

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen
Tel.: 08370-19013

*(Publikatie uitsluitend met
toestemming van de directeur)*

RAPPORT NO. 2223

Ing. W. Verbeek en W.F.B. Poppe zijn

DE BEPALING VAN DE VEILIGE AFMETING VAN
TRANSPORTVERPAKKINGEN BIJ SNIJBLOEMEN

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut
Project no. 420

inhoudsopgave

SAMENVATTING	1
1. Inleiding	2
2. Beschrijving produkt	3
3. Proefopzet	3
3.1. Algemeen	3
3.2. Voorbehandeling	5
4. Bespreking meetresultaten	6
4.1. Adiabatistische calorimeter	6
4.2. Isotherme calorimeter	9
4.3. Vergelijking meetmethoden	10
5. Berekeningen	11
5.1. Soortelijke warmte	11
5.2. Veilige afmetingen	11
6. Conclusies	13
7. Vervolgonderzoek	13
Literatuur	14

SAMENVATTING

Onderzoek is verricht tot welke temperatuur snijbloemen in transportverpakking tenminste voorgekoeld dienen te worden.

Als criterium hiervoor is de zgn. veilige afmeting gehanteerd.

Onder de veilige afmeting wordt verstaan de afmeting van een hoeveelheid produkt waarbij de temperatuurstijging in het centrum van de verpakking t.g.v. de warmteproductie van het produkt niet groter is dan een toelaatbare temperatuurstijging van ca. 1°C .

Voor de berekening van de veilige afmeting is de warmteproductie van een drietal snijbloemen (roos, iris en tulp) als functie van de temperatuur bepaald met de adiabatische- en isotherme calorimeters van het Sprenger Instituut.

Gebleken is, dat voor bv. dubbele A-dozen geldt, dat indien men geen grotere temperatuurstijging dan 1°C wil toestaan het produkt voorgekoeld moet worden.

Rozen tot ca. 1°C , irissen tot ca. 4°C en tulpen tot ca. 12°C .

1. Inleiding

Het voorkoelen van snijbloemen in transportverpakking door exporteurs op de bloemenveilingen vindt steeds meer plaats.

Een belangrijke vraag daarbij is tot welke temperatuur de bloemen tenminste afgekoeld dienen te worden.

In het algemeen geldt, dat het aanbeveling verdient de bloemen tot de laagst toelaatbare temperatuur (meestal 1-3°C) af te koelen.

Het afkoelen gebeurt momenteel uitsluitend volgens de doorstroomkoelmethode met zuigwand. [1]

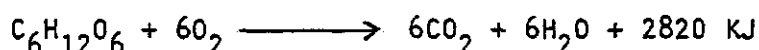
Door het Sprenger Instituut zijn de halfkoeltijden (en dus de afkoeltijden) van diverse snijbloemen in transportverpakking bepaald.

De vraag is nu of het toelaatbaar is tot een minder lage temperatuur te koelen waardoor een tijdsbesparing tijdens het voorkoelen wordt verkregen.

Door het Sprenger Instituut is onderzoek verricht naar de zgn. veilige afmetingen van snijbloemen in transportverpakking. Als criterium geldt, dat indien de bloemen worden gekoeld tot een voldoende lage temperatuur, de temperatuurstijging t.g.v. de warmteproductie in de verpakking tijdens (gekoeld) transport niet meer mag stijgen dan ca. 1°C.

Om de veilige afmeting voor de verschillende soorten snijbloemen te berekenen is het noodzakelijk de warmteproductie als functie van de temperatuur te kennen. De warmteproductie is een gevolg van de ademhaling.

Door de ademhaling van geoogste tuinbouwprodukten worden suikers onder aërobe omstandigheden omgezet in koolzuur. Tevens wordt water gevormd en komt warmte vrij. Dit exotherme proces kan als volgt weergegeven worden:



Deze reactievergelijking wordt de ademhalingsvergelijking genoemd.

De warmteproductie is niet alleen van belang voor het berekenen van o.m. de benodigde koelcapaciteit maar ook voor de berekening van de zgn. "veilige afmeting"¹⁾ van snijbloemen in verpakking. Tevens kunnen op grond van de warmteproductie voorspellingen gedaan worden voor transport en opslagsituaties.

In de maanden februari en maart 1982 is op het Sprenger Instituut onderzoek verricht naar de grootte van de warmteproductie als functie van de temperatuur bij drie soorten snijbloemen te weten tulp en iris (bolbloemen) en roos (heester).

¹⁾ Onder "veilige afmeting" wordt verstaan de afmeting van een hoeveelheid produkt waarbij de temperatuurstijging in het centrum t.g.v. de warmteproductie niet groter is dan een toegestane temperatuurstijging, meestal +1°C.

Op grond van de gemeten warmteproduktie is de veilige afmeting berekend in het temperatuurtraject tussen 1° en 25°C.

2. Beschrijving produkt

Voor de experimenten zijn cultivars gebruikt die, economisch gezien, goed in de markt liggen.

Roos

Cultivar: 'Ilona'

Herkomst: G. Verbeek, Hornweg 92, Aalsmeer

De rozen zijn op lichte zwavelgrond geteeld en bevonden zich in knopstadium.

Iris

Cultivar: 'Ideal'

Herkomst: A.W. Jansen, Steltenweg 4, Huissen

De irissen zijn geteeld op rivierklei. Ze bevonden zich in knopstadium, waarbij de kelkbladeren reeds blauw gekleurd waren.

Tulp

Cultivar: 'Apeldoorn rood'

Herkomst: A.W. Jansen, Steltenweg 4, Huissen

Kempkens, Steltenweg 2, Huissen

De tulpen zijn op rivierklei geteeld en bevonden zich in knopstadium. Het puntje van de knop had reeds een rode kleur.

3. Proefopzet

3.1. Algemeen

De bloemen kwamen rechtstreeks van de kwekers op het Sprenger Instituut. Direct na aankomst werden de bloemen op gelijke lengte gesneden en gedurende enkele uren op water in een koelcel gezet. Dezelfde dag werden de warmteproduktiemetingen uitgevoerd.

De warmteproduktiemetingen zijn uitgevoerd met een adiabatische en een isotherme calorimeter. [2, 3]

Met de adiabatische calorimeter is elke meting in duplo uitgevoerd en is de warmteproduktie gemeten van een hoeveelheid produkt ca. 3 kg, bij een temperatuur

van 5° , 10° , 15° , 20° , 25° en 30°C . Tijdens de experimenten is voldoende lucht doorgeleid, waardoor zuurstoftekort t.g.v. de ademhaling wordt vermeden. De lucht is bevochtigd tot ca. 90% alvorens door het monstervat te stromen. Met de isotherme calorimeter zijn meerdere metingen uitgevoerd van individuele bloemen.

Van de tulp en iris is de warmteproduktie bij $+1^{\circ}\text{C}$ gemeten, van de roos bij $+1^{\circ}\text{C}$ en $+5^{\circ}\text{C}$.

Voor ieder experiment is vers produkt gebruikt. De bloemen gaan in knopstadium de calorimeter in en komen er na een aantal dagen in een verder ontwikkeld stadium uit, waardoor de gemeten warmteproducties bij de verschillende temperaturen niet met elkaar vergeleken kunnen worden.

De bloem bevindt zich immers na iedere temperatuurstijging in een ander fysiologisch stadium. Ook de tijdsduur van de meting speelt een rol. Teneinde de invloed van veroudering te beperken is de warmteproduktie gemeten tijdens korte temperatuurtrajecten, waarbij voor elk traject vers produkt is gebruikt. De temperatuurtrajecten zijn: $5-10^{\circ}\text{C}$, $10-15^{\circ}\text{C}$, $15-20^{\circ}\text{C}$ en $20-30^{\circ}\text{C}$. Om na te gaan in hoeverre de veroudering de warmteproduktie beïnvloedt zijn de metingen langer doorgezet dan de gewenste meettemperaturen.

De bloemen zijn vóór het inzetten op een temperatuur gebracht die ca. 2°C lager ligt dan de eerste meettemperatuur, om ze de nodige tijd te geven zich aan het adiabatisme milieu aan te passen.

De eerste proeven met tulpen zijn uitgevoerd met PVC-vaten als monstervat. Deze hebben een gewicht en een soortelijke warmte van respectievelijk 3,7 kg en 1,00 KJ/kg·K. Voor de roos en iris zijn monstervaten gemaakt van geplastificeerd gaas en plastic, die een gewicht en een soortelijke warmte hebben van respectievelijk 0,6 kg en 0,45 KJ/kg·K.

Een experiment met de adiabatisme calorimeter duurt enkele dagen bij een lage temperatuur en ca. 24 uur bij een hoge temperatuur.

