

MASTER

Experimentele bepaling en evaluatie van droogcurven

Klomp, R.J.M.

Award date:
1987

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Technische Universiteit Eindhoven
Afdeling der Scheikundige Technologie
Vakgroep Fysische Technologie

Afstudeerverslag van R.J.M. Klomp

Experimentele bepaling en evaluatie van droogcurven

Afstudeerhoogleraar: Prof. Dr. Ir. D. Thoenes
Afstudeercoach: Ir. W.J. Coumans

Eindhoven, december 1986

T.U. Eindhoven

FAC. Scheikundige

Afstudeerverslag van:

Technologie

R.J.M. Klomp

Onderwerp: Experimentele bepaling en evaluatie van droogcurven

Hoogleraar: Prof. Dr. Ir. D. Thoenes

Laboratorium: Fysische Technologie

Datum: 10-12-1986

Samenvatting:

Coumans en Thijssen hebben een kort-sluitrekenmethode ontwikkeld waarmee op relatief eenvoudige wijze het drooggedrag van een materiaal kan worden beschreven. Deze methode gaat uit van een machtsrelatie tussen de diffusiecoëfficiënt en het watergehalte.

Om de relevante parameters van deze kort-sluitrekenmethode te bepalen is een geautomatiseerde meetopstelling ontwikkeld waarmee droogcurven (gewicht versus tijd) van vlakke lagen kunnen worden bepaald onder isotherme omstandigheden.

In dit afstudeeronderzoek is de meetopstelling grondig getest. Het blijkt mogelijk te zijn om zeer reproduceerbare en nauwkeurige droogcurven te meten.

Voorts zijn drie evaluatiemethoden onderzocht om uit de gemeten droogcurve het verband te bepalen tussen de diffusiecoëfficiënt en het watergehalte. Uit deze evaluaties blijkt dat voor de beschrijving van de diffusiecoëfficiënt de machtsrelatie dient te worden aangepast.

Inhoud

Samenvatting

Inhoud

1.	Inleiding	1
1.1.	Het droogonderzoek	1
1.2.	Beknopt literatuuronderzoek	2
2.	Theorie van het drogen	3
2.1.	Kort-sluitvergelijkingen voor de vlakke laag	4
2.2.	Evaluatie droogexperiment	7
2.2.1.	Via expressies van de droogtijd	8
2.2.2.	Via de fluxvergelijking	9
2.2.3.	Via de methode van Schoeber	10
3	De meetopstelling	12
3.1.	Eisen aan de meetopstelling	12
3.2.	Beschrijving meetopstelling	13
3.2.1.	Globale beschrijving meetprocedure	14
3.2.2.	De balans	15
3.2.3.	De drukregeling	15
3.2.4.	De temperatuurregeling	17
3.2.5.	Constructie meetopstelling in de vaten	17
3.2.6.	Registratie en verwerking meetgegevens	18
3.3.	Testexperimenten	21
3.3.1.	Factoren die van invloed zijn op de aanwijzing van de balans	21
3.3.2.	Bepaling start van het experiment	23
3.3.3.	Instellen beginflux	23
3.3.4.	Temperatuurregeling	26
3.3.5.	Drukregeling	28

4.	Experimenten	29
4.1.	Vorbereidingen van een experiment	29
4.2.	Het bedrijven van de meetopstelling	31
4.3.	Resultaten	34
4.4.	Evaluatie experimenten	35
5.	Conclusies en aanbevelingen	40
	Symbolenlijst	41
	Literatuurlijst	43
	Bijlagen	44

1. Inleiding

1.1. Het droogonderzoek

Enkele belangrijke doelstellingen van de voedingsmiddelenindustrie zijn een verhoging van de houdbaarheidsduur en een zo gering mogelijk verlies aan kwaliteit.

Tijdens het bewaren neemt de kwaliteit van vloeibare voedingsmiddelen sterk af ten gevolge van het optreden van ongewenste microbiele en chemische reacties. Om deze ongewenste reacties te voorkomen worden voedingsmiddelen ontwaterd. Dit geschiedt in twee stappen:

1. Concentrering van het waterige produkt tot 50-60% droge stof.
2. Drogen tot gewenst eindwatergehalte.

Belangrijk voordeel van het ontwateren is bovendien dat transport- en opslagkosten sterk afnemen.

Bij de mathematische beschrijving van het droogproces wordt in de regel een stelsel differentiaalvergelijkingen opgesteld welke meestal alleen numeriek oplosbaar is. Echter erg handelbaar is deze aanpak niet voor procesingenieurs. Daarom hebben Thijssen en Coumans een kort-sluitrekenmethode ontwikkeld (lit 1.) waarmee op relatief eenvoudige wijze het drooggedrag van een bepaald product kan worden beschreven. Deze kort-sluitrekenmethode gaat uit van een machtsrelatie tussen de diffusiecoëfficiënt en het watergehalte.

Voor de empirische verificatie is een meetopstelling in ontwikkeling (lit 2.) waarmee droogcurves (gewicht versus tijd meting) van vlakke

lagen bepaald kunnen worden. Het doel van het onderzoek is:

1. Modifieren van de meetopstelling zodat geheel automatisch, representatieve en reproduceerbare metingen mogelijk zijn.
2. Evalueren van de gemeten droogcurves m.b.v. de kort-sluitvergelijkingen teneinde de relevante fysiche parameters te bepalen.

1.2. Beknopt literatuuronderzoek

Het meest recente onderzoek is op dit gebied verricht door Luyben (lit 3.), Liou (lit 4.), Yamamoto (lit 5.) en Schoeber (lit 6.).

Laatstgenoemde heeft een methode geïntroduceerd om de concentratieafhankelijkheid van de diffusiecoëfficiënt te berekenen uit het drooggedrag tijdens het zogenaamde Regular Regime (zie hoofdstuk 2). Op basis van deze methode heeft Luyben het verloop van de diffusiecoëfficiënt als functie van het watergehalte bepaald voor verschillende levensmiddelen. In een zgn. diffusiecel wordt het monster gedroogd met lucht. Het watergehalte van de in- en uitgaande drooglucht wordt bepaald d.m.v. een katharometer. Uit een massabalans over de diffusiecel wordt direct de waterflux berekend. Echter bij lage fluxen wordt deze methode minder nauwkeurig.

Liou heeft vastgesteld dat de diffusiecoëfficiënt (op basis van bekende waarden van glucose) vrij goed te beschrijven is met een machtsrelatie. De waarde van de machtscoëfficiënt in deze machtsrelatie blijkt 0.59 te zijn.

Yamamoto bepaalde een massagemiddelde diffusiecoëfficiënt waarbij het diffusiegedrag machtsafhankelijk, exponentieel afhankelijk en lineair afhankelijk van het watergehalte werd verondersteld.

2. Theorie van het drogen

In de literatuur worden vele berekeningsmethoden aangetroffen om het drooggedrag van een deeltje te beschrijven. Men gaat dan uit van een model waarin warmte- en stofbalansen, producteigenschappen en procescondities worden meegenomen en beschreven in differentiaalvergelijkingen met begin- en randvoorwaarden. Echter dan dienen uiterst gecompliceerde en dure experimenten gedaan te worden ter bepaling van diverse stoffeigenschappen; mathematisch gezien dienen ingewikkelde numerieke rekenmethoden toegepast worden om tot een oplossing te komen.

Deze handelwijze is zeer onpractisch. Daarom hebben Coumans en Thijssen (lit.1) een kort-sluitrekenmethode ontwikkeld.

De voordelen van deze methode zijn dat met relatief eenvoudige en inzichtelijke vergelijkingen droogsnelheden en droogtijden berekend kunnen worden. Bovendien is het mogelijk om m.b.v. de kort-sluitmethode de relevante stoffeigenschappen (diffusiecoefficient als functie van het vochtgehalte en temperatuur) te evalueren uit een relatief eenvoudig droogexperiment.

Kort-sluit rekenmethoden zijn ontwikkeld via het volgende stamien:

- Vind een oplossing van het algemene model voor extreme situaties.
- Verbind de extremen met elkaar.
- Controleer de kort-sluitberekeningen m.b.v. de exacte numerieke berekeningen

De vergelijkingen van de kort-sluitrekenmethode worden sterk bepaald door:

1. Droogstadium
2. Geometrie
3. Krimpend of niet krimpend systeem
4. Relatie tussen diffusiecoëfficiënt en watergehalte

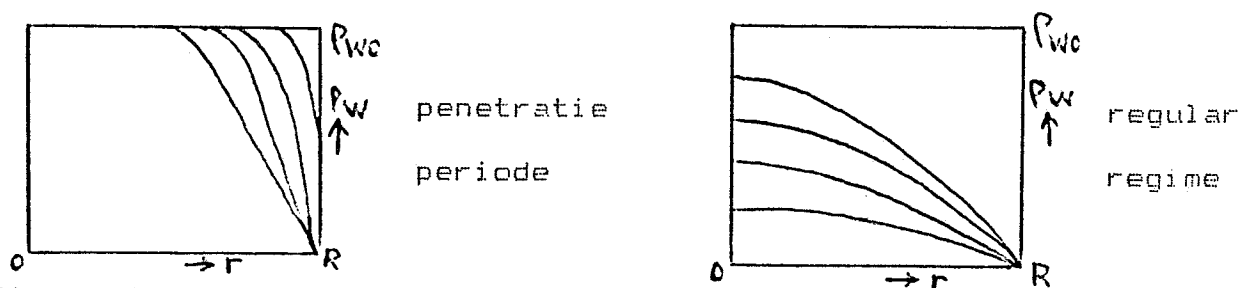
In dit verslag zullen alleen kort-sluitvergelijkingen beschreven worden van een krimpende, vlakke laag met constante grensvlakconcentratie en met een diffusiecoëfficiënt die machtsafhankelijk van de concentratie is.

Men onderscheidt in het droogproces een tweetal periodes

1. de "constant activity period" CAP
2. de "falling activity period" FAP

Elk hoofdstadium kan worden onderscheiden in de penetratie periode en het regular regime. Het kenmerk van de eerst periode is dat de concentratie in het centrum niet of nauwelijks is gedaald terwijl deze in de tweede periode wel duidelijk is gedaald.

In de onderstaande figuur 1. staan enkele typische concentratie profielen afgebeeld.



figuur 1. Concentratieprofielen in de FAP

2.1. Kort-sluitvergelijkingen voor de vlakke laag

Over een drogende laag kan de volgende massabalans opgesteld worden:

$$j_{w,i}^s \cdot A \cdot dt = -\bar{p}_s \cdot V \cdot d(p_w/p_s) \quad 2.1.$$

Dimensieloos maken geeft:

$$F \, d\tau = dE \quad 2.2.$$

$$\text{waarbij } F = \frac{j_{W,i}^{\varepsilon} \cdot d_{\varepsilon} R_{\varepsilon}}{D_0 \rho_{SO}^2 \left[\frac{\rho_{WO}}{\rho_{SO}} - \frac{\rho_{W*}}{\rho_{\varepsilon*}} \right]} \quad 2.3.$$

$$E = \frac{\left[\frac{\rho_{WO}}{\rho_{SO}} - \frac{\bar{\rho}_W}{\rho_{\varepsilon}} \right]}{\left[\frac{\rho_{WO}}{\rho_{SO}} - \frac{\rho_{W*}}{\rho_{\varepsilon*}} \right]} \quad 2.4.$$

$$\tau = \frac{D_0 \rho_{SO}^2 t}{(d_{\varepsilon} R_{\varepsilon})^2} \quad 2.5.$$

Integreren van de massabalans geeft:

$$\tau = \int_0^E \frac{dE}{F} \quad 2.6.$$

Om de dimensieloze droogtijd τ te kunnen berekenen moet dus het verband tussen F en E bekend zijn.

Dit verband kan bepaald worden door de volgende differentiaalvergelijking op te lossen.

$$\frac{\partial m}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \phi} \left[D_r \frac{\partial m}{\partial \phi} \right] \quad \text{met randvoorwaarden:} \quad 2.7.$$

$$\begin{array}{lll}
 \tau = 0 & 0 \leq \phi \leq 1 & m = 1 \\
 \tau > 0 & \phi = 0 & \frac{\partial m}{\partial \phi} = 0 \\
 & \phi = 1 & - \frac{\partial m}{\partial \phi} = F \text{ of } m = 0
 \end{array}$$

plaatscoördinaat :
$$\phi = \frac{\int_0^r \rho_{\text{S}} r \, dr}{R \int_0^R \rho_{\text{S}} r \, dr} \quad 2.8.$$

$$m = \frac{\left[\frac{\rho_{\text{W}}}{\rho_{\text{S}}} - \frac{\rho_{\text{W}*}}{\rho_{\text{S}*}} \right]}{\quad} \quad 2.9.$$

$$D_r = \frac{\left[\frac{\rho_{\text{W}0}}{\rho_{\text{S}0}} - \frac{\rho_{\text{W}*}}{\rho_{\text{S}*}} \right]}{D_0 \rho_{\text{S}0}^2} \quad 2.10.$$

Het verband tussen E en m luidt:

$$E = 1 - \bar{m} = 1 - \int_0^1 m \, d\phi \quad 2.11.$$

Het machtsrelatie van de diffusiecoëfficiënt wordt als volgt beschreven:

$$D \rho_{\text{S}}^2 = b \left[\frac{\rho_{\text{W}}}{\rho_{\text{S}}} - \frac{\rho_{\text{W}*}}{\rho_{\text{S}*}} \right]^a \quad 2.12.$$

Op $t=0$ geldt $\rho_{\text{W}} = \rho_{\text{W}0}$ en $\rho_{\text{S}} = \rho_{\text{S}0}$ zodat

$$D_0 \rho_{\text{S}0}^2 = b \left[\frac{\rho_{\text{W}0}}{\rho_{\text{S}0}} - \frac{\rho_{\text{W}*}}{\rho_{\text{S}*}} \right]^a \quad 2.13.$$

Op elkaar delen van 2.12 en 2.13 geeft de algemene vorm van de machtsrelatie:

$$D_r = m^a \quad 2.14.$$

Bovenstaande diffusievergelijking dient numeriek opgelost te worden. Op

basis van deze numerieke berekeningen is de kort-sluitmethode ontwikkeld.

De gezochte F versus E relaties luiden:

Voor de penetratieperiode

$$F = G_0 \cdot 1/E \quad 2.15.$$

$$\text{met } G_0 = \frac{2}{\pi} \left[\frac{1.42}{a + 1.42} \right]^{1.98} \quad 2.16.$$

Voor het regular regime:

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{SHD}{a + 1} (1-E)^{a+1} \quad 2.17.$$

$$\text{met SHD} = 4.935 + 2.454 \cdot \left(\frac{a}{a + 2} \right) \quad 2.18.$$

De overgang tussen penetratie periode en regular regime ligt bij:

$$E_t = \frac{1}{a + 2}$$

Nu kan door integratie van de massabalans de droogtijd van zowel de penetratie periode als van het regular regime bepaald worden.

2.2. Evaluatie van een droogexperiment

Tijdens een droogexperiment wordt het gewicht van het monster geregistreerd als functie van de tijd. Deze droogexperimenten dienen om de concentratieafhankelijkheid van de diffusecoefficient te bepalen. In het droogmodel wordt de diffusiecoefficient beschreven met een machtsrelatie; zie vergelijking 2.13. Hierin zijn a en b de te bepalen

fitparameters.

Deze kunnen met drie methodes geevalueerd worden.

2.2.1. Via expressies van de droogtijd

Volgens deze methode worden a en b bepaald via de geïntegreerde massabalans. (verg 2.6.)

Indien een voldoende hoge beginflux wordt gekozen kan de tijd die nodig is om een constante grensvlakconcentratie te krijgen verwaarloosd worden.

Invullen van de penetratievergelijking (2.15) in de massabalans geeft:

$$\tau = \int_0^E \frac{E \, dE}{Go} = \frac{E^2}{2 Go} \quad 2.19.$$

Gebruikmakend van de definitie van τ (verg. 2.5.) en van $d_s R_s = p_{s0} Ro$ volgt:

$$t = \frac{1}{2 Go Do} Ro^2 E^2 \quad 2.20.$$

Met behulp van vergelijking (2.17.) volgt voor de droogtijd gedurende het regular regime:

$$\tau = \tau_{pp} + \frac{2(a+1)}{Shd} \int_{E_{pp}}^E \frac{dE}{(1-E)^{a+1}} \quad 2.21.$$

Waarin $\tau_{pp} = \frac{E_{pp}^2}{2 Go} \quad 2.22.$

en $E_{pp} = \frac{1}{a+2} \quad 2.23.$

Uitwerking geeft: (voor $a \neq 0$)

$$t = \frac{Ro^2}{2GoDo (a+2)^2} + \frac{2 (a+1) Ro^2}{SHD a Do} \left[\frac{1}{(1-E)^a} - \frac{a+2}{a+1} \right] \quad 2.24.$$

Uit een droogexperiment volgt het verband t versus E . Door lineaire regressie toe te passen kan de best passende waarde van $GoDo$ voor de penetratieperiode worden vastgesteld. Door niet-lineaire regressie toe te passen kan uit de regular regime vergelijking de best passende a en Do worden bepaald. Door de a -waarde ook te gebruiken voor de penetratieperiode volgt voor dit stadium uit $GoDo$ de waarde van Do .

2.2.2. Via de fluxvergelijking

In niet dimensieloze vorm luidt de fluxvergelijking (2.17.) voor het regular regime (met $p_{w*} = 0$):

$$j_{w,i}^s = \frac{Dop_{so}^2 \left[\frac{p_{wo}}{p_{so}} \right] SHD}{2 p_{so} Ro (a+1)} (1-E)^{a+1} \quad 2.25.$$

D.m.v. lineaire regressie van $\ln j_{w,i}^s$ versus $\ln(1-E)$ volgt uit de helling $a+1$. Uit:

$$\text{de afsnede} = \ln \frac{Dop_{wo} SHD}{2 Ro (a+1)} \quad 2.26.$$

volgt dan na invullen van a de waarde voor Do .

Voor de penetratieperiode geldt ($p_{w*} = 0$):

$$j_{w,i}^s = \frac{GoDo\rho_{wo}}{Ro} \cdot \frac{1}{E} \quad 2.27.$$

Lineaire regressie van $j_{w,i}^s$ versus $1/E$ geeft een waarde voor $DoGo$ uit de helling. Indien de waarde voor a uit het regular regime wordt aangehouden kan de bijbehorende waarde van Do in het penetratieproces berekend worden.

2.2.3. Via methode van Schoeber

Schoeber ontwikkelde een methode om het concentratieafhankelijke diffusiegedrag te beschrijven in het regular regime. Hij gaat daarbij ook uit van de flux-relatie (2.17.) in het regular regime.

Differentieren van de niet dimensieloze vorm van deze vergelijking over een bepaald stukje van de droogcurve geeft:

$$\frac{d \ln \left[j_{w,i}^s d_{sR_s} \right]}{d \ln \left[\frac{\bar{p}_w}{p_s} - \frac{p_w^*}{p_s^*} \right]} = a + 1 \quad 2.28.$$

Voorts geldt:

$$F = \frac{1}{2} \overline{Shd} \overline{D_r} (\bar{m} - m_i) \quad 2.29.$$

Uitwerken geeft:

$$j_{w,i}^s d_{sR_s} = 1/2 \overline{Shd} \int_0^{\bar{x}} Dp_s^2 dx \quad 2.30.$$

Omdat $\frac{d}{dx} \int_0^{\bar{x}} D\rho_s^2 dx = D\rho_s^2$ 2.31.

geldt voor $\rho_w/\rho_s = \bar{\rho}_w/\bar{\rho}_s$:

$$D\rho_s^2 = \frac{d(j_{w,i} d_{sR_s})}{d(\bar{\rho}_w/\bar{\rho}_s)}$$
2.32.

3. De meetopstelling

3.1. Eisen aan de meetopstelling

Een meetopstelling is in ontwikkeling waarmee op representatieve wijze een droogcurve, d.w.z. gewicht versus tijd, kan worden bepaald. Om de interpretatie van de gemeten droogcurve zo eenvoudig mogelijk te houden, worden de volgende eisen gesteld aan het droogproces en de meetprocedure.

1. isotherm droogproces
2. geometrie is een dunne vlakke laag
3. de relevante stofeigenschappen worden geevalueerd op basis van het regular regime gedrag; men dient er dus voor te zorgen dat het droogproces zo snel mogelijk 'in het regular regime zit' met een constante grensvlakconcentratie
4. geen interne circulaties in de laag
5. constant externe condities, d.w.z. constante waarde van de stofoverdrachtscoefficient en de bulkconcentratie in de gasfase is nul
6. daar voor evaluatie de primaire experimentele gegevens gedifferentieerd dienen te worden is het van belang te streven naar een zo hoog mogelijke signaal/ruis verhouding
7. automatische regeling van de meetopstelling en automatische registratie en verwerking van de meetgegevens
8. continue meting van het gewicht van het monster versus de tijd

3.2. Beschrijving meetopstelling

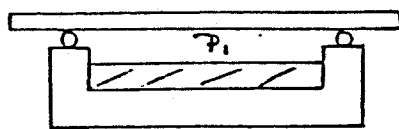
Om aan de hierboven gestelde eisen en voorwaarden te voldoen is de een opstelling gebouwd, (Bijlage 1) waarbij de stofoverdrachtscoëfficiënt wordt bijgesteld d.m.v. de druk. Hierdoor kan het gewicht van het monster continu worden gemeten bij een laag ruisniveau.

Het hart van de opstelling bestaat uit twee vaten die d.m.v. een holle pijp met elkaar verbonden zijn. In het bovenste vat bevindt zich de balans (14). De balansarm komt via de holle pijp in het onderste vat terecht. Op de balansarm bevindt zich de monsterhouder (13) waarin het monsterschuitje wordt geplaatst. Het monster bestaat uit een maltodextrine-oplossing waaraan een weinig agar/agar (1%) is toegevoegd teneinde interne circulaties te voorkomen. Boven het monster is een zeefplaat (13a) aangebracht waar een luchtstroom over blaast. Daardoor zal op deze plaats de waterconcentratie in de gasfase erg laag zijn. Daarboven is een stralingsbron (13b) geïnstalleerd. De vaten worden op onderdruk gebracht d.m.v. een vacuumpomp (24). Om het monster onder de meest gunstige omstandigheden in de vaten te brengen wordt het op druk en temperatuur geconditioneerd in de conditioneringskamer (21). Om het monster tijdens een experiment op constante druk en temperatuur te houden zijn een drukregeling (16, 16a, 18) en een temperatuurregeling (6, 7, 13b) aangebracht.

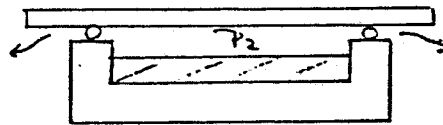
Alle meetgegevens (temperatuur, druk en gewicht) worden geregistreerd door een computer (2). Daarvoor worden de analoge signalen, indien nodig, versterkt (3) en daarna geconverteerd naar digitale signalen (4). Het digitale signaal van de balans kan rechtstreeks aan de computer worden aangeboden.

3.2.1. Globale beschrijving meetprocedure

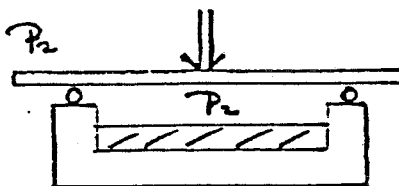
Het te drogen laagje wordt in een monsterschuitje gebracht. Om het laagje reeds voor aanvang van een experiment op de gewenste temperatuur en druk te brengen wordt het van tevoren geconditioneerd in een speciaal daarvoor geconstrueerde kamer. De conditionering op temperatuur geschiedt m.b.v. een thermostaat die water van de gewenste temperatuur door de bodemplaat van het kamertje stuurt. Het monster wordt afgedekt met een metalen plaatje. Wanneer het laagje op de juiste temperatuur is wordt het kamertje met de vacuumpomp op de gewenste onderdruk gebracht. Daarna wordt het plaatje aangedrukt op het schuitje (het plaatje bevat een rubberen O-ring die dan op de rand van het schuitje drukt). Nadat de druk in de conditioneringskamer weer atmosferisch is zal het plaatje aan het schuitje zijn vastgezogen. (Zie figuur 2.)



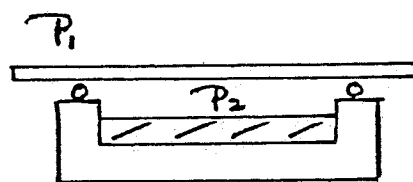
1. beginsituatie



2. op onderdruk P_2 gebracht



3. deksel stevig op schuitje
aandrukken



4. weer op normaal druk P_1
gebracht ($P_1 > P_2$)

figuur 2. Conditionering op druk

Na conditionering worden plaatje en schuitje boven de balansarm geplaatst op een geleiderconstructie. Het plaatje wordt bevestigd aan een valmechanisme. (Bijlage 2)

Vervolgens worden de autoclaven op onderdruk gebracht. Zodra de druk in

de autoclaven dezelfde waarde heeft bereikt als de druk waarbij geconditioneerd is laat het schuitje los van het plaatje waardoor dit in de monsterhouder valt. Met het valmechanisme wordt nu het plaatje boven het schuitje weggetrokken en kan het droogexperiment beginnen. Een druk- en temperatuurregeling houden respectievelijk de autoclaven en het laagje op constante druk en temperatuur.

