Deelstudie bodem
en water

1176-58

A COMPANY OF

ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND BV
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Milieueffectrapport 'Sluis aan Zee!'

5 juli 2002

Deel B Bodem & water

Gemeente Sluis-Aardenburg

ROYAL HASKONING

INHOUDSOPGAVE

			Blz.
1	INLEIDING		1
2	HUIDIGE SITUATIE		3
	2.1	Bodemopbouw en geologie	3
	2.2	Totstandkoming huidige oppervlaktewatersysteem	4
	2.3	Huidige oppervlaktewatersysteem	5
	2.4	Grondwatersysteem	6
	2.5	(Water)bodemkwaliteit	6
	2.6	Ligging regionale waterkeringen	6
	2.7	Knelpunten	7
3	AUTONOME ONTWIKKELING (REFERENTIE-ALTERNATIEF)		9
	3.1	Ontwikkelingen tot 2005 los van 'Sluis aan Zee!'	9
	3.2	Ingrepen in het gebied: te maken keuzes	9
4	EFFECTEN		13
	4.1	Criteria voor de effectvergelijking	13
	4.2	Bepaling van de effecten	13
	4.2.1	Algemeen	13
	4.2.2	Berging	14
	4.2.3	Verandering grondwaterstroming (verandering kwel en infiltratie)	14
	4.2.4	Verzilting grondwater	16
	4.2.5	Verdroging en effect op landbouw, natuur en zetting in de omgeving	19
	4.2.6	Effect op oppervlaktewaterkwaliteit	21
	Bijlage 1:	Meetpunten waterstanden	
	Bijlage 2:	Topografische kaart	
	Bijlage 3:	Ligging regionale waterkeringen	
	Bijlage 4:	Ligging voormalige regionale stortplaatsen	
	Bijlage 5:	Dikte deklaag	
	Bijlage 6:	Bodemkaart	
	Bijlage 7:	Afwateringseenheden met zomer- en winterpeilen	
	Bijlage 8	Verlagingscontouren	

1 INLEIDING

Voor u ligt een onderdeel van het milieueffectrapport (MER) 'Sluis aan Zee!' Dit is een project dat van belang is voor de hele regio West Zeeuws-Vlaanderen. Het bestaat uit:

- Jachthaven met 600 ligplaatsen, 200 à 300 woningen en herstelde wallen te Sluis;
- Zeesluis met strekdam en wachthavens te Cadzand-Bad;
- Kleine haven, parkeerplaats, natuur en recreatie te Retranchement;
- Kanaal en aangepaste fiets-, weg-, brug- en waterhuishoudkundige infrastructuur;
- Omvangrijke investering in nieuwe natuur- en landschapontwikkeling in de regio.

'Sluis aan Zee!' is een initiatief van de gemeente Sluis-Aardenburg. Die gemeente fuseert per 1 januari 2003 met Oostburg tot de nieuwe gemeente Sluis. Het project ligt op het grondgebied van de huidige Nederlandse gemeenten Sluis-Aardenburg, Oostburg en Vlissingen en grenst aan de Belgische gemeenten Knokke-Heist en Damme. Het is daarmee een grensoverschrijdend MER, waarvoor speciale procedurele vereisten gelden. Het College van B&W van Sluis-Aardenburg treedt op als initiatiefnemer en de Raad van Sluis-Aardenburg als coördinerend bevoegd gezag. De raden van Oostburg en Vlissingen en de Provincie Zeeland hebben daarmee formeel ingestemd. Zij alsmede het dagelijks bestuur van het waterschap Zeeuws-Vlaanderen zullen een reeks van besluiten moeten nemen, die realisatie van 'Sluis aan Zee!' mogelijk moeten maken.

Het MER beoogt de informatie te verschaffen, op basis waarvan het mogelijk is aan de milieuaspecten een volwaardige rol toe te kennen in de besluitvorming. Het MER is opgesteld conform de voorschriften in de Wet milieubeheer Besluit milieueffect-rapportage (m.e.r.). In het MER vindt u alle relevante milieu informatie, die nodig is om tot een goed doordachte en onderbouwde keuze te komen. Het MER bouwt voort op de startnotitie voor de milieueffectrapportage (21 juni 2001), de informatieavonden te Sluis en Retranchement (27 en 29 juni 2001) en de richtlijnen voor de inhoud van het MER, zoals vastgesteld door de raad van Sluis-Aardenburg op 6 december 2001.
Het MER 'Sluis aan Zee!' bestaat uit de volgende twee delen:

- Deel A: hoofdrapport met daarin de voor de besluitvorming essentiële delen;
- Deel B: Achtergrondrapport met achterliggende technische informatie.

In het MER komen de redelijkerwijs te beschouwen alternatieven en varianten voor de uitvoering van de verschillende onderdelen van het project aan de orde. Deze worden op hun milieueffecten getoetst en vergeleken. De samenvatting daarvan vindt u op de uitvouwbare A3 achterin dit rapport. Bij de uiteindelijke keuze tussen varianten gaat het ook om andere zaken zoals kosten, haalbaarheid en belangen van burgers en (grond)eigenaren. Daarom is tegelijkertijd met het MER de financieel economische haalbaarheid onderzocht en zijn (voor)ontwerp-bestemmingsplannen opgesteld.

De Deelstudie Bodem & water is zelfstandig leesbaar. De voor de besluitvorming belangrijkste effecten en conclusies over de hierin beschreven aspecten zijn verwerkt in deel A (Hoofdrapport MER). In dit rapport worden de bestaande situatie, de autonome ontwikkeling (referentiesituatie bij niet doorgaan van het voornemen) en de effecten van 'Sluis aan Zee!' beschreven voor de aspecten bodem en water. Zoals in de startnotitie aangegeven is daarbij een aantal aspecten van bijzonder belang, waarbij de verzilting van het uitwateringskanaal en de mogelijkheid voor peilverhoging de belangrijkste zijn.

De informatie die is gebruikt voor de beschrijving van de bestaande situatie en de autonome ontwikkeling is kortweg de volgende:

- Mondelinge informatie van het Waterschap Zeeuws Vlaanderen;
- Haalbaarheidsstudie Sluis aan Zee, Svašek;
- Provinciaal Waterhuishoudingsplan Zeeland;
- TNO Grondwaterkaart;
- Informatie verkregen uit de Watersysteemanalyse, uitgevoerd door Grontmij in opdracht van Waterschap Zeeuws Vlaanderen.

Doel van deze deelrapportage is ook basisinformatie te leveren voor de watertoets. In het kader van de watertoets dient het volgende te worden aangeleverd:

- Beschrijving grond- en oppervlaktewatersysteem;
- Effecten die door nieuwe planelementen worden veroorzaakt.

Hieronder wordt allereerst ingegaan op de "beschrijving van de bestaande situatie", vervolgens worden de "knelpunten" aangegeven waarna volgt de "autonome ontwikkeling en de verwachte situatie in 2005". Vervolgens wordt kort ingegaan op de ingrepen in het gebied op de waterhuishouding en de bodem als gevolg van de realisatie van 'Sluis aan Zee!' en de keuzen die voor die ingrepen gemaakt zijn, in "ingrepen in het gebied: keuzen". Vervolgens wordt ingegaan op de effecten, die te verwachten zijn doordat ingrepen worden gedaan in het gebied in achtereenvolgens de paragrafen "criteria voor effectvergelijking" en "bepaling effecten".

Dit deelrapport bodem en water beperkt zich met name tot effecten. De maatregelen die in het ontwerp zijn opgenomen worden in een ander deel geraamd en onderbouwd. Ten aanzien van het waterbeheer (waterbalans) en de waterkwaliteit wordt verwezen naar het deel Ontwerp gemaal en schutsluis.

2 HUIDIGE SITUATIE

2.1 Bodemopbouw en geologie

De bodemopbouw in het gebied rondom Sluis, Retranchement en Cadzand-Bad kan in vier typen onderscheiden worden: duinen, kreekruggen, jonge schorgebieden en jonge kreekopvullingen.

Cadzand-Bad ligt aan de duinen. De oorsprong van het duingebied dateert van duizenden jaren geleden. Het huidige duingebied is echter op zijn hoogst 900 jaar oud. Het bestaat uit *zand dat vanaf het strand en vanaf platen voor de kust met de wind is meegevoerd en* vervolgens is afgezet als duinen. De duinen vormen de hoogste delen van Zeeland. De hoogte varieert tussen enkele meters boven NAP en bijna 50 meter hoog. Door deze hoge ligging en door het ontbreken van een deklaag kan de neerslag gemakkelijk in de bodem infiltreren. Daardoor heeft zich in alle duingebieden een aanzienlijke zoetwaterbel kunnen vormen. De diepte van deze bellen varieert van 30 meter bij Biggekerke tot meer dan 100 meter in de Schouwse duinen. De neerslag die in de bodem infiltreert, verdwijnt in een natuurlijke situatie voornamelijk door verdamping en door afstroming via de bodem naar de zee en naar de polders.

Ten oosten van Cadzand-Bad en Retranchement liggen kreekruggen. De kreekruggen liggen in het algemeen boven NAP (tot NAP + 1,5 meter) en de deklaag is dun (tot 5 m) of afwezig (het afwateringskanaal en rondom Sluis). Door deze eigenschappen kan de neerslag gemakkelijk in de bodem infiltreren. Daardoor hebben zich ter plaatse zoetwaterbellen in de bodem kunnen ontwikkelen (tot 25 meter diep). Door de relatief hoge ligging, de aanwezigheid van zoet grondwater en het ontbreken van zettingsgevoelige lagen in de bodem hebben kreekruggen gedurende lange tijd een belangrijke functie gehad als plaats om te wonen en als verbinding tussen de verschillende nederzettingen. Ook nu nog geldt dat op de kreekruggen weinig kans is op wateroverlast en zettingen, naar verluid zelfs verdroging voor de landbouw. Van dit laatste is geen kwantitatief onderzoek bekend.

De ontwikkeling van zoetwaterbellen wordt bepaald door de ontwatering en de afwatering. Door deze maatregelen wordt het neerslagoverschot in de winterperiode versneld afgevoerd, zodat minder neerslag in de bodem kan infiltreren. Hoe lager het oppervlaktewaterpeil en de ligging van de ontwateringsmiddelen, hoe minder diep de zoetwaterbel. Daar waar de grondwaterstand of het oppervlaktewaterpeil het laagst is, is de zoetwaterbel het dunst. Dit treedt vooral op ter plaatse van waterlopen. In sommige gevallen komt het zoute water tot in het oppervlaktewater, waardoor zoute kwel optreedt. Doordat de deklaag erg dun is, bestaat er een sterke relatie tussen het grondwaterpeil en de grondwaterstand. In de zomer daalt de grondwaterstand door gewasverdamping en daardoor ook het oppervlaktewaterpeil. In sommige gevallen leidt dit er toe dat sloten droog vallen. De kreekruggen zijn hierdoor voor een deel droogtegevoelig. Daarom wordt plaatselijk beregend met grondwater.

Sluis zelf ligt op het overgangsgebied tussen jonge schorgebieden en jonge kreekopvullingen. Jonge schorgebieden liggen in het algemeen tussen NAP –1 meter en NAP + 1,5 meter. De deklaag is dik en op veel plaatsen is een veenlaag aanwezig. Door de hogere ligging speelt zoute kwel een minder groter rol dan in de poelgebieden. Ook de *weerstand / doorlatendheid tussen de slootbodem en het dieper gelegen watervoerend* pakket is van belang. Perceelkwel treedt hier nauwelijks op. De eventueel optredende zoute kwel is vrijwel uitsluitend gericht op het oppervlaktewater en treedt niet uit ter plaatse van de

percelen. In de percelen heeft zich daardoor een laag zoet water kunnen vormen van enkele meters dik. Deze laag zoet water is van belang voor de landbouw.

