

Koelwater inname en lozing Waterwet

**Samenvatting activiteiten en ontwerp CWSR
Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor**

14 juni 2022 - AS1-Sensitive

Contactpersoon

[REDACTED]
Projectleider

M [REDACTED]
E [REDACTED]

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Beknopte omschrijving van het koelwater doorstroomsysteem	4
2	Koelwater inname punten	6
2.1	Ontwerpbasis van het inname systeem	6
2.1.1	Stroomsnelheid inname water, kroosrooster en vismigratie	7
2.2	Bouwactiviteiten van de inname punten	8
2.3	Bouwactiviteiten innameleidingwerk	9
3	Koelwater filter en waterbehandeling	11
3.1	Ontwerpbasis van de filters	11
3.2	Ontwerpbasis van de waterbehandeling	11
3.3	Bouwactiviteiten kelder en gebouw	13
4	Koelwater transport	14
4.1	Ontwerpbasis en uitvoering leiding vrije ontgraving	14
4.2	Ontwerpbasis horizontaal gestuurde boring	14
5	Koelwater pompen op het PALLAS plot	15
6	Transport van verwarmde water	16
6.1	Ontwerpbasis horizontaal gestuurde boring	16
6.2	Bouwactiviteiten horizontaal gestuurde boring	16
7	Lozing van het verwarmde water op zee	18
7.1	Ontwerpbasis uitstroomconstructie en lozing	18
7.2	Bouwactiviteiten uitstroomconstructie	18
	Colofon	19

1 Inleiding

De Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor, verder PALLAS genoemd, heeft het voornemen om een multifunctionele nucleaire reactor te bouwen, die geschikt is voor het produceren van medische isotopen, industriële isotopen en het uitvoeren van nucleair technologisch onderzoek. Dit beschrijvend document is opgesteld voor de vergunningsaanvraag Waterwet. In dit document worden de ontwerpuitgangspunten en de voorgestelde bouwactiviteiten omschreven van de Inname en lozing constructies als onderdeel van het Secundaire Koeling Systeem. Voor PALLAS is er een Basic Design gemaakt van het gehele ontwerp. De data in dit rapport is een samenvatting van het Basic Design Rapport.

Het inname en lozing systeem van het Secundaire koelwatersysteem kent meerdere onderdelen. Het Secundaire koelwatersysteem is onderverdeeld in de volgende subsystemen:

- a) Kanaalwater inname punten
- b) Kanaalwater inname leidingwerk
- c) Inname gebouw
- d) Inname leidingwerk
- e) Secundair koelwatergebouw (geen onderdeel van dit document. Dit gebouw staat op het PALLAS terrein)
- f) Surge tower (geen onderdeel van dit document. Dit gebouw staat op het PALLAS terrein)
- g) Surge tower valve pit (onderdeel van de Surge tower t.b.v. het reinigen van het leidingwerk doormiddel van een PIG)
- h) Lozing leidingwerk
- i) Uitstroomconstructie

Voor de volledigheid van dit beschrijvend document voor de Waterwet vergunning beschrijven wij subsystemen a t/m d, h en i.

Detail berekeningen en achtergrondinformatie zijn te vinden in de volgende drie documenten:

- Achtergrondrapport Oppervlaktewater project-MER
- CWSR Basic Design report (PAL_CWSR-ARC-GEN-SPE-ZZ-BD-0002) (geen onderdeel van de aanvraag)
- Constructief uitgangspunten document VO (PAL_CWSR_ARC-INT-ZZ-REP-CE-PD-0100)

1.1 Beknopte omschrijving van het koelwater doorstroomsysteem

Het koelwater wordt onder vrijval met lage stroomsnelheden naar de koelwaterkelder in het secundaire koelwatergebouw (e) geleid. Vanuit het kanaal stroomt het water door filters en een anti-scaling injectiepunt. Deze installaties staan in het inname gebouw (c). Het inname systeem bestaat uit twee inname punten, twee leidingen en twee filters. Vanuit de koelwater kelder, als onderdeel van het secundair koelwatergebouw (e) wordt het koelwater middels pompen door de warmtewisselaars gestuurd en via één leiding onder druk naar het lozingspunt op zee verpompt. De pompen staan in het secundaire koelwatergebouw op de Pallas plot. Op zee wordt een uitstroomconstructie geplaatst die de bewegingen van de zeebodem kan opvangen en daar overheen een beschermende constructie zodat er geen visnetten of ankers achter blijven hangen. Ter voorkoming van schade door visnetten of ankers wordt tevens een kardinale betonning geplaatst.

Ten tijde van het ontwerpen van het systeem is er onder anderen rekening gehouden met:

- de m³-onttrekking uit het NH-kanaal gebaseerd op een nominaal vermogen van de reactor van 25MW en een thermische belasting van 29MW. Dit resulteert in een water vraag van 1700m³/uur bij kanaalwater van 20°C en 3000m³/uur bij 26°C (excl. Terugspoel capaciteit en afwijking).
- de verschillen van onttrekking bij de overgangsfase van de reactor, nominale belasting, piek belasting én ontwerpbelastingen. Ontwerpbelastingen houden rekeningen met mogelijke niet voorziene toekomstige (klimaat)scenario's.
- de milieuneutrale onttrekking in m³/maand op het moment dat de HFR geen koelwater meer inneemt.
- lage stroomsnelheden om het terugzwemmen van vissen mogelijk te maken;

- extreme weersomstandigheden zowel in hitte als in kou. De berekeningen en technische voorzieningen houden hiermee rekening doormiddel van de debieten bij extreme warmte en bellenschermen bij innamepunten ten behoeve van vorstbescherming.
- het gebruik van chemicaliën zo minimaal mogelijk maken. Waarbij er gerekend is met een rest chloor concentratie bij het uitstroomwerk op zee die onder de detectiegrens valt. De restwaarde chloor wordt in de koelwaterkelder gemeten. Vanuit daar wordt de dosering aan de inname zijde aangepast. Het betreft hier een trage feedback regeling.
- het plannen van alternatieve werkzaamheden voor de HFR, plannen van preventief onderhoud en strategische tijdslots voor de overgangsfase, waarbij het opstarten van de PALLAS-reactor voor zo min mogelijke additionele koelwateronttrekking zorgt van het watersysteem.

2 Koelwater inname punten

De nieuwe PALLAS-reactor maakt net als de HFR gebruik van het water uit het Noord-Hollandskanaal om de reactor te koelen. De HFR heeft voor het innemen van water een enkel inname punt. In verband met de beschikbaarheid zijn er voor de PALLAS-reactor twee inname punten ontworpen. De randvoorwaardes blijven van toepassing als er onverhoopt één van de twee inname punten buiten bedrijf valt, verstopt of geblokkeerd raakt. Een vast uitgangspunt voor het gehele systeem is dat beide inname lijnen in bedrijf zijn. Dit om ter voorkomen van scaling door stilstand en voorkomen van slijtage door stilstand mechanische onderdelen.

