Klimaatverandering en Waterkwaliteit

Verslag startbijeenkomst 15 mei 2002

In opdracht van:
Rijkswaterstaat, RIZA

mei 2002
RA/02-556

RESOURCE ANALYSIS

Klimaatverandering en Waterkwaliteit

Verslag startbijeenkomst 15 mei 2002

In opdracht van:
Rijkswaterstaat, RIZA

RIZA

mei 2002
RA/02-556

Resource Analysis
Zuiderstraat 110
2611 SJ Delft
Nederland
Tel. +31 15 2191519
Fax +31 15 2124892
E-mail RA@resource.nl
www.resource.nl

document	Klimaatverandering en Waterkwaliteit - Verslag startbijeenkomst 15 mei 2002
versie	finaal
auteur(s)	Marieke de Groen
paraaf	
bestand	P:\Projecten\KLIKWA\5 Output\51 Rapporten\02-556-mdg verslag workshop KLIKWA 15-05-02_def.doc
pagina's	15, bijlagen: A-16, B-1, C-1
datum	juni 2002
screener	Harm Albert Zanting
paraaf	
datum	juni 2002

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Verkenning 1
1.2 De rapportage van de startbijeenkomst 1

2 Klimaatverandering, wat zijn de (on)zekerheden? 3

3 Stedelijk gebied 5
3.1 Oorzaak-gevolgrelaties 5
3.2 Autonome ontwikkelingen 5

4 Industrie en energieproductie 7
4.1 Oorzaak-gevolgrelaties 7
4.2 Autonome ontwikkelingen 7

5 Landbouw en landgebruik 9
5.1 Oorzaak-gevolgrelaties 9
5.2 Autonome ontwikkelingen 10

6 Watersystemen 11
6.1 Oorzaak-gevolgrelaties 11
6.2 Autonome ontwikkelingen 11

7 Conclusies, vervolg en afsluiting 13
7.1 Conclusies 13
7.2 Vervolgonderzoek – voor de hand liggende opties 14
7.3 Afsluiting van de dag 15

Bijlagen

A) Gevolgen per klimaatvariabele
B) Gevolgen per klimaatvariabele
C) Programma workshop
D) Deelnemerslijst

Lijst van figuren

Figuur 1-1 Variaties in de temperatuur van het aardoppervlak de afgelopen 140 jaar gemiddeld over de wereld 2
Figuur 1-2 Verandering in CO_2 concentratie in de afgelopen 1000 jaar 2
Figuur 1-3 Verschillende scena-rio's voor in CO_2 – emissies 2
Figuur 1-4 Verschillende scenario's voor veranderingen van de gemiddelde temperatuur in aan het aardoppervlak, gemiddeld over de wereld 2
Figuur 1-5 Verschillende scenario's voor zeespiegel-stijging, op wereldschaal 2

Lijst van tabellen

Tabel 2-1 Relaties stedelijk gebied 4
Tabel 3-1 Diverse relaties van klimaatvariabelen naar industrie en energieproductie 6
Tabel 4-1 Diverse relaties van klimaatvariabelen naar landbouw en eindgebruik 8
Tabel 6-1 Diverse relaties van klimaatvariabelen naar watersystemen 12

Lijst van figuren bij bijlagen

Figuur: A-1 CO_2 (concentratie) A-2
Figuur: A-2 Droge periodes (duur) A-3
Figuur: A-3 Extreme buien (dagbasis, hoeveelheid) A-4
Figuur: A-4 Groeiseizoen (lengte) A-5
Figuur: A-5 Instraling (gemiddelde hoeveelheid) A-6
Figuur: A-6 Luchtvochtigheid A-7
Figuur: A-7 Neerslag (gemiddelde mm/dag) A-8
Figuur: A-8 Regen (5 daags totalen) A-9
Figuur: A-9 Stormen (frequentie) A-10
Figuur: A-10 Temperatuur (jaargemiddelde) A-11
Figuur: A-11 Vorstdagen (aantal + laatste datum) A-12
Figuur: A-12 Winterafvoer grote rivieren (gemiddelde m^3/s) A-13
Figuur: A-13 Zeespiegel (niveau) A-14
Figuur: A-14 Zomerafvoer grote rivieren (gemiddelde m^3/s) A-15
Figuur: A-15 Zomerneerslagoverschot (gemiddelde mm/dag) A-16

1 Inleiding

1.1 Verkenning

Dit verslag presenteert de belangrijkste resultaten van de startbijeenkomst Klimaatverandering en Waterkwaliteit die 15 mei 2002 in restaurant "Op Weg naar Zee" te Nijkerk plaatsvond.

Het RIZA heeft het initiatief genomen voor een verkenning van de gevolgen van klimaatveranderingen op de waterkwaliteit van de Nederlandse binnenwateren. De resultaten van de verkenning zal het RIZA gebruiken om te beslissen of en zo ja, hoe de invloed van klimaatveranderingen op waterkwaliteit verder onderzocht dient te worden. De startbijeenkomst van deze verkenning had ongeveer veertig deelnemers die deskundig waren in klimaat, waterkwaliteit en/of een van de gebruiksfuncties van water. De verkenning zal voor het einde van 2002 beëindigd moeten zijn. De projectleider bij het RIZA, Henk Senhorst, gaf hierover uitleg bij aanvang van de dag.

Hoofdstuk 2 van dit verslag geeft een indruk van de inleiding over de te verwachten klimaatveranderingen en de onzekerheden daaromtrent, die Prof. dr. Günther Können van het KNMI verzorgde.

Het identificeren van de oorzaak-gevolgrelaties gebeurde in twee sessies (ochtend en middag) waarin vier groepen parallel werkten, ingedeeld naar onderwerp:

- stedelijk gebied — hoofdstuk 3
- industrie + energieproductie — hoofdstuk 4
- landbouw — hoofdstuk 5
- watersystemen — hoofdstuk 6

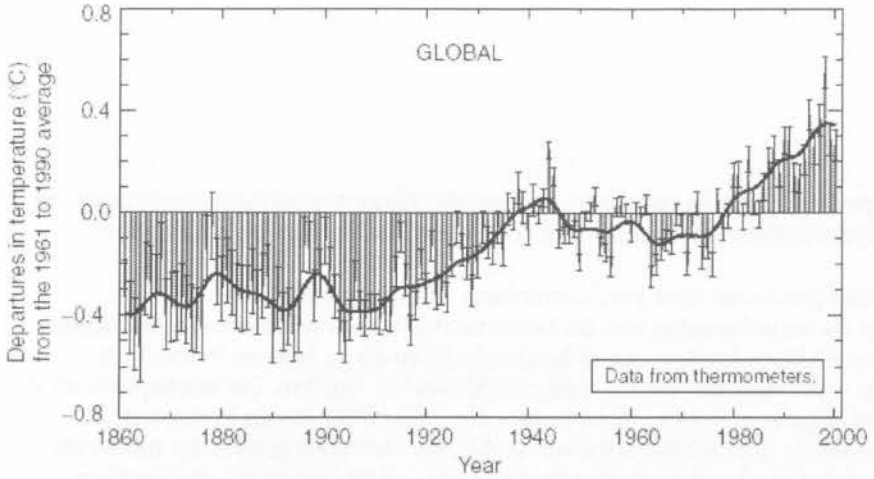
De ochtend- en de middagsessies werden afgesloten met korte plenaire discussies onder leiding van de dagvoorzitter Harm Albert Zanting van Resource Analysis (RA). Algemene conclusies en *highlights* tijdens deze plenaire sessies zijn opgenomen in hoofdstuk 7.

1.2 De rapportage van de startbijeenkomst

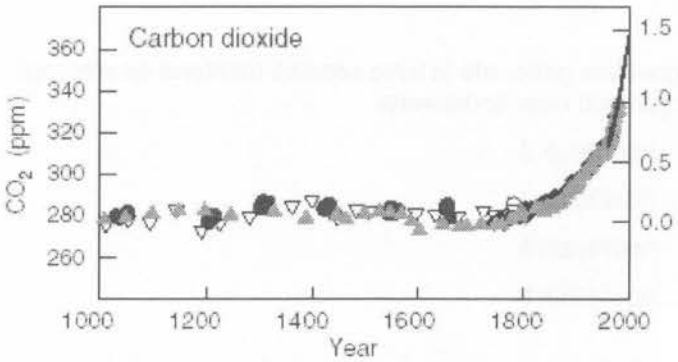
In dit papieren verslag, dat aan alle deelnemers wordt verstuurd, zijn alleen de belangrijkste relaties naar voren gehaald. In tabelvorm, en in figuurvorm in Bijlage A, zijn relaties tussen klimaatvariabelen en variabelen van de gebruiksfuncties en het watersysteem aangegeven. De tabellen bij de hoofdstukken 3 t/m 6 geven de door de groepen genoemde directe relaties weer. Door indirecte relaties kunnen ook verbanden ontstaan tussen klimaatvariabelen en gebruiksfuncties of het watersysteem, maar omwille van het overzicht zijn deze niet weergegeven.

Alle tijdens de dag genoemde oorzaak-gevolgrelaties zijn verwerkt in het door Resource Analysis ontwikkelde *Rapid Assessment Program* (RAP), dat bedoeld is om kwalitatieve systeemkennis in te brengen in beleidsprocessen. In het RAP-model zijn behalve directe relaties tussen klimaatvariabelen en waterkwaliteit, ook relaties verwerkt tussen variabelen van het watersysteem en van de verschillende gebruiksfuncties. Aan de opdrachtgever bij het RIZA is het volledige model opgeleverd. De figuren in Bijlage A geven een van de mogelijkheden van het RAP-model.

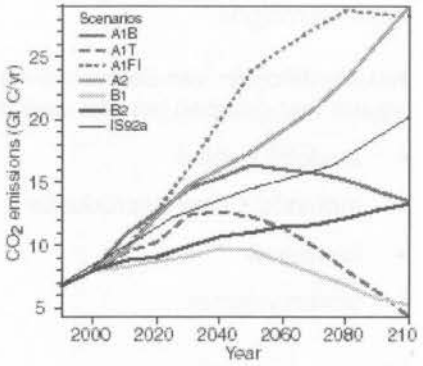
Het programma van de startbijeenkomst is bijgevoegd in bijlage B. De deelnemerslijst is bijgesloten in bijlage C.



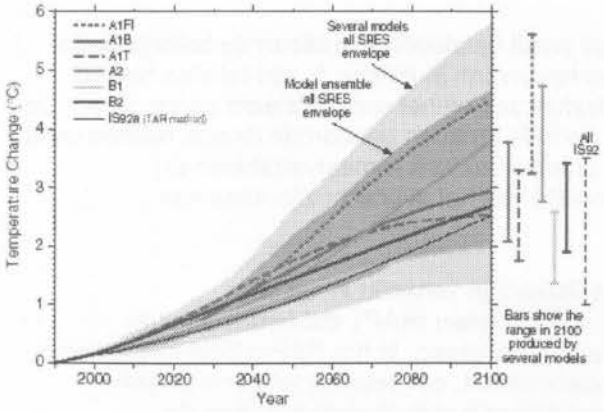
Figuur 1-1 Variaties in de temperatuur van het aardoppervlak de afgelopen 140 jaar gemiddeld over de wereld



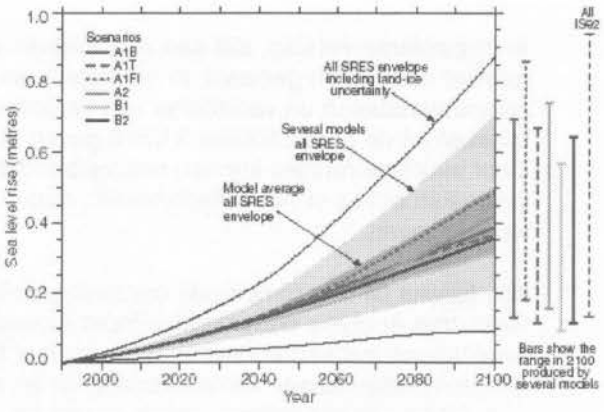
Figuur 1-2 Verandering in CO_2 concentratie in de afgelopen 1000 jaar



Figuur 1-3 Verschillende scenario's voor in CO_2 – emissies



Figuur 1-4 Verschillende scenario's voor veranderingen van de gemiddelde temperatuur in aan het aardoppervlak, gemiddeld over de wereld



Figuur 1-5 Verschillende scenario's voor zeespiegel-stijging, op wereldschaal

Deze figuren 1 tot en met 5 van de overheadsheets van Können komen uit *http://www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf*

2 Klimaatverandering, wat zijn de (on)zekerheden?

Prof. dr. Günther Können, hoofd van de afdeling Klimaatanalyse van het KNMI, lichtte in een beeldende inleiding toe dat het vrijwel zeker is dat er klimaatverandering plaatsvindt, maar dat er nog veel onzekerheid is over de grootte van deze klimaatveranderingen. Als er geen broeikaseffect zou zijn, dan zou het aan het aardoppervlak gemiddeld –18 °C zijn, in plaats van de gemiddeld 15 °C die het nu is. Zonder broeikaseffect zouden we dus continu in een ijstijd leven. In de afgelopen anderhalve eeuw is het effect echter toegenomen, doordat de CO_2 concentratie met 20% is gestegen, waarbij de mate van stijging steeds toenam. Dit heeft als gevolg gehad dat wereldgemiddelde temperatuur gedurende die anderhalve eeuw aan het aardoppervlak met 0.6 °C gestegen is (Figuur 1). De vraag is nu hoe deze trends zich gaan doorzetten en hoe zij het klimaat gaan beïnvloeden. Figuren 2 tot en met 5 geven voorbeelden van verschillende klimaatscenario's op wereldschaal, die ook afhangen van de ontwikkelingen in met name de CO_2 emissies. Voor 2100, ten opzichte van 2000, gaf de heer Können de volgende voorspellingen:

- wereld langjariggemiddelde temperatuur : + tussen 1,4 en 5,8 °C;
- wereld langjariggemiddelde neerslag : + 3%; de neerslagstijging is gerelateerd aan de temperatuurstijging
- zeespiegelrijzing (door uitzetten zeewater) : 15 - 80 cm.