3.2.2. De Balans

De balans is van het merk Sartorius. De voordelen van deze balans zijn:

1. De balansarm hangt onder aan de balans en onafhankelijk van het gewicht blijft de arm op zijn plaats.
2. De balans is in staat te communiceren met de microcomputer via een RS232 interface.
3. De balans heeft een nauwkeurigheid van 1 mg.

Het registreren van de afname van het watergehalte van het monster d.m.v. weging is gekozen omdat deze methode nauwkeurig is.

3.2.3. De Drukregeling

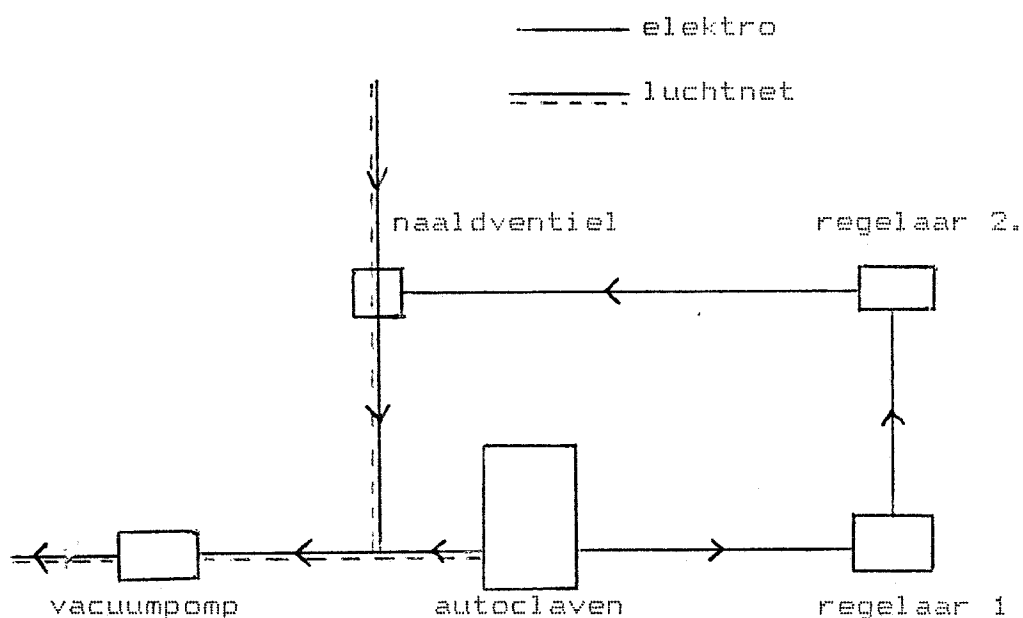
De vaten worden op onderdruk gebracht met een vacuumpomp van het merk CENCO type Hyvac 45. De capaciteit bedraagt 450 liter per minuut.

In het leidingnet is een restrictie gebouwd waardoor een hoeveelheid 'valse' lucht wordt aangezogen. Door de hoeveelheid 'valse' lucht te variëren met een regelafsluiter kan de druk op een constante waarde gehouden worden. In deze leiding bevindt zich bovendien een naaldventiel dat door een drukregelaar wordt aangestuurd om een constante drukregeling in de vaten te garanderen. Hiervoor wordt de druk met een

druksensor gemeten in de vaten. De gemeten waarde wordt aan regelaar 1. (zie schema) aangeboden. Deze wordt vergeleken met het op de werkdruk ingestelde setpoint. Het verschil wordt versterkt en naar buiten gevoerd. Deze waarde wordt aan de regelaar 2. aangeboden. Het setpoint van deze regelaar wordt op nul gezet omdat bij verschilspanning nul van regelaar 1. het naaldventiel niet mag reageren.

De versterking die aan het verschilsignaal van regelaar 1. wordt toegebracht is dusdanig verstelbaar dat het naaldventiel binnen de vereiste nauwkeurigheid gaat werken.

In schema ziet het er als volgt uit:



figuur 3. Drukregeling

Deze regeling geeft echter problemen wanneer output van regelaar 1. negatief wordt (gemeten waarde > setpoint) omdat regelaar 2. dan waarden < 0 aanneemt als input.

Daardoor wordt het setpoint zodanig ingesteld dat op $t=0$ de output van

regelaar 1. ongeveer 2.5 V is. Deze waarde wordt aan regelaar 2.

gevoerd waarna het setpoint van deze regelaar wordt ingesteld zodanig dat verschilspanning in dit apparaat nul is (naaldventiel reageert niet).

Regelaar 2. is van het merk Leybold-Heraeus van het type SM20. Het naaldventiel hoort bij de regelaar en is van het type SM21.

Regelaar 1. is gemaakt door de afdeling CTD-elektro op de TU Eindhoven.

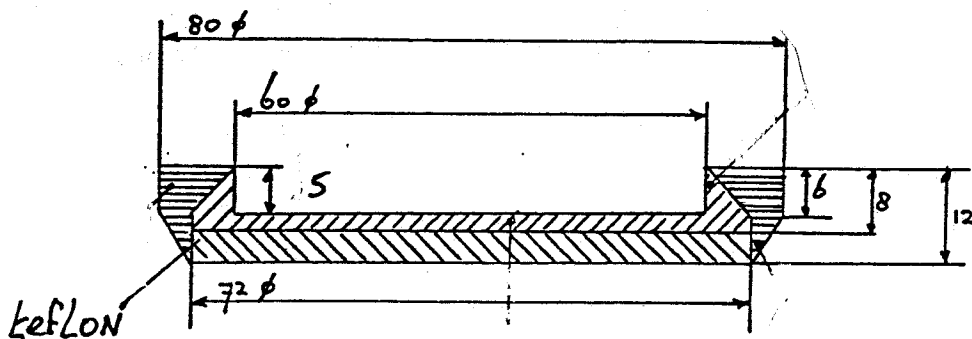
3.2.4. De temperatuurregeling

De temperatuurregeling geschiedt met behulp van een FGH S900. De regeling zorgt ervoor dat laagje op een constante temperatuur blijft. Immers tijden het drogen wordt aan het laagje warmte onttrokken waardoor de temperatuur van het laagje gaat afnemen. Daarom wordt de temperatuur van de vlakke laag steeds aan de regelaar aangeboden. Deze vergelijkt de temperatuur met de ingestelde setpointwaarde en geeft al naar gelang het verschil een signaal door naar de TRIAC FGH TRP-10 die de stralingsbron boven het laagje voedt.

3.2.5. Constructie meetopstelling in de vaten

In bijlage 2 is afgebeeld hoe de stellage in het onderste vat is opgebouwd.

Op de balansarm is een perspexmonsterhouder gemonteerd waarin het teflon monsterschuitje komt te liggen. De buiten diameter van het schuitje is 8 cm, de binnendiameter 6 cm (zie tekening figuur 4.)



figuur 4. Het monsterschuitje

De diepte van het schuitje is tevens de laagdikte van het monster en dit is 5 mm voor experimenten in de penetratieperiode en 2.5 mm voor metingen in het regular regime. In het schuitje is een thermokoppeltje aangebracht van het type T (Cu/ CuNi).

Boven het laagje wordt een grenslaag gecreeerd door op afstand van een 1 cm een zeefplaat te monteren. Horizontaal over de zeefplaat wordt een verse luchtstroom geleid afkomstig uit het persluchtnet (debiet $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$). Voor aanvang van een experiment komt het schuitje + plaatje op de geleiderconstructie te liggen. Het plaatje wordt verbonden aan een gewichtje dat met een vin op een hoge plaats in een valpijp wordt gehouden. Zodra het plaatje loslaat van het schuitje wordt een variac geactiveerd waardoor de vin wordt weggetrokken, het gewichtje naar beneden valt en het plaatje van het laagje wordt getrokken.

3.2.6. Registratie en verwerking meetgegevens

De meetresultaten worden geregistreerd en verder verwerkt met een microcomputer (Philips P3102 HD).

- Hardware

De microcomputer krijgt signalen binnen van:

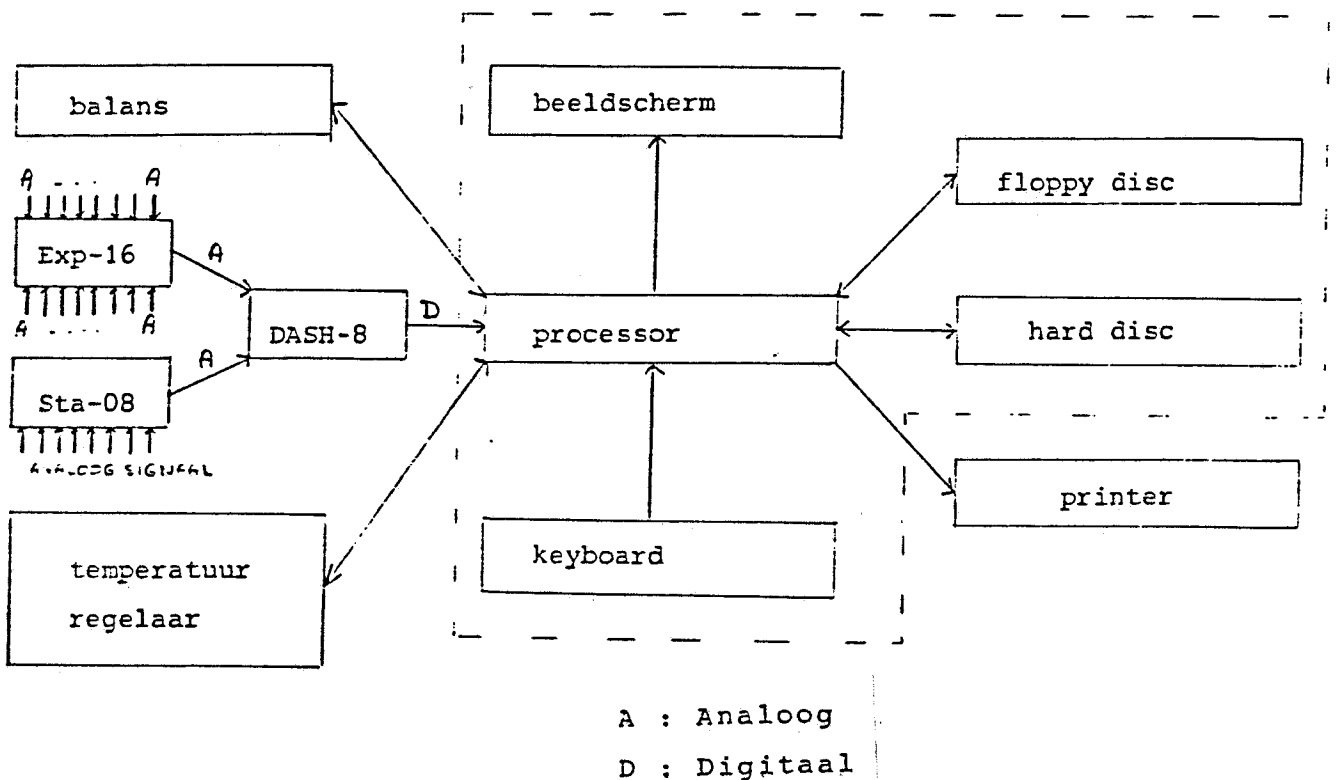
1. balans meting gewichtsafname
 2. 3 thermokoppels meting temperatuur van - laagje
- bodem schuitje

- stralingsbron

3. 2 druksensoren meting druk in - autoclaven

- conditioneringskamer

De signalen vertonen ruis wanneer ze door de computer op het beeldscherm worden gezet. Dit wordt bitruis genoemd. Om tijdens experimenten deze ruis zoveel mogelijk te onderdrukken wordt op het scherm het gemiddelde van een aantal waarden signalen van de signalen weergegeven. Dit uitmiddelen gebeurt software-matig.



figuur 5. Hardware

ad 1. De computer krijgt via een RS232 interface een digitaal signaal van de balans. De communicatie verloopt volgens bepaalde ASCII-karakters waarmee zowel commando's van de computer naar de balans (b.v. tarrering) als commando's van de balans naar de computer (b.v. de getalwaarde die balans aangeeft) gegeven kunnen worden.

ad 2. De thermokoppels geven analoge signalen af in de ordegröötte van milli-volts. De analoog/digitaal convertor neemt echter alleen signalen op tussen -5 en +5 Volt zodat eerst een versterking noodzakelijk is. Dit geschiedt m.b.v. een EXP-16 die maximaal 16 signalen kan versterken.

ad 3. De signalen die de druksensoren afgeven zijn analoog en hebben een range van 0-11 Volt. Deze dienen verzwakt te worden m.b.v. een spanningsverdeler alvorens aangeboden te worden aan de A/D convertor.

- Software

De communicatie met de balans verloopt d.m.v. een standaardprogramma waarin de volgende aspecten vernoemd moeten worden:

- Baudrate, pariteit, aantal start- en stopbits dienen zowel bij de computer als bij de balans dezelfde waarde te hebben.
- Communicatie van balans naar computer via "line input" statement.
- Communicatie van computer naar balans via "print" statement.

Voor het opnemen van de thermokoppelsignalen door de computer via EXP-16 en DASH-8 A/D convertor is door de firma Metrabyte software bijgeleverd die aan de aanwezige omstandigheden is aangepast.

Ook de signalen van de druksensoren worden software-matig verwerkt met de bijgeleverde software van Metrabyte.

De software die geschreven is voor de meetprocedure is eveneens gebaseerd op de bijgeleverde software van Metrabyte.

Een print-out van deze meetprocedure staat afgebeeld in bijlage 3 en de handleiding voor het datalog gedeelte staat in bijlage 4.

3.3. Testexperimenten

De volgende aspecten van de meetopstelling en de meetprocedure zijn d.m.v. testen bestudeerd.

1. Factoren die mogelijk zouden kunnen leiden tot een onjuiste aanwijzing van de balans.
2. Het vaststellen van het juiste startpunt van de meting.
3. Het instellen van een gewenste begindroogflux.
4. De temperatuurregeling
5. De drukregeling

3.3.1. Factoren die van invloed zijn op de aanwijzing van de balans

Factoren die een juiste gewichtsmeting zouden kunnen verstoren zijn:

- de druk in de autoclaven
- temperatuur van de stralingsbron
- onjuiste materiaalkeuze
- ruis

Uit experimenten blijkt dat een afname van de druk in de autoclaven een schijnbare toename van het gewicht tot gevolg heeft. Dit kan als volgt verklaard worden :

Wanneer de druk in de autoclaven afneemt zal de opwaartse kracht op de balansarm met toebehoren eveneens afnemen. Het schijnbare gewicht zal daardoor toenemen. Tevens blijkt dat een toename van de temperatuur een afname van het schijnbare gewicht tot gevolg heeft. De balans zit in de bovenste autoclaaf waardoor de warmte, die in de onderste autoclaaf wordt geproduceerd een luchtstroming op gang brengt (vrije convectie) welke een negatief effect op de balansaanwijzing heeft. Voorts blijkt uit experimenten dat de balansaanwijzing constant blijft bij constante

waarden van de druk en de temperatuur.

Het materiaal waar het monsterschuitje van gemaakt wordt moet hydrofoob zijn, immers wateropname van het monsterschuitje zou de gewichtsmeting aanzienlijk kunnen beïnvloeden.

In de volgende tabel staat de wateropname van verschillende kunststoffen weergegeven.

celluloseacetaat	100-250
polyamide	50-800
polycarbonaat	5-10
polyethyleen	0
fenolformaldehyde hars	100-180
polymethyl methacrylaat (perspex)	30-40
polyacetal	20
polystyrol	2-5
pvc	5-20
ptfe (teflon)	0 (Deze waarde uit lit. 10.)

Op basis van deze tabel is gekozen voor teflon. Uit blanco droogexperimenten bij constante druk en temperatuur blijkt de balansaanwijzing zeer constant te zijn.

De ruis van de meting blijkt inderdaad grotendeels veroorzaakt te worden door de luchtverversing over de zeefplaat maar ook door de luchtverplaatsing t.g.v. de zuigwerking van de pomp. De ruis ligt in de orde grootte van ± 3 milligram, gemeten bij constant gewicht en ± 1 mg tijdens afnemend gewicht op de balansarm.

Tijdens de testexperimenten blijkt dat deze laatste ruis onderdrukt kan worden door per meetpunt 16 waarden uit te middelen.

3.3.2. Bepaling start van het experiment

Tijdens het op onderdruk brengen van de autoclaven wordt de balans getarreerd om druk- en temperatuursinvloeden op de aanwijzing van de balans te elimineren. In het programma wordt voortdurend de aanwijzing van de balans geregistreerd. Indien de aanwijzing plotseling groter wordt dan 30 gram (het schuitje + monster wegen ca. 60 gram) verschijnt er een boodschap op het scherm. Eveneens wordt op dat moment de balans nog een keer getarreerd (om de verstoring van de balans enigzins op te vangen) waarna direct het experiment wordt gestart (het programma gaat in de meetlus). Vervolgens wordt het plaatje van het schuitje verwijderd d.m.v. het valmechanisme. Dan wordt de temperatuurregeling in werking gesteld en wordt de druk op een constante waarde gebracht.

De tijd tussen het moment waarop het schuitje van het plaatje valt en het moment waarop druk en temperatuur op aanvaardbare waarden komen is ongeveer 30 seconden.

In het begin van het experiment wordt om de drie seconden gemeten om naderhand zo nauwkeurig mogelijk de startwaarde van de balans te kunnen vaststellen. Nadien wordt gemeten met een lagere frequentie (instelbaar via toetsenbord).

3.3.3. Instellen beginflux

Bij een zekere gewenste temperatuur van de drogende laag wordt de stofoverdrachtscoëfficiënt (k') ingesteld m.b.v. de druk in de

droogkamer. Voor de waterflux geldt:

$$n_{wi} = k' \rho_f^2 \ln \left[\frac{1+H_i}{1+H_\infty} \right] \quad 3.1.$$

waarin n_{wi} = waterflux (kg/m²s)

k' = stofoverdrachtscoëfficiënt (m/s)

H_i = luchtvochtigheid aan interface (kg/kg)

H_∞ = " " in bulk gasfase (kg/kg)

(Deze wordt d.m.v. een luchtstroom over de zeefplaat op nul gehouden)

ρ_f^2 = waterconcentratie in de grenslaag (kg/m³)

Aannemende dat alle weerstand voor stofoverdracht wordt gevormd door de grenslaag tussen het monster en de zeefplaat en dat stofoverdracht alleen plaatsvindt door moleculaire diffusie geldt:

$$k' = \frac{1}{\delta \int_0^{\delta} \frac{dz}{D'}} = \frac{D}{\delta} \quad 3.2.$$

waarin D' = diffusiecoëfficiënt waterdamp in lucht (m²/s)

δ = afstand tussen drogend oppervlak en zeefplaat (deze bedraagt in de meetopstelling 1 cm) (m)

Voor de diffusiecoëfficiënt van waterdamp in lucht blijkt de volgende correlatie te gelden:

$$D' = \frac{2.263}{P_t} \left(\frac{T}{273.15} \right)^{1.81} \quad 3.3.$$

waarin P_t = druk (N/m²)

T = absolute temperatuur (°K)

In de meetopstelling zijn "droogexperimenten" uitgevoerd met een 1% waterige agar/agar oplossing. Bij verschillende condities is de (constante !) waterflux bepaald. M.b.v. vergelijking 3.1. kan dan de experimentele waarde van de stofoverdrachtscoëfficiënt berekend worden.

M.b.v. vergelijkingen 3.2. en 3.3. kan de theoretische waarde worden vastgesteld; uiteraard is het ook mogelijk om op basis van de experimentele waarden een correlatie voor k' op te stellen.

Voor de concentratie in het fluidum (grenslaag) geldt:

$$p_f = \frac{1+Hf}{V_f} \quad 3.4.$$

waarin Hf = luchtvochtigheid in het fluidum (kg/kg)

V_f = humid volume (m³/kg)

Voor V_f geldt:

$$V_f = \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_w} \right) \frac{RT}{P_t} \quad 3.5.$$

waarin R = gasconstante (J/mol^oK)

M_1 = mol. massa lucht (mol/kg)

M_w = mol. massa water (mol/kg)

Voor de luchtvochtigheid H geldt:

$$H = \frac{P_w}{P_t - P_w} \frac{M_w}{M_1} \quad 3.6.$$

waarin P_w = waterdampspanning (N/m²)

Invullen van 3.4., 3.5., 3.2., 3.3. en 3.6. in 3.1. geeft voor de waterflux:

$$n_{wi} = \frac{1.796 \cdot 10^{-5}}{\delta} \left(\frac{T_f}{273.15} \right)^{.18} 1.608 \left(1 - .378 \frac{P_w}{P_t} \right) \ln \left[\frac{1+H_i}{1+H_\infty} \right] \quad 3.7.$$

In deze vergelijking is H_∞ zeer klein. (Blazen van lucht over de zeefplaat geeft een zeer lage luchtvochtigheid in de bulk van de gasfase)

M.b.v. van vergelijking 3.7. kan de flux berekend worden als functie van de temperatuur en druk en vergeleken worden met de experimentele flux.

In tabel 2. staat dit uitgewerkt voor een aantal agar/agar experimenten.

Tabel 2. Vergelijking theoretisch en experimenteel bepaalde waterflux

nr.	T °C	F _w N/m ²	F _t N/m ²	H _i kg/kg	N _{the} kg/m ² *10 ⁻⁴	N _{exp} kg/m ² *10 ⁻⁴
16	25.5	3266	38000	0.0585	1.61.	2.25
18	25.3	3228	37000	0.0595	1.64	2.52
20	24.4	3058	46200	0.0441	1.23	1.72
25	26.5	3465	23600	0.1070	2.85	4.57
26	25.6	3285	26200	0.0892	2.41	3.83
29	23.9	2965	21300	0.1010	2.71	3.76
30	27.9	3757	35600	0.0734	2.00	2.48
31	26.0	3360	27600	0.0862	2.33	4.08
33	22.0	2642	36500	0.0485	1.35	1.58

Indien N_{the} en N_{exp} gecorreleerd worden kan men m.b.v. deze correlatie de beginflux instellen door het kiezen van een bepaalde temperatuur en druk.

3.3.4. Temperatuurregeling

De temperatuurregeling geschiedt m.b.v. de S900 van FGH. Belangrijke instelparameters zijn de proportionele band, de differentiele- en integrerende actie. In de handleiding van de regelaar staat een procedure vermeld om de juiste waarden voor de instelparameters te vinden die bij dit systeem horen. Deze procedure is opgevolgd en dit leverde de volgende waarden:

proportionele band = 3

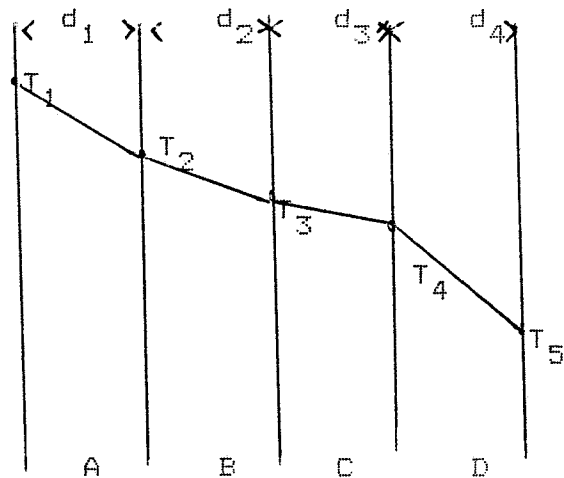
differentiele actie = 10

integrerende actie = 30

De laagtemperatuur wordt met een nauwkeurigheid van .1 °C gemeten.

Deze temperatuur wordt gemeten op een bepaalde plaats (lees: hoogte) in de laag. De vraag is nu of deze temperatuur voor de gehele laag geldt m.a.w. is de laag werkelijk isotherm.

Om hiervan een indruk te krijgen worden laag + schuifje + monsterhouder voorgesteld als een serieschakeling van warmteweerstanden.



figuur 6. Serieschakeling warmteweerstanden

A = maltodextrinelaagje

B = teflonschuifje

C = luchtlaagje

D = perspex monsterhouder

$$d_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ of } 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \lambda_1 = .6 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$$

$$d_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \lambda_2 = .32 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$$

$$d_3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \lambda_3 = .025 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$$

$$d_4 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \lambda_4 = 1.9 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$$

Voor de (quasi) stationaire situatie geldt:

$$\frac{\lambda_1}{d_1} (T_1 - T_2) = \frac{\lambda_2}{d_2} (T_2 - T_3)$$
$$\frac{\lambda_2}{d_2} (T_2 - T_3) = \frac{\lambda_3}{d_3} (T_3 - T_4)$$
$$\frac{\lambda_3}{d_3} (T_3 - T_4) = \frac{\lambda_4}{d_4} (T_4 - T_5)$$

Uit deze vergelijkingen volgt:

$$\frac{\lambda_1}{d_1} (T_1 - T_2) = \frac{1}{\sum_{i=1}^4 d_i / \lambda_i} (T_1 - T_5)$$

T_1 en T_5 worden gemeten tijdens een droogexperiment; dit verschil ($T_1 - T_5$) bedraagt maximaal 4.5°C .

Indien $d_1 = 5 \cdot 10^{-3}$ levert dit voor ($T_1 - T_2$) op: $.36^\circ\text{C}$

Indien $d_1 = 2.5 \cdot 10^{-3}$ levert dit voor ($T_1 - T_2$) op: $.37^\circ\text{C}$

Dus tijdens een experiment blijkt dat temperatuurverschillen in de laag ca. $\pm 0.2^\circ\text{C}$ zijn. Dit verschil is van dezelfde grootte als de temperatuurverandering van de laag tijdens het gehele experiment.

