

Geohydrologisch onderzoek

Ontwikkeling deelgebied Schateilanden

Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
C1	24-08-2022	1 ^{ste} conceptversie		Tjeerd Dijkstra
D1	27-09-2022	Definitieve versie		Tjeerd Dijkstra

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp

Handelsregister 30129769
Geohydrologisch onderzoek –
Ontwikkeling deelgebied
Schateilanden
51010752

Projectnummer

Klant
Versie

K3Delta B.V.
D1

Datum

27-09-2022

Auteur

Hugo van Hintum

Document referentie

NL22-648800269-32730

Gecontroleerd door


Jeroen van Uden

Vrijgegeven door


Tjeerd Dijkstra

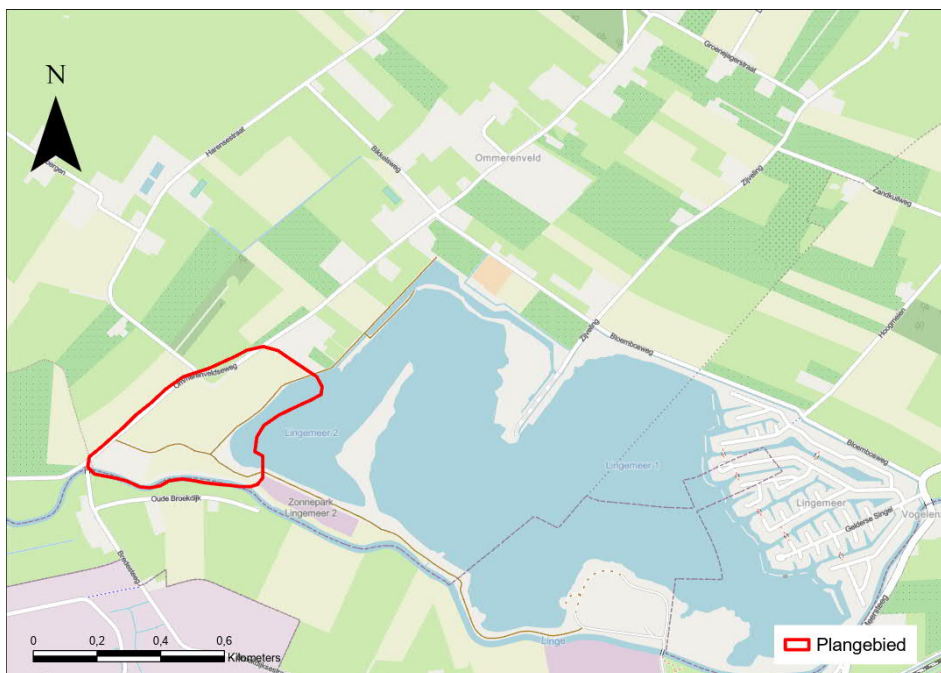
Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Onderzoeksdoel	5
1.3	Leeswijzer	5
2.	Gebiedsbeschrijving	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Maaiveldhoogten	7
2.3	Bodemopbouw	8
2.3.1	Ondiepe bodemopbouw	8
2.3.2	Diepere bodemopbouw	11
2.3.3	Geohydrologische schematisatie	11
2.4	Grondwater en stijghoogten	12
2.5	Oppervlaktewater-/leggergegevens	14
3.	Ontwikkelingen	17
4.	Berekeningen	18
4.1	Algemeen	18
4.2	Methode	18
5.	Effecten aanleg nieuw deelgebied Schateilanden	20
5.1	Effecten tijdens de realisatiefase	20
5.2	Effecten tijdens de gebruiksfase	20
5.3	Bandbreedte analyse	20
5.4	Invloed op de omgeving	22
6.	Effecten zonnepark	23
7.	Conclusie	25
	Bijlage 1 – Situering meetnet	26
	Bijlage 2 – Ontwikkelingen	27
	Bijlage 3 – Modelopbouw	28
	Bijlage 4 – Berekeningsmethode opstuwing	30

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Aan de westoever van de Blauw Kampse plas (Lingemeer 2) in gemeente Buren ligt het deelgebied 'Schateilanden'. Hier zijn een functieverandering van de bestaande boerderij en een uitbreiding van het meer voorzien. De uitbreiding betreft het realiseren van natuur met ondiep water, veel oeverlengte en natuureilandjes. Op de eilandjes komen zelfvoorzienende natuurhuisjes te staan (zie afbeelding 1.1).



Afbeelding 1.1 Globale ligging van het plangebied

In het oorspronkelijke plan was op de grens tussen Lingemeer 1 en de Blauw Kampse plas een drijvende dijk voorzien. Besloten is om deze niet meer te realiseren, waardoor de strijklengte over het gehele meer wordt en de opstuwing door wind toe kan nemen. Echter is een drijvend zonnepark gerealiseerd dat de strijklengte weer reduceert. Voor de Waterwetvergunning worden de effecten van deze ontwikkelingen in dit rapport in beeld gebracht.

Dit rapport beschrijft het geohydrologisch onderzoek naar de effecten van de beoogde ontwikkeling van het deelgebied Schateilanden en gaat in op de opstuwing door de wind (effect zonnepark).

1.2 Onderzoeksdoel

Het geohydrologisch onderzoek onderscheidt twee doelstellingen:

- het vaststellen van de (geo)hydrologische effecten van de uitbreiding van het Lingemeer op het oppervlaktewater en het grondwater;
- bepalen van de invloed van het weglaten van de drijvende dijk en de realisatie van het zonnepark op de golfslag bij de woningen aan de oostrand van het Lingemeer.

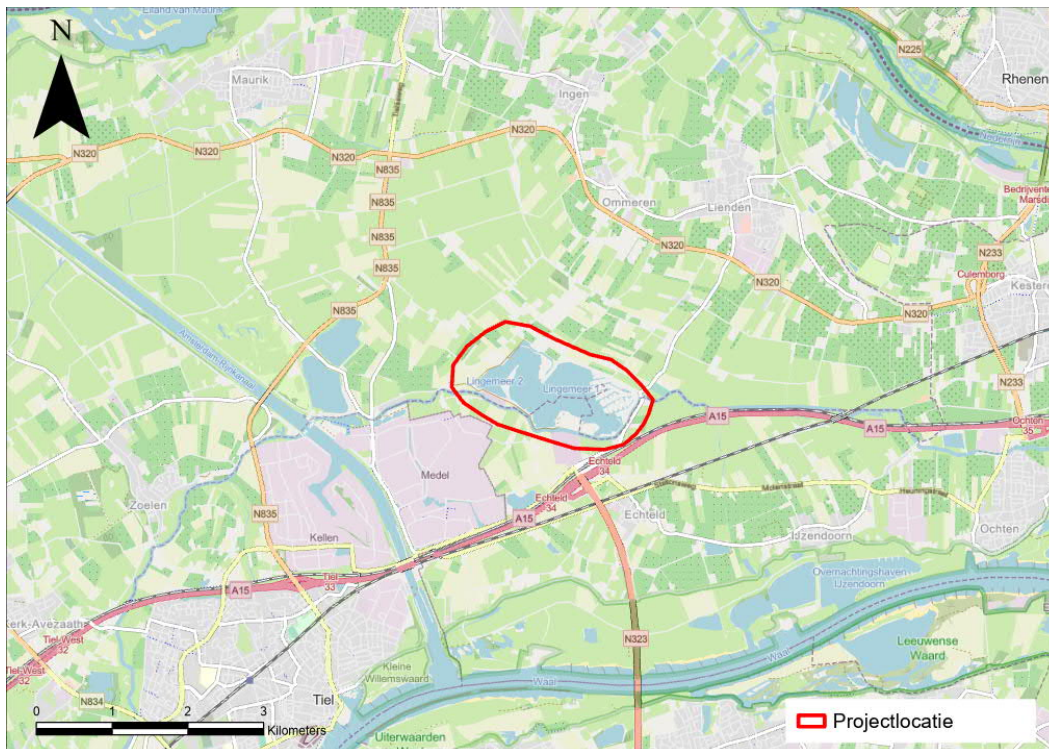
1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de gebiedskenmerken van de projectlocatie beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de geplande ontwikkelingen in deelgebied Schateilanden. Vervolgens is in hoofdstuk 4 de (berekenings)methode beschreven. In hoofdstukken 5 en 6 worden de effecten en de potentiële invloed van de beoogde ontwikkelingen op de omgeving beschreven. Ten slotte is in hoofdstuk 7 de conclusie beschreven.

