

BEPALING VAN DE OPTREDENDE TEMPERATUREN BIJ TUNNELCOMPOSTERING VAN GEITENMEST

Auteurs:

Dr.ir. R.W. Melse (Wageningen UR Livestock Research)

Ing. G.J. de Sauvage (Sauvage Innovatie)

Drs. H.I.J. Roest (Wageningen UR Centraal Veterinair Instituut)

Datum en versie:

8 juni 2010, eindrapport

Rapportnummer: 10/CVI0280

INHOUD

1	VOORWOORD	- 2 -
2	INLEIDING	- 3 -
2.1	Q-koorts	- 3 -
2.2	Compostering	- 3 -
2.3	Doelstelling en onderzoeksvragen	- 4 -
3	MATERIAAL EN METHODEN	- 5 -
3.1	Beschrijving composteringsinstallatie	- 5 -
3.2	Proef 1: compostering geitenmest (batch 1)	- 9 -
3.3	Proef 2: compostering geitenmest (batch 2)	- 9 -
3.4	Proef 3: compostering mengsel geitenmest (batch 2) en paardenmest	- 10 -
3.4	Proef 4: compostering geitenmest (batch 3)	- 10 -
4	RESULTATEN EN DISCUSSIE	- 12 -
4.1	Proef 1: compostering geitenmest (batch 1)	- 12 -
	<i>Eigenschappen start- en eindmateriaal</i>	- 12 -
	<i>Temperatuurmetingen</i>	- 12 -
4.2	Proef 2: compostering geitenmest (batch 2)	- 16 -
	<i>Eigenschappen start- en eindmateriaal</i>	- 16 -
	<i>Temperatuurmetingen</i>	- 16 -
4.3	Proef 3: compostering mengsel geitenmest (batch 2) en paardenmest	- 21 -
	<i>Eigenschappen start- en eindmateriaal</i>	- 21 -
	<i>Temperatuurmetingen</i>	- 22 -
4.4	Proef 4: compostering geitenmest (batch 3)	- 25 -
	<i>Eigenschappen start- en eindmateriaal</i>	- 25 -
	<i>Temperatuurmetingen</i>	- 25 -
5	SAMENVATTING RESULTATEN EN CONCLUSIES	- 31 -
	<i>Samenvatting resultaten</i>	- 31 -
	<i>Conclusies</i>	- 31 -

1 VOORWOORD

Het risico van het gebruik van met de Q-koorts bacterie besmette mest kan in principe worden ingeperkt door de aanwezige Q-koorts-bacteriën af te doden door de mest voldoende lang aan een bepaalde minimale temperatuur bloot te stellen. Een van de mogelijkheden daarvoor is het industrieel composteren van geitenmest.

Het ministerie van LNV heeft de wens uitgesproken om samen met het bedrijf Fleuren Compost BV (Middelharnis) een proef tot industriële compostering van geitenmest te doen. Fleuren Compost heeft een aantal composteertunnels met geforceerde beluchting in bedrijf om substraat voor de champignonteelt te produceren. Dit substraat wordt geproduceerd door een mengsel van paardenmest, kuikenmest, stro en gips te composteren.

Om de mogelijkheid van het composteren van geitenmest te onderzoeken is bij Fleuren Compost BV een aantal composteringsproeven uitgevoerd op industriële schaal. Het ministerie van LNV heeft aan Wageningen UR (Centraal Veterinair Instituut en WUR Livestock Research) gevraagd om de uitvoering van de proef te begeleiden. Het onderzoek is opgezet en uitgevoerd door Fleuren Compost BV. Roland Melse (WUR Livestock Research) en Hendrik-Jan Roest (Centraal Veterinair Instituut) en Gertus de Sauvage (Sauvage Innovatie) hebben de proef begeleid. We willen Wim Fleuren en Jan Engbers (Fleuren Compost) hartelijk bedanken voor het uitvoeren van de proef, de dataverwerking en de medewerking aan de rapportage.

H.I.J. Roest, projectleider
Wageningen UR

2 INLEIDING

2.1 Q-koorts

Q-koorts bij mens en dier wordt veroorzaakt door de obligaat intracellulaire Gram-negatieve bacterie *Coxiella burnetii*. Q-koorts is een zoönose waarbij dieren, met name landbouwhuisdieren, het reservoir zijn voor ziekte bij de mens. Sinds 2005 worden klinische symptomen van Q-koorts gezien bij Nederlandse melkgeiten en melkschapen in de vorm van abortus. Sinds 2007 worden jaarlijks uitbraken van Q-koorts gezien bij mensen in Nederland. Melkgeiten worden als belangrijkste bron voor Q-koorts bij mensen aangemerkt. Deze hypothese is gebaseerd op de overlap in geografische gebieden waar Q-koorts bij melkgeiten en mensen voorkomt, chronologische opvolging van Q-koorts bij geiten en mensen waarbij eerst gevallen bij geiten worden waargenomen en enkele weken daarna humane gevallen en de op grond van de huidige, nog beperkte, typeringsmethode gevonden genetische overeenkomsten van de *C. burnetii* stammen die bij mensen en geiten worden gevonden.

Abortus is het voornaamste symptoom van Q-koorts bij geiten. Met de geaborteerde vrucht, vruchtvliezen en vruchtwater komen zeer veel Q-koorts-bacteriën in de potstalmest terecht. Ook bij een normale geboorte van met Q-koorts-geïnfecteerde geiten komen Q-koorts-bacteriën in de potstalmest terecht. Deze hoeveelheid is echter wel minder in vergelijking met abortus maar bij grote aantallen normaal aflammerende geiten kunnen toch substantiële hoeveelheden Q-koorts-bacteriën in de potstalmest terecht komen.

Om het aantal humane gevallen van Q-koorts te beperken zijn in juni 2008 maatregelen afgekondigd. Deze bestaan uit een meldingsplicht van Q-koorts bij melkgeiten en melkschapen en uit hygiëne maatregelen. Deze hygiëne maatregelen zijn met name gericht op het voorkomen van transmissie van *C. burnetii* van het bedrijf naar de omgeving. Aangezien mest afkomstig van Q-koorts positieve melkgeiten en melkschapen gecontamineerd is met Q-koorts-bacteriën vormt deze mest een risico als bron voor transmissie naar de mens.

Het risico van besmette mest kan worden ingeperkt door de aanwezige Q-koorts-bacteriën af te doden, door de bacterie voldoende lang aan een bepaalde minimale temperatuur bloot te stellen. Een van de mogelijkheden daarvoor is het industrieel composteren van geitenmest.

2.2 Compostering

Compostering is een bekende methode voor het verwerken van organisch materiaal. Tijdens het composteren wordt organisch materiaal omgezet door hoofdzakelijk aerobe bacteriën, waarbij CO₂ (koolstofdioxide), H₂O (water), NH₃ (ammoniak) en warmte ontstaat. Daarnaast wordt meestal een (kleine) hoeveelheid CH₄ (methaan) en N₂O (lachgas) gevormd.

De voor de afbraak noodzakelijke zuurstof kan op natuurlijke of passieve wijze plaatsvinden (extensieve compostering) of met behulp van geforceerde beluchting (intensieve compostering). In het geval van extensieve compostering stroomt de lucht ten gevolge van de natuurlijke trek (die ontstaat

door opwarming van de lucht in de composthoop), van onder naar boven door de composthoop ('schoorsteen-effect'). Bij intensieve compostering wordt de lucht door de composthoop geblazen of gezogen.

Als gevolg van de warmteproductie kan de temperatuur in het bed hoog oplopen. De temperatuur in het bed hangt enerzijds af van de warmteproductie (afhankelijk van de hoeveelheid en afbreekbaarheid van het organisch materiaal, alsmede van de porositeit van het materiaal) en de warmteafvoer (de afvoer van waterdamp met de lucht).

De afgelopen jaren is de incidentie van Q-koorts bij geiten aanzienlijk toegenomen. Deze dierziekte kan op de mens worden overgedragen. O.a. de mest van besmette geiten is een van de bronnen voor nadere verspreiding van deze ziekte. Het is daarom ongewenst om onbehandelde mest van Q-koortsbesmette bedrijven uit te rijden op bouwland, zoals in de regel wel het geval is bij geitenmest van niet met Q-koorts besmette bedrijven. Zoals gezegd is een warmtebehandeling van de mest, bijvoorbeeld door middel van compostering, mogelijk een geschikte manier om de Q-koorts bacterie af te doden zodat de mest alsnog kan op regulier wijze kan worden aangewend op het land.

2.3 Doelstelling en onderzoeksvragen

Om een oordeel te kunnen geven over de afdodende werking van het composteringsproces moeten de volgende vragen beantwoord worden:

1. Wat is het temperatuursverloop tijdens compostering?
2. Wat is het aantal aanwezige Q-koorts-bacteriën in geitenmest?
3. Wat is de decimale reductietijd van Q-koorts-bacteriën in geitenmest?

Vraag 1 wordt in dit project beantwoord, de vragen 2 en 3 worden beantwoord in het project: 'Overleving van *Coxiella burnetii* in geitenmest'.

Het doel van onderliggend project is dan ook om inzicht te krijgen in de composteerbaarheid van geitenmest en het hiermee samenhangende temperatuursverloop. Bepaald dient te worden welke temperaturen tijdens het composteren van geitenmest worden bereikt om op basis daarvan een inschatting te kunnen maken van de mate waarin eventueel aanwezige Q-koorts bacteriën zullen worden afgedood. Hierbij wordt uitgegaan van grootschalige compostering in een mechanisch geventileerde composteertunnelsysteem. Het onderzoek wordt uitgevoerd met mest van Q-koorts-vrije geitenbedrijven.

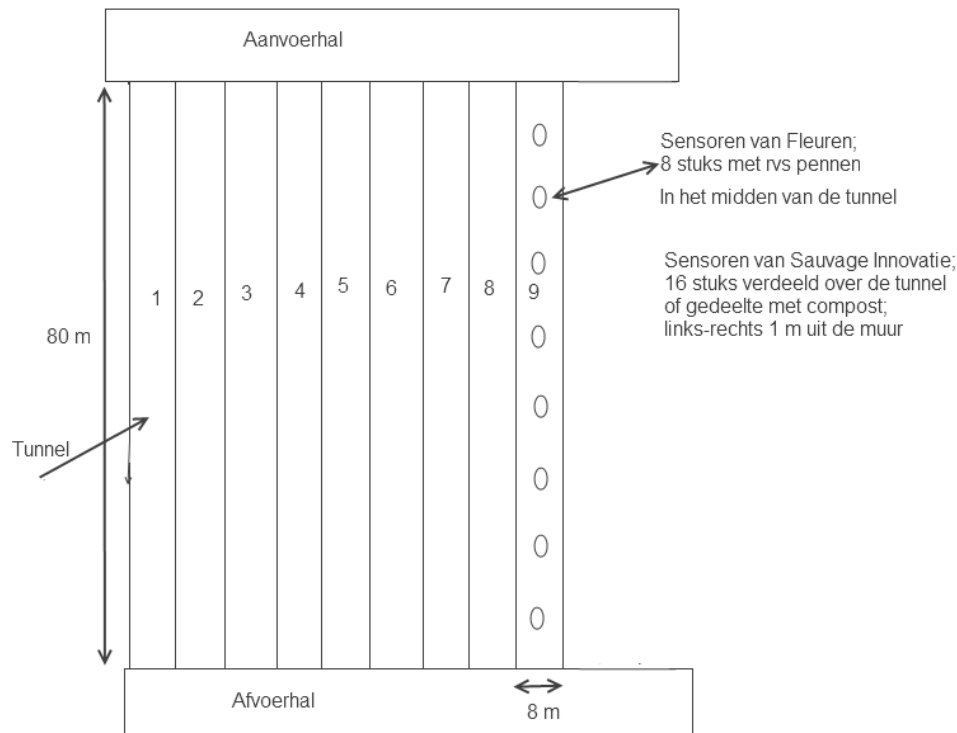
Vragen die hierbij een rol spelen, zijn:

- is geitenmest composteerbaar? zijn hiervoor kwalitatieve kenmerken te benoemen?
- welke temperaturen worden tijdens het composteren gehaald?
- kan het composteringsproces eventueel verbeterd worden?
- worden in de gehele composterende massa gelijke temperaturen behaald, of blijven delen relatief koud?

