

# TNO Bouw en Ondergrond

**Netherlands Geological  
Survey**  
Princetonlaan 6  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

## TNO-rapport

**2007-U-R0743/A**

## Meetcampagne regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland

T +31 30 256 42 56  
F +31 30 256 48 55  
info-BenO@tno.nl

Datum	Juli 2007
Auteur(s)	Sjors Stevens en Bastiaan de Veen (stagiaires Vrije Universiteit Amsterdam, stagebegeleider Gualbert Oude Essink)
Opdrachtgever	Provincie Zeeland
Projectnummer	034.79202
Aantal pagina's	91 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	4
Goedgekeurd door:	Ir. B. Minnema

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.



## Voorwoord

Dit rapport gaat over verzilting in de provincie Zeeland en is een onderdeel van een langdurig project dat wordt uitgevoerd door TNO Bouw en Ondergrond (Utrecht). Wij hebben deze opdracht uitgevoerd als stageopdracht voor onze studie Hydrologie aan de Vrij Universiteit van Amsterdam. De Provincie Zeeland is de opdrachtgever van het hele project.

Wij hebben een erg leuke stageperiode gehad en hebben naast plezier in het werk ook erg veel geleerd over met name verzilting. De vier veldwerkweken en het uitwerken hierna is ons goed bevallen. Wij willen dan ook een aantal mensen bedanken.

Als eerste willen we de mensen bedanken die ons direct hebben geholpen bij het project. Dit zijn natuurlijk onze stagebegeleiders, Gualbert Oude Essink van TNO en Vincent Post van de VU Amsterdam. Piet Maljaars heeft ons veel geholpen in het veld en met het verwerken en rapporteren van de gegevens. Daarnaast willen we de mensen bedanken die ons verder hebben geholpen om het veldwerk op een goede manier uit te voeren: dit zijn medewerkers van TNO, de Provincie Zeeland (Lein Kaland, Kees Glas), ZLTO (Carla Michielsen) en niet te vergeten de landeigenaren van de percelen waar we hebben gemeten.

Utrecht, juni 2007

Sjors Stevens en Bastiaan de Veen



## Samenvatting

De Provincie Zeeland is een kustgebied van Nederland omsloten door de zee. Verwachting is dat in de toekomst de zeespiegel waarschijnlijk zal stijgen en het neerslag en verdampingspatroon zal veranderen. Deze processen zullen de waterhuishouding van dit kustgebied beïnvloeden. De kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater zal veranderen; het zal waarschijnlijk zouter worden. Voor de landbouw is het dus extra van belang dat optimaal gebruik wordt gemaakt van de voorraad zoet grondwater. Deze is vaak aanwezig in de vorm van een lens, die ‘drijft’ bovenop het zoute kwelwater: de zogenaamde regenwaterlens.

De Provincie Zeeland wil graag weten hoe het op dit moment gesteld is en in de toekomst gesteld zal zijn met de verzilting in landbouw en natuur gebieden. Hiervoor is TNO ingeschakeld. Met dit onderzoek wordt getracht meer duidelijkheid te verkrijgen over het gedrag en de eigenschappen van het freatisch grondwater en de mate van verzilting binnen de grenzen van de Provincie Zeeland. Doel van het veldwerk is een provinciedekkend beeld te verschaffen. Hierbij is onderzocht wat de afmetingen en de vormen zijn van neerslaglenzen in het onderzoeksgebied en hoe deze op perceelsniveau verschillen. Daarnaast is gezocht naar een relatie tussen de locatie in het perceel en de zoet-zout verdeling van het grondwater.

Op basis van 7 criteria zijn zeventien percelen in de Provincie Zeeland geselecteerd die bemeten zijn. Deze criteria zijn: de diepte van het brak-zout grensvlak, het voorkomen van winterkwel, hoogtes van het maaiveld t.o.v. N.A.P., het voorkomen van platen, de dikte van de deklaag, de dikte van het basisveen en het verschil tussen zomer en winterpeil. De opgestelde criteria zijn met het oogpunt op een provinciedekkend beeld samengevoegd tot negen hoofdgebiedklassen. Vanuit deze indeling zijn de onderzochte landbouw en natuur gebieden gekozen.

Vier percelen liggen op Schouwen-Duiveland, vier percelen op Noord-Beveland, twee op Zuid-Beveland, vier op Tholen, twee op Walcheren en een in Zeeuws-Vlaanderen. De bodem op deze percelen is heterogeen. De bovenste laag bestaat vaak uit klei of zavel. Daaronder komt zowel zand, zavel, klei als veen voor. Het onderzoeksgebied wordt van oudsher gebruikt voor landbouwdoeleinden, met name akkerbouw.

Grondwater in de Provincie Zeeland is vaak brak of zout. Aangezien stijghoogten van het watervoerend pakket regelmatig slootpeilen overstijgen heeft het grondwater uit het watervoerend pakket de neiging om omhoog te stromen naar de bovenkant van de holocene deklaag. Wanneer dit zoute grondwater de wortelzone van de vegetatie bereikt, kan gewasschade optreden. In gebieden met zout grondwater is het vaak toch mogelijk om landbouw te bedrijven. Dit komt omdat bovenop het zoute grondwater een zoete ‘lens’ drijft, die afkomstig is van geïnfiltrerd regenwater. De landbouw is afhankelijk van dit zoete water. De overgangszone tussen zoet en zout grondwater verschilt sterk in afmetingen. Soms wordt een scherpe overgang waargenomen, soms is de overgang meer geleidelijk.

Om de doelstelling te verwezenlijken is onder andere een aantal weken veldwerk gedaan in het gebied. Met behulp van een prikstok werd op de percelen de elektrische geleiding (EC) en de temperatuur van de bodem op een aantal punten gemeten. De prikstok is een meetinstrument van 4 m lang die in de bodem geprikt kan worden. Om

de 10 cm wordt de EC gemeten. Op grond van deze waarden kunnen chloridegehalten uitgerekend worden omdat de EC van dit gehalte afhankelijk is. Om deze gehalten uit te kunnen rekenen wordt gebruik gemaakt van een formatieconstante. Deze is afhankelijk van de grondsoort en varieert sterk (van 0,86 voor veen tot 4,12 voor klei). Bij ieder prikpunt op het land is een bodemprofiel gemaakt om naderhand te kunnen herleiden wat de specifieke formatieconstante van iedere bodemlaag was. De vertaalslag van EC naar chloride blijkt heel moeilijk omdat de formatieconstante (ook binnen één grondsoort) sterk verschilt. Onderzoek naar de relatie tussen bodem en EC wordt ook hier aanbevolen. Ook is bij ieder punt de werkelijke chloridegehalte van de bovenste grondwater laag gemeten om zo vergelijkingsmateriaal te hebben voor de omgerekende chloridegehalten van de prikstok.

Op nagenoeg alle percelen zijn in het grondwater alleen maar chloridegehalten gemeten die vallen in de klasse brak en zout. Er is dus geen 'echte' regenwaterlens aanwezig. Regenwater en kwelwater mengen klaarblijkelijk en vormen een brak of zout geheel. Over het algemeen geldt dat de grootste kwelstroom te vinden is onder de sloot. Rond de sloten worden de hoogste chloridegehalten gemeten. In het midden van het perceel liggen de chloridegehalten het laagste. Infiltrerend water heeft daar de meeste invloed. Daar waar de bovenste grondlagen zwaarder en slechter doorlatend zijn dan in de rest van het perceel ontstaat een opbolling van de grondwaterspiegel die het potentiaal verschil met de stijghoogte van het watervoerend pakket vermindert. Hoewel alle percelen vallen in de klasse brak of zout, zijn de verschillen tussen percelen onderling vrij groot. Drie percelen (P4, P5 en P27) zijn zo zout dat direct onder de grondwaterspiegel al waarden gemeten worden van boven de 2500 mg Cl/l. Maximum waarden liggen op deze percelen rond de 10.000 mg Cl/l. Opvallend is dat de drie percelen een relatief dik veen pakket bezitten. Het veen door zijn hoge doorlatendheid duidelijk invloed op de zoute waterstroom van de ondergrond. Het chloridegehalte lijkt niet samen te hangen met de afstand tot de zee. Perceel 7 dat op 100 meter afstand van de Oosterschelde ligt heeft een maximaal opgemeten chloridegehalte van 4.000 mg Cl/l. Perceel 5 dat op 2500 meter afstand van de Noordzee ligt heeft een maximaal opgemeten chloridegehalte van 10.000 mg Cl/l. Daar waar drainbuizen onder grondwaterstand lagen is, vergeleken met metingen tussen drainbuizen, een lichte verhoging in EC en chloridewaarden opgemeten. Zoute kwel wordt daar aangetrokken. Het buitendijkse perceel 14 werd niet gedraineerd en kent hoogstwaarschijnlijk de dikste regenwaterlens van de in dit onderzoek bemeeten gebieden.

Geconcludeerd kan worden dat het grondwater erg zout is in het onderzoeksgebied. Zoete regenwaterlensen zijn niet tegengekomen, door menging met het zoute grondwater is het water al snel brak van aard. Dit sterkt het idee dat de onverzadigde zone een grote rol speelt in het bezorgen van water aan de wortelzone. Kanttekening bij deze conclusie is dat de vertaalslag van EC naar chloride geen rekening houdt met invloed van andere ionen. Op landbouwgebieden zouden meststoffen de gemeten EC waarden van de toplagen kunnen beïnvloeden. Nader onderzoek is ook hier aanbevolen. Hoe hoog de zoutgehalten van het grondwater zijn op perceelsniveau wordt vooral bepaald door het zoutgehalte van het diepe grondwater, potentiaalverschillen en de bodemopbouw. Wanneer er sprake is van een grote kwelintensiteit, is de zoutbelasting van het ondiepe grondwater hoog. De hoogte van het slootpeil blijkt duidelijke gevolgen te hebben voor de kwelsterkte.

## Abstract

It is expected that the sea level will rise and thereby influence the ground- and surface waters of the coastal areas around the world. The Province of Zeeland is a coastal area of the Netherlands which, as the name states, is enclosed by the sea. For the agriculture in this area it is therefore important that fresh groundwater is optimally used. This fresh water is frequently present in the form of a lens, which 'floats' on top of the salty seepage water: the so-called rainwater lens.

The province of Zeeland wants to investigate the present and future salinization processes in agricultural fields. For this long term investigation the Province hired the service and knowledge of TNO Utrecht, Business Unit Soil and Groundwater. The aim of this research is to acquire more knowledge regarding the behavior and properties of rainwater lenses. During a field campaign the occurrence of fresh, brackish and saline groundwater in agricultural fields was recorded.

Seven criteria were set up to differentiate land classes within the Province Zeeland. The criteria are: the fresh-salt boundary depths, the occurrence of winter seepage, the elevation of the soil surface with regard to N.A.P. (the National Reference Level, close to mean sea level), the occurrence of plates, the thickness of the Holocene layer, the thickness of the basal peat layer and the difference between summer and winter ditch levels. Out of this, nine different classes were deduced. Each class should be representative for the set of predefined criteria. Subsequently, seventeen plots, dispersed over the whole Province area, have been selected for further analyses in this field campaign. The upper layer of these fields repeatedly consisted of clay or loam. Underneath the upper deposit sand, loam, clay and peat have been found.

Groundwater in the Province of Zeeland is often brackish or salt. Shallow fresh water is often only available in the form of rainwaterlenses. These 'floating' fresh water lenses provide the essential fresh water for the agriculture. Mingle zones involving fresh and salt groundwaters differ strongly in dimensions. Sometimes a sharp mingle zone is observed, sometimes the mingle zone is more gradual.

In the field a puncture stick is used to measure the electrical conductance (EC) and the temperature of the soil. The puncture stick is a 4 meter long metallic measuring device that can penetrate the soil by human pressure. Each 10 centimeter the EC and temperature are noted. In order to find the chloride concentration of the groundwater around the measured point, the EC value can be corrected for soil characteristics. The correction is done via soil layer formation constants. Thereby, at each puncture point a soil profile is made to attribute a formation constant for each soil layer. The translation from EC to chloride concentration proved to be difficult as soil formation constants showed a lot of variation (even within one soil layer). Further investigation on this topic is recommended.

Nearly all fields show groundwater chloride concentrations falling in the brackish or salt class. No 'real' fresh rainwaterlens was found. Rainwater and salty seepage water mingle apparently to form a brackish or salt lens. Overall the seepage flow seems to be prevalent under the ditches. The highest chloride concentrations are also found in the vicinity of the ditches whereas the lowest chloride concentrations are found in the middle of the field. In the middle of the field, the infiltrating rainwater has the most

influence on the salinity of the groundwater. When the upper layer is heavier and less permeable, the groundwater table resides higher. As such, the hydraulic head difference with seeping salty groundwater is lessened. Although all measured fields show brackish or salt groundwater, the disparity between fields is big. Three fields (P4, P5, P27) are so salty that right underneath the groundwater table chloride values above the 2500 mg Cl/l are found. Maximal values on these fields are about 10.000 mg Cl/l. It is striking that the three fields have relatively thick peat layers. The high hydraulic conductivity of peat could be of influence on the flow of salty seepage from the underground. Chloride concentrations in the groundwater don't seem to coincide with the field's distance to the sea. At a distance of 100 meter from the Oosterschelde, field number 7 has a maximal chloride concentration of 4.000 mg Cl/l. Laying at 2500 meter from the North Sea, field number 5 has a maximal chloride concentration of 10.000 mg Cl/l. Underneath drainage tubes a slight increase in chloride concentrations is measured when compared to chloride concentrations in-between drainage tubes. Salt seepage appears to be drawn towards the tubes. Field number 14, which is lying outside the dike and is not drained by tubes, probably has the thickest rainwaterlens of all the measured fields during this campaign.

It can be concluded that the investigated groundwater from the research area is truly salty. Fresh rainwaterlenses were not encountered. Mingling with salty seepage water rapidly turns the infiltrating rainwater towards a brackish status. This strengthens the idea that the unsaturated zone plays an important role in the delivery of fresh water to the root zone. It has to be underlined that the translation from EC to chloride concentration does not take the influence of other ions into account. On agricultural fields manure could influence the measured EC values of the upper soil layers. Further investigation on this topic is recommended. At field level, the groundwater chloride concentration is essentially stipulated by the chloride concentration of the deep groundwater, hydraulic head differences and the soil profile. When the seepage flow is intense, the effect of the chloride input is largest. The water levels of the ditches seem to have a significant influence on the seepage flow intensity.



# Inhoudsopgave

	<b>Voorwoord</b> .....	<b>3</b>
	<b>Samenvatting</b> .....	<b>5</b>
	<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
	<b>Lijst van tabellen en figuren</b> .....	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>15</b>
1.1	Achtergrond .....	15
1.2	Doelstellingen .....	15
1.3	Werkwijze.....	16
1.4	Structuur van rapport .....	16
<b>2</b>	<b>Gebiedsanalyse</b> .....	<b>17</b>
2.1	Gebiedskeuze .....	17
2.2	Gebiedskenmerken.....	18
2.3	Geologie.....	19
<b>3</b>	<b>Verziltingsproblematiek</b> .....	<b>23</b>
3.1	Probleemuitleenzetting .....	23
3.2	Neerslaglenzen op perceelsniveau .....	23
<b>4</b>	<b>Veldwerk</b> .....	<b>25</b>
4.1	Werkzaamheden.....	25
<b>5</b>	<b>Resultaten veldwerk</b> .....	<b>29</b>
5.1	Inleiding .....	29
5.2	Perceel 1.....	30
5.3	Perceel 2.....	32
5.4	Perceel 4.....	33
5.5	Perceel 5.....	35
5.6	Perceel 6.....	37
5.7	Perceel 7.....	38
5.8	Perceel 8.....	40
5.9	Perceel 9.....	42
5.10	Perceel 11.....	45
5.11	Perceel 12.....	46
5.12	Perceel 14.....	48
5.13	Perceel 15.....	50
5.14	Perceel 16.....	52
5.15	Perceel 17.....	54
5.16	Perceel 20.....	56
5.17	Perceel 21.....	57
5.18	Perceel 27.....	58
5.19	Vergelijking percelen.....	60
<b>6</b>	<b>Conclusies en monitoringsplan</b> .....	<b>63</b>
6.1	Inleiding .....	63

6.2	Conclusie .....	63
6.3	Monitoringsplan.....	65
<b>7</b>	<b>Literatuuropgave .....</b>	<b>71</b>

**Bijlage(n)**

A Bemeten locaties

B Boringen

C Stijghoogtes

D Gebiedsklasse

## Lijst van tabellen en figuren

### Tabellen

Tabel 2.1	Kenmerken gebiedsklassen Provincie Zeeland. ....	17
Tabel 2.2	Overzicht van de perioden in de ontstaansgeschiedenis van Zeeland (Fischer, 1997) .....	20
Tabel 4.1	Klasse indeling volgens Stuyfzand.....	27
Tabel 5.1	De EC en Cl <sup>-</sup> waarden van het oppervlakte- en drainage water bij perceel 7 .....	40
Tabel 5.2	De EC en berekende chloridegehalten van grondwater uit boorgaten en het oppervlaktewater op perceel 12.....	48

### Figuren

Figuur 2.1	Beschikbaarheid zoetwater in de Provincie Zeeland (Bron: Provincie Zeeland).....	19
Figuur 2.3	De dammen en andere kunstwerken die onderdeel uitmaken van de Deltawerken (Bron: www.deltawerken.com).....	22
Figuur 2.4	Zicht op Zeelandbrug vanuit perceel 15 gezien.....	22
Figuur 3.1	Schematische weergave neerslaglens (bron: Maljaars, Wils, 2006).....	24
Figuur 4.1	Verloop correctiefactor voor de EC van de prikstok .....	27
Figuur 5.1	Kaart van de Provincie Zeeland met de ligging van de meetlocaties .....	29
Figuur 5.2	EC-bodem profiel van perceel 1 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee prikpunten liggen links in de sloot.....	31
Figuur 5.3	Dwarsdoorsnede van perceel 1 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden .....	31
Figuur 5.4	EC-bodemprofiel van perceel 2 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste meetpunt links ligt in de sloot .....	32
Figuur 5.5	Dwarsdoorsnede van perceel 2 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden .....	33
Figuur 5.6	EC-bodemprofiel van perceel 4 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten links liggen in de sloot.....	34
Figuur 5.7	Dwarsdoorsnede van perceel 4 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden .....	34
Figuur 5.8	Een schematische weergave van de mogelijke situatie op perceel 4.....	35
Figuur 5.9	EC-bodemprofiel van perceel 5 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee (5.1 & 5.2) en het laatste meetpunt (5.10) liggen in de sloot .....	36
Figuur 5.10	Dwarsdoorsnede van perceel 5 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden .....	37
Figuur 5.11	EC-bodemprofiel van perceel 7 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot (N).....	38
Figuur 5.12	Dwarsdoorsnede van perceel 7 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	39
Figuur 5.13	Dwarsdoorsnede tussen twee drainage buizen van perceel 7 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l). Punt 7.6 staat tussen drain W en drain O in.....	40

Figuur 5.14	EC-bodemprofiel van perceel 8 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste vijf meetpunten liggen in de sloot .....	41
Figuur 5.15	Dwarsdoorsnede van perceel 8 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	42
Figuur 5.16	EC-bodemprofiel van perceel 9 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Dit transect ligt op de drainage buis en het eerste meetpunt ligt in de sloot .....	43
Figuur 5.17	EC-bodemprofiel van perceel 9 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Dit transect is tussen de drainage buizen in en het eerste meetpunt ligt in de sloot .....	43
Figuur 5.18	Dwarsdoorsnede van perceel 9 op de drain met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	44
Figuur 5.19	Dwarsdoorsnede van perceel 9 tussen de drains met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	44
Figuur 5.20	EC-bodemprofiel van perceel 11 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste en laatste meetpunt liggen in de sloot.....	45
Figuur 5.21	Dwarsdoorsnede van perceel 11 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	46
Figuur 5.22	EC-bodemprofiel van perceel 12 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste en laatste meetpunt liggen in de sloot.....	47
Figuur 5.23	Dwarsdoorsnede van perceel 12 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	48
Figuur 5.24	EC-bodemprofiel van perceel 14 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste meetpunt ligt in de sloot en het laatste punt ligt in het Veerse Meer .....	49
Figuur 5.25	Dwarsdoorsnede van perceel 14 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	50
Figuur 5.26	EC-bodemprofiel van perceel 15 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot .....	51
Figuur 5.27	Dwarsdoorsnede van perceel 15 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	52
Figuur 5.28	EC-bodemprofiel van perceel 16 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste meetpunt ligt in de sloot .....	53
Figuur 5.29	Dwarsdoorsnede van perceel 16 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	54
Figuur 5.30	EC-bodemprofiel van perceel 17 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste en het laatste meetpunt liggen in de sloot.....	55
Figuur 5.31	Dwarsdoorsnede van perceel 17 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	55
Figuur 5.32	EC-bodemprofiel van perceel 20 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot .....	56
Figuur 5.34	EC-bodemprofiel van perceel 21 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot en het derde punt op het talud.....	57
Figuur 5.35	Dwarsdoorsnede van perceel 21 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	58
Figuur 5.36	EC-bodemprofiel van perceel 27 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste en laatste prikpunt liggen in de sloot.....	59
Figuur 5.37	Dwarsdoorsnede van perceel 27 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l) .....	60
Figuur 6.1	Schematische weergave van kwel richting de sloten.....	63

Figuur 6.2 Schematische weergave van het effect van verschillen in bodemopbouw op perceelsniveau. Als voorbeeld is perceel 14 gebruikt. De pijlen geven de grondwaterstroming aan ..... 64



# 1 Inleiding

De zeespiegelstijging en de verwachte klimaatverandering, in de vorm van een veranderend neerslag- en verdampingspatroon, en lokale peilwijzigingen zullen het grondwatersysteem van in het kustgebied veranderen. De Provincie Zeeland wil haar waterbeleid en –beheer gaan aanpassen aan die veranderingen.

## 1.1 Achtergrond

De zoetwatervoorraad van Zeeuwse landbouwgronden bestaat voornamelijk uit in de bodem opgeslagen regenwater, beter bekend als zoetwaterlenzen. Deze drijven door dichtheidsverschillen op het zoute grondwater. Zoute kwel wordt veroorzaakt door hoge stijghoogten in het watervoerend pakket ten opzichte van de grondwaterstand. waterpeilen in omliggende gebieden en de zeewaterspiegel. Als het zoute kwelwater in de buurt komt van de wortelzone, kan schade veroorzaakt worden aan de in de Provincie Zeeland van regenwater afhankelijke gewassen. Het is voor de landbouw van belang om het beheer van zoetwater te optimaliseren omdat verwacht wordt dat verzilting door kwel zal toenemen. Het inspelen op een veranderend klimaat en een veranderend waterbeleid en -beheer zal doorslaggevend zijn voor de gezondheid van de sector.

## 1.2 Doelstellingen

Verschillen in bodemopbouw, inpoldering en getijdenwerking maken van het grondwatersysteem in het Zeeuwse landschap een zeer gevarieerd stelsel. Tijdens het verziltingsonderzoek in de Provincie Zeeland, waar dit rapport onderdeel van is, zullen verschillende computermodellen worden opgesteld die het gedrag van grondwater in brakke kwelsystemen simuleren. Er zijn echter nog weinig lokale meetgegevens uit de praktijk voorhanden die deze modellen kunnen ondersteunen. Om het waterbeleid en -beheer van de Provincie Zeeland af te kunnen stemmen op de verziltingproblematiek is het van belang meer kennis te vergaren over het gedrag van kwelsystemen en zoetwaterlenzen in zowel landbouw als natuurgebieden. Het uiteindelijke doel is het voorspellende vermogen van de numerieke modellen te vergroten voor de specifieke beleidsmatige en fysisch-geografische eigenschappen van de Provincie Zeeland.

*Dit onderzoek heeft daarom ten doel meer inzicht te verkrijgen in het ondiepe grondwatersysteem en daarmee samenhangend de zoet/zoutverdeling in het grondwater op perceelsniveau in de provincie Zeeland.*

Om deze doelstelling te bereiken zijn de volgende deelvragen opgesteld:

*1 Hoe zijn zoet en zout grondwater ruimtelijk verdeeld over een perceel?*

Door op perceelniveau verschillende punten te bemeten wordt een beeld verkregen van de verdeling van zoet en zout grondwater op het perceel. De overgangszone tussen zoet, brak en zout wordt bepaald.

*2 Wat zijn de factoren die de verdeling van zoet en zout grondwater op perceelsniveau bepalen?*

Wanneer op perceelsniveau een zoet/zout overgangszone aanwezig is kan gezocht worden naar factoren die hiervan de oorzaak zijn. Gedacht kan worden aan bodemopbouw, kweldruk, hoogteverschillen in maaiveld etc.

*3 Zijn er op regionaal niveau (tussen percelen) verschillen waar te nemen en wat zijn factoren die deze verschillen bepalen?*

Wanneer er tussen percelen grote verschillen worden waargenomen in zoet/zoutverdeling kan door vergelijking van perceeieigenschappen bepaald worden hoe deze verschillen veroorzaakt worden.

*4 Welke percelen zijn geschikt om ook in de toekomst te monitoren en hoe kan deze monitoring het beste worden uitgevoerd?*

Door hetzelfde perceel een aantal keer te bemeten kunnen veranderingen in de tijd zichtbaar gemaakt worden. Bovendien kan door gebruik te maken van andere meetmethoden meer informatie verzameld worden over de zoet/zoutverdeling op de betreffende percelen.

### **1.3 Werkwijze**

In eerste instantie zijn representatieve onderzoeksgebieden gekozen, die de diversiteit van de Zeeuwse waterhuishouding en het landgebruik vertegenwoordigen. Het is de bedoeling een provinciedekkend beeld van de verzilting van het freatisch grondwater van de Provincie Zeeland te creëren.

Op de gekozen meetlocaties is een meetcampagne uitgevoerd met behulp van landmeetapparatuur, bodemmateriaal en een prikstok die de EC (elektrische geleidbaarheid) en de temperatuur van de bodem meet. Tijdens de meetcampagne zullen interviews gevoerd worden met de landeigenaren/beheerders. Deze zijn uitgevoerd in de maanden december 2006 en januari 2007. Na deze 4 weken zijn de meetresultaten geanalyseerd en verwerkt. De resultaten zijn beschreven in dit rapport.

### **1.4 Structuur van rapport**

Na de inleiding waarin het project uiteen is gezet wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op het gebied. In dit hoofdstuk wordt de locatiekeuze toegelicht en worden de belangrijke kenmerken van Zeeland besproken. Hierna wordt in hoofdstuk 3 dieper ingegaan op de verziltingproblematiek. Er wordt in dit hoofdstuk ook op perceelsniveau naar de regenwaterlenzen gekeken. In hoofdstuk 4 wordt het veldwerk toegelicht waarna in hoofdstuk 5 de resultaten worden besproken. De resultaten worden per perceel toegelicht waarna aan het eind van het hoofdstuk een vergelijking wordt gemaakt tussen de percelen. In hoofdstuk 6 worden uiteindelijke conclusies besproken en aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek (monitoringsplan). In hoofdstuk 7 en 8 staan de literatuuropgave en bijlagen.





## 2.2 Gebiedskenmerken

Zeeland maakt deel uit van laag Nederland. De gehele provincie bestaat met name uit polders. De hoogteverschillen, met uitzondering van de duingebieden, zijn gering (enkele meters).

Het land wordt vooral gebruikt voor agrarische doeleinden. Het ruimtebeslag van de totale landbouw in Zeeland bedraagt ruim 142.000 hectare, 80% van het oppervlak van de Provincie Zeeland. Hiervan wordt het grootste deel ingenomen door de akkerbouw. Natuur gebieden beslaan zo'n 8000 hectare, 6% van het totale oppervlak. 16.000 hectare wordt ingenomen door het bebouwde gebied. Het ruimtebeslag voor oppervlaktewater bedraagt ongeveer 2,5%, oftewel 4000 hectare van de totale oppervlakte. Het betreft hier alleen het binnendijkse water.

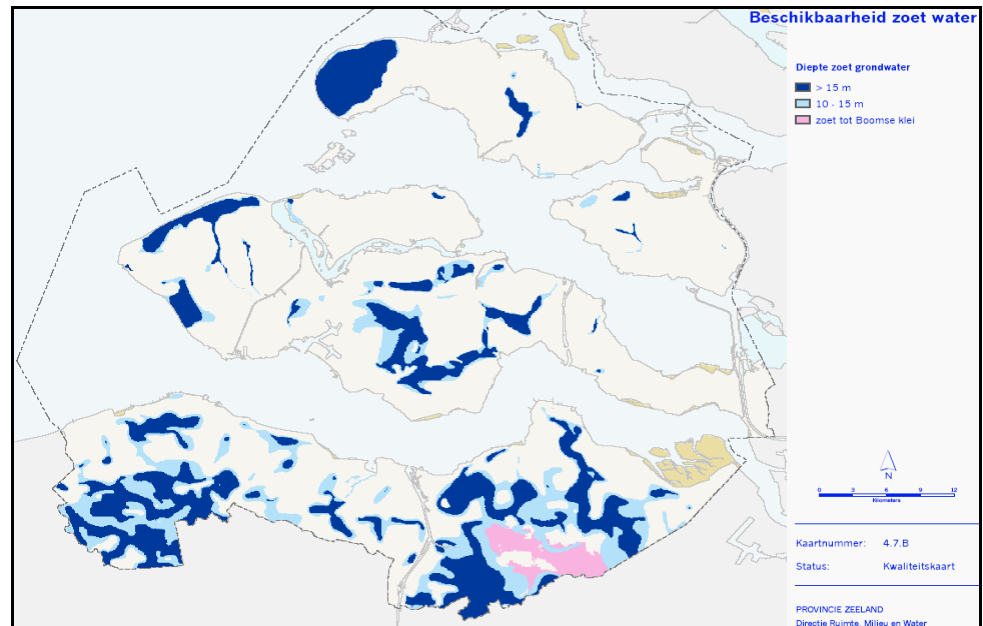
### 2.2.1 *Beleid*

Recent zijn de Provincie en de Waterschappen begonnen om het waterbeheer opnieuw te bekijken in het kader van klimaatveranderingen. Het gaat hier over het effect van toenemende regenintensiteit en -hoeveelheid en zeespiegelstijging op het waterbeheer, waarbij aspecten als wateroverlast, droogte, verzilting en bodemdaling worden belicht. Om de wateroverlast tegen te gaan zullen zowel technische als beheersmatige maatregelen worden ingezet. Hiervoor kan de drietrapsstrategie worden ingezet: *vasthouden-bergen-afvoeren*. Aangezien het grondwaterpeil van Zeeland relatief hoog is t.o.v. maaiveld, is het vasthouden van water moeilijk. Natuurgebieden zijn in dit kader aangewezen als bergingsgebieden. Landbouwgebieden met hun sloten en drainage buizen worden gezien als voornaamste eerste orde afvoer systemen. Het is berekend dat bij extreme neerslag en gelijk blijvende drainagecapaciteit, een te hoge grondwaterstand, met mogelijke gewasschade tot gevolg, nauwelijks te voorkomen zal zijn (WB21). De duur van die te hoge grondwaterstand kan d.m.v. gerichte technische maatregelen beïnvloed worden. De aanleg van drainage is echter de verantwoordelijkheid van de grondeigenaar of -gebruiker zodat maatregelen op dit gebied alleen mondjesmaat gestuurd kunnen worden.

Daarnaast heeft men het oog gezet op een gerichte ruimtelijke inrichting. Hierbij staan de laagst gelegen deelgebieden centraal. Via het sluiten van beheersovereenkomsten kan wateroverlast in andere gebieden beperkt worden.

### 2.2.2 *Oppervlakte water*

Een belangrijk kenmerk van Zeeland is de verwevenheid van het land met het buitenwater. Het buitenwater is nooit ver weg en vrijwel elke polder kan direct op het buitenwater lozen. Binnen de polders wordt overtollig water verzameld via een uitgebreid stelsel van sloten, kreken en kanalen. In dit waterlopenstelsel wordt een min of meer vast peil nagestreefd. Dit peil ligt doorgaans tussen 0,90 en 1,80 meter beneden maaiveld.



Figuur 2.1 Beschikbaarheid zoetwater in de Provincie Zeeland (Bron: Provincie Zeeland)

### 2.2.3 Grondwater

Vrijwel overal in Zeeland is het grondwater grotendeels brak tot zout. Omdat dit zout grondwater opkwelt in de waterlopen is in grote delen ook het oppervlaktewater brak tot zout. Het verziltingsprobleem komt dus primair vanuit het grondwater en niet vanuit het oppervlaktewater. Hoewel het grondwater grotendeels zout is, is boven in de bodem meestal wel een laag zoet water aanwezig. De dikte hiervan varieert van enkele centimeters (laag gelegen polder) tot ongeveer 30 meter (in het duingebied).

