

HET STEENKOOLDIAGRAM VOLGENS SEYLER

Publikatie van het Keramisch Instituut T.N.O., Gouda

juni 1959*van de heer J. H. A. Veldman*SAMENVATTING

Deze publikatie geeft een inleiding tot het gebruik van het door Seyler ontwikkelde steenkooldiagram.

Naast een beschrijving van het diagram wordt een overzicht gegeven van de grondslagen, waarop de diagramconstructie berust. Als bijlage treft men een door het Keramisch Instituut T.N.O. geconstrueerd steenkooldiagram aan, waarbij in het bijzonder rekening is gehouden met de gebruiksmogelijkheden van het diagram voor stooktechnische berekeningen aan steenovens.

INHOUD

	Inleiding	blz. 2
Hoofdstuk I	Beschrijving van het steenkooldiagram volgens Seyler	blz. 2
Hoofdstuk II	Symbolen, eenheden, begrippen	blz. 3
Hoofdstuk III	Herleiding en correctie van beschikbare analysegegevens	blz. 4
Hoofdstuk IV	Grondslagen van de diagramconstructie	blz. 5
Hoofdstuk V	Herleiding en correctie van aan het diagram ontleende gegevens	blz. 8

Bijlage: 1 steenkooldiagram volgens Seyler.

## INLEIDING

Bij stooktechnische berekeningen aan steenovens, waarin steenkool als brandstof wordt toegepast, stuit men dikwijls op de moeilijkheid, dat van de gebruikte steenkool slechts weinig gegevens ter beschikking staan.

Telkens doet zich de behoefte gevoelen aan een snelle redelijke nauwkeurige methode om uit de beschikbare schaarse gegevens de andere voor de berekeningen onontbeerlijke eigenschappen af te leiden.

Het door Seyler ontwikkelde steenkooldiagram voorziet in deze behoefte.

Dit diagram biedt de mogelijkheid aan de hand van slechts enkele eigenschappen van een willekeurige steenkool de andere gewenste eigenschappen vast te stellen.

In deze publikatie zullen de grondslagen worden behandeld, waarop het steenkooldiagram berust, opdat de gebruiker van dit diagram een inzicht krijgt in de geldigheidsvoorwaarden en de mate van nauwkeurigheid van het diagram.

Geraadpleegd werd "Techniscal Data on Fuel, by H.M.Spiers, Fifth Edition page 394 - 400".

## HOOFDSTUK I

### BESCHRIJVING VAN HET STEENKOOLDIAGRAM VOLGENS SEYLER

Het steenkooldiagram volgens Seyler is gebaseerd op het feit, dat natuurlijke vaste brandstoffen eigenschappen bezitten, die afhankelijk zijn van hun gehalte aan koolstof en waterstof, wanneer althans deze eigenschappen worden uitgedrukt in waarden betrokken op brandstof vrij van water en minerale stoffen.

Het diagram van Seyler bezit algemene geldigheid voor steenkoolsoorten, die hoofdzakelijk bestaan uit zogenaamd "vitrain" en "clarain". Voor steenkoolsoorten, die grote percentages zogenaamd "durain" en "fusain" bevatten, dienen bepaalde later te bespreken correcties te worden aangebracht. Voor een omschrijving van de begrippen "vitrain", "clarain", "durain" en "fusain" zij hier verwezen naar "Brandstofchemie" door D.J.W.Kreulen, bladzijde 9 e.v.

In het diagram is de onderlinge relatie van een aantal eigenschappen van steenkool weergegeven binnen een rechthoekig assenstelsel, waarvan de verticale as het waterstofgehalte en de horizontale as het koolstofgehalte van de steenkool aangeeft.

De eigenschappen, waarover het diagram in relatie tot het waterstofgehalte en het koolstofgehalte gegevens verschaft, zijn:

- a) het zuurstofgehalte van de zuivere koolsubstantie
- b) het gehalte aan vluchtige stoffen van de zuivere koolsubstantie
- c) het adsorptiewatergehalte van de steenkool in tegenwoordigheid van buitenlucht van normale temperatuur en vochtigheid
- d) de verbrandingswarmte van de zuivere koolsubstantie
- e) het theoretisch nat rookgasvolume
- f) de theoretische hoeveelheid verbrandingslucht
- g) het maximum koolzuurpercentage van de rookgassen uitgedrukt in procenten van de droge rookgassen

- h) de hoeveelheid ontstane waterdamp per kg zuivere koolsubstantie
- i) de hoeveelheid ontstaan koolzuur per kg zuivere koolsubstantie
- j) de condensatiewarmte van de per kg zuivere koolsubstantie ontstane waterdamp ter berekening van de calorische benedenwaarde van de zuivere koolsubstantie.

Bovendien is in het diagram een gebied aangegeven, dat eigenschappen vertegenwoordigt, waaraan 99% van alle "vitrain"- en "clarain"-handelskwaliteiten steenkool voldoen.

Binnen dit gebied is een curve getekend, die het mogelijk maakt met een bepaald absoluut minimum aan gegevens toch nog met een redelijke nauwkeurigheid de andere gewenste gegevens af te leiden.

## HOOFDSTUK II

### SYMBOLEN, EENHEDEN, BEGRIPPEN

- a) Veelvuldig gebruikte symbolen en eenheden betrokken op oorspronkelijke brandstof

Watergehalte van de steenkool in gewichtsprocenten	= W
Asgehalte van de steenkool in gewichtsprocenten	= A
Gehalte aan minerale stoffen van de steenkool in gewichtsprocenten	= M
Koolstofgehalte van de steenkool in gewichtsprocenten	= C
Waterstofgehalte van de steenkool in gewichtsprocenten	= H
Zuurstofgehalte van de steenkool in gewichtsprocenten	= O
Stikstofgehalte van de steenkool in gewichtsprocenten	= N
Gehalte aan vluchtige stoffen van de steenkool in gewichtsprocenten	= V
Verbrandingswarmte van de steenkool in kcal per kg steenkool	= Q
Theoretisch nat rookgasvolume in Nm <sup>3</sup> per kg steenkool	= V <sub>o</sub>
Theoretische hoeveelheid verbrandingslucht in Nm <sup>3</sup> per kg steenkool	= L <sub>min</sub>

- b) Begrip zuivere koolsubstantie

Onder zuivere koolsubstantie wordt verstaan de oorspronkelijke brandstof verminderd met het watergehalte en het gehalte aan minerale stoffen.

Hierbij wordt opgemerkt, dat het gehalte aan minerale stoffen altijd hoger is dan het asgehalte van de brandstof, en wel tengevolge van het verlies van het hydraatwater, het oxyderen van de zwavelverbindingen en het ontleden van de in de brandstof aanwezige carbonaten.

### HOOFDSTUK III

#### HERLEIDING EN CORRECTIE VAN BESCHIKBARE ANALYSEGEGEVENS

Willen de door analyse verkregen gegevens van steenkool vergelijkbaar zijn, dan moeten deze zijn uitgedrukt in waarden betrokken op brandstof vrij van water en minerale stoffen.

