

Het effect van fouten bij het meten van licht, temperatuur en CO₂ op de energiebesparing van tuinbouwkassen



J. Bontsema, Th.H. Gieling, J.G. Kornet, E. Rijpsma, G.J. Swinkels

Rapport 510

Colofon

Titel	Het effect van fouten bij het meten van licht, temperatuur en CO ₂ op de energiebesparing van tuinbouwkassen
Auteur(s)	J. Bontsema, Th.H. Gieling, J.G. Kornet, E. Rijpsma, G.J. Swinkels
A&F nummer	A&F 510
ISBN-nummer	ISBN nummer
Publicatiedatum	Publicatiedatum
Vertrouwelijk	Ja, 2011
OPD-code	04/214
Goedgekeurd door	J.C. Bakker

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology & Food Innovations B.V. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van het project “Het effect van fouten bij het meten van licht, temperatuur en CO₂ op de energiebesparing van tuinbouwkassen”. In dit project zijn metingen verricht bij een viertal tuinders, waarmee de fouten van de gebruikte sensoren zijn bepaald, waarna met deze informatie door middel van simulaties het effect van deze fouten op het energieverbruik is bepaald.

Het project is gefinancierd door Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit en Productschap Tuinbouw, waarvoor onze dank.

Dit onderzoek is uitgevoerd door:

J. Bontsema, Th. H. Gieling, J.G. Kornet, G.J. Swinkels, Agrotechnology & Food Innovations B.V., Wageningen en E. Rijpsma, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, cluster Glastuinbouw, Naaldwijk, in samenwerking met Kipp & Zn., Delft en Eijkelkamp Agrisearch Equipment B.V., Giesbeek

Wij willen de vier deelnemende telers uit De Lier, Monster, Nootdorp en Naaldwijk bedanken voor het mogen gebruiken van hun tuinbouwbedrijven voor de metingen.

Wageningen, september 2005

J. Bontsema, projectleider

Projectreferenties:

A&F projectnummer: 630.54764.01

PT projectnummer: 11937

LNV programma: 399

Samenvatting

Het rapport “Het effect van fouten bij het meten van licht, temperatuur, en CO₂ op de energiebesparing van tuinbouwkassen” beschrijft de resultaten van het onderzoek naar het effect van de nauwkeurigheid van de gebruikte sensoren in de kasklimaatregeling op het energieverbruik in de glastuinbouw.

Het onderzoek is uitgevoerd bij vier telers met elk een verschillend gewas, nl. komkommer, aubergine, tomaat en radijs. Deze telers zijn geselecteerd op meerdere criteria waarbij het meest doorslaggevend waren: de spreiding over verschillende fabrikaten klimaatcomputers, verschillende fabrikaten klimaatsensoren en het beschikbaar zijn van een ruime binnenplaats zonder al te veel slagschaduw.

Tussen 1 oktober 2004 en 1 november 2004 werd gedurende vier dagen een opstelling van binnen- en buitenklimaatsensoren inclusief dataloggers geïnstalleerd op de verschillende proefbedrijven, met als doel de meetdata van de klimaatsensoren van de telers te vergelijken met de meetdata uit de referentie meetset. Na vier dagen meten en data verzamelen rouleerde de opstelling naar het volgende proefbedrijf. Nadat de eerste ronde van vier keer vier dagen achter de rug was, werden de leveranciers van de klimaatcomputers vriendelijk verzocht om een onderhoudsbeurt aan de meetboxen en meteo-mast van de proefbedrijven uit te voeren. Na de uitgevoerde onderhoudsbeurten werd wederom gedurende vier dagen gemeten op alle proefbedrijven. Zo kon een vergelijk worden gemaakt tussen een meting voor de onderhoudsbeurt en erna.

Voor iedere tuinder zijn op deze manier twee meetseries verkregen, deze zijn in dit rapport in grafieken weergegeven. Verder zijn de absolute en relatieve onnauwkeurigheid van de door de tuinder gebruikte sensoren bepaald, door in iedere meetserie, de meetgegevens te middelen over de meettijd in de serie.

De meetdata van de vier tuinders zijn vervolgens achter elkaar gezet en gemiddeld over de tijd van deze vier metingen. Hierdoor is een extra middeling verkregen en zijn grote uitschieters gereduceerd. Van de totale meetreeks zijn het gemiddelde en de spreiding van de meetfouten bepaald. Dit is gedaan voor beide meetsessies. Met deze gegevens is een meetfout voor iedere klimaatsensor gecreëerd, waarmee vervolgens met behulp van het softwarepakket KASPRO het effect op een tomatenteelt is gesimuleerd. Deze simulaties zijn 100 keer uitgevoerd, waarbij in iedere simulatie de fout zich anders gedraagt. Uit deze 100 simulaties zijn het gemiddelde extra energieverbruik en de spreiding hiervan bepaald en is vastgesteld, wat de invloed is op de productie..

Uit de metingen kunnen verschillende conclusies worden getrokken. De eerste is dat geen enkele sensor in de praktijk voldoet aan de gewenste of haalbare nauwkeurigheid. Grote onnauwkeurigheid hebben vooral de CO₂- en stralingssensoren. In de eerste meetserie hebben de CO₂-sensoren fouten tussen -30 en +44% (tussen -213 en 315 ppm) en de stralingssensoren hebben een fout tussen -131 en +177% (tussen -154 en 166 W/m²). Na de onderhoudsbeurten blijkt dat nog steeds geen enkele sensor voldoet aan de gewenste of haalbare nauwkeurigheid, uitgezonderd de RV-sensor. De CO₂-sensoren hebben nu een fout tussen -44 en +53% (tussen -

213 en 215 ppm), deze is dus groter geworden. De stralingsensoren hebben nu een fout tussen –65 en +81% (tussen –54 en 62 W/m²), dit is dus duidelijk verbeterd. Een onderhoudsbeurt heeft dus zin, echter dit bleek niet bij iedere tuinder het geval. De onnauwkeurigheid in de kastemperatuur en RV treedt vooral op bij hoge straling. De meetboxen van de tuinders lijken hiervoor onvoldoende geïsoleerd. De onnauwkeurigheid van de stralingssensoren zou een vochtprobleem kunnen zijn.

Het extra energieverbruik als gevolg van de onnauwkeurigheid in de stralings- en RV-sensoren ligt tussen 4.9 en 5.2 van het referentiegebruik (foutvrije sensoren). De extra productie ligt tussen 0.3 en 0.5% van de referentieproductie.

Na een onderhoudsbeurt van de stralings- en RV-sensoren daalt het extra energieverbruik naar tussen 1.2 en 1.3% van het referentie verbruik. De extra productie ligt dan tussen 0.1 en 0.3% van de referentieproductie.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een standaard tomatenteelt. Voor andere teelten zal vermoedelijk dezelfde trend te zien zijn maar de cijfers voor extra energieverbruik zal afhankelijk zijn van de gebruikte klimaatstrategie.

Om de onnauwkeurigheid van de stralingsensoren beter onder controle te krijgen is een verbeterde kalibratiemethode tijdens de onderhoudsbeurt noodzakelijk. Een andere oplossing kan zijn om ruilstralingsensoren in te voeren, die bij iedere onderhoudsbeurt vervangen worden en bij de toeleverancier schoongemaakt, gerepareerd en gekalibreerd worden.

Het is belangrijk dat de sector oog krijgt voor nauwkeurige sensoren. De klimaatregeling zal altijd in negatieve zin beïnvloed worden door onnauwkeurige sensoren, wat in dit onderzoek, voor een tomatenteelt, resulteerde in een extra energieverbruik van ongeveer 5%. Daarnaast is het in elk geval van belang om regelmatig een onderhoudsbeurt voor de klimaatsensoren te laten uitvoeren. In dit onderzoek is gebleken, dat na zo'n beurt de nauwkeurigheid toeneemt en dus de verkwisting van energie afneemt. Een tuinder doet er goed aan zijn dealer of toeleverancier te vragen wat een onderhoudsbeurt inhoudt. Een niet goed uitgevoerde beurt kan ook tot verslechtering leiden, zoals in dit onderzoek is gebleken.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	5
Inhoudsopgave	7
1 Inleiding	9
2 Meetopzet	11
2.1 Proefopzet	11
2.2 Gegevens proefbedrijven	12
2.3 Opstelling en werkwijze proefbedrijven	15
2.3.1. Buitenopstelling	15
2.3.2 Binnenopstelling	18
2.4 Meetopstellingen	19
2.5 Planning	21
2.6 Onderhoudsbeurt	22
3 Resultaten	27
3.1 Inleiding	27
3.2 Samenvatting resultaten meetsessie 1	29
3.3 Samenvatting resultaten meetsessie 2	34
3.4 Gewenste nauwkeurigheid	39
4 De effecten van de onnauwkeurigheden op het energiegebruik	41
4.1 Inleiding	41
4.2 Kas en gewas	41
4.3 Berekeningen	42
4.4 Conclusies	53
5 Conclusies	55
5.1 Conclusies	55
5.2 Aanbevelingen	56
6 Literatuur	59
7 Bijlage	61
7.1 Inleiding	61
7.2 Meetsessie 1, bedrijf Teler 1	61
7.3 Meetsessie 1, bedrijf Teler 2	71
7.4 Meetsessie 1, bedrijf Teler 3.	81
7.5 Meetsessie 1, bedrijf Teler 4	89
7.6 Samenvatting van meetsessie 1	98
7.7 Meetsessie 2, bedrijf Teler 1	103
7.8 Meetsessie 2, bedrijf Teler 2	112

7.9	Meetsessie 2, bedrijf Teler 3	122
7.10	Meetsessie 2, bedrijf Teler 4	132
7.11	Samenvatting meetsessie 2	140

1 Inleiding

Gemeten waarden van straling, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid binnen- en buiten de kas en CO₂ worden voor de besturing van het klimaat in kassen in de glastuinbouw als grootheid ingezet om beslissingen te nemen met betrekking tot de schermstand, de minimum buistemperatuur, de ventilatie en de toediening van CO₂. Deze beslissingen hebben nauw te maken met de energie. Zo kan er bijvoorbeeld een hoger gasverbruik ontstaan, als op grond van de onnauwkeurigheid van een sensor het scherm ongewild later sluit of vroeger open gaat. Of het effect van besparingsmaatregelen kan verdwijnen als ten gevolge van een foute meetwaarde bijvoorbeeld CO₂ te lang of op een fout moment wordt toegediend. Ook kan een lichtafhankelijke temperatuurverhoging op de luchttemperatuur energie vernietigen als de globale straling te hoog wordt ingeschat.

In het algemeen kan worden gesteld dat steeds vaker beslissingen ten aanzien van acties worden overgelaten aan fysische-, fysiologische- of regeltechnische modellen, die in de software zijn ingebouwd. Deze vorm van beslissingsondersteuning raakt meer en meer ingevoerd, waardoor de hierboven aangegeven problematiek meer dan geldig is.

De afwijkingen in de overall metingen van klimaatfactoren, door slechte sensoren of nalatigheid bij ijken en onderhoud, kunnen een fors effect hebben op het energiegebruik in de glastuinbouw. De mate van de daadwerkelijke invloed is echter onbekend.

In dit rapport worden de resultaten besproken van een onderzoek naar de effecten van onnauwkeurigheden van de meetsensoren op het energieverbruik in de glastuinbouw.

Het doel van dit onderzoek was om vast te stellen of onnauwkeurige sensoren eigenlijk wel een issue zijn: zijn ze wel onnauwkeurig en heeft dit een daadwerkelijk effect op het energieverbruik en de productie. Een viertal tuinders is gevraagd om aan dit onderzoek deel te nemen. Bij iedere tuinder is gedurende een drietal dagen zowel met de sensoren van de tuinder als met referentiesensoren gemeten. Vervolgens is aan de betreffende toeleverancier of dealer van de apparatuur opdracht gegeven voor het uitvoeren van een onderhoudsbeurt. Daarna is opnieuw gedurende een drietal dagen gemeten. Bij Teler 1 en Teler 2 waren de leveranciers op de hoogte van het waarom van de onderhoudsbeurt.

Deze data zijn verwerkt, gemiddeld in de tijd en over de vier tuinders en de spreiding is bepaald. Dit is gedaan voor beide meet sessies. Met deze gegevens is vervolgens een meetfout vastgesteld, die is toegepast op een gesimuleerde tomatenteelt in het softwarepakket KASPRO. Verschillende simulaties geven vervolgens een beeld van het extra energieverbruik of de energiebesparing en idem van meer of minder productie als gevolg van het gebruik van onnauwkeurige sensoren.

In hoofdstuk 2 is de meetopzet beschreven. De installaties op de bedrijven van de deelnemende tuinders zijn beschreven en er is een beschrijving van de onderhoudsbeurten gegeven.

In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van de twee meet sessies weergegeven en bewerkt en geanalyseerd. De gedetailleerde meetgegevens zijn weergegeven in een bijlage (hoofdstuk 7). In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de simulaties getoond en besproken. In hoofdstuk 5 tenslotte worden de conclusies van het onderzoek gegeven.

2 Meetopzet

2.1 Proefopzet

Het onderzoek is uitgevoerd bij vier telers met elk een verschillend gewas, nl. komkommer, aubergine, tomaat en radijs. Deze telers zijn geselecteerd op meerdere criteria waarbij het meest doorslaggevend waren: de spreiding over verschillende fabrikaten klimaatcomputers, verschillende fabrikaten klimaatsensoren en het beschikbaar zijn van een ruime binnenplaats zonder al te veel slagschaduw.

Tussen 1 oktober 2004 en 1 november 2004 werd gedurende vier dagen een opstelling van binnen- en buitenklimaatsensoren inclusief dataloggers geïnstalleerd op de verschillende proefbedrijven, met als doel de meetdata van de klimaatsensoren van de telers te vergelijken met de meetdata uit de referentie meetset. Na vier dagen meten en data verzamelen rouleerde de opstelling naar het volgende proefbedrijf. Nadat de eerste ronde van vier keer vier dagen achter de rug was, werden de leveranciers van de klimaatcomputers vriendelijk verzocht om een onderhoudsbeurt aan de meetboxen en meteo-mast van de proefbedrijven uit te voeren. Na de uitgevoerde onderhoudsbeurten werd wederom gedurende vier dagen gemeten op alle proefbedrijven. Zo kon een vergelijk worden gemaakt tussen een meting voor de onderhoudsbeurt en erna.

De totale meetset die ter vergelijking steeds bij de proefbedrijven werd geplaatst bestond uit de volgende sensoren en dataloggers:

Buitenklimaat:

Hanwell Instruments Ltd. HL2010	Draadloze Temperatuur- en RV-sensor met ingebouwde datalogger s/n 33312
Kipp & Zn. CM22 + ventilator	Solarimeter s/n 010044
Kipp & Zn. CM11	Solarimeter s/n 027790
Kipp & Zn. CM3	Solarimeter s/n 940276
Kipp & Zn. SPLite	Solarimeter s/n 970173
Kipp & Zn. PAR-sensor	Solarimeter s/n 010193
Campbell CR10X	Datalogger
EAE PAR "Special" SKP210	PARmeter
EAE SKS1110D	Pyranometer
Kipp & Zn. CM6B	Solarimeter
Eijkelpark Agrisearch Equipment	Datalogger + E-Sense Direct & SMS-modem

Binnenklimaat:

Siemens Ultramat 21P + Grand Squerll 1200	CO ₂ -meter + datalogger
IMAG PT100 4-draads + Campbell 21X, E1462	Psychrometer (droge en natte bol temperatuur & RV meting) + datalogger (Psychrometer A&F 001, drogebol voeler H 9791, nattebol voeler H 9789 en Psychrometer A&F 002, drogebol voeler H 9913, nattebol voeler H 9916)

De meetopstelling van Eijkelkamp Agrisearch Equipment B.V. (EAE) is pas in de loop van proef beschikbaar gekomen. De meetopstelling bleek eenvoudig te installeren en te gebruiken. De toegevoegde waarde van de data blijkt niet relevant voor de uitkomst van het projectresultaat en de data zijn verder niet in dit rapport verwerkt. Het vergelijk met de andere sensoren wordt met EAE gecommuniceerd, deze zal de ervaringen en aanbevelingen overnemen in hun product. De A&F psychrometers en de Hanwell sensor zijn geïjkt door A&F, dat beschikt over een lab dat is geaccrediteerd voor calibreren van temperatuur en RV. De CO₂-meter is geïjkt door de Technische Dienst van PPO Naaldwijk en de Kipp sensoren zijn geïjkt door Kipp & Zn. De opstellingen en de sensoren zijn in onderstaande figuren weergegeven.

2.2 Gegevens proefbedrijven

Onderstaande tabellen geven een beeld van de relevante outillage op de verschillende proefbedrijven.

Teler:	Teler 1, De Lier
Schoor en kas	
Plat dak:	Nee
Binnen/voorplaats:	Ja
Sensoren	
Meetbox (T, RV)	Toeleverancier 1
Meetbox (T, RV) type:	---
CO ₂ -meter fabrikant:	Siemens
CO ₂ -meter type:	3-weg aanzuigstelsel met multiplexer
Solarimeter fabrikant:	Kipp
Solarimeter type:	CM11
Onderhoud sensoren	
Bedrijf:	Toeleverancier 1
Computer	
Fabrikant:	Toeleverancier 1
Type:	---
Data-export:	Ja
Teelt	
Gewas:	Aubergine
Datum ruimen gewas:	Woensdag 3 november 2004

Tabel 2.2.1 Proefgegevens Teler 1

Teler:	Teler 4, Nootdorp
Schoor en kas	
Plat dak:	Nee
Binnen/voorplaats:	Ja
Sensoren	
Meetbox (T, RV)	Toeleverancier 2
Meetbox (T, RV) type:	Type 2
CO ₂ -meter fabrikant:	Siemens
CO ₂ -meter type:	2-weg aanzuigstelsel met multiplexer
Solarimeter fabrikant:	Kipp
Solarimeter type:	CM11
Onderhoud sensoren	
Bedrijf:	Dealer 1
Computer	
Fabrikant:	Toeleverancier 2
Type:	----
Data-export:	Ja
Teelt	
Gewas:	Komkommer
Datum ruimen gewas:	Eind oktober 2004

Tabel 2.2.2 Proefgegevens Teler 4

Teler:	Teler 3, Naaldwijk
Schoor en kas	
Plat dak:	Nee
Binnen/voorplaats:	Ja
Sensoren	
Meetbox (T, RV)	Toeleverancier 2
Meetbox (T, RV) type:	Type 1
CO ₂ -meter fabrikant:	Siemens
CO ₂ -meter type:	Standaard
Solarimeter fabrikant:	Kipp
Solarimeter type:	CM11
Onderhoud sensoren	
Bedrijf:	Dealer 2
Computer	
Fabrikant:	Toeleverancier 2
Type:	---
Data-export:	Ja
Teelt	
Gewas:	Tomaat
Datum ruimen gewas:	Half november 2004

Tabel 2.2.3 Proefgegevens Teler 3

Teler:	Teler 4, Monster
Schuur en kas	
Plat dak:	Nee
Binnen/voorplaats:	Ja
Sensoren	
Meetbox (T, RV)	Toeleverancier 3
Meetbox (T, RV) type:	---
CO ₂ -meter fabrikant:	Siemens
CO ₂ -meter type:	3-weg aanzuigsysteem met multiplexer
Solarimeter fabrikant:	Kipp
Solarimeter type:	CM11
Onderhoud sensoren	
Bedrijf:	Toeleverancier 3
Computer	
Fabrikant:	Toeleverancier 3
Type:	---
Data-export:	Ja
Teelt	
Gewas:	Radijs (jaarrond)
Datum ruimen gewas:	n.v.t.

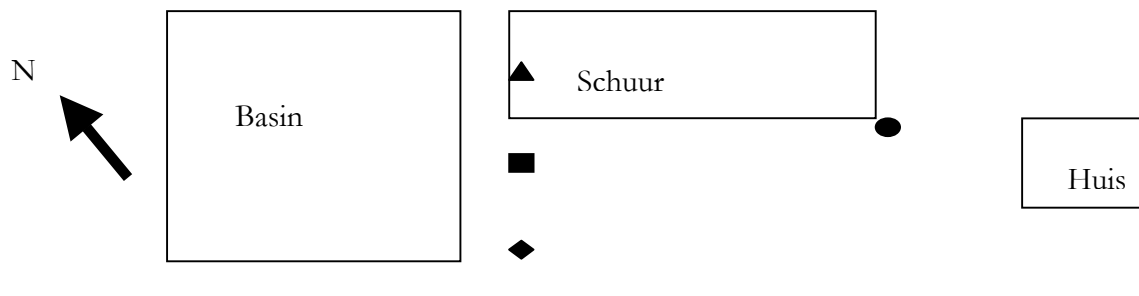
Tabel 2.2.4 Proefgegevens Teler 4

2.3 Opstelling en werkwijze proefbedrijven

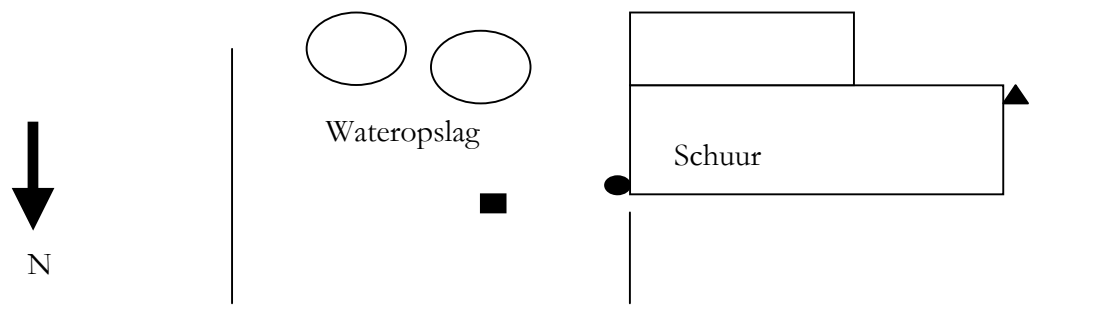
2.3.1. Buitenopstelling

Vijf door Kipp & Zn. geleverde solarimeters zijn op een verstelbaar werkblad geplaatst dat vervolgens op een demonteerbare stalen tafel is gemonteerd. Het werkblad is met een waterpas horizontaal in te stellen. Voor de solarimeters is op ieder proefbedrijf een representatieve plek gezocht: zolang mogelijk in het daglicht en in de buurt van de meteomast van het proefbedrijf zonder last van slag-schaduw. Ook werd op ieder proefbedrijf de Hanwell temperatuur- en RV-meter op nagenoeg dezelfde hoogte om zo even lang in het daglicht geplaatst als de meetset van de tuinder. Zodra de meetopstellingen waren geplaatst werden de dekglaasjes van de solarimeters schoongemaakt en de dataloggers via de laptop gestart. Na vier dagen meten per proefbedrijf werden de data van de dataloggers en van de klimaatcomputer van de teler

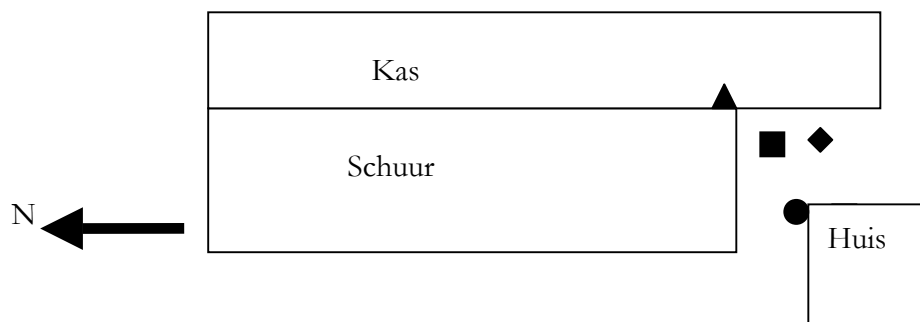
verzameld. Onderstaande tekeningen laten de lokatie van iedere buitenklimaatssensor zien op de verschillende proefbedrijven.



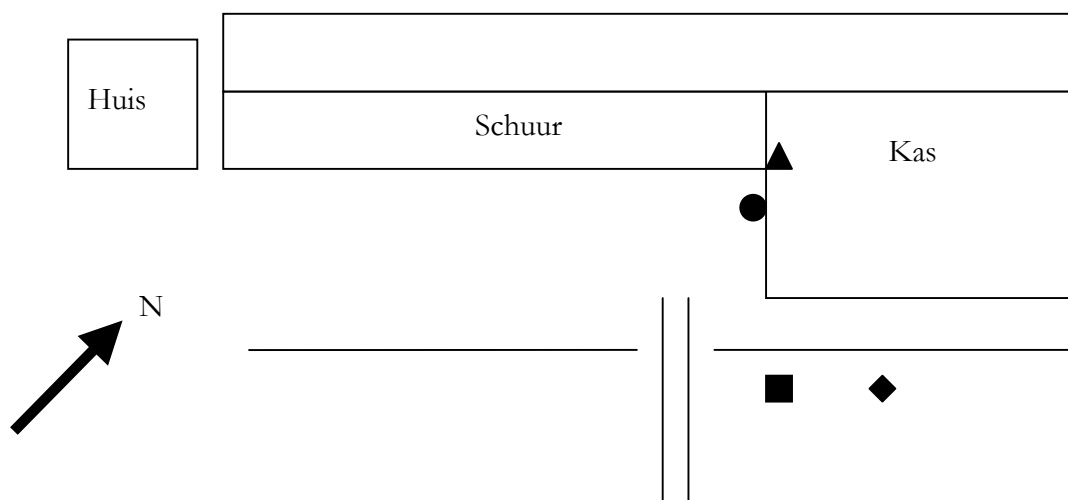
Figuur 2.3.1 Buitenopstelling Teler 1, Aubergine



Figuur 2.3.2 Buitenopstelling Teler 2, Komkommer



Figuur 2.3.3 Buitenopstelling Teler 3, Tomaat



Figuur 2.3.4 Buitenopstelling Teler 4, Radijs

Legenda:

- Kipp solarimeters
- ◆ Eijkelkamp solarimeters
- Hanwell Temperatuur- & RV-meter
- ▲ Meteo-mast proefbedrijf

2.3.2 Binnenopstelling

De CO₂-meter en de psychrometers werden in de kas geplaatst. In overleg met de teler werd de meest representatieve afdeling op elk proefbedrijf gekozen. De CO₂-meter werd zo dicht mogelijk bij het aanzuigpunt van de CO₂-installatie van de teler geplaatst. De psychrometers werden veelal met kettingen aan de groeiverwarming geplaatst, vlak onder de meetboxen van de telers. Bij radijsteler Teler 4 was het niet mogelijk de psychrometers in de buurt van de meetbox te plaatsen. Hier is een representatieve plek in de kas gekozen voor de psychrometers. De voorkant van de psychrometers werd altijd naar het noorden gericht om te voorkomen dat zonlicht in de meter zou schijnen en de temperatuurmeting zou verstoren. Tijdens iedere installatie van de psychrometers werden de kousjes om de natte bol met een pincet vervangen door nieuwe en werd het gedemineraliseerd water in de bakjes vervangen. Na de installatie van psychrometers en CO₂-meter werden de dataloggers gestart met een laptop. Na vier dagen meten werden de data van de dataloggers en van de klimaatcomputer van de teler verzameld.

Teler 1, Aubergine

Psychrometers op 200cm hoogte, ca. 200cm onder de meetbox.

Meetbox op ca. 400cm hoogte net onder het dek.

Positie in het pad ca. 50m vanaf het middenbetonpad.

CO₂-meter op 150cm hoogte naast aanzuigpunt.

Teler 2, Komkommer

Psychrometers op 150cm hoogte, ca. 50cm onder de meetbox.

Meetbox op ca. 200cm hoogte.

Positie in het pad ca. 30m vanaf het middenbetonpad.

CO₂-meter op 100cm hoogte naast aanzuigpunt.

Teler 3, Tomaat

Psychrometers op 150cm hoogte, ca. 50cm onder de meetbox.

Meetbox op ca. 200cm hoogte.

Positie in het pad ca. 30m vanaf het middenbetonpad.

CO₂-meter op 1,5m hoogte naast aanzuigpunt

Teler 4, Radijs

Psychrometers op 100cm hoogte.

Meetbox op ca. 70cm hoogte net boven het gewas.

Positie in het pad ca. 300cm vanaf het middenbetonpad.

Positie meetbox ca. 25m vanaf het middenbetonpad.

CO₂-meter op 50cm hoogte boven het gewas.

2.4 Meetopstellingen



Hanwell sensor gemonteerd bij bedrijf Teler 1



Hanwell draadloze temperatuur- en RV sensor, met ingebouwde datalogger



Opstelling Kipp-sensoren, zijaanzicht



Opstelling Kipp-sensoren, bovenaanzicht



A&F psychrometerss



Campbell datalogger voor A&F psychrometers



CO₂-aanzuigpunt, bedrijf Teler 1



Datalogger Grand Squerll voor CO₂-metingen



EAE stralingssensors in combinatie met E-sense Direct



Kipp opstelling en EAE opstelling bij bedrijf Teler 4

2.5 Planning

De meetset moest worden gerouleerd omdat maar één complete meetset met sensoren beschikbaar was om op alle vier de proefbedrijven metingen uit te voeren. De volgorde in het roulatieschema werd bepaald door de datum waarop op de verschillende proefbedrijven het gewas werd geruimd. Zodra er een meetserie van vier dagen bij een proefbedrijf was uitgevoerd werd er een onderhoudsbeurt gepland. Alle metingen, zowel voor als na de onderhoudsbeurt, moesten voor 1 november 2004 worden uitgevoerd.

Hieronder staat het roulatieschema inclusief de datum van uitgevoerde onderhoudsbeurten vermeld.

Datum	vrijdag 1-10-04	zaterdag 2-10-04	zondag 3-10-04	maandag 4-10-04	dinsdag 5-10-04	woensdag 6-10-04	donderdag 7-10-04
Meetsessie	Teler 2	Teler 2	Teler 2	Teler 2/Teler 1	Teler 1	Teler 1	Teler 1
Onderhoud					Teler 2 -->		
Datum	8-10-04	9-10-04	10-10-04	11-10-04	12-10-04	13-10-04	14-10-04
Meetsessie	Teler 1/Teler 3	Teler 3	Teler 3	Teler 3	Teler 3/Teler 4	Teler 4	Teler 4
Onderhoud		Teler 1-->				Uitgevoerd	
						Teler 3 -->	
Datum	15-10-04	16-10-04	17-10-04	18-10-04	19-10-04	20-10-04	21-10-04
Meetsessie	Teler 4	Loggers leeghalen PPO		Teler 2	Teler 2	Teler 2	Teler 2/Teler 1
Onderhoud	<-- Teler 2				Uitgevoerd	<-- Teler 1	
		Teler 4 -->					
Datum	22-10-04	23-10-04	24-10-04	25-10-04	26-10-04	27-10-04	28-10-04
Meetsessie	Teler 1	Teler 1	Teler 1	Teler 1/Teler 3	Teler 3	Teler 3	Teler 3
Onderhoud							
	Uitgevoerd		<-- Teler 3	Uitgevoerd			<-- Teler 4
Datum	29-10-04	30-10-04	31-10-04	1-11-04	2-11-04	3-11-04	4-11-04
Meetsessie	Teler 3/Teler 4	Teler 4	Teler 4	Teler 4			

--> =	Vanaf	1e sessie	Wisseldag	Teler 2 = Komkommer	Teler 1 = Aubergine
<-- =	Tot	2e sessie	Loggers legen	Teler 3 = Tomaat	Teler 4 = Radijs
Teler 2	Periode waarin onderhoud kon worden uitgevoerd.	Uitgevoerd	= datum waarop onderhoud is uitgevoerd.		

Figuur 2.5.1 Roulatieschema meetsessies vier proefbedrijven & onderhoudsbeurten

2.6 Onderhoudsbeurt

Oktober 2004 is bij een viertal telers een onderhoudsbeurt uitgevoerd door verschillende servicebedrijven aan meetboxen, sensoren, weerstation, etc.

Onderstaande tabel geeft een overzicht per teler welk onderhoud is gepleegd en door welk service bedrijf. Of de gefactureerde werkzaamheden daadwerkelijk zijn uitgevoerd kan niet worden gegarandeerd.

Teler	Servicebedrijf	Onderdeel	Onderhoud	Uitgevoerd
Teler 1	Toeleverancier 1	Meetbox	T-sensoren ijken/vervangen	Geijkt
			Kousje(s) vervangen	Vervangen
			Reservoir bijvullen (demi-water)	Bijgevuld
			Aansluitingen controleren(corrosie)	
			Ventilator smeren/vervangen	Gesmeerd
			Overige onderdelen vervangen	
		Weerstation	Tbuiten sensor ijken/vervangen	Geijkt
			Stralingsensor reinigen	Gereinigd
			Aansluitingen controleren	
			Anemo meter controleren	
			Windrichting meter controleren	Gecontroleerd
			Buiten CO ₂ -meter ijken/vervangen	
		CO ₂ -meting	Aanzuigpunt controleren	
			Multiplexer controleren	
			Meter ijken/onderdelen vervangen	Geijkt
		Computer	Aanpassingen	
			Onderdelen vervangen	

Tabel 2.6.1 Onderhoudsschema bedrijf Teler 1

Teler	Servicebedrijf	Onderdeel	Onderhoud	Uitgevoerd
Teler 2	Dealer 1	Meetbox	T-sensoren ijken/vervangen	Geijkt
			Kousje(s) vervangen	Vervangen
			Reservoir bijvullen (demi-water)	Bijgevuld
			Aansluitingen controleren(corrosie)	
			Ventilator smeren/vervangen	
			Overige onderdelen vervangen	
		Weerstation	Tbuiten sensor ijken/vervangen	Geijkt
			Stralingsensor reinigen	Gereinigd
			Aansluitingen controleren	
			Anemo meter controleren	
			Windrichting meter controleren	
			Buiten CO ₂ -meter ijken/vervangen	
			Overige onderdelen vervangen	
		CO ₂ -meting	Aanzuigpunt controleren	
			Multiplexer controleren	
			Meter ijken/onderdelen vervangen	Geijkt
		Computer	Aanpassingen	
			Onderdelen vervangen	

Tabel 2.6.2 Onderhoudschema bedrijf Teler 2

Teler	Servicebedrijf	Onderdeel	Onderhoud	Uitgevoerd
Teler 3	Dealer 2	Meetbox	T-sensoren ijken/vervangen	Geijkt
			Kousje(s) vervangen	Vervangen
			Reservoir bijvullen (demi-water)	Bijgevuld
			Aansluitingen controleren(corrosie)	gecontroleerd
			Ventilator smeren/vervangen	Gesmeerd
			Overige onderdelen vervangen	
		Weerstation	Tbuiten sensor ijken/vervangen	Vervangen
			Stralingsensor reinigen	Gereinigd
			Aansluitingen controleren	
			Anemo meter controleren	Gecontroleerd
			Windrichting meter controleren	Gecontroleerd
			Buiten CO ₂ -meter ijken/vervangen	
			Overige onderdelen vervangen	Verschillende onderdelen vervangen
		CO ₂ -meting	Aanzuigpunt controleren	
			Multiplexer controleren	
			Meter ijken/onderdelen vervangen	Geijkt
		Computer	Aanpassingen	
			Onderdelen vervangen	

Tabel 2.6.3 Onderhoudsschema bedrijf Teler 3

Teler	Servicebedrijf	Onderdeel	Onderhoud	Uitgevoerd
Teler 4	Toeleverancier 3	Meetbox	T-sensoren ijken/vervangen	Geijkt
			Kousje(s) vervangen	Vervangen
			Reservoir bijvullen (demi-water)	Bijgevuld
			Aansluitingen controleren(corrosie)	Gecontroleerd
			Ventilator smeren/vervangen	Gesmeerd
			Overige onderdelen vervangen	
		Weerstation	Tbuiten sensor ijken/vervangen	Geijkt
			Stralingsensor reinigen	Gereinigd
			Aansluitingen controleren	
			Anemo meter controleren	
			Windrichting meter controleren	
			Buiten CO ₂ -meter ijken/vervangen	
			Overige onderdelen vervangen	
		CO ₂ -meting	Aanzuigpunt controleren	
			Multiplexer controleren	
			Meter ijken/onderdelen vervangen	Geijkt
		Computer	Aanpassingen	
			Onderdelen vervangen	

Tabel 2.6.4 Onderhoudsschema bedrijf Teler 4

De kosten van de onderhoudsbeurten waren als volgt:

Teler 1	Teler 2	Teler 3	Teler 4
€ 284.89	€ 141.35	€ 375.68	€ 113.05

Tabel 2.6.5 Kosten van de onderhoudsbeurten

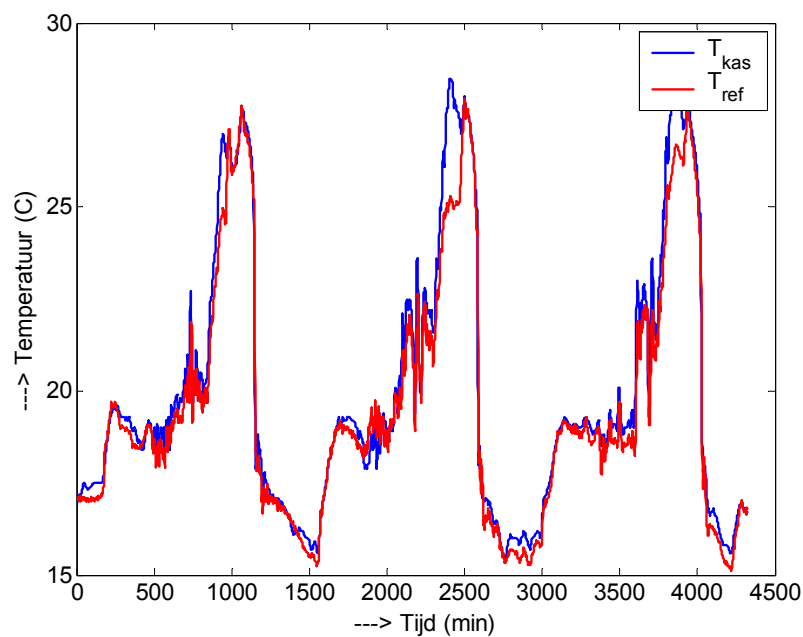
Uit deze tabel blijkt dat de kosten voor een onderhoudsbeurt nogal uiteenlopen.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

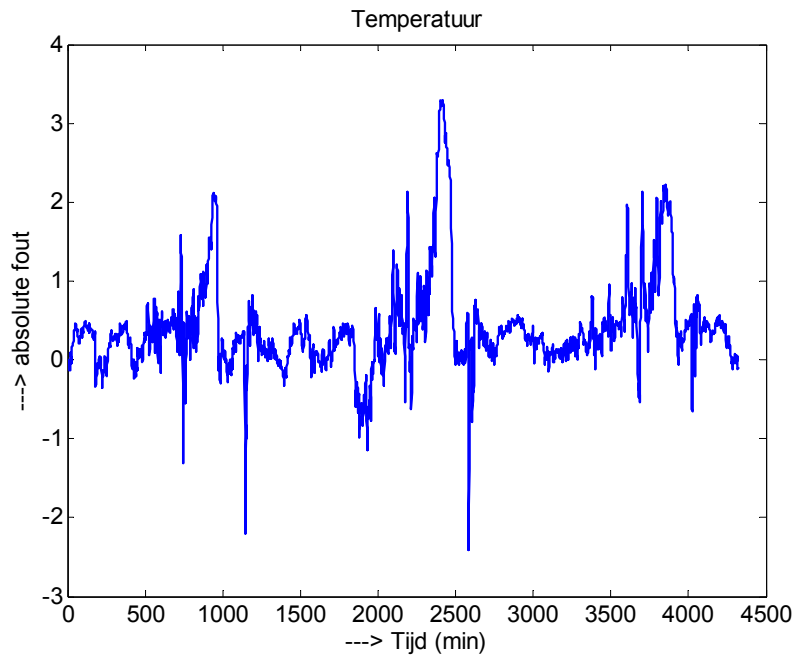
In dit hoofdstuk worden de resultaten van beide meetsessies besproken. De grafieken met de meetgegevens per teler zijn weergegeven in hoofdstuk 7 (Bijlage). Van ieder bedrijf zijn metingen verricht van de kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, globale straling, buitentemperatuur en indien aanwezig ook de CO₂-concentratie.

Als voorbeeld wordt in figuur 3.1.1. de kasluchttemperatuur (T_{kas}), gemeten met de meetbox van de tuinder en de kasluchttemperatuur gemeten met A&F psychrometers (T_{ref}) weergegeven.



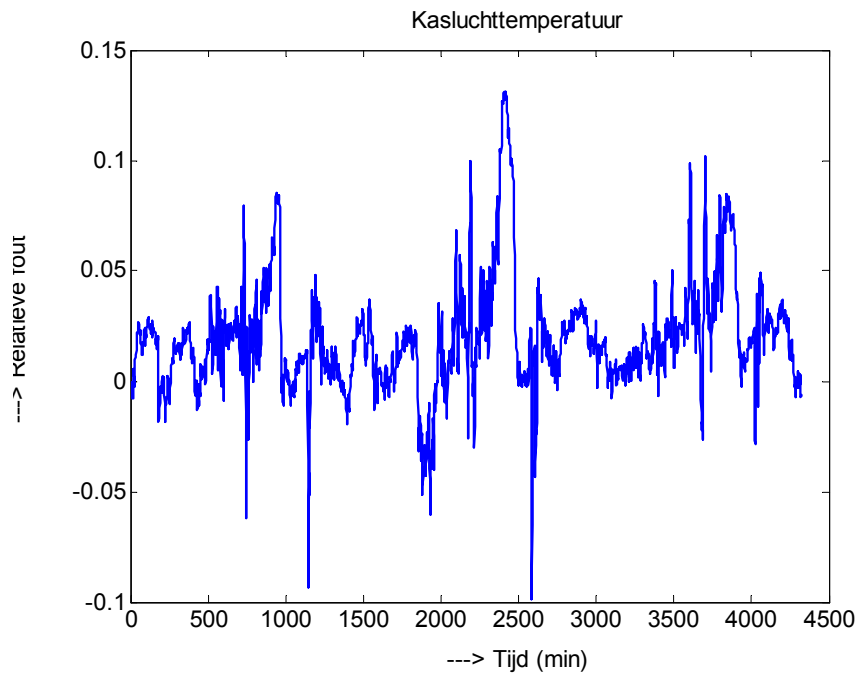
Figuur 3.1.1 Kasluchttemperatuur Teler 1

De absolute fout tussen deze twee signalen, in dit geval voor de kasluchttemperatuur, wordt gedefinieerd door het verschil van het gemeten signaal van de tuinder (T_{kas}) en het gemeten referentiesignaal (T_{ref}) of in formule, $\varepsilon_{abs} = T_{kas} - T_{ref}$. Deze absolute fout is weergegeven in figuur 3.1.2.



Figuur 3.1.2 Absolute fout kasluchttemperatuur Teler 1

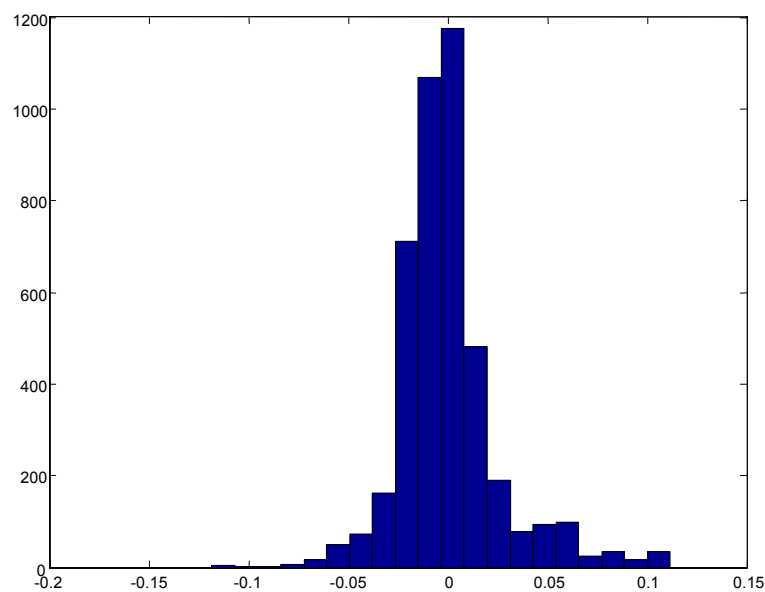
De relatieve fout in een meetsignaal, in dit geval de kasluchttemperatuur, wordt gegeven door de absolute fout gedeeld door het referentiesignaal, $\varepsilon_{rel} = \frac{T_{kas} - T_{ref}}{T_{ref}}$. De procentuele fout in een signaal is dan $100 \times \varepsilon_{rel}$. De relatieve fout in de kasluchttemperatuur is weergegeven in figuur 3.1.3.



Figuur 3.2.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur Teler 1

Van zowel de absolute fout als van de relatieve fout zijn de gemiddelden over de tijd bepaald en hun standaarddeviaties (σ). In bovenstaande voorbeeld is het gemiddelde van de absolute fout 0.04067 ($^{\circ}\text{C}$) en de standaarddeviatie van deze absolute fout is 0.6034 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0196 (2%) en de standaarddeviatie is 0.0256 (2.6%)

Met behulp van de standaarddeviatie kan men de 2σ -grens bepalen, waarbinnen dan 95% van de fouten zal liggen. In dit geval geldt voor de kasttemperatuur dat de absolute fout tussen -0.8 en 1.6 $^{\circ}\text{C}$ ligt en de relatieve fout tussen -3.2 en 7.1% ligt. Van de relatieve fouten van ieder meetsignaal is ook gekeken naar de verdeling van deze fouten rond de gemiddelde fout. Voor het huidige voorbeeld is dit weergegeven in figuur 3.1.4.



Figuur 3.2.5 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur Teler 1

Zo'n verdeling moet eigenlijk normaal verdeeld zijn, dan zijn de fouten willekeurig. Bovenstaand figuur geeft een redelijk normale verdeling, een hoge piek in het midden, symmetrisch om het midden en grote fouten komen weinig voor. Indien de verdeling niet normaal is, dan is dit een indicatie, dat er een oorzaak voor de fouten is.

In sectie 3.2 zijn de resultaten van de eerste meetsessie van alle tuinders weergegeven en in sectie 3.3 worden de resultaten van de tweede meetsessie weergegeven. De resultaten van alle telers samen zijn bepaald door de vier meetreeksen achter elkaar te plaatsen en uit deze gecombineerde reeks de gemiddelde fout en zijn standaarddeviatie te bepalen. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een discussie.

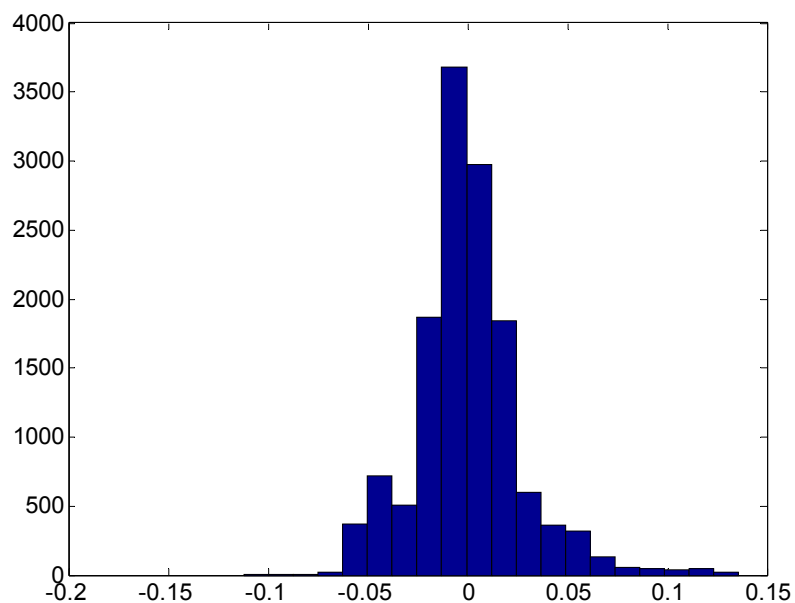
3.2 Samenvatting resultaten meetsessie 1

In onderstaande tabellen zijn de metingen bij de verschillende bedrijven samengevat in termen van gemiddelden en standaarddeviaties van de absolute fout en de relatieve fout. Tevens is aangegeven of de verdeling van de relatieve fout enigszins op een normale verdeling lijkt.

Kastemperatuur					
Bedrijf	Absolute fout (.C)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	0.41	0.60	2	2.6	+
Teler 2	0.15	0.24	0.7	1.1	+
Teler 3	0.04	0.63	-0.02	2.9	+ -
Teler 4	0.45	0.16	3.8	1.7	+ -
Totaal	0.24	0.54	1.4	2.7	+

Tabel 3.2.1 De meetnauwkeurigheid van de kasluchttemperatuur voor de vier bedrijven, meetsessie 1.

De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is weergegeven in onderstaand figuur.

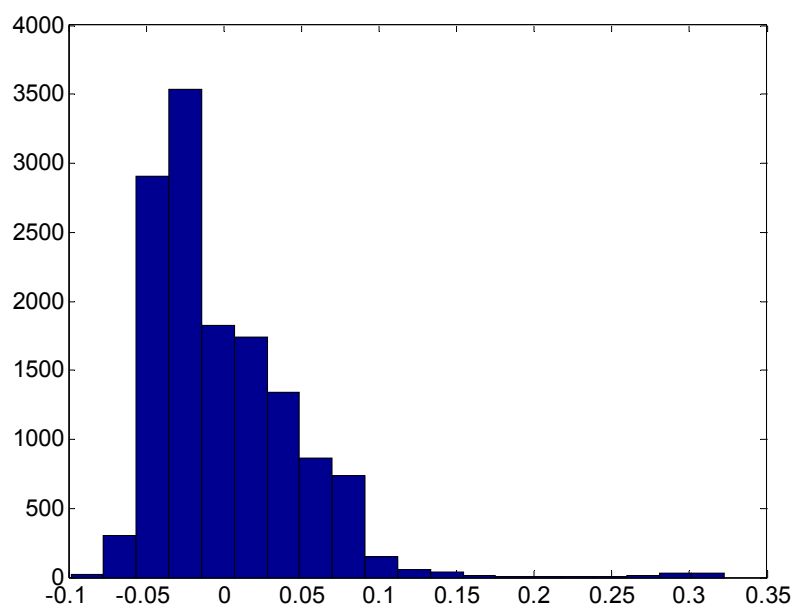


Figuur 3.2.1 Verdeling van de relatieve fout van de kasluchttemperaturen

Deze verdeling lijkt vrij goed op een normale verdeling, zodat de meetfout op de kasluchttemperatuur inderdaad als een stochastisch signaal kan worden opgevat.

Relatieve luchtvochtigheid					
Bedrijf	Absolute fout (%)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	-0.04	2.2	0.06	2.9	+
Teler 2	0.46	1.4	0.61	1.7	+
Teler 3	5.8	3.1	7.9	4.3	+
Teler 4	0.54	2.1	0.9	2.7	+
Totaal	2.0	3.5	2.8	4.7	+ -

Tabel 3.2.2 De meetnauwkeurigheid van de relatieve luchtvochtigheid voor de vier bedrijven, meetsessie 1.