2. Gebiedsbeschrijving

2.1 Algemeen

Ten noordoosten van Tiel ligt het natuur- en recreatiegebied De Lingemeren. Het gebied is gelegen langs de rivier de Linge. Aan de oostrand van het meer liggen woningen, omgeven door water, in directe verbinding met het meer.



Afbeelding 2.1 Situering van het project

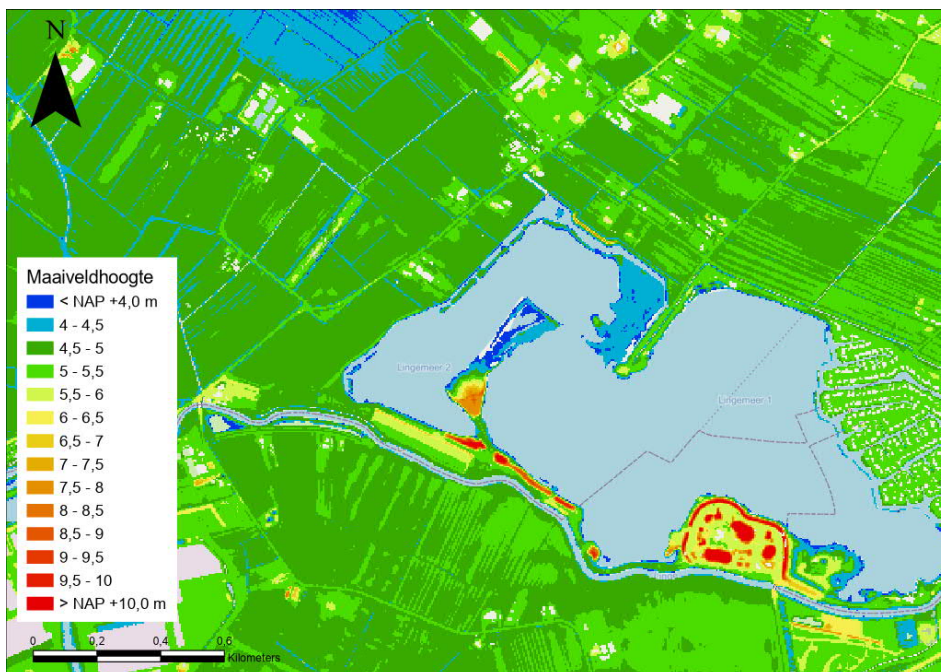
Voor het opstellen van het model waarmee de hydrologische effecten van de uitbreiding van het meer berekend kunnen worden, dient vooraf inzicht verkregen te worden in de bodemopbouw, grondwaterstanden en oppervlakte-water(peilen). In dit hoofdstuk is ingegaan op deze aspecten.

De geïnventariseerde gegevens zijn afkomstig van de volgende bronnen:

- [1] Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN4, Rijkswaterstaat, 2021).
- [2] Bodemkaart van Nederland (Alterra, 2000).
- [3] Zandbanenkaart Provincie Gelderland 2010.
- [4] ondergrondgegevens uit DINO-loket (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond), GeoTOP v1.4.1. en REGIS II.2 (Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem) (NITG-TNO).
- [5] grondwatergegevens uit DINO-loket (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond).
- [6] Legger en (streef)peilbesluiten Waterschap Rivierenland.

2.2 Maaiveldhoogten

In afbeelding 2.2 is de maaiveldhoogte rondom het Lingemeer weergegeven. De landbouwgronden aan de westoever liggen over het algemeen wat lager dan de omgeving, tussen de NAP +4,5 m en NAP +5,0 m. Het maaiveld bij de woningen aan de oostkant van het meer ligt tussen de NAP +5,0 m en NAP +5,5 m.



Afbeelding 2.2 Maaiveldhoogten in m + NAP [1]

2.3 Bodemopbouw

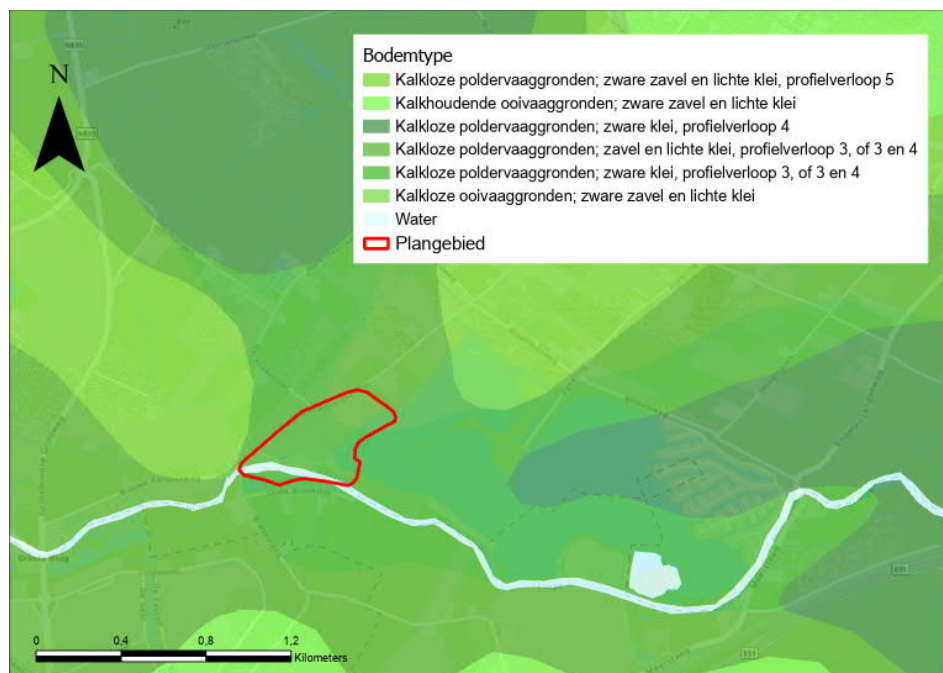
2.3.1 Ondiepe bodemopbouw

Bodemkaart van Nederland

De bodemkaart van Nederland, in afbeelding 2.3, geeft aan dat in het plangebied twee bodemtypen aanwezig zijn, namelijk Poldervaaggronden en Ooivaaggronden. Deze bodemtypen zijn gevormd door afzettingen en periodieke overstromingen van de Waal en/of Neder-Rijn.

Poldervaaggronden komen voornamelijk voor in het jonge rivierengebied, daar waar rivierklei tijdens overstromingen is afgezet. Hierbij werd het grofste materiaal (zand) dicht bij de normale loop van de rivier afgezet, terwijl het fijnere materiaal (klei) verder van de rivier werd afgezet. Bij Poldervaaggronden worden hydromorfe kenmerken (roest- en oxidatieverschijnselen) relatief ondiep aangetroffen. Dit betekent dat de grondwaterstand relatief ondiep is.

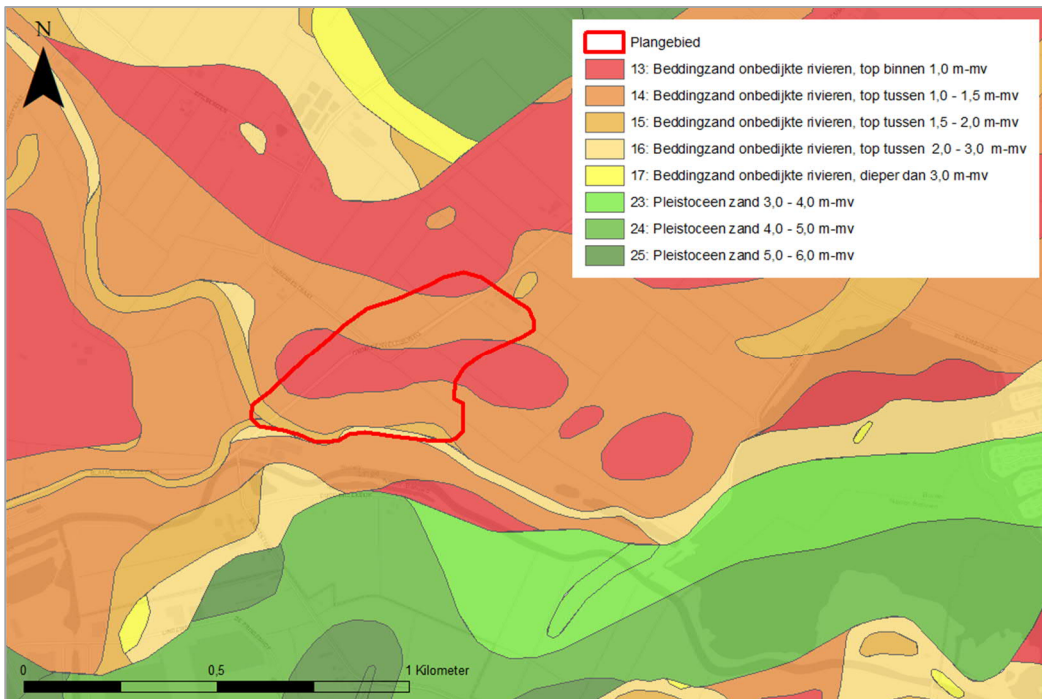
Ooivaaggronden worden aangetroffen op stroomruggen en in uiterwaarden in het rivierkleigebied. Deze bodems lijken op Poldervaaggronden, maar hebben, vanwege de goede drainage, geen hydromorfe kenmerken.



