

742-46



Uitbreiding waterwinning Solleveld

**Milieu-effectrapport
Achtergronddocument**

KOA 99.096

Uitbreiding waterwinning Solleveld

*Milieu-effectrapport
Achtergronddocument*

Opdrachtgever
NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland

Opdrachtnummer
30.2433.010

Auteur
ir M.H. Zwamborn en ir J.H. Peters

Afdeling
Kenniscgroep Hydrologische Processen

Nieuwegein, april 2000

Kiwa N.V.
Onderzoek en Advies
Groningehaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl

©2000 Kiwa N.V.
Niets uit dit drukwerk mag verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijk toestemming van Kiwa N.V., noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING BIJ DIT ACHTERGRONDDOCUMENT	1
2	LANDSCHAPPELIJKE BESCHRIJVING SOLLEVELD.....	3
	2.1 Ligging van Solleveld	3
	2.2 Eigendom, pacht en beheer	4
	2.3 Landschap en geomorfologie	4
	2.4 Bodem en bodemverontreinigingen	5
	2.5 Cultuurhistorie en archeologie	6
	2.6 Historische hydrologische situatie	9
	2.7 Autonome ontwikkelingen in Solleveld en omgeving	11
3	HYDROLOGISCHE GEBIEDSBESCHRIJVING	12
	3.1 Geohydrologie.....	12
	3.2 Waterwinning Solleveld - reguliere bedrijfsvoering	13
	3.3 Waterwinning Solleveld - calamiteuze situaties	14
	3.4 Het aangrenzende poldergebied	15
	3.5 Verbreiding van geïnfilterd water	16
	3.6 Autonome ontwikkelingen hydrologie en waterwinning	18
4	HYDROLOGISCHE EFFECTVOORSPELLING MET MODFLOW	19
	4.1 Conceptueel model.....	19
	4.2 Modelbouw	24
	4.3 Modelcalibratie	26
	4.4 Effectvoorspelling hydrologie.....	30
5	ECOLOGISCHE GEBIEDSBESCHRIJVING	35
	5.1 Solleveld in (inter)nationaal verband	35
	5.2 Vegetatie	35
	5.3 Broedvogels	39
	5.4 Overige fauna	42
	5.5 Natuurbeheer	43
	5.6 Autonome ontwikkelingen ecologie	45
6	ECOLOGISCHE EFFECTVOORSPELLING MET NICHE®	46
	6.1 Beschrijving NICHE® _{DUINEN}	46
	6.2 Natuurwaardering vegetatie	50
	6.3 IJking van NICHE® _{DUINEN}	51
	6.4 Effectvoorspelling NICHE® _{DUINEN}	53
	6.5 Beschrijving NICHE® _{BROEDVOGELS}	62
	6.6 Natuurwaardering broedvogels	64
	6.7 IJking van NICHE® _{BROEDVOGELS}	67
	6.8 Effectvoorspelling NICHE® _{BROEDVOGELS}	69
7	LITERATUUR	72

BIJLAGE 1	Waterkwaliteit: meetgegevens en verbreiding van watertypen
BIJLAGE 2	Figuren van het gecalibreerde geohydrologische model
BIJLAGE 3	Natuurwaardering van plantengemeenschappen en broedvogels
BIJLAGE 4	Figuren bij de ijking van NICHE [®] _{DUINEN}
BIJLAGE 5	Figuren bij de effectvoorspelling met NICHE [®] _{DUINEN}
BIJLAGE 6	Aspecten bij natuurontwikkeling in open infiltratiegebieden
BIJLAGE 7	Verspreidingskaarten broedvogelkartering 1997
BIJLAGE 8	Figuren bij de ijking en effectvoorspelling van NICHE [®] _{BROEDVOGELS}

INLEIDING BIJ DIT ACHTERGRONDDOCUMENT

In dit achtergronddocument worden de milieu-aspecten van m.e.r. Solleveld nader toegelicht. Beschreven worden de bestaande situatie, de autonome ontwikkelingen, de aanpak van de effectvoorspelling (gebruikte instrumenten, modellen en natuurwaardering), en de voorspelde gevolgen voor het milieu.

Allereerst wordt in hoofdstuk 2 een landschappelijke beschrijving van Solleveld gegeven, waarin onder andere wordt ingegaan op landschap, geomorfologie, bodem en cultuurhistorie. Tevens wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de autonome ontwikkelingen in Solleveld en omgeving.

Hoofdstuk 3 en 4 zijn gewijd aan de geohydrologische en waterwintechische aspecten. In hoofdstuk 3 staat een hydrologische gebiedsbeschrijving, in hoofdstuk 4 worden de aanpak en resultaten van de hydrologische effectvoorspelling beschreven.

Hoofdstuk 5 en 6 gaan in op de biotische milieu-aspecten. In hoofdstuk 5 wordt een beschrijving gegeven van vegetatie en fauna, waarbij zoveel mogelijk vanuit een landschapsecologische benadering is gewerkt. De ecologische effectvoorspelling wordt in hoofdstuk 6 beschreven.

Dit achtergronddocument is opgesteld door het projectteam m.e.r. Solleveld, bestaande uit:

T. Croese	F. Schaars
M. van Gerven	H. Sierdsema (SOVON)
M. de Haan	A. Vogelaar
C. van Hemel	A. van Warners
J. Peters (projectleider Kiwa)	A. Zuidhoff
	M. Zwamborn

De m.e.r. Solleveld is vanuit DZH begeleid en ondersteund door:

R. Draak	G. Leltz
H. van der Hagen	R. Visser
H. de Jonge	J. van Westen
M. Kortleve (projectleider DZH)	

Het opstellen van deze MER rapportage is begeleid door de begeleidingscommissie MER Solleveld:

R. ter Horst	- Provincie Zuid-Holland
C. Langemeijer	- Provincie Zuid-Holland
E. van Mourik	- Provincie Zuid-Holland
J. Schellingerhout	- Provincie Zuid-Holland
H. Smit	- Provincie Zuid-Holland
S. Veraar	- Provincie Zuid-Holland
J. Verwoerd	- Provincie Zuid-Holland
W. Videler	- Provincie Zuid-Holland
B. Wachelder	- Provincie Zuid-Holland
S. Bouma	- Hoogheemraadschap van Delfland
J. Meijerink	- Hoogheemraadschap van Delfland
M. Janssen	- Stichting Duinbehoud
G. de Schipper	- Gemeente Monster
P. Schoenmakers	- Gemeente Den Haag

Legenda:

- infiltratieplas met nummering
- bosgebied
- puinruin
- begrenzing Solleveld
- beheersgebied DZH
- eigendom DZH
- gemeentegrens

blauwe markeringen zijn puttenstrengen met benaming

100 0 100 Meters



Projectnaam
**MER Solleveld
Overzichtskaart**

Figuur 1

Projectnummer
30.2433.010

Opdrachtgever
DZH

Projectleider
J.H. Peters

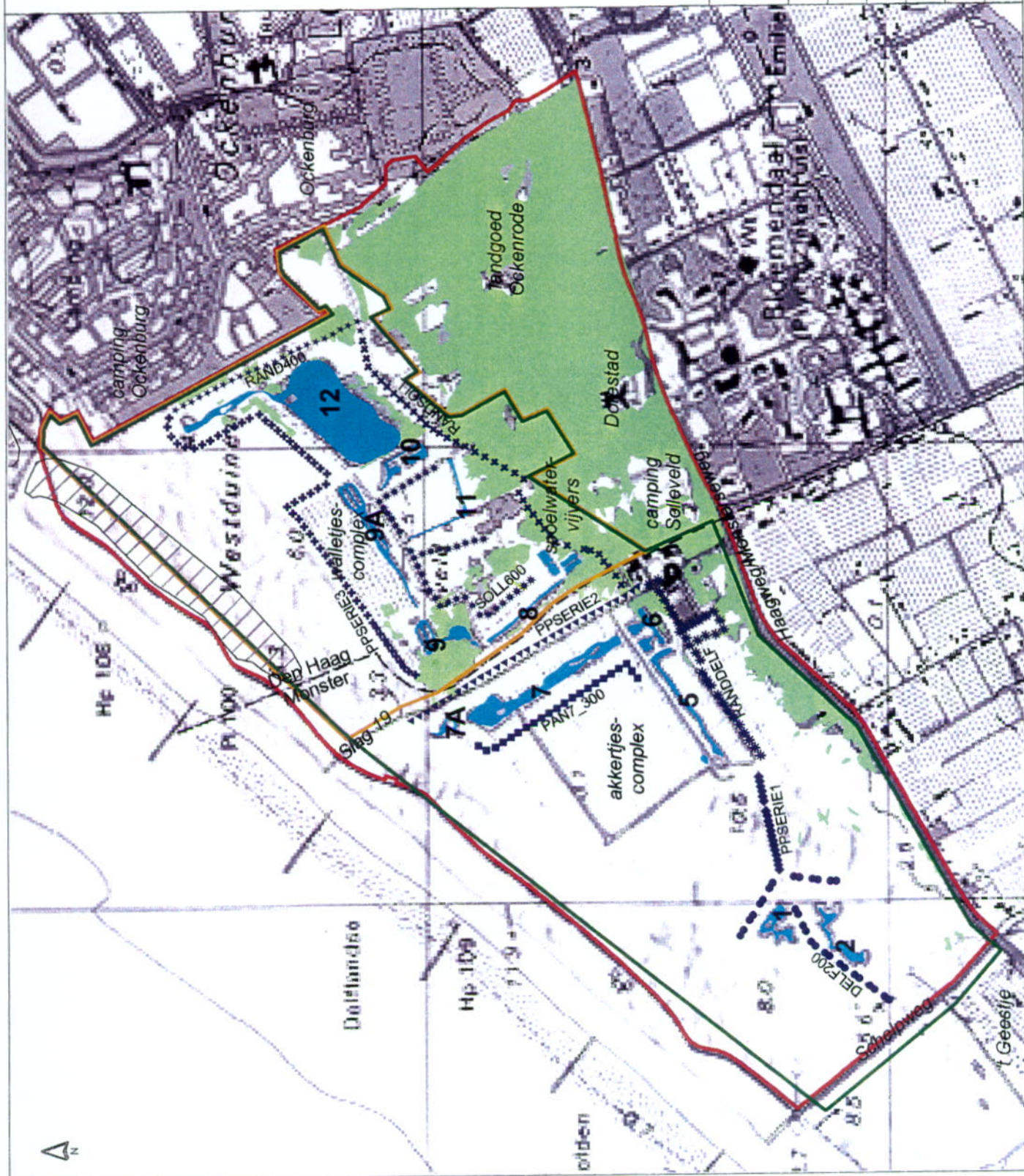
GIS operator
C.M. van Hemel

Tekeningnummer:

Datum: 25-03-1999
J:\project\solleveld\overzicht.apr



Onderzoek en Advies
erf. Waterwinning en
Waterbeheer



2 LANDSCHAPPELIJKE BESCHRIJVING SOLLEVELD

2.1 Ligging van Solleveld

In Figuur 1 is de ligging van het duingebied Solleveld weergegeven. Solleveld, ofwel het Westlandse duingebied, is gelegen tussen Den Haag en Monster. Het beheersgebied van DZH, het gedeelte van het Westlandse duingebied dat in eigendom is van DZH, of gepacht wordt door DZH, vormt het hart van dit duingebied (Vertegaal et al, 1989).

Westlands Duingebied en beheersgebied DZH

Het gehele Westlandse Duingebied omvat ongeveer 350 hectare, dit gebied wordt ruwweg gevormd door de zeereep en het duingebied tussen Monster en Kijkduin. Ook de voormalige camping Ockenburg (thans Kijkduinpark), de camping Solleveld, en de landgoederen Ockenrode en Dorestad worden tot het Westlands Duingebied gerekend.

Het DZH-beheersgebied ligt ingesloten tussen de Schelpweg, de Haagweg-Monsterseweg en Camping Ockenburg. De camping Solleveld, en de landgoederen Ockenrode en Dorestad vallen buiten het DZH-beheersgebied.

De oppervlakte van het DZH-beheersgebied bedraagt circa 150 hectare. Het beheersgebied van DZH ligt deels in de gemeente Monster, en deels in de gemeente Den Haag. De gemeentegrens ligt ongeveer ter hoogte van het strandpad, ook wel Slag 19 genoemd (zie Figuur 1).

studiegebied van deze m.e.r.

In deze m.e.r. bestaat het studiegebied ten minste uit het DZH-beheersgebied: uitbreiding van de waterwinning in Solleveld wordt in dit gebied gerealiseerd. Beheersmaatregelen hebben tevens betrekking op dit gebied.

In deze m.e.r. wordt onderzocht of de uitbreiding van de waterwinning mogelijkwerijs resulteert in hydrologische effecten die zich tot buiten het DZH-beheersgebied uitstrekken. Daarom is voor de hydrologische effectvoorspelling (en de daaraan gekoppelde aspecten, zoals zetting, afvoer van watergangen, etc.) een groter studiegebied beschouwd. De ligging van het hydrologisch studiegebied is beschreven in hoofdstuk 4, bij de beschrijving van het gebruikte geohydrologisch model.

De effecten van de uitbreiding van de waterwinning op ecologie (en op overige landschappelijke waarden) worden beschreven voor het DZH-beheersgebied, plus de naburige terreinen van de camping Solleveld en de landgoederen Ockenrode en Dorestad. Een onderbouwing voor dit studiegebied wordt gegeven in hoofdstuk 6, bij de beschrijving van de ecologische effectvoorspelling.

naamgeving 'Solleveld'

In deze MER-rapportage wordt het DZH-beheersgebied, plus de camping Solleveld en de landgoederen Ockenrode en Dorestad, verder aangeduid als 'Solleveld': hiermee wordt dus niet het gehele Westlandse Duingebied bedoeld.

2.2 Eigendom, pacht en beheer

eigendom en pacht

DZH heeft circa 56 hectare duingebied in eigendom, ruwweg het gedeelte ten noorden van het strandpad. De gemeente Den Haag heeft in dit gedeelte nog twee smalle stroken in eigendom, vanwege een vroeger stratenplan.

Het gedeelte ten zuiden van het strandpad is eigendom van het Hoogheemraadschap van Delfland. DZH heeft het recht om in het gebied van het Hoogheemraadschap water te infiltreren en te onttrekken; voor het bedrijfsterrein is door het Hoogheemraadschap het recht van opstal verleend (Vertegaal et al, 1989).

beheer

Uit de concept-beheersvisie 1989-1999 (Vertegaal et al, 1989):

‘Publiekrechtelijk (waterstaatkundig) valt het beheer tot 600 meter uit de Rijksstrandpalenlijn onder het Hoogheemraadschap van Delfland. In de Keur van het Hoogheemraadschap zijn voorschriften ten aanzien van het beheer van deze strook vastgelegd.

Privaatrechtelijk voert DZH het beheer in haar eigendomsgebied. Tevens voert DZH in het van het Hoogheemraadschap gepachte deel het beheer in stroken met winmiddelen, infiltratieplassen, paden en opstallen, voor zover noodzakelijk voor de waterwinning. De overeenkomst bevat voorts de bepaling dat DZH deze stroken vrij van stuifgaten moet houden. Het Hoogheemraadschap voert het beheer over het onverpachte eigendom.

Voor het overige zijn binnen het DZH-beheersgebied geen andere eigendommen of beheerders.’

De hierboven beschreven beheerssituatie is nog steeds van kracht.

2.3 Landschap en geomorfologie

Oude Duinlandschap

Het duingebied Solleveld behoort voor een groot deel tot het Oude Duinlandschap, en neemt hiermee een voor de duinen unieke plaats in. De Oude duinen zijn gevormd uit oude strandwallen die 3000 tot 4800 jaar geleden door de zee zijn afgezet in een periode van kustaan groei. Verschillende perioden van verstuiving op de strandwallen zorgden voor de vorming van de Oude duinen. Elders langs de kust zijn de Oude duinen verdwenen door afzettingen en overstuivingen van Jong duinzand vanaf 1200 na Christus. Waar de Oude duinen nog wel aan de oppervlakte komen, zijn ze in veel gevallen bebouwd of bebost (Vertegaal et al, 1989). In het zuiden van de Amsterdamse Waterleidingduinen ter hoogte van De Zilk zijn ook nog restanten van het Oude Duinlandschap aanwezig (met heide); maar deze liggen circa 4 kilometer van zee, terwijl in Solleveld de Oude duinen dicht bij zee gelegen zijn.

Zowel in cultuurhistorisch als vegetatiekundig opzicht zijn veel van de vroegere karakteristieken van het Oude Duinlandschap in Solleveld goed bewaard gebleven. In Solleveld bestaat een groot deel van de binnenduinen uit Oud duin. Landschappelijk wordt dit duin gekenmerkt doordat het vrij vlak en laag is. Daarnaast hebben de Oude duinen, die bij Den Haag oorspronkelijk kalkhoudend waren, in de loop van de tijd hun kalk door uitloging tot op het grondwaterniveau verloren. Voornamelijk in het zuidelijke deel komen door kleine verstuivingen gevormde ‘kopjesduinen’ voor (Vertegaal et al, 1989).

Jonge duinen

De Jonge duinen zijn in Solleveld beperkt tot een smalle strook van 300 à 400 langs de kust. Deze strook is breder geweest, maar door kustafslag is het grootste deel in zee verdwenen. Het kalkrijke Jonge duin van de zeereep is in 1987-1988 verzwaard met kalkrijk zand uit de Maas- en Eurogeul. Tussen de Oude duinen en de Jonge duinen ligt een overgangszone van 100-250 m, waar Oud duin gedeeltelijk is verstoven, en ook gedeeltelijk is overstoven met Jong duinzand, vermoedelijk daterend rond 900 na Christus. Het betreft hier een vroege vorm van Jong Duinzand, de zogenaamde 'Jong Duinen 0'. In de overgangszone is kalkrijk en kalkarm zand met elkaar vermengd, het kalkgehalte kan hierdoor van plaats tot plaats sterk variëren (Doing, 1978; Vertegaal et al., 1989; Hornstra, 1988; Lucas, 1993).

globale vegetatiebeschrijving

De zeereep met diverse verzwaringsen herbergt voornamelijk Helm-Strandkweekvegetaties. De jonge duinen worden gekenmerkt door vegetaties van Duindoornstruwelen en pionier- en duingraslandvegetaties. In de overgangszone naar de oude duinen en in de Oude Duinen zelf komen schrale mos- en korstmosvegetaties, graslanden en heideveldjes voor, die zeer specifiek zijn voor de overwegend droge, zure en voedselarme bodem. Een groot deel van deze zone wordt in beslag genomen door hoogopgaande graslandruigtes met Duinriet, Helm en Storingsoorten. In deze zone zijn de infiltratieplassen en de winputten gelegen. In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op de vegetatie in Solleveld.

2.4 Bodem en bodemverontreinigingen

bodemtype

De bodems in Solleveld worden gerekend tot de Duinvaaggronden. In de oude akkercomplexen vertoont het bodemprofiel soms een beginnende podzolontwikkeling. De humuslaag is over het algemeen dun. In de akkercomplexen, de huidige en voormalige bospercelen en op plaatsen die al langer onder invloed staan van infiltratiewater is de humuslaag wat sterker ontwikkeld.

kalkrijkdom en nutriënten

Behalve in de kalkrijke smalle kustzone is de bodem in het gebied zuur en nagenoeg kalkloos. In de overgangszone, waar plaatselijk Jong kalkrijk duinzand de Oude duinen heeft overstoven, is kalkrijk zand in wisselende hoeveelheden aanwezig. De kalkloze en humusloze bodems in het Oude duingebied zijn door uitspoeling in principe nutriëntarm. De humusrijkere bodems, op plaatsen waar bos gestaan heeft en gedeelten die onder invloed van infiltratiewater staan, zijn vrij voedselrijk.

veenlagen

Plaatselijk komen dunne veenlagen tot 1 meter dikte voor rond NAP (dit is circa 3 m beneden maaiveld). Deze veenlagen komen onder andere voor onder het walletjescomplex en ten zuiden van het akkertjescomplex en een deel van Ockenrode.

milieuverontreinigingen

Bronnen van milieuverontreinigingen in en rond Solleveld zijn (Vertegaal, 1989):

- de toevoer van ongezuiverd infiltratiewater in de periode 1970-1983;
- de daarmee samenhangende depots van slibhoudend zand en zuiveringsslib (spoelwatervijvers), en
- de puinstorten in het gebied Ockenburgh.

- toevoer van ongezuiverd infiltratiewater, periode 1970-1983

In de periode 1970-1983 werd Delflands boezemwater in Solleveld geïnfilterd. Dit ongezuiverde infiltratiewater had een hoog nutriëntengehalte: deze nutriëntenbelasting speelt een belangrijke rol bij de verzuivering van de gebieden nabij de infiltratieplassen. Sinds 1983 wordt voorgezuiverd water vanuit de Andelse Maas geïnfilterd.

- depots van zuiveringsslib

Nabij het pompstation van Solleveld wordt in de spoelwatervijvers zuiveringsslib in depot gehouden. Het slib komt vrij bij de zuivering van het opgepompte grondwater tot drinkwater. Het slib vormt verder geen gevaar voor de kwaliteit van het onttrokken water. DZH is van plan de spoelwaterverwerking te vernieuwen, maar eerst worden de ervaringen met de nieuw aan te leggen installaties in Scheveningen en Katwijk afge wacht. Naar verwachting zijn de spoelwatervijvers op termijn niet meer nodig.

