe Brugsluis te Amsterdam op 28 juli 1928.

Connection of the second geodetic levelling with N.A.P. at Amsterdam.

hoogte teveel afwijkt van die van de andere stenen. Deze steen was echter in 1928 nog wel aanwezig.

Op 28 juli 1928 werd de aansluiting van het net van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing aan de beide stenen Amsterdam 1 en Amsterdam 3 tot stand gebracht door jhr. ir. M. J. ORTT in aanwezigheid van prof. ir. W. SCHERMERHORN en een drietal ambtenaren van de Rijkswaterstaat (Fig. 15).

Voor de aansluiting gebruikte men een speciaal baakje bestaande uit een in millimeters verdeelde lat die bevestigd was aan een ronde ijzeren buis. Aan de voet van deze buis bevond zich een horizontale plaat die met twee meskanten in de groef van de peilmerksteen kon worden geplaatst. Het eigenlijke baakje kon op zes verschillende plaatsen door middel van een nok in een gat aan de buis worden vastgezet; de indexcorrectie voor elk gat was van te voren bepaald (zie hoofdstuk 5, tabel 6).

De in 1876 bepaalde hoogten waren:

	N.A.P.+	
Oude Haarlemmersluis	2.6805	
Nieuwe Brugsluis	2.6730	Amsterdam 1
Kolksluis	2.6758	
Kraansluis	2.6810	
West-Indische Sluis	2.6740	Amsterdam 3

(zie „Uitkomsten der Rijkswaterpassing”, [20] pag. 3, waar slechts de op mm afgeronde waarden zijn vermeld).

De meting van 1928 werd zodanig aangepast dat de gemiddelde hoogte van de beide nog aanwezige dijkpeilstenen onveranderd blijft (tabel 4):

Tabel 4 Aansluiting van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing aan het gemiddelde van de dijkpeilstenen in de Nieuwe Brugsluis en de West-Indische sluis te Amsterdam. (zie ook tabel 5)  
Connection of the second geodetic levelling with the average benchmark levels in the Nieuwe Brugsluis and the West-Indische sluis in Amsterdam (see also table 5)

	1876 hoogte t.o.v. N.A.P. (m)	1928 gemeten hoogte- verschil (m)	1928 voorlopige hoogte (m)	1928 definitieve hoogte t.o.v. N.A.P. (m)
P.M.S. Amsterdam 3	<b>2.6740</b>	1.1986	2.6740	2.67295
R.B. Amsterdam 47		× 9.9935	3.8726	3.78155
R.B. Amsterdam 45		× 8.9116	3.8661	3.86505
R.B. Amsterdam 44		× 9.8974	2.7777	2.77665
P.M.S. Amsterdam 1	<b>2.6730</b>		2.6751	2.67405
Gemiddelde van Amsterdam 1 en 3	2.6735		2.67455	<b>2.6735</b>

Uitgaande van de hoogten in de laatste kolom werden de hoogten van de peilmerken in de kring Amsterdam (waarin opgenomen Amsterdam 47, 45 en 44) definitief vastgesteld (zie tabel 5). Deze kring is door het peilmerk R.B. Ouder Amstel 3 verbonden met het vereffeningsnet.

Tabel 5 Kring in Amsterdam ter aansluiting van het net van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing aan het N.A.P. (Zie ook tabel 4)  
Loop in Amsterdam for connecting the second geodetic levelling network to N.A.P. (see also table 4)

traject	lengte km	gemeten hoogteverschil	corr. mm	hoogte boven N.A.P. (m)
R.B. Amsterdam 44				<b>2.7766</b>
	5.6	× 9.3356 m	- 0.5	2.1117
R.B. Amsterdam 41				<b>3.8715</b>
R.B. Amsterdam 47	3.8	× 8.2399	+ 0.3	2.1117
R.B. Amsterdam 41				<b>2.1117</b>
R.B. Amsterdam 41	4.7	× 8.4669		0.5786
R.B. Ouder Amstel 3				

De hoogte

$$\text{R.B. Ouder Amstel 3} = \text{N.A.P.} + 0.5786$$

is vervolgens ingevoerd in de berekening van de hoogten in de kringen no. 7 en 10 van het vereffeningsnet. Zie hoofdstuk 11.

In het voorbericht van de zesde uitgave der N.A.P.-registers [18] wordt op bladzijde 3 vermeld:

„Voor de tweede primaire waterpassing van 1926 tot 1940 werd het nulpunt aangehouden op 2.67689 m beneden het gemiddelde der groeven in de beide in 1928 nog aanwezige stenen in de Nieuwe Brugsluis en in de Westindische Sluis”. Deze constatering zou alleen juist zijn indien in 1928 alle 5 in 1876 gebruikte dijkpeilstenen nog aanwezig waren geweest. Aangezien er in 1928 nog slechts 2 dijkpeilstenen beschikbaar waren moest worden uitgegaan van het gemiddelde van de in 1876 voor deze twee stenen berekende hoogte, zijnde 2.6735. Het in [18] genoemde bedrag is dus niet juist en moet luiden: 2.6735 m.

## HOOFDSTUK 5

## INSTRUMENTARIUM

**5.1 Waterpasinstrumenten***5.1.1 Het instrument van Breithaupt*

Bij het begin van de waterpassing stonden 4 identieke waterpasinstrumenten ter beschikking van de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing. Deze instrumenten (Fig. 16) waren in 1921 op aanwijzing van prof. ir. Hk. J. HEUVELINK gebouwd door de firma F. W. Breithaupt & Sohn te Cassel speciaal voor de meting van de overgangen van de zeearmen in de waterpassing van Den Helder via Texel en Vlieland naar Terschelling. (SCHERMERHORN [21]).

Op grond van deze bijzondere bestemming waren de instrumenten uitgerust met tal van mogelijkheden om de invloed van de ontregeling zo goed mogelijk te elimineren. De kijker met het daaraan bevestigde reversieniveau rust met ronde tappen in vorken. Het objectief heeft een nuttige opening van 41 mm en een brandpuntsafstand van 510 mm. De vergroting van de kijker bedraagt  $40\times$ . Het aan de kijker bevestigde reversieniveau heeft een hoekwaarde van  $5''$  en een inrichting volgens Pistor en Martin om de bellengte te kunnen regelen. Deze inrichting bestaat uit een glazen schotje met daarin een kleine opening, aangebracht nabij een van de uiteinden in de niveaubuis. Door een deel van de bel achter het schotje te manoeuvreren kan de lengte van de bel op een constante waarde worden gehouden.

Bij elk instrument is een soortgelijk niveau met een hoekwaarde van  $10''$  beschikbaar; dit is echter niet in de nauwkeurigheidswaterpassing gebruikt. De bevestiging van het niveau aan de kijkerbuis is zodanig dat het zowel om zijn eigen lengte-as gedraaid als omgezet kan worden, eventueel verwisseld voor het extra niveau. Voor de regeling van het instrument zijn aan het niveau een dubbel stel correctieschroeven aanwezig in verband met de draaiingsmogelijkheid om de eigen lengte-as van het niveau (compensatieniveau). Bij de gewone nauwkeurigheidswaterpassing werden de aanwezige compensatiemogelijkheden van het niveau niet benut; tijdens de metingen in 1926 is zelfs niet van de reversie-mogelijkheid gebruik gemaakt.

Het instrument is verder voorzien van een hellingschroef met een spoed van 0.25 mm; deze bewerkt een draaiing om een (korte) horizontale as die excentrisch van de verticale as is aangebracht. Tenslotte is het instrument uitgerust met een zogenaamde „Steckhülse” inrichting waardoor het mogelijk is het bovendeel met kegelvormige verticale as uit het stelschroevenblok te lichten zoals bij een theodoliet met geleide centrering (Fig. 16). Deze inrichting levert in combinatie met een tweede statief plus stelschroevenblok een versnelling van de waterpassing. Voor het transport van het bovendeel van het instrument wordt een speciale beugel gebruikt. De in de eerste nauwkeurigheidswaterpassing gebruikte instrumenten van Caminada waren van een vergelijkbare inrichting voorzien (COHEN STUART [2]; zie ook [30] Fig. 1).

Het instrument van Breithaupt is uitvoerig beschreven door SCHERMERHORN [22], [21] en door HAMMER [6]. Aanvankelijk werd het instrument Breithaupt no. 3 gebruikt, later vervangen door Breithaupt no. 4.

Voor normale waterpassing werden de vele regelingsmogelijkheden van het instrument van

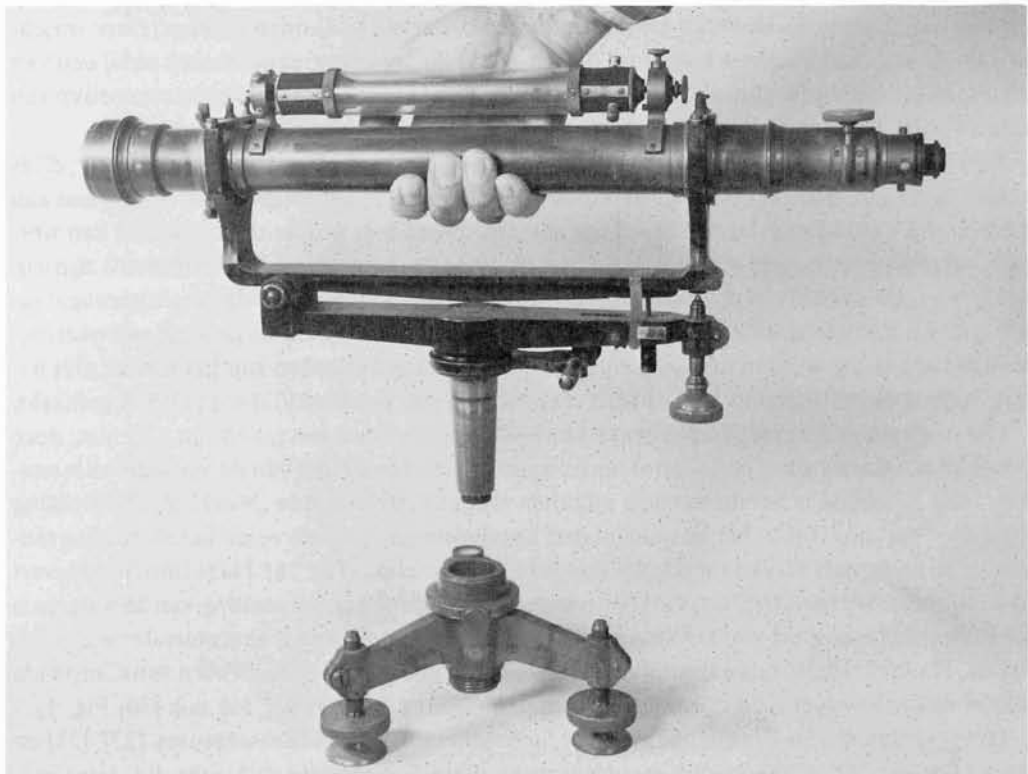
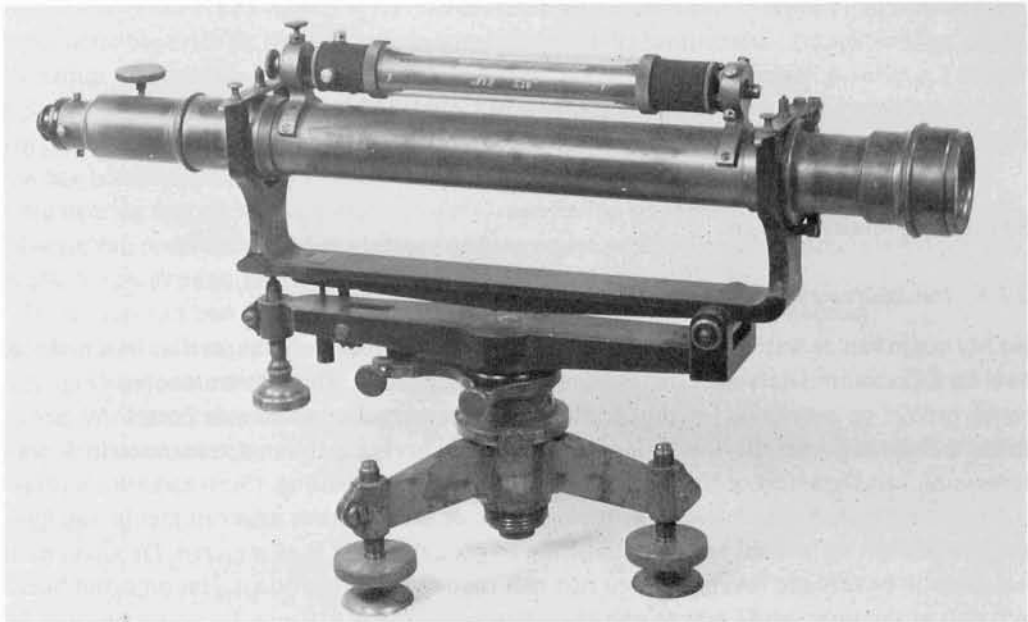


Fig. 16 Het waterpasinstrument „Breithaupt”.  
The „Breithaupt” level.



Breithaupt (evenzovele mogelijkheden van ontregeling!) als hinderlijk ervaren; het instrument werd na de metingen van 1923, 1925 en 1926 vervangen door het instrument van Hildebrand.

Bij de aanvang van de metingen in 1931 werd echter een tweede meetploeg ingezet; daartoe werd het instrument Breithaupt 4, nu voorzien van een optische micrometer, opnieuw in gebruik gesteld.

### 5.1.2 *Het instrument van Hildebrand*

In het begin van 1927 werd een nieuw waterpasinstrument in gebruik gesteld van het fabrikaat Max Hildebrand te Freiberg (Fig. 17). Dit type instrument werd ook voor de nauwkeurigheidswaterpassingen van het Reichsamt für Landesaufnahme gebruikt [1]. Het is uitgevoerd als een waterpasinstrument met vast aan de kijker verbonden reversieniveau met een hoekwaarde van  $5''$ , zonder mogelijkheid tot wijziging van de bellengte. De kijker rust met ronde tappen in ringvormige opleggingen en heeft een vergroting van  $40\times$ . Het objectief heeft een opening van 40 mm bij een brandpuntsafstand van 440 mm. De hellingschroef is voorzien van een trommel met randverdeling; deze verdeling is overigens niet in de meting gebruikt. De horizontale as is centrisch t.o.v. de verticale as geconstrueerd. Door de grotere lengte van deze as in vergelijking met het Breithaupt-instrument is de stabiliteit belangrijk beter. Ook het ontbreken van de verschillende compensatiemogelijkheden van de niveau-constructie (er is slechts één stel correctieschroeven) levert een belangrijke bijdrage tot de stabiliteit van het instrument van Hildebrand.



Fig. 17 Het waterpasinstrument „Hildebrand” met optische micrometer.  
The „Hildebrand” level fitted with optical micrometer.

Het statief van Hildebrand is voorzien van een op een schotelvormig scharnier draaibare zware bovenplaat, zodat het instrument snel kan worden opgesteld. (zie Fig. 15) Dit voordeel weegt nauwelijks op tegen het ongerief dat deze zware constructie bij transport veroorzaakt; bovendien kan dit gewicht zelfs nadelen opleveren door een sterkere zakking van het statief in slappe bodem. (zie ook § 10.3.2)

In juni 1930 werd het instrument voorzien van een optische micrometer voor het objectief, geschikt voor bakken met een verdeling in 0.5 cm. De aflezing op de trommel van de micrometer geschiedt in 1/100 deel van het baakinterval, dus 0.05 mm. Aan de oculairzijde van de kijker werd een contragewicht gemonteerd. Dit instrument is tot 1939 in gebruik geweest.

### 5.1.3 *Het instrument van Zeiss: Nivellier A*

Bij het einde van de waterpassing, in 1939, werd een nieuw waterpasinstrument in gebruik genomen van het fabriikaat Zeiss, type Nivellier A (Fig. 18). In tegenstelling tot de beide eerder beschreven instrumenten heeft de Zeiss A geen reversieniveau, het is een waterpasinstrument van het type „alles vast” met hellingschroef. Het niveau heeft een hoekwaarde van 10" over 2 mm; de beide bel-uiteinden worden met behulp van een prismastelsel (niveau-prisma volgens Wild) afgebeeld in het gezichtsveld van het oculair van de kijker. De waarneming van de bel-uiteinden kan na omschakeling van een prisma ook geschieden door een terzijde van het instrument staande tweede waarnemer. Op deze wijze werd het instrument in de tweede nauwkeurigheidswaterpassing gebruikt. De kijker is compact van bouw en bezit een centrale instellens voor de scherpstelling. Het objectief heeft een opening van 55 mm bij een brandpuntsafstand van 410 mm. De vergroting bedraagt 44 ×. De optische micrometer is als standaarduitrusting aan het instrument aanwezig; het verschuivingsinterval is 5 mm. Slechts een gering aantal trajecten van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing zijn met dit instrument gemeten.

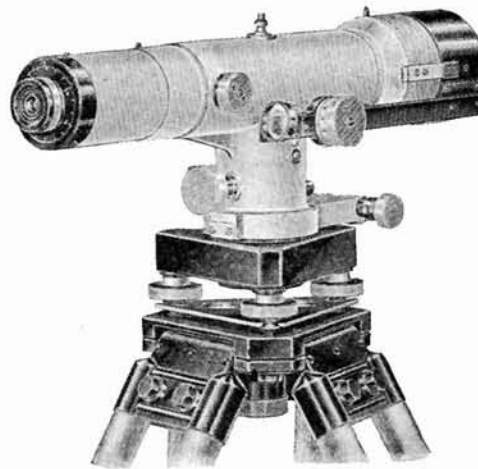


Fig. 18 Het waterpasinstrument Nivellier A van Zeiss.  
The Zeiss „Nivellier A” level.

## 5.2 Baken

### 5.2.1 Baken met veldenmillimeterverdeling volgens Dieperink

Bij de aanvang van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing werd de veldenmillimeterbaak volgens DIEPERINK gekozen op grond van de gunstige resultaten die daarmee waren bereikt in de proefwaterpassing Maastricht-Venlo in 1923. De verdeling van de zogenaamde Dieperinkbaak bestaat uit twee gedeelten:

1. een verdeling voor aflezing van de meters, decimeters en centimeters aan de rechter zijde van de baakverdeling;
2. een systeem van trapezia voor het aflezen van millimeters, eventueel met schatting van onderdelen daarvan (0.1 mm). Deze trapezia zijn zodanig aangebracht dat de middens van de opvolgende evenwijdige zijden telkens 1 mm hoger liggen dan van de voorafgaande zijde.

Het systeem is uitvoerig beschreven door DIEPERINK [3] [4].

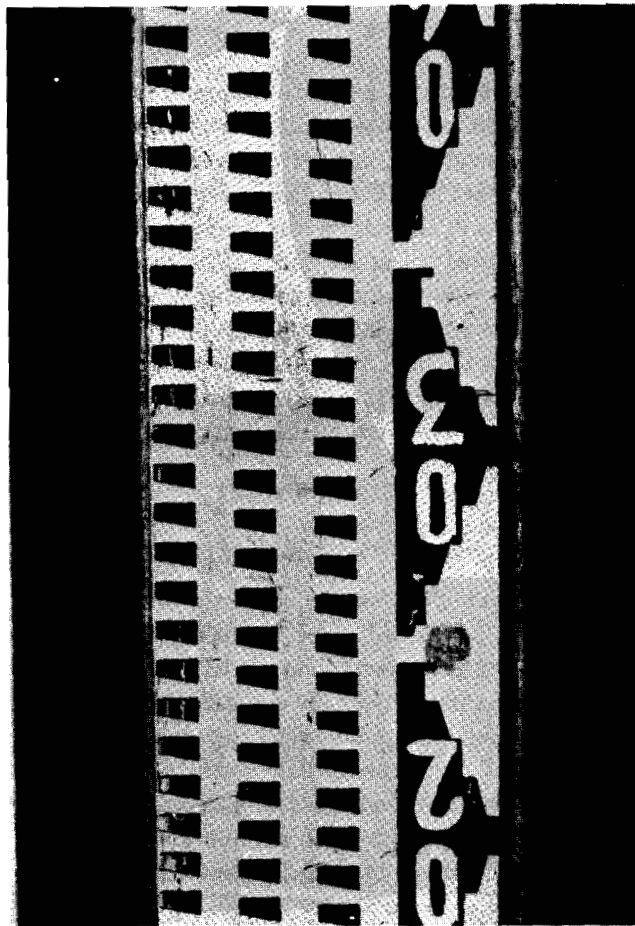


Fig. 19 Baakverdeling volgens DIEPERINK.  
The staff graduation of DIEPERINK.

De verdeling van de bij de tweede nauwkeurigheidswaterpassing gebruikte 3 m lange Dieperinkbaken was op invar aangebracht teneinde invloeden van temperatuur en vochtigheid op de baaklengte te vermijden. De plaats van een vlakje mocht geen grotere afwijking vertonen dan overeenkomt met een standaardafwijking van 0.025 mm. De verdeling was in zwart geschilderd op witte ondergrond. Bij de proefwaterpassing in 1923 werd ook een rode verdeling toegepast doch dit systeem is niet in de nauwkeurigheidswaterpassing gebruikt.

Geoefende waarnemers kunnen vlot en vrij nauwkeurig aflezen op deze baken; schatting tot 0.1 mm is mogelijk. Een bezwaar is dat men niet steeds op hetzelfde punt van de horizontale draad van het waterpasinstrument afleest, zodat het eventueel niet-horizontaal zijn van deze draad een foutenbron oplevert. Verder kan de speciale inrichting van de verdeling, met name de convergentie van de schuine zijden van de trapezia, aanleiding geven tot systematische fouten bij de aflezing. De baken waren voorzien van een doosniveau voor het verticaal opstellen. Aanvankelijk werden de baken met speciale hoge baakstatieven (Fig. 29) in verticale positie gehouden doch dit vrij omslachtige systeem, waarbij men bovendien veel last had van omwaaien, werd begin 1930 verlaten. Het bleek eenvoudiger en doelmatiger om de baken door de baakhouder met behulp van twee eenvoudige schoorlatten verticaal in rust te doen houden (zie Fig. 40).

Een belangrijke overweging bij de keuze van de Dieperinkbaak was de omstandigheid dat met de Dieperinkbaak in de proefwaterpassing 1923 veel sneller werd gewerkt dan met de gelijktijdig beproefde optische micrometer; een tijdwinst van 45% (DIEPERINK [3] pag. 405 e.v.). Bij dit resultaat dient men echter te bedenken dat er voor beide methoden een ander instrument werd gebruikt. De optische micrometer werd namelijk gebruikt op het instrument Zeiss III<sup>A</sup>, waarbij de waarnemer zelf het niveau tot inspelings moest brengen. De Dieperinkbaken daarentegen werden gebruikt in combinatie met het Breithauptinstrument, waarbij een tweede waarnemer de inspelings van het niveau verzorgde.

Om de beide baken van elkaar te kunnen onderscheiden waren ze met verf van een merkten in rood of groen voorzien. In juni 1928 werden nieuwe Dieperinkbaken in gebruik genomen, uitgerust met een afneembare ring aan het ondervlak zodat dit ondervlak steeds met hetzelfde punt op de pen of straatpot rustte.

### 5.2.2 *De invarbaak met halvecentimeterstreepverdeling (Fig. 20)*

Omdat in het voorjaar van 1930 het Hildebrandinstrument werd uitgerust met een optische micrometer met 0.5 cm-bereik, werden de Dieperinkbaken vervangen door Zeissinvarbaken met een streepverdeling van 5 mm interval en een lengte van 3 m. De eigenlijke verdeling van deze baken bevindt zich op een smalle invarband die aan de onderzijde vast met de baakvoet is verbonden terwijl de bovenzijde door middel van een veer aan het houten baakframe is bevestigd. De becijfering is op het baakframe naast de invarband geschilderd. Deze becijfering geeft niet de metrische maat doch het aantal verdelingsstreepjes, zodat de baakaflezings in eenheden van „halve centimeters” worden afgelezen in overeenstemming met het bereik en de verdeling van de optische micrometer in 100 delen van 0.05 mm. De aflezings aan de baak en de optische micrometer moeten achteraf door 2 worden gedeeld om metrische hoogteverschillen te verkrijgen. In de praktijk geschiedt deze deling slechts één maal per sectie, namelijk na de meting en berekening van het hoogteverschil van een voltooide sectie. De invarband van de Zeissbaken is voorzien van twee naast elkaar lopende verdelingen die

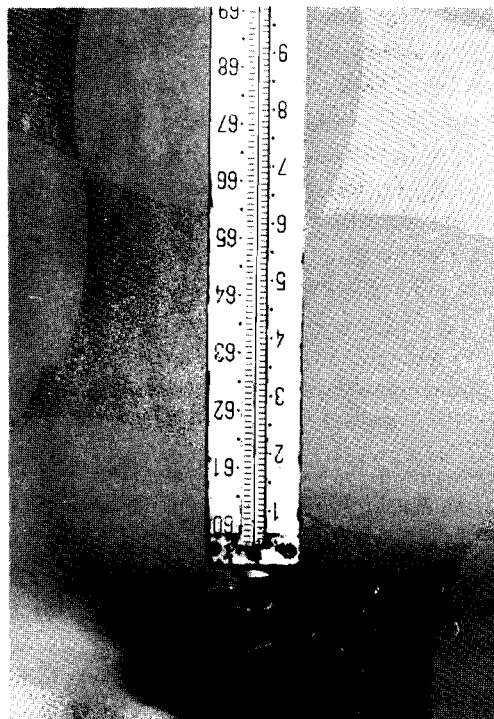
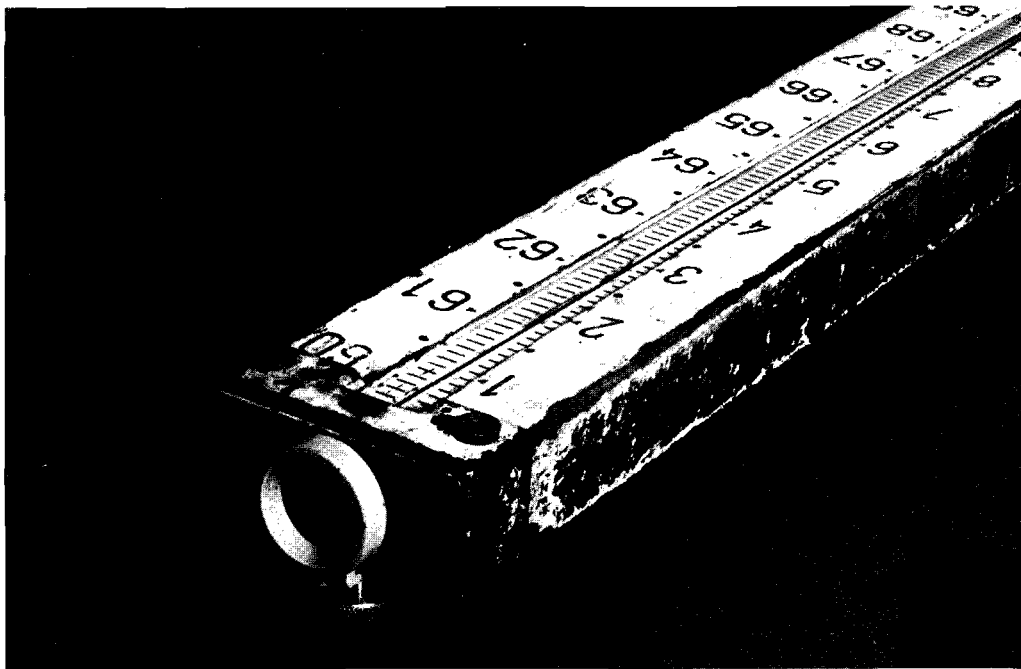


Fig. 20 Invarbaak met halvecentimeterstreepverdeling en ring rustend op straatpot.  
Invar staff with graduations of half a centimetre and ring resting on a staff support.

onderling een half interval (2.5 mm) zijn verschoven. De verschoven verdeling is bovendien becijferd zodanig dat geen verwarring mogelijk is; in de praktijk bedraagt deze verschuiving ongeveer 592.5 baakeenheden (2.9625 m). Deze tweede verdeling wordt de „hoge verdeling” genoemd.

Toen in 1931 het Breithauptinstrument no. 4 (eveneens voorzien van optische micrometer) weer in gebruik werd gesteld, werd een tweede stel Zeissinvarbaken aangeschaft. Om ervoor te zorgen dat de baakvoet steeds met hetzelfde punt op de baakopstelpunten wordt gezet werden de baken alle voorzien van een (afschroefbare) ring aan de onderzijde.

### 5.2.3 Speciale baken

Een aantal belangrijke peilmerken uit de eerste nauwkeurigheidswaterpassing is uitgevoerd als pijpbeurt, aangebracht op zodanige hoogte dat zij zich boven de vizierlijn van een normaal opgesteld waterpasinstrument bevinden. Voor het aansluiten van dergelijke peilmerken was een speciale baak nodig die aan een in de pijpbeurt aan te brengen stift kon worden opgehangen. Bij de aanvang van de metingen was deze zogenaamde hangschaal een 1 m lange invarbaak met een Dieperinkverdeling. Het nulpunt van deze verdeling valt samen met het midden van het gat waarmede de baak op de stift hangt; de verdeling telt dan van boven naar beneden, zodat aflezingen in deze stand van de hangschaal als negatieve waarden in de waarnemingsregisters moesten worden genoteerd. Bovendien kon deze baak als normale „opzetbaak” worden gebruikt. Dit was vaak nodig indien obstakels aan het muurvlak waarin zich een peilmerk bevond het opstellen van een starre, 3 m lange, baak verhinderden. In die gevallen moest een indexcorrectie van 100.0 mm worden toegepast voor de afstand tussen het nulpunt van de verdeling (midden gat) en het (dan) ondervlak van de baak.

Bij de invoering van de optische micrometer werd de oude hangschaal vervangen door een hangschaal met halve-cm-streepverdeling op invar. Bij deze baak, die 1.5 m lang was, viel het nulpunt van de verdeling samen met het ondervlak van de baak, zodat er in dit geval bij het gebruik als hangschaal een indexcorrectie nodig was (50.0 mm). Bovendien was het bij het gebruik als hangschaal nodig erop te letten dat de richting van telling van de optische micrometer tegengesteld was aan die van de hangende baak.

Tabel 6 IJking van de speciale schuifbaak voor aansluiting van de dijkpeilstenen te Amsterdam.  
Calibration of the special telescopic staff for levelling onto Amsterdam Ordnance Datum benchmarks.

Afstand *achterkant* voetplaat (midden scherpe kant) tot het nulpunt van de vastgeklemd millimeterverdeling als de nok in de opeenvolgende gaatjes zit.

nummer	nulpuntscorrectie	
1	- 251.0 mm	
2	+ 249.0 mm	
3	+ 747.8 mm	De aflezingen op de millimeterlineaal
4	+ 1247.6 mm	zijn met deze bedragen te vermeerderen.
5	+ 1747.2 mm	
6	+ 2246.9 mm	

Indien de zijkant van de voetplaat wordt gebruikt zijn deze correcties 0.4 mm kleiner.

Teneinde de marmeren dijkpeilstenen te Amsterdam, welke met een groef het vlak van Zee-dijkshoogte aangeven, zo goed mogelijk in de waterpassing te kunnen opnemen werd een zeer speciaal schuifbaakje gebruikt, uitsluitend voor deze aansluiting (zie Hoofdstuk 4). De ijking van dit baakje vond plaats op 27 juli 1928, de dag voor de meting te Amsterdam. Tabel 6 geeft het resultaat.

### 5.3 Diversen

De uitrusting van de waterpasploeg bestond verder uit een grote, af te sluiten handkar (Fig. 21) waarin het te vervoeren materiaal kon worden opgeborgen en waarop de 3 m lange bakenkist een plaats vond.

De verdere hulpmaterialen waren:

meetband	zandcement
parasol	bouten
schop	duimstok
hamer	waterpaspennen („graspiketten”) Fig. 22
steenboor	waterpaspotten Fig. 22
voegspijker	jalonniveau (t.b.v. hangschaal)



Fig. 21 Handkar met materiaal (1933)  
Handcart with equipment (1933).



Fig. 22 Waterpaspiket en straatpot.  
Level peg and staff support.

#### 5.4 Ijking van de baken

De gebruikte baken zijn in de loop van de waterpassingen geijkt volgens een methode die beschreven is in het Zeitschrift für Vermessungswesen 1924 door SCHERMERHORN [23]. Bij deze ijking wordt telkens de afstand tussen twee verdeelstrepen op de baak die nominaal een meter uit elkaar liggen (de zg. nominale baakmeter) vergeleken met de lengte van de secundaire Nederlandse standaardmeter  $Ka$ . Een dergelijke meting wordt over de gehele lengte van de baak op  $n$  plaatsen met regelmatig interval (bijv. 5 dm of 1 dm, soms zelfs 0.5 dm) uitgevoerd, zodat een beeld ontstaat over de kwaliteit van de verdeling.

Indien de baak twee parallel lopende verdelingen heeft nl. de zg. lage verdeling (a) en de zg. hoge verdeling (b) (halvecentimeterstreepverdeling) moet de ijking tweemaal plaatsvinden. Bij de Dieperinkbaak, die in feite bestaat uit drie verticale rijen van kleine trapezia, vindt de ijking op elk van deze rijen (1, 2 en 3) afzonderlijk plaats, dus driemaal. (Fig. 23).

Het resultaat van elke ijking is een reeks waarden voor de nominale baakmeter  $(1 + z)$  over de gehele lengte van de baak. Uit deze reeks kan tenslotte voor elke geijkte verdeling een gemiddelde nominale baakmeter  $(1 + Z = 1 + [z]/n)$  worden berekend, terwijl een bijbehorende standaardafwijking  $m_1$  een indruk geeft van de spreiding der individuele nominale baakmeters. Ten overvloede is in de onderstaande gegevens de gemeten minimale en maximale afwijking van de nominale baakmeter opgenomen ( $z_{\min}$  en  $z_{\max}$ ). De waarnemingsnauwkeurigheid



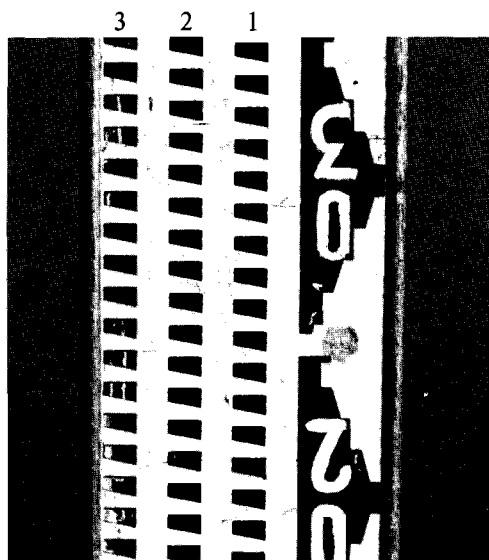
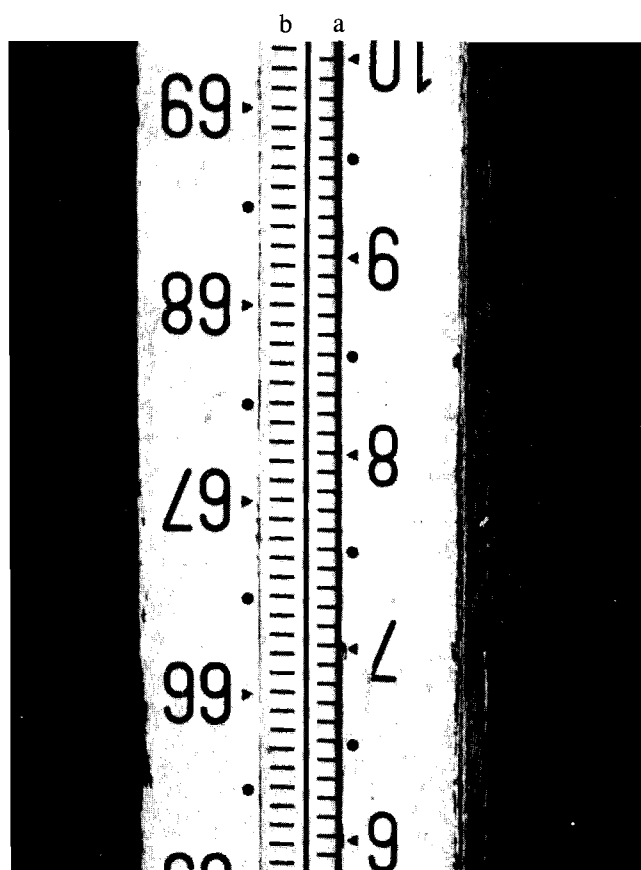


Fig. 23 Onderscheiding van de verdelingen op de baak.  
Graduation identification on the staff.

waarmede de gemiddelde nominale baakmeter kan worden bepaald bedraagt ongeveer 0.003 mm.

Van de volgende ijkingen zijn de gegevens aanwezig in het archief van de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat.

### 26 september 1923

Zeissinvarbaak no. 420 (halvecentimeterstreepverdeling):  
(gemiddelde van beide verdelingen)

$$Z = +0.108 \text{ mm} \quad m_1 = 0.024 \text{ mm}$$

Zeissinvarbaak no. 421:

(gemiddelde van beide verdelingen)

$$Z = +0.166 \text{ mm} \quad m_1 = 0.035 \text{ mm}$$

$$\text{Interval } 5 \text{ dm} \quad n = 4$$

### 26 september 1923

Dieperinkbaak 1 („zwart”) van de Landbouwhogeschool:  
(meting op 1 rij trapezia)

$$Z = -0.056 \text{ mm} \quad m_1 = 0.132 \text{ mm}$$

Dieperinkbaak 2 („rood”) van de Landbouwhogeschool:  
(meting op 1 rij trapezia)

$$Z = -0.112 \text{ mm} \quad m_1 = 0.072 \text{ mm}$$

$$\text{Interval } 2.5 \text{ dm} \quad n = 8$$

### 28 en 29 december 1926 (voor waterpassingen in 1926)

Dieperinkinvarbaak no. 22:

verdeling rij 1	$Z = -0.096 \text{ mm}$	$m_1 = 0.125 \text{ mm}$
-----------------	-------------------------	--------------------------

verdeling rij 2	$Z = -0.076 \text{ mm}$	$m_1 = 0.096 \text{ mm}$
-----------------	-------------------------	--------------------------

verdeling rij 3	$Z = -0.131 \text{ mm}$	$m_1 = 0.118 \text{ mm}$
-----------------	-------------------------	--------------------------

$$\text{gemidd. } Z = -0.101 \text{ mm}$$

$$\text{Extreme waarden: } z_{\min} = -0.269 \text{ mm} \quad z_{\max} = +0.088 \text{ mm}$$

Dieperinkinvarbaak no. 24:

verdeling rij 1	$Z = -0.124 \text{ mm}$	$m_1 = 0.068 \text{ mm}$
-----------------	-------------------------	--------------------------

verdeling rij 2	$Z = -0.108 \text{ mm}$	$m_1 = 0.104 \text{ mm}$
-----------------	-------------------------	--------------------------

verdeling rij 3	$Z = -0.098 \text{ mm}$	$m_1 = 0.080 \text{ mm}$
-----------------	-------------------------	--------------------------

$$\text{gemidd. } Z = -0.110 \text{ mm}$$

$$\text{Extreme waarden: } z_{\min} = -0.347 \text{ mm} \quad z_{\max} = +0.159 \text{ mm}$$

$$\text{Interval } 1 \text{ dm; } n = 18$$

De baken 22 en 24 werden in 1927 van een nieuwe verdeling voorzien.

**November 1928** (voor waterpassingen in 1927 en 1928)

Dieperinkinvarbaak no. 18 („groen”):

verdeling rij 1	$Z = -0.094$ mm	$m_1 = 0.059$ mm
verdeling rij 1	$Z = +0.030$ mm	$m_1 = 0.075$ mm
verdeling rij 2	$Z = +0.073$ mm	$m_1 = 0.071$ mm
verdeling rij 3	$Z = +0.130$ mm	$m_1 = 0.088$ mm
verdeling rij 3	<u><math>Z = +0.060</math> mm</u>	$m_1 = 0.073$ mm

gemidd.  $Z = +0.040$  mmExtremes waarden:  $z_{\min} = -0.203$  mm       $z_{\max} = +0.289$  mm

Dieperinkinvarbaak no. 24 („rood”):

verdeling rij 1	$Z = -0.118$ mm	$m_1 = 0.077$ mm
verdeling rij 1	$Z = -0.027$ mm	$m_1 = 0.071$ mm
verdeling rij 2	$Z = +0.023$ mm	$m_1 = 0.075$ mm
verdeling rij 3	$Z = -0.028$ mm	$m_1 = 0.087$ mm
verdeling rij 3	<u><math>Z = -0.079</math> mm</u>	$m_1 = 0.075$ mm

gemidd.  $Z = -0.046$  mmExtremes waarden:  $z_{\min} = -0.214$  mm       $z_{\max} = +0.162$  mm

In beide gevallen werden de rijen 1 en 3 tweemaal (op verschillende plaatsen) gemeten.

Interval 1 dm;  $n = 18$ **26 maart, 27 en 28 mei, 5 juni 1929**

Dieperinkinvarbaak A

verdeling rij 1	$Z = -0.059$ mm	$m_1 = 0.068$ mm
verdeling rij 2	$Z = -0.040$ mm	$m_1 = 0.097$ mm
verdeling rij 3	<u><math>Z = -0.042</math> mm</u>	$m_1 = 0.116$ mm

gemidd.  $Z = -0.047$  mmExtremes waarden:  $z_{\min} = -0.332$  mm       $z_{\max} = +0.117$  mm

Dieperinkinvarbaak B (Fig. 24)

verdeling rij 1	$Z = -0.025$ mm	$m_1 = 0.040$ mm
verdeling rij 2	$Z = +0.009$ mm	$m_1 = 0.053$ mm
verdeling rij 3	<u><math>Z = +0.010</math> mm</u>	$m_1 = 0.077$ mm

gemidd.  $Z = -0.002$  mmExtremes waarden:  $z_{\min} = -0.132$  mm       $z_{\max} = +0.122$  mmInterval 1 dm;  $n = 18$ **15 mei 1931**

Zeissinvarbaak no. 1734 (halvecentimeterstreepverdeling)

verdeling a	$Z = -0.001$ mm	$m_1 = 0.012$ mm
verdeling b	<u><math>Z = -0.002</math> mm</u>	$m_1 = 0.013$ mm

gemidd.  $Z = -0.002$  mmExtremes waarden:  $z_{\min} = -0.029$  mm       $z_{\max} = +0.022$  mm

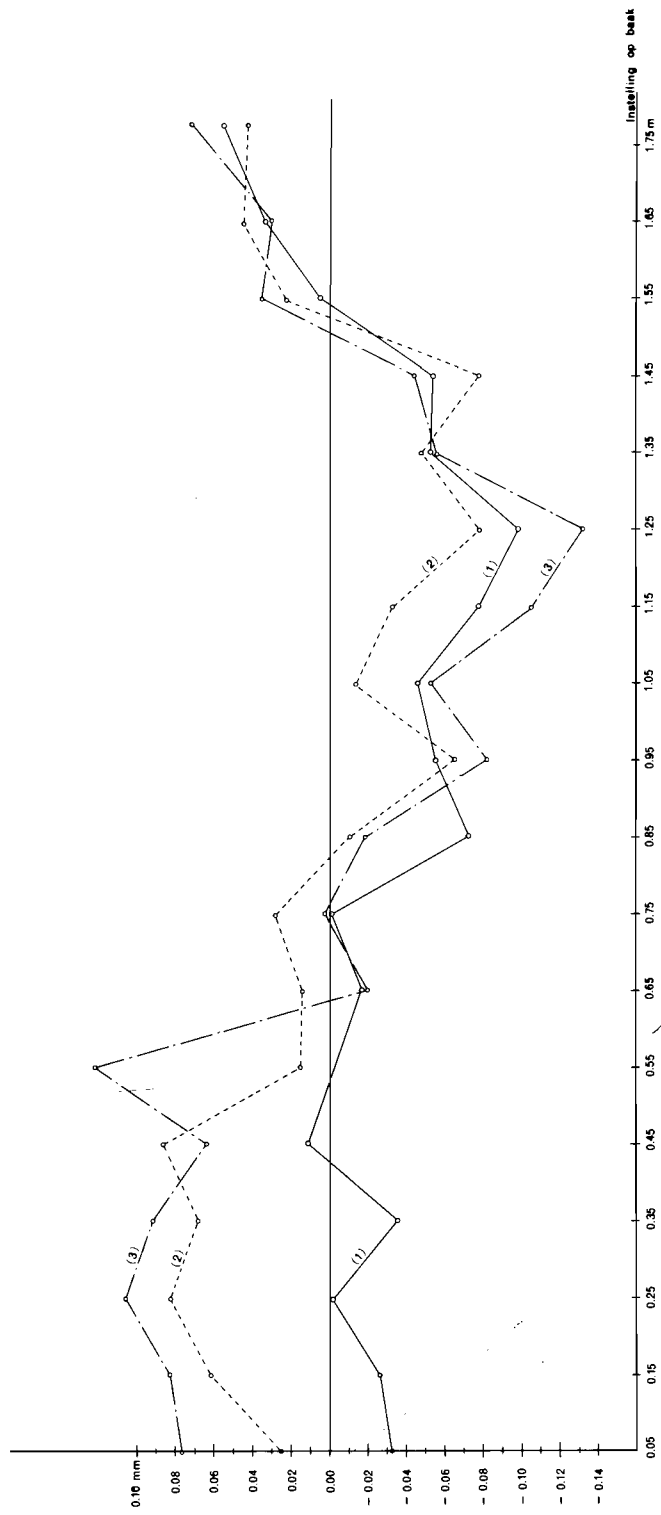


Fig. 24 Afwijkingen van de lengte van één meter op Dieperinkbaak B (27 mei 1929).  
Deviations of metre lengths on a Dieperink B staff (27th May 1929).

Zeissinvarbaak no. 1735:

verdeling a	$Z = -0.004$ mm	$m_1 = 0.016$ mm
verdeling b	<u><math>Z = +0.006</math> mm</u>	$m_1 = 0.014$ mm
	gemidd. $Z = +0.001$ mm	

Extremes waarden:  $z_{\min} = -0.034$  mm       $z_{\max} = +0.033$  mm

Interval 0.5 dm;  $n = 40$

### 12 mei 1937

Zeissinvarbaak no. 420 (halvecentimeterstreepverdeling)

verdeling a	$Z = +0.048$ mm	$m_1 = 0.024$ mm
-------------	-----------------	------------------

Extremes waarden:  $z_{\min} = +0.010$  mm       $z_{\max} = +0.089$  mm

Zeissinvarbaak no. 421:

verdeling a	$Z = +0.152$ mm	$m_1 = 0.037$ mm
-------------	-----------------	------------------

Extremes waarden:  $z_{\min} = +0.097$  mm       $z_{\max} = +0.236$  mm

Interval 1 dm;  $n = 19$

In beide gevallen werd alleen de verdeling a gemeten

### 14-18 november 1941

Zeissinvarbaak no. 420 (halvecentimeterstreepverdeling):

verdeling a	$Z = +0.025$ mm	$m_1 = 0.016$ mm
-------------	-----------------	------------------

verdeling b	<u><math>Z = +0.016</math> mm</u>	$m_1 = 0.014$ mm
-------------	-----------------------------------	------------------

gemidd.  $Z = +0.020$  mm

Extremes waarden:  $z_{\min} = -0.017$  mm       $z_{\max} = +0.057$  mm

Zeissinvarbaak no. 421:

verdeling a	$Z = +0.026$ mm	$m_1 = 0.015$ mm
-------------	-----------------	------------------

verdeling b	<u><math>Z = +0.006</math> mm</u>	$m_1 = 0.013$ mm
-------------	-----------------------------------	------------------

gemidd.  $Z = +0.016$  mm

Extremes waarden:  $z_{\min} = -0.019$  mm       $z_{\max} = +0.061$  mm

Interval 0.5 dm;  $n = 40$

Uit deze verschillende ijkingen kunnen een aantal gevolgtrekkingen worden gemaakt.

1. De berekende *gemiddelde* nominale baakmeter vertoont ten opzichte van de standaardmeter geen grotere afwijkingen dan

$$Z < +0.166 \text{ mm (Zeiss baak no. 421 september 1923)}$$

2. De minimale en maximale afwijking van de gemeten individuele nominale baakmeter bedraagt resp.

$$z_{\min} > -0.347 \text{ mm (Dieperinkbaak no. 24, december 1926)}$$

$$z_{\max} < +0.289 \text{ mm (Dieperinkbaak no. 18, november 1928)}$$

3. De gemiddelde nominale baakmeter is bij de Dieperinkbaak afhankelijk van de bij de meting geselecteerde rij blokjes. Zelfs twee verschillende selecties uit dezelfde rij geven

nog een belangrijk verschil in resultaat (zie bijv. Dieperinkbaken 18 en 24 in november 1928).