Volgens Seyler kan het gehalte aan minerale stoffen met de volgende formule worden berekend.

$$M = 1,08 A + 0,55 S + 0,8 CO_2$$

0,08 A is in deze formule het veronderstelde gehalte aan hydraatwater in de brandstof.

S is het totale zwavelgehalte van de brandstof in gewichtsprocenten.

CO<sub>2</sub> is het gehalte aan koolzuur uit carbonaat in gewichtsprocenten.

In gevallen, waarbij men niet over gegevens beschikt van het zwavel- en carbonaatgehalte van de steenkool, vereenvoudige men deze formule tot:

$$M = 1,08 A + 0,55.$$

Hierbij wordt het carbonaatgehalte van de brandstof verwaarloosd en het totale zwavelgehalte op 1% gesteld.

Indien alle zwavel in de brandstof in de vorm van FeS<sub>2</sub> (pyriet) aanwezig zou zijn, zou in plaats van de waarde 0,55 de waarde 0,625 moeten worden ingevuld. Verondersteld wordt thans, dat van het totale zwavelgehalte van 1% 0,88% zwavel als pyriet aanwezig is en 0,12% als in de as aanwezig sulfaat.

Bij invoering van het begrip "gehalte aan minerale stoffen" ontstaat de noodzaak de oorspronkelijke analysegegevens te corrigeren.

0,08 A gewichtsprocenten hydraatwater komen overeen met

$$\frac{0,08 A}{9} = 0,0089 A\% \text{ waterstof.}$$

Het gecorrigeerde waterstofgehalte betrokken op oorspronkelijke steenkool wordt dan:

$$H' = H - 0,0089 A$$

Ook het door analyse verkregen gehalte aan vluchtige stoffen dient gecorrigeerd te worden op de aanwezigheid van hydraatwater in de minerale stof. Het gecorrigeerde gehalte aan vluchtige stoffen betrokken op oorspronkelijke steenkool wordt dan:

$$V' = V - 0,08 A.$$

Indien bij de berekening van het gehalte aan minerale stoffen ook het CO<sub>2</sub>-gehalte uit carbonaat in rekening wordt gebracht, dient ook het door analyse verkregen koolstofgehalte van de brandstof dienovereenkomstig te worden gecorrigeerd. Deze correctie blijft hier verder buiten beschouwing.

Het gecorrigeerde zuurstofgehalte betrokken op oorspronkelijke brandstof wordt als restpost gevonden met de formule:

$$O' = 100 - (M + W + C + H' + N)$$

Voor de herleiding van de gecorrigeerde analysegegevens tot gegevens betrokken op de zuivere koalsubstantie passe men de volgende formules toe:

gegevens  
betrokken  
op zuivere  
koalsubstan-  
tie

$$\left\{ \begin{array}{l} C'' = \frac{100}{100-M-W} \times C \\ H'' = \frac{100}{100-M-W} \times H' \\ V'' = \frac{100}{100-M-W} \times V' \\ Q'' = \frac{100}{100-M-W} \times Q \end{array} \right.$$

#### HOOFDSTUK IV

##### GRONDSLAGEN VAN DE DIAGRAMCONSTRUCTIE

Na herleiding van de analysegegevens tot waarden betrokken op zuivere koalsubstantie gelden volgens Seyler de volgende betrekkingen:

#### Het gehalte aan vluchtige stoffen

1)  $V'' = 10,61 H'' - 1,24 C'' + 84,1\%$  voor  $V'' > 10\%$

2)  $\log V'' = 0,23364 H'' - 0,02706 C'' + 2,579\%$   
voor  $V'' < 10\%$

De lijnen van constant percentage vluchtige stoffen in het diagram zijn op deze betrekkingen gebaseerd.

Vergelijking 1) geldt uitsluitend voor "vitrain"- en "clarain"-steenkol.

Wanneer het gehalte aan "durain" in de brandstof groter is dan 20%, moet op het uit de formule en op het uit het diagram volgende percentage vluchtige stoffen een positieve correctie worden aangebracht.

Deze positieve correctie bedraagt:

$$\delta_v = 0,5 \times \frac{D}{10} \%, \text{ waarin}$$

D = duraingehalte van de steenkool in gewichtsprocenten.

Wanneer  $V''$  is ontleend aan analysegegevens, dient in dergelijke gevallen vóór het raadplegen van het diagram eerst eenzelfde negatieve correctie op de waarde van  $V''$  te worden aangebracht.

#### De verbrandingswarmte

Voor de berekening van de verbrandingswarmte past Seyler de gemodificeerde formule van Duling toe. Het stikstofgehalte van de zuivere koalsubstantie wordt daarbij constant op 1% gesteld.

3)  $Q'' = 123,9 C'' + 388,12 H'' - 4269$  (kcal per kg zuivere koalsubstantie)

De lijnen van constante verbrandingswarmte in het diagram zijn aan deze formule ontleend. Wanneer het zuurstofgehalte ( $O''$ ) hoger is dan 10% en het koolstofgehalte ( $C''$ ) lager dan 83%, dient een positieve correctie op de verbrandingswarmte ( $Q''$ ) te worden aangebracht.

$$\delta Q = 1/4 O''^2$$



Wanneer de verbrandingswarmte ( $Q''$ ) wordt ontleend aan analysegegevens dient in dit geval voor het raadplegen van de grafiek eerst eenzelfde negatieve correctie op de waarde van  $Q''$  te worden aangebracht.

#### Het theoretisch nat rookgasvolume

Hiervoor geldt de betrekking

$$(4) V_o'' = 0,0889 C'' + 0,323 H'' - 0,0263 O'' + 0,008 N'' \quad (\text{Nm}^3 \text{ per kg zui- vere koalsubstantie}).$$

Wanneer het stikstofgehalte ( $N''$ ) van de brandstof op 1% wordt gesteld kan men voor het zuurstofgehalte ( $O''$ ) substitueren:

$$O'' = 99 - C'' - H''$$

De formule voor  $V_o''$  wordt dan:

$$4a) \quad V_o'' = 0,1152 C'' + 0,3491 H'' - 2,602 \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

Uit de formules 3) en 4a) kan de volgende betrekking worden afgeleid:

$$5) V_o'' = \frac{Q''}{1074} + 1,31 - 0,0122 \dot{c}H \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

$$\text{waarin } \dot{c}H = (H'' - 5,4).$$

De waarde van  $0,0122 \dot{c}H$  is ten opzichte van  $V_o''$  te verwaarlozen klein (bij  $H'' = 5,4\%$  zelfs 0), zodat het verband tussen de verbrandingswarmte ( $Q''$ ) en het theoretisch nat rookgasvolume ( $V_o''$ ) kan worden uitgedrukt in de formule:

$$5a) \quad V_o'' = \frac{Q''}{1074} + 1,31 \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

In het diagram is dit verband grafisch aangegeven op de schaal  $V_o''$ .