De gevolgen voor wind en stormen zijn onduidelijk. Ook moeten beleidsmakers zich realiseren dat de regionale veranderingen (Europa, Nederland) zeer kunnen verschillen van de globale veranderingen en dat de regionale voorspellingen veel onzekerder zijn dan de globale voorspellingen. De gevolgen voor gemiddelden zullen anders zijn dan de gevolgen voor extreme situaties; zo is het mogelijk dat zowel extreme natte als extreem droge perioden vaker voor zullen komen. De voorspellingen voor neerslag in Nederland zijn:

	% per °C stijging temp.	% 2100 t.o.v. 200, meest waarschijnlijk (Δ2 °C)
jaargemiddeld	3	6
winter	6	12
zomer	1	2
langdurige winterneerslag	10	20
intense zomerbuien	10	20

Prof. Können noemde de verschillende scenario's plausibel, maar niet noodzakelijkerwijs waar. De verschillende scenario's zijn geschikt voor gebruik in studies die de impact van klimaatveranderingen bestuderen, met name voor de hydrologie. De scenario's zijn al gebruikt in het Nationaal Onderzoek Programma naar klimaatveranderingen, voor het formuleren van het de Vierde Nota Waterhuishouding, voor studies van de commissie Waterbeheer 21^{e} Eeuw. Het KNMI kan op verzoek voor verschillende scenario's nieuwe reeksen genereren. Nieuwe neerslagreeksen worden gemaakt door een transformatie toe te passen op historische reeksen van dagelijkse gegevens van regenval. Deze transformatie verschilt per dag; het gemiddelde en de variatie hangen daarbij af van de verwachte gemiddelde temperatuurstijging.

Prof. Können benadrukte dat het KNMI, uitgaande van een aantal aannames, onderzoek kan doen naar de verwachtingen voor bepaalde klimaatparameters. Wel is het dan van belang dat experts in het betreffende vakgebied eerst kijken naar:

- wat de gevoeligheden zijn van het systeem, oftewel: zijn klimaatvariabelen wel van grote invloed?
- voor exact welke klimaatvariabelen is het systeem gevoelig? Het maakt uit of het KNMI gevraagd wordt om vijfdaags gemiddelde regenval of de frequentieverdeling van totalen van dagneerslag.

Tabel 2-1 Relaties van klimaatvariabelen naar het stedelijk gebied

wordt beïnvloed / is invloed	areaal oppervlakte-water	bacterie en algengroei in riolen	belasting oppervlakte-water	biologische waterkwaliteit	chemische waterkwaliteit	effectiviteit infiltratievoor-ziening
CO_2 (concentratie)						
droge periodes (duur)				-	-	? +
groeiseizoen (lengte)						
instraling (gem. hoeveelheid)						
intensieve buien (dagbasis, hoeveelheid)			+	+	? +	-
luchtvochtigheid						
regen (5 daags totalen)				+	+	-
stormen (frequentie)				+		
temperatuur (jaargemiddelde)		+		-	-	
vorstdagen (aantal + laatste datum)			+		-	
winterafvoer grote rivieren (gem. m^3/s)						
neerslag (gem. mm/dag)						
zeespiegel (niveau)						
zomerafvoer grote rivieren (gem. m^3/s)						
zomerneerslagoverschot (gem. mm/dag)						

3 Stedelijk gebied

3.1 Oorzaak-gevolgrelaties

Als meest invloedrijke klimaatvariabelen op de waterkwaliteit in het stedelijk gebied werden genoemd: de frequentie van zowel extreem grote dagelijkse regenval als extreem grote vijfdaagse totalen, de gemiddelde temperatuur en de frequentie van droge periodes. Minder vaak gerelateerd, maar wel genoemd zijn: stormfrequentie, aantal vorstdagen en winterneerslag. Het ging daarbij vooral om de frequentie van riooloverstorten, het rendement van rioolwaterzuiveringsinstallaties en de groei van algen en micro-organismen in zowel rioolstelsel als stedelijk oppervlaktewater.

De invloed van extreme buien op waterkwaliteit is het meest sterk, en meest direct, door de grotere frequentie van overstorten in het geval van gemengde rioolsystemen. Vooral indien de extreme buien zijn voorafgegaan door hoge vijfdaagse totalen en de berging in het systeem vol zit. Zowel het volume als de vuilbelasting worden verwacht groter te worden. Van de andere kant wordt onderkend dat regenbuien ook een verdunningseffect hebben in het stedelijk oppervlaktewater. Bij grote hoeveelheden neerslag is de concentratie van de instroom bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie laag. Het fluctueren van de concentraties is niet goed voor het rendement van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's).

Een hogere temperatuur vergroot de groei van algen en van micro-organismen, zowel in het rioolstelsel als in het oppervlakte- en grondwater. In het stedelijk oppervlaktewatersysteem werkt dit dus negatief. Een hogere temperatuur komt echter ook het rendement van rioolwaterzuiveringsinstallaties ten goede.

Bij langere droge periodes bouwt de vuillast zich op, in het rioolstelsel en op straat. Als dan een extreme regenbui volgt en de riolen storten over, is dit negatief voor de ppervlaktewaterkwaliteit. Tijdens de droge periodes zelf is echter de emissie op oppervlaktewater lager, vanwege het verhoogd rendement van RWZI's.

Stormen (harde wind) brengt stroming door opstuwing. Hierbij vertroebelt het water waardoor algengroei wordt tegengegaan. Tijdens vorstdagen kunnen er problemen met de afwatering optreden en wordt er zout gestrooid, dat uiteindelijk ook in het oppervlaktewater terechtkomt. Bij vorst is de biologische zuivering van rioolwater minder goed (RWZI).

De groep vroeg zich af welk rioolstelsel het meest robuust is voor klimaatveranderingen, een gemengd of gescheiden rioolstelsel? Deze vraag konden zij niet zomaar beantwoorden. Een en ander leek sterk af te hangen van details van de plaatselijke situatie.

3.2 Autonome ontwikkelingen

In hoeverre de oppervlakte- en grondwaterkwaliteit in het stedelijk gebied beïnvloed wordt door klimaatveranderingen, hangt ook af van de ontwikkelingen in het stedelijk gebied:

- vergroting/verkleining areaal van verhard oppervlak;
- gescheiden of gemengde rioolstelsels; in nieuwbouwwijken wordt regelmatig gekozen voor gescheiden rioolstelsels;
- de steeds hogere zuiveringseisen;
- invoering van lokale zuivering (droge wc's, helofytenfilters voor zuivering van regenwater - afvoer).

Tabel 3-1 Relaties van klimaatvariabelen naar industrie en energieproductie

wordt beïnvloed / is invloed	biologische fouling	chemicaliën gebruik	depositie luchtver-ontreinig-ing (droog + nat)	Energie-gebruik	koelwatergebruik	volume overstor-ten	watertemperatuur verstoring
CO_2 (concentratie)							
droge periodes (duur)							
groeiseizoen (lengte)							
instraling (gem. hoeveelheid)							
intensieve buien (dagbasis, hoeveelheid)						+	
luchtvochtigheid							
regen (5 daags totalen)							
stormen (frequentie)							
temperatuur (jaargemiddelde)	+	+			++		+
vorstdagen (aantal + laatste datum)							
winterafvoer grote rivieren (gem. m^3/s)							
neerslag (gem. mm/dag)				-			
zeespiegel (niveau)							
zomerafvoer grote rivieren (gem. m^3/s)					+		
zomerneerslagoverschot (gem. mm/dag)							

4 Industrie en energieproductie

4.1 Oorzaak-gevolgrelaties

Voor de industrie en de energieproductie is vooral de temperatuur van belang. Deze heeft invloed op energiegebruik, op koelwaterbehoefte, op de biologische aangroei in koelwaterleidingen en op het chemicaliëngebruik.

Bij een stijgende temperatuur zal het energiegebruik dalen, tenzij het zo warm wordt dat koeling veel energie kost. Van de andere kant is er bij een hogere temperatuur en een zelfde energieproductie meer koelwater nodig om het verschil in temperatuur tussen ingenomen en uitgeslagen water niet te groot te laten worden. Nederland hanteert streng een maximale temperatuur van 30°C voor uitgeslagen water; indien de watertemperatuur boven de 20°C komt, komt het voor dat productie gelimiteerd wordt door gebrek aan koelwater.

Ook groeit bij een hogere watertemperatuur de biologische aangroei (fouling) in het koelwaternetwerk veel sneller. Die aanslag bemoeilijkt de warmteoverdracht, en daarmee de koeling, dus wordt deze regelmatig verwijderd met chemische middelen.

Een toename van de neerslag en de waterdampspanning betekent ook dat luchtverontreiniging op andere plaatsen en tijden neerkomen, door droge of natte depositie. De groep verwacht dat er hierdoor netto meer depositie in Nederland zal zijn.

Van minder belang, maar wel genoemd, is de invloed van een verlaagde rivierafvoeren in de zomer op de beschikbaarheid van koelwater, juist wanneer deze behoefte cruciaal is. Bovendien is er bij een hoge gemiddelde winterneerslag en bij pieken in de zomer een groter neerslagoverschot, dat in het westen en noorden van Nederland weggepompt moet worden, vaak met elektrische pompen die dus het koelwatergebruik vergroten. In de winter is er geen koelwaterprobleem.

4.2 Autonome ontwikkelingen

De groep verwacht de volgende relevante autonome ontwikkelingen:

- een toename van het energiegebruik, door economische groei, door een toename van ICT en door een verschuiving van gas- naar elektriciteitsgebruik;
- de toename van het koelwatergebruik zal minder sterk zijn dan de toename van het energiegebruik omdat er meer energie geïmporteerd zal gaan worden en de regelgeving gebruik van koeltorens zal stimuleren (alhoewel daar het gevaar van de legionellabacteriën groter is);
- emissies van afvalwater en luchtverontreiniging zullen afnemen door meer milieubewust ondernemen, een strengere regelgeving en verplaatsing van industrie naar het buitenland.

Tabel 4-1 Relaties van klimaatvariabelen naar landbouw en landgebruik

wordt beïnvloed / is invloed	areaal veeteelt	areaal akkerbouw	areaal glastuinbouw	emissie bestr.middelen schimmels	emissie bestr.midelen insecten	gewassenwijziging	mestproductie veeteelt per dier	productie per ha	uitspoeling mineralen	uitspoeling N	uitspoeling P
CO_2 (concentratie)								+			
droge periodes (duur)						+					
groeiseizoen (lengte)						+					
instraling (gem. hoeveelheid)											
intensieve buien (dagbasis, hoeveelheid)			? +	++	++					++	-
luchtvochtigheid				++							
regen (5 daags totalen)	+			++	++					++	-
stormen (frequentie)											
temperatuur (jaargemiddelde)							+			-	
vorstdagen (aantal + laatste datum)						+		-			
winterafvoer grote rivieren (gem. m^3/s)											
winterneerslag (gem. mm/dag)											
zeespiegel (niveau)											
zomerafvoer grote rivieren (gem. m^3/s)											
zomerneerslagoverschot (gem. mm/dag)				+				-	+	+	

5 Landbouw en landgebruik

5.1 Oorzaak-gevolgrelaties

De landbouw heeft invloed op de waterkwaliteit doordat zij de emissies van stikstof- (N) en fosfaatverbindingen (P) en van schimmel- en andere bestrijdingsmiddelen beïnvloedt. De klimaatvariabelen die de waterkwaliteit beïnvloeden zijn vooral de grotere extreme neerslag op dagbasis en ook op vijfdaagse basis, want zij vergroten de mobiliteit van stoffen in bodem en oppervlaktewater. Uit modelstudies blijkt een factor vier verschil in de uitspoeling van nutriënten in een (huidig) 10% droog en 10% nat jaar[1]. Het verschil tussen N en P is dat het N-gehalte beïnvloed wordt door denitrificatie processen, die gerelateerd zijn aan o.a. de temperatuur, terwijl P dat niet gebonden is in planten door water uiteindelijk afgevoerd wordt.

Behalve door de regenval worden emissies beïnvloed door het soort van landbouw (veeteelt, akkerbouw, glastuinbouw), de gewassoort en de manier waarop landbouw bedreven wordt (o.a. intensiteit). De veranderingen in het watersysteem als gevolg van klimaatveranderingen (zoute kwel, meer ruimte voor de rivier, bergingsbassins) zullen invloed hebben op het areaal landbouw en, in geval van veranderende zekerheden over de aanvoer van goed kwalitatief water, ook op de gewaskeuze en/of productie (frequentie riooloverstorten, aanvoer gebiedsvreemd water, dat leidt tot bruinrot). Echter, de veranderingen in de landbouw door veranderende politieke en economische omstandigheden zullen waarschijnlijk veel meer invloed hebben op de gewaskeuze.