Een groot deel van alle landbouwpercelen wordt kunstmatig ontwaterd door middel van buisdrainage. Alleen op de hogere, zandige gronden is dat minder het geval. De drainage ligt over het algemeen op 0,9 meter beneden maaiveld.

Door de slechte doorlatendheid van de bodem is de invloed van het oppervlaktewaterpeil op de grondwaterstand niet groot. Dit geldt zeker voor natte periodes, als de grondwaterstand boven het drainageniveau ligt. De snelle afvoer via de drainage overheerst dan de langzame afvoer via de bodem naar de sloot. Dit punt is van belang voor het behoud en optimaal gebruik van de zoetwaterlenzen in landbouwgebieden. De bodemgesteldheid maakt hierbij wel verschil. Bij zandige bodem zal de invloed van het oppervlaktewaterpeil groter zijn dan bij een kleiige bodem.

Natuurgebieden worden vaak afgekoppeld van de rest van het watersysteem. Een hoger waterpeil wordt daar gehanteerd, omdat niet gewenst is dat nutriëntrijk landbouw water in het natuurgebied komt.

## 2.3 Geologie

De provincie Zeeland maakt deel uit van de Delta die is gevormd door de rivieren de Rijn, de Maas en de Schelde. De zee heeft samen met de rivieren de grootste invloed gehad op de vorming van de provincie. De mens is vooral de laatste eeuw bepalend geweest voor de landschapsvorming. Voor het onderzoek is het belangrijk om wat meer te weten over de geologie van Zeeland en de ontstaanswijze.

### 2.3.1 *Ontstaan van Zeeland en de verschillende afzettingen*

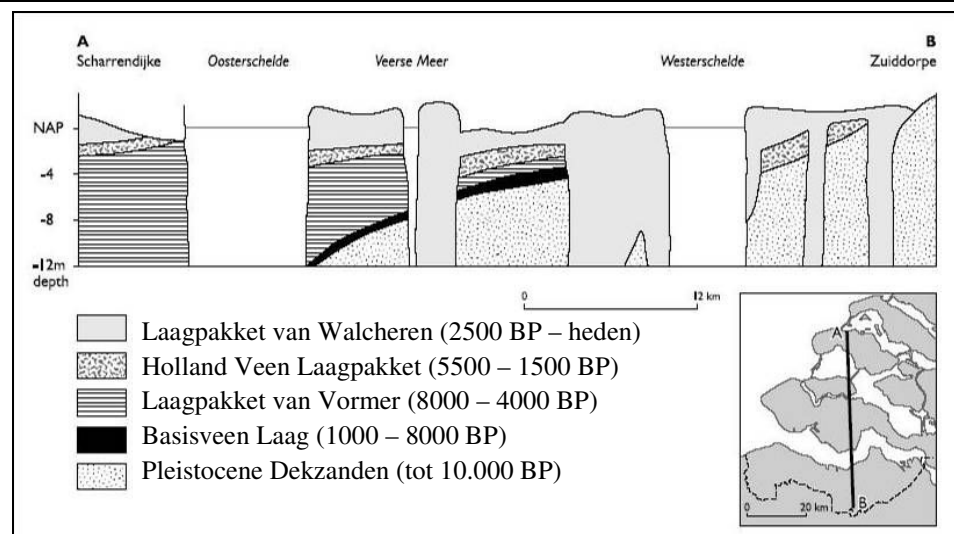
In tabel 2.2 staan periodes die belangrijk zijn geweest in het ontstaan. De periodes worden kort toegelicht en afzettingen worden hierin besproken. Voor dit hoofdstuk is vooral gebruik gemaakt van het rapport *Holocene Evolution of Zeeland* (Fischer, 1997).

#### *Terrestrische periode*

Voor het ontstaan van Zeeland gaan we terug naar de periode dat Zeeland nog volledig droog lag, dit was in het vroege Holoceen ongeveer 10.000 tot 8.000 jaar geleden (zie tabel 2.2). De zeespiegel steeg in deze periode snel waardoor de Noordzee groeide. De sedimenten die in Zeeland werden afgezet waren voornamelijk van de rivieren de Maas en de Schelde. De Schelde afzettingen (*Formatie van Stramproy*) zijn over het algemeen rijk in organisch materiaal en zijn gevormd in zoet tot brak milieu.

Tabel 2.2 Overzicht van de periodes in de ontstaansgeschiedenis van Zeeland (Fischer, 1997)

Periode	Jaren geleden	Kenmerken	Afzettingen
Terrestrische periode	10.000 – 8.000	Snelle zeespiegelstijging.	Formatie van Stramproy
Onderlopen van Zeeland	8.000 – 4.500	Getijdengebied, landinwaarts ontwikkeling veen.	Basisveen Laag, Laagpakket van Wormer
Regressieve kust ontwikkeling	4.500 – 2.500	Afname zeespiegelstijging, ontwikkeling duinen en daarachter veen.	Oude Duinen en Strand Zand, Hollandveen Laagpakket
Onderlopen van veengebieden	2.500 – 950	Depressies in duinen, onderlopen veen.	Laagpakket van Walcheren, Slufter Afzettingen
Menselijke beïnvloeding	950 – heden	Afname invloed getij (zee) door onder andere indamming.	



Figuur 2.2 Schematisatie van een geologische dwarsdoorsnede van Zeeland (Bron: Spijker, 2005)

### *Inundatie van Zeeland*

In de periode die hierop volgde bleef de zeespiegel snel stijgen. De Provincie Zeeland was ongeveer 5.500 jaar geleden grotendeels overstroomd. Zeeland was een groot getijdengebied waar landinwaarts veen ontstond (*Basisveen Laag*). Het *Basisveen* bestaat uit compact amorf houtveen. De dikte van de laag varieert van 0.1 tot 0.5 m. Op sommige plaatsen ontstonden brakwater systemen waar de bijbehorende afzettingen van de *Velsen Laag* gevonden kunnen worden. De *Laag van Velsen* is een sublaag van het *Laagpakket van Vormer* en bestaat uit klei rijk aan organisch materiaal dat naar het oppervlak meer silt en fijn zand bevat. De laag is gepositioneerd aan de basis van het *Laagpakket van Vormer* en ligt boven op het *Basisveen Laag*, tussen de 10 en 12 m beneden NAP. De laag is meestal niet dikker dan één meter. De hoofdlaag van het *Laagpakket van Vormer* bestaat uit zand en klei afzettingen en is over het algemeen arm in organisch materiaal. De kleur is vaak grijs of zwart. Het zand uit de afzettingen ligt voornamelijk geconcentreerd langs het geulen stelsel van het *Laagpakket van Vormer* in het westen van Zeeland en kunnen een laag vormen van wel 25 tot 30 meter dik. De klei afzettingen liggen tussen en boven op de afzettingen.

### *Regressieve kustontwikkeling*

Ongeveer 4.500 jaar geleden nam de zeespiegelstijging aanzienlijk af van meer dan 75 cm per eeuw tot ongeveer 10 cm per eeuw. Door deze minder snelle stijging konden de nieuwe kustgebieden zich vormen en ontstonden er duinen (*Oude Duinen en Strand Zand*). Het zand is matig tot grof en ligt boven op het *Laagpakket van Vormer* en het *Laagpakket van Walcheren*. Het gebied achter de duinenrij slibde langzaam dicht en veen kon zich ontwikkelen. In deze periode ontwikkelde veen wordt *Hollandveen Laagpakket* genoemd. Twee lagen *Hollandveen* kunnen onderscheiden worden: de hoofdlaag tussen het *Laagpakket van Vormer* en het *Laagpakket van Walcheren* en een dunnere laag bovenin het *Laagpakket van Vormer*. Het *Holland Veen* is bijna overal in Zeeland te vinden en de dikte varieert van 0.5 tot 2 meter. Langs de rivier de Schelde werden voornamelijk rivierafzettingen gedeponeed.

### *Onderlopen van veengebieden*

In de periode dat de veengebieden onderliepen, bleef de zeespiegelstijging afnemen tot ongeveer 5 tot 8 cm per eeuw. Door kusterosie ontstonden depressies in de duingebieden waardoor zeewater tot de veengebieden kon doordringen. Het onderlopen van deze veengebieden leidde tot *Slufter Afzettingen*. Deze *Slufter Afzettingen* zijn onderdeel van de *Laagpakket van Walcheren* (mariene afzettingen bovenop het *Hollandveen Laagpakket*) en liggen voornamelijk in het noordwesten van Walcheren. De laag bestaat uit fijn zand en ziltige klei en de dikte varieert van decimeters tot ongeveer 2 meter. De *Laagpakket van Walcheren* vormt de jongste mariene sedimentlaag.

### *Menselijke beïnvloeding*

De periode van menselijk beïnvloeden begon 950 jaar geleden. Door de indamming en andere menselijke activiteiten werd de invloed van het getij en daarmee de zee verminderd.

Rond 1200 (n. Chr.) begonnen de inwoners van Zeeland met het bedijken van grote gebieden om zo hun land tegen de zee te beschermen (Spijker, 2005). Later werden door de behoefte aan meer landbouwgrond vaak ook getijde gebieden omdijkt. Het winnen van land ging door tot diep in de 20ste eeuw. De huidige vorm van Zeeland is grotendeels bepaald door de Deltawerken waarbij dijken werden verhoogd en de grote zeearmen gecontroleerd (zie figuur 2.3 en 2.4).



Figuur 2.3 De dammen en andere kunstwerken die onderdeel uitmaken van de Deltawerken (Bron: [www.deltawerken.com](http://www.deltawerken.com))



Figuur 2.4 Zicht op Zeelandbrug vanuit perceel 15 gezien

## 3 Verziltingsproblematiek

### 3.1 Probleemuitleenzetting

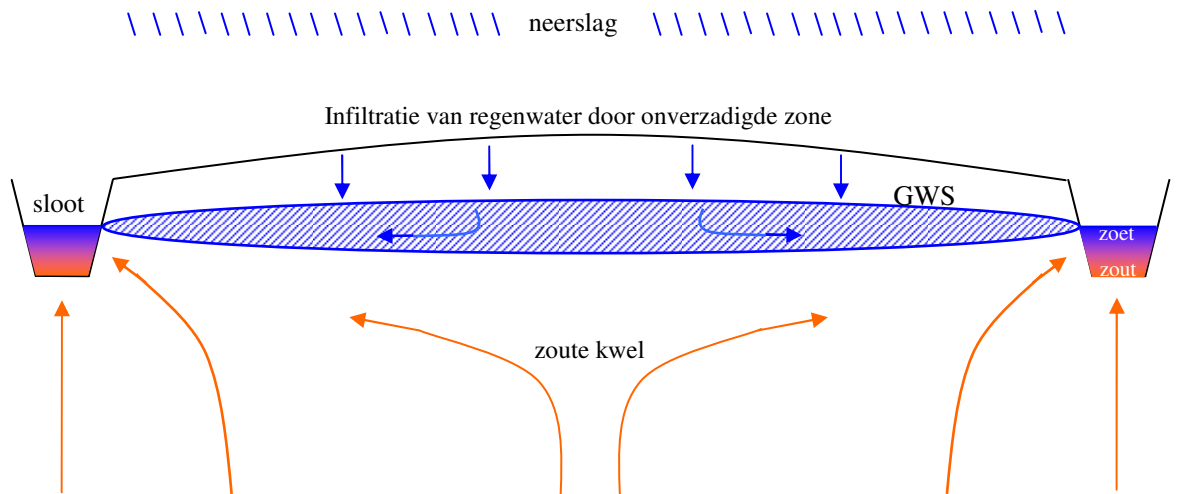
Een groot deel van Nederland ligt onder zeeniveau. Vooral veenontginning en waterbeleid dat met name gericht was op het afvoeren van water, zijn hiervan de oorzaak. In de loop van de tijd is het maaiveld in grote delen van West-Nederland hierdoor meer dan vijf meter gedaald.

Als gevolg van het laag liggende maaiveld is ook de verziltingsproblematiek in Nederland toegenomen. Door het niveauverschil tussen grondwaterstand in de (diepe) polders en hoger gelegen peilen in de omgeving (zoals de zeespiegel en de hooggelegen plassen), heeft het grondwater in de laaggelegen polders in het kustgebied de neiging om naar boven te stromen. Omdat in veel laaggelegen kustgebieden het grondwater onder invloed van de zee heeft gestaan, is het zoutgehalte hoog. Daar waar vroeger zee was, zit nu nog zout in het grondwater. Wanneer sprake is van een grote kweldruk en een doorlatende bodem, is het mogelijk dat het zoute water tot aan het maaiveld komt. Meestal zal het kwelwater echter in de sloten terecht komen. In situaties waarbij kwel optreedt in een gebied waar het grondwater grotendeels zout is, wordt gesproken van 'zoute kwelsystemen'.

### 3.2 Neerslaglenzen op perceelsniveau

Ook in het onderzoeksgebied zijn zoute kwelsystemen aanwezig. Het grondwater in het watervoerend pakket kent een hoog zoutgehalte. De deklaag (bovenste bodemlaag), die bestaat uit vrij ondoorlatend materiaal van Holocene afkomst, biedt weerstand tegen de optredende kwel. Het materiaal waaruit de deklaag is opgebouwd kan lokaal sterk verschillen. De weerstand is het kleinst op plaatsen waar de deklaag dun is en de bodem ervan doorlatend. De meeste kwel is dus te verwachten op plaatsen waarbij het freatisch grondwaterstand en oppervlaktewaterpeil laag liggen, en de stijghoogte van het watervoerende pakket en de doorlatendheid van de deklaag groot is.

Naast kwel van brak tot zout grondwater vindt ook infiltratie van zoet regenwater plaats. De mate van infiltratie is eveneens afhankelijk van een aantal parameters. Bodemgebruik, doorlatendheid van de bovenlaag van de bodem en hellingshoek van het maaiveld zijn de belangrijkste bepalende factoren. Het feit dat zoet water een kleinere soortelijke massa heeft dan zout water zorgt voor dat het zoete water min of meer blijft drijven op het zoute water (figuur 3.1). Bovenop het zoute water vormt zich een zoete regenwaterbel.



Figuur 3.1 Schematische weergave neerslaglens (bron: Maljaars, Wils, 2006)

Een grote kwelintensiteit hoeft dus niet te betekenen dat het diepe grondwater de vegetatie bereikt. Uit een aantal studies (Poot, Schot, 2000) is gebleken dat op percelen waar volgens computer modellen kwel zou moeten plaatsvinden, deze kwel in werkelijkheid direct door de sloten wordt afgevangen zonder dat de vegetatie in contact is gekomen met het zoute kwelwater. Geïnfiltreerd regenwater is dan de belangrijkste bron van watervoorziening voor de vegetatie (Poot, Schot, 2000).



## 4 Veldwerk

De Provincie Zeeland heeft in overleg met TNO in totaal 33 locaties aangewezen die voldoen aan de criteria (zie hoofdstuk 2) en dus bemeten kunnen worden. Nummers zijn willekeurig toegekend. Van deze locaties zijn nummer 1 t/m 23 agrarisch en 24 t/m 33 natuurgebieden (zie Figuur 5.1). De locaties zijn verspreid over heel Zeeland om een zo goed mogelijk provinciedekkend beeld te krijgen van de verzilting. Naast deze ruimtelijke verspreiding zal op een aantal locaties meerdere keren gemeten worden om een beter beeld te creëren van de dynamiek van het systeem.

In dit rapport worden de eerste metingen (17 locaties) van het onderzoek weergegeven die zijn uitgevoerd in december 2006 en januari & februari 2007. Wegens het intensieve veldwerk was het niet mogelijk tijdens de stageperiode meer locaties te bemeten. Bemeten zijn: locatie 1, 2, 4 t/m 9, 11, 12, 14 t/m 17, 20, 21 en 27.

### 4.1 Werkzaamheden

Om een beeld te krijgen van de verzilting op perceelsniveau zijn verschillende metingen verricht. Doordat het oppervlaktewater rondom de percelen vaak kwel aantrekt en bovendien vaak brak tot zout is, zijn de meetpunten uitgezet beginnend in de sloot.

Op ieder meetpunt worden de volgende werkzaamheden verricht:

- Grondboringen voor bepalen van de grondwaterspiegel en bodembeschrijving;
- Prikstok metingen (EC en T gegevens met de diepte);
- Bepaling EC grond- en oppervlaktewater;
- Landmeten (hoogte t.o.v. maaiveld).

Hieronder worden kort de gebruikte methoden besproken.

#### 4.1.1 *Prikstok*

De prikstok is een metalen stok met aan het uiteinde sensoren voor het meten van de temperatuur (T) en de elektrische geleidbaarheid (EC). De EC waarden worden onder anderen beïnvloed door porositeit, bodemmateriaal en zoutgehalte van het grondwater. Hoe hoger het zoutgehalte hoe beter geleidbaar het grondwater is. Invloed van het bodemmateriaal en het instrument op de EC waarden worden gecorrigeerd (zie 4.1.5 en 4.1.6) om vergelijkbare geleidbaarheids- en chloridewaarden te verkrijgen.

De prikstok wordt op de gewenste plek met de hand in de verzadigde zone van de grond geduwd. Met behulp van de peilschaal die in de stok gegraveerd is wordt iedere 10 cm een EC en T waarde waargenomen en genoteerd. Elke keer dat de stok verder wordt geduwd moet 1 a 3 minuten gewacht worden om de EC en T waarden in te laten stellen. Aan de hand van deze gegevens worden de chloridegehalten van het grondwater bepaald en in kaart gebracht (dwarsprofielen). Hoe de EC waarden zich met de chloridegehalten verhouden wordt beschreven in paragraaf 4.2.6.

#### 4.1.2 *Bodembeschrijving*

Bij alle bemeten percelen is de opbouw van de bodem in kaart gebracht door middel van grondboringen. Het is van belang om dit te doen, omdat de gemeten EC-waarde naast het chloridegehalte ook afhankelijk is van de grondsoort. Daarom is op elk punt waarop prikstokmetingen zijn verricht een bodembeschrijving gemaakt.

De grondboringen, uitgevoerd met een Edelmanboor, eindigden op een diepte van 3 à 4 m, in de Holocene deklaag. Tijdens het boren is een beschrijving gemaakt van het aangetroffen materiaal. Er is een klassenonderverdeling gemaakt in veen, klei, zavel en zand. Kleur en aanvullende bijzonderheden zijn genoteerd. In de boorgaten is de diepte van de grondwaterstand onder maaiveld opgemeten. Hierbij is telkens zo lang mogelijk gewacht om de grondwaterspiegel zich in te laten stellen. De verschillende boorbeschrijvingen zijn grafisch weergegeven in perceelprofielen.

#### 4.1.3 *EC grond- en oppervlaktewater*

Naast het beschrijven van de bodem zijn de boorgaten gebruikt voor het bepalen van de grondwaterstand met behulp van een plopper. Na het meten van de grondwaterstand is met een pomp water uit het boorgat gehaald. Het gat is altijd een tiental centimeters onder grondwaterstand geboord en geeft zodoende de EC waarde van het bovenste grondwater. Belangrijk is om hier de diepte te noteren waar het water uit komt om zo de formatieconstante van de bewuste bodemlaag te kunnen bepalen (vergelijken van EC met dompelcel met EC waarden van de prikstok).

Naast de EC van het grondwater is iedere keer de EC van het oppervlaktewater en van het drainagewater gemeten.

#### 4.1.4 *Landmeten*

Om de gegevens te kunnen correleren in dwarsprofielen is de hoogteligging van alle meetpunten bepaald. Bij de meeste punten was het niet mogelijk om ter plekke de hoogteliggingen te koppelen aan een NAP punt. De meeste punten zijn relatieve hoogten met als referentiepunt een vast punt in de buurt van het meettraject (meestal de top van een duiker). Deze referentiepunten staan aangegeven in de kaarten in bijlage A.

#### 4.1.5 *Formatieconstante*

Naast het zoutgehalte is de geleidbaarheid van de bodem ook erg afhankelijk van de grondsoort. Een zandbodem heeft bijvoorbeeld een veel lagere geleiding dan een veenbodem. Wanneer de vertaalslag gemaakt wordt van EC naar chloridegehalte, is het dus uiterst belangrijk om te weten in welke grondsoort de betreffende EC gemeten is. De mate waarin een grondsoort de geleidbaarheid bepaalt wordt uitgedrukt door een formatieconstante. Dit is een dimensieloos getal dat berekend kan worden door de EC van grondwater (bepaald met een dompelcel) van de eerste verzadigde bodemlaag onder maaiveld te delen door de EC die de prikstok in diezelfde grondlaag meet.

Vanwege de verschillende manieren van meten tussen prikstok en dompelcel dient de prikstok-EC eerst nog vermenigvuldigd te worden met een correctiefactor. Deze ligt rond de 0,4.

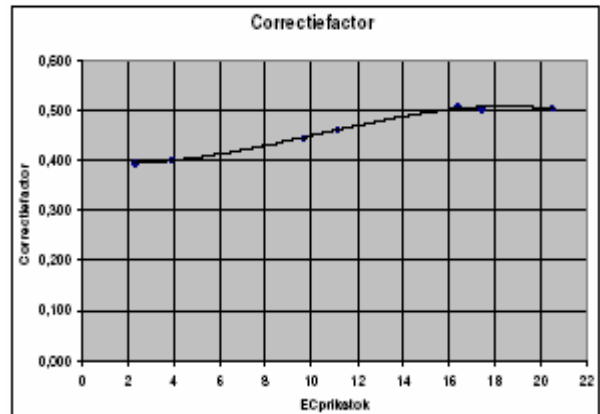
Er geldt dus:

$$\text{Formatieconstante} = \text{ECdospelcel} / (\text{ECprikstok} * 0,4)$$

De correctiefactor kan worden uitgerekend door in ruim water prikstok en dompelcel naast elkaar te houden en zo de gemeten waarde van de dompelcel te delen door die van de prikstok. Bestaande handleidingen van de prikstok gaven aan dat deze factor altijd gelijk is, namelijk 0,4 (Wirdum, G. van, 2004). Tijdens het meten bleek dit echter niet te kloppen. De factor bleek afhankelijk te zijn van het geleidingsvermogen van de stof waarin gemeten wordt (Figuur 4.1). Gekozen is om een factor van 0,4 te gebruiken voor prikstok-EC's van 0 tot 4 mS/cm en een factor van 0,5 voor prikstok-EC's van 16 mS/cm en hoger. Voor prikstok-EC's die tussen de 4 en 16 mS/cm liggen wordt de factor voorgesteld als lineair oplopend van 4 tot 16. Hiervoor is de volgende formule opgesteld:

$$\text{Correctiefactor} = 0,00833 * \text{EC}_{\text{prikstok}} + 0,36667$$

Het feit dat een hogere correctiefactor wordt gemeten bij hogere EC-waarden wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de geleidbaarheid van de grond zo groot is dat het stroomlijnenveld dusdanig uitrekt dat de geleidbaarheid van het metaal van de prikstok een rol gaat spelen.



Figuur 4.1 Verloop correctiefactor voor de EC van de prikstok

#### 4.1.6 Chloridegehalte

Aan de hand van de gemeten prikstok EC-waarden kan het chloridegehalte van het grondwater van dat punt bepaald worden. Stel dat in een bodemlaag een waarde gemeten wordt van A  $\mu\text{S/cm}$ . Wanneer de meting gedaan is in ruim water kan de werkelijke EC van het water uitgerekend worden door de gemeten waarde te vermenigvuldigen met de correctiefactor 0,4 (zie 4.1.5).

Als de gevonden EC in  $\mu\text{S/cm}$  niet veel groter is dan 2000-5000, is de kation en de anionconcentratie ruwweg  $(0,01 * \text{correctiefactor} * A)$  mmol/l.

Als chloride (molgewicht 35,5) het dominante anion is, en als hier 75% van de negatieve lading aan wordt toegekend, dan is de chlorideconcentratie in mg/l:  $(35,5 * 0,75 * 0,01 * \text{correctiefactor} * A)$  (Wirdum, G. van 2004).

Omdat de meting niet in water maar in een bodemlaag is gedaan, wordt de waarde vervolgens nog vermenigvuldigd met de formatieconstante van de desbetreffende bodemlaag.

Gevonden chlorideconcentraties kunnen met behulp van de klassenindeling van chloride volgens Stuyfzand worden ingedeeld in klassen (tabel 4.1).

Tabel 4.1 Klasse indeling volgens Stuyfzand

Klasse	Cl-concentratie (mg/l)
Zeer zoet	< 30
Zoet	30 - 150
Licht brak	150 - 300
Brak	300 - 1.000
Zout	1.000 - 5.000
Zeer zout	>5.000

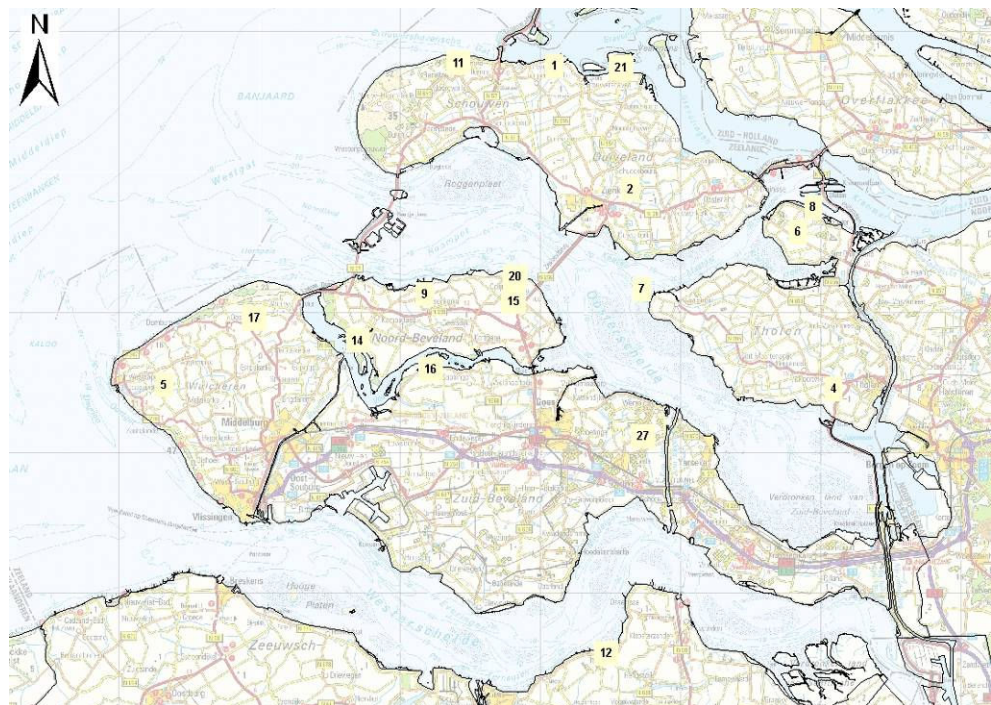


## 5 Resultaten veldwerk

### 5.1 Inleiding

In totaal zijn 17 locaties bemeten die staan afgebeeld in Figuur 5.1. Zoals te zien is liggen de locaties verspreid over heel Zeeland. In bijlage A staan in kaartjes de meetpunten per perceel afgebeeld.

Eerst worden per perceel de resultaten beschreven waarna aan het eind van dit hoofdstuk een overzicht wordt gegeven waarbij de percelen met elkaar worden vergeleken.



Figuur 5.1 Kaart van de Provincie Zeeland met de ligging van de meetlocaties

#### *Beschrijving figuren*

- EC-bodemprofiel

Deze figuren, gemaakt met het programma 'Surfer', geven de EC van de bodem weer die gemeten is met de prikstok. De EC van de bodem wordt grotendeels bepaald door het zoutgehalte maar ook de karakteristieken van de bodem bepalen de EC.

De kruisjes in het figuur zijn de meetpunten waarmee 'Surfer' het figuur maakt. De bovenste kruisjes zijn de eerste waarnemingen van ieder prikprofiel en liggen dus op of net onder de grondwaterspiegel. De hoogteligging van de meetpunten zijn niet in meters NAP maar relatief gezien ten opzichte van een vast punt in het maaiveld.

Het programma extrapoleert de EC waarden van de meetpunten. Bij een gebrek aan voldoende meetpunten kunnen extrapolaties onbetrouwbaar blijken. Gebieden die

erg onbetrouwbaar zijn worden in de figuren met een wit omcirkeld vlak aangegeven.

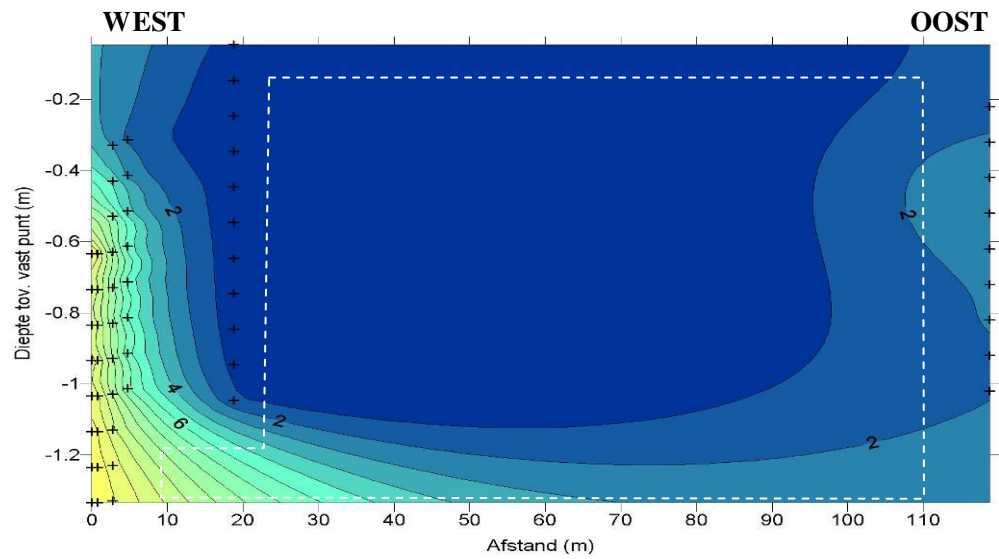
- **Dwarsdoorsnede perceel**  
In deze figuren staan de boorprofielen, grondwaterstand, maaiveld en gevonden chloridegrenzen aangegeven. De figuren zijn gemaakt in Excel. De legenda staat hieronder afgebeeld, de bovenste blauwe lijn in het veld is altijd de grondwaterstand. De chloridegrenswaarden staan per grafiek apart afgebeeld en als de lijnen gestippeld staan afgebeeld betekend dit dat ze deels zijn geïnterpoleerd.



## 5.2 Perceel 1

### 5.2.1 Algemeen

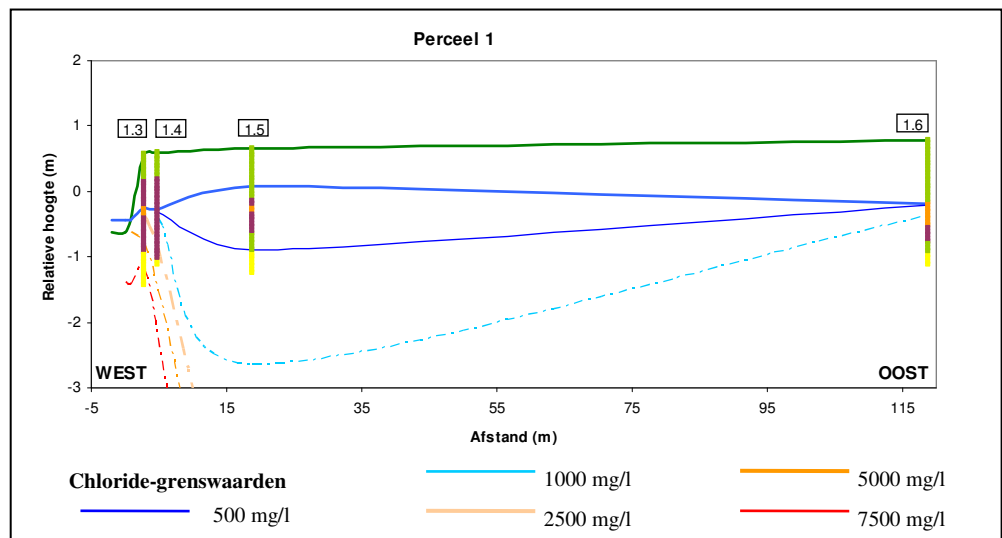
Dit perceel is gelegen aan de noordzijde van het eiland Schouwen-Duiveland, in de buurt van het dorp Brouwershaven (zie Figuur 5.1). Het perceel is gemeten in een raai loodrecht op de drainage vanaf de sloot langs de weg tot op een afstand van ruim 115 meter in het veld (zie bijlage A). Het perceel was te groot om te meten van sloot tot sloot. Het perceel ligt in een gebied met criteria I (zie Tabel 2.1). Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 1,4 meter onder NAP; deze is bepaald met behulp van topografische Arcmap gegevens van Zeeland. De gridcellen van dit bestand zijn 5 bij 5 meter. Voor ieder perceel is een gemiddelde van tien hoogtes t.o.v. NAP gemaakt. Opvallend in dit perceel is de hoge grondwaterstand in het boorgat bij punt 1.5 (zie Figuur 5.3). Hoe ondiep het gat ook was, er stond altijd water in. De bodem op dit perceel bestaat uit een pakket zavel en klei dat op een diepte van zo'n 1,6 meter onder maaiveld begrensd wordt door sterk zandig materiaal. Bij 3 van de 4 boorpunten is ook een laagje veen aanwezig.



