VERGELIJKING VAN ENKELE METHODEN VOOR HET SCHATTEN VAN HALFMAANDELIJKSE GRONDWATERSTANDSGEGEVENS

BIBLIOTHEEK
Bosbouw en Cultuurtechnische School
No. 10-147

S. van der Schaaf

Vakgroep Cultuurtechniek "De Nieuwlanden"
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen

Mededeling Vakgroep Cultuurtechniek no. 83, 1986

06 05 2202

IAHL boeken 556.332.5 SCHA

BIBLIOTHEEK
Bosbouw en Cultuurtechnische School
No. 10-117

VERGELIJKING VAN ENKELE METHODEN VOOR HET SCHATTEN VAN HALFMAANDELIJKSE GRONDWATERSTANDSGEGEVENS

S. van der Schaaf

Mededeling Vakgroep Cultuurtechniek no. 83, januari 1986

Landbouwhogeschool
Vakgroep Cultuurtechniek
De Nieuwlanden
Nieuwe Kanaal 11
6709PA Wageningen

ISN 243216

Internationale Agrarische
Hogeschool Larenstein
Bibliotheek
Postbus 9001
6880 GB VELP
085-695896

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 1-1

2 HET MEETNET 2-1

3 SCHATTINGSMETHODEN 3-1
3.1 DETERMINISTISCHE COMPONENTEN 3-1
3.2 SCHATTEN MET BEHULP VAN WAARDEN IN DE REEKS ZELF 3-3
3.3 SCHATTEN M.B.V. DE BEST GELIJKENDE REEKS 3-5
3.4 SCHATTEN MET BEHULP VAN HET DICHTSTBIJZIJDE MEETPUNT 3-6
3.5 INVLOED VAN ONTBREKENDE GEGEVENS 3-7

4 UITVOERING 4-1
4.1 DE VERGELEKEN METHODEN 4-1
4.2 WERKWIJZE 4-1

5 RESULTATEN 5-1

6 CONCLUSIES EN DISCUSSIE 6-1

7 SUMMARY 7-1

A FREQUENTIEVERDELING VERSCHILLEN IN TABELVORM A-1
A.1 PERIODE 1979-1981 A-2
A.1.1 Methoden A-G A-2
A.1.2 Methoden AB-AG A-3
A.2 PERIODE 1981-1983 A-4
A.2.1 Methoden A-G A-4
A.2.2 Methoden AB-AG A-5

B FREQUENTIEVERDELING VERSCHILLEN IN HISTOGRAMVORM B-1
B.1 PERIODE 1979-1981 B-1
B.1.1 Methoden A-G B-1
B.1.2 Methoden AB-AG B-5
B.2 PERIODE 1981-1983 B-9
B.2.1 Methoden A-G B-9
B.2.2 Methoden AB-AG B-13

Bibliotheek 1986-126
Bosbouw en Cultuurtechnische School
Huize LARENSTEIN
Postbus 9001
6880 GB VELP (Gld.)

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

Bestanden met grondwaterstandsgegevens bevatten veelal tijdreeksen. Meestal zijn het -bij benadering- equidistante reeksen, d.w.z. dat de waarden in de reeks met min of meer gelijke tijdsintervallen aan hetzelfde meetpunt zijn bepaald. Terwille van de onderlinge vergelijkbaarheid van de reeksen moeten ze synchroon zijn: de waarnemingen aan de meetpunten moeten steeds op dezelfde tijdstippen worden gedaan. In de praktijk zal dit betekenen dat ze zoveel mogelijk op dezelfde dag worden verricht; in Nederland meestal op de 14e en de 28e van elke maand.

Door verschillende oorzaken kunnen hiaten in de reeksen voorkomen. Dit kan bij verwerking van de gegevens lastig zijn. Ontbrekende waarnemingen zullen daarom vaak alsnog worden ingevuld op grond van een schatting. Daartoe is de een of andere schattingsprocedure van een redelijke betrouwbaarheid nodig. Zo'n schattingsprocedure is bovendien bruikbaar bij bestandskontrole.
Het is daarom van belang om vast te stellen, op welke wijze een goede schatting te verkrijgen is.
Daarbij dient men gebruik te maken van informatie die wordt geleverd door de wel beschikbare gegevens. Een schatting van ontbrekende gegevens op basis van in het betrokken bestand aanwezig materiaal voegt daarom geen nieuwe informatie toe aan dat bestand, maar maakt het in sommige situaties gemakkelijker hanteerbaar. Een schattingsprocedure is dus geen vervanger voor waarnemingen.

In dit rapport worden verschillende methoden vergeleken op grond van ermee verkregen resultaten.
Voor de vergelijking van de methoden zijn gegevens gebruikt van het grondwaterstandsmeetnet van de vakgroep Cultuurtechniek van de Landbouwhogeschool in het zuidelijk deel van de Gelderse Vallei over de perioden 1979-1981 en 1981-1983.

HOOFDSTUK 2

HET MEETNET

Het meetnet ligt in een gebied van ca 90 vierkante kilometer tussen de plaatsen Ede, Renkum, Veenendaal en Rhenen (fig. 1).

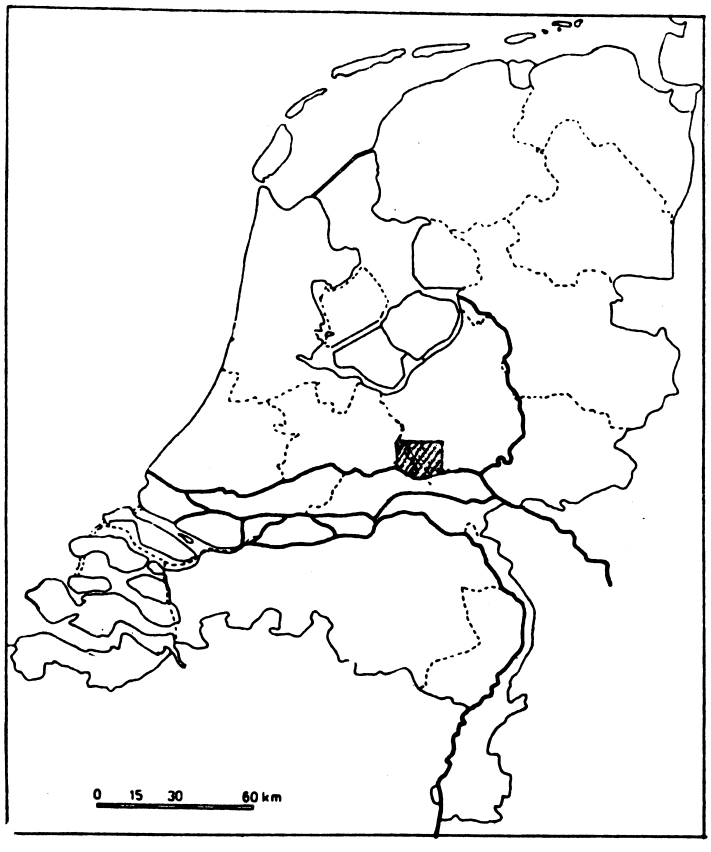


fig. 1. Ligging van het meetnet

Het gebied is landschappelijk als volgt te verdelen (oppervlakte-percentages tussen haakjes):

1. het gebied van de stuwwallen (Utrechtse Heuvelrug en stuwwal Ede-Wageningen) (32%)
2. de lage en middelhoge dekzandgebieden (42%)
3. het lage gebied met voornamelijk veen- en moerige gronden (11%)

4. het rivierkleigebied (13%)
In de deelgebieden 2-4 is voorts sprake van een verticale verdeling in een freatisch en een artesisch pakket, gescheiden door een lacustro-glaciale klei- en leemlaag tot ca. 12 m. dik, waarvan de bovenkant op een diepte van omstreeks 20 - 30 meter beneden maaiveld ligt (Verbraeck, 1984, par. 4.2.3.). Verschillen in grondwaterregime tussen de deelgebieden worden voornamelijk veroorzaakt door

- de invloed van de langzaam reagerende reservoirs van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug.
- aan- of afwezigheid van een slotenstelsel
- afstand tot open water met sterke peilschommelingen (Nederrijn)
- gemiddelde dikte van de onverzadigde zone

Enige tijdstijghoogtegrafieken die redelijk representatief te achten zijn voor de deelgebieden zijn weergegeven in fig. 2. De verdeling van meetpunten en filters over de onderscheiden deelgebieden is aangegeven in tabel 1.

Tabel 1. aantallen meetpunten en filters per deelgebied (eind 1984)

gebied	freatisch pakket		artesisch pakket	
	meetpunten	filters	meetpunten	filters
stuwwal	10	16	-	-
dekzand	49	68	7	15
rivierklei	31	36	2	2
veen	16	19	4	4
	106	139	13	21

Met 106 meetpunten op 90 vierkante km. kan worden gesproken van een betrekkelijk dicht meetnet.

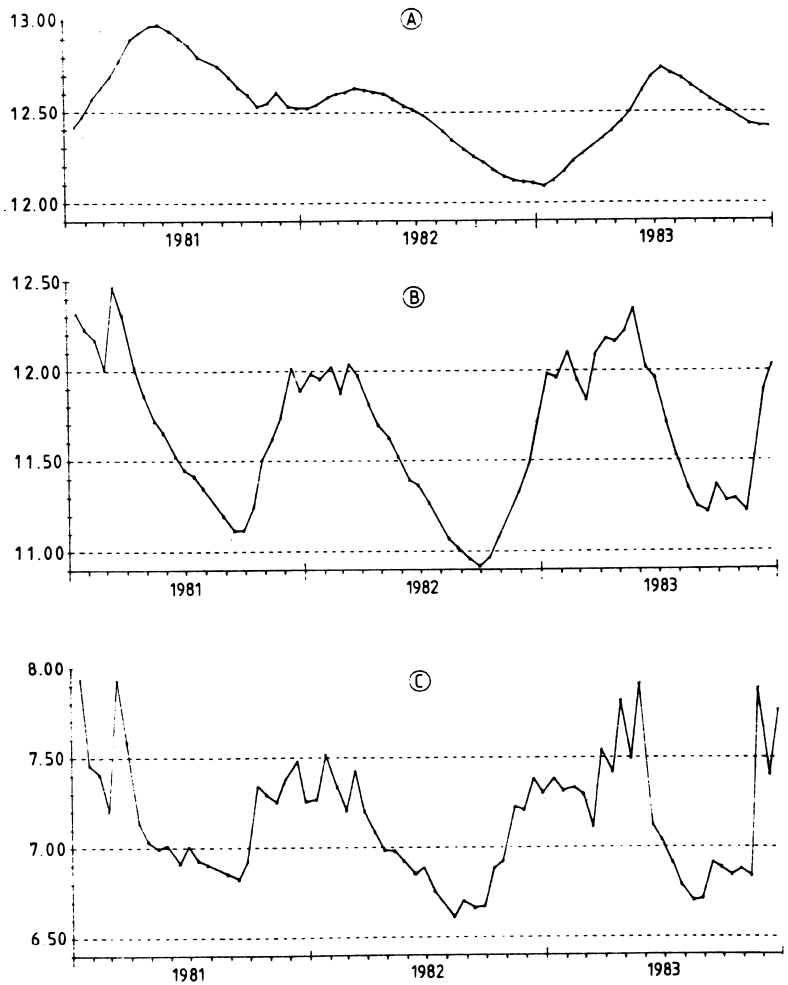


fig. 2 Enkele karakteristieke tijdstijghoogtelijnen

Ⓐ stuwwal (flank) Ⓓ veengebied
Ⓑ stuwwal (voet) Ⓔ rivierkleigebied
Ⓒ dekzandgebied

HOOFDSTUK 3

SCHATTINGSMETHODEN

Bij het schatten van ontbrekende gegevens is men aangewezen op het gebruik van aanwezige informatie. Die informatie ligt besloten in de beschikbare waarnemingen, mits deze in zekere mate onderling afhankelijk zijn.
In een grondwaterstandsmeetnet in een beperkt gebied, bv. een Nederlandse provincie, bestaat vrijwel altijd afhankelijkheid (correlatie) tussen halfmaandelijkse waarnemingen. Deze kan zowel binnen eenzelfde reeks als tussen verschillende reeksen bestaan. Voor het schatten van waarden in een uit een meetnet afkomstige reeks kan derhalve gebruik worden gemaakt van informatie uit de reeks zelf, van informatie uit andere in voldoende mate gecorreleerde reeksen of van een combinatie van beide.

Om (ontbrekende) waarden in een reeks te kunnen reconstrueren uit wel in de reeks aanwezige waarden, moet het tijdsinterval tussen de waarnemingen liefst enige malen korter zijn dan de helft van de periode van de kortst durende meetbare fluctuatie (van der Schaaf, 1983). Bij halfmaandelijkse waarnemingen is dit in Nederland slechts zelden het geval. Een voorbeeld van een uitzondering is een groot deel van de Veluwe. Daar komen door het grotendeels ontbreken van afvoer via oppervlaktewater en de aanwezigheid over een aanzienlijk gebied van een diepe onverzadigde zone langzaam reagerende grondwaterstanden voor, waardoor bij halfmaandelijkse waarnemingen wel aan bovengenoemd criterium kan worden voldaan.
Voor het maken van een bruikbare schatting zal het daarom voor Nederlandse omstandigheden meestal nodig zijn, gebruik te maken van andere in voldoende mate met de beschouwde reeks gecorreleerde reeksen. Niettemin kan in bijzondere gevallen als hiervoor geschetst, door schatten met behulp van (naburige) waarden in dezelfde reeks soms een beter resultaat worden verkregen.

3.1 DETERMINISTISCHE COMPONENTEN

Men kan een tijdreeks splitsen in deterministische en stochastische componenten. Deterministische componenten kunnen niveau, verloop (trend), sprongen, periodiciteiten, enz. zijn. Het onderscheid daartussen is niet altijd scherp.

Verloop (trend) is een geleidelijk met de waarde van t veranderen van de eigenschappen van de reeks, bijvoorbeeld door geleidelijke veranderingen in de hydrologische eigenschappen van een gebied. Voor betrekkelijk korte reeksen (enkele jaren) kan een schijnbaar verloop ook worden veroorzaakt door bv. een opeenvolging van enkele natte of droge jaren.
In het kader van het in dit artikel besproken werk is rekening gehouden met een lineair verloop.
Niveau en lineair verloop in de gemiddelde waarde van x(t) kunnen worden geschat met behulp van het model

$$x(t) = a+bt \qquad (1)$$

waarbij a het niveau en b de coefficient van het verloop is. De constanten a en b kunnen worden geschat met behulp van lineaire regressie. Voor de rekenwijze wordt kortheidshalve verwezen naar standaardliteratuur, zoals Draper en Smith (1966, hs. 1 en 2).

In tegenstelling tot verloop is een sprong een plotseling optredende verandering in $E\{x(t)\}$, de te verwachten waarde van x(t). Dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van een ingreep in de waterhuishouding. Sprongen treden relatief weinig op en ze zijn, ook bij het ontbreken van enkele waarden in de reeks, op eenvoudige wijze te ontdekken, bv. door zg. double mass analyse (Chang en Lee, 1974). Er is hier geen rekening mee gehouden.