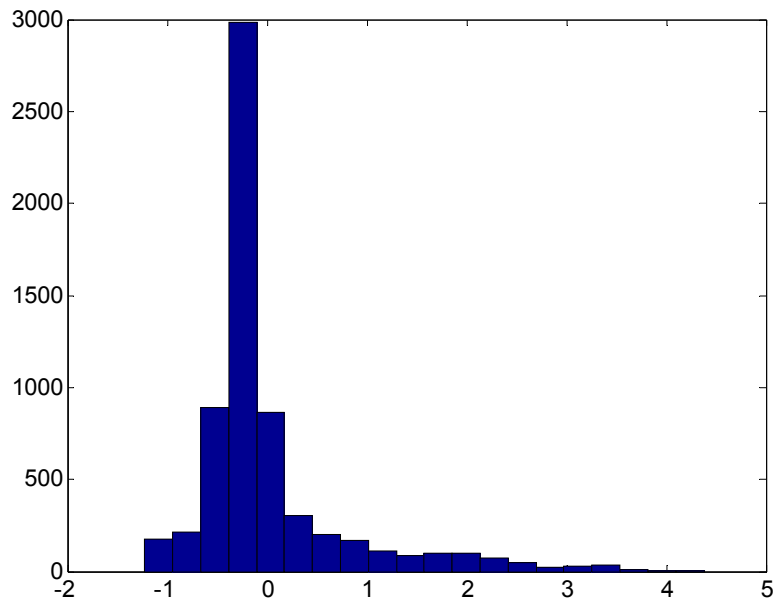


Figuur 3.2.2 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheden

De verdeling is niet goed normaal verdeeld.

Globale straling					
Bedrijf	Absolute fout (W/m^2)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	5.4	87	9.3	50	+
Teler 2	-0.5	40	3.9	21	+
Teler 3	20	90	70	100	--
Teler 4	-7.8	53	5.7	29.5	+
Totaal	6.43	80	23	76.8	+

Tabel 3.2.3 De meetnauwkeurigheid van de globale straling voor de vier bedrijven, meetsessie 1.

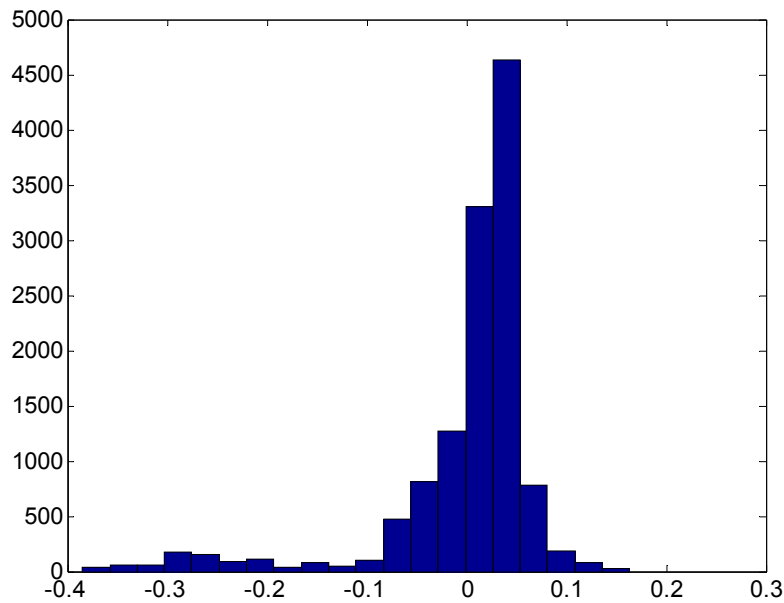


Figuur 3.2.3 De verdeling van de relatieve fout van de globale straling

De verdeling is niet helemaal normaal verdeeld.

Buitentemperatuur					
Bedrijf	Absolute fout (°C)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	-0.06	0.5	-0.06	3.3	+ -
Teler 2	-0.12	0.49	-0.6	3	+ -
Teler 3	-1.5	2.6	-6.9	12.9	+ -
Teler 4	0.22	0.44	2.2	3.2	+
Totaal	-0.38	1.53	-1.6	7.8	+ -

Tabel 3.2.4 De meetnauwkeurigheid van de buitentemperatuur voor de vier bedrijven, meetsessie 1.



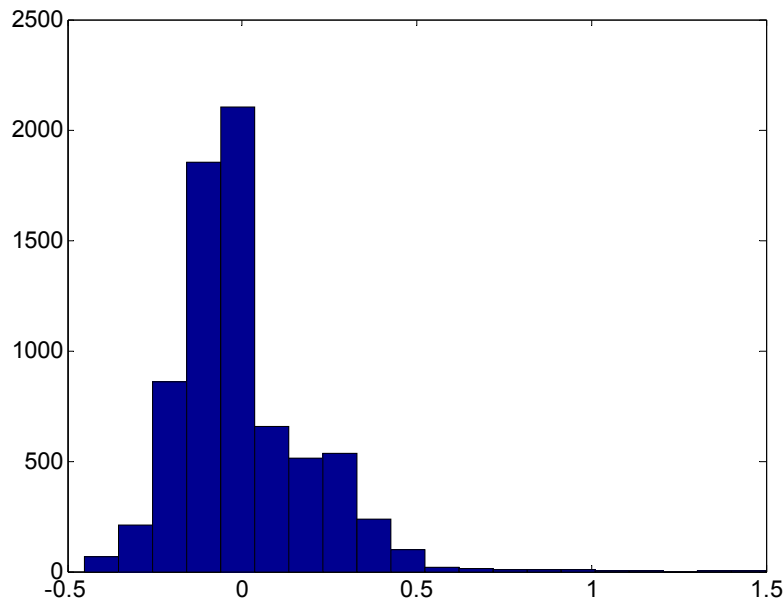
Figuur 3.2.4 De verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

De verdeling is niet normaal verdeeld, dit is meer een zogenaamde scheve verdeling. Dit betekent dat fouten in de negatieve richting meer voorkomen dan in de positieve richting. Voor de buitentemperatuur geldt dat de referentietemperatuur in het algemeen hoger is dan de temperatuur gemeten door het meteostation van de tuinder.

CO ₂ -concentratie					
Bedrijf	Absolute fout (ppm)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	50.6	143	3.8	14.8	+
Teler 2	52.6	133	12.4	22	--
Teler 3	--	--	--	--	
Teler 4	--	--	--	--	
Totaal	51.4	132	7.2	18.5	+

Tabel 3.2.5 De meetnauwkeurigheid van de CO₂-concentratie voor de vier bedrijven, meetsessie 1.

De verdeling van de relatieve fout in de CO₂-concentratie is weergegeven in figuur 3.2.5. De relatieve fout is redelijk normaal verdeeld.



Figuur 3.2.5 De verdeling van de relatieve fout van de CO₂-concentratie

Bij de meeste kasluchttemperatuurmetingen blijkt dat er een grote afwijking is tussen de meting van de tuinder en de referentiemeting bij een hoge globale straling, dit wordt veroorzaakt door een slechte isolatie van de meetbox. Hetzelfde geldt voor de metingen van de relatieve luchtvochtigheid, omdat die bij alle tuinders wordt bepaald via temperatuurmetingen. Een uitzondering is het bedrijf van Teler 2, hier geven de meetfouten een mooie stochastisch patroon. De meetfouten bij de stralingsmetingen zijn aanzienlijk. De oorzaak hiervan is niet bekend. De buitentemperatuur geeft ook veel afwijking te zien, ook hier is geen directe verklaring voor.

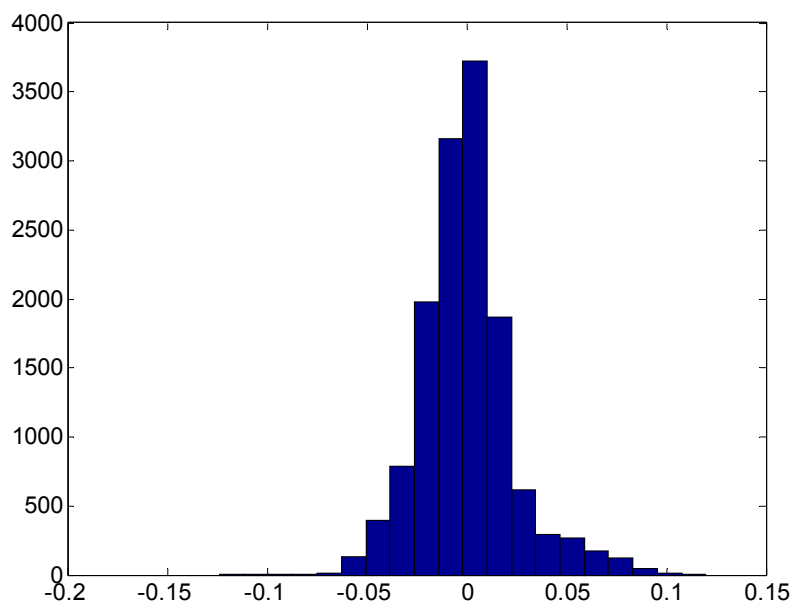
3.3 Samenvatting resultaten meetsessie 2

In onderstaande tabellen zijn de metingen bij de verschillende bedrijven samengevat in termen van gemiddelden en standaarddeviaties van de absolute fout en de relatieve fout. Tevens is aangegeven of de verdeling van de relatieve fout enigszins op een normale verdeling lijkt.

Kastemperatuur					
Bedrijf	Absolute fout (°C)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	0.28	0.29	1.5	1.5	+
Teler 2	0.16	0.23	0.8	1.2	+
Teler 3	-0.1	0.29	-0.6	1.6	+
Teler 4	0.27	0.31	3.5	3.4	+
Totaal	0.14	0.33	1.	2.4	+

Tabel 3.3.1 De meetnauwkeurigheid van de kasluchttemperatuur voor de vier bedrijven, meetsessie 2.

De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is weergegeven in onderstaand figuur.



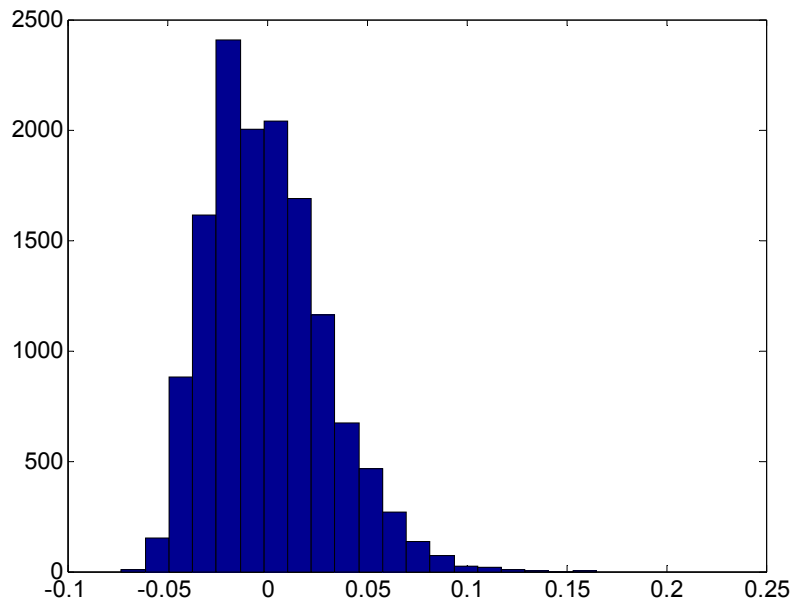
Figuur 3.3.1 Verdeling van de relatieve fout van de kasluchttemperaturen

Dit is een mooie normale verdeling.

Relatieve luchtvochtigheid					
Bedrijf	Absolute fout (%)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	-1.34	1.45	-1.5	1.7	+
Teler 2	-0.28	1.20	-0.3	1.6	+
Teler 3	2.07	1.64	2.7	2.2	+
Teler 4	-1.98	2.78	1.9	3.1	+
Totaal	-0.09	2.42	0.08	2.9	+ -

Tabel 3.3.2 De meetnauwkeurigheid van de relatieve luchtvochtigheid voor de vier bedrijven, meetsessie 2.

De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is weergegeven in onderstaand figuur. De verdeling is scheef, dus duidelijk niet normaal.

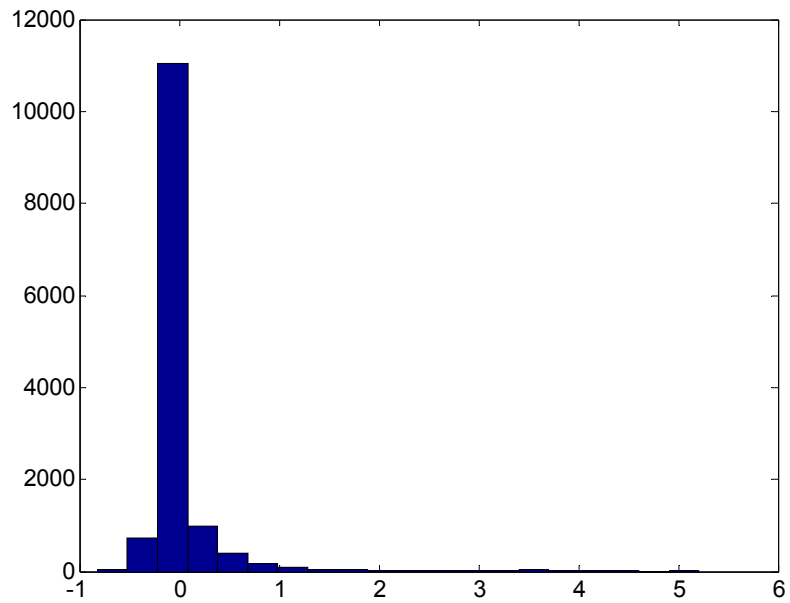


Figuur 3.3.2 Verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

Globale straling					
Bedrijf	Absolute fout (W/m^2)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	6.9	27.2	13.3	46.8	+
Teler 2	7.2	48.2	21.3	76.7	+ -
Teler 3	7.3	40.2	15.9	44.5	+
Teler 4	-2.7	9.7	-3.1	10.3	+ -
Totaal	3.6	29.3	7.7	36.3	+

Tabel 3.3.3 De meetnauwkeurigheid van de globale straling voor de vier bedrijven, meetsessie 2

De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 3.3.3. Dit is een redelijk normale verdeling.

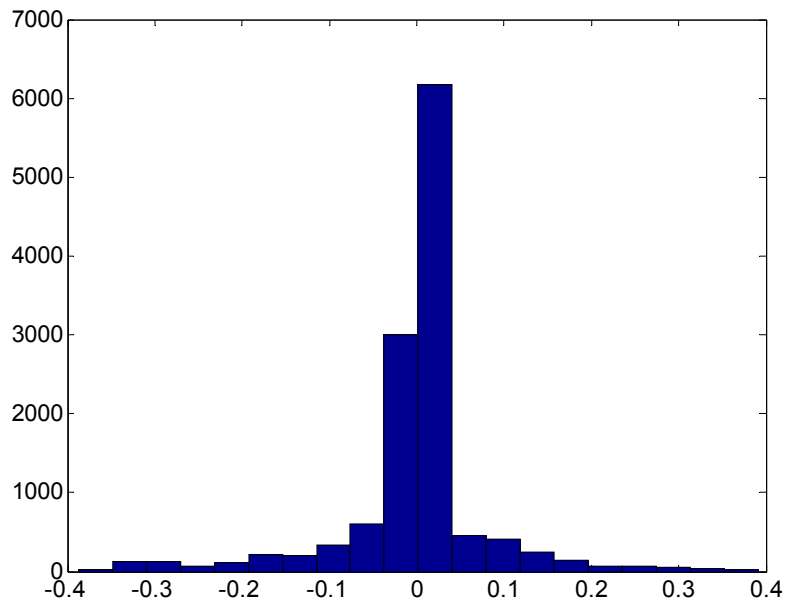


Figuur 3.3.3 Verdeling van de relatieve fout van de globale straling

Buitentemperatuur					
Bedrijf	Absolute fout (°C)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	0.13	0.16	0.94	1.2	+ -
Teler 2	0.01	0.51	0.58	4.8	+ -
Teler 3	-0.47	0.98	3.1	6.2	--
Teler 4	-0.31	2.57	2.9	17.4	--
Totaal	-0.13	1.22	0.13	8.4	+ -

Tabel 3.3.4 De meetnauwkeurigheid van de kasluchttemperatuur voor de vier bedrijven, meetsessie 2.

De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 3.3.4.

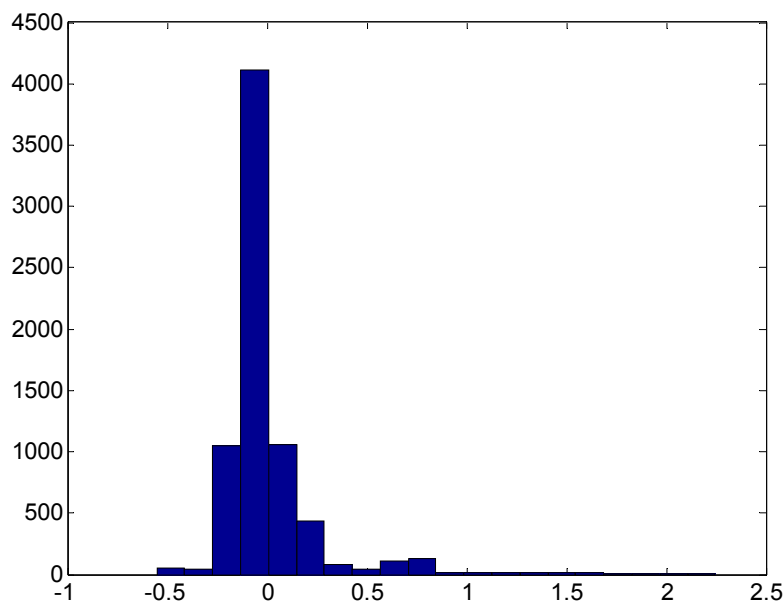


Figuur 3.3.4 Verdeling van de relatieve fout van de globale straling

CO ₂ -concentratie					
Bedrijf	Absolute fout (ppm)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	--	--	--	--	
Teler 2	76.4	165	16.5	34.4	+ -
Teler 3	-19.6	27.8	4	5.4	++
Teler 4	--	--	--	--	
Totaal	18.79	116.47	4.2	24.3	+

Tabel 3.3.5 De meetnauwkeurigheid van de CO₂-concentratie voor de vier bedrijven, meetsessie 2

De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 3.3.5.



Figuur 3.3.5 Verdeling van de relatieve fout van de CO₂-concentratie

3.4 Gewenste nauwkeurigheid

In Van den Berg en De Ruiter, 1998, worden de volgende haalbare en wenselijke nauwkeurigheden genoemd voor de volgende klimaatgrootheden in tabel 3.4.1. en worden deze voor meet sessie 1 vergeleken met de gerealiseerde nauwkeurigheid. De nauwkeurigheid wordt hier uitgedrukt in standaarddeviatie van absolute fout tussen gemeten en referentie grootheid. Voor straling zijn deze gegevens niet voorhanden.

Kasluchttemperatuur (°C)			Relatieve luchtvochtigheid (%)			CO ₂ -concentratie (ppm)		
haalbaar	wens.	realisatie	haalbaar	wens.	realisatie	haalbaar	wens.	realisatie.
0.2	0.1	0.5	3	2	3.5	30	10	132

Tabel 3.4.1 Haalbare, gewenste en gerealiseerde nauwkeurigheid van enkele klimaatgrootheden, meet sessie 1.

Voor de globale straling worden in Van den Berg en De Ruiter, 1998, geen gegevens vermeld. Bij fabrikanten en uit oude metingen van A&F zijn gegevens gevonden voor de haalbare nauwkeurigheid in de relatieve fout van de gemeten globale straling. Deze resultaten zijn, samen met de gerealiseerde nauwkeurigheid gegeven in tabel 3.4.2.

Globale stralingsluchttemperatuur (W/m ²)		
Haalbaar (opgave fabrikant)	Haalbaar (informatie A&F)	realisatie
2%	1%	77%

Tabel 3.4.2 Haalbare en gerealiseerde nauwkeurigheid van de gemeten globale straling, meetsessie 1.

Voor de tweede meetsessie, na de onderhoudsbeurt gelden de volgende gegevens.

Kasluchttemperatuur (°C)			Relatieve luchtvochtigheid (%)			CO ₂ -concentratie (ppm)		
haalbaar	wens.	realisatie	haalbaar	wens.	realisatie	haalbaar	wens.	realisatie.
0.2	0.1	0.33	3	2	2.4	30	10	116

Tabel 3.4.3 Haalbare, gewenste en gerealiseerde nauwkeurigheid van enkele klimaatgrootheden, meetsessie 2.

Voor de globale straling geldt.

Globale stralingsluchttemperatuur (W/m ²)		
Haalbaar (opgave fabrikant)	Haalbaar (informatie A&F)	realisatie
2%	1%	36%

Tabel 3.4.4 Haalbare en gerealiseerde nauwkeurigheid van de gemeten globale straling, meetsessie 2.

Uit tabel 3.4.1 en 3.4.3 blijkt dat voor de kasluchttemperatuur, zowel de haalbare als gewenste nauwkeurigheid niet wordt gehaald, ook niet na een onderhoudsbeurt.

Voor de relatieve luchtvochtigheid geldt, dat de gewenste nauwkeurigheid in beide gevallen niet wordt gehaald. De haalbare nauwkeurigheid wordt na een onderhoudsbeurt wel gehaald. Bij de CO₂-concentratie wordt de nauwkeurigheid op geen enkele manier gehaald.

Voor de globale straling blijkt dat de haalbare nauwkeurigheid zowel voor als na de onderhoudsbeurt niet wordt gehaald.

4 De effecten van de onnauwkeurigheden op het energiegebruik

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van hoofdstuk 3 gebruikt om een uitspraak te kunnen doen over het effect van onnauwkeurige sensoren op het energiegebruik en op de productie. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met KASPRO. Er is gekozen voor een standaard tomatenteelt. Eerst wordt een heel seizoen doorgerekend met voor het buitenklimaat de SEL-jaar en voor de instelling van het binnenklimaat een standaardregime. Vervolgens zijn voor één of meerdere grootheden meetfouten aangenomen, waarbij de frequentie van veranderen van de fout is gevarieerd van 5 tot 60 minuten. Voor elke situatie zijn dan 100 simulaties uitgevoerd, waarbij bij elke situatie de fout zich anders gedraagt. Op deze manier kan weer het gemiddelde van het energieverbruik en de productie worden bepaald.

4.2 Kas en gewas

Voor het gewas is gekozen voor een standaard tomatenteelt. De tomaten worden op 11 december van een jaar geplant en op 20 november het jaar erop geruimd. In de braakliggende periode wordt niet gestookt.

Voor de kas geldt de volgende bedrijfsuitrusting.

Afmetingen & bedrijfsuitrusting

Kasoppervlak: 2 ha

Dekmateriaal: enkel glas

Kapbreedte: 4 m

Goothoogte: 4.5 m

Ondernet: 5 × 51 mm per 4 m (primair)

Bovennet: 2.5 × 28 mm per 4 m (secundair)

Buffer: 120 m³/ha

Gasaansluiting: 200 m³/ha/u

Er wordt van 15/09 tot 01/05 een LS10 UltraPlus energiescherm gebruikt. Het scherm gaat open bij een globale straling groter dan 50 W/m² instraling en een buitentemperatuur van 7 °C tot half februari en 5 °C de rest van het jaar. Als de kasluchttemperatuur hoger is dan 1.5 °C boven de kiertemperatuur dan wordt het scherm op een kier getrokken. Er wordt tevens een vochtkierregeling toegepast. Er is een beweegbaar gevelscherm gemonteerd, dat meeloopt met het verduisteringsscherm.

Klimaatsetpoints

Stooktemperatuur:

11/12 - 10/01 dag en nacht 19 °C

10/01 - 31/03 overdag 19 en 's nachts 16.5 °C

31/03 – 20/11 overdag 18 en 's nachts 17 °C

Setpoint RV: 85 %

Setpoint CO₂: 1000 ppm

Minimum buis ondernet: continu 35, tijdens opstoken 40 °C, afgebouwd tussen de 100-250 W/m². Geen minimum buis bovennet

4.3 Berekeningen

Op basis van een standaard tomatenteelt zijn simulaties uitgevoerd met het kasklimaatmodel KASPRO waarbij een aantal variabelen, die in werkelijkheid worden gemeten en waarop de klimaatregeling stuurt, zijn voorzien van een meetfout. Deze fout is volgens een normale verdeling gegenereerd en bestaat uit een gemiddelde offset en een spreiding. De variabelen zijn:

	<i>Offset</i>	<i>Spreiding</i>
Kasluchttemperatuur [°C]	0	0.027
Buitemperatuur [°C]	-0.016	0.078
CO ₂ -concentratie [kg/m ³]	0.072	0.185
Relatieve luchtvochtigheid [%]	0.028	0.047
Globale straling [W/m ²]	0.227	0.768

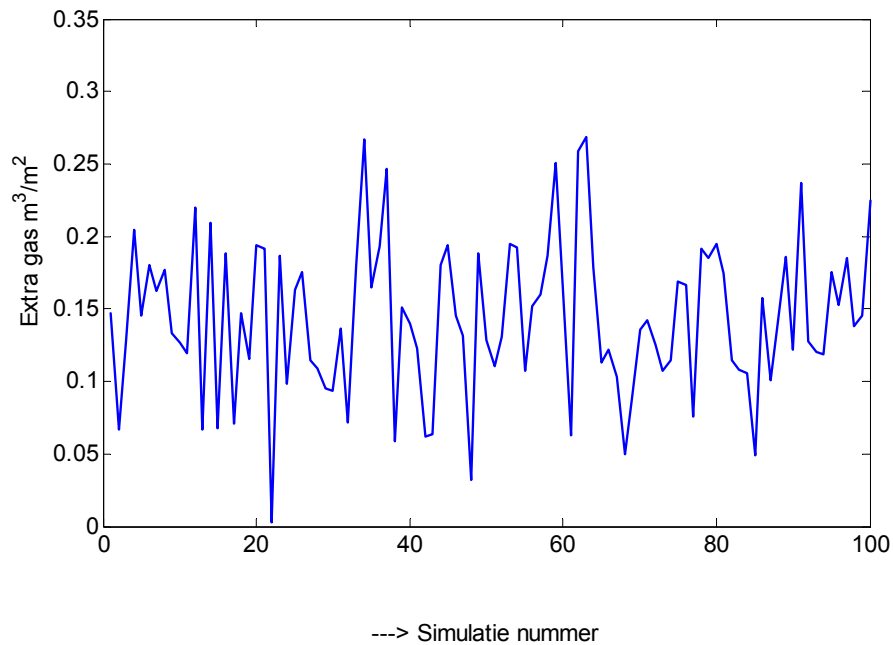
Hoewel voor de sensoren die de kasluchttemperatuur meten in de praktijk gemiddeld een offset gemeten is, zijn hiermee geen simulaties gedaan. Een sensor die altijd te hoog aangeeft zou in de berekeningen namelijk altijd resulteren in een gemiddeld lagere etmaaltemperatuur en een verlaging van het gasverbruik. In de praktijk zal de tuinder echter sturen op basis van de toestand van het gewas en daarmee zijn stooktemperatuur aanpassen. Hierdoor zal hij, met een te hoge of te lage temperatuurmeting, toch op een gemiddelde etmaaltemperatuur uitkomen die hij met een correcte meting zou hebben gerealiseerd.

In onderstaande tabellen is voor elke variabele (of combinatie van variabelen) een meetfout toegepast waarbij elke keer 100 simulaties uitgevoerd zijn. Hierbij is het tijdsinterval waarbij de meetfout verandert gevarieerd van minimaal 5 minuten tot maximaal 60 minuten.

Interval	Temp.	RV	Prod.	Extra	Gasverbr.	Extra	Extra
	°C	%	kg/m ²	%	m ³ /m ²	m ³ /m ²	%
Referentie	18.6	79.5	7.3	-	41.4	-	-
15min	18.6	79.5	7.3	-0.04 ± 0.02	41.2	-0.25 ± 0.03	-0.61 ± 0.03
30min	18.6	79.5	7.3	-0.05 ± 0.02	41.3	-0.08 ± 0.03	-0.17 ± 0.03
60min	18.6	79.4	7.3	-0.04 ± 0.03	41.6	0.14 ± 0.05	0.54 ± 0.05

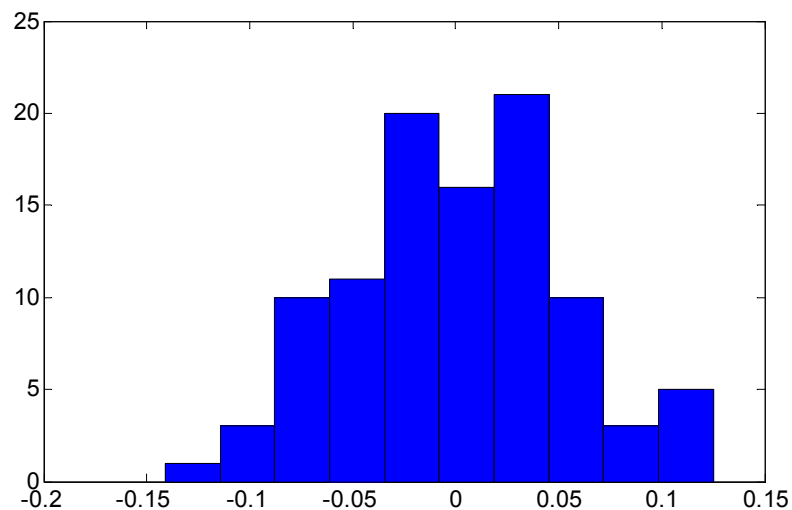
Tabel 4.3.1. Effect van een meetfout in de kasluchttemperatuur op productie en energieverbruik. De offset voor de kasluchttemperatuur is op 0 gesteld.

In figuur 4.3.1 wordt, voor het geval dat alleen de sensor voor de kasluchttemperatuur een meetfout bevat, het extra energieverbruik getoond voor de 100 simulaties, terwijl verondersteld is dat de fout slechts één keer per 60 minuten verandert.



Figuur 4.3.1 Het extra energieverbruik als gevolg van een meetfout in de temperatuursensor voor de 100 simulaties

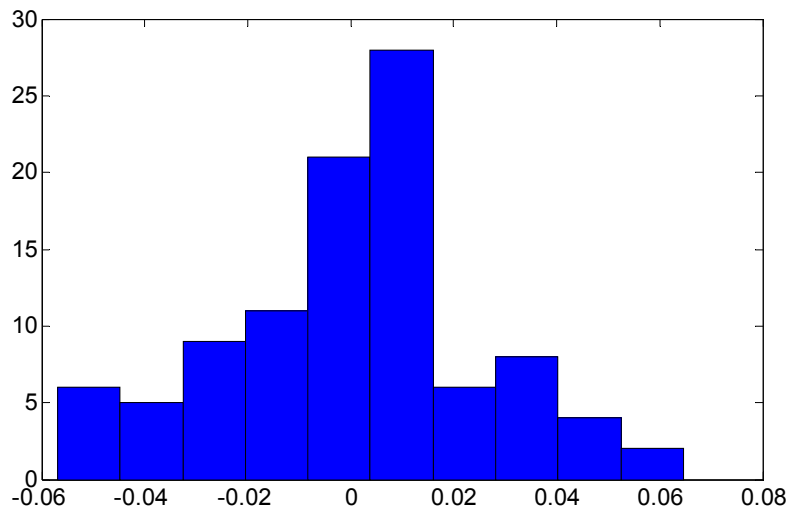
Het extra energieverbruik beweegt zich rond het gemiddelde van 0.14 en grotendeels tussen 0.04 en 0.24 (de 2σ -grens). De verdeling van het extra energieverbruik is weergegeven in figuur 4.3.2.



Figuur 4.3.2 De verdeling van het extra energieverbruik, ronde het gemiddelde, als gevolg van een meetfout in de kasluchttemperatuursensor

De verdeling is redelijk symmetrisch, maar vertoont in tegenstelling tot de verdeling van een normale verdeling een deuk in het midden.

De verdeling van de extra productie rond het gemiddelde is gegeven in figuur 4.3.3.



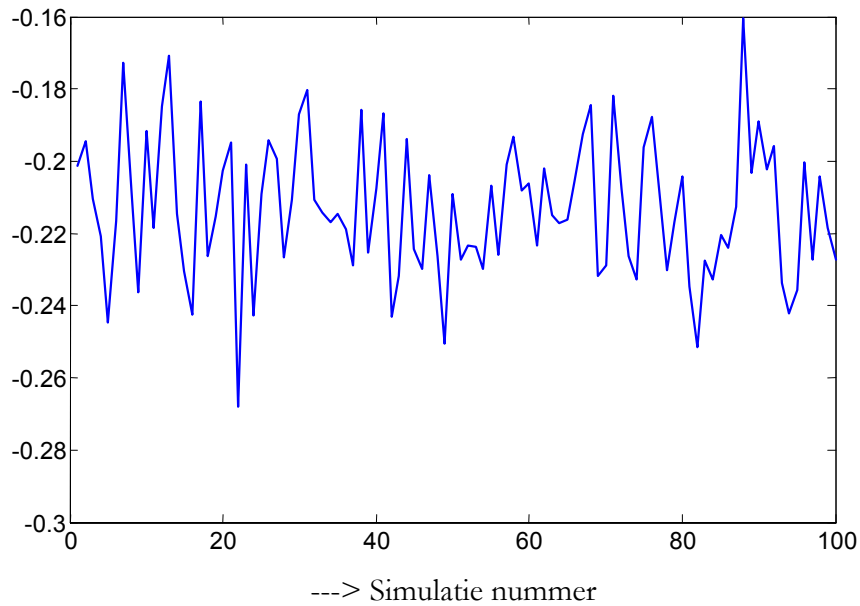
Figuur 4.3.3 De verdeling van de extra opbrengst, gecorrigeerd voor het gemiddeld als gevolg van een meetfout in de kasluchttemperatuursensor

In dit geval levert extra energiegebruik geen extra productie, maar zelfs productieverlies van 0.04%, zoals uit tabel 4.3.1. blijkt.

Interval	Temp.	RV	Prod.	Extra	Gasverbr.	Extra	Extra
	°C	%	kg/m ²	%	m ³ /m ²	m ³ /m ²	%
Referentie	18.6	79.5	7.3	-	41.4	-	-
15min	18.6	79.5	7.3	-0.00 ± 0.01	41.2	-0.21 ± 0.02	-0.55 ± 0.02
30min	18.6	79.4	7.3	-0.01 ± 0.01	41.3	-0.15 ± 0.02	-0.27 ± 0.02
60min	18.6	79.5	7.3	-0.01 ± 0.01	41.3	-0.13 ± 0.03	-0.36 ± 0.03

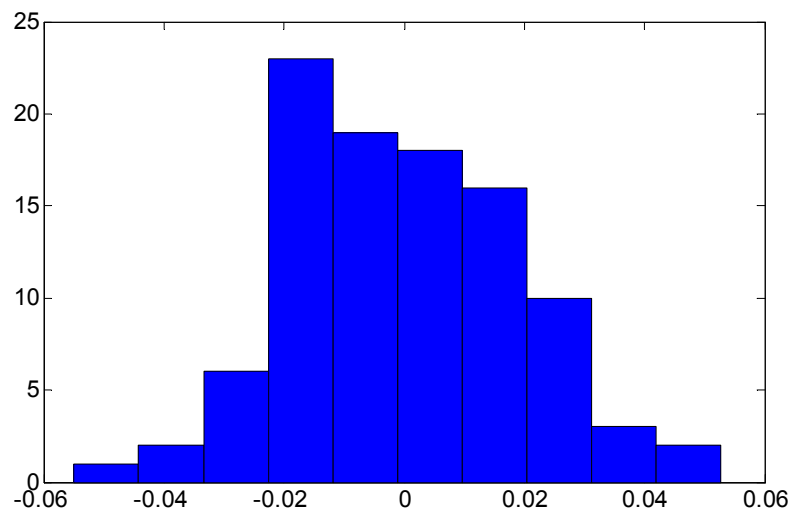
Tabel 4.3.2. Effect van een meetfout in de buitentemperatuur op productie en energieverbruik.

In figuur 4.3.2 is het extra energieverbruik getoond voor 100 simulaties. De meetfout op de buitentemperatuur levert in dit geval een energiebesparing op. De fout varieert één keer per minuut.



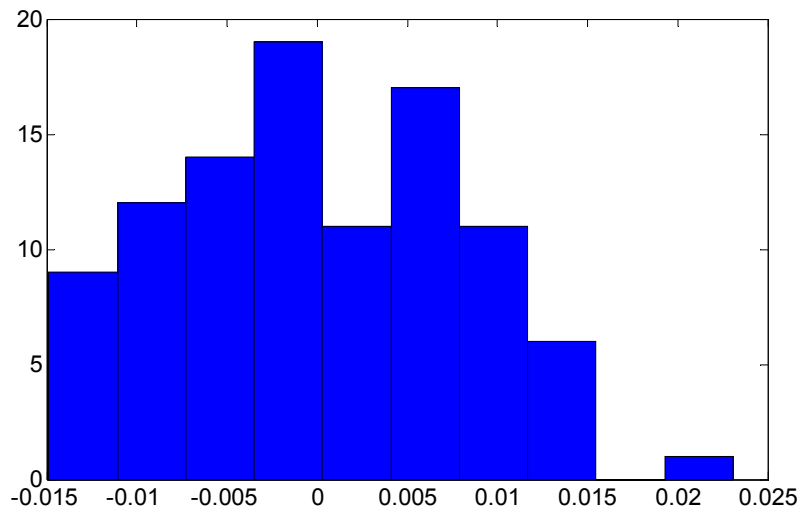
Figuur 4.3.4 Het verminderde energieverbruik als gevolg van een meetfout in de buitentemperatuursensor voor de 100 simulaties

De energiebesparing schommelt tussen 0.17 en 0.25 m³/m² gas. De verdeling van het verminderde energieverbruik is weergegeven in figuur 4.3.5.



Figuur 4.3.5 De verdeling van het extra energieverbruik, gecorrigeerd voor het gemiddelde, als gevolg van een meetfout in de buitentemperatuursensor

In figuur 4.3.6 is de verdeling van de verminderde productie weergegeven.



Figuur 4.3.6 De verdeling van de verminderde extra productie, gecorrigeerd voor het gemiddelde, als gevolg van een meetfout in de buitentemperatuursensor

Interval	Temp.	RV	Prod.	Extra	Gasverbr.	Extra	Extra
	°C	%	kg/m ²	%	m ³ /m ²	m ³ /m ²	%
Referentie	18.6	79.5	7.3	-	41.4	-	-
15min	18.6	79.5	7.3	-0.24 ± 0.02	41.4	-0.05 ± 0.00	-0.12 ± 0.00
30min	18.6	79.5	7.3	-0.25 ± 0.02	41.4	-0.04 ± 0.01	-0.09 ± 0.01
60min	18.6	79.5	7.3	-0.26 ± 0.03	41.4	-0.03 ± 0.01	-0.08 ± 0.01

Tabel 4.3.3. Effect van een meetfout in de CO₂-concentratie productie en energieverbruik.

Uit Tabel 4.3.3 blijkt dat een meetfout in de CO₂-concentratie weinig effect heeft op het energieverbruik en in dit geval een negatief effect heeft op de productie.

Interval	Temp.	RV	Prod.	Extra	Gasverbr.	Extra	Extra
	°C	%	kg/m ²	%	m ³ /m ²	m ³ /m ²	%
Referentie	18.6	79.5	7.3	-	41.4	-	-
15min	18.6	79.5	7.3	-0.01 ± 0.01	41.4	-0.00 ± 0.00	-0.02 ± 0.00
30min	18.6	79.5	7.3	-0.01 ± 0.01	41.4	-0.00 ± 0.00	-0.01 ± 0.00
60min	18.6	79.5	7.3	-0.01 ± 0.01	41.4	-0.00 ± 0.00	-0.00 ± 0.00

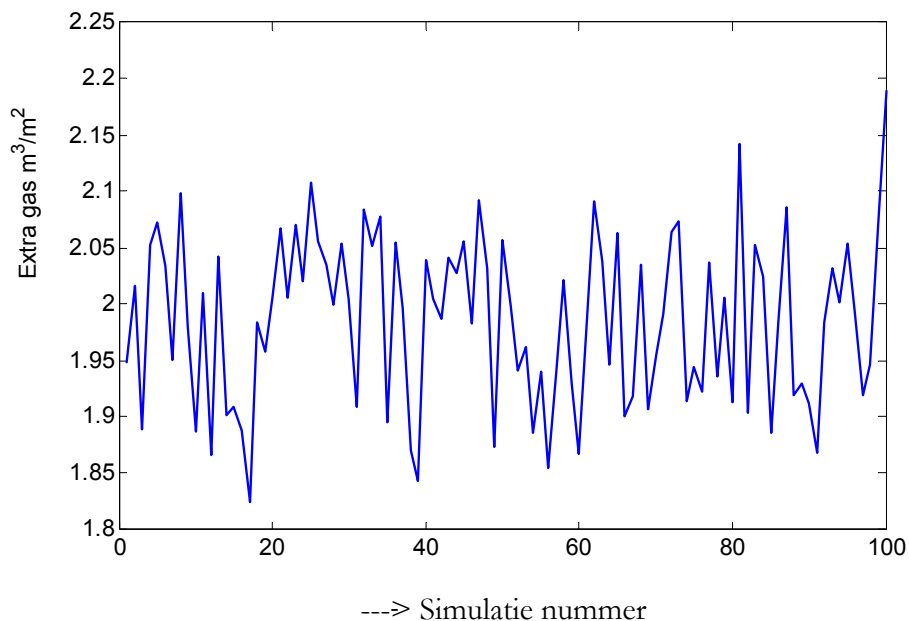
Tabel 4.3.4. Effect van een meetfout in de relatieve luchtvochtigheid op productie en energieverbruik.

Het effect van een meetfout in de RV-sensor op het energieverbruik blijkt nihil te zijn.

Interval	Temp.	RV	Prod.	Extra	Gasverbr.	Extra	Extra
	°C	%	kg/m ²	%	m ³ /m ²	m ³ /m ²	%
Referentie	18.6	79.5	7.3	-	41.4	-	-
5min	18.7	79.2	7.4	0.60 ± 0.04	43.4	1.95 ± 0.04	4.54 ± 0.04
10min	18.7	79.2	7.4	0.52 ± 0.05	43.4	2.01 ± 0.06	4.61 ± 0.06
15min	18.7	79.2	7.4	0.39 ± 0.05	43.4	1.99 ± 0.07	4.53 ± 0.07
20min	18.7	79.2	7.3	0.31 ± 0.07	43.3	1.95 ± 0.08	4.36 ± 0.08
25min	18.7	79.2	7.3	0.19 ± 0.09	43.1	1.86 ± 0.11	3.98 ± 0.11
30min	18.7	79.2	7.3	0.11 ± 0.08	43.2	1.80 ± 0.10	4.23 ± 0.10
45min	18.6	79.3	7.3	-0.13 ± 0.10	42.9	1.62 ± 0.13	3.39 ± 0.13
60min	18.6	79.2	7.3	-0.24 ± 0.09	42.9	1.45 ± 0.13	3.51 ± 0.13

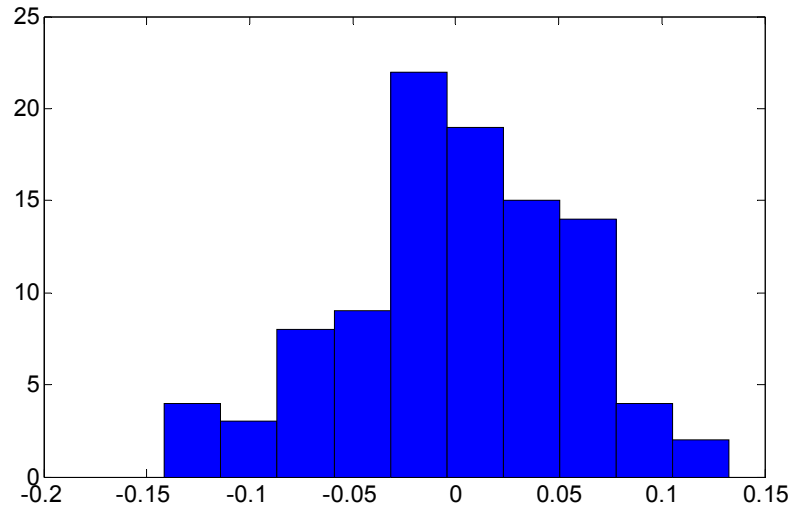
Tabel 4.3.4. Effect van een meetfout in de globale straling op productie en energieverbruik.

Uit tabel 4.3.4 blijkt dat een meetfout in de globale straling een behoorlijk effect heeft. Het effect is het grootst als de fout één keer per minuut verandert. Echter ook een verandering van één keer per minuut heeft een behoorlijke impact. Hieruit blijkt dat snelle veranderingen in globale straling veel effect zullen hebben en dus ook fouten veel effect hebben. In figuur 4.3.7 is het extra energieverbruik getoond voor 100 simulaties. De fout verandert één keer per 10 minuten.



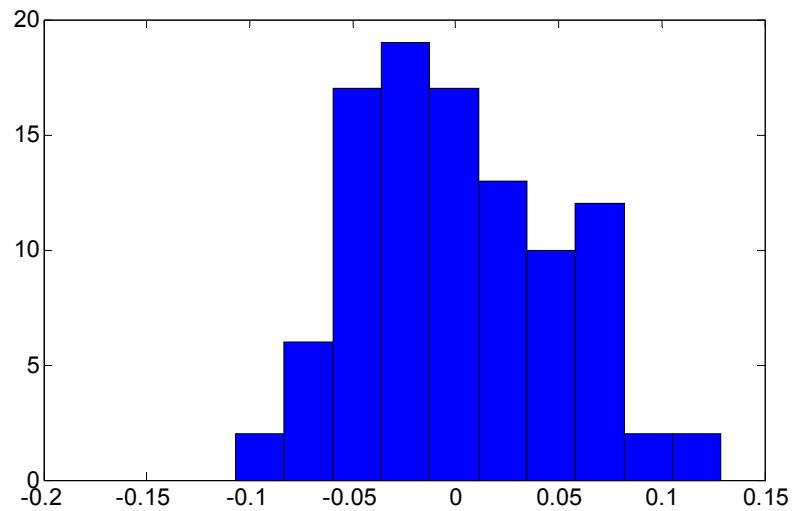
Figuur 4.3.7 Het extra energieverbruik als gevolg van een meetfout in de globale straling voor de 100 simulaties

Het extra energie verbruik ligt tussen 4.55 en 4.67% van de referentiesituatie. De verdeling van het extra energieverbruik is weergegeven in figuur 4.3.8.



Figuur 4.3.8 De verdeling van het extra energieverbruik, gecorrigeerd voor het gemiddelde, als gevolg van een meetfout in de globale straling

De verdeling van de extra productie is weergegeven in figuur 4.3.9.



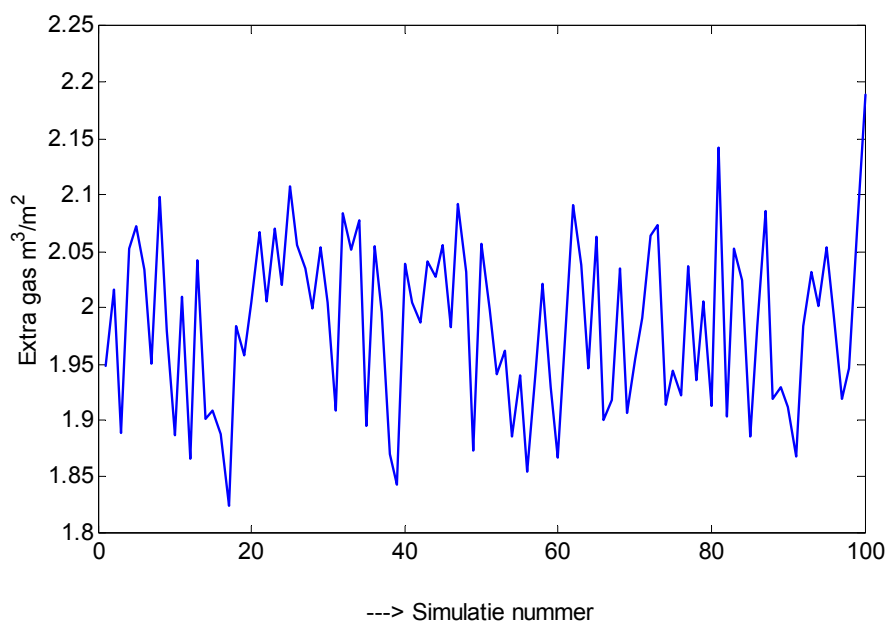
Figuur 4.3.9 De verdeling van de extra productie, gecorrigeerd voor het gemiddelde, als gevolg van een meetfout in de globale straling

Vervolgens is een combinatie uitgeprobeerd met een meetfout op zowel de globale straling als op de relatieve luchtvochtigheid.

Interval	Temp.	RV	Prod.	Extra	Gasverbr.	Extra	Extra
	°C	%	kg/m ²	%	m ³ /m ²	m ³ /m ²	%
Referentie	18.6	79.5	7.3	-	41.4	-	-
5min	18.7	79.2	7.4	0.60 ± 0.04	43.4	1.96 ± 0.04	4.55 ± 0.04
10min	18.7	79.2	7.4	0.52 ± 0.05	43.4	2.00 ± 0.06	4.61 ± 0.06
15min	18.7	79.2	7.4	0.38 ± 0.06	43.6	1.99 ± 0.07	5.02 ± 0.07
20min	18.7	79.2	7.3	0.29 ± 0.06	43.4	1.94 ± 0.08	4.59 ± 0.08
25min	18.7	79.2	7.3	0.18 ± 0.07	43.2	1.87 ± 0.09	4.08 ± 0.09
30min	18.7	79.2	7.3	0.11 ± 0.08	43.2	1.82 ± 0.09	4.17 ± 0.09
45min	18.6	79.2	7.3	-0.12 ± 0.09	43.0	1.64 ± 0.13	3.71 ± 0.13
60min	18.6	79.2	7.3	-0.27 ± 0.10	42.9	1.47 ± 0.12	3.40 ± 0.12

Tabel 4.3.5. Effect van een meetfout in de globale straling en relatieve luchtvochtigheid op productie en energieverbruik.

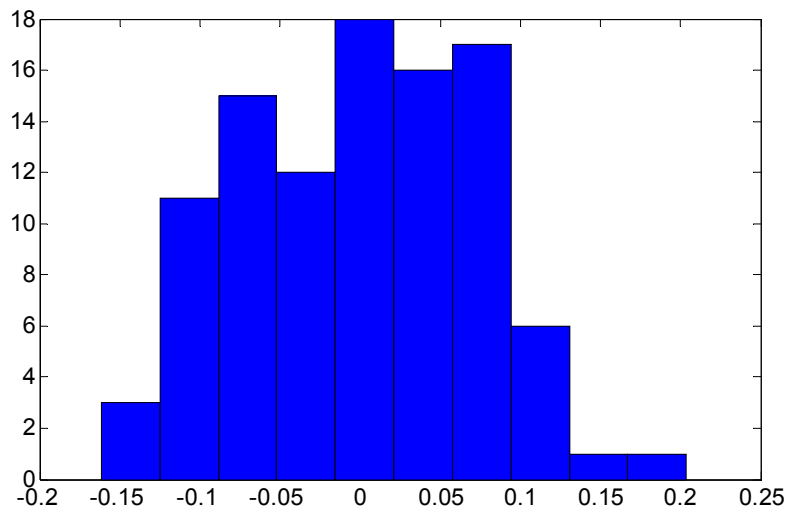
Het grootste extra energieverbruik treedt op als de fout één keer per 15 minuten wordt veranderd. In figuur 4.3.10 is het extra energieverbruik weergegeven voor 100 simulaties.