Afbeelding 2.3 Uitsnede van de Bodemkaart van Nederland [2]

Zandbanenkaart

In afbeelding 2.4 is de zandbanenkaart van provincie Gelderland weergegeven [3]. Hierin is te zien dat ter plaatse van het plangebied het zand, afkomstig van overstromingen van onbedijkte rivieren, ondiep zit tot maximaal 1,5 m onder het maaiveld. De deklaag is hier dus dun. Ten zuiden van het plangebied is het zand in de ondergrond dieper aanwezig, tussen circa 3,0 en 6,0 m-mv. De deklaag is hier dikker.

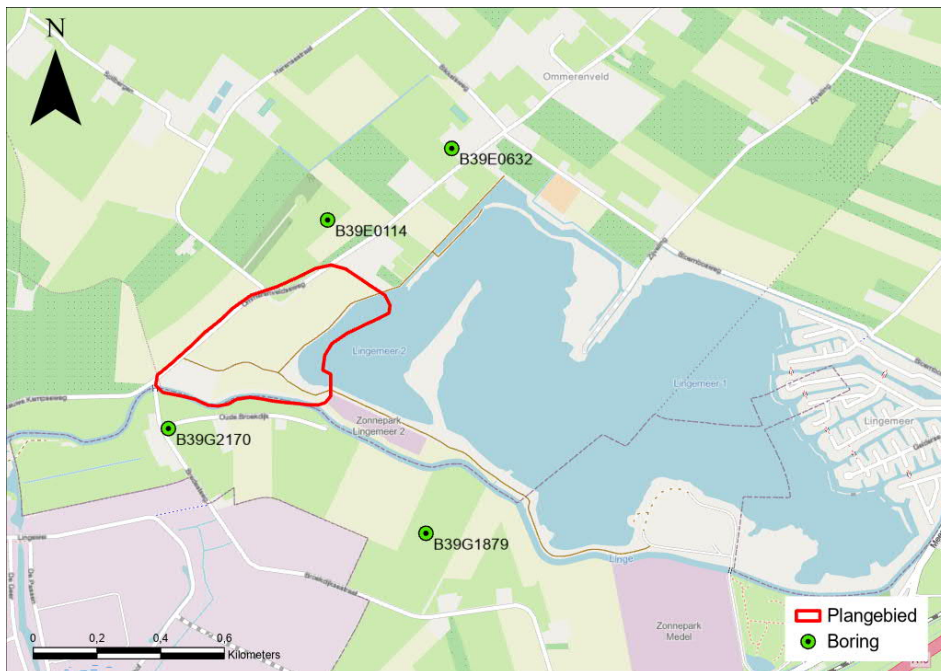


Afbeelding 2.4 Uitsnede van de Zandbanenkaart van de Provincie Gelderland [3]

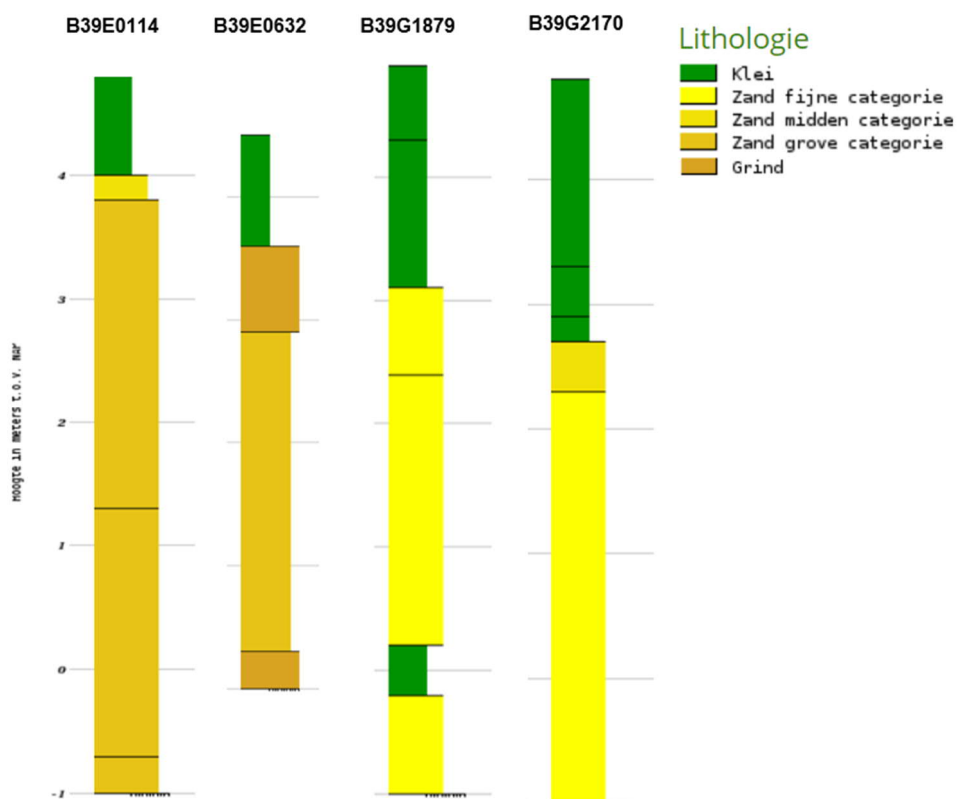
Boringen uit DINO-loket

Rondom het plangebied zijn verschillende boringen aanwezig uit DINO-loket [4]. In en rondom het plangebied is aan het oppervlak een kleideklaag aanwezig die, afhankelijk van de locatie, in dikte varieert. Enkele boringen uit DINO-loket en de situering zijn weergegeven in afbeelding 2.5 en afbeelding 2.6.

De boringen uit DINO-loket komen overeen met de zandbanenkaart in afbeelding 2.4. Zo blijkt uit de boringen dat de deklaag ten noorden van het plangebied dunner is. Ook blijkt dat het zand in de ondergrond hier grover is. In een enkele boring (B39E0632) is grind aangetroffen. Ten zuiden van het plangebied daarentegen is het zand fijner en is de kleideklaag dunner.



Afbeelding 2.5 Situering boringen uit DINO-loket



Afbeelding 2.6 Boringen uit DINO-loket [4]; de verticale schaal in m NAP loopt van NAP -1,0 m tot NAP 4,0 m in sprongen van 1 meter

