

CONCEPT

Werkdocument 1974-154 Bbw

HET VERLOOP VAN DE ONTZILTING VAN DE DROOGGE-
VALLEN ZANDGRONDEN IN HET GREVELINGENBEKKEN.

R

15179

9331

IR
15179 0

9331

Inleiding

Door de afsluiting van het Grevelingenbekken van de Noordzee op 3 mei 1971 is een binnenmeer ontstaan met een oppervlakte van ca. 14.000 ha. Bij het vastgestelde waterpeil van 0,20 m-N.A.P. vallen ongeveer 3000 ha voormalig buitendijks gelegen gronden permanent droog. Afgezien van enkele hoger gelegen gebieden was op dat moment de zoutconcentratie van het bodemvocht gelijk aan die van het zeewater (ca. 25 g NaCl/l).

De drooggevallen gronden zijn te onderscheiden in grofzandige stranden nabij de Brouwersdam (Punt van Goeree), voormalige zandplaten (Kabbelaarsbank, Hompelvoet, Dwars in de Weg, Stamperplaat, Veermansplaat en Plaat van Oude Tonge) en zandige tot slikkige voorlanden (Slikken van Flakkee en Slikken van Zonnemaire). Verder komen langs de dijk van Goeree-Overflakkee en op de zuidrand van de Hompelvoet schorgronden voor. In figuur 1 is het Grevelingenbekken met de daarin drooggevallen gronden afgebeeld.

De, als gevolg van de afsluiting, blijvend drooggevallen zandgronden zijn alle min of meer stuifgevoelig. In verband hiermee is besloten deze gebieden zo spoedig mogelijk te conserveren door hetinzaaien van een graan-grasmengsel. Omdat de zandgronden tot de afsluiting tweemaal per etmaal werden overspoeld door zeewater, moest met de inzaai van dit zgn. stuifmengsel wel worden gewacht tot ontzilting van de bovengrond was opgetreden. Teneinde het tijdstip van inzaai, waarbij redelijke groeikansen aanwezig zouden zijn, te kunnen aangeven en in een later stadium de zouthuishouding als een van de basiselementen voor de toekomstige inrichtingen te leren kennen, is in dit gebied onderzoek naar de optredende ontzilting verricht.

Factoren die de ontziltng bepalen

De ontziltng van de drooggevallen gronden is in hoge mate afhankelijk van de klimatologische omstandigheden en voorts van de bodemkundige, de hydrologische omstandigheden. De factoren bepalen zowel de mate van ontziltng als de snelheid waarmee deze plaatsvindt.

De ontziltng vindt plaats als gevolg van percolatie van regenwater door de grond, waardoor van de weersomstandigheden vooral de neerslaghoeveelheid, de neerslagverdeling en de verdamping van belang zijn.

Bodemkundig zijn vooral van belang: de profielopbouw, de diepte van eventueel voorkomende ondoorlatende lagen in combinatie met de doorlaatfactoren (K.D.-waarden). De hydrologische omstandigheden worden bepaald door de bodemkundige omstandigheden, de hoogteligging en de afstand tot de waterlijn en de hoogtegradient.

Bodemgesteldheid

Een onderzoek naar de bodemgesteldheid van de bij eb droogvallende gronden in het Grevelingenbekken vond plaats in 1956. Zowel voor als na de afsluiting zijn aanvullende bodemkundige gegevens verzameld. De op de verschillende drooggevallen zandplaten voorkomende bodemprofielen zijn weergegeven in het volgende overzicht.

Plaats	bovengrond (0-25 cm-m.v.)			ondergrond (25-80 cm-m.v.)		
	% lutum	U-cijfer ^x	M50 ^{xx}	%lutum	U-cijfer	M50
De Punt, Kabellaarsbank, Hompelvoet (z.w. deel)	< 1	50- 60	190-210	< 3	< 120	> 95
Hompelvoet (middendeel), Stamperplaat, Dwars in de Weg, Veermansplaat (z.w.+middendeel), Slikken van Flakkee (middendeel)	1,5	60- 75	150-190	< 3	< 120	> 95
Plaat van Oude Tonge, Slikken van Flakkee (middendeel)	1,5-3	80-100	110-140	< 3	< 120	> 95
Slikken van Flakkee (z.deel)	1,5-3	80-100	110-140	3-5	< 120	> 95
Slikken van Flakkee (n.o.deel) Hompelvoet (n.o.deel)	3-5	80-120	95-140	3-5	< 120	> 95

x U₁₆-cijfer : de verhouding tussen de totale oppervlakte van alle korrels van de fractie 16-2000, μ en het totale oppervlak van eenzelfde gewichtshoeveelheid korrels van dezelfde stof met een middellijn van 1 cm.

