

Opdrachtgever:

Projectbureau IJburg

Analyse invloed IJburg 2^e fase op de waterkwaliteit in het IJmeer

Planstudie IJburg 2^e fase

Rapport

december 2006

Bijlage bij MER IJburg 2^e fase en OOIJ

Nr 3

Opdrachtgever:

Projectbureau IJburg

Analyse invloed IJburg 2^e fase op de waterkwaliteit in het IJmeer

Planstudie IJburg 2^e fase

Anouk Blauw
Simon Groot
Marjolijn Haasnoot
Rolf Hulsbergen
Joost Icke
Hans Los
Mohamed Yossef

Rapport

december 2006

Inhoud

1	Inleiding.....	1—1
1.1	Achtergrond.....	1—1
1.2	Het doel van de studie.....	1—1
1.3	Overzicht van het rapport.....	1—1
2	Modelopzet en modelberekeningen.....	2—1
2.1	Uitgangspunten.....	2—1
2.2	Opzet van het waterbewegingsmodel.....	2—1
2.3	De bepaling van de verblijftijd.....	2—6
2.4	De gebruikte meteorologie en watertemperatuur.....	2—6
3	Berekeningsresultaten basisalternatief-plus.....	3—1
3.1	Introductie.....	3—1
3.2	Berekening huidige situatie.....	3—1
3.2.1	Beschouwing waterbeweging.....	3—1
3.2.2	Beschouwing van de watertemperatuur.....	3—2
3.3	Berekening autonome situatie.....	3—6
3.3.1	Beschouwing waterbeweging.....	3—6
3.3.2	Beschouwing van de watertemperatuur.....	3—6
3.3.3	Beschouwing van de verblijftijd.....	3—9
3.4	Berekening basisalternatief-plus.....	3—12
3.4.1	Beschouwing waterbeweging.....	3—12
3.4.2	Beschouwing van de watertemperatuur.....	3—13
3.4.3	Beschouwing van de verblijftijd.....	3—17
4	Resultaten scenario 724 MW Diemer-centrale.....	4—1
4.1.1	Beschouwing van de watertemperatuur.....	4—1

4.1.2	Beschouwing van de verblijftijden.....	4—8
5	Beschouwing waterkwaliteits-effecten.....	5—1
5.1	Beschrijving van mogelijke effecten.....	5—1
5.2	Methoden om effecten te kwantificeren	5—1
5.2.1	Algen.....	5—1
5.2.2	Zuurstof.....	5—4
5.2.3	Bacteriële verontreiniging.....	5—4
5.3	Resultaten.....	5—5
5.3.1	Algen.....	5—5
5.3.2	Zuurstof.....	5—9
5.3.3	Bacteriële verontreiniging.....	5—9
5.4	Conclusies	5—10
6	Beschouwing ecologische effecten	6—1
6.1	Beschouwde ecologische effecten.....	6—1
6.1.1	KaderRichtlijn Water doelstellingen	6—1
6.1.2	VogelRichtlijn doelstellingen	6—1
6.1.3	HabitatRichtlijn doelstellingen.....	6—2
6.2	Invloedsfactoren	6—3
6.2.1	Effecten gerelateerd aan de doelstellingen uit KaderRichtlijn Water	6—3
6.2.2	Effecten gerelateerd aan de doelstellingen uit HabitatRichtlijn ..	6—6
6.2.3	Effecten gerelateerd aan de doelstellingen uit VogelRichtlijn....	6—6
6.3	Samenvatting ecologische effecten	6—7
7	Conclusies.....	7—1
8	Literatuur.....	8—1
A	Modelopzet.....	A—1
A.1	Instellingen waterbewegingsmodel	A—1

A.2	Beschrijving randvoorwaarden	A-1
A.3	Keuze modelparameters.....	A-1
A.4	Modellering van het onderwaterplan	A-2

I Inleiding

I.1 Achtergrond

In het IJmeer nabij Amsterdam wordt gepland de woonwijk IJburg uit te breiden met IJburg 2^e fase. Hiervoor worden 4 eilanden aangelegd tussen de Diemer Vijfhoek, de strekdam bij het Buiten IJ en de eilanden van IJburg 1^e fase (Centrumeiland, Strandeiland, Middeneiland en Buiteneiland - zie Figuren 1.1, 1.2 en 1.3). De eilanden worden van elkaar gescheiden door smalle waterlopen. Volgens de huidige planning zal IJburg 2^e fase in 2020 volledig in gebruik zijn.

Aan de westzijde van de Diemer Vijfhoek loost de Diemer-centrale via een lozingskanaal koelwater op het IJmeer. Dit koelwater wordt aan de oostzijde van de Diemer Vijfhoek ingenomen. Voor het bestemmingsplan IJburg 2^e fase 2006 en het daarbij horende milieuraapport (SMB/MER) dient het effect van de eilanden van IJburg 2^e fase op de waterkwaliteit van het IJmeer in relatie tot de koelwaterlozing in beeld te worden gebracht. Hiervoor dienen de effecten voor de huidige situatie, de autonome ontwikkeling tot 2020 (zonder eilanden IJburg 2^e fase) en het voltooide plan in 2020 doorgerekend te worden. Voor het milieuraapport gaat het om het verschil in de effecten op de waterkwaliteit tussen het basisalternatief-plus en de autonome ontwikkeling als gevolg van de warmtelozing.

De waterkwaliteitsbeheerder Rijkswaterstaat IJsselmeergebied wenst dat het effect van deze warmtelozing op de waterkwaliteit in een extreem warme zomer als “worst case” in beeld wordt gebracht. Rijkswaterstaat hanteert de zomer van 2003 als referentie voor een extreem warme zomer (“worst case” situatie). De modelberekeningen zijn daarom voor augustus 2003 uitgevoerd. Op 1 juni 2005 is een nieuwe beoordelingssystematiek voor warmtelozingen (NBW) ingevoerd. Deze systematiek houdt een immissie-benadering in. In dit onderzoek is niet onderzocht of de warmtelozing aan de normen voldoet, maar is uitsluitend nagegaan wat het effect is van de aanleg van de 4 nieuwe eilanden van IJburg 2^e fase op de waterkwaliteit. Eenzelfde analyse is uitgevoerd voor een grotere koelwaterlozing.

I.2 Het doel van de studie

De algemene doelstelling van de studie is om *‘aan te geven wat het effect is van de eilanden van IJburg 2^e fase op de waterkwaliteit’*. Met behulp van een hydrodynamisch model van het plangebied en naaste omgeving is het effect van de eilanden van IJburg 2^e fase op de waterbeweging in relatie tot de koelwaterlozing beschouwd. De effecten van de aanleg van de vier eilanden van IJburg 2^e fase op de waterkwaliteit en ecologie zijn ingeschat op basis van een ‘expert opinion’.

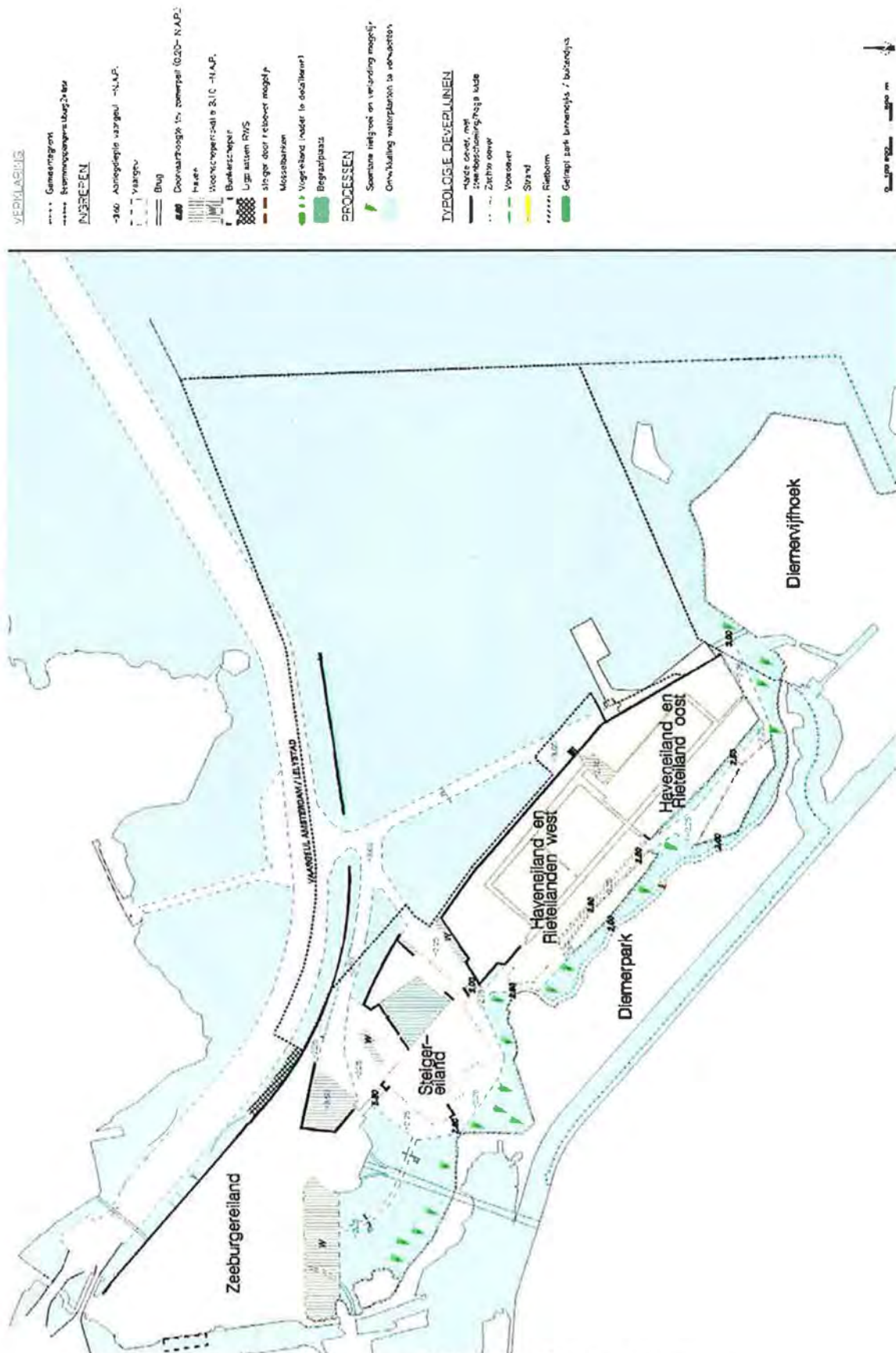
I.3 Overzicht van het rapport

Hoofdstuk 2 van dit rapport beschrijft de opzet van de gebruikte Delft3D modeltoepassing, terwijl de modelresultaten in hoofdstuk 3 en 4 worden behandeld. In hoofdstuk 5 wordt

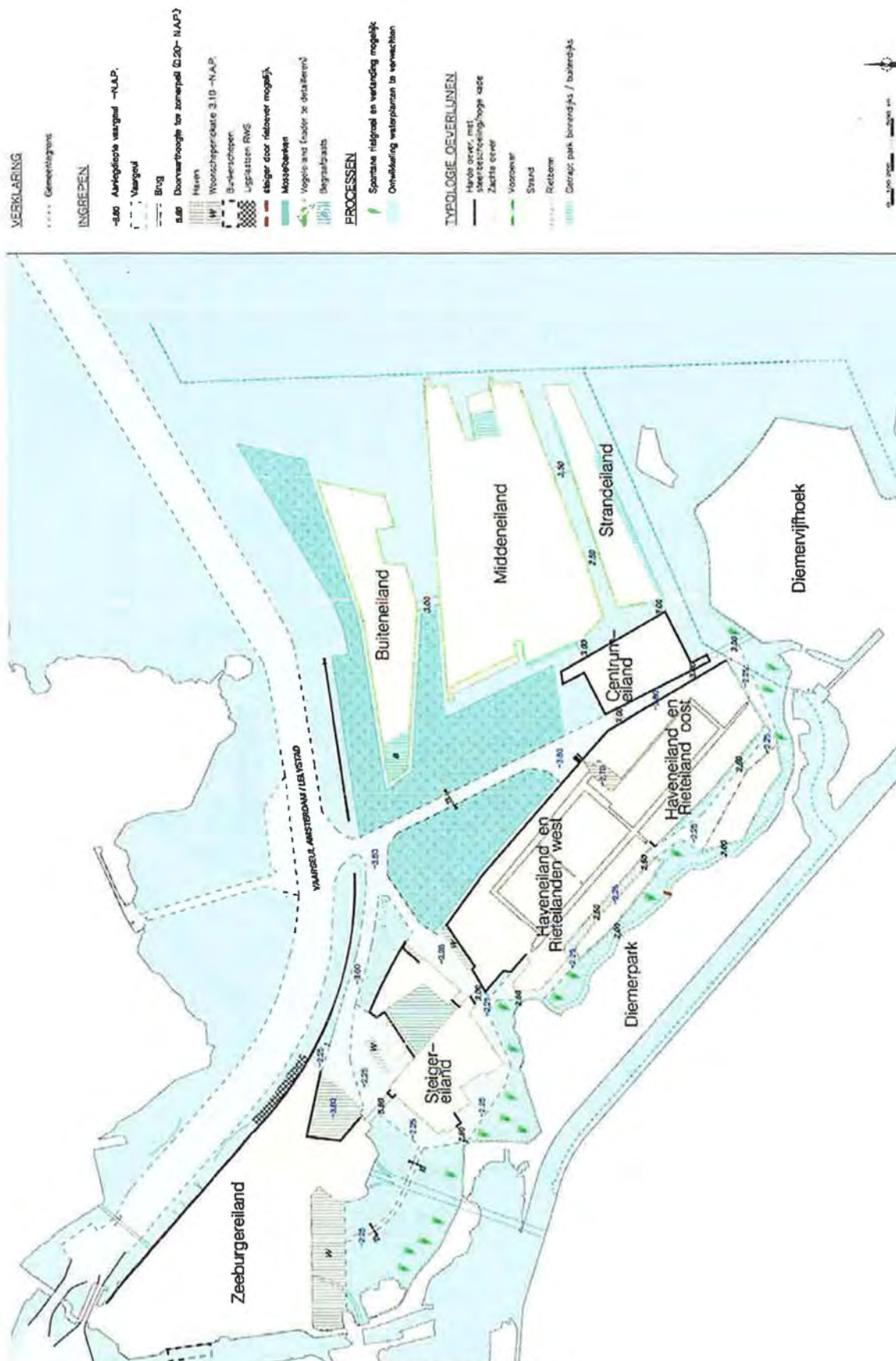
aandacht besteed aan de waterkwaliteits-effecten, terwijl in hoofdstuk 6 de ecologische effecten worden beschouwd. In hoofdstuk 7 zijn tenslotte de conclusies opgenomen.



Figuur 1.1: Impressie van de huidige situatie ter plaatse van IJburg.



Figuur 1.2: Impressie van de autonome ontwikkelingen ter plaatse van IJburg.



Figuur 1.3: Impressie van het basisalternatief-plus IJburg 2^e fase.

2 Modelopzet en modelberekeningen

2.1 Uitgangspunten

De methodiek en de modelopzet die zijn gebruikt bij de beschouwing van de invloed van de nieuw aan te leggen eilanden in IJburg 2^e fase is beschreven in de Bijlage van dit rapport, en komen overeen met de aanpak die door WL | Delft Hydraulics in eerdere studies is gebruikt (1995, 1996a, 1998, 1999 en 2000). In deze en eerdere studies is het modelinstrumentarium Delft3D gebruikt voor de berekening van de waterbeweging (FLOW) en de verblijftijd (WAQ). Vanwege de geringe diepte van het watersysteem zijn de berekeningen in de 2D-mode uitgevoerd en is de modelschematisatie 2D-horizontaal (2DH).

Voor de ten behoeve van dit project uitgevoerde simulaties is hetzelfde rooster gebruikt als bij het in 1999 gebruikte model (zie Figuur 2.1). De gebruikte randvoorwaarden, model parameters en invoergegevens zijn op identieke wijze opgezet. De modeltoepassing verschilt alleen in de beschouwde periode (augustus 2003) en de actuele eigenschappen van het beschouwde watersysteem (met name de waterdiepte). Het modelinstrument is met proefberekeningen voor eerder beschouwde situaties gecontroleerd en gecalibreerd. In deze modelstudie zijn drie varianten beschouwd:

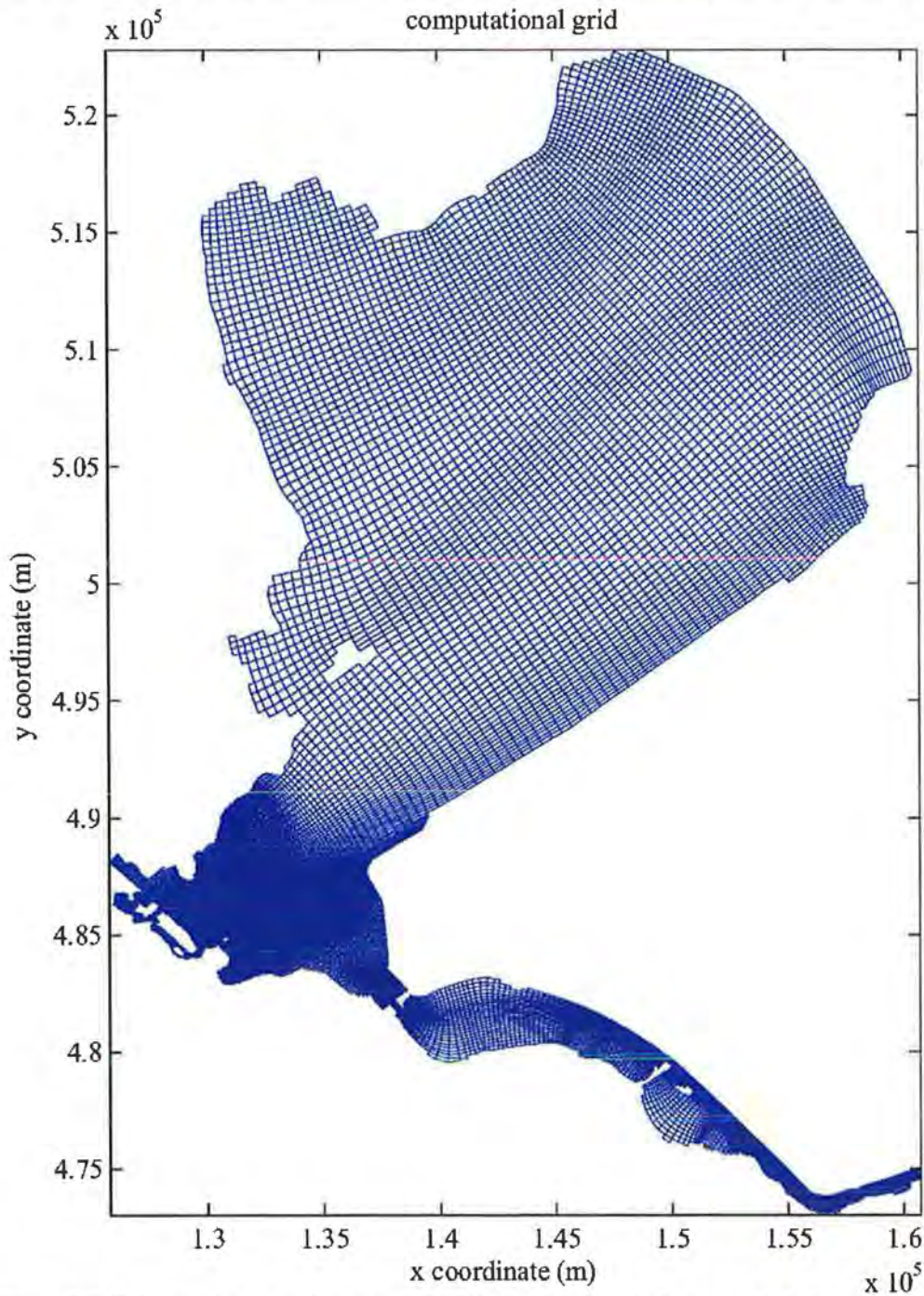
- (1) De huidige situatie, inclusief de eilanden van de eerste fase van IJburg, met een warmtelozing van 249 MWth bij een lozingsdebiet van $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en een lozingstemperatuur van $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ($7 \text{ }^\circ\text{C}$ boven de achtergrondtemperatuur). Hierbij wordt de reeds gebaggerde vaargeul uit het Buitenwaterplan meegenomen (zie Figuur 1.1);
- (2) De autonome ontwikkeling in 2020 met IJburg 1^e fase maar zonder de eilanden van IJburg 2^e fase (zie Figuur 1.2);
- (3) Het toekomstige plan IJburg 2^e fase in 2020 (zie Figuur 1.3).

De autonome ontwikkeling en het basisalternatief-plus worden ten behoeve van het milieुरapport doorgerekend voor de huidige warmtelozing van 249 MWth bij een lozingsdebiet van $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Daarnaast wordt voor het wateradvies van Rijkswaterstaat het scenario doorgerekend met een warmtelozing van 724 MWth bij een lozingsdebiet van $24,7 \text{ m}^3/\text{s}$. In alle gevallen is gerekend met een lozingstemperatuur van $30 \text{ }^\circ\text{C}$ (achtergrondtemperatuur verhoogd met $+7 \text{ }^\circ\text{C}$). Bij de beschouwing van de resultaten is vooral gekeken naar het verschil tussen een situatie zonder en met de 4 geplande eilanden van IJburg 2^e fase.

2.2 Opzet van het waterbewegingsmodel

De waterbeweging is gemodelleerd met behulp van Delft3D-FLOW (WL, 1996b). Delft3D-FLOW is een modelomgeving om meerdimensionale hydrodynamische stromen en transporten, gestuurd door meteorologische parameters, waterafvoeren en getijdenbewegingen, te simuleren. De hydrodynamische condities (snelheid, waterstand, dichtheid en zoutgehalte) berekend met Delft3D-FLOW kunnen als invoer voor andere

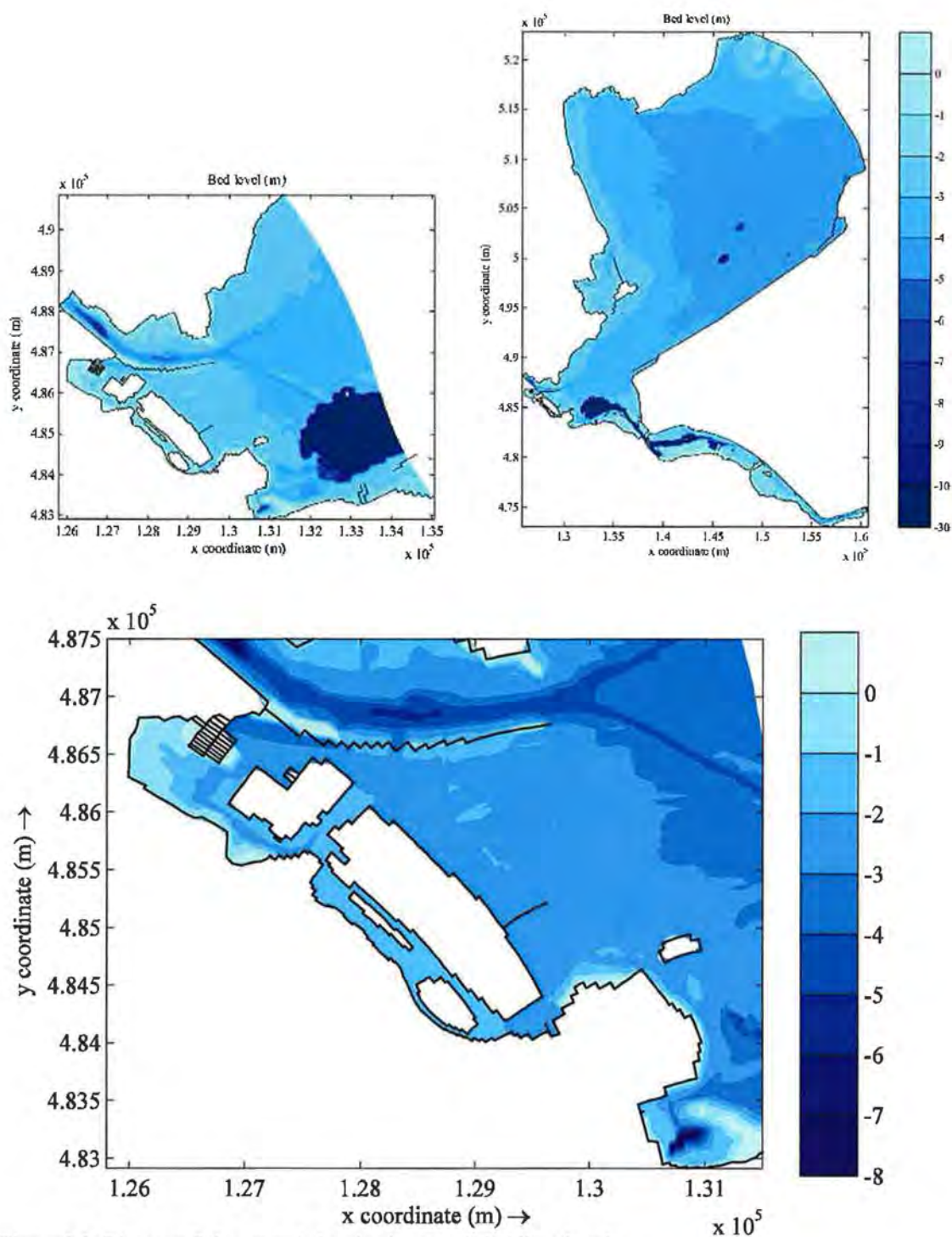
Delft3D modules gebruikt worden. Bij het opzetten van het model is uitgegaan van het rekenrooster en instellingen van het in eerdere studies gebruikte waterbewegingsmodel. Dit grid is weergegeven in Figuur 2.1. Het beschouwde gebied is met opzet zo groot gekozen om de juiste effecten van randen mee te nemen bij de windgestuurde stroming in het gebied.