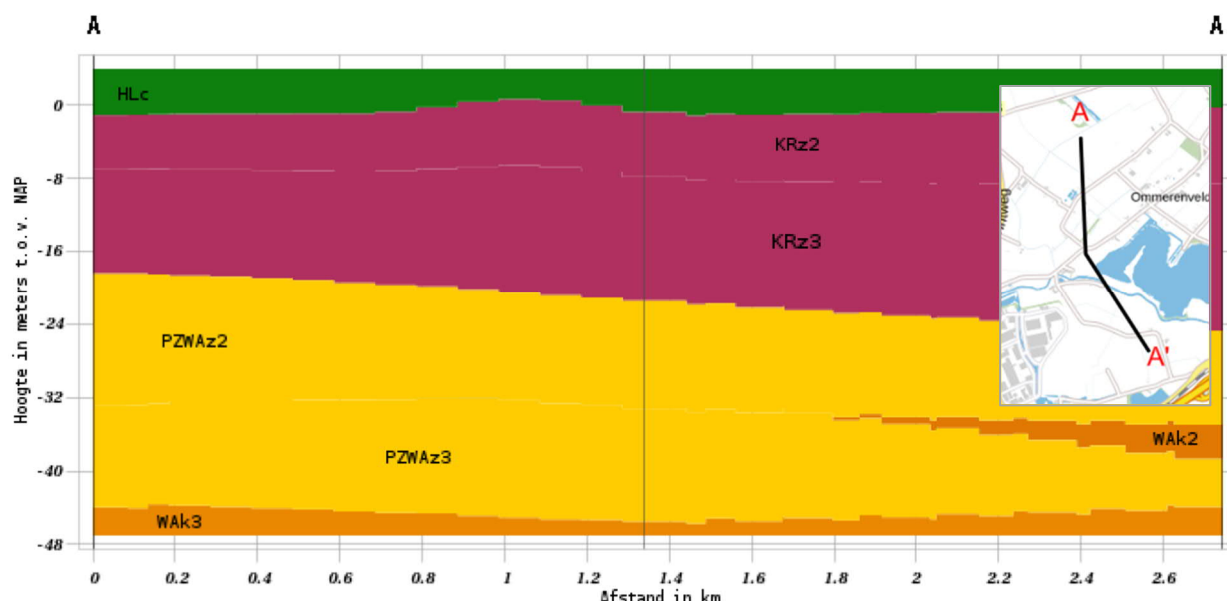
2.3.2 Diepere bodemopbouw

Voor de diepere bodemopbouw is gebruik gemaakt van het REGIS II.2-model [4]. Het dwarsprofiel in afbeelding 2.7 geeft aan dat de ondergrond tot 5 m-mv (NAP -0,5 m) uit Holocene afzettingen bestaat (HLc in dwarsprofiel). De Holocene afzettingen in het plangebied bestaan voornamelijk uit klei en zand.

Daaronder tot een diepte van circa 24 m-mv (circa NAP -20 m) is de Formatie van Kreftenheye aanwezig (KRz2 en KRz3). Dit pakket bestaat uit midden- en grofzand.

Vervolgens tot een diepte van 48 m-mv (circa NAP -45 m) zijn de Formaties van Peize en Waalre aanwezig (PZWaz2 en PZWaz3). Ook dit pakket bestaat uit midden- en grofzand. In dit pakket is richting het zuiden (recht is het dwarsprofiel) een kleilaag van de Formatie van Waalre aanwezig (Wak2).

Op een diepte van circa 48 m-mv (circa NAP -45 m) zijn kleiafzettingen van de Waalre Formatie aanwezig (Wak3). Deze afzettingen zorgen voor een scheidende laag. Vanwege de grote weerstand van deze laag wordt deze formatie voor dit onderzoek als geohydrologische basis beschouwd.



Afbeelding 2.7 Dwarsdoorsnede uit REGIS II.2 [4]

2.3.3 Geohydrologische schematisatie

Op basis van de geanalyseerde bodemgegevens is een geohydrologische schematisatie van de ondergrond gemaakt. Deze is weergegeven in tabel 2-1.

Tabel 2-1 Geohydrologische schematisatie van de ondergrond

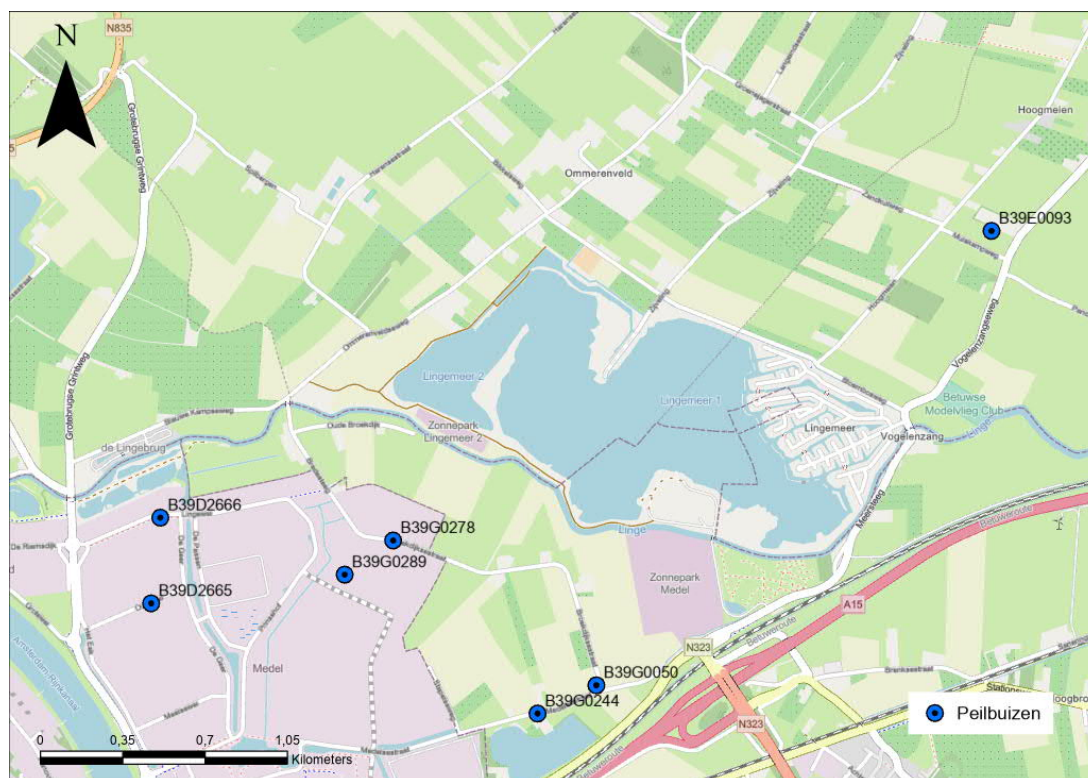
Bovenkant (m +NAP)	Onderkant (m +NAP)	Samenstelling	Formatie	Doorlaatfactor (m/dag)		Weerstand (dagen)
				minimaal	maximaal	
4,5 à 5,0	-0,7	Deklaag*	Holoceen	-	-	-
-0,7	-21,5	Watervoerend pakket	Kreftenheye	70	80	-
-21,5	-45,5	Watervoerend pakket	Peize / Waalre	30	40	-
-45,5	-52,5	Scheidende laag	Waalre	-	-	710

* Deklaag bestaat uit dunne kleilaag met daaronder fijn zand

2.4 Grondwater en stijghoogten

Peilbuizen uit DINO-loket

In de omgeving van het plangebied zijn verschillende peilbuizen aanwezig in DINO-loket [5] (zie afbeelding 2.8). De karakteristieke grondwaterstanden (GXG) uit deze peilbuizen zijn samengevat in tabel 2-2.



Afbeelding 2.8 Situering peilbuizen uit DINO-loket [5]

Tabel 2-2 Karakteristieke grondwaterstanden van de verschillende peilbuizen

Peilbuis (-filter)	X-coörd (m)	Y-coörd (m)	Diepte filter (m +NAP)	Maaiveld (m +NAP)	GLG (m +NAP)	Gemiddeld (m +NAP)	GHG (m +NAP)
B39D2666	159.466	436.812	2,87	5,41	3,49	3,88	4,42
B39D2665	159.427	436.448	1,81	5,38	3,76	4,20	4,72
B39E0093-1	163.000	438.030	-0,79	5,21	4,14	4,30	4,48
B39E0093-2	163.000	438.030	-13,79	5,21	4,15	4,30	4,47
B39G0289-1	160.250	436.570	2,29	4,68	3,75	4,03	4,33
B39G0289-2	160.250	436.570	-1,55	4,68	3,63	3,86	4,12
B39G0244	161.070	435.980	-9,09	5,36	3,67	4,05	4,39
B39G0278	160.456	436.715	-1,16	5,06	3,47	3,83	4,07
B39G0050	161.320	436.100	-22,29	4,92	3,89	4,13	4,32

Meetnet

Rondom het Lingemeer zijn peilbuizen en peilschalen geplaatst om de grondwater- en oppervlaktewaterstand te monitoren. Een overzicht van de gemiddelde grondwaterstanden, gemeten over de periode 2019 tot en met het tweede kwartaal van 2022, is weergegeven in tabel 2-3. De situering van de verschillende monitoringspunten is weergegeven in bijlage 1.

De gemeten gemiddelde grondwaterstanden komen overeen met de gemiddelde grondwaterstanden uit de peilbuizen in DINO-loket.