Een stijging van het CO_2 concentratie, van de temperatuur en van de instraling vergroten over het algemeen de productie. Sommige gewassen, zoals gras, zijn niet gevoelig voor een hoger CO_2 gehalte. In de glastuinbouw gaat 1% stijging van de instraling gepaard met 1% stijging van de productie. Maar, door klimaatveranderingen zou de productie in de landbouw ook kunnen dalen, door grotere kansen op hagel, droogte, vorst en wateroverlast. De vraag is of een hogere productie leidt tot meer of minder emissies van met name nutriënten. Sommigen redeneerden dat bij een grotere productie het relatieve mestoverschot hetzelfde blijft en dus de vuillast groter wordt. Anderen redeneerden dat er nu eenmaal een bepaalde mestproductie in Nederland is en dat er dus kleinere emissies zullen zijn bij een grotere gewasproductie.

De gewaskeuze wordt, behalve door economische omstandigheden, bepaald door de lengte van het groeiseizoen, door de laatste vorstdag (met name fruitteelt), door de lengte van droge perioden en door de kans op wateroverlast. De groep verwacht dat er nog veel mogelijk is met gewasveredeling, waardoor de waterkwaliteit niet erg zal veranderen. Terwijl glastuinbouw erg geschikt lijkt voor klimaatbeheersing, en daardoor minder gevoelig zou zijn voor klimaatveranderingen, werd er van de andere kant op gewezen dat tot nu toe de teelt in de glastuinbouw niet gesloten is, en in verhouding tot andere teelt zeer vervuilend. Bij nattere omstandigheden zou het areaal voor veeteelt toe kunnen nemen, omdat gras minder gevoelig is voor wateroverlast. Als dit niet gepaard gaat met meer vee, dan zou dit gunstig kunnen zijn voor de waterkwaliteit.

Bestrijdingsmiddelen worden ingezet tegen schimmel, die bij vochtige omstandigheden en hogere temperaturen veel meer voorkomen. Temperatuur en neerslag zullen ook de hoeveelheid insecten beïnvloeden, die tot nu toe vaak ook nog bestreden worden met vervuilende bestrijdingsmiddelen.

De invloed van klimaatveranderingen zal groter zijn als zij abrupt plaatsvinden. De groep benadrukte dat het adaptievermogen van de landbouw erg groot is. Volgens de heer Können zou onderzoek in Wageningen aangetoond hebben dat binnen 2 jaar alle gewassen aangepast kunnen zijn aan veranderde klimaat- of politiek-economische omstandigheden. De groep stelde daarom voor om bij verder onderzoek met bestaande bodemmodellen en stochastische reeksen

---

[1] Een 10% nat jaar is een jaar met een hoeveelheid regen die maar in 10% van de jaren overschreden wordt. Eensgelijks is een 10% droog jaar een jaar met een hoeveelheid regen die maar in 10% van de jaren onderschreden wordt

van dagelijkse neerslag voor scenario's van klimaatverandering de invloed op een veranderde mobiliteit van nutriënten en bestrijdingsmiddelen in de bodem te bestuderen, als dit al niet gedaan is (onverzadigde en verzadigde zone). Daarbij kunnen dan verschillende scenario's van gewasteelt aangenomen worden[2].

De groep had niet het idee volledig te zijn geweest, bij gebrek aan landbouwers in de groep.

5.2 Autonome ontwikkelingen

De groep verwacht dat de invloed van beleid en economie veel groter zijn voor de landbouw dan klimaatontwikkelingen. Nu al wordt er suboptimaal geteeld, wat betreft de klimaatomstandigheden. De volgende beleidsvelden werden genoemd als belangrijk: ruimtelijke ordening, milieubeleid, beleid, landbouwbeleid EU en eventuele uitbreiding van het aantal lidstaten van de EU. De keuze van gewassen is erg gevoelig voor prijzen. Technische omstandigheden dragen ook bij aan de aanpassingen aan het klimaat:

- mogelijkheden tot veredeling worden groter;
- als de weersvoorspellingen voor 10 dagen vooruit een stuk beter worden, dan kan de landbouwer zijn bemesting en gebruik van bestrijdingsmiddelen veel beter reguleren. Modelleurs zouden kunnen beantwoorden in hoeverre dit de uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen zou verbeteren.

[2] M. de Groen: op grove schaal gedaan in proefschrift Marcel de Wit

6 Watersystemen

6.1 Oorzaak-gevolgrelaties

De groep watersystemen vond dat vooral de veranderende rivierafvoerregimes invloed konden hebben op de waterkwaliteit. Deze afvoerregimes zouden veranderen door veranderende regen en verdamping in Nederland en door andere afvoerregimes van de internationale rivieren die Nederland binnenkomen. Behalve de invloed via afvoer, werden temperatuur, zeespiegelniveau, de gemiddelde neerslag, de frequentie van extreem veel neerslag, de stormfrequentie en de instraling onderkend als variabelen die van invloed zouden (kunnen) zijn op de waterkwaliteit.

Voor de winter worden hogere rivierafvoeren verwacht, voor de zomer lagere. Hogere rivierafvoeren leiden tot: een groter mobiliteit van verontreinigingen, een hogere concentratie van zwevende stof, een terugdringing van de zoet/zout grens, kortere verblijftijden dus minder zelfreinigend vermogen. Bij lage afvoeren is de snelheid van water klein, waardoor algengroei meer kans krijgt. Een verandering in afvoerregime leidt ook tot andere biotopen en een verandering van de soortensamenstelling van planten, dieren en micro-organismen in en om rivieren.

De invloed van een temperatuurstijging schatte de groep in als positief voor het zelfreinigend vermogen. De mobiliteit van verontreinigingen zou zowel positief als negatief beïnvloed worden. De temperatuurstijging zou eventueel ook kunnen leiden tot een stijging of daling van algengroei, soortensamenstelling van organismen en de gevoeligheid van het ecologisch systeem voor verontreinigingen, maar de groep wist niet of deze relatie negatief of positief van karakter zijn. De groep vroeg zich ook af of instraling van invloed is op de algengroei en de soortensamenstelling.

De zeespiegelrijzing vergroot de zoutintrusie via oppervlakte- en grondwater. Stormen zouden tijdelijk ook de zoutintrusie via oppervlaktewater kunnen vergroten.

Kortom, de groep watersystemen vond dat er nog veel onzekerheden waren over de invloed van klimaatveranderingen op het watersysteem. In de groep watersystemen zaten veel ecologen, waardoor de vertaling van klimaatveranderingen naar ecologische indicatoren de meeste aandacht kreeg. De invloed van een andere sturing van het water en daardoor gebiedsvreemd water werd niet speciaal gerapporteerd, maar werd door de landbouwgroep wel als een belangrijk punt onderkend.

6.2 Autonome ontwikkelingen

De groep identificeerde geen autonome ontwikkelingen.

Tabel 6-1 Relaties van klimaatvariabelen naar watersystemen

wordt beïnvloed / is invloed	afvoeren in de zomer	algen	conc. algemeen	conc. N	conc. P	conc. zware metalen	conc. zwevende stof	ecotoxicologisch risico	fluctuatie van waterstanden	gebiedsvreemd water	microbiele activiteit	O2 concentratie	oppervlaktewater (areaal + vol.)	organische stoffengehalte	sedimentatie	verblijftijden	wateroverlast (frequentie)	zelfreinigend vermogen	zoute kwel
CO_2 (concentratie)		+	+																
droge periodes (duur)																			
extreme buien (dagbasis, hoeveelheid)			+				+												
groeiseizoen (lengte)		+																	
instraling (gem. hoeveelheid)		+																	
luchtvochtigheid																			
neerslag (gem. mm/dag)			?	+	+				+										-
regen (5 daags totalen)			?	?															
stormen (frequentie)							+												
temperatuur (jaargemiddelde)		+		? -	+			+			+	-							
vorstdagen (aantal + laatste datum)																			
winterafvoer grote rivieren (gem. m^3/s)													+		+				
zeespiegel (niveau)																			+
zomerafvoer grote rivieren (gem. m^3/s)			-				+									-			
zomerneerslagoverschot (gem. mm/dag)									+	-			-						-

7 Conclusies, vervolg en afsluiting

7.1 Conclusies

Algemeen

De workshop heeft geleerd dat de specialisten een groot aantal mogelijke directe en indirecte relaties tussen klimaatverandering en waterkwaliteit hebben kunnen identificeren. Door de brede samenstelling van de deelnemersgroep mag er van worden uitgegaan dat de inventarisatie een vrij complete eerste aanzet is.

De deelnemers concluderen aan het einde van de workshop dat er relevante verbanden tussen klimaatverandering en waterkwaliteit bestaan en dat het de moeite waard lijkt om die verder te bestuderen.

Stedelijk gebied

Bij het identificeren van oorzaak-gevolgrelaties tussen klimaatveranderingen en de waterkwaliteit van binnenwateren, is bij het functioneren van het stedelijk gebied de frequentie van riooloverstorten een voor de hand liggende en relevante factor. De deelnemers benadrukken het onderscheid tussen het volume aan riooloverstorten en de vuillast die het met zich mee brengt. Klimaatverandering heeft ook invloed op de vuillast per riooloverstort door bezinking van vuil over langere droge perioden.

Industrie en energieproductie

Voor industrie en energieproductie is het koelwaterprobleem in droge zomers voor de hand liggend, maar ook erg afhankelijk van economische en technische ontwikkelingen. Minder voor de hand liggend is het effect van hogere temperaturen op biofouling en daarmee op de emissie van aangroeiwerende middelen. Vervuiling door luchtverontreiniging door natte en droge depositie zullen waarschijnlijk ook veranderen, maar hoe is onzeker.

Landbouw en landgebruik

In de landbouw hebben klimaatveranderingen invloed op de waterkwaliteit door een vergroting van de mobiliteit van stoffen: afspoeling en uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen op en in de bodem. Ook werkt een vochtiger warmer klimaat gebruik van bestrijdingsmiddelen in de hand. De gewaskeuze en het type landbouw (glastuinbouw, veeteelt, akkerbouw, fruitteelt, extensief/intensief) zijn volgens de deelnemers belangrijke invloeden op nutriëntengebruik en op bestrijdingsmiddelengebruik, maar deze worden vooral ingegeven door externe factoren van beleid en economie.

Watersystemen

De veranderingen in het watersysteem op de waterkwaliteit gebeuren voornamelijk via de verandering in stromen van waterhoeveelheden. Lagere afvoeren maken concentraties groter. Verblijftijden veranderen, waardoor het zelfreinigend vermogen verandert. De verandering in watertemperatuur is ook van invloed, maar wordt medebepaald door koelwatergebruik.

Belangrijkste klimaatparameters

De klimaatparameters die het meest invloed lijken te hebben op de waterkwaliteit zijn:

- de extremen in regenval op dagbasis en op vijfdaagse basis, vanwege hun grote invloed op de mobiliteit van verontreinigingen en nutriënten (riooloverstorten, uitspoeling landbouwgronden, verkorting verblijftijden en daarmee zelfreinigend vermogen);
- de veranderingen in temperatuur die groeisnelheden van zowel macro-organismen als micro-organismen zou beïnvloeden (aangroei in riolen, biofouling in koelwaterleidingen, algengroei, microbiële activiteit, gewassengroei, schimmelgroei gevolgd door bestrijding daarvan).

7.2 Vervolgonderzoek – voor de hand liggende opties

Algemeen

Hieronder worden een aantal opties gegeven voor vervolgonderzoek dat op basis van de startbijeenkomst relevant lijkt. Er kunnen twee redenen zijn voor nader onderzoek:

- relaties die zo dominant zijn, dat ze beter gekend moeten worden;
- relaties die onvoldoende bekend zijn, maar wel relevant lijken.

Ten eerste zou een beperkt aantal specialisten nog eens door de op de startbijeenkomst geïdentificeerde relaties moeten lopen en kijken of de relaties zoals die op de startbijeenkomst zijn genoemd en in het RAP-model zijn verwerkt steekhoudend zijn en of er geen belangrijke variabelen gemist zijn of dat er relaties over het hoofd zijn gezien. Mogelijk kan het model ook vereenvoudigd worden. Met het RAP-model kan een analyse worden opgezet naar de belangrijkste relaties.

Stedelijk gebied

Voor het stedelijk gebied ligt het voor de hand om te kijken naar de combinatie van de versterkte aangroei van biologisch vuil in riolen door de hogere temperatuur en de vuilophoop tijdens langere droge perioden, gecombineerd met de grotere kans op intensieve buien. Hieruit volgt dan een indicatie van de veranderingen in vuillast op het systeem door riooloverstorten en de veranderingen in het influent van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Voor deze studie naar waterkwaliteit van binnenwateren, gaat het vooral om de frequentie van overstorten.[3]

Industrie en energieproductie

Voor industrie en energieproductie is de invloed van koelwatergebruik de meest relevante relatie. Hierover is al veel onderzoek gedaan. Door een literatuurstudie en contacten met specialisten zouden veel van de bestaande onderzoeksresultaten geïnterpreteerd kunnen worden voor deze inventarisatiestudie.[4] Ook over de aangroei van biofouling is waarschijnlijk al veel bekend. Het zou interessant zijn de informatie te koppelen aan scenario's van beschikbaarheid van koelwater (rivierafvoeren) en temperaturen van het water, zodat een indicatie gegeven zou kunnen worden van het gebruik van aangroeiwerende middelen.

