



Notitie

Aan : F.A. de Boer (LionGas B.V.)
 Van : R. Schonk en R. Dirkx
 Datum : 6 juni 2006
 Kopie : M. van Ledden
 Onze referentie : 9R3547.01/N0030rev1/RDI/Nijm
 Bijlage : 'Koude pluimberekeningen LionGas LNG terminal'
 (WL | Delft hydraulics; referentie Z4195 mei 2006)
**Betreft : Aanvullende informatie op de ingediende
 aanvraag om een Wvo-vergunning ten behoeve
 van de LNG import terminal van LionGas B.V.**

0. Inleiding

Op 24 april 2006 heeft Rijkswaterstaat Zuid-Holland (hierna RWS) bij LionGas B.V. (hierna LionGas) een verzoek ingediend om aanvullende informatie op de ingediende aanvraag om een Wvo-vergunning (kenmerk AWE/2006.4281). Middels deze notitie wordt gehoor gegeven aan dit verzoek.

Het verzoek van RWS was tweërlei:

1. Uitvoering van een pluimmodelonderzoek, waaruit blijkt wat de omvang de koude lozing is in het Beerkanaal en hoe deze zich gedraagt in het te lozen oppervlaktewater.
2. Naar aanleiding van het pluimmodelonderzoek een aanvulling op de aanvraag om een Wvo-vergunning ten aanzien van de ecologische effecten van de koude lozing.

Hierna wordt ingegaan op de bovengenoemde verzoeken.

1. Uitvoering van een pluimmodelonderzoek

Door het WL Delft Hydraulics (hierna WL) zijn door middel van pluimberekeningen de effecten van inname en lozing van water uit het Beerkanaal onderzocht. Het WL heeft al diverse studies in dit gebied (Beerkanaal e.d.) uitgevoerd en heeft hierdoor geschikte modellen beschikbaar die voor deze studie kunnen worden ingezet. De studie van WL is bijgevoegd als bijlage bij deze notitie.

De berekeningen die door WL zijn uitgevoerd, zijn gebaseerd op een worst case situatie. Dat betekent dat de maximale benodigde hoeveelheid water (61.500 ton per uur) op het Beerkanaal wordt geloosd met een temperatuur die 7°C lager ligt dan de temperatuur van het water in het Beerkanaal. De maximaal benodigde hoeveelheid water komt overeen met zogenaamde piek send-out aan aardgas bij een volledig ontwikkelde terminal met een capaciteit van 18 BCM per jaar. De maximale benodigde hoeveelheid lozing op het Beerkanaal komt overeen met een koude lozing van circa 500 MWth.

De WL berekeningen van de koelwaterpluim geven aan dat de pluim in het algemeen kleiner is dan 100m (stroomafwaarts). De breedte van de pluim is dan ongeveer 6-20m en zakt richting de bodem met relatief lage mengfactoren. Voor gemiddelde stroomsnelheden mengt de pluim in de vertikaal binnen de near-field zone.



De resultaten van de berekeningen van de verspreiding van de koudwaterpluim in het Beerkanaal geven aan dat, buiten de mengzone, temperatuurverschillen met het ontvangende water van minder dan 0,7°C met het 3dimensionale model worden berekend. Temperatuurverlaging in de havens (Yangtzehaven, Europahaven, Amazonehaven etc.) is minder dan 0,2 °C. Het gebied rondom het lozingspunt waarin een temperatuurverlaging van meer dan 0,5 °C kan voorkomen is door het model berekend op maximaal 100 bij 200m, hetgeen minder dan 1% is van het oppervlak van de Yangtze/Europahaven. De breedte van de -0,5 °C contour ongeveer 12,5% van de breedte van het kanaal.

Zoals opgemerkt is de modellering gebaseerd op de maximaal benodigde hoeveelheid water die op het Beerkanaal geloosd zal worden. Indien het temperatuurverschil tussen inname temperatuur en lozingstemperatuur groter wordt zal LionGas een kleinere hoeveelheid water innemen en derhalve eveneens een kleinere hoeveelheid water lozen. Kwalitatief kan gesteld worden dat in dat geval de temperatuurverlaging van het ontvangende water direct rondom het lozingspunt groter zal zijn dan berekend, maar dat het effectgebied kleiner zal zijn dan berekend.

2. Ecologische effecten van de koude lozing

Uit de pluimberekeningen van WL volgt een maximale temperatuurverschil (lees daling) van 0,7°C rondom het lozingspunt. Vanwege de relatief constante bedrijfsvoering van de terminal is de verwachting gerechtvaardigd dat het maximale temperatuursverschil rondom het lozingspunt redelijk constant zal zijn in de tijd.

Om de significantie ten aanzien van de ecologische gevolgen in kaart te brengen, is het maximale temperatuurverschil vergeleken met globale dagelijkse temperatuurschommelingen van het water in het Beerkanaal. Hiertoe is gebruik gemaakt van de temperaturoperatiedatabestanden van de Nieuwe Waterweg (ter hoogte van Hoek van Holland) en van het Hartelkanaal ter hoogte van de Suurhofbrug. In de databestanden is het temperatuurverloop op verschillende diepten, over verschillende jaren, met een tijdsinterval van 10 minuten weergegeven. Het gemiddelde temperatuurverloop van het water in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal geeft een indruk van de temperatuurverloop in het Beerkanaal. De databestanden zijn afkomstig van RWS.

Uit de databestanden blijkt dat de dagelijkse schommelingen variëren tussen 1°C en 2°C en is daarmee lager dan het maximale temperatuurverschil rondom de lozing. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de ecologische effecten als gevolg van de lozing nihil zijn.

Zoals aangegeven zal het effectgebied kleiner worden indien het temperatuurverschil tussen inname temperatuur en lozingstemperatuur groter wordt. Hierdoor kan dicht bij het lozingspunt een groter temperatuurverschil ontstaan dan berekend, maar zal het effectgebied direct rondom het lozingspunt kleiner zijn dan berekend. Aangezien het effectgebied in dat geval nog kleiner zal worden dan het berekende effectgebied, wordt kwalitatief afgeleid dat de ecologische effecten van een dergelijke lozing eveneens verwaarloosbaar zijn. Indien ten gevolge van de grotere temperatuurdaling alsnog ecologische effecten optreden, kan middels het nemen van mitigerende maatregel de lokale temperatuurdaling verminderd worden tot op de variatie van de dagelijkse temperatuurschommelingen van het oppervlaktewater. Zoals hierboven al opgemerkt, zijn ecologische effecten dan uit te sluiten.