- puinstorten in het gebied Ockenburgh

In het gebied Ockenburgh zijn parallel aan de kust een aantal puinduinen aangelegd, die opgebouwd zijn uit bouw- en sloopafval en vuilverbrandingslakken. Deze puinduinen liggen op minstens 500 meter van het DZH-beheersgebied. De kwaliteit van het door DZH opgepompte grondwater wordt niet beïnvloed door deze verontreinigingen. In de bedrijfsvoering van de waterwinning Solleveld wordt er voor gezorgd dat altijd water uit het waterwingebied naar het noorden en noordwesten afstroomt.

atmosferische depositie

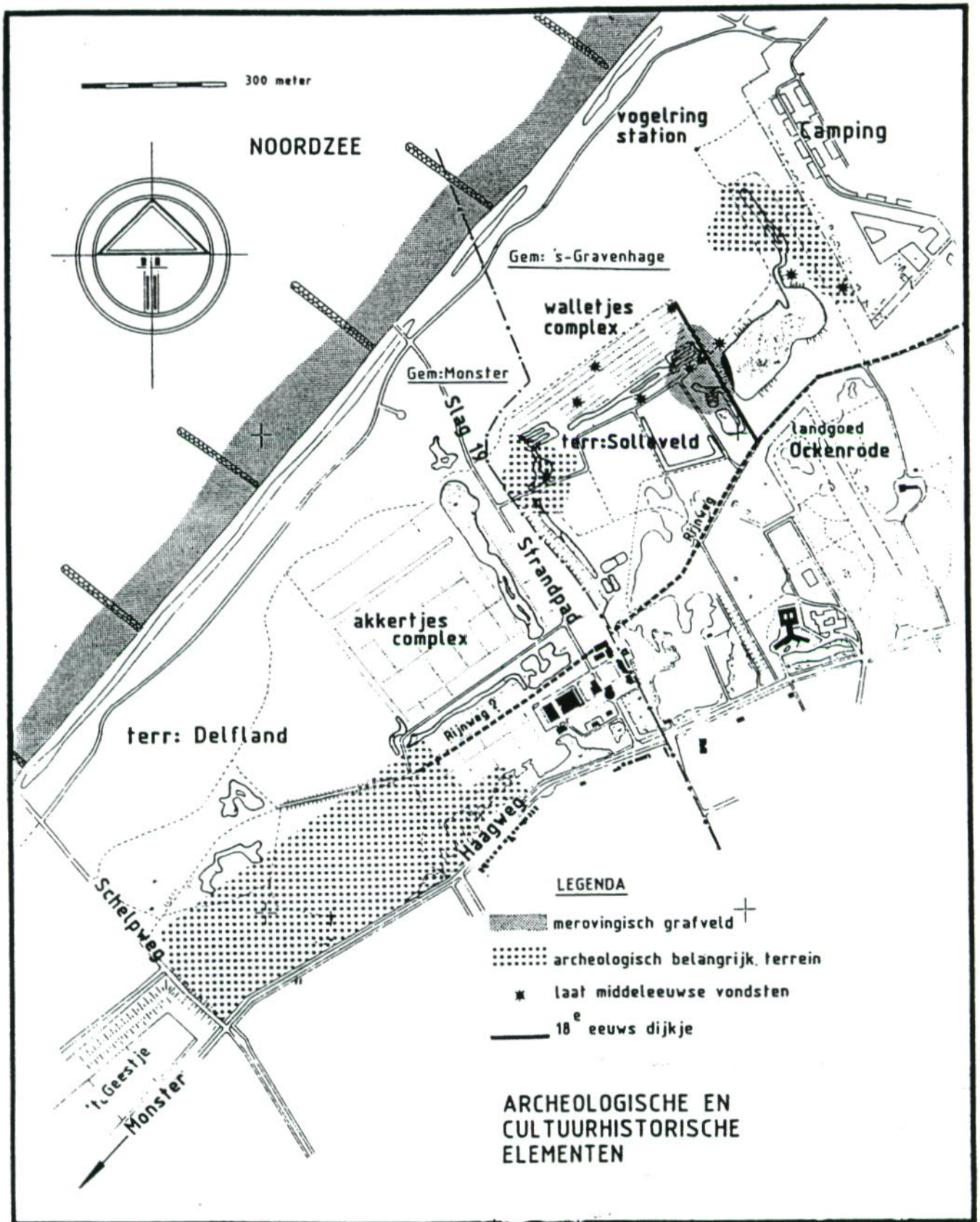
Naast deze bronnen van milieuverontreiniging speelt ook de atmosferische depositie een rol. De atmosferische depositie in dit gebied is vrij hoog, met name van SO₂ en zwavel- en stikstofoxiden. SO₂ heeft via directe depositie vanuit de lucht vooral een negatief effect op de groei van korstmossen. Wat betreft verzuring is het gebied door de zeer geringe buffercapaciteit van de bodem zeer kwetsbaar (Vertegaal et al, 1989). Er bestaan aanwijzingen dat de atmosferische depositie de laatste jaren afneemt: in Meijndel wordt een toename van het 'goede type' korstmossen gesignaleerd (mededeling DZH).

2.5 Cultuurhistorie en archeologie

De vroegere strandwallen waren waarschijnlijk 4000 jaar geleden al bewoond. De sporen van de bewoningsgeschiedenis zijn in het Westlands duingebied vrij goed bewaard gebleven. In de bodem zijn vrij veel archeologische vondsten gedaan en aan het oppervlak zijn allerlei vormen van agrarisch landgebruik zichtbaar. Het meest opvallend zijn de walletjes- en akkertjescomplexen. Figuur 2 geeft een overzicht van de cultuurhistorische en archeologische vindplaatsen in het gebied.

walletjescomplex

In de Middeleeuwen werden in de duinen houtwallen aangelegd als perceelsgrenzen om verstuiving tegen te gaan. Ze dienden daarnaast ook als vee-kering. Het walletjescomplex met vrij hoge wallen ten noordwesten van terrein Solleveld, en de walletjes onder andere in het eikenhakhout aan de oostrand van het DZH-beheersgebied, hebben mogelijk deze oorsprong. Op enkele wallen van het wallencomplex zijn nog kwijnende resten van vroegere houtwallen (eikenhakhout) te zien. Op de kaart van Cruquius uit 1712 zijn de walletjes al aangegeven. Het blijkt dat het wallencomplex de enige overgeblevene in zijn soort is, en daarom uniek in Nederland.



Figuur 2: Cultuurhistorische en archeologische elementen in Solleveld
(bron: Vertegaal et al, 1989).

Een apart type vormt de op zich zelfstaande hoge grenswal, die om Solleveld ligt, en het 18e eeuwse dijkje, dat de grens vormt tussen Solleveld en Ockenrode.

akkertjescomplex

Het akkertjescomplex ten zuidwesten van het strandpad, met ongeveer vierkante perceeltjes en lage walletjes, dateert waarschijnlijk uit het einde van de 19e eeuw. Het vermoeden is dat ze gebruikt werden voor de teelt van aardappels en rogge. Daartoe werd het gebied licht geëgaliseerd door het dunne dek van overstoven jong duinzand af te graven.

Vanaf het begin van de bewoningsgeschiedenis zijn de duinen van Solleveld in gebruik geweest als weidegrond. Het akkertjescomplex werd rond de eeuwwisseling nog beweid. De laatste boerderij, Solleveld, werd rond 1900 verlaten (Doing, 1978; Vertegaal, 1989).

veranderingen cultuurhistorie in de laatste eeuw

In de eerste helft van deze eeuw was de zone tussen de zeereep en het huidige eikenhakhout veel bosrijker. Ten noorden van het strandpad bestond een groot deel van het gebied uit eikenhakhout (onder andere op het wallencomplex). Ter hoogte van Ockenrode is rond de eeuwwisseling tot aan de zeereep dennenbos aangeplant. In de tweede wereldoorlog is zowel een groot deel van het dennenbos als het eikenhakhout gekapt. De huidige Duinriet- en Zandzeggevegetaties zijn ontstaan op de open gekapte plekken in het bos. Als gevolg van de plotselinge lichttoetreding ontstaan goede omstandigheden voor Zandzegge en Duinriet (Baeyens & Duyve, 1991). Ook ten zuiden van het strandpad strekte het eikenhakhout zich uit tot halverwege het akkertjescomplex. De hakhoutzone is in de loop van de tijd naar het oosten toe versmald.

archeologie

Naast de zichtbare cultuurelementen, herbergt het terrein Solleveld nogal wat onzichtbare archeologische waarden. De bekende archeologische waarden zijn aangegeven in Figuur 2. Het gaat om een viertal gebieden, die telkens andere archeologische waarden uit verschillende periodes vertegenwoordigen. De archeologische waarden liggen in alle vier gebieden niet diep onder de grond, dientengevolge zijn ze nogal kwetsbaar voor verstoring.

- Groot terrein, begrensd door de Schelpweg en de Haagweg. Dit gebied ligt in het verlengde van 't Geestje, een terrein dat in de jaren vijftig legendarisch werd door zijn opeenvolging van verschillende prehistorische cultuurlagen, teruggaande tot de Late Steentijd.
Tijdens de aanleg van een gasleiding langs de Haagweg aan het begin van de jaren negentig kon worden geconstateerd, dat ook het nu bedoelde terrein een aantal cultuurlagen herbergt. Om die reden is het terrein aangewezen als 'Terrein van hoge archeologische waarde' op de Archeologische Monumentenkaart van de provincie Zuid-Holland.
- Een terreintje op de grens tussen de gemeente Monster en Den Haag, bij plas 9. Op grond van gedane oppervlakte-vondsten uit onder andere de Middeleeuwen van aardewerkscherven en baksteenpuin, wordt hier een boerenhoeve vermoed, waarvan de oorsprong middeleeuws moet zijn. Mogelijk hangt deze boerderij verband met het walletjescomplex daar vlakbij.
In hetzelfde gebied, maar iets dieper in de grond verborgen, is een cultuurniveau aangeboord met daarin scherven van waarschijnlijk de Late IJzertijd.
- Een vroeg-middeleeuws grafveld. Bij de aanleg van de diepe plas 12, en bij een daaruit voortvloeiende kleine opgraving in de jaren vijftig, is een groot aantal grafurnen te voorschijn gekomen, daterend uit de 6e eeuw na Christus. Een buitengewoon belangrijke vondst, vooral vanwege enkele zeer bijzondere en zeldza-

me (Saksische) urnen. Het is niet uitgesloten dat een deel van dat grafveld nog in de bodem verborgen ligt.

- Een terrein naast het vakantiecentrum Kijkduinpark (voormalige camping Ockenburgh). Opgravingen in de jaren dertig en in de jaren tachtig hebben aangetoond, dat hier de uitlopers van de grote Romeinse nederzetting van Ockenburgh in de bodem zitten. Daarnaast zijn enige resten opgegraven van een vroeg-middeleeuwse nederzetting. Mogelijk horen deze nederzetting en het hierboven beschreven grafveld bij elkaar. Het terrein is een 'Archeologisch belangrijke plaats' in de Monumentenverordening van Den Haag en staat vermeld op de Archeologische Monumentenkaart van de provincie Zuid-Holland.

Overigens wordt opgemerkt, dat de hier beschreven archeologische waarden een weergave vormt van wat nu bekend is door opgravingen en inventarisaties van deelgebieden in het verleden. Het valt niet uit te sluiten, dat in andere delen van het gebied ook archeologische waarden aanwezig zijn.

2.6 Historische hydrologische situatie

De historische hydrologische situatie in Solleveld was veel natter dan de huidige situatie. Diverse oorzaken voor de verdroging kunnen genoemd worden (zie onder andere Bakker et al, 1979). We bespreken de twee meest in het oog springende veranderingen, namelijk de afname van de breedte van de duinen door kustafslag, (relatieve) zeespiegelrijzing en afgraving aan de binnenduinrand, en de waterwinning van het natuurlijke duinwater.

In kader 1 wordt de afname van de duinbreedte en het effect daarvan op de grondwaterstand verder toegelicht. Hieruit blijkt dat de grondwaterstand in de Middeleeuwen veel hoger moet zijn geweest dan de grondwaterstand in de huidige situatie zou zijn onder natuurlijke omstandigheden. In oriënterende berekeningen wordt een daling van 0,7 à 1,5 meter berekend als gevolg van de afgenomen duinbreedte.

In 1887 startte de winning van natuurlijk duinwater in Solleveld. Door de winning was er sprake van verdere verdroging van het gebied. Uitbreiding van de winning in de 20e eeuw leidde ertoe, dat de winning de natuurlijke grondwateraanvulling overschreed. Om aan de toenemende vraag aan drinkwater te voldoen, is in 1970 overgegaan tot infiltratie van water. Rond 1980 werd evenveel water geïnfiltrerd als gewonnen, waardoor de verdroging als gevolg van de waterwinning werd stopgezet. De laatste jaren is sprake van overinfiltratie, waardoor in feite gesproken kan worden van vernatting van het gebied.

Waarnemingen van de vegetatie bevestigen de verdroging in Solleveld. Rond de eeuwwisseling kwamen in de duinpannetjes tussen de Schelpweg en het akkertjes-complex nog typische plantensoorten van vochtige duinvalleien voor, zoals moeraswespenorchis (zie Anonymus, 1897). Rond 1900, niet lang na de start van de waterwinning, werden de laatste landbouwactiviteiten in verband met de verdroging gestaakt (Lopik, 1981). Doing (1978) heeft overigens niet de indruk dat het in Solleveld ooit erg nat geweest is. Hij vermoedt dat de akkertjes aangelegd zijn voor de Rogge-teelt, die onder vrij droge en arme omstandigheden mogelijk is.

Kader 1:**Effect van de afname van de duinbreedte op de grondwaterstand in Solleveld**

De huidige breedte van de duinen in Solleveld (Jonge en Oude Duinen samen) bedraagt 700 tot 1000 meter. Rond de Middeleeuwen waren de duinen in Solleveld veel breder, sinds die tijd is de duinstrook door kustafslag, afgraving aan de binnenduinrand en (relatieve) zeespiegelrijzing veel smaller geworden. Bakker (1979) geeft aan dat tussen 1850/1860 en 1960/1970 de duinvoet ten zuiden van Den Haag enkele tientallen meters landinwaarts is verplaatst. Van der Hagen (in prep) vergelijkt de huidige breedte van de Jonge Duinen (gevormd vanaf 1200 na Chr) in Solleveld met die van Meijndel om een indicatie van de kustafslag te krijgen. In Solleveld zijn de Jonge Duinen een paar honderd meter breed, terwijl in Meijndel de Jonge Duinen een strook van circa 3 km vormen. Op basis van deze beschrijvingen, maken we de voorzichtige inschatting, dat de duinen van Solleveld in de Middeleeuwen circa twee maal zo breed zijn geweest als in de huidige situatie.

We kunnen het effect van de afname van de duinbreedte berekenen op basis een (sterk) vereenvoudigde formule die de grondwaterstand in de duinen beschrijft: de formule van Ghijben-Dupuit (Bakker, 1981). Voor de hoogste grondwaterstand, midden in het duingebied, geldt:

$$h = \sqrt{\frac{\delta}{1 + \delta} \frac{N}{k} \cdot \frac{B}{4}}$$

waarin h de hoogste grondwaterstand midden in het duingebied is (ten opzichte van zeeniveau), B de breedte van het duingebied, N het neerslagoverschot, k de doorlatendheid van de ondergrond, en δ berekend wordt als $(\rho_s - \rho_f) / \rho_f$, waarbij ρ_s en ρ_f de dichtheid van respectievelijk zout en zoet water zijn.

Uit de bovenstaande formule blijkt al, dat een twee maal zo breed duingebied in een twee maal zo hoge grondwaterstand resulteert (ten opzichte van zeeniveau, onder natuurlijke omstandigheden).

Wanneer we de bovenstaande formule doorrekenen voor $N = 1$ mm/d, $k = 10$ m/d, en $\delta = (1024 - 1000)/1000$ kg/m³, dan vinden we:

$B = 1000$ m	hoogste grondwaterstand $h = 0,77$ m+zeeniveau
$B = 2000$ m	hoogste grondwaterstand $h = 1,53$ m+zeeniveau

Volgens deze berekening heeft de afname van de duinbreedte tot een grondwaterstanddaling in het midden van het duin van 70 à 80 cm geleid.

Bakker (1981) geeft nog een tweede formule, waarin enkele andere uitgangspunten zijn gehanteerd. Volgens deze tweede formule resulteert een twee maal zo breed duingebied in een ruim drie maal zo hoge grondwaterstand. In dat geval zou de resulterende grondwaterstanddaling circa 1,5 meter bedragen.

De hier berekende grondwaterstanden zijn geldig voor een situatie zonder waterwinning. Door overinfiltratie zijn de grondwaterstanden in de huidige situatie hoger.

Benadrukt moet worden, dat deze berekeningen slechts oriënterend van aard zijn.

autonome ontwikkelingen binnen Solleveld

Er worden geen ontwikkelingen in landschappelijke, cultuurhistorische of archeologische aspecten binnen het gebied van Solleveld voorzien. Op ecologisch gebied zijn wel veranderingen te verwachten, deze worden besproken in hoofdstuk 5, de ecologische gebiedsbeschrijving.

autonome ontwikkelingen omgeving Solleveld

Voor de omgeving van Solleveld zijn de volgende plannen bekend (informatie P. Schoenmakers):

- herstel van de Haagse Beek

De gemeente Den Haag en het Hoogheemraadschap van Delfland zijn bezig met het voorbereiden en uitvoeren (vanaf 1998) van herstelmaatregelen van de Haagse Beek. Belangrijkste probleem hierbij is de Haagse Beek te voorzien van voldoende voeding met gebiedseigen duinwater. Aan de voet van het Westduinpark (ten noordwesten van Kijkduinpark, de voormalige camping Ockenburgh) ligt 'de Paddenpoel', die voor een deel van de voeding van de Haagse Beek zorgt. Deze poel wordt waarschijnlijk uitgebreid. Solleveld ligt meer dan 500 meter van deze poel vandaan: effecten op de waterhuishouding van Solleveld door de vergroting van de poel worden niet verwacht.

- hondenbrigade politie Haaglanden

Op een terrein naast kampeerterrein Solleveld heeft tot medio 1998 de hondenbrigade getraind. Het gebied wordt niet meer gebruikt: de opstallen en attributen worden verwijderd. Het gebied zal worden teruggegeven aan de natuur.

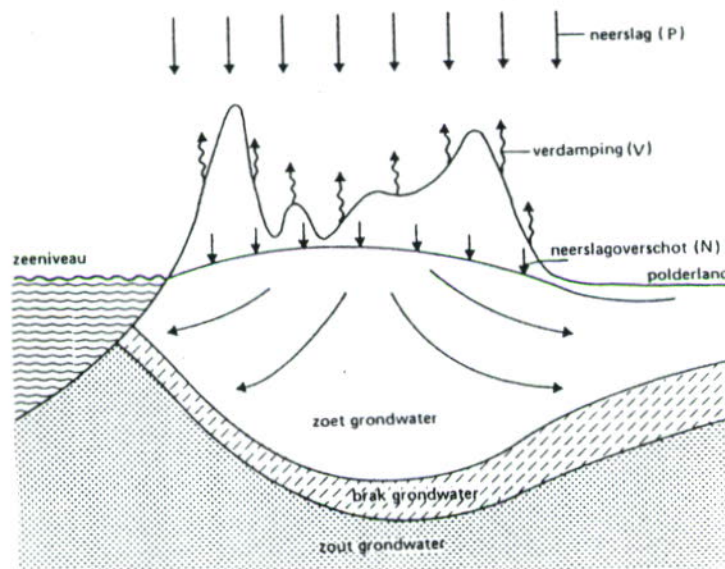
3 HYDROLOGISCHE GEBIEDSBESCHRIJVING

3.1 Geohydrologie

De geohydrologische situatie in Solleveld kan gekarakteriseerd worden als een typisch duinsysteem (Figuur 3). In de duinen is sprake van een zoetwaterbel, die gevoed wordt door de neerslag in het gebied. Aan de onderkant wordt de zoetwaterbel begrensd door het zoutere water in de ondergrond, dat een opwaartse druk heeft op de zoetwaterbel. In dit duinsysteem is een lokaal hydrologisch systeem van infiltratieplassen en winputten van de waterwinning van DZH ingebed. Door overinfiltratie wordt de zoetwaterbel van het duinsysteem extra gevoed. Vanuit de zoetwaterbel stroomt het water naar weerszijden af: naar zee en naar de landinwaarts gelegen polders.

De hoogste grondwaterstanden in het gebied worden veroorzaakt door de infiltratie: rond de infiltratieplassen bedraagt de grondwaterstand circa NAP +2,5 m. In het relatief vlakke gedeelte van de duinen, waar de infiltratieplassen liggen, bedraagt de maaiveldshoogte circa NAP +3,0 m (variërend tussen NAP +2,5 en +4,0 m).

In de rest van het gebied komen duinkoppen voor tot NAP +8 à +10 m, en duinvalleien met een diepte tot NAP +2,5 à 4,5 m. De grondwaterstanden nemen richting de kust en richting de polder af, tot circa NAP. Het overige gebied van Solleveld is nu een droog gebied: de grondwaterstanden liggen één tot enkele meters beneden maaiveld. Vroeger is het gebied natter geweest, zie ook paragraaf 2.6.



Figuur 3: Schematische weergave van de geohydrologische situatie in een duinsysteem (bron: Bakker, 1981).

In de landinwaarts gelegen polders wordt een relatief laag peil gehandhaafd (zie paragraaf 3.4). De polderpeilen zijn lager dan het zeepeil: hierdoor treedt een diepe, landinwaartse stroming op vanuit zee, onder de zoetwaterbel, in de richting van de polder. Dit heeft tot gevolg dat het grondwater onder de polder op termijn brakker wordt.

