



Onderzoek naar de verwachtingen van actoren bij de voorbereidingen van Hanzerak-West

*Toetsing van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties
van de peilbuizen aan de verwachtingen van de actoren*



Bron: <http://earth.google.com>

Lelystad, 24 augustus 2007

S. Naqshband	s0096679
A.G. Bouw	Begeleider extern-Rijkswaterstaat IJG
K.M. Wijnberg	Begeleider intern-Universiteit Twente





Onderzoek naar de verwachtingen van actoren bij de voorbereidingen van Hanzerak-West

*Toetsing van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties
van de peilbuizen aan de verwachtingen van de actoren*

Bachelor Eindopdracht: Definitief

Lelystad, 24 augustus 2007

Onderzoek in het kader van de opleiding Civiele Techniek & Management, Universiteit Twente.

Auteur: Suleyman Naqshband

Uitgegeven door Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied





Colofon

Uitgever:	Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied
Auteur:	Suleyman Naqshband
Met dank voor de bijdrage van:	A.G. Bouw W. J. de Lange H. A. van Manen K.M. Wijnberg
Versienummer:	1
Datum:	24 augustus 2007
Rapporttitel:	Onderzoek naar de verwachtingen van actoren bij de voorbereidingen van Hanzerak-West
Rapporttype:	Onderzoeksverslag
Lettertype:	V&W Syntax





Samenvatting

Aanleiding en doelstelling

Bij de verdieping van de vaargeul Hanzerak-West, wordt een deel van de holocene deklaag van het Ketelmeer verwijderd. Uit de eerdere projecten, waaronder verdieping van de vaargeul Hanzerak-Oost is gebleken dat hierdoor vernatting kan optreden in de omliggende gebieden (de Noordoostpolder en het Oostelijk Flevoland). In het ongunstigste geval kan dit leiden tot schade bij de omwonenden van deze gebieden.

Aangezien in geval van schade bij de inwoners van de omliggende polders als gevolg van de verdieping van Hanzerak-West, Rijkswaterstaat IJsselmeergebied mede aansprakelijk gesteld kan worden, is het belangrijk dat de mate van eventuele vernatting van de omliggende polders zorgvuldig wordt onderzocht en onderbouwd. Dit wordt gedaan door het gebruik van een grondwatermodel (het Ketelmeer-model) en door het opstellen van een monitoringsplan, waarbij de peilbuizen met een bepaalde frequentie worden geregistreerd.

Om aan te tonen dat de aanleg van de vaargeul Hanzerak-West zorgvuldig is voorbereid en dat er zorgvuldig is omgegaan met de belangen van de betrokken partijen, moet worden onderzocht dat het gebruikte model en het monitoringsplan, met de daarbij behorende registratiefrequenties van de peilbuizen voldoen aan de verwachtingen van de actoren. Hiermee is de onderzoeksdoelstelling als volgt gedefinieerd:

Het in kaart brengen van de verwachtingen van de actoren ten aanzien van het Ketelmeer-model en het monitoringsplan met de daarbij behorende registratiefrequenties. En het toetsen van dit model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties aan de gestelde verwachtingen van de actoren.

Methode

Om de verwachtingen van de actoren ten aanzien van het gebruikte model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties te bepalen, wordt eerst het actoren-netwerk in kaart gebracht. Als onderzoeksmethode hierbij, wordt gekozen voor het ontwerpen van een sociale kaart en een actoren-kenmerkentabel (Kolkman, 2006). Vervolgens worden de belangrijkste actoren geïnterviewd om een eerste indruk te krijgen van de verwachtingen van deze actoren ten aanzien van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties.

Uit de gestelde verwachtingen van deze actoren worden in overleg met deze actoren, criteria afgeleid voor het toetsen van het model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties. Vervolgens worden het model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties aan deze criteria getoetst.

Conclusies

- Het Ketelmeer-model voldoet wel aan de criteria geformuleerd door RIZA, Waterschap Zuiderzeeland en Provincie Flevoland. Het voldoet echter niet aan één van de vijf criteria geformuleerd door RWS IJG. Hierbij gaat het om het criterium ten aanzien van de keuze van het type model. In de aanbevelingen wordt aangegeven hoe hiermee omgegaan kan worden.
- Het monitoringsplan voldoet aan de criteria geformuleerd door RWS IJG, RIZA, Waterschap Zuiderzeeland en Provincie Flevoland.
- De registratiefrequenties van de peilbuizen voldoen wel aan de criteria geformuleerd door RWS IJG, RIZA en Provincie Flevoland. Echter de registratiefrequentie van de handmatige peilbuizen voldoet niet aan het criterium geformuleerd door Waterschap Zuiderzeeland. In de aanbevelingen wordt aangegeven hoe hiermee omgegaan kan worden.

Uit het bovenstaande volgt dat het Ketelmeer-model door de actoren, breed wordt geaccepteerd. Hiermee kan gesteld worden dat de geprognosticeerde, geohydrologische effecten op de omliggende polders als gevolg van het verdiepen van de vaargeul Hanzerak-West, van voldoende kwaliteit zijn. Bovendien bestaat er een grote acceptatie voor het monitoringsplan en de daarbij behorende registraties van de peilbuizen. Dit geeft aanleiding om het Ketelmeer-model, dit monitoringsplan en deze registratiefrequenties van de peilbuizen ook bij vergelijkbare projecten in de toekomst, toe te passen.



Aanbevelingen

- **Zorg dat bij het kiezen van een type (grondwater)model aan de criteria, geformuleerd door STOWA/RIZA wordt voldaan.**
De criteria geformuleerd door STOWA/RIZA hebben betrekking op projectmatige zaken. Door na te gaan of aan deze criteria is voldaan, wordt onder andere rekening gehouden met de beschikbare tijd en expertise in de organisatie. Op deze manier kan het overschrijden van budgetten voor bepaalde projecten, voorkomen worden.
- **Zorg dat de handmatige peilbuizen wekelijks worden geregistreerd.**
Door de handmatige peilbuizen wekelijks te registreren worden de effecten van de werkzaamheden (verdiepen vaargeul Hanzerak-West) op de omgeving, beter in kaart gebracht. Ook krijgt het monitoringsplan met de daarbij behorende registratiefrequenties van de peilbuizen meer draagvlak en vertrouwen vanuit de actoren.



Inhoudsopgave

Samenvatting	7
Voorwoord.....	11
1. Inleiding.....	13
2. Probleemstelling.....	15
2.1 Beschrijving projectgebied	15
2.2 Probleemdefinitie	18
2.3 Onderzoeksdoelstelling.....	19
2.4 Onderzoeksvraagstelling.....	19
3. Onderzoeksmethodologie	21
3.1 Onderzoeksstrategie	21
3.2 Onderzoeksmateriaal	22
3.3 Wijze van informatieverzameling	22
3.4 Onderzoeksmodel	22
4. Actorenanalyse.....	23
4.1 Het Actoren-netwerk	23
4.2 Verwachtingen van de actoren	25
5. Modeltoets.....	29
5.1 Het Ketelmeer-model	29
5.2 Criteria toetsing Ketelmeer-model	32
5.3 Toetsing van het Ketelmeer-model	33
6. Monitorings- en registratietoets	39
6.1 Het monitoringsplan en de registratiefrequenties	39
6.2 Criteria monitoringsplan en registratiefrequenties	41
6.3 Toetsing van monitoringsplan en registratiefrequenties	42
7. Conclusie en aanbevelingen	45
7.1 Conclusies.....	45
7.2 Aanbevelingen	46
Literatuurlijst.....	47
Bijlagen	
Bijlage I: Interview	51
Bijlage II: Geoptimaliseerde parameters.....	53
Bijlage III: Figuren validatiesituaties.....	55
Bijlage IV: Toets normale verdeling	57





Voorwoord

Dit onderzoeksrapport is het resultaat van mijn stage (Bachelor Eindopdracht) bij Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied te Lelystad. Dit onderzoek is uitgevoerd ter afronding van mijn bachelorfase van de opleiding Civiele Techniek & Management, aan de Universiteit Twente.

In de afgelopen weken is mijn inzicht in het praktische werkveld van Rijkswaterstaat enorm toegenomen. Daarnaast heb ik veel theoretische kennis verkregen op het gebied van grondwaterhydrologie en geologie. Ook heb ik vaardigheden opgedaan op het gebied van interviewen.

De begeleiding tijdens mijn stageperiode is verzorgd door A.G. (Ger) Bouw van Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied en door dr. K.M. (Kathelijne) Wijnberg van Universiteit Twente. Graag wil ik ze bij deze bedanken voor hun inzet, motivatie en feedback. Ook wil ik de heren dr.ir. W.J. (Wim) de Lange en ing. H.A. (Harry) van Manen bedanken voor hun bijdrage aan mijn onderzoek. Tevens wil ik al mijn collega's bij Rijkswaterstaat bedanken voor de fijne tijd die ze me hebben gegeven. Ik zal de potjes schaken tussen de middag zeker gaan missen.

Suleyman Naqshband

Lelystad, augustus 2007





1. Inleiding

Elke dag zijn er honderden kilometers files op de autosnelwegen als gevolg van een slechte doorvoercapaciteit van deze wegen. Om onder andere deze fileproblematiek aan te pakken heeft de overheid als beleidsdoel vrachtvervoer over water te stimuleren (van Aartsen, 2001). Bovendien is deze vorm van vrachtvervoer economisch en milieutechnisch voordeliger. Hierdoor worden vele vaargeulen aangelegd, aangepast of op diepte gebracht voor grotere schepen. De vaargeul Hanzerak-West in het Ketelmeer is hier een voorbeeld van. Met de verdieping van deze vaargeul wordt Kampen bereikbaar voor de grotere vrachtschepen vanuit Amsterdam en Lemmer.

Bij de verdieping van de vaargeul Hanzerak-West, wordt een deel van de holocene deklaag van het Ketelmeer verwijderd. Uit de eerdere projecten, waaronder verdieping van de vaargeul Hanzerak-Oost is gebleken dat hierdoor vernatting kan optreden in de omliggende gebieden; de Noordoostpolder en het Oostelijk Flevoland (van Manen, 2006). Het is daarom belangrijk om voor de aanvang van de werkzaamheden, de geohydrologische effecten van de werkzaamheden op de omgeving goed te onderzoeken. Om dit te kunnen doen wil Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied een valide grondwatermodel gebruiken. Dit geldt ook voor het opgestelde monitoringsplan. Met het monitoringsplan wordt nagegaan of tijdens de uitvoering van de werkzaamheden vernatting in de omliggende gebieden optreedt. Verder moeten zowel het gebruikte grondwatermodel als het monitoringsplan met de daarbij behorende registratiefrequentie van de peilbuizen, aan de verwachtingen van de betrokken partijen voldoen.

De resultaten van dit onderzoek zullen niet alleen bij het project Hanzerak-West worden gebruikt maar ook binnen andere projecten van Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied.

Leeswijzer:

In dit rapport wordt verslag gedaan van de resultaten van het onderzoek naar de verwachtingen van de actoren ten aanzien van het gebruikte grondwatermodel, het monitoringsplan en de registratiefrequentie van de peilbuizen. Eerst wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op de probleemstelling, dat uitmondt in onderzoeksdoelstelling en onderzoeksvragen. In hoofdstuk 3 wordt de onderzoeksmethodologie uiteengezet. Hoofdstuk 4 beschrijft de actoren en hun verwachtingen ten aanzien van het gebruikte model, het monitoringsplan en de registratiefrequentie van de peilbuizen. In de hoofdstukken 5 en 6 worden het gebruikte model en het monitoringsplan met de bijbehorende registratiefrequentie van de peilbuizen, getoetst aan criteria afgeleid uit de verwachtingen van de actoren. Ten slotte worden in hoofdstuk 7 conclusies en aanbevelingen gedaan ten aanzien van het model, het monitoringsplan en de registratiefrequentie van de peilbuizen.

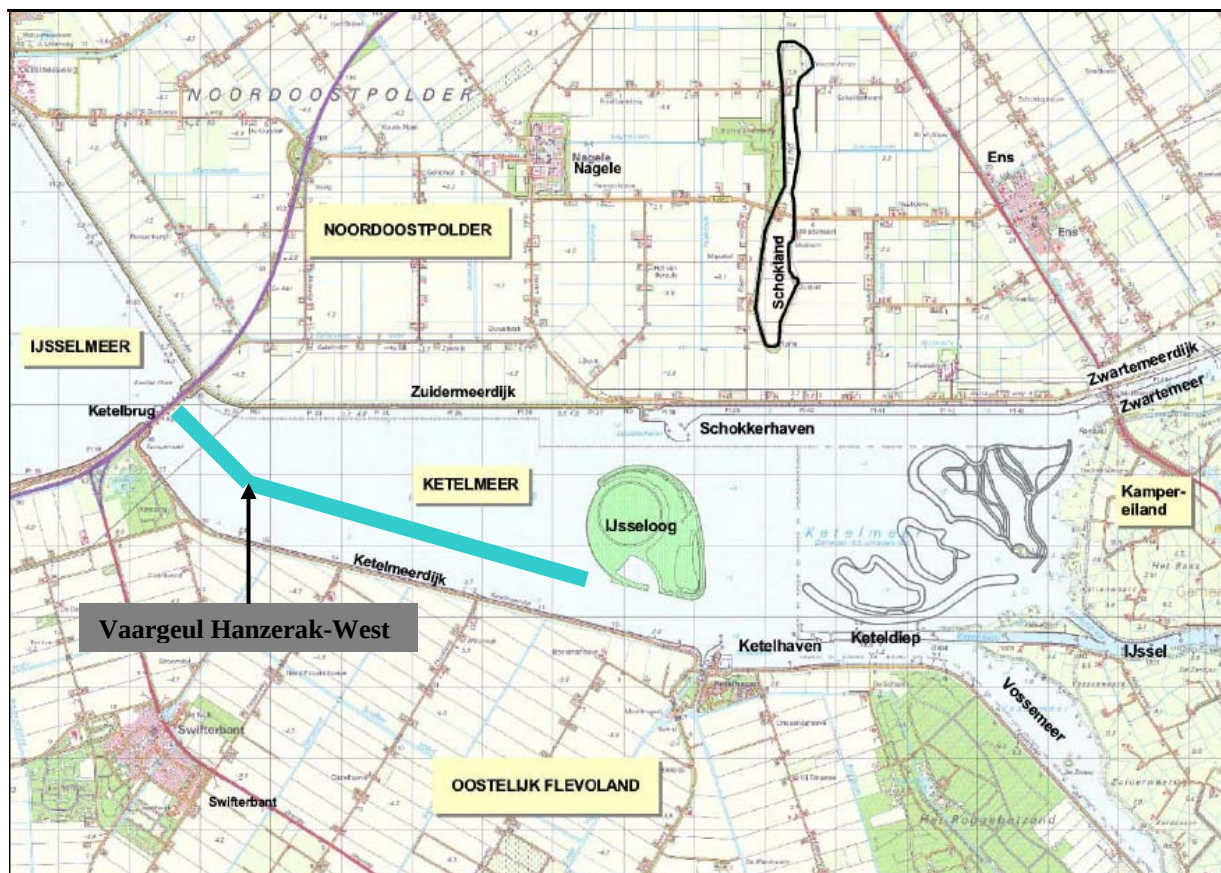


2. Probleemstelling

In dit hoofdstuk wordt eerst het projectgebied beschreven. Vervolgens wordt het probleem gedefinieerd. Hierin wordt naar de aanleiding en relevantie van het onderzoek gekeken. Uit de probleemstelling volgen dan de onderzoeksdoelstelling en de onderzoeksvragen.