Opdrachtgever:

Haskoning Nederland B.V.

**Koude pluimberekeningen LionGas
LNG Terminal**

Report

mei 2006

wl | delft hydraulics

Opdrachtgever:

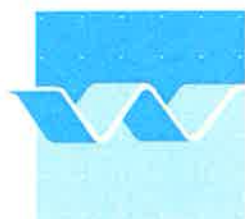
Haskoning Nederland B.V.

Koude pluimberekeningen LionGas LNG Terminal

Frank Kleissen en Menno Genseberger

Report

mei 2006



wl | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER:	Haskoning Nederland B.V.				
TITEL:	Koude pluimberekeningen LionGas LNG Terminal				
SAMENVATTING:	<p>Aan de oostzijde van het Beerkanaal zal LionGas een terminal bouwen waar vloeibaar aardgas zal worden aangeleverd, opgeslagen en omgezet naar gasvormig aardgas. Voor deze omzetting is water nodig dat uit het Beerkanaal wordt gehaald en uiteindelijk met een lagere temperatuur weer in het Beerkanaal wordt geloosd.</p> <p>In het kader van de vergunningverlening is het noodzakelijk om de effecten van de inname en lozing door middel van pluimberekeningen te onderzoeken. Dit rapport presenteert de resultaten van de studie naar de effecten van de lozing van gekoeld water in het Beerkanaal, gebruik makend van bestaande modellen.</p> <p>Voor de pluimberekeningen wordt gebruik gemaakt van een bestaand 3-dimensionaal hydrodynamische model, in Delft3D-FLOW. Voor het near-field gedrag van de koudwaterpluim is gebruik gemaakt van CORMIX.</p> <p>CORMIX berekeningen van de koelwaterpluim geven aan dat "near-field" zone van de pluim in het algemeen kleiner is dan 100m (stroomafwaarts). De breedte van de pluim is dan ongeveer 6-20m en zakt richting de bodem met relatief lage mengfactoren. Voor gemiddelde stroomsnelheden mengt de pluim in de vertikaal binnen de near-field zone.</p> <p>De simulaties van de verspreiding van de koudwaterpluim in het Beerkanaal geven aan dat temperatuurverschillen met het ontvangende water van minder dan 0,7°C berekend worden.</p> <p>Temperatuurverlaging in de havens (Yangtzehaven, Europahaven, Amazonehaven etc.) is minder dan 0,2°C. Het gebied rondom het lozingspunt waarin een temperatuurverlaging van meer dan 0,5°C kan voorkomen is door het model berekend op maximaal 100 bij 200m, hetgeen minder dan 1% is van het oppervlak van de Yangtze/Europahaven. De breedte van de pluim (0,5°C contour) is ongeveer 10-15% van de breedte van het Beerkanaal.</p>				
REFERENTIES:	Brief: MC17515a/Z4195/AvD, Email dd: 20/4/2006				
VER	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
1.0	F.M. Kleissen M. Genseberger	22-5-2006		A.Nolte	AV T.Schilperoort
PROJECTNUMMER:	Z4195				
TREFWOORDEN:	LNG, koudwater lozing, Delft3D, pluimverspreiding				
AANTAL BLADZIJDEN:	12				
VERTROUWELIJK:	<input checked="" type="checkbox"/> JA, tot juni 2009		<input type="checkbox"/> NEE		
STATUS:	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG		<input type="checkbox"/> CONCEPT		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Plan van aanpak	1
3	CORMIX analyse	2
3.1	CORMIX beschrijving	2
3.2	Omschrijving van lozingscondities	2
3.2.1	Ontvangende water	2
3.2.2	Karakteristieken van de lozing	4
3.3	Resultaten	6
4	3-Dimensionaal hydrodynamische model	7
4.1	Modelbeschrijving	7
4.2	Resultaten	9
5	Conclusies	12

1 Inleiding

Aan de oostzijde van het Beerkanaal zal LionGas een terminal bouwen waar vloeibaar aardgas zal worden aangeleverd, opgeslagen en omgezet naar gasvormig aardgas. Voor de omzetting van vloeibaar naar gasvormig wordt relatief warm water uit het Beerkanaal gehaald en gebruikt in een warmtewisselaar. Door dit proces wordt dit water gekoeld en met een lagere temperatuur weer in het Beerkanaal geloosd.

In het kader van de vergunningverlening is het noodzakelijk om de effecten van de inname en lozing door middel van pluimberekeningen te onderzoeken. WL | Delft Hydraulics (WL) heeft al diverse studies in dit gebied uitgevoerd en heeft hierdoor geschikte modellen beschikbaar die voor deze studie kunnen worden ingezet. Dit rapport presenteert de resultaten van de studie naar de effecten van de lozing van gekoeld water in het Beerkanaal, gebruik makend van de bestaande modellen.

Het rapport is als volgt georganiseerd:

- Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak die in deze studie is gehanteerd;
- Hoofdstuk 3 presenteert resultaten van de CORMIX near-field analyse;
- Hoofdstuk 4 geeft de resultaten van het 3D hydrodynamische model.
- De conclusies worden tot slot in Hoofdstuk 5 samengevat.

2 Plan van aanpak

Het doel van deze studie is om, door middel van 3-dimensionaal hydrodynamisch modelleren, de effecten van de lozing van gekoeld afvalwater van de LNG terminal in kaart te brengen. Het water in het Beerkanaal en rondom het inname- en lozingspunt wordt enerzijds beïnvloed door het getij en anderzijds door de zoetwaterafvoer van de rivieren. Hierdoor ontstaat een interactie tussen het zoute Noordzeewater en het zoete rivierwater. In het Beerkanaal ontstaat een zoutstratificatie die verspreiding van warm- of koudwaterpluimen sterk kan beïnvloeden. Ook ontstaat er een verticale temperatuurvariatie (temperatuurstratificatie) die voor het innemen en lozen van water van belang is. Deze stratificatie wordt in deze studie meegenomen.