2.1 Ontwerpbasis van het inname systeem

De ontwerp basis van de hoeveelheid water dat ingenomen dient te worden voor de koeling van de reactor is afhankelijk van het vermogen van de reactor en de temperatuur van het water in het NH-kanaal. De volgende debieten zijn berekend aan de hand van de twee maatgevende parameters:

Temperatuur water (°C) NH-kanaal	Reactor vermogen (MW)	Thermische vraag koelwatersysteem (MW)	Inname debiet kanaalwater (m ³ /uur)	Inname debiet plus terugspoelen van de filters (m ³ /uur)
10°C	25	29	1000	1200
20°C	25	29	1700	1900 (50% max. ontwerpdebiet)
26°C (extreem zomer)	25	29	3000	3200
0.1°C (extreem winter)	25	29	700	900

De hydraulische debieten houden rekening met een additionele 200m³/uur inname voor het terugspoelen van de filters. Waarbij incidenteel het inname debiet kan stijgen naar 1200, 1900 of 3200m³/uur afhankelijk van de temperatuur van het kanaalwater. Voor de vergunningsaanvraag wordt er een additionele 100m³/uur opgeteld als afwijking. Door deze afwijking wordt het inname debiet voor de waterwet vergunningsaanvraag op maximale inname van 3300m³/uur gesteld bij de extreme zomer situatie.

Het is echter aannemelijk dat het kanaalwater fluctueert tussen de 10 en 20°C waarbij er rekeningen gehouden kan worden met een nominale inname die varieert van 1200m³ naar 1900m³/uur.

Het ontwerpdebiet van de installaties (innamepunten, kroosrek, filters, chloor-doseerinstallatie) ligt op 3800m³/uur. Deze berekening is gebaseerd op de extreme zomer waarbij de reactor op maximaal ontwerpvermogen draait. Door de maximale ontwerpdebieten van de installatie op 3800m³/uur te zetten kan er één van de innamepunten “verstopt” raken bij een watertemperatuur van 20°C. De berekende water inname bij 20°C is 1700m³/uur plus 200m³/uur voor het terugspoelen van de filters. Het ontwerp is gebaseerd op twee installaties van ieder 1900m³/uur. Bij een uitval van één van de lijnen blijft er 1900m³/uur inname beschikbaar. Waarbij er een volledig redundante installatie ontstaat.

Ten behoeve van de vorstbescherming van de inname werken wordt er bij beide inlaatconstructies, achter het kroosrooster, een bellenscherm voorzien. Om de lucht bij het bellenscherm te krijgen dient er een thyleen Ø63mm luchtleiding vanuit het inname gebouw naar de inname punten gelegd te worden. De manier van uitvoeren dient op een manier uitgevoerd te worden dat er geen kwel ontstaat. De aannemer van het uitvoeringscontract dient de methode uit te werken in de ontwerpfase en legt de uitvoeringmethodiek ter acceptatie voor aan HHNK. In aanvulling op de methodiek van kwelbeheersing dienen alle werkzaamheden ontworpen te worden conform de NEN 3651.

Om bevriezing en vastlopen van de installatie te voorkomen blijven beide lijnen (installaties en leidingwerk) open voor inname van koelwater. Ook bij lage temperaturen van het kanaalwater blijft er koelwater gravitair door de inname punten en het inname gebouw naar de koelwaterkelder stromen.

De kanaalwater inname punten vallen in de beschermingszone A van de regionale kering en hebben constructief betrouwbaarheidsklasse RC3 en zijn daarmee voldoende veilig. Om aan de RC3 klasse te voldoen dienen de daarvoor voorgeschreven veiligheidsfactoren op de belastingen en de partiële factoren op de weerstandsfactoren (specifieke eigenschappen van staal, grond en beton) te zijn voorzien in de constructieve uitgangspunten. De ontwerplevensduur van de kanaalwater inname punten is 100 jaar volgens de geldende leidraden en normen. Voor de

fysieke veiligheid en afsluitbaarheid dienen de inname constructies te zijn voorzien van damwanden met een toekomstbestendige hoogte, wandafsluiters en schotbalkspinningen. De mate van details aan dit ontwerp worden door de toekomstige contractvorm bepaald. De vraag van PALLAS is op het moment van schrijven om een Design & Construct werk uit te vragen bij de marktpartijen.

2.1.1 Stroomsnelheid inname water, kroosrooster en vismigratie

Om de inname van vissen, glasaal en andere fauna te voorkomen is er een ideale verhouding berekend tussen de afmetingen van de innameconstructies, leidingdiameter, leidinglengtes en de haalbare terug-zwemsnelheid van de voorkomende soorten. De focus voor deze berekening ligt bij de zwemsnelheid van de glasaal. Waarbij de glasaal een maximale zwemsnelheid heeft, voor een bepaalde afstand, van 0,3mtr/sec (vluchtsnelheid). Voor de berekening van deze vluchtsnelheid hebben wij gebruikt van de data opgenomen in de tabel uit het SWIMIT v3.3 programma hieronder. De snelheden zijn berekend in de situatie dat beide inname lijnen in bedrijf zijn.

Het kroosrooster is een spijlenrooster met dikte 10 mm en h.o.h. afstand 55 mm. Het aantal spijlen bedraagt bij een inlaatbreedte van 3500 mm ca. 64 spijlen. Met een effectieve breedte 2860 mm. Drempelhoogte is NAP -2,90 m en worst case laag water kanaal waterpeil NAP -0,70 m. Max inlaatdebiet 1900 m3/h per inlaat resulteert in een gemiddelde stroomsnelheid 0,084 m/s worst case condities bij het spijlenrooster

Water temp. °C	Parameter and percentile	Body length (cm)							
		10cm		30cm		50cm		70cm	
		Sust.	Burst	Sust.	Burst	Sust.	Burst	Sust.	Burst
<10	Mean	9	101	19	109	38	119	58	126
	90	<5	80	6	88	18	98	31	105
10-15	Mean	13	104	23	112	43	123	62	129
	90	<5	83	9	91	22	102	35	108
>15	Mean	18	107	27	115	47	125	66	132
	90	6	86	13	94	26	104	38	111

Table 6.2: Burst and sustained speeds (cms⁻¹) of adult yellow eel (*Anguilla anguilla*) in relation to size and water temperature, with median and 90th percentile values (from SWIMIT v3.3)

Inname debiet kanaalwater (m ³ /uur)	Inname debiet plus terugspoelen van de filters (m ³ /uur)	Stroomsnelheid in de inname leiding (m/s)	Stroomsnelheid bij het inname punt (m/s)
1000	1200	0,087	0,020
1700	1900	0,137	0,032
3000	3200	0,231	0,054
700	900	0,065	0,015

De bovenstaande berekening is gebaseerd op twee inname leidingen in bedrijf. De maximale vluchtsnelheid voor de glasaal is vanuit het programma vastgesteld op 0,3 m/s. Deze vluchtsnelheid kan de glasaal gedurende een bepaalde tijd en temperatuur van het water volhouden. Zie hieronder de berekende maximale lengte van terugzwemmen, uitgezet tegen de debieten en temperaturen.