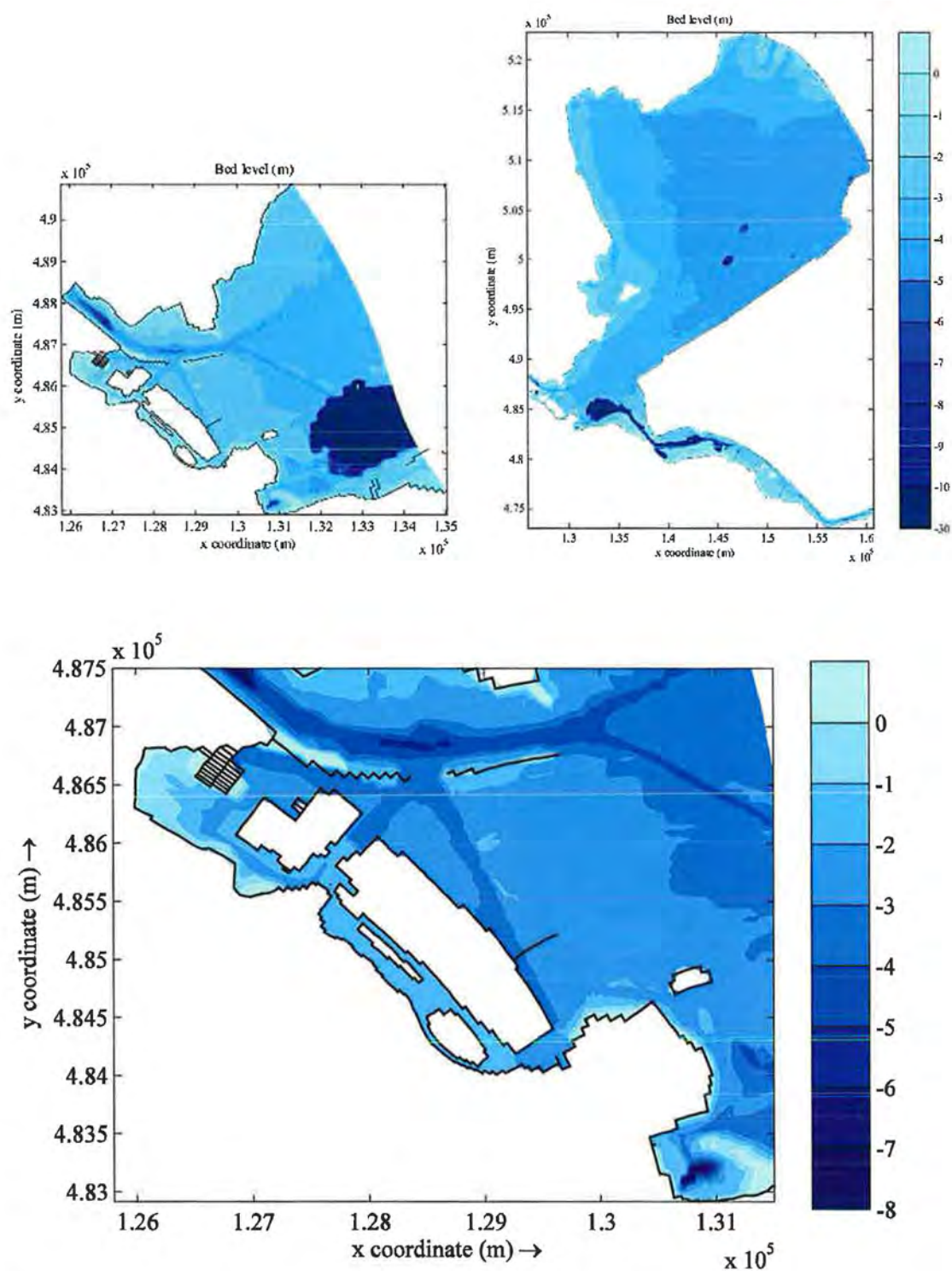
Figuur 2.1: Rekenrooster en randen voor de berekening van de waterbeweging in het plangebied

Rond de eilandengroep IJburg is een *buitenwaterplan* gepland en deels al uitgevoerd. Dit buitenwaterplan bestaat uit ecologisch waardevolle flora zoals rietvelden en gebieden met onder andere kranswieren en fonteinkruid, die invloed kunnen hebben op de verspreiding van het relatief warme koelwater van de Diemer-centrale in het gebied. Daarnaast zijn rond

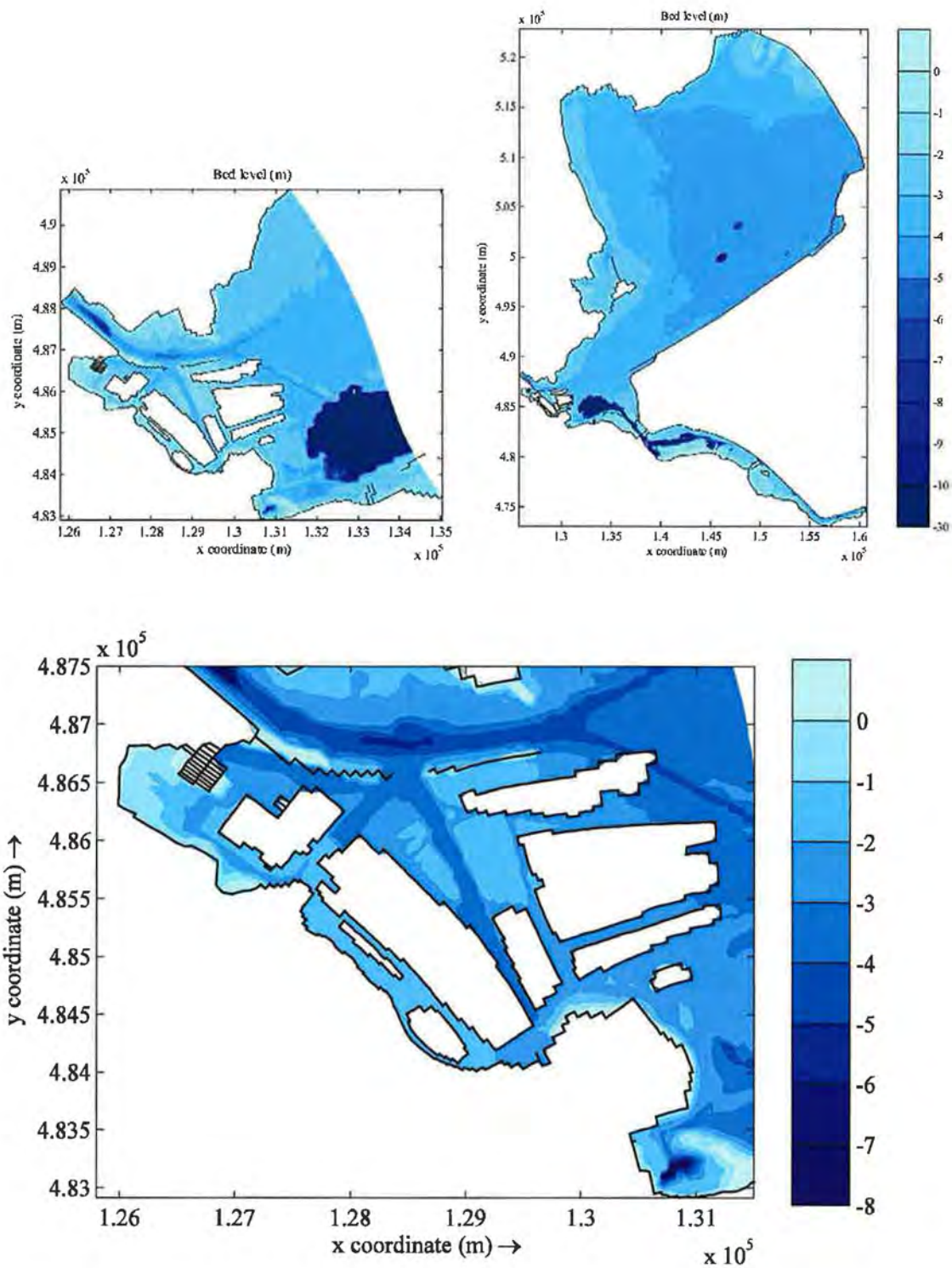
de eilanden van IJburg 2^e fase de nodige mosselbanken gepland. De verschillende typen begroeiing zijn verdisconteerd in de aan het model opgelegde bodemruwheden, die verschilt per beschouwde variant. De stroming in het gebied wordt met name bepaald door de waterdiepte en de overheersende windrichting en strijklengte. Voor de drie te beschouwen situaties zijn gebiedschematisaties opgesteld zoals weergegeven in Figuur 2.2 t/m 2.4.



Figuur 2.2: Diepteprofielen voor de berekening van de huidige situatie



Figuur 2.3: Diepteprofielen voor de berekening van de autonome ontwikkeling

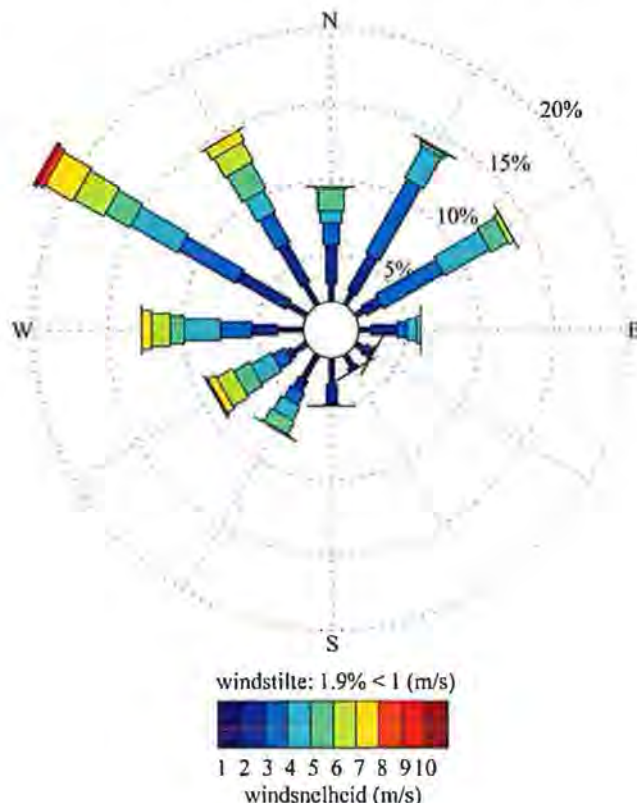
Figuur 2.4: Diepteprofielen voor de berekening van het basisalternatief-plus (IJburg 2^e fase)

2.3 De bepaling van de verblijftijd

Een grootheid die in kwalitatieve zin een indruk geeft van de te verwachten waterkwaliteit in IJburg is de verblijftijd. Een verlenging van de verblijftijd is een indicatie voor potentiële waterkwaliteitsproblemen als gevolg van een verlenging van een periode met hoge temperaturen en een verminderde uitwisseling tussen twee watersystemen. In deze studie wordt een kwalitatieve beschrijving gegeven van de ‘impacts’ van de aanleg van de vier eilanden in IJburg 2^e fase op de wateruitwisseling van verschillende delen van het systeem. Met de informatie die hiermee verkregen wordt, kan in het gebied van IJburg meer inzicht verkregen worden in enerzijds de temperatuursverspreiding en anderzijds in de verblijftijden. De verblijftijd is bepaald met behulp van tracer-berekeningen. Op basis van de tracer-resultaten wordt de leeftijd bepaald van een specifieke tracer. De verandering van de leeftijd van het tracer-water is een goede indicator voor de verandering van de verblijftijd van het water in een specifiek gebied. De tracer-berekeningen (beter bekend onder de naam fractie-berekeningen) zijn uitgevoerd met de module Delft3D-WAQ (WL, 2005) op basis van de waterbeweging uit Delft3D-FLOW.

2.4 De gebruikte meteorologie en watertemperatuur

Uit eerdere studies is bekend dat de waterbeweging in en rond IJburg vrijwel geheel wordt bepaald door de windkracht en windrichting. Door Rijkswaterstaat Dienst IJsselmeergebied (RDIJ) is aangegeven dat de beschouwing van de effecten van de aanleg van IJburg 2^e fase moet worden uitgevoerd voor een “worst case” situatie.

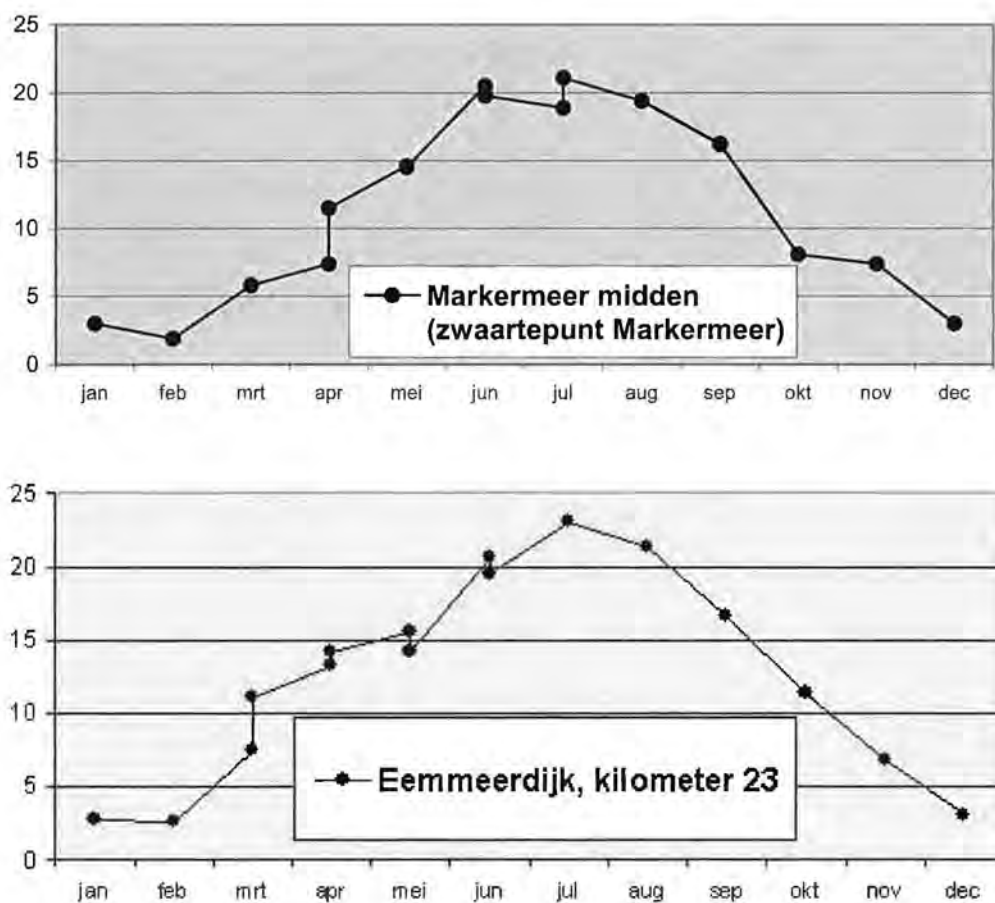


Figuur 2.5: Analyse van de windkracht en windrichting in augustus 2003.

In overleg met RDIJ is afgesproken dat de berekeningen worden uitgevoerd voor de omstandigheden in augustus 2003. Daartoe zijn de relevante gegevens over windkracht en windrichting geanalyseerd (zie Figuur 2.5). Uit de figuur mag worden afgeleid dat er slechts een beperkte periode (1,9% van de tijd) van windstilte is geweest en dat de overheersende windrichting in augustus 2003 West tot Noord-West is geweest. Overigens is zowel de windrichting als de windsterkte binnen een maand zeer variabel, wat resulteert in een waterbeweging die binnen een maand aanzienlijke variaties in zowel de stroming als de verblijftijd tot gevolg heeft.

De in de berekening gebruikte achtergrondtemperatuur is gebaseerd op de in “Waterbase” van RWS beschikbare metingen uit 2003 in de regio van IJburg. Van de beschikbare meetpunten worden de meetresultaten op de gekozen meetpunten “Markermeer-midden” en “Eemmeerdkijk km23” als het meest karakteristiek voor de situatie in het IJmeer en IJburg beschouwd. In Figuur 2.6 is de watertemperatuur op deze meetpunten weergegeven. Op basis van deze meetresultaten is in overleg met de opdrachtgever afgesproken om voor de maand augustus 2003 een uniforme achtergrondtemperatuur te hanteren van 23 °C (“worst case”).

Watertemperatuur 2003



Figuur 2.6: Gemeten watertemperatuur in Markermeer en Eemmeer in het jaar 2003.

3 Berekeningsresultaten basisalternatief-plus

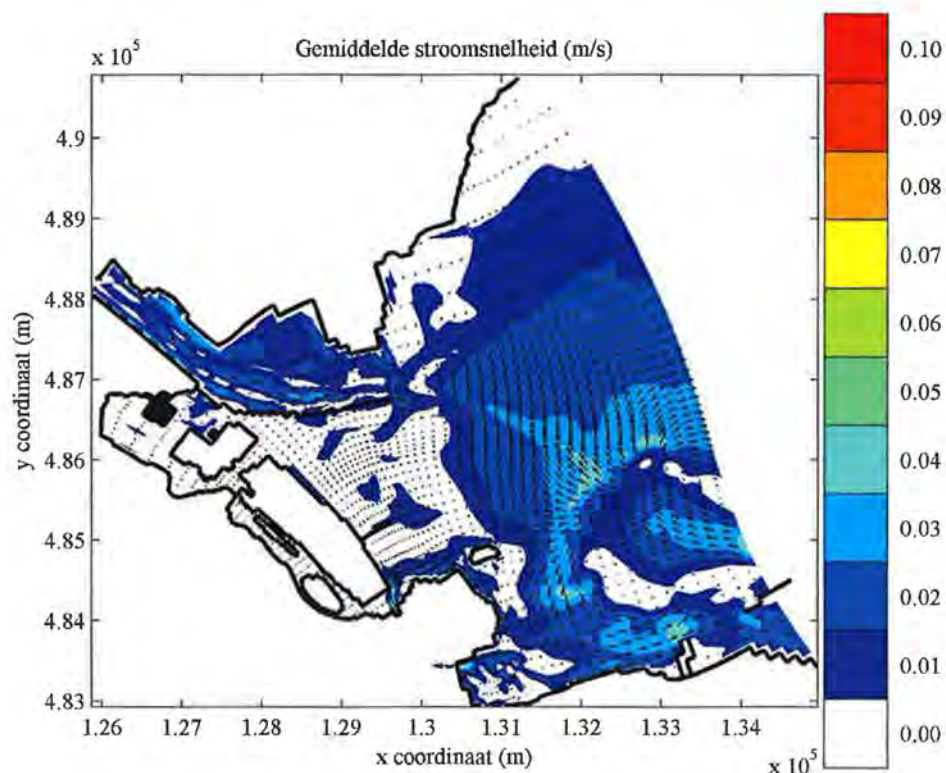
3.1 Introductie

Er is een vergelijking uitgevoerd voor de autonome situatie (dus zonder IJburg 2^e fase) en de basisalternatief-plus situatie met de vier eilanden van IJburg 2^e fase. Geconstateerd is dat buiten het gebied met eilanden, richting IJmeer, stroomsnelheden en watertemperaturen niet significant veranderen door de aanleg van IJburg 2^e fase. Op basis daarvan is in dat gebied derhalve geen noemenswaardige verandering in de waterkwaliteit te verwachten.

3.2 Berekening huidige situatie

3.2.1 Beschouwing waterbeweging

Voor de beschouwing van de verblijftijd is het resultaat van de waterbeweging uiteraard het uitgangspunt. In onderstaande Figuur 3.1 is de gemiddelde stroomsnelheid in augustus 2003 als karakteristiek voor de waterbeweging in de huidige situatie weergegeven.

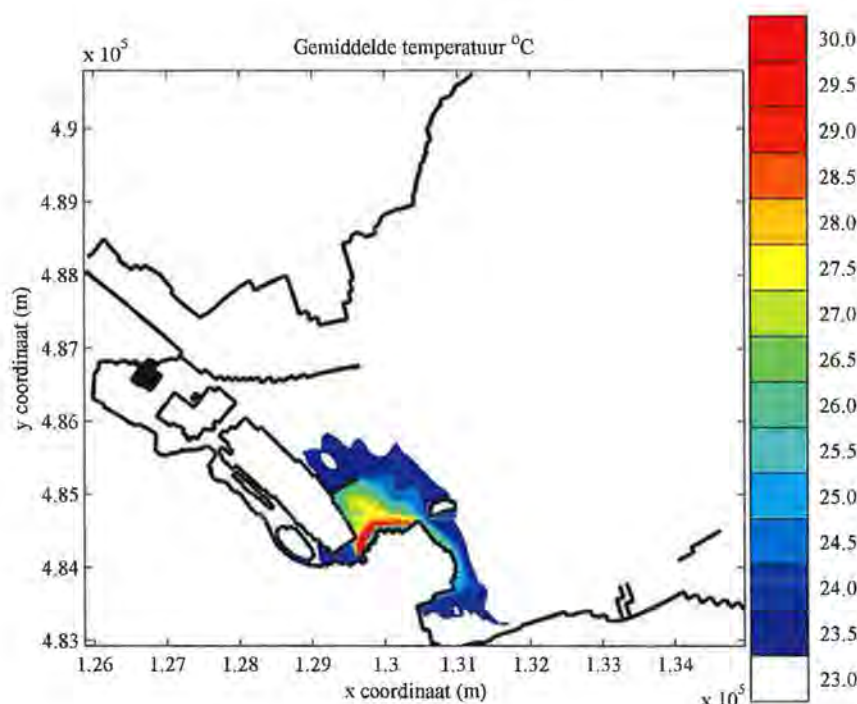


Figuur 3.1: Gemiddelde stroomsnelheid in augustus 2003 voor de huidige situatie.

Uit de resultaten mag enerzijds geconcludeerd worden dat de over de maand augustus 2003 gemiddelde stroomsnelheden in het gebied gering zijn (tot 1 cm/s) en anderzijds dat de stroomsnelheden iets verhoogd zijn vanaf het lozingspunt van de Diemer-centrale in oostelijke richting langs de Diemer Vijfhoek. Een kwalitatief beeld van de variatie van de stroomsnelheden als functie van de tijd is weergegeven in Figuur 3.4a t/m 3.4d (stromingsveld op 2, 6, 13 en 22 augustus 2003).

3.2.2 Beschouwing van de watertemperatuur

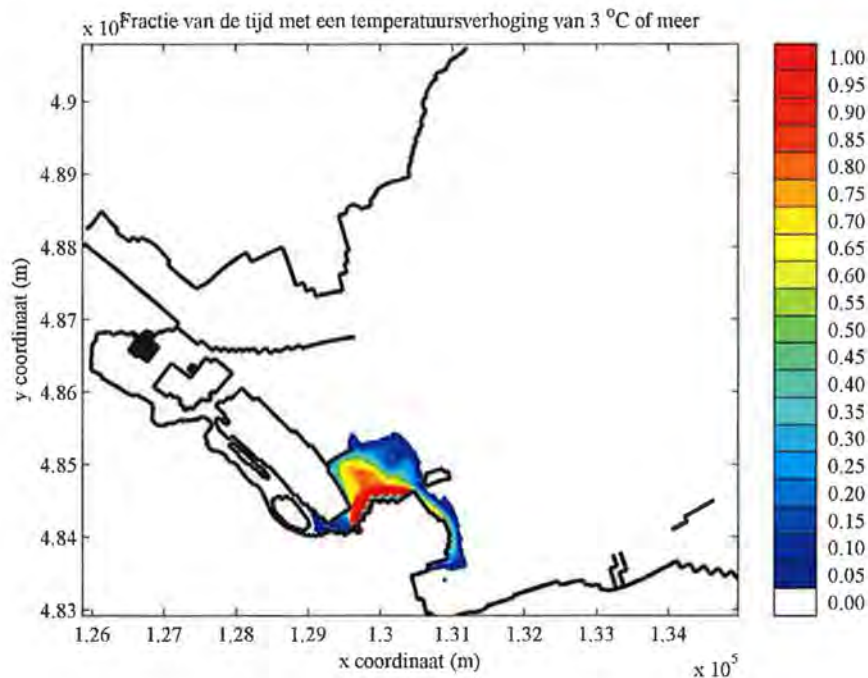
De waterbewegingsmodule Delft3D-FLOW berekent tegelijkertijd de excess-temperatuur van een warmtelozing. De resultaten van het verloop van de watertemperatuur in de maand augustus 2003 zijn vrij dynamisch van karakter, immers de waterbeweging is over het algemeen wind-gedreven. Vanwege het dynamische karakter van alle modelresultaten is er voor gekozen om een statistische bewerking op de resultaten los te laten. Voor de berekeningen van IJburg is de (maand)gemiddelde watertemperatuur voor de omstandigheden in augustus 2003 berekend (Figuur 3.2) en het percentage van de tijd dat de watertemperatuur in de maand augustus 2003 meer dan 3 °C is verhoogd (Figuur 3.3). Om de variabiliteit van de watertemperatuur te illustreren zijn de berekeningsresultaten voor de huidige situatie op 2 augustus (NW-wind), 6 augustus (NO-wind), 13 augustus (N-wind) en 22 augustus 2003 (W-wind) weergegeven in Figuur 3.4a t/m 3.4d.



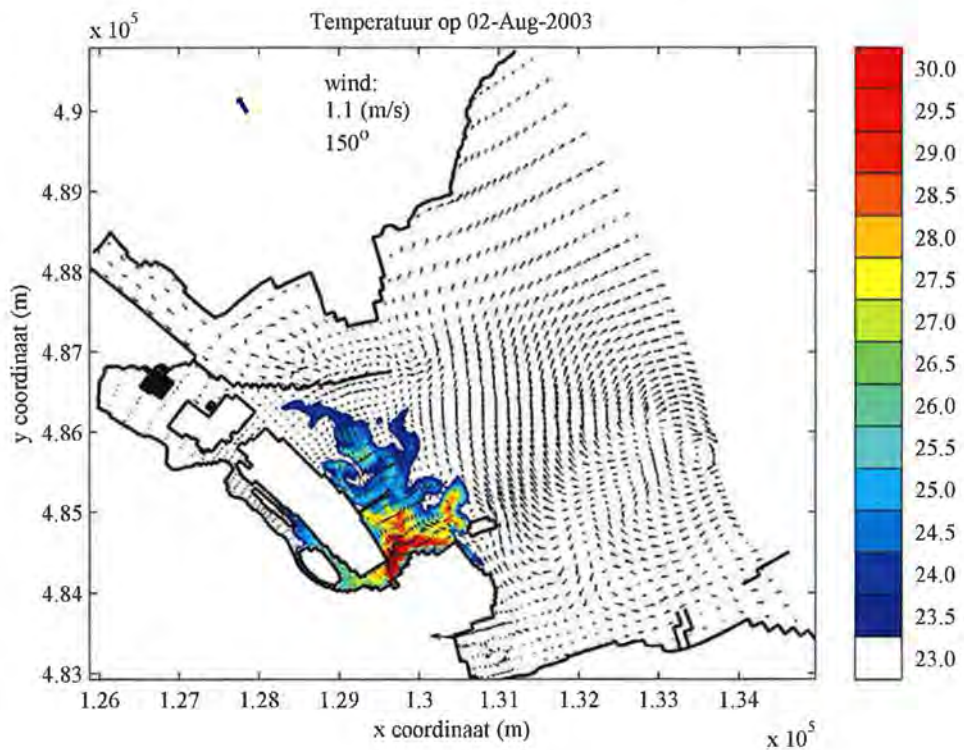
Figuur 3.2: Gemiddelde watertemperatuur voor de huidige situatie (augustus 2003).

Het gebied met een verhoogde watertemperatuur door de warmtelozing van de Diemercentrale wordt aan de westkant grofweg begrensd door de drukterp op het Haveneiland. Opvallend is de temperatuurverhoging langs de Diemer Vijfhoek, die waarschijnlijk het gevolg is van de aanzuigende werking van de koelwaterinlaat aan de

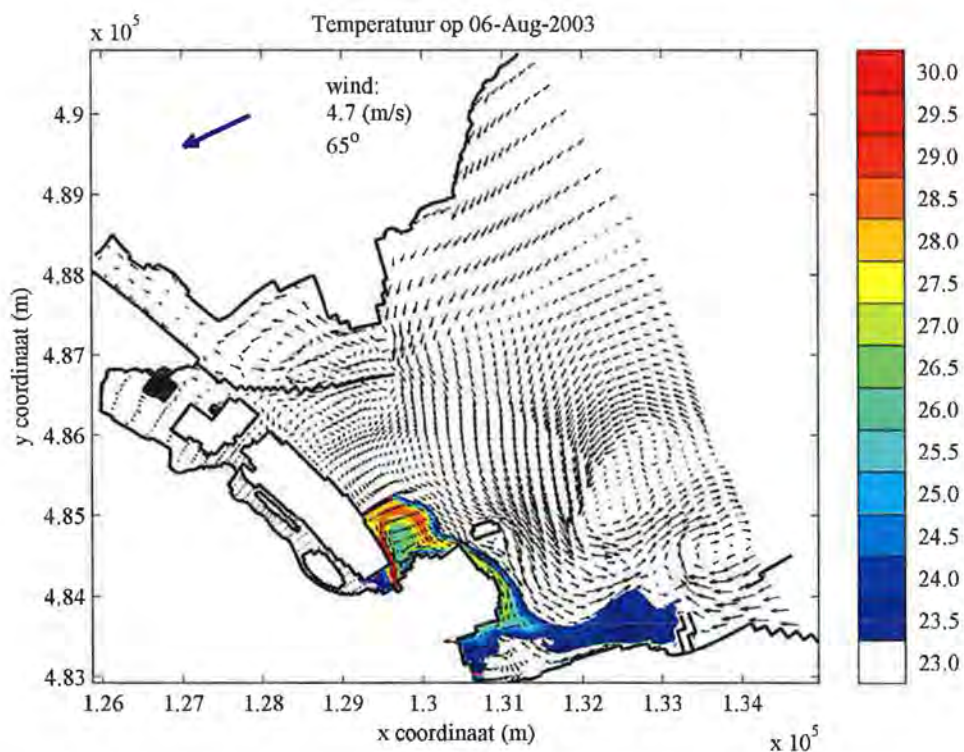
zuid-oostkant van de Diemer Vijfhoek gekoppeld aan de overheersende windrichting in de maand augustus 2003. In deze extreem warme maand is er gemiddeld geen significante beïnvloeding van de watertemperatuur in het IJmeer of Markermeer.



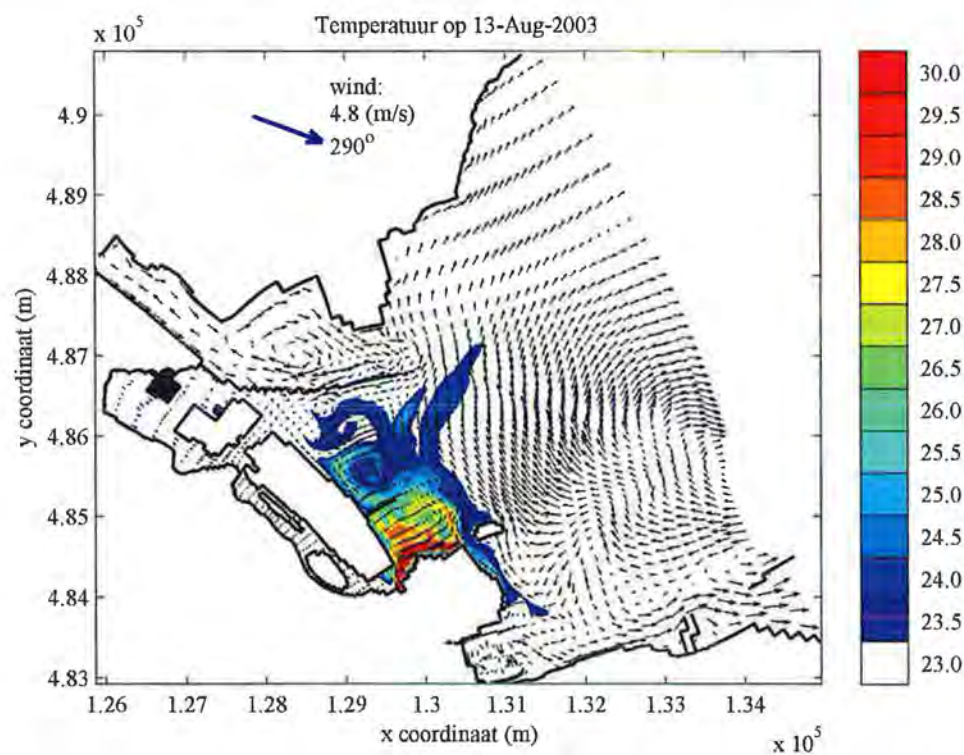
Figuur 3.3: Verhoging watertemperatuur voor de huidige situatie (augustus 2003).



