

ACHTERGRONDRAAPPORT BODEM EN WATER

PALLAS

11 SEPTEMBER 2017



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Voorgenomen activiteit en varianten	5
1.3	Referentiesituatie en projectfasen	10
1.4	Doel van dit onderzoek	11
2	ONDERZOEKSMETHODIEK	12
2.1	Onderzoeksopzet	12
2.2	Uitgangspunten	14
3	BEOORDELINGSKADER	17
3.1	Grondwater	17
3.2	Waterkwaliteit	19
3.3	Koelwateronttrekking en -lozing	22
3.4	Bodemkwaliteit	23
4	HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING	26
4.1	Huidige situatie	26
4.2	Autonome ontwikkelingen	41
5	MILIEUEFFECTEN	45
5.1	Grondwater	45
5.2	Waterkwaliteit	55
5.3	Koelwateronttrekking en -lozing	57
5.4	Bodemkwaliteit	59
6	MITIGERENDE MAATREGELEN	60
7	LEEMTEN IN KENNIS	62
7.1	Grondwater	62
7.2	Waterkwaliteit	62
7.3	Koelwateronttrekking en -lozing	62

7.4	Bodemkwaliteit	63
	AFKORTINGEN EN BEGRIPPENLIJST	64
	VERWIJZINGEN	65
	BIJLAGE 1 GRONDWATERMODELONDERZOEK	67
	BIJLAGE 2 EFFECTEN OP GRONDWATER BIJ BEMALING TIJDENS AANLEG	68
	BIJLAGE 3 EMISSIE-IMMISSIETOETS	72
	BIJLAGE 4 OVERZICHT BODEMINFORMATIE	81
	BIJLAGE 5 OVERZICHT GEREgistreERDE BODEMLOCATIES	82
	BIJLAGE 6 TOETS KOELWATERLOZING	84
	BIJLAGE 7 HERZIENE INTERVENTIEBESCHIKKING TRITIUM	88

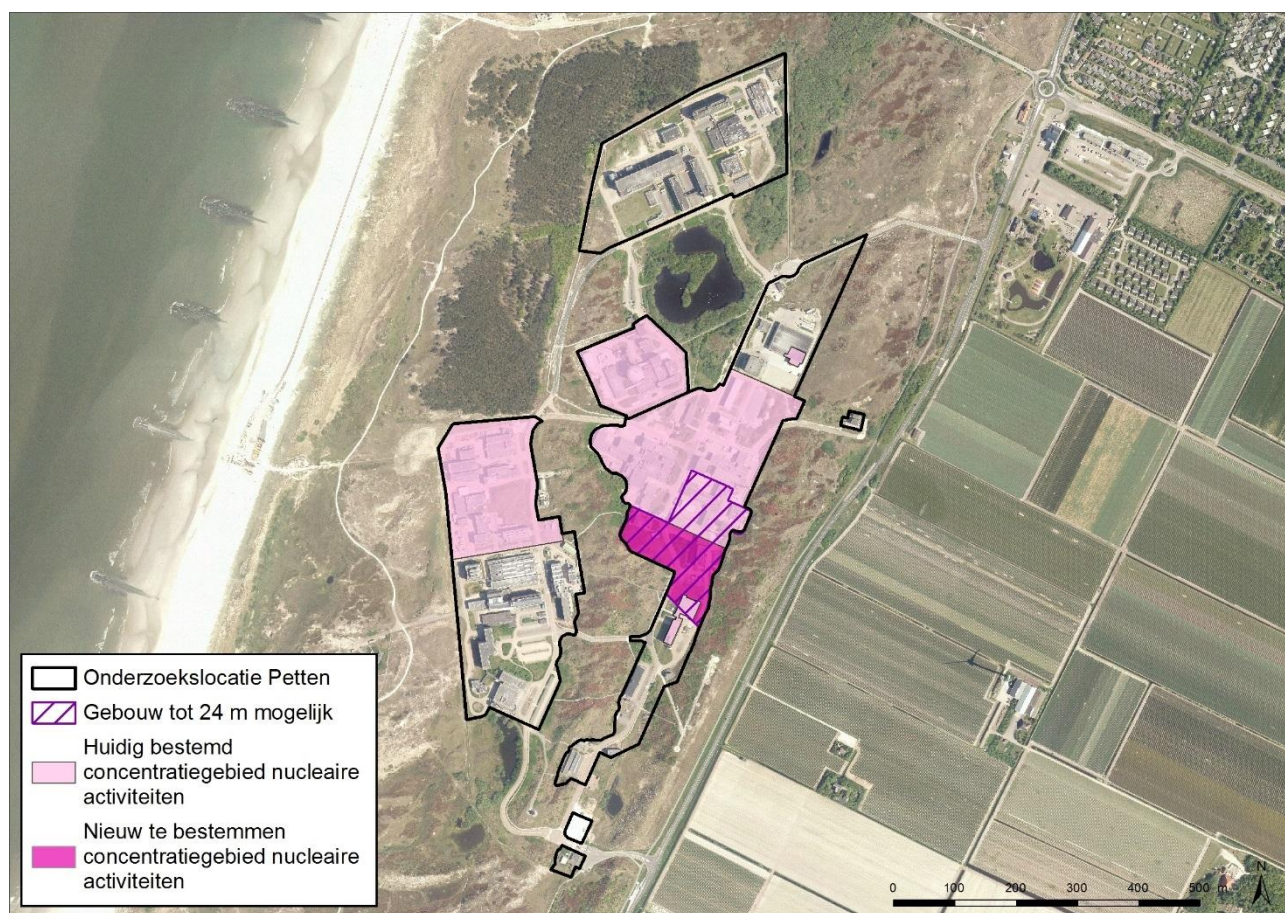
1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

De Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor, verder PALLAS genoemd, heeft het voornemen om een multifunctionele nucleaire reactor te realiseren, die geschikt is voor het produceren van medische isotopen, industriële isotopen en het uitvoeren van nucleair technologisch onderzoek. Deze reactor, verder de PALLAS-reactor genoemd, dient ter vervanging van de huidige Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten, die in 2017 56 jaar operationeel is en tegen het einde van zijn economische levensduur loopt.

Dit achtergrondrapport bodem en water is opgesteld ten behoeve van het plan-MER en de bestemmingsplanwijziging voor de PALLAS-reactor.

Het huidige bestemmingsplan voor de locatie betreft het “Bestemmingsplan Buitengebied Zijpe”, vastgesteld op 18 mei 2016 [1]. Om de PALLAS-reactor mogelijk te maken is het noodzakelijk om het “concentratiegebied nucleaire activiteiten” te vergroten, zodat de beoogde locatie van de PALLAS-reactor hier in zijn geheel binnen valt (donkerroze zone in Figuur 1). Daarnaast is voor het realiseren van de PALLAS-reactor een verhoging van de bouwhoogte voor het nucleaire eiland nodig. Ook deze verhoging wordt mogelijk gemaakt in het nieuwe bestemmingsplan (gearceerde zone Figuur 1).



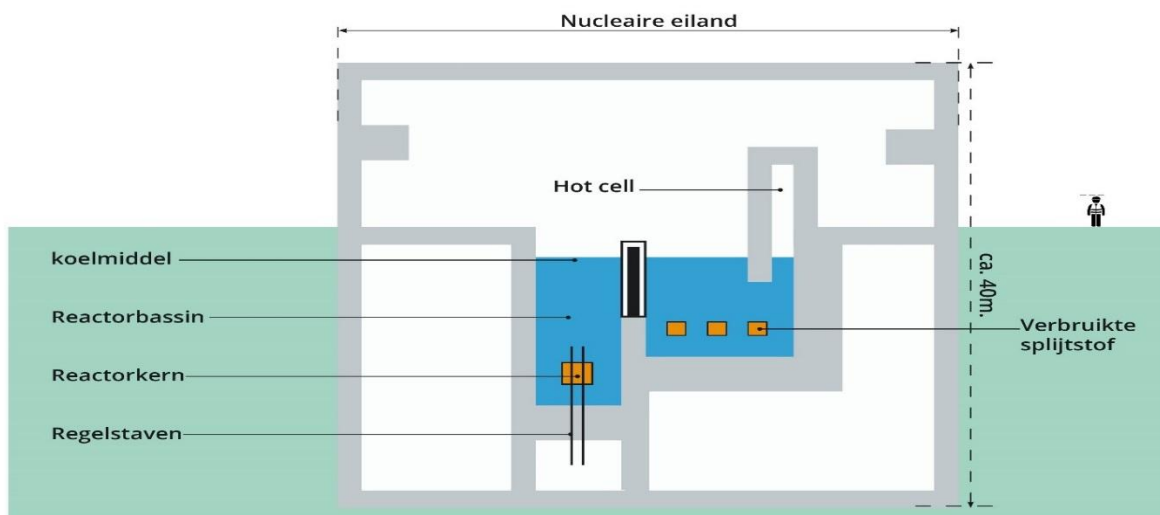
Figuur 1 Huidig en nieuw te bestemmen concentratiegebied nucleaire activiteiten

1.2 Voorgenomen activiteit en varianten

De voorgenomen activiteit voor dit achtergrondrapport is het wijzigen van het bestemmingsplan teneinde de PALLAS-reactor planologisch mogelijk te maken. Het ontwerp van de PALLAS-reactor is in deze planfase nog niet helemaal uitgewerkt. In voorliggend achtergrondrapport wordt om deze reden gewerkt met een maximale invulling gebaseerd op realistische uitgangspunten. Deze zijn uitgebreid beschreven in het Ontwerpkader PALLAS.

Hierna volgt een korte samenvatting van deze uitgangspunten in de vorm van een schematische weergave van het nucleaire eiland en een korte omschrijving van het terrein rondom het nucleaire eiland. Daarna volgt een samenvatting van de projectfasen en varianten die in dit rapport ten behoeve van het plan-MER worden

onderzocht (drie varianten voor de bouwhoogte en –diepte en drie varianten voor de wijze waarop de koeling kan plaatsvinden).



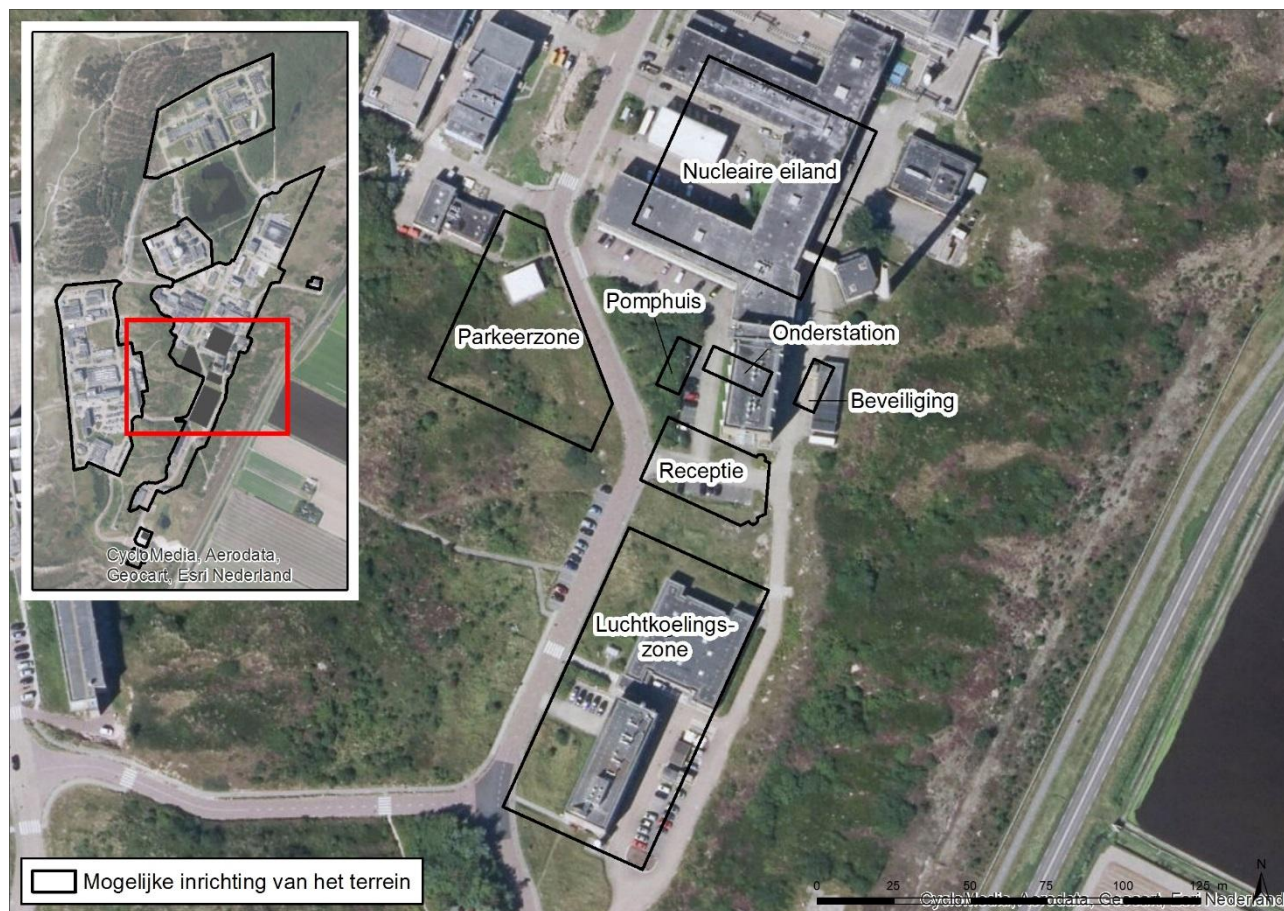
Figuur 2 Schematische weergave van de geplande pool-type reactor

Het gebouw vormt samen met directe gekoppelde functionaliteiten het nucleaire eiland. Op de OLP bevindt het nucleaire eiland zich binnen een streng beveiligde zone. In dit nucleaire eiland kunnen tevens één of meerdere hot cells worden gerealiseerd. Een hot cell is een afgeschermd behandelruimte waar middels een robot veilig gewerkt kan worden met radioactief materiaal. Daarnaast behoren o.a. tot het nucleaire eiland:

- De bewakingspost die toegang verschaft tot het Nucleaire eiland
- Kantoor- en vergaderfaciliteiten en kleedkamers
- De controlekamer en secundaire controle kamer
- Containeroverslag en een werkplaats
- Ventilatie- en (nood)stroomvoorzieningen

Buiten het nucleaire deel wordt op het terrein een aantal niet-nucleaire voorzieningen gevestigd ten behoeve van het bedrijven van de PALLAS-reactor. Voorzien worden kantoren, parkeerplaatsen, een pomphuis, een gebouw voor de elektriciteitsvoorziening en het secundair koelwatersysteem.

Figuur 3 geeft een mogelijke inrichting voor het terrein weer. Hierbij moet worden aangemerkt dat het nucleaire deel een afmeting van 40x60 meter heeft. In Figuur 3 wordt dit nucleaire deel in het vlak van het nucleaire eiland van 60x60 meter geprojecteerd.



Figuur 3 Mogelijke inrichting van het terrein. Het nucleaire eiland krijgt uiteindelijk een oppervlakte van 40x60m.

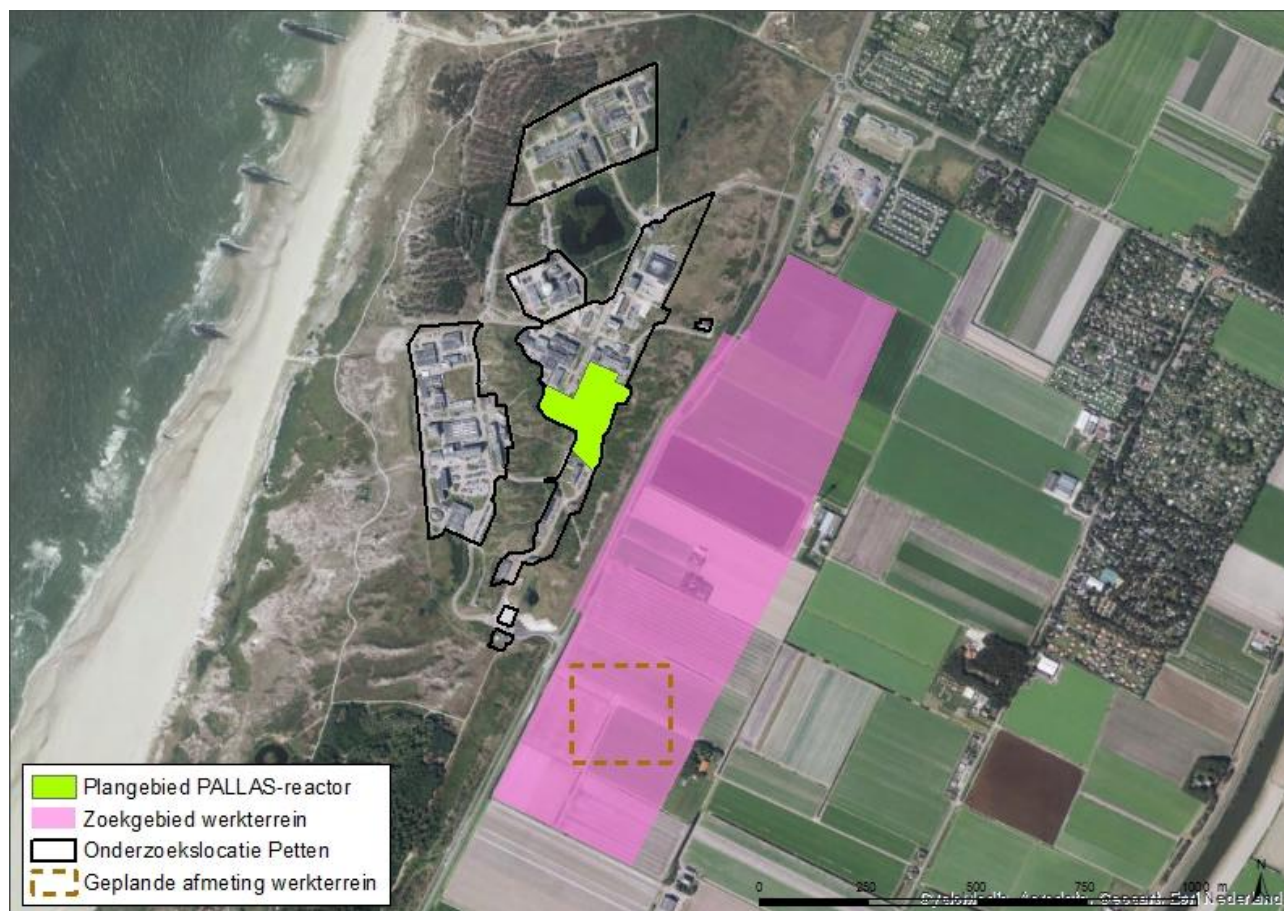
1.2.1 Projectfasen

Het realiseren en bedienen van de PALLAS-reactor is op te delen in een aantal projectfasen: de bouwfase, de exploitatiefase en de overgangsfase. Op de voorgenomen locatie voor het nucleaire eiland staan op dit moment nog enkele leegstaande gebouwen. Deze worden afgebroken door de huidige eigenaar die het terrein 'schoon' oplevert aan PALLAS voorafgaand aan de bouwfase. In het plan-MER en dit achtergrondrapport wordt daarom uitgegaan van een leeg en schoon terrein op de voorgenomen locatie voor het nucleaire eiland, overige gebouwen en bijbehorende voorzieningen.

Bouwfase

In de bouwfase wordt het nucleaire eiland met bijbehorende systemen en de bijbehorende infrastructurele aanpassingen gerealiseerd. De bouwfase kan worden opgedeeld in het voorbereiden van het terrein zelf en het bijbehorende werkterrein en het bouwen van het nucleaire eiland, het secundaire koelwatersysteem, de overige gebouwen en diverse voorzieningen (riolering, parkeerterrein en dergelijke) op het terrein.

In het kader van het plan-MER is met name het ontgraven en grondverzet voor het realiseren van het nucleaire eiland en het secundaire koelwatersysteem relevant. Daarnaast is relevant dat er een tijdelijk werkterrein van ongeveer 50 000 m² moet worden ingericht. Figuur 4 geeft een zoekzone voor de mogelijke locatie van dit werkterrein weer.



Figuur 4 Zoekzone tijdelijk werkterrein

Exploitatiefase

In de exploitatiefase wordt de PALLAS-reactor in bedrijf genomen, veilig geëxploiteerd en onderhouden. De PALLAS-reactor wordt stapsgewijs in bedrijf genomen. De installatieonderdelen worden getest. De reactorkern wordt geplaatst en de installatie wordt getest met de reactorkern. Daarbij vindt het eerste transport met splijtstofelementen plaats. De PALLAS-reactor wordt in bedrijf genomen nadat is voldaan aan de voorwaarden voor veilig bedrijf van de PALLAS-reactor.

Overgangsfase

De PALLAS-reactor dient ter vervanging van de HFR. Het is nog niet zeker op welk moment de HFR gesloten wordt. Het is daarom mogelijk dat er een overgangsfase is, waarin tijdelijk sprake is van het gelijktijdig in werking zijn van zowel de HFR als de PALLAS-reactor. Omdat het moment van sluiten van de HFR nog niet bekend is, wordt in het plan-MER en in voorliggend achtergrondrapport gewerkt met een overgangsfase. Dit is nader toegelicht in paragraaf 1.3.

1.2.2 Bouwhoogtevarianten

In voorliggend achtergrondrapport zijn drie varianten voor de bouwhoogte en –diepte van het nucleaire eiland beschouwd. De bouwhoogte en –diepte van de varianten wordt beschouwd ten opzichte van het maaiveld ter plekke van de beoogde locatie voor het nucleaire eiland op de Onderzoeklocatie Petten (OLP). Het maaiveld ligt op deze locatie 3,5 meter boven NAP.

De volgende varianten in bouwhoogte (in meter boven maaiveld), respectievelijk bouwdiepte (in meter onder maaiveld), zijn beschouwd:

- Bouwhoogtevariant B1: 17,5 meter boven maaiveld en 29,5 meter onder maaiveld.
- Bouwhoogtevariant B2: 24 meter boven maaiveld en 16 meter onder maaiveld.

- Bouwhoogtevariant B3: 40 meter boven maaiveld en 0 meter onder maaiveld.

De bouwhoogte van de varianten B1 en B2 sluit aan bij de hoogten uit het huidige bestemmingsplan. Bouwhoogtevariant B1, met een bouwhoogte van 17,5 m boven maaiveld, betreft de huidige toegestane maximum bouwhoogte op grond van het geldende bestemmingsplan, zonder toepassing van de binnenplanse afwijkmogelijkheid. De bouwdiepte van 29,5 meter onder maaiveld is gekozen, omdat de uitvoeringsmethode op een dergelijke bouwdiepte vraagt om een stabiele laag om op te bouwen. Die stabiele laag is pas op 29,5 meter onder maaiveld beschikbaar. Bouwhoogtevariant B2 kent een bouwhoogte van 24 meter, welke bouwhoogte kan worden gerealiseerd met gebruikmaking van de binnenplanse afwijkmogelijkheid van het bestemmingsplan. De bouwdiepte van 16 meter is afgeleid van de 40 meter hoogte van het nucleaire eiland en betreft het resterende aantal meters van het nucleaire eiland dat onder maaiveld gerealiseerd wordt. Bouwhoogtevariant B3 gaat uit van een volledige realisatie van het nucleaire eiland boven maaiveld. De bouwhoogte van 40 meter boven maaiveld volgt uit de hoogte van het reactorgebouw (40 meter) en kan alleen met een wijziging of afwijking van het bestemmingsplan gerealiseerd worden.

1.2.3 Koelingsvarianten

In dit achtergrondrapport zijn tevens drie varianten voor het secundaire koelsysteem van de PALLAS-reactor onderzocht.

De volgende varianten zijn beschouwd:

- Koelingsvariant K1: Onttrekken van koelwater uit het Noordhollandsch Kanaal en vervolgens lozen van het koelwater op de Noordzee (zoet-zout variant). Voor deze variant moet een nieuw innamepunt bij het Noordhollandsch Kanaal gerealiseerd worden en een nieuw uitlaatpunt in de Noordzee. Tussen het innamepunt, het nucleaire eiland en het uitlaatpunt wordt een koelwaterleiding aangelegd.
- Koelingsvariant K2: Onttrekken uit de Noordzee en lozen op de Noordzee (zout-zout variant). Voor deze variant wordt in zee een platform met pompen ten behoeve van het innemen van het koelwater gerealiseerd. Tussen het nucleaire eiland en het inname- en uitlaatpunt wordt een koelwaterleiding aangelegd.
- Koelingsvariant K3: Koelen aan de lucht / hybride koelen. Voor koelen aan de lucht is een beperkte inname van water (uit het Noordhollandsch Kanaal of via leidingen) benodigd. Uitgangspunt is dat het aan de lucht gekoelde water gedeeltelijk hergebruikt wordt. Er hoeven daarom geen inname en uitlaatpunt en koelwaterleidingen buiten het terrein te worden gerealiseerd. Afhankelijk van het type koel-units is een oppervlakte van ongeveer 5000 m² nodig voor de koel-units op het terrein. Uitgangspunt is dat de koel-units 11 meter hoog worden.

Het tracé van de koelwaterleidingen voor de koelingsvarianten K1 en K2 staat nog niet vast. De ligging van de koelwaterleidingen wordt uitgewerkt in de volgende planfase (vergunningen en besluit-MER), indien gekozen wordt voor de koelingsopties K1 of K2. In het plan-MER en voorliggend achtergrondrapport worden mogelijke effecten van de leiding in beeld gebracht aan de hand van een ruime zoekzone (zoekgebied), waarbinnen een eventuele koelwaterleiding kan worden ingepast. In onderstaande figuur is dit zoekgebied weergegeven. Voor het ruimtebeslag van de koelwaterleidingen wordt in geval van open ontgraving in de bouwphase rekening gehouden met een werkstrook van maximaal 40 meter breed.



Figuur 5 Zoekgebied tracé koelwaterleidingen

1.3 Referentiesituatie en projectfasen

De milieubeoordeling in dit achtergrondrapport wordt uitgevoerd ten opzichte van de referentiesituatie. Omdat het moment van sluiten van de HFR nog onzeker is, wordt gewerkt met een referentiesituatie waarin de HFR nog in gebruik is tijdens de bouw- en opstart van de PALLAS- reactor.

De milieueffecten van de PALLAS-reactor worden beschreven voor drie fasen, namelijk:

1. De bouwfase waarin de HFR in gebruik is.
2. De overgangsfase (waarin zowel de HFR als de PALLAS-reactor in gebruik zijn).
3. De exploitatiefase (waarin alleen de PALLAS-reactor in gebruik is).

Peiljaren

In het kader van de achtergrondrapporten wordt uitgegaan van een indicatieve planning voor de bouw en exploitatie van de PALLAS-reactor. Op basis van deze planning is het peiljaar voor de referentiesituatie en voor de exploitatie en overgangsfase 2026. Het peiljaar voor de bouwphase is 2018. De daadwerkelijke planning voor de bouw en exploitatie kan afwijken van deze indicatieve planning.

1.4 Doel van dit onderzoek

Ten behoeve van het plan-MER is nader onderzoek gedaan naar de mogelijke effecten van de PALLAS-reactor op bodem en water in de omgeving. Hierbij worden de volgende onderdelen beschouwd:

- Grondwater

De effecten die op dit onderdeel worden behandeld, zijn het effect op de freatische grondwaterstand, stijghoogten in de bodemlagen onder de deklaag, grondwaterstroming, zoutgehalte en het zoet-zout grensvlak. Onderzoek naar deze effecten is nodig voor het bepalen van eventuele omgevingseffecten die door veranderingen in het grondwaterregime kunnen ontstaan. Bepaling van de effecten van eventuele grondwaterverontreiniging door calamiteiten is expliciet geen onderdeel van de vraagstelling.

- Waterkwaliteit

De effecten die op dit onderdeel worden behandeld, hebben betrekking op de lozing van stoffen en bijbehorende omzettingen producten ten behoeve van het koelwatersysteem.

- Koelwateronttrekking en lozing

De effecten die op dit onderdeel worden behandeld, hebben betrekking op de hoeveelheid koelwater die ingenomen wordt in relatie tot de capaciteit en op de temperatuur en mengzone rondom het uittredepunt van het koelwater in zee.

- Bodemkwaliteit

De effecten die op dit onderdeel worden behandeld, hebben betrekking op bodemkwaliteit.

2 ONDERZOEKSMETHODIEK

2.1 Onderzoeksopzet

De onderzoeksopzet van ieder van de vier aspecten zoals besproken in 1.4 wordt in onderstaande paragrafen besproken.

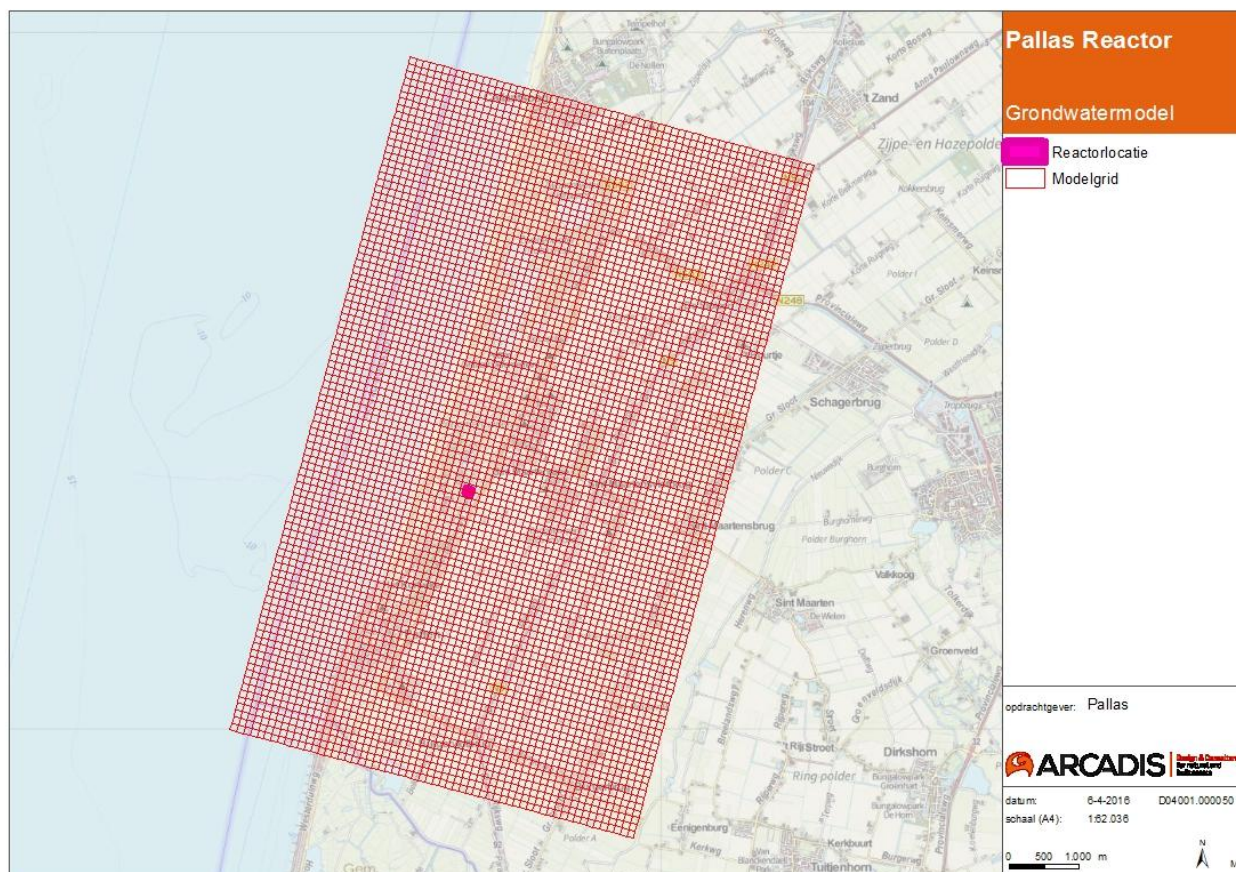
2.1.1 Grondwater

In relatie tot grondwater worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

- Wat zijn de effecten op de grondwaterstand, stijghoogte, grondwaterstroming en het zoutgehalte van het grondwater? Hierbij wordt ingegaan op de effecten tijdens de bouwfase en de permanente effecten na aanleg van het nucleaire eiland. Het nucleaire eiland is zo gepositioneerd en doorgerekend in het grondwatermodel, dat gegeven de stromingsrichting een worst case is doorgerekende (grootste blokkade).¹
- Wat is het effect van de veranderingen in bovengenoemde factoren op de functies in de omgeving, zoals:
 - Vegetatie (verdroging, verzilting).
 - Gebouwen (risico op zettingsschade).
 - Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting).
 - Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting).
 - Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen.
 - Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing).

De bestaande HFR heeft geen effecten op het grondwaterregime, dit betekent dat de overgangsfase waarin de HFR nog in werking is en de exploitatiefase waarin de HFR niet meer in werking is, niet verschillen voor de effecten op grondwater. De mogelijke effecten en de gevolgen voor de omgeving zijn onderzocht door middel van een modelstudie. In deze modelstudie zijn de grondwateraspecten in de huidige situatie in beeld gebracht. Vervolgens zijn de veranderingen ten gevolge van de aanleg van het nucleaire eiland met de huidige situatie vergeleken. Dit biedt inzicht in de veranderingen in grondwaterstanden, stijghoogtes, grondwaterstroming en zoutgehalte van het grondwater ten gevolge van de aanleg van het nucleaire eiland. In onderstaande Figuur 6 is het studiegebied voor de grondwatermodellering weergegeven.

¹ Zie de oriëntatie in de figuren 23, 24, 27 en 28.



Figuur 6 Studiegebied (raster) grondwatermodellering ten opzichte van de locatie van het nucleaire eiland

2.1.2 Waterkwaliteit

Voor de koeling van de HFR wordt gebruik gemaakt van koelwater. In twee van de drie beschouwde varianten geldt dit ook voor de nieuwe PALLAS-reactor. Het te lozen koelwater bevat sporen van milieuverontreinigende stoffen, vooral als gevolg van een koelwateradditief. In het secundaire koelwatersysteem wordt actief chloor gedoseerd als aangroeiwerend middel. Het te lozen koelwater bevat hierdoor resten vrij beschikbaar chloor en schadelijke omzettingsproducten hiervan (vooral chloroform en bromoform²). Dit kan in potentie gevolgen hebben voor de chemische en/of de ecologische waterkwaliteit. Hiervoor zijn doelstellingen vastgesteld in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water (zie paragraaf 3.2.1).

De effecten van de lozing van deze stoffen op de Noordzee worden beoordeeld op basis van het 'Toetsingskader waterkwaliteit', dat onderdeel uitmaakt van het Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2016 – 2021 [2]. Dit generieke toetsingskader wordt onder meer gehanteerd bij de verlening en wijziging van watervergunningen. Het is gericht op het beoordelen van mogelijke verslechtingen als gevolg van fysieke ingrepen of emissies van stoffen. Het toetsingskader bestaat uit twee delen: een deel voor het beoordelen van emissies van stoffen en een deel voor het beoordelen van fysieke ingrepen. De beoordeling van de emissies van stoffen is vastgelegd in het Handboek Immissietoets [3], dat onderdeel uitmaakt van het toetsingskader en aangewezen is als BBT-document³.

Het lozen van stoffen wordt beoordeeld met de emissie-immissietoets, conform het Handboek Immissietoets. Het aanbrengen van de lozingsconstructie kan worden aangemerkt als fysieke ingreep, met potentiële ecologische effecten. Hier wordt aan de hand van het toetsingskader waterkwaliteit op ingegaan.

Alleen de koelingsvarianten K1 en K2 zijn onderzocht, omdat in de overige koelingsvarianten geen koelwaterlozing naar oppervlaktewater plaatsvindt.

² In zeewater is van nature bromide aanwezig en wordt bromoform ook als gevolg van natuurlijke processen gevormd [17].

³ BBT: Best Beschikbare Techniek.

2.1.3 Koelwateronttrekking en -lozing

2.1.3.1 Koelwateronttrekking

De hoeveelheid koelwater die nodig is voor de PALLAS-reactor wordt vergeleken met de huidige vergunde situatie en met de capaciteit die voorhanden is. Dezelfde vergelijking wordt gemaakt voor de overgangsfase, waarin de HFR en PALLAS-reactor allebei in werking zijn. Op basis van expert judgement wordt bepaald of er voldoende capaciteit is.

2.1.3.2 Koelwaterlozing

Omdat het volume van de lozing relatief gering is ($3150 \text{ m}^3/\text{uur}$)⁴ en er nog geen detailontwerp ligt van de koelwateruitlaat, is het in dit stadium niet zinvol om een uitgebreide numerieke studie uit te voeren voor de koelwaterlozing. Vandaar dat naar analogie van de toets voor rivieren en kanalen [4]) beoordeeld is of de mengzone beperkt blijft.

De mengzone, zie Figuur 8 ter illustratie, is dat deel van het oppervlaktewater dat ten gevolge van een warmtelozing een gegeven grenswaarde van de temperatuur overschrijdt, in dit geval de ruimtelijke 25°C-isotherm. Een mengzone van 25% op een dwarsdoorsnede van 10 bij 5 m betekent dat de mengzone een omvang heeft van $12,5 \text{ m}^2$.

Door middel van een eenvoudige toets wordt bepaald of het noodzakelijk is om een uitgebreide numerieke modelstudie uit te voeren voor de nieuwe koelwaterlozing van de PALLAS-reactor (zie bijlage 6). Hierbij is uitgegaan van de beoordelingssystematiek voor warmtelozingen [4].

2.1.4 Bodemkwaliteit

In gebieden waar grondroerende werkzaamheden plaats vinden bestaat de mogelijkheid dat sprake is van de aanwezigheid van een bodemverontreiniging. Voor het plangebied zijn daarom de relevante bodemdata geïnventariseerd bij de Regionale Uitvoeringsdienst Noord-Holland Noord en de Provincie Noord-Holland. Op basis van deze bodemkwaliteitsgegevens wordt, op basis van expert judgement, beoordeeld welke invloed de beoogde ontwikkelingen hebben op aanwezige bodemverontreinigingen.

Aangezien gevallen van ernstige bodemverontreiniging, in relatie tot geplande ruimtelijke ingrepen, gesaneerd dienen te worden conform een formele melding volgens de Wet Bodembescherming (artikelen 28 en 39 (regulier saneringsplan), of artikel 39b (Besluit uniforme saneringen), kan op voorhand worden geconcludeerd dat de beoogde ontwikkelingen geen negatieve effecten zullen teweegbrengen op de bodemkwaliteit. In tegendeel: daar waar gesaneerd wordt, is per definitie sprake van een verbetering van de bodemkwaliteit.

2.2 Uitgangspunten

Voorliggend onderzoek is gebaseerd op het vigerende ontwerp zoals beschreven in het Ontwerpkader PALLAS en de hierbij behorende aanvullende informatie. Per deelstudie zijn specifieke uitgangspunten van toepassing. Deze worden benoemd in de volgende paragrafen.

2.2.1 Grondwater

De uitgangspunten voor het aspect Grondwater zijn weergegeven in Tabel 1.

⁴ Voor het lozingsdebiet is in de koelwaterstudie een conservatieve waarde voor het debiet van $3300 \text{ m}^3/\text{uur}$ aangehouden. In werkelijkheid wordt maar $3150 \text{ m}^3/\text{uur}$ gebruikt voor koeling, de overige $150 \text{ m}^3/\text{uur}$ is ten behoeve van het visretoursysteem en zal dus onopgewarmd terugstromen.

Tabel 1 Uitgangspunten grondwater

Aspect	Uitgangspunten
Topografie	Actueel hoogtebestand Nederland (AHN)
Geohydrologische schematisering	DINOloket: REGIS II v2.1 en GeoTOP; Feflow model zoals opgeleverd door Fugro [5]
Grondwaterstanden en stijghoogten	DINOloket
Zoutgehalte grondwater	Grondwateranalyses DINOloket; Geo-elektrisch onderzoek (VES) DINOloket; Geleidbaarheidssonderingen Fugro [5]
Bodeminformatie	Geologisch booronderzoek DINOloket; Sonderingen Fugro [5] Sonderingen diverse partijen (aangeleverd door HHNK)
Bathymetrie Noordzee	European Observation and Data network
Zoutgehaltes zeewater	Analysen in http://www.live.waterbase.nl [6]
Dieptes en breedtes sloten en kanalen	Digitale Legger HHNK ⁵
Chloridegehalte water in het Noordhollandsch Kanaal	http://www.waterkwaliteitsportaal.nl/ , http://hnk-water.nl/ol/pm2.html
Neerslag en verdamping	Klimaatstations Petten (neerslag), Callantsoog (neerslag) en De Kooy (verdamping) van het KNMI
Grondwateronttrekkingen	Feflow model en rapportage 1011-0215-004_33.R01-v5.5_total_small.pdf zoals aangeleverd door Fugro [5]; ECN VGM Jaarverslagen 2013, 2014 en 2015; Werkplan Verwijderen 'Tritium Hot Spots' op het HFR- terrein. NRG, 11 januari 2013.

2.2.2 Waterkwaliteit

(Nucleair) afvalwater vanuit PALLAS wordt afgevoerd naar de DWT-faciliteit (Decontamination & Waste Treatment) voor verwerking. Deze afvalwaterstroom staat los van het koelwatersysteem. Koelwater wordt voorafgaand aan de lozing gecontroleerd. Koelwater dat niet voldoet aan de wettelijke vereisten wordt niet in zee geloosd.

Voor de stromingscondities bij de koelwaterlozing is gebruik gemaakt van de Emissie-Immissietoets van Rijkswaterstaat. Door het invullen van de locatie in deze toets wordt de stroomsnelheid uit de onderliggende database gehaald en weergegeven.

Voor de waterdiepte ter plaatse van het lozingspunt is gebruik gemaakt van de vaklodingen van Rijkswaterstaat voor de Noord-Hollandse kust. De verdere uitgangspunten ten behoeve van waterkwaliteit zijn beschreven in de Emissie-immissietoets die integraal in bijlage 3 is opgenomen.

2.2.3 Koelwateronttrekking en -lozing

De uitgangspunten voor het aspect Koelwateronttrekking en -lozing zijn weergegeven in Tabel 2.

⁵ Bij dieptes en breedtes sloten en kanalen wordt uitgegaan van de digitale legger HHNK. De werkelijke situatie kan afwijken van de leggermaat. Dit omdat de leggermaat de minimale maat is die voor aan- en afvoer van het watersysteem noodzakelijk is. In werkelijkheid kan deze bv breder zijn ivm compensatieverplichtingen van een ontwikkeling van een derde. Als startpunt acht HHNK de legger prima, voor details (in een later stadium te bepalen) gaat het om de werkelijke situatie buiten.

Tabel 2 Uitgangspunten koelwateronttrekking en -lozing

Aspect	Uitgangspunt
Vermogen PALLAS-reactor	55MW
Lozingsdebiet	Maximaal 3300 m ³ /uur water (0,92 m ³ /s)
Lozingstemperatuur	47,5 °C
Afstand lozing uit de kust	300 m
Waterdiepte	5 m
Stroomsnelheid zeewater bij de lozing	0,5 m/s
Temperatuur zeewater bij de inname	Variabel, bepaald op basis van metingen
Onttrekkingsdebiet uit de Noordzee t.b.v. PALLAS-reactor	3300 m ³ /uur water (3150 m ³ /uur water t.b.v. koeling en 150 m ³ /uur t.b.v. visretoursysteem)
Onttrekkingsdebiet uit Noordhollandsch Kanaal t.b.v. PALLAS-reactor	3300 m ³ /uur water (3150 m ³ /uur water t.b.v. koeling en 150 m ³ /uur t.b.v. visretoursysteem)

Voor het lozingsdebiet is in de koelwaterstudie een conservatieve waarde voor het debiet van 3300 m³/uur aangehouden. In werkelijkheid wordt maar 3150 m³/uur gebruikt voor koeling, de overige 150 m³/uur is ten behoeve van het visretoursysteem. Deze laatste zal dus onopgewarmd terugstromen en behoeft niet meegenomen te worden in de berekeningen.

2.2.4 Bodemkwaliteit

In onderstaande Tabel 3 zijn de uitgangspunten voor het aspect Bodemkwaliteit weergegeven.

Tabel 3 Uitgangspunten bodemkwaliteit

Aspect	Uitgangspunten
Situering grondroerende werkzaamheden	Ontwerpkader PALLAS
Bodemkwaliteitsgegevens	Informatie zoals aanwezig bij de Regionale Uitvoeringsdienst Noord-Holland Noord en de Provincie Noord-Holland [7]
Ontgraven en/of toepassen van grond en baggerspecie	Beleid zoals vastgelegd in de Nota bodembeheer Regio Kop van Noord-Holland [8] Geldend voor de gemeenten Hollands Kroon en Schagen, 23 juli 2013

3 BEOORDELINGSKADER

In onderstaande paragrafen is per deelaspect weergegeven welk beleid relevant is en hoe dit ingrijpt op het PALLAS-project.

3.1 Grondwater

3.1.1 IAEA vereisten

International Atomic Energy Agency (IAEA) Safety Requirements NS-R-3: 'Site Evaluation for Nuclear Installations' vereist dat in verband met de fundering van de installatie het grondwaterregime en de grondwaterkwaliteit moeten worden bestudeerd. Dispersie van radioactief materiaal via het grondwater is expliciet geen onderdeel van deze studie⁶.

IAEA Nuclear Energy Series Technical Reports 'Guides Managing Environmental Impact Assessment for Construction and Operation in New Nuclear Power Programmes' No. NG-T-3.11 stelt dat modellering van transportroutes via grondwater een onderdeel is van het Safety Analysis Report wat word opgesteld voor het project-MER. NG-T-3.11 vereist wel een studie naar de gevolgen van de aanleg, het gebruik van de PALLAS-reactor en ontmanteling van de installatie op het grondwater. In dit achtergrondrapport wordt beschreven hoe de effecten op het grondwater tijdens aanleg en gebruik van de installatie worden gemonitord.

3.1.2 Waterwet

Op grond van artikel 3.6 van de Keur van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier geldt een watervergunningplicht voor onttrekken van grondwater en infiltreren van grondwater in de bodem. Op grond van de Algemene Regels bij de Keur van HHNK zijn bepaalde grondwateronttrekkingen en infiltraties vrijgesteld van de vergunningplicht, waaronder bronbemaling (artikel 17 Algemene Regels Keur 2016 HHNK). Grondwateronttrekking ten behoeve van de bouw van het nucleaire eiland (bronbemaling) heeft geen vergunningplicht in het kader van de Waterwet wanneer:

- a) in kwetsbaar gebied, indien de hoeveelheid te onttrekken grondwater minder bedraagt dan 10.000 m³ per maand en de onttrekking niet langer duurt dan 6 maanden en het onttrokken grondwater binnen een straal van 500 meter van het onttrekkingspunt terug in de bodem wordt gebracht;
- b) buiten kwetsbaar gebied, indien de hoeveelheid te onttrekken grondwater minder bedraagt dan 15.000 m³ per maand en de onttrekking niet langer duurt dan 6 maanden, en de onttrekking geschiedt met inachtneming van de voorschriften in dit artikel en in artikel 21.

Het grondwater wordt uitsluitend onttrokken uit het eerste watervoerend pakket.

De freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket wordt niet verder verlaagd dan ten hoogste 0,5 meter beneden het ontgravingsniveau.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) is het bevoegd gezag in het gebied, er is een vergunningplicht is wanneer er meer grondwater wordt onttrokken dan 15.000 m³ of als er meer dan 10.000 m³ gedurende een periode van meer dan zes maanden wordt onttrokken.

Bij de Waterwet-vergunningaanvraag worden de effecten van de onttrekking (van grond- en oppervlaktewater) en lozing (van koelwater) op de omgeving beoordeeld. Hierbij wordt gekeken naar de effecten op vegetatie, zetting van gebouwen en effecten op waterkeringen. Als warm water geloosd wordt in oppervlaktewater, dan worden in de watervergunning eisen gesteld aan deze lozing om de kwaliteit van het oppervlaktewater te beschermen. Er worden primair eisen opgenomen over de maximale warmtevracht van het te lozen water en de hoeveelheid water dat geloosd mag worden. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) heeft tevens aangegeven een beoordeling te willen zien van eventuele kortsluitstromen die tussen verschillende watervoerende pakketten kunnen ontstaan als gevolg van funderingspalen. Eén van de mogelijk belangrijkste effecten is de invloed op de vegetatie in het omringende Natura 2000-gebied.

⁶ Dispersie van radioactief materiaal wordt in het kader van het plan-MER beschouwd in de achtergrondreportage nucleaire veiligheid, kenmerk 078849873:E (Arcadis/NRG 2016).

3.1.3 Europese Kaderrichtlijn Water

De KRW stelt eisen aan een goede kwantitatieve toestand en een goede chemische en ecologische toestand van grond- en oppervlaktewater. Op Europees niveau zijn normen voor de chemische toestand van water voor een groep prioritaire stoffen vastgelegd. Deze normen gelden uniform voor alle oppervlaktewateren en zijn in Nederland verankerd in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (Bkwm 2009). In de Grondwaterrichtlijn die eind 2006 van kracht is geworden, is een aantal chemische aspecten voor grondwater verder gespecificeerd.

De duinen maken deel uit van grondwaterlichaam NLGW0016 (Duinen, Rijn-West) en het omringende gebied op land behoort tot grondwaterlichaam NLGW0011 (Zout, Rijn-West). Het 'Besluit van 15 oktober 2015 tot wijziging van het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 en het Waterbesluit' geeft de nationaal vastgestelde drempelwaarden voor een goede chemische toestand van grondwaterlichamen. Dit betreft drempelwaarden voor de volgende stoffen / elementen: chloride, nikkel, arseen, lood en fosfaat.

De aanleg van het nucleaire eiland kan mogelijk effecten hebben op de grondwaterstroming en de verdeling van zoet en zout grondwater. Hierbij is de drempelwaarde voor chloride van belang. Deze is voor grondwaterlichaam NLGW0016 vastgesteld op 160 mg/L. Dit betekent dat de chlorideconcentratie van het grondwater in de duinen niet hoger dan 160 mg/L mag zijn in 2027 en dat de grondwaterkwaliteit niet achteruit mag gaan. Voor NLGW0011 is geen drempelwaarde voor chloride vastgesteld. De Grondwaterrichtlijn is onder andere geïmplementeerd in de Wet bodembescherming, zie ook paragraaf 3.1.4. De Wbb is daarmee ook relevant voor het aspect Grondwaterverontreiniging.

3.1.4 Beoordeling

Bij de bouw van het nucleaire eiland wordt, afhankelijk van het uiteindelijke ontwerp en uitvoeringsmethode, mogelijk grondwater onttrokken. De constructie zal, afhankelijk van het uiteindelijke ontwerp, deels ondergronds zijn en daardoor de natuurlijke grondwaterstroming deels blokkeren. Beide aspecten hebben invloed op grondwaterstanden en -stroming, stijghoogtes en de verdeling van zoet en zout grondwater. Een derde aspect dat wordt onderzocht, is het effect van eventuele verticale lekkage van grondwater tussen verschillende watervoerende pakketten langs funderingspalen onder het nucleaire eiland.

De effecten op het grondwater zijn beoordeeld voor:

- Effecten tijdens de bouwfase.
- Permanente effecten na aanleg van het nucleaire eiland.

De effecten worden uitgedrukt in:

- Verandering in grondwaterstanden en/of stijghoogtes.
- Veranderingen in het chloridegehalte van het grondwater.

Effecten die worden veroorzaakt door veranderingen in het grondwaterregime worden beoordeeld voor:

- Vegetatie (verdroging, verzilting).
- Gebouwen (risico op zettingsschade).
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting).
- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting).
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing).

Wat voor één aspect nadelig is, kan voor een ander beoordelingsaspect juist positief zijn. Bijvoorbeeld een grondwaterstandsverlaging kan een negatief effect op de vegetatie hebben, maar dit kan ook betekenen dat de bestaande permanente grondwaterbeheersing minder nodig is.

3.2 Waterkwaliteit

3.2.1 Europese Kaderrichtlijn Water

Het Europese Parlement en de Raad van de Europese Unie hebben op 23 oktober 2000 de EU-Kaderrichtlijn Water (KRW) vastgesteld. Het doel van de KRW is om aquatische ecosystemen te beschermen en duurzaam gebruik van water te bevorderen. Verder beoogt de KRW grondwaterverontreiniging te verminderen en de gevolgen van zowel perioden van overstroming als perioden van droogte te verminderen. Een belangrijk uitgangspunt van de KRW is het 'stand still beginsel'. Dat wil zeggen dat na het jaar 2000 geen achteruitgang van de chemische en ecologische toestand van het water mag plaatsvinden.

De KRW schrijft voor dat al het oppervlaktewater uiterlijk in 2027 in een goede chemische en ecologische toestand moet verkeren. Het watersysteem is hiervoor opgedeeld in 'waterlichamen'. Dit zijn hydrologische eenheden met een bepaalde minimum omvang. Het begrenzen van waterlichamen, de typologie en de status aanwijzing (natuurlijke, sterk veranderde of kunstmatige wateren) vormen de basis voor de uitwerking van ecologische doelstellingen. Een waterlichaam met een natuurlijke status heeft een hogere doelstelling dan een kunstmatig of sterk veranderd waterlichaam.

Op Europees niveau zijn normen voor de chemische toestand van water voor een groep prioritaire stoffen vastgelegd. Deze normen gelden uniform voor alle oppervlaktewateren en zijn in Nederland verankerd in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (Bkmw 2009).

Voor de ecologische toestand van het water moeten normen geformuleerd worden voor biologische kwaliteitselementen, hydromorfologische kenmerken, biologie-ondersteunende fysisch-chemische parameters en voor overige specifieke verontreinigende stoffen. Hiervoor zijn door de lidstaten van de EU zelf normen en doelstellingen opgesteld. De normen voor de overige chemische stoffen gelden voor alle wateren. Deze normen zijn vastgelegd in de Ministeriële regeling monitoring KRW (2010). De overige doelstellingen zijn per waterlichaam afgeleid op basis van landelijke referenties en maatlatten.

Een drietal oppervlaktewaterlichamen is gelegen binnen het plangebied of wordt potentieel beïnvloed door de voorgenoemde activiteiten:

- Waterdelen Schermerboezem-Noord⁷: uit het Noordhollandsch Kanaal, dat onderdeel uitmaakt van dit waterlichaam, wordt koelwater voor de HFR onttrokken – en in koelingsvariant K1 ook voor de PALLAS-reactor.
- Waterdelen duingebied Noord NHN⁷: duinwateren binnen het plangebied en in de omgeving daarvan kunnen, afhankelijk van de uitvoeringswijze, potentieel beïnvloed worden door grondwateronttrekkingen tijdens de bouwfase of gewijzigde stromingspatronen tijdens de exploitatiefase.
- Hollandse kust [2]: in koelingsvariant K2 wordt uit dit waterlichaam koelwater voor de PALLAS-reactor onttrokken, daarnaast wordt het opgewarmde koelwater (in beide koelingsvarianten K1 en K2) op dit waterlichaam geloosd.

Waterlichaam Waterdelen Schermerboezem-Noord

Het waterlichaam Schermerboezem-Noord loopt van het Markermeer (Schardam) naar Den Helder en kenmerkt zich als een stelsel van vaarten en kanalen, met een belangrijke scheepvaart- en boezemfunctie. Het waterlichaam wordt gevoed vanuit het Markermeer, aangevuld met regenwater en water uit de polders. Het wordt gekarakteriseerd als 'grote diepe kanalen met scheepvaart' (type M7b) met een 'kunstmatige' status.

Het Noordhollandsch Kanaal maakt onderdeel uit van dit waterlichaam. Uit dit kanaal wordt in de huidige situatie koelwater onttrokken ten behoeve van de HFR. In koelingsvariant K1 zal ook het koelwater voor de PALLAS-reactor uit het kanaal worden onttrokken. Anders dan een kleine retourstroom van het visretoursysteem vindt er geen lozing op het Noordhollandsch Kanaal plaats. Deze retourstroom dient om vissen die met het koelwater zijn ingezogen terug naar het kanaal te voeren. Dit bestaat puur uit kanaalwater, waaraan geen stoffen of warmte zijn toegevoegd.

⁷ Zie de KRW-factsheets van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, versie december 2015, te downloaden via het Waterkwaliteitsportaal (www.waterkwaliteitsportaal.nl)

Effecten op de waterkwaliteit in het Noordhollandsch Kanaal en de rest van het waterlichaam zijn niet te verwachten. Dit waterlichaam wordt daarom verder niet beschouwd.

Waterlichaam Waterdelen duingebied Noord NHN

Dit waterlichaam in de duinen tussen Petten en Den Helder bestaat uit geïsoleerde duinwateren die deels van natuurlijke oorsprong zijn en deels zijn gegraven of vergraven. Het betreft wateren binnen het beschermde Natura 2000-gebied Zwanenwater & Pettemer duinen. Deze worden gevoed met regenwater en (jong) grondwater; in droge perioden vallen sommige duinwateren droog. Het waterlichaam wordt gekarakteriseerd als 'ondiepe (matig grote) gebufferde plassen' (type M14) met een 'sterk veranderde' status.

Bemalingswerkzaamheden in de bouwfase kunnen in potentie leiden tot een (grond)waterstands daling in de omgeving. Dit kan aan de orde zijn bij het droogmalen van de bouwkuip voor het nucleaire eiland of bij sleufbemaling voor de aanleg van koelwaterleidingen door het duingebied. Afhankelijk van de mate en de tijdsduur kan dit van invloed zijn op de waterkwaliteit en de natuurwaarden van de duinwateren binnen het beïnvloedingsgebied. Dit geldt mogelijk ook als bemalingswater elders wordt geïnfiltreerd of op de duinwateren wordt geloosd. Daarnaast kunnen nieuwe objecten van invloed zijn op de grondwaterstromingspatronen. Ook dat kan in potentie leiden tot effecten op de duinwateren.

Afhankelijk van de gekozen bouw- en aanlegmethoden zal er een bepaalde hoeveelheid bemalingswater vrijkomen, bestaande uit een initiële hoeveelheid grondwater, neerslag en/of beperkte hoeveelheden lekkagewater (zie paragraaf 5.1.1). Naast het minimaliseren van de hoeveelheid te lozen water wordt hiervoor afhankelijk van de hoeveelheid en de kwaliteit van het water een passende oplossing gezocht. Daarbij valt te denken aan het infiltreren van schoon water, lozing op zee door middel van een flexibele leiding of afvoeren per as. Dit is in alle varianten oplosbaar tijdens de uitvoering. Lozing op de duinwateren is hierdoor niet nodig, waardoor significante effecten op het waterlichaam Waterdelen duingebied Noord NHN niet te verwachten zijn. Dit waterlichaam wordt daarom verder niet beschouwd.

Waterlichaam Hollandse kust

Het opgewarmde koelwater wordt geloosd op het waterlichaam Hollandse kust (zie Figuur 7), dat gedefinieerd is als een strook van 1 zeemijl (1,8 km) breed vanuit de kust. Het waterlichaam wordt gekarakteriseerd als 'polyhalien kustwater' (type K1) met een 'natuurlijke' status.



Figuur 7 Waterlichaam Hollandse kust [9]

De doelstellingen voor de Rijkswateren, waaronder het waterlichaam Hollandse kust, zijn vastgelegd in het Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2016 – 2021 (RWS, 2015).

3.2.2 Beoordeling

Beoordelingscriterium 1: (fysisch-) chemische waterkwaliteit

Aan de hand van dit criterium wordt beoordeeld in hoeverre de doelstellingen voor de (fysisch-) chemische waterkwaliteit volgens de KRW worden beïnvloed. Hieronder worden de volgende kwaliteitselementen verstaan:

- De prioritaire stoffen.
- De algemeen fysisch-chemische parameters.
- De overige specifieke verontreinigende stoffen.

De normen en doelstellingen voor deze kwaliteitselementen in het waterlichaam Hollandse kust vormt het uitgangspunt. Beoordeeld wordt of de te onderzoeken koelingsvarianten leiden tot overschrijdingen van de normen en doelstellingen voor de betreffende stoffen en parameters.

Beoordelingscriterium 2: biologische waterkwaliteit

Aan de hand van dit criterium wordt beoordeeld in hoeverre de KRW-doelstellingen voor de relevante biologische kwaliteitselementen worden beïnvloed. In het waterlichaam Hollandse kust betreft dit fytoplankton en macrofauna. Beoordeeld wordt of de te onderzoeken koelingsvarianten leiden tot effecten op de doelstellingen voor deze kwaliteitselementen voor het waterlichaam Hollandse kust.

3.3 Koelwateronttrekking en -lozing

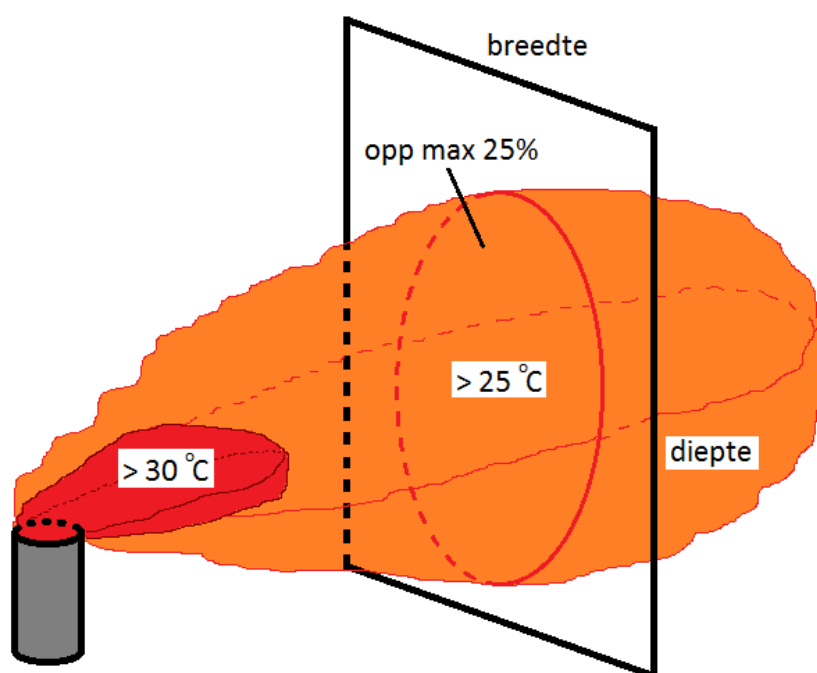
3.3.1 Waterwet

Onttrekken en lozen van koelwater heeft een vergunningplicht op grond van de Waterwet [4]. Als warm water geloosd wordt in oppervlaktewater, dan worden in de watervergunning eisen gesteld aan deze lozing om de kwaliteit van het oppervlaktewater te beschermen. Er worden onder meer eisen opgenomen over de maximale warmtevracht van het te lozen water en de hoeveelheid water dat geloosd mag worden. Tevens worden eisen gesteld aan de maximale onttrekking die er plaats mag vinden.

De koelwaterlozing in het kader van de Waterwet is vergunbaar wanneer voor het kustwater het volgende geldt [4]:

- De opwarming gemiddeld over de dwarsdoorsnede van het waterlichaam blijft beperkt tot 2°C ten opzichte van de achtergrondtemperatuur, tot een maximum van 25°C.
- De mengzone, het gebied waarin de temperatuur boven de 25°C uitstijgt, raakt de bodem niet. Als de achtergrondtemperatuur boven de 22°C ligt, geldt dit niet, omdat er dan wordt aangenomen dat de temperatuurgevoelige vissen naar kouder water zijn gemigreerd.
- De mengzone beperkt blijft tot 25% van de dwarsdoorsnede van het watersysteem.

Als hieraan wordt voldaan hoeft er voor een vergunningverlening in het kader van de Waterwet geen verder numeriek modelonderzoek te worden gedaan.



Figuur 8 Limitering van mengzone door maximale dwarsdoorsnede van de mengzone

3.4 Bodemkwaliteit

Onderstaand is een overzicht opgenomen van de beleidskaders die van toepassing zijn op het aspect Bodemkwaliteit.

3.4.1 Wet bodembescherming (Circulaire bodemsanering)

De Wet bodembescherming (Wbb) is geschreven met het oogmerk de bodem te beschermen. In de Wbb is een regeling opgenomen voor ernstig verontreinigde bodems. Op grond van de Wbb is grondverzet ter plaatse van ernstig verontreinigde locaties alleen toegestaan als hiervoor een melding ingevolge artikel 28 of een melding ingevolge het Besluit Uniforme Saneringen wordt verricht aan het bevoegd gezag. Ook geldt als voorwaarde dat wanneer sprake is van een ernstige bodemverontreiniging het grondverzet moet passen binnen een van tevoren opgesteld en door het bevoegd gezag goedgekeurd (raam)saneringsplan.

Daarom moet voorafgaand aan het grondverzet worden geverifieerd of de leverende en/of de ontvangende bodem ernstig verontreinigd is.

Het bevoegd gezag bij ingrepen in of op een ernstig verontreinigde bodem is het bevoegd gezag Wbb, in dit geval de provincie Noord-Holland. Nadat het saneringsresultaat behaald is, mag er weer grond op deze locatie nuttig worden toegepast. Daarbij moet wel worden nagegaan of dit niet in strijd is met de opgelegde gebruiksbepalingen en/of nazorgverplichtingen.

Spoedlocaties

Spoedlocaties zijn locaties waar als gevolg van de aanwezigheid van bodemverontreiniging sprake is van humane of ecologische risico's of kans is op risicovolle verspreiding van de verontreiniging in het grondwater. Op deze locaties is in de huidige situatie sprake van onaanvaardbare risico's voor de mens, het grondwater en/of ecosystemen.

Op 10 juli 2009 is het 'Convenant Bodemontwikkelingsbeleid en aanpak spoedlocaties' ondertekend [10]. Een belangrijke afspraak uit het bodemconvenant is dat de bevoegde overheden de spoedlocaties in 2015 hebben gesaneerd of tenminste de risico's hebben beheerst. Dit beleid is bestendigd met het ondertekenen van een nieuw, tweede convenant op 17 maart 2015: het Convenant Bodem en Ondergrond 2016-2020 [11].

Ernstig, niet spoedeisende locaties

Voor ernstige, niet spoedeisende locaties (geen onaanvaardbare risico's) geldt geen saneringsplicht. Wel geldt bij grondverzet, ongeacht de hoeveelheid grond die wordt ontgraven of grondwater dat wordt onttrokken, dat er per definitie sprake is van een (sanerings)handeling onder de saneringsparagraaf van de Wbb. Daaruit volgt dat een Wbb-saneringsplan of BUS-melding noodzakelijk is. Deze saneringen vinden dan plaats op initiatief van de eigenaar of andere belanghebbende met het oog op het gewenste gebruik van de bodem. Uiteindelijk moet sanering leiden tot een geschikte locatie voor (toekomstig) gebruik.

Nieuwe gevallen

Nieuwe gevallen van bodemverontreiniging, gevallen die op of na 1 januari 1987 zijn ontstaan, vallen onder de zorgplicht. Deze bepaling verplicht bij bodemverontreiniging het nemen van alle maatregelen die redelijkerwijs kunnen worden gevergd om de verontreiniging zo volledig mogelijk te verwijderen.

Niet ernstig

Sanering van een geval van niet ernstige bodemverontreiniging is wettelijk niet verplicht, met uitzondering van gevallen die vallen onder de zorgplicht. Soms kan het toch wenselijk zijn om de verontreiniging te verwijderen, bijvoorbeeld in het geval van verkoop van een terrein of het bouwrijp opleveren van een locatie.

3.4.2 Besluit bodemkwaliteit

De wet- en regelgeving voor het ontgraven en toepassen van grond en baggerspecie is geregeld in het Besluit bodemkwaliteit. Het is niet zonder meer toegestaan om grond en baggerspecie ergens te ontgraven en op een andere plaats neer te leggen of toe te passen, dit om te voorkomen dat het toepassen van grond en baggerspecie de ontvangende bodem verontreinigt en risico's vormt voor het (toekomstige) bodemgebruik.

In het Besluit bodemkwaliteit wordt voor grond en landbodem onderscheid gemaakt in vier kwaliteitsklassen (van schoon naar vies): vrij toepasbaar, klasse wonen, klasse industrie en niet toepasbaar. Voor baggerspecie en waterbodem wordt onderscheid gemaakt in: vrij toepasbaar, klasse A, klasse B en niet toepasbaar. Voor de indeling van een partij toe te passen grond dan wel baggerspecie of de ontvangende bodem in een bepaalde klasse, moeten de rekenkundige gemiddelden van alle stoffen voldoen aan de maximale waarden die horen bij de klassegrens.

Het Besluit bodemkwaliteit stelt ook producteisen aan de samenstellings- en emissiewaarden van steenachtige bouwstoffen (niet zijnde grond en baggerspecie). Bouwstoffen mogen worden toegepast in nuttige werken, zoals gebouwen, wegen en bruggen, maar moeten voldoen aan maximale emissiewaarden en samenstellingswaarden. Wanneer bouwstoffen daaraan voldoen mogen ze in de bodem worden toegepast. Voldoet de bouwstof niet aan deze waarden, dan is er sprake van een 'afvalstof'. Door breken, zeven, scheiden of reinigen kan een deel van deze afvalstof mogelijk alsnog voldoen aan de waarden die aan bouwstoffen worden gesteld.

3.4.3 Landsdekkend Beeld

In het Nationaal Milieubeleidsplan 3 (NMP3, 1997) werd door het kabinet geconstateerd dat grote delen van de Nederlandse bodem zijn verontreinigd. De aanwezigheid van de verontreiniging en de daardoor verminderde gebruiksmogelijkheden van de bodem, heeft zowel in het stedelijk als het landelijk gebied ernstige ruimtelijke en economische gevolgen, zoals het stagneren van ontwikkelingen op het gebied van de volkshuisvesting, landinrichting, infrastructuur en bedrijventerreinen. Eveneens is geconcludeerd dat de omvang van de bodemverontreiniging nog altijd niet goed in kaart is gebracht, wat als een belangrijke oorzaak van de beschreven stagnaties moet worden beschouwd. Daarom is in het NMP3 de doelstelling opgenomen om in 2005 een Landsdekkend Beeld van de bodemkwaliteit in Nederland beschikbaar te hebben.

Eind 2004 is het Landsdekkend Beeld Bodemverontreiniging (LDB) opgeleverd [12]. Het LDB is een inventarisatie - voor geheel Nederland - van locaties waar de bodem (mogelijk) verontreinigd is door (voormalige) bedrijfsactiviteiten. Uit de ruim 750.000 locaties van het LDB is een werkvoorraad van circa 425.000 (potentieel) ernstige verontreinigde locaties gedestilleerd, die moesten worden onderzocht en eventueel gesaneerd.

De verantwoordelijkheid voor het samenstellen van het LDB en het beheer van deze bodemdata ligt bij de vier grote gemeenten, 25 andere grote gemeenten en voor het overige gebied bij de 12 provincies. Deze overheden zijn het bevoegd gezag in het kader van de Wbb. De datasets die vanuit het LDB zijn samengesteld, vormen nog steeds het referentiekader voor beschikbare (historische) bodemkwaliteitsgegevens in Nederland.

3.4.4 Beoordeling

De bodemkwaliteitsgegevens, beschikbaar vanuit het bodembeleid, kunnen voor de effectbeoordeling in dit plan-MER worden geaggregeerd tot de onderstaande driedeling.

1. Autonome ontwikkeling

Als gevolg van het Convenant Bodemontwikkelingsbeleid [10] [11] kan de aanpak van spoedlocaties worden beschouwd als een autonome ontwikkeling. 'Urgente' gevallen zijn gebaseerd op een beschikking op basis van de oude Wbb (vóór 1-1-2007) en worden in het convenant gelijkgesteld met spoedlocaties. Onafhankelijk van de bodemkwaliteit is bij lopende saneringen en nazorglocaties per definitie sprake van een autonome ontwikkeling. Er zijn (aannemers)contracten ondertekend en financiën gereserveerd om de sanering uit te voeren.

2. Positief effect

Voor gevallen van ernstige bodemverontreiniging - van voor 1 januari 1987 en niet spoedeisend - geldt geen saneringsplicht en geen directe saneringsnoodzaak. Werkzaamheden op of in de bodem (bijvoorbeeld bouwen, graven of het onttrekken van grondwater) zijn echter pas toegestaan nadat het bevoegd gezag heeft ingestemd met een saneringsplan.

Verondersteld wordt dat directe sanering van de verontreiniging plaatsvindt bij ontwikkelingen die over of door (deel)locaties lopen met ernstige bodemverontreiniging. Het saneren van ernstige gevallen van bodemverontreinigingen heeft daarom een positief effect op de bodemkwaliteit.

Overigens betekent saneren niet per definitie het verwijderen van sterk verontreinigde grond. Bij immobiele grondverontreinigingen is het voorkomen van blootstelling vaak reeds voldoende als saneringsmaatregel. In dergelijke situaties is er dan 'geen effect' op de bodemkwaliteit. Op planfaseniveau zijn saneringsmaatregelen echter niet inzichtelijk. In zijn algemeenheid wordt gesteld dat het saneren van ernstige gevallen van bodemverontreinigingen leidt tot een positief effect op de bodemkwaliteit.

3. Geen effecten

Gevallen van niet-ernstige bodemverontreiniging, ontstaan voor 1 januari 1987, hoeven niet te worden gesaneerd, tenzij dat vanwege een functiewijziging noodzakelijk wordt. Bij functiewijzigingen dient te worden bekeken of de bodemkwaliteit voldoende is voor de beoogde functie. Voor de functie 'infrastructuur' is dit eigenlijk altijd het geval. Dit betekent dat niet-ernstige bodemverontreinigingen normaliter niet gesaneerd hoeven te worden en er dus ook geen sprake is van effecten.

4 HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING

4.1 Huidige situatie

De huidige situatie is per aspect in onderstaande paragrafen beschreven.

4.1.1 Grondwater

4.1.1.1 Geohydrologische bodemopbouw

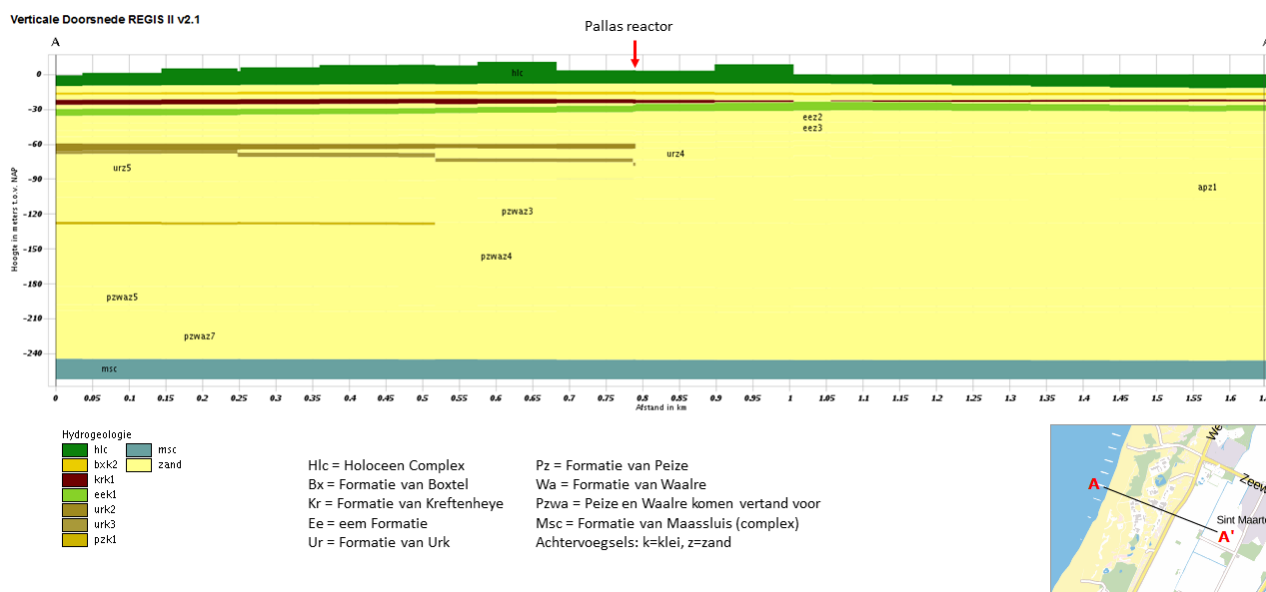
In Figuur 9 is de bodemopbouw weergegeven. De hydrogeologische basis (de geologische laag die de onderkant van het grondwatersysteem vormt) bestaat uit de tertiaire en pleistocene afzettingen van de Maassluis Formatie op een diepte van ongeveer NAP -230 m tot NAP -290 m. Deze afzettingen bestaan voornamelijk uit slecht doorlatende klei. Hierboven ligt een dikke laag goed doorlatende zandige afzettingen van de Peize en Waalre Formaties.