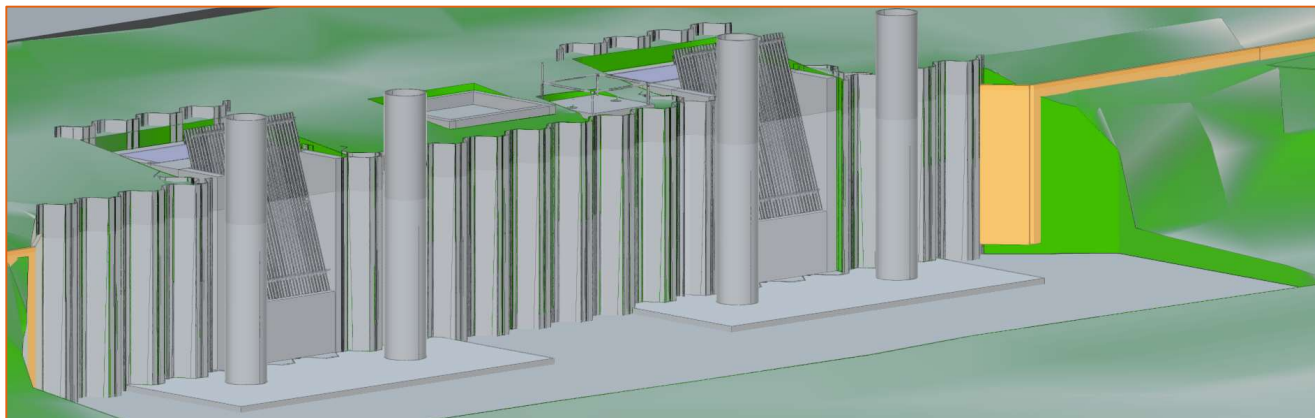
Inname debiet plus terugspoelen van de filters (m ³ /uur)	Temperatuur kanaalwater minder dan 10°C	Temperatuur kanaalwater meer dan 15°C	Maximale lengte van leiding bij vluchtsnelheid van 0,3m/sec. (mtr.)
1200	10°C		1.663
1900		20°C	1.367
3200		26°C	577
900	0,1°C		1.832
1900 (worst case) (max. ontwerpdebiet één lijn in bedrijf)		26°C	213

In de meest ongunstigste situatie kan de glasaal een afstand afleggen van 213 meter. De lengte van de twee inname leidingen tussen de inname punten en het filtergebouw is ca. 60 meter. Het is voor de glasaal goed mogelijk om met de extreme stroomsnelheid van 0,275 m/s een afstand af te leggen van 60 meter. Als de stroomsnelheid boven de 0,3 m/s uit zou komen, of de lengte naar het filter gebouw langer zou zijn dan 213 meter, zou het niet toelaatbaar zijn. Voor zowel de maximale afstand als de maximale snelheid worden niet overschreden in dit ontwerp.

Voor het geval dat er vissen de weg niet meer terug kunnen vinden naar het kanaal, zijn er voorbereidingen getroffen voor het naderhand aanbrengen van een visretour installatie. Deze installatie reduceert de inname van flora en fauna in het koelwatersysteem tot verwaarloosbaar, doormiddel van de best beschikbare technieken. Door de voorbereiding is er rekening gehouden met de installatie van de beste beschikbare technieken, achteraf, t.w.: vis vangsters, lage druk spray nozzles, vis opvang, geleideconstructie en retour leidingwerk.

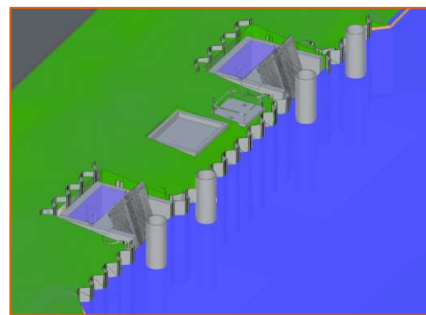
2.2 Bouwactiviteiten van de inname punten

Beide inname punten zijn ontworpen op een in het werk gestorte betonconstructies. Door de plaatselijke slappe laagopbouw in de ondergrond is een fundering op staal uitgesloten. De constructie dient aan de damwanden verankerd te worden. In verband met de beheersmaatregelen ten behoeve van de regionale kering het voorkomen van zout kwelwater, is er gekozen voor een fundering van damwanden met onderwaterbeton. Vanuit de constructieve berekening is aangegeven dat de damwanden voorzien dienen te worden van trek-nokken. Om de opwaartse druk op het onderwaterbeton over te brengen op de damwanden. De betonconstructies van de inname punten worden als het waren opgehangen aan de damwanden waardoor er geen funderingspalen nodig zijn. De damwandplanken worden na het afbouwen van de inname punten op lengte afgebrand. De damwandkuip heeft ook een kwelweg verlengende functie. Omdat deze constructie in de regionale kering worden geplaatst dienen er beheersmaatregelen getroffen te worden tegen kwel en onderloop. In het ontwerp is gekozen voor de AZ28-700 planken.



Afbeelding 1 - Aanzicht van het inname constructies (uit 3D-model)

Ten behoeve van het voorkomen van bodem erosie en bagger inname is er voorzien in stortsteen matten op de bodem van het kanaal. Ter voorkomen van het aanvaren van de inname punten dienen er aanvaarpalen worden geplaatst. De positionering van de aanvaarpalen in het kanaal dient minder of gelijk te zijn aan de bestaande HFR koelwater inname beschermingsconstructie. De HFR dukdalf-constructie staat 1,5 mtr in het kanaal, gemeten vanaf de zijkant van de oeverbescherming. De bestaande oeverbescherming wordt na de werkzaamheden bevestigd aan het damwandscherm.



Afbeelding 2 - Bovenaanzicht van inname punten incl. waterlijn (uit 3D-model)