2.1 Beschrijving projectgebied

De vaarweg Ketelmeer bestaat uit het Hanzerak, het Schokkerrak en de nieuwe invaaropening naar Ramsdiep. Hanzerak is het traject tussen Ketelburg en Keteldiep. Dit project betreft de verdieping van de vaargeul Hanzerak-West, met een lengte van 6,2 km (zie figuur 1).



Figuur 1: Geografie van het Ketelmeergebied

Bron: Geohydrologische effecten sanering Ketelmeer (van Manen, 2006)

De dikte en de doorlatendheid van de toplaag van de bodem zijn erg van belang voor de effecten van de werkzaamheden op de omgeving (van Manen, 2006). Daarom volgt hieronder een beschrijving van deze laag.

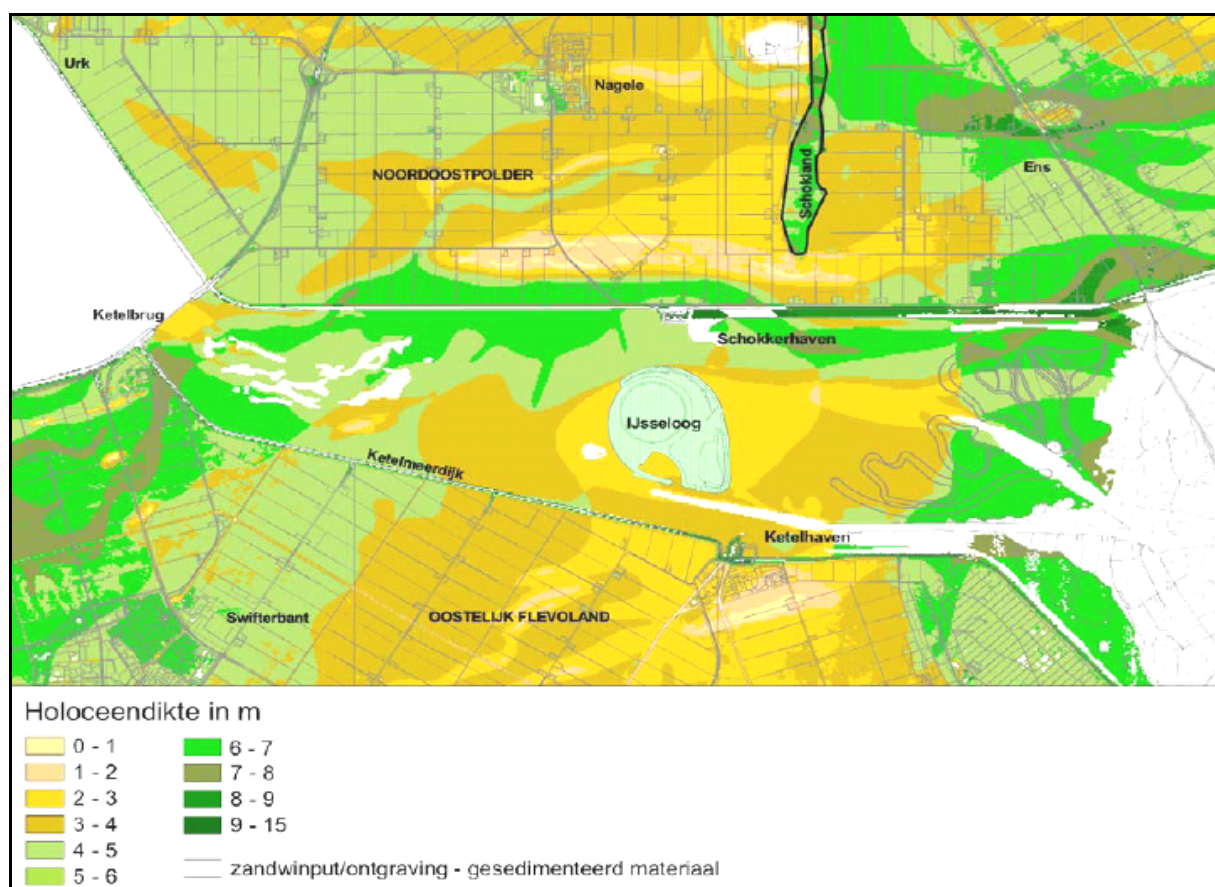
De top van de bodem van het interessegebied bestaat uit een slecht doorlatende deklaag en is hoofdzakelijk opgebouwd uit holocene afzettingen, meestal bestaande uit klei en zavel. Deze afzettingen variëren plaatselijk sterk in dikte en samenstelling. De dikte van het holocene in het interessegebied, is in figuur 2 weergegeven.

Langs de noordrand van het gebied, vanaf Ens in een boog naar Urk loopt een met slecht doorlatend holocene materiaal opgevolde stroomgeul. De holoceendikte bedraagt hier ongeveer 5 meter. Langs de Zuidermeerdijk van de Noordoostpolder loopt eveneens een dergelijke geul. Vanaf de Ketelbrug buigt deze af naar het zuidwesten. De holoceendikte loopt in deze geul op van 5 meter langs de dijk tot 7 meter net ten westen van Swifterbant.

In het zuidoostelijke deel van het gebied neemt de dikte van het holocene dek af tot minder dan 2 meter. Plaatselijk is de dikte van de slecht doorlatende deklaag dunner door de aanwezigheid van pleistocene zandduinen in de ondergrond. Dit is onder meer het geval in een strook iets ten noorden van de Zuidermeerdijk in de Noordoostpolder.

In het westelijke gedeelte van het gebied komt in de holocene deklaag zeer slecht doorlatend basisveen voor.

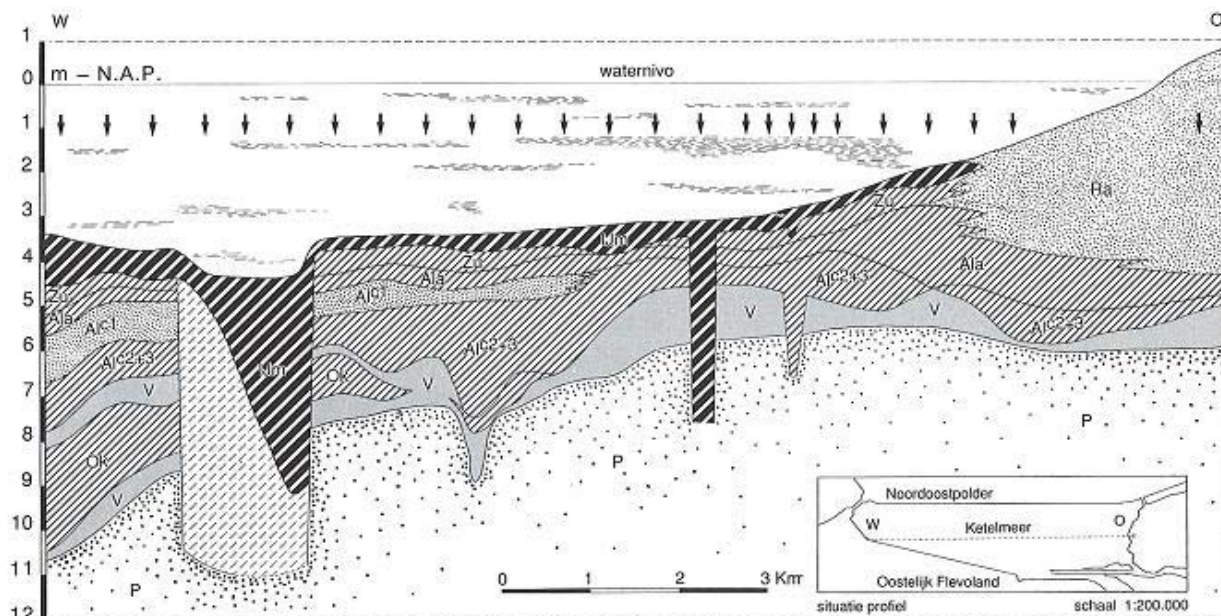
De hydraulische weerstand (mate van afsluiting) van het holocene varieert sterk met de dikte van de afzettingen. De weerstand van de holocene afdekkende laag in het Ketelmeer bedraagt globaal 20.000 dagen in het westelijke deel (daar waar het basisveen wordt aangetroffen) en globaal 3500 dagen in het oostelijke deel. In de Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland varieert de weerstand van de holocene laag tussen de 1000 en 5000 dagen.



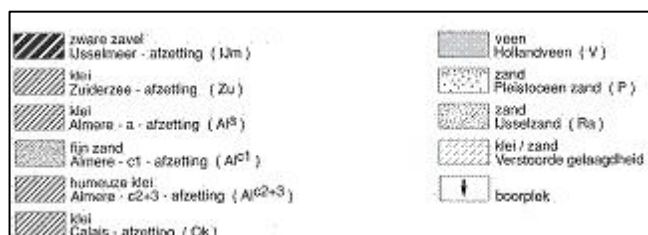
Figuur 2: Holoceendikte van het Ketelmeergebied

Bron: Geohydrologische effecten sanering Ketelmeer (van Manen, 2006)

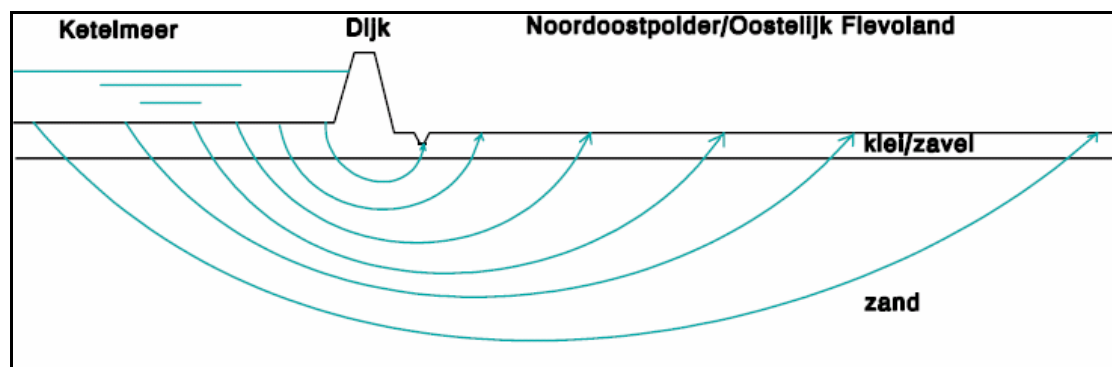
Het holocene pakket omvat klei-, zand-, en veenlagen die, van oud naar jong, tot de volgende afzettingen worden gerekend: het Basisveen, de Oude Getijde Afzettingen, het Hollandveen en de Flevomeer, Almere, Zuiderzee en IJsselmeer Afzettingen. In figuur 3 is de samenstelling van het holocene pakket weergegeven.



Figuur 3: Samenstelling holocene deklaag
Bron: Geohydrologie Ketelmeer, fase I (van de Winckel, 2006)



Verder is in figuur 4 een schematische weergave te zien van de grondwaterstroming vanuit het Ketelmeer richting Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland. Door het verschil in potentiaal stroomt er (grond)water via de (diepe) ondergrond vanuit het Ketelmeer naar de beide polders. Dit potentiaalverschil neemt toe naarmate de dikte van de holocene laag in het Ketelmeer kleiner wordt.



Figuur 4: Dwarsprofiel van de grondwaterstroming
Bron: Geohydrologische effecten sanering Ketelmeer (van Manen, 2006)



2.2 Probleemdefinitie

Bij de verdieping van de vaargeul Hanzerak-West, wordt een deel van de holocene deklaag van het Ketelmeer verwijderd. Dit zal leiden tot een afname van de hydraulische weerstand, toename van wegzijging en stijging van de stijghoogte van het diepe grondwater in de omliggende gebieden (van Manen, 2006). Hierdoor kan eventuele vernatting optreden in een deel van de Noordoostpolder en het Oostelijk Flevoland en dus mogelijk tot schade in deze gebieden.

Rijkswaterstaat IJsselmeergebied heeft RIZA (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling) de opdracht gegeven om deze geohydrologische effecten op de omliggende polders als gevolg van het verdiepen van de vaargeul Hanzerak-West te prognosticeren. Hierbij werkt RIZA samen met het ingenieursbureau Tauw. Voor het prognosticeren van deze effecten wordt gebruikt gemaakt van het Ketelmeer-model (MODFLOW-model, zie paragraaf 5.1). Dit is een 3-dimensionaal eindige differentie grondwatermodel, waarmee zowel stationaire als niet stationaire situaties gemodelleerd kan worden (van de Winckel, 2006). Ook is er een monitoringsplan door RIZA opgesteld, met een meetnet bestaande uit 51 peilbuizen in de Noordoostpolder, Oostelijk Flevoland en het Ketelmeer worden de diepe en ondiepe grondwaterstanden geregistreerd (zie paragraaf 6.1).

Aangezien in geval van schade bij de inwoners van de omliggende polders als gevolg van de verdieping van Hanzerak-West, Rijkswaterstaat IJsselmeergebied mede aansprakelijk gesteld kan worden, is het belangrijk dat de mate van eventuele vernatting van de omliggende polders zorgvuldig wordt onderzocht en onderbouwd. Om aan te tonen dat de aanleg van de vaargeul Hanzerak-West zorgvuldig is voorbereid en dat er zorgvuldig is omgegaan met de belangen van de betrokken partijen, moet onder andere aangetoond worden dat het gebruikte model valide¹ is. Ook moet er aangetoond worden dat het model voldoet aan de verwachtingen van de actoren. De actoren worden in dit onderzoek gevormd door Rijkswaterstaat, directie IJsselmeergebied (RWS IJG), Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), Provincie Flevoland en Waterschap Zuiderzeeland. De reden hiervoor is dat het project Hanzerak-West zich nog in de voorbereidende fase bevindt.

Verder gelden de eisen voor het model ook voor het gebruikte monitoringsplan; om een goed inzicht te krijgen in het optredende stijghoogte- en grondwaterstandveranderingen, dienen de meetlocaties representatief te zijn. Ook de frequentie waarmee de stijghoogten van het grondwater in het watervoerende pakket worden geregistreerd, is hierbij van belang. Met een lage registratiefrequentie² worden de veranderingen in de stijghoogten van het grondwater onnauwkeurig in kaart gebracht en een te hoge registratiefrequentie brengt veel extra kosten met zich mee.

Het probleem wordt gevormd door de vraag of het gebruikte model, het opgestelde monitoringsplan en de daarbij behorende registratiefrequenties voldoen aan de verwachtingen van de actoren.

¹ Valide; overeenstemming tussen de resultaten van het model (berekend) en de werkelijkheid (gemeten).

² Registratiefrequentie; hiermee wordt in dit rapport het volgende bedoeld: de frequentie waarmee de stijghoogtes en de grondwaterstanden worden gemeten door pleistocene en freatische peilbuizen (zie paragraaf 6.1).



