

ZOUT

Onderzoek naar het zoet-zout-grensvlak en de kwaliteit van de hiervoor gebruikte gegevens



ZOUT

Onderzoek naar het zoet-zout-
grensvlak en de kwaliteit van de
hiervoor gebruikte gegevens

Aan:

Van: Team Hydrologie (PDMH)

Samensteller(s): Gert van den Houten

Classificatienummer:

Datum: April 1999

Registratienummer: n.v.t.

Samenvatting

Dit rapport bevat de resultaten van de stage die ik heb gedaan bij de PWN. De stageopdracht bestond uit het doen van een poging tot een kartering van de grens tussen het zoete en het zoute grondwater in een gebied tussen Egmond aan Zee en Wijk aan Zee. Hierbij was het belangrijkste dat ik de fouten in de data, die ik gebruikte voor de kartering, beschreef en onderzocht naar oorzaken.

Voor de kartering van het zoet-zout-vlak heb ik zoutwachtergegevens en directe chloride- en stijghoogtemetingen gebruikt. In deze data, die goed visueel gemaakt kan worden in het computerprogramma Dawaco, komen vooral bij de zoutwachtergegevens veel fouten voor. Een zoutwachter is een apparaat dat op verschillende diepten indirect meet hoe zout het grondwater is. Alle data van deze zoutwachters die ooit ingevoerd zijn, en ook die van de directe chloridegehalten, zijn nooit bekeken op hun juistheid. Hierdoor staat de database bol van de fouten, veelal veroorzaakt door niet goed werkende apparatuur en software, die zonder kennis van zoutwachters niet makkelijk te herkennen zijn. De fouten in de chlorideanalyses (minder in aantal) zijn voornamelijk veroorzaakt door communicatie (invoer en etikettering). Bij gebruik van deze gegevens moet je dus erg op je hoede zijn voor mogelijke incorrecte data. Zodoende is het gebruik hiervan hoogst inefficiënt. Het zou veel efficiënter zijn de kwaliteit van alle data goed te krijgen, zodat deze ongestoord gebruikt kan worden.

Ook blijkt de nogal dubieuze status van de calibratie van zoutwachters te worden bevestigd. Met behulp van een calibratie kan de door de zoutwachter gemeten elektrische weerstand worden vertaald naar een chloridegehalte in het grondwater. De calibratie bestaat uit correctiefactoren die zijn verwerkt in de omrekeningsformule van de gemeten elektrische weerstand naar het chloridegehalte van het grondwater. De theorie achter de calibratie mag dan redelijk kloppen (afwijking maximaal tien procent), maar de praktische uitvoering is slecht (gemiddeld ongeveer 20% afwijking voor de direct gecalibreerde elektrodenparen). Dit blijkt uit de verschillen tussen de gemeten chloridegehalten en de berekende chloridegehalten. De afwijking voor elektrodenparen die niet direct zijn gecalibreerd is onbekend, maar vermoedelijk groter. De calibratie is dus niet nuttig om te gebruiken.

In de voor de kartering gebruikte stijghoogteverschillen zijn opvallende piekjes te zien die samenvallen met monsternemingen. Dit is het gevolg van een verhoging in de gemiddelde dichtheid van water (zouter) in de stijgbuis door verversing van dit water tijdens de afpompings. Hierna stijgt het peil weer langzaam naar zijn oude peil (zoeter). In de tijd wisselt dus de dichtheid van het water door waarschijnlijk een porositeit van de stijgbuis. Dit is het geval bij een groot deel van de peilbuizen die in brak of zout water staan. De peilveranderingen hierdoor zijn enkele centimeters tot anderhalve meter. De stijghoogten van peilbuizen in een brak of zout w.v.p. kunnen dus fouten vertonen.

Omdat ik de fouten in de data die ik gebruikt heb voor de kartering kon herkennen heb ik toch een kartering kunnen maken.

Inhoudsopgave

INLEIDING.....	3
1. ZOUTWACHERS.....	4
1.1 De Zoutwachter.....	4
1.2 Calibratie.....	5
1.2.1 <i>Uitvoer</i>	5
1.2.2 <i>Knelpunten</i>	7
1.3.3 <i>Conclusies en aanbevelingen</i>	10
1.3 Dataverwerking.....	12
1.3.1 <i>Foutieve gegevens</i>	12
1.3.2 <i>Conclusies en aanbevelingen</i>	13
2. CHLORIDEMETINGEN.....	14
3. VERZOETING IN PEILBUIZEN.....	16
3.1 Stijghoogtenverschillen.....	16
3.2 Oorzaak.....	20
3.2.1 <i>Lekkage bovenin een peilbuis</i>	20
3.2.2 <i>PVC doorlatend voor ionen</i>	20
3.2.3 <i>Lekkage op de naden</i>	21
3.2.4 <i>Uitzakking</i>	21
3.2.5 <i>Aantrekken van niet representatief water tijdens de afpompings</i>	21
3.3 Steekproef.....	22
3.3.1 <i>Dawaco</i>	22
3.3.2 <i>Afpomping</i>	23
3.4 Waarschijnlijkheid oorzaken.....	27
3.5 Nader onderzoek.....	28
3.6 Oplossingen.....	28
3.7 Conclusies en aanbevelingen.....	28
4. KARTERING ZOET/ZOUT GRENSVLAK.....	30
4.1 Grens in de kartering.....	30
4.2 Gebruikte data.....	31
4.2.1 <i>Zoutwachters</i>	31
4.2.2 <i>Chloridebepalingen</i>	32
4.2.3 <i>Stijghoogteverschillen</i>	32
4.2.4 <i>Doorsneden</i>	32
4.3 Resultaat.....	32
LITERATUURLIJST.....	33
BIJLAGEN	
Bijlage I. Zoutwachtergegevens 19CZW644, dubbele zoutwachter	
Bijlage II. Zoutwachtergegevens 19CZW622-1, kommafouten	
Bijlage III. Zoutwachtergegevens, defecte elektrodeparen	
Bijlage IV. Zoutwachtergegevens, ms2	
Bijlage V. Gecorrigeerde lijstlabcodes	
Bijlage VI. Putcodes steekproef Dawaco	
Bijlage VII. EGV tijdens afpompings	
Bijlage VIII. Diverreeksen 19CZW774 f4 en f5	
Bijlage IX. Doorsnede met zoetzoutgrenzen	
Bijlage X. Grens 300 mg/l Cl	
Bijlage XI. Grens 10.000 mg/l Cl	
Bijlage XII. Karteringpunten	

Inleiding

In dit rapport staan alle uitgevoerde opdrachten en onderzoeken beschreven, die zijn uitgevoerd in het kader van mijn stage, dat onderdeel is van het onderwijsprogramma van IAHLarenstein in Velp. De opdracht is uitgevoerd bij de PDMH, afdeling hydrologie van N.V. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland. De opdracht bestond uit het doen van een poging tot de kartering van het zoete en zoute water in de ondergrond tussen Wijk aan Zee en Egmond aan Zee. Hierbij was onderzoek naar de betrouwbaarheid van de te gebruiken meetgegevens belangrijk.

Een zoet-zout-kartering is voor het gebied tussen Wijk aan Zee en Egmond aan Zee is voor het laatst gemaakt voor de periode 1976 tot 1979 door P.J. Stuyfzand. In zijn kartering heeft hij de grens van 300 mg/l chloride in het grondwater gehanteerd. Dit is de bovengrens van de brakke zone, een grens die belangrijk is voor de drinkwaterwinning. Ook speelt mee dat over hogere concentraties chloride in het grondwater minder gegevens beschikbaar zijn.

In de huidige situatie is de hoeveelheid nuttige gegevens iets toegenomen en ook is er nieuwe meetapparatuur bedacht en aangelegd, speciaal voor het waarnemen van het zoute water (de zoutwachter). Ook kan deze data nu goed bewerkt worden in het programma Dawaco. Dit programma kent veel mogelijkheden voor het weergeven van stijghoogten, waterkwaliteitsgegevens, meteorologische gegevens en zoutwachtermetingen, in bijvoorbeeld tijdlijnen, dieptelijnen en tabellen. Nog niet alle data staat in dit programma, maar wel de recentste. Van de beschikbare gegevens zijn de zoutwachter-, chloride- en stijghoogtegegevens zijn goed bruikbaar voor de vervaardiging van een kartering van het zoet-zout-grensvlak.

Helaas is de mate van betrouwbaarheid van vooral de gegevens van de zoutwachters onbekend. Jaren zijn de gegevens ongecontroleerd ingevoerd in Dawaco, zodat alle foutieve gegevens die zijn ingevoerd er nog steeds in staan. Ook zijn bijvoorbeeld in de tijdlijnen van chloridengehalten vreemde sprongen te vinden, die wijzen op onjuiste waarden. Voordat ik aan een kartering begon, heb ik dus eerst naar fouten gezocht in de data die hiervoor nodig waren. Dit is ook een groot deel van de stageopdracht geweest. Steeds terugkomende onderzoeksvragen zijn:

- Wat zijn foutieve waarden?
- Wat is hiervan de oorzaak?
- Hoe kunnen deze voorkomen worden?

Fouten die ik tegenkwam heb ik beschreven en onderzocht, zodat ik hierover een advies kon formuleren. Ook tijdens het maken van de kartering ontdekte ik af en toe weer verdachte waarden, zodat ik afwisselend met de betrouwbaarheid van data en dan weer met de kartering bezig was.

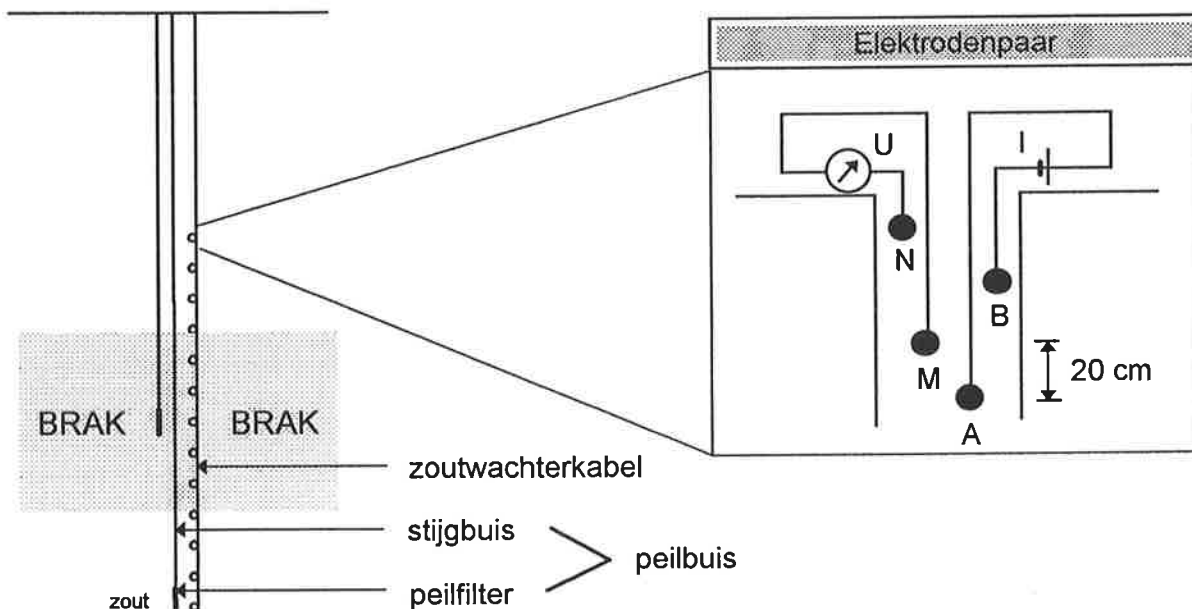
Het doel van dit rapport is het beschrijven van fouten in de data en de oorzaak hiervan, die ik tegenkwam tijdens het maken van een kartering van het zoet-zout-vlak.

1. Zoutwachters

In het gebied van PWN zijn op verschillende plaatsen zoutwachters geplaatst. Tussen Wijk aan Zee en Egmond aan Zee staan ongeveer dertig zoutwachters opgesteld, voornamelijk rond het diepte-infiltratieproject DWAT. Zoutwachters zijn geplaatst i.v.m. vergunningen en het beheer van het gebied. Mogelijke gevolgen van projecten, betreffende veranderingen van zout en brak water kunnen met de zoutwachters worden gesignaleerd. Een zoutwachter meet hiervoor de elektrische weerstand van het grondwater en de bodem op verschillende diepten. Deze elektrische weerstand wordt voor een groot deel beïnvloed door ionen, zoals opgelost zout in het grondwater

1.1 De Zoutwachter

Een zoutwachter bestaat uit een kabel waaraan verschillende elektrodenparen hangen. Dit zijn er zeven of dertien, afhankelijk van het gewenste en het bij TNO bestelde type zoutwachter. Zoutwachters kunnen nog steeds door TNO geleverd worden en zijn in de loop der jaren weinig veranderd. De elektrische weerstand wordt gemeten doordat de stroomelektrode een spanningsveld opwekt tussen A en B in figuur 1.1, waarop de meetelektrode de spanning meet in (M) en buiten (N) het opgewekte spanningsveld. N dient als referentie voor M van de meetelektrode. Een zoutwachter is dus eigenlijk niets anders dan een kabel waaraan op regelmatige afstanden een aantal weerstandsmeters zijn bevestigd. Het deel van de kabel waaraan de elektrodenparen (de weerstandsmeters) zitten, wordt op een strategisch diepte gehangen, afhankelijk van het te monitoren verschijnsel. De zoutwachters rond DWAT bevinden zich bijvoorbeeld veelal in de overgang van zoet water naar zout water. Dit omdat de activiteiten van DWAT zich op grote diepte afspelen en zo het zoet-zoutvlak beïnvloeden. De elektrodenparen op de kabel hebben normaliter een onderlinge afstand van vier meter en de afstand tussen de stroomelektrode en de meetelektrode van een elektrodenpaar is 20 centimeter.



Figuur 1.1 Schematisch opbouw zoutwachter met peilbuizen.

1.2 Calibratie

Als de gemeten weerstanden worden uitgezet in de tijd is een goed beeld te verkrijgen van veranderingen in de tijd. Het is alleen niet meteen erg precies vast te stellen over welke chloridegehalten het gaat bij een bepaalde weerstand. Om dit probleem op te lossen is er door TNO een calibratiemethode bedacht om de door de zoutwachter gemeten weerstanden om te rekenen naar chloridegehalten van het grondwater. In principe is de omrekening van een weerstand naar een chloridegehalte eenvoudig, ware het niet dat de weerstanden die door elektrodenparen worden gemeten niet alleen worden beïnvloed door het chloridegehalte in het grondwater. De elektrische weerstand hangt bijvoorbeeld ook af van andere ionen dan chloride, het soort bodem en de temperatuur van het grondwater. En aangezien de bodem en het grondwater niet homogeen zijn, zou in principe elk meetpunt (elektrodenpaar) een individuele calibratie moeten krijgen. Als de calibratie voor alle elektrodenparen éénmaal goed is uitgevoerd zal de omrekening van weerstand naar chloridegehalte correct verlopen.

1.2.1 Uitvoer

Om de calibratie uit te kunnen voeren zijn er op verschillende plaatsen langs een zoutwachterkabel peilbuizen geplaatst met de peilfilters zo dicht mogelijk bij een elektrodenpaar (zie figuur 1.1). Meestal zijn er twee of drie peilfilters in de bodem gebracht op diepten verspreid over de lengte van de zoutwachterkabel waar de elektrodenparen zitten. Aan de hand van de calibratie in één peilfilter worden dus meerdere elektrodenparen gec calibreerd. Door het meten van voorgeschreven parameters kan de calibratie worden uitgevoerd. Dit wordt gedaan door TNO die uit deze gegevens de factoren K1 en K2 bepalen, die vervolgens ingevuld kunnen worden in de onderstaande formule die Dawaco gebruikt voor de berekening van chloridegehalten. Overigens is deze omrekeningsformule die in Dawaco staat (uitleg bij Help) niet kloppend. De formule die wel klopt, is uit het script van Dawaco afkomstig en luidt:

$$\text{Conc.} = ((K1/R) - K2)^{1.0586}$$

Conc. = concentratie chloride uitgedrukt in mg/l (30 tot 18000)

R = Gemeten weerstand in Ohm (0.4 tot 45)

K1 = $(180,5 \cdot T \cdot F) / a$ (1500 tot 5900)

T = correctiefactor voor de temperatuur

F = formatiefactor

a = afstand tussen de elektroden (0,2 meter)

K2 = $0,277 \cdot [HCO_3^-]$, concentraties in mg/l (68 tot 138)

De gemeten weerstand is in Ohm. Deze wordt in de berekening van K1 omgerekend naar soortelijke weerstand (Ohmm), met behulp van de afstand tussen de elektroden (a).

Het elimineren van invloeden, behalve die van het chloridegehalte, op de elektrische weerstand (calibratie) is dus verwerkt in de omrekeningsformule van de elektrische weerstand naar het chloridegehalte in het grondwater. Als calibratie goed uitgevoerd wordt is het chloridegehalte voortaan dirket uit de gemeten weerstand te berekenen. De factoren die invloed hebben op de elektrische eigenschappen van water, die in decalibratie zijn opgenomen zijn:

Formatiefactor (F): De formatiefactor geeft aan welk deel van de gemeten weerstand veroorzaakt wordt door de weerstand van het water en is niet direkt te meten. De formatiefactor is te berekenen als de weerstand van alleen het grondwater en de weerstand van de bodem bekend is:

$$\rho_f = \rho_w \cdot F$$

ρ_f = soortelijke elektrische weerstand van de bodem

ρ_w = soortelijke elektrische weerstand van het poriënwater

De formatiefactor hangt af van de lithologie (porositeit, afronding, stapeling, sortering en lithologische samenstelling):

Sediment	Formatiefactor
klei en veen	< 1
lemig zand	ca. 2,5
Fijn, zuiver zand	ca. 3,5
grof zand	ca. 5,0
grof zand met grind	ca. 6,5
grof zand met veel fijn en grof grind	ca. 7,5

Tabel 1.2 Formatiefactor in Nederlandse afzettingen

De formatiefactor wordt als volgt berekend:

1. Eerst wordt het geleidingsvermogen van alleen het water berekend aan de hand van de concentraties chloride en waterstofcarbonaat met de volgende empirische formule:

$$\sigma_w (20^\circ) = 0,44096 [Cl]^{0,9446} + 0,122[HCO_3^-]$$

2. Het geleidingsvermogen wordt hierna omgerekend in weerstand:

$$\rho_w (20^\circ C) = \frac{1000}{\sigma_w (20^\circ C)}$$

3. Deze weerstand wordt gecorrigeerd voor de temperatuur, uitgaande van het later te beschrijven verloop in de bodem.

$$\rho_w = \frac{\rho_w (20^\circ C)}{\{1 + 0,0226(t - t_0)\}}$$

$t = 10 + 0,02(d - 10)$, d = diepte van het te calibreren elektrodenpaar.

t_0 = standaardtemperatuur (=20°C)

4. De formatiefactor wordt berekend door de weerstand van het water te vergelijken met de weerstand gemeten door de zoutwachter (weerstand van de bodem).

$$F = \frac{\rho_{zw}}{\rho_w (t)}$$

Temperatuur (T): Er wordt voor de calibratie uitgegaan van een bodemtemperatuur van 10°C op 10 meter diepte toenemend met 2°C/100 meter. De temperatuurcorrectie (T) zal dus voor een bepaalde diepte vast staan.

$$T = \{1+0,0226(t-t_0)\}$$

T = correctiefactor

t = temperatuur bij meting

t₀ = standaardtemperatuur (20°C)

Waterstofcarbonaatgehalte [HCO₃⁻]: Waterstofcarbonaat kan vooral bij lagere chlorideconcentraties de elektrische weerstand beïnvloeden: ongeveer 30% bij 300 mg/l chloride tot 12% bij 500 mg/l en 5% bij 1000 mg/l. Na 2000 mg/l is de invloed nihil. Deze concentratie heeft geen bewerking nodig en hoeft alleen maar ingevuld te worden.

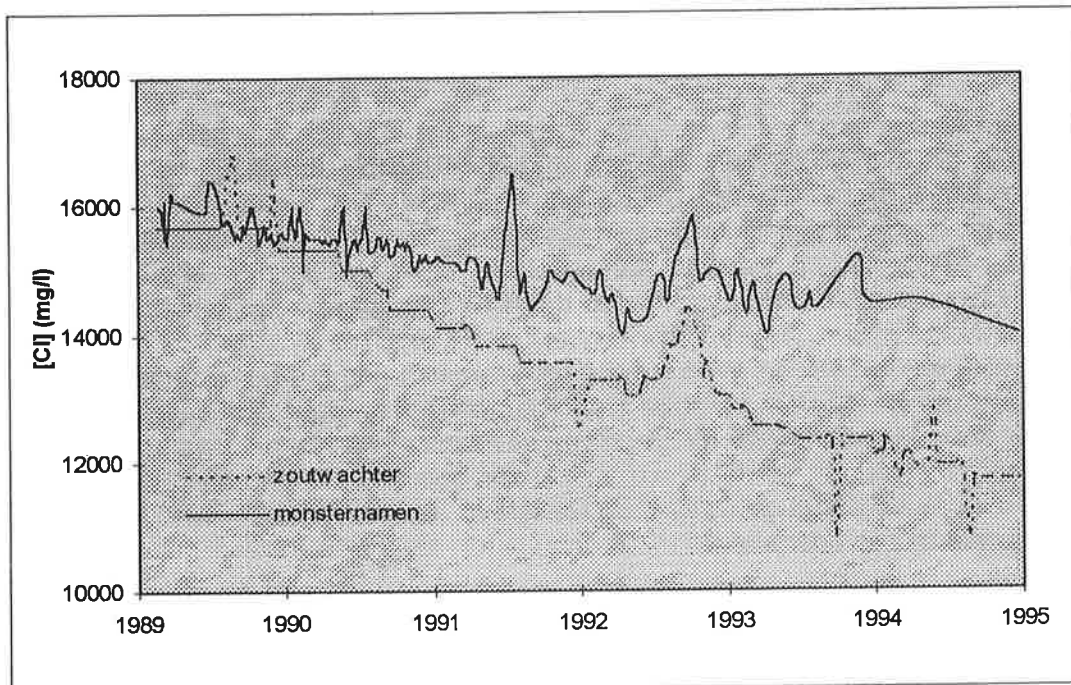
In totaal moet voor de calibratie bekend zijn:

- concentratie chloride (mg/l)
- concentratie waterstofcarbonaat (mg/l)
- elektrische weerstand van de bodem door de zoutwachter (Ω)
- diepte van het te calibreren elektrodenpaar (m)
- afstand tussen de elektroden in een elektrodenpaar (m)

Voor de elektrodenparen die niet direct gecalibreerd worden de F-factoren geschat, aan de hand van geofysische boorgatmetingen.