Vanaf circa NAP -80 m gaan deze formaties over in de Urk Formatie. Op de beoogde locatie van het nucleaire eiland komen in de Urk Formatie een aantal dunne kleilagen voor. Deze kleilagen eindigen ten oosten van de beoogde locatie van het nucleaire eiland.

Boven circa NAP -50 m komt een afwisseling voor van goed doorlatende zandlagen en slecht doorlatende kleilagen. Deze afzettingen behoren tot de Drenthe Formatie, de Eem Formatie, de Kreftenheye Formatie en de Bostel Formatie.

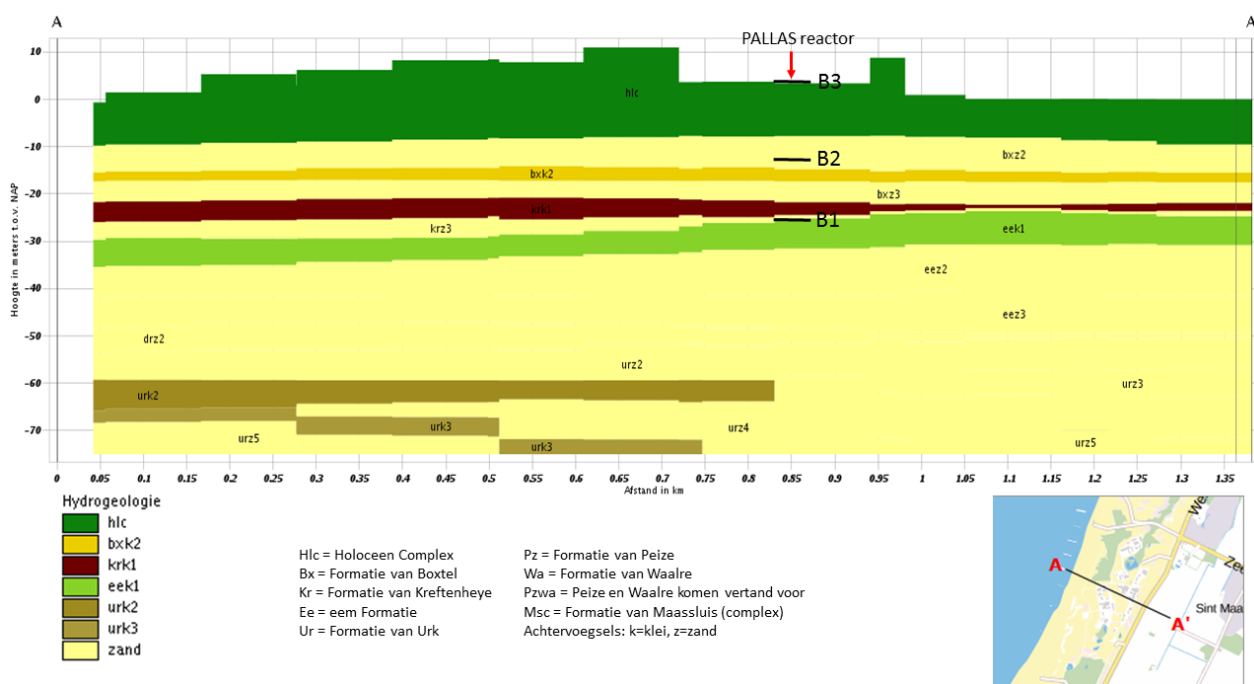
De bovenkant van de Bostel Formatie en de onderkant van de holocene deklaag vormen een scheidende laag die de bovenliggende freatische aquifer scheidt van het 1^e watervoerende pakket hieronder.

De hydraulische weerstand van de diep gelegen scheidende lagen is relatief klein (enkele honderden dagen per scheidende laag). De eerste scheidende laag die de freatische watervoerende laag van de diepere watervoerende pakket scheidt is de meest relevante scheidende laag in het kader van dit project. Deze scheidende laag, gelegen op circa NAP 0 m tot NAP -10 m, bestaat uit zandige klei en kleilig zand met lokaal ingesloten veenlagen. Met name het basisveen heeft een zeer grote hydraulische weerstand. Deze laag komt ter plaatse van de locatie van het nucleaire eiland voor met een dikte van circa 40 cm. In de omgeving varieert de dikte tussen 0 en 80 cm.



Figuur 9 Bodemopbouw

Verticale Doorsnede REGIS II v2.1



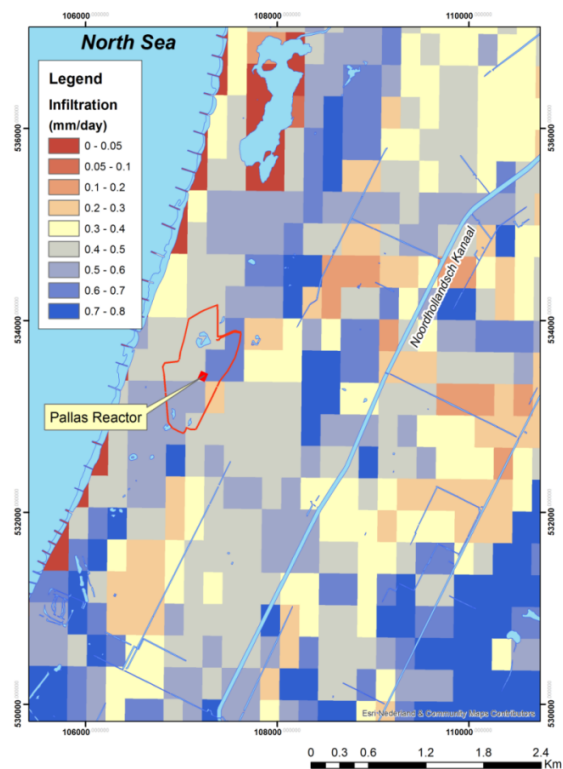
Figuur 10 Detail bodemopbouw tot NAP -75 m, met hierin de diepteligging van B1, B2 en B3 weergegeven

4.1.1.2 Grondwater

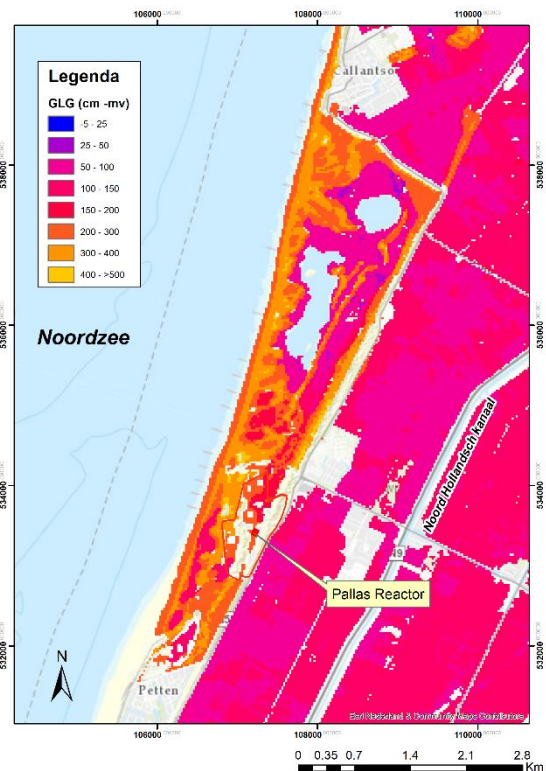
De grondwaterstroming in de watervoerende lagen beneden de freatisch watervoerende laag is van west naar oost gericht. Drainage in de Wieringermeerpolder op circa 20 kilometer ten oosten van de locatie van het nucleaire eiland veroorzaakt een verhang in stijghoogte van circa NAP 0 m aan de kust tot circa NAP -4,5 m in de polder.

Het freatisch watervoerend pakket bestaat voornamelijk uit duinzand. Infiltratie van hemelwater heeft in deze duinen een lens van zoet water gevormd, die het zoute water tot beneden de eerste scheidende laag verdringt. De freatische zoet water lens is uitermate belangrijk voor de kwaliteit van het grondwater in het duingebied en voor de duinvegetatie, vooral de vegetatie in de duinvalleien, waar kwel van zoet, carbonaatrijk water optreedt. Wanneer de freatische grondwaterstand hoog genoeg is bereikt het (zoete) freatische grondwater de laaggelegen duinvalleien en vormt daar drassige gebieden en meertjes.

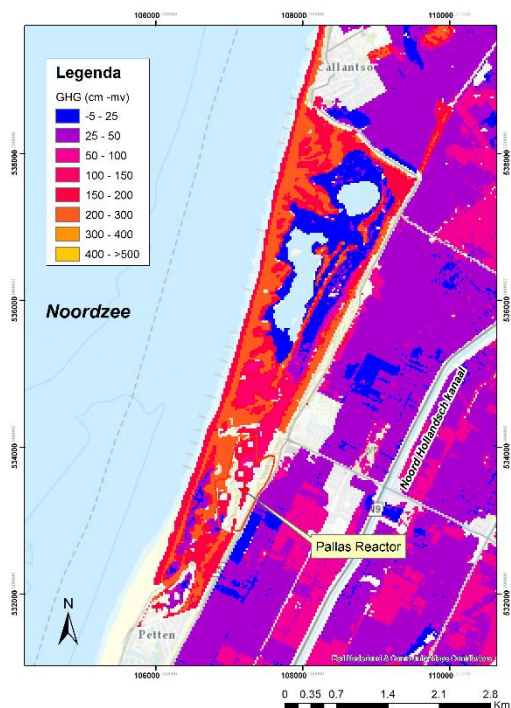
De grondwaterstanden in het duingebied variëren sterk onder invloed van neerslag en verdamping. In Figuur 11 is de berekende infiltratie weergegeven voor de periode 1998-2006 die door het nationaal grondwater model NHI (nationaal hydrologisch instrumentarium) is berekend. Deze periode wordt beschouwd als een hydrologisch representatieve periode en is gebruikt voor het beschrijven van de gemiddelde hydrologische situatie. De gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) zijn overgenomen uit Gaast et al. (2010) en weergegeven in Figuur 12 en Figuur 13.



Figuur 11 Gemiddelde infiltratie (1998-2006), gebaseerd op het NHI



Figuur 12 GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) volgens Gaast et al. (2010) in cm beneden maaiveld (cm-mv)



Figuur 13 GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) volgens Gaast et al. (2010) in cm beneden maaiveld (cm-mv)

4.1.1.3 Verdeling zoet en zout grondwater

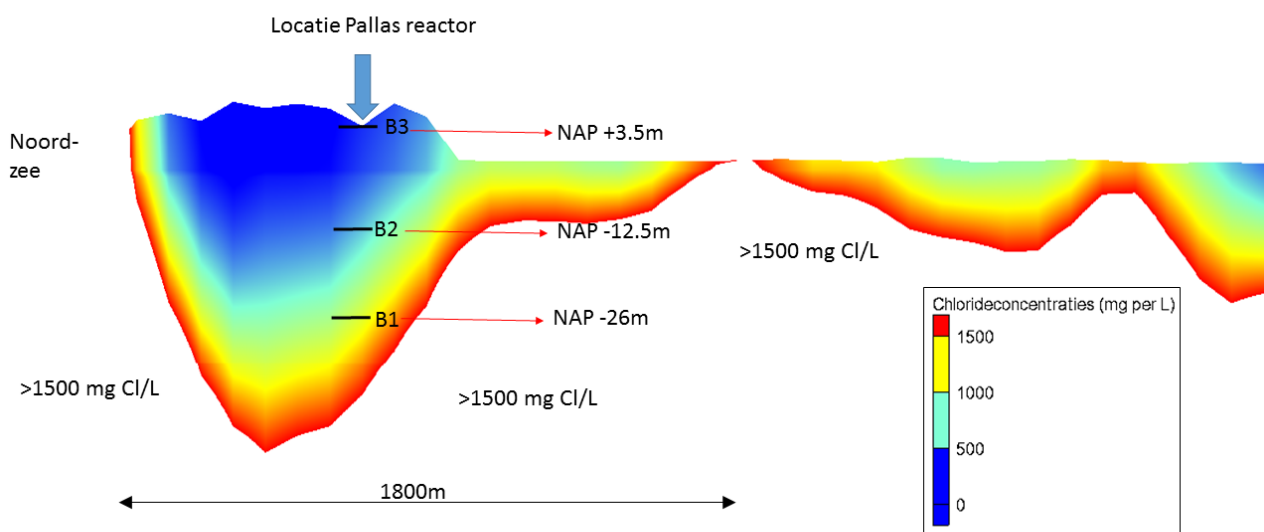
Wat betreft de kwaliteit van het grondwater is het zoutgehalte de meest belangrijke parameter. Het zoutgehalte is van invloed op het fysische gedrag van het grondwater (dichtheidsstroming) en is van belang voor de ecologie en de landbouw. Zout water is aanwezig in het 1^e watervoerende pakket in het agrarisch gebied tussen het duingebied en het Noordhollandsch Kanaal, ten oosten van de locatie van het nucleaire eiland.

Onder de duinen ligt het grensvlak tussen zoet/brak en zout grondwater op veel grotere diepte, tot tientallen meters beneden NAP. Fugro [5] heeft in drie boorgaten (BH1, BH2 en BH3) ter plaatse van het beoogde het nucleaire eiland 11 peilbuizen op diverse dieptes geplaatst. Deze boorgaten liggen enkele tientallen meters van elkaar. De chlorideconcentraties zoals gemeten in deze peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Chlorideconcentraties in het grondwater ter plaatse van het nucleaire eiland [5]

Diepte	Chlorideconcentratie	Classificatie	Peilbuis
NAP -0.65m	210mg/L	Brak	BH3PB3
NAP -14.67m	240mg/L	Brak	BH3PB2
NAP -18.77m	700mg/L	Brak	BH2PB2
NAP -18.76m	840mg/L	Brak	BH1PB2
NAP -32.71m	1200mg/L	Brak	BH3PB1
NAP -43.79m	4700mg/L	Zout	BH1PB1

Het grensvlak tussen zoet (chlorideconcentratie <150 mg/L) en brak (chlorideconcentratie tussen 150 en 1500 mg/L) ter plaatse van het nucleaire eiland ligt hoger dan NAP-0.65 m. Het grensvlak tussen brak en zout (chlorideconcentratie >1500 mg/L) ligt naar verwachting iets dieper dan NAP -32.71 m.



Figuur 14 Doorsnede chlorideconcentraties grondwater ter plaatse het nucleaire eiland Grondwateronttrekkingen

De grondwateronttrekkingen die binnen het modelgebied aanwezig zijn, zijn overgenomen uit het aangeleverde Fugro model [5]. Het betreft een monobron op circa 500 m ten noorden van het geplande het nucleaire eiland met een filterdieptes van NAP -63 tot -79 m en van NAP -115 tot -134 m. Er wordt maximaal 45 m³ per uur via één filter onttrokken en, na passage door een warmtewisselaar, via het andere filter geïnfilteerd.

Vanwege het drooghouden van (kelders en) gebouwen (gebouwen 13, 201 en 204) en leidingen wordt, indien de grondwaterstand daartoe aanleiding geeft, grondwater opgepompt en weer in de vijver op het terrein geloosd. De maximum toegestane onttrekking bedraagt 30 m³ per uur. In 2013, 2014 en 2015 waren de totaal onttrokken hoeveelheden respectievelijk 9432, 5709 en 1490 m³ (ECN, VGM Jaarverslagen 2013, 2014 en 2015).

In 2012 is een lekkage van tritium houdend water naar het grondwater geconstateerd. In 2013 werd 1.200 m³ met tritium verontreinigd grondwater opgepompt en afgevoerd. In 2014 is door het ministerie van Economische Zaken een interventiebeschikking voor de definitieve sanering afgegeven. Deze sanering werd in twee fasen uitgevoerd: verwijdering van de 'hot spots' door onttrekking van maximaal 15 m³ per dag via twee putten en een totaal van 21.900 m³ in de eerste fase. Van 2014 tot 2019 wordt in de tweede fase via één put totaal 5.110 m³ grondwater onttrokken.

Het opgepompte grondwater wordt opgevangen in een buffertank. De inhoud van deze tank wordt regelmatig met een tankwagen afgevoerd naar het DWT waar het op een vloeistofdichte vloer volgens de routinematige procedure wordt verpompt naar de bassins van het waterbehandelingsgebouw. De sanering wordt in 2019 beëindigd.

Inmiddels is het herziene interventiebesluit van de Minister van Infrastructuur en Milieu van 4 mei 2017 van kracht. Vanwege het herziene interventiebesluit van de minister zal de grondwateronttrekking worden beëindigd.

4.1.1.4 Neerslagoverschot

In de kalibratieperiode 1996 tot en met 2005 ligt het neerslagoverschot op basis van de nabijgelegen klimaatstations Petten (neerslag), Callantsoog (neerslag) en De Kooy (verdamping) tussen 0,6 en 0,7 mm per dag. In de vijf voorafgaande jaren ligt dit neerslagoverschot rond de 0,8 mm/dag. Het neerslagoverschot in de periode 1991 tot en met 1995 is mogelijk van invloed op de stijghoogte van het grondwater in de eerste jaren van de kalibratieperiode 1996 tot en met 2005. In grote delen van het duingebied wordt minder verdamping verwacht dan in de klimaatstations wordt gemeten, omdat de grondwaterstand in het duingebied zich grotendeels op meerdere meters beneden maaiveld bevindt. In de lagere delen van het duingebied, waar de grondwaterstand dichtbij het maaiveld staat of het grondwater oppervlaktewater voedt, kan juist meer verdamping optreden. Als startwaarde voor de kalibratie van het grondwatermodel is gekozen voor een neerslagoverschot van 0,8 mm per dag voor het landdeel van het modelgebied. Ter plaatse van de zee is geen neerslagoverschot gemodelleerd.

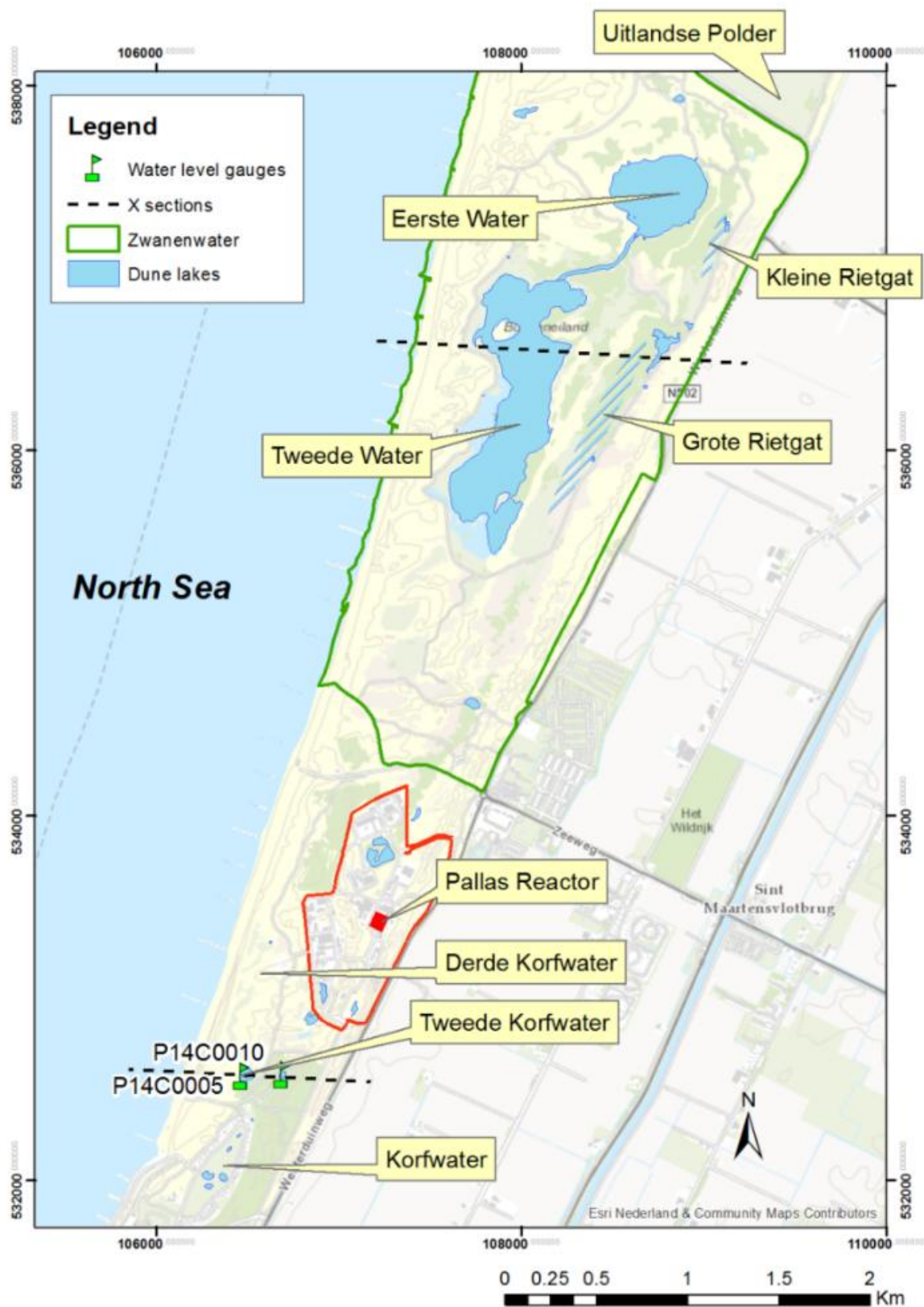
4.1.2 Oppervlaktewater

Oppervlaktewater kan ingedeeld worden naar natuurlijk oppervlaktewater en door mens ingericht oppervlaktewater. Het natuurlijk oppervlaktewater bestaat in de omgeving van de locatie van het nucleaire eiland uit de Noordzee en uit een aantal duinmeren. De ligging van dit oppervlaktewater is weergegeven in Figuur 15.

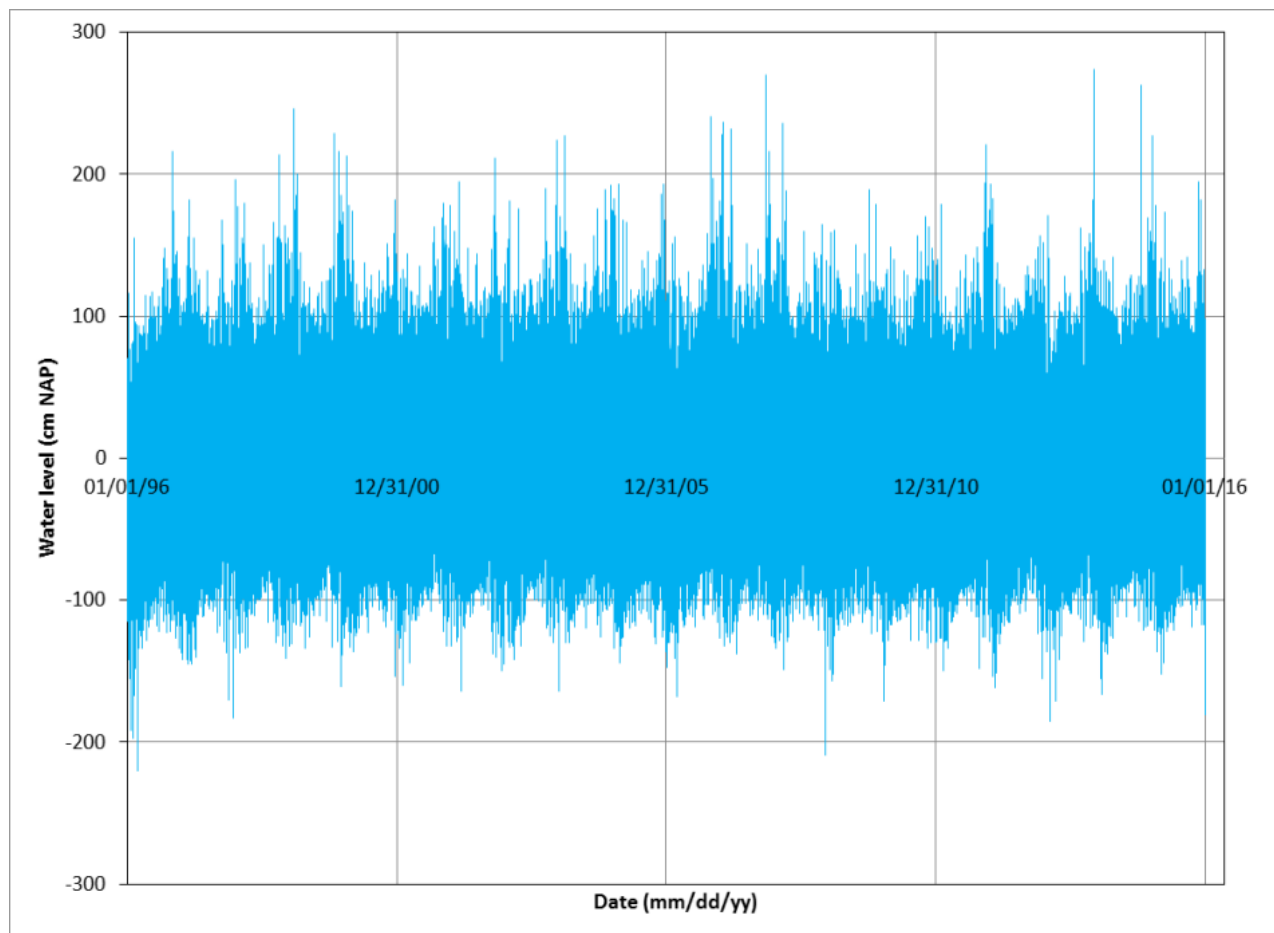
Noordzee

De locatie van het nucleaire eiland is gelegen op circa 750 m afstand vanaf de kustlijn. De diepte van de zeebodem neemt geleidelijk toe in westelijke richting en bereikt een diepte van 25 m op circa 25 km vanuit de kustlijn. Het dichtstbijzijnde waterstand meetstation is Petten-Zuid op circa 1 km vanuit de kustlijn.

De zeewaterniveaus van de afgelopen 20 jaar zijn weergegeven in Figuur 16. Het gemiddelde waterniveau in 2015 bedraagt NAP +0,05 m. De 2015 5^{de} en 95^{ste} percentielen van het zeewaterniveau waren respectievelijk NAP -0,91 m en NAP +0,96 m.



Figuur 15 Ligging van de Noordzee en de duinmeren in de omgeving van de locatie van het nucleaire eiland



Figuur 16 Noordzee waterstanden, gemeten door meetstation Petten-Zuid [6]

Het zeewater bevat voornamelijk opgeloste zouten. Bijna 70% van deze zouten bestaat uit natriumchloride (NaCl). De overige 30% bevat voor een groot deel uit chlorides (voornamelijk magnesium- en calciumchlorides). De chloride concentratie wordt daarom beschouwd als een geschikte maat voor het totale zoutgehalte van het zeewater. De zoutconcentratie in de Noordzee varieert als gevolg van het percentage rivierwater dat met het zeewater mengt. Omdat de afvoer van de rivieren afhankelijk is van het seizoen, is ook de verdeling van de zoutconcentratie afhankelijk van het seizoen.

De zoutconcentratie nabij de kust is circa 30 g/l. Chloride concentraties zijn in de periode 1975-1983 gemeten door de meetstations Callantsoog en Egmond aan zee. Het gehalte totaal opgeloste stoffen voor deze stations was respectievelijk 30,6 en 29,4 g/l. De corresponderende chlorideconcentraties waren 17248 en 16488 mg/l [6]. Het overige deel van de opgeloste stoffen bestaat grotendeels uit de kationen van de chloridezouten (Na, Mg en Ca).

Duinmeren

De twee grootste meren in het duingebied zijn het Eerste Water en het Tweede Water. Beiden zijn gelegen in het natuurgebied Zwanenwater ten noorden van de PALLAS-reactor locatie (Figuur 15). De waterpeilen in beide meren variëren tussen NAP +2,4 m en NAP +2,8 m. Het Eerste Water en het Tweede Water staan met elkaar in verbinding waarbij water vanuit het Tweede water richting het Eerste Water kan stromen. Volgens het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is er in het verleden, ten oosten van het Zwanenwater langs de Westerduinweg, een damwand geplaatst om kwel naar de landbouwpercelen te beperken.

Het waterniveau van beide meren wordt duidelijk bepaald door de verhouding tussen neerslag, verdamping en de hoeveelheid grondwater die naar de Noordzee en naar de polders ten oosten van het duingebied stroomt. Tijdens zeer hoge waterstanden kan nutriëntrijk water vanuit de meren naar de oostelijk gelegen duinvalleien stromen. Om deze toestroom te beperken, worden de meren gedraineerd wanneer de waterpeilen gedurende langere tijd boven NAP +2,7 m uitkomen. Het water wordt afgevoerd naar de Uitlandse polder ten noorden van het Eerste Water.

De duinmeren en de kleinere wateren zijn voornamelijk grondwater gevoed door het freatisch grondwater in de omliggende duinen. Dit blijkt ook uit de waterkwaliteit. Chlorideconcentraties in het Eerste en Tweede Water liggen tussen de 120 en 160 mg/l. In het natuurgebied Zwanenwater wordt carbonaatrijk en ijzerrijk kwelwater aangetroffen.

Noordhollandsch Kanaal, waterlopen en drainage

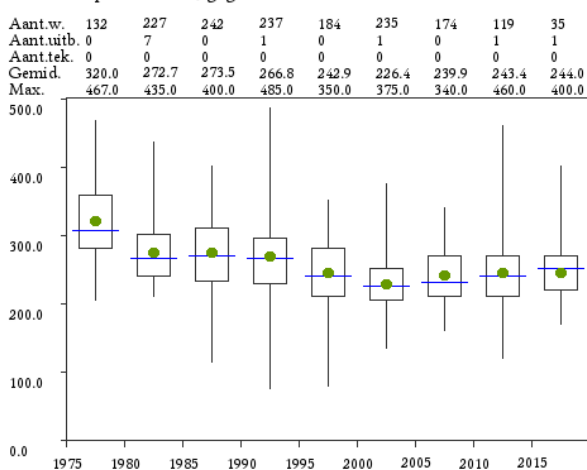
Ten oosten van het duingebied ligt relatief laaggelegen land (NAP +0,5 m tot NAP -0,5 m) dat intensief wordt ontwaterd door een systeem van waterlopen en drainage. De landbouwpercelen worden naar verwachting gedraineerd door drains op een diepte van 1,1 m-mv. Drainagebuizen en tertiaire waterlopen draineren deze landbouwpercelen. De secundaire waterlopen verzamelen dit drainagewater en transporteren dit naar de primaire waterlopen. De primaire waterlopen hebben een meer regionale functie in het watertransport.

De waterpeilen worden gereguleerd door een stelsel van syphons, stuwen en gemalen. De waterpeilen in de secundaire en tertiaire waterlopen variëren per gebied en per seizoen (winterpeil of zomerpeil).

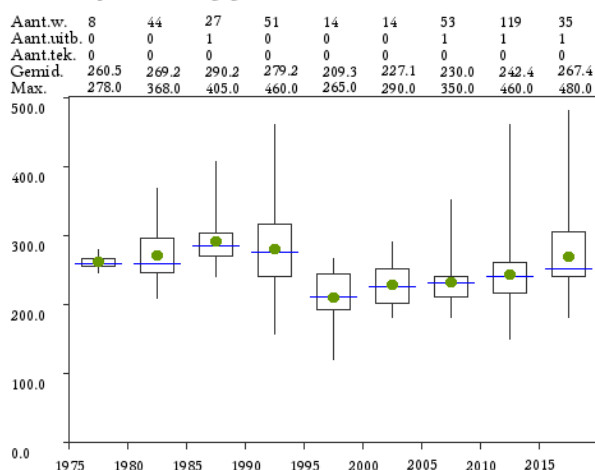
Het Noordhollandsch Kanaal is de grootste watergang in het gebied. Dit kanaal komt in het zuiden uit in het IJ in Amsterdam en in het noorden uit in de Waddenzee bij Den Helder. Het kanaal is circa 35 m breed en het waterpeil bedraagt circa NAP -0,50 tot NAP -0,55 m. De waterdiepte bedraagt circa 3,5 tot 3,7 m.

Metingen van de chlorideconcentratie van het kanaalwater bij de Burgervlotbrug en Sint Maartensvlotbrug zijn weergegeven in Figuur 17. De gemiddelde chlorideconcentratie van het kanaalwater ter plaatse van deze twee meetpunten ligt tussen circa 240 en 280 mg/l. Er komen uitschieters naar boven voor tot 480 mg/l.

Chloride-mg/l-NVT bij: N-H kanaal t.p.v. Burgervlotbrug
Code meetpunt: 135301, gegevens uit alle maanden



Chloride-mg/l-NVT bij: N-H Kanaal tpv St. Maartensvlotbrug
Code meetpunt: 135302, gegevens uit alle maanden



Figuur 17 Statistieken van de chloride concentraties in het Noordhollandsch Kanaal tussen 1975 en 2016. Per periode van 5 jaar geven de verticale lijnen de minimale en maximale concentratie weer. De rechthoeken geven de 75 percentiel waarden. De groene stip is het gemiddelde, de blauwe lijn de mediaan [13].

4.1.3 Waterkwaliteit

De huidige kwaliteitstoestand van de Rijkswateren is vastgelegd in de KRW-factsheets, die onderdeel uitmaken van het Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2016 – 2021 [2]. De huidige beoordeling van de waterkwaliteit van het waterlichaam Hollandse Kust is samengevat in Tabel 5.

Tabel 5 Huidige beoordeling waterkwaliteit waterlichaam Hollandse kust [14]

Kwaliteitselement	Doel	Oordeel 2015	Toelichting
Ubiquitaire prioritaire stoffen ⁸	Normen Bkmw 2009	Voldoet niet	Normoverschrijding benzo(ghi)peryleen en tributyltin
Niet-ubiquitaire prioritaire stoffen	Normen Bkmw 2009	Voldoet	Geen norm-overschrijdingen
Specifieke verontreinigende stoffen	Normen Regeling monitoring KRW	Voldoet niet	Normoverschrijding zilver
Algemeen fysisch-chemische parameters • Winter DIN • Temperatuur (max) • Zuurstofverzadiging	$\leq 0,46 \text{ mg N/l}$ $\leq 25 \text{ °C}$ $\geq 60\%$	Ontoereikend	DIN ⁹ (opgelost anorganisch stikstof ontoereikend, temperatuur en zuurstof goed)
Fytoplankton	EKR ¹⁰ $\geq 0,60$	Goed	
Macrofauna	EKR $\geq 0,60$	Matig	

Zoals Tabel 5 laat zien voldoen de meeste van de kwaliteitselementen in de huidige situatie nog niet aan de daarvoor geldende normen en doelstellingen. Uitzonderingen daarop zijn fytoplankton en de niet-ubiquitaire prioritaire stoffen. Voor de overige kwaliteitselementen die behoren tot het criterium (fysisch-chemische) waterkwaliteit verhinderen de concentraties van enkele stoffen het voldoen aan de normen en doelstellingen. Binnen de groep van biologische kwaliteitselementen voldoet alleen macrofauna niet aan de doelstellingen. Voor overige waterflora en vis gelden binnen de KRW-systematiek geen doelstellingen voor kustwateren.

Voor de toetsing van de lozing van stoffen via het koelwater zijn de huidige concentraties van actief chloor (vrij beschikbaar chloor / FO) en de belangrijkste omzettingproducten (chloroform en bromoform) relevant. Deze zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Achtergrondconcentraties actief chloor, chloroform en bromoform

Stof	Achtergrondconc. Noordzee	Bron
Vrij beschikbaar chloor (FO)	0,0 µg/l	N.v.t. (het hoogreactieve FO wordt direct omgezet in andere verbindingen)
Trichloormethaan (chloroform)	0,011 µg/l	Meetgegevens Rijkswaterstaat ¹¹
Tribroommethaan (bromoform)	0,011 µg/l	Meetgegevens Rijkswaterstaat ¹¹

⁸ 'Alomtegenwoordige' stoffen: stoffen die niet meer geloosd worden, maar waarvan nog lange tijd normoverschrijding door nalevering uit het systeem te verwachten is.

⁹ DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen.

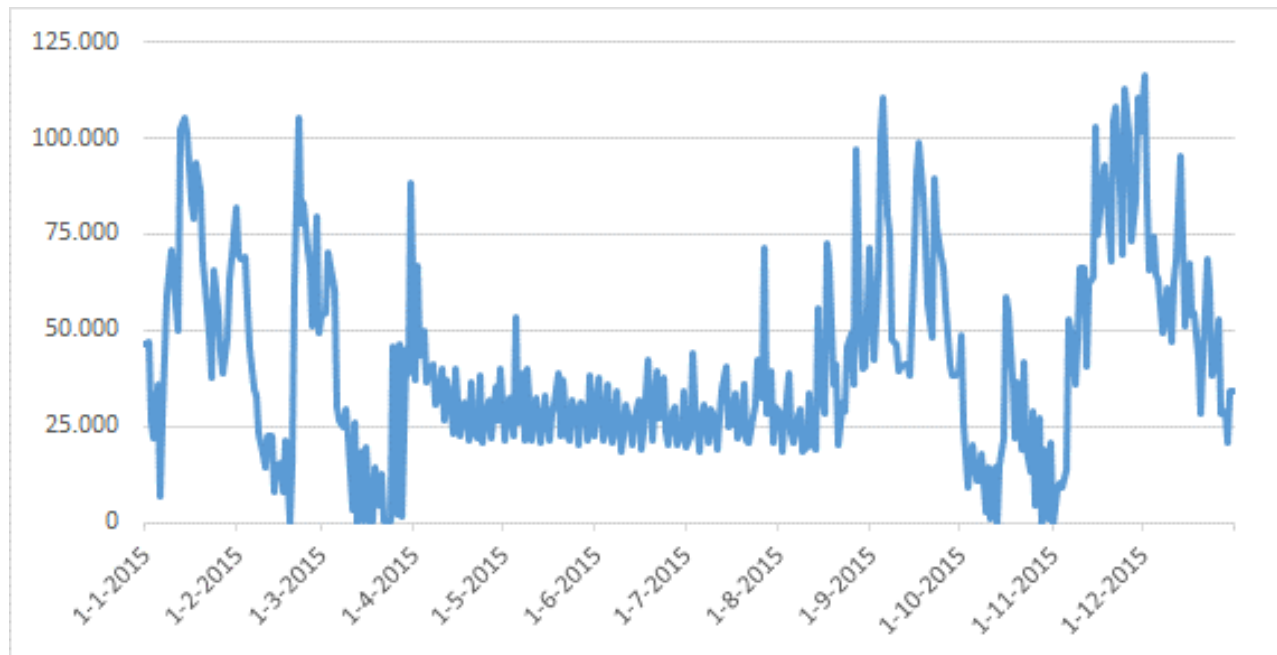
¹⁰ Ecologisch kwaliteitsratio: maat voor de biologische kwaliteit tussen 1 (maximaal) en 0 (minimaal).

¹¹ De achtergrondconcentratie van chloroform en bromoform in de Noordzee is afgeleid van meetgegevens van Rijkswaterstaat. Voor chloroform zijn deze gedownload van <http://live.waterbase.nl> [6]. Voor beide stoffen is het gemiddelde berekend van de gemeten concentraties op de meetlocatie 'Noordwijk 2 km uit de kust'. Voor chloroform zijn hiervoor de beschikbare meetwaarden over de periode 2009 t/m 2014 gebruikt. Voor bromoform zijn de verstrekte gegevens over de periode januari 2014 t/m juni 2016 gebruikt. Waarden lager dan de detectielimiet zijn meegerekend als 'halve waarde van de detectielimiet' ($< 0,01 \text{ µg/l} = 0,005 \text{ µg/l}$).

4.1.4 Koelwateronttrekking en -lozing

4.1.4.1 Koelwateronttrekking

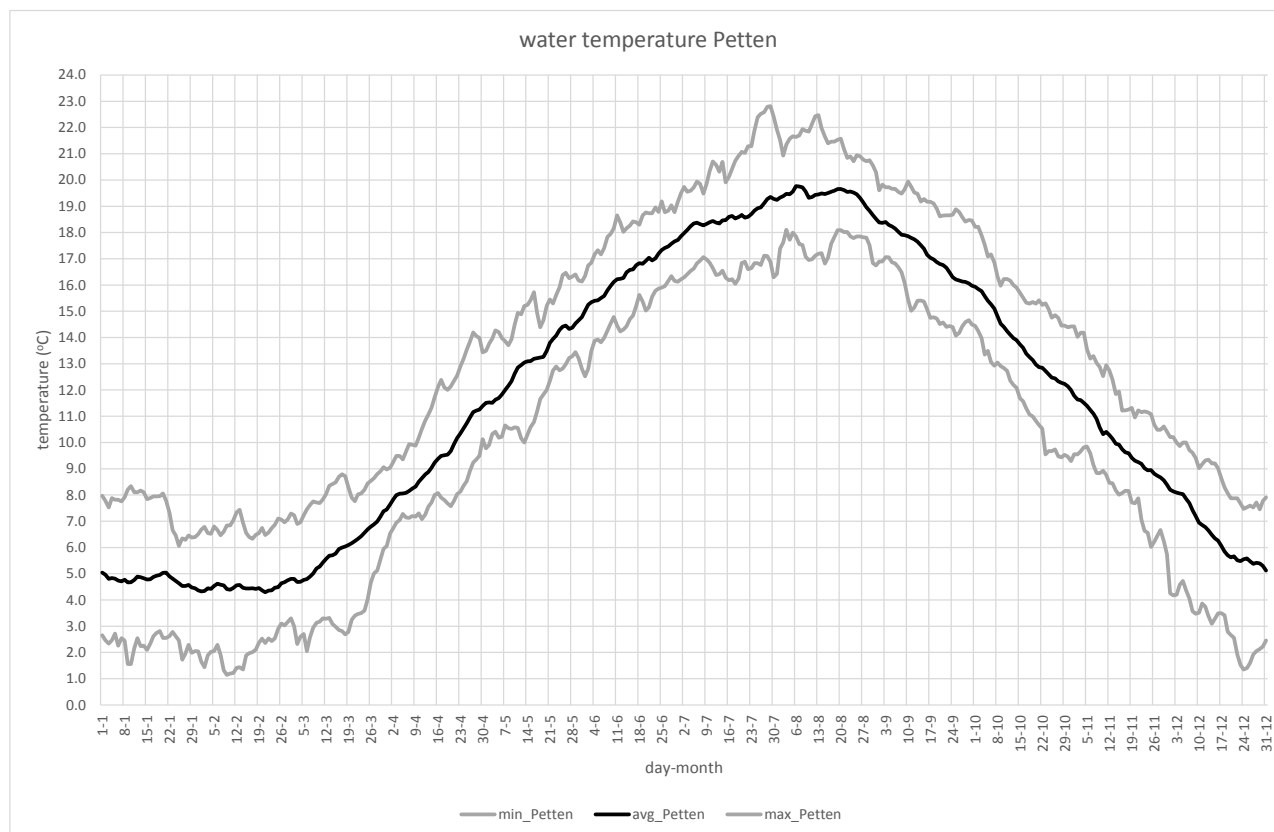
De HFR onttrekt momenteel 3125 m³/uur aan het Noordhollandsch Kanaal. In Figuur 18 is de daggemiddelde afvoer van het Noordhollandsch Kanaal weergegeven ter hoogte van het zoekgebied. Gezien het enorme volume aan water in de Noordzee, zijn er geen beperkingen van beschikbaarheid voor eventuele koelwateronttrekking, dus dit is hier niet verder beschreven. Wel is relevant de zoetwatervoorraad en beschikbaarheid van zoet water uit het Noordhollandsch Kanaal, in relatie tot koelvariant K1.



Figuur 18 Daggemiddelde afvoer (in m³/uur) van het Noordhollandsch Kanaal ter hoogte van het zoekgebied

4.1.4.2 Koelwaterlozing

De watertemperatuur bij Petten varieert over het jaar en van jaar tot jaar. Deze variatie is afgeleid vanuit de beschikbare metingen bij Den Helder veersteiger (ongeveer 20 km in noordelijk richting) en IJmuiden buitenhaven (ongeveer 35 km ten zuiden van Petten), zie Figuur 19. De temperatuur varieert in de winter tussen de 1 en 7 °C, met een gemiddelde van 4,5 °C (Figuur 19). In de zomer varieert de temperatuur tussen de 17 en 23 °C, met een gemiddelde van 20 °C (Figuur 19). Het water wat door de HFR wordt onttrokken uit het Noordhollandsch Kanaal wordt momenteel geloosd op de Noordzee bij Petten.



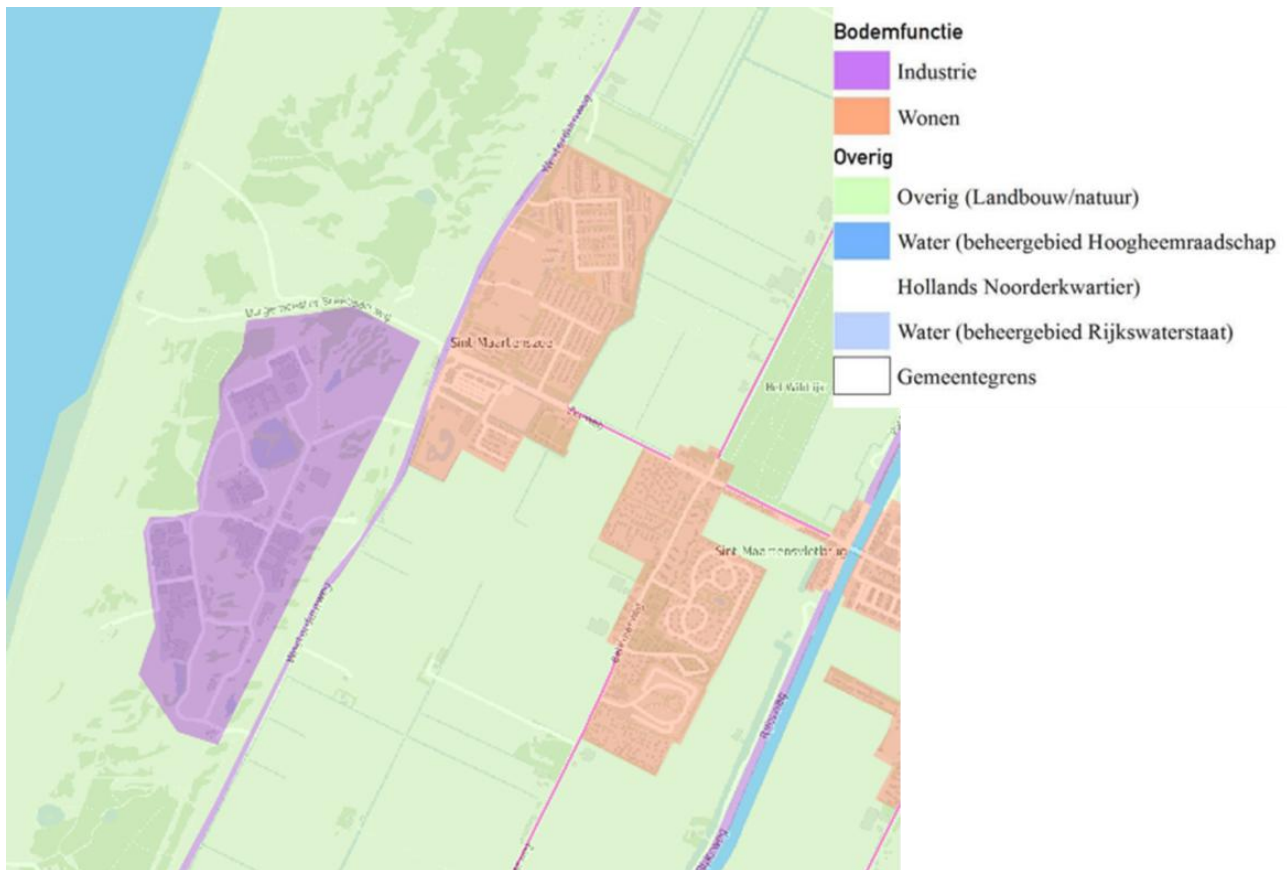
Figuur 19 Gemiddelde, minimale en maximale zeewatertemperatuur per dag (resp. avg_Petten, min_Petten en max_Petten) bij Petten, geanalyseerd over de periode 2000-2012, gebaseerd op interpolatie van meetgegevens RWS stations Den Helder veersteiger en IJmuiden buitenhaven

4.1.5 Bodemkwaliteit

Het 'Terrein Energieonderzoek Centrum Nederland in Petten (plangebied) is in de Nota bodembeheer regio Kop van Noord-Holland [8] uitgesloten van gebiedsspecifiek beleid. Het plangebied maakt daardoor geen deel uit van de bodemkwaliteitskaart en voor de locatie geldt het generieke kader van het Besluit bodemkwaliteit.

Dit betekent dat de kwaliteit van toe te passen grond of baggerspecie enerzijds moet voldoen aan de maximale waarden van de functie die voor de ontvangende bodem is aangegeven op de bodemfunctieklassenkaart. Anderzijds moet de kwaliteit van de ontvangende bodem worden onderzocht om vast te stellen of de kwaliteit van de toe te passen grond of baggerspecie van een betere of vergelijkbare kwaliteit is. De uiteindelijke toepassingseis is afhankelijk van de strengste eis van deze dubbele toets.

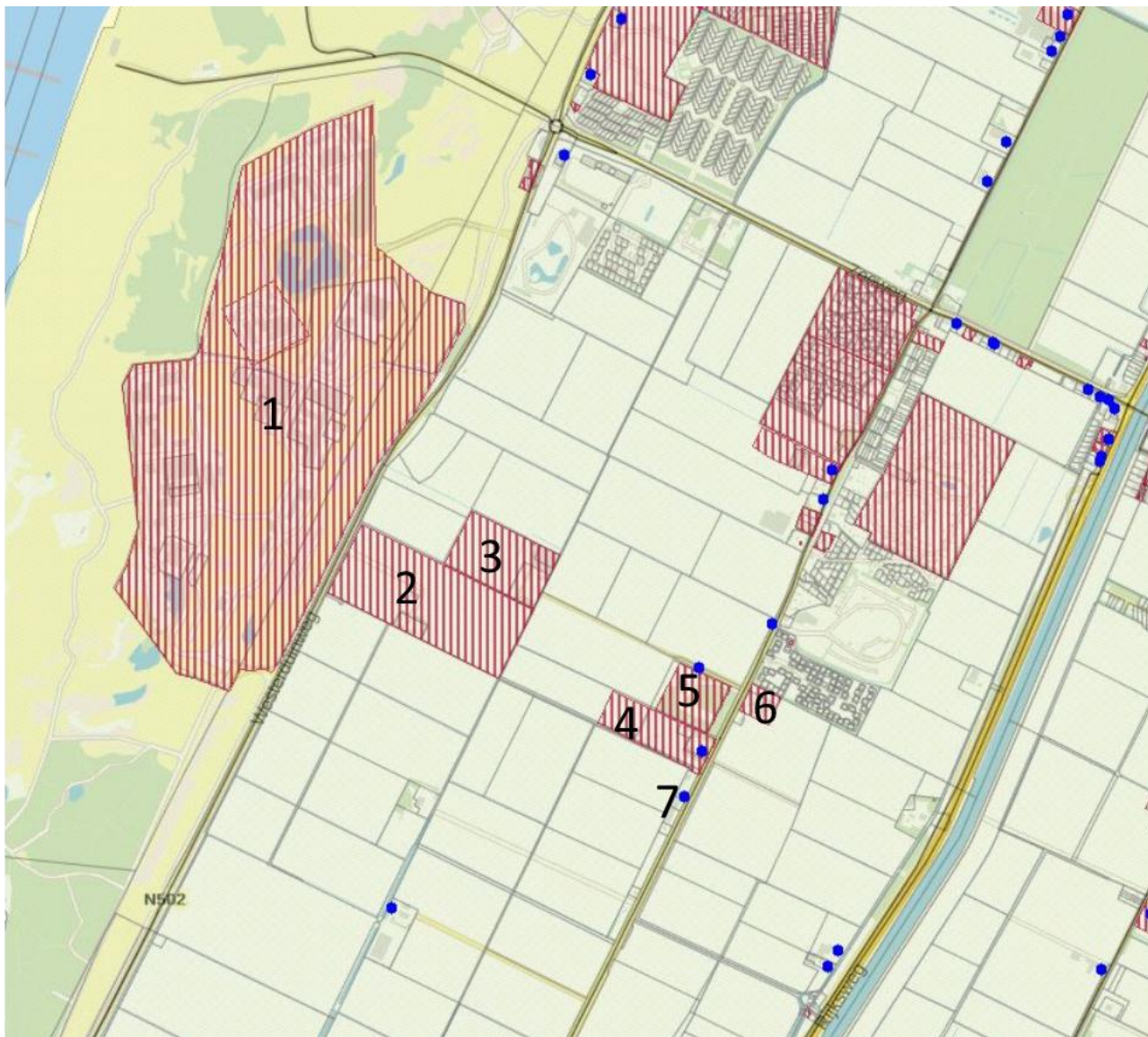
De functie van het plangebied is klasse 'Industrie', zoals blijkt uit Figuur 20.



Figuur 20 Bodemfunctieklassen plangebied en omgeving [7]

4.1.5.1 Bodemverontreinigingen

Figuur 21 toont de locaties waarvan bodemkwaliteitsgegevens beschikbaar zijn bij de Regionale Uitvoeringsdienst Noord-Holland Noord.



Figuur 21 Geregistreerde bodemlocaties Regionale Uitvoeringsdienst Noord-Holland Noord

In Bijlage 5 is gedetailleerde beschrijving per locatie opgenomen. Hieronder wordt per deelgebied de informatie van de bodemkwaliteitsgegevens samengevat tot de actuele verontreinigingsstatus.

Het nucleaire eiland Voor dit deelgebied is Bodemlocatie 1 (Westerduinweg 3 Petten) relevant. Er is voor deze locatie veel bodeminformatie beschikbaar, omdat er (verplichte) bodemonderzoeken zijn uitgevoerd in verband met:

- Ver- en nieuwbouw op het terrein.
- Aanvragen (revisie)vergunningen in het kader van de Wet Milieubeheer.
- Vervolgonderzoek vanwege geconstateerde verontreinigingen.

In 2006 zijn tijdens een verkennend en aanvullend bodemonderzoek, in combinatie met een asbestonderzoek, twee gevallen van ernstige bodemverontreiniging vastgesteld, die (nog) niet zijn gesaneerd:

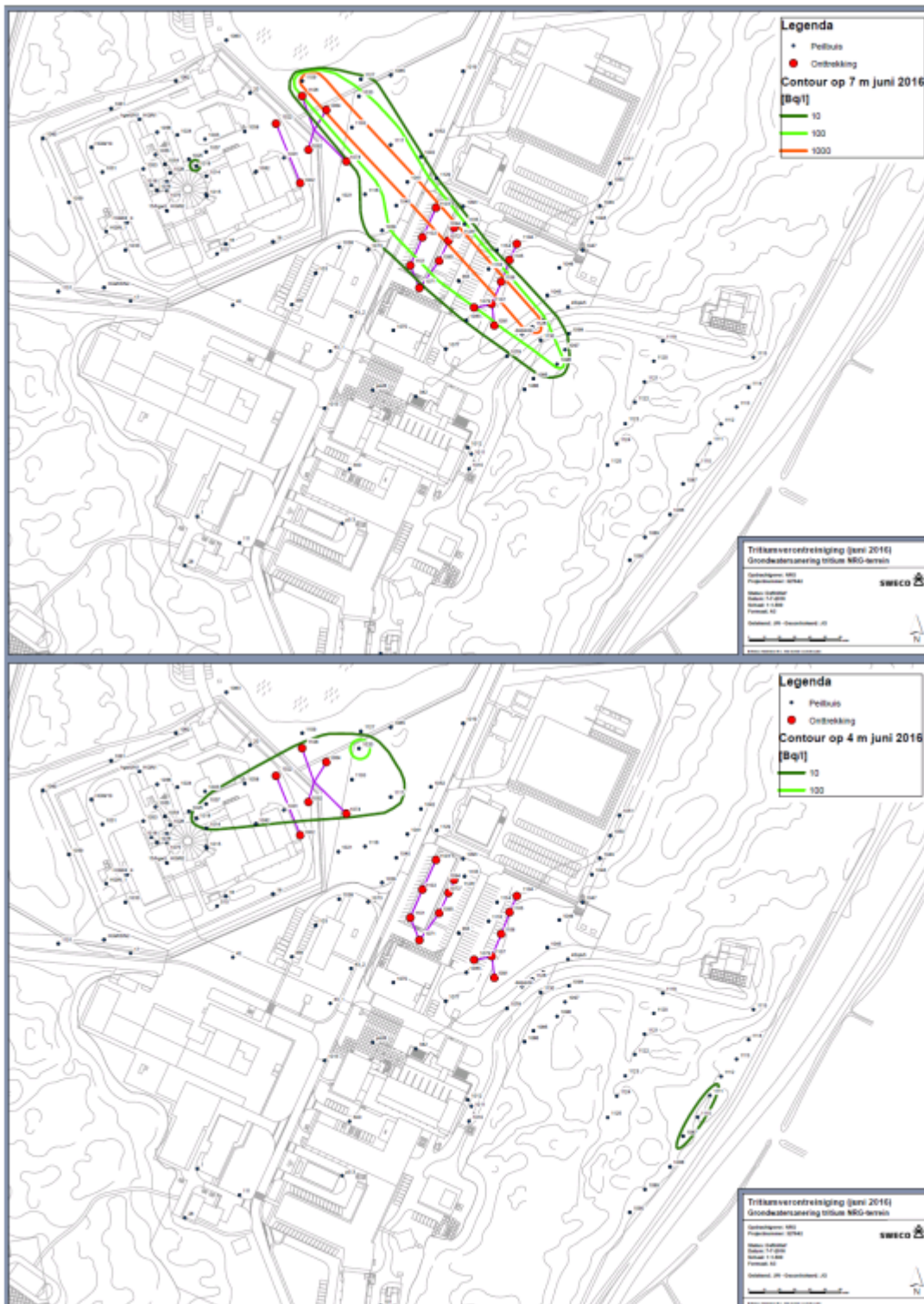
1. Een ernstige grondverontreiniging met koper en zink (42 m^3), rondom de HFR, vermoedelijk veroorzaakt door het gritstralen van de HFR.
2. Tussen gebouw 102 en 104 is zowel de bovengrond als de ondergrond verontreinigd met asbest. De gewogen asbestconcentratie overschrijdt ruim de interventiewaarde voor asbest van 100 mg/kg .

Uit een uitgevoerde risicobeoordeling blijkt dat bij het huidige gebruik van de locatie er geen sprake is van onaanvaardbare risico's als gevolg van de bodemverontreiniging. Er is daardoor geen saneringsnoodzaak.

Beide gevallen van bodemverontreiniging zijn gesitueerd op het NRG-terrein en bevinden zich derhalve buiten de invloedssfeer van de ingrepen die voorzien zijn voor de realisatie van het nucleaire eiland. Het betreft immobiele grondverontreinigingen betreft.

In de overige bodemonderzoeken zijn geen actuele gevallen van ernstige bodemverontreiniging geconstateerd (die nog niet gesaneerd zijn). Plaatselijk is er soms wel sprake van lichte tot sterke verontreiniging. In Bijlage 4 is een lijst van alle beschikbare bodemrapporten opgenomen die op de locatie zijn uitgevoerd.

In 2012 zijn sterk verhoogde concentraties tritium gemeten in het grondwater in de bodem bij de HFR en daarbuiten. De tritiumverontreiniging van het grondwater was het gevolg van een lekkage in een transportleiding. Hierdoor werd water uit het primaire systeem van de HFR naar een opslagtank gevoerd. Deze lekkage is inmiddels gedicht en sinds februari 2013 vindt sanering van de 'tritiumpluim' plaats. De sanering staat onder toezicht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). Via periodieke monitoring wordt de actuele 'tritiumpluim' in beeld gebracht, zoals weergegeven in Figuur 22.



Figuur 22: Tritiumpluim juni 2016, A (boven) op 7 meter diepte en B (onder) op 4m diepte (bron: RIVM Briefrapport 2017-0103. Tritium besmetting in Petten en mogelijke risico's voor de omgeving)

Herziene interventiebeschikking tritium¹²

Uit metingen met behulp van het grondwatermonitoringsnetwerk blijkt de tritiumverontreiniging zich anders te verplaatsen dan op basis van eerdere simulaties was verwacht. Zowel de grondwaterstroming als het effect

¹² Zie bijlage 6: Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming. Herzienie interventiebeschikking tritium, 4 mei 2017 (ANVS-2017/4691) en eventueel RIVM Briefrapport 2017-0103. Tritium besmetting in Petten en mogelijke risico's voor de omgeving.

van de tritiumsanering op de verplaatsing van de tritiumverontreiniging blijken anders dan gedacht. Waar de besmetting begin 2013 nog nabij de HFR-installatie gesitueerd was, is het hart van de pluim door de saneringsmaatregelen en de grondwaterstroming inmiddels nog maar beperkt meetbaar nabij de HFR en worden de zwaarste besmettingen gemeten op een diepte van 7m in een contour die los is van de HFR (zie Figuur 22). De hoogste besmettingsniveaus in het grondwater op 7m diepte bevinden zich ten noordoosten van de HFR, nabij de Rietplas, en bedragen 20-30.000 Bq/L. De pluim strekt zich van daaruit naar het zuidoosten uit met lager wordende concentraties: op zo'n 200 m afstand is de concentratie nog 1000 Bq/L. Op 4m diepte (zie Figuur 22) ligt de pluim nog wel dichtbij de HFR, maar zijn de concentraties bij de HFR inmiddels beperkt tot tientallen Bq/L met een hoogste waarde ten noordoosten van de HFR rond 800 Bq/L.

Uit nieuwe simulaties, blijkt een situatie waarbij NRG niet meer kan voldoen aan de interventiebeschikking van 2014. Dit is voor NRG aanleiding geweest een verzoek in te dienen tot wijziging van deze interventiebeschikking. Bij besluit van 4 mei 2017 van de Minister van Infrastructuur en Milieu is de interventiebeschikking tritium van 3 maart 2014 herzien. NRG wordt verplicht de herziene interventie uit te voeren overeenkomstig een door de Minister van Infrastructuur en Milieu goedgekeurd plan van aanpak. De aangepaste saneringsnorm voor de interventie en de voorwaarden, waar het plan van aanpak aan moet voldoen, zijn in het besluit vermeld.

Voor meer informatie wordt verwezen naar de *baseline studie Stralingsbescherming*.

Optional laydown area

In dit deelgebied bevinden zich de volgende bodemlocaties:

- Bodemlocatie 2 (Westerduinweg 22 Sint Maartensvlotbrug): In 1999 is op deze locatie een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd. Voor de bovengrond wordt de achtergrondwaarde overschreden, terwijl voor de ondergrond en het grondwater alle gehalten beneden de achtergrondwaarde liggen. Aangezien er geen sprake is van sterke verontreiniging, of een geval van ernstige bodemverontreiniging, is vervolgonderzoek niet noodzakelijk.
- Bodemlocatie 3 (Belkmerweg 67 Sint Maartensvlotbrug): In 2001 is op deze locatie een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd. Voor de bovengrond wordt de achtergrondwaarde overschreden, terwijl voor de ondergrond en het grondwater alle gehalten beneden de achtergrondwaarde liggen. Aangezien er geen sprake is van sterke verontreiniging, of een geval van ernstige bodemverontreiniging, is vervolgonderzoek niet noodzakelijk.

Zoekgebied leidingen

Binnen dit deelgebied bevinden zich naast de bodemlocaties in de deelgebieden PALLAS-reactor en Optional laydown area nog 4 andere bodemlocaties (4 t/m 7). De onderzoeksresultaten duiden niet op (potentieel) ernstige verontreinigingen. In Bijlage 5 zijn deze 4 overige bodemlocaties nader uitgewerkt.

4.2 Autonome ontwikkelingen

In onderstaande paragrafen is per aspect beschreven welke autonome ontwikkelingen relevant zijn.

4.2.1 Grondwater

4.2.1.1 Klimaatverandering

De autonome ontwikkelingen op het gebied van grondwater en grondwaterkwaliteit worden voornamelijk gestuurd door klimaatverandering en zeespiegelstijging. Veranderingen in neerslag en verdamping beïnvloeden de grondwateraanvulling en daarmee de grondwaterstanden en grondwaterkwaliteit. Zeespiegelstijging zal versterkte intrusie van zout grondwater in de ondergrond van het studiegebied veroorzaken.

Het KNMI heeft in 2014 de KNMI'14 klimaatscenario's voor de toekomst geschetst. Deze scenario's geven aan dat naast temperatuurstijging, de sterke stijging van de neerslaghoeveelheid in de winter (gemeten over de afgelopen eeuw) doorzet in de toekomst. De kans op langdurige zomerdroogte neemt naar het einde van

de eeuw eveneens toe. Maar op momenten dat het regent zal de intensiteit van zomerse buien in de toekomst volgens alle scenarioberekeningen fors hoger zijn. Ook hagel en onweer worden in alle scenario's heviger.

Een verhoging van de intensiteit van neerslag resulteert in meer oppervlakkige afstroming. Dit in combinatie met hogere temperaturen en daardoor meer verdamping kan betekenen dat de grondwateraanvulling door het neerslagoverschot geringer wordt, wat resulteert in lagere freatische grondwaterstanden in de zomer. Meer neerslag in de winter kan resulteren in hoge winter- en voorjaarsgrondwaterstanden. De verschillen tussen zomer en winter grondwaterstanden zullen groter worden.

Volgens de klimaatscenario's neemt het tempo van zeespiegelstijging aan de Noordzeekust toe. Het verschil tussen de scenario's is vooral afhankelijk van het verschil in wereldwijde opwarming. De zeespiegelstijging leidt tot sterkere intrusie van zeewater in de ondergrond. Mogelijk komt minder zoet water beschikbaar in de bouwvoor¹³ van de landbouwgebieden. Daarnaast kan vorming en instandhouding van de zoet/brak waterbel in de duinen geringer worden.

De effecten van deze ontwikkelingen zullen voor de tijdshorizon van het peiljaar 2026 nog gering zijn en zijn daarom niet berekend of gekwantificeerd.

4.2.1.2 Kustverdedigingswerken

Een andere ontwikkeling die mogelijk effect heeft op het grondwaterregime in het studiegebied, is de versterking van de kustverdediging langs de Hondbossche en Pettemer zeewering. Langs deze dijk is aan de zeezijde een paar honderd meter brede strook zand opgespoten. De verwachting is dat dit (tijdelijk) leidt tot een toename van het zoutgehalte van het grondwater en verhoging van de grondwaterstanden binnendijs. In de zomer van 2015 bleek dat het oppervlaktewater in Petten zouter was dan voorheen. HHNK en de gemeente Schagen zijn direct gestart met het doorspoelen van het watersysteem. Onderzoek heeft inmiddels bevestigd dat de oorzaak van het zouter worden van het oppervlaktewater in Petten door de kustversterking komt. Tevens bleek dat door het doorspoelen het oppervlaktewater in de naastliggende polder R (ten oosten van Petten) enkele periodes zouter is geweest. HHNK heeft in overleg met de agrariërs hiervoor een oplossing gevonden.

Het watersysteem in Petten wordt in maart 2016 zodanig aangepast dat het water weer het normale gehalte zout bevat, en er geen extra zouthoudend water naar Polder R stroomt. Het zoutere water wordt afgeleid naar de Hazepolder en het gebied ten zuiden van Petten, waar het zouter worden van het oppervlaktewater door de dijkversterking geen probleem is. Deze gebieden (polders) waren altijd al brak en hebben een natuurfunctie. Naar verwachting zal het nog enkele jaren duren voordat al het zout uit het zand van de kustversterking gespoeld is. Tot die tijd controleert HHNK nauwlettend of alles in orde is en of er nog steeds zout uit de kustversterking spoelt. Speciale aandacht wordt hierbij geschonken aan het bollengebied.

In het Korfwater in Petten wordt sinds de aanleg van de kustversterking de grondwaterstand extra in de gaten gehouden. Er was namelijk ingeschat dat de grondwaterstand hier hoger wordt. Recente metingen geven aan dat er plaatselijk een verhoging van de grondwaterstand optreedt. Drainage wordt aangebracht om dit probleem op te lossen.

4.2.1.3 Overige ontwikkelingen

Op het NRG-terrein vindt op het ogenblik een grondwateronttrekking plaats als sanering van een tritium verontreiniging in het grondwater. Op basis van het herziene interventiebesluit van de Minister van Infrastructuur en Milieu van 4 mei 2017 zal deze onttrekking worden beëindigd. NRG dient een nieuw plan van aanpak voor de sanering op te stellen, zie verder Bijlage 7.

¹³ Bouwvoor is de bovenste laag grond waarin de meest wortelvorming plaatsvindt.

4.2.2 Waterkwaliteit

In het Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2016 – 2021 (RWS, 2015) is een prognose gegeven voor de verwachte waterkwaliteit aan het einde van de planperioden 2016-2021 en 2022-2027. De prognose waterkwaliteit waterlichaam Hollandse Kust is weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Prognose waterkwaliteit waterlichaam Hollandse kust in 2021 en 2027 [14]

Kwaliteitselement	Doel	Prognose 2021	Prognose 2027
Ubiquitaire prioritaire stoffen	Normen Bkmw 2009	Voldoet niet	Voldoet niet
Niet-ubiquitaire prioritaire stoffen	Normen Bkmw 2009	Voldoet	Voldoet
Specifieke verontreinigende stoffen	Normen Regeling monitoring KRW	Voldoet niet	Voldoet
Algemeen fysisch-chemische parameters			
• Winter DIN • Temperatuur (max) • Zuurstofverzadiging	$\leq 0,46 \text{ mg N/l}$ $\leq 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\geq 60\%$	Ontoereikend	Goed
Fytoplankton	EKR $\geq 0,60$	Goed	Goed
Macrofauna	EKR $\geq 0,60$	Matig	Goed

Rijkswaterstaat verwacht dat in 2027 (bijna) alle kwaliteitselementen aan de daarvoor geldende normen en doelstellingen zullen voldoen, met uitzondering van de ubiquitaire prioritaire stoffen. De verwachting is dat de concentratie van benzo(ghi)peryleen nog altijd niet aan de norm zal voldoen. Dergelijke normoverschrijdende ubiquitaire stoffen zullen nog tientallen jaren terug te vinden zijn in het aquatische milieu in concentraties die een significant risico vormen, zelfs als er reeds uitvoerige maatregelen zijn getroffen om de emissies te beperken of te beëindigen. Door het persistente karakter van deze stoffen blijven ze nog lang in het milieu aanwezig.

Er zijn geen relevante autonome ontwikkelingen bekend ten aanzien van de concentraties van vrij beschikbaar chloor, chloroform en bromoform.

4.2.3 Koelwateronttrekking en -lozing

De beschikbaarheid van water vanuit het Noordhollandsch Kanaal kan mogelijk veranderen onder invloed van klimaatverandering. Dit kan van invloed zijn op de hoeveelheid koelwater die beschikbaar is voor PALLAS. Het is aan HHNK om gegeven de ontwikkeling in de beschikbaarheid van water en de ontwikkelingen in het gebruik van water af te wegen hoeveel water er voor PALLAS beschikbaar gesteld kan worden. Momenteel heeft de zoetwatervoorziening van de HFR na de drinkwatervoorziening en peilhandhaving van de polder (ten behoeve van voorkoming van zetting en verzilting) eerste prioriteit. Wanneer desondanks blijkt dat er minder koelwater beschikbaar is, heeft dit geen impact op de veiligheid. Wel wordt de productiecapaciteit teruggeschroefd tot een capaciteit die werkbaar is voor het beschikbare water. Echter, gezien de vrijwel onmisbare bijdrage van de isotopenproductie van Nederland, is dit scenario niet wenselijk. De situatie rondom het voorziene uittredpunt in zee wordt voorsnog stabiel geacht.

4.2.4 Bodemkwaliteit

Omdat er, met uitzondering van de tritiumpluim, nergens binnen de deelgebieden een saneringsnoodzaak bestaat, mag voor het aspect Bodemkwaliteit worden verwacht dat zich geen veranderingen voordoen in de autonome ontwikkeling.

Voor de tritiumpluim geldt een actieve saneringsplicht waarvoor, na de herziene interventiebeschikking, een nieuw saneringsplan dient te worden opgesteld. De hierin te hanteren saneringsnormen zijn als volgt:

- maximaal 5000 Bq/L op de terreingrens van de Onderzoekslocatie Petten (OLP);
 - maximaal 5000 Bq/L vanaf de terreingrens van de OLP naar buiten toe;
- maximaal 7400 Bq/l op het HFR terrein en op de grens HFR- en NRG terrein, aflopend naar 5000 Bq/L op de terreingrens van de OLP.

Wanneer op de OLP terreingrens of daarbuiten de concentratie tritium in grondwater de 5000 Bq/L dreigt te gaan overschrijden, moet NRG een nieuw plan indienen met maatregelen om zodoende de concentratie buiten de OLP terreingrens zo laag als redelijkerwijs mogelijk te houden.

5 MILIEUEFFECTEN

5.1 Grondwater

5.1.1 Effecten tijdens de bouwfase

Voor alle uitvoeringswijzen zal de aanleg van de bouwkuip binnen damwanden of diepwanden moeten plaatsvinden. Deze wanden laten nauwelijks water door en na voltooiing van het nucleaire eiland helemaal niet meer. Verticale stroming langs deze wanden is niet te verwachten. Voor heipalen kan dit anders zijn, afhankelijk van het soort heipalen dat gebruikt wordt. Dit kan tot verzoeting leiden in het watervoerend pakket onder de Holocene afzettingen.

Uitgangspunt is dat het nucleaire eiland middels de caissonmethode (bouwhoogtevariant B1) of in een kuip wordt aangelegd, waarbij onderwaterbeton wordt aangebracht onder de bodem van de kuip (bouwhoogtevariant B2), om de werkzaamheden in den droge uit te kunnen voeren. In deze situatie vindt geen bemaling plaats (behalve mogelijk een kleine open bemaling om neerslag en geringe hoeveelheden lekkage water af te voeren) en treedt geen verlaging van de stijghoogte op en de verandering van chloride concentratie is nihil¹⁴. Het brakke water wordt afgevoerd conform wet- en regelgeving, en dus niet geïnfiltreerd in de bodem als het daar te zout voor is. Met dit uitgangspunt zijn er geen wezenlijke verschillen in effecten tussen de verschillende varianten. Om de effecten te bepalen zijn modelberekeningen uitgevoerd. In Bijlage 1 is het grondwatermodelonderzoek opgenomen. De conclusies per beoordelingscriterium zijn hieronder kort beschreven.

Wat betreft het mogelijk optreden van lekkagerisico's geldt het volgende:

- Bij bouwhoogtevariant B1 wordt in den natte ontgraven en worden caissons afgezonken. De waterdruk binnen en buiten de damwanden is in evenwicht. Per definitie treedt dan geen lekkage op.
- Bij bouwhoogtevariant B2 wordt ook in de natte ontgraven. Maar na op diepte te zijn gekomen en het boren van de funderingspalen wordt onderwaterbeton aangebracht en wordt de bouwkuip droog gepompt. Dan kan lekkage ontstaan. Zowel door de diepwanden zelf als via de aansluiting op het onderwaterbeton. Mogelijk worden ook groutankers toegepast. Dat betekent dat de wanden doorboord moeten worden. Door toepassing van kleppen zou dat niet moeten gaan lekken, maar er is een risico door de waterdruk. Het gaat om zeer geringe hoeveelheden (in principe treedt helemaal geen lekkage op). Het eventuele lekkagewater wordt uit de bouwkuip gepompt en dit heeft een effect op de grondwaterstanden of stijghoogtes.
- Bij bouwvariant B3 wordt op het maaiveld gebouwd. Funderingspalen worden tot circa NAP -30 m geplaatst. In theorie kan er een lekstroom (kortsluitstroom) langs de palen tussen watervoerende pakketten optreden.