#### De theoretische hoeveelheid verbrandingslucht

Hiervoor geldt de betrekking

$$6) L''_{\text{min}} = 0,0889 C'' + 0,2668 H'' - 0,0333 O'' \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

Vervanging van het zuurstofgehalte ( $O''$ ) door  $(99 - C'' - H'')$  geeft:

$$6a) L''_{\text{min}} = 0,1222 C'' + 0,3001 H'' - 3,30 \quad \text{Nm}^3/\text{kg}$$

Uit de formules 3) en 6a) kan dan de volgende betrekking worden afgeleid:

$$7) L''_{\text{min}} = \frac{Q''}{1013} + 0,469 - 0,083 \dot{c}H \quad \text{Nm}^3/\text{kg}$$

$$\text{waarin } \dot{c}H = (H'' - 5,4).$$

In het diagram is op de schaal  $L''_{\text{min}}$  het verband

$$7a) L''_{\text{min}} = \frac{Q''}{1013} + 0,469 \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad \text{weergegeven.}$$

Op de schaal Y is de correctie op  $L''_{\text{min}}$  weergegeven.

$$7b) Y = -0,083 (H'' - 5,4) \quad (\text{Nm}^3/\text{kg})$$

Voor de waarde  $H'' = 5,4$  vervalt deze correctie geheel.

De hoeveelheid ontstane waterdamp per kg zuivere koolsubstantie

De hoeveelheid ontstane waterdamp  $X''$  kan onmiddellijk worden afgeleid uit het waterstofgehalte ( $H''$ ).

$$8) X'' = 0,112 H'' \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}) \quad \text{Schaal X.}$$

Het theoretische droog rookgasvolume ( $V_0''$ droog) bedraagt dan:

$$9) V_0''\text{droog} = V_0'' - 0,112 H''.$$

De hoeveelheid ontstaan koolzuur per kg zuivere koolsubstantie

De hoeveelheid koolzuurgas, die per kg zuivere koolsubstantie wordt gevormd, bedraagt:

$$10) \text{Vol. CO}_2'' = 0,01867 C'' \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \quad (\text{schaal: Volume CO}_2'')$$

Het maximum CO<sub>2</sub>-gehalte van de rookgassen

Het maximum CO<sub>2</sub>-gehalte van de rookgassen (CO<sub>2</sub>''max.) kan worden berekend met de formule:

$$11) \text{CO}_2''\text{max.} = \frac{1,867C''}{V_0''\text{droog}} \%$$

Hiervoor mag eveneens geschreven worden:

$$12) \text{CO}_2''\text{max.} = \frac{1,867 C''}{0,1152C'' + 0,2371H'' - 2,602} \%$$

De lijnen van constant maximum CO<sub>2</sub>-gehalte in het diagram zijn met behulp van deze formule geconstrueerd.

De condensatiewarmte van de ontstane waterdamp

Ter berekening van de calorische benedenwaarde ( $R''$ ) van de zuivere koolsubstantie dient de verbrandingswarmte ( $Q''$ ) verminderd te worden met de condensatiewarmte van de bij de verbranding ontstane waterdamp.

Deze condensatiewarmte bedraagt:

$$13) 0,09 H'' \times 600 = 54 H'' \text{ kcal/kg.} \quad \text{schaal Z.}$$

Het zuurstofgehalte van de zuivere koolsubstantie

Het zuurstofgehalte ( $O''$ ) kan afgeleid worden uit de formule:

$$14) O'' = 100 - (C'' + H'' + N'').$$

Terwijl voor de berekening van de verschillende andere gegevens uitgegaan wordt van een steeds constant blijvend stikstofgehalte van 1%, zijn de lijnen van constant zuurstofgehalte in het diagram geconstrueerd op basis van een door Seyler langs experimentele weg bepaalde normaal optredende variatie in het stikstofgehalte.

Het adsorptiewatergehalte

Het verband tussen het adsorptiewatergehalte van de steenkool en het gehalte aan koolstof in waterstof werd door Seyler langs experimentele weg afgeleid en in het diagram opgenomen. Het adsorptiewatergehalte is het watergehalte uitgedrukt in procenten van de zuivere koolsubstantie, waarbij in tegenwoordigheid van buitenlucht van normale temperatuur en vochtigheid noch verdamping noch waterdampopneming plaatsvindt.

Gebied van normale handelskwaliteiten

Het in het diagram omliggende gebied, waarbinnen 99% van alle normale handelskwaliteiten steenkool een plaats vindt, is uiteraard door Seyler eveneens langs experimentele weg gevonden.

HOOFDSTUK V

HERLEIDING EN CORRECTIE VAN AAN HET  
DIAGRAM ONTLEENDE GEGEVENS

Bij de herleiding van de uit het steenkooldiagram verkregen gegevens betrokken op zuivere koalsubstantie tot waarden betrokken op oorspronkelijke steenkool dienen ten aanzien van de volgende gegevens bovendien nog enkele correcties te worden aangebracht.

a) Herleiding en correctie van de aan het diagram ontleende hoeveelheid  
ontstane waterdamp

Veronderstelt men, dat de in het diagram afgelezen hoeveelheid ontstane waterdamp  $X''$  Nm<sup>3</sup> per kg zuivere koalsubstantie bedraagt, dan bedraagt deze hoeveelheid betrokken op één kg oorspronkelijke brandstof

$$X' = \frac{(100 - M - W)}{100} \cdot X''$$

De hoeveelheid waterdamp uit het hydraatwater in de minerale stof bedraagt

$$\frac{0,08 A}{100} \times \frac{22,4}{18} = 0,000995 A \quad \text{Nm}^3 \text{ per kg oorspronkelijke brandstof.}$$

De hoeveelheid waterdamp uit het watergehalte van de steenkool bedraagt

$$\frac{W}{100} \times \frac{22,4}{18} = 0,01245 W \quad \text{Nm}^3 \text{ per kg oorspronkelijke brandstof.}$$

De totale hoeveelheid per kg oorspronkelijke brandstof ontstane waterdamp bedraagt derhalve:

$$X = \frac{(100 - M - W)}{100} \cdot X'' + 0,000995 A + 0,01245 W \quad \text{Nm}^3/\text{kg.}$$

b) Herleiding en correctie van de aan het diagram ontleende calorische benedenwaarde van de brandstof (R'').

$$R' = \frac{(100 - M - W)}{100} \times R''$$

$$R = \frac{(100 - M - W)}{100} \times R'' - 6(0,08 A + W) \quad \text{kcal./kg oorspronkelijke steenkool.}$$

c) Herleiding en correctie van het aan het diagram ontleende theoretische droog rookgasvolume (Vo''droog)

$$Vo' \text{ droog} = \frac{100 - M - W}{100} \times Vo'' \text{ droog}$$

Dit droog rookgasvolume dient echter vermeerderd te worden met het uit de minerale stof ontstane SO<sub>2</sub> en de bij deze verbranding betrokken hoeveelheid luchtstikstof, hetgeen een toeneming van Vo droog betekent van 0,0333 S Nm<sup>3</sup>/kg oorspronkelijke brandstof.

