

Opdrachtgever:

DG Rijkswaterstaat RIZA

**SOBEK landelijk temperatuurmodel**

Rapport

december 2004

Opdrachtgever:

DG Rijkswaterstaat RIZA

## SOBEK landelijk temperatuurmodel

Erwin Meijers en Pascal Boderie

Rapport

december 2004

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1—1</b>
1.1	Algemeen.....	1—1
1.2	Werkwijze.....	1—1
1.3	Leeswijzer .....	1—2
<b>2</b>	<b>Warmtelozingen</b> .....	<b>2—1</b>
2.1	Inleiding .....	2—1
2.2	Aanlevering gegevens .....	2—1
2.3	Basisbestand .....	2—2
2.3.1	Data analyse .....	2—2
2.4	Afwijkende lozingsbestanden .....	2—3
2.4.1	Limburg .....	2—3
2.4.2	Noord Holland.....	2—4
2.4.3	Zuid Holland .....	2—5
2.5	Plaatsing lozing op DELWAQ segmenten.....	2—7
2.6	Problemen in de schematisatie.....	2—8
2.7	Lozingen in het model.....	2—8
2.8	Bevindingen.....	2—11
<b>3</b>	<b>Modelwerkzaamheden</b> .....	<b>3—1</b>
3.1	Inleiding .....	3—1
3.2	Visualisatie schematisatie.....	3—1
3.3	Hydrologie.....	3—3
3.3.1	Waterstandranden .....	3—4
3.3.2	Debietrandvoorwaarden.....	3—5
3.3.3	SOBEK FLOW berekening .....	3—5

3.4	Temperatuurmodel .....	3—6
3.5	Meteorologie.....	3—7
3.5.1	Inleiding.....	3—7
3.5.2	Keuze meteorologische stations .....	3—8
3.5.3	Meteorologische variabelen .....	3—9
3.5.4	Ruimtelijke middeling .....	3—10
3.5.5	Bestanden.....	3—11
3.5.6	Bevindingen .....	3—12
3.6	Model .....	3—12
3.6.1	Randen, laterale debieten en lozingen .....	3—12
<b>4</b>	<b>Resultaten temperatuurmodellering .....</b>	<b>4—1</b>
4.1	Natuurlijke temperatuur basisberekening .....	4—1
4.2	Surplus temperatuur basisberekening.....	4—3
4.3	Scenario's .....	4—5
<b>5</b>	<b>Werken met het landelijk temperatuurmodel.....</b>	<b>5—1</b>
5.1	Algemeen.....	5—1
5.2	Aanpassen lozingen.....	5—1
5.2.1	Geautomatiseerd via Gis en Excel.....	5—1
5.2.2	Via User Interface.....	5—3
5.3	Uitvoeren van een modelberekening.....	5—4
5.4	Uitvoer bekijken van het landelijk model.....	5—5
5.4.1	Standaard.....	5—5
5.4.2	Mapper.....	5—6
5.5	Lozingsvrachten in het model.....	5—7
5.6	Aanpassen van de schematisatie .....	5—8
<b>6</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>6—1</b>

---

<b>7</b>	<b>Aanbevelingen.....</b>	<b>7—1</b>
<b>8</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>8—1</b>

## **Bijlagen**

<b>A</b>	<b>Installatie en inhoud cd Landelijk Temperatuurmodel.....</b>	<b>A—1</b>
<b>B</b>	<b>Het programma SobRivMap .....</b>	<b>B—1</b>
<b>C</b>	<b>Het programma SobRivBnd.....</b>	<b>C—1</b>
<b>D</b>	<b>Procesvergelijkingen ruimtelijk gedistribueerde meteorologie.....</b>	<b>D—2</b>
<b>E</b>	<b>Procesvergelijkingen temperatuur modules .....</b>	<b>E—1</b>
<b>F</b>	<b>Figuren.....</b>	<b>F—1</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

Rijkswaterstaat RIZA beheert het landelijk SOBEK-model en is voornemens om met dit model de effecten van warmtelozingen op de watertemperatuur in de grotere stromende oppervlaktewateren in Nederland in kaart te brengen, met als einddoel een warmtekaart van Nederland onder verschillende hydrologische en meteorologische omstandigheden.

Dit rapport beschrijft de voorbereidende activiteiten die daartoe in deze studie zijn verricht. Het onderzoek is een vervolg op de studie ‘SOBE landelijk waterkwaliteitsmodel’ en op de studie “Temperatuurmodellering Maas” die WL | Delft Hydraulics in het najaar van respectievelijk 2002 en 2003 heeft uitgevoerd (WL | Delft Hydraulics 2002 en 2003).

Het project is van RIZA zijde begeleid door Henk de Deugd en Bas de Jong. Dju Bijstra heeft de gegevens van warmtelozingen verzorgd.

Aan WL | Delft Hydraulics zijde is het project uitgevoerd door Erwin Meijers en Pascal Boderie, geadviseerd door Jos van Gils.

## 1.2 Werkwijze

Binnen het project worden de volgende stappen onderscheiden:

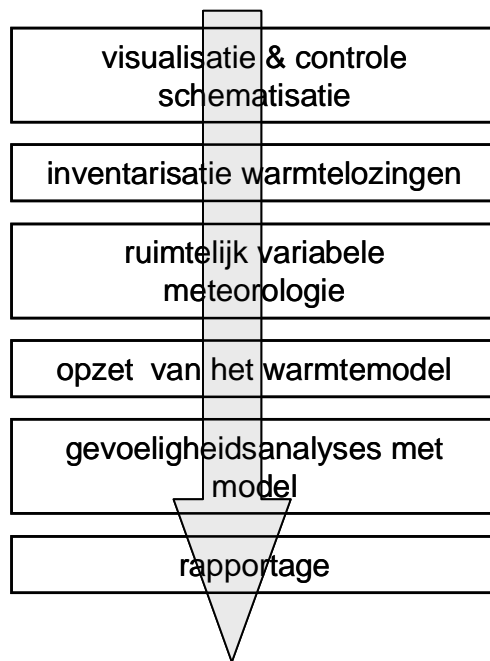
1. voorbereiden van de invoer van het temperatuurmodel (lozingen, hydrologie en meteorologie);
2. technische aanpassingen aan het model (temperatuurmodel aansluiten, kaartuitvoer en ruimtelijk niet homogene meteorologie);
3. uitvoeren en analyseren van modelberekeningen;
4. rapportage van de resultaten inclusief een beknopt advies over toekomstige verbeteringen en evt. uitbreidingen van het model;
5. overdracht van het model aan RIZA Dordrecht (afdeling WST).

In Figuur 1.1 staat een schematisch overzicht van de gevolgde werkwijze in het project. Het doel van de studie, een werkend landelijk temperatuurmodel, gekoppeld aan het landelijk SOBEK-model, is stapsgewijs bereikt.

Allereerst is de bestaande modelschematisatie vertaald naar GIS bestanden. Daarmee wordt het allerst mogelijk om de schematisatie van de waterkwaliteit te controleren en daarnaast wordt het ook eenvoudiger om lozingen op basis van coördinaten aan het model toe te kennen. Als tweede stap is een overzicht gemaakt van de warmtelozingen die al in model waren opgenomen. Deze stap was nodig omdat de door RIZA aangeleverde bestanden uit WVO-Info niet altijd eenduidig zijn. De volgende stap betrof het uitbreiden van de waterkwaliteitsprocessen met betrekking tot warmte en meteorologie.

Vervolgens is het model op opgetuigd, waarbij hydrologie, randen, lozingen en procescoëfficiënten zijn toegevoegd en een testberekening is gemaakt waarbij de massabehoudendheid geverifieerd is door middel van een continuïteitsberekening. Ten slotte is met het model een aantal berekeningen gemaakt om de gevoeligheid voor meteorologie, debiet en lozingen af te tasten.

Het model is op 30 november 2004 aan Henk de Deugd (RIZA Dordrecht, afdeling WST) opgeleverd.



Figuur 1.1 Werkwijze tijdens het project

### 1.3 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft het operationaliseren van het landelijk waterkwaliteitsmodel met een berekening van de natuurlijke<sup>1</sup> watertemperatuur. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de warmtelozingen. Hoofdstuk 3 gaat in op de schematisatie en invoer van het model en bericht over de meteorologie en de aanpassingen die in de processenbibliotheek van het waterkwaliteitsmodel zijn gedaan (details beschreven in bijlages B tot en met D). De voorlopige resultaten van de modelberekening inclusief enkele gevoeligheidsanalyses zijn te vinden in hoofdstuk 4.

Om de praktijkkennis die is opgedaan tijdens deze studie vast te leggen is hoofdstuk 5 toegevoegd waarin praktische wenken voor het gebruik van het model zijn opgenomen.

Hert rapport eindigt met enkele conclusies over de bruikbaarheid van het model en aanbevelingen voor toekomstig gebruik en mogelijke uitbreidingen van het model.

<sup>1</sup> De natuurlijke watertemperatuur wordt bepaald door de meteorologie, met name zonneshijn en luchttemperatuur. De surplus temperatuur is het gevolg is van warmtelozingen en kon al met het Landelijk waterkwaliteitsmodel worden berekend.

Bij dit rapport hoort een cd-rom waarop staan:

- de modelschematisatie;
- de simulatieresultaten van het temperatuurmodel;
- het presentatie programma Mapper; en
- de code van de hulpprogramma's;
- dit rapport.

De exacte inhoud en installatieinstructies zijn te vinden in Bijlage A.



## 2 Warmtelozingen

### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de koelwaterlozingen voor het landelijk warmte model tot stand zijn gekomen en legt daarmee de uitgangspositie voor deze studie vast. Tevens vormt het een uitgangspunt voor toekomstige uitbreidingen en/of wijzigingen.

Als basis voor de lozingen dienden door RIZA aangeleverde bestanden. De gegevens zijn aangeleverd door Dju Bijstra en zijn gebaseerd op gegevens zoals die in het vergunningen bestand WVO-Info voorkomen, ten behoeve van deze studie op diverse plaatsen aangevuld door de betreffende regionale directies.

### 2.2 Aanlevering gegevens

Vanuit RIZA zijn verschillende Excel bestanden aangeleverd met koelwaterlozingsgegevens. Hieronder is weergegeven welke bestanden dat zijn:

Tabel 2.1 Overzicht van door RIZA aangeleverde lozingsbestanden

<b>Map</b>	<b>Bestand</b>	<b>Regio</b>	<b>Indruk</b>
LI	Bedrij_2.xls	Limburg	Compleet
NH	inventarisatie_koelwater_RIZA_Stbd_warmt ekrt.xls	Noord Holland	Werkbestand, niet gebruiken
	overzicht noord holland2.xls	Noord Holland	Niet compleet, geeft wel indruk van belangrijkste lozingen
NN	opm_DNN_merge_T_debiet_WL.xls	Nederland	Aanpassingen gemaakt in origineel bestand zonder markeringen
UT	Merge_~1	Utrecht	Duidelijke aanpassingen gemaakt in basisbestand
ZH	kaartwarmtelozingen.doc	Zuid Holland	Overzichtkaartje
	innampunten.xls	Zuid Holland	Data bestand met koelwater inname punten?
	koelwaterlozingenels.xls	Zuid Holland	Onduidelijk bestand met vele lozingen
	koelwaterlozingenels-zh.xls	Zuid Holland	Lijkt kopie van koelwaterlozingenels.xls
	Notkw.xls	Zuid Holland	Bestand met alle lozers in gebied. Bevat vele tabbladen met clustering lozingen.
ZL	Koelwaterlozers_DZL_2004.xls	Zeeland	Duidelijke aanpassingen gemaakt in basisbestand
SOBEK	merge_T_debiet_WL.xls	Totaal	Basisbestand
	merge_T_debiet_WL-2.xls	Totaal	Exacte kopie van basisbestand
	merge_T_debiet-3.xls	Totaal	Kopie basisbestand, met kleine aanvullingen

De gegevens zijn divers van vorm en inhoud. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een basisbestand en gegevens die in plaats van het basisbestand dienen te worden gebruikt.

## 2.3 Basisbestand

Als uitgangspunt voor de koelwaterlozingen is het bestand “merge\_T\_debiet\_WL.xls” gebruikt. Dit basisbestand is aangepast met bijgewerkte data van de regionale directies, daar waar aangeleverd (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Overzicht van de status van de lozingen bestanden voor diverse regio's

<i>Regio</i>	<i>Structuur Databestand</i>	<i>Inhoudelijk</i>
Limburg	Eigen structuur	
Noord Holland	Eigen structuur	
Noord Nederland	kopie basisbestand	update
Utrecht	kopie basisbestand	update
Zuid Holland	Eigen structuur	
Zeeland	kopie basisbestand	update

De data van regio's die een update gemaakt hebben van het basisbestand (Noord Nederland, Utrecht en Zeeland) zal over basisbestand heen gezet worden. Voor de overige regio's zal een andere aanpak gekozen worden.

### 2.3.1 Data analyse

Het basisdatabestand is nu aangepast met recentere of verbeterde informatie van regio's. Daarna zal een filtering op de data toegepast worden met als doel het verwijderen van lozingen op basis van onvolledigheid of locatie buiten modelgebied.

Zo zijn bijvoorbeeld de lozingen uit de Eems-Dollard uit het bestand gehaald omdat deze niet in de modelschematisatie zit.

#### **Lozingen**

Uit het basisbestand zijn alleen de lozingen gebruikt waar de volgende gegevens aanwezig zijn:

1. Een debiet ( $m^3/tijd$ ); of
2. Een warmtelozing ( $J/tijd$ ).

De andere lozingen hebben niet de benodigde lozingsinfo en zijn daarmee vooralsnog niet bruikbaar voor deze studie. Daarnaast zijn de lozingen waarvan een vergunning is ingetrokken niet meegenomen. Het resultaat is een bestand met 65 lozingen.

#### **Locatie**

In het basisbestand zijn voor alle lozingen gebiedscodes weergegeven. Deze codes identificeren de watergang waarin de lozing plaatsvindt. Bij een aantal van deze lozingen horen zelfs km raaien. Hiermee is het goed mogelijk om de lozingslocatie te bepalen.

Van 35 lozingen zijn X, Y coördinaten beschikbaar. Voor het restant van de lozingen ontbreken deze gegevens. De locatie van de lozingen zal dan achterhaald worden uit de combinatie van plaatsnaam, rivier km en ontvangend oppervlaktewater. Hiermee is het mogelijk om deze lozingen, met een redelijke nauwkeurigheid, in het model te plaatsen.

## Dubbeltellingen

In het bestand is een aantal dubbeltellingen gesignaleerd. Het gaat hierbij om lozingsdata die in verschillende eenheden zijn weergegeven. Zo zijn de lozingen in Tabel 2.3 bijvoorbeeld dubbel weergegeven.

Tabel 2.3 Overzicht lozingen die meerdere malen in de bestanden voorkomen.

<i>Lozingsvergunning</i>	<i>Aantal keer</i>	<i>Reden dubbeltelling</i>	<i>Afhandeling in model</i>
ELECTRABEL NEDERLAND NV FLEVOLAND	4	Meerdere lozingen?	Samenvoegen tot een lozing
RELIANT BENELUX	3	Meerdere lozingen?	Samenvoegen tot een lozing
Elementis Specialities	2	debit in m3/d en m3/a. Omrekening geeft aan dat het niet om een dubbeltelling gaat.	Samenvoegen tot een lozing
Gemeenschappelijk centrum voor onderzoek	2	debit in m3/u en in m3/d weergegeven.	Samenvoegen tot een lozing
Electrabel Nederland (Centr. Gelderland)	3	een keer lozing in MJ/s en twee keer debit.	Samenvoegen tot twee lozingen
Kalkzandsteenfabriek "Loevestein" B.V.	2	twee verschillende debieten	Samenvoegen tot een lozing
Norske Skog Parenco B.V.	2	twee verschillende warmtelozingen in MJ/s	
Nutricia Lyemp BV	4	vier verschillende debieten, omgerekend allemaal verschillend.	Samenvoegen tot een lozing
ELECTRABEL NEDERLAND N.V.	4	Allemaal dezelfde debieten	Samenvoegen tot een lozing
Glaverbel Nederland B.V.	3	Drie verschillende coördinaten. Zeer dicht bij elkaar...	Samenvoegen tot een lozing
Nuon Power Generation B.V.	3	een zonder coördinaten, twee met. Duidelijk meerdere lozingen	Lijkt een dubbeltelling. Twee lozingen met coördinaten zijn ongeveer even groot als lozing zonder coördinaten. Lozing zonder coördinaat verwijderen

## 2.4 Afwijkende lozingsbestanden

### 2.4.1 Limburg

De data voor Limburg heeft een duidelijke structuur die afwijkt van het basisbestand.

#### Lozingen

Alle lozingen zijn weergegeven in de vorm van een debit. Alle data is compleet en alle records kunnen gebruikt worden.

#### Locatie

De locatie van de lozingen is ook duidelijk. Per lozing is het ontvangende oppervlaktewater aangegeven en in de naam van de lozer is een plaatsnaam opgenomen. De lozingen kunnen goed in het model geplaatst worden.

De lozingen bij Weert in de Zuid Willemsvaart zijn niet opgenomen in het model, aangezien de Zuid Willemsvaart geen onderdeel is van de modelschematisatie. Hiermee wordt het aantal beschikbare lozingen voor Limburg teruggebracht van 17 tot 13.

## 2.4.2 Noord Holland

Het bestand voor Noord Holland heeft een duidelijk afwijkende structuur vergeleken met het basisbestand.

### Lozingen

Als basis wordt het bestand “overzicht noord holland2.xls” gebruikt. Daarin zijn de belangrijkste lozingen weergegeven. Het bestand is echter niet consistent en mist ook heel wat data. Om de in het model te gebruiken lozingen te filteren zijn de besliscriteria uit Tabel 2.4 gebruikt.

Tabel 2.4 Besliscriteria voor het toevoegen van lozingen aan het model.

<i>Vergunning</i>	<i>Geloosde hoeveelheid</i>	<i>Gebruiken</i>
Ja	Nee	Vergunning gebruiken mits significant*
Ja	Ja	Grootste gebruiken mits significant*
Nee	Nee	niet gebruiken
Nee	Ja	niet gebruiken mits significant*

\* Een lozing is significant als hij bij de groep hoort van de grootste lozingen die samen meer dan 95% van de totale warmtevracht veroorzaken.

Deze filterslag levert een bestand op met 6 lozingen die samen voor meer dan 96% van de warmtelast zorgen. Deze zes worden opgenomen in het model en zijn in Tabel 2.5 weergegeven.

Tabel 2.5 Overzicht van de zes grootste lozers in Noord Holland.

<i>Bedrijf</i>	<i>Vergunning</i>	<i>Lozing 2000</i>	<i>% lozing</i>	<i>% vergunning</i>
Nuon Power generation B.V. Hemweg	1340	661	36	41
Nuon Power generation B.V. Velsen	1000	465	25	31
Corus Staal B.V.	geen	390	21	12
AEB	194	169	9	6
Nuon Power generation B.V. Steg	130	100	5	4
AEB uitbreiding	120	0	0	4
Totaal:			96	98

### Locatie

De lozingen “AEB” en “AEB uitbreiding” zijn samengevoegd tot een lozing. De locaties van de lozingen zijn niet eenduidig. Er is namelijk geen duidelijke locatie aangegeven. Het gaat hierbij om de lozingen in Tabel. 2.6.

Tabel 2.6 Lozingen in Noord Holland waarvoor de locatie in de aangeleverde bestanden (gedeeltelijk) onbekend is.

<i>Bedrijf</i>	<i>Locatie</i>
Nuon Power generation B.V. Hemweg	?
Nuon Power generation B.V. Velsen	Velsen
Corus Staal B.V.	IJmuiden (?)
AEB	?
Nuon Power generation B.V. Steg	?

Navraag bij RIZA (Dju Bijstra) voor de exacte locatie van deze vijf lozingen in Noord Holland leverde voor vier lozingen additionele informatie, zie Tabel 2.7.

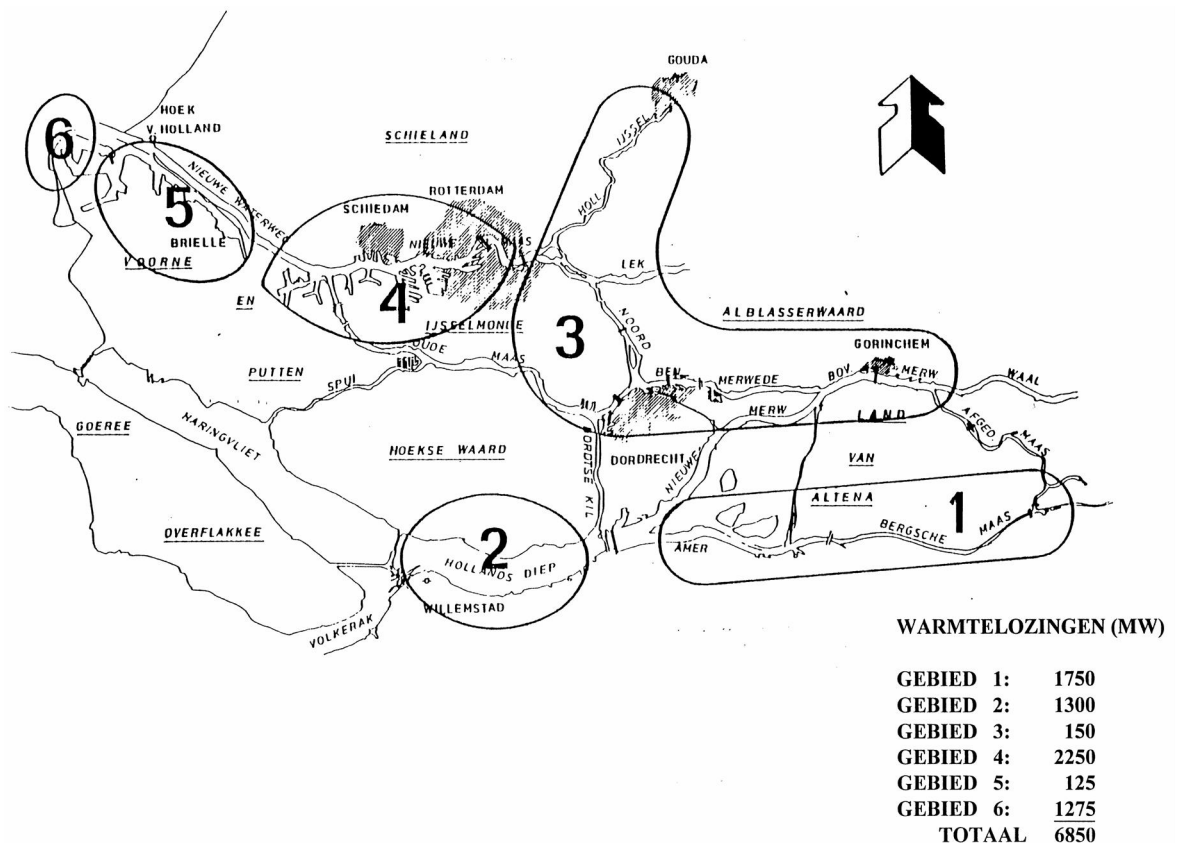
Tabel 2.7 Locaties voor de lozingen in Noord Holland

Naam	X	Y	Lozing (MJ/s)
Corus	101248	498658	390
Nuon Velsen (Hemweg)	103210	498605	1340
Nuon Velsen	103260	498272	1000
DSM	102625	498416	1

Van de twee lozingen Nuon Velsen is aangenomen dat een van de twee Nuon Hemweg moet zijn. De locaties van alle vier de lozingen liggen zo dicht op elkaar dat allen in het zelfde DELWAQ segment terecht komen.