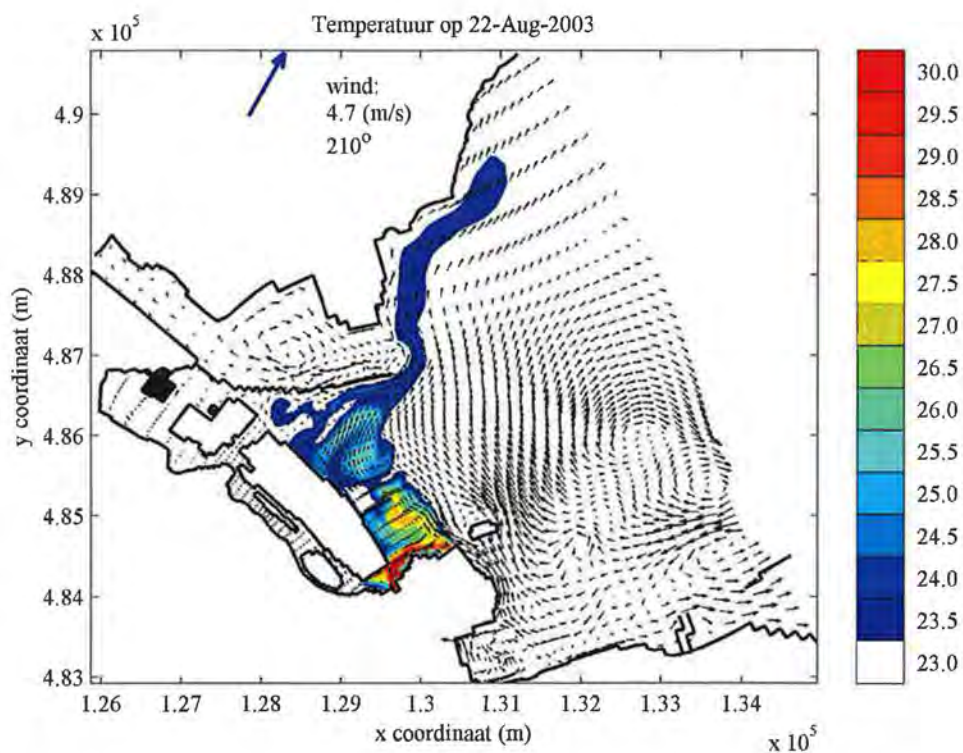
Figuur 3.4a: Karakteristieke watertemperatuur voor de huidige situatie (2 augustus 2003).



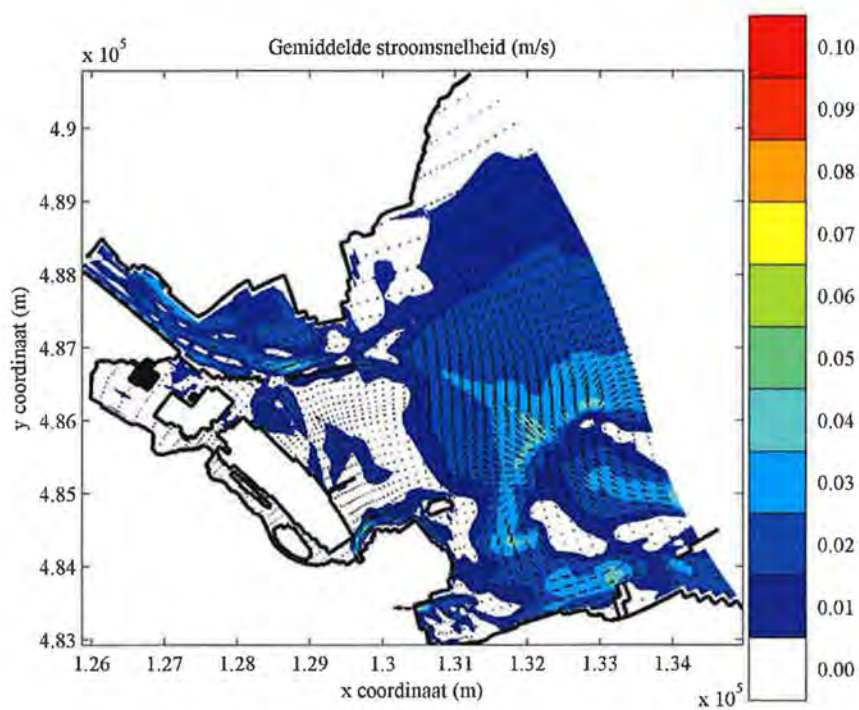
Figuur 3.4b: Karakteristieke watertemperatuur voor de huidige situatie (6 augustus 2003).



Figuur 3.4c: Karakteristieke watertemperatuur voor de huidige situatie (13 augustus 2003).



Figuur 3.4d: Karakteristieke watertemperatuur voor de huidige situatie (22 augustus 2003).



Figuur 3.5: Gemiddelde stroomsnelheid voor de autonome situatie (augustus 2003).

3.3 Berekening autonome situatie

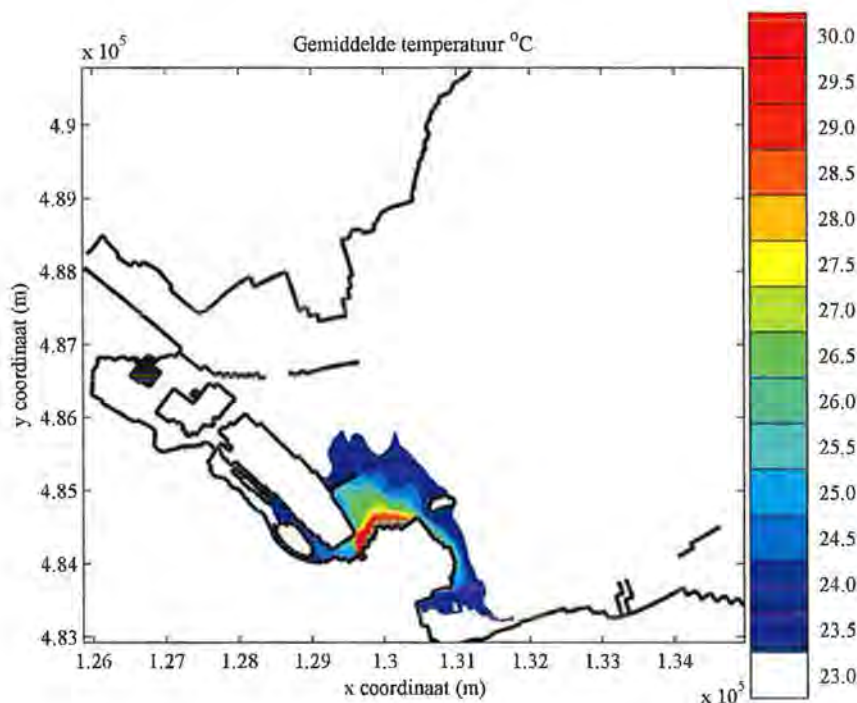
3.3.1 Beschouwing waterbeweging

Uitgangspunt voor de beschouwing van de verblijftijd is de waterbeweging. In Figuur 3.5 (op de vorige pagina) is de gemiddelde stroomsnelheid voor de autonome situatie weergegeven. De situatie verschilt nauwelijks van de berekeningsresultaten voor de huidige situatie.

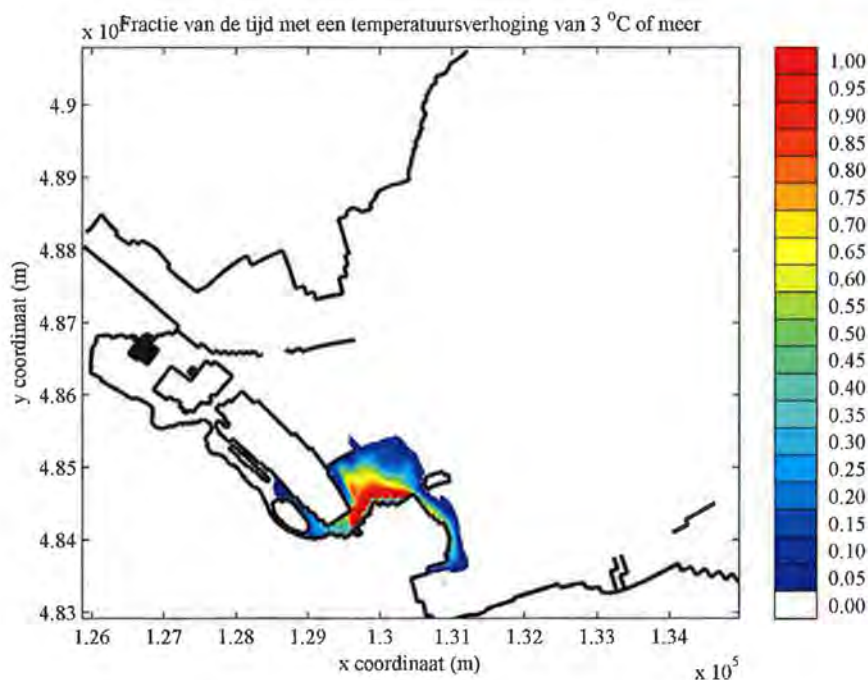
3.3.2 Beschouwing van de watertemperatuur

De berekende excess-watertemperatuur van de warmtelozing in de autonome situatie verschilt weinig van die voor de huidige situatie. De maandgemiddelde watertemperatuur is weergegeven in Figuur 3.6, terwijl het percentage van de tijd dat de watertemperatuur meer dan 3 °C is verhoogd is gepresenteerd in Figuur 3.7. De variabiliteit van de watertemperatuur is geïllustreerd aan de hand van de berekeningsresultaten voor de autonome situatie op 2, 6, 13 en 22 augustus 2003 in Figuur 3.8a t/m 3.8d.

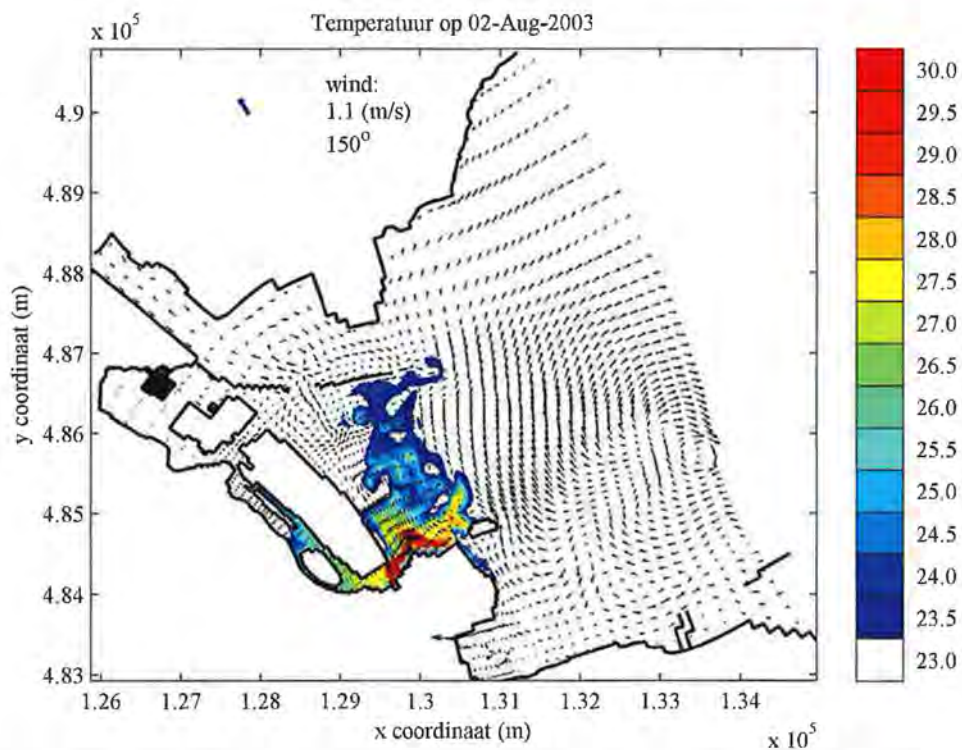
De opening in de strekdam langs de vaargeul van Amsterdam-Lemmer lijkt geen invloed van betekenis te hebben op de verdeling van de watertemperatuur, al heeft de berekening uiteraard alleen betrekking op omstandigheden zoals die in de warme maand augustus 2003 in het gebied rond IJburg heersten.



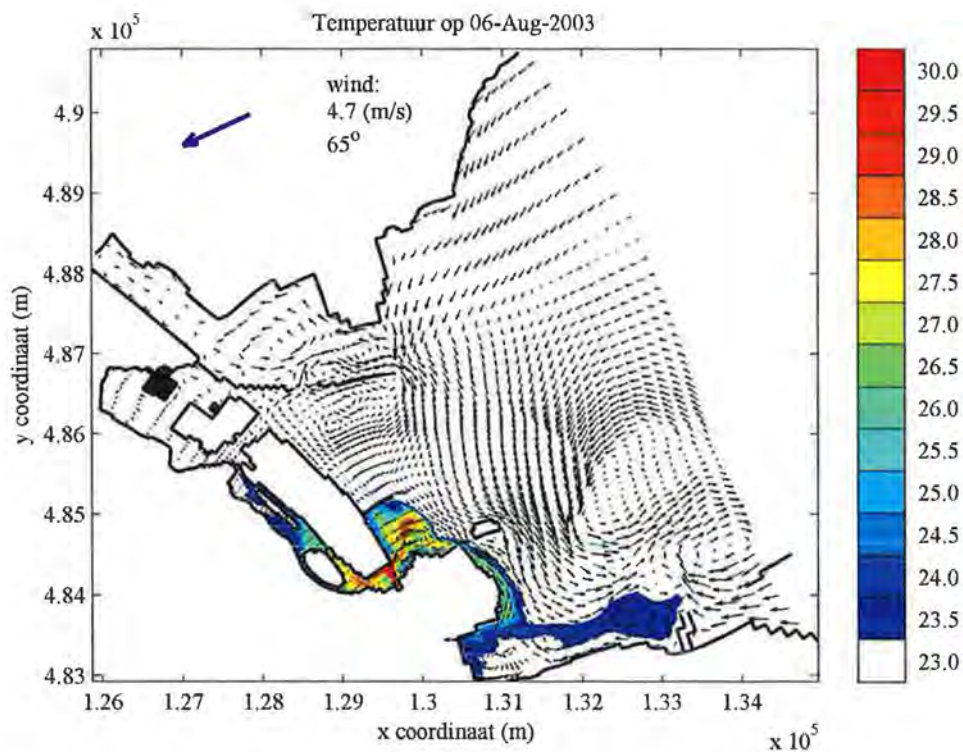
Figuur 3.6: Gemiddelde watertemperatuur voor de autonome situatie (augustus 2003).



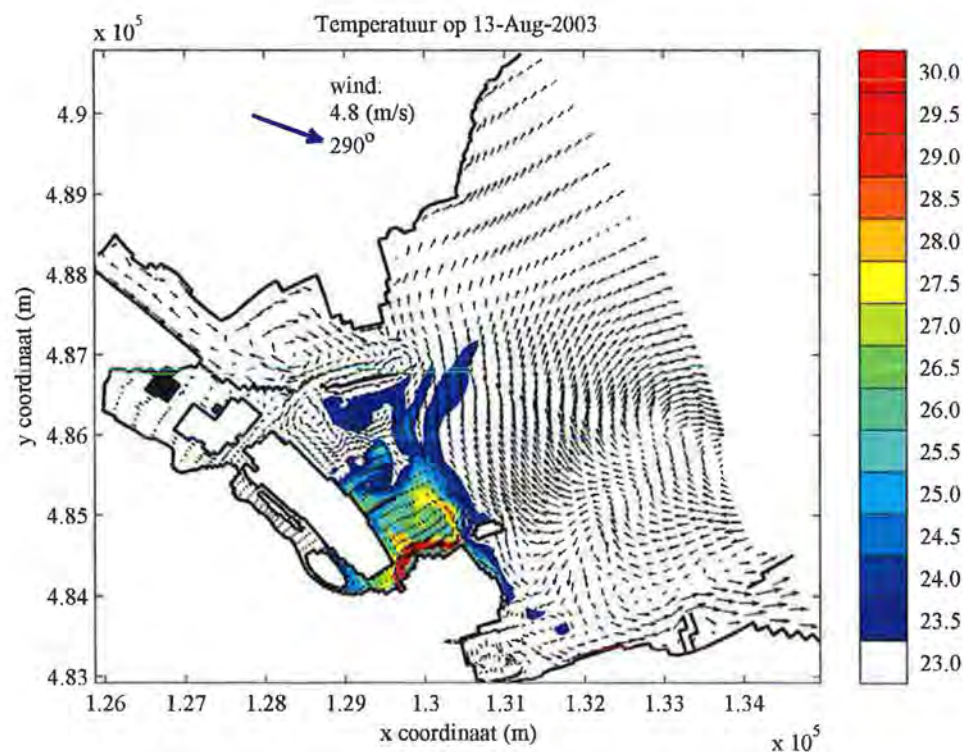
Figuur 3.7: Verhoging watertemperatuur voor de autonome situatie (augustus 2003).



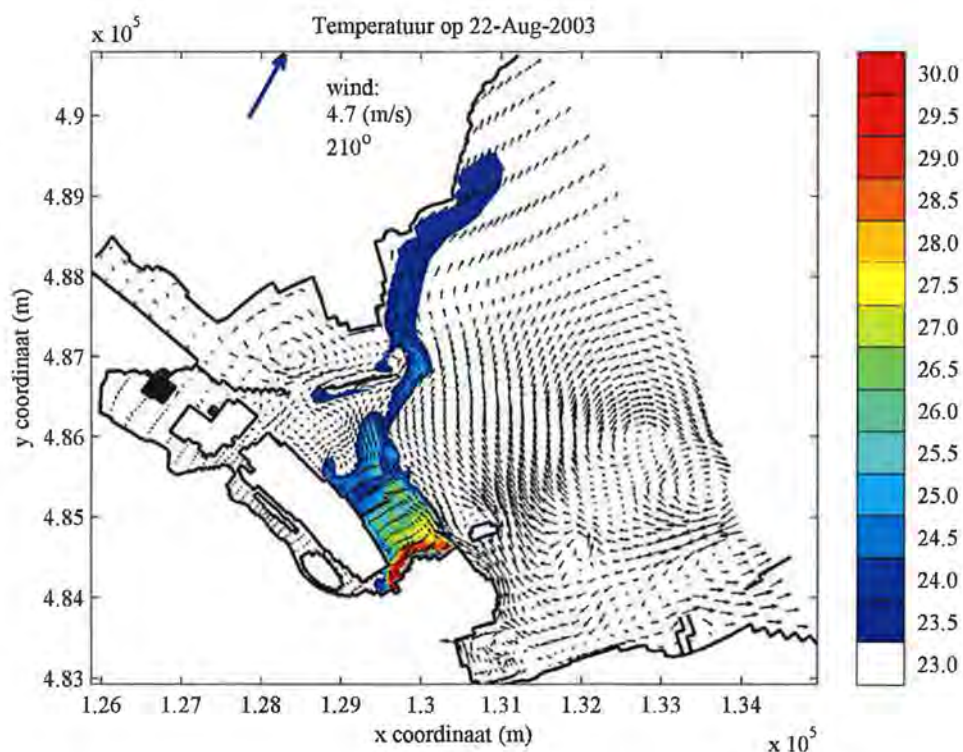
Figuur 3.8a: Karakteristieke watertemperatuur voor de autonome situatie (2 augustus 2003).



Figuur 3.8b: Karakteristieke watertemperatuur voor de autonome situatie (6 augustus 2003).



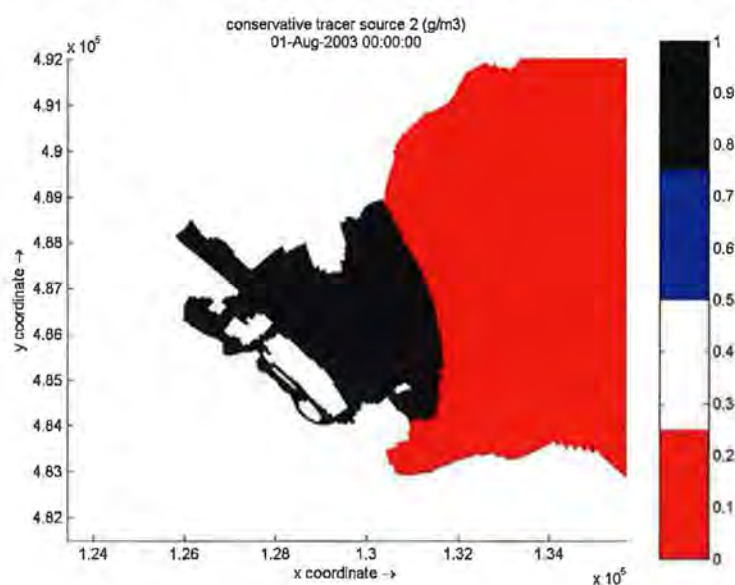
Figuur 3.8c: Karakteristieke watertemperatuur voor de autonome situatie (13 augustus 2003).



Figuur 3.8d: Karakteristieke watertemperatuur voor de autonome situatie (22 augustus 2003).

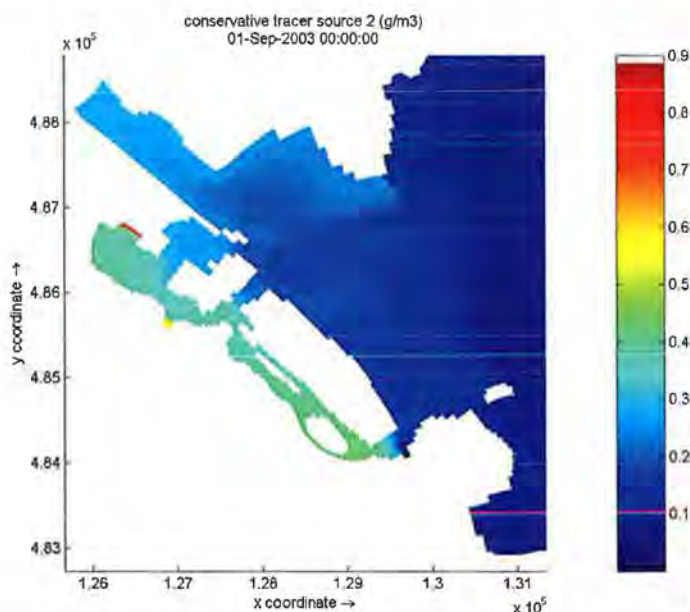
3.3.3 Beschouwing van de verblijftijd

Op basis van de waterbeweging is via een tracer-berekening inzicht verkregen in de verblijftijden in een specifiek gebied. De beschouwing is gebaseerd op het gedurende de maand augustus 2003 volgen van het in Figuur 3.9 zwart-gekleurde water.



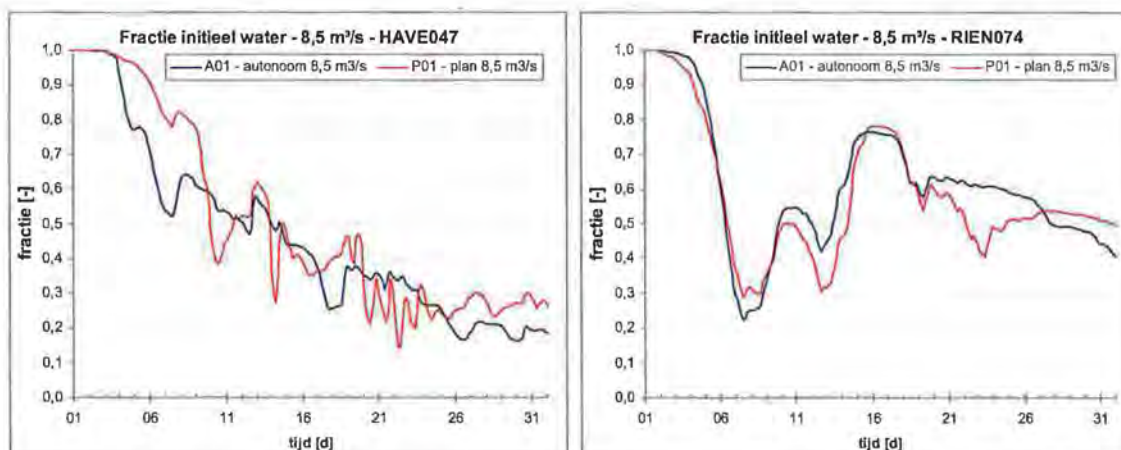
Figuur 3.9: Uitgangssituatie voor de tracer-berekening (verspreiding initieel zwart gekleurde water).

Uit de resultaten in Figuur 3.10 mag worden afgeleid dat na één maand alleen in het gebied ten zuiden van het Steigereiland en Haveneiland/Rieteilanden nog een significante (40%) hoeveelheid “initieel” water bevindt die nog niet door menging of (wind)stroming is vervangen door water van buiten het plangebied (lees: IJmeer) of door koelwater vanuit de Diemer-centrale. Daarmee zijn dit vrij geïsoleerde gebieden met een verblijftijd van meer dan één maand (gebaseerd op de omstandigheden zoals in de warme maand augustus 2003).

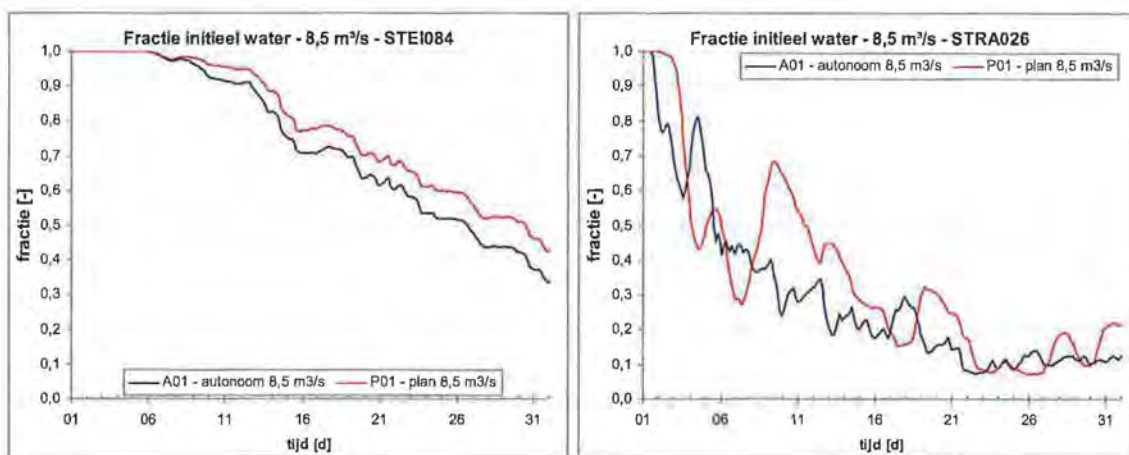


Figuur 3.10: Verspreiding initieel IJburg water in de autonome situatie (augustus 2003).

De resultaten bevestigen het beeld dat de verblijftijd zelfs onder zeer zomerse omstandigheden zoals in augustus 2003 door de wind wordt bepaald. Alleen in de zeer directe omgeving van de centrale tonen tracer-berekeningen aan dat de verblijftijd merkbaar door het koelwater wordt beïnvloed. In de Figuren 3.11a t/m 3.11c is op een viertal locaties in IJburg (zie Figuur 3.12) het verloop van de fractie initieel water in augustus 2003 weergegeven. De figuren illustreren de grote invloed van de wind en de snelle variaties van de fractie initieel water op de vier gekozen locaties in IJburg voor de autonome situatie.

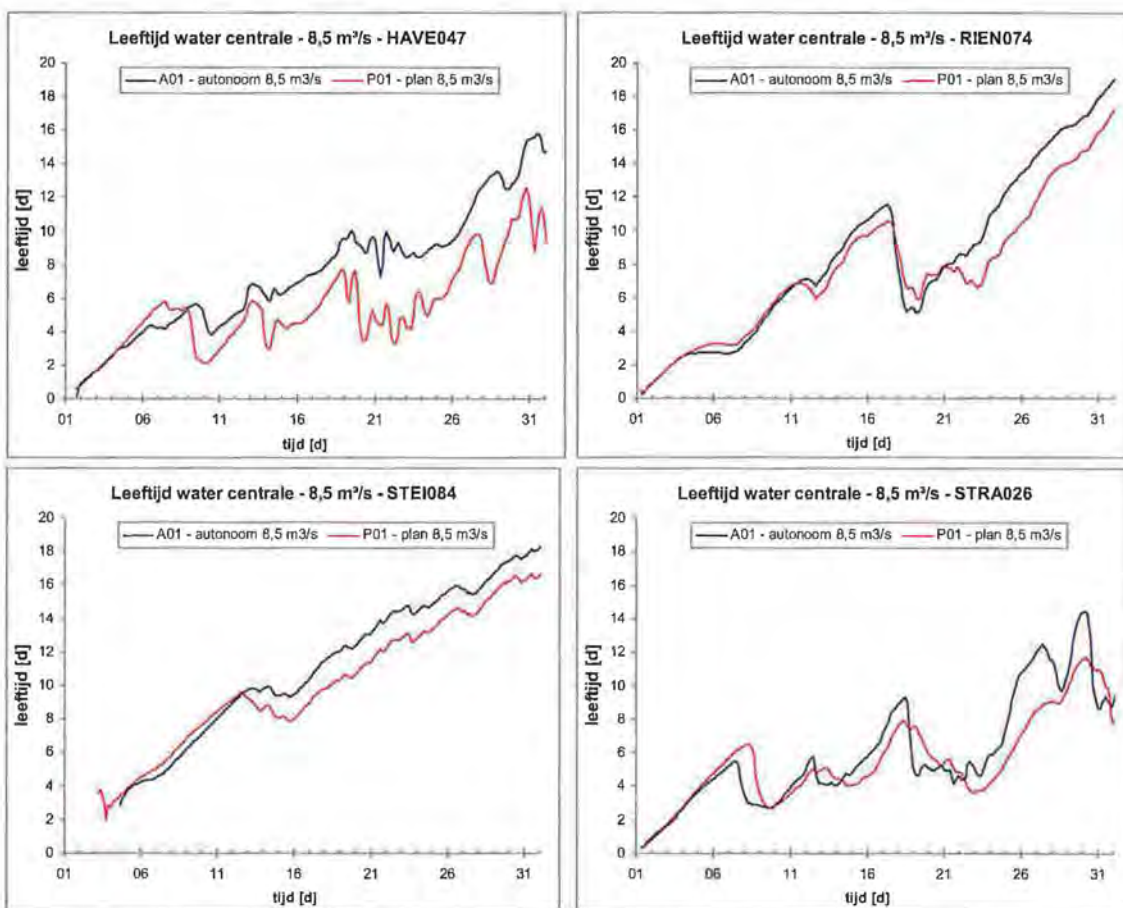


Figuur 3.11a: Variatie fractie initieel water (autonome en basisalternatief-plus situatie augustus 2003).