Figuur 5.2 EC-bodem profiel van perceel 1 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee prikpunten liggen links in de sloot

5.2.2 Resultaten en discussie

Figuur 5.2 laat zien dat op dit perceel een duidelijk verschil is tussen EC's onder de sloot en EC's in het maaiveld verder van de sloot vandaan. De sloot trekt een sterke zoute kwelstroom aan terwijl onder het maaiveld ten oosten van de sloot nauwelijks sprake lijkt te zijn van kwel. Met name punt 1.5 op zo'n 20 meter van de sloot laat EC's en chloridegehalten zien die ruim 10 keer zo klein zijn als onder de sloot. Verderop in het maaiveld lijkt het weer wat zouter te worden. Misschien dat dit te maken heeft met de relatief dikke veenlaag die daar in de bodem aanwezig is. Opvallend is dat op punt 1.5 de opbolling van de grondwaterstand het grootst is (zie Figuur 5.3). Doorgaans is dit het geval midden in het perceel, tussen de twee afvoersloten. Feit is dat deze hoge grondwaterstand in het perceel het potentiaalverschil met de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket minimaliseert, waardoor hier nauwelijks kwel lijkt te zijn.



Figuur 5.3 Dwarsdoorsnede van perceel 1 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden

De perceelsloot heeft een winterpeil van 2,7 m onder NAP. In tegenstelling tot wat uit eerder onderzoek in Friesland is gebleken (Maljaars en Wils, 2006), is de invloed van kwel in het maaiveld hier vrij klein terwijl de grondwaterstand toch ruim onder NAP ligt. Infiltrerend regenwater lijkt hier, zoals andere concepten voorspelden (Poot en Schot, 2000; Kuijper, 2001), te drijven op het zoute kwelwater.

Punten die nog verder onderzocht kunnen worden zijn waar het water uit boorgat 1.5 vandaan komt en wat de stijghoogte van het 1<sup>e</sup> WVP is.

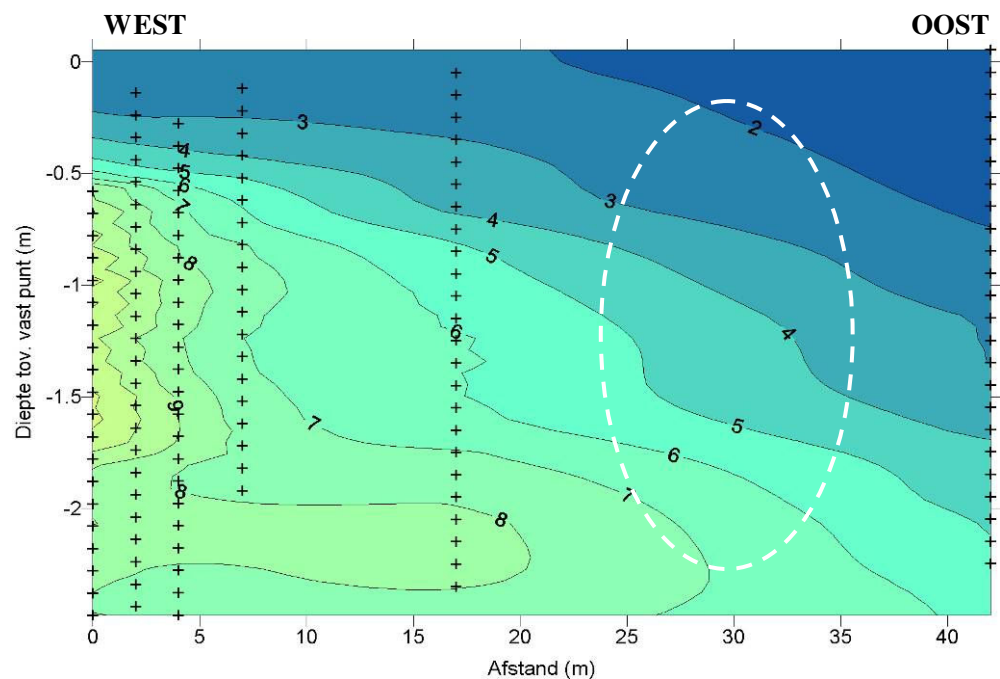
### 5.3 Perceel 2

#### 5.3.1 Algemeen

Ook dit perceel ligt op het eiland Schouwen-Duiveland, tussen Zierikzee en Nieuwerkerk (zie Figuur 5.1). Hier is gemeten in een raai evenwijdig aan de drains, tussen twee drains in. In verband met de omvang van het perceel is ook hier gemeten vanuit de perceelsloot langs de weg tot een afstand van ruim 140 meter in het maaiveld (zie bijlage A).

De bodem aan de westkant van het perceel bestaat voornamelijk uit zavel en klei met een veenpakket dat naar het oosten afneemt in dikte. Ter plaatse van het meest oostelijke punt op dit perceel (punt 2.7) is de bodem zo zandig dat er niet voldoende prikstokmetingen zijn verricht om te kunnen verwerken in de resultaten. Dit punt is daarom weggelaten uit de figuren 5.4 en 5.5.

Het winterpeil van de perceelsloot is 2.65 m onder NAP. Ook de grondwaterstand en het maaiveld liggen ruim onder NAP.



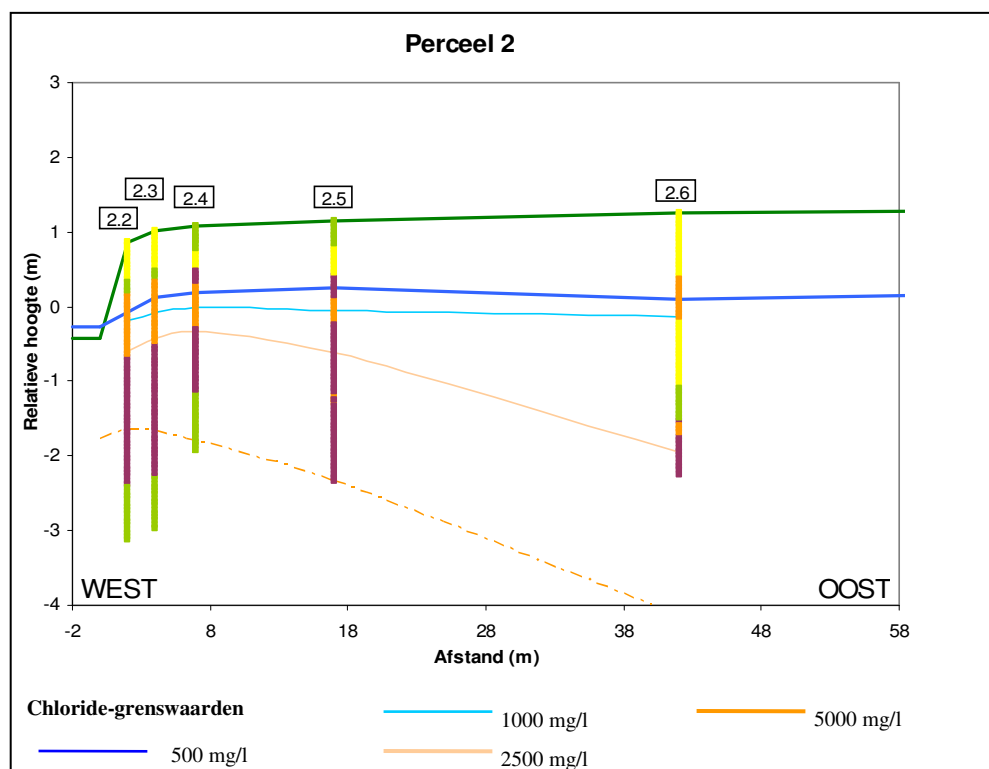
Figuur 5.4 EC-bodemprofiel van perceel 2 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste meetpunt links ligt in de sloot



### 5.3.2 Resultaten en discussie

Op dit perceel heeft het verloop van EC-waarden in de diepte een vrij sterke gradiënt. Daarbij valt op dat EC-waarden en chloridegehalten ook hier in de buurt van de sloot hoger zijn dan op de rest van het perceel. De eerste metingen laten zien dat het bovenste grondwaterlaagje nog vrij zoet is. Het chloridegehalte ligt daar globaal tussen de 500 en 1000 mg/l. Deze waarden vallen in de categorie 'brak'.

In de figuur 5.5 is te zien dat hoe verder in het perceel, hoe dieper de 2500- en 5000mg/l chloride-isochronen komen te liggen. Ook hier is de invloed van zoute kwel het grootst onder de sloot. Midden in het perceel drukt infiltrerend regenwater de kwel naar beneden.



Figuur 5.5 Dwarsdoorsnede van perceel 2 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden

## 5.4 Perceel 4

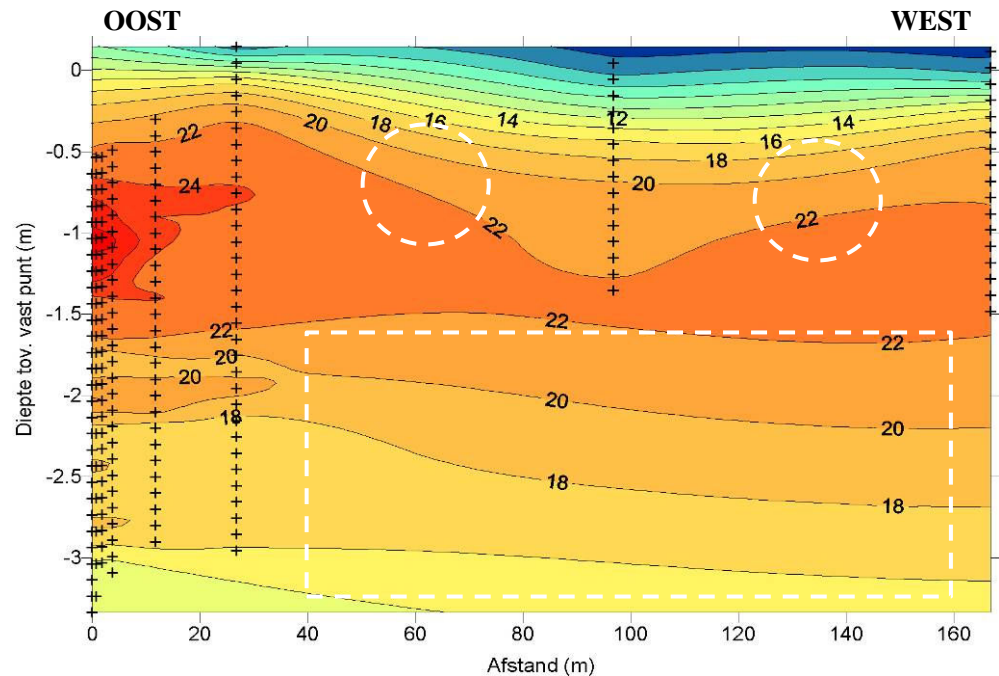
### 5.4.1 Algemeen

Perceel 4 is gelegen in het zuiden van Tholen, vlakbij de Oesterdam (zie Figuur 5.1). Op dit perceel is gemeten in een raai tussen twee drains in vanuit de perceelsloot tot op een afstand van zo'n 170 meter in het veld (zie bijlage A).

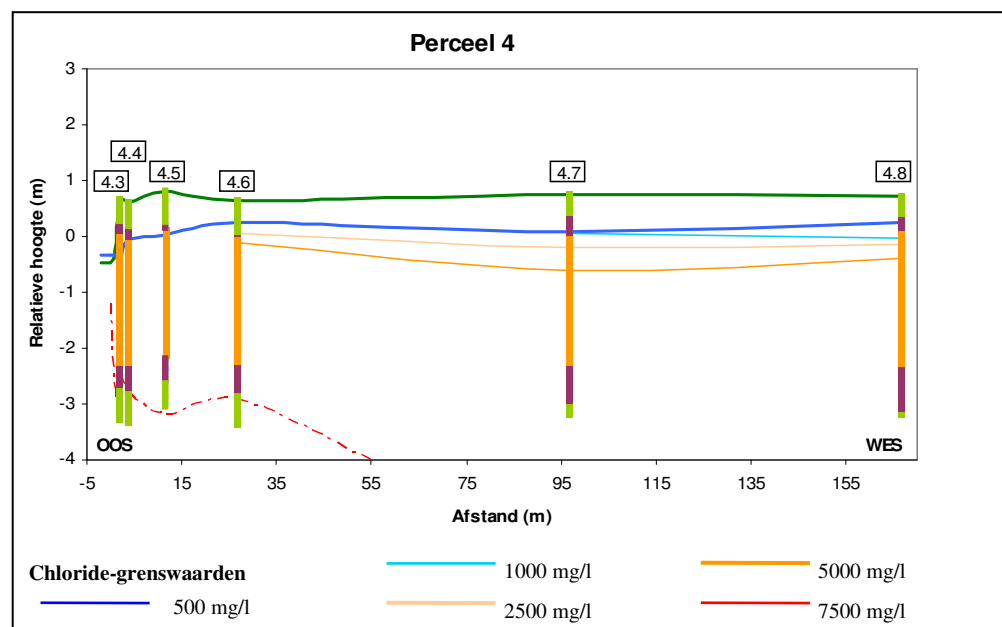
De bodemopbouw is zeer homogeen. De bovenlaag van de bodem wordt gevormd door een laag zavel. Daaronder ligt een pakket zware (waarschijnlijk zeer ondoorlatende) klei variërend in dikte van 4 tot 20 cm. Vanaf zo'n 75 tot 300 cm onder maaiveld is er veen. Daaronder ligt een laagje zeer zachte klei met rietresten. Deze klei wordt naar onderen toe steeds zandiger.

Bij het prikken in de sloot bleek dat dicht onder het maaiveld een pakket (waarschijnlijk het veen) aanwezig is met een hoge stijghoogte. Na het verwijderen van de prikstok uit

het gat kolkte er enige tijd water naar boven. Op het maaiveld was ook goed het verschil te zien tussen de grondwaterstand in diepe boorgaten (veel hoger) en de grondwaterstand in ondiepe boorgaten.



Figuur 5.6 EC-bodemprofiel van perceel 4 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten links liggen in de sloot



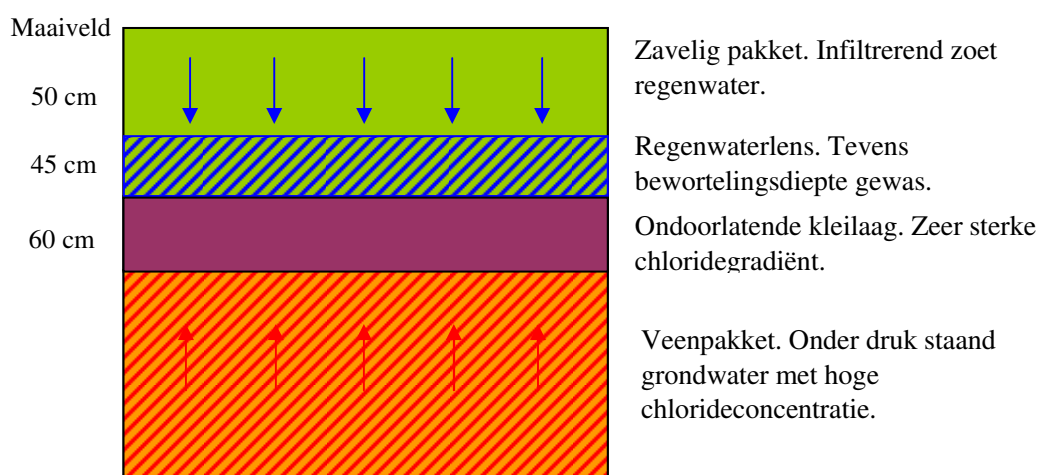
Figuur 5.7 Dwarsdoorsnede van perceel 4 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden

#### 5.4.2 Resultaten en discussie

Aan het EC-bodemprofiel (Figuur 5.6) is direct te zien dat we hier te doen hebben met een extreem zout perceel. Het uitstromende water in de sloot is bemeten met de

dompelcel. De EC ervan was 42.3 mS/cm. Dit komt overeen met een chloridegehalte van ruim 11.000 mg/l. Het maaiveld ligt hier gemiddeld op ongeveer 1 m onder NAP. De grondwaterstand op het hele perceel ligt meer dan 50 centimeter onder maaiveld en dus ruim onder NAP. De stijghoogte in het veenpakket reikt ruim boven de grondwaterstand en komt ongeveer op 1,5 m onder NAP terecht. Het is niet ondenkbaar dat het veenpakket in contact staat met de Oosterschelde, die op een afstand van ongeveer 1300 meter van dit perceel vandaan ligt.

De eigenaar van dit perceel gaf aan dat nog nooit gewasschade is opgetreden als gevolg van een te hoge zoutbelasting. Gezien de hoge chloridegehalten in het ondiepe grondwater is dit opmerkelijk (zie Figuur 5.7). Het is aannemelijk dat infiltrerend regenwater blijft hangen op de ondoorlatende kleilaag en dat de gewassen hier hun water vandaan halen. Figuur 5.8 geeft schematisch deze situatie weer.



Figuur 5.8 Een schematische weergave van de mogelijke situatie op perceel 4

Het is aan te bevelen nader onderzoek te doen naar de bewortelingsdiepte van de gewassen en naar de chloridegehalten van het bodemvocht in de bovenste bodemlaag. Bovendien is vaak onzekerheid over de opgemeten grondwaterstanden en stijghoogten. Vanwege de zeer ondoorlatende kleilaag boven het veen duurt het lang voordat de grondwaterstand in de boorgaten op de juiste diepte is ingesteld. Het is mogelijk dat in de boorgaten niet de grondwaterstand maar de stijghoogte uit het bovenste laagje veen is opgemeten. Ook moet rekening gehouden worden met dichtheidsverschillen tussen zoet en zout water. Nader onderzoek hiernaar is aanbevolen.

## 5.5 Perceel 5

### 5.5.1 Algemeen

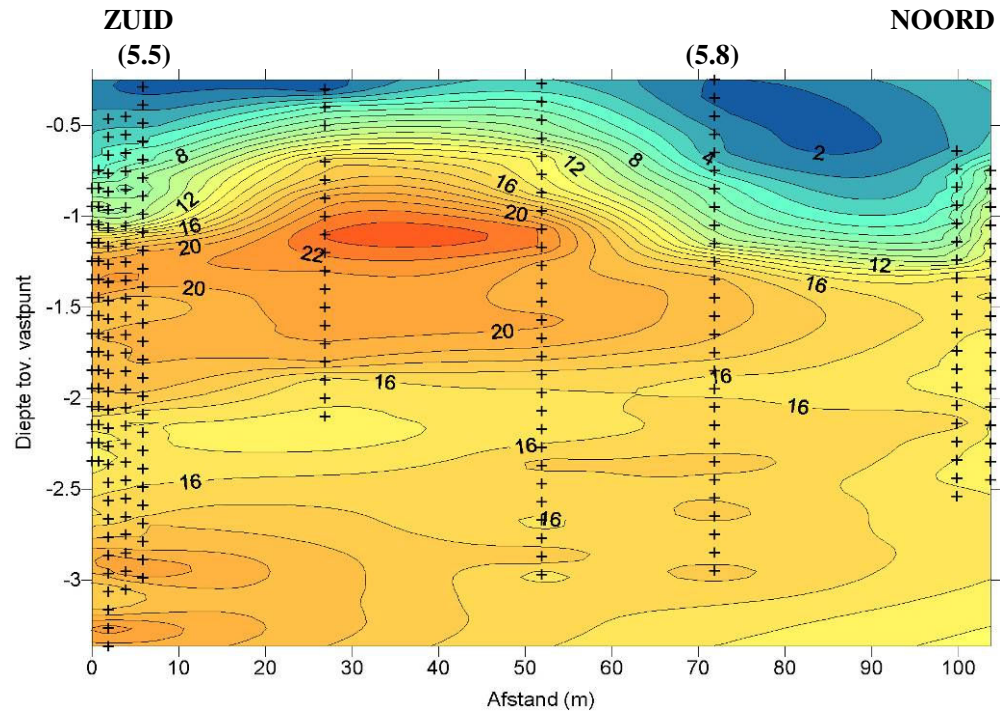
Dit perceel is gelegen nabij de plaats Meliskerke, op het eiland Walcheren. Het winterpeil in de perceelsloot ligt zo'n 1,9 m onder NAP en het maaiveld ligt gemiddeld op 0,85 m onder NAP. De afstand tot de zee bedraagt 2,4 kilometer.

Er is hier gemeten over een heel perceel, van sloot tot sloot. Het meettraject loopt tussen twee drains in.

De bodem op dit perceel bestaat uit een bovenlaag van zware klei. Daaronder ligt een veenpakket wat varieert in dikte. In het midden van het perceel heeft de veenlaag een

dikte van ruim een meter. Onder het veen ligt een laag zachte klei met rietresten die met de diepte steeds zandiger wordt.

Waar op perceel 11 te zien is dat de grondwaterstand de contouren van het maaiveld volgt is hier precies het omgekeerde het geval. Waar het maaiveld laag ligt, ligt de grondwaterstand dicht onder maaiveld.



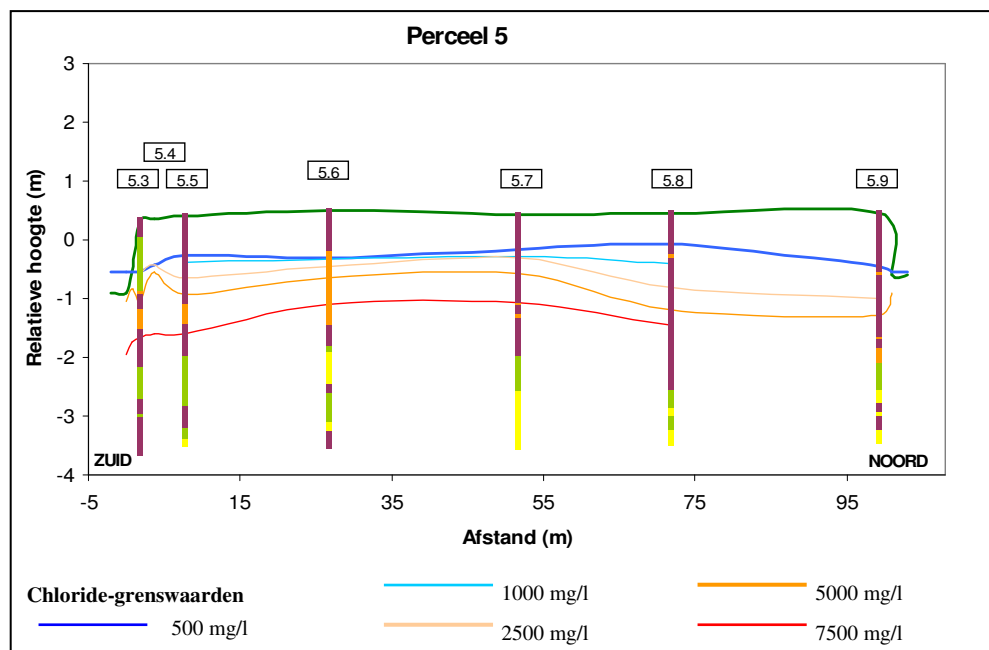
Figuur 5.9 EC-bodemprofiel van perceel 5 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee (5.1 & 5.2) en het laatste meetpunt (5.10) liggen in de sloot

### 5.5.2 Resultaten en discussie

De laagste chloridegehalten die gemeten zijn op dit perceel liggen rond de 900 mg/l. Dit is het geval op de meetpunten 5.5 en 5.8, waar de hoogste grondwaterstanden zijn gemeten. In Figuur 5.9 valt ook op dat rond de bovenste metingen van deze twee prikpunten de EC's het laagst zijn.

In de diepte neemt het zoutgehalte erg snel toe, tot ongeveer 10.000 mg/l chloride. De hoogste waarden worden gemeten in het midden van het perceel (punten 5.6 en 5.7). Op prikpunt 5.6 is de veenlaag in de bodem het dikst.

EC- en chloridewaarden onder de sloten verschillen hier niet veel van de rest van het perceel. Met name de zuidelijke sloot vertoont geen waarden die kwel richting de sloot doet vermoeden. In de noordelijke sloot lopen EC- en chloridegrenswaarden licht op. Vermoedelijk vindt hier dus kwel plaats richting de sloot.



Figuur 5.10 Dwarsdoorsnede van perceel 5 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden

## 5.6 Perceel 6

### 5.6.1 Algemeen

Dit perceel ligt op het eiland Sint-Philipsland (Tholen), in de nabijheid van het gelijknamige dorp (zie Figuur 5.1). Er is hier gemeten in een raai tussen twee drains in tot op een afstand van zo'n 70 meter in het veld (zie bijlage A). Bovendien is hier een tweetal extra metingen gedaan om de invloed van drainage op chloridegehalten in grondwater te kunnen bepalen. Deze twee punten liggen ter hoogte van punt 6.5; 1 punt ligt tussen de drain en de meetraai in en het andere punt ligt op de drain. Hierbij moet opgemerkt worden dat het moeilijk is de exacte locatie van een drain in het maaiveld te bepalen. Het is dus niet met zekerheid te zeggen of het punt exact op de drain ligt. Het gebied heeft criteria III als kenmerk (Tabel 2.1). Het maaiveld van dit perceel ligt gemiddeld op 0.7 m boven NAP. Het winterpeil in de sloot ligt op 1.25 m onder NAP. De bodem is vrij homogeen. De bovenlaag (tot ongeveer 0.6 m onder maaiveld) bestaat uit lichte klei. Daaronder ligt een pakket met lichte zavel/zand tot onbekende diepte. Dit materiaal bood zoveel weerstand tegen het prikken dat er per punt te weinig metingen gedaan zijn om hier Surfer- en Excel figuren mee te maken. Op het meest noordelijke punt is ook de kleilaag niet aanwezig. Hier bestaat de bodem volledig uit zand of zavel.

### 5.6.2 Resultaten en discussie

Onder de grondwaterstand liggen alle chloridegehalten tussen 200 en 500 mg/l. Ook op punt 6.5, waar tot een diepte van 2,6 meter onder maaiveld is gemeten, komt het chloridegehalte niet boven de 500 mg/l uit. De invloed van zoute kwel is op dit perceel dus zeer gering.

In de sloot zijn alle waarden lager dan 1000 mg/l, maar zijn toch significant hoger dan de waarden in het veld. Er zou dus sprake kunnen zijn van een zwakke (of een licht brakke) kwelstroom naar de sloot.

Het meettraject tussen de drains laat niet veel bijzonders zien. Gemeten waarden verschillen op de drie gemeten punten nauwelijks. Wellicht komt dit doordat de grondwaterstand hier onder drainageniveau ligt.

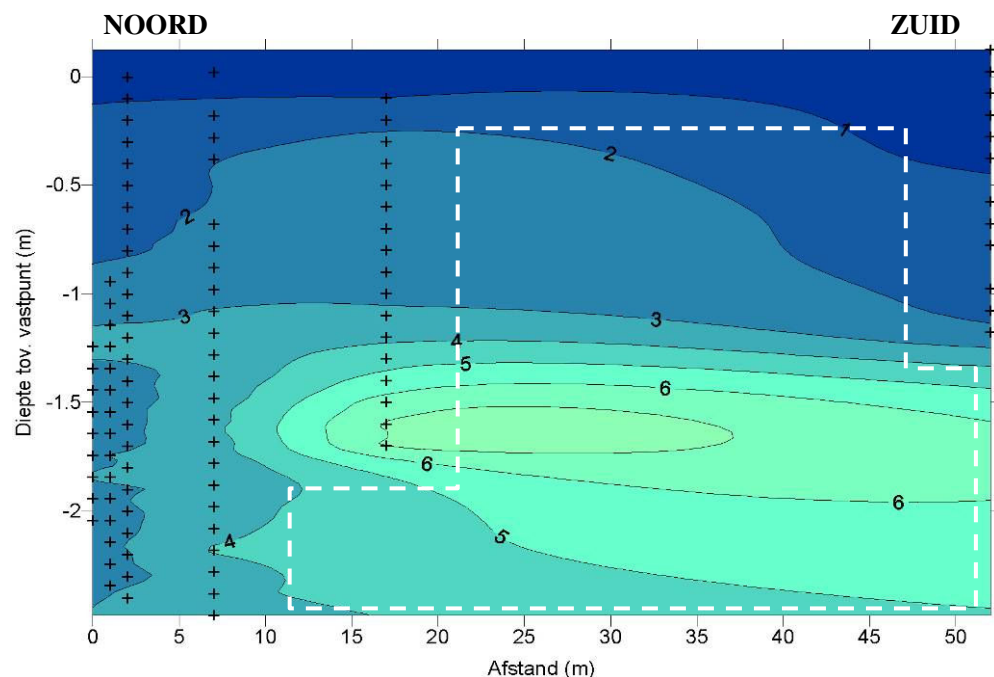
## 5.7 Perceel 7

### 5.7.1 Algemeen

Locatie 7 is gelegen op het meest westelijke punt van het eiland Tholen, ten westen van Stavenisse (zie Figuur 5.1). Het perceel was te groot om van sloot tot sloot te bemeten waardoor er gekozen is om één sloot te bemeten. De meetpunten van locatie 7 liggen evenwijdig aan de zeedijk (Dijkweg) op maximaal 90 meter (zie bijlage A). De punten 7.1 t/m 7.6 zijn tussen twee drainage buizen in uitgezet en meetpunt 7.7 ligt 6 meter ten westen van 7.6, nabij een drainage buis. Het perceel heeft criteria III (Tabel 2.1). De gemiddelde maaiveldhoogte is 0,61 m boven NAP en het zomer- en winterpeil van de sloten ligt respectievelijk op 0,7 en 1,3 m beneden NAP.

De dag voor de meetsessie, op 17 januari 2007, was erg stormachtig met regen en veel zout werd vanuit de Oosterschelde op het land gedeponeerd. Met de watersnoodramp in 1953 is in dit gebied een dijkdoorbraak geweest waardoor het hele land onder zeewater gestaan heeft. De kans is groot dat dit invloed heeft gehad op de bodemopbouw van het perceel en de gemeten zoutgehalten.

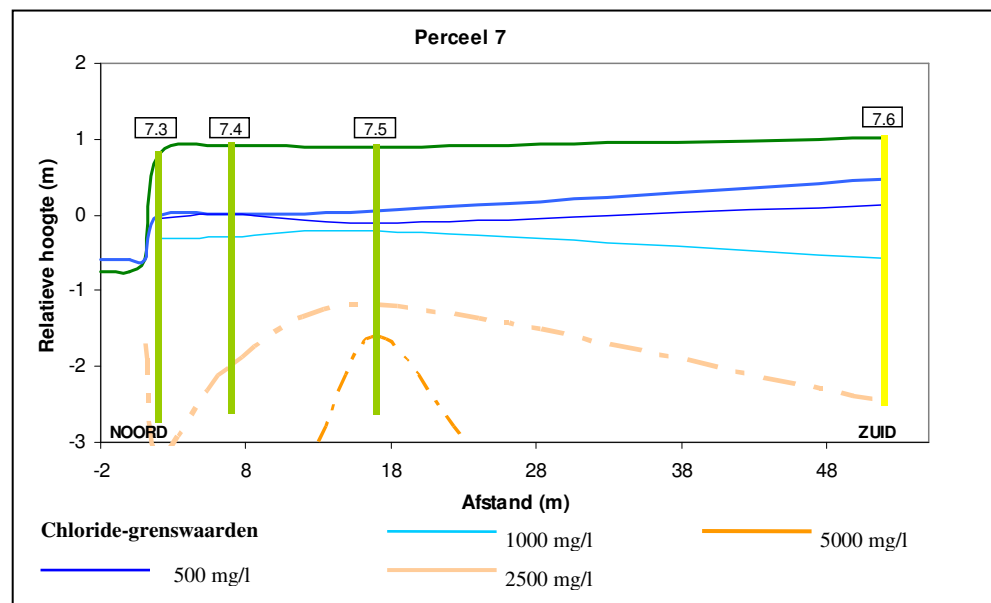
De bodemprofielen van punt 7.3 t/m 7.5 zijn erg homogeen, ze bestaan tot een diepte van 3,5 m onder maaiveld uit matige tot zware zavel. Punt 7.6 en 7.7 hebben een afwijkend bodemprofiel, 7.6 is zandiger (vooral lichte zavel) en 7.7 bestaat uit lichte klei en matige zavel (met een dun laagje veen op 2,3 m beneden maaiveld).



