

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

RAPPORT NO. 2290

W. Verbeek en R.G. Bons

AFKOELPROEVEN MET EEN NAT EN EEN CONVEN-
TIONEEL KOELSYSTEEM

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut en de werkgroep voorkoeling
(kas)groenten van het Centraal Bureau van de Tuinbouwveilingen in Nederland

Project no. 246

(februari 1985)

INHOUD	blz.
Samenvatting	2
Summary	2
1. Inleiding	3
2. Proefopzet	3
3. Conventionele en natte koelcel	4
3.1 Opstelling	4
3.2 Instelling relatieve vochtigheid	6
4. Meetresultaten	9
4.1 Algemeen	9
4.2 Luchtbeweging	11
4.3 Halfkoeltijden	11
4.4 Voorkoelwand	13
5. Conclusies	14
6. Literatuur	15

SAMENVATTING

Afkoelproeven zijn uitgevoerd met complete palletladingen aardbeien, bloemkool, champignons, komkommers, paprika, radijs en spruitkool in de gangbare verpakkingen.

Het doel van het onderzoek is het nagaan of deze produkten snel met pressure-cooling gekoeld kunnen worden en op welke afkoeltijden gerekend moet worden.

De produkten hebben verschillende temperatuurbehandelingen ondergaan. Met name is het verschil in kwaliteit nagegaan tussen voorcoelen met een nat en een conventioneel voorkoelsysteem.

Uit het onderzoek is o.m. gebleken, dat met exponentiële koeling en een luchtsnelheid van ca. 2 m/s door de verpakking palletladingen aardbeien, champignons, radijs en paprika, in principe binnen 2 uur gekoeld kunnen worden, bloemkool en spruitkool een koeltijd van minimaal 8 uur vergen en komkommers 14 uur, tenzij geforceerd exponentieel gekoeld wordt. In dat geval is de koeltijd van komkommers minimaal 5 uur.

SUMMARY

Experiments are done in practice with complete pallet loads strawberries, cauliflower, mushrooms, brussel sprouts, sweet peppers and radish.

The purpose of this investigation concerns the possibility to precool the produce with forced air cooling (pressure cooling) and to determinate the cooling times.

The produce is precooled with a wet and a usual cooling system.

It appears that by an exponential cooling process and an air velocity of about 2 m/s strawberries, mushrooms, sweet peppers and radish can be cooled within 2 hours.

The minimum cooling time for brussel sprouts and cauliflower is 8 hours. Cooling of cucumbers takes 14 hours unless they are cooled by a forced exponential cooling process. In that case the cooling time is 5 hours.

1. INLEIDING

Op verzoek van de werkgroep "Conditionering Groenten" van het Centraal Bureau van de Tuinbouwveilingen in Nederland, is onderzoek uitgevoerd met diverse tuinbouwprodukten in de praktijk.

Het onderzoek betreft afkoelproeven met doorstroomkoeling voor een zuigwand (pressure cooling) (1) met een conventioneel en een nat koelsysteem.

Het doel van het onderzoek is het nagaan of aardbeien, champignons, bloemkool, komkommer, paprika, radijs en spruitkool in de huidige verpakkingen snel gekoeld kunnen worden en op welke afkoeltijden gerekend moet worden.

De produkten hebben verschillende temperatuurbehandelingen ondergaan. Hierbij is tevens beoordeeld op kwaliteit na de verschillende behandelingen (rapport no. 2285, P.M.M. Damen).

2. PROEFOPZET

De proeven zijn uitgevoerd op de veiling "De Kring" te Bleiswijk. De natte koelcel is uitgerust met 2 voorkoelwanden die rechtstreeks zijn aangesloten op een natte luchtkoeler van het tegenstroomprincipe (Fila-cell). De conventionele koelcel is ingericht voor doorstroomkoeling door een aparte ventilator met een zuigwand in de koelcel te plaatsen.

Er zijn 7 produktproeven uitgevoerd. Het overzicht is gegeven in tabel I.

Tabel I: Overzicht van de produktproeven

datum	produkt	verpakking	afmetingen (cm)
13-6-11983	paprika	dozen	42 x 33 x 15
27-6-1983	aardbeien	kratjes	50 x 30 x 12 <i>pomelo dozen?</i>
4-7-1983	komkommers	dozen	39,5 x 29,5 x 10
12-7-1983	radijs	kratjes	50 x 40 x 20,5
18-7-1983	champignons	plastic bakjes	40 x 35 x 15
29-8-1983	bloemkool	poolfust	60 x 40 x 22
26-9-1983	spruiten	poolfust	60 x 40 x 22

Elke proef is opgebouwd uit de volgende behandelingen:

1. Nat-nat. Het produkt is voorgekoeld en in de natte koelcel blijven staan totdat beoordeling plaats vond.
2. Nat-hal. Het produkt is direct na het voorkoelen in de hal geplaatst, dus onder niet gedefiniëerde omstandigheden.
3. Droog-droog. Het produkt is voorgekoeld in de conventionele koelcel en in deze koelcel blijven staan totdat beoordeling plaats vond.

4. Droog-hal. Het produkt is direct na het verkoelen in de hal geplaatst, dus onder niet gedefiniëerde omstandigheden.
5. Hal-hal. Het produkt is niet gekoeld, maar direct in de hal geplaatst, later zijn hierbij ook de palletladingen geplaatst, afkomstig uit de conventionele en natte koelcel.

Van elke behandeling is gedurende de gehele proef het temperatuurverloop geregistreerd.

De plaats van de temperatuurvoelers in de palletlading is per produkt vermeld.

Behalve de produkttemperatuur is tevens de temperatuur van de omgevingslucht geregistreerd.

Ook is de opwarmsnelheid geregistreerd van gekoelde produkten die in de hal geplaatst zijn.

Om na te gaan of de gehele lading gelijkmatig koelt is tijdens de afkoelproeven de luchtsnelheid op een groot aantal plaatsen door de verpakking gemeten. Het totale luchtdebiet is eveneens gemeten.

Tijdens de proeven is de relatieve vochtigheid in beide koelcellen en in de hal geregistreerd.

3. CONVENTIONELE EN NATTE KOELCEL

3.1 Opstelling

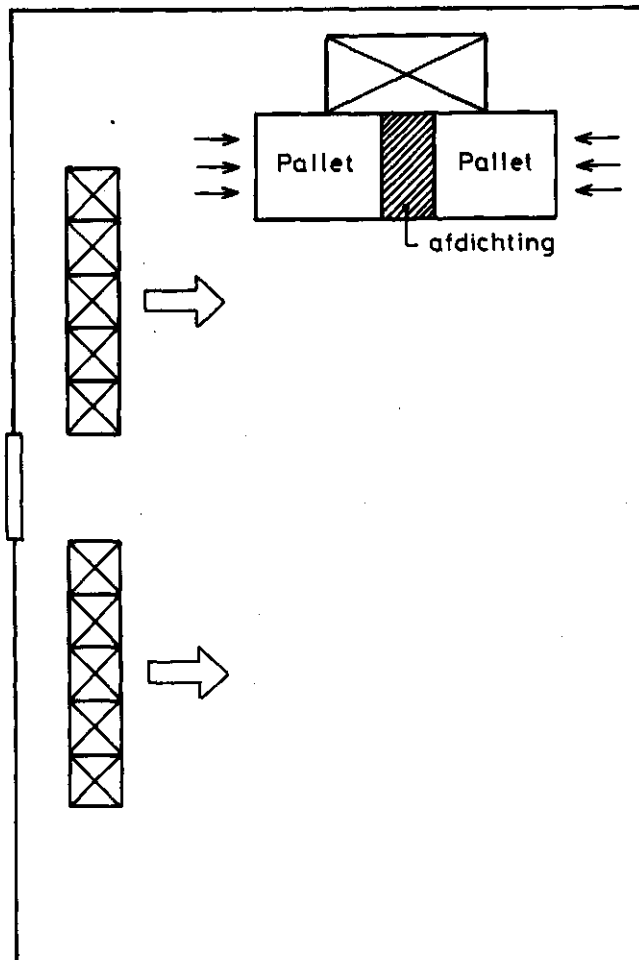
De opstelling in de droge en natte koelcel is verschillend (figuur 1 en 2). Bij de natte koelcel wordt alle lucht door de koeler rechtstreeks gekoeld, terwijl bij de droge koelcel met een aparte ventilator de koude lucht afkomstig van de koeler uit de ruimte wordt aangezogen.

In dit geval treedt altijd een zekere kortsluiting op van de afgevoerde warme lucht met de toegevoerde koude lucht. De afkoeltijd zal in dit geval altijd iets langer zijn.

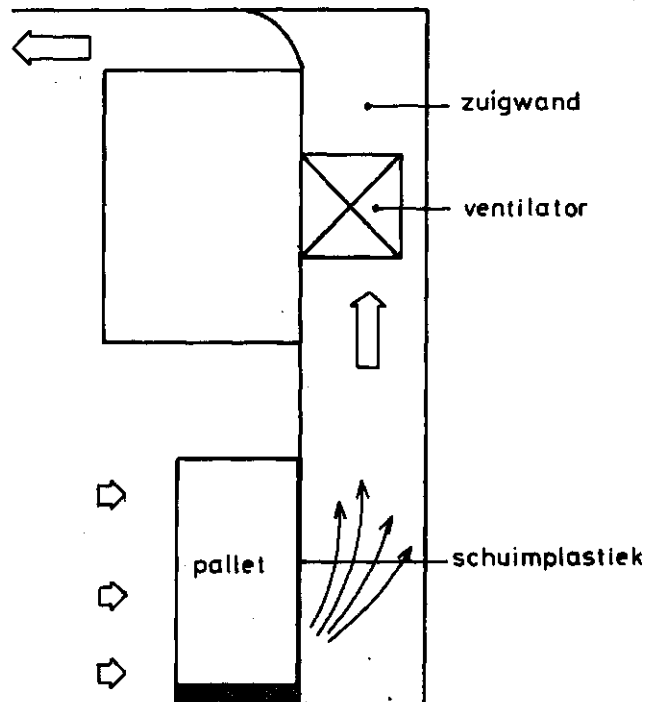
Doorstroomkoeling met zuigwand met conventionele koelers is in principe goed mogelijk. Om een aantal redenen is het echter niet mogelijk de zuigwand direct te koppelen aan de koeler, zoals met natte koelsystemen het geval is.

Het koppelen geeft problemen indien men produkten wil koelen tot 1°C, omdat bij het schakelen van betrekkelijk grote koelcapaciteiten grote temperatuurfluctuaties optreden (2) en bevroeringsgevaar voor het produkt optreedt.

Bij het verkoelen met zuigwand is een groot luchtdebiet nodig en moeten de ventilatoren een betrekkelijk grote druk (ca. 20 mm WK) kunnen leveren. Conventionele koelers zijn hierop niet berekend.



Figuur 1: De opstelling in de droge koelcel



Figuur 2: De opstelling in de natte koelcel

3.2 Instelling relatieve vochtigheid

In de droge koelcel bedraagt de totale koelcapaciteit van de beide koelers ca. 40 kW.

De koelers zijn voorzien van totaal 10 ventilatoren.

Elke afkoelproef is uitgevoerd met 2 palletladingen produkt (droog-hal en droog-droog).

Dit betekent, dat de koelcel met een geringe belasting functioneert t.o.v. het geïnstalleerde koelvermogen.

Bekend is (3), dat in een gewone koelcel het vochtonttrekkend vermogen tijdens de koelperiode o.m. direct verband houdt met het aantal draaiuren van de compressor en de schakelfrequentie.

Gebleken is, dat in de lege koelcel de koelperiode ca. 4 minuten bedraagt en de rustperiode ca. 16 minuten. Omgerekend naar 24 uur betekent dit nog geen 5 draaiuren van de compressor.

De gemeten relatieve vochtigheid in deze situatie is ca. 95%, m.a.w. er is weinig vochtonttrekkend vermogen.