4. De spreiding van de individuele nominale baakmeters ten opzichte van het gemiddelde (gegeven door de standaardafwijking  $m_1$ ) blijkt voor de onderzochte Dieperinkbaken belangrijk groter dan voor de baken met halvecentimeterstreepverdeling

Dieperinkbaken: gemidd. standaardafwijking  $m_1 = 0.086$  mm

halvecentimeterstreepverdeling: gemidd. standaardafwijking  $m_1 = 0.017$  mm

5. De resultaten van de ijkingen zijn in de loop van de jaren voor eenzelfde baak verschillend (zie bijv. de baken no. 420 en 421). Van de Dieperinkbaken is vermeld dat zij in 1927 opnieuw van een verdeling zijn voorzien. Omtrent de halvecentimeterstreepbaken zijn in dit opzicht geen gegevens bekend.

Op grond van de bovengenoemde conclusies is het aanbrengen van correcties aan de waarnemingen in het algemeen weinig zinvol. Met name voor de Dieperinkbaken niet, omdat de afwijking van de gemiddelde nominale baakmeter  $Z$  van dezelfde orde van grootte is als de standaardafwijking  $m_1$ . Bovendien is de gemiddelde afwijking berekend over de Dieperinkbaken tezamen, kleiner dan  $-0.050$  mm per meter.

Voor de baken 1734 en 1735 (ijking 1931) is geen correctie nodig, want de gemiddelde nominale baakmeter voor de combinatie van beide baken is precies gelijk aan de standaardmeter. Er blijft dan alleen over de eventuele correctie aan het baken-paar 420 en 421.

In 1923 werd de afwijking bepaald op gemiddeld

+0.137 mm per meter,

in 1937 op +0.100 mm per meter en

in 1941 op +0.018 mm per meter.

Bij de berekening van de waterpassingen is echter geen correctie aangebracht.

## HOOFDSTUK 6

## METHODE VAN METING

**6.1 Algemeen**

Het Geodetisch Bureau ontwierp in maart 1926 de „Leidraad primaire waterpassing 1926” die na wijziging en aanvulling door de Rijksc commissie voor Graadmeting en Waterpassing en door de Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat werd vastgesteld en gevoegd bij de onderhandse overeenkomst waarbij de waterpassing werd opgedragen aan het Geodetisch Bureau (zie paragraaf 2.1).

Ten behoeve van de waarnemers stelde het Geodetisch Bureau de „Instructie voor primaire waterpassing 1926” op. Deze instructie onderging een eerste (geringe) wijziging in september 1926. Andere officiële wijzigingen zijn nooit gepubliceerd, doch de methode van meten onderging in de loop van de jaren een aantal veranderingen. Vooral na 1931 werden verschillende systemen geprobeerd. De neerslag hiervan is te vinden in het stuk „Wijzigingen en aanvullingen van de instructie primaire waterpassing 1926 ten behoeve van een nieuwe instructie 1936” van de hand van jhr. ir. M. J. ORTT en in de „Ontwerp instructie primaire waterpassing 1936” van ir. H. J. VAN STEENIS (Archief Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat).

Hoewel er verder geen officiële instructies bekend zijn kan enige informatie over de meetmethoden worden ontleend aan de dagrapporten van de ploegchefs. Deze dagrapporten werden naar Delft gestuurd, terwijl een copie achterbleef in de zogenaamde doorschrijfboeken. Een deel van deze verzameling doorschrijfboeken, genummerd VIa, VII en IX, is in het archief van de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat aanwezig. Sommige delen zijn echter praktisch onleesbaar door het gebruik van versleten carbonpapier. In het algemeen bevat het dagrapport niet meer dan een opsomming van gemeten secties, herhalingen en weersomstandigheden, doch hier en daar treft men opmerkingen over de methode van meten.

**6.2 Opstelling van instrument en baken**

Het instrument en de baken werden altijd zo opgesteld dat de afstanden van het instrument tot elk der beide baken gelijk waren: het zogenaamde waterpassen uit het midden. Deze afstanden werden van tevoren met behulp van een lijn uitgezet. Controle met behulp van de afstanddraden van het instrument werd niet toegepast.

De afstand van instrument tot baak mocht volgens de Leidraad niet meer bedragen dan 80 m, overigens te kiezen in verband met de omstandigheden. Dit maximum is in de praktijk nooit toegepast; volgens de Instructie 1926 bedroeg de afstand in normale gevallen 70 m. De halve slaglengte van 70 m is aangehouden tot mei 1929, daarna werd deze ingekort tot 60 m. In 1932 en 1933 is ook wel 65 m aangehouden, terwijl bij wijze van proef soms 50 m en zelfs 35 m (bij het meten van herhalingen) zijn gebruikt. Vanaf 1934 werd de halve slaglengte op 65 m gesteld, doch vanaf 1936 werd ook wel 60 m als maximum gehanteerd. De baken moesten volgens de Leidraad en de Instructie 1926 in normale gevallen met behulp van baakstatieven (zie Fig. 29) worden opgesteld, in uitzonderingsgevallen mochten ze met behulp van twee schoor-

latten door de baakhouder in rust worden gehouden. Bij herhalingen van secties (zie paragraaf 6.4) behoefden geen baakstatieven te worden gebruikt, vermoedelijk op grond van transportproblemen.

Bij de eerste wijziging van de Instructie (september 1928) werd ook voor alle terugmetingen het gebruik van baakstatieven afgeschaft. Wanneer de baakstatieven geheel in onbruik zijn geraakt is niet na te gaan. Uit het dagrapport van 23 mei 1928 blijkt dat ze toen in normale gevallen nog wel werden gebruikt. Vermoedelijk werden vanaf mei 1930 geen baakstatieven meer gebruikt.

In de meetsectie werden de bakken opgesteld op zware voetstukken (zg. potten) die echter alleen op harde ondergrond mochten worden gebruikt. Zo nodig moest een graszode worden weggespit.

Bij secties die langer waren dan 1700 m werd halverwege een hulppunt in de vorm van een ijzeren staaf met twee controle-piketten (verklikkers) achtergelaten. Dit diende om de te waterpassen afstand bij eventuele herhaling te kunnen beperken.

Op de peilmerken werd zo mogelijk steeds van dezelfde baak gebruik gemaakt, namelijk de hangschaal die tevens als opzetbaak dienst deed. (Fig. 40). Alleen indien de hangschaal niet bruikbaar was, (hij was slechts 1 m lang) mocht baak no. 22 (ook wel genoemd D 22) worden gebruikt. In het veldwerk werd het baaknummer en de wijze waarop de baak op het peilmerk was gebruikt door een eenvoudige schets aangegeven. (Fig. 27). Bij oude typen peilmerken, waarbij de hangschaal aan een in het peilmerk gestoken stift werd opgehangen, moest de stift voor de tweede aflezing  $180^\circ$  om zijn lengte-as worden gedraaid teneinde eventuele excentriciteit te elimineren. In principe werd elk peilmerk als een zijslag uit de doorgaande meting aangesloten, waarbij volgens de Instructie 1926 steeds moest worden uitgegaan van het punt waar baak D 22 was opgesteld. Dit laatste werd reeds bij de eerste wijziging september 1926 afgeschaft. De zijslag werd in het algemeen niet opnieuw gemeten doch in het veldwerk in omgekeerde volgorde overgeschreven als eerste slag van de nieuwe sectie. (Zie Fig. 26).

Het instrument werd zodanig opgesteld dat de verbindingslijn van twee poten van het statief steeds evenwijdig liep aan de weg; de derde poot diende in opvolgende slagen afwisselend links en dan weer rechts van de meetlijn te worden geplaatst. Indien een statiefpoot in gras moest staan werd eerst een zode weggespit.

In elke ploeg waren twee waarnemers, één speelde de bel van het niveau zorgvuldig in waarna de ander de aflezing op de baak verrichtte. Door de systematiek in het opstellen van de poten van het statief was de belinsteller gedwongen zich afwisselend aan de ene en de andere zijde van de meetlijn op te stellen.

### 6.3 Gebruik van het waterpasinstrument

Zoals in Hoofdstuk 5 werd beschreven is de tweede nauwkeurigheidswaterpassing nagenoeg geheel gemeten met instrumenten die voorzien waren van een reversieniveau.

Vervolgens de Leidraad zou het instrument in elke slag zowel met het „niveau onder” als met het „niveau boven” moeten worden gebruikt, dus in twee standen. In de Instructie 1926 wordt echter uitsluitend het gebruik van het instrument met „niveau onder” voorgeschreven en aldus werd gedurende 1926 gemeten. In dat jaar was dit een voortdurend punt van discussie tussen de Rijkscommissie voor Graadmeting en Waterpassing en het Geodetisch Bureau. Het



instrument van Breithaupt was door zijn vele correctieschroeven moeilijk te regelen en daarvoor in het gebruik „met reversie” voor de waarnemers niet prettig.

Na de invoering van het instrument van Hildebrand werd echter vrij spoedig overgegaan tot het meten in twee standen van het niveau (25 mei 1927). Hierbij dient te worden opgemerkt dat bij de toepassing van de optische micrometer op deze instrumenten de telling van de micrometertrommel in één van beide standen tegengesteld is aan die op de baak.

Wanneer per slag door twee waarnemers  $M_1$  en  $M_2$  onafhankelijk van elkaar wordt waargenomen kan men zich voor de volgorde vier mogelijkheden voorstellen, aannemende dat  $M_1$  altijd met niveau onder en  $M_2$  met niveau boven de kijker afleest. Noemt men de baken I en II dan zijn deze mogelijke volgorden in de slagen met respectievelijk oneven en even nummers als volgt.

		methode A1		methode A2
oneven slagen	$M_1$	achterbaak I	$M_1$	achterbaak I
		voorbaak II		voorbaak II
	$M_2$	voorbaak II	$M_2$	voorbaak II
		achterbaak I		achterbaak I
even slagen	$M_1$	voorbaak I	$M_2$	achterbaak II
		achterbaak II		voorbaak I
	$M_2$	achterbaak II	$M_1$	voorbaak I
		voorbaak I		achterbaak II
		methode B1		methode B2
oneven slagen	$M_1$	achterbaak I	$M_1$	achterbaak I
		voorbaak II		voorbaak II
	$M_2$	voorbaak II	$M_2$	voorbaak II
		achterbaak I		achterbaak I
even slagen	$M_1$	achterbaak II	$M_2$	voorbaak I
		voorbaak I		achterbaak II
	$M_2$	voorbaak I	$M_1$	achterbaak II
		achterbaak II		voorbaak I

Bij de methoden A1 en A2 leest elk van de waarnemers af beginnend bij zijn „eigen” baak, dat wil zeggen  $M_1$  begint altijd af te lezen op baak I,  $M_2$  op baak II. Dit is de zg. methode met „hoofdbaak”. In de methoden B1 en B2 leest de waarnemer  $M_1$  de baken altijd af in de volgorde overeenkomend met de waterpasrichting,  $M_2$  altijd in tegengestelde richting. Voorts hebben de methoden A1 en B1 gemeenschappelijk dat  $M_1$  altijd de eerste beurt van aflezen heeft,  $M_2$  altijd de tweede beurt, terwijl dit bij de methoden A2 en B2 juist afwisselend geschiedt. De in de Leidraad voorgeschreven volgorde is methode A1, terwijl die volgens de Instructie 1926 overeenkomt met B1.

In de loop van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing zijn alle boven omschreven methoden gebruikt, namelijk

juni 1926 - juni 1927	B1 (Instructie 1926)
juni 1927 - mei 1931	A1 (Leidraad)
mei 1931 - september 1931	A2
september 1931 - oktober 1931	A1 ploeg Van Steenis
mei 1932 - 1936	B2

De meetmethode sinds 1931 is alleen na te gaan voor de ploeg van ir. H. J. VAN STEENIS. In hoeverre de andere ploeg dezelfde methode volgde, is niet bekend; de volgorde van waarneming blijkt immers niet uit het waarnemingsformulier.

Elk van de waarnemers stelde in iedere slag de kijker scherp op één van de bakken, teneinde de invloed van parallax te vermijden. Tussen de waarnemingen op beide bakken van één slag was het de waarnemer verboden om aan de scherpstelling op het object iets te veranderen. De waarnemers dienden onkundig te zijn van elkaars aflezingen; het resultaat van de waarnemingen werd pas na voltooiing van de laatste aflezing in elke slag vergeleken. Deze regel veranderde bij de invoering van de optische micrometer in 1930. De daarbij gebruikte bakken waren voorzien van twee ten opzichte van elkaar verschoven verdelingen; waarnemer  $M_1$  las af op de gewone verdeling terwijl  $M_2$  zijn waarnemingen aan de verschoven verdeling verrichtte. Soms fungeerden de waarnemers over en weer als elkaars secretaris.

De aflezingen van de beide waarnemers werden in afzonderlijke formulieren genoteerd. Deze waarnemingsformulieren waren doorlopend genummerd; waarnemer  $M_1$  gebruikte de oneven nummers,  $M_2$  de even nummers. Met behulp van carbonpapier werd tevens een copie vervaardigd. Deze copieën dienden binnen enige dagen na de meting naar de Directie Algemene Dienst te worden verzonden. De originelen volgden separaat naar Delft.

In de Instructie 1926 werden voorts voorschriften gegeven omtrent de wijze waarop het instrument moest worden behandeld. Het niveau (bij het Breithaupt-instrument immers afneembaar) moest zodanig worden gemonteerd dat de correctieschroeven aan de objectiefzijde van de kijker kwamen. Het instrument diende 's morgens en 's middags vóór de aanvang van de metingen te worden geregeld, onder gebruikmaking van de reversie-mogelijkheid van het instrument. Hierbij werd tevens gecontroleerd of de vizierlijn van de kijker nog gecentreerd was. Tenslotte diende veel zorg te worden besteed aan het schoonhouden en smeren van de bewegende delen van het instrument. De doosniveaux van de bakken werden regelmatig gecontroleerd door met de kruisdraden van het waterpasinstrument de verticale stand van de baak te verifiëren.

#### 6.4 Organisatie van de meting

De waterpassing van elke sectie geschiedde in heen- en teruggang. Het was niet toegestaan de meting in beide richtingen onmiddellijk na elkaar uit te voeren. Volgens de Leidraad moest een traject van 10 à 15 km (volgens de Instructie 1926 „minstens 8 km”) in één richting worden gewaterpast. Daarna werd de terugmeting aangevangen bij de op één na laatste sectie; de terugmeting van de overblijvende sectie werd pas gemeten bij de teruggang op het volgende traject.

Als wapen tegen grove fouten werd bij de vergelijking van de resultaten (gemiddelde van die van beide waarnemers) van heen- en terugmeting een tolerans gehanteerd ter grootte van  $2.5\sqrt{R}$  mm, waarbij  $R$  de sectielengte in kilometers voorstelt. Bij overschrijding van deze tole-

rans moest de betreffende sectie opnieuw worden gemeten, de zogenaamde herhaling. Volgens de Leidraad en de Instructie 1926 was het voldoende indien uit de oorspronkelijke waarnemingen en deze herhaling twee metingen in verschillende richting werden verkregen die binnen de tolerans met elkaar in overeenstemming waren. Vanaf mei 1927 (doorschrijfboek II pag. 71) werd deze regel gewijzigd. De beide waarnemingen van de sectie die niet binnen de tolerans met elkaar overeenstemden werden verworpen; beide metingen werden herhaald en deze herhalingen werden, indien zij voldeden aan de tolerans, als vervangende waarneming genoteerd. In de ontwerp-instructie 1936 werd voor secties kleiner dan 500 m een afwijkende tolerans van  $3.0\sqrt{R}$  mm gehanteerd (zie ook § 10.3.1).

Ook bij de vergelijking van de resultaten van de beide waarnemers in één slag werd een tolerans gehanteerd. Indien deze resultaten meer dan 1 mm verschilden moesten de waarnemingen in de desbetreffende slag worden herhaald.

Bij het bereiken van een knooppunt van het waterpasnet werden de eerste secties van elk van de in het knooppunt samenkomende trajecten onmiddellijk na elkaar gemeten. Door deze maatregel was enige controle op de stabiliteit van het knooppunt mogelijk (Zie § 8.1).

De meetploeg bestond uit zes personen, namelijk een ploegchef (civiel-ingenieur), een tweede ingenieur (waarnemer), een arbeider-voorman, alsmede drie hulparbeiders. Vanaf 1931 bestond de leiding van de ploeg niet meer uitsluitend uit civiel-ingenieurs doch geleidelijk ging



Fig. 25 Waterpassing door de stad.  
Levelling through a built-up area.

men over tot het inzetten van civiel-landmeters en landmeetkundig ambtenaren als waarnemers.

Er werd hard gewerkt. De dagprestaties zijn uit de doorschrijfboeken te berekenen. Zo werd in 1926 per dag 6.4 km gewaterpast, of 34.7 km per week. In 1932 bedroeg de gemiddelde dagprestatie 6 km enkele waterpassing; voor de zaterdagen 3.6 km; in totaal dus 33.6 km per week. Voor 1935 en 1936 was de gemiddelde weekprestatie 32.5 km.

Vanzelfsprekend trokken de metingen, vooral in de bebouwde kom, de nodige belangstelling van het publiek (Fig. 25). Van moeilijkheden met eigenaren van percelen waarin peilmerken aanwezig waren of geplaatst moesten worden, is weinig bekend. Uit het doorschrijfboek II, pag. 99, blijkt dat in het najaar van 1927 de controle van het hoofdmerk te Laren moest worden gemeten met tussenkomst van de politie, op grond van de Waterstaatswet 1900.

## 6.5 De boekhouding

### 6.5.1 *Het waarnemingsformulier*

De waarnemingen werden genoteerd in speciale formulieren (met doorslag) die een doorlopende nummering droegen. De eerste waarnemer (M1) gebruikte de oneven nummers, de andere (M2) de even nummers. Zie Fig. 26.

In de kop van het formulier noteerde men een aantal algemene gegevens, zoals de eindpunten van het traject (met de richting) waartoe de waterpassing behoorde, de namen van de waarnemers en de datum. De meteorologische omstandigheden werden gekarakteriseerd door de mate van bewolking (zon) en de windsterkte, soms de windrichting. Het gebruikte waterpasinstrument met naam en eventueel nummer werd aangegeven, doch in het algemeen ontbreekt een informatie over de gebruikte baken.

Bij het begin en einde van elke sectie werd in de eerste kolom de tijd genoteerd: dit was de destijds in Nederland gebruikte Nederlandse Tijd (N.T. = G.M.T. + 20 min.), waarbij in het zomerhalfjaar bovendien een zomertijd werd gehanteerd (G.M.T. + 1 u 20 min.) (Zie tabel 7). In de tweede kolom gaf men de baakopstelpunten aan met een per sectie doorlopende nummering. In de kolom opmerkingen werden deze nummers, indien zij peilmerken aanduiden, nader omschreven, bijv.

- 1 = R.B. Jansen
- 13 = R.B. Arnhem 23.

(Een nieuw peilmerk dat nog geen officiële benaming had gekregen werd meestal met de naam van de bewoner van het desbetreffende huis aangegeven).

De afstanden van het instrument naar de beide baken werden in de kolommen „afstand achter, afstand voor” genoteerd. Deze afstanden waren of ontleend aan de gebruikte meetlijn of met behulp van de afstanddraden in de kijker bepaald.

De baakaflezingen werden aanvankelijk opgeschreven in eenheden van 0.1 mm (bij de Dieperinkbaak), later in eenheden van 0.05 mm, zijnde de afleeseenheid van de optische micrometer in combinatie met de in halve centimeters verdeelde baken. In dit laatste geval werd tenslotte pas de eindoptelling per sectie gereduceerd tot eenheden van 0.1 mm. (delen door 2).

6971

Van: *Groningen* naar: *Grypskerk* op: *10 Nov 69*  
 Zon: *Shelder Besteklinker* Waarnemer: *Wolthuis*  
 Wind: *zwak Bell 26* Instr.: *Floris* Insteller v. niv.: *v. Steenis*



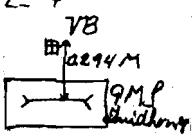

Tijd	Piket	Afstand		Afleringen		Hoogteverschil	Opmerkingen
		achter	voor	achter	voor		
1045	15	865	865	405927	417696	x88231	Transport
		65	65	29328	35512	x93816	
	16	65	65	34181	27221	06960	
	17	65	65	31146	27567	03582 <sup>24</sup>	
	18	15	15	31090	17642	13448	
	19	1075	1075	531667	525638	06029	
		2150				203074	10- <i>VB</i> <i>Lindhorst</i>
	1	15	15	17642	31090	x86552	1=19 2=18
	2	65	65	37851	21540	16341	
	3	65	65	38536	22338	16198	
4	60	60	36130	20507	15623		
5	50	50	39858	31962	07876	 hangschel	
6	20	20	29843	-15230	45073		
7	275	275	199840	112177	87663	7=HM <i>Lindhorst</i>	
	350				43832	<i>bankaan.</i>	
					-500		
					43332		
1	130	130	37239	105811	x31428	1=7 2=4	
2	65	65	46583 <sup>28</sup>	29020	17563 <sup>28</sup>	<i>VB</i>	
3	30	30	29612	13444	16168		
4	225	225	113449	108275	265174		
	450				182587	4=VB <i>10d laan</i> Transporteeren	
					+300		
					183087		

Fig. 26 Bladzijde van het waarnemingsregister.  
 A page of the level book.

Tabel 7 Perioden waarin in Nederland de zomertijd werd gebruikt.  
Periods of summer time in The Netherlands.

	van	tot		van	tot
1926	15 mei	3 oktober	1933	15 mei	8 oktober
1927	15 mei	2 oktober	1934	15 mei	7 oktober
1928	15 mei	7 oktober	1935	15 mei	6 oktober
1929	15 mei	6 oktober	1936	15 mei	4 oktober
1930	15 mei	5 oktober	1937	22 mei	3 oktober
1931	15 mei	4 oktober	1938	15 mei	2 oktober
1932	22 mei	2 oktober	1939	15 mei	8 oktober

De zomertijd begon en eindigde te 2 uur v.m. N.T.

De kolom „Hoogteverschil” werd berekend door de aflezing „voor” van de aflezing „achter” af te trekken. Indien hieruit een negatief bedrag resulteerde werd bij de aflezing „achter” 100000 opgeteld, zodat het zg. decadisch complement ontstond. Dit werd genoteerd met een kruisje (×) op de plaats waar het cijfer 1 van 100000 was bijgeteld. Alle hoogteverschillen in de sectie werden tenslotte opgeteld, waarbij van het eindresultaat zoveel maal 100000 moest worden afgetrokken als er kruisjes (×) waren. Ter controle werden de aflezingen in de kolom „achter” en „voor” per sectie opgeteld.

De rekencontrole is dan:

$$\Sigma \text{ achter} - \Sigma \text{ voor} = \Sigma \text{ hoogteverschil.}$$

In de kolom „opmerkingen” werd met een eenvoudig schetsje aangegeven welke baak op het peilmerk was gebruikt en op welke wijze deze baak geplaatst was. (zie Fig. 27).

Voorts werden in de kolom „opmerkingen” al die aantekeningen geplaatst die voor de meting of berekening van belang waren, bijv. veranderingen in de weerstoestand, soms de temperatuur en barometerstand, informatie over het gebruik van verschillende soorten baaksteunpunten (zg. potten of pennen) etc.

Indien op de eindpunten van een sectie baken met verschillende nulpuntsfout waren gebruikt werd door de waarnemer een „indexcorrectie” (zie § 5.2.3) aan het eindresultaat toegevoegd.

De gehele waterpassing bevat 17108 waarnemingsformulieren; bij een gemiddelde van ongeveer 30 baakaflezingen per formulier betekent dit een totaal van ruim een half miljoen waarnemingen.

### 6.5.2 De resumptiestaat

Ten behoeve van de berekening van de waterpassing werd een resumptiestaat bijgehouden. De waarnemers verzamelden hun resultaten in soortgelijke staten (de zg. kladresumtie) waarna de berekening op het bureau in de definitieve resumptiestaten plaats vond. Zie Fig. 28. In de kop van het formulier is het traject vermeld en het tijdvak waarin de meting werd verricht. De bladen werden doorlopend genummerd; in totaal zijn er 701.

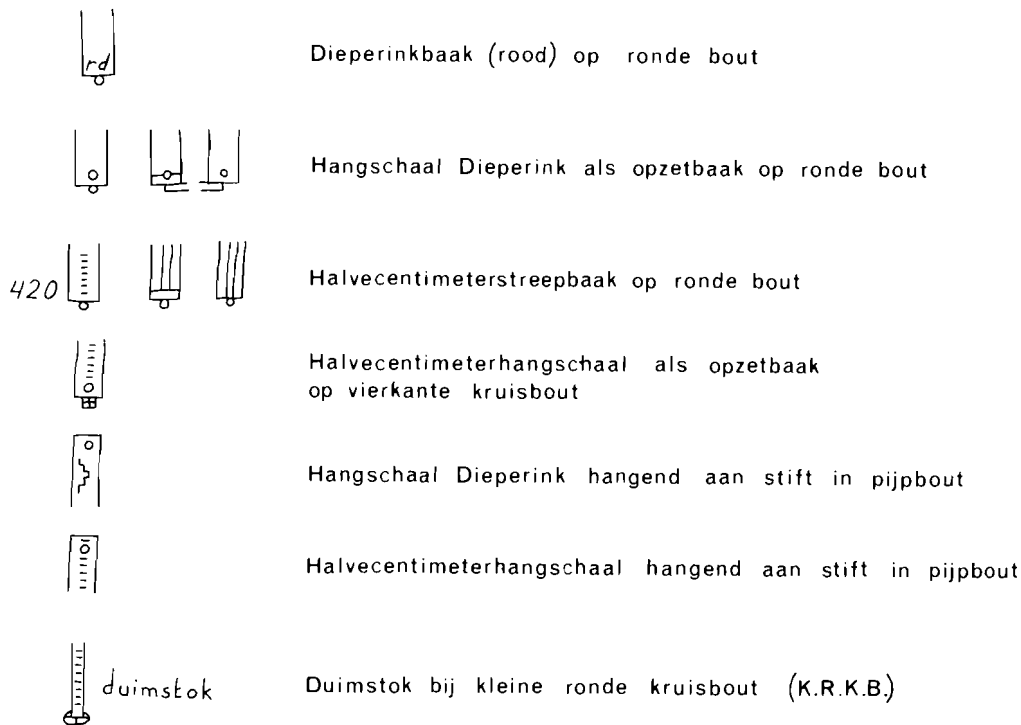


Fig. 27 Aanduidingen in het waarnemingsregister omtrent het gebruik van de baak op het peilmerk.  
Note in the level book referring tot the use of the staff on the benchmark.

Elke sectie is in kolom 1 aangeduid door zijn eindpunten, zoals deze in het waarnemingsformulier (zie § 6.5.1) zijn aangegeven (dus bij nieuwe peilmerken met de voorlopige naam, bijv. R.B. Jansen).

In kolom 10 („Merk”) werd de definitieve benaming van de peilmerken opgenomen. Kolom 2 geeft de nummers van de desbetreffende waarnemingsformulieren; alleen de oneven nummers zijn genoteerd. In kolom 3 volgt de lengte van de sectie in meters ( $a$ ), afgeleid uit de som van de afstanden „achter” en „voor” uit het waarnemingsformulier. (Bij internationaal gebruik wordt deze afstand in kilometers uitgedrukt en met  $R$  aangeduid).

De door de beide waarnemers gemeten hoogteverschillen werden in de kolommen 4 (heen) en 5 (terug) afzonderlijk opgeschreven, waarbij voor de terugmeting het tegengestelde van de waargenomen hoogteverschillen werd genoteerd. Zowel in kolom 4 als in kolom 5 werd vervolgens het gemiddelde van beide waarnemingen berekend, en tenslotte in kolom 6 het uiteindelijke resultaat van de sectie, het gemiddelde van de waarnemingen in heen- en terugmeting.

Als de metingen van een sectie verworpen waren werden de desbetreffende waarnemingen wel in de resumtiestaat genoteerd, doch doorgehaald. De resultaten van de herhalingsmeting werden daaronder op de normale wijze genoteerd.

Rijkswaterpassing 1<sup>ste</sup> orde van knooppunt *Alkmaar* tot *T. Beemster via Amstelzijdvak c Augustus 1932* Blad No. 192

Sectie.	pag. v. register	lengte a v. d. sectie	gemeten		Correctie voorl. defn.	hoogte boven N.A.P. voorloopig	definitief	Merk	v.	v <sup>2</sup> a
			heen	terug	resultaat					
R.B. Yornne.	19 B 675	0.31	0.4408	0.4406		2.1133	2.1056	Alkmaar n° 5a		
	675		0.4402	0.4408					+ 3	
	678		0.4410	0.4407	0.4408					
R.B. Bungen, evenw. Noordzijde	19 B 681	0.53	0.87162	0.87122		2.5552	2.5464	Alkmaar n° 7		
	681		0.87128	0.87133					+ 13	180
	679		0.87140	0.87127	0.87134					
R.B. Bunge	19 B 679	0.30	0.62804	0.6286		1.2670	1.2597	Alkmaar n° 11		
	679		0.62804	0.6332					- 16	127
	677		0.6293	0.6309	0.6301					
R.B. Huisman, oostzijde	19 B 675	0.10	0.89265	0.89273		1.8962	1.8926	Overloop n° 2		
	675		0.89274	0.89262					+ 2	4
	675		0.89270	0.89268	0.89269					
R.B. Gemaal, Noordzijde	19 B 681	0.38	0.0378	0.0364		0.8226	0.8164	Hoog. Huismanoord		
	681		0.0373	0.0374					+ 7	23
	681		0.0376	0.0369	0.0372					
R.B. v. d. Haam	19 B 681	1.40	0.3923	0.3906		0.8588	0.8533	Overloop n° 4		
	681		0.3910	0.3922	0.6					
	683		0.3920	0.3914	0.3917					
S. H.B. Overloop	19 B 682		0.79514	0.79476		1.2505	1.2400	Overloop n° 1a		
	682		0.79514	0.79456					+ 6	
	683		0.79514	0.79484						
R.B. Johanna, Noord	19 B 685	2.066	0.79492	0.79434		2.8805	2.8806	Overloop n° 5		
	685		0.79452	0.79458					+ 17	140
	687		0.79506	0.79446	0.79476					
R.B. Duing, Rindenburg	19 B 687	1.050	0.79498	0.79459		0.7198	0.7153	Hoog. Huismanoord		
	687		0.79462	0.79478					- 21	420
	687		0.79485	0.79468	0.79476					

Fig. 28 Een resumtietstaat.  
A summary sheet.



Kolom 8 was bestemd voor de berekening van een voorlopige hoogte van de peilmerken, waarbij de waterpassing werd aangesloten aan stabiel geachte peilmerken aan begin en einde van het traject. Hiertoe werd in kolom 7 een voorlopige correctie aan het gemeten hoogteverschil t.b.v. de inpassing op de eindpunten berekend. De definitieve hoogte in kolom 9 kon pas aan het einde van de gehele waterpassing worden berekend, nadat de definitieve hoogten van de eindpunten uit de netsvereffening waren bepaald (zie hoofdstuk 9 en 11). De daartoe nodige definitieve correcties aan de sectie-resultaten werden eveneens in kolom 7 berekend.

Ten behoeve van de nauwkeurigheidbepaling berekende men in kolom 11 het verschil  $v$  (internationaal aangeduid als  $\rho$ ) tussen de resultaten van heen- en terugmeting per sectie. In kolom 12 werd tenslotte per sectie berekend de waarde  $v^2/a$ , in feite  $v^2/0.001 a$  (internationaal  $\rho^2/R$ ).

Ten aanzien van de notatie in de resumptiestaten moet nog worden opgemerkt dat soms een sectie (of een rij van secties) slechts met één peilmerk aan de doorgaande waterpassing is verbonden; men noemt dat een zijsectie, zijtak of zijtraject. Zulke zijsecties werden in de resumptiestaat opgenomen tussen twee horizontale streeplijnen, een korte bij het begin (het peilmerk dat in de doorgaande waterpassing voorkomt) en een lange bij het einde. Soms komen vrij ingewikkelde constructies voor: verschillende zijsecties die in hetzelfde peilmerk van de doorgaande waterpassing beginnen en ook wel zijsecties van zijsecties. Uiteraard worden de tussen de streeplijnen voorkomende hoogteverschillen in kolom 6 niet in de doorgaande waterpassing meegeteld.

## 6.6 Rivierovergangen

Rivieren en andere brede wateroppervlakken vormen, indien zij breder zijn dan de normale halve slaglengte, een belangrijke hindernis bij de waterpassing. De voornaamste problemen die hierbij optreden zijn:

- Het aflezen op de gebruikelijke wijze is niet meer mogelijk wegens de grote afstand van instrument tot baak.
- De invloed van de refractie op de baakaflezingen is groot en onzeker wegens de grote afstand van instrument tot baak.
- Als men de gebruikelijke symmetrie (gelijke afstanden van het instrument tot elk van de baken) wil nastreven, zou de slaglengte het dubbele van de rivierbreedte worden. Eén van de baken op grote afstand geeft echter reeds zoveel moeilijkheden dat het aan te bevelen is de tweede baak zo dicht mogelijk bij het instrument te plaatsen en op andere wijze de gewenste symmetrie te bereiken.

De moeilijkheid van de aflezing op grote afstand lost men op door het gebruik van een speciale baakverdeling met groot interval (bijv. 5 cm of zelfs 30 cm). Zie Fig. 29. Op dergelijke baken wordt niet afgelezen bij inspelende bel van het niveau; volgens de methode Cohen-Stuart (zie Uitkomsten der Rijkswaterpassing [20] pag. VI) stelt men de kijker achtereenvolgens in op minstens twee deelstrepen van de baak, waarbij telkens de uitwijking van de bel wordt gemeten. Een interpolatiemethode maakt het mogelijk de fictieve „waarneming bij inspelende bel” achteraf uit deze waarnemingen te berekenen.

De noodgedwongen asymmetrie in de opstelling wordt zo goed mogelijk geëlimineerd door een tweede instrument op de andere oever op te stellen met dus tegengestelde asymmetrie. Door gelijktijdige waarnemingen met beide instrumenten tracht men de asymmetrie in de

atmosferische omstandigheden te elimineren. Voorts worden instrumentele fouten die door de asymmetrie hun invloed kunnen laten gelden geëlimineerd door beide instrumenten afwisselend op de ene en op de andere oever te gebruiken. Aldus zoekt men in een zeer regelmatig meetprogramma een oplossing voor de beschreven moeilijkheden.

Teneinde de nauwkeurigheid van het resultaat op het gewenste niveau te brengen zijn meestal een groot aantal waarnemingen nodig, welk aantal snel toeneemt naarmate de te overbruggen afstand groter wordt.

Het meten van zeer grote overgangen (1-8 km) is uitvoerig beschreven door ZACHARIAES [33] en door SCHERMERHORN [21]. De door SCHERMERHORN beschreven methode is steeds toegepast in de overgangen die voor de tweede nauwkeurigheidswaterpassing nodig waren.

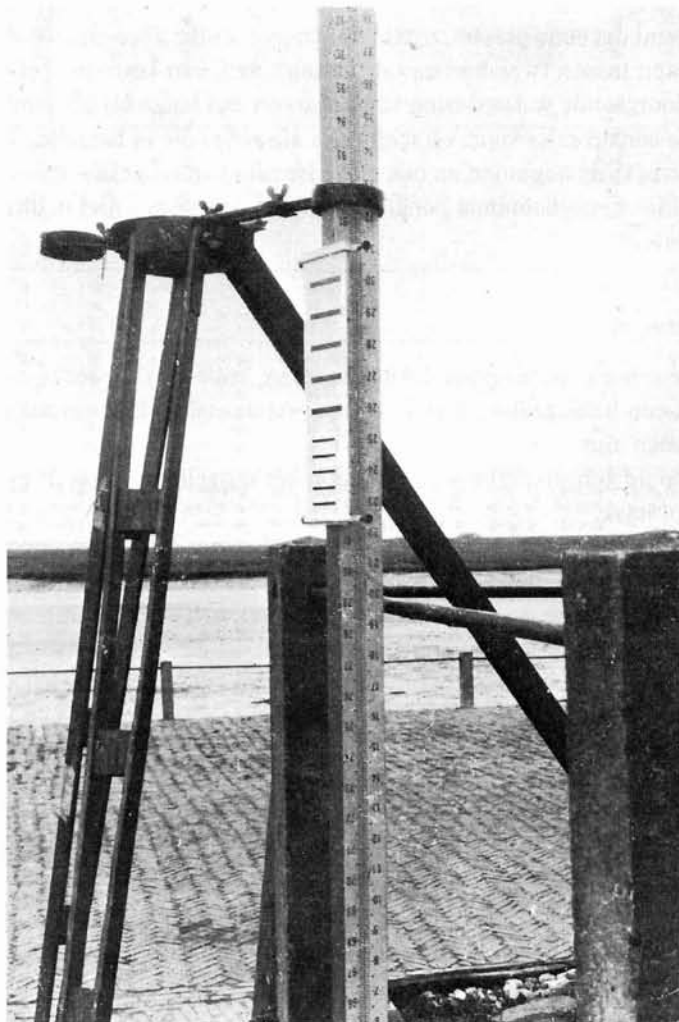


Fig. 29 Baakstatief met baak, waarop geklemd de speciale baakverdeling voor rivierovergangen.  
Staff tripod with staff, with the special staff graduation attached for river-crossing levelling.

In de tweede nauwkeurigheidswaterpassing komen een groot aantal rivierovergangen voor, doch de meeste daarvan zijn kleiner dan 400 m.

Grotere overgangen waren:

1930: over het Hellegat tussen de forten „Sabina Henrica” en „Prins Frederik” 2400 m;

1931: over de Schelde tussen Lillo en Liefkenshoek (België) 850 m;

1932: over de Merwede tussen Gorinchem en Sleeuwijk 450 m;  
over het Zuidvliet tussen Wolphaartsdijk en Kortgene 500 m;  
over het Zijpe tussen St. Philipsland en Duiveland 450 m;

1933: over het Scheur bij Maassluis 550 m.

## HOOFDSTUK 7

## AANSLUITINGEN MET DUITSLAND EN BELGIË

Evenals in de waterpassing van 1875–1885 werden ook in de tweede nauwkeurigheidswaterpassing een aantal verbindingen met de waterpasnetten van de aangrenzende landen tot stand gebracht.

Zoals in paragraaf 4.2 reeds vermeld, werd gelijktijdig met de eerste Nederlandse nauwkeurigheidswaterpassing een Duitse waterpassing uitgevoerd. De tweede Duitse waterpassing vond eveneens ongeveer gelijktijdig plaats met de Nederlandse tweede nauwkeurigheidswaterpassing, zodat de wederzijds uitgewisselde gegevens goed te combineren zijn. Het aantal verbindingpunten werd uitgebreid van vier tot vijf, namelijk:

Nieuweschans - Bunde	1934
Denekamp - Frensdorferhaar	1936
Babberich - Elten	1932 en 1937
Venlo - Straelen	1925, 1927, 1928, 1930 en 1937
Vaals - Aachen	1939 (nieuw).

Bij al deze aansluitingen bevindt zich nabij de grens op Duits gebied een ondergronds peilmerk dat in de waterpassing van beide landen werd opgenomen. Deze peilmerken zijn echter niet dezelfde als die gebruikt bij de aansluitingen van 1875–1885. De aansluitingen van weerszijden werden altijd gelijktijdig gemeten, zodat over de eventuele verticale beweging van de aansluitpunten geen problemen bestaan. Meestal werd door de meetploegen van beide landen nog een sectie voorbij het aansluitingspunt gewaterpast, waarna de resultaten van de aldus dubbel gemeten secties werden vergeleken als extra controle. Aan het einde van de nauwkeurigheidswaterpassing werden de gemeten hoogteverschillen van de trajecten die (aan weerszijden van de grens) een gezamenlijke kring vormen, uitgewisseld. Deze gemeenschappelijke kringen zijn als vier extra kringen in de vereffening van de Nederlandse waterpassing opgenomen, zodat een hecht contact met de Duitse waterpassingen is verkregen. De goede overeenstemming tussen de Duitse en Nederlandse waterpassingen in de periode 1926–1940 blijkt uit de resultaten van de verbindingen; zie de tabel in paragraaf 4.2. Het verschil tussen N.N. en N.A.P. varieert slechts tussen – 18 mm en – 27 mm, terwijl dit verschil in de eerste nauwkeurigheidswaterpassing varieerde tussen – 27 mm en + 33 mm.

De nauwkeurigheidswaterpassingen in België zijn niet gelijktijdig met de Nederlandse waterpassingen gemeten doch in beide gevallen ongeveer een tiental jaren later. De gegevens van de Nederlandse eerste nauwkeurigheidswaterpassing werden daarom vergeleken met een veel oudere waterpassing in België ( $\pm$  1850), terwijl de uitkomsten van de tweede Nederlandse nauwkeurigheidswaterpassing moesten worden vergeleken met Belgische gegevens uit de jaren 1889–1892.

De aansluitingen met het Belgische net werden eenzijdig vanuit Nederland uitgevoerd,

waarbij één of meer Belgische peilmerken aan de grens door middel van een primaire of secundaire waterpassing werden aangesloten. De verbinding met Zeeuwsch-Vlaanderen, namelijk het traject Woensdrecht – Putte – Stabroek (België) – Nieuw Namen (1931) loopt via Belgisch gebied en levert tevens een aansluiting met de Belgische waterpassing.

Wegens het ontbreken van gelijktijdig gemeten Belgische trajecten zijn in de Nederlandse vereffening geen gemeenschappelijke Nederlands – Belgische grenskringen opgenomen.

Langs de Belgische grens werden de volgende waarden voor het Nulpunt van het Krijgsdepot (Zéro du Dépôt de la Guerre) ten opzichte van N.A.P. gevonden.

Zeeuwsch-Vlaanderen	N.A.P. – 2.302 m
Maaseik	N.A.P. – 2.323 m
Visé	N.A.P. – 2.301 m.

Over de verschillende in België gehanteerde vergelijkingsvlakken geeft het register „Normaal Amsterdamsch Peil” [18] deel II (pag. 12) enige informatie.

## HOOFDSTUK 8

## REDUCTIE VAN DE WAARNEMINGEN

**8.1 Knooppuntscorrectie**

Bij de meting van een waterpasnet is het onvermijdelijk dat de diverse trajecten die in een knooppunt samenkomen op verschillende tijdstippen worden gemeten. In de combinatie van deze niet-synchrone metingen speelt de stabiliteit van het peilmerk dat als knooppunt optreedt een belangrijke rol. Ter controle van deze stabiliteit werd bij iedere aansluiting van een traject aan een knooppunt een aantal zg. controle-secties gewaterpast. Meestal fungeerden de eerste secties van alle in het knooppunt samenkomende trajecten als controle-secties. Het risico van een instabiel peilmerk in het knooppunt werd hierdoor verminderd. Een uniforme verticale beweging van het gehele gebied rondom het knooppunt kan op deze wijze natuurlijk niet worden opgespoord. Door vergelijking van de hoogteverschillen in de controle-secties tijdens de verschillende aansluitingen werd vóór de vereffening vastgesteld of de stabiliteit van de knooppunten acceptabel was. Dit geschiedde in de zg. knooppuntsstaatjes, waarin de gegevens van 98 knooppunten zijn verzameld. (Echter, no. 24 en no. 71 zijn identiek).

Voor 83 knooppunten kon worden geconstateerd dat er geen aanwijzing was om aan de stabiliteit van het peilmerk te twifelen. Alle trajecten die in een dergelijk knooppunt samenkomen konden zonder correctie in de berekeningen worden ingevoerd. Bij 14 knooppunten moest worden vastgesteld dat de hoogte van het peilmerk tussen de verschillende aansluitingen was gewijzigd. Op grond van de resultaten van de metingen van de controle-secties werden de trajecten die in zo'n knooppunt zijn aangesloten gecorrigeerd met de zg. knooppuntscorrectie, zodanig dat de metingen tot één tijdstip werden gereduceerd.

De desbetreffende knooppuntsstaatjes zijn opgenomen in tabel 8. Uit de staat van waarnemingen en uitkomsten (tabel 32) blijkt dat er belangrijk meer knooppuntscorrecties zijn toegepast dan men uit tabel 8 kan afleiden. De berekening hiervan ontbreekt echter.

**8.2 Orthometrische correctie**

Bij het waterpassen noemt men twee punten (per definitie) even hoog indien zij in hetzelfde niveauvlak (aequipotentiaalvlak) liggen en derhalve dezelfde potentiaal hebben. Onder potentiaal wordt hier verstaan het arbeidsvermogen van plaats in het zwaartekrachtsveld van de aarde. Met een waterpasinstrument creëert men een analogon voor zo'n niveauvlak. Hoogteverschillen worden echter gemeten met een baak en dus in lengtemaat uitgedrukt. Deze wijze van werken is slechts dan eenduidig, als de verschillende equipotentiaalvlakken ook aequidistant zouden zijn, hetgeen echter niet het geval is. In een consequent systeem zou men daarom de hoogteverschillen niet in lengtemaat doch in *potentiaal*-eenheden moeten uitdrukken:

$$\Delta W = g\Delta h$$

Elk in lengtemaat gemeten hoogteverschil zou daartoe met de versnelling van de zwaartekracht ter plaatse moeten worden vermenigvuldigd om een potentiaalverschil te verkrijgen.

Tabel 8 Knooppuntsstaatjes; gegevens van de controlesecties waarmede knooppuntscorrecties werden berekend.  
Nodal point tables; check section data from which nodal point corrections were derived.

No. 13						Correctie mm
Groningen 2						
07D039	Groningen 4	Groningen 6	Groningen 10	Groningen 5		
1933-10	×6.7384	0.8370	1.4769	×9.0812	- 0.8	
1934-9	×6.7383	0.8356	1.4761	×9.0814	0	
No. 19 Sleen 11						
	Sleen 10	Sleen 4	Sleen 12			
1935- 7	0.1942	×9.8129	×7.7832			+ 0.9
1935- 8	0.1955	×9.8122	×7.7828			+ 0.9
1936-10	0.1956	×9.8130	×7.7848			0
1936- 4	0.1949	×9.8134	×7.7844			0
No. 22 Oldebroek 24						
	Oldebroek 8	Oldebroek 11	Oldebroek 9	Zwollerkerspel 19	Zwolle 16	
1935-11	3.1298	×9.8036	×9.5532	0.6598	×9.5674	+ 2.2
1936- 5	3.1272	×9.8050	×9.5545	0.6610	×9.5698	+ 0.8
1937- 1	-	×9.8056	×9.5555	-	×9.5699	0
No. 28						
Eibergen 8						
34G067	O.M. Eibergen	Eibergen 7	Eibergen 2	Eibergen 9		
1936- 8	0.0014	1.8130	2.7628	0.8678		+ 1.7
1938/1939	0.0035	1.8160	2.7646	0.8695		0
No. 40						
Vught 8						
45C063	Vught 7	Vught 1	's-Hertogenbosch 9	's-Hertogenbosch 6		
1926- 9	×9.3089		0.8080	2.0113		+ 2.0
1932-10	×9.3112	1.4562	0.7954	2.0131		0
1933- 3	×9.3118	1.4566				0
No. 44						
B.M. Sint Geertruid						
	O.M. III					
1928	×8.9430					+ 39.3
1939	×8.9823 (nieuw merk)					0
No. 50 Groot Ammers 2						
	Groot Ammers 3	Nieuwpoort 2	Goudriaan 1	Brandwijk 4	Schoonhoven 11	
(1929)	(1.0802)	(4.7572)	(1.3988)	5.4289	4.1106	+ 20.0
1932-12	1.0943	4.7772	1.4151		4.1308	+ 3.5
1933- 3	1.0978			5.4585		0
(1937)	(1.0960)					
No. 53 Gouda 17						
	Gouda 19	Gouda 16	Gouda 18	Haastrecht 4		
1927	×9.0418	0.3358	0.3497	0.1331		+ 29.6
1932	×9.0722	0.3646	0.3698	0.1633		0
No. 66						
B.M. Wieringen						
	O.M. I	O.M. II	O.M. III			
1929	×8.6305	×8.3991	×8.6964			+ 1.0
1934	×8.6315	×8.4003	×8.6975			0

Vervolg tabel 8.