Figuur 4.3.10 Het extra energieverbruik als gevolg van een meetfout in de globale straling en relatieve luchtvochtigheid voor de 100 simulaties

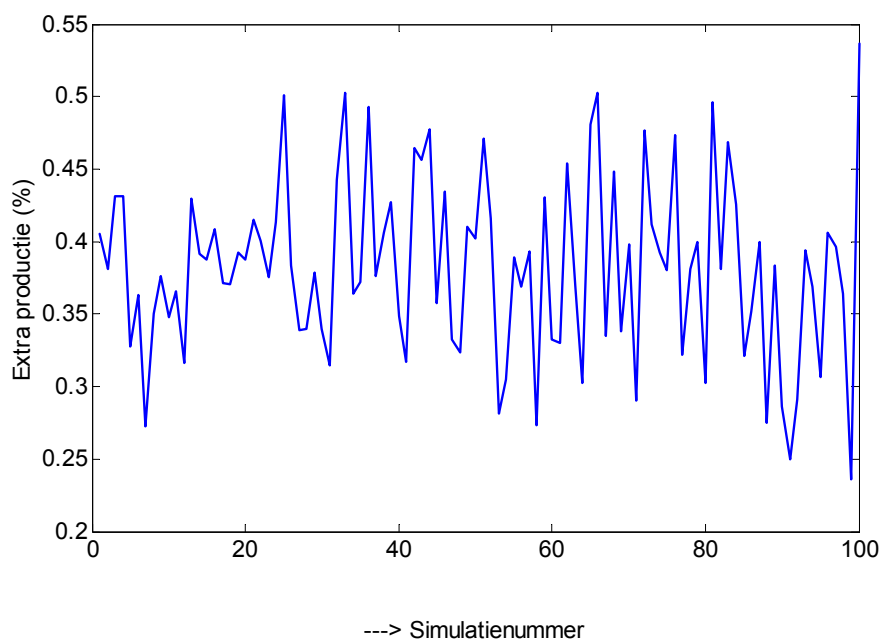
Het extra energieverbruik schommelt tussen 4.88% en 5.16% van de het energieverbruik in de referentiesituatie.

De verdeling van het extra energieverbruik is weergegeven in figuur 4.3.11.



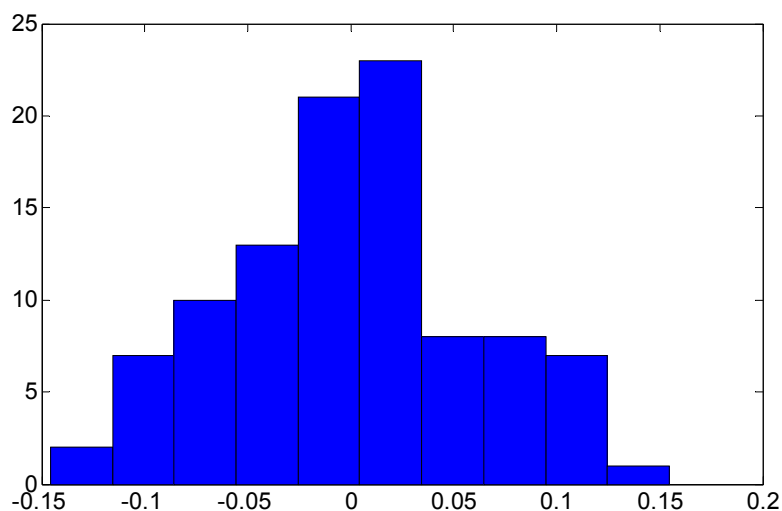
Figuur 4.3.11 De verdeling van het extra energieverbruik, gecorrigeerd voor het gemiddelde, als gevolg van een meetfout in de globale straling en relatieve luchtvochtigheid

In figuur 4.3.12 is de extra productie weergegeven voor 100 simulaties.



Figuur 4.3.12 De extra productie als gevolg van een meetfout in de globale straling en relatieve luchtvochtigheid voor de 100 simulaties

De extra productie schommelt tussen 0.26 en 0.5% van de referentiesituatie.



Figuur 4.3.13 De verdeling van de extra productie, gecorrigeerd voor het gemiddelde, als gevolg van een meetfout in de globale straling en relatieve luchtvochtigheid

In tabel 4.3.6 is het resultaat weergegeven voor het geval dat er zowel een meetfout op de globale straling, relatieve luchtvochtigheid als de CO₂-concentratie optreedt. Het extra energieverbruik ligt dan tussen 3.76 en 4.2% ten opzichte van de referentiesituatie. De productie vermindert met 0.01 tot 0.33%.

Interval	Temp.	RV	Prod.	Extra	Gasverbr.	Extra	Extra
	°C	%	kg/m ²	%	m ³ /m ²	m ³ /m ²	%
Referentie	18.6	79.5	7.3	-	41.4	-	-
30min	18.6	79.2	7.3	-0.17 ± 0.08	43.1	1.66 ± 0.11	3.98 ± 0.11

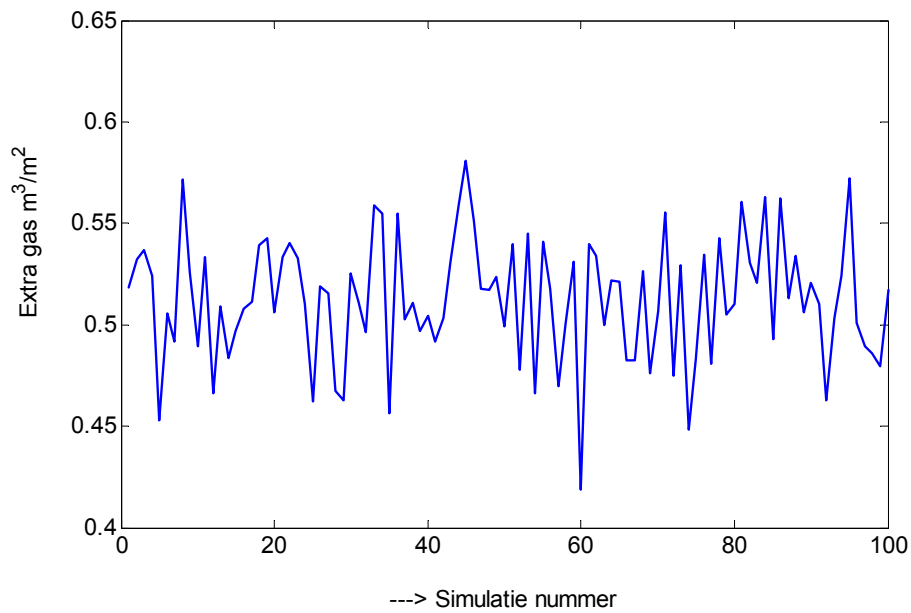
Tabel 4.3.6. Effect van een meetfout in de globale straling, relatieve luchtvochtigheid en CO₂-concentratie op productie en energieverbruik.

Omdat meetfouten in de combinatie van globale straling en relatieve luchtvochtigheid het meeste effect hebben, is voor de gegevens van de tweede meetsessie alleen deze combinatie gebruikt. De globale straling heeft een relatieve meetfout van 0.077 ± 0.363 , de relatieve luchtvochtigheid heeft een relatieve meetfout van 0.0008 ± 0.029 .

Interval	Temp.	RV	Prod.	Extra	Gasverbr.	Extra	Extra
	°C	%	kg/m ²	%	m ³ /m ²	m ³ /m ²	%
Referentie	18.6	79.5	7.3	-	41.4	-	-
15min	18.6	79.4	7.3	0.17 ± 0.02	41.9	0.51 ± 0.03	1.23 ± 0.03

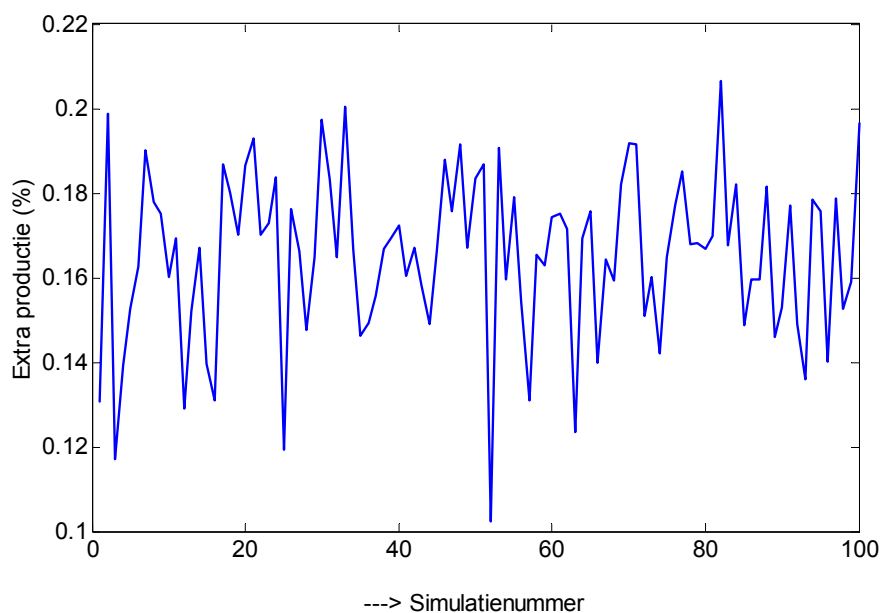
Tabel 4.3.7. Effect van een meetfout in de globale straling, relatieve luchtvochtigheid op productie en energieverbruik

Het extra energieverbruik is voor 100 simulaties weergegeven in figuur 4.3.14.



Figuur 4.3.14 Het extra energieverbruik als gevolg van een meetfout in de globale straling en relatieve luchtvochtigheid voor de 100 simulaties

Het extra energieverbruik schommelt tussen 1.17 en 1.29% ten opzichte van de referentiewaarde. De extra productie is weergegeven in figuur 4.3.15. De extra productie schommelt tussen 0.13 en 0.31% ten opzichte van de referentie situatie.



Figuur 4.3.15 Het extra energieverbruik als gevolg van een meetfout in de globale straling en relatieve luchtvochtigheid voor de 100 simulaties

Vergelijking van figuur 4.3.14 en 4.3.15 leert dat in dit geval extra energie leidt tot extra productie.

4.4 Conclusies

Uit de resultaten blijkt dat het grootste extra energieverbruik optreedt bij meetfouten in zowel vochtmeting als de stralingsmeting. De extra verbruikte hoeveelheid energie ligt dan tussen 4.9 en 5.2% van het referentieverbruik. De extra productie ligt tussen 0.3 en 0.5%.

Na de onderhoudsbeurt blijkt dat de extra hoeveelheid verbruikte energie is gedaald tot tussen 1.2 en 1.3% het referentieverbruik. De extra productie ligt tussen 0.1 en 0.3%. Hoewel het extra energieverbruik bijna een factor 5 lager ligt is de extra productie slechts een factor 1.5 lager. De gevolgen van de onderhoudsbeurt kunnen echter niet zo positief gesteld worden. Bij één tuinder wordt de situatie slechter, bij één tuinder blijft de meetfout in de globale straling ongeveer gelijk, en bij twee tuinders treedt een verbetering op. Door het effect van uitmiddeling over de vier tuinders worden de gevolgen van de fout misschien onderschat.

5 Conclusies

In dit hoofdstuk worden conclusies met betrekking tot dit onderzoek besproken en enkele aanbevelingen gedaan.

5.1 Conclusies

De sensoreigenschappen

- De resultaten van de eerste meetsessie, gemiddeld over de tijd en de vier tuinders zijn:

variabele	Abs. fout	Stand. deviatie	Rel. fout	Stand. deviatie
kasluchttemperatuur	0.24 (°C)	0.54 (°C)	1.4%	2.7
rel. luchtvochtigheid	2.0%	3.5%	2.8%	4.7%
CO ₂	51.4 (ppm)	132 (ppm)	7.2%	18.5%
buitentemperatuur	-0.38 (°C)	1.53 (°C)	-1.6%	7.83%
straling	6.43 (W/m ²)	80 (W/m ²)	23%	76.8%

Uit deze gegevens blijkt dat geen enkele sensor voldoet aan de gewenste of haalbare nauwkeurigheid (Van den Berg, en De Ruiter, 1998). Grote onnauwkeurigheid hebben vooral de CO₂-sensor en de stralingssensor. De CO₂-sensor heeft een relatieve fout die tussen -29.8% en 44.2% ligt (de zogenaamde 2σ grens) in absolute fout heeft deze sensor een fout die ligt tussen -213 ppm en 315 ppm. De stralingssensor heeft een relatieve fout tussen -131% en 177% en een absolute fout, die ligt tussen -154 W/m² en 166 W/m².

- De resultaten van de tweede meetsessie (na een onderhoudsbeurt), gemiddeld over de tijd en de vier tuinders zijn:

variabele	abs. fout	stand. deviatie	rel. fout	Stand. Deviatie
kasluchttemperatuur	0.14 (°C)	0.29 (°C)	1.5%	1.5%
rel. luchtvochtigheid	-0.09%	2.42%	0.08%	2.9%
CO ₂	18.79 (ppm)	116 (ppm)	4.2%	24.3%
buitentemperatuur	-0.13 (°C)	2.57 (°C)	0.13%	8.4%
straling	3.6 (W/m ²)	29 (W/m ²)	7.7%	36.3%

Uit deze gegevens blijkt dat nog steeds geen enkele sensor voldoet aan de gewenste of haalbare nauwkeurigheid (Van den Berg, en De Ruiter, 1998), uitgezonderd de RV-sensor na een onderhoudsbeurt. Nog steeds hebben vooral de CO₂-sensor en de stralingssensor een grote onnauwkeurigheid. De CO₂-sensor heeft een relatieve fout die tussen -44% en 53% ligt (de zogenaamde 2σ grens), in absolute fout heeft deze sensor een fout die ligt

tussen –213 ppm en 215 ppm. De stralingssensor heeft een relatieve fout tussen –65% en 81% en een absolute fout, die ligt tussen –54 W/m² en 62 W/m².

- Hoewel de onderhoudsbeurt zinnig lijkt, blijkt dit niet bij alle tuinders het gewenste effect te hebben. Bij bijvoorbeeld de bedrijven Teler 2 en Teler 4 heeft de onderhoudsbeurt weinig effect en voor sommige grootheden zelfs een slechter resultaat.
- De onnauwkeurigheid in de binnentemperatuur en RV treedt vooral op bij hoge straling. De meetboxen van de tuinders lijken niet goed geïsoleerd te zijn, waardoor de temperatuur in de meetbox oploopt en aangezien de RV via temperatuurmetingen plaats vindt, verloopt ook de RV. De meetboxen van A&F kennen dit probleem niet. Mits goed opgehangen, zijn deze aan de stralingszijde geïsoleerd.
- De grote onnauwkeurigheid in de stralingssensoren zou verklaard kunnen worden uit neerslag van vocht (condens) op de glazen schermkap van de sensor.

Het energieverbruik

- Het extra energieverbruik ten gevolge van het gebruik van onnauwkeurige stralings- en RV-sensoren ligt tussen 4.9 en 5.2% van het referentieverbruik. De extra productie ligt tussen 0.3 en 0.5%.
- Na een onderhoudsbeurt van de stralings- en RV-sensoren daalt het extra energieverbruik tot tussen 1.2 en 1.3% van het referentieverbruik. De extra productie ligt tussen 0.1 en 0.3%.

5.2 Aanbevelingen

- De simulaties zijn nu uitgevoerd voor één gewas, met een standaard klimaatregime. Het is aan te bevelen de simulaties uit te voeren voor enkele andere gewassen en/of enkele klimaatstrategieën.
- De aanname is nu gemaakt dat de meetfouten van de sensoren onafhankelijk zijn. In het geval van temperatuur en RV is dit zeker niet zo. Het is aan te bevelen na te gaan of deze afhankelijkheden ook in de simulatie toegepast kunnen worden en wat voor effect deze hebben op het energieverbruik.
- De aanname is gemaakt dat de meetfouten in de tijd niet veranderen, maar dat de fout puur stochastisch is. Echter, de resultaten laten soms wat anders zien, zoals grote fouten rond het middaguur. Het is aan te bevelen na te gaan of door een andere verwerkingsmethode van de data, deze dynamica bepaald kan worden, zodat hiermee gesimuleerd kan worden.
- Het is aan te bevelen te proberen de oorzaak te vinden van de onnauwkeurigheid van de stralingssensoren.
- Een betere onderhoud en kalibratie van de stralingssensoren zou kunnen gebeuren door de ontwikkeling van een hulpmiddel voor on-site kalibratie.
- Een ander alternatief voor het probleem van onnauwkeurige stralingssensoren is het instellen van een systeem van stralingssensoren. Bij ieder onderhoudsbeurt wordt de sensor vervangen. De vervangen sensor wordt vervolgens door de leverancier schoongemaakt, gerepareerd en gekalibreerd en weer ingezet bij een andere teler.

- Het is aan te bevelen de invloed van directe instraling op de meetboxen van tuinders bestuderen. Er zijn verschillende typen in gebruik (afhankelijk van de leverancier van de klimaatregelaar) waarvan de constructie niet altijd lijkt bij te dragen aan de nauwkeurigheid van de metingen.
- Het is aan te bevelen een enquête onderzoek te verrichten onder een groter aantal tuinders naar het gebruik door de tuinder van zijn sensoren, de acceptatie van de tuinder van duurdere en betere sensoren en de acceptatie van de uitvoering van betere (en duurdere) onderhoudsbeurten.

6 Literatuur

G.A. van den Berg, H.W. de Ruiter. Normering van meetnauwkeurigheden van klimaatmetingen in praktijkkassen. Rapport 146, PPO Naaldwijk, 1998.

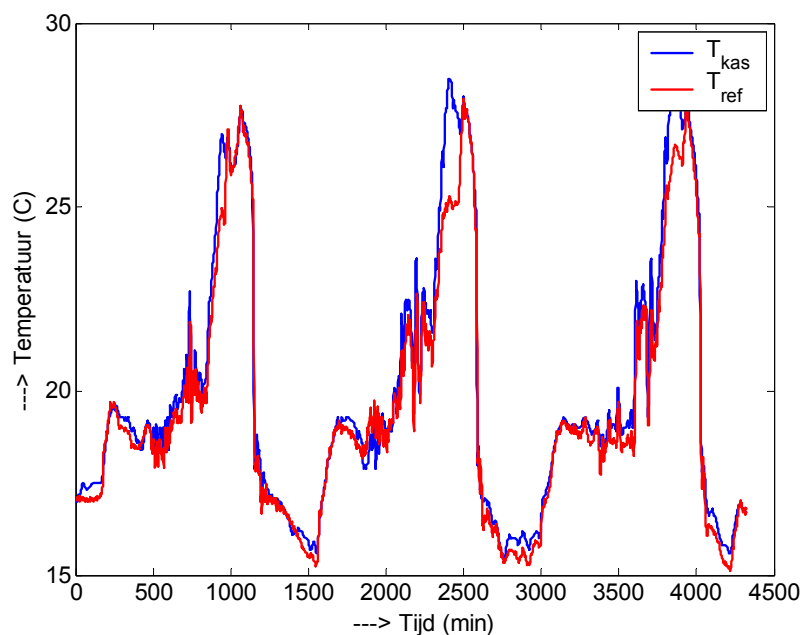
7 Bijlage

7.1 Inleiding

In deze bijlage wordt een compleet overzicht gegeven van alle metingen, die bij de telers zijn verricht. In deze bijlage worden eerst de resultaten van de eerste meetsessie per bedrijf weergegeven. Van ieder bedrijf worden grafieken getoond van de kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, globale straling, buitentemperatuur en indien aanwezig ook de CO₂-concentratie. In dezelfde grafieken worden ook de referentiemetingen weergegeven. Van iedere grootheid wordt de absolute en relatieve fout weergegeven in afzonderlijke grafieken. De absolute fout is hier gedefinieerd als gemeten signaal minus gemeten referentie signaal. De relatieve fout is de absolute fout gedeeld door het referentiesignaal. Voor een relatieve fout, uitgedrukt in procenten, moet men de hier gegeven relatieve fout vermenigvuldigen met 100. Na de grafieken van iedere grootheid, worden het gemiddelde en de standaarddeviatie van de grootheid weergegeven en wordt in een grafiek de verdeling van de relatieve fout getoond. Met behulp van de standaarddeviatie (σ), kan men de 2σ grens bepalen, waarbinnen 95% van de fouten zal liggen. In sectie 7.6 zijn de resultaten van de eerste meetsessie van alle tuinders weergegeven. Vervolgens worden de resultaten van de tweede meetsessie weergegeven en de resultaten hiervan zijn weergegeven in sectie 7.11.

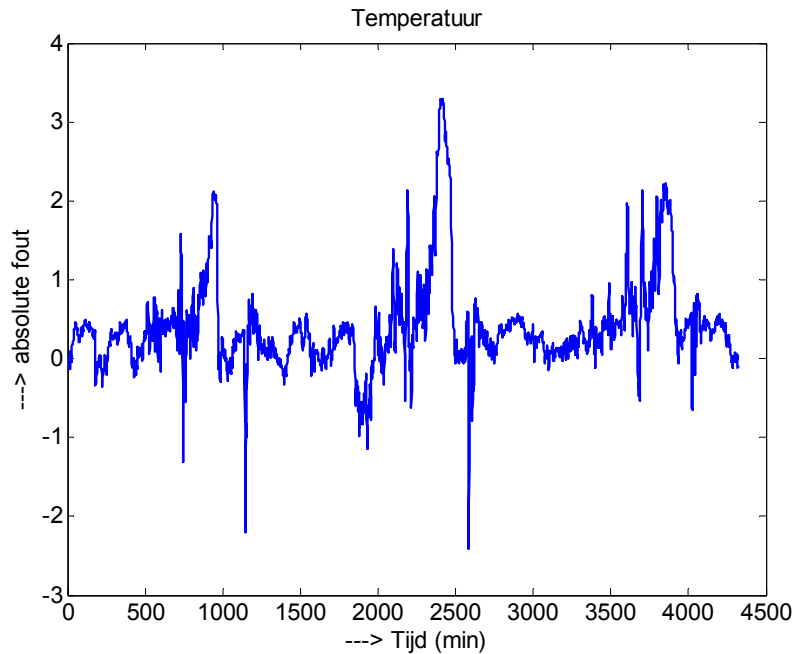
7.2 Meetsessie 1, bedrijf Teler 1

Voor het bedrijf Teler 1 zijn de kasluchttemperatuur (T_{kas}), gemeten met de meetbox van de tuinder en de kasluchttemperatuur gemeten met A&F psychrometers (T_{ref}) in figuur 7.2.1 weergegeven.



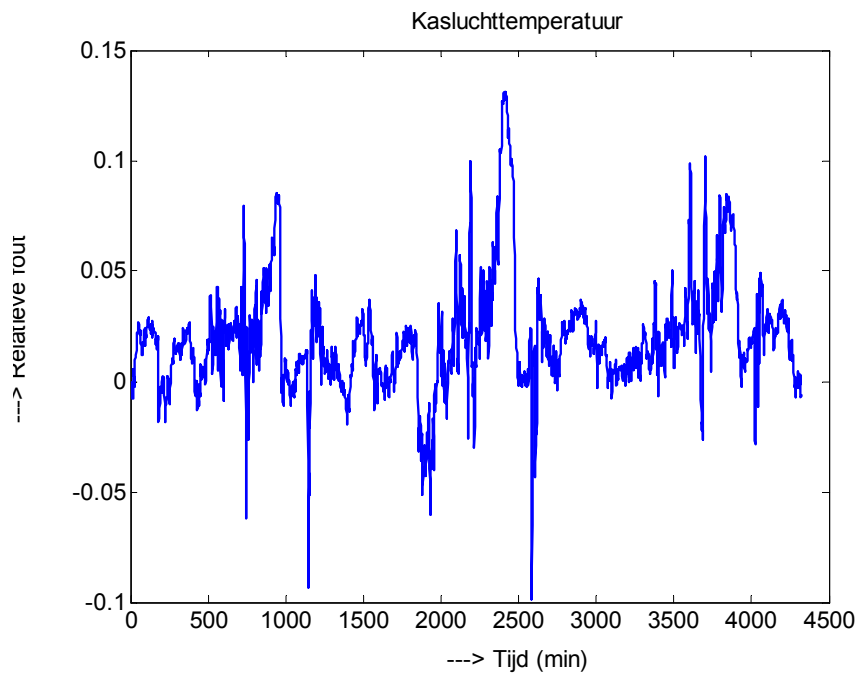
Figuur 7.2.1 Kasluchttemperatuur

De absolute fout, het verschil tussen de kasluchttemperatuur (T_{kas}), gemeten met de meetbox van de tuinder, en de temperatuur (T_{ref}) gemeten met de Λ &F sensor is weergegeven in figuur 7.2.2.



Figuur 7.2.2 Absolute fout kasluchttemperatuur

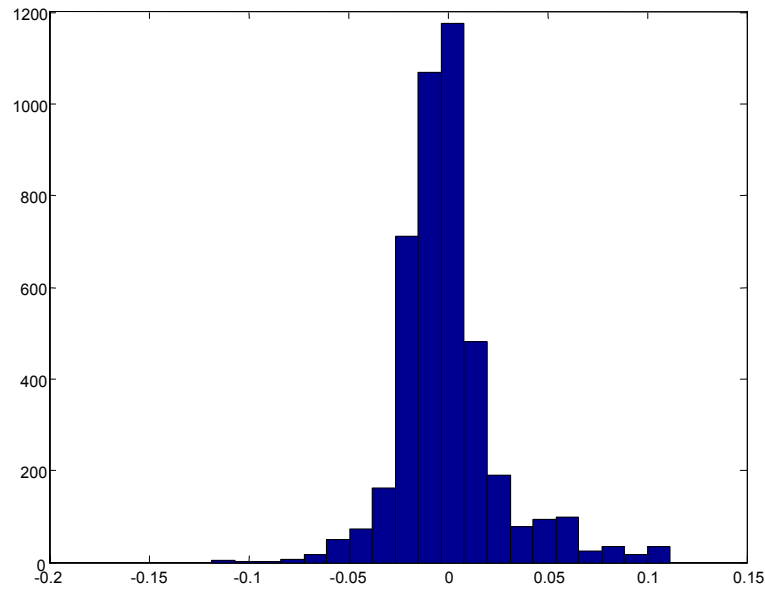
In figuur 7.2.3 is de relatieve fout, de ratio tussen absolute fout en referentietemperatuur weergegeven.



Figuur 7.2.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur

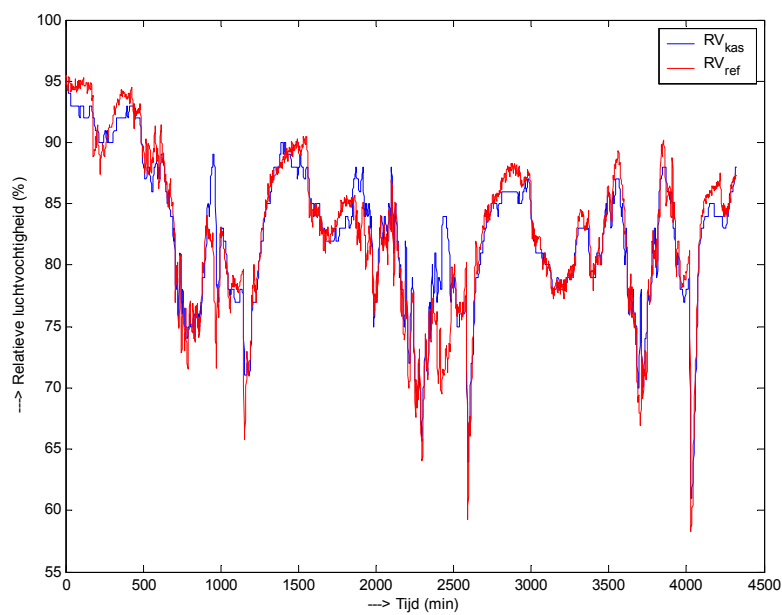
Het gemiddelde van de absolute fout is 0.4067 ($^{\circ}\text{C}$) en de standaarddeviatie is 0.6034 ($^{\circ}\text{C}$).

Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0196 (2%) en de standaarddeviatie is 0.0256 (2.6%)
De verdeling van de relatieve fouten is weergegeven in figuur 3.2.5.. Hieruit volgt dat dit een redelijke normale verdeling is.



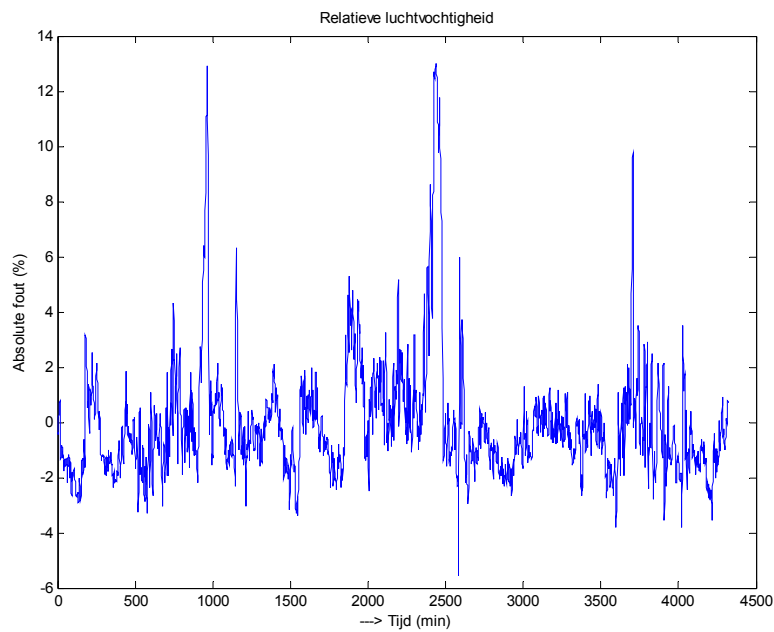
Figuur 7.2.4 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur

De gemeten relatieve luchtvochtigheid (RV_{kas}) en de referentie meting (RV_{ref}) zijn weergegeven in:



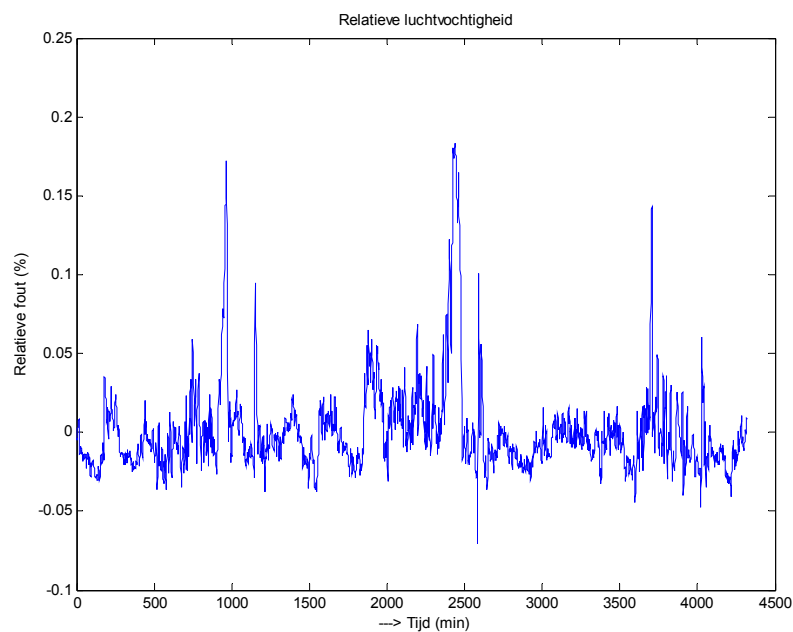
Figuur 7.2.5 Relatieve luchtvochtigheid

De absolute fout voor de relatieve luchtvochtigheid is gegeven in:



Figuur 7.2.6 Absolute fout in de relatieve luchtvochtigheid

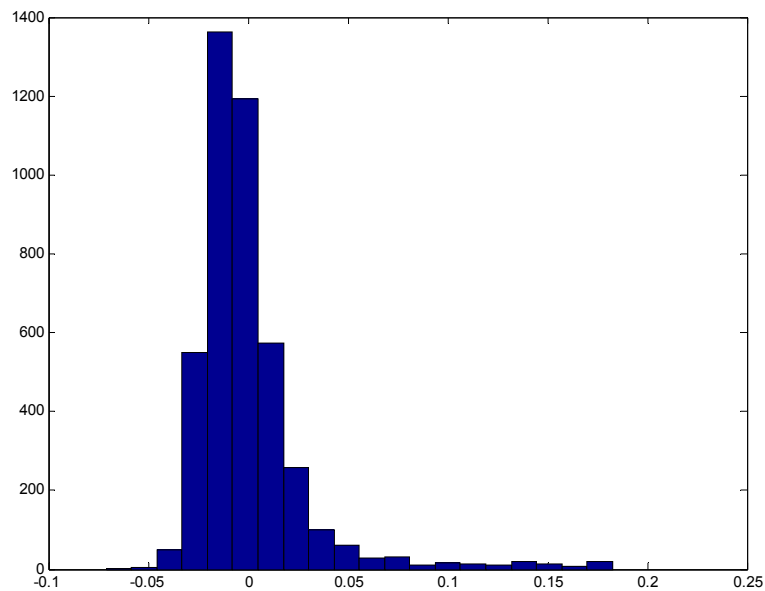
De relatieve fout in de luchtvochtigheid is weergegeven in figuur 7.2.7:



Figuur 7.2.7. De relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid

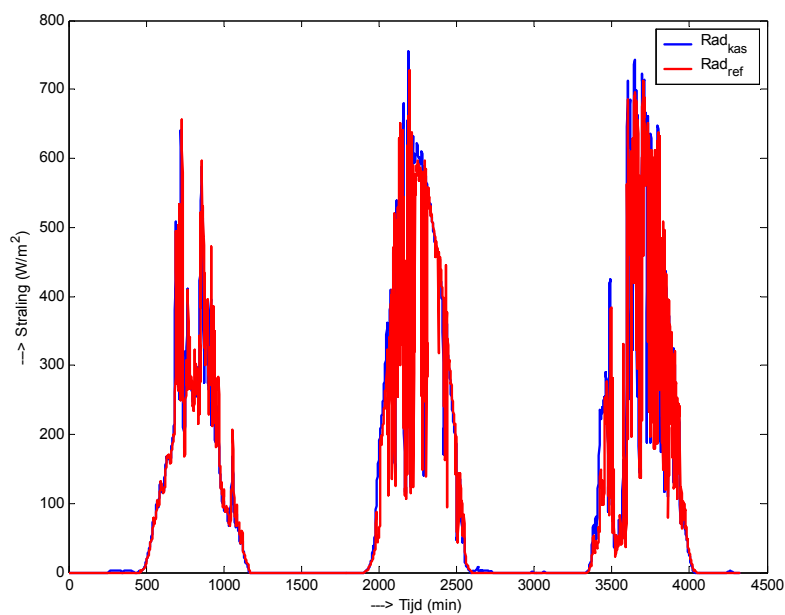
Het gemiddelde van de absolute fout in de RV is -0.0362 (%) en de standaarddeviatie is 2.1983 (%).

Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0006 (0.06%) en de standaarddeviatie is 0.029 (2.9%). De verdeling is gegeven door:



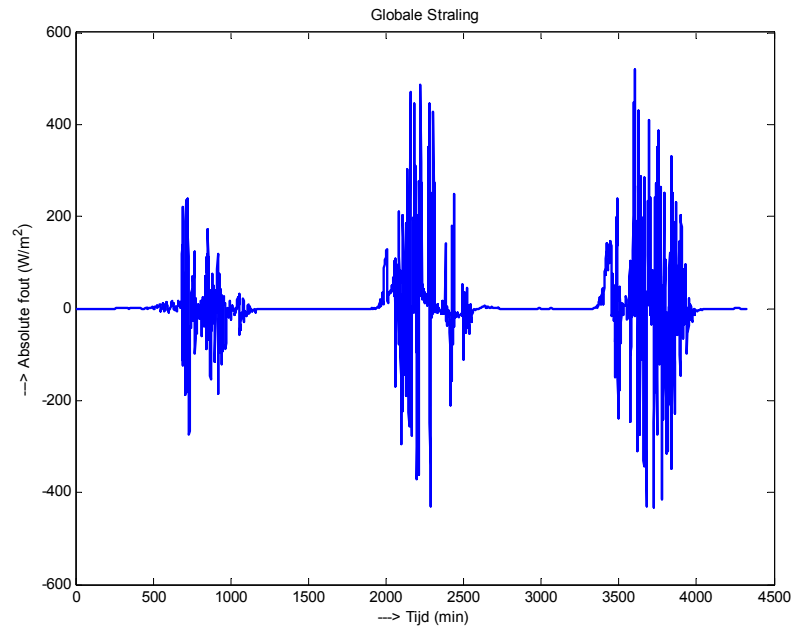
Figuur 7.2.8 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

In figuur 7.2.9 is de gemeten straling van zowel het meteostation (CM11) van de teler als van de referentiesensor de CM22 weergegeven.

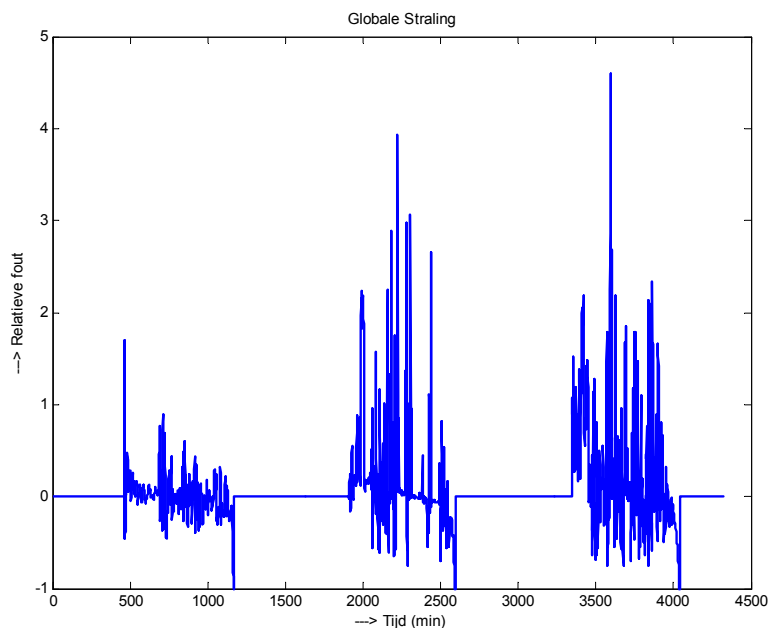


Figuur 7.2.9 Globale straling

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in respectievelijk figuur 7.2.10 en 7.2.11.



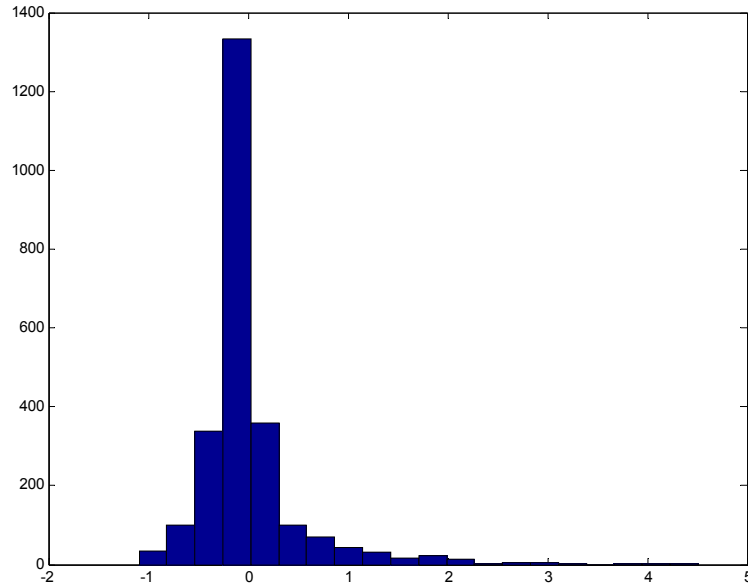
Figuur 7.2.10 Absolute fout in de gemeten globale straling



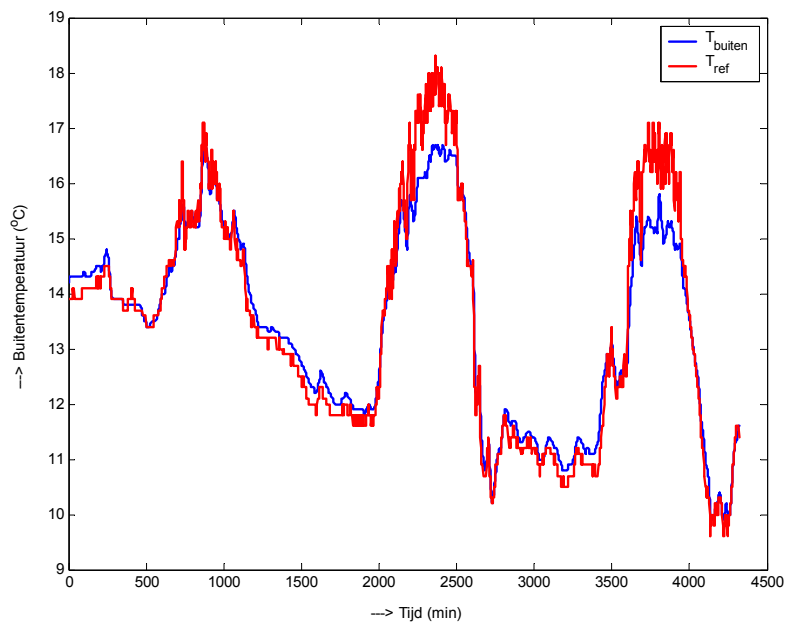
Figuur 7.2.11 Relatieve fout in de gemeten globale straling

Om het gemiddelde en standaardafwijking te bepalen van het absolute verschil is er voor gekozen om dit alleen te doen voor de verschillen die ongelijk aan nul zijn. Dus alleen naar de straling kijken als er licht is. Het gemiddelde van de fout is $5.4233 \text{ (W/m}^2\text{)}$ en de standaardafwijking is

87.2135 (W/m^2). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0934 (9.3%) met een standaardafwijking van 0.4997 (50%). De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is gegeven door:

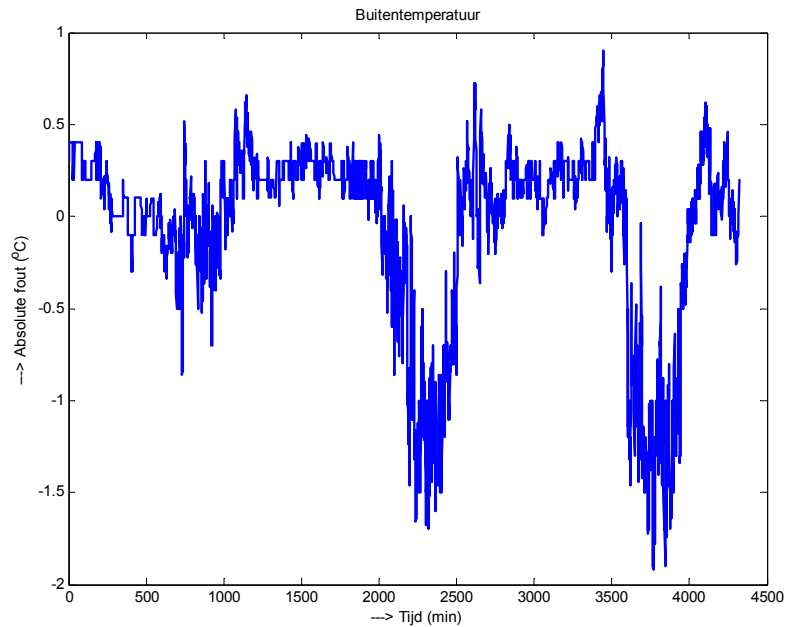


Figuur 7.2.12 Verdeling van de relatieve fout van de gemeten globale straling
De buitentemperatuur, gemeten met het meteostation van de tuinder en de buitentemperatuur gemeten met de Hanwell, zijn weergegeven in figuur 7.2.16.

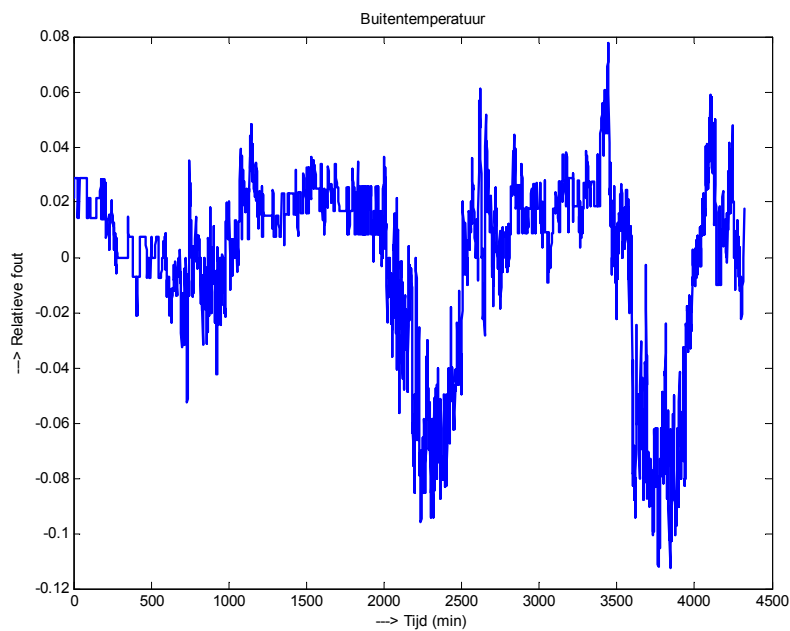


Figuur 7.2.13 Buitentemperatuur

De absolute fout en de relatieve fout in de gemeten buitentemperatuur zijn weergegeven in respectievelijk figuur 7.2.14 en 7.2.15.



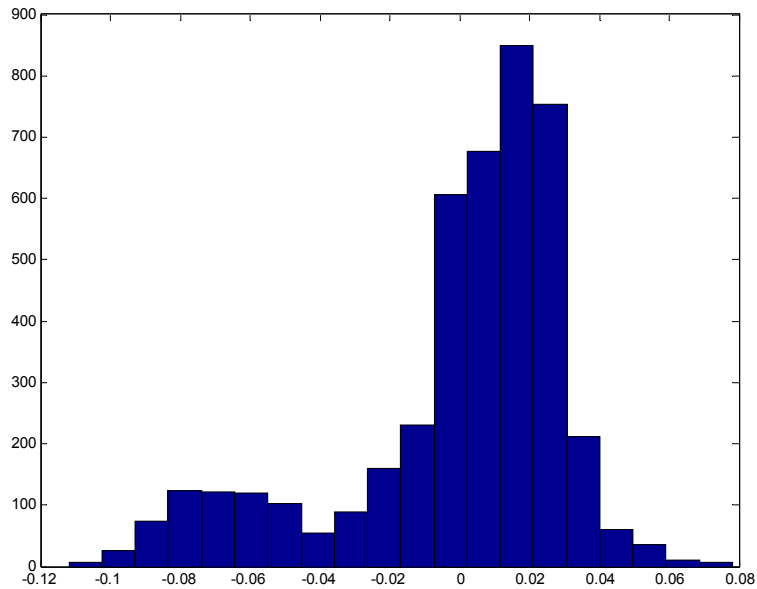
Figuur 7.2.14 Absolute fout buitentemperatuur



Figuur 7.2.15 Relatieve fout buitentemperatuur

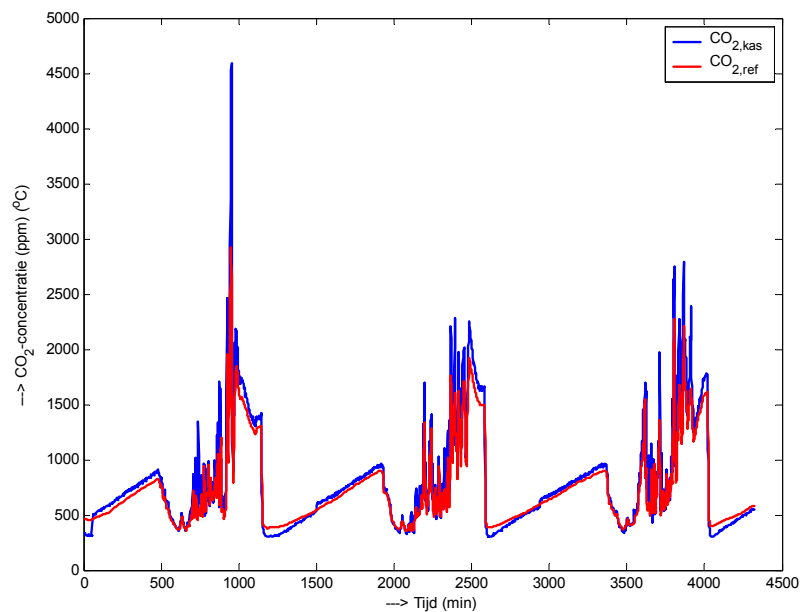
Het gemiddelde van de absolute fout in de buitentemperatuur is -0.0583 ($^{\circ}\text{C}$) met een standaardafwijking van 0.5001 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0005 (-0.0555%)

en de standaardafwijking is 0.0325 (3.25%). De verdeling van de relatieve fout gecorrigeerd voor het gemiddelde is weergegeven in:



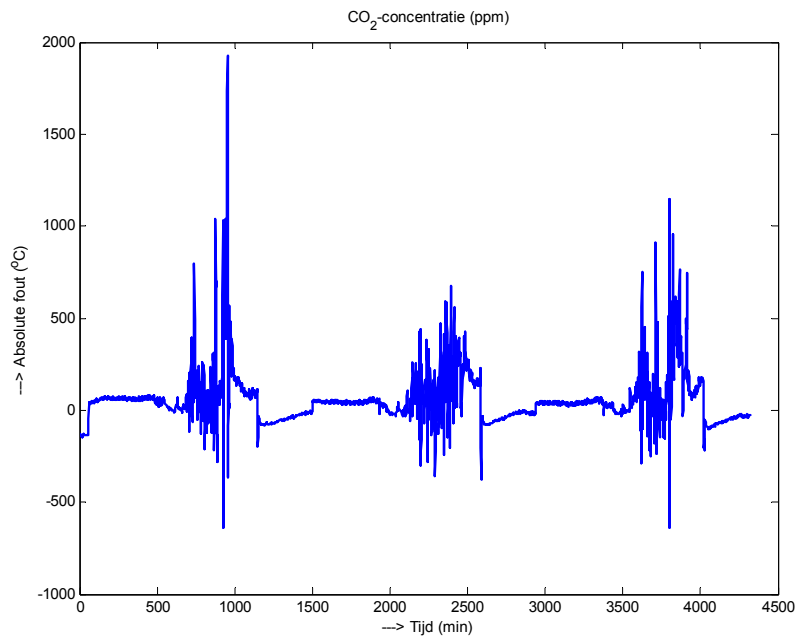
Figuur 7.2.16 Verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

De CO₂-metingen zijn weergegeven in figuur 7.2.17:

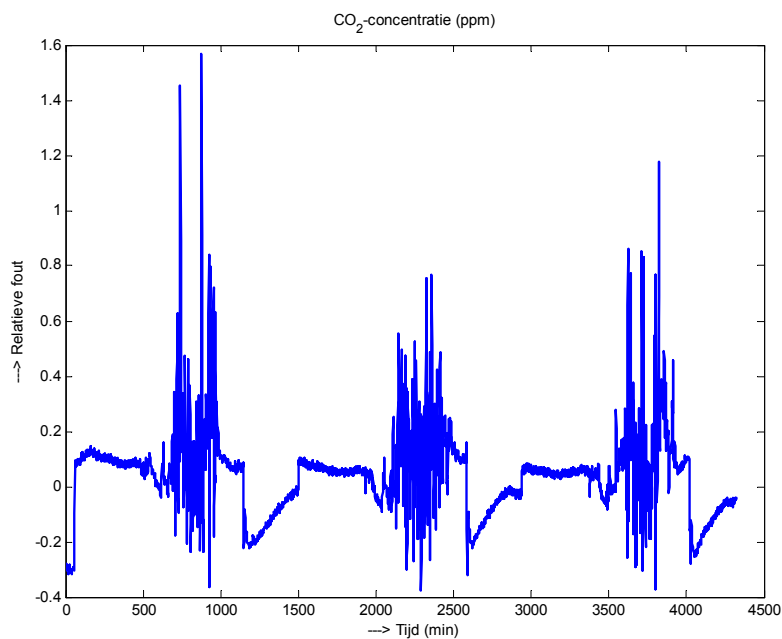


Figuur 7.2.17 CO₂-concentratie

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in respectievelijk figuur 7.2.18 en 7.2.19.