In de isotherme calorimeter kunnen per experiment drie metingen worden verricht. Elk monstervaatje is gevuld met drie bloemknoppen aan een stukje stengel. Hier van is de warmteproduktie bij een constante temperatuur gemeten. Van de roos is tevens nagegaan in hoeverre de bladeren en/of de stengel invloed heeft op de warmteproduktie.

Een meting in de isotherme calorimeter duurt ca. 6-12 uur, hierbij zijn de monstervaten gesloten en er wordt geen lucht doorgeleid. Indien een meting langer duurt is de gemeten warmteproduktie minder betrouwbaar wegens O_2 -gebrek.

3.2. Voorbehandeling

Tijdens het transport van de kweker naar het Sprenger Instituut ondergaat het produkt reeds een fysiologische veroudering. Omdat ieder experiment met vers produkt uitgevoerd is, kan er tussen de partijen verschil in conditie zijn op het moment dat ze op het instituut aankomen. De conditie van de bloemen is onder meer bepalend voor de grootte van de warmteproduktie. Om de verschillen enigszins te verkleinen heeft elke partij na aankomst een gelijke voorbehandeling gekregen alvorens de experimenten begonnen. Hiertoe zijn de bloemen op water gezet totdat ze geheel verzadigd waren en zijn ze op gelijke lengten gesneden. Voor de duplometingen is een gelijke hoeveelheid produkt gebruikt wat het aantal bloemen en het gewicht betreft. Door middel van deze standaardwerkwijze kunnen de produktverschillen enigszins beperkt worden en kunnen de meetresultaten beter met elkaar vergeleken worden en is het mogelijk om een meting over te doen, zonder kans op al te grote verschillen in meetresultaten.

Tabel 1. Voorbehandeling tulp bestemd voor adiabatisehe calorimeter

meting	meet-traject	voorbehandeling	
		lengte	milieu
1	5-10°C	-	-
2	10-15°C	45 cm	2 uur op water bij 9°C
3	15-20°C	-	1 uur op water bij 14°C
4	20-30°C	45 cm	1½ uur op water bij 16°C

Tabel 2. Voorbehandeling iris bestemd voor adiabatisehe calorimeter

meting	meet-traject	voorbehandeling	
		lengte	milieu
1	5-10°C	50 cm	2½ uur op water in een nat koelsysteem
2	10-15°C	50 cm	2 uur op water bij 4°C
3	15-20°C	50 cm	2 uur op water bij 13°C
4	20-30°C	50 cm	1 uur op water bij 18°C

Tabel 3. Voorbehandeling roos bestemd voor adiabatiscbe calorimeter

meting	meet- traject	voorbehandeling	
		lengte	milieu
1	5-10°C	55 cm	± 24 uur op water in een nat koelsysteem
2	10-15°C	55 cm	± 19 uur op water
3	15-20°C	55 cm	± 2 uur op water bij 13°C
4	20-30°C	55 cm	± 1 uur op water bij 20°C

De bloemen die voor de isotherme calorimeter bestemd zijn hebben dezelfde voorbehandeling gehad als die voor de adiabatiscbe calorimeter. Na deze voorbehandeling hebben de tulp en iris droog en de roos op water in de koelcel (natte koeler) gestaan.

In de koelcel met het natte koelsysteem heerst een temperatuur van +1°C en is de relatieve luchtvochtigheid 98%.

4. Bespreking meetresultaten

4.1. Adiabatiscbe calorimeter

De gemiddelde warmteproduktie van de tulp, iris en roos is als functie van de tijd in onderstaande tabel weergegeven. Er zijn 2 waarden voor de warmteproduktie gegeven, nl. aan de linkerzijde is niet gecorrigeerd voor het vocht/koolstofverlies en aan de rechterzijde is wel gecorrigeerd voor het vochtverlies, maar niet voor het koolstofverlies.

Tabel 4. Gemiddelde warmteproduktie in mW/kg gecorrigeerd* en niet gecorrigeerd voor vochtverlies

temperatuur	tulp		iris		roos	
5°C	95	105*	110	130*	270	311*
10°C	134	140	113	189	403	490
15°C	203	253	331	377	728	855
20°C	315	424	571	664	932	1121
25°C	365	508	619	741	1096	1343

Uit de tabel blijkt dat de roos een hogere warmteproduktie heeft dan de tulp en iris. De iris heeft een hogere warmteproduktie dan de tulp. De correctie voor

het vochtverlies is berekend met behulp van het computerprogramma ADICAL, waarvan de resultaten op de bijlagen 9 t/m 20 vermeld staan. De correctie is groot vanwege de hoge verdampingswarmte van water van ca. 2500 KJ. Uit het verschil tussen de niet-gecorrigeerde en de gecorrigeerde warmteproduktie blijkt de noodzaak voor het toepassen van een correctie, afhankelijk van het beoogde doel waarvoor de warmteproduktie wordt gebruikt. De niet gecorrigeerde warmteproduktie wordt gehanteerd indien het produkt onverpakt in de koelcel staat, terwijl de gecorrigeerde waarden gebruikt worden bij gesloten verpakkingen. Immers indien de bloemen onverpakt in de koelcel staan vindt ook vochtverlies plaats en is hierdoor de warmteproduktie lager, terwijl bij verpakt produkt geen vochtafgifte naar buiten toe kan plaatsvinden.

Op bijlage 1, 2 en 3 zijn de meetgegevens van respectievelijk tulp, iris en roos van alle experimenten vermeld. De warmteproducties in deze tabellen zijn niet gecorrigeerd voor het vochtverlies. In de tabellen staan o.m. vermeld het massaverlies en de tijdsduur die nodig is om een temperatuurtraject te doorlopen (h). Het massaverlies bestaat uit vochtverlies (water) en koolstofverlies. Omdat het massaverlies slechts voor minder dan 1% uit koolstofverlies bestaat, is alleen een correctie toegepast voor het vochtverlies.

Het massaverlies is voor iedere meting verschillend. Dit is mogelijk als volgt te verklaren:

- de relatieve luchtvochtigheid is tijdens ieder experiment niet hetzelfde geweest;
- de duur van de metingen is verschillend;
- de vochtafgifte is temperatuurafhankelijk;
- produktverschillen tussen de partijen;
- de vochtafgifte is produktafhankelijk (zie bijlage 8).

Een verschil in vochtverlies tussen de metingen geeft een verschil in correctie t.a.v. de warmteproduktie.

Om na te gaan in hoeverre de veroudering de warmteproduktie beïnvloed zijn de metingen langer doorgezet dan de gewenste meettemperatuur. In de meeste gevallen geldt dat naarmate de veroudering groter wordt, de warmteproduktie kleiner is in vergelijking met de warmteproduktie van vers produkt. Bijvoorbeeld van de roos is van meting 2 (bijlage 3) de warmteproduktie bij 15°C lager dan die van meting 3 bij 15°C. In het eerste geval is het produkt reeds 17 uur oud en speelt de veroudering een grotere rol dan in het tweede geval, waarbij de warmteproduktie na 4 uur is bepaald.

De resultaten van de duplometingen gaan meer met elkaar verschillen naarmate de veroudering groter wordt.

Om de invloed van veroudering te elimineren is de gemiddelde warmteproduktie berekend uit de eerste meettemperaturen. De tijdsduur tussen de begintemperatuur en de eerste meettemperatuur is dan kort zodat van veroudering nog nauwelijks sprake is. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de resultaten van meting 2, vat 1 (bijlage 1) van de tulp en van meting 4, vat 1 (bijlage 2) van de iris niet in het gemiddelde zijn opgenomen.

Deze meetwaarden zijn niet betrouwbaar omdat de adiabatische omstandigheden op het tijdstip van de meting niet optimaal zijn geweest.

Op bijlage 21 is het verloop van de warmteproduktie grafisch weergegeven als functie van de tijd. Om een inzicht te krijgen in de snelheid waarmee de temperatuur stijgt als gevolg van de warmteproduktie is op bijlage 22 de temperatuur als functie van de tijd grafisch weergegeven. Hierbij is uitgegaan van de volgende tabel.

Tabel 5. Gemiddeld aantal uren nodig om temperatuurtraject te doorlopen

produkt	5-10°C	10-15°C	15-20°C	20-25°C	25-30°C
tulp	83	33	31	17	13
iris	43	28	18	10	10
roos	20	12	7	5	5

Tijdens de eerste experimenten met de tulp is gebleken dat het gewicht van het produkt lager was dan het gewicht van de monstervaten. Dit houdt in dat er relatief veel gecorrigeerd moet worden voor wat betreft de soortelijke warmte, hetgeen de nauwkeurigheid van de meting niet ten goede komt. De warmteproduktie wordt berekend met:

$$q = \frac{C_v \cdot M_v + C_p \cdot M_p}{M_p} \cdot \frac{dT}{dt}$$

hierin is:

- q = warmteproduktie [mW/kg]
- C_v = soortelijke warmte monstervat [kJ/kg.k]
- C_p = soortelijke warmte produkt [kJ/kg.k]
- M_v = massa monstervat [kg]
- M_p = massa produkt [kg]

$\frac{dT}{dt}$ = gemeten temperatuurstijging per tijdseenheid [°C/uur]

Om na te gaan of er tijdens de experimenten voldoende lucht doorgeleid is, is het CO₂-gehalte van de uitgaande lucht gemeten. De resultaten staan vermeld op bijlage 7. Hieruit blijkt dat de hoeveelheid doorgevoerde lucht voldoende is geweest.