Het in dit rapport gepresenteerde onderzoek geeft antwoorden op deze vragen.

- 2- De sensoren van Sauvage Innovatie hebben geen vaste plaats in de tunnel. Met een 16-kanaals datalogger worden de thermoresistors gelogd. De sensoren hebben in het verslag de naam S1 t/m S16. 16 stuks totaal. De sensoren van Sauvage Innovatie staan 'los' in de compost; wanneer het compostbed tijdens de proef wat inzakt, zullen ook deze ook zakken.

In Figuur 2 wordt e.e.a. schematisch weergegeven.

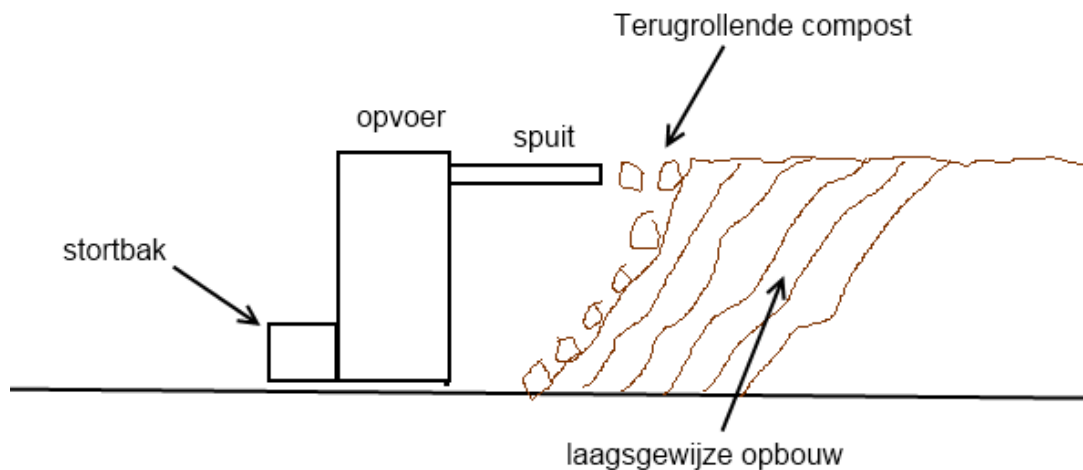


Figuur 2. Schematische weergave van aanvoerhal, afvoerhal en composteringstunnels (bovenaanzicht). Tussen de aan- en afvoerhal bevinden zich 9 tunnels van 80 m lengte en 8 m breedte. Per tunnel hebben 8 temperatuursensoren van Fleuren Compost een vaste plaats. Daarnaast zijn 16 temperatuursensoren (bij een volle tunnel) geplaatst links en rechts in de tunnel. De mobiele sensoren zijn zowel "Hoog" in de compost als "Laag" in de compost gestoken.

Het vullen van een tunnel geitenmest ging als volgt. Het materiaal werd aangereden en in een tunnel opgeslagen. Zodra al het materiaal aanwezig was werd met een shovel het materiaal vanuit de tunnel naar een andere tunnel gereden en aldaar met een apart daarvoor ontwikkelde vulmachine gelijkmatig verdeeld. De vulmachine heeft een stortbak waarin de shovels het materiaal storten. Vanuit de stortbak wordt de compost opgevoerd en steeds op de vulhoogte van de tunnel gespoten. Het materiaal rolt dan terug en mengt op die manier (zie Figuur 3).

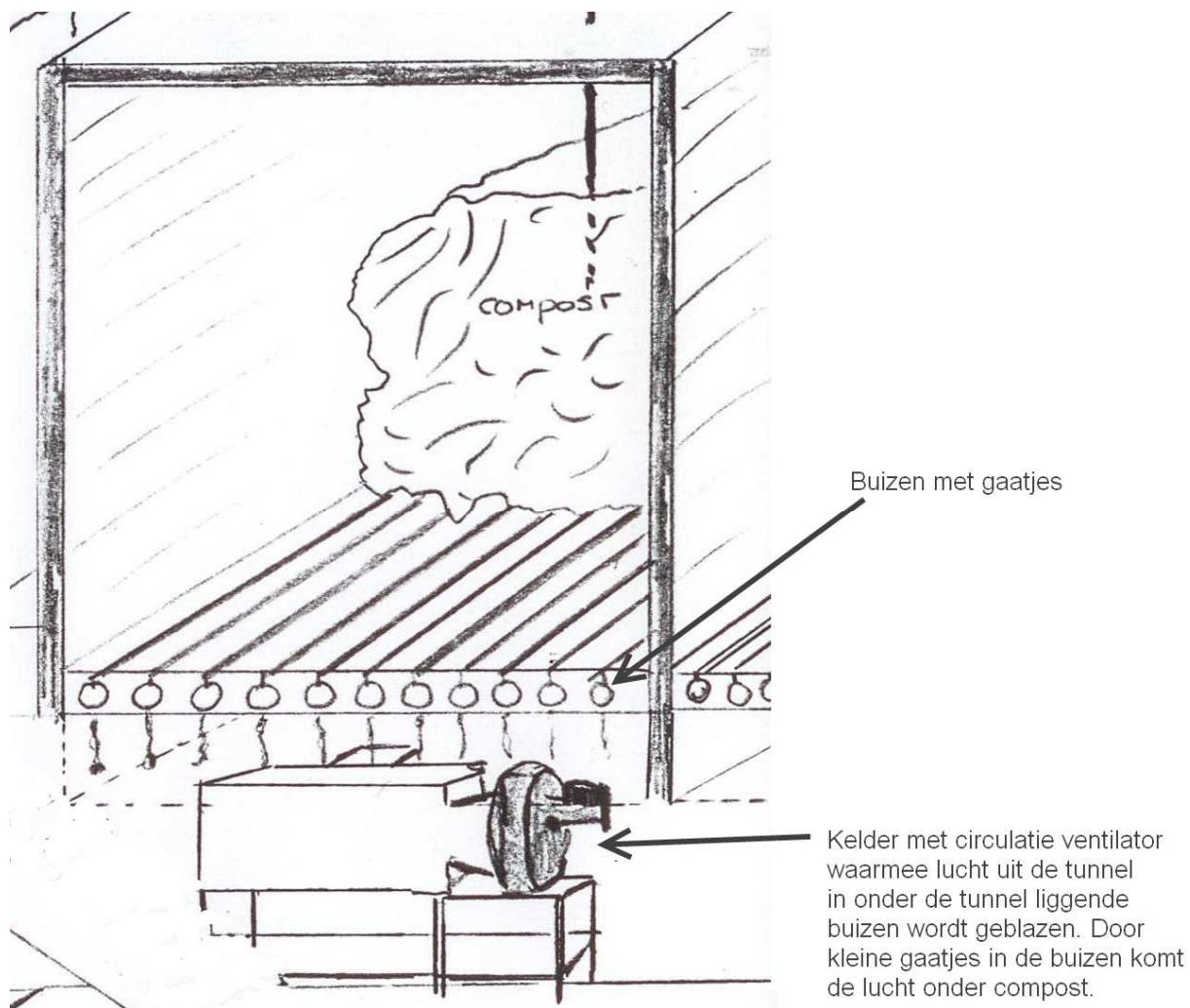
Bij het omtunnelen of omzetten is de vulwijze gelijk aan de vulwijze bij vullen.

Het leeghalen van een tunnel gaat met de shovel. In de regel storten de shovels in een vrachtwagen die het materiaal direct afvoeren.



Figuur 3. Schematische weergave van wijze waarop de composteringstunnel wordt gevuld.

Onderin de kelder staat de circulatie ventilator. Deze ventilator zuigt de lucht uit de tunnel ("retour-lucht") en blaast uit in de planing (druk-kamer). In Figuur 4 wordt dit weergegeven; zichtbaar zijn de buizen die onder de gehele tunnelvloer liggen. De lucht in de planing verdeelt zich over de buizen. Vanuit de buizen komt de lucht middels kleine gaatjes in de vloer van de tunnel onderin de compost. (maximaal 30.000 m³-uur, 4 tot 5 kPa overdruk). De relatief grote overdruk in de planing t.o.v. de druk in de tunnel zorgt voor een gelijkmatige verdeling, ongeacht de hoeveelheid compost die op de compostvloer ligt (de weerstand van de compost is namelijk gering t.o.v. van de weerstand van de gaatjes in de vloer). Op deze wijze kan een niet geheel gevulde tunnel toch goed worden gecomposteerd.



Figuur 4. Schematische van de beluchting van een composteringstunnel (dwarsdoorsnede).

3.2 Proef 1: compostering geitenmest (batch 1)

Het doel van proef 1 was om na te gaan of compostering van geitenmest mogelijk is, zonder bijmenging van toeslagmateriaal. Voor de uitvoering van proef 1 werd 623 ton geitenmest aangevoerd, afkomstig van 3 geitenbedrijven (gelijkelijk verdeeld over de drie bedrijven).

Het materiaal werd visueel beoordeeld en daarnaast werd indicatief de dichtheid en het poriënvolume van het materiaal in duplo bepaald. Dit werd gedaan door een lege emmer met volume V te wegen (M1), de emmer losjes te vullen met het te composteren materiaal, de emmer met inhoud te wegen (M2), water toe te voegen aan het materiaal in de emmer om de lucht te verdrijven, en de emmer met inhoud nogmaals te wegen (M3).

Vervolgens werd de dichtheid van het materiaal berekend als:

$$\text{Dichtheid (kg/liter)} = [M2 - M1 \text{ (kg)}] / V \text{ (liter)}$$

Vervolgens werd de porositeit van het materiaal berekend als:

$$\text{Porositeit (\%)} = [M3 - M2 \text{ (kg)}] \times 1 \text{ liter/kg} / V \text{ (liter)} \times 100\%$$

Vervolgens werd de mest in een van de composteertunnels ingebracht en werd de proef gestart op 8 december 2009. De composteertunnel was over een lengte van 40 meter (m) gevuld met een vulhoogte van 2,5 m. Tijdens de proef werd de temperatuur van alle sensoren continu geregistreerd. Na 6 dagen (op 14 december 2009) is de beluchting gestopt en de proef gestopt. Vervolgens is de mest op 15, 17 en 19 december 2009 uit de tunnel afgevoerd.

Tijdens de compostering is het materiaal niet omgezet (omgetunneld).

Ook nu werd het materiaal visueel beoordeeld en werd indicatief de dichtheid en het poriënvolume van het materiaal bepaald.

3.3 Proef 2: compostering geitenmest (batch 2)

Het doel van proef 2 was om, evenals bij proef 1, na te gaan of compostering van geitenmest mogelijk is, zonder bijmenging van toeslagmateriaal. De reden om naast proef 1 ook proef 2 uit te voeren was om na te gaan in hoeverre kwaliteitsverschil tussen batches een rol kan spelen bij het composteringsproces. Voor de uitvoering van proef 2 werd 1339 ton geitenmest aangevoerd, afkomstig van 2 geitenbedrijven (gelijkelijk verdeeld over de twee bedrijven).

Zowel bij de start als aan het einde van de proef werd het materiaal visueel beoordeeld en werd indicatief de dichtheid en het poriënvolume van het materiaal bepaald, zoals beschreven onder proef 1.

