



Temperatuur Onderzoek Instrumentatie Kasten (TOInK)

Verslag over zomer 2003 en winter 2003-2004

A.N. Mazee

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut



Technical report = technisch rapport; TR-260

De Bilt, 2004

PO Box 201
3730 AE De Bilt
Wilhelminalaan 10
De Bilt
The Netherlands
<http://www.knmi.nl>
Telephone +31(0)30-220 69 11
Telefax +31(0)30-221 04 07

Author: Mazee, A.N.

UDC: 551.508.27

ISSN: 0169-1708

ISBN: 90-369-2249.6



TOInK
Temperatuur Onderzoek
Instrumentatie kasten

Projectnr. 12808

*Verlag over zomer 2003
en
winter 2003-2004*

A.N. Mazee
MI-INSA

1	Vraagstelling en opzet van het experiment	4
2	De dataloggers	4
3	De meetlocaties	4
4	Omgevings parameters	5
5	De afleiding van de formule	5
5.1	Tijdconstante en δ	6
5.1.1	Dimensie van de parameters	7
6	De individuele resultaten	7
6.1	Camerakast Schiphol	7
6.1.1	Conclusies voor Camerakast	8
6.1.2	Extra maatregelen voor de Camerakast	9
6.1.3	Wintersituatie	9
6.2	Berkhout	10
6.2.1	Berkhout SIAM-kast	10
6.2.2	Berkhout SIAM kast Winter	11
6.2.3	Berkhout MIOU-kast	12
6.2.4	Berkhout MIOU-kast Winter	13
6.3	De Bilt	14
6.3.1	De Bilt WIND-kast	14
6.3.2	Parameter afleiding WIND-kast De Bilt	15
6.3.3	WIND-kast De Bilt (winter situatie)	15
6.4	De Bilt Ceilometer-kast	16
6.4.1	Parameter afleiding Ceilometer-kast De Bilt	16
6.4.2	De Bilt Ceilometer-kast (winter situatie)	17
6.5	SIAMkast Cabauw (80 m)	17
6.5.1	Parameter afleiding SIAMkast Cabauw	18
6.6	SIAM-MIOU kast	18
6.6.1	SIAM-MIOU kast is dubbelwandig !!	20
7	Overzicht resultaten	21
7.1	Verwamde kasten	21
7.2	Niet verwarmde kasten	22
7.2.1	Parametrisering	22
8	Samenvatting en Conclusie	23
	Figuur 1 Windafhankelijkheid	5
	Figuur 2 Stralingsafhankelijkheid	6
	Figuur 3 Omgevingsparameters en kasttemperatuur	8
	Figuur 4 Camerakast met verwarming	9
	Figuur 5 Berkhout SIAM-kast	10
	Figuur 6 Berkhout SIAM-kast (Winter)	11
	Figuur 7 Berkhout MIOU-kast	12
	Figuur 8 Berkhout MIOU-kast (Winter)	13
	Figuur 9 De Bilt WIND-kast	14
	Figuur 10 De Bilt Ceilometer-kast	16
	Figuur 11 Cabauw SIAM-kast (80 m)	17
	Figuur 12 Temperatuurs gedrag op 28-feb. 2004	19
	Figuur 13 Temperatuursgedrag op 16-apr. 2004	19
	Figuur 14 Resultaat regressie met uitsluiting van periode	20
	Tabel 1 Overzicht resultaten (verwamde kasten)	21
	Tabel 2 Overzicht resultaten (onverwamde kasten)	22

Tabel 3 Resultaten in diverse kasten	23
Tabel 4 Bij berekening gebruikte meteorologische uitersten	23

1 Vraagstelling en opzet van het experiment

Veel waarneemapparatuur en bijbehorende elektronica is ondergebracht in kunststof of (roestvrij)stalen kasten die opgesteld zijn in de buitenlucht of in ongeconditioneerde ruimten. De daarin geïnstalleerde apparatuur is veelal gespecificeerd binnen een temperatuurbereik van -20 tot +50 graden, maar ook andere temperatuurbereiken komen voor.

Bekend is dat de elektronica voor de Camera op Schiphol een bereik heeft van slechts 5 °C tot 40 °C.

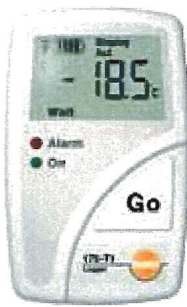
Het is echter niet bekend hoe de temperatuur zich in die kasten ontwikkelt, en of de daarin geïnstalleerde apparatuur in die omstandigheden wel aan de specificaties blijft voldoen.

Er is besloten voor een aantal kasten het temperatuurverloop na te gaan. Om dit te kunnen uitvoeren zijn een aantal kasten uitgerust met kleine autonome temperatuur dataloggertjes.

In juni 2003 zijn de loggertjes geplaatst, begin maart 2004 zijn de dataloggers allen teruggehaald. Een uitzondering is die van de SIAM-MIOU kast op Schiphol, deze was pas begin februari 2004 geplaatst en deze is in april 2004 teruggehaald.

2 De dataloggers

Er is gekozen voor dataloggers van het fabrikaat TESTO, een firma die meetapparatuur levert voor onder andere de voedingsmiddelen industrie.



Deze dataloggertjes hebben een temperatuurbereik van -30 to +70 °C met een nauwkeurigheid van ± 1 °C. Er is een tijdsinterval in te stellen tussen 10 s en 24 h. Deze datalogger kan 7800 waarnemingen opslaan.

De tijdconstante van de temperatuurmeting (met interne sensor) is ca. 30 minuten. Om deze reden is ook gekozen voor één meting per half uur, waardoor de periode waarover data opgeslagen kan worden op 162 dagen komt.

De datalogger is waterdicht en de batterij, waar de datalogger ca. 2 jaar op loopt, is uitwisselbaar. Met behulp van het bijgeleverde programma zijn de tijd en andere parameters in te stellen en wordt gelijktijd de capaciteit van de batterij gecontroleerd.

De klok heeft een nauwkeurigheid van enkele minuten per jaar.

Op het display is de opgetreden maximum en minimum temperatuur en ook het aantal keren dat deze boven of onder een tevoren ingestelde temperatuur komen, is af te lezen.

Tien van deze dataloggers inclusief software en interface hebben € 1 329,23 incl. BTW gekost.

3 De meetlocaties

In overleg met het constructie bureau en HMSB is gekozen voor de volgende locaties:

- Camerakast Schiphol
 - MIOUkast Berkhout
 - SIAMkast Berkhout
 - Windkast De Bilt
 - Ceilometerkast De Bilt
 - SIAMkast Cabauw (80 m)
 - SIAM-MIOU kast vanaf 9 februari 2004
- Deze is op een later stadium toegevoegd. De SIAM-MIOU-kast zou aanvankelijk eerst in De Bilt geplaatst worden, maar is uiteindelijk op SCHIPHOL, bij het nieuwe waarneemterrein is geplaatst.

4 Omgevings parameters

Teneinde de resultaten te kunnen relateren aan de omgevings-parameters worden gedurende de gehele meetperiode uit de CIBIL data-base gegevens over temperatuur, wind en globale straling ingewonnen van de locaties De Bilt, Berkhout, Schiphol en Cabauw.

Deze worden later gebruikt samen met de in de kast opgetreden temperatuur.