4.2. Isotherme calorimeter

De gemiddelde warmteproducties van de tulp, iris en roos zijn in onderstaande tabel weergegeven. Tevens is de spreiding in procenten van alle meetresultaten in de rechterkolom van de tabel vermeld (*).

Tabel 6. Gemiddelde warmteproductie in mW/kg en spreiding in %.

temperatuur	tulp		iris		roos	
+1°C	94	7,7*	77	5,4*	153	16,4*
+5°C	-	-	-	-	241	26,0

Uit de tabel blijkt dat de tulp een iets grotere warmteproductie heeft dan de iris. De warmteproductie van de roos is groter dan van de tulp en iris. Op bijlage 4, 5 en 6 staan in tabelvorm de gemeten warmteproducties van respectievelijk de tulp, iris en roos.

Van bijna elke partij zijn minstens twee metingen verricht op verschillende dagen. Voor de meeste metingen geldt dat de grootte van de warmteproductie afneemt naarmate de tijdsduur tussen binnenkomst van de partij en het begin van de meting langer wordt (= de bewaarduur in de koelcel). Deze afname is toe te schrijven aan de veroudering van de bloemen.

De warmteproductie is berekend uit het gemiddelde van alle meetwaarden. Omdat veroudering de grootte van de warmteproductie negatief beïnvloed, is het gemiddelde berekend van de resultaten van alle eerste metingen na binnenkomst van het produkt.

Opgemerkt wordt, dat de metingen in de isotherme calorimeter in een gesloten vat zijn uitgevoerd, waardoor niet gecorrigeerd behoeft te worden voor koolstofverlies en vochtverlies.

Van enkele metingen is het verloop van de warmteproductie in de tijd uitgezet. De metingen zijn: tulp +1°C (29-1-'82), iris +1°C (16-2-'82), roos +1°C (15-3-'82) en roos +5°C (19-3-'82). Hieruit kan worden opgemaakt wanneer zuurstofgebrek optreedt.

Het blijkt uit bijlage 23, 24 en 25 dat de warmteproductie (+1°C) constant daalt

en uit de metingen in bijlage 26 ($+5^{\circ}\text{C}$) dat de warmteproduktie eerst stijgt tot een constant niveau en vervolgens langzaam daalt. Dit houdt verband met de warmtebalans en hangt af van het openen van de calorimeter en de temperatuur van de monstervaten. Nagegaan is of de tijdsduur van de meting invloed heeft op de warmteproduktie. De tijdsduur vanaf het moment van inzetten tot aan de meting (=h) is voor elk experiment gelijk en zo kort mogelijk gehouden. Gedurende deze tijd is de zuurstofconcentratie in de gesloten monstervaten slechts met 1 à 2% afgenomen, zodat de ademhalingsnelheid en dus de warmteproduktie niet of nauwelijks geremd wordt.

Op 11-3-1982 is van de roos in vat 1 een warmteproduktiemeting gedaan van drie bloemknoppen met afzonderlijk daarvan drie stukjes stengel met bladeren. Het meetresultaat verschilt niet significant van andere resultaten. Blijkbaar vindt de warmteproduktie volledig in de bloemknop plaats.

4.3. Vergelijking van de meetmethoden

De warmteproduktiemeting met de adiabatistische calorimeter verschilt t.a.v. die met de isotherme calorimeter.

Over de adiabatistische calorimeter kan in de eerste plaats vermeld worden dat de warmteproduktie gemeten wordt van produkt in bulk.

Tijdens een experiment verandert zowel de temperatuur als de tijd.

Uit de snelheid waarmee de temperatuur verandert wordt de warmteproduktie berekend, zodat hier sprake is van een indirecte meting.

Voor het berekenen van de warmteproduktie moet de soortelijke warmte van het produkt bekend zijn en is tevens een correctie noodzakelijk t.a.v. het monstervat en het massaverlies. De grootte van de warmteproduktie wordt onder meer beïnvloed door de veroudering van het produkt en de verandering van de temperatuur.

Met de isotherme calorimeter wordt de warmteproduktie gemeten van een individueel produkt. Het is een directe meting die bij een constante temperatuur plaatsvindt. Tijdens de experimenten heeft de tijd (= veroudering) en het massaverlies geen invloed op de grootte van de warmteproduktie omdat de metingen in afgesloten monstervaatjes plaatsvinden en meestal kort duren.

Afgeleid uit bovengenoemde kan gesteld worden dat de isotherme calorimeter zeer geschikt is om de warmteproduktie te meten t.b.v. specifieke onderzoeksdoeleinden. M.b.v. de adiabatistische calorimeter wordt de warmteproduktie gemeten onder omstandigheden zoals die zich in de praktijk voordoen.

Bekend is, dat bij tuinbouwprodukten de meetresultaten van eenzelfde produkt ca. 20% spreiding kunnen vertonen. Dit wordt veroorzaakt door produktverschillen t.g.v. herkomst, groeiomstandigheden, fysiologische leeftijd e.d.

5. Berekeningen

5.1. Soortelijke warmte

De soortelijke warmte van de bloemen is berekend aan de hand van de samenstelling van het produkt [4]. Hiertoe is het droge stofgehalte bepaald en wordt aangenomen dat dit voornamelijk uit koolhydraten bestaat. De soortelijke warmte wordt als volgt berekend:

$$c_{\text{produkt}} = \frac{\% \text{ droge stof}}{100} \cdot c_{\text{koolhydraten}} + \frac{\% \text{ vocht}}{100} \cdot c_{\text{water}}$$

hierin is:

$$c_{\text{koolhydraten}} = 1,22 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$c_{\text{water}} = 4,182 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K}$$

Tabel 7. Resultaten droge stofgehaltes en soortelijke warmte

	% droge stof	% vocht	soortelijke warmte in KJ/kg·K
tulp	9,62	90,38	3,897
iris	10,42	89,58	3,873
roos	22,92	77,08	3,503

5.2. Veilige afmetingen

Onder veilige afmetingen [5] wordt verstaan de afmetingen van een hoeveelheid produkt waarbij de temperatuurstijging in het centrum t.g.v. de warmteproductie niet groter is dan een toegestane temperatuurstijging. De veilige afmeting wordt berekend m.b.v. de onderstaande formule:

$$x = 2 \sqrt{\frac{\lambda \cdot n}{\rho \cdot q + 1}}^{\circ\text{C}}$$

hierin is:

- x = veilige afmeting [m]
 λ = warmtegeleidingscoëfficiënt (bijlage 8) [W/m·K]
 n = vormfactor
 ρ = dichtheid van het produkt (bijlage 8) [kg/m³]
 q = warmteproduktie (gecorrigeerd voor het massaverlies, tabel 4 en tabel 6) [W/kg]

De veilige afmeting is berekend voor de tulp, iris en roos in AA-dozen (1,20 x 0,30 x 0,45 m). De vormfactor bedraagt 2,53.

De warmtegeleidingscoëfficiënt en de dichtheid van het produkt zijn vermeld in bijlage 8.

Tabel 8. De veilige afmeting van verpakte snijbloemen in cm als functie van de temperatuur

temperatuur	tulp	iris	roos
1°C	42	37	33
5°C	39	28	23
10°C	34	24	19
15°C	25	17	14
20°C	20	13	13
25°C	18	12	12

Uit de tabel blijkt dat de veilige afmeting van de tulp in een bepaalde verpakking groter is dan van de iris en roos. Voor AA-dozen (30 x 45 x 120 cm) geldt, dat wil men geen grotere temperatuurstijging in het centrum dan 1°C, dat tulpen gekoeld moeten worden tot ca. 12°C, irissen tot ca. 4°C en rozen tot ca. 1°C, indien men uitgaat van de kleinste afmeting nl. 30 cm van de verpakking.