Het materiaal voor proef 2 is op 17 en 18 december aangevoerd en direct uit de vrachtwagens in de tunnel gestort; vervolgens werd de proef op 18 december gestart. De composteertunnel was over een lengte van 70 m gevuld met een vulhoogte van 2,5 m. Tijdens de proef werd de temperatuur van alle sensoren continu geregistreerd. Na 6 dagen (op 22 december 2009) is er omgetunneld met de

speciale vulmachine en is de partij lager gevuld, de vulhoogte was nu 2 meter en de tunnel was over de gehele lengte gevuld. Op 29 december is de proef beëindigd en werd het gecomposteerde materiaal uit de tunnel verwijderd.

De proef bestaat dus uit twee periodes:

- Proef 2a: dag 1 - 5, voor omtunneling
- Proef 2b: dag 5 - 12, na omtunneling

3.4 Proef 3: compostering mengsel geitenmest (batch 2) en paardenmest

Het doel van proef 3 was om na te gaan of de compostering van slechte kwaliteit geitenmest (d.w.z. natte geitenmest met een slechte structuur) mogelijk is door bijmenging van toeslagmateriaal. Voor de uitvoering van proef 3 werd 240 ton geitenmest gebruikt die nog in opslag lag en behoorde tot dezelfde batch (batch 2) die in proef 2 was gebruikt. Deze geitenmest was nog niet belucht geweest en nog niet gebruikt bij proef 2. Vervolgens werd de geitenmest in een 1 : 1 volumeverhouding opgemengd met 100 ton paardenmest (oftewel een 2 : 1 gewichtsverhouding) met behulp van de compostkeermachine. Het uiteindelijke vulgewicht bedroeg daarmee 340 - 350 ton.

Zowel bij de start als aan het einde van de proef werd het materiaal visueel beoordeeld en daarnaast werd indicatief de dichtheid en het poriënvolume van het materiaal bepaald, zoals beschreven onder proef 1, van zowel de geitenmest als van het geitenmest-paardenmest mengsel.

Vervolgens werd de mest in een van de composteertunnels ingebracht en werd de proef gestart op 13 januari 2010. De composteertunnel was slechts over een lengte van 20 m gevuld met een vulhoogte van 2,5 m. Tijdens de proef werden alleen de vaste temperatuursensoren gebruikt. Na 5 dagen (op 18 januari 2010) is het materiaal omgetunneld. Na nog eens 6 dagen is op 25 januari de proef gestopt en is het gecomposteerde materiaal uit de tunnel verwijderd.

De proef bestaat dus uit twee periodes:

- Proef 3a: dag 1 - 6, voor omtunneling
- Proef 3b: dag 6 - 13, na omtunneling

3.4 Proef 4: compostering geitenmest (batch 3)

Het doel van proef 4 was om na te gaan of goede compostering van geitenmest mogelijk is zonder bijmenging van toeslagmateriaal wanneer de geitenmest van betere kwaliteit is, d.w.z. een betere structuur heeft en mogelijk ook droger is. Voor de uitvoering van proef 4 werd 940 ton geitenmest aangevoerd, voor het grootste deel afkomstig van 1 geitenbedrijf.

Het ingangsmateriaal werd visueel beoordeeld en daarnaast werd indicatief de dichtheid en het poriënvolume van het materiaal bepaald, zoals beschreven onder proef 1.

Vervolgens werd de mest in een van de composteertunnels ingebracht en werd de proef gestart op 23 februari 2010. De composteertunnel was over een lengte van ongeveer 50 m gevuld met een vulhoogte van 2.5 m. Tijdens de proef werd de temperatuur van alle sensoren continu geregistreerd.

Na 4 dagen (27 februari 2010) is de beluchting gestopt. Vervolgens is op 8 maart 2010) het materiaal in de tunnel omgezet met behulp van de compostkeermachine en werd de compostering (d.w.z. de beluchting) hervat. Op 12 maart 2010 is de beluchting gestopt, maar zijn de temperatuursmetingen zijn nog voortgezet. Op 23 maart 2010 is de temperatuurregistratie tenslotte gestopt waarmee de proef is afgesloten.

De proef bestaat dus uit twee periodes:

- Proef 4a (voor omtunneling):

23 - 27 februari 2010: actieve beluchting;

27 -februari - 8 maart 2010: geen beluchting

(op 8 maart 2010 is het materiaal omgetunneld)

- Proef 4b (na omtunneling):

8 - 12 maart 2010: actieve beluchting

12 - 23 maart 2010: geen beluchting; in deze periode wordt er koude lucht over het materiaal in de tunnel gevoerd

Op moment van schrijven is bevindt het eindmateriaal zich nog in de tunnel en is nog niet afgevoerd.

4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 Proef 1: compostering geitenmest (batch 1)

Eigenschappen start- en eindmateriaal

In Tabel 1 zijn dichtheid, porositeit en vochtgehalte van het materiaal weergegeven, zowel aan het begin als aan het einde van de composteringsproef. De proef is uitgevoerd met alleen geitenmest.

Tabel 1. Resultaten indicatieve bepaling van dichtheid, porositeit en vochtgehalte van proef 1.

	Datum	Dichtheid (kg/liter)	Porositeit (volume%)	Vochtgehalte (massa%)
Start proef:	8 december 2009	0,38	56	64
Einde proef:	19 december 2009	0,73	11	66

In Tabel 2 wordt een massabalans van de composteringsproef gegeven.

Tabel 2. Massabalans compostering van proef 1.

	Totale massa (ton)	Massa droge stof (ton)	Massa water (ton)
Start proef:	623	222	401
Einde proef:	519	178	341
Verlies (ton)	104	44	60
Verlies (%)	17	20	15

Uit Tabel 1 en 2 volgt dat het vochtgehalte van het materiaal ongeveer gelijk is gebleven (van 64% naar 66%) en dat de totale massa (droge stof + water) is afgenomen met ca. 17%. Evenals bij de andere proeven betekent het massaverlies dat deze massa in de vorm van o.a. kooldioxide, waterdamp en ammoniak met de lucht zal zijn afgevoerd. Een deel van het organisch materiaal is afgebroken waardoor warmte is geproduceerd, zoals ook mag verwacht worden bij een dergelijk composteringsproces. Verder is het materiaal compacter geworden (minder poreus met een hoger dichtheid). Een te lage porositeit kan enerzijds tot gevolg hebben dat de compostering geremd wordt (dat wil zeggen: er is te weinig zuurstoftoevoer om een vergaande afbraak van organische stof te realiseren), anderzijds zal hierdoor de warmteafvoer met de lucht worden beperkt zodat, wanneer het materiaal eenmaal een hoge temperatuur heeft bereikt, deze temperatuur vervolgens gedurende langere tijd kan worden vastgehouden (zie verder onderstaande bespreking van Figuur 5 en 6).

Temperatuurmetingen

In Figuur 5 is het verloop van de temperatuur in de composteringstunnel weergegeven in de tijd. Elke sensor is met een lijn weergegeven. De F sensoren zijn op dezelfde hoogte aangebracht en zijn

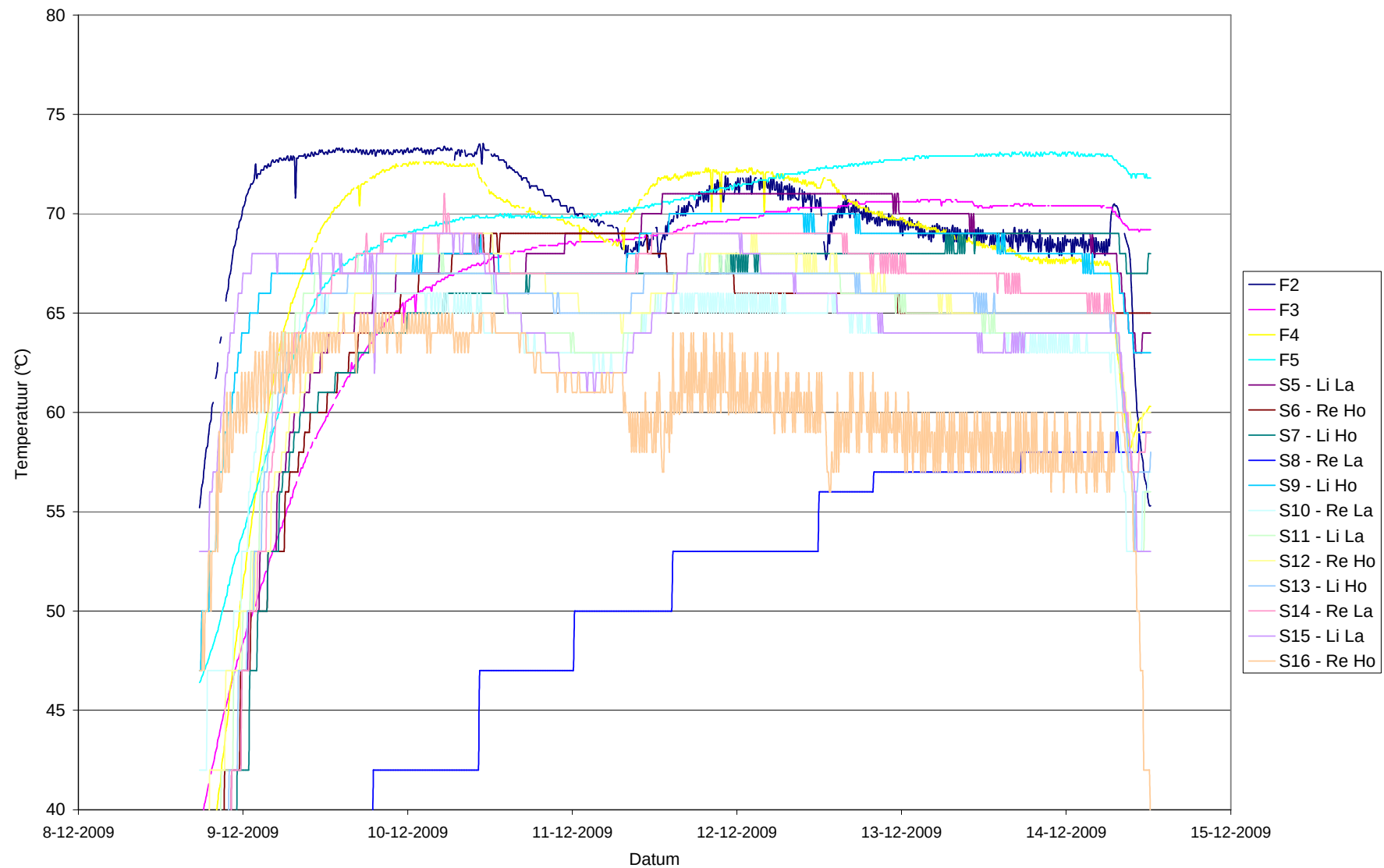
verdeeld over de lengte-as van de tunnel. De locatie van de S sensoren is in de legenda aangegeven (Li = links, Re = Rechts, La = laag, Ho = hoog)

Uit Figuur 5 volgt dat na het starten van de proef de temperatuur van het materiaal sterk toeneemt. Na ongeveer een dag worden temperaturen tussen 60 en 75°C bereikt, een en ander afhankelijk van de precieze locatie van de sensor. Tussen de hoge sensoren (gemiddeld 64°C) en lage sensoren (gemiddeld 62°C) is gemiddeld een temperatuurverschil gevonden van 2°C.