Tabel 2-3 **Overzicht gemiddelde grondwaterstanden uit meetnet Lingemeer**

Naam	X-coördinaat [m]	Y-coördinaat [m]	Bovenkant peilbuis [m+NAP]	Filterstelling [m-mv]	Gemiddelde grondwaterstand/stijghoogte [m+NAP]
PB01	161172,9	436612,6	5,968	2,5 – 3,5	4,17
PB02a	161362,0	437421,4	5,348	14 – 15	3,82
PB03	162261,8	437475,8	5,609	2 – 3	4,03
PB04	161530,6	437670,8	5,772	3 – 4	3,97
PB05	161111,5	437963,7	5,156	3 – 4	3,92
PB06	160894,0	437710,8	5,267	3 – 4	3,78
PB07	160763,1	437811,2	5,380	3 – 4	3,91
PB08	160352,9	437590,0	5,567	3 – 4	3,84
PB09	160105,6	437399,6	5,030	3 – 4	3,81
PB10	160609,2	437181,4	5,499	3 – 4	3,86
PB11	161442,7	437510,0	5,751	4 – 5	3,91
PB12	162623,7	437083,9	5,581	4 – 5	4,07
PB13	161171,8	436613,0	5,743	6 – 7	3,92
PB14	162262,2	437476,3	5,662	6 – 7	4,00
PB15	162623,1	437083,0	5,515	4 – 5	4,07
PB16	160353,6	437588,9	5,604	4 – 5	3,74
PB17	160105,2	437399,8	5,012	4 – 5	3,78
PB18	160608,3	437182,2	5,277	4 – 5	3,85
PB19	161172,4	436612,6	5,830	2 – 3	4,13
PB20	160893,4	437711	5,298	4 – 5	3,87

2.5 Oppervlaktewater-/leggergegevens

De projectlocatie ligt binnen het beheergebied van Waterschap Rivierenland.
Een uitsnede van de Leggerkaart [6] is weergegeven in afbeelding 2.9.

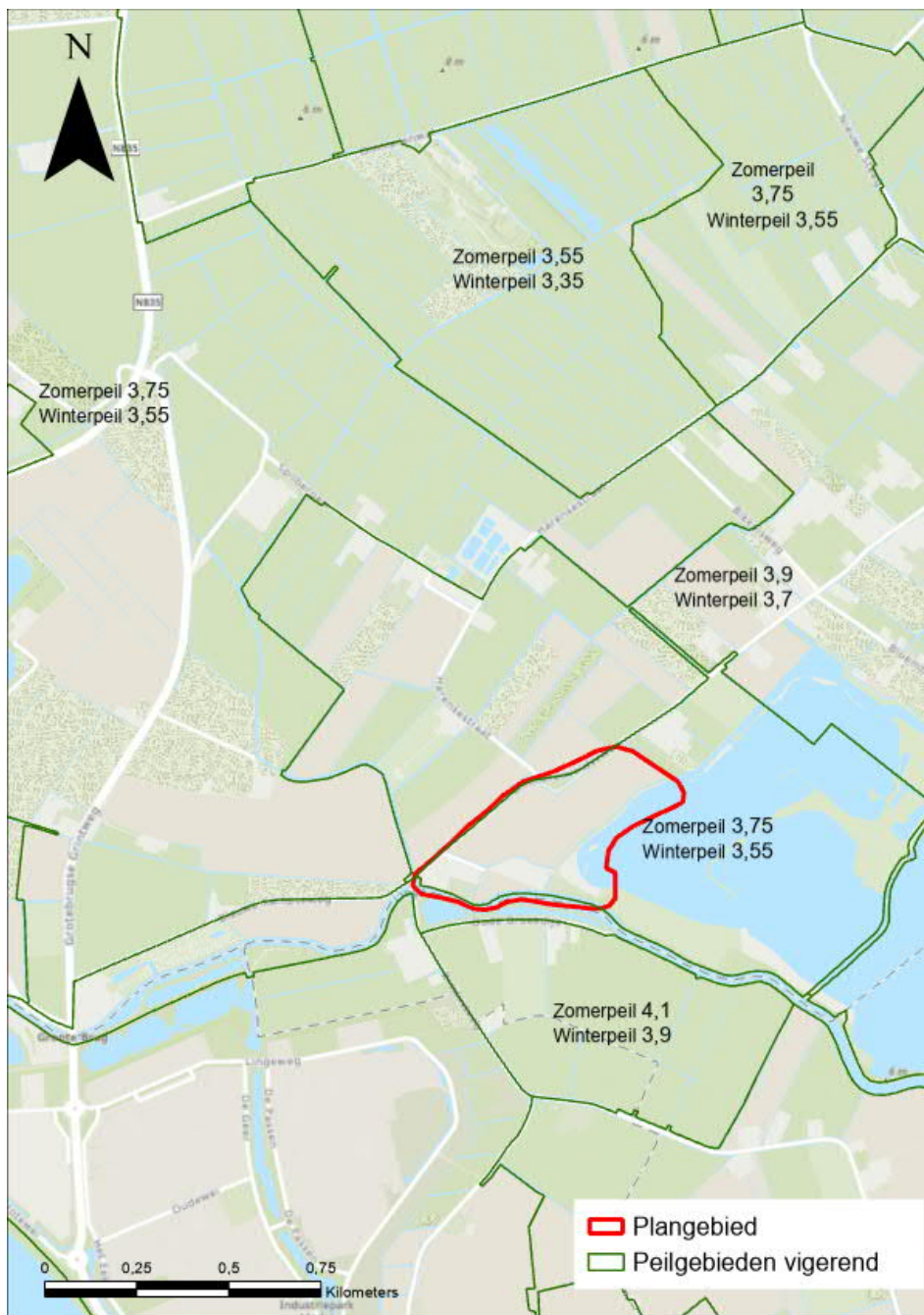


Afbeelding 2.9 Uitsnede van Leggerkaart Waterschap Rivierenland [6]

Direct ten zuiden van het plangebied ligt de rivier de Linge. De te hanteren peilen in deze rivier zijn opgenomen in het 'streefpeilenplan Lingesysteem' [6]. Het streef aanvoer- en afvoerpeil van de stuw benedenstrooms van het plangebied bedragen respectievelijk NAP +3,90 m en NAP +3,70 m.

In afbeelding 2.10 zijn de vigerende peilgebieden met bijbehorende zomer- en winterpeilen weergegeven. Het plangebied ligt in peilgebied NDB134 met een zomer- en winterpeil van respectievelijk NAP +3,75 m en NAP +3,55 m. Rondom het plangebied liggen meerdere A-, B- en C-watergangen. Deze watergangen liggen in verschillende peilgebieden met elk een eigen zomer- en winterstreefpeil.

Binnen het plangebied ligt, parallel aan de Ommerenveldseweg, een B-watergang. De A-watergangen in het plangebied die zich door het Lingemeer strekken, zijn in werkelijkheid niet meer aanwezig / vervallen.



Afbeelding 2.10 Ligging vigerende peilgebieden in het beheergebied van waterschap Rivierenland [6]

Rondom het Lingemeer zijn tijdens een eerder onderzoek peilschalen geplaatst om het oppervlaktewaterpeil te monitoren. Een kaart met de ligging van deze peilschalen is opgenomen in bijlage 1. Een overzicht van de gemiddelde oppervlaktewaterpeilen, gemeten over de periode 2019 tot en met het tweede kwartaal van 2022, is gegeven in tabel 2-4.

Tabel 2-4 **Overzicht gemiddelde oppervlaktewaterstanden uit meetnet Lingemeer**

Naam	X-coördinaat [m]	Y-coördinaat [m]	Totaal [m +NAP]	2019 [m +NAP]	2020 [m +NAP]	2021 [m +NAP]	Q2 2022 [m +NAP]
Peilschaal 01	161517,0	436903,6	4,03	4,07	4,15		
Peilschaal 02	161978,3	437547,6	3,98	3,98	3,92	3,99	4,03
Peilschaal 03	162507,5	437262,5	3,97				
Peilschaal 04	162298,6	437339,1	3,92		3,79	3,96	4,02
Peilschaal 05	161214,5	436957,8	3,90		3,78	3,93	3,98
Peilschaal 06	161930,8	437569,8	3,91		3,78	3,95	3,99

3. Ontwikkelingen

Aanleg nieuwe natuur

Voor de ontwikkeling van het nieuwe deelgebied Schateilanden zijn de effecten onderzocht. De ontwikkeling omvat de aanleg van ondiep water met daarin meerdere eilandjes (afbeelding 3.1 en bijlage 2).