Figuur 5.11 EC-bodemprofiel van perceel 7 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot (N)

### 5.7.2 Resultaten en discussie

Figuur 5.11 laat zien dat de bovenste laag van de bodem (tot ongeveer 1,2 m onder het referentiepunt) een vrij homogene EC verdeling heeft. De waarden lopen op van 0-1 mS/cm tot 3-4 mS/cm. Onder deze 'homogene laag' is er wel duidelijk een verschil in de EC waarden van de bodem waarneembaar. Bij de punten 7.1 t/m 7.4 komt de EC niet boven de 4 mS/cm terwijl bij punt 7.5 de EC oploopt tot 7 mS/cm. Bij punt 7.6 zijn we door de bodemopbouw niet dieper gekomen dan 2,2 m beneden maaiveld, of de laag met hogere EC waarden (bij punt 7.5) doorloopt kan dus niet met zekerheid worden gezegd. Hetzelfde geldt voor de afname van de EC onder punt 7.5, de EC waarden nemen bij ieder meetpunt toe waardoor er verwacht kan worden dat ook onder het laatst gemeten punt de EC nog verder toeneemt.



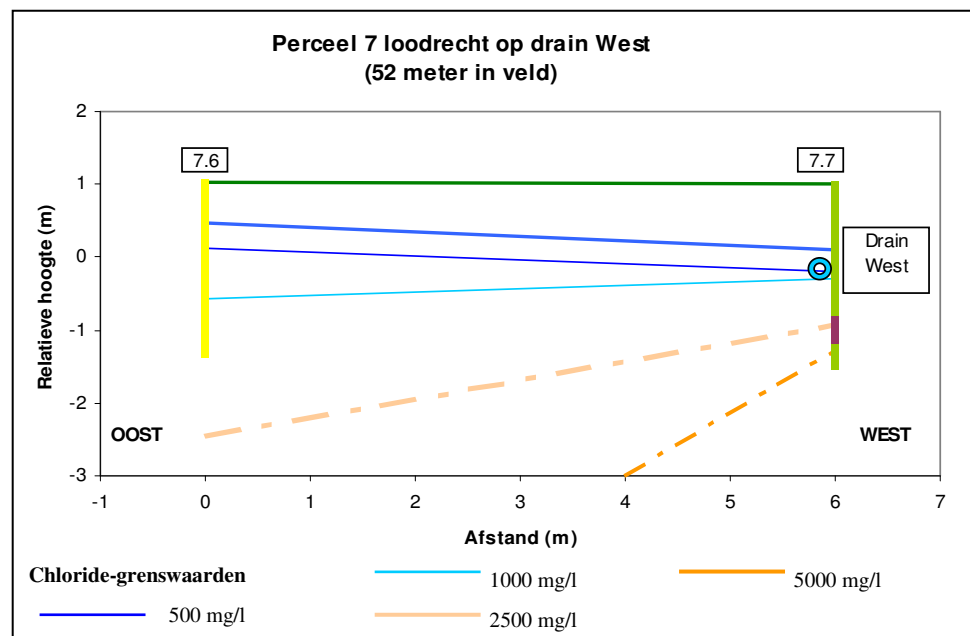
Figuur 5.12 Dwarsdoorsnede van perceel 7 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

De hogere EC waarden van de bodem van punt 7.5 zijn ook duidelijk waarneembaar in Figuur 5.12. Op dit punt is als enige de chloridegrens van 5000 mg/l overschreden. Vanaf de sloot verschuift de chloridegrens van 2500 mg/l langzaam richting het maaiveld en na punt 7.5 zakt deze weer. Hetzelfde geldt voor de brak-zout grens ( $[Cl^-]$  van 1000 mg/l) die na punt 7.5 dieper lijkt te liggen. Verder is uit het figuur duidelijk te zien dat de grondwaterstand verder van de sloot vandaan omhoog komt.

In Figuur 5.13 zie je dat de chloridewaarden van 1000, 2500 en 5000 mg/l bij de drainage buis dichters aan het maaiveld ligt dan tussen de drainage buizen (7.6). Het lijkt er op dat de drainage buis het zout uit de ondergrond aantrekt. Het water dat wordt afgevoerd door de drainage buis nabij punt 7.7 heeft een chloridegehalte van 740 mg/l (zie tabel 5.1), slechts brak grondwater op het drainage niveau. Het oppervlaktewater heeft een lager chloridegehalte dan het drainagewater, verdunning door regenwater is hiervan waarschijnlijk de oorzaak. Onder de sloot lijkt er nauwelijks sprake van kwel te zijn terwijl het waterpeil onder NAP ligt en de afstand tot de zeedijk gering is.

Tabel 5.1 De EC en Cl<sup>-</sup> waarden van het oppervlakte- en drainagewater bij perceel 7

	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)
Oppervlaktewater	1,53	408
Drain West	2,78	740
Drain Oost	2,95	785



Figuur 5.13 Dwarsdoorsnede tussen twee drainage buizen van perceel 7 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l). Punt 7.6 staat tussen drain W en drain O in

## 5.8 Perceel 8

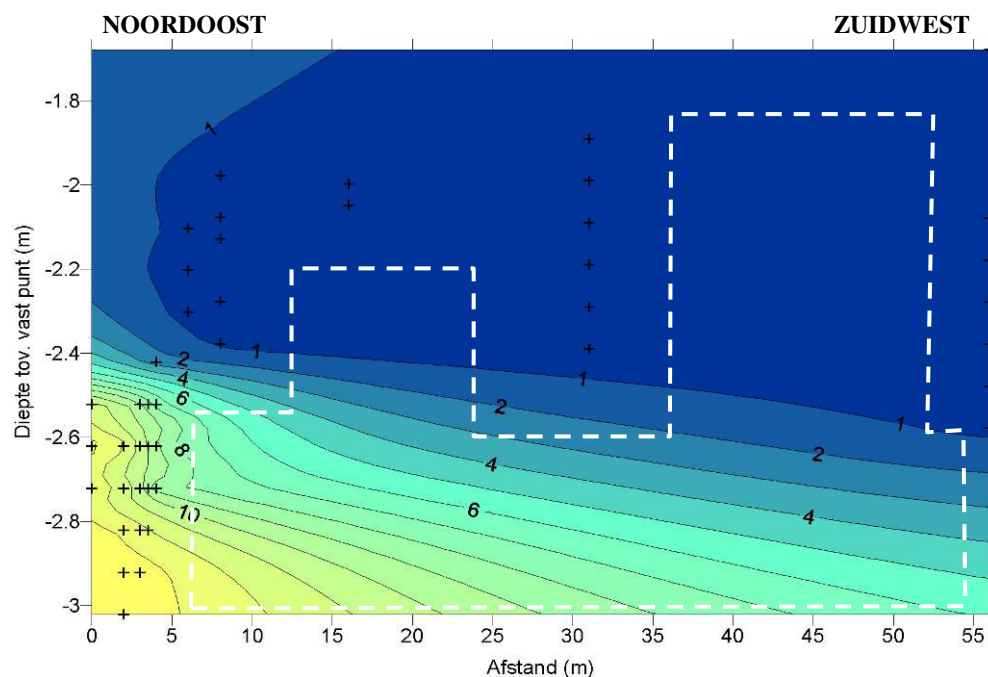
### 5.8.1 Algemeen

Dit landbouwperceel ligt in het noorden van het eiland Sint-Philipsland (Tholen), direct achter de zeedijk (Figuur 5.1). Er is gemeten in een raai tussen 2 drains, tot op een afstand van ongeveer 50 meter in het maaiveld (zie bijlage A). Ter hoogte van het laatste punt is nog een extra meetpunt aangebracht, loodrecht op de meetraai. Dit punt ligt op een drain.

De bodem, die vrijwel geheel uit zand bestaat, maakte het meten met de prikstok moeilijk. Per meetpunt zijn daarom hooguit 7 metingen gedaan.

Perceel 8 heeft criteria nummer IV (Tabel 2.1). Het maaiveld ligt op zo'n 0,75 meter boven NAP. Het winterpeil ligt op 0,8 meter onder NAP. Het perceel wordt in het noorden begrensd door een brede perceelsloot.





Figuur 5.14 EC-bodemprofiel van perceel 8 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste vijf meetpunten liggen in de sloot

### 5.8.2 Resultaten en discussie

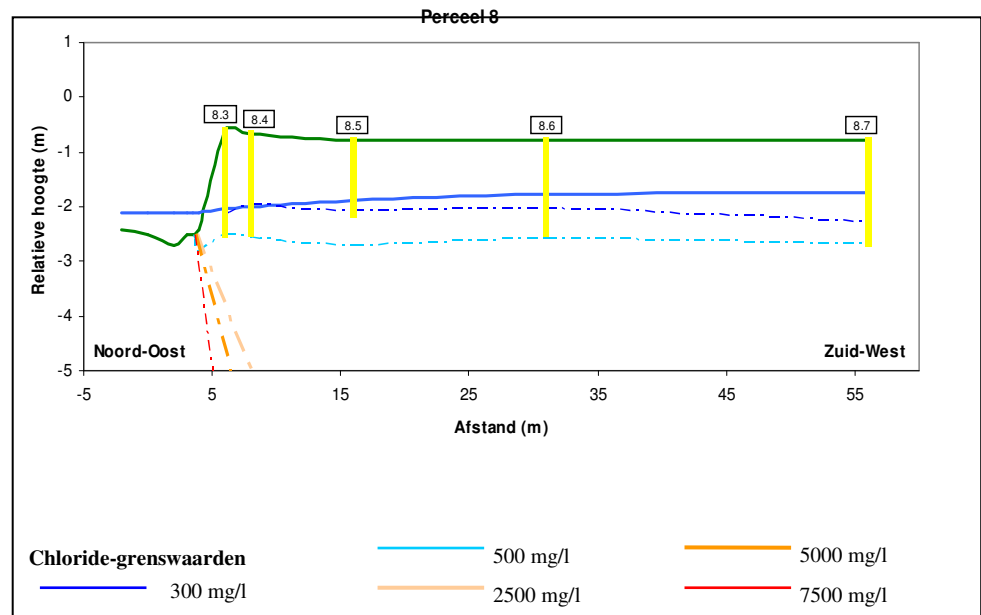
Het meest opvallend aan dit perceel is het grote verschil in gemeten EC's tussen sloot en maaiveld. In het maaiveld komen chloridegehalten niet boven de 500 mg/l terwijl onder de sloot de waarden oplopen tot 11.000 mg/l (zie Figuur 5.15). Er vindt dus een zoute kwelstroom plaats die sterk op de sloot gericht is. In het maaiveld is de invloed van zoute kwel nauwelijks merkbaar (tot de geprikte diepte in ieder geval).

Waarschijnlijk zorgt de sterke kwelstroom naar de sloot voor een afname van de stijghoogte in het watervoerende pakket. Hierdoor neemt de kweldruk op het perceel af en komt de stijghoogte in het perceel niet boven de grondwaterstand uit, terwijl deze toch onder NAP ligt.

Ook het verschil in waarden tussen de meting aan de slootkant (perceelzijde) en metingen verderop in de sloot is enorm groot. Verwacht wordt dat het zoute grondwater onder de sloot aan de perceelzijde sterk verdund wordt door zoet/brak water dat uit het perceel richting de sloot stroomt.

Belangrijk is dat gelet wordt op het feit dat een groot deel van het diepe deel van het profiel in Figuur 5.14 niet realistisch is omdat daar geen metingen zijn gedaan. Het is denkbaar dat de zoet/brak-waterlens veel groter is dan het Surferprofiel doet vermoeden.

Op het meetpunt op de drain worden iets hogere waarden gemeten dan op het punt tussen de drains. Er zijn echter te weinig metingen gedaan om hier conclusies aan te verbinden.



Figuur 5.15 Dwarsdoorsnede van perceel 8 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

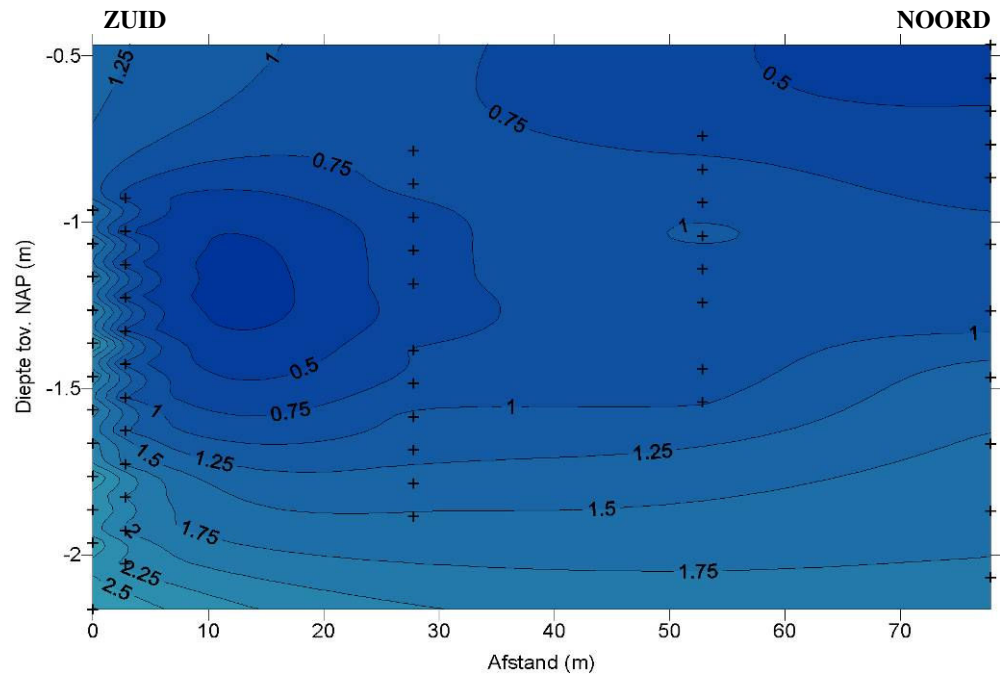
## 5.9 Perceel 9

### 5.9.1 Algemeen

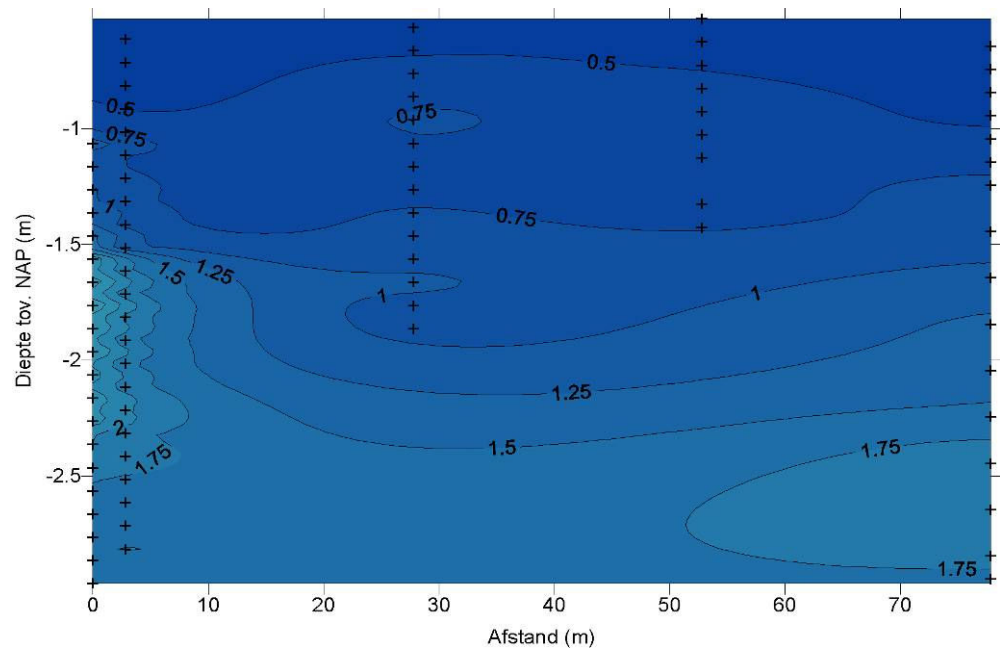
Dit perceel ligt op het eiland Noord-Beveland, net ten oosten van het dorp Wissenkerke (zie Figuur 5.1). Omdat hier in de nabijheid een NAP-peilschaal aanwezig was zijn hier de hoogten ingemeten ten opzichte van NAP. Het gebied heeft criteria nummer IV (Tabel 2.1) en het maaiveld ligt gemiddeld op ongeveer een halve meter boven NAP terwijl het winterpeil in de sloot op 1 meter onder NAP ligt. Het perceel ligt op een afstand van zo'n 2 kilometer verwijderd van de zee en in de buurt van een aantal oude kreken.

Er zijn hier twee trajecten gemeten: één traject tussen twee drains in en één traject bovenop een drain. Hier is voor gekozen om het effect van drainage op de ruimtelijke verdeling van zoutgehalten in het grondwater te kunnen onderzoeken. Bij een aantal prikpunten moest er opnieuw een boorgat worden gemaakt omdat deze recht boven de drainage was geplaatst. Er kan dus met redelijke zekerheid gezegd worden dat de punten vlak langs de drainage loopt. Beide meettrajecten tellen zes meetpunten, beginnen in een perceelsloot en lopen tot op een afstand van ongeveer 75 meter in het maaiveld (zie bijlage A).

Op de meeste meetpunten bestaat de bovenlaag van de bodem uit zavelig materiaal tot een diepte van ongeveer een halve meter. Daaronder ligt weer een halve meter zand en daaronder komen afwisselend veen-, klei- en zavellagen voor (zie Figuur 5.18).



Figuur 5.16 EC-bodemprofiel van perceel 9 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Dit transect ligt op de drainage buis en het eerste meetpunt ligt in de sloot



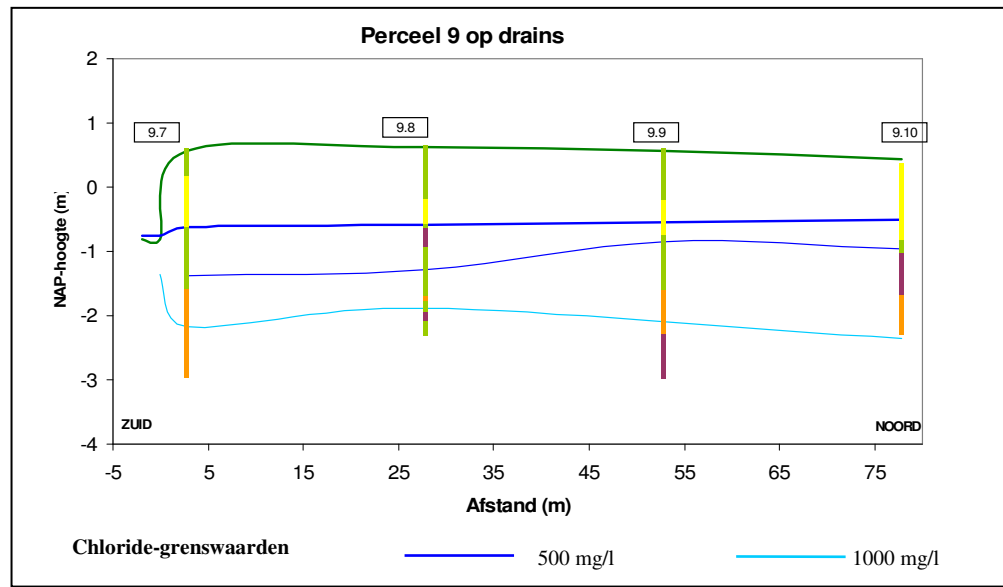
Figuur 5.17 EC-bodemprofiel van perceel 9 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Dit transect is tussen de drainage buizen in en het eerste meetpunt ligt in de sloot

### 5.9.2 Resultaten en discussie

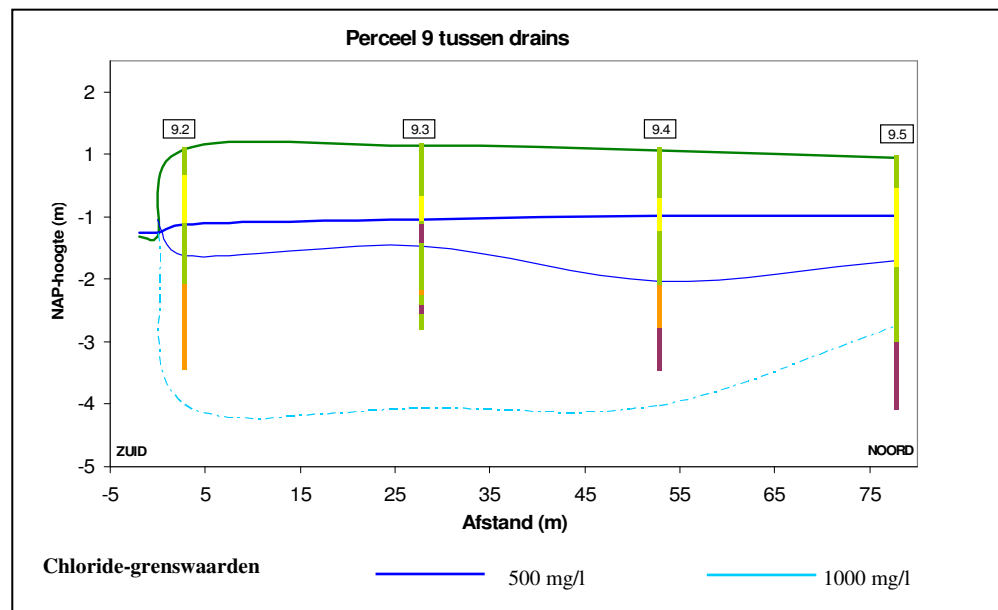
Gemeten EC's op dit perceel zijn over het algemeen laag. Onder de sloot is een lichte verhoging zichtbaar (zie figuren 5.16 t/m 5.19), maar bijna alle chloridegehalten liggen onder de 1000 mg/l. In tegenstelling tot andere 'zoete' percelen is hier echter wel een duidelijke gradiënt zichtbaar. EC's lopen globaal op van 0,5 tot 2 mS/cm op de diepste meetpunten.

Het verschil tussen beide trajecten is niet erg groot, maar toch is te zien dat op de drain hogere waarden gemeten worden. Het duidelijkst komt dit naar voren in de figuren 5.18 en 5.19. Hier liggen de 500- en 1000 mg/l Cl grenswaarden in het traject op de drains hoger dan in het traject tussen de drains.

Aanbeveling: Er zijn veel percelen die in het geheel vrij zoet zijn maar waarbij onder de sloot lichte verhoging wordt gemeten. Is hier sprake van kwel? Wat is op deze percelen de stijghoogte in het watervoerend pakket? En wat is daar het chloridegehalte?



Figuur 5.18 Dwarsdoorsnede van perceel 9 op de drain met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)



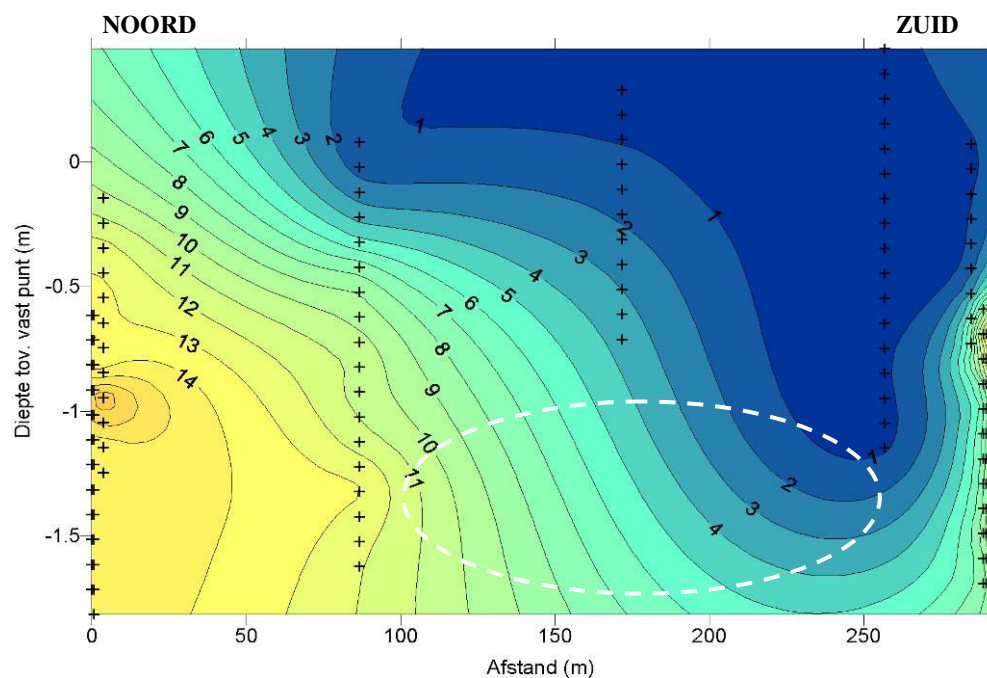
Figuur 5.19 Dwarsdoorsnede van perceel 9 tussen de drains met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

## 5.10 Perceel 11

### 5.10.1 Algemeen

Dit perceel is gelegen in het Westen van het eiland Schouwen-Duivenland nabij het dorp Renesse (zie Figuur 5.1). Er is gemeten in een raai loodrecht op de drains tussen twee sloten, 285 meter van elkaar (zie bijlage A). Het noordelijke slootpeil is 2,5 centimeter lager dan het zuidelijke slootpeil. Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 0,48 meter onder NAP. De perceelsloten hebben een winterpeil van 1,7 m onder NAP. Het gebied heeft criteria nummer V (Tabel 2.1).

De bodem wordt gekenmerkt door een zavelige toplaag van een halve meter dik waaronder een sterk heterogene bodem zich bevindt. Boorpunt 11.6 wijkt hier vanaf, de toplaag bestaat uit een meter klei en het maaiveld is een halve meter hoger gelegen dan de rest van het veld. Onder de grondwaterspiegel in het noordelijke gedeelte van het traject bestaat het watervoerend pakket voornamelijk uit klei terwijl naar het zuiden van het perceel toe meer zand en zavel terug te vinden is. Vanaf 1,5 meter onder maaiveld is een veen pakket aangetroffen die over de lengte van het perceel varieert in dikte. Volgens de eigenaar van het perceel stijgt het grondwaterpeil snel na regen of veranderingen in slootpeil.



Figuur 5.20 EC-bodemprofiel van perceel 11 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste en laatste meetpunt liggen in de sloot

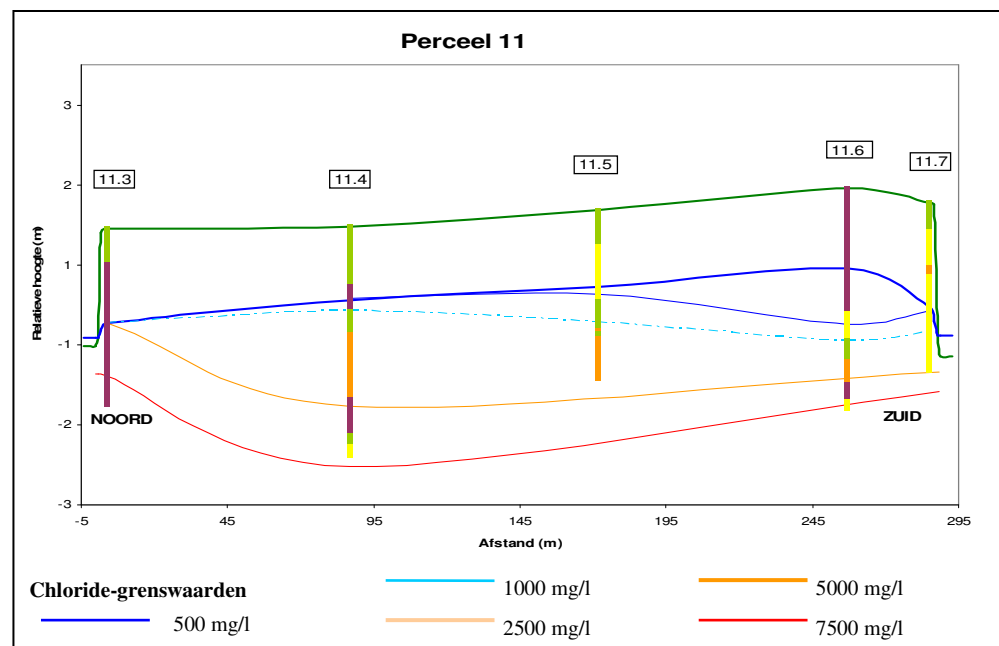
### 5.10.2 Resultaten en discussie

Figuur 5.20 laat zien dat op dit perceel een duidelijk verschil is tussen EC's onder de sloten en EC's in het maaiveld. Chloride gehalten variëren in het grondwater van brak (400 mg/l) naar zout (10.000 mg/l). De sloten trekken een sterk zoute kwelstroom aan terwijl op het maaiveld tussen de sloten sprake is van een aanzienlijke gradiënt in chloride gehalten.

De noordelijke sloot lijkt ruimtelijk meer invloed te hebben op chloride gehalten van het grondwater dan de zuidelijke sloot. Deze laatste lijkt een snellere maar minder brede

zoute kwelstroom op gang te brengen. Dit zou aan de zanderige ondergrond van sloot zuid kunnen liggen.

Opvallend is dat op punt 11.6, daar waar het maaiveld het hoogste is, de opbolling van de grondwaterstand het grootst is (zie figuur 5.21). Het hogere grondwaterpeil blijkt de stijghoogte van de zoute kwel tegen te werken zodat regenwater hier makkelijker blijft hangen en dieper kan infiltreren. Op dit punt van het veld is dan ook een regenwaterlens waargenomen. De aanwezigheid van een slecht doorlatende kleilaag (paarse balk in figuur 5.21) zou een reden kunnen zijn dat juist hier de regenwaterlens wordt waargenomen terwijl aan de noordkant van het perceel deze niet of nauwelijks waar te nemen is. Denkbaar is dat aan de noordkant van het perceel door de andere bodemsamenstelling het zoete regenwater sneller afgevoerd wordt.



Figuur 5.21 Dwarsdoorsnede van perceel 11 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

## 5.11 Perceel 12

### 5.11.1 Algemeen

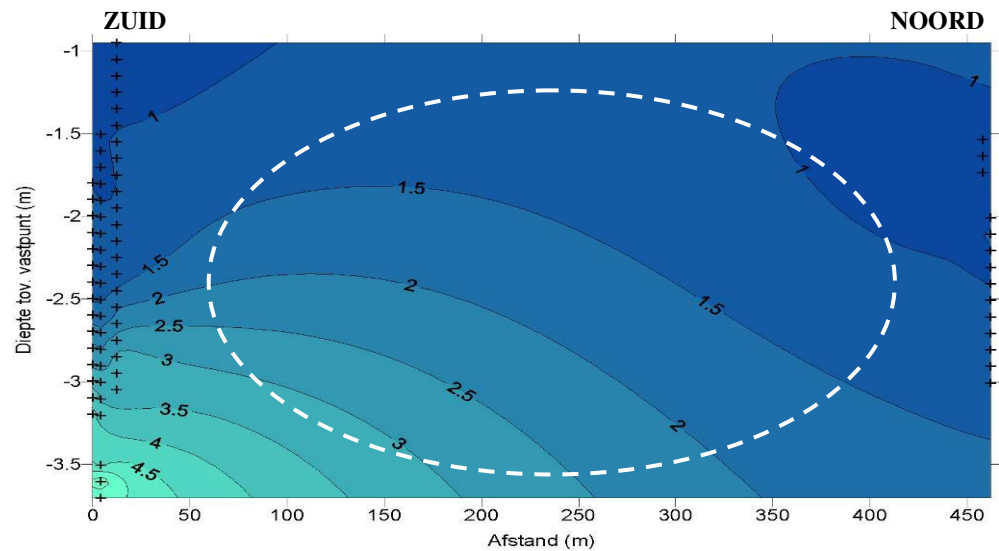
Locatie 12 is het enige perceel bemeten op Zeeuws-Vlaanderen en ligt in de Rummersdijkpolder (zie Figuur 5.1). Het gebied heeft criteria nummer VI (zie Tabel 2.1). Het maaiveld ligt gemiddelde 0,84 m boven NAP. Ten zuiden van het perceel loopt een brede watergang (Oude Haven) naar het Campen gemaal.

Het perceel is van sloot tot sloot bemeten en de afstand hiertussen is circa 460 m (zie voor kaart bijlage A). Door de perceelsgrootte was het niet mogelijk alle acht de punten te prikken waardoor op punt 12.4, 12.5 en 12.6 alleen de grondwaterstand en de EC van het bovenste grondwaterlaagje zijn bemeten.

In 1986 is op het perceel begonnen met de fruitteelt, daarvoor werd de grond gebruikt voor akkerbouw. De eigenaar zegt weinig tot geen last te hebben van zout in de bodem, wel zou hij willen kunnen beregenen bij langdurige droogte. Dit is niet mogelijk door te hoge zoutgehalten in het oppervlaktewater. Tijdens de meetdag had het

oppervlaktewater een EC van 2 mS/cm, wat overeenkomt met een chloridegehalte van ongeveer 530 mg/l (brak).