2.3 Onderzoeksdoelstelling

De onderzoeksdoelstelling is als volgt gedefinieerd:

Het in kaart brengen van de verwachtingen van de actoren ten aanzien van het Ketelmeer-model en het monitoringsplan met de daarbij behorende registratiefrequenties. En het toetsen van dit model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties aan de gestelde verwachtingen van de actoren.

2.4 Onderzoeksvraagstelling

Uit het onderzoekskader en onderzoeksdoelstelling worden de volgende hoofdvragen voor dit onderzoek geformuleerd:

1. In hoeverre voldoet het Ketelmeer-model aan de verwachtingen van de beschouwde actoren?
2. In hoeverre voldoen het opgestelde monitoringsplan en de daarbij behorende registratiefrequenties aan de verwachtingen van de beschouwde actoren?

Hieronder zijn de deelvragen geformuleerd die nodig zijn bij het beantwoorden van de hoofdvragen.

1. Wat zijn de verwachtingen van de actoren ten aanzien van het gebruikte model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties?
2. Wat zijn volgens de actoren de criteria voor het toetsen van het Ketelmeer-model?
3. Wat zijn volgens de actoren de criteria voor het toetsen van het monitoringsplan en de daarbij behorende registratiefrequenties?



3. Onderzoeksmethodologie

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek beschreven. Eerst zal worden ingegaan op de onderzoeksstrategie. Vervolgens komt het onderzoeksmateriaal aan bod. En als laatste wordt de wijze van informatieverzameling en het onderzoeksmodel uiteengezet.

3.1 Onderzoeksstrategie

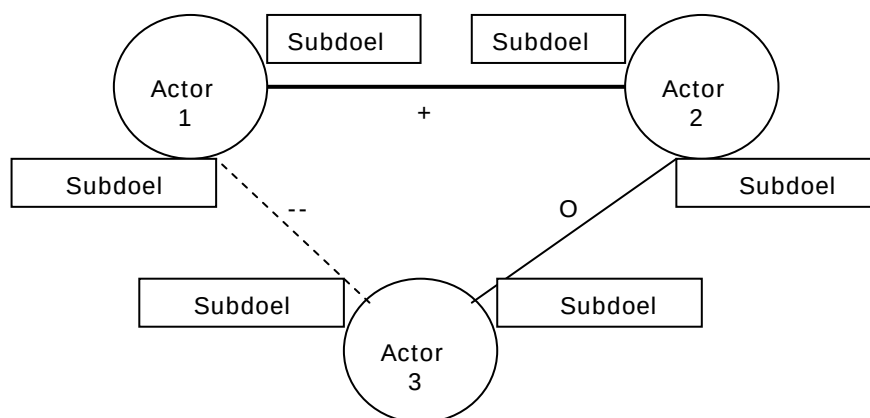
Om de verwachtingen van de actoren ten aanzien van het gebruikte model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties te bepalen (antwoord op deelvraag 1), wordt eerst het actoren-netwerk in kaart gebracht. Als onderzoeksmethode hierbij, wordt gekozen voor het ontwerpen van een sociale kaart en een actoren-kenmerkentabel (Kolkman, 2006). Onderin deze paragraaf volgt een beschrijving van deze methode.

Vervolgens worden de belangrijkste actoren geïnterviewd om een eerste indruk te krijgen van de verwachtingen van deze actoren ten aanzien van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties.

Uit de gestelde verwachtingen van deze actoren worden in overleg met deze actoren, criteria afgeleid voor het toetsen van het model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties (antwoord op de deelvraag 2 en 3). Vervolgens worden het model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties aan deze criteria getoetst (antwoord op de hoofdvragen 1 en 2).

Onderzoeksmethode actoren-netwerk

Om het actoren-netwerk in kaart te brengen wordt gekozen voor de onderzoeksmethode beschreven door Kolkman. Hierbij wordt door middel van een sociale kaart het actoren-netwerk zichtbaar gemaakt. Dit netwerk bestaat uit de actoren met de relaties tussen die actoren. Door het maken van deze kaart wordt er meer inzicht verkregen in de verschillende partijen en hun betrokkenheid bij het probleem. In figuur 6 is het principe van deze kaart weergegeven.



Figuur 6: Sociale kaart

Bron: Inleiding modelleren B (Kolkman, 2006)

Uitleg bij figuur 6:

De lijnen van en naar een actor geven de relatie aan tussen die actoren. De dikte van deze lijn geeft de sterkte van de relatie (in termen van macht). Het belang van een actor bij een relatie wordt weergegeven door de subdoelen. Verder wordt het karakter van de relatie weergegeven door uit de lijn genoteerde voor of tegen score. Hierbij wordt een 5-puntsschaal gebruikt, namelijk ++, +, o, - en -- voor respectievelijk sterk voor, gematigd voor, onverschillig of onbesloten, gematigd tegen en sterk tegen.



Verder hoort bij de sociale kaart ook een actoren-kenmerkentabel waarin het karakter van de actoren uitgewerkt wordt (Kolkman, 2006). Hierbij wordt vanuit een maatregel nagelopen hoe de actoren hier tegenover staan. Door het maken van zo een tabel wordt meer inzicht verkregen in de belangen en de relaties van de actoren dat een basis vormt voor de belangenafwegingen. Kolkman onderscheidt de volgende kenmerken bij de actoren:

- Gebruiksfunctie van de actor.
- Belang van de actor.
- Rol van de actor in besluitvormingsprocessen, (actief of passief, richtinggevend of volgend, controlerend, adviserend, machtoefenend of lobbyend).
- Invloed (macht) van de actor.
- Middelen waarover de actor beschikt.

3.2 Onderzoeksmateriaal

Het onderzoeksmateriaal in dit onderzoek wordt voornamelijk gevormd door de uitgegeven rapporten over de vaargeul Hanzerak-West. Ook is vakliteratuur een belangrijke informatiebron. Hieronder vallen allerlei (geo)hydrologische boeken en handleidingen. Verder worden de geïnterviewde personen ook als informatiebronnen gezien.

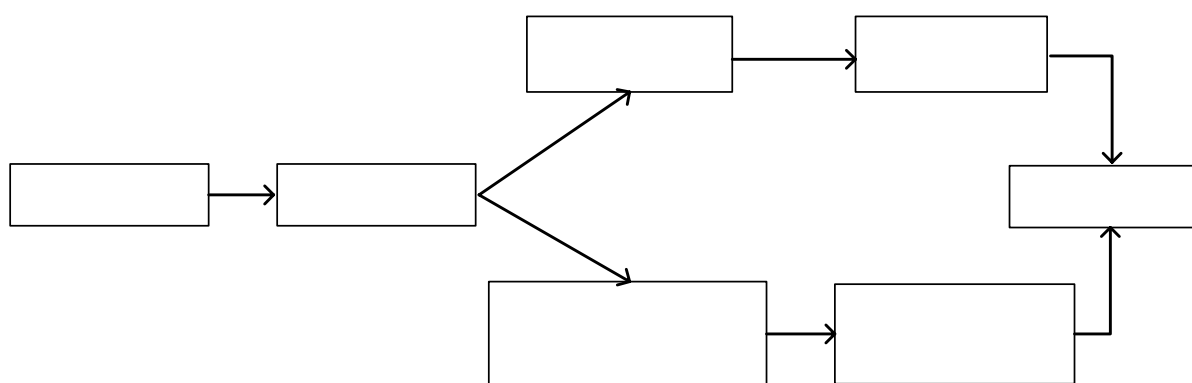
3.3 Wijze van informatieverzameling

Verschuren en Doorewaard onderscheiden enkele technieken voor *de ontsluiting van bronnen*. Hiermee wordt het volgende bedoeld: hoe bij de gekozen bronnen de gewenste informatie naar voren gehaald kan worden (Verschuren en Doorewaard, 2005).

Aangezien de bronnen uit personen en rapporten bestaan, wordt er gekozen voor *face-to-face interview* en *inhoudsanalyse*. Met face-to-face interview worden de gekozen personen individueel geïnterviewd en inhoudsanalyse wordt gebruikt voor het genereren van gegevens uit een document.

3.4 Onderzoeksmodel

In figuur 5 is aangegeven hoe het onderzoeksmodel bij dit onderzoek eruitziet.



Figuur 5: Onderzoeksmodel

Uitleg bij figuur 5:

Eerst wordt het actoren-netwerk in kaart gebracht en worden de belangrijkste actoren geïnterviewd om hun verwachtingen ten aanzien van het gebruikte model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties vast te stellen. Uit deze verwachtingen worden (in overleg met de actoren) criteria afgeleid waarop het model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties getoetst worden. Ten slotte worden conclusies en aanbevelingen gedaan ten aanzien van het model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties.



4. Actorenanalyse

In dit hoofdstuk worden in paragraaf 4.1 de actoren en hun onderlinge relaties in kaart gebracht. Vervolgens worden in paragraaf 4.2 de verwachtingen van deze actoren ten aanzien van het gebruikte model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties, door het afnemen van interviews bepaald.

4.1 Het Actoren-netwerk

De actoren waar dit onderzoek zich tot beperkt, zijn weergegeven in tabel 1.

Actoren Hanzerak-West
Rijkswaterstaat IJsselmeergebied (RWS IJG)
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwater-beheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)
Provincie Flevoland
Waterschap Zuiderzeeland

Tabel 1: De actoren

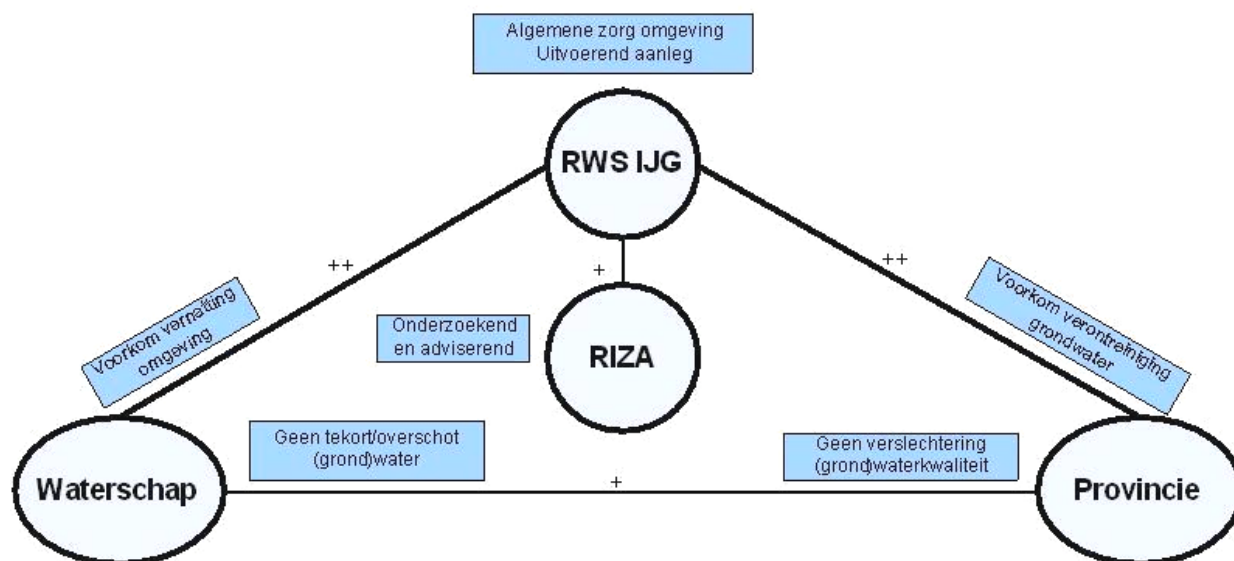
Uit het dictaat Inleiding Modelleren B volgt dat het actoren-netwerk en hun onderlinge relaties door het opstellen van een sociale kaart en een actoren-kenmerkentabel zichtbaar gemaakt kunnen worden. Hieruit komen eventuele verschillen (tegenstrijdigheden) en overeenkomsten tussen de actoren naar voren. Deze verschillen en overeenkomsten zullen ook zichtbaar kunnen worden in hun verwachtingen ten aanzien van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties.

In figuur 7 is de sociale kaart weergegeven. Ook is in tabel 2 de actoren-kenmerkentabel bij deze kaart te zien. In deze tabel is bij de maatregel, aanleg Hanzerak-West nagegaan hoe de verschillende actoren hier tegenover staan. De sociale kaart en de actoren-kenmerkentabel zijn in overleg met de actoren, opgesteld.

Uitleg bij figuur 7:

- Rijkswaterstaat IJsselmeergebied is in dit project als uitvoerder betrokken. De opdracht voor de aanleg van Hanzerak-West komt vanuit Directoraat Generaal Transport en Luchtvaart. Ook draagt RWS IJG de algemene zorg voor de omgeving. Hiermee wordt bedoeld dat RWS IJG wil voorkomen dat er vernatting in de omliggende polders optreedt.
- RIZA is het adviesorgaan van Rijkswaterstaat en heeft de opdracht om de geohydrologische effecten op de omgeving ten gevolge van aanleg Hanzerak-West, in kaart te brengen.
- Waterschap Zuiderzeeland draagt zorg met betrekking tot waterkwantiteit. Zij wilt een tekort of overschot aan water voorkomen. Hiermee is haar doel het garanderen van veiligheid (droge voeten) aan de omwonenden. Zij heeft in dit project een sterke (positieve) relatie met RWS IJG.
- Provincie Flevoland draagt zorg met betrekking tot (grond)waterkwaliteit. Zij wil voorkomen dat de (grond)waterkwaliteit achteruit gaat. Hiermee heeft de provincie een sterke (positieve) relatie met RWS IJG.
- De relatie tussen het Waterschap en de Provincie is positief aangezien ze een gemeenschappelijk belang hebben voor (grond)water.

Uit de sociale kaart en de actoren-kenmerkentabel kan geconcludeerd worden dat de actoren elkaar positief beïnvloeden en dat ze geen tegenstrijdige belangen hebben. Voor de verwachtingen van deze actoren ten aanzien van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties betekent dit, dat deze waarschijnlijk ook niet tegenstrijdig zullen zijn.



Figuur 7: Sociale kaart Hanzerak-West

Maatregel: Aanleg vaargeul Hanzerak-West					
Actor	Gebruiksfunctie	Belangen c.q. doelen	Rol in besluitvorming	invloed (macht)	Beschikbare middelen
RWS IJG	Uitvoeren overheidsbeleid	Uitvoerend aanleg	Actief, richtinggevend, machtoefenend	Hoog	Onderzoek, normen
RIZA	Advies aan RWS voor beheer zoetwater	Integraal waterbeheer	Actief, richtinggevend, adviserend	Middel	Onderzoek, subsidies
Waterschap Zuiderzeeland	Zorg m.b.t. waterkwaliteit	Voorkomen vernatting	Actief, adviserend, richtinggevend	Hoog	Normen, onderzoek, subsidies
Provincie Flevoland	Zorg m.b.t. grondwaterkwaliteit	Voorkomen verontreiniging grondwater	richtinggevend, actief, macht uitoefenend, controlerend	Hoog	Regelgeving, normen, subsidies

Tabel 2: Actoren-kenmerkentabel (zie paragraaf 3.1)



4.2 Verwachtingen van de actoren

De verwachtingen van de actoren zoals weergegeven in tabel 1, zijn door het afnemen van interviews (bijlage I) bepaald. Hieronder is een overzicht van deze verwachtingen te zien. In de paragrafen 5.2 en 6.2 worden deze verwachtingen (in overleg met de betreffende actoren) geconcretiseerd en worden criteria afgeleid voor het toetsen van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties.