Het aansluitende maaiveld aan de noord(west)oever blijft circa NAP +5 m met een talud naar het water van gemiddeld 1:4. De waterdiepte tussen de eilandjes varieert tussen de NAP +3,0 m en NAP -1,0 m. De hoogteligging van de eilandjes ligt gemiddeld op NAP +5,0 m.

Verder komen er enkele licht verhoogde aarden wallen in het gebied tot maximaal NAP +6,5 m. De B-watergang, parallel aan de Ommerenveldseweg, in het plangebied blijft bestaan.



Afbeelding 3.1 Overzicht ontwikkelingen

Zonnepark

Verder is er een zonnepark aangelegd op het water (in het verlengde van de Zijveling). Eerder was, aangrenzend aan de zonnepanelen, ook nog een drijvende dijk voorzien.

4. Berekeningen

4.1 Algemeen

Voor het vaststellen van de hydrologische effecten van de aanleg van het deelgebied op de grondwaterstanden en stijghoogten, is gebruik gemaakt van een lokaal grondwatermodel. De effecten zijn in kaart gebracht door twee situaties door te rekenen:

- **Huidige situatie**
Hierin zijn het Lingemeer en de Blauw Kampse plas met de huidige begrenzing opgenomen.
- **Beoogde/toekomstige situatie**
Hierin zijn het Lingemeer en de Blauw Kampse plas uitgebreid met extra natuur met daarin de verschillende eilandjes, zoals weergegeven in afbeelding 3.1 (hoofdstuk 3).

Voor de toekomstige situatie is onderscheid gemaakt tussen de realisatie- en gebruiksfase. Tijdens de realisatiefase, net na het aanleggen van de plas, is er nog geen sliblaag op de bodem opgebouwd. Na verloop van tijd, in de gebruiksfase, vormt er een sliblaag die voor hydrologische weerstand op de bodem van de plas zorgt. De toegepaste hydrologische bodemweerstand (in dagen) van de plas is als volgt:

- realisatiefase: 1 dag.
- gebruiksfase: 20 dagen, overeenkomend met een 0,20 dikke sliblaag.

Om te beoordelen of er sprake is van (ongewenste) effecten op de omgeving, zijn veranderingen in de grondwaterstand/stijghoogte van meer dan 5 cm in kaart gebracht.

4.2 Methode

Voor de modellering van de grondwaterstanden en -stromingen is gebruik gemaakt van de rekencode MODFLOW. MODFLOW is een modulair, driedimensionaal, eindige-differentie programma dat is ontwikkeld door de United States Geological Survey (USGS, Mc Donald & Harbaugh, 1988). Het pakket kan zowel stationaire als niet-stationaire stroming simuleren in (verzadigd) freatische, semigespannen en gespannen watervoerende lagen.

Als modelschil is gebruik gemaakt van Groundwater Modelling System (GMS, versie 10.6, www.aquaveo.com). Binnen deze gebruikersschil kunnen MODFLOW-invoerfiles worden bewerkt en kunnen de resultaten overzichtelijk worden gepresenteerd. In bijlage 3 zijn de gebruikte parameters en de modelopzet beschreven.

De effecten van het niet aanleggen van de drijvende dijk naast de drijvende zonnepanelen zijn vastgesteld op basis van een berekening van de maximale opstuwingshoogte bij verschillende strijklengtes. De berekeningsmethode hiervan is beschreven in bijlage 4. Daarnaast is de golfhoogte bij verschillende strijklengtes berekend.

5. Effecten aanleg nieuw deelgebied Schateilanden

5.1 Effecten tijdens de realisatiefase

Allereerst zijn de effecten tijdens de realisatiefase in kaart gebracht. Deze effecten zijn geldig wanneer het ondiepe water met de eilandjes net zijn aangelegd en er nog geen weestandgevende sliblaag is opgebouwd op de bodem van het water.

De effecten van de aanleg op de grondwaterstanden en stijghoogten tijdens de realisatiefase zijn verwaarloosbaar ($< 0,05$ m). Er vindt geen verandering van de grondwaterstand in de deklaag plaats en de verandering van de stijghoogte buiten het plangebied is kleiner dan 0,01 meter.

In het eerste watervoerende pakket vindt een verlaging van de stijghoogte van maximaal 0,01 m plaats op maximaal 15 m van de rand van de plas (binnen het plangebied).

De effecten zijn zeer klein, doordat de ondergrond vooral uit (grof) zand bestaat en het doorlaatvermogen relatief hoog is. Veranderingen in het hydrologisch systeem worden dan op natuurlijke wijze gemitigeerd / verspreid over een zeer groot gebied. Daarnaast zorgen de watergangen en de rivier de Linge rondom het plangebied voor demping van de effecten in de omgeving.

5.2 Effecten tijdens de gebruiksfase

Ook tijdens de gebruiksfase treden er als gevolg van de aanleg van het deelgebied geen veranderingen van de grondwaterstand in de deklaag op.

De stijghoogte onder de deklaag verandert eveneens niet. De veranderingen in de stijghoogte zijn kleiner dan 0,01 meter.

5.3 Bandbreedte analyse

Het doorlaatvermogen van de bodem kan lokaal afwijken van het ondergrond-model REGIS II.2, waarmee het model uit dit onderzoek is gebouwd. De standaardafwijking van de horizontale doorlaatfactoren binnen REGIS II.2 is eveneens bepaald. Dit maakt inzichtelijk hoe groot de afwijking in het doorlaatvermogen door lokale verschillen kan zijn. Door de berekeningen uit te voeren met de afwijkende doorlaatfactoren, wordt een bandbreedte geschetst waarbinnen de grondwaterstandsveranderingen naar verwachting zullen vallen.

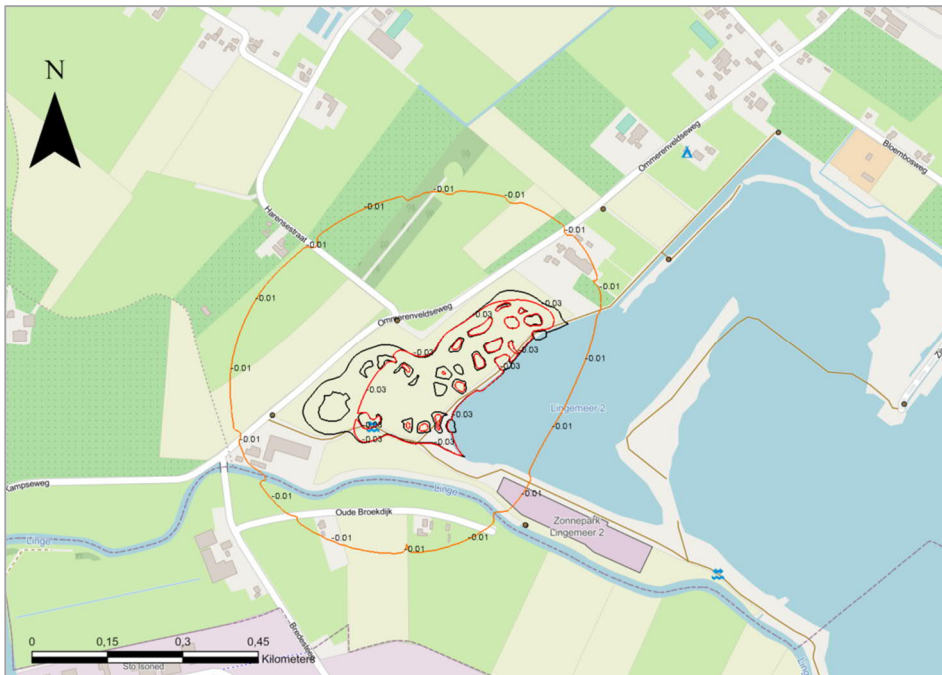
Verwacht wordt dat de effecten groter zijn bij een lager (horizontaal) doorlaatvermogen. Het horizontale doorlaatvermogen is daarom verlaagd op basis van de standaardafwijkingen, weergegeven in tabel 5-1.