De aanleg van de koelwaterleiding hangt af van de gekozen variant voor koelwaterlevering en -lozing. Bij koelwater uit het Noordhollandsch Kanaal, zal er een sleuf moeten worden gegraven of er zal moeten worden geboord tussen Noordhollandsch Kanaal en nucleaire eiland. Bij koelwater uit de Noordzee en bij lozing op de Noordzee, is ook graven of boren een optie.

Voor de ontgraving van de sleuven zal een tijdelijke bemaling moeten worden uitgevoerd. De bemaling tussen het nucleaire eiland en het Noordhollandsch Kanaal heeft een beperkt en tijdelijk effect op de grondwaterstanden in de omgeving en gestreefd wordt geen verzilting te veroorzaken. Wel kan, afhankelijk van het seizoen, gewasschade optreden. De bemaling voor een open sleuf tussen het nucleaire eiland en de Noordzee heeft een groot effect (tot honderden meters 5 cm of meer verlaging) op de grondwaterstand. Dit heeft vervolgens een effect op de vegetatie en kan leiden tot verplaatsing van de tritiumverontreiniging. Deze effecten kunnen mogelijk gemitigeerd worden door damwanden te gebruiken.

De volgende conclusies zijn getrokken per beoordelingscriterium:

- Vegetatie: Uit de scenarioberekeningen blijkt dat zonder bemaling geen duinvalleien, laaggelegen natte locaties of de kwelzone ten oosten van het duingebied beïnvloed worden. Sleufbemaling voor de aanleg van de koelwaterleiding kan een tijdelijk, groot effect op de freatische grondwaterstanden en daarmee de vegetatie hebben.

¹⁴ Om inzicht te krijgen wat de effecten zouden zijn wanneer een ontgraving van de bouwkuip binnen damwanden plaatsvindt waarbij de bouwput drooggehouden moet worden middels een verticale bemaling, zijn de bemalingsscenario's in bijlage 2 "Effecten op grondwater bij bemaling tijdens aanleg" beschouwd.

- Gebouwen: Het nucleaire eiland ligt te midden van een aantal andere gebouwen. Dit betreft onder andere gebouw 204 op circa 50 m afstand. Andere gebouwen liggen op grotere afstand. Zonder bemaling van de locatie van het nucleaire eiland wordt ter plaatse van deze gebouwen geen effect verwacht. Sleufbemaling voor de aanleg van de koelwaterleiding kan een tijdelijk effect op de grondwaterstanden hebben. De gevolgen voor zetting ter plaatse van bestaande bebouwing kan alleen worden ingeschat wanneer de exacte ligging van de leiding en aanlegmethode bekend zijn.
- Duinen als onderdeel van de primaire kering: Bij aanleg van het nucleaire eiland zonder bemaling zijn er geen zettingseffecten op de primaire waterkering. Sleufbemaling voor de aanleg van de koelwaterleiding kan een tijdelijk effect op de grondwaterstanden hebben en eventueel tot verzilting leiden. De gevolgen voor zetting ter plaatse van de primaire waterkering kan alleen worden ingeschat wanneer de exacte ligging van de leiding en aanlegmethode bekend zijn.
- Landbouw: Wanneer geen bemaling voor de aanleg van het nucleaire eiland wordt toegepast, treden geen effecten in het landbouwgebied op. Sleufbemaling voor de aanleg van de koelwaterleiding kan, afhankelijk van het seizoen, tot gewasschade leiden.
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen:
 - het dichtstbijzijnde grondwatersysteem betreft het beheerssysteem van de tritiumvlek op ten minste 100 m ten noorden van de locatie van het nucleaire eiland. Dit systeem wordt naar verwachting naar aanleiding van het herziene interventiebesluit van mei 2017 gestaakt;
 - de monobron ligt op circa 500 m ten noorden van de locatie van het nucleaire eiland. Beïnvloeding van deze onttrekking vindt alleen plaats wanneer de locatie van het nucleaire eiland wordt aangelegd door middel van een grote bemaling. Dit wordt niet verwacht. Er wordt daarom ook geen beïnvloeding van de monobron verwacht.
 - een derde grondwatersysteem is aanwezig ter plaatse van gebouw 13 en 204. Gebouw 204 is op circa 50 m afstand vanaf de locatie van het nucleaire eiland aanwezig. Vanwege het drooghouden (kelders) van gebouwen (gebouwen 13, 201 en 204) en leidingen wordt, indien de grondwaterstand daartoe aanleiding geeft, grondwater opgepompt en weer in de vijver op het terrein geloosd. Wanneer geen bemaling voor de aanleg van het nucleaire eiland wordt toegepast, dan worden er geen effecten op dit systeem verwacht.

Sleufbemaling voor de aanleg van de koelwaterleiding kan een tijdelijk effect op de grondwaterstanden hebben. De gevolgen voor bestaande grondwatersystemen kan alleen worden ingeschat wanneer de exacte ligging van de leiding en aanlegmethode bekend zijn.
- Mobiele verontreinigingen: De dichtstbijzijnde mobiele verontreiniging is de tritiumverontreiniging op ten minste 100 m ten noorden van de locatie van het nucleaire eiland. Tijdens de bouwfase wordt ervan uitgegaan dat geen bemaling of een zeer geringe bemaling wordt toegepast en geen beïnvloeding van de vlek of het beheerssysteem plaatsvindt. Sleufbemaling voor de aanleg van de koelwaterleiding kan een tijdelijk effect op de grondwaterstanden hebben. Dit kan tot verplaatsing van de tritiumverontreiniging leiden. Afhankelijk van de verspreiding van de tritiumpluim op het moment van bemalen, kan ook een bemaling van een leidingsleuf tussen het pompgebouw en het Noordhollandsch Kanaal de verspreiding van het tritium beïnvloeden.

5.1.2 Effecten tijdens de exploitatiefase

Chlorideconcentraties

De effecten worden per bouwhoogtevariant beschouwd. De effecten ten gevolge van opstuwing en verlaging van de stijghoogten en grondwaterstanden op de chlorideconcentraties zijn berekend voor de exploitatiefase. In het ontwerp is toepassing van een onttrekkingsdrain aan de bovenstroomse zijde van het nucleaire eiland en een infiltratiedrain aan de benedenstroomse zijde opgenomen. De effecten met deze voorzieningen worden hieronder weergegeven..

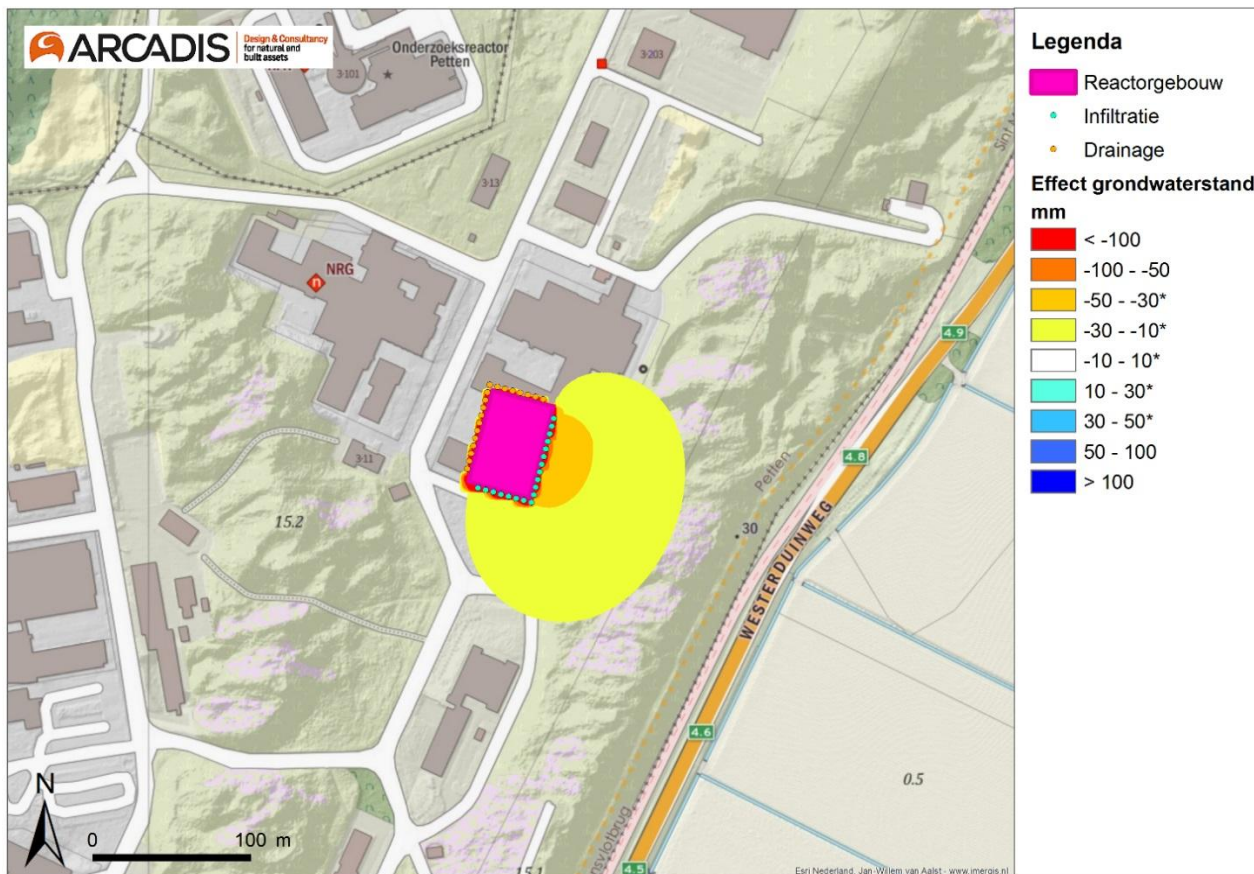
Grondwaterstanden en stijghoogten

Bouwhoogtevariant B1: 17,5 m boven maaiveld

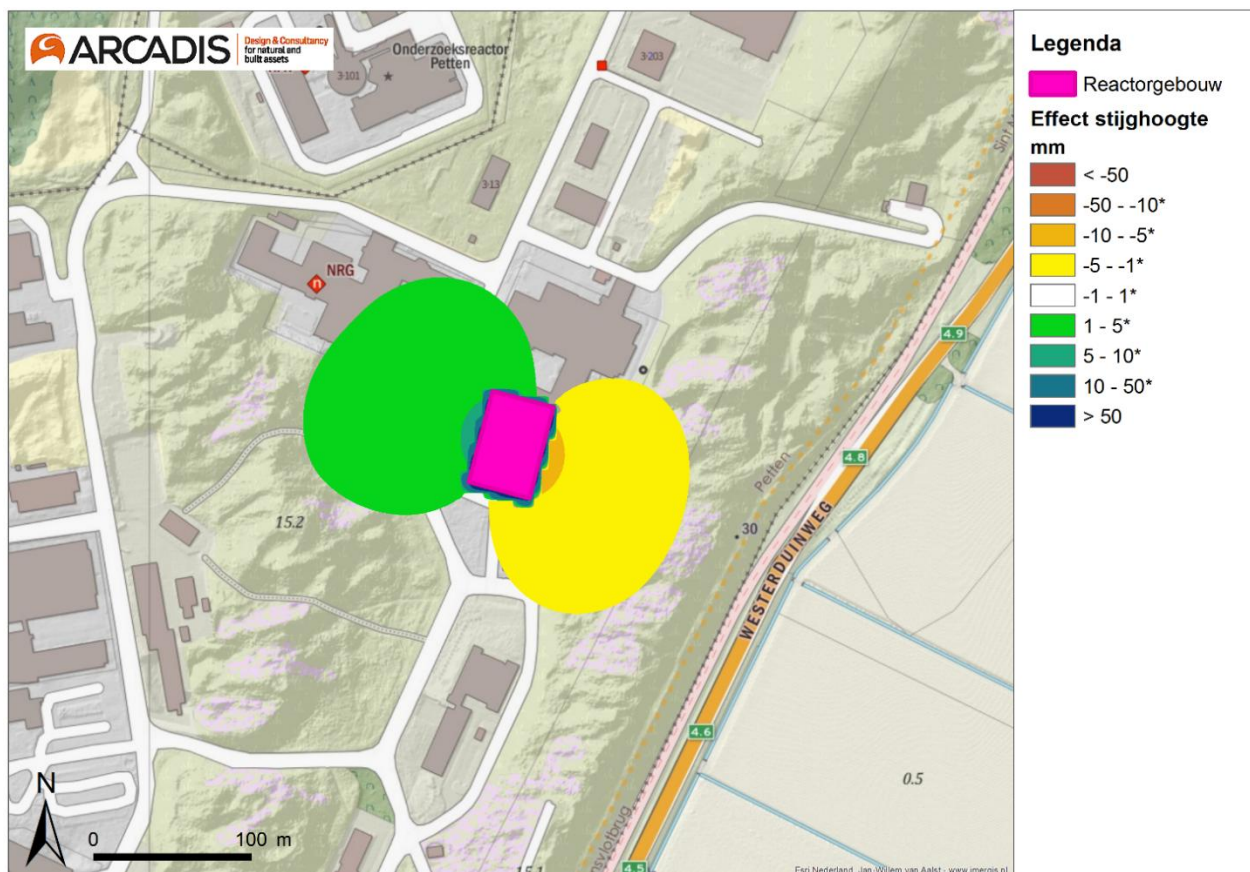
Blokkade grondwaterstroming

De deels ondergrondse aanleg van het nucleaire eiland vormt een blokkade voor de min of meer oostwaarts gerichte grondwaterstroming. Dit resulteert in een verhoging van de grondwaterstanden (Figuur 23) en stijghoogten (Figuur 24) ten westen van het gebouw en een verlaging van de grondwaterstanden en stijghoogten ten oosten van het gebouw. Om dit effect zoveel mogelijk te reduceren, is in bouwhoogtevariant B1 een drain op ongeveer de hoogte van de hoogst optredende natuurlijke grondwaterstand (ca. NAP +1.6

m) voorzien aan de bovenstroomse zijde van het gebouw. Deze drain voorkomt opstuwung van het freatische grondwater. Aan de benedenstroomse zijde van het gebouw wordt het water via een andere drain geïnfiltreerd. Het resultaat is een zeer geringe verlaging van de freatische grondwaterstand aan de zuid- en oostzijde van het gebouw. Effect op de gevisualiseerde stijghoogten is met enkele millimeters nihil te noemen.



Figuur 23 Het opstuwende en verlagende effect van het nucleaire eiland op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase met toepassing van drains op circa NAP +1.6 m



Figuur 24 Het opstuwende en verlagende effect van het nucleaire eiland op de stijghoogte in het watervoerend pakket op diepte NAP -12.5 m in de gebruiksfase

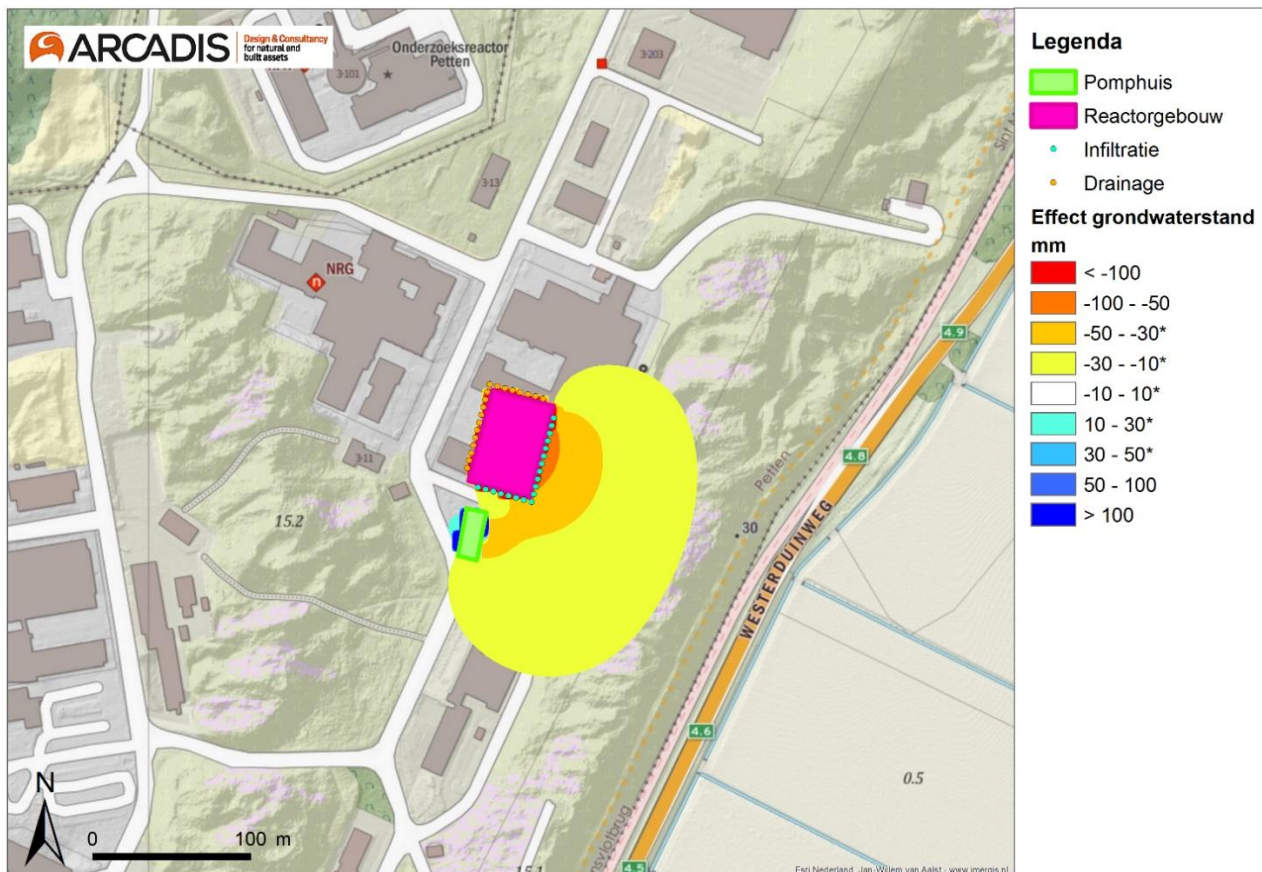
Koelingskoelingsvariant K1b

Koelingskoelingsvariant K1b gaat uit van aanvoer van water vanuit het Noordhollandsch Kanaal onder vrij verval. Geboorde pijpleidingen zullen daarvoor uitkomen in een pomphuis dat tot NAP -11,5 m op het OLP terrein wordt aangelegd. De aanleg van het pomphuis zal binnen damwanden tot NAP -18 m plaatsvinden. Bij deze koelingsvariant treedt hierdoor een extra blokkade van de grondwaterstroming op.

Figuur 25 laat zien dat het effect van het pomphuis op de freatische grondwaterstand zeer gering is. Ten oosten van het pomphuis treedt een grotere verlaging van de freatische grondwaterstand op, tot 13 cm. Deze (extra) verlaging treedt alleen op binnen het bebouwde deel van de OLP.

Figuur 26 laat zien dat de stijghoogte op NAP -12,5 m door het pomphuis nauwelijks extra wordt beïnvloed. De opstuwning en verlaging van de stijghoogte rond het nucleaire eiland is dezelfde als zonder het pomphuis, alleen strekt het verlagende effect zich iets verder zuidelijker uit.

De berekende veranderingen in de chlorideconcentraties van het grondwater ten gevolge van de verdiepte aanleg van het pomphuis zijn kleiner dan 1 mg/l (niet significant) en daarom niet weergegeven.



Figuur 26 Het opstuwende en verlagende effect van het nucleaire eiland op de stijghoogte in het watervoerend pakket op diepte NAP -12,5 m in de gebruiksfase voor bouwhoogtevariant B1 met een verdiept aangelegd pomphuis

Funderingspalen

In deze variant worden geen funderingspalen in het nucleaire eiland toegepast.

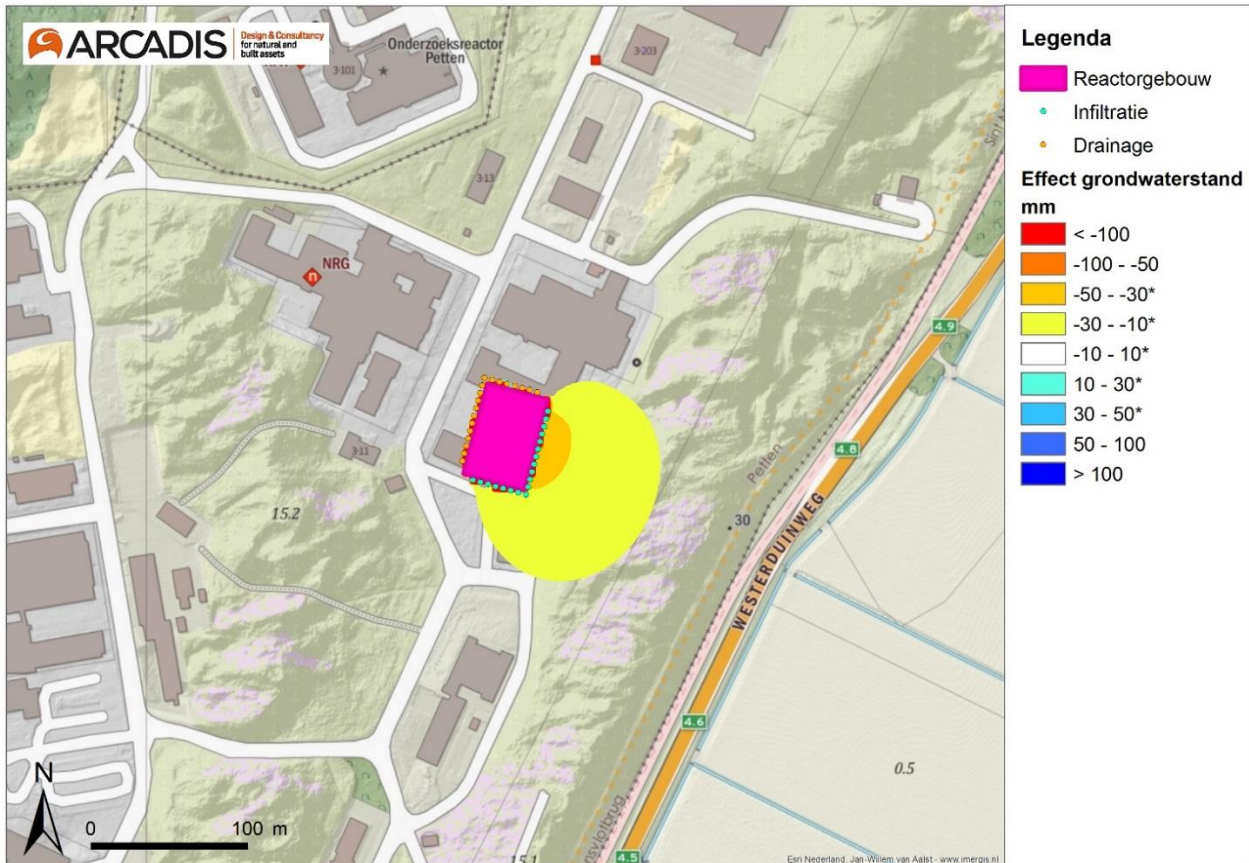
Overige effecten:

- Vegetatie (verdroging, verzilting): de freatische grondwaterstand in de duinen ten oosten van het nucleaire eiland daalt met 1 tot 5 cm. Dit heeft geen negatief effect op de daar aanwezige natuurwaarden.
- Gebouwen (risico op zettingsschade): de effecten op de grondwaterstand en stijghoogte zijn zo gering dat er geen risico op zetting wordt verwacht.
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting): de effecten op de grondwaterstand en stijghoogte zijn zo gering dat er geen risico op zetting wordt verwacht.
- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting): er treedt geen verandering van de grondwaterstanden in het landbouwgebied ten oosten van het nucleaire eiland op.
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen: de grondwaterstand ter hoogte van gebouwen 201 en 204 wordt hoger. Er zal meer water onttrokken moeten worden door de beheersonttrekking ter plaatse. De extra te onttrekken hoeveelheid is zeer gering. Dit is een gering negatief effect.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing): de tritium verontreiniging ligt buiten het invloedsgebied (de 5 cm contour) van de verhoging en verlaging van de grondwaterstanden.

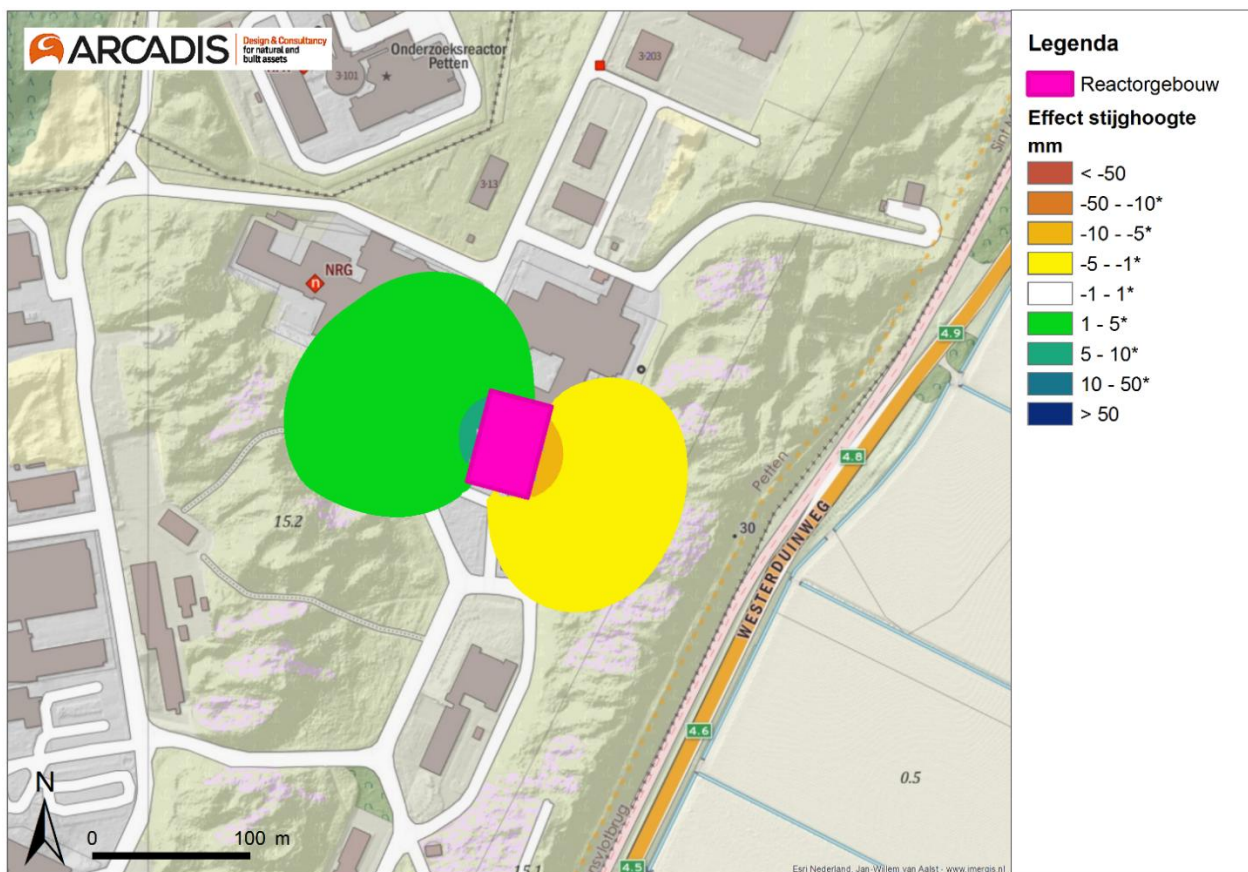
Bouwhoogtevariant B2: 24 m boven maaiveld

Blokkade grondwaterstroming

De deels ondergrondse aanleg van het nucleaire eilanden diepwanden tot NAP -60 m vormen een blokkade voor de min of meer oostwaarts gerichte grondwaterstroming. Dit resulteert in een verhoging van de grondwaterstanden (Figuur 27) en stijghoogten (Figuur 28) ten westen van het gebouw en een verlaging van de grondwaterstanden en stijghoogten ten oosten van het gebouw. Om het effect op de freatische grondwaterstanden zoveel mogelijk te reduceren, is in bouwhoogtevariant B2 een drain op ongeveer de hoogte van de hoogst optredende natuurlijke grondwaterstand (ca. NAP +1.6 m) voorzien aan de bovenstroomse zijde van het gebouw. Deze drain voorkomt opstuwning van het freatische grondwater. Aan de benedenstroomse zijde van het gebouw wordt het water via een andere drain geïnfiltrerd. Het resultaat is een zeer geringe verlaging van de freatische grondwaterstand aan de zuid- en oostzijde van het gebouw.



Figuur 27 Het opstuwende en verlagende effect van het nucleaire eiland bouwhoogtevariant B2 op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase met toepassing van drains op circa NAP +1.6 m



Figuur 28 Het opstuwende en verlagende effect van het nucleaire eiland bouwhoogtevariant B2 op de stijghoogte in het watervoerend pakket op diepte NAP -12.5 m in de gebruiksfase

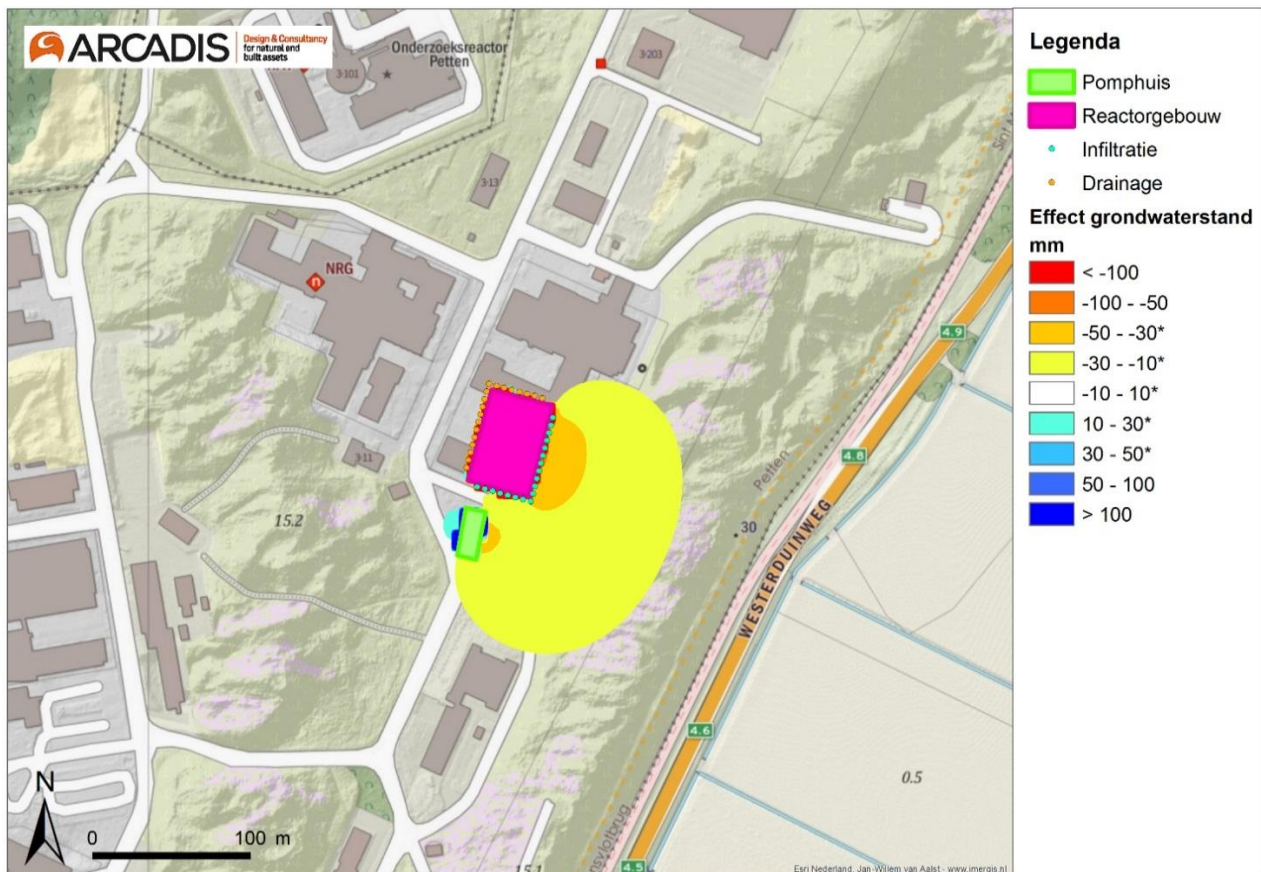
Koelingskoelingsvariant K1b

Koelingskoelingsvariant K1b gaat uit van aanvoer van water vanuit het Noordhollandsch Kanaal onder vrij verval. Geboorde pijpleidingen zullen daarvoor uitkomen in een pomphuis dat tot NAP -11,5 m op het OLP terrein wordt aangelegd. De aanleg van het pomphuis zal binnen damwanden tot NAP -18 m plaatsvinden. Bij deze koelingsvariant treedt hierdoor een extra blokkade van de grondwaterstroming op.

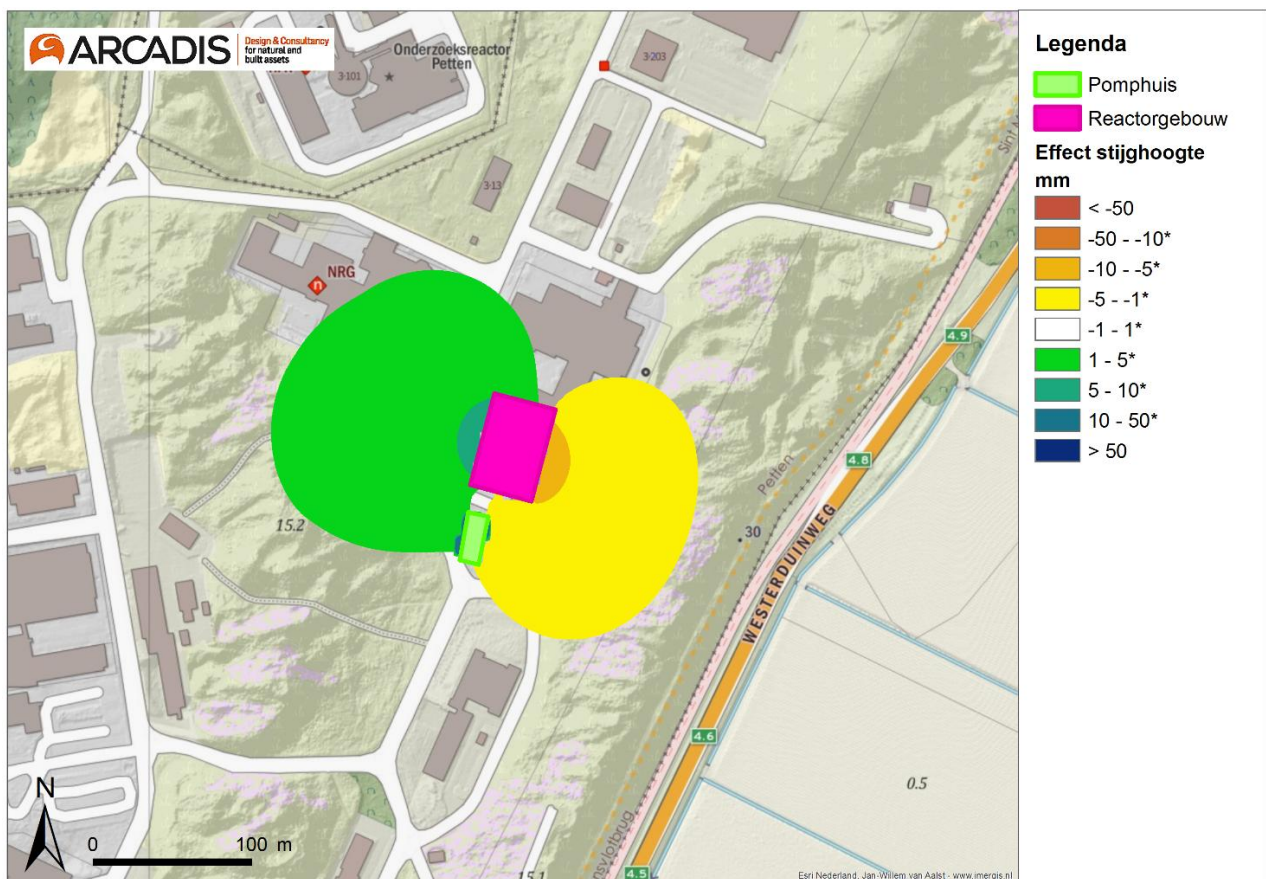
Figuur 29 het effect van het pomphuis op de freatische grondwaterstand zien. Ten oosten van het pomphuis treedt een grotere verlaging van de freatische grondwaterstand op, tot 13 cm. Deze (extra) verlaging treedt alleen op binnen het bebouwde deel van de OLP. De verlaging van 10 tot 30 mm treedt in een groter gebied ten zuiden van het nucleaire eiland op.

Figuur 30 laat zien dat de stijghoogte op NAP -12,5 m door het pomphuis nauwelijks extra wordt beïnvloed. De opstuwung en verlaging van de stijghoogte rond het nucleaire eiland is dezelfde als zonder het pomphuis, alleen strekt het verlagende effect zich iets verder zuidelijker en oostelijker uit.

De berekende veranderingen in de chlorideconcentraties van het grondwater ten gevolge van de verdiepte aanleg van het pomphuis zijn kleiner dan 1 mg/l (niet significant) en daarom niet weergegeven.



Figuur 29 Het opstuwende en verlagende effect van het nucleaire eiland op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase voor bouwhoogtevariant B2 met drains en een verdiept aangelegd pomphuis



Figuur 30 Het opstuwende en verlagende effect van het nucleaire eiland op de stijghoogte in het watervoerend pakket op diepte NAP -10 m in de gebruiksfase voor bouwhoogtevariant B2 met een verdiept aangelegd pomphuis

Funderingspalen

De funderingspalen doorsnijden mogelijk de slecht-doorlatende lagen tussen dieptes van NAP -15 tot NAP -28 m (Formaties van Kreftenheye en Bostel en de Eem Formatie). In deze variant worden de funderingspalen echter binnen een diepwand die tot ca. NAP -60 m reikt geplaatst. De berekeningen laten zien dat de grondwaterstroming binnen deze diepwanden zo gering is, dat eventuele lekkage langs de funderingspalen geen effect heeft op grondwaterstanden, stijghoogten of chlorideconcentraties.

Overige effecten:

- Vegetatie (verdroging, verzilting): de freatische grondwaterstand in de duinen ten oosten van het nucleaire eiland daalt met 1 tot 5 cm. Dit heeft geen negatief effect op de daar aanwezige natuurwaarden.
- Gebouwen (risico op zettingsschade): de effecten op de grondwaterstand en stijghoogte zijn zo gering dat er geen risico op zetting wordt verwacht.
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting): de effecten op de grondwaterstand en stijghoogte zijn zo gering dat er geen risico op zetting wordt verwacht.
- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting): er treedt geen verandering van de grondwaterstanden in het landbouwgebied ten oosten van het nucleaire eiland op.
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen: de grondwaterstand ter hoogte van gebouwen 201 en 204 wordt hoger. Er zal meer water onttrokken moeten worden door de beheersonttrekking ter plaatse. De extra te onttrekken hoeveelheid is zeer gering. Dit is een gering negatief effect.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing): de tritium verontreiniging ligt buiten het invloedsgebied (5 cm contour) van de verhoging en verlaging van de grondwaterstanden.

Bouwhoogtevariant B3: 40 m boven maaiveld

In deze variant treedt alleen blokkade van de grondwaterstroming op wanneer een verdiept pomphuis wordt aangelegd (koelingskoelingsvariant K1b). Het ontwerp en de effecten van een verdiept pomphuis zijn dezelfde als voor bouwhoogtevarianten B1 en B2, namelijk een verlaging van de freatische grondwaterstand van 5 tot maximaal 13 cm tot maximaal 10 m ten oosten van het gebouw.

De funderingspalen tot NAP -30 m doorsnijden mogelijk de slecht-doorlatende Holocene lagen tussen circa NAP -2 en -10 m, dieptes van NAP -15 tot NAP -28 m (Formaties van Kreftenheye en Bostel en de Eem Formatie).¹⁵ Hierdoor kunnen, in theorie, kortsluitstromen ontstaan tussen het freatische grondwater en de grondwater in de diepere watervoerende pakketten.

De freatische grondwaterstand is hoger dan de stijghoogte in de onderliggende watervoerende pakketten. De stijghoogte boven de slecht-doorlatende lagen van de Formaties van Bostel, Kreftenheye en de Eem Formatie is ook iets hoger dan de stijghoogte onder deze lagen. De eventuele kortsluitstromen veroorzaken hierdoor een verticale flux. Stroming vanuit het freatische pakket naar het onderliggende watervoerende pakket veroorzaakt een geringe verzoeting van het watervoerend pakket rond de locaties van de kortsluitstromen. Deze verzoeting is echter kleiner dan 1 mg/l en niet-significant. Ook de verlaging van de freatische grondwaterstand door de verticale flux is niet significant (hooguit enkele millimeters).

Hetzelfde geldt voor de fluxen tussen de watervoerende pakketten onder het freatische pakket. De stijghoogten worden niet-significant (hooguit enkele millimeters) beïnvloed en het effect op de chlorideconcentraties is geringer dan 1 mg/l.

Er treden geen effecten door blokkade van de grondwaterstroming en de funderingspalen op ten aanzien van:

- Vegetatie (verdroging, verzilting).
- Gebouwen (risico op zettingsschade).
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting).

¹⁵ Het funderingsplan is op dit moment nog niet bekend. Wel wordt aangenomen dat vibro-palen gebruikt zullen worden, waarbij eerst een stalen casing (buis) in de grond wordt geheid, of in een voorgeboord gat wordt geplaatst. Deze casing wordt gevuld met wapening en beton waarna de casing getrokken wordt. Door het trekken van de casing kunnen, in theorie, ter hoogte van de slecht-doorlatende kleilagen geringe lekstromen optreden door zand dat in de ruimte tussen funderingspaal en de klei stroomt.

- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting).
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing).

5.2 Waterkwaliteit

Voor de omgang met bemalingswater afkomstig van de bouw van het nucleaire eilanden de aanleg van koelwaterleidingen wordt afhankelijk van de hoeveelheid en de kwaliteit van het water een passende oplossing gezocht (zie paragraaf 3.2.1). Lozing op de duinwateren is hierdoor niet nodig, waardoor significante effecten op de duinwateren in het waterlichaam Waterdelen duingebied Noord NHN niet te verwachten zijn. Dit waterlichaam is daarom verder niet beschouwd.

In de bouwfase vinden geen koelwaterlozingen plaats en derhalve geen effecten door koelwaterlozingen. Onderstaand zijn voor de chemische en biologische waterkwaliteit de effecten in de overgangsfase en de exploitatiefase beoordeeld.

5.2.1 Beoordelingscriterium 1: (fysisch-) chemische waterkwaliteit

Negatieve effecten op de (fysisch-) chemische waterkwaliteit door de lozing van koelwater zijn alleen te verwachten als gevolg van de chlorering. De beoordeling wordt gebaseerd op de lozing van vrij beschikbaar chloor en de omzettingsproducten bromoform en chloroform. Hiervoor is gebruik gemaakt van de emissie-immissietoets. Dit instrument wordt gebruikt voor het beoordelen van de effecten van een specifieke restlozing (na toepassing van best beschikbare technieken) op de waterkwaliteit en de vergunbaarheid van de lozing, conform de systematiek uit het Handboek Immissietoets [3]. De methodiek en de gehanteerde uitgangspunten zijn nader beschreven in Bijlage 3. Daar zijn ook de resultaten van de toetsing (output van de toetsmodule) weergegeven.

Resultaten emissie-immissietoets

Voor vrij beschikbaar chloor (FO) wordt in de koelingskoelingsvarianten K1 en K2 niet voldaan aan de emissie-immissietoets. Dit geldt voor alle onderzochte projectfasen. Bij dit resultaat moet echter bedacht worden dat gerekend is met een conservatieve lozingsconcentratie van 0,2 mg/l (daggemiddelde). Dit is de vergunde concentratie bij meting voor de HFR, direct achter de condensor/warmtewisselaar. In de praktijk zal vrij beschikbaar chloor in het koelwatersysteem vrijwel direct reageren met andere verbindingen waarmee het in aanraking komt. Hierdoor is de werkelijke gemiddelde lozingsconcentratie naar verwachting lager dan de gehanteerde (thans vergunde) waarde. Daarnaast zal het resterende vrij beschikbaar chloor na lozing in zee zeer snel uiteenvallen en niet meer detecteerbaar zijn. De toetsmodule houdt hier geen rekening mee, deze gaat uit van conservatieve (niet reagerende) stoffen.

Voor bromoform en chloroform wordt in alle koelingsvarianten en in alle projectfasen voldaan aan de effluenttoets. Dat wil zeggen dat de concentratie van de stof in het te lozen koelwater lager is dan de waterkwaliteitsnorm. Verdere toetsing is in dat geval niet nodig.

Zowel voor vrij beschikbaar chloor (FO) als voor bromoform geldt dat de gehanteerde normen geen wettelijke status hebben en dus uitsluitend indicatief zijn (zie Bijlage 3).

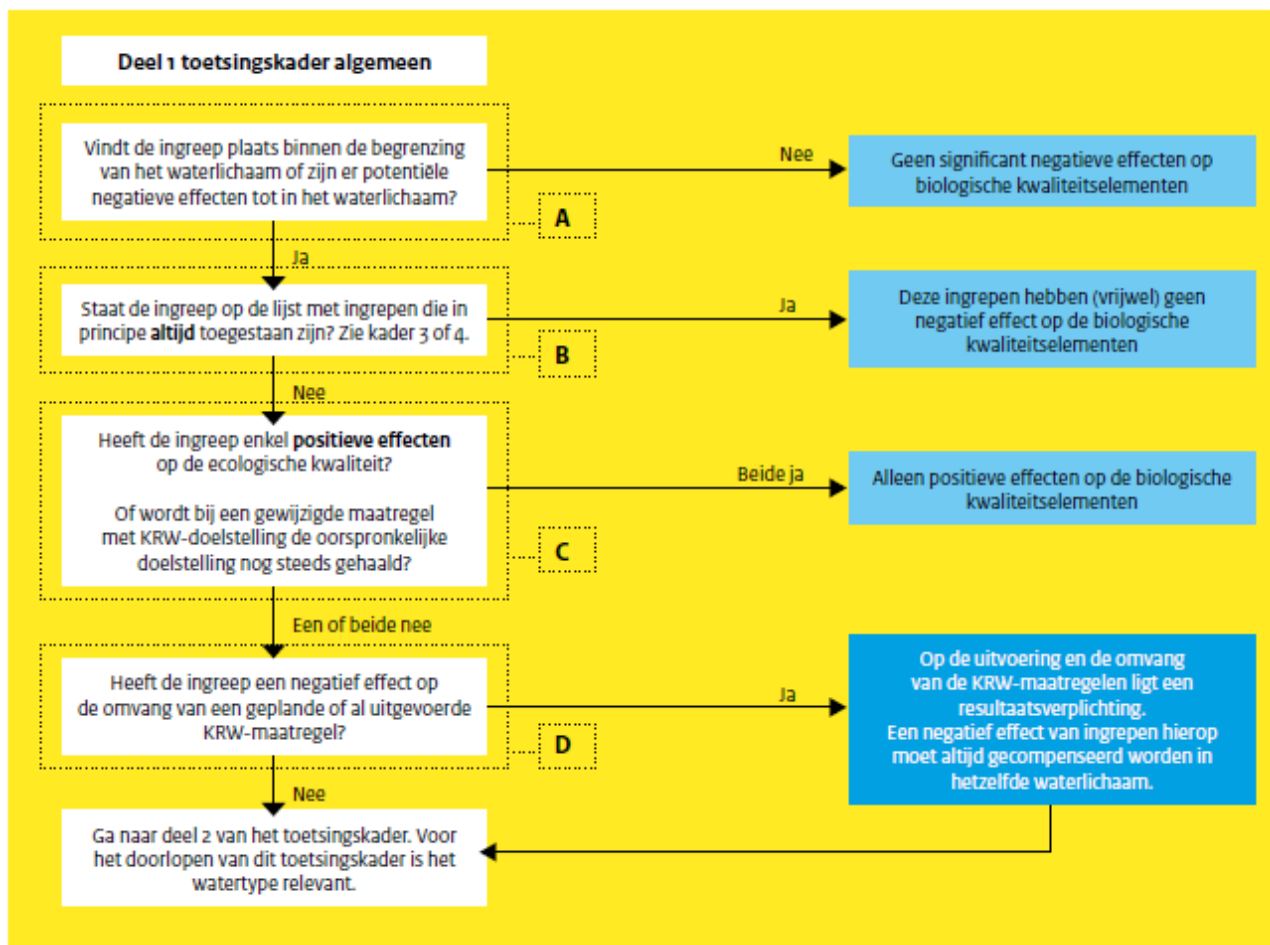
5.2.2 Beoordelingscriterium 2: biologische waterkwaliteit

Voor de beoordeling van effecten op de biologische waterkwaliteit wordt aangesloten bij de systematiek van het 'Toetsingskader waterkwaliteit' (bijlage 5 van het Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2016-2021). Dit is het door Rijkswaterstaat gehanteerde kader voor de beoordeling van ecologische effecten van fysieke ingrepen in het watersysteem. Het toetsingskader kent een algemeen en een watertype-specifiek deel. Afhankelijk van het resultaat van het algemene deel moet ook het watertype-specifieke deel worden doorlopen.

De beoordeling heeft betrekking op de invloed van de aanleg van de lozingsconstructie (leiding en lozingspunt) op de toestand van fytoplankton en macrofauna. Andere potentiële ecologische effecten worden beoordeeld binnen het aspect Natuur.

Hoewel details van de lozingsconstructie en de aanlegwijze nog niet bekend zijn, kan het algemene deel van het toetsingskader (Figuur 31) wel doorlopen worden. Dit leidt tot de volgende bevindingen:

- A: Er is sprake van ingrepen binnen de begrenzing van het waterlichaam.
- B: De ingreep wordt niet aangemerkt als vergunning vrije activiteit van ondergeschikt ecologisch belang voor de Noordzee.
- C: De ingreep heeft niet uitsluitend positieve effecten op de ecologische waterkwaliteit (lokaal/tijdelijk kan er in potentie ook sprake zijn van negatieve effecten).
- D: De ingreep heeft geen negatief effect op de omvang van een geplande of al uitgevoerde KRW-maatregel.



Figuur 31 Beslissschema ecologie: algemene deel [2]

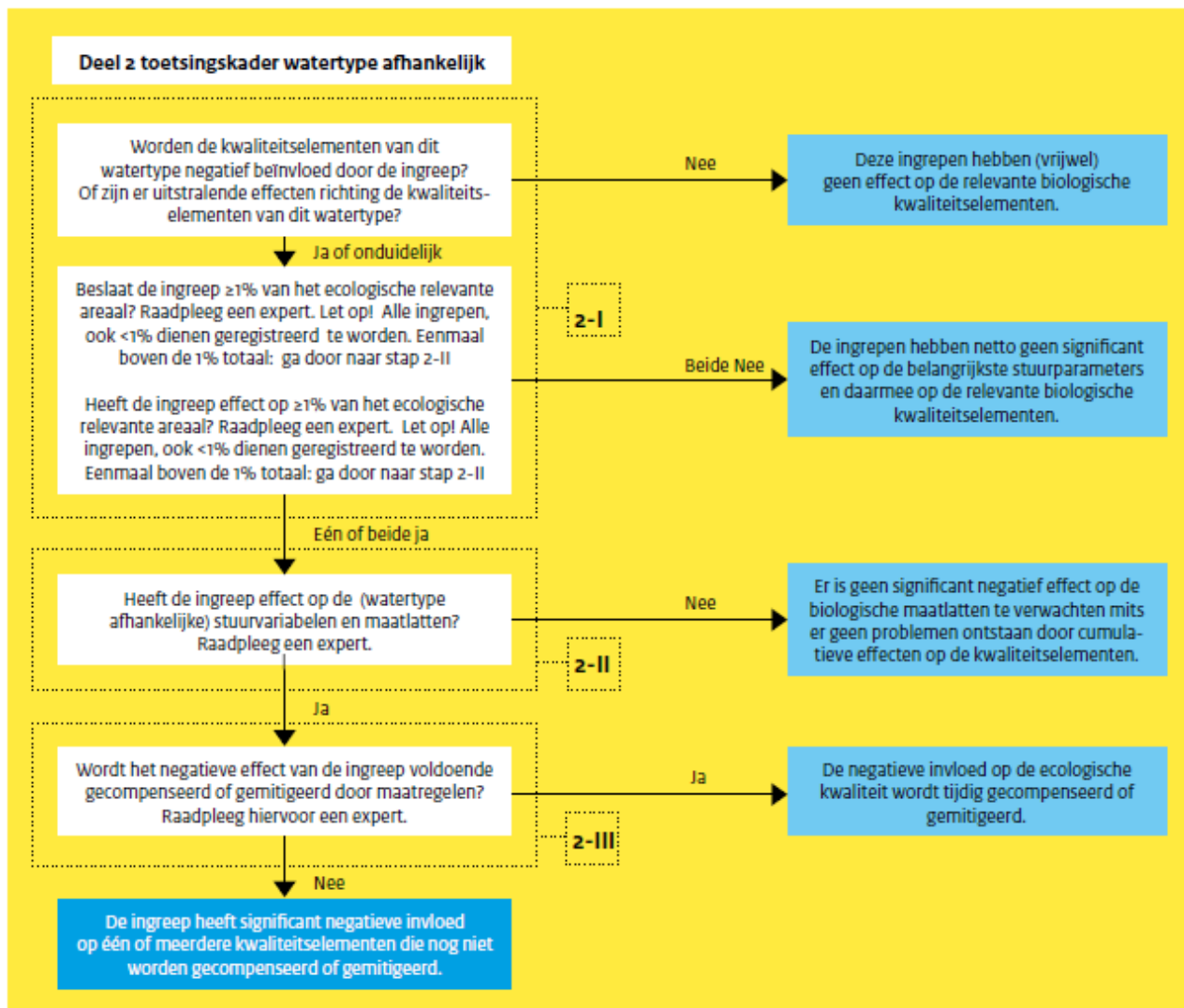
Uit het algemene deel van het toetsingskader volgt dat ook het watertype-specifieke deel (Figuur 32) moet worden doorlopen. Dit leidt tot de volgende bevindingen:

- 2-I (bovenste kader): Negatieve effecten op macrofauna en fytoplankton kunnen niet op voorhand worden uitgesloten.
- 2-I (onderste kader): In de omgeving van het plangebied bevindt zich geen ecologisch relevant areaal voor macrofauna¹⁶. Voor macrofauna wordt de ingreep daarom niet als relevant beoordeeld.

Voor fytoplankton is er geen ecologisch relevant areaal gedefinieerd, primaire productie (groei van fytoplankton) kan in de hele waterkolom plaatsvinden, zolang er voldoende licht en voedingsstoffen beschikbaar zijn. Fysieke ingrepen kunnen vooral relevant zijn als deze tot sterke vertroebeling en daarmee tot een verminderde lichtdoordringing kunnen leiden. Eventuele effecten van de op het doorzicht in het

¹⁶ Op basis van de digitale areaalkaart van Rijkswaterstaat (kaartlaag 'waterdienst potentieel areaal - Areaal Mafauna' op <http://www.rijkswaterstaat.nl/apps/geoservices/mapviewer2i/>).

waterlichaam Hollandse kust door aanleg van de afvoerleiding en de lozingsconstructie treden slechts lokaal en kortdurend op tijdens de aanleg. Effecten op de primaire productie van fytoplankton zijn hierdoor naar verwachting verwaarloosbaar. Er is dan ook geen aanleiding om negatieve effecten op het fytoplankton te verwachten.



Figuur 32 Beslisschema ecologie: watertype-specifiek deel [2]

5.3 Koelwateronttrekking en -lozing

5.3.1.1 Koelwateronttrekking

Koelingsvariant K1 zal leiden tot een extra onttrekking van maximaal 3150 m^3 water per uur uit het Noordhollandsch Kanaal in de overgangsfase. In de exploitatiefase zal het koelwaterverbruik met 25 m^3 water per uur toenemen omdat de PALLAS-reactor iets meer koelwater nodig heeft dan de HFR ($3125 \text{ m}^3/\text{uur}$). De additionele onttrekking van water uit het Noordhollandsch Kanaal gedurende de overgangsfase in koelwaterkoelingsvariant K1 komt neer op ca. 15% van de gemiddelde dag-afvoer¹⁷ in het Noordhollandsch Kanaal ter plaatse van het toekomstig nucleaire eiland.

In de exploitatiefase is er in koelingsvariant K1 sprake van een in potentiële toename van koelwateronttrekking. De maximale koelwateronttrekking voor de PALLAS-reactor is 3150 m^3 per uur tegenover een maximum van 3125 m^3 per uur van de HFR dit is ca. 8% van de gemiddelde dagafvoer.

¹⁷ Gebaseerd op daggemiddelden van 2015.

Zeewater dat in koelingsvariant K2 onttrokken wordt voor koeling, wordt ook weer op zee geloosd. In de gebruiksfase is er ten opzichte van de situatie waarin de HFR in gebruik is, sprake van een daling aan onttrokken water aan het Noordhollandsch Kanaal.

In koelingsvariant K3 wordt geen water aan het Noordhollandsch Kanaal of de Noordzee onttrokken. In de gebruiksfase is er ten opzichte van de situatie waarin de HFR in gebruik sprake van een daling aan onttrokken water aan het Noordhollandsch Kanaal.

5.3.2 Koelwaterlozing

Om te toetsen of het effect van de koelwaterlozing significant is, is gebruik gemaakt van de volgende formule, die wordt gebruikt als een eenvoudige toets van koelwaterlozingen:

Formule 1:
$$Mengzone (T > 25^{\circ}\text{C}) = \frac{Q_{lozing}}{Q_{afvoer}} \cdot \frac{1 + T_{lozing} - ER}{ER - T_{iname}}$$

Waarbij:

ER = 25 °C (Ernstig Risiconiveau voor zout water)

T = Temperatuur in Celsius

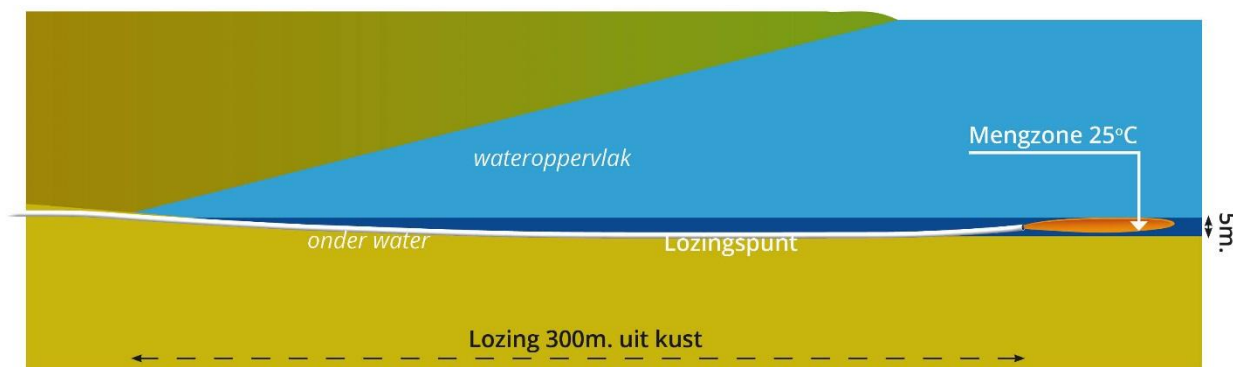
Q = Debiet in m³/s

Tot de mengzone behoort dat deel van de koelwaterpluim met een temperatuur van 25 graden of meer. Daar waar de koelwaterpluim afgekoeld is tot onder de 25 graden (het ER-niveau) houdt de mengzone op.

De formule is niet een weergave van wat er daadwerkelijk in het oppervlaktewater plaatsvindt. Het is een overschatting van de omvang van de mengzone, waardoor de formule goed te gebruiken is als een sneltoets. Indien de met de formule berekende omvang van een mengzone voldoet aan het gestelde maximum van 25% van de dwarsdoorsnede (0,25 in de formule) betekent dit dat de warmtelozing voldoet aan de eis voor de mengzone. Er hoeft dan voor een vergunningverlening in het kader van de Waterwet geen verder numeriek modelonderzoek te worden gedaan. Overigens kan numeriek modelonderzoek alsnog nodig blijken indien in de ecologische effectbepaling meer kwantitatieve informatie nodig blijkt over de koelwaterpluim. Dit lijkt echter niet het geval te zijn (zie het achtergrondrapport Ecologie).

In Bijlage 6 wordt in meer detail ingegaan op de analyses voor de koelwaterlozing. Aangezien op open zee de breedte van het watersysteem niet zo duidelijk gedefinieerd is als in een rivier, kanaal, haven of estuarium, is hier een aanname voor gedaan. In eerste instantie is uitgegaan van 10 m (gelijk aan twee keer de waterdiepte), zodat het afvoerdebiet (snelheid x breedte x diepte) gelijk wordt aan 79 m³/s. Invullen van de formule van de mengzone laat dan waarden zien van 0,022 tot 0,142 die ruim onder de kritische grens zitten van 0,25. Pas als voor de breedte een fictieve waarde van minder dan 6 m wordt aangehouden, wordt de kritische grens van 0,25 overschreden. Dat gebeurt ook als de zeewatertemperatuur boven de 24 °C uitkomt. In combinatie met een conservatieve aanname voor de lozingstemperatuur van 47,5 °C is er ruimte in de beoordeling om deze risico's op te vangen.

Het tweede aspect dat een rol speelt bij het beoordelen van een koelwaterlozing is het uitgangspunt dat de mengzone van de koelwaterpluim de bodem niet mag raken. Dit moet een uitgangspunt zijn bij het ontwerp en de optimalisatie van het koelwater uit systeem (hoogte boven de bodem, grootte uitstroomopening, hoek van uitstroom, mogelijk toepassing van diffusors).



Figuur 33 Schematische weergave (vogelvlucht aanzicht) van koelwaterlozing in zee.

5.4 Bodemkwaliteit

In hoofdstuk 2 is al aangegeven dat gevallen van ernstige bodemverontreiniging, in relatie tot geplande ruimtelijke ingrepen, gesaneerd dienen te worden conform een formele melding volgens de Wet Bodembescherming (artikelen 28 en 39 (regulier saneringsplan), of artikel 39b Besluit uniforme saneringen (Bus)).

Nieuwe gevallen van bodemverontreiniging vallen onder de zorgplicht, waardoor het verplicht is saneringsmaatregelen toe te passen om de verontreiniging (redelijkerwijs) zo volledig mogelijk te verwijderen.

Het Besluit bodemkwaliteit, zoals uitgewerkt in de in de Nota bodembeheer regio Kop van Noord-Holland [8], zorgt ervoor dat de kwaliteit van toe te passen grond of baggerspecie moet voldoen aan de maximale waarden zoals aangegeven op de bodemfunctieklassenkaart. Tevens moet de kwaliteit van de ontvangende bodem worden onderzocht om vast te stellen of de kwaliteit van de toe te passen grond of baggerspecie van een betere of vergelijkbare kwaliteit is. De uiteindelijke toepassingseis is afhankelijk van de strengste eis van deze dubbele toets.¹⁸

Op basis van deze wettelijke en beleidsmatige kaders kan worden geconcludeerd dat de beoogde ontwikkelingen geen negatieve effecten op de bodemkwaliteit teweegbrengen. Integendeel: daar waar (eventueel) gesaneerd wordt is per definitie sprake van een verbetering van de bodemkwaliteit.

¹⁸ Voor grootschalige bodemtoepassingen kan eventueel gebruik worden gemaakt van een verbijzonderd toetsingskader, zoals uitgewerkt in de Nota bodembeheer regio Kop van Noord-Holland [8]. Paragraaf 4.2 en bijlage 2.

6 MITIGERENDE MAATREGELEN

In onderstaande paragrafen wordt per aspect beschreven of er mitigerende maatregelen nodig zijn en aan welke maatregelen gedacht kan worden.

6.1.1 Grondwater

De (geringe) effecten vanwege opstuwning en verlaging van de freatische grondwaterstand kunnen worden gemitigeerd door aan de westzijde van het nucleaire eiland een drain aan te leggen en het water aan de oostzijde weer te infiltreren via een infiltratiedrain. Deze drains zijn voor bouwhoogtevariant B1 en B2 meegenomen in het ontwerp en in de effectberekeningen.

De sleufbemaling voor de in- en uitlaat naar de Noordzee heeft in het duingebied een groot effect op de freatische grondwaterstanden. De exacte effecten zullen moeten worden bepaald wanneer het bemalingsadvies- en -plan worden opgesteld en de route, diepte, duur en aanlegtechniek bekend zijn (vergunningsfase). De effecten op de freatische grondwaterstand kunnen waarschijnlijk grotendeels of geheel worden voorkomen door de sleuf binnen damwanden te ontgraven. De damwanden moeten dan tot in de slecht-doorlatende Holocene afzettingen onder het duinzand reiken. Ook de effecten van de bemaling van een sleuf voor een koelwaterleiding tussen het Noordhollandsch Kanaal en het pomphuis kunnen pas exact worden bepaald wanneer het leidingtracé is vastgesteld en wanneer de uitvoeringsperiode bekend is. Ook voor deze eventuele bemaling zullen de effecten in het bemalingsadvies- en -plan moeten worden beschreven.

6.1.2 Waterkwaliteit

Voor koeling van de PALLAS-reactor met kanaal- of zeewater zijn vanuit waterkwaliteit geen negatieve effecten te verwachten. Derhalve zijn geen mitigerende maatregelen nodig.

6.1.3 Koelwateronttrekking en -lozing

In de overgangsfase is er in koelingskoelingsvariant K1 mogelijk een additionele wateronttrekking vanuit het Noordhollandsch Kanaal van maximaal 3150 m³/uur. De additionele onttrekking kan in de praktijk lager uitvallen doordat de maximum onttrekking niet altijd plaatsvindt. De mogelijkheden om de absolute onttrekking van de HFR en de PALLAS-reactor in te perken, is in het besluit-MER te beschouwen.

In de verdringingsreeks voor beschikbaarheid van water krijgt de reactor prioriteit direct na de drinkwatervoorziening en peilhandhaving van de polder (ten behoeve van voorkoming van zetting en verzilting) (Draaiboek Waterverdeling en Droogte 2016). In de overgangsfase zal de vraag naar koelwater groter zijn dan de huidige reservering¹⁹ omdat er momenten zullen zijn waarop zowel PALLAS als de HFR een gelijktijdige koelbehoefte zullen hebben.

In geval van droogte is het mogelijk om PALLAS en ook de HFR af te schakelen. In een tijdsbestek van enkele seconden kan het koelvermogen naar 10% van het maximum gereduceerd worden, waarna het koelvermogen langzaam verder afgeschaald kan worden indien nodig. Met het afschakelen van PALLAS en de HFR is in gevallen van droogte ook tijdens de overgangsfase geborgd dat er voldoende koelwater is vanuit het Noordhollandsch Kanaal. Dit afschakelen heeft echter wel consequenties voor de isotopenproductie en een negatieve financiële impact.

Aangezien er geen negatieve effecten zijn te verwachten voor het lozen van koelwater, zijn mitigerende maatregelen niet van toepassing. Wel kan in het ontwerp van het koelwater uitlaatsysteem op diverse manieren geborgd worden dat de mengzone de bodem niet raakt. Bijvoorbeeld door:

- Lozingspunten hoger boven de zeebodem te plaatsen;
- Grootte van uitstroomopeningen te variëren;
- Hoek van uitstroom te variëren;
- Toepassing van diffusors.

¹⁹ Voor de HFR is 0,9 m³ / seconde gereserveerd (3.240 m³ / uur).

6.1.4 Bodemkwaliteit

Aangezien er geen negatieve effecten zijn te verwachten, zijn mitigerende maatregelen niet van toepassing. Eventuele bodemverontreinigingen dienen gesaneerd te worden. Saneringen dragen positief bij aan de bodemkwaliteit. Saneringen kunnen nog niet uitgesloten worden aangezien het koelwatertracé nog niet vastligt en er geen dekkend beeld is van het de bodemkwaliteit in het zoekgebied.

7 LEEMTEN IN KENNIS

7.1 Grondwater

Zonder bemaling van de locatie van het nucleaire eiland wordt ter plaatse van de gebouwen op de OLP geen effect verwacht. Ter controle wordt echter aanbevolen om een peilbuis te plaatsen en op enkele gebouwen hoogtewebouten te plaatsen om eventuele effecten waar te kunnen nemen.

Het zoutgehalte is de meest belangrijke parameter voor de kwaliteit van het grondwater. Het zoutgehalte is van invloed op het fysische gedrag van het grondwater (dichtheidsstroming) en is van belang voor de ecologie en de landbouw. Directe meetgegevens van de huidige zoutverdeling zijn echter beperkt beschikbaar en daarmee een leemte in kennis.

Voor adresseren van deze leemte wordt aanvullend onderzoek in dit stadium (t.b.v. plan-MER en bestemmingsplan) niet noodzakelijk geacht. Voor het modelleren van het grondwater zijn alle beschikbare gegevens gebruikt. Directe meetgegevens zijn aangevuld met indirecte gegevens. Het resulterende grondwatermodel (zie Bijlage 1) dat voor deze achtergrondstudie is opgesteld, is gekalibreerd en gevalideerd. De resultaten kennen daarmee een hoge mate van betrouwbaarheid. Op basis van de modellering is er geen verzilting te verwachten in het projectgebied.

Het aanbrengen van diepe peilbuizen in het duingebied ten einde meer directe meetgegevens te verzamelen brengt mogelijk schade toe aan de duinen. Dit moet worden afgewogen tegen de meerwaarde van monitoring.

De effecten van een eventuele leidingsleuf door de duinen en door het landbouwgebied tussen het Noordhollandsch Kanaal en het pompgebouw kunnen pas exact worden bepaald wanneer deze eventuele tracés, aanlegdieptes en periode van uitvoering bekend zijn. In het kader van het hiervoor benodigde bemalingsadvies en -plan zal dan de zoet-zout verdeling van het grondwater in het te bemaling tracé moeten worden bepaald, evenals het zoutgehalte van nabije oppervlaktewateren zoals sloten in het landbouwgebied.

7.2 Waterkwaliteit

Het ontwerp voor het nieuw te realiseren lozingspunt voor de PALLAS-reactor is nog niet in detail uitgewerkt. Daarom is bij de toetsing van het effect van de lozing een deel van de benodigde gegevens geschat, in de meeste gevallen op basis van de HFR. De uiteindelijk te realiseren situatie kan daarom licht afwijken van de getoetste situaties. Omdat bij de toetsing een worst-case benadering als uitgangspunt is gehanteerd, zal dit niet tot een ander toetsresultaat (met een negatieve beoordeling) leiden.

7.3 Koelwateronttrekking en -lozing

De additionele onttrekking van water uit het Noordhollandsch Kanaal gedurende de overgangsfase in koelwaterkoelingsvariant K1 komt neer op 15,4% van de gemiddelde dag-afvoer²⁰ in het Noordhollandsch Kanaal ter plaatse van het toekomstig nucleaire eiland, tot ca. 7,7% in de exploitatiefase. Het is onduidelijk hoe de hoeveelheid water in het Noordhollandsch Kanaal zich zal ontwikkelen op langere termijn (>20 jaar), met name met betrekking tot drogere perioden en of de hoeveelheid water benodigd voor de productie van isotopen ten allen tijden gegarandeerd kan worden. Dit levert geen veiligheidsrisico op, maar kan potentieel wel zorgen voor een lagere productiecapaciteit.

Door Hoogheemraadschap Noord-Hollands Noorderkwartier, ANVS en Veiligheidsregio NHN is aandacht gevraagd voor klimaatontwikkeling, die effect heeft op de zoetwatervoorziening in de toekomst. Momenteel staat de zoetwatervoorziening van de HFR op plaats 3, ná de drinkwatervoorziening en peilhandhaving. Het scenario van een eventuele afnemende zoetwaterbuffer in relatie tot de PALLAS-onttrekking in de toekomst is niet expliciet beschouwd in dit plan-MER, maar verdient wel aandacht in het besluit-MER. Hierover dient ook met het hoogheemraadschap overlegd te worden, alvorens tot een verdere keuze te komen voor de vorm van koeling.

²⁰ Gebaseerd op daggemiddelden van 2015.

De berekende mengzone van de koelwaterlozing blijft onder de kritische grens, waardoor geen modelstudie nodig is in het kader van de Waterwet. In verband met mogelijke effecten op het bodemleven mag de mengzone de zeebodem niet raken. Momenteel is dit uittredepunt nog niet uitgewerkt. Ten behoeve van het besluit-MER en de vergunningen zal het lozingspunt te zijner tijd nader gedetailleerd worden.

7.4 Bodemkwaliteit

De bodemkwaliteit van de deelgebieden is beoordeeld op eerder uitgevoerde bodemonderzoeken. Aanleiding voor deze onderzoeken waren niet de beoogde ontwikkelingen, waardoor er geen 'dekkend' inzicht is in de bodemkwaliteit. Mogelijk is dus sprake van een onderschatting van het aantal locaties met bodemverontreiniging.

Aan het 'Zoekgebied leidingen' is nog geen concrete invulling gegeven van de beoogde leidingtracés. Hierdoor is het niet duidelijk of de twee ernstige gevallen van bodemverontreiniging 'geraakt' gaan worden door de toekomstige ontwikkelingen.

Aangezien het (saneren van) bodemverontreinigingen als 'positief' wordt beoordeeld, leidt een mogelijke onderschatting van het aantal aanwezige locaties met bodemverontreiniging tot een worst-case effectbeoordeling. De leemte in kennis heeft daardoor geen nadelige gevolgen ten opzichte van de effectscore en is dus niet relevant voor de besluitvorming.