Er zal gepoogd worden de in de kast opgetreden temperatuur met een formule te benaderen. In deze formule zullen de hieronder vermelde grootheden gebruikt worden:

Tk = kast temperatuur	[°C]
Ta = omgevingstemperatuur	[°C]
Q = Globalestraling	[Wm ⁻²]
ff = Windsnelheid	[m s ⁻¹]
τ = tijdconstante	[h]

Dit levert de volgende afhankelijkheid op:

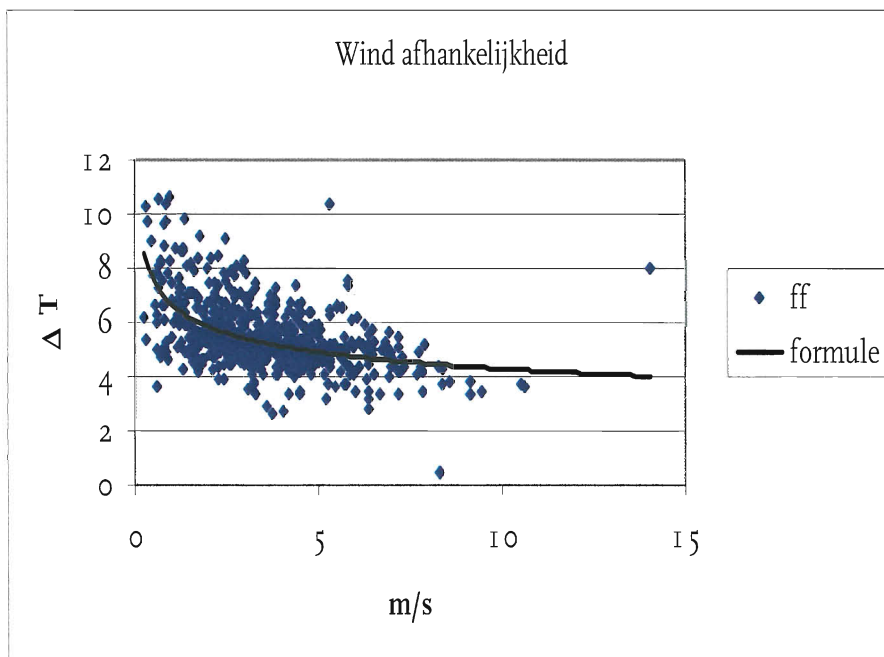
$$T_k = F(T_a, Q, ff, \tau)$$

5 De afleiding van de formule

De eerste metingen die beschikbaar zijn gekomen waren die van de Camerakast op Schiphol. Deze set data is gebruikt om de formule af te leiden.

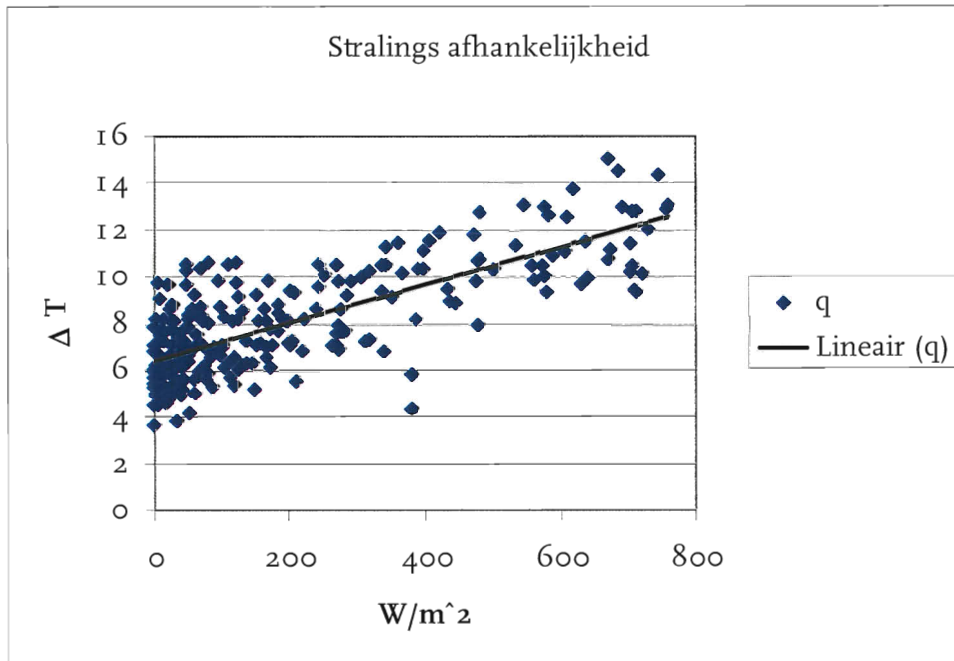
Om de effecten van wind en straling afzonderlijk te kunnen bepalen is het temperatuurverschil tussen de temperatuur in de kast en buitenluchttemperatuur uitgezet tegen de windsnelheid bij een geringe straling. ($\leq 100 \text{ Wm}^{-2}$)

Hier is een hyperbool-achtige relatie uit af te leiden (zie Figuur 1)



Figuur 1 Windafhankelijkheid

Zo is ook het temperatuursverschil tussen de temperatuur in de kast en buitenluchttemperatuur uitgezet tegen de straling bij een geringe windsnelheid. ($\leq 2 \text{ m s}^{-1}$)
 Uit deze set metingen is een temperatuursverhoging evenredig met de globale straling, terug te vinden (zie Figuur 2)



Figuur 2 Stralingsafhankelijkheid

Dit heeft geresulteerd in de hieronder gevonden (empirische) formule.

$$T_k = T_a + a + Q / b - c * ff / (ff + d)$$

- T_k = kast temperatuur $[^{\circ}\text{C}]$
- T_a = omgevingstemperatuur $[^{\circ}\text{C}]$
- Q = Globalestraling in $[\text{W m}^{-2}]$
- ff = Windsnelheid in $[\text{m s}^{-1}]$

5.1 Tijdsconstante en δ

Voor verbetering van de formule is ook rekening gehouden met de (eerste orde) tijdsconstante van de kasten.

Door warmte opslag en isolatie is er een relatie van de heersende temperatuur met de vorig gemeten temperatuur.

Bij opstelling van kasten in een andere ruimte is een tweede orde effect te verwachten, dit is niet meegenomen. Uit de bepaalde spreiding blijkt dat dit effect een ondergeschikte rol speelt.

Door toepassing van de relatie $T_k(\text{ber})_t = F(T_a, Q, ff)_{t-I} * \delta + F(T_a, Q, ff)_t * (1-\delta)$ is de warmteopslag in de kast c.q. de vertraging in de simulatie verwerkt. Hierin is t het moment van waarnemen en $t-I$ het vorige tijdstip van waarnemen (één half uur eerder).

De relatie tussen δ en τ is tot de volgende formule te herleiden:

$$\tau = 2/(1-\delta)$$

5.1.1 Dimensie van de parameters

De parameters a, b, c, d en τ hebben de volgende naam en dimensie:

a	Temperatuurs verhoging	[°C]
b	Stralings factor	[Wm ⁻² °C ⁻¹]
c	Max. Windinvloed	[°C]
d	Halfwaarde snelheid	[ms ⁻¹]
τ	Tijdconstante	[h]

Deze dimensies worden verder in dit document niet meer vermeld.

6 De individuele resultaten

Voor alle meetlocaties wordt in de volgende paragrafen een tabel weergegeven met de maximum opgetreden temperatuur en de dag waarop. Ook staat in die tabel de maximum opgetreden buitentemperatuur voor die dag. De figuur laat zien de beste fit van de formule voor die dag, de tabel eronder laat de parameters zien die bij die dag de beste resultaten geven.

6.1 Camerakast Schiphol

De warmste dag.