De twee componenten van deze studie zijn:

1. Analyse van de 'near-field' verspreiding van de koudwaterpluim met CORMIX

Het near-field model wordt gebruikt voor de analyse van de pluim onder de verschillende omstandigheden. Hieruit wordt het gedrag van de pluim nabij het lozingspunt beschreven. Een onderdeel van de analyse is het bepalen van de zogenaamde near-field zone, waarin de verspreiding van de pluim niet meer wordt gedreven door het momentum van de lozing. De resultaten hiervan worden gebruikt om de lozing in het 'far-field' model te definiëren.

2. Toepassing van een 3-dimensionaal hydrodynamisch model voor de 'far-field' verspreiding van de koudwaterpluim.
In het far-field is de dynamica van het ontvangende water (Beerkanaal: getij en rivier) bepalend voor het stroombeeld en de verspreiding van het geloosde water. Het hydrodynamische model dat hier is toegepast is opgezet in Delft3D-FLOW.

3 CORMIX analyse

3.1 CORMIX beschrijving

Voor de near-field analyse is CORMIX het toegepast. CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System) is een door de US Environmental Protection Agency ontwikkeld systeem gericht op lozingen in oppervlaktewateren. CORMIX is opgezet voor de analyse van het gedrag van pluimen bij het lozingspunt, het zogenaamde near-field. Dit model wordt wereldwijd gebruikt voor het beoordelen van afvalwaterpluimen (bv. in het kader van het verlenen van lozingsvergunningen).

Voor een CORMIX analyse zijn karakteristieken van het omgevingswater is noodzakelijk. Deze omvat :

- Lokale diepte
- Stroomsnelheid
- Saliniteit (als functie van de diepte)
- Temperatuur (als functie van de diepte)

De laatste twee (saliniteit en temperatuur) bepalen de dichtheid. Het dichtheidverschil tussen ontvangende en geloosde water bepaalt in hoge mate hoe de pluim zich zal verspreiden.

Verder zijn ook de lozingscondities essentieel :

- Karakteristieken van het geloosde water (temperatuur, saliniteit, debiet)
- Locatie van de lozing (zowel in de horizontaal als vertikaal)
- Details van de wijze van lozen (diffusor, eenvoudige pijp, lozingsrichting etc.)

Op basis van deze gegevens is een aantal scenario's gedefinieerd die representatief zijn voor de lokale condities.

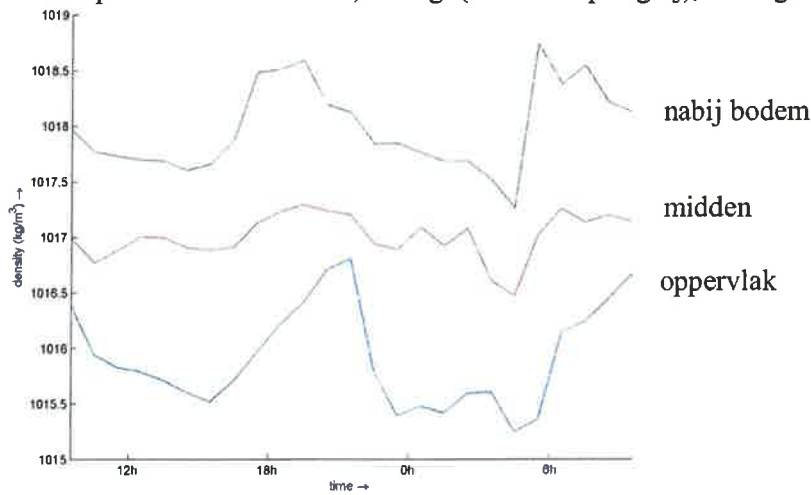
3.2 Omschrijving van lozingscondities

3.2.1 Ontvangende water

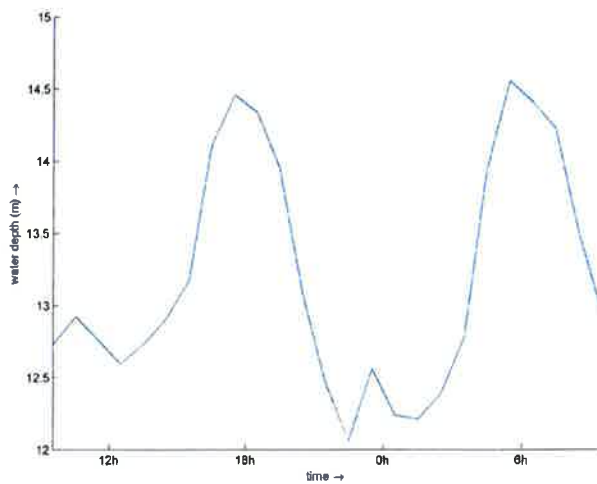
Aangezien er in dit project geen gebruik is gemaakt van meetgegevens van lokale condities van het ontvangende water, zijn de karakteristieken afgeleid uit het model dat ook voor de simulatie van de koudwaterpluim is gebruikt. De dichtheid en de lokale stroomsnelheid zijn

de belangrijkste factoren die bepalen hoe de koudwaterpluim zich zal verspreiden. Deze zijn voor het lozingspunt (zie Figuur 4-1) afgeleid.