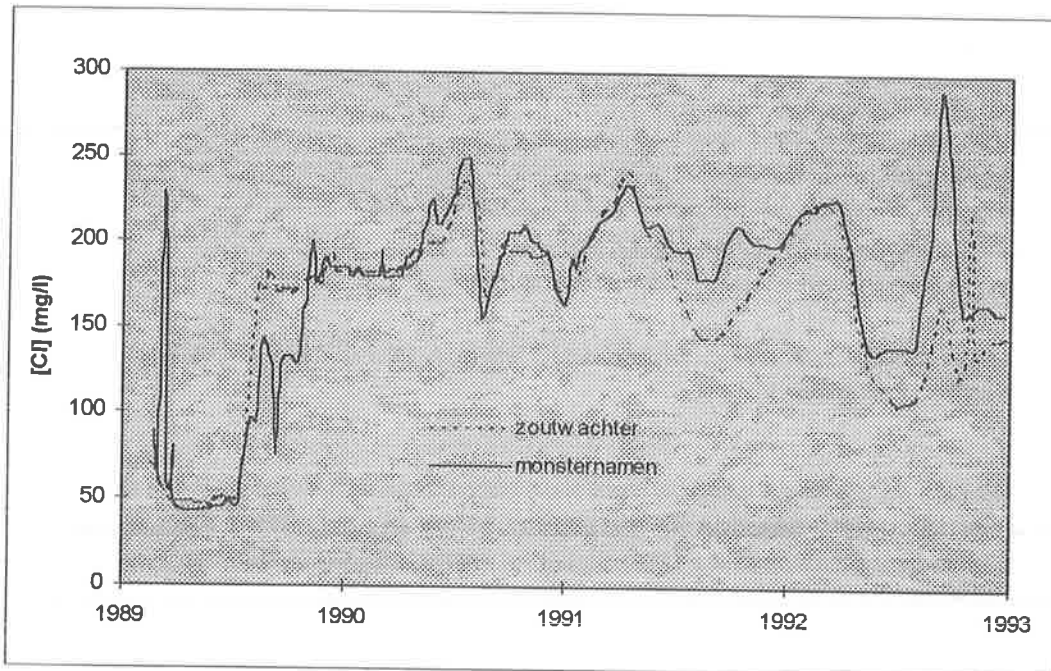
1.2.2 Knelpunten

Als men de berekende en de in de peilbuis gemeten chloridegehalten vergelijkt in de loop van de tijd zijn er in de meeste gevallen trends te zien. In dat geval is een parameter (of meerdere) gebruikt in de calibratie of de formatiefactor langzaam veranderd (zie figuur 1.3). Een constante afwijking duidt op stabiele parameters en formatiefactor, maar op een slecht uitgevoerde calibratie. Een enkele omgerekende weerstand volgt de gemeten chloridewaarden wel goed; een goede omrekening is dus wel mogelijk (zie figuur 1.4).



Figuur 1.3 Een langzaam toenemende verschil tussen het berekende (zoutwachter) en het gemeten chloridegehalte (monsternemingen) van 19CZW779-Ep1

Omdat de verschillen tussen berekende en gemeten chloridegehalten, zoals in figuur 1.3 te zien is, makkelijk zijn vast te stellen heb ik dit verschil kleinschalig onderzocht voor ongeveer tien gecalibreerde zoutwachters. De berekende chloridegehalten van deze gecalibreerde zoutwachters hebben vergeleken met de gemeten chloridegehalten een gemiddelde afwijking van ongeveer 20%. De afwijking varieert van 59% te hoog tot 53% te laag. Het gemiddelde van de afwijkingen (positief en negatief) is ongeveer van -15%. De berekende chloridegehalten zijn meestal (85%) te laag t.o.v. de in de peilbuis gemeten chloridegehalten.



Figuur 1.4 Berekende (zoutwachter) en gemeten chloridegehalten (monsternemingen) van 19czw779-Ep7

Formatiefactor

Bij een zoutwachter zijn in bijna alle gevallen ook enkele peilbuizen aanwezig, die na de calibratie als waarnemingsputten dienen. De zoutwachterkabel wordt, als er ook peilbuizen worden geplaatst, op de gewenste diepte in een put gehangen door tijdens de aanleg de zoutwachterkabel met het diepste peilbuis mee te trekken. Hierdoor bevindt het diepste filter zich dan ook op ongeveer dezelfde diepte als het diepste elektrodenpaar. De filters, en dus ook de te ijken elektrodenparen, worden altijd omstort met filtergrind en afgedicht met kleibrokken. Het doel van het klei en grind is het behouden van een goede horizontale stroming en het voorkomen van een verticale stroming door het boorgat. Het gevolg van deze werkwijze is dat elektrodenparen die gecalibreerd moeten worden niet representatief zijn wat betreft de formatiefactor, terwijl ze wel zo worden gebruikt. De formatiefactor die verwerkt is in de K-factoren is dus gebaseerd op filtergrind, wat niet vaak overeen komt met de gemiddelde bodem in een boorprofiel.

⇒ De formatie factor die berekend wordt bij de calibratie is niet representatief voor de rest van de bodem

De rest van het boorgat is op verschillende manieren afgewerkt. In sommige gevallen hebben de elektrodenparen dezelfde behandeling gehad als de filters (filtergrind en klei), Een andere, veelvoorkomende, manier van afwerken is het terugstorten van de uitgekomen grond. Hiervoor heeft de PWN i.v.m. de kosten in veel gevallen gekozen. De uitgevoerde

werkzaamheden, methoden en gebruikte materialen zijn per put terug te vinden in verslagen van boormeesters. Een gevolg van het terugstorten van de uitgekomen grond is dat de formatiefactoren van de grond rond de zoutwachterkabel niet overeen hoeven te komen met de formatiefactor van de eigenlijke bodem op die diepten. Het schatten van formatiefactoren voor elektrodenparen die niet direkt zijn gecalibreerd kan dus niet gebaseerd worden op het geofysisch boorgatonderzoek. Het gat waarin de zoutwachter hangt is namelijk ongeveer 35 cm. in diameter en de afstand tussen de elektroden maar 20 cm. Dit probleem kan voor nieuwe zoutwachters gedeeltelijk worden opgelost als de put waar de zoutwachter in hangt wordt volgestort met homogene grond (zand bijvoorbeeld). Hierdoor wordt de range van mogelijke formatiefactoren verkleind. Deze methode is wel kostenverhogend. PVC en andere synthetische materialen (peilbuizen) bij een meetpunt hebben nauwelijks invloed op de meting.

⇒ *Doordat de grond in het boorgat is vergraven, kan bij het schatten van de formatiefactoren rond elektrodenparen niet gebaseerd worden op het geofysisch boorgatonderzoek. Dit is wel gebeurd bij de calibratie.*

Diepte van peilfilters

Elektrodenparen die gecalibreerd worden, bevinden zich soms niet op dezelfde diepte als het filter. Een gevolg hiervan is dat de waarden die gebruikt worden in de calibratie niet zijn gebaseerd op de situatie rond het te ijken elektrodenpaar. Voor een peilfilter dat voor een calibratie wordt gebruikt en in de overgangszone van zoet naar zout ligt, kan hierdoor theoretisch een flinke fout ontstaan, als je bedenkt dat chloridegehalten over enkele meters honderden tot duizenden mg/l kunnen verschillen. Dit veroorzaakt voor het berekenen van de formatiefactor bijvoorbeeld een fout.

⇒ *Als de filters niet nauwkeurig op dezelfde diepte als een te calibreren elektrodenpaar wordt geplaatst, ontstaat er voor meetpunten in de overgang van zoet naar zout een afwijking. In de praktijk is dit vaak het geval.*

Eenmalige calibraties

De calibratie voor de zoutwachters van de PWN is eenmalig gebeurd, terwijl de zoutwachters na *verloop van tijd* opnieuw gecalibreerd moeten worden. Dit omdat de calibratieparameters in de tijd (in de orde van jaren) niet constant zijn (zie figuur 1.3). Zelfs de formatiefactor zou wellicht kunnen veranderen door inspoeling van zand in het filtergrind bijvoorbeeld. Uit de verschillen tussen de gemeten en de berekende chloridegehalten blijkt dat er soms trends voorkomen in de afwijkingen. De noodzaak van regelmatige calibraties, als deze gebruikt worden, is hierdoor wel duidelijk. Het zoutgehalte kan overigens tijdens de eerste metingen verlagend zijn beïnvloed door het gebruik van zoet water bij de aanleg, hierdoor kan de calibratie vanaf de eerste calibratie een afwijking vertonen.

⇒ *Als er gebruik wordt gemaakt van calibraties van zoutwachters, moet dit meer dan één keer gebeuren, wat niet het geval is bij de PWN.*

Andere parameters

Bij de huidige calibratie wordt niet goed rekening gehouden met de temperatuur en bijvoorbeeld andere ionen, zoals sulfaat (SO_4). De invloed van sulfaat is altijd minder dan 5% en de invloed van de temperatuur is $2\%/^{\circ}\text{C}$. Bij een hogere temperatuur bewegen de moleculen sneller zodat de geleiding hoger is en de weerstand lager. De temperatuur in de bodem varieert ongeveer tussen de 10 en 15 °C, zodat de afwijking die door schommelingen in de temperatuur veroorzaakt wordt in elk geval kleiner zal zijn dan 10%.

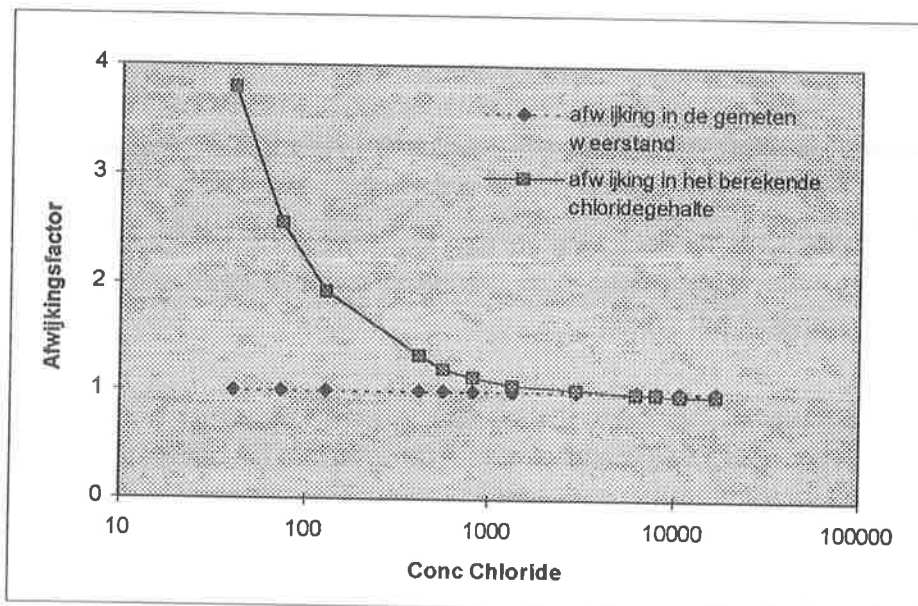
⇒ De calibratie zal in elk geval een afwijking van enkele procenten hebben, omdat de calibratie geen rekening houdt met een paar minder invloedrijke parameters.

Vergrote afwijking door omrekening

Als een gemeten weerstand (uitgedrukt in ohmmeter) een meetonnauwkeurigheid vertoont, veroorzaakt de omrekening naar een chloridegehalte een extra afwijking. De afwijking van de 'input' van de formule is dus niet even groot als de afwijking van de 'output'. Het blijkt (figuur 1.5) dat de afwijking voor waarden van boven de 4000 mg/l toeneemt en onder de 4000 mg/l iets afneemt. Vooral de chloridegehalten in het zoete traject (0-300mg/l) en een groot deel van het brakke traject (300-10.000mg/l) vertonen een vergrote afwijking: tot tegen de 400% van de oorspronkelijke onnauwkeurigheid. Deze grafiek ziet er voor alle gecalibreerde zoutwachters hetzelfde uit.

Voorbeeld:

een elektrodenpaar in grondwater met een chloridegehalte van 100 mg/l meet de elektrische weerstand van dit water met een afwijking van 20%. Na omrekening van deze weerstand naar een chloridegehalte is deze afwijking echter toegenomen (x2, zie grafiek) tot 40%. Het chloridegehalte wordt nu berekend op 140 mg/l, terwijl een lineaire omrekeningsformule tot een waarde van 120 mg/l zou zijn gekomen.



Figuur 1.5 Toename van de afwijking in het berekende chloridegehalte t.o.v. de afwijking (onnauwkeurigheid) van de gemeten elektrische weerstand

Als de meting van de weerstand nauwkeurig is uitgevoerd, zal de omrekening nauwelijks gevolgen hebben. Als bijvoorbeeld een weerstand is gemeten met een onnauwkeurigheid van 0,5%, zal deze maximaal tot 2,0% toenemen bij zeer zoet water, wat nog steeds erg nauwkeurig is.

⇒ Als de door de zoutwachter gemeten weerstanden onnauwkeurigheden vertonen, resulteert de omrekening van weerstand naar concentratie chloride (waarin de calibratie verwerkt zit) vooral voor lage zoutconcentraties in een vergrote fout in de gegevens.

1.3.3 Conclusies en aanbevelingen

De calibratie die in dit hoofdstuk beschreven staat werkt in principe goed. De afwijking in het berekende chloridegehalte is theoretisch maar enkele procenten. De oorzaken waardoor de calibratie in de praktijk niet goed werkt is de eenmaligheid van de calibratie en de niet individuele calibratie. Alleen de betrouwbaarheid van de gecalibreerde elektrodenparen is te onderzoeken en zelfs die blijkt vaak niet goed te zijn. De betrouwbaarheid van de niet direct gecalibreerde elektrodenparen is nog dubieuzer. Het gebruik van een calibratie heeft in het geval van de PWN dus geen zin, omdat er gewoon geen extra kennis door ontstaat. Daarbij vormen de direct gemeten weerstanden ook zonder een goede calibratie een waardevolle bron van gegevens.

Advies: Maak geen gebruik van de calibratie en de hierdoor berekende chloridegegevens, maar gebruik de gemeten weerstanden.

Maar invloeden van verschillende andere factoren dan het chloridegehalte zitten hier nog wel in. Deze invloeden kunnen gedeeltelijk worden ingeschat door ook naar boorkolommen en chloridemetingen te kijken (bepaling grenzen tot één á twee meter afwijking), maar een goed gecalibreerde zoutwachter is natuurlijk nauwkeuriger (Bepaling grenzen: afwijking minder dan een meter). De goede calibratie filtert invloeden eruit, met een grotere nauwkeurigheid tot gevolg.

Advies: Als er bewezen wordt dat een calibratie een duidelijk grotere precisie kan halen dan uit de direct gemeten weerstanden kan worden afgeleid, overweeg dan gebruik hiervan.

Bij het gebruik van de direct gemeten weerstanden is een logaritmische schaal op de x-as nodig om de lage waarden (de zoutste) nog leesbaar in de grafiek te krijgen. Het zoute traject ligt namelijk verspreid over ongeveer één ohm, terwijl het brakke traject al ongeveer 8 ohm en het zoete traject over ruim twintig ohm breed is (zie formule §1.2.1).

Advies: Maak een logaritmische schaalverdeling aan op de x-as van de dieptelijnen van zoutwachters in Dawaco.

1.3 Dataverwerking

Als een zoutwachter in bedrijf is genomen wordt deze regelmatig uitgelezen in het veld. Dit gebeurt door een veldcomputer (MS²) met een stekker aan te sluiten op de zoutwachter die hierop de waarden één voor één meet en opslaat onder een opgegeven naam (de putcode). De gemeten waarden worden tijdens het meten per meting getoond door de veldcomputer. Als de zoutwachters uitgelezen zijn, worden de opgeslagen gegevens op 'kantoor' in Excel uitgelezen door de veldcomputer met een kabeltje aan te sluiten op een PC. Deze meetwaarden kunnen later worden opgeslagen als Excelbestand en van daaruit *met de hand* worden ingevoerd in Dawaco.

1.3.1 Foutieve gegevens

Een nadeel van deze manier van uitlezen is dat de meetgegevens niet kunnen worden vergeleken met voorafgaande waarden, zodat veel foutieve waarden in Dawaco terecht komen, omdat ze gewoon niet te herkennen zijn als foutief. Ook is de algemene kennis van zoutwachters niet zo groot, waardoor meetgegevens die zeer onwaarschijnlijk zijn niet opgemerkt worden. De gemeten weerstanden zullen bijvoorbeeld bijna altijd binnen de getallen 0,4 (zout) en 45 ohm (zoet) vallen. De rest is dus bij voorbaat verdacht. Aangezien de binnenkomende gegevens nooit zijn gecontroleerd, zoals bij stijghoogtemetingen bijvoorbeeld gebeurt, staat de huidige database bol van de foutieve gegevens.

Veel voorkomende fouten van zoutwachters in Dawaco zijn:

- Foutieve metingen van verschillende zoutwachters van rond dezelfde datum (zie bijlage I). Een voorbeeld is een systematisch te lage meting in elektrodenpaar twee en drie na ongeveer april 1998. Deze fout is al eens opgemerkt en de oorzaak hiervan ligt in de uitleesapparatuur: de "MS²".
- 'kommafouten'. Dit zijn getallen waarbij de komma in één van beide richtingen is verschoven (zie bijlage II). Deze fouten komen al voor in het Excelbestand. De fout ligt dus, of in de directe meting, of in de conversie naar een Excelbestand; in elk geval in de apparatuur geleverd door TNO. Voor 1996 moest de eenheid worden ingesteld op het uitleesapparaat tijdens het uitlezen. Dit is echter niet de oorzaak omdat deze fouten zich ook na deze datum voordoen.
- Consequent foutieve metingen van één of meer elektrodenparen (zie bijlage III). Deze onmogelijke waarden, met vaak ook helemaal geen waarden (code-90), kunnen al vanaf de eerste meting voorkomen en duiden op een niet goed werkend elektrodenpaar. Als een elektrodenpaar inderdaad defect is, is hier niets aan te doen, aangezien deze zich op grote diepte in de bodem bevindt.
- Sommige putten hebben in plaats van één zoutwachter twee zoutwachters. Dit zijn dus twee zoutwachterkabels die op verschillende diepten hangen om de weerstand over een groter traject te kunnen volgen. Het probleem is dat één put twee stekkers heeft voor het uitlezen van de zoutwachters. Deze zijn bij de meeste 'dubbele' zoutwachters natuurlijk wel eens door elkaar gehaald (zie bijlage IV). Het verwisselen van de stekkers kan eenvoudig worden voorkomen door de stekker goed en correct te nummeren.

Minder vaak voorkomende fouten zijn:

- Gezien de verwarrende nummering van de elektrodenparen (1=diepste, 13=ondiepste) is het ook wel eens voorgekomen dat alle waarden andersom ingevoerd zijn. Deze fout is goed herkenbaar en komt in de recente data ook niet meer voor.
- Bij een put met twee zoutwachters heeft in Dawaco de diepste zoutwachter wel eens de hoogte van de andere zoutwachter gekregen, en andersom (19CZW622).

⇒ *Er komen veel foutieve zoutwachtergegevens voor in Dawaco, doordat binnenkomende zoutwachtergegevens nooit zijn/worden gecontroleerd op betrouwbaarheid.*

⇒ *Verschillende oorzaken van foutieve gegevens zijn goed te herkennen, waardoor het in principe mogelijk is deze te corrigeren of te verwijderen.*

1.3.2 Conclusies en aanbevelingen

Foutieve gegevens, op misschien de opvallendste na, blijven in de huidige situatie staan. Dit wordt veroorzaakt door een te weinig kennis van zoutwachters en omdat deze fouten slecht zijn te herkennen tijdens het invoeren. Een vergelijking van nieuwe gegevens met oude gegevens kan namelijk pas in Dawaco gemaakt worden. Door dit alles blijven zelfs de meest foute waarden staan, zodat defecte elektrodenparen, uitleesapparaten en andere eerder genoemde fouten niet opgemerkt worden. Een gevolg is dat de defecten niet hersteld worden en er foutieve metingen binnen blijven komen.

Als daarentegen verdachte gegevens onder de aandacht worden gebracht van de gebruiker kan er al snel een oorzaak worden aangewezen, waarop de data kunnen worden gezuiverd. De corrector (de aan te stellen databeheerder) dient wel voldoende kennis van zoutwachters te hebben. Het selecteren van verdachte gegevens (een foutmelding) kan worden gebaseerd op een te bepalen range uit de standaardafwijking van voorafgaande metingen en op de range eerdergenoemde waarden (0,4-45 ohm) waar tussen de waarden nog realistisch zijn. Deze vergelijking met voorafgaande gegevens (de foutmelding) is het makkelijkst uit te voeren in Dawaco, omdat alle data in dit programma staan en niet in Excel.

Advies: Voeg een foutmelding toe in Dawaco voor het controleren van zoutwachtermetingen door de invoerder.

Van de voorkomende fouten zijn er een aantal toe te schrijven aan apparatuur geleverd door TNO. Bijvoorbeeld het uitlezen van de gegevens van de veldcomputer door Excel gaat niet vlekkeloos: soms verschuiven bijvoorbeeld een deel van de getallen op naar een volgend veld, waardoor dit handmatig moet worden opgelost. De verkoper van deze apparatuur hoort te zorgen dat de aangeschafte apparatuur gewoon goed werkt. Opgesomd zijn de fouten:

1. Het uitleesapparaat (MS²) geeft voor Ep2 en Ep3 constant te lage waarden geeft ook regelmatig -90 (geen meting)
2. Het uitlezen van zoutwachtergegevens vanuit Excel gaat niet zonder fouten. Er verspringen regels en ook de kommafouten zijn hier waarschijnlijk een gevolg van.
3. Dawaco kan het Excelbestand niet lezen, terwijl Dawaco gemaakt is met goede import- en exportmogelijkheden.

Advies: Laat TNO, als leverancier, deze problemen oplossen.

Dawaco ziet twee zoutwachters op hetzelfde punt als een serieschakeling. Dit levert in Dawaco grafisch vreemde effecten op, omdat een deel van deze twee zoutwachters elkaar (gedeeltelijk) overlappen. Zo'n dubbele zoutwachter levert dus geen gedetailleerder beeld op, maar juist een rommeliger beeld. Aangezien er niet veel van deze soort putten voorkomen, is een aanpassing van het systeem niet strikt noodzakelijk.

Advies: Pas, indien gewenst, de volgordesystematiek van Dawaco aan voor putten met meerdere zoutwachters.