Bij een verondersteld zwavelgehalte van 0,88% (uit pyriet) wordt  
 $Vo = 0,0293 \text{ Nm}^3/\text{kg}$

Dus:  
 $Vo \text{ droog} = \frac{100 - M - W}{100} \times Vo'' \text{ droog} + 0,03 \text{ Nm}^3/\text{kg oorspronkelijke}$



d) Herleiding van het aan het diagram ontleende volume CO<sub>2</sub>

$$\text{volume CO}_2 = \frac{100 - M - W}{100} \times (\text{Volume CO}_2)'' \quad \text{Nm}^3 \text{ per kg oorspronkelijke steenkool.}$$

e) Herleiding en correctie van het aan het diagram ontleende theoretisch nat rookgasvolume:

$$V_0' = \frac{(100 - M - W)}{100} V_0''.$$

Correctie voor watergehalte, water uit minerale stof, SO<sub>2</sub> uit minerale stof en luchtstikstof:

$$V_0 = \frac{(100 - M - W)}{100} \times V_0'' + 0,000995 A + 0,01245 W + 0,03 \quad \text{Nm}^3/\text{kg.}$$

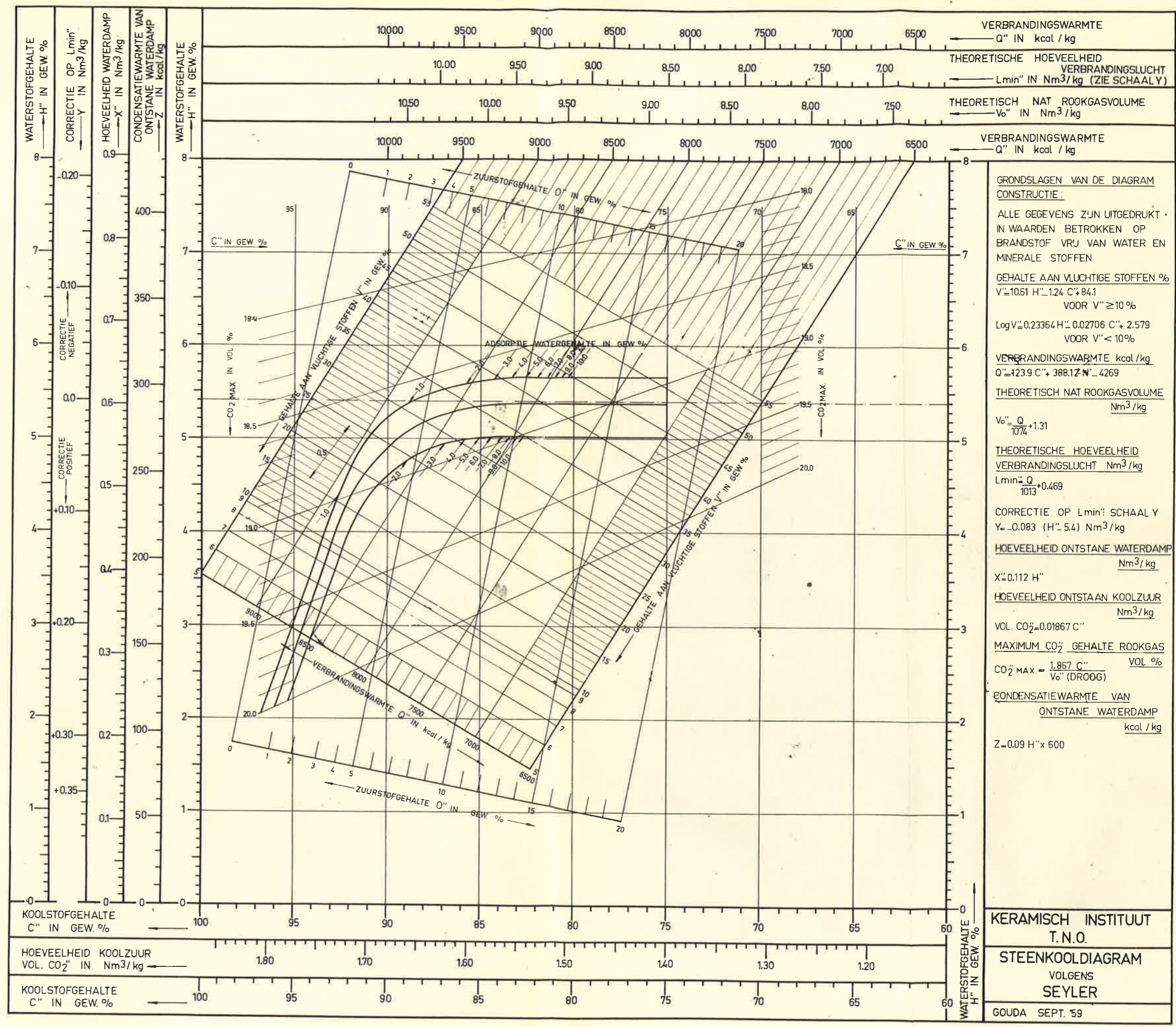
f) Herleiding en correctie van de aan het diagram ontleende theoretische hoeveelheid verbrandingslucht.

$$L_{\text{min}}' = \frac{100 - M - W}{100} L_{\text{min}}''$$

Correctie voor luchtverbruik bij de vorming van SO<sub>2</sub> = 0,03 Nm<sup>3</sup>/kg

$$L_{\text{min}} = \frac{100 - M - W}{100} \cdot L_{\text{min}}'' + 0,03 \text{ Nm}^3/\text{kg.}$$

===



GRONDSLAGEN VAN DE DIAGRAM CONSTRUCTIE:

ALLE GEGEVENS ZIJN UITGEDRUKT IN WAARDEN BETROKKEN OP BRANDSTOF VRU VAN WATER EN MINERALE STOFFEN

GEHALTE AAN VLUCHTIGE STOFFEN %  
 $V'' = 10.61 H'' - 1.24 C'' + 84.1$   
 VOOR  $V'' \geq 10\%$

$\log V'' = 0.23364 H'' - 0.02706 C'' + 2.579$   
 VOOR  $V'' < 10\%$

VERBRANDINGSWARMTE kcal/kg  
 $Q'' = 423.9 C'' + 388.12 H'' - 4269$

THEORETISCH NAT ROOKGASVOLUME Nm<sup>3</sup>/kg  
 $V_0'' = \frac{Q''}{1074} + 1.31$

THEORETISCHE HOEVEELHEID VERBRANDINGSLUCHT Nm<sup>3</sup>/kg  
 $L_{min}'' = \frac{Q''}{1013} + 0.469$

CORRECTIE OP  $L_{min}$ : SCHAAL Y  
 $Y = -0.083 (H'' - 5.4) \text{ Nm}^3/\text{kg}$

HOEVEELHEID ONTSTANE WATERDAMP Nm<sup>3</sup>/kg  
 $X'' = 0.112 H''$

HOEVEELHEID ONTSTAAN KOOLZUUR Nm<sup>3</sup>/kg  
 $\text{VOL. CO}_2 = 0.01867 C''$