Figuur 3.11b: Variatie fractie initieel water (autonome en basisalternatief-plus situatie augustus 2003).

Met behulp van de tracer-berekeningen kan ook de leeftijd (looptijd) van het tracerwater vanaf de bron worden beschouwd. Onderstaand is in Figuur 3.11c het verloop van de leeftijd van het geloosde water van de Diemer-centrale als functie van de tijd weergegeven. Op de relatief dicht bij de Diemer centrale gelegen locaties HAVE047 en STRA026 (zie Figuur 3.12) lijkt de leeftijd (in feite is dit de looptijd vanaf het lozingspunt) nagenoeg gestabiliseerd op ordegrootte 2 weken.



Figuur 3.11c: Variatie leeftijd water (autonome en basisalternatief-plus situatie augustus 2003).

Het verloop van de leeftijdsfunctie is vanwege de variabele windrichting grillig maar consistent. Op het verder van de bron gelegen punt STEI084 en op het wat afgeschermd punt RIEN074 (zie Figuur 3.12) is de leeftijd na één maand nog niet gestabiliseerd en mag worden aangenomen dat de leeftijd en dus de verblijftijd daar meer dan één maand bedraagt. Dit komt overeen met de conclusie die op basis van de Figuren 3.10 werd getrokken.

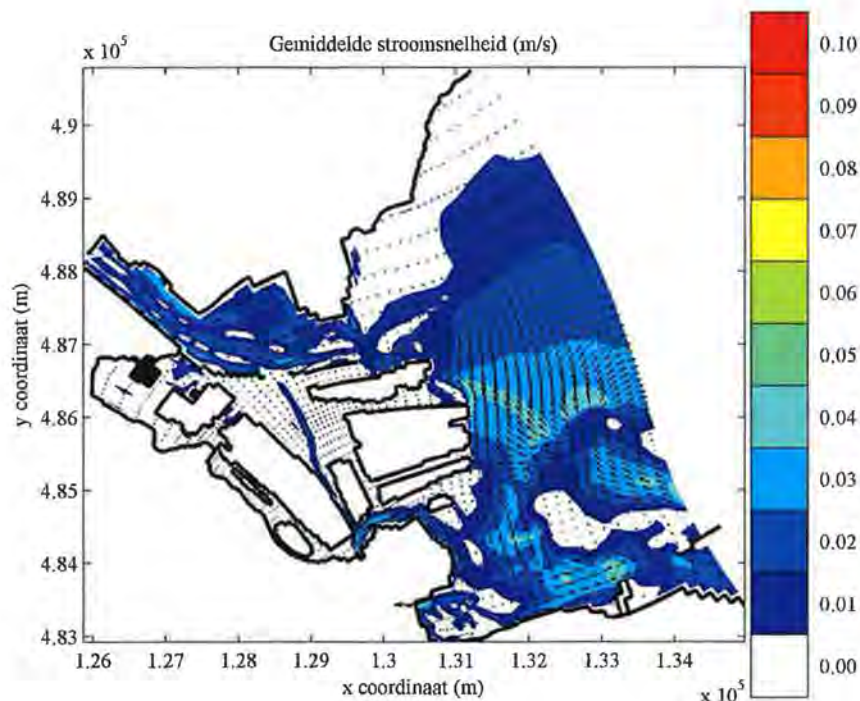


Figuur 3.12: Situering van de meetlocaties in het plangebied van IJburg.

3.4 Berekening basisalternatief-plus

3.4.1 Beschouwing waterbeweging

Ook voor de situatie met de vier nieuwe eilanden van IJburg 2^e fase is de waterbeweging voor de omstandigheden in augustus 2003 bepaald. Het resultaat is weergegeven in Figuur 3.13 en verschilt in die zin van die van de autonome situatie dat de stroomsnelheden nu ook in het gebied van de nieuwe eilanden in de categorie van minder dan 1 cm/s vallen. De 4 nieuwe eilanden vormen min of meer als een buffer (bescherming) tegen de beïnvloeding door de wind-gestuurde waterbeweging van het IJmeer-Markermeer. Wellicht ten overvloede wordt ook hier opgemerkt dat de windgedreven waterbeweging bijzonder dynamisch is en dat de hier gepresenteerde resultaten gelden voor de omstandigheden in de warme zomermaand augustus 2003.



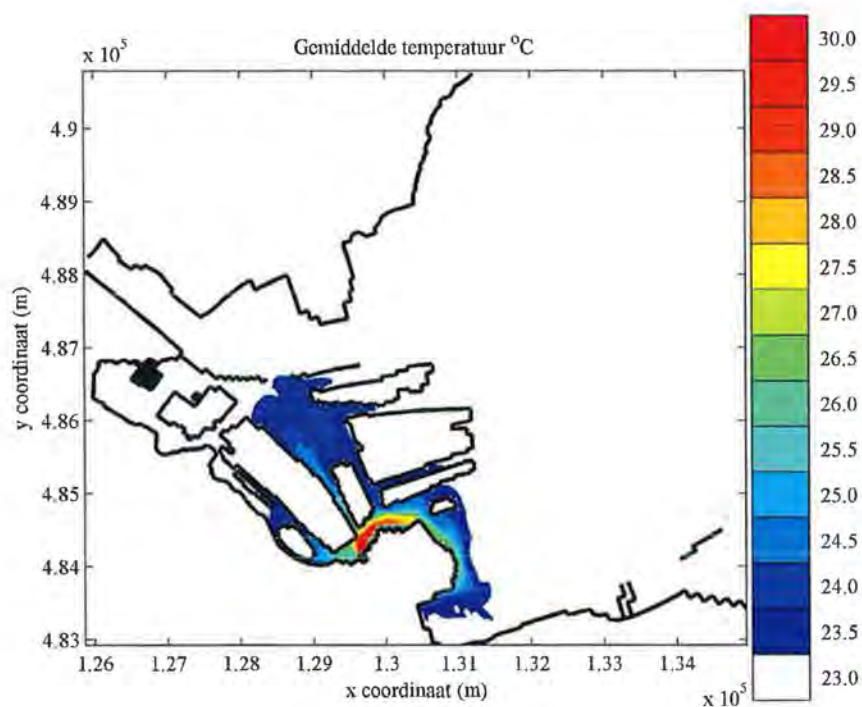
Figuur 3.13: Gemiddelde stroomsnelheid voor het basialternatief-plus (augustus 2003).

3.4.2 Beschouwing van de watertemperatuur

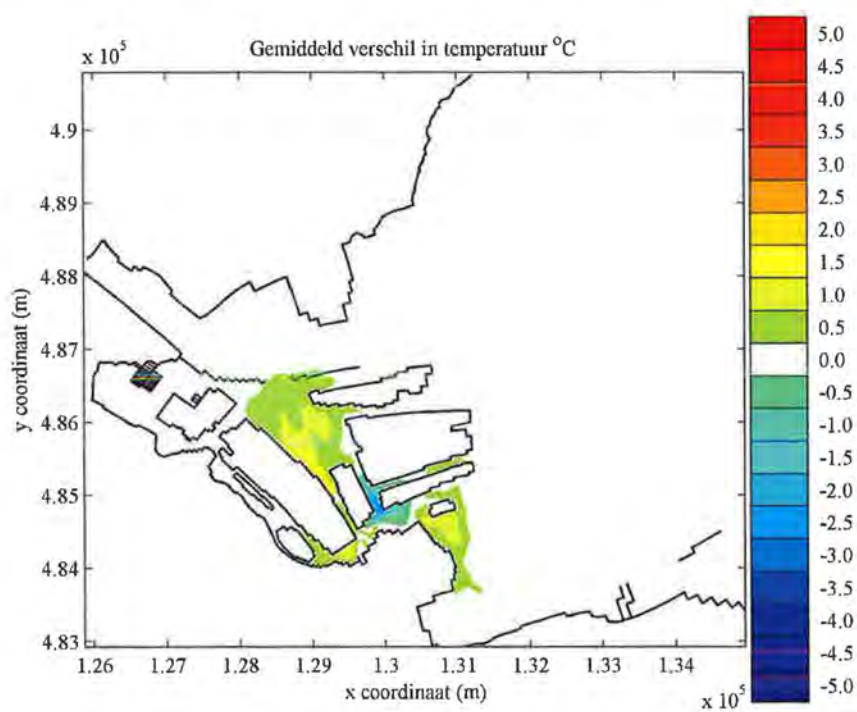
De berekende excess-watertemperatuur van de warmtelozing in de basialternatief-plus situatie verschilt uiteraard van die in de autonome situatie. De gemiddelde watertemperatuur is weergegeven in Figuur 3.14, terwijl het percentage van de tijd dat de watertemperatuur meer dan 3 °C is verhoogd is gepresenteerd in Figuur 3.16. De verschillen met de autonome situatie zijn apart weergegeven in Figuur 3.15 voor de gemiddelde watertemperatuur.

Door de aanleg van de 4 nieuwe eilanden van IJburg 2^e fase wordt nu niet alleen het gebied ten noorden van de koelwaterlozing beïnvloed, maar ook een beperkt gebied ten zuiden van het Haveneiland en Rieteiland-Oost (zie Figuur 3.14 en 3.15). Het warme koelwater wordt in feite tussen het Haveneiland en het Centrumeiland geperst in de richting van het open water ten noorden van het Haveneiland. Uit Figuur 3.15 lijkt te mogen worden opgemaakt dat de eilanden zorgen voor een stroming in een meer Noord-Westelijke richting. De beïnvloeding is echter vrijwel overal minder dan 1 °C.

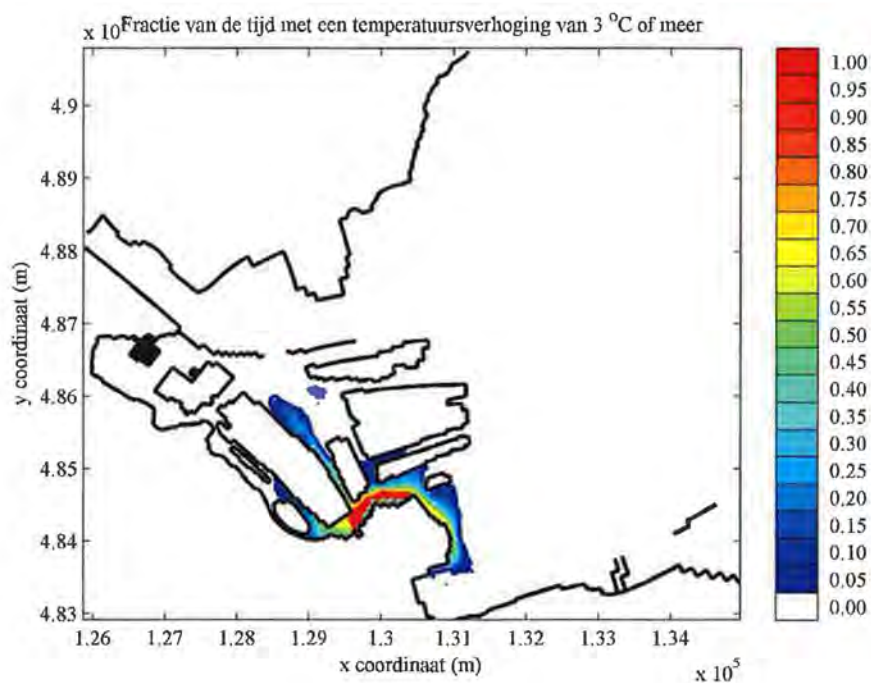
Slechts in een beperkt deel van de tijd is er alleen in de directe nabijheid van de Diemercentrale een overschrijding van de contour van 3 °C (Figuur 3.16). Het gebied met een overschrijding van de 3 °C contour is in de basialternatief-plus situatie niet significant groter dan in de autonome situatie (vergelijk Figuur 3.7 en 3.16).



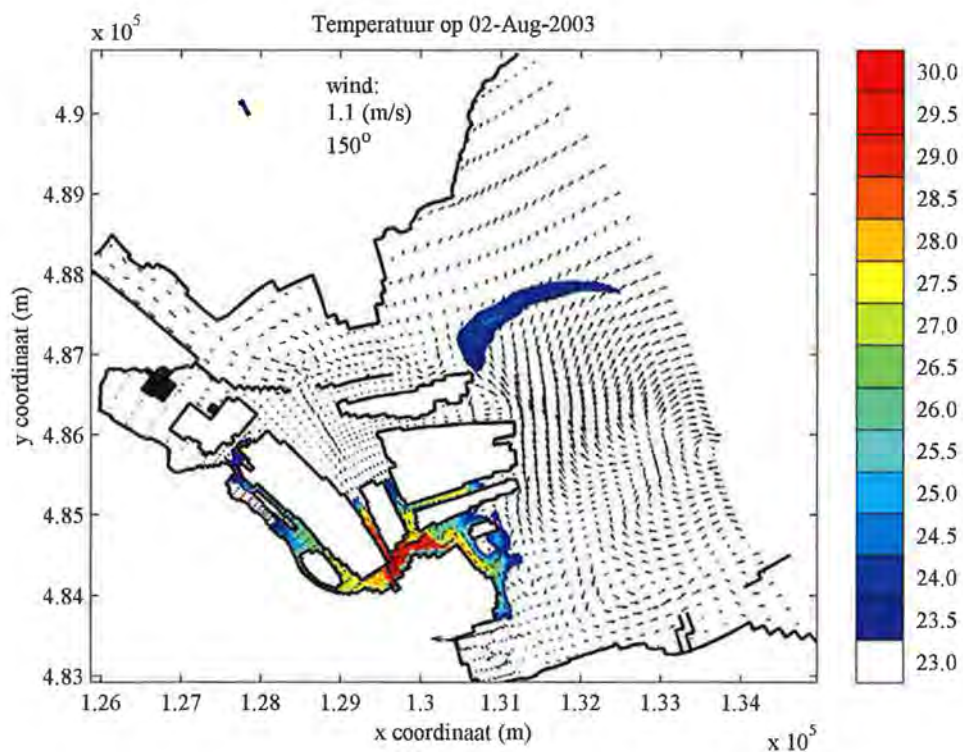
Figuur 3.14: Gemiddelde watertemperatuur voor de basisalternatief-plus situatie (augustus 2003).



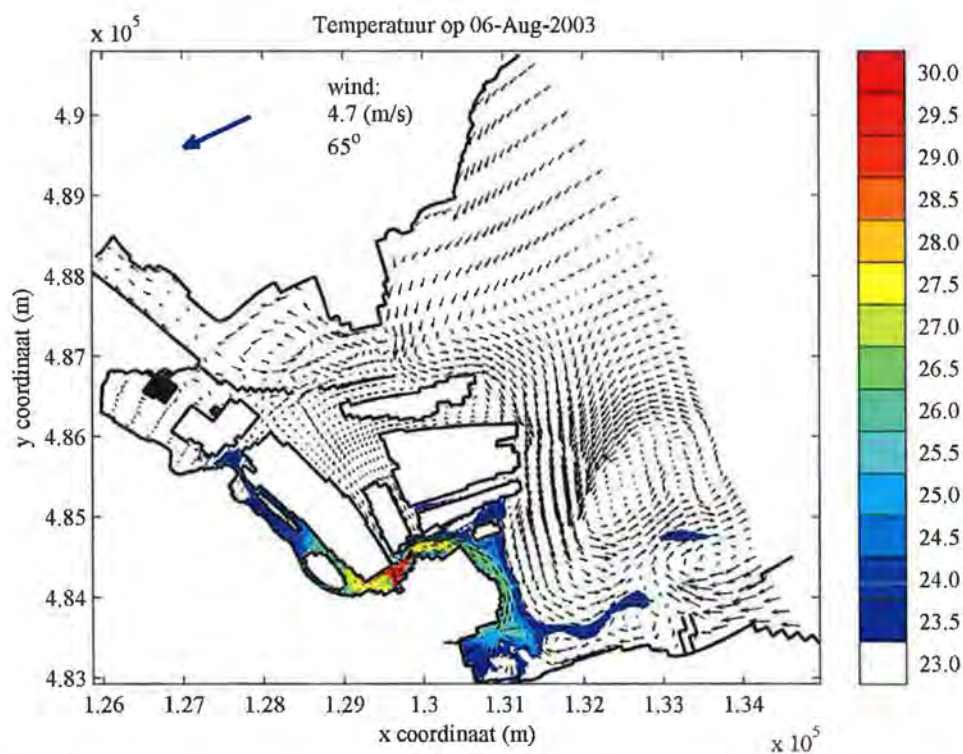
Figuur 3.15: Gemiddeld verschil in watertemperatuur (basisalternatief-plus versus autonome situatie)



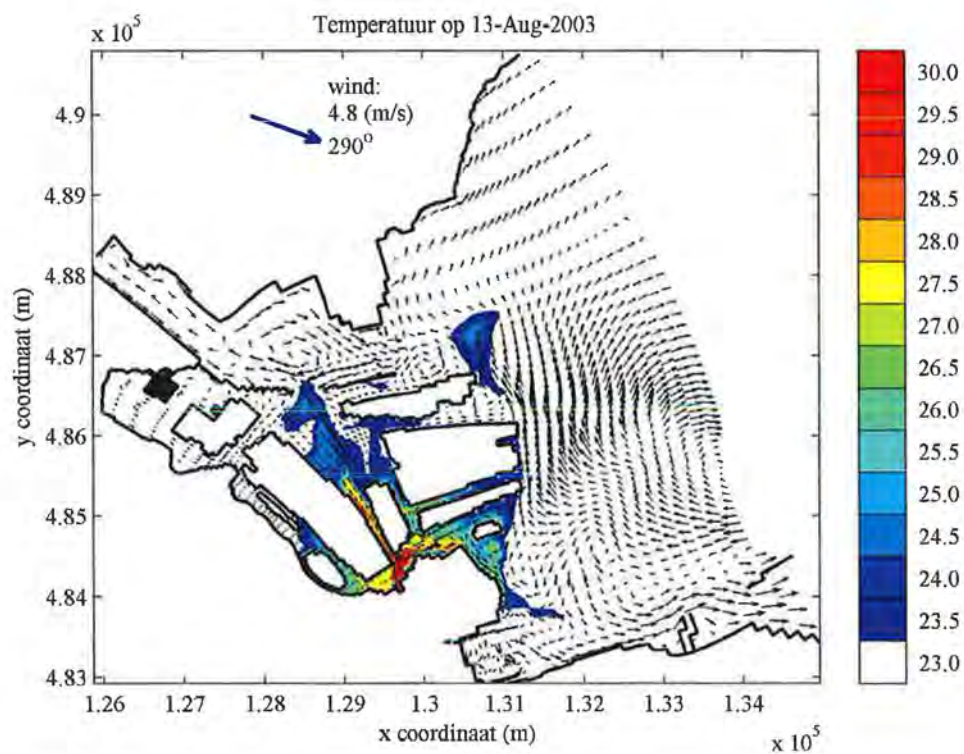
Figuur 3.16: Verhoging watertemperatuur voor de basialternatief-plus situatie (augustus 2003).



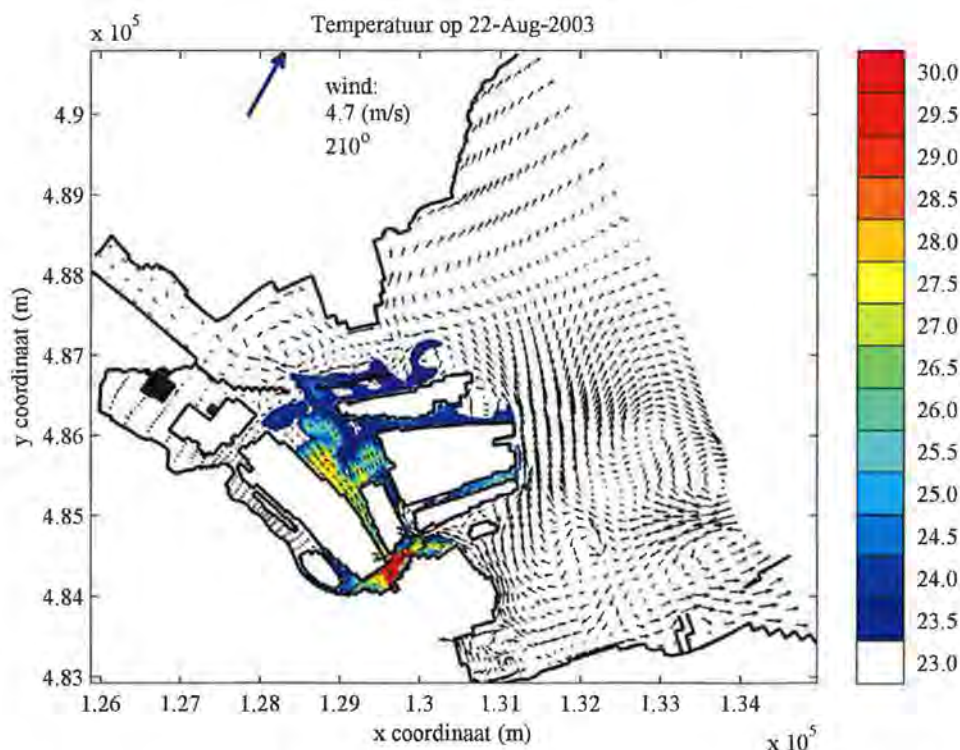
Figuur 3.17a: Karakteristieke watertemperatuur in de basialternatief-plus situatie (2 augustus 2003).



Figuur 3.17b: Karakteristieke watertemperatuur in de basisalternatief-plus situatie (6 augustus 2003).



Figuur 3.17c: Karakteristieke watertemperatuur in de basisalternatief-plus situatie (13 augustus 2003).



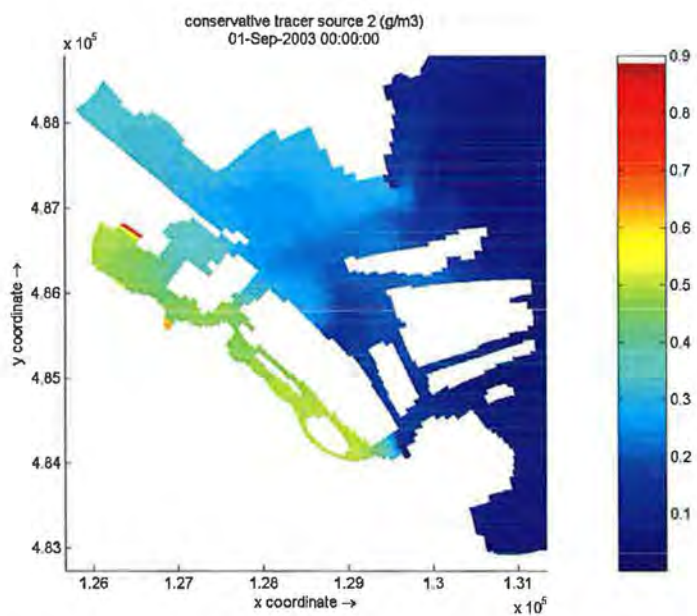
Figuur 3.17d: Karakteristieke watertemperatuur in de basisalternatief-plus situatie (22 augustus 2003).

3.4.3 Beschouwing van de verblijftijd

Ook voor de basisalternatief-plus situatie is van tracer-berekeningen gebruik gemaakt om inzicht te krijgen in de verblijftijden in een specifiek gebied. De berekening betreft het gedurende de maand augustus 2003 volgen van het in Figuur 3.9 zwart-gekleurde water voor de basisalternatief-plus situatie, waarvan het resultaat is weergegeven in Figuur 3.18.

Uit de resultaten zoals gepresenteerd in Figuur 3.18 mag worden afgeleid dat zich na één maand alleen in het gebied ten zuiden van het Steigereiland en Haveneiland/Rieteilanden nog een significante (40%) hoeveelheid “initieel” water bevindt die nog niet door menging of (wind)stroming is vervangen door water van buiten het plangebied (lees: IJmeer) of door koelwater vanuit de Diemer-centrale. Daarmee zijn dit vrij geïsoleerde gebieden met een verblijftijd van meer dan één maand (gebaseerd op de omstandigheden in augustus 2003).

Ten opzichte van de autonome situatie (zie Figuur 3.10) blijft het initiële water enigszins langer aanwezig in het gebied ten noorden en noordwesten van IJburg. Voor de omstandigheden zoals in de maand augustus 2003 doorstroomt water vanuit het IJmeer-Markermeer dit gebied wat minder goed vanwege de toen heersende windrichtingen en windsterkte. Uit de resultaten van de in Figuur 3.11a t/m 3.11c gepresenteerde tracer-berekeningen voor de autonome en basisalternatief-plus situatie blijkt dat er in het plangebied van IJburg geen significante verschillen in de verblijftijd optreden. De verschillen in de diverse tracer-berekeningen zijn zodanig beperkt dat mag worden geconcludeerd dat de vier eilanden van IJburg 2^e fase geen significante invloed hebben op de waterkwaliteit.



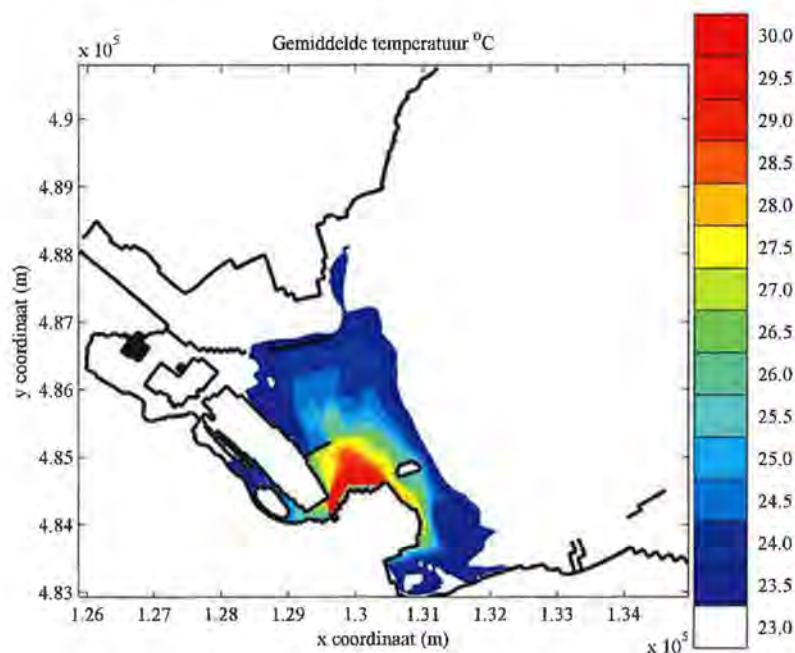
Figuur 3.18: Verspreiding initieel IJburg water in de basisalternatief-plus situatie (augustus 2003).

4 Resultaten scenario 724 MW Diemer-centrale

Vanwege het wateradvies van Rijkswaterstaat is als een apart scenario het effect van de aanleg van de 4 eilanden van IJburg 2^e fase doorgerekend bij een warmtelozing door de Diemer-centrale van 724 MWth, op basis van een lozingtemperatuur van 30 °C en een lozingsdebiet van 24,7 m³/s. Daartoe zijn afzonderlijke berekeningen gemaakt voor de situatie inclusief de autonome ontwikkelingen en de situatie na oplevering van IJburg 2^e fase. Onderstaand worden de resultaten van de modelsimulaties beschreven en geanalyseerd.