In tijdreeksen van grondwaterstanden kunnen periodiciteiten optreden, bijvoorbeeld als gevolg van getijden, verschillen in verdamping tussen dag en nacht of seizoensinvloeden.
Behoudens bijzondere omstandigheden is de belangrijkste meestal de seizoencomponent, d.w.z. een periodiciteit van een jaar. Slechts met deze laatste is rekening gehouden.
Cyclische componenten in een equidistante tijdreeks met n elementen xt kunnen worden geschat met het Fouriermodel:

$$f_m = A_0+A_m\cos\left(\frac{2\pi mt}{n}\right)+B_m\sin\left(\frac{2\pi mt}{n}\right) \qquad (2)$$

waarin de term A_0 en de coefficienten A_m en B_m worden geschat volgens:

$$\hat{A}_0 = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} x_t$$

$$\hat{A}_m = \frac{2}{n}\sum_{t=1}^{n} (x_t-\hat{A}_0)\cos\left(\frac{2\pi mt}{n}\right)$$

$$\hat{B}_m = \frac{2}{n}\sum_{t=1}^{n} (x_t-\hat{A}_0)\sin\left(\frac{2\pi mt}{n}\right)$$

Toepassing van (2) kan, afhankelijk van de relatie van de standaardafwijking en de verwachting van x(t), in sommige gevallen discutabel zijn (Yevjevich, 1972, par. 3.2). In het beschreven onderzoek is (2)

zonder nadere overwegingen dienaangaande toegepast.
Cyclische componenten worden d.m.v. (2) bepaald als m-de harmonische van de tijdreeks x(t). Hieruit volgt, dat voor het vinden van een component met een periode van een jaar de reeks x(t) een geheel aantal jaren moet omvatten.

In beginsel kan men het gevonden niveau, het lineaire verloop (dat meestal gering zal zijn) en de jaarcyclus gebruiken om de waarneming op tijdstip t te schatten. Daarbij wordt de stochastische component verwaarloosd. Omdat deze component vrijwel altijd binnen een reeks of tussen reeksen in meer of mindere mate afhankelijk is, blijft beschikbare belangrijke informatie ongebruikt.
Wel kan het zinvol zijn, eerst verloop en jaarcyclus te schatten, deze componenten uit de gegevens te verwijderen en vervolgens een van de hierna te beschrijven schattingsmethoden toe te passen op de verkregen residuen.

3.2 SCHATTEN MET BEHULP VAN WAARDEN IN DE REEKS ZELF

Uitgegaan wordt van equidistante reeksen.
Een maat voor de onderlinge afhankelijkheid van waarden op een afstand van k intervallen in de reeks is de autocorrelatiecoefficient ρ_k. De schatter voor ρ_k r_k wordt berekend volgens:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} x_t x_{t+k} - \sum_{t=1}^{n-k} x_t \sum_{t=1}^{n-k} x_{t+k} / (n-k)}{\left[\sum_{t=1}^{n-k} x_t^2 - \left(\sum_{t=1}^{n-k} x_t\right)^2 / (n-k)\right]^{\frac{1}{2}} \left[\sum_{t=1}^{n-k} x_{t+k}^2 - \left(\sum_{t=1}^{n-k} x_{t+k}\right)^2 / (n-k)\right]^{\frac{1}{2}}} \quad (3)$$

rk wordt derhalve voor een reeks van n waarden bepaald als de geschatte correlatiecoefficient van twee reeksen die gevormd worden door resp. de eerste en de laatste n-k waarden uit de oorspronkelijke reeks.
De waarde van ρ_0 en r_0 bedraagt 1, omdat deze betrekking hebben op twee identieke reeksen. Bij in Nederland gedane halfmaandelijkse waarnemingen zal doorgaans rk bij toenemende waarde van k snel waarden aannemen die dicht bij 0 liggen. Bij beschouwing van zulke tijdreeksen van grondwaterstanden blijkt vrijwel steeds te gelden:

$$r_1 > r_k \quad , \quad k > 1 \qquad (4)$$

Dit betekent dat verwacht mag worden, dat een waarde x_t in de reeks nog het meest lijkt op de direct voorafgaande waarde x_{t-1} (of op de eerstvolgende waarde x_{t+1}.
Voor het beschouwde meetnet geldt, dat voor de reeksen van de meeste peilbuizen r_2 een beduidend lagere waarde heeft dan r_1. De laatste ligt meestal niet veel hoger dan 0.6-0.7. Bij een beperkt aantal peilbuizen -deze bevinden zich alle in het stuwwalgebied- is echter r_1 zeer hoog (>0.90), zodat de informatie omtrent een meetwaarde in een reeks al voor het overgrote deel besloten ligt in de waarde van de onmiddellijk aangrenzende waarden in dezelfde reeks. In de gegeven situatie heeft het derhalve weinig zin om bij de schatting uit de reeks zelf meer waarden te betrekken dan de onmiddellijk voorafgaande, resp. volgende waarde.
Dit is aanleiding tot het hanteren van een zeer eenvoudig schattingsmodel:

$$\hat{x}_t = x_{t-1} \tag{5}$$

Voor de schattingsfout e_t geldt:

$$e_t = x_t - \hat{x}_t = x_t - x_{t-1} \tag{5a}$$

Een gelijkwaardig model is

$$\hat{x}_t = x_{t+1} \tag{6}$$

Voor de schattingsfout e'_t geldt:

$$e'_t = -e_{t+1} \tag{6a}$$

e bevat o.a. effecten van deterministische componenten.

Combinatie van (5) en (6) levert het model:

$$\hat{x}_t = \frac{x_{t-1} + x_{t+1}}{2} \tag{7}$$

Dit is lineaire interpolatie tussen de beide buurpunten van het punt t. Voor de schattingsfout e''_t geldt:

$$e''_t = \frac{e_t - e_{t+1}}{2} \tag{7a}$$

Hiermee zijn fouten als gevolg van een lineair verloop weggewerkt. Bij benadering is dit ook het geval ten aanzien van effecten van andere deterministische componenten met een zo traag verloop, dat dit over een periode van waarneemintervallen als rechtlijnig beschouwd mag worden. Voor $C_0(e)$, de variantie van e (en dus ook van e'), geldt (onder aanname van stationariteit in de variantie):

$$C_0(e) = C_0(x_t - x_{t-1}) = 2C_0(x) - 2C_1(x) \tag{8}$$

waarin
C_k de autocovariantie met stap k is, d.w.z. de covariantie van de reeksen die gevormd worden door de eerste, resp. de laatste n-k elementen uit een tijdreeks van n elementen, dus analoog aan de eerder gegeven definitie van r_k, die een schatter is voor de autocorrelatie-coefficient ρ_k. C_0 is de variantie van de elementen in een reeks.

Aangezien $\rho_k = C_k/C_0$ geldt:

$$C_0(e) = (2-2\rho_1)C_0(x) \tag{9}$$

Voor de variantie van e" geldt:

$$C_0(e'') = C_0(2x_t - x_{t-1} - x_{t+1}), \quad 1<t<n \tag{10}$$

Uitwerking (wederom onder aanname van stationariteit in de variantie) levert:

$$C_0(e'') = [3/2 - 2\rho_1(x) + 1/2\rho_2(x)]C_0(x) \tag{11}$$

De schatting volgens (7) is beter dan die volgens (5) of (6), indien geldt:

1. de verwachtingen $E(e) \leq E(e'')$ en
2. $C_0(e'') < C_0(e)$

Aan voorwaarde 1. is voldaan, in het geval van stationariteit in E(x), want dan is $E(e)=E(e'')=0$. In de praktijk zullen E(e) en E(e") dicht bij 0 liggen, waardoor voorwaarde 1. van gering belang is. Hiervan is bij de beschouwde gegevens uitgegaan.
Substitutie van (9) en (11) in voorwaarde 2 levert:

$$\rho_2 < 1 \qquad (12)$$

Dit resultaat betekent, dat methode (5) of (6) alleen even goed is als methode (7), indien voor alle x_t de informatie in x_{t-1} dezelfde is als die in x_{t+1} en omgekeerd.

Maatstaf voor de kwaliteit van het schattingsmodel (7) is de correlatiecoefficient ρ'' van de getallenparen x_t en $x_{t-1}+x_{t+1}$ $1<t<n$:

$$\rho'' = \frac{C(x_t, x_{t+1}+x_{t-1})}{\sqrt{C_0(x)\ C_0(x_{t+1}+x_{t-1})}} \quad , \quad 1<t<n \qquad (13)$$

(berekend wordt de schatter r").
Bij omzetting van de varianties en covarianties van (13) in $C_0(x)$ en ρ_k blijkt dat $\rho'' > \rho_1$, indien $\rho_2 < 1$, wat op grond van (12) te verwachten was.

De toepassing van model (7) vereist de beschikbaarheid van zowel de waarde die in de reeks onmiddellijk voorafgaat aan de te schatten waarde als de waarde die er onmiddellijk op volgt. De toepassing van (5) of (6) vereist slechts de beschikbaarheid van de onmiddellijk voorafgaande, resp. volgende waarneming. Meer dan 2 opeenvolgende ontbrekende waarnemingen kunnen met model (5), (6) of (7) dus niet worden geschat.

3.3 SCHATTEN M.B.V. DE BEST GELIJKENDE REEKS

De gebruikte techniek is enkelvoudige lineaire regressie. Voor het schatten van een waarde x_t^i in een reeks i op meettijdstip t moeten we beschikken over een andere -synchrone- reeks j, waarin op het tijdstip t een waarneming beschikbaar is. De reeksen i en j moeten, om een betrouwbare schatting te verkrijgen, zo goed mogelijk gecorreleerd zijn. De best met reeks i gecorreleerde reeks j is te vinden met behulp van een weergave van de correlatiestructuur van de verzameling van m reeksen x_t^i. Deze kan worden weergegeven in de vorm van de verzameling matrices:

$$\hat{M}_k = \begin{bmatrix} r_k^{11} & r_k^{12} & \cdot & \cdot & r_k^{1m} \\ r_k^{21} & r_k^{22} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_k^{m1} & & & & r_k^{mm} \end{bmatrix} \qquad (14)$$

(Salas et al., 1980, par. 2.5), waarin
rijk de geschatte correlatiecoefficient is van de reeksen die gevormd

worden door resp. de eerste n-k waarden uit de reeks i en de laatste n-k waarden uit de reeks j.

$\hat{M}_k$ is diagonaal symmetrisch: rijk=rjik. $\hat{M}_0$ bevat de geschatte correlatiecoefficienten van alle paren t.o.v. elkaar niet in tijd verschoven reeksen.
De diagonaal r^{ii}_k bevat de geschatte autocorrelatiecoefficienten r_k van de reeksen x^i_t.
Het element uit de verzameling

$$\{r^{ij}_k \in \hat{M}_k \wedge i \neq j \wedge 0 < i \leq m \wedge 0 < j \leq m\} \qquad (15)$$

met de hoogste absolute waarde geeft de meest geschikte reeks j aan voor het schatten van een waarde op de t-de positie in de reeks i, mits de reeks j op de positie t+k een waarneming bevat. Is dit laatste niet het geval, dan wordt de op een na hoogste $|r^{ij}_k|$ genomen, enz. In de praktijk zal men vrijwel steeds kunnen volstaan met het vinden van de hoogste rijk, omdat hoge negatieve correlaties tussen grondwaterstandsreeksen uiterst zelden voorkomen.
Te verwachten is dat de $|r^{ij}_0|$ een hogere waarde hebben dan de overeenkomstige $|r^{ij}_k|$, k>0, omdat ten opzichte van elkaar in tijd verschoven reeksen grondwaterstanden, zeker in een gebied als Nederland met veel ondiepe, betrekkelijk snel fluctuerende peilen, overwegend minder op elkaar zullen lijken dan niet ten opzichte van elkaar verschoven reeksen, waarvoor k=0.
Het ligt daarom voor de hand, alleen gebruik te maken van M0 om veel rekenwerk met gering rendement te vermijden. We spreken derhalve in het vervolg over r^{ij} als r^{ij}_0 wordt bedoeld en over $\hat{M}$ als $\hat{M}_0$ wordt bedoeld.

De schattingsprocedure wordt uitgewerkt door via de kleinste kwadratenmethode de twee parameters a en b van dit model

$$\hat{x}_{i,t} = a + bx_{j,t} \qquad (16)$$

te schatten en het vervolgens met behulp van het model schatten van de betreffende waarde x^i_t. Daarbij is bij de in dit artikel te bespreken resultaten geen rekening gehouden met effecten als gevolg van het feit, dat de waarden in beide met elkaar te vergelijken reeksen realisaties van een stochastisch proces zijn. Consequenties hiervan worden o.a. aangegeven in Snedecor en Cochran (1967, par. 6.17). Ze zijn verondersteld, niet voldoende ernstig te zijn om over te gaan op een ingewikkelder werkwijze dan hier is gevolgd.

3.4 SCHATTEN MET BEHULP VAN HET DICHTSTBIJZIJDE MEETPUNT

Het vinden van de best gelijkende reeks meetwaarden vergt vrij veel rekenwerk, omdat alle correlatiecoefficienten r(i,j) in M moeten worden bepaald. Indien men niet beschikt over de nodige rekenfaciliteiten of om andere redenen van dit rekenwerk wenst af te zien, kan men op grond van een ander criterium een "best gelijkende reeks" aanwijzen. Het ligt dan voor de hand, daarvoor de reeks te nemen van het meetpunt dat het dichtst ligt bij het meetpunt, waarvoor een of meer waarden moeten worden geschat.

Eventueel kan men als aanvullend criterium stellen, dat het filter van het gezochte meetpunt in dezelfde aquifer moet staan. In het beschreven onderzoek is dat niet gebeurd omdat dit vrij veel werk zou kosten en het fluctuatiepatroon (niet het niveau) van de stijghoogte in de artesische aquifer niet zeer sterk afwijkt van dat in de erboven gelegen freatische aquifer.

3.5 INVLOED VAN ONTBREKENDE GEGEVENS

De parameters van de verschillende schattingsmodellen moeten kunnen worden bepaald bij afwezigheid van een deel van de gegevens. Bij het schatten met behulp van gegevens van verschillende reeksen (regressie) levert dit geen bijzondere moeilijkheden op, zolang een redelijk groot aantal waarnemingen beschikbaar is. Ditzelfde geldt bij de bepaling van de "deterministische" componenten verloop en jaarcyclus. In het beschreven onderzoek is in verband daarmee uitgegaan van waarneempunten, die gedurende elke beschouwde periode van 3 jaar op terminste 70% van de waarneemdata daadwerkelijk waren waargenomen. Bij een potentieel aantal van 72 waarnemingen geldt derhalve een minimaal beschikbaar aantal van 51.

Beperkingen bij het schatten van waarden met behulp van gegevens uit dezelfde reeks zijn reeds aangegeven in 3.1. Bij schatting via regressie is de beschikbaarheid van gegevens voor de betreffende datum in andere reeksen dan de beschouwde nodig. Indien in het bestand alle gegevens van een meetdag ontbreken, is regressie derhalve niet toepasbaar.