Rijkswaterstaat IJsselmeergebied (RWS IJG)

Het Ketelmeer-model

RWS IJG verwacht dat het Ketelmeer-model robuust moet zijn, aldus Ger Bouw (projectmanager bij RWS IJG). Hiermee wordt bedoeld dat er voldoende draagvlak vanuit de omgeving voor het type model aanwezig moet zijn en vooral uit de wereld van de deskundigen (geohydrologen). Ook is het belangrijk dat de keuze van het type grondwatermodel (MODFLOW) verantwoord is. Verder dient het model volgens Ger Peters (contract gemachtigde bij RWS IJG) valide te zijn; de voorspelde stijghoogtes door het model moeten in voldoende mate overeenkomen met de gemeten stijghoogtes. Ook moet het model flexibel zijn, aldus Ted Pepping (Projectmanager bij RWS IJG). Hiermee wordt bedoeld dat het model aanpasbaar moet zijn voor toekomstige ingrepen in het Ketelmeer.

Het monitoringsplan

De verwachtingen van RWS IJG ten aanzien van het monitoringsplan zijn als volgt: 'Het monitoringsplan moet inzicht geven in de effectiviteit van de genomen maatregel', aldus Peters. Hiermee bedoelt Peters dat het monitoringsplan bij een ingreep in het systeem, tijdig een signaal moet afgeven. Verder moeten de gekozen meetlocaties representatief zijn en moeten de grondwaterbuizen in het juiste watervoerende pakket gelokaliseerd zijn, aldus Pepping. Ook dient het monitoringsplan door alle actoren geaccepteerd te zijn (Bouw).

De registratiefrequenties

De registratiefrequentie moeten zodanig zijn dat indien nodig, RWS IJG de tijd heeft om adequate maatregelen³ te nemen, aldus Bouw. Hiermee wordt het volgende bedoeld: de registratiefrequenties moeten zodanig zijn dat bij de calamiteiten maatregelen kunnen worden genomen, voordat grootschalig overlast plaatsvindt.

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)

Het Ketelmeer-model

Wim de Lange, senior medewerker Integraal Waterbeleid bij RIZA stelt de volgende eisen ten aanzien van het Ketelmeer-model: Het model moet de bekende historische ingrepen⁴ in het Ketelmeer goed voorspellen. Hiermee wordt bedoeld dat het model een goede presentatie moet geven van de werkelijk gemeten stijghoogteveranderingen als gevolg van verschillende historische ingrepen in het Ketelmeer. Verder moet de opbouw (schematisatie) van het model door alle actoren geaccepteerd zijn. Ook moet de onzekerheid bij de vertaling van het model naar de werkelijkheid en andersom, kleiner worden. Hiermee wordt de onzekerheid bedoeld bij de vertaling van de weerstandslaag naar het model en de onzekerheid bij de peilbuis 20H4 in Oostelijk Flevoland, net aan de Zuidoever van het Ketelmeer (zie figuur 12). Deze peilbuis geeft namelijk een afwijkend resultaat tussen de berekende en gemeten stijghoogte van circa 25 centimeter.

³ Maatregelen; hieronder valt zowel de voorbereiding als uitvoering van preventieve en correctieve maatregelen tijdens de uitvoering van de baggerwerkzaamheden, ter voorkoming van overlast bij de omwonenden van het Ketelmeer.

⁴ Historische ingrepen in het Ketelmeer zijn onder andere de aanleg van het depot IJsseloog, depot in bedrijf en aanleg van de vaargeul Hanzerak-Oost.

*Het monitoringsplan*

Het monitoringsplan moet volgens de Lange door alle actoren geaccepteerd zijn. Verder moet het snel aangeven of de geohydrologie in het Ketelmeergebied significant verandert, aldus Harry van Manen, medewerker Herstel Wetlands bij RIZA. Ook moet het de invloed van de ingrepen in het Ketelmeer op het diepe en ondiepe grondwaterstand weergeven. En als laatste moet het monitoringsplan instaat zijn om het verband tussen diepe en ondiepe grondwaterstand zichtbaar te maken.

De registratiefrequenties

De registratiefrequenties moeten volgens van Manen zodanig zijn dat de veranderingen van de stijghoogten goed in beeld worden gebracht.

Provincie Flevoland*Het Ketelmeer-model*

Christoffel Klepper, beleidsmedewerker en vergunningsverlener bij de Provincie Flevoland verwacht dat het Ketelmeer-model inzicht moet geven in de veranderingen van de grondwaterstand. Hiermee wordt bedoeld dat het effect van de maatregel (aanleg Hanzerak-West), uitgedrukt in de verandering van de grondwaterstand, over een beperkte gebied waarneembaar mag zijn. In andere woorden, de verandering van de grondwaterstand ten gevolge van de aanleg Hanzerak-West, mag maar in een beperkt deel van de Noordoostpolder en het Oostelijke Flevoland, waarneembaar zijn. Verder moet het Ketelmeer-model goed gekalibreerd en gevalideerd zijn.

Het monitoringsplan

Het monitoringsplan moet volgens Klepper zorgvuldig opgesteld zijn en moet het bij de belanghebbenden voldoende vertrouwen scheppen.

De registratiefrequenties

De registratiefrequentie moet minimaal één keer in twee weken zijn, omdat dit volgens Klepper ook de gebruikelijke registratiefrequentie is.

Waterschap Zuiderzeeland (WZZ)*Het Ketelmeer-model*

Marijke Jaarsma, beleidsmedewerker bij Waterschap Zuiderzeeland verwacht dat het Ketelmeer-model reële inschattingen geeft van de ingrepen zodat de risico's van eventuele vernatting in kaart gebracht kunnen worden.

Het monitoringsplan

Het monitoringsplan moet volgens Jaarsma de veranderingen in de stijghoogten goed meten en tijdig signaleren of er veranderingen in de stijghoogten zijn.

De registratiefrequenties

De registratiefrequentie dient minimaal één keer per week te zijn om de veranderingen in de stijghoogten goed in beeld te brengen, aldus Jaarsma.



In tabel 3 is een samenvatting te zien van de verwachtingen van de besproken actoren ten aanzien van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties.

Actor	Model	Monitoringsplan	Registratiefrequenties
RWS IJG	• Robuust • Valide • Flexibel • Goed gekozen (geschikt zijn)	• Inzicht in de effectiviteit van de genomen maatregel. • Representatieve locaties grondwaterbuizen. • Grondwaterbuizen in het juiste watervoerende pakket.	• Zodanige frequentie dat indien nodig, RWS IJG de tijd heeft om adequate maatregelen te nemen.
RIZA	• Goede voorspelling bekende historische ingrepen. • Minimale onzekerheid in de vertaling van het model naar de werkelijkheid en andersom. • Opbouw model geaccepteerd door alle actoren.	• Geaccepteerd door alle actoren. • Snel aangeven of geohydrologie van het Ketelmeer verandert. • Invloeden op het diepe en ondiepe grondwaterstand zichtbaar maken. • Verband tussen diepe en ondiepe grondwaterstand weergeven.	• Zodanige frequentie dat veranderingen van de stijghoogten goed zichtbaar worden gemaakt.
Provincie	• Inzicht geven in de veranderingen van grondwaterstand. • Goed gekalibreerd en gevalideerd zijn.	• Zorgvuldig opgesteld zijn. • Vertrouwen scheppen bij de belanghebbenden.	• Minimaal één keer in twee weken.
Waterschap	• Geven van reële inschattingen van de ingrepen.	• Veranderingen van de stijghoogten goed meten. • Tijdig signaal afgeven in geval van stijghoogteveranderingen.	• Minimaal één keer in de week.

Tabel 3: Verwachting van de actoren



5. Modeltoets

In dit hoofdstuk wordt eerst in paragraaf 5.1 het Ketelmeer-model beschreven. Vervolgens gaat paragraaf 5.2 in op het afleiden van criteria voor het toetsen van dit model en in paragraaf 5.3 wordt het Ketelmeer-model aan deze criteria getoetst.

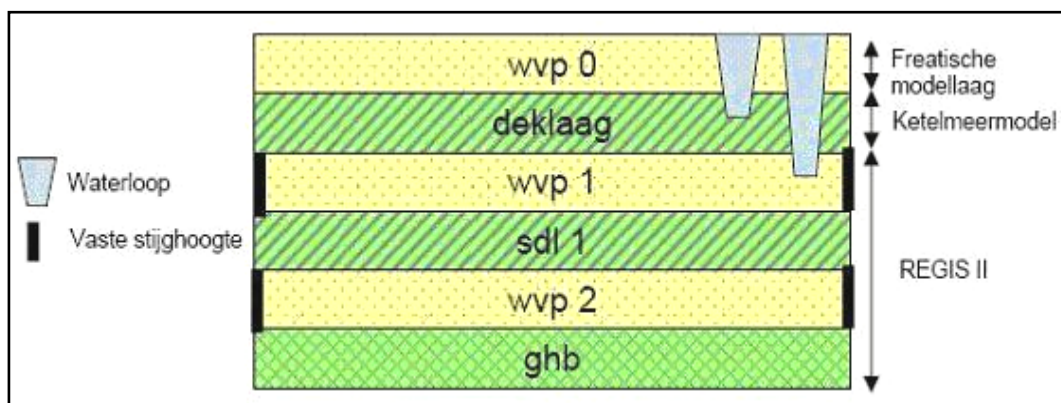
5.1 Het Ketelmeer-model

Het Ketelmeer-model is een MODFLOW stationair geohydrologische grondwatermodel (van de Winckel en Blonk, 2007). Voor de opbouw van dit model is gebruik gemaakt van verschillende gegevensbronnen, waaronder:

- REGIS II⁵ voor de modellen.
- Ligging en peil van de waterlopen op basis van informatie van de Waterschappen Zuiderzeeland en Groot Salland.
- Neerslag en verdampinggegevens van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI).
- Grondwateronttrekkingen op basis van de gegevens van RIZA.

Verder heeft het Ketelmeer-model de volgende kenmerken (van de Winckel, 2006):

- Stationair; gekozen is voor een stationair grondwatermodel, omdat de effecten van de ingrepen permanent zijn.
- Drie watervoerende pakketten (wvp 0, 1 en 2), zie figuur 8: Modelschema.
- Modelranden met een vaste stijghoogte; voor het uitvoeren van numerieke modelberekeningen vormen deze stijghoogtes de randvoorwaarden.
- Modelafmetingen van x=145 tot 193 kilometer, y=502 tot 522 kilometer (Nederlandse topografische assenstelsel)
- Netwerk van cellen van 25 x 25 meter (gridgrootte).
- Referentiesituatie: 1995 (geen grote ingrepen in het Ketelmeer tot 1995).



Figuur 8: Modelschema

Bron: Geohydrologie Ketelmeer, fase I (van de Winckel, 2006)

⁵ REGIS (REgionaal Geohydrologisch Informatie Systeem) is in het begin van de jaren 90 ontwikkeld door het Nederlandse Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, in samenwerking met RIZA. REGIS II is een update van REGIS I, die bestaat uit een set digitale (kaart)bestanden met relevante geohydrologische gegevens voor de waterbeheerder evenals voor de modelprogrammatuur (van de Winckel, 2006).



In figuur 8 is de gehanteerde modelschematisatie weergegeven. Deze schematisatie is gebaseerd op REGIS II, waarbij er drie watervoerende pakketten worden onderscheiden. Binnen deze pakketten treedt horizontale en verticale stroming op. Verder hebben deze watervoerende pakketten een grote doorlatendheid.

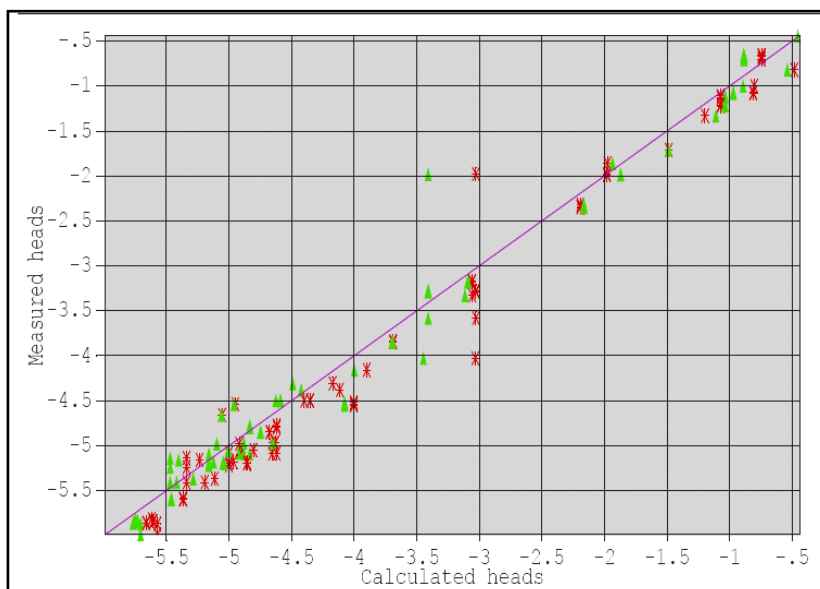
Tussen de eerste (wvp 0) en tweede (wvp 1) watervoerende pakketten bevindt zich de deklaag. Deze laag is slecht doorlatend en hoofdzakelijk opgebouwd uit holocene afzettingen (van de Winckel 2006). Het tweede (wvp 1) watervoerend pakket bestaat voornamelijk uit in het pleistoceen afgezette middelfijne tot middelgrove zanden en grinden met enkele inschakelingen van klei en veen van relatief geringe dikte (Janssen en Schelberg, 2005).

Tussen de tweede (wvp 1) en de derde (wvp 2) watervoerende pakketten bevindt zich plaatselijk de slechtdoorlatende laag (sdl 1). Deze laag bestaat aan de onder- en bovenkant uit een pakket zandige kleien met inschakelingen van zand en in het midden uit een gecompacteerd laag veen (Janssen en Schelberg, 2005). Verder treedt in deze laag alleen verticale stroming op.

De onderkant van de slechtdoorlatende laag wordt door het derde watervoerend pakket (wvp 2) begrensd. Dit pakket bestaat uit fijn tot middelfijne zandige lagen (Janssen en Schelberg, 2005).

In het aandachtsgebied bevindt zich tussen de derde (wvp 2) en de vierde watervoerend pakketten geen slechtdoorlatende laag, waardoor deze pakketten zijn samengevoegd (van de Winckel 2006). Tevens vormt de onderzijde van deze pakketten de geohydrologische basis (ghb).