4.1.1 Beschouwing van de watertemperatuur

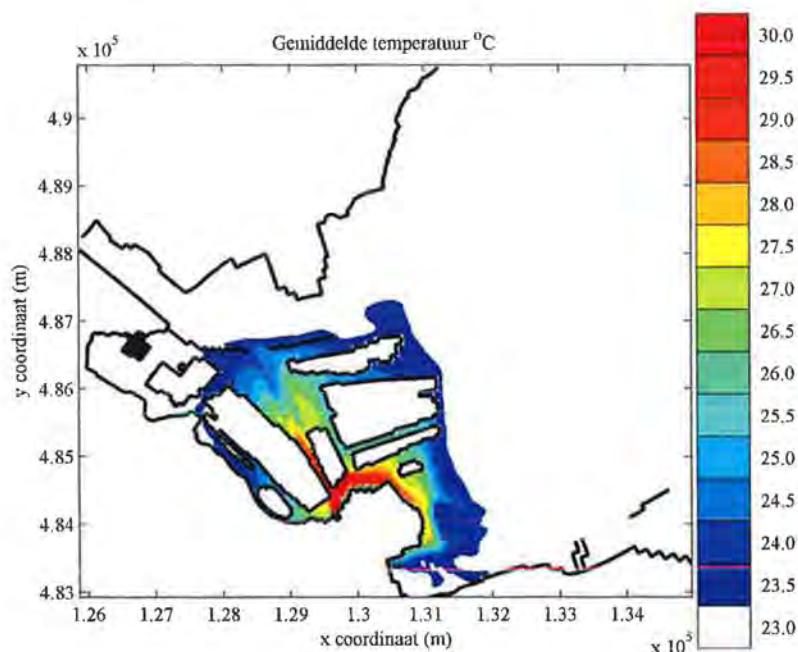
De berekende maandgemiddelde excess-watertemperatuur van de warmtelozing in de autonome respectievelijk de basisalternatief-plus situatie zijn weergegeven in Figuur 4.1 en 4.2. Het verschil tussen beide situaties is weergegeven in Figuur 4.3. Voor de overschrijdingsfrequentie van de 3 °C contour zijn de overeenkomstige resultaten gepresenteerd in Figuur 4.4 en 4.5. Om de variabiliteit van de watertemperatuur te illustreren zijn de berekeningsresultaten voor de autonome ontwikkeling op 2, 6, 13 en 22 augustus 2003 weergegeven in Figuur 4.6a t/m 4.9a en voor het basisalternatief-plus in Figuur 4.6b t/m 4.9b.



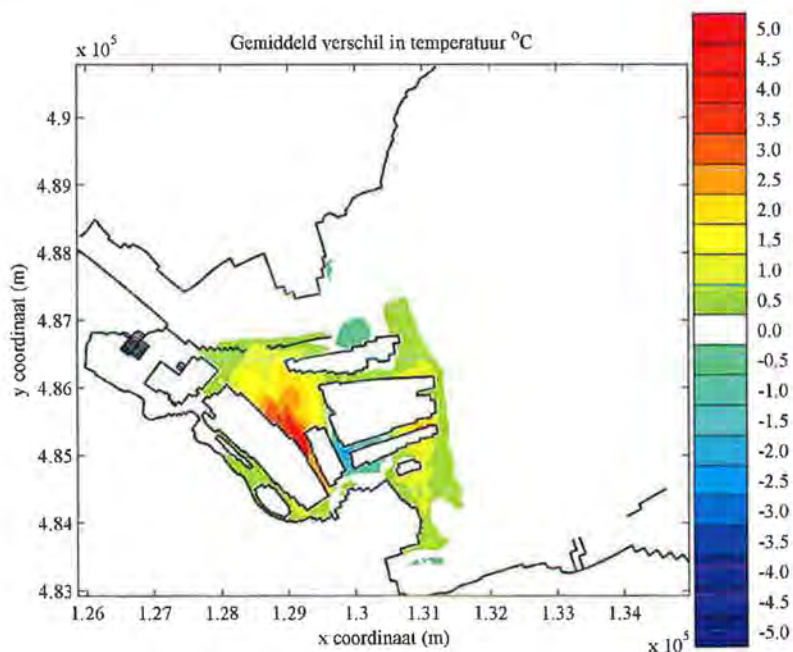
Figuur 4.1: Maandgemiddelde watertemperatuur in de autonome situatie (augustus 2003).

Conclusie van de vergelijking van de gemiddelde excess-watertemperatuur in Figuur 4.1 t/m 4.3 is dat de eilanden door hun aanwezigheid weliswaar de stromingsrichting veranderen, maar dat de omvang van het gebied dat door de warmtelozing wordt beïnvloed niet significant verschilt tussen de autonome en basisalternatief-plus situatie. De stroming wordt

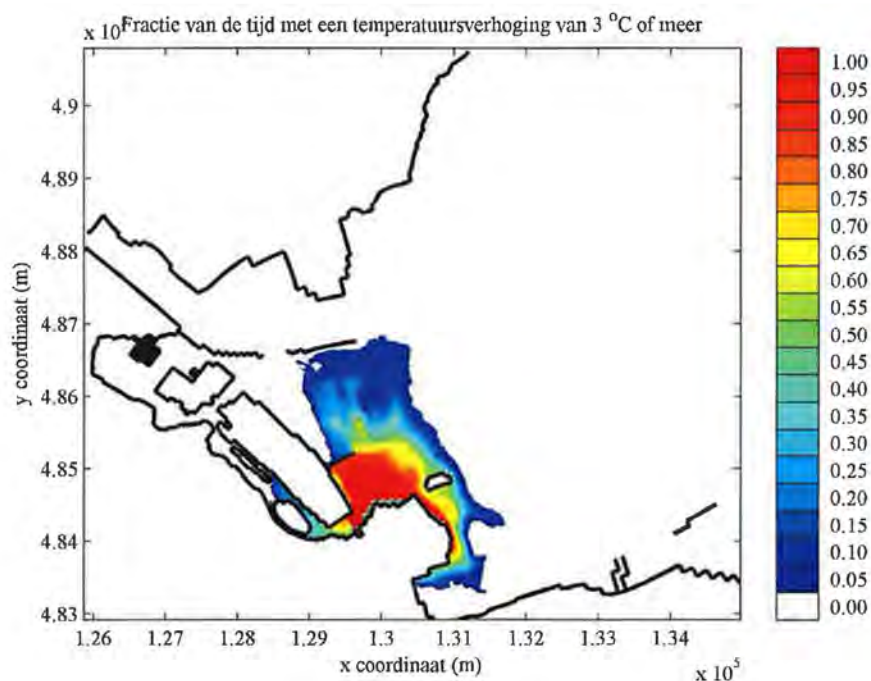
door de ligging van het Centumeiland enigszins in westelijke richting verplaatst. Min of meer dezelfde conclusies lijken te kunnen worden getrokken uit de vergelijking van de overschrijdingsduur van de 3 °C contour voor de autonome en de basisalternatief-plus situatie voor de omstandigheden in augustus 2003 (Figuur 4.4 en 4.5).



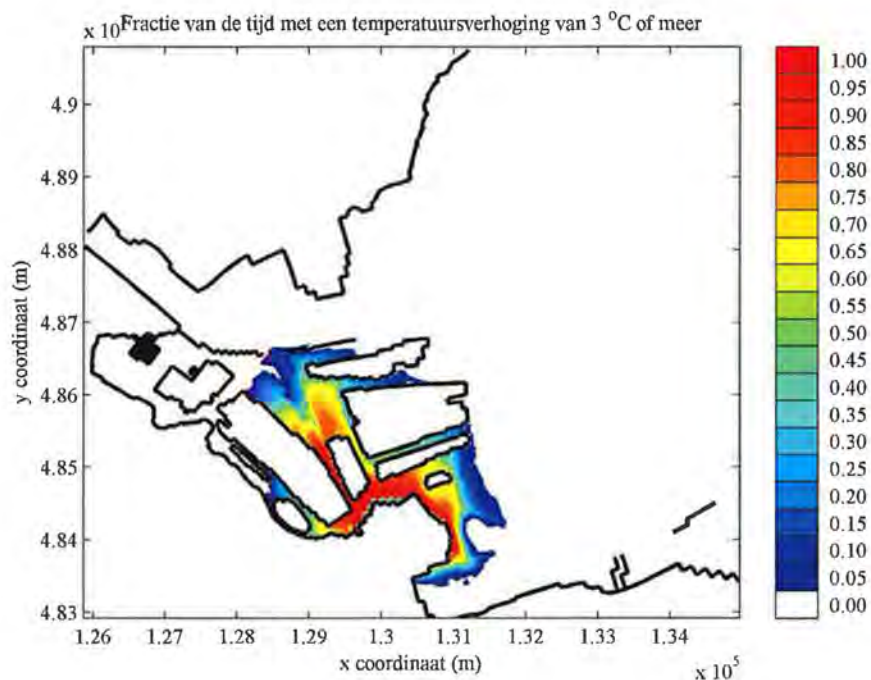
Figuur 4.2: Maandgemiddelde watertemperatuur in de basisalternatief-plus situatie (augustus 2003).



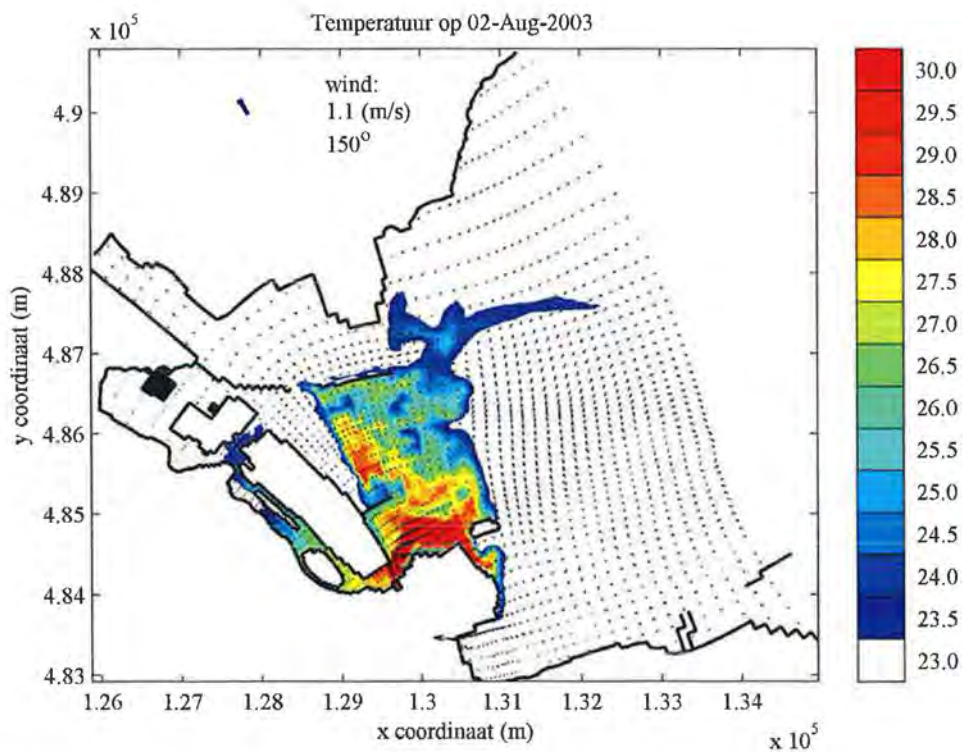
Figuur 4.3: Gemiddeld verschil in watertemperatuur (basisalternatief-plus versus autonome situatie).



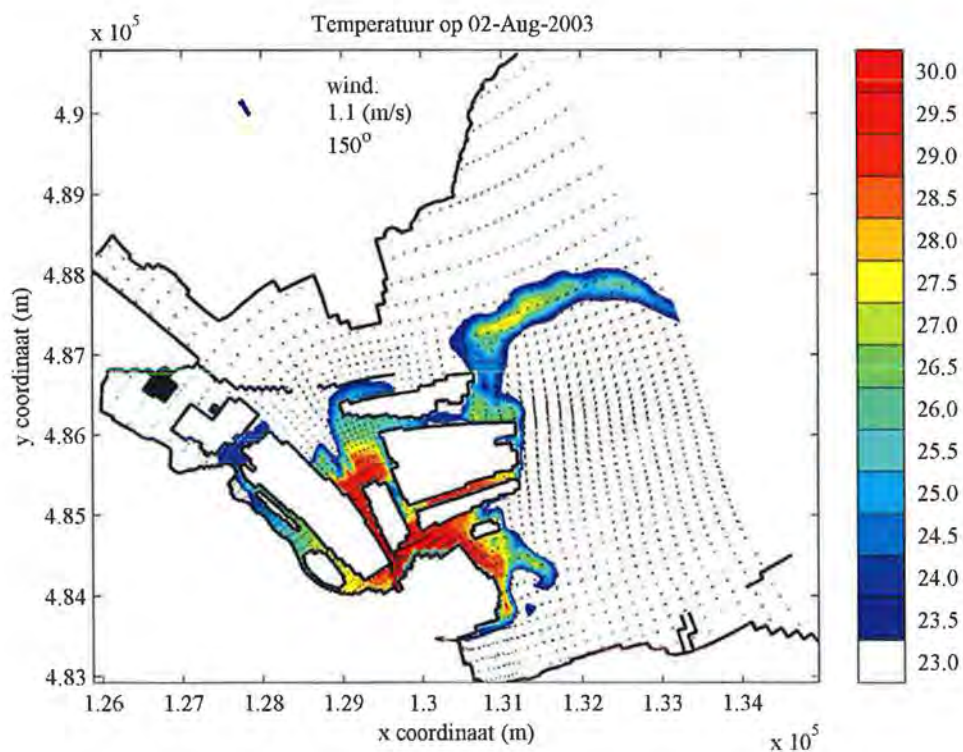
Figuur 4.4: Verhoging watertemperatuur voor de autonome situatie (augustus 2003).



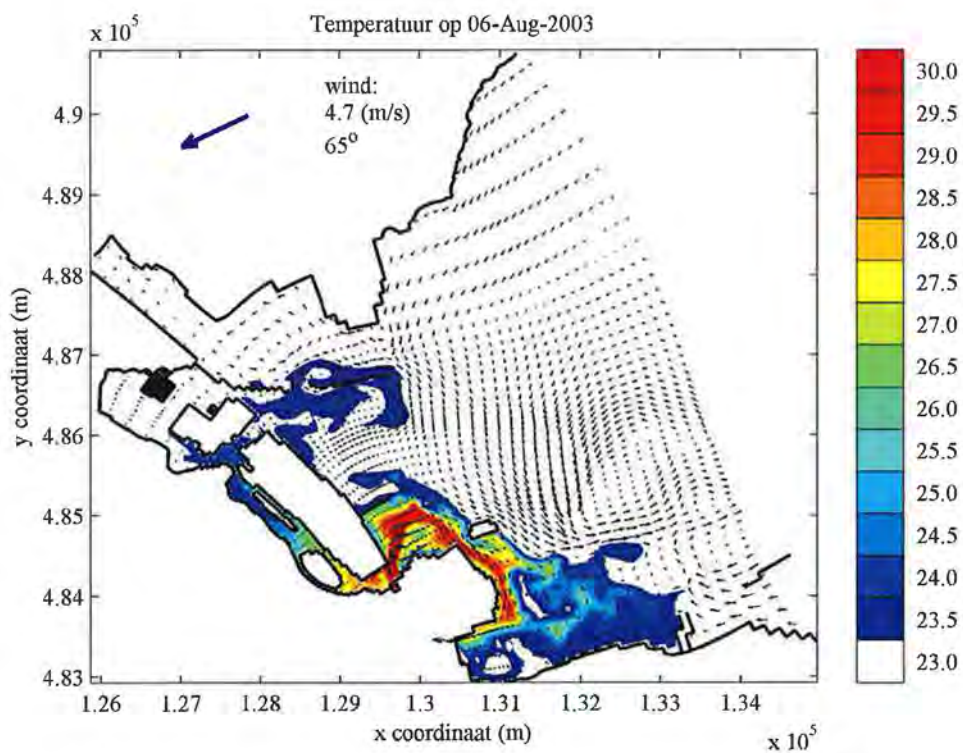
Figuur 4.5: Verhoging watertemperatuur voor de basisalternatief-plus situatie (augustus 2003).



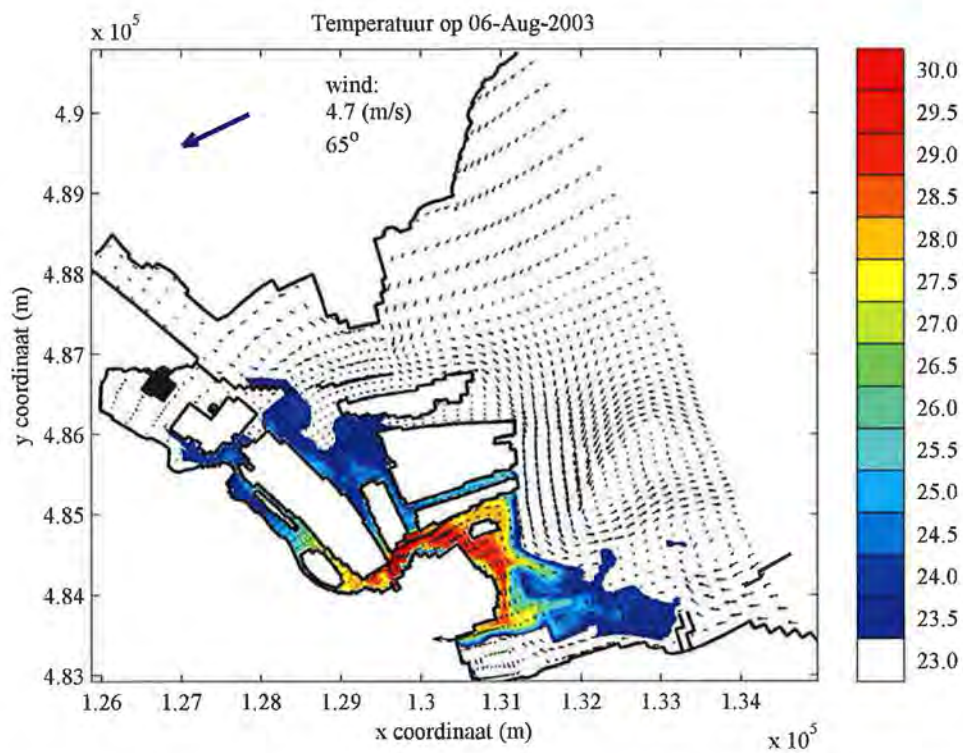
Figuur 4.6a: Karakteristieke watertemperatuur in de autonome situatie (2 augustus 2003).



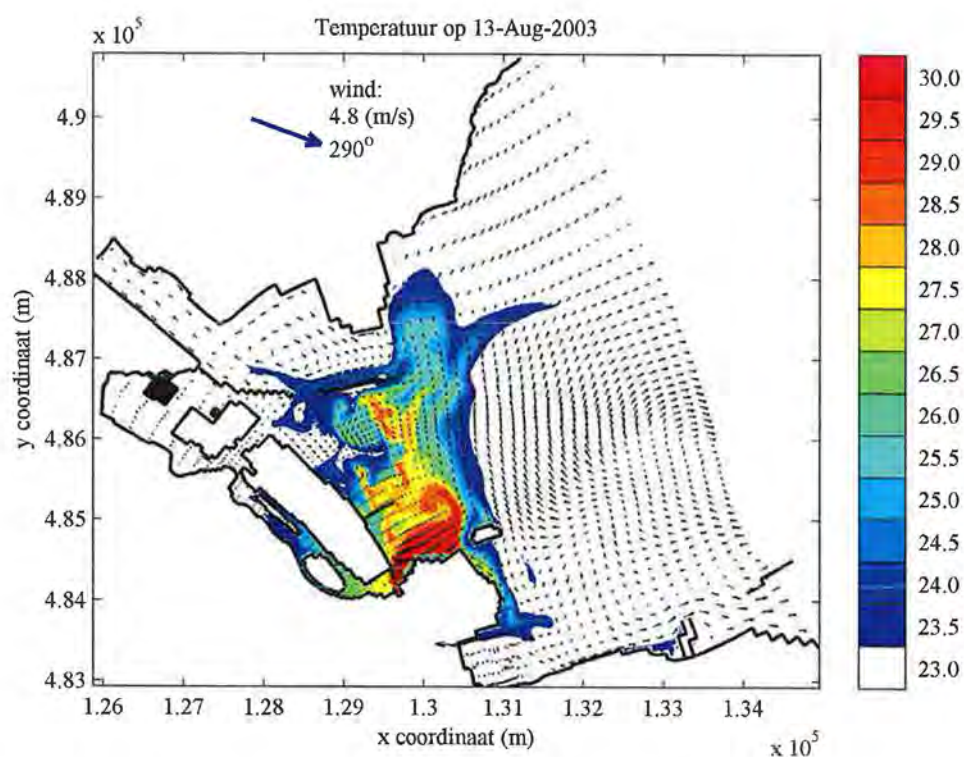
Figuur 4.6b: Karakteristieke watertemperatuur in de basisalternatief-plus situatie (2 augustus 2003).



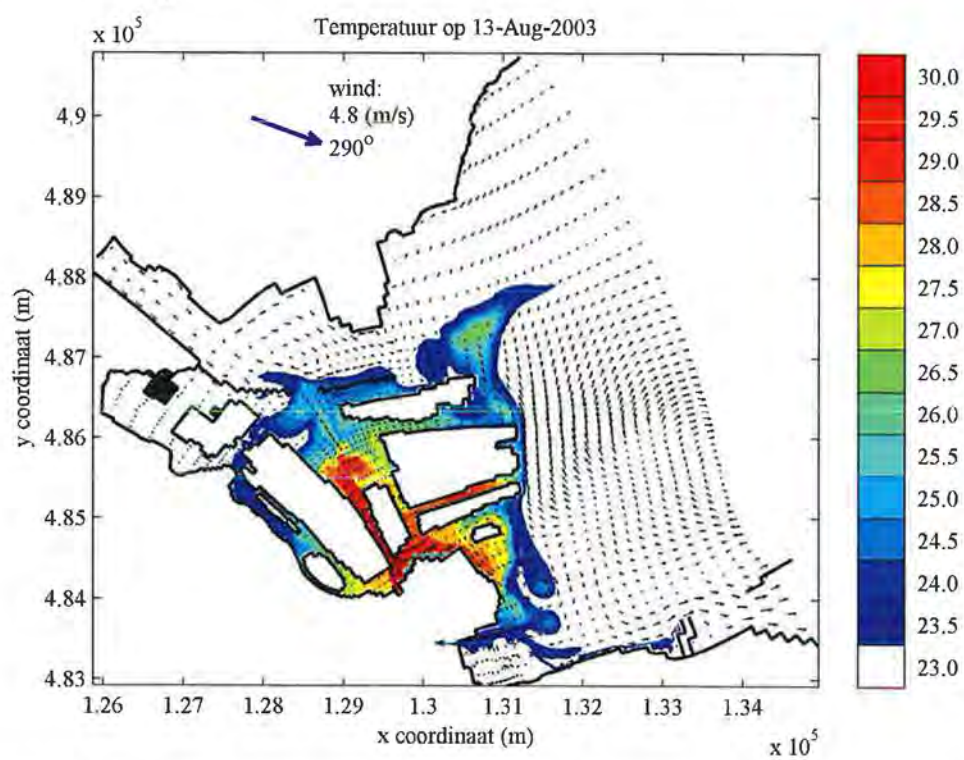
Figuur 4.7a: Karakteristieke watertemperatuur in de autonome situatie (6 augustus 2003).



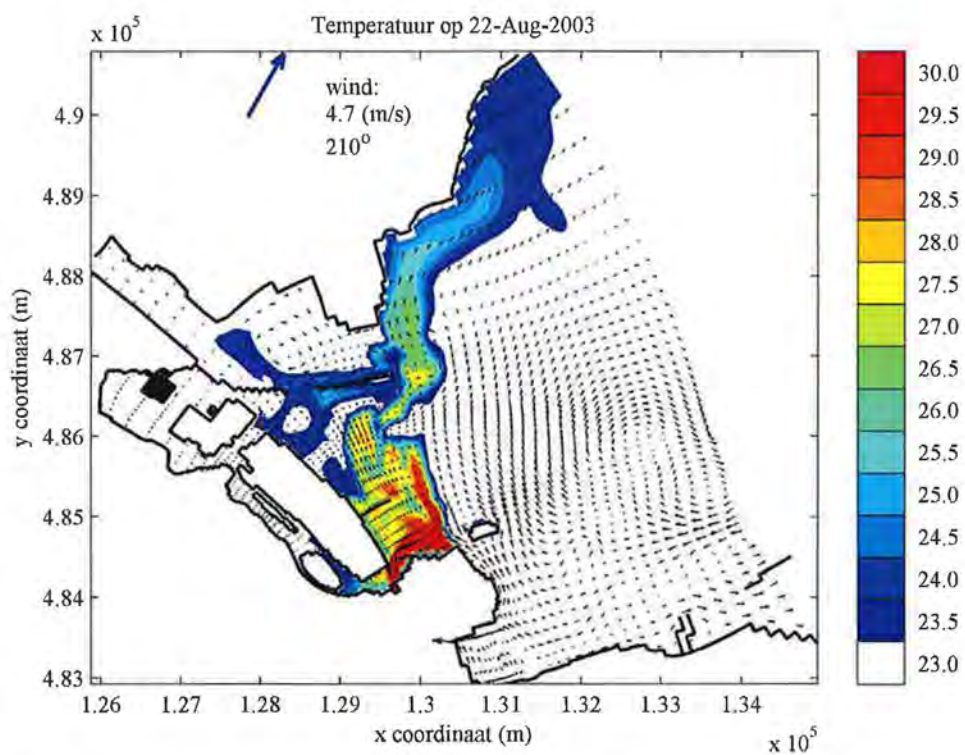
Figuur 4.7b: Karakteristieke watertemperatuur in de basisalternatief-plus situatie (6 augustus 2003).



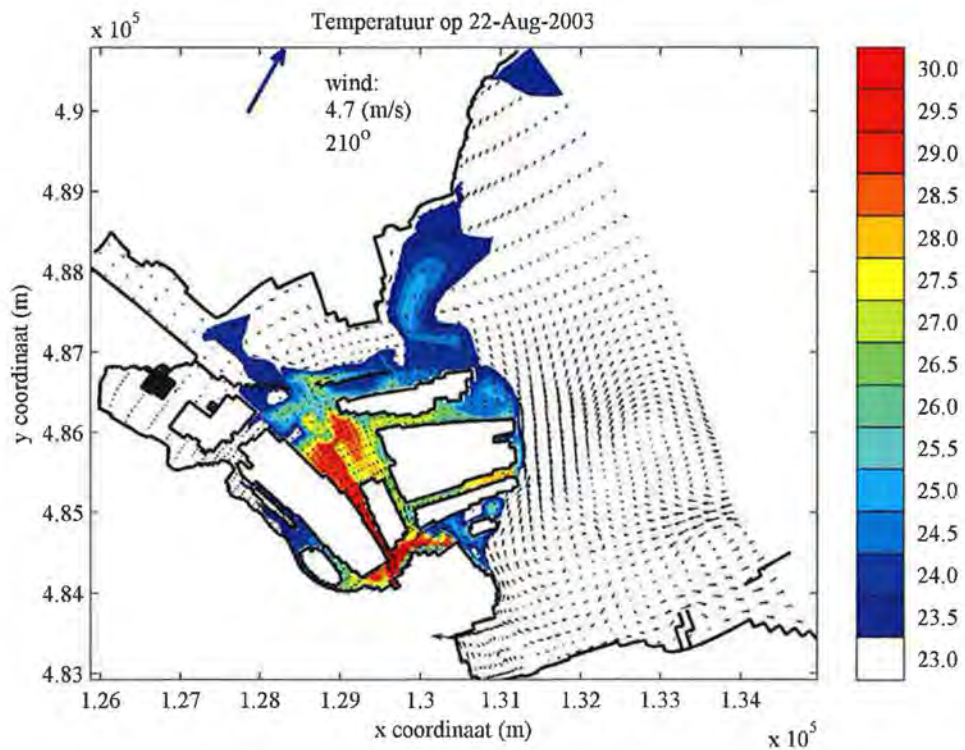
Figuur 4.8a: Karakteristieke watertemperatuur in de autonome situatie (13 augustus 2003).



Figuur 4.8b: Karakteristieke watertemperatuur in de basisalternatief-plus situatie (13 augustus 2003).



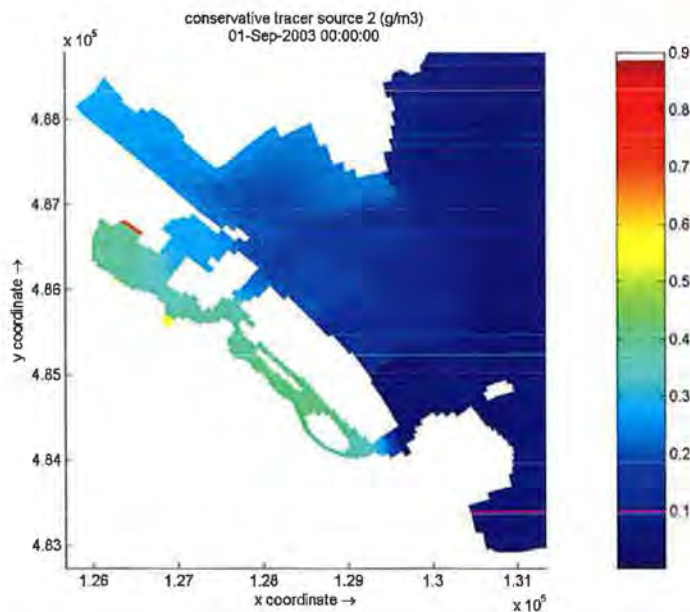
Figuur 4.9a: Karakteristieke watertemperatuur in de autonome situatie (22 augustus 2003).