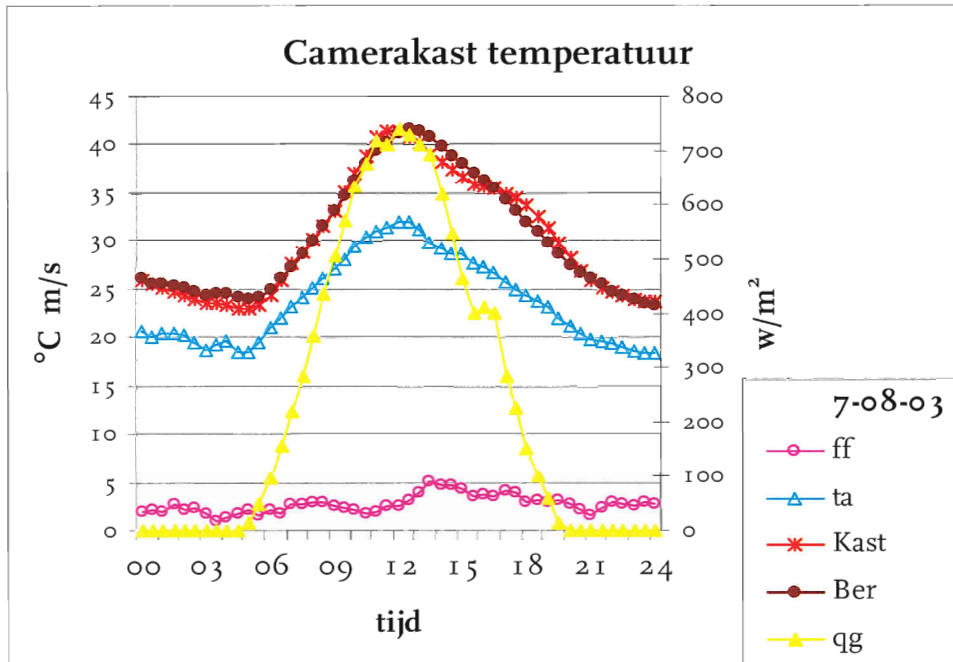
Camera kast Schiphol		Opgenomen vermogen
Gegevens tot 18-8-2003		50 W
Temperatuur	Maximum	
Omgeving	32,0 °C	Verwarming
Kast	41,4 °C	(thermostaat)
	datum 7-8-2003	300 W

In Figuur 3 is de kasttemperatuur uitgezet samen met de omgevingsparameters (T_a , ff en Q_g) en de door de formule berekende temperatuur.

Voor 7 augustus 2003, de warmste dag, gelden de volgende parameters:

datum	a	b	c	d	τ	σ	σ tot
07-08-03	6,36	125	3,90	4,10	1,39	0,90	1,18

Voor de warmste dag ziet het temperatuursverloop als volgt uit:



Figuur 3 Omgevingsparameters en kasttemperatuur

Wordt de formule met deze parameters toegepast op de hele periode van 1 juli t/m 18 augustus 2003, dan wordt een σ van 1,18 °C gevonden.

Voor deze dag, de dag waarop de hoogste kasttemperatuur is gemeten, klopt de formule zeer goed. Er zijn dagen waarop grotere afwijkingen van de berekende temperaturen optreden. Deze kunnen onder andere veroorzaakt worden door bijvoorbeeld windrichting, instralingshoek. Er is naar een relatie gezocht, maar deze was niet eenduidig. De verbetering die hier mee bereikt zou worden is bovendien te gering.

6.1.1 Conclusies voor Camerakast

De temperatuursverhoging ten gevolge van eigen dissipatie en opwarming door de zon is op de warmste dag ca 10 °C geweest. Zou er geen wind geweest zijn, dan zou de temperatuur in de kast opgelopen zijn tot ca. 43 °C. Dit is **boven** de specificaties van de router, maar wordt nog geacht binnen de marge te liggen, vooral omdat dat maar zelden en relatief kort optreedt. Uit de berekening is wel gebleken, dat bij een hogere windsnelheid en zonder zon de temperatuursverhoging slechts 5 à 6 °C is. In de winter zou dat bij een buiten temperatuur van -20 °C een kasttemperatuur van -15 °C opleveren. Dit is ver buiten de specificaties van de gebruikte componenten.

6.1.2 Extra maatregelen voor de Camerakast

Teneinde de temperatuur, in de camerakast, binnen de gewenste grenzen te houden zijn voor in de zomer, zo blijkt uit dit onderzoek, geen extra maatregelen nodig (zie: 6.1.1)

Voor de winter ziet het er echter slechter uit, er is een extra verwarming nodig.

De eigen dissipatie van de apparatuur ligt in de orde van 50 W. Er is besloten een extra verwarming van 300 W, met thermostaat, te plaatsen.

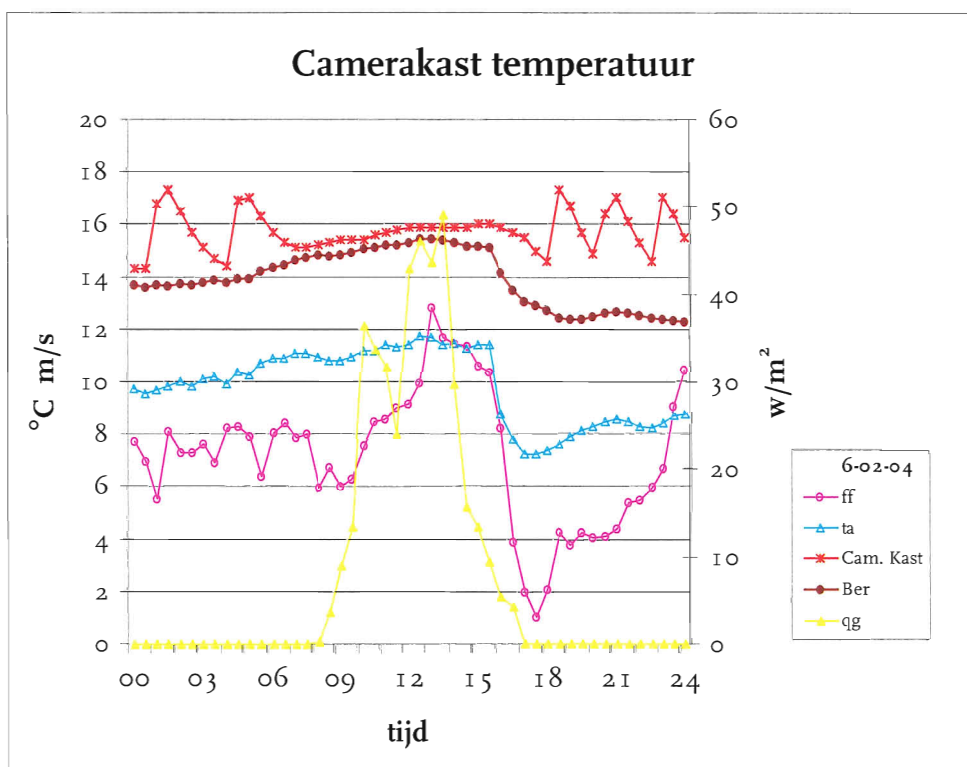
De temperatuursverhoging (constante a) in de regressieformule is een gevolg van de in de kast gedissipeerde warmte. Er is in een proefopstelling met deze kast en een 300W verwarming een temperatuursverhoging gemeten van $26\text{ }^{\circ}\text{C}$. De constante a zal dan worden $26 + 6,5 = 32,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bij een buitentemperatuur van $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en een wind van 20 m/s blijft de temperatuur nog tenminste $9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.1.3 Wintersituatie

Ter controle wordt de temperatuurmeting voor het winterseizoen nog voortgezet.

In Figuur 4 is het temperatuurverloop te zien op een dag dat de verwarming in- en uitschakelt.



Figuur 4 Camerakast met verwarming.

In de periode, midden op de dag, dat de verwarming niet nodig is en geheel uitschakelt komt de kasttemperatuur dichtbij de, met de eerder bepaalde parameters, berekende waarde.

Met de verwarming aan blijft de temperatuur tussen $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Advies: De thermostaat zou $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ lager ingesteld kunnen worden.

