

INSTITUUT VOOR TUINBOUWTECHNIEK — WAGENINGEN

# KLIMAATMETINGEN BIJ DE WITLOFTREK

door: Ir. B.J. Heijna, K. Mellema en Ir. D.C. Post



intern verslag 78

3980  
48b

KLIMAATMETINGEN BIJ DE WITLOFTREK

Verslag van klimaatmetingen in cellen bij het trekken van  
witlof zonder dekgrond.

door: Ir. B.J. Heijna, K. Mellema en Ir. D.C. Post

met medewerking van J. Arkenbout en J.B. Koenderink.

November 1973

Intern Verslag 78  
Overname van de inhoud is verboden

2284916



## 1. Inleiding

De waarschijnlijke ontwikkeling van de witloftrek zonder dekgrond is die naar het systeem van forceren in containers, die in een gesloten geklimatiseerde ruimte in een aantal lagen worden ondergebracht. Reeds is bekend, dat de produktie sterk afhankelijk is van het temperatuur-niveau, zodat het voor een geprogrammeerde trek belangrijk wordt te letten op de nauwkeurigheid van het regelen op dat niveau en op de klimaathomogeniteit in de ruimte.

Omdat de ontwikkeling van het forceren van witlof zonder dekgrond op het ogenblik vrij snel verloopt, wat af te leiden is uit de verkoop van zaad voor dit doel, zal het onderzoek willen proberen hiermede gelijke tred te houden door eveneens snel tot resultaat te komen. Daarom zijn twee trekproeven voorgesteld in een daarvoor geschikte champignoncel van het Proefstation voor de Champignoncultuur in Horst, die al enige tijd aan de klimaatafdeling van het ITT in bruikleen is afgestaan voor onderzoek aan het klimaat bij champignons, waartoe onze meetapparatuur daar permanent staat opgesteld.

Verheugend was, dat het bestuur en de direktie van het Proefstation van Horst deze cel voor de duur van 12 weken ter beschikking van de witlofproef wilde stellen (waarvoor uiteraard een financiële regeling is getroffen).

In samenwerking met de heren Franken en Hamersma (Proefstation voor de groenteteelt in de volle grond te Alkmaar), Pompen (Proefstation voor de Champignoncultuur te Horst), Stappers (RTC-Roermond), Kleuskens (Proefstation Helden), Van Dam (IVT) en vele anderen, zijn door het ITT de plannen gemaakt en uitgevoerd voor twee trekken. Dit is gebeurd eind 1971, uitgaande van de beschikbare kennis op dat moment.

## 2. Teeltkundige proefopzet en resultaten

### Eerste trek

Witlofwortels (1 ha) zijn geteeld op het bedrijf van Hr. De Bonte te Oude Tonge op een lichte kleigrond, zaaidatum 9 mei 1972.

Na opkomst was de stand van de wortels goed. De wortels zijn geroid in de 4e week van November. Het zaad was door het IVT ter beschikking gesteld.

Het trekoppervlak in de cel bedraagt  $120 \text{ m}^2$ , verdeeld over 2 x 5 bedden. Hiervan is  $20 \text{ m}^2$  genomen voor 40 proefvakken van elk  $0,5 \text{ m}^2$ . (figuur 1).

De wortels voor de proefvakken zijn vooraf gesorteerd op een dikte variërend van 3 tot 6 cm, per proefvak zijn 35 kg wortels (ca. 180 stuks) opgezet.

Elk bed (voor doorlopende middenpoot voorzien van middenplank) is afgedekt met kunststofolie, zodat per bed 2 waterdichte bakken worden gevormd. In het bed lag 10 cm grond (dekaarde, pH groter dan 7); waarin de wortels zijn gestoken. Er is  $9 \text{ m}^3$  dekaarde gebruikt. De dekgrond bestond uit 65% zwartveen, 25% turfmoelm, 5% mergel en 5% zand.

De dekgrond was zeer nat, zodat het spitten moeilijk verliep.

De wortels waren gaaf en goed van vorm, doch bevatten veel kweekdraden. Het sorteren en klaarzetten gebeurde van 28-11 tot 3-12-'72 met 4 man.

Op maandag 4 dec. zijn 8500 kg wortels opgezet met 13 man.

De volgende hoeveelheden water werden gegeven:

4-12-1972	1200 l
20-12- "	250 "
26-12- "	250 "
2- 1-1973	600 "
3- 1- "	250 "
4- 1- "	250 "
5- 1- "	<u>250 "</u>

Totaal 3050 l.

De eerste week is de luchttemperatuur laag gehouden voor een betere vorming van de wortels en om de oogstdatum tot na de jaarwisseling op te schuiven.

Op 8 januari zijn de proefvakken geoogst; de rest van de cel van 9-1 tot 11-1. In totaal is ca. 3000 kg lof geoogst, een matig resultaat. Als oorzaak hiervoor wordt de natte dekaarde gezien; blijkbaar was er geen contact tussen de wortelharen en de grond, waardoor de wortels soms verdroogden.

Op de oogstdag, die bepaald werd door het werkprogramma, was het lof niet oogstrijp, hetgeen te zien is aan de sorteringcijfers.

Tweede trek

Voor de tweede trek was slechts 6000 kg wortels beschikbaar, waarvan 1500 kg dunner dan 3 cm.

Na verwijdering van extreem natte grond is nieuwe grond gebruikt met een andere samenstelling, n.l. 45% zwartveen, 45% turfmoalm, 7% mergel en 3% rivierzand.

Voorts werden de wortels tot aan de hals aangevuld met grond, cp 17-1-1973. De luchttemperatuur tijdens de gehele teelt werd tot 13-2-1973 gehouden op 15°C. De wortels waren door het langer bewaren verder uitgelopen dan bij de eerste trek. Door het betere contact tussen grond en wortels werd er meer water opgenomen.

De watergift bedroeg:	17-1-1973	1200 l
	18-1- "	broezen
	19-1- "	"
	21-1- "	"
	22-1- "	1200 l
	23-1- "	broezen
	26-1- "	"
	29-1- "	"
	31-1- "	1200 l
	1-2- "	broezen
	5-2- "	1200 l
	6-2- "	broezen
	10-2- "	"
	totaal	5400 l.

Het forceren verliep snel, zodat vrijdag 9-2-'73 het lof reeds oogstrijp was. Het oogsten van de proefvakken is echter uitgesteld tot 13-2 omdat de daarop volgende dag een "open dag" voor Limburgse kwekers is gehouden (opkomst 80 bezoekers). Het is normaal dat juist op het einde van een trek het lof zich snel opent zodat de pen gaat doorgroeien. Door de late oogst waren de sorteringcijfers minder goed dan de eerste keer.

Op 15-2 is het lof op de stellingen geoogst.

Door het lof in de cel rechtstreeks schoon te maken en in twee sorteringen in de veilingkisten te doen werd een aanzienlijke arbeidsbesparing verkregen.

### Teeltresultaten

In de figuren 2 en 3 zijn de gemiddelde opbrengsten per vierkante meter in kilogrammen gegeven per niveau (gemeten op de proefvakken). De lage opbrengst van de eerste trek van  $25 \text{ kg/m}^2$  is, zoals eerder vermeld, verklaarbaar door het slechte contact tussen de wortels en de grond. De opbrengst van de tweede trek van  $43 \text{ kg/m}^2$  is reeds acceptabel, doch zal in de toekomst met betere selecties voor deze tijd van het jaar zeker hoger liggen. Onder "opbrengst" wordt hier verstaan het ongeschoonde lof, om de invloed van het verschillend schonen uit te sluiten. Normaal moet gerekend worden op 10% afval of schot. De kg-opbrengst voor elk proefvak is vermeld in tabel 1 (a + b).

### Kwaliteitsortering

Gesorteerd is in de klassen, A1, A2, B1, B2, C en afwijkend, waarin A1 = kleine gesloten krop; B1 = grote gesloten krop; A2 = kleine losse krop; B2 = grote losse krop; C = grote lange-gesloten krop. Met behulp van een zelf geconstrueerde formule is een kwaliteitscijfer bepaald, waarmee de proefvakken onderling kunnen worden vergeleken.

Tabel 1a Eerste trek

proefvak nr.	3	1	4	2		
opbrengst in kg	<u>13,74</u>	<u>13,22</u>	<u>13,18</u>	<u>12,68</u>		
	7	5	8	6		
	<u>12,69</u>	<u>13,80</u>	<u>13,02</u>	<u>12,74</u>		
	11	9	12	10		
	<u>13,42</u>	<u>13,52</u>	<u>13,68</u>	<u>13,04</u>		
	15	13	16	14		
	<u>13,36</u>	<u>13,90</u>	<u>12,68</u>	<u>13,74</u>		
	19	17	20	18		
	<u>12,54</u>	<u>13,88</u>	<u>13,26</u>	<u>13,00</u>		
	23	21	24	22		
	<u>12,58</u>	<u>13,22</u>	<u>12,00</u>	<u>13,30</u>		
	27	25	28	26		
	<u>11,04</u>	<u>12,48</u>	<u>12,38</u>	<u>12,22</u>		
	31	29	32	30		
	<u>12,78</u>	<u>12,38</u>	<u>13,72</u>	<u>11,96</u>		
	35	33	35	34		
	<u>11,80</u>	<u>12,84</u>	<u>12,42</u>	<u>12,96</u>		
	39	37	40	38		
	<u>13,28</u>	<u>12,80</u>	<u>13,32</u>	<u>12,30</u>		
kol. gen. links	12,51	13,19	12,98	12,78	gem. links	12,87
kol. gem. rechts	12,92	13,22	12,95	12,81	gem. rechts	12,97.



Tabel 1b Tweede trek

proefvak r.r.	3	1	4	2		
opbrengst in kg	20,34	21,76	20,22	22,16		
	7	5	8	6		
	23,42	22,06	22,82	22,44		
	11	9	12	10		
	21,08	22,64	19,80	22,64		
	15	13	16	14		
	24,10	22,68	23,38	21,68		
	19	17	20	18		
	20,60	22,62	19,38	22,72		
	23	21	24	22		
	22,76	20,74	22,60	20,54		
	27	25	28	26		
	20,08	20,90	20,40	21,64		
	31	29	32	30		
	23,02	21,38	22,88	21,56		
	35	33	36	34		
	19,08	20,92	19,48	21,24		
	39	37	40	38		
	21,90	20,44	21,36	18,20		
kol. gem. links	20,24	21,77	19,66	22,08	gem. links	20,94
kol. gem. rechts	23,04	21,46	22,61	20,88	gem. rechts	22,00

Tabel 2a Eerste trek

Proefvak nr.	3	1	4	2		
sorteringscijfer	<u>176</u>	<u>179</u>	<u>179</u>	<u>178</u>		
	7	5	8	6		
	<u>178</u>	<u>178</u>	<u>189</u>	<u>172</u>		
	11	9	12	10		
	<u>184</u>	<u>175</u>	<u>181</u>	<u>182</u>		
	15	13	16	14		
	<u>179</u>	<u>178</u>	<u>176</u>	<u>171</u>		
	19	17	20	18		
	<u>178</u>	<u>177</u>	<u>138</u>	<u>171</u>		
	23	21	24	22		
	<u>183</u>	<u>181</u>	<u>181</u>	<u>189</u>		
	27	25	28	26		
	<u>186</u>	<u>185</u>	<u>135</u>	<u>189</u>		
	31	29	32	30		
	<u>181</u>	<u>179</u>	<u>181</u>	<u>169</u>		
	35	33	36	34		
	<u>177</u>	<u>177</u>	<u>184</u>	<u>191</u>		
	39	37	40	38		
	<u>186</u>	<u>184</u>	<u>190</u>	<u>133</u>		
kol. gem. links	180	179	183	182	gem. links	181
kol. gem. rechts	131	180	183	177	gem. rechts	180.

Tabel 2b Tweede trek

Proefvak nr.	3	1	4	3
sorteringscijfers	<u>143</u>	<u>158</u>	<u>150</u>	<u>170</u>
	7	5	8	6
	<u>143</u>	<u>144</u>	<u>150</u>	<u>147</u>
	11	9	12	10
	<u>157</u>	<u>166</u>	<u>164</u>	<u>170</u>
	15	13	16	14
	<u>155</u>	<u>137</u>	<u>140</u>	<u>131</u>
	19	17	20	18
	<u>158</u>	<u>165</u>	<u>139</u>	<u>152</u>
	23	21	24	22
	<u>147</u>	<u>144</u>	<u>136</u>	<u>125</u>
	27	25	28	26
	<u>175</u>	<u>132</u>	<u>152</u>	<u>157</u>
	31	29	32	30
	<u>151</u>	<u>138</u>	<u>142</u>	<u>129</u>
	35	33	36	34
	<u>133</u>	<u>160</u>	<u>151</u>	<u>153</u>
	39	37	40	38
	<u>148</u>	<u>133</u>	<u>136</u>	<u>146</u>

kol. gen. links	153	156	151	160	gem. links	155
kol. gem. rechts	149	139	141	136	gem. rechts	141

$$\text{Kwaliteitscijfer} = \frac{2(A1 + B1 + A2 + B2) + C}{A1 + B1 + A2 + B2 + C + \text{afw.}} \times 100.$$

Als C en afwijkend nul zijn is het kwaliteitscijfer 200.