MAXIMUM CO<sub>2</sub> GEHALTE ROOKGAS  
 $\text{CO}_2 \text{ MAX} = \frac{1.867 C''}{V_0''} \text{ (DROOG)}$

CONDENSATIEWARMTE VAN ONTSTANE WATERDAMP kcal/kg  
 $Z = 0.09 H'' \times 600$

KERAMISCH INSTITUUT T.N.O.  
 STEENKOOLDIAGRAM VOLGENS SEYLER  
 GOUDA SEPT. '59



BEREKENING VAN DE ZUIVERE KOOL - SUBSTANTIE	GEW. % v/d OORSPR. BRANDSTOF	BEREKENINGEN MET BEHULP VAN HET STEENKOOI DIAGRAM VOLGENS SEYLER	KOOLSTOF GEW. %	WATER STOF GEW. %	VLUCHTIGE STOFFEN GEW. %	VOLUME H <sub>2</sub> O Nm <sup>3</sup> /Kg	VOLUME CO <sub>2</sub> Nm <sup>3</sup> /Kg	THEOR. HOEVEELH. VERBRAN- DINGSLUCHT Nm <sup>3</sup> /Kg	THEOR. HOEVEELH. NAT ROOKGAS Nm <sup>3</sup> /Kg	VERBRAN- DINGS WARMTE Kcal/Kg	CONDEN- SATIE WARM- TE Kcal/Kg
AS	A	BEREKENDE GEGEVENS BETR. OP OORSPR. BRANDSTOF	C	H	V	—	—	—	—	Q	—
HYDRAATWATER BRANDSTOF	0,08 A	CORR. VOOR H <sub>2</sub> O IN MIN. STOF	—	- 0,0089 A	- 0,08 A	—	—	—	—	—	—
GEW. VERLIES FeS <sub>2</sub>	0,55	GECORR. GEGEVENS OP OORSPR. BRANDSTOF	C	H'	V'	—	—	—	—	Q'	—
MINERALE STOF	M	VERKREGEN GEGEVENS BETR. OP ZUIVERE KOOLSUBST.	C'' = $\frac{100}{B} C$	H'' = $\frac{100}{B} H'$	V'' = $\frac{100}{B} V'$	X''	CO <sub>2</sub>	L min."	Vo''	Q'' = $\frac{100}{B} Q'$	Z''
WATER IN BRANDSTOF	W	HERLEID OP OORSPR. BRANDSTOF	C = $\frac{B}{100} C''$	H' = $\frac{B}{100} H''$	V' = $\frac{B}{100} V''$	X' = $\frac{B}{100} X''$	CO <sub>2</sub> = $\frac{B}{100} CO_2''$	L min = $\frac{B}{100} L \text{ min}''$	Vo' = $\frac{B}{100} Vo''$	Q = $\frac{B}{100} Q''$	Z' = $\frac{B}{100} Z''$
100 -	M + W	CORR. OP H <sub>2</sub> O IN MIN. STOF	—	+ 0,0089 A	+ 0,08 A	+ 0,000995 A	—	—	+ 0,000995 A	—	0,48 A
ZUIVERE KOOLSUBSTANTIE	B	CORR. OP WATER IN BRANDSTOF	—	—	—	+ 0,01245 W	—	—	+ 0,01245 W	—	6 W
ZWAVEL (TOTAAL) S	1	CORR. OP ONTST. SO <sub>2</sub> UIT FeS <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	+ 0,03	+ 0,03	—	—
ZWAVEL ALS S IN FeS <sub>2</sub>	0,88	GEGEVENS BETROKKEN OP OORSPR. BRANDSTOF	C	H	V	X	CO <sub>2</sub>	L min.	Vo	Q	Z
		CORRECTIE VOOR ONVERBRAND IN AS				—	- 1,86710 <sup>-4</sup> KA	- 8,8910 <sup>-4</sup> KA	- 8,8910 <sup>-4</sup> KA	- 0,8 KA	—
		RESULTERENDE GEGEVENS BETROKKEN OP OORSP. BRANDSTOF									Z
		RESULTERENDE GEGEVENS IN Nm <sup>3</sup> PER SECONDE									
		RESULTERENDE GEGEVENS IN Nm <sup>3</sup> PER Kg GEBAKKEN KLEI									

BEREKENING CALORISCHE BENEDEN WAARDE	Kcal.	BEREKENING VAN HET ZUURSTOFGEH. V.D. BR. ST.	GEW. % v/d ZUIVERE KOOLSUBST.	KOOLSTOF IN AS IN GEW. % VAN DE AS	K	STOOKTECHNISCHE BEREKENINGEN DEEL I BETREFT GEBRUIKTE BRANDSTOF
VEBRANDINGS WARMTE PER Kg OORSP. BRANDSTOF		KOOLSTOF	C''	BRANDSTOF TOEVOER IN Kg/sec.		
CONDENSATIE WARMTE	Z	WATERSTOF	H''	PRODUKTIE IN Kg GEBAKKEN KLEI PER SECONDE		BEDRIJF:
CALORISCHE BENEDEN WAARDE WARMTE TOEVOER PER Kg O. BR.	—	STIKSTOF	1''	NAT ROOKGASVOLUME IN Nm <sup>3</sup> /Kg OORSPR. BR. ST. VOL. H <sub>2</sub> O PER Kg OORSPR. BRANDSTOF	Vo	SOORT BRANDSTOF:
WARMTE TOEVOER PER SECONDE			+		X	
WARMTE TOEVOER PER Kg GEBAKKEN KLEI		ZUURSTOF	O''	DROOG ROOKGAS VOL. IN Nm <sup>3</sup> /Kg OORSP. BR. ST.	Vo DROOG	DATUM.