3.3.5. Drukregeling

De bestaande drukregeling bestaat uit twee regelaars die een naaldventiel sturen. De bediening kan zowel met de hand als automatisch geschieden. De handregeling levert geen problemen op, deze werkt immers rechtstreeks op het naaldventiel. Van de automatische regeling wordt geeist dat de fluctuaties in de druk $< \pm 1$ mm Hg zijn.

Na experimenteren met het instellen van de versterkingsfactor van regelaar 1 (zie schema hoofdstuk 3.2.4.) voldoet de regeling aan de gewenste nauwkeurigheid.

4. De Experimenten

4.1. Voorbereidingen van een experiment

1. Bereiding van de monsteroplossing

Als modelcomponent voor een levensmiddel wordt maltodextrine gebruikt. Bij de bereiding van de maltodextrine oplossing dient men met een aantal gegevens rekening te houden:

- de gebruikte maltodextrine bevat 6.4% (w/w) water
- de hoeveelheid agar/agar moet 5% (w/w) van de hoeveelheid droge stof

Met behulp van deze gegevens kunnen de volgende balansen opgesteld worden.

$$\text{droge stof: } w_s (m+w+a) = .936 m$$

$$\text{agar/agar: } .05 (.936 m + a) = a$$

$$\text{totaal: } m+w+a = M$$

waarin: w_s : gewichtsfractie maltodextrine op totaalbasis

m : gram maltodextrine

w : gram water

a : gram agar/agar

M : totale hoeveelheid in grammen

Door nu een waarde voor w_s en M te kiezen kunnen de hoeveelheden maltodextrine, water en agar/agar uitgerekend worden.

De oplossing wordt op de volgende manier bereid:

- weeg bekerglas + lepel
- voeg hoeveelheid maltodextrine toe
- voeg hoeveelheid agar/agar toe
- voeg een overmaat water toe
- breng het geheel al roerende aan de kook
- kook door tot het gewenste eindgewicht is bereikt

Na de bereiding wordt de oplossing in een erlenmeyer in een droogstoof geplaatst. De temperatuur in de droogstoof bedraagt 50 °C.

Men dient de oplossing een dag voor het experimenteren te bereiden.

2. De apparatuur

Omdat de elementen van de drukregelaar en de temperatuurregelaar enige tijd nodig hebben om optimaal te werken is het verstandig deze apparaten in de nacht voorafgaande aan het experiment aan te laten staan.

De vacuumpomp dient enige minuten voordat deze in gebruik genomen wordt te draaien.

3. IJking druksensoren

Het signaal wat de beide druksensoren afgeven verloopt in de tijd.

Daardoor zal de relatie tussen de spanning die een druksensor afgeeft en de werkelijke druk gaan afwijken.

Het is daarom noodzakelijk om na 4 weken de druksensoren opnieuw te ijken. In de meetprocedure is een programma opgenomen waarmee de ijking uitgevoerd kan worden.

4.2. Het bedienen van de meetopstelling

De experimenten worden uitgevoerd aan de hand van een meetprocedure. Deze beschrijft in menuvorm hoe een experiment kan worden uitgevoerd en geëvalueerd. Het doel van de meetprocedure is om de gebruikersvriendelijkheid van de meetopstelling te verbeteren.

Het beginmenu ziet er als volgt uit:

"Droogexperiment ----- Hoofdmenu"

1. IJking van de druksensoren
2. Voorbereidingen treffen en experiment opstarten
3. Menu programma DLOG 8 - 5
4. Berekeningen met behulp van de experimenten
5. Transferen van de meetwaarden
6. In grafiek zetten van de meetwaarden
7. Einde programma

ad 1.

Alvorens met een experiment wordt begonnen dient eerst gecheckt te worden of de beide druksensoren nog moeten worden geijkt.

Wel of niet ijken kan men aangeven d.m.v. een menukeuze.

ad 2.

De voorbereidingen die voor een experiment getroffen moeten worden staan puntsgewijs afgebeeld op het beeldscherm.

Deze zijn:

- Controleer de autoclaven
 - hangt de balans vrij
 - thermokoppels aangesloten
 - gewicht valmechanisme op juiste plaats
- Schakel vacuumpomp naar conditioneringskamer.
- Start DLOG B programma op dat meetgegevens opneemt.
 - Geef filenaam op
 - Stel sampletime in
 - Geef aan met welk schuitje gedroogd wordt
- Vul het monsterschuitje met de maltodextrineoplossing.
Maak een vlakke laag en weeg het geheel voor controle van de massabalans.
- Conditioneer het laagje op temperatuur en druk.
- Plaats het schuitje + plaatje in geleiderconstructie, bevestig valmechanisme aan het plaatje, breng zeefplaat aan, sluit luchttoevoer aan en bevestig thermokoppel aan laagje.
- Autoclaaf afsluiten en vacuumpomp naar autoclaaf schakelen.
- Wanneer monsterschuitje in balansarm valt verschijnt dit op het beeldscherm; dan:
 - zet schakelaar valmechanisme om zodat plaatje van schuitje wordt getrokken
 - zet temperatuurregeling aan
 - zet drukregeling aan (eerst hand, dan na goede instelling auto)

Het experiment wordt beëindigd met een druk op de <ESC> toets .

ad 3.

Indien men geen experiment wil uitvoeren maar toch meetgegevens wil zien kan men rechtstreeks naar het DISKLOG programma switchen. Dit is

bijvoorbeeld gemakkelijk tijdens simuleringen.

ad 4.

Na afloop van een experiment kan m.b.v. de experimentele gegevens diverse berekeningen worden uitgevoerd.

ad 5.

Om de gegevens die op disk staan te kunnen weergeven in een grafiek dienen eerst van de waarden die tegen elkaar uitgezet moeten worden getallenparen te worden gemaakt.

ad 6.

De XY-paren zoals gevormd bij 5. kunnen in grafiekvorm uitgezet worden zodat snel een experiment geanalyseerd kan worden op gewichtsafname, constante temperatuur en constante druk.

ad 7.

Beeindiging van het programma.

4.3. Resultaten

De resultaten van de experimenten worden geheel automatisch geregistreerd en verwerkt door de computer. Bij elk experiment zijn de temperaturen, de druk en het gewicht als functie van de tijd gemeten. De meetwaarden worden tijdens het experiment in een file opgeslagen en kunnen na afloop van een experiment daaruit gehaald worden en naar het scherm of de printer verzonden worden.

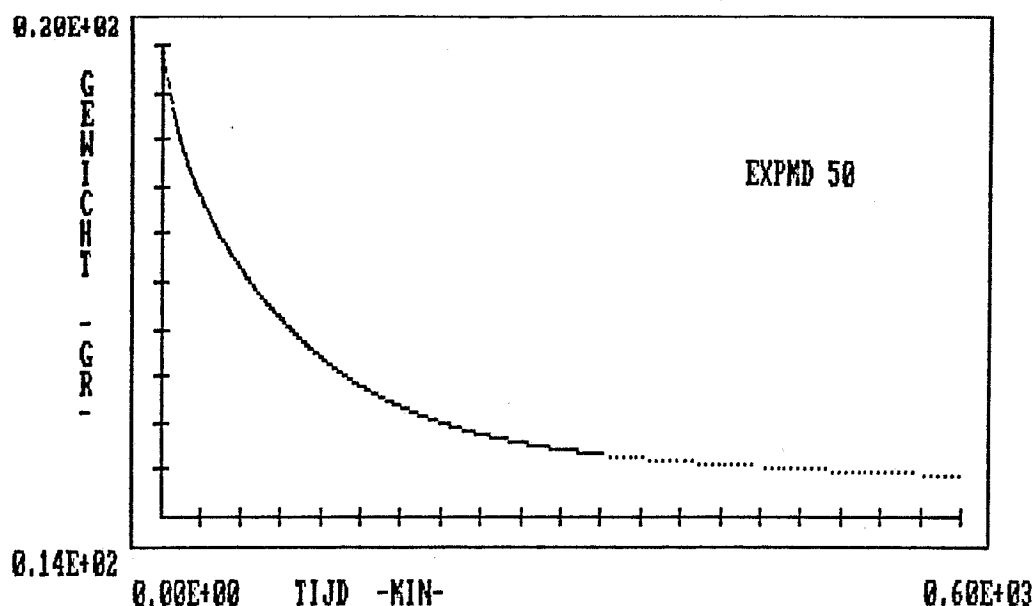
In tabel 3. zijn de experimenten aangegeven die gebruikt zijn voor de evaluatie.

	temperatuur °C	druk Pa	MD-gehalte % vaste stof	laagdikte mm	$d_s R_s$ kg/m ²
EXFMD46	41.4	12500	29	2.5	.788
EXFMD48	32.8	12450	29	2.5	.806
EXFMD50	26.4	12400	29	2.5	.814
EXFMD52	35.8	12400	17	2.5	.452
EXFMD54	26.7	12200	17	2.5	.461

Een samenvatting van elk experiment staat afgebeeld in bijlage 5.

4.4. Evaluatie experimenten

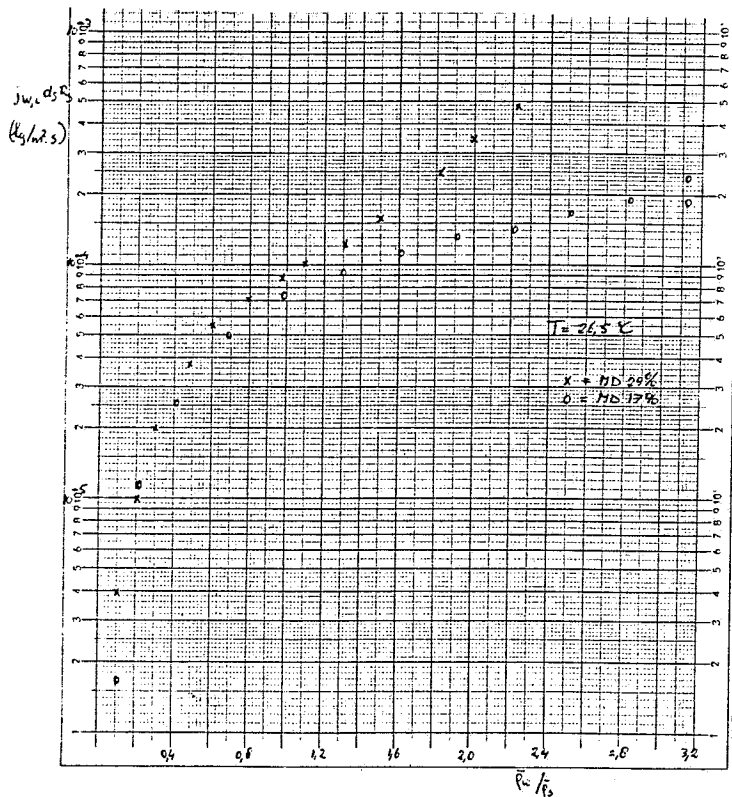
Een eerste analyse van de meetresultaten wordt uitgevoerd door het gewicht tegen de tijd uit te zetten. (Bijlage 6.1.) Uit de grafieken kan men lezen dat er in het begin van een experiment een periode van constante flux is (flux is de helling van de grafiek). Daarna neemt de flux af ten gevolge van diffusielimitering in het laagje. (Figuur 7.)



figuur 7. Gewichtsafname als functie van de tijd

In de grafieken is tevens de invloed van het beginwatergehalte en de temperatuur op de gewichtsmeting waar te nemen.

In bijlage 6.2. worden grafieken vertoond waarbij de flux als functie van het watergehalte is uitgezet. Men ziet dat in het regular regime de flux onafhankelijk wordt van de begincondities (zie figuur 8.). Er ontstaat een zogenaamde 'moedercurve' die de experimenten op den duur gaan volgen.



figuur 8. Flux als functie van het watergehalte

Met de methode van Schoeber kan het gedrag van de diffusiecoëfficiënt op vaste stof basis worden berekend als functie van het watergehalte. Ook hier is te zien dat in het regular regime de begincondities geen invloed meer hebben op het eindresultaat. Het maximum lijkt op het eerste gezicht vreemd; er wordt immers verwacht dat de diffusiecoëfficiënt niet zal stijgen tijdens afnemend watergehalte.

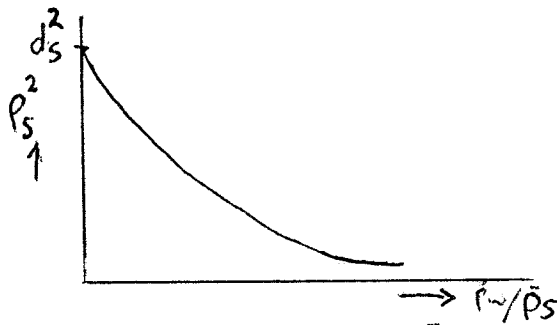
Echter P_S^2 verandert ook tijdens afnemend watergehalte.

Er geldt immers:

$$\frac{P_S}{d_S} + \frac{P_W}{d_W} = 1$$

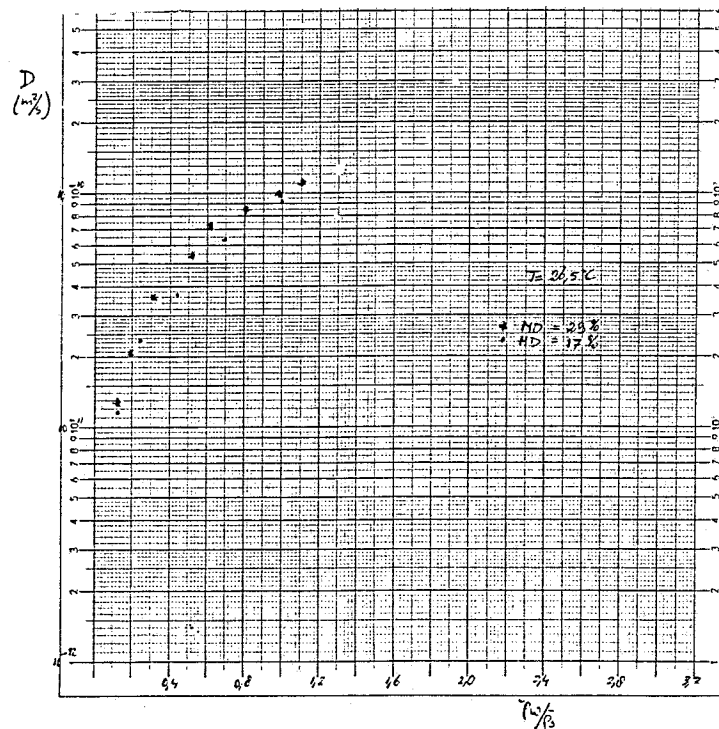
$$P_S^2 = \frac{d_S^2}{\left(1 + \frac{d_S P_W}{d_W P_S}\right)}$$

Schematisch gezien kan men het verloop van ρ_s^2 als functie van $\bar{\rho}_w/\bar{\rho}_s$ als volgt schetsen:



figuur 9. Verloop van ρ_s^2 als functie van $\bar{\rho}_w/\bar{\rho}_s$

Poneert men dit resultaat op het verloop van $D\rho_s^2$ versus $\bar{\rho}_w/\bar{\rho}_s$, dan kan men zien hoe de diffusiecoëfficiënt zich gedraagt als functie van het watergehalte.



figuur 10. Diffusiecoëfficiënt als functie van het watergehalte

Om een beter inzicht in het diffusiegedrag te krijgen dienen de parameters a en D_0 bepaald te worden uit de machtsrelatie (verg 2.12. en 2.13.). Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven zijn twee methoden beschikbaar. Evaluatiemethode 2. geeft aan dat a en D_0 te bepalen zijn d.m.v. lineaire regressie. Toepassen van deze methode geeft het volgende resultaat:

Tabel 4. A en Do waarden volgens evaluatiemethode 2.

	a	Do
EXPMD48	.4	$8.6 \cdot 10^{-10}$
EXPMD50	.36	$7.0 \cdot 10^{-10}$
EXPMD52	.47	$2.6 \cdot 10^{-9}$
EXPMD54	.52	$2.3 \cdot 10^{-9}$

De fout die gemaakt wordt in a en Do waarden bij deze methode bedraagt voor EXP48 en 50 ca. 5% en voor EXP52 en 54 ca. 20%.

Indien met evaluatiemethode 1. de experimenten geevalueerd worden uitgaande van de a die hierboven berekend is levert dit het volgende resultaat op:

Tabel 5. A en Do waarden volgens evaluatiemethode 1.

	a	Do
EXPMD48	.4	$7.0 - 9.0 \cdot 10^{-10}$
EXPMD50	.36	$5.0 - 7.0 \cdot 10^{-10}$
EXPMD52	.47	$1.7 - 2.2 \cdot 10^{-9}$
EXPMD54	.52	$1.4 - 1.9 \cdot 10^{-9}$

Het blijkt dat met een lichte aanpassing van Do over het watergehalte de experimentele resultaten kunnen worden beschreven. In feite wordt de machtsrelatie nagebootst door een chabloon waarvan de kromming (a) vastligt, maar waarvan de hoogte (Do) steeds wordt bijgesteld.

Indien men m.b.v. deze a en Do waarden een droogcurve gaat voorspellen kunnen theoretisch en experimenteel bepaalde droogtijden vergeleken worden. De theoretisch bepaalde droogtijden worden berekend door a en Do in te vullen in vergelijking 2.24. De berekeningen zijn uitgevoerd voor EXPMD48. (Zie tabel 6.)

Tabel 6. Vergelijking theoretisch en experimenteel bepaalde droogtijden

experimenteel		theoretisch		
tijd (s)	E	tijd (s)	E	
1472	0.352	1600	0.375	
2096	0.425	2000	0.417	a= 0.40
2816	0.497	2800	0.490	Do= $7 \cdot 10^{-10}$
3604	0.568	3600	0.551	
4736	0.641	4800	0.625	
5968	0.712	6000	0.716	a= 0.40
7568	0.784	7600	0.774	Do= $8 \cdot 10^{-10}$
9984	0.856	10000	0.833	
13168	0.910	13200	0.900	a= 0.40
21840	0.946	20000	0.948	Do= $9 \cdot 10^{-10}$

Uit vergelijkingen van experimenteel bepaalde en theoretisch berekende droogcurves blijkt de fout in de droogtijden maximaal 10% te zijn. Dit is gezien de meetmethode een alleszins aanvaardbaar resultaat. Het lijkt dus mogelijk om droogcurven te voorspellen waarbij de waarde van de machtscoefficient a vastligt en waarbij een best passende Do wordt gezocht als functie van het watergehalte.

5. Conclusies en Aanbevelingen

Conclusies:

- Het is mogelijk om met de meetopstelling geheel automatisch reproduceerbare en representatieve metingen te verkrijgen.
- De gebruikersvriendelijkheid van de meetopstelling is verbeterd door het schrijven van een meetprocedure.
- Uit de evaluatie blijkt dat in het regular regime het droogproces zich onafhankelijk van de begincondities gedraagt.
- De grootte van de machtscoëfficiënt a in de machtsrelatie bedraagt 0.45 ± 0.1 . De grootte van D_0 bedraagt $0.7 \cdot 10^{-9} - 2.6 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

Aanbevelingen:

- Breng evaluatiemethoden in de meetprocedure aan.
- Onderzoek nauwkeuriger het instellen van de beginflux en de start van het experiment.
- Onderzoek de invloed van de luchtverversing.
- Evalueer het droogproces ook in ander droogstadia dan het regular regime.
- Onderzoek of gladstrijkprocedures een gunstige invloed hebben op de resultaten in de evaluatie.
- Verfijn de evaluatiemethoden.

Symbolenlijst

A	= oppervlak	m^2
a	= machtscoefficient in machtsrelatie	
a_w	= wateractiviteit	
b	= parameter in machtsrelatie	$kg^2/m^4 s$
Bi	= getal van Biot	
d	= dichtheid	kg/m^3
E	= efficiency	
F	= dimensieloze flux	
H	= luchtvochtigheid	kg/kg
j	= waterflux t.ov. zich terugtrekkende grenslaag	$kg/m^2 s$
k	= stoftransportcoefficient	m/s
k_{eff}	= effectieve stoftransportcoefficient	m/s
m	= watergehalte	
M	= mol. massa	mol/kg
n	= stofstroombichtheid	$kg/m^2 s$
P	= absolute druk	Pa
P_w	= waterdampspanning	N/m^2
q	= warmteflux	W
R	= gasconstante	$J/mol^{\circ}K$
R	= straal deeltje	m
r	= afstandscoordinaat	m
T	= temperatuur	K
t	= tijd	s
V	= volume/inhoud	m^3
v	= humid volume	m^3/kg
z	= dikte coördinaat	m

Griekse symbolen

α	=	verdelingscoefficient gas/vloeistof	
δ	=	grenslaagdikte	m
λ	=	warmtegeleidingscoefficient	W/mK
ρ	=	concentratie	kg/m ³
τ	=	dimensieloze tijd	
ϕ	=	plaatscoördinaat	

Subscripts

w	=	waterfase
i	=	interface
o	=	begintoestand
s	=	vaste stof fase
rr	=	regular regime
pp	=	penetratieperiode
∞	=	bulkfase
*	=	evenwicht
t	=	overstap
f	=	fluidum (grenslaag)

Superscripts

s	=	vaste stof fase
k	=	krimpand systeem
'	=	gasfase
-	=	gemiddelde waarde (staat tegenover locale waarde)

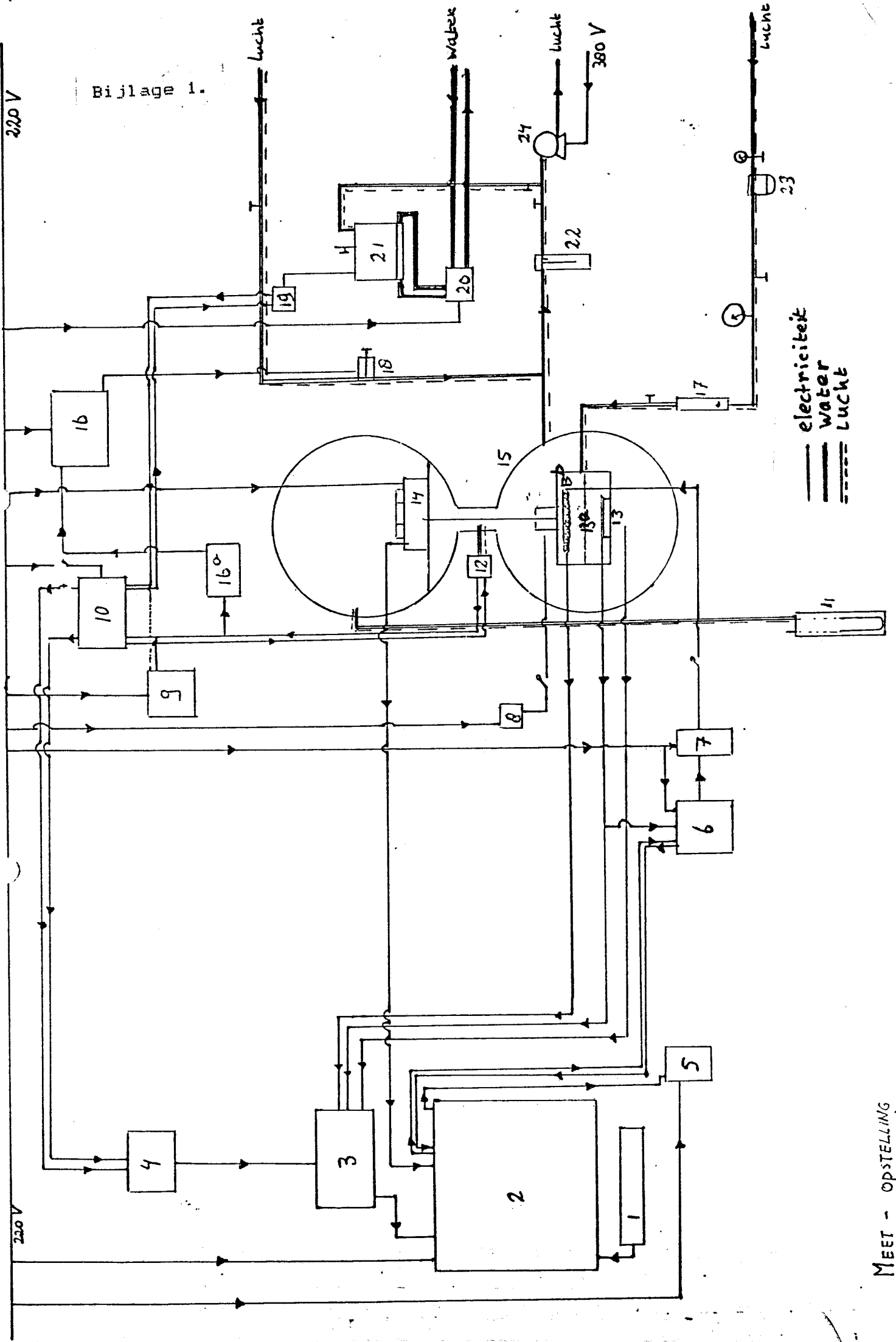
Literatuurlijst

1. Coumans W.J., Thijssen H.A.C., A simplified calculation method for the isothermal drying of solid and hollow systems with any degree of shrinkage, Proceedings of the 5th International Drying Symposium, Boston, 1986
2. Walraven P.C.L., Experimentele bepaling van droogcurven, afstudeerverslag TU Eindhoven, 1986
3. Luyben K.Ch., Concentration dependent diffusion coefficients derived from experimental drying curves, Proceedings of 2nd International Drying Symposium (2), Montreal, 1980
4. Liou J.K., An approximate method for non-linear diffusion applied to enzyme inactivation during drying, Dissertatie LU Wageningen, 1982
5. Yamamoto et al., Determination of concentration dependent diffusioncoefficients from drying rates, Drying '85
6. Schoeber W.J.A.H., Regular regimes in sorption processes, Dissertatie TU Eindhoven, 1976
7. Coumans W.J., Thijssen H.A.C., Collegedictaat Drogen, TU Eindhoven 1984
8. de Boer M., Experimenteel onderzoek naar aromaverliezen bij het drogen van vlakke lagen, Afstudeerverslag TU Eindhoven, 1986
9. Stoekhert K., Kunststoff Lexikon, Munchen, 1793
10. Vink M.A., Kunststoffen Katalogus 1979-1980

BIJLAGEN

1. De meetopstelling
2. De constructie in de autoclaven
3. De meetprocedure-software
4. Handleiding meetprocedure
5. Experimentele gegevens
6. Grafieken
 - 6.1. Gewicht vs. tijd
 - 6.2. Flux vs. watergehalte
 - 6.3. $D\rho_{\frac{2}{s}}$ vs. watergehalte
 - 6.4. D vs. watergehalte

Bijlage 1.