De jonge schorgebieden worden voornamelijk gebruikt voor akkerbouw. De verkaveling is relatief grootschalig en de gronden worden intensief ontwaterd. Het oppervlaktewater is in de winter brak tot zoet. In droge zomers echter kan het water brak tot zout worden, omdat de waterlopen dan vrijwel uitsluitend gevoed worden door de zoute kwel. Het oppervlaktewater is sterk eutroof. Door de dikke deklaag is de relatie tussen het oppervlaktepeil en de grondwaterstand gering. Voor een goede ontwatering is intensieve drainage noodzakelijk. Door de aanwezigheid van veen in de deklaag zijn de jonge schorgebieden in het algemeen zettingsgevoelig.

Jonge kreekopvullingen hebben vrijwel dezelfde eigenschappen als de kreekruggen. In de jonge kreekopvullingen zijn echter nog veel kreekrestanten aanwezig, terwijl die in de kreekrestanten niet meer zijn te vinden. De kreekrestanten zijn ontstaan doordat op het moment van bedijking de oorspronkelijke kreek nog niet geheel verland was. De kreekrestanten bestaan uit een relatief laag gelegen kreekbedding met in de meeste gevallen nog een geul met open water. Deze kreekgeulen zijn vaak opgenomen in het afwateringsstelsel. Van oorsprong hadden de kreken een afwisselend karakter, variërend van zoet tot zout. Zoet, omdat de kreken dienden als afwateringsmiddel voor de onbedijkte drooggevallen gronden en als zodanig de overtollige neerslag afvoerden en zout, omdat bij vloed de zee in de kreken kon binnendringen. Deze situatie wijzigde toen de kreken werden afgedamd van de zee, waardoor de directe invloed van zee verdween. Doordat echter het peil in de kreken kunstmatig werd verlaagd, ontstond een zoute kwelstroom naar de kreken, waardoor het afwisselend karakter is blijven bestaan. De laaggelegen gronden in de voormalige kreekbedding zijn van nature vochtig tot nat met een afwisselend brak en zoet karakter. Doordat in de loop der tijd het peil in de kreken steeds verder is verlaagd, zijn deze gronden echter sterk verdroogd. De waardevolle vegetaties zijn daardoor grotendeels verdwenen.

2.2 Totstandkoming huidige oppervlaktewatersysteem

Het huidige watersysteem in West Zeeuws-Vlaanderen is niet alleen gevormd door natuurlijke processen, maar ook in belangrijke mate door menselijk ingrijpen. Vermoedelijk is de mens omstreeks 1.000 na Christus begonnen op stelselmatige wijze de bewoonde gebieden te beveiligen. De eerste bedijkte gebieden zijn toen gevormd. Tijdens overstromingen in deze periode verspoelden de eerdere afzettingen. Daarnaast werden nieuwe afzettingen gevormd en werd het veen deels bedekt met klein en zavels. Behalve tot landaanwinning in het mariene gebied, is omstreeks de dertiende eeuw ook een aanzet gegeven tot vervening en ontginning van de niet door slib bedekte veengronden. In eerste instantie in de omgeving van Cadzand en Zuidzande, later ook rond Aardenburg, Biervliet en IJzendijke. In deze periode ontstaan ook handelsroutes naar Aardenburg, Oostburg en IJzendijke. In de 14e eeuw ontwikkelt Sluis zich tot een belangrijke handelsplaats, mede vanwege de verzanding van de vaarroutes naar andere plaatsen.

In de 16e eeuw en het begin van de 17e eeuw overstromen grote delen van het gebied weer. Deels is dit met opzet gedaan als verdedigingslinie tegen de Spanjaarden, deels ook door natuurlijke oorzaken. Na het einde van de 80-jarige oorlog in de 17e eeuw zijn in hoog tempo polders aangelegd en begint West Zeeuws-Vlaanderen haar huidige vorm te krijgen.

In deze periode worden ook de 'Oude Linie' en 'Nieuwe Linie' gegraven. Deze twee vaarwegen die de Zwingeul verbonden met de Braakman, volgden globaal het traject van de huidige hoofdwaterloop 'Passageul".

In de loop van de 18e eeuw verzanden de meeste waterwegen in het gebied en worden ze ingepolderd. De kernen van West Zeeuws-Vlaanderen verliezen in deze periode daardoor hun havenfunctie en daarmee een deel van hun handelsfunctie. Dit maakt West Zeeuws-Vlaanderen zoals het op dit moment nog in hoofdlijnen is. Bijzondere waterelementen in het gebied vormen de vesten en grachten die onderdeel uitmaken van de voormalige verdedigingswerken als wallen en forten. Daarnaast zijn in het verleden, op plaatsen waar het slootwater te zout was om te drinken, veedrinkputten gegraven.

De grotere, slechts gedeeltelijk dichtgeslibde kreken hebben veelal nog steeds een functie in het afwateringssysteem. Kenmerkend voor de inpolderingen waren de problemen van de bestaande polders ten aanzien van de afwateringsmogelijkheden, die ontstonden als gevolg van de komst van nieuwe polders benedenstrooms. De oudste bedijkingen zijn namelijk lager gelegen (0,5 tot 1,0 meter + NAP) dan de later op de zee gewonnen polders (1 tot 1,5 meter + NAP). De verlandde, grote stroomgeulen zoals de Passageule hebben een nog hogere ligging (1,5 tot 2 meter + NAP).

2.3 Huidige oppervlaktewatersysteem

De waterhuishouding in West Zeeuws-Vlaanderen wordt net als in de rest van Nederland in grote mate bepaald door de aanvoer van water via neerslag en kwel en de afvoer door de uitslag van water via sluizen en gemalen. Het watersysteem van West Zeeuws-Vlaanderen spreidt zich in hoofdzaak uit tot het gebied van het voormalig waterschap 'Het Vrije van Sluis". Het gebied heeft een omvang van circa 30.000 ha. De voor de afwatering van het gebied meest belangrijke waterlopen, de planleidingen of primaire waterlopen hebben een totale lengte van 4.700 kilometer (van de in totaal 2.000 kilometer in het gebied aanwezige waterlopen).

Door ontginning en inpoldering is sprake van een minder natuurlijk watersysteem: de bestaande hoofdwaterlopen liggen veelal in de hoogst gelegen polders. De Passageule vormt de hoofdwaterloop van het gebied. Deze voormalige kreek verbindt het gemaal bij Cadzand-Bad met de afwateringssluis in Biervliet bij Nol Zeven. In de winter ligt de waterscheiding van de Passageule tussen IJzendijke en Oostburg ter hoogte van Waterlandkerkje. In de zomer is geen openverbinding aanwezig.

In West Zeeuws-Vlaanderen zijn vier hoofdafwateringseenheden te onderscheiden. Onder een hoofdafwateringseenheid wordt het stroomgebied verstaan dat afwatert via een gemaal of sluis. De vier gebieden zijn:

1. Cadzand: circa 13.825 hectare. Het polderwater loost via de uitwateringssluis en het gemaal te Cadzand-Bad. Het gebied beslaat in grote lijnen het oude land van Cadzand, het gebied ten zuiden van Oostburg en ten westen van Waterlandkerkje;
2. Nieuwe Sluis: circa 4.170 hectare. De afwatering vindt plaats via het gemaal te Nieuwe Sluis. Deze eenheid ligt ten oosten van het oude land van Cadzand;
3. Nummer Een: circa 4.460 hectare. Het gemaal is gelegen te Nummer Een. Het gebied bestaat voor een groot deel uit de Prins Willems- en de Oranjepolder;

4. Nol Zeven: circa 6.600 hectare. De afwatering vindt plaats door de uitwateringssluis te Nol Zeven. In perioden dat dit gebied niet vrij kan afwateren wordt de afwatering gereguleerd door het gemaal te Cadzand-Bad. Een deel van de Passageule en de ten westen van Biervliet gelegen polders behoren tot deze afwateringseenheid.

Op 20 mei 1840 werd een waterakkoord gesloten tussen België en Nederland met betrekking tot de afwatering van Vlaanderen. Op dit moment wordt op kleine schaal water uit België ontvangen in het hoofdafwateringsgebied Cadzand. Daarnaast vindt uitwisseling van water plaats in het hoofdafwateringsgebied Nol Zeven. De afwateringsgebieden binnen het gebied Cadzand zijn aangegeven in de bijlage. In dezelfde bijlage zijn tevens de peilen aangegeven ten opzichte van NAP (zomer- en winterpeil).

2.4 Grondwatersysteem

Binnen het regionale grondwatersysteem staat een deel van Zeeuws-Vlaanderen onder invloed van de aanvoer van zout water uit deels oude afzettingen en deels uit de Westerschelde en de Noordzee. Boven op dit systeem zijn kleinere sub-regionale systemen aanwezig die brak tot zoet zijn. Het zuidelijk van Aardenburg gelegen dekzandgebied heeft een watervoerend pakket met zoet grondwater. In delen van dit gebied is geen deklaag aanwezig op plaatsen meer dan tien meter dik. In de overige gebieden bedraagt de deklaag tot maximaal vijf meter, waarbij deze in vooral het afwateringsgebied Nummer Een tot tien meter dikte kan zijn. In West Zeeuws-Vlaanderen wordt een watervoerend pakket aangetroffen en dus geen scheidende lagen. Dit watervoerend pakket ligt op circa twintig meter beneden NAP in het zuiden en oosten van West Zeeuws-Vlaanderen tot circa 30 meter beneden NAP in het westelijk deel.

In het grondwaterbeleidsplan van de provincie komt naar voren dat vooral ten noordwesten van de Passageule er een redelijk opwaarts gerichte stroming is als gevolg van het verschil in het polderpeil en de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. In de rest van het gebied is er sprake van een licht opwaarts tot een licht neerwaarts gerichte stroming.

2.5 (Water)bodemkwaliteit

De huidige waterbodemkwaliteit van het uitwateringskanaal en de overige watergangen is goed te noemen (klasse 0,1,2). Uitgebaggerd materiaal mag op de slootkanten worden gezet. De landbodemkwaliteit is waarschijnlijk goed, op twee locaties na, waar een voormalige stortplaatsen aanwezig is. De ligging van deze stortplaatsen is aangegeven op de kaart in de figurenbijlage.

2.6 Ligging regionale waterkeringen

In het gebied ligt nog een aantal regionale waterkeringen, die functioneren als secundaire waterkering. De functie van dit keringenstelsel dient behouden te blijven. Het tracé van de regionale keringen loopt over de spuisluis de Driekoker.

2.7 Knelpunten

Het huidige watersysteem van West Zeeuws-Vlaanderen kent een aantal knelpunten. Deze zijn zowel van kwalitatieve (verzilting, eutrofiëring) als van kwantitatieve aard (verdroging, wateroverlast).

Verdroging
Als gevolg van ingrepen in het watersysteem is er sprake van grondwaterstanddalingen, vochttekorten en verandering van kwelintensiteiten. Onder verdroging wordt in het algemeen de ongewenste effecten van deze ingrepen verstaan. Met name in natuurgebieden (in dit gebied de oude graslandgebieden, kreekbegeleidende gras –en oeverlanden en inlagen) wordt verdroging ervaren als een probleem. Ook in enkele landbouwgebieden zijn verdrogingsverschijnselen merkbaar. Dit kan zich in de kustzone uiten in de vorm van toename van zoute kwel. In de zuidelijke delen van West Zeeuws-Vlaanderen treedt droogteschade op. Dit heeft verminderde opbrengsten tot gevolg. Vooral de dekzandruggen en plaatgronden zijn droogtegevoelig.