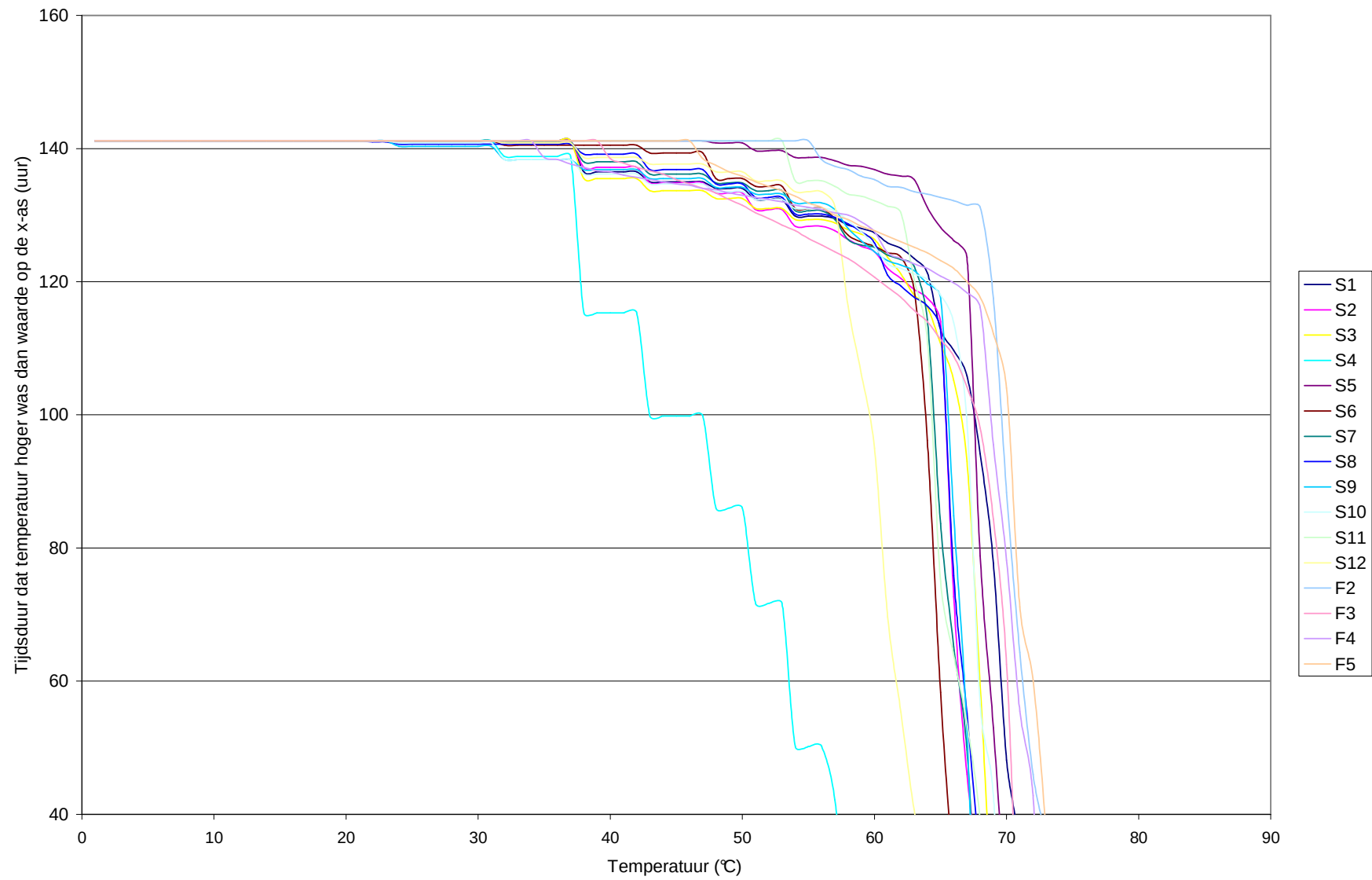
Tussen de sensoren aan de linkerzijde en de rechterzijde wordt een iets groter temperatuurverschil van ongeveer 4°C gevonden (65°C respectievelijk 61°C). Dit is waarschijnlijk te wijten aan verschil in warmteverlies naar de naastgelegen tunnels.

Over de lengte van de tunnel zijn ook kleine temperatuurverschillen gevonden, de sensoren aan het begin van de tunnel zijn gemiddeld 61°C, in het midden en eind van de tunnel respectievelijk 64°C en 63°C. De relatief lage temperatuur aan het begin van de tunnel is waarschijnlijk veroorzaakt door warmteverlies naar het lege deel van de tunnel (de tunnel was slechts deels gevuld).

Vervolgens is voor alle sensoren en alle temperaturen berekend gedurende hoeveel uur de temperatuur hoger is geweest dan een bepaalde waarde, dit is weergegeven in Figuur 6. Uit Figuur 6 blijkt dat alle sensoren gedurende minimaal 80 uur een temperatuur van minimaal 50°C hebben gemeten. Op een sensor na hebben de sensoren zelfs een temperatuur van meer dan 60°C gemeten gedurende een periode van 120 uur. In proef 1 zijn dus overal in het materiaal hoge temperaturen geregistreerd en geen koude plekken gevonden.



Figuur 5. Proef 1: compostering geitenmest (batch 1) - temperatuurontwikkeling.



Figuur 6. Proef 1: compostering geitenmest (batch 1) - behaalde temperatuur en tijdsduur.

4.2 Proef 2: compostering geitenmest (batch 2)

Eigenschappen start- en eindmateriaal

In Tabel 3 zijn dichtheid, porositeit en vochtgehalte van het materiaal weergegeven, zowel aan het begin als aan het einde van de composteringsproef. De proef is uitgevoerd met alleen geitenmest.

Tabel 3. Resultaten indicatieve bepaling van dichtheid en porositeit van proef 2.

	Datum	Dichtheid (kg/liter)	Porositeit (volume%)	Vochtgehalte (massa%)
Start proef:	22 december 2009	0,54	33	73
Einde proef:		n.b.	n.b.	73

In vergelijking met de mest uit proef 1 (zie Tabel 1) is de mest uit batch 2 veel vochtiger en heeft deze een veel hogere dichtheid en lagere porositeit. Als gevolg daarvan kan een moeizamer verlopende compostering worden verwacht. Dit wordt bevestigd door de visuele beoordeling van de mest, waarbij de mest wordt omschreven als "kledder".

In Tabel 4 wordt een massabalans van de composteringsproef gegeven.

Tabel 4. Massabalans compostering van proef 2.

	Totale massa (ton)	Massa droge stof (ton)	Massa water (ton)
Start proef:	1.339	368	971
Einde proef:	1.212	326	886
Verlies (ton)	126	41	85
Verlies (%)	9,4	11	8,8

Uit Tabel 3 en 4 volgt dat het vochtgehalte van het materiaal gelijk is gebleven en dat de totale massa (droge stof + water) is afgenomen met ca. 9%. Deze afname is beduidend lager dan bij proef 1 (zie Tabel 2), Evenals bij de andere proeven betekent het massaverlies dat deze massa in de vorm van o.a. kooldioxide, waterdamp en ammoniak met de lucht zal zijn afgevoed. Een lager massaverlies correspondeert dan ook met een slechter verlopend composteringsproces.

Temperatuurmetingen

Zoals beschreven bestond proef 2 uit twee periodes:

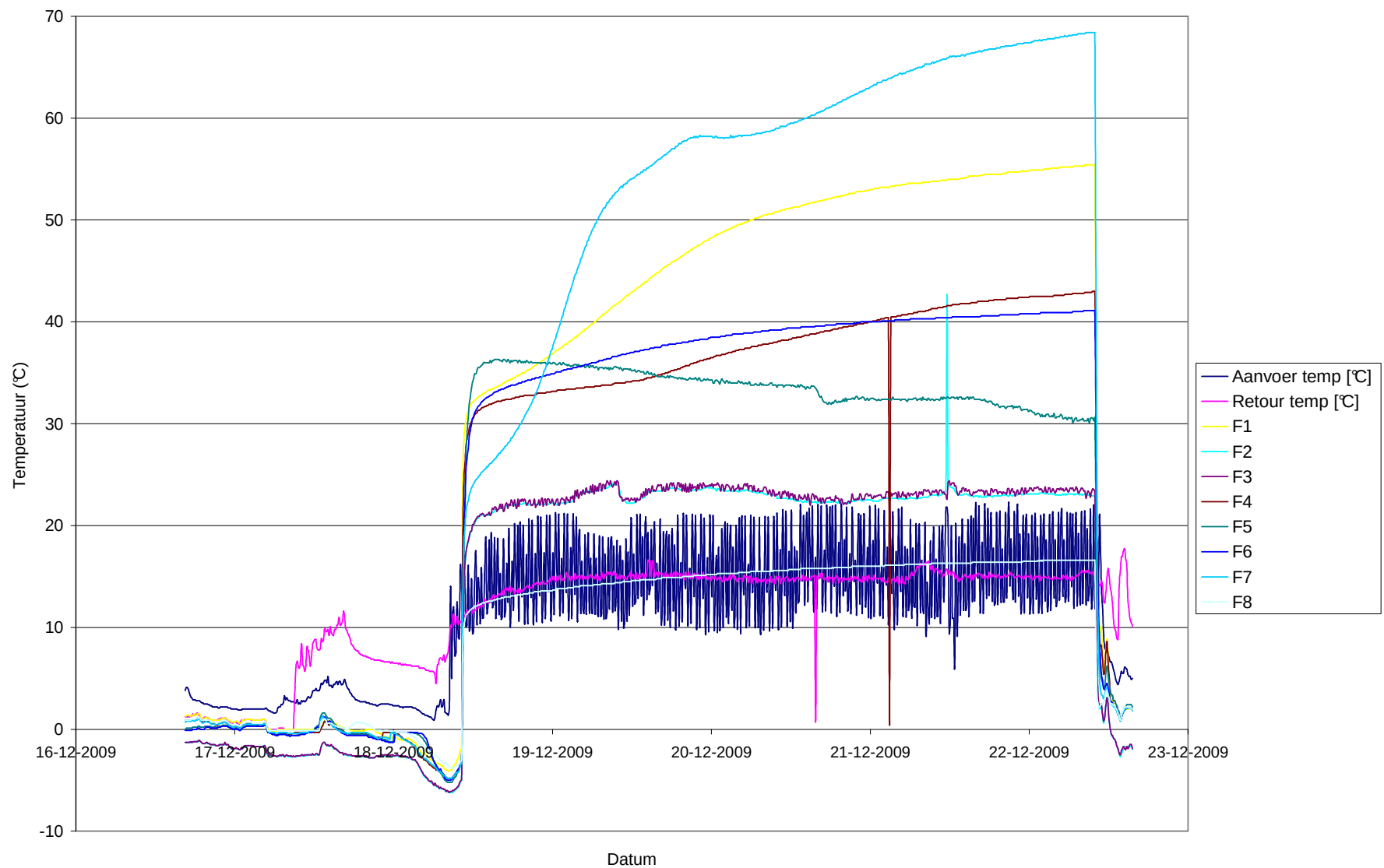
- Proef 2a: dag 1 - 6, voor omtunneling
- Proef 2b: dag 6 - 11, na omtunneling

In Figuur 7 is voor proef 2a het verloop van de temperatuur weergegeven, zoals dat is gemeten met de F-sensoren; in Figuur 8 is dit voor proef 2b weergegeven. Daarnaast wordt in beide figuren de temperatuur weergegeven van de aangevoerde lucht (aanvoer temp.) en van de uit de tunnel afgevoerde lucht die weer onderin de tunnel wordt geblazen (retour temp.). De onderste laag in de tunnel zal de temperatuur aannemen van de "retour-lucht" en de bovenste laag in de tunnel zal de temperatuur aannemen van de "aanvoer-lucht". Verder is voor de temperatuursensoren berekend gedurende hoeveel uur deze op welke temperatuur zijn geweest gedurende de totale duur van proef 2. In Figuur 9 is dit weergegeven voor de S-sensoren.