Het grensvlak tussen zoet en brak water ligt op circa NAP -45 m (variërend van NAP -40 m in het zuidwesten bij Monster, tot NAP -65 m in het noordoosten bij Ockenburgh). Voor een verdere beschrijving van de geohydrologie verwijzen wij naar Stuyfzand (1993) en IWACO (1987 en 1990).

3.2 Waterwinning Solleveld - reguliere bedrijfsvoering

overzicht infiltratie- en winmiddelen

De huidige waterwinning in Solleveld bestaat uit 12 veelal langgerekte infiltratieplassen, met evenwijdig aan die plassen gelegen strengen met onttrekkingsputten. De in totaal 297 putten maken onderdeel uit van een vacuümsysteem met 9 zuigleidingen. De ligging van de putten en plassen is weergegeven in Figuur 1.

capaciteit en waterbalans

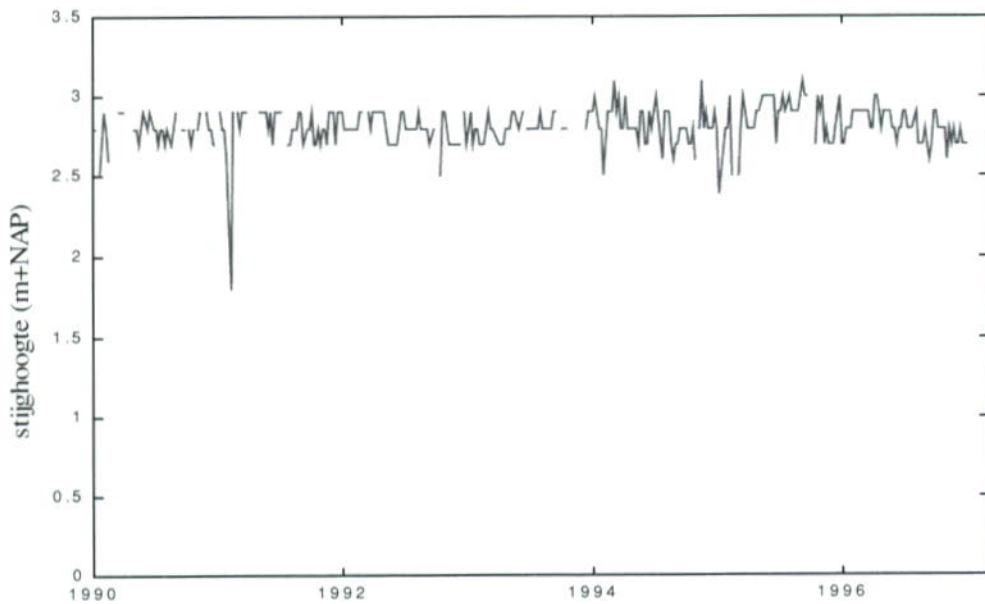
In het gebied wordt voorgezuiverd water geïnfiltreerd afkomstig van de Andelse Maas. De totale geïnfiltreerde hoeveelheid water bedraagt de laatste jaren ongeveer 4,8 miljoen m³/jaar, de winning 4,5 miljoen m³/jaar. Er is dus sprake van een infiltratieoverschot van 0,3 miljoen m³/jaar.

De winning en zuivering van Solleveld zijn zodanig ingericht, dat een dagpiekfactor van 1,4 in de productie gerealiseerd kan worden: de dagproductie kan met een factor 1,4 ten opzichte van de gemiddelde productie worden verhoogd.

bedrijfsvoering: peilen in plassen en winputten

Het peil in de plassen varieert van plas tot plas tussen NAP +2,5 en +2,8m. Deze peilen worden zoveel mogelijk constant gehouden. De peilen in de winmiddelen worden afhankelijk van het gewenste onttrekkingdebit ingesteld. In Figuur 4 is ter illustratie het verloop weergegeven van het peil in plas 7, en het peilverloop in peilbuis 1 (deze peilbuis staat vlak bij de winputten, circa halverwege de putstreng 'PPSERIE2').

Op twee locaties wordt het peil in de winputten constant gehouden: aan de noordkant (streng RAND400) wordt een minimumpeil (circa NAP +1,5 m) gehandhaafd om afstroming naar de omgeving te waarborgen in verband met bovemverontreinigingen ten noorden en noordwesten van het waterwingebied (zie paragraaf 2.4). Aan de oostkant (streng RANDDEL en RANDELL, parallel aan de Haagweg) wordt juist een maximumpeil (ca. NAP +0,5 m) gehanteerd. Doel hiervan is te voorkomen dat het dichtbij gelegen kassengebied nadelige gevolgen van een te hoge waterstand zou ondervinden.



Figuur 4: Peilverloop in plas 7 (doorgetrokken lijn) en in peilbuis 1 (gestreept). Peilbuis 1 staat vlak bij de winputten, circa halverwege de putstreng 'PPSERIE2'.

3.3 Waterwinning Solleveld - calamiteuze situaties

Onderbrekingen of beperkingen van de aanvoer van water uit de Andelse Maas kunnen voor de waterwinning Solleveld tot calamiteuze situaties leiden. De oorzaken van onderbroken levering aan Solleveld zijn nader beschouwd. Er wordt bijvoorbeeld melding gemaakt van:

- lekkage van de Maaswaterleiding van Scheveningen naar Monster;
- omlegging van of werkzaamheden aan deze Maaswaterleiding;
- storingen in de PTT-lijn;
- werkzaamheden aan de eerste en tweede Bergambachtleiding 'BAL1 en BAL 2' (ontluchten, omschakelen van de ene naar de andere);
- werkzaamheden in Bergambacht en Brakel;
- stroomstoringen (blikseminslag);
- overige oorzaken (reparatie vacuümpomp Scheveningen, ijsgang in aanvoerkanal, overige niet gespecificeerde oorzaken).

Het komt globaal genomen gemiddeld 1 keer per maand voor dat de wateraanvoer door 'minor problems' kort onderbroken of gereduceerd is. Veelal is dat maar gedurende enkele uren of nog korter (in het geval van stroom- of PTT-storingen). Dit betekent tijdelijk - gedurende enkele uren - een peildaling in de plassen van enkele centimeters. Dit heeft geen enkel noemenswaardig hydrologisch of ecologisch effect.

Een paar keer per jaar is de onderbreking langer dan een dag. De peildaling van de plassen is dan enkele decimeters. Als de onderbreking enkele dagen aanhoudt, dan vallen de plassen droog (met uitzondering van plas 12). De meeste oorzaken voor meerdaagse onderbrekingen in het verleden zijn lekkages of werkzaamheden aan de Maaswaterleiding van Scheveningen (in de stad Den Haag) naar Monster en de werkzaamheden aan de BAL-leidingen (aanleg BAL2-leiding in de periode 1994-1996).

DZH heeft de mogelijkheid om in geval van problemen op de Maas Waalwater in te nemen of zelfs, in geval van problemen met het transport van Brakel naar Bergambacht, water uit de Lek. Voorts is met het gereedkomen van de tweede BAL aanvoer van water naar Solleveld (desnoods in iets gereduceerde hoeveelheden) veel meer geborgd.

De Maaswaterleiding blijft dus over als belangrijkste oorzaak voor meerdaagse onderbrekingen in de aanvoer. Enige uitschieters in de onderbrekingen in verband met *die* leiding, in de afgelopen paar jaar:

- gedurende drie dagen van 3 tot 6 november 1992 verminderde levering ('werkzaamheden')
- gedurende negen dagen van 16 tot 25 maart 1993 ('lek')
- gedurende drie dagen van 1 tot 4 mei 1993 ('werkzaamheden')
- gedurende drie dagen van 1 tot 4 juni 1993 verminderde levering ('werkzaamheden')
- gedurende drie dagen van 21 januari tot 24 januari 1995 ('lek')
- gedurende elf dagen van 25 september tot 6 oktober 1995 ('lek')
- gedurende zeven dagen van 27 november tot 4 december 1995 ('omlegging leiding')
- gedurende ruim een dag van 21 tot 22 augustus 1997 ('lek').

In de laatste 6 jaar is het dus 8 maal voorgekomen dat ten gevolge van problemen met de Maaswaterleiding de infiltratie verminderd of gestopt is voor een tijdsduur van meer dan 1 dag. De gemiddelde duur van zo'n onderbreking was 5 dagen.

In de hydrologische effectberekening zal een calamiteit gezien worden als een situatie waarbij gedurende 5 dagen wordt gewonnen, doch waarbij de wateraanvoer is stilgevallen.

3.4 Het aangrenzende poldergebied

Aangrenzend aan het duingebied Solleveld ligt het poldergebied van het Westland. Dit poldergebied is in gebruik als landbouwgebied, en bestaat voornamelijk uit kassen, met daar tussenin losstaande huizen. Aan de Monsterseweg ligt het psychiatrisch ziekenhuis Bloemendaal, en verder ligt midden in het kassengebied het zwakzinnigeninstituut Het Westerhok.

Oorspronkelijk bestond de bodem hier uit natte zavel- en kleigronden. Door een geleidelijke ophoging met zand of soms lichte zavel zijn de gronden geschikt gemaakt voor de intensieve tuinbouw in het gebied. Plaatselijk werd ook huisvuil voor de ophoging gebruikt. Door het ophogen en de diepe groundbewerking zijn diep humusrijke gronden ontstaan, die op de bodemkaart aangeduid worden als tuineerdgronden (Stiboka, 1984).

De grondwaterstanden in dit poldergebied worden zeer goed beheerst door intensieve drainage en bemaling. De watergangen zijn verdeeld in een aantal poldereenheden. Tussen de poldereenheden in komen boezemwateren voor. Het boezempeil is NAP -0,4 m. De peilen van de polders variëren van NAP -1,7 m tot NAP -0,7 m.

Het is waarschijnlijk dat, zoals in de meeste polders van het Westland, de bodem in dit poldergebied al sterk is ingeklonken als gevolg van drooglegging en mineralisatie van organische stof. Zolang de huidige grondwaterstanden in het gebied gehandhaafd kunnen blijven, is er in dit poldergebied zeker geen gevaar voor zetting.

Overigens, voordat de infiltratie in 1970 een aanvang nam, werd duinwater gewonnen. Aangenomen kan worden dat de grondwaterstanden en stijghoogten toen veel lager geweest zijn dan nu. Zettingen treden nu pas op bij onderschrijding van die historische waterstanden.

In het poldergebied zijn twee onttrekkingen ten behoeve van de tuinbouw bekend (voorzover gelegen binnen het modelgebied). Deze winningen (6,85 en 5,6 m³/dag) zijn dermate gering, dat zij in het studiegebied geen invloed op het hydrologisch systeem hebben.

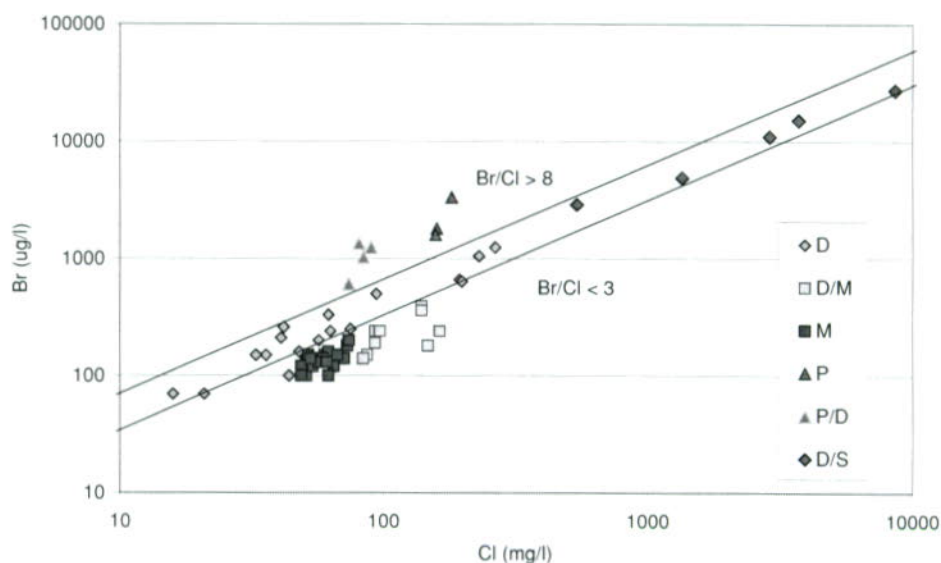
3.5 Verbreiding van geïnfiltrerd water

Gedurende de laatste tien jaar is per jaar ongeveer 0,3 miljoen m³ meer geïnfiltrerd dan teruggewonnen. Op basis hiervan kan geschat worden dat het infiltratiewater zich in een strook van 100 m rondom het infiltratiegebied heeft verplaatst in een watervoevende laag met een dikte van 20 meter. Tot de winter van 1983/1984 werd geïnfiltrerd met polderwater uit de omgeving; daarna tot op heden met voorgezuiverd Maaswater.

De ruimtelijke verbreiding van het infiltratiewater is met behulp van de waterkwaliteitsgegevens uit 1997 (zie bijlage 1) gekarteerd. Tabel 1 en Figuur 5 geven een overzicht van de belangrijkste kenmerken van de onderscheiden watertypen. Gebruikt is het Chloride-gehalte en de Bromide/Chloride-verhouding van het water dat wordt aangetroffen in de waarnemingsputten. Beide van nature in het water voorkomende parameters, vormen in feite een fingerprint van het water en indiceren de oorspronkelijke herkomst van het water (Stuyfzand, 1993).

Tabel 1 Overzicht van belangrijkste onderscheidende kenmerken van de watertypen (op basis van gegevens uit Stuyfzand, 1993)

code	watertype	Br/Cl (µg / mg/l)	Cl (mg/l)
D	Duinwater (autochtoon)	3 - 8	<300
D/M	Mix van D en M	<3	>75
M	Maasinfiltreat	<3	48 - 75
P	Polderwater	>10	>100
P/D	Mix van P en D	8 - 10	<100
D/S	Brak duinwater	3 - 8	>300



Figuur 5: Herkenning van watertypen door hun positie in het Br-Cl diagram

onderbouwing afwijkende typering dan in MER Diepinfiltratie

De indeling in chlorideklassen is afwijkend van de typering in MER Diepinfiltratie. De indeling in dit MER is verfijnd om goed onderscheid te kunnen maken tussen de diverse watertypen. Er is echter geen aparte klasse $Cl > 10000$ mg/l aangehouden, omdat deze waarde slechts op één locatie voorkwam en het voor dit onderzoek geen onderscheidende waarde heeft. De gehele klasse $Cl > 300$ (tot 16600) mg/l is aange-merkt als brak duinwater.

De Br/Cl-verhouding is bij uitstek geschikt om goed onderscheid te maken tussen:

- polderwater met vaak bromideverontreiniging ten gevolge van gebruik van bestrijdingsmiddelen, dus een hoge Br/Cl-verhouding;
- duinwater en brak duinwater; afkomstig van lokaal gevallen neerslag en eventuele bijmenging met zeewater met een relatief constante Br/Cl-verhouding en
- Maaswater, eventueel gemengd met duinwater met een relatief lage Br/Cl-verhouding door een andere herkomst van het regenwater. Neerslag meer landinwaarts in het brongebied van de Maas heeft een lagere Br/Cl-verhouding.

In bijlage 1 zijn twee kaarten opgenomen, waarin de verbreiding van watertypen in twee bodemlagen is weergegeven, namelijk de bodemlaag tussen NAP -1 tot -7 meter, en tussen NAP -11 tot -18 meter. Op basis van deze twee kaarten, en aanvullende informatie over de boven- en onderliggende lagen, is in het hoofdrapport de verbreiding van watertypen beschreven.

3.6 Autonome ontwikkelingen hydrologie en waterwinning

In de hydrologische situatie in en rond Solleveld worden geen autonome ontwikkelingen voorzien. Voor de waterwinning in Solleveld is te voorzien, dat op termijn de spoelwatervijvers niet meer nodig zijn, vanwege de vernieuwing van de spoelwaterinstallatie. Echter, eerst worden hiervoor de ervaringen met nieuw aan te leggen installaties in Scheveningen en Katwijk afgewacht (zie ook § 2.4). Omdat de spoelwatervijvers voorlopig dus nog aanwezig zullen zijn, horen ze nog wel bij de referentiesituatie.

De huidige hydrologische situatie, en de huidige inrichting van de waterwinning vormen de hydrologische referentie-situatie.

4 HYDROLOGISCHE EFFECTVOORSPELLING MET MODFLOW

4.1 Conceptueel model

Een conceptueel model moet gezien worden als een geschematiseerd beeld van de werkelijkheid. Bij het opstellen van het conceptuele model wordt bekeken welke hydrologische elementen van belang zijn, welke nauwkeurigheid bij de berekeningen is vereist, hoe groot het studiegebied moet worden, etc. Op basis van het conceptuele model wordt vervolgens het hydrologische model opgebouwd.

doel van de modellering

Het grondwatermodel heeft als doel het voorspellen van veranderingen in de gemiddelde grondwaterstanden en -fluxen in het freatisch pakket, ten gevolge van de verschillende hydrologische varianten.

aandacht richten op topsysteem, en omgeving van plassen en winputten

Met het bovenstaande doel voor ogen, is veel aandacht besteed aan het modelleren van het top-systeem in het hydrologisch model. Infiltratieplassen en onttrekkingen zijn met behulp van kleine rekencellen nauwkeurig gesimuleerd. Ook de omgeving van de plassen en drains is gesimuleerd met kleine rekencellen, zodat het effect van veranderingen in de ligging in inrichtingsvarianten berekend kan worden.

dichtheidsverschillen

Het zoete duinsysteem wordt aan de onderzijde begrensd door zout water. Ook aan de zee- en de polderzijde wordt het duingebied begrensd door zout en brak grondwater. Het dichtheidsverschil tussen zoet en zout water beïnvloedt de grondwaterstroming in het duingebied en het aangrenzende landbouwgebied. Daarom worden dichtheidsverschillen meegenomen in de modelberekeningen.

keuze modelcode

Er is gekozen voor het programma MODFLOW (McDonald & Harbaugh, 1988) in combinatie met de bij Kiwa ontwikkelde Density Package (Schaars & van Gerven, 1997). Als user interface is VISUAL MODFLOW gebruikt.

Met de Density Package worden de dichtheidsverschillen aan de randen van het systeem meegenomen (het zoute water in de Noordzee, in diepere watervoerende pakketten en onder polders). Omdat het gehele grondwatermodel sterk gestuurd wordt door de stijghoogten en de stroming op de randen, wordt aldus ook de stroming rond het infiltratiesysteem beter berekend.

geohydrologische laagindeling

Voor de geohydrologische laagindeling van het model is aangesloten bij de geohydrologische kartering die door DZH is uitgevoerd (Koster, 1997). Deze kartering sluit aan bij de lagenindeling die bij de andere duinbedrijven gehanteerd wordt. De doorlatendheden zijn afgeleid uit de literatuur en de boorbeschrijvingen. Voor de verticale doorlatendheid is (na calibratie) een tiende van de horizontale doorlatendheid aangenomen, behalve bij (freatisch) duinzand, waarvoor de verticale doorlatendheid gelijk aan de horizontale doorlatendheid wordt verondersteld. De laagindeling is weergegeven in Figuur 6. De bijbehorende geohydrologische parameters zijn opgenomen in Tabel 2. De waarden van de hydraulische parameters in de tabel zijn overigens de waarden na calibratie.

Tabel 2: Beschrijving en opsomming van hydraulische parameters na calibratie in de gebruikte geohydrologische schematisatie.