### 2.4.3 Zuid Holland

De regionale directie heeft vervangende informatie toegestuurd. Dit zit echter in meerdere bestanden en heeft geen directe link met het basisbestand. De structuur is zo onduidelijk dat teruggerepen werd op het bijgeleverde kaartje (zie Figuur 2.1). Hierin zijn de warmtelozingen verdeeld in zes gebieden met daarbij een warmtevracht. Met behulp van het dit kaartje is de locatie en de lozingshoeveelheid eenduidig gedefinieerd



Figuur 2.1 Warmtelozingen in clusters in het beheergebied van directie Zuid Holland.

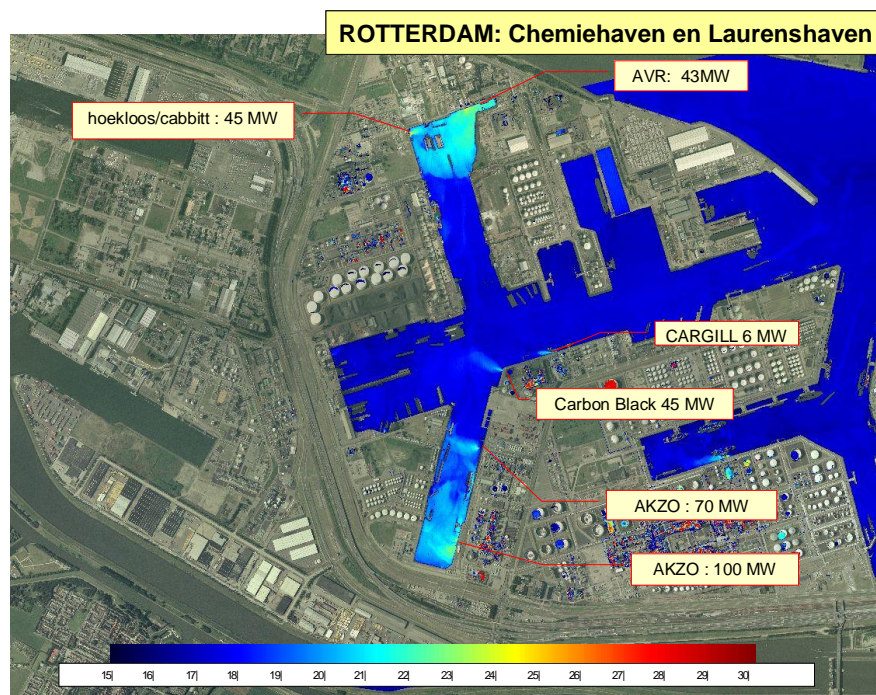
**Extra informatie:**

Middels een aantal Powerpointsheets (aangeleverd door Dju Bijstra, RIZA Lelystad) is voor de Petroleum haven en de Chemiehaven (zie Figuur 2.2) een specificering van de lozingen gemaakt. Op kaart is de locatie van de lozing aangegeven en de warmtelast in MJ/s. Deze lozingen vinden allen plaats in cluster 4. Deze cluster is dan ook verder uitgesplitst in een aantal subgroepen:

Tabel 2.8 Details van lozingen in het Rotterdams havengebied.

<i>Naam</i>	<i>Locatie</i>	<i>WL (MJ/s)</i>
Chemiehaven 1: Akzo	Chemiehaven	170
Chemiehaven 2: Overig	Chemiehaven	139
Petroleumhaven: Totaal	Petroleumhaven	840
Airproducts	Nieuwe Waterweg	88
	Totaal	1237
Cluster 4 (origineel)		2250
Cluster 4 (nieuw)		1013 (2250-1237)

De overige lozingen in cluster vier zijn opgenomen in het model onder de lozingsnaam cluster vier en hebben een warmtelast van 1013 MJ/s meegekregen.



Figuur 2.2 Een voorbeeld voor de Chemiehaven (Rotterdam). Op deze manier kunnen lozingen eenduidig gespecificeerd worden.

## 2.5 Plaatsing lozing op DELWAQ segmenten

Na de analyse van de afzonderlijke databestanden is alle data in één Excelsheet verzameld en hebben de lozingen dezelfde structuur gekregen. Vervolgens zijn de lozingen allemaal in ArcView gezet om zo een overzicht op de kaart te krijgen. Van de lozingen waar geen x, y coördinaten aanwezig waren is een coördinaat ingevoerd die ongeveer op de juiste plaats ligt. Hierbij is gebruik gemaakt van riviernamen en eventueel rivierkilometers of plaatsnamen.

### Lozingen buiten het model

Na bovenbeschreven analyse van deze lozingen blijken er toch nog een aantal lozingen buiten de modelschematisatie te liggen. Het gaat hierbij om de lozingen uit Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Overzicht van lozingen uit de aangeleverde bestanden die buiten de gebruikte modelschematisatie van het landelijk model vallen.

<i>Bedrijf</i>	<i>Gebiedscode</i>	<i>Debiet (m3/s)</i>	<i>WL (MJ/s)</i>
Pechiney Nederland N.V.	WESTSDE		12.5
Elementis Specialities	WILHMKNL	0.00	
KONINKLIJKE NEDALCO B.V.	VOLKRZMR		12.0
DSM-Gist	HOLLSKT	0.56	
Gemeenschappelijk centrum voor onderzoek	HOLLSKT	1.39	
Misset Markelo BV	TWENTKNL	0.00	
Schouten Industries B.V.	TWENTKNL	0.01	1.0
Invista Polyester B.V.	WESTSDE		47.0
YARA SLUISKIL B.V. (voorheen hydro agri)	KANVGNTNZN	5.56	163.0
ALCOA NEDERLAND B.V.	VELWMR	0.00	

Deze lozingen zijn uit het model gehaald.

### Lozingen in het model

Het totale aantal op te nemen lozingen in het model komt daarmee op 57. Daarbij komen nog de lozingen voor Noord Holland zodat het totaal op 62 lozingen komt. Deze lozingen zijn allemaal toegekend aan het nabijgelegen segment van de schematisatie van de waterkwaliteit (het “delwaqsegment”). De lijst met lozingen en gerelateerde DELWAQ segment is weergegeven in Tabel 2.11.

Om tot de temperatuurlozing te komen zijn alle lozingen omgerekend naar een warmtelast (MW). In principe zijn hiervoor drie mogelijkheden beschikbaar (Tabel 2.10).

Tabel 2.10 Mogelijkheden om lozingen om te rekenen tot warmtevracht.

<i>Case</i>	<i>Debiet</i>	<i>Warmtelast</i>	<i>Gebruiken</i>
Geval 1	ja	nee	Debiet omrekenen naar warmtelast door temperatuursprong aan te nemen ( $\Delta T$ )
Geval 2	nee	ja	Warmtelast gebruiken
Geval 3	ja	ja	Debiet omrekenen naar warmtelast en maximale waarde van de omgerekende warmtelast en gegeven warmtelast gebruiken.

Om modeltechnische redenen wordt de warmtelast vervolgens omgerekend naar een debiet met een  $\Delta T$ . Het debiet is arbitrair gekozen,  $1\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Dit debiet komt niet voor in de waterbeweging, het is puur een manier om de warmtelast ten behoeve van het model te kwantificeren.

Voor de omrekening van warmtelast in debiet met  $\Delta T$  is gebruik gemaakt van de onderstaande formule.

$$L_{\text{warmte}} = Q \times \rho_{\text{water}} \times c_p \times \Delta T$$

Waarin:

$L_{\text{warmte}}$	: Warmtelast ( $\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$ )
$Q$	: Lozingsdebiet ( $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ )
$\rho_{\text{water}}$	: Specifieke warmte capaciteit van water ( $\pm 4200 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ),
$c_p$	: dichtheid van water ( $\pm 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
$\Delta T$	: Temperatuursverhoging ( $^{\circ}\text{C}$ )

Als vuistregel kan de lezer het volgende hanteren:

- Een warmtelast van 1 MW is in staat om een debiet van  $1 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  ongeveer  $0.25^{\circ}\text{C}$  op te warmen.
- Een lozing met een debiet van  $1 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  en een  $\Delta T$  van  $1^{\circ}\text{C}$  komt ongeveer overeen met een warmtelast van 4.2 MW (4.2 MJ/s).

## 2.6 Problemen in de schematisatie

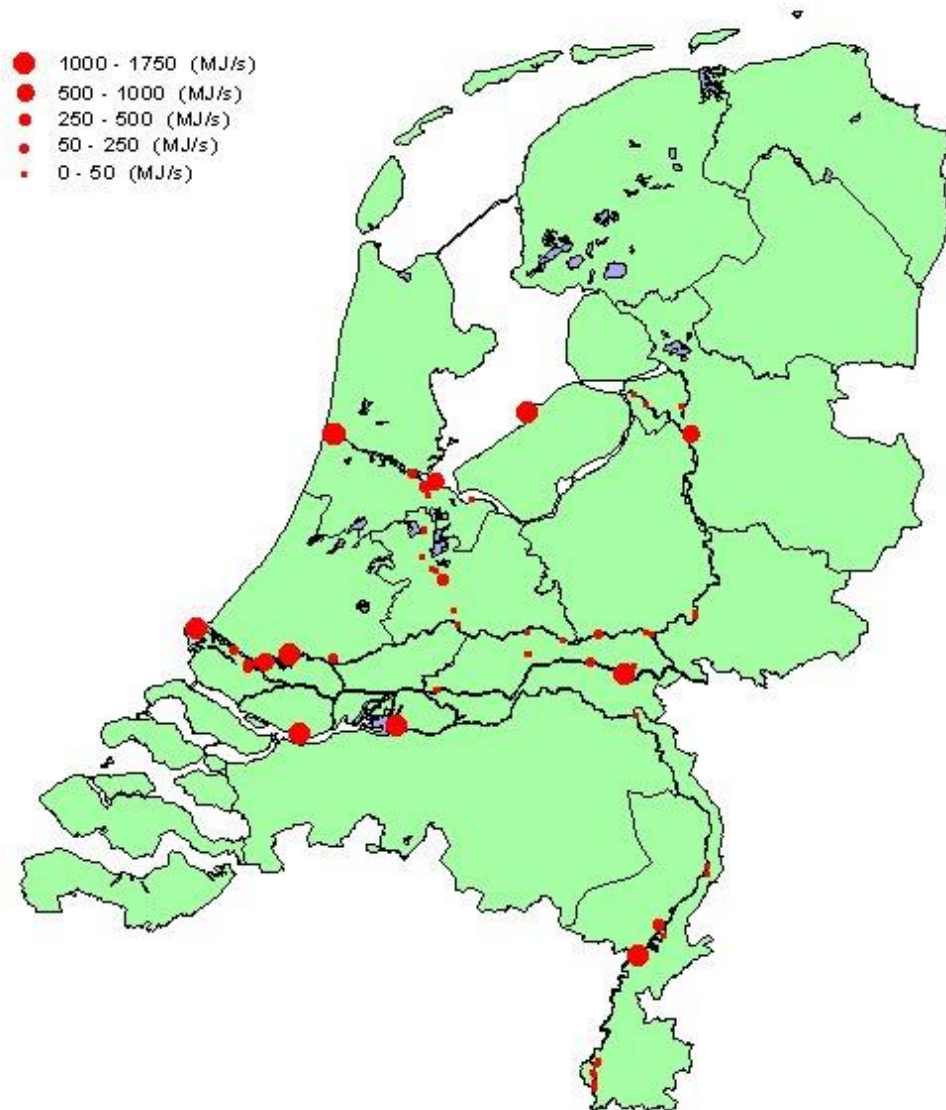
In de Maas, bij Roermond, liggen meerdere segmenten van het waterkwaliteitsmodel over elkaar heen. Dit probleem wordt veroorzaakt doordat in de schematisatie twee takken over elkaar heen liggen. Dit zijn de Zandmaas en het lateraal kanaal. Daarmee wordt de visualisatie van de afzonderlijke DELWAQ vakken ook moeilijker. Dit is geen probleem voor de berekening, maar wel in de presentatie van de resultaten op een kaart. Een oplossing hiervoor is een aanpassing van de modelschematisatie in SOBEK River door een extra knoop in het Lateraalkanaal of de Zandmaas te leggen.

Het probleem is in deze studie niet opgelost, in de aanbevelingen is dit punt opgenomen.

## 2.7 Lozingen in het model

De lozingen die uiteindelijk in het model zijn opgenomen en waarop de resultaten uit hoofdstuk 4 zijn gebaseerd staan vermeld in Tabel 2.1 en in Figuur 2.3, waarin alle lozingslocaties zijn afgebeeld. De omvang van de warmtelast is in Figuur 2.3 aangegeven door de grootte van het symbool op de kaart.





Figuur 2.3 Overzicht van de lozingen in het Landelijk temperatuurmodel: de lozingslocaties en de omvang van de warmtelast is door de grootte van het symbool aangegeven.

Tabel 2.11 Overzicht van lozingen die in het Landelijk Temperatuurmodel zijn opgenomen.

<i><b>Id</b></i>	<i><b>Naam</b></i>	<i><b>Locatie</b></i>	<i><b>Delwaq Segm.</b></i>	<i><b>Q (m3/s)</b></i>	<i><b>WL (MJ/s)</b></i>
301	Corus	Noordzeekanaal	671	0.00	390
302	Nuon Hemweg	Noordzeekanaal	671	0.00	1340
303	Nuon Velsen	Noordzeekanaal	671	0.00	1000
304	DSM	Noordzeekanaal	671	0.00	1
2	BN INTERNATIONAL HOLDING B.V.	GOOIMR	236	0.04	0
3	ELECTRABEL NEDERLAND NV FLEVOLAND	IJSSMR	658	35.20	0
7	RELIANT BENELUX	IJMR	640	24.70	724
15	ABBOTT LABORATORIES BV	ZWARTWTR	271	0.02	0
16	AVEBE Latenstein B.V.	WAAL 885.3	740	0.00	0
23	Gemeente Nijmegen	WAAL	740	0.02	0
24	GKN Gem. Kernenergiecentrale Nederland	WAAL 897	618	8.00	0
39	PGEM (Waterkrachtcentrale Maurik)	NEDRN	255	0.04	0
41	UNA NV Energieproductiebedrijf	LEK 947	256	0.02	0
47	Boskalis BV	AMSDRKNL 18	109	0.29	0
101	Corus Buizen BV Maastricht	Julianakanaal	225	0.02	0
102	Chemielim NV Maastricht	Julianakanaal	225	0.03	0
103	DSM Fine Chemicals B.V. Venlo	Maas	168	0.05	0
104	Johnson Matthey B.V. Maastricht	Julianakanaal	225	0.02	0
105	Solvay Chemie BV Roermond	Maas	150	0.04	0
107	BSN Glasspack NV Maastricht	Maas	490	0.01	0
108	Trega International BV Maastricht	Maas	490	0.01	0
110	Sappi Maastricht BV Maastricht	Maas	490	0.56	0
111	Nutricia Cuijk B.V. Cuijk	Maas	503	0.04	0
113	NEDRI Spanstaal BV Venlo	Maas	500	0.04	0
114	ENCI B.V. Maastricht	Maas	129	0.35	0
116	Clauscentrale Maasbracht	Maas	147	50.00	0
117	Willem-Alexandercentrale Buggenum	Maas	247	10.50	0
201	Cluster 1	Beneden Maas	657	0.00	1750
202	Cluster 2	Hollands Diep	578	0.00	1300
203	Cluster 3	Lek	615	0.00	150
204	Cluster 4 - detaillering	Nieuwe Maas	533	0.00	1013
205	Cluster 5	Caland kanaal	569	0.00	125
206	Cluster 6	Maasvlakte	721	0.00	1275
17	CORUS TUBES B.V.	NEDRN 881.8	255	0.03	0
19	Electrabel NL Gld1	WAAL 886.38	740	0.00	794
20	Electrabel NL Gld2	WAAL 886.38	740	36.20	0
22	Electrabel NL Gld3	IJSSL 975.25	194	19.60	670
25	Honig Merkartikelen B.V.	WAAL 885.2	740	0.02	0
26	Kalkzandsteenfabriek "Loevestein" B.V.	WAAL	619	0.00	0
28	Kawecki Holding bv.Gieterij Doesburg	IJSSL 901.6	192	0.03	0
29	KEMA N.V.	NEDRN 886	617	0.00	5
30	Kleef bv De	IJSSL 880.25	621	0.46	0
32	Norske Skog Parenco B.V.	NEDRN 897.24	255	0.00	64
34	Noviant B.V.	WAAL 885.9	740	0.10	0

<i><b>Id</b></i>	<i><b>Naam</b></i>	<i><b>Locatie</b></i>	<i><b>Delwaq Segm.</b></i>	<i><b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b></i>	<i><b>WL (MJ/s)</b></i>
35	Nutricia Lyempf BV	IJSSL 994	331	0.23	0
42	Vetsmelterij J. Waterlander B.V.	IJSSL 998.7	330	0.03	0
43	Vogelenzang Fabr. v. Bouwmaterialen B.V.	NEDRN 908.84	255	0.01	0
44	White Cap Nederland B.V.	IJSSL 903.15	192	0.00	0
45	Ytong Nederland B.V.	WAAL 948.23	619	0.00	1
46	Biegelaar & Jansen b.v.	AMSDRKNL	464	0.24	0
48	DWR 1	AMSDRKNL	416	5.28	0
49	DWR 2	AMSDRKNL	109	0.11	0
50	DWR 3	AMSDRKNL	220	0.17	0
51	Glaverbel Nederland B.V.	AMSDRKNL 69.1	234	0.00	0
54	HDSR 1	AMSDRKNL	402	0.13	0
55	HDSR 2	AMSDRKNL	720	0.10	0
56	HDSR3	AMSDRKNL	405	0.07	0
58	Nuon Power 1	AMSDRKNL	716	15.00	355
59	Nuon Power 2	AMSDRKNL 5.2	487	8.75	0
60	Solvay Pharmaceuticals B.V.	AMSDRKNL	220	0.14	0
61	Waterschap Rivierenland	AMSDRKNL	234	1.15	0
2041	Chemiehaven 1: Akzo	Chemiehaven	523	0.00	170
2042	Chemiehaven 2: Overig	Chemiehaven	519	0.00	139
2043	Petroleumhaven: Totaal	Petroleumhaven	524	0.00	840
2044	Airproducts	Nieuwe Waterweg	525	0.00	88

## 2.8 Bevindingen

De administratie van de lozingen komt voor verbetering in aanmerking. Met name het toevoegen van informatie over de precieze *ligging van de lozing* is van belang. Minimaal zouden de xy-coördinaten van de lozing bekend moeten zijn. Het verdient de voorkeur om de microlocatie van de lozing ook op een gedetailleerd kaartje aan te geven. Luchtfoto's zijn hiervoor geschikt. De ideale situatie ontstaat als de lozing aangegeven wordt op een foto waarop ook de watertemperatuur te zien is, zoals in Figuur 2.2. Tot slot is het nodig om locatie informatie aan de lozing toe te voegen op grond waarvan een koppeling naar het waterkwaliteitsmodel vergemakkelijkt dan wel geautomatiseerd wordt. Dat kan op basis van xy-coördinaten maar deze dienen dan wel nauwkeurig te zijn, minimaal de halve breedte van de betreffende watergang. Deze methode stelt ook eisen aan de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de schematisatie. In de huidige versie van het model is een geautomatiseerde benadering op basis van xy-coördinaten niet mogelijk omdat het IJsselmeergebied niet goed is gepositioneerd in het model (zie Figuur 3.1.a). Een werkbaar compromis (zoals in deze studie gevolgd is), is een best mogelijke xy-coördinaat in combinatie met een kaartje van de microlocatie en/of informatie over de naam van de watergang en een locatieaanduiding in de vorm van een rivierkilometrage of plaatsnaam.

Verder is het aan te raden de informatie over de omvang van de lozing te uniformeren. Er dient dan ook onderscheid gemaakt te worden tussen de vergunde warmtelast en daadwerkelijk gemiddeld geloosde warmtelast. Dit onderscheid is in een simulatiemodel van essentieel belang voor het maken van een correcte warmtebalans: de daadwerkelijk geloosde warmte wordt in een model gebuikt om dit te kalibreren en te verifiëren waarbij de nadruk ligt op het reproduceren van de werkelijkheid. Vergunde warmtelasten daarentegen worden in een simulatiemodel gebruikt voor het berekenen van scenario's.

Tenslotte wordt aanbevolen om de eenheid waarin de warmtelast wordt uitgedrukt te standaardiseren. Waarbij twee manieren mogelijk moeten zijn:

- geloosd debiet ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) x temperatuurverhoging ( $^{\circ}\text{C}$ );
- gemiddelde dagelijkse warmtelast (J of Wh) of een gemiddeld dagelijks geloosd vermogen (W, MW).

Bij de optie om de warmtelast op te geven dient duidelijk aangegeven te worden of het een opgave van vermogen (Watt of MW) of van energie (Joule of Wh) betreft.

## 3 Modelwerkzaamheden

### 3.1 Inleiding

De modelberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van SOBEK-River versie 2.52.002RC3<sup>2</sup>. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de schematisatie van de waterkwaliteit die in 2002 door WL | Delft Hydraulics is opgezet voor de Maas in het landsdekkend SOBEK-model. Deze schematisatie is exact gelijk aan de schematisatie zoals beschreven in het memo van Flip Dirksen (Dirksen, 2002) en in de rapportages HKV 2001 en 2002.

De modelschematisatie van het landelijk waterkwaliteitsmodel zal toegepast gaan worden voor berekening van natuurlijke watertemperatuur en de verhoging daarvan als gevolg van een redelijk groot aantal warmtelozingen. Dit hoofdstuk beschrijft de aanpassingen die in het landelijk model gedaan zijn.

### 3.2 Visualisatie schematisatie

De ligging van de segmenten voor de waterkwaliteit is met SOBEK River lastig te controleren. Zo is het bijvoorbeeld niet mogelijk om een bepaald segment op te zoeken en ontbreekt de mogelijkheid om een topografische kaart ter oriëntatie als achtergrond bij de schematisatie toe te voegen. In deze situatie is het ook vrijwel onmogelijk om lozingen toe te voegen aan het model op basis van coördinaten of andere topografische informatie (plaatsnaam, kilometerraai etc.) .

De resultaten van de berekeningen zijn in de standaard versie van SOBEK River niet geografisch te presenteren. Dat is ongewenst in verband met beoogde warmtekaart voor Nederland. De bestaande modelschematisatie in SOBEK River is daarom vertaald naar standaard GIS bestanden<sup>3</sup>. Op die manier is de schematisatie met standaard GIS software geografisch te bekijken. De volgende kaartlagen zijn beschikbaar voor de schematisatie van het Landelijk Temperatuurmodel:

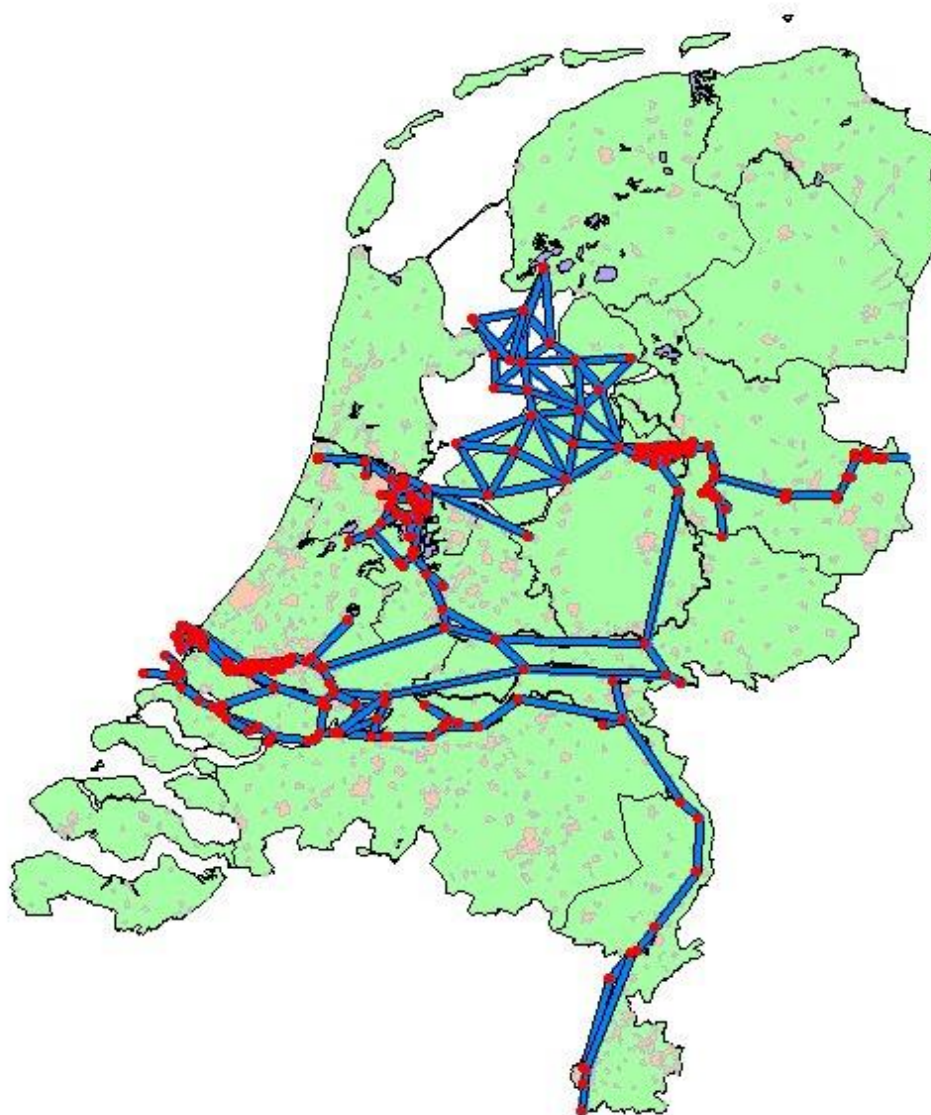
- knopen;
- takken (branches);
- segmentlimieten;
- DELWAQ-segmenten.