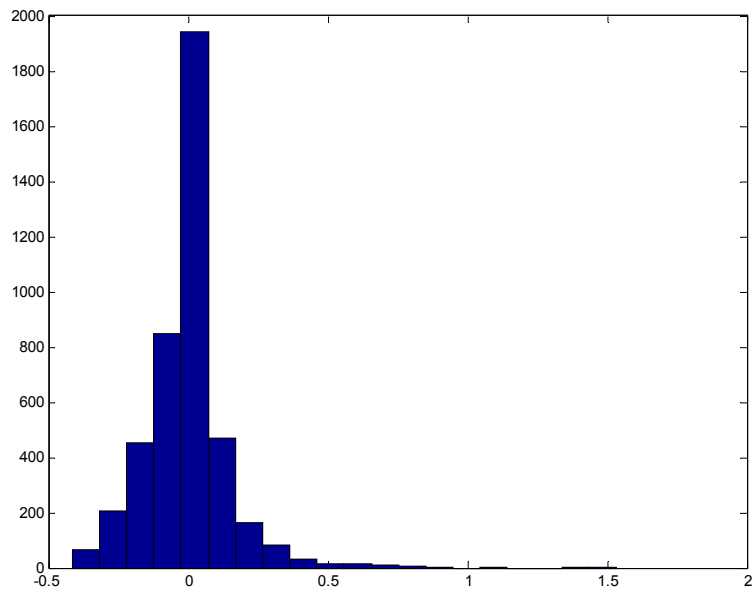


Figuur 7.2.18 Absolute fout in de gemeten CO₂-concentratie



Figuur 7.2.19 Relatieve fout in de gemeten CO₂-concentratie

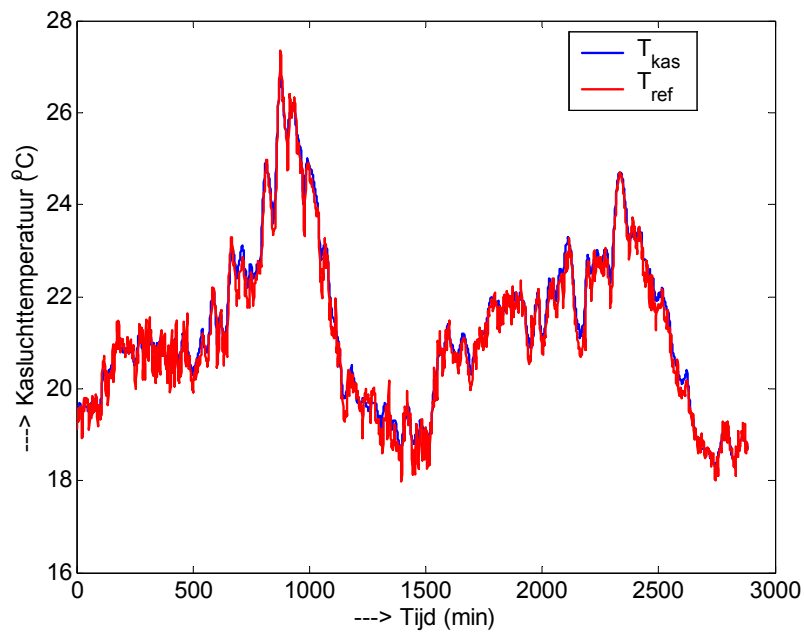
Het gemiddelde van de absolute fout is 50.6 (ppm) en de standaardafwijking is 142.9 (ppm). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.038 (3.8%) en de standaardafwijking is 0.148 (14.8%). De verdeling van de relatieve fout gecorrigeerd voor het gemiddelde is gegeven door:



Figuur 7.2.20 Verdeling relatieve fout in de gemeten CO₂-concentratie

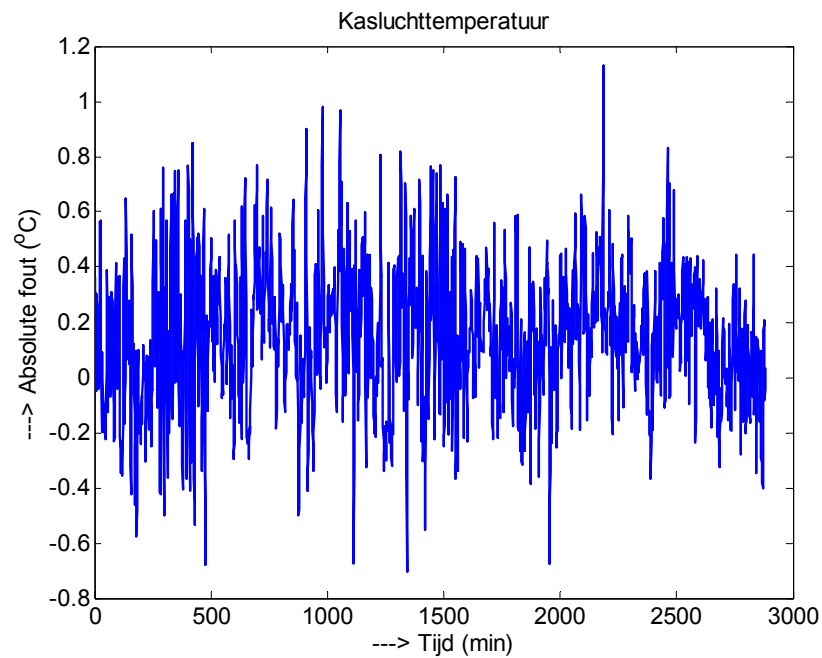
7.3 Meet sessie 1, bedrijf Teler 2

Voor het bedrijf Teler 2 zijn de kasluchttemperatuur en de referentie kasluchttemperatuur gegeven in figuur 7.3.1.

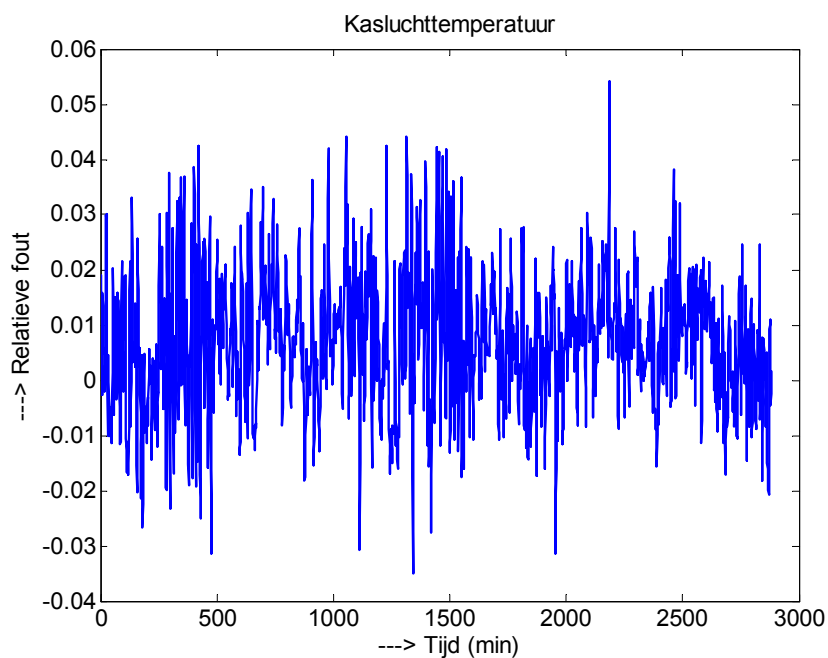


Figuur 7.3.1 Kasluchttemperatuur

De absolute en relatieve fout van de kasluchttemperatuur zijn weergegeven in de figuren 7.3.2 en 7.3.3.



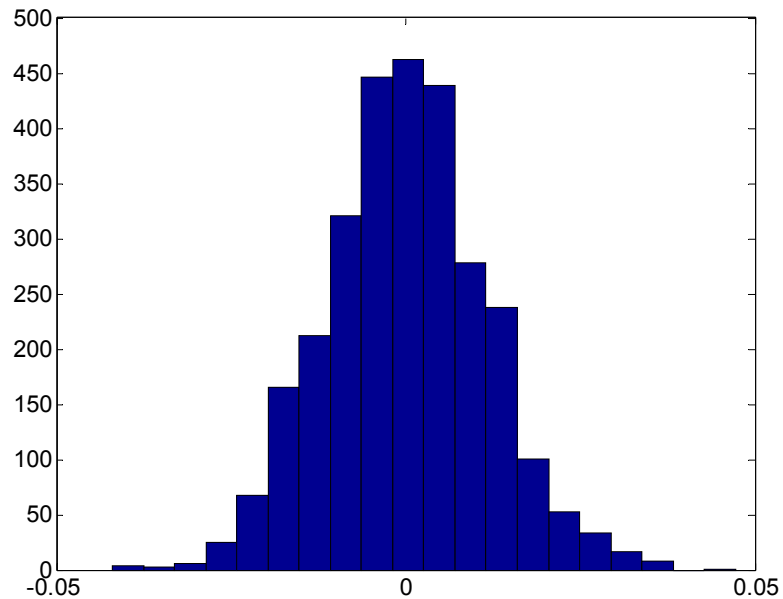
Figuur 7.3.2 Absolute fout kasluchttemperatuur



Figuur 7.3.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.1479 ($^{\circ}\text{C}$) en de standaarddeviatie is 0.2363 ($^{\circ}\text{C}$).

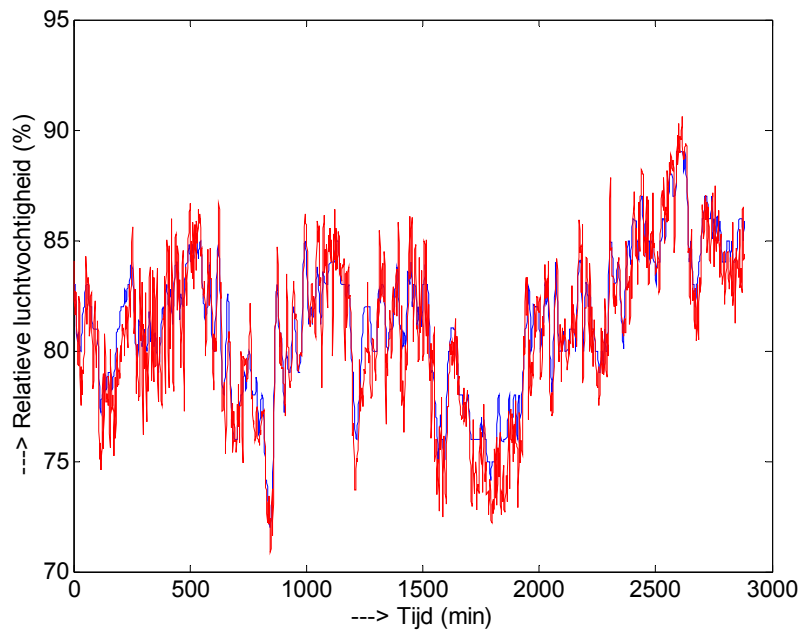
Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0071 (0.71%) en de standaarddeviatie is 0.0113 (1.1%)
De verdeling van de relatieve fout is weergegeven in figuur 7.3.4.



Figuur 7.3.4 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur

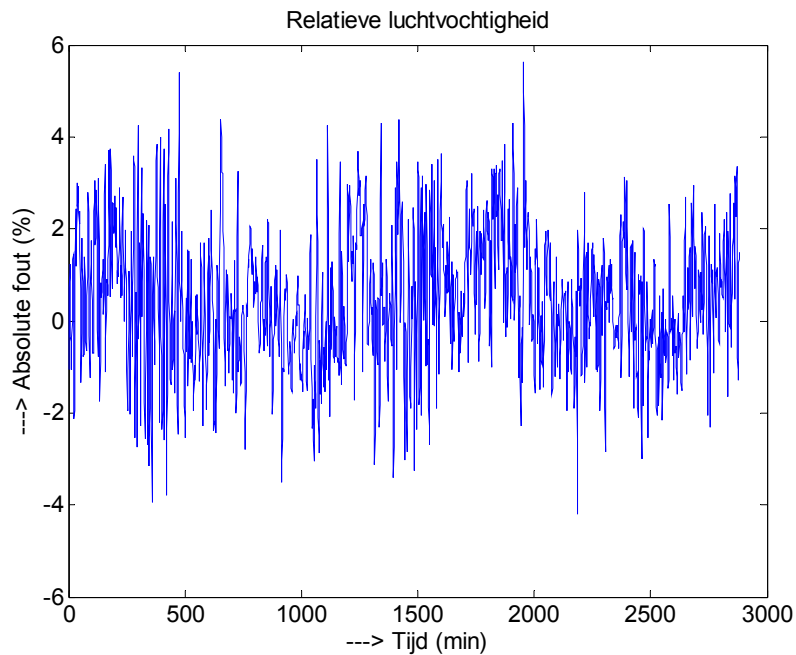
De verdeling is zeer mooi normaal verdeeld. De meetfout heeft in dit geval een mooi willekeurig karakter, zoals ook in figuur 7.3.2 en 7.3.3 is te zien.

De gemeten relatieve luchtvochtigheid en het referentie signaal zijn gegeven in:

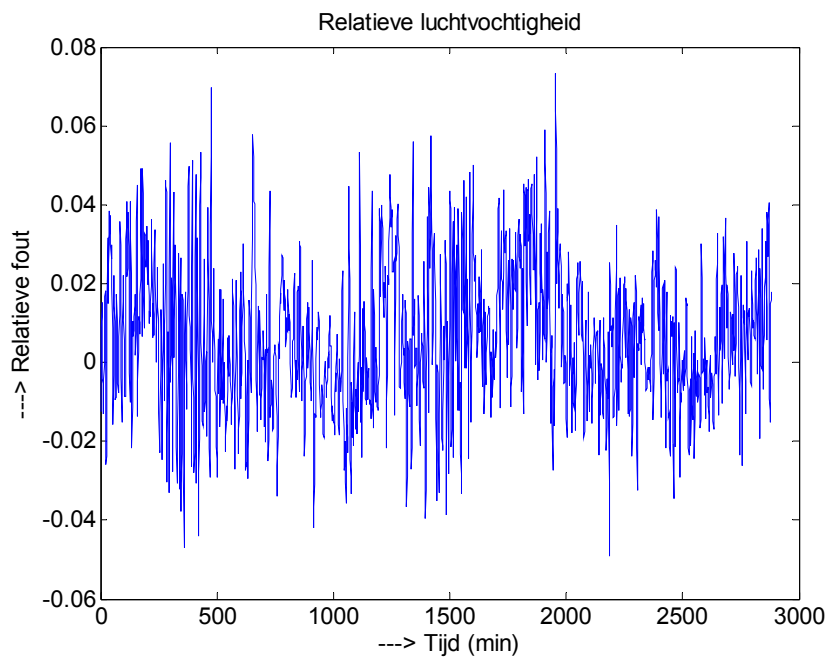


Figuur 7.3.5 Relatieve luchtvochtigheid

De absolute en relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid zijn weergegeven in de figuren 7.3.6 en 7.3.7.



Figuur 7.3.6 Absolute fout in de relatieve luchtvochtigheid



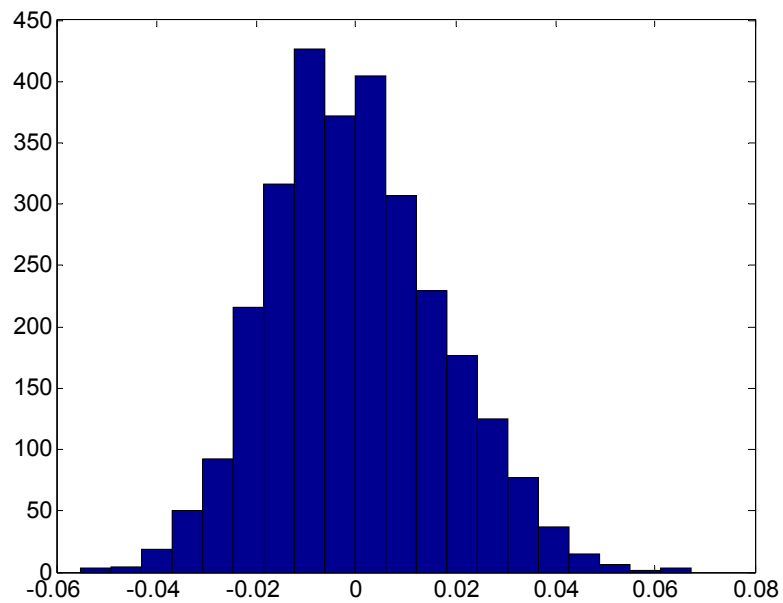
Figuur 7.3.7. De relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid

Het gemiddelde van de absolute fout in de RV is 0.4582 (%) en de standaarddeviatie is 1.3636 (%).

Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0061 en de standaarddeviatie is 0.0171.

Het gemiddelde van de procentuele relatieve fout is 0.61 met een standaard afwijking van 1.7.

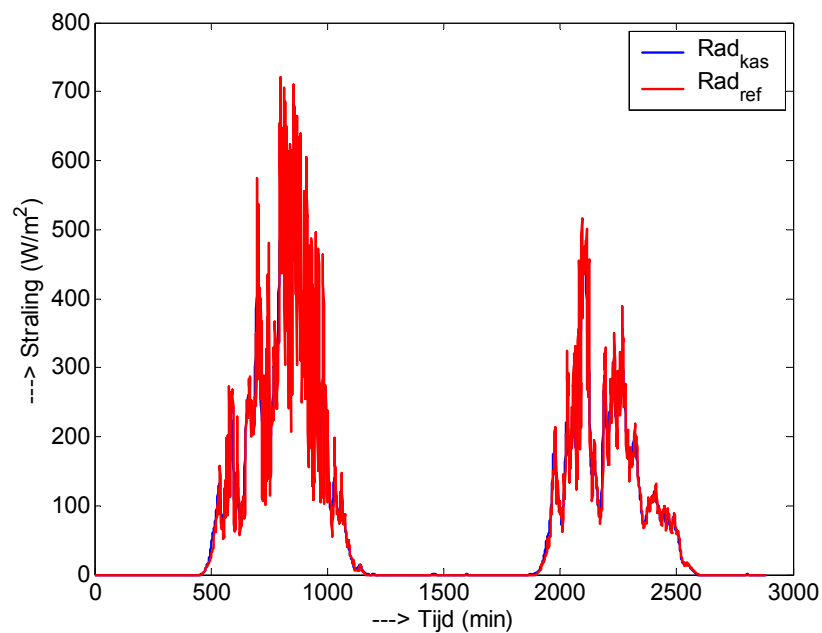
De verdeling van de relatieve fout is gegeven door:



Figuur 7.3.8 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

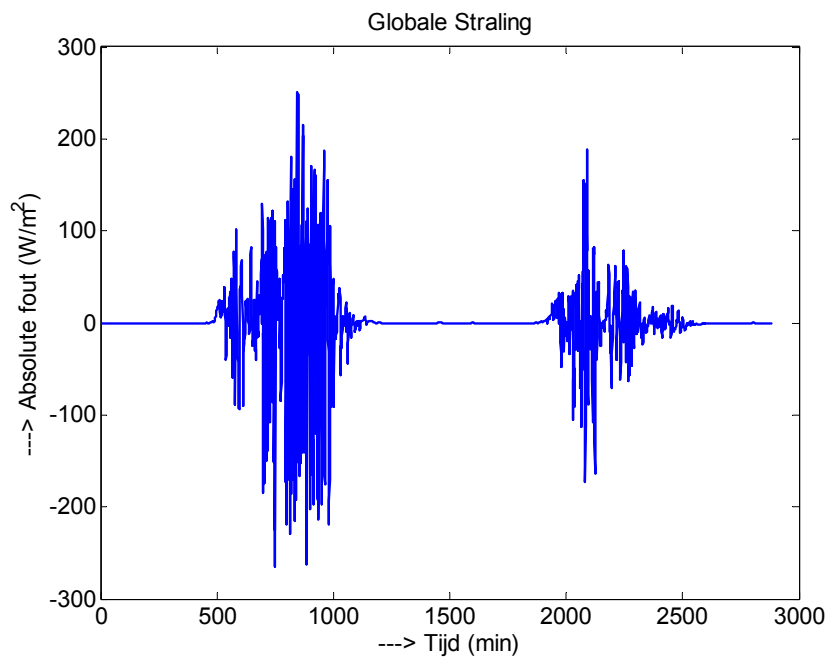
De verdeling is niet helemaal normaal, vanwege de deuk in het midden.

De gemeten straling van het meteostation (CM11) van de teler en de gemeten straling van de referentiesensor, de CM22, zijn in de volgende figuur weergegeven.

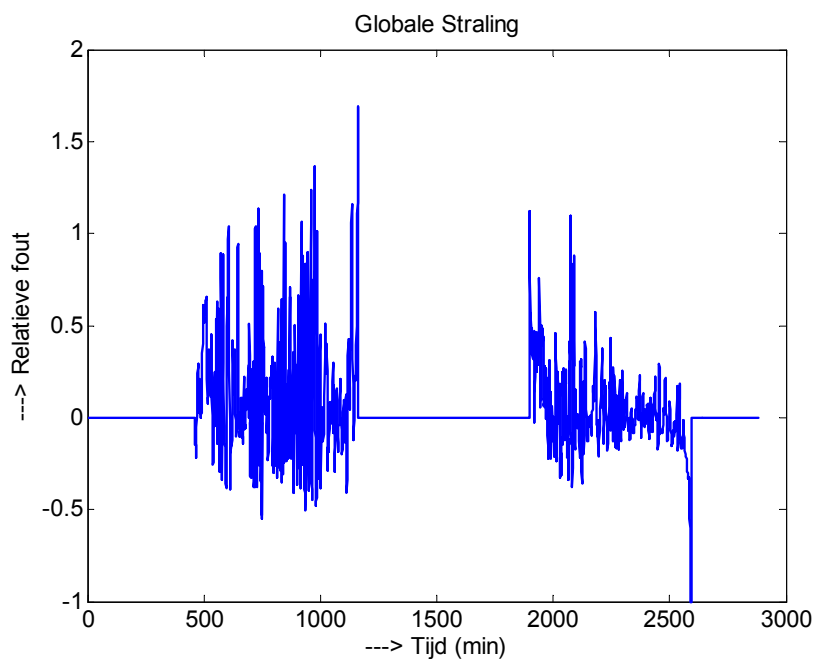


Figuur 7.3.9 Globale straling

De absolute en relatieve fout zijn in de volgende figuren weergegeven:



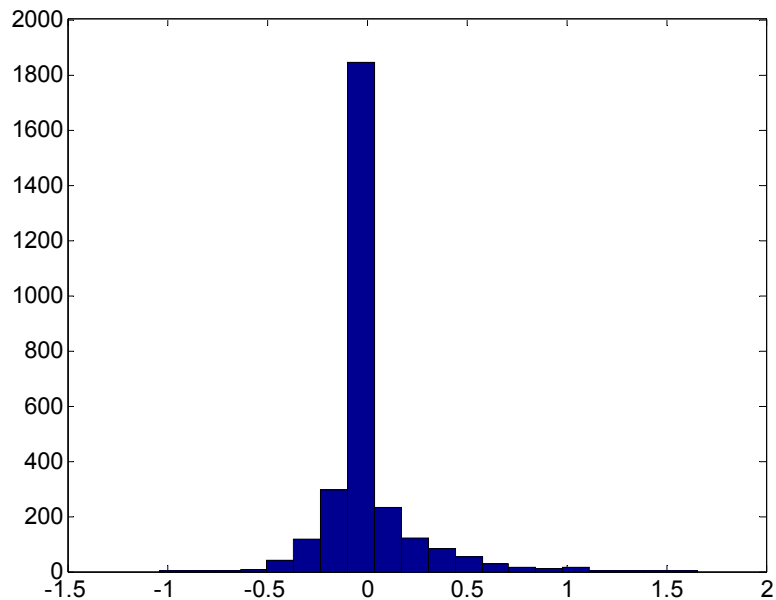
Figuur 7.3.10 Absolute fout in de gemeten globale straling



Figuur 7.3.11 Relatieve fout in de gemeten globale straling

De absolute fout heeft een gemiddelde van $-0.5082 \text{ (W/m}^2\text{)}$ en een standaardafwijking van $40.1424 \text{ (W/m}^2\text{)}$. Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0389 (3.9\%) met een

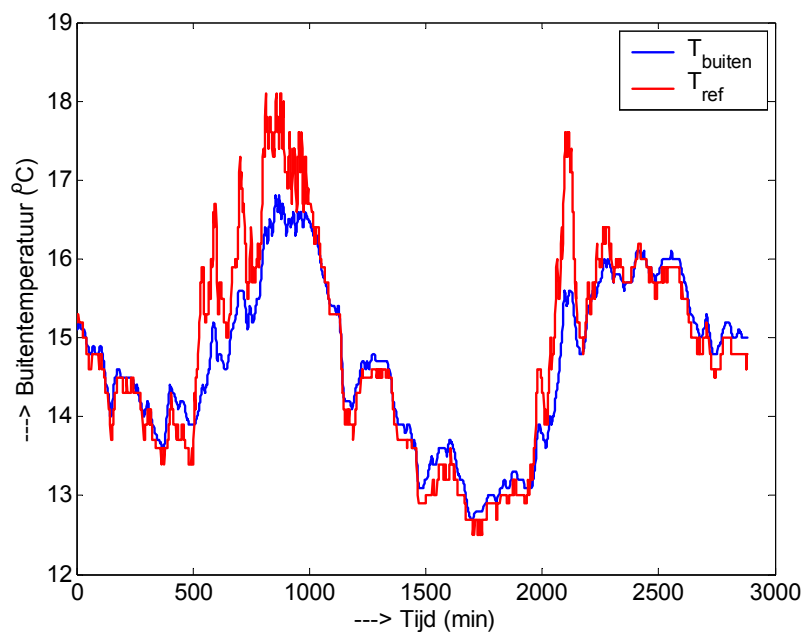
standaardafwijking van 0.2112 (21.1%). Voor het berekenen van de relatieve fout, zijn de relatieve fouten op 0 gesteld, als de referentiemeting kleiner dan 1 (W/m^2) was. De verdeling van de relatieve fouten rond het gemiddelde is weergegeven in:



Figuur 7.3.12 Verdeling van de relatieve fout van de gemeten globale straling

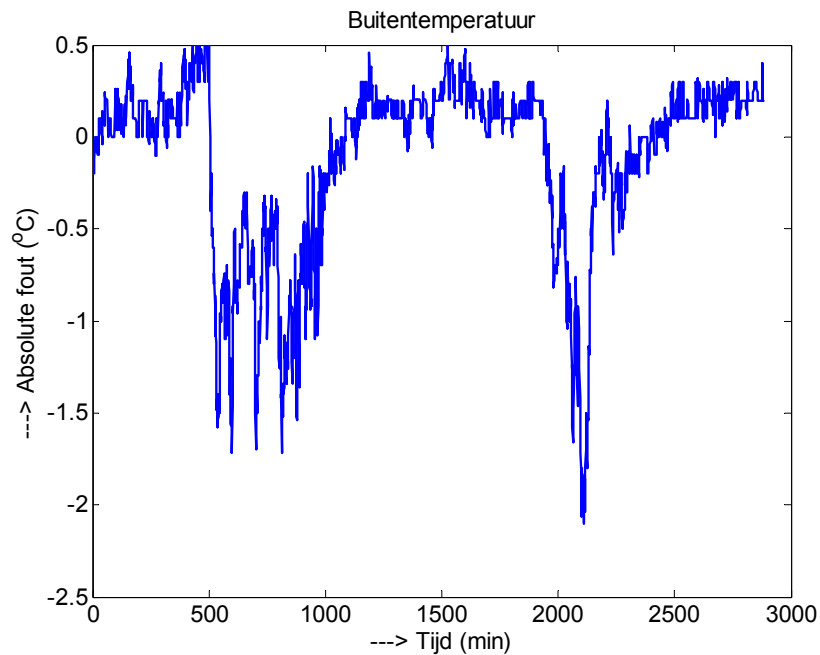
De verdeling is mooi normaal verdeeld.

De buitentemperatuur gemeten met het meteostation van de tuinder en het signaal van de referentiesensor zijn weergegeven in figuur 7.3.13.

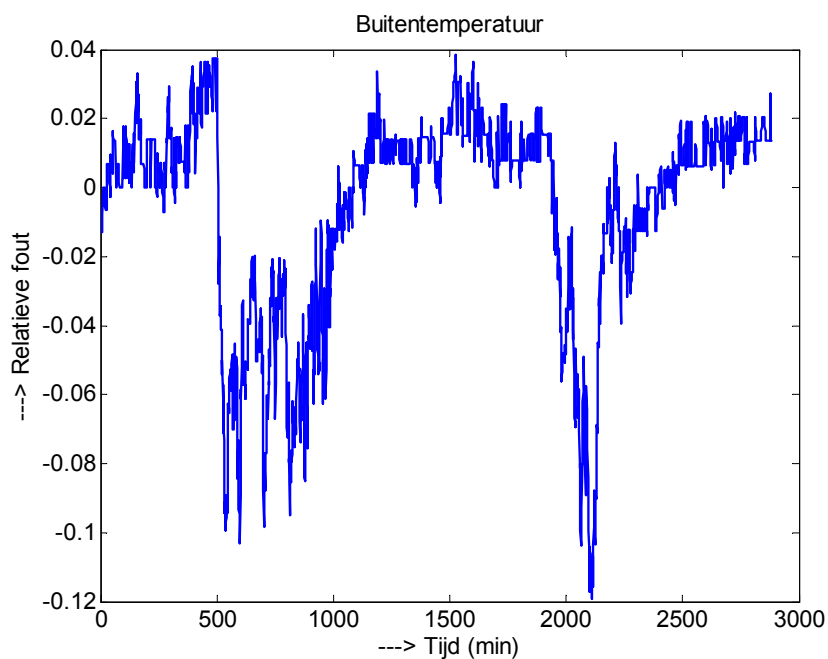


Figuur 7.3.13 Buitentemperatuur

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in respectievelijk figuur 7.3.14 en 7.3.15.

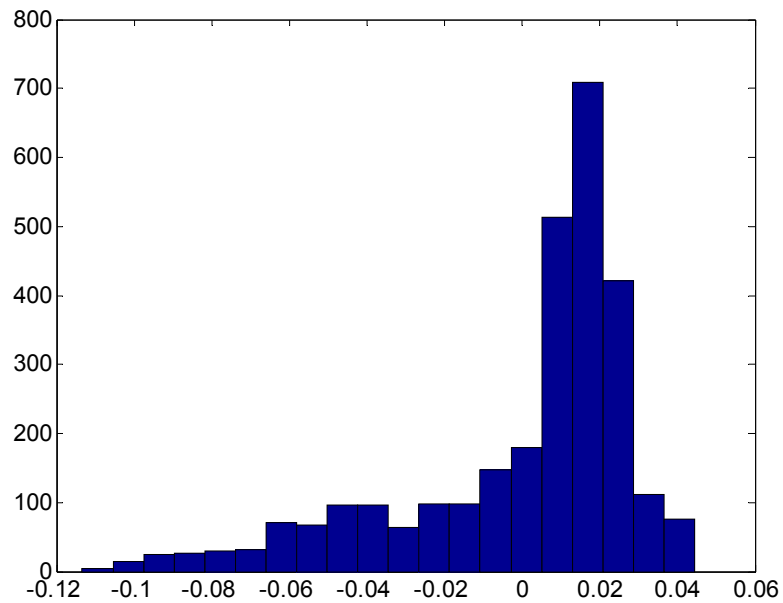


Figuur 7.3.14 Absolute fout buitentemperatuur



Figuur 7.3.15 Relatieve fout buitentemperatuur

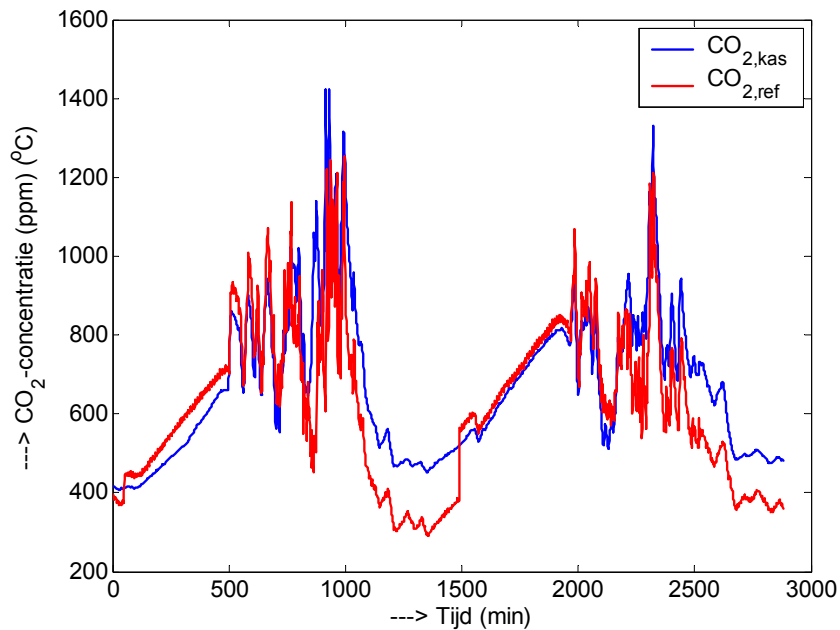
Het gemiddelde van de absolute fout is -0.1155 ($^{\circ}\text{C}$) en de standaarddeviatie 0.4871 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0060 (-0.6%) met een standaarddeviatie van 0.0304 (3%). De verdeling van de relatieve fout rond zijn gemiddelde is gegeven door:



Figuur 7.3.16 Verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

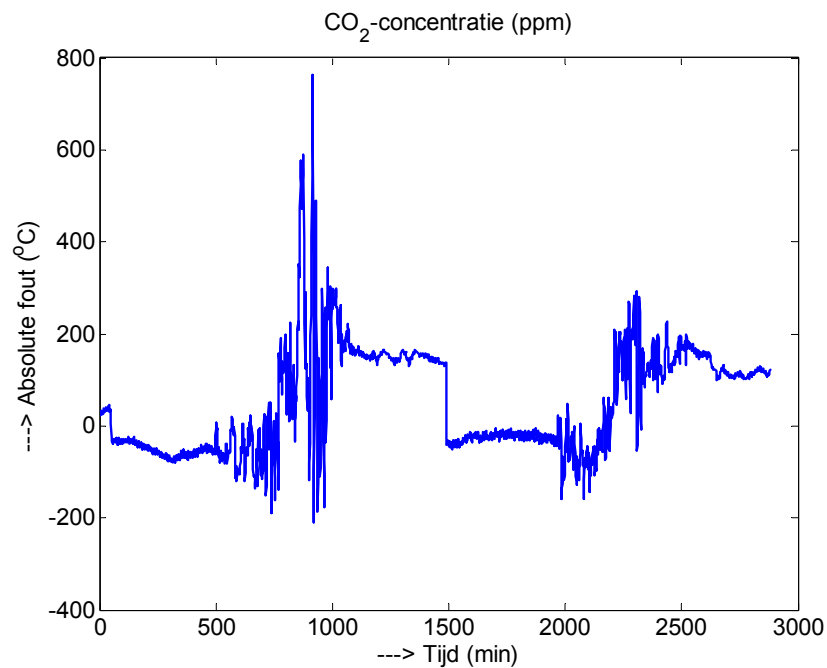
Deze verdeling is erg scheef, waardoor het gemiddelde kleiner wordt dan op grond van de verdeling verwacht mag worden. De frequentie van de fout rond 0.02 is het grootst. Deze fout is 3 keer groter dan het berekende gemiddelde.

De CO₂-metingen voor dit bedrijf zijn in onderstaand figuur weergegeven.

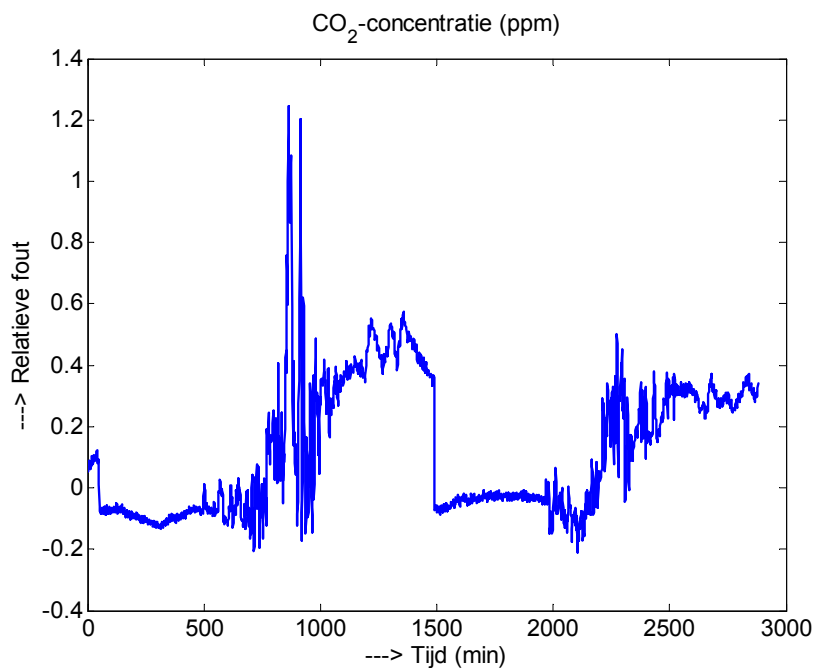


Figuur 7.3.17 CO₂-concentratie

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in figuur 7.3.18 en 7.3.19.



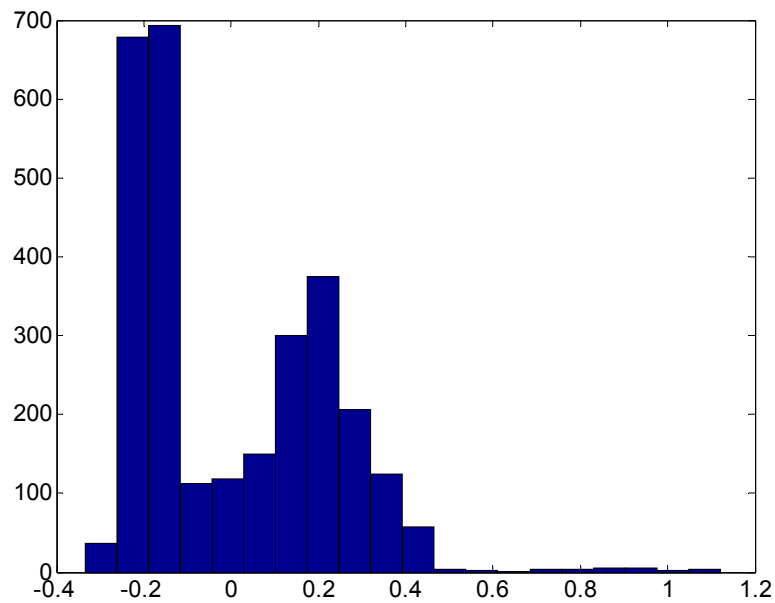
Figuur 7.3.18 Absolute fout in de gemeten CO₂-concentratie



Figuur 7.3.19 Relatieve fout in de gemeten CO₂-concentratie

Het gemiddelde van de absolute fout is 52.5990 (ppm) en de standaarddeviatie is 113.0892 (ppm). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.1239 (12.4%), met een standaarddeviatie van 0.2197 (22%).

De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde, is gegeven in:

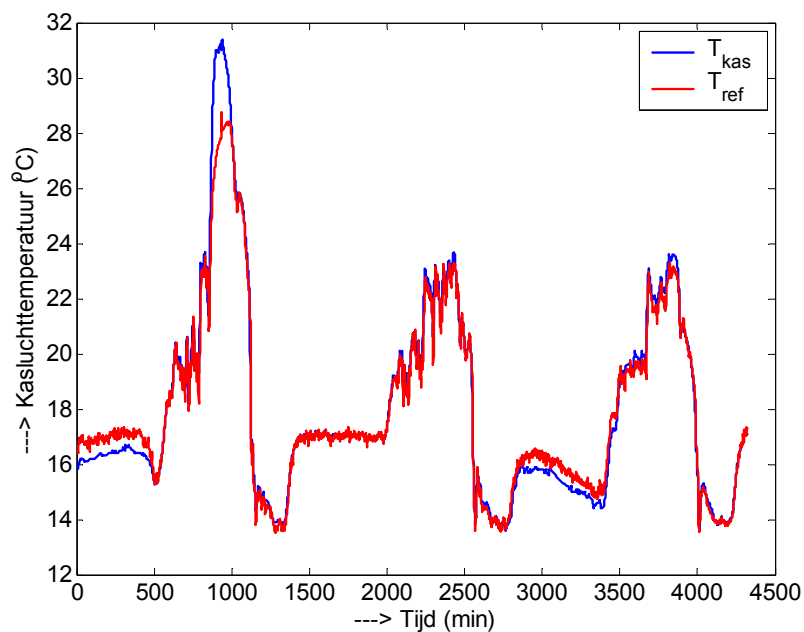


Figuur 7.3.20 Verdeling relatieve fout in de gemeten CO₂-concentratie

Deze verdeling is duidelijk niet erg symmetrisch en lijkt ook niet op een normale verdeling.

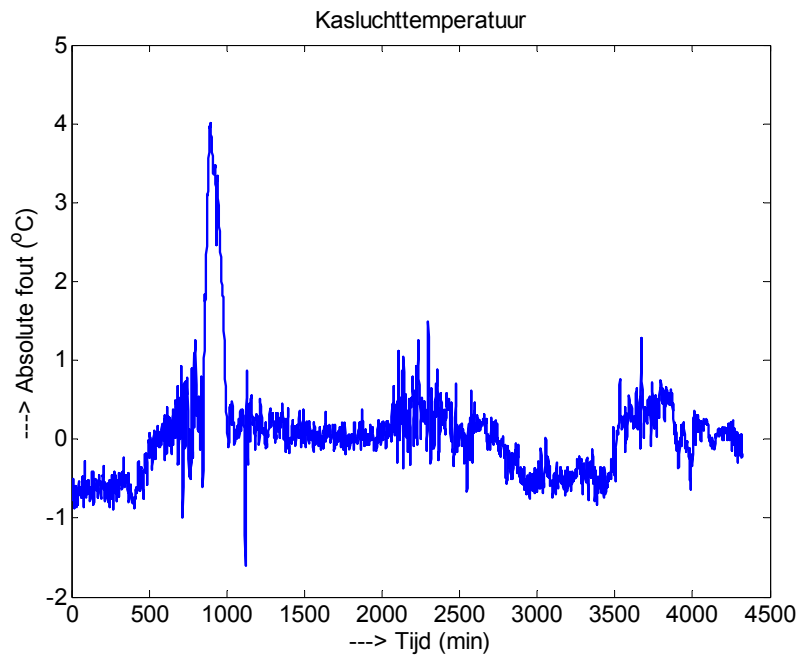
7.4 Meet sessie 1, bedrijf Teler 3.

De kasluchttemperatuur is weergegeven in onderstaand figuur.

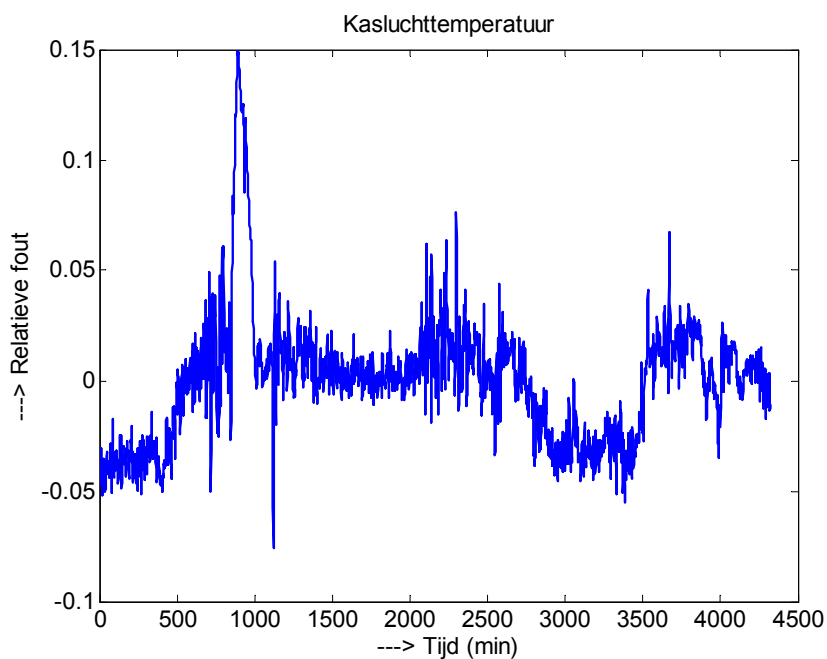


Figuur 7.4.1 Kasluchttemperatuur

De absolute en relatieve fout van de kasttemperatuur zijn weergegeven in figuur 7.4.2 en 7.4.3.



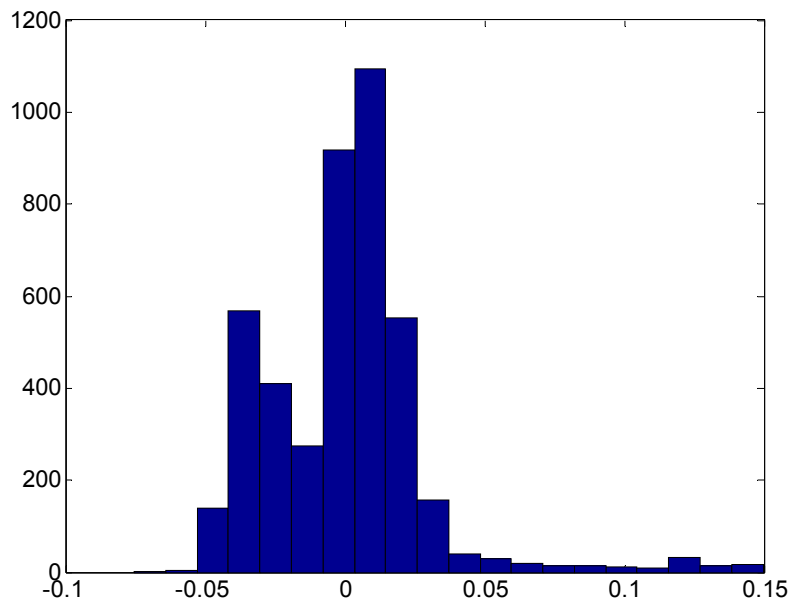
Figuur 7.4.2 Absolute fout kasluchttemperatuur



Figuur 7.4.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur

Het gemiddelde van absolute fout is 0.0439 ($^{\circ}\text{C}$) en de standaarddeviatie is 0.6340 ($^{\circ}\text{C}$).
Het gemiddelde van de relatieve fout is $-2.4434\text{e-}004$ (-0.02%), met een standaarddeviatie van 0.0286 (2.9%).

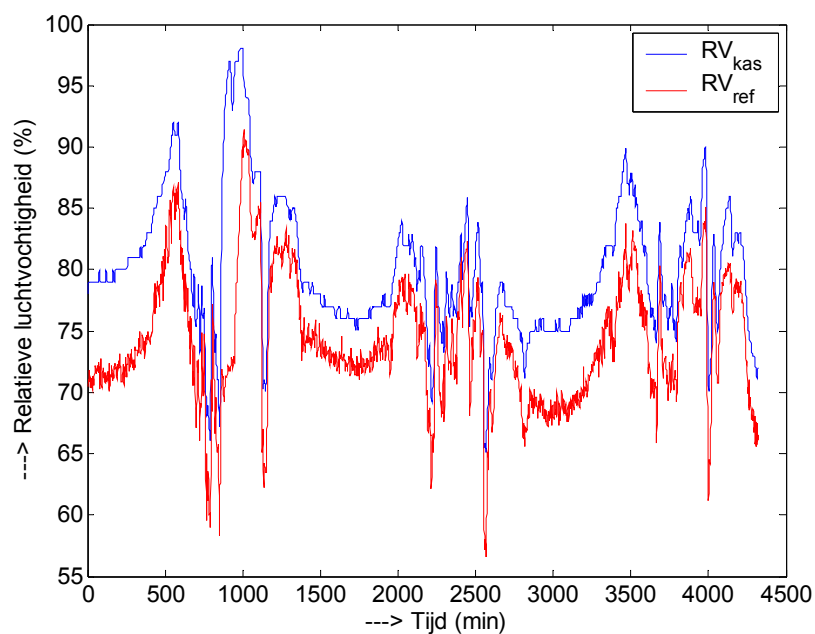
De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde, is gegeven in:



Figuur 7.4.4 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur

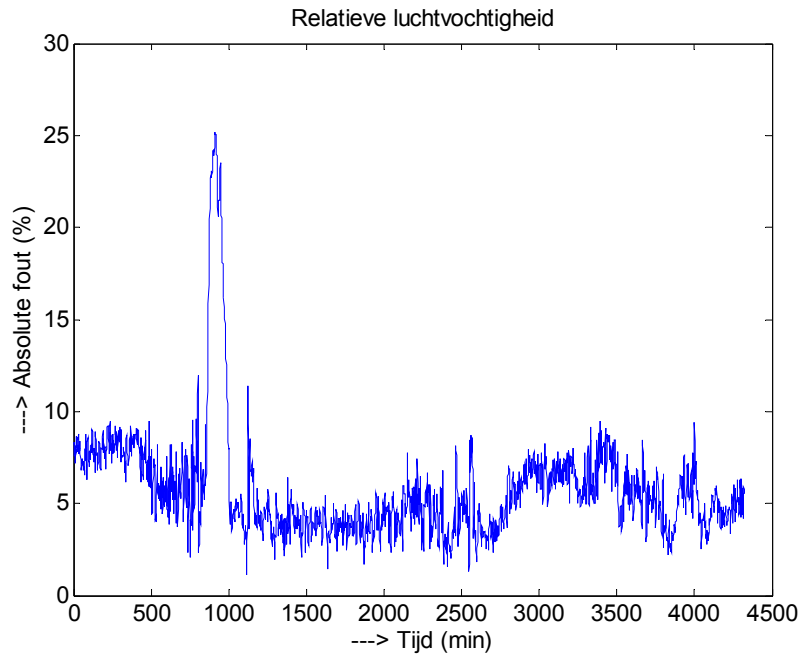
De verdeling lijkt niet erg op een normale verdeling, dit wordt veroorzaakt door de grote fout rond 1000 minuten in figuur 7.4.2.

De relatieve luchtvochtigheid in de kas en de referentieluchtvochtigheid zijn weergegeven in onderstaand figuur.