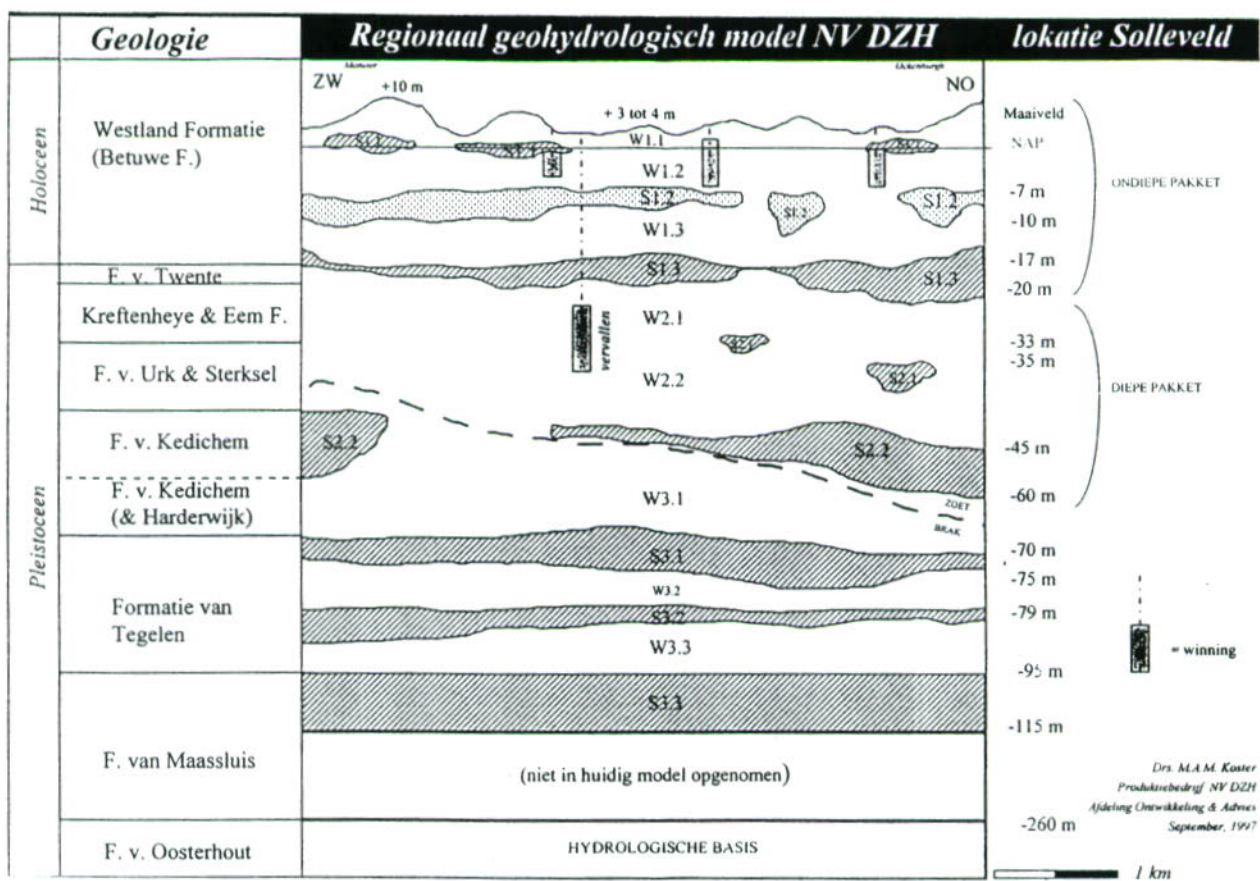
W1.1 = watervoerend pakket 1.1

S1.1 = scheidende laag 1.1

kh = horizontale doorlatendheidscoëfficiënt

hv = verticale doorlatendheidscoëfficiënt

code	kh (m/d)	kv (m/d)	lithologie	formatie
W1.1	10	10	matig fijn zand	Westlandformatie Jonge en oude duinzanden
S1.1	0.06	0.006	kleien	Westlandformatie zeekleiafzettingen, hollandveen, estuariene Oude Rijn-klei, mariene kleien
W1.2	10	1	matig fijn tot grof zand	Westlandformatie Oude duin en Strandafzettingen en geulzanden
S1.2	0.2	0.02	kleiige zanden	Westlandformatie zeebodemaafzettingen
W1.3	10	1	zand?	Westlandformatie Oude strandzanden/geulzanden
S1.3	0.02	0.002	veen en klei	Westlandformatie kleiige geulaafzettingen, basisveen en lokale kleilagen
W2.1	20	2	fijn en grof (grindhoudend) zand	Twente en Kreftenheye/Eem
S2.1	0.02	0.002	klei	Kreftenheye/Eem
W2.2	30	3	matig grove tot uiterst grove zanden	Urk en Sterksel
S2.2	0.025	0.0025	klei en veenhoudende zanden	Kedichem (fluviaal)
W3.1	10	1	matig fijne tot grove zanden	Kedichem (Harderwijk)
S3.1	0.01	0.001	klei	Tegelen
W3.2	7.5	0.75	zeer fijne tot matig grove zanden	Tegelen
S3.2	0.02	0.002	kleihoudend zand	Tegelen
W3.3	10	1	matig fijne tot grove zanden	Tegelen
basis			zandige klei	Maassluis



Figuur 6: Geohydrologische laagindeling ter plaatse van Solleveld (bron: Koster, 1997)

rekenperiode

De effecten van de uitbreiding van Solleveld kan voor de reguliere bedrijfsvoering het beste inzichtelijk gemaakt worden door berekeningen van langjarig gemiddelde situaties. Een stationaire modellering voldoet hiervoor. In de effectvoorspelling zullen dan gemiddelde grondwaterstandveranderingen berekend worden.

Invoerwaarden en stijghoogtemetingen worden gemiddeld in de tijd. Om het effect van het weer (droge en natte jaren) te elimineren wordt met het gemiddelde van een periode van 10 jaar gerekend: 1987 tot en met 1996. Deze periode is gekozen omdat gedurende deze 10 jaar het winningsregime redelijk constant was, en omdat er voor deze periode veel gegevens voor calibratie beschikbaar zijn.

Voor de vegetatievoorspelling zijn de GHG en GLG (Gemiddeld Hoogste en Laagste Grondwaterstand) nodig. We moeten hiervoor in feite de grondwaterstanden door het jaar heen kennen. Een stationaire effectberekening is echter voldoende om de veranderingen in de GHG en GLG te bepalen. Als invoer voor de vegetatievoorspelling kunnen de huidige GHG en GLG worden afgeleid uit de beschikbare meetreeksen. De grondwaterstandveranderingen in de hydrologische varianten, die wordt uitgerekend met behulp van het model, worden bij de huidige GHG en GLG opgeteld.

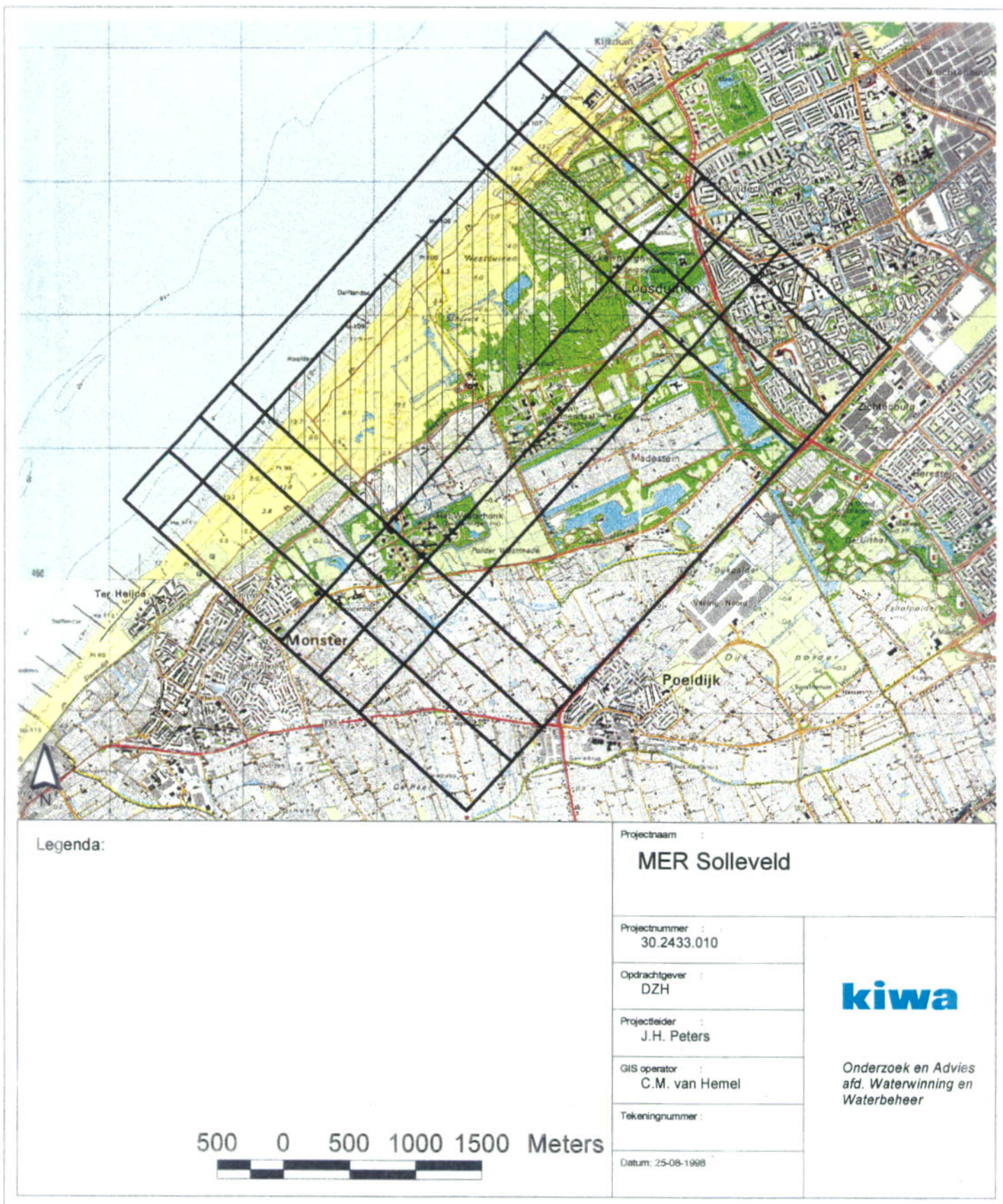
Voor de effectberekeningen van calamiteuze situaties zijn instationaire berekeningen nodig. Hiertoe zal, startend vanuit de stationaire (langjarige) situatie, een periode van 5 dagen doorgerekend worden.

grote modelgebied (geohydrologisch studiegebied)

Bij de bepaling van de grootte van het modelgebied, is een afweging gemaakt tussen de volgende aspecten:

- Het modelgebied moet zó groot zijn, dat de reikwijdte van veranderingen in de geohydrologische situatie binnen het modelgebied valt.
- In het poldergebied worden verschillende polderpeilen gehandhaafd. Veranderingen in de geohydrologische situatie kunnen in verschillende peilvakken voor andere effecten zorgen. In het model moeten de diverse peilvakken worden opgenomen.
- Het aantal cellen in een MODFLOW-model is beperkt in verband met geheugen-capaciteit en berekeningstijden. In de directe omgeving van de infiltratieplassen is het gewenst om met vele kleine rekencellen te werken. Het aantal rekencellen voor het modelleren van de omgeving is derhalve beperkt.

Op basis van deze aspecten, is de grootte en ligging van het modelgebied vastgesteld, zoals weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7: Ligging van het modelnetwerk van het geohydrologische model van Solleveld. In het gearceerde middengebied is de celgrootte 10 x 10 meter, aan de randen 100 x 100 meter.

modelnetwerk

Het geohydrologisch model is gebouwd bestaande uit een modelnetwerk met 301 rijen, 174 kolommen en 15 lagen. Het modelnetwerk is 4750 meter lang en 3500 meter breed, en is evenwijdig aan de kust gelegen (Figuur 7).

celgrootte in het infiltratiegebied

In MODFLOW kunnen in één model verschillende celgroottes toegepast worden. De gewenste celgrootte hangt af het detail van de invoer en van de uitvoer. Gekozen is voor een celgrootte van 10x10 meter binnen en rondom het infiltratiegebied, zodat:

1. Het effect van afzonderlijke putten en infiltratieplassen berekend kan worden;
2. Het effect van ruimtelijke veranderingen bij verschillende varianten vergeleken kan worden (onder andere verbreding van plassen, bijplaatsen van putten), en
3. De uitvoer voldoende nauwkeurig is om de effecten voor de vegetatie af te leiden.

celgrootte in de omgeving

In het aangrenzende poldergebied is de ligging van de watergangen bepalend bij het berekenen van eventuele effecten van de varianten op de omgeving. Deze watergangen worden voldoende nauwkeurig geschematiseerd bij een celgrootte van 10x10 meter direct aangrenzend aan het duingebied, en 10x25 meter op enige afstand. In de randzone van het model neemt de celgrootte geleidelijk toe tot maximaal 100x100 meter.

geohydrologische schematisatie

De ondergrond is gemodelleerd in watervoerende pakketten en slecht doorlatende lagen, overeenkomstig de modelschematisatie van Figuur 6 en de bijbehorende hydraulische parameters van Tabel 2. Elke geohydrologische laag komt overeen met één model laag.

modelranden

De westelijke(zee-) rand van het model is gemodelleerd als een zogenaamde constant head boundary: de cellen van de rand hebben een opgegeven vaste stijghoogte. De stroming over de modelrand wordt door het model berekend, zodanig dat de opgegeven stijghoogte gehandhaafd wordt.

Aan de oostelijke kant van het model is de waterstand in de aangrenzende polders dermate laag, dat deze van invloed is op de stijghoogte en de stroming in het hele modelgebied. Hier is een aangepaste versie van de 'general head boundary' toegepast:

Bij deze optie wordt de stroming over de modelrand bepaald aan de hand van een doorlaatfactor ('conductance') en een externe stijghoogte. De doorlaatfactoren in elke laag én de weerstand tussen de lagen zijn zodanig berekend dat de rand zich gedraagt alsof er zich een oneindig grote polder buiten de modelrand bevindt. Een dergelijke randvoorwaarde is geen routine-optie in MODFLOW, maar kan door combinatie van een analytische oplossing met het grondwatermodel worden gerealiseerd. Op deze wijze is geen sprake van een 'vaste rand': als de hydrologische effecten van uitbreiding van Solleveld tot aan de rand van het model zouden reiken, dan wordt het uitstralingseffect buiten de modelgrenzen in de modelberekening meegenomen.

Over de noordelijke en zuidelijke rand van het model treedt geen of weinig grondwaterstroming op: deze randen zijn als dichte rand gemodelleerd.

neerslag en verdamping

In het model wordt de nuttige neerslag ingevoerd. De nuttige neerslag is de neerslag, verminderd met de verdamping. In het duingebied wordt 1 mm/dag gehanteerd. Daarbuiten wordt 0,5 mm/dag gebruikt (lagere waarde vanwege de afvoer via verhard oppervlak). Verdere differentiatie is niet nodig: de neerslag is slechts een fractie van de totale infiltratie in het gebied:

Het waterwingebied Solleveld omvat circa 150 hectare, dit is $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^2$. Een neerslagoverschot van 1 mm/dag komt in dit gebied overeen met $1500 \text{ m}^3/\text{dag}$. In Solleveld wordt jaarlijks 4,8 miljoen m^3 geïnfiltreerd, oftewel ruim $13.000 \text{ m}^3/\text{dag}$.

Met behulp van het model is de aanname geverifieerd dat verdere differentiatie in het neerslagoverschot niet nodig is: het blijkt dat veranderingen in het ingevoerde neerslagoverschot inderdaad een te verwaarlozen effect hebben op de grondwaterstanden en stijghoogten in het gebied.

NB: De overinfiltratie in het gebied bedraagt 0,3 miljoen m^3/jaar , oftewel ruim $800 \text{ m}^3/\text{dag}$. Zowel het neerslagoverschot als het infiltratieoverschot zorgen voor een opbolling van de grondwaterspiegel tussen de zee en de polder. In de huidige situatie wordt dus circa één derde deel van de opbolling van de grondwaterspiegel veroorzaakt door de overinfiltratie van de waterwinning.

modellering infiltratieplassen

De infiltratieplassen zijn gemodelleerd met behulp van de River Package, waarin per rekencel een peil en een weerstand ('conductance') is opgegeven. Omdat de breedte van de plassen vaak groter is dan 10 meter (de celgrootte ter plaatste), beslaan ze meerdere cellen. Voor elk van deze cellen is het oppervlak berekend van het deel dat met een plas samenvalt. Als conductance wordt het quotiënt van het berekende oppervlak per cel en de bodemweerstand ingevoerd. In de modelsimulatie wordt zowel de hoeveelheid water die infiltreert als de gewonnen hoeveelheid berekend. Bij de calibratie worden deze hoeveelheden gecontroleerd (naast de controle op grondwaterstanden en stijghoogten).

modellering winputten

De huidige waterwinning bestaat uit een vacuümsysteem met 297 putten, die verdeeld zijn over 9 zuigleidingen. De filters bevinden zich altijd in het tweede watervoerende pakket. In enkele gevallen is het filter ook in het eerste of in het derde watervoerende pakket aanwezig. In de putten wordt een vast peil ingevoerd in het model; dit is met de onderstaande gedachtegang beredeneerd:

De onttrekking in Solleveld wordt bedreven middels zuigleidingen, waarin een bepaalde hydraulische (onder)druk wordt gehandhaafd. Gezien de ligging van de zuigleidingen, en de vorm van het infiltratiegebied, is het zeker dat de putten aan één streng niet allemaal dezelfde afvoer leveren. Afvoermetingen per put zijn echter niet voorhanden. Om de situatie per put toch goed te kunnen simuleren, worden de putten met een vast peil gemodelleerd. Dit zijn de gemiddelde peilen die per streng gemeten zijn.

Voor de winputten wordt gebruik gemaakt van de General Head Boundary Package van MODFLOW, waarin het debiet wordt berekend op basis van een opgegeven weerstand en peil. Binnen één streng worden de weerstand en het peil constant veronder-

steld. De berekende totaaldebieten per streng dienen overeen te komen met de gemeten debieten.

modellering waterlopen

De waterlopen in het aan de duinen grenzende poldergebied zijn gemodelleerd met behulp van de River Package. Per rekencel is een peil en een weerstand ('conductance') opgegeven. Omdat de breedte van de waterlopen kleiner is dan de celgrootte (10 of 25 meter), is het oppervlak van de waterloop dat in de cel ligt berekend. Als conductance wordt het quotiënt van het berekende oppervlak per cel en de bodemweerstand ingevoerd. Omdat er hier geen duidelijke poldervakken aan te wijzen zijn, is elke waterloop apart gemodelleerd.

dichtheidsverdeling

De dichtheid van het grondwater varieert over het modelgebied. Daar waar water aanwezig is met hoge chloridegehalten (zout water), is de dichtheid groter. In het model wordt de scheiding tussen het zoute en zoete grondwater benaderd door een grensvlak. Dit grensvlak valt samen met de bovenkant van watervoerend pakket W3.1 (zie Figuur 6). De dichtheid beneden het grensvlak is 1024 kg/m^3 , en erboven 1000 kg/m^3 . De zeerand van het model heeft een dichtheid van 1024 kg/m^3 .

De dichtheidsverdeling is constant in de tijd in het model gebracht. Het effect van verplaatsing van het grensvlak ten gevolge van de verandering van de waterwinning is verwaarloosbaar:

Het infiltratieoverschot wordt in de hydrologische varianten niet groter, liefst geringer (dit is een uitgangspunt geweest voor de afleiding van de varianten, en dit is na de effectvoorspelling gecheckt). Het infiltratieoverschot kwelt op in het aangrenzende poldergebied, of stroomt af naar zee. Verder is van belang, dat er geen diepe winning in Solleveld plaatsvindt: veranderingen van diepe winningen hebben over het algemeen wél effect op de ligging van het zoet-zout grensvlak. Tenslotte moet bedacht worden, dat de grondwaterstroming diep in het pakket zeer traag is. Een verplaatsing van het zoet-zout grensvlak duurt eeuwen. Zo werken de effecten van bijvoorbeeld de inpoldering van het achterland nog steeds door op de huidige ligging van het zoet-zout grensvlak (Oude Essink, 1996).

4.3 Modelcalibratie

Door middel van de calibratie is gecontroleerd of de berekende grondwaterstanden, stijghoogten, infiltratie- en winningsdebieten overeenkomen met de gemeten waarden. Bij verklaarbare afwijkingen is het model aangepast.

gecalibreerde waarden

De volgende berekende waarden zijn bij de calibratie vergeleken met de overeenkomstige meetgegevens:

- de stijghoogten in 297 peilbuizen;
(De meeste filters van deze buizen bevinden zich in W1.1 en W1.2)
- het afvoerdebiet van alle strengen;
(Behalve PPSERIE1, PPSERIE2 en PPSERIE3: in deze strengen wordt de afvoer niet gemeten)
- de totale infiltratie en onttrekking.

aangepaste modelparameters

Tijdens de calibratie zijn de volgende modelparameters aangepast:

- weerstanden van de plassen
- weerstanden van de putten
- horizontale k-waarden eerste en tweede watervoerend pakket
- verticale k-waarden veen en kleilagen

Tijdens de ijking is verondersteld dat alle plassen dezelfde weerstand hebben. Er is namelijk geen reden om aan te nemen dat de verstopping per plas verschilt: het onderhoud (opschonen) is voor alle plassen gelijk. Voor de putten geldt hetzelfde. De doorlatendheden zijn binnen een laag eveneens constant gehouden. Het zijn immers sedimenten die onder gelijke omstandigheden zijn afgezet.

Bij de calibratie bleken de gemeten debieten in de verschillende putstrengen het meest gevoelig. Bij de ijking heeft een juiste berekening van de debieten, en de verdeling hiervan over de putstrengen, daarom veel aandacht gekregen. De stijghoogten in de omgeving bleken minder gevoelig voor aanpassingen in de modelparameters. Bij het doorvoeren van veranderingen in het model, is telkens gecheckt of de stijghoogten en grondwaterstanden nog wel goed berekend worden.

calibratie-resultaat

Resultaat van de calibratie is een model, waarin de geohydrologische situatie en de reguliere waterwinning, zoals beschreven in hoofdstuk 3, goed wordt benaderd. In Tabel 3 zijn de gemeten en berekende debieten van de infiltratieplassen en de putstrengen samengevat. Het totale infiltratiedebiet en het totale winningsdebiet worden beide slechts 3 à 4 % te laag berekend. De overinfiltratie wordt ook goed berekend; dit is van belang, omdat de overinfiltratie de belangrijkste effecten op de stijghoogten in het gebied veroorzaakt. Voorts dient te worden opgemerkt dat volumestromen bij metingen veelal overschat worden: in geval van aangroei of sediment in de leidingen wordt de doorstroomde doorsnede verkleind, terwijl bij de bepaling van de volumestroom uitgegaan wordt van de oorspronkelijk doorsnede.

De verdeling van de debieten over de putstrengen wordt goed benaderd. Alleen de onttrekkingen van putstrengen DELF200 (bij plas 1 en 2) en SOLL600 (in het middegebied bij plas 8 t/m 11) zijn afwijkend. Om deze onttrekkingsdebieten goed te modelleren, zijn verdere aanpassing van modelparameters nodig. Echter, dan moeten aanpassingen aan het model gedaan worden (bijvoorbeeld: het aanpassen van individuele weerstanden van infiltratieplassen of putstrengen), die vanuit de praktijk niet kunnen worden verklaard.

