

DIE METING VAN LUGBESOEDELING DEUR STOF BY
'N MISSTOFNYWERHEID

deur

Casper Jacobus Els
B.Sc.; B.Sc. (Industriële Chemie)
(P.U. vir C.H.O.)

'n Verhandeling voorgelê ter gedeeltelike
nakoming van die vereistes vir die graad
Magister Scientiae in Industriële Chemie
aan die Potchefstroomse Universiteit vir
Christelike Hoër Onderwys.

Maart 1970

Leier : prof. S.P. Ligthelm

UITTREKSEL

Die mate van lugbesoedeling deur stof is by die korrelaanleg en die meulseksie van 'n misstofnywerheid bepaal. Tydens al die toetse by die korrelaanleg is superfosfatiese misstowwe vervaardig. Die apparaat wat gebruik is, was die stofmonsternemingsapparaat van die W.N.N.R. wat deur die Chemiese Ingenieurswesegroep van die Raad ontwikkel is.

ABSTRACT

The extent of air pollution by dust was determined at the granulation plant and the mill section of a fertilizer industry. During all the tests at the granulation plant superphosphatic fertilizers were produced. The equipment used, was the C.S.I.R. dust sampling equipment which was developed by the Chemical Engineering Group of the Council.

INHOUDSOPGAWE

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1	<u>ALGEMEEN</u>	1
1.2	<u>WETGEWING TEEN LUGBESOEDELING DEUR STOF</u>	2
1.3	<u>DOEL EN OMVANG VAN HIERDIE NAVORSING..</u>	3

HOOFSTUK 2

LITERATUUROORSIG

2.1	<u>STOF</u>	6
2.2	<u>DIE KWANTITATIEWE BEPALING VAN STOF IN INDUSTRIELE PYPE</u>	9
2.2.1	Keuse van die plek van monsterneming	10
2.2.2	Keuse van die posisies van die monsternemingspunte	12
2.2.3	Keuse van die tydperk van monsterneming	13
2.2.4	Metodes van monsterneming	14
2.2.5	Vereistes vir 'n verteenwoordigende monster	15
2.2.6	Meting van die gasvloeiensnelheid	17
2.3	<u>TOERUSTING EN BENODIGDHEDE VIR MONSTERNEMING</u>	19
2.3.1	Tipes sondes	20

2.3.2	Verskeie gassuiweringseenhede	21
2.3.3	Tipes toerusting vir die meting van gasvloei deur die apparaat	22
2.3.4	Vakuumbronne	23
2.3.5	Addisionele toerusting	24
2.3.6	Beskikbare industriële toerusting	25
2.3.6.1	Die „Mark III A“-toerusting vir monsterneming,...	25
2.3.6.2	Die B.C.U.R.A.-apparaat	26
2.3.7	Verdere interessante ontwikkelinge	27
2.4	<u>FAKTORE WAT DIE AKKURAAATHEID VAN 'N BEPALING BEÏNVLOED</u>	28
2.4.1	Foutiewe bepaling van die gasdigtheid	28
2.4.2	Foutiewe bepaling van die gasvloeiishelheid	29
2.4.3	Foutiewe bepaling van die stofkonsentrasie	30
2.5	<u>VERWERKING VAN DIE RESULTATE</u>	33
2.5.1	Die verteenwoordigende puntmetode	34
2.5.2	Verwerking van die data met behulp van 'n elek- troniese rekenaar	35
2.5.3	Statistiese verwerking van die data met behulp van Yate se tabellatiese metode	36
2.5.4	Grafiese konstruksie van kontoerkaarte en die in- tegrasie daarvan	37

HOOFSTUK 3

EKSPERIMENTELE EN TEGNIESE ASPEKTE

3.1	<u>INLEIDING</u>	39
3.1.1	Korrelaanleg	39
3.1.2	Die meulseksie	41
3.2	<u>DIE W.N.N.R.-APPARAAT VIR STOFMONSTER- NEMING</u>	43
3.2.1	Meting van die gassnelheid in die pyp	44
3.2.2	Die monsternemingsapparaat	45
3.2.3	Die berekening van isokinetiese toestande	48
3.3	<u>EKSPERIMENTEEL</u>	50
3.3.1	Snelheidsmeting	50
3.3.2	Stofmonsterneming	51
3.4	<u>CHEMIESE ANALISE VAN DIE STOFMONSTERS</u>	53
3.5	<u>DEELTJIEGROOTTEBEPALINGS</u>	54
3.6	<u>VERWERKING VAN DIE RESULTATE</u>	55

HOOFSTUK 4

RESULTATE EN BESPREKINGS

4.1	<u>RESULTATE BY DIE KORRELAANLEG</u>	59
-----	--	----

TOETS I	59
TOETS II	61
TOETS III	63
TOETS IV	65
TOETS V	67
TOETS VI	69
TOETS VII	71
TOETS VIII	73
 4.2 <u>RESULTATE BY DIE MEULSEKSIE</u>	 75
TOETS IX	75
TOETS X	76
TOETS XI	78
TOETS XII	80
TOETS XIII	82
TOETS XIV	83
TOETS XV	86
TOETS XVI	88
TOETS XVII	90
TOETS XVIII	93
TOETS XIX	96

HOOFSTUK 5

SAMEVATTING

5.1 <u>DIE KORRELAANLEG</u>	99
5.2 <u>DIE MEULESEKSIE</u>	100
5.3 <u>INTERPRETASIE</u>	101
<u>BEDANKINGS</u>	102
<u>VERWYSINGS</u>	103
<u>BYLAES</u>	106

HOOFSTUK 1

INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

Onder lugbesoedeling word verstaan die uitlaat van enige materie (vaste stof, vloeistof of gas) na die atmosfeer in genoegsame hoeveelhede om 'n meetbare invloed op mens, plant of dier te hê of om 'n algemene oorlas in die omgewing te veroorsaak.

[Daar word onderskei tussen twee tipes lugbesoedelaars, naamlik primêre en sekondêre besoedelaars.] Eersgenoemde beskryf die besoedelaars direk nadat hulle in die lug uitgelat is. Hierna kan daar nog verdere reaksies plaasvind tussen die besoedelaar en 'n atmosferiese bestanddeel om dan 'n sekondêre besoedelaar te vorm.

'n Besoedelde lugmassa is chemies en fisies onstabiel en neig na die toestand van laagste vrye energie. Die reaksiesnelhede, reaksieweë en tussenstappe wat betrokke is, word beïnvloed deur faktore soos die relatiewe konsentrasies van reagense, graad van foto-aktivering, veranderende meteorologiese dispersiewe kragte, die invloed van lokale topografie en die relatiewe voginhoud van die besoedelde lugmassa. 'n Voorbeeld waar een van hierdie faktore lugbesoedeling gunstig beïnvloed, is die sterk winde in Kaapstad wat die meeste van die besoedelaars verwyder of verdun.

Die analogie tussen lug- en waterbesoedeling word duidelik sodra die fisiese dispersiewe faktore in oënskou geëem word. In beide gevalle is die hoeveelhede lug of water wat beskikbaar is vir verdunning en die spoed van vermenging belangrike faktore. Dit bepaal die vermoë van

'n gegewe lug- of watermassa om die besoedelaars sodoende te versprei dat dit nie algemene klagtes uitlok nie.

Diep valleie of ander situasies waar inversievlakke gereeld gevorm word, is ongunstige toestande vir die behoud van skoon lug. Meteorologiese faktore werk lugbesoedeling teë deur natuurlike prosesse soos kernvorming, kondensasie, sedimentasie en verdunning. Waar en wanneer hulle hierdie taak nie doeltreffend verrig nie, moet die bronne van lugbesoedeling beheer word.

Benadeling van die gesondheid van mens en dier en direkte skade aan geboue, metale, verwe en ander materiale is 'n algemene en wydverspreide gevolg van lugbesoedeling. Die tipes besoedelaars wat skade veroorsaak sluit in suur-dampe, verskillende oksideermiddels, swaelwaterstof en deeltjies wat afkomstig is van verbrandings- en ander industriële prosesse. [Sekondêre besoedelaars dra in die opsig ook hul deel by, soos byvoorbeeld osoon wat vinnige en ekstensiewe skade veroorsaak as dit met enige rubber of tekstiele in aanraking kom.] Dit is reeds bekend dat plante ook skade ly as gevolg van lugbesoedeling soos byvoorbeeld skade aan blare, onderdrukking van groeiprosesse, kleiner en minder vrugte en vernietiging van blomme. Sommige plante is so sensitief vir sekere besoedelaars dat hulle gebruik kan word om die lugkwaliteit te bepaal.

1.2 WETGEWING TEEN LUGBESOEDELING DEUR STOF

In die Wet op die Voorkoming van Lugbesoedeling, Wet No. 45, 1965, word in artikel 28 in verband met stofbestryding vermeld dat: „iemand wat in 'n stofbeheergebied 'n nywerheidsproses voortsit waarvan die werking volgens die hoofbeampte se oordeel oorlas veroorsaak of sou kon

veroorsaak vir persone wat in die omgewing woon of aanwesig is, deurdat stof afkomstig van dié proses in die lug versprei word moet die voorgeskrewe stappe doen of (waar geen stappe voorgeskryf is nie) die beste beskikbare metode toepas om te verhoed dat sodanige stof aldus versprei word of oorlas veroorsaak."

Onder „die beste beskikbare metode" omskryf dié wet onder andere, „die voorsiening en instandhouding van die nodige toestelle vir dié doel, die doeltreffende toesig oor en werking van daardie toestelle, en die aanwending van ander metodes, wat, met inagneming van plaaslike toestande en omstandighede, die heersende omvang van tegniese kennis en die koste wat waarskynlik daaraan verbonde sal wees, redelikerwys uitvoerbaar is en nodig is vir die beskerming van enige deel van die publiek teen die uitlating van giftige of skadelike gas, stof of sodanige dampe."

In die tweede bylaag van die wetsontwerp word 'n lys van „ingelyste prosesse" ingesluit. Nywerhede wat sodanige prosesse gebruik, moet voldoen aan die vereistes van dié wet en is onderworpe aan ondersoek en goedkeuring deur die hoofbeampte.

1.3 DOEL EN OMVANG VAN HIERDIE NAVORSING

Hierdie navorsingswerk is gedoen om te dien as eerste stap in die kwantitatiewe analise van lugbesoedeling deur stof, by 'n misstoffabriek. Misstofnywerhede word ingesluit in die lys van ingelyste prosesse in die wetsontwerp.²⁰ Dit impliseer dat die nywerheid moet voldoen aan die vereistes van die wet en dat daar gevolglik in dié rigting gewerk moet word.

Tydens die oprigting van die nywerheid het die W.N.N.R. 'n lys van voorgestelde aanvaarbare vereistes opgestel.^{17,25} Hierin word vermeld dat die gas vanaf die droogtrommels en die koeltrommel van die korrelaanleg se wastorings en die ru-fosfaatmeule se Venturiskroppers nie meer as 150 milligram vaste stof per normale kubieke meter gas moet bevat nie. Om lae grondvlakkonsentrasies te verseker, is onderneem om die hoofskoorsteen vanaf die aanvaarde 150 voet na 200 voet te verhoog. Die skoorsteen is so beplan dat verdere verhoging moontlik is. Die Bestuur het ook onderneem om die snelheid van die gasse deur die skoorsteen op 'n minimum van 50 voet per sekonde te hou om sodoende 'n verdere deeglike verhoging van die besoedelde lugmassa te verseker.

Tydens hierdie navorsing is stoftoetse gedoen by die korrelaanleg en die ru-fosfaatmeule se uitlaatpype. Die doel van so 'n stofmeting is om die massavloei en die aard van die stofdeeltjies te bepaal. Die apparaat wat gebruik is, is 'n apparaat wat die Chemiese Ingenieurswesegroep van die W.N.N.R. oor 'n aantal jare ontwikkel het.

Die misstofnywerheid maak gebruik van stelsels siklone, wastorings en Venturiskroppers om die uitlaatgasse van stof te suiwer en sodoende lugbesoedeling te bestry en die stof te herwin. By die korrelaanleg waar drie pype (een elk van twee droogtrommels en een van die koeltrommel) stofbelaaide gas in die hoofskoorsteen uitlaat, word gebruik gemaak van 'n stelsel siklone by elke pyp gevolg deur nat wastorings. Die wastorings word tans droog gebruik aangesien daar veelvuldige probleme ondervind is met die gevormde flodder en ook met gedeeltelike verstopping van die wastorings toe dit nat gebruik was. By die

ru-fosfaatmeule word siklone gevolg deur Venturiskroppers
(wat nat gebruik word) as gassuiweringseenhede.

HOOFSTUK 2

LITERATUUROORSIG

2.1 STOF

Stof, in die kolloïdale sin van die woord, bestaan uit soliede deeltjies wat gedisperseer is in 'n gasagtige medium as gevolg van die meganiese disintegrasië van materie, byvoorbeeld die breking, maling of onderwerping van fyn materiale aan 'n sterk aërodinamiese krag soos 'n lugstroom.

Beter kennis in verband met die fisiese gedrag van stof gee 'n steeds verbeterde tegniese basis vir die ontwerp van maatreëls om lugbesoedeling te verminder. As 'n vastestof opgebreek word in fyn deeltjies, vind twee belangrike veranderings plaas. Eerstens word die spesifieke oppervlakte baie verhoog en tweedens word die ruimte wat ingeneem word deur die gedisperseerde stof baie groter as die volume van die oorspronklike massa. As een kubieke sentimeter kwarts byvoorbeeld⁶ gemaal word tot deeltjies wat een kubieke mikron groot is, sal daar 10^{12} deeltjies wees met 'n totale blootgestelde oppervlakte van 6 vierkante meter, vergeleke met die 6 vierkante sentimeter van die oorspronklike blokkie. As dié deeltjies gedisperseer word tot 'n stofkonsentrasie van 100 miljoen deeltjies per kubieke voet lug, sal dit 'n volume van 10,000 kubieke voet beslaan. Die gevolg van hierdie veranderings is dat die chemiese en fisiese aktiwiteit van die materiaal geweldig verhoog.

Stofdeeltjies dien as baie goeie katalisatore vir atmosferiese reaksies as gevolg van hul groot soortlike oppervlaktes. Hul verhoogde chemiese reaktiwiteit tree na vore in die

vorm van verhoogde korrosiewerking op metaalstrukture en ander materiale. Deeltjies met deursneë groter as 100 mikron lewer ook hierdie probleme, maar in 'n mindere mate, aangesien hul massa verseker dat hulle vinnig uit die atmosfeer verwyder word.

Die deursneë van stofdeeltjies in die lug wissel vanaf baie groter tot kleiner as die gemiddelde vrye pad van die gasmolekules. Deeltjies wat groter as die gemiddelde vrye pad is, bereik vinnig 'n konstante uitsaksnelheid waarvan die grootte bepaal word deur 'n balans tussen die gravitasiekrag en die weerstand van aërodinamiese trekkragte. As 'n deeltjie se deursnit vergelykbaar met of kleiner as die gemiddelde vrye pad van die gasmolekules is, het dit weinig gewig en gevolglik 'n lae uitsaksnelheid. Die willekeurige bombardement van lugmolekules deflekteer die deeltjie en willekeurige (Brown-) beweging word op die deeltjie afgedwing. Die hoofmeganisme wat verantwoordelik is vir die verwydering van groot deeltjies uit die atmosfeer, is sedimentasie. Kleiner deeltjies word verwyder deur diffusie na oppervlakte en deur koagilerings met kleiner of groter deeltjies om sodoende groter deeltjies met hoër uitsaksnelhede te vorm.

Afsonderlike stofdeeltjies kan met behulp van 'n mikroskoop gesien word en het digtheid wat wissel vanaf 0.1 gram per kubieke sentimeter tot omtrent 5 gram per kubieke sentimeter. Stofdeeltjies se uitsaksnelhede wissel tussen $\frac{1}{5000}$ en 1 voet per sekonde. Stofdeeltjies met deursneë groter as 20 mikron kan gewoonlik deur enige doeltreffende tipe meganiese gassuiweraar opgevang word.

Die optiese gedrag van 'n aërosol hang af van die aard van die gesuspendeerde materiaal en word tot 'n groot

mate beïnvloed deur deeltjiegroottes. In hierdie verband word daar onderskeid getref tussen twee klasse, naamlik dié met deursneë groter as die golfengete van lig en dié waarvan die deursneë kleiner as die golfengete van lig is. Eersgenoemde klas weerkaats lig ooreenkomstig die algemene optiese wette, terwyl die tweede klas lig in alle rigtings versprei met 'n veranderlike intensiteit. Deeltjies met deursneë kleiner as die golfengete van lig polariseer die lig tot 'n groot mate.¹⁴

Oor die afgelope paar jare het heelwat navorsers gepoog om die effek van lugbesoedeling deur stof op die mens vas te stel. Selektiewe monsternemingsapparaat is ontwikkel om kwantitatiewe toetse te doen op die stofdeeltjies wat die dieper dele van die longe bereik. Bevindings¹¹ dui daarop dat ongeveer tien persent van alle ingeasemde deeltjies wat 'n deursnit van 3.5 mikron het, in die longe neerslaan. Die ooreenkomstige syfer vir deeltjies met 1 mikron deursneë is vyftig persent.

Stofdeeltjies wat by 'n skoorsteen uitgelaat word, sak uit oor afstande wat wissel vanaf 'n paar honderd tree tot baie myle van die skoorsteen af. Die uitgesakte stof dien as 'n sigbare bewys van 'n bron van lugbesoedeling. Die maksimum grondvlakkonsentrasies hang af van die tipe stof, die uitlaatgas se temperatuur, die snelheid van vrylating, die skoorsteenhoogte, windsnelheid en atmosferiese temperatuur. By laer windsnelhede sal die uitlaatgas hoër styg as gevolg van die temperatuureffek, terwyl turbulensie die afvalgasse vinnig sal disperseer by hoë windsnelhede. Dit is by gemiddelde windsnelhede (sowat 15 tot 20 myl per uur) waar die hoogste grondvlakkonsentrasies aangetref word.

2.2 DIE KWANTITATIEWE BEPALING VAN STOF IN INDUSTRIËLE PYPE

Voordat 'n toets van hierdie aard gedoen kan word, moet daar etlike voorbereidings getref word. Eerstens moet die mees geskikte plek vir monsterneming uitgesoek word. Die snelheidsprofiel van die gas by die gekose plek moet dan ondersoek word om te verseker dat die snelheidsdistribusie so eweredig as moontlik is en dat die rigting van die gasvloeï aksiaal ten opsigte van die pyp is. Indien die aërodinamiese toestande bevredigend is, word die posisies van die monsterpunte oor die dwarsdeursnit gekies.

Stofmonsterneming geskied gewoonlik soos volg: by die monsterpunte word stofbelaaide gas ingesuig deur middel van 'n tuit met 'n spesifieke deursnit wat aan 'n sonde vasgeheg is. Die stofbelaaide gas vloei deur die sonde tot by die gassuiweringseenheid waar die stof kwanitatief van die gas geskei word. Die suiwer gas vloei vervolgens deur 'n vloeimeter en 'n beheerstelsel na die bron van vakuum waar dit in die atmosfeer uitgelaat word.

Die vloeisnelheid van die gas in die industriële pyp word tydens monsterneming noukeuring bepaal en aangeteken. Die stof wat in die gassuiweringseenheid opgevang word, word na die toets akkuraat geweeg. Na verdere verwerking van hierdie resultate word die totale volumetriese vloeisnelheid van die gas en die massavloeisnelheid van die stof in die industriële pyp verkry. Die stof wat tydens monsterneming opgevang word, kan later ook chemies en fisies ondersoek word om die aard daarvan vas te stel.

Dit is noodsaaklik dat as 'n ondersoek van hierdie aard onderneem word, eerstens 'n deeglike studie van die industriële proses gemaak word. Alle aktiwiteite wat direk of

indirek verband hou met die mate van lugbesoedeling moet bestudeer word sodat enige ongewone situasie onmiddellik herken kan word.

Stofmonsterneming bied heelwat meer probleme as gasmonsterneming vanweë sekere eienskappe van stofdeeltjies soos deeltjie-groottes, massa, agglomerasie, lading en vorm. 'n Bevredigende stofmonster is een wat verteenwoordigend is van die vloeipatroon in die pyp of skoorsteen, wat vry is van enige kontaminasie en wat geen chemiese of fisiese verandering ondergaan het nie.

Akkurate en voldoende monsterneming is die belangrikste faktore in die ondersoek en beheer van lugbesoedeling. In dié verband is daar twee terme wat dikwels verwar word, naamlik presisie en akkuraatheid. Presisie het betrekking op die herhaalbaarheid van 'n waarneming terwyl akkuraatheid die soeklig laat val op die waarheid van so 'n waarneming.

Die gemete massavloei is (indien geen verwysingsmetings geneem word nie) die gemiddelde waarde vir die totale tyd van monsterneming. Die akkuraatheid van so 'n bepaling word nie beïnvloed deur veranderinge in die vloeisnelheid van die soliedes nie tensy daar 'n korrelasie tussen verandering in tyd en distribusie oor die dwarsdeursnit bestaan. Om die waarskynlikheid van so 'n korrelasie uit te skakel, is dit die beste om die monsters in 'n willekeurige orde te neem.

2.2.1 Keuse van die plek van monsterneming

Volgens Hawksley, Blackett en Badzioch¹² sal die ideale plek aan die volgende vereistes voldoen: eerstens moet 'n monster verkieslik geneem word nadat die gas deur 'n gassuiweringstoestel of enige plek in die pypstels (soos

'n lang horisontale pyp) waar stof kan neerslaan, beweeg het. Dit kan egter vooraf geneem word indien die hoeveelheid stof wat daardeur uit die gasstroom verwyder word, gelyktydig met die monsterneming gemeet word.

Tweedens moet die plek van monsterneming nie nader as een pyp deursnit vanaf enige stroomopwaartse steurnis wees nie. Stern²⁴ spesifiseer hier vyf tot tien deursneë as die gewenste afstand. Waar hoogs turbulente toestande bestaan, sal die turbulensie die verspreiding van die gas of soliedes vinnig uitstryk en kan daar wel nader aan so 'n steurnis monsters geneem word.

Derdens moet die uitlaatgasse verkieslik parallel aan die as van die pyp vloei by die plek van monsterneming. Direk na 'n sikloniese gassuiweraar neem die gas 'n heliese vloei patroon aan en onder sulke omstandighede word daar nie aan hierdie derde vereiste voldoen nie. Indien die vloei rigting van die uitlaatgas met meer as dertig grade afwyk van aksiale vloei, moet 'n ander plek gekies word.

Die vierde vereiste is dat die gassnelheid by die plek sodanig moet wees dat die drukverskil met die pitotbuis nie minder as 0.02 duim water (meterdruk) is nie. Dit is die laagste drukverskil wat noukeurig gemeet kan word onder bedryfstoestande. Daar mag verder geen dooie ruimte of gebied van negatiewe vloei wees nie.

Die inlaatpyp van 'n waaier word gewoonlik verkies bo die uitlaatpyp vanweë die feit dat 'n waaier neig om 'n toestand van stratifikasie in die hand te werk.¹

Die keuse van die posisie van monsterneming in 'n industriële pypstelsiem word egter meer dikwels oorheers deur praktiese oorwegings as deur teoretiese benodighede.

Faktore wat hierby in aanmerking geneem word, is die koste verbonde aan die maak van monsternemingsgate en platforms en die toeganklikheid van die posisie vir twee of meer persone en vir die toerusting. Dikwels moet 'n plek gekies word wat 'n kompromis is tussen die toeganklikheid en die optimum aërodinamiese toestande.

2.2.2 Keuse van die posisies van die monsternemingspunte

Aangesien die massavloeiensnelheid van die stofdeeltjies gewoonlik nie heeltemal eweredig oor die dwarsdeursnit van die pyp versprei is nie, is dit nodig om die monsters by 'n aantal punte in die pyp te neem. Die wyse waarop die verdere verwerking van die resultate geskied, bepaal die keuse van die posisies van die monsterpunte.

Indien die verdere verwerking gedoen word met behulp van grafiese of digitale metodes, moet die posisies van die monsterpunte net aan een vereiste voldoen. Die verspreiding van die punte oor die dwarsdeursnit moet naamlik sodanig wees dat redelike akkurate interpolasie tussen die puntwaardes gedoen kan word.

As die verteenwoordigende puntmetode van verwerking gebruik word, moet die punte sodanig gekies word dat elke punt verteenwoordigend is (wat betref gas- en stofvloeiensnelheid) vir 'n sekere deel van die dwarsdeursnee-oppervlakte in die pyp. Om die verteenwoordigende punte te bepaal, gaan Hawksley et.al. soos volg te werk: Die verteenwoordigende punte word in die geval van 'n vierkantige pyp bepaal deur die dwarsdeursnee-oppervlakte te verdeel in 'n aantal gelyke suboppervlaktes. Monsters word dan by die geometriese middelpunte van hierdie suboppervlaktes geneem en dit word aanvaar dat elke monster

verteenwoordigend is vir die hele suboppervlakte. In die geval van ronde pype is die verteenwoordigende punte geleë op sirkels wat die suboppervlaktes of annuli in twee gelyke oppervlaktes verdeel. Verteenwoordigende punte kan egter ook bepaal word deur 'n sekere snelheidsdistribusie (byvoorbeeld 'n lineêre of 'n veeltermige snelheidsprofiel) te aanvaar en die verteenwoordigende punte uitgaande van hierdie aanname te bereken.¹⁸ Die verteenwoordigende puntmetode vereis dat die punt van die sonde presies in 'n voorgeskrewe posisie geplaas moet word. Dit neem meer tyd in beslag as om die sonde ongeveer in 'n bepaalde posisie te plaas en die posisie dan akkuraat af te lees (soos by die gebruik van die grafiese verwerkingsmetode gedoen kan word).

Die aantal punte waarby monsters geneem word, bepaal in 'n groot mate die akkuraatheid van die resultate. Hoe meer monsterpunte gebruik word, hoe groter is die waarskynlikheid dat die uiteindelijke resultate korrek is. Hawksley¹² et.al. het verder aangetoon dat groter akkuraatheid verkry word indien byvoorbeeld agt monsters by agt verskillende monsterpunte geneem word as wanneer die agt monsters by vier monsterpunte geneem word deur duplisering by elke monsterpunt.

2.2.3 Keuse van die tydperk van monsterneming

Die lengte van die monsternemingsperiode is nie 'n arbitrêre besluit nie. Die minimum moontlike tydperk waaroor monsterneming kan geskied, word deur verskeie faktore beïnvloed. Eerstens kan die keuse beïnvloed word deur die bedryfstoestande van die aanleg. Dit mag gebeur dat die bedryfstoestande net vir 'n sekere tyd geskik mag

wees vir monsterneming.

Tweedens beïnvloed die verwagte stofkonsentrasie in die pyp hierdie keuse. Indien die konsentrasie laag is, sal 'n lang tydperk nodig wees om 'n monster van genoegsame gewig by elke monsterpunt te verkry.

In die derde plek oefen die maksimum volumetriese vloeisnelheid van die gas deur die apparaat 'n groot invloed uit. Indien die apparaat 'n groter volume gas kan hanteer, kan die tyd van monsterneming verminder word.

Dit is dus duidelik dat die keuse van die tydperk waaroor monsterneming moet geskied ten nouste saamhang met die grootte van die monster wat benodig word. Dit hang weer af van die laagste grëns van die analitiese prosedures waaraan die monster later onderwerp word.

Indien filters as gassuiweringseenhede in die apparaat gebruik word, word die tydperk van monsterneming verder beperk deur die stygende weerstand wat die filter teen vloei bied namate die stof daarin loop.

2.2.4 Metodes van monsterneming

Indien die resultate volgens die verteenwoordigende puntmetode verkry is, kan monsterneming volgens twee metodes geskied. Eerstens kan inkrementele monsterneming toegepas word. Dit bestaan daaruit dat daar by elke monsterpunt 'n afsonderlike monster geneem word. Die tweede metode is 'n kumulatiewe metode en bestaan daaruit dat die sonde van monsterpunt tot monsterpunt beweeg word sonder om by elke monsterpunt 'n nuwe gassuiweringseenheid te gebruik. Sodoende word al die monsters gesamentlik opgevang en geweeg. Laasgenoemde metode is natuurlik vinniger as die inkrementele

metode, aangesien daar geen tyd verlore gaan met omruiling van gassuiweringseenhede nie. Dié metode word gevolglik vir roetinemonsterneming gekies.