Gezien de koelcapaciteit is deze cel geschikt om ca. 16 palletladingen komkommers in 6 uur van 25°C tot 15°C te koelen. Wordt de cel als zodanig belast, dan zal de compressor continu in werking zijn, m.a.w. het vochtonttrekkend vermogen is dan veel groter.

Wil men de invloed van natte en conventionele koeling op de kwaliteit van het produkt bepalen dan dient de belading aangepast te worden aan het geïnstalleerde koelvermogen.

Een andere mogelijkheid is, om de koelcapaciteit aan de belading aan te passen, dit laatste is tijdens de proeven het geval geweest.

Hiertoe is het verband bepaald tussen het koelvermogen en de relatieve vochtigheid in de lege cel (r.v. = maat voor het vochtonttrekkend vermogen).

Het koelvermogen is gereduceerd door een belasting van 4 kW (electrische verwarming) aan te brengen, alsmede enkele van de ventilatoren van de koelers uit te schakelen.

Fig. 3 geeft het gemeten verband weer tussen de relatieve vochtigheid in de lege cel en de koelcapaciteit.

Duidelijk blijkt, dat in de lege cel de r.v. daalt naarmate de koelcapaciteit afneemt.

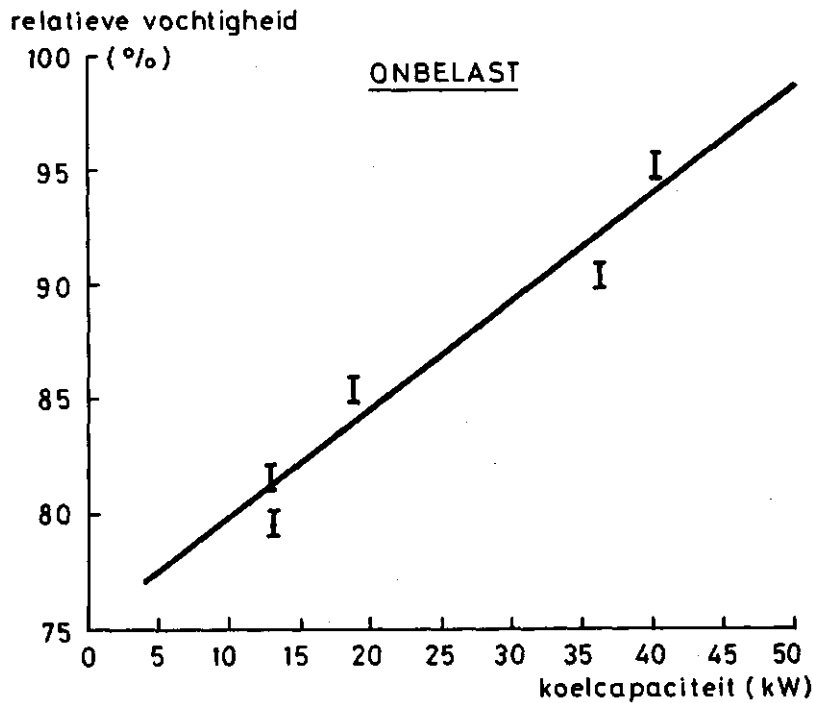
Bij de proeven zijn 4 van de 10 ventilatoren van de verdamper uitgeschakeld. Het resterende koelvermogen bedraagt dan ca. 16 kW, hetgeen ruim voldoende is om 2 palletladingen produkt snel te koelen. Dit blijkt uit figuur 4, waarin de schakelfrequentie van de koeler gegeven is zoals geregistreerd tijdens de proeven.

Gebleken is, dat de koeler 5 minuten in werking is en 5 minuten is afgeschakeld. Omgerekend per 24 uur betekent dit een looptijd van de compressor

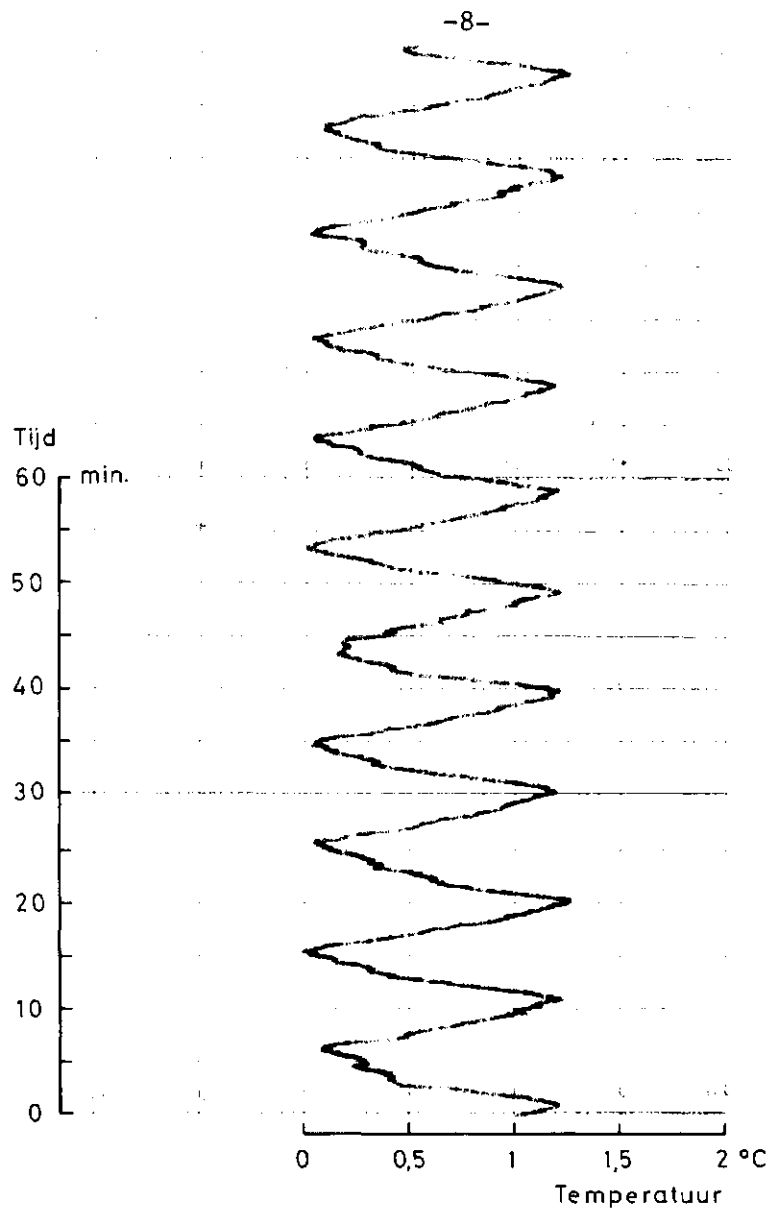
van ca. 12 uur.

De gemeten relatieve vochtigheid in deze situatie bedraagt in de lege cel ca. 85%.

Tijdens de proef stijgt de r.v. meestal omdat het produkt dan vocht afgeeft. Hieruit blijkt tevens, dat het meten van de r.v. om de kwaliteit van een gewone koelcel te karakteriseren niet zinvol is. Immers een hoge r.v. in een beladen cel kan betekenen dat het produkt is opgeslagen in een cel met een groot vochtonttrekkend vermogen als daar produkt in is opgeslagen met een hoge specifieke vochtigheid.



Figuur 3: Het verband tussen de relatieve vochtigheid en de koelcapaciteit



Figuur 4: Schakelfrequentie van de koeler tijdens de proeven

In een natte koelcel is er geen verband tussen vochtonttrekkend vermogen en koelcapaciteit. Het vochtonttrekkend vermogen wordt hier bepaald door de watertemperatuur (= dauwpunt) en de retourluchttemperatuur die hiermee in aanraking komt met de daarbij aanwezige vochtinhoud.

Het geïnstalleerde koelvermogen van de natte koeler bedraagt ca. 50 kW. Deze installatie is in vorig onderzoek (4) uitgebreid beproefd met 16 palletladingen komkommers.

Gebleken is, dat afkoeling van 25°C tot 15°C met lucht van 10°C in 6 uur mogelijk is.

De relatieve vochtigheid van de uitgeblazen lucht bij de koeler bedraagt bij deze belasting 99%. Wordt deze koeler belast met 2 palletladingen produkt, dan verandert de r.v. hierdoor niet, immers het vocht wordt geleverd door het systeem en minder door het produkt.

4. MEETRESULTATEN

4.1 Algemeen

In een aparte bijlage zijn alle meetresultaten van elke proef gegeven. De temperatuurvoelers zijn altijd in het produkt gestoken, in het centrum van het produkt van de verpakkingseenheid en bij meerdere produktlagen in het centrum.

De temperatuurvoelers zijn aangebracht op 4 lagen, op 2 plaatsen, (totaal 8 temperatuurvoelers per palletlading) zowel in het fust dat zich in het centrum van een laag bevindt als in het fust dat zich aan de binnenzijde (zuigwandzijde) van de lading bevindt. Dit is de plaats die het traagste koelt.

In de figuren 5 t/m 11 is het temperatuurverloop van het langzaamste en snelste afgekoelde produkt uitgezet, zowel van de proeven in de droge als die in de natte koelcel. In deze figuren is ook het verloop van de luchttemperatuur gegeven. het betreft de aangezogen luchttemperatuur bij het produkt.

In de figuren 12 t/m 18 is de opwarming van de produkten te zien, nadat de produkten voorgekoeld zijn en in de hal zijn geplaatst.

Het vergelijken van de metingen onderling geeft de volgende problemen:

1. De luchttemperatuur van de koelcel is niet constant en niet bij elke proef dezelfde. Naarmate de luchttemperatuur van de koelcel lager is, wordt de gewenste produkttemperatuur eerder bereikt.
2. De begintemperatuur van het produkt is niet overal gelijk en niet bij elke proef dezelfde.

Teneinde het toch mogelijk te maken proeven onderling te kunnen vergelijken is van elke proef de halfkoeltijd berekend.

Onder de halfkoeltijd wordt verstaan de tijd waarin de produkttemperatuur tot op de helft van het bij het begin aanwezige temperatuurverschil tussen produkt en koelceltemperatuur is gedaald.

Het voordeel van de halfkoeltijd is, dat alle resultaten met elkaar vergeleken kunnen worden omdat deze halfkoeltijden niet afhankelijk zijn van de produkttemperatuur bij aanvang of van de celluchttemperatuur.

Gerekend wordt, dat na 4 à 5 keer de halfkoeltijd het produkt nagenoeg de temperatuur van de cellucht heeft bereikt.

Uit de afkoelproeven blijkt, dat er sprake is van een exponentiële koeling. De celtemperatuur echter is niet vanaf het begin van het koelproces constant. Voor de berekening van de halfkoeltijden is de specifieke afkoelsnelheid bepaald, door op elk moment de verandering van de produkttemperatuur (dT/dt) af te zetten tegen het temperatuurverschil tussen produkt en omgeving ($T_p - T_a$) (5).

$$\text{In formule: } \frac{dT}{dt} = -K \cdot (T_p - T_a) \quad (1)$$

De constante K bevat enkele eigenschappen van de lading en de warmte-overdrachtscoëfficiënt.

$$\text{In formule: } K = \frac{\alpha \cdot F}{m \cdot c} \quad (2)$$

Uit (1) en (2) volgt dat

$$K = - \frac{\frac{dT}{dt}}{T_p - T_a} \quad (3)$$

K	= specifieke afkoelsnelheid	K/uur
α	= warmte-overdrachtscoëfficiënt	W/m ² .K
m	= massa	kg
c	= soortelijke warmte	kJ/kg.K
F	= oppervlak lading	m ²
T _p	= produkttemperatuur	°C
T _a	= luchttemperatuur	°C
t _½	= halfkoeltijd	uur

Wanneer de waarden dT/dt en $T_p - T_a$ tegen elkaar worden uitgezet blijkt dat door de gegeven punten een rechte lijn is te trekken. Door regressie-analyse toe te passen is de rechte lijn berekend die het best past bij de punten.

