

B:11

NOTA 525

28 augustus 1969

oor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

NN31545.0525

ONDERZOEK NAAR HET VERZILTINGSGEVAAR VAN BEREKENINGSPUTTEN
BIJ DE AANLEG VAN DE OPRITTEN VAN HET NIEUWE VIADUCT
IN RIJKSWEG 60 GEMEENTE KLOOSTERZANDE

B. van der Weerd

BIBLIOTHEEK
STARINGSDOEW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

543901

quod est in intellectu... in intellectu... in intellectu...

quod est in intellectu... in intellectu...

in intellectu

quod est in intellectu... in intellectu...

in intellectu

quod est in intellectu... in intellectu...

quod est in intellectu... in intellectu...

quod est in intellectu... in intellectu... in intellectu... in intellectu... in intellectu...

in intellectu... in intellectu... in intellectu... in intellectu... in intellectu...

INLEIDING

Op verzoek van de Gewestelijke Raad voor Zeeland van het landbouwschap is onderzoek verricht naar de gevaren van verzilting van Nortonputten bij de bouw van het viaduct op de kruising van Rijksweg 60 met de Groenendijk in de Gemeente Kloosterzande. Ten behoeve van dit onder auspiciën van Rijkswaterstaat uit te voeren project worden namelijk de opritten aangelegd waarvoor ter plaatse vanaf half maart 1969 het maaiveld met ca. 5 m, veel zout bevattend, zand wordt opgehoogd. Dit zand wordt door middel van een baggermolen uit de Westerschelde onttrokken en vanaf de haven van Walsoorden per as naar de plaats van bestemming vervoerd.

Aanleiding tot het verzoek vormde de bij het landbouwschap binnen gekomen klacht van een in de nabijheid van het in aanbouw zijnde kunstwerk liggende tuinbouwbedrijf. Dit bedrijf omvatte 7 500 m² verwarmde kassen waarin tomaten en komkommers worden gekweekt. Genoemd tuinbouwbedrijf onttrok voor de watervoorziening in zijn kassen reeds 20 jaren zoet grondwater uit een Norton-put. Omstreeks half april 1969 werd echter bij de komkommers aanzienlijke schade geconstateerd, die een gevolg bleek te zijn van een te hoge zoutconcentratie in het beregeningswater.

Door de gunstige omstandigheid dat ter plaatse de mogelijkheid aanwezig was het benodigde zoete water door inschakeling van een extra pomp voorlopig uit de nabijgelegen poldersloot te onttrekken kon de schade beperkt blijven tot ca. vijf duizend gulden.

De verzilting van de Norton-put werd door de kweker in verband gebracht met de een maand tevoren begonnen aanvoer van zout zand ten behoeve van de opritten naar het in aanbouw zijnde viaduct.

De afstand van de zandophoging tot aan de Norton-put bedraagt ongeveer 150 m.

GEOLOGISCHE BESCHRIJVING

Het object ligt binnen de jong holocene Scheldeloop waarvan de opvulling bestaat uit matig fijn tot middelfijn grijs zand met schelpgruis. De bovengrond van het sediment is wat kleiiger en plaatselijk komen in geringe mate veenresten voor. De jong holocene Scheldeloop rust op een diepte van 20 à 25 m op de afzetting van Halsteren die hier slecht tot matig doorlatend is.

DE WATERONTTREKking

Het filter van de Norton-put waaruit het water voor de kassen werd onttrokken bevindt zich op een diepte van 6,95 m tot 11,87 m beneden maaiveld. De capaciteit van de pomp bedraagt 7,5 m³/uur. Volgens opgave van betrokkene werd vanaf april tot en met oktober dagelijks gedurende 12 achtereenvolgende uren water aan de put onttrokken, of wel 18 900 m³ per jaar. Het gepompte water bleek volgens oude analyse-gegevens, een jaar vóór de verziltingsschade zich voorded, 250 mg Cl⁻/l te bevatten. Uit de analyse-resultaten bleek dat een monster dat van het opgepompte water een week na het constateren van de zoutschade aan de komkommers werd genomen een chloridegehalte van 700 mg Cl⁻/l had. De pomp was toen reeds een week buiten bedrijf gesteld. Aangenomen mag worden dat tijdens de laatste paar dagen van het in gebruik zijn van de pomp het chloridegehalte hoger dan 700 mg⁻/l is geweest.