Indien die grafiese metode gebruik word om die resultate te verwerk, is dit noodsaaklik dat inkrementele monsterneming toegepas word, aangesien daar 'n konsentrasieprofiel gekonstrueer moet word vanuit die afsonderlike metings. Die inkrementele metode bied meer inligting oor die werklike toestande in die pyp as wat die kumulatiewe metode bied.

2.2.5 Vereistes vir 'n verteenwoordigende monster

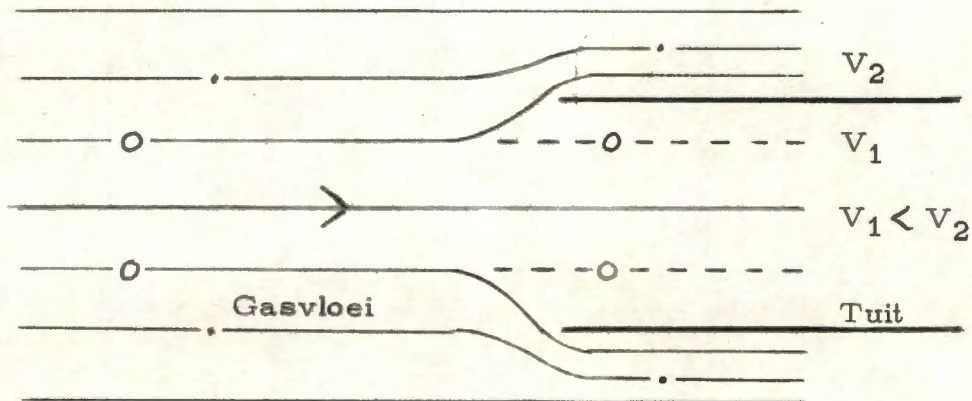
'n Stofmonster moet verteenwoordigend wees van die vloeipatroon van die soliede in die pyp, dit mag nie gekontamineer wees nie en dit mag geen chemiese of fisiese verandering ondergaan nie.

Om te verseker dat 'n stofmonster verteenwoordigend is van die vloeipatroon by die spesifieke monsterpunt, moet die monsterneming isokineties geskied. Dit wil sê, die gasmonster moet by die tuit ingesuiig word teen 'n lineêre snelheid wat presies gelyk is aan die gassnelheid in die pyp. Slegs onder sulke omstandighede sal die vloeilyne van die gas in die pyp onversteurd bly.

Indien die lineêre snelheid van die gas by die tuit laer is as dié van die gas in die pyp, sal 'n deel van die gasstroom verby die tuit gedeflekteer word. Die ligter deeltjies met klein deursnee sal die gedeflekteerde gasstroom volg en nie die tuit binnegaan nie terwyl growwe deeltjies as gevolg van hul momentum in die tuit sal ingaan. Sien figuur 1. 'n Nie-vertteenwoordigende monster met 'n te hoë konsentrasie van growwe deeltjies

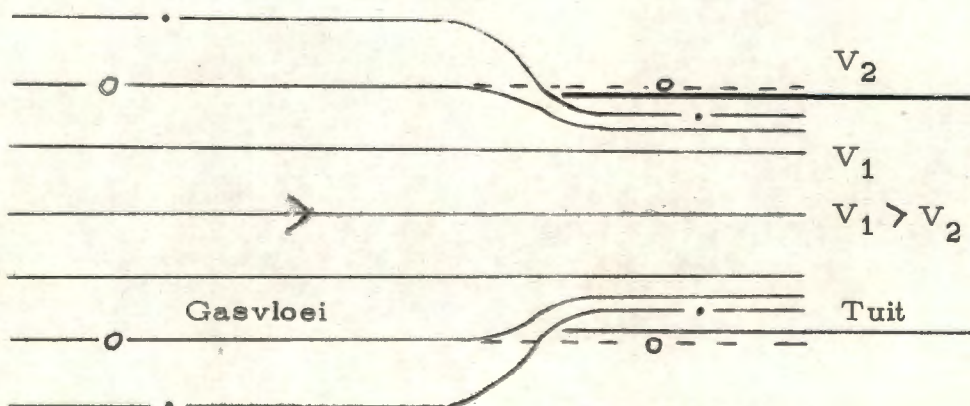
sal verkry word en die monster se gewig sal te hoog wees.

Figuur 1



Omgekeerd, indien die snelheid van monsterneming te hoog is, sal 'n konvergente lugstroom by die opening van die tuit ontwikkel en 'n oormaat ligte deeltjies sal die tuit binnegaan. Sien figuur 2. Die resulterende monster sal dus 'n foutiewe hoë konsentrasie van ligter deeltjies hê en die gewig van die monster sal te laag wees.

Figuur 2



Kontaminasie van die stofmonster word verhoed deur die konstruksiemateriale van die monsternemingsapparaat sodanig te kies dat enige interaksie tussen die stof en die toerusting uitgeskakel word.

2.2.6 Meting van die gasvloeiensnelheid

Die volumetriese vloeiensnelhede van gasse in industriële pype is gewoonlik so groot dat daar nie gebruik gemaak kan word van apparaat wat direk totale volumetriese vloeiensnelheid meet nie. As gevolg hiervan word daar gewoonlik gebruik gemaak van sondes wat lokale drukke of hitte-oordragsnelhede meet by die voorafbepaalde punte in die pyp. Die standaard pitotbuis-kombinasie met 'n differensiële drukmeter (byvoorbeeld 'n skuins manometer) word die algemeenste gebruik.

Indien die pitotbuis gebruik word, moet enige veranderinge in die gas se temperatuur, druk of humiditeit genoteer word, aangesien dié faktore die gasdigtheid en gevolglik ook die snelheidsdruk beïnvloed. Die prosedure wat gebruik word om die volumetriese vloeiensnelheid van 'n gas te meet met behulp van 'n pitotbuis, bestaan kortliks uit die volgende stappe: eerstens word die snelheidsdrukke by die onderskeie monsterpunte gemeet, dit word dan verwerk na ekwivalente snelhede (waarvoor temperatuur, druk en humiditeitslesings noodsaaklik is), die gemiddelde gassnelheid in die pyp word vervolgens bereken en vermenigvuldig met die dwarsdeursnee-oppervlak van die pyp.

Soos reeds aangedui is, moet sekere toestande in die gas in ag geneem word tydens die meting van gassnelhede. Hierdie toestande sluit die volgende in: temperatuur-

wisselinge en -gradiënte, die gasdigtheid, verandering van die gemiddelde vloeisnelheid tydens die meting, die invloed van gesuspendeerde stofdeeltjies en die vloeirigting.

Temperatuurwisselinge vind in die meeste industriële pype plaas as gevolg van die bedryfstoestande. Temperatuurgradiënte is gewoonlik klein, maar regverdig nogtans die gebruik van 'n termokoppel aan die punt van die sonde om sodoende temperature te meet by presies dieselfde punte as, en gelyktydig met, snelheidsmetings. Die presiese gasdigtheid moet bekend wees ten einde die gemete snelheidsdruk te verwerk na die ooreenkomstige gassnelheid. Die gasdigtheid kan bereken word indien die chemiese samestelling, die temperatuur, die druk en die humiditeit van die gas bekend is. Direkte meting van die gasdigtheid is meer prakties, maar toerusting vir hierdie doel is gewoonlik duur.

Indien die gemiddelde vloeisnelheid verander gedurende die tyd van meting, kan dit slegs in berekening gebring word indien 'n tweede sonde gebruik word om gelyktydig verwysingsmetings te neem by 'n bepaalde vaste punt.²¹ Korreksies van hierdie aard het weinig invloed indien die wisselinge redelik siklies voorkom.

Deeltjies in suspensie bemoeilik metings van die gas-snelheid, omdat hulle aan die sonde kan vaskleef en sodoende die effektiewe vorm van die sonde kan verander of die drukgaatjies kan verstop. Indien die konsentrasie van die gesuspendeerde deeltjies baie hoog is, kan dit die gasdigtheid beïnvloed. Die totale digtheid van die medium kan in so 'n geval slegs bereken word indien die deeltjiese konsentrasie en digtheid konstant bly.

Stofneerslae kom dikwels in industriële pype voor en hulle verander die inwendige vorm en dwarsdeursnee-

oppervlakte van die pyp. Die interne afmetings van 'n pyp moet dus telkens voor 'n meting nagegaan word om die invloed van sulke foute uit te skakel.

Tydens snelheidsmetings moet daar verder gelet word op afwykings van die gas se vloeirigting vanaf aksiale vloei. Verskeie tipes toerusting¹⁸ is vir hierdie doel beskikbaar.

As gevolg van temperatuurgradiënte en -fluktuasies en die verandering in statiese druk wat soms plaasvind in die tydperk wat nodig is om 'n hele stel lesings in 'n dwarsdeursnit te doen, moet hierdie metings verwerk word na ekwivalente snelhede by standaardtoestande (0°C en 760mm. Hg). Slegs sulke snelhede mag geïntegreer word om 'n totale volumetriese vloeisnelheid te verkry.

Voordat die puntsnelhede geïntegreer word, moet die fluktuasies van die vloeisnelheid in ag geneem word. Dit word gedoen deur die puntsnelhede eweredig te korreleer met die veranderinge by die verwysingspunt. Regverdiging vir hierdie eweredigheid spruit uit die feit dat die eksponent van die snelheidsdistribusiewet feitlik konstant bly oor 'n wye gebied van Reynoldsgetalle. Die relatiewe vorm van die snelheidsprofiel verander dus nie indien die gemiddelde snelheid met 'n beperkte hoeveelheid verander nie.

2.3 TOERUSTING EN BENODIGDHEDE VIR MONSTERNEMING

'n Effektiewe monsternemingsapparaat moet saamgestel wees uit afsonderlike eenhede wat die geskikste is vir die betrokke besoedelaar en die data wat benodig word. Die doeltreffendheid van die spesifieke kombinasie moet bekend en herhaalbaar wees. Hoewel 'n apparaat doeltreffend kan wees by 'n spesifieke snelheid van monsterneming en konsen-

trasie van die besoedelaar, kan die doeltreffendheid baie laer wees indien enige van hierdie faktore verander.

'n Tipiese monsternemingseenheid bestaan uit die volgende komponente: 'n tuit met 'n spesifieke deursnit wat aan 'n sonde vasskroef, 'n gassuiweringseenheid, toerusting om die gasvloei deur die apparaat te meet en te beheer, en laastens 'n vakuumbron. Addisionele toerusting is nodig om die gassnelheid, temperatuur, druk en humiditeit van die gas in die pyp te meet.

2.3.1 Tipes sondes

Twee tipes sondes word in stofmonsterneming gebruik, naamlik die interne en die eksterne sonde. Die interne sonde se gassuiweringseenheid is geleë by die inlaat van die sonde net na die tuit. Die gassuiweringseenheid kom dus tydens monsterneming binne in die pyp en word direk deur die warm uitlaatgasse verhit.

By die eksterne sonde volg die gassuiweringseenheid direk na die sonde. Dit is dus buitekant die pyp tydens monsterneming, gevolglik moet beide die sonde en die gassuiweringseenheid tydens monsterneming verhit word om te verhoed dat waterdamp kondenseer en verstoppings veroorsaak.

Die sonde se konstruksiemateriaal moet sodanig gekies word dat dit nie sal reageer met die gasse en deeltjies wat gemonster word nie. Die materiaal moet ook 'n hoë weerstand bied teen wrywing sodat die interne pyp van die sonde 'n minimum slytasie ondergaan as gevolg van die wrywing van die stofdeeltjies.

2.3.2 Verskeie gassuiweringseenhede

Nadat 'n verteenwoordigende monster van die stof-belaaide gas by die uitlaatpyp geneem is, moet die stof-deeltjies van die gas geskei word. Die keuse van die tipe eenheid wat hiervoor gebruik word, word bepaal deur die fynheid en aard van die stof, die stofkonsentrasie in die gas en die wyse waarop die monster verder ondersoek moet word

Die ideale gassuiweringseenheid sal 'n lae weerstand bied teen gasvloei en die stofmonster sal maklik geskei kan word van die eenheid en sal nie daarmee gekontamineer wees nie. Die enigste gassuiweringseenheid wat aan hierdie vereistes voldoen, is die elektrostatische presipitator. Dit is egter gevaarlik om met sulke hoë elektriese spannings (12,000 tot 30,000 volts) in die beperkte ruimte van 'n hoë platform te werk. Daar word ook probleme ondervind met die ontwerp van 'n liggewig, doeltreffende spanningsbron.

Sikloniese eenhede kan groot hoeveelhede stof opvang en nogtans 'n lae weerstand bied teen die gasvloei. 'n Deeglik ontwerpte sikloon kan deeltjies wat groter as 5 mikron is doeltreffend opvang. Deeltjies met submikron deursnee word gewoonlik glad nie opgevang nie²⁴ en dan moet daar van 'n addisionele eenheid gebruik gemaak word.

Verskeie tipes filters kan as gassuiweringseenhede gebruik word. Indien die stofkonsentrasies baie laag en die deeltjies baie klein is, word spesiale tipes filtreerpapier dikwels gebruik, aangesien dit 'n groot filtreeroppervlakte bied, geringe gewig besit en klein porieë (2 tot 5 mikron) het. Indien die stofkonsentrasie en die gassnel-

heid in die eenheid te hoog is vir papierfilters, word daar dikwels van materiaalfilters gebruik gemaak, aangesien hulle sterker is.

Gepakte filters word die algemeenste gebruik as gassuiweringseenhede. Filters kan gepak word met watte, asbesvesels, glasvesels of ander sellulose vesels. Sinterglasfilters of filters wat met metaalvesels of keramiese steentjies gepak is, word by baie hoë temperature gebruik.² 'n Gepakte filter moet sodanig gepak word dat dit 'n groot oppervlakte bied en 'n bevredigende filterdiepte het. Die vesels mag nie gebreek word nie en moet eweredig en nie te kompak versprei wees nie.

Die houers vir gepakte filters word vervaardig van glas, plastiek, aluminium of vlekvrystaal. Die houers moet sodanig ontwerp wees dat al die gas deur die filtermedium vloei. Die filtermedium word gewoonlik in posisie gehou deur stukkies vlekvrystaal of aluminiumgaas.

Termiese presipitators kan ook as gassuiweringseenhede gebruik word en is baie doeltreffend oor 'n wye gebied van deeltjiegroottes.²⁴ Die termiese krag in so 'n eenheid is minimaal indien die temperatuurgradiënt laer as 750°C per sentimeter is. Die eenhede werk minder doeltreffend indien die stofdeeltjies 'n hoë termiese geleidingsvermoë besit, aangesien die effek van termiese afstoting dan baie verminder.

2.3.3 Tipes toerusting vir die meting van gasvloei deur die apparaat.

Die korrekte konsentrasie van die stof in die gas wat deur die monsternemingsapparaat gaan, kan slegs bepaal word indien die volume van die gas akkuraat ge-

meet word. Die vloeimeting word gewoonlik gedoen net nadat die gas deur die gassuiweringseenheid gegaan het en net voor dit die vakuumbron bereik. Dit impliseer dat die vloeimeter by 'n druk wat laer as atmosferies is, sal moet funksioneer. Gevolglik moet die druk en die temperatuur van die gas ook by hierdie punt gemeet word sodat die volume akkuraat bereken kan word.

Twee tipes vloeimeters word algemeen in monsternemingsapparate gebruik, naamlik snelheidsmeters en kwantiteitsmeters. Snelheidsmeters sluit in apparate soos die rotameter en die stuskyfmeter. Hierdie apparate het die voordeel dat hulle kompak en goedkoop is. Hulle meet egter net die oombliklike vloeisnelheid en moet voortdurend dopgehou word gedurende die tyd van monsterneming om die totale gasvloei te verkry. Nat en droë kwantiteitsmeters is reeds suksesvol gebruik deur verskeie navorsers.²⁴ Beide soorte is egter baie breekbaar en boonop is die droë gasmeter groot en swaar.

2.3.4 Vakuumbronne

'n Vakuumbron is nodig, aangesien 'n bekende volume gas deur die monsternemingsapparaat gesuig moet word. Aangesien monsterneming oor 'n hele aantal ure geskied, is 'n kontinue bron van vakuum noodsaaklik. 'n Motoraangedrewe vakuumpomp voldoen gewoonlik aan die vereistes. Verskeie tipes vakuumpompe kan gebruik word, byvoorbeeld draaiwielpompe, sikloïdale pompe, wederkerige, diafragma- of sentrifugale pompe.

Die draaiwielpomp is 'n positiewe verplasingseenheid en lewer kontinue en pulslose vakuum. Sikloïdale pompe is duurder as draaiwielpompe en lewer 'n kleiner vakuum.

Multisilinder wederkerige vakuumpompe lewer 'n diskontinue vakuum en het 'n hoë slytasie as gevolg van die baie bewegende dele. Die vloeisnelheid deur diafragma-pompe is te laag vir gebruik in monsterneming. Sentrifugale pompe word dikwels gebruik in eenhede waar 'n hoë volumetriese vloeisnelheid verlang word teen 'n lae hoofsverlies.

By plekke waar baie lug, stoom of water onder 'n hoë druk beskikbaar is, kan 'n aspirator (wat op die Venturibeginsel werk) gebruik word om die vakuum te verskaf.

2.3.5 Addisionele Toerusting

Die gassnelheid in die pyp kan gemeet word met behulp van sondes wat die snelheidsdruk meet (pitotbuis) of wat van hitte-oordrag gebruik maak om die snelheid te meet (termo-anemometer). Gammastrale is ook reeds gebruik om lokale gasvloeisnelhede te meet. Dit bied die voordeel dat geen obstruksie in die gasvloei geplaas word nie.¹⁸

Indien 'n pitotbuis tesame met 'n skuinsmanometer gebruik word om die gassnelheid in die pype te bepaal, kan die statiese druk in die pyp maklik bepaal word deur slegs die statiese drukkoppeling aan die manometer te verbind. Die absolute gasdruk in die pyp is dan die verskil tussen die statiese druk in die pyp en atmosferiese druk.

Die gastemperatuur in die pyp kan by elke monsterpunt gemeet word met behulp van 'n termokoppel. Indien geen temperatuurgradiënte voorkom nie, is dit voldoende om die gastemperatuur te meet deur 'n termometer by

'n aparte gaatjie in die pyp in te steek.

Die humiditeit van die gas kan gemeet word deur 'n kondensator by die monsternemingsapparaat in te sluit om die vog uit die gas te kondenseer. Humiditeit kan ook gemeet word met behulp van 'n nat- en droëboltermometer.

Verdere addisionele toerusting sluit in items soos kleppe vir die beheer van die gasvloei deur die apparaat en ook koppelings en pype om die onderskeie eenhede met mekaar te verbind. By monsternemingsapparate word daar gewoonlik voorkeur gegee aan Saunder (diafragma) -kleppe, aangesien hulle gasdig verseël en 'n gelykmatige beheer bied oor die gasvloei. Die pyp wat die vakuumbron voorafgaan, moet versterk wees om te verhoed dat dit inmekaartrek by die hoë vakuum.

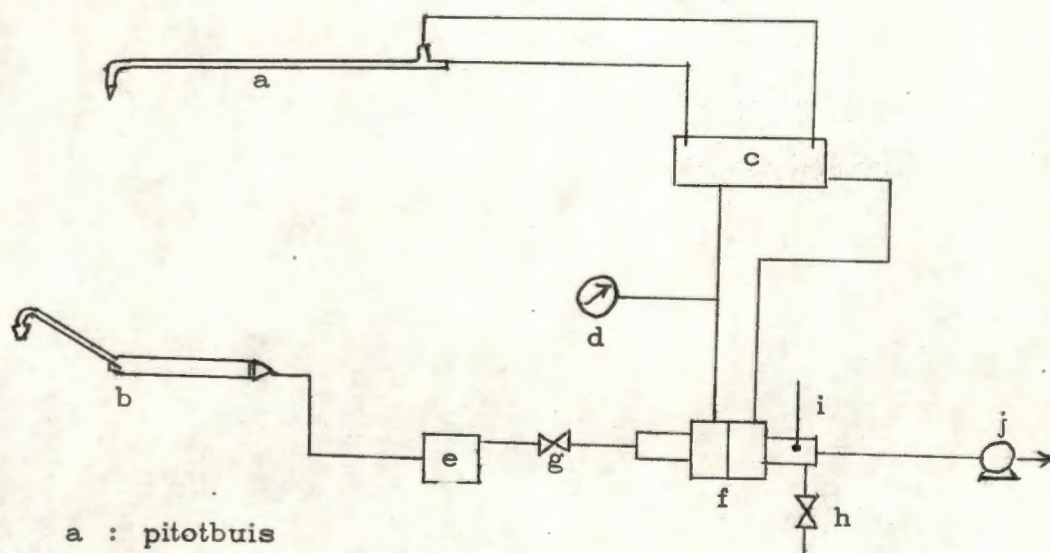
2.3.6 Beskikbare industriële toerusting

Twee tipes toerusting⁸ wat industrieel plaaslik verkrygbaar is, word kortliks bespreek.

2.3.6.1 Die „Mark IIIA“-toerusting vir monsterneming

Die toerusting bestaan uit 'n kort sonde met 'n skerprand-geelkopertuit waarna die filterhouer volg. As gassuiweringseenheid word 'n glasveselsakfilter binne in die filterhouer gebruik. Die suiwer gas vloei dan verder deur 'n kondensator na die kontrolekas waar die gasvloei met behulp van 'n stuskyfmeter gemeet word. Die kontrolekas bevat verder 'n termometer, drukmeter en twee diafragmakleppe om die gasvloei te kontroleer. Die gas word deur die apparaat gesuig met behulp van 'n geskikte vakuumpomp. (Sien figuur 3).

Figuur 3



- a : pitotbuis
- b : sonde en sakfilter
- c : skuinsmanometer
- d : drukmeter
- e : kondensator
- f : stuskyfmeter
- g : klep
- h : klep
- i : termometer
- j : vakuumpomp

2.3.6.2 Die B.C.U.R.A.-apparaat¹²

Die apparaat is gebaseer op 'n ontwerp wat deur die „British Coal Utilization Research Association“ ontwikkel is. Monsters van die stofbelaaide gas word by die tuit ingesuiig wat direk aan die inlaat van 'n miniatuur sikloon gekoppel is. Die stofdeeltjies word geskei van die gas deur sentrifugale krag in die sikloon en gaan dan 'n voorafgeweege houer binne. Die gesuiwerde gas word vanaf die sikloon deur die sonde en dan deur 'n buigbare rubberkoppelingsbuis gesuiig met behulp van 'n waaier. Die drukverskil oor die sikloon word gebruik as maatstaf van die vloeï deur

die apparaat. Indien die stofdeeltjies kleiner as 10 mikron is, word 'n filterhouer met 'n glaswolfilter direk na die sikloon gekoppel om dié deeltjies op te vang.

2.3.7 Verdere interessante ontwikkelinge

Tydens die meting van gasvloeiensnelheid in 'n stof-belaaide gasstroom met behulp van 'n pitotbuis, word die klein statiese drukgaatjies dikwels verstop. 'n Dubbele pitotbuis²⁴ is ontwikkel om hierdie probleem te oorkom. Die buis bevat twee opponerende openinge vir die meting van die gasdruk. Die een opening word stroomopwaarts gerig tydens die meting terwyl die ander opening dan stroomaf gerig is. As gevolg hiervan gee dié tipe pitotbuis 'n hoër manometerlesing as die standaard pitotbuis. Die apparaat is egter baie sensitief vir nie-parallele vloei en het 'n veranderlike kalibrasie-koëffisiënt wat afhang van die vloeitoestande.

Indien die gasvloeiensnelheid in 'n pyp gedurig wissel, is dit baie moeilik om die totale volumetriese vloeiensnelheid met behulp van 'n pitotbuis te bepaal. Harding et.al.²⁴ het 'n rak ontwerp wat ses pitotbuise tegelykertyd in posisie hou by ses verskillende monsterpunte. Die pitotbuis is aan ses differensiële drukmeters verbind en 'n rolprentkamera is gebruik om die meters elke 20 sekondes af te neem. Sodoende word die oombliklike vloeiensnelheid oor die dwarsdeursnit van die pyp telkens verkry en kan die gemiddelde vloeiensnelheid baie akkuraat verkry word.

Daar kan ook aan die vereiste van isokinese voldoen word tydens monsterneming deur die gebruik van 'n „nul“-tipe tuit.¹⁹ Die statiese druk word hier aan die binnekant en aan die buitekant van die tuit gemeet en deur die twee

drukke presies gelyk aan mekaar te hou, word die „nul“-toestand bereik. Hierdie „nul“-toestand is egter nie altyd 'n presiese maatstaf vir isokinese nie, aangesien faktore soos verskille in turbulensie en die posisies van die statiese drukgaatjies binne en buitekant die tuit 'n invloed op die statiese druk uitoefen. Hemeon en Haines¹³ het verder aangetoon dat die „nul“-tipe tuit nie betroubaar is indien die vloeisnelheid laag is nie.

2.4 FAKTORE WAT DIE AKKURAAATHEID VAN 'N BEPALING BEÏNVLOED

In die praktyk kan foute baie maklik insluip aangesien die werksomstandighede die navorser selde toelaat om gedurig op al die fyn besonderhede te konsentreer. Voorbeelde van sulke omstandighede is hoë omgewingstemperature, 'n warm, moeilik hanteerbare sonde, platforms wat beperkte ruimte bied en hoog bokant die grond is. Verder bemoeilik die vibrasie van die platform dikwels die instelling van 'n fyn instrument soos die skuinsmanometer. Foute wat in die praktyk voorkom, kan onderverdeel word in die foutiewe bepaling van die gasdigtheid, gasvloeisnelheid of stofkonsentrasie.

2.4.1 Foutiewe bepaling van die gasdigtheid

'n Foutiewe waarde vir die gasdigtheid spruit uit 'n foutiewe bepaling van die gassamestelling, -temperatuur of -druk. Die samestelling van die gas word gewoonlik gemeet met behulp van die Orsatapparaat. Die bepaling moet noukeuring uitgevoer word en die reagentie wat gebruik word vir die absorpsie van die onderskeie

gasse, moet vars wees. Tydens die meting van die temperatuur van die gas in die pyp, moet daar gewaak word teen temperatuurgradiënte en - fluktuasies.

Die bepaling van die absolute gasdruk word ook beïnvloed deur die lesing van die barometerstand sowel as die gasdruk in die pyp. Indien die barometerstand afgelees word met behulp van 'n kwikbarometer met 'n noniusskaal, is die fout (nadat die temperatuurkorreksie aangebring is) gering. Die statiese druk in die pyp word gewoonlik gemeet met behulp van 'n manometer met water of paraffien as manometervloeistof. Hierdie waarde is oor die algemeen baie klein in vergelyking met die barometerlesing en gevolglik is die invloed van lesingsfoute hier persentasiegewys nie groot nie.

2.4.2 Foutiewe bepaling van die gasvloeiensnelheid

Die pitotbuis is die instrument wat die algemeenste vir hierdie metings gebruik word en het 'n akkuraatheid van 99 persent onder ideale toestande.²⁸ In die praktyk word hierdie noukeurigheid egter selde bereik as gevolg van ander inherente foute soos turbulensie, stofneerslae in pype, asimmetriese vorm van pype en swak waarnemingstegnieke.

Met behulp van die pitotbuis word die kinetiese energie van die gas eintlik gemeet. Aangesien die kinetiese energie gedurende turbulente vloei kwadratiese toeneem met die intensiteit van die turbulensie sal pitotbuislesings vinnig toeneem indien die turbulensie verhoog. Hierdie faktor kan op sigself al groot foute veroorsaak. Turbulensie sal verder ook 'n invloed op die manometerlesing

uitoefen. As gevolg van die inersie van die vloeistofkolom en ook as gevolg van viskose dempingseffekte sal die manometerlesing oënskynlik konstant bly vir vinnige fluktuasies in die snelheidsdruk. Die lesing sal te hoog wees en sal nie die gemiddelde drukverskil weergee nie. Dit sal veral die geval wees by lae vloeisnelhede.² Die teoretiese analise van pitotbuisresponsie in turbulente vloeitoestande benadruk hierdie kwalitatiewe gevolgtrekkings.⁹

'n Verdere potensiële bron van foute bestaan by die bepaling van die effektiewe dwarsdeursnee-oppervlakte van die pyp. Stofneerslae van etlike duime kom soms voor in industriële pype. Interne inspeksie en meting van die pyp se dimensies is dus absoluut noodsaaklik om akkuraatheid te verseker. Steurings soos bogenoemde neerslae en buigings in die pype veroorsaak 'n nie-eenvormige snelheidsdistribusie oor die vloeddwarsdeursnit. Dit is dus noodsaaklik dat die snelheid by genoeg punte gemeet word sodat die snelheidsdistribusie en gevolglik ook die gemiddelde snelheid noukeurig verkry kan word.