Het Ketelmeer-model is gekalibreerd op de situatie 1995, vóór de grote ingrepen in het Ketelmeer (onder andere aanleg IJsseloog). De kalibratie is gedaan met het automatische kalibratieprogramma PEST (van de Winckel en Blonk, 2007). Hierbij zijn er acht modelparameters geoptimaliseerd (zie bijlage II). Er is gekozen voor die set parameters, waarbij het verschil tussen de berekende (door het model) en gemeten stijghoogte (referentiejaar 1995) minimaal is. Hieronder is in figuur 9, de berekende stijghoogte versus de gemeten stijghoogte uitgezet. Het gaat hier om de gemeten en berekende stijghoogtes in alle watervoerende pakketten (zie figuur 8). Te zien is dat na de kalibratie het verband tussen de berekende en de gemeten stijghoogte meer op een rechte lijn lijkt.



Figuur 9: Berekende stijghoogte versus gemeten stijghoogte, initieel (rood) en na kalibratie (groen)

Bron: Geohydrologie Ketelmeer fase 3 (van de Winckel en Blonk, 2007)



Voor de validatie van het Ketelmeer-model zijn de scenario's hieronder doorgerekend (van de Winckel en Blonk, 2007). Hierbij is gebruik gemaakt van de jaargemiddelden van de stijghoogte voor dat betreffende jaar.

- Validatie 1997, aanleg depot IJsseloog
- Validatie 2000, depot in bedrijf
- Validatie 2005, verschillende ingrepen in het Ketelmeer waaronder aanleg Hanzerak-Oost

In de figuren A tot en met C (zie bijlage III) zijn voor de drie verschillende validatie-situaties, het verschil tussen de berekende en gemeten stijghoogten (in het eerste watervoerend pakket), in meters weergegeven.



5.2 Criteria toetsing Ketelmeer-model

In deze paragraaf worden uit de geformuleerde verwachtingen van de actoren ten aanzien van het Ketelmeer-model (zie paragraaf 4.2), criteria afgeleid voor het toetsen van dit model. Dit wordt gedaan, in overleg met de desbetreffende actoren.

In tabel 4 zijn de criteria te zien waaraan het Ketelmeer-model wordt getoetst.

Verwachting actor	Afgeleide criteria
Robuust	*Er moet draagvlak en acceptatie aanwezig zijn, bij zowel de actoren als de deskundigen (model experts en geohydrologen), voor het type grondwatermodel, het modelconcept, modelschematisatie en gebruikte gegevensbronnen (zie paragraaf 5.1), (RWS IJG, Waterschap en Provincie).
	**Opbouw van het model (modelschematisatie) moet door de actoren geaccepteerd zijn (RIZA).
Valide	Het model moet de historische ingrepen (aanleg depot IJsseloog, depot in bedrijf en aanleg Hanzerak-Oost) reproduceren, met een gemiddelde absolute afwijking van maximaal 15 centimeter tussen de berekende en gemeten stijghoogtes, in het eerste watervoerend pakket (zie figuur 8), (Provincie, RIZA en Waterschap).
	Bij het reproduceren van de historische ingrepen moet minimaal 99 procent van de data (het absolute verschil tussen de gemeten en de berekende stijghoogtes, in het eerste watervoerend pakket) kleiner zijn dan 40 centimeter (RWS IJG).
	De berekende stijghoogtepatronen (zie de validatiefiguren in bijlage III) moeten geen onverklaarbare knikken of rondingen bevatten (RIZA).
Modelkeuze	De keuze van het type model moet voldoen aan de criteria geformuleerd door STOWA/RIZA (RWS IJG).
Onzekerheid	De onzekerheid in de meetwaarde van de peilbuis 20H4 in Oostelijk Flevoland, moet weggenomen zijn (RIZA).
Flexibel	Het model moet aanpasbaar zijn voor eventuele toekomstige ingrepen in het Ketelmeer (RWS IJG).
Kalibratie	Na het kalibratieproces, moeten de verschillen tussen de berekende en gemeten stijghoogtes, in alle watervoerende pakketten (zie figuur 8), bij benadering normaal verdeeld zijn. Ook moet het gekozen kalibratiepakket, voor een stationair grondwatermodel geschikt zijn (RIZA).
	Na het kalibratieproces, moet 95 procent van de data (absolute verschillen tussen de berekende en gemeten stijghoogtes, in het eerste watervoerende pakket), kleiner zijn dan 15 centimeter. Verder mag 0.1 procent van dezelfde data maximaal 40 centimeter bedragen (RWS IJG).

Tabel 4: Criteria modeltoets

* Draagvlak en acceptatie niet alleen vanuit RWS IJG maar ook vanuit de bestuurlijke en maatschappelijke omgeving.

** Acceptatie modelopbouw alleen door de actoren.



5.3 Toetsing van het Ketelmeer-model

In deze paragraaf wordt nagegaan of het Ketelmeer-model voldoet aan de verwachtingen van de verschillende actoren. Hiertoe wordt dit model getoetst aan de criteria, geformuleerd in paragraaf 5.2.

Robuust

Er moet draagvlak en acceptatie aanwezig zijn, bij zowel de actoren als de deskundigen (modelexperts en geohydrologen), voor het type grondwatermodel, het modelconcept, modelschematisatie en gebruikte gegevensbronnen (zie paragraaf 5.1), (RWS IJG, Waterschap en Provincie).

Opbouw van het model (modelschematisatie) moet door de actoren geaccepteerd zijn (RIZA).

De schematisatie van het Ketelmeer-model, het modelconcept en de gebruikte data in het model (zie paragraaf 5.1) zijn door de actoren en door de ingenieursbureaus Tauw en Grontmij geaccepteerd (document werkgroep Ketelmeer; notulen vergaderingen). Ook bestaat onder deze groep draagvlak en acceptatie voor het type model (MODFLOW).

Verder volgen uit verschillende bronnen acceptatie en draagvlak voor het MODFLOW model. Hieronder zijn enkele citaten opgenomen, ter bevestiging van het voorgaande.

- 'MODFLOW, ontwikkeld door de Amerikaanse Geologische Dienst (USGS) is op dit moment het meeste gebruikte grondwatermodel ter wereld. Bovendien is het een internationale norm voor grondwatermodellering geworden', (International Ground Water Modeling Center, 2004, p. 1).
- 'MODFLOW is waarschijnlijk het breedst toegepast, getest en geverifieerd model van dit moment, mede dankzij zijn veelzijdigheid en zijn open structuur', (Kresic, 1997, p. 306).
- Uit een onderzoek van American Society of Civil Engineers (ASCE), naar gebruik van 54 verschillende modellen zowel bij de consultancy bureaus als de overheidsdiensten, is het volgende geconcludeerd:
'Van de 54 besproken modellen wordt het MODFLOW model het frequentst door deze twee groepen toegepast', (American Society of Civil Engineers, 1996, p. 14).
- 'Dankzij zijn brede toepasbaarheid, zijn uitgebreid beschikbare handleiding en de strenge eisen van de USGS aan dit model, is MODFLOW wereldwijd een standaard model voor grondwatermodellering geworden', (Scientific software group, 1998).

Valide

1. *Het model moet de historische ingrepen (aanleg depot IJsseloog, depot in bedrijf en aanleg Hanzerak-Oost) reproduceren, met een gemiddelde absolute afwijking van maximaal 15 centimeter tussen de berekende en gemeten stijghoogtes, in het eerste watervoerend pakket (Waterschap en Provincie).*
2. *Bij het reproduceren van de historische ingrepen moet minimaal 99 procent van de data (het absolute verschil tussen de gemeten en de berekende stijghoogtes, in het eerste watervoerend pakket) kleiner zijn dan 40 centimeter (RWS IJG).*
3. *De berekende stijghoogtepatronen (zie de validatiefiguren in bijlage III) moeten geen onverklaarbare knikken of rondingen bevatten (RIZA).*

Om het eerste punt te toetsen worden de validatiefiguren in bijlage III beschouwd. In deze figuren zijn de verschillen tussen de gemeten en berekende stijghoogtes, in het eerste watervoerend pakket, te zien. In tabel 5 zijn de absolute verschillen van deze stijghoogtes opgenomen. Uit deze tabel volgt dat het gemiddelde absolute afwijking tussen de gemeten en de berekende stijghoogtes bij de drie ingrepen, 10,5 centimeter bedraagt. Hiermee reproduceert het Ketelmeer-model de historische ingrepen met een gemiddelde absolute afwijking, dat kleiner is dan 15 centimeter.



Aanleg depot	Depot in bedrijf	Hanzerak-Oost
10	1.2	5
22	17	35
21	15	21
6	2.9	8
9	1	5
2	5.3	5
19	14	13
26	23	12
3	5.6	10
4	2	3
14	6.7	26
1	4.2	39
6	10.6	12
Gemiddelde absolute afwijking: 10.5 centimeter		

Tabel 5: Absolute verschil gemeten en berekende stijghoogtes, in het eerste watervoerend pakket (in centimeters)

Om na te gaan of bij het reproduceren van de historische ingrepen, minimaal 99 procent van data (absolute verschillen tussen de gemeten en de berekende stijghoogtes, in het eerste watervoerend pakket) kleiner is dan 40 centimeter, wordt tabel 5 beschouwd. Uit deze tabel volgt dat 39 van de 39 waarden (100 procent) kleiner zijn dan 40 centimeter. Hiermee voldoet het model aan de eis van RWS IJG ten aanzien van modelvaliditeit.

Het derde punt wordt bevestigd door Wim de Lange, senior medewerker Integraal Waterbeleid bij RIZA. De Lange is verantwoordelijk geweest voor het beoordelen van deze patronen (zie de validatiefiguren in bijlage III). Hij zegt het volgende: 'de berekende stijghoogtepatronen zijn geheel logisch en hebben geen onverklaarbare knikken of rondingen'.

Modelkeuze

De keuze van het type model moet voldoen aan de criteria geformuleerd door STOWA/RIZA (RWS IJG).

De criteria geformuleerd door STOWA/RIZA hebben betrekking op de keuze van een geschikt type grondwatermodel. Allereerst hangt de keuze van het type model af van dimensies in ruimte en tijd (STOWA/RIZA, 1999); voor 2D-modellen bestaan andere serie beschikbare modelprogramma's dan bij 3D-modellen. De keuze voor een geschikt model wordt verder bepaald door projectmatige zaken en de computer (STOWA/RIZA, 1999):

- beschikbare hardware platform;
- beschikbare operating systeem;
- beschikbare expertise;
- beschikbare tijd;
- persoonlijke voorkeuren van de modelleur met betrekking tot interfaces;
- wensen en voorschriften van de opdrachtgever;
- wat is beschikbaar in de organisatie.

Ten slotte is ook een belangrijke praktische criterium of er een toegankelijke handleiding voor het modelprogramma beschikbaar is (STOWA/RIZA, 1999).

Bij de keuze van het type model is niet direct rekening gehouden met de criteria geformuleerd door STOWA/RIZA. Het model is alleen afgewogen tegen het grondwatermodel van Rijkswaterstaat, NAGROM (Nationaal GRondwater Model). Verder is bij de keuze van het type model gekeken naar de acceptatie, draagvlak en technische achtergrond van de MODFLOW, aldus de Lange.



Onzekerheid

De onzekerheid in de meetwaarde van de peilbuis 20H4 in Oostelijk Flevoland, moet weggenomen zijn (RIZA).

De onzekerheid bij de peilbuis 20H4 in Oostelijk Flevoland bestaat uit een afwijkend resultaat tussen de berekende en gemeten stijghoogte van circa 25 centimeter. De oorzaak van deze afwijking is nog niet bekend, waardoor de onzekerheid in de meetwaarde bij deze peilbuis nog bestaat. Door extra aandacht te besteden aan het monitoringsplan met betrekking tot de metingen in dit punt wordt gestreefd deze onzekerheid weg te nemen (van de Winckel en Blonk, 2007). De bedoeling is dat er meerdere peilbuizen in de omgeving van deze peilbuis worden geplaatst (document werkgroep Ketelmeer; notulen vergaderingen).

Flexibel

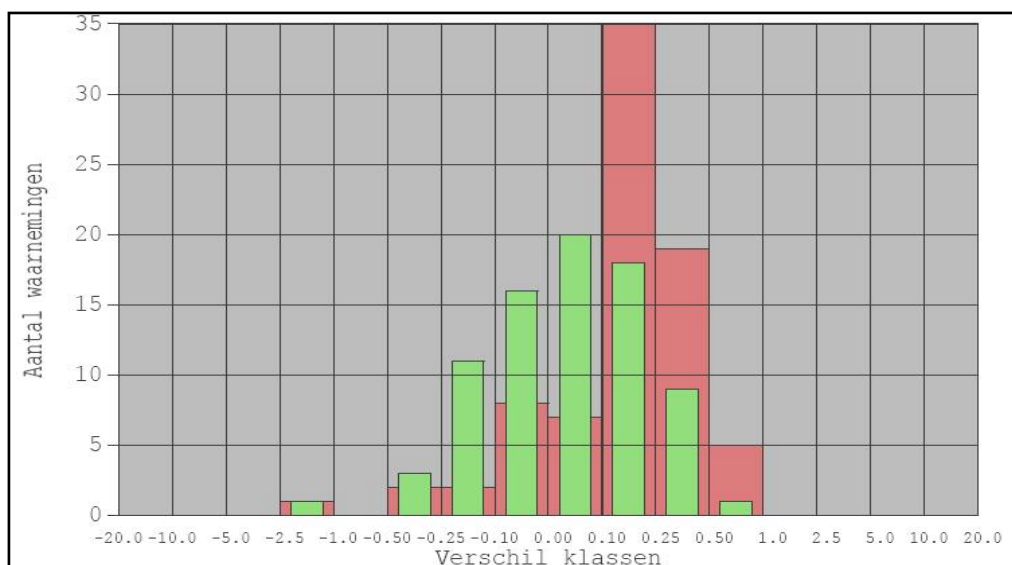
Het Ketelmeer-model moet aanpasbaar zijn voor eventuele toekomstige ingrepen in het Ketelmeer (RWS IJG).

Het Ketelmeer-model is gebouwd met als doel het prognosticeren van ingrepen in het Ketelmeer. Het is makkelijk te combineren met andere (grondwater)modellen en is aanpasbaar voor toekomstige ingrepen in het Ketelmeer (document werkgroep Ketelmeer; notulen vergaderingen). Verder blijkt de flexibiliteit van het Ketelmeer-model uit het gegeven dat het model verschillende historische ingrepen (zie voetnoot nr.4) goed kan reproduceren, aldus van Manen.

Kalibratie

1. *Na het kalibratieproces, moeten de verschillen tussen de berekende en gemeten stijghoogtes, in alle watervoerende pakketten (zie figuur 8), bij benadering normaal verdeeld zijn. Ook moet het gekozen kalibratiepakket, voor een stationair grondwatermodel geschikt zijn (RIZA).*

Om te toetsen of de verschillen tussen de gemeten en berekende stijghoogtes (in alle watervoerende pakketten) normaal verdeeld zijn, wordt figuur 10 beschouwd. Uit deze figuur volgt dat de verdeling van de verschillen, na kalibratie van een scheve verdeling naar een normale verdeling gaat. De data bij figuur 10 is in bijlage IV, tabel A opgenomen.