No. 79 Utrecht 14						Correctie mm
	Utrecht 7	Utrecht 18	Utrecht 15	Utrecht 5		
1927-6	× 8.5210	× 8.7134	× 9.4410	2.1636		+ 2.7
1932-5	× 8.5234	× 8.7160	× 9.4441	2.1688		0
No. 88						
B.M. Beesel 19						
58E082	O.M. I	O.M. II	O.M. III			
1927	× 8.9607	× 8.9880	× 8.9880			+ 1.0
1928	× 8.9614	× 8.9880	× 8.9887			+ 0.3
1930	× 8.9616	× 8.9882	× 8.9888			0
1937	× 8.9620	× 8.9885	× 8.9892			- 0.2
1939	× 8.9616	× 8.9882	× 8.9890			0
No. 95						
Best 4						
51B036	Best 3	Best 1	Best 5	Best 2		
1926	0.2006	0.8576	× 7.8014	5.5694		+ 1.4
1932	0.1985	0.8590	× 7.8065	5.5721		0
No. 96						
Brandwijk 4						
38D059	O.M. I	O.M. II	O.M. III			
1929	× 6.5297	× 7.0019	× 7.0067			+ 2.4
1933	× 6.5319	× 7.0043	× 7.0092			0
No. 98 Velsen 19						
	Velsen 20	Velsen 21	Velsen 2	Velsen 24	Haarlem 2	
1928	0.9202	× 9.4732	2.2350	× 7.8468	× 8.6335	+ 1.0
1932	0.9216	× 9.4763	2.2374	× 7.8473	× 8.6359	0

Verder wordt verwezen naar de kolom knooppuntscorrectie in de staat van waarnemingen en uitkomsten (tabel 32).

In fig. 30 is het potentiaalverschil tussen de aequipotentiaalvlakken CD en AB:

$$W_C - W_A = g_1 \Delta h_1 = g_2 \Delta h_2$$

$$(W_C = W_D \text{ en } W_A = W_B)$$

In een betrekkelijk vlak land als Nederland is het hanteren van een dergelijk consequent systeem, waarbij de versnelling van de zwaartekracht op veel plaatsen moet worden gemeten, niet noodzakelijk. Daarom wordt volstaan met het z.g. *orthometrische* systeem, gebaseerd op een enigszins andere definitie van het begrip hoogte, als volgt. Per definitie hebben die punten een hoogte *nul*, die liggen in het aequipotentiaalvlak aangeduid als N.A.P. De orthometrische hoogte van elk ander punt wordt gedefinieerd als de afstand (in lengtemaat) van dat punt tot het N.A.P.-vlak. In dit systeem levert slechts een waterpassing langs het N.A.P.-vlak correcte resultaten.



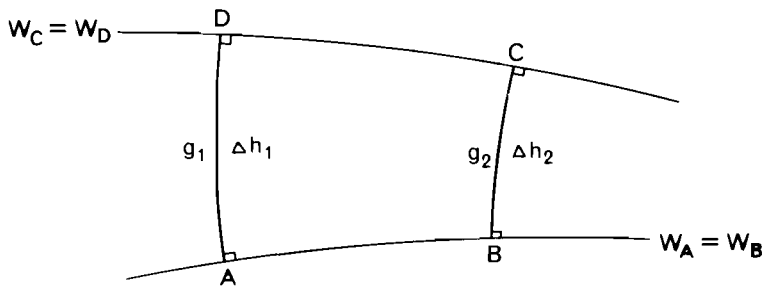


Fig. 30 Schema van aequipotentialvlakken en de afstanden daartussen.  
Diagram showing the equipotential surfaces and the distances between them.

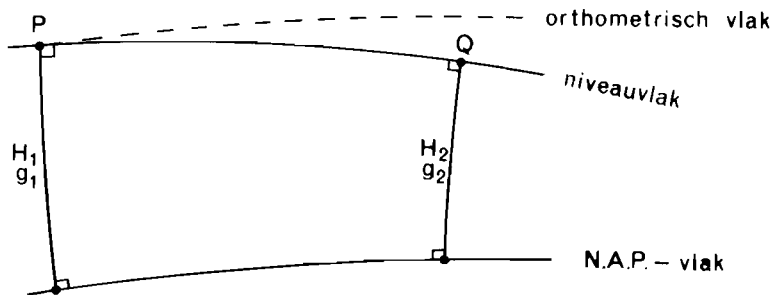


Fig. 31 Schema van het N.A.P.-vlak en het verschil tussen een niveaувlak en een orthometrisch vlak.  
Diagram showing the N.A.P. surface and the difference between an equipotential surface and an orthometric surface.

Bij een waterpassing langs een niveaувlak PQ (Fig. 31) dat *niet* met het N.A.P.-vlak samenvalt, volgt het waterpasinstrument het niveaувlak en vindt men tussen P en Q geen hoogteverschil. Dit is in het orthometrisch systeem niet correct, omdat meestal het niveaувlak PQ niet aequidistant is ten opzichte van het N.A.P.-vlak. Om nu het orthometrisch hoogteverschil tussen P en Q te bepalen (dus het verschil  $H_2 - H_1$ ) gaan we uit van de potentialen in P en Q.

$$W_P = W_Q \text{ dus } g_1 H_1 = g_2 H_2$$

of:  $gH = \text{constant}$ .

Bij een kleine verplaatsing langs het niveaувlak geldt:

$$gdH + Hdg = 0$$

of:  $dH = -\frac{H}{g} dg$

Hieruit volgt dat

$$H_2 - H_1 = -\int_P^Q \frac{H}{g} dg$$

$H_2 - H_1$  is de correctie die aan de gewaterpaste (uit P afgeleide) hoogte moet worden aangebracht om de juiste orthometrische hoogte van Q te bepalen.

In het orthometrische systeem moeten derhalve de waterpassingen langs trajecten die *niet* samenvallen met het N.A.P.-vlak een *orthometrische correctie* ondergaan. Deze correctie is blijkens bovenstaande formule afhankelijk van de verandering van de zwaartekracht langs het aequipotentiaalvlak tussen de eindpunten van het beschouwde traject en van het verloop van de hoogte.

In de Nederlandse praktijk wordt alleen rekening gehouden met de *theoretische* verandering van de zwaartekracht langs het niveauvlak als gevolg van de afplatting van de aarde, overeenkomstig de formule voor de versnelling van de zwaartekracht:

$$g = g_{45}^0 (1 - \alpha \cos 2\varphi - \beta H)$$

(Clairaut-Bouguer)

waarin

$\varphi$  = geografische breedte

$H$  = hoogte boven zeeniveau (bij benadering N.A.P.)

$g_{45}^0$  = versnelling van de zwaartekracht bij  $\varphi = 45^\circ$  en  $H = 0$ .

Met behulp van deze formule wordt de orthometrische correctie volgens Lallemand [15]:

$$C_{\Delta H} = -2\alpha \sin 2\varphi \int_P^Q H d\varphi$$

Deze formule is ook te schrijven als:

$$C_{\Delta H} = \alpha \int_P^Q H d(\cos 2\varphi)$$

Het berekenen van deze integraal geschiedt op grafische wijze door voor elk traject de relatie tussen  $H$  en  $\cos 2\varphi$  in een grafiek uit te zetten en vervolgens de oppervlakte van de verkregen figuur te bepalen.

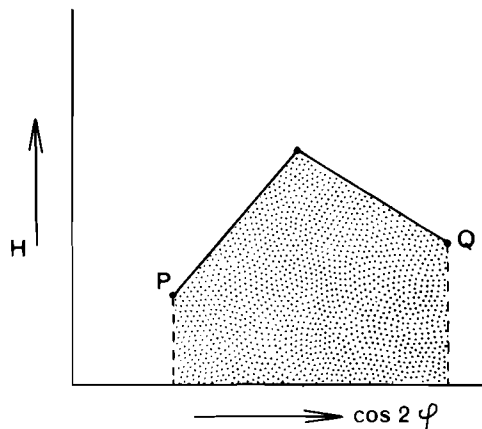


Fig. 32 Grafische bepaling van  $\int_P^Q H d(\cos 2\varphi)$   
Graphical determination of  $\int_P^Q H d(\cos 2\varphi)$

Voor de Nederlandse trajecten werden in de grafiek voor een aantal knikpunten in het lengteprofiel van het traject uitgezet:

langs de  $x$ -as:  $\cos 2\varphi$ , op schaal 10:1  
 langs de  $y$ -as:  $H$  op schaal 1:1000.

De oppervlakte van de figuur begrensd door de  $x$ -as, de ordinaten van begin- en eindpunt en de verkregen veelhoek werd bepaald in vierkante meters en leverde, vermenigvuldigd met  $\alpha = 0.0026$  en de schaafactor 1000/10, de gevraagde orthometrische correctie in meters.

De berekende correcties zijn zeer gering; slechts voor 4 trajecten werd een correctie van meer dan 0.5 mm bepaald:

Roermond-Eindhoven	-0.6 mm
Arnhem - Apeldoorn - Oldebroek	-1.4 mm
Eibergen-Oldenzaal	-0.8 mm
Maastricht-Roermond	-1.5 mm

Alle andere orthometrische correcties waren kleiner dan 0.5 mm. Voor een volledig overzicht wordt verwezen naar de kolom „orthometrische correctie” in de staat van waarnemingen en uitkomsten (tabel 32) in hoofdstuk 11.

### 8.3 Samenvoeging van de gemeten hoogteverschillen en bepaling van de gewichtscoefficienten

Zoals in § 2.1 en 2.2 reeds werd vermeld zijn in de loop van de meting van het waterpasnet een groot aantal trajecten, soms zelfs kringen, geheel of gedeeltelijk herhaald. Er waren verschillende redenen waarom deze herhalingen werden uitgevoerd. Soms leverden de beschikbare waarnemingen relatief grote sluittermen in de kringen op. Soms ook moesten de hoogteverschillen in een traject of kring worden samengesteld uit metingen die met een te groot tijdsverschil waren gemeten, zodat de stabiliteit van het verbindingspunt een belangrijke rol ging spelen. In het algemeen heerste er een gevoel van onzekerheid omtrent de betrouwbaarheid van de aansluitingspunten.

Bij de aanvang van de definitieve berekening van het gehele net stond men voor de keuze welke waarnemingen wel en welke niet te gebruiken. Terecht heeft men besloten om alle beschikbare waarnemingen in de berekening te betrekken. Op deze regel is voor wat betreft het zg. vereffeningsnet (zie § 9.1) slechts in drie gevallen een uitzondering gemaakt, nl. door het verwerpen van één van de waarnemingen in de volgende trajecten.

#### Traject no. 3 R.B. Ooststellingwerf 3 - O.M. Oranjewoud

Lengte 26.3 km

tijd van meting	1933-8	hoogteverschil in m	×4.3604
	1934-3		×4.3535
	1934-4		×4.3499 verworpen.

De derde meting (april 1934) werd verworpen omdat dit gedeelte niet in het verband van de gehele kringmeting was opgenomen.

**Traject no. 16** V.B. Sleen 3 – R.B. Beilen 14

Lengte 30.7 km

tijd van meting	1935-6	hoogteverschil in m	×6.8458	
	1936-3		×6.8370	verworpen
	1936-10		×6.8467	

De tweede meting (maart 1936) werd verworpen omdat deze vrij belangrijk afweek van de beide andere metingen terwijl het resultaat in de kring minder goed paste.

**Traject no. 47** H.M. Holten 1 – R.B. Lochem 8

Lengte 18 km

tijd van meting	1940-5	hoogteverschil in m	×7.0170	verworpen
	1940-6		×7.0299	

Hier werd de eerste meting verworpen, vermoedelijk omdat deze slecht in de kring paste. Bovendien was dit hoogteverschil al bij voorbaat verdacht omdat bij de meting verzuimd was ringen aan de baakvoet te gebruiken (zie §5.2.2).

Ten behoeve van de berekening van het gehele net werden vervolgens alle beschikbare gegevens verzameld en geordend. Een groot aantal trajecten moest worden onderverdeeld in deeltrajecten naarmate deze gedeelten éénmaal of meermaals waren gemeten. Voor de peilmerken die de scheiding vormden tussen deze deeltrajecten werd zo mogelijk de stabiliteit onderzocht met behulp van de knooppuntsstaatjes (§8.1). Vervolgens werd voor elk deeltraject het gemiddelde berekend van alle beschikbare waarnemingen. De som van de aldus berekende gemiddelden van de opvolgende deeltrajecten leverde tenslotte het „gemeten hoogteverschil” voor het desbetreffende traject. In de „staat van waarnemingen en uitkomsten” (tabel 32) zijn deze berekeningen systematisch verzameld.

Aangezien bij de vereffening de nauwkeurigheid van de verschillende waarnemingen een belangrijke rol speelt, diende de invloed van het gebruik van de herhalingsmetingen op de nauwkeurigheid van de in de vereffening ingevoerde „gemeten” hoogteverschillen te worden bepaald. Voor de standaardafwijking van een waterpassing over een traject  $i$  ter lengte van  $L$  km gebruikt men de formule  $\sqrt{L} \cdot \sigma$ . Het gewicht  $g_i$  van een dergelijke waarneming is omgekeerd evenredig met het kwadraat van de standaardafwijking, zodat bij de vereffening in het algemeen wordt aangenomen (bij een evenredigheidsfactor  $\sigma^2$ ):

$$\frac{1}{g_i} = L$$

Voor een traject ter lengte  $L$  km dat  $n$  maal is gemeten is de standaardafwijking van het gemiddelde van de  $n$  waarnemingen:

$$\frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{L} \cdot \sigma$$

zodat voor het gewicht van dat gemiddelde geldt

$$\frac{1}{g_i} = \frac{L}{n} = \bar{L}$$

De standaardafwijking voor de som van een aantal deeltrajecten met lengten  $L_1$  en  $L_2$  km die resp.  $n_1$  maal en  $n_2$  maal gemeten zijn, is:

$$\sqrt{\frac{L_1}{n_1} + \frac{L_2}{n_2}} \cdot \sigma$$

zodat voor zo'n samengesteld traject geldt:

$$\frac{1}{g_i} = \frac{L_1}{n_1} + \frac{L_2}{n_2} = \bar{L}_1 + \bar{L}_2$$

Het gemiddelde van een  $n$ -maal gemeten (deel)traject kan dus in de berekeningen worden ingevoerd met een gereduceerde lengte  $\bar{L}$  die ontstaat door de werkelijke lengte van het (deel)traject te delen door het aantal metingen. Bij een traject dat is opgebouwd uit verschillende meermalen gemeten deeltrajecten berekent men de gereduceerde lengte eenvoudig door optelling van de gereduceerde lengten van de opvolgende deeltrajecten. Ook deze berekeningen zijn in de „staat van waarnemingen en uitkomsten” opgenomen (tabel 32). Met de aldus verzamelde gegevens kan de vereffening van het waterpasnet worden aangevangen.

## HOOFDSTUK 9

## DE VEREFFENING

## 9.1 Samenstelling van het net (Fig. 33)

Het net van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing is zodanig ontworpen dat het in de eerste plaats nagenoeg de lijnen van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing bedekt. Overigens is het net van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing echter aanzienlijk uitgebreider. Voor de opbouw van het net was van groot belang dat in de loop van de metingen de Afsluitdijk gereed kwam (1932) waardoor een directe verbinding tussen de waterpassingen in Noord-Holland en Friesland kon worden tot stand gebracht. De totale lengte van het net bedraagt 4592 km. Het aantal kringen van het net was zo groot dat de vereffening met de in 1940 beschikbare hulpmiddelen een onoverkomelijk probleem zou vormen. Daarom is er uit de trajecten een keuze gemaakt, tot een net van een beperkt aantal (26) kringen ontstond, waarvan de vereffening kon worden uitgevoerd. De niet in dit „vereffeningsnet” opgenomen trajecten en kringen zijn later op eenvoudige wijze aan het vereffeningnet aangesloten. Hoewel deze trajecten met dezelfde nauwkeurigheid zijn gemeten als die van het vereffeningnet zijn ze rekentechnisch als secundair te beschouwen.

Het vereffeningnet werd zodanig gekozen dat daarin zoveel mogelijk ondergrondse peilmerken waren opgenomen. Van de 18 ondergrondse merken van de eerste orde komen alleen Den Burg (Texel) en Nieuw Namen (Zeeuwsch Vlaanderen) niet rechtstreeks in het vereffeningnet voor. Van de 29 ondergrondse merken van de tweede orde komen er echter slechts 15 in de trajecten van het vereffeningnet voor.

In het vereffeningnet werden ook opgenomen een aantal door het Reichsamt für Landesaufnahme gemeten Duitse waterpastrajecten, tussen de aan de Nederlandse waterpassing aangesloten Duitse ondergrondse merken te Bunder Neuland, Frensdorferhaar, Elten, Straelen en Aachen. Hierdoor werd een hechte verbinding met het Duitse waterpasnet bereikt. (Zie hoofdstuk 7).

Het vereffeningnet bestaat uit 26 kringen ( $k$ ), 67 trajecten ( $t$ ) en 42 knooppunten ( $p$ ). Een traject is hierbij gedefinieerd als de verbinding tussen twee opvolgende knooppunten. Tussen deze aantallen bestaat de relatie:

$$p = t - k + 1.$$

Het aantal trajecten per kring varieert van 3 tot 8. De totale lengte van het vereffeningnet (incl. de Duitse trajecten) bedraagt 2768 km; de gemiddelde lengte van de kringen is 165 km, de kleinste kring is 71 km, de grootste is 455 km lang. De in de vereffening gebruikte „lengten” van de trajecten zijn wegens de daarin opgenomen herhalingen geen werkelijke lengten doch gereduceerde lengten  $\bar{L}$ , in feite de gewichtscoefficienten  $1/g_i$ ; zie § 8.3.

Het verschil is aanzienlijk; de som van de Nederlandse trajectlengten in het vereffeningnet bedraagt:

$$[L] = 2320.1 \text{ km}$$

terwijl de som van de gewichtscoëfficiënten is:

$$[\bar{L}] = \left[ \frac{1}{g_i} \right] = 1808.7.$$

De Duitse trajecten, ter lengte van 447.6 km, zijn niet in deze vergelijking betrokken.

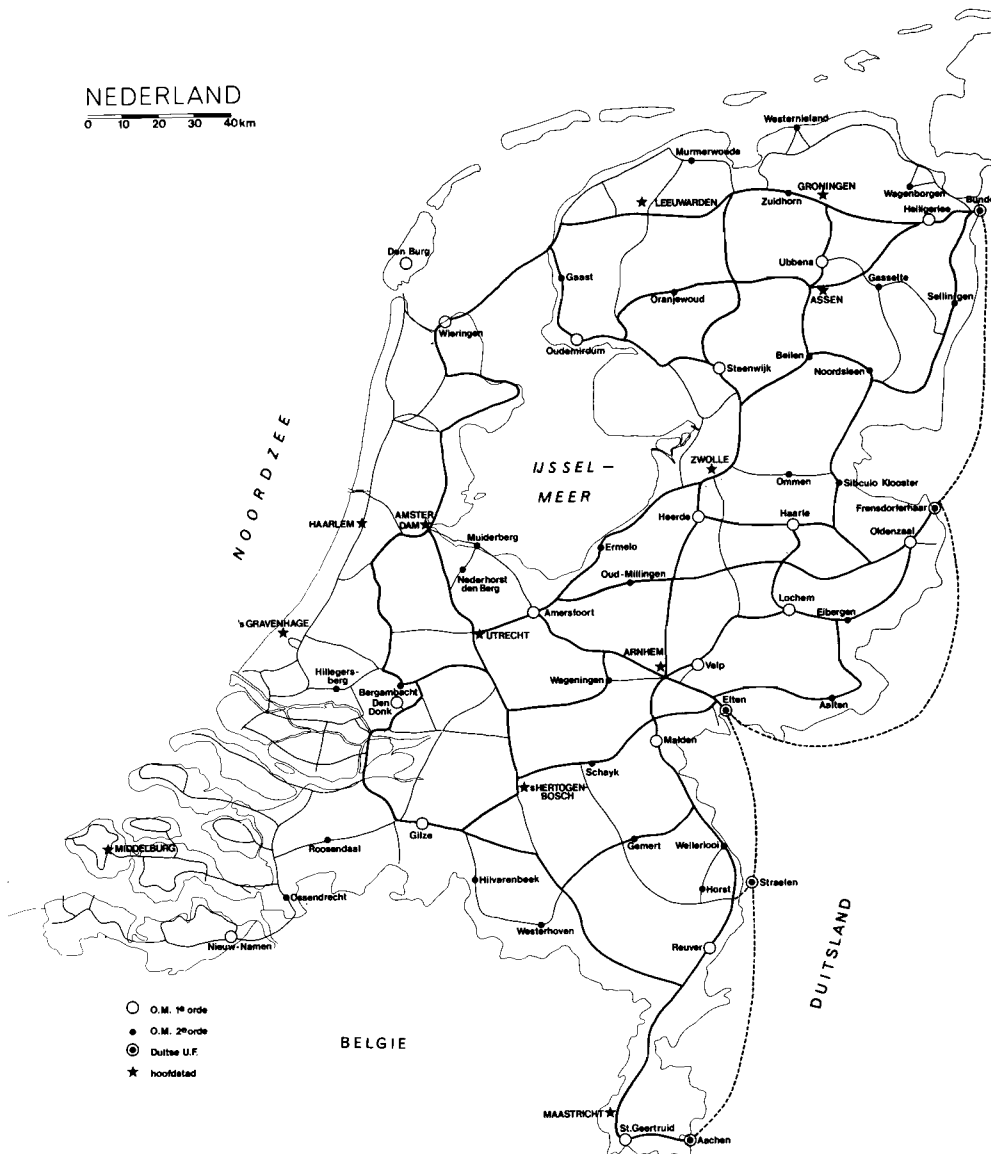


Fig. 33 Het net van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing (met de ondergrondse merken).  
The second geodetic levelling network (showing the underground benchmarks).

## 9.2 De vereffening van het vereffening-net

Het te vereffenen net was samengesteld uit 26 kringen en 42 knooppunten (Fig. 34). Voor de oplossing van het vereffening-vraagstuk werd de methode van het eerste standaardvraagstuk gekozen, omdat hierbij het aantal op te lossen normaalvergelijkingen gelijk is aan het aantal kringen, dus 26. Bij het tweede standaardvraagstuk zou men met 41 normaalvergelijkingen worden geconfronteerd. De berekening werd in 1940 uitgevoerd door S. J. SCHOENMAKER en gelijktijdig onafhankelijk daarvan, door H. B. V. D. MEULEN, zodat controle op rekenfouten mogelijk was. Voor de oplossing van de 26 normaalvergelijkingen volgden zij het schema van Cholesky, op aanwijzing van prof. J. M. TIENSTRA (zie [27]).

De berekeningsgang is in het volgende weergegeven, waarbij wordt aangesloten bij de notatie van Tienstra in [26], die enigszins afwijkt van de eerdere in [25].

Allereerst werden de 26 voorwaardevergelijkingen opgesteld, voor elke kring één. Zij hebben de algemene vorm:

(zie [26] p. 108 en 109).

$$\begin{array}{ll} \text{kring 1:} & u_1 P_1 + u_2 P_2 + \dots + u_{67} P_{67} = u_0 \\ \text{kring 2:} & v_1 P_1 + v_2 P_2 + \dots + v_{67} P_{67} = v_0 \\ & \vdots \\ \text{kring 26:} & w_1 P_1 + w_2 P_2 + \dots + w_{67} P_{67} = w_0 \end{array}$$

Hierin stellen  $P_1$  t/m  $P_{67}$  de vereffende hoogteverschillen in de 67 trajecten voor. De coëfficiënten  $u_1$  t/m  $w_{67}$  zijn 0, +1 of -1. De onbekenden  $P_k$  die betrekking hebben op de trajecten langs de buitenrand van het net komen slechts éénmaal in het stelsel voorwaardevergelijkingen voor. Zo is bijv. de coëfficiënt van  $P_{22}$  in de voorwaarde voor kring 7 gelijk aan +1, de andere coëfficiënten met index 22 zijn alle nul. Alle andere onbekenden  $P_i$ , nl. die welke betrekking hebben op trajecten die gemeenschappelijk zijn voor twee kringen, komen in het stelsel tweemaal voor, waarbij van de desbetreffende coëfficiënten ( $u_i, v_i, \dots, w_i$ ) er één +1 en één -1 is, de andere coëfficiënten met index  $i$  zijn dan nul. Zo is bijv. voor het hoogteverschil  $P_2$  de coëfficiënt in de eerste voorwaardevergelijking  $u_2 = +1$  en in de tweede voorwaardevergelijking  $v_2 = -1$ . Alle andere coëfficiënten met index 2 zijn nul. De rechterleden van de voorwaardevergelijkingen ( $u_0$  t/m  $w_0$ ) zijn alle nul.

Na invulling van de waargenomen hoogteverschillen  $p_i$  in de voorwaardevergelijkingen vindt men de 26 sluittermen:

$$\begin{array}{l} t_u = -[u_i p_i] \\ t_v = -[v_i p_i] \\ \text{etc.} \end{array}$$

Tabel 9 geeft een overzicht van de coëfficiënten van de hoogteverschillen  $P_i$  in de 26 voorwaardevergelijkingen, alsmede de bij elk traject behorende gewichtscoefficiënt en de bij elke voorwaardevergelijking optredende sluitterm ( $t$ ). (De kolom met correcties  $\epsilon_i$  is pas na de berekening ingevuld).

Aan de hand van de voorwaardevergelijkingen zijn de coëfficiënten van de korrelaten in de 26 normaalvergelijkingen te berekenen, overeenkomstig de vorm:

$$\left[ \frac{u_i u_i}{g_i} \right] K_u + \left[ \frac{u_i v_i}{g_i} \right] K_v + \dots + \left[ \frac{u_i w_i}{g_i} \right] K_w = t_u$$



$$\begin{bmatrix} u_i v_i \\ \vdots \\ g_i \end{bmatrix} K_u + \begin{bmatrix} v_i v_i \\ \vdots \\ g_i \end{bmatrix} K_v + \dots \dots \dots \begin{bmatrix} v_i w_i \\ \vdots \\ g_i \end{bmatrix} K_w = t_v$$

$$\begin{bmatrix} u_i w_i \\ \vdots \\ g_i \end{bmatrix} K_u + \begin{bmatrix} v_i w_i \\ \vdots \\ g_i \end{bmatrix} K_v + \dots \dots \dots \begin{bmatrix} w_i w_i \\ \vdots \\ g_i \end{bmatrix} K_w = t_w$$

De coëfficiënten van deze normaalvergelijkingen kunnen (ter controle) worden berekend aan de hand van een tekening van het waterpasnet met de gewichtscoëfficiënten (gereduceerde lengten) volgens het schema van tabel 10.

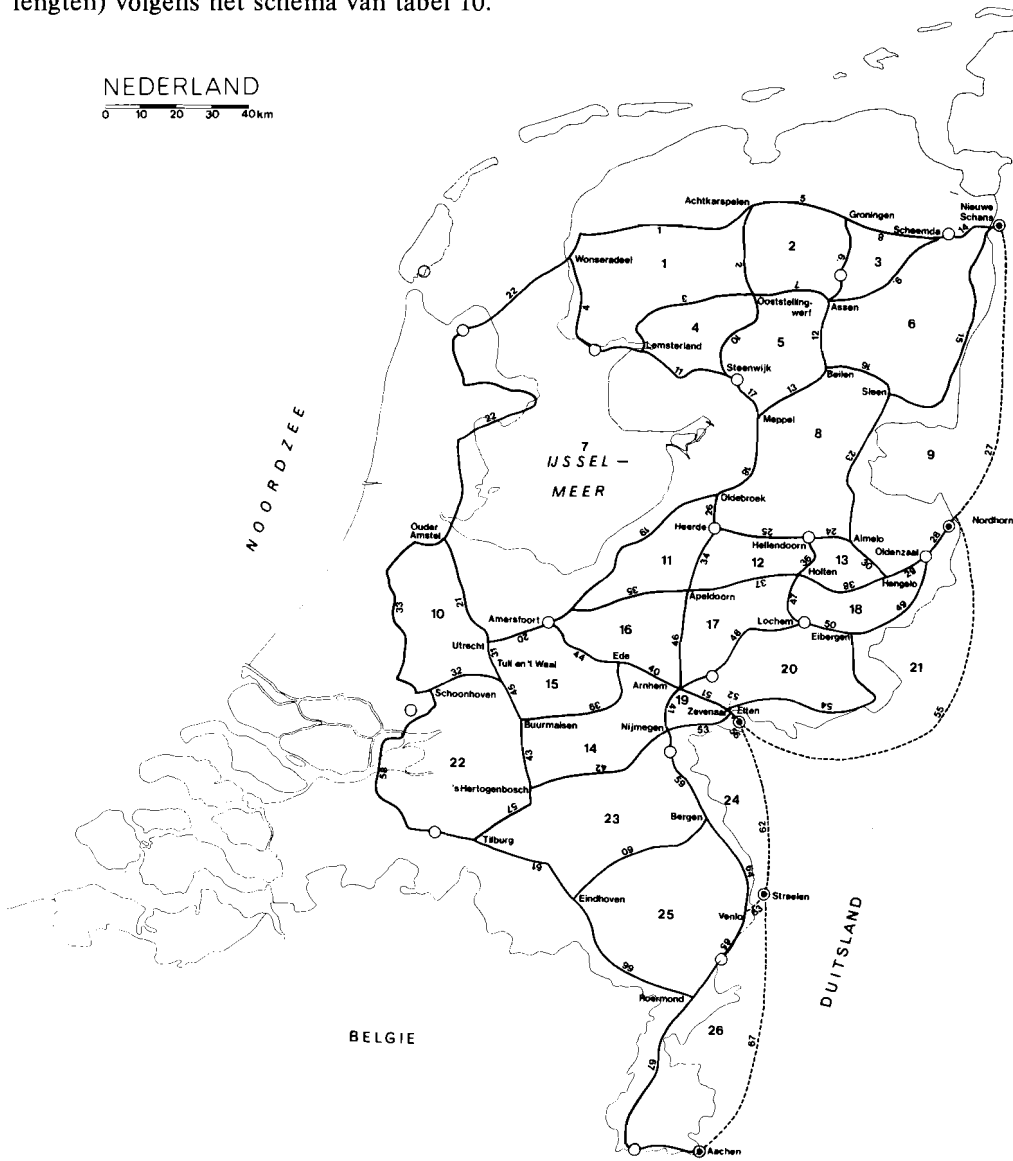


Fig. 34 Het vereffeningnet met de nummers van trajecten en kringen.  
The main network with line and loop numbers.

Tabel 9 Coëfficiënten van de voorwaardevergelijkingen, met sluittermen van de kringen alsmede gewichtcoëfficiënten en berekende correcties van de trajecten. Conditional equation coefficients, with misclosures for loops as well as weighting coefficients and calculated corrections for the lines.

traject	$\bar{L} = 1/g_i$	kring 1	kring 2	kring 3	kring 4	kring 5	kring 6	kring 7	kring 8	kring 9	kring 10	kring 11	kring 12	kring 13	kring 14	kring 15	kring 16	kring 17	kring 18	kring 19	kring 20	kring 21	kring 22	kring 23	kring 24	kring 25	kring 26	Bere- kende e mm	traject	
1	55.1	+1																										+8.70	1	
2	22.6	+1	-1																									+1.12	2	
3	29.4	+1		-1																								+0.66	3	
4	57.5	+1						-1																				+6.81	4	
5	31.0	+1	+1																									+3.35	5	
6	21.8	+1	+1	-1																								+0.67	6	
7	28.6		+1																									+2.60	7	
8	35.1		+1	+1																								+2.72	8	
9	33.7		+1	+1																								+1.05	9	
10	19.6				+1																							+2.31	10	
11	30.8			-1	-1	+1																						-2.95	11	
12	8.2																											+0.24	12	
13	10.6				-1																							-1.31	13	
14	19.4					+1																						+0.90	14	
15	83.6					+1				-1																		+4.79	15	
16	16.6																											+2.53	16	
17	7.1				-1																							+0.16	17	
18	8.6																											+1.25	18	
19	71.0																											+2.61	19	
20	20.5																											-1.66	20	
21	38.6																											+3.93	21	
22	177.0																											+6.98	22	
23	40.9																											-3.88	23	
24	18.4																											-0.59	24	
25	30.2																											+0.16	25	
26	12.1																											-1.31	26	
27	66.2																											+0.72	27	
28	18.0																											-0.49	28	
29	11.0																											-1.16	29	
30	15.4																											-0.97	30	
31	8.6																											+1.57	31	
32	16.7																											+0.33	32	
33	71.6																											-4.47	33	
34	25.6																											-2.92	34	
35	47.0																											+4.02	35	
36	12.5																											+0.47	36	
37	36.6																											-1.75	37	
38	30.8																											+1.32	38	
39	40.5																											+0.72	39	
40	21.0																											+0.31	40	
41	10.5																											+0.70	41	
42	25.6																											+1.44	42	
43	23.9																											+3.48	43	
44	29.0																											+0.94	44	
45	6.2																											+1.01	45	
46	27.8																											-4.22	46	
47	18.2																											-0.97	47	
48	23.2																											-3.89	48	
49	35.4																											+2.79	49	
50	10.9																											-1.25	50	
51	3.8																											-1.02	51	
52	0.9																											-0.07	52	
53	30.5																											+1.08	53	
54	38.5																											-7.44	54	
55	147.2																											+5.58	55	
56	6.2																											+0.70	56	
57	12.9																											-1.15	57	
58	72.6																											-3.09	58	
59	15.9																											-0.40	59	
60	42.2																											+1.66	60	
61	34.8																											+1.63	61	
62	59.0																											-4.24	62	
63	4.7																											-0.55	63	
64	16.0																											-1.03	64	
65	6.9																											+0.36	65	
66	57.7																											+0.43	66	
67	146.1																											-1	+6.59	67
$\Sigma$		+17.3	+5.5	+3.1	+4.6	-4.0	+7.4	+3.5	-10.7	+1.0	-10.3	-2.4	-5.3	+1.4	+5.2	+5.9	+7.0	+2.4	-5.0	-0.7	-13.6	+3.4	-8.4	+2.6	+8.0	-1.9	-7.5	+24.05		

Tabel 10 Schema ter bepaling van de coëfficiënten der normaalvergelijkingen uit de configuratie van het net.  
Scheme for determining the normal equation coefficients from the network configuration.

	coëfficiënt van $K_1$	coëfficiënt van $K_i$	coëfficiënt van $K_k$
normaal vergelijking 1	som v.d. gewichts- coëff. in kring 1	- gew. coëff. van gemeenschappelijk traject (1,i)	- gew. coëff. van gemeenschappelijk traject (1,k)
normaal vergelijking $i$	- gew. coëff. van gemeenschappelijk traject (1,i)	som v.d. gewichts- coëff. in kring $i$	nul als kring $i$ en $k$ geen gemeenschap. traject hebben
normaal vergelijking $k$	- gew. coëff. van gemeenschappelijk traject (1,k)	nul als kring $i$ en $k$ geen gemeenschapp. traject hebben	som v.d. gewichts- coëff. in kring $k$

Uit deze tabel blijkt dat de matrix van de 26 vergelijkingen symmetrisch is ten opzichte van de hoofddiagonaal. In tabel 11 (coëfficiënten van de normaalvergelijkingen) zijn daarom alleen de coëfficiënten in de hoofddiagonaal en rechts daarvan opgenomen.

De oplossing van de 26 vergelijkingen geschiedde volgens het schema van Cholesky, waarbij een „somcontrole” werd gehanteerd voor het signaleren van rekenfouten. Zie de kolom „s” in tabel 11. De coëfficiënten van de normaalvergelijkingen waren in  $10^{-1}$  bekend, overeenkomend met 0.1 km; de sluittermen  $t$  eveneens in  $10^{-1}$ , overeenkomend met 0.1 mm.

De berekening werd uitgevoerd in  $10^{-7}$ . Dit was zeker voldoende, aangezien de afwijkingen van de uit de uitkomsten berekende sluittermen beneden  $10^{-4}$  mm bleven.

Het rekenwerk vergde enige weken en leverde tenslotte de 26 korrelaten  $K_1$  t/m  $K_{26}$ , met de bijbehorende matrix van gewichtscoefficiënten  $Q_{1,1}, Q_{1,2}, \dots, Q_{i,k}, \dots, Q_{26,26}$ . De waarden van de korrelaten, afgerond op  $10^{-5}$ , zijn gegeven in tabel 12.

De matrix van de gewichtscoefficiënten  $Q_{ij}$  is symmetrisch ten opzichte van de hoofddiagonaal; alle getallen zijn positief. Deze matrix is opgenomen in tabel 13; alle gewichtscoefficiënten zijn met 100 vermenigvuldigd (wegens hun geringe grootte) en vervolgens afgerond op  $10^{-3}$ . Bij gebruik van de gewichtscoefficiënten uit deze tabel moet dus een factor  $10^{-2}$  worden toegepast.

Na de berekening van de korrelaten volgden de correcties  $\epsilon_i$  aan de gemeten hoogteverschillen der trajecten uit de formule

$$\epsilon_i = \frac{1}{g_i} (u_i K_u + v_i K_v + \dots + w_i K_w)$$

Deze formule wordt in de praktijk vrij eenvoudig omdat de coëfficiënten  $u_i$  t/m  $w_i$  bijna allemaal 0 zijn. Er zijn er hoogstens twee ongelijk aan nul; deze zijn dan +1 en/of -1.

Tabel 11 Coëfficiënten van de normaalvergelijkingen.  
Normal equation coefficients.

Normaalvergelijkingen																													
	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	t mm	s	
1	+164.6	-22.6																									+17.3	+72.4	
2	+104.0	-21.8		-29.4	-28.6		-57.5																				+5.5	+38.5	
3		+90.6		+79.8	-19.6	-33.7																					+3.1	+36.5	
4				+74.1	+74.1		-30.8																				+4.6	+4.6	
5				+161.5	-8.2		-7.1	-10.6																			-4.0	-4.0	
6							+411.1	-16.6	-83.6																		+7.4	+26.8	
7							+137.4	-8.6	-40.9	-38.6	-71.0	-30.2	-18.4		-20.5												+3.5	+180.5	
8								+235.1	+235.1	+135.5	+155.7	-25.6	-15.4		-8.6			-11.0			-18.0						-10.7	-10.7	
9																											+1.0	+67.2	
10																												-10.3	+61.3
11																											-2.4	-2.4	
12																												-10.3	+61.3
13																												-2.4	-2.4
14																												-5.3	-5.3
15																												+1.4	+1.4
16																												+5.2	+5.2
17																												+5.9	+5.9
18																												+7.0	+7.0
19																												+2.4	+2.4
20																												-5.0	-5.0
21																												-0.7	-0.7
22																												-13.6	-13.6
23																												+3.4	+150.6
24																												-8.4	+64.2
25																												+2.6	+37.4
26																												+8.0	+67.0
																												-4.7	-4.7
																												+122.8	+122.8
																												-6.9	-6.9
																												+157.7	+157.7
																												-7.5	+138.6

Tabel 12 Berekende korrelaten.  
Calculated correlates.

$K_1 = +0.15791$	$K_{10} = -0.06237$	$K_{19} = +0.03625$
$K_2 = +0.10822$	$K_{11} = +0.00272$	$K_{20} = -0.23122$
$K_3 = +0.07750$	$K_{12} = -0.11126$	$K_{21} = -0.03790$
$K_4 = +0.13531$	$K_{13} = -0.07396$	$K_{22} = -0.04258$
$K_5 = +0.01735$	$K_{14} = +0.10285$	$K_{23} = +0.04671$
$K_6 = +0.04636$	$K_{15} = +0.12056$	$K_{24} = +0.07179$
$K_7 = +0.03945$	$K_{16} = +0.08831$	$K_{25} = +0.00740$
$K_8 = -0.10582$	$K_{17} = -0.06339$	$K_{26} = -0.04510$
$K_9 = -0.01088$	$K_{18} = -0.11678$	

De aldus berekende correcties  $\varepsilon$  zijn in tabel 9 (de voorwaardevergelijkingen) opgenomen. Met behulp van deze correcties werden de vereffende hoogteverschillen voor de 67 trajecten berekend volgens de formule:

$$P_i = p_i + \varepsilon_i$$

Uit deze vereffende hoogteverschillen konden vervolgens de hoogten t.o.v. N.A.P. van alle knooppunten in het vereffeningsnet worden berekend.

Aangezien het nulpunt te Amsterdam niet als knooppunt in het vereffeningsnet was opgenomen, werd eerst via een klein hulpnet (de kring in Amsterdam, zie § 4.3, tabel 4 en 5) de hoogte t.o.v. N.A.P. bepaald van het nabijgelegen knooppunt R.B. Ouder Amstel 3. Dit knooppunt komt voor in de kringen no. 7 en no. 10. Uitgaande van de in § 4.3 berekende hoogte van R.B. Ouder Amstel 3 = N.A.P. +0.5786 berekende men de hoogte t.o.v. N.A.P. van alle knooppunten in het vereffeningsnet.

Bovendien werden de hoogten van belangrijke tussenpunten in de trajecten berekend, waarbij de correcties van de deeltrajecten evenredig aan de desbetreffende gewichtscoefficienten van de deeltrajecten waren. Zie hiertoe de „staat van waarnemingen en uitkomsten” (Hfdst. 11), waarin deze berekeningen voor de kringen 1 t/m 26 volledig zijn opgenomen.

Tenslotte berekende men als eindcontrole van de vereffening

$$E = [g_i \varepsilon_i \varepsilon_i] = K_u t_u + K_v t_v + \dots \dots \dots K_w t_w = 13.5089$$

en daaruit als schatting voor de variantiefactor  $\sigma^2$ :

$$m^2 = \frac{E}{26} = 0.5196.$$

### 9.3 Berekening van het overige deel van het net

De westelijke en noordelijke begrenzing van het vereffeningsnet loopt ongeveer langs de lijn Breda - Dordrecht - Gouda - Haarlemmermeer - Hoorn - Wieringen - Leeuwarden - Groningen - Nieuwe Schans. Een groot aantal waterpastrajecten lag buiten deze begrenzing en moest aansluitend worden vereffend, uitgaande van de in het vereffeningsnet berekende hoogten. Ook binnen het vereffeningsnet waren nog verschillende trajecten die afzonderlijk werden berekend.



De belangrijkste aansluitende vereffening betrof 11 kringen (genaamd a t/m k) die Noord- en Zuid-Holland bedekten van Den Helder tot Hellevoetsluis. Deze kringen waren met het vereffening-net verbonden door 8 gemeenschappelijke knooppunten. De in de eerste vereffening vastgestelde hoogten van deze 8 aansluitingspunten werden als gegeven ingevoerd bij de vereffening van de kringen a t/m k; zij ondergingen dus geen verdere correcties.

De vereffening van de 11 kringen geschiedde door middel van een iteratie-methode, waarbij de trajecten per kringvoorwaarde werden vereffend, beginnend bij de noordelijke kring a. De zo gecorrigeerde hoogteverschillen werden in de volgende kringvoorwaarde als waarneming ingevoerd en daarbij opnieuw gecorrigeerd. Aldus werd het net doorlopen tot en met kring k.

Daarna volgde vanaf kring a een tweede benaderingsronde op precies dezelfde wijze en zo voort. Met zeven herhalingen convergeerde dit proces naar een sluitend systeem van vereffende hoogteverschillen. De volgens deze benaderingsmethode berekende hoogteverschillen resulteerden in de definitieve hoogten t.o.v. N.A.P. van de verschillende onbekende knooppunten in dit net. Bij een naderhand uitgevoerde controle-berekening is gebleken dat deze hoogten in het algemeen goed waren, in een aantal gevallen 0.1 mm en in slechts twee gevallen 0.2 mm afweken van die volgens de strenge vereffening. De oorspronkelijke (benaderde) berekening is aangehouden. Zie de „staat van waarnemingen in uitkomsten” (tabel 32). Uit de in de benadering berekende correcties voor de gemeten hoogteverschillen van de trajecten in deze 11 kringen volgt:

$$\frac{[g;\varepsilon;\varepsilon_i]}{11} = 0.71$$

Op soortgelijke wijze werden de resultaten berekend voor een drietal kringen (l, m n) in Noord-Friesland, waarmede o.a. Dokkum en het O.M. Murmerwoude met het net werden verbonden.

Voorts werd binnen enige kringen van het vereffening-net een knooppunt bepaald uit 3 of meer hoogteverschillen, nl.

R.B. Gasselte 11	binnen kring no. 6
P.B. Ambt Vollenhove 1	binnen kring no. 7
R.B. Muiden 13	binnen kring no. 7
H.M. Gorinchem 2 (uit 5 trajecten)	binnen kring no. 22
R.B. Horst 9	binnen kring no. 25

De hoogten van deze punten werden berekend als het gemiddelde van de resultaten van de verschillende in dat knooppunt samenkomende trajecten, met inachtneming van de desbetreffende gewichtscoefficienten (2e standaardvraagstuk).

In elk van de kringen no. 1, 3, 10, 12, 14, 17 en 20 werd een traject vereffend tussen de bekende hoogten van in het vereffening-net voorkomende punten. In de kringen no. 8 en 23 kwamen zelfs twee van dergelijke trajecten voor.

Behalve de reeds genoemde kringen a t/m n in Holland en Friesland werden enige enkelvoudig „kringen” (eigenlijk trajecten) aangesloten in het noorden van de provincie Groningen (met daarin de ondergrondse peilmerken Westernieland en Wagenborgen) en in het zuiden van de provincie Noord-Brabant (met daarin de ondergrondse peilmerken Westerhoven en Hilvarenbeek). Een dergelijke kring in westelijk Noord-Brabant via Willemstad, Steenber-

gen, Halsteren en Bergen op Zoom diende voor de (eenzijdige) aansluiting van de trajecten naar Goeree-Overflakkee, Schouwen-Duiveland, Tholen, Zuid-Beveland (met Walcheren en Noord-Beveland) en Zeeuwsch-Vlaanderen (via Belgisch gebied). Deze enkelvoudige „kringen” werden vereffend tussen de bekende hoogten van de beide eindpunten. Op de Zeeuwse eilanden en in Zeeuwsch-Vlaanderen vormden de genoemde trajecten elk een afzonderlijke kring. Afgezien van de aparte vereffening van elk van deze kringen was bij de trajecten in Zeeland geen vereffening nodig.

Een kleine kring op Texel (met het ondergrondse merk van de eerste orde) werd op dezelfde wijze berekend. Deze kring was via de in 1922 door SCHERMERHORN [21] gemeten overgang over het Marsdiep aangesloten aan Den Helder, berekend in de kring a.

Tenslotte werd een aantal kleine trajecten, die met slechts één peilmerk aan het net verbonden waren (zg. losse poten, dus zonder mogelijkheid van vereffening) berekend. Van deze trajecten is alleen de verbinding Breda–Strijbeek (Belgische grens) het vermelden waard.

Nadat aldus van alle eindpunten der trajecten in het gehele net de definitieve hoogte t.o.v. N.A.P. was berekend kon de berekening van de hoogte van alle peilmerken in de trajecten worden uitgevoerd. Deze vereffening per traject, wederom in evenredigheid met de gewichtscoëfficiënten, werd berekend in de resumptiestaten (zie § 6.5.2). In gevallen waarin een traject meer dan eenmaal was gemeten, maakte men voor de definitieve berekening meestal gebruik van de jongste meting.

De definitief berekende hoogte van elk peilmerk werd tenslotte in het archief opgenomen op de desbetreffende systeemkaart met een verwijzing naar de berekening (blz. van de resumptie) en daarbij in de kolom „Aansluitingspunten” de vermelding „Amsterdam N.A.P. 1940”.



## HOOFDSTUK 10

## NAUWKEURIGHEID VAN METINGEN EN RESULTATEN

## 10.1 Standaardafwijking van de waarnemingen

Het is gebruikelijk om de standaardafwijking van een waterpassing te berekenen uit de verschillen, die gevonden worden bij de heen- en terugmeting van eenzelfde sectie.

De formule hiervoor luidt:

$$u_R = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[ \frac{\rho_i^2}{R_i} \right]_{i=1}^{i=n}}$$

waarin

$u_R$  = standaardafwijking van 1 km waterpassing berekend als gemiddelde van heen- en terugmeting (mm).

$\rho_i$  = verschil van heen- en terugmeting (mm) in de sectie  $i$ .

(zowel de heen- als de terugmeting is het gemiddelde van de metingen van twee waarnemers)

$R_i$  = lengte (km) van de sectie  $i$ .

In de tweede nauwkeurigheidswaterpassing bedraagt het aantal secties  $n = 1739$ .

Voorts is

$$\left[ \frac{\rho_i^2}{R_i} \right] = 2997.9$$

zodat hieruit volgt

$$u_R = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2997.9}{1739}} = 0.66$$

In tabel 14 is de waarde  $u_R$  voor de verschillende jaren van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing afzonderlijk berekend, alsmede het percentage herhalingen. Uit deze tabel blijkt dat de nauwkeurigheid van de waarnemingen bij de invoering van de optische micrometer is verbeterd.