6. Conclusies

1. De warmteproduktie van de roos, iris en tulp is verschillend en wordt sterk bepaald door de temperatuur en is tevens afhankelijk van de verouderingsgraad. Bij toenemende veroudering daalt de warmteproduktie.
2. De veilige afmeting van de roos, iris en tulp is verschillend en afhankelijk van de temperatuur. Op grond van de veilige afmeting als functie van de temperatuur (tabel 8) kan worden nagegaan in hoeverre de afmetingen van een verpakking al dan niet geschikt is voor transport.
3. Indien men tijdens (gekoeld) transport geen grotere temperatuurstijging in de dozen dan ca. 1°C wil toestaan, dan dient het produkt voorgekoeld te worden. Voor dubbele A-dozen met ca. 18 kg rozen tot ca. 1°C , idem met ca. 40 kg irissen tot 4°C en idem met ca. 30 kg tulpen tot ca. 12°C .

7. Vervolgonderzoek

Het is gewenst het onderzoek voort te zetten met andere snijbloemen.

Gedacht wordt allereerst aan gerbera's, omdat met dit produkt in de praktijk grote problemen zijn. Gerberadozen zijn (nog) niet geschikt om voor te koelen. Op grond van de warmteproduktie zou de noodzaak van het voorkoelen aangetoond kunnen worden.

Verder wordt gedacht aan belangrijke soorten zoals anjers en chrysanten.

Omdat de "zware" produkten zoals lelies, gladiolen e.d. lange halfkoeltijden bezitten is het voor deze produkten in het bijzonder van belang om na te gaan tot welke temperatuur tenminste gekoeld moet worden.

Immers als blijkt, dat net zoals voor de tulp, geldt slechts tot ca. 12°C gekoeld hoeft te worden dan is aanzienlijke tijdsbesparing tijdens het voorkoelen mogelijk.

Literatuur

1. W. Verbeek en R.G. Bons.
Snelle koelmethode voor bloemen in transportverpakking.
Vakblad voor de Bloemisterij, 24 juli 1981, pag. 28, 29, 31.
2. W. Verbeek en J.W. Rudolph
De bepaling van de warmteproductie van tuinbouwprodukten met een adiabatische calorimeter.
Koeltechniek 70, 1977, nr. 11, pag. 177 t/m 181.
3. W. Verbeek
Calorimetrische bepaling van het vriespunt en de enthalpie van leliebollen.
Koeltechniek 73(1980), nr. 3, pag. 49 t/m 51.
4. G. van Beek en W. Verbeek
Calculation of thermophysical properties of horticultural produce from their composition between -40°C and $+20^{\circ}\text{C}$, rapport no. 1959, Sprenger Instituut, 1978.
5. G. van Beek
Verpakking van levende plantaardige produkten; "Verpakking van voedingsmiddelen".
Stichting Post-Academisch Onderwijs, Landbouwhogeschool, Wageningen.

Wageningen, 8 juni 1982

WV/WFBP/MJ

Resultaten adiabatische calorimeters TULP.

Meting	cel. vat	begin temp.	warmteproductie												eind temp.	gewicht		massa-verlies	
			h	5 °C	h	10 °C	h	45 °C	h	20 °C	h	25 °C	h	30 °C		h	vat		pro- dukt
1	1	4,46	23	93,39 5,9 °C	70	117,45	40	262,83						2	15,68	3675	2918	14	
	2	4,92	23	96,47 6,3 °C	60	98,75	53	155,5 14,7 °C						1	14,92	3658	2967	3	
2	1	10,64	4			226,05 11,2 °C	25	264,01						12	17,07	3696	2056	12	
	2	9,72	11			134,06 11,0 °C	30	168,64						1	15,12	600	2051	1	
3	1	13,6	10					191,19	33	273,46	21	371,38			21	24,86	3682	2795	23
	2	13,6	9					214,44	28	304,71	19	486,83			9	27,69	3696	2802	18
4	1	16,73	12							271,80	18	315,13			8	27,28	641	2168	25
		17,98	6							357,27	15	414,73			4	31,95	600	2120	20

h = tijdsduur in uren tussen twee opeenvolgende temperaturen
temperatuur in graden Celcius
warmteproductie in mW/kg
gewicht in grammen

Resultaten adiabatische calorimeter: IRIS.

metings	Oplaat	begin temp.	warmteproductie										gewicht		eind temp.	Bassa-verlies		
			h	5 °C	h	10 °C	h	15 °C	h	20 °C	h	25 °C	h	30 °C			h	vat
1	1	4,97	11	115,89 6,3 °C	29	167,77								20	641	3110	12	
	2	4,49	19	103,86 6,3 °C	32	161,41								13	600	3070	4	
2	1	7,49	17			167,31	28	214,97						2	641	3223	7	
	2	8,15	13			172,70	28	215,46						6	600	3198	5	
3	1	12,42	12					294,75	22	349,61				9	3696	2973	13	
	2	12,62	8					367,60	13	447,94				5	600	3030	9	
4	1	18,36	2							-	10	752,74	10	1028,49	1	3696	1259	29
	2	19,56	4							570,53 21,2 °C	7	618,93	9	723,22	1	600	1299	10

h = tijdsduur in uren tussen twee opeenvolgende temperaturen
temperatuur in graden Celsius
warmteproductie in mW/kg
gewicht in grammen

Resultaten adiabatische calorimeter: ROOS.

meting	cal. vst.	begin temp.	warmteproductie										eind temp.	gewicht		masse-verlies	
			h	5° C	h	10° C	h	15° C	h	20° C	h	25° C		h	30° C		h
1	1	3,4	6	284,66	18	380,06							1	10,46	641	1253	4,1
	2	4,8	13	254,91 247,31 7,5° C	9	308,06							1	10,2	600	1272	2,4
2	1	8,32	5			409,16	12	432,86	6	572,19 17,5° C			2	18,58	641	1368	--
	2	8,25	5			404,98	12	499,3	5	574,86 17,5° C			3½	19,84	600	1437	14,7
3	1	12,74	3					737,02	6½	831,46	5½	927,14	3	27,65	641	1331	17
	2	12,11	4½					717,98	6	875,22	6	1017,48	2	26,97	600	1425	11
4	1	18,7	2							883,95	5	1042,02	3	34,0	641	1198	22
	2	18,22	2							979,96	5	1148,68	3	34,0	600	1161	13

h = tijdsduur in uren tussen twee opeenvolgende temperaturen
temperatuur in graden Celsius
warmteproductie in mW/kg.
gewicht in grammen

Resultaten isotherme calorimeter.Tulp

Warmteproduktie, in mW/kg, gemeten bij +1°C.

datum binnen- komst partij	datum begin meting	warmteproduktie vat			gemiddeld	h
		1	2	3		
26-1-1982	27-1	85	96	89	90	12
	29-1	86	88	97	90	12
	1-2	73	74	77	75	18
2-2	2-2	94	102	107	101	12
	3-2	89	88	94	90	12
8-2	9-2	90	149'	139'	90	12
	10-2	97	98	106	100	12

' : deze meetwaarde is niet in het gemiddelde opgenomen, tijdens het experiment bevond zich water in het vat, zodat de meting onbetrouwbaar is.

h = tijdsduur in uren vanaf het moment van inzetten tot de meting.

Resultaten isotherme calorimeter.Iris

Warmteproduktie, in mW/kg, gemeten bij +1°C.

datum binnen- komst partij	datum begin meting	warmteproduktie vat			gemiddeld	h
		1	2	3		
15-2-1982	16-2	71	80	78	76	12
	17-2	69	74	100'	72	12
17-2	19-2	73	75	77	75	12
	23-2	59	67	75	67	12
23-2	24-2	77	83	86	82	12
	25-2	68	78	86	77	12
	26-2	69	82	84	78	12
2-2	3-3	68	74	79	74	12
	4-3	73	79	121'	76	12

' : deze waarde is niet in het gemiddelde opgenomen,
tijdens het experiment bevond zich water in het vat, zodat
de meting onbetrouwbaar is.

h = tijdsduur in uren vanaf het moment van inzetten tot de
meting.

Resultaten isotherme calorimeter.Roos.

Warmteproductie, in mW/kg, gemeten bij +1 C.

datum binnen- komst partij	datum begin meting	warmteproductie vat			gemiddeld	h
		1	2	3		
9-3-1982	10-3	162	168	179	170	8
	11-3	141	145	143	143	8
11-3	15-3	134	151	153	146	8
15-3	16-3	138	136	157	144	8

Warmteproductie, in mW/kg, gemeten bij +5 C.

datum binnen- komst partij	datum begin meting	warmteproductie vat			gemiddeld	h
		1	2	3		
17-3-1982	19-3	-	270	259	265	6
	22-3	172	170	188	177	12
23-3	24-3	246	222	207	225	6
	26-3	229	241	225	232	6
	29-3	180	177	199	185	6
	31-3	175	158	166	166	12

h = tijdsduur in uren vanaf het moment van inzetten tot de meting

CO₂- gehalte (in %) van de uitgaande lucht.