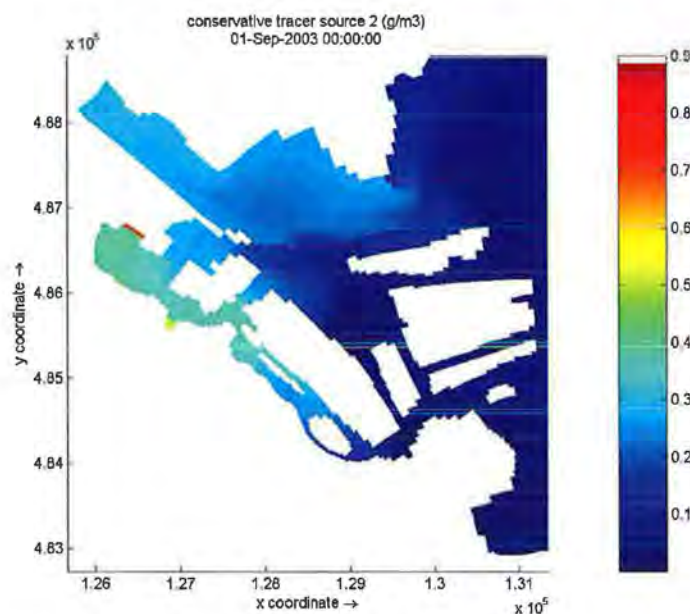
Figuur 4.9b: Karakteristieke watertemperatuur in de basisalternatief-plus situatie (22 augustus 2003).

4.1.2 Beschouwing van de verblijftijden

Ten behoeve van de beschouwing van de verblijftijden in de autonome en basisalternatief-plus situatie zijn tracer-berekeningen uitgevoerd. De in Figuur 4.10 en 4.11 voor deze situaties gepresenteerde verspreiding van het initiële IJburg water (zie voor definitie Figuur 3.9) aan het einde van de maand augustus 2003 verschilt niet significant van karakter.



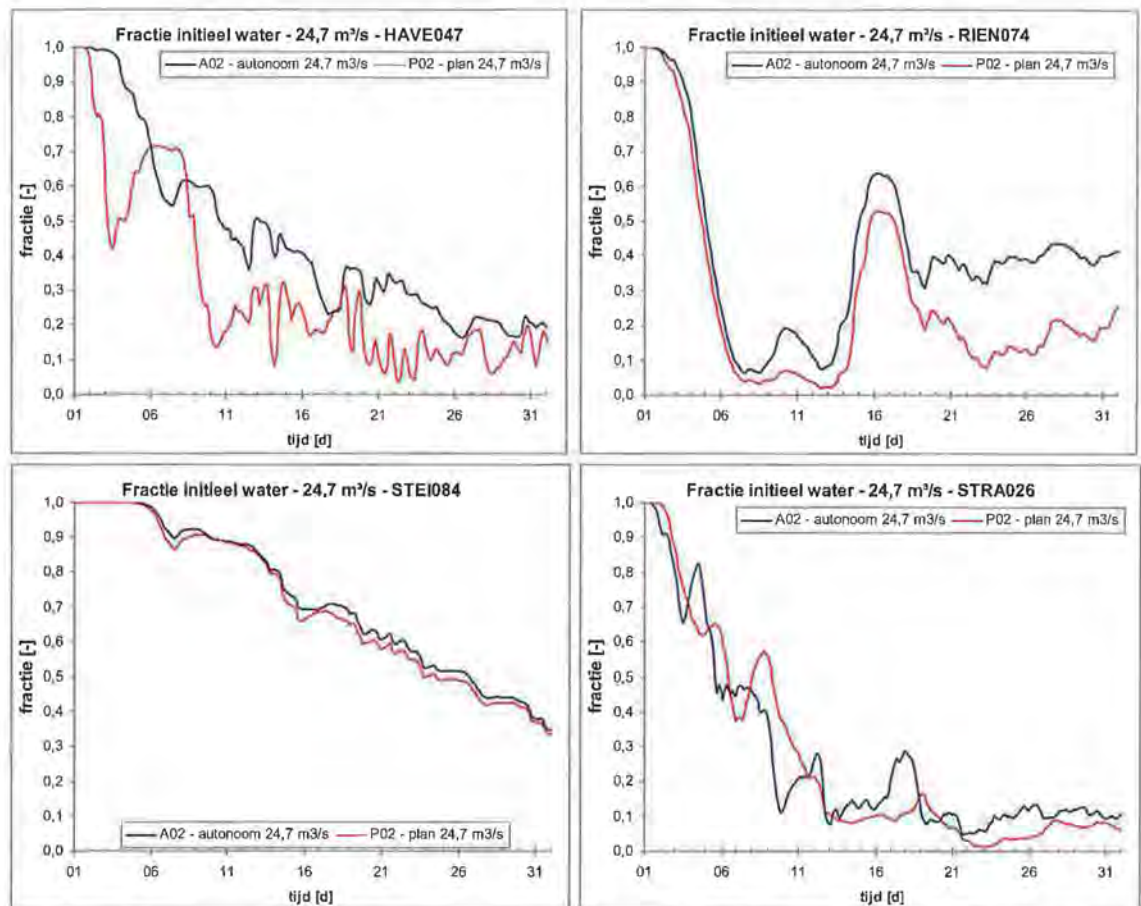
Figuur 4.10: Verspreiding van initieel IJburg water in de autonome situatie (augustus 2003).



Figuur 4.11: Verspreiding van initieel IJburg water in de basisalternatief-plus situatie (augustus 2003).

De resultaten bevestigen het beeld dat de verblijftijd zelfs onder zeer zomerse omstandigheden zoals in augustus 2003 door de wind wordt bepaald. Alleen in de zeer

directe omgeving van de centrale tonen tracer-berekeningen aan dat de verblijftijd merkbaar door het koelwater wordt beïnvloed. In Figuur 4.12 is op een viertal locaties in IJburg (zie Figuur 3.12) het verloop van de fractie initieel water in augustus 2003 weergegeven. De figuren illustreren de grote variabiliteit door de invloed van de wind, maar ook dat het verloop in de basisalternatief-plus situatie niet significant verschilt van de autonome situatie.

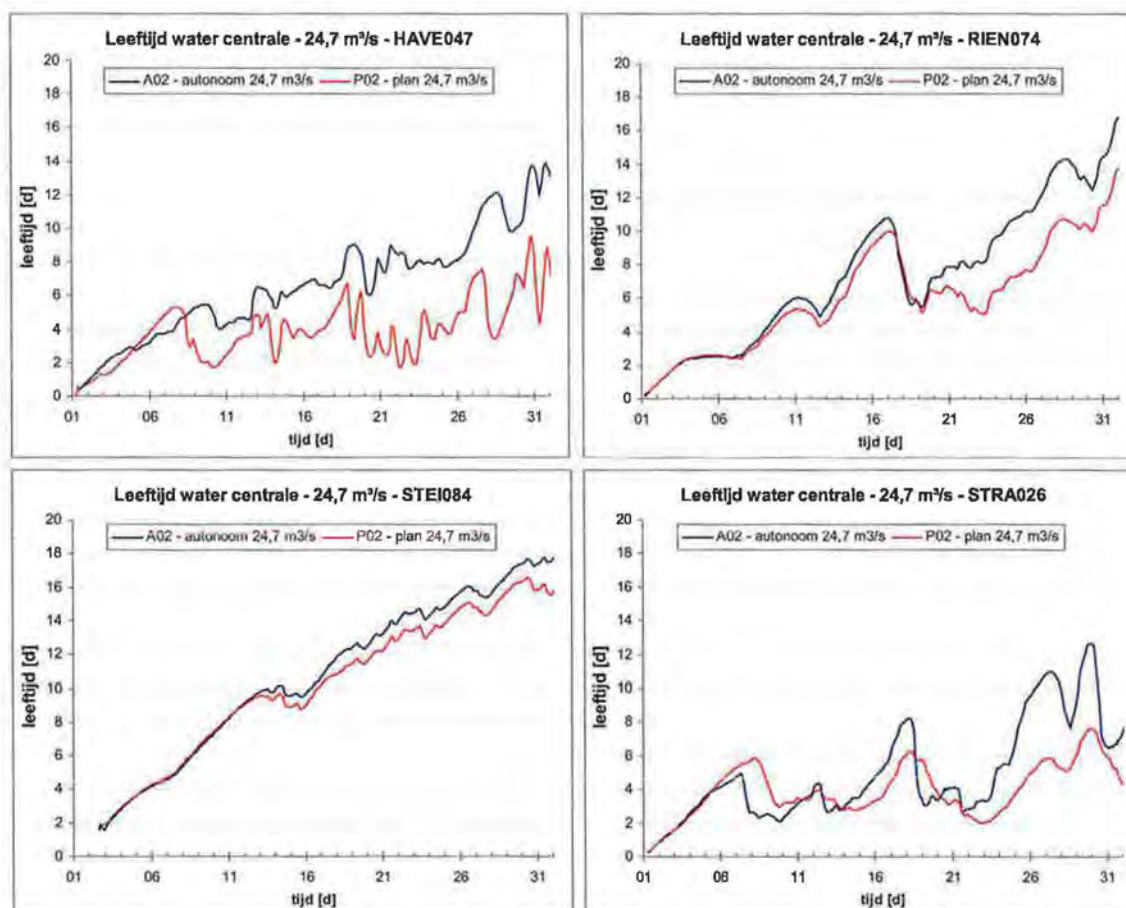


Figuur 4.12: Variatie fractie initieel water (autonome en basisalternatief-plus situatie augustus 2003).

Met behulp van de tracer-berekeningen is ook de leeftijd (looptijd) van het tracerwater vanaf de bron worden beschouwd. Onderstaand is in Figuur 4.13 het verloop van de leeftijd van het geloosde water van de Diemer-centrale als functie van de tijd weergegeven. Conform de fractie initieel water zijn er geen significante verschillen in leeftijd (en dus verblijftijd) tussen de basisalternatief-plus situatie en de autonome situatie.

Op de relatief dicht bij de Diemer centrale gelegen locaties HAVE047 en STRA026 is de leeftijd (in feite is dit de looptijd vanaf het lozingspunt) nagenoeg gestabiliseerd op een verblijftijd van ordegrootte 10 dagen. Het verloop is vanwege de variabele windrichting grillig maar consistent. Op het verder van de bron gelegen punt STEI084 en op het wat afgeschermd punt RIEN074 is de leeftijd nog één maand nog niet gestabiliseerd en mag worden aangenomen dat de verblijftijd daar meer dan één maand bedraagt. Dit komt overeen met de conclusie die op basis van de Figuren 4.10 en 4.11 werd getrokken.

Uit de resultaten mag worden afgeleid dat de verblijftijden in het gebied op hoofdlijnen niet veranderen door de aanleg van IJburg 2^e fase (gebaseerd op weersomstandigheden zoals opgetreden in de extreem warme maand augustus 2003). De verschillen in verblijftijd zijn zodanig gering dat dit zelfs voor deze extreme omstandigheden geen significante invloed zal hebben op de processen die de waterkwaliteit beïnvloeden.



Figuur 4.13: Variatie leeftijd water (autonome en basisalternatief-plus situatie augustus 2003).

5 Beschouwing waterkwaliteits-effecten

5.1 Beschrijving van mogelijke effecten

Door de aanleg van vier nieuwe eilanden van IJburg verandert het omliggende watersysteem in een aantal opzichten:

- De stroming verandert, waardoor de uitwisseling van water achter de eilanden met water uit het IJmeer afneemt.
- De watertemperatuur neemt in beperkte mate toe, doordat het verwarmde water uit de energiecentrale bij Diemen minder snel wordt afgevoerd. Een verhoogde watertemperatuur versnelt de groei, respiratie en sterfte van algen en ook de afbraak van organisch materiaal. Ziekteverwekkende bacteriën groeien sneller bij verhoogde temperaturen, wat de kans op bijvoorbeeld botulisme vergroot.
- Door de eilanden is de strijklengte van de wind over het water korter in de omgeving van IJburg. Hierdoor zal de golfenergie afnemen, waardoor slib makkelijker sedimenteert op de bodem en minder snel resuspendeert. De slibconcentraties in het water zullen daardoor waarschijnlijk afnemen.
- Door de aanleg van een aantal nieuwe stranden zal de waterrecreatie verschuiven van het huidige strand naar de nieuwe stranden. Dit zal naar verwachting leiden tot een navenante verplaatsing van de bacteriële verontreiniging.

De bovenstaande veranderingen kunnen effecten hebben op de waterkwaliteit. In het onderstaande wordt een inschatting gemaakt van de effecten op de waterkwaliteitsparameters:

1. algen (chlorofyl-a en blauwalgen);
2. zuurstof;
3. bacteriële verontreiniging.

5.2 Methoden om effecten te kwantificeren

5.2.1 Algen

Doordat de slibconcentraties in het water afnemen zal het water naar verwachting helderder worden. Algen groeien over het algemeen harder bij hogere lichtintensiteiten en watertemperaturen, wanneer er voldoende nutriënten beschikbaar zijn voor de groei. Als er sprake is van bloei van blauwalgen dan zal een dergelijk bloei in stilstaand water eerder leiden tot drijfslagen dan in water dat door de wind goed wordt gemengd. Er zijn in deze studie 2 methoden gebruikt om in te schatten of en hoeveel de algenconcentraties en algensamenstelling (aandeel blauwalgen) zullen veranderen:

- Het concentratieverloop van nitraat, fosfaat, opgelost silicium en chlorofyl is geanalyseerd om te zien of één of meer van de nutriënten limiterende concentraties bereikt en of het verloop van de chlorofyl-concentraties een relatie vertoont met de beschikbaarheid van bepaalde nutriënten of licht.
- Met behulp van het model BLOOM II is een inschatting gemaakt van de toekomstige algenconcentraties en algensamenstelling.

In het onderstaande wordt een beschrijving gegeven van het model BLOOM II en hoe het voor deze studie is toegepast.

Omschrijving BLOOM II model

Het model BLOOM II is een eenvoudige versie van het model DBS (DELWAQ-BLOOM-SWITCH) (van der Molen et al., 1994; van Duin et al. 2001; WL, 1994). Er wordt geen gebruik gemaakt van een ruimtelijke schematisatie en transportprocessen. Van de waterkwaliteitsprocessen wordt alleen de groei van algen op een bepaalde locatie berekend onder omstandigheden die door de gebruiker worden opgegeven. Door de relatief eenvoudige aanpak is dit model vooral bedoeld voor een snelle eerste evaluatie van mogelijke effecten.

BLOOM II berekent op basis van de totaal beschikbare hoeveelheid nutriënten en licht de hoeveel algenbiomassa en chlorofyl-a die gevormd kan worden en doet een voorspelling over de te verwachten soortensamenstelling. Er worden in het model verschillende soortengroepen onderscheiden: diatomeeën, flagellaten, groenalgen en blauwalgen. Bij de blauwwieren wordt onderscheid gemaakt tussen: *Aphanizomenon*, *Microcystis* en *Oscillatoria*. De soortensamenstelling in het model wordt bepaald door een combinatie van de nutriëntenbehoefte en de groeisnelheid van de verschillende algengroepen, onder de geldende lichtintensiteit en watertemperatuur. Een uitgebreidere beschrijving van het model BLOOM II wordt gegeven door Los en Wijsman (in press.). De procescoëfficiënten voor algen in Nederlandse zoete wateren zijn bepaald in verschillende voorgaande studies (bijvoorbeeld Van der Molen et al., 1994) en zijn dermate generiek dat ze niet per systeem hoeven te worden aangepast.

Toepassing BLOOM II in deze studie

Het model wordt aangestuurd met invoergegevens voor de volgende parameters:

- watertemperatuur
- zonlicht
- totaal stikstof
- totaal fosfaat
- opgelost silicium
- achtergrondextinctie (mate voor helderheid van het water)
- waterdiepte

Voor alle parameters is een tijdreeks van een jaar opgegeven, met weekgemiddelde waarden. Behalve voor zonlicht zijn alle invoergegevens gebaseerd op meetgegevens van www.waterbase.nl van het station Markermeer-Midden. Er is wel gekeken naar gegevens van het IJmeer (station Pampus-Oost), maar na 1992 zijn daar of geen metingen meer verricht of de resultaten zijn niet in digitale vorm in "Waterbase" van RWS opgenomen. Na inspectie van overeenkomsten en trends van beide stations is geconcludeerd dat de recente

gegevens voor het Markermeer waarschijnlijk het meest representatief zijn. De omslag naar een troebeler systeem met minder mosselen rond 1992 (Noordhuis en Houwing, 2003) heeft daarbij een belangrijke rol gespeeld. Het zonlicht is gebaseerd op meetgegevens van het KNMI.

- **Watertemperatuur:** Voor de watertemperatuur zijn meetgegevens van 2003 gebruikt. Voor de weken waar geen meetgegevens beschikbaar waren zijn door middel van interpolatie de temperaturen geschat.
- **Zonlicht:** Voor het zonlicht zijn meetgegevens door het KNMI gebruikt bij station de Kooy (bij Den Helder). De gegevens van totale instraling per dag zijn gesommeerd per week.
- **Totaal-stikstof:** Om totaal stikstof (totN) te schatten maken we gebruik van de onderstaande relatie:

$$totN = NH_4 + NO_3 + NO_2 + 2 * 7.5 * Chl \quad (\text{Los \& Wijsman 2006})$$

Voor NO_3 zijn alleen voor 2004 en 2005 meetgegevens beschikbaar via waterbase. Voor ammonium zijn alleen metingen tot 2002. Er zijn dus geen jaren beschikbaar met metingen van beide parameters. Daarom gebruiken we de weekgemiddelde waarde van ammonium en nitriet voor 1992 – 2002, de weekgemiddelde waarde van nitraat voor 2004 – 2005 en de weekgemiddelde waarde van chlorofyl van 1992 – 2004.

- **Totaal-fosfaat:** Uit metingen van chlorofyl-a (Chl in mg/l) en orthofosfaat (PO_4 in mgP/l) in het Markermeer van 1992 – 2004 zijn concentraties totaal fosfaat (totP) berekend volgens:

$$totP = PO_4 + 2 * 0.75 * Chl \quad (\text{Los \& Wijsman 2006})$$

Uit de resulterende waarden zijn weekgemiddelden berekend over de jaren 1992- 2004. Voor de weeknummers waarvoor geen metingen beschikbaar waren zijn via interpolatie waarden geschat.

- **SiO₂:** De metingen van opgelost silicium laten geen duidelijk seizoenspatroon zien. Daarom is ervoor gekozen om het hele jaar een constante waarde aan te houden. Hiervoor is de gemiddelde concentratie gebruikt over de jaren: 1995 – 2004: 0.6 mg/l.
- **Extinctiecoëfficiënt** Een vergelijking van het doorzicht in het Markermeer en IJmeer in 1982 – 1992 laat zien dat het doorzicht in het IJmeer duidelijk hoger is. In beide watersystemen is het doorzicht sinds 1992 afgenomen. Toch is het aannemelijk dat het doorzicht in het IJmeer nog steeds hoger is dan in het Markermeer. Door de aanleg van IJburg zal het watersysteem tussen de eilanden naar verwachting helderder worden, maar het is nog onbekend hoe helder. Voor de inschatting van de waterkwaliteit in de wateren rond het toekomstige IJburg zijn verschillende scenario's voor de extinctiecoëfficiënt doorgerekend. Voor de toepassing op het Markermeer is de extinctiecoëfficiënt geschat met behulp van de relatie die Bakema (1988) heeft bepaald door regressie-analyse van metingen in het Markermeer:

$$Ext = 0.877 + 0.25 * SS + (0.022 * Chl + 0.08 * POC)$$

De achtergrondextinctie (zonder bijdrage van dode en levende algen) is geschat door uit bovenstaande vergelijking het gedeelte tussen haakjes weg te laten.

- **Waterdiepte:** Voor de waterdiepte is in het Markermeer 3.5 meter aangehouden en voor de wateren rond IJburg 2 meter.

5.2.2 Zuurstof

Lage zuurstofconcentraties door eutrofiëring treden met name 's nachts op, wanneer algen wel zuurstof opnemen voor de respiratie (ademhaling) maar geen zuurstof produceren. Ook de zuurstofopname door afbraak van dood organisch materiaal gaat 's nachts door. De kans op zuurstofloosheid door algen en afbraak van organisch materiaal is ingeschat voor een worst case scenario met de volgende aannames:

- watertemperatuur (T) is 26 °C.
- de nacht duurt 8 uur.
- piekconcentratie chlorofyl-a (Chla) is 100 µg/l (uit Figuur 5.1).
- de hoeveelheid dood organisch materiaal is ruwweg gelijk aan de hoeveelheid levend organisch materiaal in algen.
- de chlorofyl-a/koolstof ratio in algen is gelijk aan 40 mg Chla/gC.
- de zuurstofvraag (ZV_A) door algen wordt benaderd volgens:

$$ZV_A = k_{resp} * kt_{resp}^T * \frac{Chla}{40} * \frac{32}{12}$$

waarbij de respiratiesnelheid (k_{resp}) gelijk is aan 0.06 d⁻¹ en de temperatuurcoëfficiënt kt_{resp} gelijk is aan 1.07. Deze coëfficiënten worden ook gebruikt in het BLOOM II model.

- De zuurstofvraag door afbraak van organisch materiaal (ZV_O) wordt benaderd volgens:

$$ZV_O = k_{afb} * kt_{afb}^{T-20} * \frac{Chla}{40} * \frac{32}{12}$$

waarbij de afbraaksnelheid van organisch materiaal (k_{afb}) gelijk is aan 0.12 d⁻¹ en de temperatuurcoëfficiënt kt_{afb} 1.11.

- Het zuurstofverzadigingsgehalte in water (O_{eq}) is een functie van de watertemperatuur:

$$O_{eq} = 14.652 - 0.41022 * T + (0.089392 * T)^2 - (0.042685 * T)^3$$

- Aan het einde van de nacht is de zuurstofconcentraties afgenomen tot:

$$O = O_{eq} - \frac{8}{24} * (ZV_A + ZV_O)$$

- Er is geen rekening gehouden met eventuele extra zuurstofvraag door riool-overstorten, waterplanten of dierlijke organismen, en ook niet met extra zuurstofaanvoer door reaeratie gedurende de nacht, noch met het feit dat bij hoge algenconcentraties de zuurstofconcentratie overdag oververzadigd kan zijn. De berekende zuurstofconcentraties moeten dus als een eerste inschatting worden beschouwd.

5.2.3 Bacteriële verontreiniging

Binnen deze korte studie is verontreiniging, verspreiding en afsterven van potentieel ziekteverwekkende bacteriën niet in detail onderzocht. Wel is gekeken in hoeverre verontreinigingen accumuleren of verspreid worden vanaf de geplande stranden op het Strandeiland en Middeneiland. Hiervoor is in het hydrodynamisch model dat voor de temperatuurmodellering is gebruikt een conservatieve stof geloosd op de drie stranden en is gekeken hoe deze stof zich verspreidt met de stroming. Er is iedere dag zoveel geloosd dat de concentratie op de stranden na één dag gelijk zou zijn aan één als er geen verversing zou optreden (dit komt overeen met een lozing van 1 * segmentvolume g/dag). De berekende concentraties op de stranden geven een indicatie van de mate van verversing.

5.3 Resultaten

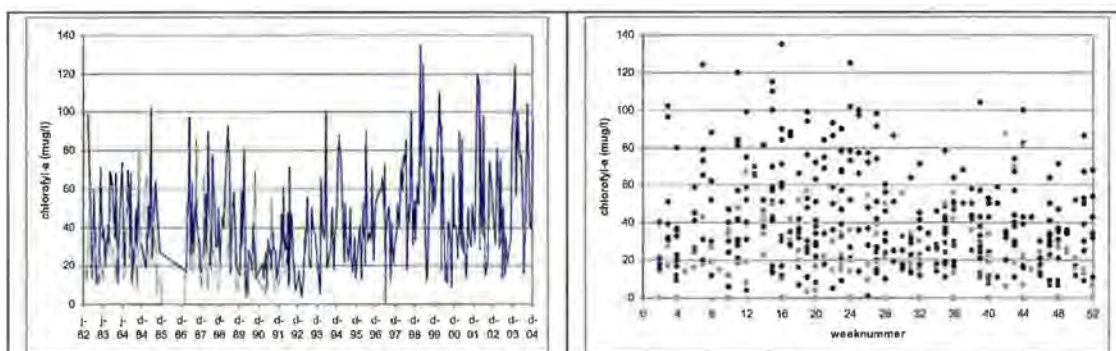
5.3.1 Algen

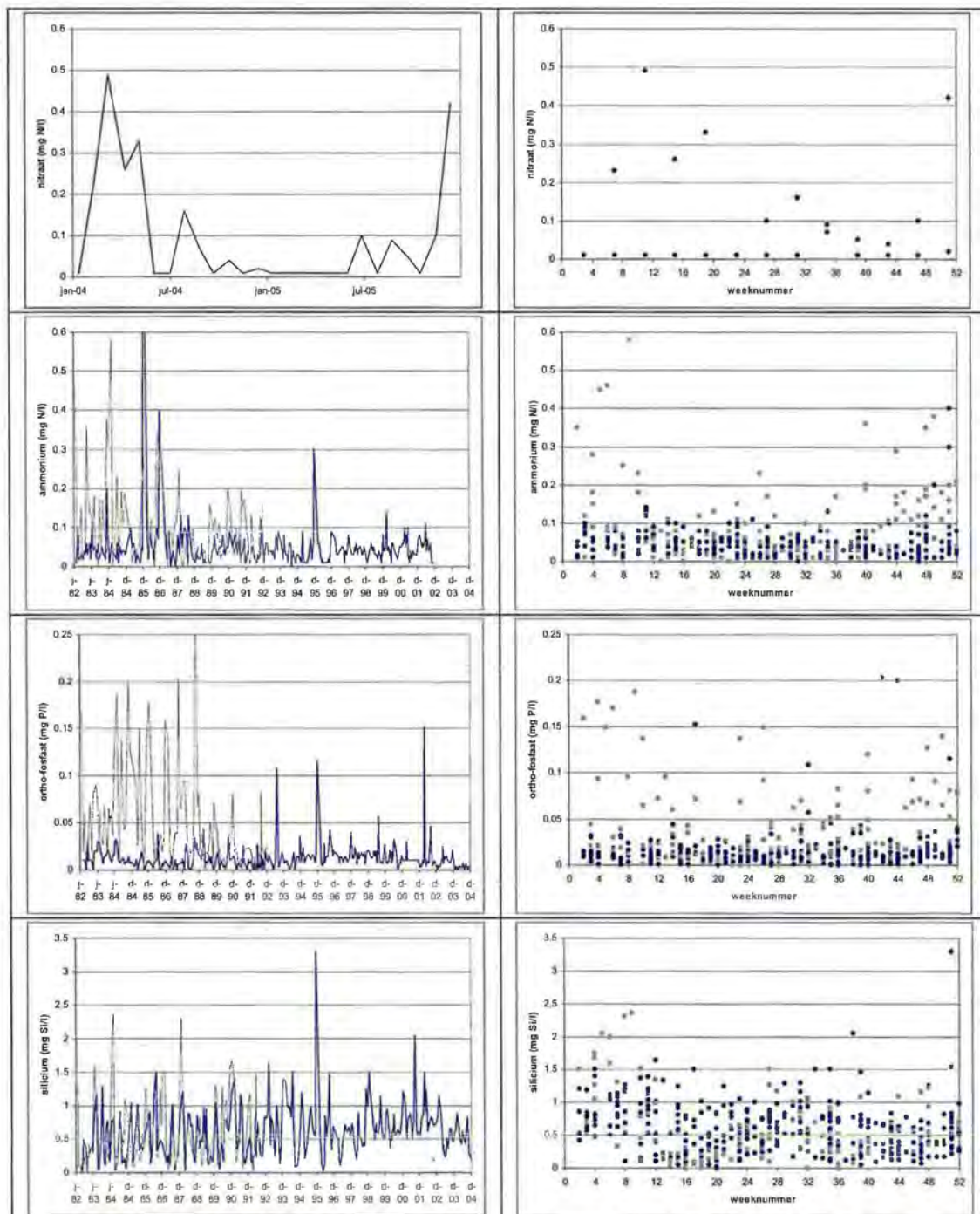
Analyse van limiterende factoren

In lichtgelimiteerde wateren volgt het chlorofyl-a concentratieverloop over het jaar ruwweg de beschikbaarheid van licht, met minimale waarden in de winter en een maximum in de zomer. In de metingen in het IJmeer en Markermeer (Figuur 5.1) zijn de chlorofyl-a concentraties tijdens de winter niet duidelijk lager dan tijdens de rest van het jaar. Dit suggereert dat licht niet de belangrijkste limiterende factor is voor de groei van algen in deze wateren. Het doorzicht is weliswaar gering maar het water is ook ondiep, waardoor gemiddeld over de waterkolom de lichtintensiteit toch redelijk hoog is. Het verloop van chlorofyl-a over de jaren lijkt op het oog een licht stijgende trend te vertonen, terwijl de nutriëntenconcentraties en het doorzicht dalen.

Mogelijk is er een verband met de dalende graasdruk door driehoeksmosselen. Rond 1992 – 1994 is het bestand driehoeksmosselen in het Markermeer abrupt met ongeveer twee-derde afgenomen. Dit was een gevolg van het samenvallen van een grote influx van topper-eenden in die periode (predatie) met verhoogde slibconcentraties (door wind) en hoge wintertemperaturen. Slib bleef verhoogd doordat de mosselen minder filterden en mosselen konden slechter groeien door verhoogde slibconcentraties. Ook de waterplanten gingen achteruit waardoor slib nog slechter werd vastgehouden in de bodem. (Noordhuis en Houwing, 2003).