Die skuinsmanometer wat in kombinasie met die pitotbuis gebruik word, bied ook geleentheid vir foute. Hier moet daarop gelet word dat die apparaat waterpas ingestel word, dat daar geen lugblasies in die manometer-vloeistof is nie en dat die nulpuntinstelling korrek is. Die buise wat die pitotbuis met die manometer verbind, moet saamgebind word om te verseker dat hulle by dieselfde temperatuur bly.

2.4.3 Foutiewe bepaling van die stofkonsentrasie

Die totale noukeurigheid van 'n meting oor 'n gegewe tydperk by 'n gegewe aanleg hang af van die grootte van die sistematiese en willekeurige foute tydens monsterneming.

Die fout wat ontstaan as gevolg van die gebruik van 'n eindige aantal monsterpunte is 'n sistematiese fout wat nie verminder of uitgeskakel kan word deur die metings by dieselfde stel monsterpunte te herhaal nie. 'n Ware herhaling van 'n totale stofmeting kan slegs gedoen word deur gelyktydig met 'n tweede apparaat monsters te neem. So 'n toets sal die herhaalbaarheid van die meting weergee, maar sal nie aandui of beide metings dalk onderworpe is aan 'n sistematiese fout as gevolg van die spesifieke keuse van die monsterpunte nie. Laasgenoemde kan slegs bepaal word deur herhaalde monsterneming by 'n groter aantal monsterpunte. Die totale fout (willekeurig plus sistematies) is 'n minimum vir 'n gegewe tydperk van monsterneming by 'n gegewe aantal monsterpunte indien die monsters by verskillende monsterpunte geneem word. Dit is 'n maksimum indien al die monsters by een enkele punt geneem word.

'n Fout ontstaan ook as gevolg van die beperkte tydperk wat vir monsterneming beskikbaar is. As gevolg van die inherente fluktuasies in massavloei in industriële pype, is elke monster onderworpe aan 'n willekeurige fout. Die fout is sowat 20 persent¹² vir die gewone tydperke van monsterneming (ongeveer vyf tot tien minute per monsterpunt) en die gewone dwarsdeursnee-oppervlaktes van die tuit ($\frac{1}{300}$ tot $\frac{1}{100}$ vierkante voet per monsterpunt). Monsters word egter by verskeie monsterpunte geneem en die willekeurige foute van die afsonderlike monsterpunte kanselleer mekaar in 'n mate. Die grootte van hierdie

fout is gevolglik slegs sowat $6\frac{1}{2}$ persent indien die meting uit agt of nege inkremente bestaan.

'n Sistematiese fout ontstaan as die snelheid van monsterneming nie presies isokineties is nie. 'n Verskil tussen die lineêre snelheid in die tuit en die gassnelheid in die pyp veroorsaak 'n verskil tussen die gewig van die stofdeeltjies wat die tuit binnegaan en die gewig van die stofdeeltjies wat werklik deur die oppervlakte vloei wat deur die tuit gedefinieer word. Indien slegs baie growwe of baie fyn deeltjies gemonster word, is die effek van nie-isokinetiese monsterneming klein.³

Verskeie navorsers het reeds teoretiese oorweginge gepubliseer waarvolgens metings wat nie isokineties geneem is nie, gekorrigeer kan word.^{2,21,13,27} Sexton²² het gevind dat isokinetiese monsterneming nie 'n vereiste is wanneer die konsentrasie van chemiese dampe gemeet word nie.

Indien die tuit se rand nie dun is nie, kan die deeltjies in die gasstroom gedeflekter word deur die versteurde vloeielyne. Dit sal wel gebeur indien die tuit se opening so klein of die rand so dik is dat die geprojekteerde oppervlakte van die rand 'n groot fraksie van die tuit se dwarsdeursnee-oppervlakte beslaan.

Indien die tuit nie heeltemal parallel gerig word ten opsigte van die gas se vloeielyne nie, kan dit tot foutiewe resultate lei. 'n Klein afwyking ($\pm 5^\circ$) het egter prakties geen invloed nie.²

Stofneerslae in die sonde kom in verskillende grade voor en kan 'n ernstige bron van foute wees as die neerslag nie kwantitatief verwyder word aan die einde van elke toets nie. Ander praktiese foute ontstaan indien die onderskeie aansluitings van die apparaat nie

dig sluit nie en veroorsaak dat lug by die lekplekke ingesui-
 suig word; indien stof wat op die bodem of aan die kante
 van die pyp neergeslaan het, per ongeluk met die tuit op-
 geskep word; indien die apparaat nie presies op die voor-
 geskrewe tyd afgeskakel word nie of indien die gassuiwe-
 ringseenheid nie met die nodige sorg behandel word nie
 en 'n deel van die opgevangde stof sodoende verlore gaan.
 Weegfoute in die laboratorium kan ook aansienlik bydra tot
 foutiewe bepalings.

2.5 VERWERKING VAN DIE RESULTATE

Die gemete waardes vir die gas se vloeisnelheid
 en die stofkonsentrasie moet verwerk word om die totale
 volumetriese vloeisnelheid van die gas en die massavloeisnel-
 heid van die stof in die pyp te verkry.

Volumetriese vloeisnelhede word gevind deur die
 integrasie van die lineêre vloeisnelhede oor die dwarsdeursnee-
 oppervlakte van die pyp. Die volumetriese vloeisnelheid (V)
 word dus gegee deur

$$V = \int_A v(x, y) dA$$

waar v die lineêre vloeisnelheid voorstel, (x, y) die car-
 tesiese koördinate in die vlak van die dwarsdeursnit is en
 dA 'n element van die oppervlakte A waaroor geïntegreer
 word.

In die praktyk kan die snelheid egter net by 'n be-
 perkte aantal punte gemeet word. Die totale volumetriese
 vloeisnelheid word dan bereken uit die eindige sommering van
 die volgende integraal:

$$V = \sum_{ij} v_{ij} \Delta A_{ij}$$

waar v_{ij} die snelheid by die oppervlakte-element ΔA_{ij} is en die onderskrifte i en j al die gemete puntwaardes in die x - en y -rigtings insluit.

Die massavloeisnelheid van die stof in die pyp word verkry deur die lokale waardes van die snelheid (v_{ij}) te vermenigvuldig met die ooreenkomstige waardes van die konsentrasie (c_{ij}) en die oppervlakte element ΔA_{ij} waaroor die waardes geld. Die massavloeisnelheid (M) word dus gegee deur:

$$M = \sum v_{ij} c_{ij} \Delta A_{ij}$$

2.5.1 Die verteenwoordigende puntmetode

Soos reeds by die keuse van die monsterpunte (2.2.2) bespreek is, word die monsterpunte hier sodanig gekies dat die gas- en die massavloeisnelheid by die monsterpunte as verteenwoordigend vir spesifieke oppervlakte-elemente beskou kan word. Die punte word gewoonlik sodanig gekies dat die dwarsdeursnee-oppervlakte van die pyp onderverdeel word in n gelyke oppervlakte-elemente (ΔA_{ij}) sodat die sommering dan vereenvoudig tot:

$$V = n \Delta A \sum \frac{v_{ij}}{n} = A \cdot v_{\text{gem}}$$

Dit kom dus daarop neer dat die rekenkundige gemiddelde van die puntwaardes van die snelheid direk vermenigvuldig word met die totale dwarsdeursnee-oppervlakte (A) om die volumetriese vloeisnelheid te verkry.

Die massavloeisnelheid word verkry deur die som van die stofmonsters se gewigte te vermenigvuldig met die kwosiënt van die dwarsdeursnee-oppervlakte van die pyp en die tuit se dwarsdeursnee-oppervlakte.

Mandersloot et.al.¹⁸ het verskillende metodes vir die bepaling van totale volumetriese vloeisnelhede vergelyk en gevind dat die verteenwoordigende puntmetode 'n waarde lewer wat die werklike waarde met 'n paar persent oorskry. Dit is ook tydens hierdie navorsing bevestig (sien hoofstuk 4). Hierdie feit word toegeskryf aan die feit dat wandeffekte nie in ag geneem word by die verteenwoordigende puntmetode nie.

2.5.2 Verwerking van die data met behulp van 'n elektroniese rekenaar

Subjektiewe interpolasie kan uitgeskakel word deur die data te verwerk met behulp van 'n rekenaar. Die prosedure wat dan gevolg word, maak gebruik van statistiese en fisiese wette om 'n oppervlakte oor die gemete waardes te pas, numeries te integreer en, indien nodig, 'n kontoerkaart op te stel. Die Chemiese Ingenieurswese-groep van die W.N.N.R.¹⁵ het 'n rekenaarprogram ontwikkel waarvolgens data van hierdie aard verwerk kan word. Indien die data met behulp van hierdie metode verwerk word, moet die meetpunte verkieslik so asimmetries as moontlik om die middelpunt van die pyp versprei wees.

Volgens dié metode geskied die verwerking van die data om die volumetriese vloeisnelheid te verkry soos volg: 'n basiese snelheidsprofiel word aangeneem en die afwykings vanaf hierdie profiel word in ag geneem deur 'n polinoom van 'n geskikte graad met behulp van die metode van die kleinste kwadrate oor die profiel te pas. Die dwarsdeursnee-oppervlakte van die pyp word geprojekteer op 'n rooster met byvoorbeeld 50 by 50 gelykge-

spasieerde punte. Die puntsnelhede by elk van hierdie punte word dan vanuit die gekorrigeerde basiese snelheidsprofiel bereken. Aangesien elke puntwaarde van die snelheid verteenwoordigend is van die vloeï in 'n klein oppervlakte-element, kan die totale volumetriese vloeisnelheid verkry word deur al die afsonderlike produkte te sommeer.

Die totale massavloeisnelheid van die stof word op 'n soortgelyke wyse bepaal. 'n Bepaalde polinoom word oor die konsentrasie puntwaardes gepas en die puntwaardes vir dieselfde rooster as wat by die bepaling van die volumetriese vloeisnelheid gebruik is, word bepaal. Die produkte van die onderskeie puntwaardes van hierdie twee identiese roosters word dan gesommeer om sodoende die totale stofuitlaatsnelheid te verkry.

Die gemete puntwaardes vir die snelheid moet vooraf omgewerk word na waardes by standaardtoestande om sodoende 'n algemene basis te verkry. Die waardes moet ook eers gekorrigeer word vir variasies met tyd deur gebruik te maak van verwysingsmetings wat gelyktydig met 'n tweede apparaat geneem is.

2.5.3 Statistiese verwerking van die data met behulp van Yates se tabellariese metode

Die eksperimentele prosedure wat gevolg moet word indien hierdie verwerkingsmetode gebruik word, is soos volg: die monsters word by monsterpunte geneem wat sodanig gekies is dat hulle die middelpunte van gelyke oppervlaktes is. Gelyktydig met die neem van elke monster word daar by 'n verwysingspunt (wat die middelpunt van die pyp kan wees) 'n verwysingsmonster ge-

neem met behulp van 'n tweede stel toerusting. Verder moet daar twee keer by elke monsterpunt gemonster word.

Die data word verder verwerk deur eers 'n analise van variansie daarop uit te voer met behulp van Yate¹² se tabellariese metode. Die analise word gedoen om te bepaal watter van die gemete waardes realisties is en om die akkuraatheid van die gemiddelde vloei te bepaal. Laastens word die patroon van die vloei bepaal en hieruit word 'n kontoerkaart opgestel wat geïntegreer kan word om die totale vloei te verkry.

2.5.4 Grafiese konstruksie van kontoerkaarte en die integrasie daarvan

Die eksperimentele waardes vir die puntsnelhede moet eers verwerk word na snelhede by normale temperatuur en druk, aangesien daar dikwels wisselinge in die temperatuur en statiese druk voorkom gedurende monsterneming. Slegs genormaliseerde waardes vir die snelhede kan geïntegreer word.

Met behulp van die genormaliseerde waardes word die snelheidsprofiel dan geteken in ooreenstemming met die fisiese moontlikhede, naamlik dat skerp pieke nie realisties is nie en dat die snelheidsafname naby die wande die besondere wet vir snelheidsdistribusie moet gehoorsaam. 'n Kontoerkaart waarin al die punte met gelyke snelheid verbind word, word dan vanuit die snelheidsprofiel opgestel. Die oppervlakte wat deur elke snelheidsinkrement in beslag geneem word kan dan bepaal word met behulp van 'n planimeter of deur die papier volgens die kontoerlyne te knip en te weeg. Die totale

volumetriese vloeisnelheid word dan bereken deur die oppervlakte wat elke snelheidsinkrement beslaan, te vermenigvuldig met die gemiddelde snelheid in die inkrement en die produkte te sommeer.

Om die totale massavloei te kry, moet die konsentrasieprofiel geteken word uit die gemete, genormaliseerde waardes vir die puntkonsentrasies. Met behulp van die konsentrasieprofiel word die kontoerkaart opgestel deur op 'n projeksie van die pyp se dwarsdeursnee-oppervlak al die punte met gelyke konsentrasie te verbind. Waardes vir die gemiddelde konsentrasie oor spesifieke oppervlakelemente moet dan bepaal word en vermenigvuldig word met die ooreenkomstige gemiddelde waardes van die snelheid en ook met die grootte van die spesifieke oppervlakelemente. Elkeen van hierdie produkte lewer dus 'n waarde vir die lokale massavloei by die besondere oppervlakelement. Die totale massavloei word dan verkry deur hierdie produkte te sommeer.

HOOFSTUK 3

EKSPERIMENTELE EN TEGNIESE ASPEKTE

3.1 INLEIDING

Stofmonsternemingstoetse is by die korrelaanleg en by die rotsfosfaatmeule van die misstoffabriek gedoen. Die doel van die navorsingswerk was om die hoeveelheid materiale wat deur die onderskeie uitlaatpype verlore gaan, te bepaal en sodoende ook die mate van lugbesoedeling te meet.

Aangesien daar nie 'n tweede stel toerusting beskikbaar was om verwysingslesings mee te neem nie, is die operateurs van die onderskeie aanlêe telkens versoek om die aanlêe so konstant as moontlik te laat funksioneer tydens die toetse.

3.1.1 Korrelaanleg

Die onderskeie misstofmengsels word hier vermeng en verkorrel om beter hanteerbaarheid te bewerkstellig. Die vermenging en verkorreling geskied in die verkorrelingstrommels. Hierna vloei die misstof deur twee groot roterende droogtrommels waar die voggehalte van die korrels verminder en die verkorreling afgerond word. Die produk van beide droërs vloei dan saam deur die roterende koeltrommel waar die korrels afgekoel word.

Warm lug vir die drogingsproses word deur elke droogtrommel gesuig met behulp van 'n waaier. Ongebonde stofdeeltjies word in die lugstroom opgeneem en die stofbelaaide lug vloei vervolgens deur 'n stelsel siklone waar die stof gedeeltelik van die lug geskei word. Die

lug vloei verder vanaf die siklone deur 'n wastoring wat nat gebruik kan word. Die twee droogtrommels se gesuiwerde lug word dan deur hul onderskeie waaiers in die hoofskoorsteen uitgelaat.

Atmosferiese lug word deur die roterende koeltrommel gesuig om die misstofkorrels af te koel. Hierdie lugstroom neem ook stofdeeltjies op wat gedeeltelik deur die siklone herwin word. Net soos by die droogtrommels vloei die koeltrommel se lug verder deur 'n wastoring en word dan deur die waaier in die hoofskoorsteen uitgelaat. Die kapasiteit van die koeltrommel se waaier is sowat 25 persent groter as dié van elk van die droogtrommels.

Die plekke van monsterneming vir die droogtrommels se lug was stroomopwaarts van die onderskeie wastorings (by platforms), aangesien daar geen geskikte plek is na nommer twee-droogtrommel se wastoring nie. Die koeltrommel se uitlaatlug is ongeveer drie pypdeursneë na die wastoring op grondvlak gemonster. Dit kon nie voor die wastoring gedoen word nie, aangesien daar eksperimentele spruitpype gemonteer is wat die vloeipatrone versteur. Die wastorings word tans nie nat gebruik nie vanweë die verstoppings en die geweldige hoeveelheid arbeid wat nodig is om die torings skoon te kry.

Enkele bedryfsfaktore van die aanleg wat 'n invloed uitoefen op die hoeveelheid stof, is telkens tydens stofmetings genoteer. Hierdie faktore is:

1. Die totale lading van die droogtrommels (in ton per uur).
2. Die elektriese stroom wat elke droogtrommel en die koeltrommel trek (in ampère).

3. Die in- en uitlaat-temperature van die lug wat deur elke droogtrommel vloei (in grade Celsius).
4. Die drukverskil oor elk van die drie stelle siklone (in duim water).

Stofmetings is verder slegs gedoen op die suiwer fosfatiese misstofmengsels, aangesien hulle baie duidelik die grootste lugbesoedelaars is. Tydens die verkorreling van die ander stikstofhoudende mengsels word vloeibare ammoniumnitraat bygevoeg. Die ammoniumnitraat bind die stof in 'n groot mate en gevolglik gaan daar min stof verlore tydens die verkorreling van stikstofhoudende mengsels.

3.1.2 Die Meulseksie

Rotsfosfaat word hier met behulp van drie „Bradley Poitte” meule gemaal tot 'n fynheid van ongeveer 99 persent kleiner as 200 maas of 100 maas, afhangende van die verdere gebruik daarvan. Die fyngemaalde rotsfosfaat word vanaf elke meul in 'n lugstroom vervoer na 'n stelsel primêre en sekondêre siklone waar dit weer van die lugstroom geskei en in geutbakke geberg word. Die gesuiwerde lug word vervolgens deur waaiers afgesuig en deur die onderskeie meule geforseer. Indien die sisteem lugdig is, behoort dit absoluut geslote te funksioneer. Lug lek egter by verskeie plekke in die sisteem in en gevolglik moet 'n gedeelte van die lug uit die sisteem gelaat word om 'n voldoende drukverskil oor die meule te verseker. Hierdie lug word by tappunte tussen die onderskeie waaiers en meule afgebloeï.

Elke meul se afgebloeïde lug vloei deur 'n kleiner sikloon waar 'n deel van die stof uit die lugstroom ver-

wyder word. Direk na hierdie siklone vloei die afgebloeide lug van meule nommers een en twee ineen en 'n waaier suig hierdie lug vervolgens deur 'n Venturiskropper waarna dit in die atmosfeer uitgelaat word. Meul nommer drie se afgebloeide lug vloei afsonderlik deur 'n soortgelyke sisteem.

Die Venturiskroppers is voorsien van tangensiale inlate sodat die gas sentrifugaal in die skropper beweeg. Die stofbelaaide gas vloei opwaarts deur 'n watergordyn wat deur verskeie spruitstukke in die skropper ingespuut word en dan verder deur vier-en-twintig nou openinge waar die snelheid verhoog word. Die benatte stofdeeltjies vloei saam met die water onder by die skropper uit terwyl die gesuiwerde gas bo afgesuig word deur 'n waaier.

Stofmonsters van die uitlaatlug van meule nommers een en twee is geneem tussen die luglaatsiklone en die Venturiskropper. Aanvanklik is enkele toetse ook gedoen tussen die waaier en die uitlaatpunt. 'n Baie asimmetriese snelheidsprofiel is tydens die heel eerste snelheidsmetings by hierdie posisie verkry. By nadere ondersoek is gevind dat daar vroeër 'n rooster in die pyp geïnstalleer is waarop die stof mettertyd so aangepak het dat sowat 75 persent van die rooster se oppervlak op daardie stadium reeds versper was. Die rooster is toe verwyder voordat enige monsters by dié posisie geneem is. Die omstandighede by hierdie monsterpunt is nie bevorderlik vir akkurate werk nie, aangesien daar op 'n skuins asbesdak gewerk moet word. Boonop moet die sonde tydens monsterneming oor die vertikale waarnemingslyn met die hand in posisie gehou word, aangesien die drie-

poot nie opgestel kan word hiervoor nie. Gevolglik is die lug se stofgehalte eerder by die posisie tussen die luglaatsiklone en die Venturiskropper bepaal. Tydens monsterneming is daar tegelykertyd monsters geneem van die ondervloei van die skropper. Die hoeveelheid stof wat in die atmosfeer uitgelaat is tydens monsterneming, kon dus deur 'n materiaalbalans vasgestel word. Die doeltreffendheid van die Venturiskropper volg ook uit hierdie metings.

Die bedryfstoestande van die onderskeie meule is in ag geneem tydens monsterneming deur die volgende bedryfslesings te neem:

1. die elektriese stroom wat die meul trek (in ampère);
2. die elektriese stroom wat die waaier trek (in ampère);
3. die drukverskil oor die meule (in duim water);

By die luglaatsisteen is die drukverskille oor die luglaatsiklone en die Venturiskropper telkens geneem.

3.2 DIE W.N.N.R.-APPARAAT VIR STOFMONSTERNEMING

Die werking van die apparaat is kortliks soos volg: stofbelaaide gas word met behulp van 'n skerprandtuit (met 'n bekende deursnit) ingesuijg teen die isokinetiese monsternemingsnelheid wat bereken word uit die lesing van die skuinsmanometer. Die skuinsmanometer is aan 'n pitotbuis gekoppel. Isokinetiese toestande word met behulp van 'n spesiale rekenliniaal bereken. Die stowwerige gas word vanaf die tuit deur 'n ommantelde sonde gesuijg (wat verhit kan word om

kondensasie te verhoed). 'n Gepakte glasveselfilter direk na die sonde skei die stof van die gas. Die suiwer gas vloei verder deur 'n ommantelde verhitbare rubberbuis na die kontrolekas. In die kontrolekas is die volgende instrumente gemonteer: 'n rotameter, termometer, drukmeter, kontroleklep en elektriese skakelaars waarmee die mate van verhitting van die sonde, die buigbare rubberbuis en die filterhouer beheer kan word. Vanaf die kontrolekas vloei die gas deur 'n versterkte plastiekbuis na die roterende wikk-vakuumpomp wat dit dan in die atmosfeer uitblaas. (Sien by-lae A, foto 1).

3.2.1 Meting van die gassnelheid in die pyp

'n Pitotbuis tesame met 'n skuinsmanometer word gebruik om die puntsnelhede te meet. Die manometerlesing dui die drukverskil (Δh) tussen die botsingsdruk en die statiese druk van die gas in die pyp by die meetpunt aan. Puntsnelhede word dan vanuit die basiese pitotbuis-vergelyking bereken, naamlik

$$u = C' \sqrt{\frac{2g_c \Delta h}{\rho}}$$

waar u = die puntsnelheid van die gas
 g_c = die standaard gravitasiekonstante
 Δh = die pitotbuis-drukverskil
 ρ = die digtheid van die gas

Die koëffisiënt C' dien as korreksiefaktor by pitotbuisse waarvan die ontwerp-aspekte nie voldoen aan die vereistes van 'n eenvoudige omsetting van kinetiese energie na drukenergie nie.

Die drukgaatjies van 'n gewone pitotbuis verstopt maklik as dit in 'n gasstroom met 'n hoë stofvrag gebruik word. Dit is veral die statiese drukgaatjies wat hieraan onderhewig is. Om dit uit te skakel, word daar by hierdie apparaat gebruik gemaak van 'n spesiale tipe pitotbuis met statiese drukgleufies in plaas van gaatjies.

Addisionele metings wat essensieel is by die meting van die gassnelheid is meting van die temperatuur, druk en humiditeit van die gas in die pyp. Die temperatuur word bepaal met behulp van 'n termokoppel wat aan die sonde vasgeheg word. Die statiese druk word bepaal deur dié aansluiting van die pitotbuis te verbind met 'n manometer. Om die humiditeit van die gas te bepaal, kan 'n nat- en droëboltermometer aan die uitlaat van die vakuumpomp gekoppel word.

3.2.2 Die monsternemingsapparaat

Agt verskillende tuite met deursnee wat wissel tussen 0.35 duim en 1.0 duim word by die apparaat ingesluit. Die volumetriese vloeisnelheid van die gas deur die apparaat kan in 'n groot mate beheer word deur die keuse van die tuit. Die tuite skroef aan die sonde vas en kan dus maklik verwissel word.

Die sonde bestaan uit 'n ommantelde pyp wat aan die voorpunt deur 90° gebuig is sodat dit direk teen die gasstroom in gerig kan word. (Sien bylae A, foto 2). Twee draadverhittingselemente binne in die mantel dien om die sentrale pyp te verhit sodat vogtigheid in die deurvloeiende gas nie tydens monstername kan kondenseer en sodoende verstoppings veroorsaak nie. Stof wat in die sonde neerslaan, word telkens met 'n spesiale

deurtrekker verwyder. Die stof wat sodoende verwyder word, word opgevang in 'n stofhouer wat aan die sonde gekoppel word. Tydens monsterneming word die sonde in posisie gehou deur dit op 'n driepoot vas te klem. (Sien bylae A, foto 3). Die pitotbuis word aan die sonde vasgeknip tydens monsterneming sodat dit die gassnelheid by die punt van monsterneming meet.

Die filtereenheid (sien bylae A, foto 4) bestaan uit 'n filterhouer, die gepakte filter en twee rubber-ringetjies (een platte en een ronde). Die filterhouer koppel lugdig aan die sonde met behulp van 'n koeëlnip. Aan die buitekant van die filterhouer is 'n houer vir die verhittings-element vasgeheg.

Die filter word met fyn ongebonde glaswol waarvan die vesels sowat 3 tot 5 mikron dik is, gepak. Dit word tot 'n pakkingsdigtheid van ongeveer 0.3 gram per kubieke sentimeter gepak. Die glaswol word bo en onder in posisie gehou deur twee ronde stukkies gaas. Die boonste stukkie gaas word met behulp van 'n klemring in posisie gehou terwyl die onderste stukkie teen die bodem van die filter vasdruk. Wanneer die filters gepak word, word die glasvesels effens uitmekaar getrek sodat dit homogeen in die filters gepak kan word om te verhoed dat kanaalvorming tydens monsterneming kan plaasvind.

'n Ommantelde rubberpyp is aan die rugkant van die filterhouer vasgeheg. Die pyp is ook van 'n verhittings-element voorsien sodat dit verhit kan word om kondensasie te verhoed. Hierdie rubberpyp verbind die rugkant van die filterhouer met die kontrolekas.

In die kontrolekas (sien bylae A, foto 5) word gebruik gemaak van plastiekpype om die gasse te lei. Hier

word van geen metode van verhitting gebruik gemaak nie. Die plastiekpype besit egter 'n lae warmtegeleidingsvermoë en kan bekleed word indien die atmosferiese temperatuur laag en die gas se humiditeit hoog is. In die kontrolekas vloei die gas eerstens deur 'n diafragma klep wat, tesame met die keuse van die tuitgrootte, volle beheer oor die volumetriese vloeisnelheid van die gas deur die apparaat bied. Hierna word die gasdruk gemeet met behulp van 'n Bourdon-tipe drukmeter. Vervolgens vloei die gas deur 'n gekalibreerde rotameter wat van 'n vlekvrystaal vlot voorsien is. Die rotameter se skaal is ingedeel vanaf nul tot 100 en dit meet die persentasie van 'n maksimum vloei wat deur die apparaat gaan. Direk na die rotameter word die temperatuur van die gas gemeet met behulp van 'n termometer. Die elektriese stroom wat na die verhittingselemente van die sonde, die filterhouer en die rubberbuis vloei, word vanuit die kontrolekas ten volle beheer deur middel van die verstelbare skakelaars wat elk met 'n ammeter toegerus is.

'n Versterkte plastiekvakuumbuis verbind die kontrolekas met die roterende wiekvakuumpomp. Die wieke word geolie met behulp van 'n hewelsmeerder wat aan die inlaat (suigkant) van die vakuumpomp verbind is. Die lug word veiligheidshalwe met behulp van 'n viltfilter gesuiwer voordat dit die pomp binnegaan. Aan die uitlaat van die vakuumpomp is 'n soortgelyke eenheid gekoppel om te dien as knaldemper. Die vakuumpomp word deur 'n aparte elektriese motor aangedryf wat op dieselfde grondplaat as die pomp gemonteer word.