HOOFDSTUK 4

UITVOERING

4.1 DE VERGELEKEN METHODEN

Vergeleken zijn:

A. schatten m.b.v. uitsluitend niveau, verloop en jaarcyclus
B. schatten m.b.v. buurgegevens uit dezelfde reeks volgens (5), (6) of (7), naar gelang van de beschikbaarheid van buurgegevens.
C. lineaire regressie vanaf de reeks van de dichtstbijzijnde waargenomen peilbuis
D. lineaire regressie vanaf de reeks van de best gecorreleerde waargenomen peilbuis
E. schatten op basis van methode B of D, per waarneming te bepalen op grond van vergelijking van r_1, resp. r" en de correlatiecoefficienten, gevonden volgens (14) en (15), waarbij de methode die vergezeld gaat van de hoogste correlatiecoefficient en tevens een schatting oplevert, wordt gekozen.

De methoden B-E zijn eerst uitgevoerd op de oorspronkelijke gegevens. Vervolgens zijn de methoden B-E eveneens toegepast op de na voorafgaande verwijdering van de componenten niveau, verloop en jaarcyclus ontstane residuen. Aan de volgens de respectievelijke methoden geschatte residuen werden deze componenten vervolgens weer toegevoegd om een geschatte meetwaarde te verkrijgen. Laatstgenoemde groep methoden wordt in het vervolg aangeduid met AB-AE. Het resultaat van de methoden C-E en AC-AE kan gunstig worden beinvloed door de vrij grote dichtheid van het meetnet. Om van de grootte van dit effect een indruk te krijgen is van E en AE een tweetal varianten gehanteerd waarbij in het geval dat lineaire regressie als schattingsmethode wordt gekozen, een minimale afstand tussen de twee betrokken meetpunten werd aangehouden van 1, resp. 2.5 km. Deze varianten worden aangeduid met resp. F (AF bij voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en trend)) en G (AG bij voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en trend).

4.2 WERKWIJZE

Van twee perioden van elk drie jaar zijn alle beschikbare meetreeksen uit het meetnet beschouwd, waarin op tenminste 70% van de waarneemdata een waarneming beschikbaar was. De basisgegevens over beide perioden zijn aangegeven in tabel 2.

TABEL 2. Basisgegevens

Periode	1979-1981	1981-1983
Aantal waarneemdata	72	72
Aantal peilfilters	90	148
Aantal waarnemingen	5745	9878
Standaardafwijking alle reeksen (m.)	0.248	0.287

Er is een overlapping van beide perioden in 1981. De reden ligt in de beschikbaarheid van voldoende betrouwbare gegevens. De overlapping beslaat slechts 1/3 van de lengte van de perioden, terwijl in de tweede periode een aanzienlijk aantal peilfilters voorkomt, dat in de eerste periode niet is verwerkt. De invloed van de overlapping is derhalve betrekkelijk gering.
Met behulp van de in het voorgaande beschreven schattingsmethoden is voor alle beschikbare waarnemingen x (uitgedrukt in m. boven NAP) een schatting met uitkomst $\hat{x}$ uitgevoerd en is het verschil bepaald tussen schatting en waarneming. Voor alle gevonden verschillen $\hat{x} - x$ werd bepaald:

- een frequentieverdeling met de klassegrenzen -0.40, -0.30, -0.20, -0.15, -0.10, -0.07, -0.05, -0.03, -0.01, 0.00, 0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30 en 0.40 m.
- rekenkundig gemiddelde
- standaardafwijking
- scheefheid van de verdeling ("skewness")
- afknotting van de verdeling t.o.v. de normale verdeling ("kurtosis")

De scheefheidscoefficient gl is bepaald volgens:

$$g_1 = \frac{n^{\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \sum_{i=1}^{n} x_i/n)^3}{\left[\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i^2)/n\right]^2} \qquad (17)$$

(Snedecor en Cochran, 1967, par. 3.13). Een positieve waarde van gl duidt op een steiler verloop van de verdeling in de negatieve helft dan in de positieve; een negatieve waarde van g_1 duidt op het omgekeerde: een steiler verloop in de positieve dan in de negatieve helft. g_1 heeft bij een symmetrische verdeling de waarde 0.
De afknottingscoefficient g_2 is bepaald volgens

$$g_2 = \frac{n \sum_{i=1}^{n} (x_i - \sum_{i=1}^{n} x_i/n)^4}{\left[\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2/n\right]^2} - 3 \qquad (18)$$

(Snedecor en Cochran, 1967, par. 3.14). De waarde van g_2 is 0 bij een normale verdeling. Een positieve waarde duidt -in vergelijking met de normale verdeling- op een overmaat aan waarden in het midden en de uiteinden en een tekort op de flanken van de verdeling; een negatieve waarde op het omgekeerde.
Het rekenwerk werd uitgevoerd met eigen FORTRAN-77 programmatuur op de DEC1091 computer van de Landbouwhogeschool.

HOOFDSTUK 5

RESULTATEN

De belangrijkste resultaten zijn weergegeven in de tabellen 3a en 3b (1979-1981) en 4a en 4b (1981-1983).
Aangegeven zijn voor de verschillende methoden:

- de aantallen uitgevoerde schattingen op basis van de verschillende methoden;
- gemiddelde en standaardafwijking van de gevonden verschillen tussen geschatte en waargenomen waarden, zowel in m. als in een percentage van de gevonden gemiddelde standaardafwijking voor alle reeksen;
- percentages verschillen met een absolute waarde kleiner dan 0.05, 0.10 en 0.15 m., alsmede tussen haakjes de percentages die te verwachten zouden zijn geweest, indien de gevonden verschillen een trekking uit een normale verdeling rond het gevonden gemiddelde en met de gevonden standaardafwijking zouden zijn geweest;
- de gebruikte rekentijd.

De frequentieverdelingen zijn weergegeven in tabelvorm in bijlage A en in de vorm van histogrammen in bijlage B.

TABEL 3a. Resultaten van de verschillende schattingsmethoden zonder voorafgaande verwijdering van verloop en jaarcyclus periode 1979-1981

Kolommen A-G geven de methoden aan als omschreven onder "werkwijze"

Methode---> Aantallen	A	B	C	D	E	F	G
Uit niveau, verloop en jaarcyclus	5745	0	0	0	0	0	0
Uit reeks zelf	0	5695	0	0	250	253	254
Via lineaire regressie	0	0	5745	5745	5495	5492	5491
Totaal geschat	5745	5695	5745	5745	5745	5745	5745
Gemiddeld verschil in m. (abs. waarde)	.002	.001	.000	.000	.000	.000	.000
Standaardafwijking in m.	.173	.172	.095	.067	.064	.065	.068
id. in % standaardafw. basisgegevens (tabel 2)	70	69	38	27	26	26	27
Scheefheidscoefficient	-0.7	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	0.0	0.0
Afknottingscoefficient	0.9	1.6	5.7	10.1	11.2	8.9	8.8
% verschillen <.05 m. tussen (): % o.g.v. normale verdeling	28.8 (22.8)	33.2 (22.8)	62.1 (40.2)	72.2 (54.5)	73.9 (56.6)	71.9 (55.6)	71.3 (53.7)
% verschillen <.10 m. tussen (): % volgens normale verdeling	51.2 (43.7)	57.8 (43.8)	81.8 (70.8)	90.3 (86.5)	91.3 (88.3)	71.9 (87.5)	89.7 (85.8)
% verschillen <.15 m. tussen (): % o.g.v. normale verdeling	67.7 (61.4)	72.9 (61.6)	90.3 (88.6)	96.1 (97.5)	96.6 (98.1)	96.3 (97.8)	95.9 (97.2)
Rekentijd incl. in- en uitvoer gegevens (sec)	17	15	42	40	41	43	43

TABEL 3b. Resultaten van de verschillende schattingsmethoden met voorafgaande verwijdering van verloop en jaarcyclus periode 1979-1981

Kolommen AB-AG geven de methoden aan als omschreven onder "werkwijze"

Methode---> Aantallen	AB	AC	AD	AE	AF	AG
Uit reeks zelf	5695	0	0	195	195	195
Via lineaire regressie	0	5745	5745	5550	5550	5550
Totaal geschat	5695	5745	5745	5745	5745	5745
Gemiddeld verschil in m. (abs. waarde)	.001	.001	.001	.000	.001	.000
Standaardafwijking in m.	.172	.077	.058	.057	.058	.060
Id. in % stand. afw. basisgegevens (tabel 2)	69	31	23	23	23	24
Scheefheidscoefficient	-0.4	-0.6	0.1	0.1	-0.1	-0.2
afknottingscoefficient	1.6	8.1	12.0	13.0	11.4	10.6
% verschillen <.05 m.	33.6	68.6	76.7	77.7	76.6	75.6
tussen (): % o.g.v. normale verdeling	(22.8)	(48.3)	(60.8)	(61.6)	(61.0)	(59.3)
% verschillen <.10 m.	58.6	87.1	93.1	93.5	93.1	92.5
tussen (): % volgens normale verdeling	(43.8)	(80.5)	(91.3)	(98.1)	(91.4)	(90.3)
% verschillen <.15 m.	72.9	94.7	97.6	97.7	97.5	97.3
tussen (): % o.g.v. normale verdeling	(61.6)	(94.8)	(99.0)	(99.1)	(99.0)	(98.7)
Rekentijd incl. in- en uitvoer gegevens (sec)	18	45	43	44	46	46

TABEL 4a. Resultaten van de verschillende schattingsmethoden zonder voorafgaande verwijdering verloop en jaarcyclus periode 1981-1983 (3 jaar)

Kolommen A-G geven de methoden aan als omschreven onder "werkwijze"

Methode---> Aantallen	A	B	C	D	E	F	G
Uit niveau, verloop en jaarcyclus	9878	0	0	0	0	0	0
Uit reeks zelf	0	9853	0	0	496	626	689
Via lineaire regressie	0	0	9878	9878	9382	9252	9189
Totaal geschat	9878	9853	9878	9878	9878	9878	9878
Gemiddeld verschil in m. (abs. waarde)	.004	.001	.000	.000	.000	.000	.000
Standaardafwijking in m.	.194	.151	.106	.067	.065	.066	.069
id. in % standaardafw. basisgegevens (tabel 2)	68	53	37	23	23	23	24
Scheefheidscoefficient	-0.9	-0.6	-1.2	-0.2	-0.1	-0.3	-0.3
Afknottingscoefficient	0.2	1.8	4.8	8.5	9.1	9.7	8.9
% verschillen <.05 m. tussen (): % o.g.v. normale verdeling	21.4 (20.3)	37.0 (25.9)	56.8 (36.3)	71.4 (54.6)	73.0 (56.2)	72.2 (55.2)	70.8 (53.4)
% verschillen <.10 m. tussen (): % volgens normale verdeling	41.1 (39.4)	61.8 (49.1)	77.7 (65.5)	89.5 (86.6)	90.3 (87.9)	90.0 (87.1)	89.4 (85.5)
% verschillen <.15 m tussen (): % o.g.v. normale verdeling	58.7 (56.1)	76.2 (67.8)	88.6 (84.3)	95.8 (97.5)	96.1 (98.0)	96.1 (97.7)	95.8 (97.1)
Rekentijd incl. in- en uitvoer gegevens (sec)	31	28	109	98	100	111	111

TABEL 4b. Resultaten van de verschillende schattingsmethoden met voorafgaande verwijdering verloop en jaarcyclus periode 1981-1983 (3 jaar)

Kolommen AB-AG geven de methoden aan als omschreven onder "werkwijze"

Methode---> Aantallen	AB	AC	AD	AE	AF	AG
Uit reeks zelf	9853	0	0	497	497	498
Via lineaire regressie	0	9878	9878	9381	9381	9380
Totaal geschat	9853	9878	9878	9878	9878	9878
Gemiddeld verschil in m. (abs. waarde)	.001	.000	.000	.000	.000	.000
Standaardafwijking in m.	.151	.090	.061	.060	.061	.063
Id. in % stand. afw. basisgegevens (tabel 2)	53	31	21	21	21	22
Scheefheidscoefficient	-0.6	-1.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Afknottingscoefficient	2.0	5.4	10.0	10.4	10.5	9.5
% verschillen <.05 m.	38.0	61.5	74.5	75.3	74.7	73.5
tussen (): % o.g.v. normale verdeling	(25.9)	(42.0)	(58.8)	(59.3)	(58.7)	(57.4)
% verschillen <.10 m.	62.6	82.2	91.6	91.7	91.5	91.0
tussen (): % volgens normale verdeling	(49.2)	(73.1)	(89.9)	(90.3)	(89.8)	(88.8)
% verschillen <.15 m.	76.8	91.9	96.6	96.7	96.6	96.4
tussen (): % o.g.v. normale verdeling	(67.9)	(90.3)	(98.6)	(98.7)	(98.6)	(98.3)
Rekentijd incl. in- en uitvoer gegevens (sec)	32	115	104	106	117	117

Uit de tabellen blijkt:

1. het beeld van de eerste periode verschilt niet wezenlijk van dat van de tweede;
2. voor een zeer beperkt aantal gegevens (4-7%) komt schatting uit de reeks zelf als beste mogelijkheid uit de bus (E-G). Vermindering van het aanbod van meetpunten bij regressie als gevolg van een afstandscriterium (F en G) veroorzaakt een toename van het aantal schattingen uit de reeks zelf in de periode 1981-1983. In de periode 1979-1981 en bij voorafgaande verwijdering van deterministische componenten over 1981-1983 is dit echter vrijwel niet het geval;
3. een zeer gering deel van de waarden (<1%) kon uit de reeks zelf niet worden geschat als gevolg van het ontbreken van meer dan twee opeenvolgende waarnemingen in het betreffende deel van de reeks (kolom B/AB);

4. de gemiddelde verschillen liggen -conform de verwachting- zeer dicht bij 0. De grootste afwijkingen (enkele mm.) worden aangetroffen bij de methoden A, B en AB;
5. De verdelingen zijn over vrijwel de hele linie in lichte mate scheef met een negatieve scheefheidscoefficient. De afknottingscoefficient is vooral bij de methoden D-F, resp. AD-AF sterk positief; in wat mindere mate ook bij C en AC.
6. de methoden A, B en AB leveren -afgemeten naar de geschatte standaardafwijking voor alle verschillen- voor beide perioden een weinig bevredigend resultaat, zij het dat dit vooral bij B en AB voor de tweede periode wat minder slecht uitvalt dan voor de eerste;
7. de laagste standaardafwijkingen van de verschillen tussen waargenomen en geschat worden geleverd door D-G met een minimum bij E. De verschillen tussen de resultaten zijn gering;
8. de invloed van voorafgaande verwijdering van verloop en jaarcyclus heeft vooral bij methode C een gunstige invloed op het resultaat. Bij D-G is een geringere verbetering van het resultaat te constateren. Bij methode B is geen invloed vast te stellen;
9. de frequentieverdeling van de verschillen wijkt aanzienlijk af van wat op grond van de veronderstelling van normaliteit wordt verwacht. De kleine verschillen (<5 cm.) zijn t.o.v. normaal verdeelde gegevens sterk oververtegenwoordigd. Er moet derhalve eveneens een oververtegenwoordiging zijn van relatief grote verschillen.
10. de benodigde rekentijd is voor A, B en AB het kleinst.