Landbouw en landgebruik

Voor landbouw en landgebruik is onderzoek naar de invloed van klimaat op de mobiliteit van nutriënten en bestrijdingsmiddelen in de bodem relevant. Hiervoor kunnen bestaande modellen van de onverzadigde zone ingezet worden, met gebruik van scenario's van tijdreeksen van dagelijkse regenval. Daarbij speelt ook het temperatuureffect op denitrificatie en de verhoogde suppletie van bestrijdingsmiddelen tegen schimmelvorming een rol. Daarbij zou één van de onderzoeksvragen kunnen zijn in hoeverre een verbeterde weersvoorspelling het effect van meer uitspoeling zou verminderen.

Watersystemen

Voor het watersysteem is het vooral van belang hoe de veranderde waterstromen door klimaatveranderingen en door veranderingen in waterbeheer (o.a. als gevolg van klimaatveranderingen) de waterkwaliteit zullen beïnvloeden. Veranderende verblijftijden veranderen het zelfreinigend vermogen van water (sedimentatie, biologische reiniging). Op detailniveau is hier waarschijnlijk al het een en ander bekend, maar het is een uitdaging om inzicht te krijgen in verschillende watersystemen binnen Nederland.

---

[3] M. de Groen: proefschrift van Theo Brandsma (KNMI) kan hier van pas komen

[4] M. de Groen: In het kader van de Droogtestudie Nederland worden door RIZA op dit moment koelwatermodellen ingezet om veranderende klimaatomstandigheden te bestuderen op de beperkingen aan de energieproductie

Op de startbijeenkomst waren in de groep watersystemen relatief veel ecologisch georiënteerde specialisten aanwezig. Mogelijk zou de inventarisatie van relaties nog eens tegen het licht moeten worden gehouden door meer in waterbeweging en chemisch-biologische parameters gespecialiseerde deskundigen.

De startbijeenkomst heeft hiermee een aantal nuttige suggesties voor verder onderzoek opgeleverd.

7.3 Afsluiting van de dag

De projectleider Henk Senhorst uitte aan het einde van de dag zijn tevredenheid over de grote hoeveelheid relaties die tijdens de dag geïdentificeerd waren. Hij bedankte de deelnemers voor hun inzet en beloofde dat de deelnemers verslag gedaan zou worden van de startbijeenkomst (dit verslag) en van de plannen voor een (eventueel) verdere inventarisatie. Voor verdere reacties en aanvullingen blijft hij aanspreekpunt.

Bijlage A

Bijlage A Gevolgen per klimaatvariabele

De onderstaande figuren zijn *screendumps* van de relatiediagrammen in het *Rapid Assesment Program* model. Alleen de directe relaties van de klimaatvariabelen naar de variabelen van de functies en de watersystemen zijn in de figuren weergegeven. (Het model kan ook analyses doen met secundaire en tertiaire relaties.)

Licht gekleurde relaties zijn positief; een stijging van de variabele aan het begin van de pijl geeft een stijging van de variabele aan het einde van de peil. Een daling geeft een daling.

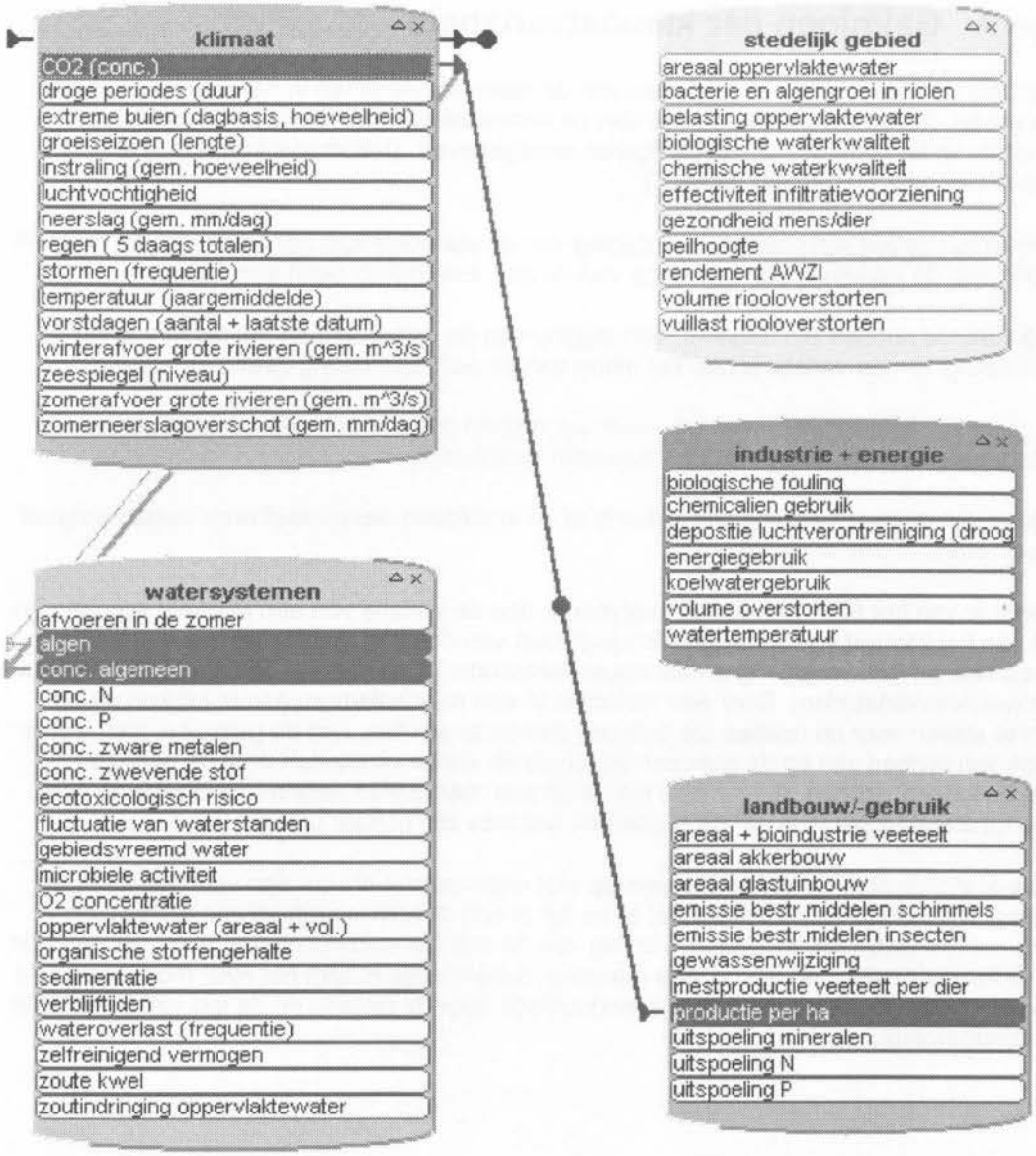
Donker gekleurde relaties zijn negatief; een stijging van de variabele aan het begin van de pijl geeft een daling van de variabele aan het einde van de peil. Een daling geeft een stijging.

Dikkere pijlen zijn belangrijker; in dit geval wil dat zeggen dat ze door veel mensen genoemd zijn, of door de groep als geheel als conclusie zijn getrokken.

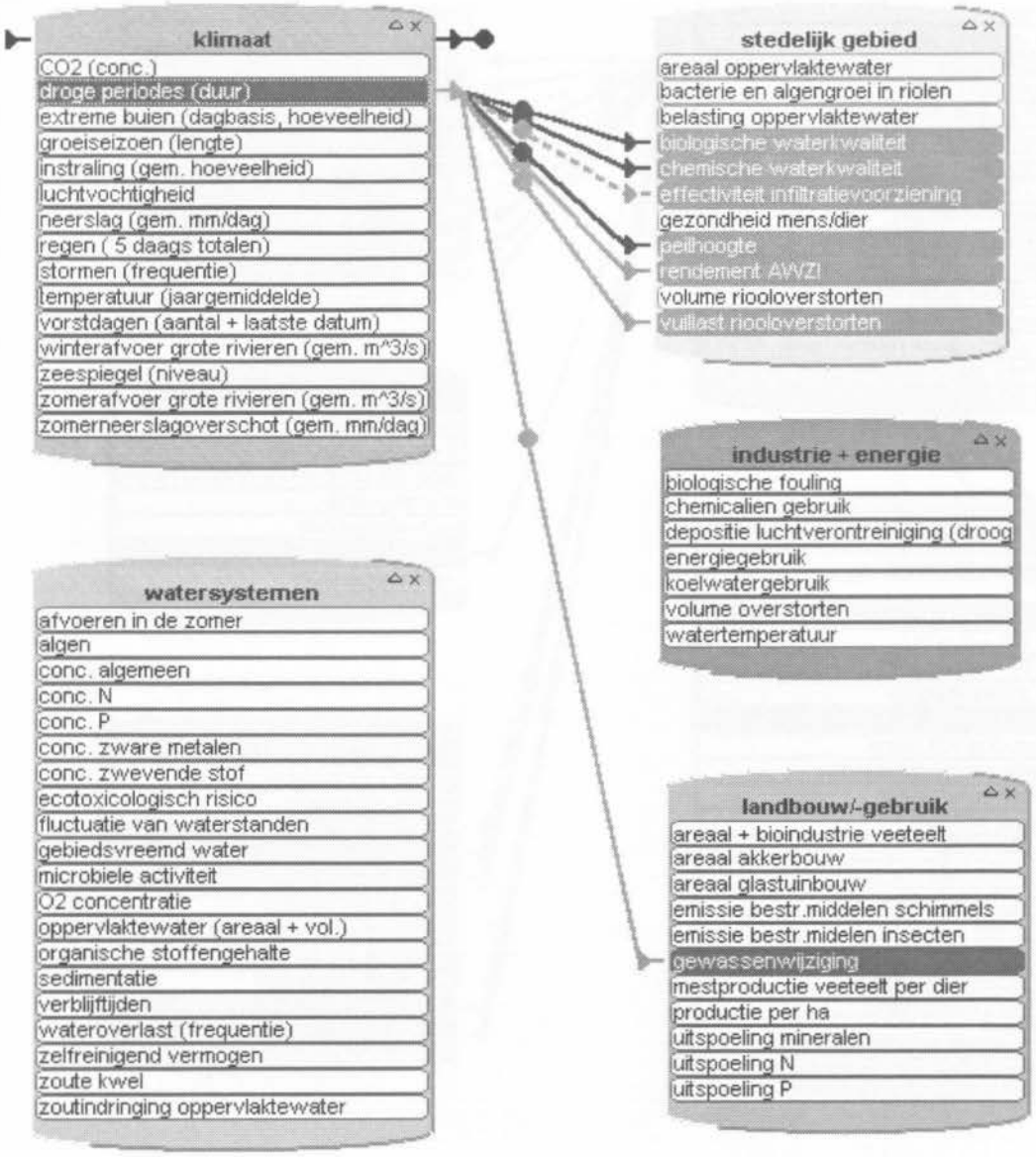
Stippellijnen zijn relaties waarvan niet zeker is of ze inderdaad wel positief resp. negatief zijn of dat er geen effect of een ander effect is.

Een gebruiker van het RAP-model kan analyseren hoe de variatie van een bepaald scenario (in dit geval van het klimaat en van bepaalde variabelen van de gebruiksfuncties) en van een bepaalde strategie (bv. vergroting areaal oppervlaktewater) doorwerkt in de criteria (in dit geval de waterkwaliteitsvariabelen). Door een variabele in een relatiediagram aan te klikken en een niveau in te stellen voor de relaties die getoond dienen te worden, kan de gebruiker zien welke variabelen van invloed zijn op de gekozen variabele en welke variabelen door de gekozen variabele beïnvloed worden. Achter elke relatie zit een memo-veld waarin is aangegeven hoe de relatie tot stand kwam (wie gaf de suggestie, wat was zijn of haar uitleg).