Tabel 5-1 **Standaardafwijking van het horizontaal doorlaatvermogen op basis van REGIS II.2 [4]**

Bovenkant	Onderkant	Samenstelling	Formatie	Originele horizontaal doorlaatvermogen	Standaardafwijking horizontale doorlaatvermogen
(m +NAP)	(m +NAP)			(m/dag)	(m/dag)
Mv	+4,0	Deklaag	Holoceen	0,1	-
4,0	+1,0	Watervoerend pakket	Holoceen	5	-
+1,0	-0,7	Watervoerend pakket	Holoceen	5	-
-0,7	-15,0	Watervoerend pakket	Kreftenheye	70	40
-15,0	-21,5	Watervoerend pakket	Kreftenheye	70	40
-21,5	-45,5	Watervoerend pakket	Peize / Waalre	30	20
-45,5	-52,5	Scheidende laag	Waalre	0,01	0,005

Uit de bandbreedte analyse volgt dat het verlagen van het horizontale doorlaatvermogen geen grote invloed heeft op de berekende effecten tijdens de realisatiefase. Opnieuw vinden er geen veranderingen van de grondwaterstand in de deklaag plaats. De berekende stijghoogteverlaging onder de deklaag van 0,01 m in paragraaf 5.1 reikt bij een lager doorlaatvermogen verder tot circa 250 m van de plasrand (zie afbeelding 5.1).

Voor de gebruiksfase, wanneer er meer bodemweerstand door slibopbouw op de waterbodem is, is er opnieuw geen verandering van de grondwaterstand in de deklaag. De berekende stijghoogteverlaging onder de deklaag van maximaal 0,01 m reikt tot circa 60 m van de plasrand (zie afbeelding 5.2).



Afbeelding 5.1 **Berekende stijghoogteveranderingen onder de deklaag voor de realisatiefase**



Afbeelding 5.2 Berekende stijghoogteveranderingen onder de deklaag voor de gebruiksfase

5.4 Invloed op de omgeving

Aangezien er geen significante ($> 0,05$ m) veranderingen in de grondwaterstanden en stijghoogten buiten het plangebied berekend worden, wordt er dan ook geen negatieve invloed op de omgeving verwacht.

6. Effecten zonnepark

Naast de aanleg van deelgebied Schateilanden is ook het niet aanleggen van de drijvende dijk onderdeel van de wijzigingen. De beoogde locatie van deze drijvende dijk is direct oostelijk van de drijvende zonnepanelen in het verlengde van de Zijveling.

In een ondiep meer kan namelijk een waterstandsverschil ontstaan tussen de bovenwindse- en de benedenwindse oever. Dit verschijnsel wordt opwaaiing of afwaaiing genoemd. De grootte van de opwaaiing is afhankelijk van de windkracht, windrichting, windduur, de strijklengte en de diepte van het meer.

Met het niet aanleggen van de drijvende dijk, wordt de maximale strijklengte over het meer groter. Om een inschatting te maken van het effect hiervan op de opstuwing van het water, is de opstuwing / afwaaiing berekend (zie bijlage 4) voor twee situaties:

- situatie zonder drijvende dijk: maximale strijklengte circa 1.700 meter.
- situatie met drijvende dijk : maximale strijklengte circa 1.000 meter.

Uitgangspunten voor de berekeningen zijn:

- De windrichting is parallel aan de noordwest-zuidoost strekking van het Lingemeer (noordwesten wind). Op deze manier kan de langste strijklengte behaald worden. Dit geeft de worst-case berekende effecten.
- De windsnelheid is 30 m/s, overeenkomend met de uurgemiddelde windsnelheid tijdens een zware storm.
- De waterdiepte van het Lingemeer is 30 meter.

De berekende opstuwing is weergegeven in tabel 6-1. Uit de berekeningen blijkt dat de opstuwing bij geen drijvende dijk in het Lingemeer zeer gering is, namelijk 2,2 centimeter. Wanneer de drijvende dijk wel in het Lingemeer ligt, is de strijklengte korter en blijkt de berekende opstuwing grofweg gehalveerd te worden. De berekende opstuwing bij aanwezigheid van het zonnepark is 1,2 centimeter.

Tabel 6-1 Berekende maximale opstuwing

Situatie	Maximale strijklengte (m)	Berekende opstuwing (cm)
Geen drijvende dijk	1700	2,0
Drijvende dijk aanwezig in het Lingemeer	1000	1,2

Naast de opstuwing is ook de golfhoogte van belang. De golfhoogte is eveneens afhankelijk van de waterdiepte, strijklengte en windsnelheid. Tijdens een eerder onderzoek zijn de golfhoogte en -periode bij verschillende omstandigheden berekend. Dit is weergegeven in tabel 6-2.

Tabel 6-2 **Golfhoogte**

Strijklengte (m)	Waterdiepte (m)	Windsnelheid (m/s)	Golfhoogte (m)	Golfperiode (sec)
1.200	30	30	0,9	2,8
1.900	30	30	1,1	3,7
1.200	10	30	0,9	3,2
1.900	10	30	1,1	3,5
1.200	1	30	0,5	2,7
1.200	1	30	0,6	2,9

Bij een kleinere strijklengte neemt de golfhoogte af. Het zonnepark vermindert de golfhoogte naar verwachting met circa 0,20 m bij een zware storm (windsnelheid 30 m/s). Daarnaast is de waterdiepte aan de randen van de plas kleiner (< 10 m) waardoor de golfhoogte hier ook kleiner is. De golfhoogte van 0,9 m bij een waterdiepte van 10 m - 30 m is daarom 'worst-case' en de werkelijke golfhoogte zal kleiner zijn.

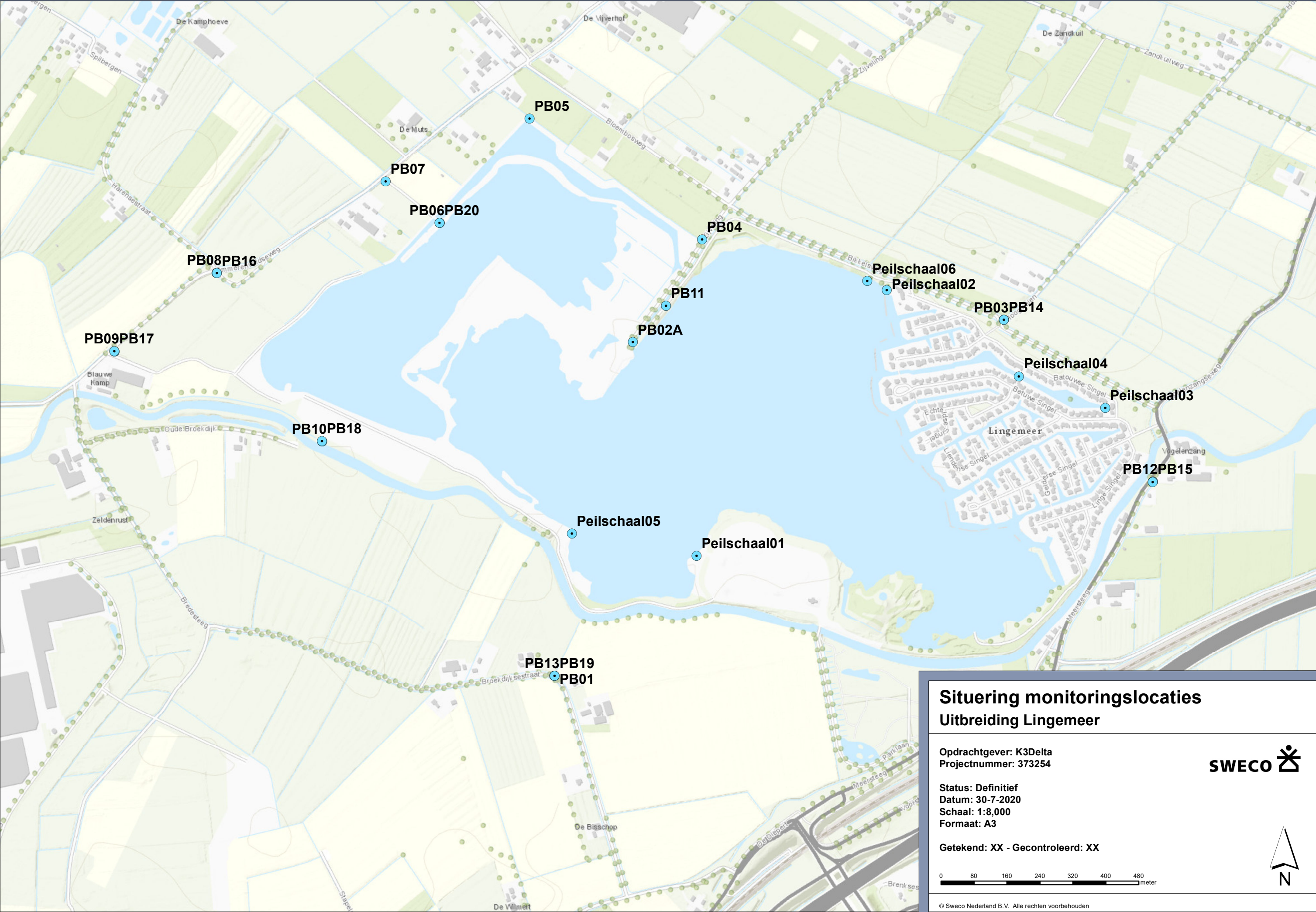
7. Conclusie

Aan de zuidwestoever van de Blauw Kampse plas komt het deelgebied 'Schateilanden'. De aanleg betreft het realiseren van ondiep water met daarin eilandjes met natuurhuisjes. Daarnaast is het niet aanleggen van een drijvende dijk te midden van het Lingemeer onderzocht.