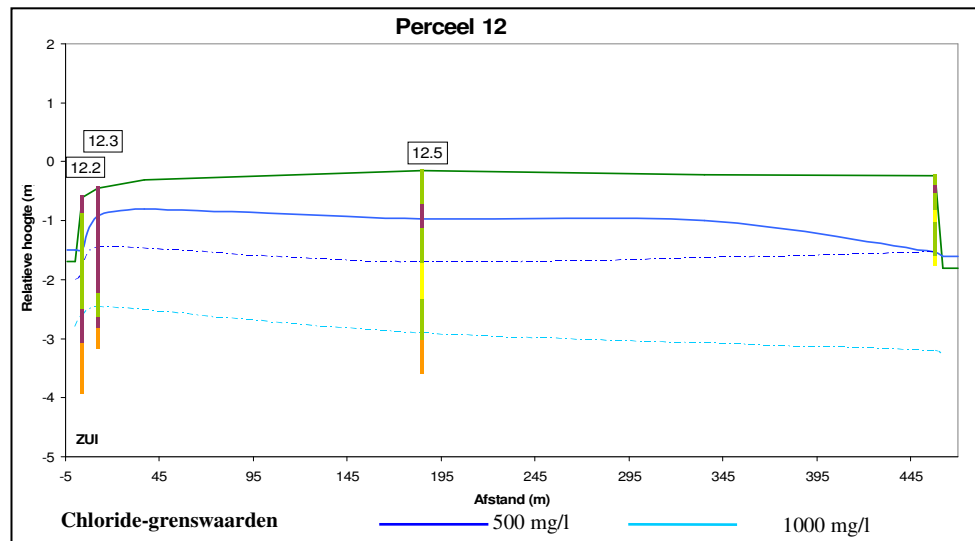
De drainage buizen (uit de '60 jaren) hebben een onderlinge afstand van ongeveer 9 m en liggen op een diepte van 0,8 tot 1,0 m beneden maaiveld.



Figuur 5.22 EC-bodemprofiel van perceel 12 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste en laatste meetpunt liggen in de sloot

### 5.11.2 Resultaten en discussie

Figuur 5.22 geeft de EC waarden van de bodem weer. Het figuur is gebaseerd op de meetpunten 12.1 t/m 12.3, 12.7 en 12.8. De tussenliggende EC waarden zijn geïnterpreteerd en door de grote afstand tussen de punten niet erg nauwkeurig. Wel is duidelijk zichtbaar dat de EC waarden in de bovenste 2,5 m van het profiel vrij constant zijn. Verder valt op dat de EC waarden bij de eerste punten (links, zuiden van perceel) hoger zijn dan aan de noordkant van het perceel. Het maaiveld ligt aan de noordkant van het perceel ongeveer 20 cm hoger dan aan de zuidkant.



Figuur 5.23 Dwarsdoorsnede van perceel 12 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

In Figuur 5.23 is te zien dat op dit perceel geen chloridegehalten van rond de 2500 mg/l of hoger gevonden zijn. Voor de chloridegehalten van 500 en 1000 mg/l in het figuur geldt hetzelfde als voor Figuur 5.22, door te weinig gegevens zijn ze niet betrouwbaar.

In tabel 5.2 staan de EC en chloridegehalte van oppervlakte- en grondwatermonsters weergegeven. Te zien is dat de sloot zouter is dan het grondwater en dat de waarden in het veld nagenoeg hetzelfde zijn (licht brak).

Tabel 5.2 De EC en berekende chloridegehalten van grondwater uit boorgaten en het oppervlaktewater op perceel 12

	EC (mS/cm)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Diepte grondwater (m beneden NAP)	Afstand tot sloot (m)
<b>Oppervlaktewater</b>	2,00	533	-	0
<b>12.2</b>	1,17	312	0,88 - 1,0	4
<b>12.3</b>	0,79	210	0,46 - 1,0	12
<b>12.4</b>	0,81	215	0,5 - 0,75	37
<b>12.5</b>	0,86	229	0,82 - 1,15	185

## 5.12 Perceel 14

### 5.12.1 Algemeen

In eerste instantie lagen alle geselecteerde percelen binnendijks. In de loop van het veldwerk is echter besloten ook een buitendijks perceel te bemeten. Dit perceel ligt buitendijks (criteria nummer X in Tabel 2.1) en wordt aan de zuidkant begrensd door het Veerse Meer (zie Figuur 5.1 en bijlage A). In het verleden is al veel veranderd aan het peilbeheer van het Veerse Meer. Eerst werd een vast zomer- en winterpeil van respectievelijk 0 en -0,7 m t.o.v. NAP aangehouden en was het water brak tot licht zout. Nu is de peilverandering met een zomerpeil van -0,1 en een winterpeil van -0,3 m t.o.v. NAP veel kleiner en is het water zout. Vanuit de agrarische sector is veel bezwaar



gekomen tegen deze peilveranderingen. Gevreesd werd voor een stagnatie van overtollig regenwaterafvoer in de winter en een verslechtering van de bewerkbaarheid van de grond. Ook zou de verzilting van het grondwater in de nabije omgeving in de hand kunnen worden gewerkt. Dit maakte het interessant om ook dit perceel te bemeten. Er is gemeten in een raai diagonaal over het veld, van de perceelsloot naar het Veerse Meer. Er is diagonaal gemeten omdat dwars door het veld een oude kreek loopt waarin 1 meting is gedaan.

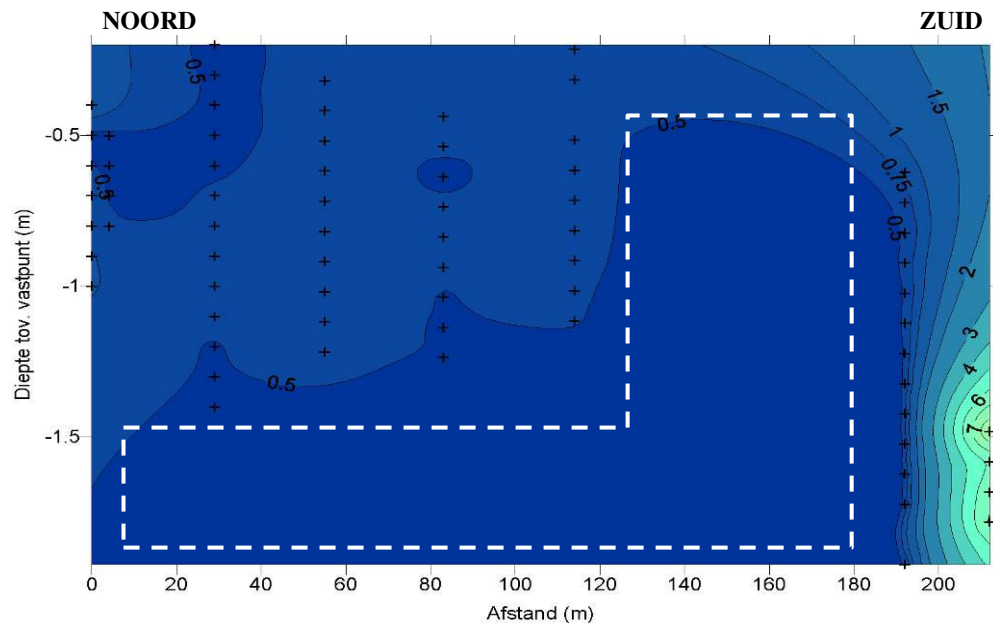
Het peil in de perceelsloot lag ruim een halve meter boven het Veerse Meer peil. Ook maaiveld en grondwaterstand liggen boven NAP.

De bodem is zeer zandig, maar met name in en naast de kreek bevinden zich een aantal kleiige laagjes.

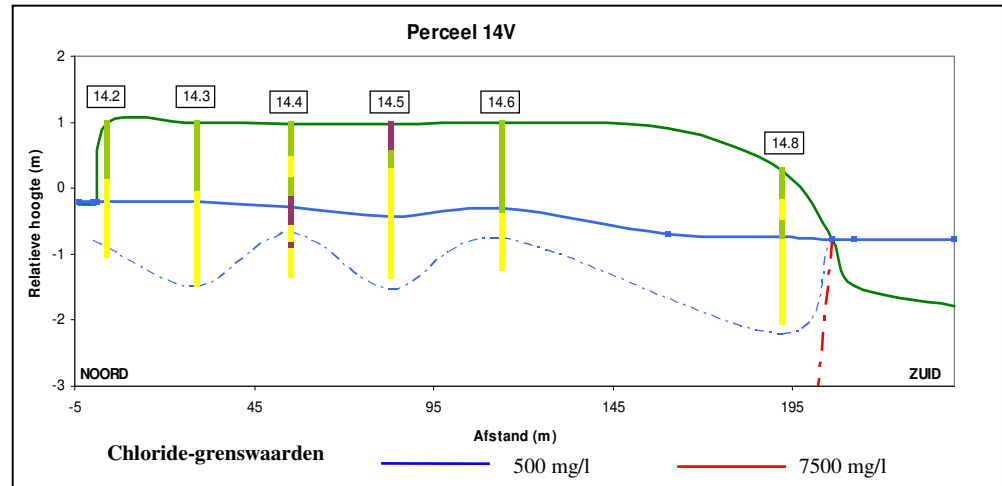
### 5.12.2 Resultaten en discussie

Ruimtelijk zijn er op dit perceel erg weinig verschillen in EC's en chloridegehalten (zie Figuren 5.24 en 5.25). Over het hele perceel liggen de chloridegehalten tussen de 300 en 650 mg/l. Er zijn geen significante verschillen zichtbaar tussen meetpunten in de kreek en buiten de kreek. Er is nauwelijks een gradiënt in de diepte aanwezig op de meetpunten. Vermoedelijk is dit perceel tot op grote diepte zoet/brak omdat er door de hoge grondwaterstand ten opzichte van NAP geen kwel plaatsvindt. Peilveranderingen in het Veerse Meer zullen hier niet direct invloed op hebben.

Ook het meetpunt direct naast het Veerse Meer (op zo'n 15 meter afstand) is over de gemeten diepte brak. Er is dus een zeer scherpe overgangszone van zoet naar zout water.



Figuur 5.24 EC-bodemprofiel van perceel 14 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste meetpunt ligt in de sloot en het laatste punt ligt in het Veerse Meer



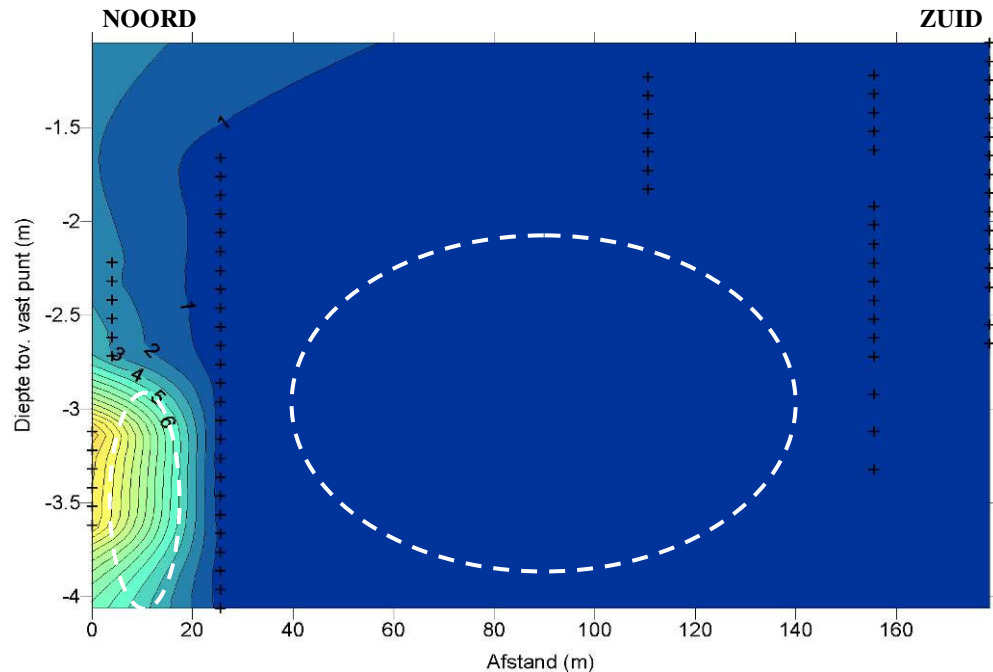
Figuur 5.25 Dwarsdoorsnede van perceel 14 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

## 5.13 Perceel 15

### 5.13.1 Algemeen

Perceel 15, bij proefboerderij Rusthoeve ligt ten zuiden van Colijnsplaat (Noord-Beveland, zie Figuur 5.1). Het gebied heeft criteria nummer VII (Tabel 2.1). Het maaiveld heeft een gemiddelde hoogte van 1,1 m boven NAP en het winter- en zomerpeil is respectievelijk 1,0 m en 0,7 m beneden NAP. Het perceel is bemeten vanaf de sloot (NO) tot ongeveer 180 m het veld in (ZW richting). Het transect is uitgezet tussen twee drainage buizen in met een onderlinge afstand van 13 m (zie bijlage A voor overzicht).

De sloot waarin de eerste twee meetpunten staan was vroeger een kreek die gekanaliseerd is. De hoogte in het maaiveld ten zuiden van de sloot is de kreekrug. De eigenaar van het perceel vertelde over een (zoetwater) kwelplek in het perceel waar al eens onderzoek naar gedaan is. De kwelplek is te herkennen aan de laagte in het maaiveld en ligt net ten zuiden van de oude kreekrug.



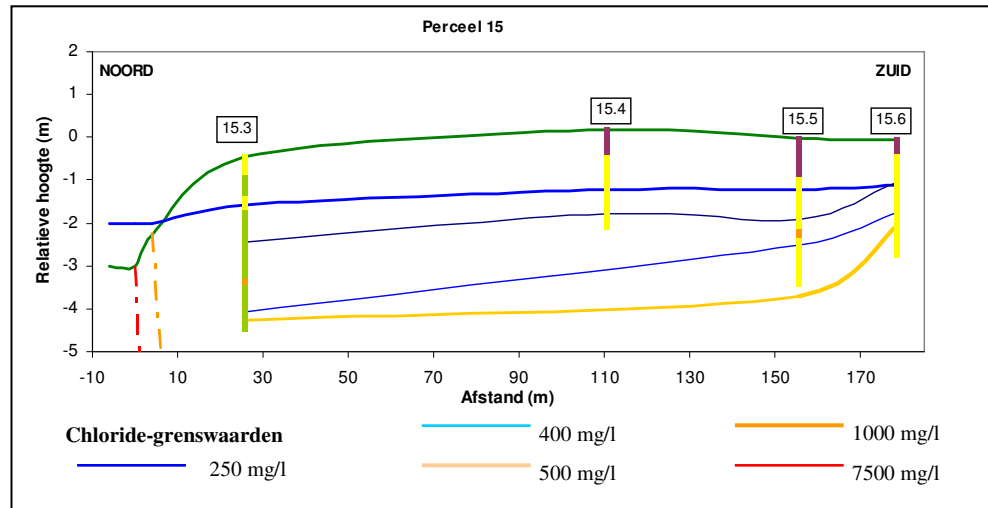
Figuur 5.26 EC-bodemprofiel van perceel 15 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot

### 5.13.2 Resultaten en discussie

In Figuur 5.26 is te zien dat de sloot aan de NO zijde veel zouter is dan de rest van het veld. De chloridegehalten in de sloot zijn een factor 10 hoger dan de waarden van het drainage- en boorgatwater. Het “zoete” grondwater stroomt vanaf het perceel richting de sloot terwijl het grondwater van het eerste meetpunt waarschijnlijk kwel is en dus van dieper komt. Hierdoor is er een scherpe zoet-zout gradiënt zichtbaar. De waarden onder het tweede punt zijn geëxtrapolerd en zouden dus anders kunnen lopen. In Figuur 5.27 staan de chloridegehalten weergegeven, ook hier is te zien dat onder de sloot het zoutgehalte het hoogste is, waarden hoger dan 7500 mg Cl<sup>-</sup>/l worden er gevonden. Niet ver van deze grens, vlakbij de kant, ligt de brak-zout grens van 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l.

Op de andere meetpunten in het veld zijn de zoutgehalten vrij constant. De EC van de bodem bij de prikpunten in het veld is vrij constant en komt niet boven de 1 mS/cm (Figuur 5.26). Ook de chloridegehalten zijn, kijkend naar de in dit rapport gevonden waarden, erg laag te noemen (Figuur 5.27). De grenslijn van 250 mg Cl<sup>-</sup>/l volgt mooi het maaiveld reliëf en komt bij de ‘kwelplek’ (laatste meetpunt) naar de grondwaterspiegel. Ook de 400 en 500 mg Cl<sup>-</sup>/l grenslijnen komen bij de ‘kwelplek’ richting het maaiveld. De kwel die omhoog komt blijkt brak water te zijn. De verschillen in EC zijn echter gering, in Figuur 5.26 zijn namelijk geen verschillen waarneembaar. De waarden in Figuur 5.27 zijn geïnterpreteerd, de chloridegehalten worden mede bepaald door de bodemopbouw wat zorgt voor de verschillen.

Aanbevelingen voor nader onderzoek zijn om het meettraject te verlengen zodat ook achter de kwelplek nog een aantal meetpunten liggen. Hierdoor zal de ‘kwelplek’ beter zichtbaar worden. Daarnaast is het interessant om meer meetpunten nabij de sloot (NO) te doen zodat de overgang van zoet naar zout in het veld beter zichtbaar wordt.



Figuur 5.27 Dwarsdoorsnede van perceel 15 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

## 5.14 Perceel 16

### 5.14.1 Algemeen

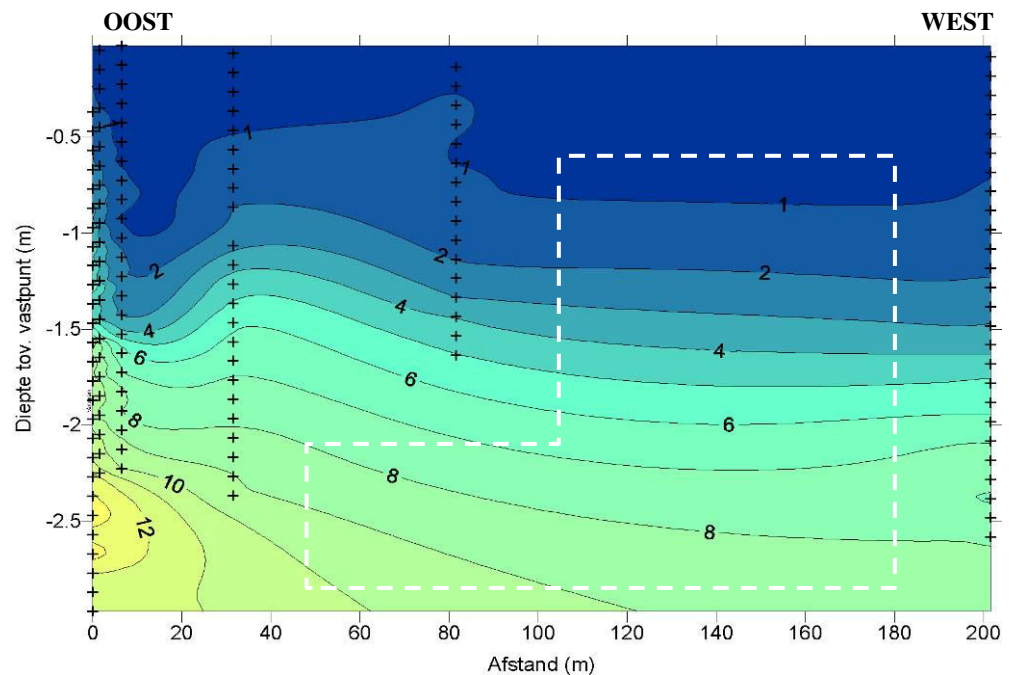
Dit perceel is gelegen in de Westerlandpolder, ten zuiden van het Veerse Meer op het eiland Zuid-Beveland (zie Figuur 5.1). Het gebied heeft criteria nummer VII (Tabel 2.1). Het maaiveld van dit perceel ligt bijna een meter boven NAP terwijl het winterpeil in de perceelsslotten ongeveer 0,6 meter onder NAP ligt.

Er is gemeten in een raai vanuit de perceelssloot tussen twee drains in tot op een afstand van 200 meter in het maaiveld (zie bijlage A).

Op de 5 punten waar geboord is, is de bodem zeer homogeen. De bovenste laag bestaat uit zeer ondoorlatende zware klei. Ook onder deze toplaag is de bodem sterk kleiig tot op een diepte van zo'n 2,5 meter. Hier begint een veenlaag die na ongeveer een halve meter weer overgaat in klei.

### 5.14.2 Resultaten en discussie

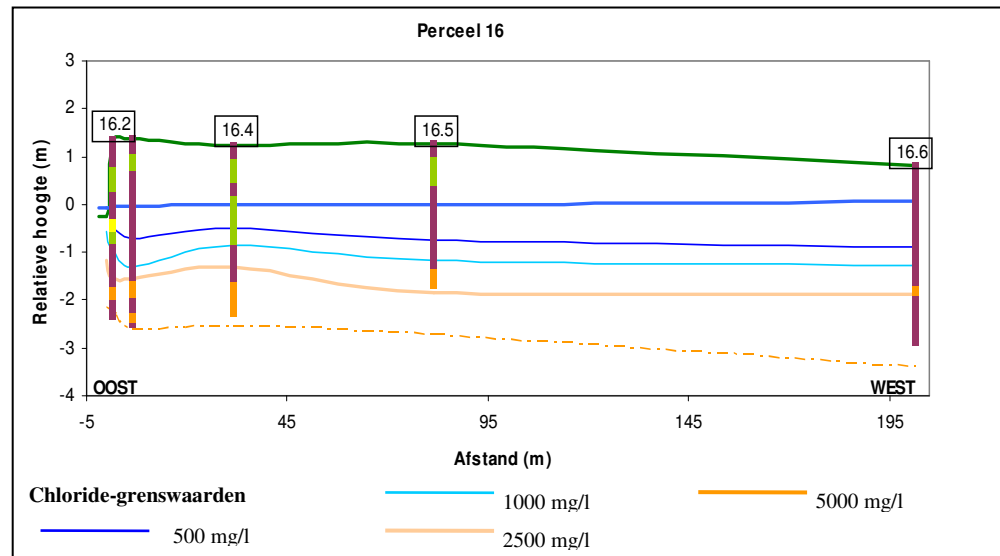
Op alle meetpunten in dit perceel is een mooie gradiënt zichtbaar in de diepte. EC-waarden nemen toe van lager dan 1 tot meer dan 10 mS/cm. In het perceel is weinig variatie in verdeling van EC-waarden in de diepte. De chloridegrenswaarden (figuur 5.29) lopen daarom ook nagenoeg horizontaal. Onder de sloot worden echter wel duidelijk hogere waarden gemeten. Gelet op de figuren 5.28 en 5.29 is er duidelijk sprake van kwel naar de perceelssloot.



Figuur 5.28 EC-bodemprofiel van perceel 16 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste meetpunt ligt in de sloot

Een verklaring voor de gelijkmatige verdeling van EC- en chloridewaarden in het perceel zou gezocht kunnen worden in het verloop van de grondwaterstand. Van slootpeil tot het laatste meetpunt varieert het peil maximaal 14 centimeter. Waar bijvoorbeeld op perceel 11 te zien is dat de grondwaterstand het maaiveld volgt is dat hier niet het geval. Het lager liggende maaiveld op meetpunt 16.6 zorgt niet voor een verandering in grondwaterstand. Oorzaak hiervan is mogelijk de homogene opbouw van de bodem op dit perceel.

Gesteld kan worden dat verandering van bodemopbouw op perceelsniveau het verloop van de grondwaterspiegel beïnvloedt en dus ook zorgt voor een andere verdeling van zoet en zout grondwater in het perceel.



Figuur 5.29 Dwarsdoorsnede van perceel 16 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

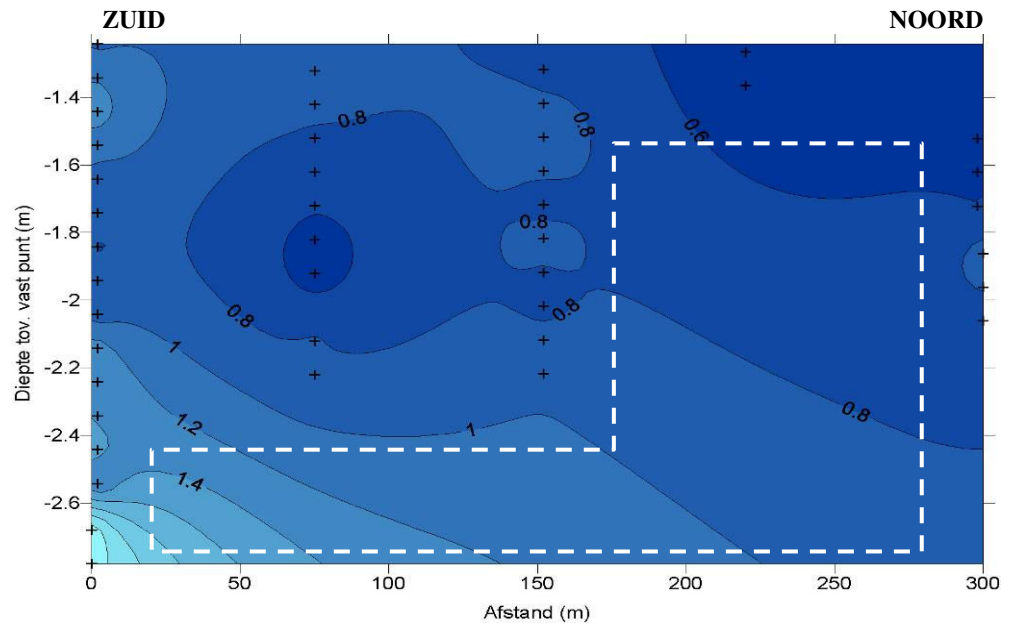
## 5.15 Perceel 17

### 5.15.1 Algemeen

Dit perceel is gelegen in het Noordoosten van Walcheren, tussen Vrouwenpolder en Serooskerke (zie Figuur 5.1). De afstand tot het Veerse Meer en de Noordzee bedraagt 2000 en 1500 meter respectievelijk. Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 0,87 meter boven NAP. Het winterpeil is 0,7 meter onder NAP. Het gebied is gelegen in criteria nummer VII (Tabel 2.1).

Er is op dit perceel gemeten in een raai loodrecht op de drains en loodrecht op de sloot langs de Boshoekeweg (zie bijlage A). Het bemeten perceel is van sloot tot sloot (370 m).

De bodem wordt gekenmerkt door zware zavel en klei tot ongeveer een meter onder maaiveld. Daaronder wordt de bodem heterogener. In het zuiden van het perceel is een 75 cm dik veen pakket gevonden met daaronder een laag matige tot zware zavel. In het noordelijke deel van het perceel wordt al snel op grover materiaal gestuit (lichte zavel tot zand). Volgens de eigenaar en de bodemkaarten (*Bodemkaart van Nederland*, Rijks Geologische Dienst, Haarlem) ligt het perceel op de grens van een jongere polder. De dijk die de 300 jaar oude polder (ten zuiden) van de jongere (ten noorden) splitste liep zo ongeveer onder de Boshoekeweg.

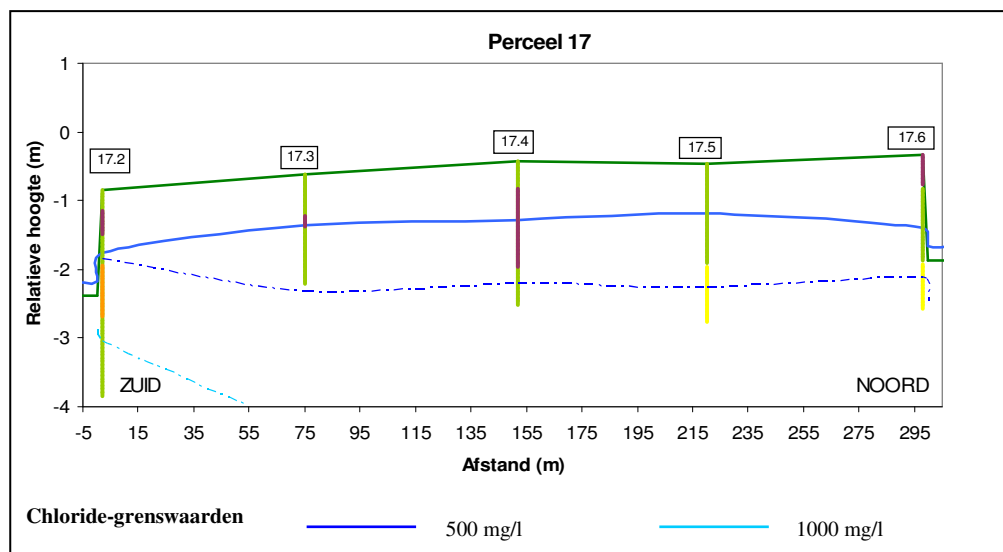


Figuur 5.30 EC-bodemprofiel van perceel 17 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste en het laatste meetpunt liggen in de sloot

5.15.2 Resultaten en discussie

Figuur 5.30 laat zien dat er een verschil is tussen EC's onder de Zuidelijke sloot en EC's in het maaiveld verder van de sloot. In de zuidelijke sloot is geprikt tot een diepte van 2 meter onder waterpeil terwijl de noordelijke sloot bodem na een halve meter voor de prikstok ondoordringbaar werd. De zuidelijke sloot trekt een zoute kwelstroom ( $> 1000 \text{ mg Cl/l}$ ) aan terwijl op het maaiveld tussen de sloten sprake is van een gradiënt van brak naar zout in chloride gehalten. Tot een meter of twee onder maaiveld is het grondwater brak (Figuur 5.31).

De noordelijke sloot kent een slootpeil dat 0,5 meter hoger ligt dan de zuidelijke sloot en het grondwater is tot een halve meter onder waterpeil brak.



Figuur 5.31 Dwarsdoorsnede van perceel 17 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

## 5.16 Perceel 20

### 5.16.1 Algemeen

Dit perceel ligt op kleine afstand van perceel 15, iets ten oosten van Colijnsplaat (zie Figuur 5.1). Er is hier gemeten in een raai vanuit de (brede) perceelsloot tussen twee drains in tot op 55 meter in het maaiveld (zie bijlage A). Omdat het water in de sloot erg zout is, is er in de sloot intensief gemeten. Vijf van de zes meetpunten liggen in of nabij de sloot.

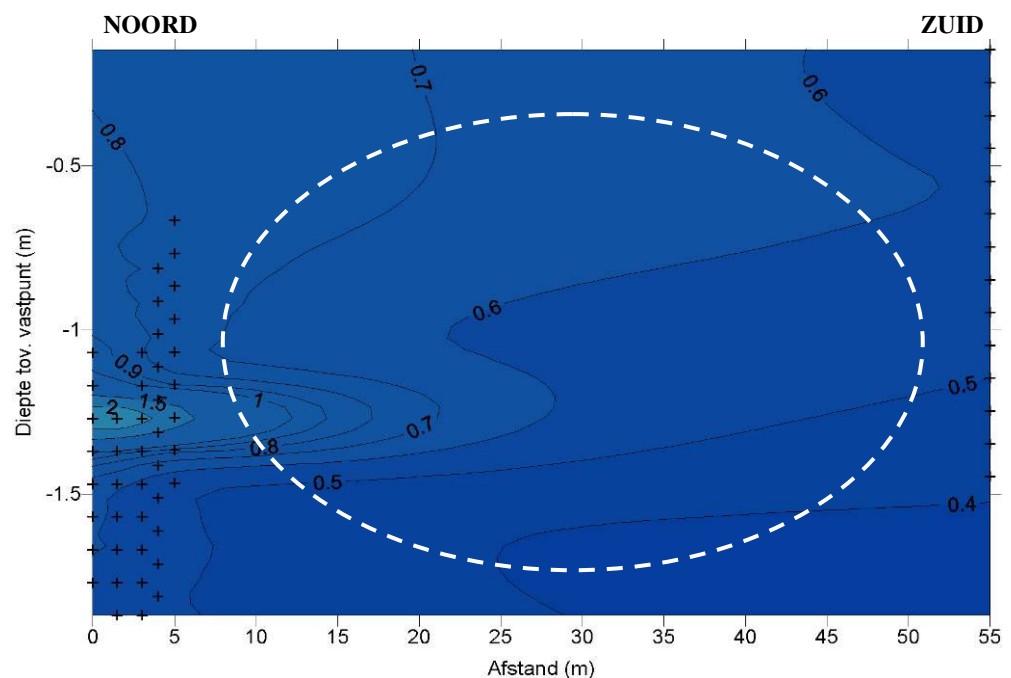
Het gebied is gelegen in criteria nummer VIII (Tabel 2.1). De bodemopbouw is vrij homogeen. De bovenlaag wordt gevormd door een laag zavel tot ongeveer 2 meter onder maaiveld. Daaronder ligt zand tot op onbekende diepte.