Voor beide trekken zijn deze cijfers gegeven in de figuren 4 en 5.

### 3. Klimaattechnische proefopzet en -resultaten

Overzicht van de meetpunten:

1. luchtintrede in cel (droge en natte bol)
2. luchtuittrede uit cel (droge en natte bol)
3. pijpverwarming, aanvoer, retour (droge bol)
4. cellucht bij thermostaat (droge bol)
5. " boven bovenste bed (droge-natte bol)
6. " geventileerde koppels (droge en natte bol)
7. lucht na koelen (droge bol)
8. lucht na filter (droge bol)
9. 22 luchttemperaturen boven het bed en boven het lof volgens de figuren 6 en 7.
10. 40 worteltemperaturen; alles in het midden van een proefvak, op halve hoogte tussen de wortels geplaatst.
11. circulatieluchtstromen over cel
12. ventilatieluchtstroom
13. CO<sub>2</sub>-in afvoerlucht.

Ter beperking van het grote aantal meetpunten en de tijdrovende verwerking van de meetresultaten zijn per stelling 11 luchttemperatuurmeetplaatsen zo gekozen, dat door interpoleren alle luchttemperaturen boven de proefvakken kunnen worden gevonden.

De meetresultaten van de cel in voorafgaande proeven bij champignons vertoonden op hun gemiddelden slechts een plaatselijke afwijking van 0,5°C, zodat dit interpoleren wel verantwoord is.

#### Resultaten van de klimaatmetingen

Het temperatuurverloop van de cellucht met geventileerd koppel gemeten, is gegeven in fig. 8 en 9.

De gemiddelde lucht- en worteltemperaturen op de verschillende niveaus zijn afgebeeld in de figuren 10 t/m 13.

Als we deze temperaturen vergelijken met de kg-opbrengsten, blijkt dat bij iets lagere temperaturen, (bijv. 0,2-0,3 graad lager) de opbrengst in dit gebied met 10% toeneemt. De opbrengsten reageren dus vrij scherp op het temperatuurniveau, waarmede wel aangetoond is, dat een redelijk luchtcirculatiesysteem met goede ruimtelijke menging noodzakelijk is, vooral op dagen dat gekoeld of verwarmd wordt en dus

verschillen in temperatuur verwacht kunnen worden.

De figuren 14 t/m 17 geven nog wat extra klimaatwaarnemingen.

### Verwerking en bespreking van de meetresultaten

De ligging van de 40 proefvakken op de 2 x 5 bedden in de cel is aangegeven in figuur 1.

Uit de temperatuurmetingen is voor ieder van de 40 proefvakken voor de eerste, resp. tweede trek steeds uit 4 waarnemingen per etmaal de gemiddelde lucht- en worteltemperatuur berekend (zie de tabellen 3a en 3b, resp. 4a en 4b).

De kg-opbrengst voor elk proefvak is vermeld in tabel 1a voor de eerste en in tabel 1b voor de tweede trek.

Ook berekenden we voor elk proefvak voor beide trekken als graadmeter voor de geogste sortering de reeds genoemde sorteringcijfers (zie de tabellen 2a en 2b).

Om de homogeniteit van de temperatuurverdeling in de cel vast te stellen werden onderscheiden:

de 5 niveaus van de bedden;

de 8 kolommen van de zich, vertikaal boven elkaar bevindende proefvakken;

de zich aan weerszijden van het middenpad bevindende helften van de proefopstelling.

Door middel van een variantie-analyse kan nu het effect van bovengenoemde indelingen ten aanzien van de verticale waarnemingen op significantie worden getoetst.

Tabel 3a Eerste trek

proefvak nr.	3	1	4	2		
gem. luchttemperatuur	<u>13,6</u>	<u>13,4</u>	<u>13,3</u>	<u>13,4</u>		
	7	5	8	6		
	<u>13,9</u>	<u>13,9</u>	<u>13,9</u>	<u>13,8</u>		
	11	9	12	10		
	<u>13,6</u>	<u>13,5</u>	<u>13,5</u>	<u>13,5</u>		
	15	13	16	14		
	<u>13,9</u>	<u>13,9</u>	<u>13,8</u>	<u>13,8</u>		
	19	17	20	18		
	<u>13,6</u>	<u>13,7</u>	<u>13,7</u>	<u>13,7</u>		
	23	21	24	22		
	<u>13,8</u>	<u>13,8</u>	<u>13,9</u>	<u>13,9</u>		
	27	25	28	26		
	<u>13,5</u>	<u>13,6</u>	<u>13,6</u>	<u>13,6</u>		
	31	29	32	30		
	<u>13,7</u>	<u>13,8</u>	<u>13,8</u>	<u>13,8</u>		
	35	33	36	34		
	<u>13,5</u>	<u>13,6</u>	<u>13,6</u>	<u>13,6</u>		
	39	37	40	38		
	<u>13,7</u>	<u>13,8</u>	<u>13,8</u>	<u>13,7</u>		
kol. gem. links	13,5	13,5	13,5	13,5	gem. links	13,5
kol. gem. rechts	13,8	13,8	13,8	13,8	gem. rechts	13,8

Tabel 3b Tweede trek

proefvak nr.	3	1	4	2	
gem. luchttemperatuur	<u>14,9</u>	<u>14,6</u>	<u>14,4</u>	<u>14,5</u>	
	7	5	8	6	
	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,8</u>	<u>14,8</u>	
	11	9	12	10	
	<u>14,8</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	
	15	13	16	14	
	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,8</u>	
	19	17	20	18	
	<u>14,8</u>	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>15,0</u>	
	23	21	24	22	
	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,8</u>	
	27	25	28	26	
	<u>14,7</u>	<u>14,8</u>	<u>14,8</u>	<u>14,8</u>	
	31	29	32	30	
	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	
	35	33	36	34	
	<u>14,6</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	
	39	37	40	38	
	<u>14,5</u>	<u>14,5</u>	<u>14,5</u>	<u>14,5</u>	
kol. gem. links	14,7	14,7	14,7	14,7	gem. links 14,7
kol. gem. rechts	14,8	14,8	14,7	14,7	gem. rechts 14,8

Tabel 3b Tweede trek

proefvak nr.	3	1	4	2		
gem. luchttemperatuur	<u>14,9</u>	<u>14,6</u>	<u>14,4</u>	<u>14,4</u>		
	7	5	8	6		
	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,8</u>	<u>14,8</u>		
	11	9	12	10		
	<u>14,8</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>		
	15	13	16	14		
	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,8</u>		
	19	17	20	18		
	<u>14,8</u>	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>15,0</u>		
	23	21	24	22		
	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,9</u>	<u>14,8</u>		
	27	25	28	26		
	<u>14,7</u>	<u>14,8</u>	<u>14,8</u>	<u>14,8</u>		
	31	29	32	30		
	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>		
	35	33	36	34		
	<u>14,6</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>	<u>14,7</u>		
	39	37	40	38		
	<u>14,5</u>	<u>14,5</u>	<u>14,5</u>	<u>14,5</u>		
kol. gem. links	14,7	14,7	14,7	14,7	gem. links	14,7
kol. gem. rechts	14,8	14,8	14,7	14,7	gem. rechts	14,8



Tabel 4a Eerste trek

proefvak nr.	3	1	4	2		
gem. worteltemperatuur	<u>14,6</u>	<u>14,5</u>	<u>14,4</u>	<u>14,1</u>		
	7	5	8	6		
	<u>14,2</u>	<u>14,2</u>	<u>14,1</u>	<u>14,5</u>		
	11	9	12	10		
	<u>14,4</u>	<u>14,5</u>	<u>14,5</u>	<u>14,3</u>		
	15	13	16	14		
	<u>14,2</u>	<u>14,5</u>	<u>14,4</u>	<u>14,3</u>		
	19	17	20	18		
	<u>14,4</u>	<u>14,1</u>	<u>14,3</u>	<u>14,4</u>		
	23	21	24	22		
	<u>14,0</u>	<u>14,5</u>	<u>14,1</u>	<u>14,6</u>		
	27	25	28	26		
	<u>14,1</u>	<u>14,2</u>	<u>14,4</u>	<u>14,0</u>		
	31	29	32	30		
	<u>13,9</u>	<u>14,5</u>	<u>14,4</u>	<u>14,5</u>		
	35	33	36	34		
	<u>14,0</u>	<u>14,2</u>	<u>14,6</u>	<u>14,6</u>		
	39	37	40	38		
	<u>14,6</u>	<u>14,7</u>	<u>15,0</u>	<u>14,6</u>		
kol. gem. links	14,3	14,3	14,4	14,3	gem. links	14,3
kol. gem. rechts	14,2	14,5	14,4	14,5	gem. rechts	14,4

Tabel 4a Eerste trek

proefvak nr.	3	1	4	2		
gem. worteltemperatuur	<u>14,6</u>	<u>14,5</u>	<u>14,4</u>	<u>14,1</u>		
	7	5	8	6		
	<u>14,2</u>	<u>14,2</u>	<u>14,1</u>	<u>14,5</u>		
	11	9	12	10		
	<u>14,4</u>	<u>14,5</u>	<u>14,5</u>	<u>14,3</u>		
	15	13	16	14		
	<u>14,2</u>	<u>14,5</u>	<u>14,4</u>	<u>14,3</u>		
	19	17	20	18		
	<u>14,4</u>	<u>14,1</u>	<u>14,3</u>	<u>14,4</u>		
	23	21	24	22		
	<u>14,0</u>	<u>14,5</u>	<u>14,1</u>	<u>14,6</u>		
	27	25	28	26		
	<u>14,1</u>	<u>14,2</u>	<u>14,4</u>	<u>14,0</u>		
	31	29	32	30		
	<u>13,9</u>	<u>14,5</u>	<u>14,4</u>	<u>14,5</u>		
	35	33	36	34		
	<u>14,0</u>	<u>14,2</u>	<u>14,6</u>	<u>14,6</u>		
	39	37	40	38		
	<u>14,6</u>	<u>14,7</u>	<u>15,0</u>	<u>14,6</u>		
kol. gem. links	14,3	14,3	14,4	14,3	gem. links	14,3
kol. gem. rechts	14,2	14,5	14,4	14,5	gem. rechts	14,4

Tabel 4b Tweede trek

proefvak nr.	3	1	4	2		
gem. worteltemperatuur	16,3	16,0	15,8	15,5		
	7	5	8	6		
	16,2	15,9	15,8	15,9		
	11	9	12	10		
	16,4	16,2	16,4	16,0		
	15	13	16	14		
	16,1	15,9	15,9	16,2		
	19	17	20	18		
	16,2	16,0	16,1	16,0		
	23	21	24	22		
	16,1	15,8	16,2	16,1		
	27	25	28	26		
	15,6	15,8	15,8	15,5		
	31	29	32	30		
	16,2	15,6	16,3	15,7		
	35	33	36	34		
	14,9	15,3	15,1	15,3		
	39	37	40	38		
	15,5	15,2	15,7	15,3		
kol. gem. links	15,9	15,9	15,8	15,7	gem. links	15,8
kol. gem. rechts	16,0	15,7	16,0	15,8	gem. rechts	15,9

Tabel 4b: Tweede trek

proefvak nr.	3	1	4	2		
gem. worteltemperatuur	<u>16,3</u>	<u>16,0</u>	<u>15,8</u>	<u>15,5</u>		
	7	5	8	6		
	<u>16,2</u>	<u>15,9</u>	<u>15,8</u>	<u>15,9</u>		
	11	9	12	10		
	<u>16,4</u>	<u>16,2</u>	<u>16,4</u>	<u>16,0</u>		
	15	13	16	14		
	<u>16,1</u>	<u>15,9</u>	<u>15,9</u>	<u>16,2</u>		
	19	17	20	18		
	<u>16,2</u>	<u>16,0</u>	<u>16,1</u>	<u>16,0</u>		
	23	21	24	22		
	<u>16,1</u>	<u>15,8</u>	<u>16,2</u>	<u>16,1</u>		
	27	25	29	26		
	<u>15,6</u>	<u>15,8</u>	<u>15,8</u>	<u>15,5</u>		
	31	29	32	30		
	<u>16,2</u>	<u>15,6</u>	<u>16,3</u>	<u>15,7</u>		
	25	33	36	34		
	<u>14,9</u>	<u>15,3</u>	<u>15,1</u>	<u>15,3</u>		
	39	37	40	38		
	<u>15,5</u>	<u>15,2</u>	<u>15,7</u>	<u>15,3</u>		
kol. gem. links	15,9	15,9	15,8	15,7	gem. links	15,8
kol. gem. rechts	16,0	15,7	16,0	15,8	gem. rechts	15,9.