---

<sup>2</sup> Geconstateerd is dat de recentere versie (2.52.0004) niet goed werkt, zie ARS 12996 voor details.

<sup>3</sup> De kaartlagen zijn geautomatiseerd aangemaakt met een programma. Dit programma is geen formeel onderdeel van deze studie. Het programma heet SobRiv2Map en is gedocumenteerd in bijlage B, code is te vinden op de CD.

In Figuur 3.1 zijn deze kaartlagen ter illustratie afgebeeld. Te zien is dat de coördinaten van met name het IJsselmeergebied niet correct zijn. Dit heeft geen consequenties voor de berekeningsresultaten die immers in SOBEK River plaatsvinden, maar illustreert wel dat goede visualisatie mogelijkheden kunnen bijdragen aan het opsporen en verhelpen van fouten.



Figuur 3.1a Schematisatie van het Landelijk Temperatuurmodel in GIS met afzonderlijke kaartlagen voor kopen en takken



Figuur 3.1b Schematisatie van het Landelijk Temperatuurmodel in GIS met afzonderlijke kaartlagen voor segmentlimieten en DELWAQ segmenten

De kaartlaag van de DELWAQ segmenten wordt ook gebruikt bij de presentatie van de modelresultaten. WL | Delft Hydraulics gebruikt voor grafische presentatie van modelfiles (type \*.HIS) het programma MAPPER. In Hoofdstuk 4 worden modelresultaten met behulp van MAPPER op kaart gepresenteerd.

### 3.3 Hydrologie

De hydraulische randvoorwaarden voor het Landelijk temperatuurmodel in SOBEK River zijn aangeleverd door RIZA (RIZA Dordrecht, Henk de Deugd, 4 november 2004) en op 8 november aangevuld door Dju Bijstra (RIZA Lelystad).

Het model kent twee type hydraulische randvoorwaarden:

- Debietranden;
- Waterstandranden.

### 3.3.1 Waterstandranden

Langs de kust wordt het landelijk SOBEK-model aangestuurd met getijrandvoorwaarden. Uitgegaan wordt van vijf getijreeksen die gebaseerd zijn op het slotgemiddelde getij 1991.0. Het betreft reeksen van de volgende locaties:

1. Haringvliet 10; de HA-10 paal aan de buitenzijde van de Haringvlietsluizen;
2. Hoek van Holland;
3. IJmuiden buitenhaven;
4. Den Oever buiten;
5. Kornwerderzand buiten.

De slotgemiddelde getijreeksen zijn cyclisch gemaakt en ten opzichte van elkaar in fase gezet.

De faseverschillen zijn afgeleid uit de havengetallen van de verschillende locaties en levert de volgende tijdsverschillen in de hoogwatertoppen ten opzichte van Kornwerderzand op:

Tabel 3.1 Definitie van de getijrand zoals gebruikt in het Landelijk temperatuurmodel.

1. Haringvliet 10	7:03 uur eerder
2. Hoek van Holland	6:45 uur eerder
3. IJmuiden	5:40 uur eerder
4. Den Oever	0:47 uur eerder
5. Kornwerderzand	0:00 uur eerder (= referentie)

Equidistante tijdreeksen met een tijdstap van 10 minuten zijn aangemaakt in SOBEK-formaat over de periode 1 januari 2003 00:00 uur t/m 31 december 2003 23:50 uur.

De reeks Haringvliet 10 (file: hvl-gty.sif) is opgelegd op de SOBEK knopen (nodes) 'Haringvliet' en 'Haringvliet-20'.

De reeks Hoek van Holland is verplaatst naar Maasmond en daardoor is de gehele reeks met 5 cm verlaagd. Deze reeks (file: mww-gty.sif) dient opgelegd te worden op de SOBEK knoop 'Maasmond'.

De reeks IJmuiden buitenhaven (file: ijm-gty.sif) is opgelegd op de SOBEK knoop 'Noordzee 1' en 'Noordzee 3'.

De reeks Den Oever buiten (file: dov-gty.sif) is opgelegd op de SOBEK knoop 'Q-node 4' aan de buitenzijde van de spuisluis.

De reeks Kornwerderzand buiten (file: kwz-gty.sif) opgelegd op SOBEK knoop 'Q-node 5' aan de buitenzijde van de spuisluis.



Voor het IJsselmeer en de randmeren is uitgegaan van het meerpeil  $-0,40$  m ten opzichte van NAP. Dit zijn de winterpeilen.

### 3.3.2 Debietrandvoorwaarden

Het model wordt aangestuurd met drie debietrandvoorwaarden voor de Vecht (Emlichheim), Bovenrijn (Lobith) en Maas (Eysden). Uitgegaan wordt van constante debieten. Er worden naast de basisberekening onder gemiddelde omstandigheden twee scenario's doorgerekend, namelijk een kritische afvoer en een lage afvoer situatie. In tabel 3.2 zijn de twee scenario's weergegeven.

De gemiddelde afvoer van de Vecht is gebaseerd op het gemiddelde van periode 1980 t/m 1989. Het gemiddelde van de Bovenrijn is een bekend en veel toegepast niveau en het lage niveau is gebaseerd op 2% onderscheidingspercentiel over de periode 1901 t/m 1993 (officieus getal).

De gemiddelde afvoer van de Maas is gebaseerd op de Bovenrijn (50% voorkomensrelatie uit 1985).

De debieten van het gemiddelde en lage scenario zijn voor de Vecht, Bovenrijn en Maas als constante waarde opgelegd op resp. de SOBEK knopen 'Emlichheim', 'LobithMSW' en 'EysdenMSW'.

Tabel 3.2 Specificatie van de debieten zoals die in de scenario berekeningen met het Landelijk temperatuurmodel zijn gebruikt.

Locatie afvoer	Gemiddeld *1	Kritisch *2	Laag
Vecht (Emlichheim)	20 14°C	5 24.5°C	5 24.5°C
Bovenrijn (Lobith)	2200 14°C	1070 25°C	867 25°C
Maas (Eysden)	260 14.5°C	21 25°C	70 25°C

\*1 gegevens zijn ontleend aan datareeksen 1990-2003

\*2 gegevens 2003

### 3.3.3 SOBEK FLOW berekening

Het landelijk model kent problemen met de hydrodynamische berekeningen van de Vecht. In de vorige versie van het landelijk model (WL | Delft Hydraulics, 2003) is om die reden zelfs een stuk van het watersysteem in Overijssel rond de Vecht weggeknipt. Dat is nu niet gebeurd, echter het is niet mogelijk om een debiet anders dan  $0.0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  op de modelrand bij de Vecht te zetten. Dat leidt dan tot onstabilliteiten in de FLOW berekening.

In (WL | Delft Hydraulics, 2003) is geconcludeerd dat de problemen veroorzaakt worden door de te beperkte waterdieptes in dit deel van het watersysteem. Er komen geen warmtelozingen voor in het gebied van de Vecht en daarom is in deze studie verder geen aandacht besteed aan dit probleem, het kan in een later stadium door RIZA worden opgelost.

De problemen in de Vecht beïnvloeden lokaal de resultaten van de waterkwaliteitsberekeningen sterk. Zo is de massabehoudendheid niet gegarandeerd (continuïteit  $\neq 1$ ) in de toestromende segmenten in de Vecht niet correct. De resultaten van de temperatuurberekeningen zijn dan ook niet correct en dienen uitgesloten te worden van presentatie en interpretatie.

Omdat het probleem veroorzaakt lijkt door extreem laag debiet en/of waterstand vindt geen verspreiding van de foutieve concentraties plaats waardoor de modelresultaten in de rest van het model wel als realistisch gezien kunnen worden. Het was om deze reden niet noodzakelijk om de schematisatie van de Vecht uit het model te halen.

### 3.4 Temperatuurmodel

De formuleringen voor het warmtebalansmodel (WL | Delft Hydraulics, 2003c) zijn beschikbaar gemaakt in het Maasmodel onder SOBEK-River (WL | Delft Hydraulics, 2003). In deze studie heeft een upgrade van het Landelijk SOBEK model naar een hogere versie van DELWAQ plaatsgehad waarin genoemde formuleringen in de processenbibliotheek beschikbaar zijn gemaakt (DELWAQ-version 4.50.17, 24 Nov 2004).

Voor temperatuurberekeningen bevat SOBEK-WQ twee processen die met de watertemperatuur te maken hebben, te weten:

1. Het proces HEATBAL berekent de watertemperatuur op basis van de meteorologie (en desgewenst de lozingen);
2. Het proces TEMPER berekent de afkoeling van water dat ten opzichte van een achtergrondtemperatuur verhoogd is, meestal specifiek als gevolg van warmtelozingen (zogenaamde Surplus temperatuur).

Beide processen gebruiken een eigen ‘substance’ (DELWAQ stof), respectievelijk NatTemp en ModTemp. Documentatie van beide processen is voor de volledigheid opgenomen in bijlage D.

In deze studie is ervoor gekozen om beide processen en beide stoffen te gebruiken. Het voordeel hiervan boven de alternatieve benadering om alleen de natuurlijke temperatuur te modelleren, is dat er nu onderscheid gemaakt kan worden tussen de bijdragen van de meteorologie en de lozingen van de watertemperatuur. Op deze manier kan het model in de toekomst gebruikt worden om scenario's van klimaatveranderingen in combinatie met lozingsvergunningen te bestuderen.

Dat is op de volgende manier geïmplementeerd:

- Het proces HEATBAL berekent de natuurlijke watertemperatuur die naast de meteorologie alleen afhangt van de watertemperatuur op de modelranden (Eysden, Lobith enz.) en de laterale debieten;
- De warmtelozingen zijn in het model opgenomen als Surplus temperatuur (ModTemp). Het resultaat van de berekening zorgt ervoor dat de Surplus temperatuur verdwijnt (het water koelt af) zodra de temperatuur hoger is dan de berekende natuurlijke temperatuur (NatTemp).

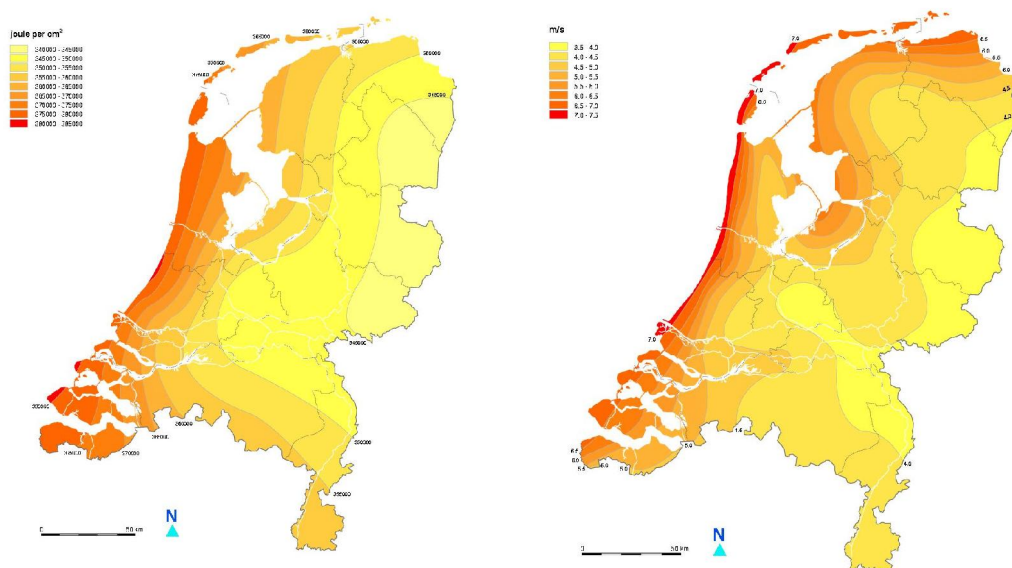
## 3.5 Meteorologie

### 3.5.1 Inleiding

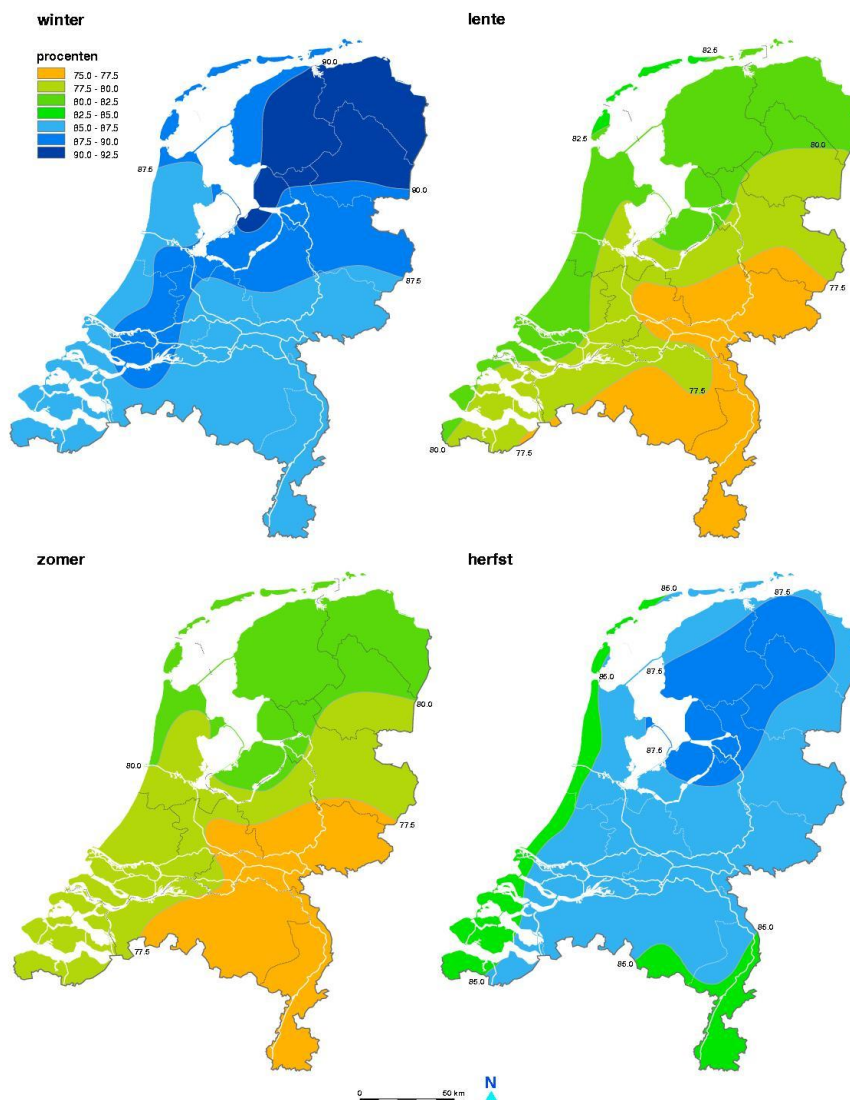
Uit de onzekerheidsanalyse van het temperatuurmodel voor de Maas is gebleken dat de meteorologie een duidelijke invloed heeft op het uiteindelijke simulatieresultaat. Van west naar oost verandert het klimaat enigszins voor wat betreft luchttemperatuur, aantal uren zonneshijn en windsnelheid. Omdat het weer niet uniform is in Nederland, is het voor correcte berekening van de achtergrondtemperatuur nodig om de meteorologie ten behoeve van het temperatuurmodel ruimtelijk te differentiëren. Dit is standaard niet mogelijk in SOBEK-River en wordt op het niveau van DELWAQ (de waterkwaliteitsroutine in SOBEK) afgehandeld. Hiertoe is in deze studie een nieuwe versie van DELWAQ ontwikkeld waarin genoemde formuleringen in de processenbibliotheek beschikbaar zijn gemaakt.

Zelfs in een relatief klein land als Nederland is de variatie in meteorologische parameters groot. In een landelijk temperatuurmodel dient de meteorologie dan ook zoveel mogelijk ruimtelijk gedifferentieerd te zijn. In de Figuren 3.2 en 3.3 zijn plaatjes van enkele meteorologische variabelen opgenomen waaruit de ruimtelijke variatie blijkt:

- stralingsduur en hoeveelheid straling kent een gradiënt van oost naar west (zie Figuur 3.2a);
- luchttemperatuur laat een genuanceerd beeld zien met een temperatuurgradiënt 's winters van oost naar west en 's zomers van noord naar zuid;
- relatieve vochtigheid (zie Figuur 3.3);
- windsnelheid neemt (gemiddeld) sterk af van de kust landinwaarts (Figuur 3.2b);
- luchtdruk heeft een gemiddelde gradiënt van noord naar zuid.



Figuur 3.2a en b. Globale straling in  $\text{J}/\text{cm}^2$ -dagwaarden (links) en gemiddelde windsnelheid in  $\text{m}/\text{s}$  (rechts) uit KNMI klimaat-atlas ([www.knmi.nl/voorl](http://www.knmi.nl/voorl)).



Figuur 3.3 Gemiddelde relatieve luchtvochtigheid (%) per seizoen. Bron KNMI Klimaatatlas ([www.knmi.nl/voorl](http://www.knmi.nl/voorl)).

### 3.5.2 Keuze meteorologische stations

Voor de stations Den Helder (de Kooy), Groningen (Eelde), De Bilt, Twente, Vlissingen en Maastricht (Beek) zijn de meeste van de benodigde gegevens voor de periode 2000-2003 beschikbaar. Tabel 3.3 geeft een overzicht van de gebruikte meteorologische stations, het betreft zes vliegvelden, zie Figuur 3.4 voor de ligging ervan.

De in deze studie gebruikte gegevens zijn te downloaden van de KNMI site [www.knmi.products](http://www.knmi.products) (vrij te gebruiken onder bronvermelding). Deze stations zijn ook in het maandelijks overzicht van het KNMI opgenomen (MOW-Bulletin, KNMI ISSN 0167-8248). Deze gegevens zijn niet homogeen hetgeen wil zeggen dat er niet is gecorrigeerd voor eventuele effecten (trendbreuken) als gevolg van wijzigingen in de meetmethode of de situatie ter plekke van het meetstation.

Tabel 3.3. Overzicht van meteorologische stations waarvan de data beschikbaar zijn in het Landelijk temperatuurmodel. Stations 1 t/m 5 zijn in deze studie zijn gebruikt.

Station	Code	Id	X	Y	Hoogte (+NAP)	Y (m)	X(m)
1. De Kooy	02635	235	52 55 N	04 47 E	0	507210	92767
2. De Bilt	06260	260	52 06 N	05 11 E	+ 2	452339	135962
3. Eelde	06280	280	53 08 N	06 35 E	+ 4	566215	219480
4. Vlissingen	06310	310	51 27 N	03 36 E	+ 8	366388	13527
5. Maastricht	06380	380	50 55 N	05 47 E	+ 114	284335	160837
6. Twenthe	06290	290	52 16 N	0654 E	+ 35	464053	233840

Voor station Eelde zijn de coördinaten van station Groningen genomen  
 Voor station Twenthe geen stralingsgegevens beschikbaar.  
 Station Twenthe is niet gebruikt bij de modelberekeningen.



Figuur 3.4 Overzicht meteorologische stations KNMI

### 3.5.3 Meteorologische variabelen

Voor het berekenen van de natuurlijke achtergrondtemperatuur zijn de meteorologische gegevens zoals opgenomen in Tabel 3.4 nodig. De meeste gegevens zijn op dagbasis verzameld. Uitzondering hierop is de relatieve luchtvochtigheid die per maand gespecificeerd is.

Tabel 3.4. Overzicht meteorologische variabelen voor het bereken van natuurlijke temperatuur

Variabele	Eenheid KNMI	DELWAQ Naam	DELWAQ Eenheid	Conversie
Instraling	J.cm <sup>-2</sup>	Rad	W.m <sup>-2</sup>	1.0/8.64
Windsnelheid	0.1 m.s <sup>-1</sup>	VWind	m.s <sup>-1</sup>	0.1
Luchttemperatuur	0.1 °C	AirTemp	°C	0.1
Luchtvochtigheid	%	RelHum	%	1.0
Zonneschijnduur	%	SunFac	%	1.0
Luchtdruk	0,1 hPa	AirPres	mbar	0.1

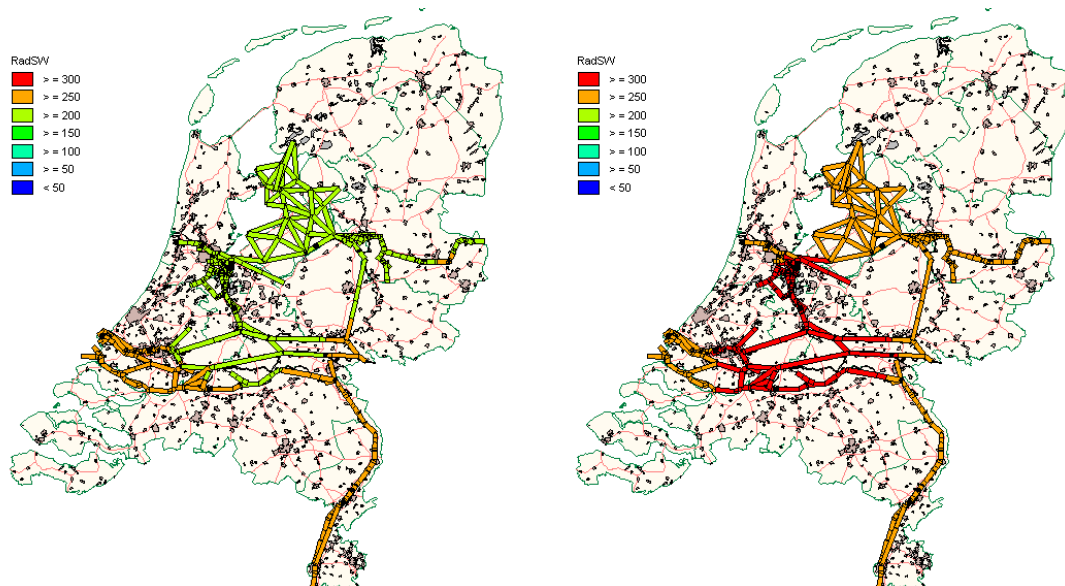
### 3.5.4 Ruimtelijke middeling

De ruimtelijk middeling van de variabelen vindt plaats gedurende de simulatie met het waterkwaliteitsmodel. Er wordt dus geen ruimtelijk gedistribueerde meteorologie aan het simulatiemodel aangeboden.