2. Chloridemetingen

Bijna alle waarnemingsputten (ongeveer 100 van de 120) wordt bemonsterd voor chloride met oog op de drinkwaterkwaliteit. De bemonstering vindt doorgaans één keer per twee jaar plaats. Om een representatief monster te kunnen nemen, wordt het volume aan water in de stijgbuis ruimschoots afgepompt. Dit gaat ongeveer met een tempo van acht meter per minuut. Als er genoeg water is afgepompt, wordt een monsterfles gevuld met water dat uit de pomp stroomt. In het geval dat de stijghoogte zich minder dan ongeveer zes meter onder de bovenkant van de stijgbuis bevindt, wordt het water afgepompt door de stijgbuis met een slang te verbinden aan de pomp, die zo het water omhoog trekt. Als de stijghoogte lager is dan ongeveer zes meter zal dit steeds moeilijker gaan, totdat er geen water meer omhoog getrokken kan worden. In dit geval wordt het water omhoog gebracht door te 'airliften': er wordt lucht onderin de stijgbuis gepompt, zodat er een opwaartse stroming ontstaat die krachtig genoeg is om ook dieper water omhoog te krijgen. Na de monsterneming krijgt het monster een etiket met de putcode en datum en wordt naar het laboratorium gebracht. Hier worden de monsters geanalyseerd en worden de resultaten ingevoerd in een computerbestand en doorgestuurd naar, in dit geval de afdeling PDMH. Het laboratorium heeft voor elk monsternemingspunt een eigen code, die zij zelf toegekend hebben. Elke put die wordt bemonsterd, heeft dus een eigen monsterpuntcode (labcode). De omschrijving van deze putten die het laboratorium heeft is alleen niet erg consistent. De omschrijving varieert van 19CZW999 pb1 tot Waarnemingsput999 peilbuis1. Soms staan er zelfs alleen 'peilbuis1' of een vage omschrijving van een punt. De lijst van waarnemingsputten met een labcode, zoals ze zouden moeten zijn (met kaartbladnummer en een constante opmaak), voor het bemonsteringsprogramma voor chloride, is opgenomen in bijlage V. Ook staan hier de waarnemingsputten opgesomd die nog niet in het chlorideprogramma voorkomen.

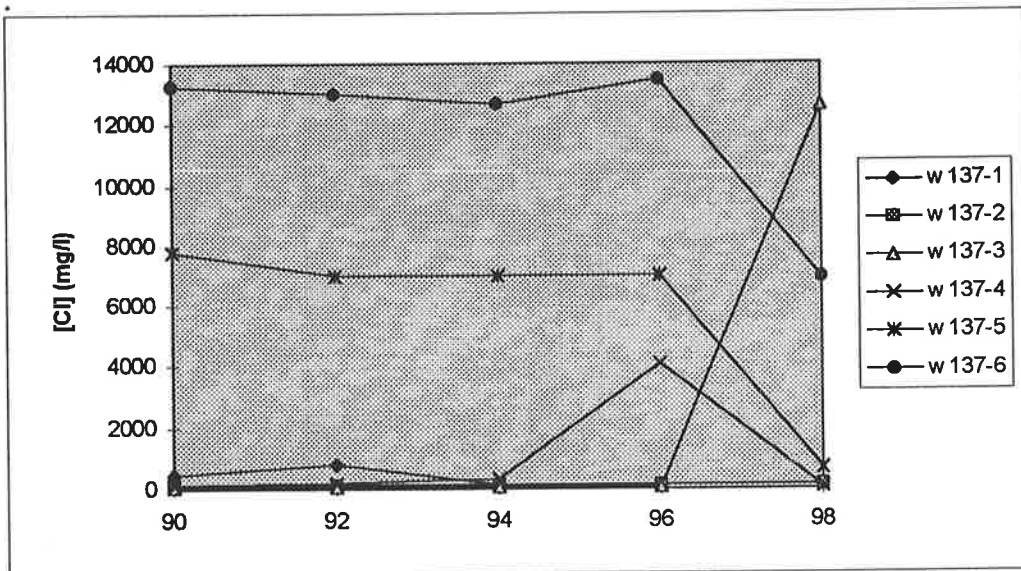
De nauwkeurigheid van de analyse van de grondwatermonsters is erg groot. Voor een monster met een chloridegehalte van 200 mg/l is de afwijking 0,3% en voor andere waarden zal dit niet veel groter worden. Met de monsterneming kan ook weinig mis gaan, aangezien het chloridegehalte in het water niet kan veranderen, tenzij er veel water verdampt. Toch zijn er chloridengehalten in Dawaco te vinden die erg verdacht zijn. De analyse in het laboratorium is geen oorzaak van foutieve waarden. Voor de gevonden fouten zijn wel andere oorzaken aan te wijzen (zie tabel 2.1 en figuur 2.2):

- Typefouten: waarden die met een nul erachter of een één ervoor goed in een reeks passen.
- Eenmalig filters verwisseld. Het komt voor dat tijdlijnen pas een logisch lijn vormen als de waarden van verschillende filters omgedraaid worden.

Een voorbeeld van de eerstgenoemde fouten is de waarnemingsput 19CZW137 (figuur 2.2). Het chloridegehalten in 1998 van filter drie, vier, vijf en zes horen hier duidelijk niet thuis. Als de waarde van filter drie eigenlijk bij filter zes hoort en de rest van de genoemde waarden een plaatsje naar links schuift in de tabel, dan doen de reeksen heel wat logischer aan. De waarde van 1996 van filter vier is waarschijnlijk een fout en moet een factor tien kleiner zijn: 125, 195, 310, 410 en 650. De hoogte van de waarden van filter één is waarschijnlijk het gevolg van het feit dat deze put dichtbij zee ligt (zouttong).

	W137-1	W137-2	W137-3	W137-4	W-137-5	W137-6
1990	440	140	79	125	7800	13300
1992	790	140	48	195	7000	13000
1994	120	135	49	310	7000	12700
1996	125	140	50	4100	7000	13500
1998	130	140	12600	63	650	6930

Tabel 2.1 Voorbeeld van verwisselde filters en een typefout



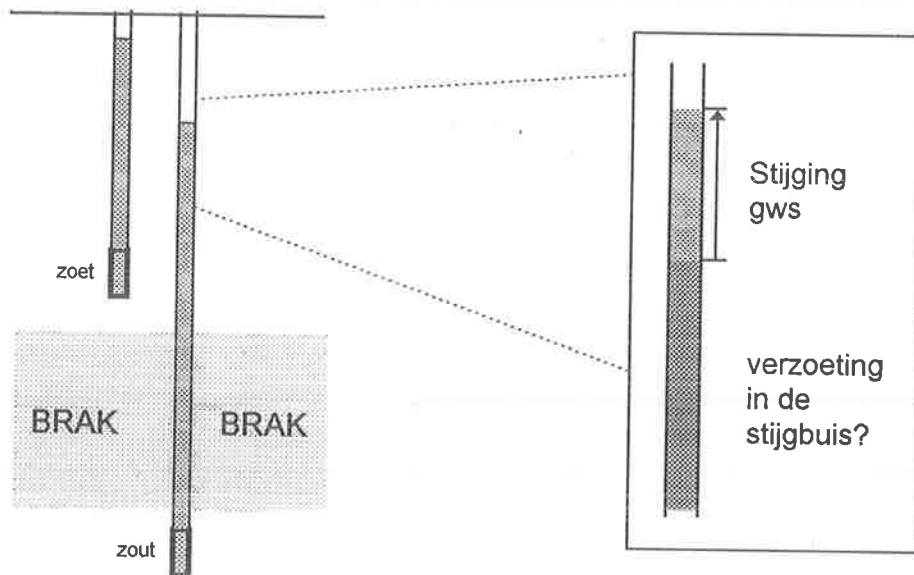
Figuur 2.2 tijdlijnen chloride voor 19CZW137 met fouten in de waarden van 1998

De waarden uit tabel 2.1 staan zo in Dawaco, maar blijken ook bij het laboratorium zo bekend te zijn, inclusief fouten. Een oorzaak van de eenmalig verwisselde foutieve waarden liggen dus in de monsterneming of in de invoer, uitgaande van correcte gegevens over de filtervolgorde bij de PDMH. In geval bleek juist dit de oorzaak van de verwisselde waarden. De volgorde van de filters was door het opzetten van een stuk peilbuis in de war geraakt. Naast deze oorzaak is het per ongeluk verwisselen van etiketten van de monsterflesjes in het veld waarschijnlijk ook een oorzaak. De typefouten zijn waarschijnlijk het gevolg van de invoer in Excel door het laboratorium.

Deze oorzaken van foutieve waarden kunnen moeilijk voorkomen worden, omdat het hier gaat om menselijke fouten. In een controle kunnen deze fouten kunnen wel goed herkend worden, in vergelijking met voorafgaande metingen, om hierna te worden gecorrigeerd.

3. Verzoeting in peilbuizen

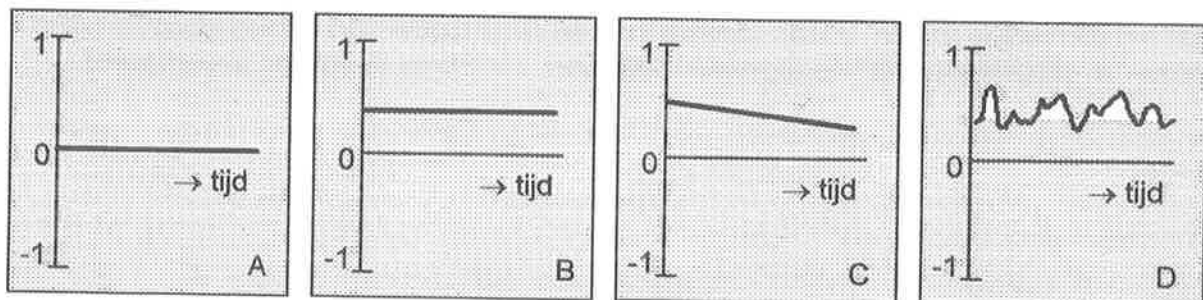
Bij een monsterneming wordt de inhoud van de stijgbuis, zoals eerder genoemd, meer dan eenmaal afgepompt t.b.v. een representatief monster. Het water dat wordt gebruikt voor het monster is dus afkomstig uit het grondwater rond het peilfilter van de peilbuis en niet uit de stijgbuis. Dit voorschrijft voor het nemen van een monster duidt erop dat er een kans is dat het water in de bodem rond het peilfilter niet overeen komt met water in de stijgbuis van deze peilbuis. Dit vermoeden wordt ondersteund door het feit, dat het voor een enkele peilbuis bekend is dat de grondwaterstand een stuk lager is na een monsterneming voor chloride.



Figuur 3.1 Stijging stijghoogte in een stijgbuis na een monsterneming

3.1 Stijghoogtenverschillen

De eerdergenoemde kennis van een plotselinge stijging van de stijghoogte is gebaseerd op de stijghoogteverschillengrafiek. In zo'n grafiek worden de stijghoogten van twee filters van eenzelfde put van elkaar afgetrokken en uitgezet in de tijd. Als deze twee filters binnen het hetzelfde w.v.p. liggen is er geen verschil in de twee stijghoogtentijdlijnen (figuur 3.2 A), uitgaande van een gelijke dichtheid van het water in dit pakket.



Figuur 3.2 Stijghoogtenverschillen tussen filter 3 en 4 van een denkbeeldige put.

Als de dichtheid niet hetzelfde is binnen dit pakket zal er een systematisch stijghoogteverschil zijn (B). De hydrostatische druk blijft hetzelfde, maar het zwaardere

water heeft een kleinere waterkolom nodig om tegendruk te bieden dan een kolom licht water. De dichtheidsverschillen van het grondwater worden veroorzaakt door verschillende concentraties zout in het grondwater.

$$H = z + \varphi gh$$

H = stijghoogte

z = plaatshoogte

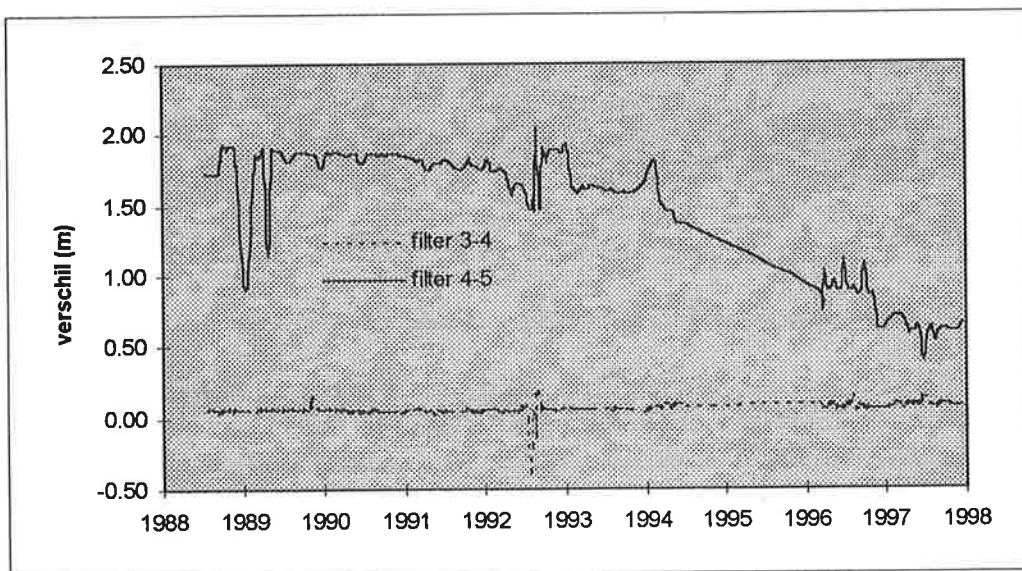
φgh = drukhoogte

φ = dichtheid van het water

Honderd meter drukhoogte komt bijvoorbeeld overeen met 100 meter zoetwaterkolom en 98 meter zoutwaterkolom ($\varphi_{\text{zout}} = 1,02$ en $\varphi_{\text{zoet}} = 1,00 \text{ g/cm}^3$). Het verschil in stijghoogte tussen een kolom zoet en een kolom zout water is ongeveer 2% van de waterkolom.

Als het de concentratie zout in het grondwater een trend vertoont, zal dit ook in de stijghoogteverschillengrafiek te zien zijn. Bij een verzoeting van het diepste (zoute) filter (Figuur 3.1) is een stijgende stijghoogte te zien. Het verschil met het hogerliggende filter wordt in dit geval kleiner, zodat de lijn in de verschillengrafiek daalt (C).

Een voorbeeld hiervan is 19CZW775 in figuur 3.6. De trend in deze grafiek is geleidelijk op het effect van DWAT na, zoals in 1993. De chloridemonsters (juni '93 en dec '95) zijn echter allebei zoet, wat niet strookt met de verzoetende trend. Waarschijnlijk zijn de metingen incorrect, gezien de onduidelijkheid over de dataset van chloridemetingen van DWAT.



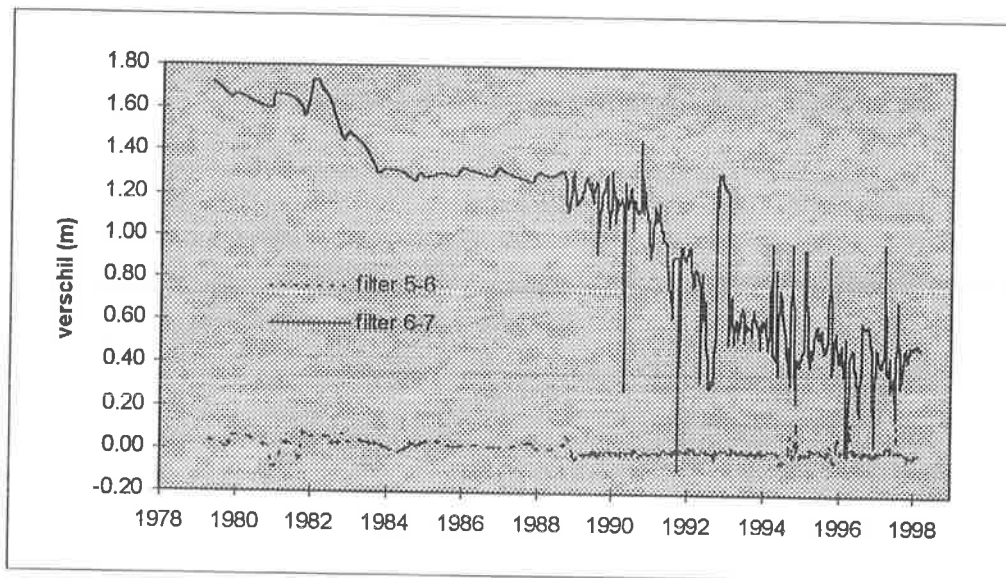
Figuur 3.6 19CZW775, f3-f4 (onder), f4-f5 (boven), De interval '90-'91 is het jaar 1991

Uitgaande van de aanname dat de trend in figuur 3.6 veroorzaakt wordt door verzoeting, blijkt dat de concentratie chloride in de stijgbuis mee verandert met de trend in het chloridegehalte van het water rond het peilfilter. Een andere verklaring is peilbuisverzoeting (zie volgende blz.). In dat geval zouden er in de grafiek pieken moeten voorkomen na monsternemingen. Dit is niet het geval. Of het hier om peilbuisverzoeting of om verzoeting gaat is eenvoudig te testen door de buis af te pompen en het stijghoogteverschil (voor en na afpomping) te meten.

Vaak komt het voor dat de peilfilters niet in hetzelfde w.v.p. liggen. In dit geval ligt er tussen de peilfilters een slecht doorlatende laag, die een vertragende werking heeft op de

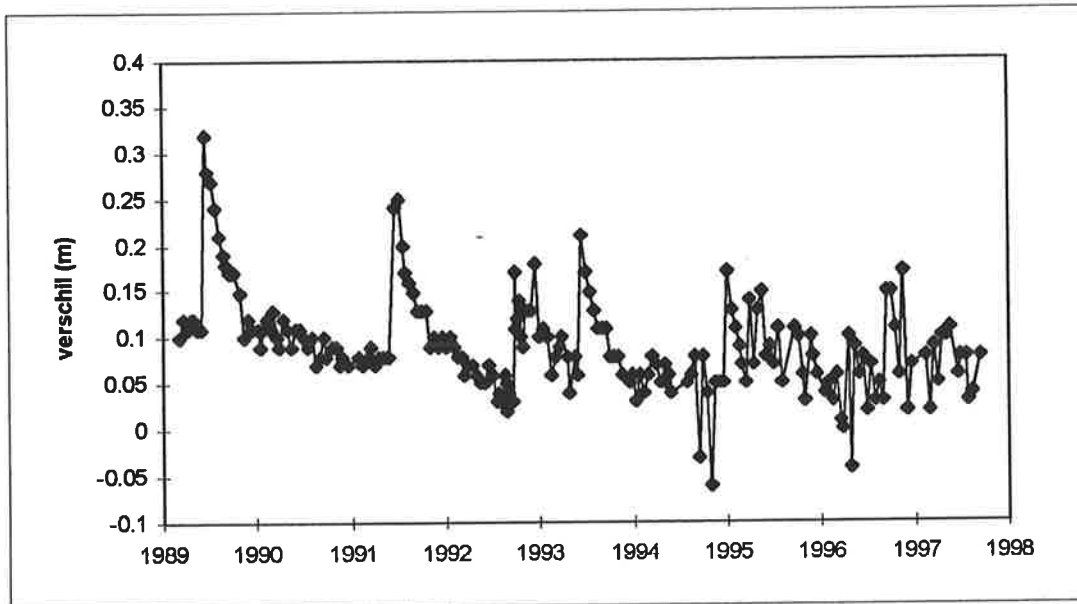
stijghoogteschommelingen dieper in de bodem. Ook kan een slechtdoorlatende laag permanent verschillende stijghoogten opleveren tussen de watervoerende pakketten boven en onder de laag. In deze situatie ligt de stijghoogteverschillenlijn niet meer op nul en schommelt de lijn (D).

Als de totale stijghoogteverandering groot is, is dit zelfs in geval van D een trend in de stijghoogteverschillenlijn te zien (figuur 3.3). De trend is zeker de oorzaak van een verzoeting en niet het gevolg van overinfiltratie van DWAT (vergroting hydrostatische druk). De stijghoogteveranderingen onder invloed van DWAT zijn namelijk snel, zoals goed te zien is bij een proef in 1993 (figuur 3.3). Een zeer geleidelijke daling in stijghoogtegrafieken wordt dus veroorzaakt door verzoeting. De verzoetende trend van 19CZW644 komt goed overeen met de tijdlijn van de concentratie chloride voor de diepste filters van deze put. De schommelingen in het tweede deel van de tijdlijn (vanaf 1989) zijn een gevolg van een vergrote frequentie van meten: van kwartaalpeiling naar een tweewekelijkse peiling.



Figuur 3.3 Trend in de stijghoogte van 19CZW644, filter 5-6 (onder) en filter 6-7 (boven)

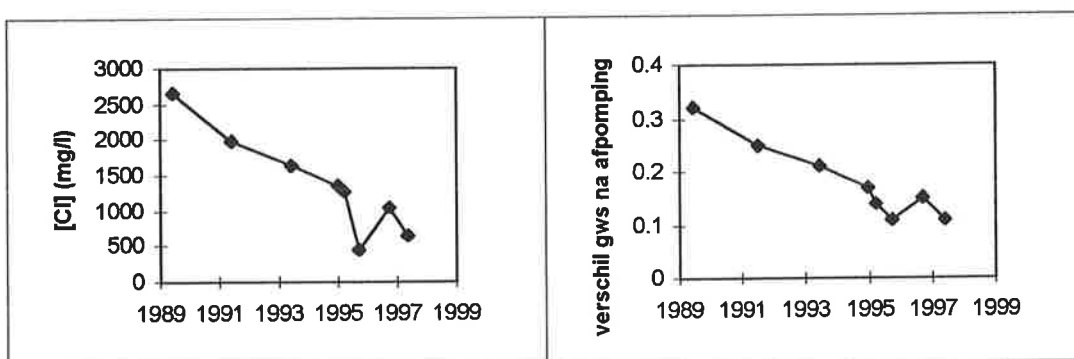
Na deze vier variaties die voorkomen in stijghoogteverschillen is er nog een vijfde soort, die geen natuurlijke oorzaak heeft. Dit type bestaat uit een plotselinge daling van de grondwaterstand tijdens/na een monsterneming, waarna het peil langzaam, in de loop van maanden terugkeert naar zijn oorspronkelijke niveau (zie figuur 3.4). Zonder deze stijghoogteverschillen zouden deze 'zaagtanden' in de tijdlijnen nooit zijn opgevallen.