Tulp.

datum van de meting	calorimeter 2 temp. %CO ₂	calorimeter 1 temp. %CO ₂
1 ^e partij 29-1-'82	8,9 0,05	- -
1-2-'82	14,6 0,09	- -
2 ^e partij 3-2-'82	10,8 0,17	9,3 0,12
4-2-'82	13,7 0,08	10,8 0,04
5-2-'82	16,6 0,08	- -
3 ^e partij 9-2-'82	16,4 0,18	16,2 0,26
10-2-'82	20,9 0,1	19,8 0,09
11-2-'82	22,2 0,18	20,8 0,1
	27,6 0,21	24,8 0,15
4 ^e partij 12-2-'82	11,8 0,09	13,1 0,07

Iris.

datum van de meting	calorimeter 2 temp. %CO ₂	calorimeter 1 Temp. %CO ₂
1 ^e partij 16-2-'82	30,6 0,15	- -
2 ^e partij 18-2-'82	18,9 0,1	16,2 0,07
19-2-'82	- -	22,1 0,09
3 ^e partij 24-2-'82	10,7 0,07	10,0 0,04
25-2-'82	15,5 0,08	14,5 0,05
4 ^e partij 3-3-'82	6,3 0,08	7,5 0,06

temperatuur in °C.

Warmtegeleidingscoëfficiënt (r) [W/m·K]

temperatuur	tulp	iris	roos
+1°C	0,2864	0,2459	0,1830
5°C	0,2897	0,2487	0,1849
10°C	0,2937	0,2522	0,1873
15°C	0,2978	0,2556	0,1898
20°C	0,3019	0,2591	0,1922
25°C	0,3060	0,2626	0,1947

Produktgewicht in AA-dozen

Inhoud AA-doos:

tulp 30 kg

 $1,20 \times 0,45 \times 0,30 \text{ m} = 0,162 \text{ m}^3$

iris 40 kg

roos 18 kg

Dichtheid produkt (ρ) = $\frac{\text{gewicht}}{\text{inhoud}}$ [kg/m³] $\rho_{\text{tulp}} = 185 \text{ kg/m}^3$ $\rho_{\text{iris}} = 240 \text{ kg/m}^3$ $\rho_{\text{roos}} = 110 \text{ kg/m}^3$

Vochtafgifte: los

bos

tulp $41,2 \cdot 10^{-10}$ $18,1 \cdot 10^{-10}$

kg/kg·Pa·s

iris $67,8 \cdot 10^{-10}$ $30,1 \cdot 10^{-10}$

kg/kg·Pa·s

roos $10,4 \cdot 10^{-10}$ $51,5 \cdot 10^{-10}$

kg/kg·Pa·s

ADICAL
PRODUKT=TULP

meting 1
vat 1

CORR. COEFF.= .999983

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (ks)
5.00	0.065	2.916
10.00	0.082	2.910
15.00	0.184	2.905
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/ks)	W (MW/ks)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
5.00	93.4	110.0	1926.0	2269.2
10.00	117.5	140.0	2423.5	2887.4
15.00	263.1	293.1	5425.7	6044.1

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3897
ALPHA = .00008175

ADICAL
PRODUKT=TULP

meting 1
vat 2

CORR. COEFF.= .999999

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (ks)
5.00	0.068	2.967
10.00	0.068	2.965
15.00	0.000	0.000
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/ks)	W (MW/ks)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
5.00	96.5	100.4	1989.3	2070.8
10.00	96.2	101.5	1983.7	2093.6

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3897
ALPHA = .0000197494

ADICAL
PRODUKT=TULP

meting 2
vat 1

CORR. COEFF.= .999979

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
10.00	0.143	2.055
15.00	0.167	2.048
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
10.00	226.1	286.7	4662.1	5912.4
15.00	264.3	345.3	5450.5	7120.3

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3897
ALPHA = .000154883

ADICAL
PRODUKT=TULP

meting 2
vat 2

CORR. COEFF.= .999995

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
10.00	0.120	2.051
15.00	0.151	2.050
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
10.00	134.1	139.4	2764.5	2873.9
15.00	168.6	175.7	3477.5	3623.3

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3897
ALPHA = .0000135319

ADICAL
PRODUKT=TULP

meting 3
vat 1

CORR. COEFF.= 1

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
15.00	0.132	2.792
20.00	0.189	2.781
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
15.00	191.2	252.6	3943.6	5208.3
20.00	273.8	354.8	5646.2	7316.1

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies

Soortelijke Warmte = 3897

ALPHA = .000159148

ADICAL
PRODUKT=TULP

meting 3
vat 2

CORR. COEFF.= .99977

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
15.00	0.148	2.800
20.00	0.193	2.794
25.00	0.336	2.789
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
15.00	214.5	251.9	4422.5	5194.1
20.00	279.5	328.8	5763.5	6780.5
25.00	487.4	551.7	10050.8	11375.8

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies

Soortelijke Warmte = 3897

ALPHA = .0000973908

ADICAL
PRODUKT=TULP

meting 4
vat 1

CORR. COEFF.= .999985

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
20.00	0.243	2.162
25.00	0.282	2.151
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000
55.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
20.00	271.8	406.8	5605.2	8388.3
25.00	315.2	491.6	6499.8	10137.9

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3897
ALPHA = .000205258

ADICAL
PRODUKT=TULP

meting 4
vat 2

CORR. COEFF.= .998924

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
20.00	0.320	2.118
25.00	0.371	2.112
30.00	0.422	2.105
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000
55.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
20.00	357.3	440.2	7367.4	9076.6
25.00	414.8	522.9	8553.0	10781.9
30.00	471.9	611.3	9729.8	12606.3

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3897
ALPHA = .000123469

ADICAL
PRODUKT=IRIS

meting 1
vat 1

CORR. COEFF.= .999993

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
5.00	0.105	3.108
10.00	0.152	3.103
15.00	0.000	0.000
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
5.00	115.9	145.7	2389.7	3003.9
10.00	167.8	208.0	3459.7	4289.5

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3873
ALPHA = .000155927

ADICAL
PRODUKT=IRIS

meting 1
vat 2

CORR. COEFF.= .999999

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
5.00	0.094	3.069
10.00	0.147	3.067
15.00	0.000	0.000
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
5.00	103.9	113.7	2141.8	2345.5
10.00	161.4	174.7	3328.4	3603.3

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3873
ALPHA = .0000510689

ADICAL
PRODUKT=IRIS

meting 2

vat 1

CORR. COEFF.= .999999

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
10.00	0.152	3.221
15.00	0.195	3.217
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
10.00	167.3	189.7	3450.0	3911.5
15.00	215.0	244.8	4432.9	5048.0

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3873
ALPHA = .0000896143

ADICAL
PRODUKT=IRIS

meting 2

vat 2

CORR. COEFF.= .999999

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
10.00	0.157	3.197
15.00	0.196	3.194
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
10.00	172.7	188.2	3561.1	3881.3
15.00	215.5	236.2	4443.0	4869.6

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3873
ALPHA = .0000617134

ADICAL
PRODUKT=IRIS

meting 3
vat 1

CORR. COEFF.= .999993

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
15.00	0.207	2.970
20.00	0.246	2.764
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
15.00	294.8	340.9	6079.2	7023.6
20.00	349.9	410.5	7214.4	8465.6

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3873
ALPHA = .000127092

ADICAL
PRODUKT=IRIS

meting 3
vat 2

CORR. COEFF.= .999937

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
15.00	0.334	3.028
20.00	0.407	3.024
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
15.00	367.6	412.3	7580.1	8501.1
20.00	448.0	506.8	9237.1	10450.1

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3873
ALPHA = .000125693

ADICAL
PRODUKT=IRIS

meting 4
vat 1

CORR. COEFF.= .999727

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
25.00	0.398	1.250
30.00	0.544	1.236
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000
55.00	0.000	0.000
60.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
25.00	755.1	1170.8	15571.5	24141.5
30.00	1036.7	1577.1	21376.2	32520.3

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies

Soortelijke Warmte = 3873

ALPHA = .000279628

ADICAL
PRODUKT=IRIS

meting 4
vat 2

CORR. COEFF.= .996649

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
20.00	0.503	1.298
25.00	0.546	1.295
30.00	0.638	1.291
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000
55.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
20.00	570.5	664.2	11764.8	13695.6
25.00	619.0	741.1	12764.5	15281.2
30.00	723.4	880.9	14917.6	18164.5

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies

Soortelijke Warmte = 3873

ALPHA = .0000855049

ADICAL
PRODUKT=ROOS

meting 1
vat 1

CORR. COEFF.= .999986

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
5.00	0.275	1.252
10.00	0.367	1.250
15.00	0.000	0.000
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
5.00	284.7	335.4	5870.0	6916.0
10.00	380.1	448.7	7838.3	9251.8