Eerste trek

De gemiddelde lucht-, resp. worteltemperaturen voor de verschillende niveaus ontlepen elkaar weinig (zie de figuren 10 en 12), terwijl ook de gemiddelde lucht- resp. grondtemperaturen van de kolommen zeer weinig verschilden (er is misschien een links/rechts-effect voor de luchttemperaturen) zodat van een variantie-analyse van deze gegevens werd afgezien.

Variantie-analyse-opbrengst per veldje in kg.

factor	s.k.a.	g.v.v.	gem. kw.	F	P	
totaal	15,86039	39				
niveaus	6,61168	8	0,82646	2,68 <sup>+</sup>	0,03	v.c. =
kolommen	1,72414	6	0,28735	> 1		4,30%
links/rechts	0,11881	1	0,11881	> 1		
rest	7,40576	24	0,30857			

De significante F-waarde voor niveaus wijst er op dat er tussen de gem. opbrengsten per niveau duidelijke verschillen bestaan. Er is alleen een niveau-effect. De onderste twee niveaus hadden duidelijk de laagste opbrengst.

Variantie-analyse sorteringcijfers per veldje.

factor	s.k.a.	g.v.v.	gem. kw.	F	P	
Totaal	1157,500	39				
niveaus	447,600	8	55,950	2,57 <sup>+</sup>	0,04	v.c= 2,58%
kolommen	183,400	6	30.566	1,41	> 0,20	
links/rechts	4,900	1	4,900	< 1		
rest	521,600	24	21,733			

Ook hier een niveau-effect. Door de lage variatie-coëfficiënt zijn reeds kleine verschillen significant. De beide bovenste niveaus hebben gemiddeld een duidelijk mindere sortering opgeleverd dan de beide onderste niveaus.

Tweede trek

De variantie-analyses van de gemiddelde lucht, resp. grondtemperatuur per veldje leverden het volgende op:

Variantie-analyse gem. luchttemperatuur per veldje.

factor	s.k.a.	g.v.v.	gem. kw.	F	P	
totaal	0,83975	39				v.c.=
niveaus	0,62600	8	0,07825	10,10 <sup>++</sup>	< 0,01	0,60%
kolommen	0,02150	6	0,00358	< 1	> 0,20	
links/rechts	0,00625	1	0,00625	< 1		
rest	0,18600	24	0,00775			

Variantie-analyse gem. worteltemperatuur per veldje.

factor	s.k.a.	g.v.v.	gem. kw.	F	P	
totaal	5,439	39				v.c.=
niveaus	3,970	8	0,49625	13,09 <sup>++</sup>	< 0,01	1,23%
kolommen	0,510	6	0,08500	2,24	0,07	
links/rechts	0,049	1	0,04900	1,29	> 0,20	
rest	0,910	24	0,03791			

In beide gevallen alleen een niveau-effect (zie de figuren 11 en 13). Door de zeer lage variatie-coëfficiënten zijn reeds kleine verschillen significant.

Het niveau-effect kan gekarakteriseerd worden als significant hogere gemiddelde lucht- en worteltemperatuur bij de 2e en 3e laag van boven, ten opzichte van de 1e, 4e en 5e laag van boven.

Variantie-analyses opbrengst (incl. afval) per veldje in kg

factor	s.k.a.	g.v.v.	gem. kw.	F	P	
totaal	75,20991	39				v.c. =
niveaus	21,89932	8	2,73741	10,23 <sup>++</sup>	< 0,01	2,41%
kolommen	35,58830	6	5,93138	22,17 <sup>++</sup>	< 0,01	
links/rechts	11,29969	1	11,29969	42,23 <sup>++</sup>	< 0,01	
rest	6,42260	24	0,26760			

Er is een effect, zowel bij de niveaus en bij de kolommen, als bij links/rechts. Zie de desbetreffende gemiddelden. Door de lage variatie-coëfficiënt zijn reeds kleine verschillen significant.

De 1e en 2e laag van boven hadden een significant hogere opbrengst dan de 3e, 4e en 5e laag van boven (zie fig. 3).

De rechterhelft van de cel heeft een significant hogere opbrengst dan de linkerhelft (zie tabel 1b).

Variantie-analyse sorteringcijfers per veldje.

factor	s.k.a.	g.v.v.	gem. kw.	F	P	
totaal	5865,775	39		-		v.c. =
niveaus	626,800	8	78,350	< 1		6,93%
kolommen	706,350	6	117,725	1,12	> 0,20	
links/rechts	2002,225	1	2002,225	18,99 <sup>++</sup>	< 0,01	
rest	2530,400	24	105,433			

Er is alleen een links/rechts effect. De rechterhelft van de cel heeft een duidelijk mindere sortering opgeleverd dan de linkerhelft (zie tabel 2b).

4. Verband tussen temperatuur en opbrengst

Het lag voor de hand na te gaan of er tussen de gemiddelde temperatuurcijfers en de opbrengstcijfers per veldje een nauwe correlatie bestond. Uitgegaan werd van de gegevens van de tweede trek. Voor de temperatuurcijfers werden resp. genomen:

- de gemiddelde luchttemperatuur (l)
- " " worteltemperatuur (w)
- gem. luchttemp. + gem. worteltemp. (l + w)
- gem. luchttemp. + 2x gem. worteltemp. (l + 2x w).

De resultaten van de correlatie-berekeningen zijn samengevat in de volgende tabel, die tevens de drempelwaarden voor significantie bevat.

l	w	l+w	l+2w	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
0,389 <sup>+</sup>	0,459 <sup>++</sup>	0,487 <sup>++</sup>	0,481 <sup>++</sup>	0,264	0,313	0,367	0,398	0,501

De correlaties zijn vrij zwak maar wel significant. De drempelwaarden moeten als volgt geïnterpreteerd worden. De kans om een waarde van 0,313 (bij 40 getallenparen) voor de correlatie-coëfficiënt te verkrijgen, bij afwezigheid van enige correlatie, is 0,05. D.w.z. in één op de 20 keer kunnen we deze waarde voor de correlatie-coëfficiënt verkrijgen, zelfs bij afwezigheid van een correlatie.

Gezien het feit dat bij de tweede trek de variantie-analyse van de gemiddelde lucht- resp. grondtemperaturen per veldje een significante F-waarde voor alleen de niveaus opleverden, hetgeen op het optreden van duidelijke verschillen tussen de niveau-gemiddelden wijst, was het interessant de correlatie-berekeningen ook voor de 5 niveaugemiddelden uit te voeren. Het resultaat was als volgt:

l	w	l+w	l+2w	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
0,599	0,903 <sup>+</sup>	0,845	0,872 <sup>⊕</sup>	0,805	0,878	0,934	0,951	0,991

Bij 5 getallenparen met 3 vrijheidsgraden moeten voor significantie hoge drempelwaarden worden bereikt. De correlatie-coëfficiënt voor de gemiddelde worteltemperatuur/opbrengst van 0,903 is niet alleen significant in de boven vermelde zin, maar heeft ook praktische betekenis. Er is een redelijk nauwe samenhang tussen worteltemperaturen en opbrengsten aanwezig, hetgeen warmtetechnisch verklaarbaar is door de goede warmtegeleiding van wortel naar lof vice versa.



In dit gemeten temperatuurgebied van de tweede trek is het temperatuurverschil tussen hoogste en laagste niveaugemiddelde van de wortels ca.  $1^{\circ}\text{C}$  waarbij ca. 10% opbrengstverschil optrad. Dit gebeurt natuurlijk niet bij alle temperaturniveaus, doch we kunnen wel concluderen dat de gelijkmatigheid van de worteltemperatuur belangrijk is voor de opbrengst. In dit verband is de waterteelt natuurlijk gunstiger dan de grondteelt en in feite de enige goedkope oplossing. De hier gemeten temperatuurverschillen zijn zowel van lucht als grond zo klein, dat technisch geen of nauwelijks verbetering mogelijk is.

### 5. CO<sub>2</sub>-produktie

Door omstandigheden kan alleen de CO<sub>2</sub>-concentratie van de afgevoerde lucht worden gemeten met de (vrij onnauwkeurige) Hampden CO<sub>2</sub>-meter. De luchthoeveelheidsmetingen zijn eveneens onnauwkeurig en berusten op vroegere metingen met behulp van Trafo en mengklepstanden. Hiermede is de hoeveelheid ventilatielucht bepaald, waarna deze vermenigvuldigd is met de gemeten CO<sub>2</sub> minus 0,03% om de CO<sub>2</sub>-produktie te berekenen. Omgerekend in gr/m<sup>2</sup> trekoppervlak.h zijn de meetwaarden weergegeven in fig. 19 en fig. 20.

In verband met de verschillende groeisnelheden zal er ook een niveauverschil zijn tussen de eerste en de tweede trek. De hoeveelheid blad neemt tijdens de trekperiode steeds toe. Door de toenemende ademhaling wordt natuurlijk ook de CO<sub>2</sub>-produktie steeds groter.

De CO<sub>2</sub>-produktie is waarschijnlijk een maat voor de hoeveelheid geproduceerde witlof en de helling daarvan een maat van de groeisnelheid voor het lof, waarbij bedacht moet worden, dat uit de grond ook CO<sub>2</sub> kan ontwijken. Deze complicatie treedt bij watercultures niet op.

### 6. Verdamping

Gedurende 34 dagen in de 1e trek is er  $\pm 1800$  Kcal/h latente warmte afgevoerd, overeenkomende met 2400 kg water.

Voor 26 dagen van de 2e trek is dat  $\pm 1000$  Kcal/h 1000 kg, helaas inclusief de door de stoombevochtiging toegevoerde hoeveelheid water. De relatieve luchtvochtigheid was in de 1e trek 90% en in de tweede trek 95% om "rand" te voorkomen.

Gezien de grootte-orde van de waterhoeveelheden in de grond, door broezen toegevoerd, in de wortels en in het lof. (alle ca. 5000 kg) kan geen verband gezocht worden tussen bijv. broeswater, verdamping en lofproduktie.

### 7. Voelbare warmte

De door de wortels en de grond ontwikkelde voelbare warmte is zo klein ( $4 \text{ à } 5 \text{ Kcal/m}^2$ ), dat geen nauwkeurige meting mogelijk is, doch door zijn grootte orde ook niet nodig is.

In de periode van 20-25 december is er door de pijpen 750 Kcal/h afgegeven, waardoor er voor de stellingen slechts 500 Kcal/h overblijft.

### 8. Samenvatting

Bekend is reeds, dat bij het forceren van witlof de kg-opbrengst o.a. sterk afhankelijk is van het temperatuurniveau. Bij een in een champignoncel genomen trekproef bleek dat inderdaad het geval te zijn, zodat het nodig is ook te letten op temperatuurgradiënten in lucht en grond. Het standaard-luchtbehandelingssysteem in de champignonteelt is bedoeld om deze gradiënten goed en goedkoop voor champignons binnen redelijke grenzen te houden. Voor het trekken van witlof voldoet volgens deze proef dit systeem ook wel, ondanks het feit dat er ca. 10% opbrengstspreading redelijk significant met de temperatuurgradiënt wordt aangetoond.

## Betekenis van de figuren

- fig. 1: nummering proefvakken
- fig. 2: opbrengst 1e trek op verschillende hoogte
- fig. 3: opbrengst 2e trek op verschillende hoogte
- fig. 4: sortering 1e trek op verschillende hoogte
- fig. 5: sortering 2e trek op verschillende hoogte
- fig. 6: meetopstelling luchttemperaturen
- fig. 7: meetopstelling luchttemperatuur
- fig. 8: gem. luchttemperaturen
- fig. 9: gem. luchttemperatuur
- fig. 10: gem. luchttemperaturen op verschillende hoogte
- fig. 11: gem. luchttemperatuur op verschillende hoogte
- fig. 12: gem. worteltemperatuur op verschillende hoogte
- fig. 13: gem. worteltemperatuur op verschillende hoogte
- fig. 14: verzamelfiguur klimaatmetingen
- fig. 15: verzamelfiguur klimaatmetingen
- fig. 16: warmtestromen cellucht
- fig. 17: warmtestromen cellucht
- fig. 18: verband stand luchtklep en ventilatie
- fig. 19: CO<sub>2</sub>-produktie 1e trek
- fig. 20: CO<sub>2</sub>-produktie 2e trek
- fig. 21: schema klimaatinstallatie.