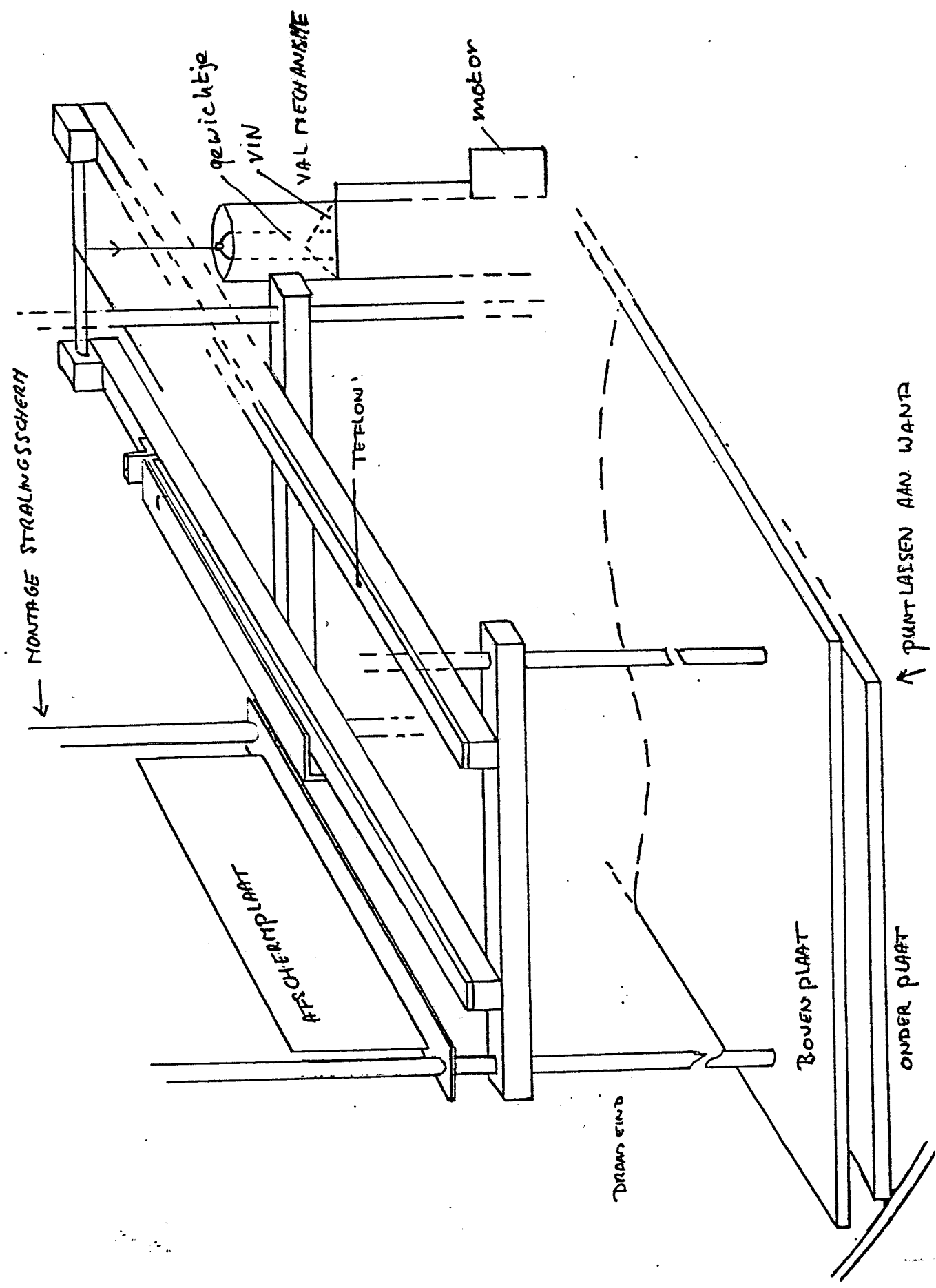


— electriciteit
— water
- - - lucht

MEET - OPSTELLING

Handleiding Meetopstelling

1. Keyboard PC
2. P3102 IBM Compatible van Philips met
 - beeldscherm
 - Dash 8 A/D convertor
 - Asyn. Comm. Adapter
3. EXP-16 ter versterking thermokoppelsignalen
4. STA-08 ter verzameling druksignalen
5. Printer Star SG-10
6. Temperatuurregelaar
7. Triac voedingsbron
8. Variac ter aandrijving valmechanisme
9. Multimeter
10. Voedingskastje druksensoren
11. Verschilddrukmeter
12. Druksensor autoclaven
13. Balansarm met monsterhouder
- 13a. Zeefplaat
- 13b. Stralingsbron
14. Balans
15. Autoclaven
16. Drukregelaar
- 16a. Versterkingskastje drukregeling
17. Rotameter FP-1/4'-25-G 5/81
18. Naaldventiel
19. Druksensor conditioneringskamer
20. Thermostaat
21. Conditioneringskamer
22. Stofvanger
23. Oliefilter
24. Vacuum pomp



Bijlage 3.

```

LIST
10000 '      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
10010 '      ;
10020 '      ;   PROGRAMMA DROOGEXPERIMENT
10030 '      ;
10040 '      ; AUTEUR R. KLOMP                20-05-1986
10050 '      ;
10060 '      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
10070 '
10080 ' CALL NAME : PROGRAMM.BAS
10090 '
10100 SCREEN 0,0,0:CLS:KEY OFF:WIDTH 80
10110 CLEAR, 49152!
10120 TAR=0:COND=0
10130 CLS:LOCATE 1,1:PRINT "DROOGEXPERIMENT -----  HOOFDMENU"
10135 LOCATE 4,4:PRINT "1. IJking van de druksensor"
10140 LOCATE 6,4:PRINT "2. Voorbereidingen treffen en experiment starten"
10150 LOCATE 8,4:PRINT "3. Menu programma DLOG68-5"
10160 LOCATE 10,4:PRINT "4. Berekeningen m.b.v. de experimenten"
10170 LOCATE 12,4:PRINT "5. Transferen gegevens"
10180 LOCATE 14,4:PRINT "6. In grafiek zetten van gegevens"
10190 LOCATE 16,4:PRINT "7. Einde programma"
10200 LOCATE 22,4:PRINT "MAAK UW KEUZE <1-7> ":LOCATE 22,25
10210 A%=INKEY$:IF A%="" THEN GOTO 10210
10220 YZ=VAL(A%)
10225 IF YZ=3 THEN TAR=1
10230 IF YZ<1 OR YZ>7 THEN GOTO 10130
10240 ON YZ GOTO 20000,10400,12000,21000,15000,16500,11000
10400 CLS:LOCATE 2,2:PRINT "Voorbereidingen treffen en experiment starten"
10410 LOCATE 5,2:PRINT "Volg de instructies puntsgewijs op"
10420 LOCATE 8,2:PRINT "1. Controleer autoclaven op:"
10430 LOCATE 9,5:PRINT "A. gewicht valmechanisme op juiste plaats"
10440 LOCATE 10,5:PRINT "B. thermokoppels aangesloten":IF TAR=0 THEN GOSUB 10480
10450 LOCATE 11,2:PRINT "2. Schakel vacuumpomp naar conditioneringskamer":IF TAR
=0 THEN GOSUB 10480
10460 GOTO 10550
10480 LOCATE 25,1:PRINT "TOETS ":COLOR 0,7:LOCATE 25,7:PRINT "BACKSPACE":COLOR 7
,0:LOCATE 25,17:PRINT "VOOR VOLGENDE INSTRUCTIE"
10500 A%=INKEY$:IF A%=CHR$(8) THEN RETURN ELSE GOTO 10500
10550 LOCATE 12,2:PRINT "3. DLOG68-5 runnen om filenaam en scaninterval in te ste
llen"
10560 LOCATE 14,5:PRINT "Toets nu in:":COLOR 0,7:LOCATE 14,24:PRINT "RETURN":COL
OR 7,0
10565 IF TAR=0 THEN GOTO 10570 ELSE GOSUB 10480
10568 GOTO 10580
10570 A%=INKEY$:IF A%=CHR$(13) THEN GOTO 12000 ELSE 10570
10580 LOCATE 15,2:PRINT "4. Schuitje vullen met vlakke laag"
10590 LOCATE 16,5:PRINT "A. controleer de plaats van het thermokoppel in het sch
uitje"
10600 LOCATE 17,5:PRINT "B. spuit vullen met oplossing"
10610 LOCATE 18,5:PRINT "C. oplossing m.b.v. injecteerlaagje in schuitje injecte
ren"
10620 LOCATE 19,5:PRINT "D. monster laten stollen; intussen spuit schoonmaken en
oplossing"
10630 LOCATE 20,8:PRINT "in de droogstoof plaatsen"
10640 LOCATE 21,5:PRINT "E. indien laagje gestold is injecteerlaagje er af schui
ven"

```

LIST 10650-

```
10650 LOCATE 22,5:PRINT "F. schuitje rond laagje schoonmaken en plaatje op schuitje
aanbrengen"
10660 LOCATE 23,5:PRINT "6. schuitje + plaatje wegen":GOSUB 10480
10670 CLS:LOCATE 2,2:PRINT "Voorbereidingen"
10680 LOCATE 4,2:PRINT "Volg de instructies puntgewijs op"
10690 LOCATE 6,2:PRINT "5. Laagje conditioneren in de conditioneringskamer"
10695 IF COND=1 THEN GOSUB 10480 ELSE GOTO 11300
10700 LOCATE 7,2:PRINT "6. Schuitje in de autoclaaf installeren"
10710 LOCATE 8,5:PRINT "A. schuitje in monsterhouder plaatsen"
10720 LOCATE 9,5:PRINT "B. thermokoppel en gewichtje van het valmechanisme bevestigen"
10730 LOCATE 10,5:PRINT "C. zeefplaat aanbrengen en luchttoevoer aansluiten":GOSUB
10480
10740 LOCATE 11,2:PRINT "7. Autoclaaf afsluiten":GOSUB 10480
10770 LOCATE 12,2:PRINT "8. Vacuumpomp omschakelen naar autoclaven en drukregelaar
aanzetten (hand)":
10780 LOCATE 13,5:PRINT "Dan vacuumpomp aanzetten en meteen":COLOR 0,7:LOCATE 13
,40:PRINT "SPACE":COLOR 7,0:LOCATE 13,46:PRINT "in toetsen"
10785 LOCATE 14,5:PRINT "- Wanneer werkdruk genaderd is wordt de luchttoevoer
aangezet"
10788 LOCATE 15,2:PRINT "Indien gewicht op balans dan:"
10790 LOCATE 16,5:PRINT "- Trek nu meteen plaatje van schuitje door de aanwezige
schakelaar"
10800 LOCATE 17,5:PRINT "- Druk bijregelen tot gewenste waarde"
10810 LOCATE 18,7:PRINT "om te zetten en weer terug om te zetten"
10815 LOCATE 19,5:PRINT "- Temperatuurregeling aanzetten"
10817 LOCATE 21,2:PRINT "Op juiste moment experiment laten starten"
10820 A$=INKEY$:IF A$=CHR$(32) THEN CLS: GOTO 12630 ELSE GOTO 10820
11000 CLS:END
11300 LOCATE 20,1:COLOR 0,7:PRINT "ESC ":COLOR 7,0:LOCATE 20,5:PRINT "CONDITIONE
RING AFGELOPEN"
11310 DEF SEG=56:FLAGZ=0
11350 CHZ=0
11360 MDX=1:LTZ(0)=CHZ:LTZ(1)=CHZ
11370 CALL DASHB (MDX, LTZ(0), FLAGZ)
11380 SUBZ=0:MDX=14
11390 CALL DASHB(MDX,SUBZ,FLAGZ)
11400 MDX=4:CALL DASHB(MDX,DIX(SUBZ),FLAGZ)
11412 MDX=1 : LTZ(0)=7 : LTZ(1) = 7
11414 CALL DASHB (MDX, LTZ(0), FLAGZ)
11416 IF FLAGZ <> 0 THEN PRINT "FOUT BIJ INSTALLATIE CJC KANAAL" : END
11418 MDX = 4 : CJZ = 0
11420 CALL DASHB (MDX, CJZ, FLAGZ)
11422 CJZ = CJZ/10
11424 LOCATE 5,1
11426 AV = 1000
11428 VVC= (DIX(0)*5)/(AV*2048)
11430 VTC = 1000*VVC + .992 + (CJC-25)*.040667 'VT in mV
11432 TTC=13.266-(13.37*VTC)+(28.435*(VTC)^2)+(1.733*(VTC)^3)-(8.800999*(VTC)^4)
+(2.331*(VTC)^5)
11530 MDX=2: CHZ=2:
11540 CALL DASHB(MDX,CHZ,FLAGZ)
11550 MDX=4
11560 CALL DASHB(MDX,DIX(2),FLAGZ)
11570 VC=(DIX(2)*5)/2048
```

```

LIST 11580-
11580 DEF SEG = &H40
11590 TNDW=PEEK(&H6C)+256*PEEK(&H6D)
11600 TNDW=TNDW*65536!/1193180!
11610 A$=INKEY$
11615 DC=-20138.36+(26882.67*VC)+(163.6863*(VC^2))
11620 LOCATE 10,1:PRINT USING "DRUK : ##### Pa";DC
11630 LOCATE 12,1:PRINT USING "TEMPERATUUR: ##.# C";TTC
11640 IF A$=CHR$(27) THEN COND=1:GOTO 10670
11650 IF TNDW=(TSL-.06) THEN TSL=TNDW
11660 IF TNDW-TSL < (1-1/18.2) THEN GOTO 11590 ELSE TSL=TNDW
11670 GOTO 11310
11800 FOR I=0 TO 5
11810 PRINT #2,TR$
11820 NEXT I
11830 RETURN
12000 '
12010 '      Dit gedeelte neemt de aangeboden meetwaarden op en
12020 '      schrijft ze indien gewenst naar een diskfile.
12030 '      Vervolgens kunnen de meetwaarden op scherm of op de
12040 '      printer uitgelezen worden.
12050 '
12060 DIM DIZ(7),T(4),B(17),F(17),G(17),H(17),E(17),GG(30),TT(30),EE(30)
12062 DATA 31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31
12064 DIM MT(12)
12066 FOR I=1 TO 12 : READ MT(I) : NEXT I
12070 NR = 1
12080 SCREEN 0,0,0 : WIDTH 80 : KEY OFF : CLS
12090 LOCATE 12,12:PRINT"<< Wacht - DASHB.BIN driver & DASHB.ADR worden geactiveerd >>"
12100 LOCATE 25,1:PRINT"DISKLOG8 DASH-8 Data logging ";
12110 DEF SEG = 0
12120 S6 = 256 * PEEK(&H511) + PEEK(&H510)
12130 S6 = S6 + 49152!/16
12140 DEF SEG = S6
12150 BLOAD "DASHB.BIN",0
12160 OPEN "DASHB.ADR" FOR INPUT AS #1
12170 INPUT #1, BASADRZ
12180 CLOSE #1
12190 DASHB = 0
12200 FLAGZ = 0
12210 MDZ = 0
12220 CALL DASHB (MDZ, BASADRZ, FLAGZ)
12230 IF FLAGZ <>0 THEN PRINT"INSTALLATIE-FOUT":END
12240 LOCATE 12,1:PRINT SPC(79)
12310 '----- Display menu -----
12320 '
12330 CLS:LOCATE 1,1:PRINT"Kies uit de volgende mogelijkheden:-"
12340 LOCATE 3,5:PRINT"<1> - Laat meetwaarden zien en schrijf deze naar diskfile
12350 LOCATE 5,5:PRINT"<2> - Lees meetwaarden vanaf diskfile op scherm uit"
12360 LOCATE 7,5:PRINT"<3> - Print meetwaarden vanaf diskfile uit"
12370 LOCATE 9,5:PRINT"<4> - Vervolg met hoofdmenu"
12380 LOCATE 12,2:COLOR 15,0:PRINT"Maak uw keuze (1-4): ";:COLOR 7,0
12390 A$=INKEY$:IF A$="" GOTO 12390

```

```

LIST 142400-
12400 PRINT A$
12410 XZ = VAL(A$)
12420 IF XZ>=1 AND XZ<=4 GOTO 12440
12430 LOCATE 14,1:PRINT[";A$;"] is geen goede keuze. Kies opnieuw*:LOCATE 12,1:
PRINT SPC(79):GOTO 12380
12440 LOCATE 12,1:PRINT SPC(79)
12450 IF XZ=4 THEN GOTO 10130
12460 '
12470 LOCATE 14,1:INPUT "Naam van data file (b.v. B:MYFILE.DAT) ";FILE$
12480 P$=CHR$(27)+"P"+CHR$(13)+CHR$(10)
12490 TR$=CHR$(27)+"T"+CHR$(13)+CHR$(10)
12495 BG$=CHR$(27)+"t"+"20.000"+CHR$(13)+CHR$(10)
12500 OPEN FILE$ AS #1 LEN = 38
12510 FIELD #1, 10 AS DT$, 8 AS TH$, 4 AS CH0$, 4 AS CH1$, 4 AS CH2$, 4 AS CH3$,
4 AS DI6$
12520 COMFIL$="COM1:2400,5,7,1,RS,CS,DS0,ASC"
12530 OPEN COMFIL$ AS #2 LEN=20
12540 PRINT #2,TR$
12550 ON XZ GOTO 12560,13570,13760,10130
12560 '----- Log data naar disk -----
12570 B(0)=0:F(0)=0:G(0)=0:H(0)=0:E(0)=0
12580 NR=1:SC=1:ST=0:Z=0:ZZ=3:BB=2
12590 LOCATE 16,1:INPUT "Scan interval (secondes) ";SI
12600 PRINT SPC(79)
12610 IF SI<1 THEN LOCATE 17,1:PRINT"Minimum interval is 1 seconde. Kies opnieuw
*:LOCATE 16,1:PRINT SPC(79):GOTO 12590
12620 LOCATE 19,1:INPUT "Schaaltje met stug(1) of soepel(0) thermokoppel ";SCHA
12622 LOCATE 21,1:INPUT "Maltodextrine gehalte ",MDD
12624 LOCATE 23,1:INPUT "Gewicht laagje (in gr) ",GGW
12630 CLS
12640 LOCATE 25,1:PRINT"DISKLOG8 DASH-8 Data logging ";
12650 LOCATE 1,1:PRINT"DATA:"
12660 LOCATE 3,1:PRINT" Datum Tijd Tlaag Tbodem Tstraal Druk"
12670 PRINT" -----"
12680 LOCATE 9,1:PRINT"BALANS DATA:"
12690 LOCATE 20,1:COLOR 0,7:PRINT" - Toets <ESC> om experiment te eindigen - ";
COLOR 7,0
12710 LOCATE 25,43:PRINT USING"\ \";TIME$;
12720 '----- START VAN DE LOGGING LOOP -----
12730 IF TH<.5 THEN 12760
12735 SC=SI
12740 FOR A=0 TO 16
12750 LOCATE 25,43:PRINT USING"\ \";TIME$;
12760 DEF SEG = 56
12770 COLOR 0,7:LOCATE 24,1:PRINT" SCANNING ";:COLOR 7,0
12780 CHZ=0
12790 MDZ=1:LTZ(0)=CHZ:LTZ(1)=CHZ
12800 CALL DASH8(MDZ, LTZ(0), FLAGZ)
12810 FOR SUBZ=0 TO 2:MDZ=14
12820 CALL DASH8(MDZ,SUBZ,FLAGZ)
12830 MDZ=4:CALL DASH8(MDZ,DIZ(SUBZ),FLAGZ)
12840 NEXT SUBZ
12850 LTZ(0)=CHZ+1:LTZ(1)=CHZ+1:MDZ=1
12860 CALL DASH8(MDZ,LTZ(0),FLAGZ)
12870 MDZ=2:CHZ=1

```



```

LIST 12880-
12880 CALL DASHB(MD%,CHZ,FLAG%)
12890 MD%=4
12900 I=3
12910 CALL DASHB (MD%, DIZ(I), FLAG%)
12920 PRINT #2,P#
12930 LINE INPUT #2,D6#
12940 D6=VAL(D6#)
12950 IF ST=0 THEN PRINT #2,TR#
12955 IF ST=0 THEN IF D6>30 THEN LOCATE 15,1:PRINT "GEWICHT OP BALANS":ST=1:GOSU
B 11800:SC=3
12956 IF ST=0 THEN A#=INKEY#: IF A#=CHR$(32) THEN LOCATE 15,1:PRINT "gewicht op
balans":ST=1:GOSUB 11800:SC=3
12960 IF SC<5 THEN T# = TIME# ELSE IF A=8 THEN T#=TIME#
12965 DAT#=DATE#
12970 '----- Koude las compensatie temperatuur-----
12980 MD%=1 : LT%(0)=7 : LT%(1) = 7
12990 CALL DASHB (MD%, LT%(0), FLAG%)
13000 IF FLAG% <> 0 THEN PRINT "FOOT BIJ INSTALLATIE CJC KANAAL" : END
13010 MD% = 4 : CJ% = 0
13020 CALL DASHB (MD%, CJ%, FLAG%)
13030 CJC = CJ%/10
13040 LOCATE 5,1
13050 AV = 1000
13060 FOR I=0 TO 2
13070 V = (DIZ(I)*5)/(AV*2048)
13080 '---Interpolatie routine om T thermokoppel temperatuur uit te rekenen---
13090 VT(I)=1000*V + .992 + (CJC-25)*.040667 'VT in mV
13100 NEXT I
13110 IF SCHA=1 THEN GOTO 13130
13120 T(0)=75.88301-(251.035*VT(0))+(377.172*(VT(0))^2)-(246.528*(VT(0))^3)+(77.
148*(VT(0))^4)-(9.267*(VT(0))^5):GOTO 13140
13130 T(0)=13.266-(13.37*VT(0))+(28.435*(VT(0))^2)+(1.733*(VT(0))^3)-(8.800999*(
VT(0))^4)+(2.331*(VT(0))^5)
13140 T(1)=-1.723+(34.803*VT(1))-(31.681*(VT(1))^2)+(39.408*(VT(1))^3)-(20.859*(
VT(1))^4)+(3.922*(VT(1))^5)
13150 T(2)=-.0006196+(25.751*VT(2))-(.3985*(VT(2))^2)-(.2129*(VT(2))^3)+(.07783*
(VT(2))^4)-(.008985*(VT(2))^5)
13170 V=(DIZ(3)*5)/2048
13180 IF TH<.5 THEN 13205 ELSE B(A+1)=T(0)+B(A):F(A+1)=T(1)+F(A):G(A+1)=T(2)+G(A
):H(A+1)=V+H(A):E(A+1)=D6+E(A)
13190 NEXT A
13200 T(0)=B(A)/17:T(1)=F(A)/17:T(2)=G(A)/17:V=H(A)/17:D6=E(A)/17
13205 IF ST=1 THEN D6=D6+20
13208 IF Z=0 THEN GOSUB 11800
13210 DR=-13564.09+(7784.294*V)+(18865.2*(V^2))-(7945.458*(V^3))+(1553.07*(V^4))
-(114.2448*(V^5))
13212 GOTO 14500
13214 K1=INT(TI):K2=(TI-K1)*60:K3=INT(K2):K4=(K2-K3)*60:K5=INT(K4)
13216 TH=TI*60
13220 PRINT USING "\ \ ##.# ##.# ### #####";DAT
#;T(0);T(1);T(2);DR
13225 LOCATE 5,13:PRINT USING "##.# ##.#";K1;K3;K5:LOCATE 5,15:PRINT "":LOCATE 5
,18:PRINT "":
13230 LOCATE 5,57:PRINT SPC(22)
13240 LOCATE 9,14:PRINT USING "###.###";D6
13250 LOCATE 9,25:IF NR=3 THEN PRINT "G(3)= " D6;