Het maaiveld ligt ongeveer op 1 meter boven NAP; het winterpeil in de sloot ligt op 1 meter onder NAP.

### 5.16.2 Resultaten en discussie

De EC in het oppervlaktewater bedraagt 40,4 mS/cm. Omgerekend is dit een chloridegehalte van bijna 11.000 mg/l. De prikstokmetingen in de sloot maken echter duidelijk dat het hoge zoutgehalte in deze sloot niet veroorzaakt wordt door kwel op dit perceel. Figuur 5.32 laat zien dat direct onder de sloot al EC's worden gemeten die ongeveer 20 keer zo laag zijn dan de oppervlaktewater-EC. Bijzonder is dat het zoute water in de sloot nauwelijks gevolgen heeft voor het grondwater onder de sloot. Er vindt dus geen infiltratie plaats. Wanneer op dit perceel sprake is van kwel gaat het hier om zoete kwel. Dit is bijzonder omdat het perceel slechts 500 meter verwijderd is van de zoute Oosterschelde.

Ook in het maaiveld liggen alle chloridegehalten in de klasse brak. Een gradiënt in de diepte is ook nauwelijks aanwezig. Dit doet vermoeden dat in diepere lagen het grondwater ook nog zoet/brak is.



Figuur 5.32 EC-bodemprofiel van perceel 20 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot



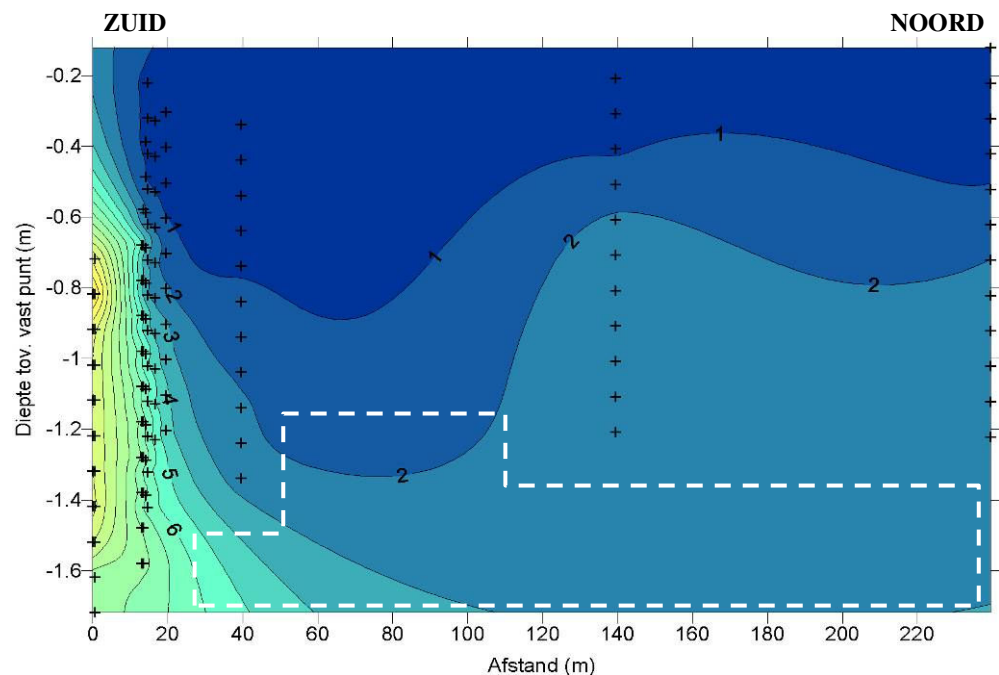
## 5.17 Perceel 21

### 5.17.1 Algemeen

Dit perceel is gelegen in het Noorden van het eiland Schouwen-Duivenland nabij het dorp Zonnemaire (zie Figuur 5.1). De afstand tot de zee is hier zeer gering, vanaf de bemeten sloot zo'n 540 meter. Het perceel heeft criteria nummer IX (Tabel 2.1). Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 0,75 meter boven NAP en de perceelsslotsen hebben een winterpeil van 1,2 m onder NAP. Het slootpeil aan de overzijde van de Noord Langeweg bleek 14 centimeter lager te liggen dan de sloot van waaruit gemeten is.

Er is op dit perceel gemeten in een raai loodrecht op de drains en loodrecht op de sloot langs de Noord Langeweg (zie bijlage A). Omdat het perceel meer dan 500 meter breed is, is besloten tot het midden van het veld te meten, dat is op een afstand van 245 meter van de sloot.

De bodem is zeer homogeen van aard. Over het hele veld is een zavelige toplaag van ongeveer een 80 centimeter dik terug te vinden. Daaronder bevindt zich het watervoerende pakket dat bestaat uit lichte zavel en zand. Op 2,5 meter onder maaiveld wordt het watervoerende pakket zo grof dat meten met de prikstok niet meer mogelijk is.

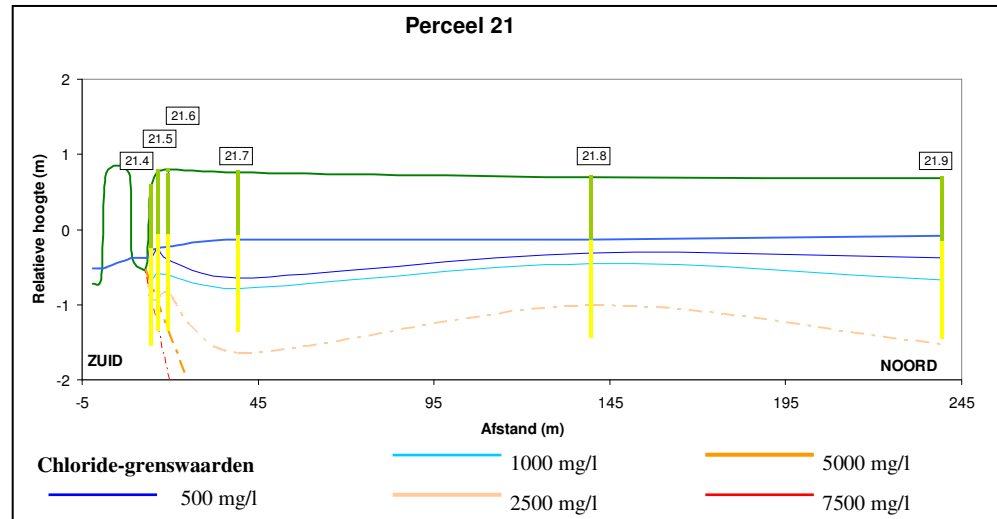


Figuur 5.34 EC-bodemprofiel van perceel 21 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot en het derde punt op het talud

### 5.17.2 Resultaten en discussie

Figuur 5.34 laat zien dat een duidelijk verschil is tussen EC's onder de sloot en EC's in het maaiveld verder van de sloot. Chloride gehalten variëren in het grondwater van brak (300 mg/l) naar zout (10.000 mg/l). De sloot trekt een sterk zoute kwelstroom aan terwijl op het maaiveld tussen de sloten sprake is van een aanzienlijke gradiënt in chloride gehalten.

Onder de sloot zijn chloride gehalten gemeten die kwel vanuit de zee doen vermoeden (Figuur 5.35). Dit wordt ondersteund door de sterke gelaagdheid van het oppervlakte water van de sloot, aan het oppervlak is er een EC gemeten van 6,9 mS/cm terwijl deze nabij de bodem 27,3 mS/cm is.



Figuur 5.35 Dwarsdoorsnede van perceel 21 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

## 5.18 Perceel 27

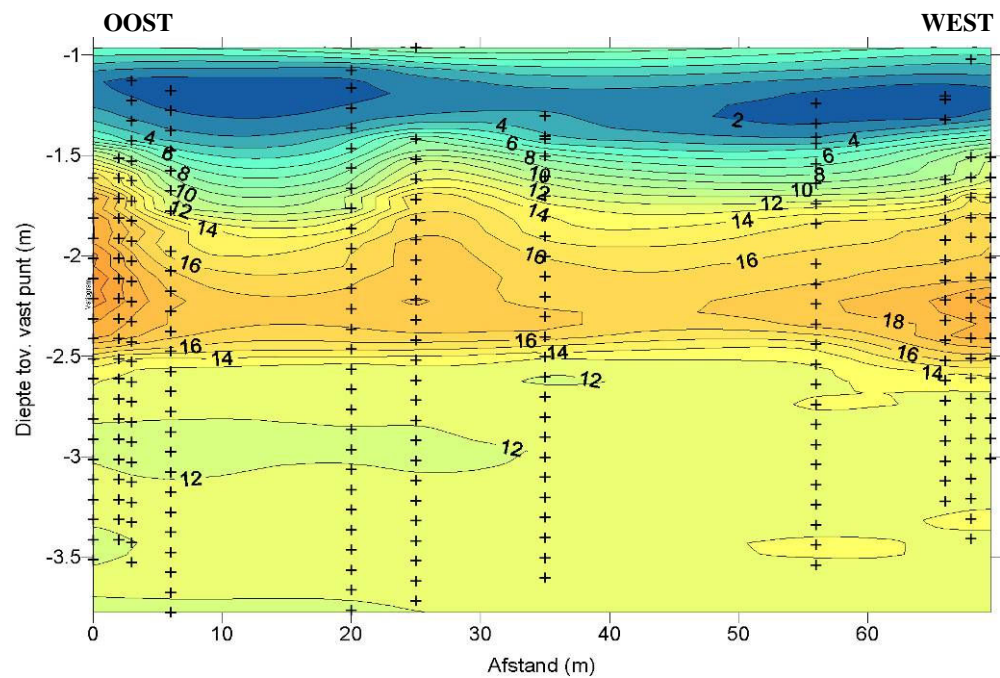
### 5.18.1 Algemeen

Dit perceel is het enige natuurgebied dat tijdens deze meetsessie is onderzocht. Het veld, dat eigendom is van Staatsbosbeheer, ligt ten Oosten van het dorp Kapelle te Zuid-Beveland (zie Figuur 5.1). Het zoute (17000 mg Cl/l) *Kanaal Door Zuid-Beveland* dat de Westerschelde met de Oosterschelde verbindt, bevindt zich op een afstand van 700 meter van het bemeeten perceel. De Oosterschelde bevindt zich op een afstand van 2900 meter.

Het veld ligt in criteria nummer II of V (Tabel 2.1). Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 1,08 meter onder NAP. De perceelsslotten hebben een winterpeil en zomerpeil van 1,8 m onder NAP.

Er is op dit perceel gemeten tussen twee sloten met een onderlinge afstand van 70 meter (zie bijlage A). Over het gemeten traject golft het maaiveld enigszins, sommige lage veldstroken waren gevuld met water. Het hoogste punt bevindt zich 35 centimeter hoger dan het laagste meetpunt op het veld.

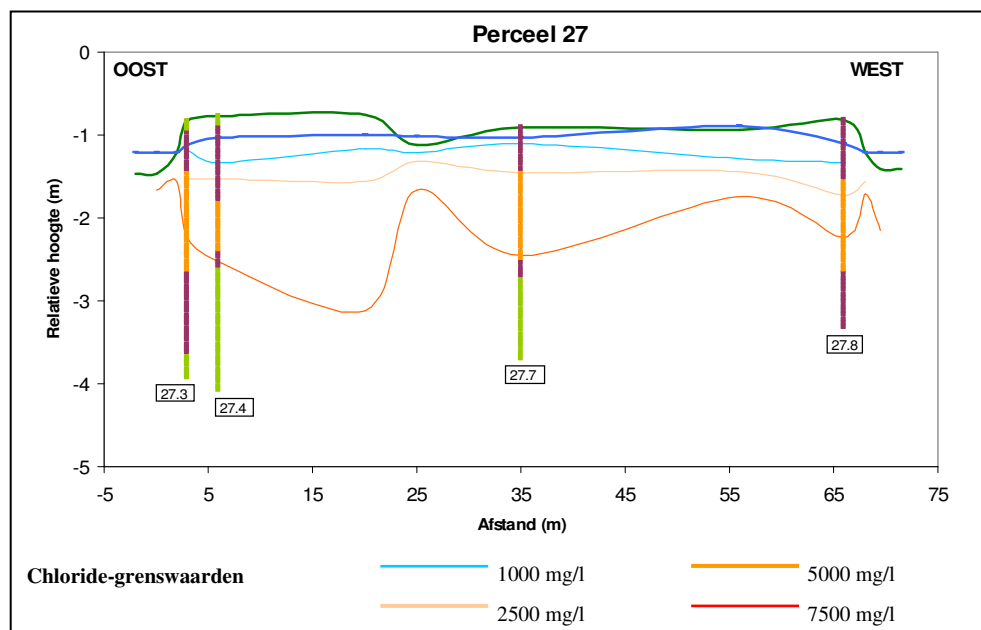
De bodem is vrij homogeen en wordt gekenmerkt door een bovenste laag klei van minder dan een meter dik. Daaronder bevindt zich een veen pakket, eveneens van een meter dikte. Twee meter onder maaiveld is opnieuw een laag klei gevonden, opgevolgd door matige en zware zavel.



Figuur 5.36 EC-bodemprofiel van perceel 27 met EC (mS/cm) waarden van de bodem. Het eerste en laatste prikpunt liggen in de sloot

### 5.18.2 Resultaten en discussie

Figuur 5.36 laat zien dat EC's in de bodem met diepte sterk toenemen. Het veen pakket wordt in deze afbeelding sterk geaccentueerd, de hoogste EC waarden zijn daar terug te vinden. Chloride gehalten (Figuur 5.37) variëren in het grondwater van brak (400 mg/l) naar zout (5.000 mg/l). De sloten en depressies in het veld trekken een zoute kwelstroom aan terwijl op het maaiveld tussen de sloten en depressies sprake is van een aanzienlijke gradiënt in chloride gehalten. Onder het maaiveld profileert zich een licht brakke grondwater bel (< 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l) van enkele tientallen centimeters dik. Bij het maken van de bodem profielen is opgemerkt dat het watervoerende veenpakket een hogere stijghoogte kent dan het bovenliggende slecht doorlatende kleipakket. De stijghoogte van de boorgaten in het veenpakket zijn hoger dan de stijghoogte van de boorgaten in de kleilaag.



Figuur 5.37 Dwarsdoorsnede van perceel 27 met de boorprofielen, grondwaterstand en chloridewaarden (mg/l)

### 5.19 Vergelijking percelen

In tabel 5.3 staan van elk perceel een aantal geologische en hydrologische karakteristieken weergegeven. Dit maakt het mogelijk percelen met elkaar te vergelijken en uitspraken te doen over oorzaken van verschillen in zoet/zoutverdeling.

De maaiveld hoogten zijn bepaald met hoogteligging kaarten in Arcmap en zijn gemiddelde waarden en geven dus een indicatie. Het genoemde winterpeil is een streefpeil voor de hoofdwatgangen en kunnen dus afwijken van de gemeten slootpeilen. Genoemde stijghoogten uit de tabel zijn verkregen vanuit het bestaande meetnetwerk van peilbuizen. Zij geven slechts een indicatie van de stijghoogte op de betreffende percelen.

Wanneer de stijghoogten vergeleken worden met winterpeilen valt op dat met uitzondering van perceel 17 de stijghoogte overal hoger is dan het winterpeil. Dit betekent dat op deze percelen een kwelstroom plaatsvindt wat op de meeste percelen ook bemeten is. Alleen op perceel 7, 14 en 20 is aan de hand van de EC metingen geen kwel waar te nemen. Gezien het grote verschil tussen stijghoogte en slootpeil lijkt dit niet logisch op de percelen 7 en 20. Wellicht is hier een niet correcte stijghoogte gebruikt omdat de peilbuizen waarin gemeten is te ver van de betreffende percelen verwijderd zijn.

De tabel geeft ook twee kolommen met de minimale en maximale gemeten chloride waarden van het grondwater. De minimale waarden corresponderen met chloride gehalten van de bovenste grondwaterlaag, meestal gevonden op het punt waar de grondwaterspiegel het hoogst was. De maximale waarden corresponderen over het algemeen met chloride gehalten vlak onder de sloot of juist op het diepst gemeten punt onder de sloot.

Op de percelen 4, 5, en 27 zijn ook in het maaiveld, direct onder de grondwaterstand al hoge chloridegehalten gemeten. Het valt op dat op alle drie de percelen veel veen in de

bodem aanwezig is. Op de overige percelen is de invloed van infiltrerend regenwater veel groter. Op de goed doorlatende percelen is een veel minder sterke gradiënt van lage naar hoge EC's in de diepte aanwezig. Het verschil in de chloride gradiënt in diepte lijkt voornamelijk veroorzaakt te worden door de bodemopbouw. Op de percelen waar de bovenlaag zwaar en ondoorlatend is loopt het chloridegehalte snel op in de diepte. Op percelen waar de bodem goed doorlatend is kan regenwater goed infiltreren waardoor zoute kwel minder invloed heeft. In dit laatste geval richt de diepe kwel zich vooral op de sloten.

Perceel 16 bevestigt de hierboven uiteengezette theorie. De bovenste bodemlaag van het perceel bestaat uit een zeer zware kleilaag waardoor de infiltratie van regenwater wordt geminimaliseerd. De EC's en chloridegehalten op het hele perceel nemen sterk toe in de diepte.

Op perceel 21 zijn 2 sloten gemeten die op een afstand van zo'n 15 meter uit elkaar lagen. Het peil van sloot 1 was 15 cm hoger dan het peil van sloot 2. In beide sloten is de EC gemeten met de prikstok en de waarden van het grondwater onder sloot 2 zijn het hoogst. Hier geldt dus dat hoe hoger het slootpeil hoe minder zout de bodem onder de sloot is. Het effect van peilbeheer op verzilting lijkt dus significant.

Op een aantal percelen is het effect van drainage op verzilting onderzocht. Per perceel is het effect verschillend. In een aantal gevallen liggen de drains boven de grondwaterstand en voeren de drains nauwelijks water. Het effect op de zoet/zoutverdeling in het grondwater is dan gering. Het beste voorbeeld hiervan is perceel 9. Hier is gemeten over 2 trajecten; 1 traject tussen 2 drains in en 1 traject precies op een drain. Deze drain voerde weinig water en tussen de drains op dit perceel is nauwelijks een opbolling in het grondwater zichtbaar (figuur 5.19). Toch is er een verschil te zien tussen beide trajecten: op het traject tussen de drains worden iets lagere EC's gemeten dan op het traject op de drain.

Perceel 7 laat echter een ander beeld zien. Hier is naast het meettraject (dat tussen de drains in lag) 1 punt gemeten bovenop de drain. Deze drain voerde veel water af. Het verschil tussen beide punten is groot. De drain trekt hier duidelijk zout grondwater uit de diepere ondergrond aan; EC-waarden zijn hier hoog vergeleken met het punt tussen de drains. Daarnaast moet ook worden opgemerkt dat de bodemprofielen voor beide punten verschillend zijn, tussen de drains bestaat het profiel volledig uit zand tot lichte zavel en op de drain bestaat de bodem uit matige tot zware zavel met een laag lichte tot matige klei ertussen. Het verschil in zoutgehalten onder de drain kan dus mede veroorzaakt worden door het verschil in bodemopbouw, tussen de drains is de bodem zandiger waardoor gemakkelijker regenwater kan infiltreren.

Het valt op dat de zoute kwel die op veel locaties aanwezig is, zeer sterk gericht is op de sloot. Het zoete water uit het perceel, dat ook richting sloot stroomt, verhindert dat de zoute kwelstroom ook onder het perceel invloed heeft. Bij het prikken in de sloot viel op dat onder het midden van de sloot EC-waarden werden gemeten die vaak meer dan 10 keer zo hoog waren dan aan de rand van de sloot (zie kolom Cl-max in Tabel 5.3).

Over het algemeen geldt dat waar de grondwaterstand op perceelsniveau het hoogst is, de laagste EC's gemeten worden. De maximale opbolling van de grondwaterstand lijkt samen te hangen met de bodemopbouw. Wanneer op een perceel met lichte, doorlatende grond een plek aanwezig is met zwaardere grond, is op dat punt de opbolling het grootst en het grondwater vaak het minst zout.

Interviews met de boeren hebben duidelijk gemaakt dat er nauwelijks sprake is van directe zoutschade aan de gewassen. Dit is opmerkelijk gezien het feit dat zeer ondiep grondwater op een aantal percelen al hoge chloridegehalten kent. Perceel 4 is hiervan het beste voorbeeld. Blijkbaar worden de gewassen gevoed met water uit de onverzadigde zone of is een zeer dunne zoetwaterlens aanwezig in het grondwater. Wel wordt indirecte schade ondervonden van de verzilting doordat in droge tijden niet beregend kan worden met slootwater vanwege te hoge zoutgehalten. Er vindt dan droogteschade plaats.

## 6 Conclusies en monitoringsplan

### 6.1 Inleiding

In de provincie Zeeland zijn 17 locaties bemeaten en in hoofdstuk 5 zijn de resultaten van dit veldwerk besproken. In dit hoofdstuk worden de conclusies van het project samengevat en worden aanbevelingen gedaan in de vorm van een monitoringsplan. De conclusies worden besproken aan de hand van de deelvragen uit paragraaf 1.2.

### 6.2 Conclusie

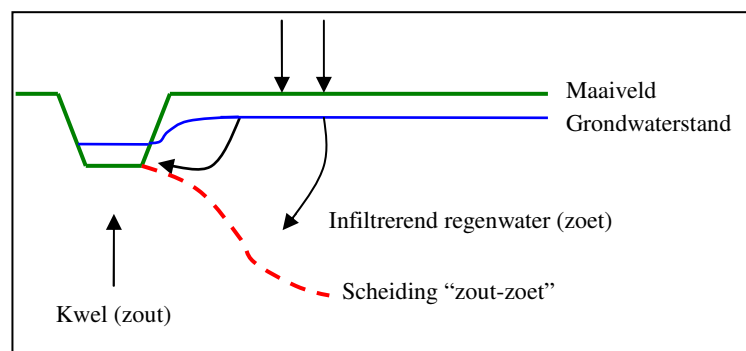
De doelstelling van dit onderzoek luidde als volgt (zie ook paragraaf 1.2):

*Dit onderzoek heeft daarom ten doel meer inzicht te verkrijgen in het ondiepe grondwatersysteem en daarmee samenhangend de zoet/zoutverdeling in het grondwater op perceelsniveau in de provincie Zeeland.*

Om te kunnen beoordelen of de doelstelling is behaald worden hieronder de deelvragen beantwoord.

#### 1. Hoe zijn zoet en zout grondwater ruimtelijk verdeeld over een perceel?

De bemeaten percelen tonen een grote verscheidenheid aan EC en chloridegehalten van het grond- en oppervlaktewater. Over het algemeen zijn de hoogste chloridegehalten onder de sloten waargenomen en de laagste nabij de grondwaterspiegel. De zoet-zout verdeling wordt voornamelijk beïnvloed door kwel. In praktisch alle sloten is een kwelstroom waargenomen (dwarsprofielen hoofdstuk 5) die schematisch staat afgebeeld in Figuur 6.1. De zoute kwel is vooral gericht op de sloten doordat op het veld infiltrerend regenwater de zoute kwelstroom ‘tegenhoudt’. Daarnaast is het ook mogelijk dat onder de sloot de deklaag dunner is (of zelfs niet aanwezig) en zo de kwel minder tegen kan houden. Percelen waarbij deze kwelstroom niet of nauwelijks zijn waargenomen zijn de percelen 7, 14 en 20.



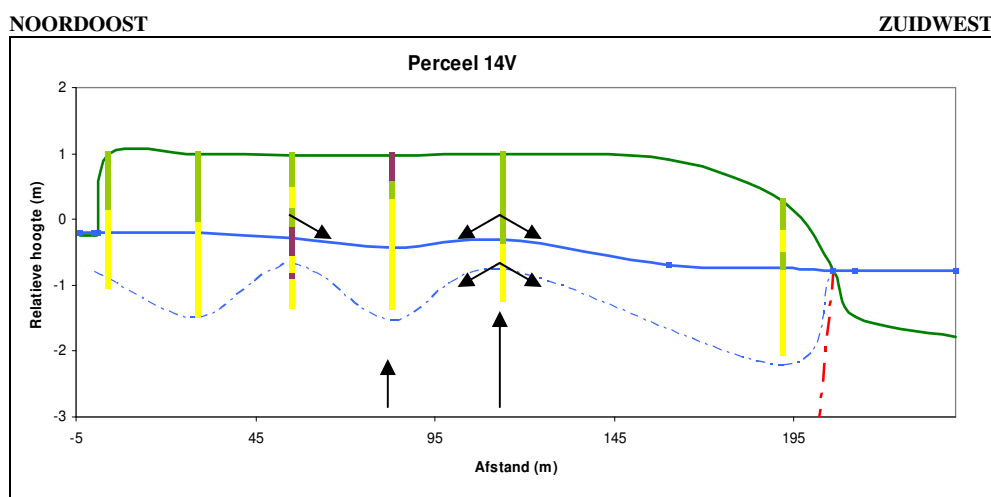
Figuur 6.1 Schematische weergave van kwel richting de sloten

Op sommige percelen zijn ook vlak onder de grondwaterstand al erg hoge EC en chloridegehalten waargenomen. Voorbeelden hiervan zijn de percelen 4, 5 en 27. Wat opvalt, is dat op deze percelen relatief veel veen aanwezig is met daarboven een laagje klei. Regenwater kan hier waarschijnlijk moeilijk infiltreren en zout grondwater kan

gemakkelijker de grondwaterspiegel bereiken. Ook is het mogelijk dat het ‘oude’ zout dat nog in de bodem aanwezig is blijft hangen en dus niet wordt verdund/ververst met regenwater.

2. *Wat zijn de factoren die de verdeling van zoet en zout grondwater op perceelsniveau bepalen?*

Oneffenheden in de grondwaterstand en chloridegrenswaarden op perceelsniveau lijken beïnvloed te worden door verschillen in bodemtypen. In een goeddoorlatende bodem (bijvoorbeeld zand) liggen de grondwaterstand en chloridegrenswaarden over het algemeen dieper dan wanneer er in de toplaag een moeilijk doorlatende laag aanwezig is. Dit verschijnsel staat schematisch weergegeven in Figuur 6.2. In het dwarsprofiel is te zien dat de grondwaterspiegel bij de zwaardere grond (matige tot zware zavel en lichte tot matige klei) hoger ligt dan bij de lichte grond (zand tot lichte zavel). Naast het verschil in de grondwaterspiegel vertoont de chloridegrenswaarden van 500 mg/l datzelfde patroon. Waar het infiltrerende water naar toe stroomt wordt het zout verder ‘weg gedrukt’ en vind er meer uitspoeling van zouten plaats.



Figuur 6.2 Schematische weergave van het effect van verschillen in bodemopbouw op perceelsniveau. Als voorbeeld is perceel 14 gebruikt. De pijlen geven de grondwaterstroming aan

Over het effect van drainage op de zoutverdeling in de toplaag kunnen geen harde conclusies verbonden worden. Op percelen waar de grondwaterstand beneden de drainage diepte ligt zijn nauwelijks verschillen gemeten in grondwaterstand en chloridegehalten van het grondwater nabij en tussen de drainage in. Perceel 9, waar twee meettrajecten naast elkaar zijn gedaan, een op de drainage en de ander tussen de drainage in, vertonen hetzelfde patroon met slechts een lichte verhoging in EC en chloridewaarden bij het traject op de drainagebuis. Op perceel 7 is echter wel een duidelijk verschil waargenomen tussen twee meetpunten op ongeveer 50 meter vanaf de sloot. Het meetpunt op de drainagebuis heeft een duidelijk lagere grondwaterstand en de 1000, 2500 en 5000 mg/l chloridegrenswaarden liggen dicht aan het oppervlak dan bij het punt tussen de drainagebuizen in. Bij deze werkende drain (grondwaterstand ligt gemiddeld boven drainageniveau) wordt zout aangetrokken.

3. *Zijn er op regionaal niveau (tussen percelen) verschillen waar te nemen en wat zijn factoren die hierin een rol spelen?*



Zoals hierboven al staat vermeld is de bodemsoort erg bepalend voor de chloride en grondwaterspiegel karakteristieken. Ook tussen percelen onderling is dit verschil waarneembaar. Perceel 16 bijvoorbeeld heeft veel zware klei in de toplaag, regenwater kan hier moeilijk infiltreren en het zoutgehalte van het grondwater neemt sterk toe in diepte. In perceel 8 daarentegen, waar de bodem meer uit zand bestaat, neemt het zoutgehalte veel minder snel toe in de diepte wat duidt op meer infiltratie waardoor het zout niet naar boven kan stromen.

Tussen percelen zit veel variatie in de verdeling van EC en chloridegehalten van het grond- en oppervlaktewater. Het oppervlaktewater is overal brak tot zout, de laagste en hoogste chloridegehalten zijn respectievelijk 408 en 11.316 mg Cl/l. De ligging van de percelen en sloten lijkt niet echt bepalend te zijn voor de hoge chloridegehalten, de laagste concentraties zijn gevonden in een sloot die nog geen 100 m verwijderd ligt van de zeedijk (Oosterschelde) terwijl de hoogste concentratie is gemeten in een sloot die 1.200 m van de zee verwijderd is. Ook de verschillen in hoogteligging van de sloten hebben geen duidelijke invloed op de gemeten EC waarden in het oppervlaktewater.

#### 4. *Welke percelen zijn geschikt om ook in de toekomst te monitoren en hoe kan deze monitoring het beste worden uitgevoerd?*

Deze deelvraag wordt beantwoord in de volgende paragraaf (monitoringsplan).

### 6.3 **Monitoringsplan**

#### 6.3.1 *Inleiding*

Naar aanleiding van de eerste meetsessie waarin 17 percelen over heel Zeeland zijn bemeten, is het de bedoeling gedurende volgende meetsessies de meest representatieve percelen intensiever te bekijken. De percelen zijn tevens gekozen naar 'diversiteit' in begincriteria (zie hoofdstuk 2.1).

Allereerst zal het gemeten traject wederom onderzocht worden naar EC, temperatuur waarden en chloride gehalten van het grondwater. Hiermee wil men veranderingen over seizoenen observeren.

Het is goed om hierbij extra aandacht te besteden aan de temperatuur. Wanneer van een meetpunt een nauwkeurige temperatuurgradiënt beschikbaar is, kan aan de hand daarvan verticale grondwaterstromingen berekend worden (van Wirdum, 2004; Domenico & Schwartz, 1997).

Daaropvolgend zal een onderzoek gestart worden naar zoet-zout scheidingslijnen met behulp van de CVES meetmethode. Deze methode vraagt om specifieke veldomstandigheden die niet altijd overeenkomen met die van de prikstok methode. CVES is gebaat bij een goede beschrijving van het bodemmateriaal. Dit in acht nemend zijn aan het einde van dit hoofdstuk nog enkele interessante percelen voor CVES metingen aanbevolen.

#### 6.3.2 *Perceel 1*

##### **Motivatie**

Dit perceel wordt aanbevolen voor nader onderzoek doordat de sloot een sterk zoute kwelstroom op gang brengt en het veld een duidelijke regenwaterlens vertoont. De invloed van het drainage stelsel op zoutgehaltes van het bodemwater zou hier goed geobserveerd kunnen worden.

### **Metingen**

Op dit perceel wordt aanbevolen de raai loodrecht op het drainagestelsel nogmaals te bemeten. Om de invloed van drainage op regenwaterlensen nader te toetsen wordt aangeraden tussen punt 1.5 en 1.6 extra prikpunten toe te voegen.

De regenwaterlens bevindt zich in een zone waar de bodem opbouw zeer heterogeen is, CVES metingen worden hierdoor bemoeilijkt. Diepere CVES metingen worden aangeraden om gradiënten in het zoutgehalte van het bodemwater op te meten. Vanaf anderhalve meter onder maaiveld wordt de bodem homogener en zanderig, derhalve beter geschikt voor CVES metingen. Volgens opgevraagde diepere boorgegevens (NITG-nummer: 416-051-0005, bijlage B) gaat de zandlaag door tot 8 meter onder maaiveld. Vervolgens wordt een sterk ziltige klei pakket aangetroffen die tot 14,8 meter onder maaiveld gaat.

Een peilbuis zou op dit perceel het beste nabij punt 1.5 geplaatst kunnen worden. Dit punt ligt nog net in de ecologische buffer zone en zou weinig overlast voor de landeigenaar zijn. Op dit punt is de opbolling van de GWS het grootst en zodanig ook de dikte van de regenwaterlens. Het zou interessant zijn de stijghoogte op 16 meter onder maaiveld te monitoren aangezien de deklaag hier 15 meter dik is. Een filter en CTD-diver zou de EC fluctuaties van de regenwaterlens in de gaten kunnen houden.