HOOFDSTUK 6

CONCLUSIES EN DISCUSSIE

Allereerst moet worden opgemerkt, dat het onderzoek is uitgevoerd aan een meetnet in een betrekkelijk klein gebied. Hoewel de variatie in fluctuatiepatronen van grondwaterstanden binnen het gebied vrij groot is, zijn de resultaten van het beschreven onderzoek niet zonder meer overdraagbaar op de rest van Nederland. De goede overeenstemming tussen de resultaten van de twee beschouwde perioden rechtvaardigt echter tamelijk harde conclusies ten aanzien van het beschouwde meetnet.

De slechtste resultaten worden geleverd door methode A. Deze methode wordt, wat dit aangaat, op de voet gevolgd door methode B, die weliswaar enige aantrekkelijkheid ontleent aan zijn eenvoud, maar niet aan zijn resultaten. Bovendien is de methode als enige niet in staat, een schatting uit te voeren voor alle waarnemingen. Dit komt voort uit het feit, dat het niet altijd te vermijden is, dat een meetpunt voor een periode van meer dan twee opeenvolgende waarneemdata uitvalt.
Methode AB levert geen betere resultaten op dan B.
De vrij kleine verschillen in resultaten tussen de methoden A en B duiden erop, dat de samenhang in de reeksen voornamelijk voor rekening komt van de jaarcyclus. Aan de tijdstijghoogtelijnen in fig. 2 is dat ook te zien.
Het percentage waarnemingen, waarvoor (in E) methode B wordt verkozen boven D, is in de tweede periode wat hoger dan in de eerste. Dit ligt vermoedelijk niet aan toegenomen autocorrelatie, maar aan de beschikbaarheid van meer meetpunten op de stuwwal, die een zeer vloeiend fluctuatiepatroon vertonen (fig. 2).

Duidelijk het beste resultaat wordt geleverd door de methoden met lineaire regressie. Klaarblijkelijk is de samenhang tussen de reeksen in het algemeen groter dan die binnen de meeste reeksen. Men zou kunnen zeggen, dat de meetfrequentie van 2x per maand niet overeenstemt met de dichtheid van het meetnet. Er is in dit geval (globaal gesproken) eerder aanleiding tot een vergroting van de meetfrequentie dan van het aantal meetpunten.
Het minst goede resultaat in deze groep komt van methode C. Dit ligt in de lijn van de verwachting, omdat de dichtstbijzijnde peilbuis niet noodzakelijkerwijs de best gecorreleerde behoeft te zijn. Methode AC geeft een duidelijke verbetering: van 38, resp. 37% "onverklaarde" standaardafwijking naar 31%. Het lijkt dan ook wenselijk, regressie vanaf de dichtstbijzijnde peilbuis vooraf te doen gaan door verwijdering van deterministische componenten. Deze bewerking is ook op een klein

computersysteem zonder veel problemen uit te voeren.

De keuze van de best gecorreleerde referentiepeilbuis (methode D) geeft een duidelijk beter resultaat dan methode C of AC, vooral voor de periode 1981-1983. De verbetering bij AD t.o.v. D is minder groot dan bij AC versus C. Hiervoor zijn twee verklaringen mogelijk:

- de seizoencomponent van de met een beschouwde reeks best gecorreleerde reeks zal in het algemeen weinig in fase verschoven zijn t.o.v. die in de beschouwde reeks. Voor een minder goed gecorreleerde reeks -zoals veelal die van de dichtstbijzijnde peilbuis- zal deze verschuiving vaak groter zijn.
  In dat geval zal een schatting, gebaseerd op schatting van de seizoencomponent (en het verloop) uit de reeks zelf en van de overige componenten uit een andere reeks een beter resultaat opleveren dan algehele schatting uit de andere reeks.
- het is denkbaar, dat de gevonden standaardafwijking van de verschillen tussen geschatte en gemeten waarden bij de methode D die van de enkele buis benadert. Deze laatste zou men kunnen definieren als de standaardafwijking van het verschil tussen paren waarnemingen, onafhankelijk van elkaar gedaan op dezelfde dag (niet hetzelfde tijdstip!) en aan dezelfde peilbuis. Op basis van enige honderden op deze wijze verkregen gegevens kan (met enig voorbehoud) een voorlopige conclusie worden getrokken, dat voor die waarde 0.03-0.05 m. moet worden aangehouden. Hiernaar wordt nog nader onderzoek gedaan. De laagste standaardafwijkingen uit de tabellen komt met 0.06 m. vrij dicht in de buurt van deze waarde.

De verbetering in het resultaat door de mengvorm E t.o.v. D is marginaal te noemen. In gebieden zonder langzaam fluctuerende peilbuizen met hoge autocorrelatie en dezelfde waarneemfrequentie als in het onderhavige meetnet kan vermoedelijk met een even goed resultaat methode D, resp. AD worden toegepast. Anderzijds vergen E, resp. AE nauwelijks meer rekentijd, zodat gebruik van E, resp AE in plaats van D, resp. AD ook geen groot bezwaar is.

De resultaten van E, resp. AE zijn klaarblijkelijk niet sterk beinvloed door de dichtheid van het meetnet, gezien de resultaten van F, AF, G en AG. Ook hieruit valt de conclusie te trekken, dat meer informatie eerder wordt verkregen door verhoging van de meetfrequentie dan door verdere verdichting van het meetnet.

Op grond van de berekende scheefheids- en afknottingscoefficienten blijkt dat de verdelingen afwijken van de normale. Een chi-kwadraat "goodness of fit" test met een indeling in 50 klassen van gelijke waarschijnlijkheid (Kendall en Stuart, 1979, par. 30.22), uitgevoerd met behulp van de IMSL-routine GFIT (IMSL,1984), gaf voor de uitkomsten van alle methoden een waarschijnlijkheid van minder dan 0.00005 dat ze een trekking uit een normale verdeling vormen.
De scheefheid van de verdelingen is niet zonder meer verklaarbaar. de scheefheidscoefficient van de verdeling van $\hat{x}-x$ is, met uitzondering van enkele waarden, negatief. Het minst is dit het geval voor de methoden met regressie vanaf de best gecorreleerde peilbuis. Het is denkbaar, dat de oorzaak ligt in het feit, dat vooral bij landbouwbuizen in gebieden met zichtbare afvoer de peilfluctuaties bij hoge grondwaterstanden worden begrensd door het ontwateringssysteem en uiteindelijk ook door het maaiveld, waardoor de frequentieverdeling van grondwaterstanden bij

de zulke peilbuizen scheef is. Bij lineaire interpolatie zal de geinterpoleerde waarde een kleinere variantie hebben dan de oorspronkelijke waarde, waardoor het niet onwaarschijnlijk is, dat de scheefheid van de frequentieverdeling van de waarnemingen zich enigszins voortplant in het verschil tussen geschatte en waargenomen waarden. Voor de resultaten van de methoden met regressie kan men analoog redeneren. Hoe beter echter de schattingsmethode, des te kleiner zal het verschil in variantie zijn tussen geschatte en gemeten waarden, waardoor men zou mogen verwachten, dat de frequentieverdeling van het verschil een geringere scheefheid te zien zal geven. Dit klopt redelijk voor de regressiemethoden die de best gelijkende peilbuis als referentie gebruiken, bij gebruik van de dichtstbijzijnde peilbuis als referentie is echter het omgekeerde het geval.
De gevonden scheefheden zijn echter voor het merendeel vrij gering en zijn voor de onderzochte methoden van weinig betekenis.
De sterke concentratie van waarden in het midden van de verdelingen, in het bijzonder bij de methoden D-F en AD-AF -en in wat mindere mate ook bij C en AC is op zichzelf niet ongewoon. Er is bovendien in dit geval althans een gedeeltelijke verklaring te geven. Een deel van de peilbuizen bevindt zich in een gebied, waarin de grondwaterstanden in meer of mindere mate beinvloed worden door het waterpeil van de Nederrijn. Dit peil staat meestal gestuwd op ca. 6 meter boven NAP. Bij hoge afvoeren wordt echter het natuurlijke regime hersteld. Daardoor treden af en toe hoge waterstanden op de Nederrijn op, die een plotselinge tijdelijke verstoring van het gebruikelijke fluctuatie-patroon van peilbuizen in de invloedssfeer van de rivier teweeg brengen. In dergelijke perioden worden schattingsfouten tot ca. 0.50 m. gevonden voor de peilbuizen in het rivierkleigebied.

De benodigde rekentijd is duidelijk het hoogst voor de methoden met regressie. De oorzaak is de berekening van de correlatiematrix $\hat{M}$. De benodigde rekentijd hiervoor is ongeveer evenredig met het aantal waarnemingen per reeks en met het kwadraat van het aantal reeksen. De methoden D, AD, E en AE (en hun varianten) worden daardoor duur in het gebruik bij zeer grote aantallen reeksen tegelijkertijd. In dat geval kan het de moeite lonen, een splitsing te maken in geografische eenheden of kaartbladen.
De voor C en AC benodigde rekentijd is geflatteerd als gevolg van de berekening van een afstandenmatrix die in de praktijk bij gebruik van een dergelijke methode achterwege zal blijven. De extra rekentijd in vergelijking tot E, benodigd voor F en G, is het gevolg van de afstands-berekening.
De benodigde extra rekentijd voor verwijdering van deterministische componenten tenslotte is zeer gering.

Schattingsmethoden kunnen, behalve voor het min of meer verantwoord schatten van ontbrekende waarnemingen, ook dienst doen bij de kwaliteitscontrole van gegevens. Men vergelijkt dan geschatte en gemeten gegevens met elkaar. Waarnemingen die verschillen opleveren, die buiten een vast te stellen betrouwbaarheidsgebied vallen, worden dan nog eens kritisch bekeken. Hiervoor is bij de vakgroep Cultuurtechniek inmiddels methode AE in gebruik.

HOOFDSTUK 7

SUMMARY

Groundwater level data collections usually contain time series of a number of observation wells. In such series some data will be missing. An accurate method to estimate such missing data may be useful in order to obtain complete series.

In this work a number of methods are compared using data of two three year periods (1979-1981 and 1981-1983) from a small groundwater level observation network in the central part of the Netherlands (fig. 1, ch. 2). The levels in the network are observed on the 14th and the 28th of every month. In the area both deep and shallow groundwater tables and phreatic and artesian groundwater occur. Some typical fluctuation patterns are shown in fig. 2 (ch. 2).

The estimation methods are:

A. estimation from deterministic components (mean level, linear trend of the mean and seasonal Fourier component)
B. estimation by linear interpolation of adjacent values and -if one of the adjacent values is missing- using the remaining value as an estimate
C. simple linear regression using the series of the nearest observation well that has been observed on the date for which a value is estimated
D. simple linear regression using the series of the best correlated well that has been observed on the date for which a value is estimated
E. estimation based on either B or D, whichever may be expected to give the best result. The expectation is based on comparison of cross- and autocorrelation coefficients.
F. the same as method E, but with a minimum distance between well and reference well of 1 km.
G. the same as method E, but with a minimum distance between well and reference well of 2.5 km.

Methods F and G were added to study the effect of the relatively large density of observation wells in the area.
The methods B-G have also been applied after removal of deterministic components as mentioned with method A. These methods are referred to as methods AB-ag.

The testing method consisted of estimating a value for each existing observation, determining the difference between the two and evaluating the frequency distribution of all the differences. The number of

estimated values for the first period was 5745, for the second 9878. For method B, however, the numbers were 5695 and 9853 respectively, as a result of the impossibility to estimate values if more than two consecutive values in a series were missing. The number of observation wells was 90 for the first period and 148 for the second. The best results were obtained by the methods AD and AE, AE being slightly better than AD. The respective standard deviations of the differences were 0.058 and 0.057 m. for the first period and 0.061 and 0.060 for the second, being 23 and 21% of the standard deviation from the mean for all the data. Without removal of deterministic components the results were 0.005-0.009 m. less good. The poorest results were obtained by estimation from deterministic components only (method A, 70 and 68% of remaining standard deviation) and interolation in the time series (methods B and AB, 69 and 53% of remaining standard deviation). The frequency distributions show a strong positive kurtosis and a slight skewness.
The influence of the network density on the results appeared to be very small.

Method AE has now also been adopted for the quality check of new data: one simply compares observed and measured data. Newly obtained data that differ too much from the estimated values are checked carefully before they are added to the data collection.

LITERATUUR

1. Chang, Mingteh and R. Lee (1974); Objective Double Mass Analysis.
   Water Res. Res. 10, pp. 1123-1126.

2. Draper N.R. and H. Smith (1966); Applied Regression Analysis.
   John Wiley and Sons, New York.

3. IMSL (1984); User's Manual, IMSL Library. FORTRAN Subroutines for Mathematics and Statistics.
   Vol. 2, Ed. 9.2, Houston, Texas.

4. Kendall, M. and A. Stuart (1979); The Advanced Theory of Statistics.
   Vol. 2, 4th ed., Charles Griffin, London.

5. Salas, J.D, J.W. Delleur, V. Yevjevich and W.L. Lane (1980); Applied modeling of hydrologic time series
   Water Resources Publ., Littleton, Colorado.

6. Schaaf S. van der (1983); Pre-processing and storage of water level data recorded at fixed time intervals.
   Proc. Int. Symp. Methods and Instrumentation for the Investigation of Groundwater Systems 604-612. Proceedings and Information 31, Committee for Hydrological Research TNO, Den Haag.

7. Snedecor G.W. and W.G. Cochran (1967); Statistical methods, 6th ed., Ames, Iowa.

8. Verbraeck, A. (1984); Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50000 blad Tiel West (39W) en Tiel Oost (390).
   Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 1984.

9. Yevjevich, V. (1972); Stochastic Processes in Hydrology.
   Water Res. Publ., Fort Collins, Colorado, U.S.A.

BIJLAGE A

FREQUENTIEVERDELING VERSCHILLEN IN TABELVORM

De gevonden verschillen (geschatte stijghoogte min gemeten stijghoogte) zijn ingedeeld in 20 klassen met klassegrenzen -0.40 m., -0.30 m., -0.20 m., -0.15 m., -0.10 m., -0.07 m., -0.05 m., -0.03 m., -0.01 m., 0.00 m., 0.01 m., 0.03 m., 0.05 m., 0.07 m., 0.10 m., 0.15 m., 0.20 m., 0.30 m. en 0.40 m. De tabellen geven per periode en per groep van methoden (met of zonder voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en jaarcyclus) de aantallen per klasse.
De methoden zijn aangegeven met letters:

A. schatting op basis van uitsluitend niveau, lineair verloop en jaarcyclus
B. schatting op basis van uitsluitend onmiddellijk aangrenzende waarden in de reeks zelf
C. regressie vanaf dichtstbijzijnde waargenomen peilbuis
D. regressie vanaf best gelijkende waargenomen peilbuis
E. methode B of D; keuze op grond van het beste te verwachten resultaat
F. als methode E, maar bij regressie een minimale afstand van 1000 m. tot de referentiepeilbuis
G. als methode E, maar bij regressie een minimale afstand van 2500 m. tot de referentiebuis

AB-AG: als methoden A-G, maar met voorafgaande verwijdering van niveau, trend en jaarcyclus.