```

```

LLIST 13252-
13252 IF NR=12 THEN LOCATE 17,1:INPUT "60 = ",660
13254 665=660-(66W-((MDD*66W)+.7))
13255 IF TAR=0 THEN TAR=1: GOTO 10400 ELSE GOTO 13260
13260 IF ST=0 THEN GOTO 13370
13265 IF Z=0 THEN Z=1:GOTO 13370
13270 '----- Schrijf data naar diskfile-----
13280 LSET DT$ = DAT$
13290 LSET TH$ = MKS$(TH)
13300 LSET CH0$ = MKS$(T(0))
13310 LSET CH1$ = MKS$(T(1))
13320 LSET CH2$ = MKS$(T(2))
13330 LSET CH3$ = MKS$(DR)
13340 LSET DI6$ = MKS$(D6)
13350 PUT #1, NR
13360 NR = NR + 1
13361 GOTO 13370
13362 IF INT(NR/25) = ZZ THEN 66(ZZ)=D6:T(ZZ)=THS:ZZ=ZZ+1 ELSE 13370
13364 IF (ZZ-1)/2 = DD THEN DD=DD+1:GOTO 14800 ELSE 13370
13370 LOCATE 24,1:PRINT SPC(20);
13380 '----- checken van scan interval -----
13385 IF NR>500 THEN SC=150
13390 DEF SEG = &H40
13400 TNOW = PEEK(&H6C) + 256 * PEEK(&H6D)
13410 TNOW = TNOW * 65536!/1193180!
13420 '
13430 A$=INKEY$:IF A$="" THEN GOTO 13500
13440 IF ASC(A$) = 27 THEN GOTO 13550
13500 IF TNOW <= (TSL-.06) THEN TSL = TNOW
13510 IF TNOW - TSL < (SC - 1/18.2) THEN GOTO 13400 ELSE TSL = TNOW
13520 DEF SEG = 56
13530 GOTO 12720
13540 '
13550 LOCATE 24,1:COLOR 0,7:PRINT" EXPERIMENT BEEINDIGD ";:COLOR 7,0
13560 LOCATE 22,1:CLOSE #1:CLOSE #2:CLS:NR=1:EF=0:GOTO 12330
13570 '--- Gedeelte om inhoud diskfile op scherm te laten aflezen -----
13580 ROW = 5
13590 CLS
13600 LOCATE 25,1:PRINT"DISKLOGB DASH-B Data logging ";
13603 GOSUB 13960
13605 LOCATE 1,1:PRINT "FILE ";FILE$;" DATUM: ";DT$;
13610 LOCATE 3,1:PRINT" Tijd Tlaag Tbodem Tstraat Druk BALANS"
13620 PRINT" -----"
13630 GOSUB 13960
13640 IF EF<>1 THEN 13690
13650 CLOSE #1:CLOSE #2:PRINT"Einde file":PRINT"Aantal meetpunten = ";INT(NR-1)
13660 PRINT "Druk een toets in om verder te gaan"
13670 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 13670
13680 CLS:NR=1:EF=0: GOTO 12330
13690 PRINT USING" #####.## ##.## ##.## ### ##### ###.###";TH;T(0);T
(1);T(2);DR;D6
13700 NR=NR + 1: ROW = ROW + 1
13710 IF ROW < 22 GOTO 13630
13720 LOCATE 23,1:COLOR 0,7: PRINT" - Druk een toets in voor volgende pagina - "
;:COLOR 7,0:PRINT" Toets <ESC> ter beëindiging"
13730 A$=INKEY$ : IF A$="" GOTO 13730

```

```

LLIST 13740
13740 IF ASC(A$)=27 THEN CLOSE #1:CLOSE #2:CLS:NR=1:EF=1:LOCATE 1,1:GOTO 12330
Ok
LIST 13740-
13740 IF ASC(A$)=27 THEN CLOSE #1:CLOSE #2:CLS:NR=1:EF=1:LOCATE 1,1:GOTO 12330
13750 GOTO 13570
13760 '----- Gedeelte om inhoud diskfile naar printer te schrijven-----
13770 SHTZ = 1
13780 CLS
13790 LOCATE 25,1:PRINT"DISKLOG8 DASH-8 Data logging ";
13800 LOCATE 12,35:PRINT"<< PRINTEN >>"
13810 LOCATE 22,1:COLOR 0,7:PRINT" - Toets <ESC> ter beëindiging printen - ";:CD
LOR 7,0
13815 GOSUB 13960
13820 LPRINT "SHEET ";SHTZ;" VAN FILE ";FILE$;"          DATUM: ";DAT$:LPRINT
13830 LPRINT"   Tijd      Tlaag Tbodem Tstraal DRUK      BALANS"
13840 LPRINT"   ----      ----      ----      ----      ----"
13850 GOSUB 13960
13860 IF EF = 1 THEN CLOSE #1:CLOSE #2: LPRINT "Einde file":LPRINT "Aantal reepte
unten = ";INT(NR-1):CLS:NR=1:EF=0:LOCATE 1,1:GOTO 12330
13870 LPRINT USING"#####.##   ##.##   ##.##   ###   #####   ##.###";TH;T(0);
T(1);T(2);DR;D6
13880 NR=NR + 1: ROW = ROW + 1
13890 A$=INKEY$:IF A$="" GOTO 13910
13900 IF ASC(A$)=27 THEN CLOSE #1:CLOSE #2:LPRINT"Break":CLS:NR=1:EF=0:LOCATE 1,
1:END
13910 IF ROW < 64 GOTO 13850
13920 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
13930 SHTZ = SHTZ + 1: ROW = 1
13940 GOTO 13820
13950 END
13960 EF = 0
13970 '
13980 GET #1, NR
13990 DAT$=DT$
14000 TH=CVS(TH$)
14010 T(0)=CVS(CH0$)
14020 T(1)=CVS(CH1$)
14030 T(2)=CVS(CH2$)
14040 DR=CVS(CH3$)
14050 D6 = CVS(DIG$)
14060 '
14070 IF ASC(MID$(DAT$,3,1))=0 THEN EF=1
14080 DAT$ = LEFT$(DAT$,6)+RIGHT$(DAT$,2)
14090 IF X%=2 THEN LOCATE ROW,1
14100 RETURN
14500 D$=DATE$
14510 GOTO 14540
14520 IF ST=0 THEN TZ=TX
14523 THS=TX-TZ
14530 TI=THS/3600
14535 GOTO 13214
14540 '--- Subroutine om tijd vanaf 01/01/86 in secondes uit te rekenen-----
14550 '
14560 '

```

```

LIST 14570-
14570 TX = 0
14580 YR = VAL(RIGHT$(D$,4))-1986
14590 LP = INT(YR+2/4)
14600 MT = VAL(LEFT$(D$,2))
14610 FOR KK = 0 TO MT-1
14620 TX=TX + MT(KK)
14630 NEXT KK
14640 IF MT>=3 THEN TX=TX+LP ELSE TX=TX
14650 TX = TX + YR*365
14660 TX = TX + VAL(MID$(D$,4,2))-1
14670 TX = TX * 24 * 3600
14690 TX = TX + 3600*VAL(LEFT$(T$,2))+60*VAL(MID$(T$,4,2))+VAL(RIGHT$(T$,2))
14700 GOTO 14520
14800 EE(ZZ-1)=(660-66*(ZZ-1))/(660-665):EE(ZZ-2)=(660-66*(ZZ-2))/(660-665)
14810 FOR A=6 TO .1 STEP -.03
14850 KK=((3.1416)^2)+(((2.7183)^2)*A)/(2*((A+2)^3))
14860 LL=((A+1)/(A+2))^A
14870 MM=(2/3.1416)-(((3.1416)^2)/16)
14880 NN=1/((2)^A)
14890 GO=(KK*LL)+(MM*NN)
14900 SHD=7.391-(2.456*(2/(A+2)))
14910 RO=.005
14920 PP=((RO^2)/(2*GO*TT(ZZ-1)*((A+2)^2)))
14930 QZ=(2*(A+1)*((RO)^2))/(SHD*TT(ZZ-1)*A)
14940 RR=((A+2)/(A+1))^A
14950 AA=PP-(QZ*RR)
14952 BB=QZ
14954 DO=AA+(BB*((1-EE(ZZ-1))^(-A)))
14956 PP=((RO^2)/(2*GO*DO*((A+2)^2)))
14958 QZ=(2*(A+1)*((RO)^2))/(SHD*DO*A)
14960 AA=PP-(QZ*RR)
14962 BB=QZ
14964 EE=1-((BB/(TT(ZZ-2)-AA))^(1/A))
14970 IF ABS(EE-EE(ZZ-2))<B.000001E-03 THEN GOTO 14975 ELSE NEXT A:LOCATE 12,4:P
RINT "KAN NIET":GOTO 13370
14975 LOCATE 11,10:PRINT USING "#.## ";A
14980 LOCATE 13,10:PRINT USING "#.##^^^";DO
14982 GOTO 13370
15000 '
15010 '
15020 '   Dit gedeelte transfereert de gegevens van een diskfile naar
15030 '   aparte files zodanig dat deze geschikt zijn om in grafiekvorm
15040 '   zichtbaar te worden gemaakt.
15050 '
15060 '
15070 '
15080 SCREEN 0,0,0 : KEY OFF : CLS : WIDTH 80
15100 '
15170 INPUT"Naam van diskfile ter transferring (DRIVE:NAAM.EXT) : ",SF$
15180 PRINT:PRINT"-----"
"-----":PRINT
15200 OPEN SF$ AS #1 LEN = 38
15210 FIELD #1, 10 AS DT$, 8 AS TH$, 4 AS CH0$, 4 AS CH1$, 4 AS CH2$, 4 AS CH3$,
4 AS DI6$
15220 GET #1,1

```

```

LIST 15230-
15230 A$=DT$:A$=LEFT$(A$,1)
15240 IF A$<>"0" AND A$<>"1" THEN CLOSE #1:KILL SF$:PRINT"Diskfile is niet aanwe
zig ";:COLOR 15,0:PRINT SF$;:COLOR 7,0:PRINT" Check naam & voer naam opnieuw
in":GOTO 15170
15270 DIM F$(8),SCL(8),M$(8)
15280 FOR I = 0 TO 4
15290 ON I+1 GOTO 15300,15310,15320,15330,15340
15300 PRINT"Kanaal 0 - Wilt u transfereren Tlaag (J/N)? : ";:GOTO 15350
15310 PRINT"Kanaal 1 - Wilt u transfereren Tbodem (J/N)? : ";:GOTO 15350
15320 PRINT"Kanaal 2 - Wilt u transfereren Tstraat (J/N)? : ";:GOTO 15350
15330 PRINT"Kanaal 3 - Wilt u transfereren Druk (J/N)? : ";:GOTO 15350
15340 PRINT"Kanaal 4 - Wilt u transfereren Balans (J/N)? : ";:GOTO 15350
15350 A$=INKEY$: IF A$="" GOTO 15350
15360 PRINT A$
15370 IF A$="J" OR A$="j" THEN GOSUB 15690
15380 PRINT
15390 NEXT I
15400 '---- X-as eenheden (tijd)-----
15410 PRINT"Wat is de gewenste eenheid van tijd: uren <U>, minuten <M> of second
en <S> ";
15420 A$=INKEY$:IF A$="" GOTO 15420
15430 IF A$="U" OR A$="u" THEN TAS = (1/60):GOTO 15460
15440 IF A$="M" OR A$="m" THEN TAS = 1 :GOTO 15460
15450 TAS = 60
15460 '---- Transfereer data kanaal voor kanaal naar data files -----
-----
15470 CLS
15480 FOR I = 0 TO 4
15490 LOCATE 12,20:PRINT USING "Transferering Kanaal # data file";I
15500 GOSUB 15770
15510 LOCATE 12,1:PRINT SPC(79)
15520 NEXT I
15530 LOCATE 12,30:PRINT"<<<< GEREED >>>>":LOCATE 20,1:CLOSE #1:GOTO 10130
15540 '
15550 EF = 0
15570 GET #1, NR
15580 D$=DT$
15590 TH = CVS(TH$)
15600 T(0)=CVS(CH0$)
15610 T(1)=CVS(CH1$)
15620 T(2)=CVS(CH2$)
15630 V=CVS(CH3$)
15640 DG=CVS(DIG$)
15660 IF ASC(MID$(D$,3,1))=0 THEN EF=1
15670 RETURN
15690 '----- Subroutine voor de file naam en kanaal data -----
15700 SCL = 10
15710 INPUT" Naam van de nieuwe file voor grafiek (DRIVE:NAAM.EXT) : ",F$(I)
15720 INPUT"          Scaling constant (b.v. 10 voor +/-5v) : ",S
15730 INPUT"          Line <L>, Dot <D>, of No plot <N> display : ",M$(I)
15740 IF S<>"> THEN SCL(I)=S
15750 RETURN
15770 IF F$(I)="" THEN RETURN
15780 OPEN F$(I) AS #2 LEN = 30
15790 FIELD #2, 15 AS X$, 15 AS Y$

```

```

LIST 15810-
15810 IF M$(I)="N" OR M$(I)="n" THEN MD=2:GOTO 15840
15820 IF M$(I)="D" OR M$(I)="d" THEN MD=0:GOTO 15850
15830 MD = 1
15850 NR=1: GOSUB 15540
15860 IF EF = 1 THEN RETURN
15880 IF I=0 THEN DI=T(0)
15890 IF I=1 THEN DI=T(1)
15900 IF I=2 THEN DI=T(2)
15910 IF I=3 THEN DI=V
15920 IF I=4 THEN DI=D6
15930 LSET Y$ = MKS$(DI): LSET X$ = MKS$((TH*TAS))
15940 PUT #2,NR+1
15950 NR=NR+1:GOSUB 15540
15960 IF EF = 0 THEN GOTO 15880
15970 LSET X$=MKS$(NR-1):LSET Y$=MKS$(MD)
15980 PUT #2, 1
15990 CLOSE #2
16000 RETURN
16380 '
16390 '
16400 'PROGRAMMA PLOTTING DATA
16410 '
16420 '
16500 SCREEN 0,0,0:CLS:KEY OFF
16510 LOCATE 25,1:PRINT " PROGRAMMA PLOTTING DATA"
16520 LOCATE 1,1
16530 PRINT " Programma PLOTTING DATA maakt het mogelijk datafiles aan te maken
en
16540 PRINT " deze data te plotten m.b.v. een Lineair Plot Control File. Reeds b
estaande
16550 PRINT " Datafiles kunnen m.b.v. LPCF gemakkelijk geplot worden. Tevens is
het"
16560 PRINT " mogelijk de asindeling zelf te kiezen. Een plotfile kan gesaved en
gereload"
16570 PRINT " worden"
16580 LOCATE 8,10:PRINT "1 : Maken van een nieuwe Datafile, keyboard invoer"
16590 LOCATE 10,10:PRINT "2 : Maken van een nieuwe Datafile, floppydisk invoer"
16600 LOCATE 12,10:PRINT "3 : Maken / lezen van een Lineair Plot Control File"
16610 LOCATE 14,10:PRINT "4 : Weergave van een plotfile"
16620 LOCATE 16,10:PRINT "5 : Verandering asindeling in een plotfile"
16630 LOCATE 18,10:PRINT "6 : Einde PLOTTING PROGRAMMA"
16640 LOCATE 22,1:PRINT ";Invoer van uw keuze < 1-6 > : "
16650 LOCATE 22,31:A$=INKEY$
16660 IF VAL(A$)<1 OR VAL(A$)>6 OR A$="" THEN 16650
16670 A=VAL(A$)
16680 IF A=1 THEN RUN "MAKEDATA"
16690 IF A=2 THEN RUN "MAKDATA2"
16700 IF A=3 THEN RUN "MAKPLTCF"
16710 IF A=4 THEN RUN "LOADSCRN"
16720 IF A=5 THEN RUN "MAKEGRAF" ELSE IF A=6 THEN CLS: GOTO 10130 ELSE 16700
19980 ' DIT DEEL GEEFT AAN OF DE DRUKSENSOR GEIJKT MOET WORDEN
20000 CLS:LOCATE 3,3:PRINT "Het ijken van de druksensor dient uitgevoerd te word
en"
20010 LOCATE 4,3:PRINT "om de 4 weken. De laatste ijking is uitgevoerd op 3-10-1
986"

```

```

LLIST 20020-
20020 LOCATE 7,3:PRINT "Indien opnieuw geijkt dient te worden toets ":COLOR 0,7:
LOCATE 7,47:PRINT "RETURN":COLOR 7,0
20030 LOCATE 9,3:PRINT "Indien niet geijkt hoeft te worden toets ":COLOR 0,7:LOC
ATE 9,44:PRINT "BACKSPACE":COLOR 7,0
20040 A%=INKEY$:IF A%="" THEN 20040
20050 IF A%=CHR$(13) THEN RUN "DRUKSENS"
20060 IF A%=CHR$(8) THEN 10130 ELSE 20040
21000 CLS:LOCATE 3,1:PRINT "Berekeningen a.b.v. de experimenten"
21010 LOCATE 6,3:PRINT "1. Bepaling stofoverdrachtscoefficient K"
21080 LOCATE 8,3:PRINT "2. Terug naar hoofdmenu"
21090 LOCATE 20,1:PRINT "Maak uw keuze: "
21100 A%=INKEY$:IF A%="" THEN 21100
21110 Z%=VAL(A%)
21120 ON Z% GOTO 21500,10130
21500 CLS:INPUT "DELTA (IN M)= ",DELTA
21510 INPUT "TEMPERATUUR (IN GRADEN C)= ",TC
21520 T=TC+273.16
21530 PWI=10^5*EXP(-5143.32*(1/T-1/373.16))-5.471*LOG(373.16/T)+.01656*(373.16-T
)
21540 PMAX=INT(PWI/10^5*760+.5)
21550 P%=STR$(PMAX):T%=STR$(TC):PRINT:PRINT
21560 PRINT "BIJ "T%" GRADEN C KAN DE TOTAAL DRUK"
21570 PRINT "NIET LAGER ZIJN DAN "P%" MM HG!!!":PRINT
21580 INPUT "TOTAALDRUK (IN Pa HG) ",PT
21590 PRINT:PRINT
21600 IF PT<=PWI THEN PRINT "DRUK MOET GROTER DAN "P%" MM HG ZIJN!!!":GOTO 21580
21610 HULP=((PT-PWI)*.028964)/(PWI*.018016)
21620 WWI=1/(1+HULP)
21630 K=2.263/(DELTA*PT)*(T/273.15)^1.81
21640 KEFF=K*(-LOG(1-WWI))/WWI
21650 PRINT "PWI = ";PWI
21660 PRINT "K = ";K
21670 PRINT "WWI = ";WWI
21680 PRINT "KEFF= ";KEFF
21690 PRINT:PRINT
21700 PRINT "Wilt u nieuwe gegevens invoeren (J/N)?"
21710 A%=INKEY$:IF A%="" THEN 21710
21720 IF A%=CHR$(74) OR A%=CHR$(106) THEN 21500 ELSE CLS:GOTO 21000
OK

```

```

LIST
100 '          #####
110 '          ##                                     ##
120 '          ##          Programma   Yking druksensor          ##
130 '          ##                                     ##
140 '          ## Walraven/Klomp Ltd.          Rel. 1.1 20/2/1986 ##
150 '          #####
160 '
170 '
180 '          Dit programma ijkt de druksensor die de druk weergeeft in
190 '          de autoclaven. Hiervoor wordt het uitgangssignaal van de
200 '          de druksensor (Volts) gecorreleerd aan de werkelijke druk
210 '          die in de autoclaven heerst d.m.v. een polynoomaanpassing.
220 '
230 '
240 '
250 '
500 SCREEN 0,0,0:CLS:KEY OFF:WIDTH 80
600 '----- Loading DASHB.BIN by contracting workspace to 48K -----
610 CLEAR, 49152! 'Decimal 49152 = 48K
620 DEF SEG = 0
630 S6 = 256 * PEEK(&H511) + PEEK(&H510)
640 S6 = S6 + 49152!/16
650 DEF SEG = S6
660 BLOAD "DASHB.BIN", 0
670 OPEN "DASHB.ADR" FOR INPUT AS #1
680 INPUT #1, BASADR%
690 CLOSE #1
700 DASHB = 0
710 FLAG% = 0
720 MD% = 0
730 CALL DASHB (MD%, BASADR%, FLAG%)
740 IF FLAG% <> 0 THEN PRINT "INSTALLATION ERROR":END
750 LOCATE 12,1: PRINT SPC(79)
760 DIM D(400),V(400),DIZ(2):XLOOP=0:N=0
870 GOSUB 5000
880 CLS:LOCATE 5,1: INPUT "NAAM VAN DATAFILE (b.v. A: MYFILE.DAT):";FIL$
885 OPEN FIL$ AS#1 LEN=8
890 FIELD #1, 4 AS D%, 4 AS V%
900 '-----Barometerstand opnemen-----
910 CLS:LOCATE 3,1:INPUT "BAROMETERDRUK( mBar)=";B ' mBar
920 B=B*100
930 LOCATE 5,1:PRINT"BAROMETERDRUK(In Pascal) =" ;B
932 CLS:LOCATE 5,1:PRINT "WELKE DRUKSENSOR DIENST GEIJKT TE WORDEN?"
933 LOCATE 8,3:PRINT "1. DRUKSENSOR AUTOCLAAF"
934 LOCATE 10,3:PRINT "2. DRUKSENSOR CONDITIONERINGSKAMER"
935 LOCATE 13,1:PRINT "MAAK UW KEUZE: "
936 A%=INKEY$:IF A%="" THEN GOTO 936
937 IF VAL(A%)=1 THEN KAN=1 ELSE IF VAL(A%)=2 THEN KAN=2 ELSE GOTO 936
940 LOCATE 16,1:COLOR 0,7:PRINT"RETURN":LOCATE 16,8:COLOR 7,0:PRINT"BEGIN MET IJ
KEN"
950 A%=INKEY$: IF A%="" THEN 950
960 IF A%=CHR$(13) THEN GOTO 1000
970 GOTO 950

```



```

LIST 1000-
1000 '-----Het ijken van de druksensor-----
1010 CLS: LOCATE 21,1:PRINT"ijking druksensor"
1020 LOCATE 15,1: COLOR 0,7:PRINT"ESC":COLOR 7,0:LOCATE 15,5:PRINT"TERMINATIE IJ
KING DRUKSENSOR"
1030 LOCATE 16,1:COLOR 0,7:PRINT"RETURN":COLOR 7,0:LOCATE 16,8:PRINT"DRUK IS CON
STANT"
1040 DEF SEG=SG
1050 MDX=2: CHZ=KAN: FLAGZ=0
1060 CALL DASHB(MDX,CHZ,FLAGZ)
1070 MDX=4
1080 CALL DASHB(MDX,DIZ(KAN),FLAGZ)
1085 V=(DIZ(KAN)*5)/2048
1090 DEF SEG = &H40
1091 TNOW=PEEK(&H6C)+256*PEEK(&H6D)
1092 TNOW=TNOW*65536!/1193180!
1100 A#=INKEY#
1105 LOCATE 10,1:PRINT USING "DRUK : ##.### V";V
1110 IF A#=CHR$(13) THEN N=N+1:GOTO 1300
1120 IF A#=CHR$(27) THEN CLS:LOCATE 3,1:COLOR 0,7:PRINT"TERMINATED":COLOR 7,0:XL
ODP=1:LSET D#=MKS$(N):PUT #1,1:CLOSE #1:GOTO 5000
1122 IF TNOW<=(TSL-.06) THEN TSL=TNOW
1124 IF TNOW-TSL < (1-1/18.2) THEN GOTO 1091 ELSE TSL=TNOW
1130 GOTO 1040
1300 CLS:LOCATE 3,1: PRINT"DRUK IS CONSTANT"
1310 LOCATE 5,1: INPUT "De Verschuldruk =",D
1320 D=-D*266.6 + B 'Pascal
1330 LOCATE 7,1: PRINT USING"De gemeten druk : ##### Pa";D
1332 LOCATE 9,1: PRINT USING"De spanning is : ##.### V";V
1334 LSET D#=MKS$(D)
1336 LSET V#=MKS$(V)
1338 PUT #1,N+1
1340 LOCATE 15,1:COLOR 0,7:PRINT"RETURN":COLOR 7,0:LOCATE 15,8:PRINT"VERVOLG IJK
PROCEDURE"
1350 A#=INKEY#: IF A#="" THEN 1350
1360 IF A#=CHR$(13) THEN GOTO 1010
1370 GOTO 1350
2499 '-----Inlezen van data vanaf disk-----
2500 CLS:IF XLOOP=0 THEN GOTO 5000
2510 LOCATE 25,1: PRINT SPC(79): LOCATE 25,1: PRINT "INLEZEN DISKFILE"
2520 LOCATE 3,1: PRINT "INLEZEN DATA VANAF DISKFILE"
2530 LOCATE 5,1: INPUT "NAAM VAN DISKFILE (b.v. A: MYFILE.DAT):";FIL#
2540 LOCATE 7,1: COLOR 0,7:PRINT"READING":COLOR 7,0
2550 OPEN FIL# AS#1 LEN=8
2560 FIELD #1, 4 AS D#, 4 AS V#
2565 GET #1,1
2566 N=CVS(D#)
2570 FOR I=1 TO N
2580 GET #1,I+1
2590 D(I) =CVS(D#)
2600 V(I) =CVS(V#)
2610 NEXT I
2620 CLOSE #1
2630 RETURN
3000 '-----Weergave data op scherm-----
3010 CLS:LOCATE 1,1:FLAG=0
3020 GOSUB 2500:GOSUB 3500