HET ZOUTBEZWAAR UIT ZANDOPHOging

De hoeveelheid zout zeezand, die eind april 1969 ter plaatse van het te bouwen viaduct was gestort bedroeg 22 000 m³. Uit de analyses van enkele zandmonsters kon worden vastgesteld dat de aangevoerde grond ca. 0,45 kg Cl⁻/m³ bevatte. Bij de te verwachten volledige uitspoeling van dit zout zal dus 10 000 kg Cl de grond indringen en zich met het grondwater vermengen. De oppervlakte waarop dit plaatsvindt ligt op een afstand van 140 m tot 220 m van de Norton-put (zie de

situatieschets op de bijlage).

DE GRONDWATERSPIEGEL

Ten behoeve van het onderzoek is vanaf de pompput in de richting van de zandophoging een raai peilbuisen geplaatst, die ook in tegenovergestelde richting vanaf de put nog 100 meter werd voortgezet (zie situatieschets). Om na te gaan of er gedurende de tijd dat de pomp buiten werking was ook afstroming van grondwater van onder de zandophoging plaats vond zijn eveneens enige peilbuisen geplaatst loodrecht op en ter weerszijden van de zandophoging. De hoogte van de buizen en het maaiveld bij de buis zijn ten opzichte van N.A.P. vastgelegd. De filters van de buizen staan op een diepte van 7,50 - 8,00 m beneden maaiveld. De grondwaterstand in de peilbuisen is vervolgens een aantal malen gemeten.

Uit de grondwaterstandsgegevens bleek de vrijwel horizontale ligging van de grondwaterspiegel als geen water uit de pompput wordt onttrokken. Hieruit valt te concluderen dat de zandophoging geen grondwaterstroming veroorzaakt.

DOORLATENDHEID VAN DE ONDERGROND

Voor een eerste inzicht in de doorlatendheid van de ondergrond werd van geroerde monsters van ongeveer 8 m diepte de doorlatendheid bepaald. Hiervoor werd een doorlaatfactor k gevonden van gemiddeld 4 m/dag. Daarnaast is de doorlatendheid bepaald door middel van een pompproef, waarbij met regelmatige tussenpozen ná het aanzetten van de Norton-pomp de grondwaterstanden werden gemeten. Aan de hand van de op deze wijze verkregen gegevens kon worden vastgesteld dat de grondwaterspiegel aan beide zijden van de put tijdens het draaien van de pomp een symmetrisch verloop had. Dit wijst op een homogene doorlatendheid van de watervoerende laag.

Op 15 meter afstand van de put is na een half uur draaien

voor de stromingsgradiënt gevonden:

$$\frac{dh}{dr} = \frac{0,19 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 0,019$$

De capaciteit van de pomp bedroeg 180 m³/dag.

De kD-waarde kan worden afgeleid uit:

$$kD = \frac{Q}{2\pi r} \frac{dh}{dr}$$

Hierin is: k = doorlatendheid in m/dag

D = dikte van de watervoerende laag in meters

Q = capaciteit pomp in m³/dag

r = afstand tot de put in meters

$$kD = \frac{180}{2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 0,019} = 100 \text{ m}^3/\text{dag}$$

De vermoedelijke laagdikte waarin zoet grondwater wordt afgepompt mag worden gesteld op ≈ 16 m.

Hieruit volgt een $k = \frac{100}{16} \approx 6$ m/dag, dus iets hoger dan de gevonden k-waarde voor de geroerde monsters.

De verkregen waarden komen goed overeen met wat in de Agro-hydrologische profielbeschrijvingen van Zeeland/(DE RIDDER e.a. 1957) voor dit sediment wordt aangegeven.

HET CHLORIDEGEHALTE VAN HET GRONDWATER

Onderzocht is of het chloridegehalte van het grondwater dichterbij de zandophoging toeneemt. Hiertoe zijn na het beëindigen van de pomp-proef watermonsters uit de peilbuizen onttrokken, waarvan het zoutgehalte is gemeten. Er blijkt geen enkel verband te bestaan tussen de afstand tot de zandophoging en het chloridegehalte van het grondwater. Het grondwater in de peilbuizen 4, 5, 6 en 9 tussen de zandophoging en de pompput had een nagenoeg gelijk chloridegehalte van 150 mg Cl⁻/l.