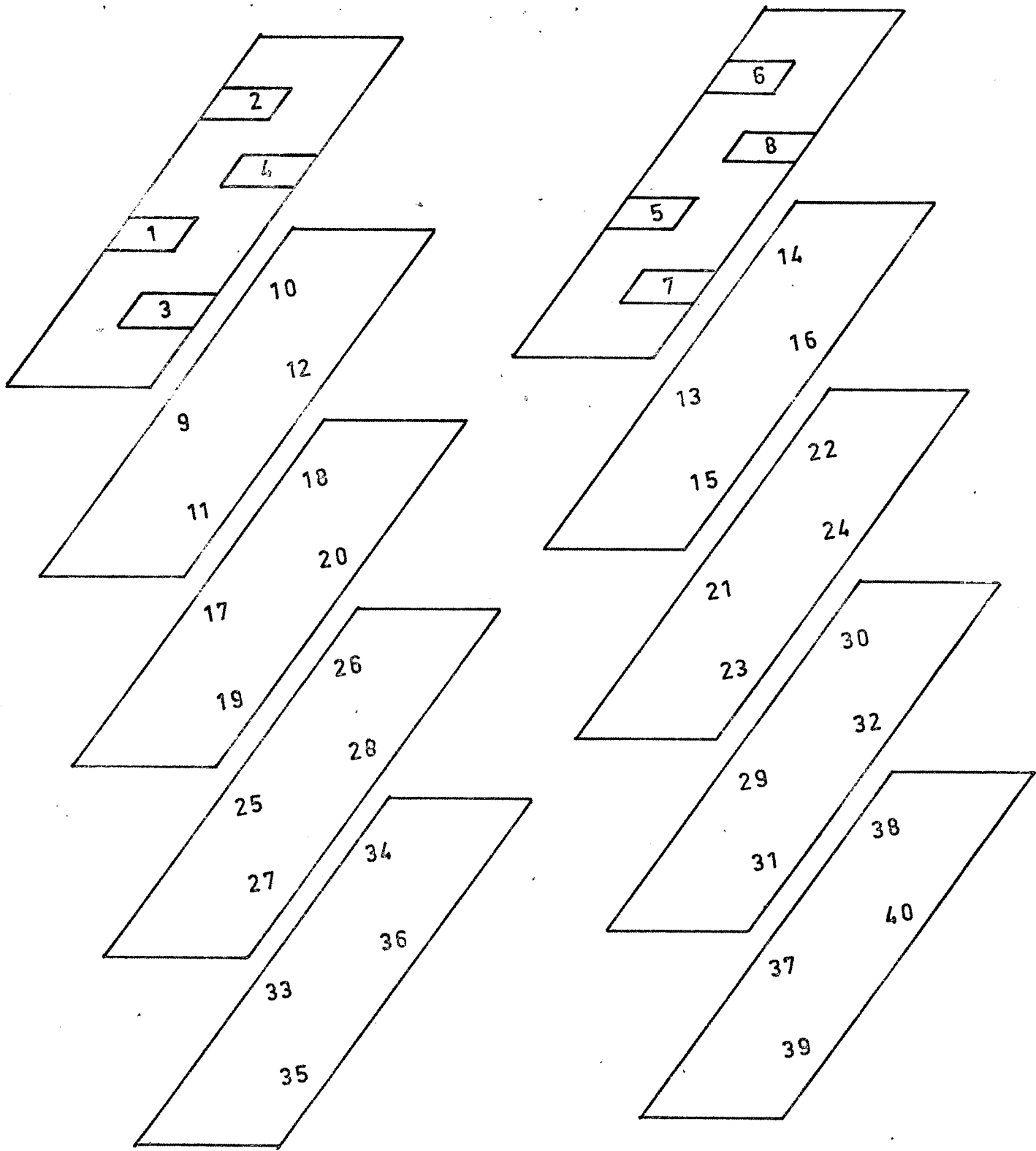


fig: 1

nummering proefvakken

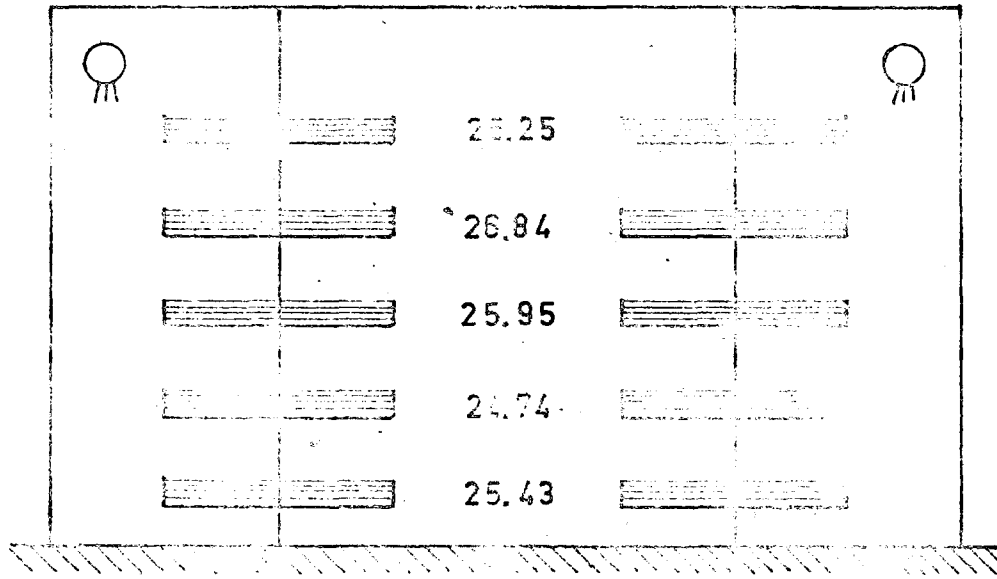


fig: 2

1° trek

opbrenget in kg/m<sup>2</sup>

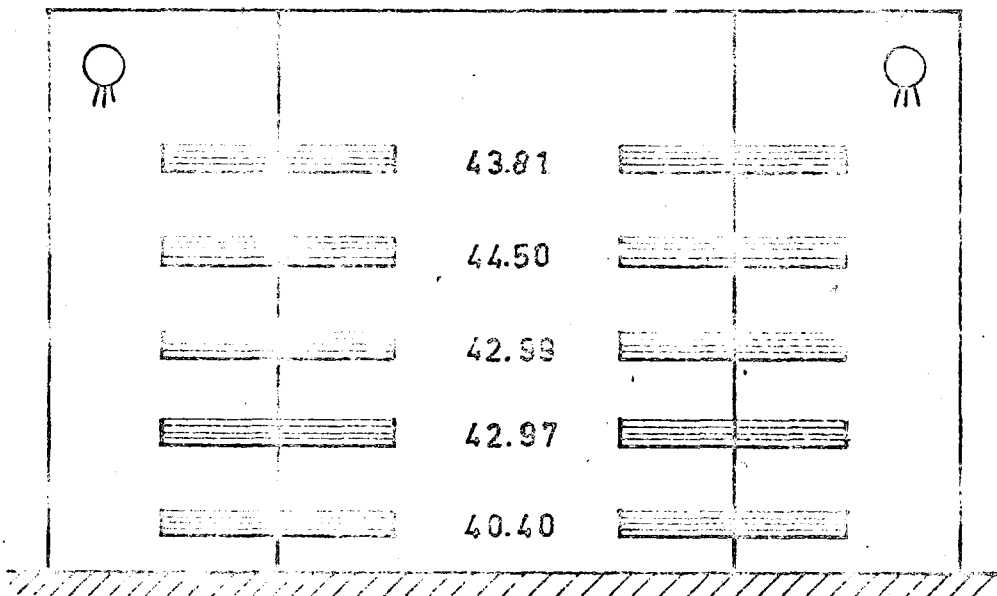


fig: 3

2° trek

opbrengst, in kg/m<sup>2</sup>

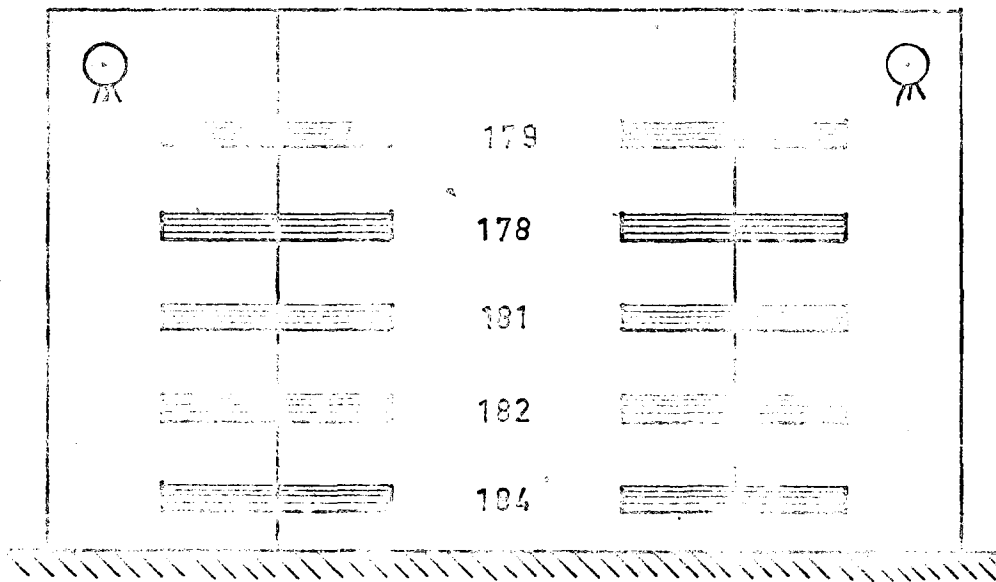


fig:4

1<sup>o</sup> trek  
sortering

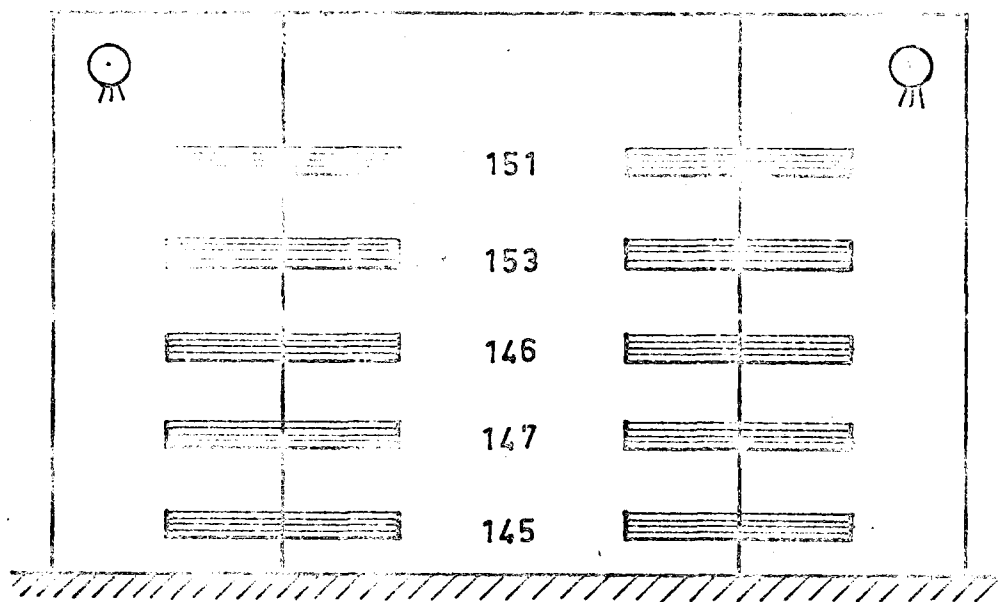


fig:5

2<sup>o</sup> trek  
sortering.