6.2 Berkhout

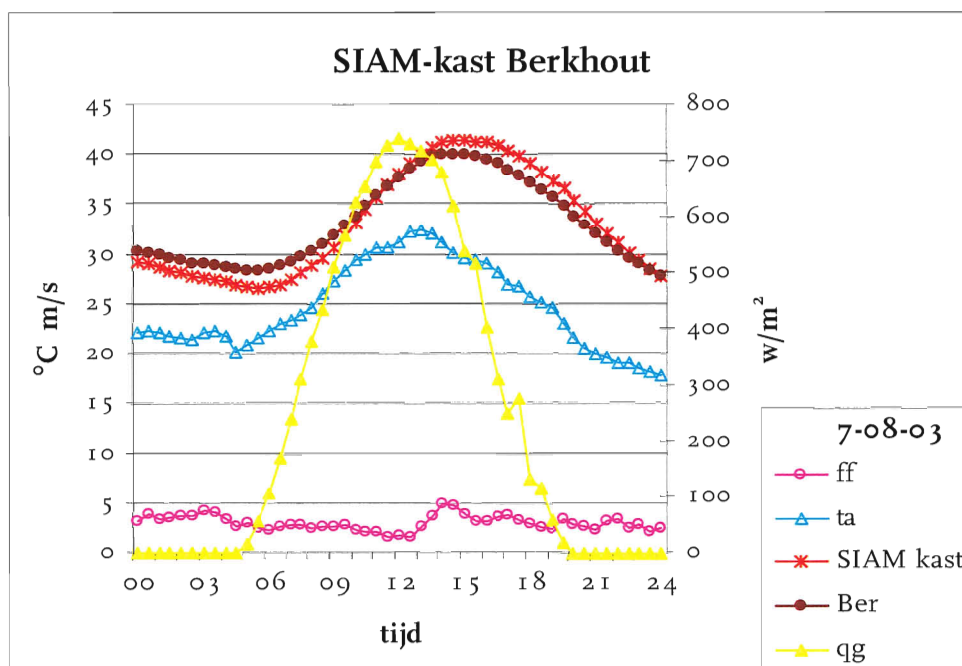
In Berkhout is op twee plaatsen gemeten.

6.2.1 Berkhout SIAM-kast

De warmste dag.

Berkhout			Opgenomen vermogen
Tot 9-10-2003			50 W
SIAM	Temperatuur	max.	
	Omgeving	32,8 °C	Verwarming
	Kast	41,5 °C	(thermostaat)
	Datum 7-8-2003		Ruimte verwarming

Voor de warmste dag ziet het tempertuurverloop als volgt uit:



Figuur 5 Berkhout SIAM-kast

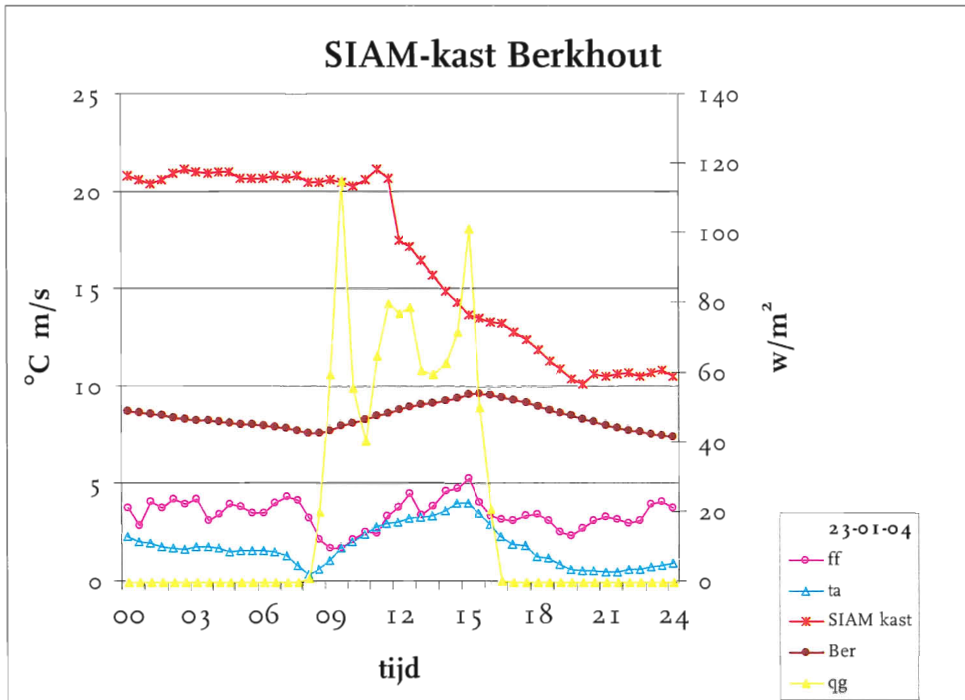
Voor de warmste dag zijn de volgende parameters afgeleid:

datum	a	b	c	d	τ	σ	σ tot
07-08-03	10,39	89	6,9	1,0	4,13	0,63	2,10

6.2.2 Berkhout SIAM kast Winter

De kasten in Berkhout zijn allen ondergebracht in een onderkomen dat van een verwarming is voorzien.

Op 23 januari 2004 is de thermostaat van deze verwarming lager gezet (op ca. 10 °C)
Zie hiervoor Figuur 6



Figuur 6 Berkhout SIAM-kast (Winter)

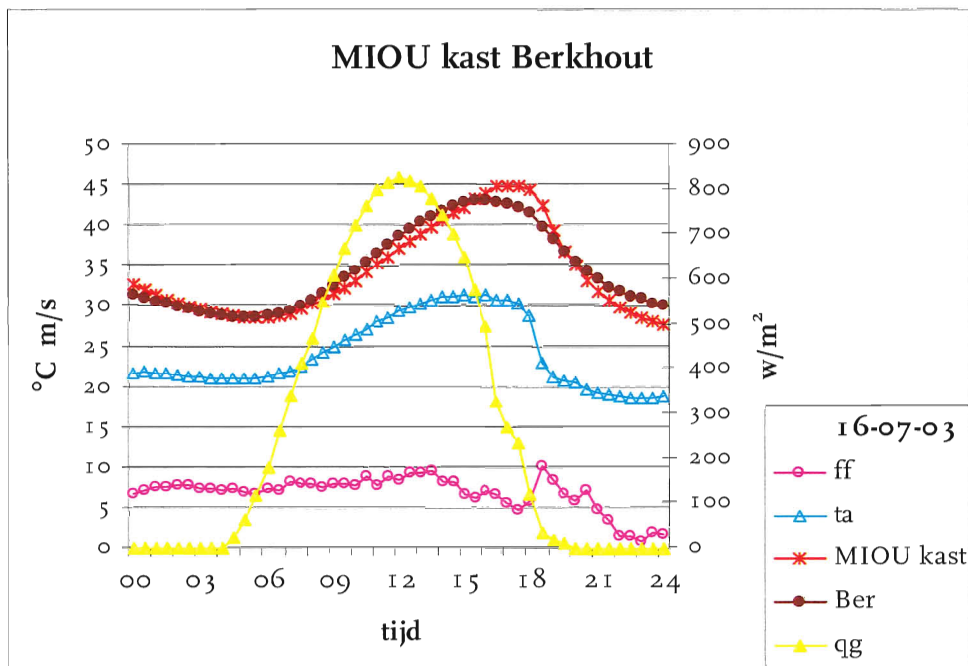
De temperatuur van de SIAM-kast blijft 's winters op minimaal 10 °C.

6.2.3 Berkhout MIOU-kast

De warmste dag.