De aanleg van deelgebied Schateilanden heeft een verwaarloosbare invloed op de grondwaterstanden en stijghoogten in en rondom de omgeving van het plangebied. Er worden daarom geen nadelige invloeden op de omgeving verwacht.

Het niet aanleggen van de drijvende dijk zorgt voor een langere maximale golflengte bij een noordoostenwind. De extra opstuwing en toename van de golfhoogte zijn echter verwaarloosbaar. Het niet aanleggen van de drijvende dijk heeft daarom geen gevolgen voor de opstuwing en golfhoogte aan de oostoever van het Lingemeer.

Bijlage 1 – Situering meetnet



Situering monitoringslocaties

Uitbreiding Lingemeer

Opdrachtgever: K3Delta
Projectnummer: 373254

Status: Definitief
Datum: 30-7-2020
Schaal: 1:8,000
Formaat: A3

Getekend: XX - Gecontroleerd: XX

SWECO

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 2 – Ontwikkelingen

Bijlage 3 – Modelopbouw

Opbouw lokaal grondwatermodel

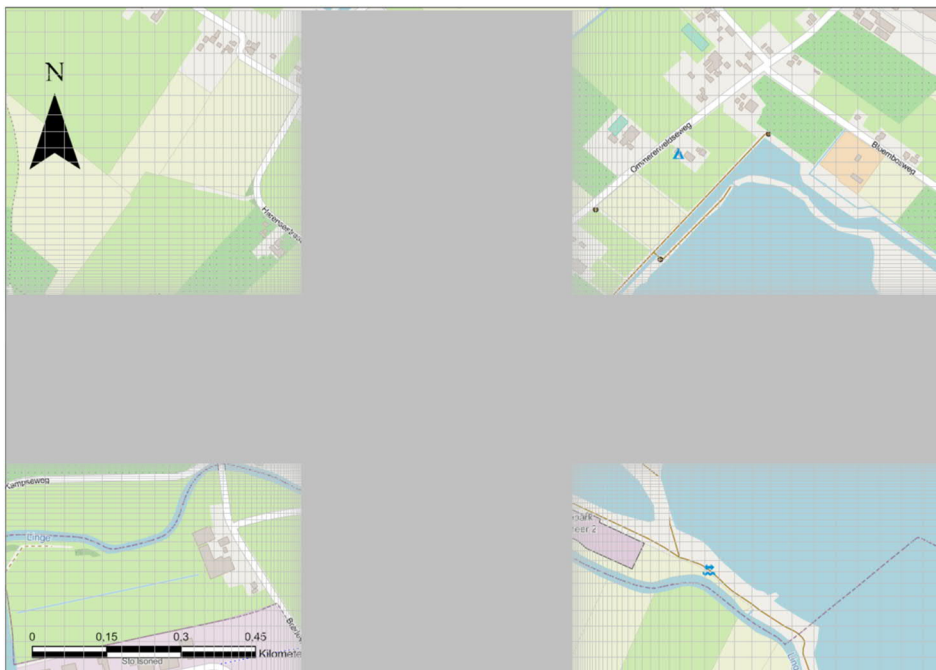
Algemeen

Voor de modellering van de grondwaterstroming is gebruik gemaakt van de rekencode MODFLOW. MODFLOW is een modulair, driedimensionaal, eindige-differentie-programma dat ontwikkeld is door de United States Geological Survey (USGS, Mc Donald & Harbaugh, 1988). Het pakket kan zowel stationaire als niet-stationaire stroming simuleren in (verzadigd) freatische, semi-gespannen en gespannen watervoerende lagen.

Als modelschil is gebruik gemaakt van GMS, versie 10.6. Deze schil is ontwikkeld door het 'Environmental Modelling Research Laboratory' van 'Brigham Young University', in samenwerking met de 'U.S. Army engineer Waterways Experiment Station'. Binnen deze gebruikersschil kunnen MODFLOW-invoerfiles worden bewerkt en kunnen de resultaten overzichtelijk worden gepresenteerd.

Grondwatermonitoringsmodel

De omvang van het model bedraagt 1,9 bij 1,3 kilometer. Ter plaatse van het plangebied is het grid verfijnd naar een celgrootte van 1 bij 1 meter. Richting de randen van het model loopt de celgrootte op tot 50 bij 50 meter. In afbeelding B3.1 is een uitsnede van het model weergegeven.



Afbeelding B3.1 Uitsnede modelgrid GMS

Bodemopbouw

De bodemopbouw is gebaseerd op basis van tabel 2-1 in paragraaf 2.3.3. In tabel B3.1 zijn de modelparameters beschreven die gehanteerd zijn in de berekeningen.

Tabel B3.1 **Modelparameters bodemopbouw**

Bovenkant (m +NAP)	Onderkant (m +NAP)	Samenstelling	Formatie	Doorlaatfactor (m/dag)	
				Horizontaal	Verticaal
Mv	+4,0	Deklaag	Holoceen	0,1	0,05
4,0	+1,0	Watervoerend pakket	Holoceen	5	5
+1,0	-0,7	Watervoerend pakket	Holoceen	5	5
-0,7	-15,0	Watervoerend pakket	Kreftenheye	70	70
-15,0	-21,5	Watervoerend pakket	Kreftenheye	70	70
-21,5	-45,5	Watervoerend pakket	Peize / Waalre	30	30
-45,5	-52,5	Scheidende laag	Waalre	0,01	0,01

Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater is op basis van paragraaf 2.5 geschematiseerd. Voor het gehele Lingemeer is een peil aangehouden van NAP +3,95 m. De bodemhoogte van het meer in het model bedraagt NAP -15 m en de conductance is 0,01 d⁻¹ (bodemweerstand van 100 dagen).

In de rivier de Linge is een peil aangehouden van NAP +3,8 m en de bodemhoogte van de Linge is NAP +1,0 m. De conductance is op 0,02 d⁻¹ (bodemweerstand van 50 dagen) gezet.

Voor de A-watergangen in het model is aangenomen dat deze gemiddeld 3 m breed zijn en de bodemweerstand 5 dagen bedraagt. De bijbehorende conductance is dan 0,6 m/d. Voor de B- en C-watergangen geldt een breedte van 1,5 m en een bodemweerstand van 10 dagen. De conductance is dan 0,15 m/d.

Randvoorwaarden modelrand

Op de zuidrand van het model zijn de gemiddelde grondwaterstanden van de peilbuizen uit DINO-loket gebruikt als randvoorwaarde. Aan de overige randen zijn de gemiddelde grondwaterstanden van de dichtstbijzijnde peilbuis uit het meetnet rondom het Lingemeer gebruikt.

Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling wordt bepaald door de neerslag en verdamping. Het neerslagoverschot (neerslag-verdamping) is gelijk aan de grondwateraanvulling. In het model is gerekend met een grondwateraanvulling van 0,0007 m/dag.

Bijlage 4 – Berekeningsmethode opstuwing

In een ondiepe zee of meer kan een waterstandsverschil ontstaan tussen de bovenwindse en benedenwindse oever. Dit verschijnsel wordt opwaaing of afwaaing genoemd. De omvang van de opwaaing is afhankelijk van de windkracht, windrichting, windduur, de strijklengte en de diepte van het waterlichaam.

De grootte van de opwaaing is berekend met de onderstaande formules:

$$Dh = i * l$$

en

$$i = c * U^2 / (g * d)$$

waarin:

Dh	Opwaaing	[m]
i	Opwaaingsverhang	[-]
l	Strijklengte	[m]
c	Coëfficiënt (3,8 x10 ⁻⁶)	[-]
U	Windsnelheid	[m/s]
g	Zwaartekrachtconstante	[m/s ²]
d	Diepte van het waterlichaam	[m]