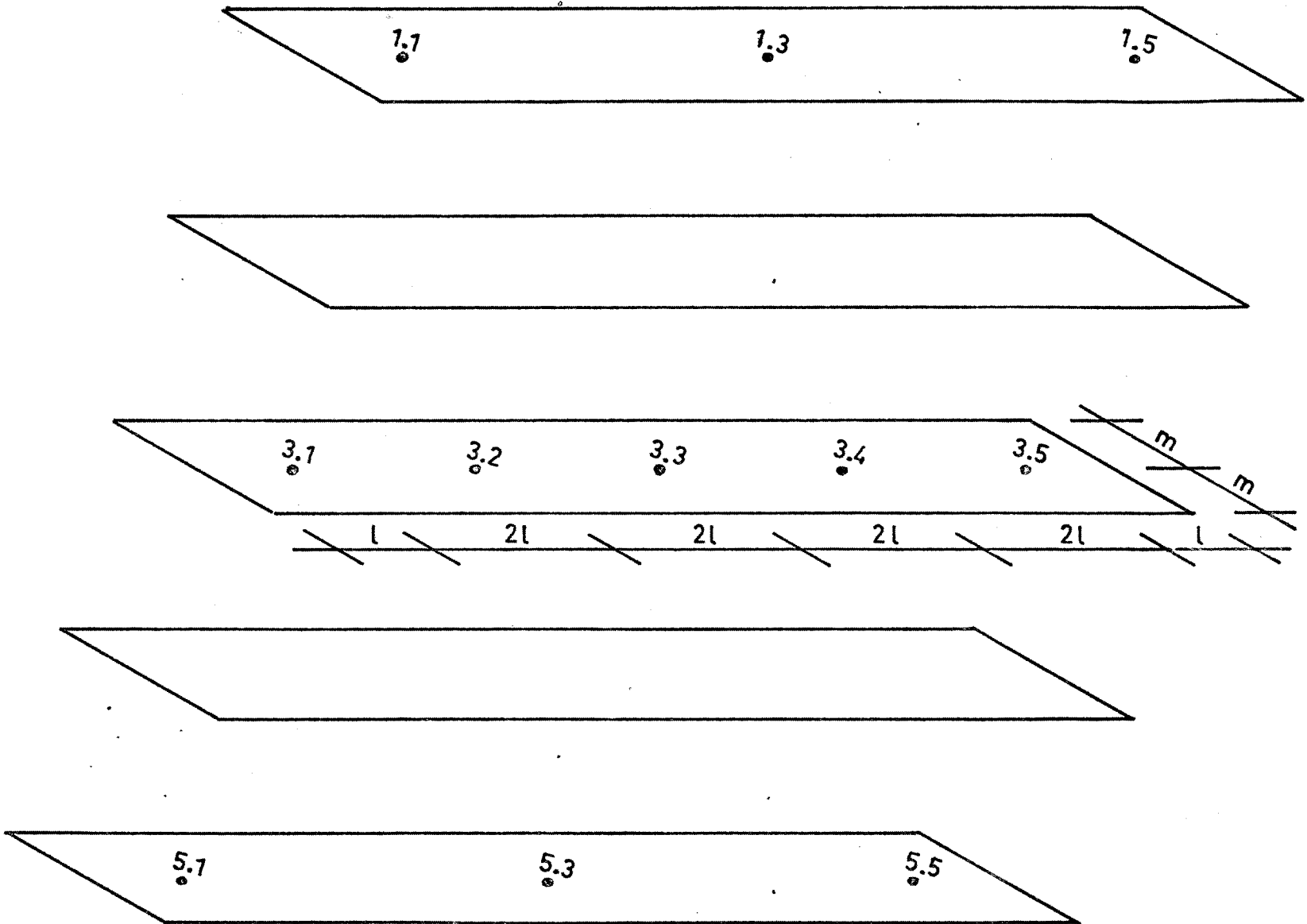


fig: 6

Per rij 11 meetplaatsen voor luchttemperaturen

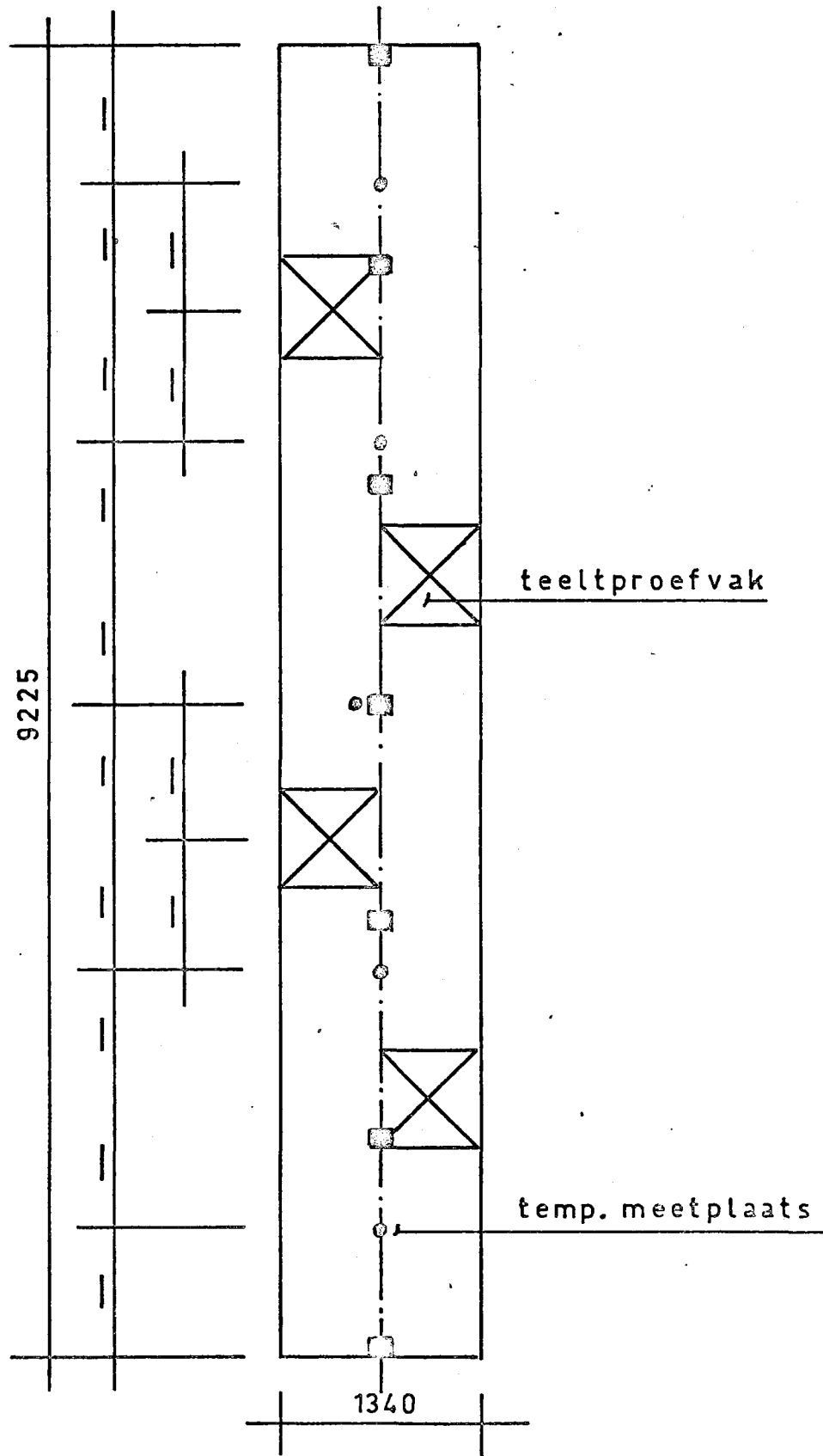


fig: 7



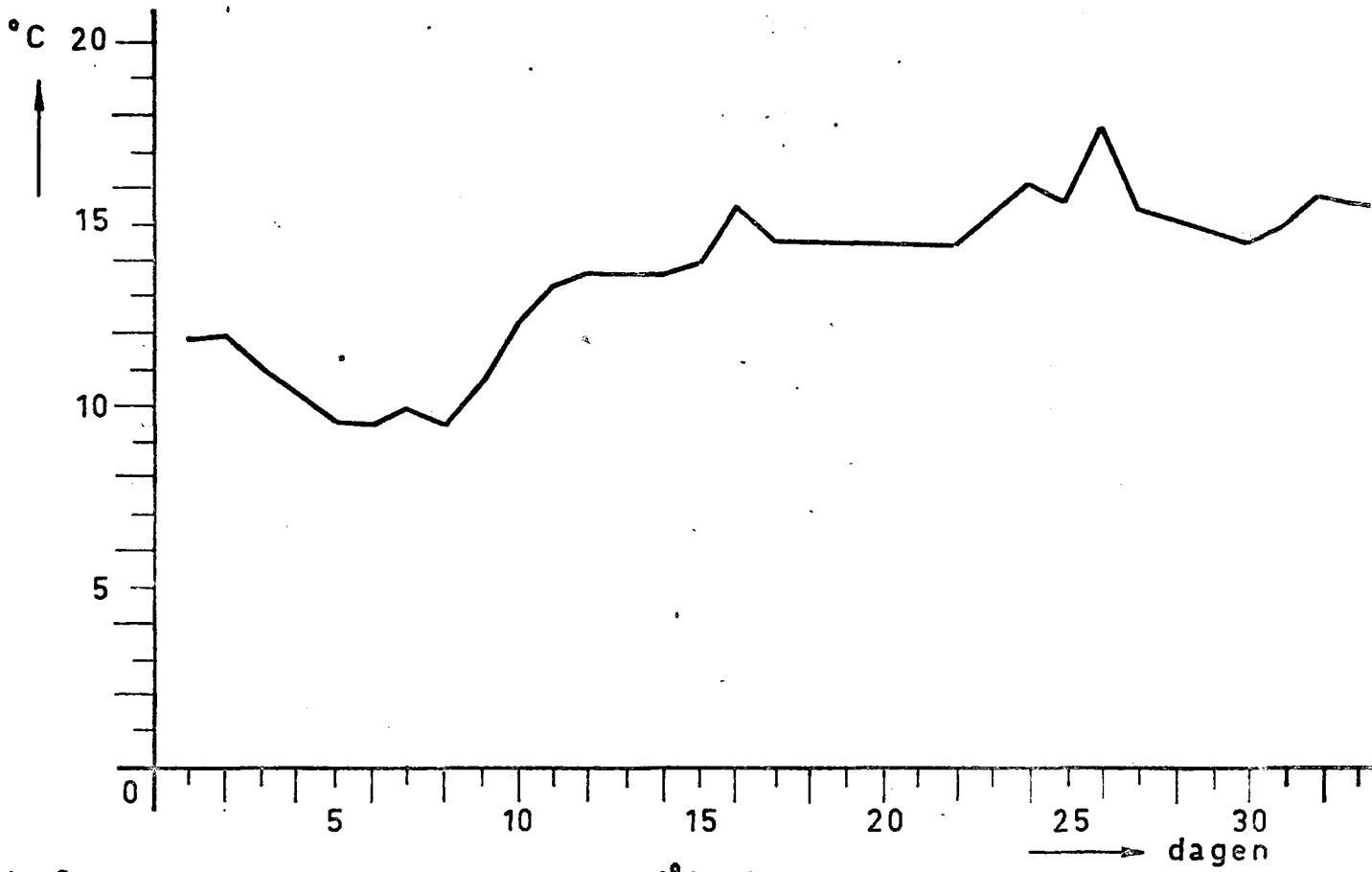


fig:8

1° trek  
luchttemperatuur verloop

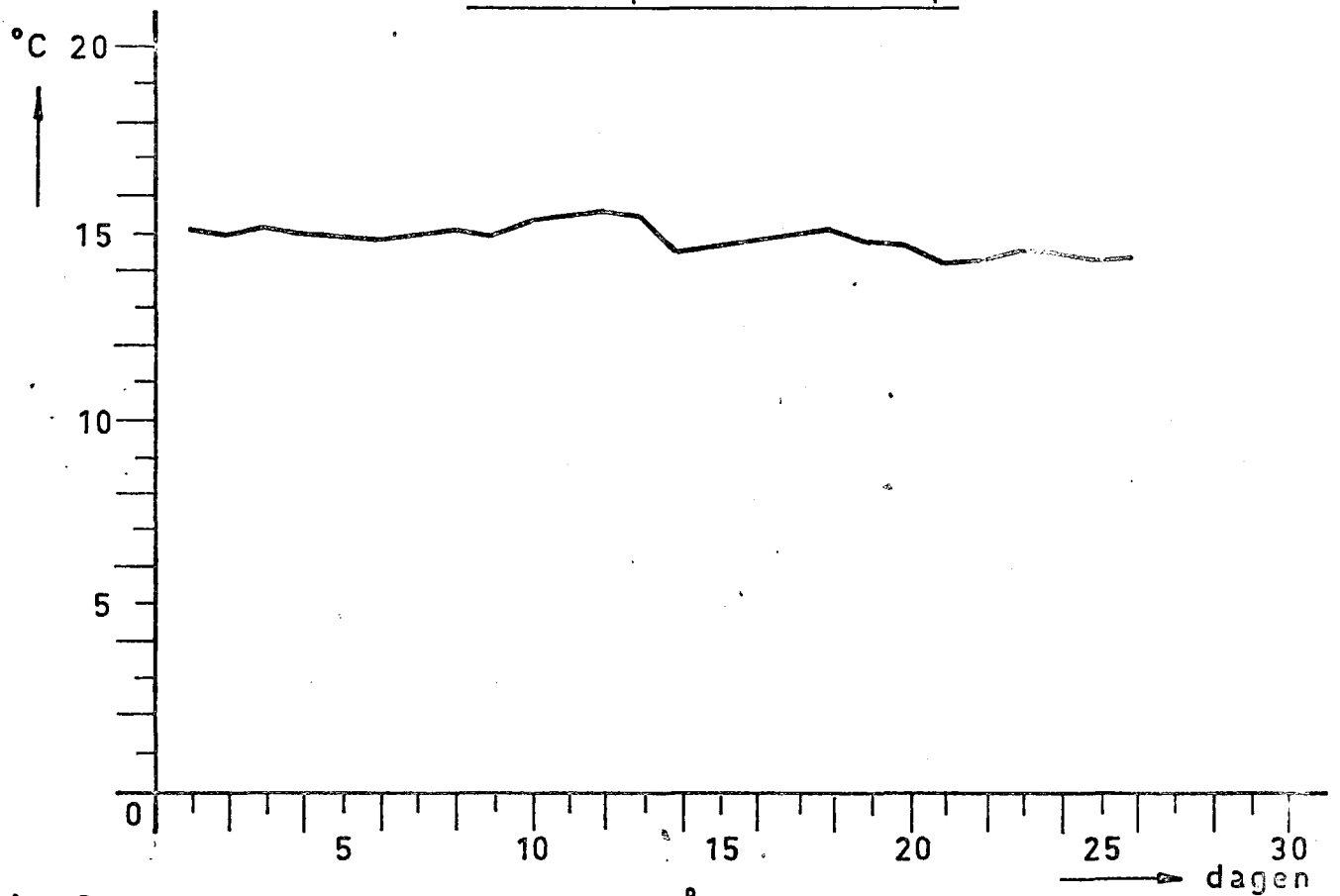


fig:9

2° trek  