Berkhout		Opgenomen vermogen	
Tot 9-10-2003		50 W	
MIOU	Temperatuur	max.	
	Omgeving	32,4 °C	
	Kast	44,9 °C	
Datum 16-7-2003		Ruimte verwarming	

Voor de warmste dag ziet het temperatuurverloop als volgt uit:



Figuur 7 Berkhout MIOU-kast

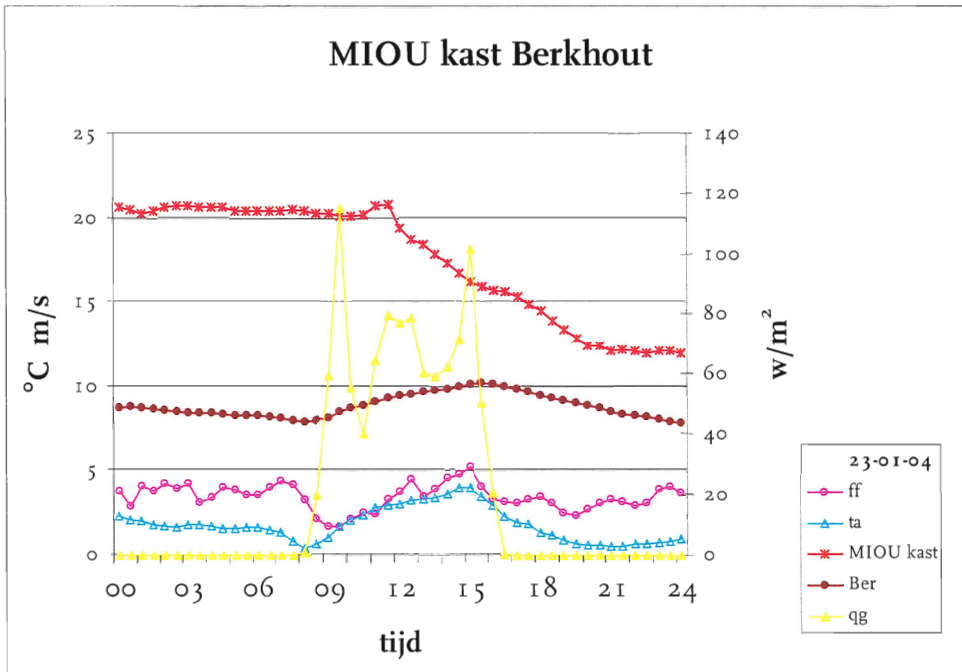
Voor de warmste dag zijn de volgende parameters afgeleid:

datum	a	b	c	d	τ	σ_{dag}	σ_{tot}
16-07-03	10.47	65	8,0	3,4	4,43	1,33	2,18

6.2.4 Berkhout MIOU-kast Winter

Op 23 januari 2004 is de thermostaat van deze verwarming lager gezet (op ca. 10 °C)
Voor de MIOU-Kast geldt hetzelfde als voor de SIAM kast

Zie hiervoor Figuur 8



Figuur 8 Berkhout MIOU-kast (Winter)

De temperatuur in de MIOU-Kast blijft bij ingeschakelde verwarming ca. 11 °C.

6.3 De Bilt

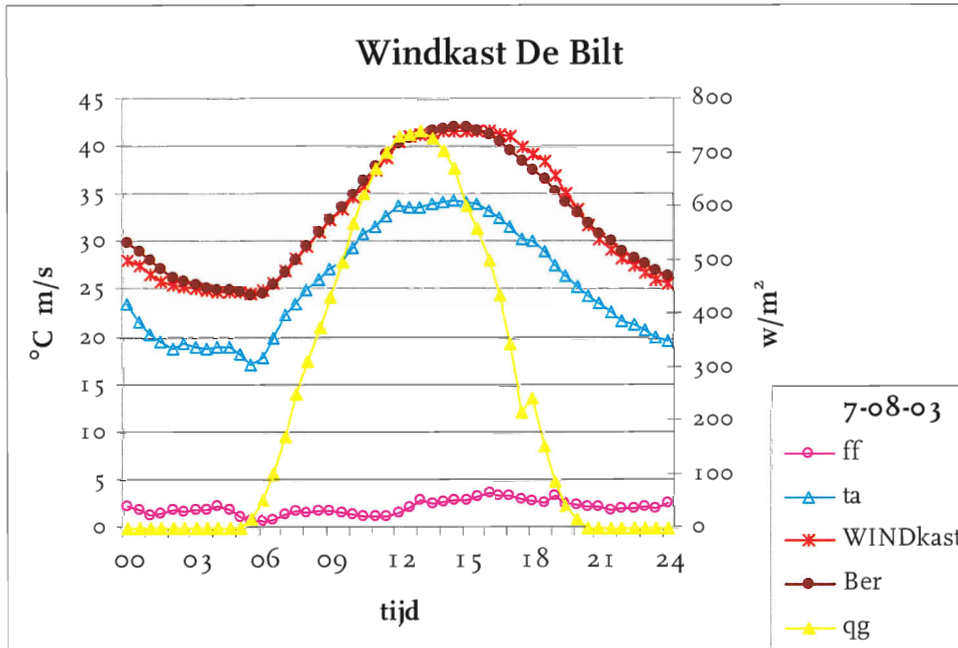
6.3.1 De Bilt WIND-kast

De warmste dag.

De Bilt		
Tot 17-10-2003		
WIND	Tempratuur	Max.
	Omgeving	34,4 °C
	Kast	41,7 °C
	Datum	7-8-2003

Opgenomen vermogen
50 W
Verwarming (thermostaat)
80 W

Voor de warmste dag ziet het tempertuurverloop als volgt uit:



Figuur 9 De Bilt WIND-kast

6.3.2 Parameter afleiding WIND-kast De Bilt

Voor deze kast zijn de volgende parameters afgeleid.

Als vergelijking de parameters die het beste resultaat geven voor de warmste dag en daarbij de parameters zoals die voor de totale gemeten periode gelden.

datum	a	b	c	d	τ	σ_{dag}	σ_{tot}
07-08-03	8,53	277	3,90	0,70	1,30	0,77	1,71
juni-03 - maart-04	9,24	353	4,5	3,2	1,61	-	1,05

6.3.3 WIND-kast De Bilt (winter situatie)

Van de verwarming met de thermostaat is in de registraties niets terug te vinden.

De berekende parameters voor zomer en winter zijn ongeveer gelijk, behalve dat 's winters de invloed van de zonnestraling verhoudingsgewijs groter is.

De kast wordt verder aangemerkt als kast **zonder (schakelende) verwarming**.

Omdat er geen echt koude winter is geweest, zal gebruik gemaakt worden van de afgeleidde formule met de zelfde parameters als voor de zomer

De formule geeft met een spreiding van 1,05 °C een behoorlijke benadering.

Als extreme meteorologische omstandigheden voor de winter kan gesteld worden een temperatuur van -20 °C, een extreme windsnelheid van 20 m/s en geen straling.

Omdat de tijdconstante relatief kort is kan gesteld worden dat de temperatuursverhoging die optreedt : $a - c = 5 \text{ °C}$

Zelfs onder deze extreme omstandigheden zal de temperatuur in de kast niet lager dan **-15 °C uitkomen**.