```

```

LIST 3030-
3030 FOR I=1 TO N
3040 PRINT USING"###          #####          ##.###";I;D(I);V(I)
3050 IF CSRLIN=20 THEN 3070
3060 NEXT I:FLAG=1
3070 LOCATE 22,1:COLOR 0,7:PRINT"RETURN":COLOR 7,0:LOCATE 22,8:PRINT"VOLGENDE PA
GINA"
3080 LOCATE 23,1:COLOR 0,7:PRINT"ESC":COLOR 7,0:LOCATE 23,5:PRINT"TERMINATIE"
3090 A#=INKEY$:IF A#="" THEN 3090
3100 IF A#=CHR$(13) THEN IF FLAG=1 THEN RETURN ELSE CLS:GOSUB 3500:GOTO 3040
3110 IF A#=CHR$(27) THEN GOTO 5000
3500 PRINT"METING          DRUK          SPANNING"
3510 PRINT"Nr.          Pa          V          "
3520 PRINT"-----          -----          -----"
3530 RETURN
5000 '-----HOOFDMENU-----
5010 CLS:LOCATE 25,1:PRINT SPC(79):LOCATE 25,1:PRINT"HOOFDPROGRAMMA"
5020 LOCATE 1,1:PRINT"Hoofdmenu druksensor"
5030 LOCATE 3,10:PRINT"<1> - Het ijken van de druksensor"
5040 LOCATE 5,10:PRINT"<2> - Weergave data vanaf disk op scherm"
5050 LOCATE 7,10:PRINT"<3> - Polynoomaanpassing"
5060 LOCATE 9,10:PRINT"<4> - Einde programma"
5070 LOCATE 14,1:PRINT"Uw keuze <1 - 4>:"
5080 LOCATE 14,19:A#=INKEY$
5090 IF A#="" OR VAL(A#)<1 OR VAL(A#)>4 THEN 5080
5095 IF VAL(A#)=4 THEN RUN "PROGRAMM"
5100 ON VAL(A#) GOTO 880,3000,10000
5110 GOTO 5000
5120 CLS:LOCATE 1,1:END
10000 '----- DATA POINT ENTRY -----
10010 CLS:LOCATE 25,1:PRINT"POLYNOM - DATA POINT ENTRY";
10012 DIM CDEF(6), MTX(6,7), SM(10), RT(6)
10014 DIM X(10),Y(10)
10020 CLS:LOCATE 25,1:PRINT"POLYNOM - DATA POINT ENTRY";
10022 LOCATE 1,1:PRINT "READING DATAPPOINTS FROM T ROUTINE"
10025 GOSUB 2500
10030 CLS:LOCATE 2,1:PRINT "Number of data points read in from routine T ? ";N
10035 LOCATE 10,1:PRINT "Strike any key to continue"
10037 A#=INKEY$:IF A#="" THEN 10037
10040 ERASE X,Y
10050 DIM X(N), Y(N),AFWIJK(N),YP(N)
10052 FOR I=1 TO N
10053   X(I)=V(I)
10054   Y(I)=D(I)
10055 NEXT I
15000 '----- DISPLAY & CORRECT DATA POINTS -----
15005 DISP=0:FL6=0
15010 CLS:LOCATE 25,1:PRINT"POLYNOM - DISPLAY & CORRECT DATA";
15020 LOCATE 1,1:PRINT"POINT #          Y (output)   X (input)"
15030 PRINT"-----          -----          -----"
15040 FOR I= 1 TO N
15050 PRINT I,Y(I),X(I)
15060 IF CSRLIN = 20 THEN GOSUB 16000
15070 NEXT I
15080 FL6=1:GOSUB 16000
15090 GOTO 20000

```

```

LLIST 16000-
16000 'Scroll display
16010 LOCATE 22,1:PRINT SPC(79);:LOCATE 22,1:INPUT "WHICH POINT DO YOU WISH TO C
HANGE (Enter # or 0 if none)? ",P
16020 IF P>N THEN GOTO 16010
16030 IF P=0 THEN GOTO 16100
16040 LOCATE 22,1:PRINT SPC(79);:LOCATE 22,1:PRINT"POINT ";P;" ENTER DATA Y,X (o
r output/input) - ";:INPUT Y,X
16050 Y(P)=Y:X(P)=X
16070 LOCATE P+2-17*DISP,1:PRINT SPC(79);:LOCATE CSRLIN,1:PRINT P,Y(P),X(P)
16080 GOTO 16010
16100 DISP=DISP +1
16105 IF FLG = 1 GOTO 16140
16130 CLS:LOCATE 25,1:PRINT"POLYNOM - DISPLAY & CORRECT DATA";
16135 LOCATE 1,1:PRINT"POINT #      Y (output)    X (input)"
16137 PRINT"-----"
16140 RETURN
20000 '----- PERFORM LINEAR REGRESSION -----
20010 CLS:LOCATE 25,1:PRINT"POLYNOM - PERFORMING LINEAR REGRESSION";
20012 LOCATE 1,1:INPUT ;"ONDERGRENS POLYNDOOMAANPASSING , GEEF POINT NUMMER";MIN
20014 LOCATE 2,1:INPUT ;"BOVENGRENS POLYNDOOMAANPASSING , GEEF POINT NUMMER";MAX
20016 IF MIN<1 OR MAX>N OR MAX<MIN THEN 20012
20030 LOCATE 4,1:INPUT"ORDER OF ANALYSIS REQUIRED (0-5)? ",ORD
20040 IF ORD <0 OR ORD>5 THEN GOTO 20030
20045 LOCATE 10,20:PRINT"WAIT - REGRESSION ANALYSIS IN PROGRESS"
20050 FOR I=1 TO 2*ORD
20060 SM(I)=0
20070 NEXT I
20080 FOR I = 1 TO ORD+1
20090 RT(I)=0
20100 NEXT I
20110 FOR PNT = MIN TO MAX
20120 FOR I= 1 TO ORD*2
20130 SM(I)=SM(I) + X(PNT)^I
20140 NEXT I
20150 FOR I = 1 TO ORD+1
20160 IF I=1 THEN RT(I)=RT(I) + Y(PNT)
20170 IF I<>1 THEN RT(I) = RT(I) + Y(PNT)*(X(PNT)^(I-1))
20180 NEXT I
20190 NEXT PNT
20200 MTX(1,1)=MAX
20210 FOR I=1 TO ORD+1
20220 MTX(I,ORD+2)=RT(I)
20230 FOR J=1 TO ORD+1
20240 IF I+J<>2 THEN MTX(I,J)=SM(I+J-2)
20250 NEXT J
20260 NEXT I
20270 FOR K = 1 TO ORD
20280 KTMP=K+1
20290 L=K
20300 FOR I=KTMP TO ORD+1
20310 IF ABS(MTX(I,K))>ABS(MTX(L,K)) THEN L=I
20320 NEXT I
20330 IF L=K THEN GOTO 20390
20340 FOR J=K TO ORD+2
20350 TMP=MTX(K,J)
20360 MTX(K,J)=MTX(L,J)

```

```

LIST 20370-
20370 MTX(L,J)=TMP
20380 NEXT J
20390 FOR I= KTMP TO ORD+1
20400 FTR = MTX(I,K)/MTX(K,K)
20410 FOR J= KTMP TO ORD+2
20420 MTX(I,J)=MTX(I,J) - FTR * MTX(K,J)
20430 NEXT J
20440 NEXT I
20450 NEXT K
20460 COEF(ORD+1) = MTX(ORD+1,ORD+2)/MTX(ORD+1,ORD+1)
20470 I=ORD
20480 ITMP= I+1
20490 TOT = 0
20500 FOR J= ITMP TO ORD+1
20510 TOT=TOT + MTX(I,J)*COEF(J)
20520 NEXT J
20530 COEF(I)=(MTX(I,ORD+2)-TOT)/MTX(I,I)
20540 I=I-1
20550 IF I>=1 THEN GOTO 20480
20560 '----- DISPLAY COEFFICIENTS -----
20565 CLS:LOCATE 1,1
20566 LPRINT "ONDERGRENS POLYNDOOMAANPASSING   DRUK : ";Y(MIN)
20567 LPRINT "BOVENGRENS POLYNDOOMAANPASSING   DRUK : ";Y(MAX):LPRINT
20568 LPRINT "POLYNDOOMCOEFFICIENTEN           ";
20570 FOR I=1 TO ORD+1
20580 LPRINT TAB(28)"COEF(";I;") : ";COEF(I)
20590 NEXT I
25000 '----- DISPLAY POLYNOM DATA -----
25010 LOCATE 9,1:PRINT SPC(20)"PRESS ANY KEY TO CONTINUE"
25020 A#=INKEY#:IF A#="" THEN 25020
25030 FLG=0:GOSUB 25500
25040 FOR I=MIN TO MAX
25050 X=X(I):GOSUB 26000:YF(I)=Y:AFWIJK(I)=YP(I)-Y(I)
25060 NEXT I
25070 FOR I=MIN TO MAX
25080 PRINT I,X(I),Y(I),YP(I),AFWIJK(I)
25090 IF CSRLIN=20 THEN GOSUB 25600
25095 IF FLG=1 THEN 25210
25100 NEXT I
25110 FLG=1:GOSUB 25600
25210 CLS:GOTO 30100
25500 CLS:LOCATE 25,1:PRINT SPC(79):LOCATE 25,1:PRINT "DISPLAY POLYNOM DATA POIN
TS"
25510 LOCATE 1,1:PRINT "POINT#           X(input)       Y(input)       Y(output)
  Afwijking "
25520 PRINT "-----"
25530 RETURN
25600 LOCATE 22,1:COLOR 0,7:PRINT "RETURN";:COLOR 7,0:PRINT " VOLGENDE PAGINA"
25610 COLOR 0,7:PRINT " ESC ";:COLOR 7,0:PRINT " TERMINATION"
25620 LOCATE 24,1:A#=INKEY#:IF A#="" THEN 25620
25630 IF A#=CHR$(13) THEN CLS:GOSUB 25500:LOCATE 3,1:RETURN
25640 IF A#=CHR$(27) THEN FLG=1:RETURN
25650 GOTO 25620

```

```

LIST 26000-
26000 Y=CDEF(1)
26010 FOR CNTX=5 TO 1 STEP -1
26020 Y=Y+CDEF(CNTX+1)*X^CNTX
26030 NEXT CNTX
26040 RETURN
30000 '----- TEST FIT -----
30010 LOCATE 25,1:PRINT SPC(79):LOCATE 25,1:PRINT"POLYNOM - TEST CONFORMANCE";
30015 LOCATE 9,1:PRINT"TEST CONFORMANCE":PRINT"-----"
30020 LOCATE 12,1:PRINT SPC(79);:LOCATE 12,1:INPUT "X VALUE (type 0 to quit)? ",
A$
30030 IF A$="0" OR A$="q" THEN GOTO 30100
30040 X=VAL(A$)
30045 Y = CDEF(1)
30050 FOR CNTX= 5 TO 1 STEP -1
30060 Y = Y + CDEF(CNTX+1) * X^CNTX
30070 NEXT CNTX
30080 LOCATE 14,1:PRINT SPC(79):LOCATE 14,1:PRINT"Calculated Y (output) = ";Y;"
for X (input) = ";X
30090 GOTO 30020
30100 LOCATE 14,1:PRINT SPC(79):LOCATE 14,1:INPUT "TRY REGRESSION WITH A DIFFERE
NT ORDER (Y/N)? ",A$
30110 IF A$="y" OR A$="Y" THEN GOTO 30130
30120 LOCATE 25,1:PRINT SPC(79):LOCATE 20,1:GOTO 5000
30130 ERASE SM, MTX, RT, CDEF
30140 DIM CDEF(6), MTX(6,7), SM(10), RT(6)
30150 GOTO 20000
30160 GOTO 5000
ok

```

Bijlage 4.

MEETPROCEDURE HANDLEIDING

De handleiding van de meetprocedure is opgeschreven voor die gedeeltes van de meetprocedure waarvoor de software zelf geschreven is. Dit is het gedeelte waar de data naar disk geschreven worden en daarna eventueel worden uitgelezen naar scherm of naar de printer.

Dit komt neer op regels 12000-14700.

Eerst wordt beschreven wat de verschillende variabelen voorstellen waarna per regel wordt gekeken wat er precies gebeurt.

VARIABELEN LIJST

1. Array variabelen

T(I)	Getalwaarden die afkomstig zijn van DASH 8 kanalen
DI%(I)	Analoge signalen afkomstig van EXP 16 en ter convertering aangeboden worden
MT(KK)	Dagen van de 12 maanden
B(A)	Temperaturen van Tlaag ter uitmiddeling
F(A)	" " Tbodem " "
G(A)	" " Tstraal " "
H(A)	Drukken ter uitmiddeling
E(A)	Gewichten ter uitmiddeling

2. DASH 8 variabelen

FLAG% Geeft aan of er fouten optreden bij installatie
 FLAG%=-0 : geen fouten FLAG%(<>)0 : fouten

BASADR% Geeft aan op welk adres in het geheugen gewerkt wordt

MD% Geeft de DASH 8-mode aan (zie handleiding Lit. 15)

SUB% Teller voor kanalen van EXP 16

CH% Geeft kanaal van DASH 8 aan

LT%{0} Lower Limit : Geeft aan bij welk kanaal conversie begint

LT%{1} Upper Limit : Geeft aan bij welk kanaal conversie eindigt

CJ% Geeft oproep voor koudelascompensatie thermokoppels

DASH 8 Initialisatieparameter

3. Stringvariabelen

A\$ Wordt gekoppeld aan datgene wat op het toetsenbord
 ingedrukt wordt

FILE\$ Wordt gekoppeld aan ingevoerde filenaam

P\$ Geeft het printcommando weer dat naar de balans kan
 worden verstuurd

TAR\$ Geeft tarreercommando weer dat naar de balans kan worden
 verstuurd

DT\$ Geeft datum weer

TH\$ Geeft tijd weer in aantal minuten nadat experiment
 gestart is

CH0\$ Geeft T laag weer in file

CH1\$ Geeft T bodem weer in file

CH2\$ Geeft Tstraal weer in file
CH3\$ Geeft de druk weer in file
DIG\$ Geeft het gewicht weer in file
COMFIL\$ File om communicatiepoort naar balans te openen
DG\$ Wordt gekoppeld aan de waarde die van de balans
binnenkomt
D\$ Datum die wordt gebruikt om terug te rekenen naar het
aantal minuten dat verlopen is nadat het experiment
begonnen is
DAT\$ Datum zoals die is ingevoerd
T\$ Tijd zoals die is ingevoerd (greenwich - time)

4. Gewone variabelen

I Teller voor diverse loupes
NR Geeft het nummer van een groep data aan in de diskfile
SG Wordt gekoppeld aan adres waarin met DASH 8 gewerkt
wordt
X% Geeft aan in welke richting het programma wordt
voortgezet vanuit menu
SC Wordt gekoppeld aan scan interval (tijd tussen 2
metingen) in secondes; vastliggende waarde
SI Wordt gekoppeld aan scan interval en is instelbaar via
keyboard (in secondes)
SCHA Geeft aan welk schuitje gebruikt wordt; met stug (1) of

- met soepel (0) thermokoppeltje
- A Teller voor de loupe die de meetwaardes uitmiddelt
- Z Geeft aan of balans nog getarreerd dient te worden (0)
of niet (1) zodat getalwaardes naar disk geschreven kunnen
worden (start experiment)
- DG Getalwaarde van de waarde die van de balans afkomt
- CJC Koudelas correctie
- AV Waarde van "gain switch" op EXP 16 (versterkingsfactor)
- VG Aantal volts dat de thermokoppels meten
- TC Wordt gekoppeld aan de waarde van een bepaalde
temperatuur; uitgerekend via polynoomaanpassing
- DR Geeft de getalwaarde van de druk weer in Pascal
- VP Geeft aantal volts weer dat via druksensor gemeten wordt
- K1 - K5 Worden gebruikt om de tijd die is verlopen na aanvang
van een experiment om te rekenen naar uren, minuten en
secondes
- TI Geeft de tijd weer die verlopen is na aanvang experiment
(uren)
- TZ Geeft de tijd weer die verlopen is na aanvang experiment
(secondes)
- TH Geeft de tijd weer die verlopen is na aanvang experiment
(minuten)
- TX Geeft de tijd weer vanaf ingevoerde datum en tijd
(secondes)
- TNOW Wordt gekoppeld aan het aantal seconden dat de klok van
de computer meet
- TSL Wordt gekoppeld aan de tijd wanneer een scan interval

begint

- EF Geeft aan of gelezen file leeg (1) of niet leeg (0) is
- ROW Geeft het nummer van de rij aan tijdens uitlezen op
beeldscherm en printer
- SHT% Geeft het nummer van het printerblad weer waarop een
file wordt afgedrukt
- LP Geeft het aantal dagen weer dat moet worden opgeteld om
te corrigeren op schrikkeljaren
- YR Geeft aantal jaren weer vanaf ingevoerde datum

REGEL COMMENTAAR

- | | |
|-------------|---|
| 12060 | Dimensioneren arrays |
| 12062-12066 | Dagen van de maand worden in een array gelezen |
| 12070 | Variabelen worden op hun beginwaarde gezet |
| 12080 | Scherf wordt op text mode gebracht |
| 12090-12140 | Geheugenplaats wordt gezocht voor binnengebrachte signalen |
| 12150-12230 | Installatie van DASH 8 |
| 12240 | Verwijder text op regel 12090 |
| 12310-12440 | Menu datalog programma en verdere verwerking naar diverse onderdelen |
| 12450 | Verwijst terug naar hoofdmenu |
| 12470 | Inlezen filenaam |
| 14480-12490 | Definiering tarreer en print commando van balans |
| 12500-12510 | Initialisatie file ter logging van meetgegevens |
| 12520-12530 | Initialisatie file ter logging balans data |
| 12540 | Tarreercommando wordt naar balans verstuurd |
| 12550 | Verplaatsing programma naar onderdeel van menu |
| 12560-13560 | Loggen van data van de diverse signalen en lezen naar scherm en eventueel schrijven naar disk |

12570-12580 Variabelen op beginwaarde zetten

12590-12610 Instellen van scan interval tijdens experiment

12620 Aangeven met welk thermokoppel wordt gewerkt

12630-12710 Indeling van het beeldscherm

12720-13530 Meetloupe

12730 Meetsignalen worden pas uitgemiddeld indien een halve minuut verstreken is. De eerste signalen zoveel mogelijk uitgelezen om nulpunt nauwkeurig vast te stellen

12735 Scan interval wordt op ingestelde waarde gebracht

12740 Uitmiddellings loupe

12750 Afdrukken van de tijd

12760-12800 Verbind DASH 8 met het kanaal waarop de EXP 16 is aangesloten

12810-12820 Elke T wordt van EXP 16 naar DASH 8 gehaald

12830-12840 T wordt geconverteerd en in array opgeslagen

12850-12860 Verbind DASH 8 met kanaal waarop druk binnenkomt

12870-12880 Druk wordt naar DASH 8 gehaald

12890-12910 Druk wordt geconverteerd en in array gezet

12920-12940 Geeft balans commando te zenden en neemt binnengekomen signaal op

12950 Wanneer experiment nog niet begonnen is, tarreren

12955 Wanneer plaatje op schuitje valt (DG30) dan start experiment. Er volgt nog een tarrering en het scan interval wordt voorlopig ingesteld.

12960 In meetloupe moet bijbehorende tijd op het juiste tijdstip worden gekozen

12970-13030 Neemt koude las temperatuur op van EXP 16 via DASH8

13040-13070 Zet temperatuur om van bits naar volts

13080-13100 Correctie koudelas

13110 Naar gelang gebruikt thermokoppel dient juiste
polynoom gebruikt te worden

13120-13150 Uitrekenen temperaturen van volts naar graden via
polynomen

13170 Druk omrekenen van bits naar volts

13180-13200 Meetwaarden worden uitgemiddeld

13205 Na start experiment wordt bij gewicht 20 gram
opgeteld om negatieve waardes te voorkomen

13208 Voor aanvang experiment nog tarreren

13210 Polynoom om druk van volts naar pascal te zetten

13212 Verwijzing naar subroutine waar tijd uitgerekend
wordt die verlopen is nadat experiment gestart is

13214 Omrekenen van uren (digitaal) naar uren, minuten
en secondes

13216 Omrekening van uren naar minuten

13220-13250 Afdruk meetgegevens op het beeldscherm

13255 Na tarrering terug naar voorbereidingen experiment

13265 De eerste waarde wordt niet weggeschreven
(storingen balans)

13270-13370 Data worden naar disk geschreven

13390-13520 Afchecken scan interval

13440 Commando "beeindiging experiment" controleren

13540-13560 Datalogging wordt beeindigd; alle files gesloten en flags
op nul gezet; terug naar menu

13570-13750 Weergeven van data op beeldscherm

13580 Juiste plaats op beeldscherm localiseren

13590-13620 Headings op scherm plaatsen

13630 Verwijzing om data uit file te halen

13640-13680 Controle of alle data op scherm staan; zoniet dan doorgaan;
zowel dan afsluiten en terug naar menu

13690 Data worden op het beeldscherm gezet

13700 Nummer data-groep en rij worden opgehoogd

13710-13740 Laat op scherm zien wat de volgende stap is

13760-13940 Uitlezen van data op de printer

13770-13840 Headings weergeven op het beeldscherm en op de
printer

13850 Verwijzing om data uit file te halen

13860 Controle of file leeg is of niet

13870 Weergeven van data op de printer

13880 Nummer van datagroep en rij ophogen

13890-13900 Op het scherm vragen wat de volgende stap is

13910-13940 Opmaak van een nieuwe pagina op de printer

13960-14100 Subroutine om data van file af te halen

14070 Check of file leeg is

14080 Datum corrigeren

14500-14700 Subroutine om greenwich-time om te werken naar een tijd
welke verstreken is nadat een experiment begonnen is

14520-14530 Indien experiment nog niet is aangevangen moet deze tijd
op nul blijven

Tijd	Tlaag	Tbodem	Tstraal	DRUK	BALANS
0.07	37.6	18.8	124	13915	19.445
3.97	40.9	33.7	124	12618	18.713
13.97	40.6	34.4	124	12540	17.918
23.97	40.9	34.4	120	12703	17.388
34.63	40.9	33.9	114	12736	16.936
44.80	40.9	33.2	107	12785	16.570
54.87	41.1	33.6	103	12760	16.253
65.07	41.1	32.9	100	12528	15.971
75.10	41.1	32.7	95	12622	15.734
85.10	41.2	32.1	93	12593	15.526
95.27	41.2	31.7	88	12573	15.343
105.27	41.4	32.0	88	12524	15.191
115.27	41.4	32.2	84	12650	15.063
125.27	41.4	31.5	81	12622	14.955
135.30	41.5	30.9	82	12601	14.865
145.30	41.5	30.4	80	12699	14.788
155.93	41.6	30.7	76	12634	14.723
166.10	41.6	30.2	77	12679	14.666
176.10	41.5	30.1	73	12715	14.623
186.07	41.5	30.2	72	12687	14.585
196.07	41.6	29.7	72	12699	14.551
206.03	41.5	29.9	72	12679	14.524
216.60	41.5	29.3	68	12683	14.498
226.40	41.6	29.6	69	12654	14.478
236.70	41.5	29.4	68	12756	14.460
246.80	41.6	29.5	68	12707	14.444
256.97	41.5	29.4	67	12687	14.427
266.97	41.5	29.0	68	12687	14.414
277.27	41.5	29.0	67	12683	14.404
287.27	41.6	29.2	66	12675	14.391
297.53	41.6	29.0	67	12671	14.380
307.53	41.6	29.1	66	12662	14.370
317.53	41.6	29.2	66	12666	14.361
327.60	41.7	29.2	63	12654	14.355
338.23	41.6	28.9	64	12695	14.345
348.37	41.6	28.8	64	12695	14.339
358.33	41.6	28.8	65	12666	14.334
368.33	41.5	28.7	64	12707	14.329
378.33	41.6	29.0	63	12691	14.325
388.43	41.5	28.5	64	12679	14.320
398.60	41.6	28.6	64	12609	14.317
408.57	41.6	28.7	64	12695	14.314
418.57	41.7	28.5	64	12723	14.311
428.57	41.7	28.5	65	12658	14.306

EXPERIMENT: EXPM46.DAT
 TEMPERATUUR: 41.4 C
 DRUK: 12500 Pa
 MD-BEHALTE: 29%
 Gew. Laagje: 7.66 Gram
 G0: 19.5 Gram