De gemeten en berekende stijghoogten wordt gevisualiseerd in bijlage 2. In de figuren van bijlage 2 is het berekende stijghoogteverloop in drie model-lagen weergegeven (de lagen W1.1, W1.2 en W1.3; zie ook Tabel 2). De locaties van de peilbuizen is met bolletjes aangegeven: de kleur en grootte van de bolletjes geven de afwijking tussen gemeten en berekende waarde aan. Op deze wijze wordt een beeld van het calibratie-resultaat verkregen. Enkele statistieken van de berekeningfouten in de stijghoogten zijn samengevat in Tabel 4.

In de bovenste laag (W1.1) worden de grondwaterstanden tussen plas 1 en 2 en plas 5 en 7 te laag berekend, terwijl rond de plassen 8 t/m 12 de grondwaterstanden te hoog worden berekend. In het onderliggende watervoerend pakket (W1.2) werken deze afwijkingen nog door. Verbetering van modelparameters bleken niet zinvol: verdere aanpassingen resulteerden weliswaar in een betere berekening van

het stijghoogteverloop, maar de berekening van de winning- en infiltratiedebieten werd hierdoor juist weer slechter.

Het model is zódanig gecalibreerd, dat een tussenweg is gevonden tussen het minimaliseren van de modelfouten van de debieten en de modelfouten van de stijghoogten.

Het resultaat van de calibratie nemen we aan als 'best mogelijk calibratieresultaat'. Het hydrologische systeem wordt hiermee goed nagebootst.

Tabel 3: Gemeten en berekende debieten van de infiltratieplassen en in de putstrengen.

	gemeten debiet (x1000 m³/jaar)	berekend debiet (x1000 m³/jaar)	berekend/gemeten (%)
<i>Infiltratieplassen</i>			
plas 1	geen metingen	183	-
plas 2	„	228	-
plas 5	„	595	-
plas 6	„	307	-
plas 7	„	933	-
plas 7A	„	135	-
plas 8	„	239	-
plas 9	„	327	-
plas 9A	„	435	-
plas 10	„	231	-
plas 11	„	230	-
plas 12	„	1.093	-
Totaal infiltratie	5.100	4.936	97
<i>Putstrengen</i>			
DEL200	456	223	49
PAN7 300	552	496	90
PPSERIE1	geen metingen	65	-
PPSERIE2	„	747	-
PPSERIE3	„	804	-
RAND400	184	156	85
RANDDEL2	683	665	97
RANDSOLL	1.034	901	87
SOLL600	964	571	59
Totaal winning	4.800	4.627	96
Overinfiltratie	300	309	103

Tabel 4: Enkele statistieken van de berekeningsfouten in de stijghoogten van het gecalibreerde model.

watervoerend pakket	gemiddelde fout (m)	standaardafwijking fout (m)
W1.1	-0.01	0.15
W1.2	-0.04	0.16
W1.3	+0.08	0.19

beperkingen en kennislacunes hydrologische effectvoorspelling

De belangrijkste beperking, die bij de calibratie van het model naar voren is gekomen, is het ontbreken van metingen van infiltratiedebieten per plas. De verdeling van infiltratie over het gebied moest daarom bij de calibratie indirect afgeleid worden uit het stijghoogteverloop. De door het model berekende *infiltratiedebieten* kunnen niet aan meetwaarden worden getoetst. Bij de *winning* zijn de debieten van een drietal putstrengen niet bekend.

Een tweede beperking van het geohydrologisch model is, zoals reeds bij de calibratie is beschreven, dat het berekende windebiet van een tweetal putgroepen (DEL200 en SOLL600) afwijkt van het gemeten windebiet.

In hoeverre beïnvloeden deze beperkingen de resultaten van de effectvoorspelling?

Ten eerste wordt opgemerkt, dat bij de effectvoorspelling alleen de verschillen ten opzichte van de huidige situatie van belang zijn. De verschillen worden berekend ten opzichte van het gecalibreerde model: de nog aanwezige afwijkingen in het model worden zowel in de berekening van de huidige situatie als in de variantberekeningen meegenomen, en bij het bepalen van verschillen vallen de afwijkingen dan ook grotendeels weg.

Bij twee hydrologische varianten, namelijk BCX en UMX, kan beredeneerd worden dat de beperkingen van het model de resultaten van de effectvoorspelling mogelijk beïnvloeden. In deze twee varianten wordt (onder andere) de infiltratie en winning rond de plassen 1 en 2 stopgezet. Het infiltratieoverschot dat bij de huidige bedrijfsvoering voor deze plassen berekend wordt, is onzeker door de beperkte meetgegevens en de nog bestaande afwijkingen in het calibratieresultaat: zie Tabel 5.

Tabel 5: *Infiltratie, winning en infiltratieoverschot van plas 1 en 2*

	gemeten (x 1000 m ³ /jaar)	berekend (x 1000 m ³ /jaar)
infiltratie plas 1 en 2	g.m. ^{*)}	411
winning DELF200 + PPSERIE 1	456 + g.m. ^{*)}	288
infiltratieoverschot	g.m. ^{*)}	123

^{*)} g.m. betekent geen meting

In het model wordt voor plas 1 en 2 een infiltratieoverschot van 123.000 m³/jaar berekend. Het werkelijke infiltratieoverschot is niet bekend. Wel is bekend dat het winningsdebiet van DELF200 in het model te laag berekend wordt. Het is dan ook het meest aannemelijk dat het werkelijke infiltratieoverschot kleiner zal zijn dan het berekende overschot in het model.

Bij het uit bedrijf nemen van de plassen 1 en 2 (varianten BCX en UMX) vervalt het infiltratieoverschot van deze plassen. Als gevolg hiervan wordt ten opzichte van de huidige situatie een verlaging in de grondwaterstand rond deze plassen verwacht (we verwijzen hierbij alvast naar de resultaten van de hydrologische effectvoorspelling in het hoofddocument van deze MER).

Wanneer het infiltratieoverschot van plas 1 en 2 in het model te hoog wordt berekend in de huidige situatie (wat zeer waarschijnlijk het geval is), dan wordt in de effectvoorspelling met het model een te grote grondwaterstandverlaging rond deze plassen berekend voor de varianten BCX en UMX. De hydrologische effectvoorspelling van de varianten BCX en UMX kan in dit opzicht als een 'worst case' voorspelling gezien worden.

4.4

Effectvoorspelling hydrologie

Met het gecalibreerde geohydrologische model zijn de hydrologische varianten voor uitbreiding van de waterwinning Solleveld doorgerekend:

<i>hydrologisch variant</i>	<i>beknopte omschrijving</i>
(ZS	Zonder Spade, productie verhogen met bestaande middelen)
BC	Bestaande Configuratie, toepassing OINS-concept
BCX	Idem BC, plas 1,2 en 7A opheffen
UM	Uitbreiding plassen in Middengebied, OINS-concept
UMX	Idem UM, plas 1,2 en 7A opheffen

Voor elke variant zijn met het geohydrologisch model de volgende aspecten berekend:
reguliere bedrijfsvoering:

- productiecapaciteit (zie onderstaande toelichting)
- grondwaterstanden en stijghoogten
- verandering in grondwaterstand, ten opzichte van de huidige situatie
- kwel- en infiltratiefluxen
- stromingsbeeld (zie onderstaande toelichting)

piekproductie:

- productiecapaciteit gedurende piekdagen (zie onderstaande toelichting)

Voor één variant wordt berekend:

calamiteuze situatie:

- effect op stijghoogten in de omgeving (zie onderstaande toelichting)

Deze berekening wordt voor slechts één van de varianten uitgevoerd (de uiteindelijke voorkeursvariant), omdat beredeneerd kan worden, dat voor dit aspect de varianten onderling niet zullen verschillen. Immers, het gaat bij deze effectberekening om het infiltratietekort dat wordt opgebouwd in de loop van 5 dagen. Alleen het verschil tussen een productie van 5 miljoen m³/jaar (huidige situatie) met 8 miljoen m³/jaar (situatie na uitbreiding) speelt hierbij een rol.

Voor de beschrijving van de resultaten van de hydrologische effectvoorspelling wordt verwezen naar het hoofdrapport van dit MER. Hieronder wordt bij enkele berekeningen een toelichting gegeven op de berekenings-opzet.

productiecapaciteit reguliere bedrijfsvoering

De productiecapaciteit van elk van de varianten zijn berekend door de peilen in de infiltratieplassen maximaal, en de peilen in de winmiddelen minimaal in te stellen. Hierbij zijn de volgende kanttekeningen te maken:

- Volgens opgave zijn de maximum plaspeilen 3,2 m+NAP. Gerekend is met een plaspeil van 3,0 m+NAP. Het zal immers niet mogelijk zijn alle plassen altijd op het maximum peil te houden. Ook bij de huidige bedrijfsvoering zit er een verschil tussen het maximum en het minimum peil van ongeveer 0,4 meter. Het gemiddelde peil is in de berekeningen 0,2 meter lager dan het maximum peil. Zo komen we op een 'rekenpeil' van 3,0 m+NAP. Voor plas 11 is het maximum peil 2,4 m+NAP, vanwege het lage maaiveld. Het rekenpeil is dus (weer 0,2 meter lager) 2,2 m+NAP.

- Volgens opgave zijn de minimum peilen in de winmiddelen 0,5 m+NAP: hiermee is gerekend. Dit minimum peil wordt gehanteerd ter voorkoming van verzilting. Het minimum peil geldt als gemiddelde peil: een tijdelijke, kortdurende verlaging (in de orde van dagen) van het peil in de winmiddelen zal niet tot verzilting leiden. In de berekeningen zijn de peilen in de winmiddelen aan de noord- en ooststrand gelijk gelaten aan wat ze nu gemiddeld zijn. Dit in verband met de noodzakelijk afstroming naar het noorden en het voorkómen van effecten langs de binnenduinstrand.

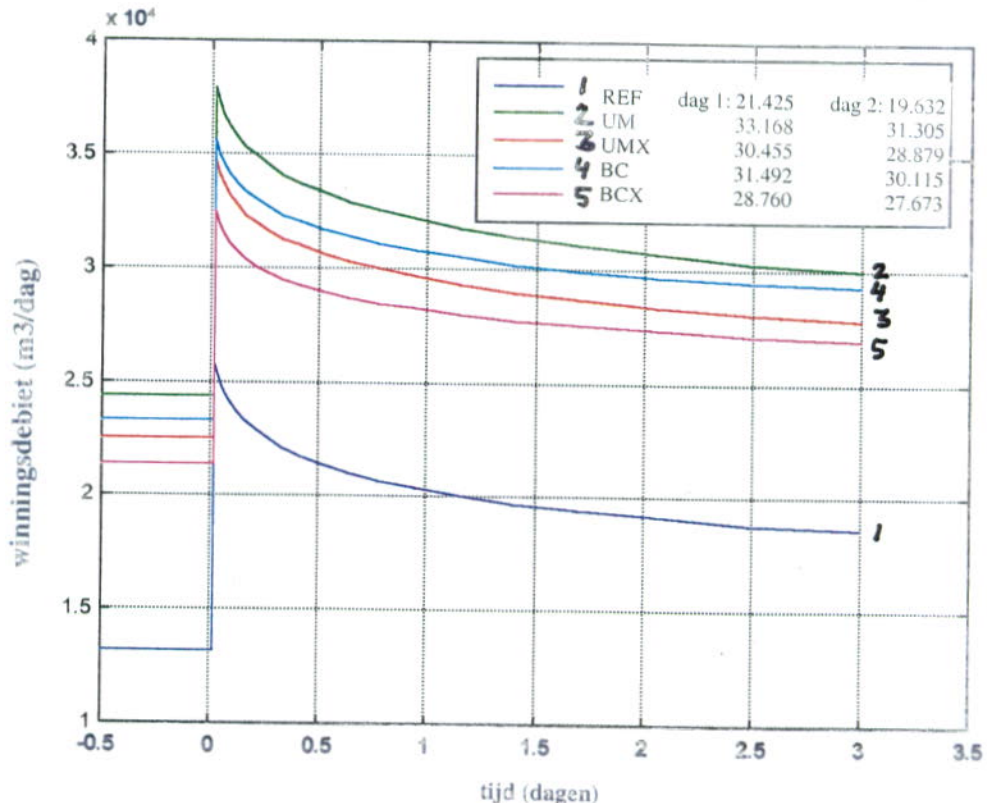
productiecapaciteit gedurende piekdagen

Op dagen dat de drinkwatervraag groot is, moet zonder problemen - gedurende korte tijd - een hogere productie gerealiseerd kunnen worden. Er wordt op een piekdag meer water gewonnen dan in de gemiddelde situatie, waardoor het peil in de putstrengen daalt.

Om de productie tijdens een piekdag te simuleren, zijn effectberekeningen gemaakt, waarbij op zeker tijdstip ($t=0$ dagen) het peil in de winputten instantaan daalt van 0,5 m+NAP tot 0 m+NAP (alleen in die putstrengen waar dit mogelijk voor is). Berekend is de winningscapaciteit in de drie dagen na tijdstip $t=0$.

Met deze berekeningsopzet is eerst de huidige situatie doorgerekend. Het resultaat geeft aan dat in de huidige situatie een piekdag van 20.000 m³ zonder problemen geleverd kan worden (de gemiddeld productie bedraagt 13.700 m³/dag). Volgens de ervaring van DZH is dit inderdaad het geval (mondelinge mededeling R. Draak).

Vervolgens zijn de vier varianten BC, UM, BCX en UMX doorgerekend. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 8. Op de eerste dag na het verlagen van de peilen in de putstrengen varieert de winningscapaciteit tussen 28.800 m³/dag (variant BCX) en 33.200 m³/dag (variant UM). De varianten BC en UM hebben een hogere capaciteit dan de varianten BCX en UMX. Na ongeveer drie dagen is een vrijwel stationaire situatie ontstaan, de winningscapaciteit varieert dan tussen 27.000 en 30.000 m³/dag.



Figuur 8: Berekende winningscapaciteiten tijdens een periode van piekvraag, voor de huidige situatie en vier varianten.

effect op stijghoogten in de omgeving bij calamiteuze situatie

Vanwege calamiteiten is het mogelijk dat de aanvoer van water tijdelijk stopt, en dat de infiltratie in Solleveld meerdere dagen gestaakt wordt. Tijdens een dergelijke situatie moet wél aan de vraag voldaan kunnen worden en wordt de grondwateronttrekking voortgezet. Dit zal een tijdelijke grondwaterstandsverlaging tot gevolg hebben. De grootte van deze waterstandsverlaging is afhankelijk van de grootte van de onttrekking en de duur van de calamiteit.

Omdat de onttrekking in de toekomstige situatie verhoogd wordt van 4,5 naar 8 Mm³ per jaar, zou er een ongunstig effect kunnen optreden ten opzichte van de huidige situatie. Vanwege de geringe tijdsduur van de verlaging zijn er echter geen gevolgen voor de vegetatie in het gebied te verwachten. Er zouden echter wel zettingen kunnen optreden. Het effect is daarom met name van belang ten oosten van het infiltratiegebied, waar bebouwing ligt, die niet in eigendom van DZH is.

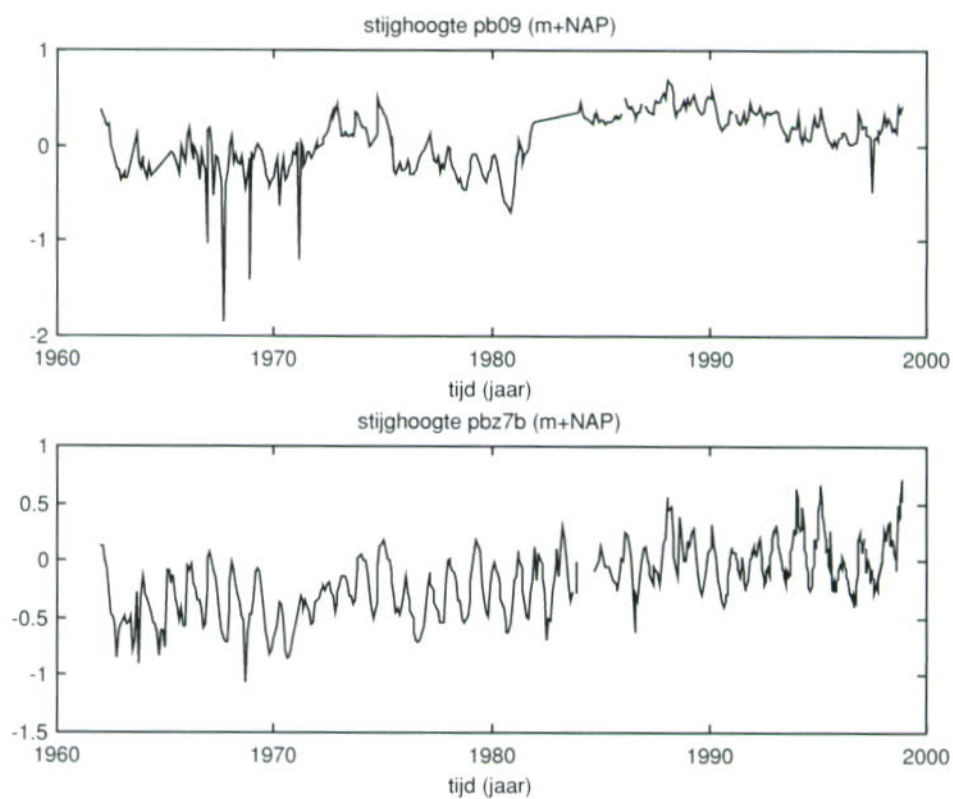
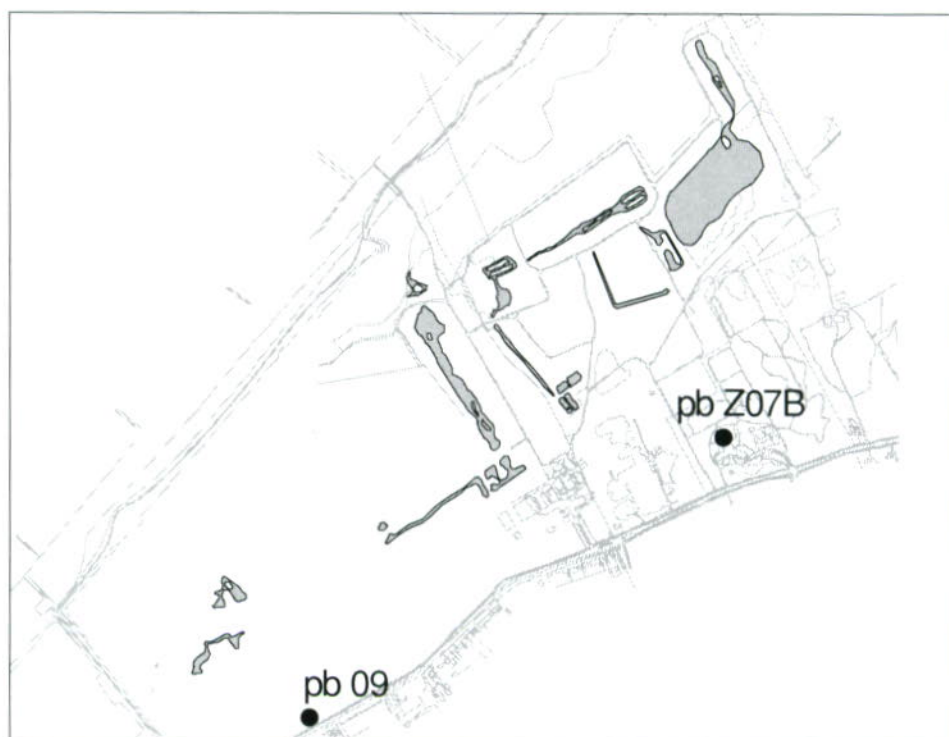
Zoals reeds beschreven in paragraaf 3.3, wordt in de hydrologische effectvoorspelling een calamiteit gezien als een situatie, waarbij gedurende 5 dagen wordt gewonnen, doch waarbij de wateraanvoer is stilgevallen. Met behulp van het geohydrologisch model wordt een berekening gedaan, waarin deze calamiteuze situatie wordt nagebootst: in een niet-stationaire berekening wordt op zeker tijdstip ($t=0$) alle infiltratie gestopt, terwijl de winning op constant niveau gehandhaafd blijft. In feite is dit een worst-case benadering, omdat in werkelijkheid na het stopzetten van de wateraanvoer nog enige tijd (circa 2 dagen) infiltratie plaatsvindt vanuit de plassen.

Er wordt gekeken naar het effect op twee locaties, waarvan langjarige stijghoogtegegevens bekend zijn. Beide locaties bevinden zich vlakbij de Haagweg, op de grens van Solleveld (zie Figuur 9, boven). De gemeten stijghoogten op deze locaties zijn in dezelfde figuur weergegeven (Figuur 9, onder). Het blijkt, dat de jaarfluctuatie op beide locaties 0,5 à 1 meter bedraagt.