xx M₅₀-cijfer: het getal dat de korrelgrootte aangeeft, waarboven en waarbeneden de helft van het gewicht van de zandfractie (50-2000 μ) ligt.

Uit het overzicht blijkt dat de meest grofzandige lutumarme gronden voorkomen in het westelijk deel van de Grevelingen. In oostelijke richting nemen zowel het lutumgehalte als de fijnheid van het zand toe. Op de noordoostelijke kant van de Hompelvoet en de Veermansplaat komen iets meer slibhoudende afzettingen voor.

Op het noordelijke en zuidelijke deel van de Slikken van Flakkee komen op tamelijk geringe diepte reeds slecht doorlatende klei- en veenafzettingen voor. In figuur 2 is aangegeven waar de afsluitende lagen voorkomen alsmede de begindiepte. Als voorbeeld van de daar voorkomende heterogene profielopbouw is hieronder de profielbeschrijving ter plaatse van boorplek "F 14" weergegeven.

<u>Diepte in cm-m.v.</u>	<u>Beschrijving</u>
0 - 35	zand, grijs U 75/80
35 - 114	zand + schelpenresten U 70/75
114 - 135	riet, zeggeveen
135 - 160	klei, doorgroeid, grijs-bruin, 20% lutum
160 - 165	riet, zeggeveen
165 - 192	klei, doorgroeid, grijs-bruin, 24% lutum
192 - 198	zeggveen, grof (verslagen)
198 - 275	klei, zandig, 14% lutum
275 - 300	riet, zeggeveen
300 - 310	klei, doorgroeid, bruin-grijs, 20% lutum
310 - 360	klei, sterk zandig, 6% lutum, U 85
360 > 410	zand, grijs, vrij scherp en uitgewassen, U 70

Reeds voor de afsluiting van het Grevelingenbekken is op de verschillende platen een onderzoek ingesteld naar de doorlaatfactor van het zand. Na de afsluiting zijn nog aanvullende gegevens verzameld. De doorlaatfactor is gemeten volgens de boorgatenmethode op een diepte van 1 en 1,5 m - m.v.

Meer informatie over de verzadigde doorlatendheden van het zuivere zand is verkregen uit gestoken monsters. Eventuele kleilaagjes werden uit het zandprofiel verwijderd, waarna in het schone zandmonster de doorlaatfactor is bepaald na hersedimentatie van het zand. Het blijkt dat de op deze wijze bepaalde doorlaatfactoren in het algemeen erg hoog zijn. Omdat de kleilensjes zijn verwijderd en vermoedelijk kleideeltjes zijn uitgespoeld is het wel zeer de vraag of deze resultaten op alle platen overeenkomstig de werkelijkheid zijn. In het volgende overzicht zijn de gevonden doorlaatfactoren weergegeven voor de bovenste meter van het zandpakket na verwijdering van de kleilaagjes en hersedimentatie alsmede de verkregen resultaten m.b.v. de boorgatenmethode.

Gemiddelde k-faktor in m/etm (uiterste waarden in m/etm.)

	Boorgatenmethode	Gestoken monsters
Veermansplaat	0,30 (0,14-0,36)	6,4 (5,4-8,5)
Hompelvoet	0,95 (0,12-3,4)	5,9 (2,3-9,4)
Kabellaarsbank	2,50 (1,5 -4,0)	
De Punt	5,0 (3,8 -6,8)	
Stamperplaat		9,0 (7,2-11,2)
Slikken van Flakkee (middendeel)		7,5 (5,8-12,1)

Hydrologie

Van de onbegroeide zandgronden die na afsluiting van de Grevelingen definitief zijn drooggevallen, zijn in tabel 1 per gebied de grootste hoogte ten opzichte van N.A.P., de grootste lengte en de grootste breedte van het deel liggend boven N.A.P. en het gemiddelde verhang vermeld.