Einde file

Aantal meetpunten = 660

Tijd	Tlaag	Tbodem	Tstraal	DRUK	BALANS
0.00	32.4	Z-59.0	33	19092	20.041
4.53	31.0	Z-60.0	119	12337	19.399
14.93	32.5	Z-57.1	114	12365	18.550
24.53	32.8	Z-53.7	108	12394	18.040
34.93	32.9	Z-61.1	100	12390	17.632
44.80	33.1	Z-57.6	94	12374	17.295
54.93	32.5	Z-58.7	88	12532	17.001
65.07	32.4	Z-61.4	85	12646	16.743
75.47	32.5	Z-60.5	82	12626	16.505
85.60	32.5	Z-61.3	80	12402	16.297
95.47	32.7	Z-59.1	78	12422	16.106
105.60	32.7	32.9	75	12512	15.935
115.47	32.8	32.5	73	12451	15.782
125.60	32.8	32.9	70	12447	15.646
136.27	32.8	32.4	68	12374	15.517
146.40	32.9	32.0	67	12487	15.411
156.53	32.9	32.7	65	12471	15.318
166.40	32.9	32.8	63	12553	15.236
176.53	32.8	31.9	61	12500	15.163
186.67	32.6	32.0	60	12483	15.098
197.60	32.7	31.6	59	12544	15.037
207.47	32.6	31.8	57	12557	14.989
217.60	32.6	32.3	57	12540	14.945
227.47	32.6	31.7	56	12573	14.906
237.33	32.6	31.5	55	12532	14.873
247.73	32.6	31.9	55	12561	14.841
258.40	32.7	31.4	54	12557	14.812
268.27	32.6	30.9	54	12565	14.788
278.40	32.7	31.3	54	12544	14.765
288.27	32.7	30.6	53	12569	14.746
298.40	32.7	31.3	52	12544	14.730
308.53	32.7	30.8	52	12528	14.712
318.93	32.8	30.6	52	12528	14.696
328.80	32.8	30.9	52	12561	14.682
359.20	32.9	30.4	51	12491	14.641
398.93	32.8	30.8	50	12508	14.596
438.93	32.9	31.1	50	12491	14.563
476.53	32.9	31.1	50	12504	14.541
516.53	32.9	30.5	49	12426	14.525
554.13	32.8	30.8	49	12333	14.513
591.73	32.8	31.2	49	12435	14.502
631.47	32.9	30.8	49	12487	14.493
669.07	32.9	30.9	50	12565	14.485
708.80	32.7	30.9	49	12585	14.478
746.67	33.0	31.1	50	12565	14.472
784.00	33.0	31.0	49	12528	14.468
824.00	33.0	30.6	49	12455	14.461
861.60	33.1	31.4	50	12382	14.457
898.93	32.9	33.8	49	12390	14.452
938.93	32.7	34.0	49	12439	14.450
978.93	32.8	33.7	48	12406	14.446
1016.53	32.8	33.6	48	12544	14.443

EXPERIMENT: EXPMD48.DAT
 TEMPERATUUR: 32.8 C
 DRUK: 12450 Pa
 MD-GEHALTE: 29%
 Bew. Laagje: 7.84 Gram
 G0: 20.0 Gram

Einde file

Aantal meetpunten = 780

Tijd	Tlaag	Thodem	Tstraal	DRUK	BALANS
0.00	26.2	16.8	21	11424	19.992
5.87	24.7	29.4	123	12374	19.389
16.00	25.7	30.1	108	12382	18.673
25.87	26.1	30.0	96	12483	18.209
36.00	26.3	29.6	89	12300	17.841
46.13	26.2	29.2	82	12382	17.538
56.27	26.3	29.2	78	12418	17.266
66.40	26.4	28.8	74	12256	17.025
76.27	26.3	28.7	72	12268	16.806
86.40	26.3	28.3	69	12390	16.606
96.53	26.3	28.3	66	12349	16.417
106.67	26.4	27.9	66	12418	16.251
116.80	26.5	27.7	64	12418	16.095
126.67	26.6	27.4	62	12394	15.957
136.80	26.5	27.1	60	12528	15.830
146.93	26.5	26.9	59	12467	15.714
157.33	26.5	26.5	56	12491	15.607
167.20	26.5	26.4	55	12504	15.514
177.33	26.6	26.0	54	12430	15.429
187.20	26.7	25.8	53	12512	15.352
197.33	26.4	25.6	51	12500	15.282
207.20	26.4	25.5	49	12475	15.219
217.33	26.5	25.3	48	12520	15.162
227.73	26.1	24.9	46	12524	15.111
237.87	26.1	24.8	45	12536	15.065
248.00	26.0	24.6	44	12540	15.024
257.87	26.1	24.5	44	12544	14.987
268.00	26.1	24.3	44	12471	14.952
278.67	26.0	24.1	43	12540	14.919
288.80	26.1	24.0	43	12544	14.891
298.93	26.1	23.9	43	12557	14.864
308.80	26.2	23.8	42	12544	14.841
318.93	26.3	23.7	43	12447	14.818
329.33	26.2	23.5	42	12553	14.798
386.93	26.4	22.9	42	12329	14.705
468.53	26.6	22.3	41	12174	14.622
543.73	26.5	22.0	41	12341	14.564
623.47	26.7	21.8	41	12276	14.517
703.47	26.7	21.7	40	12337	14.490
778.67	26.5	21.4	40	12325	14.473
858.40	26.4	21.6	40	12292	14.458
938.40	26.5	22.2	39	12154	14.450
1018.13	26.3	22.0	39	12113	14.442
1098.40	26.5	22.5	39	12097	14.434
1178.40	26.4	23.9	36	12187	14.429
1258.40	26.1	24.2	34	12093	14.423
1333.60	26.2	23.9	35	12109	14.416
1413.87	26.2	23.6	35	12170	14.407

EXPERIMENT: EXPM50.DAT
 TEMPERATUUR: 26.4 C
 DRUK: 12400 Pa
 MD-GEHALTE: 29%
 Gew. Laagje: 7.92 Gram
 60: 20.0 Gram

Einde file

Aantal meetpunten = 720

Tijd	Tlaag	Tbodem	Tstraal	DRUK	BALANS
0.07	33.0	12.8	19	18952	20.001
4.10	35.9	30.7	124	12565	19.058
14.17	34.8	31.8	124	12964	17.604
24.33	35.3	31.8	124	12650	16.744
34.47	35.6	31.9	123	12707	16.095
44.43	35.7	30.9	116	12581	15.568
54.50	35.9	30.9	110	12675	15.129
64.63	36.0	30.7	102	12634	14.777
74.70	36.2	30.5	95	12642	14.511
84.83	36.0	29.7	85	12601	14.322
95.13	36.1	29.1	77	12675	14.194
105.13	36.1	28.4	71	12671	14.108
115.07	36.2	27.6	66	12695	14.051
125.23	36.2	27.1	62	12683	14.010
135.23	36.2	26.5	60	12675	13.983
145.67	36.2	26.2	59	12711	13.961
155.83	36.3	25.9	58	12711	13.945
165.90	36.3	25.8	58	12732	13.932
175.90	36.2	25.4	57	12630	13.922
185.90	36.3	25.4	57	12687	13.913
195.90	36.2	25.1	56	12683	13.905
206.33	36.3	25.0	56	12662	13.899
216.33	35.7	24.6	55	12642	13.894
226.30	35.6	24.4	54	12614	13.890
236.37	35.6	24.4	55	12662	13.886
246.53	35.6	24.2	55	12662	13.883
256.77	35.7	24.4	55	12626	13.880
266.97	35.6	24.1	55	12675	13.877
276.97	35.5	23.9	55	12666	13.874
286.97	35.6	23.9	55	12699	13.872
296.97	35.6	23.9	55	12577	13.869
306.97	35.7	23.7	55	12630	13.866
317.00	35.5	23.7	55	12569	13.865
327.63	35.7	23.6	56	12630	13.863
357.80	35.7	23.5	56	12634	13.857
396.13	35.7	23.3	55	12581	13.850
433.73	35.8	23.1	56	12605	13.845
473.73	35.8	23.2	57	12536	13.840
513.77	35.9	23.1	56	12500	13.836
551.37	35.8	23.0	56	12479	13.832
591.23	36.0	23.0	56	12504	13.828
628.77	35.9	22.9	57	12496	13.825
666.37	35.8	22.9	56	12479	13.823
706.27	36.0	22.9	56	12435	13.820
746.27	36.0	22.9	56	12483	13.817
783.73	36.0	22.6	57	12471	13.814
823.67	36.1	22.7	57	12487	13.812
861.50	35.8	22.8	56	12475	13.810
901.33	36.2	23.6	57	12422	13.809
941.23	36.0	24.4	56	12418	13.810
978.73	35.9	24.5	55	12378	13.808
1016.40	35.7	24.7	54	12410	13.808
1056.23	35.8	24.9	54	12422	13.808
1093.70	36.0	25.0	55	12443	13.807
1131.47	36.0	25.1	54	12422	13.806
1171.20	36.1	25.3	55	12410	13.806

EXPERIMENT: EXPMS2.DAT
 TEMPERATUUR: 35.8 C
 DRUK: 12400 Pa
 MD-GEHALTE: 17%
 Gew. Laagje: 7.51 Gram
 GO: 20.03 Gram

Einde file

Aantal meetpunten = 840

Tijd	Tlaag	Tbodem	Tstraal	DRUK	BALANS
0.07	26.1	20.0	123	13221	20.002
4.60	25.6	28.8	124	12500	19.465
14.60	26.2	32.9	124	12304	18.223
24.77	26.4	33.2	122	12325	17.354
34.77	26.6	32.4	113	12496	16.715
44.77	26.5	32.3	105	12561	16.186
54.87	26.4	31.3	97	12585	15.738
65.27	26.5	30.7	93	12536	15.359
75.27	26.5	30.5	85	12317	15.058
85.27	26.5	29.9	79	12386	14.800
95.23	26.8	29.1	73	12544	14.595
105.23	26.6	28.2	66	12540	14.436
115.23	26.6	27.5	60	12557	14.309
125.43	26.7	26.6	55	12593	14.215
135.43	26.6	26.2	51	12675	14.138
145.57	26.6	25.7	51	12609	14.079
155.83	26.7	25.4	51	12650	14.032
165.97	26.6	24.6	45	12658	13.983
175.97	26.7	24.2	42	12626	13.948
186.60	26.7	23.7	41	12597	13.925
196.60	26.8	23.4	41	12528	13.910
206.60	26.7	23.3	41	12536	13.897
216.57	26.8	23.1	41	12524	13.886
226.70	26.9	23.0	42	12467	13.879
236.70	26.8	22.8	41	12406	13.872
247.27	26.8	22.7	41	12361	13.866
257.23	26.8	22.7	41	12365	13.863
267.23	26.6	22.4	41	12333	13.859
277.30	26.7	22.4	41	12276	13.854
287.33	26.7	22.2	40	12284	13.851
297.30	26.7	22.2	41	12231	13.849
307.90	26.7	22.2	41	12191	13.845
317.93	26.7	22.2	41	12187	13.841
327.90	26.6	22.1	41	12292	13.837
358.07	26.5	21.9	41	12272	13.832
396.40	26.8	21.8	42	12178	13.826
436.50	26.6	21.5	41	12183	13.819
474.00	26.6	21.6	42	12158	13.814
513.90	26.7	21.5	41	12105	13.809
551.57	26.7	21.4	42	12069	13.806
589.13	26.7	21.4	42	12061	13.802
628.83	26.9	21.4	42	12101	13.797
666.37	26.7	21.3	42	11963	13.796
703.97	26.7	21.4	42	11996	13.793
743.87	26.7	21.4	42	11988	13.789
781.47	26.8	21.4	42	11943	13.788
821.47	26.7	21.4	41	11951	13.785
861.33	26.8	21.2	41	11846	13.785
898.83	26.7	21.0	42	11708	13.782
936.37	26.7	20.9	42	11744	13.780
976.33	26.6	22.2	41	11716	13.782
1013.83	26.6	22.7	39	11671	13.782
1051.50	26.6	22.4	39	11639	13.782
1091.33	26.5	22.5	39	11582	13.782

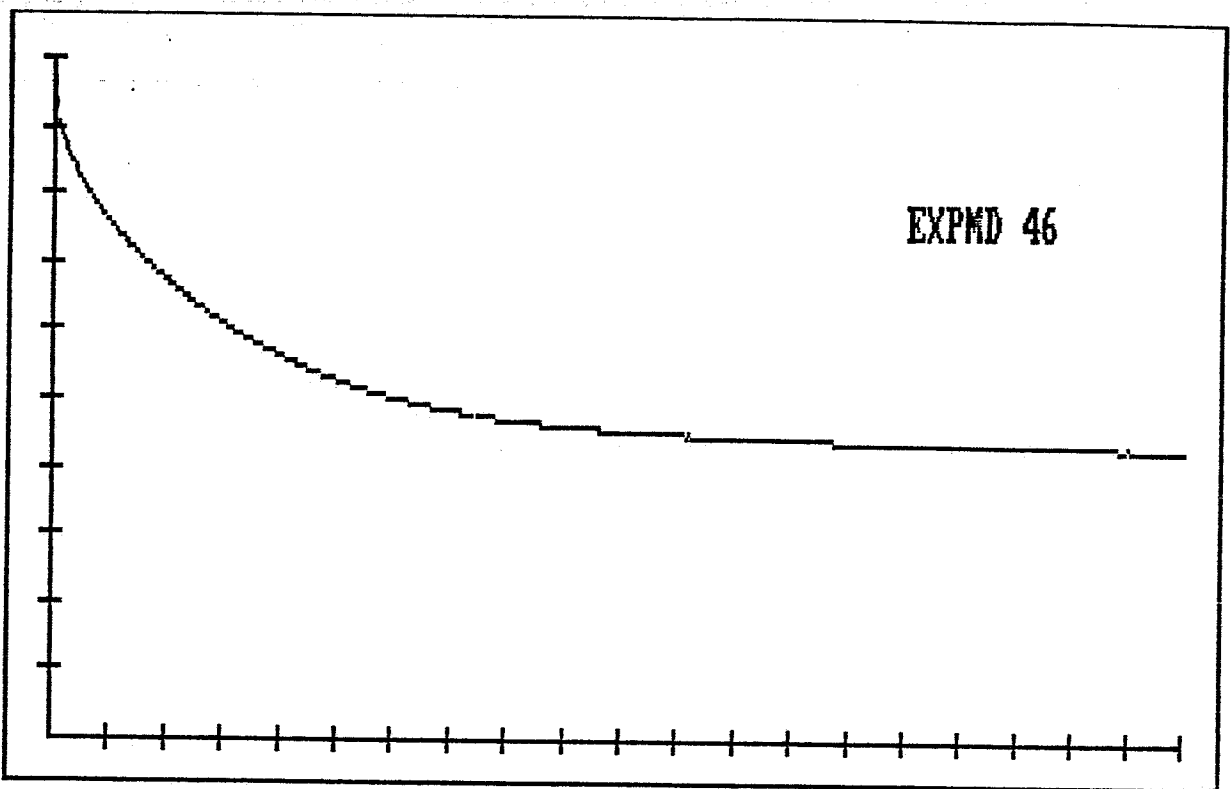
EXPERIMENT: EXPMD54.DAT
 TEMPERATUUR: 26.7 C
 DRUK: 12200 Pa
 MD-GEHALTE: 17%
 Gew. Laagje: 7.65 Gram
 60: 20.09 Gram