A.1 PERIODE 1979-1981

A.1.1 Methoden A-G

Methode ---> ondergrens klasse	A	B	C	D	E	F	G
0.40 m.	33	61	12	4	4	3	4
0.30 m.	119	122	28	8	6	8	13
0.20 m.	372	275	98	35	31	36	42
0.15 m.	388	300	119	62	53	57	58
0.10 m.	562	427	246	158	144	163	172
0.07 m.	428	394	291	222	203	225	226
0.05 m.	306	392	312	311	305	309	298
0.03 m.	305	380	511	466	467	446	447
0.01 m.	386	419	736	794	812	795	788
0.00 m.	178	232	577	761	793	752	748
-0.01 m.	174	232	602	853	876	847	834
-0.03 m.	327	349	714	787	813	817	824
-0.05 m.	287	278	427	488	485	476	454
-0.07 m.	250	288	278	310	305	317	319
-0.10 m.	302	327	252	199	188	207	214
-0.15 m.	386	436	240	171	156	178	184
-0.20 m.	312	240	153	67	64	71	70
-0.30 m.	314	267	95	34	26	26	35
-0.40 m.	175	142	36	6	6	6	9
< 0.40 m.	141	134	18	9	8	6	6
Totaal	5745	5695	5745	5745	5745	5745	5745

A.1.2 Methoden AB-AG

Methode --->	AB	AC	AD	AE	AF	AG
ondergrens klasse						
0.40 m.	64	5	4	4	3	3
0.30 m.	114	7	5	5	5	5
0.20 m.	305	55	19	18	19	22
0.15 m.	303	79	44	40	42	44
0.10 m.	396	219	133	121	123	133
0.07 m.	404	258	207	199	211	235
0.05 m.	389	305	268	270	289	270
0.03 m.	377	511	461	451	452	473
0.01 m.	415	903	898	908	913	895
0.00 m.	250	604	857	882	851	840
-0.01 m.	222	631	856	880	861	839
-0.03 m.	351	814	844	864	858	855
-0.05 m.	299	476	490	480	468	443
-0.07 m.	289	269	246	228	227	241
-0.10 m.	340	234	219	210	219	224
-0.15 m.	419	215	130	121	131	140
-0.20 m.	224	80	34	34	43	45
-0.30 m.	263	51	19	19	19	24
-0.40 m.	139	16	7	7	7	10
< 0.40 m.	132	13	4	4	4	4
Totaal	5695	5745	5745	5745	5745	5745

A.2 PERIODE 1981-1983

A.2.1 Methoden A-G

Methode ---> ondergrens klasse	A	B	C	D	E	F	G
0.40 m.	64	72	29	7	7	8	7
0.30 m.	265	174	47	6	6	6	15
0.20 m.	969	402	198	54	53	49	68
0.15 m.	905	434	271	125	120	122	115
0.10 m.	1067	781	572	298	270	290	297
0.07 m.	686	760	565	397	368	383	424
0.05 m.	457	579	498	514	497	526	545
0.03 m.	455	701	755	833	814	813	761
0.01 m.	444	760	1131	1309	1317	1309	1289
0.00 m.	234	480	941	1354	1432	1385	1357
-0.01 m.	237	456	974	1431	1531	1490	1463
-0.03 m.	401	671	1107	1376	1389	1389	1383
-0.05 m.	347	580	705	748	730	743	738
-0.07 m.	338	538	497	485	465	469	484
-0.10 m.	461	561	507	391	376	387	389
-0.15 m.	669	645	504	328	303	312	331
-0.20 m.	556	443	226	128	117	113	109
-0.30 m.	654	477	235	64	56	55	68
-0.40 m.	374	195	68	19	18	16	22
< 0.40 m.	295	144	48	11	9	13	13
Totaal	9878	9853	9878	9878	9878	9878	9878

A.2.2 Methoden AB-AG

Methode --->	AB	AC	AD	AE	AF	AG
ondergrens klasse						
0.40 m.	75	9	3	3	3	3
0.30 m.	165	30	8	8	10	12
0.20 m.	406	112	50	51	55	58
0.15 m.	429	213	98	97	93	96
0.10 m.	763	519	253	247	253	272
0.07 m.	769	509	350	338	347	373
0.05 m.	586	616	468	450	464	478
0.03 m.	715	807	822	794	800	813
0.01 m.	796	1270	1559	1559	1525	1478
0.00 m.	479	1034	1407	1475	1466	1443
-0.01 m.	442	1005	1361	1417	1395	1397
-0.03 m.	723	1204	1435	1437	1434	1382
-0.05 m.	586	752	775	753	755	751
-0.07 m.	531	481	483	470	479	472
-0.10 m.	538	441	392	369	377	402
-0.15 m.	642	435	242	242	248	260
-0.20 m.	410	211	101	99	104	108
-0.30 m.	462	162	48	47	47	52
-0.40 m.	187	42	11	10	9	16
< 0.40 m.	149	26	12	12	14	12
Totaal	9853	9878	9878	9878	9878	9878

BIJLAGE B

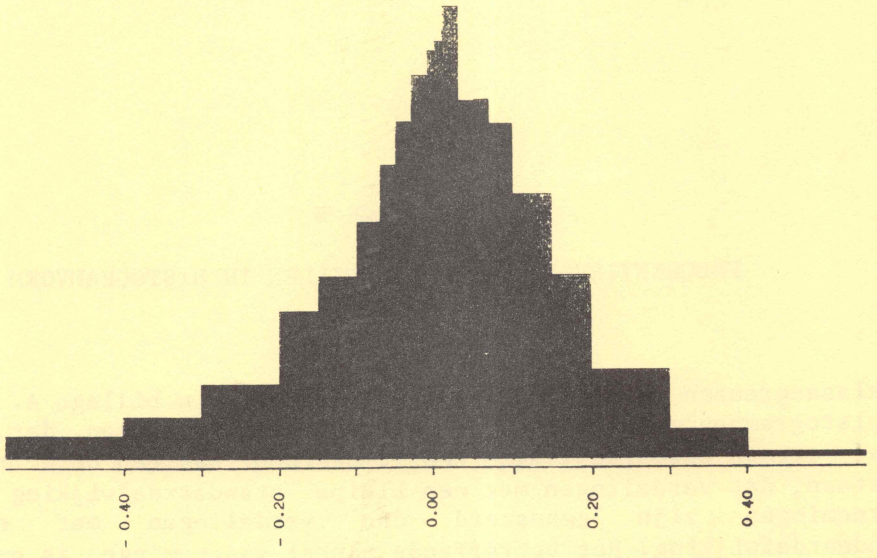
FREQUENTIEVERDELING VERSCHILLEN IN HISTOGRAMVORM

De klassegrenzen en methoden zijn dezelfde als in bijlage A.
De histogrammen zijn op een zodanige schaal weergegeven, dat de langste staaf steeds dezelfde lengte heeft. Daardoor kan ten onrechte de indruk ontstaan, dat verdelingen met een kleine standaardafwijking op minder waarnemingen zijn gebaseerd dan verdelingen met een grotere standaardafwijking. Het betreffende aantal waarnemingen is overigens bij iedere grafiek vermeld.

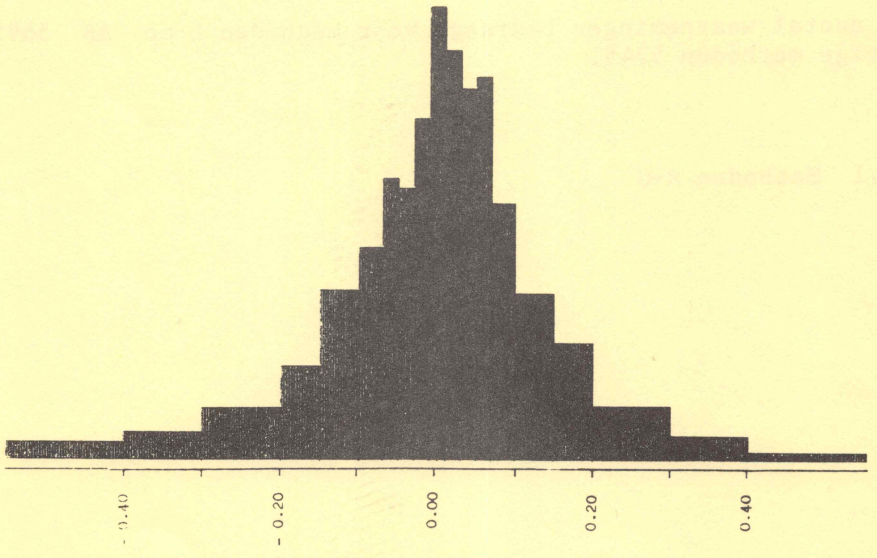
B.1 PERIODE 1979-1981

Het aantal waarnemingen bedraagt voor methoden B en AB 5695, voor de overige methoden 5745.

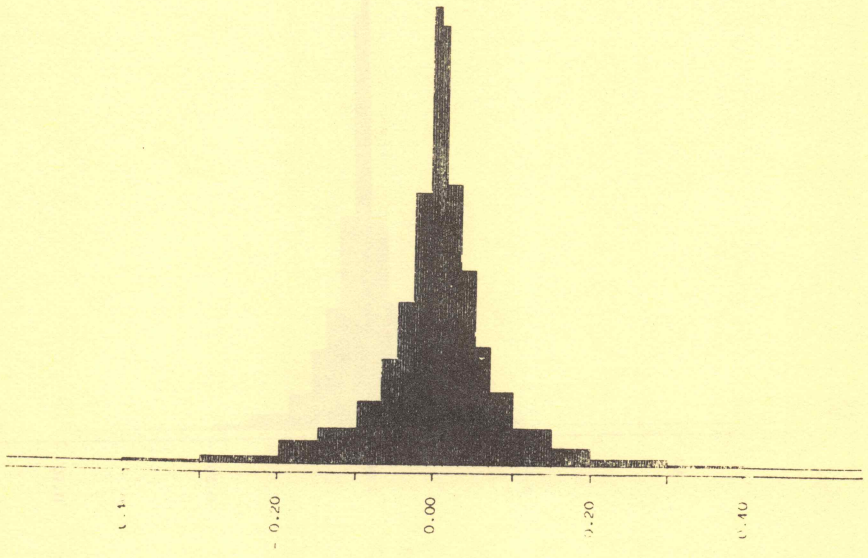
B.1.1 Methoden A-G



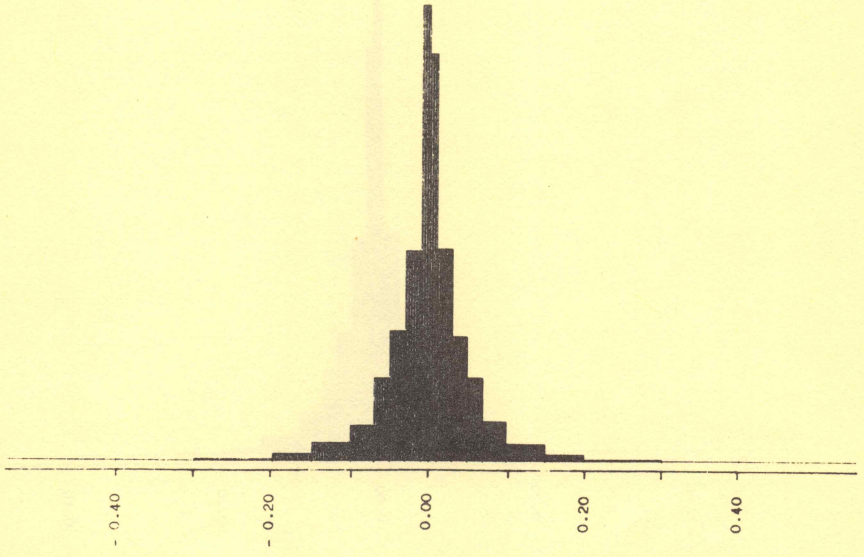
Methode A. Schatting op basis van niveau, lineair verloop en jaarcyclus



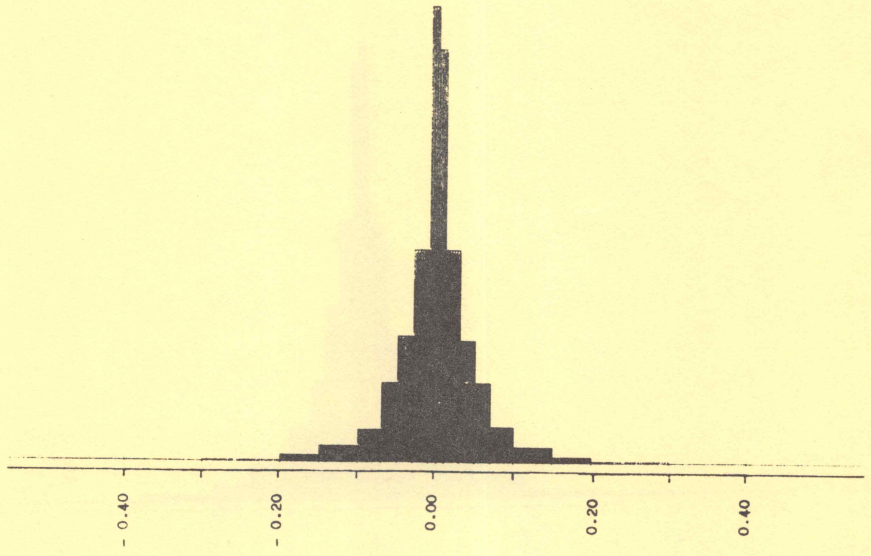
Methode B. Schatting op basis van onmiddellijk aangrenzende waarden in de reeks zelf



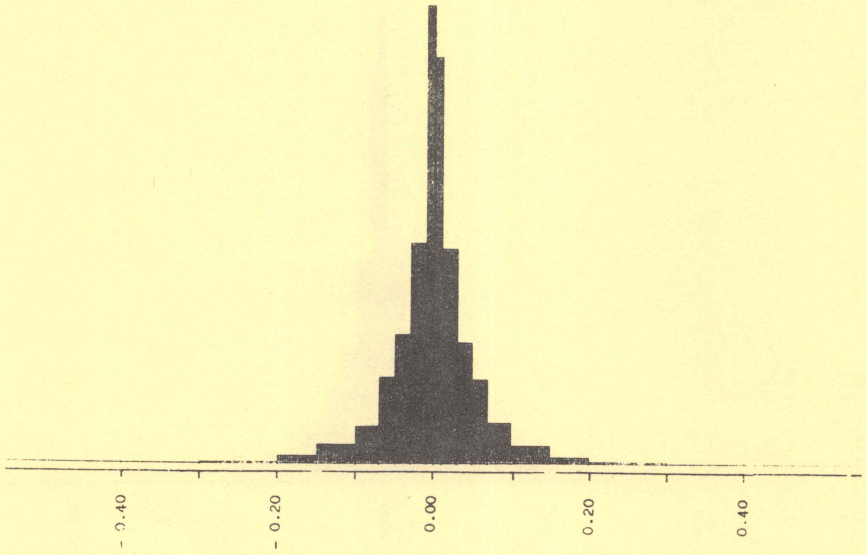
Methode C. Regressie vanaf dichtstbijzijnde peilbuis