2.3 Bouwactiviteiten innameleidingwerk

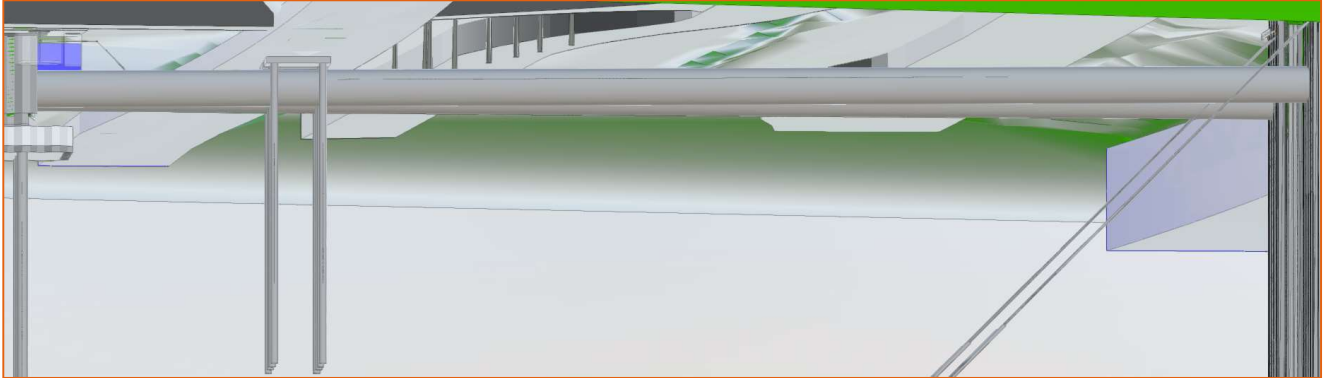
De twee leidingen (penstocks) die de inname punten en het inname gebouw met elkaar verbinden hebben een uitwendige diameter van 1720mm en een inwendige diameter van 1564mm. Uitgangspunt voor het ontwerp is het toepassen van een Gesloten Front Techniek (GFT). De GFT gaat onder de rijksweg N9 door. Hiervoor dient een start en ontvangstuip gerealiseerd te worden. De damwandkuipen voor de inname constructies en de kuip voor de kelder van het inname gebouw dienen deze dubbel functie te vervullen. De tijdelijke ontvangstuip van de leiding is tevens de kuip van de inname constructies.

Vanwege het kruisen van de watergangen, de regionale waterkering en de rijksweg N9 gelden er aanvullende eisen met betrekking tot het uitvoeren van de twee leidingen middels GFT:

- Ter hoogte van de rijksweg N9 dient de gronddekking minimaal 2 x de leidingdiameters te zijn. Dit geeft een dekking van 3,44 m. Ter hoogte van de rijksweg is voldoende dekking voorzien.
- Ter hoogte van de rijksweg N9 dient de onderlinge afstand van de leidingen 10 m te zijn. Als kan worden aangetoond dat de GFT geen invloed heeft op de naastgelegen buis kan de tussenruimte verkleind worden. Op basis van de huidige gegevens vanuit de sonderingen wordt een onderlinge afstand ter hoogte van de weg gelijk aan ca. 9 m aangehouden. Detail berekeningen kunnen dit bevestigen.
- In verband met de onderhoudsvoorwaarden van de primaire watergang dient de leiding 1 meter gronddekking te hebben.

Hiermee hebben buizen in het horizontale vlak een helling van 6 graden. Ten opzichte van de theoretische as van de buis dient rekening gehouden te worden met 0,3 m tolerantie in zowel het verticale als horizontale vlak. De maximale kracht is ingeschat op ca. 5000 kN, de lengte van de stelling ca. 15 m. De kracht dient hiermee afgedragen te worden op de achterwand van de tijdelijke bouwkuip van het inname gebouw. In geen geval mogen de funderingspalen van het inname gebouw horizontaal belast worden. De aannemer dient middels berekeningen aan te tonen dat deze kracht opgenomen kan worden door de damwanden (eventuele andere hulpconstructies) en het grondmassief.

Er dient rekening gehouden te worden met het tijdelijk dempen van de primaire watergang (eventueel met tijdelijke duiker) om te voorkomen dat als gevolg van de boordruk grondbreuk ontstaat. In verband met de onderhoudsvoorwaarden van de primaire watergang dient de leiding 1 meter gronddekking te hebben. Hier kan in het ontwerp niet aan worden voldaan. Ter compensatie dienen er overkluizing over de penstocks gebouwd te worden. De breedte van de overkluizing is gelijk aan 4,2 m, de lengte gelijk aan 3 m. De funderingsplaat heeft een dikte van 0,3 m en dient bestand te zijn tegen een stoot van 50 kN als gevolg van onderhoud werkzaamheden aan de sloot (e.g. hekkelen). De plaat wordt gefundeerd op schroefpalen Ø350 met een paalpuntniveau gelijk aan NAP -16,0 m.



Afbeelding 3 - Aanzicht van het inname leidingwerk (uit 3D-model)

3 Koelwater filter en waterbehandeling

De bandfilters, flowmeting en waterbehandeling installatie staan in het inname gebouw. Het inname gebouw is een diep gelegen kelder met een bovenbouw ten behoeve van de installatieonderdelen en besturingskasten. Rondom het gebouw is voorzien in een terrein voorziening voor het leveren van het zout en een vloeistofdichte zone voor het plaatsen van de tijdelijke pompinstallatie voor het reinigen (piggen) van de leidingen met een PIG installatie. Het gehele terrein is omheind en voorzien van bewakingscamera's. Het koelwater inname gebouw ligt niet op de PALLAS plot maar is wel onderdeel van de beveiliging van PALLAS.

3.1 Ontwerpbasis van de filters

Het ontwerp van de bandfilters, de flowmeters, en waterbehandelings-installatie is onder andere gebaseerd op het peilbesluit Schermerboezem en VRNK-boezem van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. De Schermerboezem hanteert een bovengrens van NAP -0,30 m en een ondergrens op NAP -0,70m, onder normale omstandigheden. Het vigerende streefpeil van NAP -0,50 bij Spijkerboor wordt gecontinueerd, omdat deze al zeer lange tijd gehanteerd worden. Elke filter heeft een hydraulisch maximum van 1900m³/uur. Beide bandfilters zijn in bedrijf voor het behoud van de filters. De bandfilters zijn uitgerust met een spoelwaterinstallatie die doormiddel van kanaalwater de filters continu schoonhoudt. Op de bandfilters zit een voorbereiding op een visretoursysteem van 300x300mm. Dit is een vergrote variant vanwege de aanwezigheid van riet en andere grotere drijvende onderdelen.

De bandfilters zijn opgesteld in een vrij-verval doorstroomsysteem naar de PALLAS-plot. De maaswijde is 1,5x1,5mm van de filters. De weerstand over het filter mag niet meer worden dan 1cm. Wat gelijk staat aan een vervuilingpercentage van 30%. Een hogere weerstand zorgt voor een verhoging in de stroomsnelheid en een verstoring van de uiteindelijke hydraulische vrij-verval naar de koelwaterkelder twee kilometer verder op het PALLAS plot. Om die reden zijn de spoelwaterpompen ook 100% redundant uitgevoerd.

De filters dienen individueel ingeblokt te kunnen worden voor onderhoud. Het inblokken van de filters wordt doormiddel van wandafsluiters gedaan. De zelfde afsluiters worden toegepast als tweede en derde veiligheids als de wandafsluiters bij het dichtzetten water doorlaten.