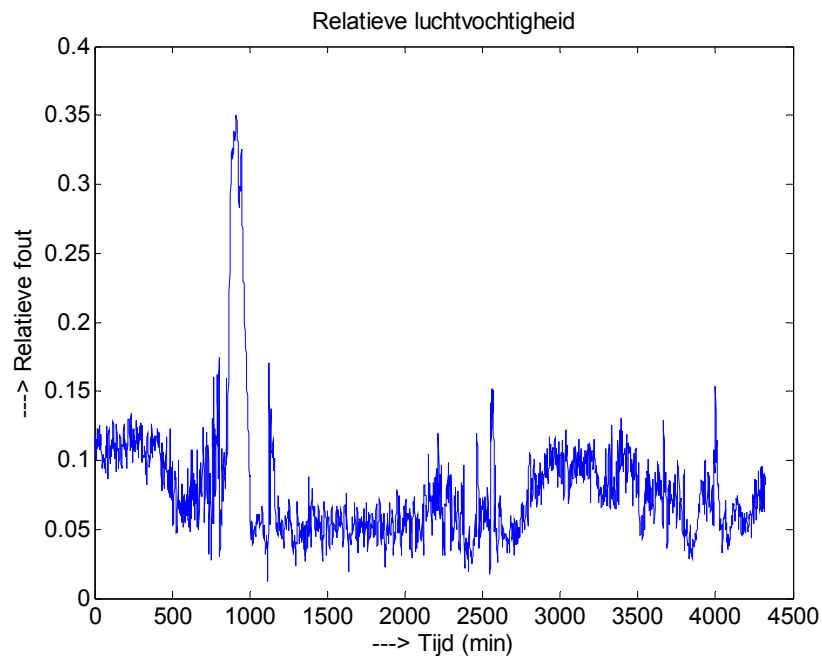


Figuur 7.4.5 Relatieve luchtvochtigheid

De absolute en relatieve fout van de luchtvochtigheid zijn gegeven in respectievelijk figuur 7.4.7 en 7.4.8.



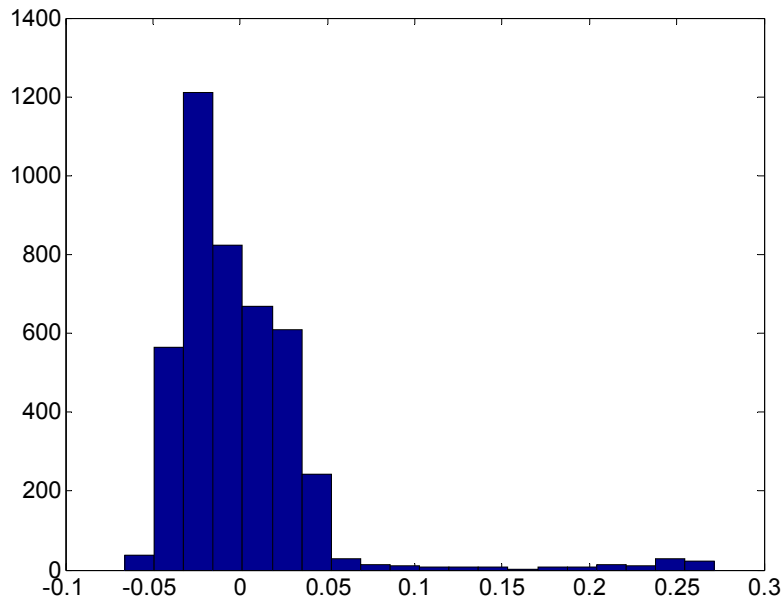
Figuur 7.4.6 Absolute fout in de relatieve luchtvochtigheid



Figuur 7.4.7. De relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid

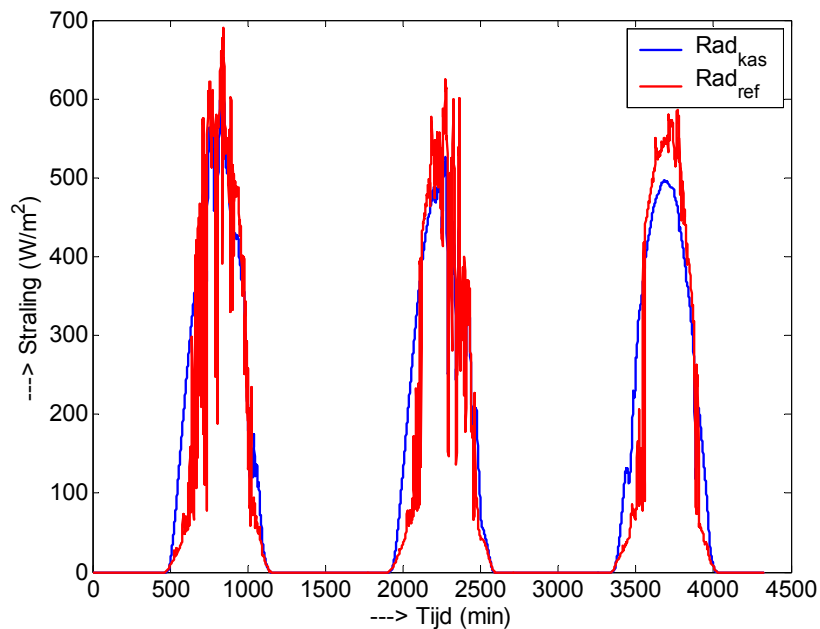
Het gemiddelde van de absolute fout van de luchtvochtigheid is 5.7884 (%), met een standaarddeviatie van 3.0747 (%). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0789 (7.9%), met een

standaarddeviatie van 0.0433 (4.3%). De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is gegeven in onderstaande figuur.



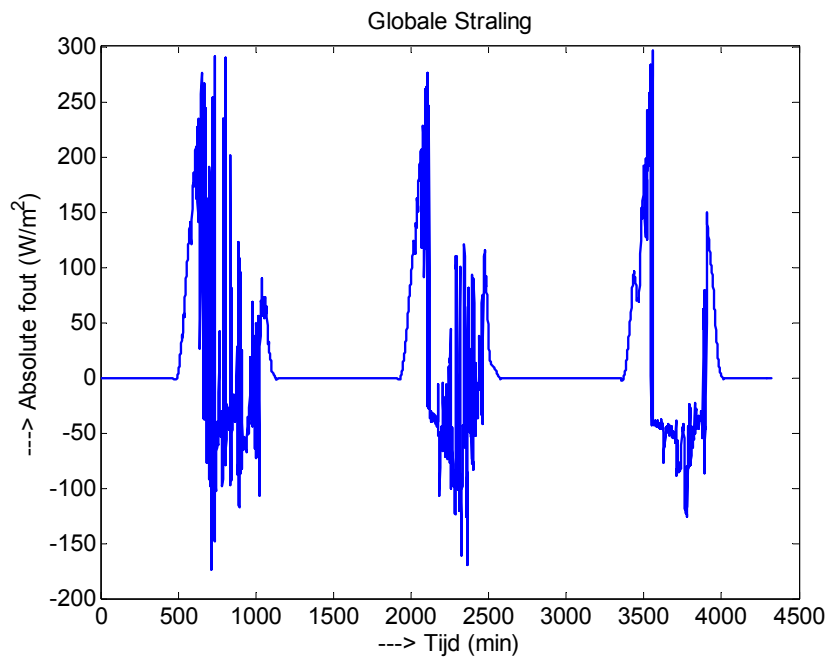
Figuur 7.4.8 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

De straling gemeten met het meteostation van de teler als van de referentiesensor, de CM22, is in het volgende figuur weergegeven.

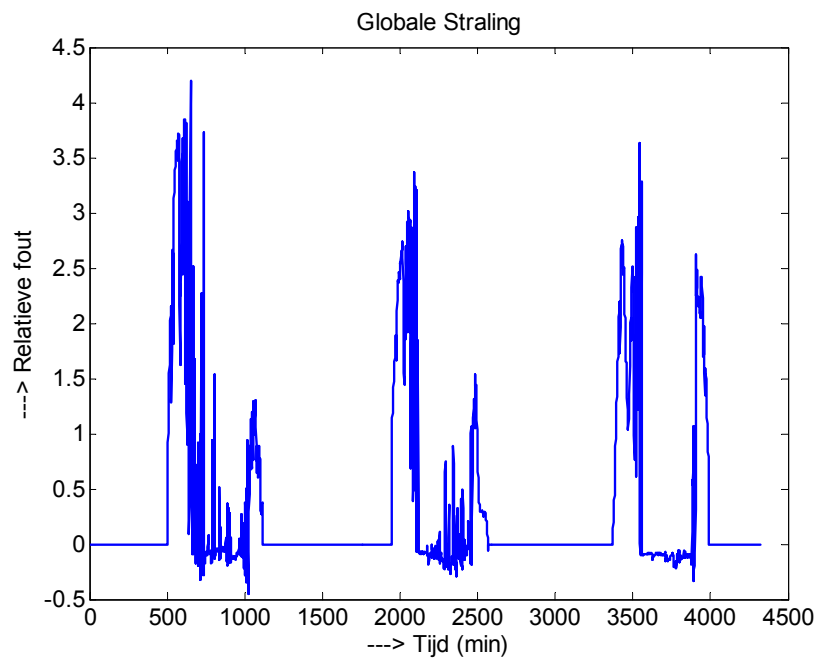


Figuur 7.4.9 Globale straling

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in onderstaande figuren:



Figuur 7.4.10 Absolute fout in de gemeten globale straling

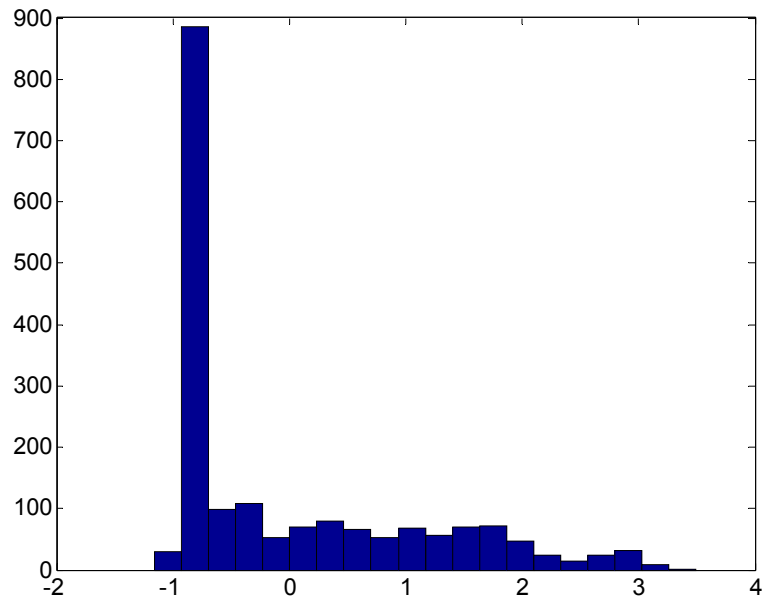


Figuur 7.4.11 Relatieve fout in de gemeten globale straling

Het gemiddelde van de absolute fout is 20.0056 en de standaarddeviatie is 89.9529. Die gebieden waar de straling heel klein is, zijn voor de berekening niet meegenomen.

Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.7036 (70.3%), met een standaarddeviatie van 1.0839 (100.8%).

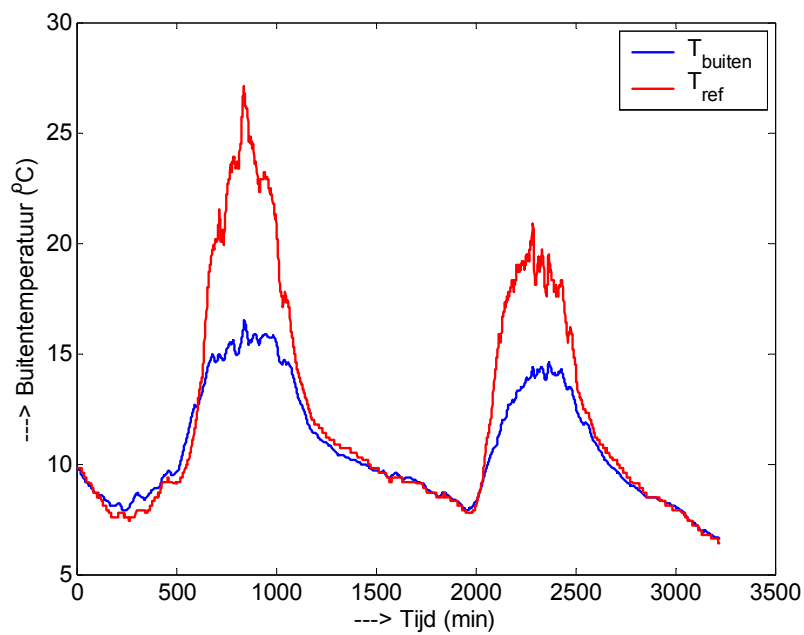
De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde, is in het volgende figuur weergegeven.



Figuur 7.4.12 Verdeling van de relatieve fout van de gemeten globale straling

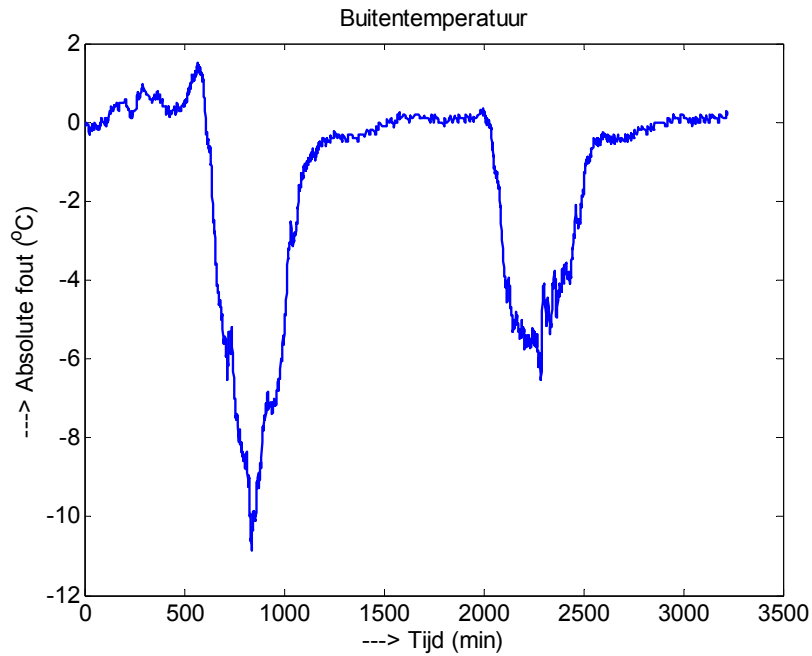
De hoge piek wordt vermoedelijk veroorzaakt door de perioden dat er geen straling is.

De gemeten buitentemperatuur van het meteostation van de tuinder en de referentietemperatuur zijn weergegeven in figuur 7.4.13.

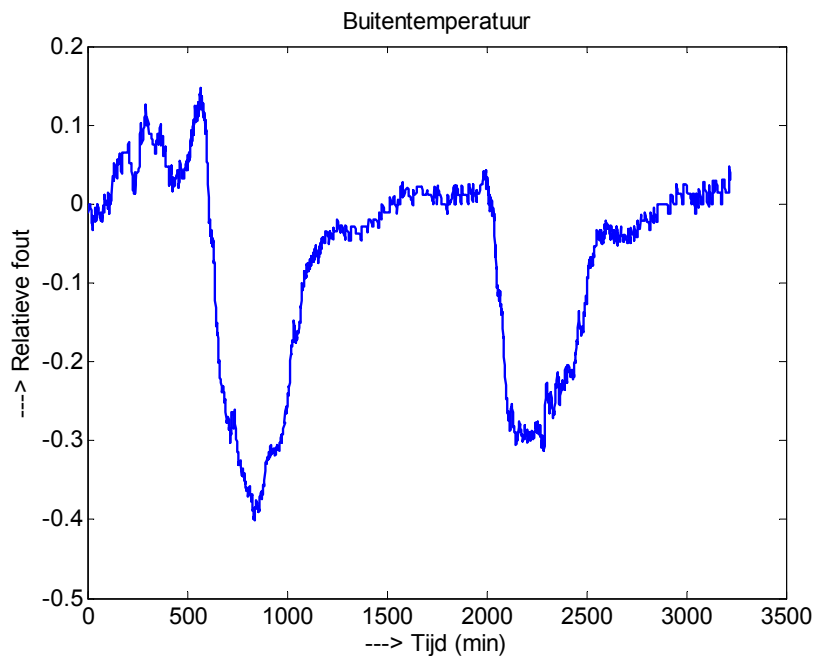


Figuur 7.4.13 Buitentemperatuur

De absolute en relatieve fout in de gemeten buitentemperatuur zijn weergegeven in de figuren 7.4.14 en 7.4.15.



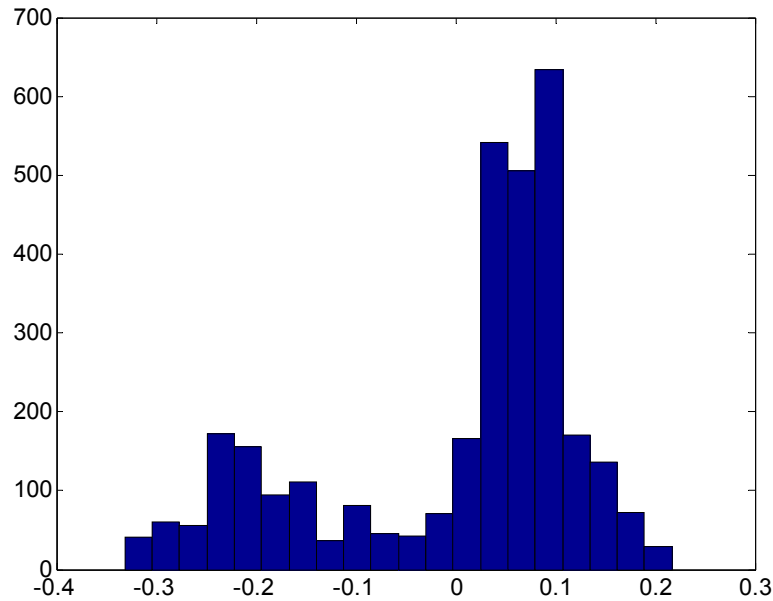
Figuur 7.4.14 Absolute fout buitentemperatuur



Figuur 7.4.15 Relatieve fout buitentemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout in de gemeten buitentemperatuur is -1.4559 en de standaarddeviatie is 2.6238. Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0692 (-6.9%), met een

standaarddeviatie van 0.1291 (12.9%). De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is gegeven in onderstaand figuur.

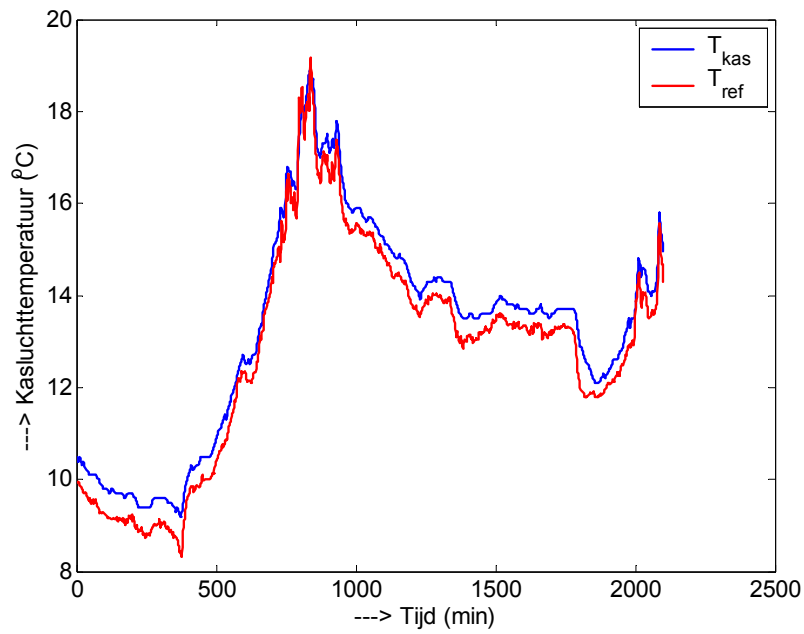


Figuur 7.4.16 Verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

Bij dit bedrijf is de referentiemeting voor de CO₂-concentratie mislukt.

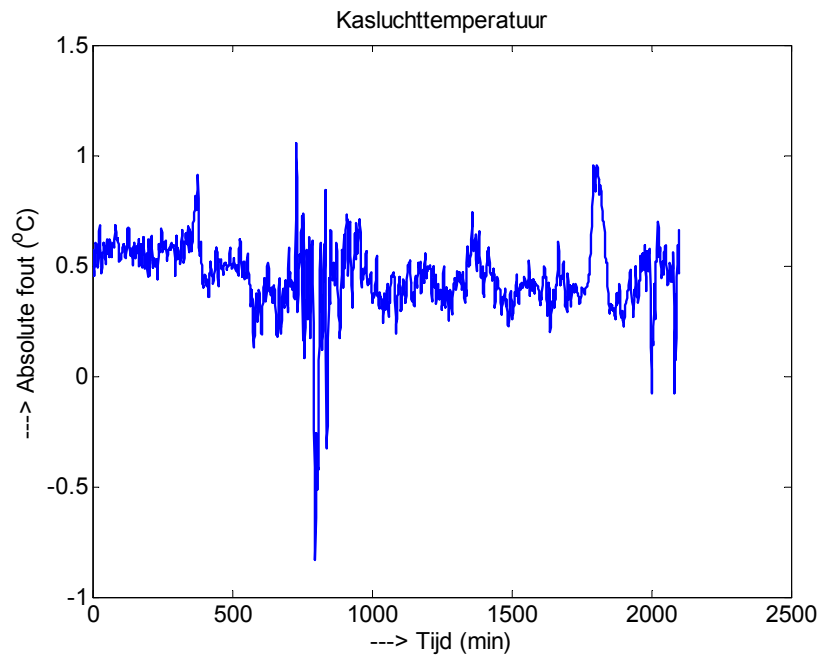
7.5 Meetsessie 1, bedrijf Teler 4

Bij de meting bij dit bedrijf blijkt dat er een tijdsverschuiving is tussen de metingen van de tuinder en van de referentiemeting. Uit een vergelijking van beide metingen is besloten om voor deze tijdsverschuiving 46 minuten te nemen. Voor deze tijdsverschuiving is vervolgens gecorrigeerd. De gemeten kasttemperatuur en de gecorrigeerde referentietemperatuur zijn weergegeven in onderstaand figuur:

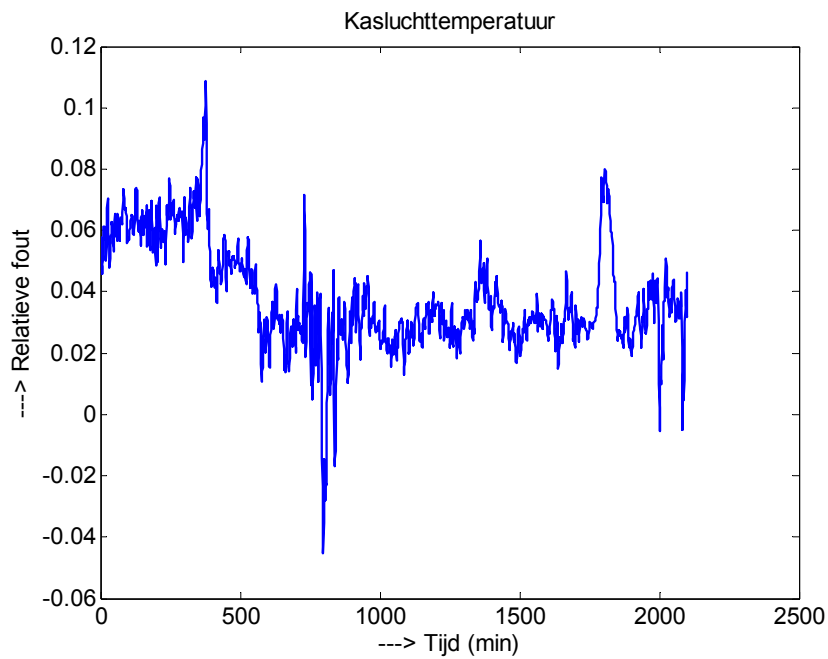


Figuur 7.5.1 Kasluchttemperatuur

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in figuur 7.5.2 en 7.5.3.

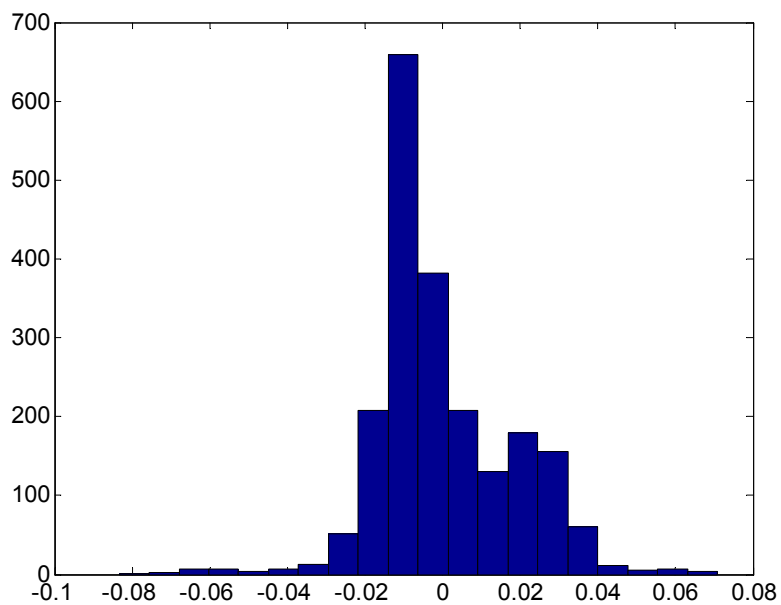


Figuur 7.5.2 Absolute fout kasluchttemperatuur



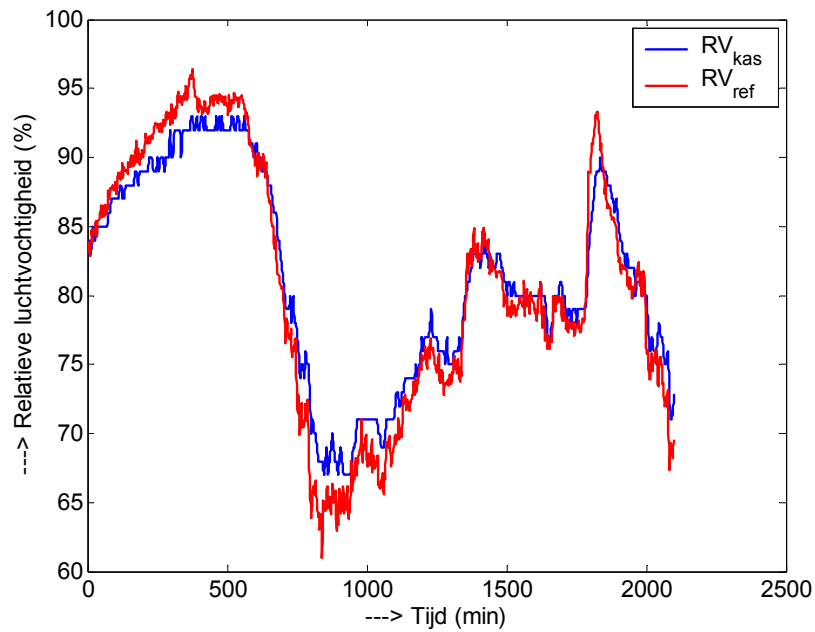
Figuur 7.5.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.4528, met een standaarddeviatie van 0.1605. Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0380 (3.8%), met een standaarddeviatie van 0.0174 (1.7%). De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is:



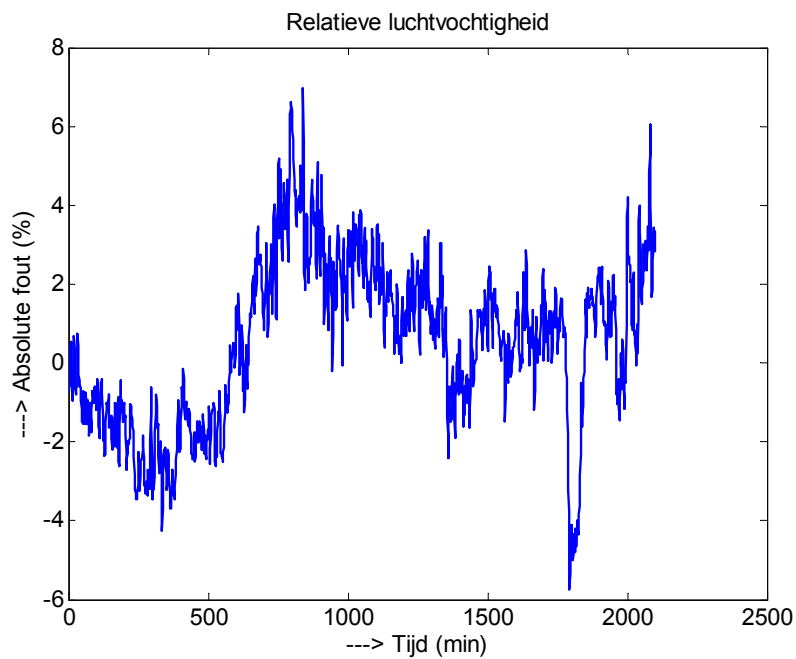
Figuur 7.5.4 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur

De gemeten relatieve luchtvochtigheid en de referentie luchtvochtigheid zijn weergegeven in figuur 7.5.5.

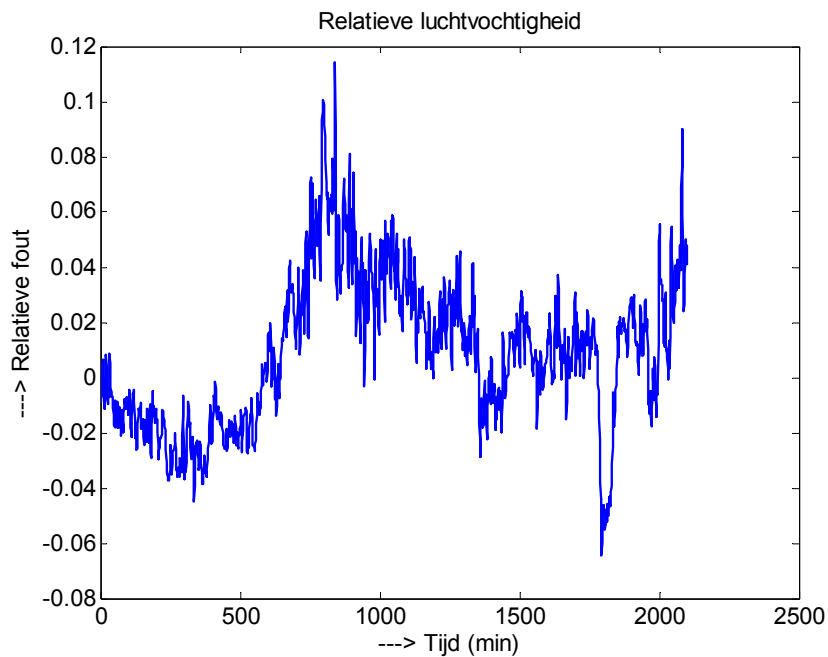


Figuur 7.5.5 Relatieve luchtvochtigheid

De absolute en relatieve fout tussen gemeten luchtvochtigheid en referentiemeting zijn weergegeven in figuur 7.5.6 en 7.5.7.

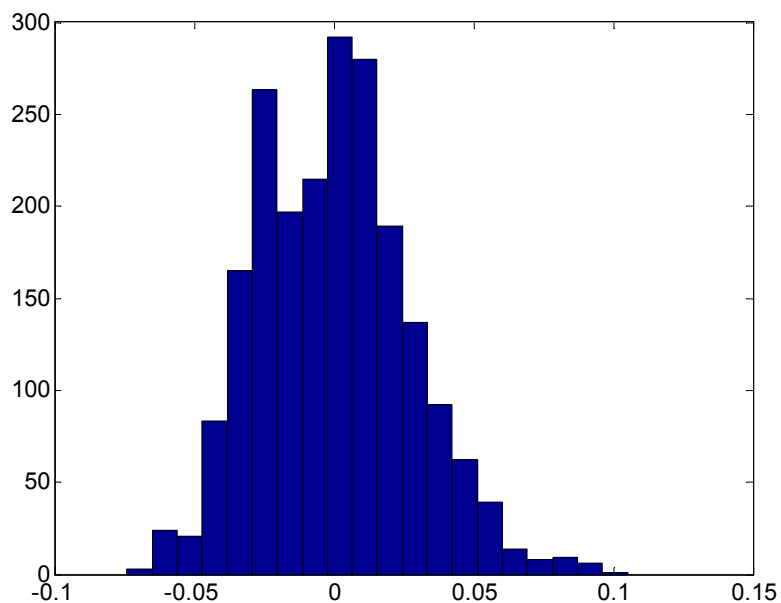


Figuur 7.5.6 Absolute fout in de relatieve luchtvochtigheid



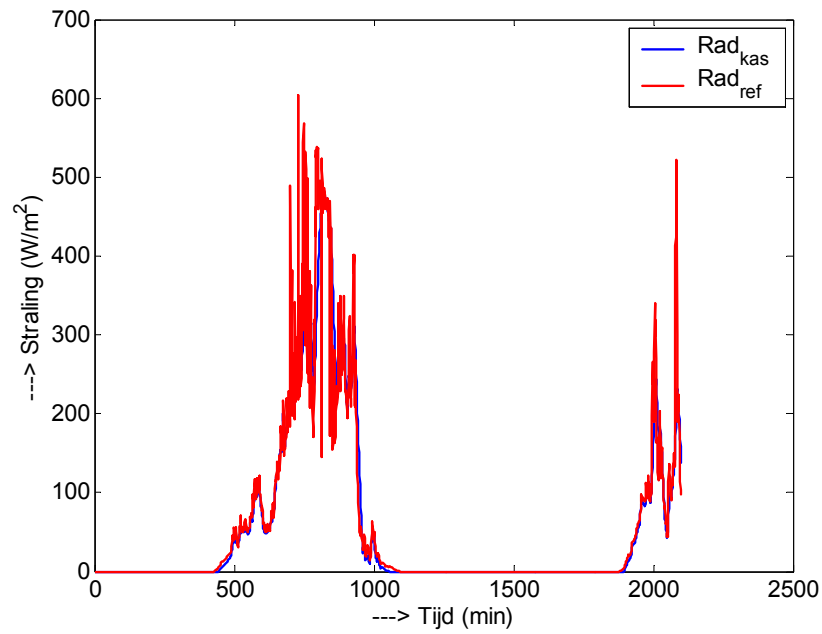
Figuur 7.5.7. De relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.5390 (%) met een standaarddeviatie van 2.0860 (%). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0093 (0.9%), met een standaarddeviatie van 0.0272 (2.7%). De verdeling van de relatieve fout is weergegeven in onderstaand figuur.



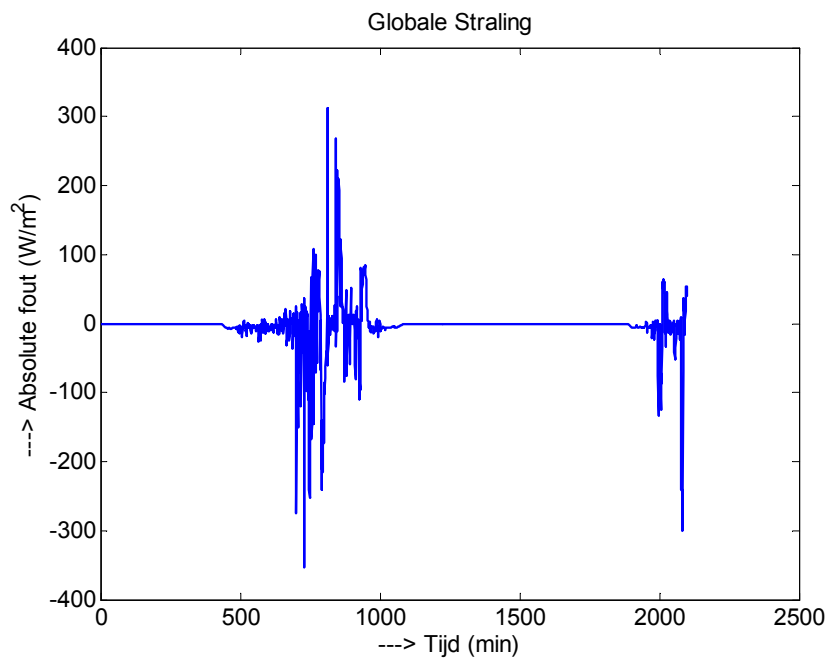
Figuur 7.5.8 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

De gemeten globale straling met een CM11 en de referentiemeting met een CM22 zijn weergegeven in figuur 7.5.9.

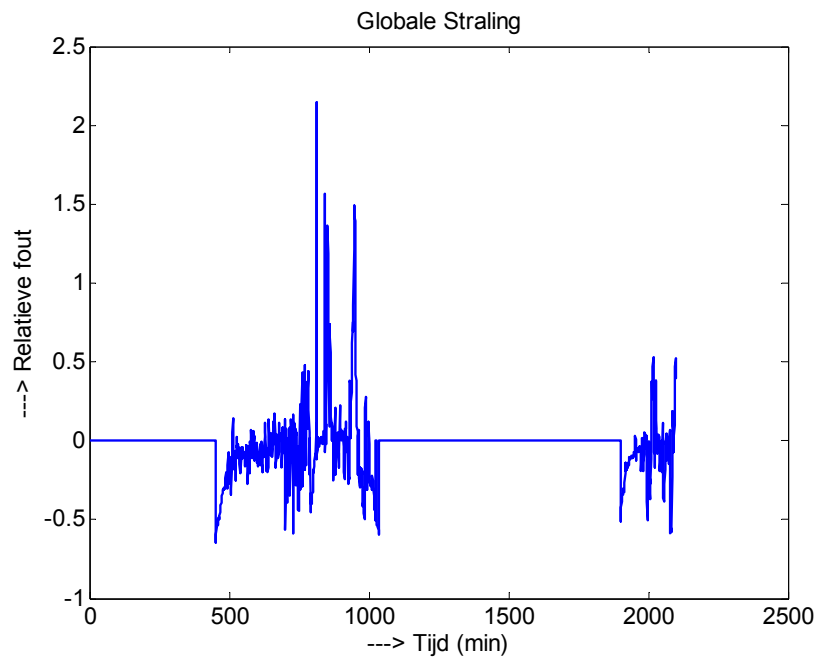


Figuur 7.5.9 Globale straling

De absolute en relatieve fout van de globale straling zijn respectievelijk weergegeven in de figuren 7.5.10 en 7.5.11.

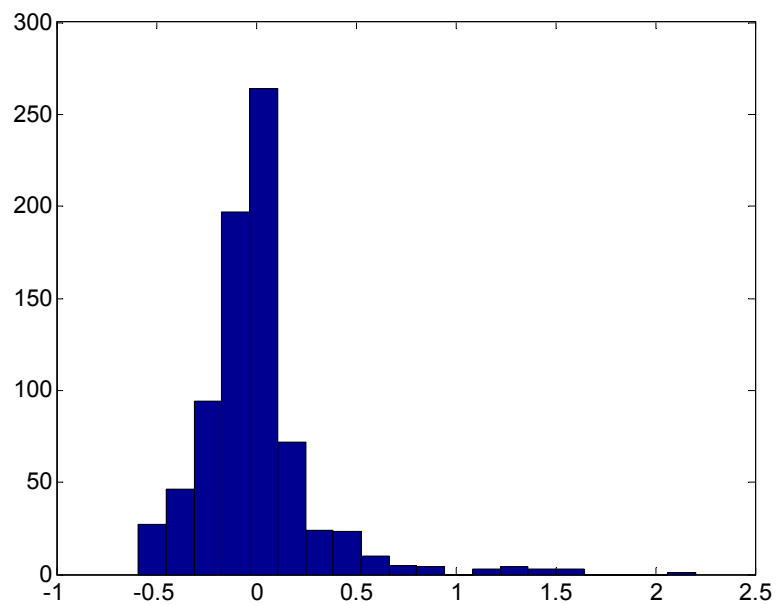


Figuur 7.5.10 Absolute fout in de gemeten globale straling



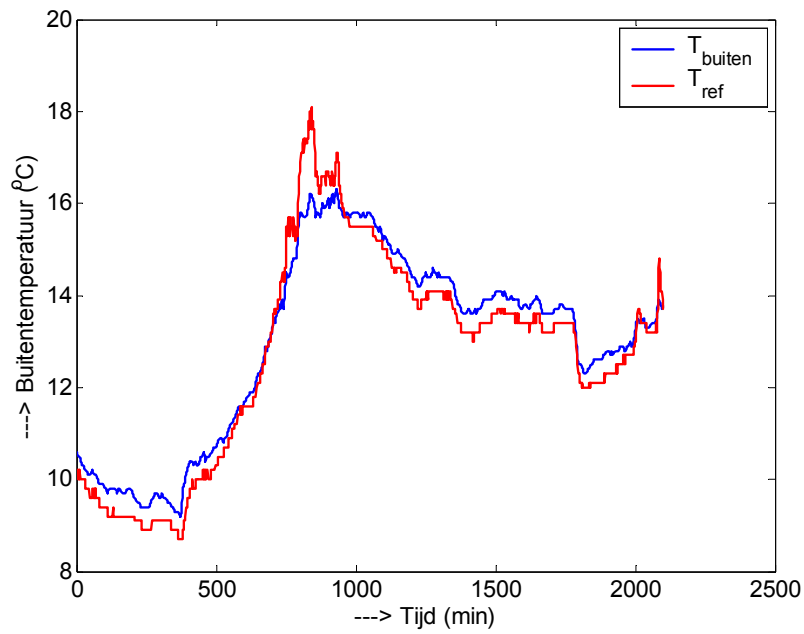
Figuur 7.5.11 Relatieve fout in de gemeten globale straling

Het gemiddelde van de absolute fout is -7.8348 , met een standaarddeviatie van 53.4920 .
 Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0565 (5.7%), met een standaarddeviatie van 0.2953 (29.5%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven door:



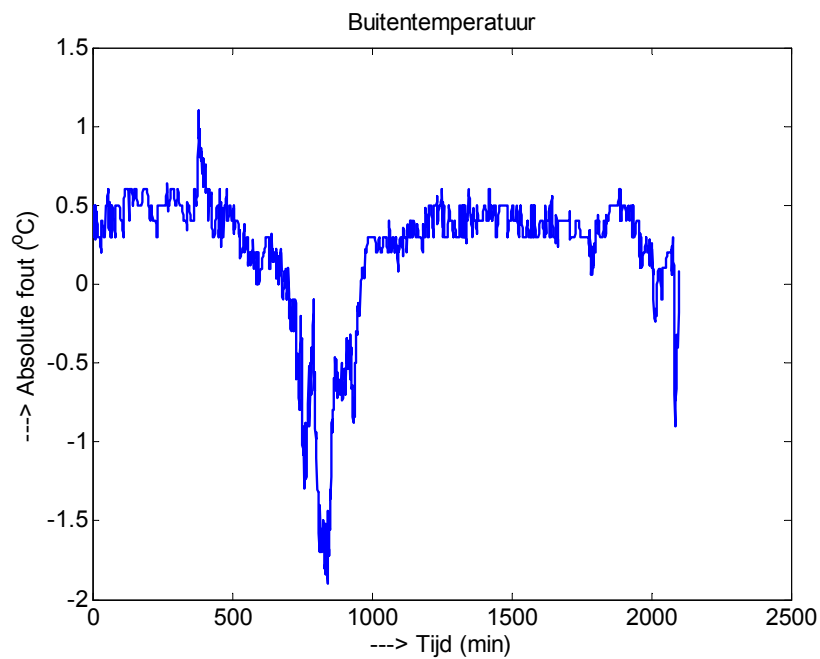
Figuur 7.5.12 Verdeling van de relatieve van de globale straling

De gemeten buitentemperatuur en de referentiemeting zijn gegeven in figuur 7.5.13.

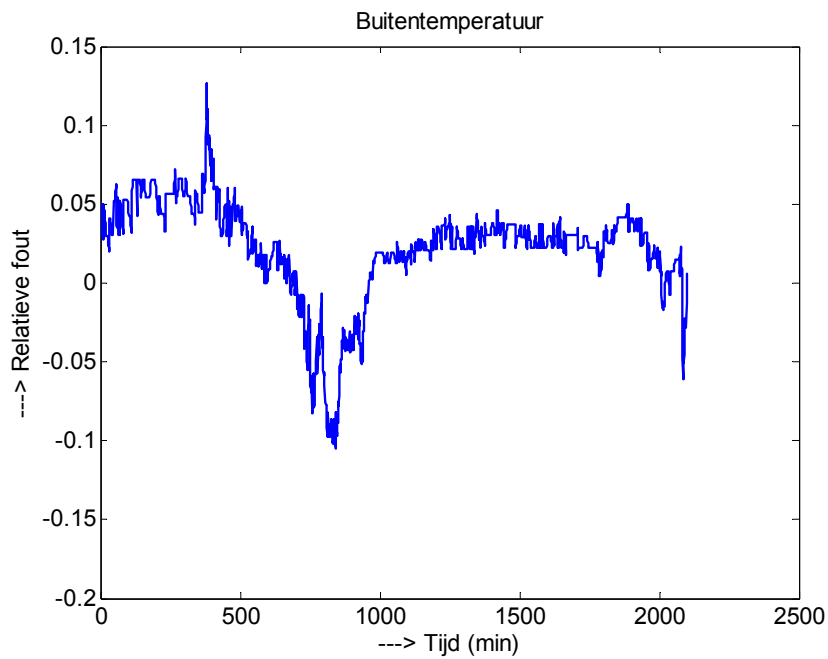


Figuur 7.5.13 Buitentemperatuur

De absolute en relatieve fout van de buitentemperatuur zijn weergegeven in figuur 7.5.14 en 7.5.15.

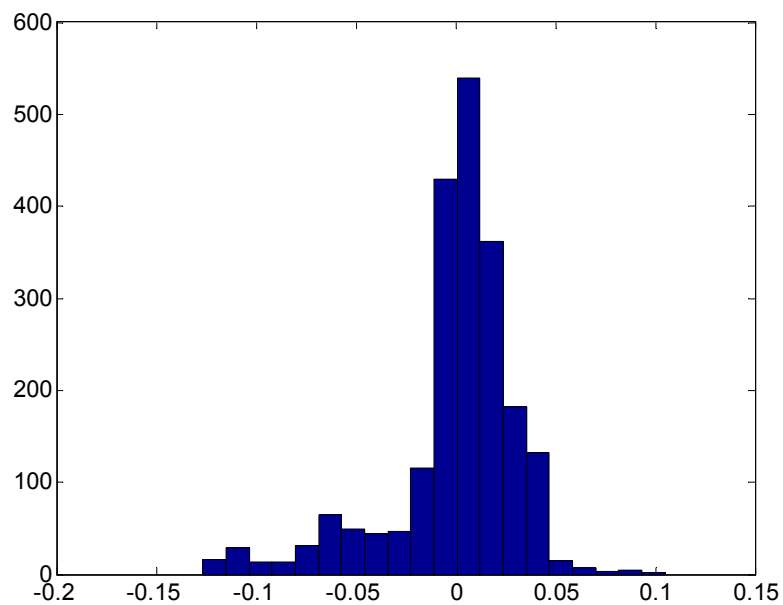


Figuur 7.5.14 Absolute fout buitentemperatuur



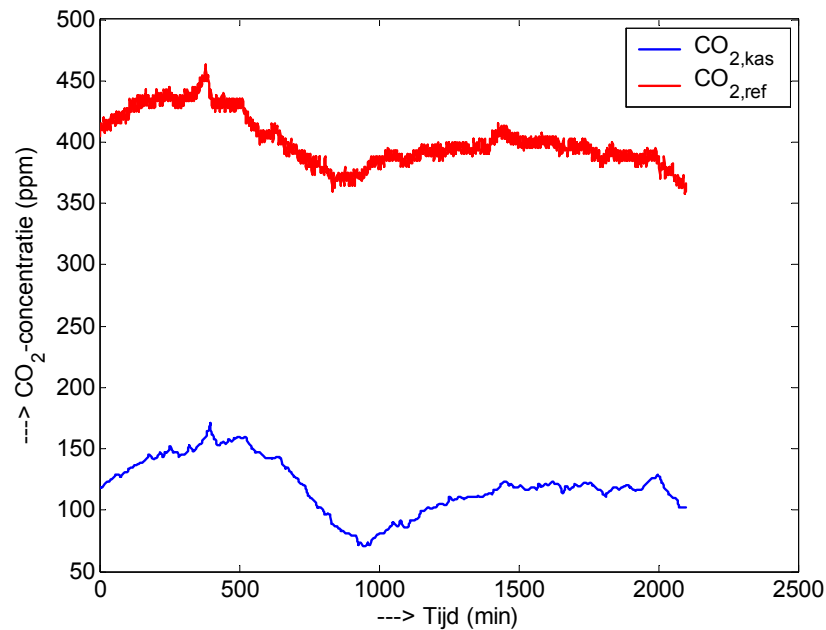
Figuur 7.5.15 Relatieve fout buitentemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.2173, met een standaarddeviatie van 0.4389. Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0216 (2.2%), met een standaarddeviatie van 0.0323 (3.2%). De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is gegeven door:



Figuur 7.5.16 Verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

De gemeten CO₂ en de referentiemeting zijn weergegeven in figuur 7.5.17.



Figuur 7.5.17 CO₂-concentratie

Het gemeten signaal werkt dermate af van het referentiesignaal, dat hier verder geen berekeningen op zijn uitgevoerd.

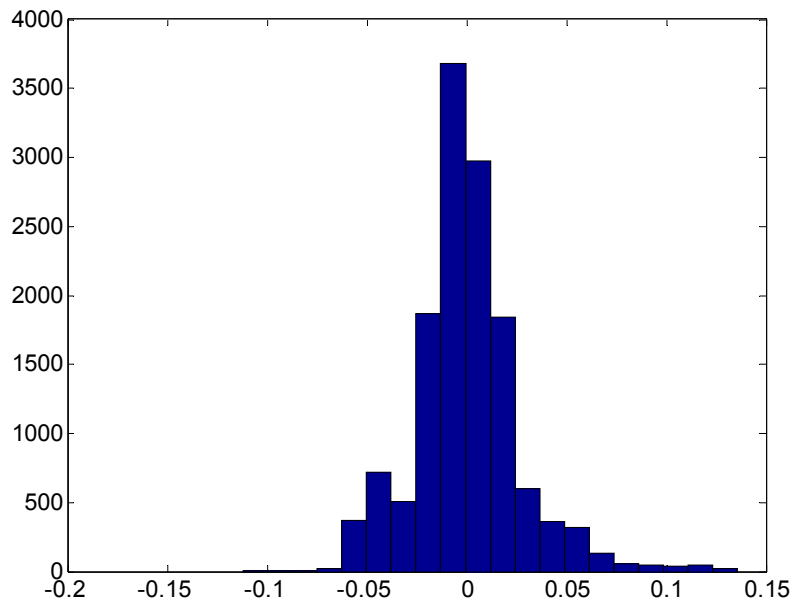
7.6 Samenvatting van meetsessie 1

In onderstaande tabellen zijn de metingen bij de verschillende bedrijven samengevat in termen van gemiddelden en standaarddeviaties van de absolute fout en de relatieve fout. Tevens is aangegeven of de verdeling van de relatieve fout enigszins op een normale verdeling lijkt.