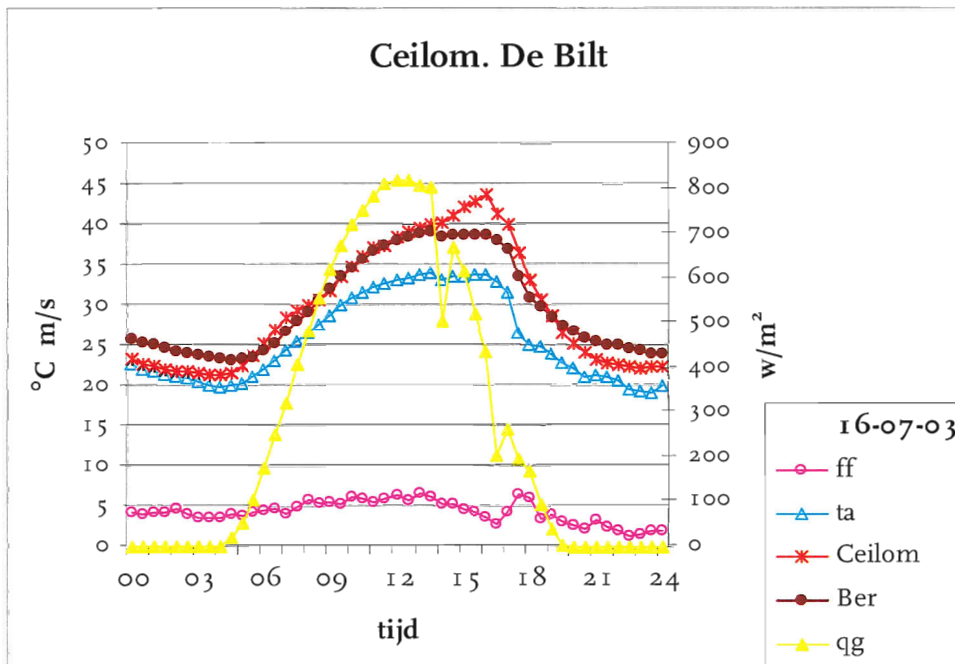
6.4 De Bilt Ceilometer-kast

De warmste dag.

De Bilt		
Tot 17-10-2003		
Ceilom.	Tempratuur	max.
	Omgeving	34,0 °C
	Kast	43,8 °C
	Datum	16-7-2003

Opgenomen vermogen	15 W
Verwarming (thermostaat)	30 W

Voor de warmste dag ziet het tempertuurverloop als volgt uit:



Figuur 10 De Bilt Ceilometer-kast

6.4.1 Parameter afleiding Ceilometer-kast De Bilt

Voor deze kast zijn de volgende parameters afgeleid.

Als vergelijking de parameters die het beste resultaat geven voor de warmste dag en daarbij de parameters zoals die voor de totale gemeten periode gelden.

datum	a	b	c	d	τ	σ_{dag}	σ_{tot}
16-07-03	6,38	216	7,70	4,50	1,14	2,02	2,18
juni-03 - maart-04	4,80	111	4,9	5,60	0,967	-	1,58

6.4.2 De Bilt Ceilometer-kast (winter situatie)

Van de verwarming, die zich aan de rechterkant in de kast bevindt, terwijl de temperatuur links boven gemeten wordt, is niet veel terug te vinden. Het is zelfs de vraag of de verwarming werkt! De kast wordt verder aangemerkt als kast **zonder (schakelende) verwarming**.

Omdat er geen echt koude winter is geweest, zal gebruik gemaakt moeten worden van de formule met parameters zoals die over de hele periode zijn afgeleid.

De formule geeft met een spreiding van $1,58\text{ }^{\circ}\text{C}$ een behoorlijke benadering.

Als extreme meteorologische omstandigheden voor de winter kan gesteld worden een temperatuur van $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, een extreme windsnelheid van 20 m/s en geen straling.

Door het geringe vermogen is er maar weinig temperatuursverhoging.

De temperatuur komt dan uit op $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$

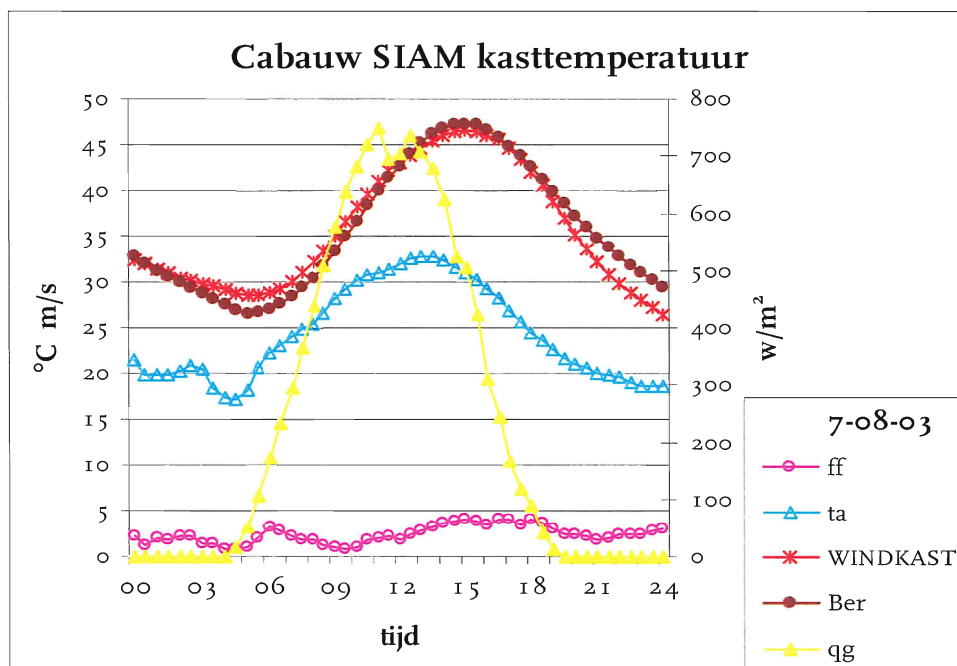
6.5 SIAMkast Cabauw (80 m)

De warmste dag.

SIAM kast Cabauw			
Tot 6-10-2003			
SIAM	Temperatuur	max.	
	Omgeving		$32,9\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Kast		$46,6\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Datum		7-8-2003

Opgenomen vermogen	60 W
Verwarming	(Hygrostaat !)
	80 W

Voor de warmste dag ziet het tempertuurverloop als volgt uit:



Figuur 11 Cabauw SIAM-kast (80 m)

6.5.1 Parameter afleiding SIAMkast Cabauw

Voor de warmste dag zijn de volgende parameters afgeleid:

datum	a	b	c	d	τ	σ_{dag}	σ_{tot}
07-08-03	4,01	39	0,00	0,00	4,8	1,40	2,16

De verwarming in de SIAMkast in Cabauw is niet geschakeld met behulp van een **thermostaat**, maar met een **hygrostaat**. Dit houdt in dat 's winters met droge koude de temperatuur lager is dan volgens de formule en dat 's zomers bij vochtige warmte de temperatuur hoger is dan volgens de formule. Er zijn dan ook afwijkingen gevonden van de gebruikte formule bij verschillende temperatuur bereiken.

6.6 SIAM-MIOU kast

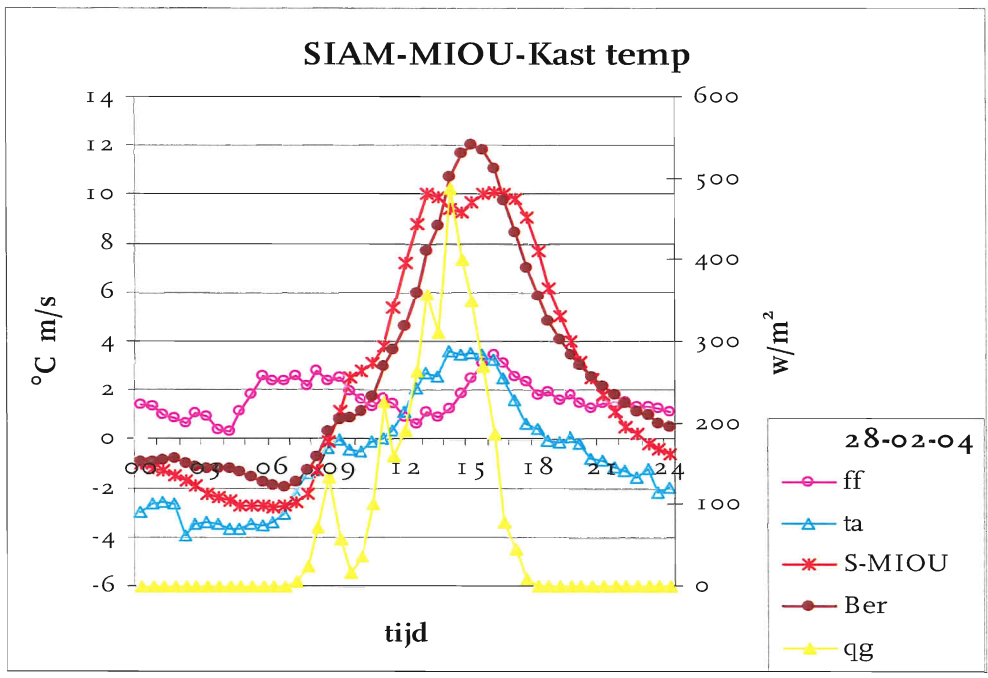
SIAM-MIOU kast
Opgenomen vermogen
60 W
Verwarming
geen

De SIAM-MIOU kast is pas begin 2004 geplaatst. De meting heeft geduurd van 9 februari 2004 tot 27 april 2004. In de zomer van 2003 is dus niet gemeten. Op basis van de, in de relatief korte periode, bepaalde parameters is een schatting te maken.