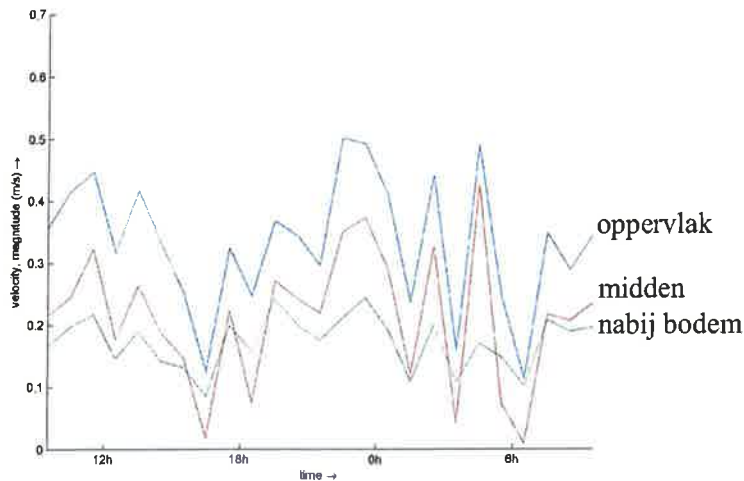
De dichtheid van het ontvangende water nabij het lozingspunt laat zien dat het gestratificeerd is (Figuur 3-1). De stroomsnelheid is maximaal ongeveer 0,5 m/s terwijl de waterdiepte tussen de 12 en 14,5 m ligt (voor een spring tij), zie Figuur 3-2 en Figuur 3-3.



Figuur 3-1 – Verticaal dichtheidsprofiel van het ontvangende water nabij het lozingspunt



Figuur 3-2 – Waterdiepte bij nabij het lozingspunt



Figuur 3-3 – Verticaal snelheidsprofiel van het ontvangende water nabij het lozingspunt

Uit bovenstaande karakteristieken is een aantal scenario's gedefinieerd dat representatief is voor de gegeven condities. Analyse van de lokale verticale dichtheidsgradiënt geeft aan dat er geen goed gedefinieerde spronglaag aanwezig is. In CORMIX is de keuze van het toe te passen dichtheidsprofiel beperkt en zonder een goed gedefinieerde spronglaag is de aanname van een lineair dichtheidsprofiel de beste benadering van de lokale condities. Het dichtheidsverschil tussen bodem en oppervlak varieert tussen 1 en 2,5 kg/m^3 , met een mediaan van ongeveer 2 kg/m^3 . Omdat een lineair dichtheidsprofiel is aangenomen, is ook de gevoeligheid van het dichtheidsverschil op de resultaten van CORMIX beperkt. Een kleinere gradiënt zal resulteren in een dikkere pluim, met in het algemeen een betere menging. De variatie van het verticale dichtheidsprofiel is dusdanig dat dit de definitie van de lozing in het 3D hydrodynamische model niet zal beïnvloeden. Vandaar dat voor deze toepassing van CORMIX, die gericht is op het definiëren van de lozing in het hydrodynamische model, is aangenomen dat een dichtheidsverschil tussen oppervlak en bodem van 2 kg/m^3 de lokale condities voldoende nauwkeurig benadert.

Verder is de variatie van de diepte relatief klein ten opzichte van de totale diepte. Dus wordt de aanname gehanteerd dat een gemiddelde diepte van 13,5 m de daadwerkelijke condities voldoende benadert en dat de belangrijkste karakteristieken van de pluim niet significant zullen veranderen door een kleine verandering in de diepte. Immers, de drijvende factoren zijn in dit geval met name de stroomsnelheid en het dichtheidsverschil.

Voor de CORMIX berekeningen is, onder de hierboven genoemde omstandigheden, de stroomsnelheid gevarieerd van 0,05 tot 0,50 m/s.

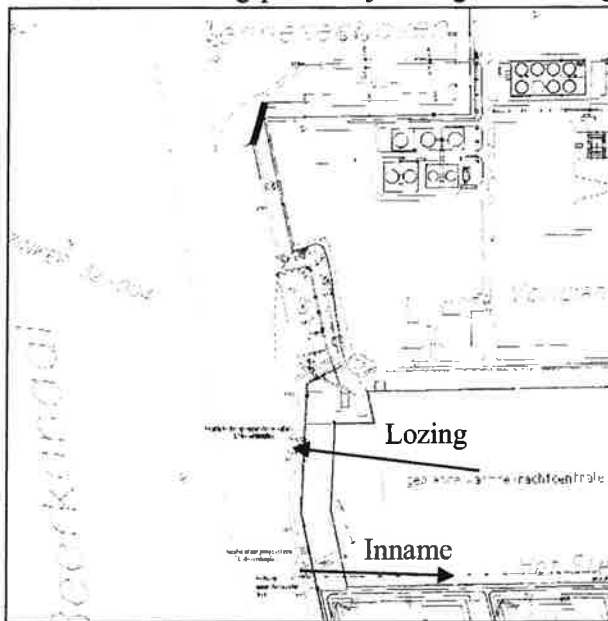
3.2.2 Karakteristieken van de lozing

Door de klant zijn de volgende lozingsgegevens aangeleverd:

- ΔT zeewater: -7°C (het water wordt 7°C in temperatuur gereduceerd)
- minimale retourtemperatuur zeewater is 2°C
- benodigde hoeveelheid zeewater: 61.500 ton/uur (voor een gemiddelde dichtheid van 1017 kg/m^3 komt dit overeen met $16,8 \text{ m}^3/\text{s}$)

- Positie van het innamepunt:
 - horizontaal: Water ten behoeve van LNG-verdamping wordt uit het Beerkanaal gehaald op 175 m ten zuiden en 72,7 m ten westen van het lozingspunt;
 - verticaal: Water ten behoeve van LNG-verdamping wordt op een diepte van -12 m (ten opzichte van NAP) ingenomen;
- Positie van het lozingspunt:
 - horizontaal: Gekoeld water wordt op 175 m ten noorden en 72,7 m ten oosten van het innamepunt geloosd;
 - verticaal: Gekoeld water wordt op een diepte juist onder gemiddeld laaglaagspring geloosd.

De inname en lozingspunten zijn in Figuur 3-4 aangegeven.



Figuur 3-4 – Locaties van inname en lozingspunt

Ten tijde van de studie was er nog geen informatie beschikbaar betreffende pijpdiameter en aantal pijpen. Hiervoor is dus een aanname nodig. De aanname die in deze studie gehanteerd wordt en die op een expert judgement gebaseerd is, is dat er wordt geloosd met een uitstroomsnelheid van ongeveer 1 m/s. Lagere uitstroomsnelheden worden meestal niet gehanteerd omdat dit tot mogelijke problemen kan leiden (sedimentatie, aangroei in de pijpen). Hoge uitstroomsnelheden veroorzaken grotere drukverliezen en worden in het algemeen ook vermeden.