Kastemperatuur					
Bedrijf	Absolute fout (.C)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	0.41	0.60	2	2.6	+
Teler 2	0.15	0.24	0.7	1.1	+
Teler 3	0.04	0.63	-0.02	2.9	+ -
Teler 4	0.45	0.16	3.8	1.7	+ -
Totaal	0.24	0.54	1.4	2.7	+

Tabel 7.6.1 De meetnauwkeurigheid van de kasluchttemperatuur voor de vier bedrijven, meetsessie 1.

De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is weergegeven in onderstaand figuur.

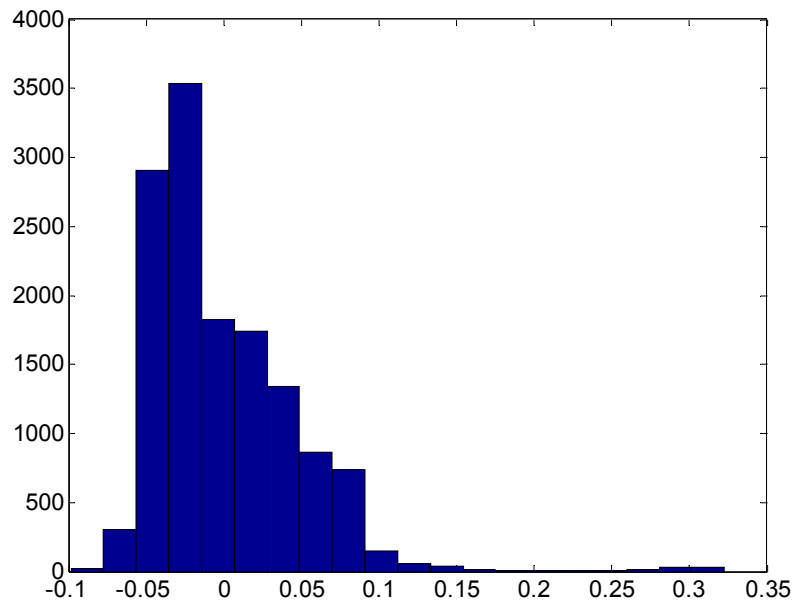


Figuur 7.6.1 Verdeling van de relatieve fout van de kasluchttemperaturen

Deze verdeling lijkt vrij goed op een normale verdeling, zodat de meetfout op de kasluchttemperatuur inderdaad als een stochastisch signaal kan worden opgevat.

Relatieve luchtvochtigheid					
Bedrijf	Absolute fout (%)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	-0.04	2.2	0.06	2.9	+
Teler 2	0.46	1.4	0.61	1.7	+
Teler 3	5.8	3.1	7.9	4.3	+
Teler 4	0.54	2.1	0.9	2.7	+
Totaal	2.0	3.5	2.8	4.7	+ -

Tabel 7.6.2 De meetnauwkeurigheid van de relatieve luchtvochtigheid voor de vier bedrijven, meetsessie 1.

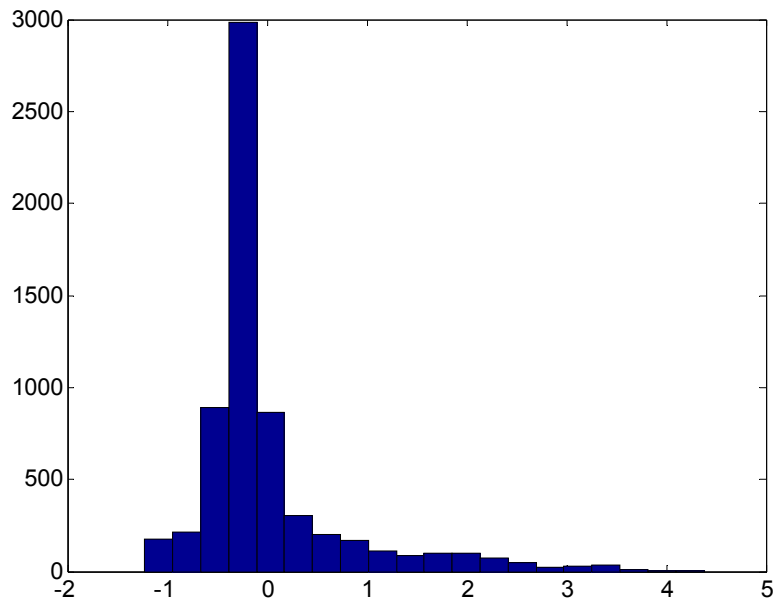


Figuur 7.6.2 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

De verdeling is niet goed normaal verdeeld.

Globale straling					
Bedrijf	Absolute fout (W/m^2)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	5.4	87	9.3	50	+
Teler 2	-0.5	40	3.9	21	+
Teler 3	20	90	70	100	--
Teler 4	-7.8	53	5.7	29.5	+
Totaal	6.43	80	23	76.8	+

Tabel 7.6.3 De meetnauwkeurigheid van de globale straling voor de vier bedrijven, meetsessie 1.

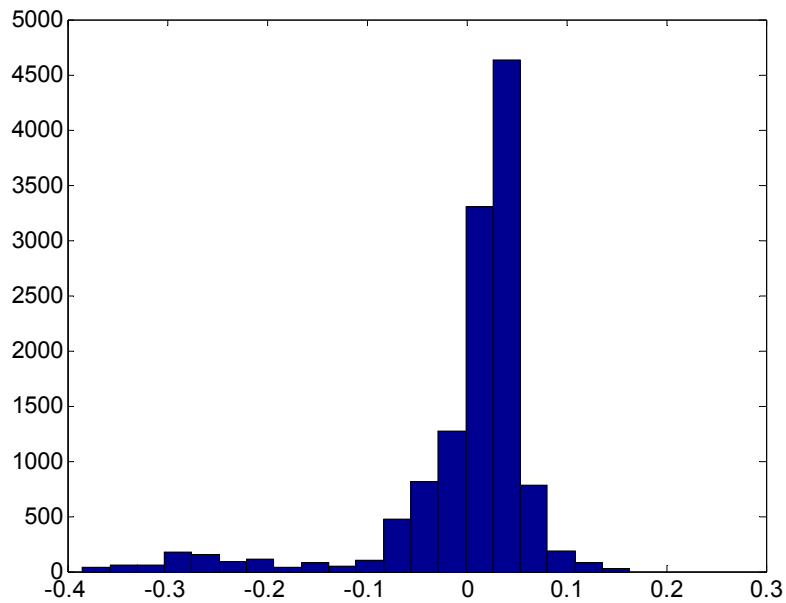


Figuur 7.6.3 De verdeling van de relatieve fout van de globale straling

De verdeling is niet helemaal normaal verdeeld.

Buitentemperatuur					
Bedrijf	Absolute fout (°C)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	-0.06	0.5	-0.06	3.3	+ -
Teler 2	-0.12	0.49	-0.6	3	+ -
Teler 3	-1.5	2.6	-6.9	12.9	+ -
Teler 4	0.22	0.44	2.2	3.2	+
Totaal	-0.38	1.53	-1.6	7.8	+ -

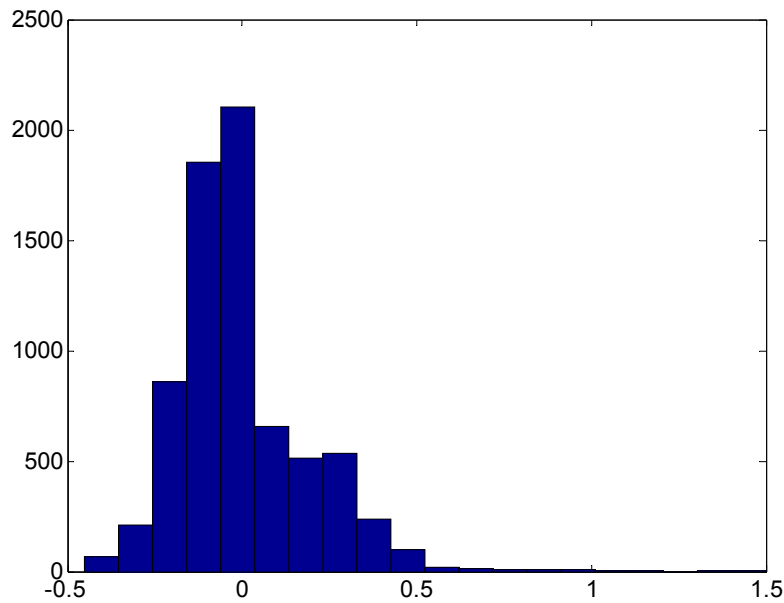
Tabel 3.5.4 De meetnauwkeurigheid van de buitentemperatuur voor de vier bedrijven, meetsessie 1.



Figuur 7.6.4 De verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

CO ₂ -concentratie					
Bedrijf	Absolute fout (ppm)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	50.6	143	3.8	14.8	+
Teler 2	52.6	133	12.4	22	--
Teler 3	--	--	--	--	
Teler 4	--	--	--	--	
Totaal	51.4	132	7.2	18.5	+

Tabel 7.6.5 De meetnauwkeurigheid van de CO₂-concentratie voor de vier bedrijven, meetsessie 1.

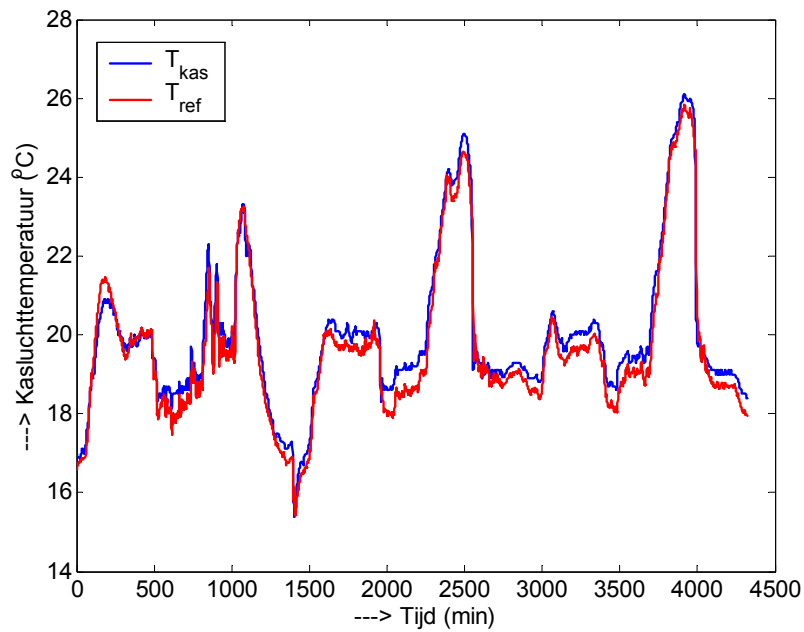


Figuur 7.6.5 De verdeling van de relatieve fout van de CO₂-concentratie

Bij de meeste kasluchttemperatuurmetingen blijkt dat er een grote afwijking is tussen de meting van de tuinder en de referentiemeting bij een hoge globale straling, dit wordt veroorzaakt door een slechte isolatie van de meetbox. Hetzelfde geldt voor de metingen van de relatieve luchtvochtigheid, omdat die bij alle tuinders wordt bepaald via temperatuurmetingen. Een uitzondering is het bedrijf van Teler 2, hier geven de meetfouten een mooie stochastisch patroon. De meetfouten bij de stralingsmetingen zijn aanzienlijk. De oorzaak hiervan is niet bekend. De buitentemperatuur geeft ook veel afwijking te zien, ook hier is geen directe verklaring voor.

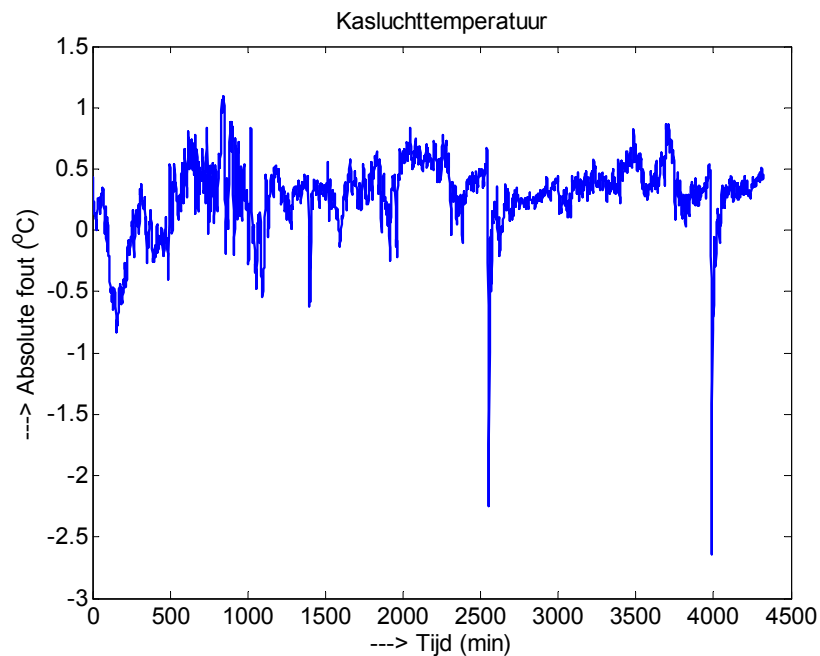
7.7 Meetsessie 2, bedrijf Teler 1

Na een onderhoudsbeurt, door de leverancier of een dealer, van de meetbox en het meteostation zijn opnieuw metingen verricht bij de tuinder. De kasluchttemperatuur van het bedrijf Teler 1 is weergegeven in figuur 7.7.1.

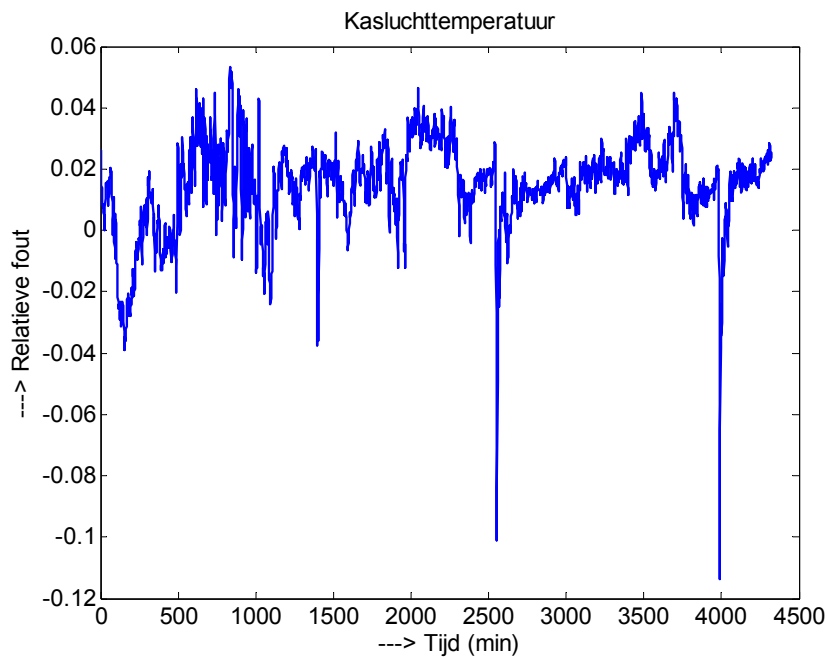


Figuur 7.7.1 Kasluchttemperatuur

De absolute en relatieve fout van de kasttemperatuur zijn weergegeven in respectievelijk figuur 7.7.2 en 7.7.3.

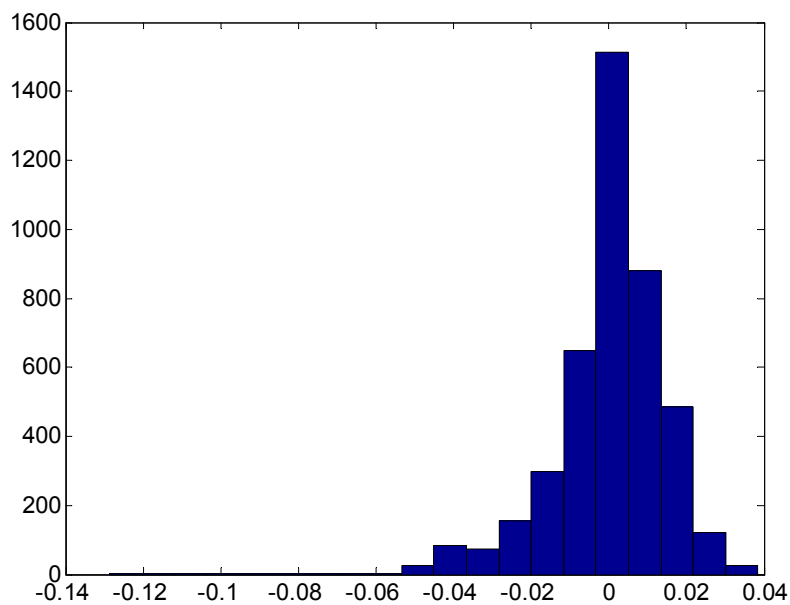


Figuur 7.7.2 Absolute fout kasluchttemperatuur



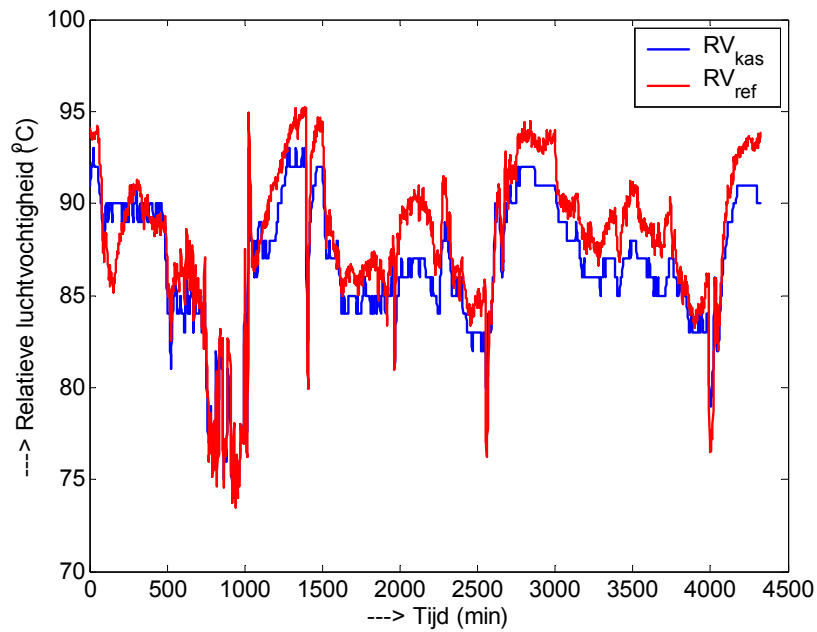
Figuur 7.7.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.2861, met een standaarddeviatie van 0.2912. Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0150 (1.5%), met een standaarddeviatie van 0.0147 (1.5%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.7.5.



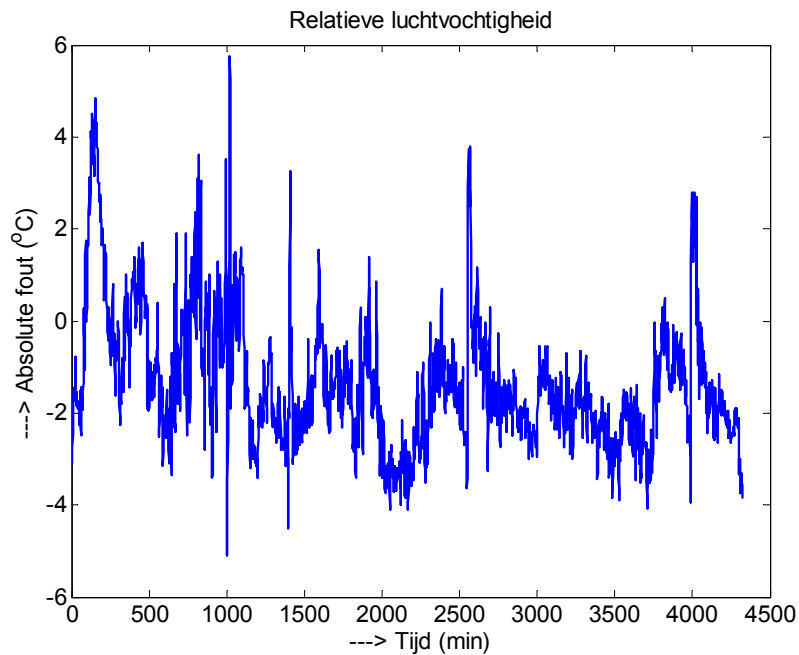
Figuur 7.7.4 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur

De relatieve luchtvochtigheid en de referentieluchtvochtigheid zijn weergegeven in figuur 7.7.5.

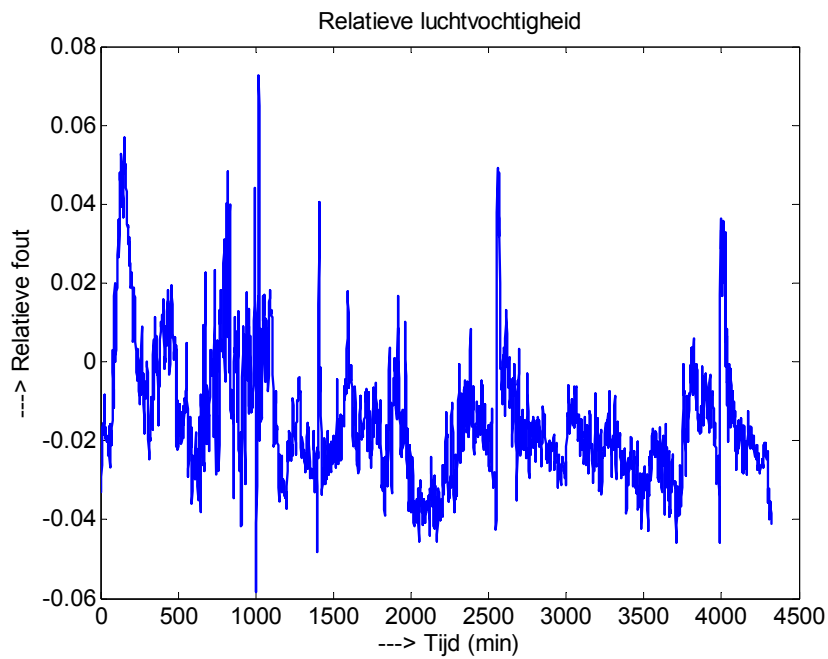


Figuur 7.7.5 Relatieve luchtvochtigheid

De absolute en relatieve fout in de luchtvochtigheid zijn weergegeven in figuur 7.7.6 en 7.7.7.

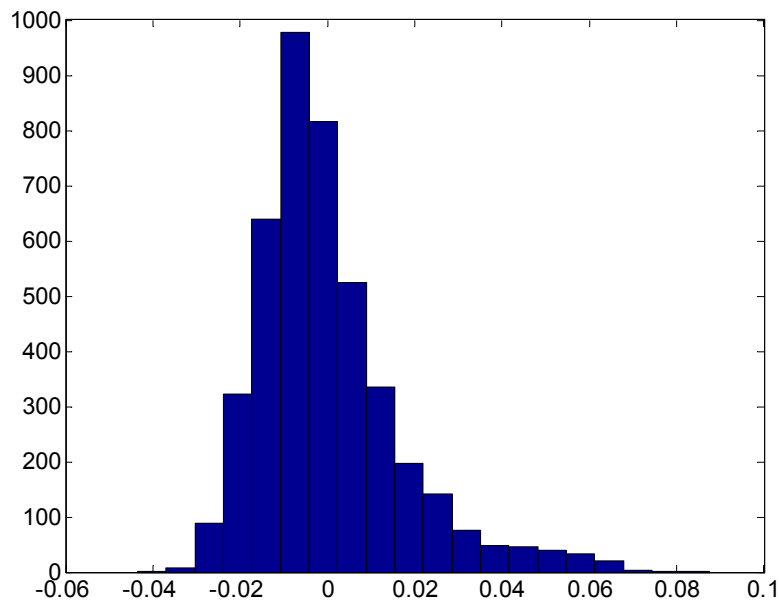


Figuur 7.7.6 Absolute fout in de relatieve luchtvochtigheid



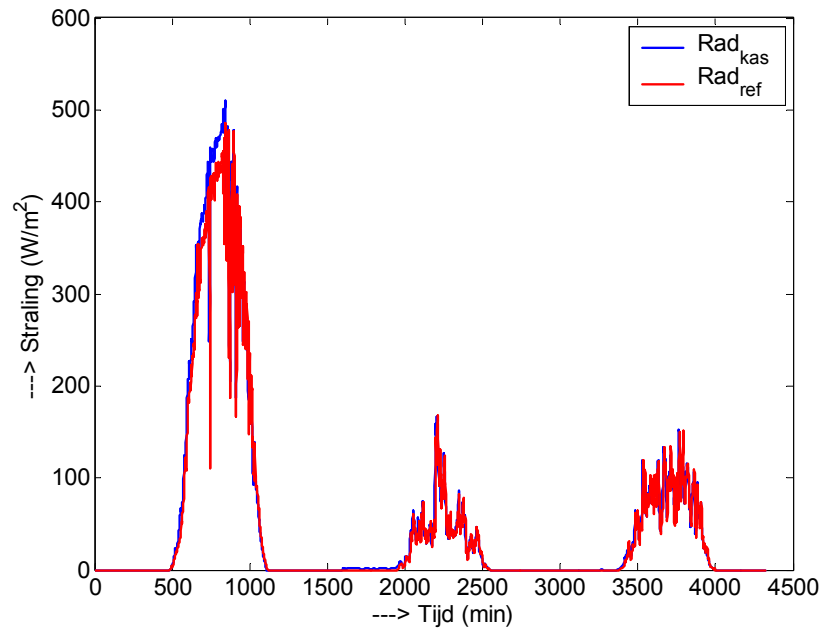
Figuur 7.7.7 De relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid

Het gemiddelde van de absolute fout is -1.3382 (%), met een standaarddeviatie 1.4489 (%). Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0148 (-1.5%), met een standaarddeviatie van 0.0166 (1.7%). De verdeling is van de relatieve fout is weergegeven figuur 7.7.8.



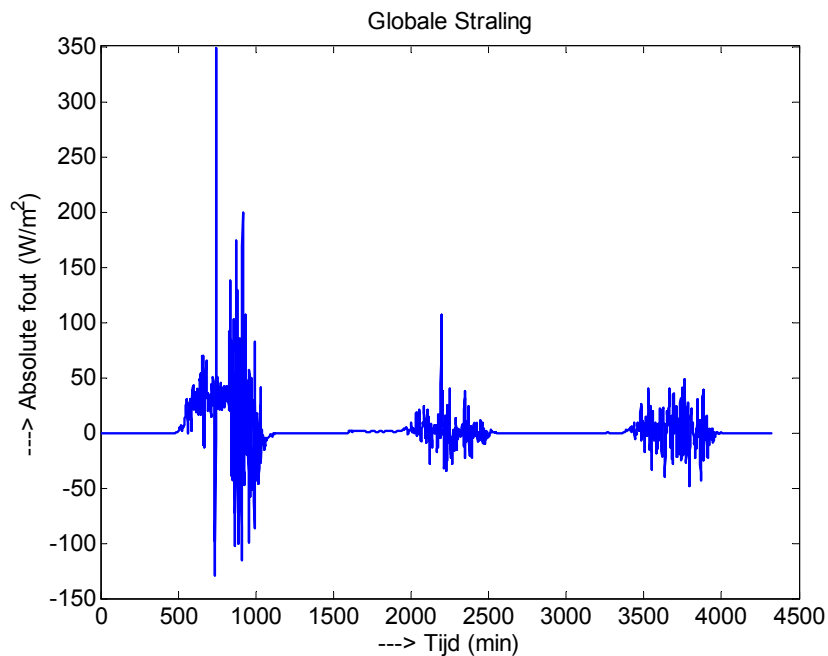
Figuur 7.7.8 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

De globale straling gemeten met het meteostation van de tuinder en met de referentiesensor zijn weergegeven in onderstaand figuur:

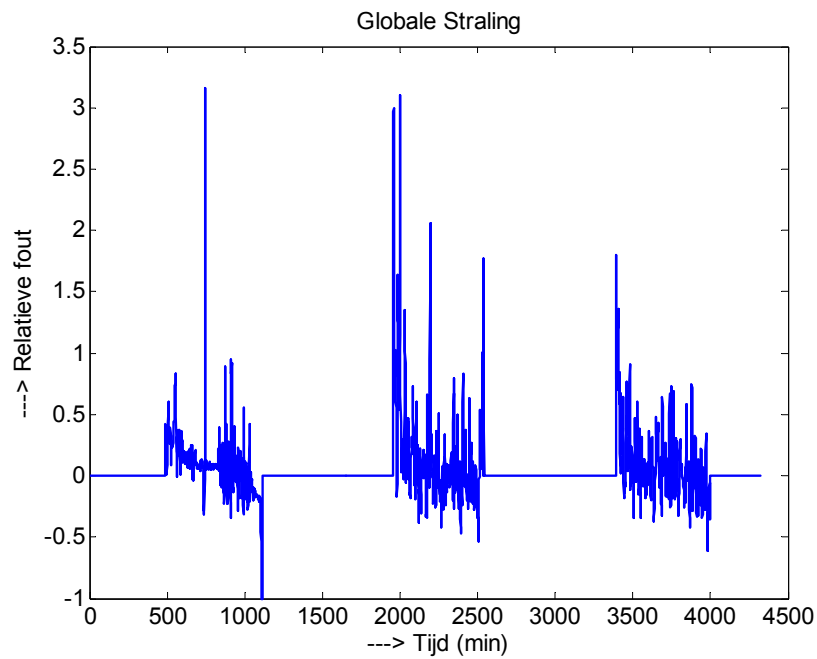


Figuur 7.7.9 Globale straling

De absolute en relatieve zijn weergegeven in figuur 7.7.10 en 7.7.11.

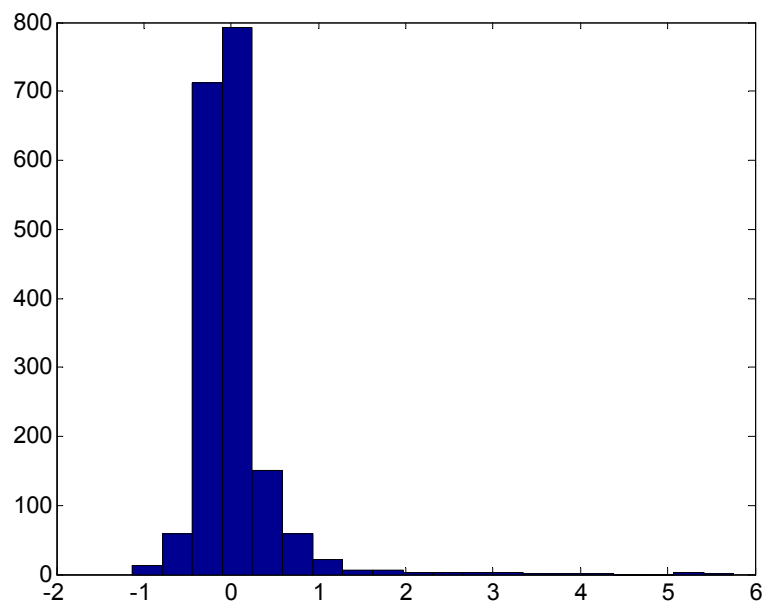


Figuur 7.7.10 Absolute fout in de gemeten globale straling



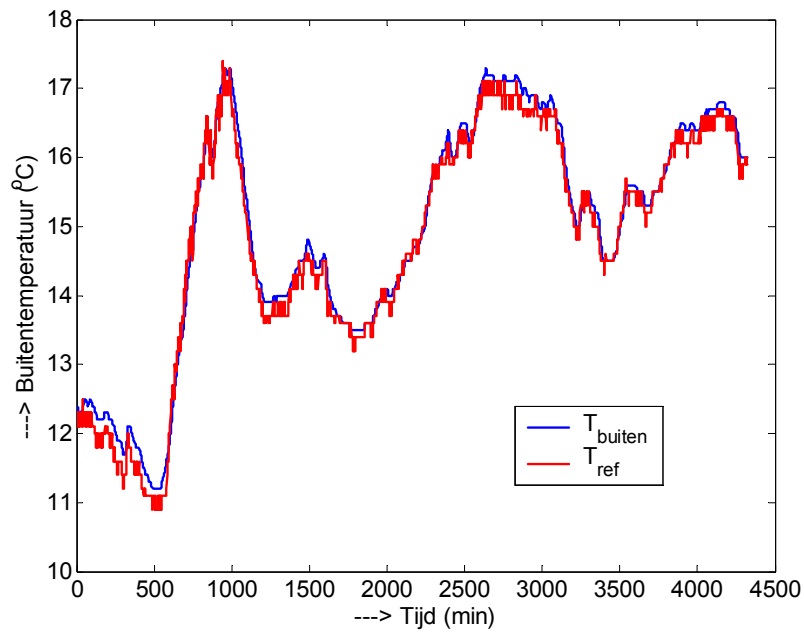
Figuur 7.7.11 Relatieve fout in de gemeten globale straling

Het gemiddelde van de absolute fout is $6.8654 \text{ (W/m}^2\text{)}$, met een standaard deviatie van $27.1867 \text{ (W/m}^2\text{)}$. Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.1328 (13.3\%) , met een standaarddeviatie van 0.4683 (46.8\%) . De verdeling van de relatieve fout is gegeven in:



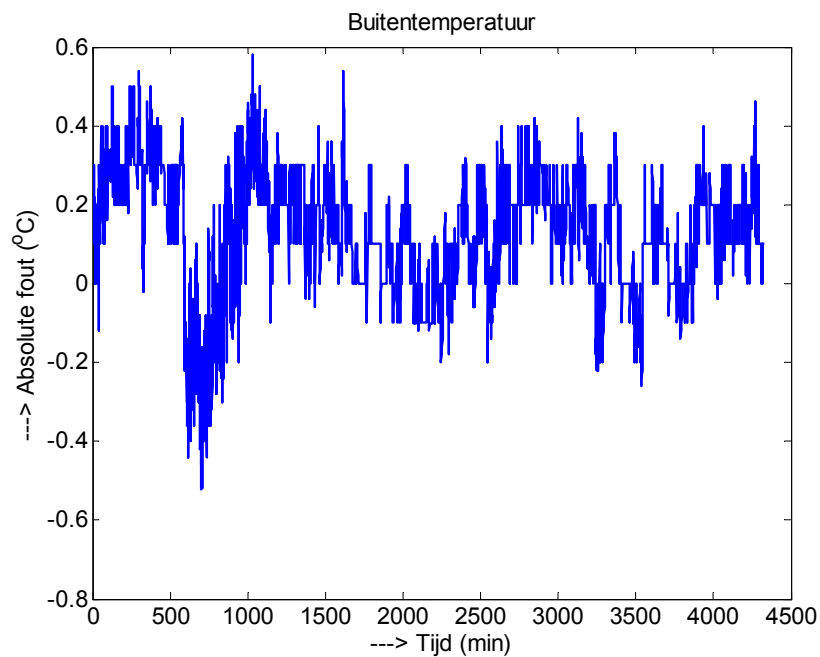
Figuur 7.7.12 Verdeling relatieve fout in de gemeten globale straling

De gemeten buitentemperatuur en de referentietemperatuur zijn gegeven in figuur 7.7.13.

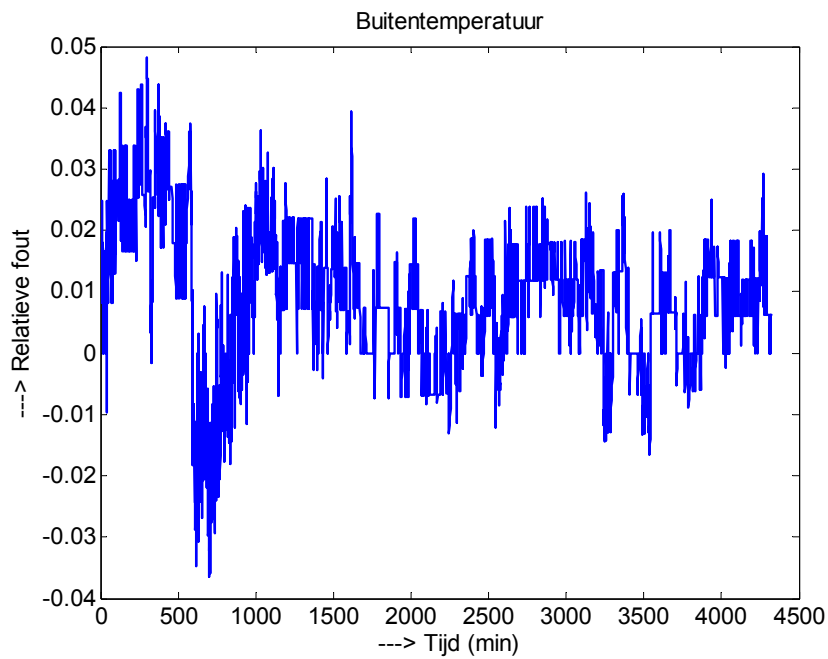


Figuur 7.7.13 Buitentemperatuur

De absolute en relatieve fout zijn gegeven in figuur 7.7.14 en 7.7.15.

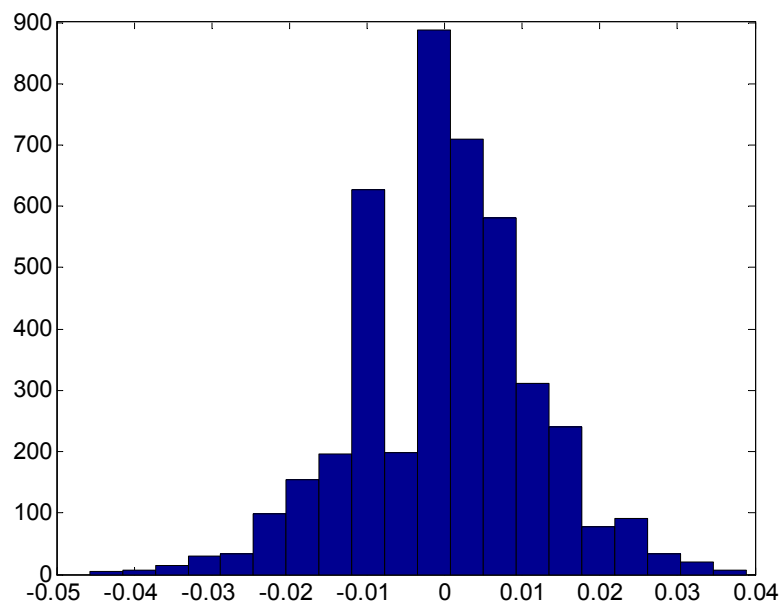


Figuur 7.7.14 Absolute fout buitentemperatuur



Figuur 7.7.15 Relatieve fout buitentemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.1330 ($^{\circ}\text{C}$), met een standaarddeviatie van 0.1572 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0094 (0.94%), met een standaardafwijking van 0.0115 (1.2%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.7.16.

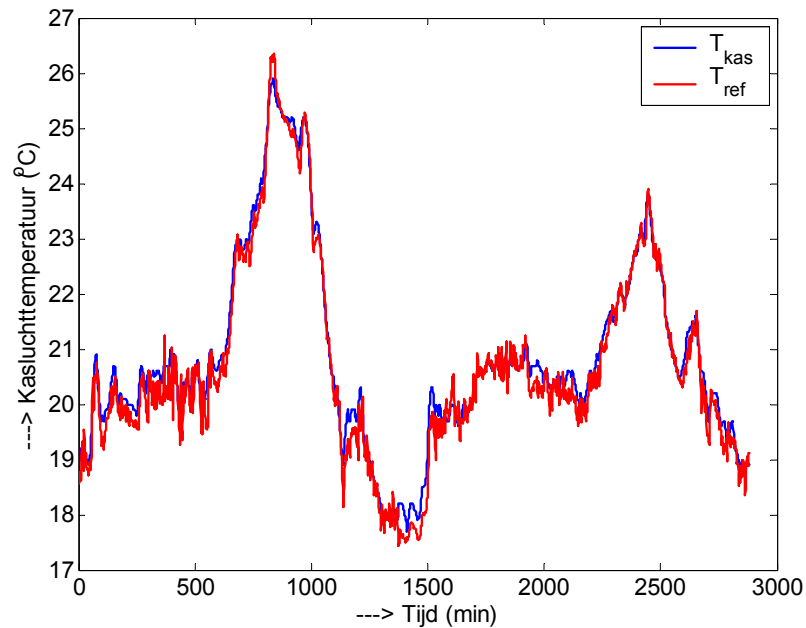


Figuur 7.7.16 Verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

Bij deze meetsessie is de referentiemeting voor CO_2 mislukt.

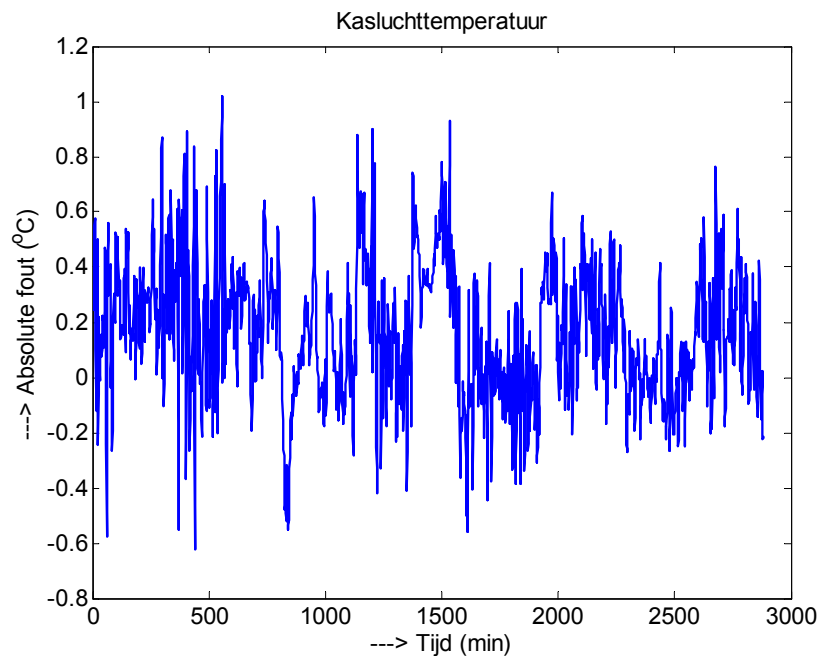
7.8 Meet sessie 2, bedrijf Teler 2

De gemeten kasluchttemperatuur en de referentietemperatuur zijn weergegeven in figuur 7.8.1.

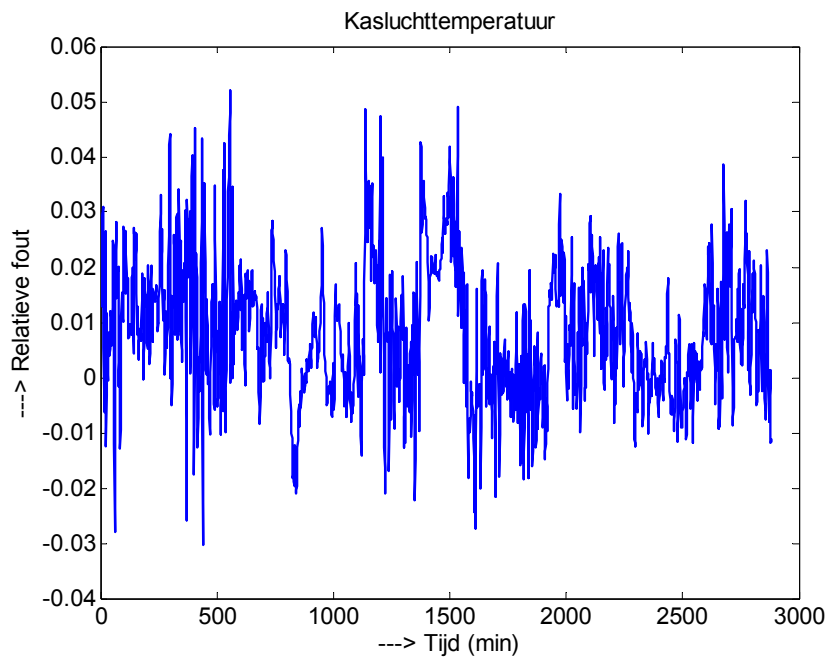


Figuur 7.8.1 Kasluchttemperatuur

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in figuur 7.8.2 en 7.8.3.

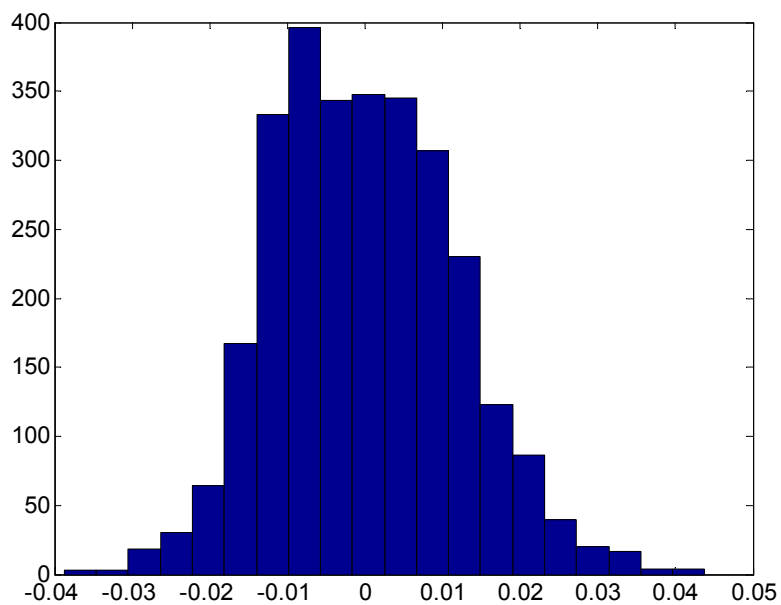


Figuur 7.8.2 Absolute fout kasluchttemperatuur



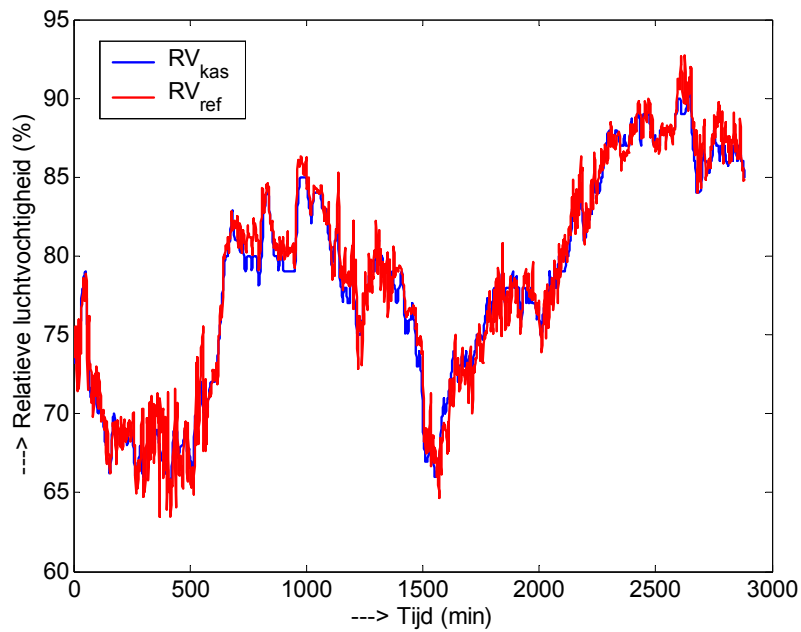
Figuur 7.8.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.1638 ($^{\circ}\text{C}$), met een standaarddeviatie van 0.2347 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0083 (0.83%), met een standaarddeviatie van 0.0117 (1.2%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.8.5.



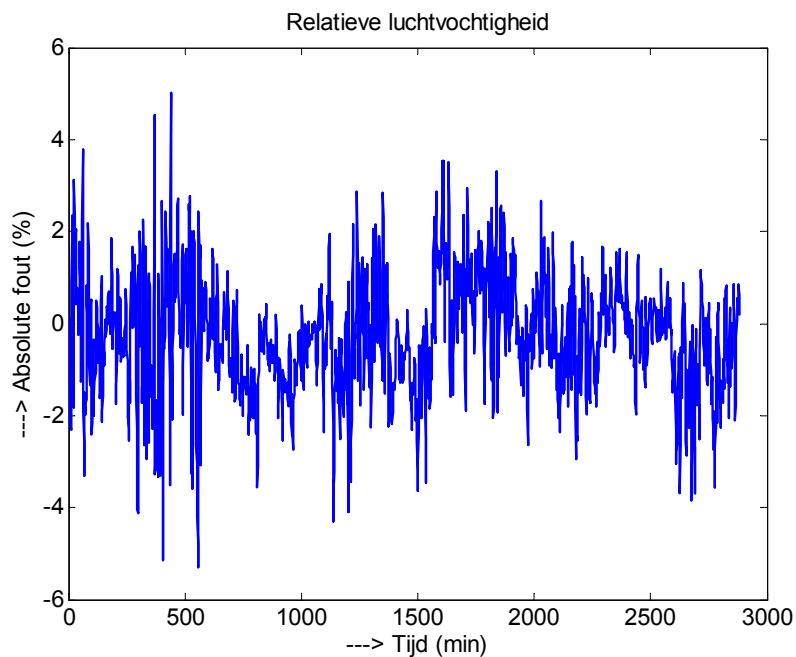
Figuur 7.8.4 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur

De relatieve luchtvochtigheid in de kas en de referentieluchtvochtigheid zijn gegeven in figuur 7.8.5.

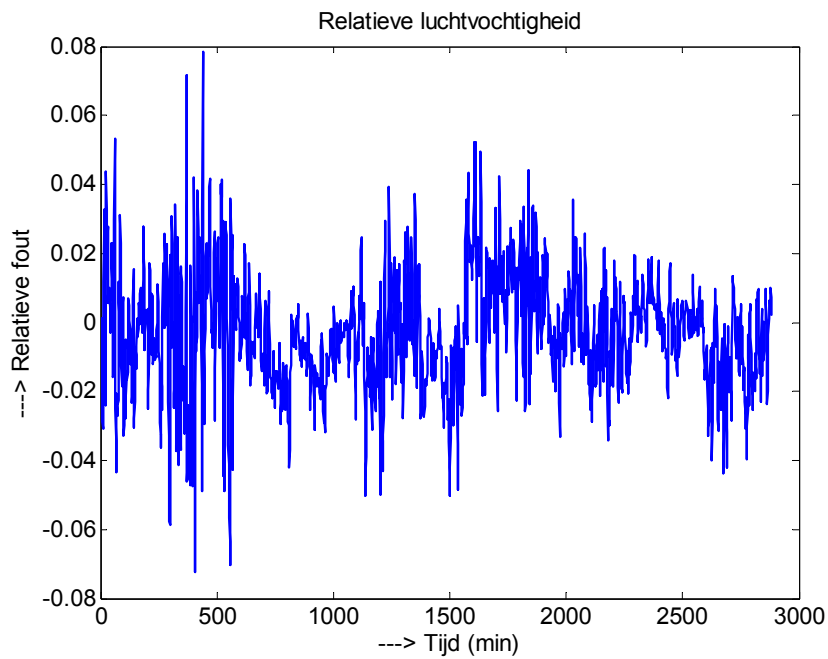


Figuur 7.8.5 Relatieve luchtvochtigheid

De absolute en relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid zijn gegeven in respectievelijk figuur 7.8.7, 7.8.9 en 7.8.10.