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3503
ALPHA = .000106987

ADICAL
PRODUKT=ROOS

meting 1
vat 2

CORR. COEFF.= .999949

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
5.00	0.247	1.271
10.00	0.299	1.270
15.00	0.000	0.000
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
5.00	254.9	286.6	5256.5	5910.2
10.00	308.1	350.9	6352.8	7235.0

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3503
ALPHA = .0000678649

ADICAL
PRODUKT=ROOS

meting 2
vat 1

CORR. COEFF.= .999964

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
10.00	0.389	1.368
15.00	0.411	1.368
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
10.00	400.8	400.8	8264.5	8264.5
15.00	424.0	424.0	8743.1	8743.1

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3503
ALPHA = 0

ADICAL
PRODUKT=ROOS

meting 2
vat 2

CORR. COEFF.= .999926

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (kg)
10.00	0.395	1.434
15.00	0.487	1.427
20.00	0.000	0.000
25.00	0.000	0.000
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/kg)	W (MW/kg)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
10.00	405.0	577.8	8351.6	11913.7
15.00	499.5	730.6	10299.5	15066.1

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3503
ALPHA = .000307942

ADICAL
PRODUKT=ROOS

meting 3
vat 1

CORR. COEFF.= .989377

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (ks)
15.00	0.713	1.329
20.00	0.805	1.325
25.00	0.897	1.320
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/ks)	W (MW/ks)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
15.00	737.1	895.2	15198.8	18458.7
20.00	831.7	1040.3	17149.8	21451.8
25.00	927.6	1199.8	19127.4	24741.4

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3503
ALPHA = .000195309

ADICAL
PRODUKT=ROOS

meting 3
vat 2

CORR. COEFF.= .98713

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (ks)
15.00	0.700	1.424
20.00	0.853	1.421
25.00	0.992	1.417
30.00	0.000	0.000
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/ks)	W (MW/ks)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
15.00	718.0	814.3	14805.8	16790.6
20.00	875.4	1002.2	18050.1	20666.0
25.00	1017.8	1183.1	20986.8	24396.1

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies
Soortelijke Warmte = 3503
ALPHA = .000127363

ADICAL
PRODUKT=ROOS

meting 4
vat 1

CORR. COEFF.= .981432

T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (ks)
20.00	0.850	1.196
25.00	1.002	1.191
30.00	1.058	1.185
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000
55.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/ks)	W (MW/ks)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
20.00	884.0	1118.7	18229.3	23068.2
25.00	1042.4	1348.8	21495.0	27813.7
30.00	1101.5	1497.8	22712.9	30884.8

*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies

Soortelijke Warmte = 3503

ALPHA = .000197414

ADICAL
PRODUKT=ROOS

meting 4
vat 2

CORR. COEFF.= .976061

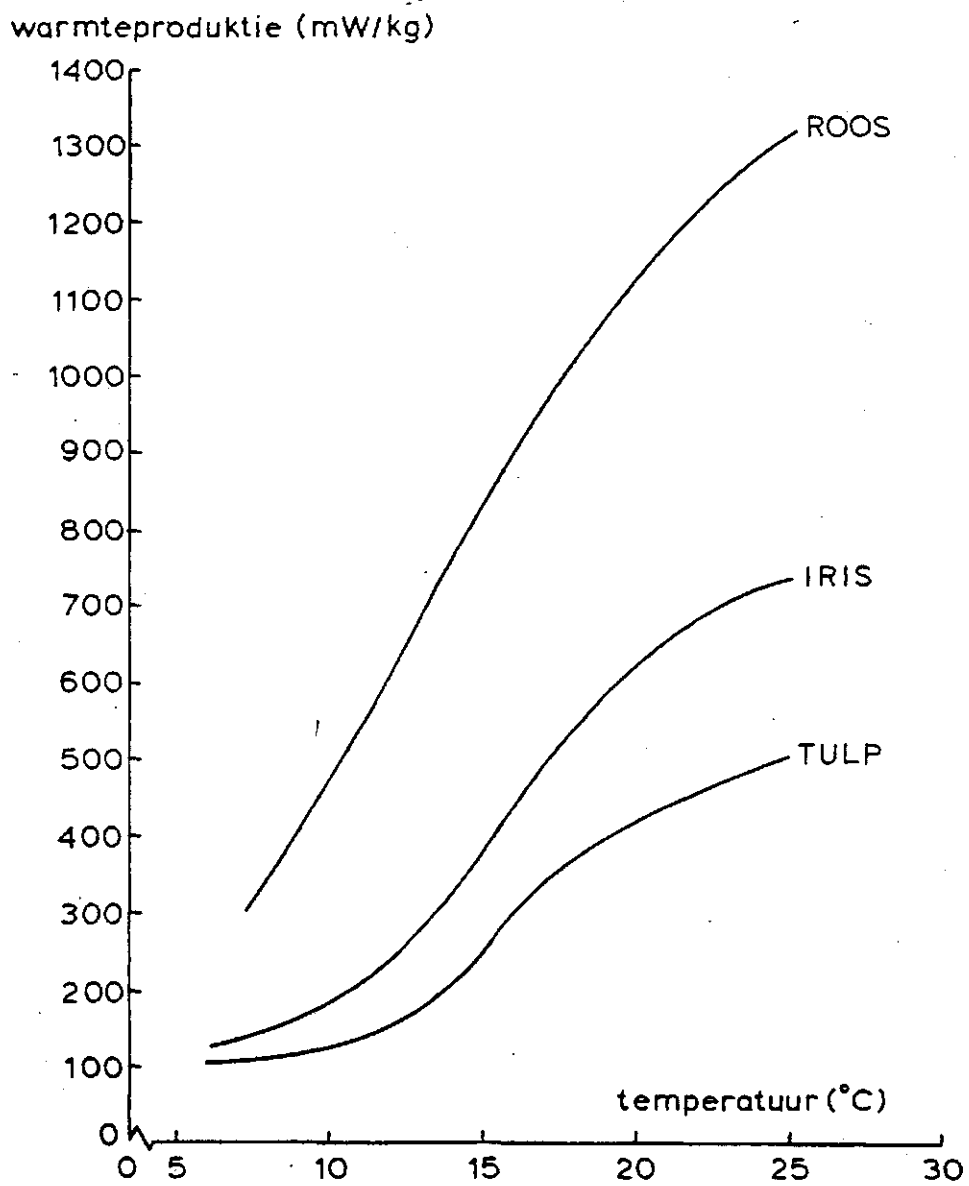
T (oC)	dT/dT (oC/h)	M (ks)
20.00	0.944	1.160
25.00	1.107	1.157
30.00	1.233	1.153
35.00	0.000	0.000
40.00	0.000	0.000
45.00	0.000	0.000
50.00	0.000	0.000
55.00	0.000	0.000

T (oC)	W* (MW/ks)	W (MW/ks)	W* (kCal/ton*24h)	W (kCal/ton*24h)
20.00	980.0	1123.9	20208.5	23176.2
25.00	1148.9	1336.6	23691.7	27560.5
30.00	1280.0	1522.0	26393.2	31384.6