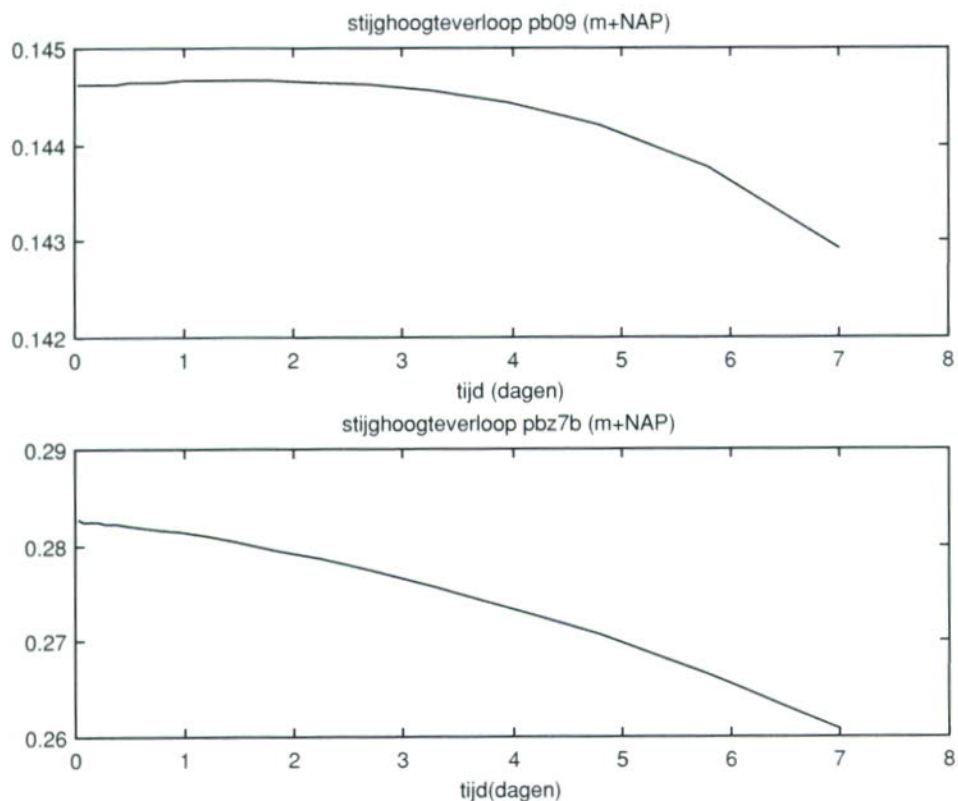
De effecten van de calamiteuze situatie zijn berekend voor de variant UMX (zie bladzijde 30, voor de onderbouwing waarom slechts één variant is doorgerekend). Het berekende stijghoogteverloop op beide locaties gedurende de calamiteuze situatie is weergegeven in Figuur 10. In de berekening is een periode van 7 dagen doorgerekend. Voor de effectvoorspelling zijn de stijghoogtedalingen na 5 dagen van belang.

Uit de berekening blijkt dat 5 dagen na het stoppen van de infiltratie (met gelijkblijvende winning) de grondwaterstand bij pbZ07B circa 1,5 cm gedaald is, en bij peilbuis pb09 circa 0,1 cm.

Voor de interpretatie van deze grondwaterstandsdalingen wordt verwezen naar het hoofddocument.



*Figuur 9: Gemeten stijgheogteverloop van 1962 tot heden.
 boven: ligging van de meetpunten;
 onder: stijgheogteverloop pb09 en pbz7b.*



Figuur 10 Berekende stijghoogteverloop tijdens een calamiteuze situatie. De ligging van de locaties waarvoor het stijghoogteverloop is berekend, is weergegeven in Figuur 9 (boven).

stromingsbeeld in reguliere situatie

Voor alle varianten is het stromingsbeeld in de reguliere situatie gevisualiseerd. Hier- toe is (in het hoofdrapport) in één modellaag van het geohydrologisch model de stroming in het kaartvlak weergegeven met behulp van pijltjes.

Voor de beeldvorming is eerst voor diverse modellen de stroming weergegeven. In bijlage 2 is het stromingsbeeld weergegeven in:

- het (ondiepe) pakket tussen NAP en NAP -7 m;
- het (ondiepe) pakket tussen NAP -10 m en NAP -17 m;
- het (diepe) pakket tussen NAP -20 m en NAP -33 m.

Het stromingsbeeld in de laag tussen NAP en NAP -7 m verschilt weinig van het stromingsbeeld in de laag tussen NAP -10 m en NAP -17 m. Het stromingsbeeld tussen NAP -20 m en NAP -33 m, in het diepe pakket, wijkt af van het stromingsbeeld in de andere lagen, die deel uitmaken van het ondiepe pakket.

In de effectvoorspelling is ervoor gekozen om het stromingsbeeld van één van de lagen van het ondiepe pakket te presenteren. De stroming in de laag tussen NAP -10 m en -17 m is daarom voor alle varianten weergegeven.

Voor de verdere effectbeschrijving wordt verwezen naar het hoofdrapport.

5 ECOLOGISCHE GEBIEDSBESCHRIJVING

5.1 Solleveld in (inter)nationaal verband

Het duingebied van Solleveld maakt deel uit van een slechts hier en daar onderbroken duinzone vanaf Calais (noord Frankrijk) tot aan de noordpunt van Denemarken: een uitgestrekt en rijk natuurgebied. De Nederlandse duinen beslaan een relatief groot gebied van deze duinstrook. De duinstrook vormt een belangrijke schakel in de vogel-trekroutes en biedt plaats aan tal van broedvogels (Bakker et al, 1979).

De duinen vormen één van de landschapstypen in ons land. Vergeleken met andere landschapstypen, zoals bijvoorbeeld het rivierenlandschap, het polderlandschap, het stuwwallenlandschap of het löss- en krijtlandschap, is de duinstreek een nog weinig aangetast landschap. Menselijke beïnvloeding in de duinen is beperkt gebleven tot kleinschalige landbouw in de vorige eeuw, versterking van de zeekering, zandwinning, waterwinning en recreatie. Hoewel deze beïnvloeding geleid heeft tot achteruitgang in de ecologische kwaliteit van het duinlandschap, is deze achteruitgang veel geringer geweest dan die in andere landschappen elders in ons land (Bakker et al, 1979).

Solleveld is opgenomen als kerngebied in de Ecologische Hoofdstructuur van Nederland. Kerngebieden zijn gebieden met in (inter)nationaal opzicht belangrijke, duurzaam te behouden ecosystemen. Het gebied Solleveld is een beschermd natuurmonument.

5.2 Vegetatie

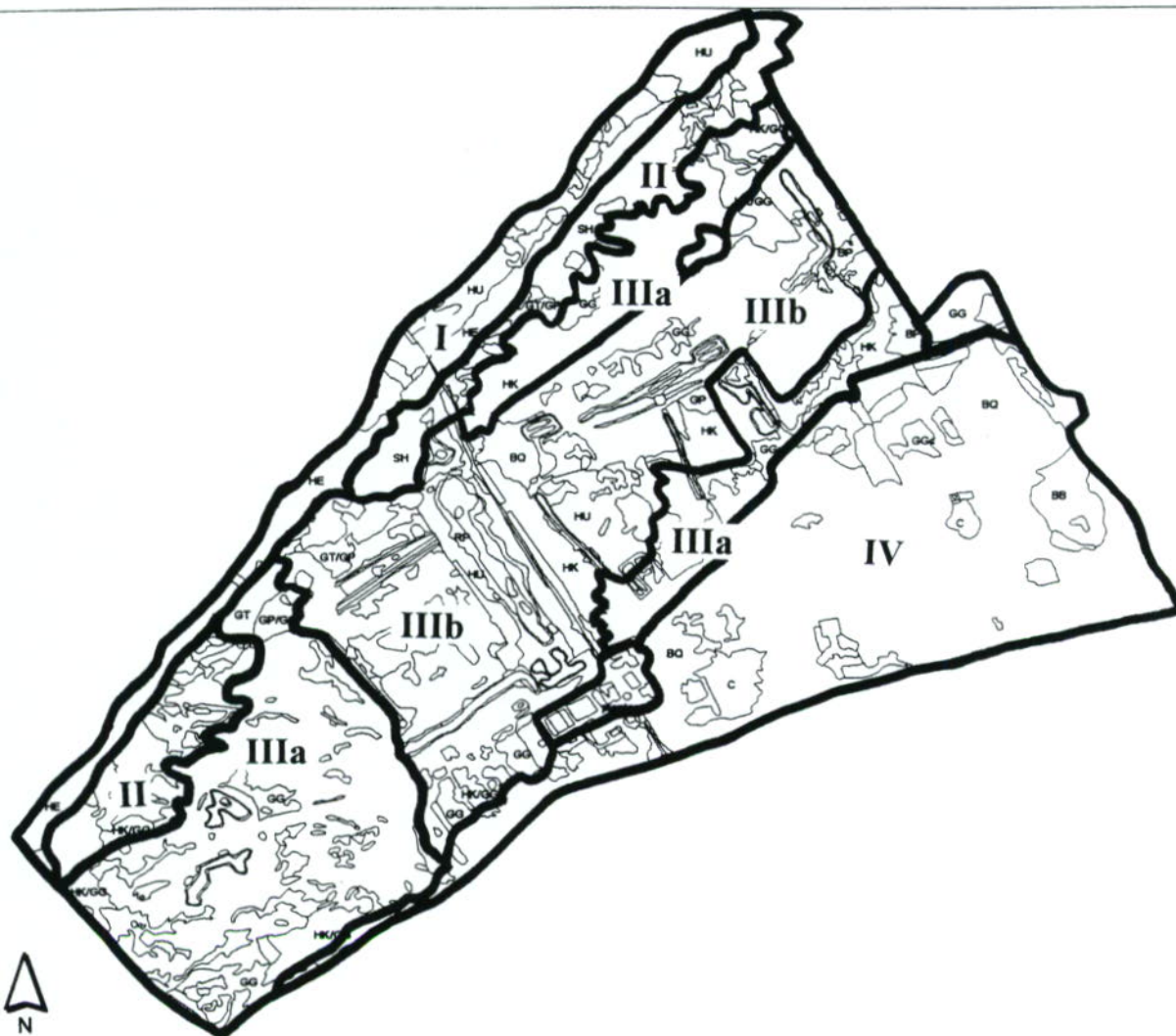
In Solleveld kunnen vier landschapszones worden onderscheiden (Vertegaal, 1989):

1. Kalkhoudende bodems van de zeeleep;
2. Overgangszone kalkrijk/kalkarm in de buitenduinen;
3. Kalkloze pionier/graslandzone in de binnenduinen (in deze zone liggen de infiltratieplassen en winputten);
4. Kalkloze struweel/boszone in het oude duin.

In navolging van Lucas (1993) maken we in de derde groep, de kalkloze pionier/graslandzone, een verdere onderverdeling in twee deelgebieden, namelijk de geparaboliseerde binnenduinen en de geëgaliseerde binnenduinen (zie ook v.d. Hagen, 1998). Aan de hand van deze landschapszones wordt in deze paragraaf de vegetatie beschreven. In Figuur 11 zijn de landschapszones weergegeven.

1. Kalkhoudende bodems van de zeeleep

De zeeleep valt buiten het DZH-gebied en wordt hier verder niet behandeld. De zeeleep is overigens een droog gebied, waar volgens de vegetatiekaart (Lucas, 1993) geen grondwaterafhankelijke vegetaties voorkomen. Beïnvloeding van de zeeleep door hydrologische ingrepen vindt nauwelijks plaats.



Legenda:

- I kalkhoudende bodems van de zeereep
- II overgangszone kalkrijk/kalkarm in de buitenduinen
- IIIa geparaboliseerde binnenduinen
- IIIb geegaliseerde binnenduinen
- IV kalkloze struweel/boszone in de oude duinen



Projectnaam :

MER Solleveld

Projectnummer :
30.2433.010

Opdrachtgever :
DZH

Projectleider :
J.H. Peters

GIS operator :
C.M. van Hemel

Tekeningnummer :

Datum: 25-08-1998

kiwa

Onderzoek en Advies
afd. Waterwinning en
Waterbeheer

Figuur 11: Landschapszones in Solleveld (naar Lucas, 1993 en v.d.Hagen, 1998).

2. Overgangszone kalkrijk/kalkarm in de buitenduinen

Deze zone bestaat uit uitlopers van het kalkrijke Jonge duin die door overstuiving over het Oude duin heen liggen. Kenmerkend zijn zeer dichte Duindoornstruwelen, afgewisseld met minder dichte struwelen, voornamelijk bestaande uit Duindoorn en Kardinaalsmuts, maar ook met Liguster, Vlier en Kruipwilg. De soortenrijkere Duindoornstruwelen worden gerekend tot het Hippophao-Ligustretum, een struweelgemeenschap van kalkrijke bodem.

In mozaïek met de struwelen liggen lage pioniervegetaties en graslanden van kalkrijke tot zwak zure bodem. Uit een verslag van een wandeling in het gebied in 1897 blijkt dat in deze zone in de valleien vochtige duinvalleivegetaties te vinden waren met o.a. Moeraswespenorchis. Deze vegetatie is nu echter niet meer aanwezig.

De pioniervegetaties kunnen gerekend worden tot het Phleo-Tortuletum ruraliformis (Duinsterretjesassociatie). Het zijn mosrijke begroeiingen die het best ontwikkeld zijn langs plaatsen waar het zand beroerd wordt, als zandpaadjes en andere stuifplekken. Kenmerkende soorten zijn onder andere *Tortula ruralis* var. *ruraliformis* (Duinsterretje), *Cladonia furcata* (Gevorkt heidestaartje), *Cladonia foliacea* (Elandgeweimos), Duinreigersbek en Zanddoddegras. Door de combinatie van kalkrijk en zuur duinzand groeien in deze zone kalkmijdende (Vroege haver) en kalkminnende soorten (Duinsterretje, Ruw vergeet-mij-nietje) naast elkaar.

De lage duingraslanden kunnen gerekend worden tot het Taraxaco-Galietum veri (Duinpaardebloem-associatie). Deze zijn op sommige plaatsen mooi ontwikkeld met soorten als Geel walstro, Zandpaardebloem, Hazepootje, Grote tijm en Walstrobremraap. De variatie in kalkrijkdom uit zich in het voorkomen van kalkmijdende soorten in bovengenoemde gemeenschappen en daarnaast in het op kleine schaal voorkomen van soorten van lage graslanden van zure bodem. Kenmerkende soorten hiervan zijn: Buntgras, Schapegras, Schapezuring en allerlei mossen, maar vooral korstmossen (zie kalkloze pionier/graszone). In deze zone wordt vrij veel *Thalictrum minor* gevonden, een soort van het Duinruit-Kruipwilgstruweel, een struweelgemeenschap van droge zuidhellingen en valleien op kalkarme bodem (Vertegaal, 1989; Boosten, 1997).

3. Kalkloze pionier/graszone in de binnenduinen

Deze zone behoort tot het Oude duinlandschap. In deze zone liggen alle infiltratieplaatsen en winputten ten behoeve van de waterwinning. De bodem is, indien niet uitgegraven, overal droog en grotendeels kalkloos.

We maken in deze groep een verder onderscheid in twee deelgebieden: de geparaboliseerde binnenduinen, en de geëgaliseerde binnenduinen. Het merendeel ligt in vlakke of afgevlakte gedeeltes.

3a. Geparaboliseerde binnenduinen

Dit deelgebied van de binnenduinen is reliëfrijk, met matig hoge paraboolduinen en uitblazingsvalleien. In de bodem is lokaal nog enige kalk aanwezig. In het zuidelijke gedeelte van Solleveld ligt in dit deelgebied een groot paraboolduin tussen de infiltratieplassen 1 en 2 en de overige plassen. Stroken van geparaboliseerde binnenduinen omringen het geëgaliseerde gedeelte van de binnenduinen (3b) op de overgang naar de buitenduinen en de oude duinen.

De strook op de overgang tussen de binnenduinen en de oude duinen is deels vergraven tot wallen.

De hoge grasvegetaties met Helm zijn ontstaan door aanplant van deze soort, waardoor de lage korstmosrijke duingraslanden zijn verdrongen. Op sommige plaatsen lig-

gen nog vrij grote complexen met lage, mosrijke duingraslanden, behorende tot de Klasse van de droge zandige graslanden (Koelerio-Corynephoretea) zoals langs de eikenhakhoutbosjes op de overgang naar de oude duinen. Veel voorkomende soorten in deze kortgrazige graslanden zijn Buntgras, Fakkelgras, Schapegras, de korstmossen *Cladina portentosa* (Open rendiermos) en *Coeloclon aculeata* (Kraakloof) en de mossen *Polytrichum juniperum* (Zand-haarmos) en *Dicranum scoparium* (Gewoon gaffeltandmos). Ze kunnen beschouwd worden als soortenarme vormen van het *Corynephorion canescentis* (Buntgras-verbond); pioniergemeenschappen van kalkarme tot kalkloze, zure tot zwak zure voedselarme duin- en stuifzanden met weinig tot geen humus.

Een bijzondere vorm van deze graslanden van zure, voedselarme bodem zijn die met dominantie van Struikheide. Deze heideveldjes liggen vooral langs de noordostrand met eikenhakhout, op de overgang naar de oude duinen. De heideveldjes zijn ook te vinden op open plaatsen in het voormalig hakhout op de oude duinen. Begroeiingen met struikheide zijn in de overwegend kalkrijke Jonge duinen van het Duindistrict zeer zeldzaam en karakteristiek voor het Oude duinlandschap. Vroeger waren heidevegetaties algemeen in het strandwallenlandschap, maar tegenwoordig zijn deze beperkt tot enkele plaatsen bij De Zilk, Wassenaar en Den Haag.

3b. Geëgaliseerde binnenduinen

Dit gedeelte van de binnenduinen is laag en kent weinig reliëf. Van nature was dit gebied waarschijnlijk al weinig geaccidenteerd. De mens heeft deze vlakke gebieden gebruikt voor akkerbouw en veeteelt; voor deze doeleinden is het gebied verder geëgaliseerd, met op vaste afstanden lage walletjes (v.d. Hagen, 1998). Bijna alle infiltratieplassen liggen in dit vlakke gedeelte (behalve plassen 1 en 2, die in de reliëfrijke geparaboliseerde binnenduinen liggen).

In de geëgaliseerde binnenduinen komen vooral de Duinriet-begroeiingen voor: hoge en dichte grasruigten met dominantie van Helm of Duinriet, in combinatie met Zandzegge. Ze zijn onder andere ontstaan op plaatsen waar voedselrijk water binnen het bereik van plantenwortels voorkomt, of op plaatsen waar dennenbos gestaan heeft: bij het kappen van bos ontstaan door de plotseling toegenomen lichtinval kansrijke omstandigheden voor Zandzegge en Duinriet (Baeyens & Duyve, 1991).

In deze zone met mosrijke duingraslanden en ruige graslanden komen de meeste infiltratiegeulen- en plassen voor. Aan de oevers van deze wateren komen begroeiingen van vochtige voedselrijke milieus voor. Pleksgewijs langs de randen van infiltratieplassen hebben zich soortenarme Rietkragen ontwikkeld. Ten zuiden van het strandpad nemen deze begroeiingen echter grotere oppervlakten in beslag. De meest voorkomende gemeenschap op de voedselrijke vochtige oevers van de infiltratieplassen zijn Duinrietbegroeiingen met ruigtekruiden. Hier komen in hoge bedekkingen Duinriet, Wolfspoot, Grote brandnetel, Akkerdistel en soms Pitrus voor. Andere voorkomende soorten zijn Gele lis, Koninginnekruid, Waterzuring, Harig wilgeroosje en Moeraskers. Deze ruigtekruidenvegetaties zijn soortenrijker dan de Rietkragen. In greppels parallel aan de infiltratieplassen domineert Pitrus; deze greppels waren de afwateringsslootjes van de akkertjes. In deze greppels is op sommige plaatsen ook een pioniersvegetatie van Greppelrus, Late zegge en Fraai duizendguldenkruid gevonden.

In de infiltratieplassen zelf komen zeer lokaal Kranswiervegetaties en Fonteinkruiden voor als Gewoon kransblad, Schedefonteinkruid, Stijve waterranonkel, Zilte waterranonkel en diverse soorten kroos (Vertegaal et al, 1989; Boosten, 1997).

4. Kalkloze struweel/boszone in de oude duinen

Deze zone strekt zich uit langs de oostkant van het DZH-beheersgebied en bestaat voornamelijk uit Eikenhakhout op de droge, zure en tamelijk voedselarme grond van de Oude duinen. Deze hakhoutbossen behoren tot het Convallario-Quercetum dunense typicum (Duineikenbos). Op de meeste plaatsen zijn deze bossen in Solleveld vrij soortenarm. Daar waar ze grenzen aan de Eikenhakhoutbossen van de landgoederen Solleveld, Dorestad, Ockenrode en Ockenburg is het massaal voorkomen van Wilde hyacint opvallend. Andere soorten die hier voorkomen en wijzen op een wat voedselrijkere bodem zijn Lelietje der Dalen, Veelbloemige salomonszegel en Rankende helmbloem. Plaatselijk slaat massaal Esdoorn op en in mindere mate Amerikaanse vogelkers. Op sommige wat vochtiger plaatsen binnen de Eikenbosjes en langs een aantal infiltratieplassen komen Berkenbosjes voor. Deze bosjes bestaan voornamelijk uit Zachte en Ruwe berk en Lijsterbes, soms gemengd met verschillende populierensoorten.

Naast het Eikenhakhout en de Berkenbosjes komen verspreid over het terrein nog resten voor van aanplanten met Zwarte den. De ondergroei bevat weinig soorten en met lage bedekkingen, onder andere Lijsterbes, Vlier en Drienerfmuur (Vertegaal, 1989; Boosten, 1997).

naburige gebieden

Ten zuidwesten en noordoosten van Solleveld loopt het duingebied verder. De duinlandschapskaart van Lucas (1993) geeft aan dat de hierboven beschreven landschapszones zich in deze naburige gebieden verder uitstrekken. Grondwaterafhankelijke vegetaties komen in deze gebieden niet voor.

Ten zuidoosten van de Haagweg-Monsterseweg ligt het poldergebied: kassen met daartussen losstaande huizen. De vegetatie in dit gebied bestaat uit cultuurgewassen (landbouw en tuinen).