Er is ook aangenomen dat een lozingspijp niet veel groter zou moeten zijn dan 2 m diameter, gezien de lokale diepte. Hieruit volgt dat er 4 lozingspijpen nodig zijn een ieder met een pijpdiameter van 2 m. De gegenereerde uitstroomsnelheid is dan 1,27 m/s. De uiteindelijke keuze van de pijp(en) of een eventuele diffusor zal van invloed zijn op het near-field gedrag van de pluim, en kan de initiële menging significant beïnvloeden. Voor het far-field effect van de lozing is de wijze van lozing minder belangrijk omdat dan de hoeveelheid geloosde warmte (die in deze studie negatief is) de dominerende grootte is.

3.3 Resultaten

De dimensies en de posities van het eind van de near-field, zoals door CORMIX is berekend zijn in Tabel 3-1 gepresenteerd.

U (m/s)	X (m)	Y(m)	Z(m)	Meng-factor	Temperatuur verlaging (°C)	Pluimdikte (m)	Halve Pluim breedte (m)
0.05	964.37	799.20	13.50	6.5	1.07	1.26	477
0.10	257.52	195.02	13.50	3.4	2.05	1.54	104
0.20	75.00	18.86	6.75	1.4	4.95	13.50	4.2
0.25	75.00	12.07	6.75	1.4	4.95	13.50	3.4
0.50	92.79	5.89	10.09	5.2	1.35	3.39	10.9

Tabel 3-1 – Dimensies en van de door CORMIX berekende near-field zone

In Tabel 3-1 is de near-field gedefinieerd door de locatie van het midden van de pluim waarbij U de stroomsnelheid is, X de afstand stroomafwaarts ten opzichte van het lozingspunt, Y de afstand dwars op de stromingsrichting ten opzichte van het lozingspunt en Z de diepte. De pluimdikte en de breedte bepalen, samen met de gegeven afstanden, de dimensies van de near-field zone.

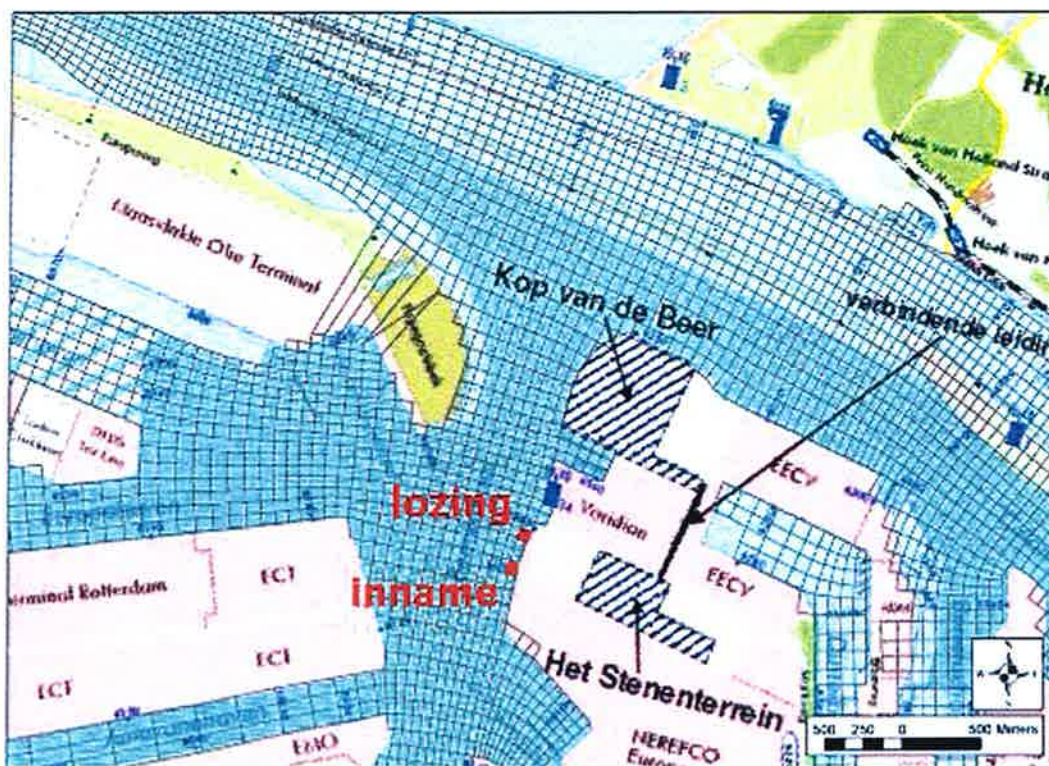
Uit Tabel 3-1 blijkt een vrij grote variatie te bestaan in de grootte van de near-field van de pluim, afhankelijk van de stroomsnelheid. CORMIX berekent bij dergelijke lage stroomsnelheden grote near-field zones. Dit heeft te maken met de relatieve lage turbulentie waardoor het lang duurt voordat de effecten van de turbulentie, en de daarbij behorende menging, de verspreiding van de pluim gaat domineren. Bij lage stroomsnelheden blijft de pluim daardoor in de buurt van de bodem met een relatief lage menging. Hierbij moet wel worden gerealiseerd dat CORMIX een steady-state model en dus tijdsafhankelijk is. De afstanden van de near-field zone impliceert dat de tijd die nodig is om een dergelijke pluim te genereren minimaal ruim 5 uur bedraagt. Uit de Figuur 3-3 blijkt dat dergelijke lage snelheden maar kort voorkomen. De pluim kan zich dus in het Beerkanaal niet tot deze afstand ontwikkelen.

Zodra snelheden ongeveer 0,2 m/s of hoger worden, wordt de near-field zone aanzienlijk kleiner. Deze wordt dan minder dan 100m lang, en voor gemiddelde snelheden mengt de pluim binnen de near-field over de gehele waterdiepte. Binnen de dit gebied is de mengfactor relatief klein, maar daar staat tegenover dat de pluim slechts 6-20m breed is. Bij de hoogste stroomsnelheid is de near-field zone weer wat langer met een betere menging, hetgeen ook weer kan worden teruggevoerd op de toename van de turbulentie en dan met name in de vertikaal (door interactie met de bodem). In de vertikaal ontstaat dan een betere menging. Door de hogere stroomsnelheid is weliswaar de lengte van de pluim wat groter, maar de reistijd van het geloosde water tot het eind van de near-field zone is kleiner.