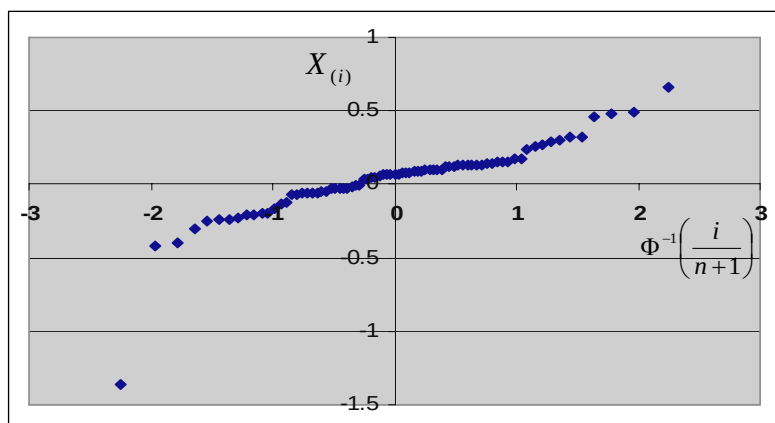
Figuur 10: Histogram met verdeling van de verschillen tussen berekend en gemeten stijghoogtes (m), voor kalibratie (rood) en na kalibratie (groen)

Bron: Geohydrologie Ketelmeer, fase 3 (van de Winckel en Blonk, 2007)



Om normaliteit bij de verschillen tussen de gemeten en berekende stijghoogtes te onderzoeken, wordt daartoe een zogenaamde normale Q-Q plot (Quantile-Quantile Plot) gemaakt (Albers, 2006). Hierbij worden de waarnemingen (verschillen tussen de gemeten en berekende stijghoogtes) uitgezet tegen de kwantielen van de standaardnormale verdeling. In bijlage IV is deze methode uiteengezet.

Blijkt deze Q-Q plot bij benadering een rechte lijn te zijn, dan zijn de verschillen tussen de gemeten en berekende stijghoogtes ook bij benadering normaal verdeeld (Albers, 2006). In figuur 11 is deze Q-Q plot te zien (zie bijlage IV voor de berekeningen). Uit deze figuur volgt dat de Q-Q plot bij benadering een rechte lijn is, met uitzondering van een paar uitschieters. Hiermee kan gesteld worden dat de verschillen tussen de gemeten en berekende stijghoogtes, bij benadering normaal verdeeld zijn.



Figuur 11: Q-Q plot van verschillen tussen berekend en gemeten stijghoogtes

Het Ketelmeer-model is gekalibreerd met het automatische kalibratieprogramma PEST (van de Winckel en Blonk, 2007). PEST kan zowel toegepast worden bij stationaire als niet stationaire grond- en oppervlaktewatermodellen (van der Valk en Boukes, 1997). Hieruit kan geconcludeerd worden dat PEST geschikt is voor het kalibreren van het Ketelmeer-model, aangezien dit een stationair grondwatermodel is.

2. Na het kalibratieproces, moet 98 procent van de data (absolute verschillen tussen de berekende en gemeten stijghoogtes, in het eerste watervoerende pakket), kleiner zijn dan 15 centimeter. Verder mag 0.1 procent van dezelfde data maximaal 40 centimeter bedragen (RWS IJG).

Om te toetsen of na het kalibratieproces, 95 procent van de data (absolute verschillen tussen de berekende en gemeten stijghoogtes, in het eerste watervoerende pakket), kleiner is dan 15 centimeter, wordt tabel B in bijlage IV beschouwd. Uit deze tabel volgt dat 19 van de 20 waarden, kleiner zijn dan 15 centimeter. Dit is een percentage van 95 procent. Hiermee wordt voldaan aan de eis van RWS IJG met betrekking tot modelkalibratie.

Verder bedraagt het grootste, absolute verschil tussen de berekende en gemeten stijghoogtes, 25 centimeter. Hiermee voldoet het model ook aan de tweede criteria van RWS IJG.



In tabel 6 is een samenvatting te zien van de resultaten van de modeltoets. Hierbij is per criterium en per actor weergegeven, of het Ketelmeer-model aan dit criterium voldoet.

Toetsingscriteria	RWS IJG	RIZA	Waterschap	Provincie
Robuust				
Valide				
modelkeuze				
*Onzekerheid				
Flexibel				
Kalibratie				

	Model voldoet <u>niet</u> aan criterium actor
	Model voldoet aan criterium actor
	Niet van toepassing

Tabel 6: Resultaten modeltoets

* De onzekerheid in de meetwaarde van de peilbuis 20H4 is nog niet weggenomen, maar door plaatsing van meerdere peilbuizen in de omgeving van deze peilbuis wordt verwacht dat deze onzekerheid zal worden weggenomen.





6. Monitorings- en registratietoets

In dit hoofdstuk worden eerst in paragraaf 6.1 het monitoringsplan en de registratie-frequentie beschreven. Vervolgens gaat paragraaf 6.2 in op het afleiden van criteria voor het toetsen hiervan. Ten slotte worden het monitoringsplan en de registratiefrequenties in paragraaf 6.3 getoetst aan de criteria afgeleid uit de verwachtingen van de actoren (zie paragraaf 4.2).

6.1 Het monitoringsplan en de registratiefrequenties

Voor het monitoren van de ingrepen in het Ketelmeer is eind 1994 gestart met het installeren van grondwaterstandbuizen in de deklaag en peilfilters in het pleistocene zand (van Manen, 2006). De buizen zijn zoveel mogelijk midden tussen de drains geplaatst en op een afstand van meer dan 50 meter tot de kavelsloot.

Het totale meetnet bestaat uit de volgende onderdelen (zie figuur 12 voor een overzicht van de meetlocaties):

- 20 locaties met grondwaterstandbuizen voor handmatige registratie grondwaterstand.
- 17 locaties met grondwaterstandbuizen voor automatische registratie grondwaterstand.
- 3 locaties met pleistoceenfilters voor handmatige registratie van de stijghoogte.
- 11 locaties met pleistoceenfilters voor automatische registratie van de stijghoogte.

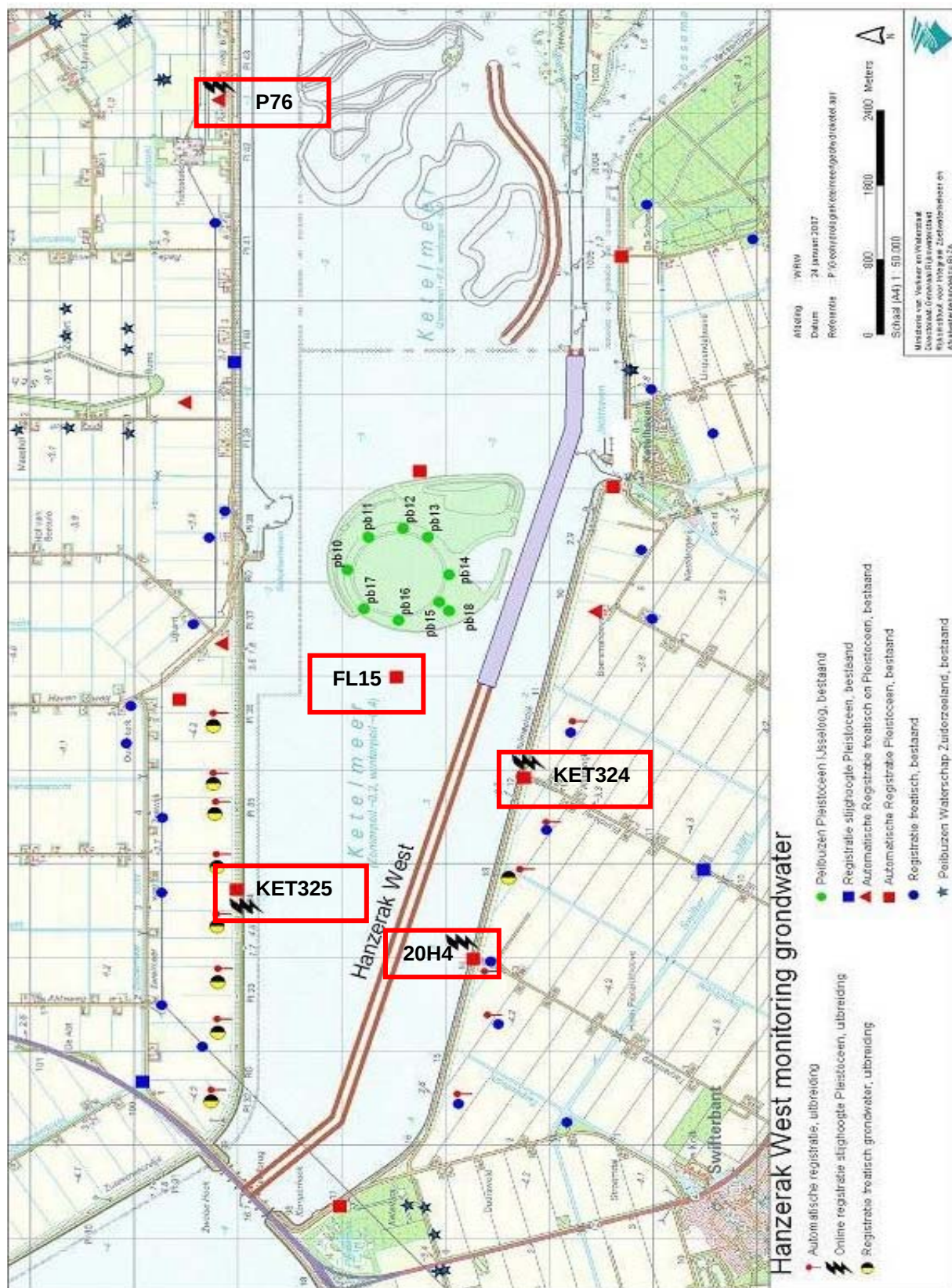
Ook wordt de kwaliteit van het grondwater, voor en tijdens de werkzaamheden geregistreerd. Het gaat om 31 locaties waarop bemonstering van het grondwater van de freatische peilbuizen wordt gerealiseerd. Op 14 locaties worden bemonsteringen van het diepe grondwater van de pleistocene peilbuizen gerealiseerd.

De registratiefrequentie van zowel de automatische pleistocene peilbuizen (voor registratie van de stijghoogte van het diepe grondwater) als de automatische freatische peilbuizen (voor registratie van de grondwaterstand) bedraagt één keer per uur (van Manen, 2006).

De registratiefrequentie van de handmatige pleistocene en handmatige freatische peilbuizen bedraagt één keer per twee weken (van Manen, 2006).

Verder is in het monitoringsplan ook een referentiepeilbuis opgenomen, namelijk peilbuis P76 (zie figuur 12). Met deze peilbuis wordt nagegaan of de overige peilbuizen een significante verandering⁶ in de stijghoogtes meten (van Manen, 2006).

⁶ Significante verandering; een verandering in de stijghoogten van minimaal 50 millimeter.



Figuur 12: Overzicht meetlocaties

Bron: Geohydrologische effecten sanering Ketelmeer (van Manen, 2006)



6.2 Criteria monitoringsplan en registratiefrequenties

In deze paragraaf worden uit de geformuleerde verwachtingen van de actoren (zie paragraaf 4.2) en in overleg met deze actoren, criteria afgeleid voor het toetsen van het monitoringsplan en de registratiefrequenties.

In tabel 7 zijn de criteria te zien waaraan het monitoringsplan en de registratiefrequenties worden getoetst.

Verwachting actor	Criteria Monitoringsplan
Acceptatie	Het monitoringsplan moet door de deskundigen van de actoren geaccepteerd zijn (RWS IJG, RIZA, Waterschap en Provincie).
Valide	De automatische, pleistocene peilbuizen moeten een melding afgeven, bij een gemeten stijghoogteverandering van minimaal vijf centimeter binnen een uur (RWS IJG).
	Tijdens het baggeren van de vaargeul Hanzerak-West moeten de automatische, pleistocene peilbuizen op een maximale afstand van drie kilometer van de ingreep (dit zijn de volgende pleistocene peilbuizen: 20H4, KET324, KET 325 en FL15, zie figuur 12), een verandering in de stijghoogte kunnen meten van minimaal 50 millimeter ten opzichte van de referentiepeilbuis P76 (RIZA).
	De pleistocene peilbuizen moeten in de pleistocene, watervoerende laag (minimaal op -7 meter NAP, zie figuur 3) gelokaliseerd zijn. En de freatische peilbuizen moeten in het holocene pakket (minimaal 1.5 meter onder het maaiveld, zie figuur 3) gelokaliseerd zijn (Waterschap en Provincie).
Verwachting actor	Criteria Registratiefrequenties
Frequentie	De automatisch peilbuizen voor de registratie van de stijghoogte (zie figuur 12) moeten een registratiefrequentie hebben van minimaal één keer per 24 uur (RWS IJG en RIZA).
	Alle peilbuizen (zowel automatische als handmatige peilbuizen voor de registratie van de grondwaterstand en de stijghoogte, zie figuur 12) moeten een registratiefrequentie hebben van minimaal één keer per week (Waterschap).
	Alle peilbuizen (zowel automatische als handmatige peilbuizen voor de registratie van de grondwaterstand en de stijghoogte) moeten een registratiefrequentie hebben van minimaal één keer per twee weken (Provincie).
Onzekerheid	De onnauwkeurigheid tussen de waarden van de gemeten stijghoogtes (gemeten door de automatische pleistocene peilbuizen; KET325, KET20H4, KET324 en P76, zie figuur 12) ten gevolge van de registratiefrequentie, mag maximaal drie centimeter bedragen (RIZA).

Tabel 7: Criteria monitoring- en registratietoets



6.3 Toetsing van monitoringsplan en registratiefrequenties

In deze paragraaf worden het monitoringsplan en de registratiefrequenties getoetst aan de criteria, geformuleerd in paragraaf 6.2. Hiermee wordt nagegaan of het monitoringsplan en de registratiefrequenties voldoen aan de verwachtingen van de verschillende actoren.

Acceptatie

Het monitoringsplan moet door de deskundigen van de actoren geaccepteerd zijn (RWS IJG, RIZA, Waterschap en Provincie).

Het monitoringsplan is door de deskundigen van de actoren geaccepteerd (document werkgroep Ketelmeer; notulen vergaderingen). Hierbij zijn deze deskundigen eens over de spreiding en de locatie van de peilbuizen. Ook over het aantal peilbuizen zijn deze deskundigen het eens.

Valide

De automatische, pleistocene peilbuizen moeten een melding afgeven, bij een gemeten stijghoogteverandering van minimaal vijf centimeter binnen een uur (RWS IJG).

De automatische peilbuizen zijn in staat om een melding af te geven bij een bepaalde verandering in de stijghoogtes binnen een tijdsbestek, maar zijn niet ingesteld om dit te doen, aldus van Manen. De reden hiervoor is dat deze peilbuizen uurlijks worden geregistreerd en dat de stijghoogteverandering maximaal vijf centimeter per uur bedraagt (van Manen, 2006).

Tijdens het baggeren van de vaargeul Hanzerak-West moeten de automatische, pleistocene peilbuizen op een maximale afstand van drie kilometer van de ingreep (dit zijn de volgende pleistocene peilbuizen: 20H4, KET324, KET 325 en FL15, zie figuur 12), een verandering in de stijghoogte kunnen meten van minimaal 50 millimeter ten opzichte van de referentiepeilbuis P76 (RIZA).