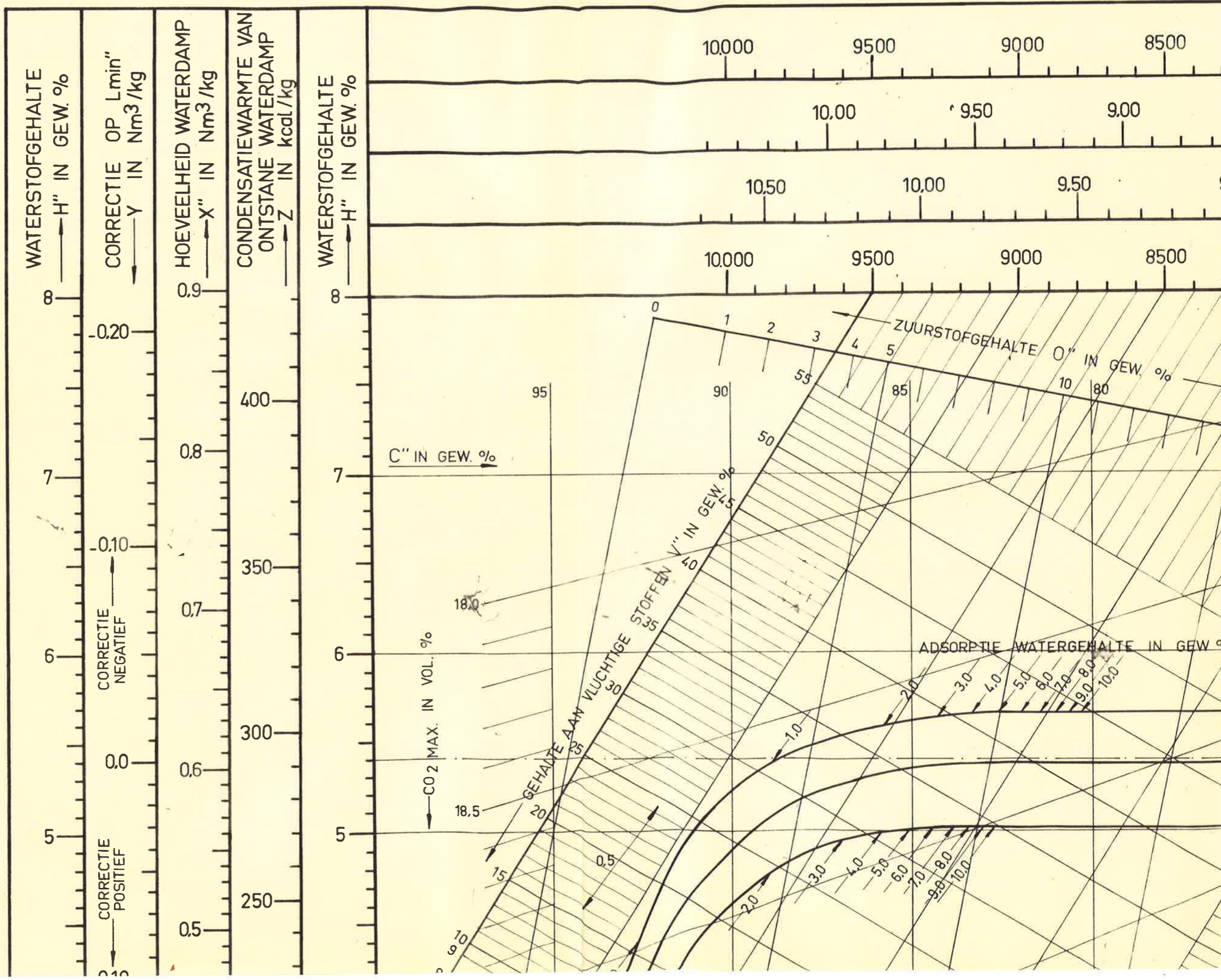
BEREKENING GAS EN WARMTE ONTWIKKELING VAN HET GROENE PRODUKT (BETROKKEN OP GEHEEL DROGE KLEI)	ANALYSE GEGEVENS IN GEW. % (V/d DROGE KLEI)	H <sub>2</sub> O ONTWIKKELING IN GEW. % (V/d DROGE KLEI)	CO <sub>2</sub> ONTWIKKELING IN GEW. % (V/d DROGE KLEI)	COMPONENTEN VAN HET ROOKGAS IN Nm <sup>3</sup> PER Kg DROGE KLEI				THEOR. HOEVEELHEID VERBRANDINGS LUCHT Nm <sup>3</sup> /Kg	NAT.-THEOR. ROOK GASVOLUME Nm <sup>3</sup> /Kg	WARMTE VERBRUIKT Kcal./Kg	WARMTE TOEVOER Kcal./Kg
				SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>				
GLOEIVERLIES	G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WATER	W <sub>r</sub>	W <sub>r</sub>	—	—	0,01245 W <sub>r</sub>	—	—	—	0,01245 W <sub>r</sub>	6 W <sub>r</sub>	—
CaO UIT CARBONAAT	CaO	—	0,785 CaO	—	—	0,004 CaO	—	—	0,004 CaO	7,59 CaO	—
HUMUS	Hu	0,42 Hu	2,127 Hu	—	0,005227 Hu	0,01083 Hu	0,04074 Hu	0,05157 Hu	0,0568 Hu	—	44 Hu
PYRIET (FeS <sub>2</sub> )	P	—	—	0,0037 P	—	—	0,0193 P	0,0244 P	0,0230 P	—	—
CHEM. GEB. WATER	W <sub>c</sub>	W <sub>c</sub>	—	—	0,01245 W <sub>c</sub>	—	—	—	0,01245 W <sub>c</sub>	9,64 W <sub>c</sub>	—
TOTAAL BETROKKEN OP DROGE KLEI			+	+	+	+	+	+	+	+	+
TOTAAL PER Kg GEBAKKEN KLEI; ( $\times \frac{100}{100-G}$ )											
TOTAAL PER SECONDE											

$CO_2 \text{ uit Carb} = 9,9$   
 $\frac{13,5}{10,7} = 1,26$   
 $\frac{1,5}{1,3} = 1,15$   
 fysisch geb.  $\frac{600}{96}$