Wateroverlast
Ondanks de bergingsmogelijkheden in het waterlopenstelsel is er in de afgelopen jaren ook in West Zeeuws-Vlaanderen sprake geweest van wateroverlast. Extremen in neerslaghoeveelheden zoals in najaar 1998 kunnen door het watersysteem nooit volledig worden opgevangen. Het gevolg is overstroming van gebiedsdelen. Structuurbederf van de bodem leidt tot verstoorde opname van water, zuurstof en voedingsstoffen door de wortels van de gewassen. De opbrengsten van de landbouwpercelen kunnen als gevolg van wateroverlast aanzienlijk lager zijn. Wateroverlast in verstedelijkte gebieden kan daarnaast hinderlijk zijn voor het openbare leven of waterschade opleveren aan gebouwen.

Verzilting
Het chloridegehalte van het oppervlaktewater beïnvloedt het voorkomen van aquatische organismen en het functioneren van het ecosysteem. Daarnaast is het chloridegehalte bepalend voor de geschiktheid van oppervlaktewater voor agrarisch gebruik of de bereiding van drinkwater. De chlorideconcentraties variëren sterk door het jaar heen. In de winter zijn, als gevolg van verdunning door neerslag, de concentraties lager dan in de zomer. De concentraties zijn daarnaast in de kuststreek, als gevolg van zoute kwel en brakke grondwatervoorraden, hoger dan in de dekzandgebieden. Verzilting wordt met name door de landbouw als knelpunt ervaren. Diversificatie in producten is vaak niet mogelijk, omdat de mogelijkheid voor beregening met zoet water ontbreekt. Het waterschap heeft een terughoudend beleid ten aanzien van onttrekkingen uit het oppervlaktewater ten behoeve van beregening in de landbouw. Dit vanwege het onttrekken van met name zoet water aan het watersysteem. De onnatuurlijke verschillen in chloridegehalten als gevolg van versnelde afvoer van neerslag is in natuurgebieden een van de oorzaken van een minder optimale ontwikkeling van de ecosystemen.

Eutrofiëring
Bemesting van landbouwpercelen, maar ook de aanvoer van voedselrijk water uit België en plaatselijke lozingen (gedeeltelijk gezuiverd) rioolwater en nalevering uit voedselrijke sliblagen leidt tot eutrofiëring van het oppervlaktewater. Algenbloei, het zeer snel vermenigvuldigen van bepaalde soorten algen, heeft over het algemeen zuurstoftekort tot gevolg. Afsterven van onderwatervegetaties en onderwaterfauna is vaak het gevolg: een onaantrekkelijke 'groene soep' blijft over. Met name in natuur –en recreatiegebieden wordt

dit als een knelpunt ervaren. In natuurgebieden heeft eutrofiëring over het algemeen een verarming van de natuurwaarden tot gevolg door onder meer een vergaande uniformiteit van de begroeiing en een sterke achteruitgang van de waterfauna. Hoewel er meestal geen gezondheidsrisico's aan verbonden zijn, nodigt eutroof water over het algemeen niet uit tot recreëren. Dit algemene probleem is in dit kader geschetst en geldt op een aantal plaatsen in Zeeuws Vlaanderen. In WestZeeuws Vlaanderen zijn geen ernstige problemen met eutrofiëring.

3 AUTONOME ONTWIKKELING (REFERENTIE-ALTERNATIEF)

3.1 Ontwikkelingen tot 2005 los van 'Sluis aan Zee!'

De autonome ontwikkeling en verwachte situatie tot 2005 is kortweg als volgt te schetsen:

- Er worden geen wateraanvoermogelijkheden gerealiseerd. Het gebied is dus in droge perioden voor de wateraanvoer afhankelijk van neerslag;
- De waterhuishoudkundige inrichting is en blijft er op gericht, dat zout water zo veel mogelijk buiten moet worden gehouden en er zo veel mogelijk brak tot zout oppervlaktewater door middel van doorspoelen zoet moet worden gehouden. De zoete natuur- en milieupotenties zijn belangrijk;
- Er ligt een aantal voormalige stortplaatsen in en nabij het kanaal (zie bijlage 4). Deze zijn bij Provincie Zeeland aangemeld als mogelijke saneringslocaties. Voor de stortplaatsen nabij het afwateringskanaal (de nummers 900, 901,902 en 908) geldt dat uit de uitgevoerde verkenningen en monitoring-ronden blijkt dat er geen noodzaak wordt gezien de stortplaatsen te saneren. In enkele gevallen (nr. 900) zijn in het grondwater verhoogde concentraties chroom gevonden, die mogelijk te verklaren zijn uit de reeds aanwezige achtergrondwaarden. Bovendien zijn bij twee stortplaatsen (900 en 908) de afdeklagen te dun.
- Voor 2005 is geen capaciteitsvergroting van het gemaal voorzien, hoogstens renovatie van het huidige elektromechanisch gedeelte. Er wordt momenteel gestudeerd op mogelijk extra water uit België, maar voorshands wordt hier geen rekening mee gehouden. De kwaliteit van dit water is slecht te noemen (eutroof);
- De wateroverlastsituatie is onderzocht en weergegeven in de watersysteemanalyse. Deze analyse geeft geen aanleiding om naar extra bergingsmogelijkheden te zoeken. De maximale waterstanden, die worden verwacht en zijn berekend geven hier geen aanleiding toe.

3.2 Ingrepen in het gebied: te maken keuzes

In het gebied wordt als gevolg van 'Sluis aan Zee!' de waterhuishouding en de bodem beïnvloedt. Deze beïnvloeding is kortweg als volgt te duiden: er wordt een scheepvaartkanaal gerealiseerd met een nieuw te graven jachthaven. Door het schutten treedt verzilting op van het oppervlaktewater, dat invloed kan hebben op het omliggende grondwater in het (overwegend) landbouwgebied. Voorts is de keuze van het peil van scheepvaartkanaal, dat ter plaatse van het bestaande afwateringskanaal wordt gerealiseerd van belang.

Keuze peil en gevolgen
Gekozen is voor hetzelfde peil als nu, omdat een studie naar de afwateringscapaciteit in samenhang met de kans op wateroverlast heeft opgeleverd, dat in een situatie met een herhalingstijd van 25 jaar, de piekwaterstanden nog net aan de aangelegde criteria voor wateroverlast voldoen. Zie bijlage 2, waarin de piekwaterstanden in het afwateringskanaal zijn aangegeven. Met andere woorden: gegeven de autonome ontwikkeling, dat de gemaalcapaciteit bij Cadzand-Bad niet wordt vergroot en dat in de afwateringssituatie wezenlijk niets zal veranderen, zal de huidige peilkeuze in het afwateringskanaal gehandhaafd moeten blijven.

Om een vrije doorvaart naar de jachthaven te garanderen ligt het voor de hand het zuidelijk deel van het afwateringskanaal dat nu een hoger peil heeft een lager peil te geven, gelijk aan het noordelijk deel van het afwateringskanaal. De stuw Driekoker dient verplaatst te worden naar het zuiden, om de peilscheiding, die door de Driekoker wordt bewerkstelligd voor het zuidelijk gebied te handhaven.

Gevolg van bovenstaande (belangrijke) keuze voor het peilregime in het scheepvaartkanaal en jachthaven is, dat om de gewenste diepgang te behalen het bestaande afwateringskanaal zal moeten worden uitgebaggerd en de bodemweerstand die eventueel in de loop der tijd is ontstaan wordt verstoord.

Bovendien zal het zuidelijk deel van het afwateringskanaal een lager peil krijgen dan de omgeving. Ook het nieuw te realiseren deel en de jachthaven krijgt een lager peil dan de omgeving, waardoor verdroging in de omgeving ontstaat. Om de effecten te beperken, zal al het oppervlaktewater, dat afwatert op het afwateringskanaal door middel van stuwen worden afgescheiden van het kanaal. Hierdoor ontstaat in het peilgebied zelf geen verlaging van de oppervlaktewaterstand en de daarmee gepaard gaande verdrogingseffecten. Ook daar waar de nieuw te realiseren jachthaven bestaande watergangen en/of greppels doorkruist, zullen deze ook worden gescheiden van de rest van het oppervlaktewater (door middel van stuwen).

Verplaatsing stuw Driekoker en gevolgen voor regionale keringen
Het feit dat de stuw Driekoker verplaatst wordt, terwijl daar nu het huidige tracé van regionale waterkeringen overheen loopt, heeft tot gevolg dat of ter plaatse van de Driekoker een keersluis moet worden gerealiseerd, of dat de regionale kering om het nieuw te realiseren oppervlaktewater (zuidelijk afwateringskanaal en jachthaven) heen moet komen te lopen. Gezien de lastige inpasbaarheid van het realiseren van een regionale kering langs het oppervlaktewater (de woon- en recreatiefunctie, die langs het nieuwe oppervlaktewater wordt gerealiseerd wordt belemmerd) is gekozen voor een keersluis ter plaatse van de Driekoker.
Een dergelijk te sluiten keermiddel kan worden gerealiseerd als een drijvende roldeur, die in een deurkas is geborgen. Een andere mogelijkheid is een drijvende caisson te realiseren die wordt afgezonken, of een traditionele keersluis met twee puntdeuren. Deze laatste optie heeft niet de voorkeur vanwege de beperking van de vaarbreedte.

De voorkeur gaat uit naar het op de plaats van de huidige Driekoker aanleggen van een nieuwe beweegbare kering. Deze kering zal in dagelijkse omstandigheden open staan en alleen gesloten worden, indien dit vanuit veiligheidsoverwegingen noodzakelijk is. De overspanning van deze kering wordt 9 meter met een kruinhoogte op NAP + 5 meter.

Er is een aantal opties om deze kering uit te voeren onderzocht:
- schotbalken: vanwege de benodigde grote overspanning valt deze variant af;
- zandzakken, die gebruikt kunnen worden om het kanaal te dichten: bij grote stroomsnelheden is dit niet geschikt en bovendien is dit arbeidsintensief en tijdrovend;
- caisson dat in de opening gedraaid kan worden: vanwege de waterkerende hoogte (5,50 meter en de breedte (9 meter) zal dit caisson fors moeten zijn (schatting ongeveer 4 à 6 meter). Hierdoor wordt deze kering niet makkelijk in te passen en te bedienen;
- keerdeuren: deze variant is duur, maar is wel het meest bedrijfszeker. Daarom is deze variant gekozen;

- balgstuw: hiervoor is het kanaal te smal. Bovendien is er (relatief) weinig ervaring met dit type kering.

De kering wordt ontworpen als twee keerdeuren die in een betonnen bak zijn gehangen. De keerdeuren kunnen bij gevaar in het kanaal gedraaid worden. Het principe en ontwerp is gebaseerd op het sluishoofd aan de landzijde van de schutsluis bij Cadzand-Bad. De enkelvoudige deuren kunnen verankerd worden zodat kering in beide richtingen mogelijk is.

De doorvaartbreedte is 9 meter en de constructie zelf zal 10.50 meter breed zijn. De constructie zal op palen gefundeerd worden. De kosten voor de kering zijn op basis van een globaal (voor)ontwerp begroot op € 0,5 miljoen.

Het uitwateringskanaal is nu een kanoroute. Ter plaatse van stuw de Driekoker is een kanooverstapplaats gemaakt. Bij de nieuwe stuw de driekoker dient dit ook gerealiseerd te worden.

4 EFFECTEN

1.1 Criteria voor de effectvergelijking

De verwachte effecten zijn kortweg de volgende, met tussen haakjes de richting waarin het effect werkt:

- Meer berging beschikbaar door het creëren van meer oppervlaktewater (positief);
- Meer kwel door verstoring bodemprofiel (afname bodemweerstand) (negatief);
- Meer verzilting oppervlaktewater (negatief of positief, afhankelijk van de gewenste natuurwaarden);
- Meer verzilting ondiep grondwater (negatief);
- Meer verzilting diep grondwater (negatief).
- verdroging door het instellen van een lager peil in een deel van het afwateringskanaal (negatief)
- Verdroging door het graven van de nieuwe jachthaven, met een lager peil, dan het oppervlaktewater in de omgeving (negatief).
- Effecten op waterkwaliteit door recreatievaart en mogelijk riooloverstorten in de jachthaven (negatief).