Tabel 1. De grootste hoogte, lengte en breedte van de drooggevallen gronden in het Grevelingenbekken, alsmede het gemiddelde verhang in m per 100 m				
Gebied	Grootste hoogte t.o.v. N.A.P.	Max. lengte boven N.A.P.	Max. breedte boven N.A.P.	Gem. verhang in m/100 m
De Punt	+ 1,50 m	+ 1.500 m	+ 700 m	0,43
Kabellaarsbank	+ 1,00 m	+ 1.500 m	+ 700 m	0,29
Hompelvoet	+ 1,50 m	+ 4.600 m	+ 1.600 m	0,19
Veermansplaat	+ 1,00 m	+ 4.000 m	+ 1.300 m	0,15
Stamperplaat	+ 0,75 m	+ 2.200 m	+ 800 m	0,19
Dwars in de Weg	+ 0,75 m	+ 1.700 m	+ 600 m	0,25
Slikken van Flakkee	+ 1,00 m	+16.000 m	+ 1.800 m	0,06
Plaat van Oude Tonge	+ 0,50 m	+ 3.400 m	+ 400 m	0,12

Uit deze gegevens is reeds globaal de ontwateringstoestand van de drooggevallen gronden af te leiden. Enerzijds wordt deze immers bepaald door de hoogte boven het waterniveau in de Grevelingen, anderzijds door de breedte van de platen. Het gemiddelde verhang geeft dus reeds een aanwijzing over de verschillen in ontwateringstoestand van de verschillende platen.

Grondwaterstanden na droogvallen

In figuur 3 zijn de gemiddelde van de drie diepste zomergrondwaterstanden en de hoogst waargenomen zomergrondwaterstand van enkele platen weergegeven. Ondanks het verschil in meerpeil blijken deze standen voor de zomer van 1971 en 1972 vrijwel overeen te komen, zodat figuur 3 voor beide zomerperiodes toepasbaar is. Het verloop van het meerpeil is weergegeven in figuur 4. De waargenomen wintergrondwaterstanden zijn verrekend tot de "som van de overschrijdingswaarden van de wintergrondwaterstanden boven 0,30 m-m.v. maal het aantal dagen (S.O.W. 30)". De S.O.W. 30-waarden voor de winterperiodes 1971/'72- en 1972/'73 zijn eveneens vermeld in figuur 3.

Met betrekking tot de hoogste zomerstanden kan nog worden opgemerkt dat op de Slikken van Flakkee deze alleen op het noordelijke en zuidelijke gedeelte samenvalt met het maaiveld. Dat dit op het middelste gedeelte niet het geval is, moet voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan het ontbreken van afsluitende lagen op geringe diepte.

Weersomstandigheden

Aangezien ontziltling het gevolg is van percolatie van regenwater door de grond, is de hoeveelheid neerslag van belang. Het ontziltlingseffect van de neerslag is groter naarmate deze gelijkmatiger is verdeeld. In droge perioden kan door verdamping van water aan het oppervlak en de hierdoor ontstane opwaartse beweging van water in de grond een herverziltling in de bovengrond optreden. De mate waarin ontziltling plaatsvindt wordt dus in wezen bepaald door het neerslagoverschot (neerslag - verdamping).

Behalve dat een deel van de neerslag niet aan de ontzilting meewerkt door optredende verdamping, kan ook een deel ervan verloren gaan door oppervlakkige afstroming. In welke mate deze optreedt is afhankelijk van de ontwateringstoestand.

Zowel voor het onderzoek naar de ontwateringstoestand als voor het ontziltingsonderzoek zijn de weergegevens dus van veel belang. Voor het Grevelingenbekken worden veel gegevens verzameld met registrerende apparatuur, die door het K.N.M.I. op de Hompelvoet is geplaatst. Continu worden hier gemeten de temperatuur, de luchtvochtigheid, de windrichting en de windsnelheid. Uit deze gegevens is de open-waterverdamping (E_0) af te leiden. Gegevens omtrent de neerslag zijn verkregen met behulp van een aantal regenmeters binnen en rond het Grevelingengebied.