Uit formule (3) volgt dat de negatieve richtingscoëfficiënt van deze lijn gelijk is aan de specifieke afkoelsnelheid K.

Nu kan de halfkoeltijd berekend worden.

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{-\ln 0,5}{K} \quad (4)$$

Per object is de halfkoeltijd berekend. Met deze grootte kan desgewenst

de afkoeltijd berekend worden uitgaande van verschillende cellucht- en/of produkttemperaturen.

Voor de berekening geldt:

$$\frac{T - T_a}{T_o - T_a} = e^{-(\ln 2 / t_{\frac{1}{2}})t} \quad (5)$$

$T_o - T_a$

T	=	gewenste produkttemperatuur	°C
T_a	=	luchttemperatuur	°C
T_o	=	begintemperatuur produkt	°C
$t_{\frac{1}{2}}$	=	halfkoeltijd	uur
t	=	afkoeltijd	uur

4.2 Luchtbeweging

De afkoeltijd is onder meer afhankelijk van de luchtsnelheid (6). In tabel II zijn de gemeten luchtsnelheden door de verpakking per proef gegeven alsmede de standaarddeviatie en het aantal metingen.

Uit de tabel blijkt, dat bij elke proef de luchtsnelheden door de verpakking, rekening houdend met de spreiding, vrijwel gelijk zijn.

De luchtsnelheden zijn hoger dan in de praktijk meestal het geval is.

Dit komt omdat met een groot luchtdebiet gewerkt is. Het gemeten luchtdebiet van beide voorkoelwanden is gelijk en bedraagt 8000 m³/h (ventilatoren op laag toerental).

Omdat per proef slechts met 2 palletladingen produkt voor de wand gewerkt is, is er veel lek opgetreden door de openingen aan de 1,20 m zijde van de 2-weg pallets.

Het is hierdoor niet mogelijk om het luchtdebiet per hoeveelheid produkt nauwkeurig aan te geven. Ook is het niet nauwkeurig om het luchtdebiet te berekenen uit de gemeten luchtsnelheden omdat vooral bij verpakkingen met meerdere openingen niet de luchtsnelheid van elke opening afzonderlijk vastgesteld kon worden.

4.3 Halfkoeltijden

In tabel III zijn de halfkoeltijden van de produkten gegeven zoals berekend uit de proeven in de natte en droge koelcel.

Uit de tabel blijkt, dat de halfkoeltijden van de natte koelcel korter zijn dan die van de droge koelcel met uitzondering van bloemkool.

Hiervan zijn de halfkoeltijden, rekening houdend met de spreiding, niet verschillend.

Uit de tabel blijkt verder, dat radijs, aardbeien en champignons in principe zeer snel gekoeld kunnen worden. De andere produkten paprika, spruitkool, bloemkool en komkommer geven een langere koeltijd.

De halfkoeltijden van de onderzochte produkten zijn in principe de meest korte tijden die haalbaar zijn in de praktijk.

De luchtsnelheid door de verpakking (ca. 2 m/s) en het luchtdebiet per pallet (ca. 4000 m³/h, inclusief lek) zijn hoog geweest.

Ook de koelcapaciteit in de natte koelcel (ca. 50 kW) is hoog geweest. Dit

blijkt uit de aangezogen luchttemperatuur die vrijwel vanaf het begin van het koelproces gelijk is aan de gewenste eindtemperatuur (exponentiële koeling).

Tabel II: De luchtsnelheid door de verpakking

produkt	nat			conventioneel		
	m/s	m/s	metingen	m/s	m/s	metingen
aardbei	2,4	1,0	30	2,3	1,0	32
bloemkool	2,1	0,4	20	1,8	0,5	20
champignons	1,9	0,5	24	1,5	0,5	24
paprika	2,0	0,7	56	2,0	0,5	55
radijs	2,1	0,4	16	2,0	0,4	16
komkommer	2,9	1,0	14	3,5	0,9	19
spruitkool	1,6	0,3	20	2,0	0,2	20

Tabel III: De halfkoeltijden zoals berekend uit de gemeten afkoelcurven

produkt	nat			conventioneel		
	$t_{\frac{1}{2}}$ min.	st.dev. min.	n	$t_{\frac{1}{2}}$ min.	st.dev. min.	n
aardbei 640 kg	20	4,5	15	25,5	18	9
bloemkool 600 kg	60	36	11	50	18	8
champignons 720 kg	13,5	5	17	18	6	8
paprika 800 kg	83	36	8	139	35	9
radijs 480 kg	5,5	3,5	14	27,5	12,5	9
spruitkool 900 kg	60	33	7	89	62	8
komkommer 1500 kg	122	48	14	lineaire (trage) koeling	-	-

In tabel IV is het overzicht gegeven van de snelste koeltijden die in principe in de praktijk mogelijk zijn. Voorwaarde hiervoor is dat er een exponentieel koelproces plaatsvindt.

Met conventionele koelers is dit niet mogelijk tenzij speciale koelers worden toegepast met een extra groot oppervlak, met natte koelsystemen is dit mogelijk met tegenstroomkoelers.

Tabel IV: Koeltijden bij exponentiële koeling,
luchtsnelheid 2 m/s

produkt	afkoeltijd (uren)
aardbei	2
bloemkool	8
champignons	2
paprika	2
radijs	$\frac{1}{2}$
spruitkool	8
komkommer	14

Bij produkten die niet tot 1°C gekoeld behoeven te worden kunnen desgewenst snellere koeltijden worden verkregen.

Indien men produkten koelt met een lagere luchttemperatuur dan de gewenste eindtemperatuur (zgn. geforceerde exponentiële koeling) kan met formule (5) de koeltijd berekend worden.

Bij komkommers wordt deze methode toegepast.

De koelcapaciteit wordt dan berekend uitgaande van b.v. lucht van 10°C waarmee produkt van 25°C gekoeld wordt tot b.v. 14°C.

De koeltijd kan dan verkort worden en bedraagt nu 5 uur.

4.4 Voorkoelwand

Uit drukmetingen is gebleken, dat de drukval over het produkt slechts enkele mm water kolom bedraagt; de drukval over de zuigwand is echter veel groter.

In tabel V is voor een zuigwand met een breedte van 70 cm de drukval gegeven als functie van het luchtdebiet (hoogte ca. 1.50 m).

Tabel V: Drukverlies over de zuigwand als
functie van het luchtdebiet

luchtdebiet m ³ /h	drukval mm WK
36000	18,5
20000	6
15000	3,2
12000	3
10000	1,6

In de praktijk wordt door het Sprenger Instituut geadviseerd de breedte van de zuigwand zo groot mogelijk te maken, maar tenminste 60 cm.

Bij een normaal luchtdebiet van 25000 m³/h betekent dit een drukval van ca. 10 mm wK.

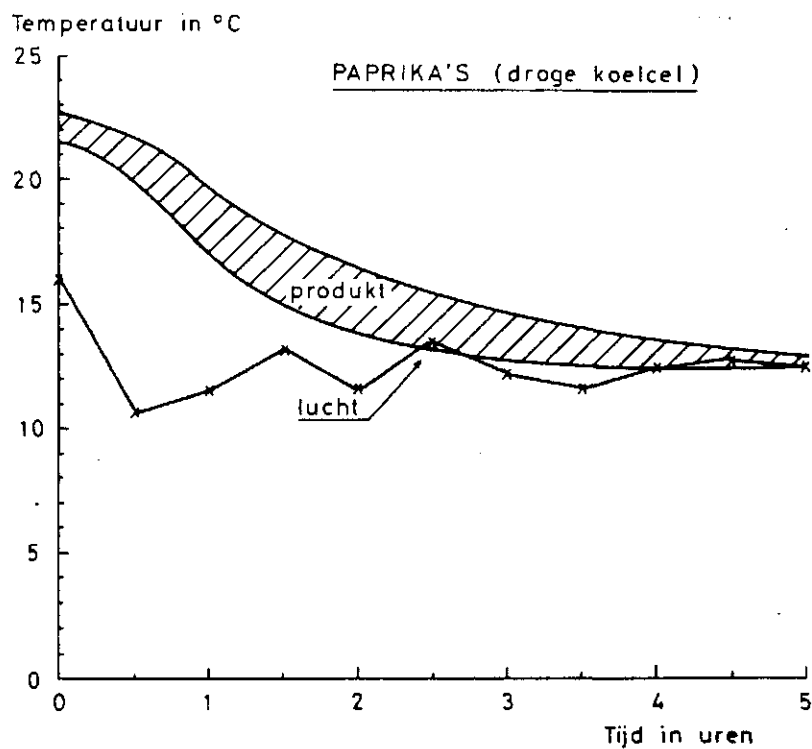
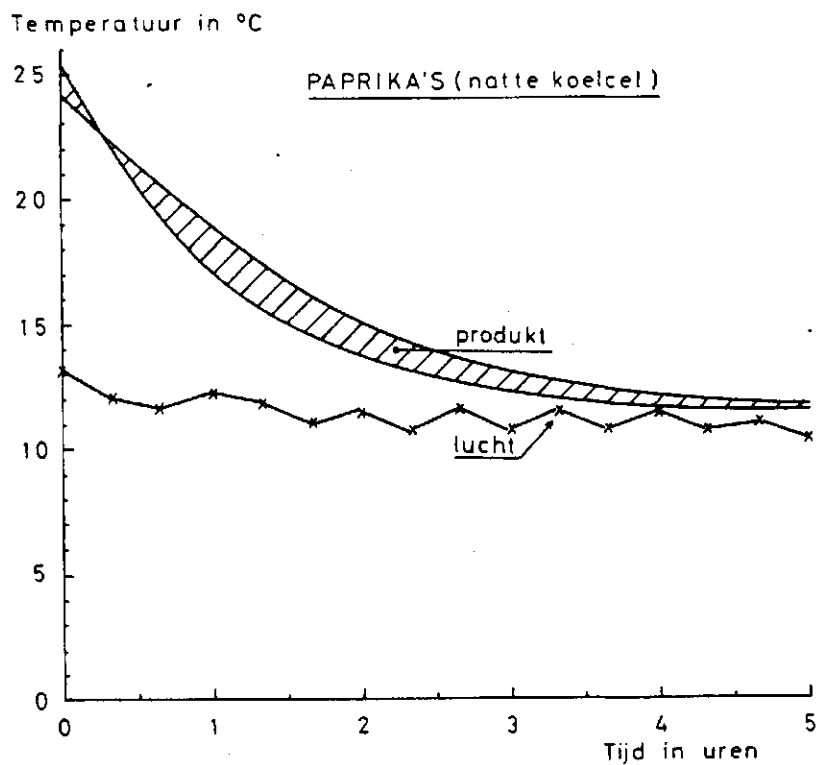
Een bredere zuigwand heeft als nadeel dat er veel grondoppervlak verloren gaat, een smallere zuigwand kost meer energie (4).

CONCLUSIES

- Het vochtonttrekkend vermogen van een conventionele koelcel wordt in belangrijke mate bepaald door de looptijd van de compressor.
- Het meten van de relatieve vochtigheid in een beladen koelcel, om een indruk te krijgen van het vochtonttrekkend vermogen, is niet zinvol.
- Met exponentiële koeling en een luchtsnelheid door de verpakking van ca. 2 m/s kunnen radijs, champignons, paprika en aardbeien zeer snel (binnen 2 uur of korter) gekoeld worden.
Bloemkool en spruitkool kan niet sneller dan in 8 uur tot ca. 1°C gekoeld worden en voor komkommers bedraagt de koeltijd 14 uur, tenzij geforceerd exponentieel gekoeld wordt; dan is een koeltijd van 5 uur mogelijk.
- Met een conventioneel koelsysteem, ingericht voor doorstroomkoeling met zuigwand zijn de afkoeltijden langer omdat een gedeelte van de af te voeren warme lucht van de aparte ventilator zich mengt met de koude lucht van de koelers.
- De breedte van de zuigwand dient zo groot mogelijk gekozen te worden en tenminste 60 cm te bedragen.
- De snelste koeltijden kunnen bereikt worden met natte tegenstroomkoelers.
- De onderzochte produkten dienen na uitslag uit de koelcel gekoeld bewaard en getransporteerd te worden omdat de temperatuur van de lading t.g.v. de warmteproduktie snel stijgt.