4 3-Dimensionaal hydrodynamische model

4.1 Modelbeschrijving

Voor het 3-dimensionale hydrodynamische model is uitgegaan van een model dat oorspronkelijk is ontwikkeld voor de Gemeentewerken Rotterdam. Dit model beslaat het gehele Maasvlakte-gebied en is uitermate geschikt om de far-fieldverspreiding van de koelwaterpluim te simuleren.



Figuur 4-1 – Schematisatie van het hydrodynamische model nabij het lozingspunt (bovenste rode cel) en innamepunt (onderste rode cel).

De randen van het model liggen op voldoende afstand van de lozingslocatie zodat deze nagenoeg geen invloed hebben op de gesimuleerde koelwaterpluim.

Het model is 3-dimensionaal hetgeen wil zeggen dat gradiënten in de vertikaal, zoals zout- en temperatuurstratificatie en de effecten van een koelwaterpluim, nauwkeurig worden beschreven. Hiervoor is het model met 9 σ -lagen (elke laag vertegenwoordigd een vast percentage van de lokale diepte) opgezet. De σ - bij de bodem en aan het oppervlak zijn dunner zijn dan in het midden. De relatieve dikte van de lagen zijn (van oppervlak naar bodem): 9%, 13,5%, 15%, 15%, 15%, 13,5%, 9%, 6% en 4%.

Een kleine aanpassing van het grid van de Yangtzehaven, dat op dit moment is gebaseerd op de lay-out van de toekomstige Maasvlakte 2, is nodig om het voor de huidige lay-out geschikt te maken. Alle andere condities, zoals randvoorwaarden (getij, rivierdebieten, saliniteit) hoeven niet te worden aangepast.

Het model is opgezet voor een periode van 9 dagen¹. Dit is de periode waar het model voor is gevalideerd door Gemeentewerken. De eerste 2 dagen van deze periode worden alleen gebruikt om schokeffecten als gevolg van inspelen uit het stroombeeld te laten verdwijnen. De laatste 7 dagen en 5 uur van de periode waar resultaten voor worden gepresenteerd, omvatten zowel een springtij (eind van de simulatieperiode) als een doortij (begin van de simulatieperiode). Na het inbrengen van de lozing is een eerste simulatie gedraaid om initiële condities voor zout en temperatuur te genereren. Met deze initiële condities als zogenaamde “warme start” is de run herhaald. Resultaten voor deze laatste run worden gepresenteerd in § 4.2.

De inname en de lozing zijn in het model gekoppeld wat betekent dat de saliniteit en temperatuur van de inlaat meegenomen worden voor de bepaling van de temperatuur en saliniteit van het geloosde water.

Het model bevat een excess-temperatuurmodel. De warmteuitwisseling met de atmosfeer is een functie van het verschil tussen de temperatuur van de lozing en de evenwichtstemperatuur. Voor de achtergrondtemperatuur wordt de luchttemperatuur verondersteld. Verder is de windsnelheid een belangrijke factor die de warmteuitwisseling kan bepalen. De achtergrondtemperatuur is constant verondersteld. De windforcering die is toegepast is die van het oorspronkelijke model.

Wind speelt bij deze studie een ondergeschikte rol omdat het geen of nauwelijks invloed heeft op de warmteuitwisseling tussen de atmosfeer en het water. Dit komt omdat:

1. De temperatuur verschillen klein zijn;
2. De pluim de neiging heeft om naar de bodem te zakken (hogere dichtheid dan het ontvangende water) en er dan geen warmte kan worden uitgewisseld tussen de pluim en de atmosfeer.

In dit model zijn voor de lozing dezelfde karakteristieken gebruikt als die voor CORMIX in § 3.2.2, namelijk een temperatuurverlaging van $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (t.o.v. het ingenomen water) en een lozingsdebiet van $16,8\text{ m}^3/\text{s}$. De lokatie van het lozings- en inname punt zoals ze in het rekenrooster zijn gedefinieerd zijn weergegeven door twee rode cellen in Figuur 4-1. Water wordt in de verticale richting ingenomen in de 7^{e} σ laag, en dat is 2 lagen boven de onderste laag.

Gezien deze CORMIX resultaten is besloten om de lozing in het 3-dimensionale model over de vertikaal te verdelen (d.w.z. alle 9 σ lagen). In de horizontaal vindt de lozing plaats in 1 gridcel omdat modelresolutie in dit gebied ongeveer 75m is en representatief is voor de near-field zone.

¹ Het oorspronkelijke model krijgt zijn randvoorwaarden van een reeks grotere modellen die zich tot buiten de Noordzee uitstrekken. Randvoorwaarden zijn afgeleid voor een periode van 9 dagen. Een andere of langere periode is mogelijk, maar vergt vanwege de grootte van de modellen een lange rekentijd.