In figuur 5 is een overzicht gegeven van de neerslaghoeveelheden, de neerslagverdeling en de verdamping.

Ontzilting

Waarnemingen

Na het definitief droogvallen van de platen zijn grondwaterstandsbuizen in raaien over de platen geplaatst. Een aantal van deze buizen is daarbij tevens vaste zoutplek geworden voor het volgen van de ontzilting. De bemonstering van de vaste zoutplekken vond plaats op 26-5, 21-7 en 22-9-1971, 19-4 en 11-10-1972 en 2-4-1973. Alle monsters zijn in het laboratorium onderzocht op A-, B- en C-cijfer ^{*}), in enkele zijn tevens het lutumgehalte, het humusgehalte en het U-cijfer bepaald.

^{*}) A-cijfer = grammen water in 100 g droge grond

B-cijfer = grammen zout (NaCl) in 100 g droge grond

C-cijfer = grammen zout (NaCl) in 1 l bodemvocht.

De invloed van de factoren die de ontzilting bepalen

Zoals eerder is opgemerkt wordt de mate van ontzilting voor een groot deel bepaald door de hydrologische omstandigheden. De hydrologische omstandigheden worden weer beïnvloed door de bodemkundige omstandigheden, de hoogteligging en de afstand tot het water. In tabel 2 is de ontzilting weergegeven op 23-9-1971 in afhankelijkheid van de bodemkundige omstandigheden.

Tabel 2. De zouttoestand op 23-9-1971 in afhankelijkheid van de bodemgesteldheid.

Plek hoogte in m t.o.v. N.A.P. afstand tot het water bodemgesteldheid	Kabellaarsbank (A2) 0,86 + + 200 m 0-1% lutum, U-55			Hompelvoet (F15) 0,83 + + 200 m 1,5% lutum, U-70		
	laag in cm-m.v.	A	B	C	A	B
5 - 20	1,3	< 0,020	1,21	4,2	< 0,020	1,26
20 - 40	3,7	< 0,020	< 0,20	8,2	< 0,020	0,83
40 - 60	4,3	< 0,020	< 0,20	11,9	0,063	5,31
60 - 80	4,4	< 0,020	< 0,20	24,9	0,531	21,32
80 - 100						

De in tabel 2 met elkaar vergeleken plekken komen met elkaar overeen wat betreft de hoogteligging en de afstand tot het water. Zij verschillen van elkaar wat betreft de bodemgesteldheid (U-cijfer en lutumgehalte). Omdat mag worden aangenomen dat de weersomstandigheden voor de diverse gebieden gemiddeld vrijwel gelijk zijn, moet het verschil in ontzilting worden toegeschreven aan de verschillen in bodemgesteldheid. Uit het zoutgehalte (B-cijfer) blijkt duidelijk dat de ontzilting toeneemt, naarmate het zand grover en lutumarmer is.

In tabel 3 is de ontzilting weergegeven op 23-9-1971 in afhankelijkheid van de hoogteligging.

Tabel 3. De zouttoestand op 23-9-1971 in afhankelijkheid van de hoogteligging

Plek hoogte in m t.o.v. N.A.P. afstand tot het water bodemgesteldheid	Veermansplaat (B2) 0,56 + + 150 m 2% lutum, U 75			Veermansplaat (B4) 0,32 + + 150 m 2% lutum, U 75		
	A	B	C	A	B	C
laag in cm-m.v.						
5 - 20	5,0	0,083	17,03	7,2	0,179	24,86
20 - 40	18,2	0,444	24,37	19,1	0,536	28,04
40 - 60	22,0	0,549	24,94	22,5	0,680	29,78
60 - 80	23,6	0,631	26,74	23,2	0,739	31,9
80 - 100	24,4	0,668	27,34	23,0	0,705	30,7

De in tabel 3 met elkaar vergeleken plekken komen met elkaar overeen wat betreft de afstand tot het water en bodemgesteldheid. Het verschil in hoogteligging is hier de oorzaak van het verschil in ontzilting.