#### *6.3.3 Perceel 04*

### **Motivatie**

Dit perceel wordt aanbevolen voor aanvullend onderzoek omdat hier landbouw wordt bedreven op een perceel waar het grondwater vanaf de grondwaterspiegel zout blijkt te zijn. Ondanks de regen van de weken voor de metingen op 17-01-2007 is hier enkel een zeer dun brak waterlensje aangetroffen naar het midden van het veld toe. De hoge zoutgehaltes vlak onder GWS zijn typerend voor veel landbouw percelen van de provincie Zeeland en de functie van de onverzadigde zone in het aanleveren van vocht aan de wortels van de gewassen is hier zonder twijfel aanzienlijk. Nader onderzoek naar wortel dieptes en zout gehalten van het water in de onverzadigde zone worden hier aanbevolen.

Verder is de grote stijghoogte van het veenpakket opmerkelijk.

### **Metingen**

Aanbevolen wordt om op dit perceel de raai tussen de drainage buizen nogmaals te bemeten en een extra punt verder het veld in te bemeten. Op dat punt kan de brakke regenwaterlens in grootte toe- of afnemen. Aangezien het veenpakket over de hele raai relatief dik is, is op dit punt makkelijk en diep te prikken.

De bodem opbouw van dit perceel is over de hele bemeten raai gelijkmatig en dus aantrekkelijk voor een CVES meting. Een relatief dik veenpakket volgt een toplaag van zavel en klei en na een meter of drie onder maaiveld wordt de bodem zavelig van aard. De regenwaterlens die wordt onderzocht bevindt zich in de toplaag van zavel en klei. Volgens opgevraagde diepere boorgegevens (NITG-nummer: B49B0568, bijlage B) bestaat de bodem na 5,5 meter onder maaiveld tot en met 20 meter onder maaiveld uit matig fijn zand, dit is zeer gunstig voor het meten met CVES apparatuur.

Tevens is het op dit perceel zinvol zijn peilbuizen te plaatsen die stijghoogtes en water eigenschappen van de slecht doorlatende laag (klei) en watervoerend pakket (veen) monitoren. Meetpunt 4.8 lijkt zich goed te lenen voor het opnemen van GWS fluctuaties, regenwaterlens fluctuaties, stijghoogte van het veen pakket en stijghoogte van het watervoerend pakket (vanaf 20 m-maaiveld). Als blijkt dat een meetpunt verder

in het perceel een dikkere regenwaterlens oplevert zal een peilbuis daar het beste tot zijn recht komen om fluctuaties waar te nemen.

#### 6.3.4 *Perceel 07*

##### **Motivatie**

Dit perceel wordt aanbevolen voor aanvullend onderzoek omdat, ondanks een homogene bodemopbouw over de gemeten raai, chloride gehalten van het grondwater per meetpunt sterk variëren. Verder is de invloed van drainbuizen op het grondwater chloride gehalte daar duidelijk zichtbaar. Opmerkelijk is ook het relatief zoete oppervlaktewater van de sloten rondom het bemeten perceel. Aangezien het perceel op 100 meter van de Oosterschelde ligt zou sterk zoute kwel naar de sloten te verwachten zijn.

##### **Metingen**

Aanbevolen wordt om op dit perceel de raai tussen de drainage buizen nogmaals te bemeten. Daarnaast zou het zinvol zijn om eenzelfde traject boven de drainbuis (punt 7.7) te bemeten. Op dit perceel zijn chloride gehalten van het grondwater onder de drainbuis duidelijk hoger dan het punt midden tussen de drain buizen (zie figuur 5.13). Aangezien de bodemopbouw van dit perceel redelijk homogeen is (voornamelijk zavel) en chloride gehalten sterk variëren, zou het terrein uitermate geschikt zijn voor een CVES meting. Volgens opgevraagde diepere boorgegevens (NITG-nummer: 400-057-0002, bijlage B) volgt vanaf 3,70 meter onder maaiveld een laag zand tot een diepte van 12 meter.

Verder kan bekeken worden of midden in het perceel (punt 7.6) een peilbuis geplaatst kan worden waarbij de GWS fluctuaties en EC fluctuaties van de bovenste regenwaterlens gemeten kunnen worden. Ook is het aan te raden 3 tot 4 meter diepe peilbuizen en filters te plaatsen op meetpunt 7.5 en 7.6 om zodoende veranderlijke kwel processen op te sporen die met de prikstok indirect zijn waargenomen.

#### 6.3.5 *Perceel 11*

##### **Motivatie**

Dit perceel wordt aanbevolen voor nader onderzoek omdat het perceel een duidelijke en relatief dikke regenwaterlens vertoont. Ook is bij beide sloten een sterke kwelstroom opgemeten.

De regenwaterlens is terug te vinden op het punt waar de bodem toplaag het zwaarst is (klei) en het maaiveld het hoogst ligt. Slechtere infiltratie en afvoer capaciteiten van deze zone zorgen ervoor dat de opbolling van de GWS hier het hoogst is en uiteindelijk dat het potentiaal verschil met de stijghoogte van het 1<sup>ste</sup> WVP vermindert.

Aangenomen wordt dat dit verschijnsel vaak aanleiding is voor het voorkomen van dikkere regenwaterlensen.

Verder vertoont dit perceel een grote gradiënt in chloride gehalten. De eerste waarden van de regenwaterlens zijn 400 mg/l, 2 meter onder de grondwaterspiegel zijn waarden gemeten van 10.000 mg/l.

##### **Metingen**

Ook op dit perceel wordt aanbevolen dezelfde raai, parallel aan het drainagestelsel, in de toekomst te bemeten. De eventuele dynamiek van de regenwaterlens zou hier duidelijk waar te nemen moeten zijn. Aanbevolen wordt om tussen meetpunt 11.5 &

11.6 en 11.6 & 11.7 extra meetpunten aan te brengen. Derhalve wordt de regenwaterlens nauwkeuriger in kaart gebracht.

Omdat de bodem op dit perceel zeer heterogeen van aard is lijken CVES metingen op dit perceel af te raden. Opgevraagde boring gegevens (NITG-nummer: 416-044-0004, bijlage B) in de nabijheid van het perceel bevestigen dat een zandlaag op een diepte van 2,30 meter onder maaiveld start. Of deze laag diep reikt is niet bekend.

### 6.3.6 *Perceel 16*

#### **Motivatie**

Dit perceel wordt aanbevolen voor nader onderzoek omdat het perceel een duidelijke (brakke) regenwaterlens vertoont op de bemeten raai. Tot een halve meter onder GWS blijft het grondwater brak van aard (<500mg/l chloride). Het bijzondere van dit perceel is dat het grondwater vervolgens geleidelijk en over de hele lengte van het perceel zouter wordt tot 5000 mg/l chloride op een diepte van ongeveer 2,5 a 3 meter onder GWS. Omdat dit perceel met de prikstok makkelijk te bemeten is (zachte kleiige ondergrond) betekend het dat het verloop van zoet naar brak en zout grondwater goed in beeld te brengen is.

Verder is op dit perceel een sterk zoute kwelstroom naar de sloot waar te nemen. Dit zou veroorzaakt kunnen worden door de lichte overdruk in het watervoerende pakket ten opzichte van het slootpeil.

Op een afstand van 137 meter van dit perceel staan drie peilbuizen die opgenomen zijn in het landelijke meetnet.

#### **Metingen**

Ook op dit perceel wordt aanbevolen de raai parallel aan het drainagestelsel in de toekomst te bemeten. Seizoengebonden veranderingen in regenwaterlens diktes zouden hier duidelijk waar te nemen moeten zijn.

Aanbevolen wordt om een aantal peilbuizen te plaatsen met verschillende filterdiepte. Van deze buizen dient tenminste één buis met de filter in het watervoerende pakket worden geplaatst en ook één buis in het ondiepe grondwater voor het meten van de grondwaterstand. Door het vergelijken van standen in de buizen kunnen uitspraken gedaan worden over verticale waterstroming. Bovendien kunnen door monsternamen uit deze buizen chloridegehalten uit verschillende lagen bepaald worden (laboratoriumanalyse).

De regenwaterlens bevindt zich in een zone van zware klei van de bodem en is zodoende moeilijker te bemeten met CVES apparatuur. Weliswaar wordt volgens een puls boring (NITG-nummer: B48E0155, bijlage B) in de buurt vanaf een diepte van 7,3 meter onder maaiveld een laag uiterst fijn zand gevonden tot een diepte van 41,5 meter onder maaiveld. Volgens de nabijere maar ondiepere boring met NITG-nummer 394-042-0004 (bijlage B) begint deze zandlaag al op 5,3 meter onder maaiveld.

### 6.3.7 *Perceel 27*

#### **Motivatie**

Ook dit perceel wordt aanbevolen voor nader onderzoek omdat het perceel een duidelijke en sterke laterale variatie van de regenwaterlens vertoont. Naast het effect van de sloten is ook goed zichtbaar hoe hoogte verschillen in het veld invloed hebben op de zoute kwelstroom.

Het perceel is verder goed te bemeten met de prikstok. Tot een halve meter onder GWS bestaat de bodem uit zachte klei om vervolgens over te gaan in veen. Dit veenpakket

staat onder druk en wordt aan de onderkant weer begrensd door een laag matige klei. Ook de daaropvolgende zavelaag is moeiteloos te bemeten met de prikstok. Het feit dat de afstand van sloot tot sloot enkel 70 meter bedraagt is een voordeel bij het veldwerk. Op 30 meter afstand van het perceel zijn drie DINO-peilbuizen geplaatst (zie bijlage A) waarvan de doorlopende gegevens terug te vinden zijn in bijlage C.

### **Metingen**

Ook op dit perceel wordt aanbevolen de raai nogmaals te meten om seizoensgebonden fluctuaties aan te kunnen kaarten. Eventueel zou dit perceel geschikt zijn om ook over de lengte te bemeten. Verder zou het combineren van stijghoogte gegevens uit de peilbuizen met de gegevens van de seizoensgebonden regenwaterlens dynamiek tot nieuwe inzichten kunnen leiden.

Volgens opgevraagde diepere boorgegevens (NITG-nummer: 390-058-0002, bijlage B) gaat de onderste zavelaag over in uiterst fijn zand tot 7,7 meter onder maaiveld. Ondanks dit gegeven zouden de heterogeniteit van de bodem in de bovenste lagen de CVES interpretaties aanzienlijk kunnen compliceren.

#### *6.3.8 Aanbevolen CVES percelen*

**Perceel 8** bevindt zich in de jongste polder van St-Phillipsland, vlak bij de zoute Rumoirtschorren, en bestaat voornamelijk uit lichte zavel en zand. De bodem leent zich niet voor diepe prikstok metingen maar de enkele waarden die geregistreerd zijn tonen sterk zoute kwel naar de sloten aan en een relatief dikke zoet regenwaterlens onder maaiveld. Dit perceel zou zich zodanig uitstekend lenen voor CVES metingen.

**Perceel 14V** is het enige buitendijkse veld dat met de prikstok bemeten is en lijkt representatief voor dit soort landbouw percelen. De bodem leent zich niet voor diepe prikstok metingen omdat de ondergrond hier uit sterk zandig materiaal bestaat. Oude geulen naar het Veerse Meer toe zijn hier aan de oppervlakte nog zichtbaar door kleurveranderingen van het maaiveld. Er is dan ook voor gekozen om het prikstok traject van sloot naar Veerse Meer over twee geulen heen te laten lopen. Veranderingen in chloride gehalten zijn hier goed waar te nemen (zie figuur 5.25). Het bijzondere van dit perceel is de nabijheid van een sterk zoute (17.000 mg/l) oppervlaktewater lichaam in combinatie met een dikke regenwaterlens onder maaiveld. Een scherpe overgang van zoet naar zout zal vermoedelijk goed zichtbaar zijn met de CVES meetmethode. Tevens kan het effect van oude geulen in afgevlakte landschappen op de chloride concentraties van het grondwater visueel gemaakt worden.

**Perceel 15** is een interessant veld om de CVES meetmethode uit te voeren omdat de bodem sterk zavelig en homogeen van aard is. Wel is gebleken dat de regenwaterlens relatief dik is en daarom aantrekkelijk voor de CVES meetmethode. Daarbij kan op dit perceel de kwelplek nader bekeken worden waar klaarblijkelijk zoet water naar het maaiveld stroomt.

**Perceel 21** lijkt zich goed te lenen voor de CVES meetmethode. De bodem is hier sterk zavelig en homogeen van aard. Daarbij blijkt uit prikstok metingen dat de regenwaterlens relatief dik is en de sloot sterk zoute kwel aantrekt.



## 7 Literatuuropgave

Domenico, P.A., Schwartz, F.W., Physical and Chemical Hydrogeology, 1997.

Fischer, M.M., Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands), Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Nr. 59, 1997.

Kuijper, M.J.M., Neerslaglenzen en verzilting in landbouwgebieden, afstudeerverslag Faculteit der Aardwetenschappen, VU Amsterdam en Grontmij, 2001.

Maljaars, P.S., Wils, R.A. de, Regenwaterlenzen in zoute kwelsystemen, TNO 2006.

Oude Essink, G.H.P. Memo Selectie pilot gebieden in de provincie Zeeland, TNO okt. 2006

Poot, A., Schot, P.P., Neerslaglenzen: vorm en dynamiek, Stromingen, jrg.6, nr4, blz. 13-26, 2000.

Rummelen, F.F.F.E. van, Toelichtingen bij de geologische kaart van Beveland, Rijks Geologische Dienst Haarlem, 1987.

Rummelen, F.F.F.E. van, Toelichtingen bij de geologische kaart van Schouwen-Duiveland, Rijks Geologische Dienst Haarlem, 1970.

Rummelen, F.F.F.E. van, Toelichtingen bij de geologische kaart van Walcheren, Rijks Geologische Dienst Haarlem, 1972.

Rummelen, F.F.F.E. van, Toelichtingen bij de geologische kaart van Zeeuws-Vlaanderen, Rijks Geologische Dienst Haarlem, 1965.

Spijker, J., Geochemical Patterns in the soils of Zeeland, Natural variability versus anthropogenic impact, Nederlandse Geografische Studies 330, Faculteit Geowetenschappen Universiteit Utrecht, 2005.

Stuyfzand, P., Hydrochemistry and hydrology of costal dunes of the Western Netherlands, Vrije Universiteit, Amsterdam, 1993.

Wirdum, G. van, Investigation into the direction and magnitude of water through peat at Thorne Moors, UK. TNO rapport, 2004.

Wit, A. de, Het Landelijk grondgebruikbestand Versie 4 (LGN4), Centrum voor Geoinformatie, Alterra, 2001.

Witteveen en Bos, ir. T.M Nierop, Samen slim met water, Provincie Zeeland RMW 2000.

Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw in Zeeland, Deelstroomgebiedsvisie Zeeland, internet site: [http://www.zeeland.nl/zeesterdoc/ZBI-O/ZEE/ZEE0/5004/500428\\_1.pdf](http://www.zeeland.nl/zeesterdoc/ZBI-O/ZEE/ZEE0/5004/500428_1.pdf)





## A Bemeten locaties

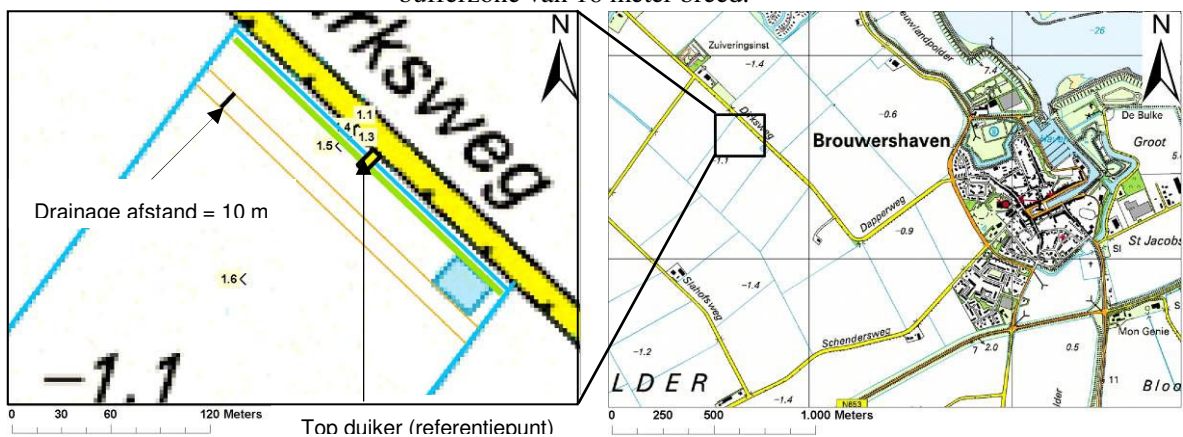
### Locatie 1

Land eigenaar:

N. van der Wekken  
Spuiwekken 27  
4318 AP Brouwershaven  
Tel. 06 – 54378017

Datum bemeten: 25/01/2007

Op dit perceel zijn de metingen loodrecht op drainage richting verricht. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot aan de zuid zijde van de Dirksweg. Het derde meetpunt is op de rand van het maaiveld met het talud en het laatste meetpunt ligt ongeveer 120 m het veld in. De top van de duiker, aan de noord kant van de “oprit” is gebruikt als referentie punt voor de hoogte bepaling van de boorpunten. De groene strook in het figuur is een ecologische bufferzone van 16 meter breed.



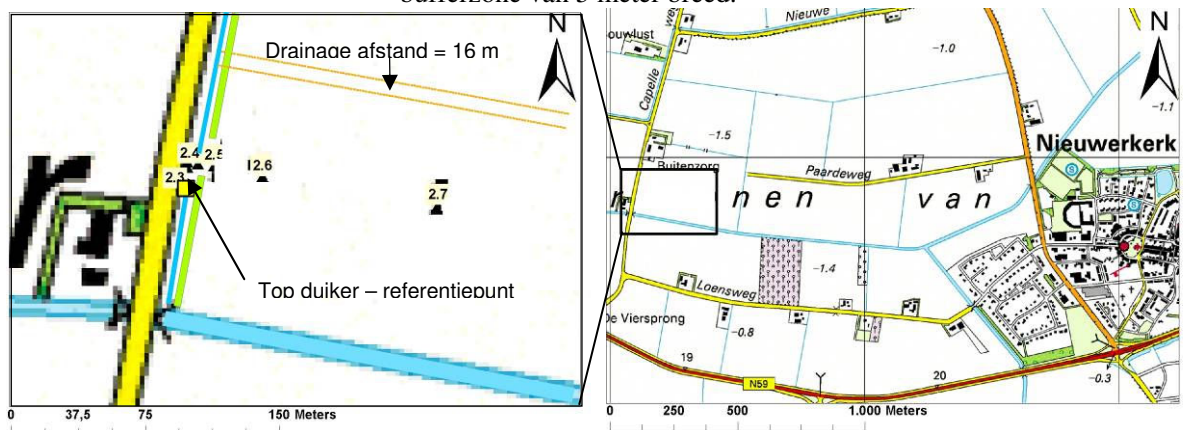
### Locatie 2

Land eigenaar:

P. Legemate  
Groeneweegje 5  
4301 RN Zierikzee  
Tel. 0111 - 450531

Datum bemeten: 22/01/2007

De metingen zijn verricht tussen twee drainage buizen in. Het eerste punt ligt in het midden van de sloot en het tweede punt ligt op de rand van het maaiveld met het talud. Het laatste meetpunt, 2.7, ligt ongeveer 140 m het veld in. Als referentie punt voor de hoogteligging van de meetpunten is de top van de duiker aan noord zijde gebruikt. De groene strook in het figuur is een ecologische bufferzone van 5 meter breed.



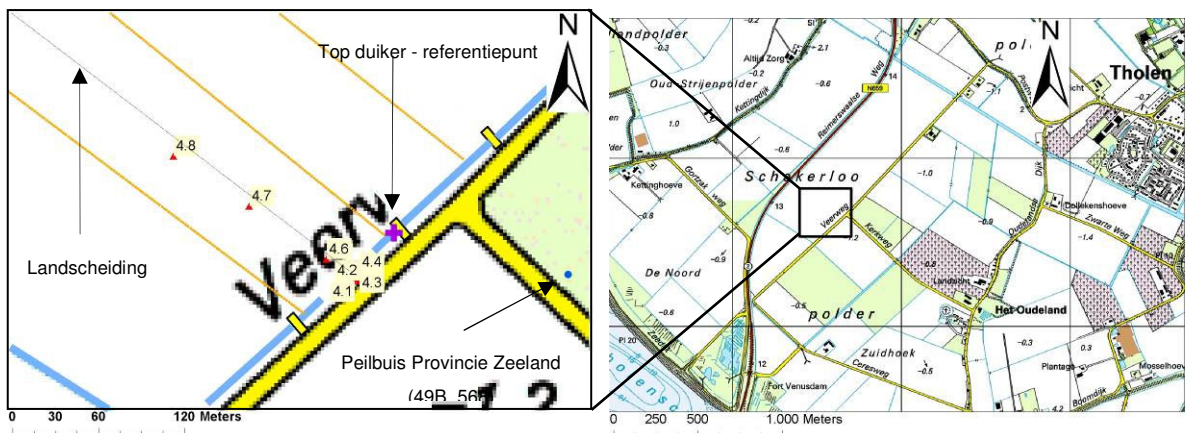
### Locatie 4

Land eigenaar:

M.L. van Ast  
Oudelandsedijk 14  
4691 RT Tholen  
Tel. 0166 – 602404

Datum bemeten: 17/01/2007

De metingen zijn verricht tussen twee drainage buizen in. Tussen de twee land “opritten” waartussen gemeten is liggen 13 drainage buizen met een onderlinge afstand van 6 meter. De metingen zijn verricht tussen buis 5 en 6, optellend vanaf het zuiden. De landscheiding was duidelijk te zien in het veld en was gemarkeerd met een aantal witte paaltjes. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot en het laatste punt ligt ongeveer 165 m het veld in. In de buurt, aan de Kerkweg, staat een peilbuis van de Provincie Zeeland (49B, 568).



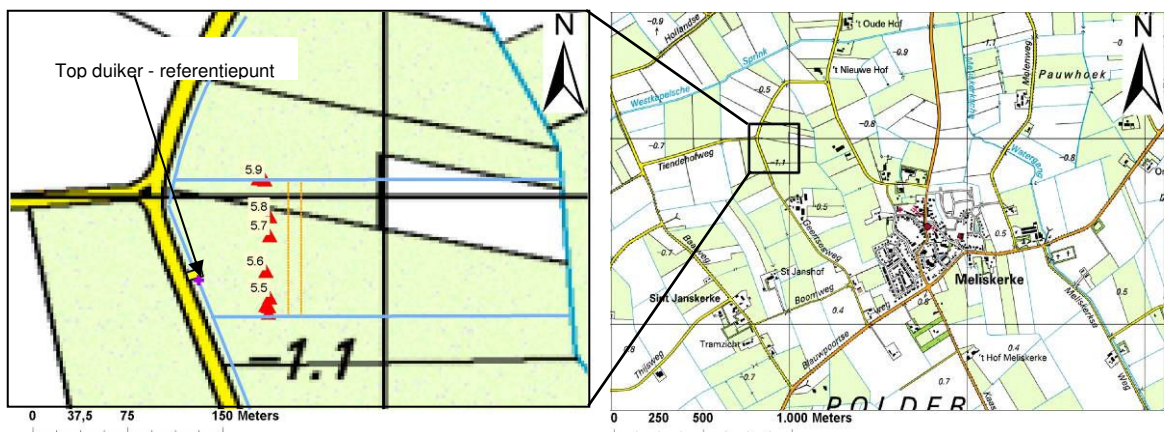
### Locatie 5

Land eigenaar:

H. Dekker  
Rapenburgseweg 7  
4365 ND Meliskerke  
Tel. 0118 – 562164

Datum bemeten: 12/01/2007

De metingen zijn verricht van sloot tot sloot (Z-N) tussen twee drainage buizen in. De afstand tussen de sloten is ongeveer 100 m. Deze buizen hebben een onderlinge afstand van 12 meter en liggen ongeveer 80 meter verwijderd van de “oprit” bij de Geertsseweg. De duiker onder deze “oprit” (zuid zijde) is gebruikt als referentie punt voor de hoogte ligging van de meetpunten.



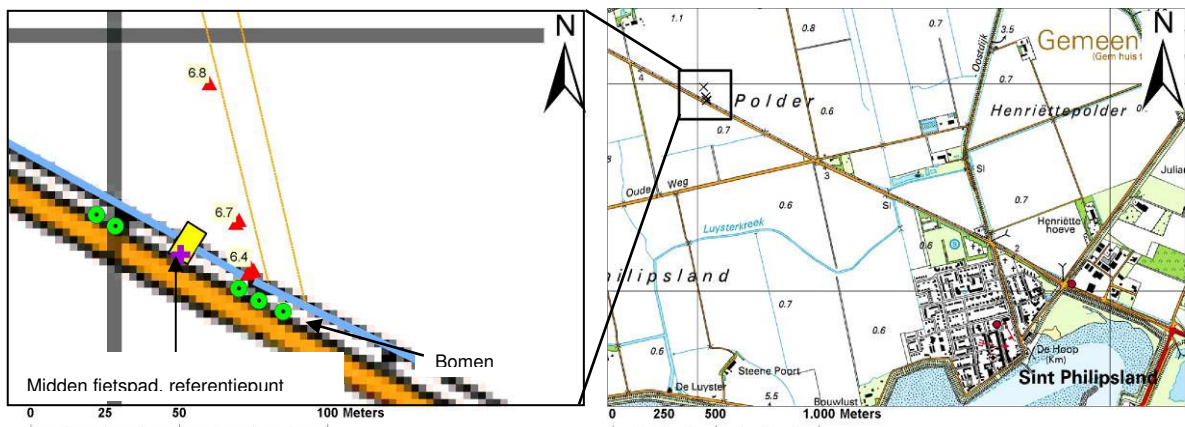
### Locatie 6

Land eigenaar:

L. de Oude  
Rijksweg 6  
4675 RB St. Philipsland  
Tel. 06 – 50528485

Datum bemeten: 15/01/2007

De metingen zijn verricht tussen twee drainage buizen in, min of meer op een oude niet meer werkzame drainage buis. De eerste meting ligt in de sloot ter hoogte van de eerste boom ten oosten van de “oprit”. Als referentiepunt voor het landmeten is het midden van het fietspad gebruikt. Meetpunt 6.6 en 6.7 liggen loodrecht op het meet-traject bij punt 6.5, 6.6 op  $\frac{3}{4}$  tussen de twee drainage buizen en 6.7 “op” de drainage (ten westen van traject).



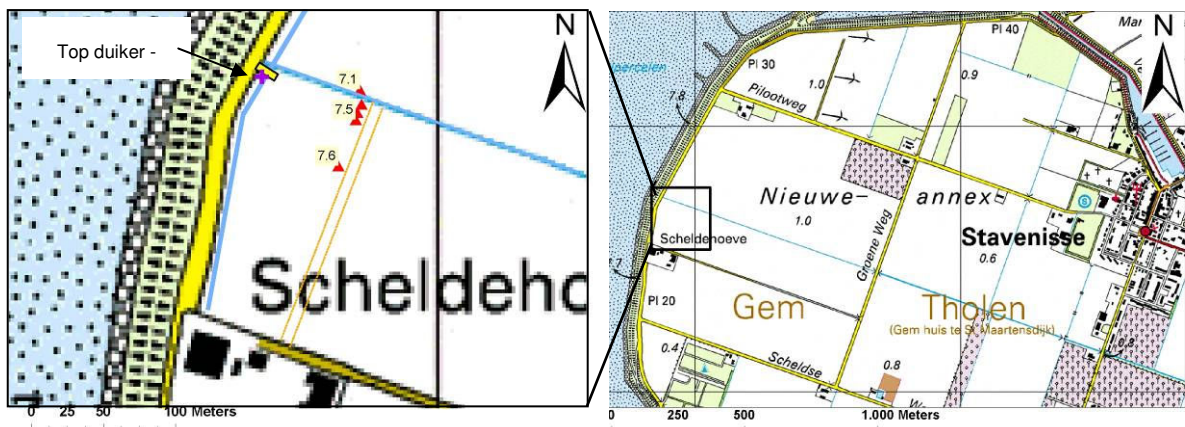
### Locatie 7

Land eigenaar:

M.J. de Rooij  
Dijkweg 1  
4696 RH Stavenisse  
Tel. 06 – 50405175

Datum bemeten: 18/01/2007

Op het perceel liggen meerdere soorten drainage buizen van verschillende ouderdom. De meetpunten zijn uitgezet tussen de laatst geplaatste drainage buizen die een onderlinge afstand hebben van 20 meter. De drainage buizen voerde veel water af. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot en het laatste punt ligt ongeveer 52 m het veld in. Als referentiepunt voor de hoogteligging is de zuid zijde van de duiker gebruikt die onder de “oprit” naar het veld loopt.



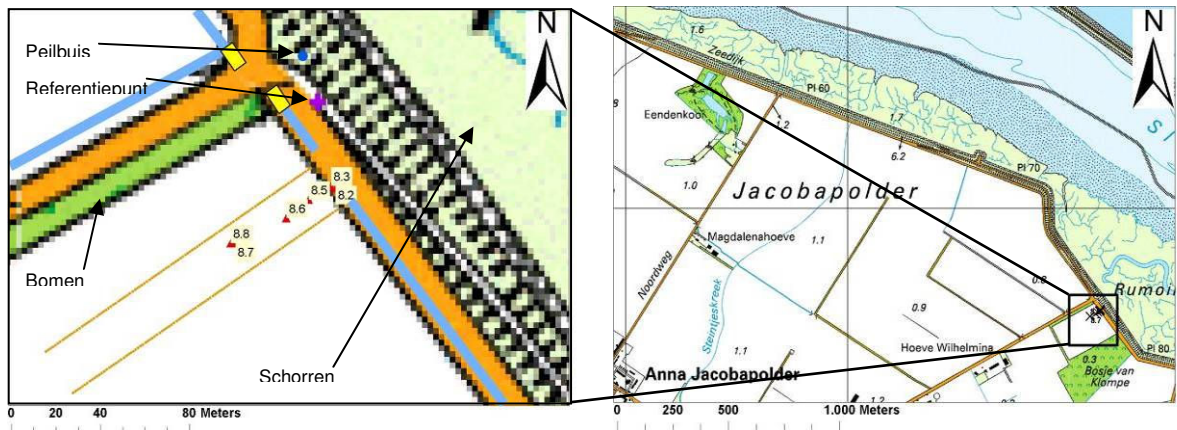
### Locatie 8

Land eigenaar:

Loverendale  
Lageweg 10  
4675 RH St. Philipsland  
Tel. 06 – 30035123

Datum bemeten: 16/01/2007

Het veld van locatie 8 ligt aan de zuid-oost kant van de Lageweg. Het meettraject is uitgezet tussen twee drainage buizen in (onderlinge afstand van 10 meter). Als referentiepunt voor de hoogtemetingen is de ZO hoek van het weggetje gebruikt dat bij het kruis de dijk op loopt. Aan de voet van de dijk staat een peilbuis van de Provincie Zeeland (43D, 233). Meetpunt 8.8 staat loodrecht op het traject “op” de drainage ter hoogte van meetpunt 8.7. In de sloot zijn uiteindelijk 5 prikpunten uitgezet (kwel stroom aanwezig).



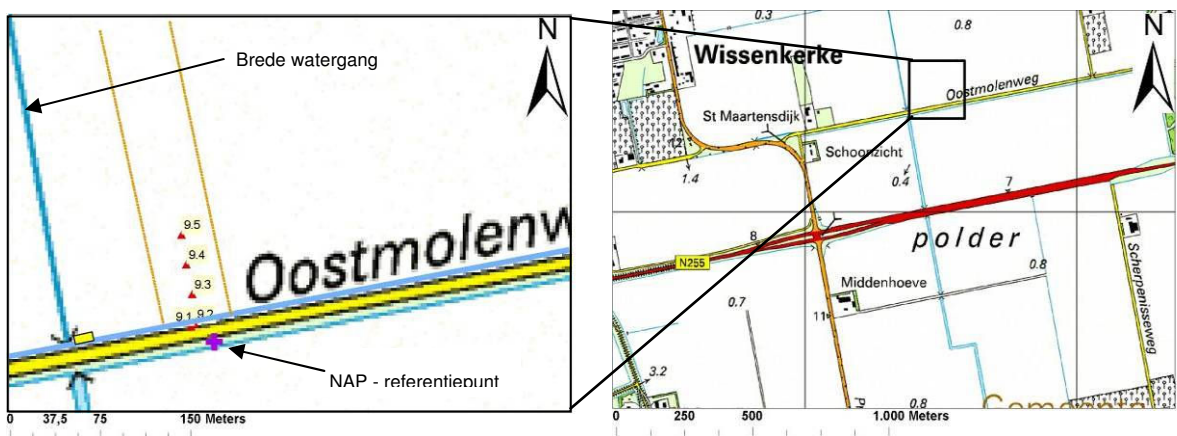
### Locatie 9

Land eigenaar:

S. Dees  
Boomdijk 3  
4491 PP Wissenkerke  
Tel. 0113 – 370200

Datum bemeten: 30/01/2007

Op perceel 9 zijn er twee trajecten bemeten. In de figuur hieronder staat het eerste traject (9.1 t/m 9.5), het tweede traject loopt ten oosten evenwijdig aan het eerste maar dan “op” een drainage buis (9.6 t/m 9.10). Beide trajecten beginnen met het eerste meetpunt in de sloot. Als referentiepunt voor het landmeten is de NAP schaal gebruikt aan de zuid zijde van de weg (in sloot).