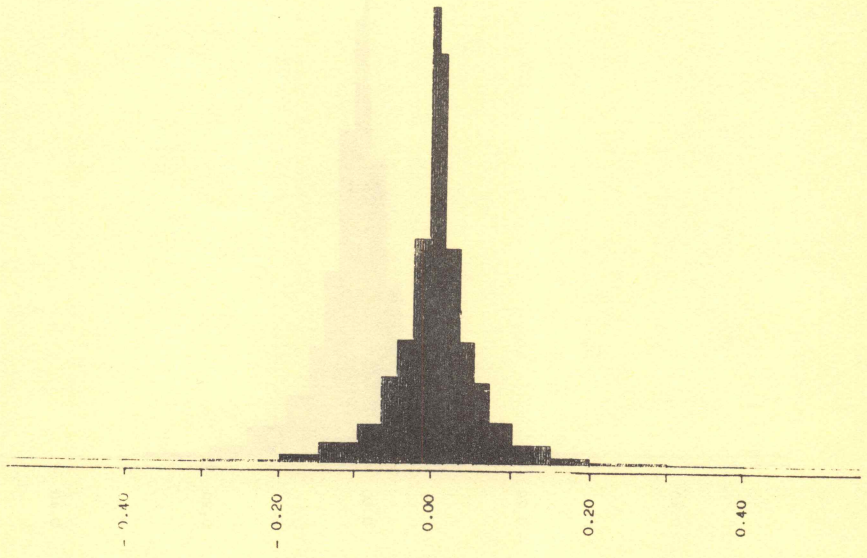
Methode D. Regressie vanaf best gecorreleerde peilbuis



Methode E. Methode B of D, gekozen o.g.v. kleinste te verwachten schattingsfout

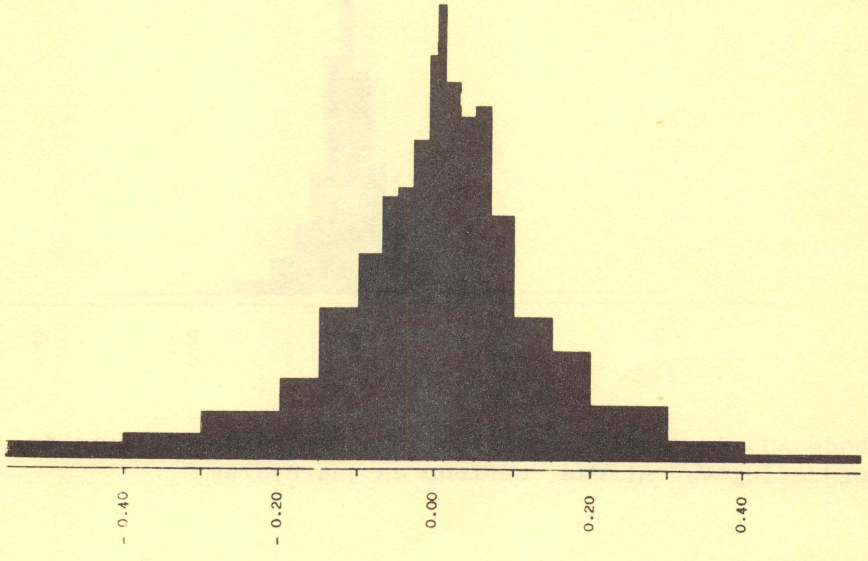


Methode F. Als E, maar met minimale afstand van 1 km. tussen bij regressie gebruikt peilbuizenpaar

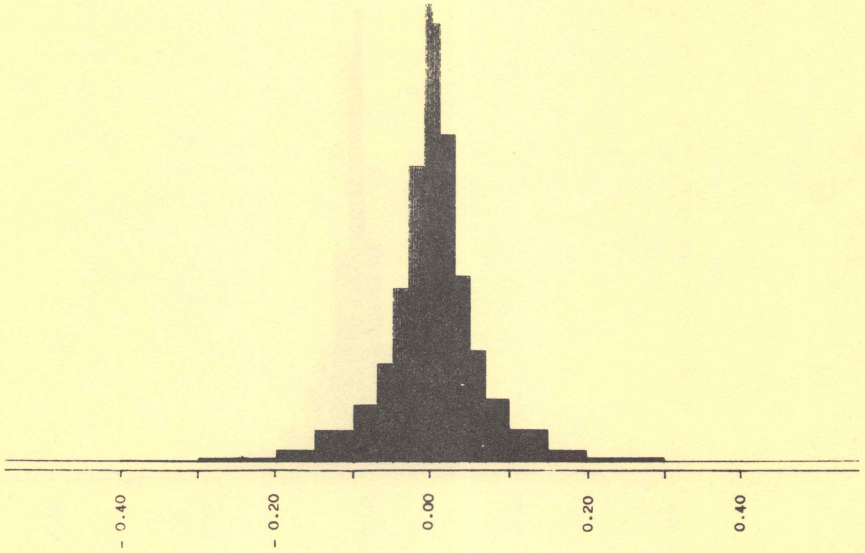


Methode G. Als E, maar met minimale afstand van 2.5 km. tussen bij regressie gebruikt peilbuizenpaar

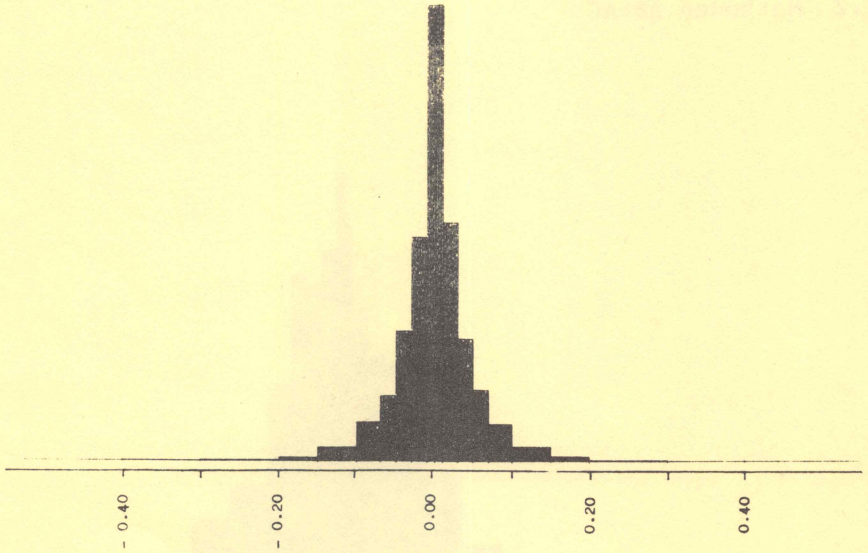
B.1.2 Methoden AB-AG



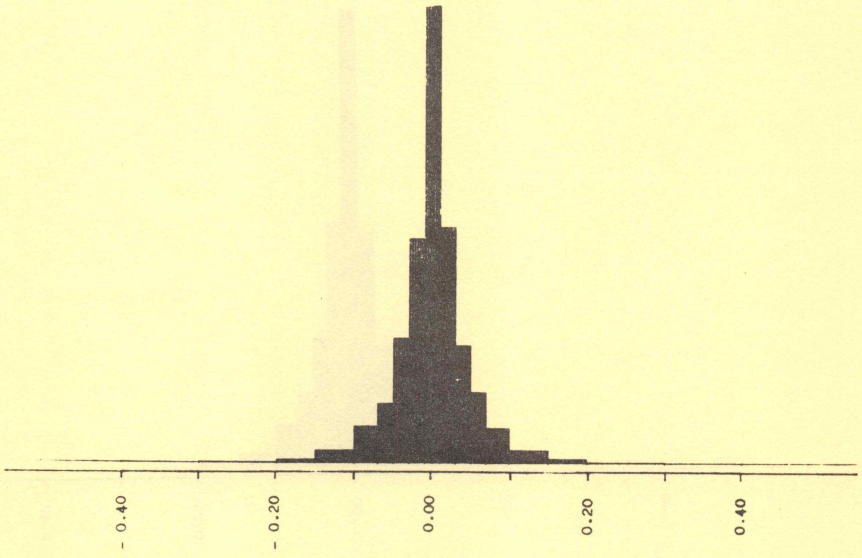
Methode AB. Schatting op basis van onmiddellijk aangrenzende waarden in de reeks zelf na voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en jaarcyclus



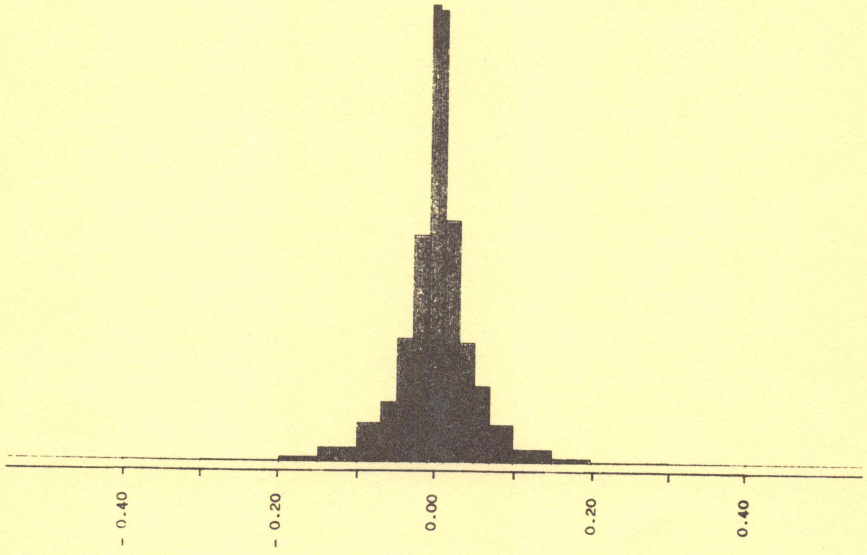
Methode AC. Regressie vanaf dichtstbijzijnde peilbuis na voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en jaarcyclus



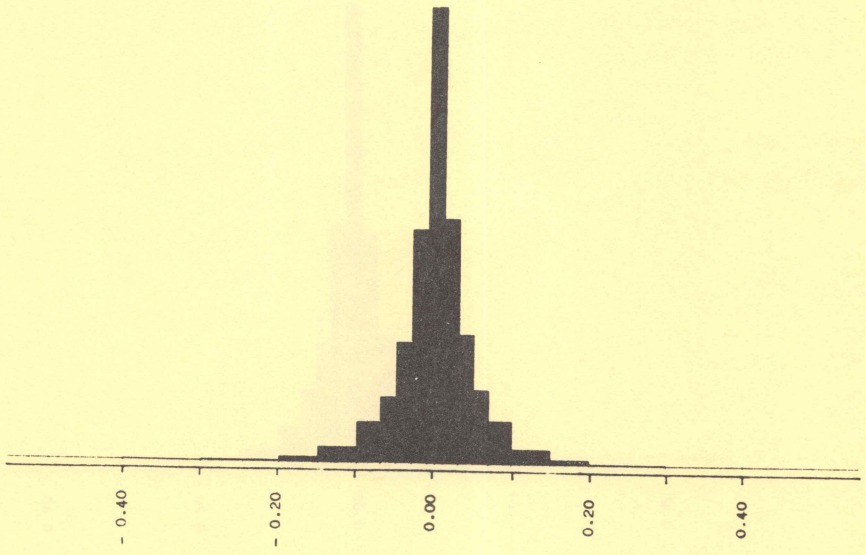
Methode AD. Regressie vanaf best gecorreleerde peilbuis na voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en jaarcyclus



Methode AE. Keuze tussen AB en AD op basis van te verwachten kleinste schattingsfout



Methode AF. Als AE, maar met minimale afstand van 1 km. tussen de paren peilbuizen bij regressie

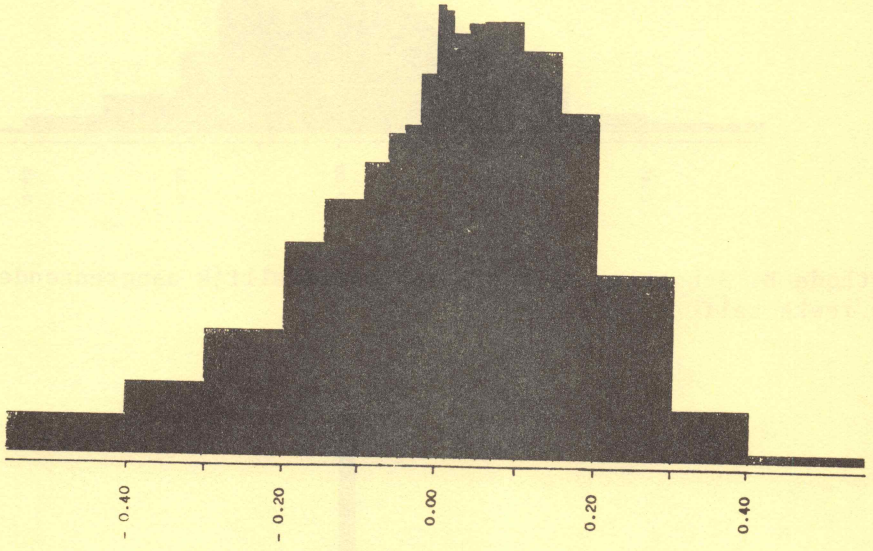


Methode AG. Als AE, maar met minimale afstand van 2.5 km. tussen de paren peilbuizen bij regressie

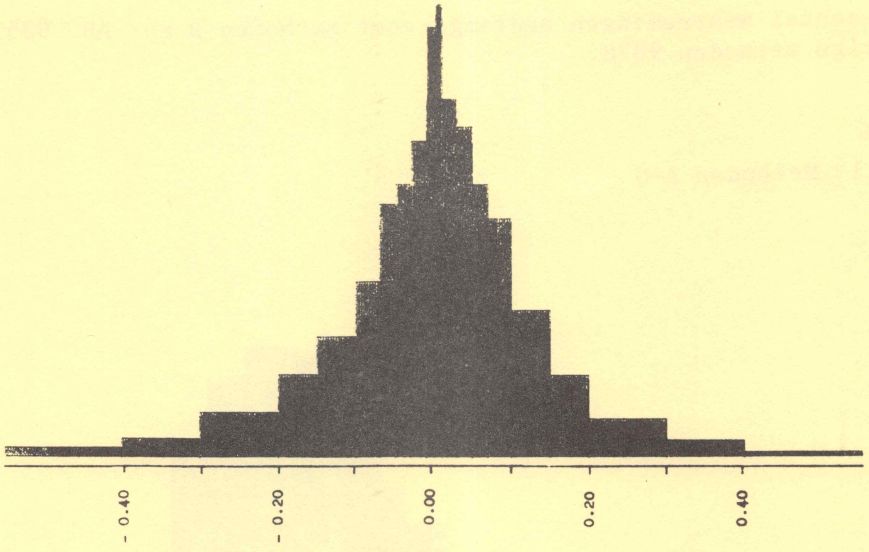
B.2 PERIODE 1981-1983

Het aantal waarnemingen bedraagt voor methoden B en AB 9853, voor de overige methoden 9878.