In tabel 4 is de ontzilting weergegeven op 23-9-1971 in afhankelijkheid van de afstand tot het water.

Tabel 4. De zouttoestand op 23-9-1971 in afhankelijkheid van de afstand tot het water

Plek hoogte in m t.o.v. N.A.P. afstand tot het water bodemgesteldheid	Hompelvoet (F7) 1,22 + + 250 m 1,5% lutum, U 70			Hompelvoet F8 1,20 + + 400 m 1,5% lutum, U 70		
	A	B	C	A	B	C
laag in cm-m.v.						
5 - 20	5,3	< 0,020	1,40	5,2	< 0,020	0,68
20 - 40	6,2	< 0,020	0,22	7,5	< 0,020	0,44
40 - 60	12,2	0,022	1,81	13,2	0,080	6,06
60 - 80	23,8	0,300	12,60	27,0	0,557	20,63
80 - 100	27,5	0,716	26,04	32,0	0,899	28,07

De in tabel 4 met elkaar vergeleken plekken komen met elkaar overeen wat betreft de hoogteligging en bodemgesteldheid. De oorzaak van het verschil in ontziltling moet hier voornamelijk worden gezocht in het verschil in de afstand tot het water.

Resultaten

In figuur 6 is van verschillende plekken de mate van ontziltling zowel in de diepte als in de tijd weergegeven. Het C-cijfer is d.m.v. een arcering verdeeld in trajecten. Bovendien zijn in de verschillende bemonsteringslagen de afgeronde C-cijfers vermeld.

Aan de hand van de ontziltlingssnelheid zijn de diverse drooggevallen gronden in het Grevelingenbekken globaal te verdelen in gebieden met een zeer goede, een goede, een matige en een slechte ontziltling (figuur 1).

Tot de gebieden met een zeer goede, goede en matige ontziltling worden die gronden gerekend waar respectievelijk op 26-5-'71, 22-9-'71 en 19-4-'72 sprake was van een zodanige ontziltling dat het C-cijfer was gedaald tot minder dan 5 tot een diepte van 0,40 m-m.v. of meer. Tot de gebieden met een slechte ontziltling worden die gronden gerekend waar ook op 2-4-'73 nog nauwelijks sprake was van enige ontziltling.

Uit de bemonsteringen tot 100 cm-m.v. kan met behulp van het droge volumegewicht (v.g.) worden berekend hoeveel gram NaCl zich in een kolom grond met een doorsnede van 1 dm² en een hoogte van 100 cm bevindt. (d-cijfer = $10 \times v.g. \times B \times d$; d = laagdikte in dm). In figuur 7 zijn voor elk van de onderscheiden gebieden van een representatieve zoutplek de Z_d -cijfers per laag en in totaal weergegeven.

Uit figuur 7 blijkt dat voor gronden met een zeer goede ontziltling (plek I) de hoeveelheid zout reeds bij de eerste bemonstering gedaald is tot minder dan 3,2 g NaCl per dm² (B-cijfer < 0,020). Verondersteld mag dan ook worden dat hier reeds voor de afsluiting sprake is geweest van ontziltling.

Deze veronderstelling wordt bevestigd door het feit dat het maaiveld van deze gebieden boven Gemiddeld Hoog Water ligt.