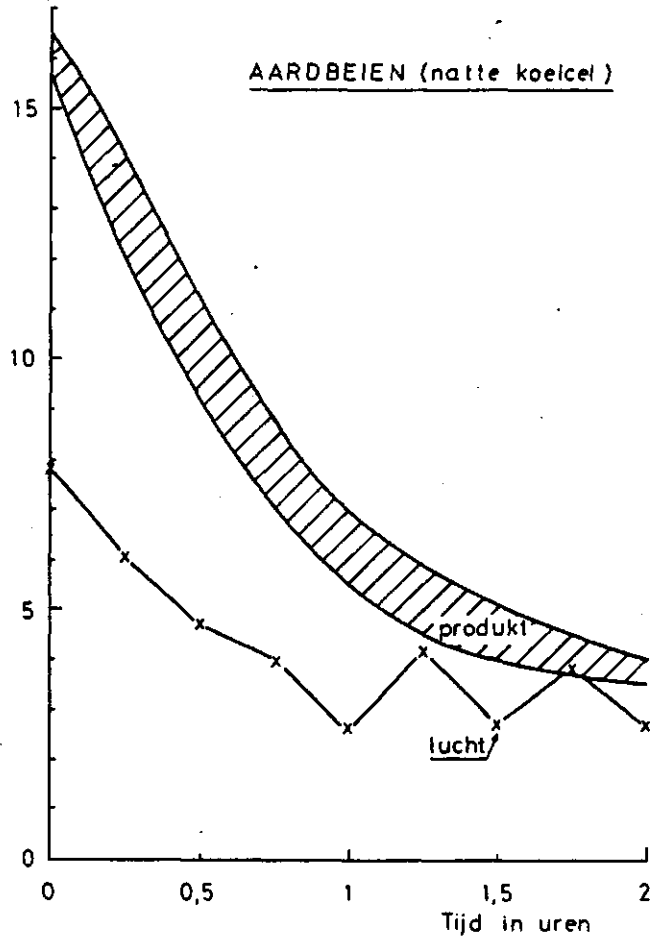
LITERATUUR

1. Verbeek, W.
Pressure Cooling met natte koelsystemen.
Groenten en Fruit, 16 december 1983, pag. 14 t/m 16.
2. Verbeek W. en R.G. Bons.
Afkoelproeven met palletladingen tomaten en andere groenten met door-
stroomkoeling.
Rapport no. 2185, Sprenger Instituut, Wageningen.
3. Rudolphij, J.W., L. Bakker en W. Verbeek.
Koelcel voor de fruitbewaring naar de stand van de techniek in 1982.
Rapport no. 2231, Sprenger Instituut, Wageningen.
4. Verbeek, W. en R.G. Bons.
Test van een voorkoelinstallatie met nat koelsysteem voor komkommers.
Rapport no. 2225, Sprenger Instituut, Wageningen.
5. Damen, P.M.M., G. van Beek.
Bepaling van de specifieke afkoelsnelheid van produktstapelings uit
praktijkexperimenten.
Rapport no. 2026, Sprenger Instituut, Wageningen.
6. Verbeek, W. en R.G. Bons.
Afkoelproeven met palletladingen tomaten met "pressure cooling".
Rapport no. 2145, Sprenger Instituut, Wageningen.
7. Damen, P.M.M.
Voorkoelen van tuinbouwprodukten met een nat en droog koelsysteem.
Rapport no. 2285, Sprenger Instituut, Wageningen.

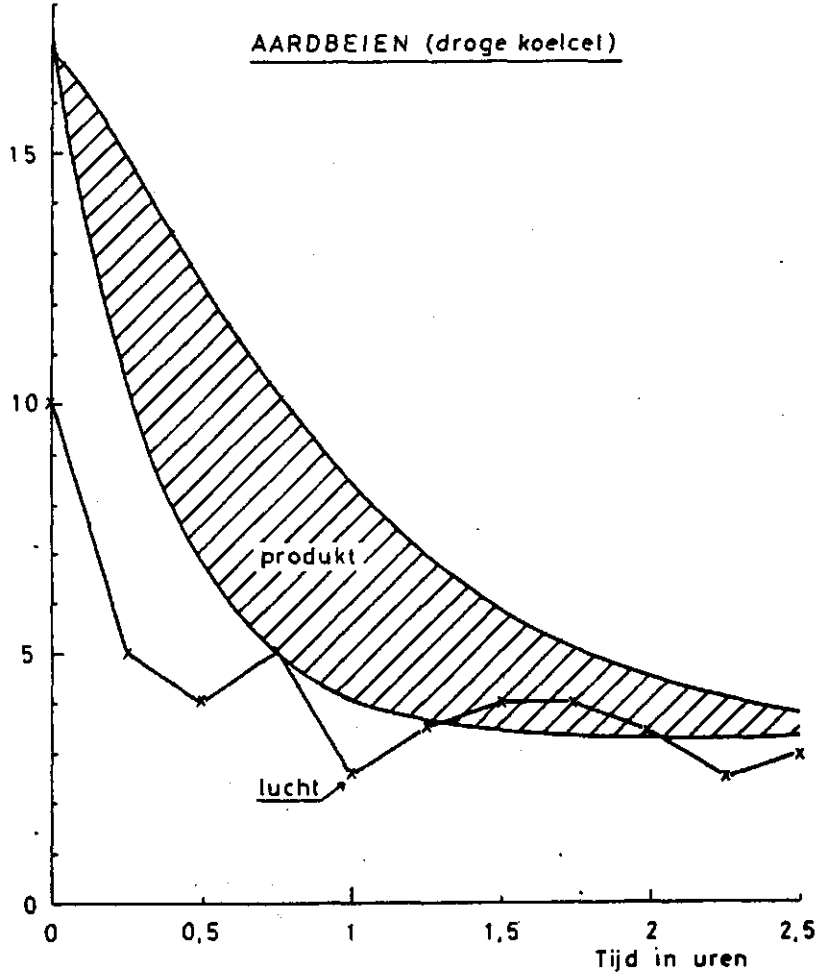


Figuur 5

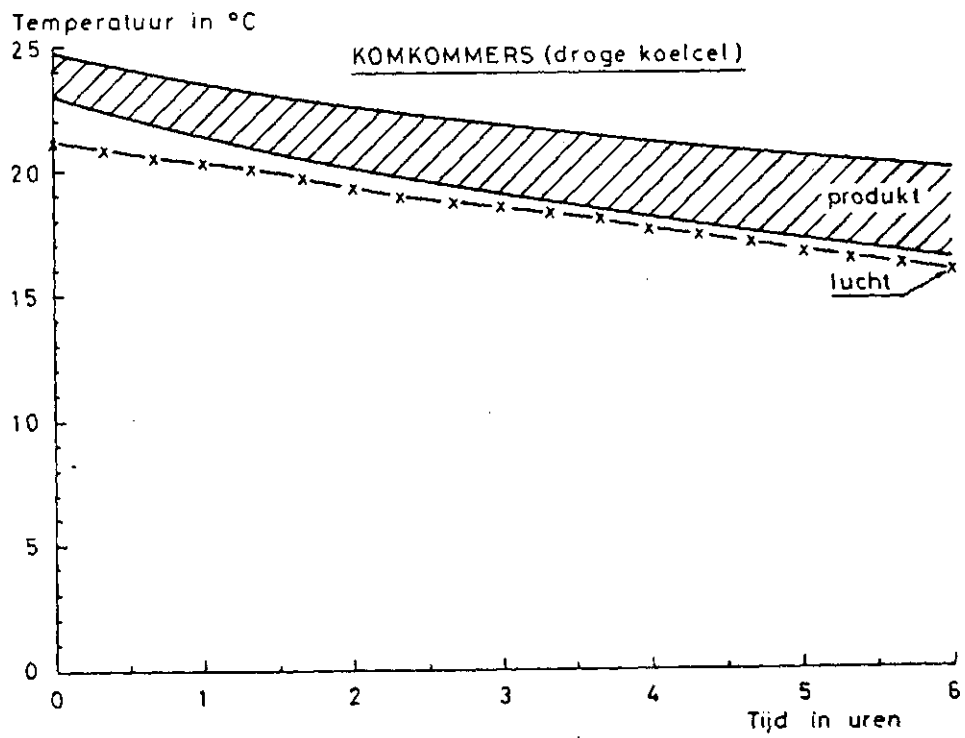
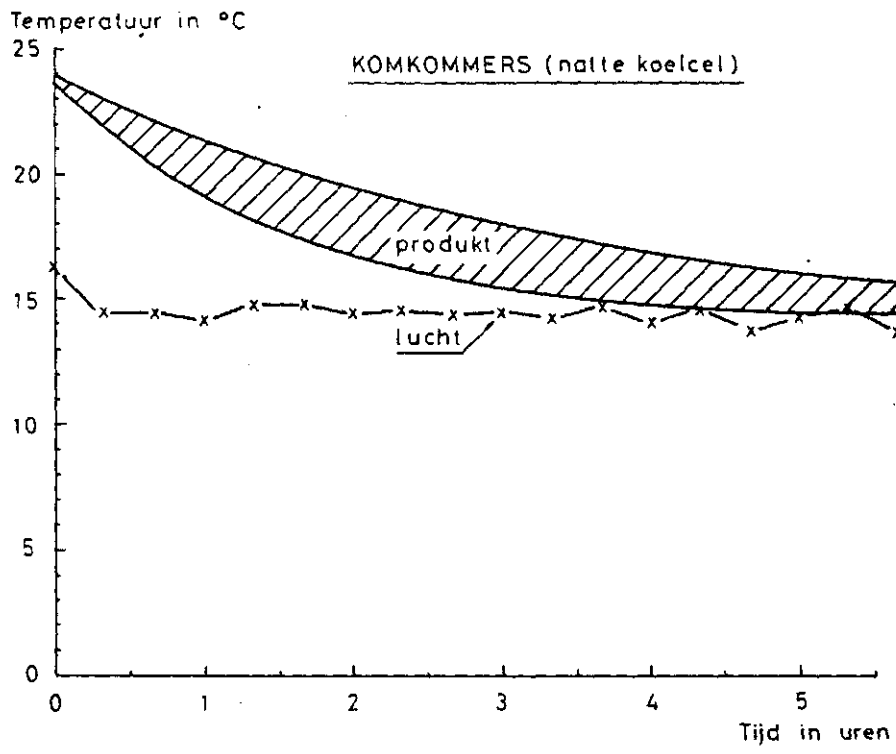
Temperatuur in °C