Hierbij kan nog worden opgemerkt dat de waarden voor  $u_R$  in de jaren 1926–1930 zelfs nog een enigszins geflatteerd beeld geven. Dit blijkt uit het hoge percentage waarnemingen dat werd verworpen, omdat het verschil tussen heen- en terugmeting niet voldeed aan de norm

$$\rho \leq 2.5 \text{ mm } \sqrt{R} \quad (\text{zie } \S 6.4)$$

Wanneer de norm, waaraan  $\rho$  moet voldoen, te laag is gesteld in verhouding tot de standaardafwijking van de waterpassing, zal een relatief groot aantal waarnemingen worden herhaald. Aangezien de waarde  $u_R$  alleen wordt berekend uit de geaccepteerde metingen, zal de berekende  $u_R$  lager zijn dan de werkelijke standaardafwijking van de waterpassing. Indien de norm, waaraan  $\rho$  moet voldoen, overeenkomt met tweemaal de standaardafwijking in  $\rho$  ( $2\sigma_\rho$ ),

Tabel 14 Overzicht van de standaardafwijking per kilometer waterpassing ( $u_R$ ) en het percentage herhalingen in de verschillende jaren.  
List of standard deviations per kilometre of levelling ( $u_R$ ) and the percentage repeat measurements in the different years.

Jaar	Instrum.*	Baken**	Slaglengte m	$u_R$ mm	% herhaling
1926	Brh.	Diep.	2 × 70	0.78	25
1927	Hb.	Diep.	2 × 70	0.71	
1928	Hb.	Diep.	2 × 70	0.76	12
1929	Hb.	Diep.	2 × 60	0.66	9
1930	Hb. + o.m.	Zeiss 0.5 cm	2 × 60	0.56	11
1931	Brh. + o.m. en Hb. + o.m.	Zeiss 0.5 cm	2 × 60 en 2 × 65	0.68	7
1932		Zeiss 0.5 cm	2 × 60 en 2 × 65	0.63	7
1933		Zeiss 0.5 cm	2 × 60 en 2 × 65	0.61	5
1934		Zeiss 0.5 cm	2 × 65	0.68	7
1935		Zeiss 0.5 cm	2 × 65	0.64	5
1936		Zeiss 0.5 cm	2 × 60 en 2 × 65		5
1937		Zeiss 0.5 cm	2 × 60 en 2 × 65		8
1939		Zeiss A	Zeiss 0.5 cm	2 × 60 en 2 × 65	0.57

\* Brh. = Breithaupt  
Hb. = Hildebrand  
o.m. = optische micrometer

\*\* Diep. = Dieperinkbaak  
Zeiss 0.5 cm = halvecentimeter-invarstreepbaak.

zal het percentage herhalingen voortvloeiend uit toevallige fouten ongeveer 5% bedragen. Een normaal percentage herhalingen zal dan in de buurt van 5 à 8% moeten liggen, aannemende dat slechts een zeer gering percentage blunders (waartegen de norm is opgezet) zal optreden. Gemakkelijk is in te zien dat

$$2\sigma_p = 4 u_R \sqrt{R}$$

zodat de norm

$$\rho \leq 2.5 \sqrt{R}$$

aan bovenstaand criterium voldoet bij

$$u_R = 0.625$$

Dit was sedert 1930 inderdaad het geval.

Strikt genomen is de waarde  $u_R$  evenredig met de standaardafwijking in het verschil van heen- en terugmeting. Men mag  $u_R$  slechts als maat voor de standaardafwijking in de waterpassing zelf beschouwen als vast staat dat alle optredende fouten zuiver stochastisch zijn. Door de systematiek, die bij nauwkeurigheidswaterpassing bewust wordt gehanteerd teneinde systematische fouten zoveel mogelijk te elimineren, bevat het verschil van heen- en terugmeting de in het eindresultaat geëlimineerde systematische fouten. Deze systematische fouten vloeien vooral voort uit de zakking van het instrument en de baken tijdens de meting.

In internationaal verband (Association Internationale de Géodésie) zijn uitvoerige studies verricht met betrekking tot het beschrijven van systematische fouten, o.a. door VIGNAL [36] en [37].

Ten behoeve van het Congres van de A.I.G. te Oslo in 1948 werden de volgende gegevens over de tweede nauwkeurigheidswaterpassing verzameld.\*

aantal secties	$n_R = 1739$
aantal trajecten	$n_L = 59^{**}$
aantal kringen	$n_F = 22^{**}$
sectielengte $R$	$[R] = 2320.1 \text{ km}$
trajectlengte $L$	$[L] = 2320.1 \text{ km}$
gemiddelde sectielengte $R_m$	$R_m = 1.33 \text{ km}$
gemiddelde trajectlengte $L_m$	$L_m = 39.3 \text{ km}$
verschil tussen heen- en terugmeting per sectie $\rho$	$[\rho^2] = 3842.7 \text{ mm}^2$
	$\left[\frac{\rho^2}{R}\right] = 2997.9 \frac{\text{mm}^2}{\text{km}}$
verschil tussen heen- en terugmeting per traject $\lambda$ (alleen voor de meting die bij de berekening van de tussenpunten is gebruikt)	$\left. \begin{array}{l} [\lambda] = +102.6 \text{ mm} \\ [\lambda^2] = 10546.0 \text{ mm}^2 \\ \left[\frac{\lambda^2}{L}\right] = 195.5 \frac{\text{mm}^2}{\text{km}} \end{array} \right\}$
(de vereffeningscorrectie per traject ( $\gamma$ ) is niet gebruikt i.v.m. vele trajectherhalingen)	
sluitterm per kring $\Phi$	$[\Phi] = +3.6 \text{ mm}^{***}$
gereduceerde lengte per kring $\bar{F}$	$[\bar{F}] = 2768.1 \text{ km}$
gemiddelde gered.kringlengte $\bar{F}_m$	$\bar{F}_m = 125.8 \text{ km}$
	$[\Phi^2] = 1107.7 \text{ mm}^2$
	$\left[\frac{\Phi^2}{\bar{F}}\right] = 9.3 \frac{\text{mm}^2}{\text{km}}$

Uit deze gegevens kan men de standaardafwijking per kilometer waterpassing op verschillende manieren berekenen.

Uit de 1739 sectieverschillen  $\rho$  volgt:

$$u_R = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n_R} \left[\frac{\rho^2}{R}\right]} = 0.66 \quad (\text{zie begin van deze } \S)$$

\* Door het gebruik van gereduceerde kringlengtes wijken sommige getallen af van die gepubliceerd in Oslo.

\*\* De Duitse trajecten en de verbindingen daarvan werden niet meegerekend nl. traject no. 27, 28, 55, 56, 62, 63, 67. Bovendien werden de trajecten 52 en 53 samengevoegd.

\*\*\* In § 9.2 werd de sluitterm per kring overeenkomstig de notatie van Tienstra met  $t$  aangeduid.

Uit de 59 trajectverschillen  $\lambda$  volgt:

$$u_L = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n_L} \cdot \left[ \frac{\lambda^2}{L} \right]} = 0.91$$

De 22 kringsluittermen  $\Phi$  geven tenslotte:

$$u_F = \sqrt{\frac{1}{n_F} \cdot \left[ \frac{\Phi^2}{F} \right]} = 0.65$$

Deze laatste waarde is een gebrekkige eerste berekening van de schatting voor de standaardafwijking, die volgt uit de vereffening van het net

$$m = \sqrt{0.5196} = 0.72$$

(zie §9.2).

Het valt op dat de waarden  $u_R$ ,  $u_F$  en  $m$  weinig van elkaar afwijken, waaruit men zou kunnen concluderen dat het effect van systematische fouten in het verschil  $p$  van heen- en terugmeting per sectie slechts gering is. Het is voorts opmerkelijk dat de waarde  $u_L$  belangrijk groter is dan  $u_R$ ,  $u_F$  en  $m$ . Dit kan erop wijzen dat het verschil  $\lambda$  tussen heen- en terugmeting inderdaad bij grotere trajectlengte ( $L_m = 39.3$  km) enige invloed van systematische fouten ondergaat, een invloed die blijkens het geringe verschil van  $u_R$ ,  $u_F$  en  $m$  vervolgens in het gemiddelde van heen- en terugmeting weer wordt geëlimineerd.

Om de invloed van de lengte  $L$  van de trajecten op de uitkomst  $u_L$  te onderzoeken, werden de trajecten kunstmatig vergroot door er een aantal bij elkaar te voegen en daarna de berekening te herhalen. Hetzelfde kan men toepassen bij de kringen. (Zie VIGNAL [36] en [37]).

Dit levert de volgende tabellen:

Tabel 15 Berekening van de standaardafwijking  $u_L$  bij toename van de gemiddelde trajectlengte  $L$ .  
Derivation of the standard deviation  $u_L$  in the case of increasing average line length  $L$ .

gemidd. trajectlengte $L_m$ (km)	$u_L$	aantal trajecten $n_L$
39	0.91	59
77	1.11	30
116	1.09	20
155	1.09	15
193	1.08	12

Tabel 16 Berekening van de standaardafwijking  $u_F$  bij toename van de gemiddelde kring-omtrek  $F$ .  
Derivation of the standard deviation  $u_F$  in the case of increasing average loop circumference  $F$ .

gemiddelde gered. kringlengte $F_m$ (km)	$u_F$	aantal kringen $n_F$
126	0.65	22
194	0.79	11
265	0.91	8
325	0.84	6

Tabel 15 lijkt te bevestigen dat de waarde van  $u_L$  toeneemt tot een maximum waarde bij  $L_m = 77$  km, doch wegens de geringe nauwkeurigheid van de berekende  $u_L$  (uit een te klein aantal waarnemingen) mag hieraan geen conclusie worden verbonden. Hetzelfde geldt in nog sterkere mate voor de uitkomsten in tabel 16. Op grond van de bovenstaande overwegingen is hier afgezien van het berekenen van zg. toevallige en systematische fouten volgens de internationale formules.

## 10.2 Nauwkeurigheid van de berekende hoogten

De standaardafwijkingen van de berekende hoogten in het vereffeningsnet zijn te berekenen aan de hand van de gewichtscoëfficiënten van de korrelaten (tabel 13) en de gewichtscoëfficiënten („gereduceerde lengten”  $\bar{L}_i = 1/g_i$ ) van de gemeten hoogteverschillen (zie tabel 9).

In principe geldt voor het verschil van de hoogten  $H_A$  en  $H_B$  van twee knooppunten A en B in het net de algemene formule: (zie [26] p. 111, 112)

$$AB = H_B - H_A$$

$$AB = [k_i P_i]$$

waarin  $P_i$  de vereffende hoogteverschillen voorstellen en waarin de factoren  $k_i$  de waarde +1, -1 of 0 kunnen hebben.

Uit deze formule kan de gewichtscoëfficiënt van het beschouwde hoogteverschil worden berekend als volgt: (zie [26] p. 112)

$$\overline{AB, AB} = \left[ \frac{k_i k_i}{g_i} \right] - \left\{ \left[ \frac{u_i k_i}{g_i} \right] Q_u + \left[ \frac{v_i k_i}{g_i} \right] Q_v + \left[ \frac{w_i k_i}{g_i} \right] Q_w + \dots \right\}^{(2)}$$

Hierin is  $\{ \}^{(2)}$  een symbolische schrijfwijze voor een kwadratische uitwerking van de uitdrukking tussen de accoladen, waarbij echter  $Q_u^2$  wordt vervangen door  $Q_{uu}$  en  $Q_u Q_v$  door  $Q_{uv}$  etc.

Voor  $1/g_i$  gebruikt men de gereduceerde lengten  $\bar{L}_i$ .

Voorts zijn de coëfficiënten  $u_i, v_i, \dots$  etc. en  $k_i$  in een groot aantal gevallen 0 en anders +1 of -1. Hierdoor wordt de algemene formule belangrijk eenvoudiger, nl. (zie fig. 35)

$$\overline{AB, AB} = (\bar{L}_i + \bar{L}_j) - \{ +\bar{L}_i(Q_{16} - Q_{15}) + \bar{L}_j(Q_{18} - Q_{17}) + \dots \}^{(2)}$$

waarin  $\bar{L}_i + \bar{L}_j$

de totale gereduceerde lengte voorstelt van het traject van A naar B beschreven in de formule

$$AB = [k_i P_i]$$

Voorts stellen de even nummers kringen voor die „rechts” en de oneven nummers kringen die „links” liggen van het gemeenschappelijk traject  $L_i$  (resp.  $\bar{L}_j$ ) dat voorkomt in de formule

$$AB = [k_i P_i]$$

De formule wordt nog eenvoudiger te hanteren indien de gekozen trajecten slechts in één kring voorkomen, dus langs de buitenomtrek van het net liggen. In de situatie van fig. 35 bijv.:

$$\overline{AB, AB} = (\bar{L}_k + \bar{L}_l) - (\bar{L}_k^2 \cdot Q_{15,15} + \bar{L}_l^2 \cdot Q_{17,17} + 2\bar{L}_k \cdot \bar{L}_l \cdot Q_{15,17})$$

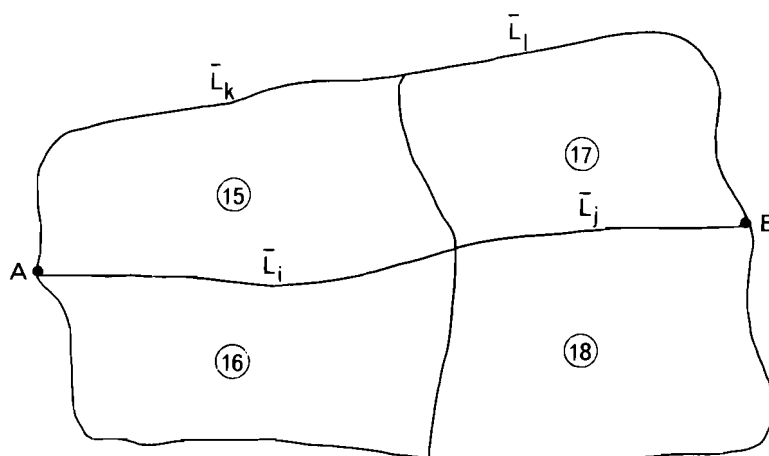


Fig. 35 Schematisch overzicht van het waterpastraject AB (lengte  $\bar{L}_i + \bar{L}_j$ ) met de aangrenzende kringen 15, 17, 16 en 18.

Schematic diagram of the levelling line AB (length  $\bar{L}_i + \bar{L}_j$ ) with the adjoining loops 15, 17, 16 and 18.

Met behulp van deze formule werden gewichtscoefficienten bepaald van een groot aantal hoogteverschillen t.o.v. het knooppunt R.B. Ouder Amstel 3.

Om tenslotte de gewichtscoefficienten ten opzichte van het nulpunt te Amsterdam te berekenen moest eigenlijk nog rekening worden gehouden met de gewichtscoefficient van het hoogteverschil R.B. Ouder Amstel 3 ten opzichte van de dijkpeilstenen Amsterdam 1 en Amsterdam 3. Uit de afstanden in de kring in Amsterdam (§4.3) volgt hiervoor de waarde:

$$\frac{1}{g_i} = \bar{L} = 2.3 + 4.7 = 7.0.$$

Aangezien echter in de eerste nauwkeurigheidswaterpassing alle standaardafwijkingen (zie [20] pag. X) werden berekend t.o.v. het peilmerk C<sub>17</sub> in de Muiderpoort te Amsterdam, eveneens gelegen op enige afstand van de dijkpeilstenen Amsterdam 1 en 3, werd in het volgende geen rekening gehouden met de gewichtscoefficienten van R.B. Ouder Amstel 3. De berekende gewichtscoefficienten van de hoogteverschillen t.o.v. Ouder Amstel 3 worden dus beschouwd als de gewichtscoefficienten van de „hoogte t.o.v. N.A.P.”.

Door vermenigvuldiging van deze gewichtscoefficienten met de schatting voor de variantiefactor

$$m^2 = 0.52 \quad (\text{zie §9.2})$$

konden tenslotte de standaardafwijkingen van de hoogten t.o.v. N.A.P. voor de knooppunten in het net worden berekend. In tabel 17 zijn de aldus berekende standaardafwijkingen verzameld. In deze tabel zijn tevens de in de eerste nauwkeurigheidswaterpassing berekende standaardafwijkingen opgenomen (zie [20] pag. X t/m XII).

Tenslotte werden op dezelfde wijze de standaardafwijkingen berekend voor de onderlinge hoogteverschillen tussen de ondergrondse peilmerken van de eerste orde voor zover zij in elkaars nabijheid liggen. Deze gegevens zijn opgenomen in tabel 18.

Tabel 17 Standaardafwijkingen van de hoogten van knooppunten t.o.v. Amsterdam in de eerste en de tweede nauwkeurigheidswaterpassing.  
Standard deviations of the nodal point levels in relation to Amsterdam in the first and second geodetic levellings.

Knooppunt	Standaardafwijking t.o.v. N.A.P. (in mm)		Knooppunt	Standaardafwijking t.o.v. N.A.P. (in mm)	
	1875-1885	1926-1940		1875-1885	1926-1940
Groningen	8.1	5.7	Oegstgeest	4.3	4.4
Scheemda	8.5	5.8	's-Gravezande	5.4	5.5
Nieuwe Schans	8.9	5.9	Overschie	5.0	5.0
Leeuwarden	8.2	6.0	Sliedrecht	(4.8)	4.5
Wonseradeel	9.1	5.8	Middelburg	9.4	8.6
Achtkarspelen	8.3	5.7	Westkapelle	9.9	9.0
Lemmer	7.5	5.6	Kruiningen	8.2	7.5
Stavoren	8.7	(5.7)	Breskens	10.6	9.5
Assen	7.8	5.4	Sluiskil	9.6	8.3
Meppel	6.3	5.1	's-Hertogenbosch	5.0	4.4
Sleen	-	5.5	Woensdrecht	7.4	6.4
Hengelo	(7.5)	5.2	Breda	5.5	5.1
Oldenzaal	7.8	5.3	Tilburg	5.3	4.8
Deventer	5.2	5.2	Eindhoven	(5.7)	5.4
Arnhem	4.9	4.6	Maastricht	(8.5)	6.1
Oldenbroek	5.7	5.0	Pey (Echt)	7.2	(5.7)
Eibergen	-	5.1	Roermond	6.6	5.5
Nijmegen	5.2	4.6	Venlo	6.6	5.4
Zevenaar	5.6	4.7	Bergen (L)	(5.9)	5.1
Tull en 't Waal (Culemborg)	4.3	3.8			
Utrecht	3.6	3.6			
Amersfoort	3.7	4.3			
Haarlem	3.1	(3.6)			
Velsen	3.9	3.2			
Alkmaar	5.3	4.6			
Den Helder	7.0	6.6			
Anna Paulowna	(6.4)	6.0			
Enkhuizen	7.3	5.3			

De tussen haakjes geplaatste getallen werden door interpolatie berekend uit de varianties van nabij gelegen punten.

### 10.3 Diverse onderzoeken aan het waarnemingsmateriaal

De grote hoeveelheid waarnemingsmateriaal leverde de mogelijkheid om verschillende aspecten van de nauwkeurigheid van een waterpassing nader te onderzoeken.

#### 10.3.1 Relatie tussen standaardafwijking en sectielengte

Allereerst werd een onderzoek ingesteld naar de geldigheid van de relatie tussen de standaardafwijking van een gemeten hoogteverschil en de afgelegde afstand (zie §8.3). Daartoe werden van 783 secties, voorkomend op de resumentiebladen 1 t/m 130 (gemeten met Dieperink-

Tabel 18 Standaardafwijkingen (in mm) der vereffende hoogteverschillen tussen verschillende ondergrondse peilmerken.  
Standard deviations (in mm) of the adjusted level differences between various underground benchmarks.

	Wieringen	Oude Mirdum	Ubbena	Heiligerlee	Bunder Neuland	Steenwijk	Oldenzaal	Haarle	Heerde	Lochem	Velp (Gld.)	Amersfoort	Den Donk	Malden	Gilze Rijen	Reuver	Straelen
O.M. Oude Mirdum (Gaasterland)	5.5																
O.M. Ubbena (Vries)	5.8	4.3															
O.M. Heiligerlee (Scheemda)	6.2	4.8	3.1														
U.F. Bunder Neuland (D)			3.8	3.0													
O.M. Steenwijk	5.6	3.8	2.9	3.7	4.1												
O.M. Oldenzaal (Losser)			4.2		4.3	4.2											
O.M. Haarle (Hellendoorn)					4.4		3.3										
O.M. Heerde						3.3	3.7	2.9									
O.M. Lochem							3.3	3.0	3.4								
O.M. Velp (Rheden)							3.5	3.3	3.4	2.5							
O.M. Amersfoort	6.1					4.2		3.9	3.7	3.7	3.3						
O.M. Den Donk (Brandwijk)	6.6										4.3	4.1					
O.M. Malden (Heumen)											2.3	3.5	4.2				
O.M. Gilze Rijen											4.6	3.9	3.9				
O.M. Reuver (Beesel)														3.3	4.6		
U.F. Straelen (D)														3.2	4.6	1.6	
U.F. Elten (D)							3.7			2.9	2.0			2.4			3.5
O.M. Sint Geertruid															5.6	3.4	3.6

baak in 1926, 1927 en 1928) de verschillen  $p$  tussen heen- en terugmeting gesorteerd in klassen naar de lengte  $R$  van de desbetreffende sectie. De grenzen van deze klassen waren:

- 0-150 m
- 150-250 m
- 250-350 m
- en zo vervolgens tot 2050-2150 m

In alle klassen boven 2150 m kwamen minder dan 14 waarnemingen voor, deze werden niet in het onderzoek betrokken. Per klasse werd vervolgens de som van de kwadraten van de verschillen  $p$  bepaald:

per klasse:  $[p^2]$

en daaruit per klasse:



$$\sigma_R^2 = \frac{[\rho^2]}{4n}$$

(waarin  $n$  het aantal waarnemingen per klasse).

Het resultaat is opgenomen in tabel 19 en Fig. 36, waaruit blijkt dat de grafiek kan worden beschreven met de formule:

$$\sigma_R^2 = 0.457 R + 0.087$$

met correlatiecoëfficiënt 0.910.

Voor een sectielengte  $R = 1$  km volgt uit deze formule

$$\sigma_1^2 = 0.544 \text{ en } \sigma_1 = 0.738.$$

(vergelijk met de waarden  $u_R$  in 1926, 1927 en 1928 in tabel 14, § 10.1).

Tabel 19

Berekende waarden  $\sigma_R^2 = [\rho^2]/4n$  in relatie tot de sectielengte  $R$  (periode 1926 t/m 1928).  
Calculated values  $\sigma_R^2 = [\rho^2]/4n$  in relation to the section length  $R$  (period 1926 to 1928).

(Instrumenten Breithaupt en Hildebrand met Dieperinkbaak)		
$R$ (km)	$[\rho^2]/4n$ (mm <sup>2</sup> )	$n$
0.1	0.071	27
0.2	0.189	37
0.3	0.216	33
0.4	0.321	24
0.5	0.420	25
0.6	0.333	29
0.7	0.404	26
0.8	0.444	26
0.9	0.477	31
1.0	0.409	39
1.1	0.683	48
1.2	0.765	46
1.3	0.522	70
1.4	0.698	44
1.5	0.890	62
1.6	0.966	40
1.7	0.736	53
1.8	0.816	31
1.9	1.113	29
2.0	1.172	36
2.1	0.780	27
		783

Tabel 20

Berekende waarden  $\sigma_R^2 = [\rho^2]/4n$  in relatie tot de sectielengte  $R$  (periode 1930 t/m 1939).  
Calculated values  $\sigma_R^2 = [\rho^2]/4n$  in relation to the section length  $R$  (period 1930 to 1939).

(Instrumenten Breithaupt en Hildebrand met optische micrometer)		
$R$ (km)	$[\rho^2]/4n$ (mm <sup>2</sup> )	$n$
0.1	0.051	27
0.2	0.057	29
0.3	0.093	29
0.4	0.123	28
0.5	0.251	28
0.6	0.221	27
0.7	0.282	29
1.45	0.728	78
1.55	0.721	90
1.65	0.538	71
1.75	0.735	61
1.85	0.715	70
1.95	0.682	63
2.05	0.805	55
2.15	0.928	60
2.25	0.650	36
2.35	1.175	23
2.45	0.960	16
2.55	0.950	19
		839

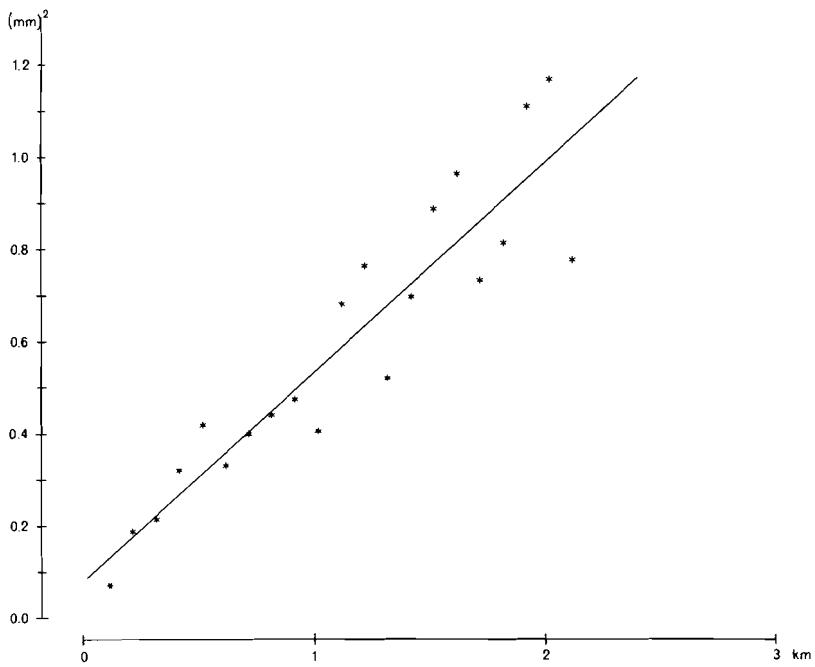


Fig. 36 Grafische voorstelling van de gegevens van tabel 19.

Graphical representation of the data of table 19.

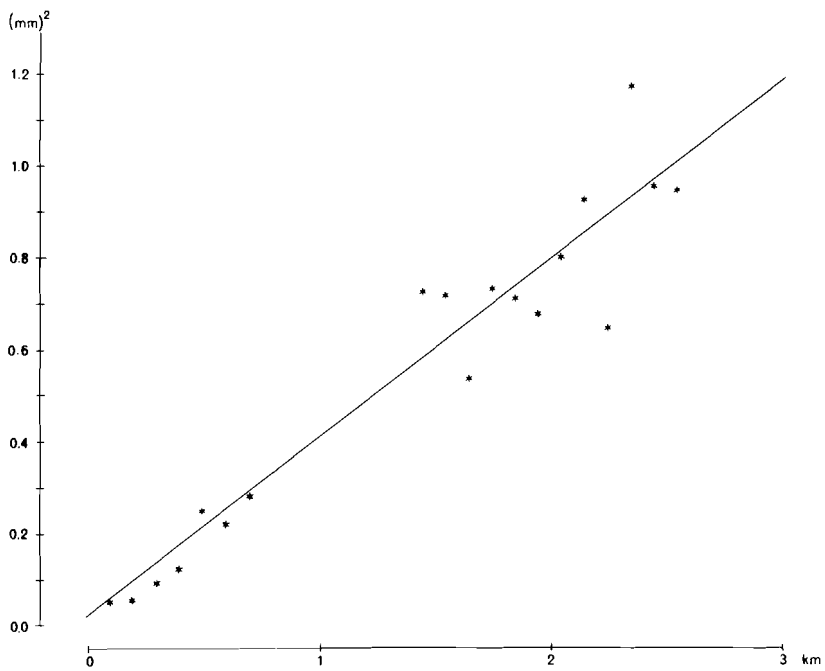


Fig. 37 Grafische voorstelling van de gegevens van tabel 20.

Graphical representation of the data of table 20.

Een soortgelijk onderzoek werd uitgevoerd voor 839 secties uit de periode 1930-1939, in lengte variërend van 100 m tot 700 m en van 1400 m tot 2500 m. De gebruikte instrumenten waren Hildebrand en Breithaupt, nu voorzien van de optische micrometer. Het waarnemingsmateriaal werd verzameld uit de resumties no. 175 t/m 335, vervolgens aangevuld met waarnemingen alleen voor secties groter dan 1.7 km uit de resumties no. 336 t/m 680. Onder de kleinere secties ( $\leq 700$  m) werden bij het onderzoek nog 13 secties aangetroffen die niet voldeden aan de norm  $\rho \leq 2.5\sqrt{R}$ ; in een aantal gevallen hanteerden de waarnemers namelijk voor kleine secties de norm  $\rho \leq 3.0\sqrt{R}$  (zie § 6.4). Terwille van de homogeniteit werden deze 13 secties niet in het onderzoek betrokken.

Uit tabel 20 volgt de relatie

$$\sigma_R^2 = 0.388 R + 0.021$$

met een correlatiecoëfficiënt van 0.935. (Fig. 37).

Deze formule levert voor een sectie van 1 km lengte

$$\sigma_1^2 = 0.409 \text{ en } \sigma_1 = 0.640.$$

(vergelijk met § 10.1, tabel 14, de waarden voor  $u_R$  in 1930-1939).

Uit beide onderzoeken blijkt dat het kwadraat van de standaardafwijking van een gemeten hoogteverschil inderdaad evenredig mag worden verondersteld aan de afgelegde afstand.

### 10.3.2 *Relatie tussen standaardafwijking en slaglengte*

Een ander onderzoek betrof de relatie tussen de nauwkeurigheid per slag en de slaglengte. Als uitgangswaarden gebruikte men de verschillen  $\nu$  van de resultaten der beide waarnemers in de afzonderlijke slagen. Het onderzoek werd uitgevoerd voor verschillende waterpasinstrumenten, nl. Hildebrand, Breithaupt en Zeiss A. Op dezelfde wijze als in het vorige onderzoek werden de verschillen  $\nu$  (nu ontleend aan de waarnemingsformulieren) gerubriceerd naar de lengte van de slag. Per rubriek werd vervolgens de waarde  $[\nu\nu]/2n$  berekend.

Aldus werd bijvoorbeeld het volgende resultaat berekend voor de jaren 1931 en 1932 (waarnemingsformulieren 4000-6050). Het gebruikte waterpasinstrument was de Hildebrand met optische micrometer; in elke rubriek werden 60 verschillen  $\nu$  verzameld; zie tabel 21.

Uit tabel 21 volgt de relatie:

$$q_s = 0.262 + 0.00092 S$$

waarin  $q_s$  de standaardafwijking van het door één waarnemer gemeten hoogteverschil in een slag met slaglengte  $S$  (m) voorstelt.

Op soortgelijke wijze werd de relatie tussen  $q_s$  en  $S$  afgeleid voor de instrumenten Breithaupt (1935-1936) en Zeiss A (1939-1940 en 1950) zie de tabellen 22 en 23.

Door middel van een tweetal speciale laboratoriumproeven werd vervolgens getracht de elementen van de verkregen formules nader te analyseren. Allereerst de relatie tussen de nauw-

Tabel 21

Relatie tussen de slaglengte en de standaardafwijking per slag, berekend uit de verschillen van beide waarnemingen. Hildebrand 1931-1932 (optische micrometer).

Relationship between sight length and the standard deviation per sight, derived from the differences between the two observations. Hildebrand 1931-1932 (optical micrometer).

$\frac{1}{2}S$ Halve slaglengte (m)	$n$	$q_s = \sqrt{\frac{[vv]}{2n}}$ mm
20	60	0.283
25	60	0.344
30	60	0.315
35	60	0.306
40	60	0.312
45	60	0.319
50	60	0.406
55	60	0.384
60	60	0.373
65	60	0.356

Tabel 23

Relatie tussen de slaglengte en de standaardafwijking per slag, berekend uit de verschillen van beide waarnemingen. Zeiss A 1939-1940 en 1950 (optische micrometer).

Relationship between the sight length and the standard deviation per sight, derived from the differences between the two observations. Zeiss A 1939-1940 and 1950 (optical micrometer).

$\frac{1}{2}S$ (m)	$n$	$q_s$ (mm)
20	242	0.136
40	606	0.156
60	560	0.254
65	212	0.242
67	233	0.200
80	889	0.259

Relatie:  $q_s = 0.083 + 0.00113 S$ .

Tabel 22

Relatie tussen de slaglengte en de standaardafwijking per slag, berekend uit de verschillen van beide waarnemingen. Breithaupt 1935-1936 (optische micrometer).

Relationship between the sight length and the standard deviation per sight, derived from the differences between the two observations. Breithaupt 1935-1936 (optical micrometer).

$\frac{1}{2}S$ (m)	$n$	$q_s$ (mm)
20	39	0.227
25	42	0.181
30	36	0.204
35	36	0.225
40	96	0.253
45	26	0.295
55	14	0.330
65	148	0.326

Relatie:  $q_s = 0.132 + 0.00151 S$ .

Tabel 24

Standaardafwijking van de baakaflezing bij verschillende slaglengten (uit laboratoriumproeven).

Standard deviation of the staff reading for different sight lengths (from laboratory tests).

$\frac{1}{2}S$ (m)	stand.afw. $b_s$ baakaflezing (mm)
10	0.014
20	0.037
30	0.034
40	0.054
50	0.066
60	0.076
70	0.100

Hieruit volgt de relatie:

$b_s = 0.0018 + 0.00066 S$ .

keurigheid van de baakaflezing en de afstand van instrument tot baak ( $\frac{1}{2}S$ ). Het instrument van Hildebrand werd daartoe op een stenen pijler stabiel opgesteld (zodat het niveau in rust bleef), waarna de baak bij verschillende afstanden  $\frac{1}{2}S$  telkens vijfentwintig keer werd afgelezen met de optische micrometer. Voor elke afstand werd de standaardafwijking van de aflezing berekend (tabel 24).

De inspeelnauwkeurigheid van het niveau werd afzonderlijk bepaald met de grote niveaubeproeve van het Laboratorium voor Geodesie: deze werd daarbij als foutloos verondersteld. Dit leverde:

Hildebrand 5"-niveau, bellengte 17 P.L., inspeelnauwkeurigheid 0".20

Breithaupt 5"-niveau, bellengte 19 P.L., inspeelnauwkeurigheid 0".23

Breithaupt 5"-niveau, bellengte 27 P.L., inspeelnauwkeurigheid 0".13

Zie ook JORDAN [35], die een waarde van 0".2 geeft als inspeelnauwkeurigheid van een 5"-niveau.

Een inspeelnauwkeurigheid van het niveau ter grootte van 0".2 geeft bij een afstand  $\frac{1}{2}S$  (m) een bijdrage tot de standaardafwijking van :

$$a_s = \frac{0''.2}{\rho''} (\frac{1}{2}S) \cdot 10^3 \text{ mm} = 0.00048 S \text{ mm}$$

De theoretische afleesnauwkeurigheid ten gevolge van het inspelen van het niveau en het aflezen van de baak gezamenlijk volgt uit:

$$b_s^2 + a_s^2$$

en hieruit volgt als theoretische nauwkeurigheid van de waarneming van een hoogteverschil:

$$q_s^2 = 2 (b_s^2 + a_s^2)$$

Bij benadering is  $b_s = 0.00066 S$  zodat men vindt:

$$q_s^2 = 1.332 S^2 \cdot 10^{-6}$$

of  $q_s = 0.00115 S$

een formule, verkregen uit laboratoriumproeven.

Vergelijkt men deze theoretische formule met de in de praktijk verkregen formules voor de standaardafwijking per slag dan blijkt dat de evenredigheid met de slaglengte  $S$  in beide formules goed overeen komt. De uit de praktijk berekende formules vertonen echter een belangrijke constante term (niet voor alle instrumenten dezelfde) die in de theoretische formule ontbreekt.

Dit constante deel zou o.a. verklaard kunnen worden door het optreden van zakking van het instrument tijdens de meting van elk der waarnemers. Doordat de waarnemers in tegengestelde volgorde de baken aflezen komt een zakking van het instrument in het verschil van beide waarnemingen per slag tot uiting; als de zakking gelijkmatig is, wordt zij echter in het gemiddelde van de beide waarnemingen geëlimineerd. Merkwaardig is in dit verband de relatie tussen het gewicht van elk der instrumenten (inclusief statief) en het constante deel in de formule voor  $q_s$ :

	gewicht instr. + statief	constante deel in $q_s$
Hildebrand	19.8 kg	0.262
Breithaupt	16.0 kg	0.132
Zeiss A	11.9 kg	0.083

Het statief van het Hildebrand instrument is door de speciale schotelconstructie extra zwaar; zie § 5.1.2.

Echter, ook het optreden van systematische fouten in de optische micrometer zou een verklaring voor dit constante deel in de standaardafwijking  $q_s$  kunnen opleveren. De waarnemers verrichten immers hun waarnemingen op twee verschillende baakverdelingen, die ongeveer een half interval ( $5 \frac{1}{2}$  mm) ten opzichte van elkaar zijn verschoven; hierdoor gebruiken zij altijd verschillende standen van de optische micrometer. De aanwezigheid van een mogelijke systematische fout werd onderzocht voor de optische micrometers van de instrumenten Hildebrand en Breithaupt 4, door in het laboratorium een afstandje van  $5 \frac{1}{2}$  mm telkens in verschillende standen van de micrometer te meten (zie tabel 25)

Tabel 25 Onderzoek naar periodieke en schaal fouten in de optische micrometer van het waterpasinstrument.  
Investigation into periodic and scale errors in the optical micrometer of the level.

Hildebrand		Breithaupt 4	
Stand van de micrometer (globale aflezingen)	meting van $5 \frac{1}{2}$ mm (in $\frac{1}{2}$ mm)	Stand van de micrometer (globale aflezingen)	meting van $5 \frac{1}{2}$ mm (in $\frac{1}{2}$ mm)
10.0-5.0	4.86	0.0- 5.0	4.83
9.0-4.0	4.90	1.0- 6.0	4.79
8.0-3.0	4.92	2.0- 7.0	4.73
7.0-2.0	4.95	3.0- 8.0	4.76
6.0-1.0	5.09	4.0- 9.0	4.71
5.0-0.0	5.17	5.0-10.0	4.80
gemiddeld 4.98		gemiddeld 4.77	

De standaardafwijking van de metingen in tabel 25 bedraagt ongeveer  $0.03 \frac{1}{2}$  mm).

Uit dit onderzoek blijkt dat de optische micrometer van het Hildebrand-instrument inderdaad een systematische (periodieke) fout vertoont, die in het uiterste geval  $0.31 \frac{1}{2}$  mm = 0.16 mm kan bijdragen in het verschil van beide waarnemingen per slag. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de mechanische overbrenging van de optische micrometer ten tijde van het onderzoek (1951) veel speling vertoonde, zodat de resultaten misschien niet representatief zijn voor de kwaliteit van het instrument in 1931 en 1932. Voor de optische micrometer van het instrument Breithaupt 4 is geen periodieke fout aantoonbaar, echter wel een schaal-fout van  $0.23 \frac{1}{2}$  mm = 0.12 mm. Dit kan in het uiterste geval aanleiding geven tot een systematische fout van 0.12 mm in het verschil van beide waarnemingen per slag. Deze micrometer bevond zich tijdens het onderzoek in goede mechanische conditie.

Samenvattend kan men concluderen dat het van de slaglengte onafhankelijke deel in de formule  $q_s$  vermoedelijk zowel door de zakking van het instrument als door systematische fouten in de optische micrometer wordt veroorzaakt. Een groot deel van deze invloeden zal echter in het gemiddelde van de resultaten der beide waarnemers geëlimineerd zijn.

### 10.3.3 De standaardafwijking per kilometer waterpassing op verschillende manieren berekend.

Op grond van de formules in § 10.3.2 kan men uit de standaardafwijking per slag verschillende waarden voor de standaardafwijking per kilometer berekenen. Allereerst, uitgaande van de in het laboratorium bepaalde formule voor de standaardafwijking per slag:

$$q_s = 0.00115 S \text{ (pag. 109)}$$

Deze formule leidt tot de volgende (theoretische) standaardafwijking per kilometer waterpassing (gemiddelde van twee waarnemers en van heen- en terugmeting).

$$u_a = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1000}{S}} \cdot 0.00115 S$$

Dit wordt:  $u_a = 0.0182 \sqrt{S}$

waaruit voor verschillende slaglengten  $S$  volgt.

$S$	standaardafwijking per km (instrumenteel) $u_a$
80 m	0.16 mm
100 m	0.18 mm
120 m	0.20 mm
140 m	0.22 mm

Een vergelijking van deze theoretische bedragen met de in § 10.1 berekende waarden voor  $u_R$ ,  $u_F$  en  $m$  leert ons dat de nauwkeurigheid van de waterpassing voor een zeer belangrijk gedeelte wordt bepaald door andere factoren dan alleen de nauwkeurigheid van het instrument.

Men kan ook, uitgaande van de standaardafwijking per slag  $q_s$  (berekend uit de verschillen van beide waarnemingen per slag, zie tabellen 21 t/m 23) een andere waarde ( $u_q$ ) berekenen voor de standaardafwijking per kilometer waterpassing.

Gebruikmakend van de formule

$$u_q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1000}{S}} \cdot q_s$$

vinden we bij  $S = 120$  m de in tabel 26 opgenomen waarden van  $q_s$ .

Tabel 26 Standaardafwijking per kilometer waterpassing, berekend uit de verschillen per slag (slaglengte  $2 \times 60$  m).  
Standard deviation per kilometre of levelling, derived from the differences per sight (sight length  $2 \times 60$  m).

Hildebrand	1931-1932	$u_q = 0.54$ mm
Breithaupt	1935-1940	$u_q = 0.45$ mm
Zeiss A	1939-1940 en 1950	$u_q = 0.31$ mm

Het blijkt dat de standaardafwijking  $u_q$  per kilometer waterpassing, op deze wijze berekend, toch nog belangrijk kleiner is dan de waarde  $u_R$  zoals die uit de verschillen tussen heen- en terugmeting wordt berekend (zie tabel 14). Dit is ook wel verklaarbaar, want er bestaat een belangrijk principieel verschil tussen beide berekeningswijzen. We berekenden immers  $u_q$  uit de verschillen tussen de beide waarnemingen per slag; dit zijn twee metingen die nagenoeg gelijktijdig, in eenzelfde opstelling van het instrument, dus onder vrijwel identieke omstandigheden zijn uitgevoerd.

Bij de berekening van  $u_R$  daarentegen maakten we gebruik van de verschillen tussen heen- en terugmeting per sectie. De omstandigheden waaronder heen- en terugmeting plaatsvinden kunnen belangrijke verschillen vertonen; in de opzet van de metingen tracht men zo'n verschil in omstandigheden zelfs te bevorderen.

Uit het waarnemingsmateriaal is de invloed van dit verschil in omstandigheden ook nog op andere wijze af te leiden. In de resumptiestaten worden namelijk van elke sectie alle vier waarnemingen (van beide waarnemers de heen- en terugmeting) genoteerd. Voor de berekening van de standaardafwijking  $u_R$  werd steeds gebruikt het verschil  $\rho$  tussen de gemiddelde heenmeting  $\Delta G$  en de gemiddelde terugmeting  $\Delta J$ . Men kan echter ook het gemiddelde  $\Delta D$  van de heen- en terugmeting van de eerste waarnemer vergelijken met dat van de tweede waarnemer  $\Delta D_2$ . In schema:

	gemeten hoogteverschil		
	heen	terug	
waarnemer $M_1$	$\Delta G_1$	$\Delta J_1$	$\Delta D_1 = \frac{\Delta G_1 + \Delta J_1}{2}$
waarnemer $M_2$	$\Delta G_2$	$\Delta J_2$	$\Delta D_2 = \frac{\Delta G_2 + \Delta J_2}{2}$
	$\Delta G = \frac{\Delta G_1 + \Delta G_2}{2}$	$\Delta J = \frac{\Delta J_1 + \Delta J_2}{2}$	$\rho = \Delta G - \Delta J$

Deze beide gemiddelden  $\Delta D_1$  en  $\Delta D_2$  per waarnemer zijn onder nagenoeg gelijke omstandigheden gemeten, zodat de uit  $\rho' = \Delta D_1 - \Delta D_2$  berekende waarde voor de standaardafwijking  $u'_R$  per kilometer waterpassing vergelijkbaar moet zijn met de in tabel 26 berekende waarden voor  $u_q$ .

Voor een aantal trajecten, gemeten in verschillende perioden en met verschillende instrumenten, werd de waarde  $u'_R$  berekend. De resultaten zijn samengevat in tabel 27. Uit de vergelijking van deze tabel met tabel 26 blijkt de goede overeenstemming tussen de waarden  $u'_R$  en  $u_q$ . Beide grootheden zijn berekend uit de verschillen van de gelijktijdig uitgevoerde metingen van de beide waarnemers;  $u_q$  uit de verschillen per slag,  $u'_R$  uit de verschillen per sectie. Uit de goede overeenstemming mag men overigens niet concluderen dat hiermee tussen de standaardafwijking per slag en de standaardafwijking per kilometer een sluitend formule-systeem is gevonden. Immers, in § 10.3.2 werd aangetoond dat de standaardafwijking per slag voor een belangrijk gedeelte bestaat uit een constante term die van de slaglengte onafhanke-



lijk is; dit constante deel zal vermoedelijk echter geëlimineerd zijn uit het gemiddelde van de resultaten der beide waarnemers. De overeenstemming tussen  $u_q$  en  $u'_R$  is dan in feite onlogisch.

Uit het voorgaande blijkt dat het nauwkeurigheidsonderzoek van waterpassing zowel door het samengaan van toevallige en systematische fouten, als vanwege het geringe aantal overtalige waarnemingen een moeilijk begaanbaar terrein is, waarin nog veel arbeid is te verrichten.

Tabel 27 Standaardafwijking per kilometer waterpassing, berekend uit zowel de verschillen van heen- en terugmeting ( $u_R$ ) als uit de verschillen van de resultaten der beide waarnemers ( $u'_R$ ).  
Standard deviation per kilometre of levelling, derived from both the differences in back and forth measurements ( $u_R$ ) and the differences of the readings from the two surveyors ( $u'_R$ ).

Pagina resumtie	Tijdvak	Instrument	Slaglengte $S$ (m)	Aantal secties	$u_R$ mm	$u'_R$ mm
210-213 282	31.04-31.05 32.06	Hildebrand	120	26	0.73	0.46
327-337a	32.09-32.10	Breithaupt	120	83	0.62	0.54
559-570	36.08-36.09	Breithaupt	120	87	0.63	0.46
571-578	36.06-36.07	Hildebrand	100	68	0.57	0.45
681-691	40.04-40.05	Zeiss	120	96	0.55	0.40
692-701	40.06-40.07	Zeiss	120	60	0.62	0.39

#### 10.4 Vergelijking van de resultaten der eerste en tweede nauwkeurigheidswaterpassing

In de eerste nauwkeurigheidswaterpassing waren 566 verkenmerken geplaatst en aange-meten; de beschrijving en hoogte van deze verkenmerken werd gepubliceerd in de eerste af-deling van „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20]. Bovendien werden in de tweede afdeling van „Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20] de hoogten vermeld van 336 reeds bestaande verkenmerken en van de nulpunten van 74 peilschalen. Van deze ongeveer 900 verkenmerken plus de ongeveer 200 verkenmerken beschreven in de „Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen” [16] waren er tijdens de tweede nauwkeurigheidswaterpassing nog ongeveer 500 aanwezig; de meeste daarvan zijn opnieuw in de waterpassing opgenomen.

De verschillen tussen de hoogten, gevonden in de eerste en in de tweede nauwkeurigheidswaterpassing, zijn opgenomen in tabel 28. In Fig. 38 zijn deze verschillen weergegeven door ze op schaal uit te zetten dwars op de gewaterpaste lijnen, zodat een indruk ontstaat van de ver-deling van de berekende rijzingen en dalingen over geheel Nederland. Deze kaart werd in 1954 gepubliceerd door EDELMAN [34].

Aangezien in beide nauwkeurigheidswaterpassingen het nulpunt (N.A.P.) te Amsterdam als uitgangspunt werd gehanteerd bedraagt het verschil te Amsterdam per definitie nul (zie ook §4.2). In Fig. 38 kan men zien dat in het zuiden van het land overwegend rijzingen en in het Noorden en Westen uitsluitend dalingen werden berekend. Voorts blijkt eruit dat in de ge-bieden met dalingen plaatselijk grote uitschieters voorkomen (extra grote dalingen); het ge-bied met rijzingen is in dit opzicht veel meer homogeen. Deze uitschieters zullen ongetwijfeld aan plaatselijke inklinking van de bovenste bodemlagen moeten worden toegeschreven of aan slechte fundering van de gebouwen waarin zich de verkenmerken bevinden.