AFKORTINGEN EN BEGRIPPENLIJST

ANVS	Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming
BBT	Best Beschikbare Techniek
Bkmw	Besluit kwaliteitseisen en monitoring water
Bus	Besluit uniforme saneringen
GLG	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand
GHG	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand
HFR	Hoge Flux Reactor
HHNK	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
KRW	Kaderrichtlijn Water
LDB	Landsdekkend Beeld Bodemverontreiniging
NMP3	Nationaal Milieubeleidsplan 3
OLP	Onderzoekslocatie Petten
Wbb	Wet bodembescherming

VERWIJZINGEN

- [1] "Ruimtelijke plannen; vastgesteld 2016-05-18;NL.IMRO.0441.BPBGZIJPE-VA03," [Online]. Available: www.ruimtelijkeplannen.nl. [Accessed 4 Januari 2017].
- [2] Rijkswaterstaat & Ministerie van Infrastructuur en Milieu, *Beheer- en ontwikkelplan voor de rijkswateren 2016 – 2021*, 2015.
- [3] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, "Handboek Immissietoets," 2016.
- [4] I. V. e. Waterstaat, "Koelwater, Handreiking en inspectiekader voor Wvo- en Wwb-vergunningverlening," 2005.
- [5] Fugro, "Site Characterisation PALLAS Project - Petten: Collapse, subsidence or uplift of the site surface. Report number: 1011-0215-003.R03," FUGRO Geoservices B.V., 2016.
- [6] Waterbase, "Waterbase," 21 Januari 2016. [Online]. Available: live.waterbase.nl.
- [7] Regionale uitvoeringsdienst Kop van Noord-Holland, "Interactieve bodemkwaliteitskaart Kop van Noord Holland. Gemeenten Den Helder, Hollands Kroon en Schagen," 2016. [Online]. Available: https://www.rudnhn.nl/Ondernemers/Bodem/Bodeminformatie/Interactieve_bodemkwaliteitskaart_Kop_van_Noord_Holland.
- [8] CSO Adviesbureau voor Milieu-Onderzoek B.V., "Nota bodembeheer regio Kop van Noord-Holland. Geldend voor de gemeenten Hollands Kroon en Schagen. Projectcode: 12M239," 23 juli 2013.
- [9] RWS Waterdienst, "Brondocument waterlichaam Hollandse kust. Doelen en maatregelen rijkswateren," Ministerie van IenM, Rijkswaterstaat, 2012.
- [10] *Convenant bodemontwikkelingsbeleid 2010-2015*, 10 juli 2009.
- [11] *Convenant bodem en ondergrond 2016-2020*, 27 februari 2015.
- [12] VROM, *Circulaire Landsdekkend Beeld*, 2001.
- [13] Hoogheemraadschap Noord-Hollands Noorderkwartier, "Thematische kaart meetpunten waterkwaliteit HHNK," 2017. [Online]. Available: <http://hnk-water.nl/ol/pm7.html>. [Accessed 4 Oktober 2016].
- [14] Rijkswaterstaat, *KRW-factsheet Hollandse kust in RWS*, 2015.
- [15] Europese Commissie, *Geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging (IPPC)*, 2001.
- [16] KEMA, *Milieu-effectrapportage RWE-centrale Eemshaven. Kenmerk 30630205-Consulting 06-0630*, 2006.
- [17] RIZA, "Hoe omgaan met actief chloor in koelwater? RIZA-rapport 97.077," 1997.
- [18] RIZA, "Het gebruik van biociden in recirculatiekoelsystemen. RIZA-rapport 96.036.," 1996.
- [19] "Ruimtelijke plannen; vastgesteld 2016-05-18;NL.IMRO.0441.BPBGZIJPE-VA03," [Online]. Available: www.ruimtelijkeplannen.nl. [Accessed 10 Januari 2017].

BIJLAGE 1 GRONDWATERMODELONDERZOEK

GRONDWATER MODELSTUDIE PALLAS REACTOR PETTEN

BIJLAGE 1 PALLAS

25 AUGUSTUS 2017

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
1.1	Doel van het onderzoek	6
1.2	Te beantwoorden vragen	6
1.3	Aanpak	6
1.4	Leeswijzer	7
2	GEBIEDSBESCHRIJVING	8
2.1	Geohydrologische bodemopbouw	8
2.2	Grondwater	8
2.3	Verdeling zoet en zout grondwater	11
2.4	Oppervlaktewater	12
2.4.1	Noordzee	12
2.4.2	Duinmeren	14
2.4.3	Noordhollandsch Kanaal, waterlopen en drainage	15
2.1	Belangen in de omgeving	15
2.1.1	Vegetatie	16
2.1.2	Gebouwen	16
2.1.3	Duinen als onderdeel van de zeewering	16
2.1.4	Landbouw	18
2.1.5	Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen	18
2.1.6	Mobiele verontreinigingen	18
3	MODEL: OPBOUW EN UITGANGSPUNTEN	20
3.1	Keuze voor modelprogramma	20
3.2	Opzetten modelgrid	20
3.2.1	Begrenzing modelgebied	20
3.2.2	Ruimtelijke modeldiscretisatie	21
3.3	Bodemeigenschappen	22
3.3.1	Modelschematisatie Geotop	22
3.3.2	Modelschematisatie basisveen	24

3.3.3	Modelschematisatie diepe ondergrond (NAP -30 tot -250 m)	26
3.3.4	Parameterwaarden voor de berging	27
3.4	Beschrijving van modelranden, oppervlaktewater, onttrekkingen en neerslagoverschot	27
3.4.1	Modelranden	28
3.4.2	De zeebodem	28
3.4.3	Kanalen, vaarten, sloten en drains	28
3.4.4	Duinmeren	29
3.4.5	Grondwateronttrekkingen	29
3.4.6	Neerslagoverschot	29
3.5	Van Modflow naar Seawat	30
4	MODEL: KALIBRATIE EN VALIDATIE	31
4.1	Kalibratie	31
4.1.1	Kalibratiedoel	31
4.1.2	Gebruikte meetgegevens	31
4.1.3	Aanpak kalibratie	33
4.1.4	Kalibratieresultaten	34
4.2	Validatie	40
5	MODEL: SCENARIOBEREKENINGEN	42
5.1	Verfijning van de modelgrid	42
5.2	Uitgangspunten van de modelscenario's	42
5.3	Resultaten van de scenarioberoekeningen	45
5.3.1	Verlaging tijdens de aanlegfase reactorgebouw	45
5.3.2	Effecten sleufbemaling voor koelwaterleidingen	47
5.3.3	Effecten in de gebruiksfase	50
6	GEVOLGEN VOOR DE OMGEVING	59
6.1	Vegetatie	59
6.2	Gebouwen	59
6.3	Duinen als onderdeel van de primaire kering	59
6.4	Landbouw	60
6.5	Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen	60
6.6	Mobiele verontreinigingen	60
	BIJLAGE 1 DE BASISVEEN LAAG	62
	BIJLAGE 2 INITIËLE ZOUTCONCENTRATIES	65

REFERENTIES

79

1 INLEIDING

Arcadis is door PALLAS gevraagd om het mogelijke effect van de aanleg van een nieuwe nucleaire reactor op het grondwater in de omgeving te onderzoeken. De geplande locatie van deze PALLAS-reactor is de Westerduinweg 3 op de Onderzoekslocatie Petten (OLP). Voorliggend rapport geeft een verslag van dit onderzoek, dat met een grondwatermodel is uitgevoerd.

1.1 Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is het bepalen van de mogelijke effecten van de aanleg van een nieuwe reactor op het grondwater in de omgeving. De effecten die in deze studie worden behandeld zijn het effect op de freatische grondwaterstand, stijghoogten in de bodemlagen onder de deklaag, grondwaterstroming, zoutgehalte en het zoet-zout grensvlak. Onderzoek naar deze effecten is nodig voor het bepalen van eventuele risico's die door veranderingen in het grondwaterregime beïnvloed kunnen worden. Bepaling van de effecten van eventuele grondwaterverontreiniging door calamiteiten is expliciet geen onderdeel van de vraagstelling.

1.2 Te beantwoorden vragen

Voorliggend rapport geeft antwoord op de volgende vragen:

- Wat is de huidige hydrogeologische situatie:
 - de natuurlijke fluctuatie in grondwaterstand;
 - de natuurlijke richting en herkomst van de grondwaterstroming;
 - de huidige beïnvloeding van het grondwater door ondergrondse inrichtingen;
 - het zoet-zout grensvlak;
 - neerslag en verdamping.
- Wat is de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van de modelresultaten.
 - welke gegevens zijn gebruikt voor kalibratie en verificatie?
 - wat zijn de kalibratie en verificatie doelen?
 - is het gekalibreerde model voldoende nauwkeurig om de gevraagde rekenresultaten te produceren?
 - welke modelstappen zijn uitgevoerd om tot de gevraagde rekenresultaten te komen?
- De effecten op het grondwater zijn op 2 manieren berekend:
 - de effecten tijdens de aanlegfase;
 - de permanente effecten na aanleg van de reactor.
- Wat zijn via het grondwater de effecten op de functies in de omgeving, zoals:
 - vegetatie (verdroging, verzilting);
 - gebouwen (risico op zettingsschade);
 - duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting);
 - landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting);
 - grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen;
 - mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing).
- Wat is het effect van toekomstige veranderingen in zeespiegel, neerslag en verdamping op de berekende effecten?

1.3 Aanpak

De aanpak kan puntsgewijs op de volgende manier worden samengevat:

- Stap 1: kiezen van de meest geschikte software waarin het model wordt opgezet;
 - deze keuze hangt samen met de keuze voor verdergaan met het aangeleverde model in Feflow omgeving of het opnieuw opzetten van een model in een Modflow omgeving.
- Stap 2: Starten van het modelleerproces.
 - om het modelleerproces tot een goed einde te brengen, is het noodzakelijk om de volgende aspecten in dit proces op te nemen:
 - probleemanalyse;

- doelomschrijving;
- planning waarin de afstemmomenten met opdrachtgever en bevoegd gezag zijn opgenomen;
- planning van de benodigde capaciteit en de momenten van kwaliteitscontrole;
- de eisen die aan het model zijn gesteld (onder andere vanuit opdrachtgever en bevoegde gezagen);
- kalibratie en validatie doelen;
- eisen aan de modelresultaten;
- omschrijving van de op te leveren producten.
- Stap 3: Opzetten van het grondwaterstromingsmodel.
 - bepalen geschikte randen van het modelgebied;
 - bepalen van de benodigde gridgrootte;
 - opnemen van randvoorwaarden zoals oppervlaktewater, neerslag, verdamping, grondwateronttrekkingen en modelranden;
 - schematisering van de bodemlagen in modellagen;
 - toevoegen van de Geotop schematisering van de bodemopbouw;
 - schematiseren van de bodemopbouw onder de Noordzee op basis van beperkte bodemgegevens.
- Stap 4: Uitbreiden van het grondwatermodel met zoet-zout module.
 - binnen de Groundwater Vistas modelschil wordt met de module Seawat gerekend om het effect van het dichtheidsverschil tussen zoet en zout water te berekenen en de veranderingen in zoutconcentraties te berekenen;
 - voor het rekenen in Seawat worden aan het grondwatermodel vaste chlorideconcentraties toegekend aan de modelranden en aan het oppervlaktewater;
 - de chlorideconcentratie aan het begin van de berekeningen worden bepaald aan de hand van beschikbare metingen.
- Stap 5: Kalibratie van het model.
 - om de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van de modelresultaten te bepalen en het model waar nodig te verbeteren, wordt kalibratie uitgevoerd;
 - van belang is dat de effecten op de freatische grondwaterstanden nauwkeurig worden berekend. De berekende grondwaterstanden mag een maximale afwijking ten opzichte van de gemeten grondwaterstanden vertonen van 10% van de range in grondwaterstanden in de omgeving;
 - voor het vergelijken van de berekende stijghoogtes wordt het gemiddelde van de gemeten stijghoogtes gebruikt uit de periode 1996 – 2005.
- Stap 6: Validatie van het model.
 - om de betrouwbaarheid van het model aan te tonen wordt validatie van de modelresultaten uitgevoerd. Hiervoor wordt het gemiddelde van beschikbare peilbuismetingen uit de periode 2006 – 2015 gebruikt, een andere periode dan gebruikt voor de kalibratie.
- Stap 7: Opzetten modelscenario's.
- Stap 8: Doorrekenen modelscenario's.

1.4 Leeswijzer

De hoofdstukken in voorliggend rapport volgen in grote lijnen de stappen van het plan van aanpak. Na de inleiding volgt in hoofdstuk 2 een beschrijving van de huidige situatie. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de opbouw en de uitgangspunten van het model. De kalibratie en validatie van het model is beschreven in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 zijn de scenarioberekeningen beschreven.

2 GEBIEDSBESCHRIJVING

Het gebied in de omgeving van de PALLAS-reactor is beschreven in het rapport “Radioactivity related studies, PALLAS Site Characterisation”, Arcadis, NRG, april 2016. De voor de modellering relevante gebiedsbeschrijvingen in deze Site Characterisation zijn overgenomen in voorliggend hoofdstuk. In hoofdstuk 3 is vervolgens beschreven op welke manier deze gebiedsaspecten in het grondwatermodel zijn opgenomen.

Onderstaand zijn achtereenvolgens de volgende gebiedsaspecten beschreven:

- Geohydrologische bodemopbouw.
- Grondwaterstand en –stroming.
- Verdeling zoet en zout water.
- Grondwatersystemen.
- Oppervlaktewater.
- Belangen in de omgeving van de reactor locatie.

2.1 Geohydrologische bodemopbouw

De hydrogeologische basis (de geologische laag die de onderkant van het grondwatersysteem vormt) bestaat uit de tertiaire en pleistocene afzettingen van de Maassluis Formatie op een diepte van ongeveer NAP -230 m tot NAP -290 m. Deze afzettingen bestaan voornamelijk uit slecht-doorlatende klei. Hierboven ligt een dikke laag goed-doorlatende zandige afzettingen van de Peize en Waalre Formaties.

Vanaf circa NAP -80 m gaan deze formaties over in de Urk Formatie.

Ter plaatse van de reactor locatie komen in de Urk Formatie een aantal dunne kleilagen voor. Deze kleilagen eindigen ten oosten van de reactor locatie.

Op circa NAP -50 m en hierboven komt een afwisseling voor van goed-doorlatende zandlagen en slecht-doorlatende kleilagen. Deze afzettingen behoren tot de Drenthe Formatie, de Eem Formatie, de Kreftenheye Formatie en de Boxtel Formatie.

De bovenkant van de Boxtel Formatie en de onderkant van de holocene deklaag vormen een scheidende laag die de freatische aquifer hierboven scheidt van het 1^e watervoerende pakket hieronder.

De hydraulische weerstand van de diep gelegen scheidende lagen is relatief klein (enkele honderden dagen per scheidende laag). De meest relevante scheidende laag in het kader van dit project is de eerste scheidende laag die de freatische watervoerende laag van de diepere watervoerende pakket scheidt. Deze scheidende laag, van circa NAP 0 m tot NAP -10 m, bestaat uit zandige klei en kleig zand met lokaal ingesloten veenlagen. Vooral het Basisveen heeft een zeer grote hydraulische weerstand. Deze laag komt ter plaatse van de reactor locatie voor met een dikte van circa 40 cm. In de omgeving varieert de dikte tussen 0 en 80 cm.

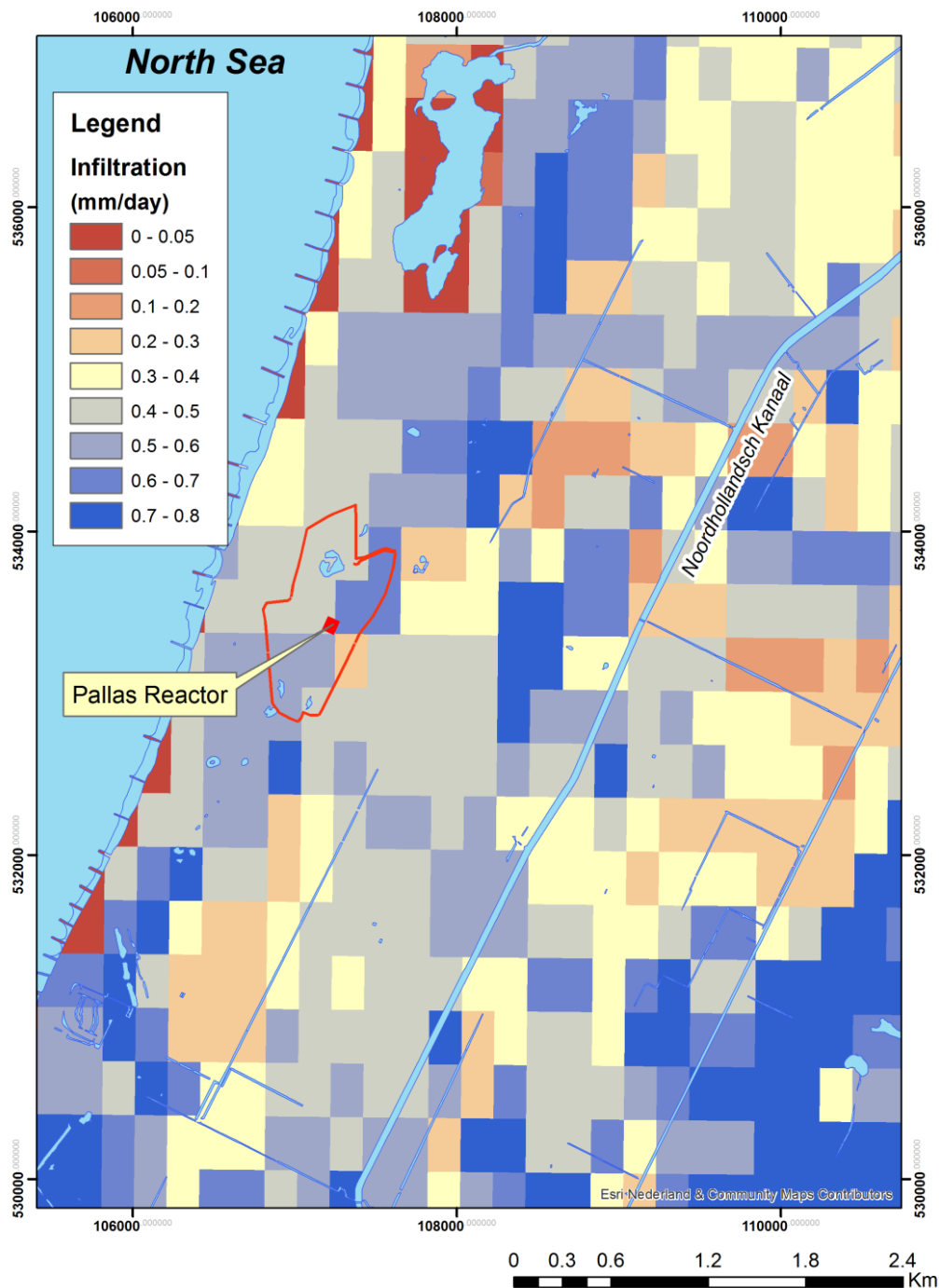
2.2 Grondwater

De grondwaterstroming in de watervoerende lagen beneden de freatisch watervoerende laag is van west naar oost gericht. Door drainage in Wieringermeerpolder op circa 20 kilometer ten oosten van de reactor locatie veroorzaakt een verhang in stijghoogte van circa NAP 0 m aan de kust tot circa NAP -4,5 m in deze polder.

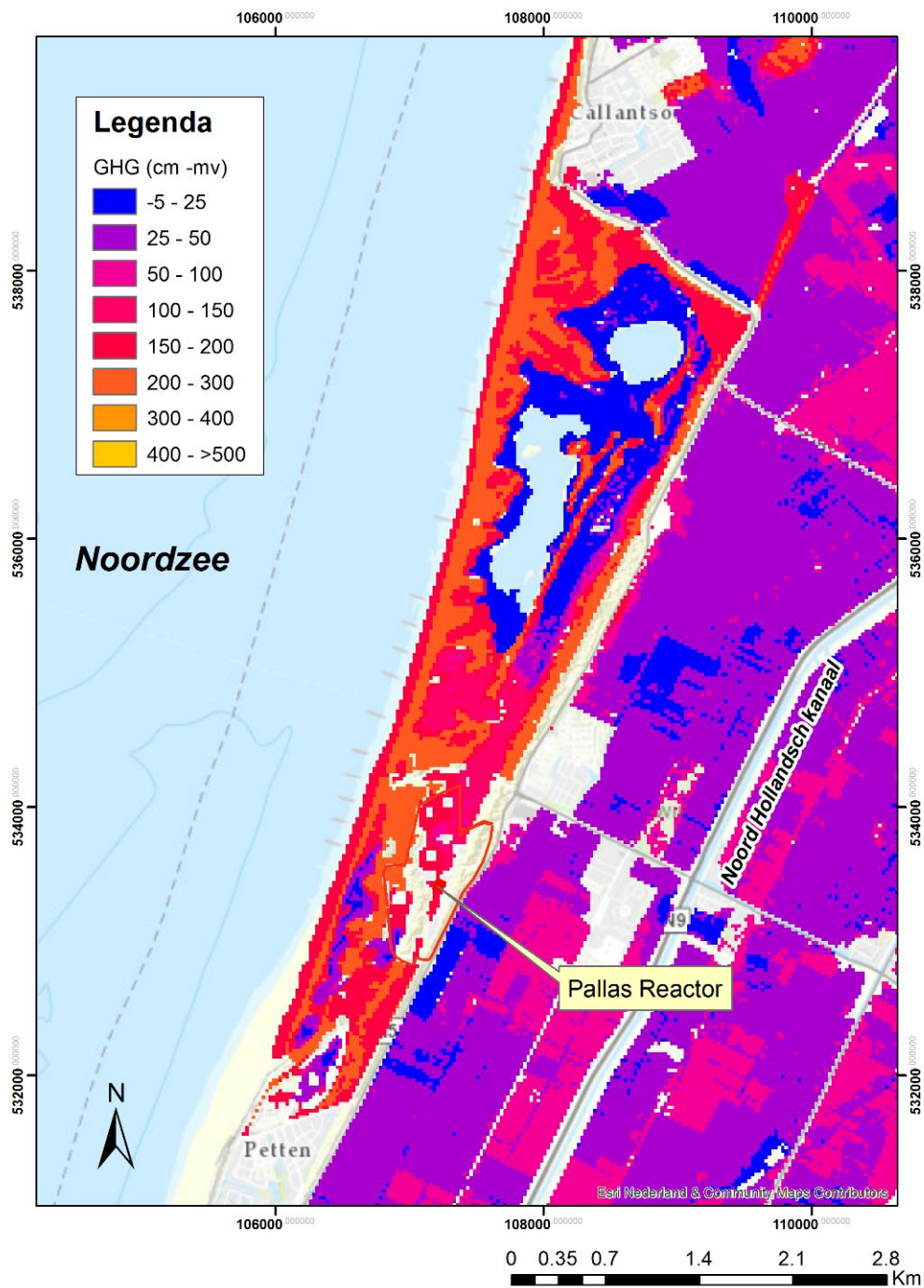
Het freatisch watervoerend pakket bestaat voornamelijk uit duinzand. Infiltratie van hemelwater heeft in deze duinen een lens van zoet water gevormd, die het zoute water tot beneden de eerste scheidende laag verdringt. De freatische zoetwaterlens is uitermate belangrijk voor de kwaliteit van het grondwater in het duingebied en voor de duinvegetatie, met name de vegetatie in de duinvalleien, waar kwel van zoet, carbonaatrijk water optreedt.

De grondwaterstanden in het duingebied variëren sterk onder invloed van neerslag en verdamping. In Figuur 1 is de berekende infiltratie weergegeven voor de periode 1998-2006 die door het nationaal grondwater model NHI (nationaal hydrologisch instrumentarium) is berekend. Deze periode wordt beschouwd als een

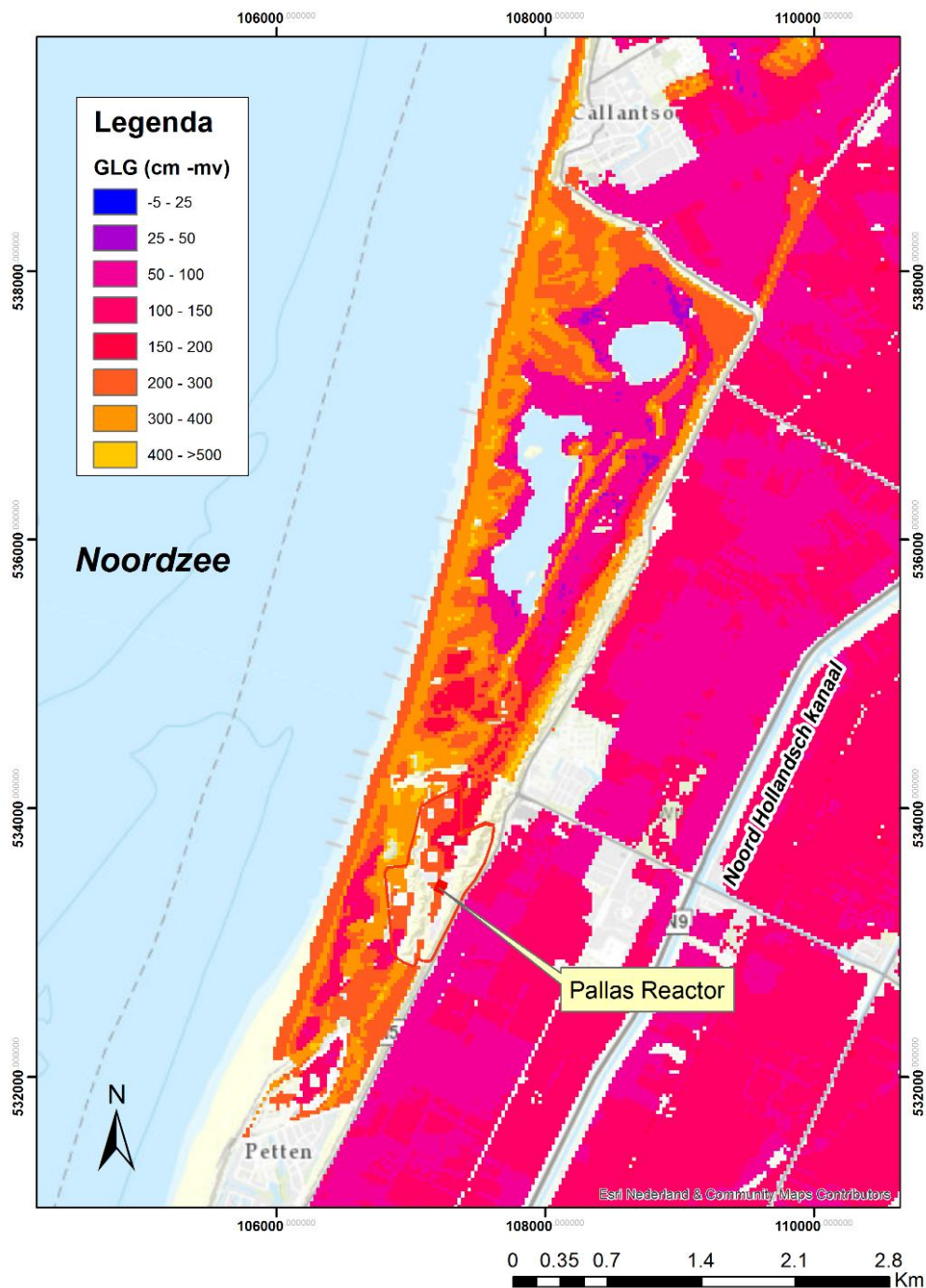
hydrologisch representatieve periode en is gebruikt voor het beschrijven van de gemiddelde hydrologische situatie. De gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) zijn overgenomen uit Gaast et al. (2010) en weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3.



Figuur 1 Gemiddelde infiltratie (1998-2006), gebaseerd op het NHI



Figuur 2 GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand), gebaseerd op Gaast et al. (2010) in cm beneden maaiveld



Figuur 3 GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand), gebaseerd op Gaast et al. (2010) in cm beneden maaiveld

2.3 Verdeling zoet en zout grondwater

Wat betreft de kwaliteit van het grondwater is het zoutgehalte de meest belangrijke parameter. Het zoutgehalte is van invloed op het fysische gedrag van het grondwater (dichtheidsstroming) en is van belang voor de ecologie en de landbouw.

Zout water is aanwezig in het 1^e watervoerende pakket in het agrarisch gebied tussen het duingebied en het Noordhollandsch Kanaal, ten oosten van de reactor locatie.

Onder de duinen ligt het grensvlak tussen zoet/brak en zout grondwater op veel grotere diepte, tot tientallen meters beneden NAP. Fugro heeft in drie boorgaten (BH1, BH2 en BH3) ter plaatse van de beoogde reactor 11 peilbuizen op diverse dieptes geplaatst. Deze boorgaten liggen enkele tientallen meters van elkaar. De chlorideconcentraties zoals gemeten in deze peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Chlorideconcentraties in het grondwater ter plaatse van de PALLAS-reactor (Bron: Fugro rapport 1011-0215-000.R03)

Diepte	Chlorideconcentratie	Classificatie	Peilbuis
NAP -0.65 m	210 mg/L	Brak	BH3PB3
NAP -14.67 m	240 mg/L	Brak	BH3PB2
NAP -18.77 m	700 mg/L	Brak	BH2PB2
NAP -18.76 m	840 mg/L	Brak	BH1PB2
NAP -32.71 m	1.200 mg/L	Brak	BH3PB1
NAP -43.79 m	4.700 mg/L	Zout	BH1PB1

Het grensvlak tussen zoet (chlorideconcentratie <150 mg/L) en brak (chlorideconcentratie tussen 150 en 1500 mg/L) ter plaatse van de PALLAS-reactor ligt dus hoger dan NAP-0.65 m. Het grensvlak tussen brak en zout (chlorideconcentratie >1500 mg/L) ligt naar verwachting iets dieper dan NAP -32.71 m.

De driedimensionale verdeling van de chlorideconcentraties in het modelgebied is verder beschreven in Appendix 2.

2.4 Oppervlaktewater

Oppervlaktewater kan ingedeeld worden naar natuurlijk oppervlaktewater en door mens ingericht oppervlaktewater. Het natuurlijk oppervlaktewater bestaat in de omgeving van de reactor locatie uit de Noordzee en uit een aantal duinmeren. De ligging van dit oppervlaktewater is weergegeven in Figuur 4.

2.4.1 Noordzee

De reactor locatie is gelegen op circa 750 m afstand vanaf de kustlijn. De diepte van de zeebodem neemt geleidelijk toe in westelijke richting en bereikt een diepte van 25 m op circa 25 kilometer vanuit de kustlijn. Het dichtstbijzijnde waterstand meetstation is Petten-Zuid op circa 1 kilometer vanuit de kustlijn.

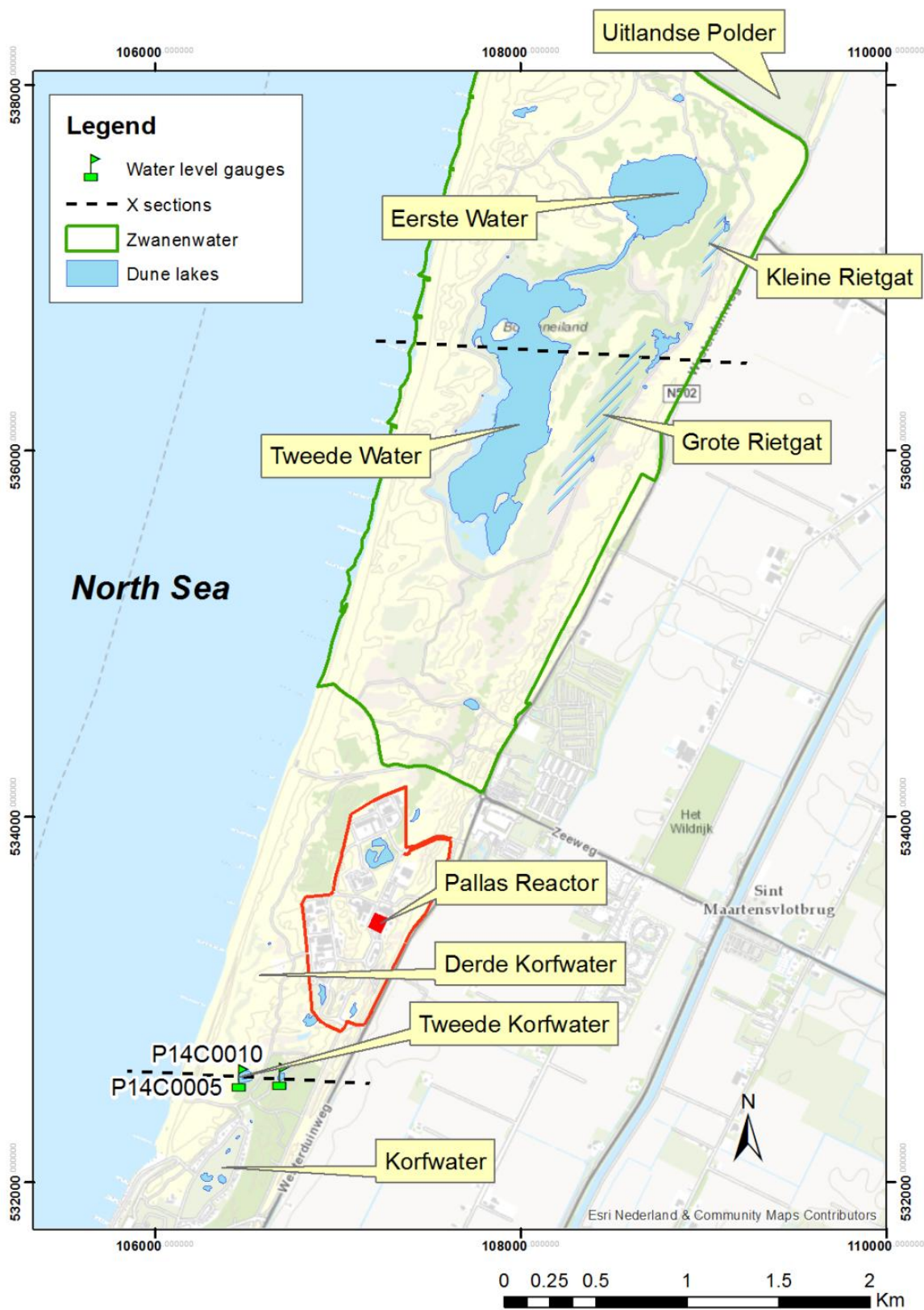
De zeewaterniveaus van de afgelopen 20 jaar zijn weergegeven in Figuur 5. Het gemiddelde waterniveau in 2015 bedraagt NAP +0,05 m. De 2015 5^{de} en 95^{ste} percentielen van het zeewaterniveau waren respectievelijk NAP -0,91 m en NAP +0,96 m.

Het zeewater bevat voornamelijk opgeloste zouten. Bijna 70% van deze zouten bestaat uit natriumchloride (NaCl). De overige 30% bevat voor een groot deel uit chlorides (voornamelijk magnesium- en calciumchlorides). De chlorideconcentratie wordt daarom beschouwd als een geschikte maat voor het totale zoutgehalte van het zeewater.

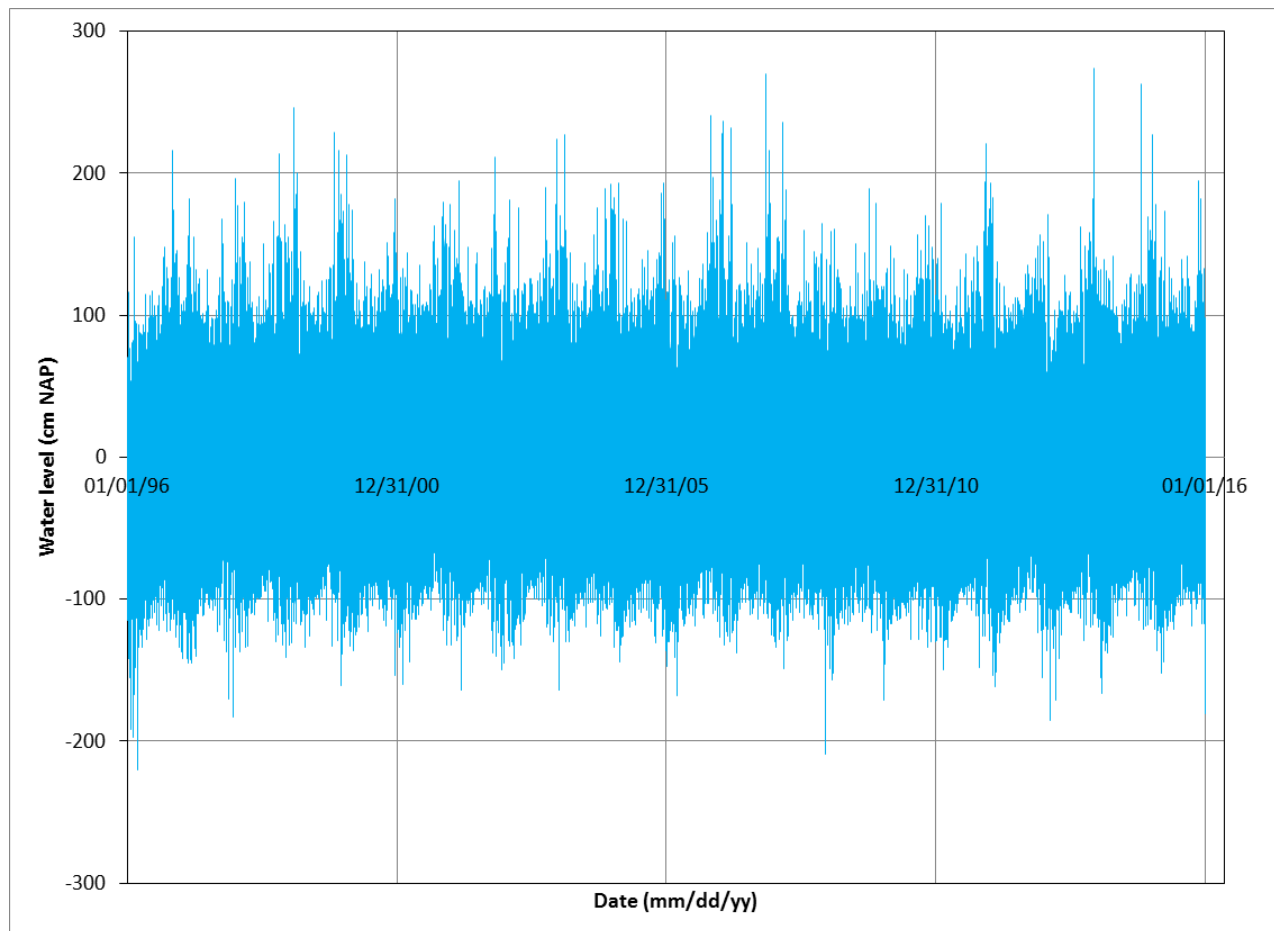
De zoutconcentratie in de Noordzee varieert als gevolg van het percentage rivierwater dat met het zeewater mengt. Omdat de afvoer van de rivieren seizoensafhankelijk is, is ook de verdeling van de zoutconcentratie afhankelijk van de seizoenen.

De zoutconcentratie nabij de kust is circa 30 g/l. Chlorideconcentraties zijn in de periode 1975-1983 gemeten door de meetstations Callantsoog en Egmond aan zee. Het gehalte totaal opgeloste stoffen voor

deze stations was respectievelijk 30,6 en 29,4 g/l. De corresponderende chlorideconcentraties waren 17.248 en 16.488 mg/l (Bron: live.waterbase.nl, geraadpleegd op 21 januari 2016).



Figuur 4 Ligging van de Noordzee en de duinmeren in de omgeving van de reactor locatie



Figuur 5 Noordzee waterstanden, gemeten door meetstation Petten-Zuid (Bron: live.waterbase.nl, geraadpleegd op 21 januari 2016)

2.4.2 Duinmeren

De twee grootste meren in het duingebied zijn het Eerste Water en het Tweede Water, beide gelegen in het natuurgebied Zwanenwater, ten noorden van de reactor locatie. De waterpeilen in beide meren variëren tussen NAP +2,4 m en NAP +2,8 m. Beide meren staan met elkaar in verbinding waarbij water vanuit het Tweede water richting het Eerste Water kan stromen. Volgens het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is er in het verleden ten oosten van het Zwanenwater langs de Westerduinweg een damwand geplaatst om kwel naar de landbouwpercelen te beperken. De ligging van beide meren is weergegeven in Figuur 4. Het waterniveau van beide meren wordt duidelijk bepaald door de verhouding tussen neerslag, verdamping en de hoeveelheid grondwater die naar de Noordzee en naar de polders ten westen van het duingebied stroomt.

Tijdens zeer hoge waterstanden kan nutriëntrijk water vanuit deze meren naar de oostelijk gelegen duinvalleien stromen. Om deze toestroom te beperken, worden de meren gedraineerd wanneer de waterpeilen gedurende langere tijd boven NAP +2,7 m. Het water wordt afgevoerd naar de Uitlandse polder ten noorden van het Eerste Water.

De duinmeren en de kleinere wateren zijn voornamelijk grondwater gevoed door het freatisch grondwater in de omliggende duinen. Dit blijkt ook uit de waterkwaliteit. Chlorideconcentraties in het Eerste en Tweede

Water liggen tussen de 120 en 160 mg/l. In het natuurgebied Zwanenwater wordt carbonaatrijk en ijzerrijk kwelwater aangetroffen.

2.4.3 Noordhollandsch Kanaal, waterlopen en drainage

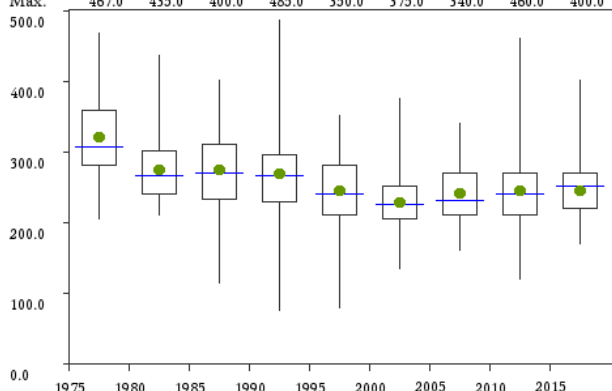
Ten oosten van het duingebied ligt relatief laag-gelegen land (NAP +0,5 m tot NAP -0,5 m) dat intensief wordt ontwaterd door een systeem van waterlopen en drainage. De landbouwpercelen worden naar verwachting gedraineerd door drains op een diepte van 1,1 m –mv. Drainagebuizen en tertiaire waterlopen draineren deze landbouwpercelen. De secundaire waterlopen verzamelen dit drainagewater en transporteren dit naar de primaire waterlopen. De primaire waterlopen hebben een meer regionale functie in het watertransport.

De waterpeilen worden gereguleerd door een stelsel van syphons, stuwen en gemalen. De waterpeilen in de secundaire en tertiaire waterlopen variëren per gebied en per seizoen (winterpeil of zomerpeil).

Het Noordhollandsch Kanaal is de grootste watergang in het gebied. Dit kanaal komt uit in het IJ in Amsterdam in het zuiden en in de Waddenzee in Den Helder in het noorden. Het kanaal is circa 35 m breed en het waterpeil bedraagt circa NAP -0,50 tot NAP -0,55 m. De waterdiepte bedraagt circa 3,5 tot 3,7 m. De chlorideconcentratie van het kanaalwater gemeten ter plaatse van Burgervlotbrug en Sint Maartensvlotbrug is weergegeven in Figuur 6.

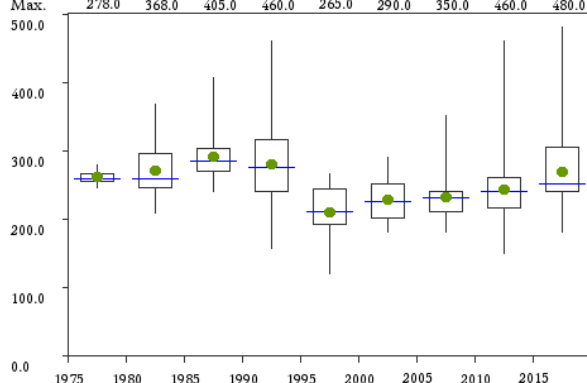
Chloride-mg/l-NVT bij: N-H kanaal t.p.v. Burgervlotbrug
Code meetpunt: 135301, gegevens uit alle maanden

Aant.w.	132	227	242	237	184	235	174	119	35
Aant.uitb.	0	7	0	1	0	1	0	1	1
Aant.tek.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gemid.	320.0	272.7	273.5	266.8	242.9	226.4	239.9	243.4	244.0
Max.	467.0	435.0	400.0	485.0	350.0	375.0	340.0	460.0	400.0



Chloride-mg/l-NVT bij: N-H Kanaal tpv St. Maartensvlotbrug
Code meetpunt: 135302, gegevens uit alle maanden

Aant.w.	8	44	27	51	14	14	53	119	35
Aant.uitb.	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Aant.tek.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gemid.	260.5	269.2	290.2	279.2	209.3	227.1	230.0	242.4	267.4
Max.	278.0	368.0	405.0	460.0	265.0	290.0	350.0	460.0	480.0



Figuur 6 Statistieken van de chloride concentraties in het Noordhollandsch Kanaal tussen 1975 en 2016. Per periode van 5 jaar geven de verticale lijnen de minimale en maximale concentratie weer. De rechthoeken geven de 75 percentiel waarden. De groene stip is het gemiddelde, de blauwe lijn de mediaan. Bron: <http://hnk-water.nl/ol/pm7.html>, geraadpleegd op 4 oktober 2016

De gemiddelde chlorideconcentratie van het kanaalwater ter plaatse van deze twee meetpunten ligt meestal tussen circa 240 en 280 mg/l. Er komen uitschieters naar boven voor tot 480 mg/l.

2.1 Belangen in de omgeving

Belangen in de omgeving van de reactor locatie die mogelijk beïnvloed worden door de aanleg van deze reactor bestaan uit:

- Vegetatie (verdroging, verzilting).
- Gebouwen (risico op zettingsschade).
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting).

- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting).
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing).

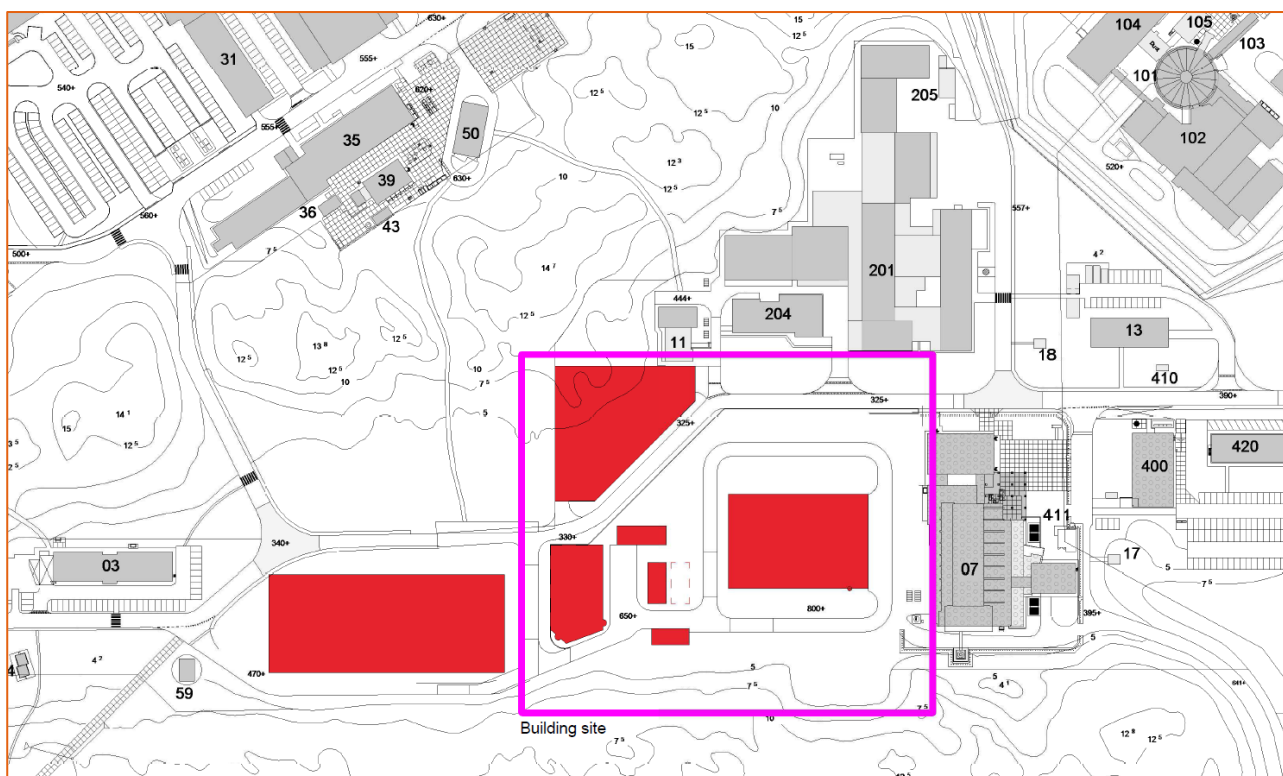
Hieronder volgt een korte beschrijving van deze belangen.

2.1.1 Vegetatie

Vegetatie die mogelijk negatief beïnvloed wordt door de aanleg van de reactor is grondwaterafhankelijke vegetatie. Dit komt vooral voor in de kwelzone direct ten oosten van het duingebied en in de laag-gelegen delen binnen het duingebied zoals duinvalleien.

2.1.2 Gebouwen

Als gevolg van de aanleg van de reactor treden mogelijk veranderingen op in de grondwaterstand in de omgeving. Een mogelijk gevolg van verhoging van de grondwaterstand is wateroverlast in kelders of kruipruimtes. Een mogelijk gevolg van verlaging van de grondwaterstand is zettingschade aan gebouwen. In Figuur 7 is de ligging van de geplande PALLAS-reactor weergegeven ten opzichte van de omliggende gebouwen.

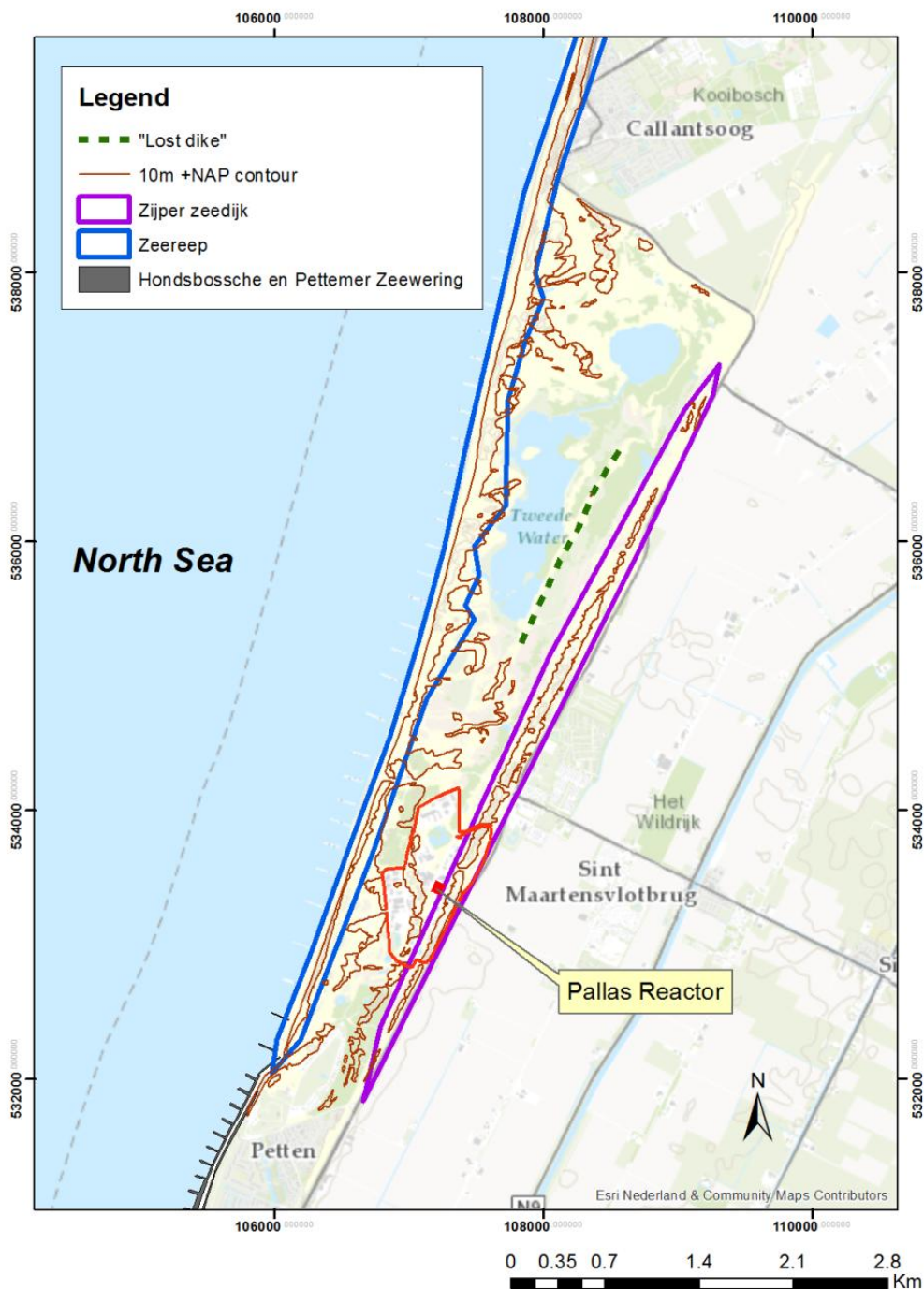


Figuur 7 Ligging van de geplande PALLAS-reactor in de Onderzoekslocatie Petten (OLP) (nieuw te bouwen in rood, bestaande bebouwing in grijs). Het nucleair eiland is het meest rechtse nieuw te bouwen gebouw.

2.1.3 Duinen als onderdeel van de zeewering

De duinen in de omgeving van de reactor locatie zijn onderdeel van de primaire kering van de kustbescherming. De eerste duinenrij (de Zeereep), grenzend aan het strand, varieert in hoogte tussen NAP +11 m en NAP +15 m. De oude zeedijk (Zijperzeedijk) vormt nog steeds de oostelijk rand van het

duingebied, maar is geen onderdeel van de kustverdediging meer. De ligging van de Zeereep en de Zijperzeedijk is weergegeven in Figuur 8. Mogelijke effecten die de aanleg van de reactor kan hebben op deze kustverdediging betreft zettingen.



Figuur 8 Ligging van de kustverdediging

2.1.4 Landbouw

In het gebied ten oosten van het duingebied is voornamelijk landbouw aanwezig. De aanleg van de reactor heeft mogelijk effect op de grondwaterstand en –kwaliteit ter plaatse van deze landbouwpercelen. Wanneer verhoging van de grondwaterstand optreedt, kan dit voor natschade of juist voor minder droogteschade zorgen. Lagere grondwaterstanden kunnen een omgekeerd effect hebben. Een verandering van stromingsrichting kan een verandering in de kwaliteit van het grondwater ter plaatse van de landbouwpercelen tot gevolg hebben met een positief of juist negatief effect op de landbouwgewassen.

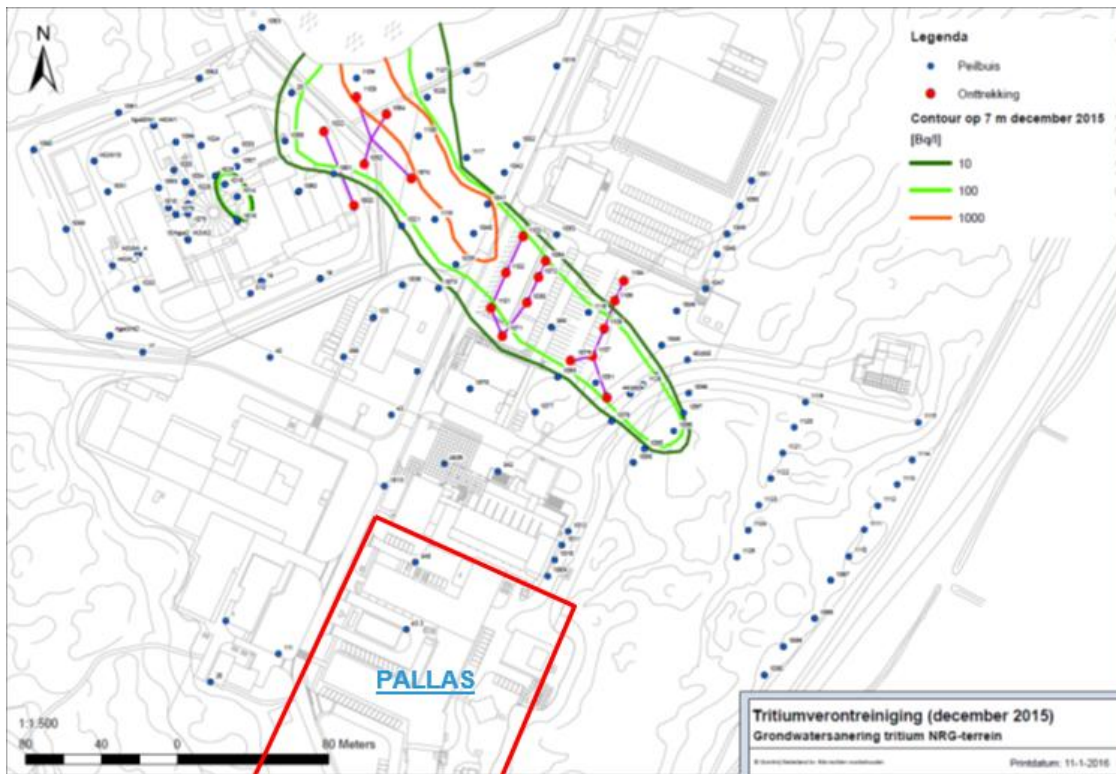
2.1.5 Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen

Zoals in paragraaf 3.4.5 uitgebreider wordt beschreven, zijn in de omgeving van de reactor locatie op drie locaties grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen aanwezig. De aanleg van de reactor kan zorgen voor effecten op de grondwaterstand ter plaatse van deze systemen. Dit kan leiden tot een toename of een afname van de debieten die hier onttrokken of geïnfilteerd worden.

2.1.6 Mobiele verontreinigingen

Op relatief korte afstand van de reactor locatie is een mobiele grondwaterverontreiniging aanwezig. Dit betreft een tritiumverontreiniging op ten minste 100 m afstand ten noorden van de reactor locatie. De vlek werd beheerst door middel van onttrekking van vervuild grondwater. Naar aanleiding van de beschikking van de Minister van Infrastructuur en Milieu van 4 mei 2017 hoeft de verontreiniging niet meer actief te worden beheerst/gesaneerd. Wanneer op de OLP terreingrens of daarbuiten de concentratie tritium in grondwater de 5000 Bq/L dreigt te gaan overschrijden, moet NRG een nieuw plan indienen met maatregelen om zodoende de concentratie buiten de OLP terreingrens zo laag als redelijkerwijs mogelijk te houden.

De aanleg van de reactor heeft potentieel een effect op grondwaterstanden en grondwaterstroming in de omgeving. Dit heeft mogelijk een verplaatsing van de tritiumverontreiniging tot gevolg. De ligging van de vlek is weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Ligging van de Tritium vlek en het beheerssysteem ten opzichte van de reactor locatie in december 2015

3 MODEL: OPBOUW EN UITGANGSPUNTEN

Onderstaand is het opzetten van het grondwatermodel aan de hand van de volgende onderwerpen beschreven:

- Keuze voor modelprogramma.
- Opzetten modelgrid;
 - begrenzing modelgebied;
 - ruimtelijke discretisatie.
- Bodemschematisatie en bodemeigenschappen.
- Oppervlaktewater, modelranden en neerslagoverschot.
- Van Modflow naar Seawat:
 - invullen parameterwaarden voor transportberekening;
 - invoeren beginconcentratie chloride;
 - toekennen chlorideconcentratie aan modelranden in infiltrerend oppervlaktewater.

3.1 Keuze voor modelprogramma

Voor het uitvoeren van de modelberekeningen kan gekozen worden uit verschillende modelprogramma's. Bij deze keuze spelen de volgende factoren een rol:

- Door Fugro is een grondwatermodel aangeleverd, opgezet met het rekenprogramma Feflow.
- Er zijn verbeteringen nodig van dit aangeleverde model om het voldoende nauwkeurig en geschikt te maken voor de gewenste berekeningen.
- Een alternatief voor het gebruiken van het aangeleverde model, is het opzetten van een nieuw Modflow grondwatermodel binnen de schil Groundwater Vistas. Modflow is internationaal het meest gebruikte en een wereldwijd geaccepteerd grondwatermodel. Dit vergemakkelijkt het uitwisselen van het model met andere gebruikers.
- Er zijn voor Modflow veel specifieke modules beschikbaar zoals voor berekeningen van grondwaterstroming met dichtheidsverschillen, reactief stoftransport, stroming in de onverzadigde zone. Dit maakt een Modflow model geschikt om eventuele vervolgvragen te kunnen onderzoeken.
- De gridgrootte van het Modflow model kan naar gelang lokaal of in deelmodellen worden verfijnd (nested grids, telescopic mesh refinement en dynamische quadtree refinement).
- Het te modelleren probleem is relatief complex door de grillige bodemopbouw, de dichtheidsverschillen tussen zoet en zout water en de interactie tussen het oppervlaktewater en het grondwater. In een complex model wordt de mate van detailniveau mogelijk beperkt door de mate waarin het modelprogramma het model stabiel kan doorrekenen. Ervaring leert dat Modflow relatief complexe modellen stabiel kan doorrekenen.

De keuze tussen gebruik van het aangeleverde Feflow model en het opzetten van een nieuw model is op basis van verschillen in verwachte tijdsbesteding, betrouwbaarheid en stabiliteit gevallen op het opzetten van een nieuw Modflow grondwatermodel in de modelleeromgeving Groundwater Vistas. Zoveel mogelijk van de schematisaties in het Feflow model zijn overgenomen in het nieuwe Modflow model. Onderstaand is eerst beschreven hoe het Modflow model is opgebouwd. Vervolgens is beschreven hoe van het Modflow model een Seawat model is gemaakt waardoor rekening wordt gehouden met dichtheidsverschillen tussen zoet en zout water en effecten op chlorideconcentratie kunnen worden berekend.

3.2 Opzetten modelgrid

3.2.1 Begrenzing modelgebied

De modelranden zijn zo gekozen dat de resultaten van de effectberekeningen niet beïnvloed worden door de modelranden. Hiervoor is een indicatieve berekening uitgevoerd waarin een (hypothetische) bemaling tijdens de aanlegfase van de reactor is gemodelleerd. Deze bemaling wordt gezien als de ingreep met het grootste invloedsgebied. De modelranden zijn onderstaand beschreven:

- Westelijke modelrand: 1.300 tot 1.700 m vanuit de kust, 2.500 m vanaf de geplande reactor.

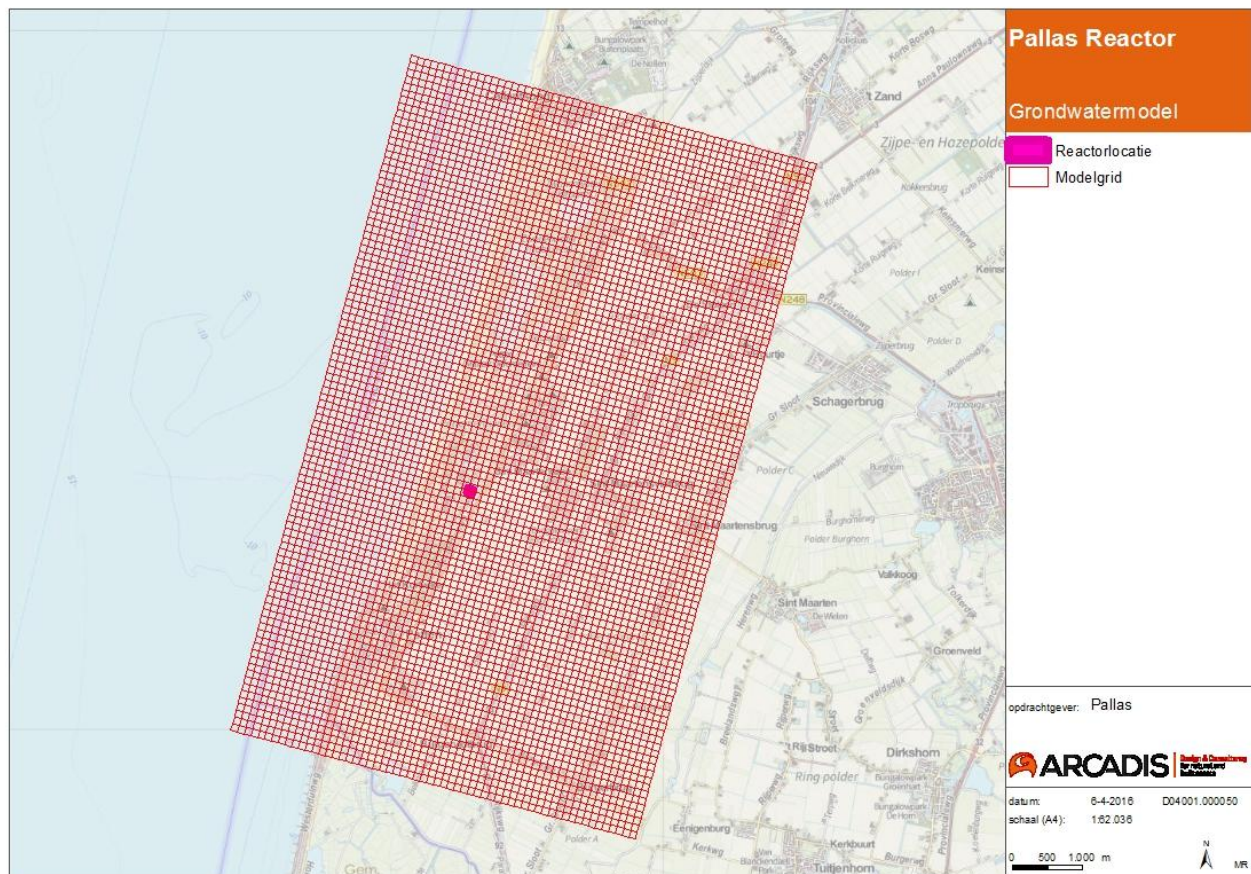
- Oostelijke modelrand: ten oosten van het Noordhollandsch Kanaal, op 3.500 m ten oosten van de geplande reactorlocatie.
- Noordelijke modelrand: op 300 m ten noorden van het duingebied het Zwanenwater, 5.700 m ten noorden van de geplande reactor locatie.
- Zuidelijke modelrand: op 2000 m ten zuiden van het duingebied Pettemer duinen, op 4.000 m ten zuiden van de geplande reactorlocatie.

De coördinaten van de linkeronderhoek van het model zijn X: 103800 en Y: 530000. Het modelgebied is 15 graden gedraaid om parallel aan de kustlijn te liggen. Het modelgebied is 10 kilometer lang en 6 kilometer breed.

3.2.2 Ruimtelijke modeldiscretisatie

De celgrootte van het te kalibreren model sluit aan bij het detailniveau van de ruimtelijke informatie van de bodemopbouw. De meest gedetailleerde informatie over de bodemopbouw tot NAP -50 m is afkomstig uit het GEOTOP model. Dit model heeft een gridgrootte van 100 m bij 100 m (horizontaal) en laagdiktes van 0,5 m. Kleinere cellen voegen niets toe aan de nauwkeurigheid van de bodemschematisatie. Daarom is voor de eerste berekeningen een modelgrid met modelcellen van 100 m bij 100 m opgezet. Dit modelgrid is weergegeven in Figuur 10.

Voor het uitvoeren van de scenarioberekeningen is een verfijning van de modelgrid uitgevoerd in het gebied rond de geplande reactor locatie. Dit om de ingreep en de effecten in meer detail te kunnen modelleren.



Figuur 10 Ligging van het modelgebied en weergave van de modelcellen

Ook de verticale modeldiscretisatie is voor een belangrijk deel gebaseerd op de beschikbare ruimtelijke informatie van de bodemopbouw uit GEOTOP. Van NAP -1 m tot NAP -30 m zijn modellagen van 1 m gebruikt. De bovenste laag gaat van NAP -1 m tot aan maaiveld is in één enkele laag gemodelleerd. Aan

elke laag is de bodemschematisatie van GEOTOP toegekend. Voor de dikte van de diepere lagen is gebruik gemaakt van het aangeleverde Feflow model, wat gebaseerd is op de REGIS II (Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem van TNO) schematisatie. De laagdiktes lopen naar beneden toe geleidelijk op tot circa 20 m voor de onderste modellaag. Deze strekt zich uit van circa NAP -230 m tot NAP -250 m. De onderkant van het model wordt gevormd door de geohydrologische basis. De geohydrologische basis is de ondergrens tot waar mogelijk effecten van de geplande ingrepen plaatsvinden. De geohydrologische basis wordt gevormd door de fijnzandige en kleiige mariene afzettingen van de Formatie van Maassluis. De modeldiscretisatie is samengevat in Tabel 2.

Tabel 2 Modeldimensies

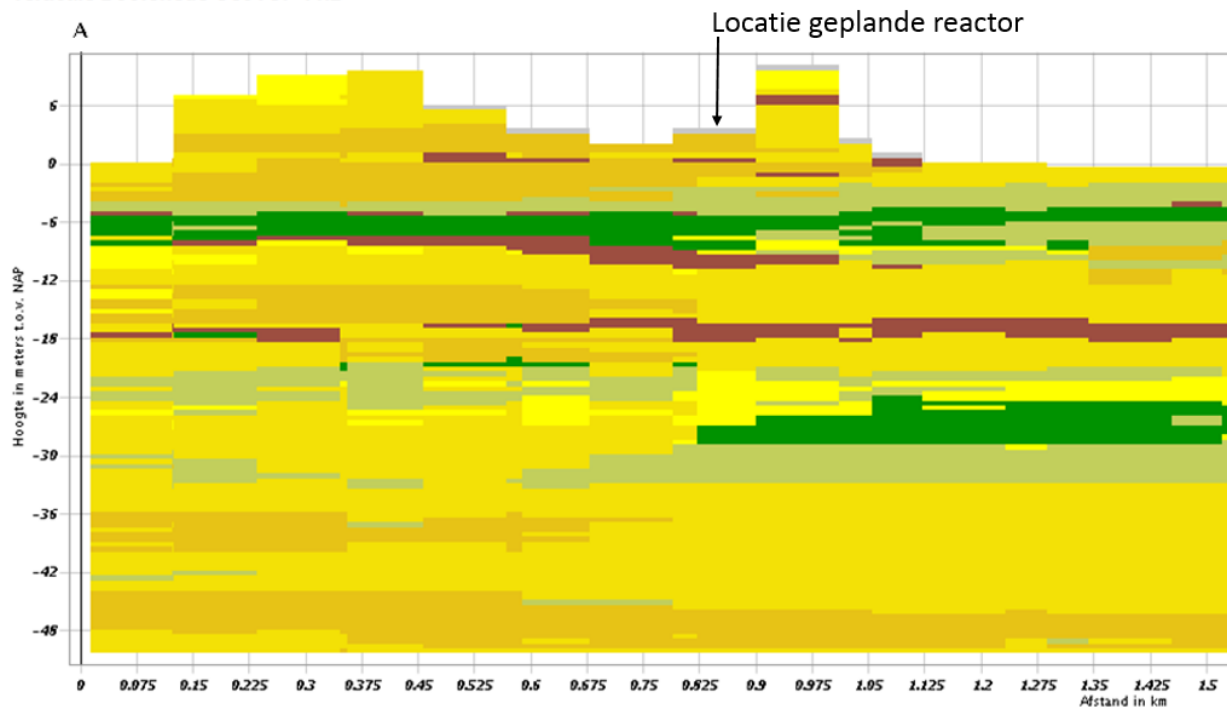
Aspect	
RD-Coördinaten linker onderhoek modelgebied	X: 103800, Y: 530000
Draaiingshoek modelgebied	15 ° (parallel aan kustlijn)
Afmetingen modelgebied	10.000 m noord-zuid, 6.000 m oost-west
Celgrootte	100 bij 100 m
Aantal modellagen	71
Dikte modellaag 1	NAP -1 tot aan maaiveld
Dikte modellagen 2 t/m 30	1 m
Dikte modellagen 31 t/m 39	1,5 m
Dikte modellagen 40 t/m 60	2 m
Dikte modellagen 61 t/m 65	10 m
Dikte modellagen 66 t/m 69	15 m
Dikte modellagen 70 t/m 71	25 m

3.3 Bodemeigenschappen

3.3.1 Modelschematisatie Geotop

Voor de doorlatendheid van de bodem is tot op een diepte van NAP -30 m gebruik gemaakt van de bodemeenheden van GEOTOP. Figuur 11 geeft een west-oost dwarsdoorsnede ter hoogte van de geplande reactor door het GEOTOP model.

Verticale Doorsnede GeoTOP v1.2



Figuur 11 Doorsnede van bodemschematisatie in GEOTOP ter hoogte van de geplande reactor

Per lithologieklasse zijn doorlatendheden in het model opgenomen zoals weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Gebruikte k-waarden (m/d) voor de modellagen tot op diepte NAP -30 m

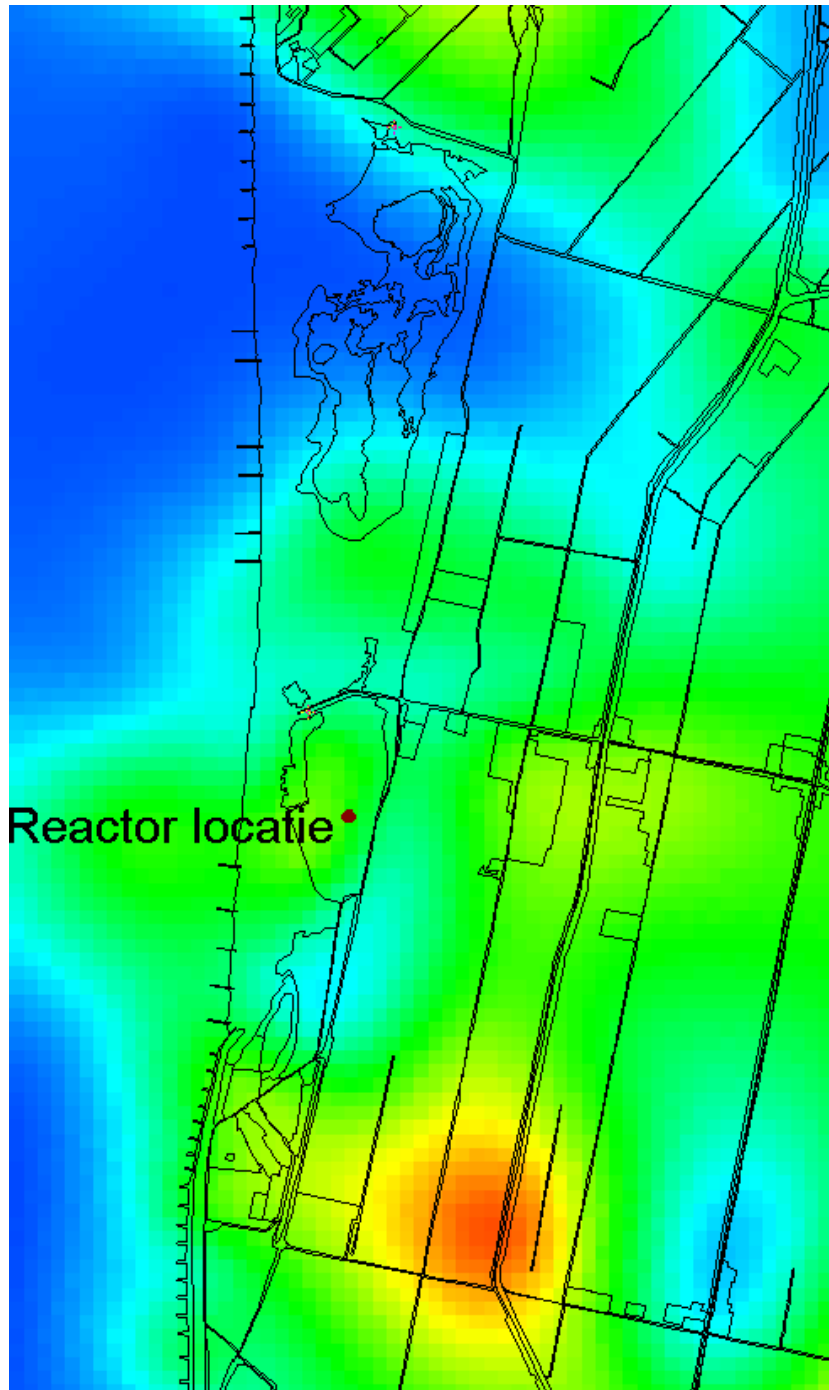
Lithoklasse	x-richting (m/d)	y-richting (m/d)	z-richting (m/d)
Veen	0,002	0,002	0,001
Klei	0,002	0,002	0,001
Keiig zand/ zandige klei	0,5	0,5	0,25
Fijn zand	1	1	0,5
Matig fijn tot matig grof zand	10	10	5
Grof zand	35	35	17,5
grind	40	40	20

Nadat de doorlatendheden en dieptes van de GEOTOP bodemeenheden in het model zijn opgenomen is het model op de locaties waar basisveen voorkomt nogmaals aangepast. Dit is in de volgende paragraaf beschreven.

3.3.2 Modelschematisatie basisveen

Reden voor het apart schematiseren van het basisveen ten opzichte van GEOTOP is de zeer grote weerstand van deze laag die van grote invloed is op het grondwater boven en onder deze laag. Basisveen is geen aparte categorie in het GEOTOP model. De dikte en diepte van de basisveenlaag is bepaald door middel van interpolatie van beschikbare boringen en sonderingen. Dit is in meer detail beschreven in 3.3.3..