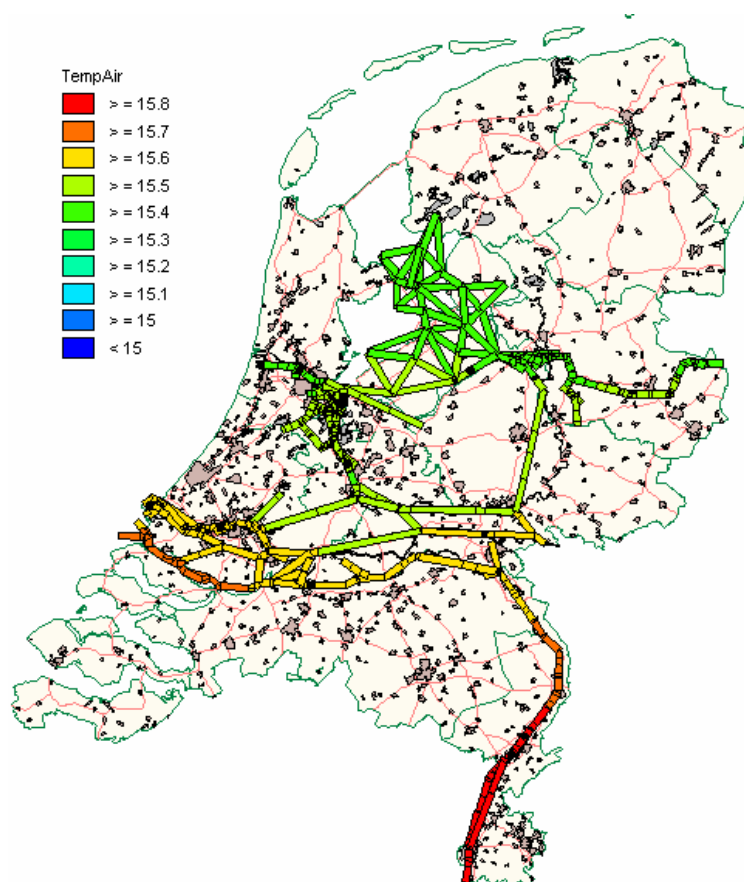
De manier waarop de ruimtelijke middeling is geïmplementeerd is beschreven in Bijlage C. Daar is het waterkwaliteitsproces METEO, dat hiertoe aan de processenbibliotheek van DELWAQ is toegevoegd, kort beschreven.

Er is gebruik gemaakt van de rekenoptie waarbij de bijdrage van een meteorologie station omgekeerd evenredig met de afstand gewogen wordt.

Het resultaat van de middeling is voor instraling gepresenteerd in Figuur 3.5. In Figuur 3.6 is de gemiddelde luchttemperatuur voor de periode april t/m september weergegeven, het maximale verschil tussen het noorden en zuiden bedraagt 0.8 °C.



Figuur 3.5 Voorbeeld van de ruimtelijke verdeling van de kortgolvlige instraling (W.m-2) op 18 april (links) en 30 juni (rechts) 2003, voor de waterkwaliteitssegmenten in het landelijke model, berekend uit de vijf meteorologische stations uit Tabel 3.3.



Figuur 3.6. De gemiddelde luchttemperatuur (°C) van 1 april tot en met 30 september 2003 voor elk punt in de schematisatie van de waterkwaliteit, berekend uit de vijf meteorologische stations uit Tabel 3.3 (overigens gebruikt het model dagelijkse waarden voor de luchttemperatuur).

### 3.5.5 Bestanden

Er is gebruik gemaakt van de bronbestanden weergegeven in Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Bronbestanden voor de meteorologie.

Station	Parameters	File	Bron
380 Maastricht	diverse	etmgeg_380_2001.gz	internet
290 Twenthe	diverse	etmgeg_290_2001.gz	internet
280 Eelde	diverse	etmgeg_280_2001.gz	internet
310 Vlissing	diverse	etmgeg_310_2001.gz	internet
235 DeKooy	diverse	etmgeg_235_2001.gz	internet
260 DeBilt	diverse	etmgeg_260_2001.gz	internet
alle muv 290	Instraling (RAD)	Rad.txt	scan MOW
alle muv 290	Luchtvochtigheid(RelHum)	RelHum.txt	MOW
Station Twenthe is niet gebruikt in de berekeningen			

### 3.5.6 Bevindingen

Het opvragen van meteorologische gegevens bij regionale directies bleek niet haalbaar binnen de looptijd van dit project. Beschikbaarheid van de gegevens bij de directies is niet centraal bekend. Dit is wel aan te bevelen omdat de directies aan het KNMI (gereduceerd tarief) betalen voor deze gegevens en in principe moet een studie als deze dus gratis gebruik maken van beschikbare gegevens.

DONAR (via waterbase.nl) bevat geen meteorologische gegevens. De waterbase site is wel geschikt om tijdseries voor watertemperatuur op vele locaties in Nederland op te vragen. Gegevens voor het kalibreren en verifiëren van een landelijk temperatuurmodel zijn dus voorhanden.

## 3.6 Model

### 3.6.1 Randen, laterale debieten en lozingen

SOBEK River kent 4 typen randen (“conditions”), waar de gebruiker informatie aan het model kan toevoegen, het betreft:

- flow boundary;
- water quality boundary;
- flow branch;
- water quality branch.

Op drie van deze randen wordt informatie over warmte en of temperatuur aan het model toegevoegd. Figuur 3.7 geeft aan voor welke “conditions” dat het geval is en hoe daar in dit rapport naar verwezen wordt, het betreft:

#### **Boundary**

Op deze randen zijn debieten beschikbaar die ook in de hydrodynamica zitten: constant (zoals in deze studie, zie Tabel 3.3) of als tijdserie. Voor elke rand dient een temperatuur gespecificeerd te worden. Dat kan in de vorm van een tijdserie of een constante waarde.

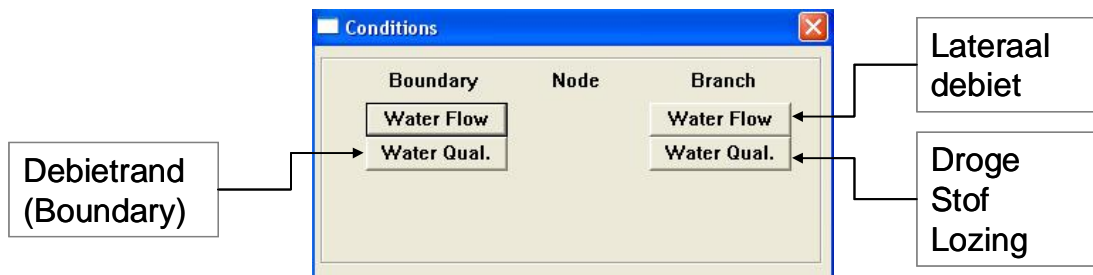
#### **2. Laterale debieten**

Laterale debieten worden op niveau van takken gedefinieerd. Laterale debieten zijn onderdeel van de waterbeweging. Op deze randen zijn laterale debieten beschikbaar, constant (zoals in deze studie, niet gedocumenteerd) of als tijdserie. Voor elke rand dient een concentratie op te worden gegeven, in deze studie zijn hiervoor constante waarden gebruikt, zie verder).

#### **3. Stoflozingen**

Een (droge)stoflozing is een lozing waarvan het debiet niet in de hydrodynamica is meegenomen. Droge stoflozingen worden op het niveau van takken gedefinieerd. Op deze randen zijn (per definitie) geen debieten in het model beschikbaar. Hier worden stoffen op massa per tijdseenheid aan het model toegevoegd. De warmtelozingen uit hoofdstuk 2 zijn op deze manier aan het model toegekend.





Figuur 3.7 SOBEK River user-interface voor de definitie van modelranden voor de waterkwaliteit.

Voor het landelijk temperatuurmodel wordt gebruik gemaakt van twee stoffen die met temperatuur te maken hebben. Dat kan leiden tot verwarring bij het definiëren van de modelinvoer. In Tabel 3.7 is daarom voor de in deze studie gemodelleerde stoffen aangegeven hoe deze op de verschillende plaatsen in het model ingevoerd moeten worden.

Tabel 3.7. Relatie tussen de modelstoffen en de rand- en beginvoorwaarden in het model. Zie paragraaf 3.6.1 en Figuur 3.7 voor de gebruikte terminologie van de randen.

Modelstof	Debietrand	Lateraal debiet	Droge stof lozing	Begin voor waarden
<b>Continuïteit</b>	1.0	1.0	0.0	1.0
<b>NatTemp</b>	14°C tijdserie mogelijk	14°C tijdserie mogelijk	0.0 tijdserie mogelijk	15°C
<b>ModTemp</b>	0.0	0.0	waarde afhankelijk van omvang van de van lozing	0
<b>Temp</b>	-	-	-	-

Merk op dat de variabele "Temp" de watertemperatuur is die in alle biologische processen in de processenbibliotheek gebruikt wordt. Meestal wordt voor de watertemperatuur een tijdfunctie (gebaseerd op metingen) opgegeven. Als de natuurlijke temperatuur echter berekend wordt, dan berekent het proces TEMPER de 'echte' of 'totale' watertemperatuur (Temp) uit de som van de berekende natuurlijke (NatTemp) en de berekende surplus temperatuur (ModTemp). Bij het vergelijken van de modelresultaten met metingen dient gebruik gemaakt te worden van Temp.

## 4 Resultaten temperatuurmodellering

Het landelijk temperatuurmodel is gebaseerd op het SOBEK landelijk waterkwaliteitsmodel (WL | Delft Hydraulics, 2002) waarin de massabehoudendheid van het waterkwaliteitsmodel getest en beschreven is. Het huidige model is eveneens massabehoudend.

Er is een berekening voor het zomerhalfjaar van 2003 (april tot en met september) gemaakt met de invoer zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken waarbij voor de hydrologie de gemiddelde situatie is opgenomen (zie Tabel 3.2). Naar het resultaat van deze berekening wordt gerefereerd als de basisberekening.

De resultaten van de basisberekening voor wat natuurlijke- en de surplustemperatuur betreft worden kort besproken in de volgende twee paragrafen. De in dit hoofdstuk gepresenteerde figuren zijn in Bijlage F op A4 formaat afgedrukt. Het is technisch ook mogelijk om verschilkaarten te maken door het modelresultaat van twee scenarioberekening op kaart af te beelden.

Bij het geografische bekijken van de resultaten dient rekening te worden gehouden met het feit dat op sommige plaatsen in het model de segmenten over elkaar heen liggen, waarbij alleen het resultaat van het bovenliggende segment zichtbaar is.

### 4.1 Natuurlijke temperatuur basisberekening

Vanwege de beperkte doorlooptijd van het project is bij aanvang ervoor gekozen om met constante debieten voor de rivieranden te werken. Voor de meteorologie zijn wel gemeten tijdseries gebruikt. Daarmee zijn de resultaten voor de natuurlijke temperatuur in het landelijk model op dit moment alle alleen realistisch wanneer:

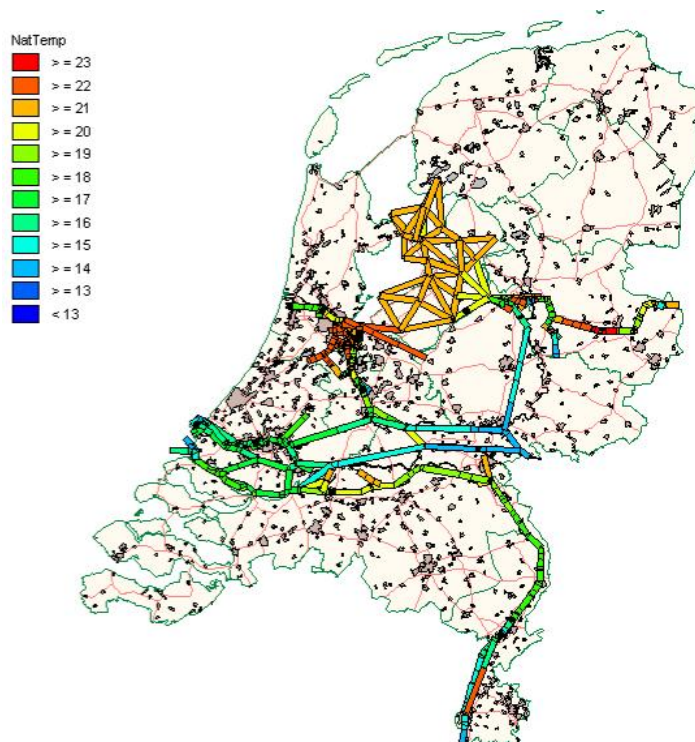
- de werkelijke temperatuur van de Rijn en Maas zo'n 15 °C is (waarschijnlijk eind april en eind september) of;
- in wateren die niet sterk door de temperatuur op de modelranden worden beïnvloed, bijvoorbeeld het IJsselmeer en de randmeren.

Het effect van een constante (relatief lage) temperatuur voor de Maas en Rijn is geïllustreerd in Figuur 4.1.

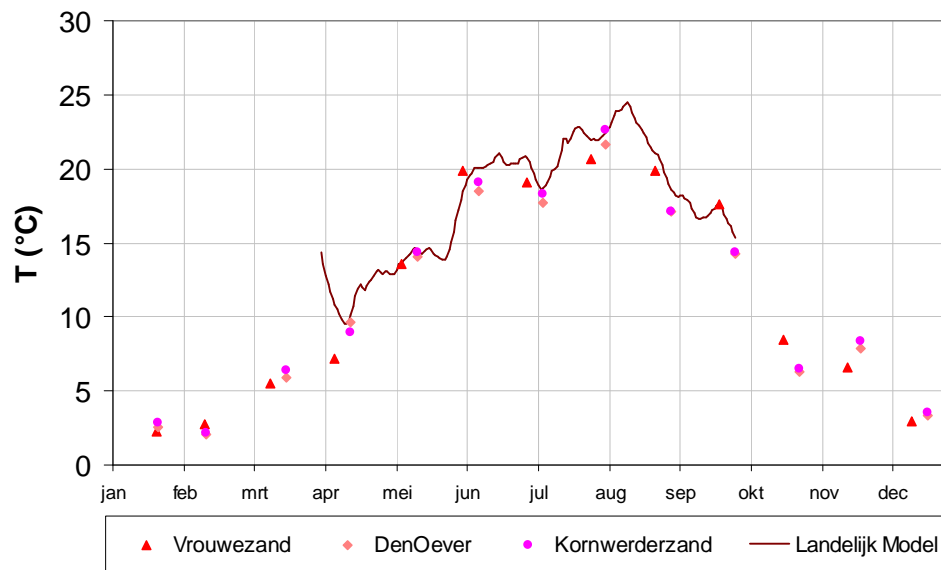
In Figuur 4.2 is de berekende temperatuur voor het IJsselmeer vergeleken met metingen van de watertemperatuur in het IJsselmeer. De resultaten geven aan dat de simulatie van de natuurlijke temperatuur daar bijzonder goed gaat. Merk op dat de begin temperatuur van 15°C niet optimaal gekozen is maar binnen twee weken door uitwisseling met de atmosfeer goed gecorrigeerd wordt.

Het blijkt dus van belang te zijn om alle randen van het model op elkaar af te stemmen. Deze afstemming heeft nu wel plaatsgevonden voor temperatuur en debiet in de Maas en de Rijn: bij een gemiddelde afvoer is uit historische meetgegevens een gemiddelde watertemperatuur afgeleid (zie tabel 3.2). Voor de meteorologie zou in het geval van de basisberekening met een “gemiddelde” meteorologie gerekend moeten worden.

Gezien het goede resultaat voor het IJsselmeer en de goede beschikbaarheid van tijdseries voor Lobith en Eysden wordt aanbevolen om de rivier randen uit te breiden met tijdseries van gemeten debieten en gemeten watertemperatuur. In combinatie met al in het model gebruikte ruimtelijk gedistribueerde meteorologie zal dit waarschijnlijk tot realistische waarden voor de berekende natuurlijke temperatuur in het landelijk netwerk leiden.



Figuur 4.1 Berekende natuurlijke temperatuur op 20 juni 2003. De Maas en Rijn zijn door een constante temperatuur op de rand (15 °C) te koud in vergelijking met de wateren die meer door de meteorologie worden beïnvloed.



Figuur 4.2 Natuurlijke temperatuur zoals berekend met het Landelijk temperatuurmodel (lijn) in vergelijking met de metingen van de watertemperatuur op drie locaties in het IJsselmeer voor 2003. Merk op dat de te hoge waarde waarmee het model start binnen twee weken gecorrigeerd wordt door afkoeling.

## 4.2 Surplus temperatuur basisberekening

De meeste temperatuurverhogingen die door het model berekend worden liggen in de ordegrootte die verwacht wordt, nl. enkele graden.

De maximale temperatuurverhogingen die de in het model opgenomen warmtelozingen tot gevolg hebben bedraagt in segment 220 maar liefst 60°C. In dit segment lozen twee warmtelozers, te weten 'Solvay Pharmaceuticals B.V.' met 0,98°C en DWR 3 met 1,19°C. De gezamenlijke warmtelast is 1 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> met een ΔT van 2,17°C ofwel ongeveer 9MW. Omdat het debiet in het ontvangende water (Diemerdammertak) slechts 0,03 m<sup>3</sup>/s is, leidt de 9MW volgens de formule uit paragraaf 2.5 tot een surplustemperatuur van meer dan 60°C. De koelcapaciteit van het segment is te klein en de surplustemperatuur loopt hoog op, pas dan leidt afkoeling naar de atmosfeer tot een evenwicht met de geloosde hoeveelheid warmte.

Het is duidelijk dat hier:

- of de lozing in een verkeerd segment terecht komt of
- de waterbeweging van het ontvangende water niet klopt.

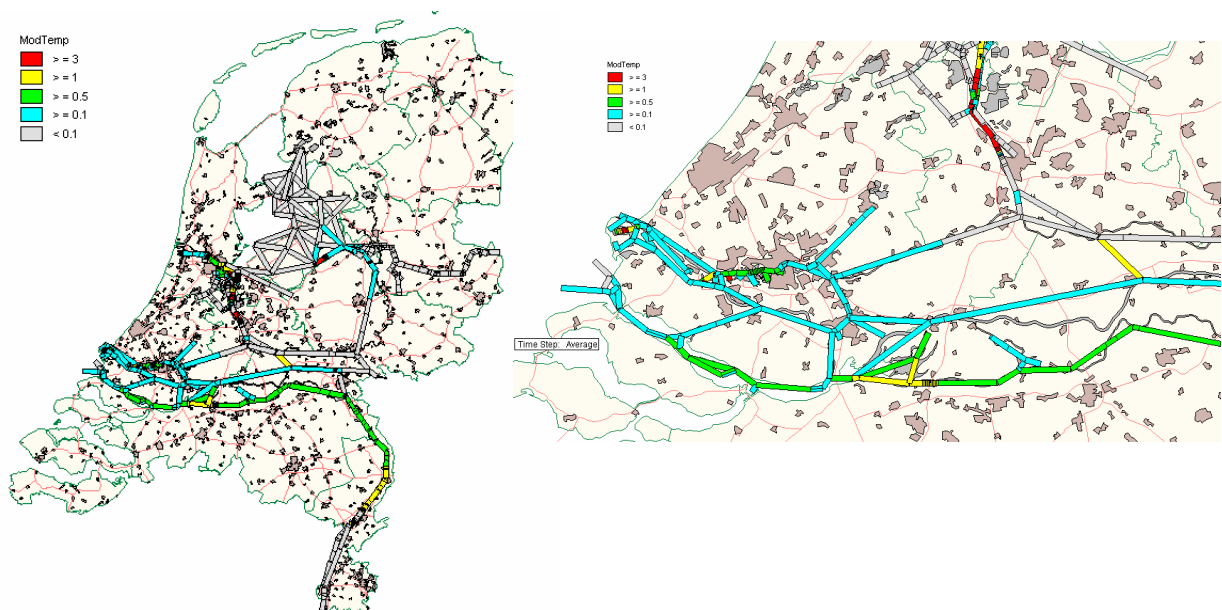
Het is mogelijk dat er nog meer van dergelijke situaties voorkomen, dit is reden temeer om de aanbevelingen die gedaan zijn ten aanzien van de administratie van de warmtelozingen in een vervolgtraject uit te voeren.

In Figuur 4.3 is de temperatuurverhoging als gevolg van warmtelozingen voor de gemiddelde situatie op landelijk niveau weergegeven. De berekende temperatuurverhogingen zijn over het algemeen maximaal 5°C, uitzondering zijn de lozingen van in het Noordzeekanaal (km raai 12450) van Corus en Nuon. Het model berekent daar een temperatuurverhoging, die afhankelijk van het debiet in het Noordzeekanaal, varieert tussen 6°C en meer dan 30 °C. Als aangenomen wordt dat de hydrologie en lozingen ter plaatse correct zijn, klopt dit modelresultaat.

Dit is de verhoging die SOBEK heeft berekend, de hoogste waarden horen bij segmenten waarop de lozing plaatsvindt de lagere waarden bij segmenten waar de surplustemperatuur alleen door transport vanuit andere vakken aanwezig is. In sommige gevallen vinden meerdere lozingen op een watergang plaats.

De temperatuurverhoging is naast de omvang van de lozing afhankelijk van het ontvangende water. Over het algemeen geldt:

- Hoe groter de watergang hoe kleiner het effect;
- Hoe groter het DELWAQ segment hoe groter de menging en hoe groter de verblijftijd;
- Hoe groter de verblijftijd hoe groter de uitwisseling met de atmosfeer.



Figuur 4.3 Berekende surplustemperatuur als gevolg van warmtelozingen voor de gemiddelde situatie. Landelijk (links) en het Deltabekken (rechts).