Uit de historische ingrepen in het Ketelmeer, waaronder Natuurontwikkeling IJsselmoding (een project met een vergelijkbare omvang), blijkt dat het monitoringsplan goed functioneert als er een afwijking van minimaal 50 millimeter geconstateerd wordt tussen de referentiepeilbuis en de pleistocene peilbuizen op een maximale afstand van drie kilometer (van Manen, 2006).

Het monitoringsplan kan niet direct aan dit criterium getoetst worden, aangezien er geen aanvang is gemaakt met het baggeren van de vaargeul Hanzerak-West. Echter wordt verwacht dat de pleistocene peilbuizen 20H4, KET324, KET 325 en FL15 (zie figuur 12), een stijging zullen meten van minimaal 50 millimeter ten opzichte van de referentiepeilbuis P76, aldus van Manen. Deze peilbuizen liggen, namelijk binnen een afstand van drie kilometer vanaf de vaargeul Hanzerak-West.

De pleistocene peilbuizen moeten in de pleistocene, watervoerende laag (minimaal op -7 meter NAP) gelokaliseerd zijn. En de freatische peilbuizen moeten in het holocene pakket (minimaal 1.5 meter onder het maaiveld) gelokaliseerd zijn (Waterschap en Provincie).

De pleistocene peilbuizen (totaal 14) zijn op een diepte van minimaal -7 meter NAP gelokaliseerd (van Manen, 2006). Dit is gedaan omdat de pleistocene laag vanaf -7 meter NAP begint (zie figuur 3).

De freatische peilbuizen (totaal 37) zijn op een diepte van minimaal 1.5 meter onder het maaiveld gelokaliseerd. Dit is gedaan omdat fluctuaties in het ondiepe grondwater, tussen het maaiveld en 1.5 meter onder het maaiveld optreden (van Manen, 2006).



Frequentie

1. De automatisch peilbuizen voor de registratie van de stijghoogte (zie figuur 12) moeten een registratiefrequentie hebben van minimaal één keer per 24 uur (RWS IJG en RIZA).
2. Alle peilbuizen (zowel automatische als handmatige peilbuizen voor de registratie van de grondwaterstand en de stijghoogte, zie figuur 12) moeten een registratiefrequentie hebben van minimaal één keer per week (Waterschap).
3. Alle peilbuizen (zowel automatische als handmatige peilbuizen voor de registratie van de grondwaterstand en de stijghoogte) moeten een registratiefrequentie hebben van minimaal één keer per twee weken (Provincie).

De registratiefrequentie van alle automatische peilbuizen bedraagt één keer per uur en de registratiefrequentie van alle handmatige peilbuizen bedraagt één keer per twee weken. Hiermee voldoen de registratiefrequenties van de peilbuizen aan het eerste en het derde punt. Aan het tweede punt voldoet alleen de registratiefrequentie van de automatische peilbuizen en niet die van de handmatige peilbuizen. Hiermee wordt niet aan het tweede punt voldaan.

Onzekerheid

De onnauwkeurigheid tussen de waarden van de gemeten stijghoogtes (gemeten door de automatische pleistocene peilbuizen; KET325, KET20H4, KET324 en P76, zie figuur 12) ten gevolge van de registratiefrequentie, mag maximaal vijf centimeter bedragen (RIZA).

De automatische, pleistocene peilbuizen (KET325, KET20H4, KET324 en P76) hebben een registratiefrequentie van één keer per uur. Aangezien de stijghoogteverandering maximaal vijf centimeter per uur bedraagt (van Manen, 2006), kan de onnauwkeurigheid in de gemeten waarden van de stijghoogtes ten gevolge van de registratiefrequentie, maximaal vijf centimeter bedragen.

In tabel 8 is een samenvatting te zien van de resultaten van de monitorings- en registratietoets. Hierbij is per criterium en per actor weergegeven of het monitoringsplan of de registratiefrequentie, aan dit criterium voldoet.

Toetsingscriteria monitoring	RWS IJG	RIZA	Waterschap	Provincie
Acceptatie				
Valide				
Toetsingscriteria registratie				
Frequentie				
Onzekerheid				

	Monitoringsplan/registratiefrequentie voldoet niet aan criterium actor
	Monitoringsplan/registratiefrequentie voldoet aan criterium actor
	Niet van toepassing

Tabel 8: Resultaten monitorings- en registratietoets





7. Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden in paragraaf 7.1 de conclusies gegeven, in hoeverre het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de daarbij behorende registratiefrequenties van de peilbuizen voldoen aan de verwachtingen van de actoren. Vervolgens worden in paragraaf 7.2 de aanbevelingen gedaan waarin enkele adviezen worden gegeven ten aanzien van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de daarbij behorende registratiefrequenties.

7.1 Conclusies

In dit onderzoek is nagegaan of het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties voldoen aan de verwachtingen van de actoren. Daartoe zijn er twee centrale onderzoeksvragen geformuleerd, zoals hieronder weergegeven (zie paragraaf 2.4). In deze paragraaf worden deze centrale vragen beantwoord.

1. In hoeverre voldoet het Ketelmeer-model aan de verwachtingen van de beschouwde actoren?
2. In hoeverre voldoen het opgestelde monitoringsplan en de daarbij behorende registratiefrequenties aan de verwachtingen van de beschouwde actoren?

Bij het prognosticeren van de geohydrologische effecten op de omliggende polders als gevolg van het verdiepen van de vaargeul Hanzerak-West, is gebruik gemaakt van het Ketelmeer-model en een monitoringsplan met de daarbij behorende registratiefrequenties van de peilbuizen. Om na te gaan of het gebruikte model en het monitoringsplan met de daarbij behorende registratiefrequenties, betrouwbaar en geaccepteerd zijn, worden deze getoetst aan de verwachtingen van de volgende actoren: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwater-beheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), Rijkswaterstaat IJsselmeergebied (RWS IJG), Waterschap Zuiderzeeland en Provincie Flevoland. Hierbij zijn de verwachtingen van deze actoren, in overleg met de betreffende actoren, vertaald naar criteria. Vervolgens zijn deze criteria gebruikt voor het toetsen van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties.

Uit de toets kan het volgende geconcludeerd worden ten aanzien van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties:

- Het Ketelmeer-model voldoet wel aan de criteria geformuleerd door RIZA, Waterschap Zuiderzeeland en Provincie Flevoland. Echter voldoet het niet aan één van de vijf criteria geformuleerd door RWS IJG. Hierbij gaat het om het criterium ten aanzien van de keuze van het type model. In de aanbevelingen wordt aangegeven hoe hiermee omgegaan kan worden.
- Het monitoringsplan voldoet aan de criteria geformuleerd door RWS IJG, RIZA, Waterschap Zuiderzeeland en Provincie Flevoland.
- De registratiefrequenties van de peilbuizen voldoen wel aan de criteria geformuleerd door RWS IJG, RIZA en Provincie Flevoland. Echter de registratiefrequentie van de handmatige peilbuizen voldoet niet aan het criterium geformuleerd door Waterschap Zuiderzeeland. In de aanbevelingen wordt aangegeven hoe hiermee omgegaan kan worden.

Uit het bovenstaande volgt dat het Ketelmeer-model, door de actoren breed wordt geaccepteerd. Hiermee kan gesteld worden dat de geprognosticeerde, geohydrologische effecten op de omliggende polders als gevolg van het verdiepen van de vaargeul Hanzerak-West, van voldoende kwaliteit zijn. Bovendien bestaat er een grote acceptatie voor het monitoringsplan en de daarbij behorende registraties van de peilbuizen. Dit geeft aanleiding om het Ketelmeer-model, dit monitoringsplan en deze registratiefrequenties van de peilbuizen ook bij vergelijkbare projecten in de toekomst, toe te passen.



7.2 Aanbevelingen

- **Zorg dat bij het kiezen van een type (grondwater)model aan de criteria, geformuleerd door STOWA/RIZA wordt voldaan.**

De criteria geformuleerd door STOWA/RIZA hebben betrekking op projectmatige zaken. Door na te gaan of aan deze criteria is voldaan, wordt onder andere rekening gehouden met de beschikbare tijd en expertise in de organisatie. Op deze manier kan het overschrijden van budgetten voor bepaalde projecten, voorkomen worden.

- **Zorg dat de handmatige peilbuizen wekelijks worden geregistreerd.**

Door de handmatige peilbuizen wekelijks te registreren worden de effecten van de werkzaamheden (verdiepen vaargeul Hanzerak-West) op de omgeving, beter in kaart gebracht. Ook krijgt het monitoringsplan met de daarbij behorende registratiefrequenties van de peilbuizen meer draagvlak en vertrouwen vanuit de actoren.



Literatuurlijst

Van Aartsen, J.J. (2001). *Subsidieregeling bedrijfsgebonden vaarwegaansluitingen*. 's-Gravenhage: Europese Commissie.

Albers, W. (2006). *Goodness-of-fit; Q-Q plot*. Enschede: Universiteit Twente.

American Society of Civil Engineers, 1996. *Committee on Ground Water Quality*. ASCE Publications.

Blonk, A.T. (2007). *Data gemeten en berekende stijghoogtes*. Capelle aan den IJssel: Tauw bv.

International Ground Water Modeling Center (2004). *Newsletter: MODFLOW 2003 and other modelling odysseys*.

Retrieved June 19, 2007, from International Ground Water Modeling Center Web site:

<http://typhoon.mines.edu/news/spring04news.pdf>

Janssen, J.H.M. en Schelberg, J.W.C.L. (2005). *Scan stadhavens, globale scan van de ondergrond in het stadhavengebied te Rotterdam*. Ontwikkelingsmaatschappij Stadhavens: Rotterdam N.V.

Kolkman, M.J. (2006). *Inleiding modelleren B*. Enschede: Universiteit Twente.

Kresic, N. (1997). *Quantitative Solutions in Hydrogeology and Groundwater Modeling*. Boca Raton: CRC Press.

De Lange, W. J. (2006). *Document Werkgroep Ketelmeer; notulen vergaderingen*.

Van Manen, H. (2006). *Geohydrologische effecten sanering Ketelmeer, periode 2000 tot 2006*. Lelystad: RIZA.

Scientific software group (1998). *Modflow overview*.

Retrieved June 14, 2007, from Scientific software group Web site:

http://www.scisoftware.com/products/modflow_overview/modflow_overview.html

STOWA/RIZA, (1999). *Vloeiend Modelleren in het Waterbeheer, Handboek Good Modelling Practice*,; STOWA-rapport 99-05, Rijkswaterstaat-RIZA-rapport 99.036, ISBN-nr. 90-5773-056-1.

Van der Valk, M.R. en Boukes, H. (1997). *Modelkalibratie; het automatisch ijken van grondwatermodellen*. Utrecht: Nederlandse Hydrologische Vereniging.

Verschuren, P. en Doorewaard, H. (2005). *Het ontwerpen van een onderzoek*. Utrecht: LEMMA BV.

Van de Winckel, L.C.E. (2006). *Geohydrologie Ketelmeer, fase I: gegevensverzameling en modelkeuze*. Capelle aan den IJssel: Tauw bv.

Van de Winckel, L.C.E. en Blonk, A.T. (2007). *Geohydrologie Ketelmeer, fase 3: optimalisatie grondwatermodel Ketelmeer*. Capelle aan den IJssel: Tauw bv.



Interviews

Datum	wie	Organisatie	Functie
09-mei-07	Ger Peters	RWS IJG	Contract gemachtigde
09-mei-07	Ted Pepping	RWS IJG	Projectleider
11-mei-07	Ger Bouw	RWS IJG	Projectleider
14-mei-07	Christoffel Klepper	Provincie Flevoland	Beleidsmedewerker en vergunningsverlener
14-mei-07	Wim de Lange	RIZA	Senior medewerker Integraal Waterbeleid
15-mei-07	Harry van Manen	RIZA	Medewerker herstel Wetlands
16-mei-07	Marijke Jaarsma	Waterschap Zuiderzeeland	Beleidsmedewerker



Bijlagen





Bijlage I: Interview

Mijn naam is Suleyman Naqshband en ik doe een onderzoek voor Rijkswaterstaat IJsselmeergebied ter afronding van mijn Bachelor studie aan de Universiteit Twente. Zoals u weet is RWS IJG op dit moment bezig met de voorbereidingen voor het verdiepen van de vaargeul Hanzerak-West. Voor het prognosticeren van de hydrologische effecten op de omliggende polders als gevolg van deze ingreep, is gebruik gemaakt van het Ketelmeer-model en is er een monitoringsplan opgesteld. Met mijn onderzoek wil ik nagaan of het Ketelmeer-model en het opgestelde monitoringsplan, met de daarbij behorende registratiefrequenties voldoen aan de verwachtingen van de verschillende actoren.

Actor:

.....

Algemeen belang actor:

.....

.....

.....

Belang bij aanleg Hanzerak-West:

.....

.....

.....

.....

Verwachtingen ten aanzien van het Ketelmeer-model, het monitoringsplan en de registratiefrequenties (waar het volgens de betreffende actor aan moet voldoen)?

.....

.....

.....

.....

.....

.....



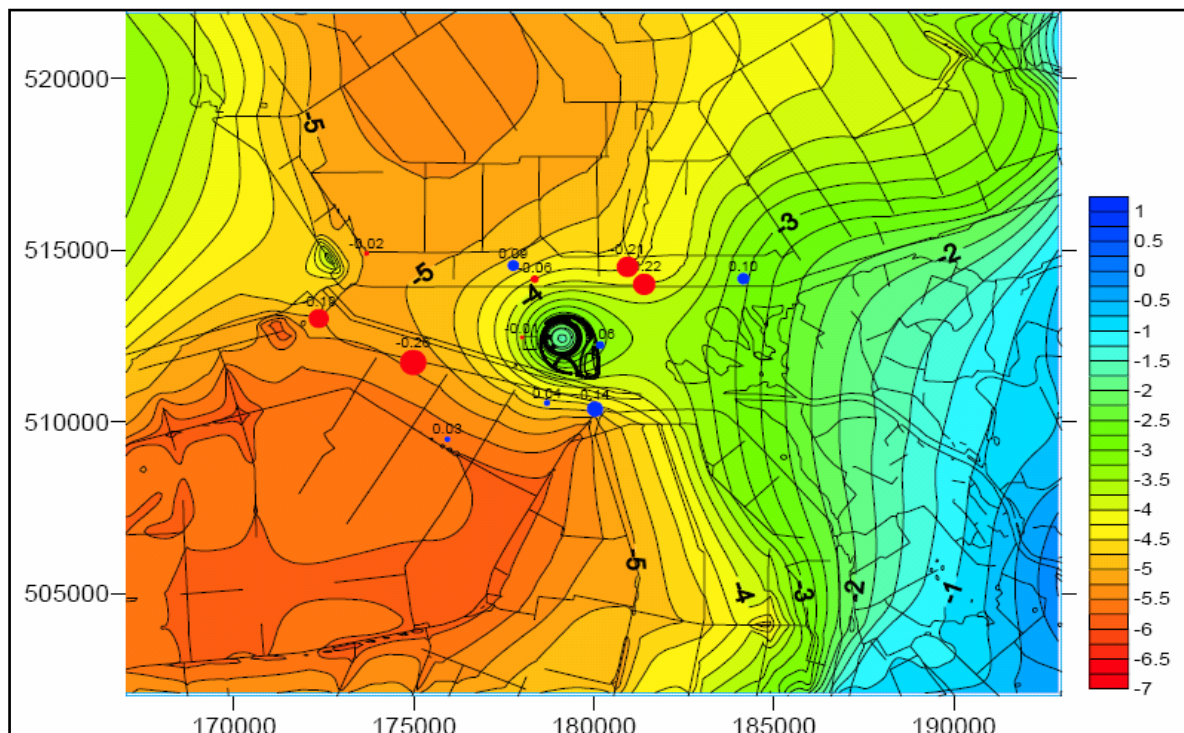


Bijlage II: Geoptimaliseerde parameters

1. Weerstand waterbodem Ketelmeer
2. Weerstand waterbodem Kattendiep
3. Resterende weerstand onder watergangen in Noordoostpolder
4. Resterende weerstand onder watergangen in Oostelijk Flevoland
5. Weerstand deklaag Oostelijk Flevoland
6. Weerstand overig gebied
7. Doorlaatvermogen eerste watervoerende pakket