Afbeelding 4 - Voorbeeld bandfilter

3.2 Ontwerpbasis van de waterbehandeling

Om algengroei in de koelwaterleidingen te verminderen dient er chloor te worden toegevoegd aan het koelwater alvorens het in de leiding richting het PALLAS-plot stroomt. De berekeningen van de vrij chloor concentratie zijn gebaseerd op de ervaringen van de chloordosering op het bestaande koelwaterinname punt voor de HFR. De concentraties mogen variëren van 0,2 tot 1 mg/L Vrij beschikbaar chloor (FO). De normen bij discontinue- en continue chloordosering zijn respectievelijk 0,5 mg/l en 0,2 mg/l. De best beschikbare technieken worden toegepast om de effecten van specifieke restlozing op zee zo minimaal mogelijk te maken. Het chloor dient gemaakt te worden via zout-elektrolyse. De installatie is voorzien van een 7m³ brine-tank als voedingstank voor de zout-elektrolyse. Deze tank wordt afhankelijk van het verbruik eens per vier weken gevuld met zout. Het Brine wordt aangemaakt door drinkwater aan het geleverde zout toe te voegen. Achter de elektrolyse installatie staat een 600L dagtank voor de vrij beschikbaar chloor concentratie (25g/L vanuit de opgave van de fabrikant). Vanuit de dagtank wordt er chloride gedoseerd op de verdunningspompen. Het bereik van de chloordosering is te groot om met één pomp te doseren. Daarvoor is er na de doseerpomp een verdunningspomp geplaatst. Om het minimum bereik te kunnen halen van 0,2mg/L kan er dus minimaal gedoseerd worden met de doseerpomp en tegelijkertijd een maximaal debiet over de verdunningspomp.

In de installatie van het koelwatergebouw op de PALLAS-plot dient de restconcentratie chloor te worden gemeten. Dit kan in de koelwaterkelder en moet bij de surge tower gemeten worden. Omdat de restconcentratie vrij chloor niet te meten is op zee, dient er een aanname gemaakt te worden voor de restconcentraties die nodig zijn om algengroei tegen te gaan in het leidingwerk ten behoeve van het lozen van het koelwater op zee. Vanwege het niet kunnen meten van restconcentratie op zee, is dit een berekening die uitgevoerd dient te worden, waarna de te injecteren concentratie aan de inname zijde gecorrigeerd dient te worden. Het risico op overschrijden van de waterkwaliteitsnormen wordt beheerst door de installatie in te stellen op 0,2mg/L. Het meten van de weerstand en de restconcentratie zorgt voor

het opvoeren van de dosering tot een maximum van 1,0mg/L. Als de installatie nog meer chloor vraagt wordt het tijd om de leidingen te reinigen door middel van piggen. Na het piggen van de installatie wordt de doseerinstallatie bijgesteld naar 0,2 mg/L.

Voor de MER-rapportage is er gerekend met een vrij chloor concentratie van 150g/L en een conservatieve aanname gedaan bij het verbruik van chloor van 80% aan diverse andere stoffen in het inname water. Bij een debiet van 3300m³/uur en een vrij chloor concentratie van 0,2 mg/L is er 0,53kg/uur aan vrij-chloor nodig. Bij een verbruik van 80% dient er 2,6 kg/uur gedoseerd te worden. Met een chloorbleekloog oplossing van 150g/L resulteert dit in een dosering van 154 m³/jaar.

De gekozen zoutelectrolyse installatie maakt chloor aan met 25g/L in plaats van 150g/L. Het chloorverbruik dient in de praktijk vastgesteld te worden. Zo lang de pompen het bereik kunnen leveren is er onder-, of overschrijding mogelijk. De onderstaande tabel gaat dus uit van een 2,5% oplossing in plaats van de 15% oplossing die gebruikt is in de Emissie-immissie toets. De benodigde kg/uur aan vrij-chloor verschillen niet, alleen de concentratie.

Inname debiet kanaalwater (m³/uur)	Chloor verbruik (%) Totaal chloor minus vrij beschikbaar chloor	Concentratie bij injectiepunt (g/L)	Debiet verdunningspomp (m³/uur)	Orderfrequentie zout voor 7m³ Brine tank (dagen)
3300	40	0,044	12,44	41,1
3300	60	0,066	12,44	27,4
3300	80	0,133	12,44	14
1700 (nom onttrekking)	50	0,053	6,41	66,5

Koelwater debiet	m³/h	3300
Vrij-chloor concentratie (HOCl + OCl)	mg/l	0,2
Deel van de tijd "aan"	%	80,00
Vrij-chloor (HOCl) benodigd	kg/uur	0,53
	kg/dag	12,7
aantal maanden per jaar boven 10C doseren		12,0
bij maximale pompcapaciteit	kg/jaar	4.625,3
Chloor "verbruik" (Totaal chloor - vrij chloor)	%	80
Initiële dosering	kg/uur	2,6
	kg/dag	63,4
gemiddelde pompcapaciteit in doseermaanden		100%
	kg/jaar	23.126,4
Chloorbleekloog - oplossing (15% FO)	g/l	150
	l/uur	17,6
	l/dag	422,4
	l/jaar	154.176,0
	m3/jaar	154,2
Zout voor zoutelectrolyse	kg/uur	5,3
	kg/dag	126,7
	kg/jaar	46.252,8
gemiddeld tijdens doseerperiode	kg/maand	3.854,4

Koelwater debiet	m³/h	3300
Vrij-chloor concentratie (HOCl + OCl)	mg/l	0,2
Deel van de tijd "aan"	%	80,00
Vrij-chloor (HOCl) benodigd	kg/uur	0,53
	kg/dag	12,7
aantal maanden per jaar boven 10C doseren		12,0
bij maximale pompcapaciteit	kg/jaar	4.625,3
Chloor "verbruik" (Totaal chloor - vrij chloor)	%	40
Initiële dosering	kg/uur	0,9
	kg/dag	21,1
gemiddelde pompcapaciteit in doseermaanden		100%
	kg/jaar	7.708,8
Chloorbleekloog - oplossing (2,5% FO)	g/l	25
	l/uur	35,2
	l/dag	844,8
	l/jaar	308.352,0
	m3/jaar	308,4
Zout voor zoutelectrolyse	kg/uur	1,8
	kg/dag	42,2
	kg/jaar	15.417,6
gemiddeld tijdens doseerperiode	kg/maand	1.284,8

Afbeelding 5 - Berekeningen vrij-chloor hoeveelheden

3.3 Bouwactiviteiten kelder en gebouw

De constructie van het inname gebouw kruist de regionale waterkering van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). Het inname gebouw valt in de beschermingszone B en ligt buiten het profiel van vrije ruimte, hierbij hoort een betrouwbaarheidsklasse RC1 conform de “Leidraad waterkerende kunstwerken in regionale keringen”.

Voor het ontwerp van de kelder en het inname gebouw is er uitgegaan van het toepassen van onderwaterbeton in een permanente damwandkuip. Na het aanbrengen van de kuip, het onderwaterbeton en de definitieve funderingsvloer wordt de GFT gestart vanuit de “inname gebouw bouwkuip” naar de “inname punten bouwkuip”. De GFT wordt dus naar het NH-kanaal uitgevoerd.