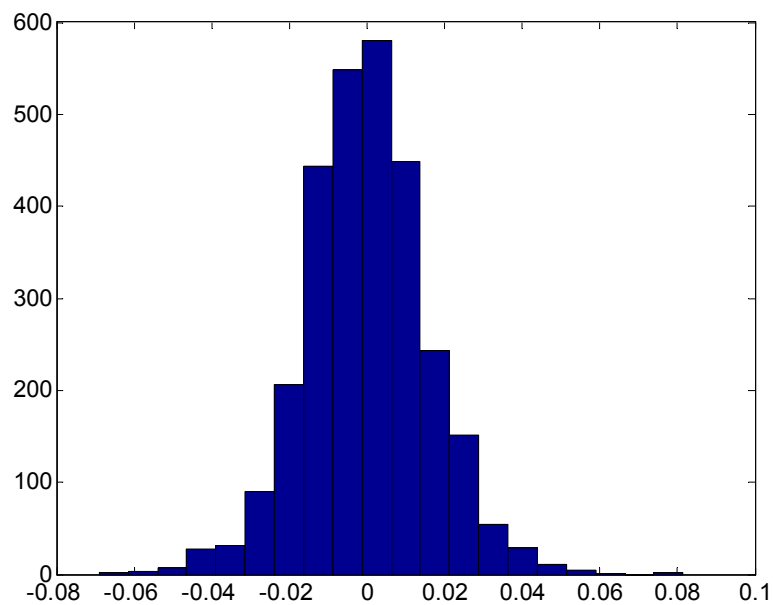


Figuur 7.8.6 Absolute fout in de relatieve luchtvochtigheid



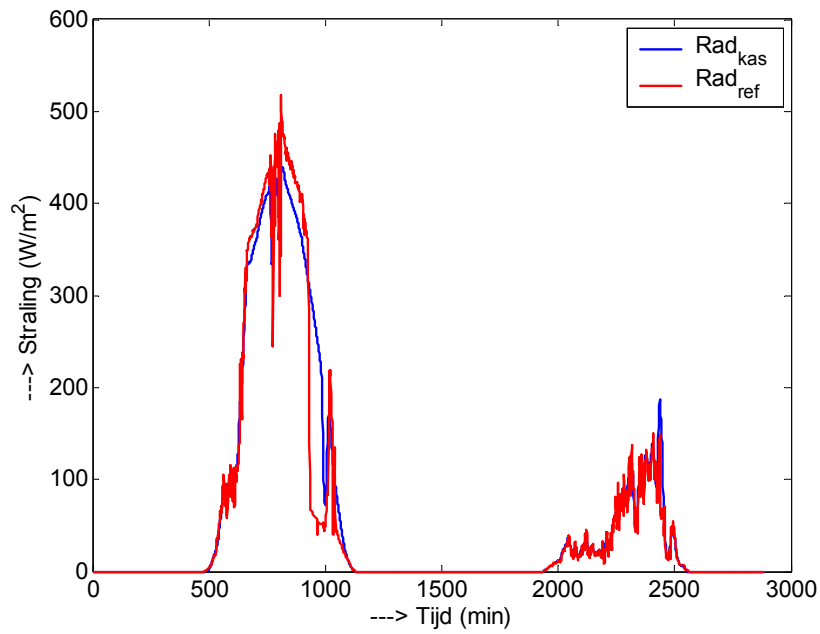
Figuur 7.8.7. De relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid

Het gemiddelde van de absolute fout is -0.2762 (%), met een standaarddeviatie van 1.2043 (%). Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0032 (-0.32%), met een standaarddeviatie van 0.0159 (1.59%). De verdeling van de relatieve fout is weergegeven in figuur 7.8.10.



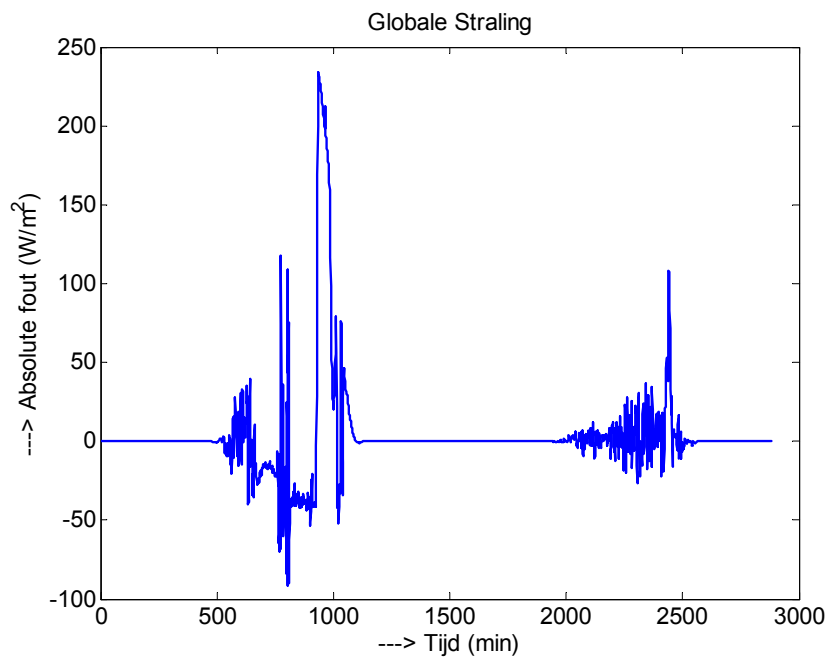
Figuur 7.8.8 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

De globale straling, gemeten met het meteostation van de teler, en de referentiemeting zijn weergegeven in figuur 7.8.9.

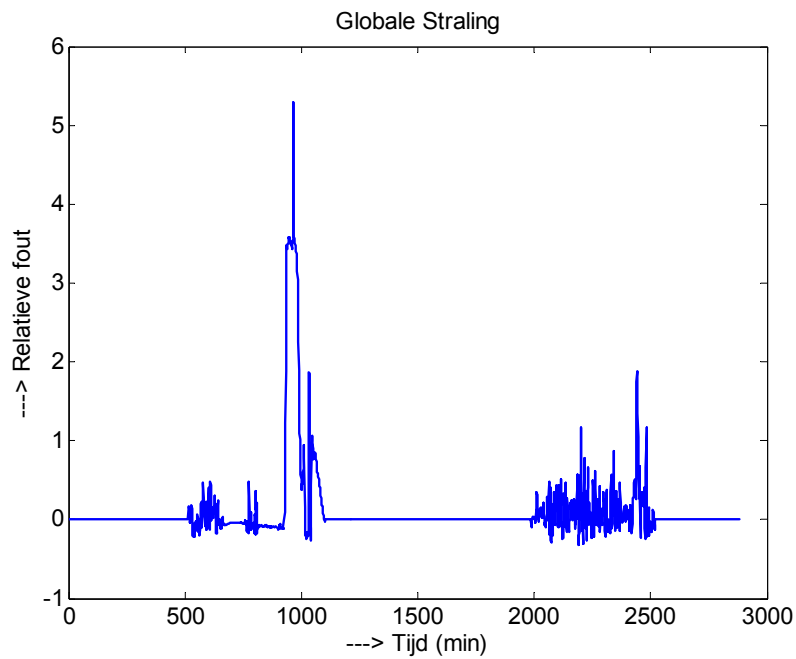


Figuur 7.8.9 Globale straling

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in figuur 7.8.10 en 7.8.11.

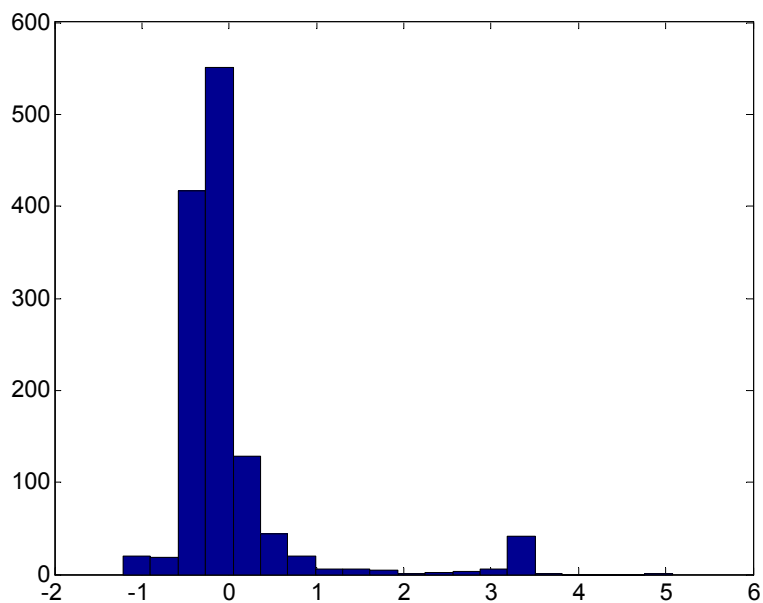


Figuur 7.8.10 Absolute fout in de gemeten globale straling



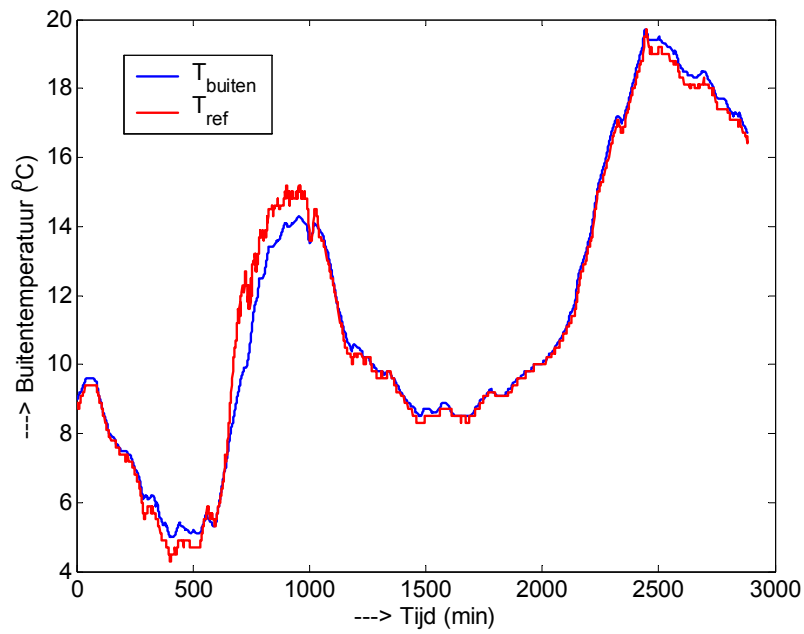
Figuur 7.8.11 Relatieve fout in de gemeten globale straling

Het gemiddelde van de absolute fout is $7.2120 \text{ (W/m}^2\text{)}$, met een standaarddeviatie van $48.1944 \text{ (W/m}^2\text{)}$. Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.2133 (21.3\%) , met een standaarddeviatie van 0.7672 (76.7\%) . De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.8.15.



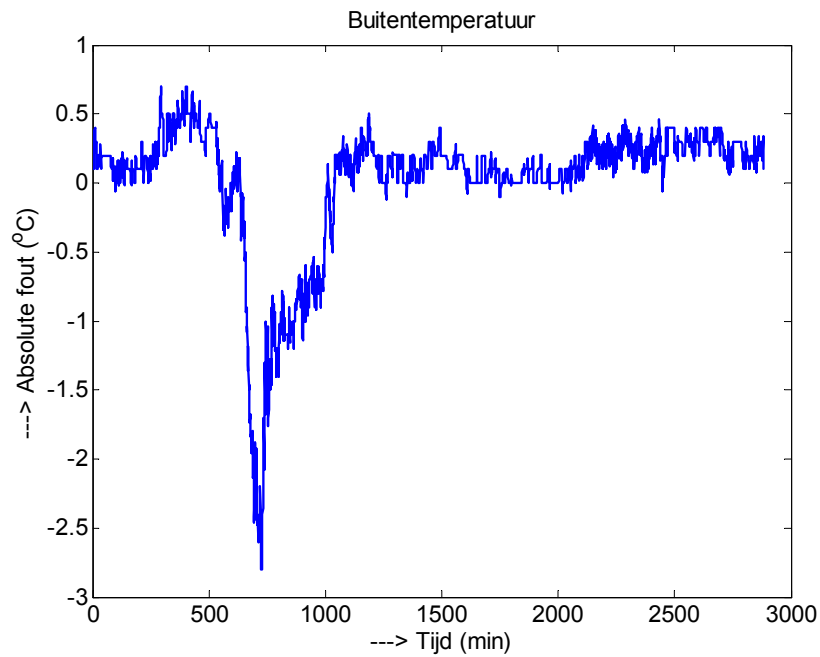
Figuur 7.8.12 Verdeling relatieve fout in de gemeten globale straling

De gemeten buitentemperatuur van het meteostation van de tuinder en de referentietemperatuur zijn gegeven in figuur 7.8.13.

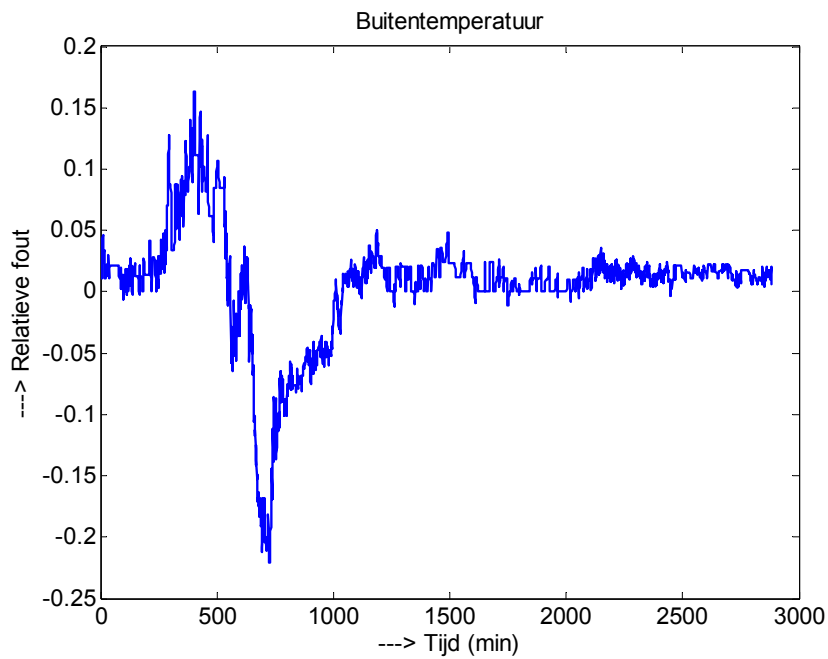


Figuur 7.8.13 Buitentemperatuur

De absolute en relatieve fout zijn gegeven in figuur 7.8.14 en 7.8.15.

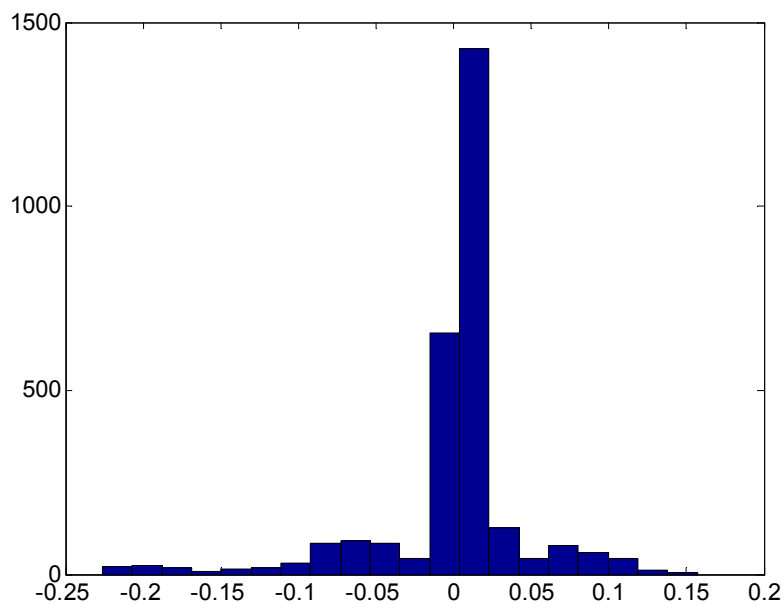


Figuur 7.8.14 Absolute fout buitentemperatuur



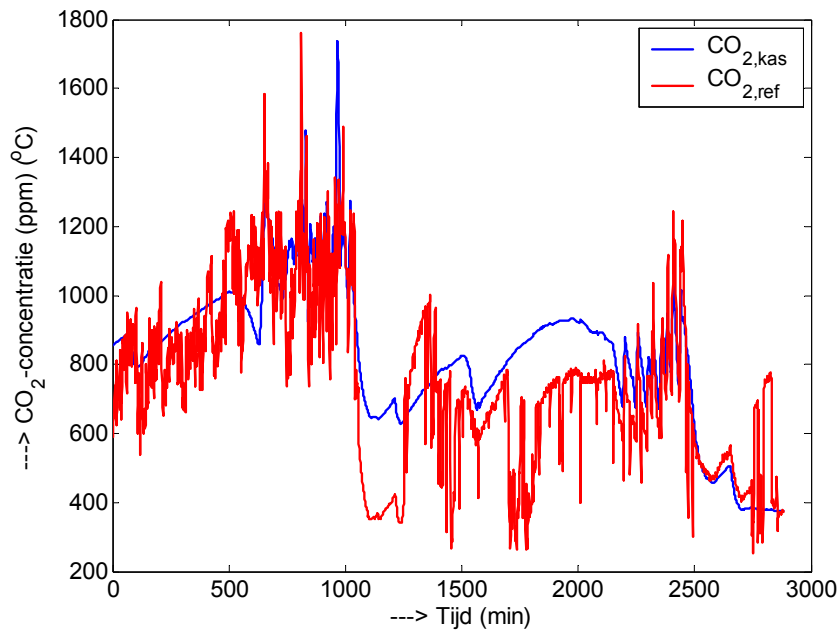
Figuur 7.8.15 Relatieve fout buitentemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.0101 ($^{\circ}\text{C}$), met een standaarddeviatie van 0.5122 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0058 (0.58%) met een standaarddeviatie van 0.0482 (4.82%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.8.16.



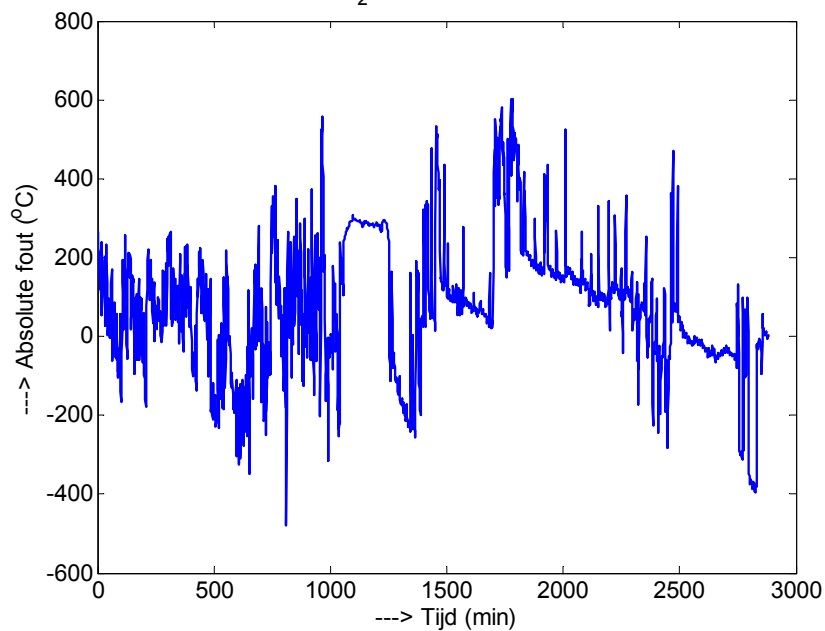
Figuur 7.8.16 Verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

De gemeten en referentie CO_2 -concentratie zijn gegeven in figuur 7.8.17.

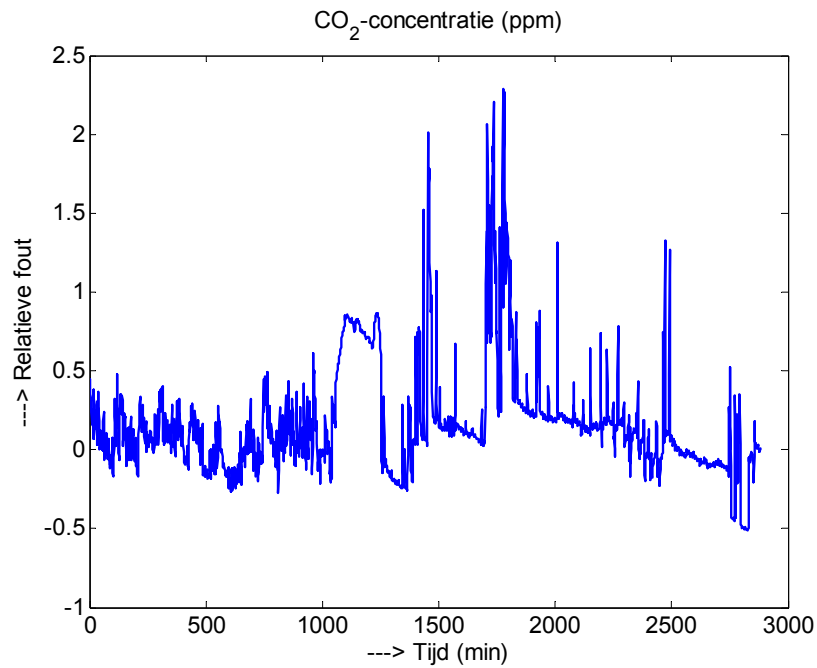


Figuur 7.8.17 CO₂-concentratie

De absolute en relatieve fout zijn gegeven in respectievelijk figuur 7.8.18 en 7.8.19.
CO₂-concentratie (ppm)

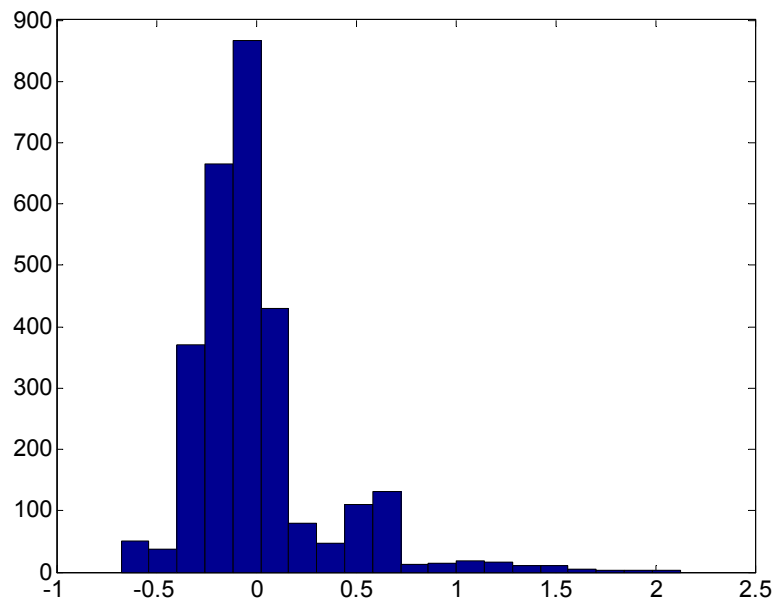


Figuur 7.8.18 Absolute fout in de gemeten CO₂-concentratie



Figuur 7.8.19 Relatieve fout in de gemeten CO₂-concentratie

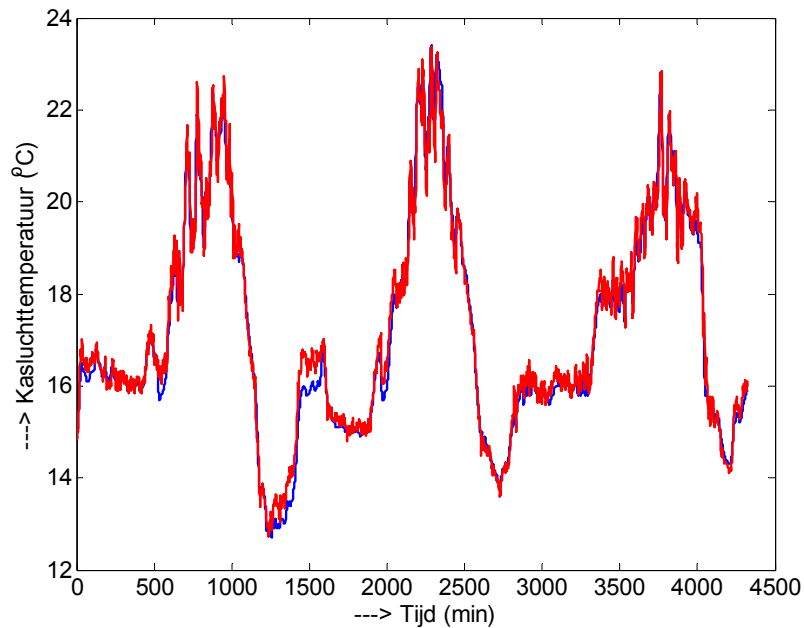
Het gemiddelde van de absolute fout is 76.3563 (ppm), met een standaarddeviatie 165.0227 (ppm). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.1649 (16.5%), met een standaarddeviatie van 0.3435 (34.4%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.8.20.



Figuur 7.8.20 Verdeling relatieve fout in de gemeten CO₂-concentratie

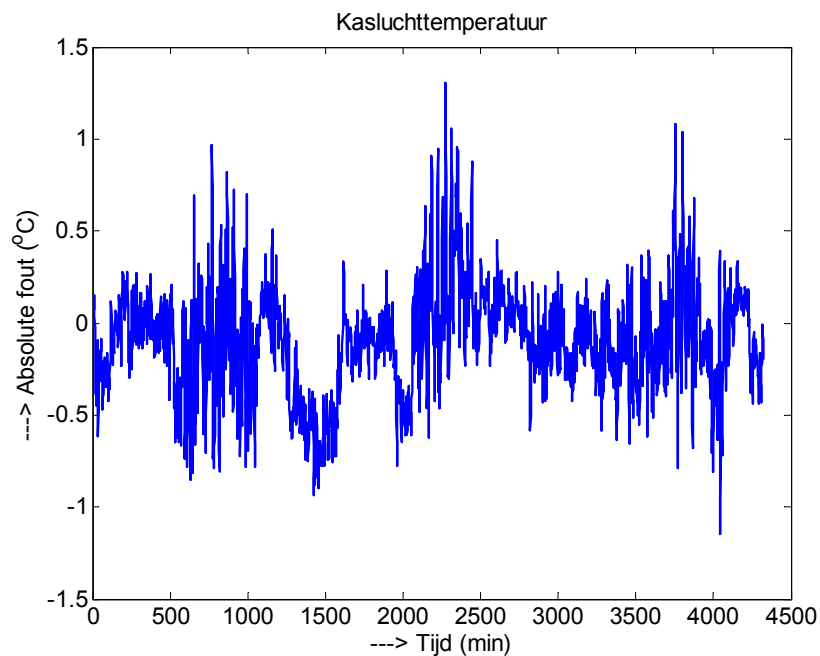
7.9 Meet sessie 2, bedrijf Teler 3

De gemeten en referentie kasluchttemperatuur zijn weergegeven in figuur 7.9.1.

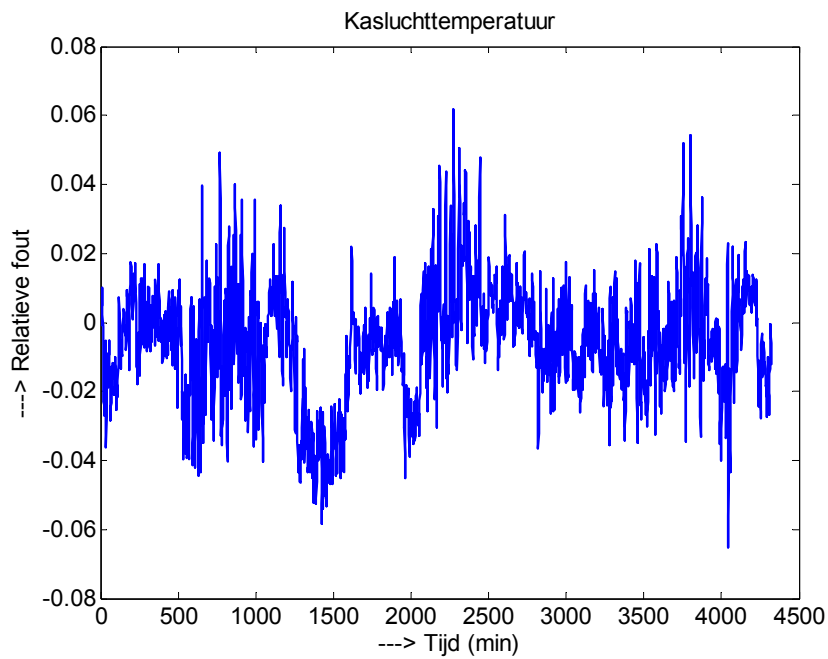


Figuur 7.9.1 Kasluchttemperatuur

De absolute en relatieve fout van de gemeten kastemperatuur en referentietemperatuur zijn gegeven in figuur 7.9.2 en 7.9.3.



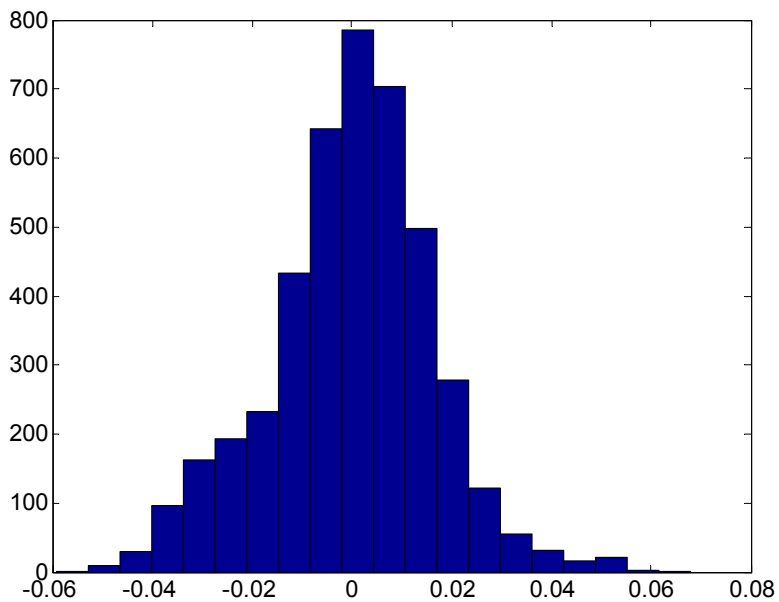
Figuur 7.9.2 Absolute fout kasluchttemperatuur



Figuur 7.9.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur

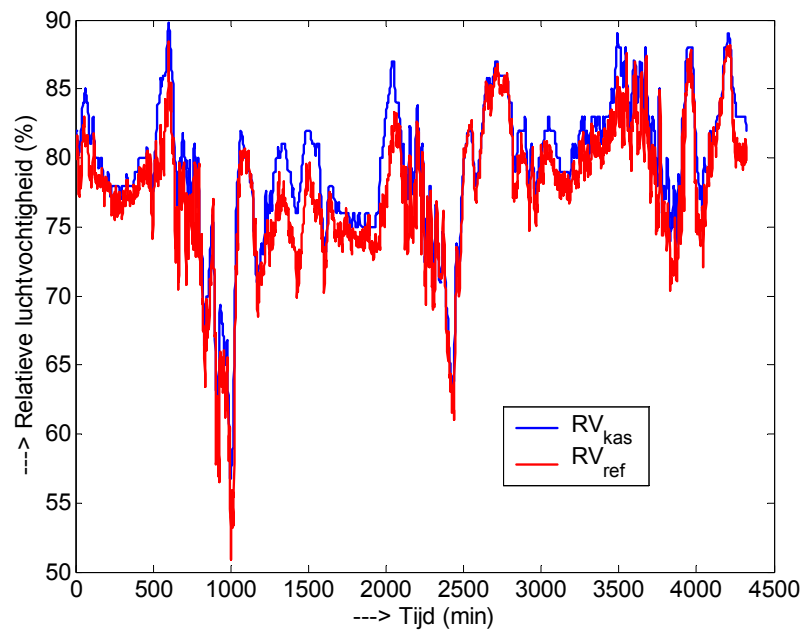
Het gemiddelde van de absolute fout is -0.0977 ($^{\circ}\text{C}$) en de standaarddeviatie is 0.2890 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0060 (-0.6%), met een standaarddeviatie van 0.0165 (1.6%).

De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is gegeven in figuur 7.9.4.



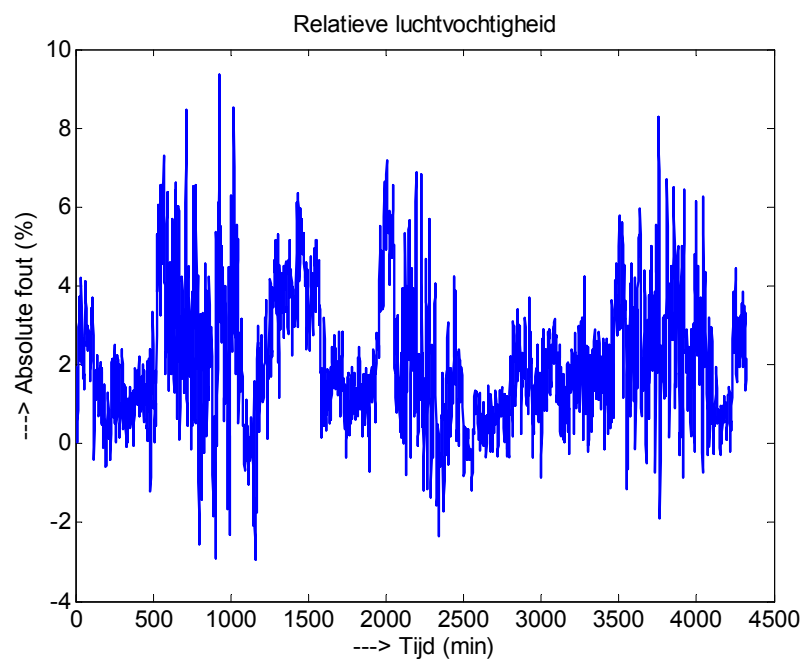
Figuur 7.9.4 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur

De relatieve luchtvochtigheid in de kas en de referentieluchtvochtigheid zijn weergegeven in figuur 7.9.5.

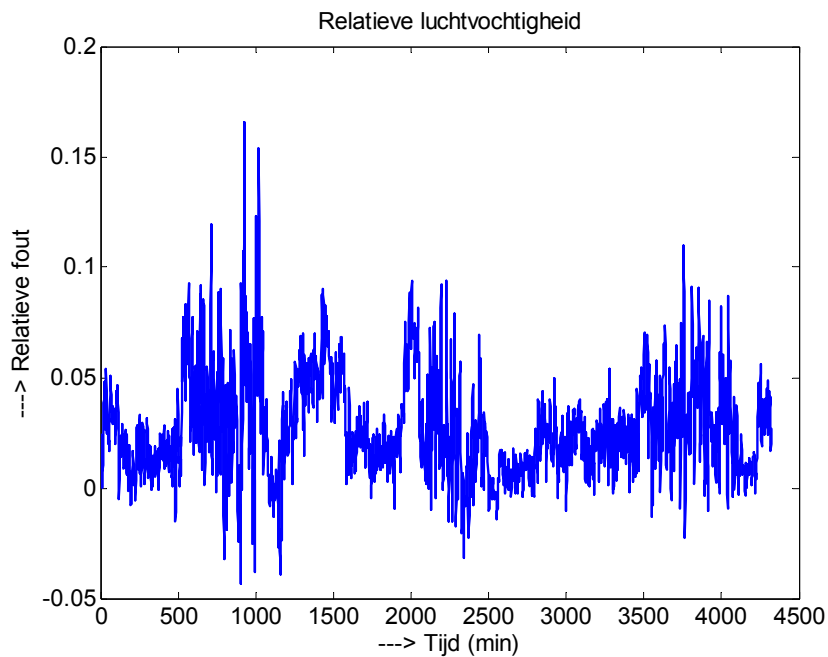


Figuur 7.9.5 Relatieve luchtvochtigheid

De absolute en relatieve fout in de luchtvochtigheid zijn weergegeven in figuur 7.9.6 en 7.9.7.

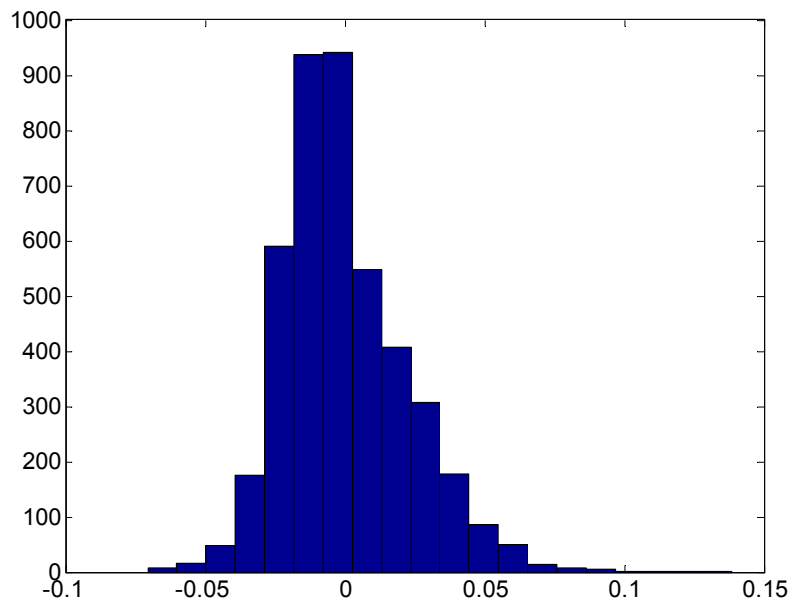


Figuur 7.9.6 Absolute fout in de relatieve luchtvochtigheid



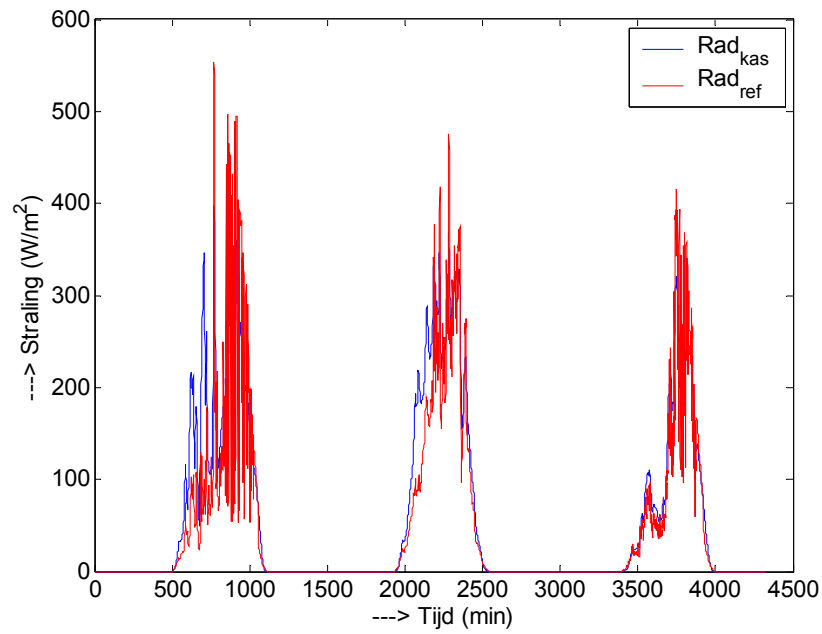
Figuur 7.9.7. De relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid

Het gemiddelde van de absolute fout van de luchtvochtigheid is 2.0661 (%), met een standaarddeviatie van 1.6397 (%). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0272 (2.7%), met een standaarddeviatie van 0.0224 (2.2%). De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is gegeven in figuur 7.9.8.



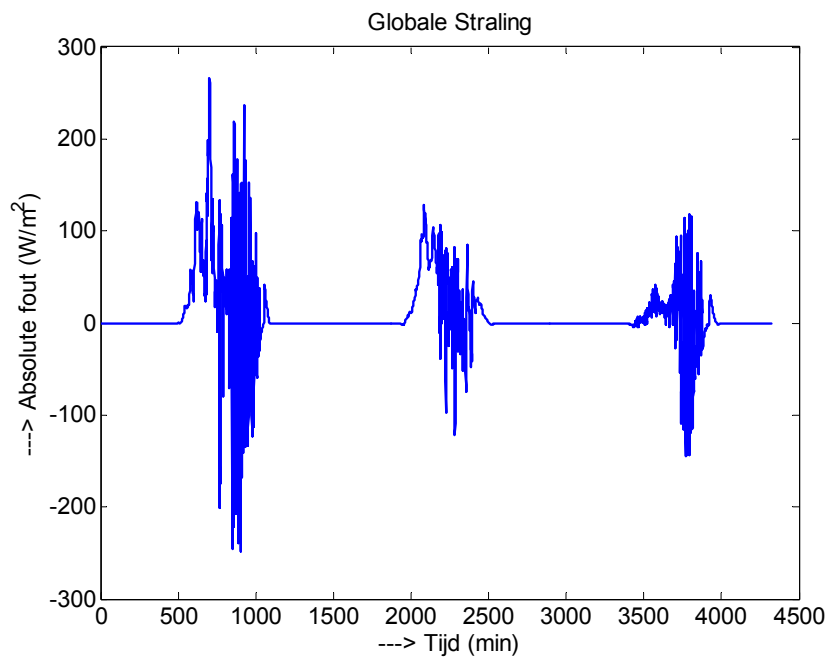
Figuur 7.9.8 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

De gemeten globale straling en de referentiemeting zijn gegeven figuur 7.9.9.

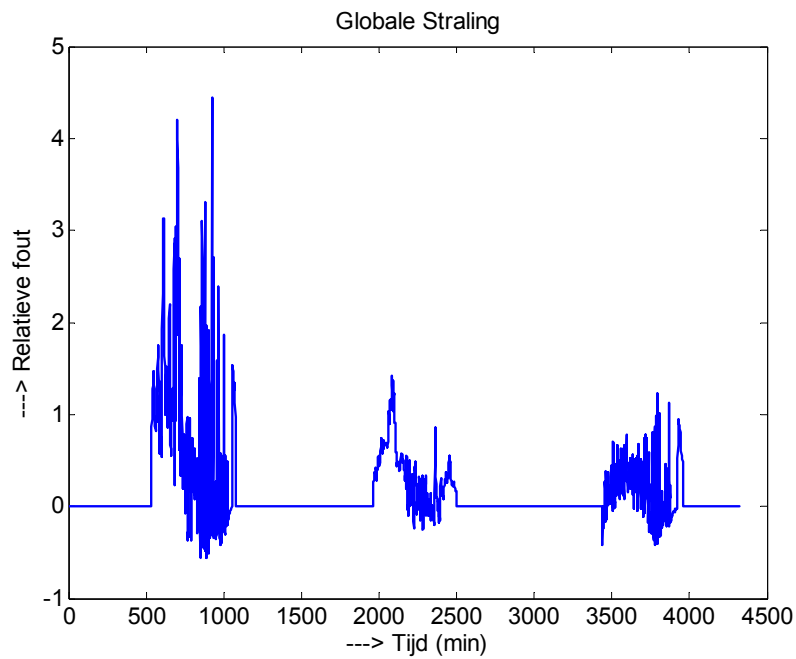


Figuur 7.9.9 Globale straling

De absolute en relatieve fout van de gemeten straling zijn weergegeven in figuur 7.9.10 en 7.9.11.

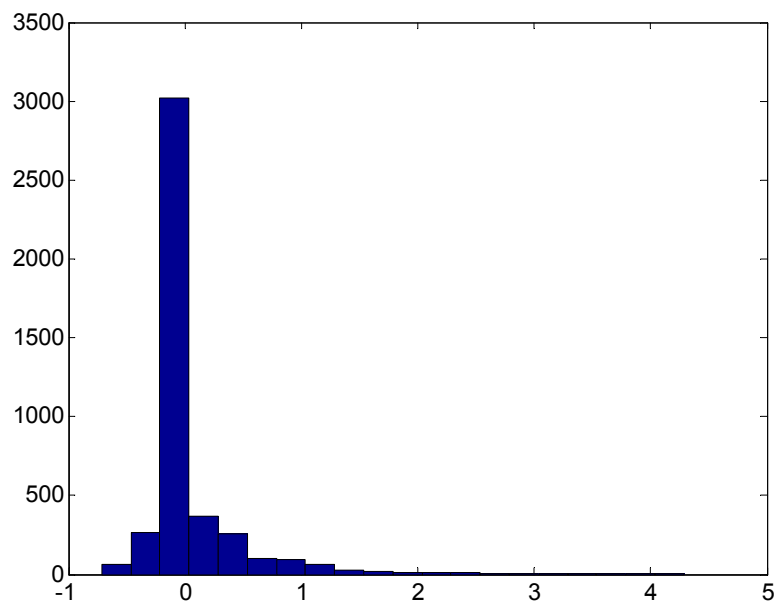


Figuur 7.9.10 Absolute fout in de gemeten globale straling



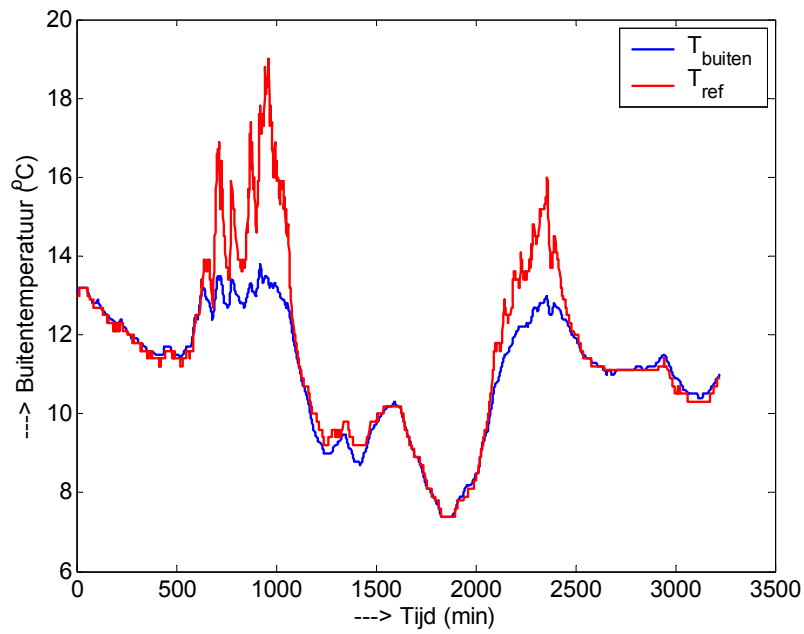
Figuur 7.9.11 Relatieve fout in de gemeten globale straling

Het gemiddelde van de absolute fout is $7.3362 \text{ (W/m}^2\text{)}$, met een standaarddeviatie van $40.1792 \text{ (W/m}^2\text{)}$. Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.1594 (15.9\%) , met een standaarddeviatie van 0.4445 (44.5\%) . De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.9.12.



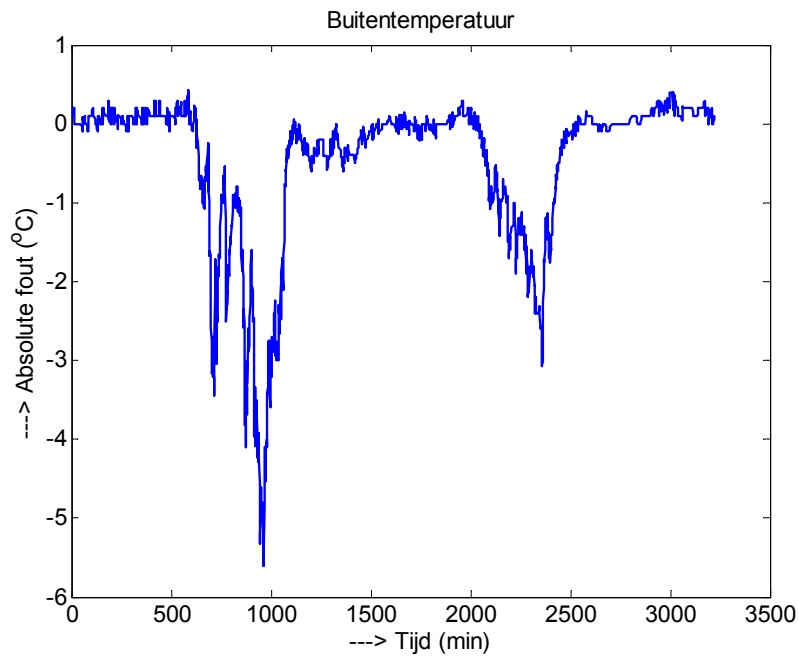
Figuur 7.9.12 Verdeling relatieve fout in de gemeten globale straling

De gemeten buitentemperatuur en de referentietemperatuur zijn gegeven in figuur 7.9.13.

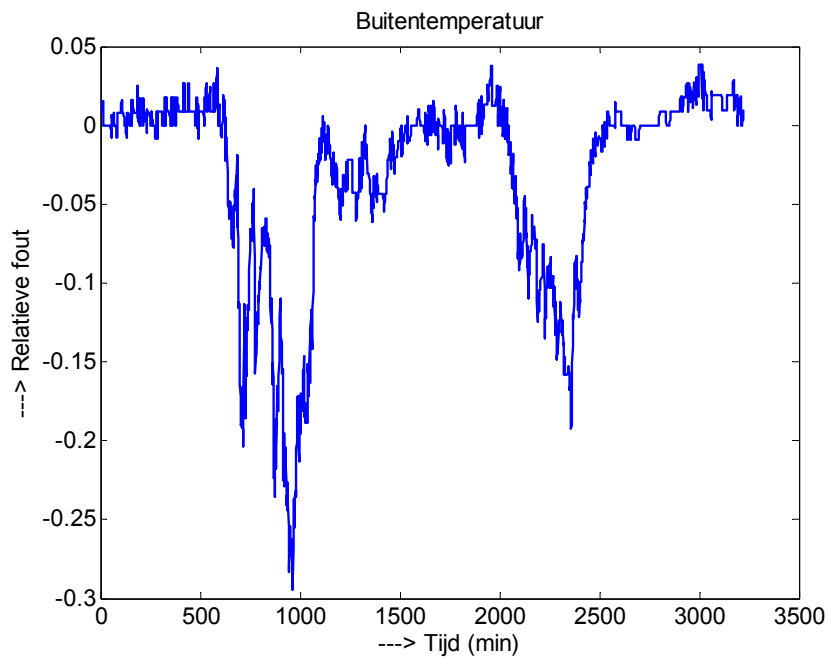


Figuur 7.9.13 Buitentemperatuur

De absolute en relatieve fout zijn gegeven in figuur 7.9.14 en 7.9.15.