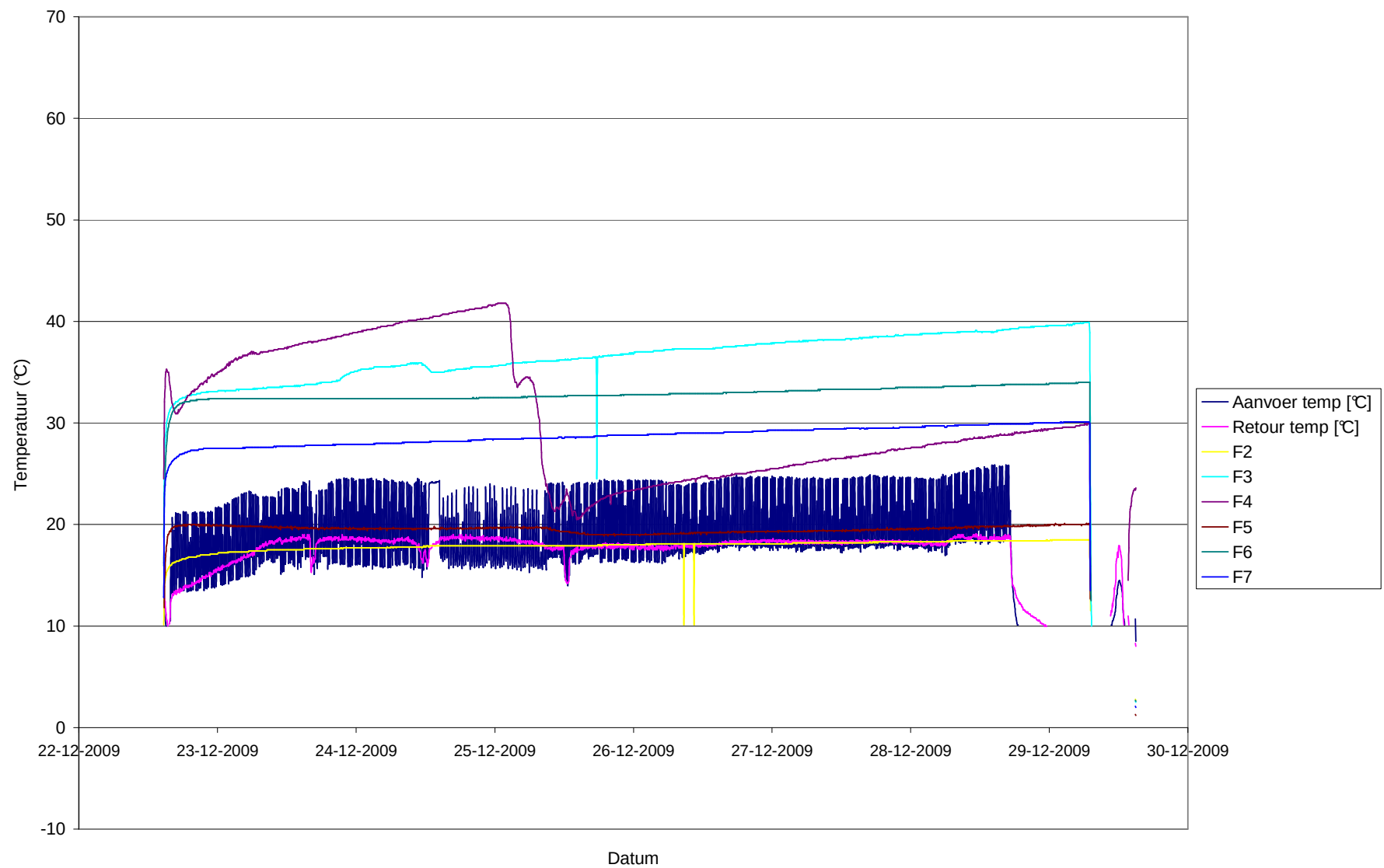
Uit Figuur 7 volgt dat de compostering niet goed op gang kwam: in delen van de composteertunnel bleef de temperatuur erg laag. Slechts een van de sensoren bereikte na 4 dagen een temperatuur van boven de 60°C, terwijl in proef 1 (zie Figuur 5) al le sensoren deze temperatuur al na een dag hadden bereikt. Ook het omzetten van het materiaal had niet tot gevolg dat de compostering beter ging verlopen zodat hogere temperaturen konden worden bereikt (zie Figuur 8); integendeel, het omtunnelen had een afkoeling van het materiaal tot gevolg welke niet werd goedge maakt door verdere opwarming.

Ook uit Figuur 9, waarin per sensor wordt weergegeven hoeveel uur de temperatuur boven een bepaald niveau is geweest, blijkt dat de temperatuur in de tunnel laag is gebleven.

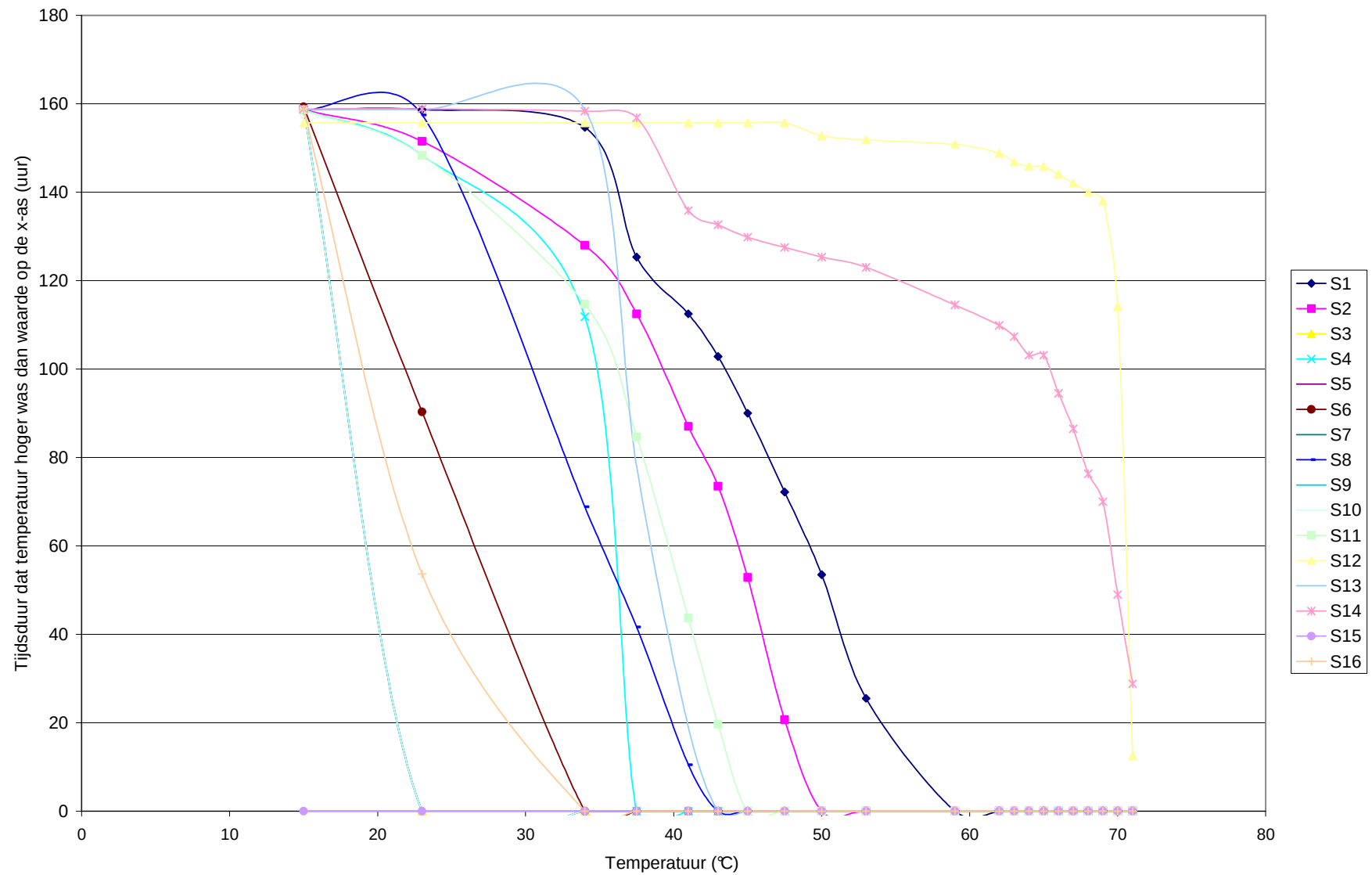
Als reden voor de moeizaam verlopende compostering kan de slechte kwaliteit van de geitenmest worden aangewezen. Enerzijds is het als gevolg van de natte, compacte structuur van de aangevoerde geitenmest niet mogelijk de mest goed te beluchten. waardoor de afbraak van organische stof en zo ook de warmteproductie beperkt blijft. Anderzijds moet vanwege het hoge vochtgehalte zeer veel water opgewarmd worden om een significante temperatuurstijging te kunnen realiseren.



Figuur 7. Proef 2a, voor omtunneling: compostering geitenmest (batch 2) - temperatuurontwikkeling.



Figuur 8. Proef 2b, na omtunneling: compostering geitenmest (batch 2) - temperatuurontwikkeling.



Figuur 9. Proef 2a + 2b: compostering geitenmest (batch 2) - behaalde temperatuur en tijdsduur.

4.3 Proef 3: compostering mengsel geitenmest (batch 2) en paardenmest

Eigenschappen start- en eindmateriaal

In Tabel 5 zijn dichtheid, porositeit en vochtgehalte van het materiaal weergegeven, zowel aan het begin als aan het einde van de composteringsproef. De proef is uitgevoerd met een mengsel van geitenmest en paardenmest. De geitenmest was afkomstig van dezelfde batch als degene die in proef 2 is gebruikt; deze mest had een natte, compacte structuur waardoor compostering slecht verliep. Uit Tabel 5 blijkt dat de paardenmest droger is, een lagere dichtheid en een hogere porositeit heeft. Opmenging hiervan met de geitenmest zal naar verwachting dan ook een beter composteerbaar materiaal opleveren.

Tabel 5. Resultaten indicatieve bepaling van dichtheid en porositeit van proef 3.

	Datum	Materiaal	Dichtheid (kg/liter)	Porositeit (volume%)	Vochtgehalte (massa%)
Start proef:	13 januari 2010	geitenmest	0,66	30	73
		paardenmest	0,62	38	67
		mengsel	n.b.	n.b.	71
Einde proef:		mengsel	n.b.	n.b.	71

(*) Ondanks het feit dat er sprake is van dezelfde batch mest als die gebruikt is in proef 2, wijken dichtheid en porositeit iets af (zie Tabel 3). Dit is waarschijnlijk te wijten aan niet-representatieve monstername en het indicatieve karakter van de bepalingen voor dichtheid en porositeit.

In Tabel 6 wordt een massabalans van de composteringsproef gegeven.

Tabel 6. Massabalans compostering van proef 3.

	Materiaal	Totale massa (ton)	Massa droge stof (ton)	Massa water (ton)
Start proef:	geitenmest	240	65	175
	paardenmest	100	33	67
	mengsel	340	98	243
Einde proef:	mengsel	286	83	203
Verlies (ton)		55	16	39
Verlies (%)		16	16	16

Uit Tabel 5 en 6 volgt dat het vochtgehalte van het materiaal ongeveer gelijk is gebleven (71%) en dat de totale massa (droge stof + water) is afgenomen met 16%. Evenals bij de andere proeven betekent het massaverlies dat deze massa in de vorm van o.a. kooldioxide, waterdamp en ammoniak met de lucht zal zijn afgevoerd. Een deel van het organisch materiaal is afgebroken waardoor warmte is

geproduceerd. Het massaverlies in proef 3 is een stuk hoger dan in proef 2 (zie Tabel 4) en is vergelijkbaar met proef 1 (zie Tabel 2); dit duidt erop dat het composteringsproces in proef 3 goed is verlopen.