Aan de hand van de hoogteligging, de opgetreden ontzilting en de waargenomen grondwaterstanden kan gesteld worden dat voor gebieden met een goede ontzilting en hoogteligging meer bedraagt dan 0,50 m + N.A.P. of ligt tussen circa 0,25 m + N.A.P. en 0,50 m + N.A.P., indien de afstand tot het boezemwater niet groter is dan 100 m. De ontwateringstoestand is hierbij zodanig dat de diepste zomergrondwaterstand 0,80 - m.v. of meer bedraagt en de hoogst voorkomende zomergrondwaterstand niet hoger komt dan 0,30 m - m.v. Uit figuur 7 kan worden afgeleid dat van de voor de gebieden met goede ontzilting representatieve plek (II) in de periode van 26-5-1971 tot 22-9-1971 de laag 0-80 cm - m.v. 58,4 g NaCl heeft verloren. Van deze 58,4 g is niets in de laag 80-100 cm - m.v. achtergebleven, zodat door de laag 0-100 cm - m.v. $\frac{58,4}{27} = 2,16 \text{ dm}^3/\text{dm}^2$ of 216 mm water is gepercoleerd ($27 = \bar{C} \text{ 80-100}$). De neerslag bedroeg in deze periode slechts 192 mm. Uit het verschil in A-cijfers is het verschil in bodemvocht aan het begin en einde van de beschouwde periode te berekenen. De hoeveelheid bodemvocht daalde in deze periode met 116 mm. Door ervan uit te gaan dat neerslag = verdamping + percolatie + wijziging vochtgehalte, blijkt dat er 92 mm is verdampt. De open-watervedamping (E_o) bedroeg 403 mm, zodat de reële verdamping (E_r) slechts 23% van E_o heeft bedragen. Vermoedelijk ligt de reële verdamping wel iets hoger, omdat met de daling van de grondwaterstand ten gevolge van de verlaging van het boezempeil in juni 1971 (figuur 4) ook een gedeelte van het in de bovenste meter aanwezige zout is uitgezakt.

Uit de hoogteligging, de opgetreden ontzilting en de waargenomen grondwaterstanden blijkt dat voor gebieden met een matige ontzilting de hoogteligging varieert tussen 0,20 m + N.A.P. en 0,50 m + N.A.P., waarbij de afstand tot het water groter is dan 100 m. De doorlatendheid van het profiel voor deze gronden is zodanig dat de diepste zomergrondwaterstanden maximaal 0,60 m - m.v. bedragen en de hoogste zomergrondwaterstand juist beneden het maaiveld blijft. Van de wintergrondwaterstand kan gezegd worden dat de S:O.W. - waarden laag

blijft (in het algemeen maximaal 500 in de winterperiode 1971-1972). Uit figuur 7 blijkt dat van de voor de gebieden met een matige ontzilting representatieve plek (III) in de periode van 26-5-1971 tot 22-9-1971 de laag 0-60 cm-m.v. 30,7 g NaCl heeft verloren. Van deze 30,7 g is in de laag 60-100 cm - m.v. 4,4 g achtergebleven, zodat door de laag 0-100 cm - m.v. $\frac{30,7-4,4}{27} = 1,3 \text{ dm}^3/\text{dm}^2$ of 130 mm water is afgevoerd ($27 = \bar{C}_{60-100}$). De neerslag bedroeg in deze periode 192 mm en de afname van de hoeveelheid bodemvocht 59 mm. Uit de vochtbalans kan nu worden afgeleid dat er 121 mm is verdampt. De open-watervedamping bedroeg 403 mm. De reële verdamping, E_r blijkt dus ongeveer 30% van E_o te zijn. Vermoedelijk zal in werkelijkheid E_r ook hier hoger liggen, doordat een deel van het uitloggen het gevolg zal zijn van het uitzakken van het grondwater ten gevolge van de verlaging van het boezempeil. Uit figuur 7 (plek III) blijkt eveneens dat in de periode 22-9-1971 tot 19-4-1972 de laag 0-100 cm-m.v. 57,2 g NaCl heeft verloren. Door de laag 0-100 cm - m.v. is $\frac{57,2}{27} = 2,11 \text{ dm}^3/\text{dm}^2$ of 211 mm water afgevoerd ($27 = \bar{C}_{>100}$). De neerslag bedroeg in deze periode 339 mm en de toename van het bodemvocht 37 mm, zodat 91 mm voor het ontziltingsproces is verloren gegaan. De open-watervedamping bedroeg 182 mm. Er van uitgaande dat $E_r = 30\%$ van E_o , is de reële verdamping 55 mm. Het restant $91 - 55 = 36$ mm moet door oppervlakkige afstroming zijn afgevoerd.