3.2.3 Die berekening van isokinetiese toestande

'n Unieke rekenliniaal (sien bylae A, foto 6) wat deur die W.N.N.R. se Chemiese Ingenieurswesegroep ontwerp is, word gebruik om isokinetiese toestande te bereken. Ses verskillende faktore oefen 'n invloed uit op die toestand van isokinese, naamlik:

1. die pitot drukverskil (h);
2. die gastemperatuur by die rotameter (T_R);
3. die gastemperatuur in die industriële pyp (T_s);
4. die tuit se diameter (D_N);
5. die gasdruk in die industriële pyp (P_s);
6. die gasdruk by die rotameter (P_R).

Hierdie ses veranderlikes se invloede is gekombineer en verwerk tot een vergelyking wat op die rekenliniaal aangebring is. Die verwerking is soos volg:

Vir die rotameter geld die volgende vergelyking:

$$Q_1 = Q_2 \sqrt{\frac{\rho}{1.0} \times \frac{29.9}{P_R} \times \frac{T_R}{294} \times \frac{8.02}{\rho_f}} \quad (A)$$

waar Q_1 = die gekalibreerde kapasiteit van die rotameter vir lug by 21°C en 29.9 dm Hg

Q_2 = die werklike volumetriese vloeisnelheid deur die rotameter.

ρ = die digtheid van die gas relatief tot die digtheid van lug by 21°C en 29.9 dm Hg

T_R = die temperatuur van die gas in die rotameter

P_R = die druk van die gas in die rotameter

8.02 = die digtheid van vlekvrige staal (d.i. die digtheid van die vlot waarvoor die rotameter gekalibreer is)

ρ_f = die digtheid van die vlot in gebruik (ook gelyk aan 8.02 in hierdie geval).

Die maksimum vloei deur die rotameter is 3.54 vt^3/min (by 21°C en 29.9 dm Hg). Die rotameterlesing (R.L.) is 'n persentasie van die maksimumvloei

$$\therefore \frac{\text{R.L.}}{100} \times 3.54 = Q_1$$

$$\text{en } \text{R.L.} = \frac{100}{3.54} \times Q_2 \sqrt{\rho \times \frac{29.9}{P_R} \times \frac{T_R}{294} \times \frac{8.02}{\rho_f}} \quad (\text{B})$$

Die digtheid (ρ_s) van lug met 'n humiditeit van $\mathcal{H}$ lb. water per lb. droë lug is:

$$\rho_s = \frac{P_s}{1.356 T_s} \times \frac{1 + \mathcal{H}}{1 + 1.6 \mathcal{H}} \quad (\text{C})$$

waar „s” die toestande in die industriële pyp aandui.

In (A) geld dus:

$$\frac{\rho}{1.0} = \frac{1 + \mathcal{H}}{1 + 1.6 \mathcal{H}} \quad (\text{D})$$

Indien geen damp tussen die tuit en die rotameter kondenseer nie, bly die massa van die gas konstant en dus:

$$Q_2 = V_N = u_N \times A_N \times 60 \times \frac{294}{T_s} \times \frac{P_s}{29.9} \quad (\text{E})$$

waar V_N = die volumetriese vloeisnelheid deur die tuit,

u_N = die gassnelheid by die tuit.

en A_N = die dwarsdeursnee-oppervlakte van die tuit.

Indien (C), (D) en (E) nou in (B) gesubstitueer word, kry ons:

$$R.L. = 619.5 \times D_N^2 \sqrt{\frac{h \times T_R \times P_s}{T_s \times P_R}} \quad (F)$$

waar D_N = die tuit se diameter.

Vergelyking (F) word dan in die volgende vorm geskryf:

$$R.L. = 619.5 \times (h)^{\frac{1}{2}} \times (T_R)^{\frac{1}{2}} \div (T_s)^{\frac{1}{2}} \times (D_N)^2 - \\ \div \left(\frac{1}{P_s}\right)^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{1}{P_R}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Hierdie vergelyking is op die rekenliniaal aangebring en dit vergemaklik die instelling na isokinetiese toestand baie.

3.3 EKSPERIMENTEEL

3.3.1 Snelheidsmeting

Aangesien die stof in die uitlaatgasse die pitotbuis se drukgaatjies aanhoudend laat verstop het, moes daar gewaak word teen foutiewe lesings. Die gaatjies is telkens voordat die manometerlesing geneem is, skoon geblaas met behulp van 'n poffer wat aan die verbindingsbuis van die pitotbuis gekoppel word. Die absolute druk in die korrelaanleg se pype is in al die gevalle onderatmosferies en gevolglik moes die verbindingsbuis van die skuinsmanometer telkens toegeknyp word wanneer die koppeling losgemaak is om te verhoed dat die manometervloeistof uitgesuig word.

Aanvanklik is die temperatuur van die uitlaatgas met behulp van 'n termokoppel en 'n potensiometer by

elke monsterpunt bepaal. Daar is egter geen noemenswaardige temperatuurgradiënte gevind nie en daarna is 'n termometer gebruik om dié temperatuur te bepaal. Die druk van die gas in die pyp is telkens bepaal deur die statiese drukaansluiting van die pitotbuis aan 'n vertikale manometer te verbind.

'n Nat- en droëboltermometer is aan die uitlaat van die vakuumpomp gekoppel om die humiditeit van die gas te bepaal. Aangesien daar sorg gedra is dat daar geen kondensasie in die apparaat plaasvind nie, is hierdie waarde van toepassing op die gas in die pyp. Die chemiese samestelling van die droogtrommels se gas is enkele kere met behulp van die Orsatapparaat bepaal. Dit het egter so min afgewyk van die samestelling van lug dat dit geen betekenisvolle verandering aan die gasdigtheid teweeggebring het nie.

By die korreleaanleg en in besonder by die koeltrommel se uitlaatpyp is baie hoë gassnelhede teëgekom. Die oorspronklike monsternemingsapparaat van die W.N.N.R. kon nie teen hierdie snelhede monsters neem nie en moes verander word om hierby aan te pas. Die veranderinge het bestaan uit 'n swaarder vlot vir die rotameter (en gevolglik ook 'n verandering aan die rekenliniaal) en 'n groter vakuumpomp.

3.3.2 Stofmonsterneming

By elkeen van die pype is die monsterpunte volgens die verteenwoordigende puntmetode bepaal (sien bylae B), sodat die resultate aanvanklik vinnig verwerk kon word en later ook vir grafiese integrasie gebruik kon word.

Die monsternemingstyd by elke monsterpunt is meestal op 10 minute vasgestel. Gedurende hierdie tyd is die isokinetiese veranderlikes minstens twee keer bepaal en die rekenliniaal gebruik om die isokinetiese toestande uit te werk. Enige veranderinge is dan ook aan die suigsnelheid aangebring met behulp van die diafragma klep.

Die weerstand wat die filter teen die gasvloeï bied, verhoog namate die stof daarin opbou en veroorsaak dus 'n verlaging in die volumetriese vloeisnelheid. Die vloeisnelheid moes dus telkens reggestel word met behulp van die diafragma klep. Aan die einde van die 10 minute is die vakuumpomp afgeskakel en die diafragma klep tegelykertyd gesluit om te verhoed dat negatiewe vloeï deur die apparaat plaasvind as gevolg van die subatmosferiese drukke in die uitlaatpyp. Negatiewe vloeï deur die apparaat kan natuurlik veroorsaak dat daar van die stof wat reeds deur die filter opgevang is, teruggesuig word in die uitlaatpyp.

Die gepakte filters is voor en na elke toets in 'n oond by 105°C gedroog vir een uur en daarna vir 'n halfuur in 'n desikkator afgekoel voor weging. Hierdie prosedure is konsekwent gevolg om enige weegfoute as gevolg van vogabsorpsie uit te skakel.

Tydens toetse vorm stofneerslae aan die binnekant van die filterhouer. Hierdie stof is telkens kwantitatief verwyder deur die grootste gedeelte eers met 'n spatel in die filter in te krap en daarna met 'n kwas skoon te vee. Daar is gevind dat die stofverliese heelwat meer is indien 'n kwas direk gebruik word.

Die temperatuur van die droogtrommels se uitlaatgasse was in die omgewing van 60 tot 80°C met doupunte

van sowat 30 tot 40°C. Die sonde moes hier dus op die maksimum instelling voorverhit word om te verhoed dat enige kondensasie in die apparaat plaasvind tydens monsterneming. Stofneerslae in die sonde het in geen geval meer as 10 persent van die monster se gewig bedra nie.

3.4 CHEMIESE ANALISE VAN DIE STOFMONSTERS

Nadat die filters na 'n toets geweeg is, is die stof van die filters afgekrap en saamgevoeg om sodoende 'n genoegsame hoeveelheid stof vir die chemiese analise en deeltjiegroottebepaling te verkry. Daar is reeds bewys¹⁵ dat stof wat bokant die stukkies gaas in die filter afgekrap word, in alle opsigte verteenwoordigend is van al die stof in die filter.

Die stof wat van die meulseksie afkomstig is, is fosfaties en is chemies vir totale fosfaat geanaliseer. By die korrelaanleg is al die toetse gedoen terwyl die aanleg besig was om superfosfatiese misstowwe te produseer. Die totale fosfaatinhoud van dié monsters is ook bepaal.

Die standaardmetode wat gebruik word om totale fosfaat te bepaal, is kortliks soos volg: eerstens word die monsters verteer deur dit met 'n mengsel van salpeter- en soutsuur te kook om sodoende alle fosfor in oplossing te kry. Die resulterende oplossing word filtreer, verdun en tot op 'n bepaalde volume gebring. 'n Monster van hierdie oplossing word dan deur die „Technicon Auto-analyzer“ gestuur waar die fosfaatinhoud van die oplossing bepaal word deur die optiese digtheid van die vanadofosfomolibdaatkompleks te vergelyk met dié van standaard fosfaat-oplossings by 'n

golflengte van 420 millimikron. Die resultaat word deur 'n registreerder aangeteken.

3.5 DEELTJIEGROOTTEBEPALINGS

'n Verteenwoordigende monster van die saamgestelde monster van elke pyp is aan 'n sedimentasietoets onderwerp om die distribusie van die deeltjiegroottes te bepaal. Bepalings is ook op die stof wat deur die Venturi-skropper opgevang is, gedoen.

Hierdie metode vir deeltjiegroottebepaling is gebaseer op die studie van die uitsaksnelheid van deeltjies deur 'n sedimentasiemedium onder invloed van die aarde se aantrekkingskrag. Nadat die uitsaksnelheid van 'n deeltjie in 'n sekere sedimentasiemedium bepaal is, kan die Stoke-diameter (d) van die deeltjie bepaal word met behulp van die volgende vergelyking:

$$d = \left[\frac{18\eta u_t}{(\rho_p - \rho_m)g} \right]^{\frac{1}{2}}$$

waar η = absolute viskositeit van die sedimentasiemedium

ρ_p = digtheid van die deeltjies

ρ_m = digtheid van die sedimentasiemedium

g = gravitasiekonstante

u_t = uitsaksnelheid van die deeltjies

Hierdie diameter word in die geval van 'n asimmetries gevormde deeltjie gedefinieer as die diameter van 'n sfeer wat dieselfde uitsaksnelheid en dieselfde digtheid as die deeltjie het.

Twee tipes sedimentasiemetodes is vir die bepaling gebruik. Die fyner stof wat van die meulseksie afkomstig

was, is onderwerp aan 'n gewysigde Andreason-pipetmetode²³ van sedimentasie. Dit is 'n inkrementele metode en bestaan uit die meting van veranderinge in konsentrasie by 'n bepaalde punt in die uitsakkende suspensie. Die resultate is grafies uitgesit in die vorm van persentasie kleiner as 'n sekere deeltjiegrootte teenoor deeltjiegrootte in mikron.

Die growwer stof wat by die korrelaanleg verkry is, is aan 'n kumulatiewe²³ metode van sedimentasie onderwerp. Die metode is gebaseer op die bepaling van die veranderinge in die totale konsentrasie van die suspensie. Die resultate is grafies op dieselfde wyse as bogenoemde aangebied.

Industriële metanol is in al die toetse as sedimentasiemedium gebruik en kalsiumchloried as disperseermiddel. Die fosfatiese stof wat van die korrelaanleg afkomstig was, het 'n klein mate van oplosbaarheid (2 tot 3 persent) in die metanol getoon. Dit is egter nie so groot dat dit die gebruik van 'n ander sedimentasiemedium nodig maak nie.

3.6 VERWERKING VAN DIE RESULTATE

Aangesien die monsterpunte volgens die verteenwoordigende puntmetode gekies is, kon die resultate direk na 'n toets vinnig verwerk word. Die vloeioppervlaktes is telkens gekorrigeer om voorsiening te maak vir die groot stofneerslae wat in die droogtrommels se uitlaattype (15 tot 20 persent van die totale vloei-oppervlakte) en by die meule (10 tot 15 persent van die totale oppervlakte) bestaan het. As gevolg van die neerslae was die resultate van die aanvanklike vinnige verwerkings nie heeltemal akkuraat nie.

Die data kon egter later noukeurig verwerk word volgens die tydrowende metode van grafiese integrasie van kontoere, aangesien daar telkens 'n skoon filter by elke monsterpunt gebruik is.

HOOFSTUK 4

RESULTATE EN BESPREKINGS

Die volgende simbole word konsekwent by die aanbieding van die resultate gebruik:

- C = die genormaliseerde stofkonsentrasie ($\text{g/m}^3_{\text{NTD}}$)
- D_N = die tuitdiameter (duim)
- h = die pitotbuisdrukverskil (duim water)
- i = elektriese stroom (ampère)
- i_{m1} = die elektriese stroom wat meul nommer 1 trek (ampère)
- i_{m2} = die elektriese stroom wat meul nommer 2 trek (ampère)
- i_{w1} = die elektriese stroom wat meul nommer 1 se waaier trek (ampère)
- i_{w2} = die elektriese stroom wat meul nommer 2 se waaier trek (ampère)
- L = die water vloeisnelheid deur die Venturiskropper (gelling per uur)
- M_1 = die massavloei van die stof bereken volgens die grafiese integrasiemetode.
- M_2 = die massavloei van die stof bereken volgens die verteenwoordigende puntmetode.
- n = die posisie van die monsterpunt in die pyp (sien bylae B)
- p_g = die gemiddelde absolute druk van die gas in die pyp. (mm. Hg)

- Δp_{m1} = die drukverskil oor meul nommer 1 (duim water)
- Δp_{m2} = die drukverskil oor meul nommer 2 (duim water)
- Δp_{s1} = die drukverskil oor die luglaatsikloon van meul nommer 1 (duim water)
- Δp_{s2} = die drukverskil oor die luglaatsikloon van meul nommer 2 (duim water)
- Δp_v = die drukverskil oor die Venturiskropper (duim water)
- Δp_s = die drukverskille oor die siklone van die droog- en koeltrommels in die korrelaanleg (duim water)
- t_g = die gemiddelde temperatuur van die gas in die pyp (grade Celsius)
- t_i = die inlaattertemperatuur van die gasse wat deur die droogtrommels gaan (grade Celsius)
- t_o = die uitlaattertemperatuur van die gasse wat deur die droogtrommels gaan (grade Celsius)
- t_d = die doupunt van die gas in die pyp (grade Celsius)
- u = die lineêre genormaliseerde gassnelheid in die uitlaatpype (m_{NTD} per sekonde)
- u_o = die lineêre werklike snelheid deur die openinge van die Venturiskropper.
- V_1 = die werklike volumetriese vloeisnelheid deur die uitlaatpype (kubieke meter per sekonde), bereken volgens die grafiese integrasiemetode.
- V_2 = die werklike volumetriese vloeisnelheid deur die uitlaatpype (meter^3 per sekonde), bereken volgens die verteenwoordigende puntmetode.
- w_f = die gewig van die stof wat in die filter opgevang is (gram).
- W_s = die gewig van die stof wat in die Venturiskropper opgevang is (gram per sekonde).

y = die monsternemingstyd per monsterpunt (minute)

z = die doeltreffendheid van die Venturiskropper (%)

4.1 RESULTATE BY DIE KORRELAANLEG

TOETS I

Datum : 5 Augustus 1969.

Plek van monsterneming : Uitlaatpyp van droogtrommel 1.

Produk : Korrel Superfosfaat

TABEL IA

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D _n	y	w _f	C
		duim water	m ³ NTD/S	duim	minute	gram	g/m ³ NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
19.15	1	0.24	9.52	0.37	10	3.2152	8.117
19.30	2	0.49	13.74	"	11	4.6795	7.439
19.55	3	0.56	14.62	"	7	5.2255	12.318
20.10	4	0.39	12.33	"	10	3.9678	7.726
20.25	5	0.52	14.09	"	10	4.7516	8.103
20.45	6	0.60	15.25	"	10	4.9131	7.743
21.10	7	0.58	14.95	"	10	7.9165	12.721
21.25	8	0.54	14.43	"	10	6.0082	10.006
21.40	9	0.59	15.08	"	10	5.7533	9.170
22.00	10	0.56	14.62	"	10	4.4342	7.280

t_g = 74.9°C

t_d = 38°C

p_g = 643.9 mm Hg

TABEL IB

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

Trommel	S.A.tyd	i	t _i	t _o	ΔP _s
		ampère	°C	°C	duim water
1	2	3	4	5	6
Droër 1	19.00	140	395	66	6.5
Droër 2	"	135	340	65	7.1
Koeler	"	300	-	-	7.2
Droër 1	23.55	-	-	-	7.3
Droër 2	"	150	340	64	7.0
Koeler	"	255	-	-	7.3

TABEL IC

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V ₁	V ₂	M ₁	M ₂	%P
m ³ /s	m ³ /s	g/s	g/s	
1	2	3	4	5
¹⁾ 20.98	27.4	¹⁾ 146.60	123.0	8.9

Deeltjiegrootteverspreiding¹⁾ : 25% < 10.0 mikron
 50% < 25.4 "
 75% < - "

1) Sien bylae C

TOETS II

Datum : 5 Augustus 1969

Plek van monsterneming : Uitlaatpyp van droogtrommel 2.

Produk : Korrel Superfosfaat.

TABEL IIA

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D_N	y	w_f	C
		duim water	m_{NTD}/s	duim	minute	gram	g/m^3_{NTD}
1	2	3	4	5	6	7	8
08.10	1	0.64	15.70	0.50	4	4.6970	9.82
08.30	2	0.56	15.29	0.37	10	3.9262	6.17
09.10	3	0.53	14.29	"	10	3.5564	5.98
09.25	4	0.54	14.42	"	10	3.7254	6.21
09.45	5	0.53	14.29	"	10	3.1743	5.34
10.10	6	0.57	14.89	"	10	4.4856	7.24
10.45	7	0.53	14.29	"	10	2.7806	4.67
11.00	8	0.54	14.42	"	10	3.0760	5.12
11.10	9	0.55	14.49	"	10	4.1527	6.89
11.45	10	0.59	15.02	"	10	4.6860	7.50

$$t_g = 54.4^{\circ}C$$

$$t_d = 33^{\circ}C$$

$$p_g = 643mm \text{ Hg}$$

TABEL IIB

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

Trommel	S.A.tyd	i	t _i	t _o	Δ P _s
		ampère	°C	°C	duim water
1	2	3	4	5	6
Droër 1	07.15	130	380	75	5.75
Droër 2	"	120	340	74	6.95
Koeler	"	235	-	-	7.6
Droër 1	12.15	135	340	60	6.6
Droër 2	"	135	350	60	6.9
Koeler	"	300	-	-	7.9

TABEL IIC

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V ₁	V ₂	M ₁	M ₂	%P
m ³ /s	m ³ /s	g/s	g/s	
1	2	3	4	5
¹⁾ 23.13	29.0	¹⁾ 117.60	102.3	9.4

Deeltjiegrootteverspreiding¹⁾ : 25% < 9.0 mikron
 50% < 30.0 "
 75% < - "

1) Sien bylae D

TOETS III

Datum : 6 Augustus 1969

Plek van monsterneming : Uitlaatpyp van die koeltrommel.

Produk : Korrel Superfosfaat.

TABEL IIIA

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	$\sqrt{h}$	D_N	y	w_f
		duim water		duim	minute	gram
1	2	3	4	5	6	7
02.20	1	1.04	1.020	0.43	5	0.9280
02.30	2	1.09	1.044	"	"	0.3994
02.40	3	1.18	1.086	"	"	0.3348
02.50	4	1.18	1.086	"	"	0.3666
03.03	5	1.02	1.010	"	"	0.3402

$$\frac{\sum \sqrt{h}}{5} = 1.049$$

$$\sum y = 25 \quad \sum w_f = 2.3690$$

$$t_g = 15.2^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 9^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 627.9\text{mm Hg}$$

TABEL IIIB

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

Trommel	S.A.tyd	i	t _i	t _o	ΔP _s
		ampère	°C	°C	duim water
1	2	3	4	5	6
Droër 1	01.40	0	-	-	7.4
Droër 2	"	115	310	68	6.9
Koeler	"	240	-	-	7.7
Droër 1	03.20	0	-	-	0
Droër 2	"	-	-	-	7.1
Koeler	"	90	-	-	8.6

TABEL IIIC

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V ₂	M ₂	%P
m ³ /s	g/s	
1	2	3
29.3	22.5	1) -

1) Nie voldoende monster beskikbaar vir chemiese analise nie.

Opmerkings: uit tabel IIIB kolomme 3,4 en 5 kan daar gesien word dat die trommels reeds besig was om te begin leeg loop tydens hierdie toets. Die resultate van toetse I,II en III is saamgevoeg om 'n benadering vir die hoeveelheid

stof wat deur die korrelaanleg uitgelaat is, te verkry. Die benadering is 286.7 g/s. Die berekende konsentrasie van die stof in die hoofuitlaatpyp is 3.92 g/m³.

TOETS IV

Datum : 17 Augustus 1969

Plek van monsterneming : Uitlaatpyp van die koeltrommel

Produk : Super en kalk.

TABEL IVA

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D _N	y	w _f	C
		duim water	m _{NTD/s}	duim	minute	gram	g/m ³ NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
14.05	1	1.06	20.22	0.43	9	3.5032	3.425
13.50	2	1.15	21.05	"	10	3.5973	3.043
13.40	3	1.17	21.24	"	"	3.1085	2.603
11.35	4	1.15	21.05	"	"	2.4491	2.069
11.20	5	1.05	20.12	"	"	2.0262	1.793
14.30	6	1.08	20.40	"	9	3.6286	3.517
14.40	7	1.18	21.32	"	10	3.5142	2.933
14.56	8	1.15	21.05	"	"	2.8225	2.383
15.14	9	1.16	21.14	"	"	1.4278	1.201
16.40	10	1.06	20.22	"	"	3.4573	3.040
16.25	11	1.24	21.87	"	"	4.5450	3.730
16.05	12	1.04	20.02	"	"	3.9382	3.497
15.55	13	1.24	21.87	"	"	4.5472	3.730

$$t_g = 34.8^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 14^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 633.6\text{mm Hg}$$

TABEL IVB

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

Trommel	S.A.tyd	i	t_i	t_o	ΔP_s
		ampère	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	duim water
1	2	3	4	5	6
Droër 1	10.20	95	300	76	7.3
Droër 2	"	105	250	60	4.9
Koeler	"	215	-	-	8.1
Droër 1	16.50	105	320	75	7.4
Droër 2	"	100	400	76	7.3
Koeler	"	215	-	-	8.2

TABEL IVC

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	V_2	M_1	M_2	%P
m^3/s	m^3/s	g/s	g/s	
1	2	3	4	5
1) 30.35	31.65	1) 75.56	79.2	9.7

Deeltjiegrootteverspreiding : 25% < 2.4 mikron
50% < 6.1 "
75% < 16.7 "

1) Sien bylae E

TOETS V

Datum : 18 Augustus 1969

Plek van monsterneming : Uitlaatpyp van droogtrommel 1.

Produk : Korrel Superfosfaat.

TABEL VA

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D_N	y	w_f	C
		duim water	$m_{NTD/s}$	duim	minute	gram	g/m^3_{NTD}
1	2	3	4	5	6	7	8
09.42	1	0.40	12.42	0.43	10	4.5617	6.08
09.55	2	0.39	12.26	"	"	4.2396	6.61
10.33	3	0.43	12.80	"	8	4.8994	8.52
10.47	4	0.42	12.65	"	10	5.5159	7.76
11.03	5	0.56	14.63	"	7	5.7334	9.96
11.15	6	0.62	15.46	"	6	4.5676	8.76
11.35	7	0.53	14.29	"	8	6.1367	9.61
11.49	8	0.53	14.29	"	10	6.8951	8.58
12.03	9	0.58	14.89	"	7	5.5771	9.52
12.15	10	0.60	15.21	"	10	6.0728	7.10

$$t_g = 68.1^{\circ}C$$

$$t_d = 45^{\circ}C$$

$$p_g = 644mm \text{ Hg}$$

TABEL VB

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

Trommel	S.A.tyd	i	t _i	t _o	Δ P _s
		ampère	°C	°C	duim water
1	2	3	4	5	6
Droër 1	08.35	105	330	78	7.0
Droër 2	"	130	300	65	7.5
Koeler	"	260	-	-	7.7
Droër 1	12.35	130	325	72	7.1
Droër 2	"	115	190	58	7.8
Koeler	"	230	-	-	7.2

TABEL VC

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V ₁	V ₂	M ₁	M ₂	%P
m ³ /s	m ³ /s	g/s	g/s	
1	2	3	4	5
1) 21.33	27.55	1) 139.33	150.3	9.4

Deeltjiegrootteverspreiding 1) : 25% < 4.8 mikron
50% < 13.8 "
75% < 32.5 "

1) Sien bylae F

TOETS VI

Datum : 18 Augustus 1969.

Plek van monsterneming : Uitlaatpyp van droogtrommel 2.

Produk : Korrel Superfosfaat.

TABEL VI A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h duim water	u m _{NTD} /s	D _N duim	y minute	w _f gram	C g/m ³ NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
15.10	1	0.40	12.42	0.43	10	2.7726	3.97
15.20	2	0.35	11.62	"	"	3.5157	5.42
15.40	3	0.46	13.31	"	"	4.4879	6.03
15.55	4	0.45	13.18	"	"	4.6348	6.29
16.10	5	0.46	13.31	"	"	4.7952	6.05
16.25	6	0.52	14.18	"	7	3.5352	6.15
16.45	7	0.41	12.58	"	10	4.2022	5.98
17.00	8	0.46	13.31	"	9	4.4100	6.55
17.10	9	0.49	13.75	"	10	4.9055	6.90
17.25	10	0.42	12.72	"	"	5.3237	7.49

$$t_g = 72.9^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 45^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 645.2\text{mm Hg}$$

TABEL VI B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

Trommel	S.A.tyd	i	t _i	t _o	Δ p _s
		ampère	°C	°C	duim water
1	2	3	4	5	6
Droër 1	14.20	115	325	72	6.9
Droër 2	"	115	335	76	7.3
Koeler	"	225	-	-	7.3
Droër 1	17.40	110	320	78	6.9
Droër 2	"	125	330	90	7.2
Koeler	"	230	-	-	7.4

TABEL VI C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V ₁	V ₂	M ₁	M ₂	%P
m ³ /s	m ³ /s	g/s	g/s	
1	2	3	4	5
1) 21.08	27.7	1) 102.26	118.0	8.7

Deeltjiegrootteverspreiding : 25% < 4.0 mikron

50% < 10.1 "

75% < 23.6 "

1) Sien bylae G

TOETS VII

Datum : 18 Augustus 1969

Plek van monsterneming : Uitlaatpyp van die koeltrommel.

Produk : Korrel Superfosfaat.

TABEL VII A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	$\sqrt{h}$	D_N	y	w_f
		duim water		duim	minute	gram
1	2	3	4	5	6	7
21.35	1	0.91	0.954	0.43	10	1.5219
21.50	2	0.94	0.970	"	"	1.5579
22.10	3	1.01	1.005	"	"	1.3768
22.25	4	1.00	1.000	"	"	1.5279
23.00	5	0.89	0.943	"	"	1.4391

$$\frac{\sum \sqrt{h}}{5} = 0.976 \quad \sum y = 50 \quad \sum w_f = 7.4236$$

$$t_g = 41.8^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 20^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 633.2\text{mm Hg}$$

TABEL VII B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

Trommel	S.A.tyd	i	t _i	t _o	Δ P _s
		ampère	°C	°C	duim water
1	2	3	4	5	6
Droër 1	21.10	110	320	75	7.0
Droër 2	"	125	328	80	7.2
Koeler	"	230	-	-	7.3
Droër 1	23.10	120	320	76	-
Droër 2	"	110	320	76	-
Koeler	"	230	-	-	7.3

TABEL VII C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V ₂	M ₂	%P
m ³ /s	g/s	
1	2	3
30.5	35.2	7.3

Deeltjiegrootteverspreiding : 25% < 1.6 mikron
 50% < 2.6 "
 75% < 8.2 "

Die benadering vir die totale stofvloeï op 18 Augustus 1969 is 276.9 g/s. Die berekende konsentrasie van die stof in die hoofuitlaatpyp is 3.81 g/m³.