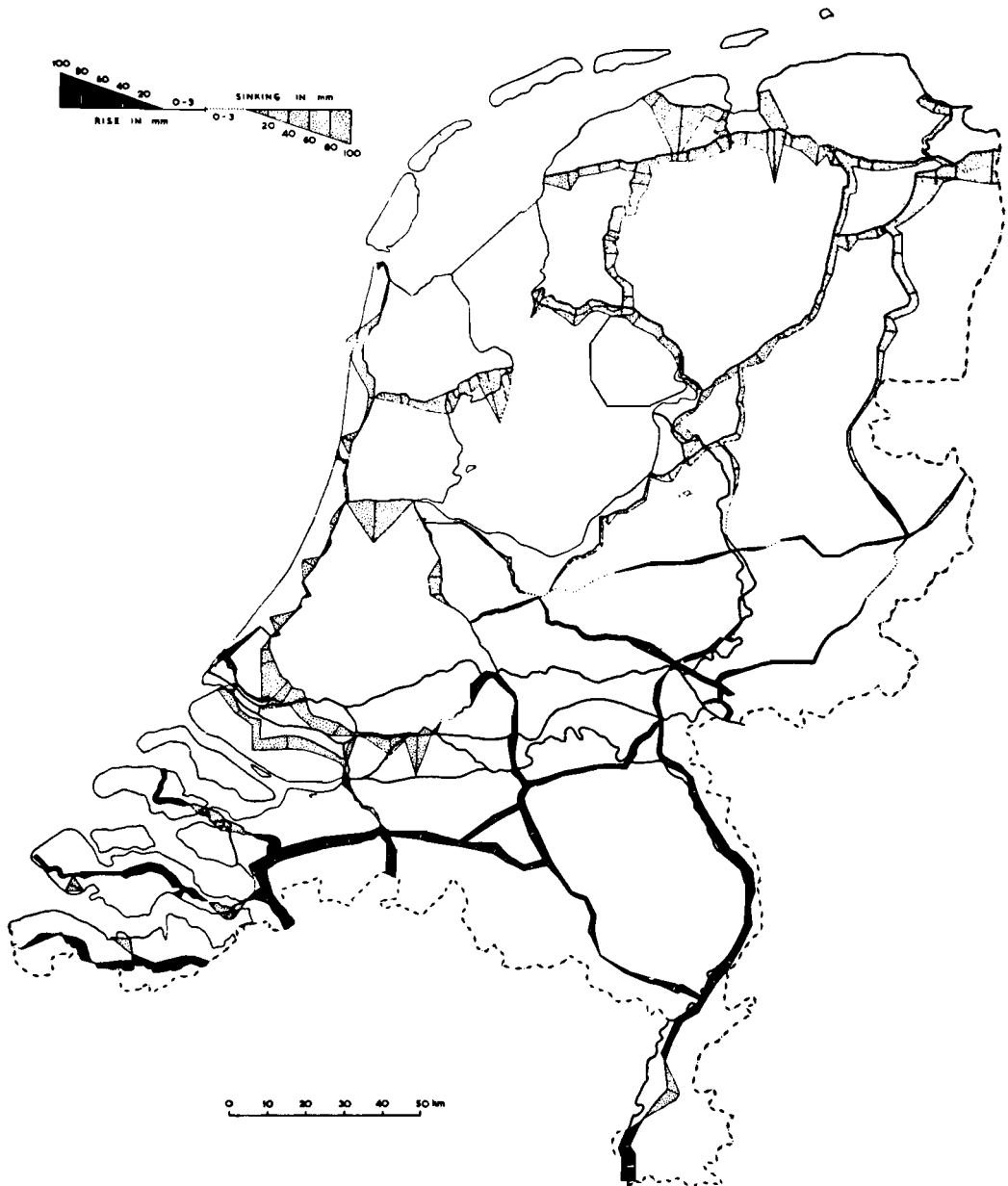


Fig. 38 Hoogteveranderingen afgeleid uit de vergelijking van de eerste en tweede nauwkeurigheidswaterpassing (1875-1885 c.q. 1886-1887 en 1926-1940) (naar EDELMAN [34]).

Level differences derived from a comparison between the first and second geodetic levellings (1875-1887, 1926-1940) (after EDELMAN [34]).

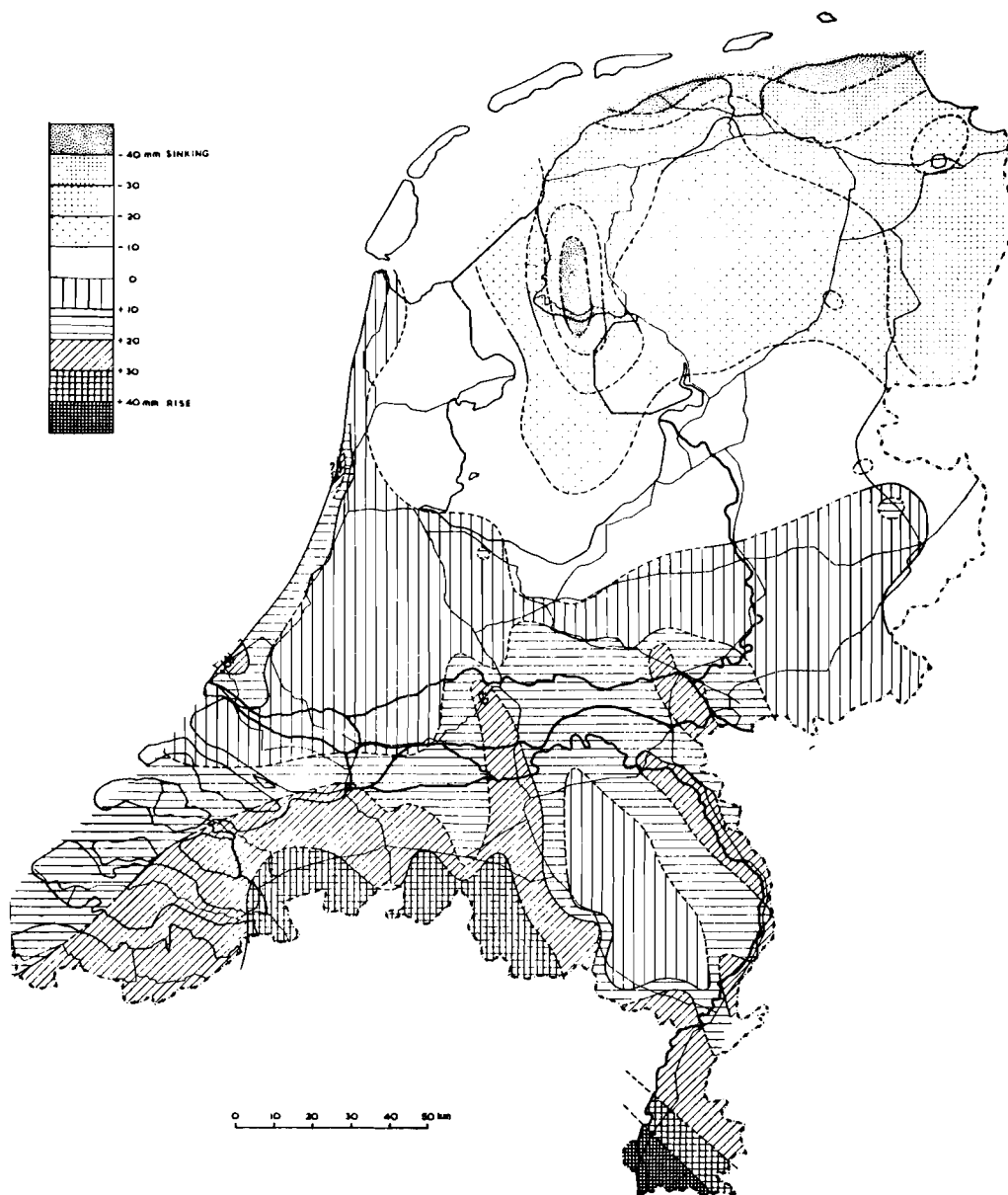


Fig. 39 Bodembewegingspatroon, ontleend aan Fig. 38. (naar EDELMAN [34]).  
Crustal movement pattern, derived from Fig. 38 (after EDELMAN [34]).

Tabel 28 Hoogteveranderingen berekend uit resultaten der eerste en tweede nauwkeurigheidswaterpassing. Changes in level calculated from results of the first and second geodetic levellings.

1875-1885			1926-1940				punt nr. na 1960
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	
<b>Groningen</b>							
C1 510	'85	5.4871	- 31.8	Delfzijl 1	'34	5.4553	8A020
C2 382	'85	0.5466	- 18.8	Delfzijl 2	'34	0.5278	7F041
C2 383	'85	0.6456	- 13.0	Delfzijl 3	'34	0.6326	
C1 511	'85	3.7492	- 28.5	Delfzijl 4	'34	3.7207	7F040
C1 479	'84	4.1913	- 36.6	Grijpskerk 1	'33	4.1547	6H087
C1 480	'84	4.3312	- 61.1	Grijpskerk 2	'34	4.2701	6H090
C2 362	'84	2.0880	- 42.2	Grijpskerk 3	'33	2.0458	6H094
C2 372	'84	0.6333	- 30.0	Grijpskerk 4	'34	0.6033	6F008
C1 485	'84	2.0936	- 58.3	Groningen 1	'33	2.0353	7D053
C1 486	'84	6.1613	- 27.3	Groningen 2	'34	6.1340	7D039
C1 500	'84	3.7056	- 23.6	Hoogezand 2	'34	3.6820	
C2 378	'84	3.1737	- 43.7	Hoogezand 3	'34	3.1300	
C1 501	'84	4.6939	- 23.7	Hoogezand 4	'34	4.6702	7G010
C1 82	'76	4.2816	- 78.0	Muntendam 1	'34	4.2036	
C1 87	'76	3.5573	- 94.8	Nieuwe Schans 1	'34	3.4625	8D023
C1 88	'76	3.1472	-116.8	Nieuwe Schans 2	'34	3.0304	8D026
C1 89	'76	2.3791	-112.7	Nieuwe Schans 3	'34	2.2664	
C1 507	'84	2.1467	-274.9	Nieuwolda 1	'34	1.8718	8C038
C2 380	'84	0.5619	-131.0	Nieuwolda 2	'34	0.4309	8C039
C1 499	'84	3.1711	- 50.0	Noorddijk 1	'34	3.1211	
C2 376	'84	1.6305	- 53.3	Noorddijk 2	'34	1.5772	
C1 84	'76	4.4010	- 39.9	Scheemda 1	'34	4.3611	13A082
C1 504	'84	4.8432	- 26.6	Scheemda 2	'34	4.8166	8C010
C1 508	'85	4.0630	- 17.9	Termunten 1	'34	4.0451	8A004
C1 509	'85	5.5916	- 34.8	Termunten 2	'34	5.5568	8A013
C2 381	'85	2.0888	- 95.4	Termunten 3	'34	1.9934	
C1 497	'84	4.1097	- 33.4	Ulrum 1	'34	4.0763	6F039
C1 85	'76	5.3979	- 39.4	Winschoten 1	'34	5.3585	13A087
C1 481	'84	3.2698	-156.4	Zuidhorn 1	'33	3.1134	
C2 363	'84	2.0437	-139.9	Zuidhorn 2	'33	1.9038	
C1 482	'84	7.2396	- 32.4	Zuidhorn 3	'33	7.2072	7C076
C2 364	'84	4.0916	- 48.8	Zuidhorn 4	'33	4.0428	7C056
C1 483	'84	6.0556	- 33.3	Zuidhorn 5	'33	6.0223	7C054
<b>Friesland</b>							
C1 476	'84	5.9490	- 37.0	Achtkarspelen 1	'33	5.9120	6G079
C1 477	'84	3.7708	- 38.8	Achtkarspelen 2	'33	3.7320	6G098
C1 478	'84	2.7777	- 20.2	Achtkarspelen 3	'33	2.7575	6G107
C1 492	'84	7.7896	-159.0	Dokkum 1	'33	7.6306	6B038
C1 445	'83	2.8219	- 15.2	Doniawerstal 1	'33	2.8067	
C2 343	'83	1.9015	- 15.7	Doniawerstal 2	'34	1.8858	
C2 344	'83	2.2098	+ 0.6	Doniawerstal 3	'33	2.2104	
C1 446	'83	3.0994	- 22.6	Doniawerstal 4	'34	3.0768	
C1 469	'84	3.1738	- 23.7	Franeker 1	'33	3.1501	5G013
C2 352	'85	0.5190	- 3.7	Franekeradeel 1	'33	0.5153	
C1 470	'85	5.4318	- 55.4	Franekeradeel 2	'33	5.3764	5G009
C1 460	'84	6.5217	- 33.9	Gaasterland 2	'33	6.4878	
C1 461	'84	6.5203	- 44.9	Gaasterland 3	'33	6.4754	15E009

1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
C1 471	'85	6.2963	- 19.5	Harlingen 1	'33	6.2768	5D006
C1 463	'84	5.9279	- 22.1	Hemelumer-Oldephaert en Noordwolde 1	'33	5.9058	15B005
C1 464	'84	3.0478	- 96.8	Hemelumer-Oldephaert en Noordwolde 2	'33	2.9510	15B023
C2 348	'84	0.1778	- 13.3	Hemelumer-Oldephaert en Noordwolde 3	'33	0.1645	15B026
C1 488	'84	4.9779	- 39.2	Kollumerland en Nieuw Kruisland 2	'33	4.9387	6E012
C1 457	'83	4.1167	- 27.7	Leeuwarden 1	'33	4.0890	6C038
C1 458	'83	4.7752	- 27.6	Leeuwarden 2	'33	4.7476	6C032
C1 454	'83	2.9576	- 47.6	Leeuwarden 13	'34	2.9100	11A060
C1 456	'83	3.0225	- 50.6	Leeuwarden 14	'34	2.9719	
C1 442	'83	3.0075	- 36.1	Lemsterland 1	'34	2.9714	
C2 338	'83	1.9368	- 35.0	Lemsterland 2	'33	1.9018	
C1 443	'83	2.6321	- 31.1	Lemsterland 4	'34	2.6010	15F012
C1 444	'83	2.5458	- 31.4	Lemsterland 5	'33	2.5144	15F035
C2 341	'83	1.5156	- 27.1	Lemsterland 6	'33	1.4885	15F034
C2 342	'83	1.8295	- 49.1	Lemsterland 7	'34	1.7804	15F055
C1 467	'84	6.6762	- 22.1	Menaldumadeel 1	'33	6.6541	5H034
C1 468	'84	5.3132	- 26.8	Menaldumadeel 2	'33	5.2864	5H013
C1 491	'84	5.9130	- 26.1	Oostdongeradeel 4	'33	5.8869	6B056
C1 453	'83	6.3619	- 26.6	Rauwerderhem 1	'33	6.3353	10F036
C1 449	'83	2.6428	- 36.6	Sneek 1	'34	2.6062	10H047
C2 345	'83	0.3120	- 51.0	Sneek 2	'34	0.2610	10H051
C1 450	'83	4.6349	- 44.7	Sneek 3	'34	4.5902	10H052
C1 451	'83	3.1902	- 33.2	Sneek 4	'34	3.1570	10H055
C1 465	'84	3.9213	- 34.7	Stavoren 1	'33	3.8866	15B008
C1 474	'84	3.4560	- 19.8	Tietjerksteradeel 2	'33	3.4362	6D056
C1 475	'84	3.7002	- 28.9	Tietjerksteradeel 3	'33	3.6713	6D077
C1 493	'84	7.7414	- 44.4	West Dongeradeel 1	'33	7.6970	6B071
C1 494	'84	6.3100	- 40.9	West Dongeradeel 2	'33	6.2691	6A078
C2 370	'84	4.9882	-112.1	West Dongeradeel 3	'33	4.8761	6A083
C2 371	'84	5.0867	-100.8	West Dongeradeel 4	'33	4.9859	6A082
C1 448	'83	2.8721	- 41.1	Wijmbritseradeel 2	'34	2.8310	10H030
C1 452	'83	4.6129	- 33.8	Wijmbritseradeel 3	'34	4.5791	10F006
<b>Drenthe</b>							
C1 72	'76	11.7088	- 22.4	Assen 1	'35	11.6864	12D034
C1 73	'76	12.9330	- 15.6	Assen 2	'35	12.9174	12D042
C1 74	'76	13.8000	- 17.0	Assen 3	'35	13.7829	12D045
C2 36	'76	10.6567	- 25.1	Assen 4	'35	10.6316	12D056
C2 31	'76	14.4732	- 5.1	Beilen 1	'36	14.4681	17A023
C1 69	'76	15.1264	- 17.3	Beilen 2	'36	15.1091	
C1 70	'76	15.8908	- 9.1	Beilen 3	'35	15.8817	
C2 33	'76	14.7035	- 6.4	Beilen 4	'35	14.6971	17B030
C1 71	'76	17.0356	- 20.5	Beilen 6	'35	17.0151	
C2 35	'76	13.5162	- 22.0	Beilen 7	'35	13.4942	12D014
AD1 62	'86	19.3472	- 21.2	Borger 1	'35	19.3260	17E054
AD2 37	'86	17.2848	- 23.8	Borger 2	'35	17.2610	17E056
AD1 48	'86	13.4214	- 3.3	Coevorden 1	'36	13.4181	
AD2 23	'86	11.4035	- 3.5	Coevorden 2	'36	11.4000	22E089
AD2 25	'86	13.3896	- 7.2	Dalen 1	'36	13.3824	22E105
AD2 26	'86	13.7717	- 17.0	Dalen 2	'36	13.7547	22E108
AD1 57	'86	24.5838	- 24.2	Emmen 1	'35	24.5596	17H063

1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
AD2 32	'86	23.8272	- 26.4	Emmen 2	'35	23.8008	17H064
AD1 63	'86	17.0196	- 23.9	Gasselte 1	'35	16.9957	
AD1 64	'86	16.1929	- 21.9	Gasselte 2	'35	16.1710	12G019
AD1 65	'86	18.5248	- 24.3	Gasselte 3	'35	18.5005	
C1 78	'76	20.3998	- 18.5	Gieten 1	'35	20.3813	12G041
C1 77	'76	20.7067	- 25.9	Gieten 2	'35	20.6808	
C1 63	'76	3.9169	- 9.1	Meppel 1	'36	3.9078	
C1 64	'76	3.4873	- 39.9	Meppel 2	'34	3.4474	21E088
C2 335	'83	2.6976	- 87.4	Meppel 3	'34	2.6102	21E095
AD1 60	'86	23.1131	- 14.4	Odoorn 2	'35	23.0987	17F021
C1 75	'76	10.2307	- 47.0	Rolde 1	'35	10.1837	
C1 76	'76	18.9393	- 18.7	Rolde 2	'35	18.9206	12D079
C1 66	'76	11.6813	- 9.1	Ruinen 1	'36	11.6722	17C050
C1 67	'76	10.3676	- 14.0	Ruinen 2	'36	10.3536	17C055
C1 68	'76	16.2866	- 15.6	Ruinen 3	'36	16.2710	17C091
C1 65	'76	4.1702	- 31.4	Ruinerwold 1	'36	4.1388	16H021
AD1 54	'86	15.9564	- 35.8	Sleen 1	'36	15.9206	
AD1 55	'86	17.3716	- 19.5	Sleen 2	'36	17.3521	
AD2 30	'86	17.549-	- 44.-	Sleen 3	'36	17.5053	17H035
C1 516	'84	10.8108	- 17.6	Vries 1	'35	10.7932	12B024
<b>Overijssel</b>							
AD1 33	'86	13.0295	- 20.5	Almelo 1	'36	13.0090	28G111
C1 439	'83	3.7257	- 24.0	Blokszyl 1	'34	3.7017	16D008
AD1 28	'86	16.4656	+ 5.2	Borne 1	'36	16.4708	
C1 44	'76	22.3973	+ 4.5	Delden (stad) 1	'36	22.4018	28G005
C1 47	'76	27.9571	- 6.2	Denekamp 1	'36	27.9509	29A019
C1 39	'75	10.1851	+ 3.1	Deventer 1	'35	10.1882	33E101
C2 19	'76	7.1140	- 42.5	Deventer 2	'35	7.0715	
C1 259	'80	16.5453	- 9.4	Deventer 3	'36	16.5359	33E105
C1 40	'76	10.0337	- 1.5	Diepenveen 1	'36	10.0322	33F081
C2 20	'76	8.7425	+ 1.4	Diepenveen 2	'36	8.7439	27G025
C1 51	'76	8.2526	+ 2.1	Diepenveen 3	'36	8.2547	27G053
C2 21	'76	7.5858	+ 2.7	Diepenveen 4	'36	7.5885	27G052
C1 430	'83	2.3781	- 11.2	Genemuiden 1	'37	2.3669	
C1 431	'83	3.5737	- 4.0	Genemuiden 2	'37	3.5697	21B001
C1 432	'83	4.8607	- 23.6	Genemuiden 3	'36	4.8371	21B008
C2 327	'83	2.5649	- 53.2	Genemuiden 5	'35	2.5117	
C2 328	'83	2.8653	- 47.6	Genemuiden 6	'35	2.8177	
C1 43	'76	15.0415	+ 2.7	Goor 1	'36	15.0442	34B078
AD1 44	'86	12.031-	- 6.-	Gramsbergen 1	'36	12.0250	22E025
AD1 45	'86	11.064-	- 6.-	Gramsbergen 2	'36	11.0585	22E026
AD2 18	'86	10.823-	- 36.-	Gramsbergen 4	'36	10.7869	
AD1 24	'86	28.0418	- 4.2	Haaksbergen 1	'36	28.0376	34E012
AD2 25	'86	27.2236	- 5.7	Haaksbergen 2	'36	27.2179	34E013
C1 45	'76	19.6787	+ 5.9	Hengelo 1	'36	19.6846	28H004
C1 41	'76	20.9372	+ 4.5	Holten 1	'36	20.9417	28C013
C1 426	'83	4.9990	- 30.8	Kampen 1	'37	4.9682	21D123
C1 427	'83	4.0372	- 46.5	Kampen 3	'37	3.9907	21D131
C1 428	'83	5.5582	- 17.3	Kampen 4	'37	5.5409	
C1 441	'83	4.1673	- 24.9	Kuinre 1	'34	4.1424	16C059

1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
C1 42	'76	19.4464	+ 1.6	Markelo 1	'36	19.4480	34B075
C1 46	'76	49.0221	- 8.2	Oldenzaal 1	'36	49.0139	29C018
C2 22	'76	8.4135	+ 6.6	Olst 1	'36	8.4201	27G068
C2 23	'76	8.7309	- 5.9	Olst 2	'36	8.7250	27G085
C1 52	'76	6.8730	- 0.8	Olst 3	'36	6.8722	27G141
C1 62	'76	3.5784	- 5.3	Staphorst 1	'36	3.5731	21E013
C1 433	'83	5.6010	- 34.1	Vollenhove 1	'37	5.5669	
C2 336	'83	4.1705	- 35.8	Vollenhove 2	'37	4.1347	21B015
C1 437	'83	4.4600	- 17.1	Vollenhove 3	'34	4.4429	
C1 438	'83	7.6344	- 9.5	Vollenhove 13	'34	7.6249	
C2 332	'83	1.9183	-129.1	Wanneperveen 1	'37	1.7892	
C1 436	'83	3.0649	- 20.6	Wanneperveen 2	'37	3.0443	21E059
C2 333	'83	1.6339	- 22.9	Wanneperveen 3	'37	1.6110	21E061
C2 334	'83	2.0366	- 20.9	Wanneperveen 4	'34	2.0157	21E060
C1 53	'76	9.1333	- 6.8	Wijhe 1	'40	9.1265	27E040
C2 25	'76	7.4416	- 31.2	Wijhe 2	'36	7.4104	
C1 54	'76	4.1519	- 14.8	Wijhe 3	'36	4.1371	
C1 434	'83	1.7140	- 6.6	Zwartsluis 1	'37	1.7074	
C1 435	'83	1.7965	- 8.8	Zwartsluis 2	'37	1.7877	
C1 57	'76	5.2956	- 13.1	Zwolle 1	'37	5.2825	21G057
C1 58	'76	5.0208	- 9.8	Zwolle 2	'37	5.0110	
C1 55	'76	4.5743	- 5.6	Zwollerkerspel 1	'36	4.5687	27E129
C1 56	'76	3.8180	- 2.7	Zwollerkerspel 2	'36	3.8153	21G013
C1 60	'76	5.2376	- 16.0	Zwollerkerspel 3	'37	5.2216	21G086
C1 424	'83	2.8455	- 8.6	Zwollerkerspel 5	'37	2.8369	21G028
<b>Gelderland</b>							
C1 29	'75	31.0767	+ 5.2	Apeldoorn 1	'35	31.0819	
C2 18	'75	107.0158	+ 8.3	Apeldoorn 2	'35	107.0241	33A004
C1 30	'75	21.4153	+ 15.0	Apeldoorn 4	'35	21.4303	33B046
C1 31	'75	21.4284	+ 15.2	Apeldoorn 5	'35	21.4436	
C1 33	'75	19.4345	- 4.2	Apeldoorn 6	'35	19.4303	33B028
C1 107	'77	34.4069	+ 24.3	Arnhem 1	'26	34.4312	
C1 109	'77	16.2273	+ 13.8	Arnhem 2	'37	16.2411	
C1 111	'77	14.6716	+ 13.4	Arnhem 3	'39	14.6850	
C1 112	'77	15.5475	- 38.5	Arnhem 4	'26	15.5090	
C1 24	'75	8.5319	- 2.2	Barneveld 1	'35	8.5297	32E021
C2 226	'80	9.5639	- 13.6	Brummen 1	'39	9.5503	
C1 253	'80	12.0001	+ 12.7	Brummen 2	'39	12.0128	33F039
C2 227	'80	10.7115	- 7.8	Brummen 3	'39	10.7037	
C2 229	'80	8.3663	+ 14.2	Brummen 5	'39	8.3805	33F049
C1 159	'79	7.6834	+ 14.1	Culemborg 5	'32	7.6975	39A027
AD1 1	'86	14.8314	+ 15.6	Didam 1	'39	14.8470	
AD1 2	'86	14.4000	+ 16.2	Didam 2	'36	14.4162	
AD1 4	'86	16.7593	+ 5.9	Doetinchem 2	'39	16.7652	
C1 416	'83	5.8940	- 4.5	Doornspijk 1	'35	5.8895	27A082
C1 262	'80	13.9296	+ 16.0	Duiven 1	'39	13.9456	40B025
C1 104	'77	9.9588	+ 11.9	Ede 1	'27	9.9707	
C1 105	'77	24.1420	+ 15.6	Ede 2	'37	24.1576	
AD1 19	'86	23.1571	- 3.0	Eibergen 1	'39	23.1541	
AD1 20	'86	25.7220	+ 1.4	Eibergen 2	'39	25.7234	34G066

1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
C1 417	'83	4.2538	- 7.5	Elburg 1	'35	4.2463	27A126
C1 418	'83	5.2380	+ 9.1	Elburg 2	'35	5.2471	
C1 113	'77	15.2561	- 10.1	Elst 1	'26	15.2460	40A038
C1 114	'77	13.2192	+ 6.1	Elst 2	'37	13.2253	40A011
C2 47	'77	11.3208	+ 16.4	Elst 3	'37	11.3372	
C1 115	'77	13.2084	+ 20.6	Elst 4	'37	13.2290	
C1 116	'77	12.7211	+ 19.2	Elst 5	'37	12.7403	40C061
C1 409	'83	17.6664	- 6.7	Ermelo 1	'35	17.6597	
C1 415	'83	9.9505	- 9.6	Ermelo 3	'35	9.9409	27A006
C1 409*	'83	17.9624	- 6.7	Ermelo 12 (verklikkers Ermelo 1)	'35	17.9557	
C1 409*	'83	17.3484	- 6.7	Ermelo 13 (verklikkers Ermelo 1)	'35	17.3417	
*(C1 409 is vervallen; Ermelo 12 en 13 zijn de verklikkers van dit merk)							
C1 160	'79	7.6511	+ 8.2	Geldermalsen 1	'32	7.6593	39C139
C1 258	'80	10.2672	+ 3.4	Gorssel 2	'35	10.2706	33F056
C2 233	'80	7.8180	- 7.2	Gorssel 4	'35	7.8108	
AD1 16	'86	26.7281	+ 1.2	Groenlo 1	'39	26.7293	34D015
AD1 17	'86	25.8812	+ 7.0	Groenlo 2	'36	25.8882	
C1 411	'83	5.0385	- 5.7	Harderwijk 1	'35	5.0328	26H034
C1 413	'83	5.7920	- 4.6	Harderwijk 3	'35	5.7874	26H062
C1 267	'80	17.2308	+ 14.6	Herwen en Aerdt 3	'28	17.2454	40G022
C1 121	'77	13.4413	+ 12.0	Heumen 1	'37	13.4533	46A072
C1 23	'75	4.5106	+ 0.3	Hoevelaken 1	'35	4.5109	32B040
C1 404	'83	5.1007	- 7.2	Nijkerk 2	'35	5.0935	32E156
C1 118	'77	14.2005	- 94.6	Nijmegen 1	'26	14.1059	
C1 119	'77	32.3825	+ 9.3	Nijmegen 4	'37	32.3918	
C1 120	'77	30.8482	+ 15.3	Nijmegen 5	'25	30.8635	
C1 300	'81	11.8040	+ 15.6	Nijmegen 6	'36	11.8196	
C1 419	'83	4.8112	- 28.3	Oldebroek 1	'35	4.7829	27A136
C1 421	'83	5.8573	- 14.6	Oldebroek 3	'35	5.8427	27B050
C1 299	'81	13.0548	+ 21.0	Overasselt 1	'37	13.0758	
C1 408	'83	19.5891	- 16.1	Putten 3	'35	19.5730	32F086
C1 248	'80	15.6615	+ 12.5	Rheden 1	'39	15.6740	40B086
C1 249	'80	19.5534	+ 10.3	Rheden 2	'39	19.5637	40B096
C1 250	'80	16.6155	+ 13.5	Rheden 5	'39	16.6290	40B102
C1 251	'80	16.1853	+ 10.9	Rheden 6	'39	16.1962	33G004
C1 252	'80	16.4177	- 17.8	Rheden 7	'35	16.3999	
C2 225	'80	9.4713	+ 14.5	Rheden 8	'35	9.4858	
C1 102	'77	8.2069	+ 7.6	Scherpenzeel 1	'27	8.2145	32G034
C1 161	'79	7.6554	+ 18.0	Waardenburg 1	'33	7.6734	39C037
AD1 3	'86	14.5340	+ 7.3	Wehl 1	'39	14.5413	40F026
C1 260	'80	15.4195	+ 13.9	Westervoort 1	'32	15.4334	
C2 234	'80	14.5863	+ 10.6	Westervoort 2	'32	14.5969	
C1 261	'80	13.2116	+ 10.0	Westervoort 3	'39	13.2216	40B035
AD1 10	'86	21.5731	+ 4.8	Wisch 1	'36	21.5779	41A020
AD1 11	'86	20.9399	+ 14.9	Wisch 2	'36	20.9548	41A021
C1 163	'79	8.1383	+ 24.3	Zaltbommel 2	'26	8.1626	45A162
C1 263	'80	13.9902	+ 16.9	Zevenaar 1	'39	14.0071	40E001
C1 264	'80	15.0766	+ 15.2	Zevenaar 2	'32	15.0918	40G075
C1 254	'80	11.0039	- 25.3	Zutphen 1	'35	10.9786	
C1 255	'80	13.7187	+ 6.2	Zutphen 2	'35	13.7249	33H173
C1 256	'80	11.8327	+ 6.7	Zutphen 3	'39	11.8394	33H171



1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
<b>Noord-Brabant</b>							
C1 220	'80	10.3757	+ 33.7	Bergen op Zoom 1	'31	10.4094	49B014
C1 221	'80	11.5263	+ 33.5	Bergen op Zoom 2	'31	11.5598	
C1 172	'79	16.5861	+ 19.6	Best 1	'32	16.6057	
C1 171	'79	10.9816	+ 26.5	Boxtel 1	'26	11.0081	45D004
C2 119	'79	8.2359	+ 17.0	Boxtel 3	'26	8.2529	
C1 212	'80	7.1217	+ 25.7	Breda 1	'32	7.1474	44D003
C1 213	'80	6.3415	+ 24.3	Breda 2	'32	6.3658	44D002
C1 214	'80	7.6208	+ 23.6	Breda 14	'32	7.6444	50B137
C2 186	'80	6.5981	+ 17.7	Breda 15	'32	6.6158	50B136
C1 173	'79	19.9909	+ 8.5	Eindhoven 1	'32	19.9994	51G049
C1 174	'79	19.8471	+ 5.7	Eindhoven 2	'32	19.8528	51G050
C1 215	'80	11.6620	+ 27.3	Etten c.a. 1	'32	11.6893	50A178
C1 284	'81	11.7311	+ 30.1	Gilze c.a. 1	'31	11.7612	
C1 279	'81	9.3936	+ 25.2	Ginneken 2	'31	9.4188	
C1 298	'81	12.9151	+ 14.5	Grave 1	'37	12.9296	
C1 295	'81	10.5524	+ 9.1	Heesch 1	'37	10.5615	45E033
C1 176	'79	24.7594	+ 17.4	Heeze 1	'26	24.7768	
C1 288	'81	10.1583	+ 22.5	Helvoirt 1	'33	10.1808	45C031
C1 167	'79	8.1373	+ 24.2	's-Hertogenbosch 1	'26	8.1615	45A020
C1 168	'79	8.5004	+ 19.3	's-Hertogenbosch 5	'37	8.5197	45C105
C1 169	'79	8.5358	+ 20.9	's-Hertogenbosch 6	'37	8.5567	45C106
C1 216	'80	10.9863	+ 31.7	Hoeven 1	'32	11.0180	49F043
C2 187	'80	10.0643	+ 29.1	Hoeven 2	'32	10.0934	49F044
C1 206	'80	7.6541	+ 24.7	Hooge- en Lage Zwaluwe 1	'30	7.6788	
C1 207	'80	7.6320	+ 27.2	Hooge- en Lage Zwaluwe 2	'30	7.6592	
C1 209	'80	2.7194	- 97.7	Klundert 1	'38	2.6217	
C1 177	'79	29.3815	+ 19.7	Leende 1	'26	29.4012	57E032
C1 290	'81	14.8599	+ 32.3	Moergestel 1	'32	14.8922	51A073
C1 294	'81	8.4191	+ 13.3	Nuland 1	'37	8.4324	
C1 291	'81	13.9774	+ 21.0	Oirschot 1	'32	13.9984	51A044
C1 281	'81	13.9792	+ 30.6	Putte 1	'31	14.0098	49G090
C1 217	'80	6.5170	+ 31.4	Roosendaal c.a. 1	'31	6.5484	49F035
AD1 73	'86	1.7308	-166.9	Steenbergen c.a. 5	'32	1.5639	43D041
C1 211	'80	4.2822	- 9.1	Terheyden 1	'32	4.2731	44D089
C2 183	'80	2.4853	+ 22.0	Terheyden 2	'32	2.5073	44D031
C1 286	'81	18.3611	+ 14.2	Tilburg 1	'33	18.3753	50F076
C1 170	'79	7.9776	+ 22.3	Vught 1	'32	7.9999	45C064
C1 222	'80	13.5566	+ 33.0	Woensdrecht 3	'31	13.5896	
C1 219	'80	9.4151	+ 30.6	Wouw 1	'32	9.4457	
<b>Limburg</b>							
C1 135	'77	26.7140	+ 24.5	Beesel 1	'37	26.7385	
C2 59	'77	23.0950	+ 23.5	Belfeld 2	'37	23.1185	58E046
C1 125	'77	17.6416	+ 19.6	Bergen 2	'37	17.6612	
C2 55	'77	15.3869	+ 22.0	Bergen 3	'37	15.4089	46G004
C1 126	'77	16.7661	+ 26.2	Bergen 4	'37	16.7923	52E086
C1 139	'77	32.7196	+ 20.9	Echt 1	'39	32.7405	
C1 274	'81	64.3020	+ 45.6	Eijsden 1	'39	64.3476	61H005
C1 123	'77	14.3164	+ 14.4	Gennep 1	'37	14.3308	
C1 273	'81	62.4699	+ 44.5	Gronsveld 1	'39	62.5144	61F005

1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
C1 144	'77	49.6493	+ 42.5	Maastricht 1	'39	49.6918	61F026
C1 147	'77	45.1439	+ 16.7	Maastricht 3	'39	45.1606	
C1 145	'77	51.2595	+ 43.6	Maastricht 6	'39	51.3031	61F038
C1 146	'77	56.7385	+ 44.0	Maastricht 7	'39	56.7825	61F022
C1 148	'77	47.2561	+ 48.9	Maastricht 8	'39	47.3050	61F040
C1 143	'77	49.1987	+ 29.8	Meerssen 1	'23	49.2285	61F063
C1 122	'77	14.9692	+ 21.4	Mook c.a. 1	'37	14.9906	
C2 53	'77	13.6646	+ 17.2	Ottersum 1	'25	13.6818	
C1 137	'77	27.0109	+ 17.3	Roermond 1	'39	27.0282	
C1 138	'77	28.6682	+ 10.6	Roermond 2	'39	28.6788	
C1 140	'77	47.4850	- 33.6	Sittard 1	'39	47.4514	60C030
C1 136	'77	24.5200	+ 29.3	Swalmen 1	'39	24.5493	
C1 133	'77	21.5183	+ 20.7	Tegelen 1	'37	21.5390	58E060
C1 131	'77	23.2434	+ 14.2	Venlo 2	'37	23.2576	
C1 179	'79	36.7785	+ 6.2	Weert 1	'26	36.7847	57F006
<b>Utrecht</b>							
C1 151	'79	1.9382	+ 1.6	Abcoude 1	'27	1.9398	
C1 150	'79	2.5944	- 0.4	Abcoude 11	'40	2.5940	25G018
C1 21	'75	4.0986	+ 0.3	Amersfoort 1	'35	4.0989	32B010
C1 398	'83	5.0101	+ 5.1	De Bilt 1	'27	5.0152	32C069
C1 153	'79	2.9219	- 32.5	Breukelen 1	'27	2.8894	
C1 100	'77	4.5027	+ 4.7	Leusden 1	'40	4.5074	32D093
C1 152	'79	3.4944	- 55.1	Loenen 1	'27	3.4393	31F037
C2 75	'79	0.4647	- 7.6	Loenen 2	'40	0.4571	
C1 103	'77	10.5800	+ 10.0	Renswoude 1	'27	10.5900	32G036
C1 158	'79	4.5552	- 0.8	Schalkwijk 1	'32	4.5544	
C2 93	'79	7.4918	+ 28.3	Tull en 't Waal 1	'40	7.5201	
C1 155	'79	7.6135	+ 3.2	Utrecht 3	'40	7.6167	31H101
C1 156	'79	6.4407	- 0.4	Utrecht 5	'32	6.4403	31H100
C2 89	'79	2.7888	+ 6.1	Utrecht 7	'32	2.7949	
C1 101	'77	5.3998	+ 9.5	Woudenberg 2	'27	5.4093	32D063
C1 399	'83	12.5377	+ 7.8	Zeist 1	'27	12.5455	32C078
<b>Noord-Holland</b>							
C1 369	'82	4.3370	- 6.0	Alkmaar 1	'28	4.3310	19B027
C1 370	'82	3.4438	- 19.5	Alkmaar 2	'28	3.4243	19B030
C1 384	'82	3.1755	- 42.3	Alkmaar 3	'28	3.1332	19B032
C1 2	'76	2.6730	+ 1.0	Amsterdam 1	'28	2.6740	
C1 5	'76	2.6740	- 1.1	Amsterdam 3	'28	2.6729	
C1 6	'76	5.1569	- 17.5	Amsterdam 4	'28	5.1394	25G146
C1 10	'76	3.6216	+ 3.0	Amsterdam 5	'40	3.6246	25G145
C1 11	'76	3.1242	- 18.6	Amsterdam 6	'28	3.1056	
C1 7	'76	4.9041	- 45.4	Amsterdam 7	'28	4.8587	25G125
C1 9	'76	-0.0251	- 25.6	Amsterdam 9	'28	-0.0507	
C1 301	'82	4.6552	- 37.1	Amsterdam 10	'28	4.6181	25E034
C1 302	'82	4.8814	- 16.1	Amsterdam 11	'28	4.8653	25E029
C2 305	'82	0.2251	- 85.2	Avenhorn 1	'42	0.1399	
C1 388	'82	1.5225	- 57.0	Berkhout 1	'29	1.4655	
C1 364	'82	5.7757	- 3.8	Beverwijk 1	'28	5.7719	19C002
C1 390	'82	1.7041	- 35.1	Blokker 1	'29	1.6690	19F023

1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
C1 394	'82	1.4996	- 50.7	Bovenkarspel 1	'29	1.4489	20A018
C1 395	'82	2.1706	- 1.2	Enkhuizen 1	'29	2.1694	20A032
C1 396	'82	4.6968	- 2.8	Enkhuizen 2	'29	4.6940	20A033
C1 397	'82	4.4596	- 5.4	Enkhuizen 3	'29	4.4542	20A028
C2 393	'82	2.6223	-104.3	Grootebroek 1	'29	2.5180	20A013
C1 308	'82	3.3411	- 4.6	Haarlem 1	'28	3.3365	25A003
C1 304	'82	2.0724	-121.7	Haarlemmerliede en Spaarnwoude 1	'32	1.9507	25B007
C1 309	'82	3.8513	- 20.4	Heemstede 1	'28	3.8309	25C038
C1 368	'82	5.7649	- 4.3	Heilo 1	'28	5.7606	19A007
C1 380	'82	3.2064	- 51.2	Den Helder 2	'29	3.1552	
C1 381	'82	0.8131	- 0.4	Den Helder 3	'29	0.8127	9D005
C2 300	'83	3.9299	- 46.5	Den Helder 4	'29	3.8834	9D015
C1 382	'82	3.2666	- 20.0	Den Helder 5	'29	3.2466	9D011
C1 383	'83	2.6223	- 74.0	Den Helder 6	'29	2.5483	
C1 392	'82	1.9054	-174.5	Hoogkarspel 1	'29	1.7309	20A007
C2 309	'82	2.0686	+ 4.6	Hoorn 3	'29	2.0732	19F002
C1 19	'75	8.3119	- 9.3	Laren 1	'27	8.3026	32A058
C1 18	'75	4.9990	+ 9.7	Naarden 1	'27	5.0087	25H029
C1 385	'82	1.2641	- 24.1	Oterleek 1	'32	1.2400	
C1 386	'82	-0.1879	- 17.1	Ursem 1	'32	-0.2050	
C1 359	'82	5.2810	- 1.8	Velsen 2	'28	5.2792	25A005
C1 360	'82	11.0814	- 11.6	Velsen 3	'32	11.0698	25A059
C1 361	'82	2.7159	+ 31.5	Velsen 4	'32	2.7474	25A057
C1 391	'89	2.0858	- 30.8	Westwoud 1	'29	2.0550	19F035
C1 375	'82	2.0069	- 57.4	Zijpe 1	'29	1.9495	14C026
C1 378	'82	1.9135	+ 5.0	Zijpe 5	'29	1.9185	14B071
<b>Zuid-Holland</b>							
C2 144	'79	5.3840	- 12.7	Arkel 3	'33	5.3713	38G104
C1 329	'82	2.9848	- 22.5	Delft 1	'31	2.9623	
C1 330	'82	2.7216	- 22.7	Delft 2	'31	2.6989	37E064
C1 331	'82	2.0604	- 35.3	Delft 3	'32	2.0215	37E040
C2 169	'80	3.4359	- 16.5	Dordrecht 4	'29	3.4194	38C014
C1 204	'80	7.6329	+ 12.4	Dubbeldam 5	'30	7.6453	
C1 205	'80	7.6122	+ 14.6	Dubbeldam 6	'30	7.6268	
C2 176	'80	4.1402	- 24.8	Dubbeldam 7	'30	4.1154	
C2 177	'80	4.5616	+ 10.1	Dubbeldam 8	'30	4.5717	
C1 181	'79	5.9293	+ 18.6	Everdingen 1	'33	5.9479	39A200
AD1 115	'87	0.1783	- 20.4	Geervliet 1	'30	0.1579	
AD2 84	'87	3.3412	- 20.9	Geervliet 2	'30	3.3203	37D028
C1 188	'79	3.7436	+ 6.4	Gorinchem 2	'32	3.7500	38G053
AD1 99	'86	4.9810	-117.9	's-Gravendeel 1	'30	4.8631	44A038
AD2 64	'86	3.2374	-394.3	's-Gravendeel 3	'30	2.8431	44A040
AD2 65	'86	3.4434	-392.3	's-Gravendeel 4	'30	3.0511	44A039
C1 341	'82	5.4405	+ 1.2	's-Gravenhage 1	'30	5.4417	30G035
C1 347	'82	4.3598	+ 18.0	's-Gravenzande 1	'31	4.3778	37B058
C1 350	'82	7.4740	+ 15.8	's-Gravenzande 2	'31	7.4898	37B038
C1 191	'80	7.2205	-121.1	Hardinxveld 1	'33	7.0994	
C1 192	'80	5.8801	- 20.8	Hardinxveld 2	'33	5.8593	38D038
AD1 116	'87	2.5758	- 20.2	Heenvliet 1	'30	2.5556	37D035
AD1 117	'87	1.1969	- 20.0	Heenvliet 2	'30	1.1769	37D034

1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
AD1 118	'87	4.308-	- 15.-	Heenvliet 3	'30	4.2929	37D036
AD2 72	'86	4.1447	- 50.0	Heinenoord 4	'30	4.0947	37H028
C1 310	'82	2.9803	+ 12.8	Hillegom 1	'28	2.9931	
C1 184	'79	4.9256	+ 3.8	Leerdam 3	'33	4.9294	38H152
C1 321	'82	3.4754	+ 5.5	Leiden 1	'27	3.4809	30F008
C1 323	'82	4.7422	- 3.1	Leiden 2	'32	4.7391	30F007
C1 326	'82	1.9860	- 47.4	Leidschendam 1	'32	1.9386	30G060
C1 312	'82	5.2783	+ 2.6	Lisse 1	'28	5.2809	30F100
C1 351	'82	4.7223	- 9.7	Maassluis 1	'33	4.7126	
AD1 124	'87	3.1837	-140.6	Maassluis 3	'30	3.0431	37D090
AD1 125	'87	3.3749	-140.7	Maassluis 4	'30	3.2342	37D091
AD1 126	'87	4.0299	-187.8	Maassluis 5	'30	3.8421	37D092
AD1 107	'86	4.3208	- 36.7	Mijnsheerenland 1	'30	4.2841	
C1 314	'82	5.3222	+ 14.5	Oegstgeest 1	'27	5.3367	30F054
C2 252	'82	1.7224	- 1.9	Oegstgeest 2	'27	1.7205	
C1 340	'82	1.3830	- 40.5	Ridderkerk 1	'30	1.3425	38C058
C1 328	'82	5.6715	+ 1.0	Rijswijk 1	'30	5.6725	30G012
C1 333	'82	2.9727	+ 5.1	Rotterdam 1	'33	2.9778	
C1 334	'82	3.3248	- 49.8	Rotterdam 2	'33	3.2750	37H133
C1 335	'82	4.6749	-107.3	Rotterdam 3	'33	4.5676	
C1 349	'82	9.1283	- 19.3	Rotterdam 11	'30	9.1090	
C1 332	'82	2.4838	-108.0	Rotterdam 87	'33	2.3758	37E006
AD1 123	'87	4.6561	- 44.7	Rozenburg 3	'30	4.6114	37D084
C1 313	'82	2.6301	- 38.0	Sassenheim 1	'27	2.5921	
C1 182	'79	5.0125	+ 31.3	Schoonrewoerd 1	'33	5.0438	38H193
C1 354	'82	3.8439	- 84.7	Vlaardingen 2	'30	3.7592	
C1 327	'82	4.0715	+ 12.6	Voorburg 1	'32	4.0841	30G021
C1 325	'82	3.6762	+ 4.1	Voorschoten 2	'27	3.6803	30H054
<b>Zeeland</b>							
C2 206	'81	1.7872	+ 1.2	Arnemuiden 1	'31	1.7884	48B078
C1 237	'81	4.8387	+ 9.7	Arnemuiden 2	'31	4.8484	48B072
C1 533	'85	6.5395	+ 23.5	Axel 1	'31	6.5630	54F026
C2 390	'85	2.0206	+ 13.5	Axel 2	'31	2.0341	
C2 391	'85	2.9960	+ 5.4	Axel 3	'31	3.0014	54E017
C2 392	'85	2.7437	+ 1.4	Axel 4	'31	2.7451	54E018
C1 244	'81	3.9130	+ 12.4	Biggekerke 1	'31	3.9254	
AD1 93	'88	2.6880	+ 17.4	Brouwershaven 1	'32	2.7054	42F054
AD2 51	'86	2.761-	+ 16.-	Bruinisse 1	'32	2.7768	
AD1 85	'86	5.3703	- 21.9	Bruinisse 2	'32	5.3484	
AD2 49	'86	4.143-	- 31.-	Bruinisse 4	'32	4.1120	
AD2 52	'86	4.368-	+ 11.-	Bruinisse 7	'41	4.3785	
C1 530	'85	4.5742	+ 24.1	Clinge 1	'31	4.5983	
C1 234	'81	3.7134	+ 24.2	Goes 1	'31	3.7376	48F063
C1 235	'81	4.2712	+ 26.8	's-Heer Arendskerke 2	'31	4.2980	48E048
C1 236	'81	3.6762	+ 17.3	's-Heer Arendskerke 3	'31	3.6935	48E041
C1 531	'85	4.7134	+ 27.2	Hulst 1	'31	4.7406	55A009
C1 537	'85	3.8503	+ 28.3	IJzendijke 1	'31	3.8786	54B018
C1 232	'81	4.1669	+ 26.5	Kapelle 1	'31	4.1934	48F032
C1 233	'81	5.3637	+ 23.9	Kloetinge 1	'31	5.3876	48F043
C1 243	'81	4.7680	+ 11.1	Koudekerke 1	'31	4.7797	48A021

1875-1885				1926-1940			
punt nr.	jr.	hoogte H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> mm	gemeente + nr.	jr.	hoogte H <sub>2</sub>	punt nr. na 1960
C1 227	'81	4.1402	+ 18.7	Kruiningen 1	'31	4.1589	49C061
C1 239	'81	6.8531	+ 5.9	Middelburg 2	'31	6.8590	
C2 402	'85	3.2973	+ 20.6	Terneuzen 1	'31	3.3179	54E024
C1 562	'85	2.9030	- 60.2	Terneuzen 3	'31	2.8428	54E073
AD1 87	'87	2.6857	+ 16.5	Nieuwekerk 1	'32	2.7022	
AD1 88	'87	1.4525	+ 15.8	Nieuwekerk 2	'32	1.4683	
AD1 91	'87	2.9109	+ 11.4	Noordgouwe 1	'32	2.9223	
C1 240	'81	5.4734	- 49.2	Oost en West Souburg 4	'31	5.4242	
AD1 78	'87	2.6814	- 35.4	St. Philipsland 2	'32	2.6460	
AD1 80	'87	1.8159	- 91.3	St. Philipsland 3	'32	1.7246	43C069
AD1 82	'87	3.2862	- 19.8	St. Philipsland 4	'32	3.2664	
C1 225	'81	3.6914	- 33.5	Rilland-Bath 1	'31	3.6579	
C1 224	'81	5.2470	- 87.6	Rilland-Bath 2	'31	5.1594	49D005
C1 538	'85	4.0305	- 7.4	Schoondijke 1	'31	4.0231	
C1 229	'81	3.5018	+ 10.1	Schore 1	'31	3.5119	
C1 230	'81	3.9849	+ 4.4	Schore 2	'31	3.9893	
C1 231	'81	3.3017	+ 13.2	Schore 3	'31	3.3149	
C1 540	'85	5.2639	- 1.8	Sluis 1	'31	5.2621	
C1 242	'81	4.7800	+ 2.6	Vlissingen 2	'31	4.7826	48C053
C1 246	'81	3.7444	+ 18.0	Westkapelle 1	'31	3.7624	48A109
C1 247	'81	5.4214	+ 5.8	Westkapelle 2	'31	5.4272	
C2 218	'81	7.6471	+ 7.5	Westkapelle 3	'31	7.6546	
AD1 89	'87	3.3905	+ 16.5	Zierikzee 2	'32	3.4070	
C1 245	'81	5.3731	+ 10.3	Zoutelande 1	'31	5.3834	48A040

EDELMAN [34] heeft op grond van deze overweging een selectie uitgevoerd, waarbij ten behoeve van een algemeen beeld van de bodembeweging in Nederland deze uitschieters werden geëlimineerd. Op grond van de na deze selectie overgebleven verschillen tussen de beide nauwkeurigheidswaterpassingen ontwierp hij (in samenwerking met PANNEKOEK, die de geologische interpretatie verzorgde) een overzicht van de bodembeweging van Nederland in de periode tussen 1875-1887 en 1926-1940 (Fig. 39). EDELMAN waarschuwt ervoor om aan de configuratie van Fig. 39 al te grote waarde toe te kennen; de figuur bevat veel onzekerheden door de subjectiviteit bij het selectieproces en door de geringe dichtheid der gegevens, aangezien de waterpastrajecten veelal op grote afstand van elkaar liggen.