5.3 Broedvogels

Broedvogels vormen een belangrijk en aansprekend onderdeel van de levensgemeenschap van natuurgebieden. Door de grote kennis over biotoopvoorkeuren, dichtheden en aantalsontwikkelingen zijn ze uitstekend geschikt als hulpmiddel bij de planning en evaluatie van het terreinbeheer.

Broedvogels hebben over het algemeen relatief grote leefgebieden. Voor een vrij complete vogelgemeenschap zijn gebieden ter grootte van vele tientallen tot honderden hectaren nodig. De benodigde oppervlakte kan kleiner zijn naarmate de kwaliteit van het leefgebied en de ecologische infrastructuur (verbinding met andere terreinen en/of populaties) beter ontwikkeld zijn. Vogelgegevens zijn dan ook met name geschikt voor de kwaliteitsbepaling van terreindelen van minimaal enkele tientallen hectaren groot.

Vogels zijn bij uitstek geschikt om informatie op landschapsschaal te verzamelen. Veel vogelsoorten zoeken voedsel in andere biotopen dan waar zij broeden. Dit betekent, dat zowel het broedbiotoop als het foerageerbiotoop (voedselgebied) aan de eisen van een vogelsoort moeten voldoen. Een goed ontwikkeld nat heideveld grenzend aan intensief beheerd agrarisch gebied heeft geen complete heidevogelgemeenschap: veel pendelaars (zoals Grutto, Korhoen en Patrijs) ontbreken. In een klein rietmoeras

in intensief cultuurland ontbreken Bruine Kiekendieven: er is weliswaar genoeg broedgelegenheid, maar te weinig foerageergebied.

indeling in vogelgroepen

Om een terrein met de bijbehorende levensgemeenschap goed te kunnen beheren, is het belangrijk om inzicht te hebben in de eisen die de verschillende soorten stellen aan hun leefomgeving (biotoop). Om het directe verband tussen de vegetatie, het landschap en de vogels te begrijpen is een forse dosis ecologische kennis nodig. Wanneer de vogelbevolking wordt opgedeeld in groepen van soorten die ongeveer dezelfde eisen stellen aan hun leefmilieu, wordt de hoeveelheid gegevens veel overzichtelijker. Het verband tussen de aanwezige broedvogelbevolking en de terreinkenmerken wordt zo beter te overzien. Het werken met groepen van soorten heeft ook als voordeel dat toeval een minder grote rol speelt. Door een scala van oorzaken kan een soort in een goed broedbiotoop soms volledig, soms alleen in een bepaald jaar (vrijwel) ontbreken.

De indeling in vogelgroepen en het bijbehorende referentiesysteem is ontwikkeld in een gezamenlijk project van Staatsbosbeheer en SOVON Vogelonderzoek Nederland (Sierdsema, 1995). Aan de basis voor de indeling hebben terreinkenmerken van biotoop-eisen gestaan, die direct door een beheerder zijn te beïnvloeden en/of een grote rol spelen in het terreinbeheer. De indeling in ecologische vogelgroepen is vooral gebaseerd op ervaringen van geroutineerde broedvogelkarterders, interpretatie van overeenkomstige verspreidingspatronen en literatuuronderzoek. Elke vogelgroep is voor de herkenbaarheid genoemd naar een karakteristieke vertegenwoordiger uit deze groep. In tabel 3.3 van bijlage 3 is een overzicht opgenomen van de samenstelling van de vogelgroepen en hun habitat.

kritische broedvogels

In tabel 3.3 van bijlage 3 is tevens aangegeven wat kritische broedvogels zijn. Kritische broedvogels zijn soorten die hoge eisen stellen aan hun leefomgeving. Dit zijn meestal vogelsoorten, die een grote variatie aan vegetaties of structuren nodig hebben in hun omgeving. Ook is het mogelijk, dat een soort maar een zeer beperkt aantal (zeldzame) vegetatietypen bewoont of dat er een grote oppervlakte van dat vegetatietype aanwezig moet zijn. Kritische soorten stellen vaak hoge eisen aan hun voedsel; hierbij gaat het vaak om bijvoorbeeld grote insecten, hagedissen en dergelijke of een grote variatie aan onkruidzaden. Ook de rust in het gebied is vaak van belang.

Bij verarming van de vogelgemeenschap zijn de kritische soorten meestal de eerste soorten die verdwijnen. Dergelijke verarmde vogelgroepen worden aangeduid als rompgroepen. In de meeste Nederlandse natuurgebieden zijn kritische soorten vaak verdwenen, of zij komen in lage aantallen voor. In ontwikkelingsreeksen zijn het de soorten die meestal pas in de laatste stadia zullen verschijnen. Door de lage aantallen spelen toeval en externe omstandigheden een grote rol bij het al dan niet aanwezig zijn van deze soorten.

Veel kritische soorten zijn beleidsmatig aangewezen als doelsoorten. Voor de beheerder zijn ze de krenten in de pap. Voorbeeldsoorten zijn Zwarte Stern, Kwartelkoning, Grote Gele Kwikstaart, Nachtzwaluw, Grauwe Klauwier, Ortolaan én Gele Kwikstaart op heidevelden en hoogvenen.

ontwikkelingen in de broedvogelstand

Van Solleveld zijn volledige broedvogelkarteringen beschikbaar van het begin van de jaren zeventig en uit de periode na 1989. In 1987 en 1988 zijn enkele soorten geteld. Dit maakt het mogelijk om de huidige broedvogelsamenstelling in historisch perspectief

tief te zien. Het aantal soorten broedvogels in Solleveld (inclusief Ockenburg en Ockenrode) varieert tegenwoordig tussen 71 en 82. Dit komt overeen met begin jaren zeventig. In 1997 zijn 82 soorten aangetroffen als broedvogel in Solleveld.

Over het algemeen zijn de ontwikkelingen in de broedvogelstand weinig positief te noemen. Watervogels, vogels van open duin (inclusief weidevogels en roofvogels) en broedvogels van jong bos en de struiklaag in bossen zijn sinds het begin van de jaren zeventig (zeer) sterk afgenomen. De vogels van bosranden zijn licht afgenomen. De struweel- en bosvogels zijn min of meer gelijk gebleven. De rietvogels en de roofvogels van gesloten bos laten een toename zien.

watervogels

Het aantal watervogels is sinds 1970 met ruim tachtig procent afgenomen. De soorten van de Slobeend-groep zijn vrijwel geheel verdwenen. Het verdwijnen van kleinschalig open water (mede ten voordele van de rietontwikkeling) zou hiervan de oorzaak kunnen zijn.

rietvogels

Het aantal rietvogels is sinds 1970 ongeveer verdubbeld. Met name Kleine Karekiet en Rietgors laten een toename zien. De laatste jaren is het ook voorgekomen dat zich wat meer kritische vogels zoals Bruine Kiekendief en Snor eenmalig gevestigd hebben.

vogels van open duin

De broedvogels van het droge, open duin zijn sinds 1970 met ongeveer 50% afgenomen. Het verdwijnen van open zand en schrale, zandige vegetaties door de aanplant van helm, zal hier debet aan zijn. De begrazing lijkt de afname tot staan gebracht te hebben. De Veldleeuwerik is sinds 1993 weer toegenomen.

In het begin van de jaren zeventig was in Solleveld nog een vrij goed ontwikkelde weidevogelpopulatie aanwezig. Sindsdien zijn de weidevogels met meer dan 90% afgenomen. Met name de soorten van de Zomertaling- en de Grutto-groep die afhankelijk zijn van natte tot vochtige vegetaties zijn vrijwel geheel verdwenen uit het gebied. Door ontwatering en het bebouwen van de aangrenzende grasland-gebieden is zowel het broed- als het foerageergebied van deze vogelgroep verdwenen.

struweelvogels

De totale aantallen struweelvogels zijn sinds 1970 licht afgenomen. Deze afname heeft zich vooral voorgedaan bij de soorten van de Winterkoning-groep en de Zwartkop-groep; deze vogels komen met name voor in jong bos en in de struiklaag in volgroeide bossen. Het ouder worden van de bossen in Solleveld en/of de achteruitgang van de struiklaag zou de oorzaak kunnen zijn van deze afname. De struweelvogels van het open duin (Grasmus-groep en Roodborsttapuit-groep) zijn min of meer stabiel gebleven ten opzichte van 1970.

vogels van bosranden en open bos

De soorten van de Geelgors-groep zijn sinds 1970 met bijna 50% afgenomen. Hoewel de laatste paar jaar weer Boompiepers broeden in het gebied en er zelfs tweemaal een Nachtzwaluw heeft gezeten, blijven de aantallen Boompiepers en Gekraagde Roodstaarten nog ver achter.

bosvogels

De aantallen bosvogels zijn min of meer gelijk aan die van begin jaren zeventig. De Spechtgroepen laten na 1989 echter een afname zien. De soorten van de Boomklever-groep (oud loofbos) zijn wel toegenomen sinds 1970.

roofvogels

Sinds het begin van de jaren negentig is de Torenvalk, die zijn voedsel zoekt in het open duin, sterk afgenomen. De roofvogels van bossen, zoals Buizerd en Havik zijn wel toegenomen: in 1970 kwamen ze niet voor in het gebied.

Rode Lijst-soorten

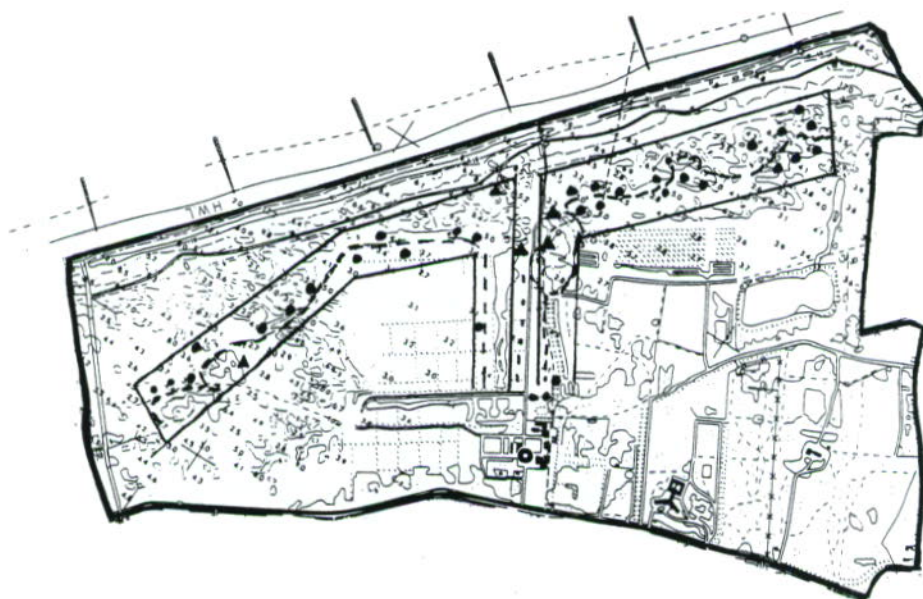
Het aantal broedparen van Rode Lijst-soorten is sinds 1970 gedaald van 70-80 naar 50-60 tegenwoordig. Met name de wat kritischer soorten komen tegenwoordig (vrijwel) niet meer voor in het gebied.

5.4 Overige fauna

Sinds 1980 komt de Vos weer voor in het Westlands duingebied (Verstrael en van Dijk, 1997). De konijnenstand is hoog, maar ze mijden de Grasruigten met Helm en Duinriet. Andere zoogdiersoorten zijn Bunzing, Wezel, Hermelijn, Water-, Bos- en Dwergspitsmuis, Egel, Rosse woelmuis en Eekhoorn.

In holle bomen op het landgoed Ockenburg verblijven zeven vleermuissoorten. Deze foerageren met name in het open duin.

Van de reptielen en amfibieën komen de volgende soorten voor: Groene en Bruine kikker, Gewone en Rugstreppad, Kleine watersalamander en Duinhagedis (Vertegaal et al, 1989). Elk jaar wordt van deze diersoorten de verspreiding in Solleveld gemonitord op basis van individuele waarnemingen en in twee vaste transecten (onder andere uitgevoerd door N. Janssen). Figuur 12 geeft een voorbeeld van de verspreiding van de Duinhagedis en de Rugstreppad in 1998. De verspreiding van de gemonitorde soorten vertoont over het algemeen weinig variatie tussen de jaren (mond. mededeling N. Janssen). De kikkers, de padden en de watersalamander worden in de directe omgeving van alle plassen aangetroffen. De Duinhagedis is niet afhankelijk van open water: deze soort wordt overal in de binnenduinrand aangetroffen.



Figuur 12: Verspreidingskaart van de Duinhagedis en de Rugstreppad in 1998, op basis van individuele waarnemingen en in twee vaste transecten. In de figuur zijn de twee transecten en de gelopen route in de transecten aangegeven; zwarte stip: waarneming Duinhagedis; driehoek: Rugstreppad.

5.5 Natuurbeheer

Het huidige beheer in het DZH-gebied is opgesteld naar aanleiding van de ontwerpbeheersvisie 1989-1999 (Vertegaal et al, 1989) en het begrazingsplan uit 1992 (Ten Haaf, 1992). Tot vóór de uitvoering van het begrazingsplan was nauwelijks sprake van een gericht natuurbeheer. Het begrazingsplan is opgesteld binnen het planologisch kader van een aantal wetten, verordeningen, keuren en bestemmingen. De beheersdoelstelling zoals deze in de ontwerpbeheersvisie is opgesteld staat centraal in het huidige beheersplan (Ten Haaf, 1992):

"De centrale beheersdoelstelling van het beheer is behoud, versterking en herstel van het huidige, zeer specifieke karakter van het Westlands duingebied, dat wordt bepaald door de aanwezigheid van een groot stuk Oud Duinlandschap, dat zich mede door bewoning en agrarisch gebruik in vroeger eeuwen ontwikkeld heeft, en de voor dit landschap specifieke schrale, zure mos- en korstmosrijke pioniervegetaties, graslanden en heideveldjes, eikenhakhoutbossen, en de oorspronkelijke akkertjes- en walletpatronen."

doelstelling voor het beheer

De belangrijkste doelstellingen voor het beheer worden als volgt verder uitgewerkt:

1. Handhaving, versterking en herstel van specifieke vegetatietypen van het Oude Duinlandschap en van de overgangen naar Jong Duin, en van de in dit biotoop aanwezige fauna.
2. Handhaving, versterking en herstel van de aanwezige specifieke cultuurhistorische waarden.
3. Op plaatsen waar intensieve waterwinning sterke beperkingen oplegt aan de onder 1 en 2 genoemde doelstellingen, dient het beheer gericht te worden op het binnen de mogelijkheden handhaven en creëren van natuurwaarden, ook wanneer deze niet aansluiten bij het oorspronkelijke karakter van het duingebied.
4. Beheersmaatregelen dienen zoveel mogelijk aan te sluiten bij voor het gebied kenmerkende natuurlijke processen of vroegere agrarische methoden.

beheersproblemen

In het begrazingsplan zijn naar aanleiding van de beheersvisie de beheersproblemen als volgt samengevat (Ten Haaf, 1992):

- Het over grote oppervlakten vóórkomen van een storingsvegetatie met dominantie van Helm of Duinriet, gecombineerd met Zandzegge.
- Verdringing van de korstmosrijke duingraslanden van zuur milieu door de Helmen en Duinrietruigten.
- Achteruitgang van het aantal broedvogels sinds de zeventiger jaren.
- Achteruitgang van de heideveldjes door verminderde vitaliteit van Struikheide.
- Het verdwijnen van kleinschalige agrarische activiteiten, zoals veeteelt en akkerbouw en daarmee een afname van een aantal planten- en diersoorten.

Gekozen is om een zo groot mogelijk gebied te begrazen door paarden, waarbij de waterwinmiddelen buiten de begrazing vallen. Deze keuze is gebaseerd op de mogelijkheid om met begrazing de bovenstaande beheersproblemen zo goed mogelijk op te lossen.

De volgende effecten verwacht men van het begrazingsbeheer:

- Verruiging kan door middel van begrazing worden teruggedrongen. Ervaringen met begrazing door paarden en pony's in andere duingebieden laten zien dat ruigten met Duinriet en Zandzegge worden teruggedrongen ten gunste van kortgrazige soortenrijkere vegetaties (v.d. Meulen et al, 1996; v.d. Hagen, 1996; Veer, 1998).
- Door begrazings- en betredingsinvloeden ontstaan open kortgrazige plekken en plaatselijk zelfs kaal zand. Pionier- en graslandsoorten krijgen zo de kans zich opnieuw te vestigen ten gunste van de ruigten. Dit leidt in veel gevallen tot een toename van het aantal plantensoorten.
- De toename in structuurvariatie en het gunstige effect op het vóórkomen van insectensoorten leidt in veel gevallen tot een toename van het aantal broedvogels (Verstrael en van Dijk, 1997). Door een grotere dichtheid en variatie aan insectensoorten kunnen, behalve insectenetende vogels, ook meer kleine zoogdieren, amfibieën en reptielen worden aangetrokken. Daarnaast neemt de konijnenstand toe door het ontstaan van grotere oppervlakten met een kortgrazige vegetatie. Voor een toename van het aantal weidevogels door het opener worden van de vegetatie is in het DZH-gebied weinig kans door de veranderde situatie in het achterland.
- Ervaringen in andere begraasde duingebieden leert dat heidevegetaties zich beter handhaven en regenereren in begraasde duingebieden (Verstrael en van Dijk, 1997).
- Landschappelijk is het effect van extensieve begrazing vergelijkbaar met de vroegere begrazing die een onderdeel vormde van het agrarisch landgebruik in de duinen. In die zin doet begrazingsbeheer recht aan herstel van cultuurhistorische waarden.

De vegetatiekartering van het DZH-gebied uit 1997 (Boosten, 1997) laat zien dat de begrazing in een periode van vijf jaar een gunstig effect heeft gehad op de vegetatiestructuur en op de soortensamenstelling. De structuur van de vegetatie is gevarieerder geworden door afwisseling van hoge en lage delen. Het aantal soorten is in deze periode iets toegenomen.

Behalve het uitvoeren van het begrazingsbeheer zijn proeven genomen met een beheer van maaien en afvoeren in de grasruigten met Helm en Duinriet. Het maaibeheer heeft in vijf jaar gezorgd voor:

- een lagere totale bedekking
- een lagere kruidlaag
- een halvering van de bedekking van de strooisellaag
- een lagere hoogte van de kruidlaag
- een groter aantal soorten

5.6 Autonome ontwikkelingen ecologie

voortzetten begrazing

Het in de bovenstaande paragraaf beschreven begrazingsbeheer zal worden voortgezet. In het begraasde gebied zal de vegetatie zich verder ontwikkelen, in het verlengde van de ontwikkelingen die in de afgelopen jaren zijn waargenomen. Door middel van expert-kennis is de toekomstige, autonome vegetatie-ontwikkeling in het begraasde gebied bepaald.

Voor de ecologische effectvoorspelling is deze toekomstige situatie, met een voortgezet begrazingsbeheer, als referentie-situatie gebruikt.

Proeven met maaibeheer zijn niet in de referentiesituatie opgenomen. Het maaibeheer bevindt zich in een proef-stadium, en wordt slechts op enkele plaatsen uitgevoerd. Over het inzetten van maaibeheer over grotere oppervlakten is op dit moment in Solleveld nog geen sprake.

ECOLOGISCHE EFFECTVOORSPELLING MET NICHE[®]

De ecologische effectvoorspelling valt uiteen in de effectvoorspelling vegetatie, waarvoor NICHE[®] DUINEN is gebruikt, en de voorspelling van broedvogels, met behulp van NICHE[®] BROEDVOGELS.

ecologisch studiegebied

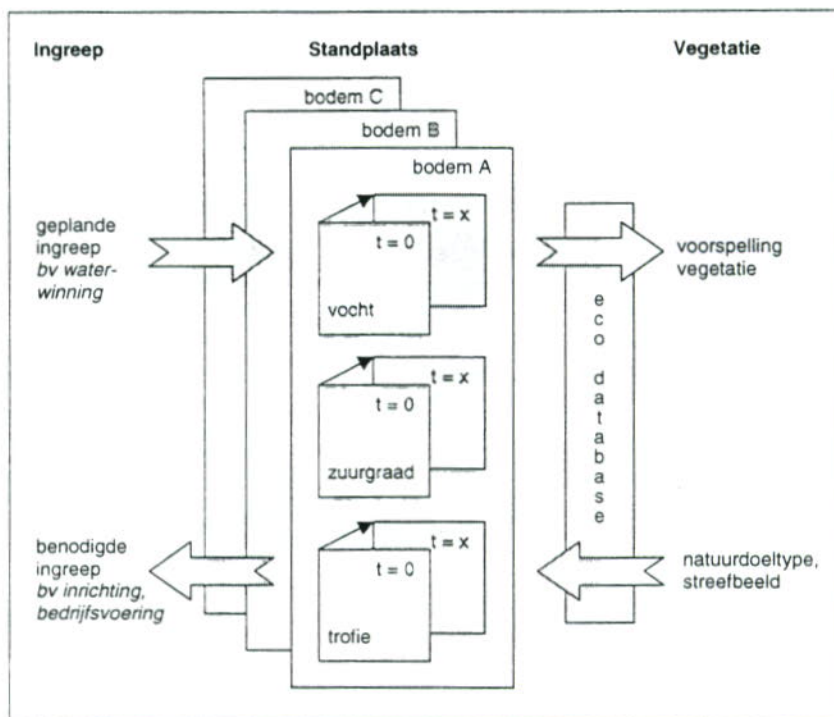
De ecologische effectvoorspelling wordt gericht op het DZH-beheersgebied, plus de terreinen van de camping Solleveld en de landgoederen Ockenrode en Dorestad (zie ook Figuur 1 op bladzijde 2). De afbakening van dit studiegebied wordt als volgt onderbouwd:

- De hydrologische effecten van de diverse varianten blijven nagenoeg beperkt tot het ecologisch studiegebied. Uit de beschrijving van de vegetatie van Solleveld blijkt echter, dat *grondwaterafhankelijke* vegetaties alleen rond de infiltratieplassen voorkomen. Ecologische effecten als gevolg van veranderingen in de hydrologie zullen dus beperkt zijn tot het gebied rond de infiltratieplassen.
- Effecten van de aanleg/aanpassing van plassen en putten zijn eveneens beperkt tot het gebied rond de infiltratieplassen en winmiddelen.
- Beheersmaatregelen zoals (extra) begrazen en maaien worden in grote delen van het beheersgebied van DZH doorgevoerd. Voor de bepaling van de effecten van beheersmaatregelen dient het beheersgebied beschouwd te worden.
- Voor de broedvogelvoorspelling zijn ook de camping Solleveld en de landgoederen Ockenrode en Dorestad van belang, vanwege de overgang van open terrein naar bosgebied. Deze terreinen zijn derhalve ook in het ecologisch studiegebied opgenomen.