De laag komt voor op een diepte tussen NAP -5 m en NAP -15 m en de dikte varieert van 0 cm waar de laag niet voorkomt tot maximaal 80 cm. In het duingebied komt de laag voornamelijk voor op een diepte tussen NAP -7 m tot NAP -9 m. In het model is dit basisveen per modelcel gemodelleerd in de modellaag waar het grootste deel van het basisveen voorkomt. De verticale k-waarde is berekend volgens de formule $k\text{-verticaal} = 0,00008 / \text{dikte}$. Dus bij dikte basisveen van 0,8 m is $k\text{-verticaal} = 0,00008 / 0,8 = 0,0001 \text{ m/d}$. Bij een dikte basisveen van 0,1 m is $k\text{-verticaal} = 0,00008 / 0,1 = 0,0008 \text{ m/d}$. Deze k-waarden zijn van toepassing op de 1 m dikke modellaag waarin het basisveen voor het grootste deel voorkomt. Met deze k-waarden blijkt het model na een globale gevoeligheidsanalyse een grondwaterstand boven en een stijghoogte beneden het basisveen te berekenen die goed overeenkomen met de gemeten grondwaterstand en stijghoogte. Door kalibratie wordt gekeken of deze k-waarden aangepast moeten worden.



Figuur 12 Dikte van de basisveenlaag in het modelgrid op basis van interpolatie van boor- en sondeergegevens. De maximale dikte van 80 cm is oranje gekleurd, donkerblauw geeft aan waar de basisveen ontbreekt of hooguit enkele centimeters dik is

3.3.3 Modelschematisatie diepe ondergrond (NAP -30 tot -250 m)

Voor de modelschematisatie van de bodem dieper dan NAP -30 m zijn geen GEOTOP gegevens beschikbaar en is gebruik gemaakt van het aangeleverde Feflow grondwatermodel. De bodemschematisatie van dit aangeleverde model is gebaseerd op de hydrogeologische eenheden van het REGIS II model van TNO. Door een aantal eenheden te combineren is het aantal hydrogeologische eenheden die zijn gebruikt voor de modelschematisatie teruggebracht tot 24. Een beschrijving van deze eenheden is opgenomen in de tabel van Figuur 13. De k-waarden van de modellagen zijn gebaseerd op de waarden die in het REGIS model zijn gehanteerd.

Unit	Depth top of the soil unit Approx. NAP [m]	Hydrogeological condition	REGIS parameter values T and c	REGIS hydraulic conductivity [m/day]	KIWA parameter values [8]
1	+3.4 to +3.2	Top phreatic aquifer (HLC) Sand, moderately to very coarse	$T = 60 \text{ m}^2/\text{d}$	10	10 (5 to 15) m/d
2	-2.5 to -3.5	Aquitard (HLC) Clay / Peat	$c = 400 \text{ days}$	-	5000 to 10000 days/ 0.001 to 0.0005 m/d
3	-2.5 to -3.5	Aquitard (BXX1) Clay			
4	-6.8 to -7.7	First aquifer (BXZ2) Sand, moderately to extremely coarse	$T = 200 \text{ to } 400 \text{ m}^2/\text{d}$	15 to 30	5 m/d
5	-13.0 to -16.5	Aquitard (BXX2) Clay / Peat, sandy	$c = 250 \text{ days}$	-	1000 days 0.002 m/d
6/7	-16.6 to -17.3	Second aquifer (BXZ3/KRZ2) Sand, moderately to extremely coarse	$T = 200 \text{ to } 400 \text{ m}^2/\text{d}$	15 to 30	5 m/d
8	-20.5 to -21.5	Aquitard (KRK1) Clay (sandy/silty)	$c = 50 \text{ days}$	-	1000 to 10000 days / 0.005 to 0.0005 m/d
9	-24.5 to -28.5*	Third aquifer (KRZ3/EEZ1) Sand, moderately fine to very coarse	$T = 100 \text{ to } 200 \text{ m}^2/\text{d}$	15 to 20	20 m/d
10	-26.5 to -30.5	Aquitard (EEK1) Clay	$c = 100 \text{ days}$	-	0.003 to 0.0003 m/d
11 t/m 14	-32 to -34	Fourth aquifer (EEZ2/EEZ3/DRZ1/2/3) Sand, moderately fine to very coarse	$T = 270 \text{ to } 500 \text{ m}^2/\text{d}$	15 to 20	-
15	-50.5 to -57.5	Aquitard (URK2) Clay	$c = 100 \text{ days}$	-	-
16	-56.5 to -64	Fifth aquifer (URZ2/3/4) Sand, moderately to extremely coarse	$T = 250 \text{ to } 500 \text{ m}^2/\text{d}$	20 to 30	-
17	-72 to -75	Aquitard (URK3) Clay	$c = 100 \text{ days}$	-	-
18 t/m 24	-75 to -78	Sixth aquifer (URZ5/APZ1/PZWAZ3t/m7/PZC) Sand, moderately to extremely coarse	$T = 5000 \text{ to } 6800 \text{ m}^2/\text{d}$	30 to 40	-
25	>245	Hydrogeological base (MSC)	-	-	-

*REGIS hydrogeological formation division. HLC: Holocene Formation, BXX/Z: Bostel Formation clay/sand, KRK/Z: Kreftenheye Formation clay/sand, EEK/Z: Eem Formation clay/sand, DRZ: Drente Formation sand, URK/Z: Urk Formation clay/sand, PZWAZ: Peize-Waalre Formation sand, PZC, Peize-Waalre complex, MSC: Maassluis complex.

Figuur 13 Schematisatie van de bodemopbouw die als basis dient voor de schematisatie van de bodem in het aangeleverde Feflow model (Bron: Regional Groundwater Flow Study Concerning Site Characterisation For User Req. PALLAS Project. Fugro-Geoservices B.V., 8 januari 2016)

In alle lagen is voor de verticale k-waarde de helft van de horizontale k-waarde gehanteerd (anisotropiefactor=2).

De hier beschreven initiële doorlatendheden en anisotropie zijn tijdens de kalibratie, waar nodig, aangepast.

3.3.4 Parameterwaarden voor de berging

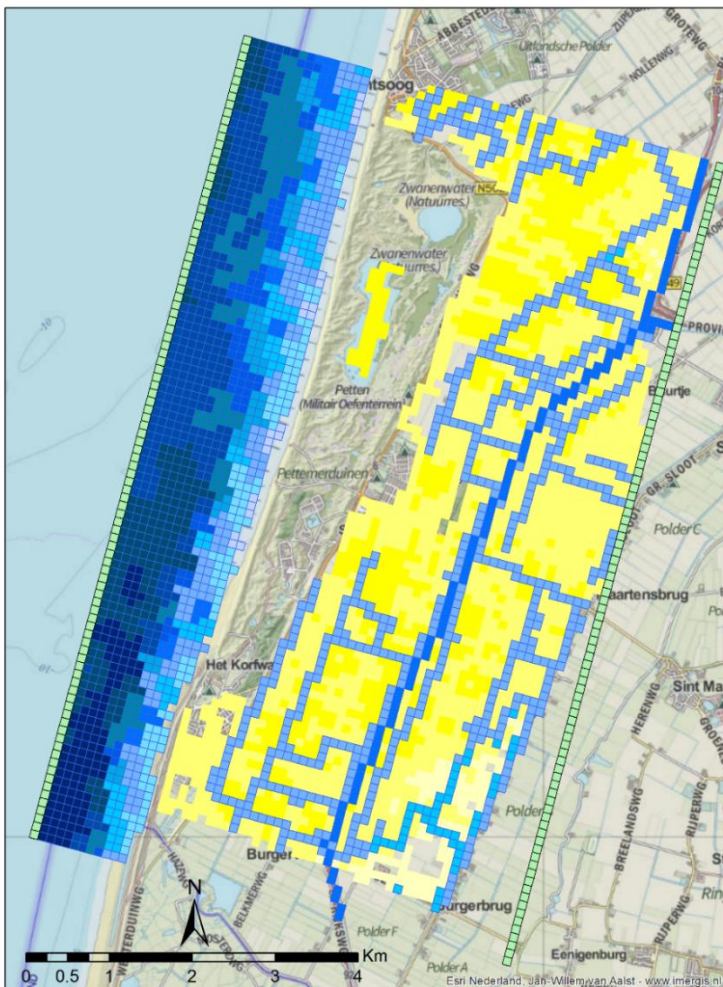
Voor de niet-stationaire beweging van het grondwater zijn de volgende parameterwaarden gehanteerd:

- Elastische bergingscoëfficiënt: 0,0001 (-).
- Bergingscoëfficiënt: 0,3 (-).

3.4 Beschrijving van modelranden, oppervlaktewater, onttrekkingen en neerslagoverschot

De berekende grondwatersituatie in het model wordt via de modelranden beïnvloed door vaste stijghoogtes die aan deze modelranden zijn toegekend en via de bovenste modellagen beïnvloed door de grondwateraanvulling, drainage en het oppervlaktewater dat in de bovenste modellagen is gemodelleerd. Dit is in onderstaande paragrafen beschreven.

Figuur 14 geeft een overzicht van alle randvoorwaarden (met uitzondering van de grondwateraanvulling die gebiedsdekkend op het vaste land in laag 1 voorkomt).



Figuur 14 Overzicht van de randvoorwaarden in alle lagen: groen = vaste stijghoogte ('constant head'); geel = 'drains'; blauw = 'rivers'. De tinten blauw en geel geven verschillende diepteliggingen van deze randvoorwaarden weer

3.4.1 Modelranden

Vaste stijghoogten ('constant head') randen zijn aangebracht op de westelijk en oostelijk modelrand in de lagen beneden NAP -15 m. De westelijke modelrand ligt in de Noordzee. Hier zijn geen peilbuizen met stijghoogtemetingen beschikbaar. De stijghoogte in de diepe ondergrond beneden de zeebodem wordt op deze modelrand bepaald door het peil van het zeewater (gemiddeld circa NAP 0 m) en vanuit het oosten door de drainerende werking van de diep gelegen polders. Door de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen direct beneden de zeebodem, is de invloed van de drainerende werking van de oostelijk gelegen polders groter dan op basis van de afstand verwacht zou worden. Hierdoor is de stijghoogte ter plaatse van de modelrand in de watervoerende lagen naar verwachting lager dan NAP 0 m. Op basis van stijghoogtemetingen ter hoogte van het duingebied van circa NAP -0,5 m en de verwachting dat de stijghoogte onder de zeebodem in westelijke richting geleidelijk oploopt, is aan de modelrand in de modellagen van NAP -15 m tot NAP -80 m een vaste stijghoogte van NAP -0,1 m toegekend.

De oostelijke modelrand is gelegen ten oosten van het Noordhollandsch Kanaal. De vaste stijghoogte die aan de watervoerende pakketten onder de Holocene deklaag op deze rand is toegekend, is ingeschat aan de hand van interpolatie tussen de stijghoogte op de westelijk modelrand en de laagste stijghoogten in de Wieringermeer (NAP -4,5 tot -5,0 m rond Middenmeer, 16 tot 20 km ten oosten van de oostelijke modelrand).

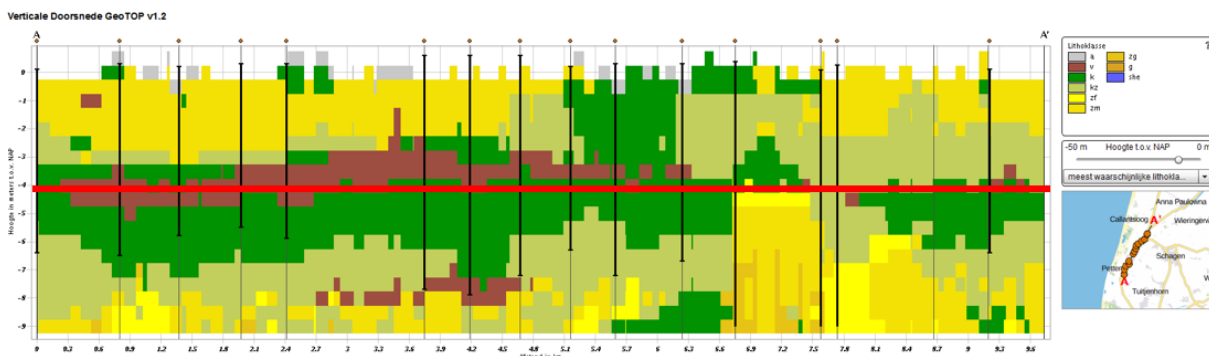
3.4.2 De zeebodem

De zeebodem is gemodelleerd als een 'river' randvoorwaarde. De invloed van het peil van het zeewater op de stijghoogte van het onderliggende grondwater is gemodelleerd door middel van het toekennen van een vaste stijghoogte van NAP 0 m aan de modellagen waarin de zeebodem is gelegen. De diepte van de zeebodem is afkomstig van de bathymetrische kaart (Bron: European Observation and Data network). De bodemdiepte neemt af van NAP 0 m aan de kustlijn tot NAP -11 m ter plaatse van de modelrand. Er wordt een geringe weerstand van de zeebodem verwacht. Daarom is een doorlatendheid van 1 m/d toegekend.

3.4.3 Kanalen, vaarten, sloten en drains

Het Noordhollandsch Kanaal is als 'river' randvoorwaarde gemodelleerd in modellaag 5 met een bodemdiepte van NAP -4,1 m en een waterpeil van NAP -0,5 m. Voor de waterbodem is uitgegaan van een infiltratie- en drainageweerstand die overeen komt met 8 cm slib met een doorlatendheid van 0,1 m/d.

Figuur 15 laat een langsdoorsnede door het GEOTOP model zien langs het Noordhollandsch Kanaal. De bodem van het kanaal ligt vrijwel overal in een kleiig en venig deel van de Holocene deklaag. De hydraulische verbinding tussen het kanaal de onder de deklaag liggende watervoerende pakketten is daarom beperkt en hierdoor heeft het kanaal weinig invloed op de stijghoogtes langs de oostrand van de model.



Figuur 15 Bodemschematisatie uit het GEOTOP model met ter hoogte van de waterbodem van het Noordhollandsch Kanaal (door rode lijn weergegeven) vooral klei (groen) en veen (bruin)

De ligging van de primaire, secundaire en tertiaire waterlopen zijn aangeleverd door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Van deze waterlopen zijn verder de bodemhoogte, het zomer- en winterpeil en de bodem- en waterbreedte beschikbaar in de digitale legger. Deze waterlopen zijn als randvoorwaarde 'river' aangebracht in de modellaag waarin de bodem van de waterloop zich bevindt. Er is uitgegaan van een drainageweerstand die overeenkomt met een waterbodem van 10 cm slib met een doorlatendheid van 0,1 m/d.

Er is vanuit gegaan dat de landbouwpercelen worden gedraineerd door drains op een diepte van 1,1 m –mv. Deze drainage is op basis van deze diepte in de juiste modellaag gemodelleerd. Per modelcel van 100 bij 100 m bedraagt de conductance 200 m²/d.

3.4.4 Duinmeren

Van de twee meren in natuurgebied het Zwanenwater is het meer Tweede Water in het model opgenomen door middel van een 'drain' randvoorwaarde waardoor een maximaal peil van NAP +2,5 m wordt gerealiseerd. Boven dit peil wordt het water afgevoerd naar het meer Eerste Water. Het waterpeil van het meer Eerste Water en andere duinmeren kan in het model vrij bewegen.

3.4.5 Grondwateronttrekkingen

De grondwateronttrekkingen die binnen het modelgebied aanwezig zijn, zijn overgenomen uit het aangeleverde Fugro model. Het betreft een monobron op circa 500 m ten noorden van de geplande reactor met een filterdieptes van NAP -63 tot -79 m en van NAP -115 tot -134 m. Er wordt maximaal 45 m³ per uur via één filter onttrokken en, na passage door een warmtewisselaar, via het andere filter geïnfiltrerd.

Vanwege het drooghouden (kelders) van gebouwen (gebouwen 13, 201 en 204) en leidingen wordt, indien de grondwaterstand daartoe aanleiding geeft, grondwater opgepompt en weer in de vijver op het terrein geloosd. De maximum toegestane onttrekking bedraagt 30 m³ per uur. In 2013, 2014 en 2015 waren de totaal onttrokken hoeveelheden respectievelijk 9432, 5709 en 1490 m³ (ECN, VGM Jaarverslagen 2013, 2014 en 2015).

In 2012 is een lekkage van tritium houdend water naar het grondwater geconstateerd. In 2013 werd 1.200 m³ met tritium verontreinigd grondwater opgepompt en afgevoerd. In 2014 is door het ministerie van Economische Zaken een interventiebeschikking voor de definitieve sanering afgegeven. De sanering wordt in twee fasen uitgevoerd: verwijdering van de 'hot spots' door onttrekking van maximaal 15 m³ per dag via twee putten en een totaal van 21.900 m³ in de eerste fase. Vanaf 2014 zal in de tweede fase via één put totaal 5.110 m³ grondwater worden onttrokken. De sanering zal in 2019 worden beëindigd.

3.4.6 Neerslagoverschot

In de kalibratieperiode 1996 tot en met 2005 ligt het neerslagoverschot op basis van de nabijgelegen klimaatstations Petten (neerslag), Callantsoog (neerslag) en De Kooy (verdamping) tussen 0,6 en 0,7 mm per dag. In de 5 voorafgaande jaren ligt dit neerslag overschot rond de 0,8 mm/dag. Het neerslagoverschot in de periode 1991 tot en met 1995 is mogelijk van invloed op de stijghoogte van het grondwater in de eerste jaren van de kalibratieperiode 1996 tot en met 2005. In grote delen van het duingebied wordt minder verdamping verwacht dan in de klimaatstations wordt gemeten, omdat de grondwaterstand in het duingebied zich grotendeels op meerdere meters beneden maaiveld bevindt. In de lagere delen van het duingebied waar de grondwaterstand dichtbij het maaiveld staat of het grondwater oppervlaktewater voedt, kan juist meer verdamping optreden. Als startwaarde voor de kalibratie is gekozen voor een neerslagoverschot van 0,8 mm per dag voor het landdeel van het modelgebied. Ter plaatse van de zee is geen neerslagoverschot gemodelleerd.

3.5 Van Modflow naar Seawat

Om de chlorideconcentratie van het grondwater en de dichtheidsverschillen tussen zoet en zout water te kunnen berekenen, is het Modflow model omgezet naar een Seawat model. Seawat is de modelcode waarmee binnen de Groundwater Vistas schil chloridetransport en -concentraties worden berekend en dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming wordt berekend. Seawat corrigeert naar wens ook de berekende stijghoogtes naar zoet water stijghoogtes.

Hiervoor is de volgende modelinvoer nodig:

- Concentratie chloride van de modelranden: gelijk aan de initiële chlorideconcentratie in de betreffende modelcel.
- Initiële concentratie chloride van het grondwater: op basis van interpolatie van meetgegevens.
- Concentratie chloride op de zeebodem: 17.000 mg/l.
- Concentratie chloride van het infiltrerende kanaalwater van het Noordhollandsch Kanaal: 220 mg/l.
- Concentratie chloride in het neerslagoverschot: 0 mg/l.

In de grondwaterstromingsberekening wordt uitgegaan van een 2,5% grotere dichtheid van zout water dan van zoet water. De dichtheid van het grondwater wordt berekend op basis van de verhouding tussen beide.

In Bijlage 2 wordt verder ingegaan op het bepalen van de initiële chlorideconcentraties voor het model.

4 MODEL: KALIBRATIE EN VALIDATIE

4.1 Kalibratie

4.1.1 Kalibratiedoel

Om de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van de modelresultaten te bepalen en het model waar nodig te verbeteren, is een kalibratie uitgevoerd. Het model wordt voldoende betrouwbaar en nauwkeurig bevonden wanneer de modelafwijkingen maximaal 10% van de range in gemeten grondwaterniveaus bedragen¹. Het grondwaterniveau binnen het modelgebied reikt van circa NAP -1 m beneden de deklaag tot circa NAP +3 m in het freatisch grondwater boven de deklaag. De range bedraagt hiermee circa 4 m. In de kalibratie wordt gestreefd naar modelafwijkingen van maximaal 40 cm.

Speciale aandacht is gegeven aan de modelnauwkeurigheid voor het freatische grondwater in het duingebied. Dit omdat de natuurwaarden in de natte duinvalleien mogelijk afhankelijk zijn van het freatische grondwater.

Naast het doel van de maximale afwijking, wordt gestreefd naar een gelijkmatige verdeling van te hoog en te laag berekende grondwaterstanden, met een gemiddelde modelfout die zo dicht mogelijk bij nul ligt. Gebieden waar alleen te hoog of alleen te laag berekende grondwaterstanden voorkomen worden gezien als gebieden die onvoldoende goed worden gemodelleerd. Daar is waarschijnlijk een fout in de modelschematisatie aanwezig.

4.1.2 Gebruikte meetgegevens

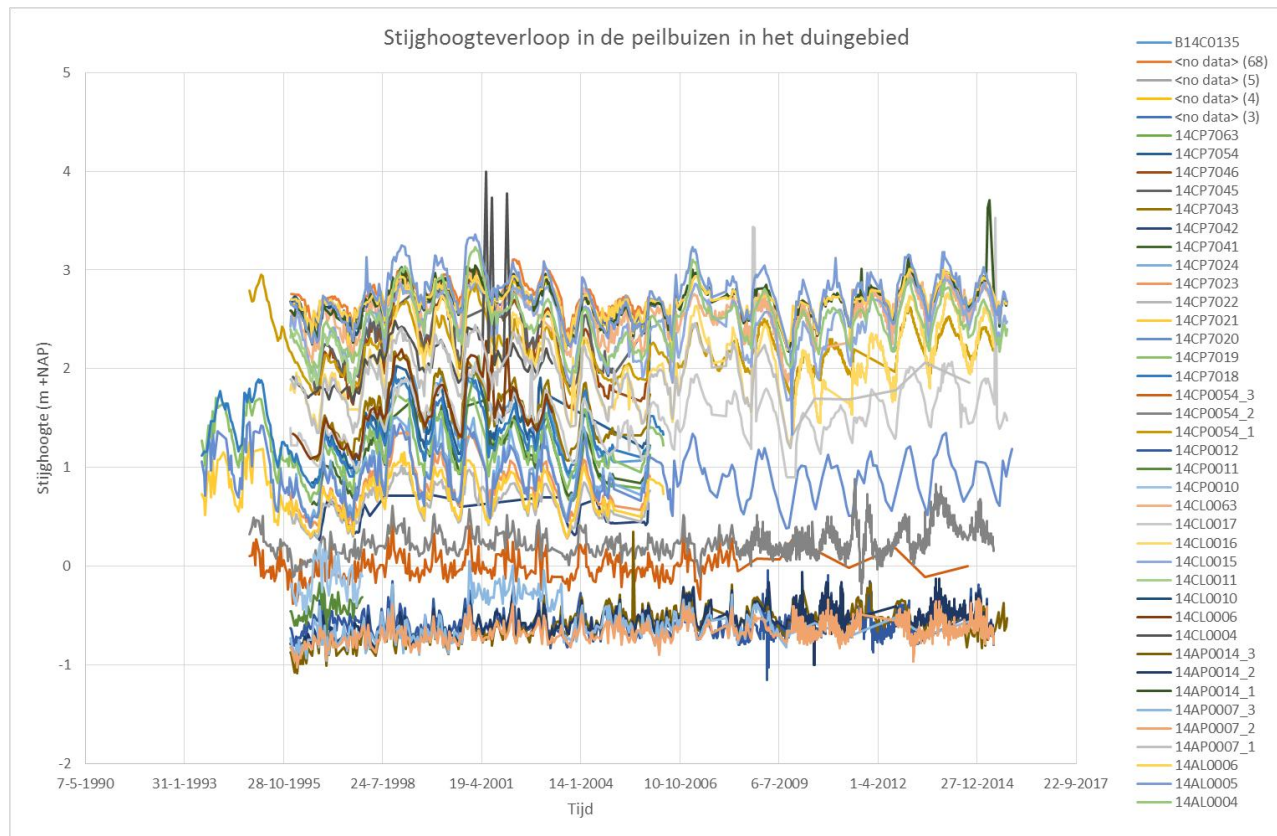
Om zowel een kalibratie als een validatie toe te passen, zijn uit de beschikbare meetgegevens 2 perioden aan metingen geselecteerd. Deze perioden zijn geselecteerd op basis van beschikbaarheid van langjarige en complete meetreeksen.

- Kalibratie: 1996 – 2005.
- Validatie: 2006 – 2015.

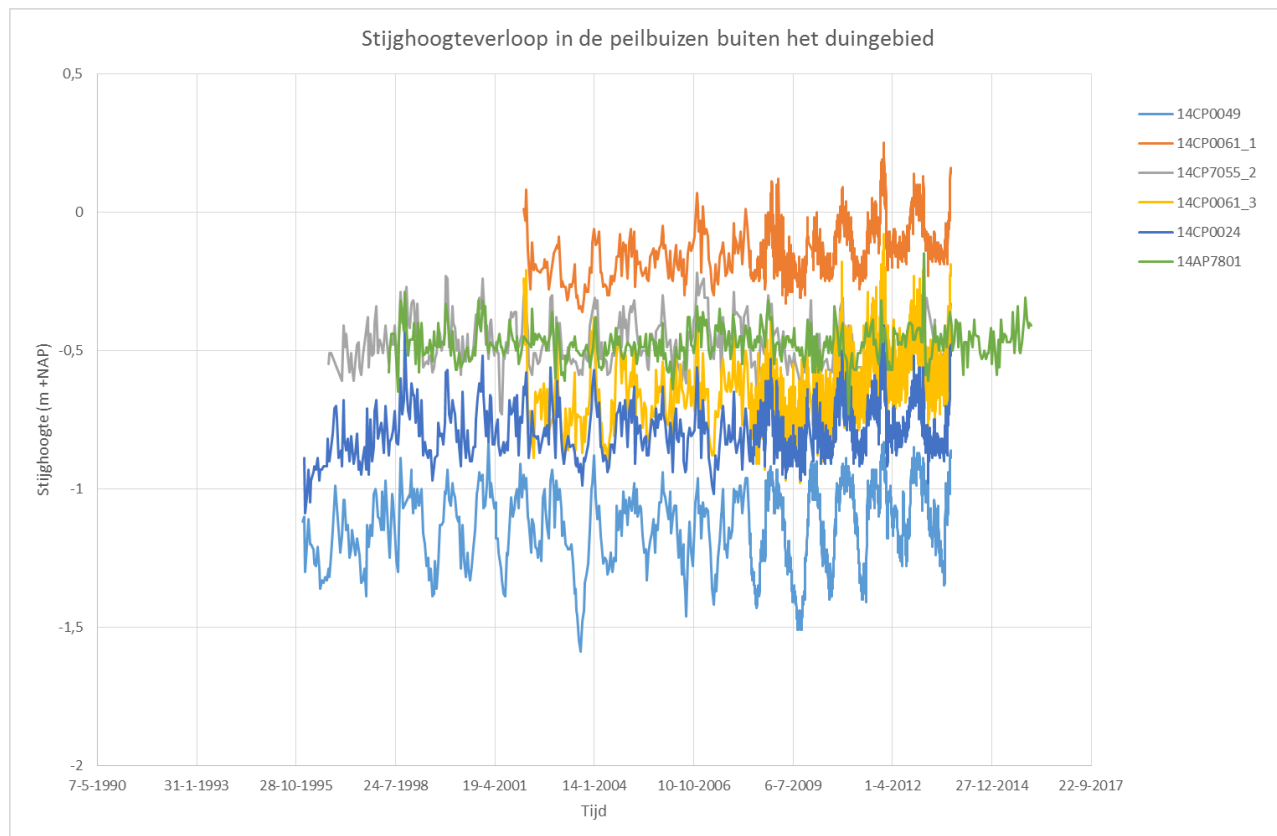
De beschikbare meetreeksen zijn weergegeven in Figuur 16 en Figuur 17. De locaties van de peilbuizen zijn weergegeven in Figuur 18.

Het model is stationair doorgerekend. Voor het kalibreren worden de berekende grondwaterstanden vergeleken met het gemiddelde van de gemeten grondwaterstanden over de periode 1996 – 2005. Door een relatief lange periode van 10 jaar te gebruiken, hebben extreme waterstanden in extreem droge of extreem natte perioden een gering effect op de gebruikte waarden.

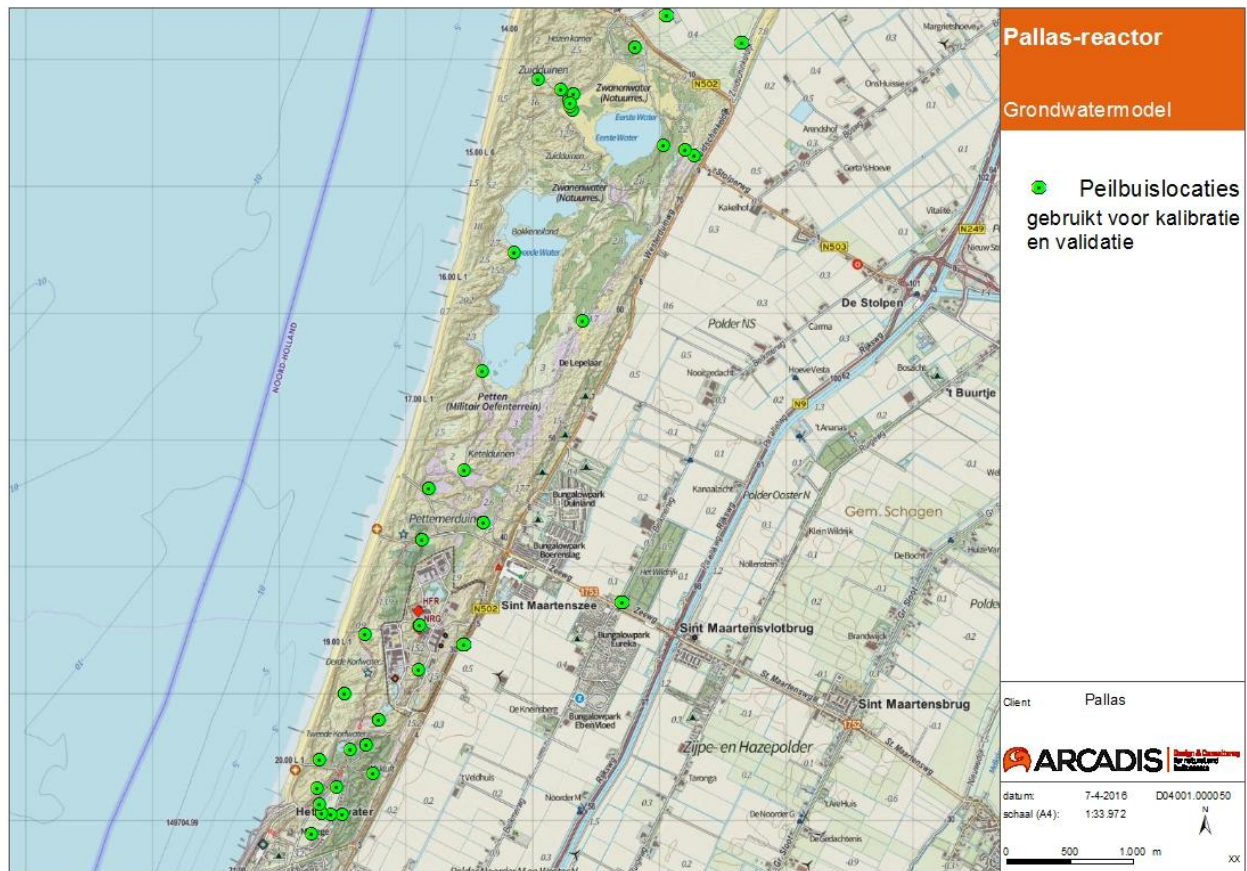
¹ Er zijn geen objectieve criteria beschikbaar voor wat een goede (of voldoende goede) kalibratie van een grondwatermodel is. Een criterium dat algemeen toepasbaar is, is het hier genoemde. Dit criterium wordt onder andere geciteerd in Spitz, K. and Moreno, J. (1996). Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling. John Wiley & Sons, Inc., New York.



Figuur 16 Gemeten grondwaterstanden en stijghoogten van peilbuislocaties in het duingebied (36 locaties, 42 filters)



Figuur 17 Gemeten grondwaterstanden en stijghoogten van peilbuislocaties buiten het duingebied (5 locaties, 6 filters)



Figuur 18 Peilbuislocaties waarvan de metingen zijn gebruikt voor kalibratie en validatie van het grondwatermodel

4.1.3 Aanpak kalibratie

Tijdens de kalibratie is aan de hand van de volgende modelparameters het modelresultaat verbeterd:

- Doorlatendheid (zowel horizontaal als verticaal) van de modellagen vanaf maaiveld tot NAP – 30 m.
- De meeste aandacht bij het aanpassen van doorlatendheden is gegaan naar de weerstand van de slecht-doorlatende deklaag (in model opgenomen als de verticale doorlatendheid in m/d) van NAP -4 tot NAP - 8 m.
- De drainageweerstand van de drainage in de percelen, van de sloten en watergangen en van het Noordhollandsch Kanaal.
- De grondwataanvulling (neerslag – verdamping).

Van één peilbuislocatie zijn de meetgegevens van 2 filters verwijderd uit de kalibratieset. Dit betreft peilbuisfilters 14CP0054_2 en 14CP0054_3 waarin een gemiddeld grondwaterniveau is gemeten van respectievelijk NAP +0,24 m op diepte NAP -10 m en NAP -0,01 m op diepte NAP -20 m. Omdat in de omliggende peilbuisfilters op vergelijkbare diepte grondwaterniveaus van circa NAP -0,5 m worden gemeten, wordt ervan uitgegaan dat de metingen niet betrouwbaar zijn. Mogelijke oorzaak is het in verbinding staan (kortsluiting) van de verschillende peilbuisfilters via het boorgat, zodat het freatisch grondwater en de diepere watervoerende lagen met elkaar in verbinding staan.

De verticale doorlatendheid van de klei- en veenlagen is ter plaatse van het duingebied kleiner gemaakt (of de weerstand is groter gemaakt) om de gemeten stijghoogtes beter te benaderen. Aan de klei en veenlagen was in eerste instantie een verticale doorlatendheid van 0,001 m/d gegeven. Waar basisveen aanwezig is, is een doorlatendheid tussen de 0,0001 m/d en 0,0008 m/d toegekend. Een deel van de klei- en veenlagen

tussen NAP -4 m en NAP -8 m hebben een verticale doorlatendheid van 0,0001 m/d of 0,00005 m/d gekregen.

In het duingebied is een verbetering van de benadering van de freatische grondwaterstanden bereikt door het neerslagoverschot te differentiëren. In de meer beboste gebieden is als gevolg van een grotere verdamping een kleiner neerslagoverschot. Voor deze gebieden is een neerslagoverschot van 0,4 mm/d tot 0,52 mm/d gehanteerd. Voor het overige duingebied bleek een neerslagoverschot van 0,7 mm/d tot 0,8 mm/d tot goede kalibratieresultaten te leiden.

Buiten het duingebied zijn weinig peilbuismetingen beschikbaar, waarmee de modelresultaten vergeleken kunnen worden. Aanpassingen aan het model buiten het duingebied bleken niet tot betere kalibratieresultaten te leiden. De bodemparemeters en de parameters van het oppervlaktewater zijn daarom niet aangepast ten opzichte van de waarden voordat met de kalibratie is begonnen. Van het modelgebied buiten het duingebied is door de beperkte meetgegevens minder goed de betrouwbaarheid aan te tonen. Omdat in dit gebied de grondwatersituatie sterk beïnvloed wordt door het dichte netwerk van sloten en drainage, worden hier weinig effecten door ingrepen in het duingebied verwacht. Het minder goed kunnen aantonen van de betrouwbaarheid van het modelgebied buiten het duingebied wordt daarom acceptabel geacht.

4.1.4 Kalibratieresultaten

De kalibratie is uitgevoerd totdat de verschillen tussen berekend en gemeten minder bedragen dan 40 cm (10% van de range in grondwaterstanden). De kalibratieresultaten zijn statistisch samengevat in *Tabel 4*.

- De gemiddelde afwijking bedraagt -0,02 m (residual mean).
- De absolute gemiddelde afwijking bedraagt 0,12 m (absolute residual mean).
- De afwijkingen liggen tussen -0,39 m en +0,38 m.
- De range aan gemiddeld gemeten grondwaterstanden bedraagt 3,57 m.

Tabel 4 Kalibratieresultaten

	Voor kalibratie	Na kalibratie	verbetering
Residual mean	-0,09	-0,02	0,07
Residual Standard Deviation	0,78	0,15	0,63
Absolute Residual mean	0,60	0,12	0,48
Residual Sum of Squares	30,1	0,953	29,15
RMS Error	0,78	0,15	0,63
Minimum Residual	-2,63	-0,39	2,24
Maximum Residual	1,34	0,38	0,96
Range of Observations	3,57	3,57	n.v.t.

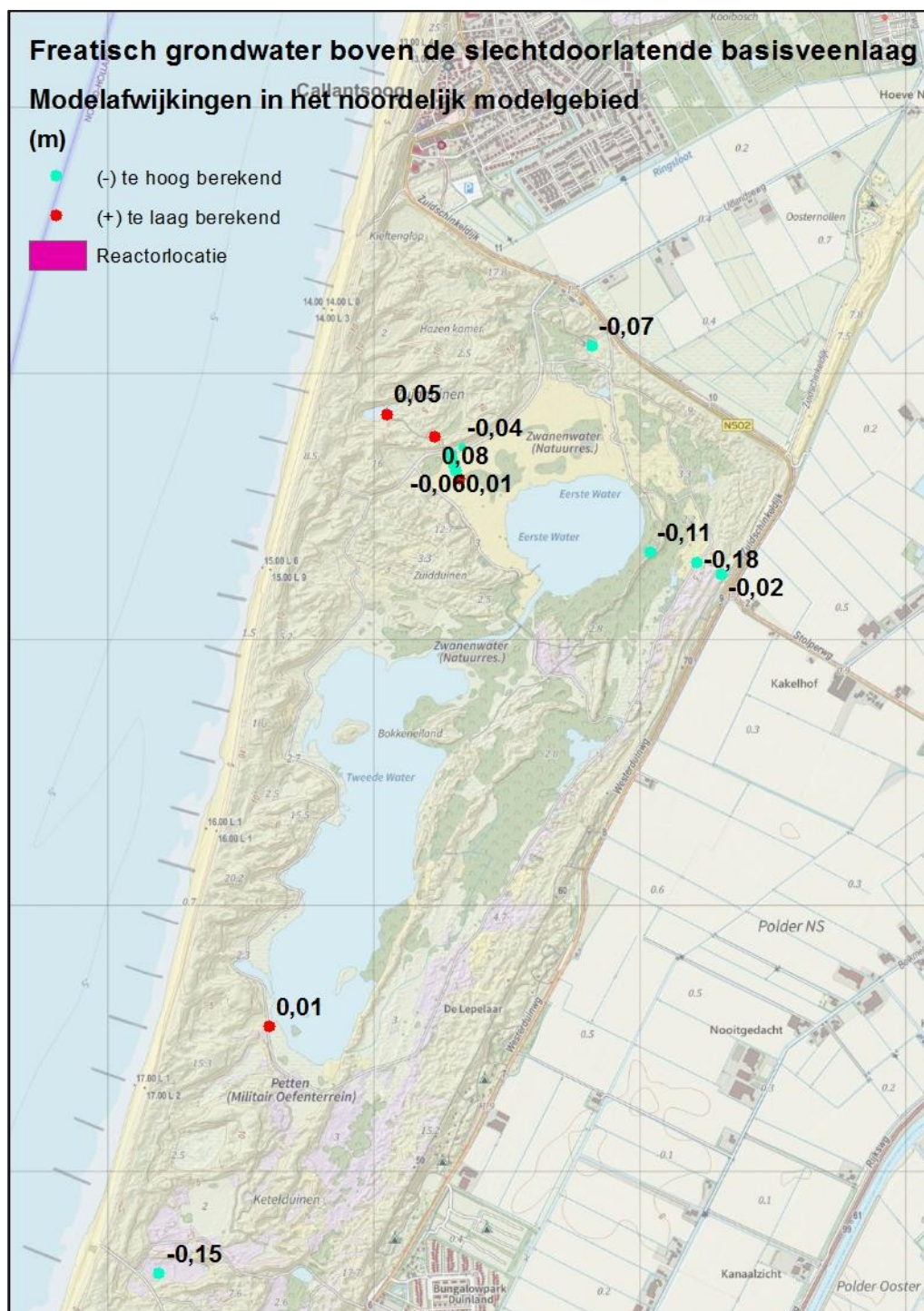
Met deze kalibratieresultaten is het kalibratiedoel gehaald. Om te zien of de te hoog en de te laag berekende grondwaterstanden gelijkmatig zijn verdeeld, zijn de afwijkingen in Figuur 19, Figuur 20 en Figuur 21 weergegeven. De afwijkingen worden op basis van deze figuren als voldoende gelijkmatig verspreid beoordeeld.

Figuur 19 laat zien dat voor het freatische grondwater in het natuurgebied Zwanenwater de modelafwijkingen tussen 1 en 18 centimeter liggen.

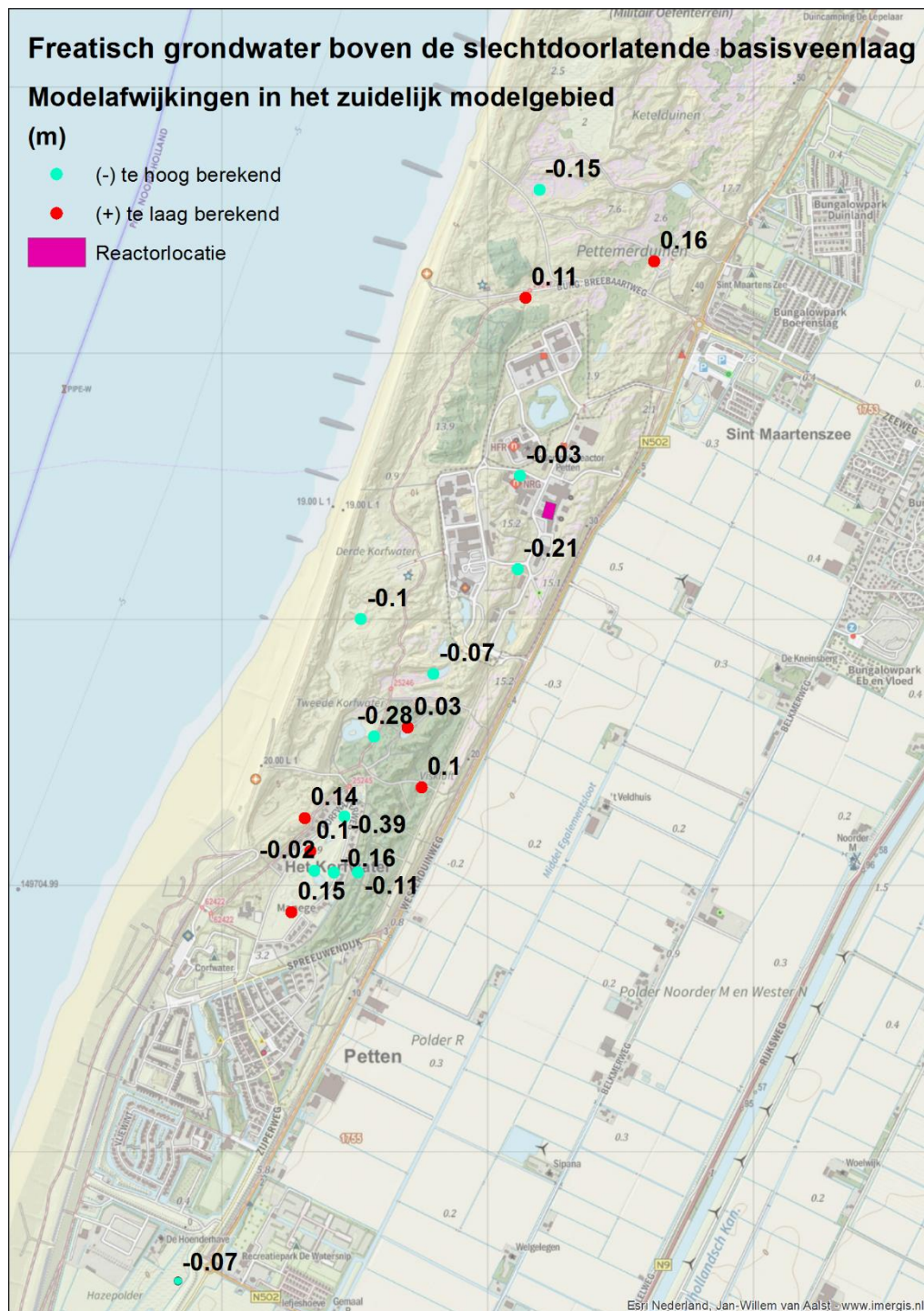
Figuur 20 laat zien dat voor het freatische grondwater in het zuidelijke deel van de duinen de modelafwijkingen in dezelfde range liggen, met uitzondering van twee punten waar afwijkingen van 21, 28 en

39 centimeter worden berekend. Deze punten liggen deels in of bij bebouwde gebieden, wat een mogelijke verklaring voor de grotere afwijkingen biedt.

Figuur 21 laat zien dat de modelafwijkingen voor het diepere grondwater in dezelfde orde van grootte liggen, met de grootste afwijking van 38 centimeter op een locatie die dicht bij de PALLAS-reactor locatie ligt.



Figuur 19 Modelafwijkingen in het freatisch grondwater boven de slechtdoorlatende basisveenlaag in de noordelijke helft van het modelgebied



Figuur 20 Modelafwijkingen in het freatisch grondwater boven de slechtdoorlatende basisveenlaag in de zuidelijke helft van het modelgebied



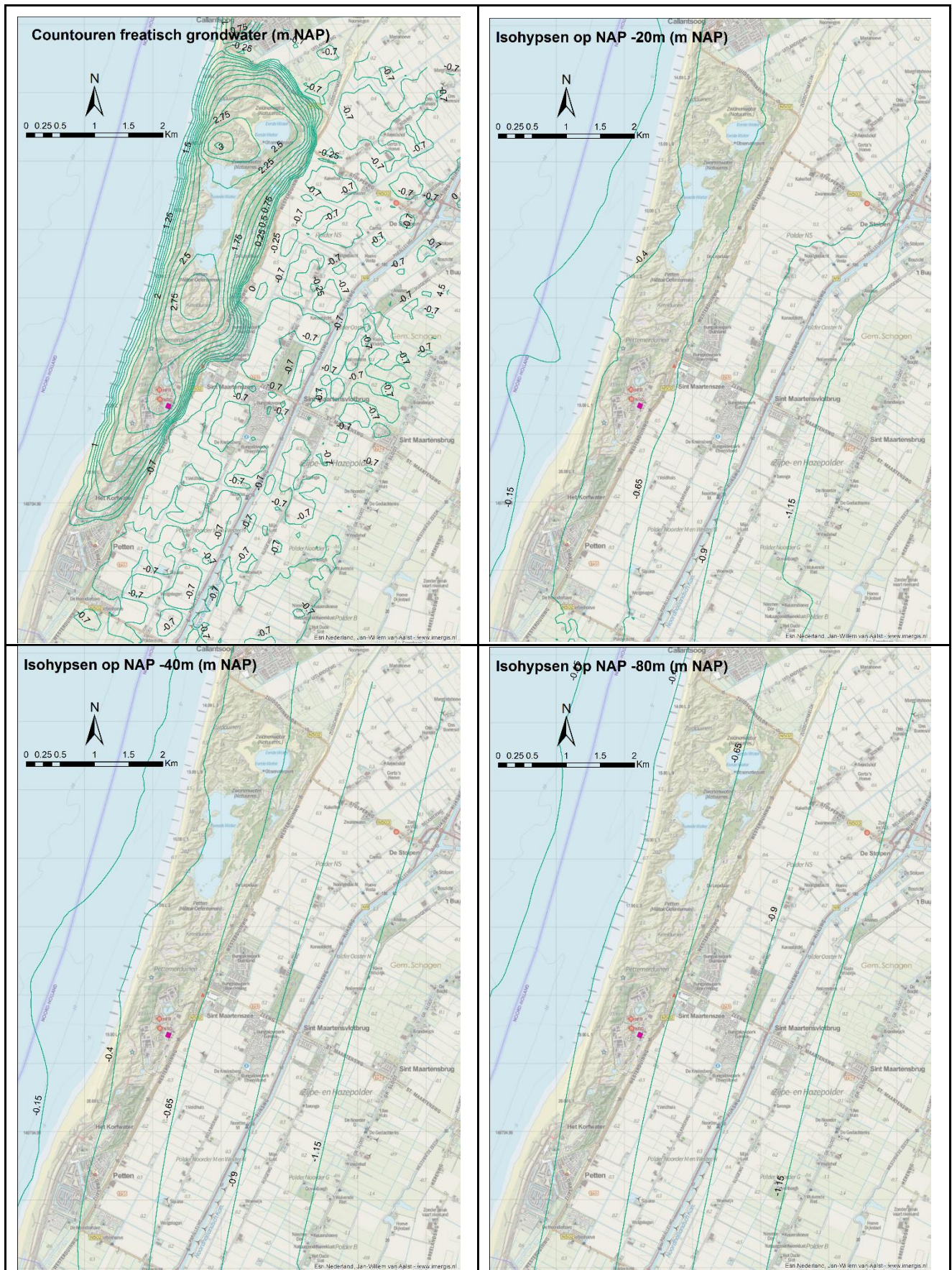
Figuur 21 Modelafwijkingen in het grondwater beneden de slechtdoorlatende basisveenlaag

Hoe de afwijkingen tussen berekend en gemeten zijn verdeeld naar de diepte, is weergegeven in Figuur 22. Hierin is te zien hoe de freatische grondwaterstanden (Laag 1 en 2) boven NAP +0,6 m liggen en de stijghoogtes beneden de slechtdoorlatende Basisveen Laag (Lagen 3 t/m 40) beneden NAP -0,1 m liggen.



Figuur 22 De gemodelleerde grondwaterstanden uitgezet tegen de gemeten grondwaterstanden

De berekende isohypsen met het gekalibreerde model zijn voor verschillende dieptes weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23 Berekende isohypsen op verschillende dieptes

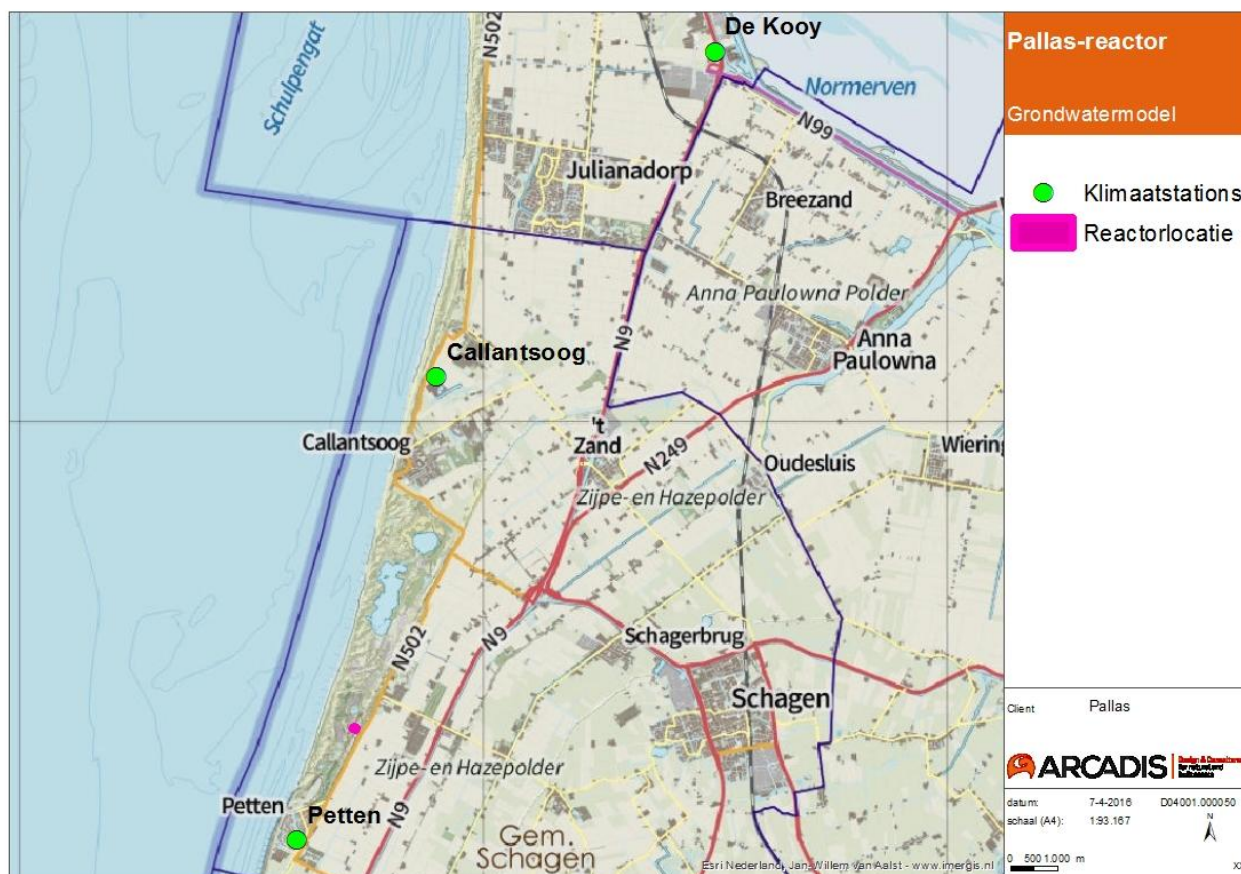
4.2 Validatie

De validatieperiode verschilt ten opzichte van de kalibratieperiode in de hoeveelheden neerslag en verdamping. Het verschil in neerslagoverschot tussen de periode van de kalibratie (1996 – 2005) en de periode van de validatie (2006 – 2015) zijn weergegeven in *Tabel 5*. Verdampingsgegevens zijn beschikbaar voor klimaatstation De Kooy. Neerslag is ook beschikbaar voor de neerslagstations Callantsoog en Petten. De verdamping van De Kooy is daarom gecombineerd met de neerslag van de Kooy, Callantsoog en Petten. Uit de meetgegevens van de nabijgelegen meetstations volgt dat het gemiddeld neerslagoverschot in de validatieperiode 2006 – 2015 is afgenomen ten opzichte van de kalibratieperiode 1996 – 2005.

Tabel 5 Verschil in neerslagoverschot tussen kalibratieperiode en validatieperiode(mm/dag)

Gemiddeld neerslagoverschot (mm/d)	De Kooy	Callantsoog	Petten
1996-2005	0,52	0,64	0,68
2006-2015	0,39	0,59	0,50

De ligging van de klimaatstations is weergegeven in Figuur 24.



Figuur 24 Ligging van de klimaatstations De Kooy, Callantsoog en Petten

Op basis van deze afname in neerslagoverschot is de verwachting dat in het model waarmee de validatie wordt uitgevoerd een lager neerslagoverschot gemodelleerd moet worden om eenzelfde modelresultaat te bereiken als in de kalibratie.

In onderstaande tabel is te zien hoe aanpassing van de grondwateraanvulling tot veranderingen in de modelresultaten van de validatie leidt. De modelresultaten zijn weergegeven in statistische waarden zoals de gemiddelde afwijking en de maximale en minimale afwijking.

Tabel 6 Statistisch overzicht van de resultaten van de validatie bij verschillende hoeveelheden neerslagoverschot

	0,9	0,95	0,98	1,0	1,02	1,05	1,1
Residual mean	0,18	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05	0,01
Residual Standard Deviation	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,22	0,25
Absolute Residual mean	0,21	0,17	0,15	0,15	0,16	0,17	0,20
Residual Sum of Squares	2,45	1,94	1,81	1,79	1,81	1,89	2,23
RMS Error	0,26	0,23	0,22	0,22	0,22	0,23	0,25
Minimum Residual	-0,21	-0,23	-0,24	-0,24	-0,25	-0,26	-0,31
Maximum Residual	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69	0,68
Range of Observations	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77

Uit de resultaten die zijn opgenomen in *Tabel 6* blijkt een minimale afname van het neerslagoverschot ten opzichte van het gekalibreerde model nodig te zijn om tot het beste validatieresultaat te komen. Door het neerslagoverschot met 2% te verlagen neemt de residual standard deviation met 0,01 af en blijft de absoluut gemiddelde afwijking gelijk.

Op basis van dit validatieresultaat wordt geconcludeerd dat het grondwatermodel betrouwbaar de gemiddelde grondwatersituatie simuleert.

5 MODEL: SCENARIOBEREKENINGEN

5.1 Verfijning van de modelgrid

Om de ingrepen in meer detailniveau te kunnen doorrekenen, is het modelgrid ter plaatse van de geplande reactor verfijnd van 100 m bij 100 m naar 25 m bij 25 m. Hierbij zijn de bodemparameters in de kleinere modelcellen gelijk gehouden als in de voormalige grotere modelcellen. Ook zijn de modelranden en het gemodelleerde oppervlaktewater op dezelfde manier gemodelleerd, maar dan verdeeld over 16 kleinere modelcellen. Alleen de maaiveldhoogte is opnieuw aan het modelgrid toegekend.

5.2 Uitgangspunten van de modelscenario's

Er zijn drie ontwerpscenario's, met het reactorgebouw op verschillende dieptes en verschillende aanlegmethoden. Doorsneden door het reactorgebouw voor varianten B1 en B2 zijn weergegeven in Figuur 25. Omdat in variant B3 het reactorgebouw op het maaiveld wordt gebouwd, is deze niet in de doorsneden weergegeven. De voor het grondwater belangrijkste uitgangspunten zijn:

- Variant B1: De onderzijde van het gebouw komt op maximaal NAP -26 m. De aanleg vindt waarschijnlijk plaats door middel van de caissonmethode. Hierbij vindt geen bemaling van de bouwkuip plaats. Er worden geen funderingspalen onder het reactorgebouw toegepast.
- Variant B2: De onderzijde van het gebouw komt op maximaal NAP -12,5 m. De aanleg vindt waarschijnlijk plaats door middel van het plaatsen van diepwanden tot NAP -60 m. Ontgraving vindt binnen de diepwand plaats in den natte. Na ontgraving worden funderingspalen (vibropalen) geboord tot maximaal NAP -35 m. Op de bodem van de ontgraving wordt onderwaterbeton aangebracht, waarna de bouwput droog gepompt wordt.
- Variant B3: De onderzijde van het reactorgebouw komt op het huidige maaiveld (circa Nap +3,5 m). Funderingspalen worden geboord tot circa NAP -30 m.

Bij geen van deze varianten wordt de bouwkuip bemalen. Alleen bij variant B2 wordt het water in de dichte bouwkuip uitgepompt. Omdat de bouwkuip in dat stadium geheel gesloten is, heeft dit geen effect op het grondwater.

De beschreven uitvoeringsmethoden zijn de meest waarschijnlijke methoden en waarbij geen bemaling plaatsvindt. Echter, voor de volledigheid en afweging van alternatieven is ook een berekening van bemaling van een bouwkuip zonder waterdichte vloer hier wel opgenomen.

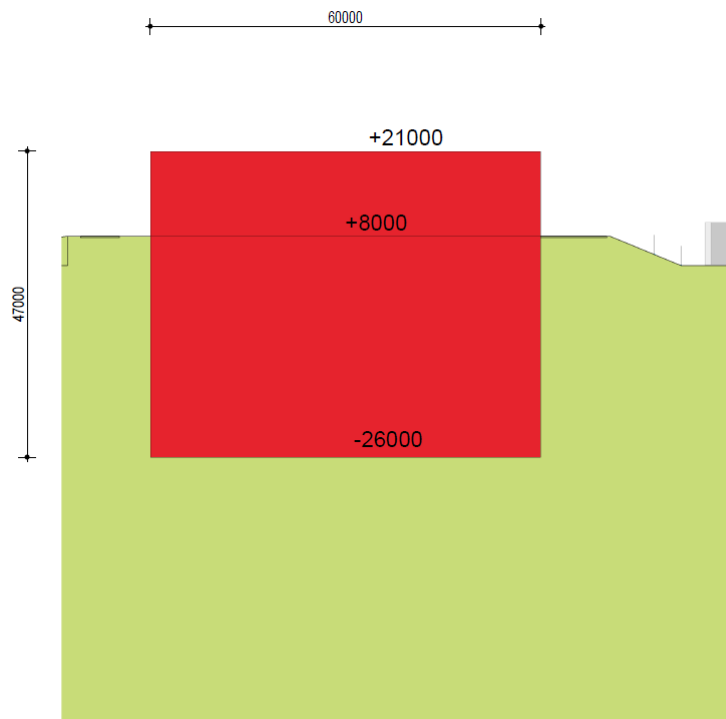
Voor de aanvoer en afvoer van koelwater voor de reactor worden verscheidene opties beschouwd:

- Optie K1: koeling met water uit het Noordhollandsch Kanaal en lozing op de Noordzee. Water vanuit het Noordhollandsch Kanaal wordt naar het reactorgebouw gepompt via twee leidingen (optie K1a), of onder vrij verval naar het pomphuis op het OLP (optie K1b). Bij optie K1a worden de twee pijpleidingen aangelegd in een sleuf van 2,60 m diep. Voor optie K1b zal de pijpleiding via een horizontale boring worden aangebracht. De afvoer van het koelwater gaat via een pijpleiding door de duinen die op een vergelijkbare manier in een sleuf wordt aangelegd. Voor de ontgraving van de sleuven in een tijdelijke sleufbemaling noodzakelijk.
- Optie K2: koeling met zeewater en lozing op de Noordzee. Bij deze optie worden zowel de aanvoer- als afvoerleiding door de duinen aangelegd in een gegraven sleuf. Voor de ontgraving van de sleuven is een tijdelijke sleufbemaling noodzakelijk.
- Opties K3 t/m 6: luchtcooling. Bij deze opties is geen ontgraving en grondwateronttrekking nodig.

Voor het bepalen van de effecten van de aanleg van de PALLAS-reactor op het grondwater in de omgeving zijn de volgende situaties doorgerekend:

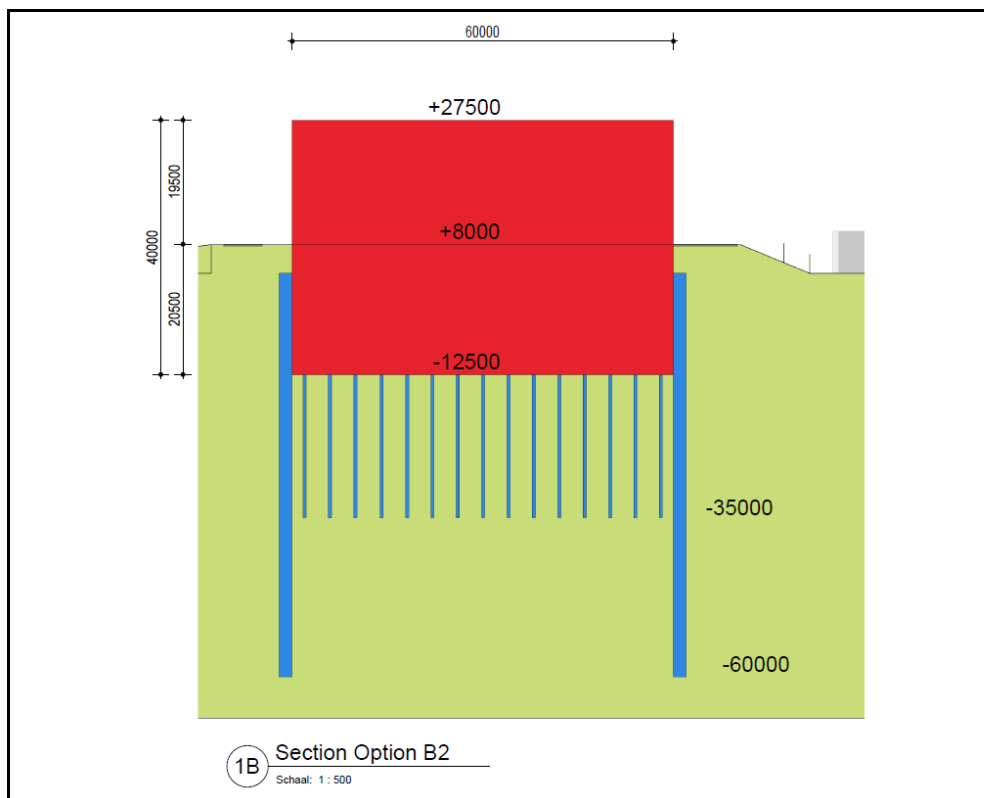
- Bemaling van de sleuven voor de aanleg van de koelwaterleidingen.
- Bemaling van de bouwkuip van het reactorgebouw. Een bouwwijze waarbij de bouwkuip wordt bemalen is niet waarschijnlijk. Voor de volledigheid en afweging van alternatieven is bemaling hier wel beschouwd.

- Variant B1: de huidige voorgestelde methode is aanleg middels de caissonmethode. Een bemaling is dan niet nodig. Zou het reactorgebouw op de diepte van dit scenario in een open bouwkuip in den droge gebouwd worden, dan zouden damwanden tot minimaal in een kleilaag beneden NAP -26 m nodig zijn. Een bemaling van de bouwkuip is dan nauwelijks nodig (alleen het afpompen van geringe hoeveelheden lekkagewater en neerslag). Wel zou het dan noodzakelijk zijn om een spanningsbemaling onder de kleilaag van de Formatie van Kreftenheye toe te passen. Deze spanningsbemaling is gesimuleerd door middel van 9 deepwells rond de ontgraving met een filterdiepte van NAP -32 m tot NAP -37 m.
- Variant B2: de bouw van het reactorgebouw zal plaatsvinden binnen damwanden tot NAP -60 m. Een bemaling van de bouwkuip is niet noodzakelijk. Een spanningsbemaling is evenmin nodig.
- Variant B3: het reactorgebouw komt op het huidige maaiveld en er is geen bemaling nodig.
- Gebruiksfase waarin blokkade van grondwaterstroming optreedt en mogelijk een effect van lekkage langs funderingspalen. Hierbij zijn twee dieptes van gedeeltelijke ondergrondse aanleg van het reactorgebouw beschouwd.
 - Het effect van opstuwing bovenstrooms en verlaging benedenstrooms is berekend door ondoorlatende wanden in het model op te nemen ter plaatse van het geplande reactorgebouw. Hierbij is uitgegaan van de variant met de maximale diepte van NAP -26 m en van de variant met een diepte van NAP -12.5 m. Bij deze laatste variant is het effect van de damwanden tot NAP -60 m gesimuleerd. Voor het scenario waarbij het reactorgebouw boven maaiveld wordt aangelegd treden geen effecten op het grondwater ten gevolge van opstuwing op en zijn hiervoor geen berekeningen uitgevoerd.
 - Met het grondwatermodel is het maximaal te verwachten effect van de funderingspalen op de stijghoogte in het bovenliggende watervoerende pakket doorgerekend door onder de geplande reactor om de 5 m een lekkage van de kleilaag te modelleren. Dit is gedaan door de modelcellen op deze locaties een verticale k-waarde van 1 m/d te geven in plaats van de waarden van 0,002 m/d die voor de meeste modellen binnen deze kleilaag is aangehouden. Het effect kan als het maximaal op te treden effect worden gezien, omdat de modelcellen waar deze grotere k-waarde aan is toegekend 5 bij 5 m bedragen, veel groter zijn dan de werkelijke ruimte die langs de funderingspalen kan ontstaan. De diepte van de funderingspalen is NAP -30 m (variant B3) of -35 m (variant B2). De funderingspalen in variant B2 vallen geheel binnen de diepwand tot NAP -60 m. Binnen deze diepwand is geen grondwaterstroming te verwachten. Daarom zijn alleen de effecten van de funderingspalen tot NAP -30 m in variant B3 van belang. De belangrijkste scheidende lagen die (deels) doorsneden worden zijn de bovenste scheidende laag van circa NAP -3 m tot NAP -8 m en de laag van NAP -21 m tot NAP -31 m.



1A Section Option B1

Schaal: 1 : 500



1B Section Option B2

Schaal: 1 : 500

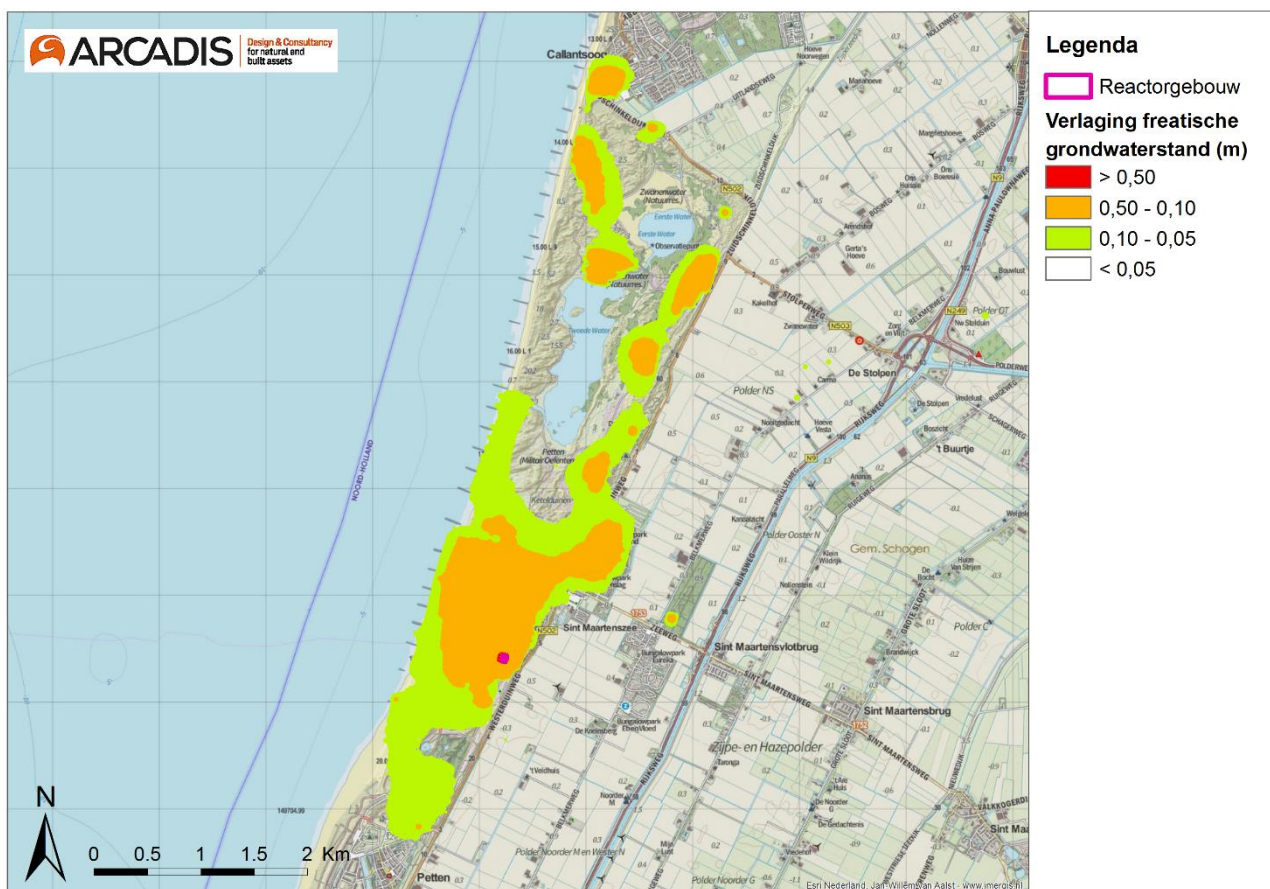
Figuur 25 Dwarsdoorsneden van het geplande reactorgebouw voor de drie scenario's B1 en B2.

5.3 Resultaten van de scenarioberekeningen

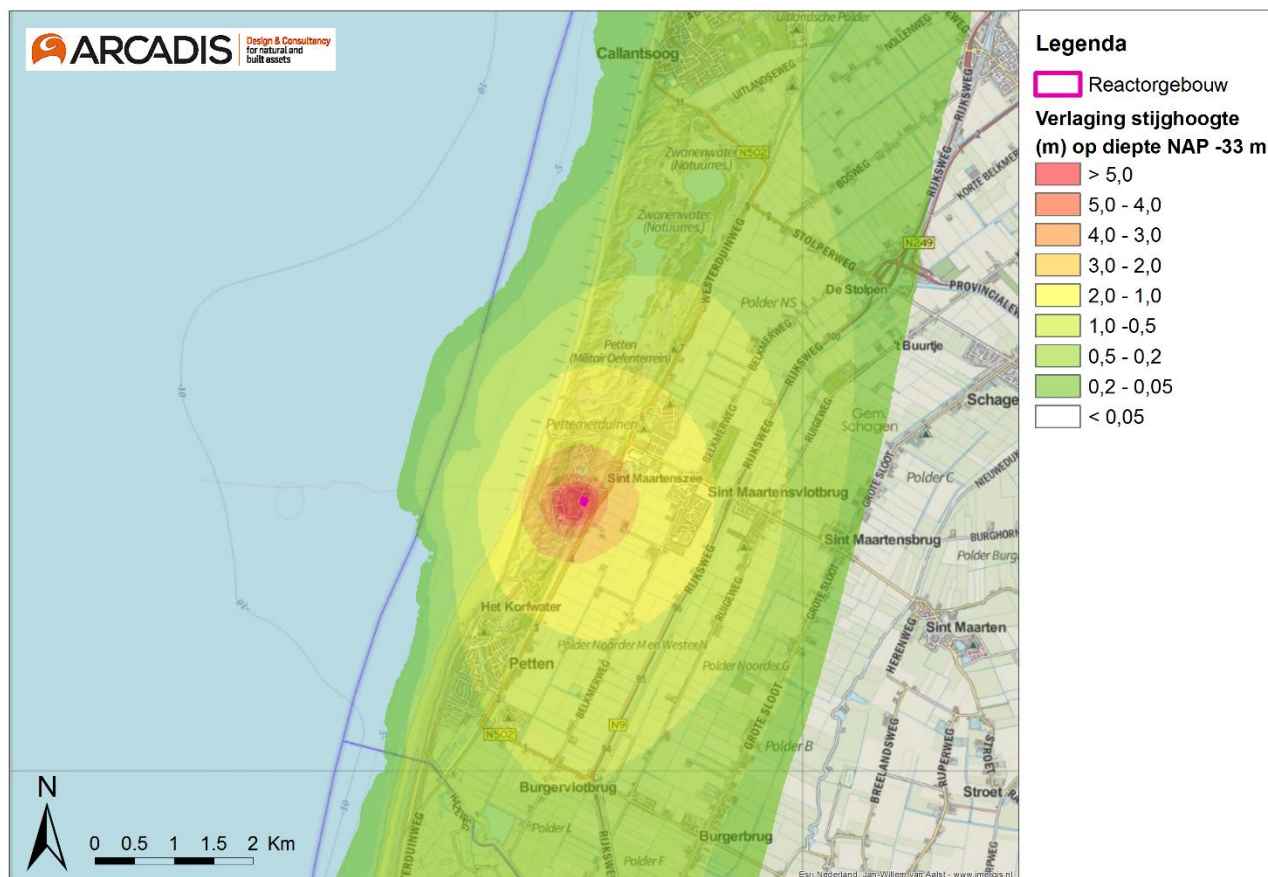
5.3.1 Verlaging tijdens de aanlegfase reactorgebouw

De reactor zal naar verwachting op een dusdanige manier worden aangelegd dat geen bemaling noodzakelijk is (behalve mogelijk een kleine open bemaling om neerslag en geringe hoeveelheden lekkage water af te voeren) en treedt geen verlaging van de stijghoogte op.