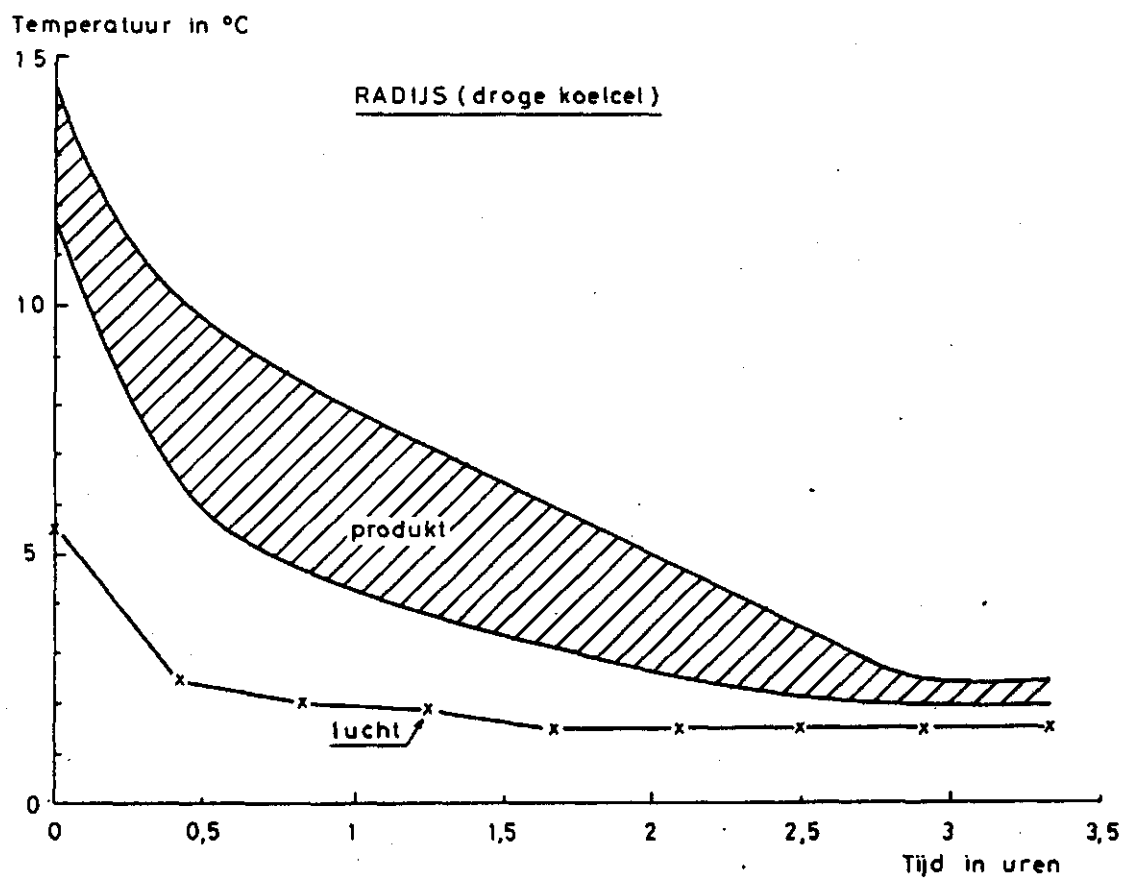
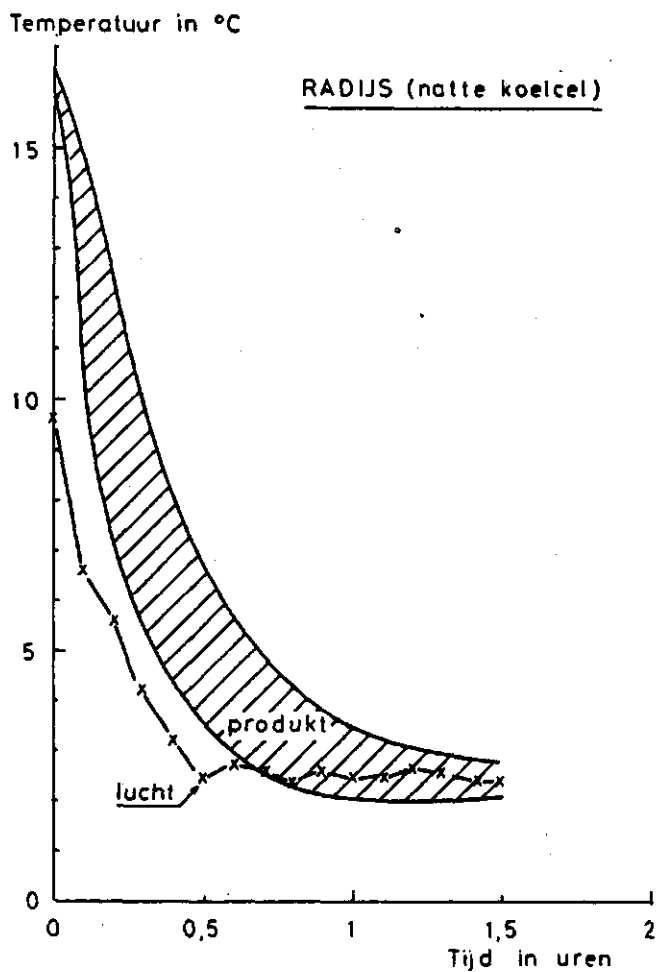
Temperatuur in °C



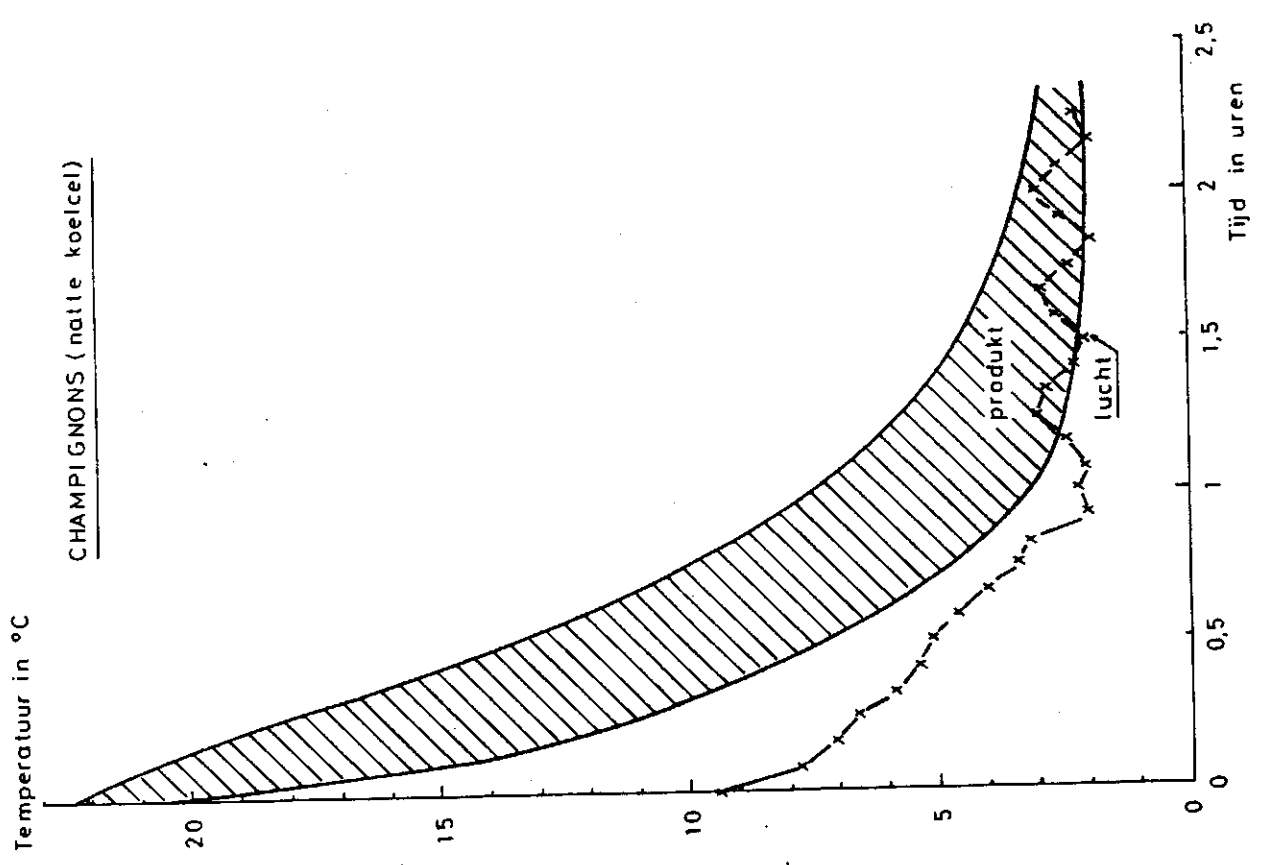
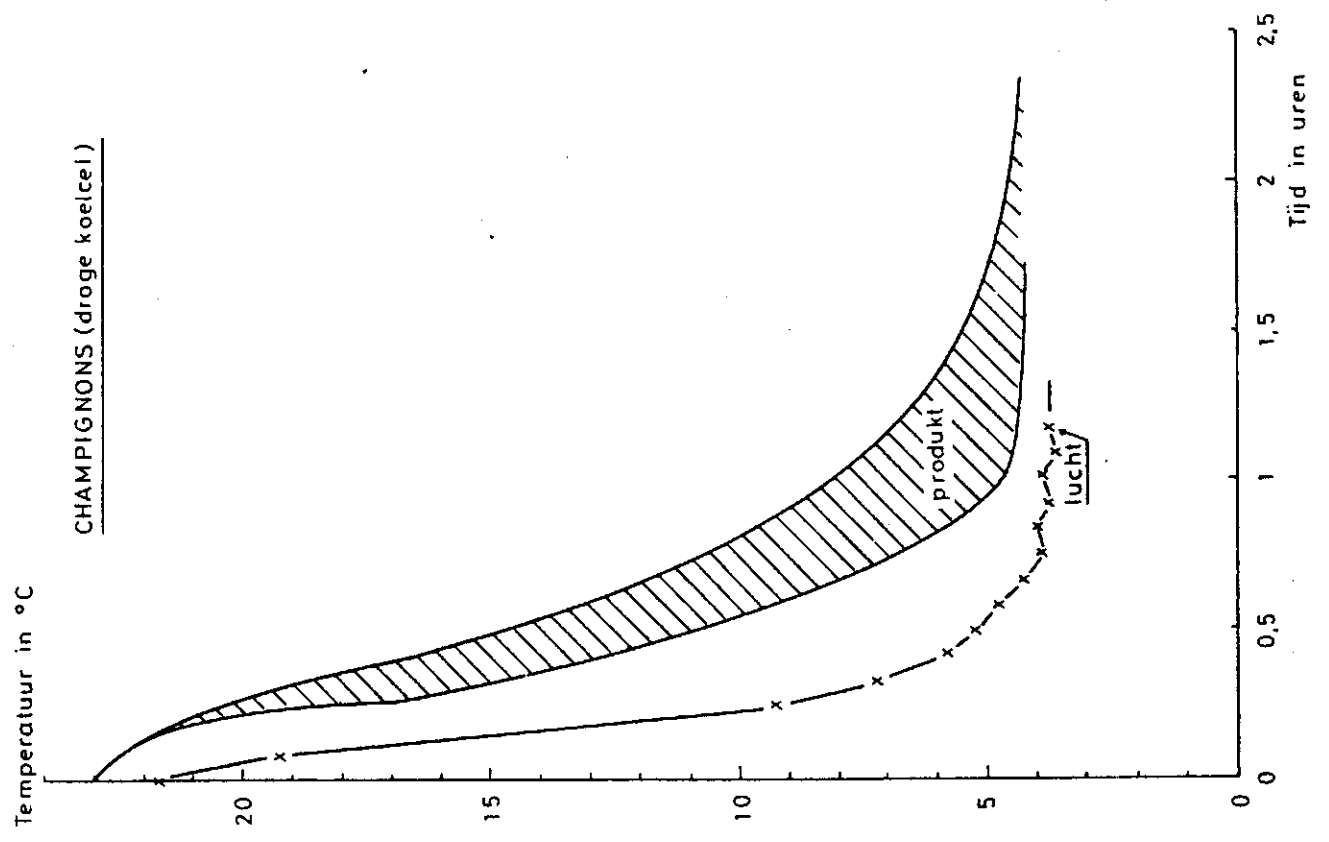
Figuur 6