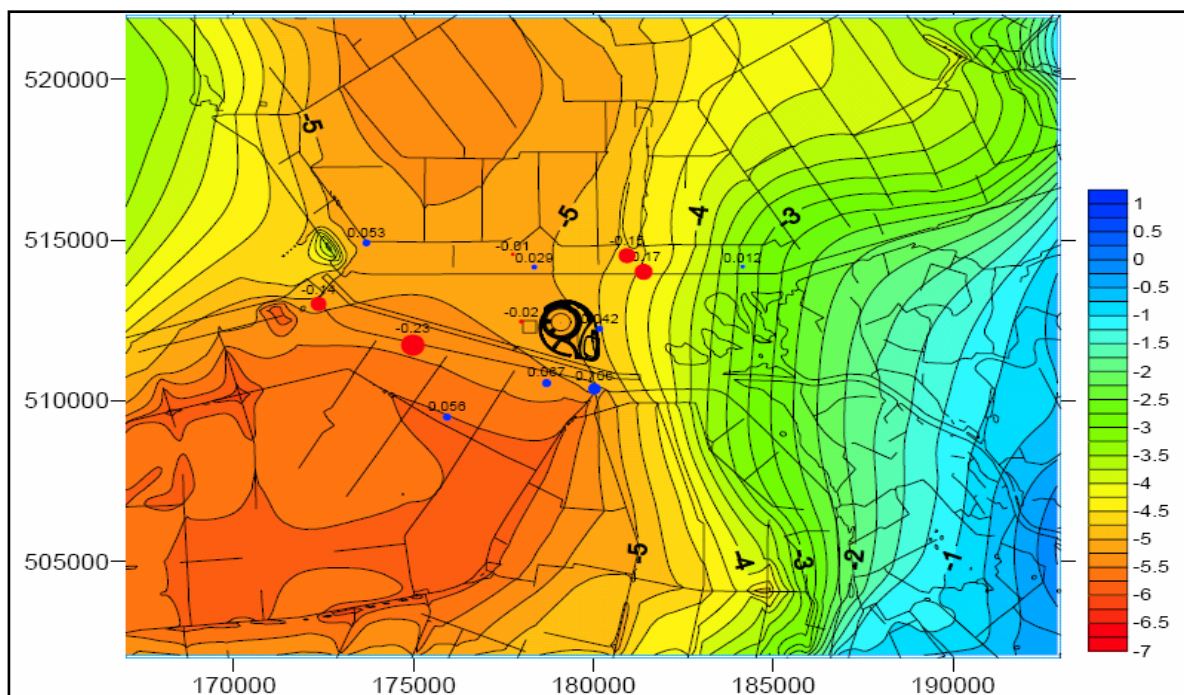


Bijlage III: Figuren validatietsituaties



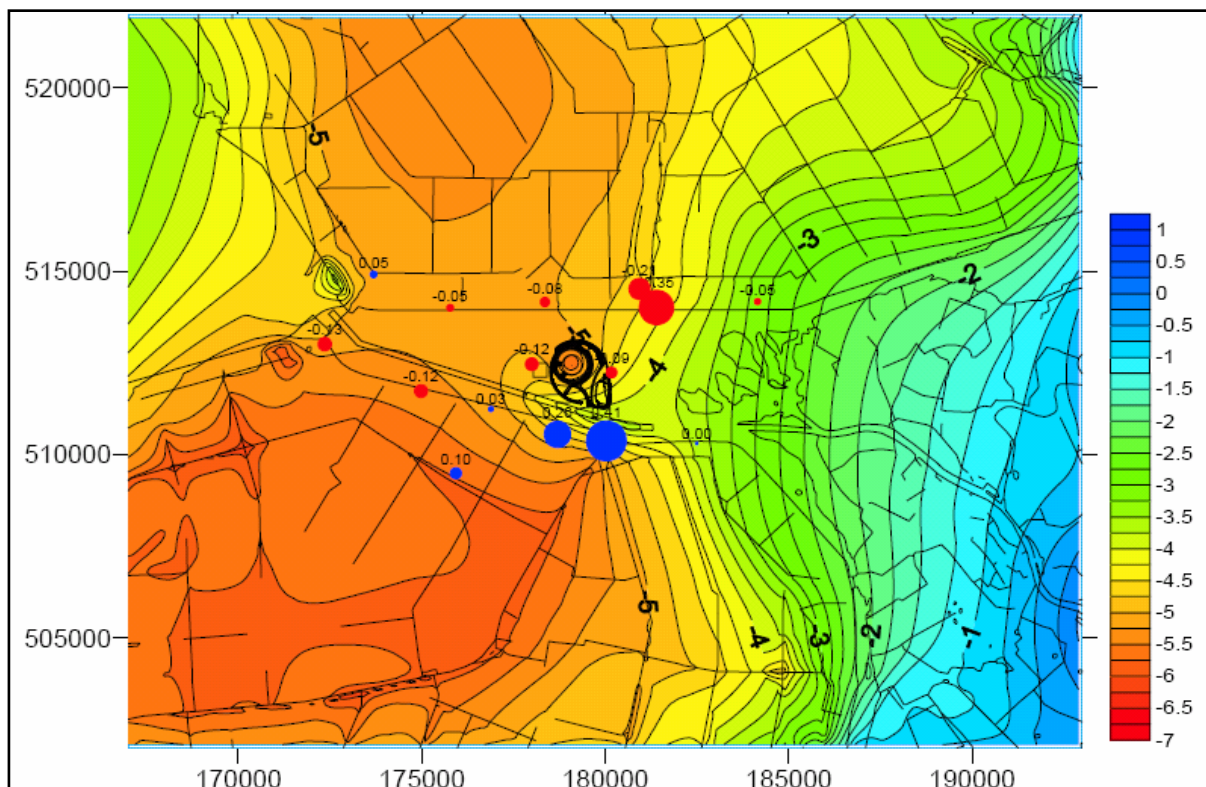
Figuur A: Verschil berekende en gemeten stijghoogten (m), negatieve afwijking (rood) en positieve afwijking (blauw) situatie 1997 aanleg depot IJsseloog

Bron: Geohydrologie Ketelmeer, fase 3 (van de Winckel en Blonk, 2007)



Figuur B: Verschil berekende en gemeten stijghoogten (m), negatieve afwijking (rood) en positieve afwijking (blauw), situatie 2000 depot in bedrijf

Bron: Geohydrologie Ketelmeer, fase 3 (van de Winckel en Blonk, 2007)



Figuur C: Verschil berekende en gemeten stijghoogten (m), negatieve afwijking (rood) en positieve afwijking (blauw), situatie 2005 na verdieping Hanzerak-Oost

Bron: Geohydrologie Ketelmeer, fase 3 (van de Winckel en Blonk, 2007)



Bijlage IV: Toets normale verdeling

Om normaliteit te onderzoeken bij een dataset wordt daartoe een zogenaamde Q-Q Plot gemaakt. Hierbij worden de metingen, in dit geval de verschillen tussen de gemeten en berekende stijghoogtes, X_1 tot en met X_n genoemd, waarbij X_1 is kleiner dan of gelijk aan X_2 .

Deze metingen (X_i) worden uitgezet in de y-richting tegen $\Phi^{-1}\left(\frac{i}{n+1}\right)$, de zogenaamde kwantiel van de standaardnormale verdeling, in de x-richting. Hierbij loopt i van 1 tot en met 79 (zie tabel A), n staat voor aantal metingen en Φ^{-1} voor de inverse van de standaardnormale verdelingfunctie. Als de Q-Q plot op een rechte lijn lijkt, dan zijn de metingen normaal verdeeld (Albers, 2006).



Metingen (i)	Berekend	Gemeten	Vershil	$X_i = X_1, \dots, X_n$	$\frac{i}{n+1}$	$\Phi^{-1}\left(\frac{i}{n+1}\right)$
1	-5.058	-4.66	-0.398	-1.361	0.0125	-2.2414
2	-5.437	-5.41	-0.027	-0.418	0.025	-1.95996
3	-5.471	-5.6	0.129	-0.398	0.0375	-1.78046
4	-4.924	-5.08	0.156	-0.302	0.05	-1.64485
5	-4.804	-4.78	-0.024	-0.248	0.0625	-1.53412
6	-3.131	-3.17	0.039	-0.243	0.075	-1.43953
7	-3.984	-4.16	0.176	-0.243	0.0875	-1.35631
8	-3.372	-4.03	0.658	-0.233	0.1	-1.28155
9	-3.718	-3.85	0.132	-0.203	0.1125	-1.21334
10	-1.239	-1.33	0.091	-0.203	0.125	-1.15035
11	-0.461	-0.44	-0.021	-0.202	0.1375	-1.09162
12	-1.137	-1.11	-0.027	-0.199	0.15	-1.03643
13	-0.952	-1.08	0.128	-0.162	0.1625	-0.98423
14	-0.952	-1.07	0.118	-0.133	0.175	-0.93459
15	-0.903	-0.7	-0.203	-0.126	0.1875	-0.88715
16	-0.517	-0.82	0.303	-0.072	0.2	-0.84162
17	-5.442	-5.41	-0.032	-0.072	0.2125	-0.79778
18	-2.273	-2.35	0.077	-0.063	0.225	-0.75542
19	-4.059	-4.55	0.491	-0.061	0.2375	-0.71437
20	-2.059	-1.86	-0.199	-0.061	0.25	-0.67449
21	-1.533	-1.71	0.177	-0.06	0.2625	-0.63566
22	-4.958	-4.54	-0.418	-0.051	0.275	-0.59776
23	-4.836	-5.09	0.254	-0.05	0.2875	-0.5607
24	-4.836	-4.97	0.134	-0.032	0.3	-0.5244
25	-5.153	-5.19	0.037	-0.029	0.3125	-0.48878
26	-5.153	-5.22	0.067	-0.027	0.325	-0.45376
27	-5.153	-5.09	-0.063	-0.027	0.3375	-0.4193
28	-5.442	-5.24	-0.202	-0.024	0.35	-0.38532
29	-5.442	-5.14	-0.302	-0.021	0.3625	-0.35178
30	-5.47	-5.6	0.13	-0.007	0.375	-0.31864
31	-5.47	-5.59	0.12	-0.004	0.3875	-0.28584
32	-4.65	-4.97	0.32	0.037	0.4	-0.25335
33	-4.65	-4.97	0.32	0.039	0.4125	-0.22112
34	-5.718	-5.99	0.272	0.047	0.425	-0.18912
35	-5.718	-5.87	0.152	0.048	0.4375	-0.15731
36	-5.773	-5.86	0.087	0.061	0.45	-0.12566
37	-5.773	-5.86	0.087	0.065	0.4625	-0.09414
38	-5.741	-5.84	0.099	0.067	0.475	-0.06271
39	-5.741	-5.84	0.099	0.067	0.4875	-0.03134
40	-4.572	-4.5	-0.072	0.071	0.5	-1.4E-16
41	-4.572	-4.5	-0.072	0.073	0.5125	0.031338
42	-4.804	-4.8	-0.004	0.075	0.525	0.062707
43	-4.804	-5.09	0.286	0.077	0.5375	0.094137
44	-2.04	-1.98	-0.06	0.083	0.55	0.125661
45	-2.04	-1.99	-0.05	0.087	0.5625	0.157311
46	-4.472	-4.31	-0.162	0.087	0.575	0.189118
47	-2.273	-2.34	0.067	0.091	0.5875	0.221119
48	-2.273	-2.32	0.047	0.097	0.6	0.253347
49	-4.059	-4.52	0.461	0.097	0.6125	0.285841



50	-4.059	-4.54	0.481	0.099	0.625	0.318639
51	-3.132	-3.18	0.048	0.099	0.6375	0.351784
52	-3.341	-3.29	-0.051	0.102	0.65	0.38532
53	-3.341	-1.98	-1.361	0.118	0.6625	0.419296
54	-3.341	-3.28	-0.061	0.12	0.675	0.453762
55	-3.341	-3.28	-0.061	0.122	0.6875	0.488776
56	-3.341	-3.58	0.239	0.128	0.7	0.524401
57	-3.718	-3.85	0.132	0.129	0.7125	0.560703
58	-3.718	-3.84	0.122	0.13	0.725	0.59776
59	-4.753	-4.85	0.097	0.132	0.7375	0.635657
60	-4.753	-4.85	0.097	0.132	0.75	0.67449
61	-0.898	-1	0.102	0.134	0.7625	0.714367
62	-1.137	-1.13	-0.007	0.143	0.775	0.755415
63	-1.137	-1.21	0.073	0.145	0.7875	0.797777
64	-1.137	-1.22	0.083	0.151	0.8	0.841621
65	-0.903	-0.67	-0.233	0.152	0.8125	0.887147
66	-0.903	-0.66	-0.243	0.156	0.825	0.934589
67	-0.903	-0.66	-0.243	0.176	0.8375	0.984235
68	-0.903	-0.7	-0.203	0.177	0.85	1.036433
69	-5.109	-5.18	0.071	0.239	0.8625	1.09162
70	-4.989	-5.05	0.061	0.254	0.875	1.150349
71	-4.409	-4.38	-0.029	0.272	0.8875	1.21334
72	-3.179	-3.33	0.151	0.286	0.9	1.281552
73	-5.106	-4.98	-0.126	0.303	0.9125	1.356312
74	-5.408	-5.16	-0.248	0.32	0.925	1.439531
75	-5.755	-5.82	0.065	0.32	0.9375	1.534121
76	-5.295	-5.37	0.075	0.461	0.95	1.644854
77	-5.055	-5.2	0.145	0.481	0.9625	1.780464
78	-5.047	-5.19	0.143	0.491	0.975	1.959964
79	-4.633	-4.5	-0.133	0.658	0.9875	2.241403

Tabel A: Data gemeten en berekende stijghoogtes, alle watervoerende pakketten
Bron: Tauw (Blonck, 2007)



Absoluut verschil berekend-gemeten
0.07
0.06
0.03
0.04
0.02
0.13
0.25
0.08
0.14
0.03
0.03
0.06
0.13
0.09
0.12
0.02
0.03
0.12
0.03
0.03

*Tabel B: Verschil berekend en gemeten stijghoogtes na kalibratie,
in het eerste watervoerend pakket (in meters)*

Bron: Geohydrologie Ketelmeer, fase 3 (van de Winckel en Blonk, 2007)