Aan de hand van de hoogteligging, de ontzilting en de grondwaterstanden kan gesteld worden dat de gebieden met een slechte ontzilting een hoogteligging hebben van minder dan 0,20 m + N.A.P. waardoor de diepste grondwaterstanden maximaal 50 cm - m.v. bedragen en de hoogste zomergrondwaterstand tot in het maaiveld reikt. De S.O.W.₃₀ - waarden bedragen over het algemeen meer dan 1000 in de winter '71-'72 en meer dan 2000 in de winter '72-'73. Tot deze categorie kunnen tevens die gebieden worden gerekend waar de slechte ontwateringstoestand het gevolg is van het op geringe diepte voorkomen van een afsluitend pakket (Slikken van Flakkee). Uit figuur 7 blijkt dat er in de

eerste zomerperiode in de bovenste 20 cm van de voor de gebieden met een slechte ontziltingsrepresentatieve plek (IV) sprake is geweest van een geringe uitloging van zout. In de periode van 22-9-1971 tot 19-4-1972 blijkt uit de bovenste 60 cm-m.v. 15,1 g NaCl te zijn uitgelooft. Hiervan is 2,8 g achtergebleven in de laag van 60-100 cm - m.v. Door de laag 0-100 cm - m.v. is dan $\frac{15,1-2,8}{26} = 0,47 \text{ dm}^3/\text{dm}^2 = 47 \text{ mm}$ water afgevoerd. ($26 = \bar{C} \text{ 60-100}$). De neerslag bedroeg in deze periode 399 mm en de toename van het bodemvocht 37 mm. De open-watervedamping bedroeg 182 mm, zodat zelfs bij $E_o = E_r$ nog $399 - (47 + 57 + 182) = 133 \text{ mm}$ oppervlakkig moeten zijn afgestroomd. In de periode van 19-4-1972 tot 11-10-1972 blijkt de hoeveelheid NaCl ten gevolge van capillaire opstijging in de bovenste 60 cm - m.v. met 20,2 g te zijn toegenomen, aangevoerd uit de lagen dieper dan 100 cm - m.v.

Voor de gebieden met een slechte ontzilting blijkt dus niet alleen dat de hoeveelheid water die aan het uitlogen meewerkt zeer gering is, maar ook dat ten gevolge van capillaire opstijging de hoeveelheid zout weer zeer gemakkelijk toeneemt. Door de grote hoeveelheid water die oppervlakkig afstroomt is het effectieve neerslagoverschot negatief, waardoor ook in de toekomst, weinig van de ontzilting is te verwachten. Voor het noordelijk en zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee kan nog gezegd worden dat de ontzilting hier extra wordt belemmerd doordat dit gebied geregeld wordt overstroomd ten gevolge van opstuwning en overwaaiing van zout Grevelingenwater bij stormachtige wind. Uit figuur 7 blijkt dat er in de periode van 20-4-1972 tot 1-6-1972 in de bovenste 20 cm - m.v. van de voor het noordelijk en zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee representatieve plek (V) de hoeveelheid zout is toegenomen met 10,4 g NaCl. Gesteld dat deze toename is veroorzaakt door aanvoer vanuit de lagen dieper dan 20 cm - m.v., dan is deze hoeveelheid zout aangevoerd door $\frac{10,4}{27} = 0,39 \text{ dm}^3/\text{dm}^2$ of 39 mm water ($27 = \bar{C} \text{ 20-40}$). In de periode van 20-4 tot 1-6-1972 is 76 mm neerslag gevallen en was de open-watervedamping 100 mm, terwijl het verschil in bodemvocht 0 mm bedroeg.

Aan de hand van de neerslagverdeling en de waargenomen grondwaterstanden kan worden gesteld dat de oppervlakkige afstroming is te verwaarlozen. Zelfs aan- neer de reële verdamping gelijk geweest is aan de open-waterverdamping is het verdampingsoverschot slechts $100 - 76 = 24$ mm. De toename van de hoeveelheid zout moet dan ook voor een deel het gevolg zijn van de overspoeling met zout water vanuit de Grevelingen. Deze overspoeling vond inderdaad plaats op 26-5-1972 tijdens een periode met stormachtige wind op een tijdstip dat de grondwaterstanden relatief diep waren uitgezakt. Bovendien viel er tijdens de overspoeling geen neerslag zodat de zoutconcentratie van het overspoelende water gelijk bleef aan dat van het water in het Grevelingenbekken ($C \approx 25$).