Figuur 7



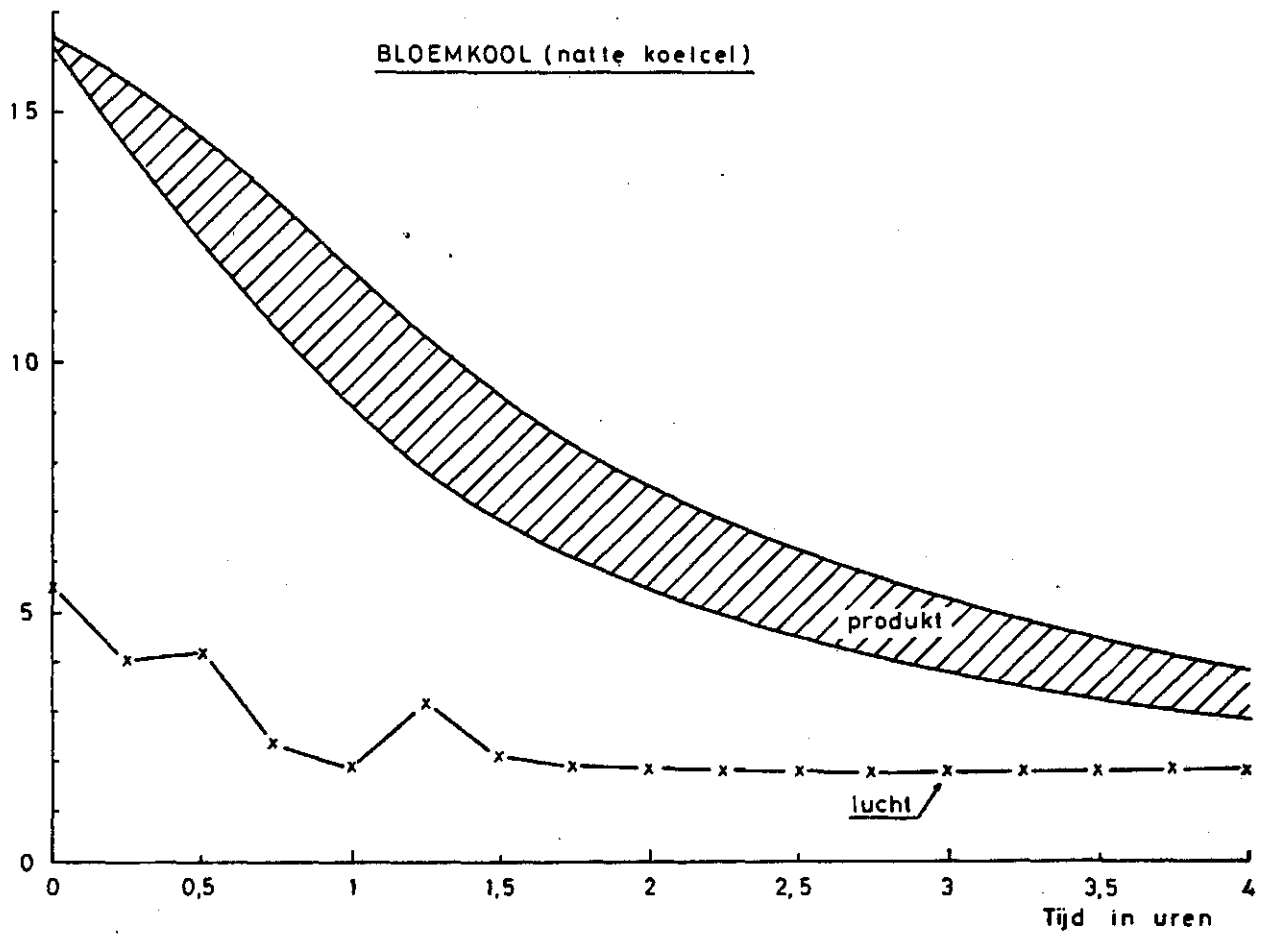
Figuur 8



Figuur 9

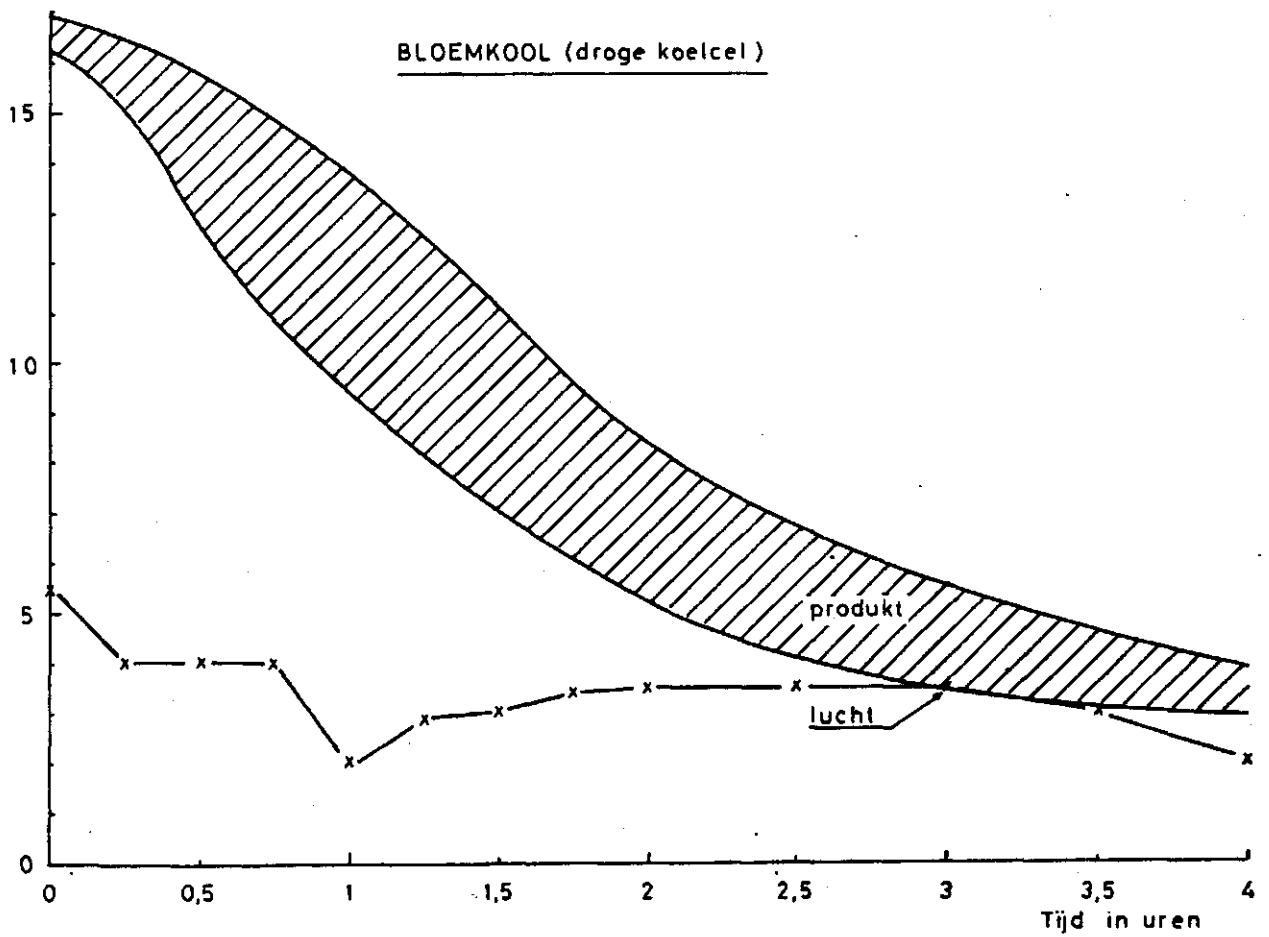
Temperatuur in °C

BLOEMKOOL (natte koelcel)

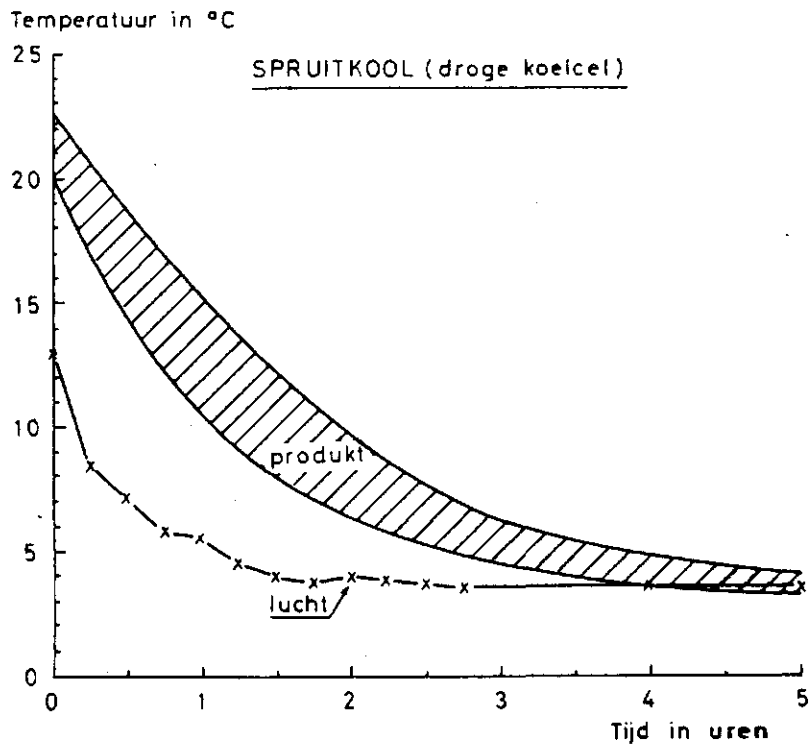
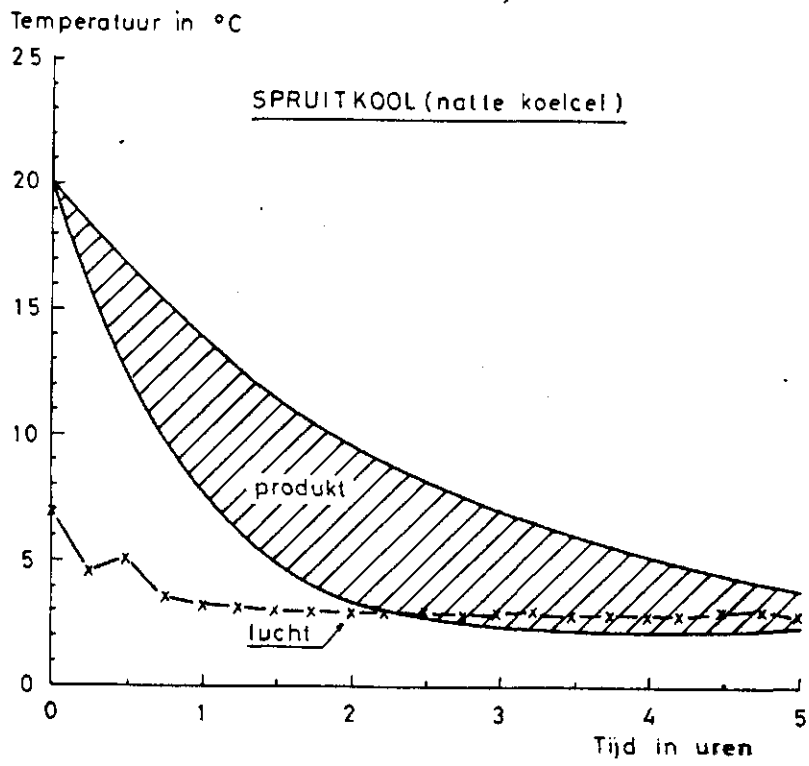