Temperatuurmetingen

Zoals beschreven bestond proef 3 uit twee periodes:

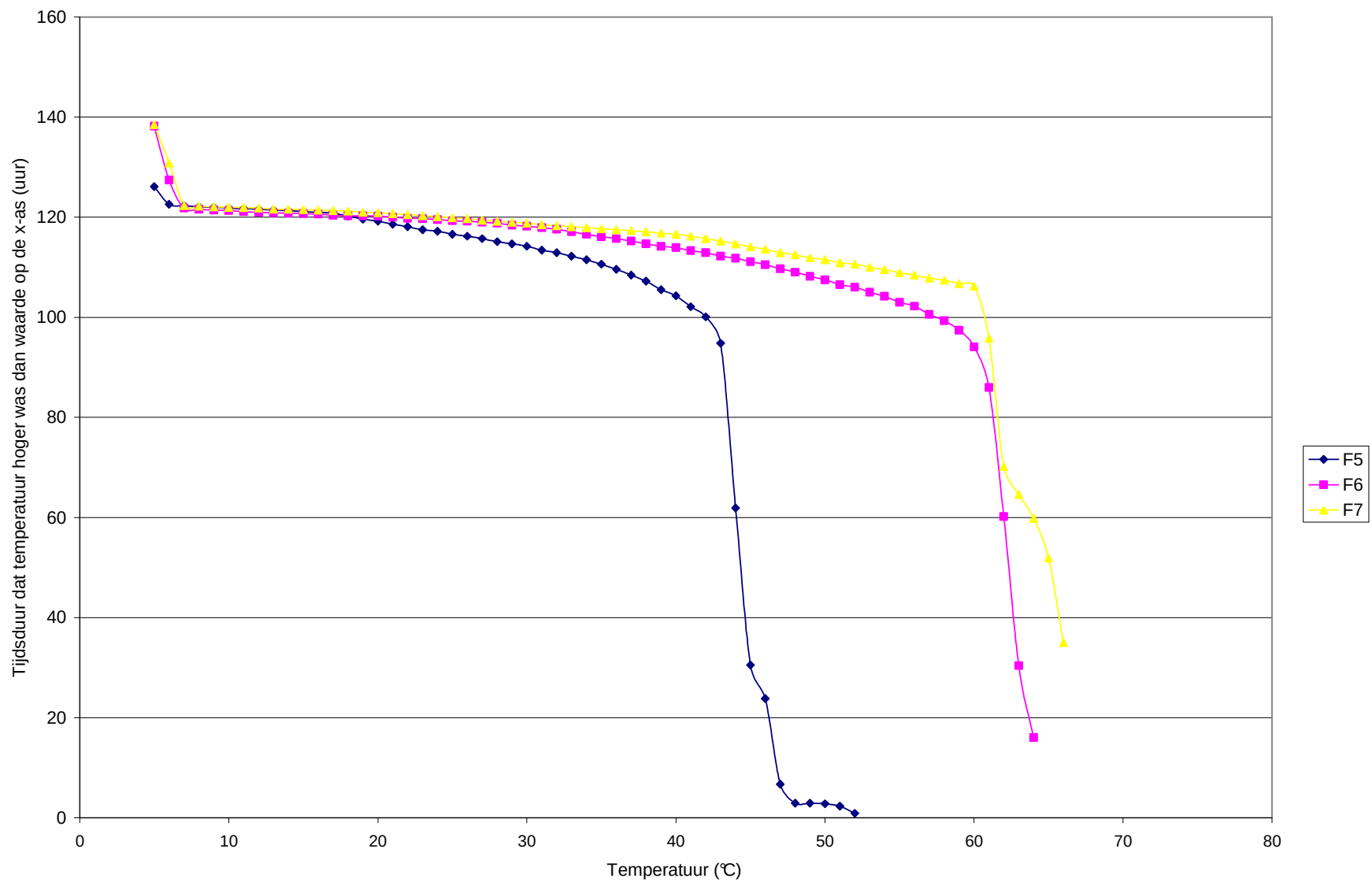
De proef bestaat dus uit twee periodes:

- Proef 3a: dag 1 - 6, voor omtunneling
- Proef 3b: dag 6 - 13, na omtunneling

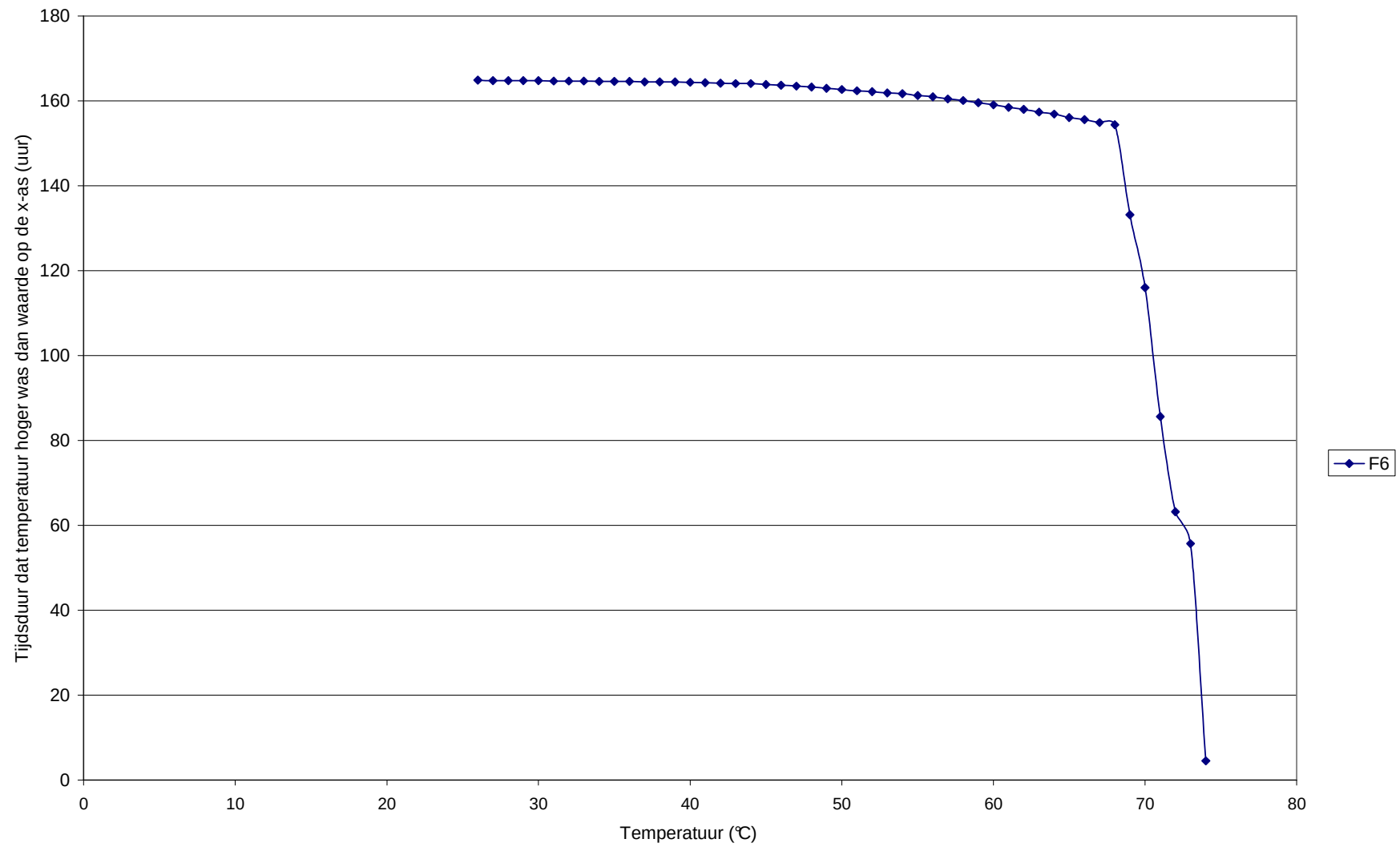
In Figuur 10 is voor de duur van proef 3a (de periode voor het omtunnelen) weergegeven gedurende hoeveel uur de verschillende S-sensoren boven een bepaalde temperatuur zijn geweest. Omdat de composteringstunnel slechts voor een klein deel was gevuld, is de temperatuur met een kleiner aantal sensoren (3 stuks) gevolgd dan in de voorgaande proeven. In Figuur 11 is dit voor de duur van proef 3b (de periode na het omtunnelen) weergegeven. Vanwege een storing waren na het omtunnelen 2 van de 3 sensoren buiten werking, zodat slechts 1 sensor is weergegeven in Figuur 11.

Uit Figuur 10, voor omtunneling, volgt dat 2 van de 3 sensoren een temperatuurstijging laten zien tot ongeveer 65°C, de derde sensor kwam slechts kort boven de 50°C. Na het omtunnelen bleek de temperatuur verder te stijgen, de sensor die in Figuur 11 is weergegeven had gedurende een periode van 116 uur een temperatuur van ruim 70°C. Uit deze proef lijkt te volgen dat omtunneling (in tegenstelling tot proef 2, waar omtunneling tot effect had dat het slecht composterende materiaal afkoelde) een positief effect heeft op het composteringsproces en de temperatuursontwikkeling. Opgemerkt moet worden dat vanwege het kleine aantal sensoren in deze proef enige voorzichtigheid moet worden betracht met het trekken van conclusies.

Uit proef 3 is in ieder geval wel gebleken dat door opmenging van geitenmest van lage kwaliteit (batch 2, die in proef 2 is gecomposteerd zonder toevoeging van ander materiaal) met goede kwaliteit structuurmateriaal (in dit geval droge paardenmest) een goede compostering met een hoge temperatuursontwikkeling kon worden bereikt.



Figuur 10. Proef 3a, voor omtunneling: compostering mengsel geitenmest (batch 2) en paardenmest - behaalde temperatuur en tijdsduur.



Figuur 11. Proef 3b, na omtunneling: compostering mengsel geitenmest (batch 2) en paardenmest - behaalde temperatuur en tijdsduur.

4.4 Proef 4: compostering geitenmest (batch 3)

Eigenschappen start- en eindmateriaal

In Tabel 7 zijn dichtheid, porositeit en vochtgehalte van het materiaal weergegeven aan het begin van de composteringsproef. De proef is uitgevoerd met alleen geitenmest.

Daarnaast werd de geitenmest visueel beoordeeld. Hieruit werd geconcludeerd dat de aangevoerde mest van batch 3 een betere structuur had dan de aangevoerde mest van batch 1 en 2; ook bleek het vochtgehalte van de aangevoerde mest van batch 3 iets lager te liggen en de porositeit hoger te zijn (zie Tabel 1 en 3).

Tabel 7. Resultaten indicatieve bepaling van dichtheid en porositeit van proef 4.

	Datum	Dichtheid (kg/liter)	Porositeit (volume%)	Vochtgehalte (massa%)
Start proef:	23 februari 2010	0,38	47	62
Einde proef: (*)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

(*) Op moment van schrijven is het gecomposteerde materiaal nog niet afgevoerd en geanalyseerd.

In Tabel 8 wordt een massabalans van de composteringsproef gegeven.

Tabel 8. Massabalans compostering van proef 4.