Ter vergelijking is hier weergegeven wat de effecten zijn wanneer een bemaling van een open bouwkuip uitgevoerd dient te worden. Zoals hierboven beschreven zou dan alleen bij variant B1 een spanningsbemaling noodzakelijk zijn. Deze situatie is doorgerekend met het grondwatermodel. De bemaling is voor een kortstondige periode (200 dagen) doorgerekend, waarbij een groot effect op de stijghoogtes en een de freatische grondwaterstand wordt berekend. Bij een langere onttrekkingsduur neemt naar verwachting het effect op de freatische grondwaterstand verder toe. Figuur 26 en Figuur 27 geven de effecten van deze spanningsbemaling op de freatische grondwaterstand en de stijghoogte weer.

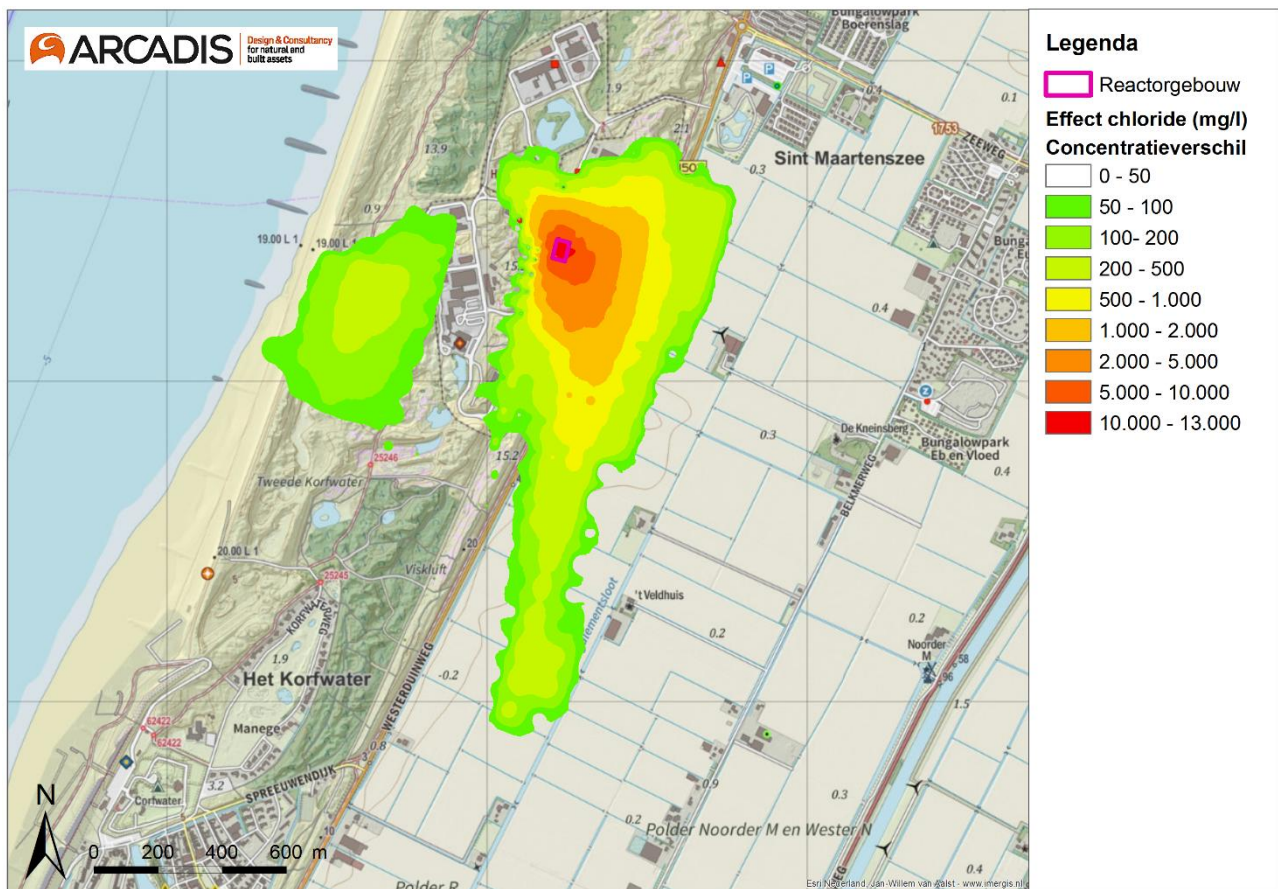


Figuur 26 Effect van de bemaling op de freatische grondwaterstand



Figuur 27 Effect van de spanningsbemaling op de stijghoogte op diepte NAP -33 m

De spanningsbemaling beïnvloedt ook het zoutgehalte op verschillende dieptes. De veranderingen in chlorideconcentraties op NAP -34 m zijn weergegeven in Figuur 28. In het freatische grondwater wordt geen verandering van de chlorideconcentratie berekend. In de diepere watervoerende lagen vindt voornamelijk verzilting plaats. In de laag waar de spanningsbemaling plaatsvindt neemt de chlorideconcentratie met duizenden milligrammen per liter toe.

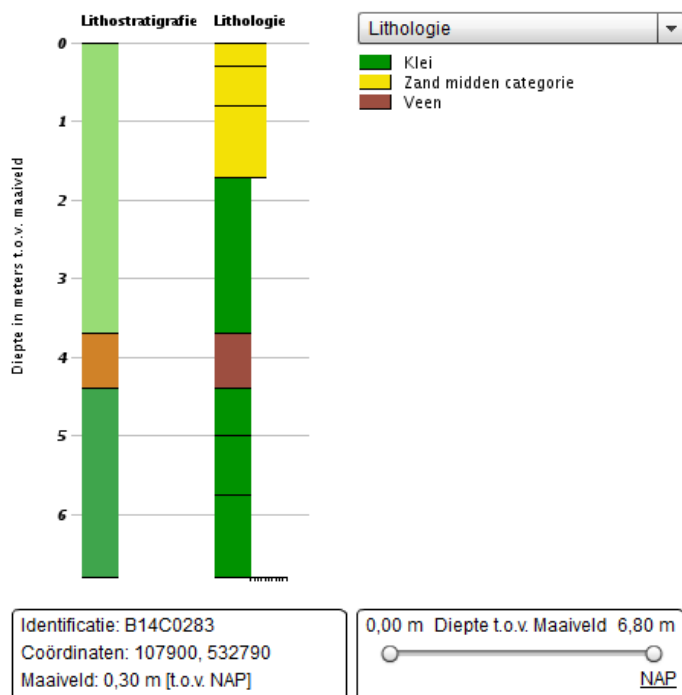


Figuur 28 Effect van de spanningsbemaling op de chlorideconcentratie op diepte NAP -34 m

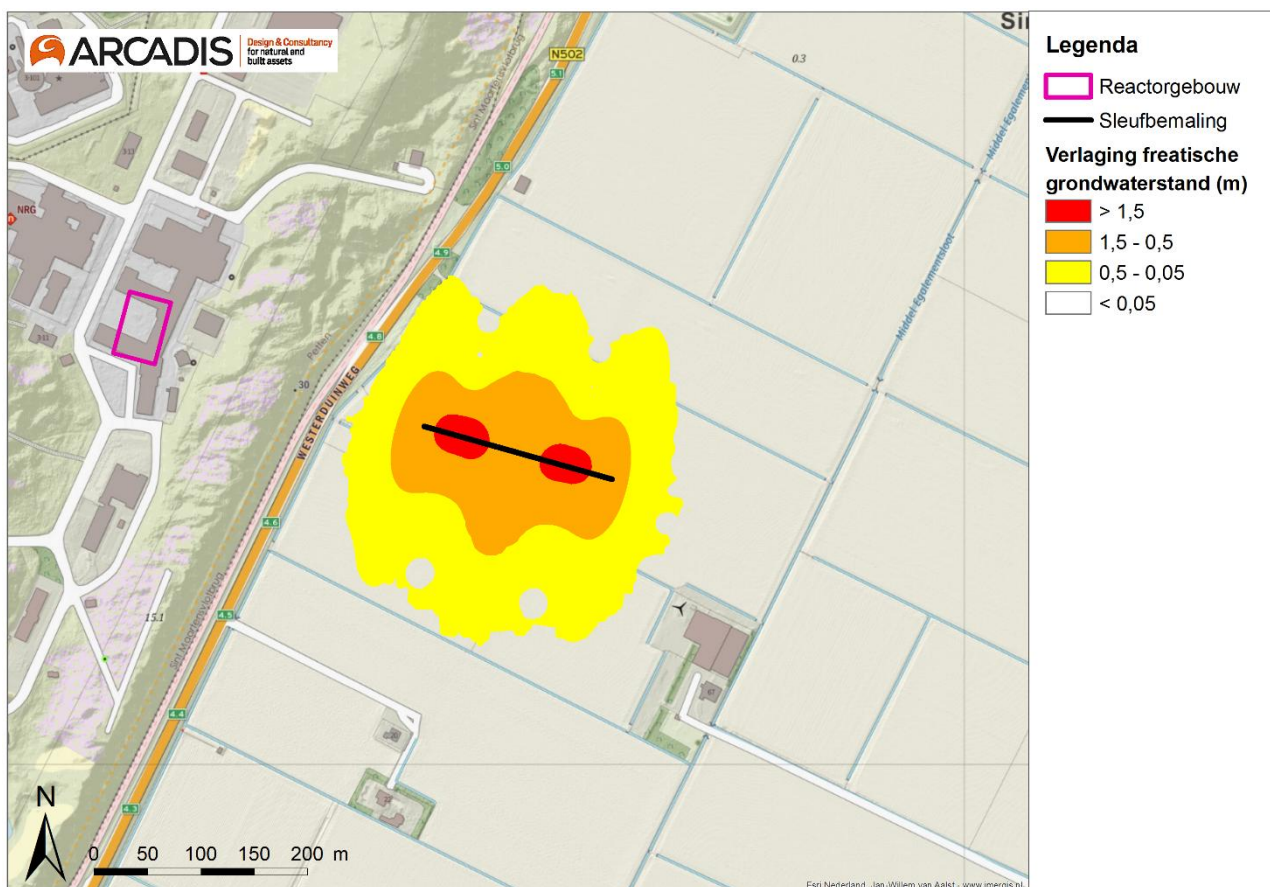
5.3.2 Effecten sleufbemaling voor koelwaterleidingen

De leiding die vanaf het intakepunt aan het Noordhollandsch Kanaal naar de reactor loopt zal naar verwachting in een sleuf worden aangelegd, waarbij sleufbemaling wordt toegepast om de werkzaamheden in den droge uit te kunnen voeren. De freatische grondwaterstand dient tot minimaal 3 m -mv te worden verlaagd, 30 cm beneden de ontgravingsdiepte van 2,7 m -mv.

Een dergelijke bemaling wordt meestal in secties van bijvoorbeeld 200 m lengte per keer uitgevoerd. Om deze reden is een indicatieve berekening van een bemaling van een sectie weergegeven. Het deel van het tracé waarvoor de modelberekening is uitgevoerd is representatief voor het overige deel omdat de bodemopbouw van het zoekgebied voor het leidingtracé vergelijkbaar is. In Figuur 29 is een representatieve boorbeschrijving weergegeven van de ondiepe ondergrond van tracé. De bovenste 2,5 m bestaat uit fijn tot matig fijn zand. Hieronder komt een afwisseling van klei en veen voor tot meer dan 6 m beneden maaiveld. Alleen de zandlaag moet worden bemalen om de sleuf droog te houden. Onder deze laag komen slechtdoorlatende klei- en veenlagen voor, waardoor het waterbezwaar relatief gering is (circa 2 m³/dag per strekkende meter). Het effect op de grondwaterstand in de omgeving is hierdoor klein (Figuur 30). Naar verwachting is hierdoor het effect op de chlorideconcentratie (zoutgehalte) van het freatische grondwater ook gering. Omdat dit effect afhangt van de chlorideconcentratie van het freatische grondwater op het moment van bemalen en de chlorideconcentratie van het water in nabije sloten of andere oppervlaktewateren, is de verandering van de chlorideconcentratie in dit stadium niet goed in te schatten. Dit zal voor de uitvoering van de bemaling in een bemalingsadvies nader onderzocht moeten worden.



Figuur 29 Representatieve een boorbeschrijving voor het zoekgebied van het leidingtracé. Bron: DINOlaket
<https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>



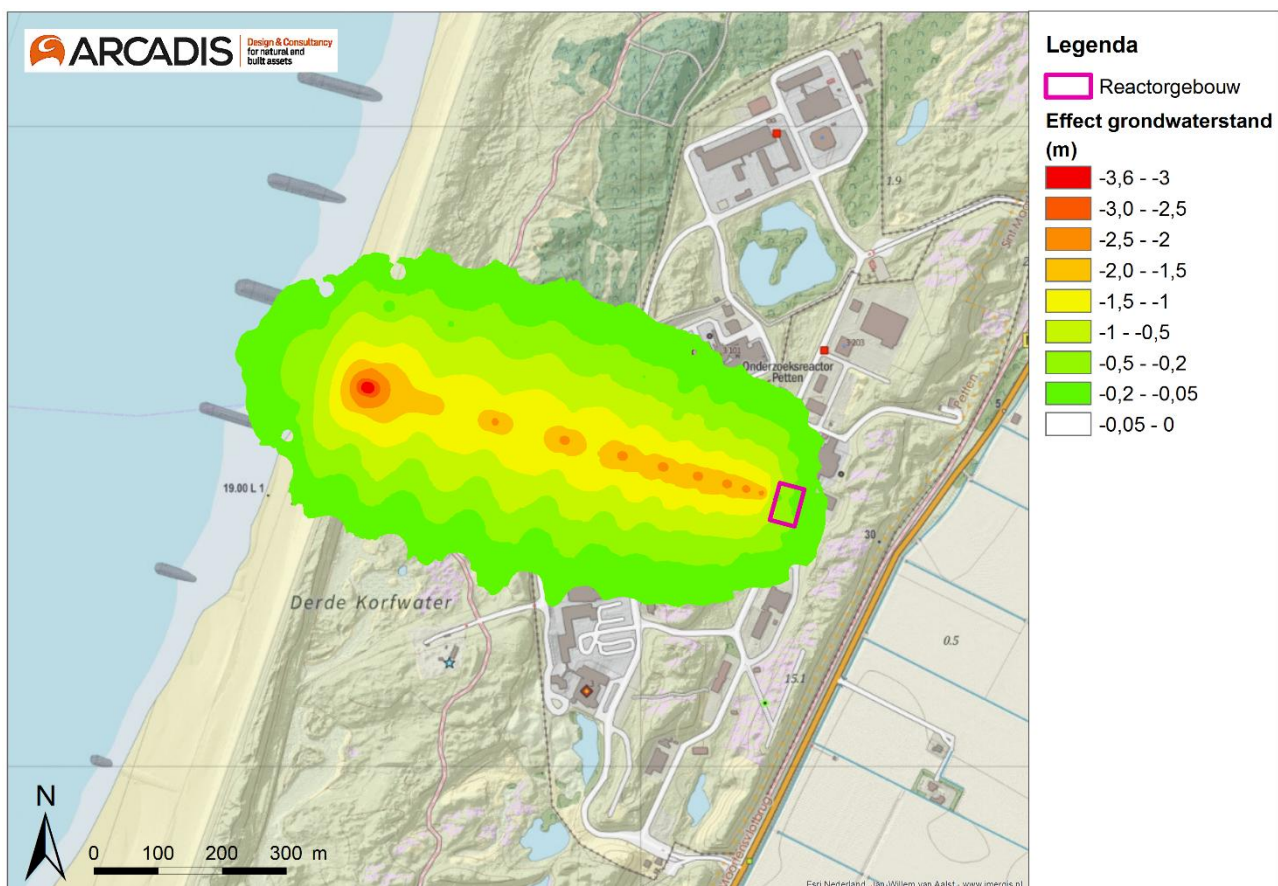
Figuur 30 Effect van de tijdelijke bemaling van een sectie van de leidingsleuf op de grondwaterstand in de omgeving

De leiding die vanaf het reactorgebouw tot in de zee is gepland (outfall en/of inname), zal naar verwachting in een sleuf worden aangelegd, waarbij eveneens sleufbemaling wordt toegepast om de werkzaamheden in den droge uit te kunnen voeren. De freatische grondwaterstand dient tot 3 m -mv te worden verlaagd. Het ontwateringsniveau loopt van de reactor af naar de zee van circa 0 m NAP tot -3 m NAP.

Het berekende waterbezwaar bedraagt circa 6.000 m³/dag. De verlaging van de freatische grondwaterstand is weergegeven in Figuur 31. Een verlaging van de grondwaterstand van meer dan 5 cm strekt zich uit tot een paar honderd meter van de sleuf. De vegetatie in deze zone kan hierdoor negatief worden beïnvloed. De tritiumverontreiniging kan eveneens verplaatst worden door de bemaling.

Een mogelijk mitigerende maatregel is het uitvoeren van de ontgraving binnen damwanden die tot in de kleiige en venige afzettingen onder het duinzand worden geplaatst. Het waterbezwaar en de verlaging van de grondwaterstanden in de omgeving worden hiermee grotendeels gereduceerd. De berekende effecten op de chlorideconcentraties zijn minimaal omdat voornamelijk water vanuit het duinzand naar de sleufbemaling toestroomt. Omhoogkomen van zout water van onder de slecht-doorlatende Holocene afzettingen van het Laagpakket van Wormer, het Hollandveen en de Basisveenlaag is niet waarschijnlijk.

Het is aan te bevelen in het kader van het opstellen van het bemalingsplan, wanneer de route, dieptes, aanlegmethode enz. beter bekend zijn, de effecten op grondwaterstanden en chlorideconcentraties met een specifiek model hiervoor nogmaals te berekenen.



Figuur 31 Effect op grondwaterstand als gevolg van bemaling outfall sleuf

5.3.3 Effecten in de gebruiksfase

De effecten in de gebruiksfase worden voor varianten B1 en B2 hier beschreven.

Variant B1

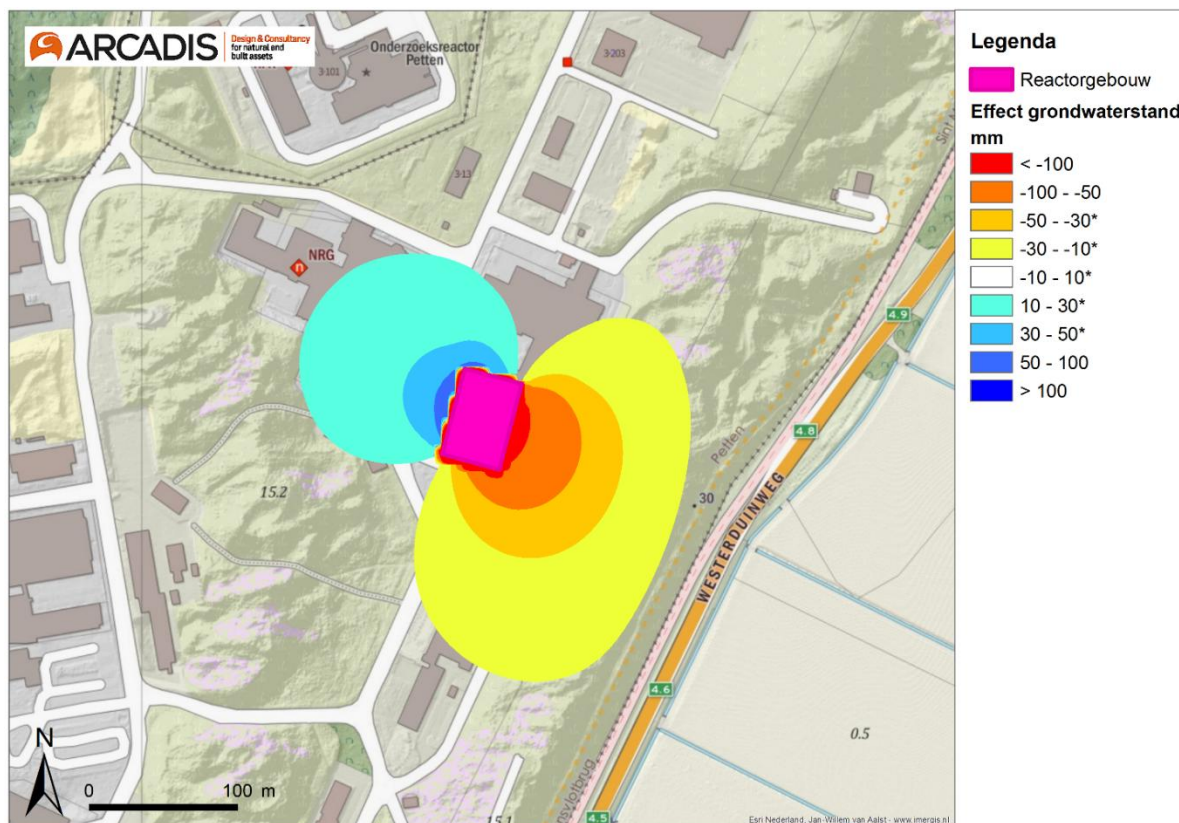
Blokkade grondwaterstroming

De grondwaterstroming in de diepe watervoerende lagen is van west naar oost. Het ondiepe grondwater in de duinen stroomt ter hoogte van de PALLAS-reactor ook in oostelijke richting. De bouw van de reactor zal een deel van deze stromingen blokkeren. Dit heeft een opstuwing van de stijghoogte en freatische grondwaterstand aan de westzijde van de reactor en een verlaging aan de oostzijde tot gevolg.

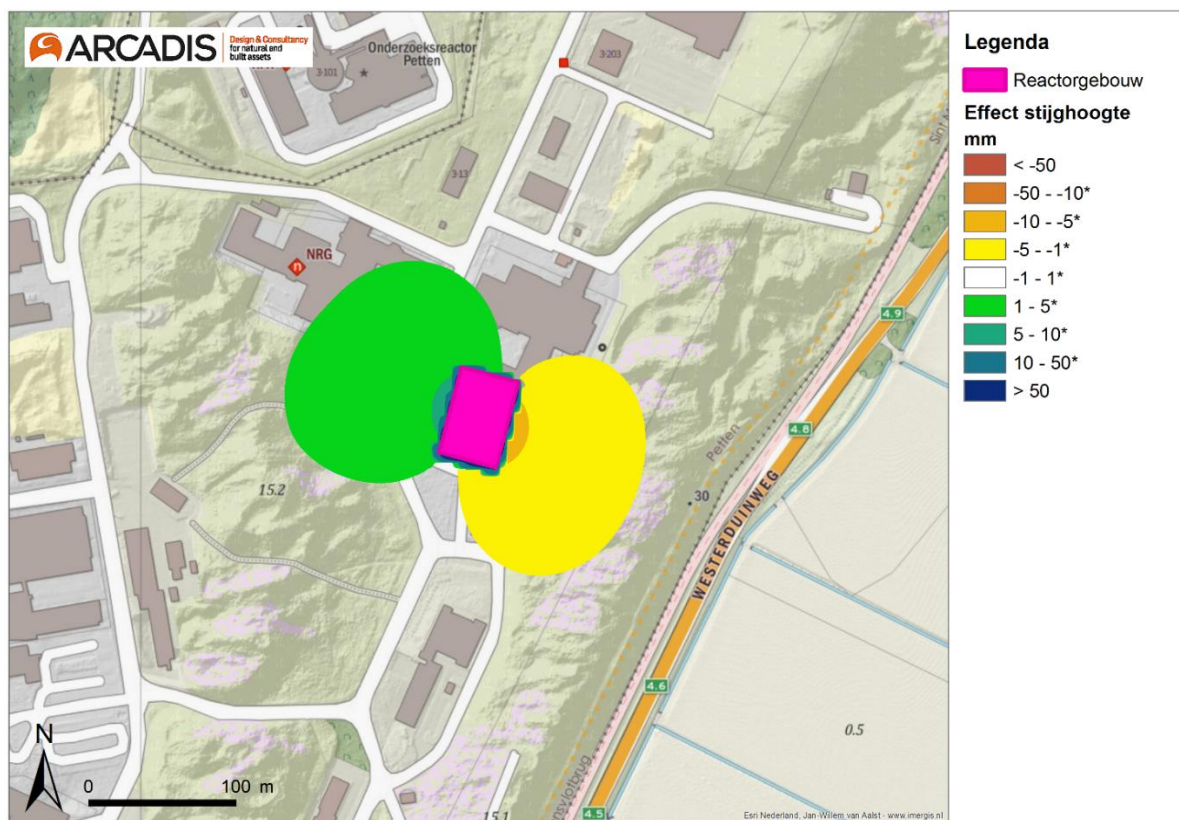
De opstuwing en verlaging van de freatische grondwaterstand voor variant B1 is weergegeven in Figuur 32. De effecten op de stijghoogte in het watervoerend pakket zijn weergegeven in Figuur 33. Te zien is dat de opstuwing van de freatische grondwaterstand zeer klein is en maximaal 10 centimeter bedraagt. Ook de verlaging aan de oostzijde is zeer klein en bedraagt maximaal 13 centimeter. Effecten kleiner dan 5 cm zijn zodanig klein dat ze niet te onderscheiden zijn van natuurlijke fluctuaties in de grondwaterstand en er worden ook geen negatieve effecten bij een grondwaterstandsval van minder dan 5 cm verwacht². Veranderingen kleiner dan 5 cm worden daarom als niet-significant beschouwd. Op meer dan circa 50 m van de reactor zijn de effecten kleiner dan 5 cm en naar verwachting niet aan te tonen met metingen.

De berekende effecten op de chlorideconcentraties ten gevolge de opstuwing en verlaging van de grondwaterstanden en stijghoogtes zijn niet significant (kleiner dan 1 mg/l) en daarom zijn deze niet weergegeven.

² De Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG), een onafhankelijke commissie die adviseert over onderzoeken naar schade door het onttrekken van grondwater, heeft een protocol opgesteld voor de wijze waarop zij verzoeken om onderzoeken naar schade behandelt. Voor bos-, natuur- en landschapsschade schrijft de CDG dat bij een verlaging van de grondwaterstand van geringe omvang het causale verband tussen grondwateronttrekking en schade veelal niet aantoonbaar is. Om deze reden hanteert de commissie voor vegetatie en open water als grens van het invloedsgebied de lijn van 5-cm verlaging. Voor bos wordt als grens gehanteerd de lijn van 10-cm verlaging. Dit vanwege de minder grote gevoeligheid van bos voor geringe verlaging van de grondwaterstand. (CDG, 2003).



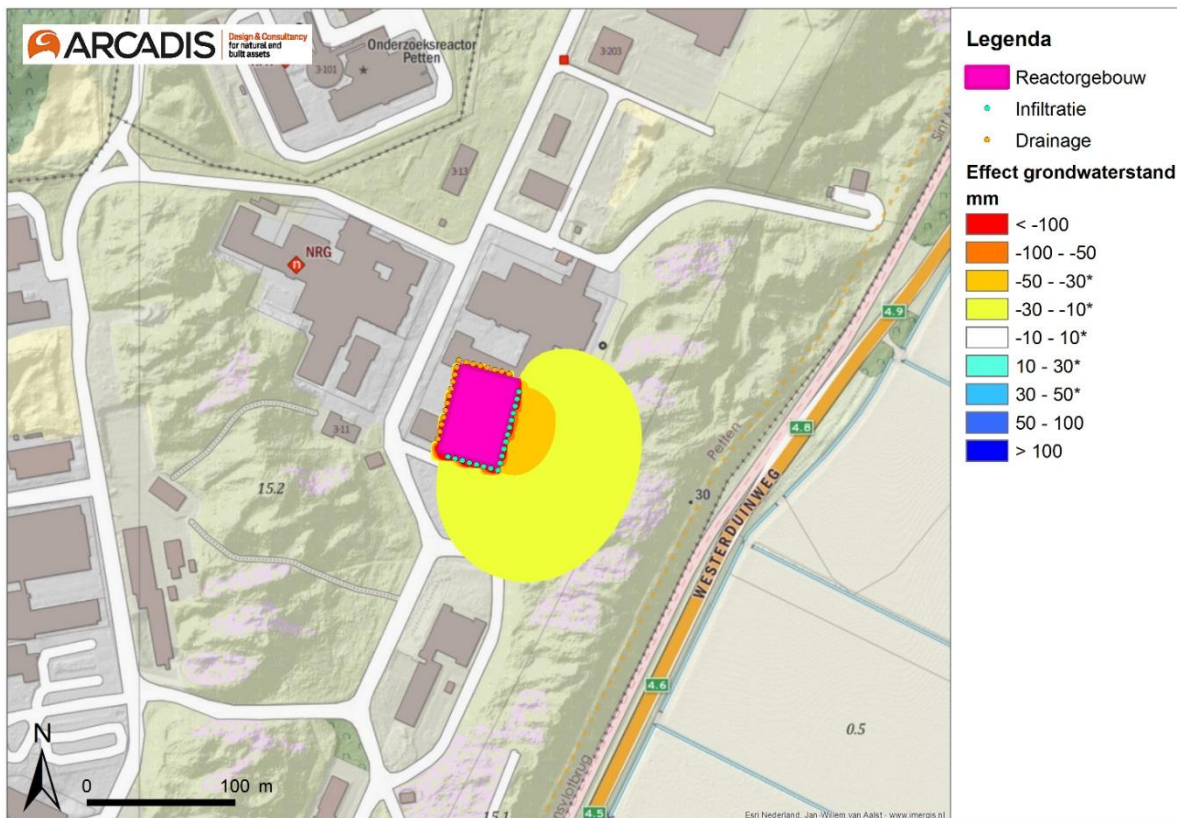
Figuur 32 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase voor variant B1 (* = klassen met niet significant effect)



Figuur 33 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de stijghoogte in het watervoerend pakket op diepte NAP -12.5 m in de gebruiksfase voor variant B1 (* = klassen met niet significant effect)

Drains en infiltratiedrains

De effecten op de freatische grondwaterstand kunnen worden gemitigeerd door een drain aan te leggen op de van nature gemiddeld hoogst optredende grondwaterstand aan de bovenstroomse zijde van het gebouw (circa NAP +1.60 m) en eventueel drainagewater via een infiltratiedrain aan de benedenstroomse zijde van het gebouw te retourneren. Het effect op de freatische grondwaterstand bij toepassing van de drainage en infiltratie is weergegeven in Figuur 34. Deze drainage- en infiltratievoorzieningen zijn opgenomen in het ontwerp.

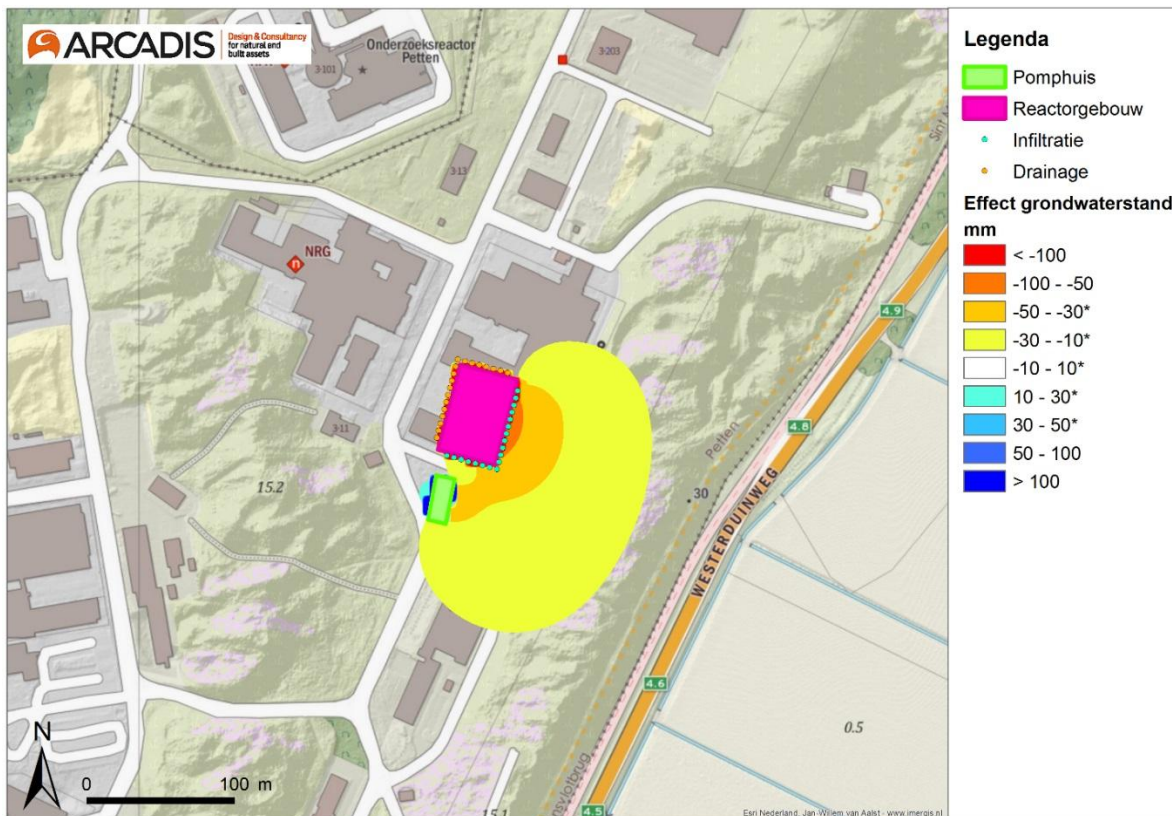


Figuur 34 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase voor variant B1 met drains (* = klassen met niet significant effect)

Koelingsvariant K1b

Koelingsvariant K1b gaat uit van aanvoer van water vanuit het Noordhollandsch Kanaal onder vrij verval. Geboorde pijpleidingen zullen daarvoor uitkomen in een pomphuis dat tot NAP -11,5 m op het OLP terrein wordt aangelegd. De aanleg van het pomphuis zal binnen damwanden tot NAP -18 m plaatsvinden. Bij deze koelingsvariant treedt hierdoor een extra blokkade van de grondwaterstroming op.

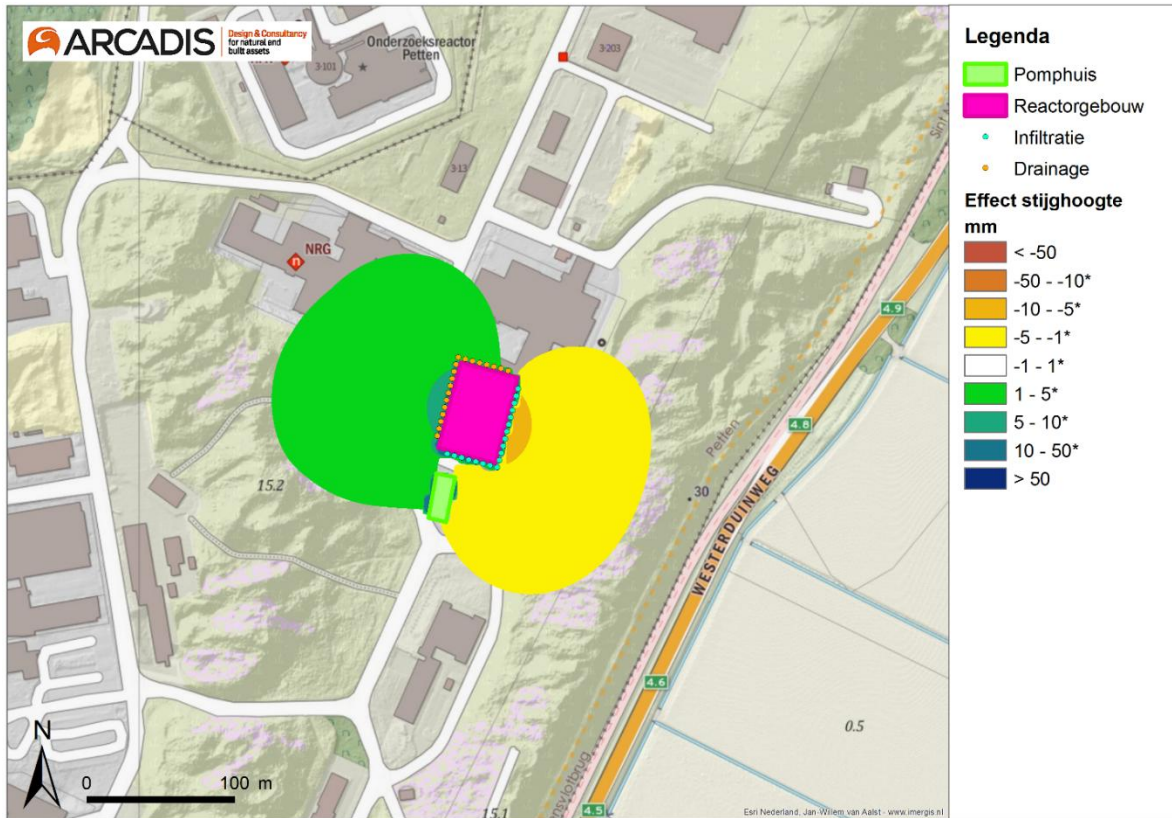
Figuur 35 laat zien dat het effect van het pomphuis op de freatische grondwaterstand zeer gering is. Ten oosten van het pomphuis treedt een grotere verlaging van de freatische grondwaterstand op, tot 13 cm. Deze (extra) verlaging treedt alleen op binnen het bebouwde deel van de OLP.



Figuur 35 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase voor variant B1 met drains en een verdiept aangelegd pomphuis (* = klassen met niet significant effect)

Figuur 36 laat zien dat de stijghoogte op NAP -12,5 m door het pomphuis nauwelijks extra wordt beïnvloed. De opstuwning en verlaging van de stijghoogte rond het reactorgebouw is dezelfde als zonder het pomphuis, alleen strekt het verlagende effect zich iets verder zuidelijker uit.

De berekende veranderingen in de chlorideconcentraties van het grondwater ten gevolge van de verdiepte aanleg van het pomphuis zijn kleiner dan 1 mg/l (niet significant) en daarom niet weergegeven.



Figuur 36 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de stijghoogte in het watervoerend pakket op diepte NAP -12,5 m in de gebruiksfase voor variant B1 met een verdiept aangelegd pomphuis (* = klassen met niet significant effect)

Funderingspalen

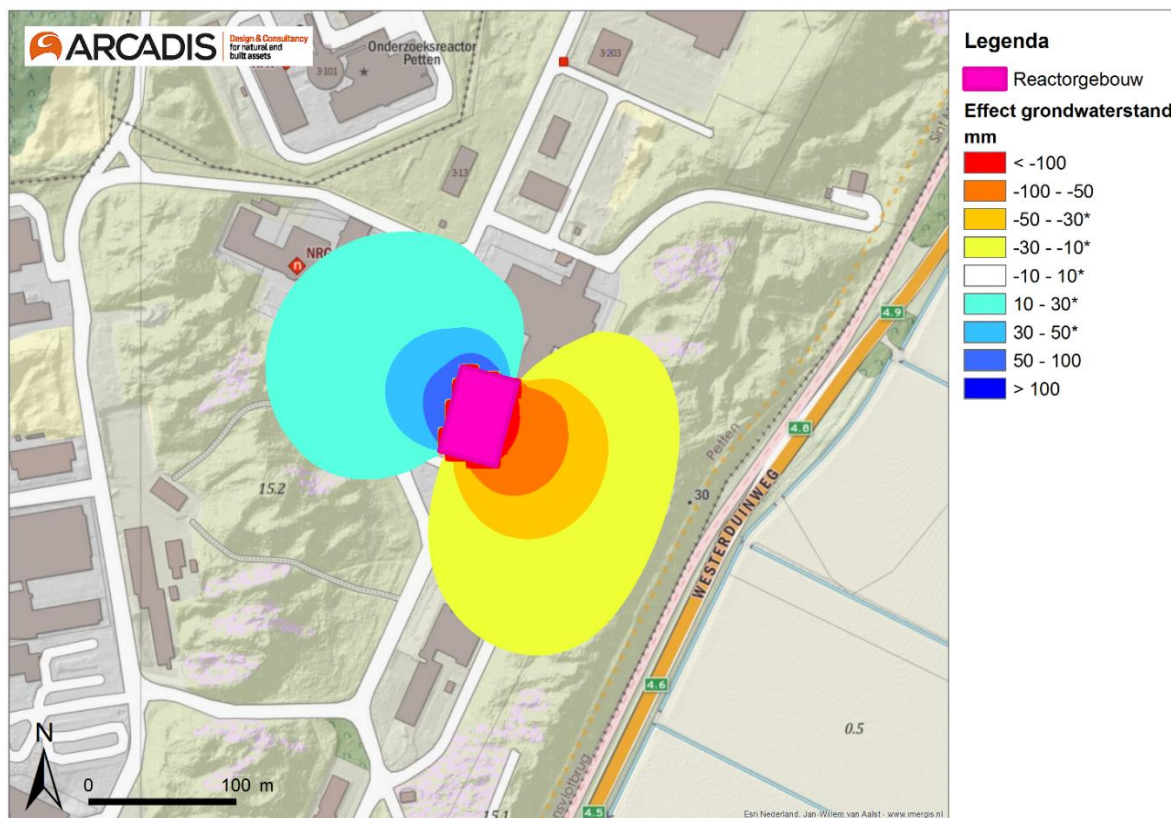
In deze variant worden geen funderingspalen onder het reactorgebouw toegepast.

Variant B2

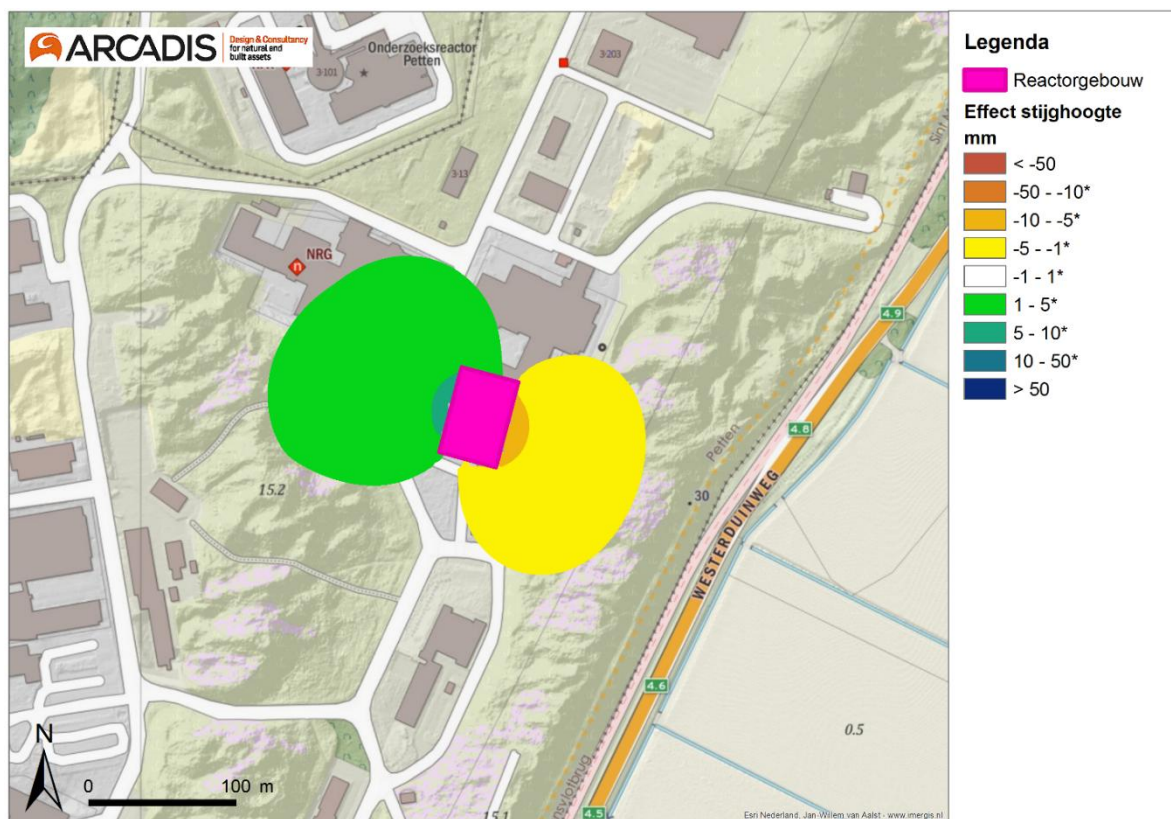
Blokkade grondwaterstroming

Voor variant B2 zijn de opstuwning en verlaging van de freatische grondwaterstand weergegeven in Figuur 37. De effecten op de stijghoogte in het watervoerend pakket zijn weergegeven in Figuur 38. De significante effecten op de grondwaterstand in het freatische pakket en stijghoogte in het watervoerend pakket zijn vergelijkbaar met variant B1.

De berekende effecten op de chlorideconcentraties ten gevolge de opstuwning en verlaging van de grondwaterstanden en stijghoogtes zijn niet significant (kleiner dan 1 mg/l) en daarom zijn deze niet weergegeven



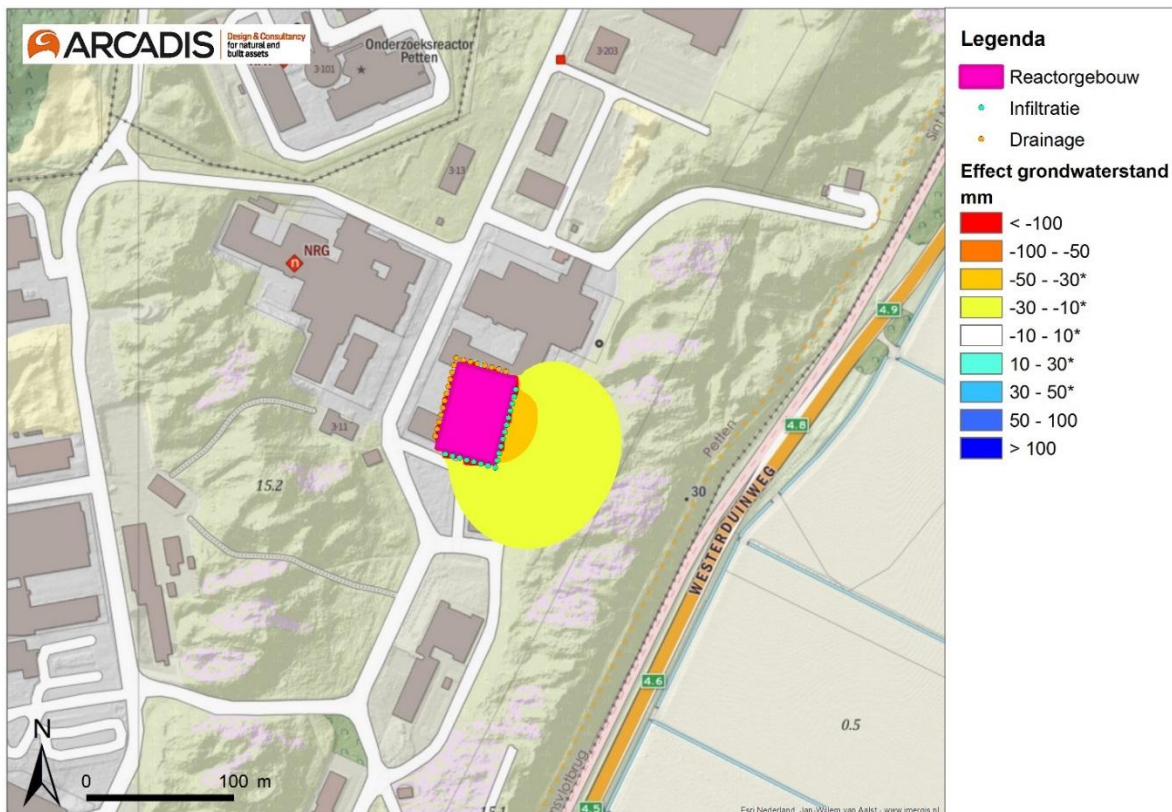
Figuur 37 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase voor variant B2 (* = klassen met niet significant effect)



Figuur 38 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de stijghoogte in het watervoerend pakket op diepte NAP -12,5 m in de gebruiksfase voor variant B2 (* = klassen met niet significant effect)

Drains en infiltratiedrains

De effecten op de freatische grondwaterstand kunnen worden gemitigeerd door een drain aan te leggen op de van nature gemiddeld hoogst optredende grondwaterstand aan de bovenstroomse zijde van het gebouw (circa NAP +1.60 m) en eventueel drainagewater via een infiltratiedrain aan de benedenstroomse zijde van het gebouw te retourneren. Het effect op de freatische grondwaterstand bij toepassing van de drainage en infiltratie is weergegeven in Figuur 39. Deze drainage- en infiltratievoorzieningen zijn opgenomen in het ontwerp.



Figuur 39 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase voor variant B2 met drains (* = klassen met niet significant effect)

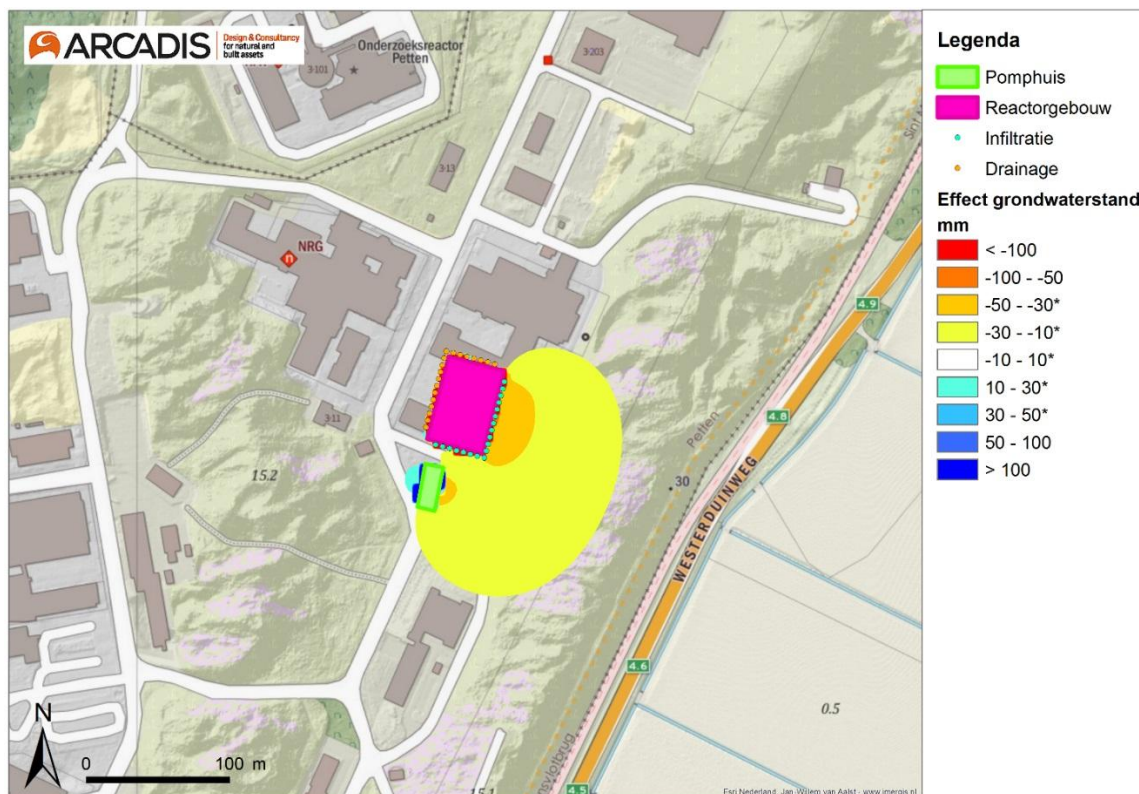
Koelingsvariant K1b

Koelingsvariant K1b gaat uit van aanvoer van water vanuit het Noordhollandsch kanaal onder vrij verval. Geboorde pijpleidingen zullen daarvoor uitkomen in een pomphuis dat tot NAP -11.5 m op het OLP terrein wordt aangelegd. De aanleg van het pomphuis zal binnen damwanden tot NAP -18 m plaatsvinden. Bij deze koelingsvariant treedt hierdoor een extra blokkade van de grondwaterstroming op.

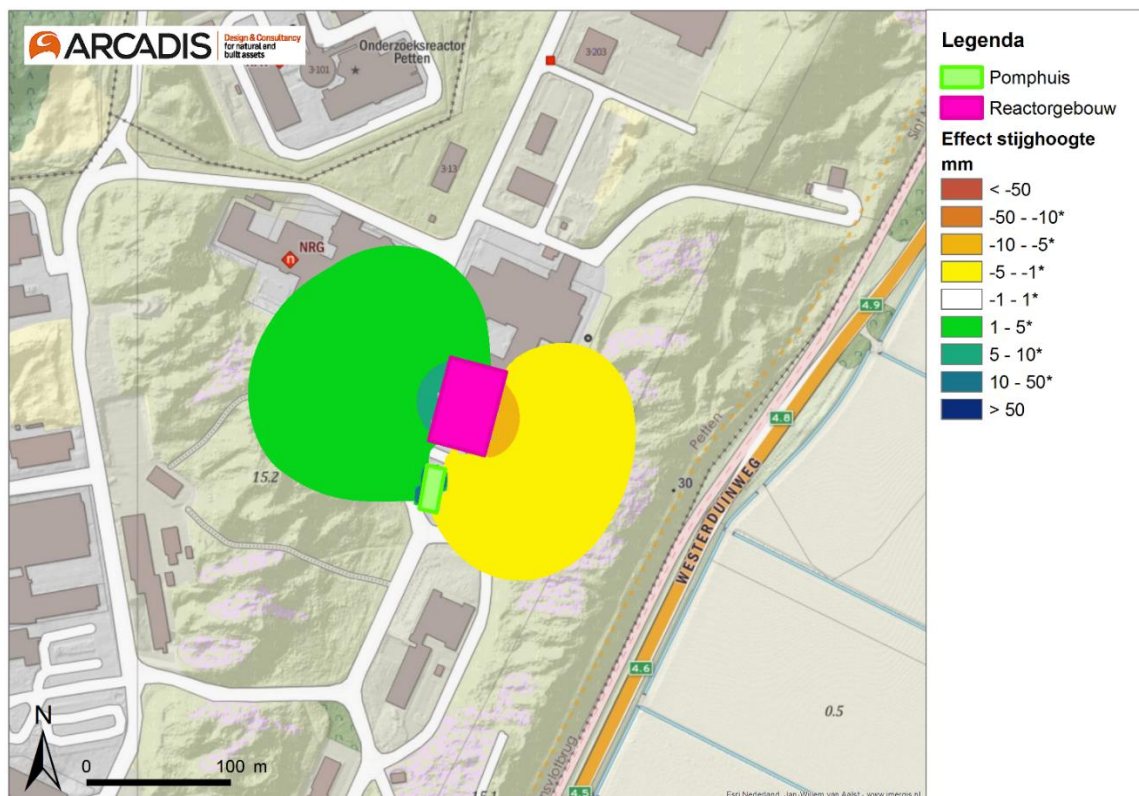
Figuur 40 het effect van het pomphuis op de freatische grondwaterstand zien. Ten oosten van het pomphuis is een niet significante verlaging van de freatische grondwaterstand berekend. Deze (extra) verlaging treedt alleen op binnen het bebouwde deel van de OLP.

Figuur 41 laat zien dat de stijghoogte op NAP -12.5 m door het pomphuis nauwelijks extra wordt beïnvloed. De berekende opstuwende en verlaging van de stijghoogte rond het reactorgebouw is niet significant en in dezelfde orde-als-grootte zonder het pomphuis.

De berekende veranderingen in de chlorideconcentraties van het grondwater ten gevolge van de verdiepte aanleg van het pomphuis zijn niet significant (kleiner dan 1 mg/l) () en daarom niet weergegeven.



Figuur 40 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de freatische grondwaterstand in de gebruiksfase voor variant B2 met drains en een verdiept aangelegd pomphuis (* = klassen met niet significant effect)



Figuur 41 Het opstuwende en verlagende effect van de PALLAS-reactor op de stijghoogte in het watervoerend pakket op diepte NAP -12,5 m in de gebruiksfase voor variant B2 met een verdiept aangelegd pomphuis (* = klassen met niet significant effect)

Funderingspalen

De funderingspalen doorsnijden mogelijk de slecht-doorlatende lagen tussen dieptes van NAP -15 tot NAP -28 m (Formaties van Kreftenheye en Boxtel en de Eem Formatie). In deze variant worden de funderingspalen echter binnen een diepwand die tot ca. NAP -60 m reikt geplaatst. De berekeningen laten zien dat de grondwaterstroming binnen deze diepwanden zo gering is en dat eventuele lekkage langs de funderingspalen geen effect hebben op grondwaterstanden, stijghoogten of chlorideconcentraties.

Variant B3

Blokkade grondwaterstroming

In deze variant wordt het reactorgebouw op het maaiveld gebouwd. Er treedt daarom geen blokkade van de grondwaterstroming op.

Funderingspalen

De funderingspalen tot NAP -30 m doorsnijden mogelijk de slecht-doorlatende Holocene lagen tussen circa NAP -2 en -10 m. dieptes van NAP -15 tot NAP -28 m (Formaties van Kreftenheye en Boxtel en de Eem Formatie).³ Hierdoor kunnen, in theorie, kortsluitstromen ontstaan tussen het freatische grondwater en de grondwater in de diepere watervoerende pakketten.

De freatische grondwaterstand is hoger dan de stijghoogte in de onderliggende watervoerende pakketten. De stijghoogte boven de slechtdoorlatende lagen van de Formaties van Boxtel, Kreftenheye en de Eem Formatie is ook iets hoger dan de stijghoogte onder deze lagen. De eventuele kortsluitstromen veroorzaken hierdoor een verticale flux. Stroming vanuit het freatische pakket naar het onderliggende watervoerende pakket veroorzaakt een geringe verzoeting van het watervoerend pakket rond de locaties van de kortsluitstromen. Deze verzoeting is echter kleiner dan 1 mg/l en niet-significant. Ook de verlaging van de freatische grondwaterstand door de verticale flux is niet significant (hooguit enkele millimeters).

Hetzelfde geldt voor de fluxen tussen de watervoerende pakketten onder het freatische pakket. De stijghoogten worden niet-significant (hooguit enkele millimeters) beïnvloed en het effect op de chlorideconcentraties is geringer dan 1 mg/l.

³ Het funderingsplan is op dit moment nog niet bekend. Wel wordt aangenomen dat vibro-palen gebruikt zullen worden, waarbij eerst een stalen casing (buis) in de grond wordt geheid, of in een voorgeboord gat wordt geplaatst. Deze casing wordt gevuld met wapening en beton waarna de casing getrokken wordt. Door het trekken van de casing kunnen, in theorie, ter hoogte van de slecht-doorlatende kleilagen geringe lekstromen optreden door zand dat in de ruimte tussen funderingspaal en de klei stroomt.

6 GEVOLGEN VOOR DE OMGEVING

Uit de scenarioberekeningen die in hoofdstuk 5 zijn besproken blijken de effecten van de aanleg van de reactor op het grondwater op de omgeving in de gebruiksfase klein te zijn. Effecten van meer dan 5 cm worden alleen binnen een straal van 50 m vanaf de reactorlocatie verwacht. Effecten van minder dan 5 cm worden als niet significant beschouwd. In de aanlegfase zijn de effecten groot wanneer bemaling wordt toegepast. Vanwege deze grote effecten wordt naar verwachting voor een aanlegwijze gekozen waarbij geen of een geringe bemaling nodig is.

Onderstaand wordt voor de omliggende belangen besproken of voor deze belangen positieve of negatieve effecten zijn te verwachten.

- Vegetatie (verdroging, verzilting).
- Gebouwen (risico op zettingsschade).
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting).
- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting).
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing).

6.1 Vegetatie

Uit de scenarioberekeningen blijkt dat zonder bemaling van de bouwkuip geen duinvalleien, laag-gelegen natte locaties of de kwelzone ten oosten van het duingebied beïnvloed worden. Wanneer de bouwkuip wel bemalen zou worden, treedt verdroging van natte duinvalleien op, met mogelijk negatieve effecten op de vegetatie op deze locaties.

Een open bemaling van de leidingsleuf voor de fall-out en/of inname leiding door de duinen veroorzaakt volgens de indicatieve berekeningen (het tracé en diepte zijn nog niet bekend) een (tijdelijke) verlaging van de grondwaterstand van meer dan 5 cm tot enkele honderden meters aan weerszijden van de sleuf. Deze tijdelijke verlaging zal een negatief effect hebben op de vegetatie. Dit effect kan worden voorkomen door de sleuf binnen damwanden aan te leggen. Een open bemaling binnen damwanden (tot in de slecht-doorlatende Holocene afzettingen) heeft geen significant effect op de freatische grondwaterstanden buiten de damwanden.

6.2 Gebouwen

De reactor locatie ligt te midden van een aantal andere gebouwen (Figuur 7). Wanneer bemalen zou worden voor de bouw van de reactor, dan treden ter hoogte van deze gebouwen stijghoogteverlagingen op in de orde van grootte van meters. Bij deze verlagingen moet rekening worden gehouden met gebouwzetting. In dat geval kunnen ter hoogte van de bebouwing van Sint Maartenszee nog zettingseffecten optreden.

Zonder bemaling van de reactorlocatie wordt ter plaatse van deze gebouwen geen effect verwacht. Ter controle wordt echter aanbevolen om hier een peilbuis te plaatsen en op enkele gebouwen hooggebouten te plaatsen om eventuele effecten waar te kunnen nemen.

6.3 Duinen als onderdeel van de primaire kering

De zeereep (de eerste duinenrij, grenzend aan het strand), dient als primaire kering. Hier worden alleen effecten verwacht wanneer bemaling wordt uitgevoerd. In dat geval treedt verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte op. Omdat ter plaatse van deze duinen zettingsgevoelige klei- en veenlagen in de ondergrond aanwezig zijn, zou deze verlaging tot ongewenste zettingen kunnen leiden.

Bij aanleg van de reactor zonder bemaling van de bouwkuip treden hier geen zettingseffecten op.

6.4 Landbouw

Wanneer bemaling van de bouwkuip wordt toegepast, wordt de stijghoogte onder het landbouwgebied ten oosten van de reactor locatie verlaagd. Het freatische grondwater wordt echter niet beïnvloed. Effecten op de zoutconcentraties in de bouwvoor kunnen niet worden uitgesloten, zodra de bemaling gestopt wordt.

Wanneer geen bemaling voor de aanleg van de reactor wordt toegepast, zullen geen effecten in het landbouwgebied optreden.

Een eventuele bemaling van een leidingsleuf van het Noordhollandsch kanaal naar het reactorgebouw zal de freatische grondwaterstanden tot enkele honderden meters aan weerszijden van de sleuf met meer dan 5 cm tijdelijk verlagen. Afhankelijk van het seizoen waarin de bemaling wordt uitgevoerd, kan dit verdroging van landbouwgewassen veroorzaken. Het effect op het zoutgehalte van het freatische grondwater hangt af van een aantal onbekende factoren, zoals het zoutgehalte van het freatische grondwater op de percelen waar bemalen wordt en in het seizoen dat dit gebeurt, en het zoutgehalte van het water in nabije sloten.

6.5 Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen

Het dichtstbijzijnde grondwatersysteem betreft het beheerssysteem van de tritiumvlek op ten minste 100 m ten noorden van de reactorlocatie. De eventuele beïnvloeding van dit systeem wordt in paragraaf 6.6 beschreven.

Een monobron ligt op circa 500 m ten noorden van de reactorlocatie. Beïnvloeding van deze onttrekking vindt alleen plaats wanneer de reactorlocatie wordt aangelegd door middel van een grote bemaling. Dit wordt niet verwacht. Er wordt daarom ook geen beïnvloeding van de monobron verwacht.

Een derde grondwatersysteem is aanwezig ter plaatse van gebouw 13 en 204. Gebouw 204 ligt op circa 50 m afstand vanaf de reactorlocatie. Bij een grootschalige bemaling wordt een sterk effect op de grondwaterstand verwacht, waardoor de beheersbemaling tijdelijk niet noodzakelijk zal zijn.

In de gebruiksfase van de reactor wordt bij toepassing van een drain aan de bovenstroomse zijde van het reactorgebouw (onderdeel van het ontwerp) geen effect op de grondwaterstand verwacht en daardoor ook geen effect op de beheersbemaling van gebouwen 204 en 13.

6.6 Mobiele verontreinigingen

De dichtstbijzijnde mobiele verontreiniging is de tritiumverontreiniging op ten minste 100 m ten noorden van de reactorlocatie. In de gebruiksfase ligt deze vlek buiten de 5 cm contour van grondwaterstandverhoging en –verlaging, en er wordt geen beïnvloeding van de vlek of van het saneringssysteem verwacht. Tijdens de aanlegfase wordt ervan uit gegaan dat geen bemaling of een zeer geringe bemaling wordt toegepast en geen beïnvloeding van de vlek of het beheerssysteem plaatsvindt.

Op basis van de herziene interventiebeschikking van 4 mei 2017 zal de bestaande beheersonttrekking worden gestaakt. Deze onttrekking wordt dus niet (meer) potentieel beïnvloed door de aanleg- of gebruiksfase. De tritiumpluim zal zich met de grondwaterstroming in zuidoostelijk richting uitbreiden. Dit betekent dat de pluim buiten het invloedsgebied van veranderde freatische grondwaterstanden blijft. NRG is op basis van de beschikking verplicht de ontwikkeling van de pluim te blijven monitoren. Er is een uitgebreid monitoringsnetwerk aanwezig (Figuur 9) en aangenomen moet worden dat dit volstaat.

Een eventuele open bemaling van een leidingsleuf door de duinen heeft een tijdelijk effect op de freatische grondwaterstanden en dit invloedsgebied kan met de tritiumpluim overlappen. Een open bemaling van een leidingsleuf in de duinen kan daarom de verspreiding van de tritiumverontreiniging beïnvloeden.

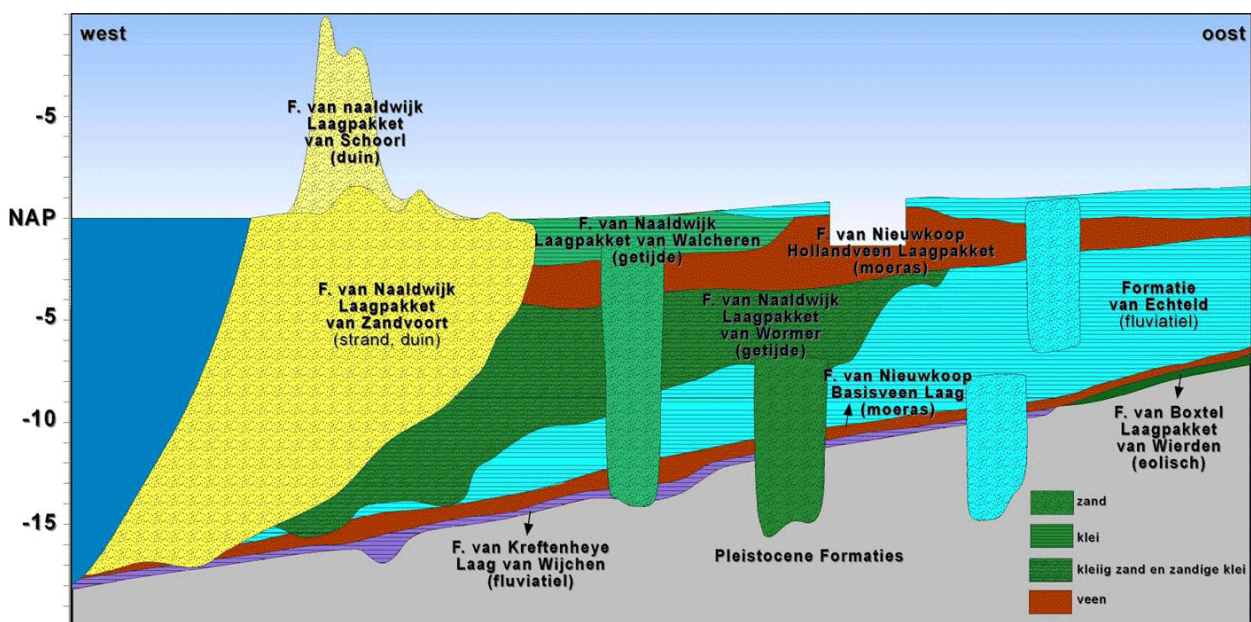
De tritiumverontreiniging zal zich in zuidoostelijke richting blijven verspreiden. Afhankelijk van de verspreiding van deze vlek en het eventuele tracé voor een leidingsleuf door het landbouwgebied tussen het Noordhollandsch Kanaal en het pompgebouw, zou de bemaling van deze sleuf ook de verspreiding van het tritium kunnen beïnvloeden.

BIJLAGE 1 DE BASISVEEN LAAG

Aan de basis van de Holocene afzettingen komt in het studiegebied veelal een veenlaag voor, de Basisveen Laag. Deze eenheid behoort tot de Formatie van Nieuwkoop en omvat het veen dat voorkomt tussen de top van de Pleistocene afzettingen en de basis van de Formatie van Naaldwijk (Figuur 42). Deze Basisveen Laag is in de kustvlakte zeer stevig en compact. Hierdoor is deze laag in sonderingen goed te onderscheiden.

De dikte kan zeer variabel zijn (van enkele decimeters tot een meter) en ontbreekt plaatselijk. Vanwege de compacte aard van de laag, is deze zeer slecht doorlatend voor grondwater. Deze laag is daardoor sterk bepalend voor de grondwaterstroming, grondwaterstanden en ook de zoet-zout verdeling in het grondwater.

Het vóórkomen van deze laag in het studiegebied is om deze reden onderzocht.

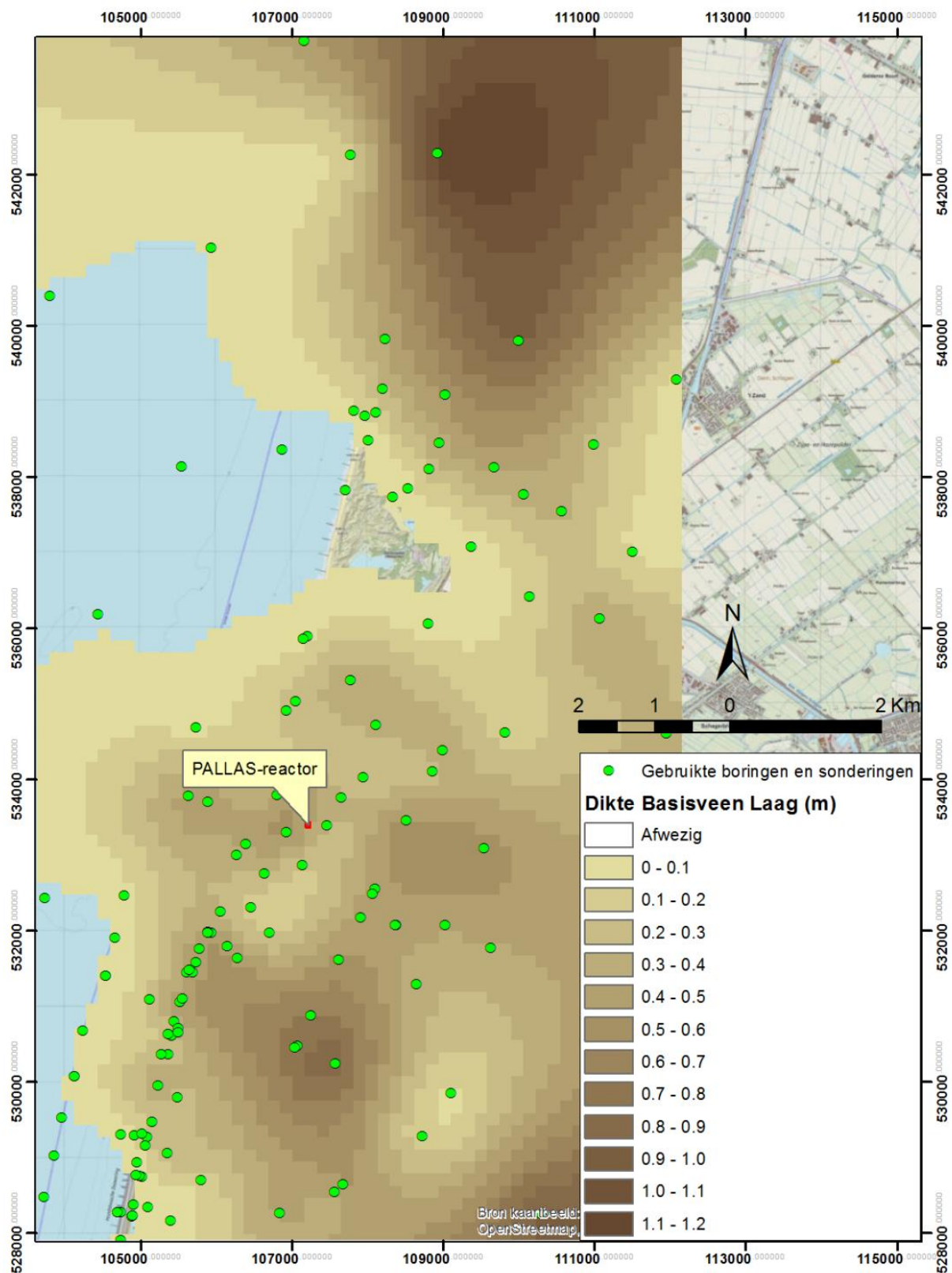


Figuur 42 Conceptueel geologisch model van de Holocene afzettingen in de kustvlakte (Bron: <http://www2.dinoloket.nl/nl/about/modellen/geotopdl3.html>, geraadpleegd op 29 april 2016)

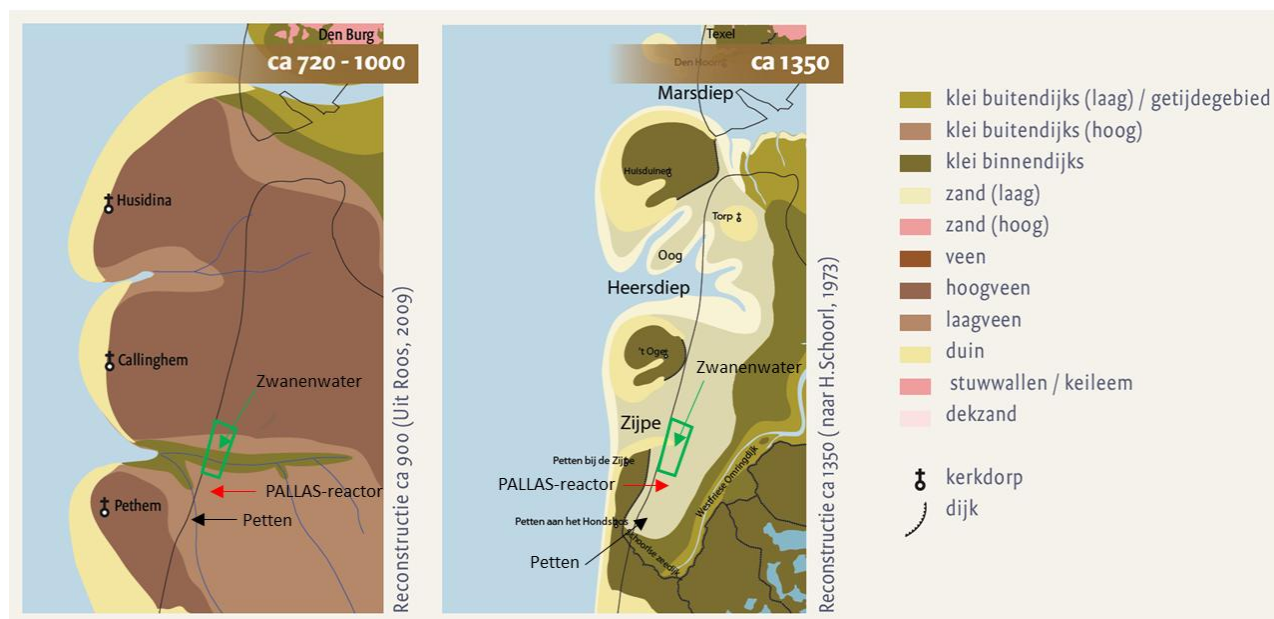
Er zijn 136 boringen en sonderingen in en rond het studiegebied geïnterpreteerd op het vóórkomen van de Basisveen Laag, de dikte van deze laag en de diepteligging. De dikte en diepteligging zijn geïnterpoleerd. De dikte van de Basisveen Laag is weergegeven in Figuur 43. De Basisveen Laag lijkt onder vrijwel het gehele studiegebied voor te komen en ter hoogte van de geplande reactor locatie ook tot in ieder geval 1 kilometer uit de kust.