Figuur 3.4 Stijfhoogteverschillen van filter 6 en 7 van 19CNW647

Tijdens een monsterneming gebeurt er dus iets wat een plotseling hogere stijfhoogte tot gevolg heeft. De mogelijkheid dat de hydrostatische druk verspringt is na een monsterneming is onmogelijk, want zulke sprongen bestaan gewoon niet. De hydrostatische druk verandert dus niet, maar de stijfhoogte wel. Een gevolg van deze redenering is dus dat de dichtheid van het water na de monsterneming schijnbaar verandert. De enige voldoende voorradige stof, die dit kan veroorzaken is chloride. Dat chloride de oorzaak is van deze dichtheidsverschillen is later in een steekproef (§ 1.3.3) aangetoond. De enige verklaring voor dit soort stijfhoogteverschillenlijnen is dus dat het water in de stijfbuis na een monsterneming geleidelijk zoeter wordt. Dit verschijnsel noemen we 'peilbuisverzoeting'.

De stijfhoogten van deze filters kunnen vertekend zijn door een in de tijd veranderende dichtheid van het water in de stijfbuis. Een stijfhoogtemeting vlak na een monsterneming (top van de piek) is dan de minst vertekende meting. Een trend in de stijfhoogteverschillen (de toppen in figuur 3.4) moet overeenkomen met een trend in het chloridegehaltes in filter 7, aangezien het verband tussen de dichtheid en het chloridegehalte lineair is. Dit verband is in geval van 19CNW647 goed te zien. Het stijfhoogteverschillenlijn tussen filter 6 en 7 na een monsterneming (de toppen) heeft dezelfde vorm als het verloop van het chloridegehalte in filter 7 (zie figuur 3.5).



Figuur 3.5 De relatie tussen het chloridegehaltes in filter 7 en de stijfhoogteverschillen tussen filter 6 en , na de monsternemingen.

Als alle filters met grondwater zouter dan 300 mg/l (brak en zout) dit effect vertonen, dan gaat het over ongeveer 63 filters in het gebied tussen Wijk aan Zee en Egmond aan Zee van de peilfilters die bemonsterd worden voor chloride. Dit is het aantal filters dat in 1996 of 1998 een hoger chloridegehalte hadden dan 300 mg/l.

3.2 Oorzaak

De peildaling in stijgbuizen vlak na een monsterneming kan verklaard worden met verschillende theorieën. Elke oorzaak heeft zijn eigen kenmerken, zodat de waarschijnlijkheid van elke theorie getest kan worden aan de hand van de resultaten van een uitgevoerd onderzoek. De mogelijk oorzaken van de verzoeting in de stijgbuis zijn:

3.2.1 *Lekkage bovenin een peilbuis*

Een verklaring voor de aanwezigheid van zoet water in de stijgbuis van een zout peilfilter kan liggen in een toevoer van zoet water in het bovenste deel van de peilbuis. De stijghoogte in een diepe peilbuis is namelijk bijna altijd lager dan een de stijghoogte in een ondiepere peilbuis, zodat er water uit het ondiepste pakket (hoog peil in het peilfilter) op het water in een diepere (zoute) peilbuis wil stromen. Dit kan bij metalen peilbuizen (eerder geplaatst dan 1953) bewerkstelligd worden door het doorroesten van de buis op de hoogte van het grondwaterpeil. Doordat kunststof niet roest zou bij een peilbuis een andere oorzaak voor het lek moeten hebben. De afdichtingen tussen de stukken stijgbuis zijn hiervoor een goede kandidaat. Als er zoet water op het zoute water valt/stroomt, blijft dit zoete water op het zoute drijven. Er ontstaat dan een grotere waterkolom, waardoor het water via het peilfilter de peilbuis verlaat, om het peil te herstellen. Langzaam verzoet zo de hele waterkolom, met een stijging van het peil als gevolg. De hele waterkolom, inclusief het deel dat in een zoute omgeving staat, verzoet op deze manier. Als de kolom zoet water het peilfilter heeft bereikt verzoet in principe het water rond het peilfilter. Maar doordat water in de bodem stroomt zal het verzoete water hier snel vervangen worden door zout water, zodat de concentratie chloride rond het peilfilter ongeveer gelijk blijft. De hydrostatische druk wordt door een lek niet beïnvloed (naast gevolgen van dichtheidsveranderingen), omdat het peilfilter en het w.v.p. het overtollige water makkelijk af kan voeren. Een verzoeting, veroorzaakt door deze theorie, verschilt per peilbuis, door wisselende kwaliteit van peilbuizen (lek), maar uiteindelijk zal de hele stijgbuis verzoeten.

3.2.2 *PVC doorlatend voor ionen.*

Vermenging van zoet en zout water is een gevolg van de spontane potentiaal van zout water naar zoet water (zie Introductie geohydrologie door dienst grondwaterverkenning TNO, blz. 2-36). Het zoute water in de peilbuis en het zoete water rondom een deel van de peilbuis hebben dus de neiging zich te vermengen. Deze theorie gaat ervan uit dat de stijgbuis een zekere porositeit heeft. Het water in de buis zou dus na een oneindige tijd dezelfde concentratie hebben als het grondwater rond de peilbuis.

De snelheid van de peildaling hangt af van:

- *de mate van doorlaatbaarheid.* De verzoeting wordt groter bij een grotere doorlaatbaarheid van de peilbuiswand. De doorlaatbaarheid hangt af van het soort buis en waarschijnlijk ouderdom.
- *de beginconcentratie in stijgbuis.* De verzoeting gaat sneller bij zout water dan bij brak water door een hogere potentiaal. Het duurt ook langer voor er min of meer een evenwicht is bereikt. De verzoetingssnelheid verloopt omgekeerd evenredig: een steeds kleinere verzoetingssnelheid die theoretisch nooit echt nul is.
- *de dikte van de zoete laag.* De verzoeting heeft een zekere volumevergroting per meter tot gevolg, zodat de lengte van de zoetwaterkolom de uiteindelijke stijghoogtetoename bepaalt. De lengte van de zoutwaterkolom in het filter doet er niet toe, omdat hier geen verzoeting plaats kan vinden door het ontbreken van een potentiaalverschil.

De doorlaatbaarheid van PCV (materiaal van peilbuizen) voor ionen, kan met een laboratoriumopstelling worden getest.

3.2.3 Lekkage op de naden

Het kan ook zo zijn dat de peilbuizen enigszins doorlatend zijn op de naden tussen de stukken peilbuis. De stukken peilbuis zijn aan elkaar gelijmd en de doorlaatbaarheid van deze naden kunnen met de ouderdom van de buis toenemen. Hierdoor kan er water uit het freatische pakket op het water in de peilbuis komen *en* kan het zoute water over de hele peilbuis verzoeten. Dit laatste wordt veroorzaakt door osmose: door een hogere concentratie ionen in het water in de buis trekt deze water uit de omgeving (buiten de buis) naar zich toe. De verzoeting vindt nu plaats over de hele peilbuis, maar gaat bovenin het snelst. Het effect is dus hetzelfde als een lek bovenin de peilbuis en een doorlaatbaarheid voor ionen (theorie 1 en 2) tegelijkertijd.

Dit kan getest worden door vlak boven het peilfilter de stijgbuis waterdicht af te sluiten. Bij lekkage op de naden of op freatisch niveau zal de buis langzaam vollopen.

3.2.4 Uitzakking

Door langdurige stilstand in een peilbuis kunnen ionen in water langzaam gaan uitzakken naar de diepte. Dit heeft een verzoeting in het bovenste deel en een verzouting in het onderste deel tot gevolg. Onderin de peilbuis wordt het water nog zouter dan het al was en dus ontstaat er weer een potentiaal met het omringende (minder) zoute water, zodat dit gaat vermengen. Uiteindelijk verdwijnt er dus zout uit de peilbuis. In geval van uitzakking zou in alle gevallen verzoeting moeten plaatsvinden, omdat waterdichtheid van de peilbuis hier geen rol speelt. Deze theorie is cheikundig gezien onwaarschijnlijk, aangezien het zout in oplossing is. De peildaling hangt alleen af van:

- *de concentratie chloride in het filter.* Door een groter potentiaalverschil in het filter gaat de afname van chloride in de buis sneller.
- *de lengte van de peilbuis.* De verzoeting vindt plaats over het hele filter en trekt zich niets aan van het chloridegehalte in zijn omgeving. De mate van peilverandering hangt evenredig af van de lengte van de waterkolom. Een grote waterkolom heeft een grote mogelijke peilstijging.

De daling van het peil in een stijgbuis moet dus voor de diepste en de zoutste peilbuizen het snelst gaan.

3.2.5 Aantrekken van niet representatief water tijdens de afpompings

Doordat het volume dat wordt afgepompt tijdens een monsterneming groter is dan dat van een stijgbuis wordt er ook water van rondom het filter aangetrokken. Mogelijk leidt dit ertoe dat het chloridegehalte dat in de stijghuis terecht komt niet dezelfde concentratie chloride heeft als water dat oorspronkelijk in de directe omgeving van het peilfilter voorkwam. In principe stroomt van alle kanten evenveel water toe (evenveel zoeter water als zouter water dan water in het peilfilter), zodat dit voor de concentratie in het filter weinig gevolgen zou hebben. Deze situatie verandert echter als er zich vlakbij het peilfilter een slechtdoorlatende laag bevindt. Het water wordt dan van één kant aangetrokken en heeft dus een ander gehalte dan water in het peilfilter. De waarschijnlijkheid van deze theorie als oorzaak voor peilbuisverzoeting is alleen gering, gezien het kleine volume dat wordt afgepompt. Dit volume zal niet groter zijn dan 0,5 m³ water, wat in ongeveer 1,5 m³ grond (porositeit grond is bijvoorbeeld 0,3) rond het filter past. Dit is dus niet genoeg om water van verder dan een meter van het peilfilter aan te trekken. Het verschil in chloridegehalte tussen deze twee punten ligt maximaal rond de 500 mg/l; wat veel te weinig is om de grootte van de gws-daling na een monsterneming te verklaren.

Een combinatie van deze oorzaken is natuurlijk ook mogelijk, maar één van de oorzaken zal toch minstens de boventoon voeren.

3.3 Steekproef

Om duidelijkheid te krijgen over de omvang van het verschijnsel en verschillende theorieën uit te sluiten heb ik twee onderzoekjes gedaan. De eerste is gebaseerd op gegevens uit Dawaco en de tweede is een veldonderzoek.

3.3.1 Dawaco

Om een beeld te krijgen van het voorkomen van dichtheidsafname van water in stijgbuizen (peilbuisverzoeting) is een steekproef genomen, gebruikmakend van de in Dawaco beschikbare gegevens. Er zijn 28 meetpunten geselecteerd die:

- liggen op kaartblad 19CN, 19CZ en 19AZ
- bemonsterd worden voor chloride
- bemeten worden voor stijghoogten
- een filter hebben in brak/zout en zoet water, voor een duidelijk stijghoogteverschil (>1000 mg/l).

Deze putten worden voldoende bemeten op stijghoogten en hebben alle ingrediënten voor het beschreven verschijnsel. In de stijghoogteverschillen van de diepste filters is hierna gezocht naar de herkenbare zaagtandvorm of andere pieken. Verdachte pieken zijn weer vergeleken met tijdstippen waarop monsters zijn genomen.

Deze steekproef geeft een indicatie over de grootte van dit probleem, maar is niet erg nauwkeurig. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door:

- *een te kleine frequentie van meten*. Hierdoor is het oude peil na een monsterneming alweer grotendeels bereikt voordat er een stijghoogtemeting plaatsvindt.
- *vertraagde reactie stijghoogten (zie ook figuur 3.2 D)*. Bij het gebruik van grafieken met stijghoogteverschillen heeft men te maken met extra schommelingen in de grafiek, door vertraagde reacties in verschillende lagen in de bodem. Dit kan de effecten van peilbuisverzoeting onzichtbaar maken.
- *meetonnauwkeurigheden*. Kleine effecten op de stijghoogte door peilbuisverzoeting gaan op in meetonnauwkeurigheden (maximaal 5 cm. = peilbuisverzoeting van 700 mg/l)
- *fouten in data*. Foutieve waarden leveren afleidende pieken op.

Het gevonden aantal stijghoogteverschillenlijnen met pieken zal dus lager zijn dan er echt zijn.

Het resultaat is dat 15 (54%) van de 28 gevallen geen zaagtand te zien geeft en in 8 (28%) gevallen wel een zaagtand gevonden wordt. De overige 5 (18%) hebben een te onduidelijk verloop om iets uit af te leiden en/of hebben mogelijk een zaagtand. Als de laatste categorie weggelaten wordt, is het effect van verzoeting in een derde deel (35%) van de meetpunten zichtbaar, en dus in tweederde (65%) deel van de gevallen niet (voor putcodes zie bijlage VI.). Aangezien kleine pieken meestal verdrinken in achtergrondruis is het gevonden aantal met een piek waarschijnlijk kleiner dan het aantal dat er werkelijk is..

Conclusies:

- ⇒ Uit de gegevens in Dawaco blijkt dat van de peilbuizen met brak of zout water meer dan 35% het beschreven effect vertoont.
- ⇒ Een piek in de stijghoogteverschillengrafiek kan in bijna alle gevallen in verband worden gebracht met een monsterneming
- ⇒ Bij zoute peilfilters zou je bij volledige peilbuisverzoeting een stijging verwachten van ongeveer twee meter. Dit is niet het geval.
- ⇒ De peilbuizen zonder zichtbare pieken zijn gemiddeld 25% jonger dan die met pieken/zaagtanden in de grafiek.

Het is opvallend dat niet alle pieken samenvallen met monsternemingen. Een oorzaak kan zijn dat nog niet alle gegevens zijn ingevoerd. Dit sluit aan bij de onduidelijkheid die bestaat voor de dataset van chloridemetingen voor DWAT. Ook vertonen de grafieken piekjes van doorgaans één meting die vrij regelmatig zijn en niet samenvallen met monsternemingen. Deze piekjes het gevolg zijn van onttrekkingen en kunnen ook meterfouten zijn.

3.3.2 Afpompig

Naast de hierboven beschreven steekproef, die gebaseerd is op gegevens in Dawaco, heb ik ook een veldonderzoekje (24-02-1999) gedaan. Het doel van het onderzoek is: het aantonen dat de peilbuisverzoeting echt door veranderingen in het chloridegehalte wordt veroorzaakt. Zeven peilbuizen van in totaal vier putten zijn hiervoor onderzocht. Twee hiervan (19CZW806 en -807) zijn nog nooit bemonsterd voor chloride, zodat de resultaten hiervan gebruikt zijn voor de kartering van het zoet-zout-vlak. De 19CZW774 vertoont in de stijghoogteverschillengrafiek al erg grote pieken (meter), zodat bij deze put een stijging van het peil verwacht werd. Bij 19CZW778 is zo'n piek niet te vinden.

Alle onderzochte peilbuizen zijn van kunststof en 19CZW774 en -778 zijn vanaf 05-1998 niet meer bemonsterd. De verzoeting in de stijgbuizen heeft dus voor deze twee putten negen maanden de tijd gehad te ontwikkelen. Putten 19CZW806 en -807 zijn nog nooit bemonsterd en bestaan sinds augustus 1992. Bij alle filters is gemeten:

- de stijghoogte voor en na de afpompig
- het chloridegehalte voor en na de afpompig
- het EGV-verloop tijdens de afpompig

Ook zijn er in de filters 19CZW774-4+5 en 19CZW778-4+5 divers gehangen die het verloop van de stijghoogte hebben gemeten voor en na de afpompig. De divers maten de druk van de waterkolom met een voorgeprogrammeerde regelmaat. In dit geval is het stijghoogteverloop om de vijf minuten geregistreerd. Bij beide putten dienen filters 4 (zoet) als referentie voor filters 5 (zout), t.b.v. een stijghoogteverschillengrafiek. De gegevens van de diver in 19CZW778-4 zijn helaas ergens in het bewerkingsproces verdwenen. De EGV is gemeten door het opgepompte water in een maatbeker te laten stromen, waarin het meetelement van de EGV-meter constant mat.

Resultaten

Uit de resultaten van de monsters (zie tabel 3.7) blijkt dat alle chloridegehalten in het begin van de afpompig lager zijn dan aan het einde van de afpompig. Het relatief zoete water in de stijgbuis kan toegeschreven worden aan een proces in de stijgbuis en is niet het gevolg van concentratieveranderingen in chloridegehalten *buiten* de peilbuis. Verder verschilt de mate van verzoeting in de stijgbuis erg: variërend van 30% tot 99,6%, ook vertoont dit effect geen relatie met beginconcentraties of lengtes van peilbuizen.

- ⇒ De onderzochte vijf peilfilters vertonen peilbuisverzoeting.
- ⇒ De mate van verzoeting in de stijgbuis verschilt per peilbuis en heeft geen relatie met lengte van de waterkolom of de beginconcentraties.

Waarnemingsputten	[Cl] in mg/l voor	[Cl] in mg/l na
19CZW806 f2	-	36
19CZW806 f3	160	600
19CZW807 f3	35	5470
19CZW807 f4	405	6330
19CZW774 f5	1920	9800
19CZW778 f5	10630	15260

Tabel 3.7 Resultaten van analyses van monsters.

Naast de chloridegehalten zijn ook de stijghoogten voor en na de afpompings gemeten. Hierdoor kan de gemeten stijghoogtedaling worden vergeleken met een berekende daling. Deze daling is berekend voor de situatie dat al het water in de stijgbuis voor de afpompings de concentratie chloride had die is gemeten in het begin van de afpompings. Daarnaast wordt ervan uit gegaan dat na de afpompings de hele stijgbuis gevuld is met water met de concentratie chloride dat is gemeten nadat de EGV constant was. Uit het verschil tussen deze twee concentraties kan de verandering in de dichtheid worden berekend, die in combinatie met de waterkolom weer omgerekend kan worden in peildaling. De berekende daling gaat dus uit van een totale verzoeting van de stijgbuis.

	daling H berekend	daling H gemeten
19CZW806 f3	2.7	3*
19CZW807 f3	38	39*
19CZW807 f4	60	68*
19CZW774 f5	111	103
19CZW778 f5	72	1

Figuur 3.8 'Maximale' peildaling vergeleken met gemeten peildaling in cm.

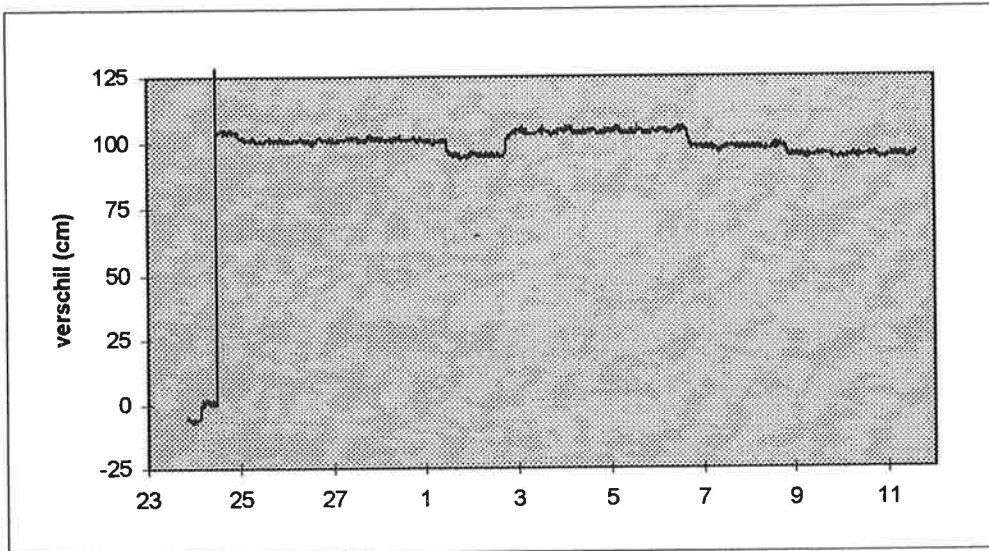
**Het peil was tijdens de meting wellicht nog niet helemaal stabiel en kan enkele centimeters te hoog zijn.*

De berekende daling van alle peilfilters, behalve 19CZW778f5, komen goed overeen met de waargenomen daling. Vier van de vijf peilfilters zijn dus helemaal of bijna helemaal verzoet (tot de gemeten concentratie tijdens de afpompings).

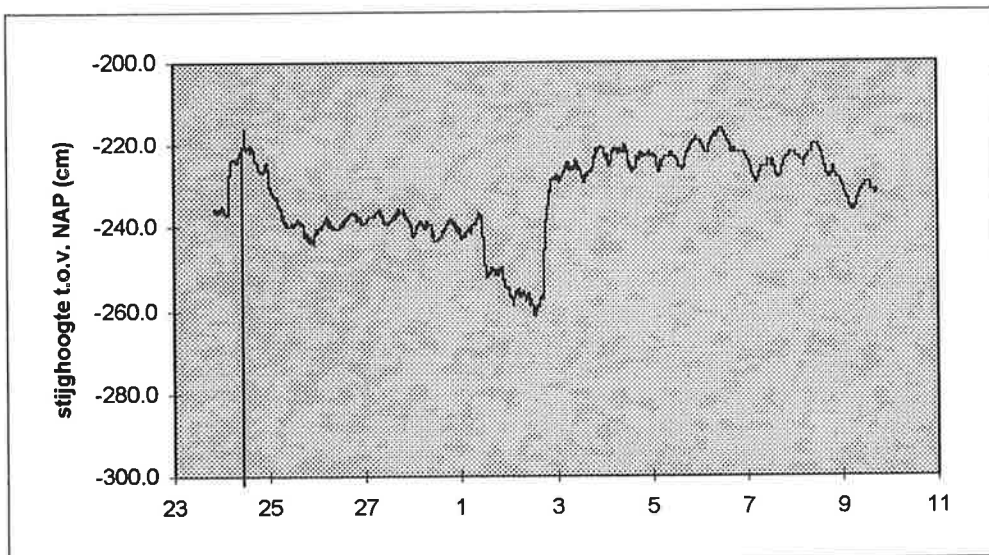
⇒ De peilbuisverzoeting vindt plaats over bijna de hele stijgbuis

De stijghoogteverschillengrafieken van de putten die zijn uitgerust met divers zijn erg verschillend (zie figuur 3.9 en 3.10). Bij 774 verspringt de stijghoogte direct na de afpompings, in tegenstelling tot 778, waar de stijghoogten niet lijken te worden beïnvloed door de monsterneming. Toch was de concentratie chloride van water bovenin de stijgbuis 4630 mg/l lager dan water rond het peilfilter. De golfjes in deze grafiek worden veroorzaakt door het tij van de zee. De verzoeting van 774 heeft, in tegenstelling tot 778, wel plaats gevonden over een groot deel van de stijgbuis, gezien de sprong in de stijghoogte. De kleine sprongen in de verschillenlijn zijn een gevolg van veranderingen in ontrekkingen. De tijdlijnen van 19CZW774 f4 en f5 zijn apart in bijlage VIII te vinden.