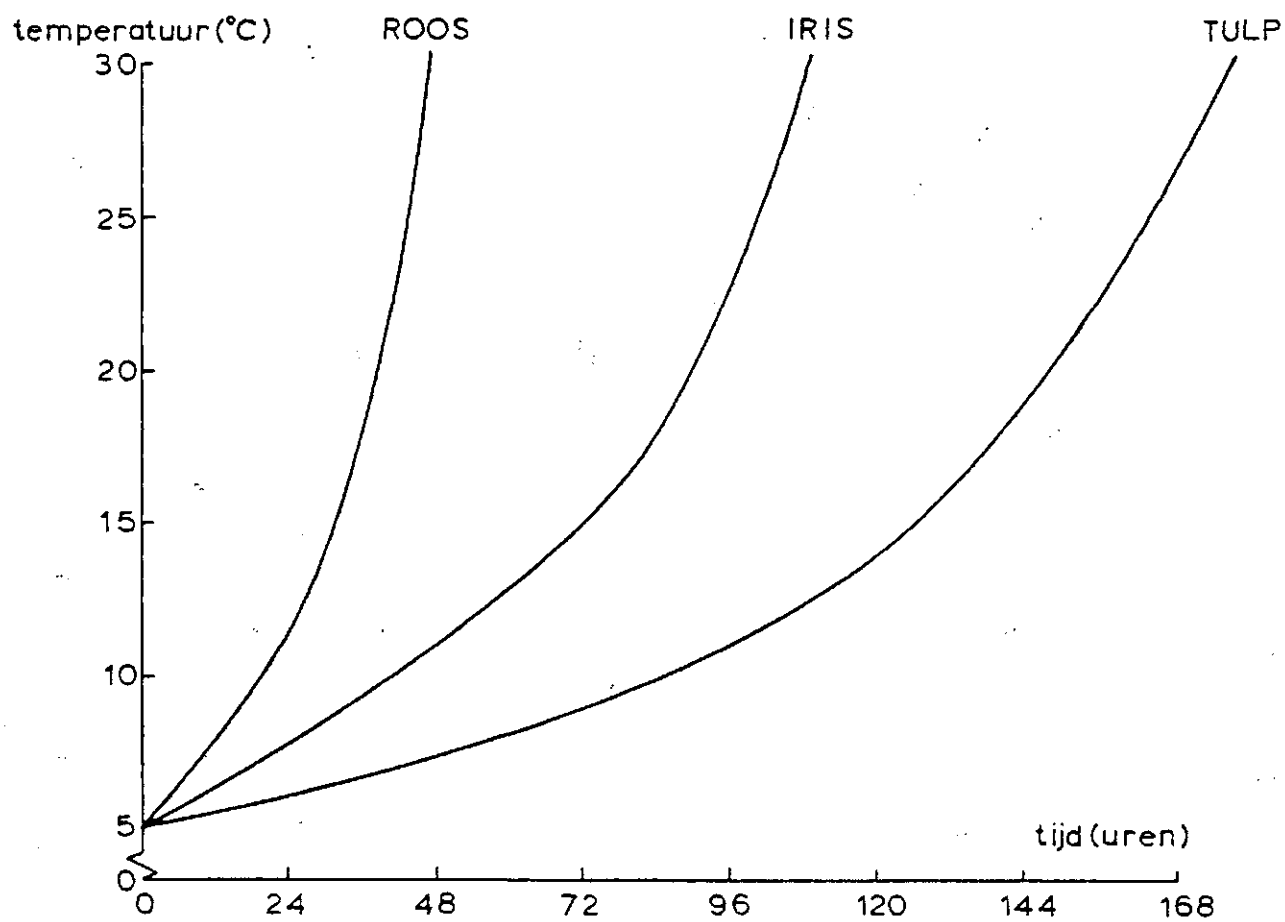
*=niet gecorrigeerd voor vochtverlies

Soortelijke Warmte = 3503

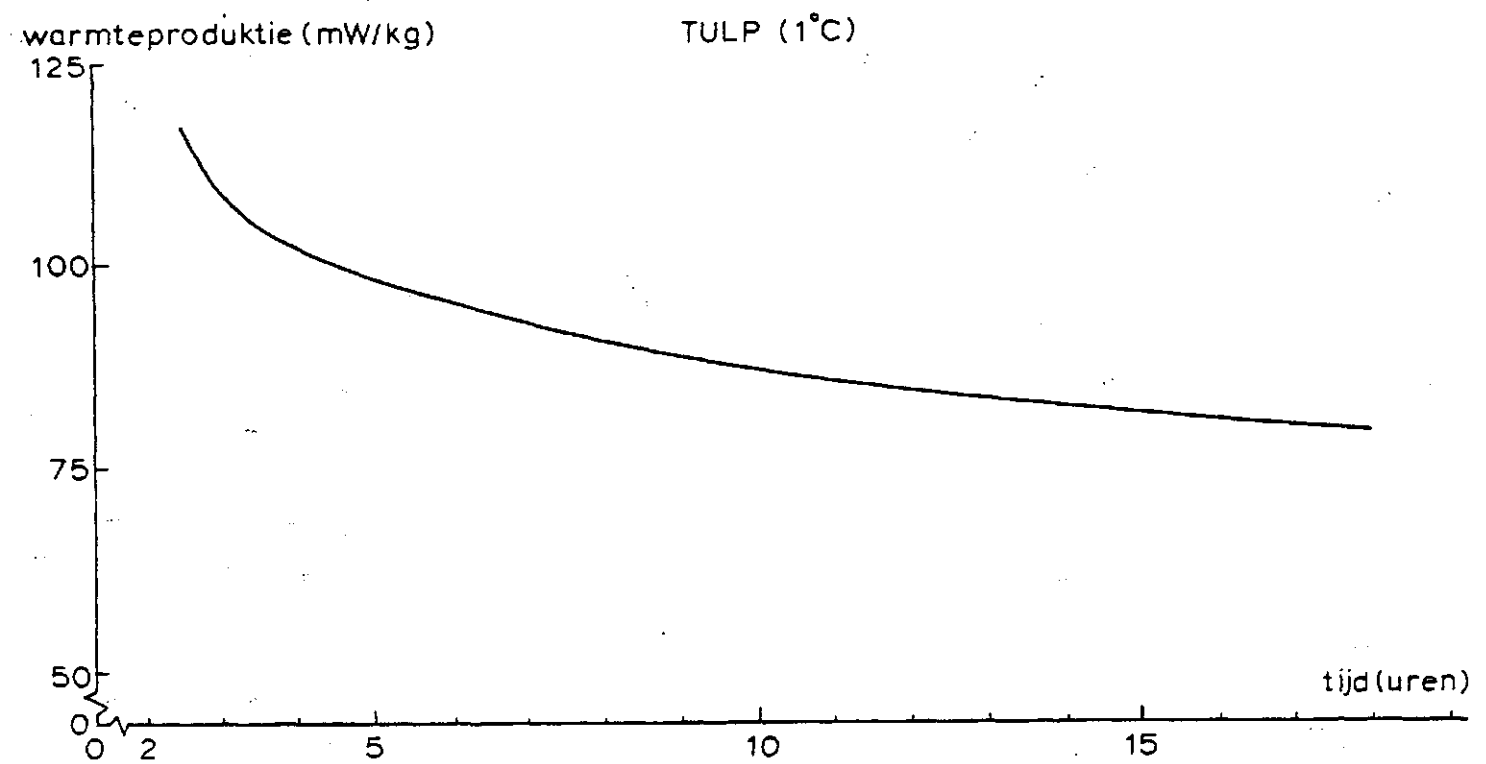
ALPHA = .000117409



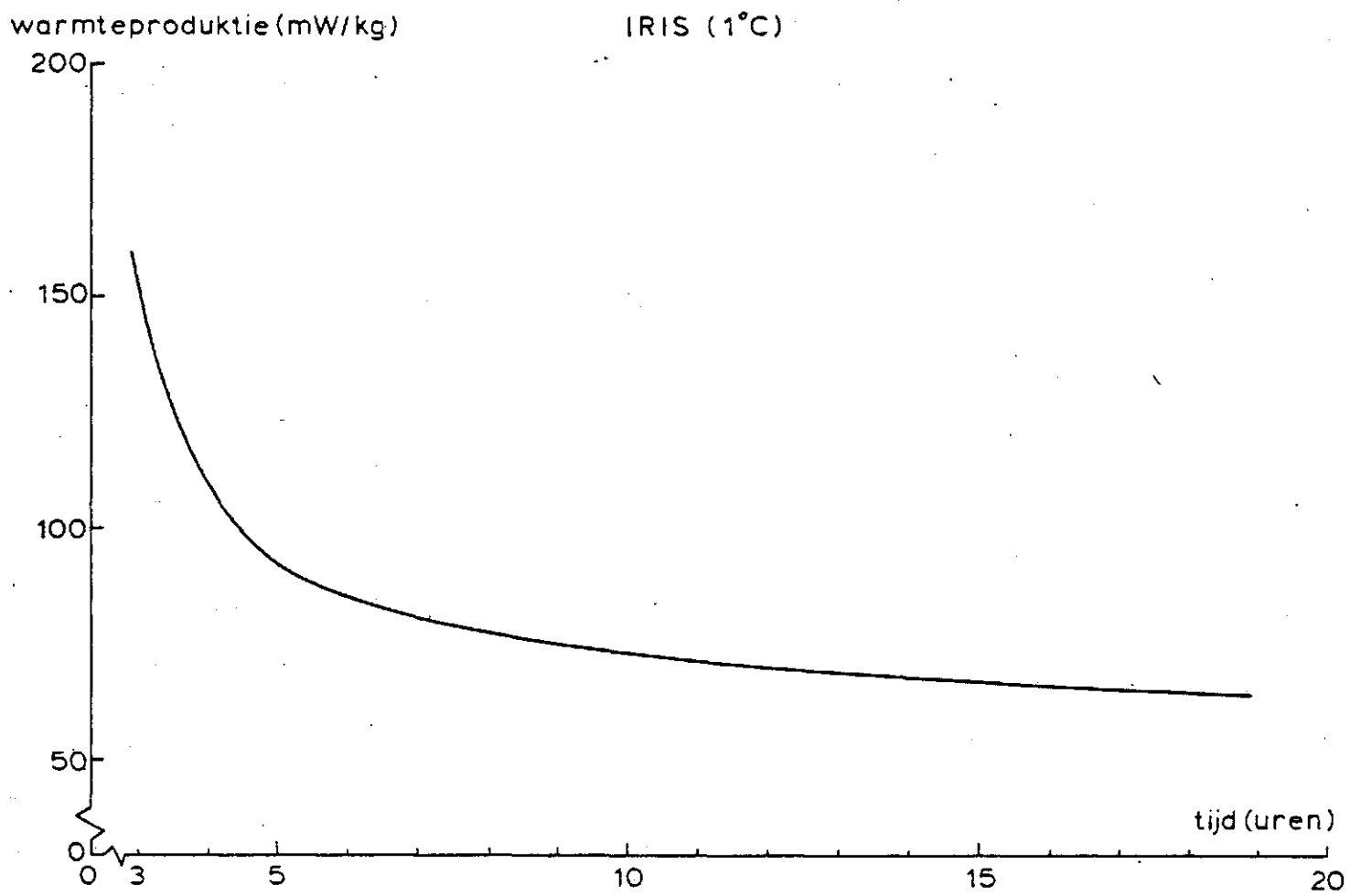
De warmteproduktie als functie van de temperatuur
gecorrigeerd voor het massaverlies