Plaatselijk is de Basisveen Laag dun of afwezig. Tussen de meren Eerste en Tweede Water van het natuurgebied het Zwanenwater lijkt het Basisveen over een groter gebied afwezig. Dit komt vrij goed overeen met het feit dat de standwallen en duinen langs de kust hier tot in de 19e eeuw nog doorbroken waren en de Basisveen Laag is daar geërodeerd. De geul die de kust in de Middeleeuwen doorsneed is weergegeven in Figuur 44. Hetzelfde geldt voor de doorbraak ter hoogte van de Pettemerzeewering. Het ontbreken van de Basisveen Laag is nog net in de zuidwestelijke hoek van Figuur 44 te zien is.

In de overige gebieden waar de Basisveen Laag aaneengesloten lijkt te zijn is deze laag plaatselijk ook dun of afwezig.



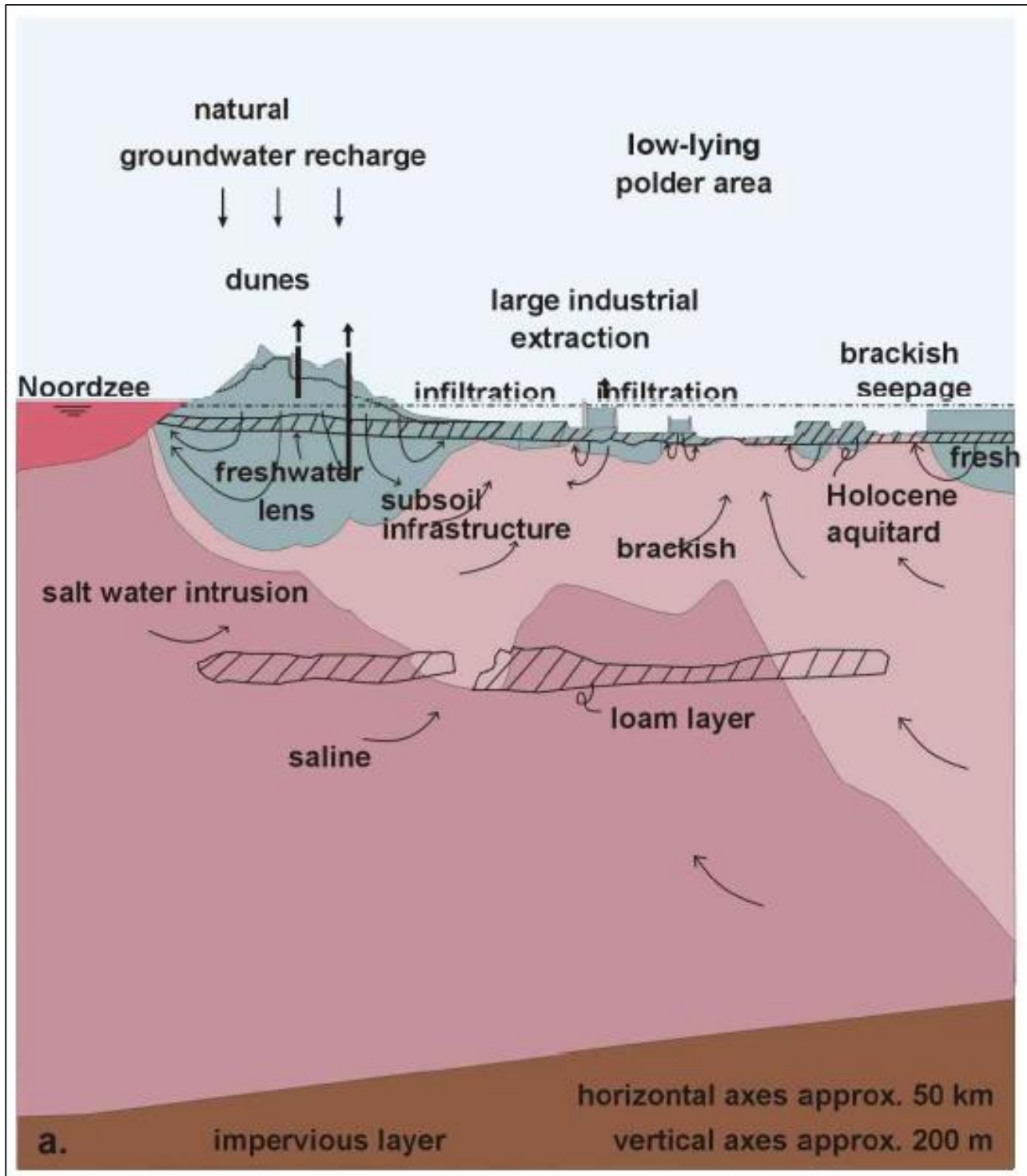
Figuur 43 Geïnterpreteerde dikte van de Basisveen laag en gebruikte boringen en sonderingen



Figuur 44 Ontwikkeling van de kust van het studiegebied in de Middeleeuwen (Bron: Roos (2011), de aanduidingen Zwanenwater, PALLAS-reactor en Petten zijn aan de oorspronkelijke figuur toegevoegd)

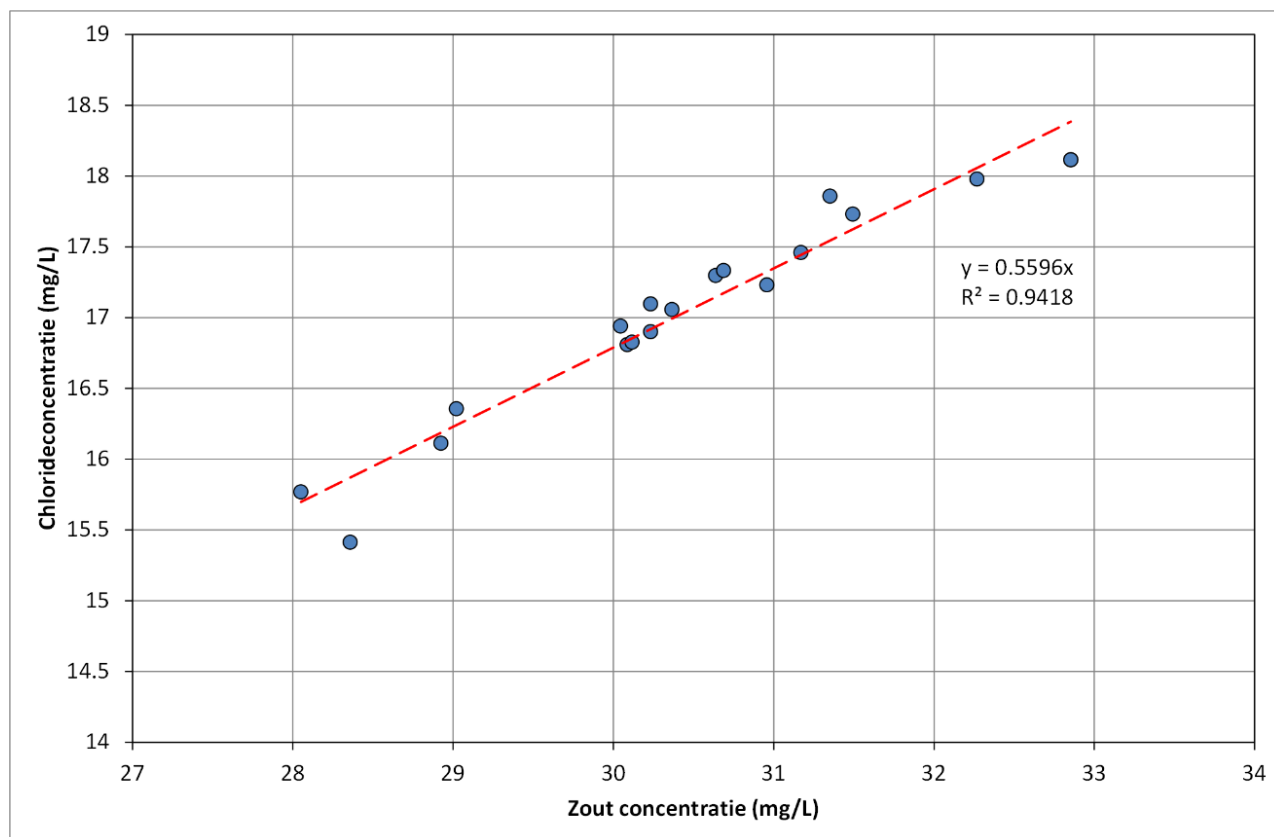
BIJLAGE 2 INITIËLE ZOUTCONCENTRATIES

Een conceptueel model van de verdeling van zoet, brak en zout grondwater in de kustzone is weergegeven in Figuur 45.



Figuur 45 Conceptueel model van de verdeling van zoet en zout grondwater. (Bron: <https://publicwiki.deltares.nl/display/ZOETZOUT/Home>, geraadpleegd 2 mei 2016)

De oorsprong van het zout in het grondwater is zeewater (of zout) dat bij de vorming van de sedimenten is achtergebleven, of door zeewater-intrusie in de ondergrond is gedrongen. Bijna 70% van het zout bestaat uit natriumchloride (NaCl, keukenzout). De overige 30% bestaat ook voor een groot deel uit chloriden (magnesium- en calciumchloride). Daarom is de chlorideconcentratie een goede maat voor het totale zoutgehalte. Figuur 46 laat het verband zien tussen de zoutconcentratie en het chloridegehalte in zeewater voor de kust van Callantsoog (8,5 km ten noorden van de geplande PALLAS-reactor). Hier is uit af te leiden dat de totale zoutconcentratie circa 1.8 maal de chlorideconcentratie is. Omdat chloride makkelijker, en dus vaker, wordt gemeten, is initiële zoutconcentratie in het grondwater (de beginwaarden waarmee het model is doorgerekend) in beeld gebracht in de vorm van chlorideconcentraties.



Figuur 46 Verband tussen zoutconcentratie en chlorideconcentratie

De zout-/chlorideconcentratie is een belangrijke parameter voor de grondwaterkwaliteit. Het water wordt als zoet beschouwd als het minder dan 150 mg chloride bevat (drinkwater mag op grond van het Drinkwaterbesluit maximaal 150 mg chloride bevatten). De Europese milieukwaliteitseis voor grondwaterlichamen voor chloride is 160 mg per liter (Besluit van 15 oktober 2015 tot wijziging van het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 en het Waterbesluit). Water met hogere chloride gehalten is brak en vanaf een chlorideconcentratie van 1.500 mg per liter is het zout.

Daarnaast zijn de zoutconcentraties belangrijk voor de berekening van effecten op de grondwaterstanden, stijghoogten en stromingspatronen. Omdat zout water zwaarder is dan zoet water, heeft zout water de neiging meer neerwaarts te stromen dan zoet water. De grondwaterstroming wordt gestuurd door verschillen in drukhoogte. Zout water heeft bij eenzelfde grondwaterstand of stijghoogte een grotere drukhoogte dan zoet water. Om deze redenen is het voor de effectberekeningen van belang de zoutconcentraties in het grondwater te kennen en veranderingen daarin te berekenen.

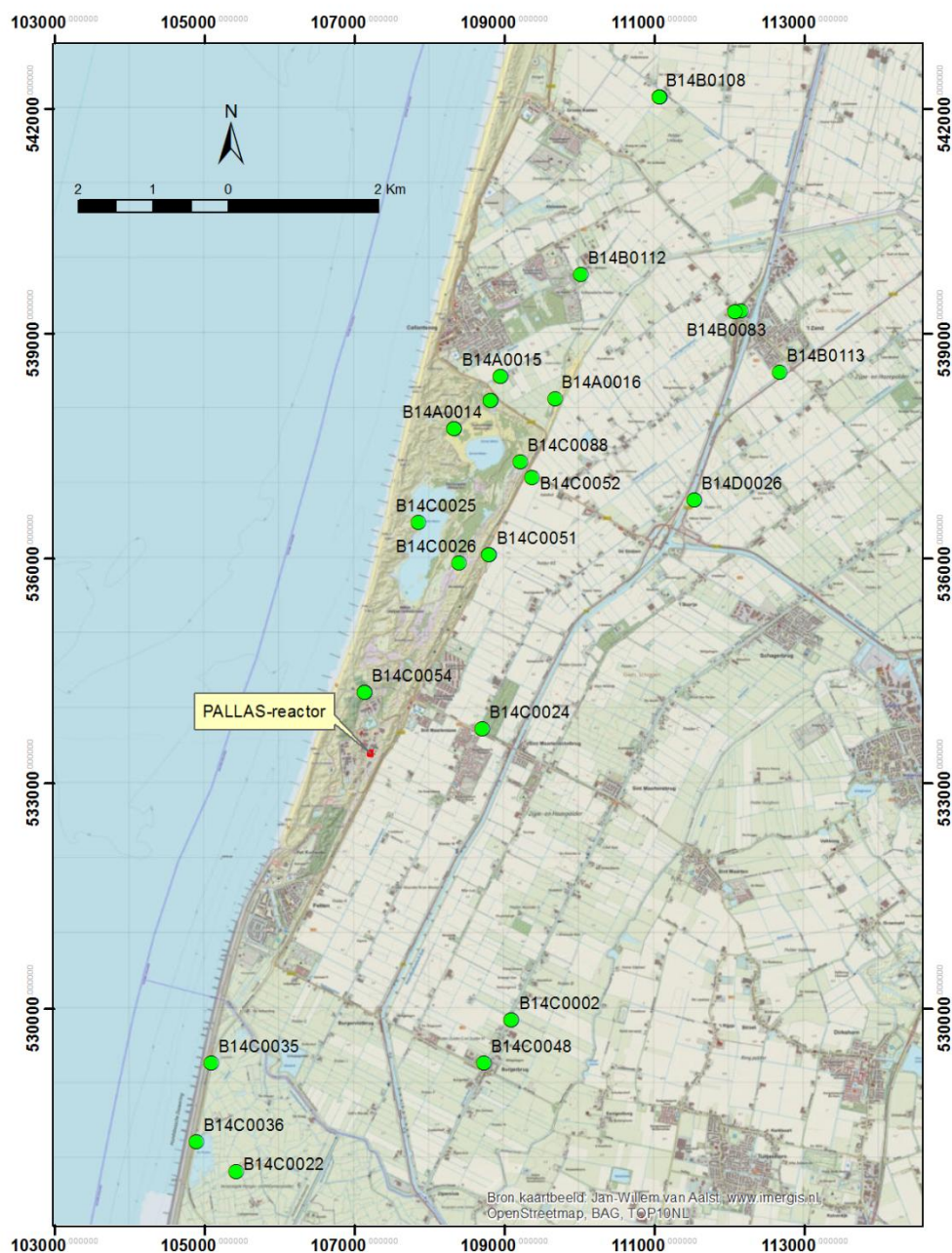
De initiële zoutconcentraties voor de modellering zijn bepaald aan de hand van:

- Grondwater analyses: er zijn chloride analyses beschikbaar via DINOloket (<https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>) van 22 locaties en 77 dieptes.

- Sonderingen met geleidbaarheidsmeting (CPTE): Fugro heeft in 2015 een geotechnisch onderzoek uitgevoerd waarbij op 20 locaties sonderingen zijn uitgevoerd met meting van de elektrische geleidbaarheid.
- Verticale geo-elektrische sonderingen (VES): TNO heeft tussen 1959 en 1978 12 VES metingen in en nabij het modelgebied uitgevoerd.

Grondwateranalyses

Figuur 47 laat de locaties zien van de peilbuizen waarvan grondwateranalyses zijn gebruikt om de chlorideconcentratie te bepalen.



Figuur 47 Grondwateranalyses gebruikt voor de bepaling van de chlorideconcentratie

Interpretatie CPTE's

De geleidbaarheidssonderingen geven naast informatie over de bodemopbouw (via de gemeten conusweerstand en het wrijvingsgetal) ook de elektrische geleidbaarheid van de bodemlagen. De geleidbaarheid van een bodemlaag is gerelateerd aan de porositeit, waterverzadiging en het zoutgehalte van het poriënwater (de zogenaamde Archie's Laws (Archie, 1942)).

Om de geleidbaarheidsmetingen om te rekenen naar chlorideconcentraties van het grondwater zijn de volgende stappen gevolgd. Eerst is de gemeten formatiegeleidbaarheid omgerekend naar de geleidbaarheid bij 20°C met de gemodificeerde formule van Jorgensen (in Velstra et al., 2008). Er is aangenomen dat de temperatuur waarbij de formatiegeleidbaarheid is gemeten 13°C is.

De elektrische geleidbaarheid van het grondwater (EC) is af te leiden uit de formatiegeleidbaarheid bij 20°C (σ_{f20}) en de formatiefactor (F) volgens:

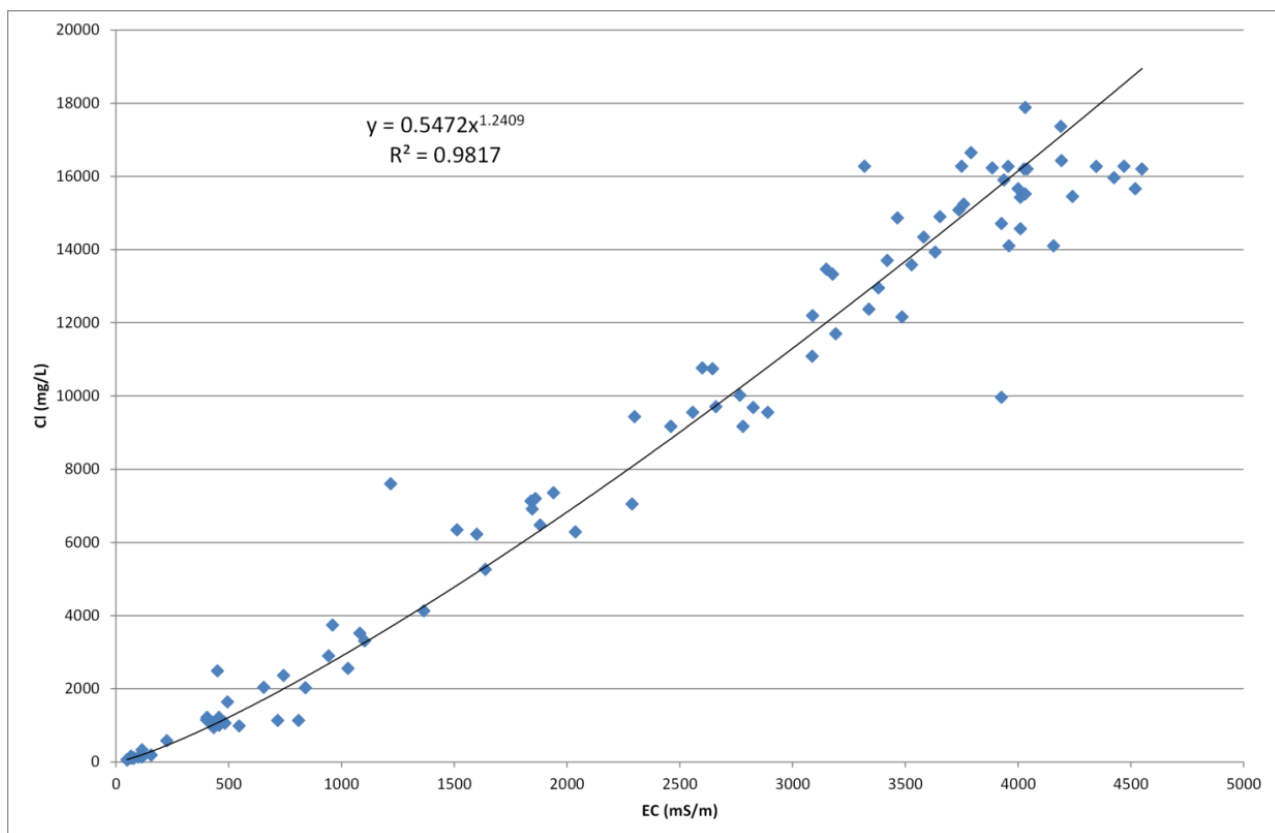
$$EC = \sigma_{f20} \times F$$

Velstra et al. (2008) hebben een empirische relatie afgeleid uit de metingen van Meerburg, Wolfs & Boekelman (1998) om de formatiefactor (F) uit het wrijvingsgetal (R_f) uit de sonderingen te kunnen bepalen:

$$F = -2.025 \ln(R_f) + 4.8106$$

De relatie tussen de EC en het chloridegehalte (Cl) is vastgesteld door de empirische relatie die is bepaald voor 100 grondwatermonsters uit het studiegebied en de directe omgeving van het studiegebied:

$$Cl \text{ (mg per liter)} = 0.5472 \times EC \text{ (mS per m)}^{1.2409}$$



Figuur 48 Relatie tussen elektrische geleidbaarheid (EC) en de chlorideconcentratie (Cl)

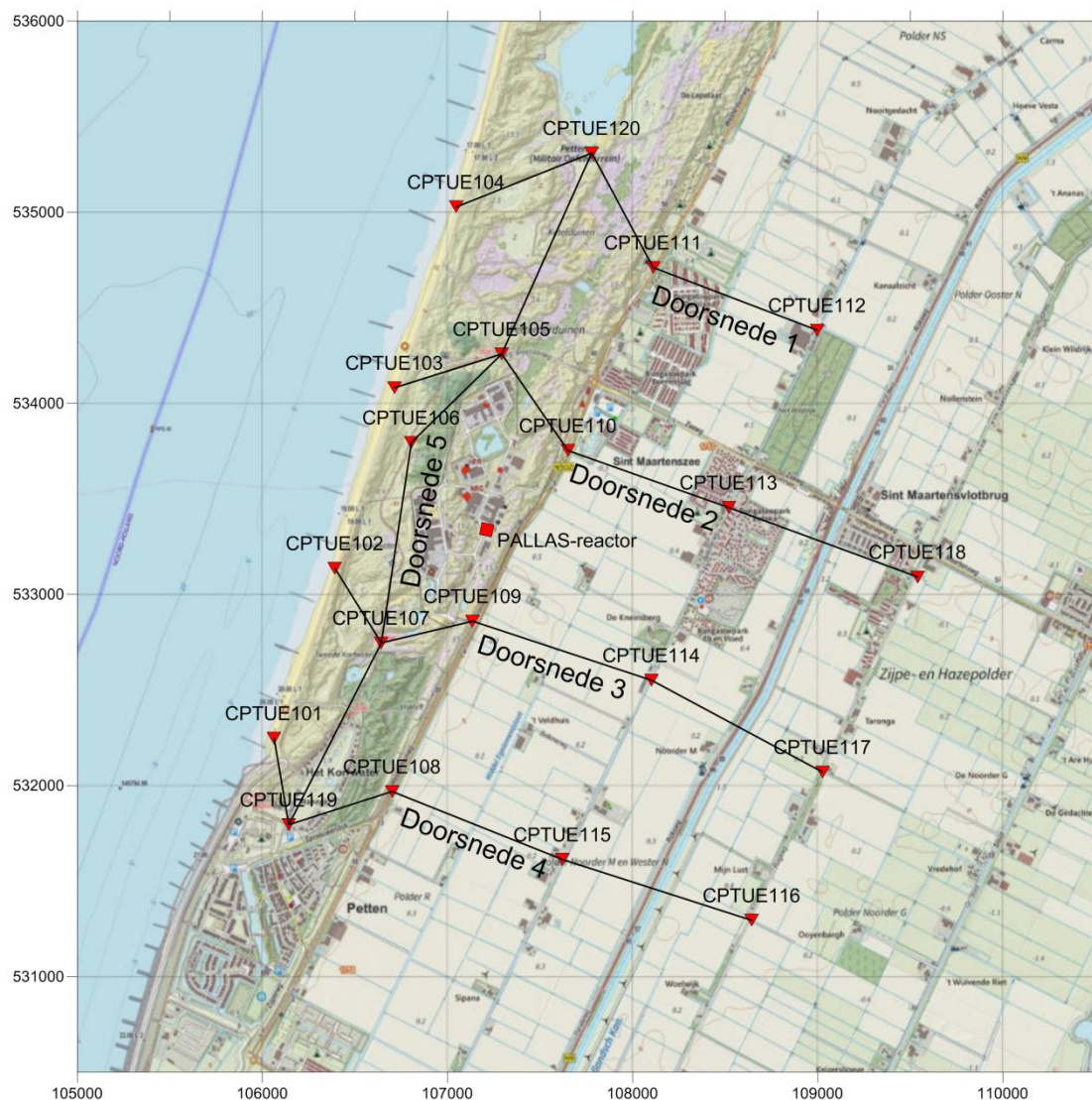
Figuur 49 geeft de locaties van de geleidbaarheidssonderingen weer en de lijnen waarlangs de doorsneden van Figuur 50 zijn getrokken.

Figuur 50 laat verticale plots van de berekende chlorideconcentraties op een aantal doorsneden door het gebied zien. Op veel locatie komt een dunne laag zoet water voor, die al snel overgaat in brak water. De overgang van brak naar zout water is in alle sonderingen, behalve CPTUE107 en 109, aangetoond.

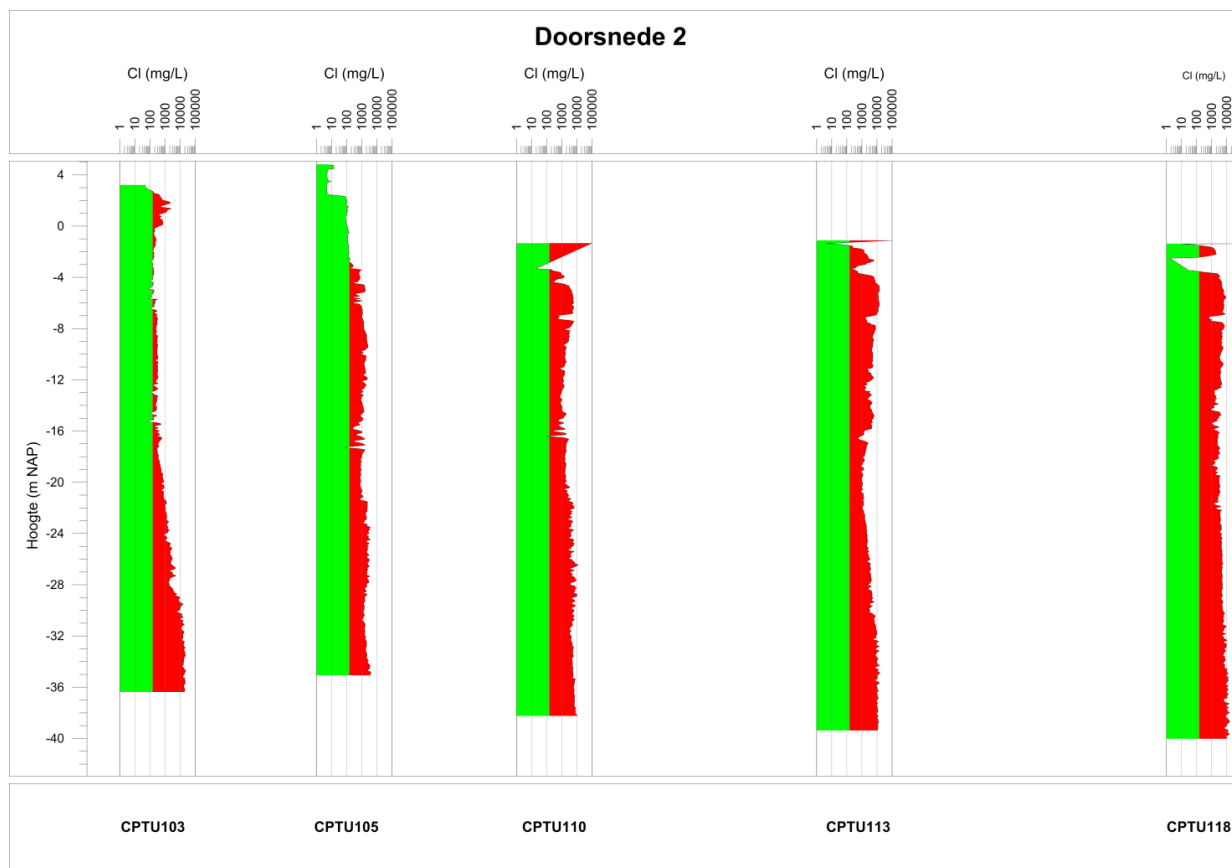
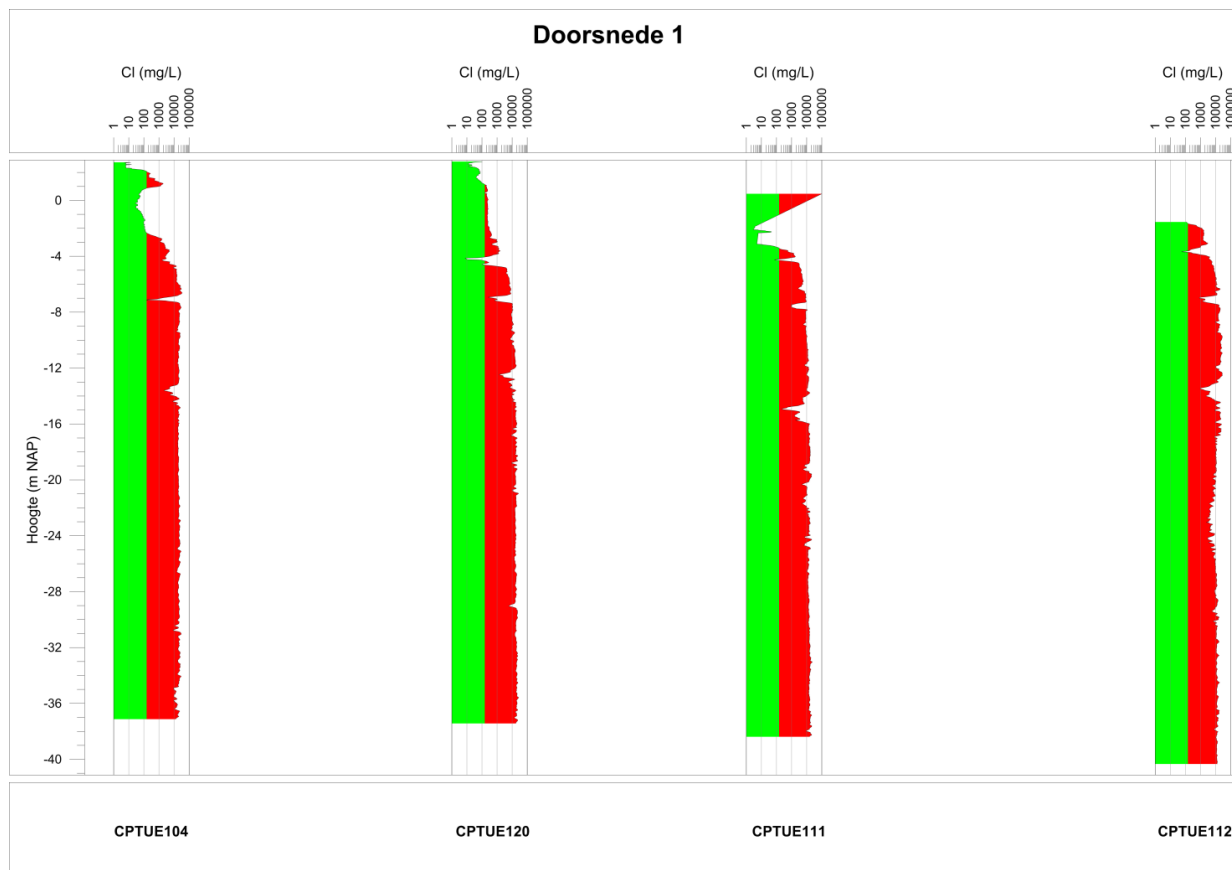
Wat opvalt is dat vrij vaak inversies optreden; zout(er) water dat boven zoet(er) water voorkomt. Dit kan zijn veroorzaakt door overstroming met zout water van een zoet systeem (door inbraken van de zee in de duinvalleien), of laterale verplaatsing van de zoetwaterbel vanuit de duinen, waarbij het zoete en zoute water gescheiden worden door de slecht-doorlatende Holocene lagen.

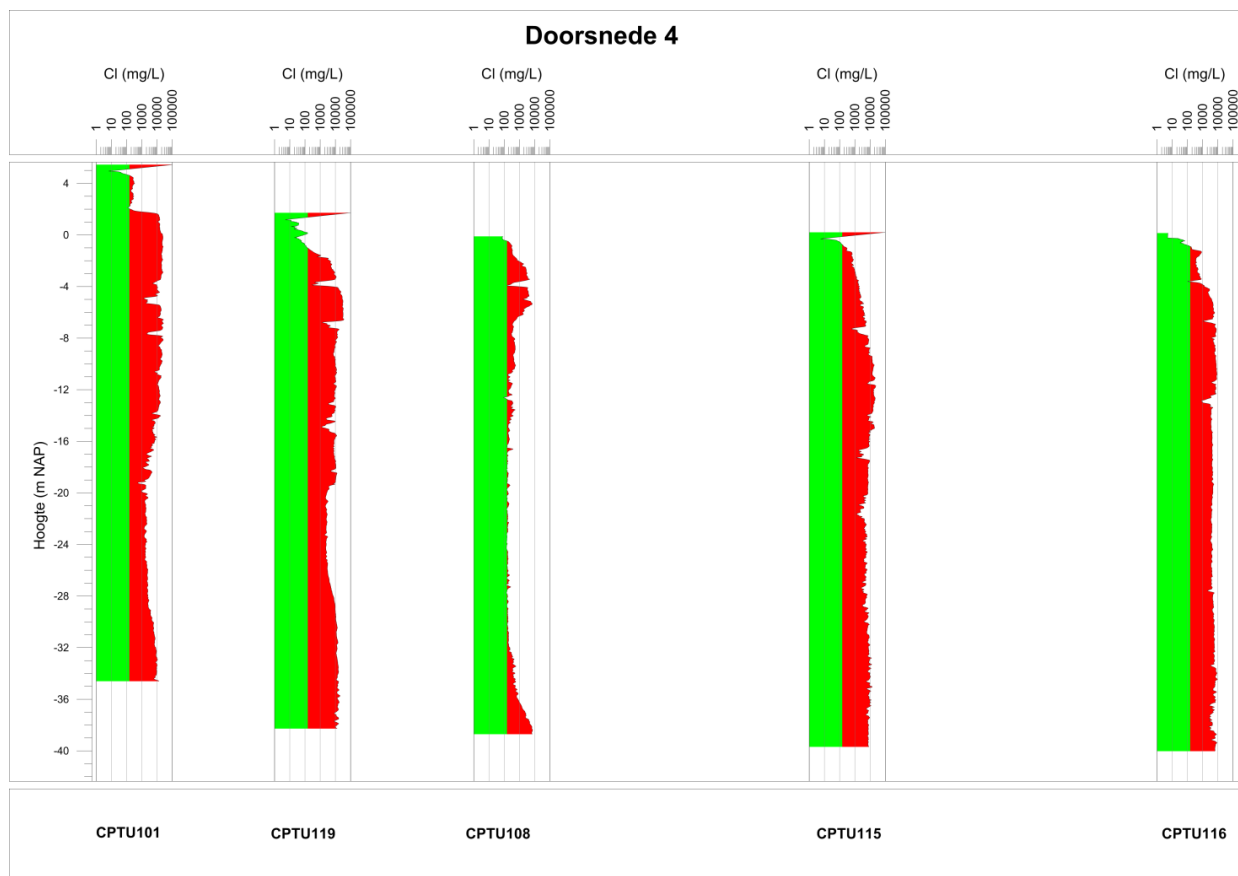
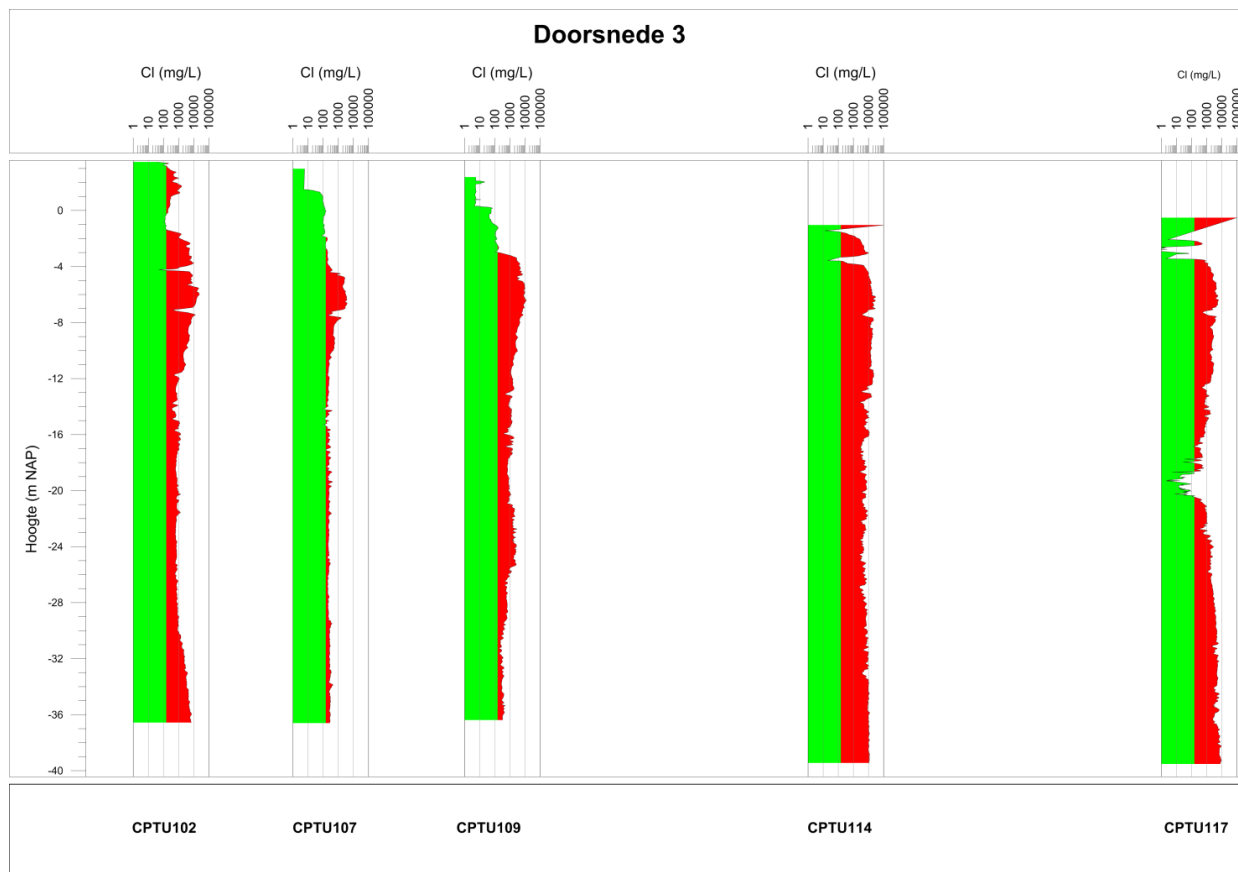
Tabel 7 geeft de diepste grensvlakken tussen zoet/brak en brak/zout water weer.

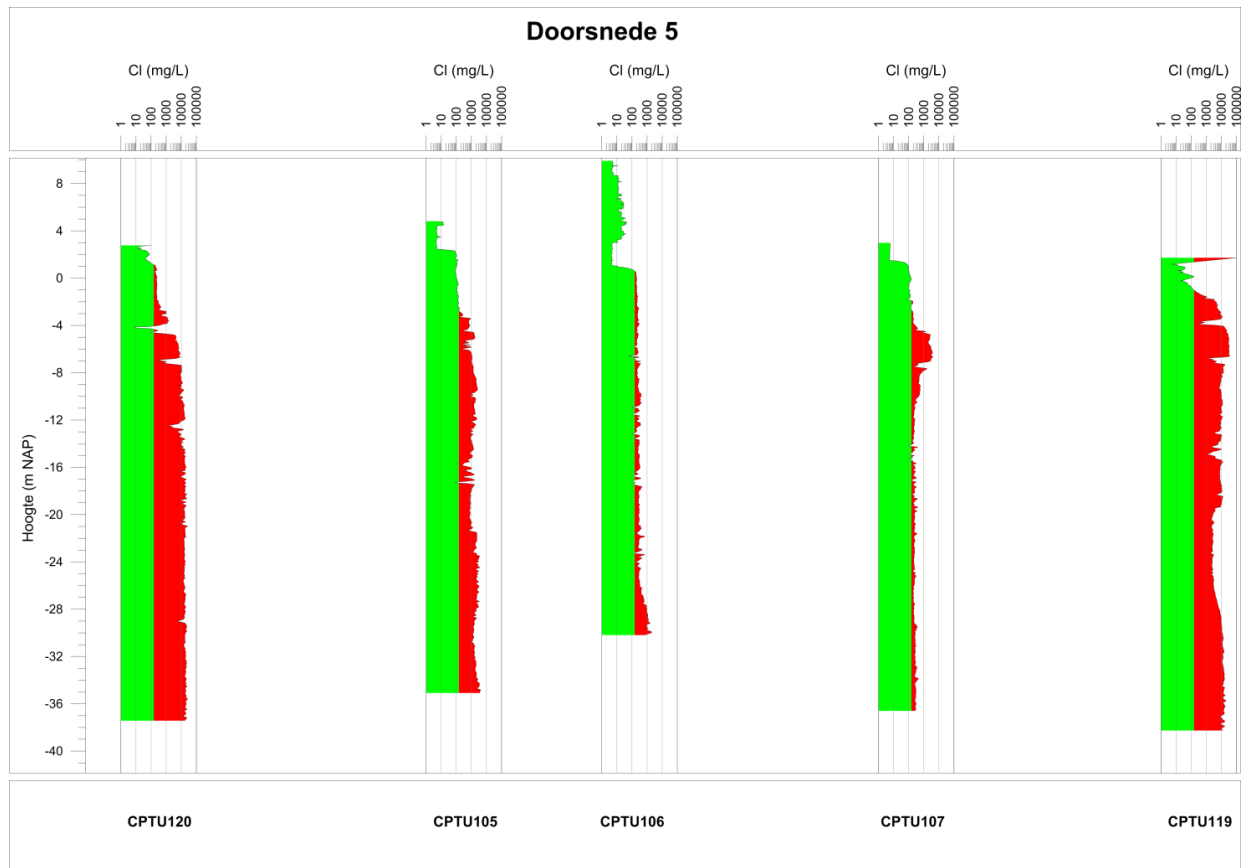
In het duinengebied rond de PALLAS-reactor komt een bel zoet tot brak water voor tot relatief grote diepte. De grootste diepte tot het brak/zout grensvlak wordt gevonden ter plaatse van CPTUE107, waar het grensvlak beneden de maximale sondeerdiepte van NAP -36,6 m ligt. Ter plaatse van CPTUE109 ligt het grensvlak brak/zout ook dieper dan NAP -36,3 m, maar ter plaatse van deze sondering



Figuur 49 Locaties van de CPTUE sonderingen en de ligging van de verticale doorsneden met de geïnterpreteerde chlorideconcentraties







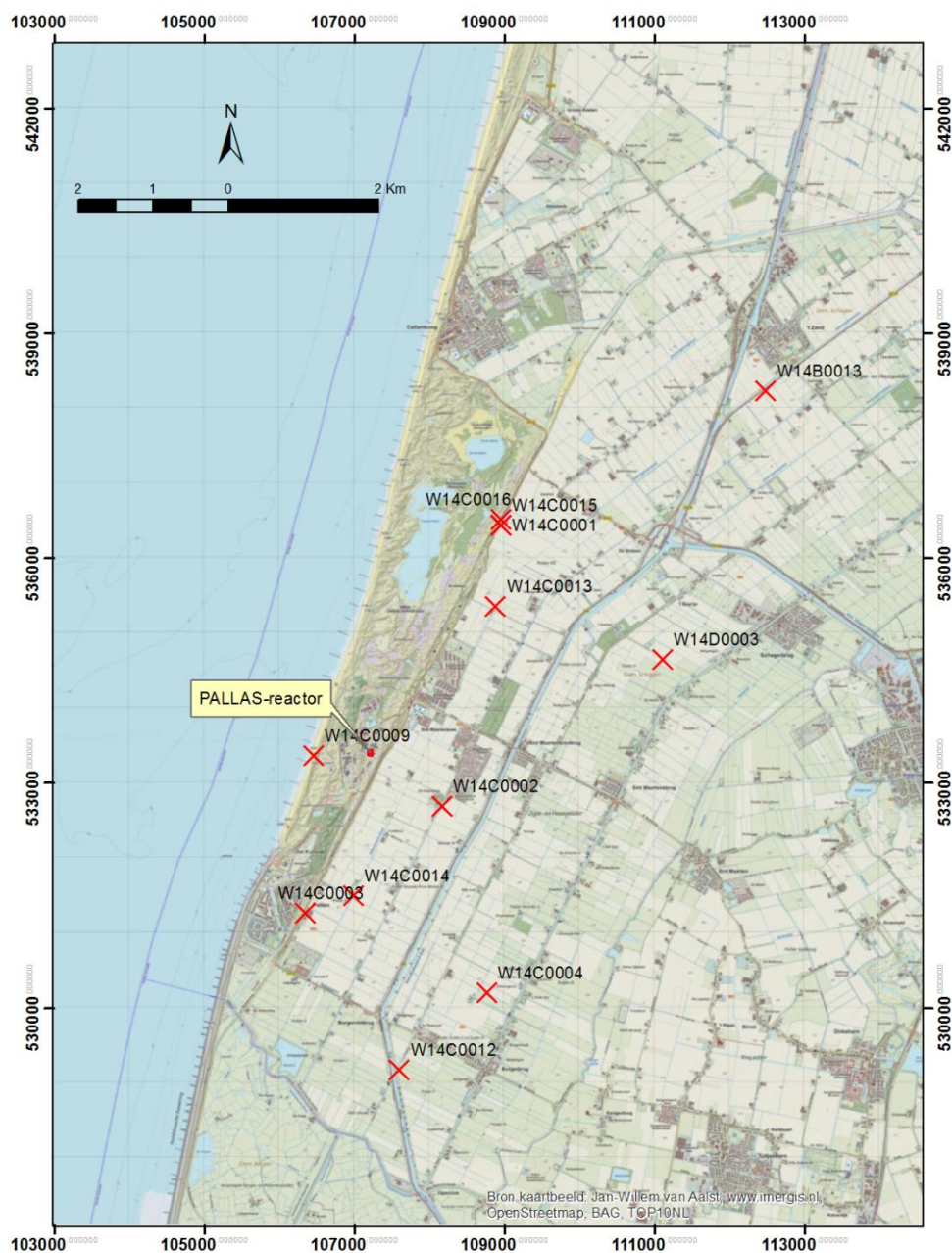
Figuur 50 Doorsneden van de geïnterpreteerde chlorideconcentraties. De scheidlijn tussen de groene en rode vlakken ligt bij 150 mg/L (grens tussen zoet en brak/zout grondwater)

Tabel 7 Dieptes tot de diepste zoet/brak en brak/zout grensvlakken uit de CPTUE metingen

CPTUE	Maaiveld (m NAP)	Diepste zoet / brak grensvlak (m NAP)	Diepste brak / zout grensvlak (m NAP)
CPTUE101	5.0	4.6	1.8
CPTUE102	3.5	-1.3	-30.8
CPTUE103	3.2	2.7	-24.6
CPTUE104	2.7	-2.3	-3.0
CPTUE105	4.8	-2.5	-31.0
CPTUE106	9.9	0.6	-29.8
CPTUE107	3.0	-2.7	<-36.6
CPTUE108	-0.1	-0.5	-36.6
CPTUE109	2.4	-2.4	<-36.3
CPTUE110	-3.3	-3.4	-16.5
CPTUE111	-1.9	-3.4	-4.4
CPTUE112	-1.5	-1.6	-3.9
CPTUE113	-1.3	-1.5	-22.5
CPTUE114	-1.4	-1.5	-3.8
CPTUE115	-0.3	-0.7	-3.5
CPTUE116	0.2	-0.9	-4.0
CPTUE117	-2.1	-20.5	-25.8
CPTUE118	-1.4	-1.5	-18.7
CPTUE119	1.2	-1.0	-14.9
CPTUE120	2.8	1.1	-7.2

Geo-elektrische sonderingen (VES)

De locaties van de 12 VES metingen die in het verleden door TNO zijn uitgevoerd zijn weergegeven in Figuur 51. Deze metingen worden aan het maaiveld uitgevoerd door via twee elektroden een elektrische stroom in de bodem te brengen en via twee andere elektroden het daardoor opgewekte secundaire elektrische spanningsveld te meten. Hiermee kan de elektrische weerstand van de ondergrond worden bepaald. Door de spanningselektroden op steeds grotere afstand van elkaar te plaatsen wordt de gemeten elektrische weerstand steeds meer representatief voor een grotere diepte. Via een computermodel kan de ondergrond in enkele lagen worden geschematiseerd, met ieder een bijbehorende elektrische weerstand. Op deze manier kunnen bijvoorbeeld zand en kleilagen worden onderscheiden, maar vooral ook de diepte tot zout grondwater. De meeste van deze metingen zijn door TNO geïnterpreteerd. De interpretaties zijn echter opnieuw uitgevoerd, zo dat de onderlinge consistentie van de interpretaties van deze set metingen groter is.



Figuur 51 Locaties van de geo-elektrische sonderingen (VES)

De VES interpretaties resulteren in een beperkt aantal dieptes van bodemlagen en bijbehorende elektrische weerstanden (de reciproke van de elektrische geleidbaarheid). De belangrijkste parameter die uit de metingen kan worden afgeleid is de diepte tot het zoute grondwater. De weerstanden van de bodemlagen zijn op dezelfde wijze als de geleidbaarheden uit de CPTUE metingen omgerekend naar chlorideconcentraties. De dieptes van het diepste brak/zout grensvlakken uit de VES metingen zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 Dieptes tot het diepste brak/zout grensvlak uit de VES metingen

VES	Maaiveld (m NAP)	Diepste brak / zout grensvlak (m NAP)
W14C0001	1.2	<-24
W14C0002	0.3	-27
W14C0003	0.2	-21
W14C0009	0.6	-42
W14C0013	0.5	-32
W14C0014	0.3	-36
W14C0015	1.2	-55
W14C0016	1.2	-38
W14B0013	0.1	-73
W14C0004	-1.4	-22
W14C0012	-1	-19
W14D0003	-0.1	-38

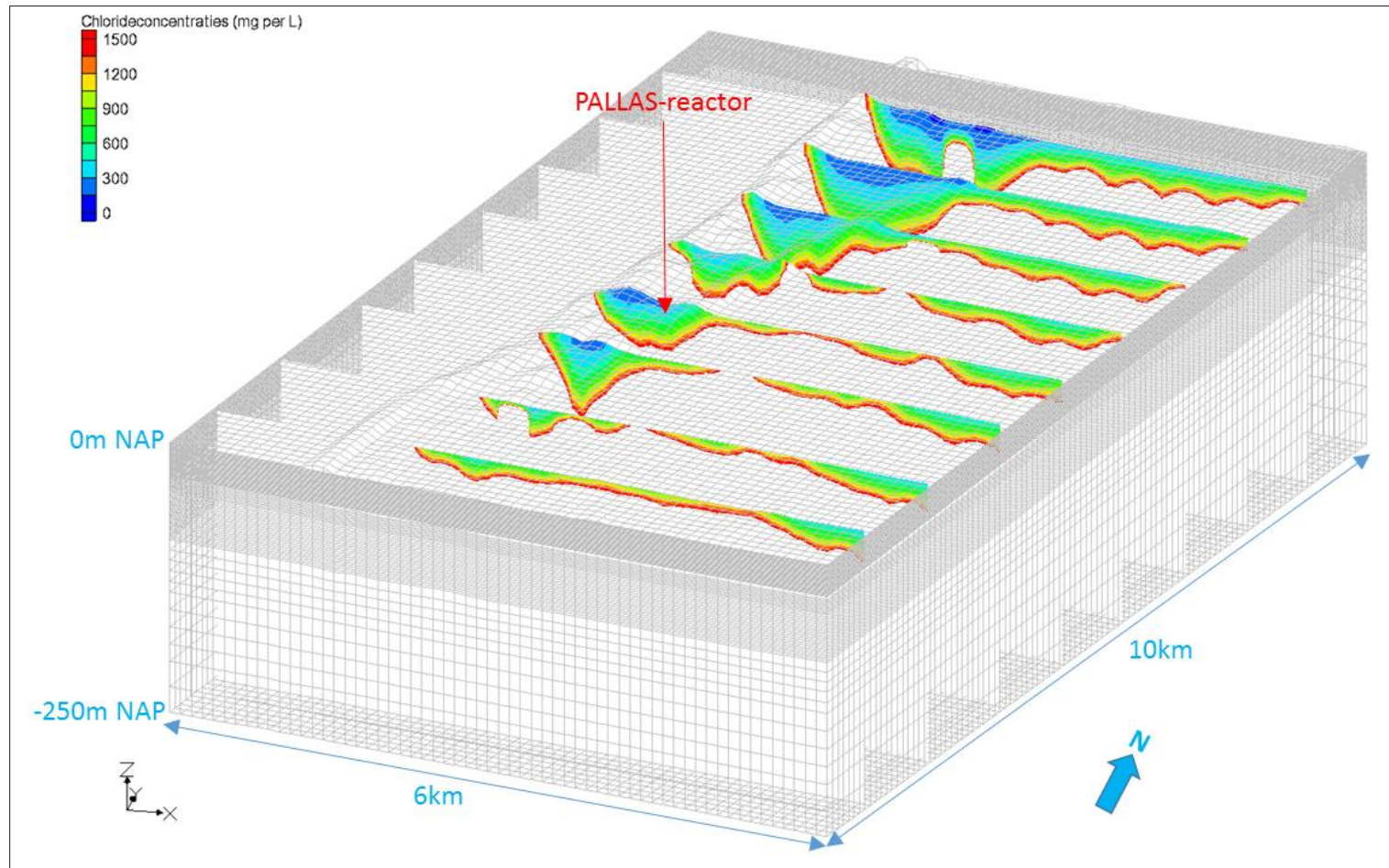
3D interpolatie van de chlorideconcentraties

Alle gemeten en geïnterpreteerde chlorideconcentraties zijn vervolgens naar het 3D modelgrid geïnterpoleerd. Hierbij zijn chlorideconcentraties van 17.000 mg/L voor het zeewater en voor het grondwater op een diepte van 250 m –NAP aangehouden. Er is aangenomen dat het oppervlaktewater van de meren Eerste Water en Tweede Water in het natuurgebied Zwanenwater een chlorideconcentratie heeft van 140 mg/L.

Een aantal doorsneden door de geïnterpoleerde concentraties van alle chloridegehalten kleiner dan 1.500 (zoet en brak water) zijn weergegeven in Figuur 52. In deze doorsneden komt duidelijk de zoet/brak waterbel onder de duinenrij naar voren. De grootste geïnterpoleerde dieptes tot het brak/zout grensvlak worden gevonden onder de duinen waar de PALLAS-reactor is gepland en onder het natuurgebied het Zwanenwater. Deze dieptes zijn respectievelijk 62 m en 67 m –NAP. Het zoete water (met chlorideconcentraties <150 mg/L) wordt weergegeven door de meest donderblauwe kleur in Figuur 52. Dit is slechts een dunne laag, zoals ook al uit de CPTUE sonderingen bleek. Het grootste deel van de zoet/brak waterbel bestaat uit brak water.

Tussen de duinen waarin de PALLAS-reactor is gepland en het Zwanenwater is deze zoet/brak waterbel iets dunner. Aan de noordzijde van het meer Eerste Water lijkt het zoute water omhoog te komen. De analyses van het grondwater uit peilbuizen B14A0007, 0014 en 0015 laten zien dat hier op NAP -13, -16 en -9 m zout water voorkomt. Hierdoor wordt het brak/zout grensvlak rond deze locaties op een geringe diepte geïnterpoleerd.

Ten oosten van de duinen is de laag zoet/brak grondwater relatief dun, maar neemt naar het oosten toe in dikte (van plaatselijk 0 m tot maximaal 30 m dikte). De dunne laag zoet water die in de bouwvoor voorkomt (in CPTUE 112 t/m 115 enkele decimeters dik) is te dun om in het grid met een verticale resolutie van 1 meter naar voren te komen.



Figuur 52 2D doorsneden van de geïnterpoleerde chlorideconcentraties groter dan 1.500 mg/L geprojecteerd binnen het modelgrid

REFERENTIES

Archie, G.E. (1942). The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. Transactions of the American Institute of Mining & Metallurgical Engineers 146: 54-62.

Gaast, J. W. J. van der, Vroon, H. R. J. en Massop, H. Th. L. (2010). Grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken. STOWA rapportnummer 2010-41.

Meerburg, M., Wolfs, H. en Boekelman, R., (1998). Bepalen chloridegehalte in grondwater met geleidbaarheidssondering. H2O 18-1998. p 30-33.

Roos, R.J. (2011). Duinen en mensen Noordkop en Zwanenwater (red.)
ISBN/EAN: 9789080815841 NatuurMedia, Amsterdam.

Velstra, J., van Diepen, R., Hoogmoed, M. en Groen, M., (2008). Aanvullend veldonderzoek Groot Mijdrecht Noord. Achtergrondrapport van de Verkenning water Groot Mijdrecht Noord.

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Projectnummer: D04001.000050
Onze referentie: 078997279

NRG

P.O Box 25
1755 ZG PETTEN
+31 (0)224 564950

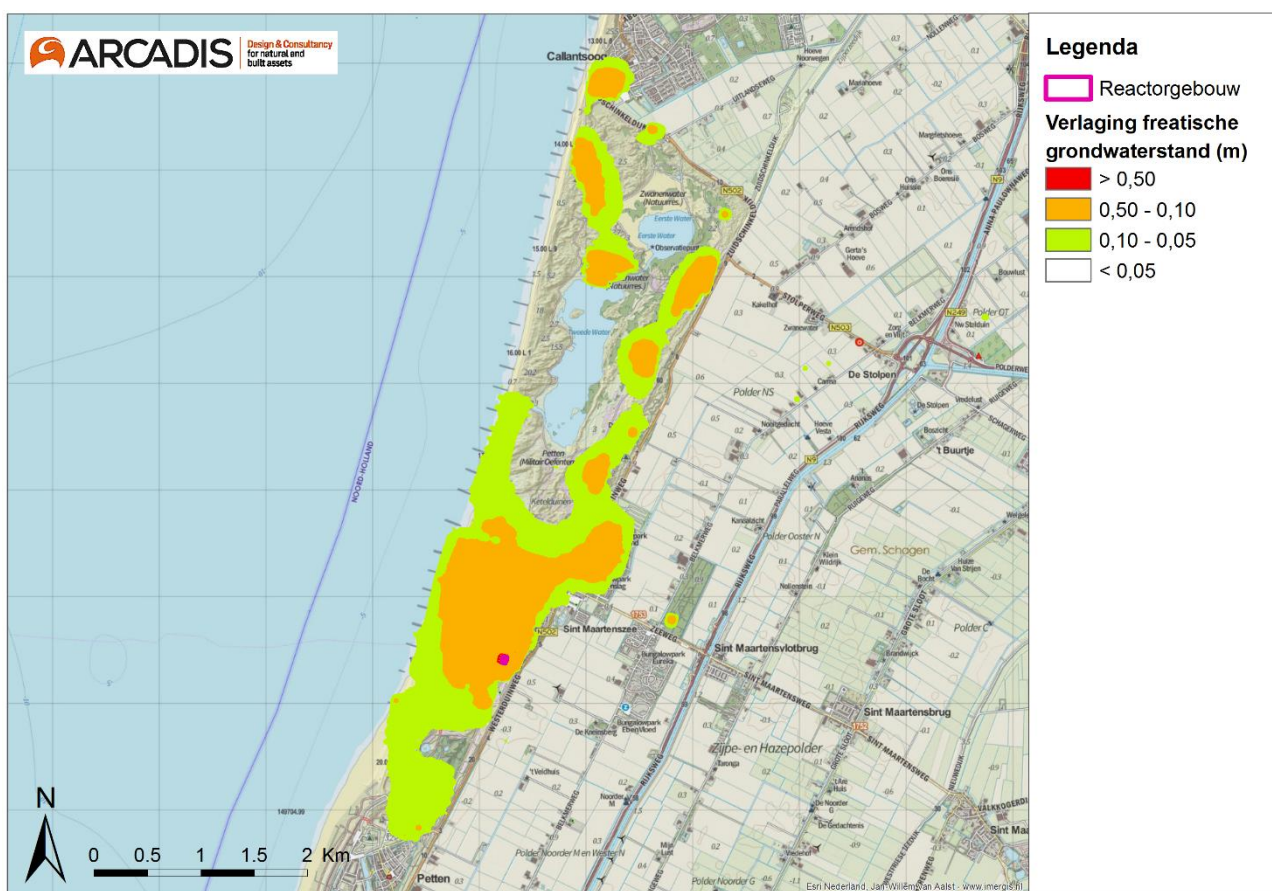
www.nrg.eu

BIJLAGE 2 EFFECTEN OP GRONDWATER BIJ BEMALING TIJDENS AANLEG

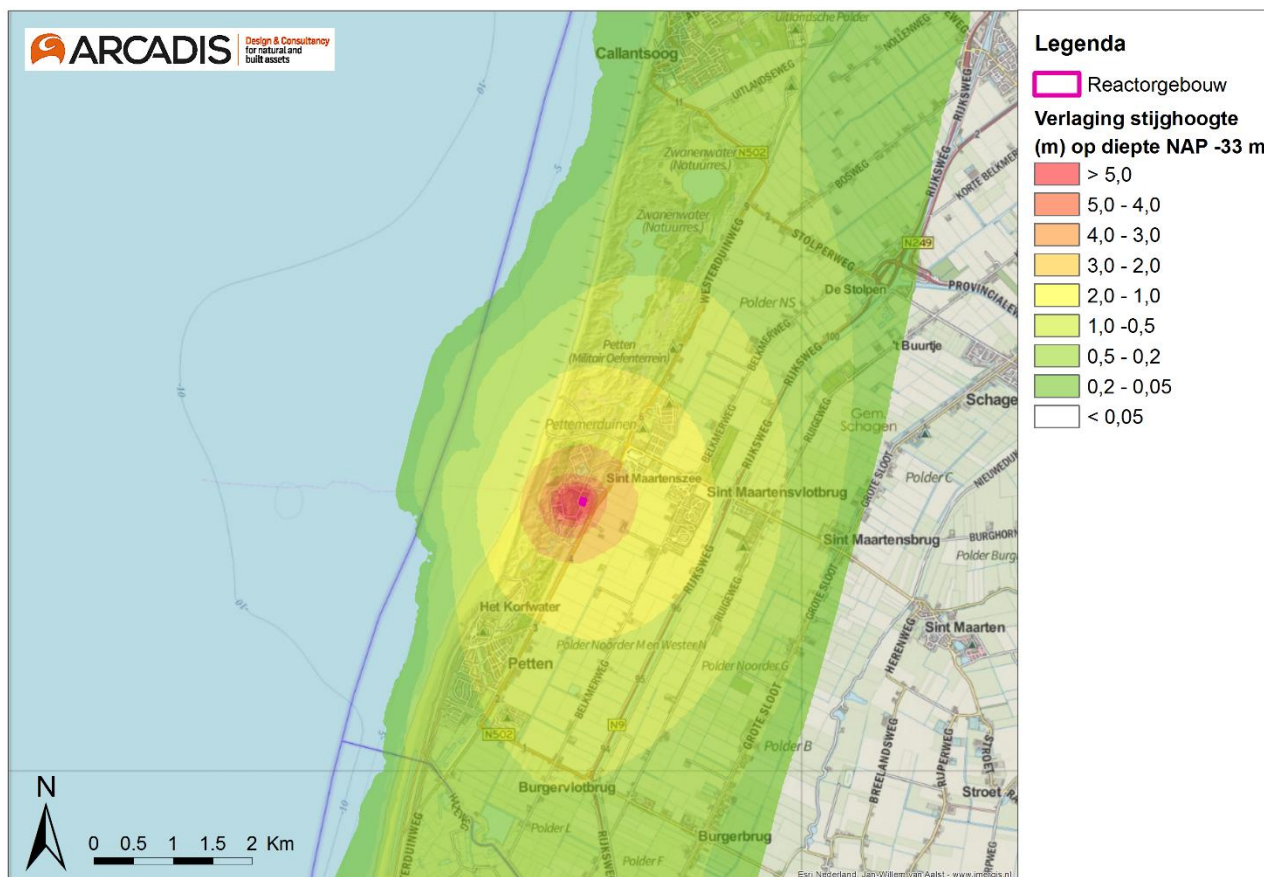
Er wordt uitgegaan van een bouwwijze waarbij geen grondwateronttrekking hoeft plaats te vinden. Om inzicht te krijgen in de effecten van een ontgraving van de bouwkuip binnen damwanden, waarbij de bouwput drooggehouden moet worden middels een verticale bemaling, zijn de bemalingsscenario's onderstaand beschouwd. De effecten worden per bouwbouwhoogtevariant Beschreven.

Bouwhoogtevariant B1: 17,5 m boven maaiveld

Bij deze variant is spanningsbemaling noodzakelijk als niet voor de caissonmethode wordt gekozen. Figuur 34 en Figuur 35 geven de effecten op de grondwaterstand en stijghoogte van de benodigde spanningsbemaling weer.



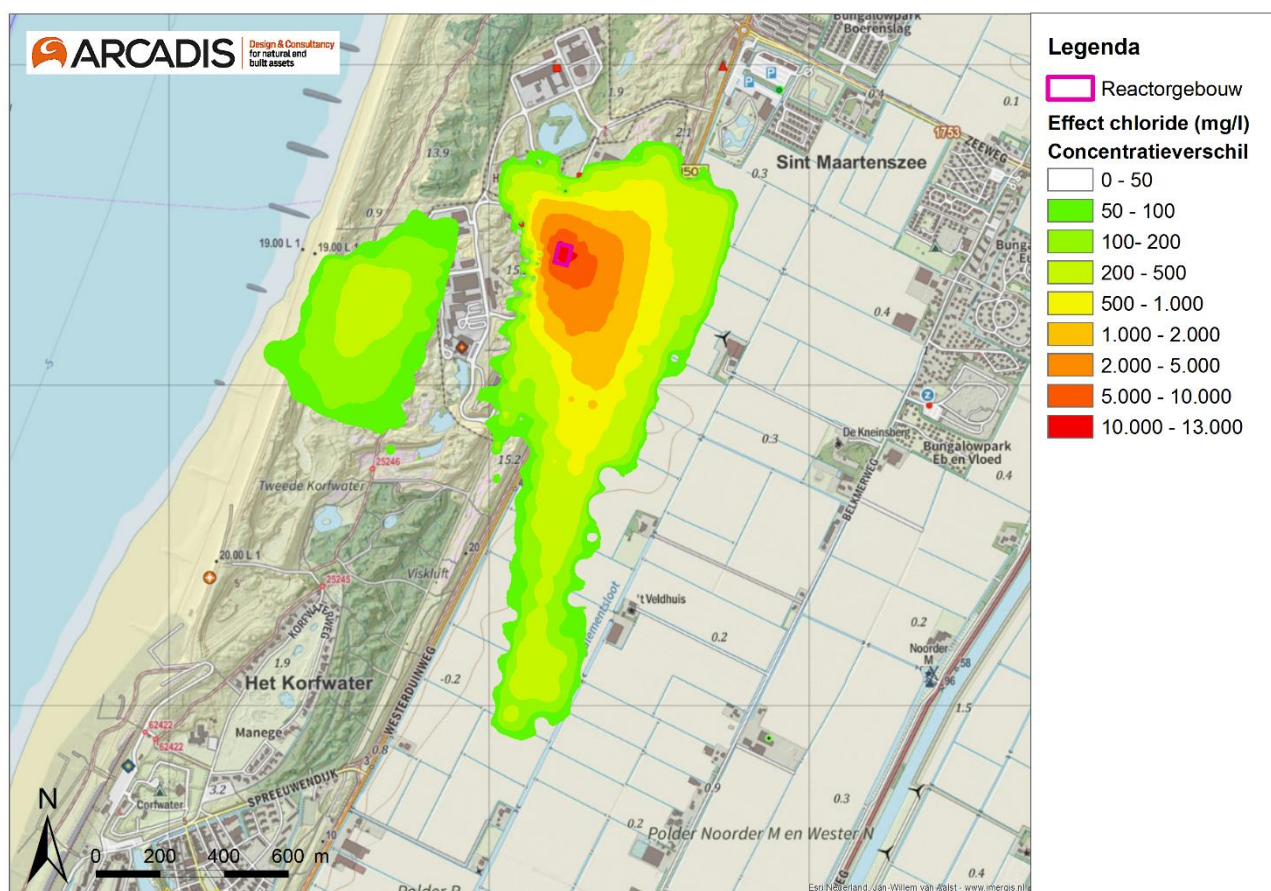
Figuur 34 Effect van de bemaling op de freatische grondwaterstand



Figuur 35 Effect van de spanningsbemaling op de stijghoogte op diepte NAP -33 m

De freatische grondwaterstand wordt in vrijwel het hele duingebied en onder bungalowpark Boerenslag met meer dan 5 cm verlaagd. De maximale verlaging van de freatische grondwaterstand is ruim 0,5 m. De stijghoogte in de diepere watervoerende pakketten wordt met meer dan 5 cm verlaagd in een groot gebied dat zich over gehele duingebied en ten noorden en zuiden daarvan uitstrekt en naar het oosten tot Burgerbrug en 't Zand.

De bemaling beïnvloedt ook het zoutgehalte op verschillende dieptes. De veranderingen in chlorideconcentraties op NAP -34 m zijn weergegeven in Figuur 36. In het freatische grondwater ontstaat een geringe verlaging van de grondwaterstand. Hierdoor stroomt meer ondiep, zoet water vanuit de hoger gelegen duinen toe, terwijl toestroming vanuit de brakke en zoute diepere watervoerende pakketten wordt tegengegaan door de holocene deklaag. Dit leidt tot een zeer beperkte verzoeting van het freatische grondwater in de directe omgeving van het nucleaire eiland. In de diepere watervoerende lagen vindt voornamelijk verzilting plaats. In de laag waar de spanningsbemaling plaatsvindt, neemt de chlorideconcentratie met duizenden milligrammen per liter toe.



Figuur 36 Effect van de spanningsbemaling op de chlorideconcentratie op diepte NAP -34 m

Overige effecten:

- Vegetatie (verdroging, verzilting): er treden sterk negatieve effecten op het Natura 2000-gebied ten westen van de OLP en het gehele duingebied. De vegetatie op het OLP zelf wordt nog sterker negatief beïnvloed. Deze effecten zijn in de Achtergrondrapportage Natuur21 nader uitgewerkt.
- Gebouwen (risico op zettingsschade): er is een risico op zetting van gebouwen.
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting): er is zetting ter plaatse van de duinen mogelijk.
- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting): de freatische grondwaterstand in het landbouwgebied, met uitzondering van een klein gebied direct ten oosten van de duinen (bungalowpark Boerenslag), wordt niet beïnvloed. Er treden geen effecten op.
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen: in de watervoerende lagen ter hoogte van de bestaande onttrekkingssystemen treden grondwaterstand- en stijghoogteverlagingen op. Voor de beheersonttrekking ter hoogte van gebouwen 13, 201 en 204 is dit een positief effect; er zal minder onttrokken hoeven te worden. Ter hoogte van de monobron treden stijghoogteverlagingen op. De monobron zal hierdoor minder effectief functioneren. Tevens zal het opgeslagen warme en koude water rond de monobron sneller wegstromen, waardoor het rendement van de monobron verlaagd wordt.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing): de freatische grondwaterstanden ter plaatse van de tritium verontreiniging worden verlaagd. Het freatische grondwater zal sneller en in de richting van de bouwkuip stromen. Hierdoor zal de beheersing of sanering van de tritiumverontreiniging minder effectief zijn.

Bouwhoogtevariant B2: 24 m boven maaiveld

Bij deze aanlegdiepte worden verticale damwanden tot NAP -60 m gebruikt. Hierdoor is geen bouwkuipbemaling of spanningsbemaling noodzakelijk.

²¹ Achtergrondrapport natuur, kenmerk 078959488 (Arcadis / NRG 2017).

Er treden geen effecten op bij:

- Vegetatie (verdroging, verzilting).
- Gebouwen (risico op zettingsschade).
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting).
- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting).
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing).

Bouwhoogtevariant B3: 40 m boven maaiveld

Bij deze variant is geen bemaling noodzakelijk.

Er treden geen effecten op bij:

- Vegetatie (verdroging, verzilting).
- Gebouwen (risico op zettingsschade).
- Duinen als onderdeel van de zeewering (risico op zetting).
- Landbouw (droogteschade, schade als gevolg van verzilting).
- Grondwateronttrekkings- of infiltratiesystemen.
- Mobiele verontreinigingen (invloed op beheersing).

BIJLAGE 3 EMISSIE-IMMISSIETOETS

Inleiding

Deze bijlage beschrijft de resultaten van de emissie-immissietoets voor de PALLAS-reactor te Petten. Vanuit het secundaire koelwatersysteem wordt gechloreerd koelwater op de Noordzee geloosd.

Hieronder wordt eerst kort ingegaan op de belangrijkste uitgangspunten voor de toetsing en de eigenschappen van het ontvangende water. Vervolgens wordt de toets op de chlorering kort toegelicht. De toetsing is uitgevoerd met behulp van de online module 'Emissie-Immissietoets' (www.immissietoets.nl). Dit instrument wordt gebruikt voor het beoordelen van de effecten van een specifieke restlozing (na toepassing van best beschikbare technieken) op de waterkwaliteit en de vergunbaarheid van de lozing, conform de systematiek uit het Handboek immissietoets [3]. Het is toegepast op de belangrijkste stoffen in het lozingswater, waaronder de omzettingsproducten van de chlorering.

De immissietoets voor nieuwe lozingen gaat uit van het 'stand-still' beginsel. Dat wil zeggen dat het effect van de lozing op het ontvangende water verwaarloosbaar moet zijn. De toets bestaat uit meerdere stappen, die achtereenvolgens worden doorlopen:

1. Effluenttoets: beoordeeld of de lozingsconcentraties hoger zijn dan de norm voor oppervlaktewater. Als dat niet het geval is hoeft niet verder te worden getoetst (de lozing kan dan niet tot een normoverschrijding leiden).
2. Triviaaltoets: beoordeeld of de toename van de concentratie van de stof in het oppervlaktewater ten gevolge van de lozing na volledige menging toelaatbaar is (maximaal 1% van de normwaarde).
3. Significantietoets: toetst of de concentratietoename op de rand van de mengzone toelaatbaar is (maximaal 10% van de normwaarde).
4. Normtoets: toetst of de concentratie van de stof in het oppervlaktewater na menging (concentratieverhoging + achtergrondconcentratie) de norm overschrijdt.
5. KRW-toets: beoordeeld of de concentratietoename na volledige menging groter is dan de meetnauwkeurigheid voor de betreffende stof. Zo niet, dan is de lozing toelaatbaar.
6. Plantoets: beoordeeld of verwachte waterkwaliteitsverbeteringen in reeds vastgestelde waterplannen ruimte bieden voor het vergunnen van de lozing²².

Bij toetsing in het kader van vergunningverlening geldt dat als bij stap 1 of 2 wordt geconcludeerd dat de lozing voldoet aan het toetsingscriterium de lozing toelaatbaar is en niet verder hoeft te worden getoetst. Als dit niet het geval is dan dienen stap 3 en 4 allebei te worden doorlopen. Als het resultaat van beide stappen positief is dan is de lozing vergunbaar. Als het resultaat van stap 3 negatief is dan is de lozing niet vergunbaar en als het resultaat van stap 4 negatief is, moet stap 5 worden doorlopen. Bij een positief oordeel voor stap 5 is de lozing alsnog vergunbaar, bij een negatief oordeel is stap 6 optioneel (deze stap is niet opgenomen in de online toetsmodule).

Uitgangspunten toetsing

Methodiek

Voor de chlorering van het koelwater wordt chloorbleekloog (natriumhypochloriet, NaOCl) gedoseerd. De toetsing wordt uitgevoerd voor de lozing van de werkzame stof en omzettingsproducten daarvan. Er is geen eenduidige methodiek beschikbaar ten aanzien van de toetsing van chlorering in koelwater. Een eerste reden hiervoor is de spraakverwarring in de literatuur, daar waar het gaat om termen als 'vrij chloor', 'actief chloor' enz. De tweede reden is de complexiteit van de optredende chemische reacties. Afhankelijk van de stoffen die in het ingenomen koelwater zitten, zal de hoeveelheid vrij beschikbaar chloor (free oxidant, FO) sterk afnemen door oxidatie, vorming en afbraak van gehalogeneerde stikstofverbindingen en de vorming van microverontreinigingen, waarvan chloroform en bromoform de belangrijkste zijn.