### 4.3 Scenario's

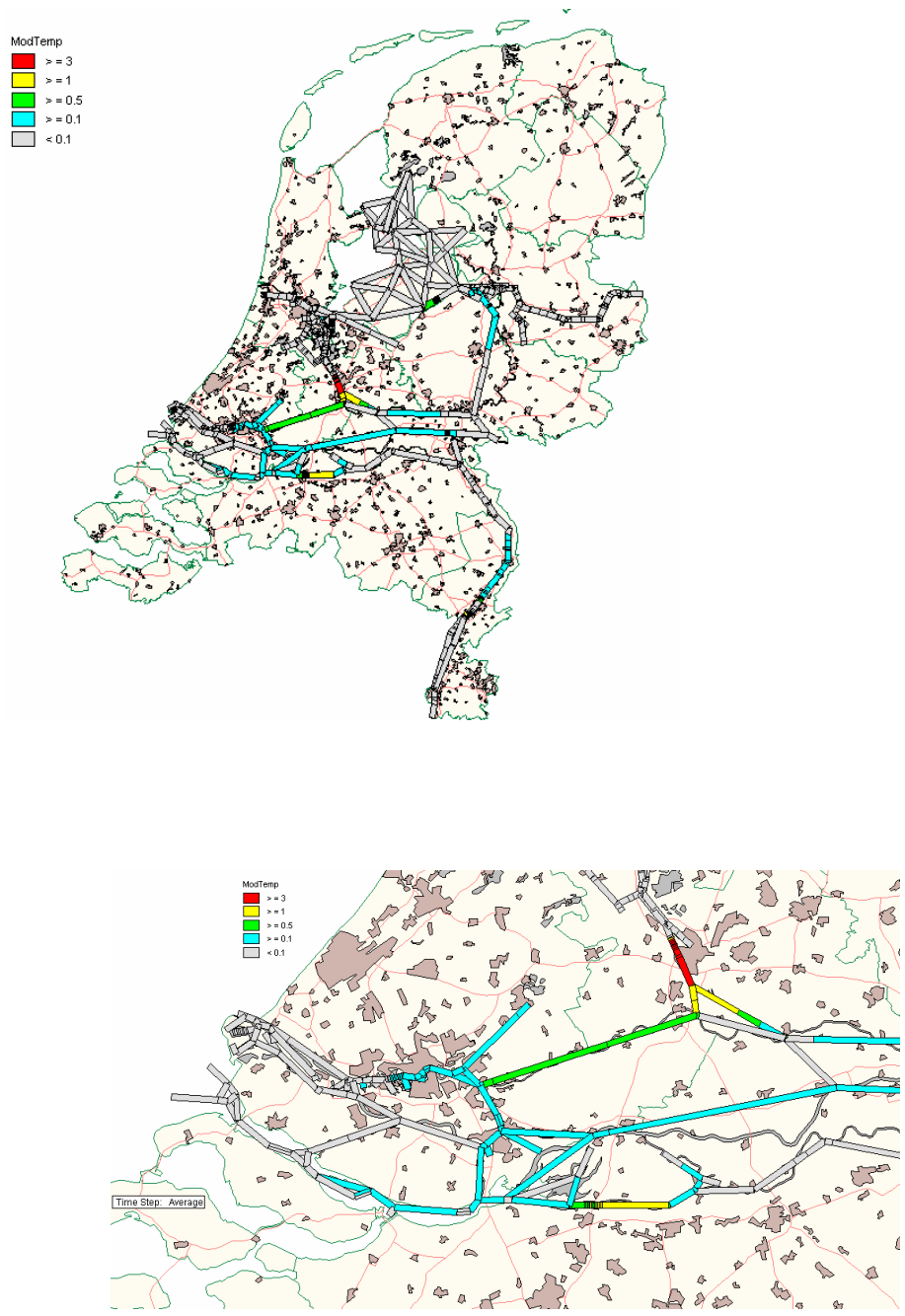
Op voorhand zijn in deze studie scenario's voor meteorologie en getijranden uitgesloten omdat de gevoeligheid voor de meteorologie al eerder is onderzocht en onderkend (WL | Delft Hydraulics, 2003 en 2003c) en gevoeligheid voor getijranden klein geschat wordt.

In deze studie zijn ten opzichte van de basisberekening met gemiddelde condities twee alternatieve scenario's uitgevoerd. Het betreft een scenario met laag debiet en een met kritisch debiet. (zie Tabel 3.2).

Het berekeningsresultaat van de scenario's is weergegeven in kaart ten opzichte van de basisberekening. In Figuur 4.4 is de verschiltemperatuur voor de surplus temperatuur te zien. Het effect van een lager Rijn- en Maasdebiet is zichtbaar als gevolg van minder verdunning van dezelfde warmtelast. Te zien is dat het verschil richting kust uitdempt als gevolg van de invloed van het getij neemt de invloed van het rivierdebiet af. Ter plaatse van grote lokale lozers is het effect goed te zien na inzoomen.

Het is aan te bevelen om het model op de volgende punten verder te verbeteren valvorens alternatieve scenario's te berekenen:

- hydrodynamica, o.a. de Vecht;
- lozingen (omvang en lozingslocatie);
- temperatuur randvoorwaarden grote rivieren;
- randvoorwaarden laterale lozingen.



Figuur 4.4 Verskil tussen de berekende surplustemperatuur van de basisberekening (gemiddeld) en het scenario met laag Rijn- en Maasdebiet.

## 5 Werken met het landelijk temperatuurmodel

### 5.1 Algemeen

Het temperatuurmodel maakt gebruik van SOBEK River versie 2.52.002RC3 en een aangepaste versie van DELWAQ (versie 4.5017 met temperatuur als waterkwaliteitsparameter). Voor SOBEK River is een recentere versie (2.52.004) beschikbaar, echter deze geeft geen betrouwbare resultaten voor de waterkwaliteitsmodellering. Daarom is teruggegrepen naar een oudere versie die wel goede resultaten geeft voor de waterkwaliteit.

Het berekenen van de watertemperatuur onder invloed van onder meer de meteorologische gegevens geschiedt op basis van de procesvergelijkingen zoals weergegeven in Bijlage E.

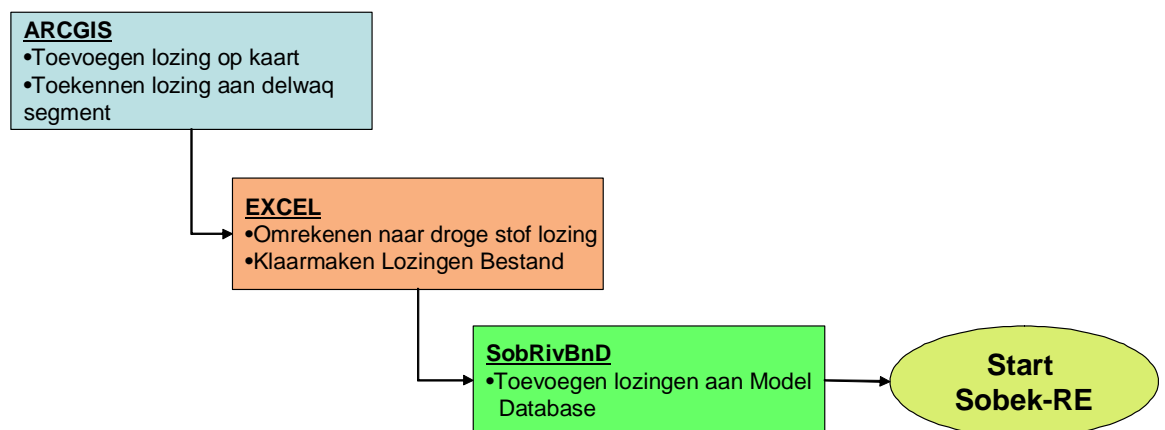
### 5.2 Aanpassen lozingen

De temperatuurlozingen in SOBEK River kunnen worden aangepast op twee manieren:

- Geautomatiseerd via Gis en Excel
- Via User Interface van SOBEK River

#### 5.2.1 Geautomatiseerd via Gis en Excel

De Automatisering bestaat uit drie stappen:





## ArcGis

In de kaart kan op de juiste locatie een lozing neergelegd worden. Iedere lozing bevat in het Gis bestand de volgende gegevens:

- Id
- Naam
- Locatie
- Warmtelast (WL) of een debiet
- DelwaqSegm

In het veld “WL”(warmtelast) kan vervolgens de warmtelast (MJ/s) ingevuld worden. Als die niet bekend is kan in plaats daarvan een debiet opgegeven worden.

Het veld “DelwaqSegm” bevat het segmentnummer waar de lozing plaatsvindt. Dit veld is belangrijk voor de uiteindelijke conversie naar SOBEK River. Het segment nummer kan opgezocht worden door in de kaartlaag “Waqlijn” het dichtstbijzijnde DELWAQ vak te selecteren.

## Excel

Via het Gis dbf bestand kunnen alle lozingen in Excel worden ingelezen. In het Excelsheet wordt een warmtelast of het debiet omgerekend naar een droge stof lozing (een droge stoflozing is een lozing waarvan het debiet niet in de hydrodynamica is meegenomen).

De datastructuur van een Gis bestand zit opgeslagen in een bestand met extensie \*.DBF. Dit kan gewoon ingelezen worden in Excel. Voor het lozingen bestand is het noodzakelijk dat de het dbf-bestand geopend wordt in Excel en gekopieerd wordt in het tabblad “From ArcGis”.

Het excelsheet rekt vervolgens de warmtelast om naar een eenheidslozing van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  met een delta T (temperatuursverschil). Op deze manier kan de lozing behandeld worden als droge stof lozing in DELWAQ.

Tot slot wordt de droge stof lozing omgezet naar een tekst-string die via het tekstbestand “Loads.lst” het programma SobRivBnd wordt ingelezen. Dit programma verwerkt de lozing(en) in de model data base van SOBEK River (dat is m.n. handig bij grote aantallen lozingen).

## Toevoegen van een lozing zonder Arcgis

De stap via ArcGis kan ook worden overgeslagen als de gebruiker weet in welk DELWAQ segment hoeveel geloosd wordt. De gebruiker hoeft dan alleen in Excel de volgende zaken in te voeren:

- Naam
- Warmtelast of debiet
- DELWAQ segmentnummer .

De lozing is dan natuurlijk niet in Gis opgenomen en wordt dan ook niet meer op een kaart gepresenteerd.

### SobRivBnd

Dit programmaat converteert lozingen vanuit tekstbestanden naar de modeldatabase van SOBEK-River . Een uitgebreide beschrijving van het programma staat in bijlage C.

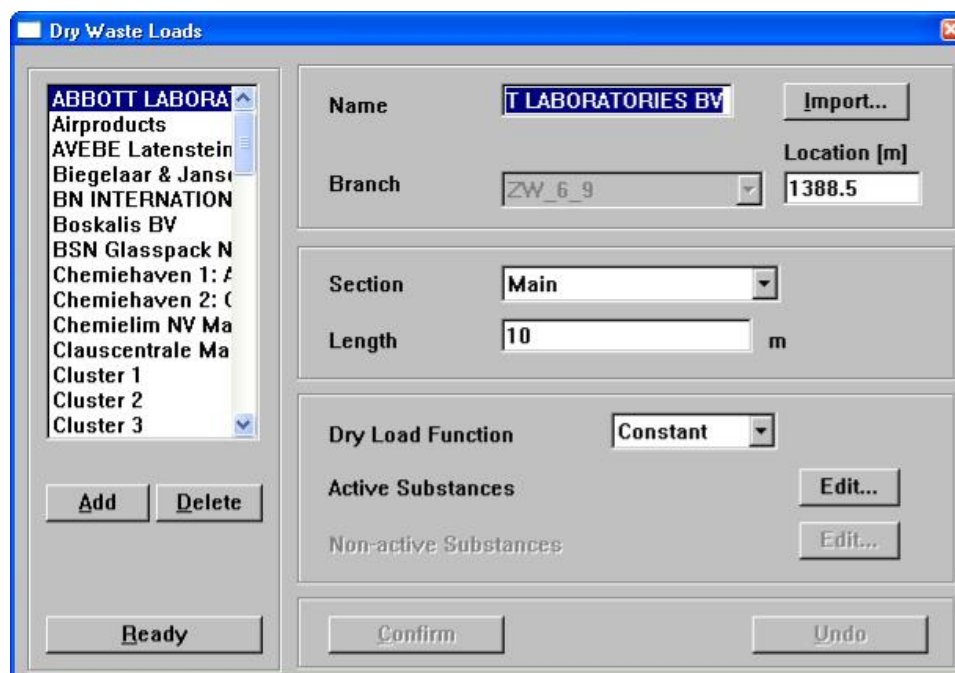
De droge stoflozingen worden in dit programma omgezet van lozingen op een DELWAQ segment naar een lozing op een tak en een afstand op een tak. Deze informatie is ook beschikbaar in het User Interface van SOBEK River.

De aanlevering van de boundaries gebeurt via een tekstbestand waarin de informatie uit het Excelbestand is gekopieerd. Het bestand heeft de volgende structuur:

#Segment	Name	LoadName	'Continuity'	'ModTemp'	Nattemp'
'Segment 671'	'Corus'		0	92.96	0
'Segment 671'	'Nuon Hemweg'		0	319.42	0
'Segment 671'	'Nuon Velsen'		0	238.37	0
'Segment 671'	'DSM'		0	0.23	0
.....					

### 5.2.2 Via User Interface

Het toevoegen van een droge stof lozing kan ook via het User Interface van SOBEK River. In Figuur 5.1 is het invoerscherm weergegeven.



Figuur 5.1. Invoerscherm voor het toevoegen van lozingen aan het landelijk temperatuurmodel via het user interface.

Een lozing kan toegevoegd worden door via “Add” een lozing aan te maken. De gebruiker dient dan de volgende zaken in te voeren:

- Naam
- Locatie van lozing (branch en location)
- Dry load function (constant of tijdsafhankelijk)
- De concentraties voor de stoffen (via Edit active substances)

De Temperatuurslozing wordt dan vanzelfsprekend niet weergegeven in de overzichtskaart.

### 5.3 Uitvoeren van een modelberekening

Het Nationale temperatuurmodel is opgeleverd als een standaard SOBEK River case. Deze case kan zonder verdere aanpassing vanuit het CMT aangepast en/of gedraaid worden. Dat geldt niet wanneer veranderingen in de meteorologie of procesconstanten gewenst zijn. De oorzaak van dit verschil ligt in de manier waarop de modelinvoer wordt klaargezet:

#### 1. Modelinvoer via het CMT

Bijna alle modelparameters en modeleigenschappen kunnen via het CMT worden aangepast en opgeslagen (hetzij door de oude casus te overschrijven, hetzij door een nieuwe casus aan te maken). Het betreft onder andere:

- Het variëren van de debieten/temperaturen op de modelranden.
- Het variëren van de debieten/temperaturen van onttrekkingen/lozingen.
- Het aanpassen van legger informatie, kunstwerken (zoals sluizen) of andere model ‘structures’.
- Het veranderen van de Droge stof lozingen.
- Het implementeren van nieuwe ‘nodes’ en ‘branches’, enz.

De wijze van aanpassen en opslaan van de modelgegevens is conform de gang van zaken voor andere SOBEK-River projecten.

#### 2. Modelinvoer buiten het CMT: Meteo gegevens

Uitzondering op de onder 1. beschreven wijze van modelinvoer betreft het aanpassen van de **meteo data**. De oorzaak is gelegen in het feit dat de meteo gegevens geheel buiten het CMT later in de SOBEK invoer file worden ‘geplakt’. Hiervoor is een speciale tooltje ontwikkeld. Deze tool leest de meteo data (tijdreeks voor de volgende 6 variabelen):

RadSW	Short wave radiation reaching water	(W/m <sup>2</sup> )
SunFac	Percentage sunshine	(%)
TempAir	air temperature	(°C)
VWindm	Measured wind speed	(m/s)
Patm	Air pressure	(mbar)
RelHumAir	Relative air humidity	(%)

Aangezien de meteo reeks als tijdreeks wordt aangeboden (dat wil zeggen met datum en tijd) kan in de modelsimulatie een deelselectie uit de aangeboden meteo reeks gemaakt worden (b.v. alleen de zomerperiode uit een meteo reeks voor het gehele jaar).

De meteo data wordt ingelezen uit een speciale invoerfile in een speciale directory:

```
..\Sobek-RE\Model\Natmod.sbk\fixed\functions.dwg
```

Het programma ‘vervang.exe’ wordt aangeroepen nadat de kwantiteitsberekening is uitgevoerd voorafgaand aan de aanroep van DELWAQ:

```
..\Sobek-RE\model\*.sbk\fixed\function.Dwg
    bevat de juiste tijdreeksen voor temperatuurmodellering benodigde functies
..\Sobek-RE\programs\vervang\vervang.exe replace.ini
    bevat de zoekstring en de te vervangen tekst
..\Sobek-RE\programs\temp.bat
    aanroep van vervang programma, Delwaq1 en Delwaq2
```

Voor de gebruiker is het van belang om te realiseren dat de meteo data elke keer vanuit *een vaste directory* in de SOBEK invoerfile gekopieerd wordt, wat inhoudt dat:

1. een aangepaste meteo data file eerst naar deze directory geschreven moet worden met de naam *functions.dwg*
2. deze (aangepaste) file vanaf dat moment *voor alle casussen* die worden aangeroepen & berekend geldig is
3. dus na variatie van de meteo data de gebruiker zelf zorg moet dragen voor het terug kopiëren van de default meteo file.

## 5.4 Uitvoer bekijken van het landelijk model

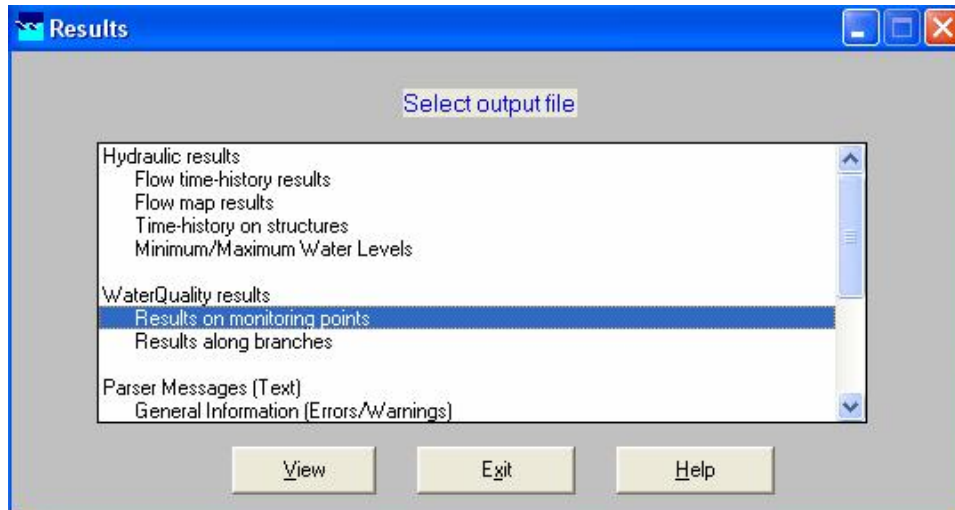
De uitvoer van de waterkwaliteitssimulatie kan op de standaardmanier via het SOBEK User interface worden bekeken. Voor deze studie is daaraan een geografische presentatie via het pakket Mapper toegevoegd.

### 5.4.1 Standaard

De standaard manier van uitvoer bekijken loopt via het user interface van SOBEK River: Ga naar het interessegebied, schrijf de segmentnamen op en zoek deze op in een van de in Tabel 5.1 genoemde .his-files. Bekijk daar de tijdserie(s) van één of meer segmenten.

In het CMT wordt bij Taakblok Results de sobekwq.map file en de sobekwq.his getoond . De segmenten in die daar te zien zijn kunnen NIET aan het UI gerelateerde worden! Bekijk deze file dus alleen in software die daarmee rekening houdt zoals Mapper. De optie “results on monitoring points” (Figuur 5.2) laat de file sobekwq.his zien waarin de segmentnamen met het user interface van Sobek overeenkomen.

In Tabel 5.1 is het gebruik van de beschikbare uitvoerfiles toegelicht.



Figuur 5.2 Opties om in SOBEK River naar resultaten van waterkwaliteit te kijken. Gebruik de optie “Results on monitoring points”.

Tabel 5.1 Gebruik van de uitvoerfiles in het Landelijk temperatuurmodel.

file	inhoud	alleen bekijken met
<b>sobekwq.his</b>	tijdsreeksen concentraties voor monitoring segmenten	ODS_view
<b>sobekwq.map</b>	tijdsreeksen concentraties voor alle segmenten	Mapper
<b>sobekwq-bal.his</b>	balansen voor monitoring segmenten	ODS_view (zie ook hst 5.4)
In de .map file komen de namen niet overeen met de namen in het UI van Sobek, hebben de namen de betekenis van een volgnummer.		

#### 5.4.2 Mapper

Een alternatieve manier om naar de resultaten te kijken loopt via het presentatie pakket van WL | Delft Hydraulics (Mapper) waarmee de resultaten geografisch worden bekeken.

Als in Mapper een segment geselecteerd wordt verschijnt in de taakbalk bijvoorbeeld.: “Selected 524: Segment 550 from waqgrid4”. Het eerste nummer verwijst naar het volgnummer in de .MAP-file, het tweede deel is de segmentnaam zoals in het SOBEK UI en in de beide .HIS files.

Mapper kent de volgende mogelijkheden (verkort overzicht, zie verder on-line help file):

- bekijken model resultaten. Kies in het menu: File/Open\Data: selecteerde de sobekwq.map file, vervolgens een kaartlaag (\*.mpl) kiezen.
- bewaren van deze “map” (menu: File/Save of Save As)
- selectie van stof (of uitvoervariabele) en tijdstap (dagen) in de balk onder het menu;
- in- en uitzomen (menu: View)
- toevoegen en wijzigen achtergrond kaartlaag (menu: Edit\Layer properties);
- aanpassen van de kleurschaling (menu: Data\Classify)
- kaartje van maximale, gemiddelde of minimale waarde over de simulatie periode (menu: Data\Average)
- opvragen data waarde voor geselecteerd segment (menu: Data\Query);
- tijdsreeks voor een geselecteerd segment (menu: Data\Graph);

- toevoegen tijdseries voor meerdere segmenten (selecteer meerdere segmenten met shift en muis, dan menu: data\graph; vanuit de grafiek is het ook mogelijk om via shift toets en muisclick tijdseries voor segmenten toe te voegen);
- bewaren van de kleurschaling.

#### *Beperking van Mapper:*

De segmenten voor waterkwaliteit zijn polygonen, geen lijnelementen zoals in Arcview of Netter het geval is. Het gevolg is dat bij inzoomen de vakken niet mee schalen. Om dit te ondervangen zijn meerdere lagen voor de waterkwaliteitschematisatie aangemaakt met verschillende breedtes, te weten 100, 250, 500 en 1000m (respectievelijk waqgrid1 tm waqgrid4.mpl). In mapper kunnen tegelijkertijd meerdere kaarten (met data) worden geopend zodat afhankelijk van het inzoom niveau de juiste kaartlaag gekozen kan worden.

## 5.5 Lozingsvrachten in het model

In de balansfile sobekwq-bal.his (zie Tabel 5.1) is voor de gemodelleerde stoffen (temperatuur) de balans voor elk segment bijgehouden. Uit deze file kan de hoeveelheid geloosde temperatuur voor een segment worden gehaald.

Als voorbeeld wordt hier de omvang van een lozing bekeken en vergeleken met de in de invoer gespecificeerde omvang.

Dat is gedaan voor het gebied bij de grensmaas-Julianakanaal. Daar wordt geloosd in segmenten 490 en 225, de lozingen zijn als volgt gespecificeerd in de invoer (zie loads.lst of Sobek UI):

'Segment 490'	'BSN Glasspack NV Maastricht'	0	0.07	0
'Segment 490'	'Trega International BV Maastricht'	0	0.07	0
'Segment 490'	'Sappi Maastricht BV Maastricht'	0	3.92	0
'Segment 225'	'Corus Buizen BV Maastricht'	0	0.14	0
'Segment 225'	'Chemielim NV Maastricht'	0	0.21	0
'Segment 225'	'Johnson Matthey B.V. Maastricht'	0	0.14	0

Voor segment 490 bedraagt de totale warmtelozing dus in  $490 = 1\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  met  $4.16\text{ }^\circ\text{C}$  en voor segment  $225 = 1\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  met  $0.49\text{ }^\circ\text{C}$ .

Deze getallen zijn als volgt terug te vinden in de balansfile van het waterkwaliteitsmodel

File	= sobekwq-bal.his
Stof	= ModTemp_LoadsIn
Segment	= 490
Waarde	= $86400\text{ (s/dag)} * 1.0\text{ (m}^3/\text{s)} * 4.16\text{ }^\circ\text{C}$ . = <b>359424 °C.m<sup>3</sup>/dag</b>
Segment	= 225
Waarde	= $86400\text{ (s/dag)} * 1.0\text{ (m}^3/\text{s)} * 0.49\text{ }^\circ\text{C}$ . = <b>42336 °C.m<sup>3</sup>/dag</b>

Met behulp van de balansfile is ook te achterhalen wat de bijdrage van de opwarming en afkoeling aan de temperatuur is.