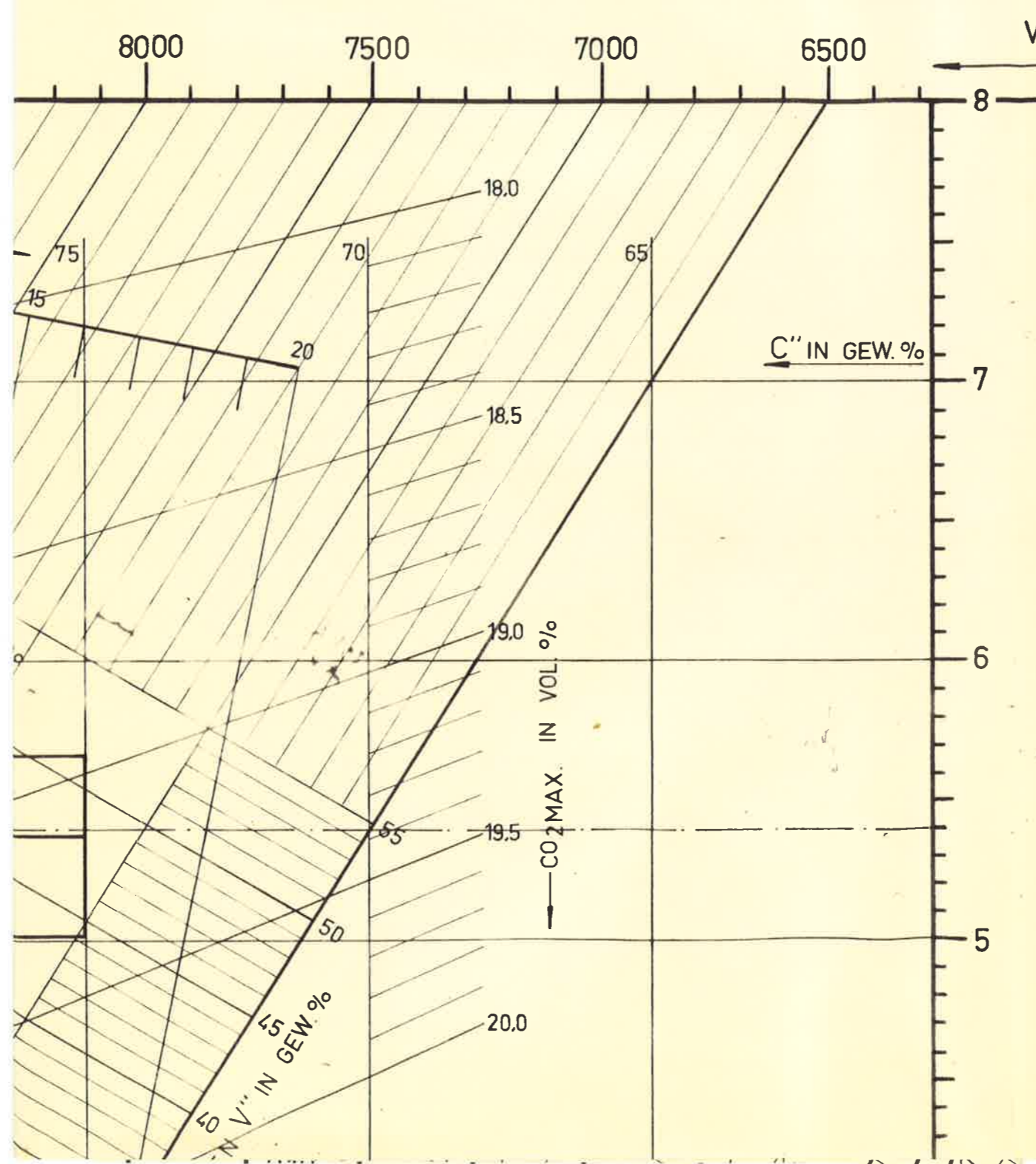
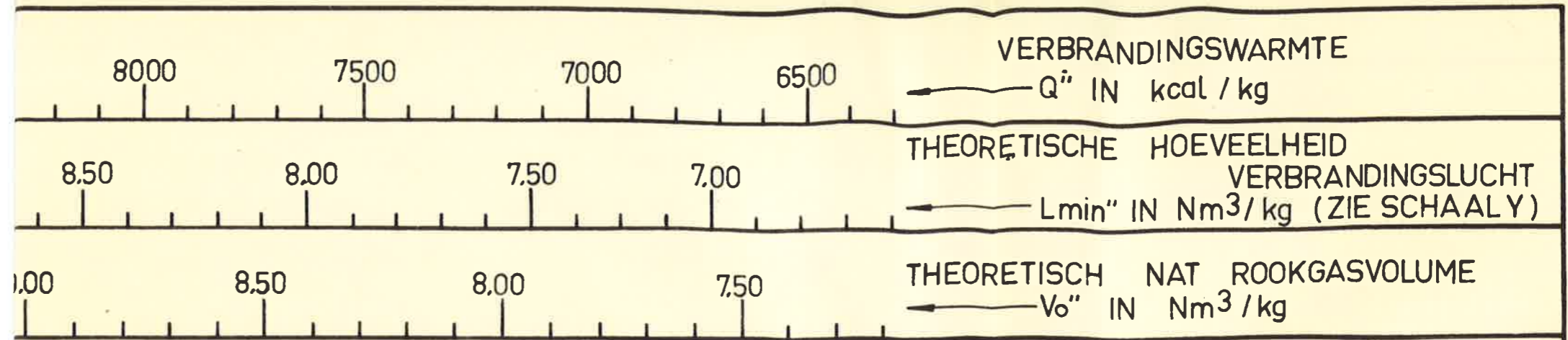
$0,42$   
 $0,01$   
 $0,0042 H_2O \text{ by } \frac{W_r}{W_c}$   
 $CO_2 = 0,785 CaO$   
 $CaO = \frac{CO_2}{0,785}$   
 $\frac{22,4}{18} \times 0,0042$

BEREKENING CHEMISCH GEBONDEN WATER	GEW. % V/d DR. KLEI	STOOKTECHNISCHE BEREKENINGEN DEEL II BETREFT VERWERKTE KLEI
HUMUS	Hu	BEDIJF:
CO <sub>2</sub> uit CaCO <sub>3</sub>	0,785 CaO	
GEW. VERL. FeS <sub>2</sub>	0,3345 P	
(GLOEIVERLIES) G	—	+
CHEMISCH GEB. WATER	W <sub>c</sub>	SOORT KLEI:
PRODUKTIE IN Kg GEBAKKEN KLEI PER SEC.		DATUM:









GRONDSLAGEN VAN DE DIAGRAM CONSTRUCTIE:

ALLE GEGEVENS ZIJN UITGEDRUKT IN WAARDEN BETROKKEN OP BRANDSTOF VRJ VAN WATER EN MINERALE STOFFEN

GEHALTE AAN VLUCHTIGE STOFFEN %  
 $V'' = 10.61 H'' - 1.24 C'' + 84.1$   
 VOOR  $V'' \geq 10\%$

$\log V'' = 0.23364 H'' - 0.02706 C'' + 2.579$   
 VOOR  $V'' < 10\%$

VERBRANDINGSWARMTE kcal/kg  
 $Q'' = 123.9 C'' + 388.12 H'' - 4269$

THEORETISCH NAT ROOKGASVOLUME  
 $Nm^3/kg$

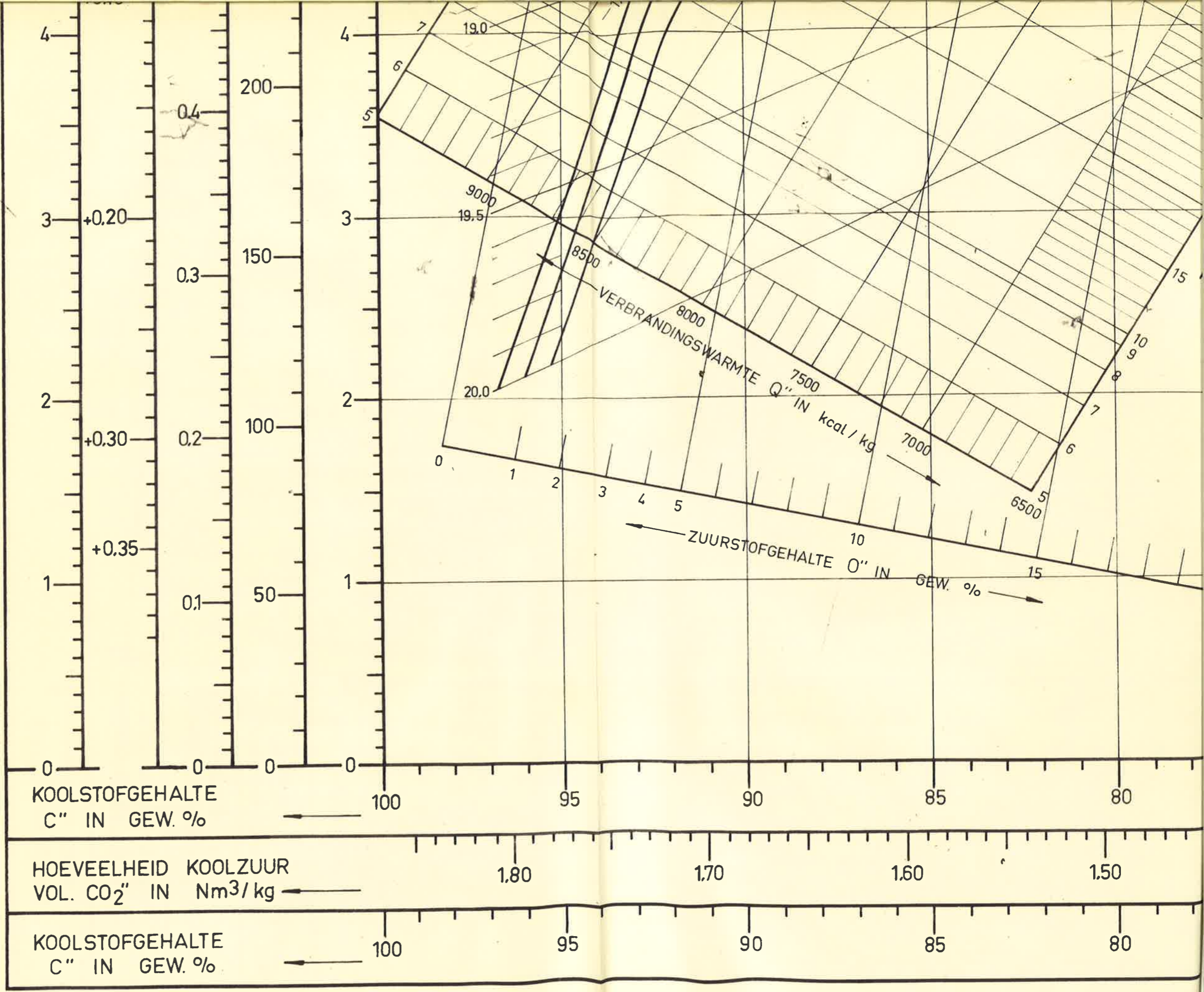
$V_o'' = \frac{Q}{1074} + 1.31$

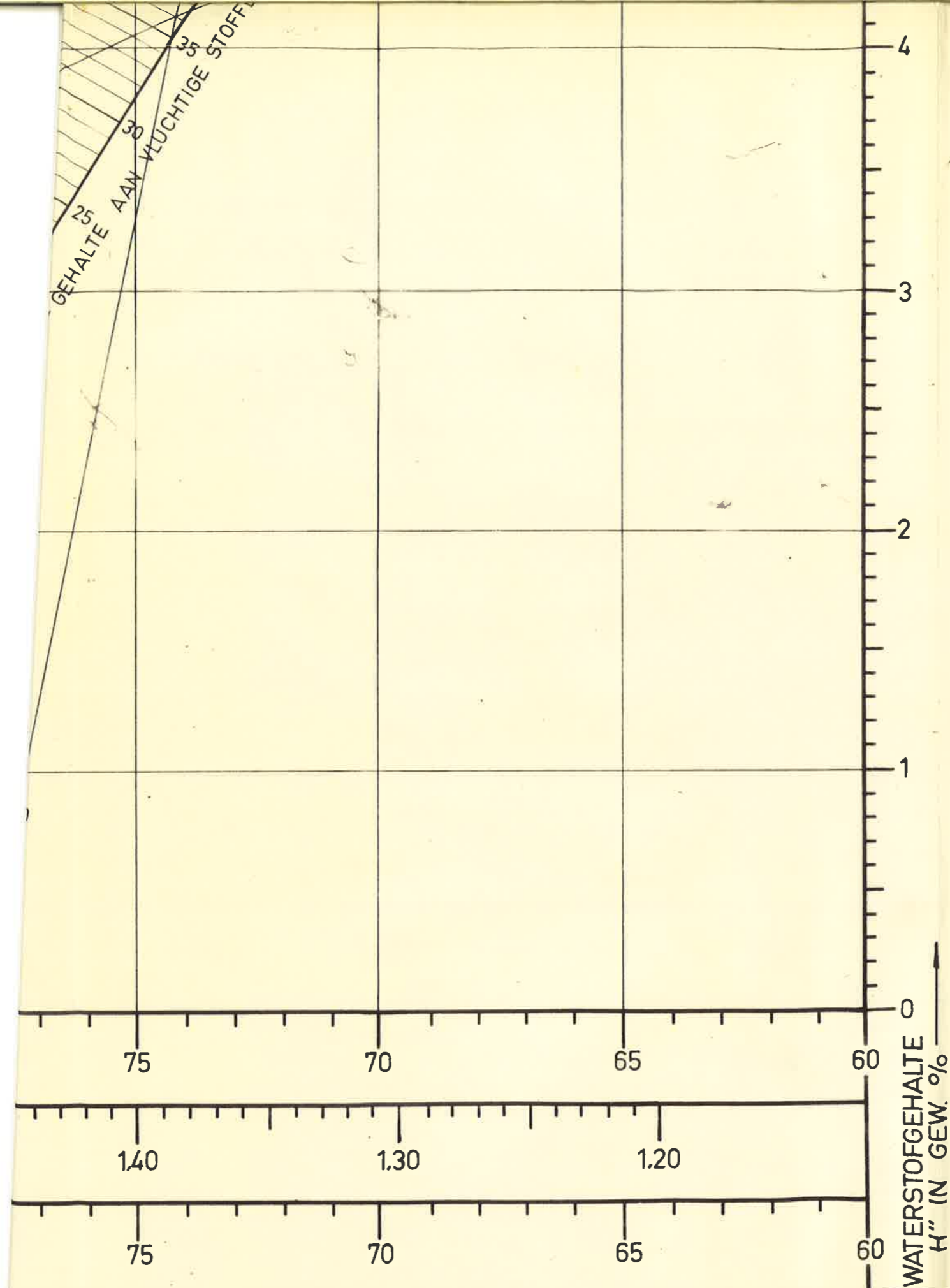
THEORETISCHE HOEVEELHEID VERBRANDINGSLUCHT  
 $Nm^3/kg$

$L_{min}'' = \frac{Q}{1013} + 0.469$

CORRECTIE OP  $L_{min}''$ : SCHAAL Y







$Y = -0.083$  ( $H'' = 5.4$ )  $Nm^3/kg$

HOEVEELHEID ONTSTANE WATERDAMP  
 $Nm^3/kg$

$X'' = 0.112 H''$

HOEVEELHEID ONTSTAAN KOOLZUUR  
 $Nm^3/kg$

$VOL. CO_2'' = 0.01867 C''$

MAXIMUM  $CO_2''$  GEHALTE ROOKGAS  
 $CO_2'' MAX. = \frac{1.867 C''}{V_0'' (DROOG)}$  VOL. %

CONDENSATIE WARMTE VAN  
ONTSTANE WATERDAMP  
 $kcal/kg$

$Z = 0.09 H'' \times 600$

KERAMISCH INSTITUUT  
T.N.O.

STEENKOOLDIAGRAM  
VOLGENS  
SEYLER

GOUDA SEPT. '59

VAN  
AMP