De hoeveelheden schadelijke bijproducten die gevormd worden zijn sterk afhankelijk van het actuele gehalte actief chloor in het koelwater. Of deze vorming uiteindelijk een probleem is voor de lozing hangt af van de toestand van het ontvangende water.

²² Dit is voor de beschouwde stoffen niet aan de orde. Deze stap wordt daarom verder niet behandeld.

Voor een goede beoordeling zou idealiter online monitoring in de installatie moeten plaatsvinden voor de bepaling het FO-gehalte. Ook het ontvangende water zou nauwkeurig geanalyseerd moeten worden op bijvoorbeeld sporen van broom. In dit geval is een praktische methode voor de berekening van concentraties in het lozingswater uitgevoerd, waarbij een beroep wordt gedaan op vuistregels voor de chemische omzettingen zoals gebruikt in voorbeelduitwerkingen van Rijkswaterstaat. Deze methode levert een worst-case scenario.

Scenario's

Ten behoeve van de effectbeoordeling zijn de volgende scenario's beschouwd:

- (1) Koelingsvarianten K1 en K2, referentiesituatie: alleen HFR in bedrijf, koelwaterinname uit het Noordhollandsch Kanaal, koelwaterlozing op de Noordzee.
- (2a) Koelingsvariant K1, overgangsfase: HFR én PALLAS-reactor in bedrijf, koelwaterinname HFR én PALLAS-reactor uit het Noordhollandsch Kanaal, koelwaterlozing op de Noordzee.
- (2b) Koelingsvariant K2, overgangsfase: HFR én PALLAS-reactor in bedrijf, koelwaterinname HFR uit het Noordhollandsch Kanaal, koelwaterinname PALLAS-reactor uit de Noordzee, koelwaterlozing op de Noordzee.
- (3a) Koelingsvariant K1, exploitatiefase: alleen PALLAS-reactor in bedrijf, koelwaterinname uit het Noordhollandsch Kanaal, koelwaterlozing op de Noordzee.
- (3b) Koelingsvariant K2, exploitatiefase: alleen PALLAS-reactor in bedrijf, koelwaterinname uit de Noordzee, koelwaterlozing op de Noordzee.

Lozingspunten en -debieten

De uitgangspunten ten aanzien van de lozingspunten en de lozingsdebieten zijn weergegeven in Tabel 8. Deze zijn vooral gebaseerd op de bestaande HFR. Voor de nieuwe PALLAS-reactor zijn de exacte details van het lozingspunt nog niet volledig bekend. Voor de diameter is daarom uitgegaan van dezelfde gegevens als voor de HFR. Het bestaande lozingspunt bestaat uit een aantal roosters met gaten daarin. Ten behoeve van de toets is hiervoor één fictieve diameter berekend. Voor de scenario's waarbij beide reactoren tegelijk in bedrijf zijn (2a en 2b) is ook een diameter voor één fictief lozingspunt berekend. Dit punt is gesitueerd ter plaatse van het nieuwe lozingspunt voor de PALLAS-reactor. Toetsing van twee verschillende lozingspunten op verschillende locaties is niet mogelijk. Hiermee wordt voor dit uitgangspunt tevens een worst-case situatie gehanteerd.

Tabel 8 Uitgangspunten lozingspunten en -debieten

	HFR	PALLAS-reactor	HFR + PALLAS-reactor
Ligging lozingspunt (RD-coördinaten)	X: 105.589 Y: 533.785 ²³	X: 106.055 Y: 533.383	Als PALLAS-reactor
Dimensies lozingspunt	Roosters met in totaal 64 gaten Ø 100 mm		
Fictieve diameter lozingspunt	80,0 cm	Als HFR	113,1 cm
Lozingsdebiet	3.125 m ³ /uur (75.000 m ³ /dag ²⁴)	3.150 m ³ /uur (75.600 m ³ /dag)	6.275 m ³ /uur (150.600 m ³ /dag)

In de toetsmodule is het bestaande lozingspunt (HFR) horizontaal 'in het midden' en verticaal 'bij de bodem' gesitueerd. Het nieuwe lozingspunt (PALLAS-reactor) is horizontaal 'in het midden' en verticaal 'bij het oppervlak' gesitueerd. Voor ingenomen zeewater is een dichtheid van 1022 kg/m³ gehanteerd.

²³ Uit de Waterwet-vergunning voor het verlengen van de koelwaterleiding van NRG, afgegeven door Rijkswaterstaat (besluit d.d. 9 april 2013, nr. RWS-2013/18397).

²⁴ Huidige vergunde debiet.

Berekening lozingsconcentraties

Voor de toetsing van de lozing van vrij beschikbaar chloor (FO) wordt zowel voor de HFR als voor de nieuwe PALLAS-reactor uitgegaan van de vergunde lozingsconcentraties voor de HFR. De volgende lozingsconcentraties zijn vergund:

- Bij een continue chloordosering van het secundaire koelwater mag de vrij beschikbare chloorconcentratie in het te lozen water achter de condensor/warmtewisselaar niet meer zijn dan 0,2 mg/l.
- Bij een discontinue chloordosering van het secundaire koelwater mag de vrij beschikbare chloorconcentratie in het te lozen water achter de condensor/warmtewisselaar niet meer zijn dan 0,5 mg/l.

Bij discontinue dosering kunnen theoretisch dus tijdelijk piekconcentraties optreden tot 0,5 mg/l FO. Conform de BREF-koeling [15] wordt ook voor deze situatie uitgegaan van een maximale daggemiddelde lozingsconcentratie van 0,2 mg/l FO.

De vorming van de belangrijkste omzettingproducten, chloroform en bromoform, hangt vooral af van de beschikbaarheid van bromide in het koelwater. In zeewater is van nature veel meer bromide aanwezig dan in zoet water. Bij koeling met zeewater zal dus vooral bromoform worden gevormd, bij koeling met zoet water (uit het Noordhollandsch Kanaal) meer chloroform.

Voor de bepaling van de lozingsconcentraties zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De lozingsconcentraties zijn berekend voor de HFR, op basis van het vergunde koelwaterdebiet en het geregistreerde verbruik van chloorbleekloog. De hiermee berekende concentraties (voor inname van zowel zoet als zout water) zijn ook gebruikt voor toetsing van de lozing vanuit de PALLAS-reactor.
- Aan het ingenomen koelwater wordt een kleine hoeveelheid chloorbleekloog toegevoegd (NaOCl 150-185 g/l, circa 15% actief chloor). In 2015 is in totaal 112,95 m³ gedoseerd. Per dag komt dit overeen met gemiddeld 309,5 l chloorbleekloog, waarin 46,4 kg actief chloor (FO). De concentratie van actief chloor wordt uitgedrukt in mg Cl₂/l, wat voor de helft uit het actieve Cl⁺ en voor de helft uit het in een zout milieu onschadelijke chloride (Cl⁻) bestaat.
- De helft van de dagelijkse dosering bestaat uit chloor (Cl⁺). In dit geval is dat 23,2 kg/dag. Bij gebruik van chloorbleekloog wordt circa 1% op molbasis hiervan omgezet in organohalogenen, waarvan chloroform en bromoform de belangrijkste zijn (RIZA, 1997). Deze 1% komt overeen met 232 g/ Cl⁺dag.
- In zoute condities (inname van zeewater) bestaat op molbasis circa 99% van de omzetproducten uit bromoform [16]. Aangenomen is dat de rest uit chloroform bestaat.
- In zoete condities (inname van kanaalwater) is veel minder bromide aanwezig. RIZA (1997) beschrijft dat bij een bromideconcentratie van 75 µg/l vrijwel evenveel bromoform als chloroform wordt gevormd en dat de bromideconcentratie in Rijnwater gemiddeld circa 180 µg/l bedraagt. In welke verhouding chloroform en bromoform hierbij gevormd worden is niet bekend. Bij de toetsing wordt uitgegaan van vorming van 50% bromoform en 50% chloroform (op molbasis). Hiermee wordt een worst case inschatting gedaan voor het verschil met de inname van zout water (de scenario's kennen samen een relatief grootte bandbreedte voor zowel chloroform als bromoform).

De berekening van de lozingsconcentraties is weergegeven in Tabel 9. Bij de berekening van de lozingsconcentraties is ook rekening gehouden met de achtergrondconcentraties die reeds in het ingenomen water aanwezig zijn. Het gevormde bromoform, dan wel chloroform, is hierbij opgeteld. Voor ingenomen zeewater zijn de achtergrondconcentraties reeds benoemd in paragraaf 4.1. De concentraties in het ingenomen kanaalwater zijn gebaseerd op metingen door het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier in het Noordhollandsch Kanaal, ter hoogte van Schoorlham²⁵.

²⁵ Meetresultaten 2014, afkomstig van het Waterkwaliteitsportaal. Op één meting van chloroform na waren alle maandelijkse meetwaarden lager dan de detectielimiet. Deze waarden zijn meegerekend als 'halve waarde van de detectielimiet' (< 0,1 µg/l = 0,05 µg/l).

Tabel 9 Berekening lozingsconcentraties bromoform en chloroform

	Inname zout water	Inname zoet water
Molmassa Cl ⁺	35,5 g/mol	35,5 g/mol
Hoeveelheid Cl ⁺ dat wordt omgezet in organohalogenen (zie tekst)	232,1 g/dag 6,5 mol/dag	232,1 g/dag 6,5 mol/dag
Omzetting naar bromoform	99%	50%
Molmassa bromoform	252,7 g/mol	252,7 g/mol
Aantal Cl ⁺ -atomen verbruikt per gevormd bromoformmolecuul	3	3
Vorming bromoform	2,16 mol/dag 545,2 g/dag	1,09 mol/dag 275,3 g/dag
Concentratie gevormd bromoform o.b.v. koelwaterlozing 75.000 m ³ /dag	7,27 µg/l	3,67 µg/l
Achtergrondconcentratie bromoform in ingenomen water	0,011 µg/l	0,05 µg/l
Totale lozingsconcentratie bromoform	7,28 µg/l	3,72 µg/l
Omzetting naar chloroform	1%	50%
Molmassa chloroform	119,5 g/mol	119,5 g/mol
Aantal Cl ⁺ -atomen verbruikt per gevormd chloroformmolecuul	3	3
Vorming chloroform	0,02 mol/dag 2,6 g/dag	1,09 mol/dag 130,2 g/dag
Concentratie gevormd chloroform o.b.v. koelwaterlozing 75.000 m ³ /dag	0,035 µg/l	1,736 µg/l
Achtergrondconcentratie chloroform in ingenomen water	0,011 µg/l	0,054 µg/l
Totale lozingsconcentratie chloroform	0,046 µg/l	1,790 µg/l

Voor scenario 2b, waarbij de HFR gekoeld wordt met zoet water en de PALLAS-reactor met zeewater, is gerekend met het gewogen gemiddelde (op basis van het lozingsdebiet) van de in Tabel 9 weergegeven lozingsconcentraties voor inname van zoet en zout water. Dit leidt tot een concentratie van 5,51 µg/l voor bromoform en 0,915 µg/l voor chloroform.

Kenmerken ontvangend watersysteem

In alle scenario's wordt het koelwater geloosd op de Noordzee, in het waterlichaam Hollandse Kust (NL95_3A). Voor de toetsing is een aantal kenmerken van het ontvangende oppervlaktewater ingevoerd. Deze zijn samengevat in Tabel 10.

Tabel 10 Gehanteerde kenmerken ontvangend watersysteem

Kenmerk	Waarde	Herkomst
Type ontvangend water	Aan de kust van de open zee	Default o.b.v. waterlichaam

Achtergrondconcentraties	Zie paragraaf 4.1	Zie paragraaf 4.1
Debiet (netto)	60 m ³ /s	Schatting Rijkswaterstaat voor het betreffende segment (3677)
Spronglaag	Niet van toepassing	
Saliniteit (bij bodem en oppervlak)	30 PSU	Gemiddelde waarde zeewater
Watertemperatuur (bij bodem en oppervlak)	12 °C	Gemiddelde waarde zeewater

Normen

De waterkwaliteitsnormen voor de te toetsen stoffen zijn weergegeven in Tabel 11. De normen voor FO en bromoform hebben geen formele wettelijke status. Voor deze stoffen kan daarom alleen indicatief worden getoetst.

Tabel 11 Waterkwaliteitsnormen

Stof	Normwaarde	Type/status norm
Vrij beschikbaar chloor (FO)	0,3 µg/l	indicatieve MTR26
Trichloormethaan (chloroform)	2,5 µg/l	MKN jaargemiddeld zoute wateren
Tribroommethaan (bromoform)	11,3 µg/l	indicatieve MTR zoete wateren ²⁷

Toetsresultaten

De resultaten van de toetsing voor vrij beschikbaar chloor (FO), bromoform en chloroform zijn weergegeven in de navolgende tabellen en figuren. Daarbij wordt opgemerkt dat het toetsinstrument geen verdere stappen toetst zodra het eindoordeel vaststaat. Bijvoorbeeld: omdat het resultaat van de significantietoets in Tabel 12 negatief is, is een positief eindoordeel niet meer mogelijk. De toetsing stopt dan.

Tabel 12 Resultaten emissie-immissietoets vrij beschikbaar chloor (FO) (het voor de einduitslag bepalende resultaat is groen of rood weergegeven)

Scenario	Effluenttoets	Triviaaltoets	Significantie-toets	Normtoets	KRW-toets
1	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet		
2a	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet		
2b	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet		
3a	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet		
3b	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet		

Tabel 13 Resultaten emissie-immissietoets bromoform (het voor de einduitslag bepalende resultaat is groen of rood weergegeven)

Scenario	Effluenttoets	Triviaaltoets	Significantie-toets	Normtoets	KRW-toets
----------	---------------	---------------	---------------------	-----------	-----------

²⁶ Bron: [18].

²⁷ Voor bromoform in zoute wateren is geen norm beschikbaar, daarom is ter indicatie de norm voor zoete wateren gebruikt. Hoewel bromoform in zeewater van nature wordt geproduceerd, zijn ook hier toxische effecten mogelijk.

1 Voldoet

2a Voldoet

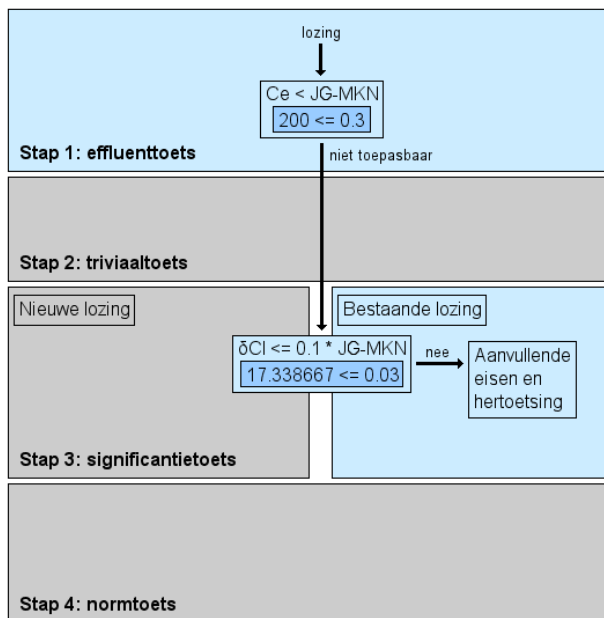
2b Voldoet

3a Voldoet

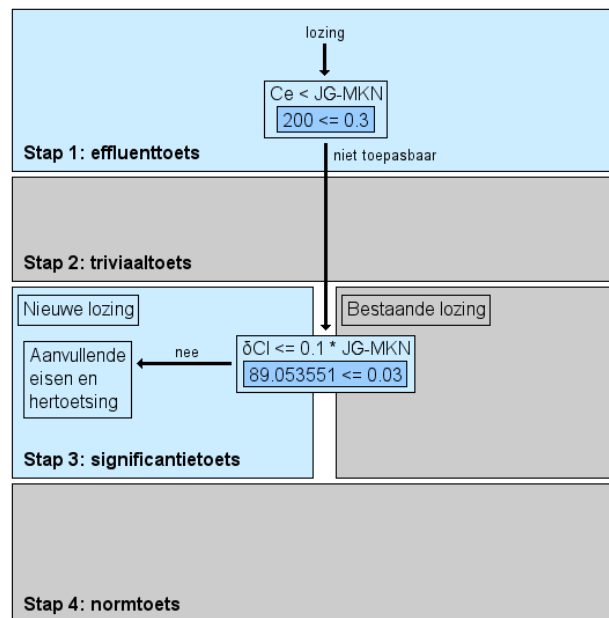
3b Voldoet

Tabel 14 Resultaten emissie-immissietoets chloroform (het voor de einduitslag bepalende resultaat is groen of rood weergegeven)

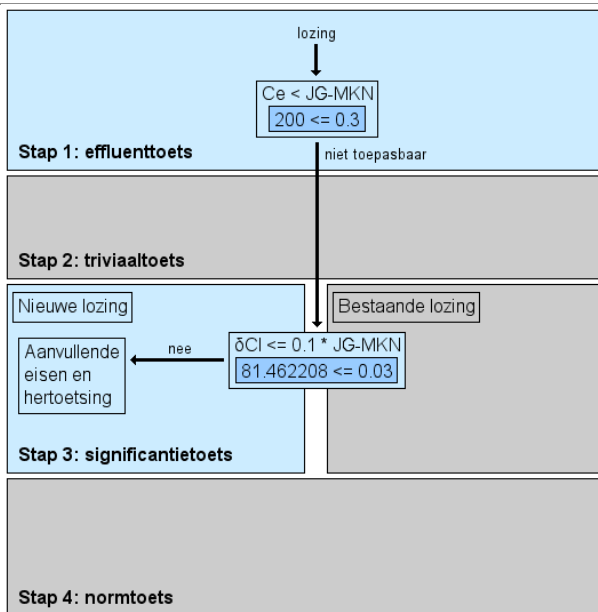
Scenario	Effluenttoets	Triviaaltoets	Significantietoets	Normtoets	KRW-toets
1	Voldoet				
2a	Voldoet				
2b	Voldoet				
3a	Voldoet				
3b	Voldoet				



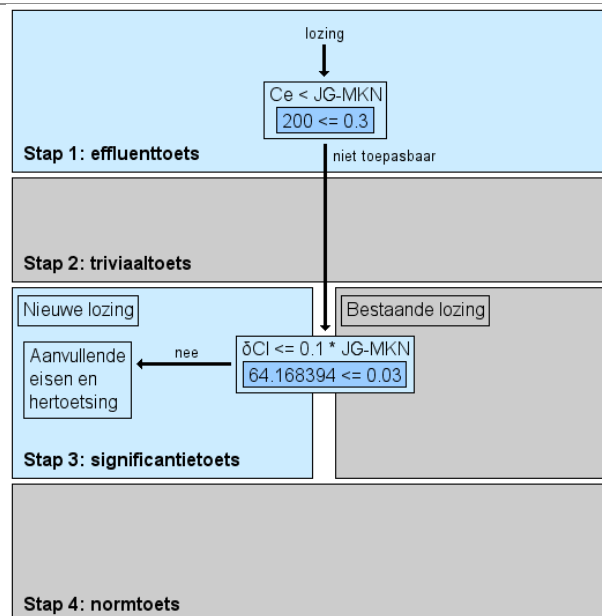
Vrij beschikbaar chloor (FO), scenario 1



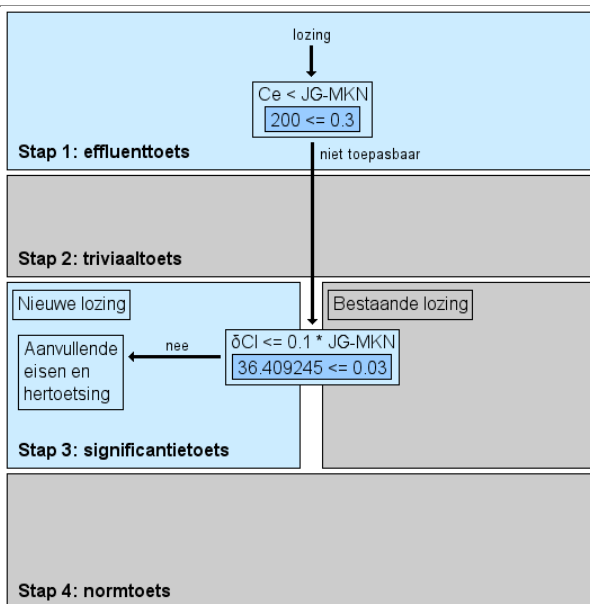
Vrij beschikbaar chloor (FO), scenario 2a



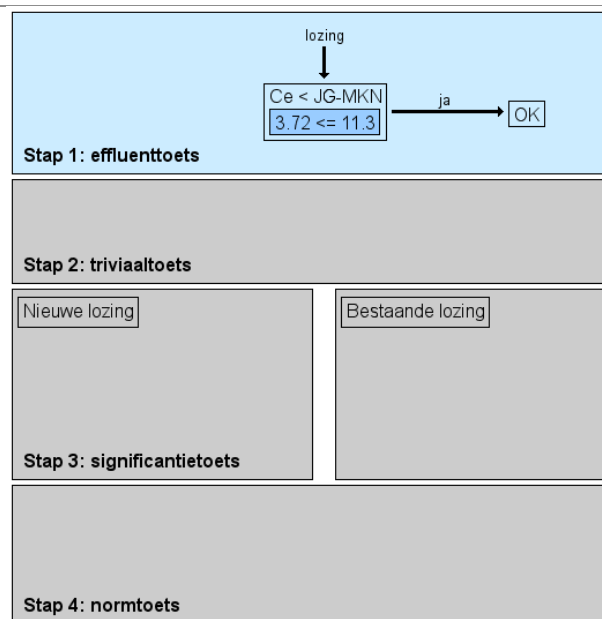
Vrij beschikbaar chloor (FO), scenario 2b



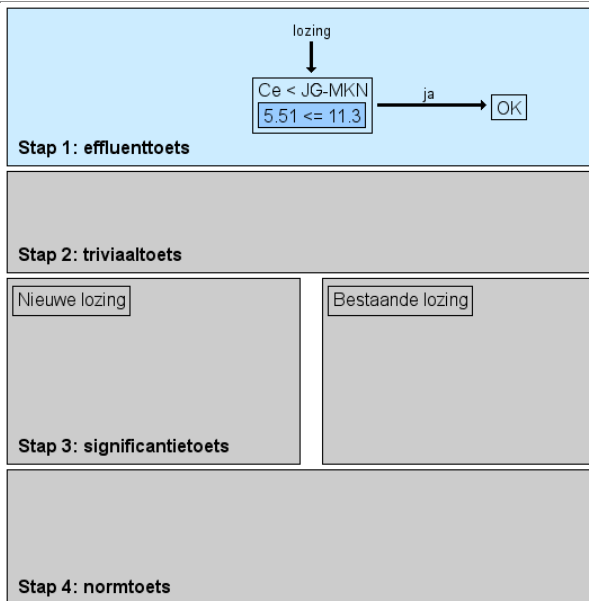
Vrij beschikbaar chloor (FO), scenario 3a



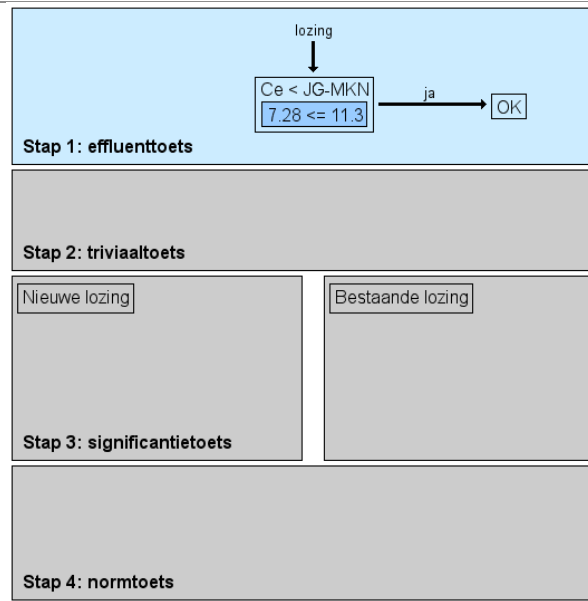
Vrij beschikbaar chloor (FO), scenario 3b



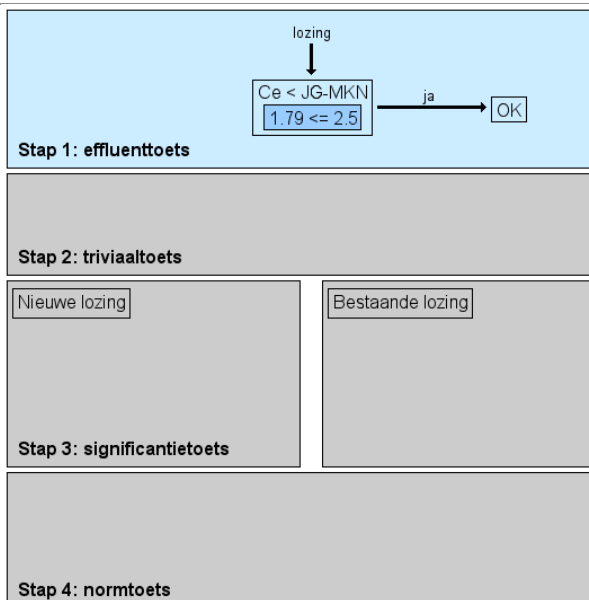
Bromoform, scenario's 1, 2a en 3a



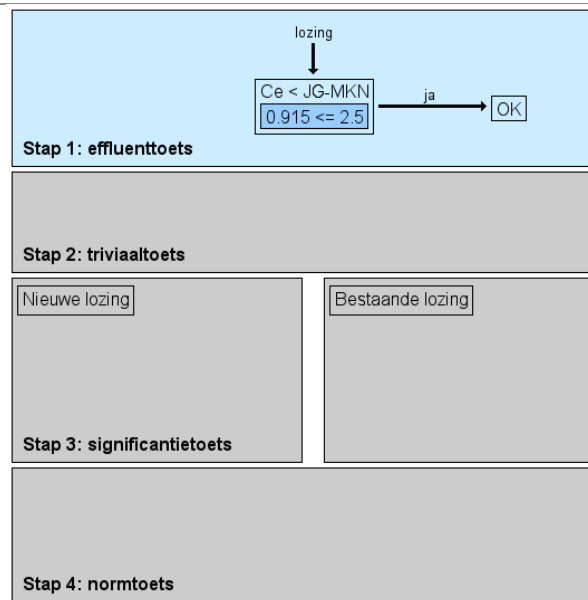
Bromoform, scenario 2b



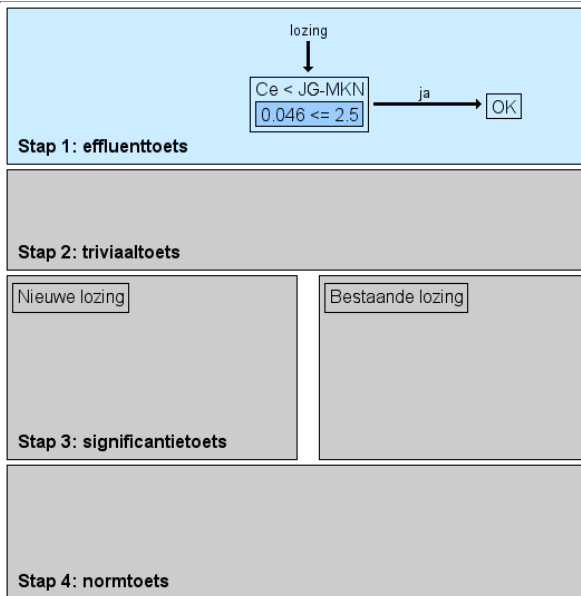
Bromoform, scenario 3b



Chloroform, scenario's 1, 2a en 3a



Chloroform, scenario 2b



Chloroform, scenario 3b

BIJLAGE 4 OVERZICHT BODEMINFORMATIE

Westerduinweg 3 Petten:

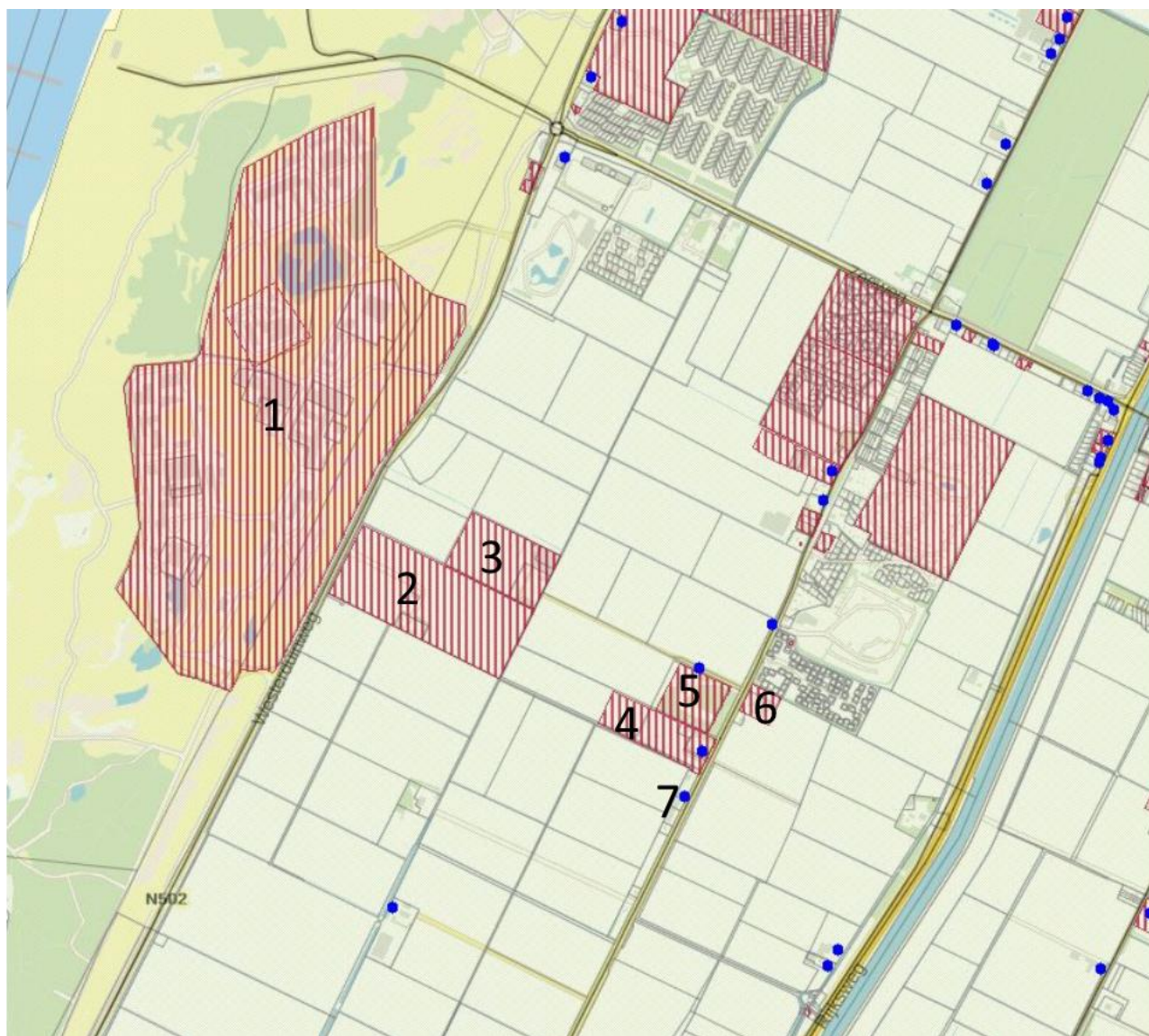
- Nul-situatie bodemonderzoek ECN-terrein aan de Westerduinweg 3 te Petten. Uitgevoerd door Grontmij Noord-Holland. Document: 34069. Alkmaar, 11 februari 2002.²⁸
- Verkennend bodemonderzoek Westerduinweg 3 te Petten. Uitgevoerd door Geomechanica BV. Opdrachtnummer 5329/03, 19 december 2003.
- Verkennend en aanvullend bodemonderzoek en asbestonderzoek. Locatie NRG-terrein te Petten. Uitgevoerd door Grontmij Nederland bv. Documentnummer: 304608. Alkmaar, 27 juli 2006.
- Evaluatierapport Bodemsanering ondergrondse tanks nabij gebouw 02 (fase 1 en 2) op het ECN-terrein te Petten. Uitgevoerd door Grontmij Nederland bv. Referentienummer: 305659. Alkmaar, 9 november 2006.
- Resultaten nul- en eindfase onderzoek en asbestonderzoek noodstroomaggregaat ter plaatse van gebouw 36 op het ECN-terrein te Petten. Uitgevoerd door Grontmij Nederland bv. Referentienummer: 21/307588/1. Alkmaar, 25 september 2007.
- Nulsituatie bodemonderzoek ECN-terrein locatie toekomstig gebouw 71. Uitgevoerd door Grontmij Nederland bv. Referentienummer: 311802. Alkmaar, 13 februari 2009.
- Verkennend bodemonderzoek Westerduinweg 3 - gebouw 200. Uitgevoerd door Landview. Rapportnummer: 2011414, 20 september 2011.
- Verkennend bodemonderzoek Westerduinweg 3 te Petten. ECN-terrein. Uitgevoerd door Search. Rapportnummer : 25.15.00361, 30 juli 2015.
- Grondwatermonitoring (NRG: gebouw 21, ECN: gebouw 38). Uitgevoerd door Grontmij. Rapportnummer: GM-0175483, 21 december 2015.

Westerduinweg 22 Sint Maartensvlotbrug:

- Verkennend onderzoek NVN 5740. Uitvoerder onbekend. Rapportnummer: 2412-M111, 7 april 1999.

²⁸. In dit bodemonderzoek wordt tevens gerefereerd naar de onderstaande (oudere) bodemonderzoeken:
 "Nulonderzoek bodemkwaliteit op het terrein van het Energieonderzoek Centrum Nederland te Petten", doc. 09416, november 1992.
 "Grondonderzoek gebouw 11 op het ECN terrein te Petten", briefnummer 21/23074/s, april 1997.
 "Verkennd bodemonderzoek Diverse locaties terrein ECN te Petten", doc. 23234, mei 1997.
 "Aanvullend bodemonderzoek Locatie Duinpan nabij gebouw 08 op het terrein van ECN te Petten", doc. 24955, juli 1997.
 "Resultaten oriënterend bodem- en grondwateronderzoek direct naast de beitsafvalwaterbak van de Centrale Werkplaats", briefnummer 21/06249/rb, maart 2000.
 "Resultaten grondwatermonitoring diverse tanks op het ECN-terrein te Petten", briefnummer 21/30216/v, juni 2001.
 "Aanvullend bodemonderzoek locatie nabij gebouw 02 (brandweergebouw) op het ECN-terrein te Petten", doe. 31248, augustus 2001).

BIJLAGE 5 OVERZICHT GEREGISTREERDE BODEMLOCATIES



Figuur 37 Geregistreeerde bodemlocaties Regionale Uitvoeringsdienst Noord-Holland Noord

Nr.	Verontreinigingssituatie
1	1. Een ernstige grondverontreiniging met koper en zink (42m³), rondom de HFR, vermoedelijk veroorzaakt door het gritstralen van de HFR. 2. Tussen gebouw 102 en 104 is zowel de bovengrond als de ondergrond verontreinigd met asbest. De gewogen asbestconcentratie overschrijdt ruim de interventiewaarde voor asbest van 100 mg/kg.
2	Westerduinweg 22 Sint Maartensvlotbrug: In 1999 is op deze locatie een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd. Voor de bovengrond wordt de achtergrondwaarde overschreden, terwijl voor de ondergrond en het grondwater alle gehalten beneden de achtergrondwaarde liggen. Aangezien er geen sprake is van sterke verontreiniging, of een geval van ernstige bodemverontreiniging, is vervolgonderzoek niet noodzakelijk.
3	Belkmerweg 67 Sint Maartensvlotbrug: In 2001 is op deze locatie een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd. Voor de bovengrond wordt de Achtergrondwaarde overschreden, terwijl voor de ondergrond en het grondwater alle gehalten beneden de Achtergrondwaarde liggen. Aangezien er geen sprake is van sterke verontreiniging, of een geval van ernstige bodemverontreiniging, is vervolgonderzoek niet noodzakelijk.
4	Locatiecode GN047602051 Belkmerweg 63A Sint Maartensvlotbrug. In 1996 is een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd, waarbij geen verontreiniging is geconstateerd. De actuele verontreinigingsstatus is: 'niet verontreinigd'.
5	Locatiecodes GN047602405 en A0476000570 Belkmerweg 65-67 Sint Maartensvlotbrug waar in 2010 verkennend bodemonderzoek is uitgevoerd. De actuele verontreinigingsstatus is: 'overschrijding Achtergrondwaarde (AW)'.
6	Locatiecode GN047602318 Belkmerweg 52 Sint Maartensvlotbrug waar in 2001, 2009 en 2010 verkennend bodemonderzoek is uitgevoerd bij een bloembollen- en bloemknollenkwekerij. De actuele verontreinigingsstatus is: 'overschrijding Achtergrondwaarde (AW)'.
7	Locatiecode A0476000558 Belkmerweg 63 Sint Maartensvlotbrug. Tijdens het Landsdekkend beeld [12] is als mogelijke verontreinigde activiteit een bloembolprepareer- en -ontsmettingsbedrijf geïnventariseerd. Voor zover bekend is er op de locatie nog geen bodemonderzoek uitgevoerd. De actuele verontreinigingsstatus is: 'potentieel verontreinigd, niet ernstig'.

BIJLAGE 6 TOETS KOELWATERLOZING

De NBW-beoordelingssystematiek voor koelwaterlozingen schrijft de volgende criteria voor om lozingen op de Noordzee te toetsen [4]:

- Opwarming: ≤ 2 °C t.o.v. de achtergrondtemperatuur tot een maximum van 25 °C (voor schelpdierwater).
- Mengzone ($T > 25$ °C): de mengzone mag de bodem niet raken.

De opwarming is gedefinieerd als de temperatuurstijging gemiddeld over de dwarsdoorsnede van het waterlichaam.

In dit stadium ligt er nog geen gedetailleerd ontwerp van de koelwateruitlaat. Zonder deze informatie heeft het geen zin om uitgebreide berekeningen uit te voeren om de verspreiding van de koelwaterlozing te bepalen om te beoordelen of deze de bodem wel of niet raakt.

Om toch een eerste inschatting van het effect van de warmtelozing te kunnen maken, is de sneltoets voor warmtelozing op kanalen, rivieren en estuaria beschouwd. Deze formule berekent de omvang van de mengzone ten opzichte van de doorsnede van een waterloop. Indien de mengzone minder dan een kwart bedraagt van de dwarsdoorsnede, wordt gesteld dat wordt voldaan aan de eis.

De formule luidt:

$$\text{Mengzone } (T > 30 \text{ °C}) = Q_{\text{loz}} / Q_{\text{afv}} * (1 + (T_{\text{loz}} - \text{ER}) / (\text{ER} - T_{\text{iname}}));$$

Q_{loz}	= lozingsdebiet [m ³ /s];
Q_{afv}	= de afvoer van de waterloop [m ³ /s];
T_{loz}	= lozingstemperatuur
T_{iname}	= temperatuur van het ingenomen water
ER	= het Ernstig Risiconiveau voor temperatuur voor water met de functietoekenning water voor karperachtigen ter grootte van 30 °C.

De in de formule genoemde temperatuur van 30 °C geldt voor zoet water, voor estuaria wordt zoals hierboven genoemd een temperatuur van 25 °C gehanteerd (ER: 25 °C).

In het Ontwerpkader PALLAS zijn voor de koelwaterlozingsstudie de volgende conservatieve aannames vastgelegd:

- Lozingsdebiet PALLAS: 3300 m³/uur.
- Lozingstemperatuur: maximaal 47,5 °C.

De afvoer van de waterloop is bepaald door de waterdiepte 300 m uit de kust ter plaatse van de uitstroom (5 m), de stroomsnelheid daar (aangenomen 0,5 m/s) te vermenigvuldigen met de breedte. Voor de breedte is in eerste instantie 10 m genomen, gelijk aan twee keer de waterdiepte. De afstand nemen van de Nederlandse naar de Engelse kust is niet reëel om de effecten van de koelwaterlozing in te schatten. De afvoer van de waterloop is dan 25 m³/s.

In het memo 'Water temperatuur Petten', d.d. 1 april 2016 is een analyse van de watertemperatuur bij Petten gemaakt. De temperatuur varieert in de winter tussen de 1 en 7 °C (gemiddeld 4,5 °C) en in de zomer tussen de 17 en 23 °C (gemiddeld 20 °C). De algehele variatie in de watertemperatuur is dus 1 – 23 °C.

Tabel 15 geeft de berekende mengzones voor de range van watertemperaturen.

Tabel 15 Berekende mengzones als fractie van de dwarsdoorsnede voor verschillende watertemperaturen

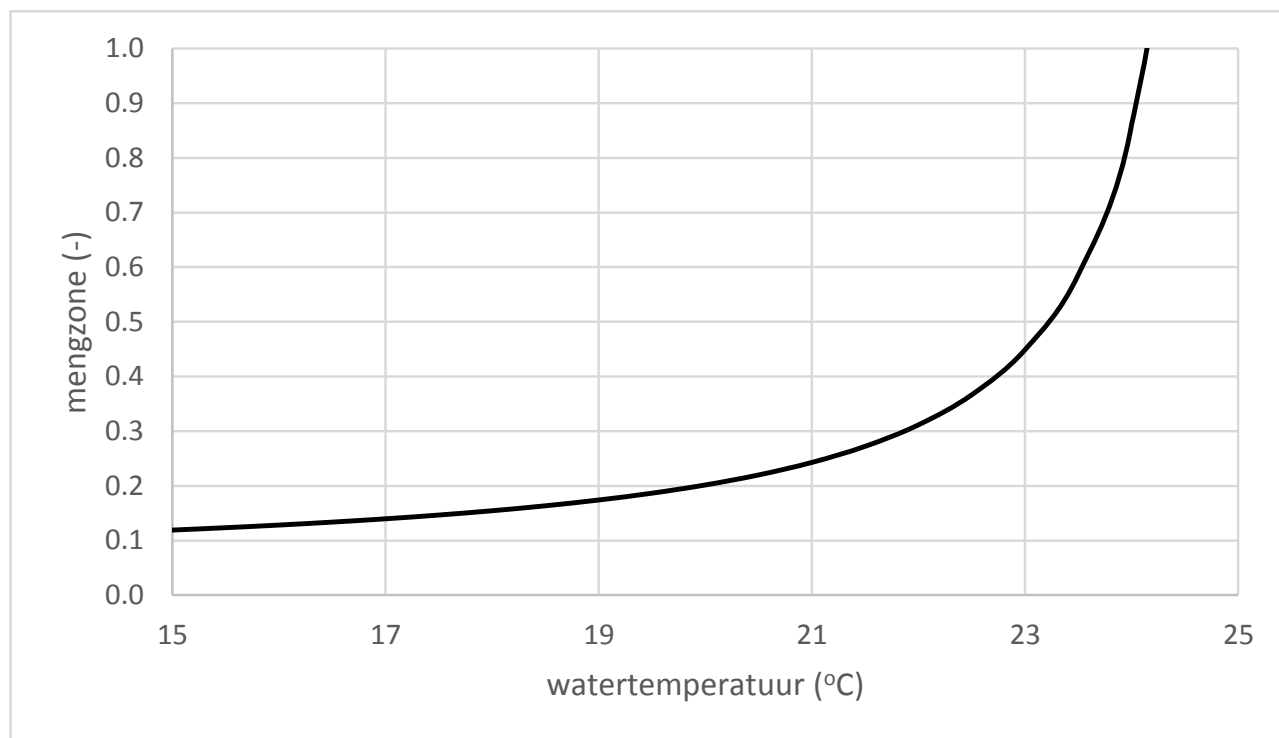
Omgevingstemperatuur (°C)	Mengzone (-)	Omvang mengzone
1,0 (winter laag)	0,071	3,6 m ²
4,5 (winter gemiddeld)	0,077	3,8 m ²
7,0 (winter hoog)	0,083	4,1 m ²
17,0 (zomer laag)	0,140	7 m ²
20,0 (zomer gemiddeld)	0,202	10,1 m ²
23,0 (zomer hoog)	0,449	22,5 m ²

Onder de 21 °C wordt voldaan aan de eis dat de mengzone onder een kwart van de dwarsdoorsnede moet blijven. In de winter wordt daar ruimschoots aan voldaan. In de zomer, in het geval van een extreme watertemperatuur, wordt de grens wel overschreden.

In de volgende secties worden enkele gevoeligheden nader beschouwd.

Gevoeligheid omgevingstemperatuur

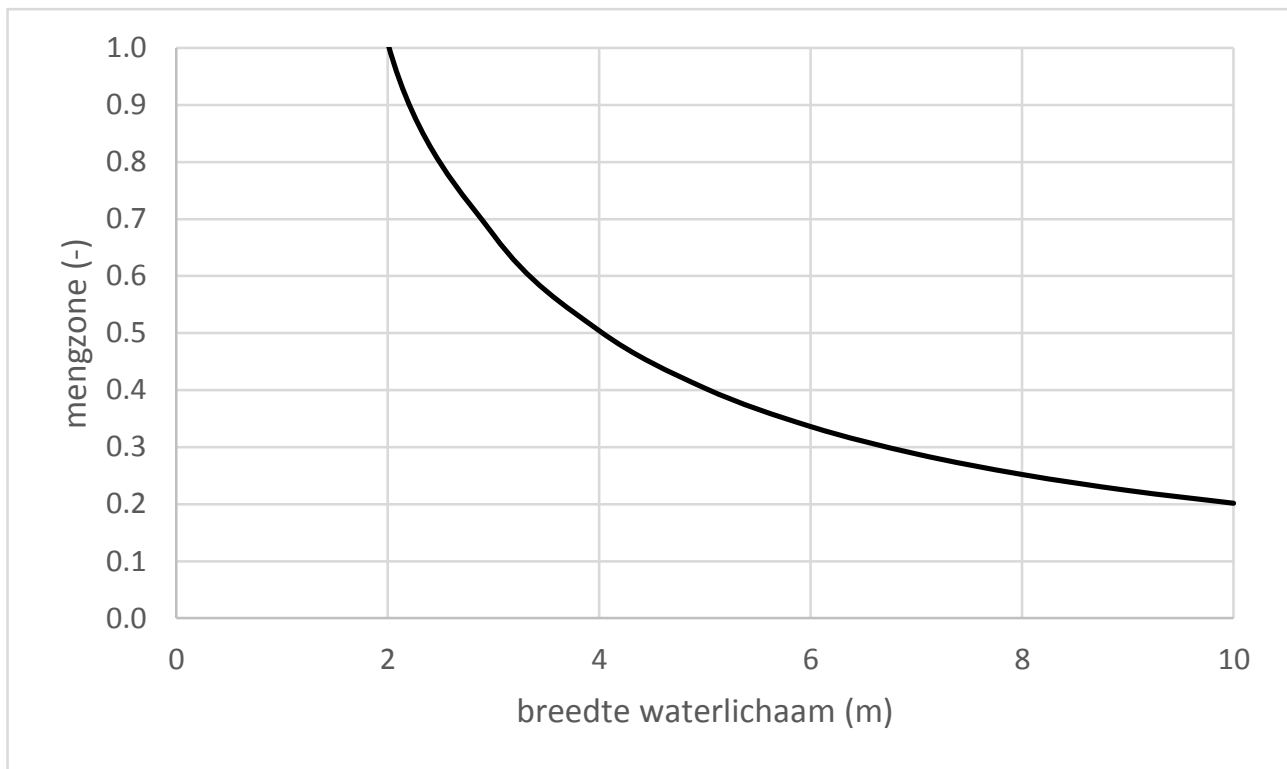
De resultaten voor de verschillende zomertemperaturen laten duidelijk zien dat de waarde van de mengzone snel toeneemt als de watertemperatuur boven de 20 °C komt. In Figuur 38 wordt het verloop van de mengzone als functie van de watertemperatuur gevisualiseerd. Bij 21,15 °C wordt de kritische waarde van 0,25 overschreden.



Figuur 38 Mengzone als functie van de temperatuur van het omgevingswater (breedte 10 m)

Gevoeligheid breedte waterlichaam

In de berekeningen is gewerkt met een aangenomen breedte van de 'waterloop' van 10 m. Aangezien dit een aanname betreft, is gekeken naar de gevoeligheid van de resultaten voor deze waarde. Bij een omgevingstemperatuur van 20 °C wordt de grens overschreden bij een breedte van 8,1 m, zie Figuur 39, bij 17 °C is dit het geval bij 5,6 m, bij 23 °C 18 m.

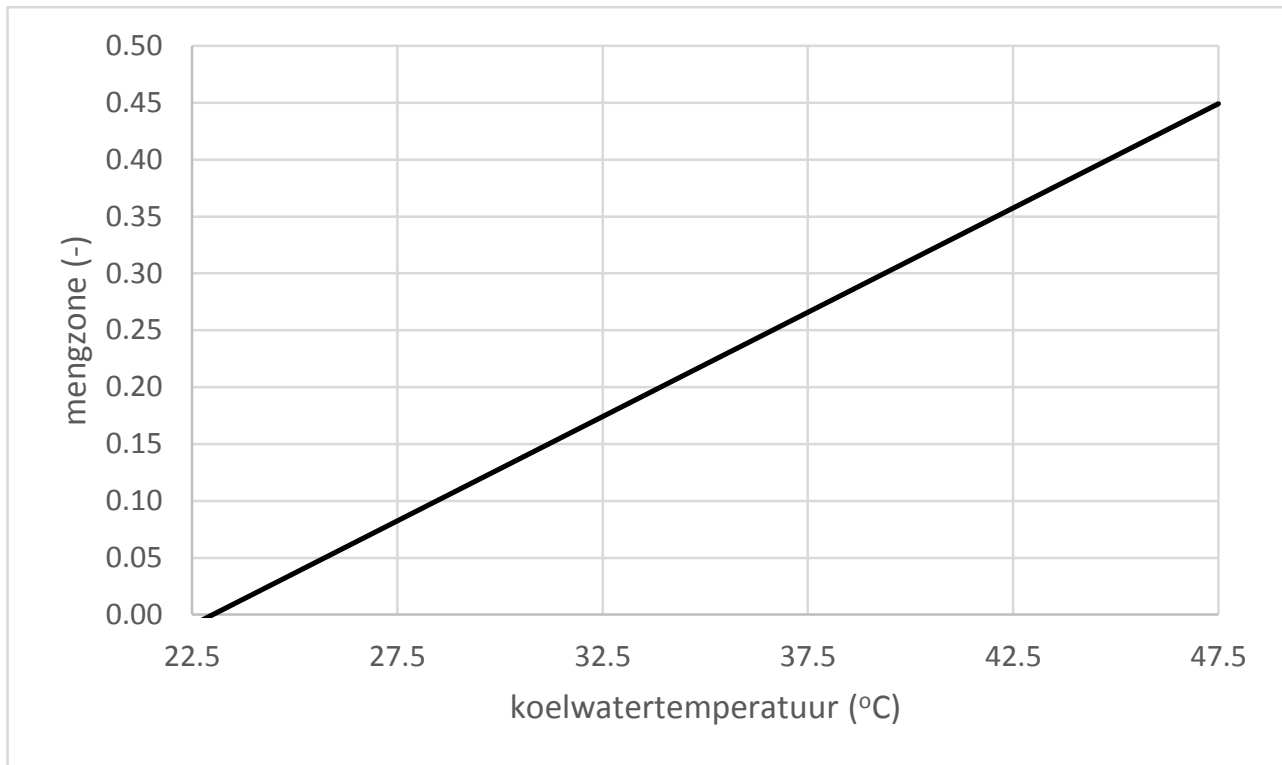


Figuur 39 Mengzone als functie van de aangenomen breedte van het waterlichaam (watertemperatuur 20 °C)

Een typische breedte van orde 5 – 20 m impliceert ook dat de koelwaterlozingen van HFR en PALLAS elkaar niet beïnvloeden, omdat de onderlinge afstand 615 m is (Bijlage 3). Alleen als beide outfalls dichterbij elkaar worden gepland, zal dit aspect nader onderzocht dienen te worden.

Gevoeligheid koelwatertemperatuur

In deze studie is steeds uitgegaan van een extreme koelwaterlozing van 47,5 °C. In Figuur 40 is weergegeven hoe de mengzone afhangt van de temperatuur van de lozing. Onder de 36,6 °C blijft de mengzone onder de grens van 0,25.



Figuur 40 Mengzone als functie van de temperatuur van het koelwater (watertemperatuur 23 °C, breedte 10 m)

Conclusies

Op basis van de sneltoets is een eerste inschatting gemaakt van het effect van de koelwaterlozing. Deze blijkt alleen bij bovengemiddelde Noordzeewater-temperaturen in de zomer niet te voldoen aan de eis dat de omvang van de mengzone beperkt moet blijven tot een kwart van het doorstroomoppervlak van het waterlichaam. Omdat op zee de breedte niet eenvoudig is te definiëren, is ervoor gekozen deze gelijk aan twee keer de waterdiepte te stellen. De verschillende gevoeligheidsstudies laten zien dat de aanname van die breedte en de temperatuur van het omgevingswater waarin wordt geloosd, de uitgangspunten zijn die bij een klein verschil het snelst kunnen leiden tot een overschrijding van de grens. Maar aangezien er voor de temperatuur van het koelwater een conservatieve aanname is gedaan, is er voldoende ruimte om dit risico te ondervangen.

BIJLAGE 7 HERZIENE INTERVENTIEBESCHIKKING TRITIUM



> Retouradres Postbus 16001 2500 BA

Nuclear Research and consultancy Group v.o.f.
De directie
T.a.v. de heer ir. H. Buurlage
Postbus 25
1755 ZG Petten

**Autoriteit Nucleaire
Veiligheid en
Stralingsbescherming**
ANVS
Beleid en Regelgeving
Bezuidenhoutseweg 67
Den Haag
Postbus 16001
2500 BA

Datum
Betreft Herziene interventiebeschikking tritium

Ons kenmerk
ANVS-2017/4691

Geachte heer Buurlage,

Naar aanleiding van uw aanvraag van 28 februari 2017 tot wijziging van de interventiebeschikking tritium van 3 maart 2014 met kenmerk DGETM-PDNIV / 14032712, door mij ontvangen op 28 februari 2017, heb ik besloten de interventiebeschikking te herzien.

Ik verplicht u op grond van artikel 119, tweede lid, van het Besluit stralingsbescherming (Bs) de herziene interventie uit te voeren. Op grond van artikel 119, derde lid, onder c, Bs, dient u de interventie uit te voeren overeenkomstig een door de Minister van Infrastructuur en Milieu goedgekeurd plan van aanpak.

In het hierna volgende wordt uiteengezet:

- de achtergrond en het wettelijk kader van mijn besluit op grond van artikel 119, eerste lid, van het Bs om de situatie aan te blijven merken als een interventie;
- de saneringsnorm voor de interventie en de onderbouwing hiervan;
- de voorwaarden waar het plan van aanpak voor de interventie aan moet voldoen.

Achtergrond

De Nuclear Research and consultancy Group v.o.f. (verder: NRG) is vergunninghouder voor de Hoge Flux Reactor (HFR) op de Onderzoeks Locatie Petten (OLP). In de loop van 2012 heeft NRG steeds hogere concentraties tritium gemeten in het grondwater in de bodem bij de HFR en daarbuiten. In november 2012 heeft NRG geconstateerd dat de tritiumverontreiniging van het grondwater het gevolg was van een lekkage in een transportleiding waardoor water uit het primaire systeem van de HFR naar een opslagtank werd gevoerd. Deze lekkage is toen gedicht.

Om de tritiumverontreiniging te verwijderen is NRG in februari 2013 gestart met de "hotspot" sanering. Deze houdt in dat op de plaatsen waar de hoogste concentraties tritium zijn gemeten, het grondwater lokaal wordt opgepompt. Grondwater afkomstig van de sanering wordt beschouwd als bedrijfsafvalwater, en

wordt via de Decontamination and Waste Treatment Facility (DWT) van NRG op de OLP afgevoerd.

**Autoriteit Nucleaire
Veiligheid en
Stralingsbescherming**
ANVS
Beleid en Regelgeving

Op 3 maart 2014 is door de Minister van EZ een interventiebeschikking, met kenmerk DGETM-PDNIV / 14032712, genomen vanwege een langdurige blootstelling als gevolg van een handeling of werkzaamheid in het verleden. In de interventiebeschikking is vermeld wat de achtergrond en de onderbouwing is om de situatie aan te merken als een situatie die leidt tot langdurige blootstelling als gevolg van een vroegere handeling of werkzaamheid ten aanzien waarvan een interventie gerechtvaardigd is. Verder is een saneringsnorm voor de interventie en een onderbouwing hiervan opgenomen in de interventiebeschikking.

Op grond van de interventiebeschikking is NRG gehouden de interventie uit te voeren overeenkomstig een door de Minister van Economische Zaken (destijds het bevoegde gezag) goedgekeurd plan van aanpak. De voorwaarden waar het plan van aanpak voor de interventie aan moet voldoen zijn vermeld in de interventiebeschikking. Zo is vermeld dat bij het opstellen van het plan moet worden uitgegaan van een uiteindelijke saneringsnorm van:

- maximaal 100 Bq/L vanaf de terreingrens van de OLP naar buiten toe;
- maximaal 400 Bq/L op de grens HFR- en NRG terrein, aflopend naar 100 Bq/L op de terreingrens van de OLP; en
- 7400 Bq/L op het HFR-terrein, aflopend naar 400 Bq/L op de terreingrens van de HFR.

Daarnaast werd NRG de verplichting opgelegd dat NRG haar plan van aanpak moet aanpassen indien de saneringsnorm van 100 Bq/L op de terreingrens van de OLP of daarbuiten overschreden dreigde te worden, zodat wel aan de norm van 100 Bq/L wordt voldaan.

De saneringsnorm van 100 Bq/L is gebaseerd op de in richtlijn 98/83/EG betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water genoemde parameternorm van 100 Bq/L voor tritium. Verder is de norm gebaseerd op de conclusie van het RIVM dat - uitgaande van het conservatieve (ongunstige) scenario dat een persoon het opgepompte grondwater een jaar lang nuttigt als drinkwater - een saneringniveau van 100 Bq/L overeenkomt met een maximale jaardosis van 1 tot 2 microsievert/jaar.

Naar aanleiding van de interventiebeschikking is NRG in 2014 gestart met de sanering met vaste installaties. Gedurende de sanering heeft NRG de effectiviteit van de sanering en de verdere verspreiding van het tritiumhoudend grondwater in de grond op de OLP gemonitord. Daarnaast heeft NRG ondersteunende rekenkundige modelsimulaties laten uitvoeren door een externe firma om het verloop van de effectiviteit van de sanering in de toekomst te kunnen inschatten en optimaliseren.

Naar aanleiding van de in de afgelopen jaren gemeten tritiumconcentraties in het grondwater en de modelsimulaties van de grondwaterstroming is tot tweemaal toe de onttrekkingsstrategie bijgesteld en is het grondwatermonitoringsnetwerk uitgebreid. Tevens zijn in de loop der tijd de simulaties verbeterd en geoptimaliseerd door gebruik te maken van de meetgegevens verkregen met het grondwatermonitoringsnetwerk.

In januari 2017 heeft NRG, sinds de aanvang van de sanering in 2013, ca. 40 GBq tritium verwijderd. Schattingen van de nog resterende hoeveelheid tritium in de bodem variëren van 10 tot 25 GBq.

**Autoriteit Nucleaire
Veiligheid en
Stralingsbescherming**
ANVS
Beleid en Regelgeving

Uit metingen met behulp van het grondwatermonitoringsnetwerk blijkt de tritiumverontreiniging zich anders te verplaatsen dan op basis van eerdere simulaties was verwacht. Zowel de grondwaterstroming als het effect van de tritiumsanering op de verplaatsing van de tritiumverontreiniging blijken anders dan gedacht. Uit nieuwe simulaties, waarbij de verkregen informatie van de metingen uit de afgelopen jaren zijn meegenomen, blijkt dat de saneringswaarde van 100 Bq/L aan de OLP terreingrens, vastgelegd in de interventiebeschikking van 2014, in de toekomst, in of na 2018, overschreden zal worden.

Simulaties tonen aan dat het nemen van extra maatregelen slechts beperkte invloed zal hebben op de te verwachten maximale tritiumconcentratie aan de OLP terreingrens en dat hiermee niet voorkomen kan worden dat deze boven de 100 Bq/L zal uitkomen. Hiermee ontstaat een situatie waarbij NRG niet meer kan voldoen aan de interventiebeschikking van 2014, hetgeen voor NRG aanleiding is geweest een verzoek in te dienen tot wijziging van deze interventiebeschikking.

Wettelijk kader

Artikel 19 van het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen verklaart de artikelen 112-122 van het Besluit stralingsbescherming (Bs) van overeenkomstige toepassing op nucleaire inrichtingen.

Artikel 119, eerste lid, van het Bs geeft mij de bevoegdheid om een situatie aan te merken als een situatie die leidt tot langdurige blootstelling als gevolg van een vroegere handeling of werkzaamheid. Op grond van artikel 119, eerste lid, van het Bs, is de situatie nog steeds aan te merken als een situatie die leidt tot langdurige blootstelling als gevolg van een vroegere handeling of werkzaamheid.

Ik handhaaf daarom de – bij de interventiebeschikking van 3 maart 2014 op grond van artikel 119, tweede lid, van het Bs – aan u opgelegde verplichting de interventie uit te voeren.

Op grond van artikel 119, derde lid, aanhef en onder c, van het Bs draagt degene onder wiens verantwoordelijkheid de interventie wordt verricht, zorg voor de uitvoering van de interventie overeenkomstig een door de betrokken minister goedgekeurd plan van aanpak.

Artikel 112 van het Bs luidt als volgt:

1. Een interventie wordt slechts verricht indien de daarvan verwachte beperking van de schade en de nadelige sociale en maatschappelijke gevolgen veroorzaakt door ioniserende straling, voldoende is om de schade, de nadelige sociale en maatschappelijke gevolgen en de kosten van de interventie te rechtvaardigen.
2. De vorm, de omvang en de duur van de interventie zijn zodanig, dat het voordeel van de daarmee te bereiken beperking van de gezondheidsschade, rekening houdend met de schade die aan de interventie is verbonden, zo groot is als redelijkerwijs mogelijk is.

Dit artikel geeft derhalve het afwegingskader voor de te nemen maatregelen. Gelet op bovengenoemd artikel moeten de beperking van door ioniserende straling veroorzaakte schade en andere nadelige gevolgen in verhouding staan tot de schade, de nadelige gevolgen en de kosten van de interventie; de kosten en nadelen van de te nemen maatregelen moeten opwegen tegen de eventuele winst in dalende risico's voor mens en milieu.

Hieronder zal ik bezien of de schade, andere nadelige gevolgen en de kosten van de interventie gerechtvaardigd en dus redelijk zijn.

Onderbouwing

Er bestaan geen nationale normen voor de maximale toegestane concentratie van tritium in grondwater. Ook internationale normen zijn er nauwelijks en variëren zeer sterk. Om hiervoor toch een saneringsnorm vast te stellen, is bij het vaststellen van de saneringsnorm in de interventiebeschikking van 3 maart 2014 als eerste stap gekeken naar de 'parameterwaarde'¹ van 100 Bq/L voor drinkwater. De inschatting van NRG was dat na genomen maatregelen de concentraties in grondwater buiten de terreingrens onder deze 100 Bq/L zouden blijven. Daarnaast bleek uit analyses van RIVM dat zelfs in het meest conservatieve (ongunstige) scenario, wanneer iemand zelf al zijn eigen drinkwater uit besmet sloop- of grondwater haalt, de maximale dosis als gevolg van een dergelijke concentratie 1 tot 2 microsievert/jaar zou zijn. Aangezien niet verwacht werd dat, met de geplande maatregelen, de concentraties van tritium in grondwater buiten de terreingrens boven de 100 Bq/L zouden komen, is geen verdere afweging gemaakt van de voor- en nadelen van maatregelen.

De afgelopen jaren blijkt de tritiumsanering echter minder effectief dan verwacht. De voordelen, de verlaging van de tritiumconcentratie, vallen lager uit dan verwacht waardoor het vrijwel zeker is dat concentraties buiten de terreingrens de waarde van 100 Bq/L zullen overschrijden, zelfs met het nemen van additionele maatregelen. Daarnaast moet meer grondwater worden onttrokken en de kosten zijn hoger dan in 2014 was voorzien. Hiermee is de behoefte ontstaan om nader te bepalen voor welke concentraties van tritium in grondwater op en rond de OLP de risico's voor mens en milieu het nemen van interventie maatregelen rechtvaardigt.

Allereerst stelt artikel 48, eerste lid, van het Bs dat een ondernemer ervoor dient te zorgen dat leden van de bevolking buiten de inrichting geen hogere effectieve dosis ontvangen dan 100 microsievert per jaar. Ook is in voorschrift E.8 van de aan NRG voor de HFR verleende Kernenergiewetvergunning opgenomen, dat NRG ervoor dient te zorgen dat de ontvangen effectieve dosis voor personen buiten de inrichting zo laag als redelijkerwijs mogelijk is, maar in ieder geval lager dan 40 microsievert per jaar. Verder is in de Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ een Secundair Niveau gedefinieerd van 1 microsievert per jaar voor lucht- en waterlozingen en 10 microsievert per jaar voor externe straling waaronder invulling van het ALARA-beginsel² vanuit de overheid geen prioriteit heeft en de verantwoordelijkheid voor het toepassen hiervan bij de vergunninghouder wordt

¹ Parameterwaarde is een waarde waarboven actie moet worden ondernomen om te onderzoeken wat de oorzaak van de besmetting is en of andere radioactieve stoffen aanwezig zijn.

² ALARA is acronym van 'As Low As Reasonably Achievable'. ALARA is het beginsel uit de stralingshygiëne waarin is vastgelegd dat de blootstelling zo laag moet zijn als redelijkerwijs mogelijk. Bij 'zo laag als redelijkerwijs mogelijk' dient de redelijkheid gebaseerd te zijn op economische en sociale factoren.

gelegd. Dit Secundaire Niveau is voor lucht- en waterlozingen lager dan voor externe straling, onder andere vanwege de potentie voor dit soort lozingen op een verspreiding over een groot gebied waarbij zowel de kans op blootstelling als het aantal personen wat blootgesteld kan worden veel groter kan zijn. Tot slot heeft het RIVM begin 2015 een inventarisatie verricht naar bestaande blootstellingssituaties in Nederland en de daarbij behorende risico's, ter voorbereiding op de implementatie van richtlijn 2013/59/EURATOM in de nationale wet- en regelgeving. Hierbij heeft het RIVM het risico van een bestaande blootstellingssituatie als verwaarloosbaar geclassificeerd als de effectieve dosis voor leden van de bevolking lager is dan 10 microsievert per jaar. Deze waarde is gebaseerd op internationaal algemeen geaccepteerde criteria voor vrijgave en vrijstelling en wordt in internationale documenten doorgaans als triviaal of onbeduidend ("trivial dose") beschouwd.

Hiertegenover staat dat een uitgebreide sanering betekent dat grote hoeveelheden grondwater uit het gebied zouden moeten worden opgepompt. Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) heeft reeds bij het vaststellen van de interventiebeschikking van 3 maart 2014 bij memo van 19 juni 2013 aangegeven dat oppompen van zeer grote hoeveelheden grondwater niet wenselijk is vanuit het oogpunt van de grondwaterstand vanwege mogelijk negatieve effecten op een nabij gelegen Natura-2000 gebied. Daarnaast gaat het oppompen van grondwater gepaard met aanzienlijke kosten voor de ondernemer.

Ik heb het RIVM verzocht de analyses en conclusies van NRG met betrekking tot de tritiumconcentraties in het grondwater en de ontwikkeling hiervan nader te bezien en te voorzien van een onafhankelijk deskundigenadvies. In haar notitie van 2 mei 2017 concludeert het RIVM dat het, bij een realistisch en proportioneel scenario van vervolgsanering, aannemelijk is dat de saneringsnorm van 100 Bq/L aan de terreingrens overschreden zal worden. Hierbij plaatst RIVM de kanttekening dat er grote onzekerheden bestaan over de grootte van de nog resterende besmetting in de bodem en over de manier waarop deze besmetting zich zal verspreiden richting de terreingrens van de OLP. Verder verwacht het RIVM niet dat een bovengrens van enkele duizenden Bq/L bij de terreingrens van de OLP zal worden overschreden. In de notitie is vermeld dat de werkelijke concentratie buiten de terreingrens daar waarschijnlijk ruim onder zal blijven door extra verdunning bij de naastgelegen sloot.

Met betrekking tot de radiologische consequenties van de tritiumbesmetting concludeert het RIVM dat, op basis van wat ze zelf omschrijven als een ruwe en zeer tot extreem conservatieve (te hoge) schatting, tritiumconcentraties van minder dan 5000 Bq/L in grond- of oppervlaktewater buiten de terreingrens van de OLP niet zullen leiden tot overschrijding van een effectieve dosis van 10 microsievert per jaar voor leden van de bevolking, een niveau wat door het RIVM als onbeduidend of triviaal wordt beschouwd. Dit geldt zelfs bij zeer onwaarschijnlijke scenario's, bijvoorbeeld het scenario dat uit gaat van een persoon welke louter lokaal besmet grondwater gebruikt voor irrigatie en het jaar rond van de eigen oogst eet. Een scenario waarbij het besmette grondwater als drinkwater wordt gebruikt beschouwd het RIVM als te onwaarschijnlijk, aangezien geen drinkwaterinlaatpunten in de nabijheid van het besmette gebied liggen. Hierbij valt op te merken dat de nu nog in de bodem aanwezige totale hoeveelheid tritium relatief beperkt is. Zo is de nu nog resterende bronterm beduidend kleiner dan de jaarlijks aan NRG vergunde hoeveelheid welke naar lucht of naar het openbaar riool geloosd mag worden en ook lager dan de in het Bs opgenomen

vrijstellingsgrens voor lozingen van tritium naar de lucht of naar het openbaar riool.

**Autoriteit Nucleaire
Veiligheid en
Stralingsbescherming**
ANVS
Beleid en Regelgeving

Tot slot concludeert RIVM dat bij de proportionaliteit van eventuele extra maatregelen om de concentraties aan de terreingrens verder te verlagen vraagtekens kunnen worden gezet, gezien de kosten van deze maatregelen afgezet tegen de geringe winst die hiermee te behalen valt in het beperken van de radiologische risico's.

Vaststelling nieuwe saneringsnorm/interventiebeschikking

Gelet op de toets aan rechtvaardiging als bedoeld in artikel 112 van het Bs en de analyse van het RIVM, ben ik van oordeel dat de saneringsnormen uit de interventiebeschikking van 3 maart 2014 dienen te worden aangepast.

In de huidige situatie is sprake van een beperkte bronterm met een langzame verspreiding waarbij potentiële effecten zich altijd tot de directe omgeving zullen beperken. Daarnaast hebben eventueel te nemen maatregelen ook nadelige gevolgen voor het milieu en zijn hier aanzienlijke kosten aan verbonden. Tot slot beschouwt het RIVM in de huidige situatie een effectieve dosis van 10 microsievert per jaar voor leden van de bevolking als onbeduidend. Gezien deze overwegingen concludeer ik dat het in de huidige situatie niet redelijk is verdere interventiemaatregelen te eisen als de potentiële blootstelling voor leden van de bevolking lager is dan 10 microsievert per jaar.

Omdat tritiumconcentraties van minder dan 5000 Bq/L in grond- of oppervlaktewater bij de terreingrens van de OLP niet zullen leiden tot overschrijding van een effectieve dosis voor leden van de bevolking die zich buiten de OLP bevinden van 10 microsievert per jaar en de kosten en andere nadelige gevolgen voor het milieu van de te nemen maatregelen om onder deze norm te saneren hoog zijn, bestaat er geen rechtvaardiging om de in de interventiebeschikking van 3 maart 2014 opgenomen saneringsnormen te handhaven. De kosten en nadelen van de te nemen maatregelen wegen niet op tegen de eventuele winst in dalende risico's voor mens en milieu. Hierbij is van belang dat de afgelopen jaren is gebleken dat de saneringsmaatregelen een beperkte invloed hebben op de uiteindelijk te bereiken tritiumactiviteitsconcentratie in het grondwater en dat het oppompen van zeer grote hoeveelheden grondwater niet wenselijk is vanuit het oogpunt van de grondwaterstand en vanwege mogelijk negatieve effecten op een nabij gelegen Natura-2000 gebied.

Gelet op het voorgaande pas ik de saneringsnorm als neergelegd in de interventiebeschikking van 3 maart 2014 met kenmerk DGETM-PDNIV / 14032712 als volgt aan:

- maximaal 5000 Bq/L op de terreingrens van de Onderzoekslocatie Petten (OLP);
- maximaal 5000 Bq/L vanaf de terreingrens van de OLP naar buiten toe;
- maximaal 7400 Bq/I op het HFR terrein en op de grens HFR- en NRG terrein, aflopend naar 5000 Bq/L op de terreingrens van de OLP.

Wanneer op de OLP terreingrens of daarbuiten de concentratie tritium in grondwater de 5000 Bq/L dreigt te gaan overschrijden, moet NRG een nieuw plan

indienen met maatregelen om zodoende de concentratie buiten de OLP terreingrens zo laag als redelijkerwijs mogelijk te houden.

**Autoriteit Nucleaire
Veiligheid en
Stralingsbescherming**
ANVS
Beleid en Regelgeving

Plan van aanpak sanering

Vanwege de nieuwe saneringsnorm dient door NRG een nieuw plan van aanpak voor de interventie opgesteld te worden. Aangezien NRG verantwoordelijk is voor de sanering van de gehele tritiumpluim, dient NRG ervoor in te staan dat zij - indien nodig - ook toestemming heeft om op terreinen van andere partijen (bijvoorbeeld in de nabijgelegen sloot) te saneren.

Daarnaast bevat het plan van aanpak een beschrijving van:

- De technische uitvoering van de maatregelen, met daarbij de duur van de saneringsactiviteiten en een uiterlijke datum van afronding van de saneringsactiviteiten;
- De afvoerroute van het opgepompte verontreinigde grondwater en ander afval dat ontstaat tijdens de sanering evenals de opslag, afvoer en administratie hiervan;
- De wijze van monitoren van de concentratie tritium in het grondwater binnen en buiten de terreingrens van de OLP;
- De wijze van monitoren van de saneringseffecten binnen en buiten de terreingrens van de OLP.
- De organisatie van de stralingsbeschermingsfunctie en een beschrijving van de wijze waarop hier invulling aan wordt gegeven bij dit project.

DE MINISTER VAN INFRASTRUCTUUR EN MILIEU,
namens deze,
afdelingshoofd Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming,

mr. Anneke van Limborgh

Bezwaarclausule

Op grond van de Algemene wet bestuursrecht kan een belanghebbende tegen dit besluit binnen zes weken na de dag waarop dit is bekendgemaakt een bezwaarschrift indienen. Het bezwaarschrift moet worden gericht aan de Minister van Infrastructuur en Milieu, ter attentie van Hoofddirectie Bestuurlijke en Juridische Zaken, afdeling Algemeen Bestuurlijk-Juridische Zaken, postbus 20901, 2500 EX Den Haag. Het bezwaarschrift dient te zijn ondertekend en ten minste te bevatten:

- a. naam en adres van de indiener;
- b. de dagtekening;
- c. een omschrijving van het besluit waartegen het bezwaarschrift zich richt (datum en nummer of kenmerk);
- d. een opgave van de redenen waarom men zich met het besluit niet kan verenigen.

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Projectnummer: D04001.000050
Onze referentie: 079207672 G

NRG

P.O Box 25
1755 ZG PETTEN
+31 (0)224 564950
www.nrg.eu