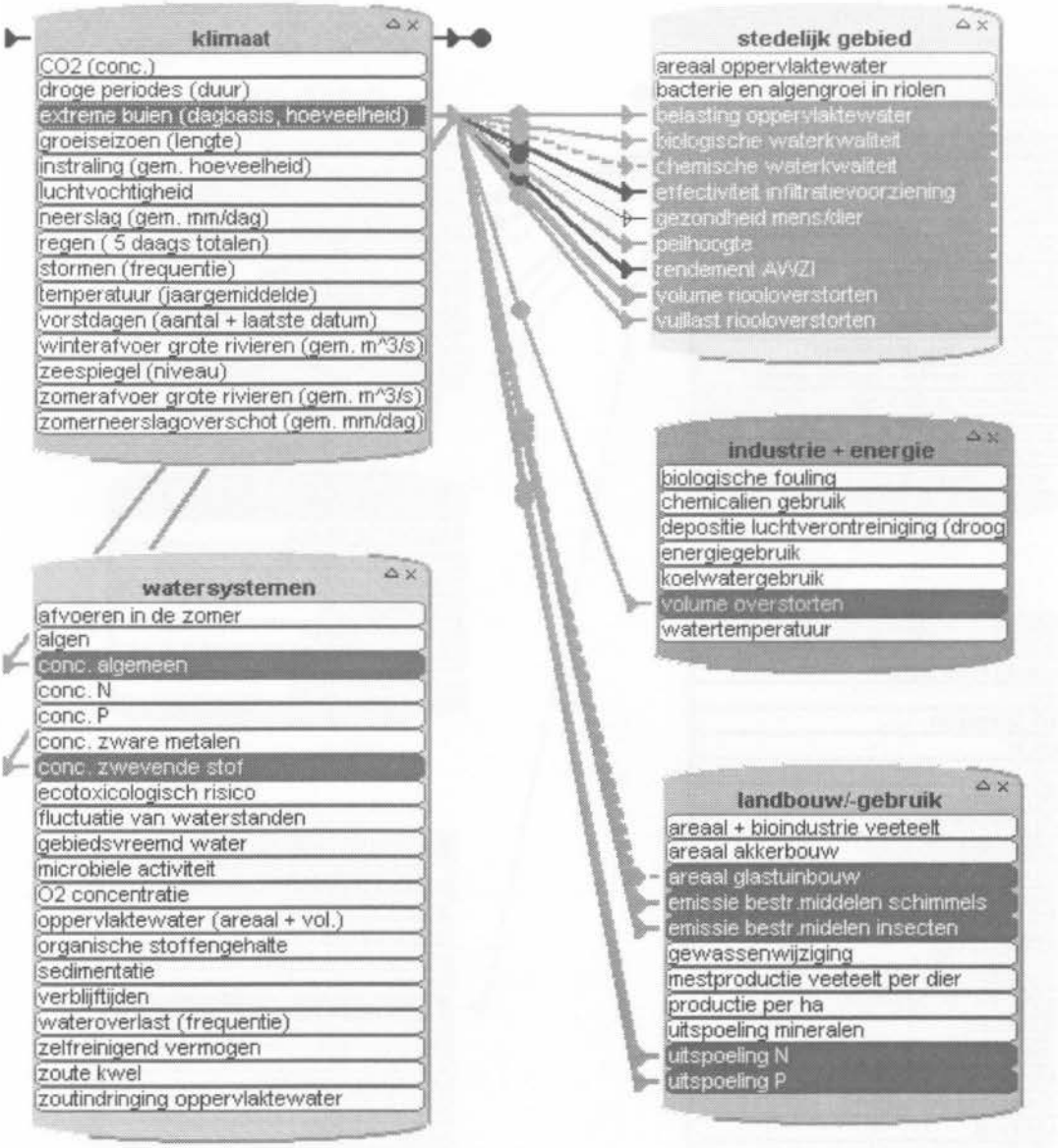
Voor deze startbijeenkomst is de analyse-stap niet uitgevoerd, behalve dan voor het schrijven van dit rapport. Het RAP-model zoals het er nu ligt is een directe weergave van de brainstorm tijdens de startbijeenkomst. Het is een verslag van de startbijeenkomst in een vorm die geschikt is voor verdere uitwerking en die op vele manieren toegankelijk is. Om het RAP model geschikt te maken voor een goede analyse, zou er nog kritisch door de relaties en de lijst van variabelen heen gelopen moeten worden.



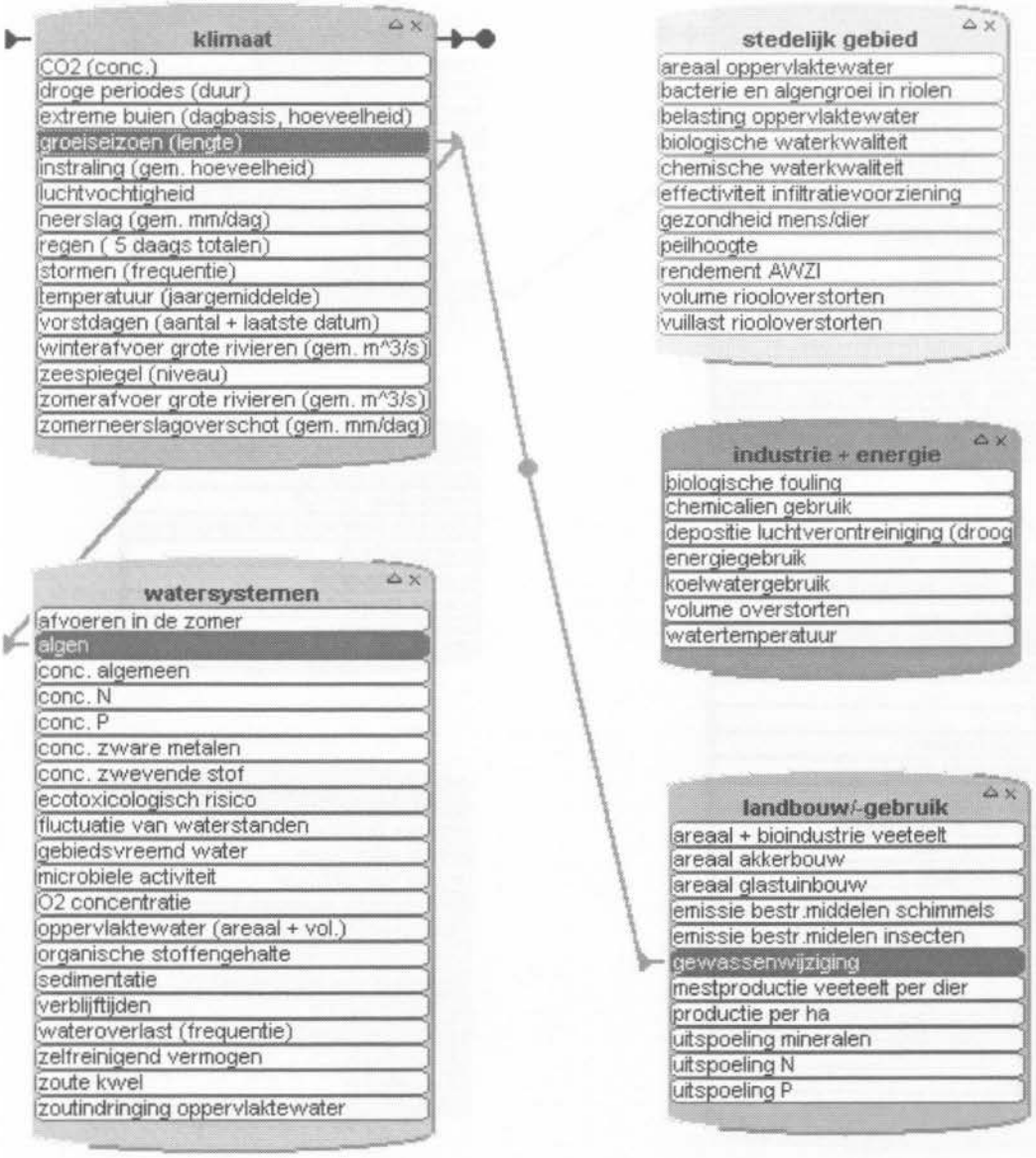
Figuur: A-1 CO_2 (concentratie)



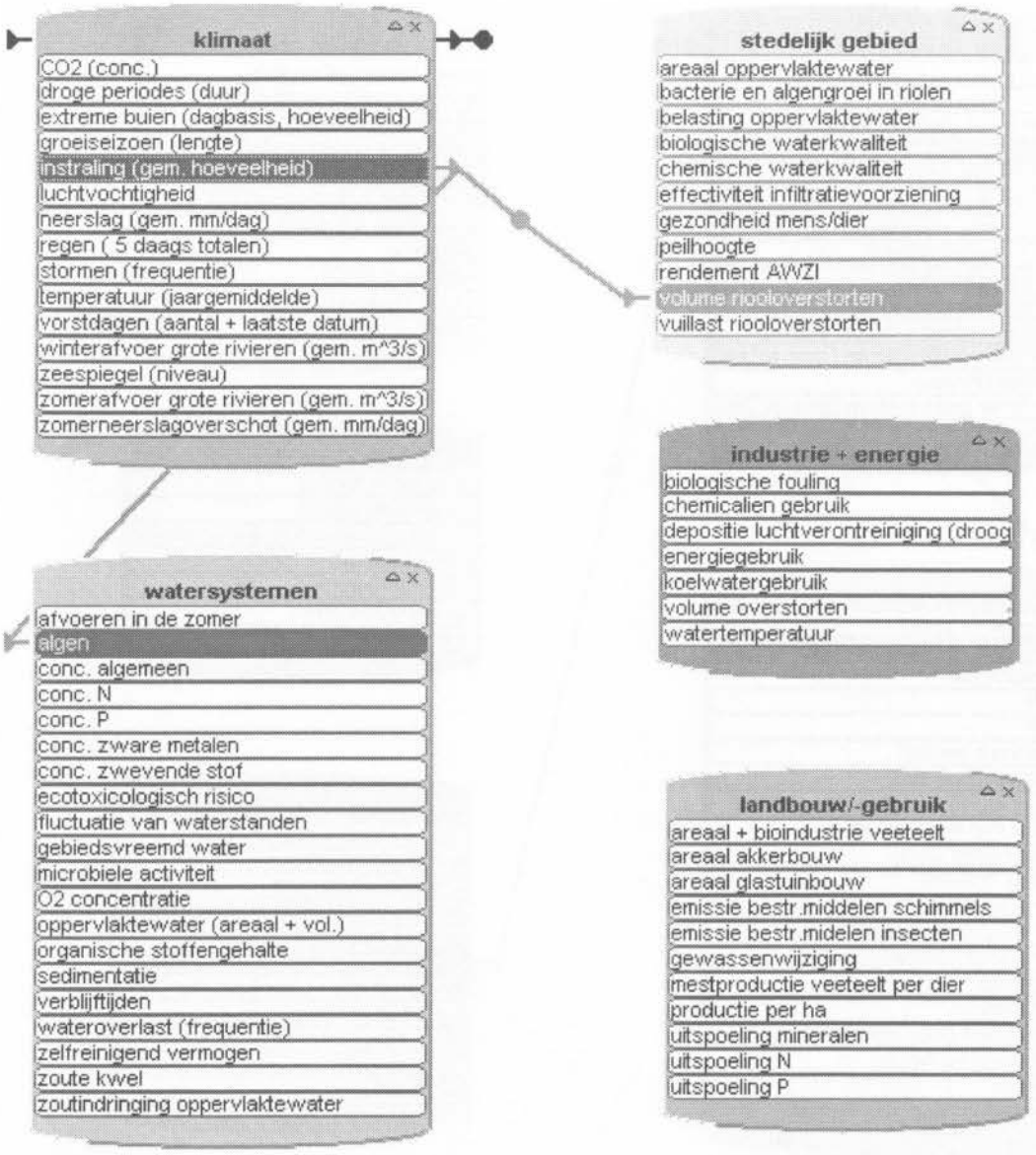
Figuur: A-2 Droge periodes (duur)



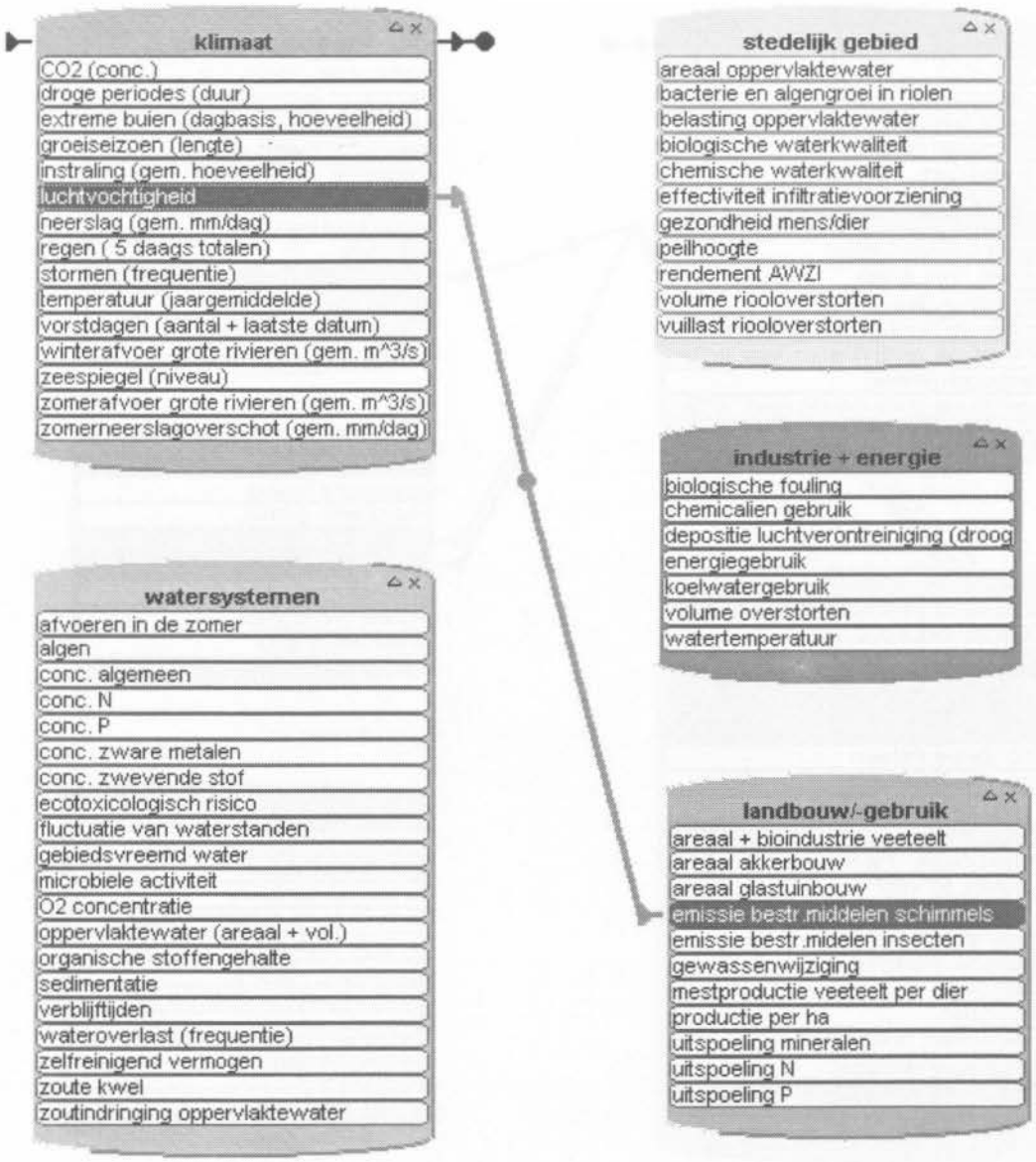
Figuur: A-3 Extreme buien (dagbasis, hoeveelheid)