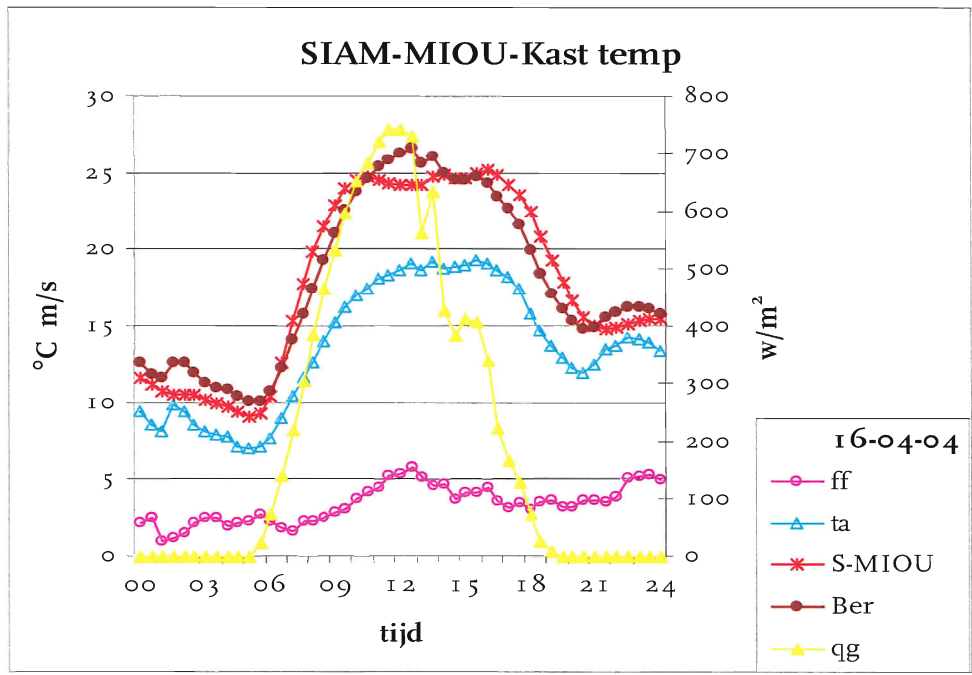
Zie Figuur 12 Temperatuurs gedrag op 28-feb. 2004 en Figuur 13 Temperatuursgedrag op 16-apr. 2004

datum	a	b	c	d	τ	σ_{dag}	σ_{tot}
28-02-04	2,29	37	3,9	5,1	2,30	1,25	2,05
16-04-04	3,89	128	4,8	8,9	0,81	1,37	1,15

Uit de reactie van de temperatuur blijkt dat de dubbelwandige kast een ander gedrag heeft dan de kasten die tot op heden zijn onderzocht. Zie 6.6.1 SIAM-MIOU kast is dubbelwandig !!



Figuur 12 Temperatuurs gedrag op 28-feb. 2004



Figuur 13 Temperatuursgedrag op 16-apr. 2004

6.6.1 SIAM-MIOU kast is dubbelwandig !!

Bij het toenemen van de straling blijkt de temperatuur sterk te gaan afwijken van de berekening met de regressieformule.

Het afwijkende temperatuurgedrag is als volgt te verklaren:

De zijwanden zijn weliswaar dubbel, maar aan de boven en onderkant is een ventilatie mogelijkheid. Bij verhitting door de zonnearmte ontstaat er een luchtstroom geïnduceerd door deze verhitting.

Een en ander heb ik op de volgende manier verder bepaald.

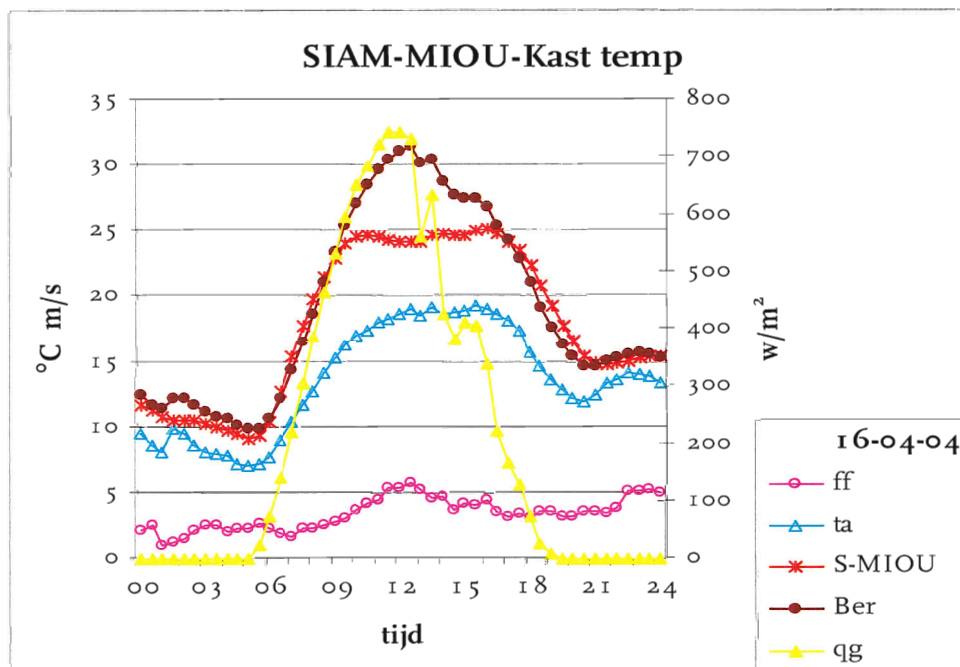
Voor de warmste dag (16-04-04) heb ik de tijd tussen 9:30 en 15:30 UT uitgesloten voor het bepalen van de parameters van de regressie formule. Zodra de straling (op 16-04-04) boven de ca. 500 W/m² uitkomt klopt de regressie niet meer en blijft de temperatuur achter.

Voor 16 april 2004 wordt een temperatuur verschil (werkelijkheid – regressie) gevonden van 6 °C. (Zie Figuur 14)

In de hele waarneemperiode is geen grotere afwijking dan ca. 6 °C gevonden.

Voor deze kast wordt met de extreme zomersituatie, $T_a = 35\text{ °C}$, $Q_G = 900\text{ W/m}^2$, $ff = 0\text{ m/s}$, een temperatuur berekend van $52,5\text{ °C}$. Wordt de geïnduceerde koeling op 6 °C gesteld dan, wordt de maximale temperatuur op $46,5\text{ °C}$.

regressie	a	b	c	d	τ	σ_{dag}	σ_{tot}
Hele dag	3,89	128	4,8	8,9	0,81	1,37	1,15
Periode uitgesloten	3,65	65	5,1	7,9	1,03	0,94	1,52



Figuur 14 Resultaat regressie met uitsluiting van periode

7 Overzicht resultaten

7.1 Verwamde kasten

In Tabel 1 Overzicht resultaten worden bij Totaal de parameters van de beste fit over de totale periode (waarin nog geen verwarming aan is) getoond, samen met de parameters gevonden voor de beste fit van de dag waarop de maximum-temperatuur is opgetreden. Het moge duidelijk zijn dat indien parameters van de dag met de maximum temperatuur en de totale periode te veel van elkaar verschillen, dat de formule niet goed de werkelijkheid benaderd.