Criterium	Parameter voor meting effect
Berging	Oppervlakte en waterstandsdaling bij hoge afvoer
Kwel	Mm/ dag extra
Verzilting ondiep grondwater	Grootte in oppervlakte van de verspreiding
Verzilting diep grondwater	Grootte in oppervlakte van de verspreiding
Verdroging	Cm grondwaterstandsdaling
Invloed op waterkwaliteit	Geen, kwalitatieve beschrijving
Stijghoogte- en grondwaterstandsdaling	Zetting bodem, als gevolg van spanningsverhoging in slappe lagenpakket

In de nu volgende paragraaf worden de effecten zo kwantitatief mogelijk bepaald, om de ernst daarvan te kunnen nagaan.

4.2 Bepaling van de effecten

4.2.1 Algemeen

De bodem wordt direct beïnvloed doordat nieuwe kanaaldelen worden gegraven. Het is van belang dat inzicht bestaat in de huidige bodemkwaliteit. Daarnaast wordt mogelijk de waterbodemkwaliteit beïnvloed door een ander oppervlaktewaterregime en het effect op de waterkwaliteit. Een vervolgeffect van een ander oppervlaktewaterregime en een verandering in de waterkwaliteit zijn geohydrologische effecten. Doordat het systeem qua waterkwantiteit verandert (ander peilregime, andere oppervlaktewaterstanen) verandert ook de geohydrologie in de zone rondom het kanaal (meer/minder kwel en wegzijging). Met de verandering in de grondwaterstromen verandert mogelijk ook de grondwaterkwaliteit met de daarbij behorende invloed op de functies in de omgeving die mede afhankelijk zijn van een bepaalde grondwaterkwaliteit. Hierbij wordt met name gedacht aan het wankele evenwicht in dit gebied tussen het zoete en zoute grondwater, met name in de zone langs de Westerschelde, waar het oppervlaktewater nu ook al brak tot zout is. De functie landbouw is

hier bijvoorbeeld zeer afhankelijk van infiltrerende zoete neerslag. Een verandering in de kwelintensiteit kan verandering teweeg brengen in het zoet/zoutgrensvlak.

4.2.2 Berging

De aanleg van 'Sluis aan Zee!' zal een (positieve) verandering teweeg brengen wat betreft de berging van regenwater in het gebied. Bij de aanleg van nieuwe kanalen en een jachthaven verandert het bergend oppervlak in het gebied. Om het effect hiervan te beschrijven is uitgegaan van een situatie waarbij een landbouwkundige afvoer van 15 mm/dag optreedt. Door de toename in bergend vermogen te berekenen is een schatting te maken van het effect. Voor het stroomgebied van 'Sluis aan Zee!' wordt het volgende aangehouden:

- Cadzand; circa 13.825 hectare. Het polderwater loost via de uitwateringssluis en het gemaal te Cadzand-Bad. Het gebied beslaat in grote lijnen het oude land van Cadzand, het gebied ten zuiden van Oostburg en ten westen van Waterlandkerkje;

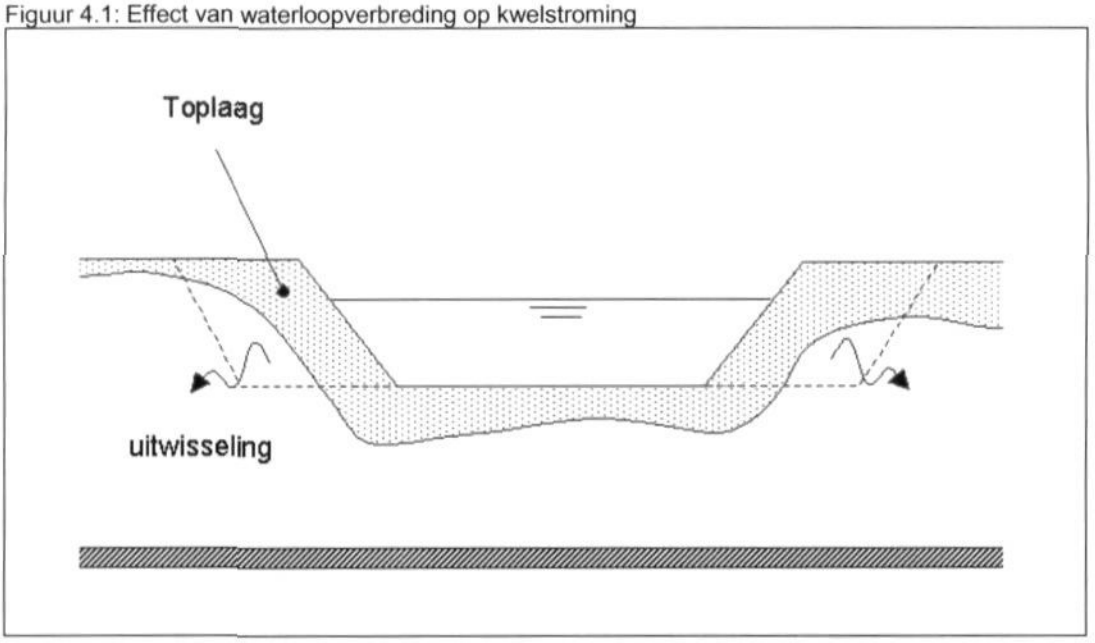
Uitgaande van de volgende gegevens valt een indicatieve berekening te maken:
- het stroomgebied omvat grofweg 140 km^2 (stroomgebied Cadzand);
- het nat oppervlak bedraagt circa 7 km^2 (5 % van het stroomoppervlak);
- de ingrepen ten aanzien van 'Sluis aan Zee!' vergroten het nat oppervlak met circa 0,5 km^2;
- de landbouwkundige afvoer van 15 mm/dag duurt 3 dagen en stroomt naar het oppervlaktewater.

Met deze gegevens kan worden becijferd dat in de huidige situatie een peilopzet (geen afwatering naar zee) van 315 mm per dag zal optreden. Indien 'Sluis aan Zee!' wordt gerealiseerd volgt met de bovenstaande gegevens een peilopzet van 337 mm. De bergingswinst die verkregen wordt door de aanleg van 'Sluis aan Zee!' bedraagt voor een zware regenbui dus orde 22 mm. Gezien de berekende piekwaterstanden is dit een aanzienlijk effect. Of de 22 m zich direct vertaalt in een afname van de piekwaterstanden hangt ook af van andere factoren, zoals de opeenvolging van buien en de mogelijkheid om tussendoor te kunnen spuien en het functioneren van het gemaal. Indien er door extra berging werkelijk 22 mm winst kan worden geboekt voor de piekwaterstanden, kan dit aanzienlijk worden genoemd (zie de piekwaterstanden in bijlage 2. De vergelijking tussen nu (huidige situatie) en 2050 (toekomstige situatie met zeespiegelrijzing) levert op dat mogelijk de effecten van zeespiegelrijzing voor een deel kunnen worden genivelleerd.

4.2.3 *Verandering grondwaterstroming (verandering kwel en infiltratie)*

Kwel vanuit het uitwateringsgebied naar omliggend gebied
De ingrepen ten gevolge van de aanleg van 'Sluis aan Zee!' kunnen een negatieve verandering hebben op de kwel in het gebied. Een verbreding van een kanaal kan een negatief effect hebben op de toestroming van grondwater naar de polder. Dit kan doordat de weerstand van de toplaag verminderd wordt door de verbreding.

Figuur 4.1: Effect van waterloopverbreding op kwelstroming



In de bijlage is een indicatieve berekening weergegeven van de toename in kwelstroom voor dwarsdoorsnede 1. Hieruit blijkt dat indien een kanaal van 25 meter breedte wordt verbreed met vier meter, waarbij de slecht doorlatende laag wordt verwijderd, de kwelstroom toeneemt met 400%, aangenomen dat het verschil tussen het kanaalpeil en het grondwaterpeil 0,5 meter bedraagt. In vele gevallen (in natte perioden) ligt de grondwaterstand hoger dan het oppervlaktewater, zodat geen lokale kwel optreedt vanuit het oppervlaktewater naar de omliggende gronden. Het verdient aanbeveling om bij verbredingen de diktes van de aanwezige slecht doorlatende laag in acht te nemen, en zonodig maatregelen te treffen. Dit kan enerzijds door een slecht doorlatende laag aan te brengen ter plaatse van de verbreding, anderzijds door het toepassen van een kwelscherm. Aan de hand van bodemkaarten van het gebied kan bepaald worden waar de slecht doorlatende toplaag onvoldoende dik is voor verbreding.

Hetzelfde effect valt te verwachten bij baggerwerkzaamheden waarbij door de slecht doorlatende laag wordt gebaggerd. Ook hier geldt dat afname van de bodemweerstand een toename in de kwelintensiteit kan veroorzaken, mits het oppervlaktewaterpeil hoger is dan de omliggende grondwaterstanden en stijghoogten in het watervoerend pakket. In paragraaf 4.2.4, verzilting grondwater is dit nader beschouwd. Het blijkt dat het oppervlaktewaterpeil lager ligt en altijd drainerend werkt.

Kwel Westerschelde – afwateringsgebied Cadzand

Indien het waterpeil op de Westerschelde hoger ligt dan de grondwaterstand aan de kust nabij Cadzand kan kwel optreden. Indien vergravingen worden uitgevoerd aan het uitwateringskanaal binnen het invloedsgebied van de Westerschelde kan de weerstand van de bovenste deklaag lokaal afnemen, met als gevolg een toename van de kwelstroom. De dikte van de toplaag aan de kust van Cadzand is enkele meters. Hierdoor bestaat het risico dat bij eventuele graafwerkzaamheden door de toplaag wordt heen gegraven. Het effect van weerstandvermindering van de bovenste laag op de kwelstroom wordt ter plaatse van het gebied nabij Cadzand aan de Westerschelde niet kwantitatief beschreven. Aangenomen mag worden dat het effect gering zal zijn.

4.2.4 Verzilting grondwater

Algemeen

Door het schutten van de sluis te Cadzand-Bad op het afwateringskanaal stroomt zout water het zoete kanaal binnen. Vooral in de zomermaanden kan dit een probleem opleveren omdat dan de combinatie kan worden verwacht van een lage afvoer als gevolg van regenwater en de grote aanvoer van zout water als gevolg van het vele schutten van recreatievaart. Volgens het deelrapport aanvullende informatie zeesluis is 40% van de zoutlast het gevolg van het nivelleren van de waterniveaus rond de sluis. De toename van het zoutgehalte in het oppervlaktewater heeft een effect op het grondwater. Het chloridegehalte van het oppervlaktewater beïnvloedt het voorkomen van aquatische organismen en het functioneren van het ecosysteem. Daarnaast is het chloridegehalte bepalend voor de geschiktheid van oppervlaktewater voor agrarisch gebruik of de bereiding van drinkwater. De chlorideconcentraties variëren sterk door het jaar heen. In de winter zijn, als gevolg van verdunning door neerslag, de concentraties lager dan in de zomer. De concentraties zijn daarnaast in de kuststreek, als gevolg van zoute kwel en brakke grondwatervoorraden, hoger dan in de dekzandgebieden. Verzilting wordt met name door de landbouw als knelpunt ervaren. Diversificatie in producten is vaak niet mogelijk, omdat de mogelijkheid voor beregening met zoet water ontbreekt. Het waterschap heeft een terughoudend beleid ten aanzien van onttrekkingen uit het oppervlaktewater ten behoeve van beregening in de landbouw, aangezien zoet water aan het watersysteem wordt onttrokken. De onnatuurlijke verschillen in chloridegehalten als gevolg van versnelde afvoer van neerslag is in natuurgebieden een van de oorzaken van een minder optimale ontwikkeling van de ecosystemen.