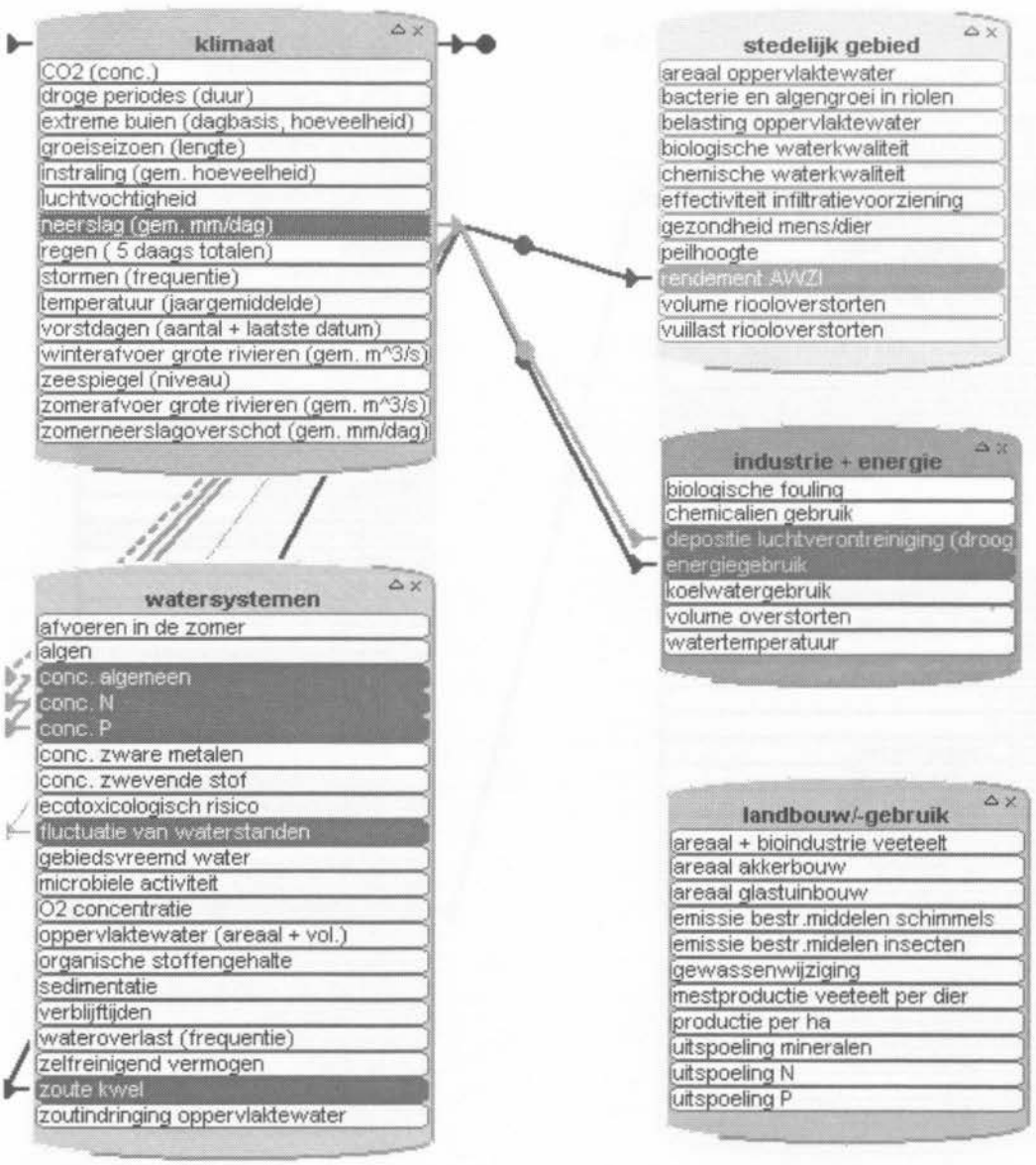
Figuur: A-4 Groeiseizoen (lengte)



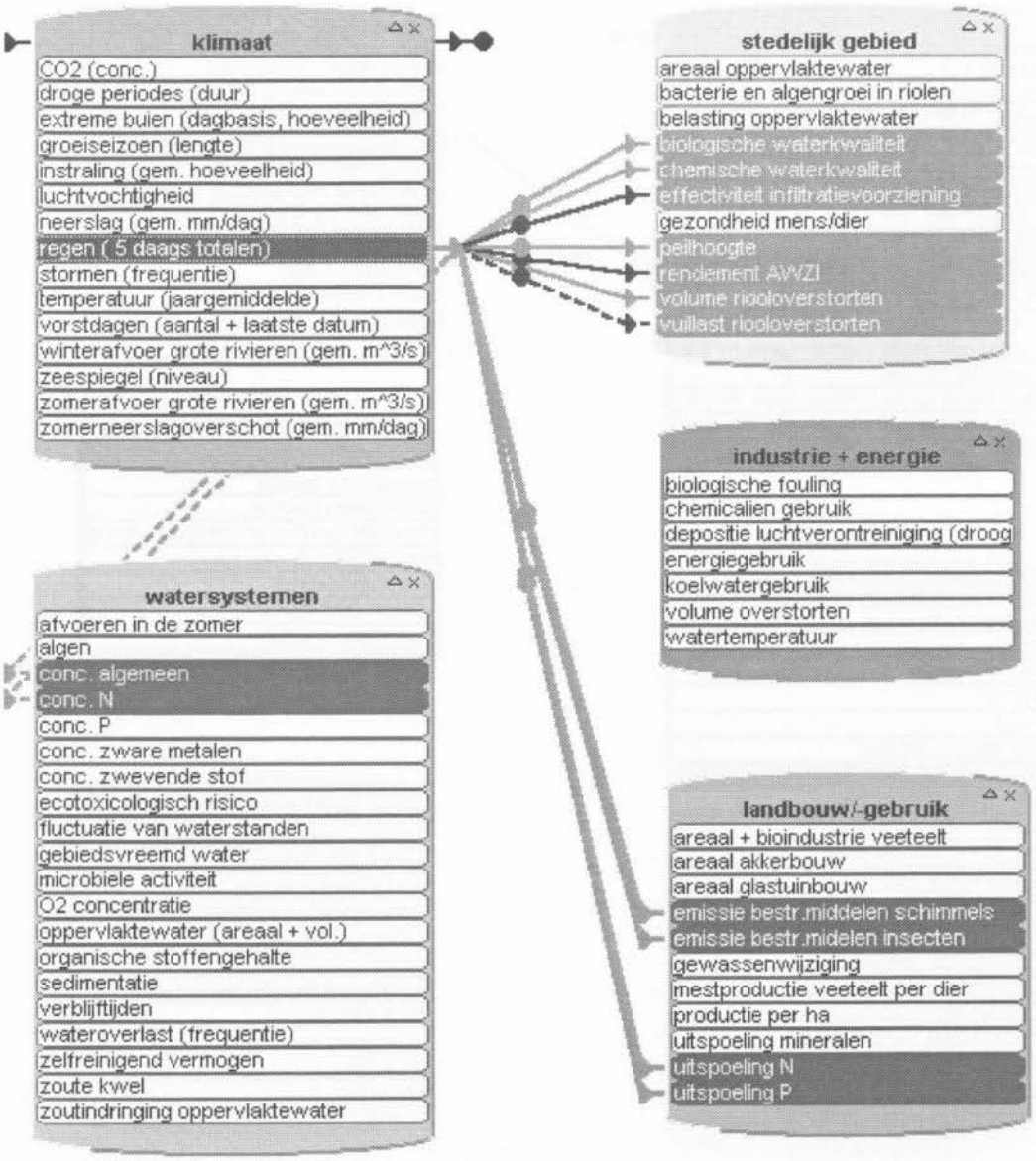
Figuur: A-5 Instraling (gemiddelde hoeveelheid)