Einde file

Aantal meetpunten = 810

0.20E+02

GRG



0.10E+02

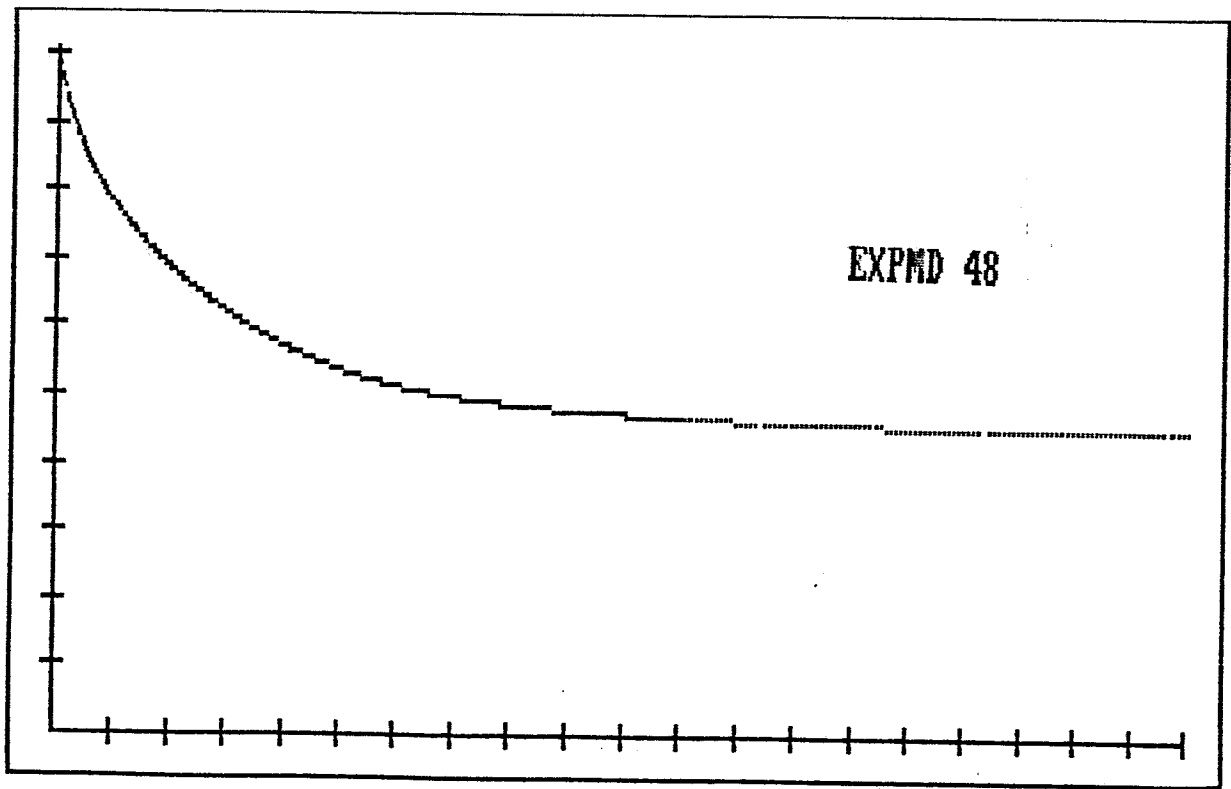
0.00E+00

TIJD -MIN-

0.40E+03

0.20E+02

GRG



0.10E+02

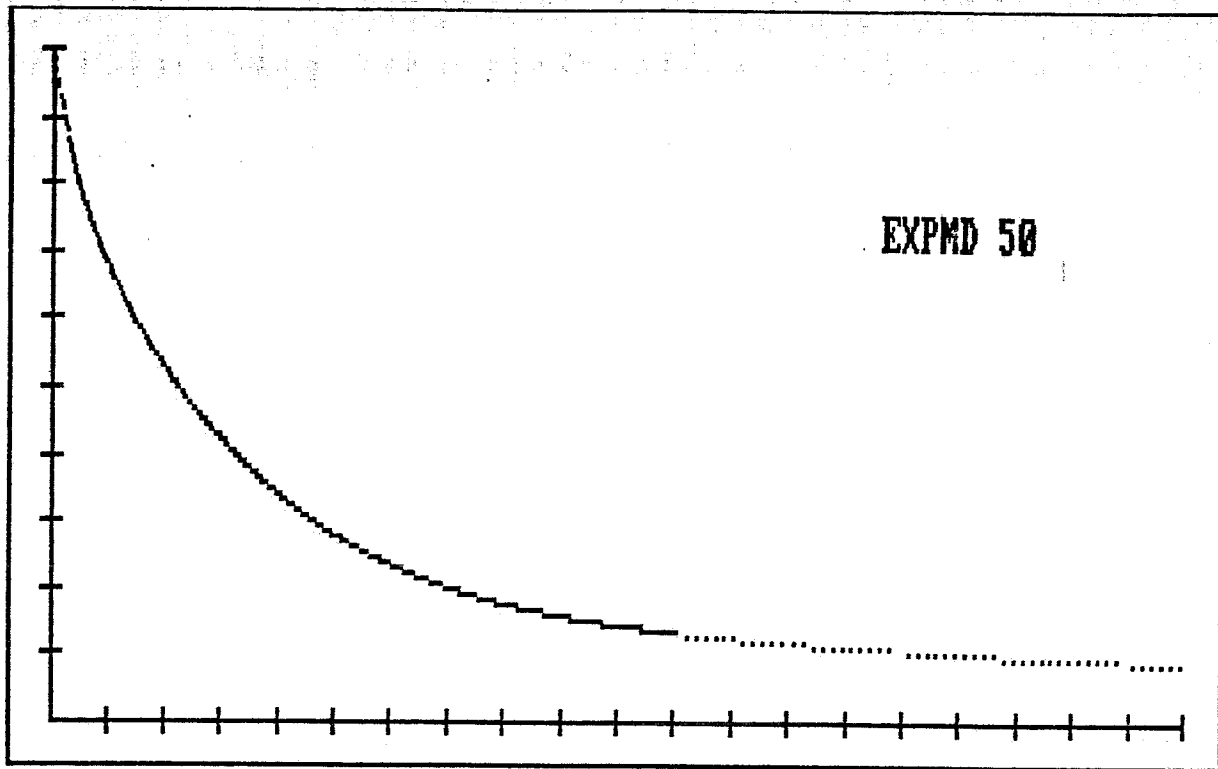
0.00E+00

TIJD -MIN-

0.60E+03

0.20E+02

G
E
W
I
C
H
T
-
G
R
-



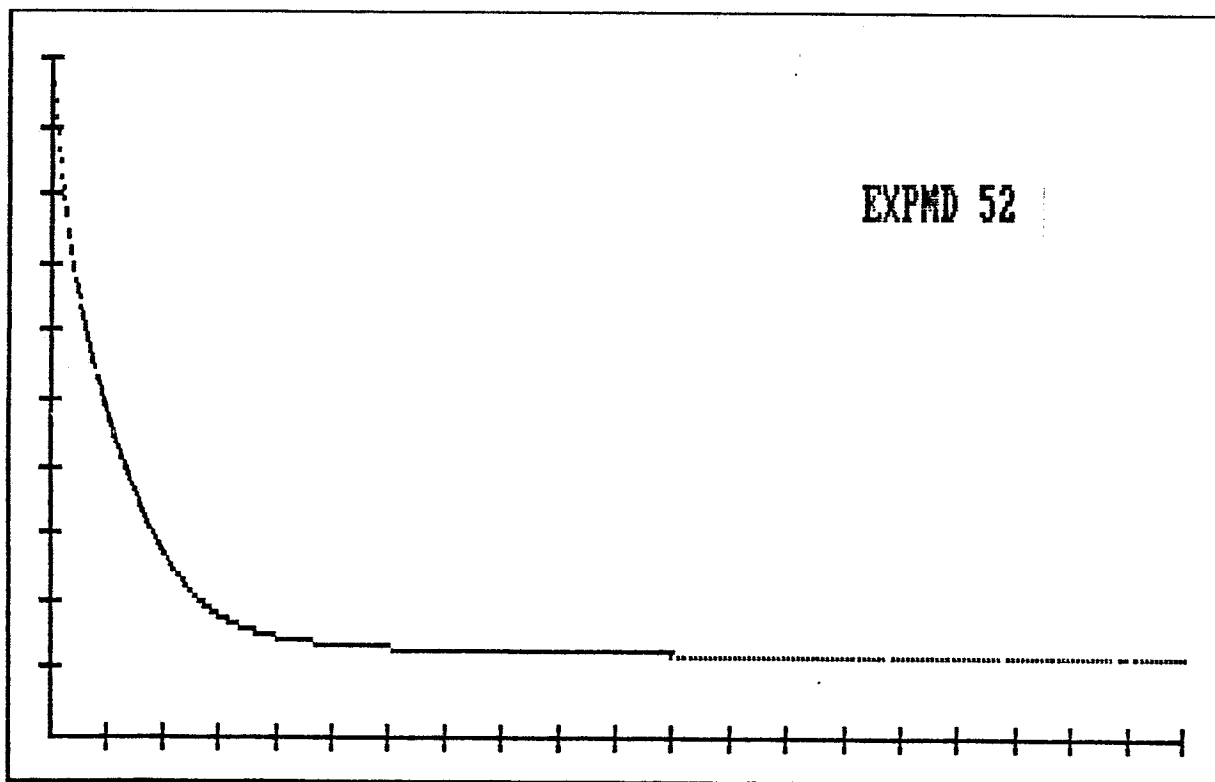
0.14E+02

0.00E+00 TIJD -MIN-

0.60E+03

0.20E+02

G
E
W
I
C
H
T
-
G
R
-



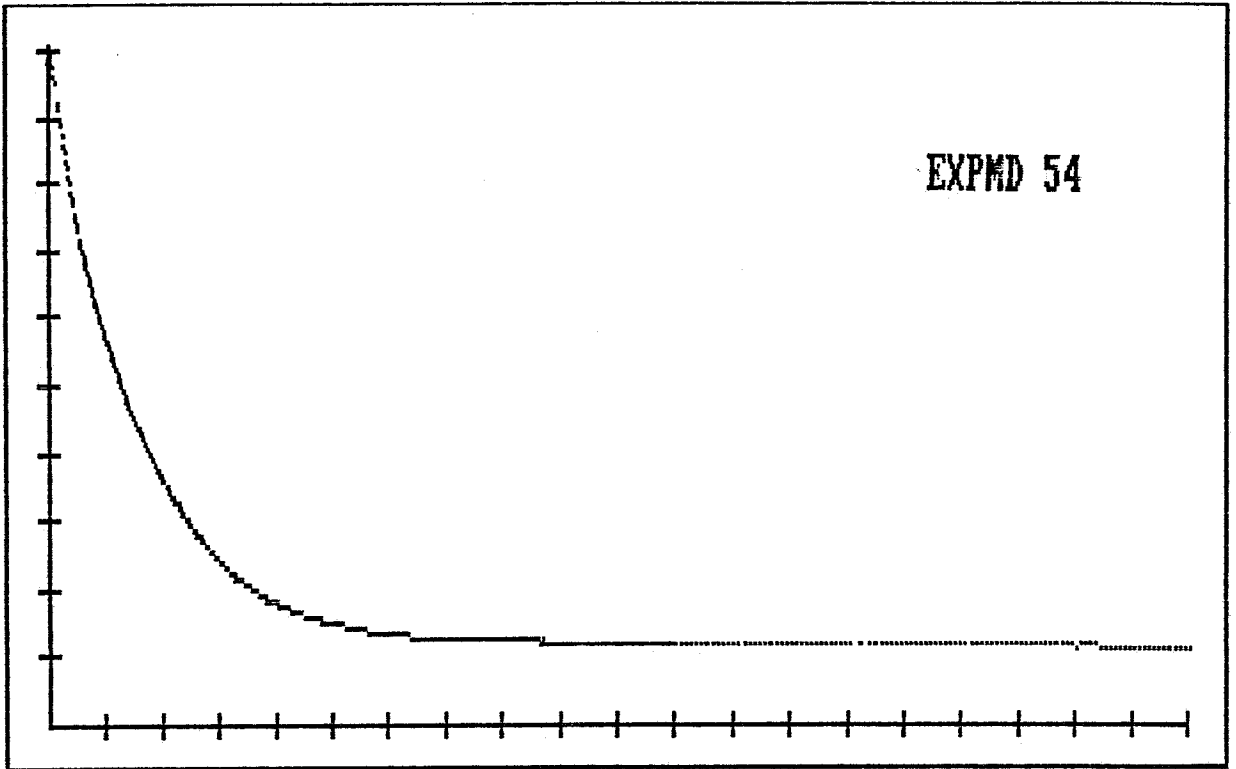
0.13E+02

0.00E+00 TIJD -MIN-

0.60E+03

0.20E+02

G E W I C H T
- G R -



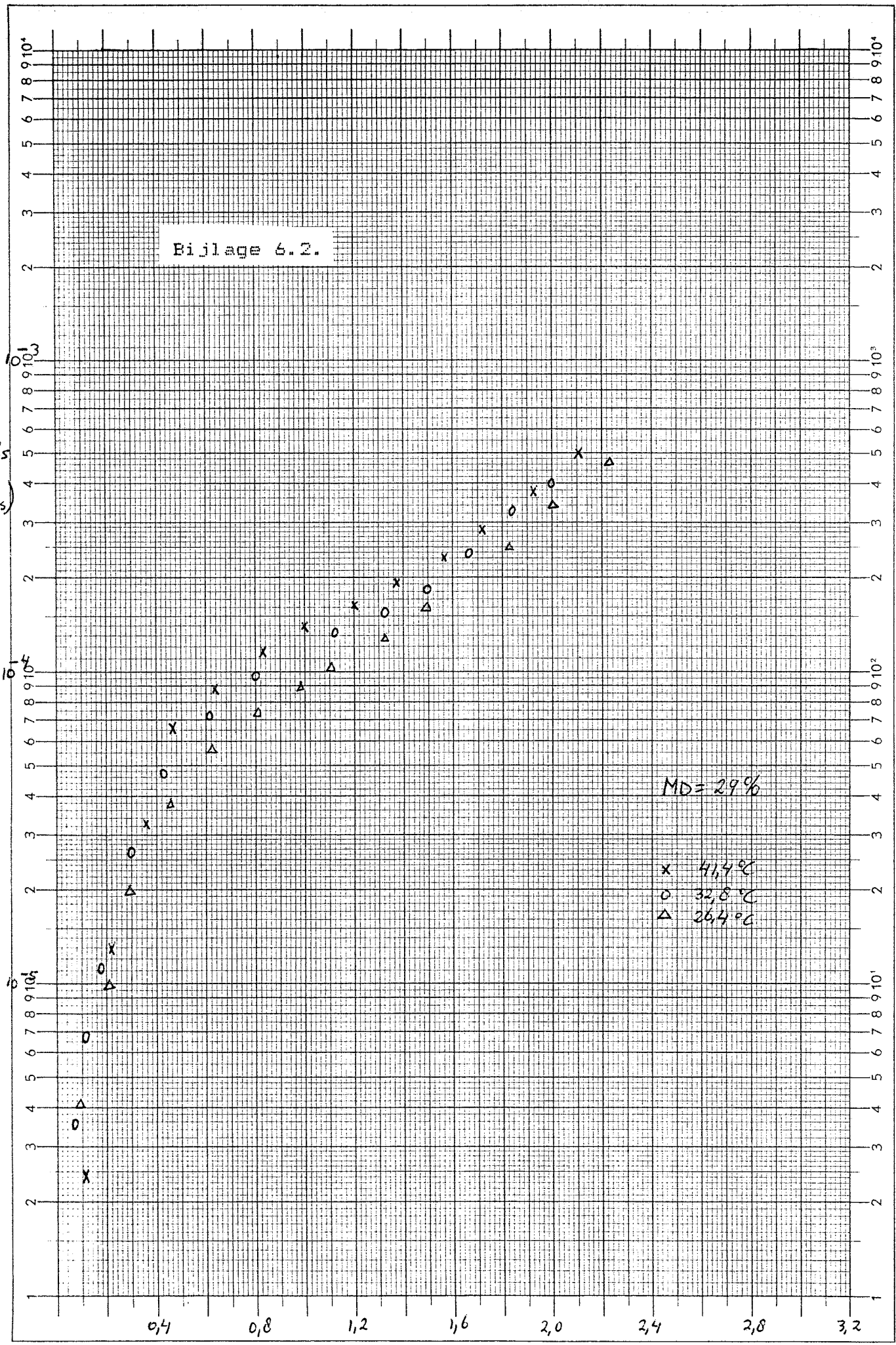
0.13E+02

0.00E+00

T I J D - M I N -

0.60E+03

Bijlage 6.2.

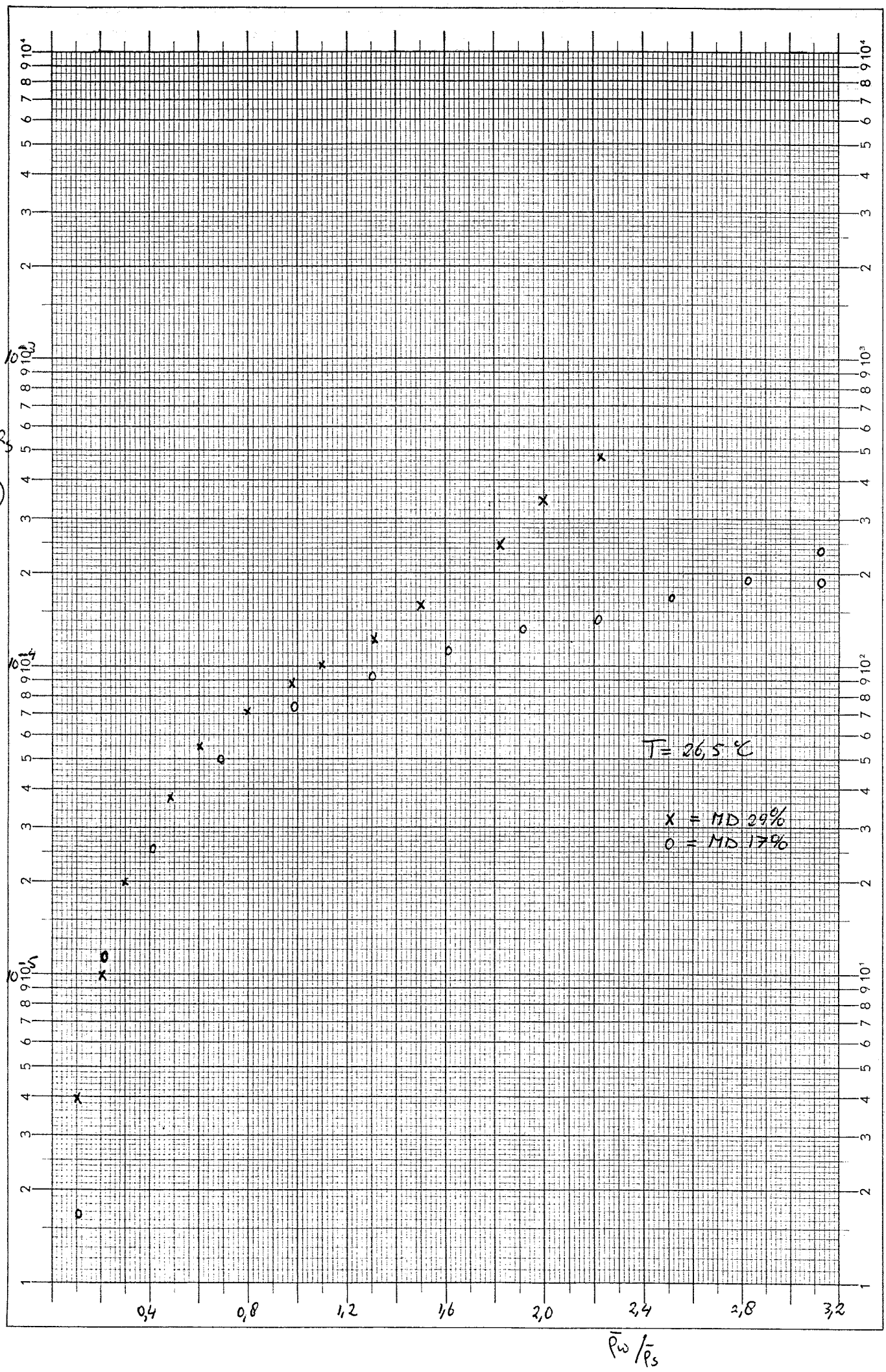


X-as log. verdeeld 1-10⁴ Eenheid 62,5 mm Y-as verdeeld in mm.

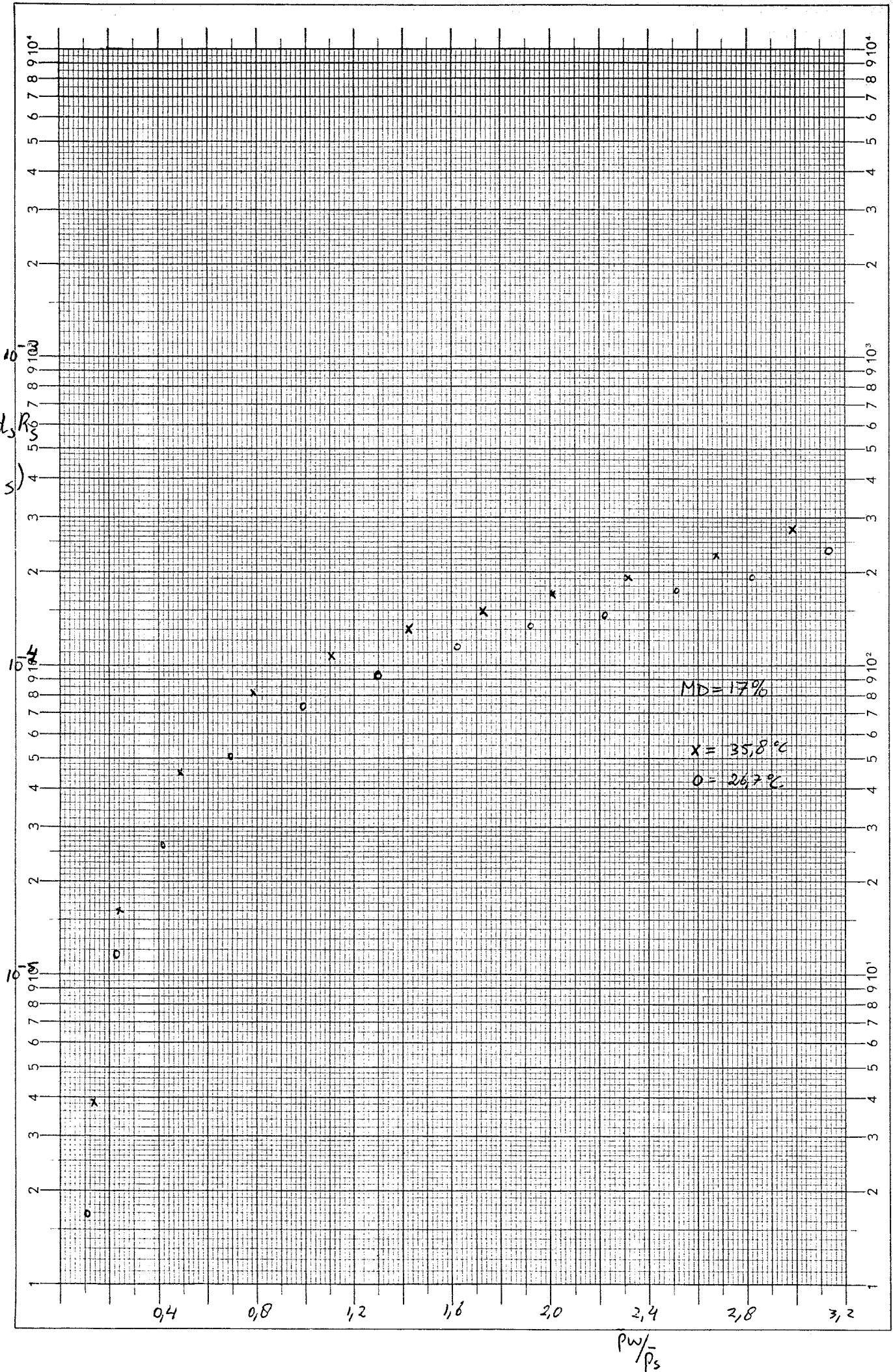
H-10012

meetpapier - wormer

$d_5 R_3$
(lg 17.5)

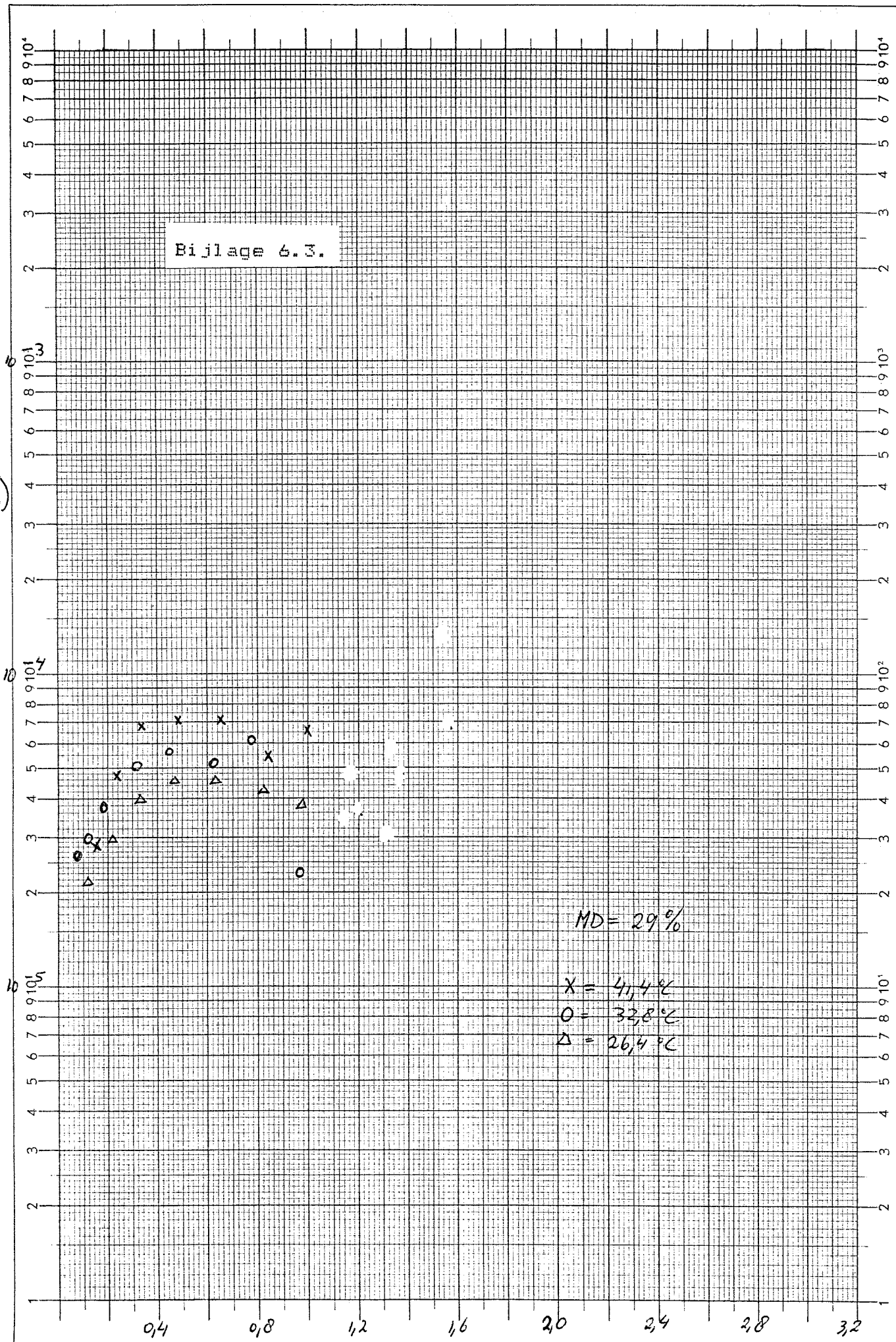


$\rho_{s, d, s} R_{s, s}$
(kg/m⁴.s)



$\frac{1}{\rho_s}^2$
 $(\frac{m^2}{m^2 \cdot s})$

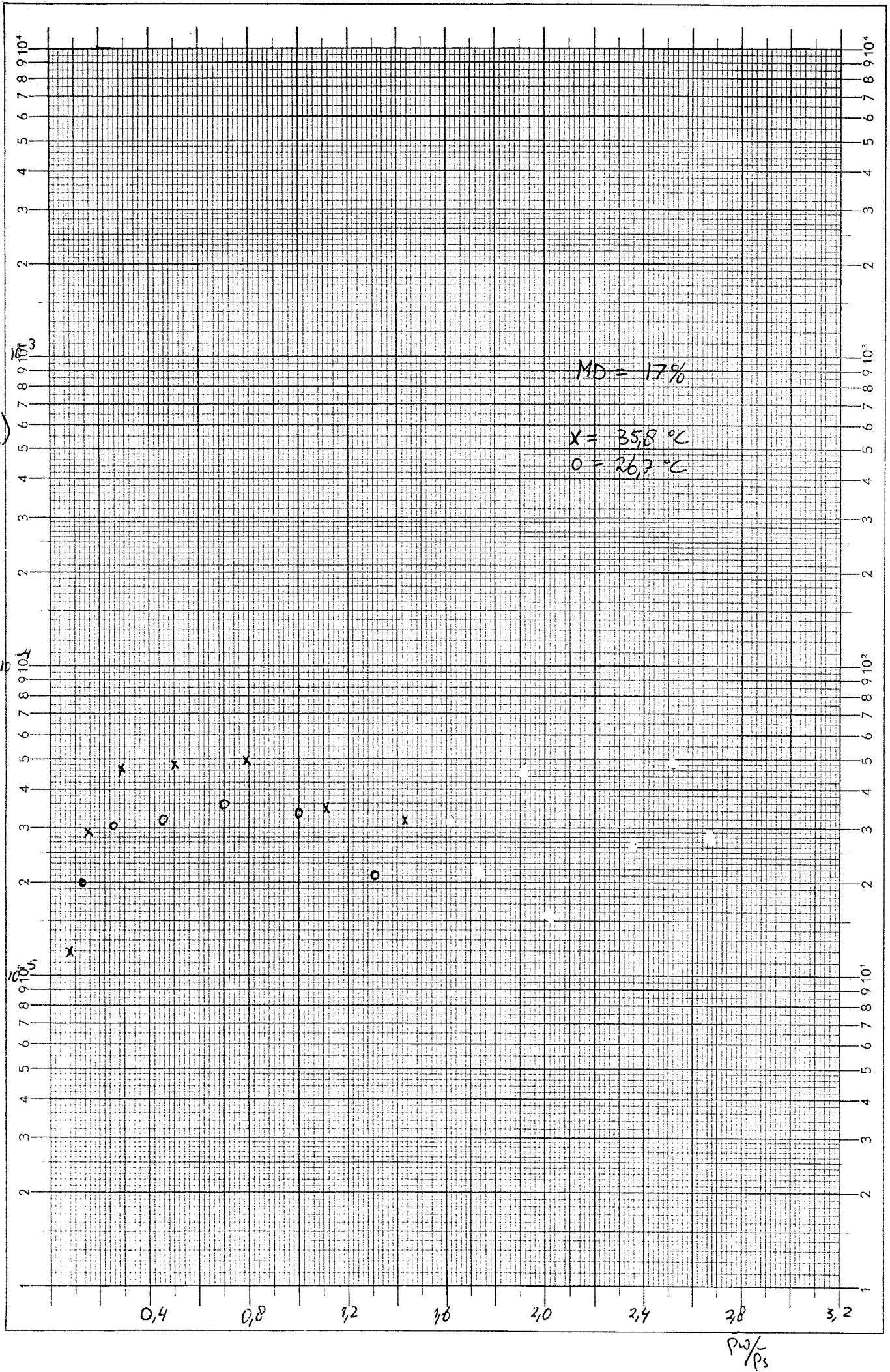
Bijlage 6.3.



MD = 29%
X = 41,4%
O = 33,8%
Δ = 26,4%

$\bar{\rho}_w / \bar{\rho}_s$

P_{Ps}^2
 $\frac{P^2}{m^4 \cdot s}$



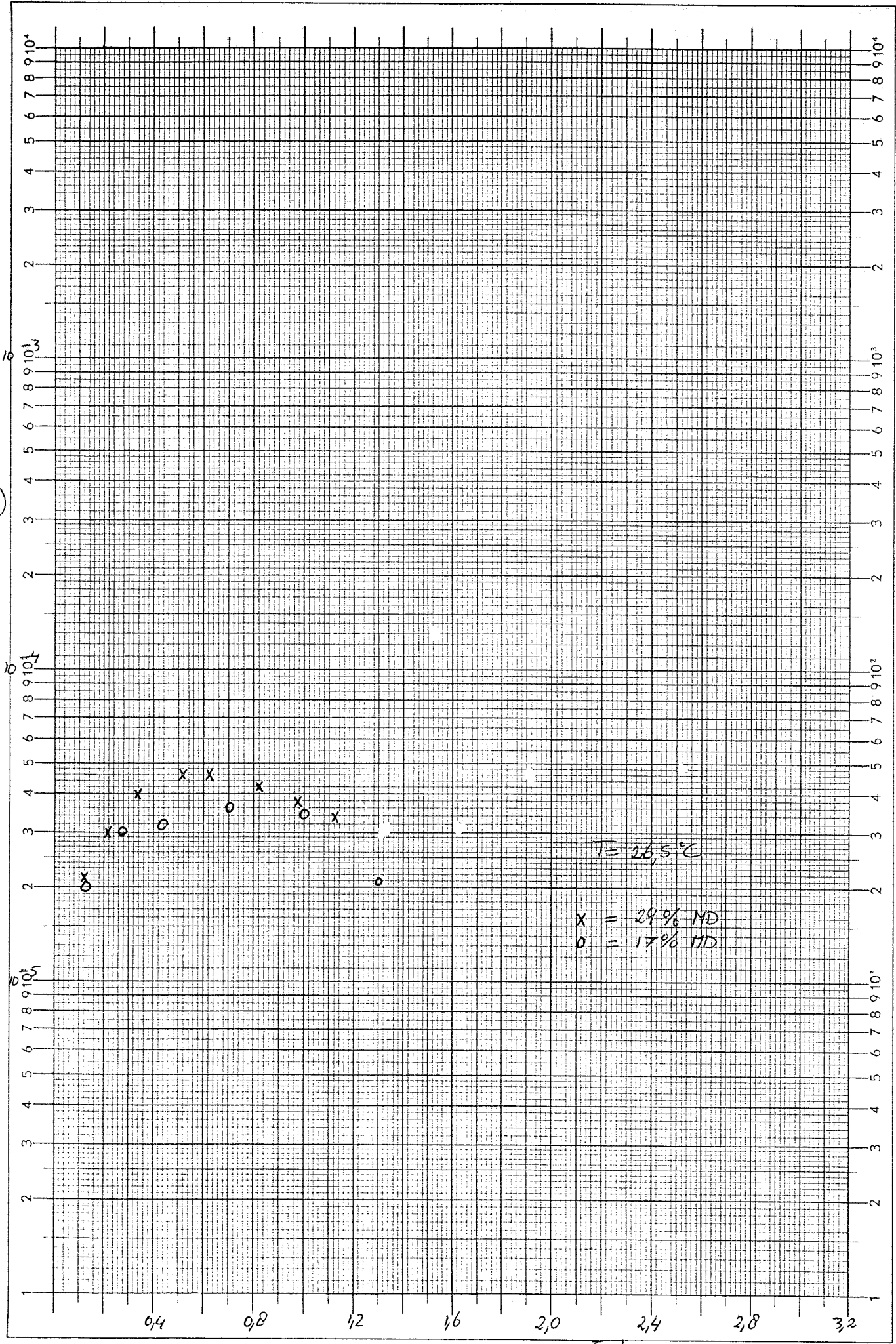
MD = 17%

X = 35,8 °C

O = 26,7 °C

$\frac{P_w}{P_s}$

D, R
 $(kg^2/m^4 \cdot s)$



X-as log. verdeeld 1·10¹ Eenheid 62.5 mm. Y-as verdeeld in mm.

H 10012

meetpapier - wormer

Bijlage 6.4.

$T = 26,5^{\circ}\text{C}$

* MD = 28%
• MD = 17%

ρ
(m^2/s)