luchttemperatuur verloop

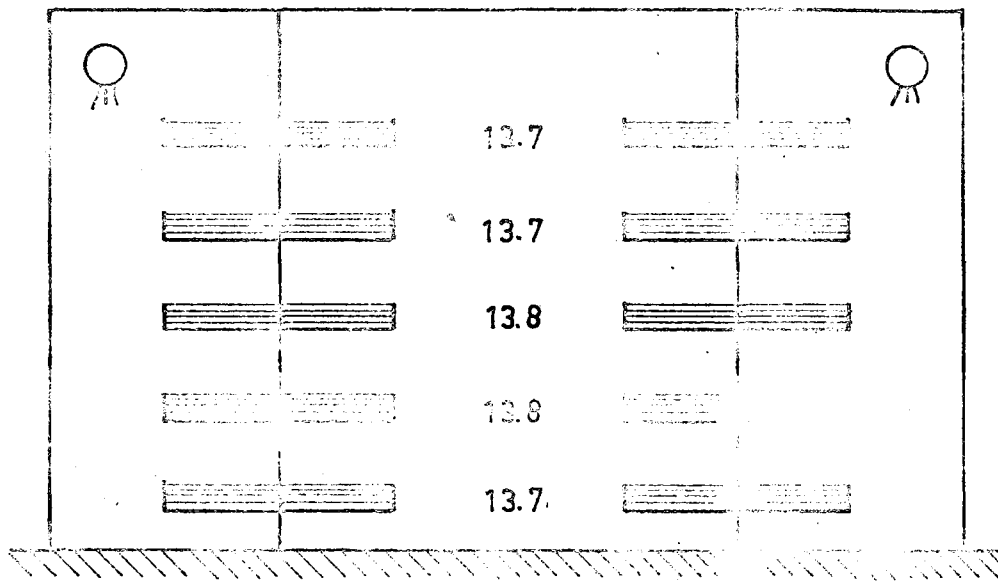


fig: 10

1° trek

gemiddelde luchttemperatuur in °C.

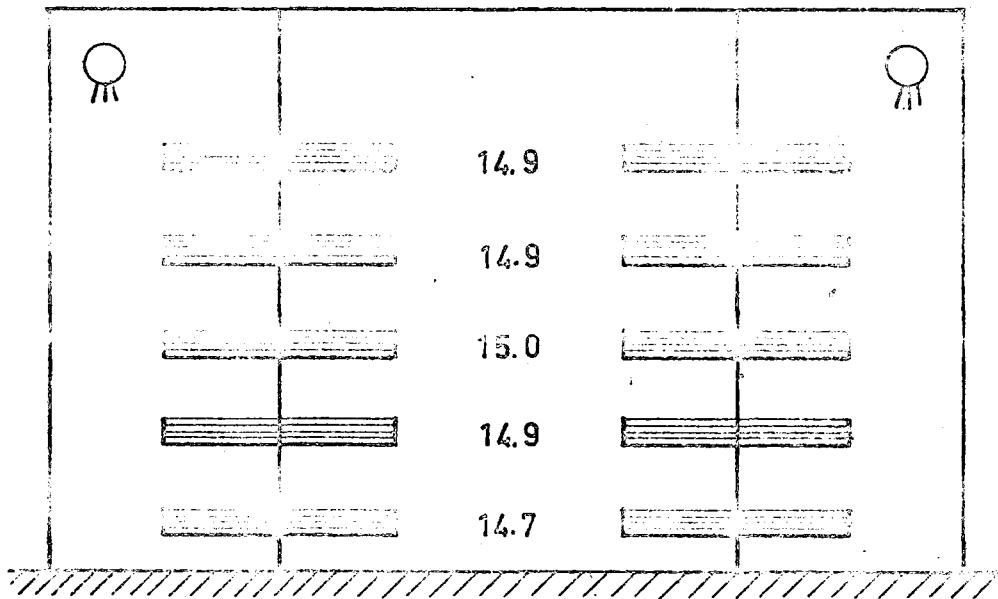


fig: 11

2° trek

gemiddelde luchttemperatuur in °C

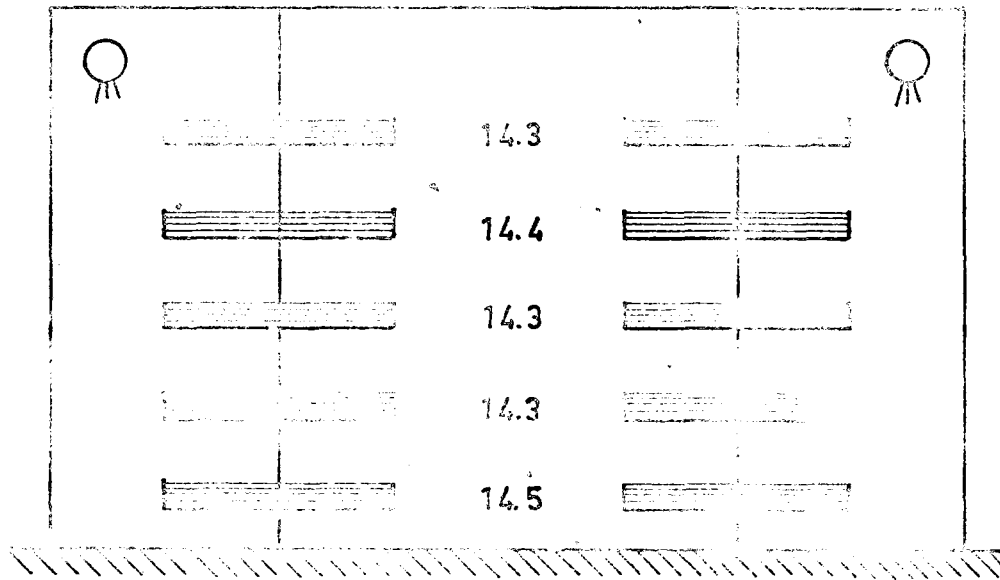


fig: 12

1° trek  
gemiddelde worteltemperatuur in °C.