	Totale massa (ton)	Massa droge stof (ton)	Massa water (ton)
Start proef:	940	355	585
Einde proef: (*)	n.b.	n.b.	n.b.
Verlies (ton)	n.b.	n.b.	n.b.
Verlies (%)	n.b.	n.b.	n.b.

(*) Op moment van schrijven is het gecomposteerde materiaal nog niet afgevoerd en geanalyseerd.

Temperatuurmetingen

Zoals beschreven bestond proef 4 uit twee periodes:

- Proef 4a (voor omtunneling):

23 - 27 februari: 2010: actieve beluchting;

27 -februari - 8 maart 2010: geen beluchting

(op 8 maart 2010 is het materiaal omgetunneld)

- Proef 4b (na omtunneling):

8 - 12 maart 2010: actieve beluchting

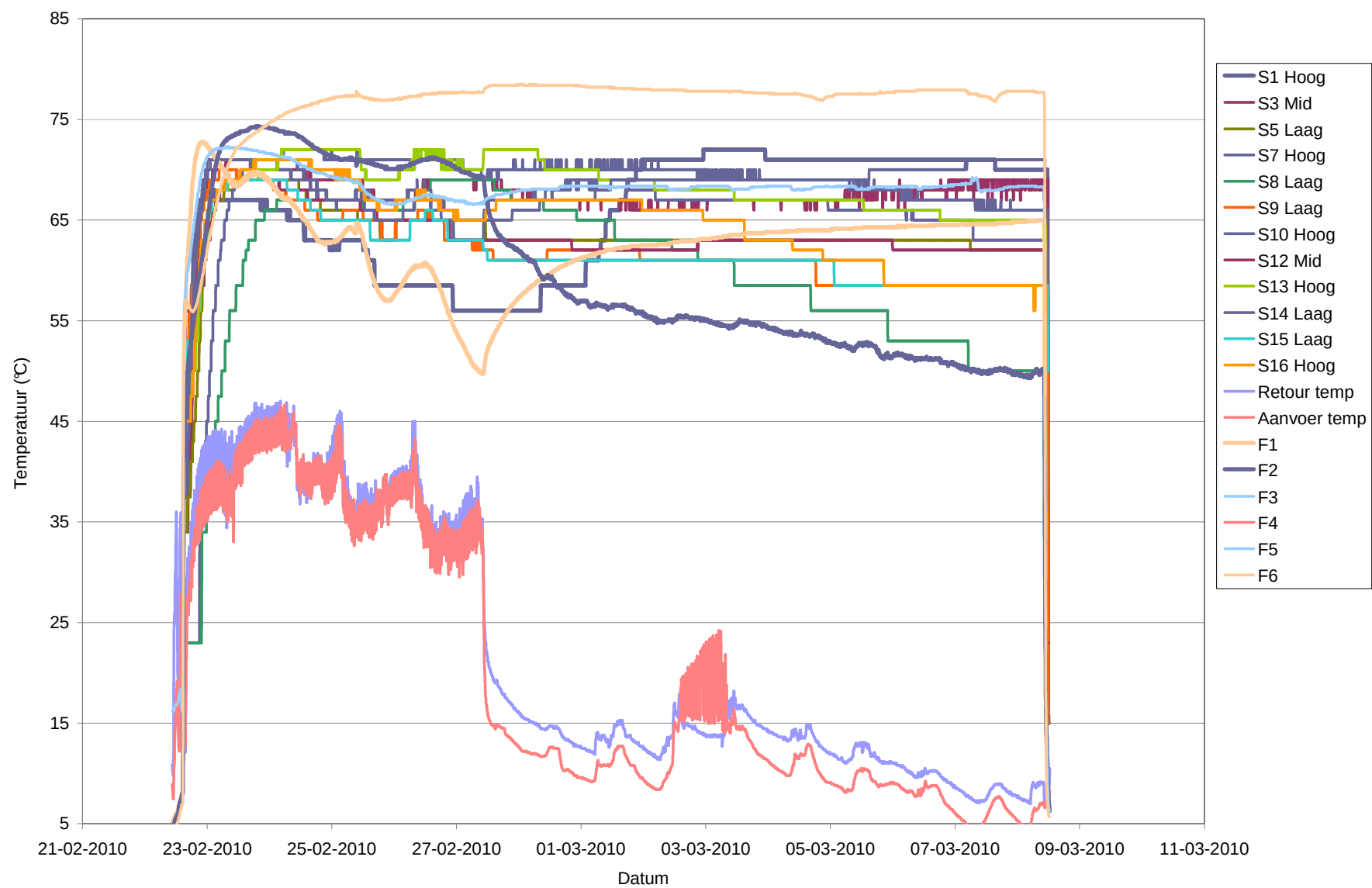
12 - 23 maart 2010: geen beluchting; in deze periode wordt er koude lucht over het materiaal in de tunnel gevoerd

In Figuur 12 is voor proef 4a het verloop van de temperatuur weergegeven, zoals dat is gemeten is; in Figuur 13 is dit voor proef 4b weergegeven. Daarnaast wordt in beide figuren de temperatuur weergegeven van de aangevoerde lucht (aanvoer temp.) en van de uit de tunnel afgevoerde lucht die weer onderin de tunnel wordt geblazen (retour temp.). De onderste laag in de tunnel zal de temperatuur aannemen van de "retour-lucht" en de bovenste laag in de tunnel zal de temperatuur aannemen van de "aanvoer-lucht". Verder is voor de temperatuursensoren berekend gedurende hoeveel uur deze op welke temperatuur zijn geweest gedurende de totale duur van proef 4a (Figuur 14) en proef 4b (Figuur 15).

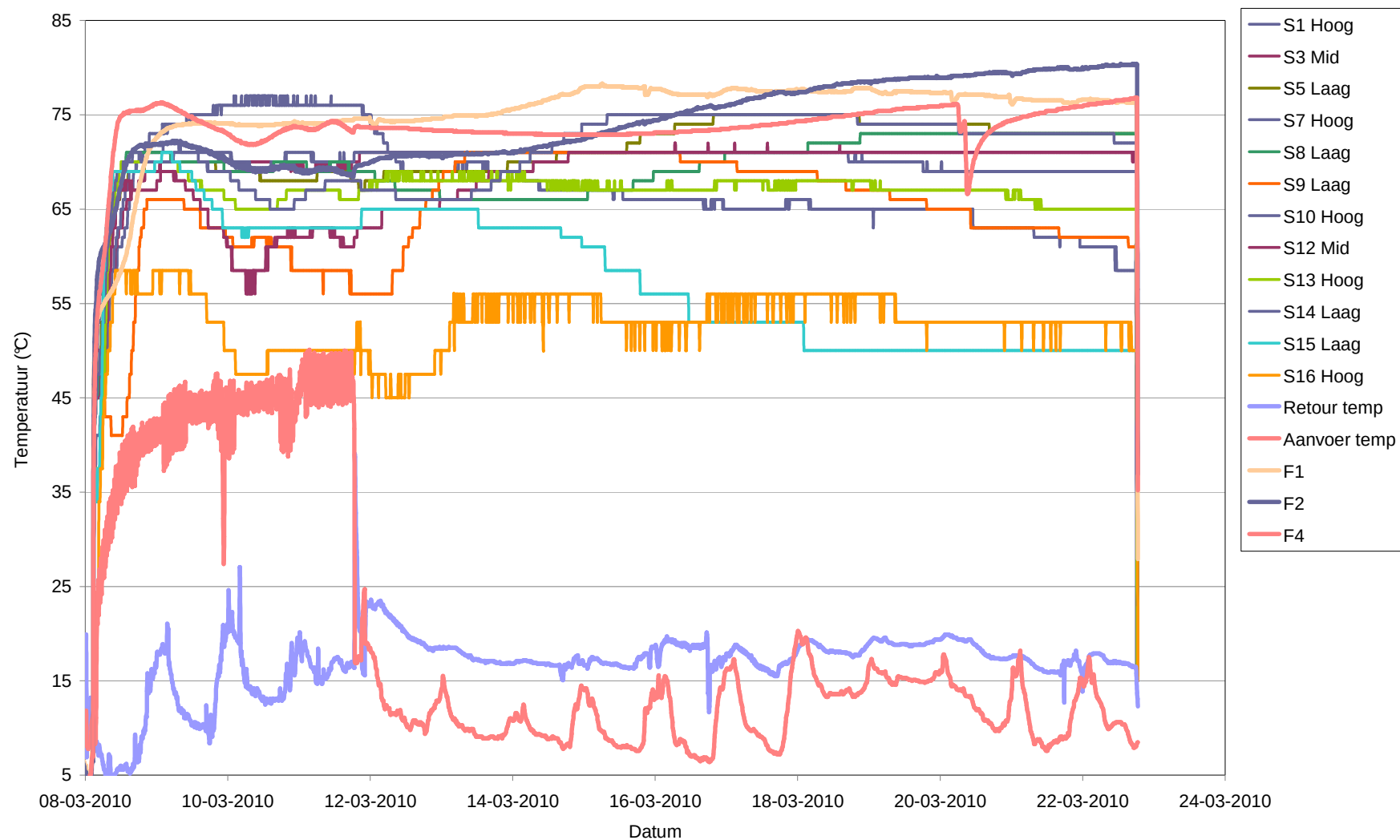
Uit Figuur 12 blijkt dat binnen een dag na het begin van de proef (proef 4a) alle temperatuursensoren in het materiaal een piek bereiken tussen 65 en 80°C. De aanvoer en retour lucht bereikt een temperatuur van ruim 45°C. Nadat op 27 februari 2010 de beluchting is stopgezet wordt er koude lucht over het composterend materiaal heen gevoerd zodat de aanvoer en retour temp sterk dalen. De gemiddelde temperatuur van de sensoren in het materiaal blijft in de periode erna vrij constant. Uit Figuur 14 blijkt dat gedurende de duur van proef 4a alle sensoren meer dan 300 uur boven 55°C zijn geweest.

Wanneer op 8 maart 2010 het materiaal wordt omgetunneld en de beluchting weer wordt gestart (proef 4b), komt het materiaal weer snel op de oude temperatuur terug (Figuur 13). Wanneer op 12 maart 2010 de beluchting weer stopgezet wordt is weer een zelfde beeld te zien: er wordt weer koude lucht over het composterend materiaal heen gevoerd zodat de aanvoer en retour temp weer sterk dalen; de gemiddelde temperatuur van de sensoren in het materiaal blijft in de periode erna vrij constant. Uit Figuur 15 blijkt dat gedurende de duur van proef 4b alle sensoren meer dan 300 uur boven 55°C zijn geweest, net als in Figuur 14 voor proef 4a is weergegeven.