Het water uit de pompput en buis 3 bleek een chloridegehalte te hebben van 600 mg Cl⁻/l. (Door het buiten bedrijf stellen van de pomp na de verziltingsverschijnselen is het chloridegehalte van het pompwater

klaarblijkelijk iets teruggelopen). Op 50 meter afstand westelijk van de pompput in buis 2 werd het hoogste chloridegehalte aangetroffen te weten 650 mg Cl⁻/l. Voor het grondwater van buis 1 werd een waarde gevonden van 150 mg Cl⁻/l.

GRONDGEDACHTEN BIJ HET BEREKENEN VAN DE GEVOLGEN VAN DE ZANDOPHOGING VOOR DE NORTON-PUT

Bij het zoeken naar de verziltingsoorzaken van de Norton-put dient bedacht te worden dat de oorzaak tweërlei kan zijn. Allereerst kan het zout uit het ophogingszand komen. In dit geval doet zich de vraag voor, gezien de afstand tot de put, of de toename van het zoutgehalte zo snel kan optreden en zo hoog kan zijn als hier is geconstateerd. Daarnaast is het mogelijk dat reeds veel eerder de basis voor de verzilting is gelegd. Het langdurig oppompen van water uit een dunne zoetwaterlaag met een pomp van flinke capaciteit kan de zoutgrens omhoog brengen. Over het laatste punt valt niet zo gemakkelijk wat te zeggen, aangezien er weinig gegevens beschikbaar zijn over de intensiteit van het gebruik van de pomp in vroegere dagen. Uit het verloop van de zoet/zoutgrens kunnen echter wel bepaalde conclusies worden getrokken.

Over de ophoging met zouthoudend zand is meer bekend, maar om deze gegevens volledig te kunnen interpreteren zou men ook over de afstroming van regen- en zouthoudend water naar drains en sloten beter geïnformeerd moeten zijn.

Men kan zich echter afvragen wat er gebeurt als geen afstroming van zout water door drainage plaats vindt. De afstroming van zout was dan geheel op de put gericht en men mag aannemen dat onder die omstandigheden het zout uit de ophoging het snelst bij de put zou zijn. Zou kunnen worden aangetoond dat zonder drainage het zoute water de put niet in 1 maand kan bereiken, dan zou dit bij wel optredende drainage van zout water, nog minder goed mogelijk zijn.

Voorts mag men aannemen dat een drainage afvoer die een deel van het zout buiten de put om doet verdwijnen, de toename van het zoutgehalte in de put zou doen verminderen. Zou derhalve uit een berekening onder uitsluiting van zoutafvoer via drainage, blijken

dat een toename van het zoutgehalte van het putwater van 250 tot 700 mg Cl^-/l niet door de zandophoging veroorzaakt kan worden dan zou dit bij wel optredende zoutafvoer in nog sterkere mate een onmogelijkheid zijn.

Door het langs deze lijnen afgrenzen van de schadelijkste situatie die zou kunnen voor komen wordt de stijging van het zoutgehalte van het pomppwater berekend uit de hoeveelheid af te voeren zout en de tijdsduur van de zoutverplaatsing.

Het is niet onwaarschijnlijk dat in geval van zoutafvoer door drainage de omvang van de 'zoutwolk' in het zoete grondwater kleiner wordt. De duur van de zoutafvoer via de pompput zal daardoor korter zijn, dan bij uitsluiten van de afstroming van zoutwater naar drains en sloten. Bij het beschouwen van de hierna te berekenen waarden dient men er derhalve rekening mede te houden, dat het doel van het rekenvoorbeeld is een vereenvoudigd geval uit te werken. Dit vereenvoudigde geval moet voldoen aan de eis dat indien een van de twee genoemde mogelijke bronnen van zout als schade-oorzaak uitgesloten zou worden, dit voor de werkelijke toestand nog in sterkere mate zal gelden.

TIJDSDUUR TUSSEN ZOUTINFILTRATIE UIT ZANDOPHOOGING EN TOENAME VERZILTING POMPPUT

Behalve een jaarlijkse onttrekking via de pompput van 18 900 m³ heeft in de winter ook aanvulling van het zoete grondwater plaats met een gedeelte van het neerslagoverschot. Het overige deel van het neerslagoverschot draineert naar de sloten en wordt via het lozings-systeem afgevoerd.