Temperatuur in °C

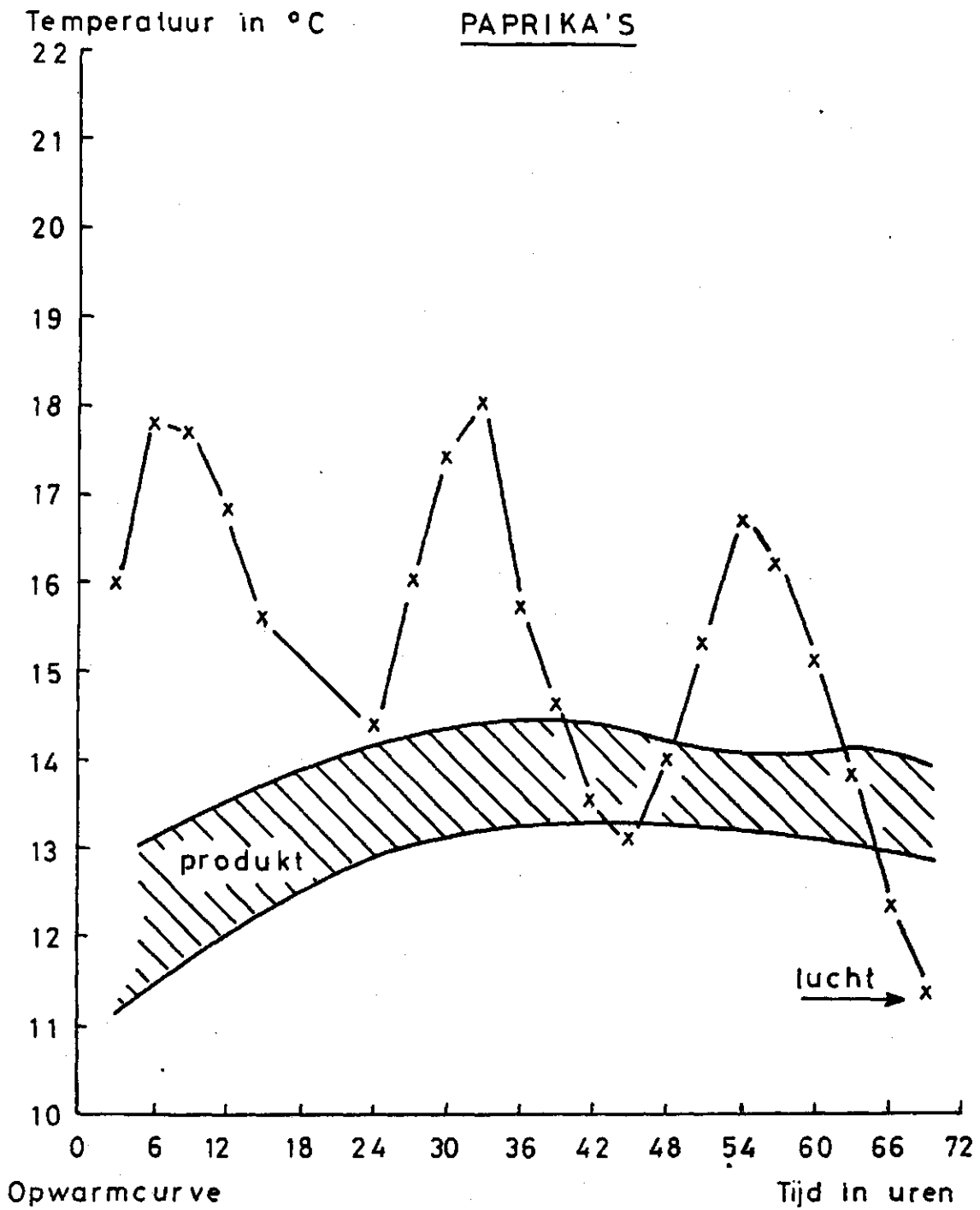
BLOEMKOOL (droge koelcel)