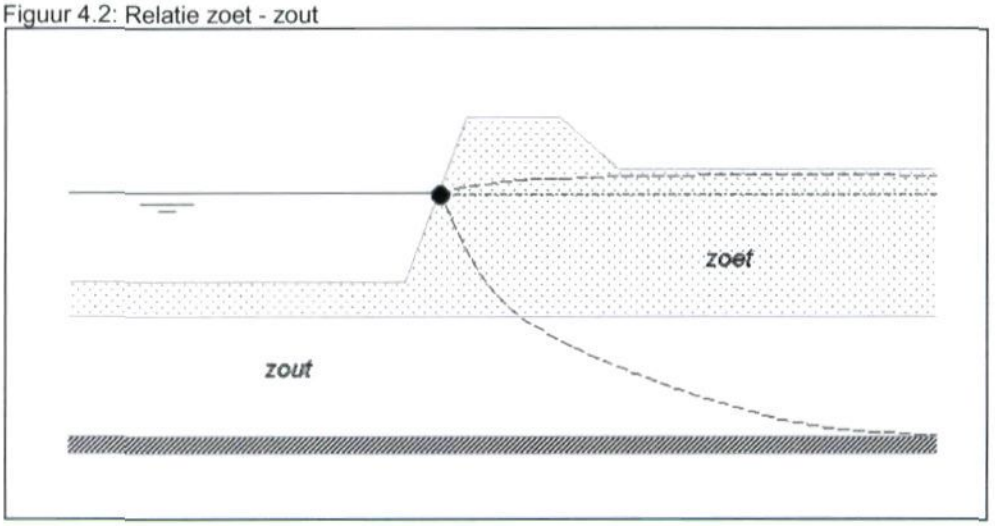
De mogelijke extra verzilting van de aanleg van ´Sluis aan Zee!´ is gerelateerd aan de zoutlast die de schutsluis bij Cadzand-Bad geeft voor het afwateringskanaal. De intrusie van zeewater vanuit de Westerscheldemonding zal niet beïnvloed worden, gezien de beperkte invloed van de ingrepen op de grondwaterstanden. Bovendien treden de grondwaterstandsveranderingen op relatief grote afstand tot de kust. Zodoende kan er van uitgegaan worden dat de grondwaterstanden niet significant dalen ten opzichte van het waterpeil op de Westerschelde en behoeft niet gevreesd te worden voor vergroting van de intrusie van zout water vanuit de Westerschelde(monding).

De hoogste zoutgehalten zullen optreden in de zomer in de sluiskolk en de gehalten zullen landinwaarts afnemen. Het maximale zoutgehalte in de sluiskolk blijft bij alle varianten onder de 20 g/l. Ter hoogte van de Zwinbrug komt het niet hoger dan 7 g/l. In de haven nog lager. De toename van het zoutgehalte in het oppervlaktewater heeft een effect op het grondwater indien de grondwaterstand lager is dan de oppervlaktewaterpeil en er zodoende oppervlaktewater in de grond infiltreert. Bij de vergelijking van de grondwaterstand en het oppervlaktewaterpeil moet in principe gecorrigeerd worden voor het dichtheidsverschil. Bij een waterdiepte van 4 meter en oppervlaktewater met een dichtheid van 1020 g/l en volledig zoet grondwater met een dichtheid van 1000 g/l bedraagt de correctie 4*1020/1000-4= 0,08m ofwel 8cm. Bij een geringere waterdiepte, lager zoutgehalte (=lagere dichtheid) in het oppervlaktewater en hoger zoutgehalte (=hogere dichtheid) in het grondwater is de correctie kleiner.

Eerste benadering: intrusie zout water in de ondergrond

In principe kan in het geval langdurig het water in het afwateringskanaal volledig zout is (wat een conservatieve aanname is) een stationaire berekening worden gemaakt, waarbij de zogenaamde intrusielengte van het zoute oppervlaktewater in de grond wordt berekend, afhankelijk van de doorlatendheid van die ondergrond en het peilverschil tussen grondwater en oppervlaktewaterpeil. In principe stelt zich een evenwicht in tussen zout grondwater in het watervoerend pakket en zoet ondiep grondwater. Het zoute water komt onder het zoete water te liggen. In principe is dit als volgt te schetsen.

Figuur 4.2: Relatie zoet - zout



De benadering om via de intrusielengte mogelijke verziltingseffecten voor landbouw te berekenen is conservatief, omdat het kanaal niet volledig zout wordt en er in werkelijkheid onvoldoende tijd is voor het instellen van het zoet-zout grensvlak. Bovendien is het de vraag of de grondwaterstand wel of niet gelijk of langer is dan het oppervlaktewaterpeil, waardoor werkelijk intrusie optreedt. Een benaderering van de intrusielengte heeft opgeleverd dat voor het ondiepe grondwater (tot 3 m) niet of nauwelijks effect wordt verwacht. De zone waarover zich mogelijke effecten kunnen verspreiden bedraagt maximaal 3 m.

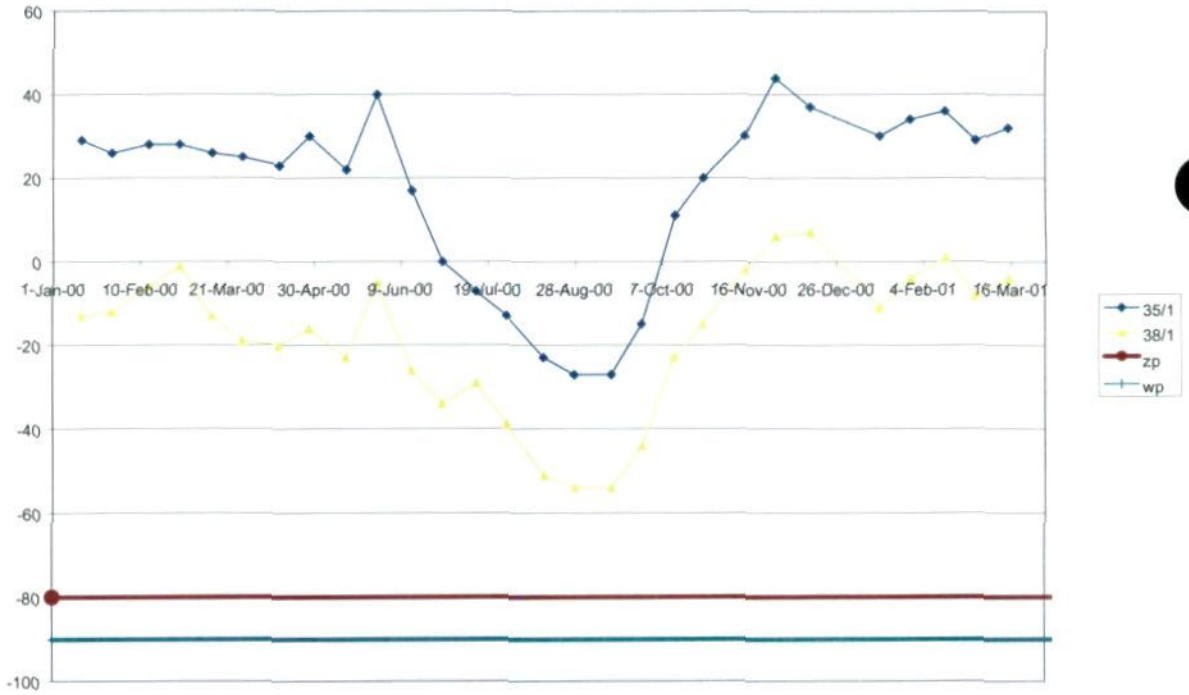
Nadere beschouwing grondwaterstanden en daaruitvolgende verziltingseffecten

In de zomer is het oppervlaktewaterpeil gelijk aan -0,8 m NAP. De grondwaterstanden uit het digitale archief van TNO-NITG (DINO) zijn geanalyseerd voor het onderzoeksgebied. Twee peilbuizen liggen in de buurt: 47H0035 en 47H0038.

Figuur 4.3: Locaties peilbuizen

De beschikbare waarden van 2000 en 2001 voor de bovenste filters van deze waarnemingsputten zijn uitgezet in de onderstaande grafiek.

Figuur 4.4: Beschikbare waarden



De tijdlijnen laten zien dat de grondwaterstanden in deze periode steeds ruim boven het oppervlaktepeil blijven, zelfs als de maximale dichtheidscorrectie van 8cm in ogenschouw wordt genomen.
Zodoende mag verwacht worden dat er zelfs in de zomer geen infiltratie op zal treden van het oppervlaktewater dat door de realisatie van 'Sluis aan Zee!' mogelijk zouter water zal zijn dan nu.

Bovendien zouden de gevolgen van deze infiltratie zeer gering zijn. Langs het hoofdkanaal van Cadzand-Bad naar het zuiden ligt het maaiveld meer dan twee meter hoger dan het kanaalpeil en zal het infiltrerende water niet door capillaire opstijging in de wortelzone terecht kunnen komen en de vegetatie of gewassen beïnvloeden.
De snelheid van indringen bij een verschil van 20 cm tussen oppervlaktewaterpeil en grondwaterstand zou 4 cm/d bedragen (zie bijlage). Bij een dergelijke snelheid zou het water in twee maanden slechts 2,6 m in de ondergrond dringen, zodat het niet eens onder het talud uit zou komen. Een dergelijk lage grondwaterstand is volkomen onrealistisch gedurende een zo lange periode, zodat het gevaar van verzilting vanuit het kanaal nihil is zelfs bij lage grondwaterstanden.
In de oostelijke tak van het afwateringskanaal zal relatief beduidend minder zout opdringen dan in de hoofdloop, doordat deze tak smaller en ondieper is (een zouttong in de hoofdloop zou dus onderlangs de ingang van de zijtak voorbij gaan), er geen waterbeweging door scheepvaart is, en er een aantal duikers is waar de breedte en diepte extra gereduceerd is.

4.2.5 Verdroging en effect op landbouw, natuur en zetting in de omgeving

Algemeen, afleiding verlagingscontouren, vertaling naar grondwaterstanden.
In het zuidelijk deel van het uitwateringskanaal wordt het peil gelijkgeschakeld met het benedenstroomse deel. Dit betekent dat het zomerpeil wordt verlaagd van NAP-0,80 m naar NAP-0,55 m. Deze verlaging van 0,25 m vertaalt zich als een maximale verlaging van de stijghoogte van 0,25 m. De verlaging van de stijghoogte in de praktijk zal minder zijn, vanwege de aanwezige bodemweerstand in het kanaal.

Daar waar de nieuwe jachthaven wordt gegraven wordt nieuw oppervlaktewater gecreëerd, dat in principe in contact staat met het watervoerend pakket. Voorshands wordt er uitgegaan van een bodem zonder aanvullende maatregelen in de vorm van folie of klei, dus het oppervlaktewater staat in contact met het grondwater in het watervoerend pakket.