Indien wordt aangenomen dat geen zout via drains en sloten wordt afgevoerd is de tijdsduur tussen de uitspoeling van het zout uit de zandophoging en het moment dat de invloed hiervan merkbaar wordt bij de pompput afhankelijk van de jaarlijkse onttrekking, de voorraad zoet grondwater in het cirkelvormig gebied rondom de put tot aan de zandophoging plus de neerslagaanvulling.

Het grondwater in het stromingspakket beweegt zich naar de put met een snelheid v die geleidelijk aan toeneemt naarmate de afstand r

tot de put kleiner wordt.

Het grondwater op een afstand r van de put kan worden voorgesteld als een cylindermantel waarvan de verticale hoogte gelijk is aan het produkt van het poriënvolume (p) en de dikte van het stromingspakket (D).

Gedurende de tijd die het grondwater nodig heeft om een afstand r naar de put af te leggen, heeft echter ook aanvulling met neerslagwater plaats.

Daar stroomsterkte gelijk is aan snelheid maal het oppervlak van de cylindermantel kan worden geschreven

$$v \cdot 2r \cdot p D = Q = Q_0 - \pi r^2 N_1 \quad (1)$$

Hierbij is: Q = onttrekking uit put

Q_0 = instroming door cylindermantel r

r = afstand tot de put

v = stroomsnelheid

p = poriënvolume

D = dikte zoet water voerende laag

N_1 = neerslag die het grondwater aanvult

Voor het afleggen van een kleine afstand dr van het grondwater in de richting van de put is een tijd dt nodig en geldt

$$dr = v dt \quad (2)$$

Voor het berekenen van de tijd nodig voor het verplaatsen van het grondwater over een langere afstand is echter integratie noodzakelijk (ERNST, 1969):

$$\begin{aligned}
 A &= \int_0^{r_1} \frac{dr}{v} = \int_0^{r_1} \frac{2\pi r pD}{Q_0 - \pi r^2 N_1} dr = \frac{\pi pD}{Q_0} \int_0^{r_1} \frac{d(r^2)}{\pi N_1 r^2 - Q_0} \\
 &= -\frac{pD}{N_1} \ln\left(1 - \frac{\pi N_1 r^2}{Q_0}\right) \Bigg|_0^{r_1} = -\frac{pD}{N_1} \ln\left(1 - \frac{\pi N_1 r_1^2}{Q_0}\right) \\
 &= \frac{pD}{N_1} \ln \frac{Q_0}{Q_0 - \pi N_1 r_1^2} \quad (3)
 \end{aligned}$$

Indien het neerslagoverschot R - E op 0,2 meter wordt gesteld en wordt aangenomen dat de helft van neerslagoverschot het grondwater aanvult, kan met (3) worden berekend na welke tijdsduur het eerste zout afkomstig uit de zandophoging uit de put op het tuinbouwbedrijf, die op een afstand (r₁) van 140 m ligt, wordt onttrokken.

$$t(r_1) = \frac{0,4 \cdot 16}{0,1} \ln \frac{18\ 900}{18\ 900 - \pi \cdot 0,1 \cdot 140^2} = 25 \text{ jaar}$$

Indien wordt verondersteld dat in de ring r₁ - r₂ (zie bijlage) eenzelfde gedeelte van het neerslagoverschot door de sloten wordt afgevoerd kan ook een antwoord worden gegeven op de vraag na hoeveel tijd het laatste zout afkomstig uit de zandophoging uit de put zal worden onttrokken. Hiervoor geldt dezelfde berekening maar nu met de afstand r₂ van de put tot het verst verwijderde deel van de zandophoging.

$$t(r_2) = \frac{0,4 \cdot 16}{0,1} \ln \frac{18\ 900}{18\ 900 - \pi \cdot 0,1 \cdot 220^2} = 102 \text{ jaar}$$

Zou de afstand van de zandophoging tot de pompput slechts 10 meter bedragen en de overige factoren gelijk zijn dan zou een verhoging van de zoutconcentratie van het pomppwater optreden na:

$$t = \frac{0,4 \cdot 16}{0,1} \ln \frac{18\ 900}{18\ 900 - \pi \cdot 0,1 \cdot 10^2} = 0,13 \text{ jaar}$$