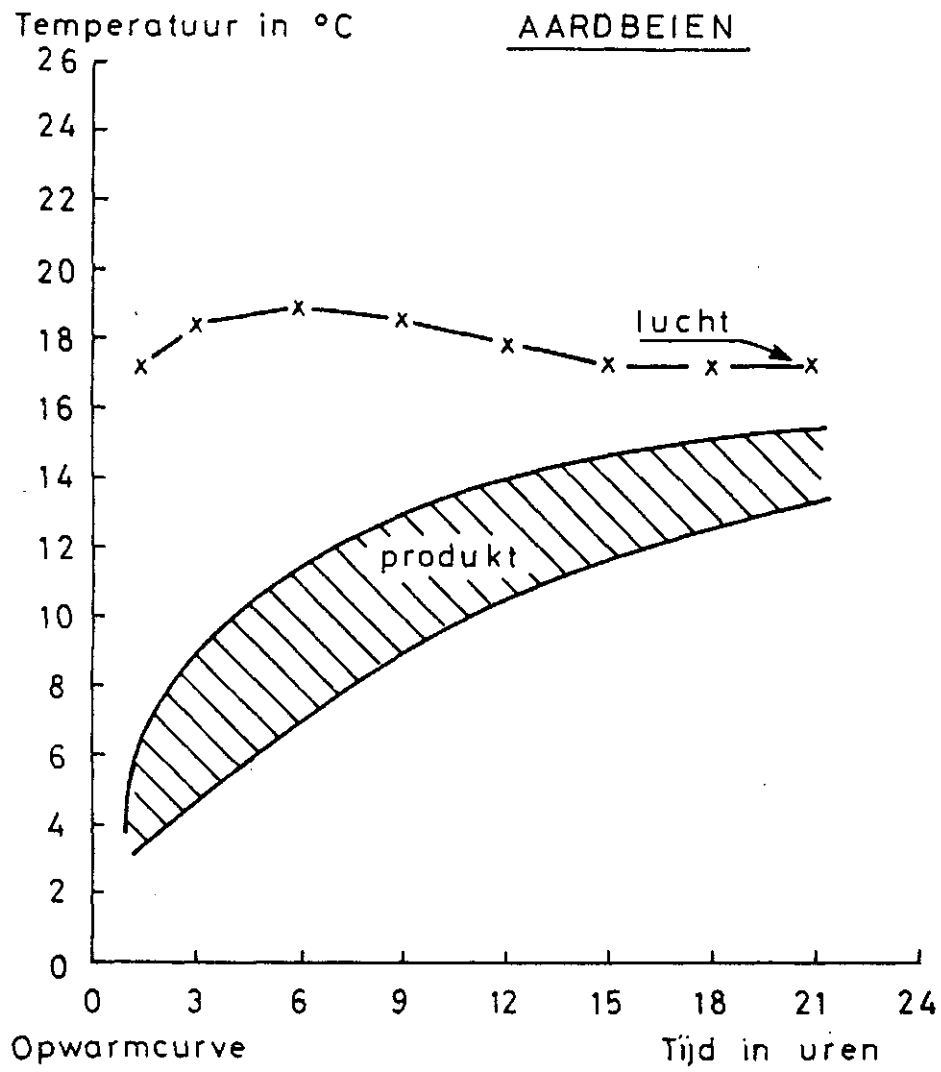
Figuur 10



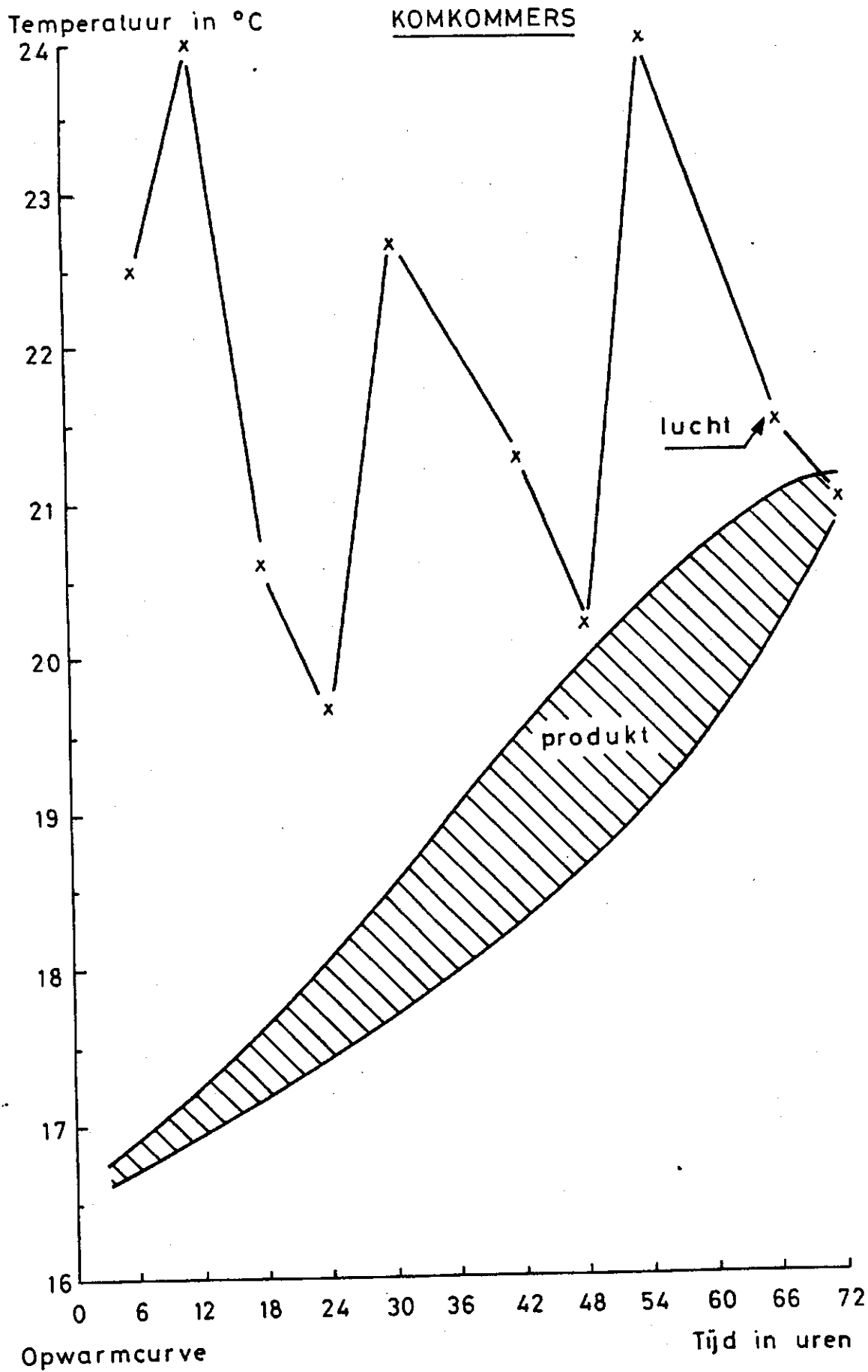
Figuur 11



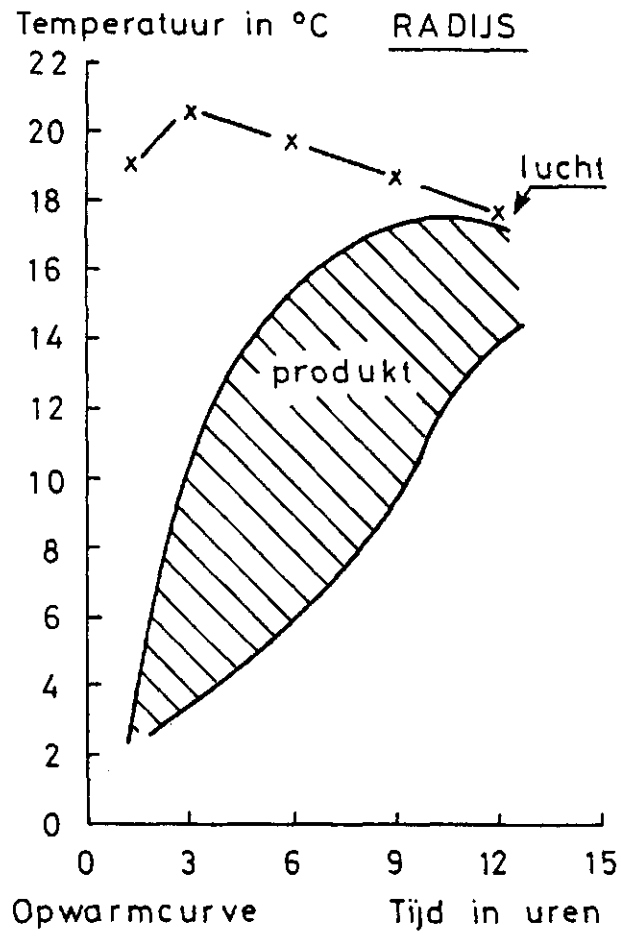
Figuur 12



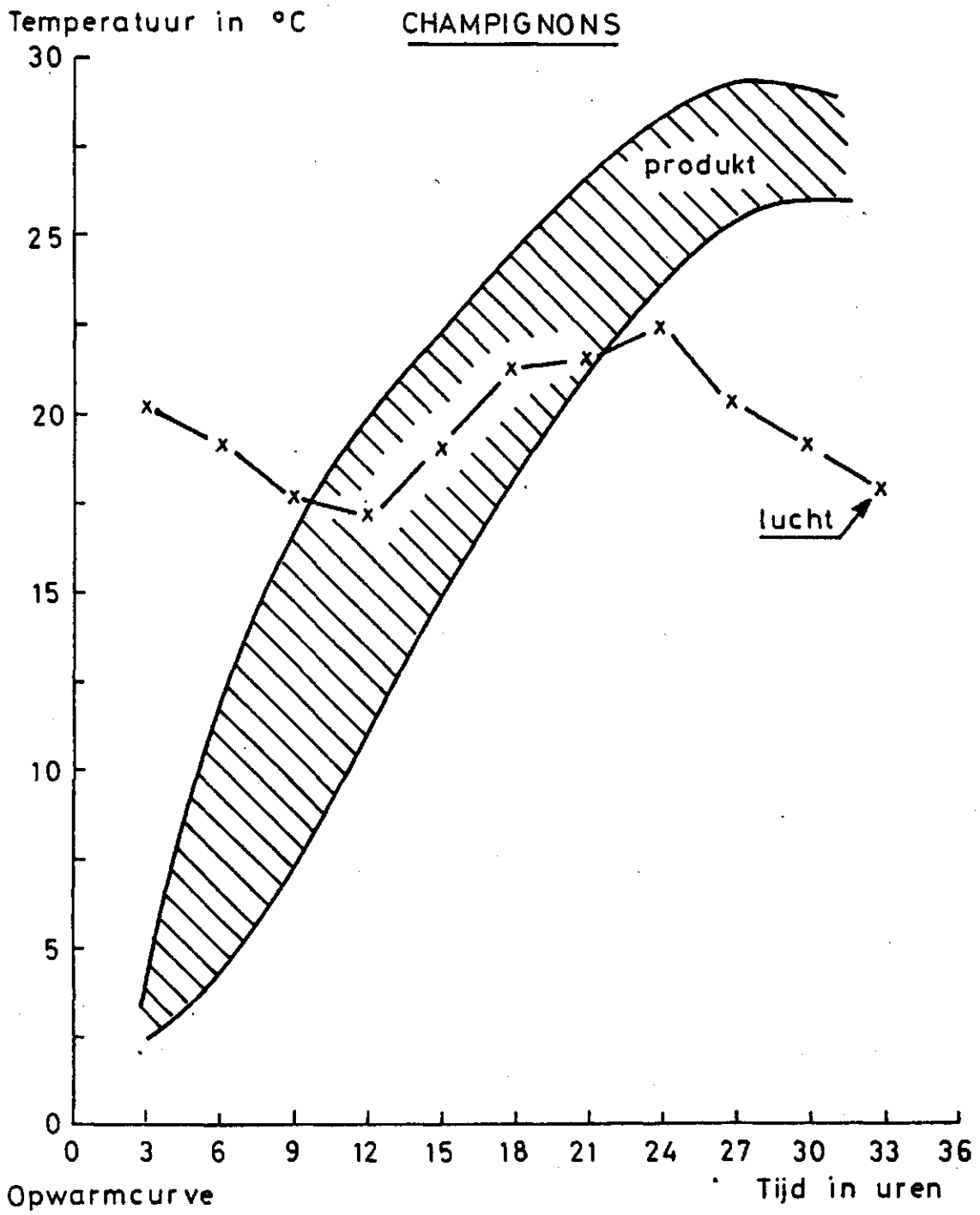
Figuur 13



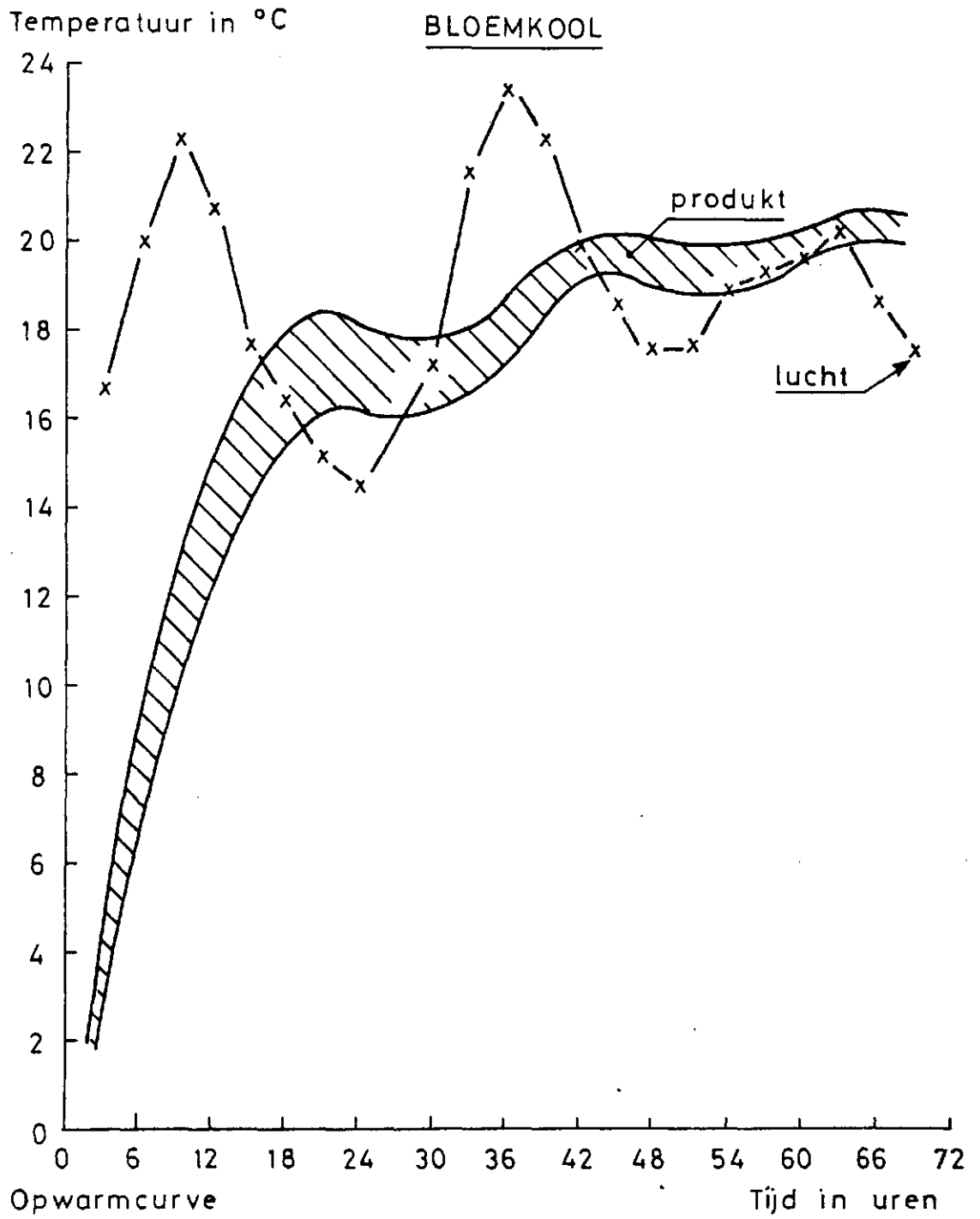
Figuur 14



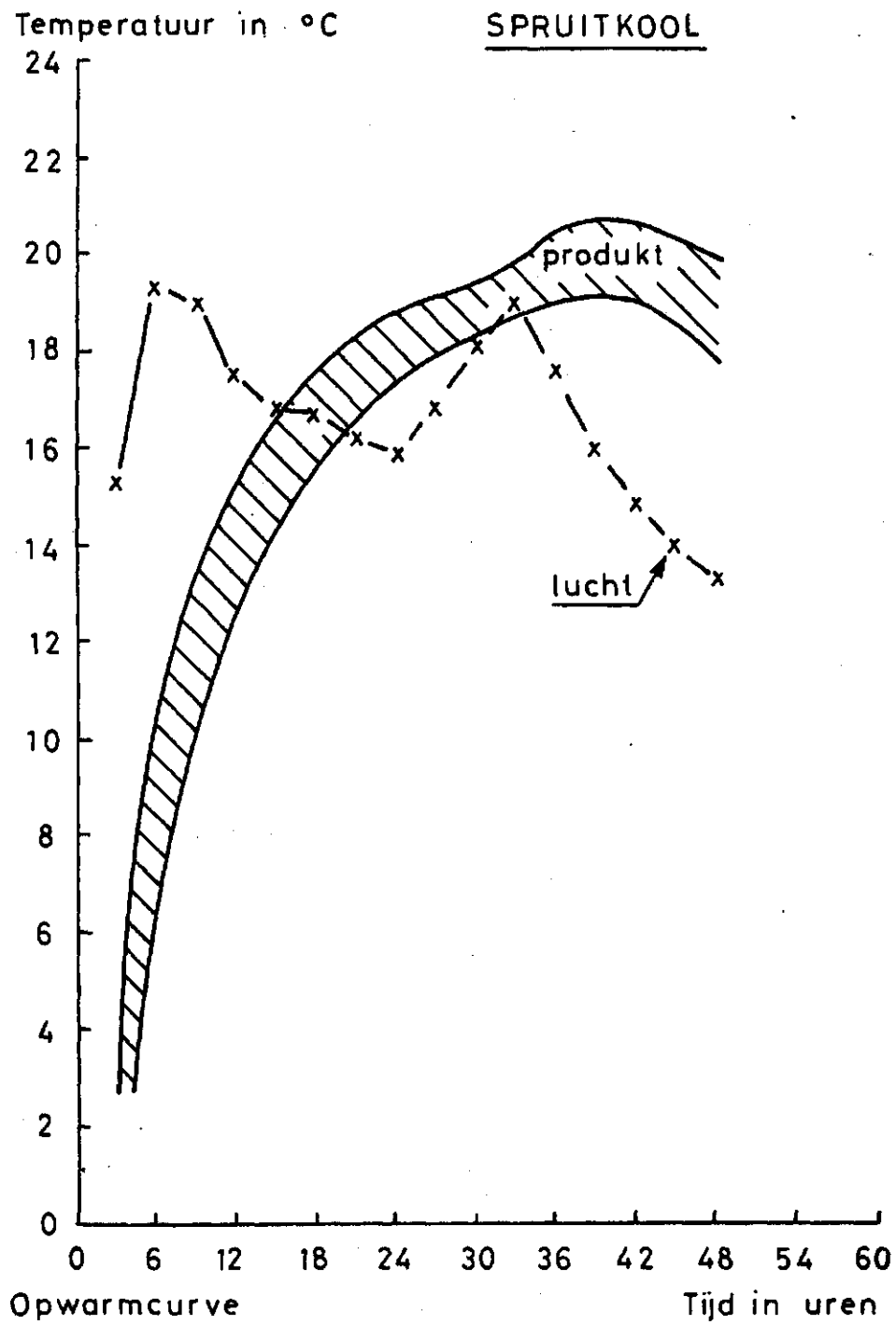
Figuur 15



Figuur 16



Figuur 17



Figuur 18