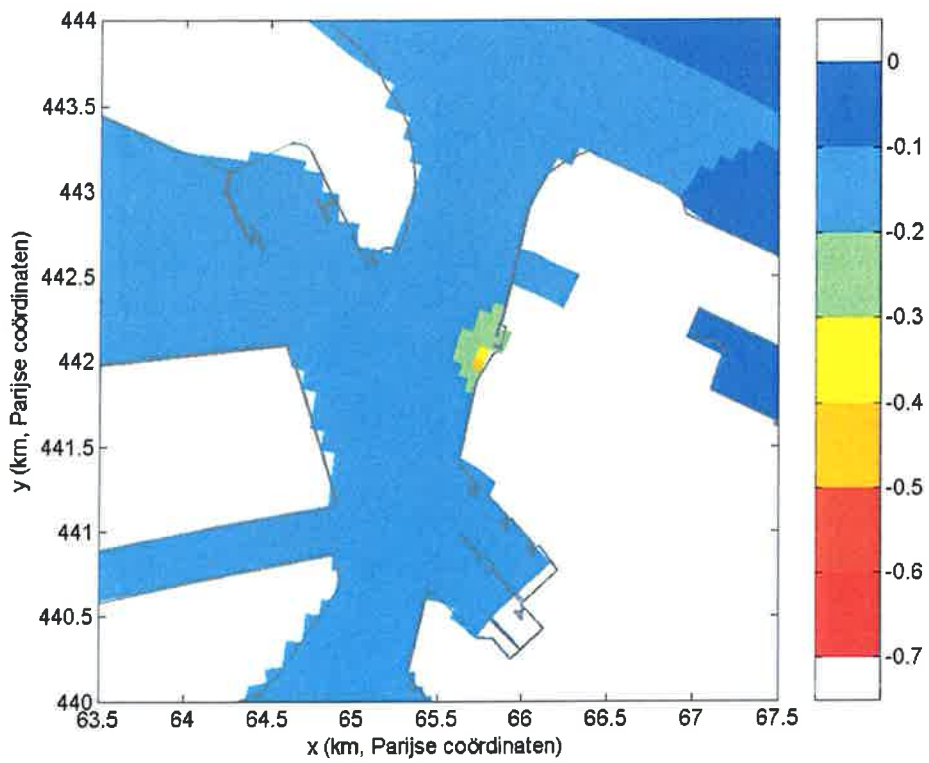
4.2 Resultaten

Figuren 4-2, 4-3, en 4-4 laten het *maximale* temperatuurverschil zien ten opzichte van de achtergrondtemperatuur over de laatste 7 dagen en 5 uur van de simulatie periode in respectievelijk de bovenste, middelste en onderste laag van het model. Uit de figuren kan opgemaakt worden dat de temperatuurpluim als gevolg van de lozing met name optreedt in de middelste laag. Dit kan verklaard worden door de stratificatie die optreedt, waardoor de pluim gevangen wordt. De dichtheid van het geloosde water is namelijk minder dan het ontvangende water bij de bodem, maar meer dan het ontvangende water aan het oppervlak.

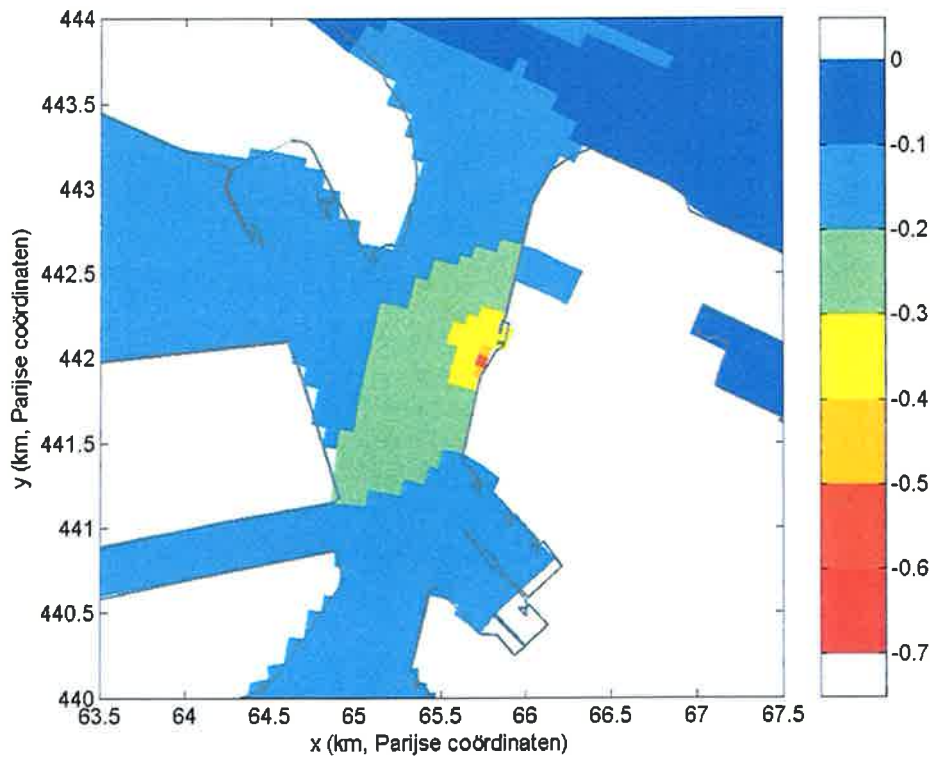
Het model laat zien dat verwacht wordt dat in de havens de temperatuurdaling ten gevolge van de lozing minder is dan $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Het gebied waarbinnen het temperatuurverschil van meer dan $0,5^{\circ}\text{C}$ zou kunnen voorkomen is ongeveer 100m (dwars op de kade) bij 200m (langs de kade) rondom het lozingspunt. Deze 2 ha is minder dan 1% van het oppervlak van de Yangtze/Europahaven. Ten opzichte van de breedte van het Beerkanaal (ongeveer 800m) is de $0,5^{\circ}\text{C}$ contour ongeveer 100m, hetgeen overeenkomt met 12,5% van de breedte van het kanaal.