TOETS VIII

Datum : 23 Augustus 1969.

Plek van monsterneming : Uitlaatpyp van die koeltrommel.

Produk : Korrel Superfosfaat.

TABEL VIII A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h duim water	u m ³ NTD/s	D _N duim	y minute	w _f gram	C g/m ³ NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
09.15	1	1.10	20.60	0.43	10	2.0377	1.755
09.30	2	1.00	19.63	"	"	1.9002	1.724
09.42	3	1.15	21.04	"	"	2.1941	1.864
09.55	4	0.91	18.73	"	"	1.9411	1.846
10.10	5	0.88	18.32	"	"	1.9837	1.929
10.45	6	1.09	20.49	"	"	2.9736	2.583
11.00	7	1.15	21.04	"	"	2.3891	2.018
11.30	8	1.08	20.42	"	"	2.0575	1.793
11.46	9	1.15	21.04	"	"	1.9533	1.653
13.30	10	0.95	19.14	"	5	0.5833	1.082
13.37	11	1.01	19.73	"	"	0.5175	0.936
13.47	12	1.10	20.59	"	"	0.5122	0.887
14.03	13	1.12	20.77	"	"	0.4836	0.827

$$t_g = 40.8^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 19^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 631.8\text{mm Hg}$$

TABEL VIII B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

Trommel	S.A.tyd	i	t _i	t _o	Δ p _s
		ampère	°C	°C	duim water
1	2	3	4	5	6
Droër 1	08.50	140	400	75	6.5
Droër 2	"	115	345	82	7.1
Koeler	"	225	-	-	7.5
Droër 1	14.20	125	405	73	6.6
Droër 2	"	95	360	82	6.9
Koeler	"	225	-	-	7.4

TABEL VIII C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V ₁	V ₂	M ₁	M ₂	%P
m ³ /s	m ³ /s	g/s	g/s	
1	2	3	4	5
1) 29.38	31.42	1) 38.29	40.20	8.1

Deeltjiegrootteverspreiding : 25% < 1.6 mikron
50% < 4.6 "
75% < 10.8 "

1) Sien bylae H

4.2 RESULTATE BY DIE MEULSEKSIE

TOETS IX

Datum : 17 April 1969.

Plek van monsterneming : Na die Venturiskropper.

Meul in werking : No. 2.

TABEL IX A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h duim water	u m _{NTD/s}	D _N duim	y minute	w _f gram	C g/m ³ NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
13.35	1	0.19	8.56	0.50	20	3.0850	2.37
14.15	2	0.11	6.51	"	"	2.3817	2.44
14.45	3	0.12	6.80	"	"	2.9758	2.88
15.30	4	0.07	5.20	"	"	2.4309	3.19
16.00	5	0.20	8.78	"	"	2.4627	2.60

$$t_g = 35^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 27^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 641 \text{ mm Hg}$$

TABEL IX B

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V ₁ m ³ /s	V ₂ m ³ /s	M ₁ g/s	M ₂ g/s	W _s g/s	z %	u _o m/s	L gel/uur	%P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1) 1.726	2.06	1) 4.196	4.88	8.04	65.7	34.95	836	15.3

1) Deeltjegrootteverspreiding van stofmonster : 25% < 7.9 mikron
 50% < 8.7 "
 75% < 9.2 "

1) Deeltjegrootteverspreiding van stof opge-
 vang in Venturiskropper: 25% < 8.7 "
 50% < 10.3 "
 75% < 10.9 "

1) Sien bylae I

TOETS X

Datum : 25 April 1969

Plek van monsterneming : voor die Venturiskropper

Meule in werking : No. 1 en 2

TABEL X A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h duim water	u m _{NTD/s}	D _N duim	y minute	w _f gram	C g/m ³ NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
12.45	1	0.46	13.31	0.35	20	6.3577	6.43
13.15	2	0.47	13.48	"	"	7.7594	7.73
13.50	3	0.58	14.99	"	18	7.3174	7.28
15.25	4	0.57	14.82	"	20	9.1104	8.25
15.55	5	0.42	12.67	"	"	10.1352	10.73

$$t_g = 51.2^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 33^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 651 \text{ mm Hg}$$

TABEL X B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A. tyd	i_{m1} amp	i_{m2} amp	i_{w1} amp	i_{w2} amp	ΔP_{m1} duim water	ΔP_{m2} duim water	ΔP_{s1} duim water	ΔP_{s2} duim water	ΔP_v duim water
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12.00	280	290	230	220	7.1	9.7	1.4	3.1	5.7
16.00	280	290	210	210	6.7	10.2	1.2	3.2	5.6

TABEL X C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1 m^3/s	V_2 m^3/s	M_1 g/s	M_2 g/s	W_s g/s	z %	u_o m/s	L gel/uur	%P
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1) 1.982	2.32	1) 14.286	17.03	12.19	85.2	39.00	924	15.0

1) Deeltjiegrootteverspreiding van stofmonster : 25% < 6.3 mikron
50% < 7.0 "
75% < 7.7 "

1) Deeltjiegrootteverspreiding van die stof
opgevang in Venturiskropper: 25% < 4.5 mikron
50% < 5.9 "
75% < 6.6 "

1) Sien bylae J

TOETS XI

Datum : 1 Mei 1969

Plek van monsterneming : Na die Venturiskropper

Meule in werking : No. 2

TABEL XI A
MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h duim water	u m _{NTD} /s	D _N duim	y minute	w _f gram	C g/m ³ _{NTD}
1	2	3	4	5	6	7	8
12.30	1	0.23	9.41	0.50	12	1.4777	1.72
12.55	2	0.18	8.33	"	10	1.1836	1.87
13.15	3	0.085	5.72	"	"	1.1658	2.67
13.50	4	0.04	3.93	"	10.25	0.4261	1.39
14.10	5	0.215	9.10	"	10	2.4554	3.54

$$t_g = 33.2^{\circ}\text{C}$$

$$t_g = 32^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 651.5 \text{ mm Hg}$$

TABEL XI B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A. tyd	i _{m2} ampère	i _{w2} ampère	Δ P _{m2} dm water	Δ P _{s2} dm water	Δ P _v dm water
1	2	3	4	5	6
12.00	290	215	11.0	2.9	4.8
14.00	290	210	10.7	3.0	4.8

TABEL XI C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	V_2	M_1	M_2	W_s	z	u_o	L	%P
m^3/s	m^3/s	g/s	g/s	g/s	%	m/s	gel/uur	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
¹⁾ 1.812	2.02	¹⁾ 3.437	4.94	10.18	69.5	35.6	861	15.2

1) Deeltjiegrootteverspreiding van stof

monster :

25% < 6.4 mikron

50% < 7.4 "

75% < 8.3 "

1) Deeltjiegrootteverspreiding van stof

opgevang in Venturiskropper :

25% < 5.1 mikron

50% < 8.1 "

75% < 10.7 "

1) Sien bylae K

TOETS XII

Datum : 1 Mei 1969

Plek van monsterneming : Voor die Venturiskropper.

Meul in werking : No. 2.

TABEL XII A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D_N	y	w_f	C
		duim water	$m_{NTD/s}$	duim	minute	gram	g/m^3_{NTD}
1	2	3	4	5	6	7	8
16.20	1	0.32	11.11	0.35	10	3.5276	8.52
16.45	2	0.35	11.61	"	"	2.1850	5.05
17.07	3	0.37	11.94	"	"	2.8691	6.45
17.50	4	0.34	11.45	"	"	2.8264	6.63
18.12	5	0.36	11.78	"	"	3.1988	7.29

$$t_g = 46.6^\circ\text{C}$$

$$t_d = 23^\circ\text{C}$$

$$p_g = 645.5 \text{ mm Hg}$$

TABEL XII B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A.tyd	i_{m2}	i_{w2}	ΔP_{m2}	ΔP_{s2}	ΔP_v
	ampère	ampère	dm water	dm water	dm water
1	2	3	4	5	6
16.00	290	210	10.4	3.0	4.9
18.00	290	210	10.0	3.2	5.4

TABEL XII C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	V_2	M_1	M_2	W_s	z	u_o	L	%P
m^3/s	m^3/s	g/s	g/s	g/s	%	m/s	gel/uur	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
¹⁾ 1.666	1.95	¹⁾ 9.849	12.02	8.72	88.6	32.8	918	15.2

1) Deeltjiegrootteverspreiding van

stofmonster :

25% < 6.5 mikron

50% < 8.4 "

75% < 9.9 "

1) Deeltjiegrootteverspreiding van

stof opgevang in Venturiskropper : 25% < 5.1 mikron

50% < 8.1 "

75% < 10.7 "

1) Sien bylae L

TOETS XIII

Datum : 7 Mei 1969

Plek van monsterneming : Na die Venturiskropper.

Meul in werking : No. 1.

TABEL XIII A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h duim water	u m _{NTD} /s	D _N duim	y minute	w _f gram g/m ³ NTD	C
1	2	3	4	5	6	7	8
11.53	1	0.185	8.44	0.50	10	0.8058	1.25
11.35	2	0.095	6.05	"	"	0.5859	1.27
11.15	3	0.13	7.08	"	"	0.6223	1.16
12.45	4	0.02	2.78	"	"	0.3063	1.45
12.18	5	0.13	7.08	"	"	0.7494	1.39

$$t_g = 27.6^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 19^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 658.4 \text{ mm Hg}$$

TABEL XIII B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A.tyd	i _{m1} ampère	i _{w1} ampère	Δp _{m1} dm water	Δp _{s1} dm water	Δp _v dm water
1	2	3	4	5	6
11.00	290	230	7.6	1.1	3.6
13.00	290	230	7.6	1.2	3.7

TABEL XIII C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	V_2	M_1	M_2	W_s	z	u_o	L	%P
m^3/s	m^3/s	g/s	g/s	g/s	%	m/s	gel/uur	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
¹⁾ 1.399	1.70	¹⁾ 1.607	2.06	3.58	69.0	27.5	497	15.0

1) Deeltjiegrootteverspreiding van stof

opgevang in Venturiskropper :

25% $\angle$ 8.0 mikron

50% < 8.5 "

75% < 10.3 11

1) Sien bylae M

TOETS XIV

Datum : 27 Mei 1969

Plek van monsterneming : Voor die Venturiskropper

Meul in werking : No. 2

TABEL XIV A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h duim water	u mNTD/s	D _N duim	y minute	w _f gram	C g/m ³ NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
13.25	3	0.49	13.74	0.35	11	2.1477	3.25
13.45	2	0.49	13.74	"	10	2.6922	4.49
14.10	1	0.49	13.74	"	10	2.2990	3.83
15.30	5	0.455	13.24	"	11	2.3602	3.58
15.55	4	0.38	12.10	"	10	2.8490	4.75

- 1) Deeltjegrootteverspreiding van stof
opgevang in Venturiskropper (met
 $L = 497 \text{ gel/uur}$).

25% < 9.0 mikron

50% < 9.9 "

75% < 10.3 "

- 1) Deeltjegrootteverspreiding van stof
opgevang in Venturiskropper (met
 $L = 892 \text{ gel/uur}$).

25% < 9.4 mikron

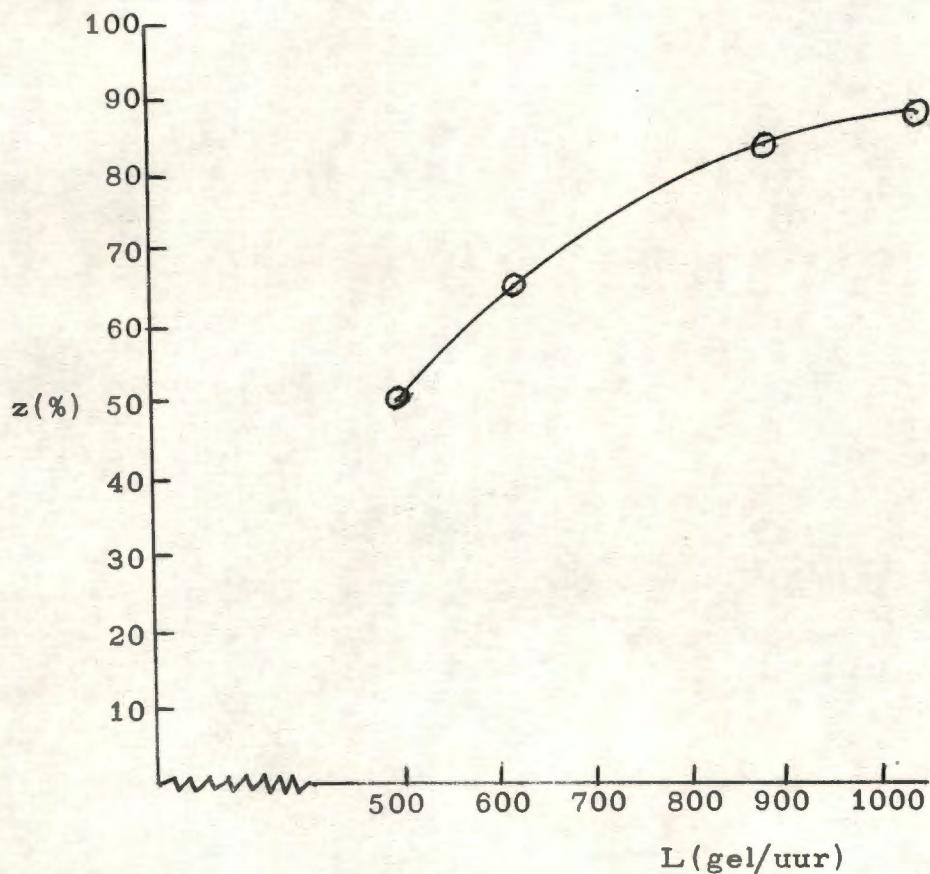
50% < 10.6 "

75% < 11.3 "

- 1) Sien bylae N

FIGUUR 4

Invloed van verhoogde watervloeiensnelheid op die
doeltreffendheid van die Venturiskropper.



TOETS XV

Datum : 20 Junie 1969

Plek van monsterneming : Voor die Venturiskropper

Meule in werking : No. 1 en 2

TABEL XV A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D_N	y	w_f	C
		duim water	m NTD/s	duim	minute	gram	g/m^3 NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
11.40	1	0.62	15.46	0.50	10	3.0192	2.58
10.42	2	0.635	15.64	"	"	1.8931	1.60
11.14	3	0.56	14.76	"	"	1.3960	1.25
13.30	4	0.72	16.66	"	"	9.1153	7.20
14.50	5	0.725	16.72	"	"	3.1504	2.48

$$t_g = 41.4^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 15^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 655.2 \text{ mm Hg}$$

TABEL XV B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A.tyd	i_{m1}	i_{m2}	i_{w1}	i_{w2}	ΔP_{m1}	ΔP_{m2}	ΔP_{s1}	ΔP_{s2}	ΔP_v
	amp	amp	amp	amp	duim water	duim water	duim water	duim water	duim water
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.00	290	230	230	235	9.2	5.6	1.3	1.7	6.6
15.00	285	270	215	240	13.5	7.4	2.8	3.6	7.2

TABEL XV C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	V_2	M_1	M_2	W_s	z	u_o	L	%P
m^3/s	m^3/s	g/s	g/s	g/s	%	m/s	gel/uur	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
¹⁾ 2.223	2.64	¹⁾ 4.703	6.84	3.38	72.0	43.8	360	14.8

1) Deeltjiegrootteverspreiding van stofmonster: 25% < 4.7 mikron
 50% < 5.9 "
 75% < 6.7 "

1) Deeltjiegrootteverspreiding van stof opge-
 vang in Venturiskropper : 25% < 6.0 mikron
 50% < 7.8 "
 75% < 9.1 "

1) Sien bylae O

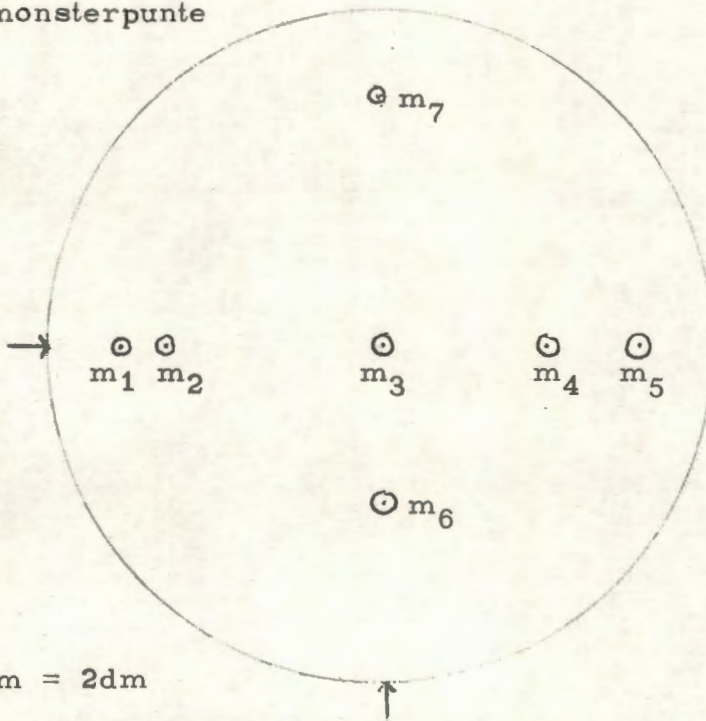
TOETS XVI

Datum : 27 Junie 1969

Plek van monsterneming: Voor die Venturiskropper

Meul in werking : No. 1

Keuse van monsterpunte



Skaal : 1cm = 2dm

TABEL XVI A

MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D _N	y	w _f	C
		duim water	m _{NTD/s}	duim	minute	gram	g/m ³ NTD
1	2	3	4	5	6	7	8
14.05	m ₁	0.24	9.62	0.5	10	5.5395	7.57
11.55	m ₂	0.26	10.00	"	"	5.3519	7.04
14.35	m ₃	0.29	10.57	"	"	6.3700	7.93
12.25	m ₄	0.30	10.80	"	10.13	4.2998	6.70
11.55	m ₅	0.41	12.57	"	10	7.9869	8.36
16.10	m ₆	0.295	10.66	"	10	8.3155	10.26
15.25	m ₇	0.297	10.70	"	10	7.0271	8.63

$t_g = 35.2^\circ\text{C}$
 $t_d = 25.5^\circ\text{C}$
 $p_g = 645.2 \text{ mm Hg}$

TABEL XVI B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A.tyd	i_{m1}	i_{w1}	ΔP_{m1}	ΔP_{s1}	ΔP_v
	ampère	ampère	dm water	dm water	dm water
1	2	3	4	5	6
11.00	290	230	9.9	2.6	3.6
15.00	290	230	7.9	1.4	3.9
17.00	290	230	8.2	1.4	3.9

TABEL XVI C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	M_1	W_s	z	u_o	L	%P
m^3/s	g/s	g/s	%	m/s	gel/uur	
1	2	3	4	5	6	7
1) 1.381	1) 9.674	7.08	73.1	26.5	470	15.3

- 1) Deeltjiegrootteverspreiding van stofmonster: 25% < 6.6 mikron
50% < 7.4 "
75% < 8.1 "

1) Deeltjiegrootteverspreiding van die stof
opgevang in Venturiskropper :

25% < 4.8 mikron

50% < 6.1 "

75% < 7.4 "

1) Sien bylae P

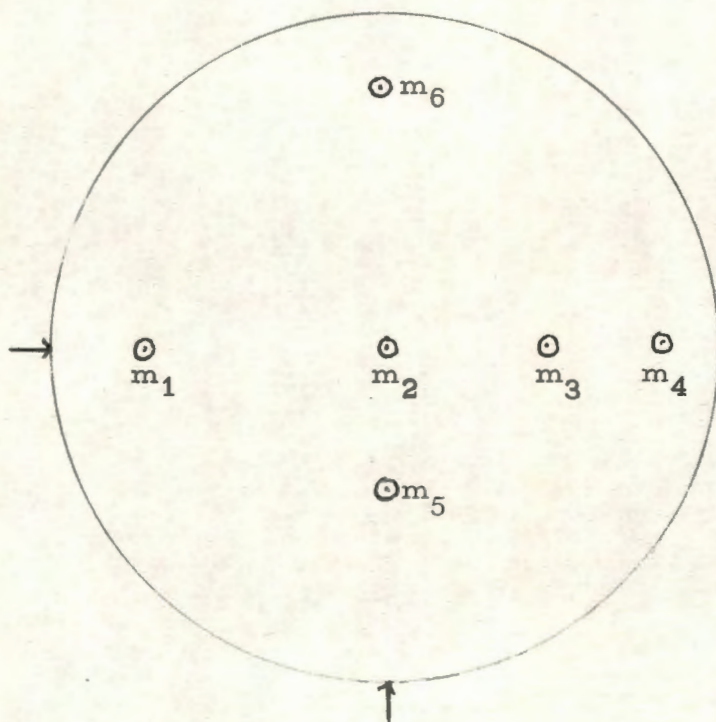
TOETS XVII

Datum : 12 Julie 1969

Plek van monsterneming : Voor Venturiskropper.

Meule in werking : No . 1 en 2

Keuse van monsterpunte:



Skaal : 1cm = 2dm

TABEL XVII A
MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D_N	z	w_f	C
		duim water	$m_{NTD/s}$	dm	min	g	g/m^3_{NTD}
1	2	3	4	5	6	7	8
15.05	m_1	0.49	13.74	0.50	10	8.5826	8.21
17.10	m_2	0.52	14.16	"	7	6.8891	9.14
16.48	m_3	0.615	15.40	"	8	7.2483	7.74
15.37	m_4	0.53	14.29	"	9	8.6552	8.86
19.30	m_5	0.58	14.95	0.43	5	4.4476	10.58
19.15	m_6	0.60	15.21	"	10	7.1880	8.41

$$t_g = 45^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 24^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 660.3 \text{ mm Hg}$$

TABEL XVII B
BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A.tyd	i_{m1}	i_{m2}	i_{w1}	i_{w2}	ΔP_{m1}	ΔP_{m2}	ΔP_{s1}	ΔP_{s2}	ΔP_v
	amp	amp	amp	amp	duim water	duim water	duim water	duim water	duim water
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15.00	290	290	230	230	6.2	4.8	1.3	1.2	4.8
17.00	"	"	"	"	8.4	4.6	0.7	2.3	4.6
21.00	"	"	"	"	8.8	6.0	-	-	-

TABEL XVII C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	M_1	W_s	z	u_o	L	%P
m^3/s	g/s	g/s	%	m/s	gel/uur	
1	2	3	4	5	6	7
1) 2.032	1) 15.837	9.65	60.9	38.9	431	15.2

1) Deeltjegrootteverspreiding van stofmonster: 25% < 6.8 mikron
50% < 7.9 "
75% < 8.8 "

1) Deeltjegrootteverspreiding van stof opge-
vang in Venturiskropper : 25% < 8.0 mikron
50% < 9.8 "
75% < 11.2 "

1) Sien bylae Q

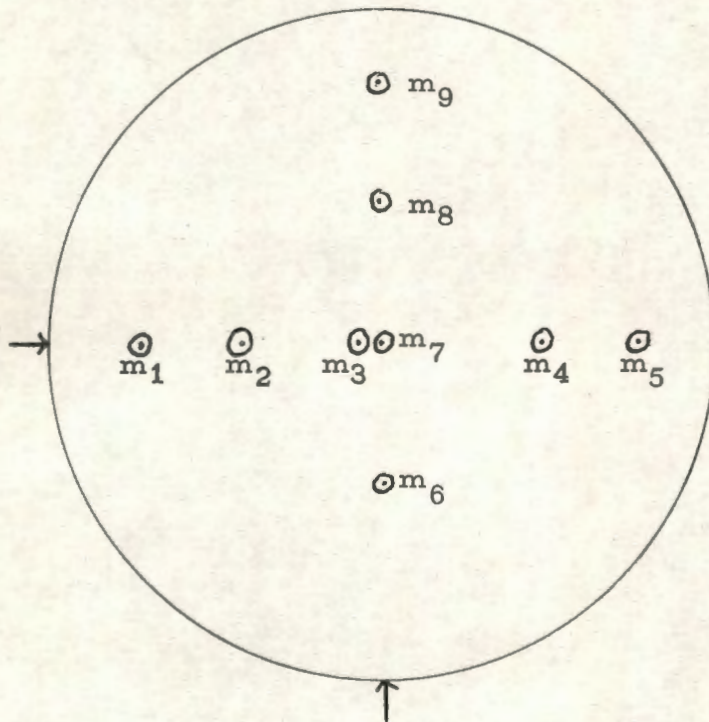
TOETS XVIII

Datum : 31 Julie 1969

Plek van monsterneming : Voor Venturiskropper

Meule in werking : No. 1 en 2.

Keuse van monsterpunte:



Skaal : 1cm = 2dm

Opmerking: Tydens hierdie toets is 6 van die 24 openinge in die Venturiskropper toegestop om sodoende 'n hoër gassnelheid deur die oorblywende 18 openinge te kry.

TABEL XVIII A
MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D_N	z	w_f	C
		duim water	$m_{NTD/s}$	duim	minute	gram	$g/m^3 NTD$
1	2	3	4	5	6	7	8
13.00	m_1	0.41	12.57	0.50	10	5.7075	7.95
14.35	m_2	0.335	11.36	"	"	7.1851	8.33
14.05	m_3	0.355	11.70	"	11	7.8827	8.06
15.10	m_4	0.44	13.02	"	7	6.5096	9.39
13.30	m_5	0.435	12.95	"	9	6.7597	7.63
19.55	m_6	0.36	11.79	"	6	5.1015	9.49
19.42	m_7	0.40	12.42	"	7	6.1754	9.34
20.02	m_8	0.42	12.72	"	6	5.7861	9.97
19.30	m_9	0.40	12.42	"	8	6.6840	8.85

$t_g = 46.6^\circ C$

$t_d = 26.5^\circ C$

$p_g = 659.1 \text{ mm Hg}$

TABEL XVIII B
BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A. tyd	i_{m1}	i_{m2}	i_{w1}	i_{w2}	ΔP_{m1}	ΔP_{m2}	ΔP_{s1}	ΔP_{s2}	ΔP_v
	amp	amp	amp	amp	duim water	duim water	i duim water	duim water	duim water
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13.00	290	290	230	230	7.0	5.6	0.6	1.7	5.4
15.00	"	"	"	"	7.8	6.2	0.6	1.4	5.2
19.00	"	"	"	"	7.0	5.0	0.4	1.2	5.1
21.00	"	"	"	"	7.4	5.2	-	-	-

TABEL XVIII C

SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	M_1	W_s	z	u_o	L	%P
m^3/s	g/s	g/s	%	m/s	gel/uur	
1	2	3	4	5	6	7
¹⁾ 1.693	¹⁾ 12.668	9.41	74.2	42.9	494	14.7

1) Deeltjiegrootteverspreiding van

stofmonster :

25% < 6.9 mikron

50% < 8.4 "

75% < 10.1 "

1) Deeltjiegrootteverspreiding van

stof opgevang in Venturiskropper 25% < 6.8 mikron

50% < 8.2 "

75% < 9.2 "

1) Sien bylae R

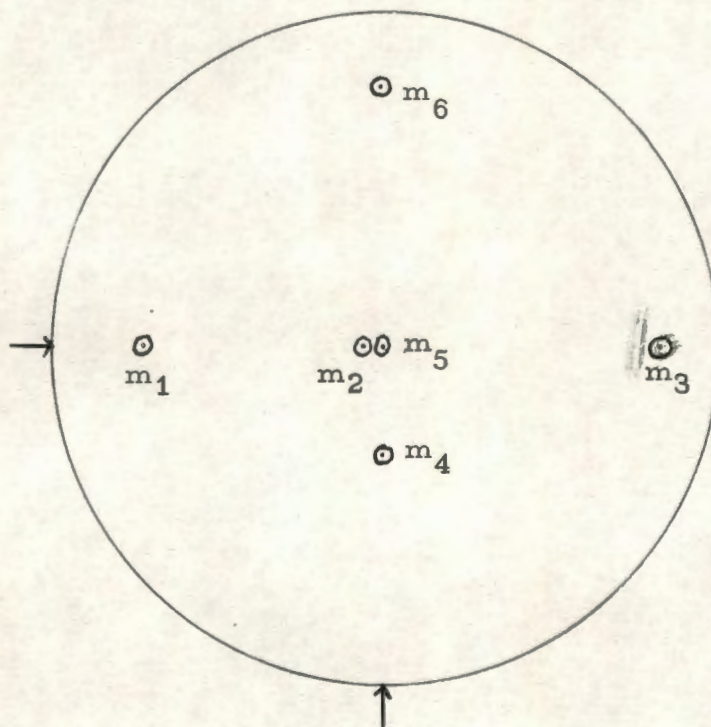
TOETS XIX

Datum : 5 September 1969

Plek van monsterneming : Voor die Venturiskropper

Meul in werking : No. 2

Keuse van monsterpunte:



Skaal : 1cm = 2dm

Opmerking: Tydens hierdie toets is 9 van die 24 openinge in die Venturiskropper toegestop om 'n hoër gassnelheid deur die oorblywende 15 openinge te kry.