⇒ Een verzoeting in een stijgbuis hoeft niet samen te gaan met een duidelijke peildaling
 ⇒ Een nieuwe stabiele situatie van de stijghoogte is al binnen tien minuten na de afpompings ontstaan

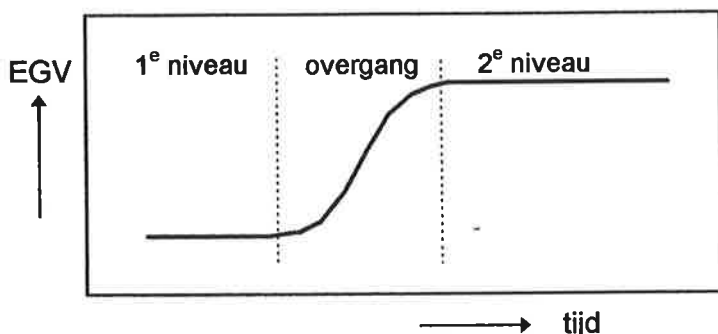


Figuur 3.9 Tijdslijn filter 4 - filter 5 van 19CZW774



Figuur 3.10 Tijdslijn filter 5 van 19CZW778.

De resultaten van de EGV-metingen tijdens het afpompen duiden allemaal op een verschil in EGV tussen water in de stijgbuis en water rond het peilfilter (zie bijlage VII). Dit komt overeen met de resultaten uit het analyserapport voor chloride. Aangezien de afpompingssnelheid maar één keer is gemeten is het niet zeker na hoeveel tijd er één maal is afgepompt. Het EGV-verloop ziet er voor alle putten globaal hetzelfde uit (zie figuur 3.11)

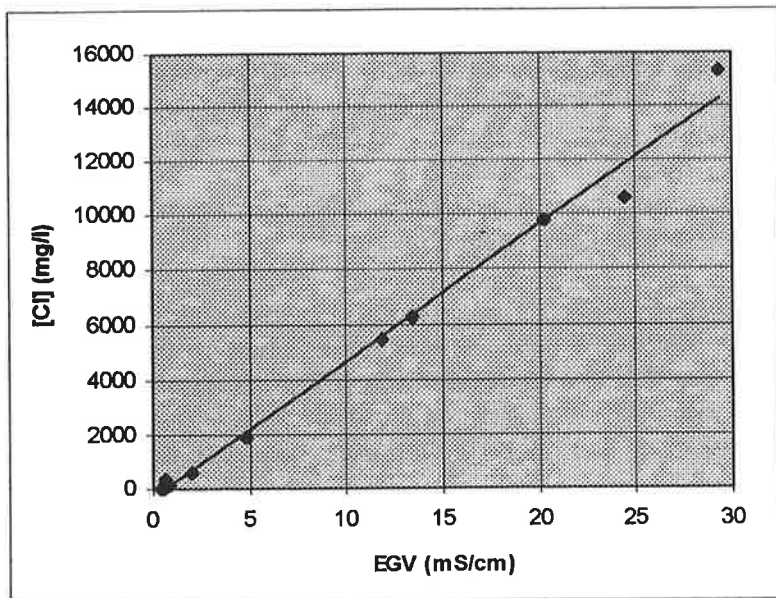


Figuur 3.11 standaard tijdlijn EGV

Het EGV-verloop in de meeste filters volgen tijdens de afpompings deze curve, op een paar uitzonderingen na, zoals

- 806f2. In dit geval is niveau 1 lager dan niveau 2. Het gaat hier wel om erg lage EGV-waarden. Het chloridegehalte in het filter is maar 36 mg/l zodat het omringende grondwater (hoger gelegen) relatief brak is. Het is dus ook mogelijk dat er een lichte verzouting optreedt als de beginconcentratie maar zeer zoet is.
- 807f4. Deze afpompings ging erg traag, omdat het peil 6,5 meter onder de bovenkant van de buis stond. In deze grafiek valt op dat de overgang lang duurt. Een oorzaak kan zijn dat de langzame afvoer het water heeft gemengd, zodat de overgang is uitgesmeerd over een langere periode. Een ander verband is de erg dikke brakke laag, waarin de peilbuis staat (55 meter), in verband met een doorlaatbaarheid van de stijgbuiswand.
- 774f5. Bij deze grafiek begint niveau 2 hoog en loopt dan langzaam terug tot een stabiele waarde. Dit eerste deel van niveau 2 bevindt zich waarschijnlijk nog binnen het water dat uit de stijgbuis afkomstig is. Dit zou een restant kunnen zijn van water dat tijdens de vorige afpompings is opgepompt, uitgaande van een verzoetende trend. Helaas is de tijdlijn van de chloridegehalten van dit filter onbruikbaar, zodat dit niet gecontroleerd kan worden.
- 778f5. Deze grafiek wordt gekenmerkt door een erg schommelende EGV voor en na de overgang. Aangezien de oorzaak zou kunnen zijn dat de straal water te hard in de maatbeker stroomde, heb ik de EGV ook gemeten van water in rust (niet in de straal). Dit is ook in de grafiek opgenomen, maar het beeld blijft fluctueren. Omdat dit verschijnsel maar één keer voorkomt is het niet toe te schrijven aan de meetapparatuur (pomp en EGV-meter).

Het debiet van de pomp is maar één keer gemeten, zodat niet voor elke put precies het tijdstip bekend is van eenmaal afpompen (eenmaal de inhoud van de peilbuis). Een peilbuis heeft een binnendiameter van 3,5 of 4,5 cm. en uitgaande van het bekende debiet (15 liter/min.) is de afpompingssnelheid respectievelijk 9,5 en 15,5 meter per minuut. Een deel van het water uit de stijgbuis is in dit geval relatief zout (zie bijlage VII.). Het is doordat de afpompingssnelheid maar één keer is gemeten niet duidelijk op welk tijdstip precies de inhoud van de peilbuis een keer is afgepompt. Deze onduidelijkheid kan bij een volgende proef voorkomen worden door bij elke afpompings het debiet te meten. Er is een duidelijke relatie tussen de EGV en het gemeten chloridegehalten van het water (zie figuur 3.12).



figuur 3.12 Relatie tussen het chloridegehalte en EGV.

- ⇒ De EGV voor en na de afpompingsverschillen in alle gevallen, net als met de chloridegehalten het geval is.
- ⇒ De overgang van de begin- en eindconcentratie verloopt in een korte tijd; ongeveer 10-20 meter stijgbuis
- ⇒ De EGV is voor en na de overgang constant.
- ⇒ De overgang en een deel van niveau 2 zijn afkomstig uit het water uit de stijgbuis.
- ⇒ Het is mogelijk dat er lichte verzouting van het water in de stijgbuis optreedt onder de voorwaarde dat de beginconcentratie erg laag is (19CZW806f2).
- ⇒ Het kan voorkomen dat het water onderin de stijgbuis een hogere concentratie heeft dan water rond het peilfilter (19CZW774 f5)
- ⇒ Het kan voorkomen dat de EGV over de diepte onregelmatig is

3.4 Waarschijnlijkheid oorzaken

Uitzakking: Deze theorie is zeer onwaarschijnlijk omdat:

- Diepe en erg zoute peilfilters een grote peildaling zouden moeten laten zien, volgens de theorie, wat niet is waargenomen in het veld en in Dawaco.

Aantrekken van niet-representatief water: Deze theorie is zeer onwaarschijnlijk omdat:

- De verschillen in de concentraties chloride voor en na de afpompingsverschillen groter zijn dan mogelijke concentratieverschillen rond het filter/
- De EGV een stabiele waarde bereikt, dit komt niet overeen met de theorie, waarin na één keer afpompen de EGV nog verandert.

De andere theorieën gaan uit van een zekere doorlaatbaarheid van de stijgbuiswand. Dit wordt ondersteund door het feit dat peilbuizen zonder zichtbare pieken gemiddeld 25% jonger zijn dan die met pieken/zaagtanden in de stijghoogteverschillengrafieken. De wisselende grootte van de peildaling kan ook goed verklaard worden met een wisselende kwaliteit van de stijgbuizen.

Lekkage bovenin de peilbuis: Deze theorie is onwaarschijnlijk omdat:

- Weinig buizen van staal zijn gemaakt, zodat veel PVC buizen alleen bovenin een lek moeten hebben, waarvoor geen oorzaak bekend is (naden komen over de hele buis

voor).

- Bij deze theorie verzoet de hele stijgbuis, wat niet overeenkomt met de resultaten uit het onderzoek. Het diepste deel van water in deze stijgbuizen is namelijk niet zoet. Dit kan in de theorie passen als de zoetwaterkolom het peilfilter nog niet heeft bereikt, maar het is dan wel erg toevallig dat dit bij alle onderzochte buizen zo is.
- De peilbuisverzoeting vindt plaats over een groot deel van de peilbuis, maar het chloridegehalte is bovenin de peilbuis zouter dan freatisch water.

PVC doordatend voor ionen en lekkage op de naden: De volgende theorieën hebben ongeveer hetzelfde effect en zijn hierdoor moeilijk van elkaar te onderscheiden aan de hand van waarnemingen. Er zijn geen waarnemingen gedaan die duidelijk niet met deze theorieën stroken. Beide theorieën hebben een doorlatendheid van de stijgbuiswand als oorzaak voor peilbuisverzoeting en beide theorieën kunnen met een proefopstelling getest worden.

3.5 Nader onderzoek

Het enige wat nog vrij onbekend is, is de ruimtelijk verdeling van het chloridegehalte over de stijgbuis en het verloop over de tijd. Dit is belangrijk voor het achterhalen van de oorzaak van de verzoeting in de stijgbuis. Als er op verschillende diepten in de stijgbuis EGV-metende divers worden gehangen kan worden vastgesteld hoe snel de verzoeting gaat op welke diepten. Deze proef kan het beste in een put worden uitgevoerd met een goed werkende zoutwachter, zodat de elektrische weerstands- en geleidingseigenschappen van het water in en buiten de stijgbuis vergeleken kunnen worden. Hieruit kan goed worden opgemaakt of de concentratie chloride in het grondwater effect heeft op het water in de stijgbuis. Ook is de exacte grootte van het probleem nog onbekend. Hoeveel daalt het peil nou na een afpompings? Dit is makkelijk na te gaan door bij de volgende tweejaarlijkse monsterneming (dan wordt er afgepompt) ook de stijghoogte voor en na bemonstering te meten. De laatste stijghoogte moet wel pas na minimaal een kwartier gemeten worden om het peil te laten herstellen van de afpompings.

3.6 Oplossingen

Oplossingen voor de verzoeting zijn:

- De peilbuizen afpompen voor een stijghoogtemeting. De regelmaat van deze maatregel hangt af van de snelheid van de verzoeting. Deze oplossing is arbeidsintensief.
- De verzoeting per peilbuis onderzoeken en een aanpassing bedenken. Dit is erg veel werk en uitkomst is onzeker. Deze oplossing is dus niet aan te raden.
- De peilfilters met peilbuisverzoeting niet meer gebruiken. Dit betekent een verlies aan meetpunten (voor stijghoogten) in de diepere lagen.
- Een preventieve oplossing is een eis van waterdichtheid te stellen aan nieuwe peilbuizen als de oorzaak in een doorlatendheid van de stijgbuis ligt.

3.7 Conclusies en aanbevelingen

Het probleem dat door de peilbuisverzoeting ontstaat, is dat de gemeten stijghoogten vertekend zijn. De afwijkingen die hierdoor ontstaan variëren van enkele centimeters tot twee meter en worden hierdoor onbruikbaar. Ook is de peilbuisverzoeting erg moeilijk te voorspellen, zodat een correctie bijna onuitvoerbaar wordt. Een goed werkende oplossing is het afpompen van de peilbuizen voor een stijghoogtemeting. Dit is arbeidsintensief (ongeveer 25 maal meer tijd nodig) en kan met de huidige meetfrequentie niet worden uitgevoerd, maar nu zijn de stijghoogten van zoute en brakke peilfilters toch waardeloos.

Advies: Verlaag de frequentie van stijghoogtemetingen en pomp de peilbuizen met (mogelijke) peilbuisverzoeting af (één maal) voor deze meting (mogelijk gecombineerd met monsternemingen).

Aangezien er vrij weinig peilfilters goed zijn onderzocht is de voorkomendheid van peilbuisverzoeting nog niet nauwkeurig bekend. Dit is eenvoudig te onderzoeken door bij de eerstvolgende monstername voor peilfilters met mogelijke peilbuisverzoeting het stijghoogteverschil tussen voor en na afpompings te meten (zie §3.5). Ook de oorzaak van peilbuisverzoeting kan met behulp van proef- of laboratoriumopstellingen bepaald worden.

Advies: Verricht een nader onderzoek naar de voorkomendheid en oorzaak van peilbuisverzoeting

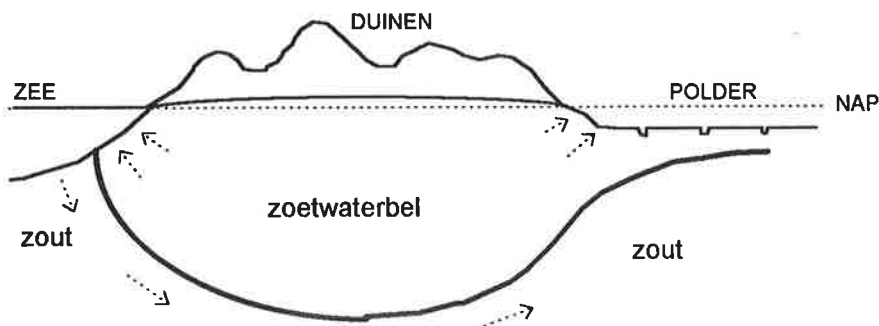
Het aantal keren dat er moet worden afgepompt om een goed monster te krijgen uit een peilbuis kan nu x keer de buisinhoud. In de praktijk varieert de benodigde afpompings nogal, zodat er meestal teveel wordt afgepompt. Dit is onhandig en kan opgelost als de EGV van het opgepompte water wordt gemeten, zoals in mijn onderzoek. Men weet dan precies wanneer de EGV stabiel is en wanneer er dus een monster kan worden genomen.

Advies: Neem de EGV-meter op in de standaardprotocol voor het nemen van een monster uit een peilbuis.

4. Kartering zoet/zout grensvlak

Doordat de duinen boven zeeniveau liggen en er een neerslagoverschot is, kon hier een zoetwaterbel ontstaan. Zoet water is een fractie lichter dan zout water, waardoor de zoetwaterbel blijft drijven op het zoute water. Dit zoute water stroomt door een stijghoogteverschil tussen de zee en de polder (onder NAP) naar de polders achter de duinen. Deze stroming gaat onder de zoetwaterbel door en veroorzaakt zoute kwel in de polder. Het neerslag overschot in de duinen wordt naar de zijkanten (zee en duinrand) afgevoerd (voor verdere theorie zie Lit x). De concentraties chloride in het zoute deel van het grondwater liggen rond de 16.000 mg/l en in het zoete deel is dat 30 tot 150 mg/l (zee = 20.000 mg/l).

Deze huidige zoetwaterbel ligt in het midden rond de honderd meter diep. De overgang van zoet naar zout is in het midden van de bel gewoonlijk het dunst (5-10 meter) en aan de randen het dikst (20 meter). De brakke zone wordt dikker door het voorkomen van slechtdoorlatende lagen (tot bijvoorbeeld 60 meter). De grootte van de zoetwaterbel is voornamelijk in deze eeuw, naast de neerslag, ook beïnvloed door menselijke activiteiten. Vooral wateronttrekkingen voor drinkwater en industrie veroorzaakten een krimpeling van de bel. In de laatste decennia houdt men hier rekening mee door minder te onttrekken en ook water te infiltreren. Hierdoor wordt de zoetwaterbel langzaam weer groter. Om te weten op welke diepte deze grens ligt, is in het verleden een kartering gemaakt.



Figuur 4.1 Zoetwaterbel

Deze kartering is gemaakt voor de jaren 1976-1979 door P.J. Stuyfzand. Om tot een kartering te komen gebruikte hij voornamelijk analyses van chloride. Deze gegevens waren afkomstig van de PWN, RIVM, hoogovens en de VU. Als karteringsgrens heeft hij de grens van 300 mg/l genomen. Dit is gedefinieerd als het begin van de brakke zone.

4.1 Grens in de kartering

In mijn kartering (voor 1996) moet ook een grens (twee) gekozen worden. De keuze van een chloridegehalte als grens hangt af van het doel van de kartering. De grens die Stuyfzand hanteerde is vooral voor de drinkwaterwinningen belangrijk. Door ook voor de huidige situatie een grens van 300 mg/l te hanteren kan de huidige situatie goed worden vergeleken met de situatie in 1976-1979.

Een ander chloridegehalte als grens is gekozen op basis van de dichtheid. Dit omdat dichtheden van het grondwater invloed hebben op grondwaterstromingen in modellen. De dichtheid hangt als volgt af van het chloridegehalte:

$$\rho = 0,9996 + 1,295 \cdot 10^{-6} * [Cl] \quad (\text{bij } 11^{\circ}\text{C en } [Cl] \text{ in mg/l})$$

$$[Cl] = 300 \text{ mg/l} \rightarrow 1000,0 \text{ kg/m}^3$$

$$[Cl] = 10.000 \text{ mg/l} \rightarrow 1012,6 \text{ kg/m}^3$$

$$[Cl] = 16.000 \text{ mg/l} \rightarrow 1020,3 \text{ kg/m}^3$$

$$[Cl] = 20.000 \text{ mg/l} \rightarrow 1025,9 \text{ kg/m}^3$$

De ondergrens van de brakke zone, gemeten in de diepste filters ligt rond de 16.000 mg/l, maar kan dieper nog iets oplopen. De concentratie 10.000 mg/l wordt vaker als grens gebruikt en ligt ongeveer in het midden tussen dichtheden van zoet en zout, en is hierom een goede grens. Bij dit chloridegehalte vertekenen stijghoogten door dichtheidsverschillen al 1,22%: 1,22 meter over een waterkolom in een peilbuis van 100 meter.

4.2 Gebruikte data

In de huidige situatie zijn er naast putten die worden bemonsterd voor chloride ook putten die ook nog een zoutwachter hebben. Vooral de putten met een zoutwachter geven nauwkeurige resultaten, vergeleken met putten die alleen chloride gegevens hebben. Stijghoogteverschillen dienen vooral als ondersteuning voor het bepalen van de trend (verzoeting of verzouting) en de diepte van de grens.

4.2.1 Zoutwachters

Er staan in het te karteren gebied 37 zoutwachters, die er gedeeltelijk sinds 1981 en gedeeltelijk sinds 1989 staan. De zoutwachters zijn voornamelijk geconcentreerd om DWAT (vier van de 37 bevinden zich niet in een straal van 1,5 km om DWAT) en zijn dus representatief voor een relatief klein gebied. Door de vele meetpunten per zoutwachter (meestal dertien) geven de resultaten van een zoutwachter een goed beeld van het verloop van zoet naar zout in de bodem en vormen zo een bron van nuttige gegevens. De kartering is gericht op meetgegevens uit het jaar 1996. Dit omdat de meest recente data van de zoutwachter ('97 en '98) matig van kwaliteit zijn, terwijl deze zoutwachtergegevens door hun nauwkeurigheid belangrijk zijn voor de kartering.

Voor het bepalen van de diepte van de gekozen grenzen (t.o.v. NAP) is het elektrische weerstandsverloop in de diepte gebruikt (zie H1). Een dieptelijn is in Dawaco op te vragen en uit te printen. Naast de dieptelijn (met zo min mogelijk foute waarden) uit 1996 is er ook een dieptelijn uit 1990 op dezelfde print afgedrukt om zo de recente trend te achterhalen. Dit is erg goed te zien door het verschuiven van de dieptelijn over de x-as (elektrische weerstand). Ook is op dezelfde print de boorkolom afgebeeld.

Deze dieptelijn wordt in verband gebracht met de boorkolom en chloridemetingen: Met de boorbeschrijving is de diepte van storende lagen bekend. Vaak liggen overgangen van zoet naar zout op deze diepten. Ook kunnen de gemeten weerstanden bij een elektrodenpaar nauwelijks veranderen doordat deze zich in een laag klei bevindt. Dit verband is door de combinatie van zoutwachter en boorprofiel goed te zien. De chloridegehalten worden vergeleken met gemeten weerstanden als hulp bij het bepalen van een gekozen grens. Het is immers niet precies bekend welke weerstand bij welk chloridegehalte hoort. Vaak is de overgangszone van zoet naar zout klein, zodat de nauwkeurigheid niet te veel heeft te leiden van dit tekort aan kennis. De (door de calibratie) berekende chloridewaarden zijn niet gebruikt i.v.m. hun onbetrouwbaarheid. De calibratie is wel gebruikt omdat deze een globale relatie geeft over de relatie tussen de weerstand en het chloridegehalte. Aangezien hier een afwijking in zit blijft het maar een indicatie. Een calibratie is voor weinig (\pm tien) zoutwachters beschikbaar. Uiteindelijk is een grens tot op ongeveer één of twee meter nauwkeurig te bepalen.

4.2.2 Chloridebepalingen

Veel van de peilbuizen die bemonsterd worden voor chloride hebben een filter in zoet grondwater. Er zijn maar ongeveer 60 peilfilters in het brakke traject en ongeveer 20 in het zoute traject. De bemonstering gebeurt tweejaarlijks en de gegevens zijn sinds 1990 ingevoerd in Dawaco. De meeste zoutwachters worden ook bemonsterd voor chloride, zodat er nog minder punten overblijven, naast de zoutwachters, waaruit een grens is af te leiden. Aangezien er fouten in de data voor kunnen komen zijn de chloridegehalten over een periode bekeken.

Net als de zoutwachtergegevens zijn de chloridegegevens in de diepte uitgezet en in verband gebracht met de boorkolom. Uit een aantal dieptelijnen is een soort standaard curve gemaakt die richtgevend werkt voor andere putten, behalve voor putten in de buurt van DWAT, omdat de normale zoet-zout-overgang hier verstoord is. De afwijking van deze methode is enkele meters, tot ongeveer vijf tot zeven meter. De chloridegegevens zijn ook gebruikt voor het bepalen van een trend, omdat deze metingen door hun regelmaat hiervoor erg geschikt zijn.

4.2.3 Stijghoogteverschillen

De stijghoogten worden al er lang gemeten. In Dawaco gaan ze af en toe zelfs terug tot 1909, maar ze zijn niet allemaal ingevoerd. Voor deze kartering is vooral de laatste tien jaar van belang. Uit stijghoogteverschillen is vrij weinig met zekerheid af te leiden over het zout in het grondwater, omdat slechtdoorlatende lagen ook stijghoogteverschillen tot gevolg kunnen hebben. De stijghoogteverschillen zijn wel nuttig voor het bepalen van een trend, aangezien een langzame trend in de stijghoogten alleen kan worden verklaard met een trend in de dichtheid. Deze trend in de stijghoogteverschillen wordt wel vergeleken met de tweejaarlijkse chloridemetingen.