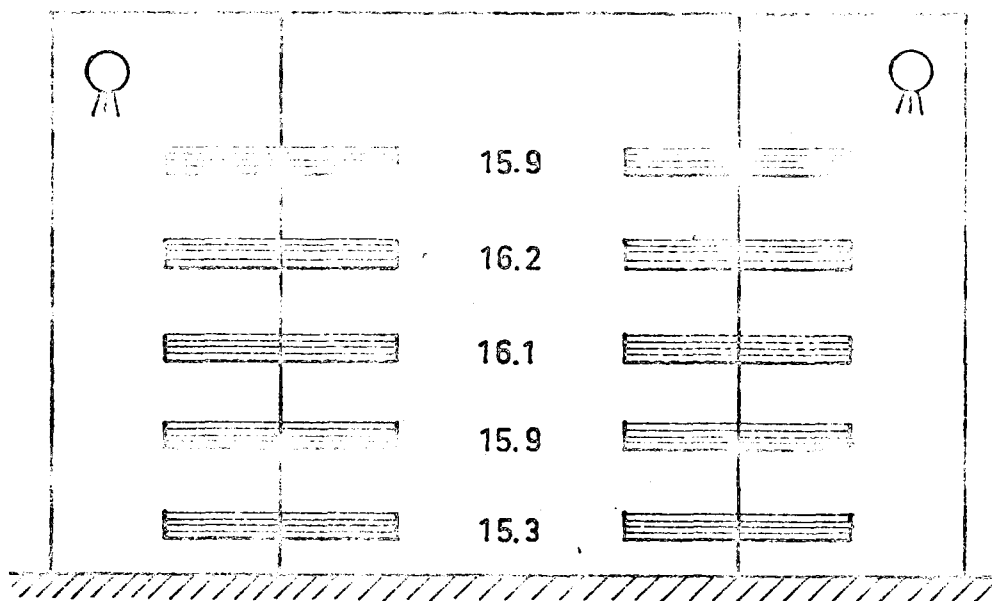


fig: 13

2° trek  
gemiddelde worteltemperatuur in °C

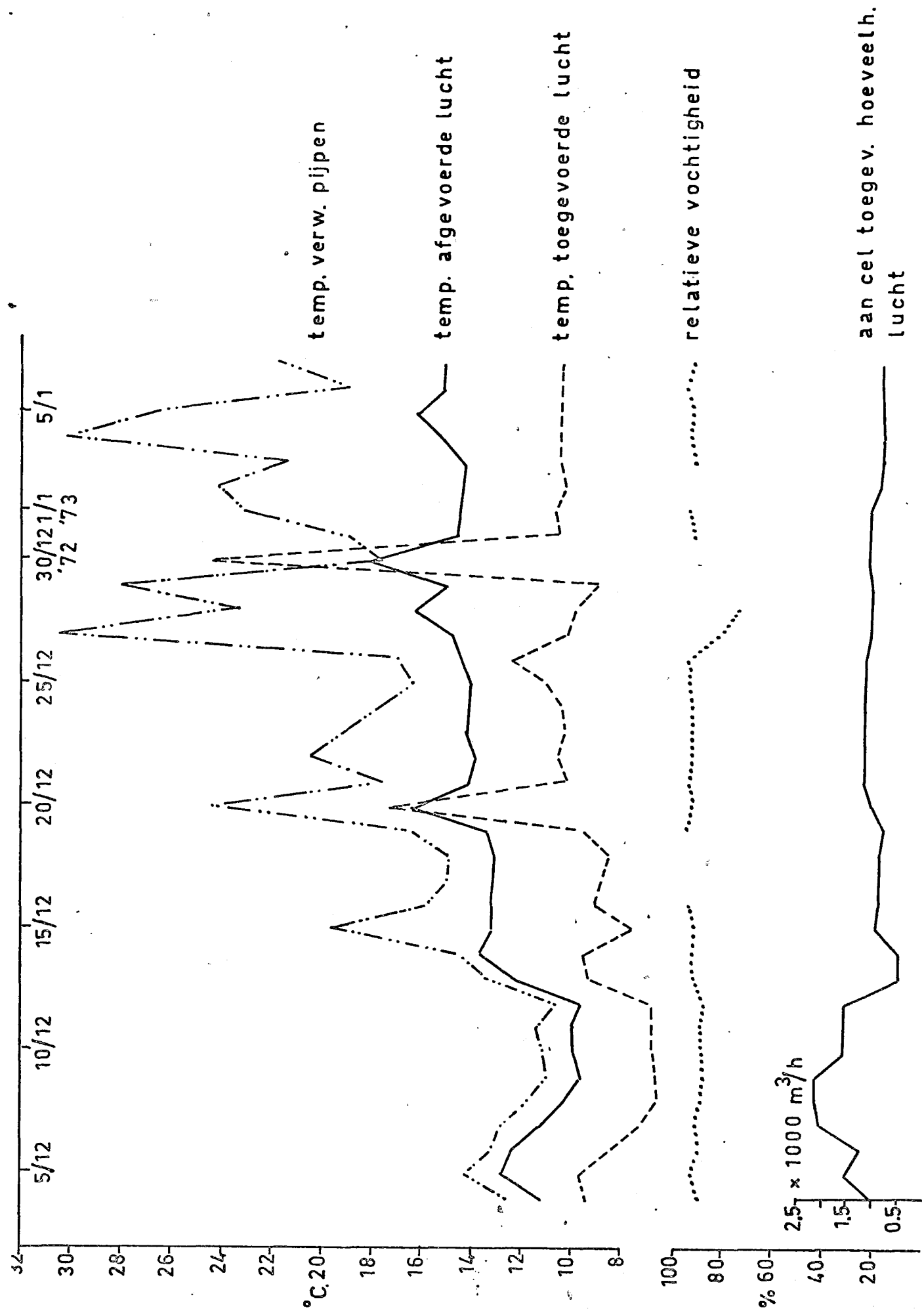


fig: 14

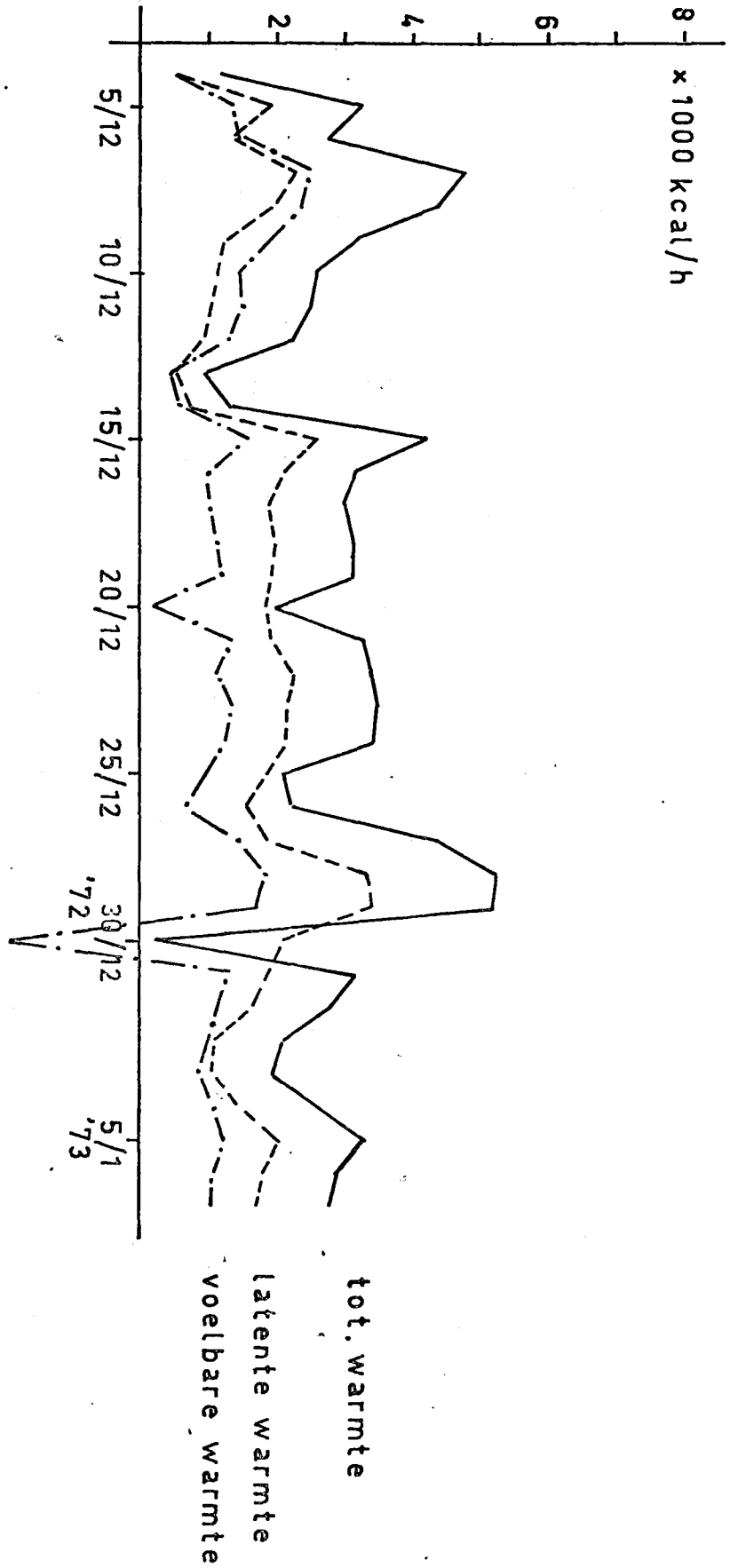
stand lucht-  
mengklep  
(%)

CO<sub>2</sub>  
(vol.%)

fig: 15

41  
42-60  
20  
20-50  
50  
  
40  
40-100  
100  
100-80  
  
80  
100-90  
60  
60-70  
  
70  
70-80  
80  
  
60  
  
0  
0

0.067  
0.058  
0.064  
0.033  
0.084  
0.071  
0.067  
0.077  
0.091  
0.077  
0.070  
0.079  
  