Tabel 1 Overzicht resultaten (verwamde kasten)

Meetresultaten TOInK 2003 - 2004				Temperatuurs verhoging	Stralings Factor	Max. Wind invloed	Halfwaarde snelheid	Tijdconstante	Sspreading	Spreiding (periode)
Locatie		Uiterste temp.	a	b	c	d	τ	σ_{dag}	σ_{tot}	
			[°C]	[Wm ² /°C]	[°C]	[°C]	[h]	[°C]	[°C]	
Schiphol Camerakast	Max.	07-08-03	41,4 °C	6,36	125	3,9	4,1	1,39	0,90	1,18
	Totaal			6,58	122	4,2	3,6	1,40	-	1,15
	Min.		17 °C	verwarming						
Berkhout SIAM-kast	Max.	07-08-03	41,5 °C	10,4	89	6,9	1	4,13	0,63	2,10
	Totaal			11,6	80	6,7	0,9	4,81	-	1,49
	Min.		11 °C	verwarming						
Berkhout MIOU-kast	Max.	16-08-03	44,9 °C	10,5	65	8,0	3,4	4,43	1,33	2,18
	Totaal			11,2	67	7,6	3,3	5,16	-	1,77
	Min.		11 °C	verwarming						
Cabauw SIAM-kast (80 m)	Max.	07-08-03	46,6 °C	4,01	39	0,0	0,0	4,80	1,40	2,16
	Totaal			4,93	44	0,0	0,0	5,38	-	1,92
	Min.		2 °C	verwarming						

7.2 Niet verwarmde kasten

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de **niet** (geschakelde) verwarmde kasten. De fit voor de koudste dag laat zien dat de invloed van de zon (per Watt) groter zou zijn, maar de totale invloed van de straling is veel geringer. De stand van de zon speelt daar een rol bij.

Tabel 2 Overzicht resultaten (onverwarmde kasten)

Meetresultaten TOInK 2003 - 2004				Temperatuurs verhoging	Stralings Factor	Max. Wind invloed	Halfwaarde snelheid	Tijdconstante	Spreiding	Spreiding (periode)
Locatie		Uiterste temp.	a	b	c	d	τ	σ_{dag}	σ_{tot}	
			[°C]	[Wm ² /°C]	[°C]	[°C]	[h]	[°C]	[°C]	
De Bilt Wind-kast	Max.	07-08-03	41,7 °C	8,53	277	3,9	0,7	1,30	0,77	1,71
	Totaal			9,24	353	4,5	3,2	1,61	-	1,05
	Min.	28-02-04	1,4 °C	9,13	71	4,3	3,7	1,77	0,34	2,49
De Bilt Ceilometer- kast	Max.	16-07-03	43,8 °C	6,38	216	7,7	4,5	1,14	2,02	2,18
	Totaal			4,8	111	4,9	5,6	0,97	-	1,58
	Min.	28-02-04	-5,2 °C	2,29	35	4,8	5,1	1,32	0,55	3,62
Schiphol SIAM- MIOU-kast	Max.	16-04-04	25,2 °C	3,89	128	4,8	8,9	0,81	1,37	1,15
	Totaal			4,09	138	3,8	8,0	1,58	-	0,82
	Min.	28-02-04	-2,8 °C	2,29	37	3,9	5,1	2,30	1,25	2,05

7.2.1 Parametrisering

Met deze parameters is het gedrag van de temperatuur, als functie van de omgevingsvariabelen, in de kast te beschrijven met een nauwkeurigheid tussen 2 en 4 °C.

Deze formules gelden vanzelfsprekend alleen als er geen schakelende verwarming of schakelende koeling in werking is. De tijdconstante is voor de verschillende opstellingen anders.

De "Totaal" periode loopt van begin juni 2003 tot begin maart 2004.

Voor de SIAM-MIOU kast zijn de waarnemingen tot eind april nog meegenomen. Omdat deze kast, in de zomer 2003 niet bemeten is, zijn de metingen tot op het laatste moment nog verricht.

De parameters zijn afhankelijk van het type kast, de opstelling, de stand t.o.v. de zon en wind.

In Cabauw is de kast geplaatst binnen in de mast en in Berkhout zijn de kasten ondergebracht in een onderkomen. De tijdconstante komt daar uit op ongeveer 5 uur.

De invloed van de zon is in Cabauw groot ($b = 44 \text{ W m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), echter doordat de tijdconstante zo groot is (ca. 5h), blijft de temperatuurstijging t.g.v. de zonnestraling beperkt tot ca. 1,5 °C.

Ook valt op dat de windinvloed voor Cabauw op nul gesteld kan worden. Deze zal er wel zijn, maar is klein en is tengevolge van andere invloeden niet meetbaar.

8 Samenvatting en Conclusie

Aanleiding voor dit onderzoek was de vraag naar het temperatuurgedrag van verschillende kasten. De door het KNMI gebruikte elektronica is meestal gespecificeerd voor een temperatuurbereik tussen -20 °C en 50 °C .

De vraag was of, in de door het KNMI gebruikte kasten, onder verschillende klimatologische omstandigheden, de temperaturen binnen deze grenzen blijven.

De (meet)resultaten van de experimenten kunnen als in Tabel 3 samengevat worden.

Tabel 3 Resultaten in diverse kasten

Kast	MAX.	MIN.	Legenda	
Schiphol Camera	41,4 °C	17 °C	46,6 °C	gemeten maximum
Berkhout SIAM	41,5 °C	11 °C	46,5 °C	berekend maximum
Berkhout MIOU	44,9 °C	11 °C	-15 °C	berekend minimum
Cabauw SIAM (80 m)	46,6 °C	2 °C	2 °C	gemeten minimum (met verwarming)
De Bilt Wind	41,7 °C	-15 °C		
De Bilt Ceilometer	43,8 °C	-19 °C		
Schiphol SIAM-MIOU	46,5 °C	-19 °C		

Uit deze resultaten blijkt dat de temperatuur beneden 50 °C blijft, ook in de warme zomer van 2003. De winter 2003-2004 is niet extreem koud geweest. Voor het bepalen van de meest extreme (koude) waarden wordt gebruik gemaakt van de in dit document afgeleide regressieformule.

Omdat de SIAM-MIOU kast (op Schiphol) niet in een koude winter én niet in een warme zomer is bemeaten, wordt voor het bepalen van de hoogste en de laagste te verwachten temperatuur eveneens de regressieformule gebruikt met een correctie voor ventilatie. (zie 6.6.1)

Voor het bepalen van de meest ongunstige situatie wordt er onderscheid gemaakt in een zomer- en een wintersituatie. Voor beide situaties worden de ongunstigste omgevingscondities genomen. 's Zomers maximale temperatuur, maximale straling en geen wind voor afkoeling. 's Winters minimale temperatuur, geen straling en maximale afkoeling door wind.

Tabel 4 Bij berekening gebruikte meteorologische uitersten

	ff	QG	Ta
Winter	20 m/s	0 W/m ²	-20 °C
Zomer	0 m/s	900 W/m ²	35 °C

- In geen van de onderzochte kasten is een temperatuur lager dan -20 °C of hoger dan $+50\text{ °C}$ te verwachten.
- Het gebruik van een hygrostaat (Cabauw) voor het regelen van de verwarming heeft alleen invloed op de optredende (relatieve) vochtigheid, de temperatuur extremen worden daar nauwelijks door beïnvloed.