4.2.4 Doorsneden

Nadat de grenzen en trend bepaald waren, zijn deze, indien mogelijk, met elkaar in verband gebracht door de grenzen in te tekenen op geohydrologische dwarsdoorsneden, gemaakt door M.A.M. Koster. Hierdoor vallen vreemde uitschieters op, zodat deze nog eens nagekeken konden worden. Ongeveer de helft van de gegevens is zo gecontroleerd.

4.3 Resultaat

Vergeleken met het aantal punten voor de kartering die Stuyfzand heeft gemaakt is er nauwelijks vooruitgang: van 49 toen, naar 50 nu. De oorzaak hiervan is niet dat er ongeveer evenveel meetpunten zijn als toen, maar dat het zoet-zout-vlak in de tussentijd (18-20 jaar) ruim tien meter is gedaald. Hierdoor zijn een aantal putten die vroeger in de brakke zone lagen hier nu buiten komen te liggen, zodat deze voor mijn kartering onbruikbaar zijn geworden. Van deze 50 putten zijn er 23 zoutwachters. De kartering van de 10.000 mg/l grens is gebaseerd op 31 punten, waarvan er 22 zoutwachters zijn. Voor resultaten zie bijlage IX, X en XI. De kwaliteit van de data is er wel op vooruit gegaan. De resultaten van de zoutwachters zijn namelijk erg geschikt voor het bepalen van een grens van de brakke zone. De ruimtelijke verspreiding van de zoutwachters is alleen minder goed: vooral om DWAT.

Het hele zoet-zout-vlak is vergeleken met de vorige kartering ongeveer tien meter gedaald. De 90 meter lijn op Stuyfzands kaart is ongeveer even groot als de 100 meter-lijn op mijn kaart. In het deel boven Wijk aan Zee is het vlak niet veel veranderd. De brakke zone ligt hier voornamelijk in een dik pakket van slechtdoorlatende lagen (zie bijlage IX). Aan de rand van deze pakketten daalt het zoet-zout-vlak steil naar 50 meter dieper. Onder DWAT is de 10.000 mg/l-grens teruggedrongen tot bijna 120 m -NAP (5-10 meter dieper dan omgeving) door overinfiltratie.

Literatuurlijst

- M.J. van Bracht, *Introductie in de geohydrologie*, Dienst Grondwaterverkenning TNO, 1988, rapportnr. PN 85-12.
- R.A. van Overmeeren, J.W.T.M. Reckman, A.P. Michels, *Het spreadsheet ZOUT.XLS, handleiding v 1.0*, 1997, Nederlands instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, TNO-rapport NITG 97-209-A
- R.A. van Overmeeren, J.W.T.M. Reckman, A.P. Michels, *Bewerking zoutwachtergegevens, Omrekening van elektrische weerstand naar chloridegehalte en opslag van de gegevens in een spreadsheet*, 1997, Nederlands instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, TNO-rapport NITG 97-81-(B)
- H.L.M. Rolf, *Secundair 8 (diepinfiltratie Watervlak) capaciteitsproef punt PM8-04, Technische rapportage Onderzoek in het kader van de renovatie duinsecundairs*, 1998, intern rapport HY 98-5.
- P.J. Stuyfzand, *Hydrochemie en Hydrologie van het duingebied tussen Egmond en Wijk aan Zee*, KIWA N.V. 1985, SWE-85.012
- R.J.R. Weersink, *Bepaling van het verband tussen geohmmeting en chloridegehalte en resultaten van computerprogramma Konikow-Bredehoeft*.1992
- *Permanant Electrode Systems for Groundwater Quality Monitoring, Instruction manual*, Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO.
- Hoenjet & v.d. Marck, *Hoe schrijf ik een rapport, Beknopte handleiding voor het schrijven van rapporten, verslagen en scripties*, 1996

Bijlagen

Bijlage I, Zoutwachtergegevens 19CZW644, dubbele zoutwachter

19CZW644-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28-04-1981	0.74	2.36	7.50	6.90	11.10	14.60	18.80	19.70	22.20	20.00	22.40	23.00	23.40
28-08-1981	0.74	1.72	8.00	7.10	11.90	15.30	21.80	21.20	22.30	19.40	20.30	20.70	20.70
14-10-1981	30.50	8.80	8.00	90.00-	8.32	26.40	20.60	28.00	17.40	25.60	179.00	90.00-	21.00
29-12-1981	0.77	1.84	7.90	7.00	11.70	16.00	21.20	20.60	21.60	18.80	19.90	19.90	20.00
28-04-1982	40.60	16.10	8.90	90.00-	54.00	29.00	20.50	28.70	16.30	25.00	17.00	90.00-	20.60
28-08-1982	38.00	17.00	9.60	90.00-	53.00	31.00	22.30	30.40	17.80	26.20	17.80	90.00-	20.40
14-10-1982	50.00	19.00	9.80	90.00-	63.00	31.20	21.60	32.00	18.30	26.60	17.60	90.00-	20.00
14-12-1982	48.00	25.40	11.30	90.00-	71.00	31.40	21.10	30.60	18.00	27.70	18.50	90.00-	23.20
28-04-1983	90.00-	34.20	119.00	90.00-	77.00	35.20	25.30	41.80	23.40	33.20	24.70	90.00-	26.10
28-08-1983	0.86	40.60	13.30	90.00-	97.00	44.30	28.20	47.70	22.90	29.00	21.40	90.00-	20.20
14-10-1983	88.50	40.20	13.50	90.00-	104.00	49.00	27.90	47.00	19.00	24.70	17.35	90.00-	18.75

19CZW644-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28-04-1981	48.90	12.00	7.80	90.00-	47.60	20.40	19.20	27.80	18.60	29.50	19.80	90.00-	24.40
28-08-1981	27.00	9.90	7.40	90.00-	49.30	24.50	21.60	27.90	17.70	26.20	18.30	90.00-	21.00
14-10-1981	0.69	1.66	7.70	7.00	11.60	15.50	21.40	20.80	21.80	18.80	20.00	20.20	20.30
29-12-1981	29.00	12.10	8.20	90.00-	39.00	28.30	21.40	27.70	16.70	25.00	17.40	90.00-	21.00
28-04-1982	0.75	2.17	8.14	7.10	12.00	17.10	21.10	20.50	21.60	18.70	19.50	19.70	19.90
28-08-1982	0.84	2.38	9.05	7.40	13.20	19.20	22.60	21.80	22.80	19.70	20.50	20.70	21.30
14-10-1982	0.80	2.50	10.00	7.30	13.80	19.90	23.10	22.40	23.80	19.20	21.70	21.60	22.20
14-12-1982	0.82	6.60	11.10	7.50	14.40	20.10	23.20	21.30	22.50	20.00	21.60	22.00	23.30
28-04-1983	90.00-	7.70	126.00	8.10	15.00	21.40	26.60	27.30	31.00	26.70	29.30	30.50	30.10
28-08-1983	0.96	7.70	13.80	84.00	18.20	25.00	33.20	31.20	32.40	24.00	26.00	26.70	24.30
14-10-1983	0.93	7.90	14.00	8.50	19.20	26.05	33.40	30.30	30.25	19.65	20.80	21.35	20.80

Bijlage II, Zoutwachtergegevens 19CZW622-1, kommafouten

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28-04-1983	1.35	3.50	1.20	2.60	1.70	8.10	7.60	22.10	0.52	14.30	7.00	5.20	50.40
28-08-1983	1.34	4.00	0.90	4.40	0.05	8.80	6.50	20.00	7.00	15.30	7.00	48.60	46.00
14-10-1983	1.33	4.28	1.01	3.62	0.19	9.00	6.80	18.65	8.90	17.85	7.00	46.40	46.10
14-12-1983	1.36	4.10	1.06	2.67	4.00	8.89	6.68	19.60	10.90	18.80	7.70	42.00	45.20
28-04-1984	1.42	5.22	1.06	2.01	0.74	8.80	6.70	17.40	11.10	18.90	9.10	43.40	46.00
28-08-1984	1.42	4.30	1.10	1.88	1.08	8.30	6.80	18.80	8.80	14.38	10.60	42.30	46.60
14-10-1984	1.42	4.44	1.09	2.00	0.95	8.65	7.10	16.30	4.19	12.25	11.10	41.25	47.85
14-12-1984	1.39	3.98	1.09	1.79	1.13	8.30	6.90	14.30	4.25	11.70	10.70	36.80	47.50
28-04-1985	1.38	3.84	1.10	1.70	1.24	8.30	6.90	14.80	9.00	17.00	10.50	38.00	47.20
28-08-1985	1.37	2.70	1.14	1.82	1.30	8.50	6.80	14.60	8.40	14.20	11.20	40.70	45.00
14-10-1985	1.34	3.50	1.17	1.85	1.35	8.10	6.70	13.00	8.10	13.50	11.20	39.20	43.80
14-12-1985	1.34	3.28	1.15	1.82	1.38	8.20	6.60	12.30	7.80	13.90	13.80	41.20	44.20
28-04-1986	1.35	4.17	1.08	1.74	1.39	8.40	6.80	14.90	9.00	15.50	9.00	41.30	45.80
28-08-1986	1.31	3.95	1.12	1.90	1.44	8.00	6.90	13.50	7.60	13.70	9.80	43.10	45.10
14-10-1986	1.30	3.63	1.14	1.68	1.63	7.60	6.60	12.20	7.40	14.20	10.00	42.10	44.50
14-12-1986	13.20	40.50	10.90	17.70	15.10	8.30	6.70	12.30	7.80	15.10	10.80	44.80	46.90
28-04-1987	1.28	4.31	1.08	0.20	1.47	8.10	6.70	11.10	5.00	13.55	9.50	40.95	43.75
28-08-1987	0.80	4.26	1.07	2.53	1.49	8.20	6.75	11.70	5.50	13.40	9.40	41.80	44.30
14-10-1987	1.28	4.26	0.97	3.02	1.55	7.70	6.80	9.80	4.90	12.80	9.30	40.10	43.40
28-04-1988	1.29	4.06	0.99	2.93	1.49	7.80	6.50	9.10	4.70	13.50	10.00	37.40	42.40
28-08-1988	1.29	3.89	0.95	2.91	1.51	6.00	6.60	10.20	4.70	12.90	10.00	38.40	41.60
14-10-1988	1.26	4.17	1.05	2.20	1.51	6.20	6.40	8.80	4.40	13.00	10.40	36.20	41.60
14-12-1988	1.28	4.00	1.10	2030.00	1.62	7.80	6.50	8.40	4.10	13.20	11.00	34.70	40.50
28-04-1989	1.30	4.36	1.01	2.85	1.57	7.20	6.50	7.80	4.30	13.60	10.95	35.10	40.15
28-08-1989	1.30	3.42	1.12	2.31	1.50	7.40	6.30	7.50	4.60	12.80	12.70	32.20	38.00
14-12-1989	1.28	3.84	0.95	2.89	1.51	7.60	6.40	7.40	4.00	13.30	11.10	31.80	39.50

Bijlage III, Zoutwachtergegevens, defecte elektrodeparen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14-02-1990	0.49	5.04	4.44	30.17	23.66	30.72	26.83	28.85	29.44	30.19	29.33	29.54	31.01
28-04-1990	90.00	5.30	4.20	90.00	25.20	33.40	28.70	31.00	32.60	33.80	31.20	33.00	33.70
18-05-1990	0.28	5.11	4.44	6.74	23.32	30.71	26.85	28.77	29.51	30.10	29.39	29.43	31.09
16-08-1990	90.00	5.10	4.10	90.00	23.00	30.00	26.10	27.80	28.70	29.50	29.00	28.70	30.50
27-09-1990	0.26	5.24	4.42	3.91	23.47	30.65	26.85	28.81	29.43	30.08	29.31	29.42	31.00
14-10-1990	90.00	5.40	4.20	90.00	25.40	32.90	23.50	30.60	32.00	33.40	31.00	32.60	33.50
22-11-1990	0.28	5.30	4.41	7.29	23.41	30.64	26.84	28.83	29.37	30.03	29.03	29.38	30.98
14-12-1990	90.00	5.45	4.30	90.00	25.30	32.80	28.50	30.70	31.80	33.70	30.70	32.70	33.60
22-02-1991	0.94	5.37	4.41	43.57	23.18	30.71	26.83	28.84	29.32	30.08	28.86	29.42	31.00
28-04-1991	90.00	5.60	4.25	90.00	25.00	33.44	28.80	31.10	32.30	34.20	30.80	33.20	34.00
2-05-1991	0.55	5.42	4.40	20.24	22.96	30.62	26.83	28.80	29.31	30.13	28.80	29.37	31.00
2-08-1991	28.70	5.30	4.00	4.00	22.40	30.00	26.20	27.90	28.40	29.70	28.30	28.90	30.60
28-08-1991	90.00	5.80	4.25	90.00	25.50	33.60	29.00	31.50	32.50	34.60	31.00	33.40	34.30
14-10-1991	90.00	5.80	4.20	90.00	25.00	33.60	29.00	31.30	32.30	34.50	30.80	33.40	34.10
1-11-1991	0.26	5.61	4.39	3.98	22.65	30.53	26.85	28.77	29.22	30.21	28.72	29.37	31.02
14-12-1991	90.00	5.70	4.20	90.00	24.20	33.20	28.80	31.10	32.20	34.40	30.60	33.20	34.00
31-01-1992	0.18	5.67	4.38	3.57	22.11	30.34	26.82	28.73	29.25	30.33	28.74	29.35	31.02
21-04-1992	0.11	5.74	4.37	0.10	22.03	30.27	26.80	28.73	29.25	30.45	28.76	29.35	31.02
30-07-1992	0.35	5.83	4.37	5.42	21.89	30.21	26.80	28.75	29.21	30.35	28.77	29.36	31.05
6-11-1992	0.40	5.91	4.36	9.72	21.89	30.22	26.81	28.79	29.16	30.24	28.75	29.41	31.06
26-01-1993	0.30	5.99	4.35	6.50	22.02	30.23	26.81	28.83	29.11	30.03	28.75	29.41	31.05
4-05-1993	0.04	6.07	4.34	0.74	22.17	30.24	26.81	28.87	29.03	29.83	28.74	29.43	31.07
27-07-1993	4.06	6.17	4.33	90.00	22.20	30.31	26.88	28.93	29.01	29.90	28.76	29.56	31.17
26-10-1993	0.17	6.28	4.32	1.42	22.18	30.23	26.84	28.91	28.93	29.75	28.73	29.53	31.07
11-01-1994	0.51	6.38	4.31	15.31	22.39	30.43	26.95	28.84	28.80	29.74	28.72	29.57	31.02
14-04-1994	0.45	6.50	4.29	3.25	22.66	30.46	26.97	28.81	28.59	29.66	28.72	29.58	31.03
12-07-1994	0.22	6.65	4.28	0.60	22.76	30.51	27.01	28.85	28.39	29.53	28.75	29.61	31.05
13-10-1994	0.20	6.82	4.27	0.74	22.84	30.46	26.96	28.84	28.00	29.49	28.74	29.61	31.00
10-01-1995	6.32	6.97	4.27	11.75	22.67	30.61	27.17	28.86	27.67	29.52	28.75	29.63	30.99
28-04-1995	90.00	8.10	3.90	90.00	25.00	33.30	29.10	31.30	30.80	34.20	31.60	34.30	34.90
28-08-1995	90.00	7.70	4.09	90.00	25.70	33.10	29.30	31.40	33.90	34.00	31.40	34.50	35.10
16-10-1995	95.00	7.80	4.00	95.00	24.60	32.90	28.80	31.10	30.50	33.80	30.90	34.20	34.90
14-12-1995	90.00	7.80	4.02	90.00	24.20	32.60	28.20	31.00	31.90	33.60	32.00	34.90	38.20
1-05-1996	3.25	7.79	4.25	1541.40	23.01	30.10	26.96	29.16	28.52	30.35	29.35	31.39	33.06
27-08-1996	3.15	7.99	4.24	264.00	21.83	29.95	26.86	28.82	27.98	30.18	29.39	31.00	32.15
21-10-1996	3.06	8.07	4.23	90.00	21.58	29.86	26.84	28.96	27.72	30.12	29.23	30.68	32.15
18-12-1996	3.09	8.16	4.23	733.50	21.44	29.73	26.84	28.53	27.78	30.18	29.22	30.78	32.26
29-04-1997	3.18	21.80	26.70	21.20	13.16	19.54	30.00	35.10	29.50	30.70	34.10	30.90	34.00
16-10-1997	90.00	8.75	90.00	90.00	20.70	29.30	26.50	28.50	27.00	30.30	29.00	31.00	33.90
28-10-1997	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
28-04-1998	90.00	0.39	0.15	90.00	20.40	29.10	26.30	28.60	26.70	30.20	28.90	29.60	30.70
12-10-1998	90.00	0.38	0.16	90.00	20.30	29.00	26.20	28.60	26.60	30.40	28.90	29.70	30.60

Bijlage IV, Zoutwachtergegevens, MS²

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19CZW772													
1-10-1997	0.55	0.80	2.08	7.52	8.34	9.05	8.65	8.62	8.95	8.83	9.70	9.68	17.52
16-10-1997	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
28-10-1997	0.55	0.70	90.00	12.07	16.05	18.48	14.09	17.05	18.49	17.16	19.34	18.81	17.29
24-11-1997	0.59	0.66	2.31	8.41	8.27	9.09	9.32	8.47	8.92	8.81	9.50	9.42	17.09
27-04-1998	0.58	0.27	0.03	16.56	15.43	18.76	14.56	17.14	20.00	18.72	18.91	17.51	16.05
19CZW773													
1-10-1997	0.70	0.85	3.30	5.80	6.80	7.90	6.67	9.80	10.12	10.54	10.72	10.61	18.58
16-10-1997	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
28-10-1997	0.54	0.63	90.00	9.09	13.37	14.23	14.01	19.02	22.30	23.10	23.70	22.20	19.69
24-11-1997	0.54	0.63	90.00	8.14	15.74	14.81	14.80	19.35	22.20	22.70	23.80	22.30	19.62
27-04-1998	0.53	0.17	0.02	7.57	20.90	14.34	14.17	19.27	21.80	18.96	22.70	22.70	22.10
19CZW774													
1-10-1997	0.57	0.90	90.00	1.80	2.35	3.64	13.47	24.00	28.30	29.50	27.80	28.50	29.10
16-10-1997	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
28-10-1997	0.56	0.82	90.00	1.86	2.47	2.87	11.60	23.50	27.90	28.90	27.80	28.30	28.40
24-11-1997	0.56	0.66	90.00	1.76	2.06	2.40	9.52	23.80	28.40	29.40	27.80	28.30	28.60
27-04-1998	0.55	0.11	0.02	2.08	2.82	3.15	7.67	22.60	27.40	27.70	27.20	28.20	27.70

Bijlage V, Gecorrigeerde lijstlabcodes

Bemonsteringsprogramma CHLORIDE

Vervallen peilbuizen hebben ook monsterpuntcodes, maar deze zijn niet ingevoerd in Dawaco.

omschrijving	monsterp	opmerkingen
19AN W158-1	B-031	19AN W029-1 B-111
19AN W158-2	B-032	19AN W029-2 B-112
19AN W158-3	B-033	19AN W030-1 B-121
19AN W158-4	B-034	19AN W032-1 B-131
19AN W158-5	B-035	19AN W032-2 B-132
19AN W159-1	B-041	19AN W033-1 B-141
19AN W159-2	B-042	19AN W028-1 B-151
19AN W159-3	B-043	19AN W028-2 B-152
19AN W159-4	B-044	19AZ W034-1 B-161
19AN W159-5	B-045	19AZ W036-1 B-171
19AN W160-1	B-051	19AZ W035-1 B-181
19AN W160-2	B-052	19AZ W037-1 B-191
19AN W160-3	B-053	19AN W263-1 B-201
19AN W160-4	B-054	19AN W263-2 B-202
19AN W161-1	B-061	19AN W263-3 B-203
19AN W161-2	B-062	19AN W263-4 B-204
19AN W161-3	B-063	19AN W263-5 B-205
19AN W161-4	B-064	19AN W263-6 B-206
19AN W162-1	B-071	19AN W264-1 B-211
19AN W162-2	B-072	19AN W264-2 B-212
19AN W162-3	B-073	19AN W264-3 B-213
19AN W162-4	B-074	19AN W264-4 B-214
19AN W163-1	B-081	19AN W264-5 B-215
19AN W163-2	B-082	19AN W264-6 B-216
19AN W163-3	B-083	19AN W265-1 B-221
19AN W026-1	B-091	19AN W265-2 B-222
19AZ W179-1	B-0A1	19AN W265-3 B-223
19AZ W179-2	B-0A2	19AN W265-4 B-224
19AZ W179-3	B-0A3	19AN W265-5 B-225
19AZ W179-4	B-0A4	19AN W265-6 B-226
19AZ W180-1	B-0B1	19AN W260-1 B-231
19AZ W180-2	B-0B2	19AN W260-2 B-232
19AZ W180-3	B-0B3	19AN W260-3 B-233
19AZ W180-4	B-0B4	19AN W260-4 B-234
19AZ W180-5	B-0B5	19AN W260-5 B-235
19AZ W181-1	B-0C1	19AN W260-6 B-236
19AZ W181-2	B-0C2	19AN W260-7 B-237
19AZ W181-3	B-0C3	19AN W261-1 B-241
19AZ W181-4	B-0C4	19AN W261-2 B-242
19AZ W181-5	B-0C5	19AN W261-3 B-243
19AN W182-1	B-0D1	19AN W261-4 B-244
19AN W182-2	B-0D2	19AN W261-5 B-245
19AZ W182-3	B-0D3	19AN W261-6 B-246
19AN W182-4	B-0D4	19AN W247-1 B-251
19AN W027-1	B-101	19AN W247-2 B-252
19AN W027-2	B-102	19AN W247-3 B-253