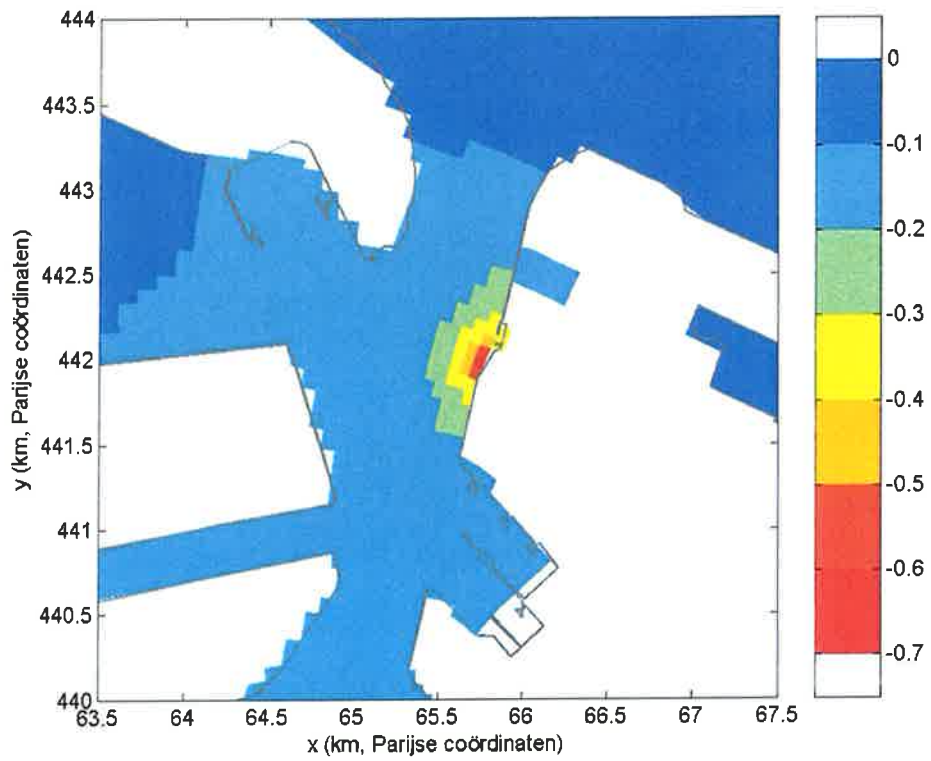
Om een indruk te krijgen van mogelijke recirculatie (fractie van het ingenomen water dat eens als koud water is geloosd) presenteert Figuur 4-5 de overschrijdingsfunctie van het temperatuurverschil (met de achtergrond) bij het inname punt. Deze overschrijdingsfunctie is afgeleid van de modelresultaten van de laatste 7 dagen en 5 uur van de simulatie. Deze figuur laat dat in 90% van de gevallen het temperatuurverschil met de achtergrondtemperatuur niet meer dan $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bedraagt. Significante recirculatie wordt dus niet verwacht.



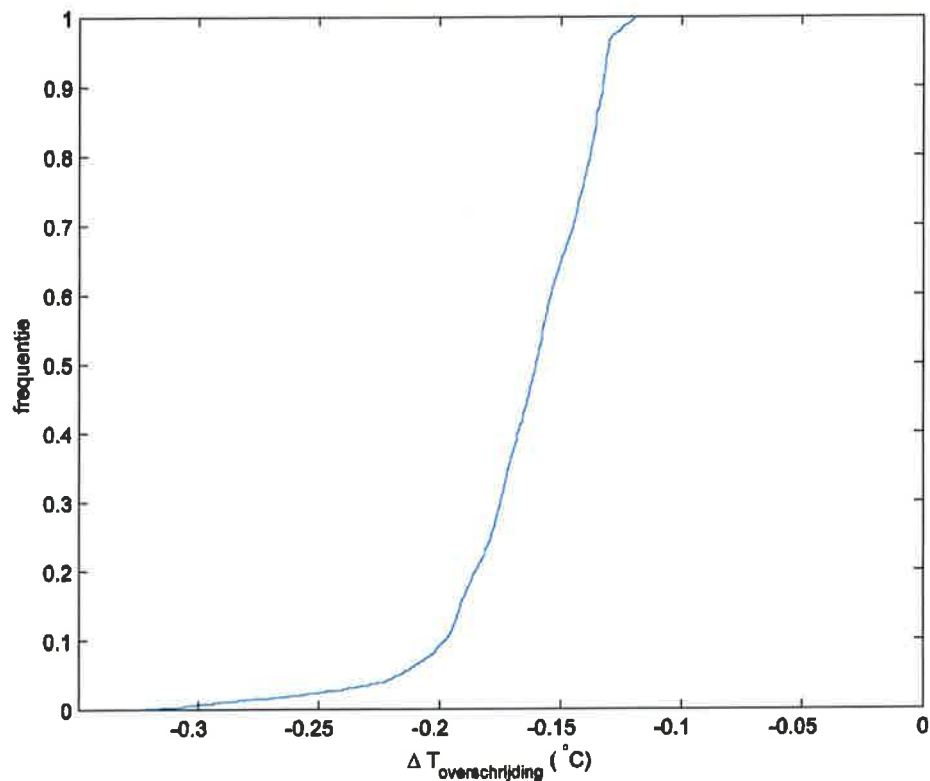
Figuur 4-2 – Maximaal temperatuursverschil (in °C) over laatste 7 dagen en 5 uur in bovenste laag.



Figuur 4-3 – Maximaal temperatuursverschil (in °C) over laatste 7 dagen en 5 uur in middelste laag.



Figuur 4-4 – Maximaal temperatuursverschil (in °C) over laatste 7 dagen en 5 uur onderste laag.



Figuur 4-5 – Overschrijdingsfrequenties van het temperatuurverschil $\Delta T_{\text{overschrijding}} (^{\circ}\text{C})$ bij innamepunt over laatste 7 dagen en 5 uur

5 Conclusies

CORMIX berekeningen van de koelwaterpluim geven aan dat de pluim in het algemeen kleiner is dan 100m (stroomafwaarts). De breedte van de pluim is dan ongeveer 6-20m en zakt richting de bodem met relatief lage mengfactoren. Voor gemiddelde stroomsnelheden mengt de pluim in de vertikaal binnen de near-field zone.

De resultaten van de berekeningen van de verspreiding van de koudwaterpluim in het Beerkanaal geven aan dat, buiten de near-field, temperatuurverschillen met het ontvangende water van minder dan $0,7^{\circ}\text{C}$ met het 3-dimensionale model berekend worden.

Temperatuurverlaging in de havens (Yangtzehaven, Europahaven, Amazonehaven etc.) is minder dan $0,2^{\circ}\text{C}$. Het gebied rondom het lozingspunt waarin een temperatuurverlaging van meer dan $0,5^{\circ}\text{C}$ kan voorkomen is door het model berekend op maximaal 100 bij 200m, hetgeen minder dan 1% is van het oppervlak van de Yangtze/Europahaven. De breedte van het de $-0,5^{\circ}\text{C}$ contour ongeveer 12,5% van de breedte van het kanaal.



WL | Delft Hydraulics

**Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 285 85 85
telefax 015 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl**

**Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl**