De stijghoogte ter plekke van de jachthaven is (gebaseerd op de TNO-grondwaterkaart, weergave stijghoogten april 1982) ongeveer NAP. Uit het isohypsenbeeld is ook te halen, dat daar waar het uitwateringskanaal goed in contact staat met het watervoerend pakket de stijghoogte gelijk is aan het oppervlaktewaterpeil Een nieuw oppervlaktewater met een peil van NAP-0,8 m in de zomer, zal indirect dus een stijghoogteverlaging teweeg brengen van maximaal 0,8 m. Om te bepalen tot welke afstand deze stijghoogteverlaging zich uitstrekt is een principe-berekening in micro-fem (een stationair grondwaterstroom-model) bepaald. Bij deze berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De deklaag ontbreekt; dit geldt voor een beperkt gebied rondom Sluis (bron TNO-grondwaterkaart); in de omgeving is wel een deklaag aanwezig; voor de berekeningen is een gemiddelde weerstand van 100 dagen aangehouden;
- Het watervoerend pakket heeft een doorlatendheidsvermogen van 300 m^2/dag;

- Er wordt vanuit gegaan dat onder het watervoerend pakket zich een ondoorlatende basis bevindt.
- Er wordt uitgegaan van een (geringe) bodemweerstand van 1 dag; deze weerstand zal zich in de loop der tijd verder ontwikkelen tot hogere waarden.

De uitkomst van de principe berekening is als volgt:
De verlaging strekt zich uit over een gebied van maximaal 450 m rondom de haven (5 cm verlagingscontour). Dit is echter de verlaging in het watervoerend pakket. De invloed van de verlaging van de stijghoogte vertaalt zich indirect naar een verlaging van de grondwaterstand. Gezien de dunne deklaag en de daarmee samenhangende geringe weerstand is ingeschat dat de verlaging van de grondwaterstand ongeveer 70 % van de verlaging in het watervoerend pakket bedraagt.

Bovenstaande waarde is een worst-case benadering. Indien de grondwaterstand en stijghoogten zich gedeeltelijk al naar het oppervlaktewaterpeil hebben gericht en dus orde NAP-0,55 m bedragen, zou de maximale verlaging slechts 25 cm bedragen. Dit is niet geheel ondenkbaar, gezien het stijghoogteverloop dat in de twee peilbuizen is gevonden. Een micro-fem berekening met een dergelijke verlaging van de stijghoogte resulteert in een 5 cm contour op een afstand van 250 m ten opzichte van de haven.

In onderstaande tabel zijn de afstanden van de contouren ten opzichte van de rand van de nieuw te realiseren jachthaven en zuidelijk deel van het afwateringskanaal aangegeven. Hierbij wordt opgemerkt dat de grondwaterstandsverlaging orde 70 % van de stijghoogteverlaging bedraagt.

Maximale stijghoogte verlaging ten opzichte van de haven **Verlagingscontour stijghoogte**	**0,80 m**	**0,25 m**
5 cm verlagingscontour op een afstand van ....m	*450*	*250*
10 cm verlagingscontour op een afstand van .....m	*350*	*130*
25 cm verlagingscontour op een afstand van ...m	*150*	*n.v.t.*
50 cm verlagingscontour op een afstand van ...m	*70*	*n.v.t.*

De maximale contouren zijn weergegeven op bijgevoegde kaart (bij 0,8 m verlaging). (Bijlage 8).

Opmerking: de berekeningen en contouren zijn afgeleid in superpositie. De werkelijke invloed wordt mogelijk nog bepaald door grote oppervlaktewateren, die effecten kunnen verkleinen. Het peil van bestaand oppervlaktewater, dat contact heeft met het watervoerend pakket, kan effecten als verdroging tegengaan (het oppervlaktewater functioneert als het ware als infiltratiesloot). Een van de grote oppervlaktewateren in de buurt bij Sluis is de Damsche Vaart, met een peil van NAP+1,97 m. Deze vaart infiltreert dus in de omgeving. In welke mate is niet bekend; dit hangt af van de bodemweerstand.

Effect voor landbouw en natuur
Voor landbouw moet gegeven de verlagingen rekening gehouden worden met depressies; voor natuur mogelijk met verdroging. Uit de bodemkaart is te halen dat de grondwatertrappen in het gebied relatief hoog zijn: V of VI. Dit betekent dat de grondwaterstanden relatief laag liggen tot maximaal circa >1,20 m-mv. In het geval de grondwaterstand zich gemiddeld op een dergelijke grote diepte ten opzichte van het

maaiveld bevindt, zal de verlaging van de grondwaterstand gering zijn en zal het effect voor de landbouw in de vorm van extra landbouwdepressies ook gering zijn. Een nadere kwantificering is mogelijk met behulp van de zogenaamde Help-tabellen. De gronden die aanwezig zijn horen tot de poldervaaggronden (zeekleigronden met profielverloop 5).

De toename van de landbouwdepressie is slechts globaal bepaald. De volgende uitgangspunten zijn hiervoor genomen:
- De grondwaterstand bevindt zich op circa 1,60 m-mv (de GLG tussen grondwatertrap V en VI).
- De verlaging van de grondwaterstand is variabel; voor de berekening is een orde 0,15 m aangehouden als referentie; lokaal kunnen de depressieveranderingen dus hoger of lager zijn.

De depressietoename als gevolg van droogte bedraagt circa 4 %; de depressieafname als gevolg van wateroverlast bedraagt circa 3 %. Dit laatste houdt dus in dat in nattere perioden er bij een verlaging van de grondwaterstand minder depressie op zou treden. Deze nattere perioden zullen overeenkomen met de perioden dat het winterpeil wordt gehandhaafd; dit bedraagt voor het afwateringskanaal NAP-0,9 m. Dit betekent voor het zuidelijk deel ten opzichte ven het huidige situatie dat het peil slechts 0,1 m lager is. De verwachte 'winst' voor vernattings-schade is dus gering.

Het effect voor de natuur hangt af van het type natuur en de werkelijk te verwachten verlaging ter plaatse van de natuurwaarden. Dit wordt verder behandelt in de effectvoorspelling ecologie. Met name het gebied Zoute Vestje wordt beïnvloed. Hierbij moet wel worden bedacht dat dit gebied voor een deel relatief hoog boven het maaiveld ligt en de vegetatie slechts afhankelijk is van inzijgende neerslag, die door de realisatie van de jachthaven niet wordt beïnvloed.

Effect voor zettingen
De verlaging van de stijghoogte vertaalt zich in een spanningsverhoging in mogelijk zettingsgevoelige lagen. Beschouwingen van beschikbare bodemgegevens leveren op dat de deklaag mogelijk op punten bestaat uit zettingsgevoelige lagen. Indien de bebouwing in de omgeving met een verlaging van meer dan 1 m in het watervoerend pakket te maken krijgt, ontstaat mogelijk een risico op ontoelaatbare zettingen in de deklaag, die voor bebouwing problemen oplevert. Gezien het feit dat de verlaging niet meer dan 0,8 m ten opzichte van de huidige stijghoogten is, zal dit effect dus nagenoeg niets zijn.

4.2.6 Effect op oppervlaktewaterkwaliteit

De waterkwaliteit zal zich richten op de waterkwaliteit zoals deze in dit gebied nu aanwezig is. Dit is echter de waterkwaliteit zoals deze zich gegeven het huidige landgebruik instelt. Door de realisatie van Sluis aan Zee zijn de volgende effecten te verwachten:

a. Het oppervlaktewater wordt zouter;
b. Er treedt mogelijk vervuiling op door de recreatievaart;
c. Door bebouwing langs het nieuw te realiseren vaarwater zullen mogelijk ook riooloverstorten worden geplaatst, die lozen op het water.

Ad a.
Dit effect is ingeschat en aangegeven in de analyse met betrekking tot de schutsluis.

Ad b.
Vervuiling door recreatievaart kan door diverse maatregelen worden tegengegaan.

Om waterverontreiniging met toilet- en bilgewater te voorkomen kan een inzamelstation voor vuilwater worden gerealiseerd. Dit inzamelstation voert het afvalwater af naar de riolering en vervolgens naar de zuivering. In nieuwbouwschepen worden overigens vaak al vuilwatertanks ingebouwd. Aangezien voorkomen beter is dan genezen, dient gebruik van sanitaire faciliteiten op de wal gestimuleerd te worden.

Hoewel koper- en tinhoudende antifoulings niet langer gebruikt mogen worden in de recreatievaart, zijn er tot nu toe nog weinig alternatieven. Koper-, tin- en biocidevrije coatings geven nog niet geheel bevredigende resultaten. In de jachthaven zouden voorzieningen gecreëerd kunnen worden om aangroei mechanisch te verwijderen.

Ook een tankstation (met tevens schone brandstoffen) in de haven voorkomt negatieve effecten op de waterkwaliteit. Het voorkomt extra vaarbewegingen en morsingen door het gebruik van jerrycans.

Tot slot kan vervuiling gedeeltelijk voorkomen worden door de verkoop van milieuvriendelijke producten in de haven, zoals milieuvriendelijke schoonmaakmiddelen, biologisch afbreekbare smeermiddelen, onschadelijke antivries, PV-panelen, enzovoort.

Ad c.
Eventuele overstorten van riool dienen aan lozingsnormen te voldoen, waardoor oppervlaktewaterkwaliteit gegarandeerd is.

BIJLAGEN

Bijlage 1:	Meetpunten waterstanden
Bijlage 2:	Topografische kaart
Bijlage 3:	Ligging regionale waterkeringen
Bijlage 4:	Ligging voormalige regionale stortplaatsen
Bijlage 5:	Dikte deklaag
Bijlage 6:	Bodemkaart
Bijlage 7:	Afwateringseenheden met zomer- en winterpeilen
Bijlage 8	Verlagingscontouren

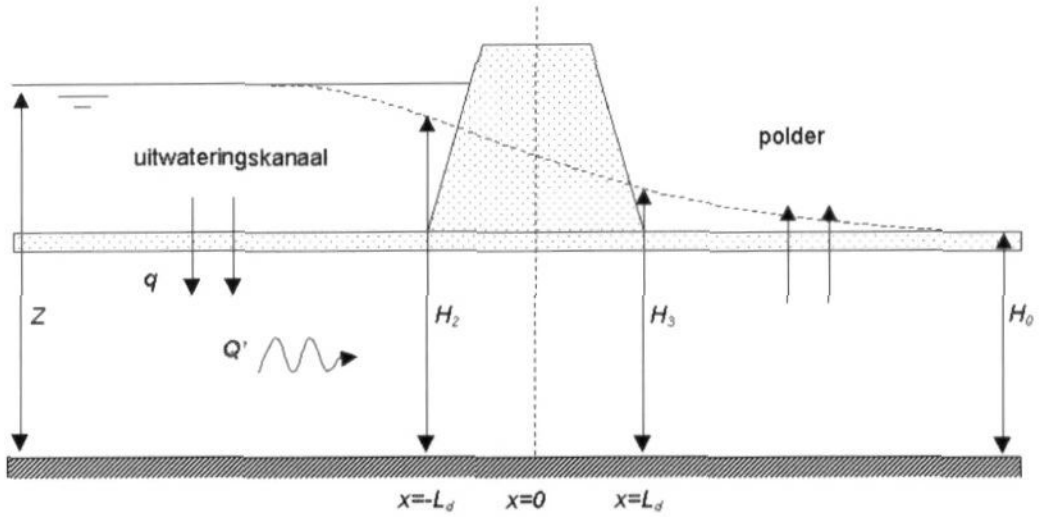
Bijlage 1: Meetpunten waterstanden
Bron: Waterschap Zeeuws Vlaanderen