19AN W247-4	B-254		19CN W133-1	C-031
19AN W248-1	B-261		19CN W133-2	C-032
19AN W248-2	B-262		19CN W133-3	C-033
19AN W248-3	B-263		19CN W122-1	C-041
19AN W248-4	B-264		19CN W122-2	C-042
19AN W248-5	B-265		19CN W122-3	C-043
19AN W248-6	B-266		19CN W122-4	C-044
19AN W248-7	B-267		19CN W122-5	C-045
19AN W249-1	B-271		19CN W122-6	C-046
19AN W249-2	B-272		19CN W126-1	C-051
19AN W249-3	B-273		19CN W126-2	C-052
19AN W249-4	B-274		19CN W126-3	C-053
19AN W249-5	B-275		19CN W130-1	C-061
19AN W249-6	B-276		19CN W130-2	C-062
19AN W249-7	B-277		19CN W130-3	C-063
19AN W249-8	B-278		19CN W130-4	C-064
19AN W246-1	B-281	geen data binnen	19CN W130-5	C-065
19AN W246-2	B-282	"	19CN W130-6	C-066
19AN W246-3	B-283	"	19CN W134-1	C-071
19AN W246-4	B-284	"	19CN W134-2	C-072
19AN W246-5	B-285	"	19CN W134-3	C-073
19AN W246-6	B-286	"	19CN W134-4	C-074
19AN W246-7	B-287	"	19CN W134-5	C-075
19AN W348-1	B-291		19CN W134-6	C-076
19AN W348-2	B-292		19CN W134-7	C-077
19AN W348-3	B-293		19CN W123-1	C-081
19AN W348-4	B-294		19CN W123-2	C-082
19AN W349-1	B-301		19CN W123-3	C-083
19AN W349-2	B-302		19CN W123-4	C-084
19AN W349-3	B-303		19CN W127-1	C-091
19AN W349-4	B-304		19CN W127-2	C-092
19AN W344-1	B-311		19CN W127-3	C-093
19AN W344-2	B-312		19CN W127-4	C-094
19AN W344-3	B-313		19CN W131-1	C-101
19AN W344-4	B-314		19CN W131-2	C-102
19AN W344-5	B-315		19CN W582-1	C-111
19AN W344-6	B-316		19CN W582-2	C-112
19AZ W347-1	B-321		19CN W582-3	C-113
19AZ W347-2	B-322		19CN W582-4	C-114
19AZ W347-3	B-323		19CN W582-5	C-115
19AZ W347-4	B-324		19CN W582-6	C-116
19AZ W347-5	B-325		19CN W124-1	C-121
19CN W121-1	C-001		19CN W124-2	C-122
19CN W121-2	C-002		19CN W124-3	C-123
19CN W121-3	C-003		19CN W124-4	C-124
19CN W121-4	C-004		19CN W124-5	C-125
19CN W125-1	C-011		19CN W124-6	C-126
19CN W125-2	C-012		19CN W128-1	C-131
19CN W125-3	C-013		19CN W128-2	C-132
19CN W125-4	C-014		19CN W128-3	C-133
19CN W125-5	C-015		19CN W132-1	C-141
19CN W125-6	C-016		19CN W132-2	C-142
19CN W129-1	C-021		19CN W132-3	C-143
19CN W129-2	C-022		19CN W132-4	C-144

19CN W132-5	C-145	19CN W071-1	C-241
19CN W132-6	C-146	19CN W071-2	C-242
19CN W618-1	C-151	19CN W071-3	C-243
19CN W618-10	C-1510	19CN W071-4	C-244
19CN W618-2	C-152	19CN W071-5	C-245
19CN W618-3	C-153	19CZ W096-1	C-251
19CN W618-4	C-154	19CZ W096-2	C-252
19CN W618-5	C-155	19CZ W096-3	C-253
19CN W618-6	C-156	19CZ W096-4	C-254
19CN W618-7	C-157	19CZ W143-1	C-261
19CN W618-8	C-158	19CZ W143-2	C-262
19CN W618-9	C-159	19CZ W143-3	C-263
19CN W619-1	C-161	19CZ W136-1	C-271
19CN W619-10	C-1610	19CZ W136-2	C-272
19CN W619-11	C-1611	19CZ W136-3	C-273
19CN W619-2	C-162	19CZ W136-4	C-274
19CN W619-3	C-163	19CN W095-1	C-281
19CN W619-4	C-164	19CN W095-2	C-282
19CN W619-5	C-165	19CN W095-3	C-283
19CN W619-6	C-166	19CN W095-4	C-284
19CN W619-7	C-167	19CZ W097-1	C-291
19CN W619-8	C-168	19CZ W097-2	C-292
19CN W619-9	C-169	19CZ W097-3	C-293
19CN W072-1	C-171	19CZ W097-4	C-294
19CN W072-2	C-172	19CZ W097-5	C-295
19CN W072-3	C-173	19CZ W100-1	C-301
19CN W072-4	C-174	19CZ W100-2	C-302
19CZ W098-1	C-181	19CZ W100-3	C-303
19CZ W098-2	C-182	Duinmeer	C-401 niet ingelezen, code dawaco?
19CZ W098-3	C-183	19AZ W193-1	E-001
19CZ W098-4	C-184	19AZ W193-2	E-002
19CZ W110-1	C-191	19AZ W193-3	E-003
19CZ W110-2	C-192	19AZ W193-4	E-004
19CZ W110-3	C-193	19AZ W193-5	E-005
19CZ W110-4	C-194	19CN W581-1	E-011
19CN W094-1	C-201	19CN W581-2	E-012
19CN W094-2	C-202	19CN W581-3	E-013
19CN W094-3	C-203	19CN W581-4	E-014
19CN W094-4	C-204	19CN W581-5	E-015
19CN W137-1	C-211	19CN W581-6	E-016
19CN W137-2	C-212	19AN W021-1	E-021 niet ingelezen, 19AN-W021 heeft al een ander monsterpuntcode
19CN W137-3	C-213	19AN W021-2	E-022 niet ingelezen, idem
19CN W137-4	C-214	19AN W021-3	E-023 schijnt wel te bestaan in dawaco
19CN W137-5	C-215	19AN W021-4	E-024 niet ingelezen
19CN W137-6	C-216	19AZ W194-1	E-031
19CZ W099-1	C-221	19AZ W194-2	E-032
19CZ W099-2	C-222	19AZ W194-3	E-033
19CZ W099-3	C-223	19CN W117-1	E-041
19CZ W099-4	C-224	19CN W117-2	E-042
19CZ W101-1	C-231		
19CZ W101-2	C-232		
19CZ W101-3	C-233		
19CZ W101-4	C-234		
19CZ W101-5	C-235		

19CN W117-3 E-043
19CN W117-4 E-044
19CN W152-1 E-051
19CN W152-2 E-052
19CN W152-3 E-053
19CN W152-4 E-054
19CN W152-5 E-055
19CN W152-6 E-056
19CN W152-7 E-057
19CN W152-8 E-058
19AZ W195-1 E-061
19AZ W195-2 E-062
19AZ W195-3 E-063
19CN W118-1 E-071
19CN W118-2 E-072
19CN W118-3 E-073
19CN W118-4 E-074
19CN W153-1 E-081
19CN W153-2 E-082
19CN W153-3 E-083
19CN W153-4 E-084
19CN W153-5 E-085
19CN W153-6 E-086
19CN W153-7 E-087
19AZ W259-1 E-091
19AZ W259-2 E-092
19AZ W259-3 E-093
19AZ W259-4 E-094
19AZ W259-5 E-095
19AZ W259-6 E-096
19AZ W259-7 E-097
19AZ W259-8 E-098
19CN W116-1 E-101
19CN W116-2 E-102
19CN W116-3 E-103
19CN W116-4 E-104
19CN W116-5 E-105
19CN W119-1 E-111
19CN W119-2 E-112
19CN W119-3 E-113
19CN W119-4 E-114
19CN W154-1 E-121
19CN W154-2 E-122
19CN W154-3 E-123
19CN W154-4 E-124
19CN W154-5 E-125
19CZ W102-1 H-001
19CZ W102-2 H-002
19CZ W102-3 H-003
19CZ W102-4 H-004
19CZ W103-1 H-011
19CZ W103-2 H-012
19CZ W103-3 H-013
19CZ W103-4 H-014

19CZ W108-1 H-031
19CZ W108-2 H-032
19CZ W108-3 H-033
19CZ W108-4 H-034
19CZ W104-1 H-041
19CZ W104-1 H-051
19CZ W104-2 H-052
19CZ W104-3 H-053
19CZ W104-4 H-054
19CZ W157-1 H-061
19CZ W157-2 H-062
19CZ W157-3 H-063
19CZ W157-4 H-064
19CZ W157-5 H-065
19CZ W157-6 H-066
19CZ W157-7 H-067
19CZ W157-8 H-068
19CZ W568-1 H-071
19CZ W568-2 H-072
19CZ W568-3 H-073
19CZ W568-4 H-074
19CZ W568-5 H-075
19CZ W615-1 H-081
19CZ W615-2 H-082
19CZ W615-3 H-083
19CZ W615-4 H-084
19CZ W615-5 H-085
19CZ W615-6 H-086
19CZ W105-1 H-091
19CZ W105-2 H-092
19CZ W105-3 H-093
19CZ W105-4 H-094
19CZ W105-5 H-095
19CZ W105-6 H-096
19CZ W155-1 H-101
19CZ W155-2 H-102
19CZ W155-3 H-103
19CZ W155-4 H-104
19CZ W155-5 H-105
19CZ W155-6 H-106
19CZ W109-1 H-111
19CZ W109-2 H-112
19CZ W109-3 H-113
19CZ W109-4 H-114
19CZ W617-1 H-121
19CZ W617-2 H-122
19CZ W617-3 H-123
19CZ W617-4 H-124
19CZ W617-5 H-125
19CZ W617-6 H-126
19CZ W106-1 H-131
19CZ W106-2 H-132
19CZ W106-3 H-133
19CZ W106-4 H-134

19CZ W156-1 H-141
19CZ W156-1 H-141
19CZ W156-2 H-142
19CZ W156-2 H-142
19CZ W156-3 H-143
19CZ W156-3 H-143
19CZ W156-4 H-144
19CZ W156-4 H-144
19CZ W156-5 H-145
19CZ W156-5 H-145
19CZ W156-6 H-146
19CZ W156-6 H-146
19CZ W558-1 H-151
19CZ W558-2 H-152
19CZ W558-3 H-153
19CZ W558-4 H-154
19CZ W558-5 H-155
19CZ W558-6 H-156
19CZ W616-1 H-161
19CZ W616-2 H-162
19CZ W616-3 H-163
19CZ W616-4 H-164
19CZ W616-5 H-165
19CZ W107-1 H-171
19CZ W107-2 H-172
19CZ W107-3 H-173
19CZ W107-4 H-174
19CZ W107-5 H-175
19CZ W107-6 H-176
19CZ W718-1 H-181
19CZ W718-2 H-182
19CZ W718-3 H-183
19CZ W718-4 H-184
19CZ W718-5 H-185
19CZ W718-6 H-186
19CZ W138-1 H-191
19CZ W138-2 H-192
19CZ W138-3 H-193
19CZ W138-4 H-194
19CZ W138-5 H-195
19CZ W138-6 H-196
19CZ W590-1 H-201
19CZ W590-2 H-202
19CZ W590-3 H-203
19CZ W590-4 H-204
19CZ W590-5 H-205
19CZ W622-1 H-211
19CZ W622-2 H-212
19CZ W622-3 H-213
19CZ W622-4 H-214
19CZ W622-5 H-215
19CZ W622-5 H-216
19CZ W622-7 H-217
19CN W647-1 H-221

19CN W647-2 H-222
19CN W647-3 H-223
19CN W647-4 H-224
19CN W647-5 H-225
19CN W647-6 H-226
19CN W647-7 H-227
19CN W647-8 H-228
19CN W646-1 H-231
19CN W646-2 H-232
19CN W646-3 H-233
19CN W646-4 H-234
19CN W646-5 H-235
19CN W646-6 H-236
19CN W646-7 H-237
19CZ W645-1 H-241
19CZ W645-2 H-242
19CZ W645-3 H-243
19CZ W645-4 H-244
19CZ W645-5 H-245
19CZ W645-6 H-246
19CZ W645-7 H-247
19CZ W645-8 H-248
19CZ W644-1 H-251
19CZ W644-2 H-252
19CZ W644-3 H-253
19CZ W644-4 H-254
19CZ W644-5 H-255
19CZ W644-6 H-256
19CZ W644-7 H-257
19CZ W643-1 H-261
19CZ W643-2 H-262
19CZ W643-3 H-263
19CZ W643-4 H-264
19CZ W643-5 H-265
19CZ W643-6 H-266
19CZ W643-7 H-267
19CZ W643-8 H-268
19CZ W642-1 H-271
19CZ W642-2 H-272
19CZ W642-3 H-273
19CZ W642-4 H-274
19CZ W642-5 H-275
19CZ W642-6 H-276
19CZ W642-7 H-277
19CZ W641-1 H-281
19CZ W641-2 H-282
19CZ W641-3 H-283
19CZ W641-4 H-284
19CZ W641-5 H-285
19CZ W641-6 H-286
19CZ W641-7 H-287
19CZ W641-8 H-288
19CZ W640-1 H-291
19CZ W640-2 H-292

19CZ W640-3 H-293	19BN W014-4 S-064	
19CZ W640-4 H-294	19BN W014-5 S-065	
19CZ W640-5 H-295	19AN W031-1 S-071	
19CZ W640-6 H-296	19AN W031-2 S-072	
19CZ W640-7 H-297	19AN W031-3 S-073	
19AN W008-1 S-001	19AN W031-4 S-074	
19AN W008-2 S-002	19AN W031-5 S-075	
19AN W008-3 S-003	19AN W031-6 S-076	
19AN W008-4 S-004	19AN W031-7 S-077	
19AN W008-5 S-005	19AN W164-1 S-081	
19AN W008-6 S-006	19AN W171-1 S-091	
19AN W328-1 S-011	19AN L008-1 S-101	
19AN W328-2 S-012	19CZ W792-1 H-351	
19AN W328-3 S-013	19CZ W821-1 H-311	
19AN W328-4 S-014	19CZ W821-2 H-312	
19AN W328-5 S-015	19CZ W821-3 H-313	
19AN W328-6 S-016	19CZ W823-1 H-361	
19AN W328-7 S-017 filter 7 bestaat niet	19AN W025-1	labcodes nog toe
in dawaco	te voegen	
19AN W020-1 S-021	19CN W120-1	
19AN W020-2 S-022	19CN W120-2	
19AN W020-3 S-023	19CN W120-4	
19AN W020-4 S-024 vervallen	19CN W785-1	
19AN W020-5 S-025 "	19CN W785-2	
19AN W020-6 S-026	19CN W785-3	
19AN W021-1 S-031 deze put komt	19CN W789-1	
twee keer voor, zie boven	19CN W789-2	
19AN W021-2 S-032 "	19CN W789-3	
19AN W021-3 S-033 "	19CN W790-1	
19AN W021-4 S-034 "	19CN W790-2	
19AN W021-5 S-035 "	19CN W790-3	
19AN W021-6 S-036 "	19CN W793-1	
19AN W021-7 S-037 "	19CN W793-2	
19AN W021-8 S-038 "	19CN W793-3	
19AN W021-9 S-039 "	19CN W794-1	
19AN W022-1 S-041 vervallen	19CN W794-2	
19AN W022-2 S-042 vervallen	19CN W794-3	
19AN W022-3 S-043 vervallen	19CN W795-1	
19AN W022-4 S-044 vervallen	19CN W795-2	
19AN W022-5 S-045 vervallen	19CN W795-3	
19AN W022-6 S-046 filter 6 bestaat niet	19CN W796-1	
in Dawaco	19CN W796-2	
19AN W327-1 S-051	19CN W796-3	
19AN W327-2 S-052	19CN W797-1	
19AN W327-3 S-053	19CN W797-2	
19AN W327-4 S-054	19CN W797-3	
19AN W327-5 S-055	19CN W798-1	
19AN W327-6 S-056	19CN W798-2	
19AN W327-7 S-057	19CN W798-3	
19AN W327-8 S-058	19CN W799-1	
19AN W327-9 S-059	19CN W799-2	
19BN W014-1 S-061	19CN W799-3	
19BN W014-2 S-062	19CN W800-1	
19BN W014-3 S-063	19CN W800-2	

19CN W800-3
19CN W801-1
19CN W801-2
19CN W801-3
19CZ W782-1
19CZ W782-2
19CZ W786-1
19CZ W786-2
19CZ W786-3
19CZ W787-1
19CZ W787-2
19CZ W787-3
19CZ W788-1
19CZ W788-2
19CZ W788-3
19CZ W791-1
19CZ W792-1
19CZ W802-1
19CZ W802-2
19CZ W802-3
19CZ W803-1

19CZ W803-2
19CZ W803-3
19CZ W804-1
19CZ W804-2
19CZ W804-3
19CZ W805-1
19CZ W805-2
19CZ W805-3
19CZ W806-1
19CZ W806-2
19CZ W806-3
19CZ W807-1
19CZ W807-2
19CZ W807-3
19CZ W807-4
19CZ W822-1
19CZ W822-2
19CZ W822-3
19CZ W822-4
19CZ W823-2

Bijlage VI. Putcodes steekproef Dawaco

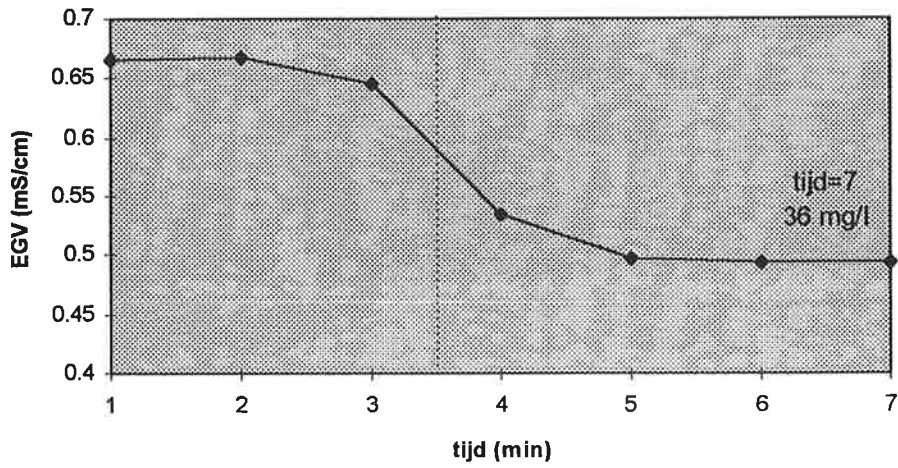
Onderzochte meetpunten zonder en met zaagtandvorm en niet te herkennen/mogelijk

zonder	met	niet te herkennen/mogelijk
19AZW259	19CNW132	19CNW152
19CNW122	19CNW582	-19CZW558
19CNW130	19CNW647	19CZW622
19CNW137	19CZW138	19CZW644
19CNW646	19CZW616	19CZW718
19CZW640	19CZW617	
19CZW641	19CZW642	
19CZW645	19CZW774	
19CZW773		
19CZW776		
19CZW777		
19CZW778		
19CZW779		
19CZW780		
19CZW781		