0.070  
0.100  
  
0.150  
  
0.330  
0.390



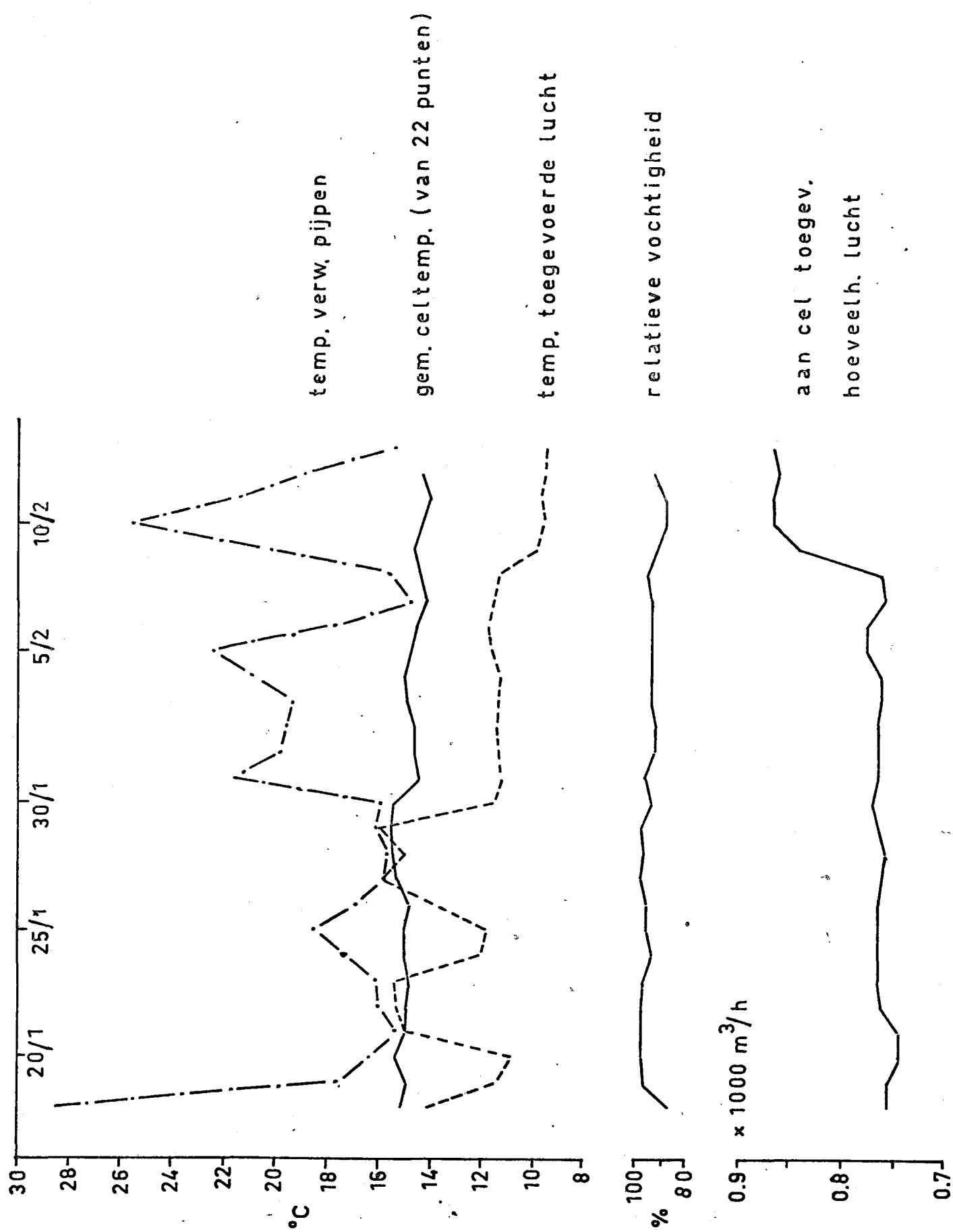


fig: 16

stand lucht-  
mengklep  
%

CO<sub>2</sub>  
vol. %

50

0.185

50

0.225

50

0.225

50

0.220

50

0.240

50

0.350

55

0.350

55

0.290

55

0.310

56

0.330

56

0.280

56

0.320

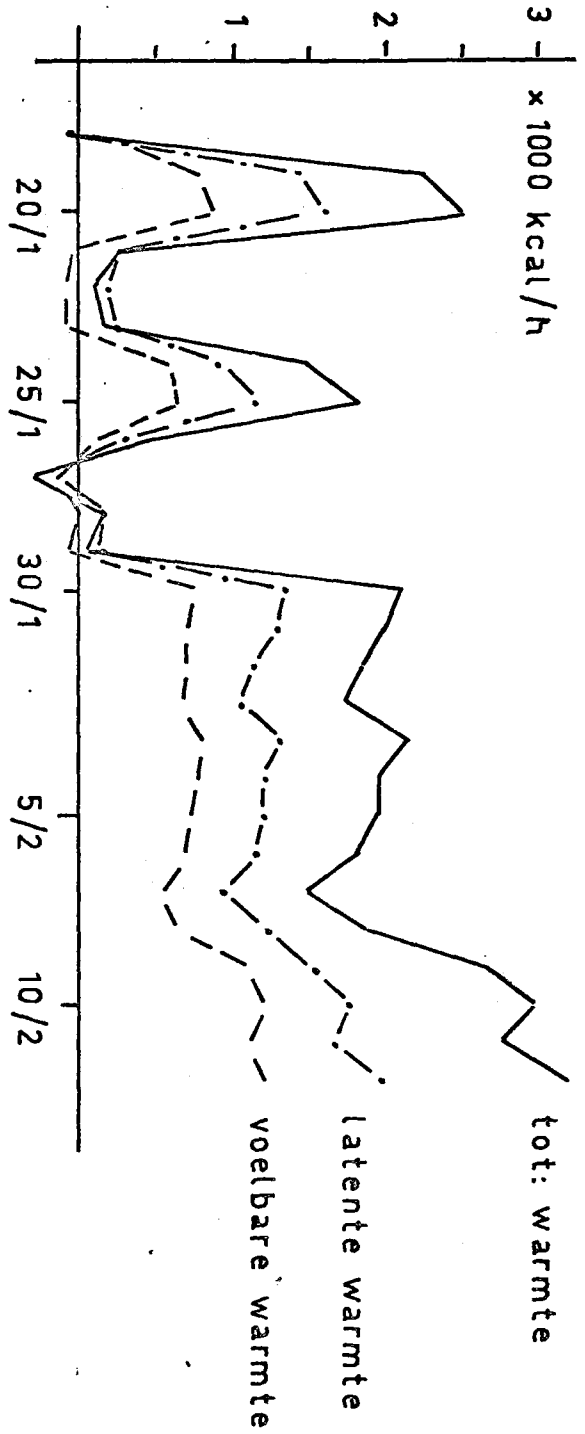


fig: 17

aandeel ventilatie  
in totaal

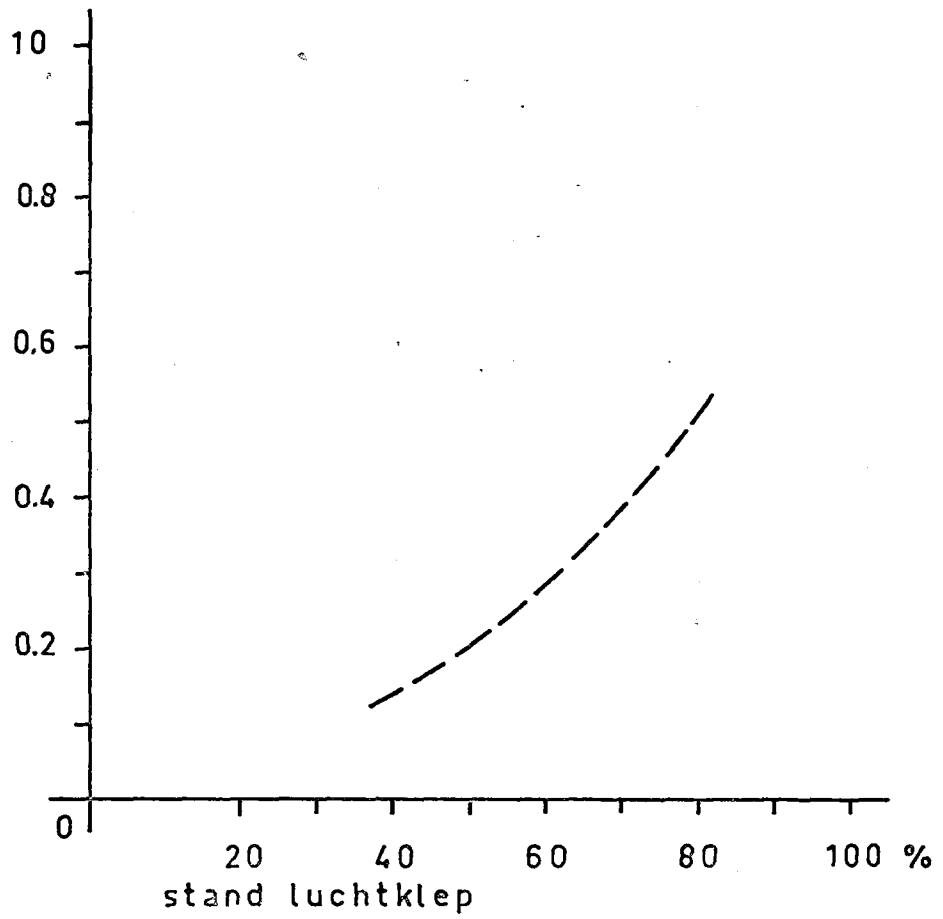


fig: 18



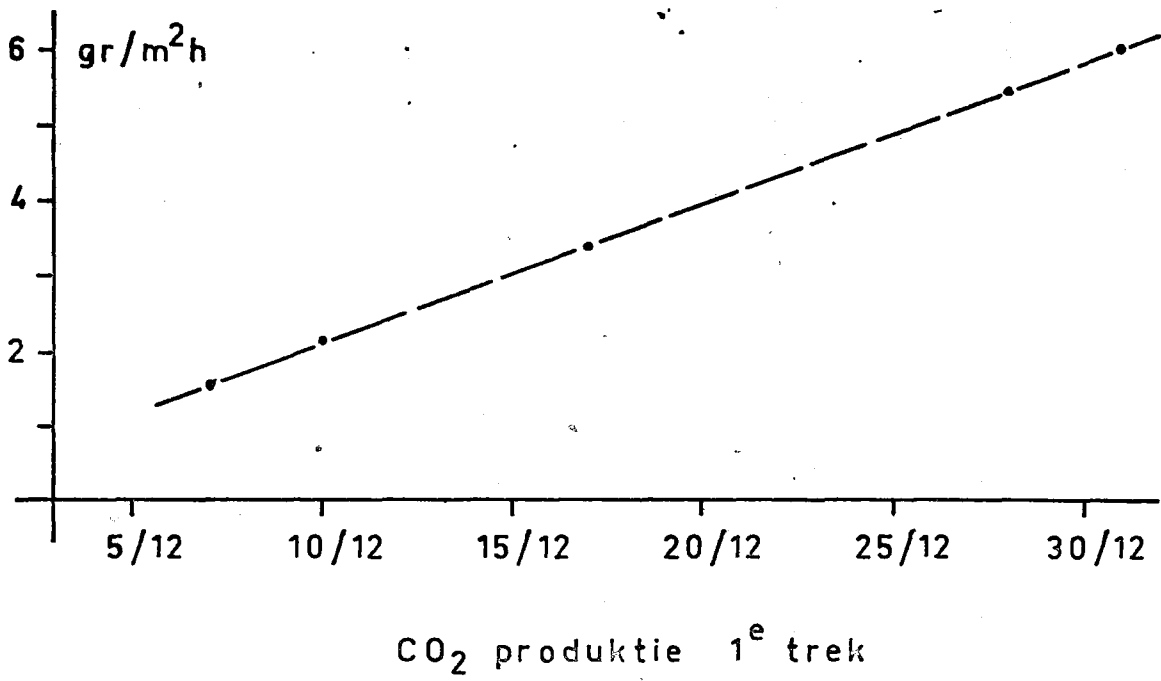


fig: 19

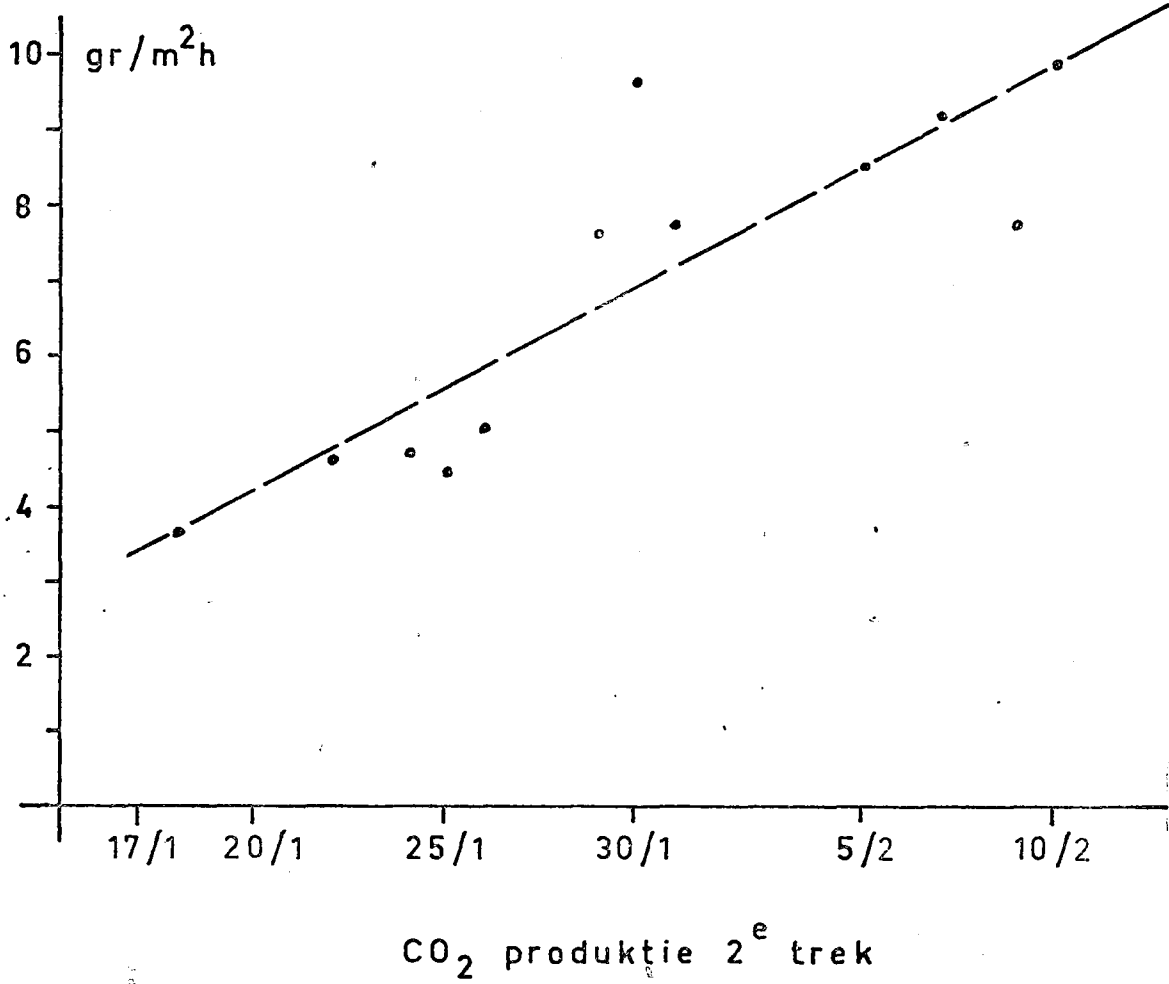
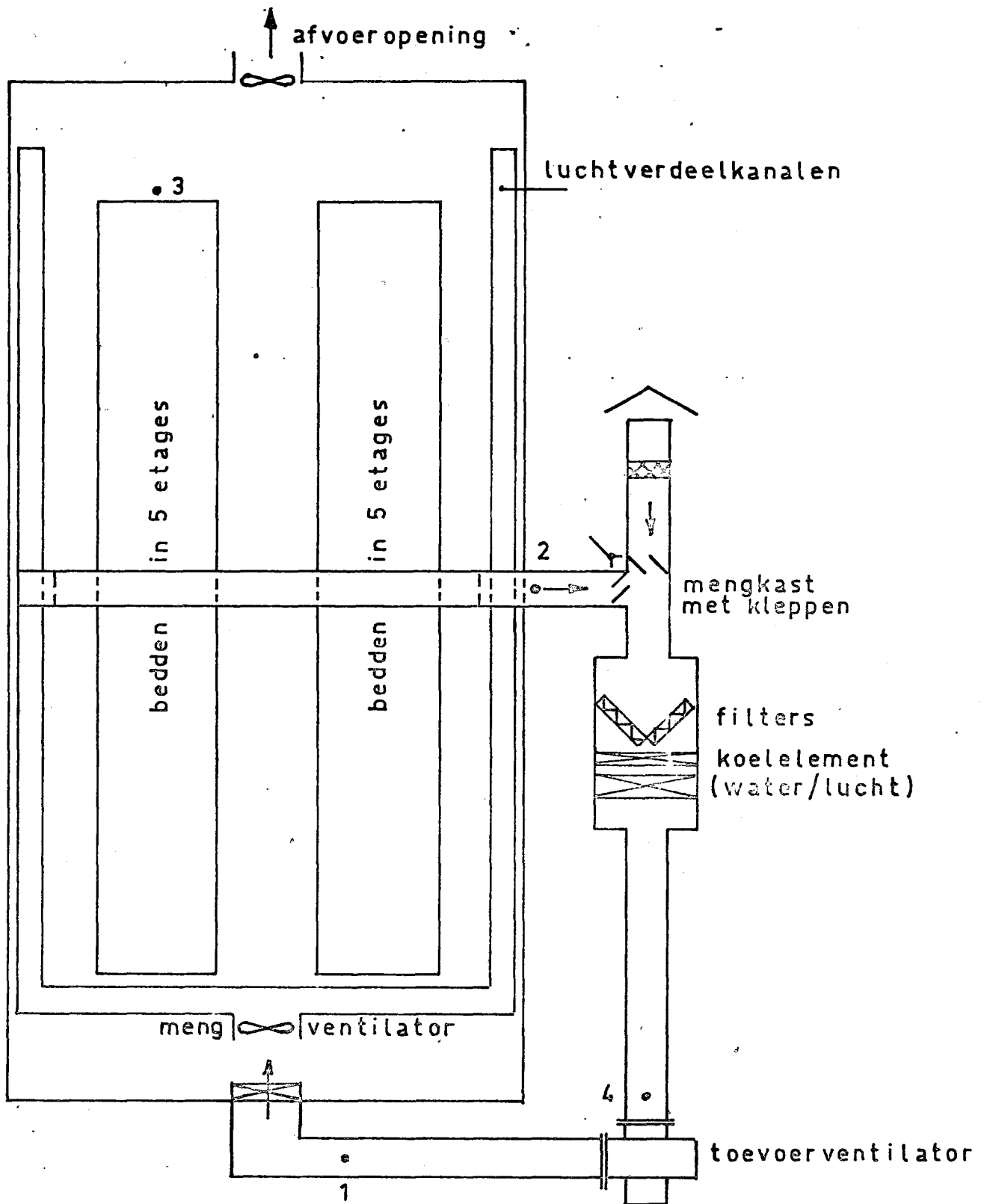


fig: 20



- 1. meetplaats toevoerlucht
- 2. " " retour "
- 3. " " rel. vochtigheid
- 4. " " luchthoeveelheid

inhoud cel: bruto: 264 m<sup>3</sup>  
 netto: 238 m<sup>3</sup>  
 teeltopp: 123 m<sup>2</sup>

fig: 21