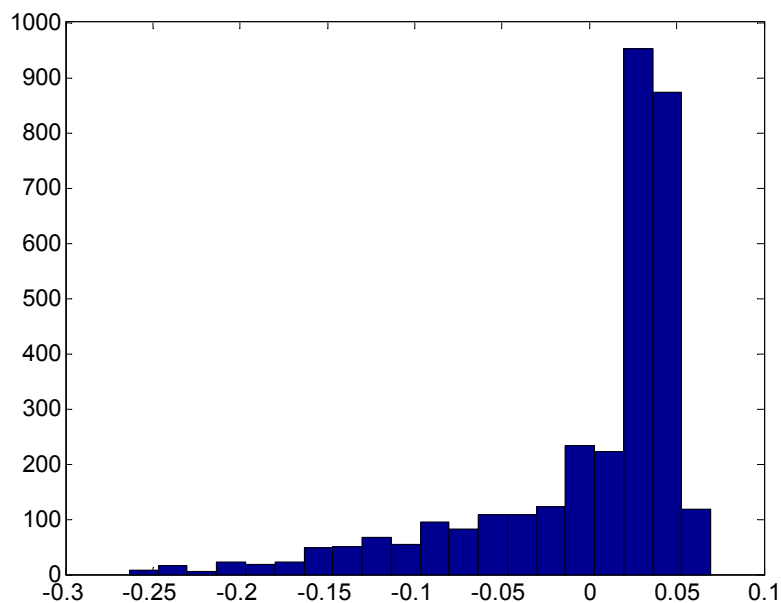


Figuur 7.9.14 Absolute fout buitentemperatuur



Figuur 7.9.15 Relatieve fout buitentemperatuur

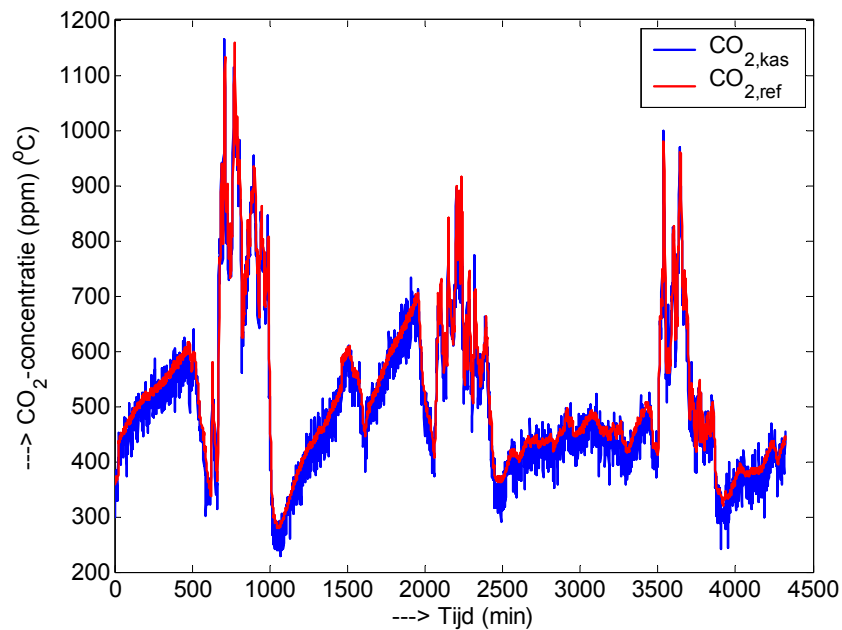
Het gemiddelde van de absolute fout is -0.4689 ($^{\circ}\text{C}$), met een standaarddeviatie van 0.9820 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0314 (3.1%), met een standaardverdeling van 0.0618 (6.2%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.9.16.



Figuur 7.9.16 Verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

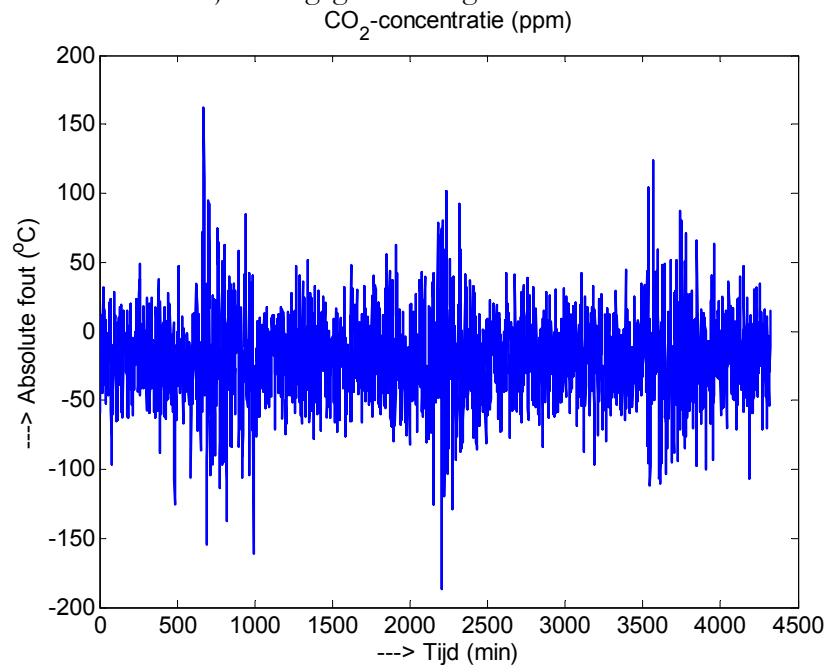
De verdeling is erg scheef, negatieve afwijking t.o.v. de referentiemeting komen veel meer voor dan positieve afwijkingen.

De gemeten en referentie CO₂-concentratie zijn gegeven in figuur 7.9.17.

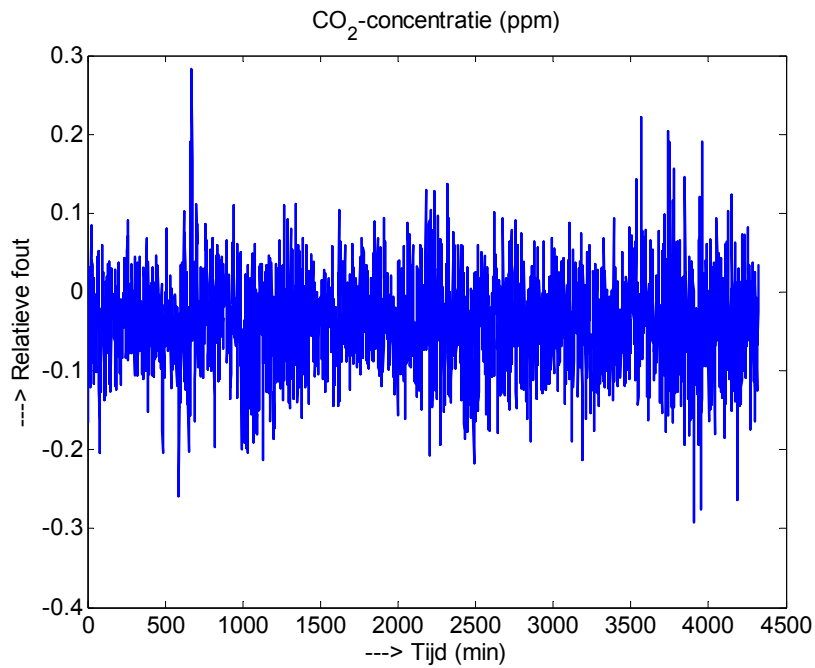


Figuur 7.9.17 CO₂-concentratie

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in figuur 7.9.18 en 3.29.19.

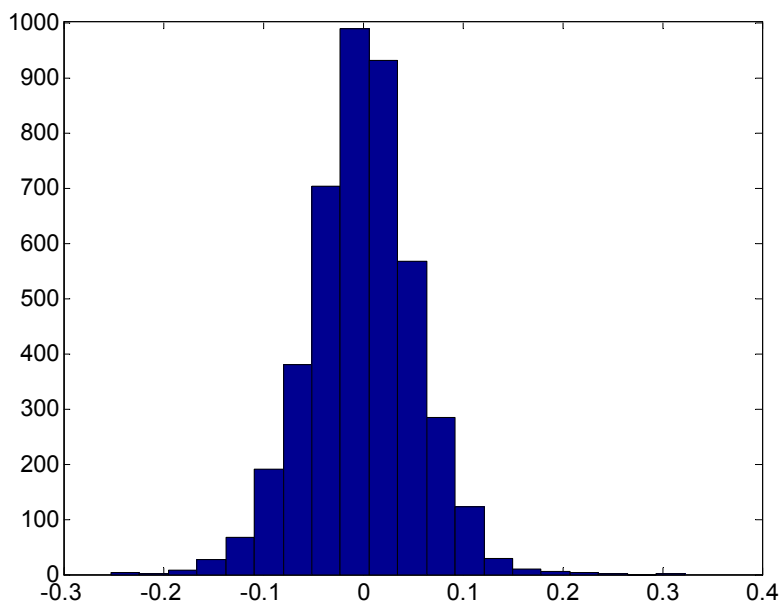


Figuur 7.9.18 Absolute fout in de gemeten CO₂-concentratie



Figuur 7.9.19 Relatieve fout in de gemeten CO₂-concentratie

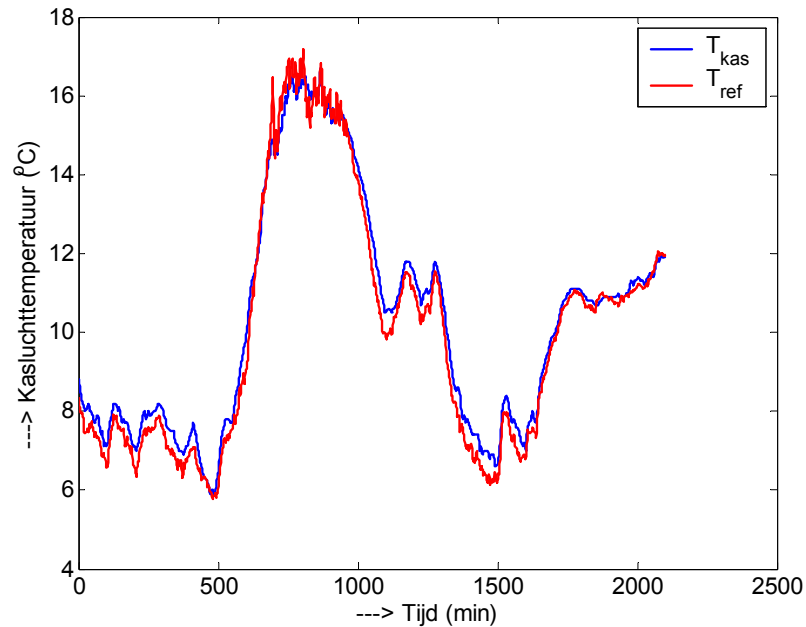
Het gemiddelde van de absolute fout is -19.5950 (ppm), met een standaardafwijking van 27.7778 (ppm). Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0399 (4%), met een standaardafwijking van 0.0536 (5.4%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.9.20.



Figuur 7.9.20 Verdeling relatieve fout in de gemeten CO₂-concentratie

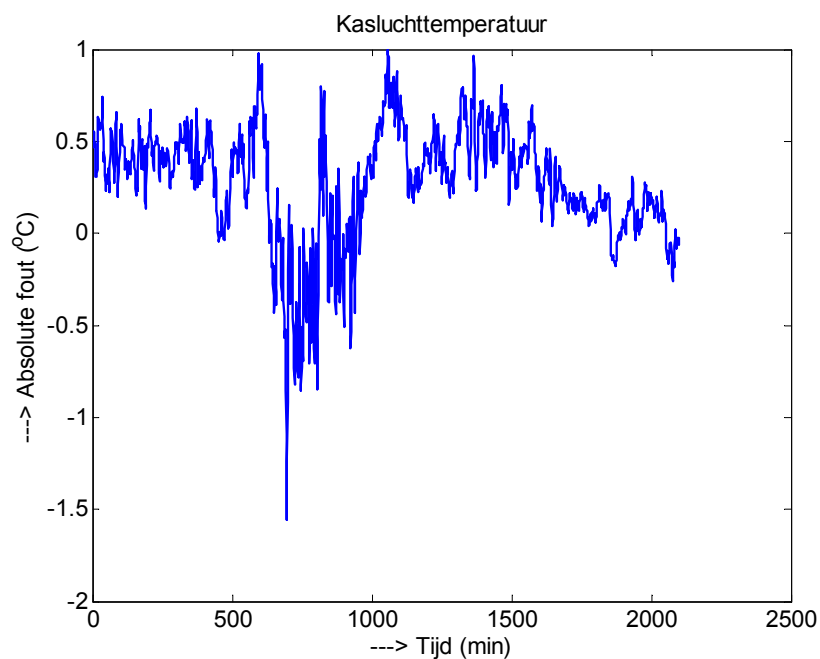
7.10 Meet sessie 2, bedrijf Teler 4

Evenals in de eerste meet sessie, blijkt ook in deze tweede sessie een tijdsverschuiving te bestaan tussen de metingen van de tuinder en de referentiemetingen. Ook in deze tweede sessie blijkt de tijdsverschuiving 46 minuten te zijn. De gemeten kasluchttemperatuur en de referentiemetingen zijn weergegeven in figuur 7.10.1.

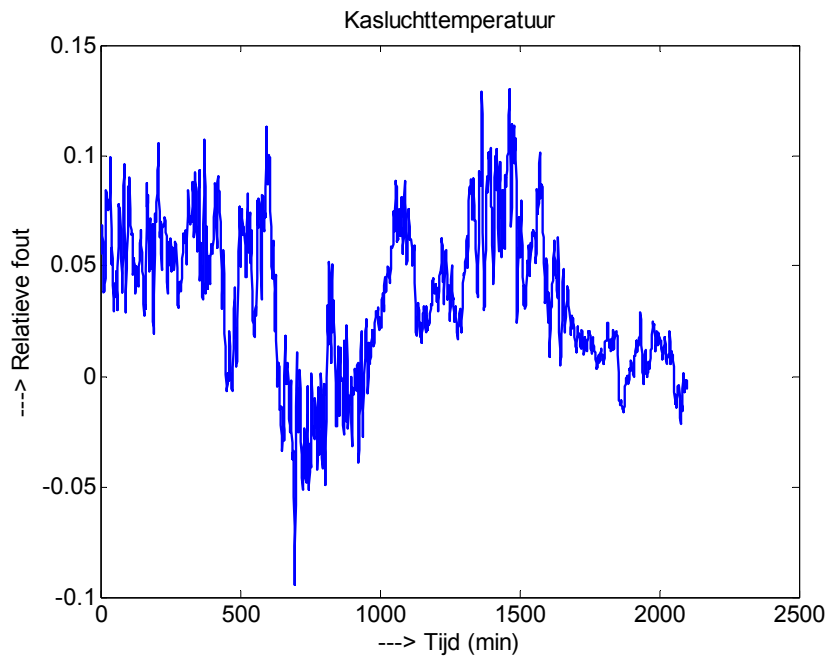


Figuur 7.10.1 Kasluchttemperatuur

De absolute en relatieve fout van de kasluchttemperatuur zijn hierna weergegeven.

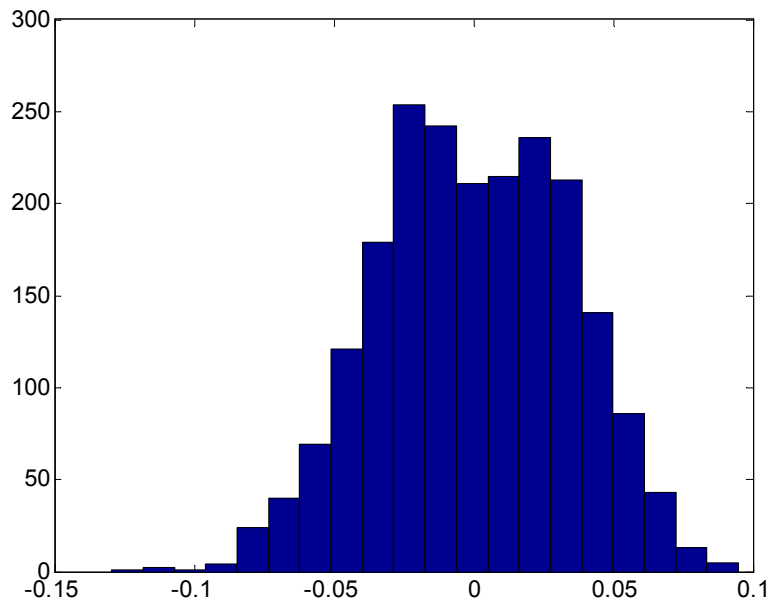


Figuur 7.10.2 Absolute fout kasluchttemperatuur



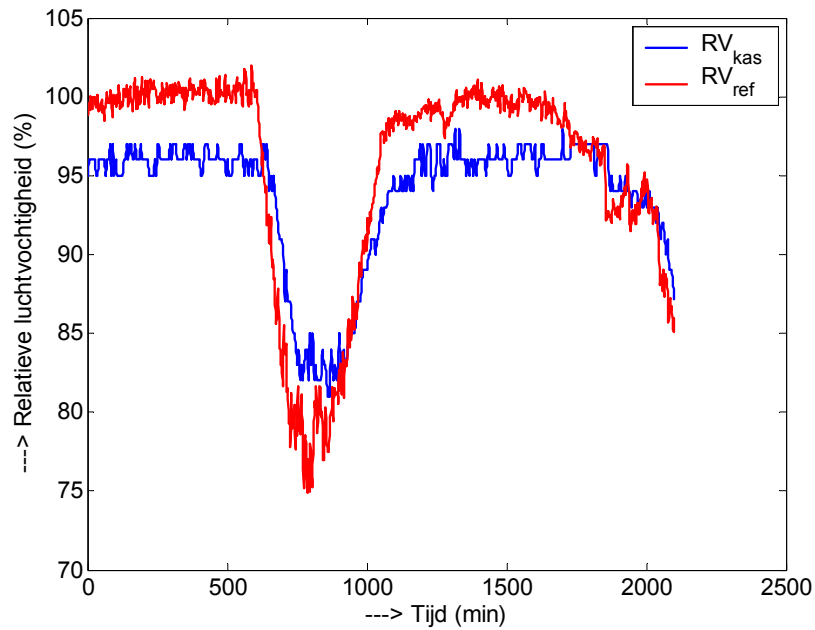
Figuur 7.10.3 Relatieve fout kasluchttemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is 0.2732 ($^{\circ}\text{C}$), met een standaarddeviatie van 0.3125 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0350 (3.5%), met een standaarddeviatie van 0.0344 (3.4%). De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is gegeven in figuur 7.10.4:



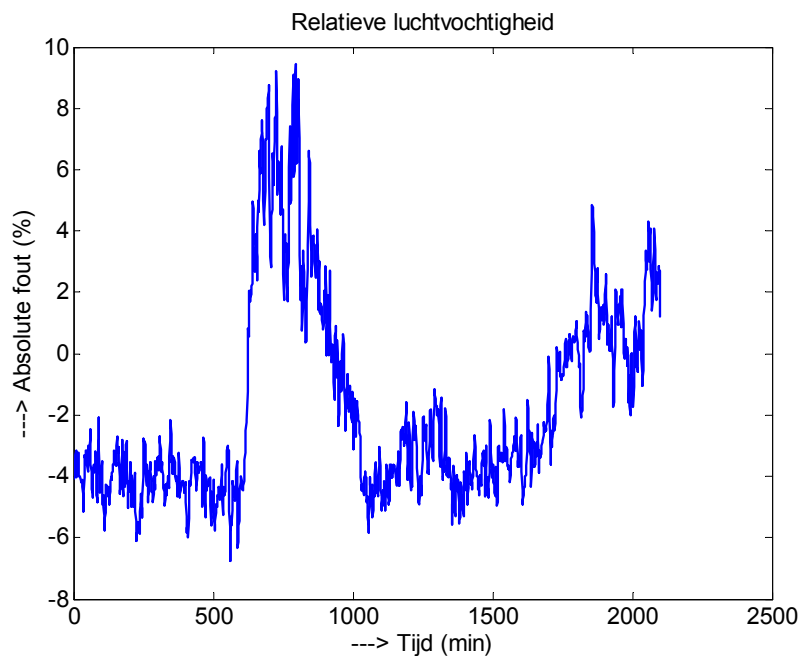
Figuur 7.10.4 Verdeling van de relatieve fout kasluchttemperatuur

De gemeten relatieve luchtvochtigheid en de referentieluchtvochtigheid zijn weergegeven in figuur 7.10.5.

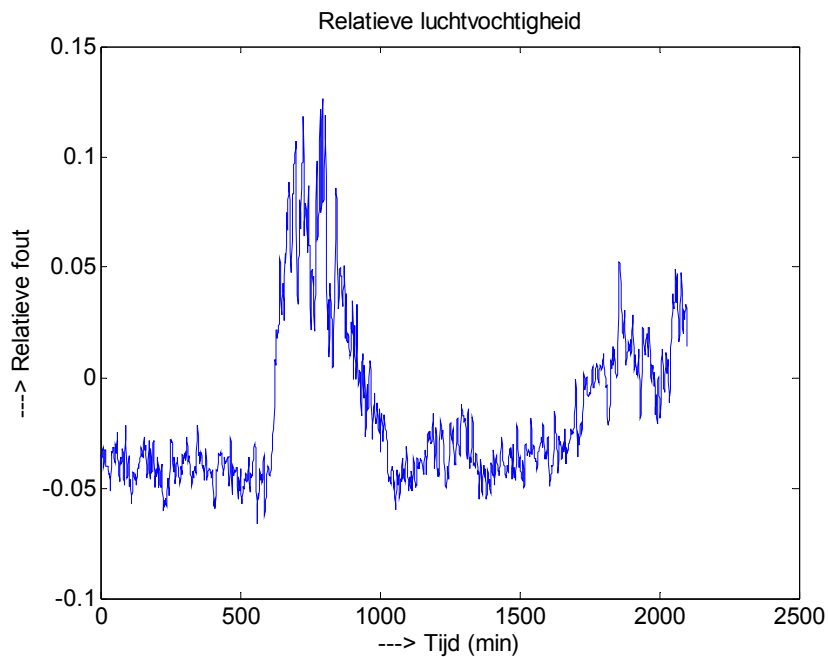


Figuur 7.10.5 Relatieve luchtvochtigheid

De absolute en relatieve fout tussen gemeten luchtvochtigheid en referentiemeting is weergegeven in figuur 7.10.6 en 7.10.7.

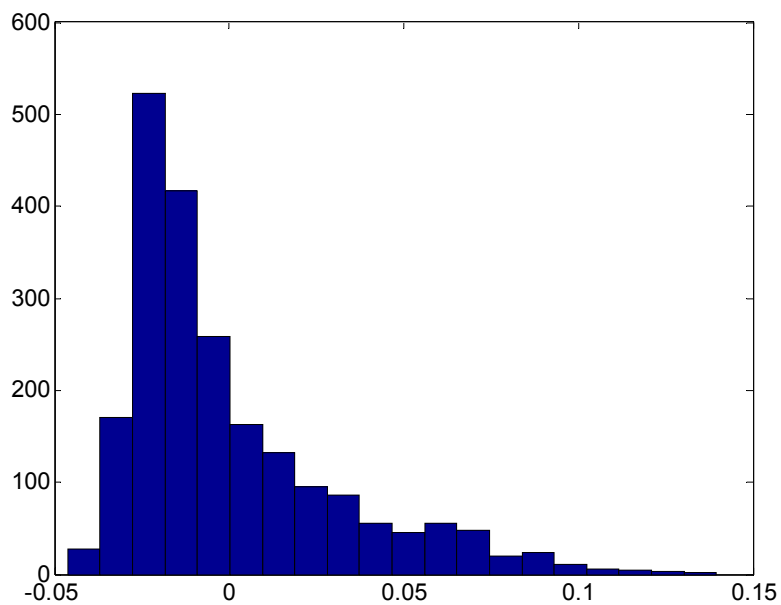


Figuur 7.10.6 Absolute fout in de relatieve luchtvochtigheid



Figuur 7.10.7. De relatieve fout in de relatieve luchtvochtigheid

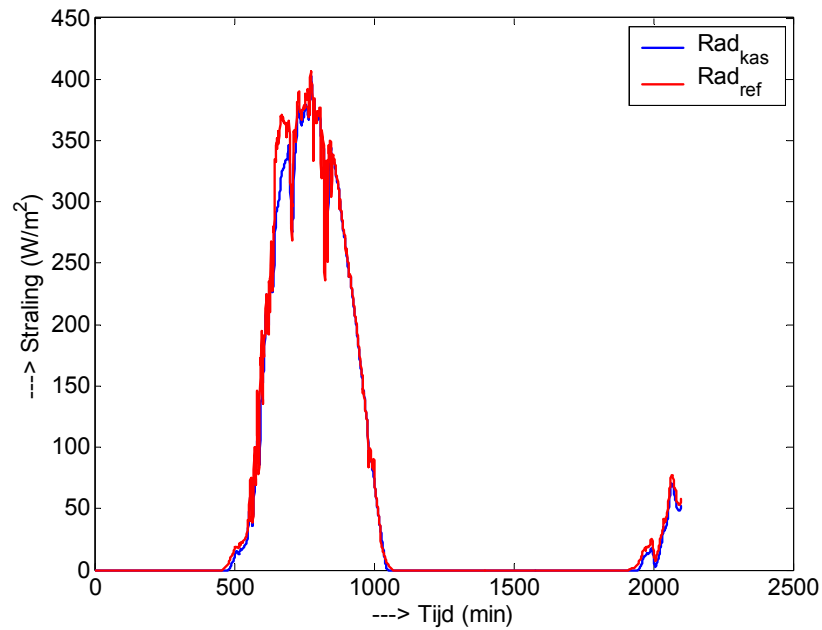
Het gemiddelde van de absolute fout is -1.9762% , met een standaarddeviatie van 2.7814% . Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0188 (1.9%), met een standaarddeviatie van 0.0307 (3.1%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.10.8.



Figuur 7.10.8 De verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

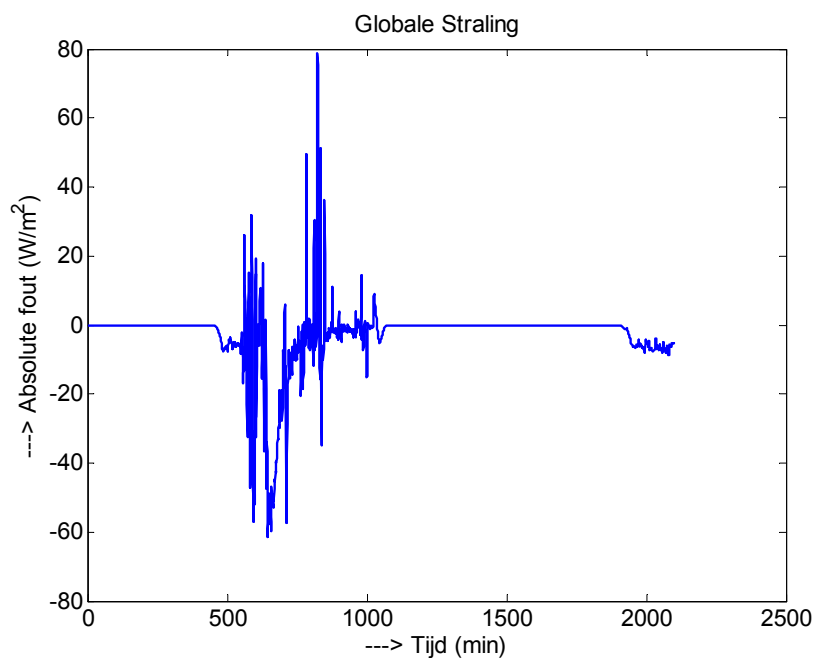
De verdeling is erg scheef, waardoor het gemiddelde verkeerd wordt geschat en ook positieve afwijkingen kunnen groter zijn dan negatieve.

De gemeten straling en de referentie straling zijn gegeven in figuur 7.10.9.

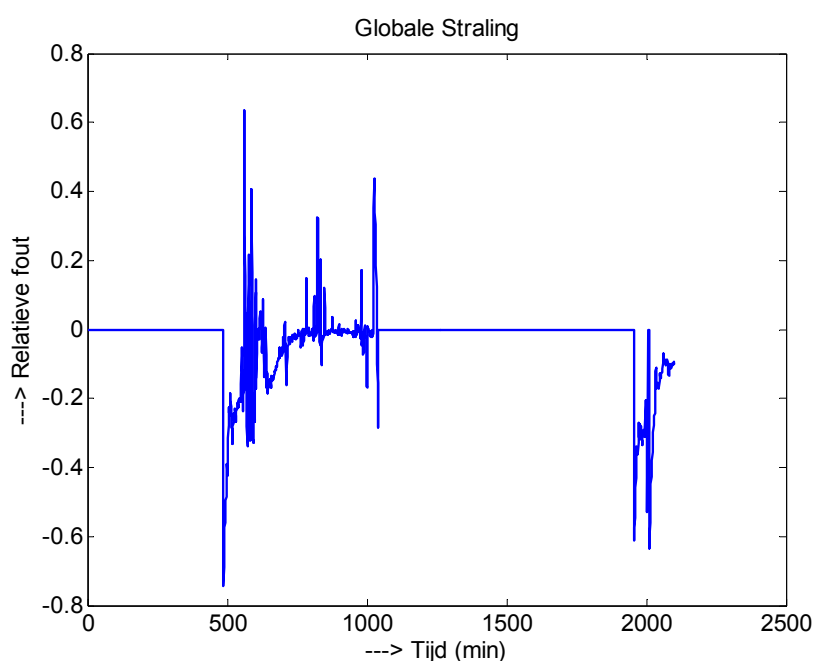


Figuur 7.10.9 Globale straling

De absolute en relatieve fout tussen de gemeten straling en het referentie signaal zijn gegeven in figuur 7.10.10 en 7.10.11.

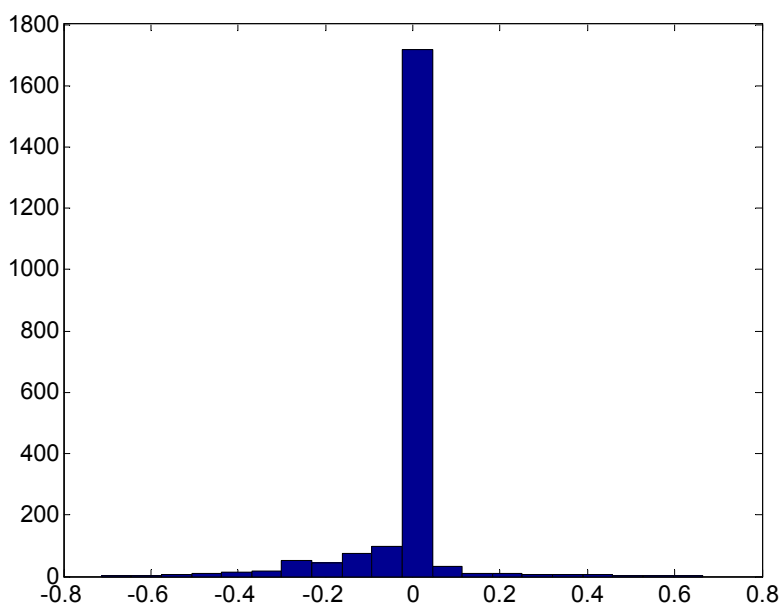


Figuur 7.10.10 Absolute fout in de gemeten globale straling



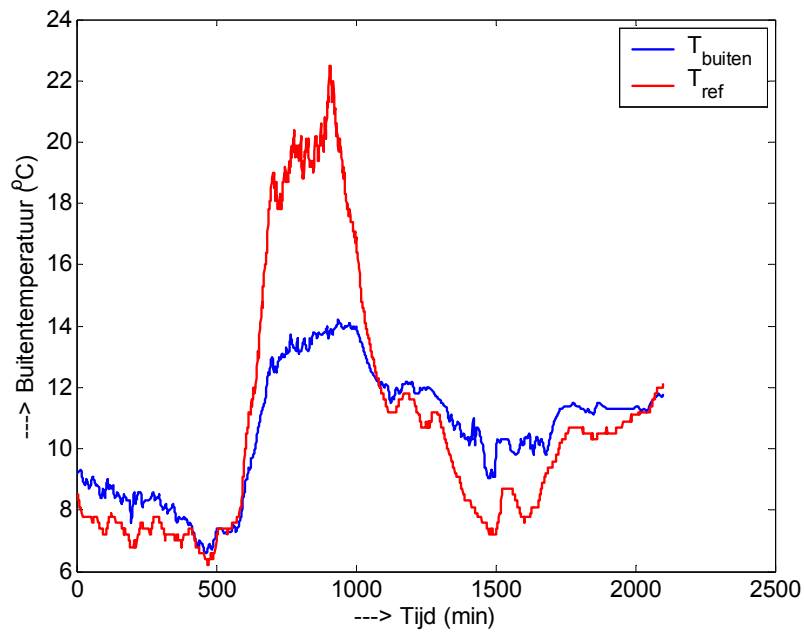
Figuur 7.10.11 Relatieve fout in de gemeten globale straling

Het gemiddelde van de absolute fout is $-2.7065 \text{ (W/m}^2\text{)}$, met een standaarddeviatie van $9.6794 \text{ (W/m}^2\text{)}$. Het gemiddelde van de relatieve fout is -0.0306 (3.1\%) , met een standaarddeviatie van 0.1028 (10.3\%) . De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.10.12.



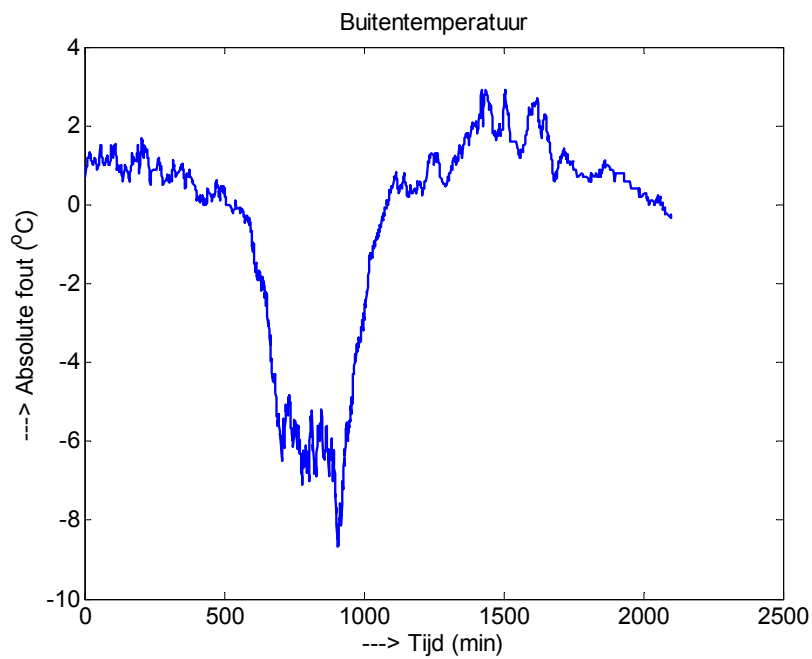
Figuur 7.10.12 Verdeling relatieve fout in de gemeten globale straling

De gemeten buitentemperatuur en de referentietemperatuur zijn gegeven in figuur 7.10.13.

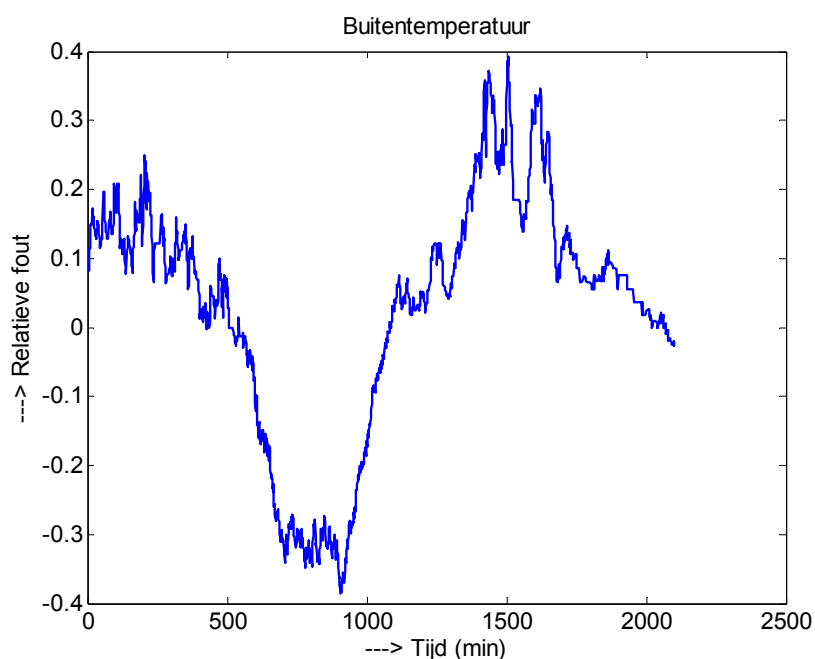


Figuur 7.10.13 Buitentemperatuur

De absolute en relatieve fout zijn weergegeven in figuur 7.10.14 en 7.10.15.

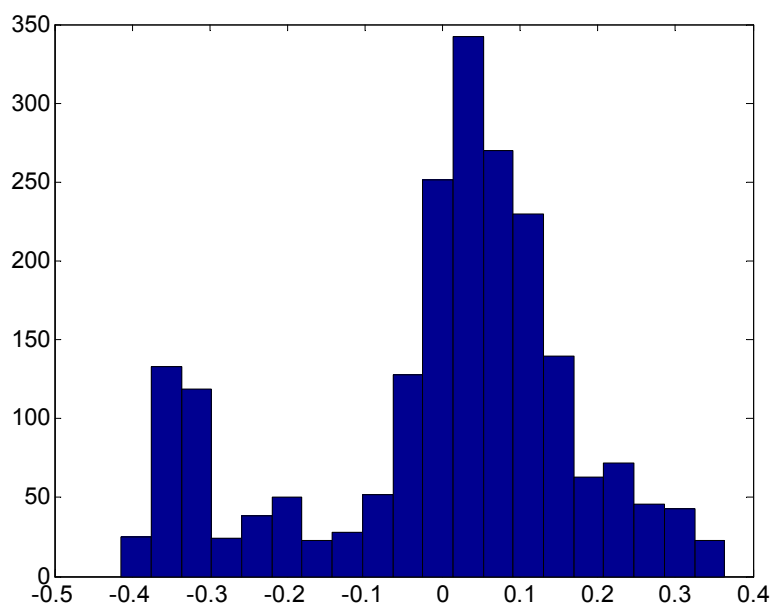


Figuur 7.10.14 Absolute fout buitentemperatuur



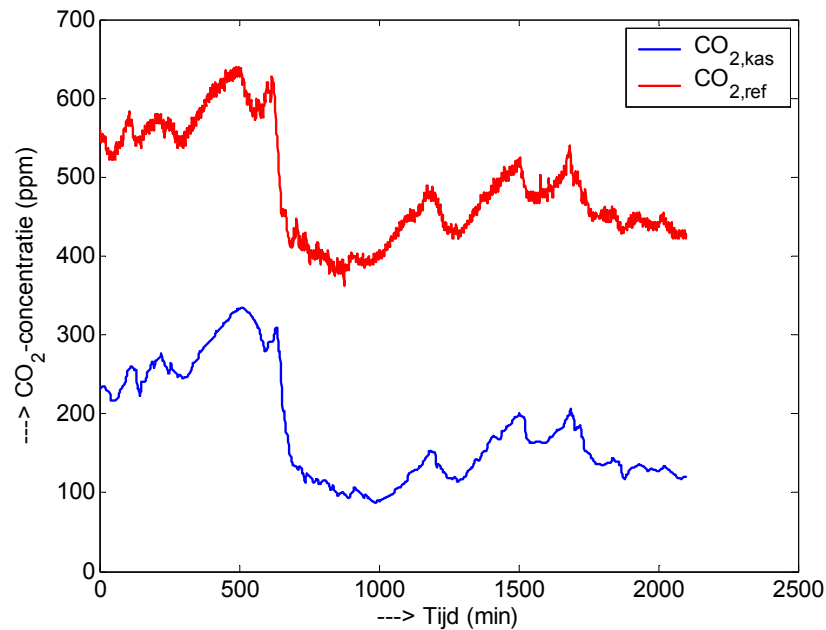
Figuur 7.10.15 Relatieve fout buitentemperatuur

Het gemiddelde van de absolute fout is -0.3137 ($^{\circ}\text{C}$), met een standaarddeviatie van 2.5701 ($^{\circ}\text{C}$). Het gemiddelde van de relatieve fout is 0.0285 (2.9%), met een standaarddeviatie van 0.1741 (17.4%). De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.10.16.



Figuur 7.10.16 Verdeling van de relatieve fout van de buitentemperatuur

De gemeten en referentie CO₂-concentratie is gegeven door:



Figuur 7.10.17 CO₂-concentratie

Gelet op het grote verschil is hier verder geen gebruik van gemaakt.

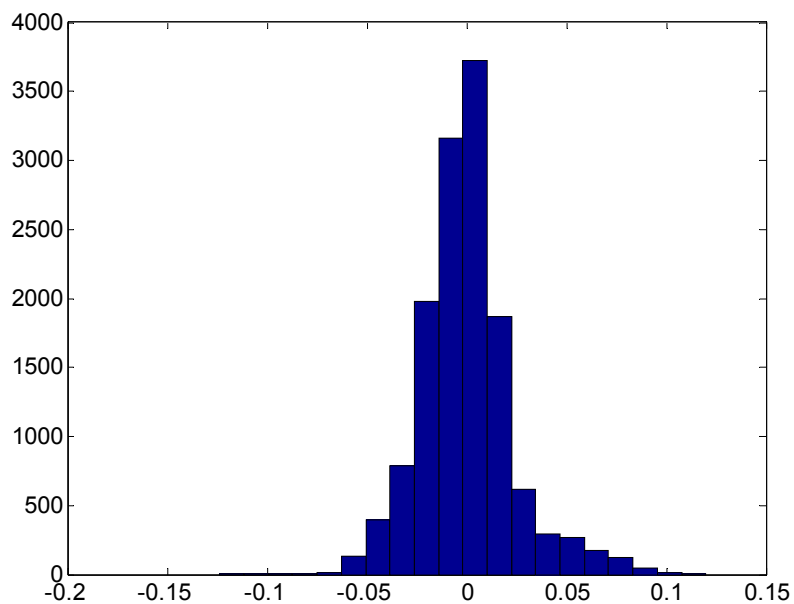
7.11 Samenvatting meetsessie 2

In onderstaande tabellen zijn de metingen bij de verschillende bedrijven samengevat in termen van gemiddelden en standaarddeviaties van de absolute fout en de relatieve fout. Tevens is aangegeven of de verdeling van de relatieve fout enigszins op een normale verdeling lijkt.

Kastemperatuur					
Bedrijf	Absolute fout (°C)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	0.28	0.29	1.5	1.5	+
Teler 2	0.16	0.23	0.8	1.2	+
Teler 3	-0.1	0.29	-0.6	1.6	+
Teler 4	0.27	0.31	3.5	3.4	+
Totaal	0.14	0.33	1.	2.4	+

Tabel 7.11.1 De meetnauwkeurigheid van de kasluchttemperatuur voor de vier bedrijven, meetsessie 2.

De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is weergegeven in onderstaand figuur.

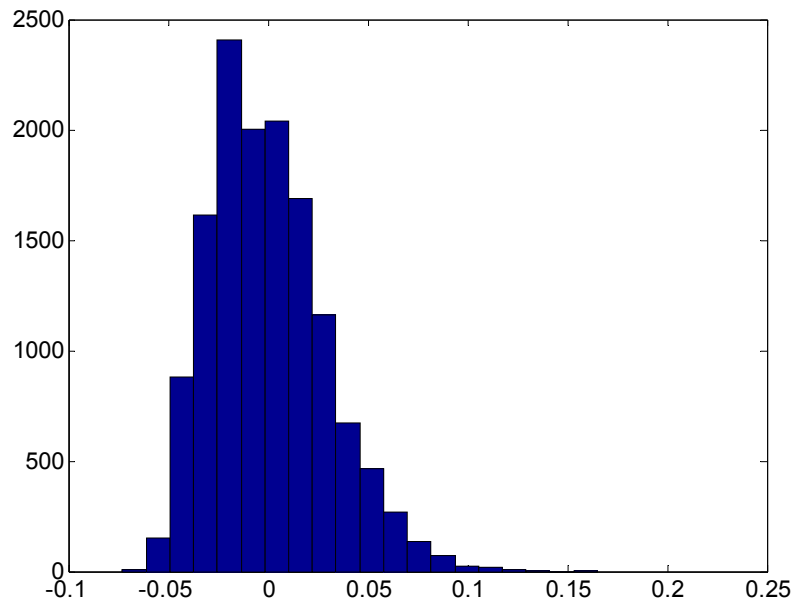


Figuur 7.11.1 Verdeling van de relatieve fout van de kasluchttemperaturen

Relatieve luchtvochtigheid					
Bedrijf	Absolute fout (%)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	-1.34	1.45	-1.5	1.7	+
Teler 2	-0.28	1.20	-0.3	1.6	+
Teler 3	2.07	1.64	2.7	2.2	+
Teler 4	-1.98	2.78	1.9	3.1	+
Totaal	-0.09	2.42	0.08	2.9	+ -

Tabel 7.11.2 De meetnauwkeurigheid van de relatieve luchtvochtigheid voor de vier bedrijven, meetsessie 2.

De verdeling van de relatieve fout, gecorrigeerd voor het gemiddelde is weergegeven in onderstaand figuur.

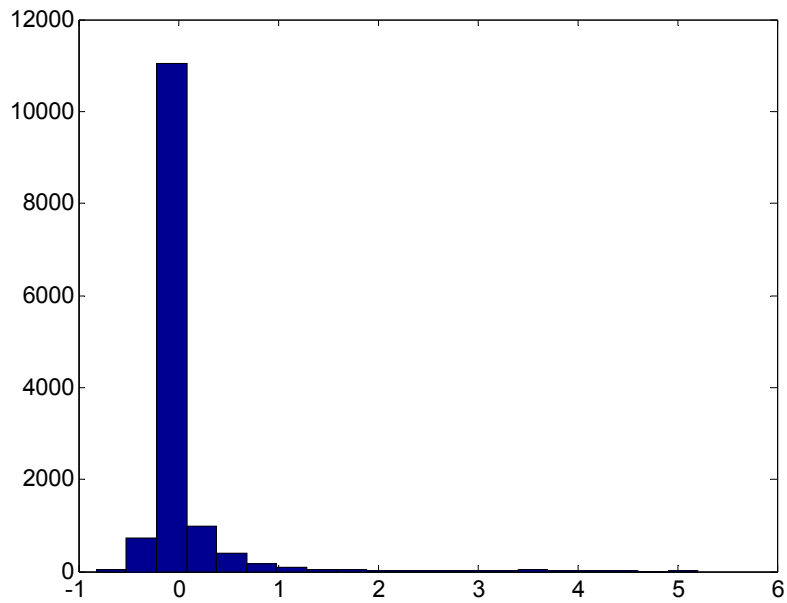


Figuur 7.11.2 Verdeling van de relatieve fout van de relatieve luchtvochtigheid

Globale straling					
Bedrijf	Absolute fout (W/m^2)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	6.9	27.2	13.3	46.8	+
Teler 2	7.2	48.2	21.3	76.7	+ -
Teler 3	7.3	40.2	15.9	44.5	+
Teler 4	-2.7	9.7	-3.1	10.3	+ -
Totaal	3.6	29.3	7.7	36.3	+

Tabel 7.11.3 De meetnauwkeurigheid van de globale straling voor de vier bedrijven, meetsessie 2

De verdeling van de relatieve fout is gegeven door:

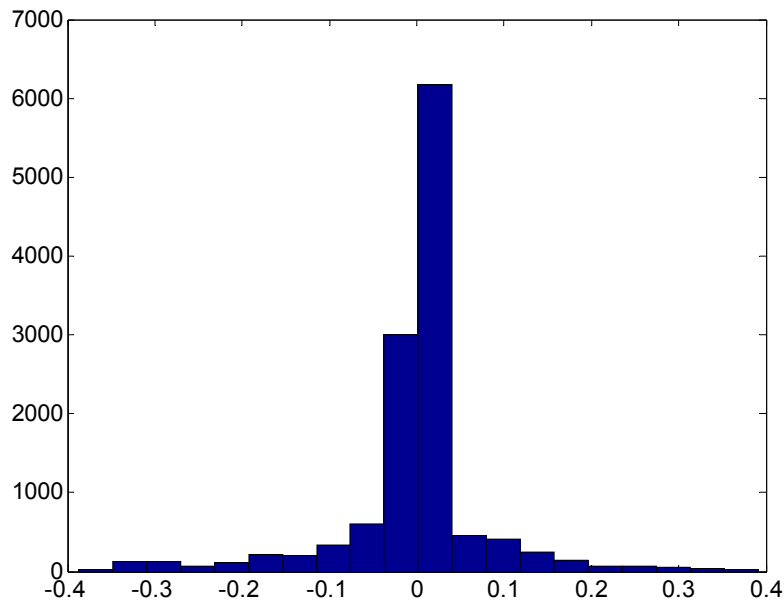


Figuur 7.11.3 Verdeling van de relatieve fout van de globale straling

Buitentemperatuur					
Bedrijf	Absolute fout (°C)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	0.13	0.16	0.94	1.2	+ -
Teler 2	0.01	0.51	0.58	4.8	+ -
Teler 3	-0.47	0.98	3.1	6.2	--
Teler 4	-0.31	2.57	2.9	17.4	--
Totaal	-0.13	1.22	0.13	8.4	+ -

Tabel 7.11.4 De meetnauwkeurigheid van de kasluchttemperatuur voor de vier bedrijven, meetsessie 2.

De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.11.4.

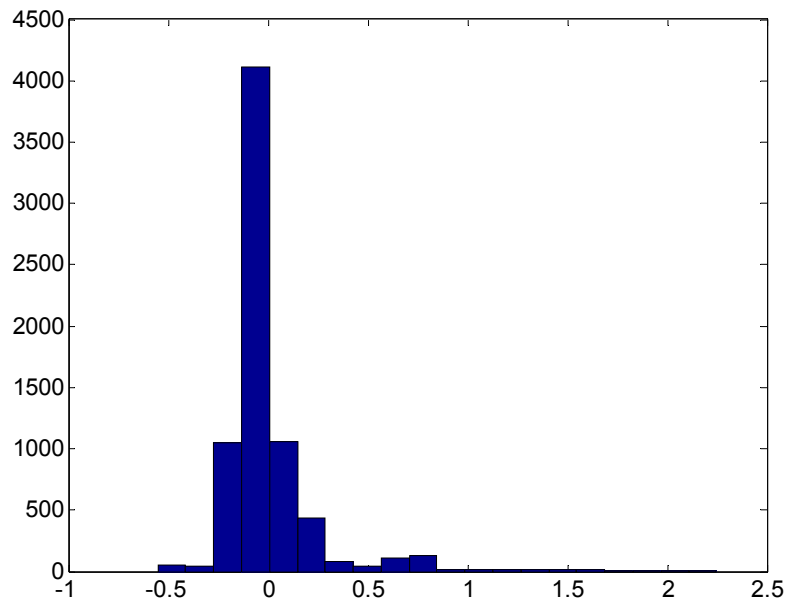


Figuur 7.11.4 Verdeling van de relatieve fout van de globale straling

CO ₂ -concentratie					
Bedrijf	Absolute fout (ppm)		Relatieve fout (%)		
	Gemiddelde	Stand. deviatie	Gemiddelde	Stand. deviatie	Verdeling
Teler 1	--	--	--	--	
Teler 2	76.4	165	16.5	34.4	+ -
Teler 3	-19.6	27.8	4	5.4	++
Teler 4	--	--	--	--	
Totaal	18.79	116.47	4.2	24.3	+

Tabel 7.11.5 De meetnauwkeurigheid van de CO₂-concentratie voor de vier bedrijven, meetsessie

De verdeling van de relatieve fout is gegeven in figuur 7.11.5.



Figuur 7.11.5 Verdeling van de relatieve fout van de CO₂-concentratie