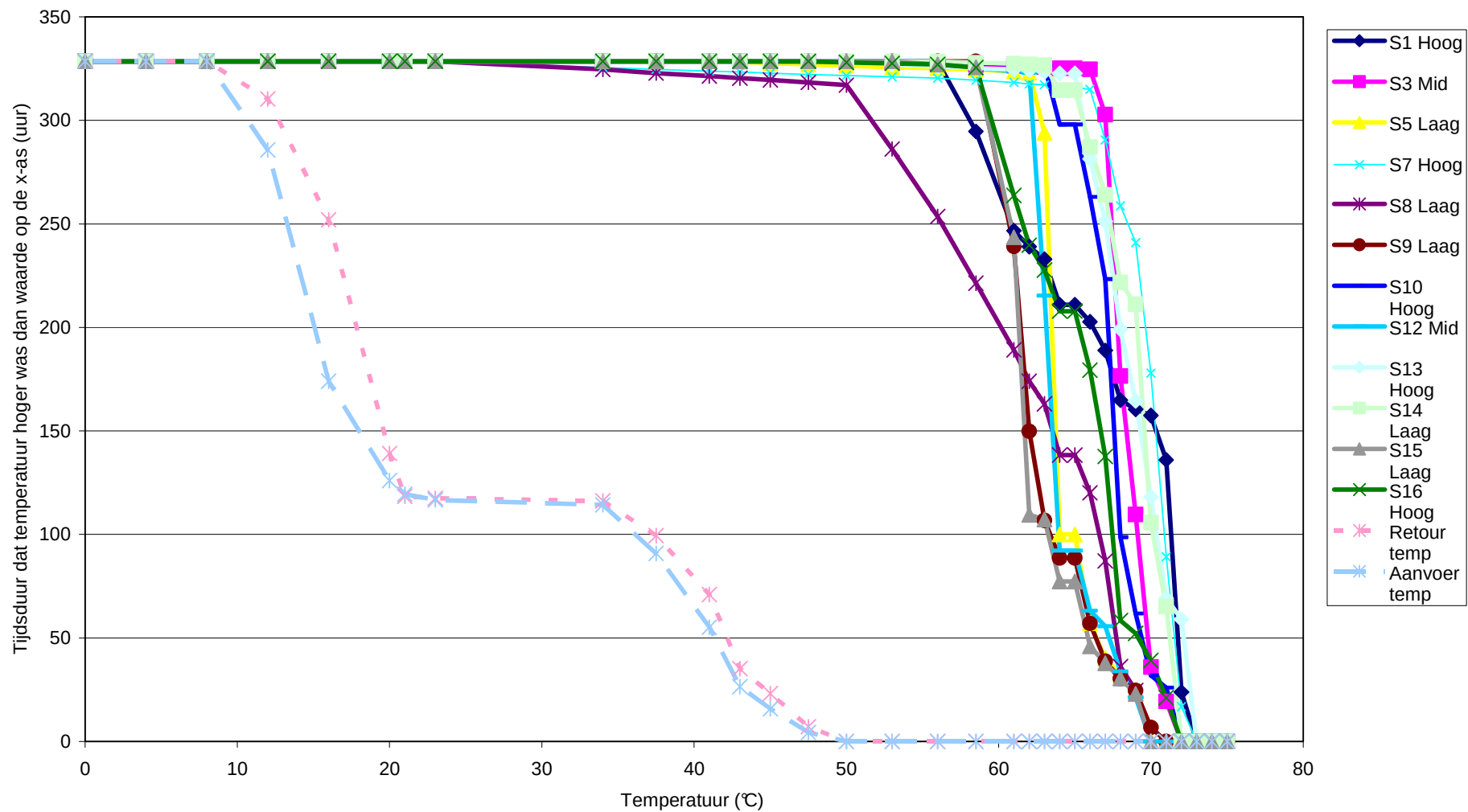
Uit proef 4 is, evenals als in proef 1, gebleken dat geitenmest zonder toevoeging van structuurmateriaal goed te composteren is, dat wil zeggen dat overal in het composterend materiaal hoge temperaturen zijn geregistreerd. Verder is gebleken dat het omtunnelen, in tegenstelling tot proef 3, geen verhoging van de temperatuur tot gevolg had.



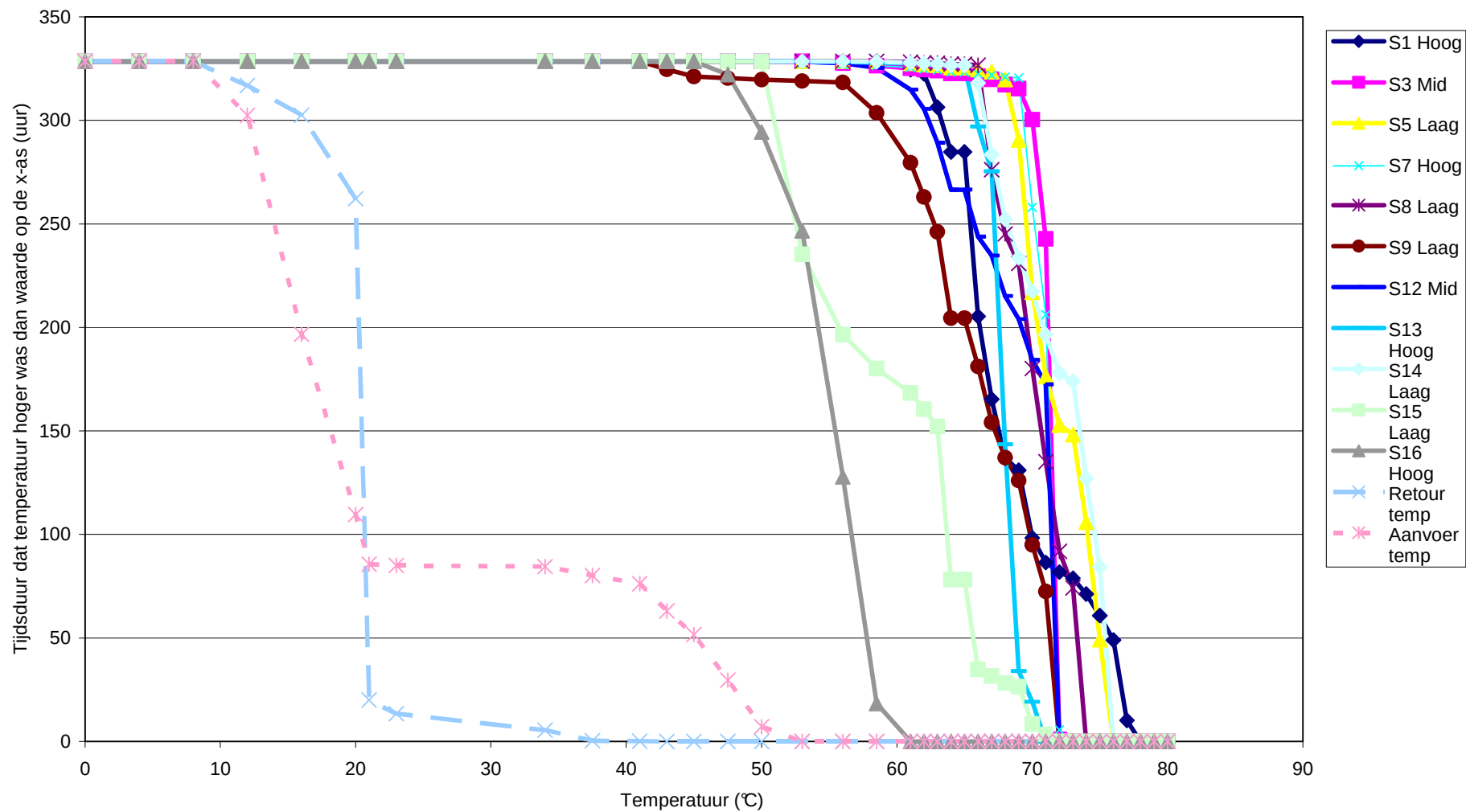
Figuur 12. Proef 4a, voor omtunneling: compostering geitenmest (batch 3) - temperatuurontwikkeling.



Figuur 13. Proef 4b, na omtunneling: compostering geitenmest (batch 3) - temperatuurontwikkeling.



Figuur 14. Proef 4a, voor omtunneling: compostering geitenmest (batch 3) - behaalde temperatuur en tijdsduur.



Figuur 15. Proef 4b, na omtunneling: compostering geitenmest (batch 3) - behaalde temperatuur en tijdsduur.

5 SAMENVATTING RESULTATEN EN CONCLUSIES

Samenvatting resultaten

In het onderzoek is door Fleuren Compost BV een aantal composteringsproeven uitgevoerd in een mechanisch geventileerd composteertunnelsysteem. De uitvoering van het onderzoek is begeleid door medewerkers van Wageningen UR (Centraal Veterinair Instituut en WUR Livestock Research) en Sauvage Innovatie.

In de eerste proef, waarin alleen geitenmest is gecomposteerd, zijn overal in het materiaal hoge temperaturen geregistreerd (50 - 75°C) en zijn geen koude plekken gevonden. Bovendien is deze temperatuur gedurende vele uren in stand gehouden. De geitenmest van deze batch had een goede en voldoende luchtige structuur om de compostering goed te laten verlopen.

In de tweede proef is eveneens alleen geitenmest gecomposteerd, alleen was de mest van deze batch van een veel nattere en compactere samenstelling. Hierdoor verliep het composteringsproces slecht, waardoor de temperatuur in de hoop erg laag bleef (op sommige plaatsen niet hoger dan 15-20°C). Omtunneling van het materiaal had tot gevolg dat het materiaal verder afkoelde.

In de derde proef is aangetoond dat het slecht te composteren materiaal uit de tweede proef na opmenging met paardenmest wel goed composteerde, dat wil zeggen dat in het gehele bed hoge temperaturen werden bereikt (45 - 65°C) gedurende lange tijd (meer dan 100 uur). Omtunneling had tot gevolg dat het composteringsproces nog werd versneld en nog hogere temperaturen werden bereikt.

In de vierde proef is, evenals in proef 1, gebleken dat geitenmest van goede kwaliteit succesvol kan worden gecomposteerd zonder dat het materiaal opgemengd dient te worden met structuurmateriaal. Binnen een dag werden door alle sensoren in het materiaal temperaturen tussen 65 en 80°C geregistreerd; deze temperatuur werd gedurende vele uren in stand gehouden.

Conclusies

Geconcludeerd kan worden dat geitenmest in principe goed gecomposteerd kan worden in een mechanisch geventileerd composteertunnel, dat wil zeggen dat in de gehele tunnel hoge temperaturen kunnen worden gehaald (zie proef 1 en proef 4). Hiervoor is wel een vereiste dat de kwaliteit van het te composteren materiaal goed is: het moet een goede structuur hebben (voldoende porositeit) en niet te vochtig.

Wanneer men te maken heeft met geitenmest van lage kwaliteit zal de compostering slecht verlopen en zullen lage temperaturen worden gerealiseerd (zie proef 2). In dat geval kan de geitenmest wel opgemengd worden met structuurmateriaal (bijvoorbeeld droge paardenmest), zodat toch een goede compostering worden met hoge temperaturen kan worden bereikt (zie proef 3).

Op grond van een visuele beoordeling van de te composteren geitenmest zal het composteringsbedrijf waarschijnlijk op voorhand vrij goed in kunnen schatten of een materiaal rechtstreeks gecomposteerd kan worden, of dat opmenging met een structuurmateriaal noodzakelijk is om een goede compostering te bereiken.

Om de voorkomen dat bepaalde delen door omstandigheden onvoldoende gecomposteerd worden of een onvoldoende hoge temperatuur bereiken is het aan te bevelen de composthoop om te tunnelen (hierdoor wordt het materiaal opnieuw gemengd) en vervolgens gedurende minimaal 2 dagen door te composteren.

Gegevens over het temperatuursverloop van het composteringsproces zijn nodig om vast te stellen of er mogelijkheden zijn om tot afdoding van *Coxiella burnetii* in geitenmest te komen tijdens compostering. Wanneer deze gegevens over temperatuur en tijd worden aangevuld met gegevens over de hoeveelheid Q-koorts-bacteriën in geitenmest en de decimale reductietijd van *C. burnetii* in geitenmest kan een inschatting gemaakt worden van de mate van afdoding die zal optreden.

Dergelijke gegevens worden gegenereerd in het project 'Overleving van *Coxiella burnetii* in geitenmest'.

Om uiteindelijk te kunnen bepalen of tunnelcompostering van met *C. burnetii* besmette geitenmest een veilige methode is om de Q-koorts-bacterie af te doden dient een proef te worden gedaan met geitenmest afkomstig van met Q-koorts besmette bedrijven waarbij nauwkeurig wordt nagegaan of *C. burnetii* daadwerkelijk wordt afgedood tijdens het composteringsproces.