Het concentratieverloop van de belangrijkste nutriënten: nitraat, ammonium, orthofosfaat en silicium (Figuur 5.1) laat zien dat de concentraties aan ammonium en orthofosfaat in de jaren tachtig veel hoger waren in het IJmeer dan in het Markermeer. Sinds eind jaren tachtig is de concentratie van beide stoffen afgenomen. In "Waterbase" van RWS zijn geen metingen in het IJmeer beschikbaar voor de periode vanaf 1992. Opvallend is dat de concentraties aan silicium sinds eind jaren negentig nauwelijks meer onder de 0,5 mg/l komen. Dit suggereert dat diatomeeën, de enige algengroep die silicium opneemt voor de groei, dit nutriënt niet meer volledig kan opnemen. Blijkbaar worden de diatomeeën in hun groei beperkt door andere nutriënten. De concentraties van opgelost stikstof en fosfaat laten geen duidelijk seizoenspatroon zien. Het hele jaar door worden voor beide parameters lage concentraties gevonden.





Figuur 5.1: Concentratieverloop van chlorofyl-a en nutriënten in het IJmeer (grijs) en Markermeer (zwart), ontwikkeling over de jaren (links) en seizoenspatroon (rechts) [Gegevens uit “Waterbase”].

De analyse van gemeten concentraties van chlorofyl-a en nutriënten suggereert dat licht en opgelost silicium niet beperkend zijn voor algengroei in het Markermeer en IJmeer. Stikstof en fosfaat blijven over als mogelijke limiterende factoren voor algengroei. Ook Noorduis en Houwing (2003) komen tot de conclusie dat fosfaatlimitaties beperkend zouden kunnen zijn voor algengroei. Er zijn voornamelijk nog geen redenen om aan te nemen dat de beschikbaarheid van stikstof en fosfaat zullen toenemen door de aanleg van IJburg 2^e fase. Alleen de beschikbaarheid van licht zal toenemen doordat het water helderder wordt. Het valt daarom

niet te verwachten dat de groei van algen sterk zal veranderen door de aanleg van IJburg. Zodra de mosselbanken aanslaan is het aannemelijk dat de algenconcentraties zullen afnemen, doordat de mosselen de algen uit het water filteren.

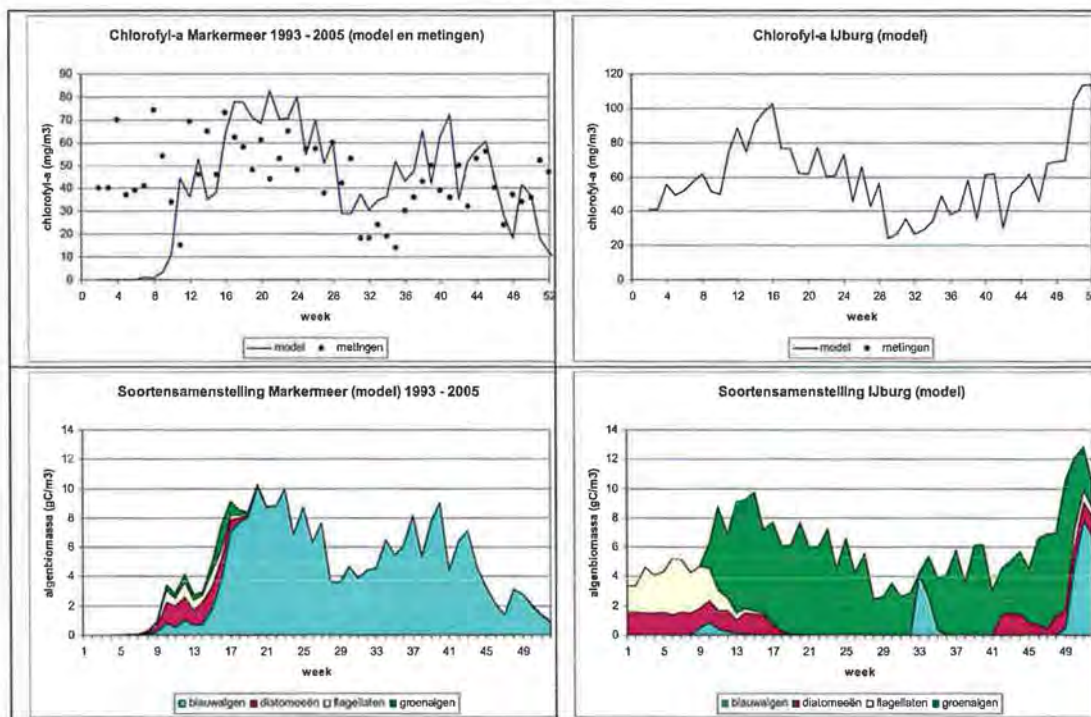
Modelresultaten BLOOM II

Het model is eerst toegepast voor de huidige situatie in het Markermeer om te zien of het huidige functioneren van dit watersysteem adequaat kan reproduceren. Vervolgens is de nieuwe situatie na de aanleg van IJburg 2^e fase gesimuleerd door de diepte, watertemperatuur en helderheid van het systeem aan te passen. De modelresultaten voor de huidige situatie in het Markermeer (links) en de toekomstige situatie rond IJburg (rechts) staan in Figuur 5.2. De chlorofyl-a concentraties in het Markermeer worden door het model goed gereproduceerd vanaf ongeveer half maart. In de winter is er onvoldoende licht beschikbaar is voor algengroei in het model, terwijl er wel chlorofyl-a concentraties rond 40 µg/l worden gemeten. Het model berekent een soortensamenstelling die vrijwel geheel uit blauwalgen bestaat, terwijl de metingen (Figuur 5.3) naast blauwalgen ook een aandeel van groenalgen en diatomeeën laten zien. De verschillen tussen model en metingen in zowel chlorofyl-a concentraties als de soortensamenstelling suggereren dat er in werkelijkheid meer licht beschikbaar is voor algengroei in de winter dan in het model. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat de gekozen diepte en verloop van de extinctiecoëfficiënt niet geheel representatief zijn voor het lichtklimaat dat de algen op station Markermeer-Midden ervaren. Dit kan bijvoorbeeld door aanvoer van algen vanuit ondiepere wateren nabij het monsterpunt. Ook is door het middelen over verschillende jaren een deel van de variatie in de tijd weggevallen, waardoor er minder heldere, windstille perioden in het model zijn dan in werkelijkheid.

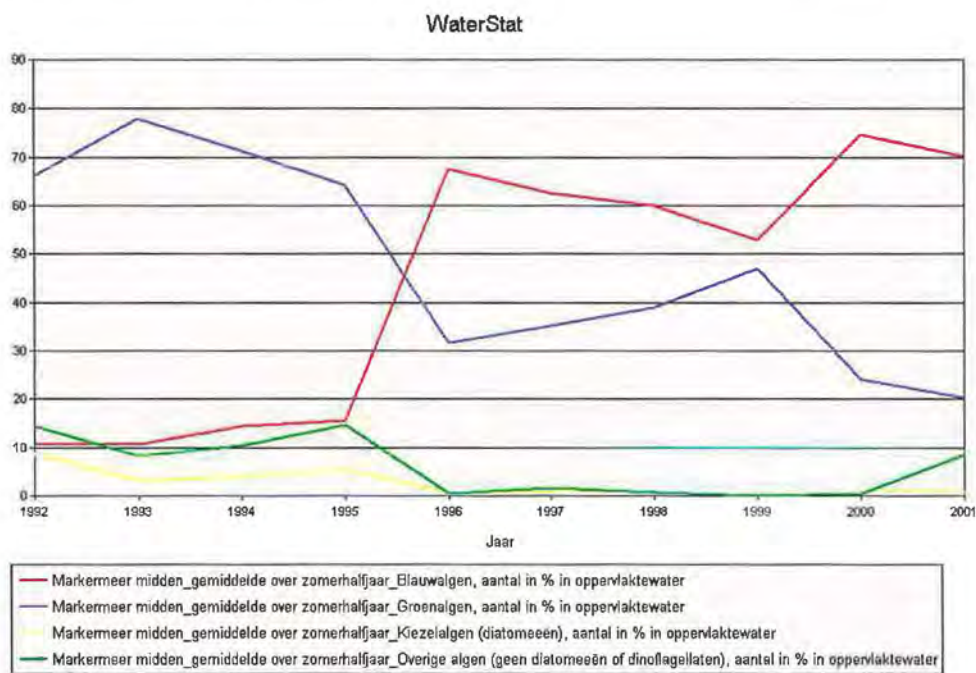
Voor wateren rond IJburg, die met circa 2 meter diepte ondieper zijn dan het Markermeer, valt de lichtlimitatie in de winter weg in het model. Hierdoor worden hogere chlorofyl-a concentraties voorspeld tijdens de winter en een soortensamenstelling die het grootste deel van het jaar wordt gedomineerd door groenalgen. Metingen in het Markermeer laten halverwege de jaren negentig een omslag in omgekeerde richting zien: van dominantie door groenalgen naar blauwalgen (Figuur 5.3). Parallel aan deze omslag namen de slibconcentraties in het Markermeer sterk toe (Noordhuis en Houwing, 2003). Ook in de metingen lijkt er dus een verband te zijn tussen beschikbaarheid van licht en de dominantie van blauwalgen. Het aandeel blauwalgen in de algensoortensamenstelling in metingen (Figuur 5.3) en model (Figuur 5.2) zijn niet één op één te vergelijken omdat de metingen zijn uitgedrukt in cel-aantallen en het model in algenbiomassa (g.m^{-3}).

Een verdere toename van de lichtbeschikbaarheid doordat slibconcentraties afnemen heeft geen effect op de voorspelde algengroei omdat nutriënten (stikstof in de zomer en fosfaat en silicium in de winter) limiterend zijn voor de groei van algen. Ook toename van de temperatuur heeft geen effect op de voorspelde groei van algen tussen de IJburg-eilanden.

Hoewel de groei van algen tussen de eilanden gelimiteerd is door de beschikbaarheid van nutriënten en gedomineerd wordt door groenalgen, is het wel mogelijk dat er een blauwalgenbloei vanuit het centrale IJmeer inspoelt. Doordat het centrale IJmeer dieper is en troebeler zou hier wel lichtlimitatie kunnen optreden en kan er ook blauwalgenbloei voorkomen. Dit soort algenbloei kan echter niet aan de aanleg van IJburg 2^e fase worden toegeschreven.



Figuur 5.2: Modelresultaten voor chlorofyl-a (boven) en soortensamenstelling (onder), voor het huidige Markermeer (links) en het toekomstige IJburg (rechts).

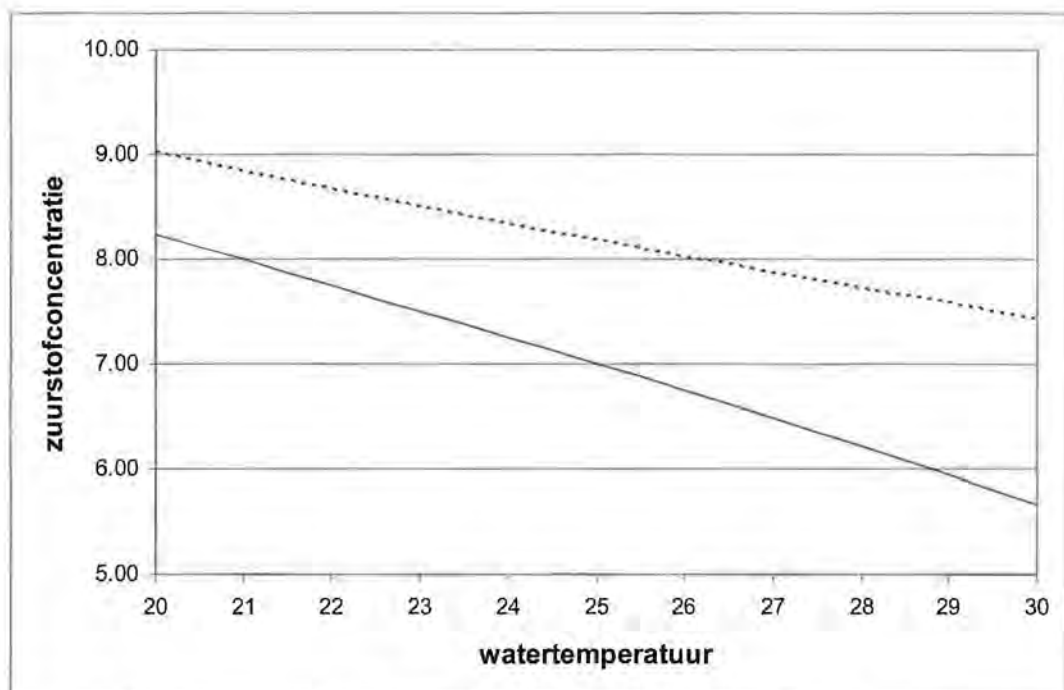


Bron: WaterStat, Rijkswaterstaat/RIZA Rijkswaterstaat/RIKZ

Figuur 5.3: Gemeten ontwikkeling in de soortensamenstelling van het fytoplankton in het Markermeer van 1982 – 2001.

5.3.2 Zuurstof

Op basis van de geschatte zuurstofvraag door algen en organisch materiaal is bij een watertemperatuur van 26 °C een zuurstofconcentratie berekend van 6,5 mg/l. De aldus berekende zuurstofconcentratie is afhankelijk van de watertemperatuur. Bij een hogere temperatuur neemt de verzadigingsconcentratie van het water af en neemt de respiratie door de algen en de afbraaksnelheid van organisch materiaal toe. In Figuur 5.4 is de relatie uitgezet tussen de zuurstofconcentratie aan het einde van de nacht en de watertemperatuur. In het IJmeer rond IJburg is de watertemperatuur zelfs in een uitzonderlijk warme zomer als augustus 2003 niet hoger dan 26 °C (zie Figuur 2.6). Er worden derhalve in de wateren in en rond IJburg geen zuurstofproblemen verwacht door algen.



Figuur 5.4: Relatie tussen minimale zuurstofconcentratie (doorgetrokken lijn) en de verzadigingsconcentratie (gestippelde lijn) in het water en watertemperatuur.

5.3.3 Bacteriële verontreiniging

De drukterp is deels tijdelijk (tot aan het moment van de aanleg van de tweede fase) in gebruik als strand en heeft ook een horecagelegenheid. Hierbij zijn ongeveer 400 parkeerplaatsen aangelegd. Het strand wordt op drukke dagen bezocht door zo'n 6000 mensen. De verwachting is dat de nieuwe stranden na realisatie van IJburg 2^e fase op een zomerdag in totaal zo'n 4300 bezoekers zullen krijgen. Per saldo zal het aantal water vervuilende recreanten door de aanleg van de nieuwe stranden en het verdwijnen van het oude strand dus niet veel veranderen.

Ten behoeve van de beschouwing van bacteriële verontreiniging is een modelsimulatie uitgevoerd waarbij tracerstoffen zijn geloosd op de potentiële strandlocaties. De berekende concentraties aan tracerstoffen op de 3 stranden zijn ongeveer:

- strand op het Strandeiland: 2%
- strand aan de oostzijde van het Middeneiland: 3%
- strand aan de westzijde van het Middeneiland: 8%

Dit betekent dat één dag na het ontstaan of lozing van de verontreiniging door (water) recreatie op de stranden, de concentratie door verdunning is afgenomen tot circa 2% van de oorspronkelijke concentratie op de stranden aan de buitenzijde (oost) van IJburg en tot circa 8% op het strand aan de baai. Daarnaast zullen de concentraties aan bacteriën door natuurlijke mortaliteit steeds verder afnemen. Of bacteriële verontreiniging een probleem wordt hangt naast de verversing ook sterk af van de mate van belasting. Daarover kunnen op basis van de bovenstaande analyse nog geen uitspraken worden gedaan, al zal het geschatte aantal bezoekers van de stranden naar verwachting niet veel veranderen.

5.4 Conclusies

De waterkwaliteit in de wateren rond IJburg zal naar verwachting niet verslechteren door de aanleg van de nieuwe eilanden in IJburg 2^e fase zolang de nutriëntenbelasting niet toeneemt. De groei van algen is in de huidige situatie al gelimiteerd door de beschikbaarheid van nutriënten. Een verandering in het lichtklimaat of de watertemperatuur door de aanleg van de nieuwe eilanden zal daarom weinig tot geen effect hebben op de algengroei in het water rond de eilanden. Deze conclusie is zowel geldig voor het scenario waarin de Diemer centrale 249 MWth als het scenario waarin de Diemer centrale 724 MWth loost.

De plaatselijke verhoging van de watertemperatuur zal naar verwachting niet leiden tot zuurstofconcentraties lager dan 5 mg/l, mits de aanleg van de nieuwe eilanden niet leidt tot verhoging van de nutriëntenbelasting of tot riool-overstorten.

De bacteriële verontreiniging van het water zal naar verwachting niet veel veranderen omdat de waterrecreatie zich slechts zal verplaatsen van het huidige strand naar de nieuw aan te leggen stranden. Of dit lokaal zal leiden tot overschrijding van normen is op basis van deze studie niet met zekerheid te zeggen. Wel positief is dat de verversing van het oppervlaktewater bij de stranden redelijk hoog is.

6 Beschouwing ecologische effecten

6.1 Beschouwde ecologische effecten

Een groot deel van het IJmeer is aangewezen als Natura2000 gebied in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn. Verder is het gebied onderdeel van het waterlichaam Markermeer, waarvoor binnen de Kaderrichtlijn water doelstellingen worden geformuleerd. Dit brengt verplichtingen met zich mee om de ecologische kwaliteit niet te laten verslechteren. Bij het inschatten van de effecten van de koelwaterlozing met en zonder de aanleg van IJburg 2^e fase zijn de ecologische doelstellingen zoals geformuleerd in de KaderRichtlijn Water, Vogel- en HabitatRichtlijn als uitgangspunt genomen.

6.1.1 KaderRichtlijn Water doelstellingen

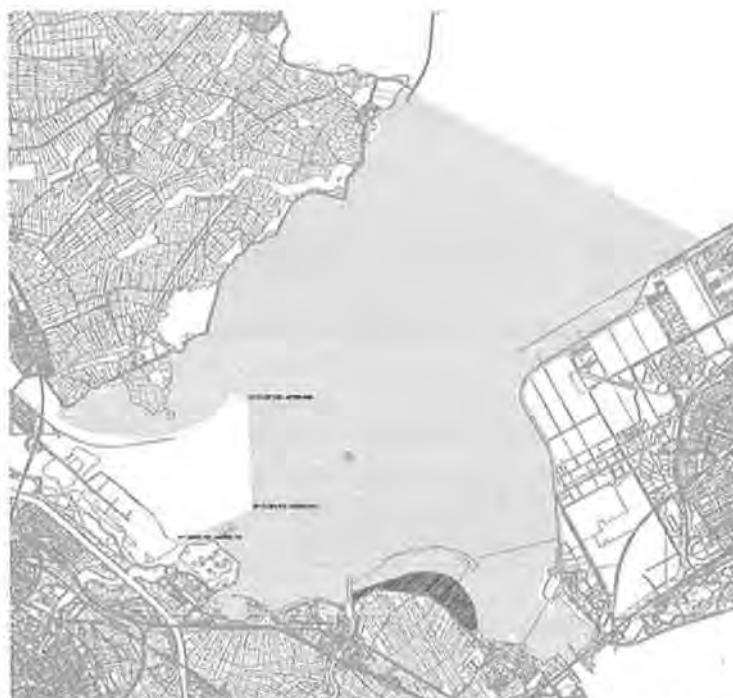
In de KRW staat aangegeven dat de waterkwaliteit en ecologie niet achteruit mogen gaan. Iedere EU-lidstaat dient milieudoelstellingen op te stellen en op termijn te behalen. Voor sterk veranderde wateren zoals het Markermeer komt de ecologische doelstelling overeen met het Goede Ecologische Potentieel. Deze toestand wordt afgeleid van de natuurlijke referentie, welke voor verschillende meertypes is beschreven. Het Markermeer is door Nederland aangewezen als Meertype M21. Het ecologisch potentieel is nog niet beschreven maar de referentiebeschrijving (STOWA, 2004) geeft wel een aanwijzing in hoeverre doelstellingen in gevaar kunnen komen. Voor de KRW wordt gekeken naar de volgende biologische kwaliteitselementen: phytoplankton, waterplanten, vissen en macrofauna.

6.1.2 VogelRichtlijn doelstellingen

Het IJmeer is aangewezen als Natura2000 gebied, vanwege het voorkomen van 3 kwalificerende vogelsoorten¹ en 11 begrenzingsoorten². IJburg zelf is geen onderdeel van het Natura2000 gebied. Er moet wel worden onderzocht of effecten van de aanleg van IJburg 2^e fase mogelijk effect hebben op het Natura2000gebied.

¹ Kwalificerende soorten voldoen aan één van de volgende criteria: A) Voor regelmatig in Nederland voorkomende soorten vermeld in Bijlage I van de Vogelrichtlijn worden de beste vijf gebieden (hoogste aantallen) aangewezen als SBZ, rekening houdend met een ondergrens van 1% van de landelijke broedpopulatie en tenminste twee broedparen (voor broedvogels), danwel 0.1% van de biogeografische populatie (voor niet-broedvogels). B) Voor trekkende watervogelsoorten niet vermeld in Bijlage I worden gebieden aangewezen waar regelmatig ten minste 1% van een biogeografische populatie van die soort verblijft (Directie Natuurbeheer 2000).

² Begrenzingsoorten zijn: Bijlage-I-soorten en trekkende watervogels, plus een aantal soorten vermeld in de nationale Rode Lijst, die in het gebied weliswaar niet de kwalificatiedrempels overschrijden, maar wel in belangrijke aantallen voorkomen. Drempelwaarden voor opname als 'begrenzingsoort' zijn: 1% van de landelijke broedpopulatie (broedvogels) en 0.1% van de biogeografische populatie (niet-broedvogels). Met deze soorten wordt bij de begrenzing van de Natura2000 gebied rekening gehouden (Directie Natuurbeheer 2000).



Figuur 6.1: Locatie Vogelrichtlijngebied in het IJmeer (in grijs). Bron: ministerie van LNV, Alterra

6.1.3 HabitatRichtlijn doelstellingen

De dichtstbijzijnde Habitatgebieden zijn de habitatrichtlijngebieden 'Gouwzee' en 'kustzone Muiden'. De habitatrichtlijngebieden zijn aangewezen vanwege het voorkomen van kalkhoudende oligo-mesotrofe wateren met benthische *Chara* spp. vegetaties, de vissen Bittervoorn, Rivierdonderpad en de Meervleermuis. Daarnaast is IJmeer een RAMSAR site.



Figuur 6.2: Lokatie Habitatrichtlijngebied in het IJmeer (in grijs). Bron: ministerie van LNV, Alterra

6.2 Invloedsfactoren

Als gevolg van de aanleg van IJburg 2^e fase kunnen de volgende factoren van invloed op ecologie:

- verdwijning en mogelijk een verschuiving van het areaal (voor bijvoorbeeld waterplanten en driehoeksmosselen);
- verstoring door recreatie voor vogels en waterplanten;
- vermindering doorstroming water met hogere kans op algenbloei en daardoor vermindering doorzicht;
- vermindering invloed wind op opwerveling sediment en daardoor vergroting doorzicht en ook verslibbing van de bodem.

Als gevolg van de warmtelozing en de aanleg van IJburg 2^e fase zijn daarnaast de volgende factoren potentieel van invloed op de ecologie:

- verhoging watertemperatuur met als gevolg een hogere kans op algenbloei en daardoor minder lichtindringing die nodig is voor de groei van waterplanten;
- verhoging watertemperatuur met directe effecten voor driehoeksmosselen, waterplanten en vissen;
- optreden zuurstofloosheid (zie hoofdstuk 5.3.2 over waterkwaliteit).

6.2.1 Effecten gerelateerd aan de doelstellingen uit KaderRichtlijn Water

Phytoplankton / algen

Met name moet hier het phytoplankton worden genoemd, waarbij vermeld dient te worden dat er nog geen GEP is gedefinieerd maar wel een referentiewaarde is vastgesteld (STOWA, 2004). Overigens wordt de referentiewaarde van 8.3 µg/l in IJmeer, Markermeer, Randmeren of IJsselmeer overschreden. Een beschouwing over phytoplankton, en blauwalgen in het bijzonder, is beschreven in hoofdstuk 5.3.1.

Waterplanten

Kenmerkende waterplanten voor meertype M21 zijn fonteinkruiden *Potamogeton* spp., kranswieren *Chara* spp. en rietsoorten (onder ander *Phragmites*). In de luwten komen ook drijvende waterplanten zoals Waterlelie *Nymphaea alba* en Gele plomp *Nuphar lutea* voor. Een andere kenmerkende soort is Aarvederkruid *Myriophyllum spicatum*. In de huidige situatie zijn op de locatie van IJburg 2^e fase *Potamogeton* spp. aangetroffen (doorgroeid en schedefonteinkruid; Schekkerman et al., 2006). In het IJmeer komen voornamelijk waterplanten voor bij de kust voor Muiden en in de Gouwzee (de habitatrichtlijngebieden). Het areaal waterplanten in het IJmeer varieert sterk (Jans et al, ROM IJmeer rapport, 2006).

Milieufactoren

Het aandeel licht dat op de bodem bereikt is een belangrijke factor voor de groei van waterplanten zoals fonteinkruiden en kranswieren. Dit heeft onder andere te maken met de mogelijkheid tot kiemen. De samenstelling van het water (verhouding tussen algen, detritus, anorganisch zwevend stof, humuszuren) bepaalt tot welke diepte licht doordringt, en dus tot welke diepte waterplanten voor kunnen komen. Over het algemeen is dit op een diepte

tussen 0,3 tot 3,5 m. Vanwege het geringe doorzicht is dit in het Markermeer ondieper (tot 1,5 m volgens Jans et al, 2006).

Indirect (via de indringing van licht) zijn de mate van aanwezigheid van algen en anorganisch zwevend stof dus ook van invloed op het voorkomen van waterplanten. Beide factoren spelen een belangrijke rol in het IJmeer. Doordat de groei van algen kan worden gestimuleerd bij een toename van de nutriëntenconcentraties en temperatuur, kunnen ook deze factoren van invloed zijn op de aanwezigheid van waterplanten.

Watertemperatuur en de seizoensmatige dynamiek heeft ook direct invloed op de groei en ontwikkeling van waterplanten. Bij gemiddeld warmer water, groeien macrofyten sneller dan onder lagere temperaturen bij verder gelijke omstandigheden. Dit geldt vooral in (matig) voedselarm water (Rooney en Kalff, 2000). In voedselrijke wateren zou een hogere watertemperatuur de kans op algenbloei verhogen, waardoor de lichtdoordringing en daarmee de groei zou worden beperkt (Jeppesen et al, 1998; Scheffer et al, 1993; Genkai-Kato & Carpenter, 2006). In het IJmeer lijkt de algengroei echter beperkt door nutriënten, en heeft de water temperatuur derhalve een verwaarloosbare invloed op algengroei. De optimale temperatuur voor de groei van waterplanten ligt tussen de 18 en 28 °C (bijv. Spencer, 1986; Taylor en Helwis, 1995; Rooney en Kalff, 2000; Spencer en Ksander, 1991; Duel & Specken, 1994). Hoe eerder in het jaar deze temperatuur dus wordt bereikt, hoe langer de groei sterk kan zijn. Bij een temperatuur groter dan 35 °C is het gebied ongeschikt voor waterplanten. De maximum temperatuur ligt over het algemeen bij 35 °C. Bij temperaturen onder de 18 °C verloopt de groei langzamer, en stopt vrijwel volledig rond de 5 tot 7 °C. Veel planten kunnen nog wel blijven bestaan bij lagere temperaturen, maar niet meer netto-groei vertonen.

Veel macrofyten kunnen zich makkelijk vegetatief voortplanten. Veel Potamogeton soorten vormen wortelknolletjes (tubers) of winterknoppen (turionen) die een koude periode nodig hebben van ongeveer 4 - 8 weken beneden de 4 °C om te gaan kiemen bij relatief lage voorjaars temperaturen rond de 15 °C (Van Wijk, 1988). De koudeperiode voorkomt het per ongeluk kiemen in de herftperiode. Wanneer een koudeperiode achterwege blijft dan begint de kieming pas bij temperaturen hoger dan 20 °C.

Effecten

Als gevolg van IJburg 2^e fase zullen de waterplanten die op dit moment voorkomen op de geplande IJburg 2^e fase eilanden verdwijnen. Afhankelijk van de inrichting kunnen in de omgeving van IJburg 2^e fase nieuwe ondieptes ontstaan waar opnieuw waterplanten voor kunnen komen (Schekkerman et al., 2006). Doordat er luwten ontstaan in de omgeving van IJburg zal sediment uitzakken. Dit komt de helderheid van het water ten goede. Uit een analyse van de effecten van de temperatuursverhoging, verandering in waterstroming en nutriëntengehaltes is gebleken dat er geen verhoogde kans is op (blauw)algenbloei en ook geen extra groei van (groen)algen (zie hoofdstuk 5.3). De helderheid van het water zal dus naar verwachting dus niet verslechteren en juist verbeteren. Afhankelijk van de waterdiepte zullen er ook meer waterplanten voorkomen. Alleen in de directe omgeving van de lozing kan de temperatuur zo hoog (> 28 °C) oplopen dat het gebied minder geschikt wordt voor waterplanten. Een geringe toename van de temperatuur, zoals in de rest van het gebied, verlengt in feit het groeiseizoen. Een toename van de temperatuur in de winter kan mogelijk gevolgen hebben voor het uitblijven van een koudeperiode. Omdat de temperatuurstijgingen niet hoog zijn, is dit niet waarschijnlijk.