Aan deze restrictie is nog het volgende toe te voegen.

- 1e Bij de evaluatie van de geconstateerde verschillen is de precisie van de in beide nauwkeurigheidswaterpassingen berekende hoogten van groot belang. Uit tabel 17 blijkt dat de standaardafwijking aan de randen van het net van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing ongeveer tot 10 mm oploopt, terwijl die voor de tweede nauwkeurigheidswaterpassing maximaal ongeveer 7 mm bedraagt (het Zeeuwse gebied neemt in de tweede nauwkeurigheidswaterpassing een uitzonderingspositie in met grotere standaardafwijkingen, oplopend tot ruim 9 mm). Op grond van deze getallen kan de standaardafwijking van de verschillen tussen de overeenkomstige hoogten in beide waterpassingen langs de randen van

het net worden geschat op

$$\sqrt{10^2 + 7^2} = 12 \text{ mm}$$

onder de aanname dat we met een normale verdeling te maken hebben. Tegen deze achtergrond zou men verschillen groter dan 24 mm aan de randen van het net als significant moeten beschouwen. Verschillen van deze orde van grootte komen inderdaad voor, met positief teken in het Zuiden en met negatief teken in het Westen en Noorden van het land. Het is echter zeer wel mogelijk dat de berekening van de standaardafwijkingen volgens het gehanteerde eenvoudige model, nl. uitgaande van correlatievrije waarnemingen, tot een te lage schatting van deze standaardafwijkingen heeft geleid. De werkwijze bij het waterpassen, waarbij het eindresultaat ontstaat door cumulatie van een groot aantal gelijksoortige handelingen, is in principe uiterst gevoelig voor het optreden van correlatie tussen de opvolgende metingen. Dit effect, meestal beschreven als „toevallige systematische fout” (zie VIGNAL [36]), kan leiden tot een belangrijke vergroting van de werkelijke standaardafwijking der berekende hoogten in beide nauwkeurigheidswaterpassingen, zodat mogelijk ten onrechte significantie van de verschillen werd geconstateerd.

- 2e Uit de vergelijking van de verschillen tussen de Nederlandse en de Duitse waterpassingen in de perioden 1875–1885 en 1926–1940 (zie §4.2) blijkt dat het Normal-Null (N.N.) bij Nieuwe Schans tijdens de eerste nauwkeurigheidswaterpassing 33 mm hoger lag dan het N.A.P., terwijl het tijdens de tweede nauwkeurigheidswaterpassing 18 mm lager lag dan het N.A.P. Ten opzichte van het N.N. zou het N.A.P.-vlak in het Noorden van Nederland als het ware 51 mm zijn gerezen. Dit betekent dat de in Groningen geconstateerde peilmerkdalingen (afgezien van de uitschieters) verwaarloosbaar zouden zijn indien ze ten opzichte van het N.N. waren berekend. Bij de andere grensovergangen langs de Nederlands-Duitse grens is de verandering van het N.N. ten opzichte van het N.A.P. veel geringer (<20 mm) en bovendien tegengesteld van teken.
- 3e Gezien de goede overeenstemming van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing met de Duitse waterpassingen (zie §4.2) rijst de vraag of de resultaten van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing (speciaal in het Noorden van Nederland) wel voldoende betrouwbaar zijn. Hierbij moet worden gewezen op de zwakke verbinding van de Noordelijke provincies met het centrale deel van het net van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing; deze loopt slechts via de kleine kring Zwolle–Kampen–Vollenhove–Meppel–Zwolle. Zoals reeds in § 1.3 werd opgemerkt, kan deze verbinding worden versterkt met de in 1886 en 1887 door de Waterstaat gemeten „Lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen” [16], met name de lijnen Zevenaar–Hengelo en Hengelo–Gieten. Deze lijnen zijn in het kaartje van Fig. 38 opgenomen.

Ten behoeve van een betere vergelijking van de resultaten der eerste en tweede nauwkeurigheidswaterpassingen werd in 1965 een nieuwe vereffening van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing berekend. Hierbij werd gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- a. het manuscript van de vereffening van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing (Archief Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat);
- b. de sluittermen van de lijnen Zevenaar–Hengelo en Hengelo–Gieten (gepubliceerd in [16]);
- c. de sluittermen (in mm bekend) van de Nederlands-Duitse grenskringen (echter met de reeds vereffende Duitse trajecten; zie KNEISSL [12]).

De verschillen van de resultaten van deze vereffening (die we  $I^A$  zullen noemen) met de reeds bekende vereffening van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing liepen uiteen van  $-10$  mm tot  $+14$  mm. Voor zover de verschillen in absolute waarde groter waren dan  $3$  mm zijn ze in tabel 29 opgenomen.

Tabel 29 Overzicht van de grootste verschillen tussen de vereffening  $I^A$  en de oorspronkelijke vereffening van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing.  
List of the biggest differences between the adjustment  $I^A$  and the original adjustment of the first geodetic levelling.

Assen	- 4 mm	Hengelo	+11 mm
Groningen	- 4 mm	Oldenzaal	+12 mm
Gieten	- 4 mm	Denekamp	+14 mm
Winschoten	- 7 mm	Venlo	- 8 mm
Nieuwe Schans	-10 mm	Roermond	- 6 mm
		Maastricht	- 6 mm

Indien men de resultaten van de vereffening  $I^A$  vergelijkt met de tweede nauwkeurigheidswaterpassing dan blijken de berekende hoogteveranderingen in het Noorden een geringere daling te vertonen en in het Zuiden (Limburg) een grotere rijzing dan de waarden in tabel 28. De rijzingen die in Limburg werden berekend zijn door de vereffening  $I^A$  significant gebleven. De significantie van een aantal verschillen in Oostelijk Groningen is echter door de vereffening  $I^A$  belangrijk minder geworden, zoals blijkt uit tabel 30. In deze tabel zijn voor een aantal geselecteerde (= minst gedaalde) peilmerken de verschillen ten opzichte van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing zowel met de oorspronkelijke vereffening als met de vereffening  $I^A$  van de eerste nauwkeurigheidswaterpassing opgenomen.

Tabel 30 Invloed van de vereffening  $I^A$  op de berekende hoogteveranderingen in Oostelijk Groningen (significante verschillen zijn met een \* aangegeven).  
Effect of the adjustment  $I^A$  on the calculated changes in level in Eastern Groningen (significant differences are indicated by a\*).

peilmerk	hoogteverandering in de tweede nauwkeurigheidswaterpassing	
	t.o.v. oorspronkelijke vereffening I	t.o.v. vereffening $I^A$
Hoogezand 2	-24 mm*	-19 mm
Hoogezand 4	-24 mm*	-19 mm
Zuidbroek 1	-19 mm	-13 mm
Scheemda 2	-26 mm*	-19 mm
Termunten 1	-35 mm*	-28 mm*
Delfzijl 1	-32 mm*	-25 mm*
Delfzijl 2	-19 mm	-12 mm
Delfzijl 3	-13 mm	- 6 mm
Delfzijl 4	-29 mm*	-22 mm
Delfzijl 5	-14 mm	- 7 mm
Bellingwolde 1	-27 mm*	-19 mm

Doordat de Duitse grenskringen mede in de vereffening I<sup>A</sup> waren betrokken werden ook de verschillen met de Duitse waterpassingen geringer; het gemiddelde verschil tussen N.N. en N.A.P. bleef echter nagenoeg ongewijzigd.

Tabel 31 Vergelijking Normal-Null en N.A.P. in 1875-1887 bij de vereffening I<sup>A</sup> (zie ook § 4.2).  
Comparison between Normal-Null and N.A.P. in 1875-1887 in the adjustment I<sup>A</sup> (see also par. 4.2).

	N.N.-N.A.P.
Nieuwe Schans	+0.023 m
Denekamp	+0.011 m
Babberich	-0.026 m
Venlo	-0.011 m
	<hr/>
gemiddeld	-0.001 m

4e Het algemene beeld van de vergelijking tussen de eerste en de tweede nauwkeurigheidswaterpassing verandert door deze vereffening echter nauwelijks. Immers, in het Noorden worden de dalingen wat kleiner (zie tabel 29) en in het Zuiden (Limburg) worden de rijzigen wat groter, zodat de algemene indruk van een kanteling om een ongeveer oost-west lopende as gehandhaafd blijft. Meer gedetailleerde informatie over de bodembeweging van Nederland is uit de vergelijking van de eerste en tweede nauwkeurigheidswaterpassing moeilijk te verkrijgen.

Een vergelijking van de resultaten van de tweede nauwkeurigheidswaterpassing met die van volgende metingen kan misschien meer licht in deze kwestie verschaffen, o.a. wegens de aanwezigheid van het stelsel van goed gefundeerde ondergrondse peilmerken, de grotere dichtheid van het net en het grote aantal peilmerken.



## HOOFDSTUK 11

## WAARNEMINGEN EN UITKOMSTEN

In tabel 32 zijn alle waarnemingen en de daaruit berekende hoogten overzichtelijk bijeengebracht. De oorspronkelijke waarnemingen (hoogteverschillen per slag en per sectie) werden daartoe eerst samengevat tot zo groot mogelijke eenheden, bij voorkeur tot hoogteverschillen per traject (verbinding van twee opvolgende knooppunten). In vele gevallen moesten trajecten echter worden gesplitst, bijvoorbeeld voor de bepaling van een belangrijk tussenpunt (ondergronds merk) of omdat een gedeelte van het traject twee- of meermalen was gemeten. De aldus verzamelde waarnemingen werden per kring aansluitend geordend, gerekend in de richting van de wijzers van het uurwerk (rechtsom). Elke kring is volledig opgenomen, zodat veel waarnemingen (nl. alle trajecten die in twee kringen voorkomen) tweemaal in de tabel zijn opgenomen, echter met tegengesteld teken.

Soms werd een belangrijk peilmerk niet in de doorgaande waterpassing van een kring opgenomen doch uit een zijtak bepaald. Deze waarnemingen zijn aan het einde van de opsomming van de desbetreffende kring apart vermeld. Het aansluitingspunt is aangeduid met een asterix (\*).

De tabel behandelt in volgorde de kringen 1 t/m 26 van het vereffeningsnet, vervolgens de kringen a t/m n en de andere trajecten die niet in de vereffening van het vereffeningsnet zijn opgenomen.

Bij de inrichting van tabel 32 behoort de volgende toelichting. In de tweede kolom zijn de thans geldende nummers vermeld van de knooppunten of tussenpunten. Bijv.: 10B020 is het peilmerk 020, voorkomend op het topografische blad, schaal 1: 25 000, genummerd 10B.

De nummers 1000–1990 duiden op ondergrondse merken eerste orde, 2000–2990 op ondergrondse merken van de tweede orde. Peilmerken die bij de invoering van de thans geldende nummering reeds waren vervallen dragen de nummers 1 t/m 999 of 3000 en hoger. (Echter, de nrs. 3010, 3020, 3030, 3040 etc. behoren bij ondergrondse merken van de Gemeente Rotterdam.)

Achter dit peilmerknummer is op dezelfde regel (door de kolommen 3, 4 en 5 heen) de in 1940 gebruikte gemeentegewijze aanduiding van het desbetreffende peilmerk vermeld (bijv. Wonseradeel 20) met uitzondering van de ondergrondse merken. Tenslotte geeft kolom 13 op dezelfde regel de uiteindelijk berekende hoogte t.o.v. N.A.P. van dit peilmerk.

Alle andere gegevens in de tabel, die betrekking hebben op hoogteverschillen, zijn opgenomen op de regels gelegen tussen de regels van de peilmerknummers.

Kolom 1 geeft het nummer van het traject waartoe het aangegeven hoogteverschil behoort. Het betreft hier het nummer zoals dat in de vereffening werd gebruikt. Wanneer een nummer meer dan eenmaal in dezelfde kring voorkomt, duidt dat op een splitsing van het traject in deeltrajecten. Zijtakken zijn aangegeven met het nummer van het desbetreffende hoofdtraject, gevolgd door de letter a (resp. b, c, etc.).

In kolom 14 wordt verwezen naar de aangrenzende kring, waarin het (deel)traject nogmaals

voorkomt. Hieruit blijkt bijv. de noodzaak van de splitsing van traject 1 in vier deeltrajecten.

Kolom 3 geeft de lengten van de (deel)trajecten zoals deze uit de waterpasresultaten zijn berekend. De meervoudige gegevens van (deel)trajecten die meer dan eenmaal zijn gemeten, worden op opvolgende regels vermeld.

In kolom 4 wordt het tijdstip van de meting aangegeven door het jaartal, verminderd met 1900, en het nummer van de maand.

Kolom 5 geeft het nummer van de resumptie waarin de gegevens zijn berekend: deze nummers lopen tot 709. In een aantal gevallen zijn er geen resumptiestaten van de desbetreffende meting gemaakt: dan wordt naar het veldwerk verwezen. Deze nummers liggen in het algemeen boven 1000. Een aantal resumpties uit de allereerste periode draagt een nummer in Romeinse cijfers. Van Duitse trajecten zijn geen resumptiestaten bekend. Het gemeten hoogteverschil ( $\Delta h$ ) is in kolom 6 aangegeven in meters, met vier cijfers achter de komma. Negatieve getallen worden aangeduid als hun decadisch complement, d.w.z.

$$\times 9.9673 = 9.9673 - 10.000 = -0.0327.$$

De kolommen 7 en 8 zijn bestemd voor de knooppuntscorrectie en de orthometrische correctie; zie § 8.1 en § 8.2. Bij de Duitse trajecten is de orthometrische correctie reeds begrepen in het hoogteverschil in kolom 6.



Fig. 40 De „laatste” slag (Limburg 1939). Achter het Zeiss-instrument G. v. D. HOUVEN. De lange baak is het laatste tussenpunt; vandaar wordt een extra slag gemaakt naar de opzetbaak die op het peilmerk in het muurtje (bij het cijfer 2) wordt gehouden.

The “last” sight (Limburg 1939). G. v. D. HOUVEN behind the Zeiss instrument. The tall staff is the last change point; an extra sight is to be made from there to the short staff which is held on the benchmark in the wall.

In de kolom 9 is de gewichtscoefficiënt (= gereduceerde lengte) van het (deel)traject berekend; zie § 8.3. De in de oorspronkelijke vereffening\* gebruikte gewichtscoefficiënten zijn hier genoteerd: soms komen geringe afwijkingen voor ten opzichte van hetgeen men uit kolom 3 kan berekenen.

Kolom 10 geeft voor het (deel)traject de gecorrigeerde waarneming zoals deze in het vereffeningsvraagstuk is ingevoerd. Dit hoogteverschil ontstond uit (zo nodig) het gemiddelde van de waarnemingen in kolom 6 en de correcties uit de kolommen 7 en 8. Ook hier kunnen afwijkingen van 0.0001 of 0.0002 m voorkomen t.o.v. hetgeen men uit kolom 6, 7 en 8 kan berekenen.

De vereffeningcorrectie is vermeld in kolom 11. Bij trajecten die in deeltrajecten zijn gesplitst, werd de correctie per deeltraject berekend evenredig met de gewichtscoefficiënten. Ter voorkoming van afrondingsfouten zijn de bedragen in kolom 11 (evenals kolom 12 en 13) in 0.01 mm ( $10^{-5}$  m) berekend. Afwijkingen van 1 of 2 in het laatste cijfer komen voor, doch deze hebben geen betekenis. Het vereffende hoogteverschil, berekend uit kolom 10 plus kolom 11 is opgenomen in kolom 12.

In kolom 13 zijn tenslotte alle hoogten van de peilmerken, genoemd in kolom 2, berekend. Bij deze berekening is uitgegaan van de hoogte van

R.B. Ouder Amstel 3 (N.A.P. +0.5786)

die voorkomt in de kringen 7 en 10. (zie § 4.3).

Na de berekening van kring 7 kan via de hoogte van het peilmerk 15F012 (Lemsterland 4) de berekening in kring 1 plaats vinden en zo vervolgens in de andere kringen van de tabel.

\* Deze staat van waarnemingen en uitkomsten werd pas naderhand samengesteld.

Tabel 32 Staat van waarnemingen en uitkomsten.  
Table of observations and results.

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{l}{g_1}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP + h m	aan- grenz. kring
<b>Kring 1</b>													
1	10B020	Wonseradeel 20 13.0	33.06	377-378	2.0639	0	0	13.0	2.0639	+2.05	2.06595	0.98648	-
1	05D011	Franekeradeel 10 21.5	33.05	360-362	x9.9673	0	0	21.5	x9.9673	+3.40	x9.97070	3.05243	l
1	05H033	Menaldum 3 6.6	33.04	360	x9.5443	0	0	6.6	x9.5443	+1.04	x9.54534	3.02313	m
1	06C039	Leeuwarden 6 28.3	33.04	363-365	0.1862	0	0	14.0	0.1868	+2.21	0.18901	2.56847	n
2	06G107	Achtkarspelen 3 27.8	34.02	9193-9228	0.1873	0	0					2.75748	
3	11H065	Ooststellingwerf 3 47.6	33.09	394-397	3.8525	0	+0.1	22.6	3.8569	+1.12	3.85802	6.61550	2
3	2070	O.M. Oranjewoud 43.1	34.12	610-613	3.8611	0	+0.1						
3	3038	Doniawerstal 5 26.7	33.08	7001-7100	x4.3604	0	0	13.2	x4.3570	+0.30	x4.35730	0.97280	4
3	15F012	Lemsterland 4 26.1	34.03	390-392	x4.3535	0	0					2.60096	?
4	15E007	Gaasterland 8 26.2	34.04	9228-9300	x4.3499	v						6.62431	?
4	2060	O.M. Gaast 9.8	33.07	378-379	0.3822	0	0	9.8	0.3822	+1.16	0.38336	0.60311	?
4	10B020	Wonseradeel 20 9.2	33.07	385	0.2385	0	0	4.5	0.2372	+0.10	0.23730	2.36366	4
4	15E007	Gaasterland 8 9.0	34.11	469	0.2380	0	0					6.62431	-
4	15E141	Gaasterland 9 (B.M.) 0.2	33.07	382	x9.9678	0	0	0.2	x9.9678	-0.20	x9.96760	6.59191	-
<b>Kring 2</b>													
5	06G107	Achtkarspelen 3 9.9	33.04	411	1.5116	0	0	9.9	1.5116	+1.06	1.51266	2.75748	-
5	06H090	Grijpskerk 2 6.9	33.11	413-414	x7.8523	0	0	6.9	x7.8523	+0.74	x7.85304	4.27014	-
5	4054	Zuidhorn 10 2.5	33.11	413	x9.5718	0	0	2.5	x9.5718	+0.27	x9.57207	2.12318	-
5	07C059	Zuidhorn 8 11.8	33.11	413-412	4.4367	+0.8	0	11.8	4.4375	+1.28	4.43878	1.69525	-
6	07D039	Groningen 2 13.9	33.10	409-410	x6.8126	-0.8	+0.1	13.9	x6.8119	+0.43	x6.81233	6.13403	3
6	12B064	Vries 2 9.4	33.10	408-409	7.1099	+0.7	+0.1	4.6	7.1117	+0.14	7.11184	2.94636	3
6	12B006	Vries 8 (B.M.) 9.0	35.12	619-620	7.1125	0	+0.1					10.05820	3
6	12D045	Vries 8 (B.M.) 6.7	33.10	408	3.7246	-0.7	0	3.3	3.7246	+0.10	3.72470	13.78290	5
7	12D045	Vries 8 (B.M.) 6.6	35.12	619	3.7253	0	0					6.61550	1
7	12D045	Assen 3 28.6	33.09	405-407	x2.8300	0	0	28.6	x2.8300	+2.60	x2.83260	6.61550	1
2	11H065	Ooststellingwerf 3 47.6	33.09	394-397	x6.1475	0	-0.1	22.6	x6.1431	-1.12	x6.14198	2.75748	
2	06G107	Achtkarspelen 3 43.1	34.12	610-613	x6.1389	0	-0.1					2.12318	-
5	4054	Zuidhorn 10 1.6	34.06	413 <sup>a</sup>	0.5265	0	0	1.6	0.5265	+1.85	0.52835	2.65153	-
5	2020	O.M. Zuidhorn 0.8	34.06	413 <sup>a</sup>	x9.0428	0	0	0.8	x9.0428	+0.92	x9.04372	1.69525	-
5	07C059	Zuidhorn 8 0.8	34.06	413 <sup>a</sup>	x9.0428	0	0	0.8	x9.0428	+0.92	x9.04372	1.69525	-
<b>Kring 3</b>													
8	07D039	Groningen 2 35.1	34.09	458-461	x5.4146	0	0	35.1	x5.4146	+2.72	x5.41732	6.13403	-
9	08C120	Scheemda 9 (B.M.) 26.1	34.10	462-464	18.8291	0	0	26.1	18.8291	+0.81	18.82991	1.55135	6
9	12G041	Gieteren 1 15.4	33.10	417-418	x3.3992	0	0	7.6	x3.4014	+0.24	x3.40164	20.38126	6
9	12D045	Assen 3 15.2	35.11	623-624	x3.4036	0	0					13.78290	2
6	12D045	Assen 3 6.7	33.10	408	x6.2754	+0.7	0	3.3	x6.2754	-0.10	x6.27530	10.05820	
6	12B006	Vries 8 (B.M.) 6.6	35.12	619	x6.2747	0	0					10.05820	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q.veldw.	$\Delta h$ m	knt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{I}{E_1} - \frac{I}{L}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
6	12B006	Vries 8 (B.M.) 9.4 33.10 408-409 9.0 35.12 619-620			x2.8901 x2.8875	-0.7 0	-0.1 -0.1	4.6	x2.8883	-0.14	x2.88816	10.05820	2
6	12B064	Vries 2 13.9 33.10 409-410			3.1874	+0.8	-0.1	13.9	3.1881	-0.43	3.18767	2.94636	2
	07D039	Groningen 2										6.13403	
<b>Kring 4</b>													
3	15F012	Lemsterland 4 9.2 33.07 385 9.0 34.11 469			x9.7615 x9.7640	0 0	0 0	4.5	x9.7628	-0.10	x9.76270	2.60096	1
3	3038	Doniawerstal 5 23.5 33.08 7001-7100 23.4 34.03 392-393			x8.6140 x8.6049	0 0	0 0	11.7	x8.6094	-0.26	x8.60914	2.36366	1
3	2070	O.M. Oranjewoud 26.7 33.08 7001-7100 26.1 34.03 390-392 26.2 34.04 9228-9300			5.6396 5.6465 5.6501 v	0 0 0	0 0	13.2	5.6430	-0.30	5.64270	0.97280	1
10	11H065	Ooststellingwerf 3 39.6 34.01 614-616 39.0 34.04 427-429			0.8921 0.8811	0 0	+0.1 +0.1	19.6	0.8867	+2.31	0.88901	6.61550	5
11	16G072	Steenwijk 2 (B.M.) 23.0 40.06 697-699			x4.4053	0	0	23.0	x4.4053	+2.20	x4.40750	7.50451	7
11	3109	Blankenham 1 16.0 33.11 422-423 15.4 34.11 470-471			0.6909 0.6855	0 0	0 0	7.8	0.6882	+0.75	0.68895	1.91201	7
	15F012	Lemsterland 4										2.60096	
<b>Kring 5</b>													
7	11H065	Ooststellingwerf 3 28.6 33.09 405-407			7.1700	0	0	28.6	7.1700	-2.60	7.16740	6.61550	2
	12D045	Assen 3										13.78290	
12	12D045	Assen 3 16.5 33.10 415-416 16.2 35.12 621-622			0.5683 0.5738	0 0	+0.2 +0.2	8.2	0.5712	-0.24	0.57096	13.78290	6
13	3093	Beilen 14 7.8 34.02 419 7.8 36.04 13271-13307 7.8 36.10 583			x8.9066 x8.9115 x8.9081	-1.3 -5.1 0	+0.1 +0.1 +0.1	2.6	x8.9067	+0.32	x8.90702	14.35386	8
13	2090	O.M. Beilen 24.0 34.02 419-421 24.2 36.04 12765-12800 24.0 36.10 583-585			x0.6403 x0.6399 x0.6509	+1.3 +5.1 0	+0.1 +0.1 +0.1	8.0	x0.6459	+0.99	x0.64689	13.26088	8
17	3103	Meppel 1 14.2 34.01 617-618 14.1 34.04 429-431			3.5926 3.6014	0 0	-0.1 -0.1	7.1	3.5969	-0.16	3.59674	3.90777	7
10	16G072	Steenwijk 2 (B.M.) 39.6 34.01 614-616 39.0 34.04 427-429			x9.1079 x9.1189	0 0	-0.1 -0.1	19.6	x9.1133	-2.31	x9.11099	7.50451	4
	11H065	Ooststellingwerf 3										6.61550	
<b>Kring 6</b>													
14	08C120	Scheemda 9 (B.M.) 16.6 34.09 456-457			0.1620	0	0	16.6	0.1620	+0.77	0.16277	1.55135	-
14	08D0J7	Beerta 19 2.8 34.09 454			0.7173	0	0	2.8	0.7173	+0.13	0.71743	1.71412	-
15	828	Nieuwe Schans 5 37.4 35.05 476-479			5.7325	0	+0.2	37.4	5.7327	+2.15	5.73485	2.43155	9
15	2040	O.M. Sellingen 10.7 35.05 480-481			3.8591	0	0	10.7	3.8591	+0.61	3.85971	8.16640	9
15	18A023	Vlagtwedde 28 35.5 35.07 482-485			2.9773	-0.9	+0.2	35.5	2.9766	+2.03	2.97863	12.02611	9
16	17H016	Sleen 11 3.4 35.06 491 3.5 36.04 12547-12654 3.4 36.10 589			2.4994 2.4987 2.5021	+0.9 0 0	0 0 0	1.1	2.5004	+0.17	2.50057	15.00474	8
16	17H035	Sleen 3 5.5 35.06 495 - 36.03 12501-13000 5.5 36.10 586			x9.7933 - x9.7974	+4.0 v 0	0 0 0	2.8	x9.7974	+0.43	x9.79783	17.50531	8
16	2100	O.M. Noordsleen 25.6 35.06 495-497 - 36.03 12501-13000 25.4 36.10 586-588			x7.0525 - x7.0493	-4.0 v 0	0 0 0	12.7	x7.0488	+1.93	x7.05073	17.30314	8
	3093	Beilen 14										14.35387	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
 Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q.veldw.	$\Delta h$ m	kupt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{\xi_1} = \frac{L}{\xi_1}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
12	3093	Beilen 14											
		16.5 33.10 415-416			x9.4317	0	-0.2	8.2	x9.4288	+0.24	x9.42904	14.35387	5
		16.2 35.12 621-622			x9.4262	0	-0.2						
9	12D045	Assen 3											
		15.4 33.10 417-418			6.6008	0	0	7.6	6.5986	-0.24	6.59836	13.78291	3
		15.2 35.11 623-624			6.5964	0	0						
9	12G041	Gieten 1											
		26.1 34.10 462-464			x81.1709	0	0	26.1	x81.1709	-0.81	x81.17009	20.38127	3
	08C120	Scheemda 9 (B.M.)										1.55135	
	<u>Kring 7</u>												
4	10B020	Wonseradeel 20											
		9.8 33.07 378-379			x9.6178	0	0	9.8	x9.6178	-1.16	x9.61664	0.98648	1
	2060	O.M. Gaast											
4		31.2 33.07 379-382			6.0249	0	0	31.2	6.0249	-3.70	6.02120	0.60312	1
	15E007	Gaasterland 8											
4		16.5 33.07 382-384			x5.9786	0	0	16.5	x5.9786	-1.95	x5.97665	6.62432	1
	15F012	Lemsterland 4											
11		16.0 33.11 422-423			x9.3091	0	0	7.8	x9.3118	-0.75	x9.31105	2.60097	4
		15.4 34.11 470-471			x9.3145	0	0						
	3109	Blankenham 1											
11		23.0 40.06 697-699			5.5947	0	0	23.0	5.5947	-2.20	5.59250	1.91202	4
	16G072	Steenwijk 2 (B.M.)											
17		14.2 34.01 617-618			x6.4074	0	+0.1	7.1	x6.4031	+0.16	x6.40326	7.50452	5
		14.1 34.04 429-431			x6.3986	0	+0.1						
	3103	Meppel 1											
		20.4 35.09 522-523			x8.7608	0	0					3.90778	
		20.8 36.04			x8.7489	0	0	5.2	x8.7564	+0.76	x8.75716		8
		20.6 36.05			x8.7597	0	0						
		20.8 36.12 599-601			x8.7562	0	0						
	21G089	Zwollerkerspel 23											
		6.8 35.11 528-540			0.8230	0	0					2.66494	
		6.4 36.05 13096-13384			0.8207	0	0	2.2	0.8219	+0.32	0.82222		8
		6.8 37.01 602			0.8219	0	0						
	21G049	Zwolle 17											
		3.5 35.11 540			x9.6154	-2.2	0					3.48716	
		3.6 36.05 13087-13390			x9.6134	-0.8	0	1.2	x9.6130	+0.17	x9.61317		8
		3.5 37.01 603			x9.6132	0	0						
	21D016	Oldebroek 24											
		7.8 35.11 539			x9.5041	+2.2	0					3.10033	
		7.8 36.05 13078-13404			x9.5035	+0.8	0	2.6	x9.5053	+0.10	x9.50540		11
		7.8 37.01 604			x9.5053	0	0						
	27B067	Oldebroek 20											
19		38.2 35.10 535-538			7.4093	0	0	38.2	7.4093	+1.40	7.41070	2.60573	11
	2150	O.M. Ermelo											
19		30.2 35.10 535-533			x7.2745	0	+0.2	30.2	x7.2747	+1.11	x7.27581	10.01643	11
	300	Amersfoort 7											
20		1.6 27.08 89-90			34.7022	0	0	1.6	34.7022	-0.13	34.70207	7.29224	15
	32D131	Amersfoort 5 (B.M.)											
20		18.9 27.08 89-90			x62.2813	-2.7	+0.1	18.9	x62.2787	-1.53	x62.27717	41.99431	15
	279	Utrecht 14											
21		20.6 27.10 98-99			x9.1629	+2.7	0	20.6	x9.1656	+2.20	x9.16780	4.27148	10
	31F037	Loenen 1											
21		17.9 27.10 99-100			x7.1376	0	0	17.9	x7.1376	+1.73	x7.13933	3.43928	10
	25G084	Ouder Amstel 3											
22		38.1 28.07 119-121			x6.9610	0	0	38.1	x6.9610	+1.50	x6.96250	0.57860	c
	19G068	Beemster 3											
22		70.9 29.06 131-137			6.8134	0	0	70.9	6.8134	+2.80	6.81620	x7.54110	b
	14G022	Hoogwoud 3											
22		21.2 29.06 138-139			x6.8286	0	0	21.2	x6.8286	+0.84	x6.82944	4.35730	a
	14E019	Anna Paulowna 10											
22		3.6 29.07 140			6.8902	-1.0	0	3.6	6.8892	+0.14	6.88934	1.18674	-
	14E055	Wieringen 19 (B.M.)											
22		27.6 34.05 433-437			x6.0326	0	0	27.6	x6.0326	+1.10	x6.03370	8.07608	-
	2440	O.M. Breezanddijk											
22		15.6 34.04 432-433			x6.8761	0	0	15.6	x6.8761	+0.60	x6.87670	4.10978	-
	10B020	Wonseradeel 20											
												0.98648	
	<u>Kring 8</u>												
	3103	Meppel 1											
		24.0 34.02 419-421			9.3597	-1.3	-0.1					3.90777	
13		24.2 36.04 12765-12800			9.3601	-5.1	-0.1	8.0	9.3541	-0.99	9.35311		5
		24.0 36.10 583-585			9.3491	0	-0.1						
	2090	O.M. Beilen											
		7.8 34.02 419			1.0934	+1.3	-0.1					13.26088	
13		7.8 36.04 13271-13307			1.0885	+5.1	-0.1	2.6	1.0933	-0.32	1.09298		5
		7.8 36.10 583			1.0919	0	-0.1						
	3093	Beilen 14											
		25.6 35.06 495-497			2.9475	+4.0	0					14.35386	
		- 36.03 12501-13000			-	v		12.7	2.9512	-1.93	2.94927		6
16		25.4 36.10 586-588			2.9507	0	0						
	2100	O.M. Noordsleen											
												17.30313	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q.veldw.	$\Delta h$ m	kopt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{\xi} \frac{L}{\xi}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
16	2100	O.M. Noordsleen 5.5 35.06 495 - 36.03 12501-13000 5.5 36.10 586			0.2067 - 0.2026	-4.0 v 0	0	2.8	0.2026	-0.43	0.20217	17.30313	6
16	17H035	Sleen 3 3.4 35.06 491 3.5 36.04 12547-12654 3.4 36.10 589			x7.5006 x7.5013 x7.4979	-0.9 0 0	0	1.1	x7.4996	-0.17	x7.49943	17.50530	6
23	17H016	Sleen 11 34.6 35.09 512 <sup>a</sup> -516 <sup>a</sup> 34.7 36.04 512-515 34.8 36.10 590-594			x4.1676 x4.1506 x4.1409	+0.9 +0.2 0	+0.2	11.6	x4.1535	-1.10	x4.15240	15.00473	9
23	22D057	Hardenberg 8 6.1 35.08 544			5.8098	0	0	6.1	5.8098	-0.58	5.80922	9.15713	9
23	889 *	Hardenberg 16 23.2 36.06 544-546			x7.6042	0	+0.2	23.2	x7.6044	-2.20	x7.60220	14.96635	9
24	28G112	Almelo 15 18.4 36.06 551-552			1.4749	0	0	18.4	1.4749	-0.59	1.47431	12.56855	13
25	28C098	Hellendoorn 14 (B.M.) 21.4 36.06 549-550			x4.1408	0	0	21.4	x4.1408	+0.11	x4.14091	14.04286	12
25	27E037	Wijhe 5 8.8 40.06 695-696			0.0292	0	0	8.8	0.0292	+0.05	0.02925	8.18377	12
26	27E210	Heerde 15 (B.M.) 12.1 35.11 541-542			x4.8909	-2.2	-0.1	12.1	x4.8886	-1.31	x4.88729	8.21302	11
18	21D016	Oldebroek 24 3.5 35.11 540 3.6 36.05 13087-13390 3.5 37.01 603			0.3846 0.3866 0.3868	+2.2 +0.8 0	0	1.2	0.3870	-0.17	0.38683	3.10031	7
18	21G049	Zwolle 17 6.8 35.11 528-540 6.4 36.05 13096-13384 6.8 37.01 602			x9.1770 x9.1793 x9.1781	0 0 0	0	2.2	x9.1781	-0.32	x9.17778	3.48714	7
18	21G089	Zwollerkerospel 23 20.4 35.09 522-523 20.8 36.04 - 20.6 36.05 - 20.8 36.12 599-601			1.2392 1.2511 1.2403 1.2438	0 0 0 0	0	5.2	1.2436	-0.76	1.24284	2.66492	7
	3103	Meppel 1										3.90776	
23 <sup>a</sup>	889	Hardenberg 16 0.4 35.08 544			3.5796	0	0	0.4	3.5796	-	3.57960	14.96635	-
	2120	O.M. Sibculo										18.54595	
	Kring 9												
27	828	Nieuwe Schans 5 1.8 34.09 454			x8.5634	0	0	1.8	x8.5634	-0.02	x8.56338	2.43155	
27	100001	Süd-Ost B. Neuland (U.F.) 3.6 34 Duits			10.3137	0	0	3.6	10.3137	-0.04	10.31366	0.99493	(D)
27	100002	Bunde 6.6 28 " 6.6 "			x6.3889 x6.3894	0 0	0	3.3	x6.3892	-0.03	x6.38917	11.30859	(D)
27	100003	Weener 90.1 28 " 90.1 "			14.8315 14.8368	0 0	0	45.0	14.8342	-0.49	14.83371	7.69776	(D)
27	100004	Lingen 25.1 36 " 25.1 "			0.0016 0.0036	0 0	0	12.6	0.0026	-0.14	0.00246	22.53147	(D)
28	100005	Nordhorn 3.7 36 "			2.8380	0	0	3.7	2.8380	+0.10	2.83810	22.53393	(D)
28	986	O.M. Frensdorferhaar 1.5 36.08 566			x9.4385	0	0	1.5	x9.4385	+0.04	x9.43854	25.37203	21
28	983	Zollhs. Frensd.haar 11.2 36.08 565-566			34.7379	0	+0.3	11.2	34.7382	+0.31	34.73851	24.81057	21
28	29C025	Looser 22 (B.M.) 1.6 36.08 566			x88.8503	0	0	1.6	x88.8503	+0.04	x88.85034	59.54908	21
29	29C019	Oldenzaal 4 11.0 36.08 564			x70.1697	0	0	11.0	x70.1697	+1.16	x70.17086	48.39942	18
30	28H006	Hengelo 17 15.4 36.06 553-554			x3.9973	0	0	15.4	x3.9973	+0.97	x3.99827	18.57028	13
23	28G112	Almelo 15 23.2 36.06 544-546			2.3958	0	-0.2	23.2	2.3956	+2.20	2.39780	12.56855	8
23	889	Hardenberg 16 6.1 35.08 544			x4.1902	0	0	6.1	x4.1902	+0.58	x4.19078	14.96635	8
23	22D057	Hardenberg 8 34.6 35.09 512 <sup>a</sup> -516 <sup>a</sup> 34.7 36.04 512-515 34.8 36.10 590-594			5.8324 5.8494 5.8591	-0.9 0 0	-0.2	11.6	5.8465	+1.10	5.84760	9.15713	8
15	17H016	Sleen 11 35.5 35.07 482-485			x7.0227	+0.9	-0.2	35.5	x7.0234	-2.03	x7.02137	15.00473	6
15	18A023	Vlaagtwedde 28 10.7 35.05 480-481			x6.1409	0	0	10.7	x6.1409	-0.61	x6.14029	12.02610	6
	2040	O.M. Sellingen										8.16639	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
 Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumatie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{l}{L}$ $\frac{E_1}{E_2}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
15	2040 828	O.M. Selligen 37.4	35.05	476-479	x4.2675	0	-0.2	37.4	x4.2673	-2.15	x4.26515	8.16639 2.43154	6
<u>Kring 10</u>													
21	25G084 31F037	Ouder Amstel 3 Loenen 1	17.9 27.10	99-100	2.8624	0	0	17.9	2.8624	-1.73	2.86067	0.57860 3.43927	7
21	279	Utrecht 14	20.6	27.10 98-99	0.8371	-2.7	0	20.6	0.8344	-2.20	0.83220	4.27147	7
31	39A041	Tull en 't Waal 8	16.9	27.07 81-82	1.7290	+2.7	0	8.6	1.7318	-1.57	1.73023	6.00170	15
32	38B059	33.4 34.6	27.07 32.06	84-86 en 156 289-291	x7.5590 x7.5508	0 0	0 0	16.7	x7.5549	-0.33	x7.55457	6.00170 3.55627	22
33	257	Schoonhoven 11	15.8 18.6	27.05 83, 156 32.06 282, 83, 91	x6.8645 x6.8242	-29.6 0	0 0	8.7	x6.8296	-0.54	x6.82906	0.38533	g
33	31D022	Gouda 17	9.0	27.05 70-71	0.3664	+29.6	0	9.0	0.3960	-0.56	0.39544	0.78077	e
33	25C003	Bodegraven 5	25.5	27.06 72-73	x6.7603	0	0	25.5	x6.7603	-1.59	x6.75871	x7.53948	e
33	25D073	Haarlemmermeer 4	12.9	27.06 101	3.5987	0	0	12.9	3.5987	-0.81	3.59789	1.13737	d
33	25G084	Haarlemmermeer 15	15.5	27.10 101-102	x9.4422	0	0	15.5	x9.4422	-0.97	x9.44123	0.57860	c
<u>Kring 11</u>													
19	300 913	Amersfoort 7 O.M. Ermelo	30.2 38.2	35.10 535-533 35.10 535-538	2.7255 x2.5907	0 0	-0.2 0	30.2 38.2	2.7253 x2.5907	-1.11 -1.40	2.72419 x2.58930	7.29224 10.01643	7 7
19	27B067	Oldebroek 20	7.8	35.11 539	0.4959	-2.2	0	2.6	0.4947	-0.10	0.49460	2.60573	7
19	21D016	7.8 7.8	36.05 37.01	13078-13404 604	0.4965 0.4947	-0.8 0	0 0	2.6	0.4947	-0.10	0.49460	3.10033	8
26	27E210	Oldebroek 24	12.1	35.11 541-542	5.1091	+2.2	+0.1	12.1	5.1114	+1.31	5.11271	8.21304	8
34	33B029	Heerde 15 (B.M.)	25.6	35.11 542-543	8.7837	0	+0.3	25.6	8.7840	+2.92	8.78692	16.99996	12
35	2160	Apeldoorn 9	17.6	35.09 529-530	11.1944	0	0	17.6	11.1944	-1.51	11.19289	28.19285	16
35	300	O.M. Oud-Milligen	29.4	35.09 530-532	x79.1019	0	0	29.4	x79.1019	-2.51	x79.09939	7.29224	16
<u>Kring 12</u>													
25	27E210 27E037	Heerde 15 (B.M.) Wijbe 5	8.8 21.4	40.06 695-696 36.06 549-550	x9.9708 5.8592	0 0	0 0	8.8 21.4	x9.9708 5.8592	-0.05 -0.11	x9.97075 5.85909	8.21304 14.04288	8 8
36	28C098	Hellendoorn 14 (B.M.)	12.5	40.05 694	6.8992	0	+0.1	12.5	6.8993	-0.47	6.89883	20.94171	13
37	28C013	Holten 1	20.6	36.06 559-560	x88.6870	0	0	20.6	x88.6870	-0.98	x88.68602	9.62773	17
37	33E102	Deventer 15	16.0	35.07 500-501	7.3730	0	0	16.0	7.3730	-0.77	7.37223	16.99996	17
34	33B029 27E210	Apeldoorn 9 Heerde 15 (B.M.)	25.6	35.11 542-543	x1.2163	0	-0.3	25.6	x1.2160	-2.92	x1.21308	8.21304	11
<u>Kring 13</u>													
36	28C013	Holten 1	12.5	40.05 694	x3.1008	0	-0.1	12.5	x3.1007	+0.47	x3.10117	20.94171	12
24	28G112	Hellendoorn 14 (B.M.)	18.4	36.06 551-552	x8.5251	0	0	18.4	x8.5251	+0.59	x8.52569	14.04288	8
30	28H006	Almelo 15	15.4	36.06 553-554	6.0027	0	0	15.4	6.0027	-0.97	6.00173	12.56857	9
38	28C013	Hengelo 17	30.8	36.06 561-563	2.3700	0	+0.1	30.8	2.3701	+1.32	2.37142	18.57030	18
<u>Kring 14</u>													
40	228 238	Ede 7 Arnhem 15	19.2	26.11 60-61	x1.4620	0	+0.2	19.2	x1.4622	+0.28	x1.46248	22.78658 14.24906	16



Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{E_1} \frac{L}{E_1}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring		
40	238	Arnhem 15	2.2 32.06	303-304	2.7372	0	0	2.2	2.7372	+0.03	2.73723	14.24906	16		
41	701	Arnhem 28	21.4 26.11	62-65 303-304	14.0643	0	+0.2	10.5	14.0669	+0.70	14.06760	16.98629	19		
			20.6 37.07	625-627	14.0691	0	+0.2								
42	40C028	Nijmegen 23	26.7 26.06	20-23	x84.7405	-6.0	+0.1	13.2	x84.7340	+0.74	x84.73474	31.05389	23		
			26.2 37.08	636-638	x84.7332	0	+0.1								
42	45F014	Schaijk 5	6.8 26.06	23-24	x5.1001	-0.8	0	3.3	x5.0991	+0.19	x5.09929	15.78863	23		
			6.5 37.08	638-639	x5.0989	0	0								
42	65	Heesch 4	18.5 26.06	24, 49-51	x7.6618	+6.8	+0.1	9.1	x7.6683	+0.51	x7.66881	10.88792	23		
			18.1 37.08	643, 644	x7.6679	0	+0.1								
43	45C106	's-Hertogenbosch 6	19.5 26.09	49, 52-54	x6.1374	0	-0.1	19.5	x6.1373	+2.84	x6.14014	8.55673	22		
			212	Haafden 2	8.5 26.10	54-55, 88	0.3563	-0.5	0	4.4	0.3565	+0.64	0.35714	4.69687	22
					8.8 33.01	344-345	0.3568	+0.4	0						
39	781	Buurmaisen 1	37.3 26.10	56-59, 88	10.8582	+0.5	-0.2	37.3	10.8585	-0.66	10.85784	5.05401	15		
39	39F046	Wageningen 18	6.2 26.10	59	6.8780	0	0	3.2	6.8748	-0.06	6.87474	15.91185	15		
			6.3 37.07	634-635	6.8717	0	0								
			228	Ede 7								22.78659			
42	45F014	Schaijk 5	0.1 37.08	638	x8.6438	0	0	0.1	x8.6438	0	x8.64380	15.78863	-		
			2220	O.M. Schaijk								14.43243			
		<u>Kring 15</u>													
20	279	Utrecht 14	18.9 27.08	89-90	37.7187	+2.7	-0.1	18.9	37.7213	+1.53	37.72283	4.27148	7		
			32D131	Amersfoort 5 (B.M.)	x65.2978	0	0	1.6	x65.2978	+0.13	x65.29793	41.99431	7		
			300	Amersfoort 7	29.0 27.09	91-93	15.4933	0	+0.1	29.0	15.4934	+0.94	15.49434	7.29224	16
			228	Ede 7	6.2 26.10	59	x3.1220	0	0	3.2	x3.1252	+0.06	x3.12526	22.78658	14
					6.3 37.07	634-635	x3.1283	0	0						
39	39F046	Wageningen 18	37.3 26.10	56-59, 88	x89.1418	-0.5	+0.2	37.3	x89.1415	+0.66	x89.14216	15.91184	14		
			781	Buurmaisen 1	10.1 27.08	87-88	2.6423	0	0	5.1	2.6427	+0.83	2.64353	5.05400	22
					10.2 32.06	343-344	2.6431	0	0						
45	39A027	Culemborg 5	2.0 27.08	87	x8.3036	0	0	1.1	x8.3040	+0.18	x8.30418	7.69753	22		
					2.4 32.06	343	x8.3044	0	0						
31	39A041	Tull en 't Waal 8	16.9 27.07	81-82	x8.2710	-2.7	0	8.6	x8.2682	+1.57	x8.26977	6.00171	10		
					17.5 32.05	285-288	x8.2682	0	0						
			279	Utrecht 14								4.27148			
		<u>Kring 16</u>													
35	300	Amersfoort 7	29.4 35.09	530-532	20.8981	0	0	29.4	20.8981	+2.51	20.90061	7.29224	11		
			2160	O.M. Oud-Milligen	x88.8056	0	0	17.6	x88.8056	+1.51	x88.80711	28.19285	11		
35	33B029	Apeldoorn 9	27.8 35.09	510-511	x9.9811	0	+1.0	27.8	x9.9821	+4.22	x9.98632	16.99996	17		
			701	Arnhem 28	2.2 32.07	303-304	x7.2628	0	0	2.2	x7.2628	-0.03	x7.26277	16.98628	14
			238	Arnhem 15	19.2 26.11	60-61	8.5380	0	-0.2	19.2	8.5378	-0.28	8.53752	14.24905	14
			228	Ede 7	29.0 27.09	91-93	x84.5067	0	-0.1	29.0	x84.5066	-0.94	x84.50566	22.78657	15
			300	Amersfoort 7								7.29223			
		<u>Kring 17</u>													
37	33B029	Apeldoorn 9	16.0 35.07	500-501	x2.6270	0	0	16.0	x2.6270	+0.77	x2.62777	16.99996	12		
			33E102	Deventer 15	20.6 36.06	559-560	11.3130	0	0	20.6	11.3130	+0.98	11.31398	9.62773	12
			28C013	Holten 1	18.2 40.05	692-693	x7.0170	v	18.2	x7.0300	+0.97	x7.03097	20.94171	18	
					18.2 40.06	700-701	x7.0299	0	+0.1						
			34A021	Lochem 8 (B.M.)								17.97268			

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
 Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	kapt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{g_1} \frac{L}{L}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
48	34A021	Lochem 8 (B.M.)										17.97268	20
		17.0	36.07	581-582	x4.2976	0	0	8.3	x4.2986	+1.39	x4.29999		
		16.4	39.02	678-679	x4.2995	0	0						
48	33H172	Zutphen 30										12.27267	20
		24.2	35.08	504-508	5.0249	0	+0.2	12.4	5.0252	+2.08	5.02728		
		25.2	38.11	662-666	5.0252	0	+0.2						
			39.02										
48	1090	Rheden 28 (B.M.)										17.29995	20
		7.3	32.06	300-303	x9.6887	0	0						
		7.0	35.08	508-509	x9.6825	0	0	2.5	x9.6859	+0.42	x9.68632		20
		8.2	38.11	666-667	x9.6865	0	0						
			39.02										
46	701	Arnhem 28										16.98627	18
		27.8	35.09	510-511	0.0189	0	-1.0	27.8	0.0179	-4.22	0.01368		
	33B029	Apeldoorn 9										16.99995	18
		<u>Kring 18</u>											
38	28C013	Holten 1										20.94170	18
		30.8	36.06	561-563	x7.6300	0	-0.1	30.8	x7.6299	-1.32	x7.62858		18
29	28H006	Hengelo 17										18.57028	9
		11.0	36.08	564	29.8303	0	0	11.0	29.8303	-1.16	29.82914		9
49	29C019	Oldenzaal 4										48.39942	21
		35.4	36.08	568-570	x74.5631	-1.7	+0.8	35.4	x74.5622	-2.79	x74.55941		21
50	34G067	Eibergen 8										22.95883	20
		23.1	36.07	579-580	x5.0077	+1.7	0	10.9	x5.0126	+1.25	x5.01385		20
		20.6	38.11	677-678	x5.0157	0	0						
			39.02										
47	34A021	Lochem 8 (B.M.)										17.97268	17
		18.2	40.05	692-693	2.9830	v		18.2	2.9700	-0.97	2.96903		17
		18.2	40.06	700-701	2.9701	0	-0.1						
	28C013	Holten 1										20.94171	
	34G067	Eibergen 8										22.95883	
		1.0	36.09	570	0.0024	+0.8	0	1.0	0.0032	0	0.00320		-
	2130	O.M. Eibergen										22.96203	
		<u>Kring 16</u>											
51	701	Arnhem 28										16.98629	20
		8.6	27.10	103, 303, 304	x6.2387	0	+0.1						
		9.0	32.07	300-304	x6.2312	0	+0.1	1.9	x6.2348	+0.51	x6.23531		20
		6.2	37.06	628-629	x6.2329	0	+0.1						
		6.5	39.01	668-669	x6.2360	0	+0.1						
51	40B035	Westervoort 3										13.22160	20
		9.5	27.10	103-104	0.7829	0	0						
		9.5	32.06	300-301	0.7905	0	0						
		9.4	36.06	14133-14160	0.7834	0	0	1.9	0.7850	+0.51	0.78551		20
		9.8	37.06	629	0.7826	0	0						
		10.0	39.01	669	0.7855	0	0						
52	40E001	Zevenaar 1										14.00711	21
		3.5	27.10	104	x9.0530	0	0						
		3.5	32.07	301	x9.0499	0	0	0.9	x9.0517	+0.07	x9.05177		21
		3.5	36.07	578	x9.0516	0	0						
		3.5	37.07	630	x9.0523	0	0						
53	40G086	Zevenaar 8										13.05888	24
		28.2	28.10	125-128	3.0695	0	0	28.2	3.0695	-1.00	3.06850		24
53	250	Eist 15										16.12738	24
		2.3	26.11	65	14.9266	0	0	2.3	14.9266	-0.08	14.92652		24
41	40C028	Nijmegen 23										31.05390	14
		21.4	26.11	62-65,303-304	x85.9357	0	-0.2	10.5	x85.9331	-0.70	x85.93240		14
		20.6	37.07	625-627	x85.9309	0	-0.2						
	701	Arnhem 28										16.98630	
		<u>Kring 20</u>											
50	34A021	Lochem 8 (B.M.)										17.97267	18
		23.1	36.07	579-580	4.9923	-1.7	0	10.9	4.9874	-1.25	4.98615		18
		20.6	38.11	677-678	4.9843	0	0						
			39.02										
54	34G067	Eibergen 8										22.95882	21
		29.1	36.06	571-573	3.6470	+1.7	0	14.7	3.6481	-2.84	3.64526		21
		29.7	39.01	670-672	3.6499	-2.4	0						
54	2140	O.M. Aalten										26.60408	21
		47.4	36.07	573-578	x87.4076	0	+0.5	23.8	x87.4076	-4.60	x87.40300		21
		47.7	39.02	672-676	x87.4041	+2.4	+0.5						
51	40E001	Zevenaar 1										14.00708	19
		9.5	27.10	103-104	x9.2171	0	0						
		9.5	32.06	300-304	x9.2095	0	0						
		9.4	36.06	14133-14160	x9.2166	0	0	1.9	x9.2150	-0.51	x9.21449		19
		9.8	37.06	629	x9.2174	0	0						
		10.0	39.01	669	x9.2145	0	0						
51	40B035	Westervoort 3										13.22157	19
		8.6	27.10	103, 303, 304	3.7613	0	-0.1						
		9.0	32.07	300-304	3.7688	0	-0.1	1.9	3.7652	-0.51	3.76469		19
		6.2	37.06	628-629	3.7671	0	-0.1						
		6.5	39.01	668-669	3.7640	0	-0.1						
	701	Arnhem 28										16.98626	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{\xi_1} \bar{L}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
48	701	Arnhem 28 7.3 32.06 300-303 7.0 35.08 508-509 8.2 38.11 666-667 39.02			0.3113 0.3175 0.3135	0 0 0	0 0 0	2.5	0.3141	-0.42	0.31368	16.98626	17
48	1050	Rheden 28 (B.M.) 24.2 35.08 504-508 25.2 38.11 662-666 39.02			x4.9751 x4.9748	0 0	-0.2 -0.2	12.4	x4.9748	-2.08	x4.97272	17.29994	17
48	33H172	Zutphen 30 17.0 36.07 581-582 16.4 39.02 678-679			5.7024 5.7005	0 0	0 0	8.3	5.7014	-1.39	5.70001	12.27266	17
	34A021	Lochem 8 (B.M.)										17.97267	
<b>Kring 21</b>													
28	29C019	Oldenzaal 4 1.6 36.08 566			11.1497	0	0	1.6	11.1497	-0.04	11.14966	48.39942	9
28	29C025	Losser 22 (B.M.) 11.2 36.08 565-566			x65.2621	0	-0.3	11.2	x65.2618	-0.31	x65.26149	59.54908	9
28	983	Zollhs Frensd.haar 1.5 36.08 566			0.5615	0	0	1.5	0.5615	-0.04	0.56146	24.81057	9
28	986	O.M. Frensdorferhaar 3.7 36 Duits			x7.1620	0	0	3.7	x7.1620	-0.10	x7.16190	25.37203	9
55	100005	Nordhorn 44.9 36 "			38.7635 38.7599	0 0	0 0	22.4	38.7617	-0.85	38.76085	22.53393	-
55	100006	Burgsteinfurt 29.1 21 "			20.5742	0	0	29.1	20.5742	-1.11	20.57309	61.29478	-
55	100007	Coesfeld 30.5 21 "			x65.2254	0	0	30.5	x65.2254	-1.16	x65.22424	81.86787	-
55	100008	Borcken 35.2 31 "			x72.0912	0	0	35.2	x72.0912	-1.33	x72.08987	47.09211	-
55	100009	Haldern 29.9 31 "			x6.8632	0	0	29.9	x6.8632	-1.13	x6.86207	19.18198	-
56	100010	Elten 4.5 31en32 "			x8.8781	0	0	4.5	x8.8781	-0.49	x8.87761	16.04405	24
56	1191	Elten I (U.F.) 1.7 32.07 302 32.07 Duits 1.8 37.07 630-631 37.07 Duits			0.1697 0.1691 0.1689 0.1677	0 0 0	0 0	0.9	0.1688	-0.10	0.16870	14.92166	24
56	40G075	Elten 1.9 32.07 302 2.2 37.07 630			x7.9668 x7.9703	0 0	0 0	1.0	x7.9686	-0.11	x7.96849	15.09036	24
52	40G086	Zevenaar 8 3.5 27.10 104 3.5 32.07 301 3.5 36.07 578 3.5 37.07 630			0.9470 0.9501 0.9484 0.9477	0 0	0 0	0.9	0.9483	-0.07	0.94823	15.05885	19
54	40E001	Zevenaar 1 47.4 36.07 573-578 47.7 39.02 672-676			12.5924 12.5959	0 -2.4	-0.5 -0.5	23.8	12.5924	+4.60	12.59700	14.00708	21
54	2140	O.M. Aalten 29.1 36.06 571-573 29.7 39.01 670-672			x6.3530 x6.3501	-1.7 +2.4	0 0	14.7	x6.3519	+2.84	x6.35474	26.60408	21
49	34G067	Eibergen 8 35.4 36.08 568-570			25.4369	+1.7	-0.8	35.4	25.4378	+2.79	25.44059	22.95882	18
	29C019	Oldenzaal 4										48.39941	
<b>Kring 22</b>													
32	38B059	Schoonhoven 11 33.4 27.07 84-86, 156 34.6 32.06 289-291			2.4410 2.4492	0 0	0 0	16.7	2.4451	+0.33	2.44543	3.55628	10
45	39A041	Tull en 't Waal 8 2.0 27.08 87 2.4 32.06 343			1.6964 1.6956	0 0	0 0	1.1	1.6960	-0.18	1.69582	6.00171	15
45	39A027	Culemborg 5 10.1 27.08 87-88 10.2 32.06 343-344			x7.3577 x7.3569	0 0	0 0	5.1	x7.3573	-0.83	x7.35647	7.69753	15
43	781	Buurmalsen 1 8.5 26.10 54-55, 88 8.8 33.01 344, 345			x9.6437 x9.6432	+0.5 -0.4	0 0	4.4	x9.6435	-0.64	x9.64286	5.05400	14
43	212	Haafden 2 19.5 26.09 49, 52-54			3.8626	0	+0.1	19.5	3.8627	-2.84	3.85986	4.69686	14
57	45C106	's-Hertogenbosch 6 4.7 26.09 49 5.8 32.10 338-339			x7.9887 x7.9869	-2.0	0	2.7	x7.9868	-0.24	x7.98656	8.55672	23
57	45C063	Vught 8 20.5 32.10 337 <sup>a</sup> -338 <sup>b</sup> 20.1 33.03 337, 339			11.8377 11.8280	0 0	+0.1 +0.1	10.2	11.8329	-0.91	11.83199	6.54328	23
58	50F076	Tilburg 1 13.1 31.09 270-271 32.10			x2.9725	0	0	13.1	x2.9725	-0.56	x2.97194	18.37527	-
	50E048	Gilze 4 (B.M.)										11.34721	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumatie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{\epsilon_1} \bar{L}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
58	50E048	Gilze 4 (B.M.) 9.6	31.09 257-270 32.10		x2.0374	0	0	9.6	x2.0374	-0.41	x2.03699	11.34721	-
58	632	Breda 4 19.2	31.07 262-264 32.09 262-264		x9.3205 x9.3197	0 0	0 0	9.6	x9.3201	-0.41	x9.31969	3.38420	-
58	44A002	H. en L. Zwaluwe 13 12.1	30.08 186-187		x7.9004	0	0	12.1	x7.9004	-0.51	x7.89989	2.70389	-
58	44A045	Dubbeldam 21 4.2	30.08 185		3.1316	0	0	4.2	3.1316	-0.18	3.13142	0.60378	-
58	38C016	Dordrecht 24 11.3	29.09 158-160		x6.4934	0	0	11.3	x6.4934	-0.48	x6.49292	3.73520	-
58	38D044	Slidrecht 22 12.4	29.09 157-158 12.2 33.03 357-358		4.6552 4.6473	-2.4 0	0 0	6.2	4.6500	-0.26	4.64974	0.22812	-
58	38D059	Brandwijk 4 (B.M.) 8.9	29.09 157 8.7 33.03 357		x4.5687 x4.5415	-17.6 0	0 0	4.4	x4.5463	-0.19	x4.54611	4.87786	-
58	402	Groot Ammers 2 4.3	29.09 156 4.3 32.12 342		4.1106 4.1308	+20.0 +3.5	0	2.1	4.1324	-0.09	4.13231	x9.42397	-
58	38B059	Schoonhoven 11										3.55628	-
<u>Kring 23</u>													
42	45C106	's-Hertogenbosch 6 18.5	26.06 49-51, 24 18.1 37.08 643-644		2.3382 2.3321	-6.8 0	-0.1 -0.1	9.1	2.3317	-0.51	2.33119	8.55673	-
42	65	Heesch 4 6.8	26.06 23-24 6.5 37.08 638-639		4.8999 4.9011	+0.8 0	0 0	3.3	4.9009	-0.19	4.90071	10.88792	-
42	45F014	Schajik 5 26.7	26.06 20-23 26.2 37.08 636-638		15.2595 15.2668	+6.0 0	-0.1 -0.1	13.2	15.2660	-0.74	15.26526	15.78863	-
59	40C028	Nijmegen 23 4.7	25 16-17 4.5 26 18 4.7 37.10 648		x88.7138 x88.7110 x88.7122	+3.6 +1.5 0	+0.1 +0.1 +0.1	1.6	x88.7141	-0.04	x88.71406	31.05389	-
59	46A075	Heumen 15 2.6	25 16 2.8 26 18 3.1 37.10 648		x3.6909 x3.6860 x3.6843	-3.6 -1.5 0	0 0 0	0.9	x3.6854	-0.02	x3.68538	19.76795	-
59	46A072	Heumen 1 26.4	25 14-16 27.1 37.10 648-651		2.7835 2.7758	0 0	+0.3 +0.3	13.4	2.7799	-0.34	2.77956	13.45333	-
60	56	Bergen 28 31.4	26.06 28-30 28.8 37.10 645-647		6.3073 6.3056	-6.0 0	+0.2 +0.2	15.0	6.3037	+0.59	6.30429	16.23289	-
60	51F239	Gemert 12 4.1	26.06 28 4.4 37.10 647		x3.7896 x3.7962	+6.0 0	0 0	2.2	x3.7959	+0.09	x3.79599	22.53718	-
60	51F208	Gemert 6 24.7	26.07 31-32, 44		3.5186	0	+0.1	25.0	3.5187	+0.98	3.51968	16.33317	-
61	51G050	Eindhoven 2 18.2	26.09 44-46 17.4 32.11 331-333		x5.8957 x5.8928	-1.4 0	-0.1 -0.1	9.0	x5.8934	+0.42	x5.89382	19.85285	-
61	51B036	Best 4 25.8	32.11 334-336		2.6275	0	-0.1	25.8	2.6274	+1.21	2.62861	15.74667	-
57	50F076	Tilburg 1 20.5	32.10 337 <sup>a</sup> -338 <sup>a</sup> 20.1 33.03 337-338		x88.1623 x88.1720	0 0	-0.1 -0.1	10.2	x88.1671	+0.91	x88.16801	18.37528	-
57	45C063	Vught 8 4.7	26.09 49 5.8 23.10 338-339		2.0113 2.0131	+2.0 0	0 0	2.7	2.0132	+0.24	2.01344	6.54329	-
57	45C106	's-Hertogenbosch 6										8.55673	-
59 <sup>a</sup>	46A075	Heumen 15 0.8	37.10 648 Heumen 20 (B.M.)		x7.4253	0	0	0.8	x7.4253	+0.30	x7.42560	17.19355	-
60 <sup>a</sup>	51F239	Gemert 12 2.1	32.11 353		x8.9736	0	0	2.1	x8.9736	-0.50	x8.97310	22.53718	-
60 <sup>a</sup>	2230	O.M. Gemert 3.5	32.11 353		1.0276	0	0	3.5	1.0276	-0.70	1.02690	21.51028	-
60 <sup>a</sup>	51F239	Gemert 12 0.5	32.11 353 0.5 37.10 647		x8.9725 x8.9736	0 0	0 0	0.2	x8.9731	0	x8.97310	22.53718	-
60 <sup>a</sup>	2230	O.M. Gemert										21.51028	-

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{l}{L}$ E <sub>1</sub>	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
<b>Kring 24</b>													
53	40C028	Nijmegen 23	2.3 26.11 65		x85.0734	0	0	2.3	x85.0734	+0.08	x85.07348	31.05389	19
53	250	Elst 15	28.2 28.10 125-128		x6.9305	0	0	28.2	x6.9305	+1.00	x6.93150	16.12737	19
56	40G086	Zevenaar 8	1.9 32.07 302		2.0332	0	0	1.0	2.0314	+0.11	2.03151	13.05887	21
			2.2 37.07 630		2.0297								
	40G075	Elten	1.7 32.07 302		x9.8303							15.09038	
56			32.07 Duits		x9.8309	0	0	0.9	x9.8312	+0.10	x9.83130		21
			1.8 37.07 630-631		x9.8311								
			37.07 Duits		x9.8323								
	1191	Elten I (U.F.)	4.5 31m32 Duits		1.1219	0	0	4.5	1.1219	+0.49	1.12239	14.92168	21
	100010	Elten 5866	48.2 32 Duits		10.6338	0	0	48.2	10.6338	+3.46	10.63726	16.04407	
62	100011	Geldern	10.8 30 Duits		17.5898	0	0	10.8	17.5898	+0.78	17.59058	26.68133	
62	100012	Straelen	2,6 27m30 Duits		x7.5021	0	0	2.6	x7.5021	+0.30	x7.50240	44.27191	26
63	161	Straelen (U.F.I)	- - -		1.4388	0	0	-	1.4388	0	1.43880	41.77431	26
	160	Straelen (B.M.)	3.8 27.10 107		x78.3085	0	+0.1					43.21311	
63			3.8 28 bldr. 13		x78.3081	0	+0.1	1.0	x78.3087	+0.12	x78.30882		26
			3.8 30.10 208		x78.3096	0	+0.1						
			4.0 37 657		x78.3082	0	+0.1						
	144	Zollant	5.3 23.10 10		x8.5002	0	0					21.52193	
			5.1 27.10 107		x8.5001	0	0						
63			5.4 28 bldr. 12-13		x8.5038	0	0	1.1	x8.5019	+0.13	x8.50203		26
			5.4 30.10 207-208		x8.5050	0	0						
			5.5 37 657		x8.5006	0	0						
	52G029	Venlo 12	5.7 25 12 t/m 17		1.3471	0	0	2.8	1.3462	+0.18	1.34638	20.02396	25
64			5.8 37 654-657		1.3454	0	0						
	52G054	Arcen 11	18.0 25 12-14		x5.0698	+0.5	-0.3	9.4	x5.0781	+0.51	x5.07861	21.37034	25
			19.4 37.09 653-654		x5.0864	0	-0.3						
	52E088	Bergen 23	7.4 25 14		x9.7810	-0.5	-0.1	3.8	x9.7836	+0.34	x9.78394	16.44895	25
64			7.8 37.09 652		x9.7870	0	-0.1						
	56	Bergen 28	26.4 25 14-17		x7.2165	0	-0.3	13.4	x7.2201	+0.34	x7.22044	16.23289	23
59			27.1 37.10 648-651		x7.2242	0	-0.3						
	46A072	Heumen 1	2.6 25 16		6.3091	+3.6	0					13.45333	
59			2.8 26 18		6.3140	+1.5	0	0.9	6.3146	+0.02	6.31462		23
			3.1 37.10 648		6.3157	0	0						
	46A075	Heumen 15	4.7 25 16-17		11.2862	-3.6	-0.1					19.76795	
59			4.5 26 18		11.2890	-1.5	-0.1	1.6	11.2859	+0.04	11.28594		23
			4.7 37.10 648		11.2878	0	-0.1						
	40C028	Nijmegen 23										31.05389	
	52E088	Bergen 23	0.6 37.09 652		x7.9513	0	0	0.3	x7.9522	0	x7.95220	16.44895	-
64			0.6 37.11 659		x7.9532								
	2280	O.M. Wellerloo										14.40115	
<b>Kring 25</b>													
	51G050	Eindhoven 2	24.7 26.08 31,32,44		x6.4814	0	-0.1	25.0	x6.4813	-0.98	x6.48032	19.85285	23
60	51F208	Gemert 6	4.1 26.06 28		6.2104	-6.0	0	2.2	6.2041	-0.09	6.20401	16.33317	23
60			4.4 37.10 647		6.2038		0						
	51F239	Gemert 12	31.4 26.06 28-30		x3.6927	+6.0	-0.2	15.0	x3.6963	-0.59	x3.69571	22.53718	23
60			20.8 37.10 645-647		x3.6944		-0.2						
	56	Bergen 28	7.4 25 14		0.2190	+0.5	+0.1	3.8	0.2164	-0.34	0.21606	16.23289	24
64			7.8 37.09 652		0.2130		+0.1						
	52E088	Bergen 23	18.0 25 12-14		4.9302	-0.5	+0.3	9.4	4.9219	-0.51	4.92139	16.44895	24
64			19.4 37.09 653-654		4.9136		+0.3						
	52G054	Arcen 11	5.7 25 12 t/m 17		x8.6529	0	0	2.8	x8.6538	-0.18	x8.65362	21.37034	24
64			5.8 37 654-657		x8.6546	0	0						
	52G029	Venlo 12										20.02396	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
 Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussensp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{l-L}{L}$ %	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grens. kring
65	52G029	Venlo 12										20.02396	
		12.0	23	8-9	5.4316	0	+0.3						
		11.5	27	105-106	5.4291	0	+0.3						
		12.0	28	11-12	5.4343	0	+0.3	2.4	5.4285	+0.13	5.42863		26
		12.3	30	206-207	5.4246	0	+0.3						
		13.0	37	655-657	5.4216	0	+0.3						
65	58E020	Beesel 8										25.45259	
		12.7	23	VI-VII	1.5876	0	0						
		13.6	28	bldr. 9-10	1.5874	0	0	4.5	1.5840	+0.23	1.58423		26
		14.0	37en39	655,687-688	1.5767	+0.2	0						
66	30	Roermond 1									27.03682		
		57.4	26.08	38-44	x2.8162	0	-0.6	57.7	x2.8156	+0.43	x2.81603		-
	51G050	Eindhoven 2										19.85285	
65	58E020	Beesel 8										25.45259	
		2.1	37.10	655	x9.9678	0	0	2.1	x9.9678	-0.20	x9.96760		-
	58E082	Beesel 19 (B.M.)										25.42019	
<b>Kring 26</b>													
63	52G029	Venlo 12										20.02396	
		5.3	23	1t/m3 of I-XI	1.4998	0	0						
		5.1	27	107	1.4999	0	0						
		5.4	28	bldr. 12-13	1.4962	0	0	1.1	1.4981	-0.13	1.49797		24
		5.4	30.10	207-208	1.4950	0	0						
		5.5	37	657	1.4994	0	0						
63	144	Zellant										21.52193	
		3.8	27	107	21.6915	0	-0.1						
		3.8	28	bldr. 13	21.6919	0	-0.1	1.0	21.6913	-0.12	21.69118		24
		3.8	30.10	208	21.6904	0	-0.1						
		4.0	37	657	21.6918	0	-0.1						
63	160	Straelen (B.M.)									43.21311		
		-	-	-	x8.5612	0	0	-	x8.5612	0	x8.56120		24
63	161	Straelen (U.F.1)									41.77431		
		2.6	27en30	Duits	2.4979	0	0	2.6	2.4979	-0.30	2.49760		24
	100012	Straelen										44.27191	
		21.0	-	Duits	x6.1058	0	0	21.0	x6.1058	-0.95	x6.10485		-
67	100013	Süchteln										40.37676	
		11.9	-	Duits	40.1214	0	0	11.9	40.1214	-0.54	40.12086		-
67	100014	München-Gladbach										80.49782	
		30.2	-	Duits	x89.9774	0	0	30.2	x89.9774	-1.36	x89.97604		-
67	100015	Linnich										70.47366	
		29.0	-	Duits	95.6140	0	0	29.0	95.6140	-1.31	95.61269		-
67	100016	Aachen										166.08635	
		6.2	-	Duits	34.9953	0	0	6.2	34.9953	-0.27	34.99503		-
67	4014	Vaalserquartier										201.08138	
		25.4	39	689-691	x886.7111	0	-0.2	25.4	x886.7109	-1.15	x886.70975		-
67	62C011	St. Geertruid (B.M.)										87.79113	
		12.2	28	129-130	x60.1180	+39.3	-0.4	6.0	x60.1591	-0.27	x60.15883		-
		12.1	39	680-681	x60.1617	0							
67	61F027	Maastricht 23										47.94996	
		47.5	23	I-VI	x79.1055	0	-1.7						
		49.8	28	bldr. 2-9	x79.0882	0	-1.7	16.4	x79.0876	-0.74	x79.08686		-
		50.4	39	682-687	x79.0743	0	-1.7						
	30	Roermond 1										27.03682	
		12.7	23	VI-VII	x8.4124	0	0						
		13.6	28	bldr. 9-10	x8.4126	0	0	4.5	x8.4160	-0.23	x8.41577		25
		14.0	37en39	655,687-688	x8.4233	-0.2	0						
	58E020	Beesel 8										25.45259	
		12.0	23	VIII-IX	x4.5684	0	-0.3						
		11.5	27	105-106	x4.5709	0	-0.3						
		12.0	28	bldr. 11-12	x4.5657	0	-0.3	2.4	x4.5715	-0.13	x4.57137		25
		12.3	30.10	206-207	x4.5754	0	-0.3						
		13.0	37	655-657	x4.5784	0	-0.3						
	52G029	Venlo 12										20.02396	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{E_1} \frac{L}{E_1}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
<u>Kringen in Nrd. en Zd. Holland ten Westen van het vereffingsnet</u>													
<u>Kring a</u>													
101	14G022	Hoogwoud 3	23.6 29.08	149-150	x8.1934	0	0	23.6	x8.1934	-4.30	x8.18910	4.35730	7 b
102	19B033	Alkmaar 7	36.4 29.08	145-148	x9.9357	+2.8	0	36.4	x9.9385	-1.30	x9.93720	2.54640	-
103	378	Den Helder 17	7.3 29.07	142	x8.7034	0	0	7.3	x8.7034	-0.30	x8.70310	2.48360	-
22	14E019	Anna Paulowna 10	21.2 29.06	138-139	3.1714	0	0	21.2	3.1714	-0.84	3.17056	1.18674	7
	14G022	Hoogwoud 3										4.35730	
<u>Kring b</u>													
104	19G068	Beemster 3	13.1 28.08	117-118	5.0276	v	0					x7.54110	7
		21.4 32.08	292, 293, 295		5.0027	0	0	8.6	5.0054	-0.10	5.00530		c
		13.1 32.08	294, 295		5.0080	0	0						
101	19B033	Alkmaar 7	23.6 29.08	149-150	1.8066	0	0	23.6	1.8066	+4.30	1.81090	2.54640	a
22	14G022	Hoogwoud 3	70.9 29.06	131-137	x3.1866	0	0	70.9	x3.1866	-2.80	x3.18380	4.35730	7
	19G068	Beemster 3										x7.54110	
<u>Kring c</u>													
105	25D073	Haarlemmermeer 15	13.7 28.06	111-112	1.9057	-1.0	0	6.8	1.9038	+1.00	1.90480	1.13737	10 d
		12.7 32.09	298-299		1.9029	0	0						
106	334	Velsen 19	3.8 28.06	113	2.2350	+1.0	0	1.9	2.2367	+0.33	2.23703	3.04217	
		3.8 32.09	297		2.2374	0	0						
	25A065	Velsen 2	23.5 28.07	113-116	x7.2634	0	0	23.5	x7.2634	+3.80	x7.26720	5.27920	
104	19B033	Alkmaar 7	21.4 32.08	292, 293, 295	x4.9973	0	0					2.54640	
		13.1 32.08	294, 295		x4.9920	0	0	8.6	x4.9946	+0.10	x4.99470		b
		13.1 28.08	117-118		x4.9724	v							
22	19G068	Beemster 3	38.1 28.07	119-121	3.0390	0	0	38.1	3.0390	-1.50	3.03750	x7.54110	7
33	25G084	Ouder Amstel 3	15.5 27.10	101-102	0.5578	0	0	15.5	0.5578	+0.97	0.55877	0.57860	10
	25D073	Haarlemmermeer 15										1.13737	
<u>Kring d</u>													
107	25C003	Haarlemmermeer 4	9.8 27.06	74	3.3199	0	0	9.8	3.3199	-1.30	3.31860	x7.53948	10 e
108	30F090	Lisse 4	24.9 28.06	108-110	2.1857	-1.0	0	24.9	2.1847	-0.60	2.18410	0.85810	-
105	334	Velsen 19	13.7 28.06	111-112	x8.0943	+1.0	0	6.8	x8.0964	-1.20	x8.09520	3.04220	e
		12.7 32.09	298-299		x8.0971	0							
33	25D073	Haarlemmermeer 15	12.9 27.06	101	x6.4013	0	0	12.9	x6.4013	0.81	x6.40211	1.13737	10
	25C003	Haarlemmermeer 4										x7.53948	
<u>Kring e</u>													
109	257	Gouda 17	5.4 27.05	68-69	x5.4925	+29.6	0	2.7	x5.5222	-0.50	x5.52170	0.38533	10 g
		5.4 32.06	276-277		x5.5224	0	0						
110	38A071	Moordrecht 2	21.9 27.05	67-68	5.2652	0	0	10.9	5.2630	-2.60	5.26040	x5.90700	f
		21.9 32.06	274-276		5.2607	0	0						
111	256	Leidschendam 4	21.9 27.06	75-77	x9.6880	0	0	21.9	x9.6880	+2.70	x9.69070	1.16740	-
107	30F090	Lisse 4	9.8 27.06	74	x6.6801	0	0	9.8	x6.6801	+1.30	x6.68140	0.85810	d
33	25C003	Haarlemmermeer 4	25.5 27.06	72-73	3.2397	0	0	25.5	3.2397	+1.59	3.24129	x7.53948	10
33	31D022	Bodegraven 5	9.0 27.05	70-71	x9.6336	-29.6	0	9.0	x9.6040	+0.56	x9.60456	0.78077	10
	257	Gouda 17										0.38533	
<u>Kring f</u>													
112	38A071	Moordrecht 2	9.4 30.07	178	0.3042	v	0	9.4	0.3151	+1.00	0.31610	x5.90700	g
		9.4 32.06	281		0.3152	-0.1	0						
	37F020	Hillegersberg 2										x6.22310	

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
 Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina reumatie c.q. veldv.	$\Delta h$ m	knt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{l}{s_1} \bar{L}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
113	37F020	Hillegersberg 2		12.0 30.06 176	6.1643	-11.9	0	6.0	6.1520	+0.60	6.15260	x6.22310	h
				11.9 32.06 279-280	6.1533	-2.5							
114	37E006	Overschie 1		9.8 30.12 175	0.3150	+7.5	0	4.9	0.3224	+0.80	0.32320	2.37570	i
				9.8 32.05 278	0.3206	+2.6							
115	37E064	Delft 2		6.5 30.05 162	x9.2681	+3.60	0						
				6.5 31.04 210	x9.2745	+1.10	0	2.2	x9.2741	+0.70	x9.27480		-
				6.5 32.05 272	x9.2751	0	0						
115	441	Voorburg 4		2.7 30.05 163	x9.1960	-3.60	0					1.97370	
				2.7 31.04 211	x9.1951	-1.10	0	0.9	x9.1934	+0.30	x9.19370		-
				2.7 32.05 273	x9.1938	0	0						
110	256	Leidschendam 4		21.9 27.05 67-68	x4.7348	0	0	10.9	x4.7370	+2.60	x4.73960	1.16740	e
				21.9 32.06 274-276	x4.7393	0	0						
	38A071	Moordrecht 2										x5.90700	
<b>Kring g</b>													
116	38C016	Dordrecht 24		8.7 30.08 184	x6.9534	0	0	8.7	x6.9534	-0.10	x6.95330	3.73520	22 k
	37H060	Ridderkerk 6		20.0 30.07 179-180	x5.5350	0	0	20.0	x5.5350	-0.40	x5.53460	0.68850	h
117	37F020	Hillegersberg 2		9.4 32.06 281	x9.6848	+0.1	0	9.4	x9.6849	-1.00	x9.68390	x6.22310	f
112				9.4 30.07 178	x9.6958	v							
	38A071	Moordrecht 2										x5.90700	
109				5.4 27.05 68-69	4.5075	-29.6	0	2.7	4.4778	+0.50	4.47830		e
				5.4 32.06 276-277	4.4776								
33	257	Gouda 17		15.8 27.05 83, 156	3.1355	+29.6	0	8.7	3.1704	+0.54	3.17094	0.38533	10
				18.6 32.06 282, 83, 91	3.1758	0	0						
58	38B059	Schoonhoven 11		4.3 29.09 156	x5.8894	-20.0	0	2.1	x5.8676	+0.09	x5.86769	3.55628	22
				4.3 32.12 342	x5.8692	-3.5	0						
58	402	Groot Ammers 2		8.9 29.09 157	5.4313	+17.6	0	4.4	5.4537	+0.19	5.45389	x9.42397	22
				8.7 33.03 357	5.4585	0	0						
58	38D059	Brandwijk 4		12.4 29.09 157-158	x5.3448	+2.4	0	6.2	x5.3500	+0.26	x5.35026	4.87786	22
				12.2 33.03 357-358	x5.3527	0	0						
58	38D044	Sliedrecht 22		11.3 29.09 158-160	3.5066	0	0	11.3	3.5066	+0.48	3.50708	0.22812	22
	38C016	Dordrecht 24										3.73520	
<b>Kring h</b>													
118	37H060	Ridderkerk 6		12.2 30.07 182-183	0.7563	0	0	12.2	0.7563	0	0.75630	0.68850	k
	37H054	Rhoon 6		20.6 30.07 197-199	2.2866	0	0	20.6	2.2866	+0.30	2.28690	1.44480	j
119	37D039	Heenvliet 8		6.3 30.10 196	x8.8499	0	0	6.3	x8.8499	+1.60	x8.85150	3.73170	-
120	37B004	Maassluis 6		17.3 30.06 172-174	x9.8151	v		17.4	x9.7913	+1.20	x9.79250	2.58320	i
				17.3 33.11 403-404	x9.7913	0	0						
113	37E006	Overschie 1		12.0 30.06 176	x3.8357	+11.9	0	6.0	x3.8480	-0.60	x3.84740	2.37570	f
				11.9 32.06 279-280	x3.8467	+2.5	0						
117	37F020	Hillegersberg 2		20.0 30.07 179-181	4.4650	0	0	20.0	4.4650	+0.40	4.46540	x6.22310	g
	37H060	Ridderkerk 6										0.68850	
<b>Kring i</b>													
121	37E006	Overschie 1		17.3 30.06 172-174	0.1849	v		17.4	0.2087	-1.10	0.20760	2.37570	h
				17.3 33.11 403-404	0.2087	0	0						
122	37B004	Maassluis 6		10.9 30.06 169-170, 172	x9.3508	-1.6	0	5.4	x9.3438	+1.00	x9.34480	2.58330	-
				10.7 31.05 215-216	x9.3383	0	0						
122	37B051	s' Gravenzande 7		16.9 30.05 166-167	0.7586	+1.6	0	8.4	0.7694	+1.40	0.77080	1.92810	-
				16.9 31.04 212-213	0.7785	0	0						
114	37E064	Delft 2		9.8 30.12 175	x9.6850	-7.5	0	4.9	x9.6776	-0.80	x9.67680	2.69890	f
				9.8 32.05 278	x9.6794	-2.6	0						
	37E006	Overschie 1										2.37570	



Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traject nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{\xi_1} = \frac{L}{\xi_1}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
<u>Kring j</u>													
123	37H054	Rhoon 6 14.1	30.11	204-205	1.9873	0	0	14.1	1.9873	-0.30	1.98700	1.44480	k
124	496	Numansdorp 3 30.7	30.11	200-201	x8.8738	0	0	30.7	x8.8738	+7.20	x8.88100	3.43180	-
125	37C020	Nieuwen Hoorn 2 8.2	30.10	195	1.4170	0	0	8.2	1.4170	+1.90	1.41890	2.31280	-
119	37D039	Beenvliet 8 20.07	30.07	197-199	x7.7134	0	0	20.6	x7.7134	-0.30	x7.71310	3.73170	h
	37H054	Rhoon 6										1.44480	
<u>Kring k</u>													
126	44A045	Dubbeldam 21 20.5	30.11	202-203	2.8228	0	0	20.5	2.8228	+5.22	2.82802	0.60378	22
123	496	Numansdorp 3 14.1	30.11	204-205	x8.0127	0	0	14.1	x8.0127	+0.30	x8.01300	3.43180	j
118	37H054	Rhoon 6 12.2	30.07	182-183	x9.2437	0	0	12.2	x9.2437	0	x9.24370	1.44480	h
116	37H060	Ridderkerk 6 8.7	30.08	184-185	3.0466	0	0	8.7	3.0466	+0.10	3.04670	0.68850	g
58	38C016	Dordrecht 24 4.2	30.08	185	x6.8684	0	0	4.2	x6.8684	+0.18	x6.86858	3.73520	22
	44A045	Dubbeldam 21										0.60378	
<u>Kringen in Friesland ten Noorden van het vereffeningsnet</u>													
<u>Kring l</u>													
127	05D011	Franekeradeel 10 18.0	33.06	372-373	x7.9299	0	0	1.8	x7.9299	-4.90	x7.92500	3.05243	l
128	05E002	't Bildt 33 14.7	35.01	474-475	2.0488	0	0	14.7	2.0488	-3.10	2.04570	0.97743	-
1	05H033	Menaldum 3 21.5	33.05	360-362	0.0327	0	0	21.5	0.0327	-3.40	0.02930	3.02313	l
	05D011	Franekeradeel 10										3.05243	
<u>Kring m</u>													
128	05H033	Menaldum 3 14.7	35.01	474-475	x7.9512	0	0	14.7	x7.9512	+3.10	x7.95430	3.02313	l
129	05E002	't Bildt 33 36.2	33.05	369-372	6.6557	0	0	36.2	6.6557	-2.53	6.65317	0.97743	-
130	06B038	Dokkum 1 4.6	33.05	367-368	x3.6058	0	0	4.6	x3.6058	+0.30	x3.60610	7.63060	n
130	2050	O.M. Murmerwoude 22.3	33.05	366-367	1.3302	0	0	22.3	1.3302	+1.57	1.33172	1.23670	n
1	06C039	Leeuwarden 6 6.6	33.04	360	0.4557	0	0	6.3	0.4557	-1.04	0.45466	2.56847	l
	05H033	Menaldum 3										3.02313	
<u>Kring n</u>													
130	06C039	Leeuwarden 6 22.3	33.05	366-367	x8.6698	0	0	22.3	x8.6698	-1.57	x8.66823	2.56847	l
130	2050	O.M. Murmerwoude 4.6	33.05	367-368	6.3942	0	0	4.6	6.3942	-0.30	6.39390	1.23670	m
131	06B038	Dokkum 1 22.0	33.05	374-376	x5.1298	0	0	22.0	x5.1298	-2.92	x5.12688	7.63060	-
1	06G107	Achtkarspelen 3 28.3	33.04	363-365	x9.8138	0	0	14.0	x9.8132	-2.21	x9.81099	2.75748	l
	06C039	Leeuwarden 6 27.8	34.02	9183-9228	x9.8127	0	0					2.56847	
<u>Lijn door Groningen ten Noorden v.h. vereffeningsnet</u>													
132	06H090	Grijpskerk 2 27.9	34.07	440-442	x8.8991	0	0	27.9	x8.8991	+0.90	x8.90000	4.27014	2
133	07A060	Leens 6 5.1	34.07	442-443	x8.6159	0	0	5.1	x8.6159	0	x8.61590	3.17010	-
134	07B058 x	Baflo 2 48.0	34.08	444-449	x9.0804	0	0	48.0	x9.0804	+0.80	x9.08120	1.78600	-
135	3164	Delfzijl 13 12.4	34.08	449-450	0.6120	0	0	12.4	0.6120	+0.30	0.61230	0.86720	-
136	08C050 xx	Termunten 11 15.4	34.09	452-453	0.2343	0	0	15.4	0.2343	+0.30	0.23460	1.47950	-
	08D037	Beerta 19										1.71412	6

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
 Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q.veldw.	$\Delta h$ m	knt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{g_1}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
133 <sup>a</sup>	07B058	Baflo 2 6.5	34.07	443	x8.8638	0	0	6.5	x8.8638	+1.30	x8.86510	1.78600	-
	2010	O.M. Westernieland 8.3	34.07	444	2.5174	0	0	8.3	2.5174	+1.60	2.51900	0.65110	-
	07A060	Leens 6										3.17010	-
135 <sup>a</sup>	08C050	Termunten 11 9.8	34.08	450-451	x9.2032	0	0	9.8	x9.2032	+1.50	x9.20470	1.47950	-
	2030	O.M. Wagenborgen 7.7	34.08	451-452	0.1819	0	0	7.7	0.1819	+1.10	0.18300	0.68420	-
135 <sup>a</sup>	3164	Delfzijl 13										0.86720	-
<u>Lijn door Nrd-Brabant ten Westen van het vereffeningensnet</u>													
137	44A002	H. en L. Zwaluwe 13 18.9	30.08	188-189	0.8060	0	0	18.9	0.8060	+0.60	0.80660	2.70389	22
	43G039	Willemstad 11 14.0	31.04	219-220	x9.6189	0	0	14.0	x9.6189	+0.30	x9.61920	3.51050	-
138	43G003	Steenbergen 23 9.8	31.04	217-218	x8.5319	0	0	9.8	x8.5319	+0.20	x8.53210	3.12970	-
	49B051	Halsteren 4 3.7	31.04	217	5.7834	0	0	3.7	5.7834	0	5.78340	1.66180	-
140	49B016	Bergen op Zoom 6 16.6	32.10	267-268	x7.8399	0	0	16.6	x7.8399	+0.50	x7.84040	7.44520	-
141	2260	O.M. Roosendaal 21.4	32.10	268-269	x8.0983	0	0	21.4	x8.0983	+0.30	x8.09860	5.28560	-
141	632	Breda 4										3.38420	22
<u>Lijn door Nrd-Brabant ten Zuiden van het vereffeningensnet</u>													
142	50F076	Tilburg 1 15.8	32.09	327	5.7320	0	0	15.8	5.7320	+0.60	5.73260	18.37528	23
	2250	O.M. Hilvarenbeek 28.5	32.09	328-329	0.8527	0	0	28.5	0.8527	+0.90	0.85360	24.10790	-
142	2240	O.M. Westerhoven 16.2	32.09	330-331	x4.8908	0	0	16.2	x4.8908	+0.50	x4.89130	24.96150	-
	51G050	Eindhoven 2										19.85285	23
<u>Lijn binnen kring 1</u>													
143	3038	Doniawerstel 5 42.6	33.08	386-389	0.1909	v		42.3	0.1893	+15.50	0.20480	2.36366	-
	06C039	Leeuwarden 6 42.3	34.11	465-468	0.1893	0	0					2.56847	-
<u>Lijn binnen kring 3</u>													
144	12G041	Gieten 1 21.8	35.08	498-499	x82.5681	0	0	21.8	x82.5681	-3.00	x82.56510	20.38127	-
	12B064	Vries 2										2.94636	-
<u>Knooppunt Gasselte binnen kring 6</u>													
145	12G041	Gieten 1 4.2	35.06	490	x4.7354	0	0	4.2	x4.7354	-2.20	x4.73320	20.38127	6
	810	Gasselte 11										15.11450	-
146	18A023	Vlagtwedde 28 32.0	35.06	486-489	3.0789	0	0	32.0	3.0789	+9.50	3.08840	12.02611	6
	810	Gasselte 11										15.11450	-
147	17H035	Sleen 3 30.6	35.07	492-494	x6.6595	0	0	30.6	x6.6595	+7.30	x6.66680	17.50531	6
	2080	Gasselte O.M. 0.5	35.07	494	x0.9423	0	0	0.5	x0.9423	+0.10	0.94240	14.17211	-
147	810	Gasselte 11										15.11451	-
<u>Knooppunt Ambt Vollenhove binnen kring 7</u>													
148	3109	Blankenham 1 24.4	33.11	423-424	3.6632	0	0	12.0	3.6632	-8.30	3.65490	1.91202	7
	3118	Ambt Vollenhove 1 23.6	34.11	471-473	3.6633	0	0					5.56690	-
149	3103	Meppel 1 14.5	34.12	10651-10669	1.6552	0	0					3.90778	7
		14.2	33.11	425-426	1.6627	0	0	3.7	1.6556	+3.50	1.65910		-
		14.9	36.12	60C-609	1.6540	0	0						-
		14.5	36.04	13003-13325	1.6495	0	0						-
	3118	Ambt Vollenhove 1										5.56690	-