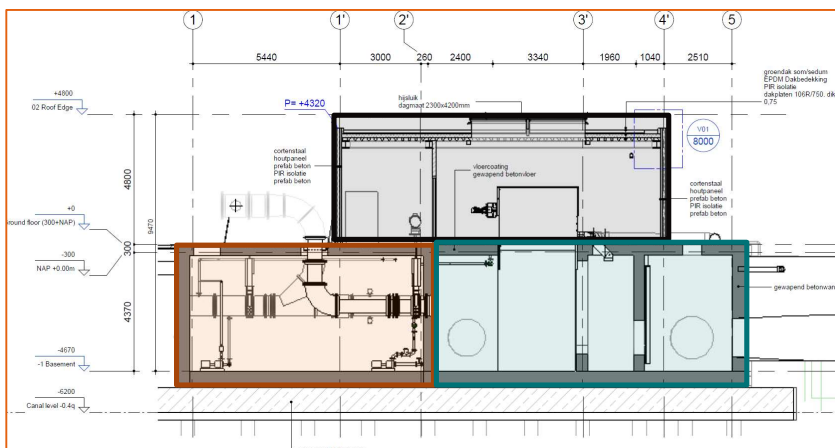
Na het plaatsen van de inname leidingen worden de kelderwanden gestort. Na het storten van de wanden worden de schroefpalen aangebracht voor het deel van de vloer zonder kelder (Voorzijde van het gebouw).

De bovenbouw heeft een gevel afwerking van beton en cortenstaal. In de bovenbouw zijn vier ruimtes gedefinieerd. De ruimte waar het bovenwerk van de bandfilters toegankelijk is voor service en onderhoud. Deze ruimte beschikt ook over een hijsvoorziening. De ruimte achter de bandfilters is voor de elektrolyse en de vrij chloor dag tank. Deze ruimte is verwarmd. Chloor mag niet onder de 10°C komen. Anders gaat het kristalliseren. Aan de voorzijde van het gebouw zijn twee ruimtes, (1) entree en Brine tank en (2) schakelruimte voor laagspannings- en besturingskasten.



Afbeelding 6 - Artist impression inname gebouw

De kelder van het gebouw kent twee compartimenten, een droog en een nat compartiment. In het natte deel komt het kanaal water binnen en gaat door de bandfilterinstallatie. In dit natte compartiment zit ook de zuigleiding ten behoeve van de tijdelijke pompinstallatie voor het piggen van de koelwaterleidingen. In het droge compartiment bevinden zich spoelwater, verdunningspompen, leidingwerk, chloor-injectiepunten en de flowmeters, instrumentatie en afsluiters. De toegang tot deze kelder wordt gegeven door kooiladders.



Afbeelding 7 - Doorsnede pompgebouw (oranje = droge kelder; groen = natte kelder; grijs = bovenbouw)

4 Koelwater transport

4.1 Ontwerpbasis en uitvoering leiding vrije ontgraving

De eerste 225 meter van het inname leidingwerk tussen het inname gebouw en het secundaire koelwatergebouw dient aangelegd te worden in de open ontgraving. De reden van de openontgraving is de haalbaarheid van het uitleg tracé aan dezelfde zijde van het NH-kanaal. De gestuurde boring wordt vanuit het uittredepunt teruggetrokken richting het secundaire koelwatergebouw. Het leidingdeel in de vrije ontgraving dient onder een hoek aangelegd te worden zodat er geen lucht opsluiting plaatsvindt. De gronddekking van de leiding ter plaatse van het inname gebouw is 1.70mtr. De gronddekking ter plaatse van de koppeling met de HDD is 2.70mtr. Er zit dus over 225 meter 1 meter afschot.

In verband met de gelimiteerde geotechnische gegevens en het risico op opwaartse zoutwaterdruk vanuit de ondoorlatende kleilaag, dient de leiding gesegmenteerd aangelegd te worden. De maximale sleufbreedte is 3,6mtr met een helling van 1:1,5 en het toepassen van sleufbekisting wordt geadviseerd. Op het diepste punt dient tot 4,8mtr onder maaiveld te worden gegraven. Wij sluiten niet uit dat er drains gelegd moeten worden om ter plekke een droge bouwplaats te maken.

4.2 Ontwerpbasis horizontaal gestuurde boring

Voor het ontwerpen van twee horizontaal gestuurde boringen mogen de leidingen niet dicht bij elkaar liggen dan tweemaal de dikte van de slapste laag. De minimale afstand tussen de twee leidingen is 11 meter. Het uittrede punt van de twee boringen dient met zorg gekozen te worden. De leidingen in de vrije ontgraving liggen namelijk 1,7 meter van elkaar af. De HDPE-leiding dient uitgelegd te worden langs het inname gebouw en het NH-kanaal. Ter plaatse van het secundaire koelwatergebouw dient een stalen casing toegepast te worden om de bovenbelasting van het zandpakket op de HDPE-leiding te verminderen. Waar de HDD onder het zandpakket komt te liggen dient de leiding een dikkere wanddikte te krijgen, namelijk SDR9.

Omschrijving	Eigenschappen
Materiaal	HDPE PE100 SDR11 en SDR9
Diameter	Uitwendig Ø900mm, inwendig Ø736,4 en Ø700(SDR9)
Interne drukken	2 bar operationeel, 4 bar testdruk
Medium	Koelwater
Temperatuur	Variërend van 0,1°C tot 26°C
Young's modulus (NEN3650-1)	
- Kort	975 N/mm ²
- Lang	350 N/mm ²

Voor de leidingberekeningen zijn de volgende aannames gedaan:

- Koolstofstalen casing 48", lengte van 31 meter, op een diepte van NAP-9,35 m, om de additionele bovendruk van de duinen te dragen;
- S waarde =1, conform art 6.5 en appendix B van de NEN-3651:2020
- De ingaande boorhoek is 22,5° en de hoek van uittrede is 15°
- Verticale buigradius is Rv=350m en Rv=400m,
- Horizontale buigradius is Rv=1000m en Rv=1500m
- Totale horizontale lengte van boring is 1.395 meter
- Aanlegdiepte van de HDD is NAP -35,0 m
- Tijdens het terugtrekken van de HDPE leiding dient de leiding volledig gevuld te zijn met water om opdrijven te voorkomen; én
- De leiding dient ten alle tijde gevuld te blijven om implosie te voorkomen.

5 Koelwater pompen op het PALLAS plot

De gegevens worden niet door Arcadis uitgewerkt. In het secundaire koelwatergebouw bevinden zich drie koelwaterpompen die het water uit de kelder onttrekken. Het koelwater wordt door warmtewisselaars geleid, waarna het verwarmde water naar zee wordt getransporteerd. De drie koelwaterpompen onttrekken het water uit de kelder en zorgen voor lozing op zee. De persdruk op de pomp is indicatief voor de mate van aangroei in de leiding die het koelwater loost op zee. Bij een toenemende weerstand kan er gekozen worden om meer chloor te doseren of het inplannen van een schoonmaakactie middels het piggen van de leiding.