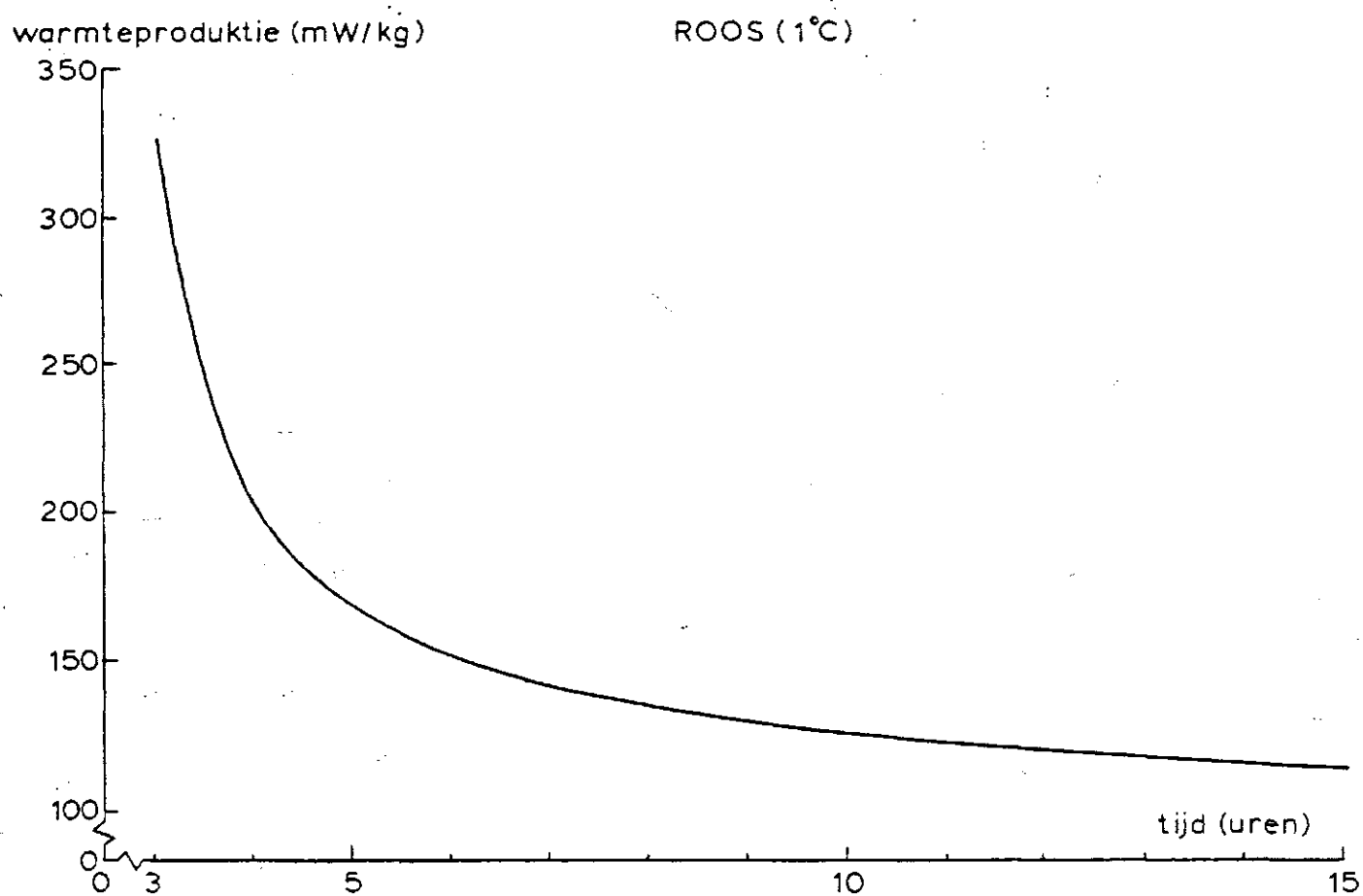
De warmteproduktie als functie van de tijd onder adiabatistische opslagomstandigheden



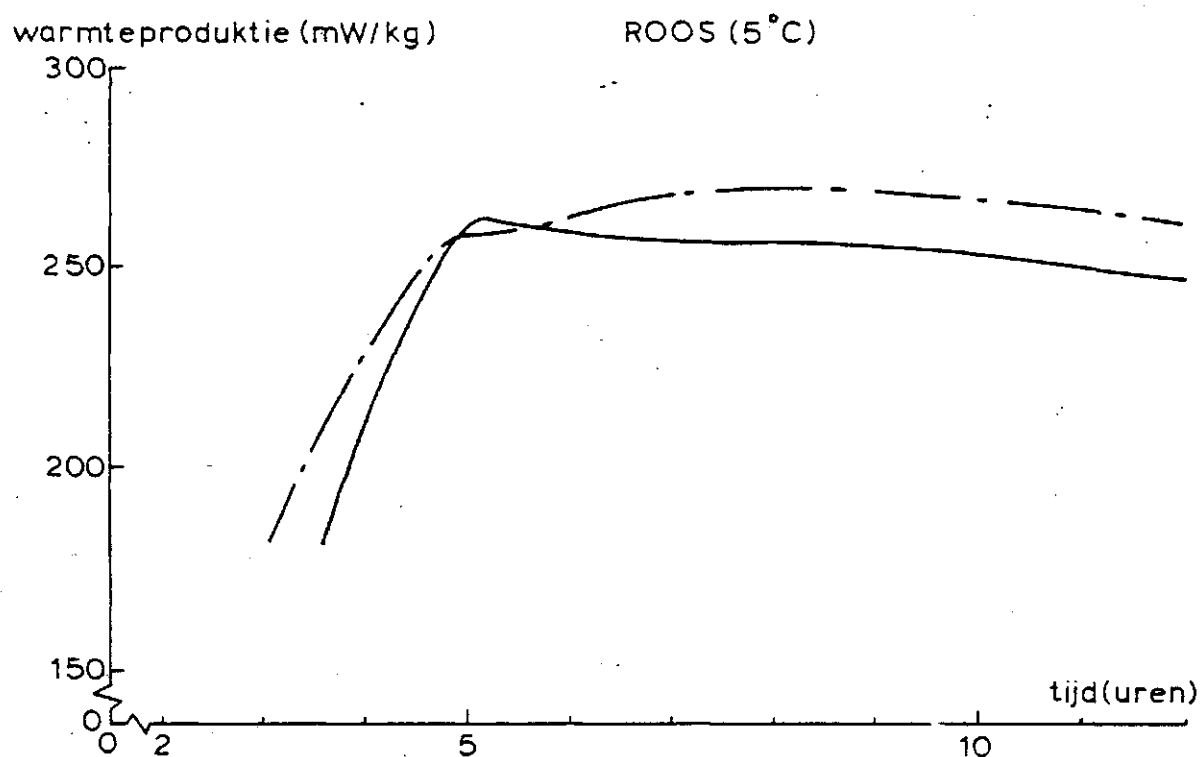
De warmteproductie, gemeten in de isotherme calorimeter, als functie van de tijd (29-1-1982), vat 1.



De warmteproductie, gemeten in de isotherme calorimeter, als functie van de tijd (16-2-1982), vat 1.



De warmteproductie, gemeten in de isotherme calorimeter, als functie van de tijd (15-3-1982), vat 1.



De warmteproduktie, gemeten in de isotherme calorimeter, als functie van de tijd (19-3-1982).

De getrokken lijn is vat 1, de onderbroken lijn vat 2.