TABEL XIX A
MONSTERNEMINGSDATA

S.A.tyd	n	h	u	D_N	z	w_f	C
		duim water	$m_{NTD/s}$	dm	minute	gram	g/m^3_{NTD}
1	2	3	4	5	6	7	8
11.15	m_1	0.325	11.19	0.50	10	6.9719	8.15
11.55	m_2	0.285	10.48	"	"	6.3376	7.95
12.10	m_3	0.295	10.66	"	"	7.0562	8.71
14.12	m_4	0.240	9.62	"	8	6.2415	10.66
13.55	m_5	0.235	9.52	"	10	7.2477	10.02
13.43	m_6	0.290	10.57	"	9	7.3164	10.12

$$t_g = 31.8^{\circ}\text{C}$$

$$t_d = 22.8^{\circ}\text{C}$$

$$p_g = 640.6 \text{ mm Hg}$$

TABEL XIX B

BEDRYFSTOESTANDE VAN DIE AANLEG

S.A.tyd	i_{m2}	i_{w2}	Δp_{m2}	Δp_{s2}	Δp_v
	ampère	ampère	dm water	dm water	dm water
1	2	3	4	5	6
11.00	-	230	5.7	0.8	4.8
13.00	-	230	6.0	0.9	5.1

TABEL XIX C

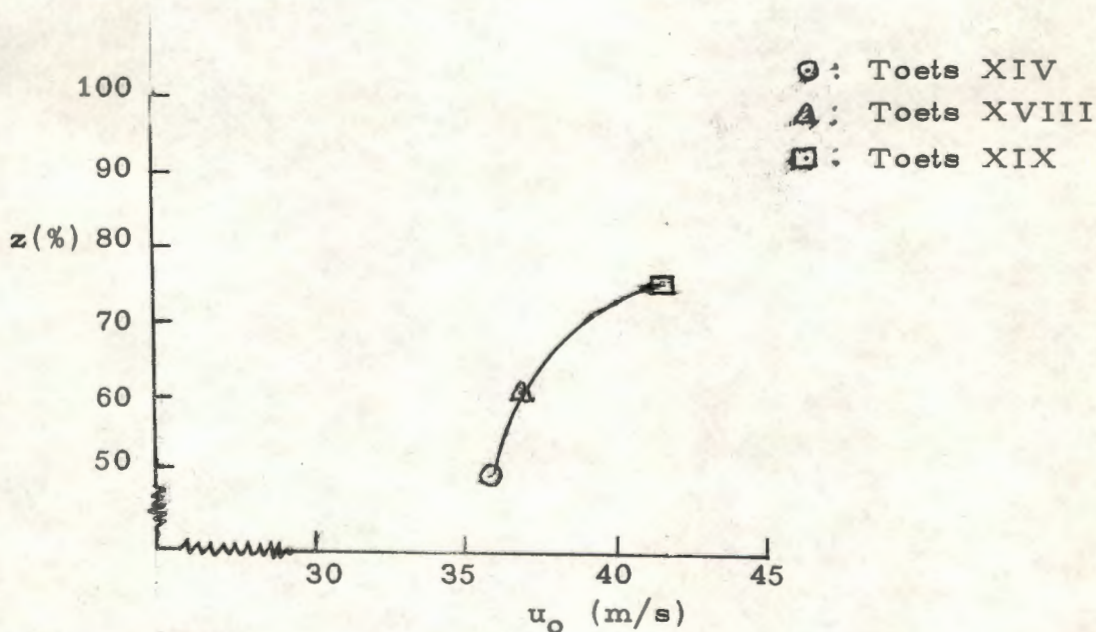
SAMEVATTING VAN DIE RESULTATE

V_1	M_1	W_s	z	u_o	L	%P
m^3/s	g/s	g/s	%	m/s	gel/uur	
1	2	3	4	5	6	7
1) 1.405	1) 11.149	8.36	75.1	43.2	352	15.2

- 1) Deeltjegrootteverspreiding van stofmonster: 25% < 8.2mikron
50% < 10.3 "
75% < 11.5 "
- 1) Deeltjegrootteverspreiding van stof opge-
vang in Venturiskropper : 25% < 7.3 "
50% < 8.3 "
75% < 9.1 "

FIGUUR 5

Invloed van verhoogde gassnelheid deur die openinge
op die doeltreffendheid van die Venturiskropper.



1) Sien bylae S

HOOFSTUK 5

SAMEVATTING

5.1 DIE KORRELAANLEG

Uit die resultate by die korrelaanleg kan daar gesien word dat die stofkonsentrasie heelwat meer is as wat in die aanvanklike lys van aanvaarbare vereistes vermeld word. Die stoftoetse is egter onder die volgende uiterste toestande gedoen: in die eerste plek is daar doelbewus toegelaat dat die inlaatpype van die siklone sodanig aanpak dat slegs sowat 35 persent van die inlaattoepervlaktes nog oop was. Dit blyk uit die resultate dat die aanpaksel 'n geweldige vermindering in die doeltreffendheid van die siklone veroorsaak. Die verspreiding van die deeltjegroottes in die stofmonsters wat by die droogtrommels se uitlaatpype geneem is, toon aan dat 'n groot hoeveelheid growwe deeltjies ook onder hierdie omstandighede uitgelaat word. Die groot hoeveelheid arbeid wat aan gereelde skoonmaak van die siklone bestee word, is dus heeltemal geregverdig. Tweedens moet daar onthou word dat die toetse gedoen is tydens die vervaardiging van superfosfatiese misstowwe. Tydens die vervaardiging van ander kommoditeite gaan daar feitlik geen stof deur die uitlaatpype nie.

'n Verdere verbetering kan verkry word deur die wastorings weer nat te gebruik. Tydens die navorsing is daar toetse gedoen om die doeltreffendheid van die eksperimentele spruitstukke wat in die uitlaat-

pyp van die koeltrommel gemonteer is, te bepaal. Daar is gevind dat die stofvloeï met 70 persent verminder kan word. Hierdie metode bied dus moontlikhede en kan verder uitgebrei word en tydens die vervaardiging van superfosfatiese misstowwe gebruik word. Dit sal egter weer veroorsaak dat die gevormde flodder verwyder moet word uit die wastorings. Die flodder kan miskien teruggevoer word na die korrelaanleg en in die verkoringstommels gebruik word.

'n Verhoging van die hoofskoorsteen sal laer grondvlakkonsentrasies in die hand werk. Deur die skoorsteenhoogte te verdubbel, kan die grondvlakkonsentrasies met 'n faktor 4 verminder word.¹⁰

5.2 DIE MEULESEKSIE

Die stofkonsentrasie in die uitlaatlug by die meule was tydens die toetse ook bokant die aanvaarbare vereiste. 'n Verhoging in die watervloeiensnelheid het 'n verbetering in die doeltreffendheid van die Venturiskropper veroorsaak (sien toets XIV, figuur 4).

Die snelheid deur die openinge in die Venturiskropper was tydens die toetse tussen 26.5 en 43.8 m/s. Uit figuur 5 is dit duidelik dat hoër snelhede deur die openinge beter doeltreffendhede veroorsaak. Die gewenste snelheid⁵ deur die openinge van hierdie tipe skropper is 80 tot 100 m/s. Dit is dus duidelik dat hierdie eenheid oor-ontwerp is.

Die doeltreffendheid van die Venturiskropper hang af van sy vermoë om die stofdeeltjies te benat en uit die

lugstroom te verwyder. Die byvoeging van klein hoeveelhede benattingsmiddels kan dus tot beter doeltreffendhede lei. Die benattingsmiddels wat gewoonlik gebruik word, is van die tipe wat by die flottasie van sulfiedertse gebruik word,⁷ maar aangesien dié middels skuiming bevorder, moet dit in baie klein hoeveelhede gebruik word.

5.3 INTERPRETASIE

Vir die kenner is dit duidelik dat die uitlaat van stof by 'n misstofnywerheid nie verhoed kan word nie. Al wat werklik gedoen kan word, is om te sorg dat die lugbesoedeling nie ondraagbare afmetings aanneem nie. Om die mate van uitsakking in die omgewing kwantitatief te bepaal, is dit nodig dat die stofneerslae in die fabrieksgebied en by kritiese plekke in die omgewing gekontroleer word.

Die stofneerslae kan byvoorbeeld gekontroleer word deur stukkies vierkantige, klewerige papier¹⁶ (van die tipe wat gebruik word om radio-aktiewe neerslae te meet) by kritiese punte in die omgewing vir sekere tyd-stippe bloot te stel. Die data wat na verdere verwerking verkry kan word, dui die verband tussen die werking van die aanleg en die mate van lugbesoedeling direk aan.

Indien die lugbesoedelingsvereistes waaraan die nywerheid moet voldoen, so streng is dat duur nuwe toerusting aangeskaf moet word om aan die vereistes te kan voldoen, kan die produksiekoste sodanig verhoog word dat ekonomiese werking nie meer moontlik is nie. Die voortbestaan van die nywerheid kan dus wel deeglik in die gedrang kom.

BEDANKINGS

Graag wil die skrywer hiermee sy opregte dank betuig teenoor die volgende persone en instansies:

- 1) prof. S.P. Ligthelm wat as leier opgetree het,
 vir sy belangstelling, aanmoediging en tegniese
 advies tydens die navorsing,
- 2) mnr. H.G.J. Potgieter wat as hulpleier opgetree
 het, vir sy tegniese advies en hulp,
- 3) mnr. O.L.P. Luyt en die Direksie vir finansiële
 steun en die beskikbaarstelling van fasiliteite,
- 4) die W.N.N.R. vir finansiële en tegniese hulp,
- 5) my huidige werkgever wat tyd beskikbaar gestel
 het vir die voltooiing van die verhandeling.

VERWYSINGS

1. ANON. Test Code for determining the dust concentration in a gas stream. A.S.M.E. Power Test Code, New York, May: 1957.
2. ANON. Leistungsmessungen an Entstaubern, Richtlinie, V.D.I. 2066.
3. BADZIOCH, S. Collection of gas-borne dust particles by means of an aspirated sampling nozzle. British Journal of Applied Physics, vol. 10, 1959.
4. BADZIOCH, S. Correction for anisokinetic sampling of gas-borne dust particles. Journal of the Institute of Fuel, March : 1960.
5. BLATCH, L.H. Persoonlike mededeling.
6. DRINKER, P. and HATCH, T. Industrial dust, 2nd edition. New York, McGraw-Hill, 1954, p.2.
7. Ibid. p.324.
8. GILES, D. Persoonlike mededeling.
9. GOLDSTEIN, S. Modern developments in fluid mechanics. New York, Oxford Univ. Press, 1938.
10. HALLIDAY, E.C. The industrial chemist and air pollution control. South African Industrial Chemist, April : 1965.
11. GREEN, H.L. and LAKE, W.R. Particulate clouds: dusts, smokes and mists, 2nd edition. New York, D. von Nostrand, 1954, p. 347.

12. HAWKSLEY, P.G.W., BADZIOCH, S. and BLACKETT, J.H. Measurement of solids in flue gases. Brit. Coal Util. Res. Assoc., Leatherhead, 1961, 214p.
13. HEMEON, W.C.L. and HAINES, G. The magnitude of errors in stack dust sampling. J. Air Poll. Control Assoc., 4 : 3, 1954.
14. JOHNSTONE, H.F. Handbook on Aerosols, Chapters from summary of technical report of division 10, National Defense Research Council, Atomic Energy Commission, Washington D.C., 1930.
15. LANGEJAN, J.J.D. Persoonlike mededeling.
16. LEVER, N.A. and STRANGMAN, A.F. Monitoring of atmospheric pollution at the Umbogwintini factory, Natal, of A.E. and C.I Symposium on the chemical control of the human environment, Johannesburg, July, 1969.
17. LIGTHELM, S.P. Persoonlike mededeling.
18. MANDERSLOOT, W.G.B. et.al. Flowrates from multi-point measurements with velocity probes (pitot tubes). Chemical Engineer, 231, October : 1969. p.C.E.370-379.
19. RÜPING, G. Die Bedeutung der geschwindigkeitsgleichen Absaugung bei der Staubstrommessung mittels Entnahmesonden. Staub, 28 : 137, 1968.
20. REPUBLIEK VAN S.A. Wet No. 45, 1965.
21. SEHMEL, G.A. Estimation of airstream concentrations of particulates from subisokinetically obtained filter samples. Am. Ind. Hyg. Assoc. Jl. July-August: 1967.

22. SEXTON, R.W. Stack sampling of chemical mists and vapours. Am. Ind. Hyg. Assoc. Jl., July-August : 1964.
23. SMITH, S.W. Die kontinue bepaling van die fynheid van sement. M.Sc.(Ind.Chem) verhandeling P.U. vir C.H.O. 1970. pp.23-32.
24. STERN, A.C. Air pollution, vol. 2, 2nd edition. New York, Academic Press, 1968, 637p.
25. VAN ZYL, J.H.S. Persoonlike mededeling.
26. VECSEI, K. Gasmengenmessung nach dem Bezugsgeschwindichkeitsverfahren. Staub, 27 : 134, 1967.
27. VITOLS, V. Theoretical limits of errors due to anisokinetic sampling of particulate matter. Jl. Air Poll. Control Assoc., 16:2, 1966.
28. WHITE, H.J. Industrial electrostatic precipitation. Massachussets, Addison-Wesley, 1963, p.284.

BYLAE A

Foto 1 : apparaat opgestel vir monsterneming

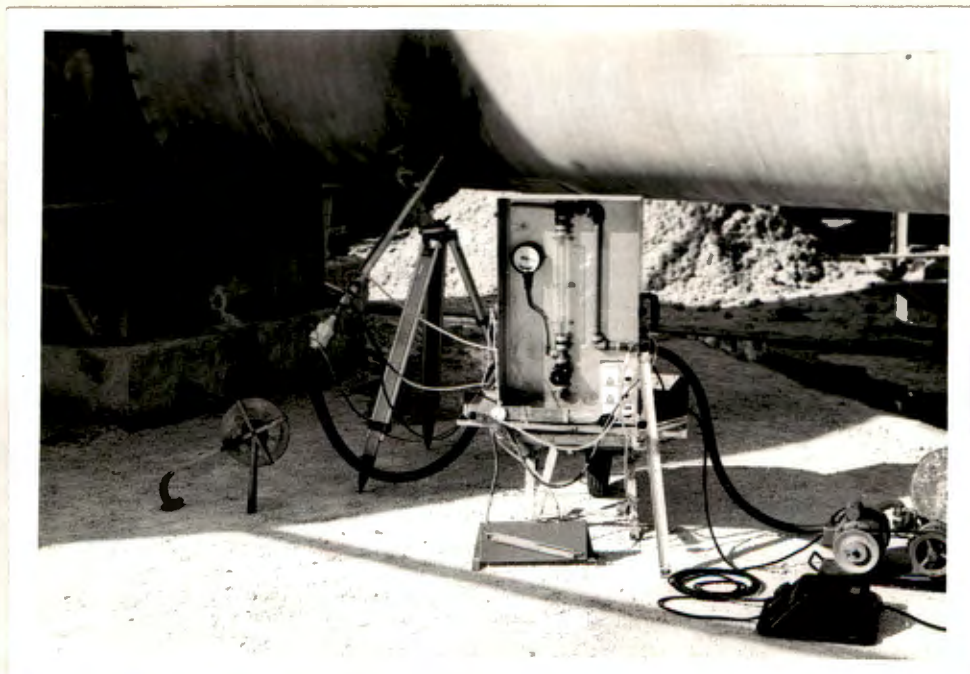


Foto 2 : sonde en pitotbuis



BYLAE A (vervolg)

Foto 3 : sonde in posisie vir monsterneming



Foto 4 : Filter en filterhouer (ontmanteld)



BYLAE A (vervolg)

Foto 5 : kontrolekas en toebehore

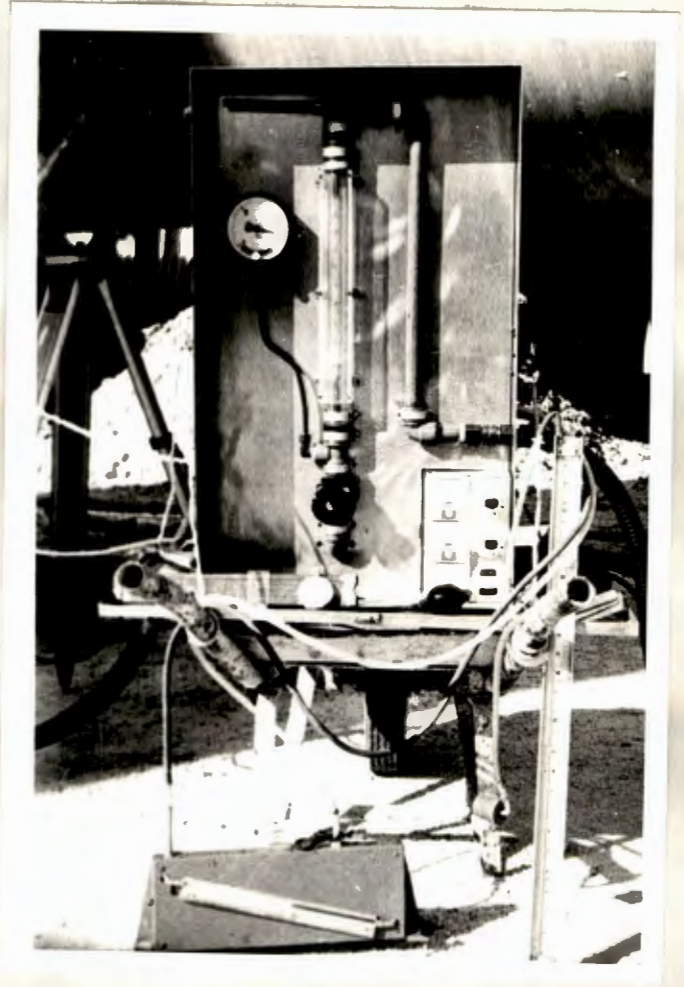
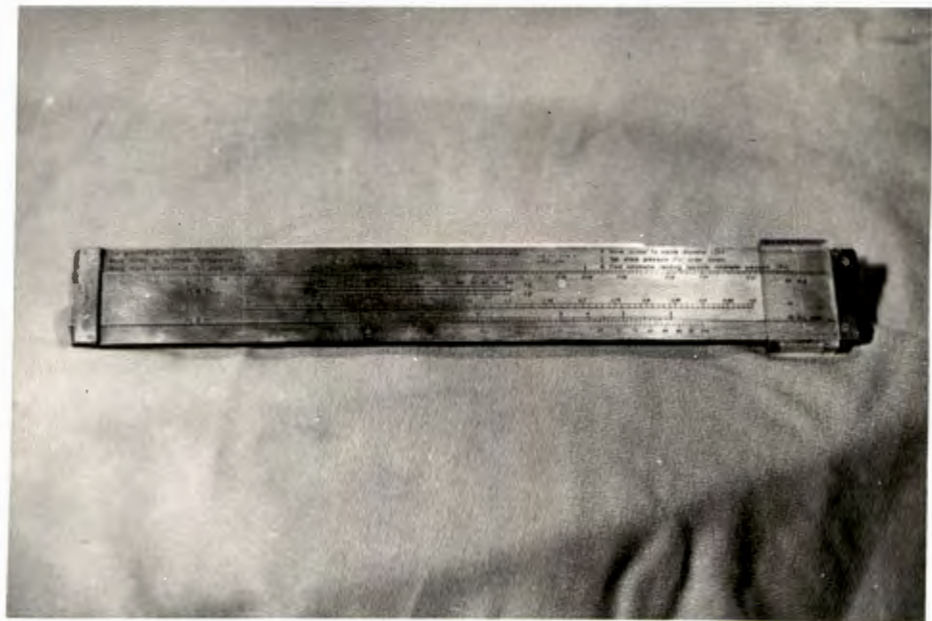


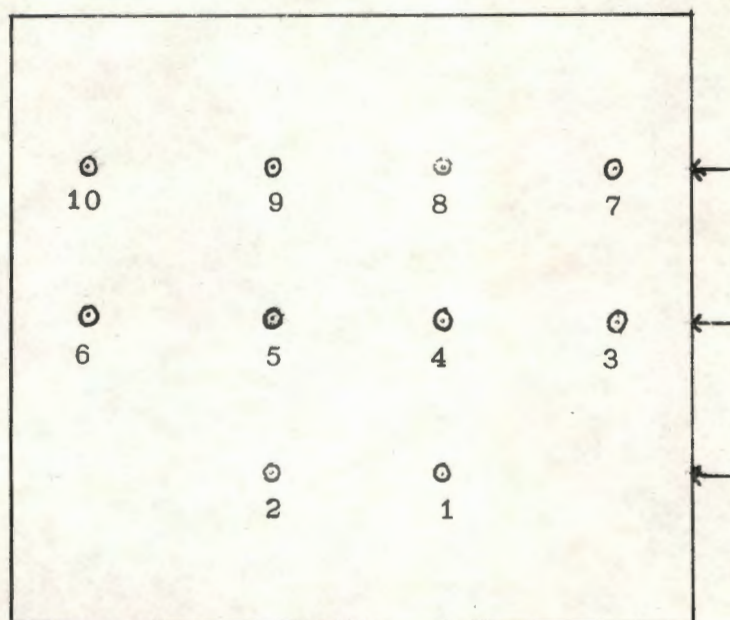
Foto 6 : rekenliniaal



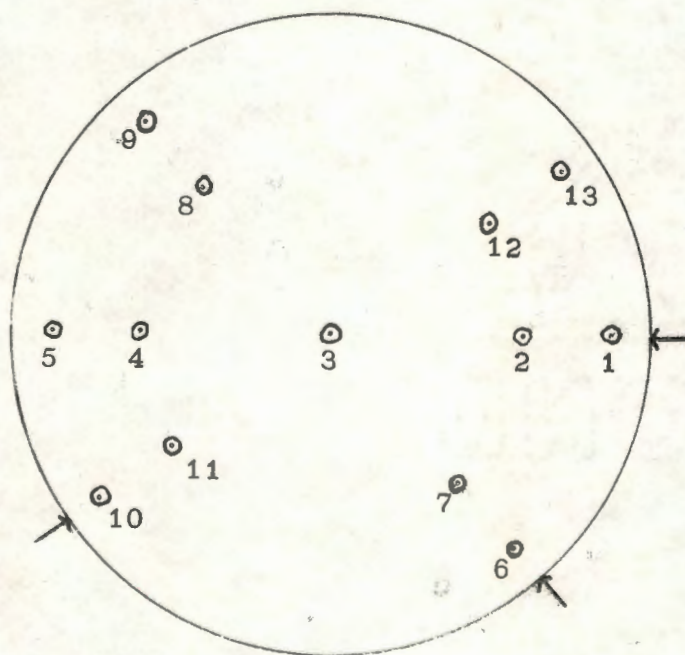
BYLAE B

Keuse van die posisies van die monsterpunte
v Korreelaanleg

Uitlaattype van droogtrommels 1 en 2



Uitlaatpyp van die koeltrommel

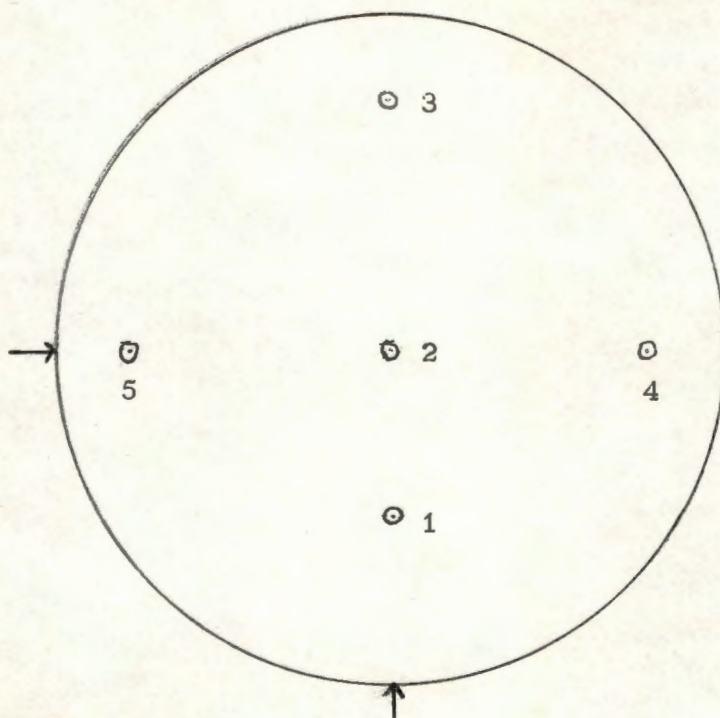


Skaal : 1 cm = 6 dm

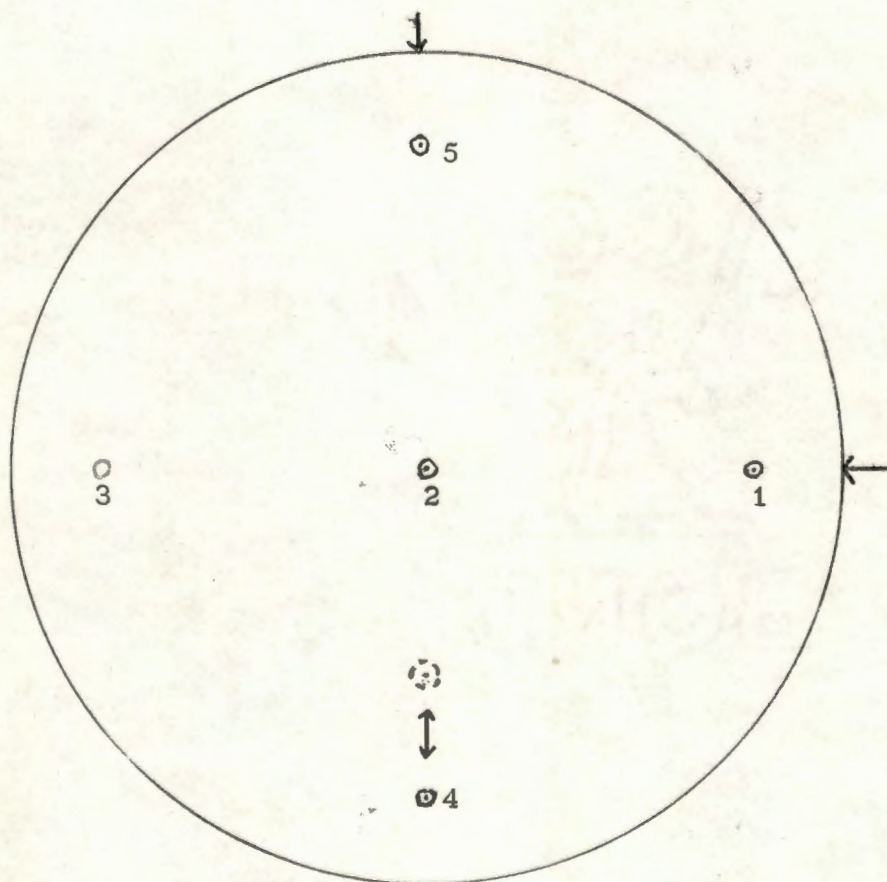
BYLAE B (vervolg)

Meulseksie

Voor die Venturiskropper :