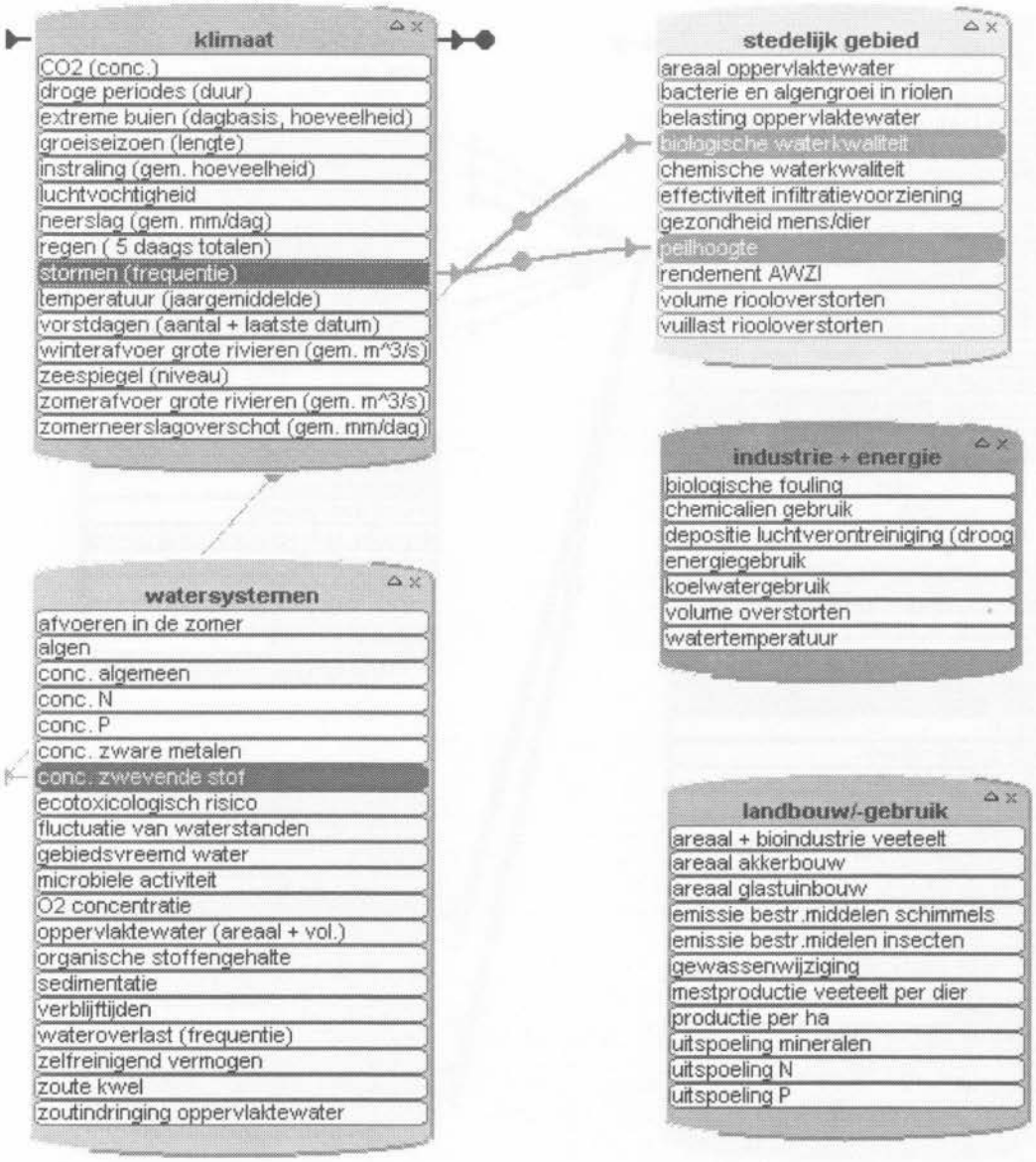
Figuur: A-6 Luchtvochtigheid



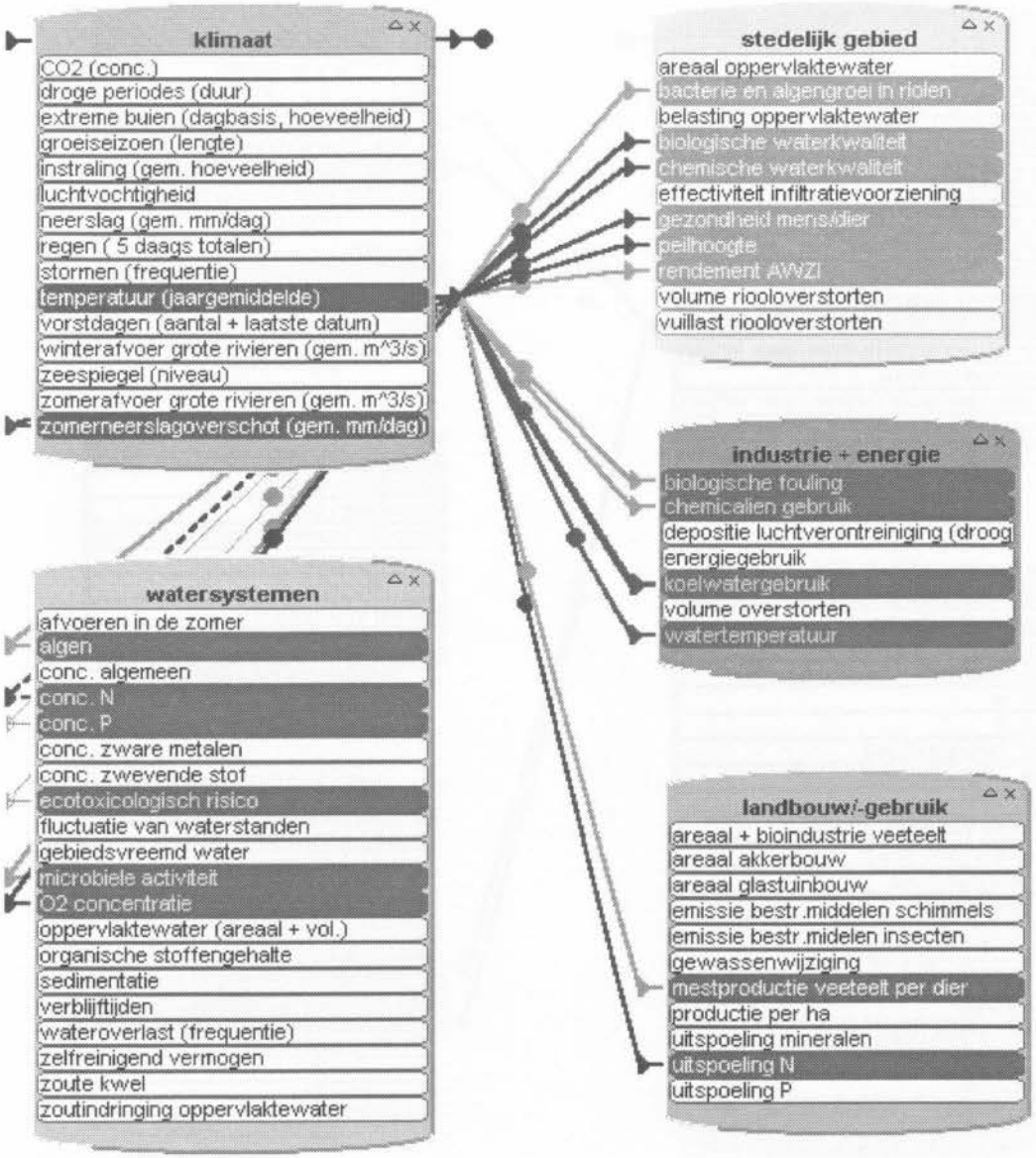
Figuur: A-7 Neerslag (gemiddelde mm/dag)



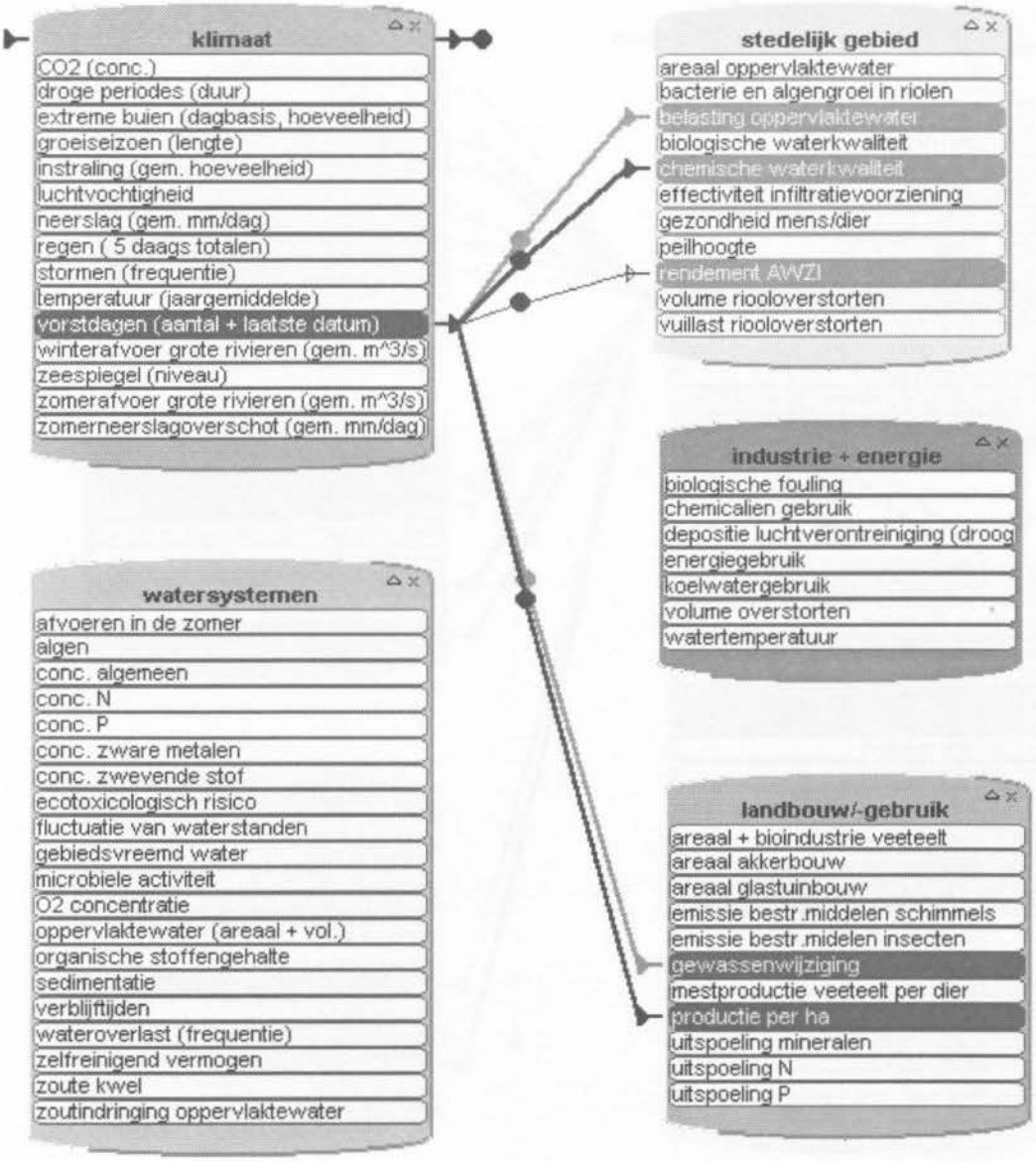
Figuur: A-8 Regen (5 daags totalen)



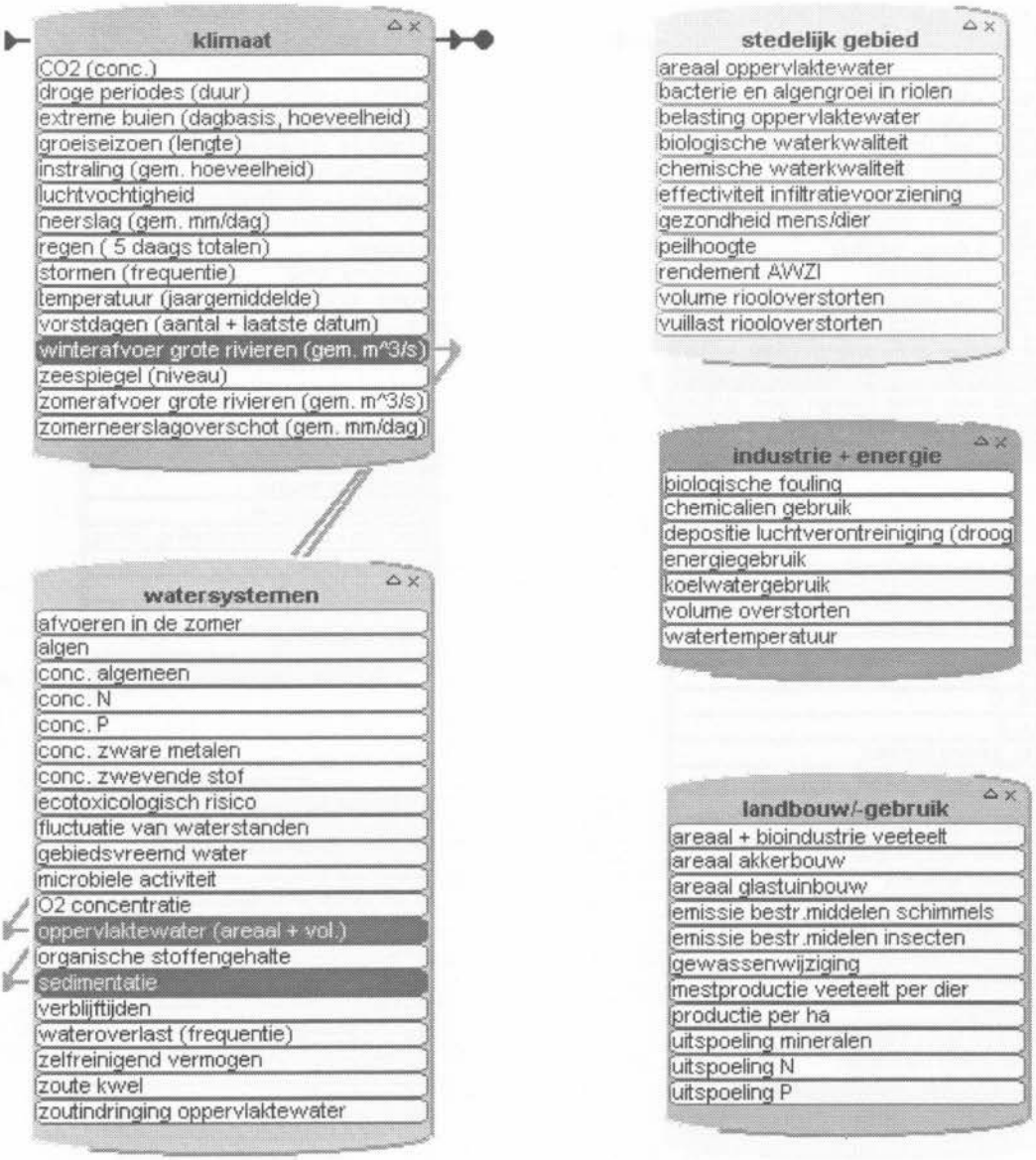
Figuur: A-9 Stormen (frequentie)