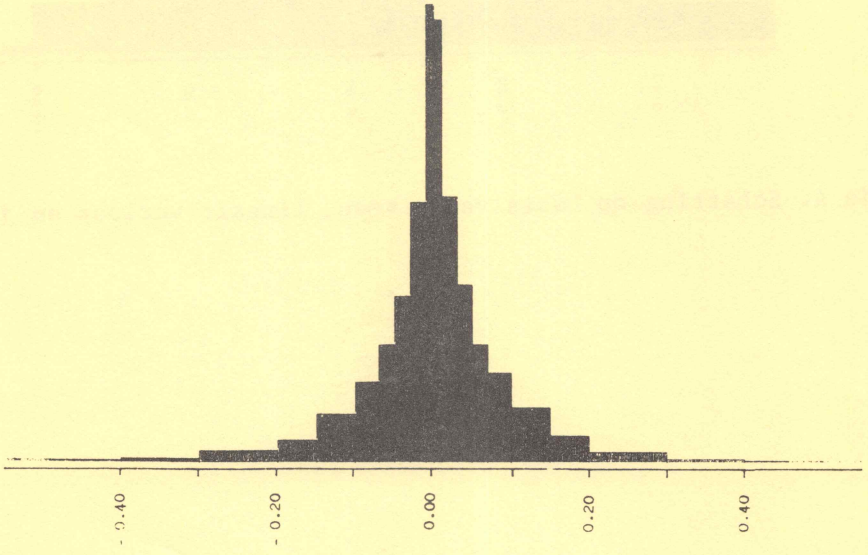
B.2.1 Methoden A-G



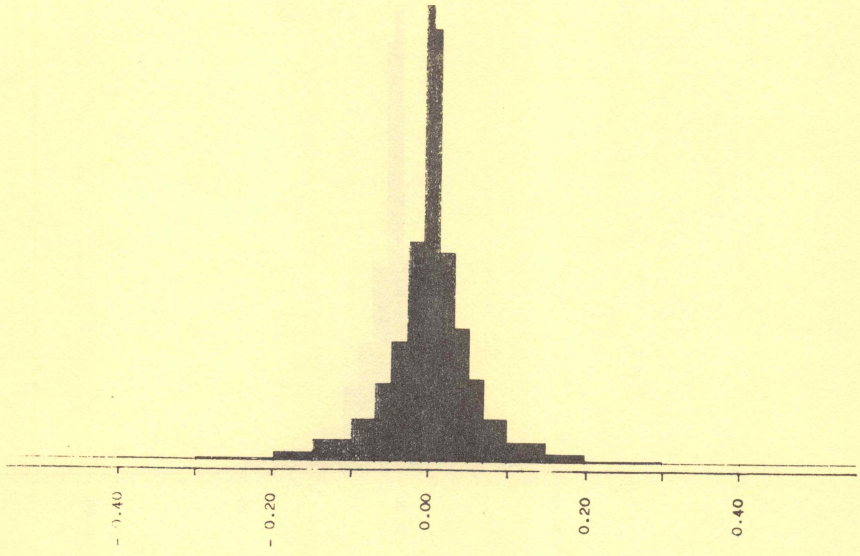
Methode A. Schatting op basis van niveau, lineair verloop en jaarcyclus



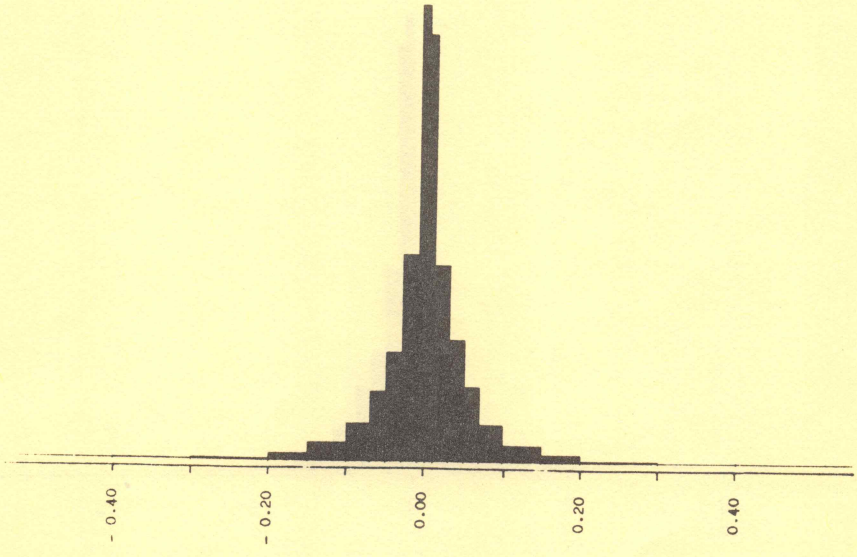
Methode B. Schatting op basis van onmiddellijk aangrenzende waarden in de reeks zelf



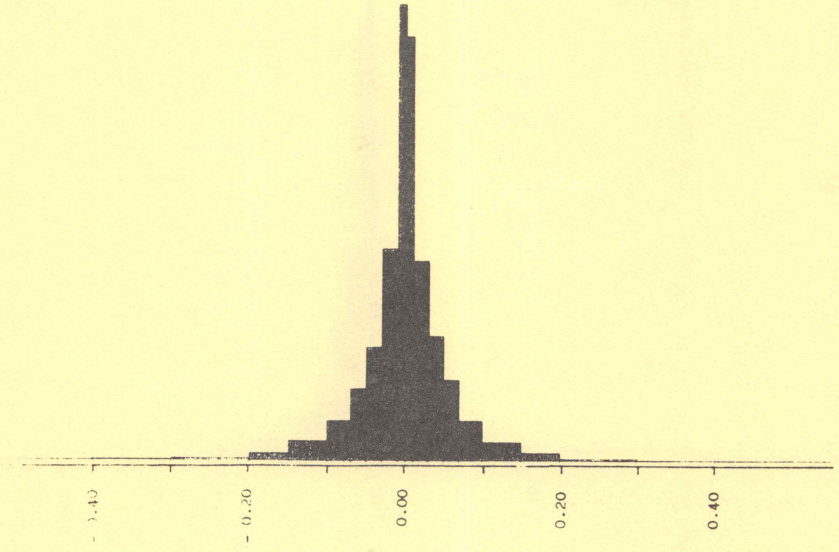
Methode C. Regressie vanaf dichtstbijzijnde peilbuis



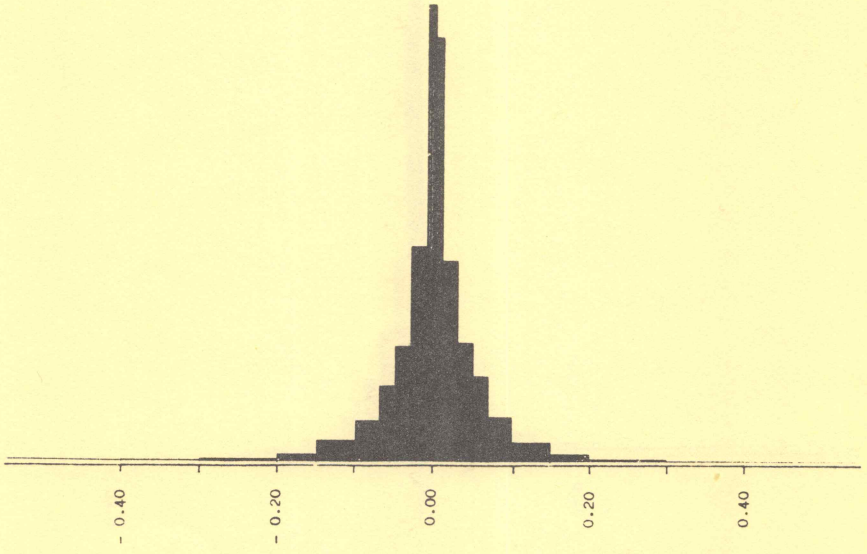
Methode D. Regressie vanaf best gecorreleerde peilbuis



Methode E. Methode B of D, gekozen o.g.v. kleinste te verwachten schattingsfout

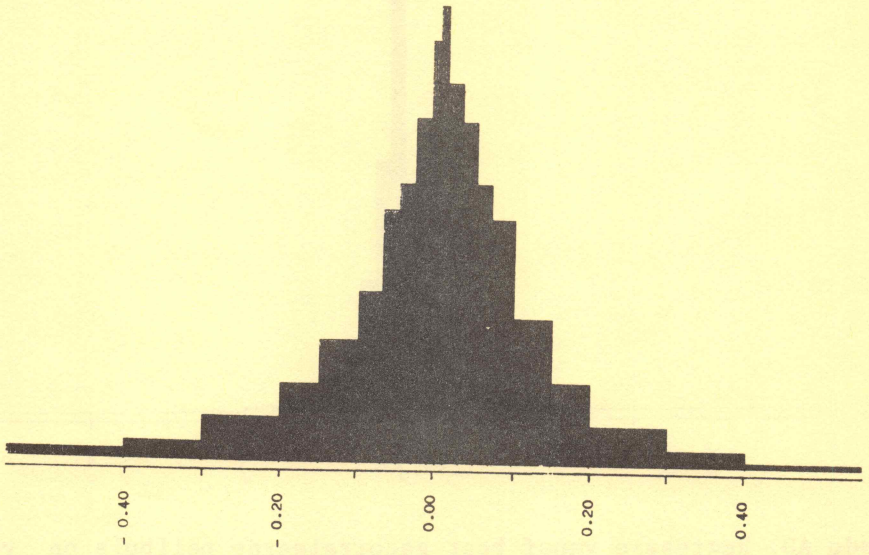


Methode F. Als E, maar met minimale afstand van 1 km. tussen bij regressie gebruikt peilbuizenpaar

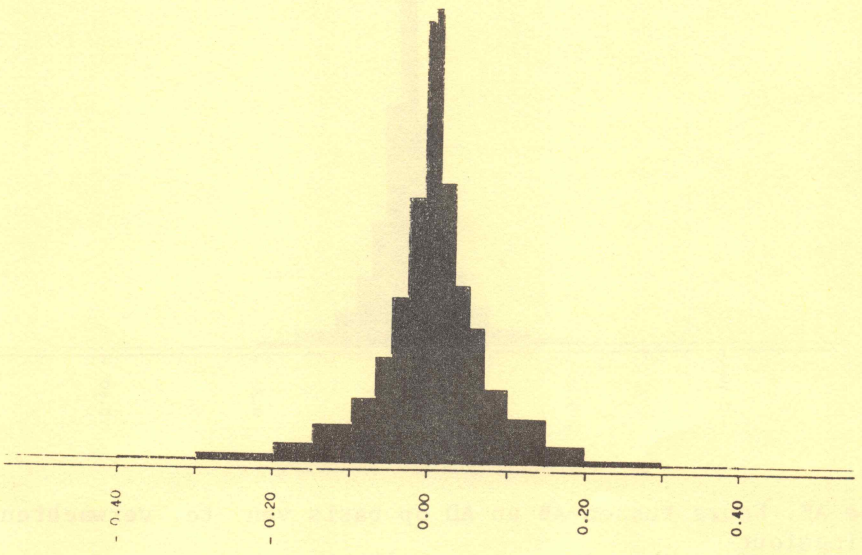


Methode G. Als E, maar met minimale afstand van 2.5 km. tussen bij regressie gebruikt peilbuizenpaar

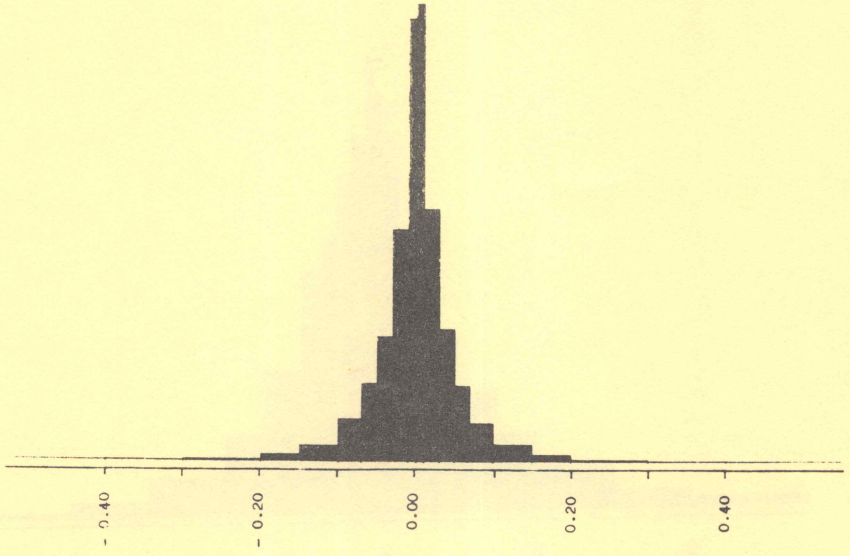
B.2.2 Methoden AB-AG



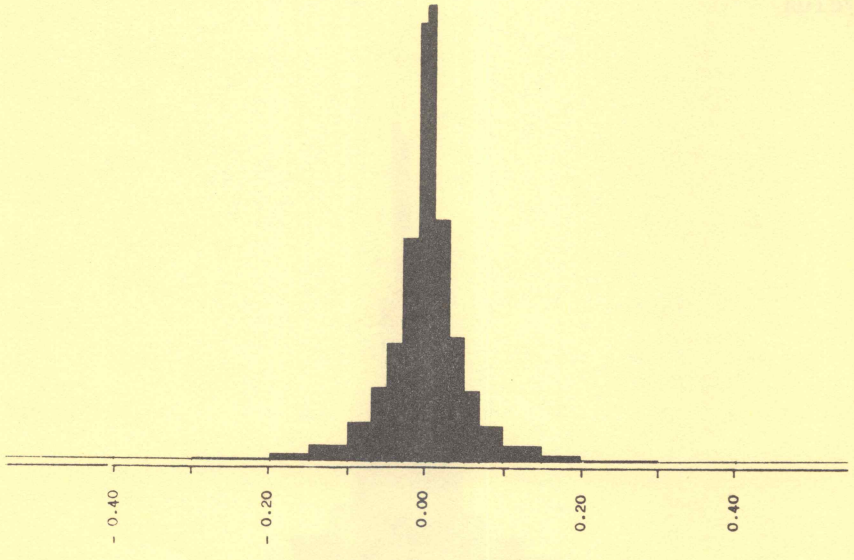
Methode AB. Schatting op basis van onmiddellijk aangrenzende waarden in de reeks zelf na voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en jaarcyclus



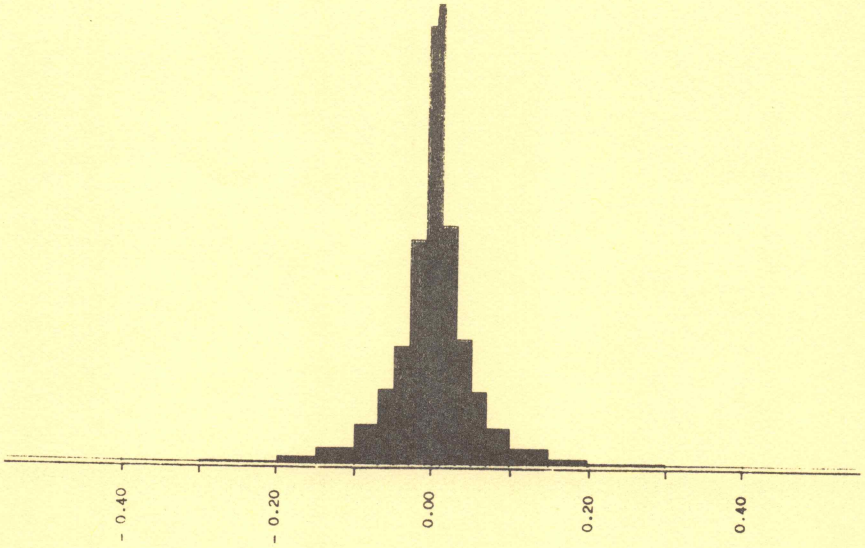
Methode AC. Regressie vanaf dichtstbijzijnde peilbuis na voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en jaarcyclus