Berekende waterstanden										
	T=1		T=10		T=25		T=50		T=100	
	HS	2050	HS	2050	HS	2050	HS	2050	HS	2050
11450	-0,51	-0,48	-0,17	-0,07	-0,09	-0,01	0,01	0,10	0,12	0,23
11460	-0,53	-0,50	-0,19	-0,10	-0,12	-0,03	-0,02	0,07	0,09	0,20
11480	-0,54	-0,51	-0,20	-0,11	-0,12	-0,04	-0,03	0,07	0,08	0,19
12150	-0,58	-0,55	-0,22	-0,13	-0,14	-0,06	-0,05	0,05	0,07	0,18
12190	-0,62	-0,59	-0,26	-0,16	-0,17	-0,09	-0,07	0,02	0,04	0,15
12240	-0,64	-0,62	-0,28	-0,18	-0,20	-0,11	-0,09	0,00	0,02	0,13
12241	-0,64	-0,63	-0,29	-0,19	-0,20	-0,11	-0,10	0,00	0,02	0,13
12242	-0,66	-0,66	-0,32	-0,21	-0,22	-0,14	-0,13	-0,02	0,00	0,11
12243	-0,68	-0,68	-0,34	-0,23	-0,24	-0,16	-0,15	-0,04	-0,02	0,09
12320	-0,69	-0,69	-0,36	-0,25	-0,26	-0,18	-0,17	-0,06	-0,04	0,07
13330	-0,70	-0,71	-0,37	-0,25	-0,26	-0,18	-0,17	-0,07	-0,05	0,06
13340	-0,71	-0,71	-0,37	-0,25	-0,26	-0,18	-0,17	-0,07	-0,05	0,05

Uitgangspunt is de stromingsvergelijking voor een afgesloten aquifer, waarin wordt uitgegaan van een stationaire situatie; ($\partial H/\partial t$ =0) bovendien wordt de polder en het meer over grote lengte parallel verondersteld; ($\partial H/\partial y$ =0). Figuur B1 schetst de situatie. De volgende variabelen worden gebruikt:

Symbool	Omschrijving	Eenheid
H_0	polderpeil	m NAP
H_k	kanaalpeil	m NAP
φ	stijghoogte	m NAP
Q'	flux per eenheid breedte richting uitwateringskanaal	m^2/d
q	flux (Darcy)	m/d
D	dikte aquifer	m
k	doorlatendheid aquifer	m/d
c	weerstand deklaag polder	d
w	weerstand kanaalbodem	d
T	transmissiviteit aquifer (doorlaatvermogen = k*D)	m^2/d
λ	lekfactor = $\sqrt{(cT)}$	m
λ_w	lekfactor = $\sqrt{(wT)}$	m

Figuur B1: Situatieschets



Wet van Darcy:

$$q = -k\frac{d\varphi}{dx} \qquad (1)$$

Verticale flux:

$$q_v = \frac{H_0 - \varphi}{c} \qquad (2)$$

Voor de polder en voor het kanaal:

$$q_v = \frac{H_k - \varphi}{w} \qquad (3)$$

Continuiteit:

$$D\frac{dq}{dx} = q_v \tag{4}$$

Combineren van deze vergelijkingen leidt tot een differentiaalvergelijking met de volgende algemene oplossing:

$$\varphi = H + Ae^{-x/\lambda} + Be^{+x/\lambda} \tag{5}$$

Waarin A en B constanten zijn en het peil H en de invloedslengte λ betrekking hebben op of de polder of het kanaal.
Als we veronderstellen dat onder de oever van het kanaal de stijghoogte gelijk is aan het gemiddelde van het kanaalpeil en het polderpeil krijgen we als flux onder de oever:

$$q = \frac{k}{\lambda_p}\frac{H_k - H_0}{2} \tag{6}$$

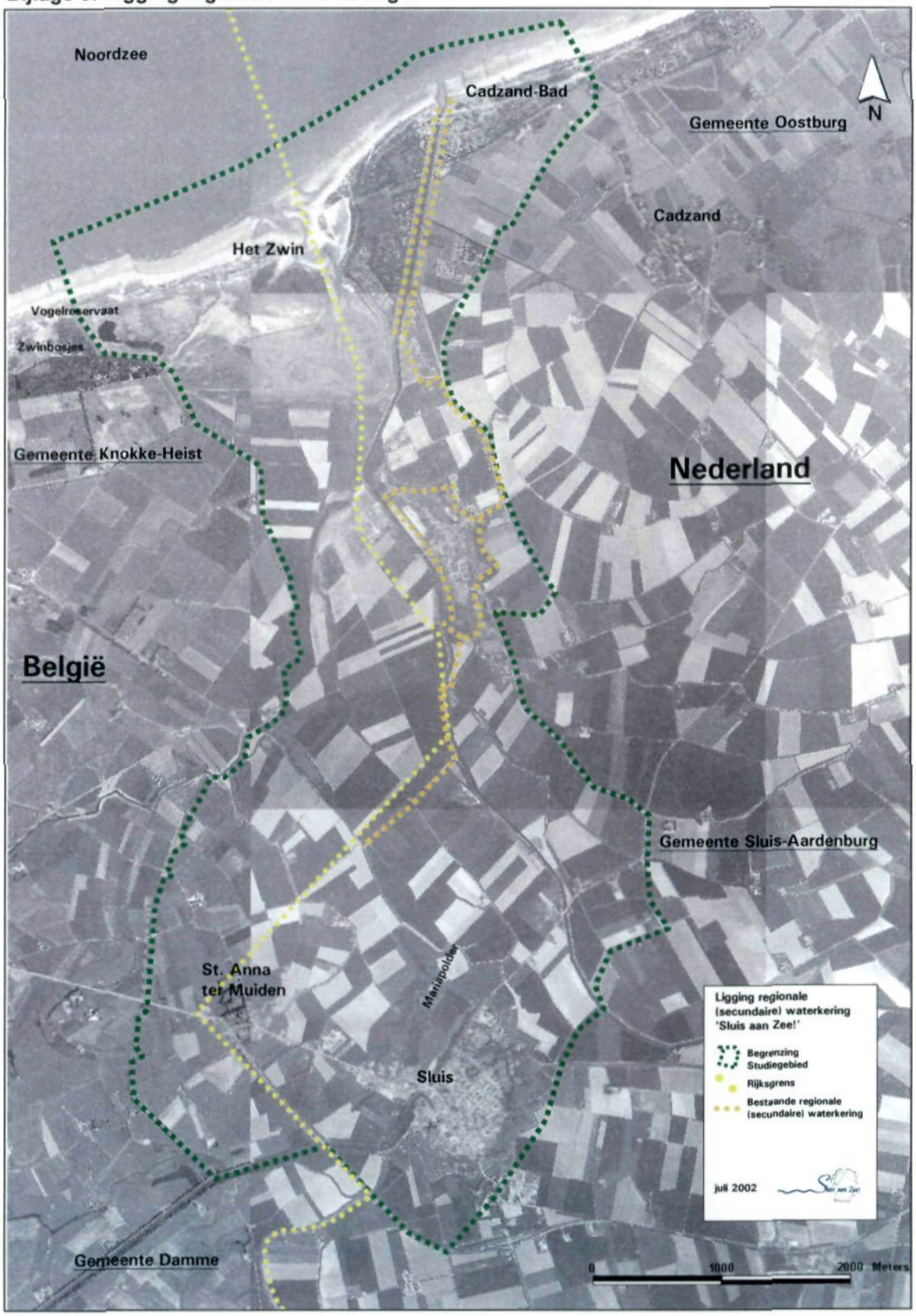
De grondwatersnelheid wordt naast dit specifiek debiet bepaald door de porositeit *n*:

$$v = \frac{q}{n} \tag{7}$$

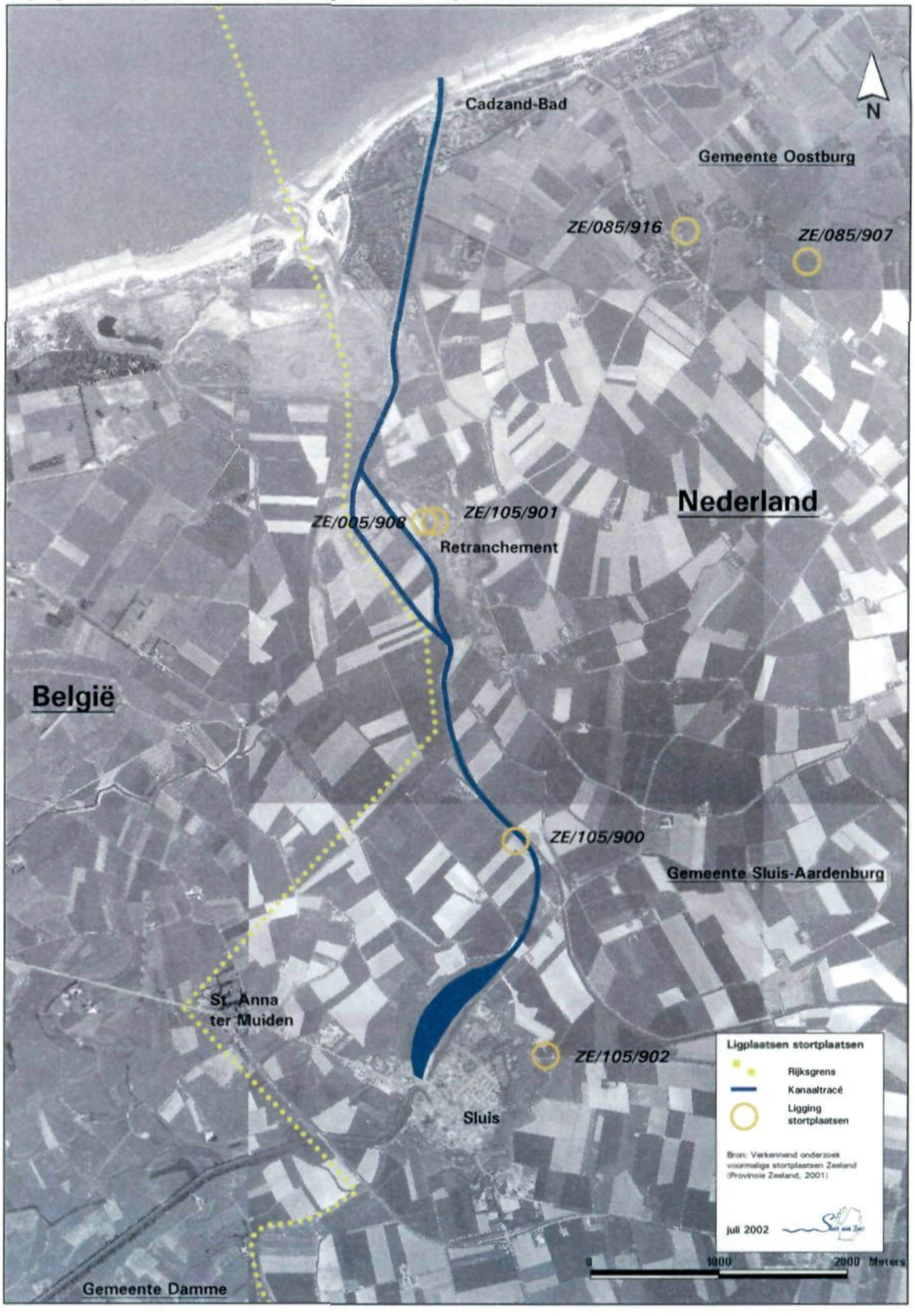
Bij representatieve waarden voor de doorlatendheid van k=15m/d, invloedslengte =100m, porositeit n=0,35 betekent dit een grondwatersnelheid van 0,04 m/d bij een onwaarschijnlijk groot verschil van Hk-H0=0,2 meter.