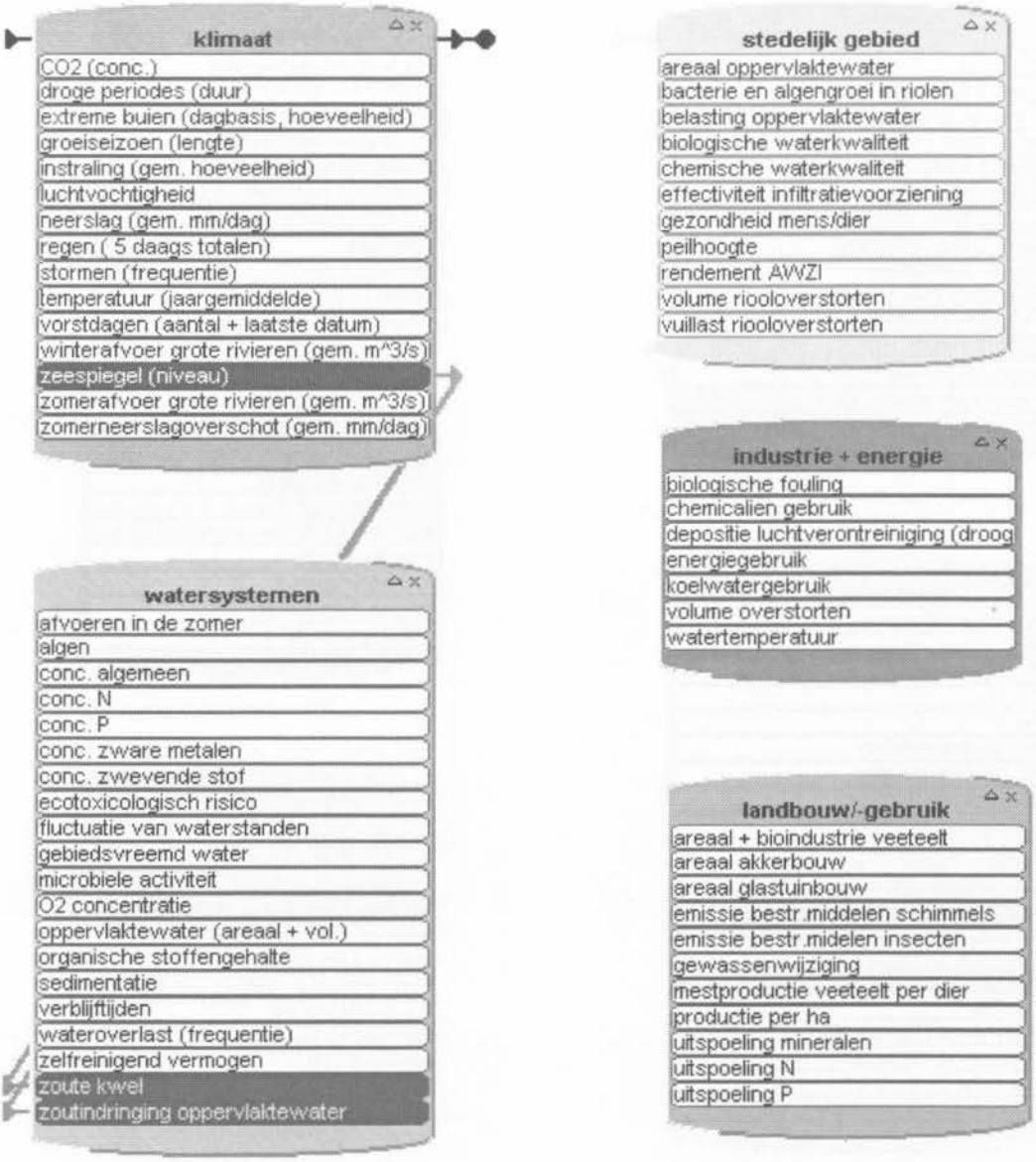
Figuur: A-10 Temperatuur (jaargemiddelde)



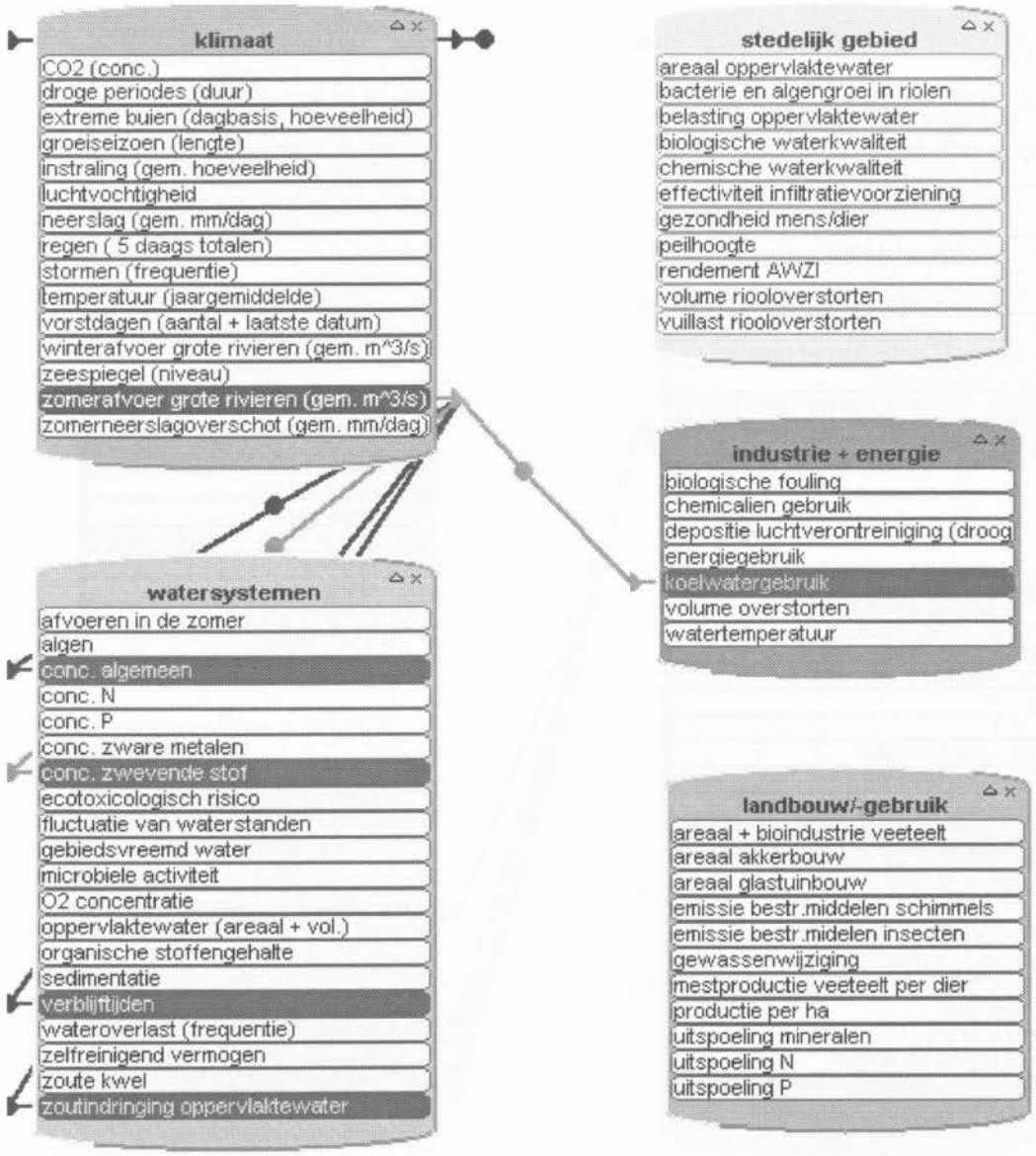
Figuur: A-11 Vorstdagen (aantal + laatste datum)



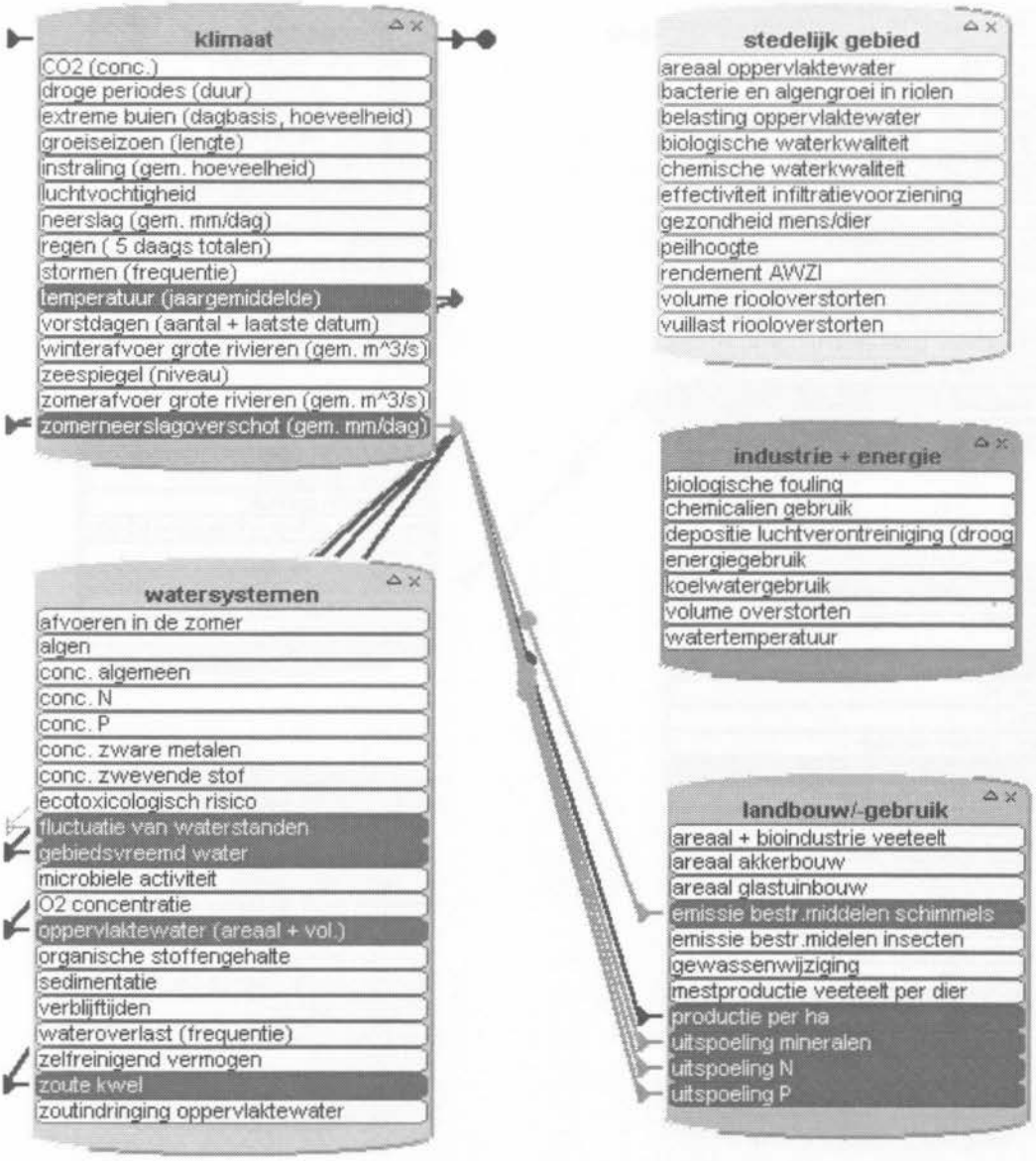
Figuur: A-12 Winterafvoer grote rivieren (gemiddelde m^3/s)



Figuur: A-13 Zeespiegel (niveau)



Figuur: A-14 Zomerafvoer grote rivieren (gemiddelde m^3/s)



Figuur: A-15 Zomerneerslagoverschot (gemiddelde mm/dag)

Bijlage B

Bijlage B Programma workshop

9:30 – 9:45	**ontvangst** met koffie en thee
9:45 – 10:00	**welkom en introductie** door Henk Senhorst, projectleider bij RIZA
10:15 – 10:45	**klimaatverandering, wat zijn de (on)zekerheden?** door Günther Können, hoofd klimaatanalyse KNMI
10:45 – 12:00	**brainstorm over oorzaak-gevolg relaties** tussen klimaatkarakteristieken die veranderen en de consequenties voor waterkwaliteit (opgedeeld in vier onderwerpen: stad, industrie & energieproductie, landbouw & landgebruik, watersystemen)
12:00 – 12:30	**plenaire nabespreking** onder leiding van Harm Albert Zanting, Resource Analysis
12:30 – 14:00	**lunch op rondvaartboot**
14:00 – 15:00	**oorzaak gevolg-relaties structureren en aanvullen** in groepen per onderwerp
15:00 – 16:00	**autonome ontwikkelingen binnen de vier onderwerpen** in groepen per onderwerp
16:00 – 16:20	**plenaire nabespreking** onder leiding van Harm Albert Zanting
16:20 – 16:30	**afsluiting en vervolg** door Henk Senhorst

Bijlage C

Bijlage C Definitieve deelnemerslijst

dagvoorzitter

Harm Albert Zanting	Resource Analysis

projectleider

Henk Senhorst	RIKZ

industrie & energie

Lamber Paping (ochtend)	Dow Chemicals
Antoine van Hoorn	Hoogovens
Rolf Hadderingh	KEMA
Lilian Bernhardi	Kiwa N.V.
Günther Können (ochtend)	KNMI
Ilse Rovers (ochtend)	Novem
Theo Prins	RIKZ
Loek Teurlinckx	RIZA EMP, Lelystad
Dju Bijstra	RIZA EMP, Lelystad
Kees Roos	TNO/MEP
Harm Duel	WL Delft
Marjolein Rikmenspoel (facilitator)	

landbouw/gebruik

Willem van Deursen	Carthago
Günther Können (middag)	KNMI
Kees de Bont	LEI
Marieke de Groen (facilitator)	Resource Analysis
Marc de Rooy	RIZA EMD, Lelystad
Paul Boers	RIZA WSE, Lelystad
Henk Wolters	RIZA WSL, Lelystad
Pieter Jacobs	RIZA WST, Dordrecht

stedelijk gebied

Wim Denneman	Kiwa N.V.
Rob Hermans	Rioned
Ab Dirkzwager	RIZA EMD, Lelystad
Ruud Teunissen	RIZA EMD, Lelystad
Henk Pols	RIZA EMH, Lelystad
Frans van de Ven (middag)	RIZA WSL, Lelystad
Harry van Luijtelaar	TAUW
Jeroen Langeveld	TUD
Evert van der Meide	VNG
Dick Vonk	VROM
Marinette Mul (facilitator)	

watersystemen

Jeroen Veraart	Alterra
Hans Middelkoop	Rijksuniversiteit Utrecht
Saskia Mulder	RIKZ
John Maaskant	RIZA IMM, Lelystad
Paul van Noort	RIZA WSC, Lelystad
Hendrik Buiteveld	RIZA WSR, Arnhem
Albert van Mazijk	TU Delft
Sjoerd Hoornstra (facilitator)	