Naast het koelwatergebouw wordt er ook een surge tower gerealiseerd. Deze installatie dempt de eventuele schokgolven uit het systeem en ontlucht mogelijke het systeem. Vanuit het koelwater systeem is de surge tower uitgebreid met een PIG ontvangst punt en een PIG lanceer aansluiting. Het ontvangst punt ontvangt de gelanceerde PIG uit het inname gebouw. De PIG lanceer aansluiting is voor het reinigen (piggen) van de koelwater afvoerleiding naar zee. De zee is dan de ontvanger van de PIG. De PIG is een (schuim)probe die drijft. De PIG dient tijdens de werkzaamheden uit zee gevist te worden.

De surge tower is de laatste locatie waarbij er restconcentraties van vrij beschikbaar chloor gemeten kan worden. Deze parameter samen met het weerstandsverloop aan de perszijde van de koelwater pompen zijn de sturingsparameters voor de chloordosering bij het innamepunt.

6 Transport van verwarmde water

Via de Surge tower wordt het verwarmde water naar het uitstroompunt gepompt om daar op zee geloosd te worden. Op zee komt een uitstroomconstructie met een terugslagklep om instroom van zeewater te voorkomen. De uitstroomconstructie bestaat uit twee onderdelen, een betonnen fundering en een stalen beschermingsconstructie. De beschermingsconstructie is een stalen frame om het vastlopen van visnetten of ankers te voorkomen.

6.1 Ontwerpbasis horizontaal gestuurde boring

De persleiding voor het lozen van het verwarmde water wordt net als de inname leidingen, aangelegd door middel van een horizontaal gestuurde boring (HDD). De gestuurde boring wordt vanuit het PALLAS plot gestart en de HDPE-leiding wordt vanaf zee teruggetrokken. Het uitleg tracé ligt bij deze leiding op zee. De leiding is een HDPE SDR11 Ø1000mm, met een inwendige maatvoering van 818mm. Het ontwerp van de leiding onder de duinen is voorzien van een koolstofstalen mantelbuis om de additionele bovenbelasting van het duin op te vangen.

Omschrijving	Eigenschappen
Materiaal	HDPE PE100 SDR11
Diameter	Uitwendig Ø1000mm, inwendig Ø818mm
Interne drukken	2 bar operationeel, 4 bar testdruk
Medium	Koelwater
Temperatuur	ca. 35°C
Temperatuur levensduurberekening	max. 40°C
Young's modulus (NEN3650-1)	
- Kort	396 N/mm ²
- Lang	184 N/mm ²

Voor de leidingberekeningen zijn de volgende aannames gedaan:

- Koolstofstalen casing 56", lengte van 92 meter, op een diepte van NAP-31,9 m, om de additionele bovendruk van de duinen te dragen;
- S waarde =1, conform art 6.5 en appendix B van de NEN-3651:2020
- De ingaande boorhoek is 22,5° en de hoek van uitrede is 15°
- Verticale buigradius is Rv=375m en Rv=500m,
- Horizontale buigradius is Rv=1000m
- Totale horizontale lengte van boring is 1.557 meter
- Aanlegdiepte van de HDD is NAP -60,0 m (onder een hoek van 0,7°)
- Tijdens het terugtrekken van de HDPE leiding dient de leiding volledig gevuld te zijn met water om opdrijven te voorkomen; én
- De leiding dient ten alle tijde gevuld te blijven om implosie te voorkomen.

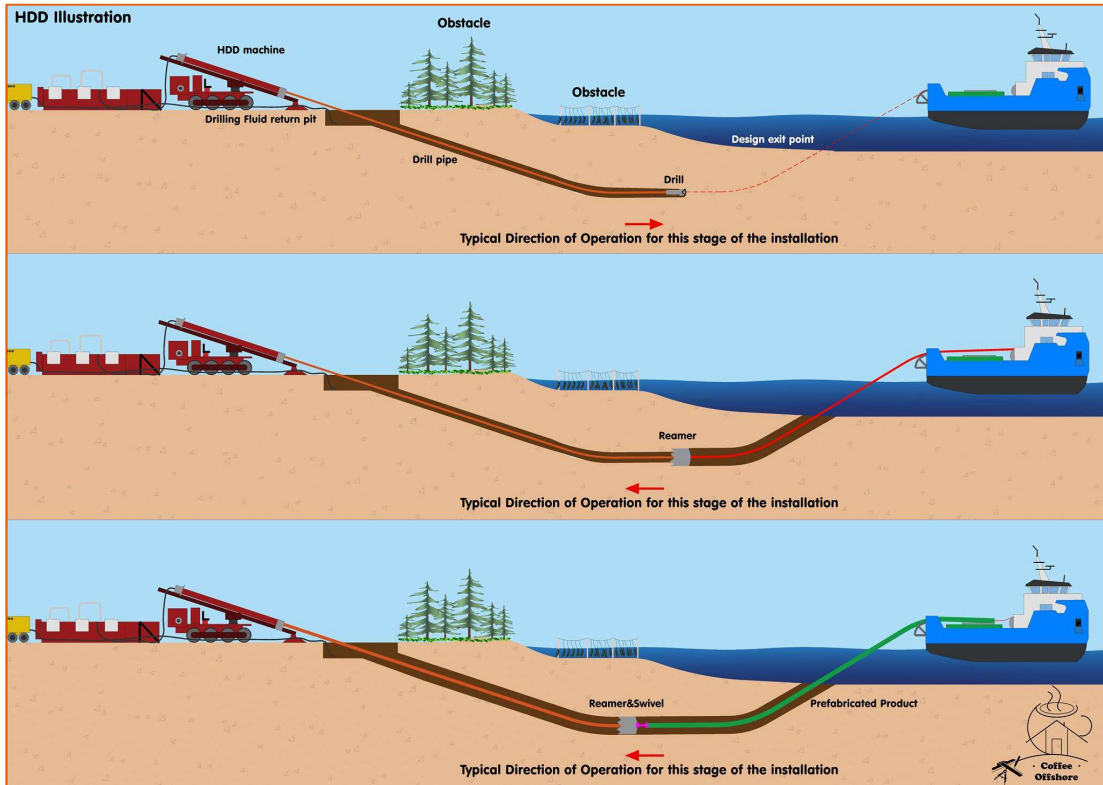
6.2 Bouwactiviteiten horizontaal gestuurde boring

De Horizontal directional drilling (HDD) is een uitvoeringsmethodiek voor het aanleggen van sleufloze leidingen met minimale impact voor de omgeving en oppervlakte verstoringen

De eerste fase van de boring is de "pilot" boring. De pilot boort een kleine gaatje door water vooruit te stralen en met de boorkop kan hard gesteente doorboord worden. Deze boorkop heeft een positie bepalende transmitters en sturende functies.

De tweede fase is het vergroten van het pilot gat doormiddel van een "reamer". De reamer wordt terug getrokken vanuit zee naar de PALLAS-plot. De snelheid van deze stap varieert sterk door de verschillende bodemgesteldheden. Tijdens het "pre-reaming" wordt Bentoniet gebruikt om een stabiele boring te maken. Hiermee wordt het verlies van vloeistoffen of infiltratie geminimaliseerd.