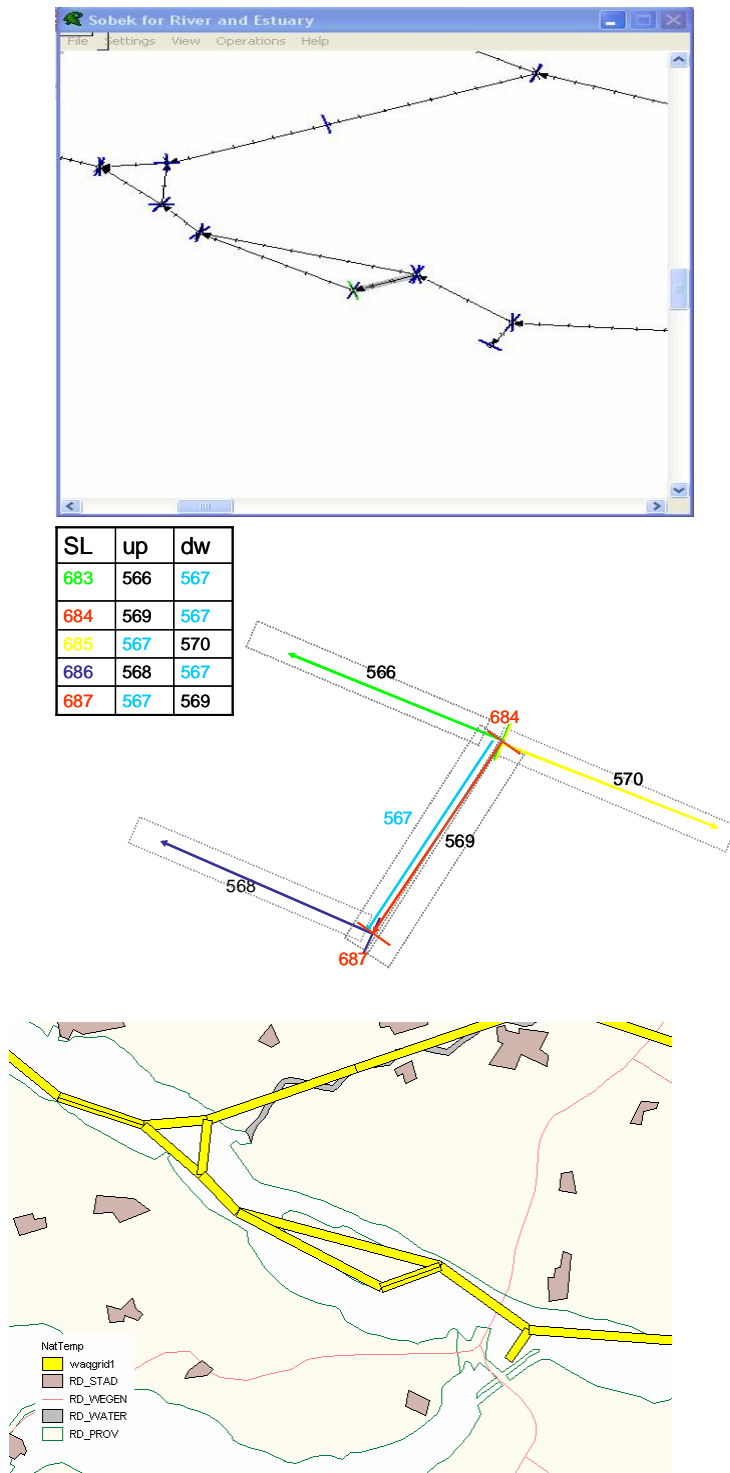
## 5.6 Aanpassen van de schematisatie

Het schematiseren van de waterkwaliteit in SOBEK River is lastig vanwege beperkingen in het user interface. Het bekijken van de schematisatie wordt vergemakkelijkt met het programma SobekRiv2Map (zie bijlage A voor gebruik). Daarmee is het mogelijk om de modelschematisatie van SOBEK River in een standaard Gis pakket te bekijken.

Het conversieprogramma heeft echter een beperking; op iedere tak in de SOBEK River schematisatie moet een segmentlimiet liggen. Dat wijkt af van SOBEK River waar DELWAQ segmenten gedefinieerd zijn op takken zónder dat daarop een segment limiet aanwezig is. Een dergelijke situatie komt o.a. voor in het Haringvliet bij eiland Tiengemeten: takken HAVL053 en HAVL051 liggen daar over elkaar heen in het UI van SOBEK (zie Figuur 3.8a), dat geldt ook voor de waterkwaliteitssegmenten. In Figuur 3.8b is deze situatie schematisch weergegeven: te zien is dat de blauwe tak (HAVL051) de basis voor segment 567 vormt zonder dat op deze tak een segmentlimiet ligt. Door SOBEK River wordt segment 567 impliciet gedefinieerd uit informatie van segmentlimieten die bij andere takkan horen (zie Figuur 3.8b waar het boven- en benedenstroomse DELWAQ segment voor andere segmentlimieten is aangegeven).

Het programma SobekRiv2Map maakt segment 567 niet aan (en constateert dat er een tak zonder segmentlimieten bestaat). Voor deze situatie is een tweetal segmentlimieten op tak HACL051 toegevoegd zodat segment 567 expliciet gedefinieerd. In een GIS pakket (Mapper) ziet de situatie er dan uit zoals afgebeeld in Figuur 3.8c. Merk op dat de evenwijdige takken met halve breedte worden afgebeeld.

In het UI van SOBEK-River is om bovengenoemde reden ook nog een aantal segmentlimieten handmatig verplaatst, zodanig dat het aantal DELWAQ segmenten hetzelfde is gebleven en de segmenten op dezelfde plaats blijven liggen. De aanpassing heeft geen invloed op het hydrodynamisch model noch op het waterkwaliteitsmodel.



Figuur 3.8. Detail van de schematisatie rondom tak HAVL053 in het Haringvliet: (a) in SOBEK Userinterface, (b) dezelfde situatie schematisch en (3) situatie in Mapper (mbv SobRiv2Map).



## 6 Conclusies

Het Landelijk model is in staat om de natuurlijke en de surplustemperatuur gelijktijdig naast elkaar te simuleren. Het is daarmee in staat om onderscheid te maken tussen de bijdrage van de meteorologie en de warmtelozingen aan de oppervlaktewatertemperatuur. Zo kan het model in de toekomst gebruikt worden om scenario's van klimaatveranderingen in combinatie met lozingsvergunning te bestuderen.

In deze studie is het model opgezet om de natuurlijke temperatuur landelijk te kunnen beschrijven, het model is nog niet gekalibreerd. Validatie heeft plaatsgevonden voor het IJsselmeer waar het model de gemeten watertemperatuur zeer goed beschrijft. De procesformuleringen voor de natuurlijke temperatuur modellering en de bijbehorende, ruimtelijke gedifferentieerde, meteorologische gegevens functioneren dus goed in het model. Validatie in de rest van het model is pas mogelijk nadat tijdreeksen voor debiet en temperatuur voor de rivierranden op zijn genomen in het model. Dit wordt aanbevolen.

De lozingen van surplustemperatuur vormen in het model de grootste onzekerheid. In het bijzonder de precieze locatie is vaak onzeker en blijkt van groot belang voor het modelresultaat. Zo is gebleken dat een lozing die hoogst waarschijnlijk ten onrechte in een stagnant water loost tot een onrealistisch hoge waarde voor de berekende surplustemperatuur.

De hydrologie van in het bijzonder de Overijsselse Vecht moet op termijn verbeterd worden omdat dit gedeelte van de schematisatie nu niet functioneert. Omdat hier geen warmtelozingen liggen en resultaten in het overige netwerk niet beïnvloedt worden is dit minder urgent. Het model is op dit moment dus nog niet geschikt om voor advisering ten aanzien van surplustemperatuur in te zetten.

In het Noorden en Noordoosten ligt de modelschematisatie geografisch niet netjes waardoor presentatie van het model minder fraai oogt. Bij het aanpassen van de schematisatie kunnen gemakkelijk fouten worden gemaakt. Deze studie biedt hulpmiddelen ter controle en beschrijft enkele valkuilen.

## 7 Aanbevelingen

De meeste aanbevelingen hebben betrekking op de benodigde verbeteringen van de invoer voor het model. De belangrijkste verbeterpunten zijn:

- Het oplossen van de hydraulische problemen in de Overijsselse Vecht zodat realistische scenario's waarin debiet voor de Vecht is opgenomen kunnen worden berekend;
- Controleren of de lozingen die nu in het model opgenomen zijn in de juiste watergang lozen;
- Verbeteren van het lozingenbestand (zie ook paragraaf 2.8):
  - toevoegen van minimaal een xy-coördinaat (bij voorkeur met een luchtfoto kaartje van de microlocatie) óf een identificatie van de riviertak waarop geloosd wordt óf een DELWAQ segment;
  - uniformering van eenheden waarin de warmtelast wordt uitgedrukt;
  - uniformering van de status van de lozing, in het bijzonder het onderscheid tussen vergunde warmtelast en (gemiddeld) geloosde warmtelast is meestal onduidelijk.
- Verbeteren van de modelschematisatie:
  - geografische coördinaten van het IJsselmeergebied;
  - lateraal kanaal en zandmaas naast elkaar in plaats van over elkaar leggen;
  - controle van debieten en waterstanden in het hele gebied.
- Afstemmen van alle modelranden op elkaar, inclusief de meteorologie. In het geval van de basisberekening zou dus een “gemiddelde” meteorologie moeten worden gebruikt. Alternatief is om de rivier randen te voorzien van tijdseries van gemeten debieten en bijbehorende watertemperatuur;
- Mobiliseren van meteorologische gegevens bij regionale directies in aanvulling op de zes hoofdstations die nu zijn gebruikt.

Het uitvoeren van een volledige gevoeligheidsanalyse wordt pas zinvol geacht nadat bovengenoemde knelpunten in de hydrologie zijn verholpen en nadat het lozingenbestand definitief is gemaakt.

De opbouw van de natuurlijke temperatuur wordt bepaald door een beperkt aantal open randen (waarvan Eysden en Lobith kwantitatief de belangrijkste zijn) en een groot aantal laterale debieten (waarvan een groot deel uit het landelijk gebied afkomstig is). Het is aan te bevelen om alle instromende bronnen van water en temperatuur, in het model te labelen zodat overal in het netwerk de bijdrage van alle bronnen door middel van waterfracties zichtbaar gemaakt kan worden.

Vervolgens wordt aanbevolen om de betrouwbaarheid van het landelijk temperatuurmodel in kaart te brengen door het model te verifiëren door een periode in 2003 door te rekenen met gebruikmaking van realistische randvoorwaarden, m.n. tijdseries voor debieten en gemeten temperaturen op de grote randen in het model (Eysden, Lotith en de Vecht). De modelresultaten worden hiertoe met in-situ metingen vergeleken. Deze methode is in WL | Delft Hydraulics (2003) voor de Maas beschreven. De benodigde tijdseries van in-situ metingen kunnen via [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl) voor vele locaties in Nederland worden opgevraagd. Het is aan te bevelen om gelijktijdig te onderzoeken of de beschikbaarheid van de gegevens bij regionale directies in kaart gebracht kan worden.

Het wordt aanbevolen om een definitiestudie uit te voeren naar de haalbaarheid van een automatische koppeling met meteorologische voorspellingsmodellen. De voorspellingshorizon is langer dan de 2 dagen die gebruikelijk is voor bijvoorbeeld hoogwatervoorspellingen bij Lobith en Eysden.

## 8 Referenties

Dirksen, 2002. *SOBEK Nationaal Model*. Memo 1 juli 2002.

HKV, 2001. *Nationaal Model*. Project 304.20.

HKV, 2002. *Nationaal SOBEK Model NL 2001-2*. Project 502.

Stortelder, B. J. M. 1996. Verspreiding koelwater: Evaluatie van modellering van koelwaterpluimen met behulp van CORMIX.

WL | Delft Hydraulics (2004, in prep). *SOBEK landelijk temperatuurmodel*. Rapportnr. Q3861 xx p. In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA. Dit rapport.

WL | Delft Hydraulics (2004). *Mogelijkheden voor het opzetten van een meetplan voor koelwaterlozingen – memo*. Projectnr. Q3472.16 10 p. In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.

WL | Delft Hydraulics (2003). *Temperatuurmodellering Maas*. Rapportnr. Q3527, 109 p. In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.

WL | Delft Hydraulics (2003b). *Warmtemodel Chemiehaven..* Rapportnr. Q3647, p. In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.

WL | Delft Hydraulics (2003c). *Warmtelozing in oppervlaktewater en uitwisseling met de atmosfeer: een inventarisatie van rekenmethodieken en modellen*. Rapportnr. Q3315, 101 p. In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.

WL | Delft Hydraulics (2002). *SOBEK landelijk waterkwaliteitsmodel*. Rapportnr. Q3317, 33 p. In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA.

WL | Delft Hydraulics (1995). *Technical Reference Manual Delwaq 4*.

## A Installatie en inhoud cd Landelijk Temperatuurmodel

Inhoud van de cd<sup>4</sup> “SOBEK River Landelijk Temperatuurmodel v.101, 6 december 2004”

### SOBEK-RE

D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\..

#### ..\fixed

Locatie van de constanten, meteo-functies en parameters (xy coördinaten segmenten) en definitie van extra uitvoer voor de waterkwaliteit.

functions.dwq output.dwq
-----------------------------

#### ..\Programs\Compute\Waq\Delwaq

delwaq1.exe delwaq2.exe proc_def.dat proc_def.def template.mwq
--

(programma delwaq1P.exe komt hiermee te vervallen)

#### ..\Model\Project.ini

runlstwq.ini
--------------

#### ..\Programs\vervang\*

vevang.exe replace.ini
---------------------------

#### ..\Programs\convert

parsen.exe parsen.ini parsen.nam parstxt.exe
---

#### ..\Programs\temp.bat\*

Deze “batch-file” neemt taken 6, 7 en 8 uit runlstwq.ini over. Let op de paden naar SOBEK moeten goed staan (afhankelijk van de plaats waar SOBEK River is geïnstalleerd).

Stuurfile SOBEK River waarmee de berekening onderbroken wordt zodat het programma vervang gegevens kan toevoegen. Deze file vervangt de bestaande in de SOBEK directory!

Zorg ervoor dat de paden goed staan (afhankelijk van de plaats waar SOBEK River is geïnstalleerd). Zie ook ..\programs\temp.bat.

---

<sup>4</sup> de met een ‘\*’ gemarkeerde programma’s vormen geen onderdeel van de officiële oplevering van deze studie. Deze programma’s zijn hulpmiddelen die WL/Delft Hydraulics gebruikt heeft bij het uitvoeren van deze studie. De code van de programma’s wordt ter beschikking gesteld maar het gebruik ervan is de verantwoording van de gebruiker.

**..\3**

Basisberekening. Een halfjaar som (april-september) met gemiddeld debiet.

**..\4** scenario en

**..\1:** Laag debiet scenario

### Lozingen

- Aanleveren lozingen voor SOBEK River.doc
- input nationaal temperatuurmodel.xls

**..\Kaartlaag 2**

kaart.apr	snelwegenshp.dbf	waqlijn.dbf
knopen.dbf	snelwegenshp.sbn	waqlijn.sbn
knopen.sbn	snelwegenshp.sbx	waqlijn.sbx
knopen.sbx	snelwegenshp.shp	waqlijn.shp
knopen.shp	snelwegenshp.shx	waqlijn.shx
knopen.shx	steden.dbf	warmtelozingen.dbf
provincies.dbf	steden.sbn	warmtelozingen.sbn
provincies.sbn	steden.sbx	warmtelozingen.sbx
provincies.sbx	steden.shp	warmtelozingen.shp
provincies.shp	steden.shx	warmtelozingen.shx
provincies.shx	taklijn.dbf	water.dbf
seglim.dbf	taklijn.sbn	water.sbn
seglim.sbn	taklijn.sbx	water.sbx
seglim.sbx	taklijn.shp	water.shp
seglim.shp	taklijn.shx	water.shx
seglim.shx		

### Hulp-programma's

**..\mapper 423**

Setup voor het geografisch presentatie programma Mapper, versie 4.23

**..\randen\***

Setup en stuurfiles voor het programma SobRivBND dat randvoorwaarden aan kan maken buiten het UI van SOBEK River om. Het programma manipuleert de modeldatabase.

boundaries.lst
laterals.lst
loads.lst
SobRivBND.exe
SobRivBnd.ini

**..\SobRiv2Map\***

Setup en stuurfiles voor het programma SobRiv2Map.exe dat gis-bestanden etc. aanmaakt voor een SOBEK River model (case).

**..\vervang\***

Setup en ini-bestand van het programma dat gebruikt wordt om tijdsafhankelijke informatie buiten het UI om aan Delwaq toe te voegen.

SobRiv2Map.exe
SobRiv2Map.ini

## Rapportage

- Offerte Landelijk Temp Model.pdf
- Q3861 v4.doc
- SOBEK landelijk temperatuurmodel.pdf
- Opleverlijst cd

## INSTALLATIE instructies

De cd bevat geen echte installatie (setup), de files uit bovenstaande lijst moeten handmatig (wincmd, explorer) naar de SOBEK River directory gekopieerd worden.

1. kopieer alle files uit sobek-re\.. naar de juiste directories in de sobek river locatie op de bestemming locatie
2. Gebruik na het kopiëren van de modeldirectory (..\sobek-re\Model\natmod.sbk\..) de in het cmt de optie “update project”.
3. Speciale aandacht voor: temp.bat en runwqlst.ini (zet pad van SoberRe goed).
4. Controleer bij het draaien van de waterkwaliteit of het programma “replace” niet crasht (de simulatie blijft dan hangen na het berekenen van de hydrodynamica). Als de crash optreedt breek dan de simulatie dan af en draai de setup voor het replace programma (te vinden in ..\hulp\vervang\setup\setup.exe). Installeer de replace.exe in ..programs\vervang\.
5. Voor het bekijken van de resultaten moet Mapper worden geïnstalleerd . Draai daartoe ..\hulp\mapper 423\ setup.exe
6. Om de hulp programma’s SobRiv2Map en SobRivBND te gebruiken moeten deze eerst gecompileerd en geïnstalleerd worden. De setups’ staan in ..\hulp\randen\setup\ en hulp\sobriv2map\setup\ . De aanroep altijd met volledig pad voor zowel de .exe als de .ini file, bv.  
D:\sobek-re\Model\Natmod.sbk\mapper\SobRiv2Map.exe D:\sobek-re\Model\Natmod.sbk\mapper\SobRiv2Map.ini  
D:\sobek-re\Model\Natmod.sbk\randvw\SobRivBND.exe D:\sobek-re\Model\Natmod.sbk\randvw\SobRivBnd.ini
7. Zorg voor een juiste licentie file om waterkwaliteit te kunnen draaien

## B Het programma SobRivMap

**Dit programma is gebruikt voor het genereren van kaartlagen voor het model dat in deze studie is gebruikt. Het is geen generiek tool dat als zodanig is ontwikkeld en getest. Het vormt daarom ook géén onderdeel van de officiële oplevering van deze studie. De code van het tool is bijgeleverd en het gebruik ervan is de verantwoording van de gebruiker!**

### Inleiding

Ten behoeve van het presenteren van de uitvoer van SOBEK-RE in de vorm van kaarten, moet een afbeelding van de locaties in de uitvoerfile op een kaart worden aangemaakt. Dat moet in eerste instantie voor:

- WAQ uitvoer (sobekwq.map)

De afbeelding moet worden aangemaakt als een tabel van:

- Id in uitvoerfile;
- X1,Y1 beginpunt lijnstuk;
- X2,Y2 eindpunt lijnstuk.

Merk op: sobekwq.map heeft geen id's. Daar staan alle segmenten gewoon op volgorde van segmentnummer in.

### Definitie van termen

Knoop	Beginpunt/eindpunt van een tak, op 1 knoop kunnen meerdere takken samenkomen (1,2,3,4, ... etc.). Knooppunten hebben een (x,y)
Tak	Lijnvormig schematisatieelement tussen twee knopen, met een oriëntatie (van beginnaar eindknoop)
Taklengte	De lengte van een tak is door de gebruiker gegeven, en is niet per definitie gelijk aan de afstand tussen de begin- en de eindknoop.
Positie in het netwerk	Gegeven als een tak en een afstand op die tak
Segment	Controlevolume voor WAQ, 1 of meer (delen van) takken die op elkaar aansluiten
Segmentlimiet	Scheidingsvlak ergens in het netwerk tussen twee aangrenzende segmenten
Gridpunt	Rekenpunt van FLOW (ergens in het netwerk) waarop een waterstand en een debiet worden uitgerekend. Een knoop is alleen maar een verbindingspunt van takken. Het is niet een gridpunt. Elke tak die op een knoop aansluit heeft op het aansluitpunt een eigen gridpunt.
Naam en id	Alle in SOBEK gedefinieerde objecten hebben een id (veld <i>id</i> ) en een naam (veld <i>nm</i> ). Meestal ziet de gebruiker in het UI alleen de naam, het id is voor intern gebruik door SOBEK-RE.



## Definitie van tabellen en velden

Tabel	Veld	Omschrijving
Lijst van gridpunten, gegeven als <i>Taknaam_afstand</i>	nvt	In te lezen uit de locatielijst van flowmap.his.
NODE (deftop.1), lijst van knopen	id nm px py	id naam x-coördinaat y-coördinaat
BRCH (deftop.1), lijst van takken	id nm bn en al	id naam beginknoop id eindknoop id lengte
SGMT (defgrd.2), lijst van segmenten	id nm uo	id naam ("Segment i") parallele segmenten nee (0) of ja (1)
SGLM (defgrd.3), lijst van segmentlimieten	id ci lc sg	id tak id afstand op tak 2 id's van segmenten boven en beneden de limiet

## Algoritme voor het WAQ model

1. Voeg een volgnummer toe aan de regels in de segmenttabel.
2. Bepaal het segmentnummer door het woord "segment" uit het veld nm van de segmenttabel weg te halen. Controleer of dit nummer gelijk is aan het eerder genoemde volgnummer. Zo nee, dan moeten we controleren welk van de twee nu het volgnummer in sobekwq.map geeft.
3. Sorteer de lijst van segmentlimieten j naar tak, en vervolgens naar afstand op de tak (afstand  $\emptyset$ ).
4. Zoek de id's van de beginknoop en de eindknoop van de tak.
5. Zoek de (xb,yb) van de beginknoop en de (xe,ye) van de eindknoop.
6. Bepaal de xj,yj van de segmentlimiet:

$$X_j = x_b + \frac{\xi_j}{al} \times (x_e - x_b)$$

$$Y_j = y_b + \frac{\xi_j}{al} \times (y_e - y_b)$$

Nu hebben we een tabel per segmentlimiet met de takid, de afstand en de coördinaten van het begin en het eindpunt van de tak, en het segment-id boven en beneden de limiet.

- Voor de eerste segmentlimiet op elke tak:
  - a) Definieer een lijntje voor het segment boven de limiet:
    - i) zoek de naam van het eerste segment id op: dit is het id in de uitvoerfile;
    - ii) beginpunt van het lijntje:  $X_1=x_b$ ,  $Y_1=y_b$ ,  $X_2=X_j$ ,  $Y_2=Y_j$
    - iii) dit lijntje mag alleen meedoen als de afstand  $\emptyset \neq 0$ , anders heeft het lengte 0.
  - b) Definieer een lijntje voor het segment beneden de limiet:
    - i) zoek de naam van het tweede segment id op: dit is het id in de uitvoerfile;
    - ii) beginpunt van het lijntje:  $X_1=X_j$ ,  $Y_1=Y_j$ ,

- iii)  $X2=X_{j+1}$ ,  $Y2=Y_{j+1}$ , behalve als het ook de laatste limiet op de tak is, dan is  $X2=x_e$ ,  $Y2=y_e$ .
- iv) Dit lijntje mag alleen meedoen als de segmentlimiet niet de laatste is of, als het wel de laatste is, hij niet op het einde van de tak ligt.
- Voor elke volgende segmentlimiet op elke tak:
  - c) Definieer een lijntje voor het segment beneden de limiet:
    - i) zoek de naam van het tweede segment id op: dit is het id in de uitvoerfile;
    - ii) beginpunt van het lijntje:  $X1=X_j$ ,  $Y1=Y_j$ ,
    - iii)  $X2=X_{j+1}$ ,  $Y2=Y_{j+1}$ , behalve als het de laatste limiet op de tak is, dan is  $X2=x_e$ ,  $Y2=y_e$ .
    - iv) Dit lijntje mag alleen meedoen als de segmentlimiet niet de laatste is of, als het wel de laatste is, hij niet op het einde van de tak ligt.