6.1 Beschrijving NICHE[®] DUINEN

De voorspelling van de effecten van een verandering van standplaatscondities in vochtige terrestrische milieus vindt plaats met behulp van het NICHE[®] DUINEN-model. NICHE[®] (Nature Impact-assessment of Changes in Hydro-Ecological systems) voorspelt de effecten van veranderingen in de waterhuishouding op basis van de standplaatsfactoren grondwaterstand, mate van voedselrijkdom en zuurgraad van de bodem (Meuleman et al., 1996). Figuur 13 geeft de schematische opbouw van NICHE[®] weer.

NICHE[®] DUINEN voorspelt de potentiële ontwikkeling van de vegetatie in duinvalleien op grond van de berekende standplaatscondities. De berekende condities worden vergeleken met zogenaamde tolerantieranges van de standplaatscondities voor plantengemeenschappen. Deze tolerantieranges betreffen de range van veldwaarnemingen waarbij deze gemeenschappen zijn aangetroffen en (voor trofie) berekende ranges uit indicatiegetallen van plantensoorten (Koerselman et al, 1998). In hoeverre de voorspelde vegetatie-ontwikkeling daadwerkelijk plaatsvindt, is niet alleen afhankelijk van het abiotisch milieu, maar ook van factoren zoals zaadvoorraad in de bodem en aanwezigheid van natuurgebieden van waaruit kolonisatie kan plaatsvinden. De gehele voorspelling is georganiseerd binnen een geografisch informatiesysteem (Arc-Info).



Figuur 13: Opbouw van NICHE[®] DUINEN (Bron: Koerselman et al, 1998).

NICHE[®] DUINEN voorspelt alleen de effecten op grondwaterafhankelijke terrestrische vegetaties. De voorspelling van veranderingen in droge duinvegetaties en in vegetaties van open watergangen is uitgevoerd op basis van expert-kennis. De werkwijze met NICHE[®] DUINEN in deze studie wordt in het volgende toegelicht.

stap 1. Berekening van de standplaatsfactor grondwaterstand

De grondwaterstand en de fluctuatie hiervan gedurende het jaar fungeren als een belangrijke sturende (conditionerende) factor voor het voorkomen van grondwaterafhankelijke vegetaties (Niemann, 1963; Tüxen, 1954; Grootjans, 1985). Hierbij zijn met name de parameters Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) van belang. Elk vegetatietype heeft in principe een optimum bij een bepaalde combinatie van GHG en GLG, en zal niet (meer) voorkomen indien de GHG of GLG veel lager of hoger zijn dan dit optimum. Deze range voor de GHG en GLG is per gemeenschap bekend uit tijdstijghoogtelijnen.

De benodigde invoer voor de standplaatsbeschrijving wordt geleverd door het grondwaterstromingsmodel van Solleveld (zie hoofdstuk 4). Op grond van deze gegevens, de informatie over de maaiveldhoogte en indicatieve waarden voor de variatie in grondwaterstand wordt per cel de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) berekend.

stap 2. Bepaling van de zuurgraad van de bodem

De zuurgraad (pH) van de bodem reguleert verschillende processen in de bodem, zoals de mineralisatie van organisch materiaal en de beschikbaarheid van voedingsstoffen voor de plant. Ook kunnen bij bepaalde zuurgraad-trajecten stoffen vrijkomen die voor planten toxisch zijn.

Ingrepen in de waterhuishouding kunnen de pH beïnvloeden. Wanneer bijvoorbeeld door een ingreep de grondwaterstand daalt, dan kan regenwater dieper de bodem indringen. Als gevolg van aanvoer van regenwater kan een bodem verzuren. In welke

mate daadwerkelijk verzuring optreedt, is mede afhankelijk van het zuurbufferend vermogen (basenverzadiging) van de bodem.

Op grond van informatie over de invloed van brak water, de kalkrijkdom van de bodem, de basenrijkdom van het freatisch grondwater en de grondwaterstand wordt met behulp van dosis-effectregels in NICHE[®] DUNEN de klasse voor de zuurgraad en basenverzadiging vastgesteld. Hiertoe wordt eerst het type duinvallei bepaald. In *brakwatervalleien* en *kalkrijke duinvalleien* wordt de zuurbuffering continu op een hoog peil gehouden. In door *grondwater gebufferde valleien* is de zuurgraad afhankelijk van de potentiële buffercapaciteit van het grondwater en de waterstand. Voor het vaststellen van de potentiële buffercapaciteit wordt op basis van kweldruk en calciumgehalte onderscheid gemaakt in valleien met *basenrijk*, *basenarm* en *zuur freatisch grondwater*. Voor elk van de onderscheiden valleitypen geldt een karakteristieke relatie tussen de zuurgraad/basenverzadiging en de GLG.

stap 3. Bepaling van de voedselrijkdom van de bodem

De voedselrijkdom van de bodem speelt naast de grondwaterstand en de zuurgraad eveneens een belangrijke sturende rol bij de ontwikkeling van de vegetatie. Bij een toename van de voedselrijkdom neemt in eerste instantie de biomassa-productie toe, waarbij een verschuiving in het voorkomen van plantensoorten plaatsvindt van laagproductieve open, soortenrijke vegetaties naar hoog productieve, gesloten vegetaties met een relatief gering aantal soorten.

Voor het vaststellen van de mate van voedselrijkdom wordt zowel de stikstof (N)- als de fosfor (P)-beschikbaarheid in beschouwing genomen. Deze wordt bepaald door de mineralisatie vanuit humus, de inputs via atmosfeer, grond- en oppervlaktewater, en (in het geval van P) precipitatie van fosfaat. Op grond van de verhouding waarin N en P beschikbaar zijn, wordt nagegaan welke voedingsstof feitelijk de voedselrijkdom van de standplaats bepaalt. De beschikbaarheid van deze voedingsstof wordt gebruikt om de hoeveelheid biomassa die kan worden geproduceerd te berekenen. De biomassa vormt tevens de interface tussen het expert-model en de database.

Bij het vaststellen van de mate van voedselrijkdom van de bodem wordt rekening gehouden met de effecten van de aanvoer van infiltratiewater. Aanvoer van infiltratiewater kan namelijk leiden tot een toename van de beschikbaarheid aan N en P door hoge concentraties voedingsstoffen in het water en door de hoge flux waarmee het water door de bodem stroomt (zie ook bijlage 6).

stap 4. Het voorspellen van grondwaterafhankelijke terrestrische plantengemeenschappen

NICHE[®] DUNEN genereert een standplaatsbeschrijving in termen van gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), voedselrijkdom en zuurgraad-/basenverzadigingsklasse van de bodem. Deze standplaatsbeschrijving wordt vervolgens vergeleken met informatie uit een database, waarin standplaatseisen van grondwaterafhankelijke terrestrische plantengemeenschappen in duinen zijn opgenomen (gebaseerd op veldmetingen, literatuurstudie en expertkennis). Beslisregels over effecten op de vegetatie zijn gebaseerd op het uitgangspunt dat een plantengemeenschap alleen aanwezig blijft indien aan alle standplaatseisen wordt voldaan.

stap 5. De ijking van NICHE[®] DUNEN en effectvoorspelling

Op basis van informatie over het abiotisch milieu, vegetatiekaarten en verspreidingspatronen van grondwaterafhankelijke plantensoorten worden de modelberekeningen van NICHE[®] DUNEN voor de huidige situatie geijkt. De ijking voor MER Solleveld is

beschreven in paragraaf 6.3. Vervolgens worden de effecten berekend van de verschillende alternatieven. De effectberekeningen zijn beschreven in paragraaf 6.4.

stap 6. Natuurwaardering van plantengemeenschappen en scenario's

NICHE[®] DUNEN kent aan elke plantengemeenschap een natuurwaarde toe. De wijze waarop deze natuurwaarde is vastgesteld, is beschreven in paragraaf 6.2. De orde van grootte van de natuurwaarden komt overeen met waarden zoals deze gebruikt worden in voorspellingsmodellen zoals DEMNAT (zie Witte, 1998).

De natuurwaarde betreft een relatieve waarde per hectare. De waarde van een alternatief is gelijk aan de somming van de natuurwaarde van de voorspelde vegetatietypen, vermenigvuldigd met de oppervlaktes waarin deze vegetatietypen voorspeld worden.

beperkingen en kennislacunes NICHE[®] DUNEN

De nauwkeurigheid van de voorspelling van het abiotisch milieu van NICHE[®] DUNEN is afhankelijk van:

- *De bekendheid met indicatieve waarden van grondwaterafhankelijke plantengemeenschappen* voor de standplaatsfactoren GHG, GLG, voedselrijkdom en pH/basenverzadiging. Plantengemeenschappen zijn alleen in de effectvoorspelling opgenomen, als hiervoor op basis van literatuur en expert-kennis duidelijke indicatiewaarden zijn af te leiden. Hierbij is onder meer gebruik gemaakt van het VEWIN-onderzoek (Koerselman et al, 1998) en onderzoek van derden (Ertsen, 1995; Clausman et al, 1987; Ellenberg, 1979).
- *De beschikbaarheid van bodem- en waterchemische parameters* als invoer voor NICHE[®]. De modelinvoer bestaat onder meer uit gedigitaliseerde kaarten, die zijn vervaardigd op basis van metingen aan bodem en water. De nauwkeurigheid van de kaarten wordt bepaald door het beschikbare aantal metingen en de kwaliteit van deze metingen.
- *De nauwkeurigheid van de hydrologische modellering* als invoer voor NICHE[®]. In dit verband zijn de effecten van onnauwkeurigheden in de schatting van de maaiveldhoogte en in de afleiding van de GHG en GLG uit de berekende gemiddelde grondwaterstand belangrijk.

NICHE[®] DUNEN voorspelt de potentiële ontwikkeling van een terrestrisch vegetatietype indien het abiotisch milieu voldoet aan de standplaatsseisen van dat vegetatietype. NICHE[®] geeft geen informatie over de ontwikkelingstijd van het voorspelde vegetatietype, noch over de successiereksen die doorlopen worden. Bij de voorspelling *kan* geen rekening worden gehouden met de volgende aspecten:

- *kolonisatie van het gebied*. Er wordt vanuit gegaan dat kolonisatie van een gebied door een vegetatietype niet belemmerd wordt door het ontbreken van een kiemkrachtige zaadvoorraad van kenmerkende soorten in de bodem;
- *kiemingsomstandigheden*. Het al dan niet aanwezig zijn van optimale kiemingsomstandigheden is van belang voor hervestiging van soorten (bijv. slechte kieming bij te weinig licht op de bodem door dominantie van grassen);
- *migratie*. Migratie van soorten uit het vegetatietype vanuit omliggende gebieden is vaak een traag verlopend proces (o.a. Van Diggelen et al, 1996), waardoor de ontwikkeling van een vegetatie wordt belemmerd;
- *verruiging en bosvorming*. In principe is het abiotisch milieu op verschillende plaatsen geschikt voor de ontwikkeling van diverse typen moeras- en duinvallei- en graslandvegetaties. Ontwikkeling van deze gemeenschappen is alleen mogelijk indien een verschralend beheer wordt ingesteld. Zonder een dergelijk beheer zal ten gevolge van natuurlijke successie binnen 5 tot 10 jaar uit een open vegetatie een gesloten struweel of bos ontstaan.

6.2 Natuurwaardering vegetatie

Voor de ecologische effectvoorspelling binnen het MER-Solleveld worden verschillende plantengemeenschappen onderscheiden (zie tabel 3.1 in bijlage 3). Deze gemeenschappen komen voor in de huidige situatie of kunnen worden verwacht na ingrepen in de waterhuishouding en in het ecologisch beheer. In tabel 3.1 (bijlage 3) zijn tevens de gemeenschappen vermeld, die standaard in NICHE[®] DUINEN zijn opgenomen.

Om de effecten van ingrepen en beheer op de vegetatie te kwantificeren, wordt een natuurscore berekend. Hiertoe wordt aan elke plantengemeenschap een natuurwaarde toegekend op basis van de systematiek van de provincie Zuid-Holland (Clausman & Van Wijngaarden, 1984). Het centrale concept van dit waarderingssysteem is de mate van bedreiging van individuele plantensoorten, die van nature voorkomen in de provincie Zuid-Holland. De mate van bedreiging is bepaald aan de hand van de huidige zeldzaamheid van soorten en de tendens (voor-/achteruitgang). Dit is in overeenstemming met verschillende andere studies, waar zeldzaamheid als criterium voor natuurwaarde wordt gebruikt (zie onder meer Witte, 1998). De natuurwaarde van een plantengemeenschap is vervolgens bepaald door de natuurwaarde van afzonderlijke, voor de gemeenschap kenmerkende plantensoorten te middelen. Hierbij is vooral gebruik gemaakt van kensoorten en differentiërende soorten van plantengemeenschappen volgens Boosten (1997) en Schaminée et al. (1995; 1996; 1998). De waarde van de verschillende gemeenschappen is in tabel 3.2 van bijlage 3 weergegeven.

Op enkele punten is in overleg met de begeleidingscommissie van m.e.r. Solleveld afgeweken van de systematiek volgens Clausman & Van Wijngaarden (1984). Ten eerste is geen rekening gehouden met mogelijke verschillen in bedekking van soorten. Dit leidt in de berekening echter niet tot grote verschillen. Ten tweede is bij de omzetting van de *logaritmische* natuurwaarde van soorten naar de *eigenlijke* natuurwaarde een 3-macht gebruikt, in plaats van een 10-macht. Bij gebruik van een 10-macht zijn de verschillen tussen de minst en meest waardevolle vegetatietypen dermate groot, dat de waardering nagenoeg geheel wordt bepaald door het meest waardevolle type; effecten van inrichting en beheer op andere vegetaties zullen nauwelijks tot uiting komen (zie Tabel 6). Door de aanpassing ontstaat een bruikbare schaalverdeling voor effectvoorspelling. Tevens sluit deze schaalverdeling goed aan bij de schaal voor natuurwaardering voor vogels (zie paragraaf 6.6).

Door vermenigvuldiging van de natuurwaarde met het areaal van een plantengemeenschap wordt de natuurscore van de aanwezige/voorspelde plantengemeenschappen berekend. Sommering van de natuurscores geeft de uiteindelijke natuurwaarde voor de vegetatie van het betreffende alternatief.

Tabel 6: Range van natuurwaarden volgens 2 schalen.

10-macht	3-macht	vegetatie
500 - 5 000	20 - 50	ruigten van moerassen en droge duinen
5 000 - 50 000	50 - 100	verzuurde duinvalleien en vergraste duingraslanden
50 000 - 500 000	100 - 200	soortenarme duinvallei- en graslandvegetaties
	200 - 400	algemene soortenrijke duinvallei- en graslandvegetaties
500 000 - 5 000 000	400 - 800	zeldzame vegetaties van voedselarme duinvalleien en graslanden

Bij de ijking van NICHE[®] DUINEN zijn eerst de standplaatsfactoren grondwaterstand, zuurgraad en voedselrijkdom bepaald (zie de stapsgewijze werkwijze in paragraaf 6.1, de uitgevoerde stappen worden hieronder beschreven). Vervolgens worden de grondwaterafhankelijke terrestrische plantengemeenschappen beschreven, zoals deze voorspeld worden met NICHE[®] DUINEN voor de huidige situatie. Voor droge duinvegetaties en open water is de effectvoorspelling van de vegetatie gebaseerd op expert-kennis: deze vegetaties zijn derhalve niet bij de ijking betrokken.

standplaatsfactor grondwaterstand

De waterstanden en de grondwaterflux zijn berekend met het hydrologisch model van Solleveld. Met behulp van maaiveldhoogtegegevens, verstrekt door DZH en de Meetkundige Dienst, en informatie over peilfluctuaties zijn de GHG en GLG ten opzichte van maaiveld bepaald. Het grid van het hydrologisch model (10 x10 m) dient als basis. Alle resultaten worden terugvertaald naar dit grid. Het grid verklaart het geblokte patroon in de figuren van de ijking, die opgenomen zijn in bijlage 4.

De GHG en GLG (figuren 4.1 en 4.2 in bijlage 4) laten zien dat met name rond plas 2 en 7 ondiepe waterstanden voorkomen (donkergroene kleur); zie voor de nummering van de plassen Figuur 1. Ook in de laagten (greppels) in het middengebied komen ondiepe standen voor. Het middengebied is voor het overige deel vrij droog (grijze kleur).

infiltratie en kwel

Voor infiltratie en kwel wordt de stroming over de eerste scheidende laag van het hydrologisch model (zie Tabel 2, paragraaf 4.1) ingevoerd in NICHE[®] DUINEN (figuur 4.3 in bijlage 4). In het grootste gedeelte van het gebied treedt infiltratie op (blauwe kleur). Rond de pompputten die boven de eerste scheidende laag staan, treedt een opwaartse kwelstroom op (groene kleur). Ook in de greppels en in het centrum van het gebied treedt kwel op. Kwelgebieden zijn in principe kansrijke gebieden voor vochtafhankelijke natuur. In de kwelgebieden van Solleveld is echter geen sprake van kwel tot in de wortelzone: de waterstand in het gebied is veelal dieper dan 1 meter beneden maaiveld.

zuurgraad van de bodem

De zuurgraad in de plassen (figuur 4.4, bijlage 4) wordt sterk beïnvloed door het infiltratiewater. Hier komen lithotrofe (basische) omstandigheden voor. Aanvoer van infiltratiewater leidt in de omgeving van plassen tot circumneutrale (zwak zure) omstandigheden. Voor het overig deel komen vooral atmotrofe (zure) omstandigheden voor. Rond plas 1 & 2 en plas 7a komen echter op grotere schaal circumneutrale tot lithotrofe omstandigheden voor. Dit wordt veroorzaakt door een geringe aanwezigheid van kalk in de bodem.

voedselrijkdom van de bodem

De voedselrijkdom rond de plassen (figuur 4.5, bijlage 4) is hoog ten gevolge van de aanwezigheid van veel organisch materiaal langs de oevers en op de oeverwallen, en door de grote flux van voedingsstoffen met het grondwater. Alhoewel de gehalten van stikstof en fosfaat vrij laag zijn, is de belasting door de hoge stroomsnelheid van het grondwater toch hoog. Vochtige laagtes die niet direct in contact staan met het grondwater, maar waar de vochtvoorziening door capillaire werking wordt gereguleerd, zijn beduidend minder voedselrijk (mesotroof tot meso-eutroof).

voorspelling grondwaterafhankelijke terrestrische plantengemeenschappen.

De voorspelling van vochtige vegetaties komt goed overeen met de vegetatiekaart van Solleveld (Boosten, 1997). Het model voorspelt langs de plassen en in laagtes die direct in contact staan met infiltratiewater veelal verruigingsvegetaties van het Phragmition (Rietruigten) en van het Filipendulion (Brandnetel- en Akkerdistelruigten): zie figuur 4.6 in bijlage 4. Foto 1 geeft een indruk van deze verruigingsvegetatie. Lokaal worden ook beter ontwikkelde Riet- en Grote zeggevegetaties voorspeld (figuur 4.7, bijlage 4).



Foto 1: Oeverbegroeiing met ruigtekruiden langs een infiltratieplas in Solleveld.

In lage delen buiten de oeverwallen worden de volgende typen verwacht: Rompgemeenschap van het Nanocyperion (verarmde vegetaties van het Dwergbiezenverbond), fragmentair Taraxaco-Galietum (soortenarm vochtig duingrasland) en Rompgemeenschap Ophioglossum vulgatum-Calamagrostis epigejos (met Duinriet verruigde basenminnende vegetaties) (figuren 4.8 en 4.9, bijlage 4). Opvallend is dat juist in één van de greppels in het gebied deze vegetatietypen veel worden voorspeld. In deze greppel zijn in de afgelopen jaren ook daadwerkelijk soorten van het Nanocyperion aangetroffen (mondelijke mededeling H. v.d. Hagen). Daarnaast worden de genoemde vegetaties voorspeld op plaatsen waar nu bos en struweel aanwezig is. Dit hangt samen met het beheer in Solleveld. De voorspelde vegetaties kunnen worden gezien als mogelijk te ontwikkelen typen bij verwijdering van de bos/struweelbegroeiing inclusief strooisellaag.

Slechts in drie cellen worden vegetaties voorspeld van basenrijke, voedselarme duinvalleien (figuur 4.10, bijlage 4). Dit geeft aan dat ontwikkeling van de betreffende typen in Solleveld in principe mogelijk moet zijn, maar dat ze in de huidige situatie niet zullen voorkomen.