Samenvatting

Door de sluiting van de Brouwersdam is ongeveer 3000 ha land in het Grevelingenbekken blijvend drooggevallen. Voor een zeer belangrijk deel zijn dit zandige slikken en platen en voor een klein deel meer kleihoudende schorren. In verband met inzaai van stuifgraan om het zand vast te leggen tegen verstuiving en in verband met de toekomstige inrichtingsmogelijkheden is in dit gebied onderzoek verricht naar ontzilting.

De ontzilting van de hoger dan 0,50 m + N.A.P. gelegen zandgronden heeft in het algemeen een zeer vlot verloop gehad. Mede ten gevolge van de gunstige bodemkundige omstandigheden zakten de grondwaterstanden diep uit en was de fluctuatie zo gering dat een groot deel van de gevallen neerslag voor het ontziltingsproces beschikbaar was. Voor deze gebieden is vooral de neerslaghoeveelheid bepalend geweest voor de mate en de snelheid van ontzilting. Mede door de lage reële verdamping ten gevolge van een tekort aan vochttoevoer uit de ondergrond waren de hoger gelegen gronden reeds in het najaar van 1971 tot ten minste 0,40 m - m.v. ontzilt ($C < 5$).

De ontzilting van gronden met een hoogteligging van 0,50 m + N.A.P. tot 0,20 m + N.A.P. had een enigszins trager verloop.

Door de geringere bergingscapaciteit ten gevolge van de hogere grondwaterstanden in de winterperiode is een gedeelte van de gevallen neerslag oppervlakkig afgestroomd. Bovendien was ook de fluctuatie van de zomergrondwaterstanden groter, zodat ook de reële verdamping groter is geweest door een betere vochttoevoer. Naast de hoeveelheid neerslag is voor de ontzilting van deze gebieden vooral ook de neerslagverdeling van belang. In het voorjaar van 1972 waren de gronden met een hoogteligging tussen 0,50 m + N.A.P. en 0,20 m + N.A.P. ontzilt tot een diepte van 0,40 m - m.v. en meer ($C < 5$).

Een slecht ontziltingsbeeld vertonen de gebieden met een hoogteligging van minder dan 0,20 m + N.A.P. Door de hoge grondwaterstanden, zowel in de winter als in de zomer, gaat een groot gedeelte van de gevallen neerslag voor het percolatieproces verloren door oppervlakkige afstroming. In de winterperiode vindt weliswaar enige ontzilting plaats, maar in de zomerperiode is er sprake van herverzilting door capillaire opstijding. Door de hoge zomergrondwaterstanden is er tijdens verdamping een onbeperkte toevoer van grondwater, wat weer wordt aangevuld via ondergrondse toevoer vanuit het zoute Grevelingenbekken. Dit heeft tot gevolg dat het zoutgehalte van de bovenlaag in droge perioden hoge waarden kan bereiken.

Het noordelijke en zuidelijke gedeelte van de Slikken van Flakkee vertonen eveneens, onafhankelijk van de hoogteligging, een slecht ontziltingsbeeld. Door de aanwezigheid van een slecht doorlatende laag hoog in het bodemprofiel zakken de grondwaterstanden slechts zeer langzaam uit. Bovendien is door de iets fijnere samenstelling van het zand en het iets hogere lutumgehalte de berging gering, zodat een belangrijk deel van de neerslag oppervlakkig afstroomt. Door de ongunstige ligging t.o.v. de Grevelingen (aan de loefzijde bij overheersende westelijke wind), en door het zeer langzaam oplopende terrein, worden deze gebieden bij harde wind regelmatig overspoeld met zout Grevelingenwater. Vooral bij overspoeling tijdens en na een droge periode zal, afhankelijk van de reeds opgetreden ontzilting, een aanmerkelijke herverzilting kunnen optreden.

Maart 1974

Ing. C. Deelman.