De laatste stap is het terugtrekken van de definitieve HDPE leiding vanuit zee. Tussen de “Reamer” en de HDPE leiding wordt een “Swive” geplaatst. Deze samenstelling zorgt voor het vrij laten draaien van de reamer en het voorkomen van onnodige torsiespanningen op de leiding. Vanuit de PALLAS-plot en de bouwkuip ten behoeve van het secundaire koelwatergebouw wordt er boorvloeistoffen ingebracht als smeermiddel. Voor de aanvullende bovendruk van het duinpakket dient er een stalen casing ingebracht te worden, onder het duinpakket, om de bovenbelasting te spreiden.



7 Lozing van het verwarmde water op zee

De lozing van het koelwater vindt plaats op zee. Bij de lozing dienen de effecten voor het zeewater binnen de gestelde normen te blijven. Dit geldt voor de temperatuursverandering alsmede de restconcentratie van chloor of andere gevormde stoffen. Doormiddel van een 4-stappen-koelwatermodelstudie is aangetoond dat de geplande reactor aan de normen voor koelwaterlozingen voldoet op het gebied van temperatuursveranderingen.

7.1 Ontwerpbasis uitstroomconstructie en lozing

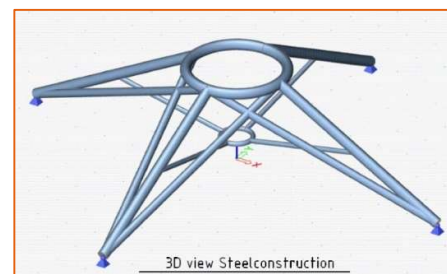
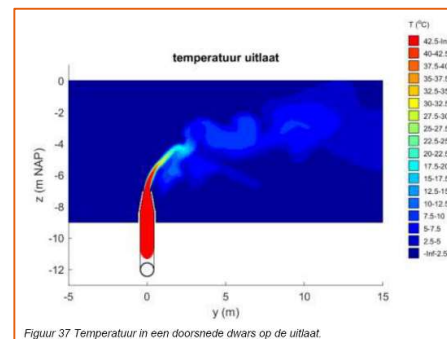
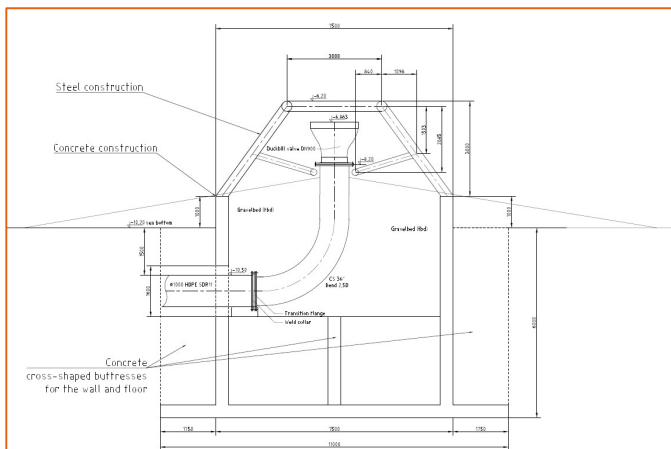
De uitstroomleiding dient 1,5mtr gronddekking te hebben en het uittrede punt bij de keerklep mag 3,5mtr boven de zeebodem uitsteken. De beschermingsconstructie mag 4 meter boven de zeebodem uitsteken. Het lozen van het water mag niet tot een grotere temperatuurstijging zorgen dan 2°C, en een absoluut maximum van 25°C. De aangenomen temperatuur voor de berekening is het maximum 45°C. Bij het maximum ontwerp debiet van 3800m³/uur. De temperatuur van het zeewater in de winter is gemiddeld 4,5°C en in de zomer gemiddeld 20°C. Vanuit de berekening is gebleken dat de mengzone (zeewatertemperatuur hoger dan 25°C) raakt in geen enkel scenario de bodem. De watertemperatuuroename blijft onder de norm van 2°C. Over een groter gebied en langere tijdschalen is de temperatuurstijging zelfs minder dan 0,25°C.

Zowel bij de HFR als de PALLAS-Reactor wordt het koelwater gechloreerd om aangroei van organismen in het koelwatersysteem te voorkomen. Er is in het ontwerp gekeken naar de lozing van de werkzame stof (vrij beschikbaar chloor) en andere stoffen die ontstaan doordat ze reageren met chloor. Er is geen eenduidige methodiek beschikbaar door het gebruik van verschillende termen als 'vrij chloor' en 'actief chloor'. Door de variërende stoffen in het in te nemen kanaalwater verandert ook de oxidatie, vorming en afbraak van het vrij beschikbare chloor. De vorming van chloroform en bromoform zijn het belangrijkste. De instelling van de chloordosering is bepalend voor de restwaarde vrij chloor in de lozing. Het streven is om de dosering zo aan te passen dat de restwaarde vrij chloor tot een minimum beperkt wordt. Zie de emissie-immissie toets in het Achtergrondrapport Oppervlaktewater project-MER

De debieten die onttrokken worden vanuit de koelwaterkelder zijn ook de lozingsdebieten. De restwaardes vrij chloor dient gemeten te worden in de koelwaterkelder en voordat het geloosd wordt. Indien de waardes hoger dan 0,3µg/L zijn dient de dosering naar beneden bijgesteld te worden. Het is fysiek niet aannemelijk dat de restwaardes vrij chloor bij het uittrede punt gemeten kunnen worden. Om die reden wordt er een aanname gemaakt van nog te reageren vrij chloorgehalten na het secundaire koelwatergebouw. Met de basis dat het aan het einde van de pijp verwaarloosbare concentraties bevat.

7.2 Bouwactiviteiten uitstroomconstructie

De uitstroomconstructie is een prefab constructie die op cq in de zeebodem geplaatst wordt. Na het aansluiten van de HDPE leiding wordt de beschermingsconstructie geplaatst. Dit lozingspunt is gemodelleerd en doorgevoerd in het rekenmodel voor stroomsnelheden en warmteontwikkeling in de zee.



Colofon

KOELWATER INNAME EN LOZING WATERWET
SAMENVATTING ACTIVITEITEN EN ONTWERP CWSR

KLANT

Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor

AUTEUR

[REDACTED]

PROJECTNUMMER

30111634

ONZE REFERENTIE

VJ56AKEF2YKV-186613180-1007:1.0

DATUM

14 juni 2022

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

[REDACTED]

Project Manager

VRIJGEGEVEN DOOR

[REDACTED]

Project Manager

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

T +31 (0)88 4261261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[arcadis-nederland](https://www.linkedin.com/company/arcadis-nederland)



[arcadis_nl](https://twitter.com/arcadis_nl)



[ArcadisNetherlands](https://www.facebook.com/ArcadisNetherlands)