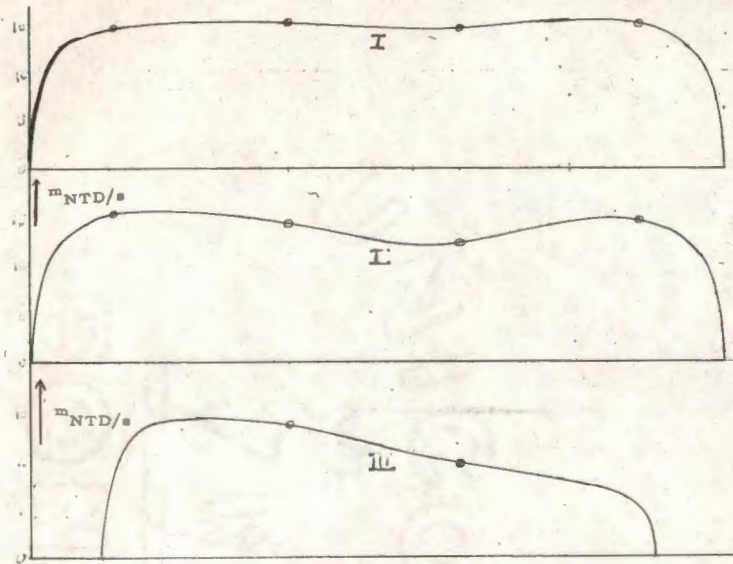


Na die Venturiskropper

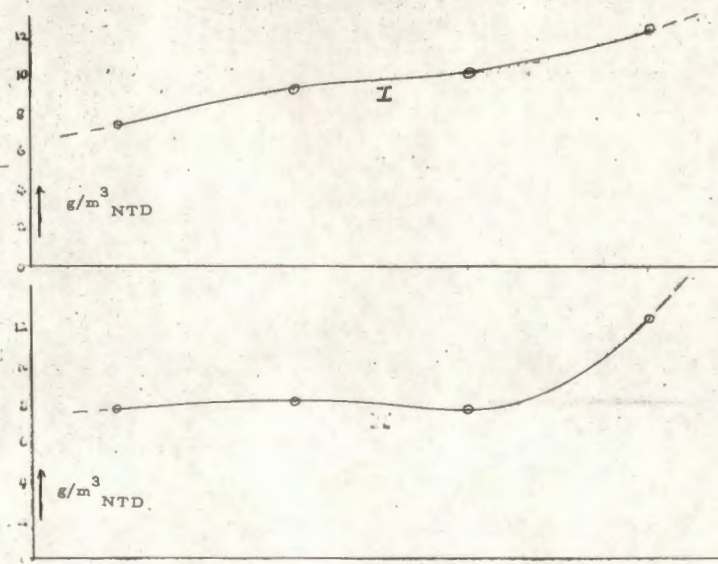


Skaal : 1 cm = 2 dm

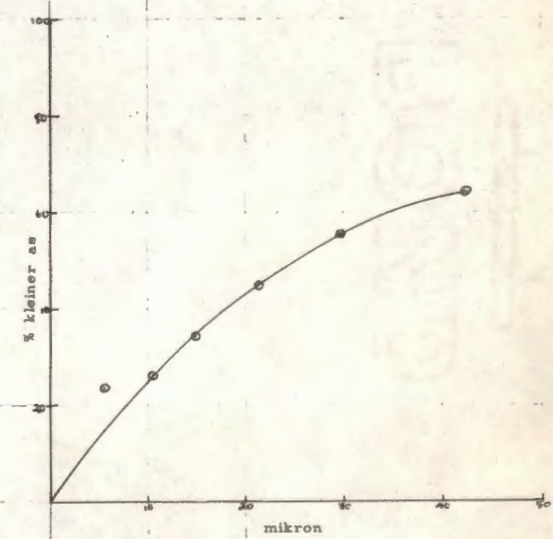
SNELHEIDSPROFIELE



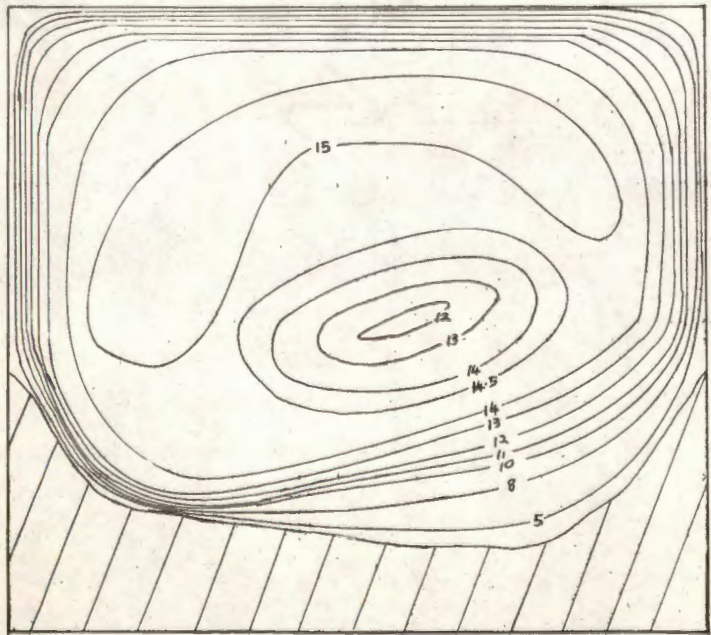
KONSENTRASIEPROFIELE



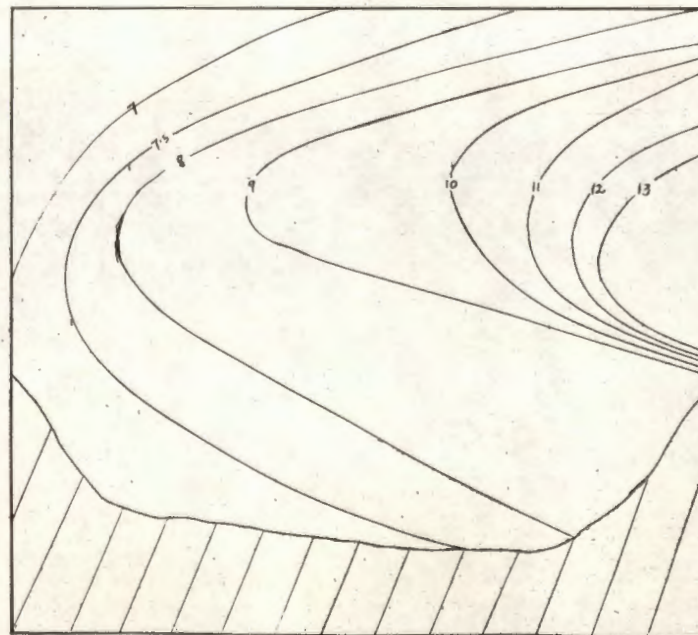
DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING



KONTOERPLAN

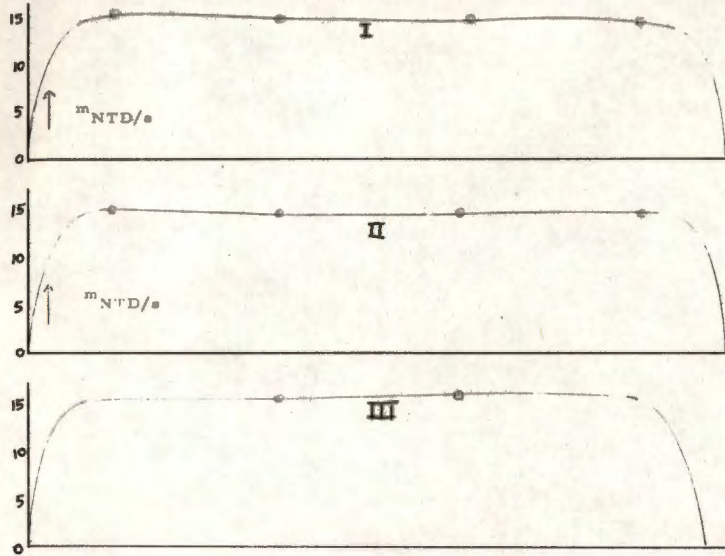


KONTOERPLAN

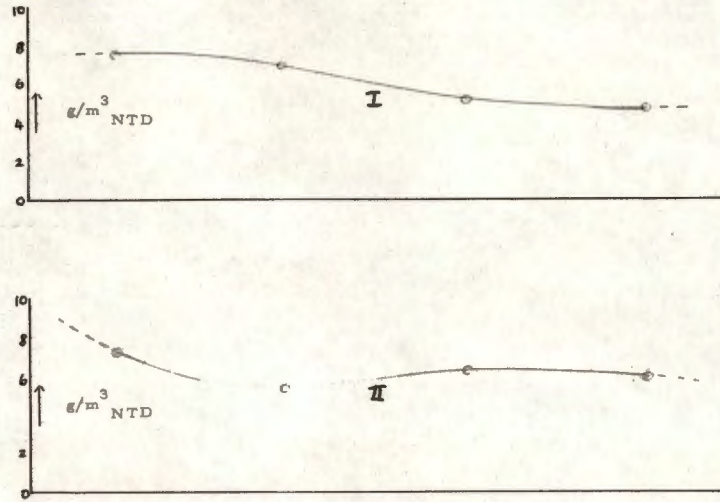


BYLAE D

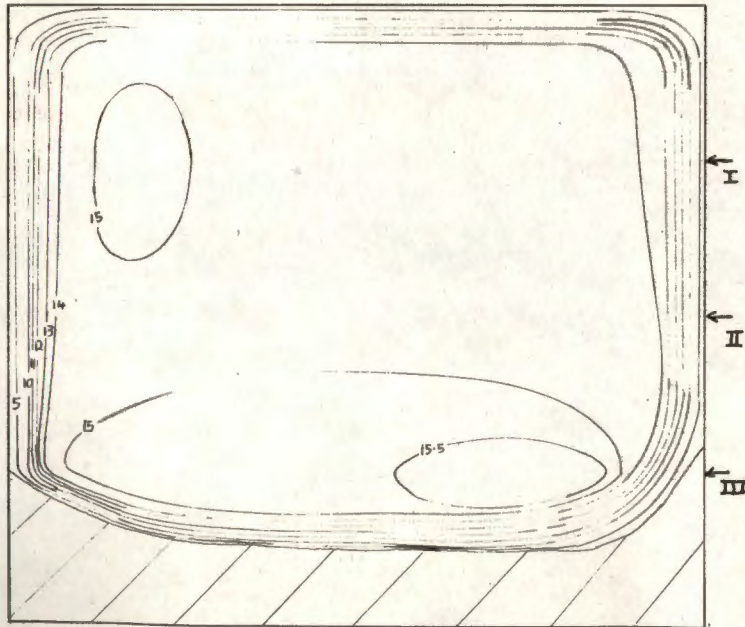
SNELHEIDSPROFIELE



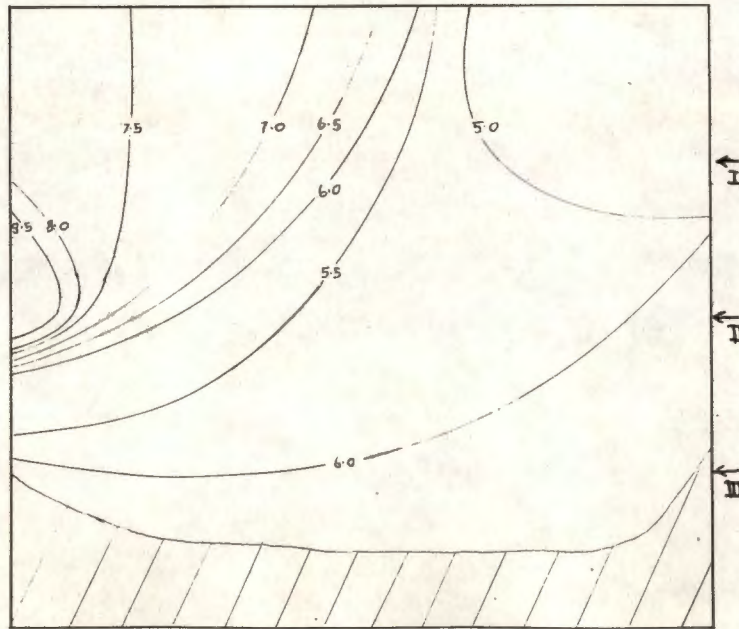
KONSENTRASIEPROFIELE



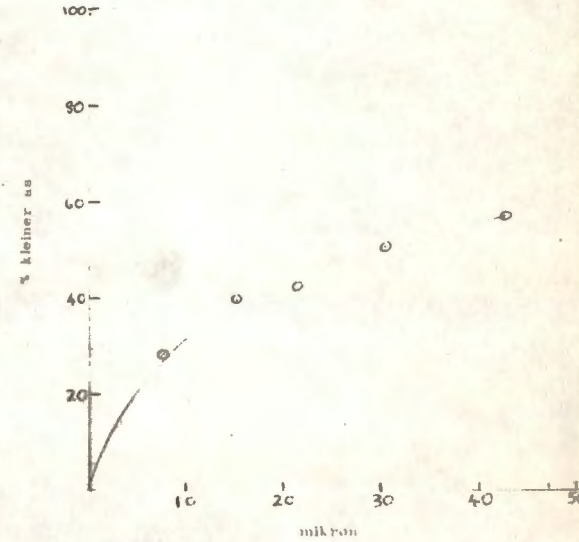
KONTOERPLAN



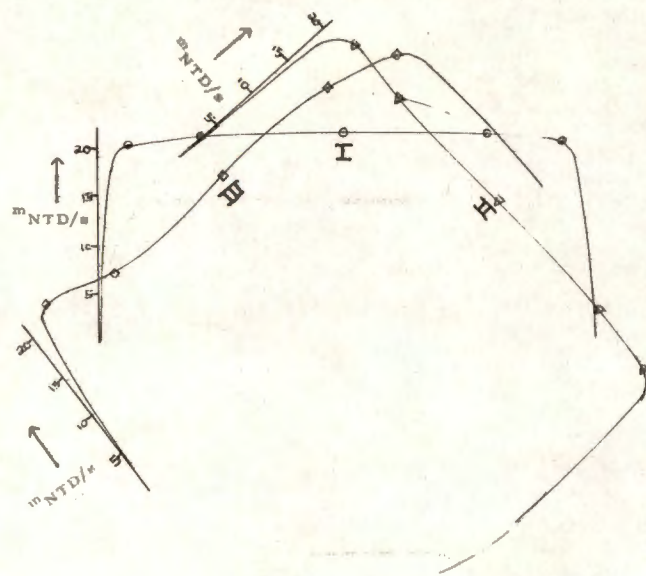
KONTOERPLAN



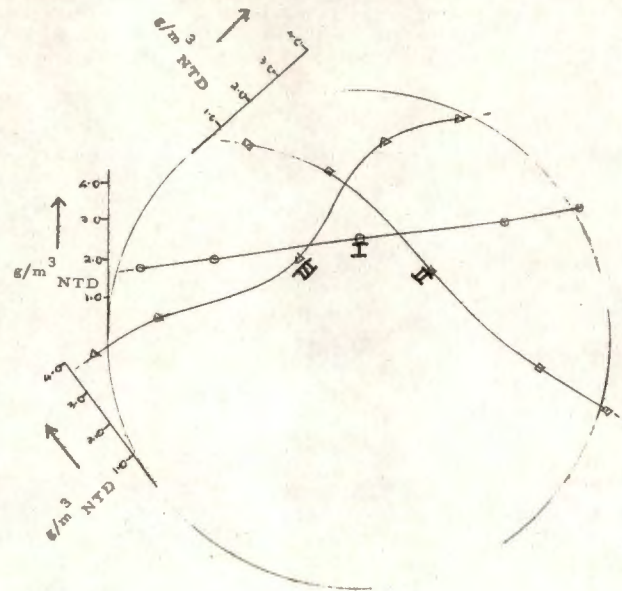
DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING



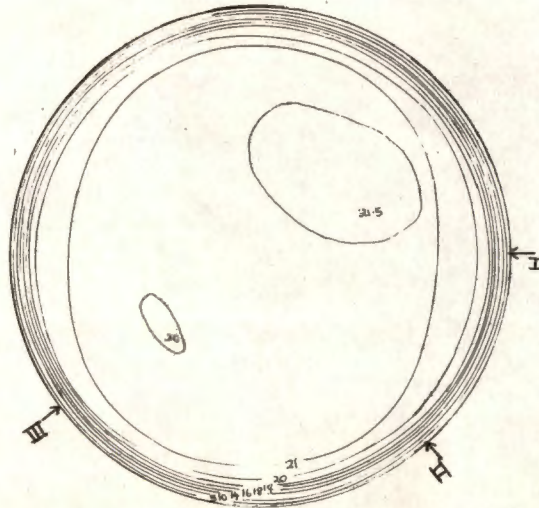
SNELHEIDSPROFIELE



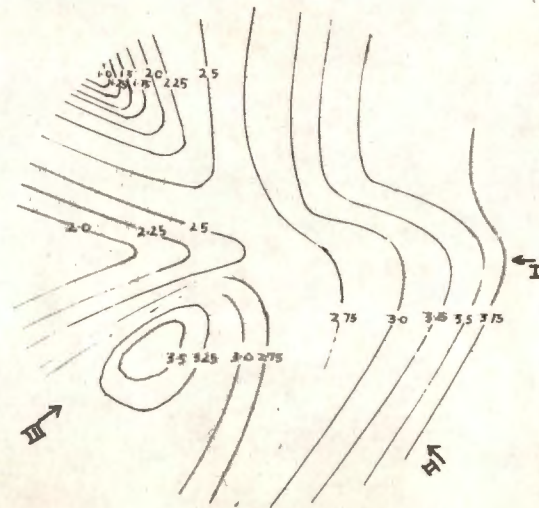
KONSENTRASIEPROFIELE

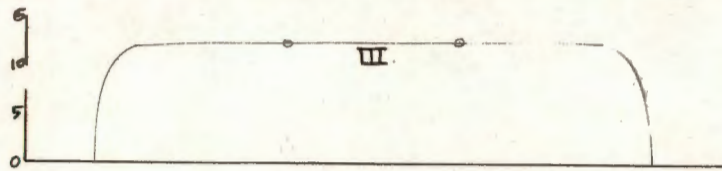
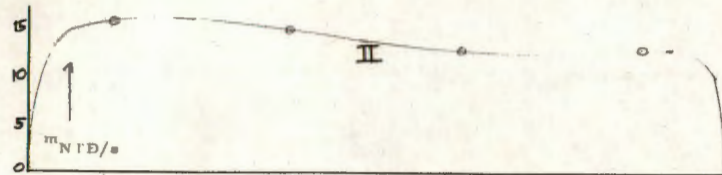
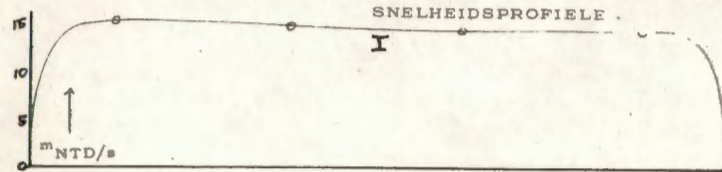


KONTOERPLAN

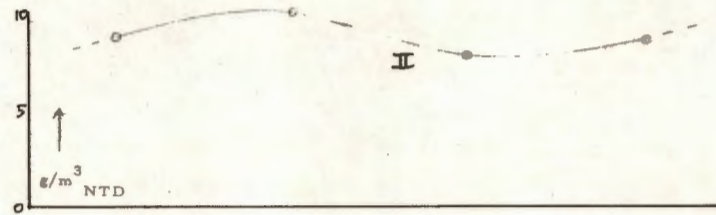
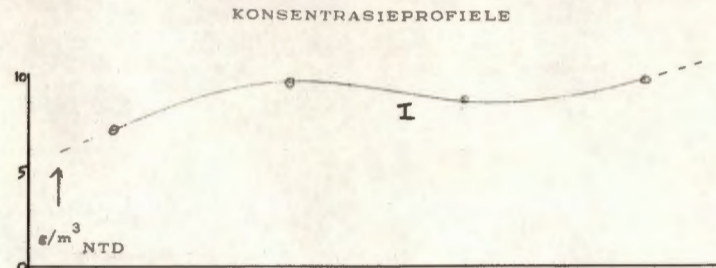
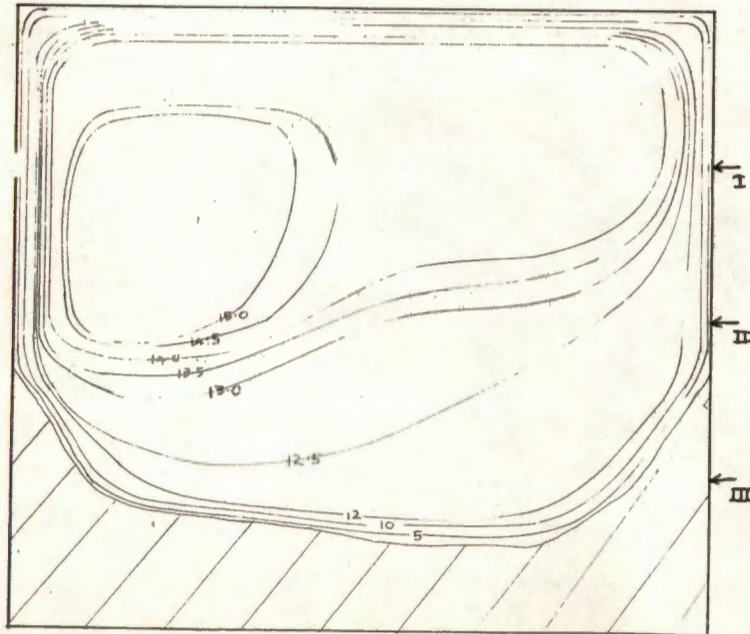


KONTOERPLAN

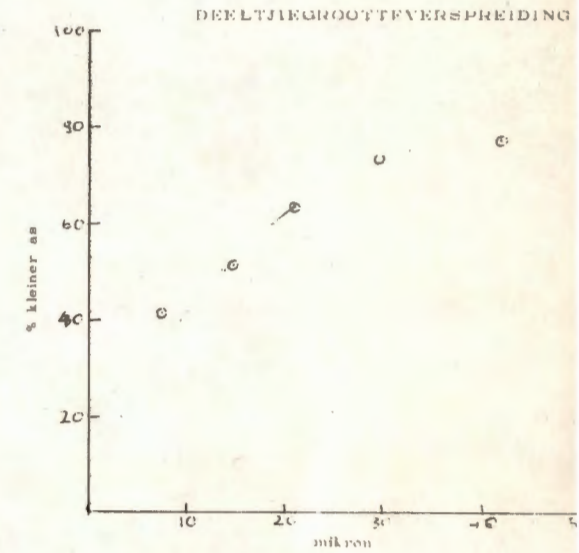
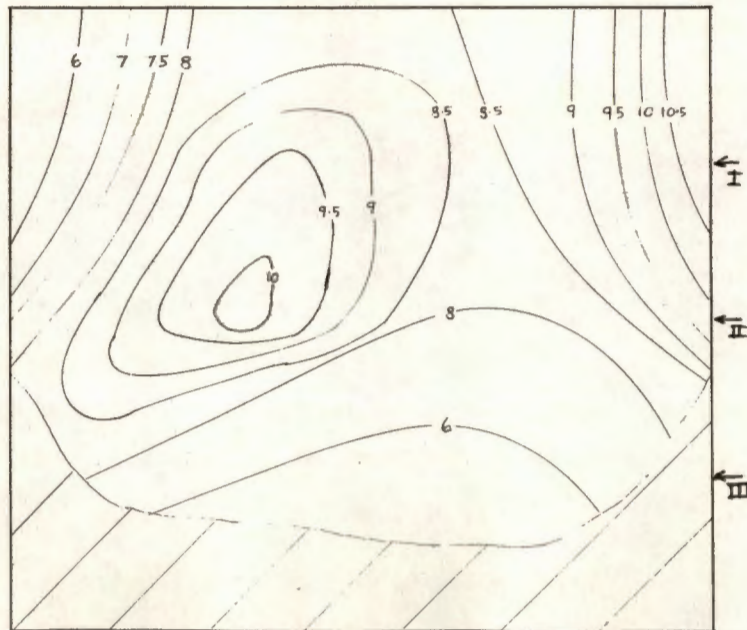


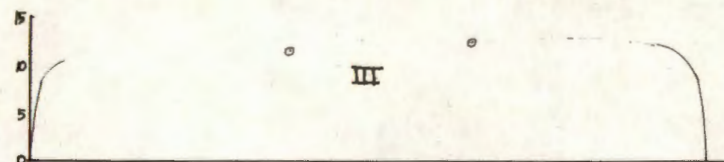
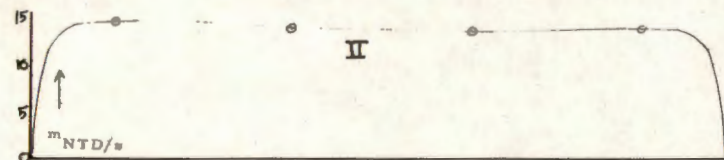
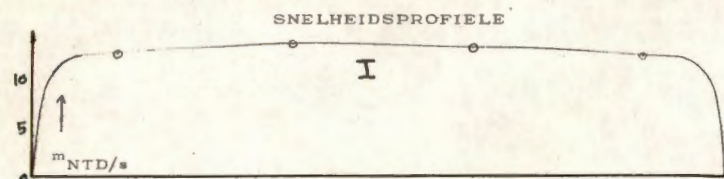


KONTOERPLAN

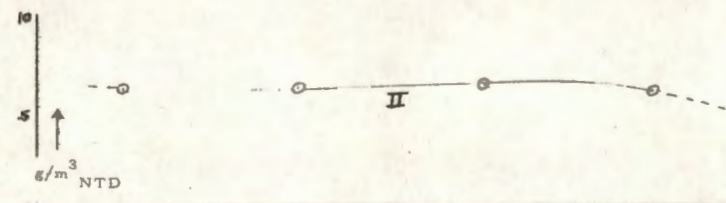
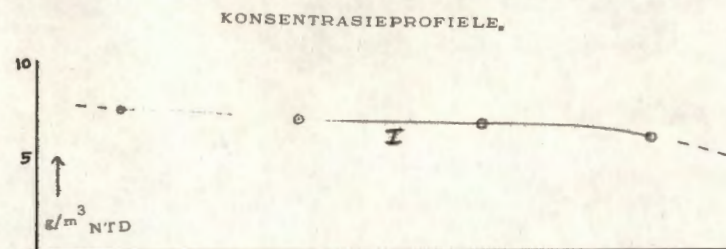
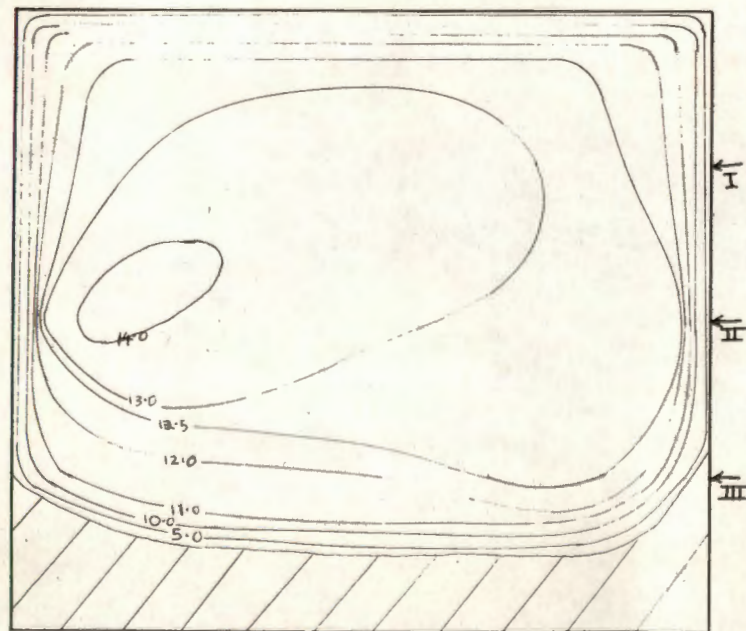