Bijlage 2: Topografische kaart

Bijlage 3: Ligging regionale waterkeringen

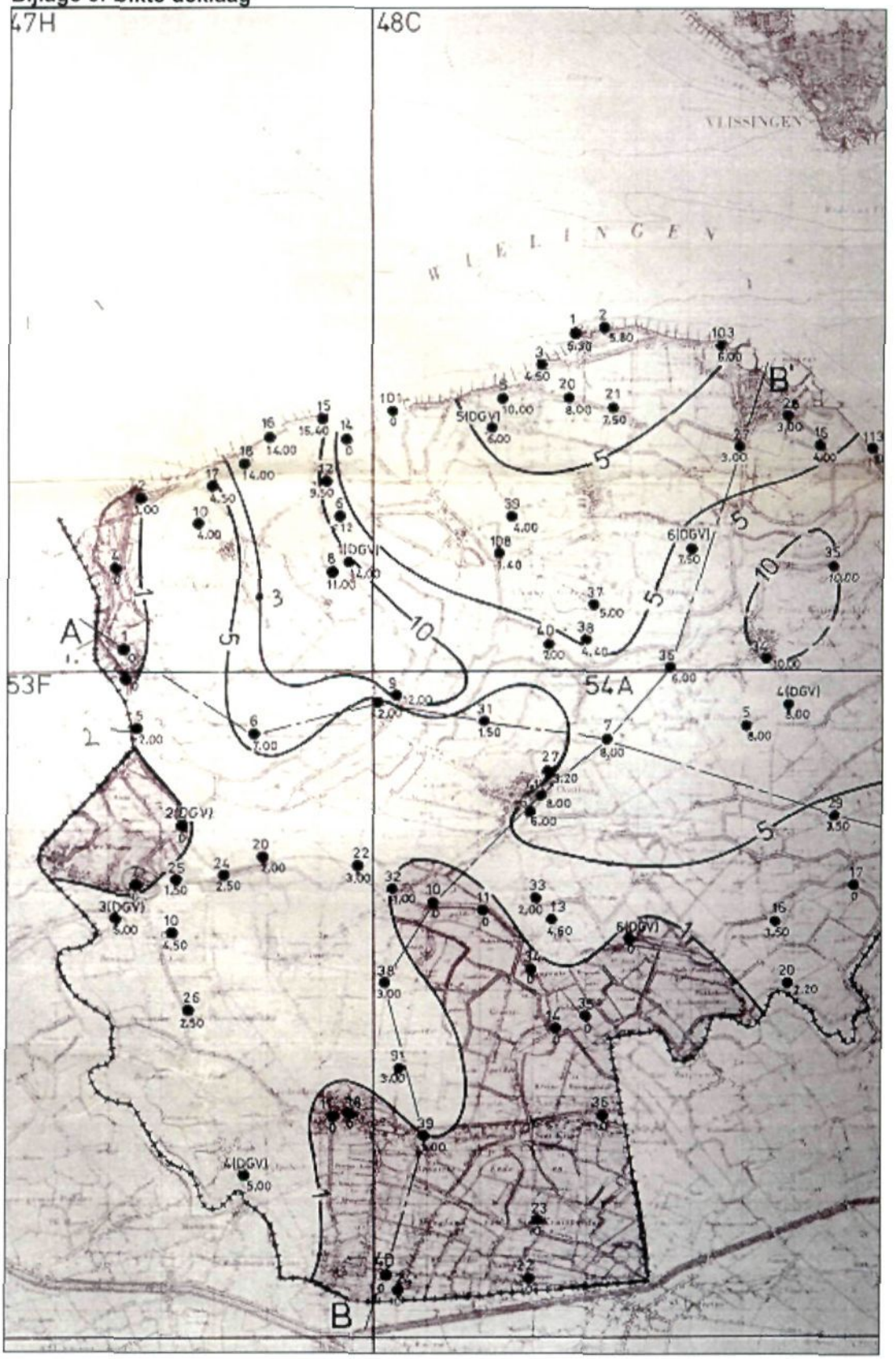


Bijlage 4: Ligging voormalige regionale stortplaatsen



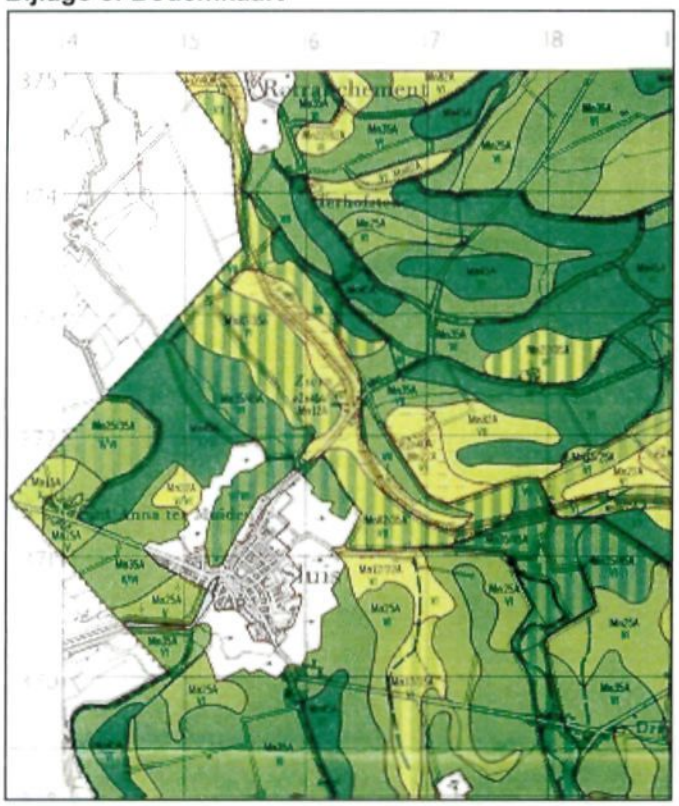
ROYAL HASKONING

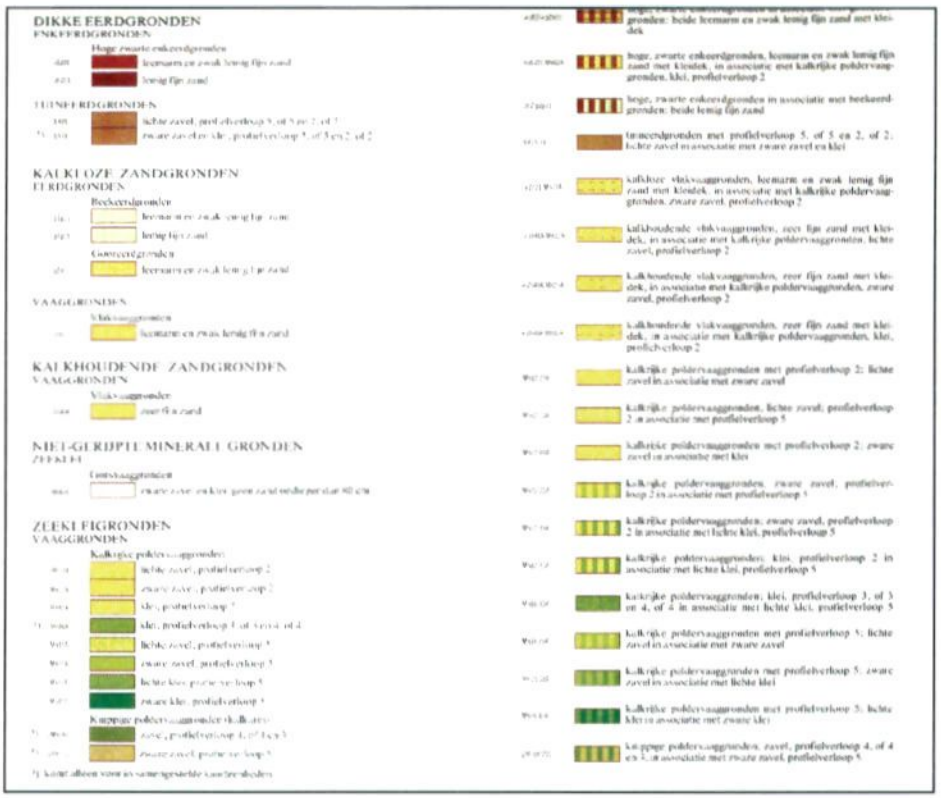
Bijlage 5: Dikte deklaag



Bron: TNO grondwaterkaart, z.j.

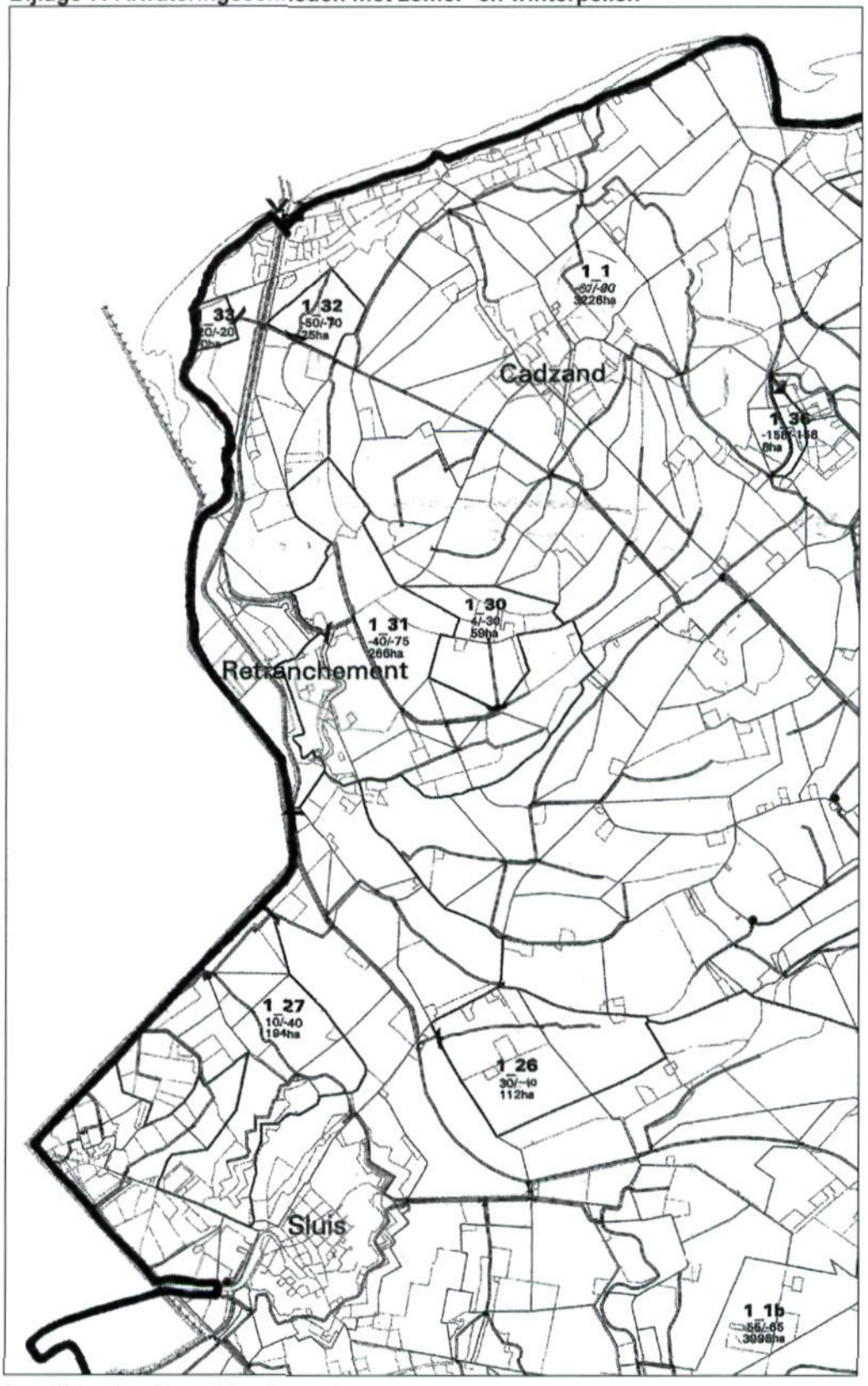
Bijlage 6: Bodemkaart





Bron: Stiboka, z.j.

Bijlage 7: Afwateringseenheden met zomer- en winterpeilen



Bron: Waterschap Zeeuws Vlaanderen, z.j.

ROYAL HASKONING

Bijlage 8: Verlagingscontouren