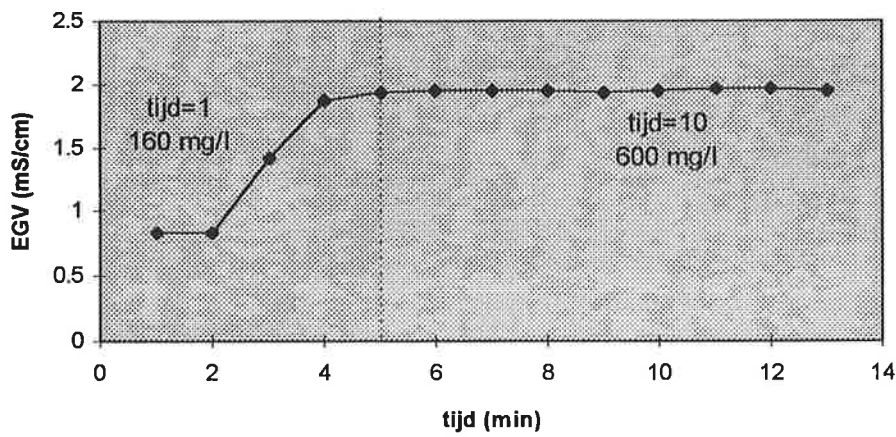
Bijlage VII, EGV tijdens afpomping

----- Geschatte tijdstip van éénmaal afpomping

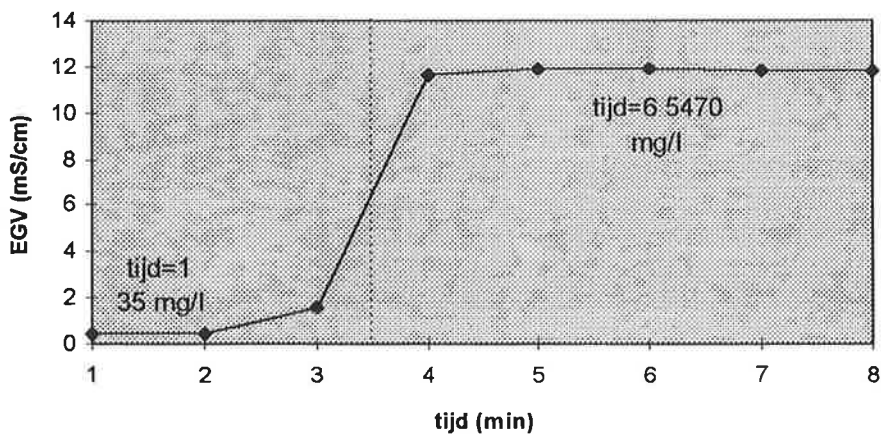
19CZW806 f2



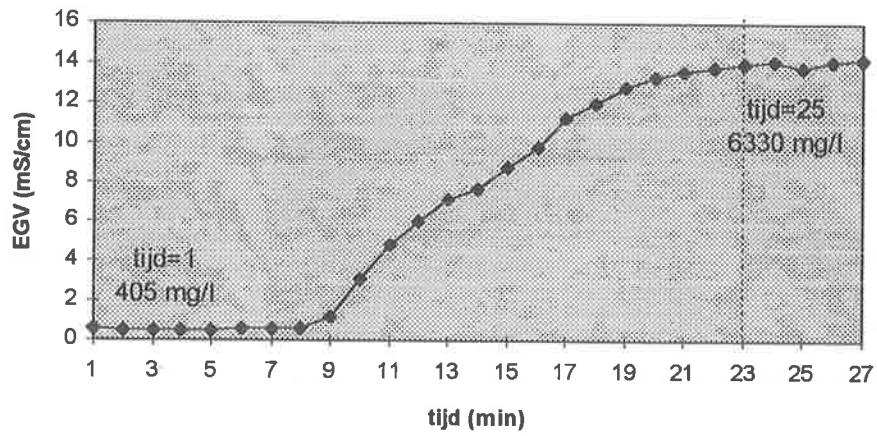
19CZW806 f3



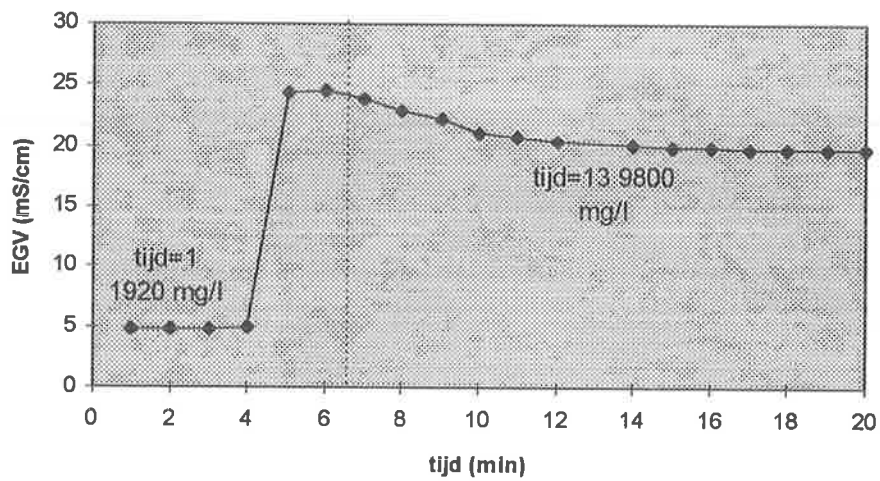
19CZW807 f3



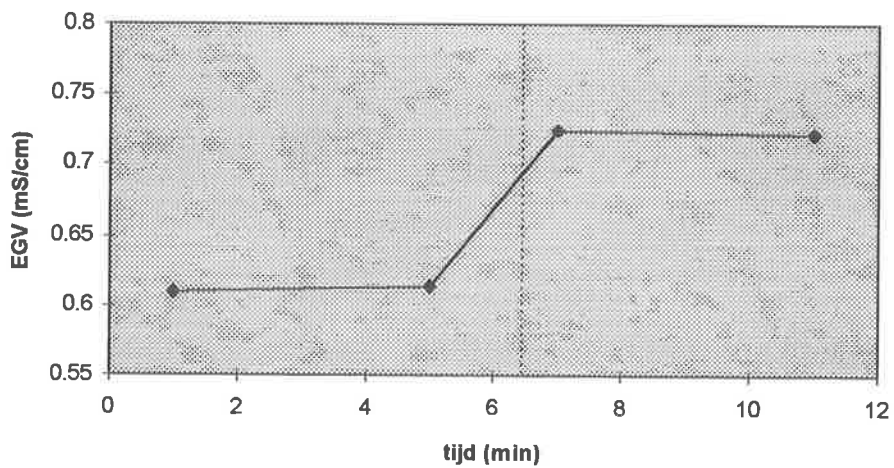
19CZW807 f4



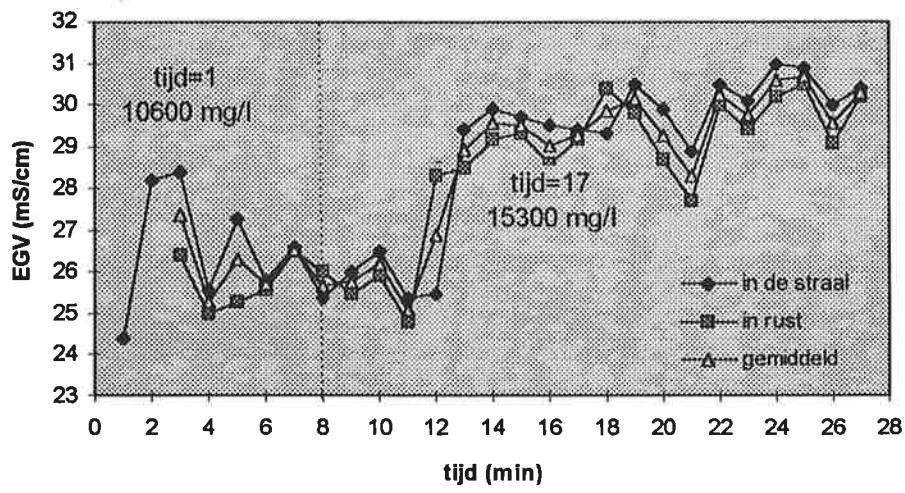
19CZW774 f5



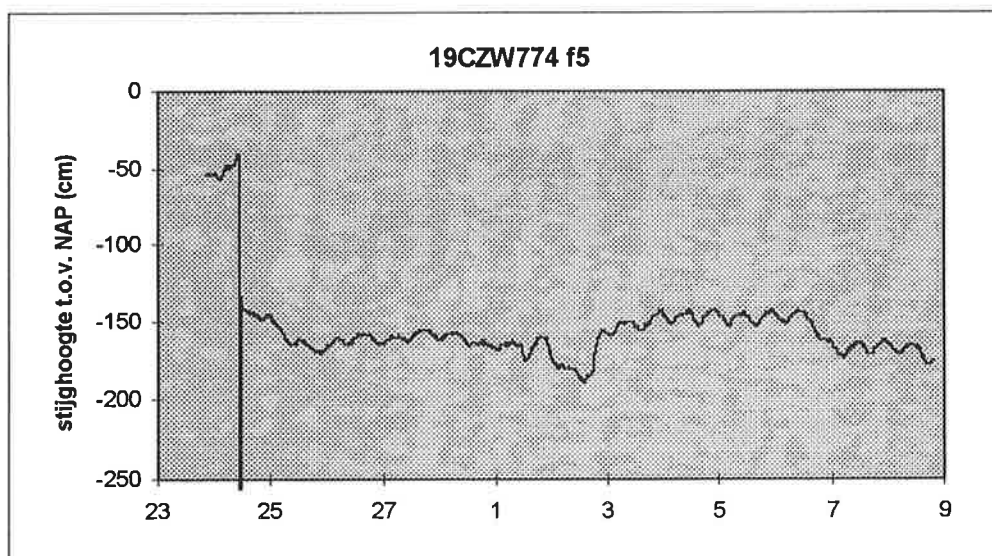
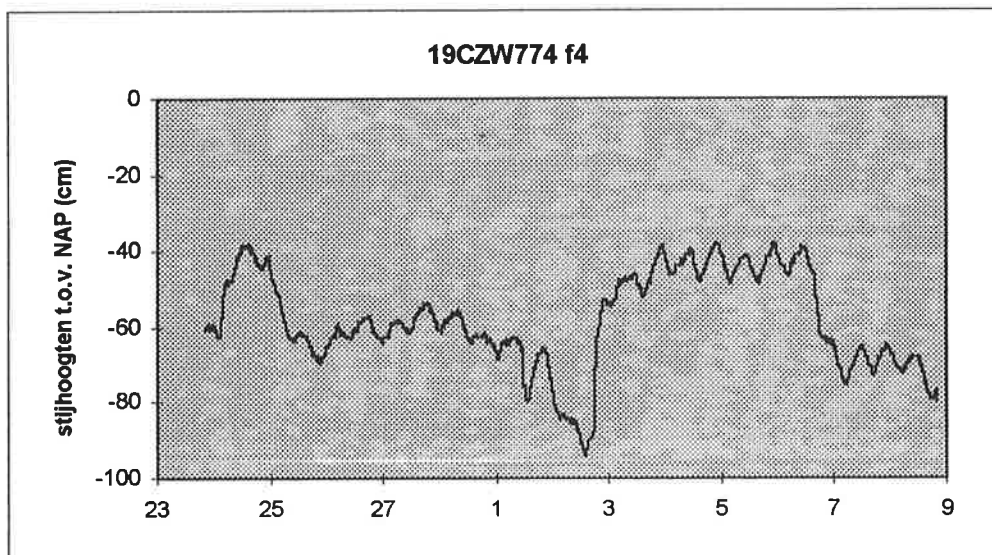
19CZW778 f4



19CZW778 f5



Bijlage VIII, Diverreeksen 19CZW774 f4 en f5

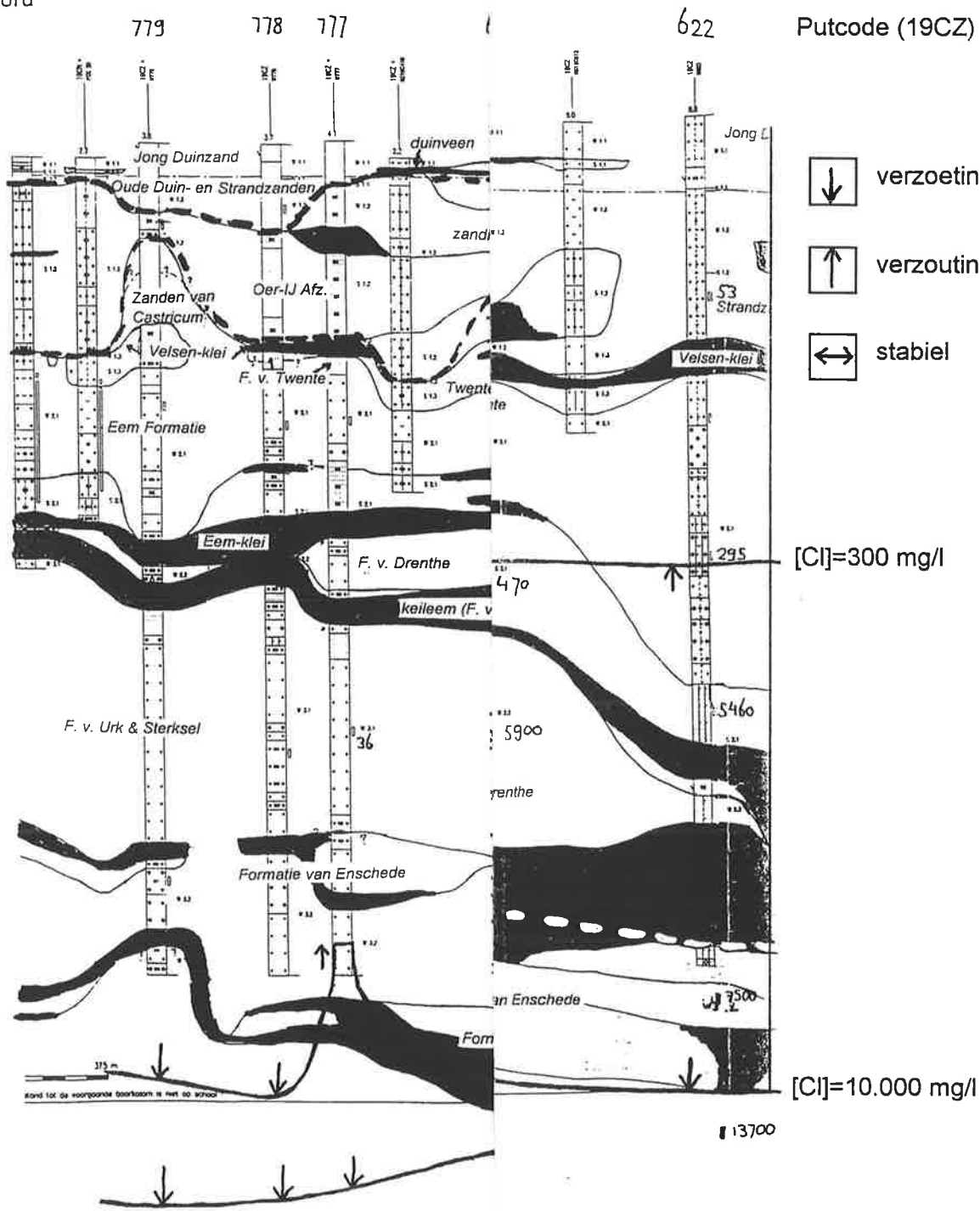


DWAT

B'

SEC H

noord



Putcode (19CZ)

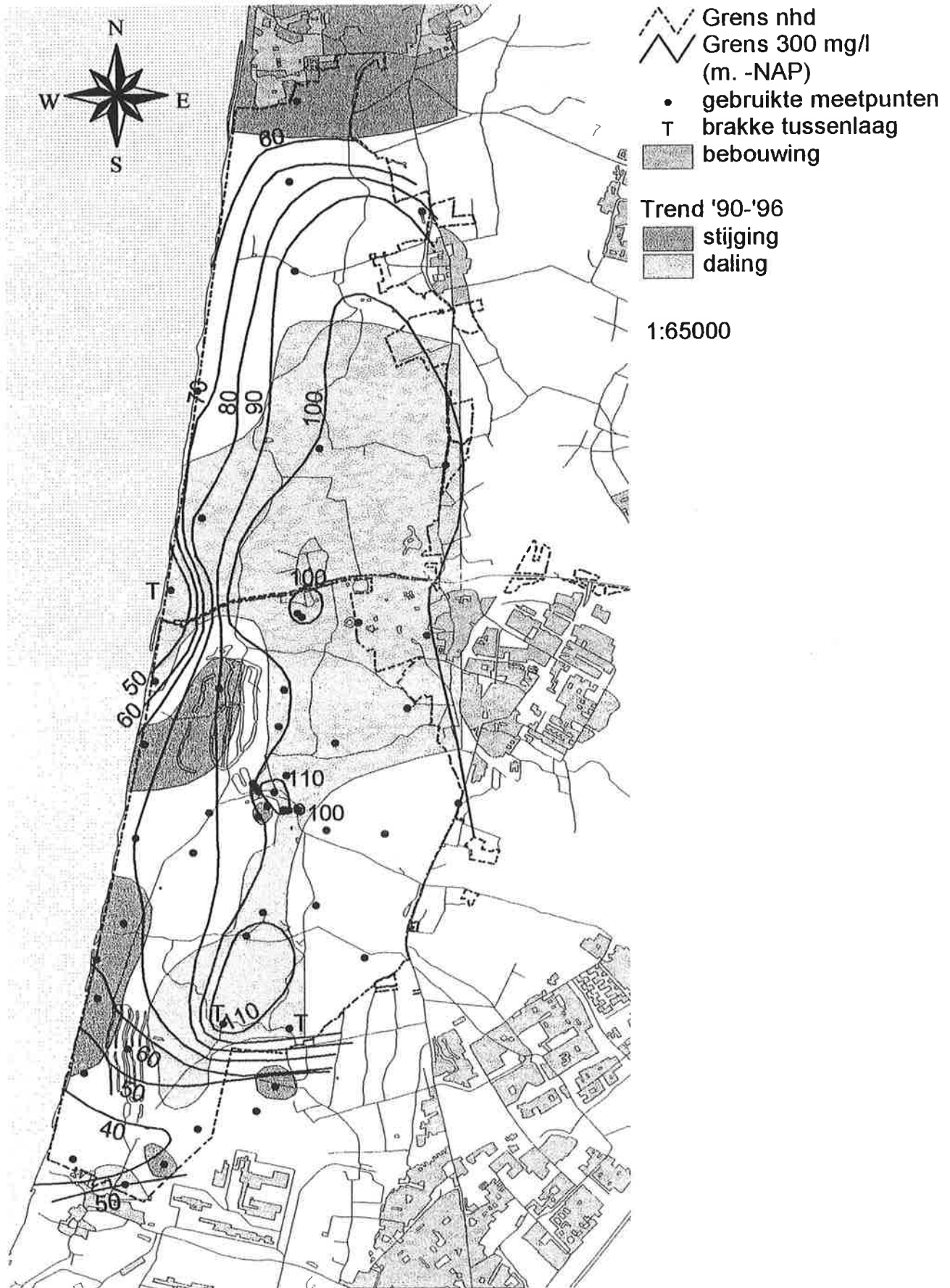
- ↓ verzoeting
- ↑ verzouting
- ↔ stabiel

[Cl]=300 mg/l

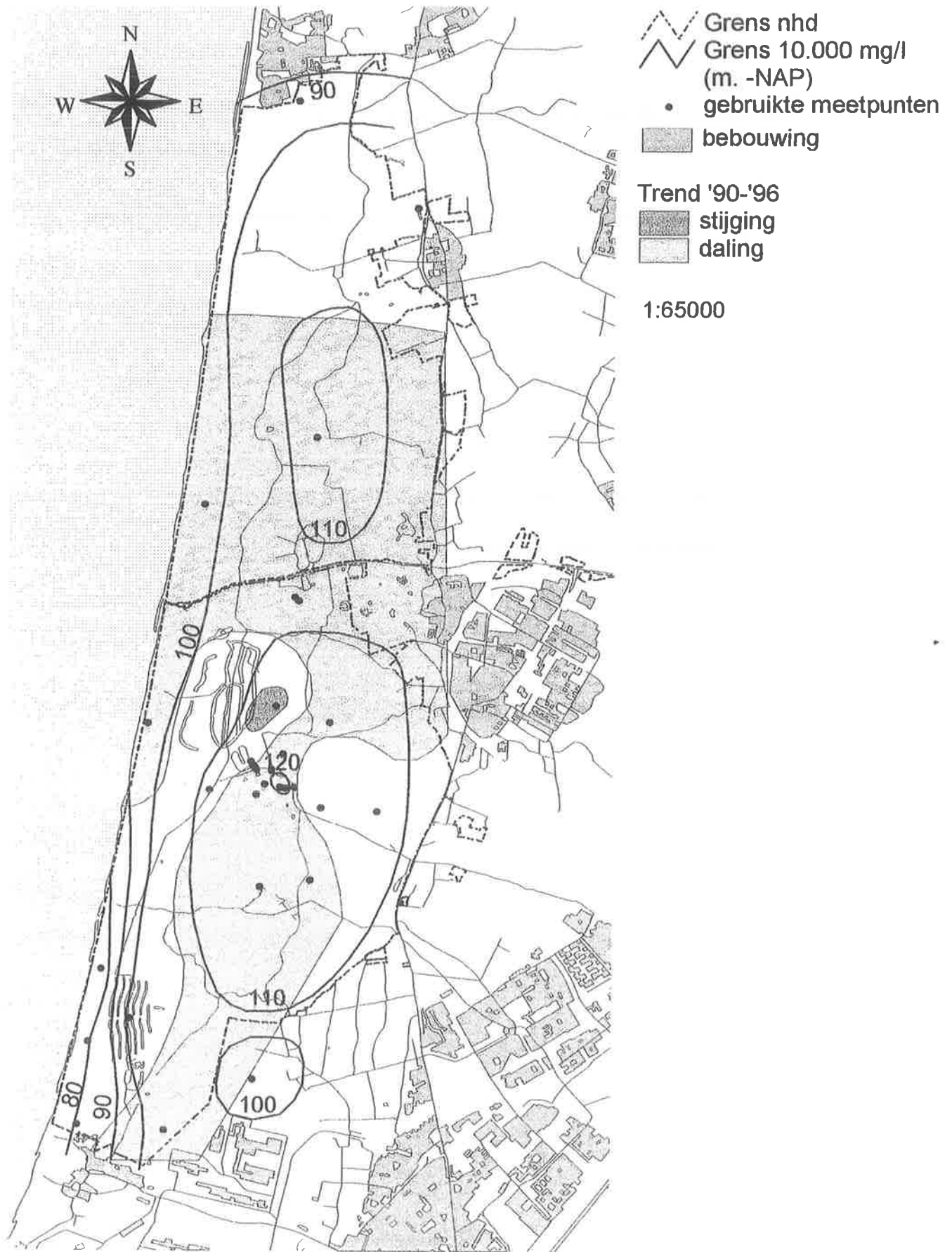
[Cl]=10.000 mg/l

13700

Bijlage X, grens 300 mg/l Cl



Bijlage XI, grens 10.000 mg/l Cl



Bijlage XII, Karteringspunten

XCOOR	YCOOR	PUTCODE	VANAF	TYPE	300	10000	TRD300	TRD10000	DIKTE BRK
103649	514303	19AZW193	1-31-1933	CI	-30	-84.50	1	2	54.50
103553	513324	19AZW194	2-03-1933	CI	-73		2		
105116	512962	19AZW259	1-01-1978	ZW	-89.50	-106	2	2	16.50
103467	507200	19CNW071	1-01-1922	CI	-96		3		
104914	506979	19CNW072	1-01-1922	CI	-105		3		
102710	507213	19CNW094	1-01-1933	CI	-88		1		
103817	512254	19CNW116	3-02-1933	CI	-96				
103894	510108	19CNW122	1-01-1933	CI	-100	-114	3	3	14
105385	509901	19CNW124	1-01-2014	CI	-102.50		3		
102516	509272	19CNW125	1-01-2014	CI	-84	-97	3		13
102148	508409	19CNW130	1-01-2014	CI	-19.50		3		
103629	508118	19CNW132	1-01-2014	CI	-104	-108	3	2	4
104342	508006	19CNW133	1-01-2013	CI	-102		3		
105150	507846	19CNW134	1-01-2014	CI	-100		3		
101826	506552	19CNW137	1-01-1965	CI	-75	-97	1		22
102469	510808	19CNW152	11-16-1953	CI	-66		2		
101954	507309	19CNW582	1-01-1969	CI	-53		3		
104060	506565	19CNW646	1-01-1979	ZW	-106.50	-111	3	3	4.50
103400	506765	19CNW647	1-01-1979	ZW	-98	-114	3	1	16
101715	505429	19CZW100	1-01-1933	CI	-80		2		
101573	504407	19CZW103	1-01-1940	CI	-64		1		
104405	503983	19CZW107	1-01-1930	CI	-104.50				
101269	503505	19CZW138	1-01-1974	CI	-58	-74	1	2	16
101261	503975	19CZW157	8-27-1953	CI	-62				
101109	502597	19CZW558	9-12-1971	CI	-45	-79.50			34.50
102451	501918	19CZW615	1-01-1922	CI	-42.50		3		
101592	501253	19CZW616	8-17-1965	CI	-50		3	3	
100978	501562	19CZW617	8-18-1967	CI	-30	-81.50		2	51.50
102054	501496	19CZW622	1-01-1950	ZW	-43	-105	1	3	62
103829	504615	19CZW640	1-01-1979	ZW	-99	-115	2	3	16
103207	504533	19CZW641	1-01-1979	ZW	-109.50	-114	3	3	4.50
104645	505474	19CZW642	1-01-1979	ZW	-100	-113.50	2	2	13.50
103958	505520	19CZW643	1-01-1979	ZW	-102.50	-113	2	2	10.50
103160	505685	19CZW644	1-01-1979	ZW	-98	-115	1	3	17
102586	505735	19CZW645	1-01-1979	ZW	-88	-111	2	2	23
101624	502890	19CZW718	1-01-1981	ZW	-57.50	-106	2	2	48.50
103157	505984	19CZW772	2-12-1988	ZW	-111	-115	3	3	4
103143	506010	19CZW773	8-12-1988	ZW	-106	-114	3	3	8
103121	506042	19CZW774	12-21-1988	ZW	-94.50	-113.50	1	3	19
103092	506083	19CZW775	12-15-1988	ZW	-96		2		
103488	506174	19CZW776	1-16-1989	ZW	-105	-112.50	3	3	7.50
103625	505769	19CZW777	10-26-1988	ZW	-88	-117	1	3	29
103515	505762	19CZW778	7-09-1988	ZW	-106.50	-120	3	3	13.50
103473	505766	19CZW779	1-09-1988	ZW	-114.50	-121	3	3	6.50
103453	505769	19CZW780	8-29-1988	ZW	-112	-121	3	3	9
103266	505809	19CZW781	9-27-1988	ZW	-106	-118	1	3	12
103353	502423	19CZW806	8-18-1992	CI	-44		1		
103131	502134	19CZW807	8-20-1992	CI	-44	-98	2		54
103675	508075	19CNAIP		ZW	-88	-104	3	3	16
103348	505974	19CZIM8 01		ZW	-116	-119	3	3	3