N.B.

Het zou kunnen dat er meerdere lijntjes per segment zijn, als segmenten van WAQ over knooppunten heen vallen.

N.B.

Dit hele verhaal houdt geen rekening met de aanwezigheid van parallelle segmenten (“uo 1” in de segmenttabel).

## Implementatie

*Executable:* SobekRiv2Map.exe  
*Aanroep:* SobekRiv2Map.exe \*.ini

De routine genereert bna-files voor de knopen en segment limieten:

- knopen.bna;
- seglim.bna;
- takken (als lijststuk voor Arc View en als polygon voor Mapper);
- waqgrid met diverse “diktes” van de segmenten, in de voorbeeld ini-file variërend van 10 tot 500m;
- debug file met informatie over evt. problemen;
- een file DelwaqLozSeg2Tak.txt waarin de relatie tussen het DELWAQ segment en de takken (id en afstand) wordt gelegd. Deze file is invoer voor module SobRivBnd.exe (zie bijlage C);
- een file parameters.inp waarin voor het DELWAQ segment de xy-coördinaat van het middelpunt van het segment is gegeven (invoer voor de routine METEO, zie bijlage C).

*Voorbeeld ini-file:*

```
[Sobek]
SobekTopFile=D:\sobek-re\model\NATMOD.SBK\11\DEFTOP.1
SobekSegmentsFile=D:\sobek-re\model\NATMOD.SBK\11\DEFGRD.2
SobekSegLimitsFile=D:\sobek-re\model\NATMOD.SBK\11\DEFGRD.3

[Files]
DebugFile=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\log.dbg
Knopen=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\Knopen.bna
DelwaqLozLocs=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\DelwaqLozSeg2Tak.txt
SegLim=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\SegLim.bna
DelwaqSegXY=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\Parameters.inp
```

```
NoWaqBNA=4
WaqGrid1=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\WaqGrid1.bna
WaqGrid2=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\WaqGrid2.bna
WaqGrid3=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\WaqGrid3.bna
WaqGrid4=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\WaqGrid4.bna
WaqGrid5=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\WaqLijn.bna
WaqDX1=10
WaqDX2=50
WaqDX3=200
WaqDX4=500
WaqDX5=-999

NoTakBNA=4
TakBna1=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\TakPoly1.bna
TakBna2=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\TakPoly2.bna
TakBna3=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\TakPoly3.bna
TakBna4=D:\sobek-re\Model\NATMOD.SBK\mapper\TakLijn.bna
TakDX1=25
TakDX2=50
TakDX3=100
TakDX4=-999
```

## C Het programma SobRivBnd

**Dit programma is gebruikt voor het genereren van invoer voor het model dat in deze studie is gebruikt. Het is geen generiek tool dat als zodanig is ontwikkeld en getest. Het vormt daarom ook géén onderdeel van de officiële oplevering van deze studie. De code van het tool is bijgeleverd en het gebruik ervan is de verantwoording van de gebruiker!**

### Implementatie

*Executable:* SobekRivBND.exe  
*Aanroep:* SobekRivBND.exe \*.ini

De routine vergemakkelijkt het invoeren van nieuwe droge stof lozingen en het wijzigen van concentraties voor waterkwaliteitsstoffen op bestaande randen en laterale debieten. De module genereert de Sobek modeldatabase files:

- defcnd.1
- defcnd.3
- defcnd.4
- defcnd.5

```
[Sobek]
SobekTopFile=e:\test\DEFTOP.1
SobekBndTimeSeriesFile=e:\test\DEFCND.4
SobekDryWasteTimeSeriesFile=e:\test\DelwaqLozSeg2Tak.out
SobekBranchTimeSeriesFile=e:\test\DEFCND.3
SobekBnd=e:\test\DEFCND.1
SobekLoad=e:\test\defcnd.5

[Files]
BoundDef=e:\test\boundaries.lst
LoadDef=e:\test\loads.lst
Laterals=e:\test\laterals.lst
TijdFuncties=e:\test\tfunc.lst
DebugFile=e:\test\log.dbg

Output1=e:\test\DEFCND.4N
Output2=e:\test\DEFCND.5N
Output3=e:\test\DEFCND.3N
Output4=e:\test\DEFCND.1N

[Parameters]
Nopar=3
UIPar1=Continuity
UIPar2=natural temperature
UIPAR3=Water Temperature

DelwaqPar1=Continuity
DelwaqPar2=ModTemp
DelwaqPar3=NatTemp
```

## D Procesvergelijkingen ruimtelijk gedistribueerde meteorologie

Onderstaande tekst is onderdeel van de DELWAQ documentatie en is om die reden in het Engels (WL|Delft Hydraulics, 1995)

### Spatial averaged Meteorology process: meteor

*Chapter 10 (version 1), refers to routines meteor*

The process spatial averaged meteorology uses time functions from various meteorological stations and calculates the appropriate time function for each model segment of the water quality schematisation based on the distance of the segment to the surrounding meteorology stations. This process is an alternative to supplying the water quality model with externally prepared spatially distributed time functions.

The output of the process METEOR is used by the module that calculates natural temperature of surface waters, viz. HEATBAL, for which atmospheric conditions such as radiation, air temperature, air pressure etc. are required. METEOR is thus tuned to prepare those functions but may easily be extended or modified.

### Implementation

Process METEOR does not affect any substances.

Table I provides the definitions of the parameters occurring in the formulae.

### Formulae

For each water quality model segment (indexed as  $j$  below), the distance to the surrounding meteorological stations (indexed as  $i$  below) is calculated assuming metric coordinates for both:

$$\text{DIST}(i) = \text{SQRT} \left( (\text{XSEG} - \text{X}(i) \cdot \text{SCALE})^2 + (\text{YSEG} - \text{Y}(i) \cdot \text{SCALE})^2 \right)$$

$$\text{INVDIST}(i) = 1 / \text{DIST}(i)$$

$$\text{SUM} = \sum \text{INVDIST}(i) \text{ and}$$

$$\text{SUM2} = \sum (\text{INVDIST}(i) \times \text{INVDIST}(i))$$

There are 3 options of how to weigh the contribution of the meteorological stations for each segment in the schematisation, based on the calculation method (Switch):

*option 1 uses the nearest station*

$$\text{WeighFact}(i) = \min(\text{SUM})$$

*option 2 weighs the stations according to their inverse distance*

$$\text{WeighFact}(i) = \text{INVDIST}(i) / \text{SUM}$$

*option 3 weighs the stations according to their squared inverse distance*

$$\text{WeighFact}(i) = \text{INVDIST}(i) \times \text{INVDIST}(i) / \text{SUM}^2$$

The output of the METEO module consists of 7 parameters, mostly time functions, calculated from the surrounding meteorological using weighing factors:

$$P = \Sigma ( P_i \times \text{WeighFact}(i) )$$

$$q_{\text{SW}} = \Sigma ( q_{\text{SW}_i} \times \text{WeighFact}(i) )$$

$$SS = \Sigma ( SS_i \times \text{WeighFact}(i) )$$

$$T = \Sigma ( T_i \times \text{WeighFact}(i) )$$

$$V = \Sigma ( V_i \times \text{WeighFact}(i) )$$

$$W = \Sigma ( W_i \times \text{WeighFact}(i) )$$

$$r = \Sigma ( r_i \times \text{WeighFact}(i) )$$

## Input

The module accepts seven meteorological parameters listed in the Table 1.

Table I Definitions of the input parameters in the above equations for the process METEO.

Formula Name	Input Name	Definition	Unit	Default
P <sub>i</sub>	Patm <sub>i</sub>	air pressure measured at the i-th station	mbar	1000
q <sub>sw_i</sub>	RadSW <sub>i</sub>	short wave radiation (sum of direct and diffuse) reaching the water surface at the i-th station	W.m <sup>-2</sup>	-
r <sub>i</sub>	RelHumAir <sub>i</sub>	relative air humidity at the i-th station	%	-
SS <sub>i</sub>	SunFac <sub>i</sub>	percentage sunshine at the i-th station	%	-
T <sub>a_i</sub>	TempAir <sub>i</sub>	air temperature at the i-th station	°C	-
V <sub>i</sub>	WindDir <sub>i</sub>	wind direction measured at the i-th station	m.s <sup>-1</sup>	-
W <sub>m_i</sub>	VWind <sub>i</sub>	wind speed measured at a height of 'm' meters above surface at the i-th station	m.s <sup>-1</sup>	-
Xmet <sub>i</sub>	XMeteo <sub>i</sub>	x-coordinate of the i-th meteo station (in metric units)	m	-
Ymet <sub>i</sub>	YMeteo <sub>i</sub>	y-coordinate of the i-th meteo station (in metric units)	m	-
NoMeteoSta	NoMeteoSta	number of meteo stations in calculation (number lower then 5)	-	-
Switch	MeteoClcSW	switch for calculation option	-	1
Xseg <sub>j</sub>	XSeg	x-coordinate of the j-th delwaq segment (in metric units)	m	-
Xseg <sub>j</sub>	YSeg	y-coordinate of the j-th delwaq segment (in metric units)	m	-

## Output

Table II Definitions of the output parameters in the above equations for the process METEO.

<b>Formula Name</b>	<b>Input Name</b>	<b>Definition</b>	<b>Unit</b>
P	Patm	air pressure measured at the n-th model segment	mbar
$q_{sw}$	RadSW	short wave radiation (sum of direct and diffuse) reaching the water surface at the n-th model segment	$W.m^{-2}$
r	RelHumAir	relative air humidity at the n-th model segment	%
SS	SunFac	percentage sunshine at the n-th model segment	%
$T_a$	TempAir	air temperature at the n-th model segment	$^{\circ}C$
V	WindDir	wind direction measured at the n-th model segment	$m.s^{-1}$
$W_m$	VWind_i	wind speed measured at a height of 'm' meters above surface at the n-th model segment	$m.s^{-1}$

### Directives for use

The number of meteorological stations is five (5) at most. If valid data for less stations are available the parameter “NoMeteoSta” should be set accordingly. If only three (3) meteorological stations have valid data for the required parameters the user must ensure that data for those 3 stations are supplied to the model as the first three inputs (AirTemp\_1, AirTemp\_2 and AirTemp\_3 eg.) and that “ NoMeteoSta” equals 3 to ensure that data of the remaining 2 stations will not be used in the calculation.

### References

None.

## E Procesvergelijkingen temperatuur modules

De Engelstalige versie van onderstaande tekst is onderdeel van de DELWAQ documentatie (WL|Delft Hydraulics, 1995).

### E.1 Surplus Temperatuur proces TEMPER

Een afkoelingsmodel beschrijft op eenvoudige wijze hoe een verhoging van de watertemperatuur door afkoeling weer verdwijnt. Een afkoelingsmodel wordt ook wel surplus of excess temperatuurmodel genoemd. De drijvende kracht voor de afkoeling is het verschil tussen de actuele- en de evenwichtstemperatuur, het temperatuursurplus. Een afkoelingsmodel gaat ervan uit dat de evenwichtstemperatuur bekend is. Een afkoelingsmodel houdt géén volledige warmtebalans bij en kan de evenwichtstemperatuur derhalve niet berekenen. Voor evenwichtstemperatuur wordt een waarde opgelegd die soms ‘achtergronds-’ of ‘natuurlijke achtergronds-’ temperatuur genoemd wordt. Deze waarde kan uit metingen (desnoods op basis van luchttemperatuur) worden afleid. De evenwichtstemperatuur  $T_e$  is in afkoelingsmodellen een invoergegeven (NatTemp in SOBEK bij gebruik van SwitchTemp = 1). Het proces HEATBAL kan deze NatTemp wél berekenen.

Het zelfkoelingsgetal,  $Z$  ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{°C}^{-1}$ ) legt het verband tussen de warmteafgifte,  $W$  ( $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) en het temperatuursurplus ( $\theta$ ):

$$q_t = -Z \times \theta = -Z(T_w - T_e) \quad \text{vgl. 1}$$

Een afkoelingsmodel kan beschouwd worden als een deel-model van een warmtebalansmodel waarin alleen de som van de balanstermen die met afkoeling te maken hebben beschouwd worden. De sterk versimpelde warmtebalans heeft dan een eenvoudige analytische oplossing, die luidt:

$$\theta = \theta_0 \cdot \exp\left(\frac{-Z \cdot t}{H \cdot \rho_w \cdot c_{pw}}\right) \quad \text{vgl. 2}$$

Deze dynamische oplossing beschrijft hoe het oorspronkelijke temperatuursurplus ( $\theta_0$ ) in de tijd exponentieel afneemt tot nul, daarbij spelen naast de tijd ( $t$ ) en het zelfkoelingsgetal,  $Z$  ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{°C}^{-1}$ ) ook de waterdiepte,  $H$  (m), de dichtheid ( $\rho_w$ ) en de warmtecapaciteit ( $c_{pw}$ ) van het water een rol. Het warmte surplus is een invoergegeven (ModTemp in SOBEK bij gebruik van SwitchTemp = 1).

Het zelfkoelingsgetal moet empirisch vastgesteld of afgeleid worden. In Nederland kan onder gemiddelde meteorologische condities (windsnelheid en luchtvochtigheid) uitgegaan worden van een bereik tussen 20 en 45  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{°C}^{-1}$  ('s zomers tussen 30-45  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{°C}^{-1}$ ).

Sweers (1976) leidt de volgende analytische vergelijking voor  $Z$  af:



$$Z = (4.48 + 0.49T_w) + F(W) \times (1.12 + 0.018T_s + 0.00158T_s^2)$$

vgl. 3

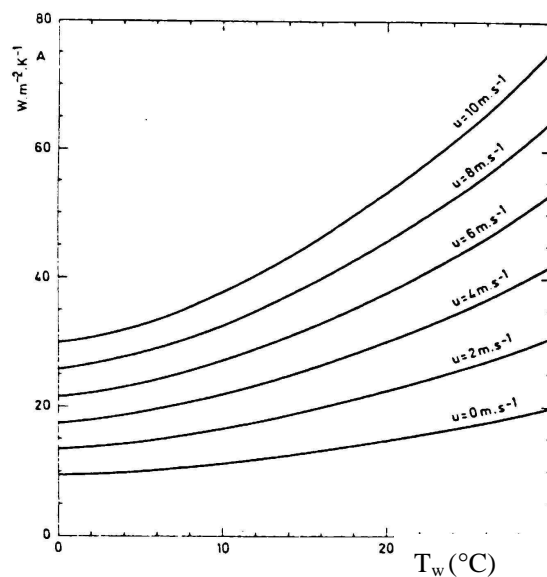
Grafisch is deze vergelijking in Figuur 1 weergegeven.

Het aantal windfuncties dat in de literatuur gevonden kan worden is erg groot. In SOBEK is een formulering geïmplementeerd die waarschijnlijk ontleend is aan WAQUA (Ludikhuizen, 1999), van de vorm:

$$F(W) = a + bW_a + cW_a^2$$

vgl. 4

Waarin  $a = 3.5$  en  $b = 2.05$ . De hoogte waarbij de wind gemeten moet worden is in dit geval 10m boven het wateroppervlak.



Figuur 1 Zelfkoelingsgetal als functie van de watertemperatuur voor verschillende windsnelheden volgens vgl. 30, Sweers (1976).

Tabel 1 Verklaring symbolen in afkoelingsproces.

Symbol	Eenheid	Beschrijving
$\rho_w$	$\text{kg.m}^{-3}$	dichtheid van water (bij 4°C)
$\theta$	°C	temperatuursurplus ( $T_e - T_w$ )
a	$\text{W.m}^{-2}.\text{mbar}^{-1}$	coëfficiënt in windfunctie F(W)
b	$\text{J.m}^{-3}.\text{mbar}^{-1}$	coëfficiënt in windfunctie F(W)
$c_{Pw}$	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$	soortelijke warmte van water
F(W)	$\text{W.m}^{-2}.\text{mbar}^{-1}$	windfunctie voor verdamping
$T_e$	°C	evenwichtstemperatuur van oppervlaktewater
$T_w$	°C	temperatuur van het oppervlaktewater gemeten enkele cm onder het lucht-water vlak
$W_a$	$\text{m.s}^{-1}$	windsnelheid gemeten op a meter boven het wateroppervlak
Z	$\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$	zelfkoelingsgetal

Onderstaande tekst is onderdeel van de DELWAQ-documentatie en is om die reden in het Engels (WL | Delft Hydraulics, 1995)

## E.2 Natuurlijke temperatuur proces: HEATBAL

The temperature module calculates the temperature of the surface water as a result of atmospheric conditions (radiation, evaporation, conduction etc.). Temperature changes caused by discharges of heat are taken explicitly into account. The user may specify the heat discharge in energy per time unit ( $q_{ds}$ ). Transport phenomena (including discharge of heated water) are not discussed here because they are calculated by the transport model directly (SOBEK or DELFT3D). The heat exchange between water and the environment, such as the atmosphere and river bed, is schematised as depicted in Figure 1. The total heat flux for surface water is:

$$q_t = q_{sn} + q_{an} - q_{br} + q_L + q_{sg} + q_{rb} + q_{dis}$$

Changes in the water temperature ( $T_w$ ) of a waterlayer ( $\Delta z$ ) as a consequence of the total heat flux  $q_t$  ( $W.m^{-2}$ ) can be calculated using the specific heat capacity definition:

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} = \frac{q_t}{\rho_w c_p \Delta z}$$

where  $\rho_w$  is the water density ( $kg.m^{-3}$ ) and  $c_p$  the specific heat capacity (average value for water between 5 en 30°C equals  $4195 J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ ).

### Implementation

Process HEATBAL exists next to the process TEMPER. The latter calculates the lumped loss or gain of water temperature to or from the atmosphere. The present process calculates the full heat balance across the water-atmosphere interface.

In the present version of the temperature module the heat exchange with the riverbed is not implemented.

The processes have been implemented for the following substance:

- NATTEMP

Tables I provides the definitions of the parameters occurring in the formulae.

### Formulation

The six heat exchange fluxes are reported here.

### 1. Short wave Solar radiation, $q_{sn}$

$$q_{sn} = (1 - \alpha_{swR}) \times q_{sw} \quad \text{eq. 1}$$

$q_{sn}$	=	non reflected (net) short wave radiation (sum of direct and diffuse) reaching the water	$\text{W.m}^{-2}$
$q_{sw}$	=	short wave radiation (sum of direct and diffuse) reaching the water surface	$\text{W.m}^{-2}$
$\alpha_{swR}$	=	reflection factor for short wave radiation at surface water	-

### 2. Long wave Atmospheric radiation. $q_{an}$

$$q_{an} = (1 - \alpha_{aR}) \times q_a \quad \text{eq. 2a}$$

$$q_a = \varepsilon \times \sigma \times (T_a + 273.15)^4 \quad \text{eq. 2b}$$

for option 1 (Brunt, 1932):

$$\varepsilon = (0.51 + 0.066\sqrt{p_a}) \cdot (1 + 0.17B^2) \quad \text{eq. 2c-1}$$

for option 2 (modification of option 1 after Edinger, 1965 and Koberg, 1962)

$$\varepsilon = 1.1 \times C + 0.030\sqrt{p_a} \quad \text{eq. 2c-2}$$

formulation for C (Brunt Coefficient) not yet implemented.

for option 3 (Edinger, 1965):

$$\varepsilon = 0.74 \times (1 + 0.17B) + 0.0045 \times (1 - 0.4B) \times p_a \quad \text{eq. 2c-3}$$

for option 4<sup>5</sup> (Ludikhuizen, 1994 as in WAQUA):

$$q_a = (218 + 6.3T_a) \times (1.0 + 0.17B^2) \quad \text{eq. 2c-4}$$

the vapour pressure,  $p_a$  of air is usually calculated from the saturated vapour pressure,  $p_{sa}$  and the relative humidity,  $r$ :

$$p_a = r \times p_{sa} \quad \text{eq. 2d}$$

where the equation by Sweers (1976) is commonly used to obtain the saturated vapour pressure of the air:

<sup>5</sup> note that this formula is not recommended since it is a linearised equation only valid for water temperatures around 15°C.

$$p_{sa} = 6.131 + 0.467T_a + 0.00898T_a^2 + 0.000527T_a^3 \quad \text{eq. 2e}$$

$$B = \frac{100 - \%Z}{100} \quad \text{eq. 2f}$$

$q_{an}$	=	non reflected (net) atmospheric radiation (long wave) reaching the water	$\text{W.m}^{-2}$
$q_a$	=	long wave atmospheric radiation reaching the water surface	$\text{W.m}^{-2}$
$\alpha_{aR}$	=	reflection factor for long wave atmospheric radiation at surface water	-
$\varepsilon$	=	emissivity (colour factor) for the atmosphere	-
$\sigma$	=	Stefan-Boltzman constant	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$
$T_a$	=	air temperature	$^{\circ}\text{C}$
$r$	=	relative air humidity	%
$p_a$	=	actual vapour pressure in air	mbar
$p_{sa}$	=	saturated vapour pressure in air	mbar
$B$	=	cloud coverage fraction	-
$SW_{xx}$	=	switch for calculation of emissivity	-

### 3. Long wave back radiation from water, $q_{br}$

$$q_{br} = \varepsilon_w \times \sigma \times (T_w + 273.15)^4 \quad \text{eq. 3}$$

$q_{br}$	=	long wave back radiation from surface water	$\text{W.m}^{-2}$
$\varepsilon_w$	=	emissivity (colour factor) of surface water	-
$\sigma$	=	Stefan-Boltzman constant	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$
$T_a$	=	surface water temperature	$^{\circ}\text{C}$

### 4. Latent heat (evaporation or condensation), $q_L$

$$q_L = \rho_w \times L_e \times E \quad \text{eq. 4}^{\circ}$$

$$E = f(W_a) \times (p_{sw} - p_a) \quad \text{eq. 4c}$$

$$L_e = 2.5 \times 10^6 - 2300 \times T_w \quad \text{eq. 4b}$$

$$f(W_a) = \frac{F(W_a)}{\rho(T_{refwind}) \times L_e(T_{refwind})} \quad \text{eq. 4d}$$

$$F(W_a) = c_1 + c_2 W_a + c_3 W_a^2 \quad \text{eq. 4e}$$

$$W_a = W \frac{\log(a/k)}{m \log(m/k)} \quad \text{eq. 4f}$$

$$\rho_w = \rho_0 (1 - 7.17 \times 10^{-6} (T_w - 4)^2) \quad \text{eq. 4g}$$

$q_L$	=	latent (non sensible) heat flux by evaporation (-) or condensation (+)	$\text{W.m}^{-2}$
$\rho_w$	=	density of surface water	$\text{kg.m}^{-3}$
$\rho_0$	=	density of surface water at 4 °C	$\text{kg.m}^{-3}$
$L_e$	=	heat of evaporation	$\text{J.kg}^{-1}$
$E$	=	evaporation rate	$\text{m.s}^{-1}$
$p_a$	=	actual vapour pressure in air	mbar
$r$	=	relative air humidity	%
$p_{sa}$	=	saturated vapour pressure in air	mbar
$p_{sw}$	=	saturated vapour pressure of air at water-air interface, calculated from water temperature, $T_w$	mbar
$T_a$	=	air temperature	°C
$T_w$	=	water temperature	°C
$f(W_a)$	=	wind function for evaporation	$\text{m.s}^{-1}.\text{mbar}^{-1}$
$F(W_a)$	=	wind function for evaporation, including $L_e$ and $\rho_w$ as commonly found in literature	$\text{W.m}^{-2}.\text{mbar}^{-1}$
$c1$	=	parameter in wind function in $F(W_a)$	$\text{W.m}^{-2}.\text{mbar}^{-1}$
$c2$	=	parameter in wind function in $F(W_a)$	$\text{J.m}^{-3}.\text{mbar}^{-1}$
$c3$	=	parameter in wind function in $F(W_a)$	$\text{J.s.m}^{-4}.\text{mbar}^{-1}$
$W_m$	=	wind speed measured at a height of 'm' meters above surface	$\text{m.s}^{-1}$
$T_{\text{refwind}}$	=	temperature at which wind function ( $F(W_a)$ ) is defined, usually 15°C	°C
$W_a$	=	wind speed in $F(W_a)$ at a height of 'a' meters above surface	$\text{m.s}^{-1}$
$k$	=	roughness coefficient used to calculate logarithmic wind profile near surface	m
$a$	=	height at which wind speed must be measured according to $F(W_a)$ definition	m
$m$	=	height at which the wind speed is actually measured	m

### 5. Convective heat, $q_{SG}$

$$q_{SG} = R \times q_L \quad \text{eq. 5a}$$

$$R = \beta \cdot \frac{(T_w - T_a)}{(p_{sw} - p_a)} \quad \text{eq. 5b}$$

$$\beta = \frac{c_{Pa} \times P}{0.62 \times L_e} \quad \text{eq. 5c}$$

$$p_{sw} = 6.131 + 0.467T_w + 0.00898T_w^2 + 0.000527T_w^3 \quad \text{eq. 5d}$$

$q_{SG}$	=	sensible heat of conduction	$\text{W.m}^{-2}$
$q_L$	=	latent (non sensible) heat flux by evaporation (-) or condensation (+)	$\text{W.m}^{-2}$
R		Bowens ratio	-
$\beta$		Bowens constant	$\text{mbar.}^\circ\text{C}^{-1}$
$T_a$	=	air temperature	$^\circ\text{C}$
$T_w$	=	water temperature	$^\circ\text{C}$
$p_a$	=	actual vapour pressure in air (from eq. 2e)	mbar
$p_{sw}$	=	saturated vapour pressure of air at water-air interface, calculated from water temperature, $T_w$	mbar
$L_e$	=	heat of evaporation	$\text{J.kg}^{-1}$
P	=	air pressure	mbar
$c_{Pa}$	=	specific heat capacity of air	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

### 6. Convective heat to river bed, $q_{Sb}$

Not implemented yet.