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traaj nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q.v.veldw.	$\Delta h$ m	knt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{l-L}{L}$ %	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
150	27B067	Oldebroek 20										2.60573	7
		27.3 35.11 524 <sup>a</sup> -527 <sup>a</sup>			2.9402	v							
		27.3 36.05 524-527			2.9633	0	0	13.6	2.9646	-3.40	2.96120		-
		27.3 37.01 605-607			2.9659	0	0						
	3118	Ambt Vollenhove 1									5.56690		
<u>Knooppunt Muiden binnen kring 7</u>													
151	300	Amersfoort 7										7.29224	7
		33.8 27.09 94-96			x5.0610	0	0	33.8	x5.0610	+0.60	x5.06160		-
	25H042	Muiden 7										2.35380	
152	25G084	Ouder Amstel 3										0.57860	7
		8.9 27.11 97			1.7753	0	0	8.9	1.7753	-0.10	1.77520		-
	25H042	Muiden 7										2.35380	
153	31F037	Loenen 1										3.43928	7
		7.7 32.07 305			x8.6234	0	0	7.7	x8.6234	+2.00	x8.62540		-
	4055	Nederhorst den Berg 3										2.06470	-
153		9.2 32.07 305-306			x8.8573	0	0	9.2	x8.8573	+2.30	x8.85960		-
	25H039	Muiden 13										0.92430	-
153		2.8 32.07 306			1.4288	0	0	2.8	1.4288	+0.70	1.42950		-
	25H042	Muiden 7										2.35380	
153	4055	Nederhorst den Berg 3										2.06470	-
		0.2 32.07 305			x7.4009	0	0	0.2	x7.4009	0	x7.40090		-
	2190	O.M. Nederhorst den berg										x9.46560	
153	25H039	Muiden 13										0.92430	-
		1.5 32.07 307			2.3661	0	0	1.5	2.3661	0	2.36610		-
	2180	O.M. Muiderberg										3.29040	
<u>Lijnen binnen kring 8</u>													
154	22D057	Hardenberg 8										9.15713	8
		9.5 35.09 518			x7.6674	v		9.6	x7.6636	-3.30	x7.66030		-
		9.6 36.11 595			x7.6636	0	0						
154	890	Ommen 17										6.81740	-
		2.0 35.09 518			x9.3134	v		2.0	x9.3104	-0.70	x9.3097		-
154		2.0 36.11 595			x9.3104	0	0					6.12710	-
	22C022	Ommen 4										6.12710	-
		20.6 35.09 519-521			x6.5384	v		21.8	x6.5456	-7.80	x6.5378		-
	21G089	Zwollerkerkspeel 23			x6.5456	0	0					2.66492	8
154	890	Ommen 17										6.81740	-
		2.7 35.09 519			0.4883	0	0	2.7	0.4883	-0.90	0.48740		-
154	2110	O.M. Ommen										7.30480	-
		3.2 35.09 518-519			x8.8233	0	0	2.2	x8.8233	-1.00	x8.82230		-
	22C022	Ommen 4										6.12710	-
155	21G049	Zwolle 17										3.48714	8
		15.8 36.05 547-548			4.6919	0	0	15.8	4.6919	+4.80	4.69670		-
	27E037	Wijhe 5										8.18377	8
<u>Lijn binnen kring 10</u>													
156	31D022	Bodegraven 5										0.78077	10
		30.7 27.06 78-80			3.4999	-2.7	0	30.7	3.4972	-6.50	3.49070		-
	279	Utrecht 14										4.27147	10
<u>Lijn binnen kring 12</u>													
157	27D037	Wijhe 5										8.18379	12
		20.0 36.07 555-558			1.4364	0	+0.1	20.0	1.4365	+7.40	1.44390		-
	33E102	Deventer 15										9.62773	12
<u>Lijn binnen kring 14</u>													
158	39F046	Wageningen 18										15.91185	14
		3.2 37.07 632-634			10.3452	+5.5	0	3.2	10.3507	+1.60	10.35230		-
158	2170	O.M. Wageningen										26.26410	-
		19.2 37.07 634			x0.7155	0	0	19.2	x0.7155	+6.70	x0.72220		-
	701	Arnhem 28										16.98629	14
<u>Lijn binnen kring 17</u>													
159	33E102	Deventer 15										9.62773	17
		17.1 35.08 502-503			2.6467	0	+0.1	17.1	2.6468	-1.80	2.64500		-
	33H172	Zutphen 30										12.27267	17

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{L} \frac{\Delta h}{\Delta t}$ $\frac{1}{\text{d}}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
<u>Lijn binnen kring 20</u>													
160	1090	Rheden 28 (B.M.)	9.4 32.07 300		x5.9103	0	0	9.4	x5.9103	+11.40	x5.92170	17.29994	20
	40B035	Westervoort 3										13.22157	- 20
<u>Knooppunt Gorinchem binnen kring 22</u>													
161	402	Groot Ammers 2	14.7 29.08 151-152		4.2964	+20.0	0	7.2	4.3258	+0.20	4.32600	x9.42397	22
	38G053	Gorinchem 2	14.0 32.12 340-341		4.3316	+3.5	0					3.75000	-
162	39A027	Culemborg 5	30.7 33.01 349-352		x6.0651	0	0	30.7	x6.0651	-12.60	x6.05250	7.69753	22
	38G053	Gorinchem 2										3.75000	-
163	212	Haafden 2	24.8 29.08 152-155		x9.0692	0	0	12.2	x9.0640	-10.90	x9.05310	4.69686	22
	38G053	Gorinchem 2	24.0 33.01 346-348		x9.0589	0	0					3.75000	-
164	632	Breda 4	35.6 31.09 257-261		0.3472	0	0	19.1	0.3472	+18.60	0.36580	3.38420	22
	38G053	Gorinchem 2										3.75000	-
165	38D044	Sliedrecht 22	20.8 33.02 340, 354-355		3.5163	0	0	20.8	3.5163	+5.60	3.52190	0.22812	22
	38G053	Gorinchem 2										3.75000	-
<u>Lijnen binnen kring 23</u>													
166	51B036	Best 4	19.2 26.09 47-48		x0.7973	+0.7	0	9.6	x0.8032	-6.60	x0.79660	15.74670	23
	45C063	Vught 8	19.2 33.02 341 <sup>a</sup> -341 <sup>b</sup>		x0.8084	0	0					6.54330	- 23
167	65	Heesch 4	27.1 26.06 25-27		5.4468	0	0	13.6	5.4412	+4.10	5.44530	10.88790	23
	51F208	Gemert 6	27.1 37.09 640-642		5.4356	0	0					16.33320	- 23
<u>Knooppunt Horst binnen kring 25</u>													
168	51F208	Gemert 6	37.6 26.07 33-35		9.1590	+0.6	0	37.6	9.1596	+4.00	9.16360	16.33317	25
	37	Horst 9										25.49680	-
169	52E088	Bergen 23	16.6 37.11 658-659		9.0461	-0.9	0	16.6	9.0452	+2.60	9.04780	16.44895	25
	37	Horst 9										25.49680	-
170	52G054	Arcen 11	11.4 26.08 33-37		4.1271	0	0	5.3	4.1281	-1.60	4.12650	21.37034	25
	37	Horst 9	10.6 37.11 660		4.1292	0	0					25.49680	-
170 <sup>a</sup>	2290	Horst 9	0.2 37.11 658		x7.7997	+0.9	0	0.2	x7.7997	0	x7.79970	23.29650	-
		O.M. Horst											
<u>"Losse poten" aan het hoofdnet</u>													
<u>Lijn Velsen - IJmuiden</u>													
171	25A065	Velsen 2	4.8 28.06 115		x7.4667	+1.5	0	2.4	x7.4682	0	x7.46820	5.27920	c
			4.8 32.09 296		x7.4682	0	0						-
171	25A057	Velsen 4	1.2 32.09 296		1.5247	0	0	1.2	1.5247	0	1.52470	2.74740	
	3331	O.M. I Noordersluis										4.27210	
<u>Kring Voorburg - Den Haag</u>													
172	411	Voorburg 4	5.2 30.05 164		3.2434	-3.6	0	5.2	3.2398	-3.20	3.23660	1.97370	f
	30G058	s' Gravenhage 15	7.0 30.05 164, 165		x6.7624	+3.6	0	7.0	x6.7660	-2.60	x6.76340	5.21030	-
172	411	Voorburg 4										1.97370	-

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q.veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{g_1} \bar{L}$ m	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
<u>Lijn s' Gravezande - Hoek v. Holland</u>													
173	37B051 428	s' Gravezande 7 8.8 30.05 168 Rotterdam 25			6.6020	+1.6	0	8.8	6.6036	0	6.60360	1.92810 8.53170	i -
<u>Kring Rotterdam + zijslagen</u>													
113	37E006	Overschie 1 5.3 32.06 279 5.3 33.11 403			x7.3191	+2.9	0	2.6	x7.3225	-1.30	x7.32120	2.37570	f
113	37F008 37F020	Hillegersberg 7 7.3 32.06 279-280 Hillegersberg 2			x6.5276	-0.4	0	7.3	x6.5272	-1.00	x6.52620	x9.69690 x6.22310	f
176	37F008 2200	Hillegersberg 7 1.7 32.06 279 1.7 33.11 398 O.M. Hillegersberg			x9.8477 x9.8479	-0.3 -0.5	0 0	0.8	x9.8474	0	x9.84740	x9.69690 x9.54430	
177	37F008	Hillegersberg 7 1.6 33.11 398			0.2680	0	0	1.6	0.2680	0	0.26800	x9.69690	-
177	3044	vastpunt 2.6 33.11 398			3.3101	0	0	2.6	3.3101	0	3.31010	x9.96490	-
177	37H133	Rotterdam 2											
178	3030	4.0 33.11 399-400 O.M. C			x7.1011	0	0	4.0	x7.1011	-0.50	x7.10060	0.37560	-
178	3040	2.8 33.11 400 O.M. D			2.2200	0	0	2.8	2.2200	-0.40	2.21960	2.59520	-
178	3050	5.2 33.11 400-401 O.M. E			0.4226	0	0	5.2	0.4226	-0.60	0.42200	3.01720	-
178	3020	4.3 33.11 401-402 O.M. B			x5.3342	0	0	4.3	x5.3342	-0.60	x5.33360	x8.35080	-
178	37H133	2.6 33.11 402 Rotterdam 2			4.9246	0	0	2.6	4.9246	-0.40	4.92420	3.27500	-
177	3044	vastpunt 0.4 33.11 398			x8.5628	0	0	0.4	x8.5628	0	x8.56280	x9.96490	-
178	3010	O.M. A										x8.52770	-
178	3020	O.M. B 1.3 33.11 402			5.0558	0	0	1.3	5.0558	0	5.05580	x8.35080	-
178	3070	O.M. Parksluizen										3.40660	-
<u>Kring Schoonhoven - Bergambacht</u>													
179	38B059	Schoonhoven 11 7.8 32.06 283-284			0.0233	0	0	7.8	0.0233	-0.50	0.02280	3.55628	g
179	38B015	Bergambacht 9 7.5 32.06 284			x9.9775	0	0	7.5	x9.9775	-0.30	x9.97720	3.57910	-
179	38B059	Schoonhoven 11										3.55628	g
179	38B015	Bergambacht 9 0.1 32.06 284			x6.7737	0	0	0.1	x6.7737	0	x6.77370	3.57910	-
179	2210	O.M. Bergambacht										0.35280	-
<u>Lijn Bergen op Zoom - Nieuw Namen-Zeeuwsch Vlanderen</u>													
180	49B016	Bergen op Zoom 6 6.1 31.05 221			5.3671	0	0	6.1	5.3671	0	5.36710	7.44520	-
180	49G022	Woensdrecht 6 8.1 31.10 222			0.6468	0	0	8.1	0.6468	0	0.64680	12.81230	-
180	49G007	Ossendrecht 3 25.4 31.10 222-224			x2.4085	0	0	25.4	x2.4085	0	x2.40850	13.45910	-
181	55A026	Clinge 9 0.5 31.07 226			x6.3505	0	0	0.5	x6.3505	+0.10	x6.35060	5.86760	-
181	55A025	Clinge 8 (B.M.) 9.0 31.06 226-227			2.5224	0	0	9.0	2.5213	+1.10	2.52240	2.21820	-
181	55A009	Hulst 1 18.3 31.07 228-229			x9.8537	0	0	18.3	x9.8537	+2.60	x9.85630	4.74060	-
181	54E025	Terneuzen 11 53.1 31.07 229-232			1.2632	0	0	53.1	1.2632	+7.50	1.27070	4.59690	-
181	55A026	Clinge 9										5.86760	-
182	54E025	Terneuzen 11 33.5 31.06 233-235			x9.4262	0	0	33.5	x9.4262	0	x9.42620	4.59690	-
182	561	Schoondijke 1 5.9 31.06 237			1.1567	0	0	5.9	1.1567	0	1.15670	4.02310	-
182	575	Oostburg 1 9.5 31.06 238			0.0540	0	0	9.5	0.0540	0	0.05400	5.17980	-
182	577	Sluis 1										5.23380	-
182	561	Schoondijke 1 5.9 31.06 236			x8.4980	0	0	5.9	x8.4980	0	x8.49800	4.02310	-
182	570	Breskens 8										2.52110	-

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
 Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumtie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{l}{L} = \frac{L}{L_1}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
182	575	Oostburg 1 <sup>a</sup>										5.17980	-
	579	12.0 29.07 143-144 Cadzand 8	239		x7.2503	0	0	12.0	x7.2503	0	x7.25030	2.43010	-
180 <sup>a</sup>	49G007	Ossendrecht 3										13.45910	-
	2270	0.8 31.10 222 O.M. Ossendrecht	222		5.9362	0	0	0.8	5.9362	0	5.93620	19.39530	-
<u>Lijn Den Helder - Texel + kring Texel</u>													
183	378	Den Helder 17										2.48380	a
	9D005	4.9 29.07 143-144 Den Helder 3	144		x8.3291	0	0	4.9	x8.3291	0	x8.32910	0.81270	-
183	9D018	6.0 29.07 143-144 Den Helder 14	144		2.6506	0	0	6.0	2.6506	0	2.65060	3.46330	-
	9D054	1.6 22.06 Verslag R.C. Texel 2			2.1195	0	0	1.6	2.1195	0	2.11950	5.58280	-
183	9D056	0.2 34.06 438 Texel 3b	438		x8.1938	0	0	0.2	x8.1938	0	x8.19380	3.77660	-
	9D093	10.8 34.06 438-439 Texel 34	439		3.8027	0	0	10.8	3.8027	-3.80	3.79890	7.57550	-
184	9D093	9.8 34.06 438-439 Texel 34	439		x6.2046	0	0	9.8	x6.2046	-3.50	x6.20110	3.77660	-
	9D056	Texel 3b											-
<u>Lijn Willemstad - Goeree</u>													
199	43G039	Willemstad 11										3.51050	-
	36H005	46.8 30.09 190-194 Ouddorp 2	194		0.2642	0	0	46.8	0.2642	0	0.26420	3.77470	-
<u>Lijn Steenberg - Schouwen + kring op Schouwen</u>													
185	43G003	Steenbergen 23										3.12970	-
	742	25.0 32.09 318-320 St. Philipsland 6	320		1.3367	0	0	25.0	1.3367	0	1.33670	4.46640	-
185	42H045	14.8 32.08 317-318 Zierikzee 5	318		x9.0297	0	0	14.8	x9.0297	0	x9.02970	3.49610	-
	42E009	19.2 32.08 312-313 Haamstede 5	313		1.2920	0	0	19.2	1.2920	+2.10	1.29410	4.79020	-
186	722	4.8 32.08 313-314 Renesse 2	314		x9.4870	0	0	4.8	x9.4870	+0.60	x9.48760	4.27780	-
	42H045	28.0 32.08 314-316 Zierikzee 5	316		x9.2151	0	0	28.0	x9.2151	+3.20	x9.21830	3.49610	-
<u>Lijn Halsteren - Tholen + kring op Tholen</u>													
187	49B051	Halsteren 4										1.66180	-
	745	2.1 32.09 326 Tholen 12	326		1.6936	0	0	2.1	1.6936	0	1.69360	3.35540	-
188	49A041	7.1 32.09 321 Poortvliet 2	321		x8.6405	0	0	7.1	x8.6405	+0.20	x8.64070	1.99610	-
	42H004	14.1 32.09 321-324 Stavenisse 3	324		x9.5490	0	0	14.1	x9.5490	+0.40	x9.54940	1.54550	-
186	43C042	7.6 32.09 324 St. Annaland 4	324		0.8795	0	0	7.6	0.8795	+0.30	0.87980	2.42530	-
	49B140	9.2 32.09 324-325 Dud-Vossemeer 3	325		x9.2616	0	0	9.2	x9.2616	+0.40	x9.26200	1.68730	-
188	745	6.4 32.09 325-326 Tholen 12	326		1.6678	0	0	6.4	1.6678	+0.30	1.66810	3.35540	-
													-
<u>Lijn Woensdrecht - Zuid-Beveland - Walcheren - Nrd. Beveland</u>													
189	49G022	Woensdrecht 6										12.81230	-
	580	26.4 31.10 240-242 Schore 1	242		x0.3410	0	0	26.4	x0.3410	0	x0.34100	3.15330	-
190	48E038	42.8 31.09 243-246 's Heer Arendskerke 25	246		x9.8094	0	0	42.8	x9.8094	+9.60	x9.81900	2.97230	-
	48E073	10.2 31.09 247-248 's Heer Arendskerke 16	248		0.0863	0	0	10.2	0.0863	+2.30	0.08860	3.06090	-
192	580	15.6 31.09 248-249 Schore 1	249		0.0890	0	0	15.6	0.0890	+3.40	0.09240	3.15330	-
	48E038	's Heer Arendskerke 25										2.97230	-
193	605	13.1 31.09 250-251 Middelburg 8	251		x9.0393	0	0	13.1	x9.0393	0	x9.03930	2.01160	-

Staat van waarnemingen en uitkomsten (vervolg)  
Table of observations and results (continued)

traj. nr.	knooppunt c.q. tussenp.	lengte L km	jaar en maand	pagina resumatie c.q. veldw.	$\Delta h$ m	knpt. corr. mm	orth. corr. mm	$\frac{1}{k_1} = \frac{L}{k_1}$	$\Delta h$ voor vereff. m	vereff. corr. mm	$\Delta h$ na vereff. m	hoogte NAP +h m	aan- grenz. kring
194	605	Middelburg 8	9.0 31.07	252-253	2.7714	0	0	9.0	2.7714	-0.40	2.77100	2.01160	-
194	48C053	Viissingen 2	17.6 31.07	253-254	x8.9805	0	0	17.6	x8.9805	-0.70	x8.97980	4.78260	-
194	48A109	Westkapelle 1	23.4 31.07	254-256	x9.3356	0	0	23.4	x9.3356	-1.10	x9.33450	3.76240	-
194	48B150	Veere 12	6.0 31.07	252	x8.9148	0	0	6.0	x8.9148	-0.10	x8.91470	3.09690	-
	605	Middelburg 8										2.01160	
195	48E073	's Heer Arendskerke 16	8.2 32.06	308	0.7177	0	0	8.2	0.7177	0	0.71770	3.06090	-
196	48E160	Kortgene 1	1.0 32.07	309	x8.8231	0	0	1.0	x8.8231	0	x8.82310	3.77860	-
196	48E158	Kortgene 3	16.2 32.07	309-310	x9.2359	0	0	16.2	x9.2359	+0.30	x9.23620	2.60170	-
196	42G001	Wissekerke 5	23.4 32.07	310-311	1.9405	0	0	23.4	1.9405	+0.20	1.94070	1.83790	-
	48E160	Kortgene 1										3.77860	
		<u>Lijn: Breda - Strijbeek</u>											
197	632	Breda 4	12.7 31.08	265-266	6.0346	0	0	12.7	6.0346	0	6.03460	3.38420	22
	661	Ginneken 2										9.41880	-
		<u>Lijn Oldenzaal - Lutte</u>											
198	29C019	Oldenzaal 4	7.1 36.09	567	x82.4245	0	0	7.1	x82.4245	0	x82.42450	48.39941	9
	29C024	Losser 19										30.82390	-

## LITERATUUR

- [1] BERNDT - Ergebnisse der Feineinwägungen. Trigonometrische Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme, Berlin 1930.
- [2] Prof. Dr. L. COHEN STUART - Mededeeling omtrent de in 1875 en 1876 uitgevoerde nauwkeurigheidswaterpassing. Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, 1876-1877, blz. 57-63.
- [3] Prof. Ir. J. W. DIEPERINK - Eine neue Skalateilung. Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1924, p. 381-409.
- [4] Prof. Ir. J. W. DIEPERINK - Een nieuwe schaalverdeling. Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, 1925, p. 39-48 en p. 129-138.  
- EDELMAN: zie [34].
- [5] N. D. HAASBROEK - Investigation of the accuracy of Stamkart's triangulation (1866-1881) in The Netherlands. Rijkscommissie voor Geodesie, Delft, 1974.
- [6] HAMMER - Zwei neuere Feinnivellier - Arbeiten. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1922, p. 519-522.
- [7] Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P. gevonden bij de nauwkeurigheidswaterpassingen en de waterpassingen van den Algemeenen Dienst van den Waterstaat (per Provincie). 's-Gravenhage, (Gebroeders van Cleef: eerste en tweede uitgave), eerste uitgave: 1892-1893; tweede uitgave: 1898; derde uitgave: 1906.
- [8] Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P. gevonden bij de nauwkeurigheidswaterpassingen en de waterpassingen van den Algemeenen Dienst van den Rijkswaterstaat (per Provincie). Vierde uitgave, 's-Gravenhage 1916, 1917.  
I Groningen 1916; II Friesland 1916; III Drenthe 1916; IV Overijssel 1916; V Gelderland 1916; VI Noordbrabant 1917; VII Limburg 1916; VIII Utrecht 1916; IX Noordholland 1916; X Zuidholland 1917; XI Zeeland 1916.
- [9] Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P. gevonden bij de nauwkeurigheidswaterpassingen, de waterpassingen van den Algemeenen Dienst van den Rijkswaterstaat en waterpassingen van andere organisaties. Vijfde uitgave (1924-1931), N.V. Technische Boekhandel Waltman, Delft.
- [10] Hoogte van verkenmerken volgens N.A.P. gevonden bij de verspreiding van het N.A.P. door den Rijkswaterstaat (per provincie). 's-Gravenhage, Gebroeders van Cleef, 1898.
- [11] W. JORDAN - „Der Normal-Höhenpunkt für das Königreich Preuzen“. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1880, p. 1-16.  
- JORDAN/EGGERT: zie [35].
- [12] M. KNEISSL - Überprüfung der Ausgangshöhe des deutschen Normal-Höhenpunktes (Höhe über N.N.). Zeitschrift für Vermessungswesen, 1957, p. 85-91 en p. 109-116.
- [13] C. R. T. KRAYENHOFF - Proces-Verbaal van het stellen van peilstenen te Amsterdam, aanwijzende het Amsterdamsche Peil. Zie [14] en [32].
- [14] C. R. T. KRAYENHOFF - Verzameling van hydrographische en topographische waarnemingen in Holland. Amsterdam, Doorman en Comp., 1813.
- [15] CH. LALLEMAND - Lever des plans et nivellement. Encyclopaedie des Travaux Publicques. Paris, 1912.



- [16] Lijst van de lijnen der nauwkeurigheidswaterpassingen verricht in 1886 en 1887. Uitkomsten der nauwkeurigheidswaterpassingen door den Algemeenen Dienst van den Waterstaat verricht in 1886-1887. 's-Gravenhage, Gebroeders van Cleef, 1890.
- [17] VON MOROZOWICZ - Mededeling in Deutsche Bauzeitung, 1875, p. 266.
- [18] Normaal Amsterdamsch Peil.  
Deel I - Peilmerken van het N.A.P.  
Deel II - Uitgevoerde waterpassingen en nadere beschrijving van de plaats der peilmerken.  
I Groningen (1944); II Friesland (1947); III Drenthe (1945); IV Overijssel (1948); V Gelderland (1943); VI Noordbrabant (1949); VII Limburg (1952); VIII Utrecht (1942); IX Noordholland (1946); X Zuidholland (1944); XI Zeeland (1950).  
Zesde uitgave, samengesteld door de Rijkswaterstaat.  
Staatsdrukkerij- en uitgeversbedrijf, 's-Gravenhage.
- [19] Peilschalen en verkenmerken in de lijn \_\_\_\_\_, opgenomen in de nauwkeurigheidswaterpassing van \_\_\_\_\_. In 9 stukken.
- [20] H. G. VAN DE SANDE BAKHUYZEN en G. VAN DIESEN - Uitkomsten der Rijkswaterpassing, 1875-1885. Werken van de Nederlandsche Rijkscmissie voor Graadmeting en Waterpassing II. 's-Gravenhage, Martinus Nijhoff, 1888.
- [21] Ir. W. SCHERMERHORN - Bestimmung der Höhenlage der Insel Terschelling. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1926, p. 417-434.
- [22] Ir. W. SCHERMERHORN - Enige opmerkingen omtrent nauwkeurigheidswaterpassen. De Ingenieur, 1922, nr. 3, p. 26.
- [23] Ir. W. SCHERMERHORN - Genauigkeitsbestimmung von Präzisions-Nivellierlatten der Firma Carl Zeiss in Jena. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1924, p. 251-254.
- [24] F. J. STAMKART - Over het Amsterdamsche Peil, het A.P. Verslagen en mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde. 17e en laatste deel (p. 261-303). Amsterdam, C. G. van der Post, 1865.  
- VAN DER STERR: zie [38].
- [25] Prof. J. M. TIENSTRA - An extension of the technique of the method of least squares to correlated observations. Bulletin Géodésique, 1947, no. 6, p. 301-335.
- [26] Prof. J. M. TIENSTRA - Theory of the adjustment of normally distributed observations. Amsterdam, 1956.
- [27] Prof. J. M. TIENSTRA - Over de oplossing van een stelsel lineaire vergelijkingen. Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, 1 oct. 1946, jrg. 62 no. 2, p. 53-66.
- [28] Uitkomsten van de in 1875 t/m 1884 uitgevoerde nauwkeurigheidswaterpassing. In 10 stukken.
- [29] Dr. Ir. Joh. VAN VEEN - Bestaat er een geologische bodemdaling te Amsterdam sedert 1700? Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap, jrg. 1945 no. 1, p. 2-36.  
- VIGNAL: zie [36] en [37].
- [30] A. WAALEWIJN - Honderd jaar nauwkeurigheidswaterpassing. Ned. Geodetisch Tijdschrift, 1975, 5e jrg. no. 6, p. 126-130.
- [31] A. WAALEWIJN - Investigations into crustal movements in the Netherlands. Proceedings of the second international symposium on recent crustal movements. Ann. Acad. Sci. Fennicae, A III-90, Helsinki, 1966.
- [32] P. I. VAN DER WEELE - De geschiedenis van het N.A.P. Rijkscmissie voor Geodesie, Delft, 1971.
- [33] General ZACHARIAES - Nivellement over bredere Vandarealer. Den Danske Gradmaaling, Ny Raekke, Hefte no. 4. Kjøbenhavn, 1909.

- [34] T. EDELMAN – Tectonic movements as resulting from the comparison of two precision levellings. *Geologie en Mijnbouw* 1954, Nw.S. 16e jrg. no. 6, p. 209-212.
- [35] JORDAN/EGGERT – *Handbuch der Vermessungskunde* 9. Auflage, Zweiter Band, Erster Halbband, p. 245. Stuttgart 1931.
- [36] J. VIGNAL – Evaluation de la Précision d'une méthode de Nivellement. *Bulletin Géodésique*, no. 49, 1936, p. 1-159.
- [37] J. VIGNAL – Comptes rendus des séances de travail de la section des nivellements de l'Association Internationale de Géodésie. *Bulletin Géodésique*, no. 18 (nouv. série), 1950, p. 403-548.
- [38] C. W. VAN DER STERR – *Amsterdamsch Peil*, *Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde* 1934, p. 228-234.

## SUMMARY

### THE SECOND GEODETIC LEVELLING OF THE NETHERLANDS (1926–1940)

#### Chapter 1 HISTORICAL DATA

##### 1.1 Levelling before 1875

The Amsterdam Ordnance Datum (A.P.), reference datum for all levelling in The Netherlands, was established in 1682, in Amsterdam, by means of 8 special benchmarks (Fig. 1).

Between 1797 and 1812, KRAYENHOFF [14] carried out a level survey along the rivers of The Netherlands and the coast of the Zuiderzee (Fig. 2). During the 19th century the Amsterdam Ordnance Datum was also used in Germany as far away as Hanover and Kurhessen.

##### 1.2 The first geodetic levelling, 1875–1885

The first geodetic levelling in The Netherlands took place between 1875 and 1885 partly in response to a Prussian request to connect the A.P. to their levelling. This work was contributory to the establishment of the Netherlands Geodetic Commission.

The results were published in “Uitkomsten der Rijkswaterpassing” [20]. The network had a total length of more than 2100 km (Fig. 3) and included 976 benchmarks. The level network of Germany was linked at 5 places, as was the Belgian levelling.

##### 1.3 Levelling in the period 1885–1920

In 1886 and 1887 the “Waterstaat” (Department of Public Works) added another 309 km of levelling to the first geodetic levelling [16]. Subsequently the Department regularly carried out secondary levelling. Since 1893 the reference datum has been referred to as N.A.P. (Normaal Amsterdams Peil).

Information regarding all known benchmarks was regularly published by the Department in the tables “Heights of benchmarks” [7] which were issued for each Province.

##### 1.4 The layout of the tables and the numbering of benchmarks

The identification of the benchmarks has been changed several times over the years. Publications concerning the benchmarks from 1812 to 1931 ([14], [20], [16], [7], [8], and [9]) are described in this paragraph.

## Chapter 2 BACKGROUND AND PROGRESS OF THE SECOND GEODETIC LEVELLING, 1926-1940

### 2.1 Background and commencement of levelling

Measurements made between 1914 and 1920 repeatedly showed that the results of the first geodetic levelling had become out of date. The Netherlands Geodetic Commission advised the Minister for Public Works that a revision of the geodetic levelling was required.

In 1926 the Geodetic Bureau (Prof. W. SCHERMERHORN) was commissioned to do this work by the Department. In 1931, the Geodetic Bureau was closed down. The staff were transferred to the Department for Public Works and formed a new section, the Survey Department (Meetkundige Dienst). In the period 1931-40 the Survey Department completed the levelling.

### 2.2 Progress of the field work

The lines levelled over these years are summarized in this paragraph.

### 2.3 Staff involved in the second geodetic levelling

Names of members of staff.

## Chapter 3 BENCHMARKS

### 3.1 Normal benchmarks

In the second geodetic levelling, exclusive use was made of round bolts (20 mm diameter) bearing the inscription N.A.P. Various alternative types are to be found which were employed in previous levellings.

### 3.2 Underground benchmarks

In order to establish durable reference points for N.A.P., underground benchmarks were provided throughout The Netherlands. An underground benchmark consists of a bronze bolt sunk into a concrete or granite pillar about a metre high, placed in stable Pleistocene deposits. First order underground benchmarks consist of a group of 4 or 5 of such pillars spaced at distances of 11 to 40 metres from each other.

Usually one of the pillars protrudes above the ground (the visible mark, "B.M.") (table 1). Second order underground benchmarks consist of only one pillar (table 2).

## Chapter 4 THE REFERENCE DATUM, N.A.P.

### 4.1 Comparison of benchmarks in Amsterdam

Of the original benchmarks dating from 1682, five were still usable in 1875 and two in 1928. The mean sea level at Amsterdam was measured in relation to the Amsterdam datum during the period 1700–1861; it is the oldest series of sea level measurements in the world (Fig. 13). Additional benchmarks were set up and their levels established by KRAYENHOFF in 1812 and by STAMKART in 1861.

Information relating to the levels of these benchmarks during the period 1812 (1861) to 1952 has been brought together in table 3 and Fig. 14. It appears from this that the original 1682 benchmarks are the most stable in Amsterdam.

### 4.2 Comparison of the N.A.P. with the Normal-Null (N.N.)

When links were established with the level network of Germany in the period 1875–1885, the Normal Null (N.N.) was chosen so that  $N.N. = N.A.P.$  From a comparison of the results of the second geodetic levelling with the new levelling of Germany it transpires that (average value along border)

$$N.N. = N.A.P. - 0.021 \text{ m}$$

The standard deviation of the value  $N.N. - N.A.P.$  is estimated to have been 13 mm in 1885 and 9 mm in 1940. This gives an estimate for the standard deviation of the change between 1885 and 1940 of 16 mm (see [31]). From this it follows that the 1940 N.A.P. (Amsterdam) has not changed significantly in relation to the N.N. (Potsdam).

### 4.3 Linking the second geodetic levelling with N.A.P.

In 1928 the old benchmarks Amsterdam 1 and Amsterdam 3 (from 1682) were included in the second geodetic levelling (Fig. 15). A special staff was used. The measurements to a number of other benchmarks in Amsterdam are shown in tables 4 and 5. The benchmark R.B. Ouder Amstel 3 ( $N.A.P. + 0.5786$ ) forms the intersection between these levels and the network of the second geodetic levelling.

## Chapter 5 INSTRUMENTS

### 5.1 Levels

#### 5.1.1 *The Breithaupt level*

The Netherlands Geodetic Commission had at its disposal 4 instruments made by Breithaupt of Cassel (Fig. 16), specially made for river-crossing measurements [21]. These instruments had a reversible level with an angle value of  $5''$  and a telescope with a magnification  $\times 40$ .

It was possible to lift the telescope vertically out of the base with levelling screws (Fig. 16); in combination with an extra tripod and base with levelling screws this enabled the levelling

to be speeded up. Under normal conditions of levelling the instrument's many possible adjustments were never utilized, but they did have an unfavourable effect on the stability of the instrument. The Breithaupt instrument was used in 1923, 1925, and 1926, and after fitting with an optical micrometer was brought back for use by the second levelling team from 1931.

### 5.1.2 *The Hildebrand level*

In 1927 a new instrument was acquired from the Hildebrand company of Freiberg (Fig. 17). Like the Breithaupt instrument it was fitted with a reversible level of angle value 5" and a  $\times 40$  telescope.

It had a more limited range of adjustments, which made the instrument more stable. The tripod had a special upper plate (Fig. 15) which made it uncomfortably heavy to manipulate. In 1930 an optical micrometer was fitted to the instrument.

### 5.1.3 *The Zeiss level: Nivellier A*

In 1939 a Zeiss instrument was acquired. Unlike the other two instruments, this one was of the "dumpy-level" type and was already fitted with an optical micrometer. This instrument was both optically and mechanically more compact and of a more robust construction.

## 5.2 Staffs

### 5.2.1 *Staffs with Dieperink trapezoidal graduation*

At the start of the second geodetic levelling (up to 1930) special staffs were used (Fig. 19), designed and described by DIEPERINK [3] [4]. The graduations on the 3 metre long staffs were printed on invar. Practised surveyors can make quick and accurate readings on these staffs; estimates in units of 0.1 mm can be made. Up to 1930 these staffs were erected with the help of special staff tripods (Fig. 29).

### 5.2.2 *The invar staff with half-centimetre line graduation*

In 1930 the Hildebrand instrument was equipped with an optical micrometer for staff reading. The Breithaupt instrument followed in 1931.

For this purpose, new staffs with half-centimetre graduations were employed (Fig. 20). These staffs had two scales, half a centimetre out of line with each other. The readings were made in half-centimetre units; only after totalling by levelling section was the reduction to whole centimetres applied.

### 5.2.3 *Special staffs*

For reading onto benchmarks a short staff, which could also be used in hanging position, was available. The Dieperink version was a metre long, the version with half-centimetre line graduations 1.5 metres. For reading onto the ordnance datum benchmarks in Amsterdam a very special staff was used.

## 5.3 Miscellaneous

Various auxiliary equipment was transported by the levelling party in a special handcart (Fig. 21).

#### 5.4 Calibration of the staffs

Over the years the staffs were calibrated several times following a method described by SCHERMERHORN [23].

The average deviation per metre ( $Z$ ) after 1923 was at the most 0.1 mm; usually much less. No corrections were applied to the levels to allow for these deviations.

### Chapter 6 METHOD OF MEASURING

#### 6.1 General

In 1926 an "Instruction for first-order levelling" was compiled for surveyors. The measuring method described was subsequently amended in various respects without the instruction being officially revised.

#### 6.2 Setting up of instrument and staffs

The distance from the instrument to each of the two staffs was always kept the same. Up to 1929 a maximum value of 70 metres was adhered to for this distance (which is half the back-sight to foresight distance); subsequently 60, sometimes 65, or (in tests) only 50 or 35 metres was used.

As far as possible the same staff was always used at benchmarks. There were two surveyors, each making his readings independently for each sight; they adjusted the level setting for each other.

#### 6.3 Use of the level

In 1926 only one position of the reversible level was used for measurements; from 1927 both positions were used.

With two surveyors, M1 and M2, there are in theory 4 possibilities for a systematic sequence of readings, referred to here as methods A1, A2, B1, and B2. During the second geodetic levelling all the methods were employed for a certain period, especially A1 and B2.

Each surveyor recorded his readings in his own field book. The instrument was adjusted both in the morning and in the afternoon before the levelling.

#### 6.4 Organization of the levelling

Readings were made forwards and backwards, with an interval of a few days in between.

A tolerance of  $2.5\sqrt{R}$  mm was allowed for the results of the forward and backward measurements. If the tolerance was exceeded, the readings were cancelled and both the forward and backward measurements repeated. Sometimes, for small sections of levelling ( $R < 0.5$  km), a tolerance of  $3.0\sqrt{R}$  mm was allowed. A tolerance of 1 mm was applied to the results of the readings of both surveyors over one sight.

Upon reaching a nodal point in the levelling network, check sections were read in each of

the approach lines. A levelling party was made up of two surveyors (initially civil engineers) and four assistants. The average week's work consisted of more than 32 km of line levelling.

## 6.5 Records

### 6.5.1 *The level sheet*

Fig. 26 shows a copy of a level sheet with general information at the top about the readings and the surveyor. In the first column the change points are numbered consecutively in each section, and are followed by the distances (foresight and backsight) from the instrument to the staff and the respective readings. In the column "difference in height" the difference in foresight and backsight is calculated. The staff used on a benchmark was indicated by means of a sketch (Fig. 27).

### 6.5.2 *The summary sheet*

The results of the levelling were put together on so-called "summary sheets" (Fig. 28). In this table the calculations for the interim levels of benchmarks, and subsequently the final levels, were carried out.

In addition, to establish the degree of accuracy,  $v^2/a$  ( $= \rho^2/R$ ) was calculated.

## 6.6 River crossings

Levelling across wide areas of water demanded special measures; see SCHERMERHORN [21]. For this purpose an instrument and a staff were placed on each bank; on these staffs a special auxiliary staff (with coarse graduations) was attached for reading at a great distance (Fig. 29).

In the second geodetic levelling, four crossings wider than 400 metres were levelled.

## Chapter 7 LINKS WITH GERMANY AND BELGIUM

The two German geodetic levellings took place at about the same time as the Dutch ones. Measurements were taken on five links; the mutual connection of the networks took place concurrently and with a degree of overlap. The German lines, which together with the Dutch border lines formed 4 closed loops, were included in the Dutch adjustment, so that a well-knit connection was formed between the two networks. The geodetic levelling in Belgium was not carried out concurrently with the Dutch one. At various locations from within The Netherlands old Belgian benchmarks, whose levels had been established in 1889–1892, were intersected.

## Chapter 8 REDUCTION OF READINGS

### 8.1 Nodal point correction

From the various check measurements which were always carried out at the network intersections the stability of the benchmark serving as nodal point could be established. A correction



had to be applied at several nodal points in order to eliminate the effect of instability of the benchmark concerned (table 8).

## 8.2 Orthometric correction

Since the equipotential surfaces were not equidistant, the orthometric correction for the lines of the network were calculated using the Lallemand formula [15]. The relevant integral was calculated with the aid of a graph; refer Fig. 32.

The corrections calculated were minimal and in only four cases exceeded the value 0.5 mm.

## 8.3 Combination of the levels measured and determination of the weighting coefficient

In the course of levelling many lines were measured a second and sometimes even a third time. With the exception of three results (in lines numbered 3, 16, and 47), all these repeated observations were included in the network calculation.

The weighting coefficient of the mean, estimated from a number of measurements, was calculated using the formula:

$$\bar{L} = \frac{1}{g_i} = \frac{L}{n} \quad (\text{see table 9})$$

where  $g_i$  = weight of the mean  
 $\bar{L}$  =  $1/g_i$  weighting coefficient in the mean  
 $L$  = length of the line in kilometres  
 $n$  = total number of times the line was levelled

## Chapter 9 ADJUSTMENT

### 9.1 Composition of the network (Fig. 33)

The second geodetic levelling network was considerably more extensive than the first: the length was 4592 km.

In order to limit the amount of calculation work for the adjustment, a selection was made such that a main network of 26 closed loops, 67 lines, and 42 nodal points remained. In making the selection as many underground benchmarks as possible were included. The length of the main network (including 447.6 km of German lines) came to 2768 km.

### 9.2 Adjusting the main network (Fig. 34)

The adjustment was carried out simultaneously by two arithmeticians, working independently of each other under the direction of Prof. J. M. TIENSTRA [26], [27], in accordance with the Cholesky system. Twenty-six conditional equations were derived (table 9), from which the coefficients of the 26 normal equations (table 11) were calculated. Solution of these normal equations provided the values for the 26 correlates  $K_i$  (table 12) with the respective matrix of

weighting coefficients  $Q_{ij}$ . Refer to table 13; in this table the values of 100  $Q_{ij}$  are given, not  $Q_{ij}$  itself.

The 67 corrections  $\varepsilon$ , derived from the correlates  $K$ , are shown in table 9. Finally the levels of the nodal points and important intermediate points relative to N.A.P. were calculated using the corrected rises and falls, starting with R.B. Ouder Amstel 3 in loops 7 and 10 (par. 4.3). In this connection, refer to the schedule of observations and results (table 32) in Chapter 11.

As a final check

$$E = [g\varepsilon_i\varepsilon_i] = K_u t_u + K_v t_v + \dots + K_w t_w = 13.5089$$

and the estimate for the variancefactor

$$m^2 = \frac{E}{26} = 0.5196$$

were calculated.

### 9.3 Calculating the remainder of the network

The lines not included in the main network were fed into it. In the provinces North and South Holland and in the North of Friesland a number of loops were adjusted together; otherwise it was a matter of calculating a number of combined or single lines. Refer to table 32 in Chapter 11.

Finally the levels of the individual benchmarks in all the lines were calculated using the summary sheets (par. 6.5.2), starting from the adjusted levels of the nodal points.

These definitive levels were entered in the records with the column "connected to" showing "Amsterdam, N.A.P. 1940".

## Chapter 10 ACCURACY OF LEVELLING AND RESULTS

### 10.1 Standard deviation of the readings

The following can be derived from the differences in the back and forth levelling in the 1739 sections:

$$u_R = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[ \frac{\rho^2}{R} \right]} = 0.66 \text{ mm.}$$

The values of  $u_R$  in the various years are shown in table 14. The total number of measurements that did not come within the tolerance, expressed as a percentage, is also shown. A high percentage indicates that during the period 1926–1930 the tolerance was too small in relation to the accuracy of measurement, so that the calculated value for  $u_R$  in this period presents a too favourable picture.

Various data about the second geodetic levelling were assembled for the I.A.G. General Assembly at Oslo in 1948.

These data provide yet another way of calculating the standard deviation per kilometre.

$$\begin{aligned}
 u_L &= 0.91, \text{ calculated from line differences } \lambda \\
 u_F &= 0.65, \text{ calculated from loop misclosures } \Phi \\
 m &= \sqrt{0.5196} = 0.72 \text{ from the adjustment (par. 9.2).}
 \end{aligned}$$

By combining the lines (or loops) an attempt was made to establish the influence of the average line (or loop) length on the calculated value of  $u_L$  and  $u_F$  (refer to tables 15 and 16), but no random or systematic errors were calculated in accordance with the international formulas (VIGNAL [36], [37]).

## 10.2 Accuracy of the calculated levels

With the help of the relevant formulas and the data from tables 9 and 13 the standard deviation of the calculated levels relative to N.A.P. were calculated for a number of nodal points in the main network. These standard deviations are summarized in table 17; for comparison the standard deviations as calculated in the first geodetic levelling are also shown. In addition, table 18 shows the standard deviation in the calculated difference in levels between underground benchmarks.

## 10.3 Various studies conducted with the survey material

### 10.3.1 *Relation between standard deviation and section length*

The differences  $p$  between back and forth levelling for each section were classified for two periods according to the length of the relevant section. For each "length class" the following value was determined:

$$\sigma_k^2 = \frac{[p^2]}{n}$$

(tables 19 and 20).

From these data the relationship was calculated between the square of the standard deviation per section and the section length. It turned out that there is indeed a clear linear relationship between the two quantities.

### 10.3.2 *Relationship between standard deviation and sight length*

An investigation similar to that of par. 10.3.1 was carried out using the differences between the two surveyors' results for each sight. These differences were categorized according to the length of the relevant sight, for each type of level independently (tables 21, 22, 23).

The standard deviation per sight  $q_s$  (mm) proved to be directly proportional to the sight length  $S$  (metres).

Hildebrand (optical micrometer)  $q_s = 0.262 + 0.00092 S$

Breithaupt (optical micrometer)  $q_s = 0.132 + 0.00151 S$

Zeiss A (optical micrometer)  $q_s = 0.083 + 0.00113 S$

In addition, the relationship between the accuracy of the staff reading and the sight length was established in the laboratory (table 24). Together with a level setting accuracy of the order of 0.2 seconds of arc, this produced a theoretical relationship:

$$q_s = 0.00115 \text{ S}$$

The remarkable constant parts of the formulas for  $q_s$  found in practice exhibit some relationship to the weight of the instrument plus the tripod used and could therefore indicate settling of the instrument. Furthermore, an investigation of the optical micrometers brought to light the fact that in the case of the Hildebrand instrument there was a periodic error present, and in the case of the Breithaupt instrument a scale error (table 25). The major part of these effects will certainly have been eliminated by the averaging of the two surveyors' results.

### 10.3.3 *The standard deviation per kilometre of levelling calculated by different methods*

Extrapolation of the accuracy of reading per sight derived in the laboratory leads to a theoretical standard deviation  $u_a$  of 0.2 mm per kilometre with a sight length of  $2 \times 60$  m. This refers solely to the instrument's contribution.

The standard deviation per kilometre  $u_q$  (table 26) which was calculated using the standard deviation per sight  $q_s$  found in par. 10.3.2, also proved to be significantly less than the value  $u_R = 0.66$  calculated in par. 10.1 (see also table 14). For comparison, a standard deviation  $u'_R$  per kilometre levelling was calculated from the difference between the average back and forth levels found by each of the surveyors:

$$p' = \Delta D_1 - \Delta D_2$$

instead of from the difference of the average of the two surveyors' back and forth levels:

$$p = \Delta G - \Delta J.$$

From table 27 it appears that  $u'_R$  is always  $< u_R$ , which indicates a high correlation between each surveyor's levelling (carried out simultaneously).

The values  $u'_R$  are comparable with  $u_q$ .

## 10.4 **Comparison of the results of the first and second geodetic levelling**

Of the 1100 benchmarks from the period 1875–1885 and 1886–1887 approximately 500 were still in existence at the time of the second geodetic levelling.

The changes in levels are recorded in table 28 and shown in Fig. 38. There are especially drastic ones among the cases of settlement. EDELMAN [34] selected the most reliable of these data and drew up a crustal movement chart (Fig. 39) taking into account geological interpretations (PANNEKOEK). At the same time he drew attention to the high degree of guesswork involved in producing the chart.

The standard deviation of the observed changes along the periphery of the network is estimated at approx. 12 mm; in reality, however, this figure may be higher. Moreover there is a major discrepancy between the results of the Dutch and German levellings, especially in the northern part of the border area (Nieuwe Schans).

In order to strengthen the first geodetic levelling network a new adjustment was calculated in 1965, in which the 1886 and 1887 data [16] and the misclosures of the Dutch-German border loops (KNEISSL, [12]) were utilized. The most important differences from the original adjustment are shown in table 29.

The significance of a number of changes in eastern Groningen has been removed as a result

of this new adjustment (table 30). Nevertheless the general impression from Figs. 38 and 39, of a tilting about an axis running roughly East-West, is retained.

## Chapter 11 OBSERVATIONS AND RESULTS

In table 32 all the measurements together with weighting coefficients, corrections, and calculated levels, have been tabulated for each loop. For the sake of completeness the currently valid benchmark number has been included in the table. The survey date is indicated by a code as follows:

33.06 = June 1933.

Side lines to important benchmarks which do not form part of a continuous line are included per loop underneath the summing up, labelled with the relevant line number accompanied by the letter a, b, etc. (for example 4a). The benchmark mutual to both lines is indicated by an asterisk.

For mathematical reasons the calculation of the definitive levels has been carried out in  $10^{-5}$  metres; it is obvious that the last digit does not have any practical significance. Where appropriate, a reference is given in the last column to the other loop of which the line or benchmark forms a part.