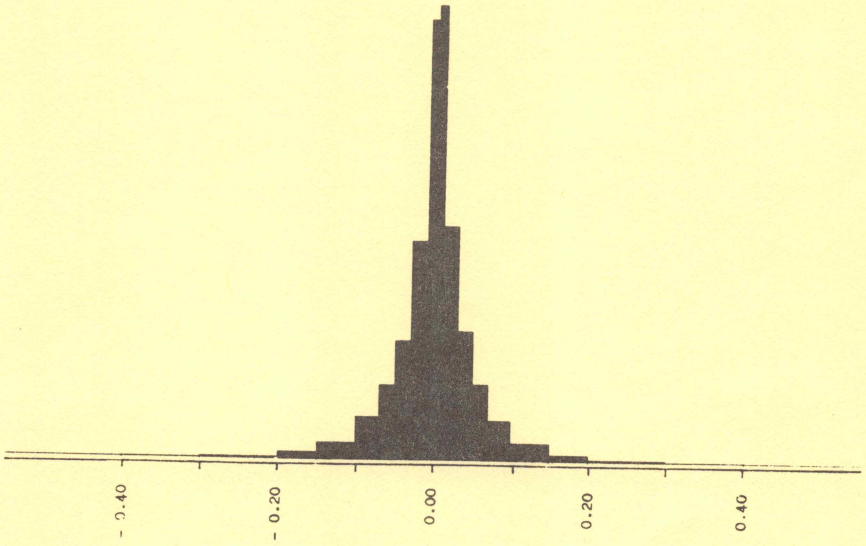
Methode AD. Regressie vanaf best gecorreleerde peilbuis na voorafgaande verwijdering van niveau, verloop en jaarcyclus



Methode AE. Keuze tussen AB en AD op basis van te verwachten kleinste schattingsfout



Methode AF. Als AE, maar met minimale afstand van 1 km. tussen de paren peilbuizen bij regressie



Methode AG. Als AE, maar met minimale afstand van 2.5 km. tussen de paren peilbuizen bij regressie

Lijst van verschenen mededelingen van de vakgroep Cultuurtechniek

1* K.S. Voetberg
Verbetering van kattekleigronden, 1969.

2* R.W.R. Koopmans
De bepaling van de verdamping met behulp van nomogrammen, 1969.

3* R.J. Sevenhuysen
Blotting paper models simulating groundwater flow, 1970.

4* L.W. Walgemoed
Exploitatie sport- en recreatie-objecten, 1969.

5* K.S. Voetberg
Aspecten van bodembescherming en erosiebestrijding in enkele landen om de Middellandse Zee, 1970.

6 M.J. Scheele
Inleiding in de mathematische benadering van oppervlakte afstroming, 1971.

7 C.F. Jaarsma
Verslag van de pompproeven van de afdeling cultuurtechniek in het Hupselse Beekgebied, 1971.

8* K.S. Voetberg en K. Rijniersce
Berekening van de maaiveldsdaling, 1974

9 K. Schäfer
Der Beitrag der Landwirtschaft zur räumliche Entwicklung, 1974.

10* C.F. Jaarsma en J.L.M. van der Voet
Het gebruik van de Friese Meren route van de ANWB (verkeersonderzoek in zuid west Friesland in de zomer van 1973), 1974.

11* J. Elsinga en G.A. Sparenburg
Ontwikkelingen in het grondgebruik in het overgangsgebied tussen stad en platteland, in het bijzonder met betrekking tot de landbouw, 1975.

12 R.W.R. Koopmans en G.J.R. Soer
Numerieke oplossingen voor stationaire tweedimensionale grondwaterstromingen, 1975.

13 G.A. Sparenburg
Publikatie in voorbereiding.

14 R.W.R. Koopmans en G.J.R. Soer
Numerieke oplossingen voor niet-stationaire tweedimensionale grondwaterstromingen met een vrije waterspiegel, 1975.

15 C.F. Jaarsma en S. Oosterhaven
Verslag van de wegenquêtes in zuid west Friesland. Uitkomsten per telpunt, 1975.

16 J.J. Verweij
Oorzaken van verminderde afvoer en het droogvallen van de Renkumse Beken, 1975.

17 C.F. Jaarsma
Verslag van het verkeersonderzoek in de Wieringermeer in de jaren 1971 en 1972.

18 T.P. Koeman
Onderzoek naar de relatie tussen weersomstandigheden en verkeersintensiteiten in zuid west Friesland met behulp van meervoudige regressie-analyse.

19 S. Middelkamp
Landinrichting in zuid Duitsland. Ruimtelijke ordening in het landelijk gebied, ruilverkaveling van landbouwgronden en wijnbouwgronden en gebruik van "Grenzertragsboden" in Bayern en Baden-Württemberg, 1976.

20* C.F. Jaarsma
Gemiddelde voertuigbezetting in zuid west Friesland in 1973, 1976.

21 W.P. Spaan
Beschrijving van erosiemeetapparatuur, 1976.

22 H.B. Wind
De verkeersproduktie van kampeerterreinen, 1977.

23 P.W.B. Verheul
Ontwikkeling van een methodiek voor het inschatten van ontbrekende etmaalintensiteiten, met behulp van metingen op andere verkeerstelpunten, toegepast voor zuid west Friesland, 1977.

24 C.F. Jaarsma
Methodiek van de huis- en bedrijfsenquêtes in zuid west Friesland. Uitkomsten karakteristieken van geënqueteerde huishoudens, personen en bedrijven, 1977.

25* J.W. de Zeeuw
Peat and the Dutch Golden Age, 1978.

26 F.J. Minnaard
Ritproduktie en ritkarakteristieken, verkenning op basis van huisenquêtes. Vergelijking van enkele Nederlandse verkeersonderzoeken met de uitkomsten van een huisenquête in zuid west Friesland, 1978.

27 S. van der Schaaf
Geautomatiseerde verwerking van grondwaterstandswaarnemingen, 1978.

28 C.F. Jaarsma en S. Oosterhaven
Verslag van de wegenquêtes in zuid west Friesland: analyse en vergelijking van de telpunten, 1978.

29 J.C.M. Schoenmakers
Indeling van wegvakken in landelijke gebieden op basis van analyse van gemiddelde verkeersintensiteiten per etmaal, 1978

30 C.F. Jaarsma
Verslag van de intensiteitstellingen in zuid west Friesland, 1972-1976, 1978.

31 S. van der Schaaf, J.M. Schouwenaars en W.P. Spaan
Excursieverslag Ierland, 1979.

32 A.C. Distel
De vervoerswijzekeuze (modal split) in het recreatieverkeer, 1979.

33 C. Groenewoud en B. Hermans
Landinrichting en ruimtelijke ordening in Zwitserland, 1980.

34 J.W. de Zeeuw
Commoditeitenkunde, 1980.

35 C.F. Jaarsma en Th. Michels
Opzet, uitvoering en verwerking van wegenquêtes in Midden-Brabant, 1980.

36 W.P. Koppe
De berekening van kortste en op N-na kortste paden in een wegennetwerk. Computerberekening ten behoeve van een verkeers- en vervoersmodel, 1980.

37 J.M. Schouwenaars
Enkele aspecten van natuurbouw in de Bondsrepubliek Duitsland en in Zwitserland, 1980.

38 P.C.M. Brussel
Cultuurtechnisch beheer; een onderzoek naar het beheer en het gebruik van de cultuurtechnische inrichting in landelijke gebieden, 1981.

39 Nico van Doorn en Ton Geraedts
An alternative approach to improve farming in the West of Ireland; involving groups of farmers and combining improvements, 1981.

40* W.H. van der Molen
Über die Breite hydrologische Schutzzonen um Naturschutzgebiete im Mooren.

41* W. Dierickx en W.H. van der Molen
Effect of perforation, shape and pattern of the performance of drain pipes, 1981.

42 C.W. Kranenburg
Verslag van de verkeerstellingen op het Dreijen-complex te Wageningen, 1982.

43 C.R. Jurgens
Het inrichten van landinrichtingsgebieden door toedeling; eisen en oplossingen, 1982.

44 L.A.A.J. Eppink en J.M. Schouwenaars
Verslag van de excursie naar België, 1982.

45 C.F. Jaarsma
Verkeer in landelijke gebieden: enkele recente ontwikkelingen in Engeland (Verslag van een studiereis van 24-30 september 1981), 1982.

46 P.A. Kouwenhoven en J.P. Witte
De waterhuishouding van het natuurgebied "Botshol", 1982.

47 P.E.V. van Walsum
Steady two-dimensional groundwater seepage: Numerical analysis in the -plane, 1982.

48* J. Bouma, J.W. van Hoorn en G.H. Stoffelsen
Measuring the hydraulic conductivity of soil adjacent to tile drains in a heavy clay soil in The Netherlands, 1981.

49* J.W. van Hoorn en J. Bouma
Het functioneren van buisdrainage op komgrond, 1981.

50* J.W. van Hoorn
Salt movement in unsaturated soil profiles, 1981.

51* J.W. van Hoorn
Salt movement, leaching efficiency, and leaching requirements, 1981.

52* J.W. van Hoorn
Drainage of heavy clay soils, 1981.

53* M. Mann, A. Pissarra en J.W. van Hoorn
Drainage and desalinization of heavy clay-soil in Portugal, 1982.

54 J.J.C.M. van Dongen
Een kosten-batenanalyse van inpoldering en landbouwkundige inrichting van het Markerwaardgebied, 1982.

55 C.W. Kranenburg
Gunstige perioden voor de bepaling van het jaarlijks etmaalgemiddelde door mechanische verkeerstellingen, 1982.

56* H.N. van Lier en F.R. Steiner
A review of the Zuiderzee Reclamation Works: an Example of Dutch Physical Planning, 1982.

57* J.M. Schouwenaars
Massnahmen im Wasserhaushalt der Niederländischen Hochmoorreste zur Kenntnis der Anforderungen für eine Hochmoorregeneration, 1982.

58 L.A.A.J. Eppink
Bodemerosie, voorbeeld van de verstoring van een ecosysteem, 1981.

59 L.A.A.J. Eppink
A survey of Wind and Water Erosion in The Netherlands and an Inventory of Dutch Erosion Research, 1982.

60 S. van der Schaaf
Error Recovery, Storage and Retrieval of Automatically Recorded Groundwater Level Data, 1983.

61 P. Geurts, P. Mangnus, H. Nieuwenhuis
Windturbinepark en energie-opslagbekken in de Markerwaard, 1983.

62 H.L.D. Keltjens-Jalink
Verslag van verkeerstellingen in het Wageningse Binnenveld (1974-1982), 1983.

63 J.P.A. Oelers en J.J.M. van Roestel
Waterhuishouding en inrichting van het proefgebied "De Veenkampen", 1983

64 W.H. van der Molen en J.W. van Hoorn
Groundwater Movement in Irrigated Areas and its Influence on Soil Salinity, 1983.

65 G.J.H. Overmars en A.P. Rietveld
Effectrapportage in de landinrichting, 1983.

66* J. van Bodegraven, M.S. Bos, P.P.N.M. Horck en L.P. Klaassen
Gemeentelijke grondverwerving en de gevolgen voor de boer, 1983.

67 T.J. Hoeijmakers
Nitraat in het grondwater in het zuidelijk deel van de Gelderse Vallei, 1983.

68 C.F. Jaarsma
Verslag van het verkeersonderzoek in zuidwest Friesland; uitkomsten en analyse van de huis- en bedrijfsenquête met vergelijking van de deelgebieden, 1983.

69 J.L.M. van der Voet
Ervaringen opgedaan bij het seminar "Landscape Conservation in Agriculturally Less Favoured Areas" en een daaraan gekoppelde studiereis, 1983.

70 J. Bongers, J. Tammeling en J. Tetteroo
Recreanten op de zuid west Veluwe; onderzoek met behulp van verkeerstellingen en enquêtes naar het actuele gedrag van dag- en verblijfsrecreanten in de natuurgebieden op de Veluwe, 1983.

71 B.A. Addink en M.L.A. de Klerk
Een waterschap voor de noord Veluwe?!; een studie naar cultuurtechnische, bestuurlijk-juridische en economische aspecten van de reorganisatie van waterschappen op de noord Veluwe, 1983.

72 W.W. Hermanns
Raumordnung und Umweltschutz in Tirol.

73 W.P. Spaan
Verslag van een studiereis naar de Great Plains van de Verenigde Staten van Amerika, 1984.

74 J.P. Vermeulen
Kavelruil in Nederland; een verkennend onderzoek naar de betekenis en ontwikkelingsmogelijkheden van kavelruil in Nederland, 1984.

75* H.N. van Lier
Rural land uses in The Netherlands, 1984.

76 M.C.L. Tusveld en S.E.M. Welling
Onderzoek naar het nitraatgehalte van het ondiepe grondwater in de omgeving van Achterberg (gem. Rhenen), 1984.

77 A. Aris en H. van Rooij
Güterzusammenlegung und "ruilverkaveling"; ein Vergleich zwischen der Schweiz und den Niederlanden.
Wageningen, januari 1985.

78 L. Gelderblom, R. Kuijsters en L. Meijssen
Ecologische infrastructuur en landinrichting.
Wageningen, voorjaar 1985.

79 J.J.A. Bongers
Literatuurverkenning vormgeving en inrichting viswater.
Wageningen, 1985.

80 P. Willekens
Basisalternatieven ruilverkaveling Amstelland.
(in voorbereiding)

81 M. Verhoef
Landgebruik en ruimtelijke ordening in de Midlands van Engeland.
Wageningen, 1985.

82 Dijkhuis, A.H., H. Popken en H.J. Winkels
Nitraat in het grondwater rondom Lunteren.
Wageningen (1985).

83 Schaaf, S. van der
Vergelijking van enkele methoden voor het schatten van halfmaandelijkse grondwaterstandsgegevens.
Wageningen (1985).

84 Baltjes, C.R. en C.F. Jaarsma
Verslag van de mechanische verkeerstellingen in het Wageningse Binnenveld in 1983 en 1984.
Wageningen (1986).

85 Jaarsma, C.f. en Th. Michels
Verkeersonderzoek in het landelijk gebied : Onderzoeksvragen voor de komende jaren.
Wageningen (1986).

Exemplaren uit de reeks mededelingen zijn schriftelijk te bestellen bij de vakgroep, waarna toezending volgt, waarbij in principe de kostprijs in rekening wordt gebracht.

* Deze mededelingen zijn overdrukken van eerder verschenen publikaties (re-prints)

N.B. De volgende nummers uit deze serie zijn niet meer in voorraad (out of stock): 1, 6, 7, 8, 11, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 29, 34, 38, 39, 40, 42, 46, 48, 50, 51, 53, 56, 57, 61, 66, 69,

Mdc
556.332.5
519.2
556.06

Bibliotheek
Bosbouw en Cultuurtechnische School
Huize LARENSTEIN
Postbus 9001
6880 GB VELP (Gld.)