### 7. Discharge of heat or power, $Q_{dis}$

$$Q_{dis} = \frac{L_{Heat}}{Area} \quad \text{eq. 7}$$

$L_{Heat}$	=	heat or power discharged in to surface water (without specification of the accompanying flow or temperature of discharge)	W
Area	=	surface area of the model segment receiving the power discharge	$\text{m}^2$
$q_{dis}$	=	heat flux caused by the discharge	$\text{W.m}^{-2}$

## Directives for use

### ad q<sub>sn</sub>

Meteorological institutes normally have data on short wave radiation,  $q_{sw}$ . The Dutch meteorological institute reports the 24-hour sum of global radiation in  $J.cm^2$ . These values may be multiplied with 0.1157 to obtain the prescribed unit which is  $W.m^{-2}$  ( $1 J.cm^{-2} = 1 W.s.cm^{-2} = 10000/86400 W.day.m^{-2} = 0.1157 W.d.m^{-2}$ ).

If not measured there are several alternative methods available for the calculation of  $q_{sw}$ . Measured values are preferred however.

### ad q<sub>an</sub>

Percentage of sunshine (%Z) may be calculated from the cloud coverage fraction (B) from  $\%Z = 100 \times B - 100$ .

### ad q<sub>L</sub>

Wind functions ( $F(W_a)$ ) found in literature include the effect of evaporation ( $Le$ ) and water density ( $\rho_w$ ). Values for evaporation and water density are calculated for a reference temperature (mostly the average ambient water temperature set at 15°C) giving numerical values for  $Le$  and  $\rho_w$  of respectively 999.1  $kg.m^{-3}$  and  $2.46 \times 10^6 J.kg^{-1}$ . The module derives  $f(W_a)$  from  $F(W_a)$  using the reference temperature supplied by the user (default value 15°C).

### ad Q<sub>dis</sub>

Discharges can be fed to the model in do different ways: (1) as a load defining the discharge flow ( $m^3.s^{-1}$ ) and the temperature of the discharge water (°C) or (2) by defining the discharge in terms of power ( $W$ ). Option (1) goes through the load-definition section of the input file of the water quality model, option (2) through the process-library of the water quality model.

### effects of stratification

Whenever temperature stratification (warm water on top of cooler water) occurs, the 1D approach will calculate heat fluxes across the air-water interface based on a too low water temperature and thus underestimate the cooling capacity of the water.

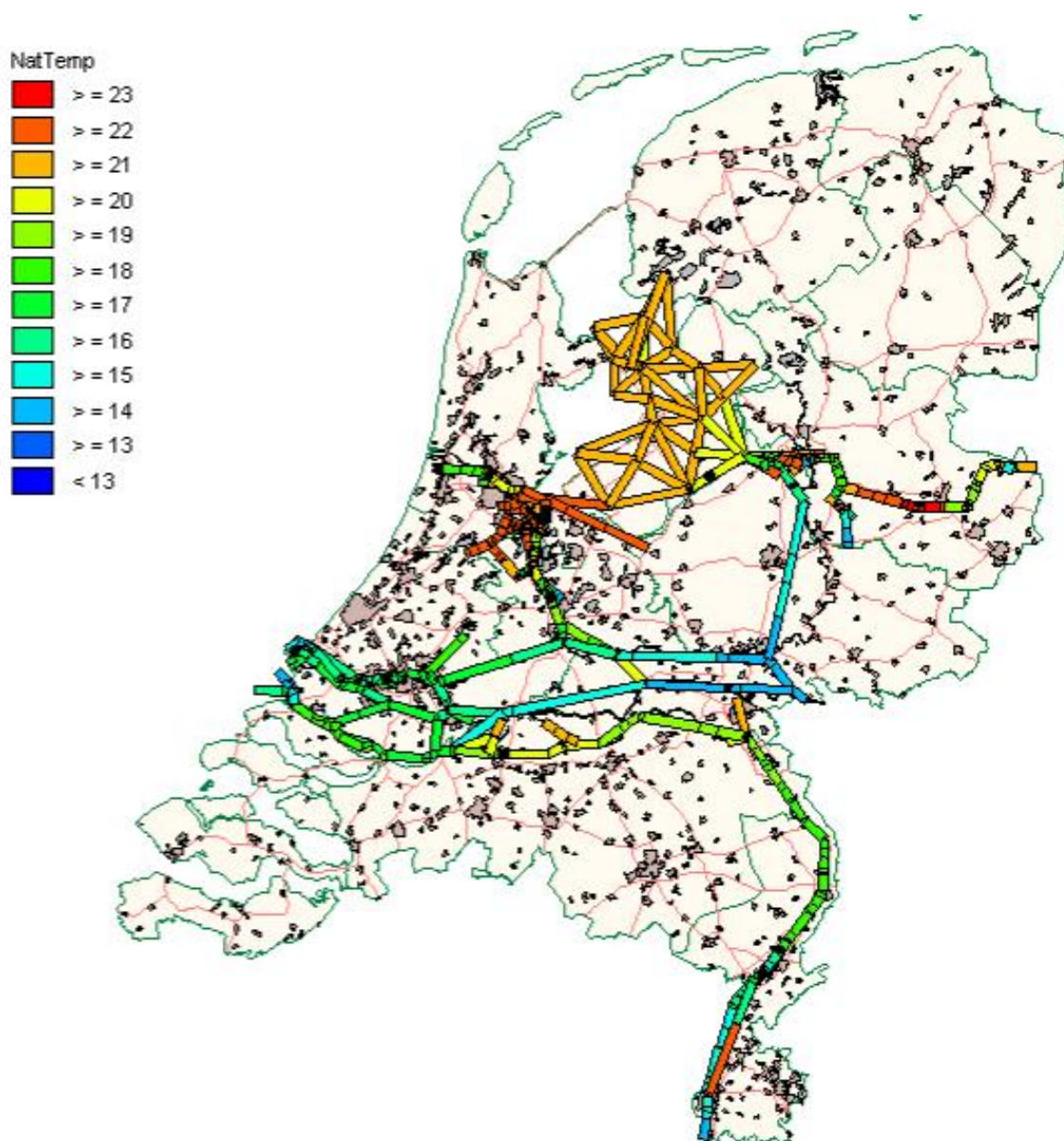
In case the area where the stratification persists and the deviation from column averaged water temperature is known (e.g. from detailed 2 or 3D modelling studies or measurements), it is possible to correct the “cooling” fluxes ( $q_{br}$ ,  $q_L$  and  $q_{sg}$ ) for this effect. The module may be extended with an additional –place dependent- input item that quantifies the temperature rise of the top-surface water layer. This so called “AddTemp” is then used in all formulations for the ”cooling” fluxes: in the equations  $T_w$  is replaced by  $(T_w + AddTemp)$ , thus boosting the cooling down of the average water temperature (TEMP) somewhat.

## References

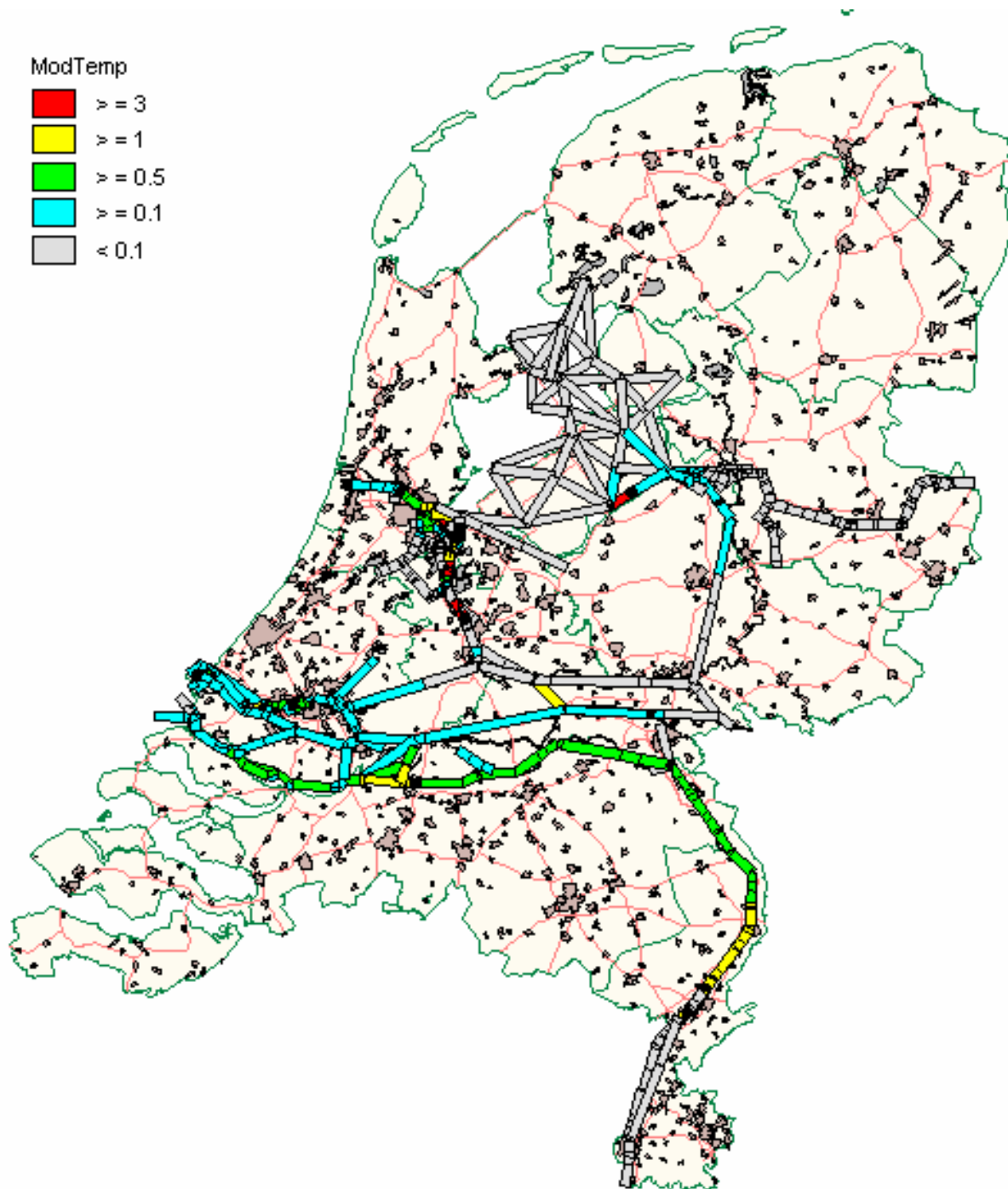
- Brunt, D. 1932. Notes on Radiation in the Atmosphere. Quarterly Journal of The Royal Meteorological Society, 389-418.
- Edinger, J. E. and Geyer, J. C. 1965. Heat exchange in the environment. Johns Hopkins University, Sanitary Engineering and Water Resources, 1965 (Jun.), Baltimore; 253 p.
- Ludikhuizen, D. 1996. Modelling natuurlijke temperatuur oppervlaktewater. RIZA.
- Sweers, H. E. 1976. A monogram to estimate the heat exchange coefficient at the air-water interface as a function of windspeed and temperature; a critical survey of some literature. J. of Hydrology, vol. 30, pp.



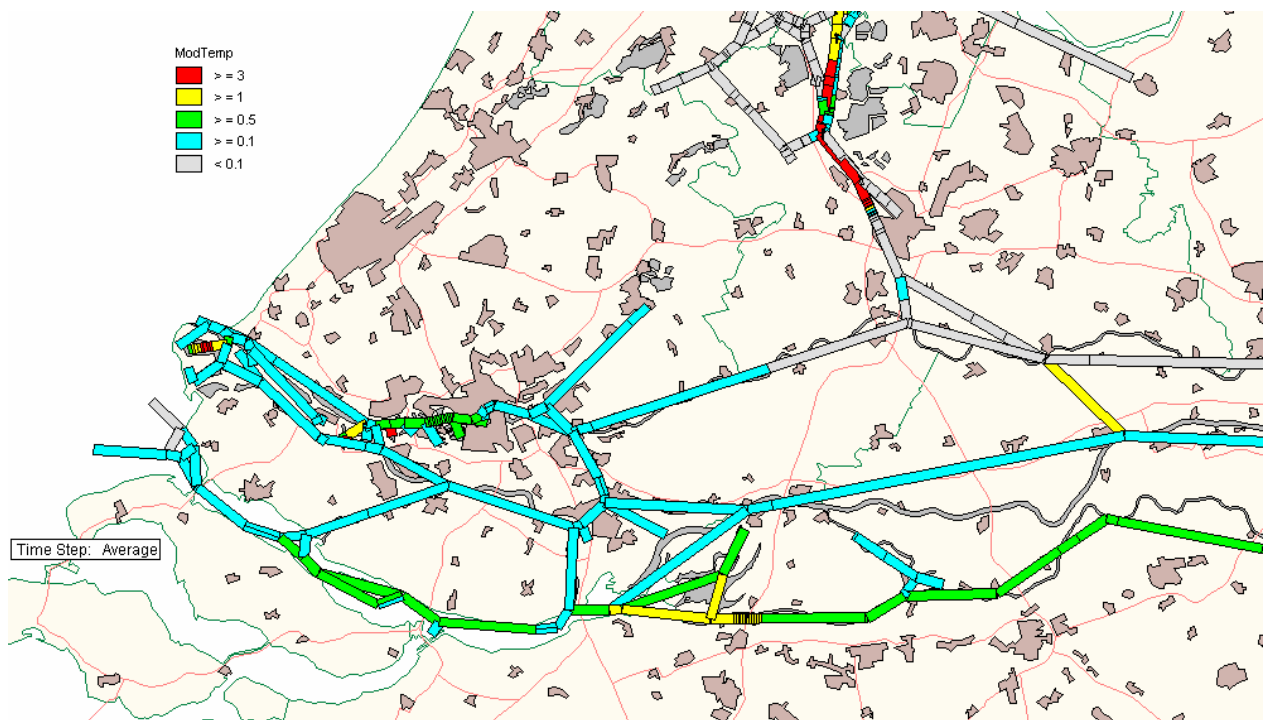
## F Figuren



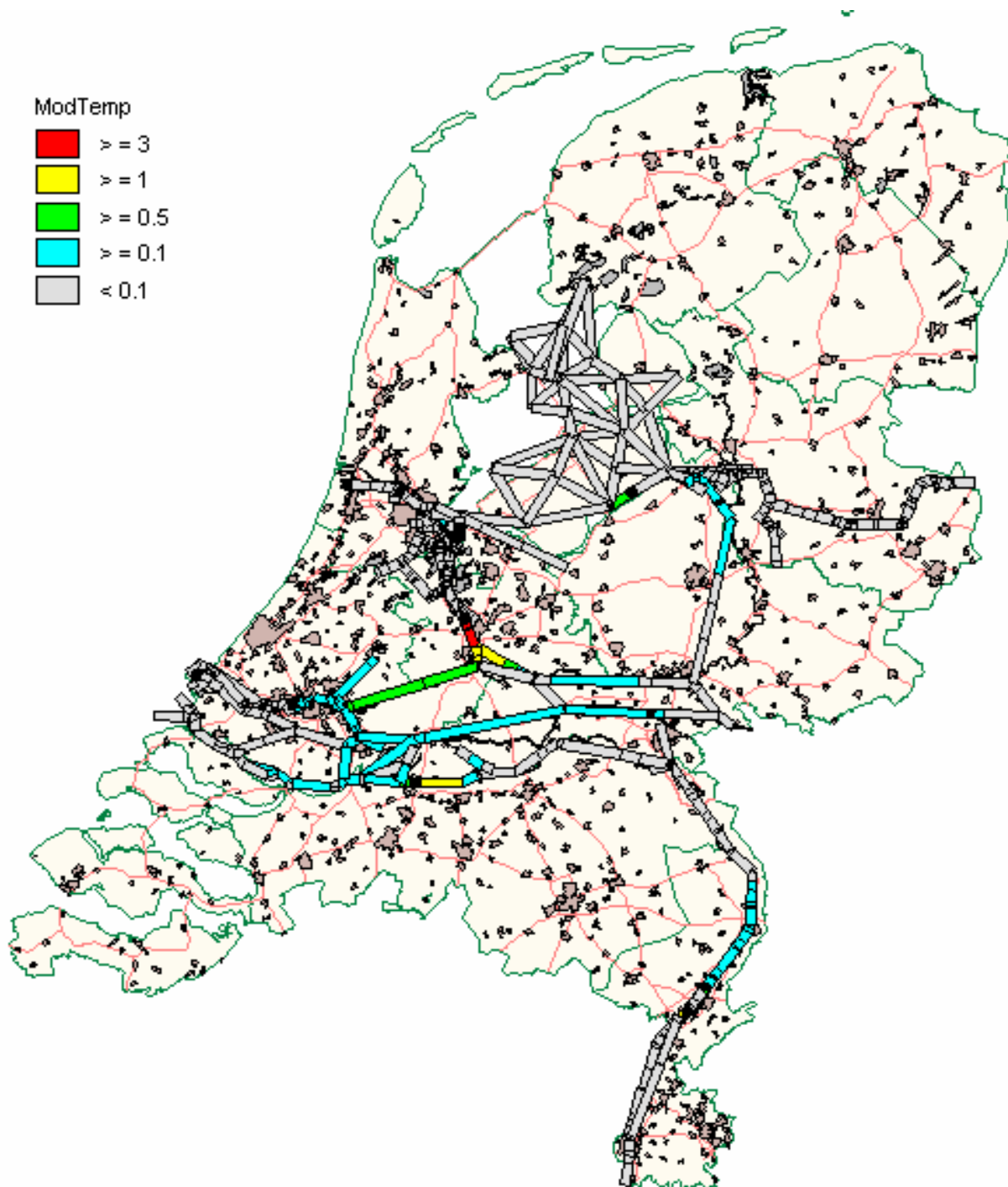
Figuur 4.1 Berekende natuurlijke temperatuur op 20 juni 2003. De Maas en Rijn zijn door een constante temperatuur op de rand (15 °C) te koud in vergelijking met de wateren die meer door de meteorologie worden beïnvloed.



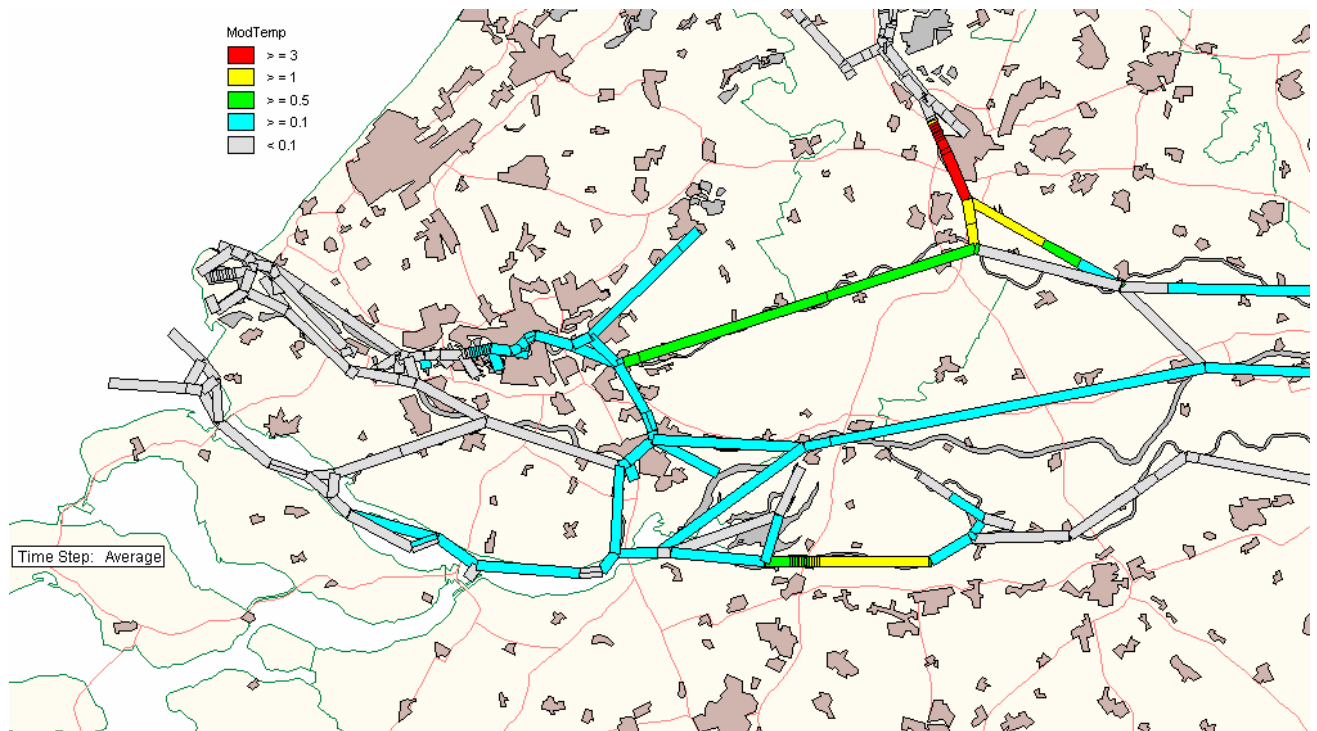
Figuur 4.3 Berekende surplustemperatuur als gevolg van warmtelozingen voor de gemiddelde situatie.



Figuur 4.3 Berekende surplus temperatuur als gevolg van warmtelozingen voor de gemiddelde situatie.



Figuur 4.4 Verschil tussen de berekende surplustemperatuur in de basisberekening (gemiddeld) en het scenario met laag Rijn- en Maasdebiet.



Figuur 4.4 Vershil tussen de berekende surplustemperatuur in de basisberekening (gemiddeld) en het scenario met laag Rijn- en Maasdebiet.