De verzilting van de pomp zou dan voortduren tot

$$t = \frac{0,4 \cdot 16}{0,1} \ln \frac{18\ 900}{18\ 900 - \pi \cdot 0,1 \cdot 90^2} = 9,5 \text{ jaar}$$

DE TOENAME VAN HET CHLORIDEGEHALTE VAN HET POMPWATER TENGEVOLGE VAN DE ZANDOPHOING

Van belang is het een inzicht te hebben in de mate van verzilting van het beregeningswater uit de put. Uit de voorgaande berekeningen blijkt dat op het betreffende tuinbouwbedrijf waar de put zich 140 meter van de zandophoging bevindt de 10 000 kg Cl uit de zandophoging in $102 - 25 = 77$ jaar met het pompwater uit de bodem zal worden onttrokken.

Dit impliceert gedurende deze tijd een verhoging van de zoutconcentratie van het pompwater met

$$\frac{10\ 000 \text{ kg Cl}}{18\ 900 \text{ m}^3/\text{jaar} \times 77 \text{ jaar}} = 0,007 \text{ kg Cl/m}^3 = 7 \text{ mg} \cdot \text{Cl}^-/\text{l}$$

Als de put op slechts 10 meter afstand van de zandophoging zou staan zou de daaruit afkomstige hoeveelheid zout in

$9,5 \text{ j.} - 0,13 \text{ j.} = 9,37$ jaar via de put worden onttrokken. Dit betekent gedurende deze tijd een verhoging van de zoutconcentratie van het pompwater met

$$\frac{10\ 000 \text{ kg Cl}}{18\ 900 \text{ m}^3/\text{jaar} \times 9,37 \text{ jaar}} = 0,057 \text{ kg Cl/m}^3 = 57 \text{ mg} \cdot \text{Cl}^-/\text{l}$$

CONCLUSIE

Uit de gemeten zoutgehalten van het grondwater in de peilbuizen valt af te leiden dat op eerder genoemd tuinbouwbedrijf de verzilting van de pompput geen gevolg kan zijn van de aanleg van de opritten van het viaduct. De verzamelde gegevens wijzen meer in de richting van een geleidelijke uitputting van de zoetwater voorraad als gevolg van de jarenlange relatief, sterke wateronttrekking uit de pompput, waardoor ter plaatse en westelijk hiervan het zich in

de diepere ondergrond bevindende zoutere grondwater langzaam omhoog is getrokken en het pompwater heeft verzilt.

Hoewel voor de berekeningen enkele aannamen gedaan moesten worden is hieruit toch een duidelijke indicatie verkregen over de tijd vanaf de uitspoeling uit de zandophoging tot het moment dat dit bij de put merkbaar zal zijn, alsmede over de mate waarin het chloridegehalte van het pompwater hierdoor zal toenemen.

Het blijkt dat het gebruik van zout zeezand bij de bouw van het viaduct weinig gevaar kan opleveren voor verzilting van in de nabijheid gelegen Norton-putten. Bij een put op 140 meter afstand van de zandophoging zal de zoutconcentratie hierdoor met slechts 7 mg . Cl⁻/l toenemen. Deze nauwelijks merkbare verandering zal, indien geen zoutafstroming via drains en sloten plaats vindt, pas over 25 jaar optreden en ruim 75 jaar duren. Zelfs de zoutconcentratie van het pompwater van een Norton-put op 10 meter van de zandophoging zou onder de hier geschetste omstandigheden met nog geen 60 mg . Cl⁻/l toenemen. In een dergelijk geval zal de verandering in het chloridegehalte na ongeveer een maand kunnen optreden en ruim 9 jaar duren. Uitgaande van het oorspronkelijke chloridegehalte van het grondwater van 150 mg . Cl⁻/l volgt uit de berekeningen dat zelfs een zandophoging op slechts 10 m afstand van een put bij de gegeven verdere omstandigheden niet tot gevolg zal kunnen hebben dat deze onbruikbaar zou worden voor kunstmatige beregening.

LITERATUUR

ERNST, L.F. Groundwater flow in the Netherlands Delta Area and its influence on the Saltbalance of the future Lake Zeeland. Y. of Hydrology 1969 Vol. 8, 2: 137-172 Techn. Bull. 64.

RIDDER, N.A. DE, e.a. Agro-hydrologische profielen van Zeeland - Min. v. Landbouw 1956 -.

Situatieschets

Schaal 1 : 2000