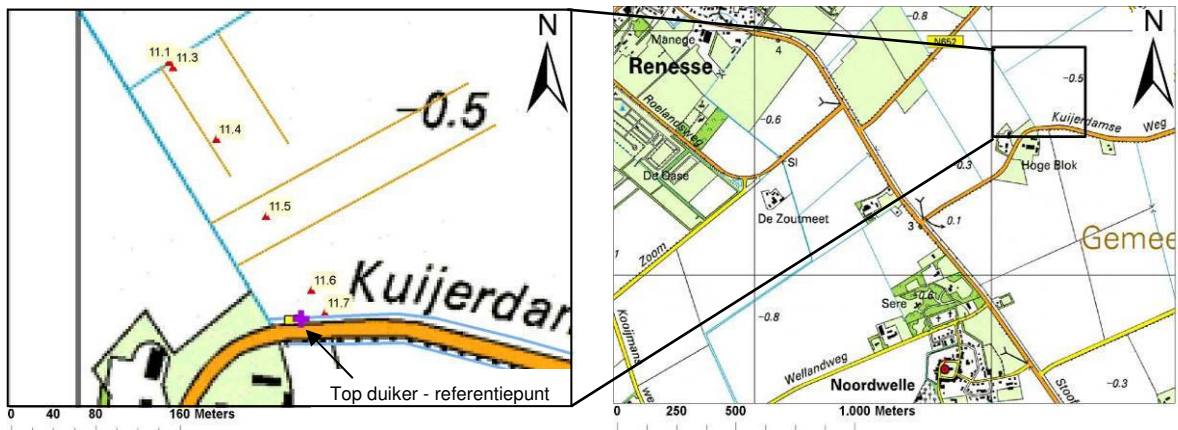
### Locatie 11

Land eigenaar:

J.W. van de Velde  
Kuijerdamseweg 4  
4326 LL Noordwelle  
Tel. 0111 – 461806

Datum bemeten: 24/012007

Op dit perceel is gemeten van sloot naar sloot (N-Z). Aan de noord kan van het veld loopt de drainage in Z-O richting en halverwege ligt deze in N-O richting. Aan de noord kant zijn de eerste metingen tussen twee ‘nieuwere’ drainage buizen in gedaan (onderlinge afstand van 8 m). Onder deze punten loopt een oudere niet werkende drainage buis. De top van de duiker bij de “oprit” naar het veld is als referentiepunt gebruikt (oost zijde).



### Locatie 12

Land eigenaar:

E. Baecke  
Zuiddijk 18  
4585 PP Hengstdijk  
Tel. 0114 – 684647

Datum bemeten: 12/12/2006

Op de boomgaard van locatie 12 is van sloot tot sloot gemeten (Z-N). Bij de oprit naar de boerderij is begonnen in de sloot aan de noord zijde van de weg (oost van oprit). De putdeksel op de oprijlaan is gebruikt als vast referentiepunt voor het landmeten.



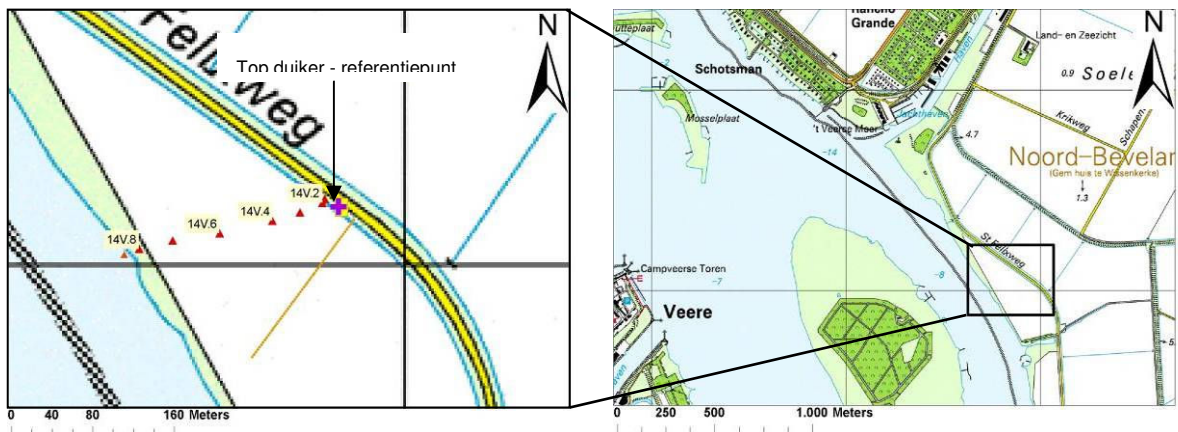
### Locatie 14

Land eigenaar:

M.C. Remijnse  
Stekeldijk 18  
4493 PE Kamperland  
Tel. 0113 – 302495

Datum bemeten: 29/01/2007

Locatie 14 is een buitendijksgebied en ligt aan het Veerse Meer. Er is gemeten van sloot tot Veerse Meer (N-Z) in een rechte lijn. Geprobeerd is om een aantal punten in een oude kreek te zetten en een aantal punten daarnaast. Drainage was wel aanwezig maar moeilijk in kaart te brengen, richting het oosten was de drainage beter zichtbaar. Als referentiepunt voor het landmeten is de west zijde van de duiker gebruikt ten oosten van punt 14.1.



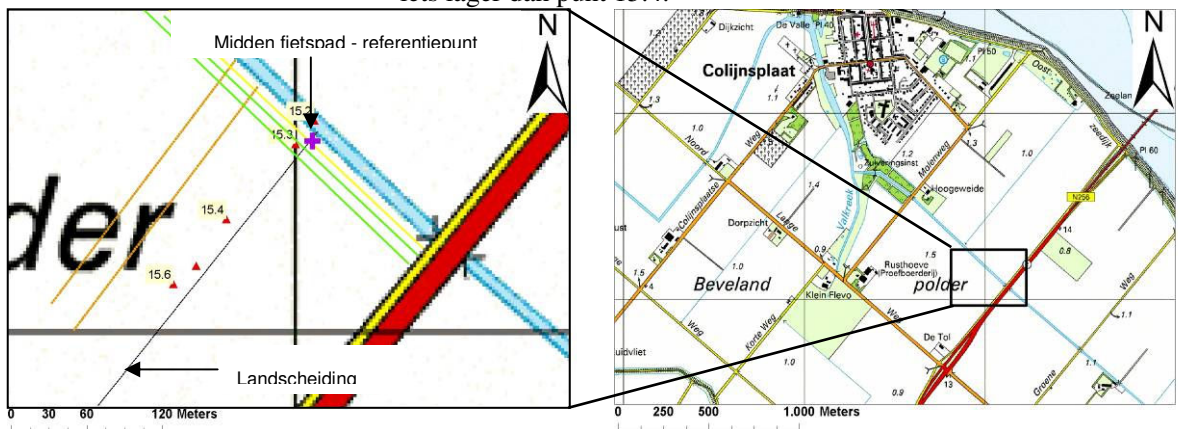
### Locatie 15

Land eigenaar:

Proefboerderij Rusthoeve  
T. Heijboer  
Noordlangeweg 42  
4486 PR Colijnsplaat  
Tel. 0113 – 693000

Datum bemeten: 01/02/2007

Op perceel 15 is gemeten vanaf de sloot tot ongeveer 170 m het veld in. De sloot is 8 m breed en is een oude gekanaliseerde kreek. De punten zijn uitgezet tussen twee drainage buizen in met een onderlinge afstand van 13 m. Langs de sloot loopt een fietspad en daar ten zuiden van ligt het veld met eerst een ecologische bufferzone van ongeveer 8 m breed. Als referentiepunt voor het landmeten is het midden van het fietspad gebruikt ter hoogte van de landscheiding (witte paaltjes). Het laatste meetpunt 15.6 ligt in een kwelplek die te herkennen is aan het kleurverschil en ligt daarnaast iets lager dan punt 15.4.



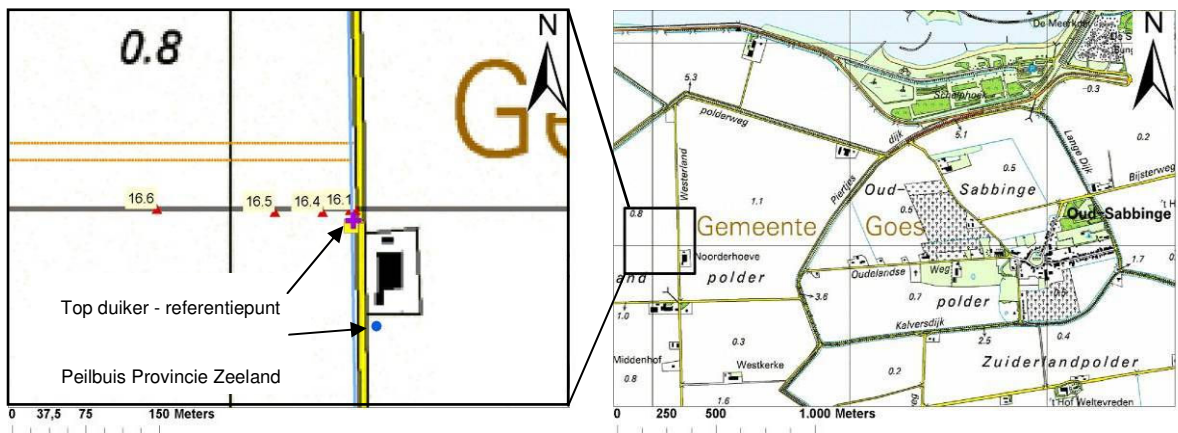
### Locatie 16

Land eigenaar:

J. de Jager  
Westerlandpolder 7  
4471 RD Wolphaartsdijk  
Tel. 0113 – 581480

Datum bemeten: 31/01/2007

Het perceel bij locatie 16 is bemeten vanaf de sloot tot ongeveer het midden van het perceel waar het maaiveld duidelijk lager is (O-W). Er is tussen twee drainage buizen in gemeten die een onderlinge afstand hebben van 14 meter. De drainage kwam onder het slootniveau tevoorschijn. Als referentiepunt voor de hoogteliggingen is de noordzijde van de duiker gebruikt die onder de "oprit" naar het land toeloopt. Ten zuiden van de boerderij staat een peilbuis van de Provincie Zeeland (B48E0155).



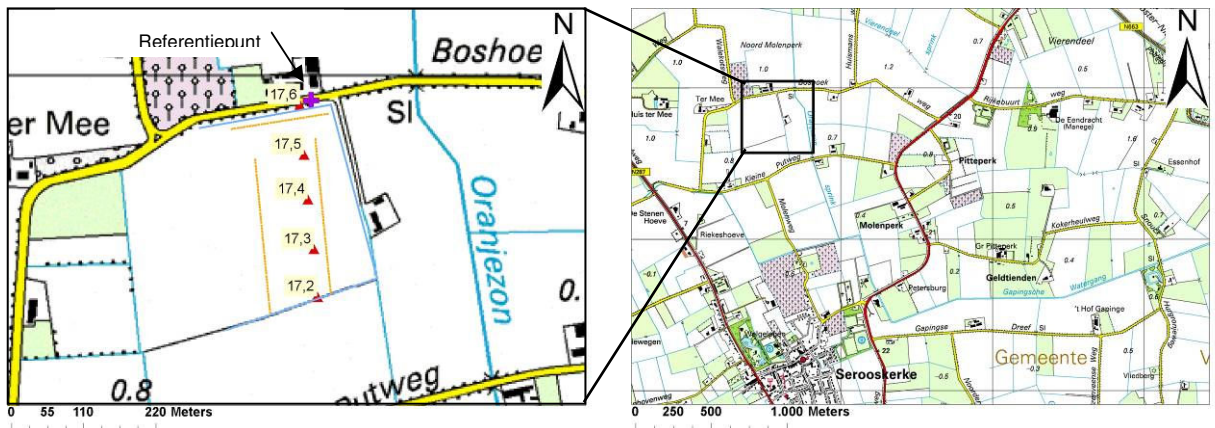
### Locatie 17

Land eigenaar:

J.P. van de Putte  
Boshoekweg 5  
4353 SE Serooskerke  
Tel. 0118 – 591264

Datum bemeten: 10/01/2007

Het perceel bij locatie 17 is van sloot tot sloot bemeten (Z-N). Als referentiepunt voor de hoogteligging is het midden van de weg gebruikt ter hoogte van de schuur van de boerderij. De drainage loopt in het zuidelijk deel van het veld richting het noorden en heeft daar een onderlinge afstand van 10 meter. In het noordelijke deel van het veld ligt een drainage buis evenwijdig aan de weg (O-W).



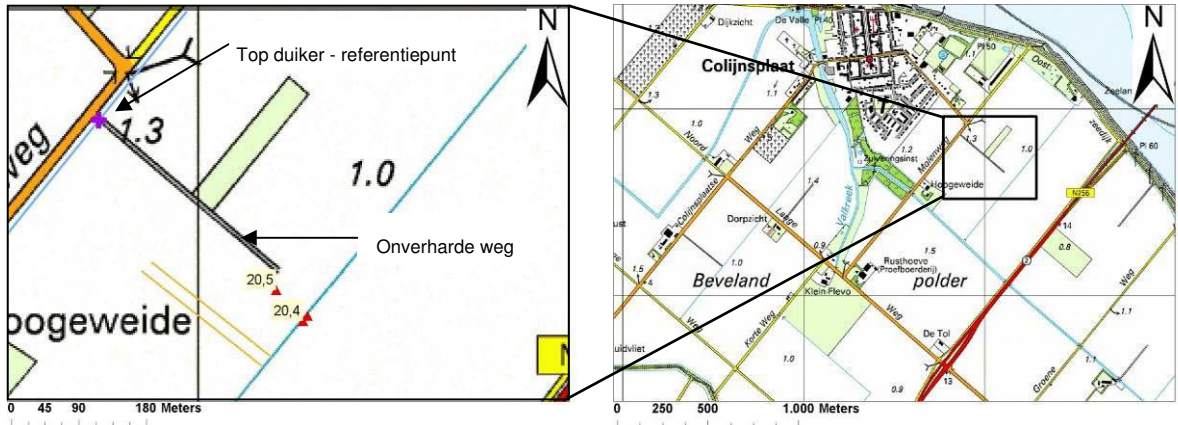
**Locatie 20**

Land eigenaar:

Proefboerderij Rusthoeve  
T. Heijboer  
Noordlangeweg 42  
4486 PR Colijnsplaat  
Tel. 0113 – 693000

Datum bemeten: 02/02/2007

Perceel 20 is vanaf de sloot tot ongeveer 50 m het veld in bemeten. De eerste twee punten liggen en de sloot, het derde halverwege het talud en het vierde op de rand van het veld met talud. De zuid zijde van de duiker langs de Molenweg is gebruikt als referentiepunt voor de hoogteligging.



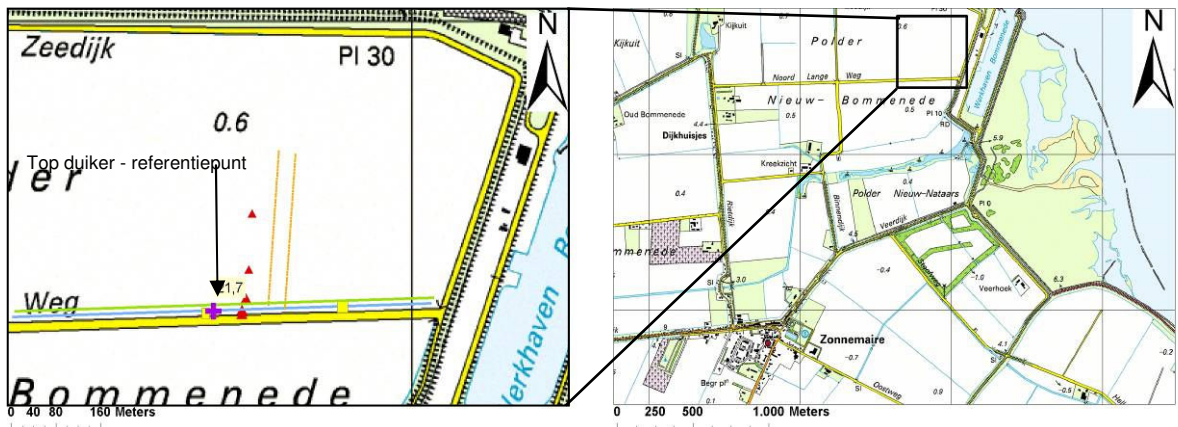
**Locatie 21**

Land eigenaar:

N. Delst  
Rietdijk 12  
4316 PL Zonnermaire  
Tel. 0111 - 691246

Datum bemeten: 23/01/2007

Perceel 21 is bemeten vanaf de sloot aan de Noordlange weg tot ongeveer 180 m het veld in. De eerste twee punten liggen in de sloot en het derde punt halverwege het talud. De groene strook in het figuur hieronder is een ecologische bufferzone van ongeveer 5 m breed. Als referentiepunt voor de hoogteligging is de top van de duiker gebruikt (O zijde) ten westen van het meettraject.





## Locatie 27

Natuurgebied:

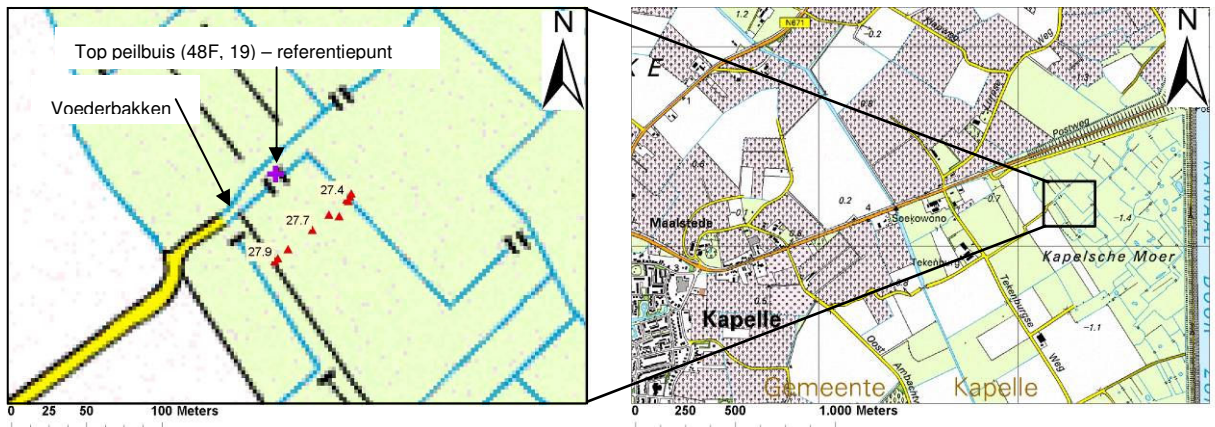
Kapelsche Moer

Staatsbosbeheer, boswachter:

Dhr. de Keuning

Datum bemeten: 13/12/2006

Perceel 27 is het enige natuurgebied bemeten in deze meetcampagne. Het perceel bestaat uit grasland en sloten. In het veld liggen depressies waarvan er meerdere tijdens onze meetdag onder water stonden. Er is van sloot tot sloot bemeten (NO-ZW) over een afstand van ongeveer 70 m. Vlakbij het meettraject staat een peilbuis met nummer 48F, 19.





## B Boringen

Tabel B1 DINO boorgegevens nabij perceel 7

Perceelnummer	7					
<b>ALGEMENE GEGEVENS BORING</b>						
NITG-nummer:	400-057-0002					
X-coördinaat (m):	57900					
Y-coördinaat (m):	400775					
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	1.10					
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>						
Bovenkant laag (m - maaiveld)	Onderkant laag (m - maaiveld)	Kleur	Hoofdgrondsoort	Zandmediaanklasse	Lutum %	Bijmenging silt
0.00	0.20	bruin	klei	---	20	---
0.20	0.70	grijs	zand	uiterst fijn	---	zwak siltig
0.70	1.00	grijs	klei	---	15	---
1.00	1.90	donker-grijs	klei	---	30	sterk siltig
1.90	3.40	donker-grijs	klei	---	30	sterk siltig
3.40	3.45	onbekend	veen	---	---	---
3.45	3.70	grijs	klei	---	35	matig siltig
3.70	8.00	grijs	zand	uiterst fijn	---	---
8.00	12.00	grijs	zand	uiterst fijn	10	---
12.00	13.60	grijs	klei	---	30	sterk siltig
13.60	13.80	grijs	klei	---	45	matig siltig
13.80	14.35	onbekend	veen	---	---	---
14.35	14.40	bruin	zand	uiterst fijn	---	---

Tabel B2 DINO boorgegevens nabij perceel 11

Perceelnummer	11			
<b>ALGEMENE GEGEVENS BORING</b>				
NITG-nummer:	416-044-0004			
X-coördinaat (m):	44900			
Y-coördinaat (m):	416930			
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	-0.49			
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>				
Bovenkant laag (m - maaiveld)	Onderkant laag (m - maaiveld)	Kleur	Hoofdgrondsoort	Lutum %
0.00	0.50	onbekend	klei	---
0.50	1.20	geel	klei	30
1.20	2.10	zwart	klei	---
2.10	2.30	onbekend	veen	---
2.30	2.80	onbekend	zand	---
2.80	3.80	onbekend	zand	15
3.80	4.70	grijs	zand	---

Tabel B3 DINO boorgegevens nabij perceel 16

Perceelnummer		16				
<b>ALGEMENE GEGEVENS BORING</b>						
NITG-nummer:	B48E0155					
X-coördinaat (m):	43169					
Y-coördinaat (m):	394883					
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	1.05					
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>						
Bovenkant laag (m beneden maaiveld)	Onderkant laag (m beneden maaiveld)	Kleur	Hoofdgrondsoort	Zandmediaanklasse	Bijmenging klei	Silt%
0.00	2.60	onbekend	klei	---	---	---
2.60	3.35	onbekend	klei	---	---	---
3.35	4.24	onbekend	klei	---	---	---
4.24	7.30	onbekend	klei	---	---	---
7.30	8.40	grijs	zand	zeer fijn	kleiig	---
8.40	11.60	grijs	zand	zeer fijn	kleiig	10
11.60	13.47	onbekend	zand	matig fijn	kleiig	---
13.47	15.00	grijs	zand	matig grof	kleiig	10
15.00	18.80	grijs	zand	matig grof	kleiig	5
18.80	21.60	grijs	zand	matig grof	kleiig	5
21.60	23.80	grijs	zand	matig grof	kleiig	5
23.80	24.80	grijs	zand	matig grof	kleiig	10
24.80	25.80	onbekend	zand	matig fijn	---	---
25.80	27.30	grijs	zand	zeer fijn	kleiig	10
27.30	35.90	licht-grijs	zand	zeer fijn	kleiig	5
35.90	41.50	grijs	zand	matig grof	kleiig	4

Tabel B4 DINO boorgegevens nabij perceel 16

Perceelnummer		16					
<b>ALGEMENE GEGEVENS BORING</b>							
NITG-nummer:	394-042-0004						
X-coördinaat (m):	42960						
Y-coördinaat (m):	394970						
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	0.90						
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>							
Bovenkant laag (m – maaiveld)	Onderkant laag (m - maaiveld)	Kleur	Hoofdgrondsoort	Zandmediaanklasse	Bijmenging klei	Lutum %	Bijmenging silt
0.00	0.70	onbekend	klei	---	---	35	matig siltig
0.70	1.40	onbekend	klei	---	kleilig	40	matig siltig
1.40	2.20	geel-bruin	klei	---	---	18	---
2.20	2.85	blauw-grijs	klei	---	---	65	zwak siltig
2.85	3.40	groen-zwart	klei	---	kleilig	45	matig siltig
3.40	5.30	onbekend	klei	---	---	60	zwak siltig
5.30	6.10	onbekend	zand	zeer fijn	kleilig	40	---

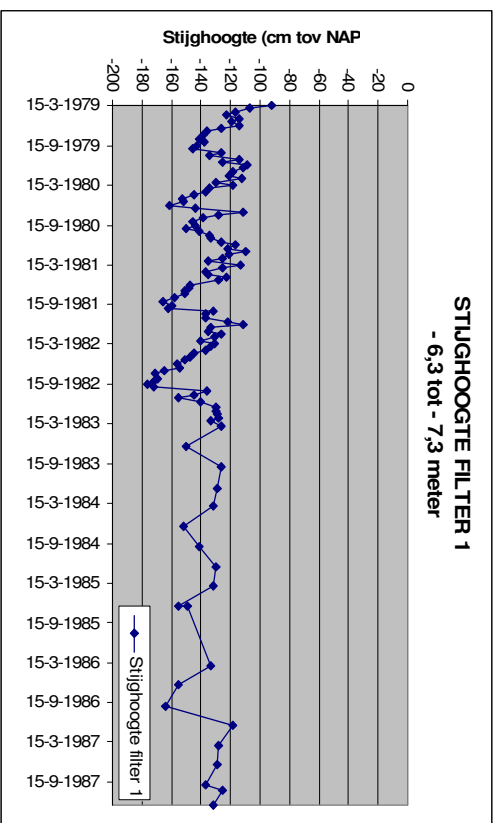
Table B5 DINO boorgegevens nabij perceel 27

Perceelnummer	27						
<b>ALGEMENE GEGEVENS BORING</b>							
NITG-nummer:	390-058-0002						
X-coördinaat (m):	58240						
Y-coördinaat (m):	390300						
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	-1.00						
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>							
Bovenkant laag (m - maaiveld)	Onderkant laag (m - maaiveld)	Kleur	Hoofdgrondsoort	Zandmediaanklasse	Lutum %	Bijmenging silt	Bijmenging zand
0.00	0.50	bruin	klei	---	40	matig siltig	---
0.50	1.70	onbekend	veen	---	---	---	---
1.70	2.40	onbekend	klei	---	50	zwak siltig	---
2.40	4.70	onbekend	klei	---	20	---	zandig
4.70	6.00	onbekend	zand	uiterst fijn	---	siltig	---
6.00	7.70	onbekend	zand	uiterst fijn	---	---	---
7.70	7.71	onbekend	zand	uiterst fijn	---	---	---

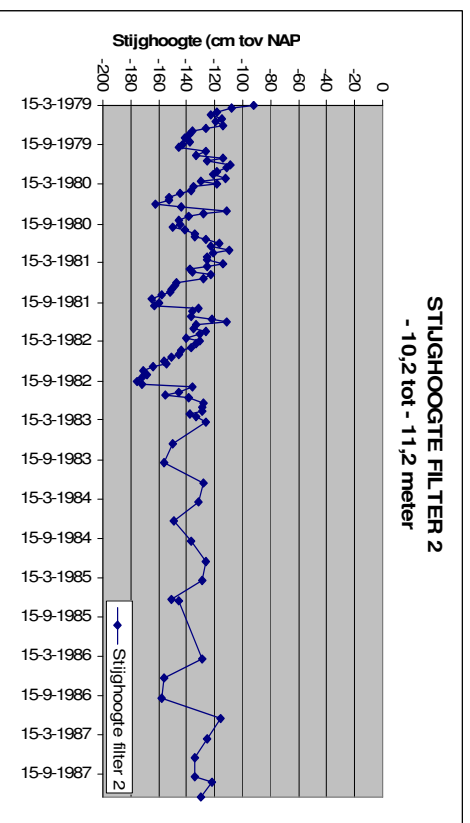




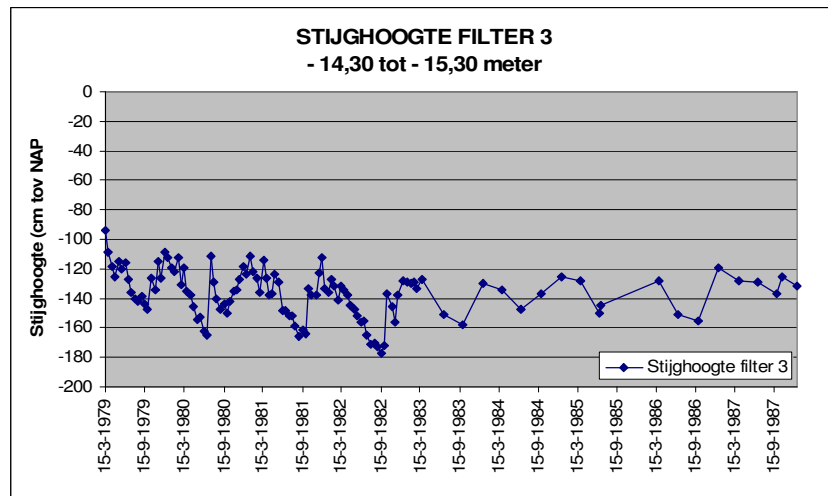
## C Stijghoogtes



Figuur C1, peilbuis gegevens nabij perceel 27

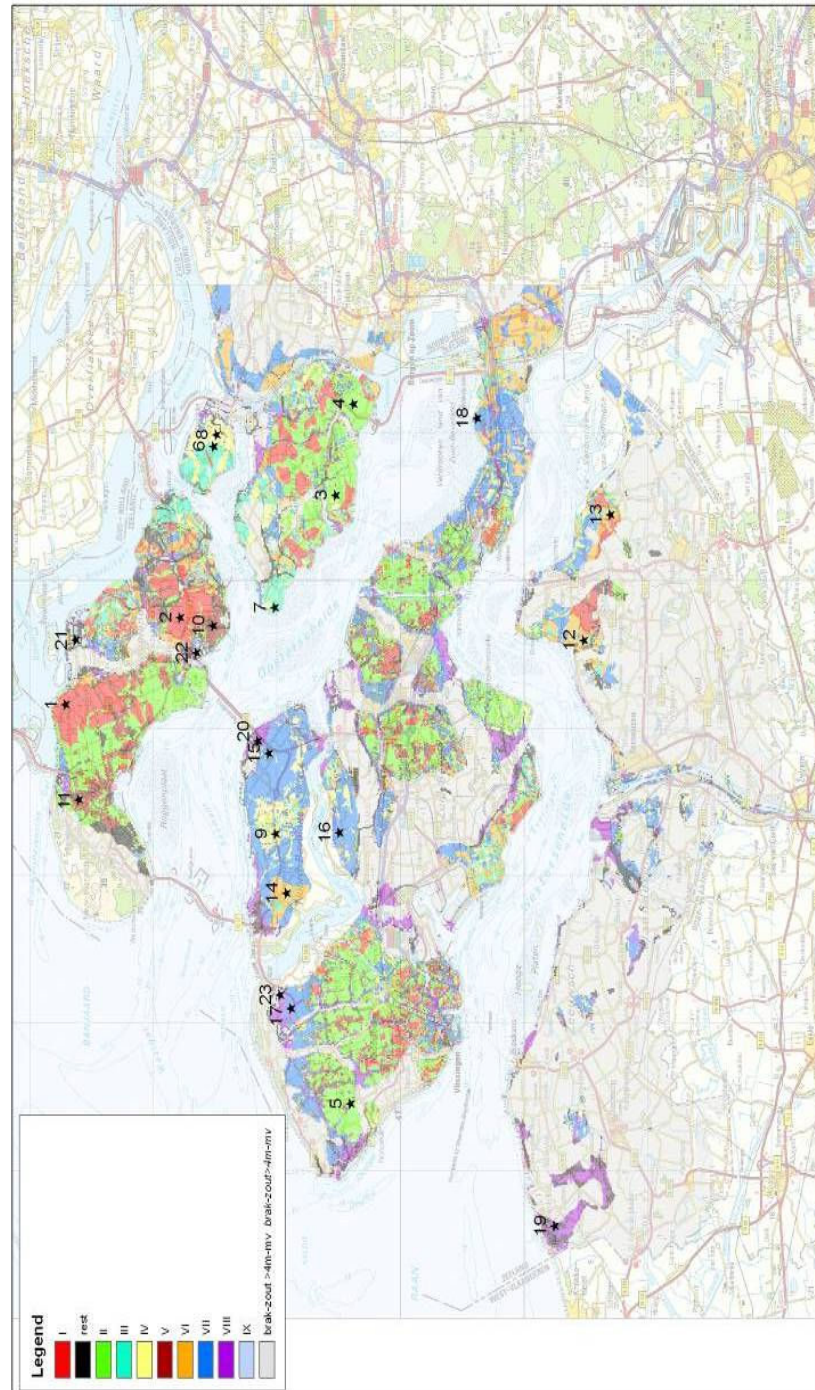


Figuur C2, peilbuis gegevens nabij perceel 27



Figuur C3, peilbuis gegevens nabij perceel 27

## D Gebiedsklasse



Figuur D1: Hoofdgebiedsklassen Provincie Zeeland