De hierboven genoemde negatieve effecten in de directe omgeving van de lozing zullen voor het behalen van de KRW-doelen met betrekking tot waterplanten naar verwachting niet van belang zijn, daar IJburg 2^e fase slechts een klein deel van het Markermeer beslaat en daarmee niet het percentage bedekking met waterplanten zal beïnvloeden.

Vis

De visgemeenschap in het IJmeer wordt gedomineerd door Brasem, Pos, Baars, Snoekbaars en Blankvoorn (Jans et al, 2006). De referentietoestand van meertype M21 beschrijft een soortensamenstelling waarbij het aandeel Brasem maximaal 15% is, het aandeel Baars en Blankvoorn minimaal 45% en het aandeel plantminnende vis minimaal 5% is.

Milieufactoren

Brasem is kenmerkend voor voedselrijke troebele vegetatie-arme wateren. Blankvoorn en Baars komen vooral voor in heldere (vaak diepere) wateren. Voor plantminnende vis, zoals Kleine modderkruiper, Bittervoorn, Ruisvoorn en Snoek, is de aanwezigheid van ondergedoken en oevervegetatie in ondiep water (ongeveer < 2 m) van belang. Aanleg van IJburg 2^e fase vermindert het areaal open water en dus het leefgebied voor Blankvoorn en Baars, maar dit is een relatief zeer gering deel van het hele wateroppervlak van het IJmeer, zodat er weinig effecten te verwachten zijn. In de huidige situatie is op de planlocatie van IJburg 2^e fase nog wel ondergedoken vegetatie te vinden (Schekkerman et al, 2006), maar dit ligt dieper dan 2 m en is daardoor veel minder geschikt als leefgebied voor plantminnende vis. Afhankelijk van de aanleg van IJburg 2^e fase en de daarbij gevormde ondieptes kan mogelijk meer habitat worden gecreëerd, zoals door rietoevers.

Temperatuur beïnvloedt de voedselbeschikbaarheid en groei van vissen. Voor veel vissen ligt de optimale temperatuur ongeveer tussen de 10 en 25 °C (Alabaster & Lloyd, 1982; Wieser, 1991). In het voorjaar zijn hogere temperaturen een trigger om te gaan paaïen (rond 20 °C; OVB 1998). Daarna is de optimale temperatuur nodig om te groeien. Een verhoogde temperatuur vervroegt en verlengt dus eigenlijk het paai en groeiseizoen. Bij hogere temperaturen van 27 tot 30 °C vertonen veel vissen afwijkend gedrag en zijn bij temperaturen boven de 35 °C de omstandigheden uiteindelijk dodelijk.

Effecten

Door de hogere temperaturen (> 25 °C) in directe omgeving van de lozing is dit geen geschikt leefgebied voor vissen. Na de aanleg van IJburg 2^e fase is de verspreiding van de hogere temperaturen door de belemmering van de stroming vanwege de nieuwe eilanden iets geringer en is het areaal met ongeschikt gebied dus iets kleiner. Er zal naar verwachting geen zuurstofloosheid optreden door algenbloei en dus ook geen vissterfte als gevolg hiervan (hoofdstuk 5.3.2). De aanleg van IJburg 2^e fase vermindert het habitat voor vissen, maar er komt mogelijk meer bij door een mogelijke toename van areaal waterplanten en een groter areaal van ondiep water.

Macrofauna

Omdat er geen zuurstofloosheid optreedt (zie hoofdstuk 5.3.2) zijn er geen effecten te verwachten voor de macrofauna. Overige milieufactoren die van invloed zijn op de macrofauna veranderen namelijk niet. Zie ook de effectbeschrijving van driehoeksmosselen.

6.2.2 Effecten gerelateerd aan de doelstellingen uit HabitatRichtlijn

De habitatrichtlijngebieden liggen ver buiten de invloedssfeer van de aanleg van de eilanden in IJburg 2^e fase. Er zijn daarom geen effecten te verwachten. Ook na aanleg van IJburg 2^e fase zijn er geen watertemperatuurseffecten in deze omgeving te verwachten.

6.2.3 Effecten gerelateerd aan de doelstellingen uit VogelRichtlijn

Onderstaande paragrafen gaan in op de effecten van de warmtelozing op de waterkwaliteit en daarmee ook op mogelijke effecten voor vogels. Deze effecten komen tot uiting via de voedselbeschikbaarheid. In het IJmeer gaat het hierbij vooral om waterplanten, driehoeksmosselen en vis.

Driehoeksmosselen

Milieufactoren

Driehoeksmosselen vestigen zich op hard substraat zoals stenen en schelpen. Ze foerageren door algen te filteren uit het water. Hoge slibconcentraties in het water of op de bodem kunnen dit verhinderen en zorgen uiteindelijk voor verstikking. De mosselen komen voor op een diepte tussen de 2 en 5 m (Duel & Specken, 1994b). De groei en reproductie van de driehoeksmosselen wordt beïnvloed door de watertemperatuur (Duel & Specken, 1994b). In koude wateren ($< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) is de periode van groei kort en is de reproductie minimaal (Morton, 1969; Lewandowski, 1982; Strayer, 1991). Ook warme wateren hebben een negatief effect op de populatie-ontwikkeling (Walz, 1974). Sterftcijfers nemen toe bij watertemperaturen van $> 26\text{--}32\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Strayer, 1991). Noordhuis en Houwing (2003) suggereren dat er mogelijk een negatief effect is van relatief warme winters. De eerste eieren en larven worden in de Poolse meren gesignaleerd bij watertemperaturen van $17\text{--}19\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Lewandowski, 1982) en in de Noord-Amerikaanse meren bij $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hebert e.a., 1989).

In het IJsselmeer begint de jaarlijkse lengtegroei van de driehoeksmosselen in april en eindigt in september. Uit onderzoek van Reeders (1989) is gebleken, dat bij een watertemperatuur van $5\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de filtratiesnelheid optimaal is. Beneden de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ neemt de filtratiesnelheid abrupt af tot een geringe waarde en bij een watertemperatuur van meer dan $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ neemt de snelheid geleidelijk af. Volgens het onderzoek van Morton (1969) vindt alleen lengtegroei plaats bij een watertemperatuur van meer dan $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ en komt bij een watertemperatuur van meer dan $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ de lengtegroei geheel tot stilstand. De driehoeksmossel is zeer gevoelig voor snelle stijgingen van de watertemperatuur. Bij bestrijding van de driehoeksmosselen in koelwatersystemen wordt daarom de thermoshock-methode gehanteerd: bij een watertemperatuur van $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ wordt in een half uur alle aangroei gedood (Jenner en Mommen, 1985). De ontwikkelingsmogelijkheden van driehoeksmosselen in de Randmeren wordt beperkt door een aantal factoren, waaronder de snelle stijging van de watertemperatuur en grote dagelijkse temperatuurschommelingen die in het voorjaar in de ondiepe en beschutte meren kunnen optreden. Door deze veranderingen wordt de voortplanting van de driehoeksmosselen volledig verstoord (Vanhemelryk e.a., 1993).

Effecten

De aanwezige driehoeksmosselen op locatie van IJburg 2^e fase zullen als gevolg van de aanleg verdwijnen. Om te voorkomen dat de fourageermogelijkheden voor mossel-etende

vogels achteruit gaan, is gepland ondieptes te creëren met ook hier en daar hard substraat, waardoor nieuw habitat wordt gecreëerd. In de directe omgeving van de lozing is de temperatuuroptename dermate hoog dat dit gebied weinig geschikt is voor driehoeksmosselen. De stijging van de temperatuur kan ervoor zorgen dat de temperatuur vaker boven de optimale temperatuur van 20 °C uitkomt. Pas bij 26 °C neemt het sterftecijfer echt toe. Een snelle stijging van de temperatuur is ongunstig. De modelsimulaties laten zien dat een veranderlijke windrichting het invloedsgebied van de lozing snel kan doen veranderen. Het is onzeker of dat vergelijkbaar is met het effect van de thermoshockmethode (zie hierboven). De temperatuurstijging is in ieder geval minder hoog. De modelsimulaties laten zien dat, afhankelijk van de windrichting, de stijging van de watertemperatuur soms 4 tot 5 °C is, en daarmee boven een temperatuur komt, waarbij de sterfte van driehoeksmosselen toeneemt. Een toename van de temperatuur in de winter kan leiden tot een verhoogd metabolisme en daardoor ook een grotere behoefte aan voedsel. Uit de analyse van de chlorofyl-a gehalten blijkt dat ook in de winter voldoende voedsel aanwezig is en dat dit dus waarschijnlijk geen negatieve gevolgen heeft.

Waterplanten

Hiervoor wordt verwezen naar de beschrijving van waterplanten in hoofdstuk 5.2.1.

Vis

Naast de eerder genoemde vissen is Spiering een belangrijke voedselbron. Afhankelijk van de watertemperatuur in maart of april trekken grote scholen Spiering naar de randen van het IJsselmeergebied om te paaïen. Aan de randen zoeken ze ondiep water met stenen, kiezels of waterplanten (geen slibbige bodem). De temperatuur heeft indirect invloed via het voedsel, namelijk de productie van plankton. Een temperatuur > 10 °C zorgt voor voldoende productie van plankton. Bij hogere temperaturen neemt de voedselhoeveelheid toe tot een optimum is bereikt (Lillelund, 1961). Lillelund vond voor de eieren van de Spiering een tolerantie voor temperaturen tussen de 17,7 en 20,7 °C. Er zijn daarom geen aanwijzingen dat er voor deze vis andere effecten optreden dan al eerder beschreven in hoofdstuk 5.2.1.

Het doorzicht heeft invloed op de foerageeromstandigheden voor visetende watervogels. Daar het doorzicht mogelijk toeneemt, mag verwacht worden dat dit zal leiden tot gunstigere foerageeromstandigheden.

6.3 Samenvatting ecologische effecten

Samengevat zijn de volgende ecologische effecten van de aanleg van de vier eilanden in de tweede fase van IJburg te verwachten:

- **Vis:** De aanleg van IJburg 2^e fase vermindert het habitat voor vissen, maar er komt mogelijk areaal bij (onder andere paaïplaatsen en opgroeiplaatsen) door een toename van het areaal waterplanten, een groter areaal ondiep water langs de randen van de eilanden en nieuwe locaties luw water. De verwachte toename van het doorzicht komt ten gunste van de foerageermogelijkheden voor visetende watervogels;
- **Waterplanten:** De aanleg van IJburg 2^e fase zorgt voor een verlies aan waterplanten op de geplande locatie. Maar op locaties in de luwte van de eilanden zullen juist weer nieuwe waterplanten ontstaan, omdat de omstandigheden daar gunstiger worden (luw en ondiep). De helderheid van het water zal naar verwachting niet verslechteren maar juist verbeteren, doordat er geen verhoogde kans is op algenbloei en de opgeloste slibdeeltjes

sedimenteren in de luwtes die ontstaan. Alleen in de directe omgeving van de lozing kan de watertemperatuur in een zeer warme zomermaand dermate hoog (meer dan 28 °C) oplopen dat het gebied minder geschikt wordt voor waterplanten. Een geringe toename van de watertemperatuur, zoals in de rest van het gebied, verlengt in feite het groeiseizoen. Een toename van de watertemperatuur in de winter kan mogelijk gevolgen hebben voor het uitblijven van een koudeperiode. Omdat de watertemperatuurstijgingen niet hoog zijn, is dit niet waarschijnlijk;

- In die gebieden waar de watertemperatuur regelmatig boven de 26 °C komt, zijn de groei-omstandigheden voor de **driehoeksmosselen** minder gunstig;
- Omdat er **geen zuurstofloosheid** optreedt zijn er geen effecten te verwachten voor de overige **macrofauna**;
- Bovenstaande conclusies zijn zowel geldig voor het scenario waarin de Diemer-centrale een warmtelozing van 249 MWth heeft als voor een warmtelozing van 724 MWth, ook al is het gebied dat door een warmtelozing van 724 MWth wordt beïnvloed uiteraard groter dan bij een warmtelozing van 249 MWth.
- Voor beide scenario's van de warmtelozing geldt dat de doelstellingen van de VogelHabitatRichtlijn (VHR) en de KaderRichtlijn Water (KRW/WFD) niet in gevaar komen door de aanleg van de eilanden in IJburg 2^e fase.

7 Conclusies

In het kader van het onderzoek naar de effecten van de uitbreiding van IJburg met 4 eilanden zijn een aantal modelberekeningen uitgevoerd voor de waterbeweging en temperatuurverdeling. Voor dit laatste aspect is de excess-temperatuur beschouwd, de temperatuurverandering ten opzichte van de achtergrondtemperatuur. Op basis van metingen voor in het IJmeer-Markermeer is een achtergrondtemperatuur van 23 °C aangehouden. Voor wat betreft de temperatuur van het geloosde koelwater is uitgegaan van de volgens de vergunning maximaal toegestane koelwatertemperatuur van 30 °C. Daarnaast is een expert-opinion voor de effecten op de waterkwaliteit en de ecologie uitgevoerd, mede op basis van berekeningen aan de verblijftijd in het IJburg gebied in diverse omstandigheden.

De stroming in het IJmeer-Markermeer en het gebied in en rond IJburg is vooral wind-gestuurd, met nabij de centrale een zwakke additionele stromings-component ten gevolge van het geloosde koelwater.

Uit analyse van de situatie zonder en met de eilanden van IJburg 2^e fase blijkt dat de verschillen in de temperatuurverdeling en verblijftijd alleen lokale verschuivingen te zien geven, en dat deze verschillen geen merkbare verandering van de waterkwaliteit impliceren. Belangrijk is dat de modelberekeningen zoals vereist door Rijkswaterstaat zijn uitgevoerd voor de omstandigheden in de zeer warme maand augustus van 2003. Dit betekent dat de berekeningsresultaten betrekking hebben op een extreme situatie en derhalve beschouwd moeten worden als een “worst case”.

Bovenstaande conclusie lijkt niet alleen geldig voor de beschouwing van de huidige warmtelozing van 249 MWth en debiet van 8,5 m³/s, maar ook voor een verhoogde capaciteit van de Diemer-centrale met een koelwaterlozing van 724 MWth bij 24,7 m³/s.

In zijn algemeenheid kan geconcludeerd worden dat de waterkwaliteit in het IJmeer na aanleg van de vier eilanden in IJburg 2^e fase (Centrumeiland, Strandeiland, Middeneiland en Buiteneiland) niet wezenlijk zal verschillen van die in de rest van het IJmeer-Markermeer watersysteem. Belangrijkste redenen hiervoor zijn de geringe verblijftijd van het water in het gebied van IJburg, en het beperkte effect van de koelwaterlozing op de watertemperatuur.

De verschillen tussen de autonome en basisalternatief-plus situatie na realisatie van IJburg 2^e fase zijn beperkt en worden voornamelijk gestuurd door de specifieke locatie van de vier nieuwe eilanden en de verschillen in waterdiepte. De modelresultaten en ‘expert-opinion’ geven geen aanleiding om problemen in de sfeer van waterkwaliteit of ecologie te verwachten.

In dit onderzoek is uitsluitend nagegaan wat het effect is van de aanleg van de 4 nieuwe eilanden van IJburg 2^e fase op de waterkwaliteit. Eenzelfde analyse is uitgevoerd voor een grotere koelwaterlozing. Beide analyses geven aan dat de aanleg van IJburg 2^e fase geen merkbare invloed op de waterkwaliteit van het IJmeer zal hebben.

8 Literatuur

- Alabaster, J.S., R. Lloyd (1992). Water quality criteria for freshwater fish. Second Edition Butterworth Scientific. London, Boston.
- Bakema, A.H. (1988). Empirische lichtmodellering voor een aantal Nederlandse meren. WL- rapport T387.
- Duel, H. en B. Specken (1994a). Standplaatsmodel Schedefonteinkruid: een model voor het analyseren van de standplaatskwaliteit van wateren voor vegetaties met schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*).
- Duel, H. en B. Specken (1994b). Habitatmodel driehoeksmossel en andere modellen voor het voorspellen van de populatie-omvang van de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* in meren en rivieren. Werkdocument P94-026. TNO-BSA. Delft.
- Duin, E.H.S. van, Blom, G., Los, F.J., Maffione, R., Zimmerman, R., Carl, F.C., Dorth, M. and Best, E.P.H. (2001). Modeling underwater light climate in relation to sedimentation, resuspension, water quality and autotrophic growth. *Hydrobiol.*, 444:25-42.
- Genkai-Kato, M. and Carpentera, S.R. (2006). Eutrophication due to phosphorous recycling in relation to lake morphometry, temperature and macrophytes. *Ecology*: Vol. 86, No. 1, pp. 210-219.
- Jans L., S. Stuijzand, E. Lammens, M. Platteeuw, (2006). Eindrapport Monitoring ROM IJmeer. RWS – RIZA.
- Lillelund, K. (1961). Untersuchungen über die Biologie und Populatiendynamik des Stintes, *Osmerus eperlanus eperlanus* L., der Elbe. *Arch. FischWiss.* 12 (Beih.1):1-128.
- Los, F.J., en Wijsman, J. W.M. (in press). Application of a validated primary production model (BLOOM) as a screening tool for marine, coastal and transitional waters. *J. Mar. Syst.*
- Meursing, L. A. (1995). De hydraulische ruwheid van doorstroomde vegetatie. Analyse van gepubliceerde model- en prototype metingen. ICG 95/5, december 1995;
- Molen, D. T. van der, F. J. Los & M. van der Tol (1994). Mathematical modelling as a tool for management in eutrophication control of shallow lakes, *Hydrobiologia* 275/276: 479-492.
- Noordhuis, N. en E. Houwing (2003). Afname van de Driehoeksmossel in het Markermeer. Oorzaken en gevolgen van een vermoedelijke "crash" met betrekking tot waterkwaliteit, slibhuishouding en natuurwaarden. RIZA rapport 2003.016. ISBN 9036954959.
- OVb - Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, (1998). *Cursus Vissoorten*. Deel 2, Hoofdstuk L: Beschermde vissoorten.
- Sand-Jensen, K.A.J. (1998). Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. *Freshwater Biology*, Vol. 39, pp. 663-679.
- Schekkerman H., M.E. van Eerden, S. van Rijn, M. Roos (2006). Een analyse van de mogelijke gevolgen van de aanleg van IJburg tweede fase voor watervogels in het SBZ IJmeer. Rapport Alterra en RIZA. ISSN 1566-7197.
- Spencer, D. F. (1986). Early growth of *Potamogeton pectinatus* L. in response to temperature and irradiance: morphology and pigment composition. *Aquat. Bot.* 26:1-8.
- STOWA (2004), Rapport 42. Referenties en concept-maatlatten voor meren voor de KaderRichtlijn Water.
- Sweers, H.E. (1976). A nomogram to estimate the heat-exchange coefficient at the air-water interface as a function of windspeed and temperature; *Journal of Hydrology*, Vol. 30.
- Taylor, B.R. and Helwig J. (1995). Submergent macrophytes in a cooling pond in Alberta, Canada *AQUATIC BOTANY* 51 (3-4): 243-257.

- Uittenbogaard, R.E. (1998). Model for eddy diffusivity and viscosity related to subgrid velocity and bed topography. Internal Report, WL | Delft Hydraulics, september 1998.
- Wieser, W. (1991). Physiological energetics and ecophysiology. In: Cyprinid Fishes. Systematics, biology and exploitation. I.J. Winfield & J.S. Nelson (eds). Chapman & Hall. London New York Tokyo Melbourne Madras. p.426-456.
- WL | Delft Hydraulics (1994). Delwaq-Bloom-Switch, simulatiemodel voor de eutrofiëring van oppervlaktewater. Systeem document. M.P. van der Vat, Documentatie rapport T542, maart 1994.
- WL | Delft Hydraulics (1995). Advies waterkwaliteit drie ontwerpplannen "IJburg", T. van der Kaaij, F.J. Los, T1594, mei 1995.
- WL | Delft Hydraulics (1996a). Onderzoek koelwaterlozing op de waterkwaliteit van de binnenwateren van IJburg. Th. van der Kaaij, M. van der Vat. Z991, maart 1996.
- WL | Delft Hydraulics (1996b). Manual Delft3D-FLOW, version 0.1, User Manual, release 2.48, augustus 1996.
- WL | Delft Hydraulics (1998). Hydraulische randvoorwaarden voor IJburg; deelrapport A: dataset met waterstanden en golven. F. den Heijer, R.F. de Graaff, R.C.Ris, N. Doorn, G.B.H. Spaan. H3274, november 1998.
- WL | Delft Hydraulics (1999). Hydraulische randvoorwaarden voor IJburg; deelrapport E: Waterkwaliteit, R.F. de Graaff, G.A.L. Delvigne, F. den Heijer, H3274, juli 1999.
- WL | Delft Hydraulics (2000). IJburg, Verkennend onderzoek varianten strekdam, O.M. Weiler, H3642, maart 2000.
- WL | Delft Hydraulics (2005). Delft3D-WAQ: detailed description of processes. Technical Reference Manual, september 2005.
- Wijk, R.J. van. Overlevingsstrategieën van waterplanten. In Bloemendaal, F.H.J.L. en Roelofs, J.G.M. (red.) Waterplanten en Waterkwaliteit. KNNV publicatie Nr. 45, Utrecht.

A Modelopzet

A.1 Instellingen waterbewegingsmodel

Met behulp van het programma Delft3D-FLOW (2DH-mode) is een modeltoepassing voor IJburg opgezet waarmee de waterbeweging in het modelgebied en de temperatuursverhoging ten opzichte van een gekozen achtergrondtemperatuur als gevolg van een warmtelozing kan worden berekend. Voor een correcte weergave van de stroming in en rond IJburg is het van belang dat het modelgebied voldoende groot wordt gekozen om geen beïnvloeding van de eindresultaten te krijgen door de toevallige keuzen van de randen van het modelgebied. Daarom is er voor gekozen om voor deze studie het gehele Markermeer en een significant gedeelte van de randmeren in de gebiedsschematisatie op te nemen (zie Figuur 2.1).

De modellering van de watertemperatuur is gebaseerd op het transport (advectie/dispersie) van warmte en warmteafgifte aan de atmosfeer middels een zogenaamd 'excess' model (Sweers, 1976; WL | Delft Hydraulics, 1996b). Deze 'excess temperatuur' modeltoepassing berekent een warmteverlies, waarbij het warmteverlies een functie is van de windsnelheid en het verschil tussen de daadwerkelijke watertemperatuur en de achtergrondtemperatuur. Op basis daarvan wordt de 'excess' watertemperatuur (de temperatuurverhoging) ten gevolge van de koelwaterlozing door het model berekend.

A.2 Beschrijving randvoorwaarden

De optredende stroomsnelheden, en dus het advectieve transport van warmte, zijn niet alleen afhankelijk van de heersende windrichting en windsnelheid, maar ook van de windgeschiedenis. Daarnaast is de gekozen achtergrondtemperatuur van belang. Het 'koelwater' van de Diemer centrale wordt met een debiet van 8,5 m³/s (in de toekomst mogelijk met 24,7 m³/s) en een temperatuur van 30 °C (temperatuursprong van 7 °C) ten westen van de Diemer Vijfhoek (het PEN-eiland) geloosd. De inname van koelwater vindt plaats aan de oostelijke kant van de Diemer Vijfhoek.

A.3 Keuze modelparameters

Voor een correcte beschouwing van de waterbeweging dienen aan aantal modelparameters te worden gespecificeerd:

- constante windschuifspanningscoëfficiënt van 0.0021 [-]
- dichtheid lucht = 1.250 kg/m³

Aangezien het modelgebied rondom de toekomstige eilanden van IJburg relatief complex is in de zin van variabele roosterafmetingen, bodemruwheden (ten behoeve van de gemodelleerde vegetatie) en diepten, is het opgeven van ruimtelijk variërende waarden voor de viscositeits- en diffusiviteitsterm nodig. Daarvoor is een formulering toegepast, waarin de viscositeits- en diffusiviteitsterm per rekentijdstap en per rekenpunt worden berekend

(Uittenbogaard, 1998). De waarden voor beide termen worden berekend op basis van de stroomsnelheid(sgradiënt), de roosterresolutie, de bodemruwheid en de waterdiepte.

A.4 Modelling van het onderwaterplan

Bij de modellering is gebruik gemaakt van het onderwaterplan zoals opgesteld door 'Werkgroep Onderwaterplan' van het Projectbureau IJburg. Het onderwaterplan bestaat enerzijds uit ecologisch waardevolle flora; zoals rietvelden, en gebieden begroeid met onder andere kranswieren en fonteinkruid.

Ten behoeve van het modelleren van bodembedekkende vegetatietypen (Kranswieren en Aarvederkruid), oftevel overstroomde vegetatie, wordt het volgende nog opgemerkt. Indien er gesproken wordt van een begroeiing tot een zekere hoogte, dan zal in het waterbewegingsmodel de bodem worden opgehoogd met deze hoogte, verminderd met 0.10 m. Uit observaties in experimentele faciliteiten en in de literatuur (o.a. Sand-Jensen, 1998) blijkt dat in het geval van overstroomde vegetatie water alleen nog stroomt in de bovenste 10 cm. Onder deze toplaag staat het water stil.

Over het algemeen geldt dat er na de bouw van de IJburg-eilanden successievelijk Fonteinkruid, Kranswieren en Aarvederkruid zal groeien. Van oost naar west zal de begroeiingsdichtheid steeds hoger worden vanwege de meer beschutte ligging. In onderstaande beschrijvingen wordt in feite steeds onderscheid gemaakt tussen overstroomde vegetatie (bodembedekkend) en doorstroomde vegetatie (begroeiing tot aan het wateroppervlak). Er worden voor IJburg grofweg zes gebieden onderscheiden.

Gebied I

In het middengebied, tussen de vier grote eilanden, zal over het hele gebied in een dicht pakket Kranswieren groeien. De verwachte hoogte van de begroeiing is ca. 0.60 m. Tevens zal er plekgewijs (oppervlakken van ca. 30 x 30 m) Fonteinkruid voorkomen die tot aan het oppervlak groeien. Om deze doorstroomde vegetatie te modelleren is een indicatieve ruwheid bepaald.

De indicatieve ruwheid wordt bepaald door de bodemruwheid en de ruwheid als gevolg van de vegetatie te sommeren (Meursing, 1995). De ruwheid als gevolg van de vegetatie is afhankelijk van de vegetatiedichtheid en de waterdiepte. Het begrip vegetatiedichtheid wordt hier gedefinieerd als een indicatieve begroeiingsdichtheid.

Destijds is in overleg met het RIZA een schatting gemaakt van de vegetatiedichtheden die verwacht kunnen worden in de betreffende gebieden van het onderwaterplan. Samen met de lokale waterdiepten zijn waarden voor de Manning's coëfficiënt berekend. De berekende waarden zijn hierdoor diepte-afhankelijk.

Het gebied is als volgt gemodelleerd: bodemophoging van 0.50 m ter simulatie van de Kranswieren. Daarnaast is ten behoeve van de modellering van de doorstroomde vegetatie (Fonteinkruid), een Manning waarde geselecteerd overeenkomstig met een 'matige' begroeiingsdichtheid.

Gebied 2

Ten oosten van het Strandeiland en Buiteneiland is het ca. 3.20 m diep. Dit is te diep voor de ontwikkeling van Kranswieren. Volgens observaties van het RIZA komen er nu echter wel waterplanten voor (oa. Fonteinkruid). Deze worden gemodelleerd uitgaande van een ‘matige’ vegetatiedichtheid. In het meest oostelijke deel van dit gebied wordt gerekend met een bodemruwheid van $0.0263 \text{ s/m}^{1/3}$.

Gebied 3

Het gebied ten zuidwesten van het Haveneiland wordt vrijgehouden voor recreatievaart. In het groeiseizoen wordt er verwacht dat er pleksgewijs begroeiing (Kranswier, Aarvederkruid) tot een hoogte van ca 0.60 m voor zal komen. Als gevolg van de intensieve recreatievaart zal de vegetatie laag gehouden worden en zonodig dient er gemaaid te worden. Gezien de schaal van modelleren is de pleksgewijze begroeiing niet als zodanig in het model aan te brengen. Om deze reden is overstroomde vegetatie met een hoogte van 0.30 m aangebracht in het model. Deze modelleerwijze is eveneens gebruikt voor de andere vaargeulen in het gebied.

Gebied 4

Het gebied ten zuidwesten van het Haveneiland en Steigereiland is een gebied waar de vegetatie kans zal krijgen zich volledig te ontwikkelen (geen maaibeheer). Het zal echter wel op diepte worden gehouden, tot 1.60 m t.o.v. NAP. Dit betekent dat er in de zomer een dicht waterplantenveld zal ontstaan. De vegetatiedichtheid zal ‘zeer hoog’ zijn. In het waterbewegingsmodel is een indicatieve bodemruwheid aan dit gebied toegekend en een bodemophoging om de overstroomde vegetatie te modelleren.

Gebied 5

Ten zuidwesten van de zanddammen wordt verlanding toegelaten. Dit betekent dat organisch materiaal zich zal ophopen tussen de zanddammen en de vaste oever. In dit gebied zullen drijfplanten (Gele Plomp, Waterlelie), Hoornblad en Riet (groeïend vanaf de vaste oever) voorkomen. De vegetatiedichtheid zal net als in Gebied 4 zeer dicht zijn. Aangezien de diepten in het model in dit gebied al laag zijn ($< 0.60 \text{ m}$), is volstaan met het opleggen van een hoge bodemruwheid.

Gebied 6

Het gebied ten zuidwesten en westen van het Steigereiland kan wat betreft de vegetatietypen vergeleken worden met Gebied 1, al is de begroeiingsdichtheid in dit gebied hoger.