KONTOERPLAN

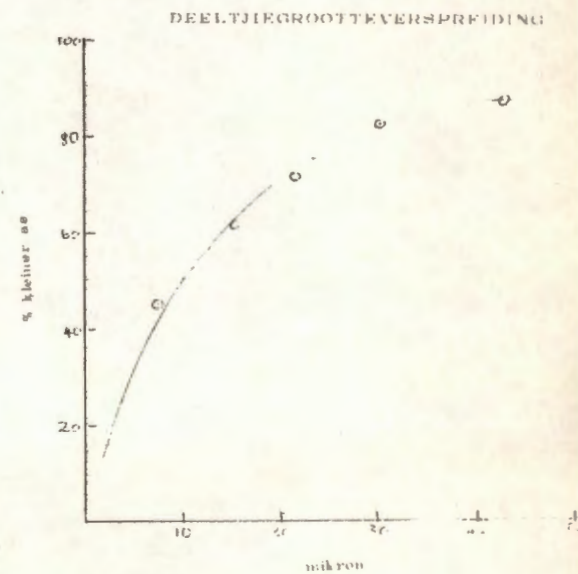
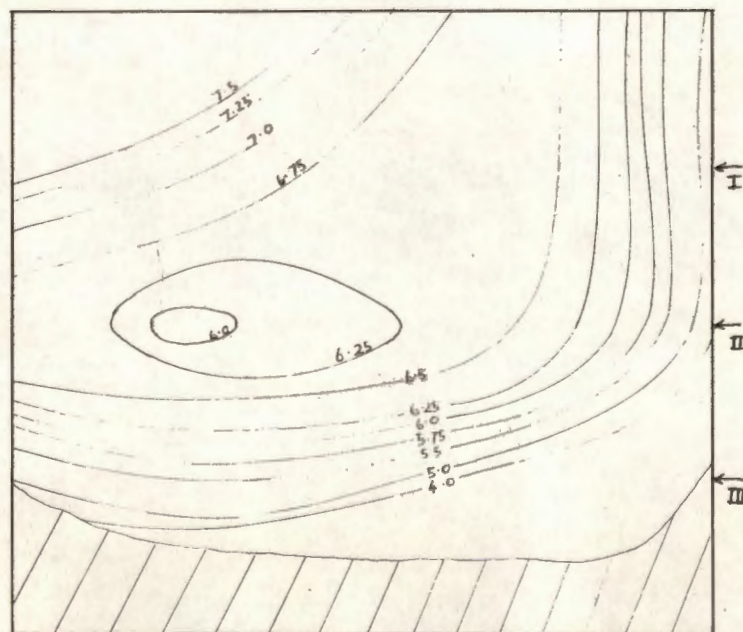




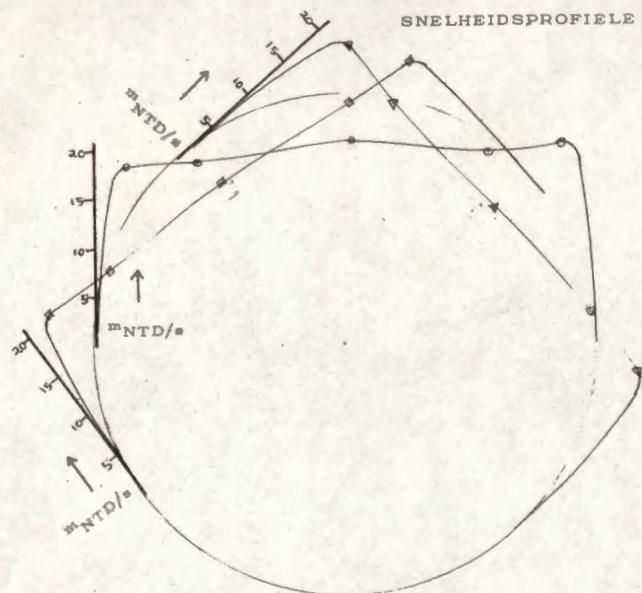
KONTOERPLAN



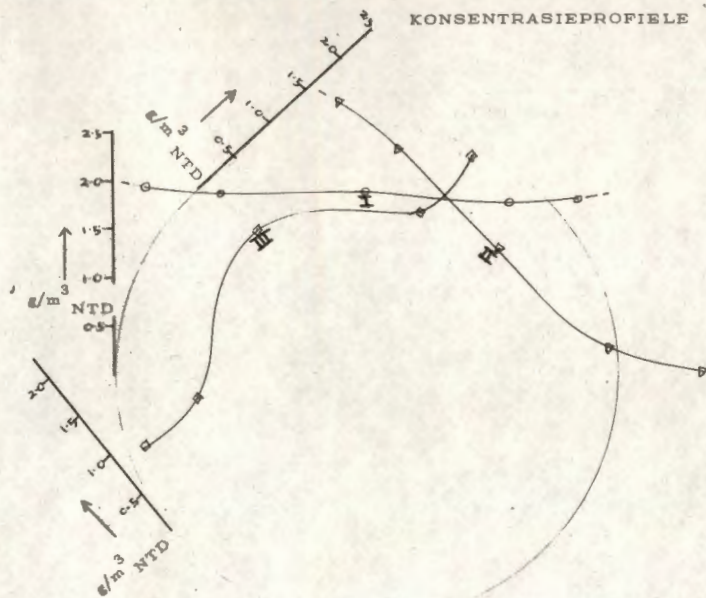
KONTOERPLAN



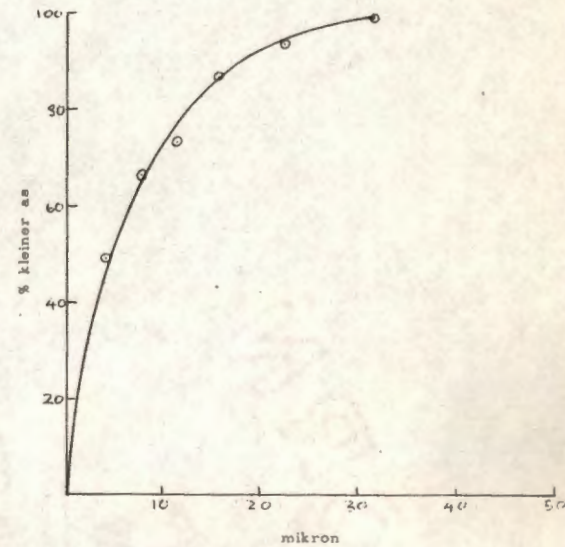
SNELHEIDSPROFIELE



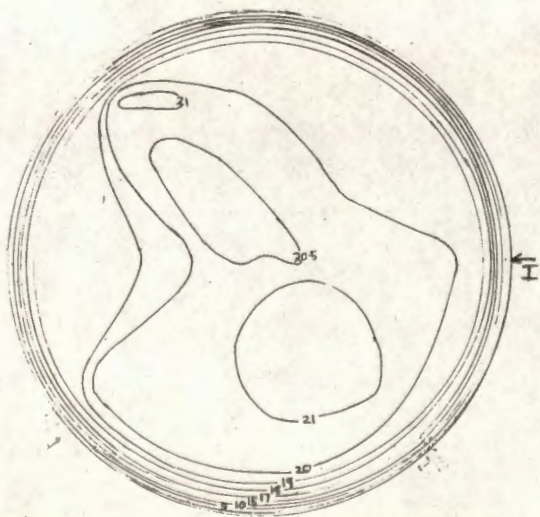
KONSENTRASIEPROFIELE



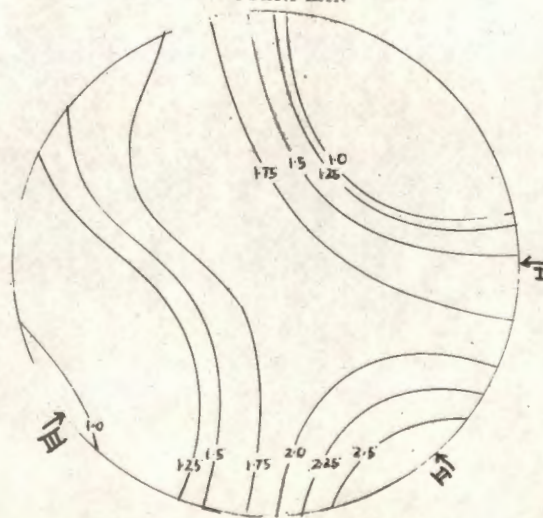
DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING



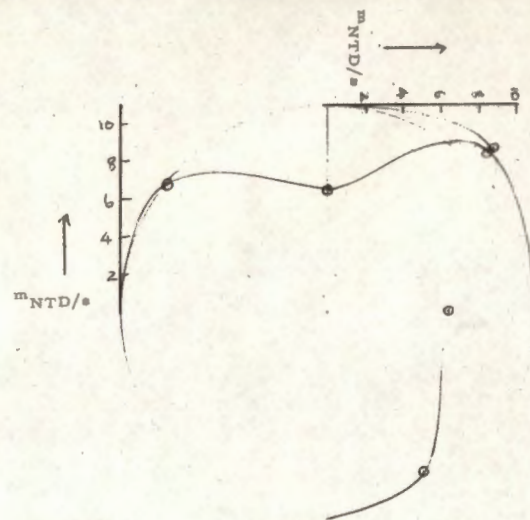
KONTOERPLAN



KONTOERPLAN



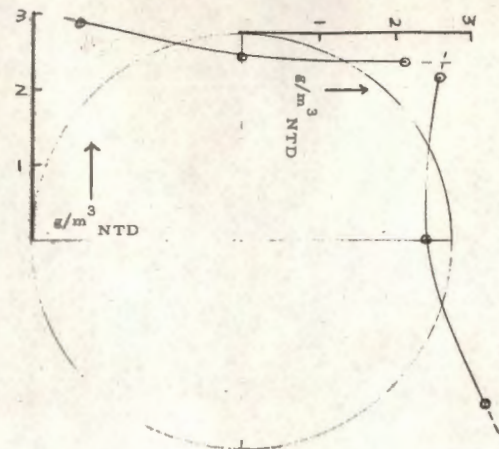
SNELHEIDSPROFIELE



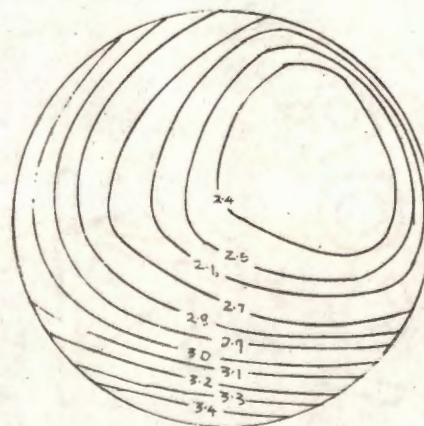
KONTOERPLAN



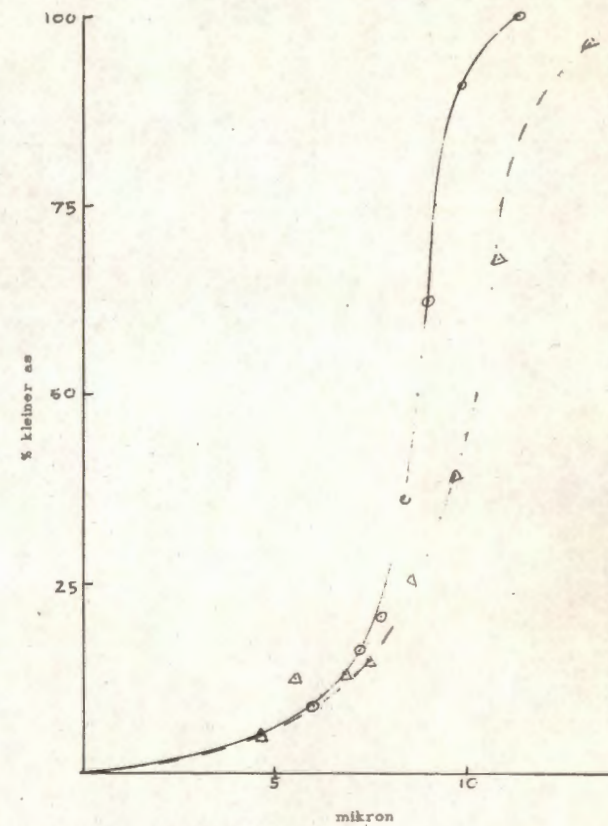
KONSENTRASIEPROFIELE



KONTOERPLAN

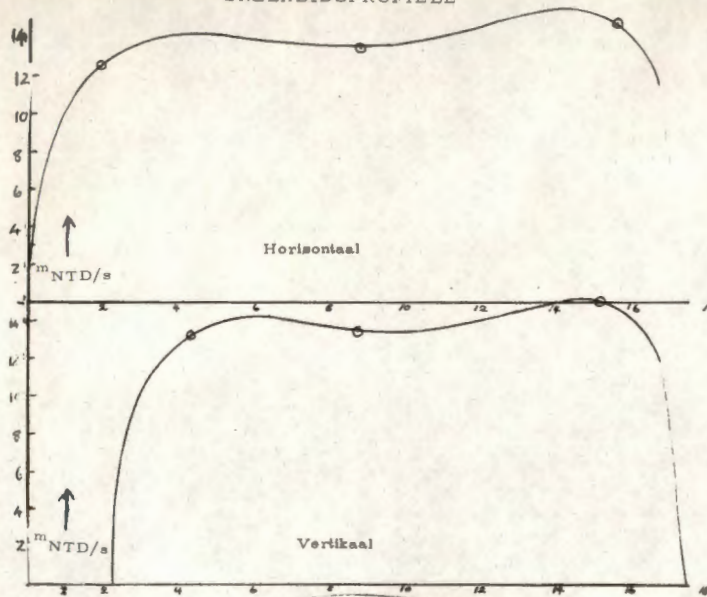


DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING

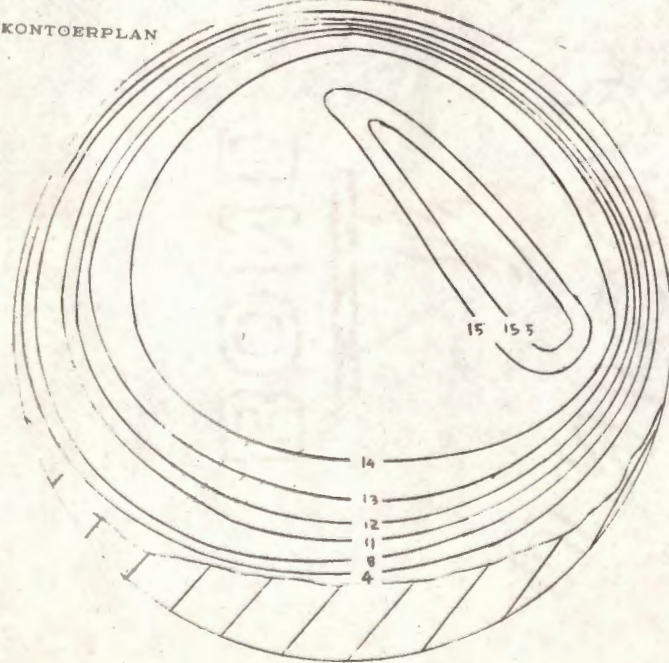


- : Stofmonster
- △ : Stof opgevang in skropper

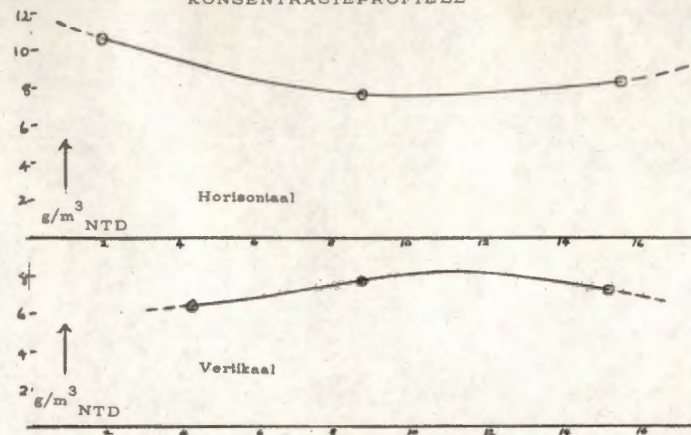
SNELHEIDSPROFIELE



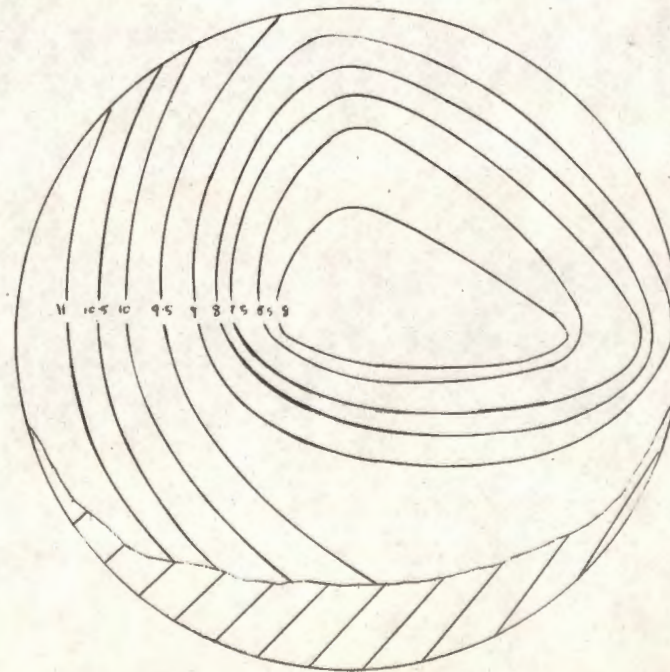
KONTOERPLAN



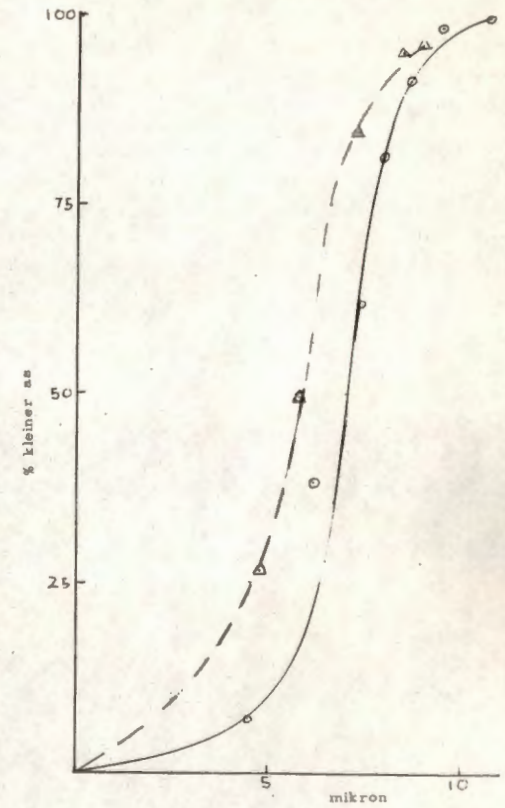
KONSENTRASIEPROFIELE



KONTOERPLAN

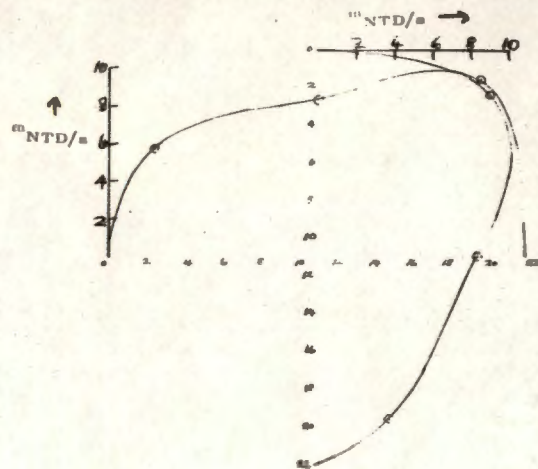


DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING

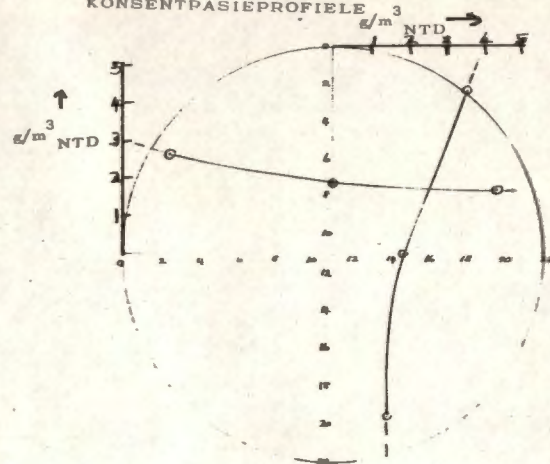


○ : Stofmonster
 △ : Stof opgevang in skropper

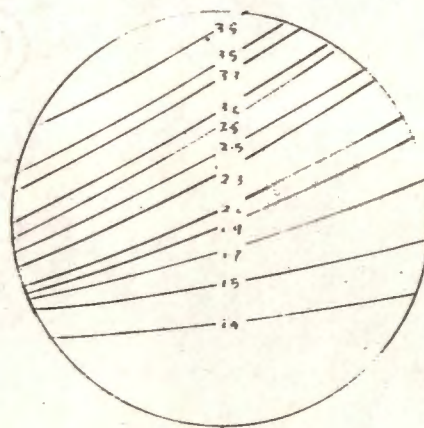
SNELHEIDSPROFIELE



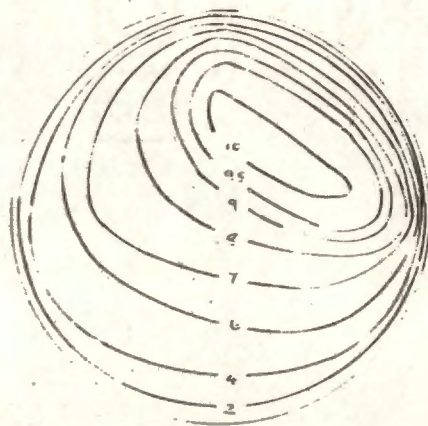
KONSENTRASIEPROFIELE



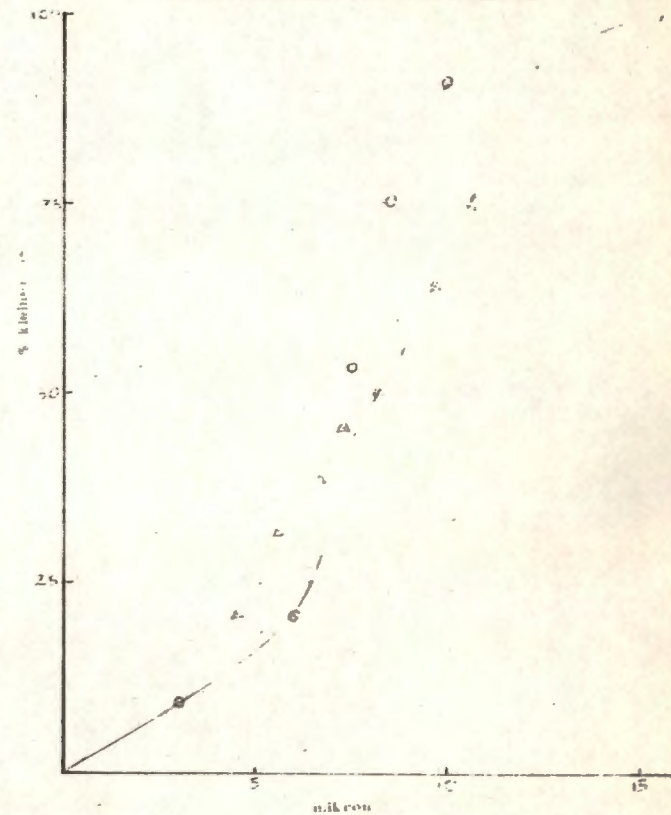
KONTOERPLAN



KONTOERPLAN

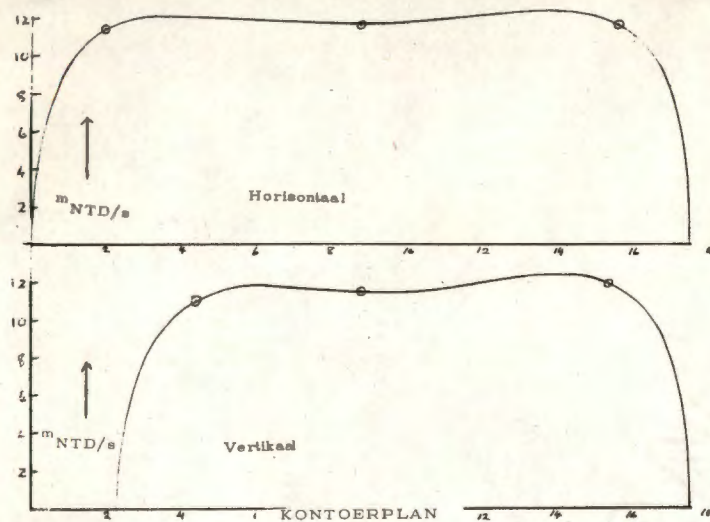


DEELTJEGROOTTE VERSPREIDING

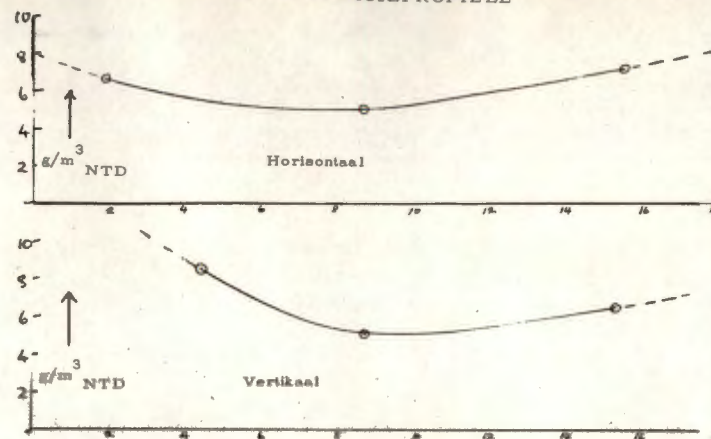


○ : stofmonster
 Δ : stof opgevang in skropper

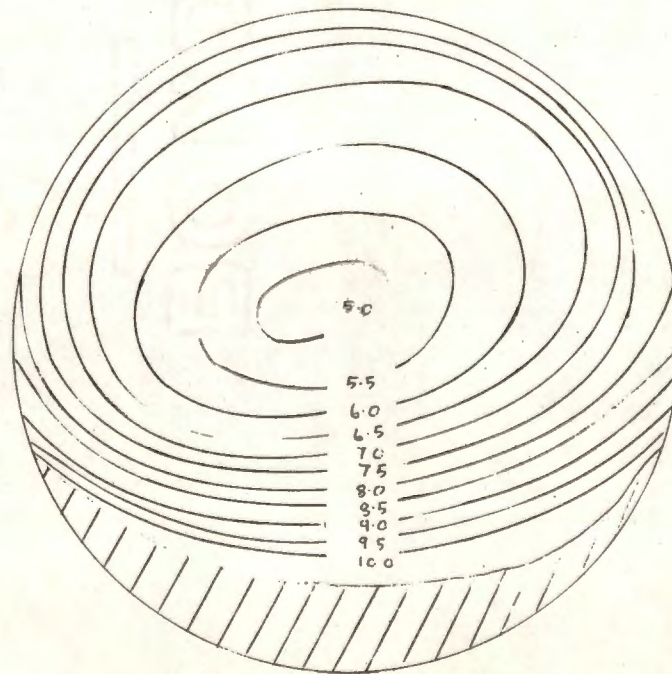
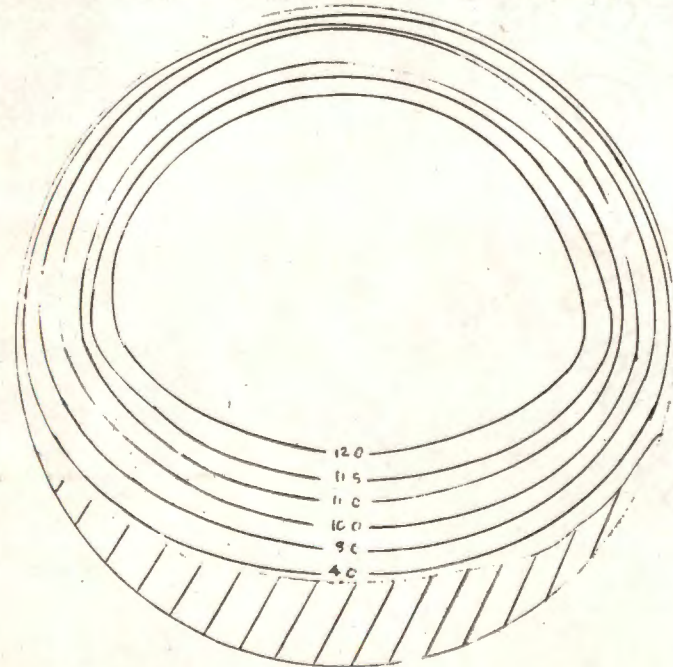
SNELHEIDSPROFIELE



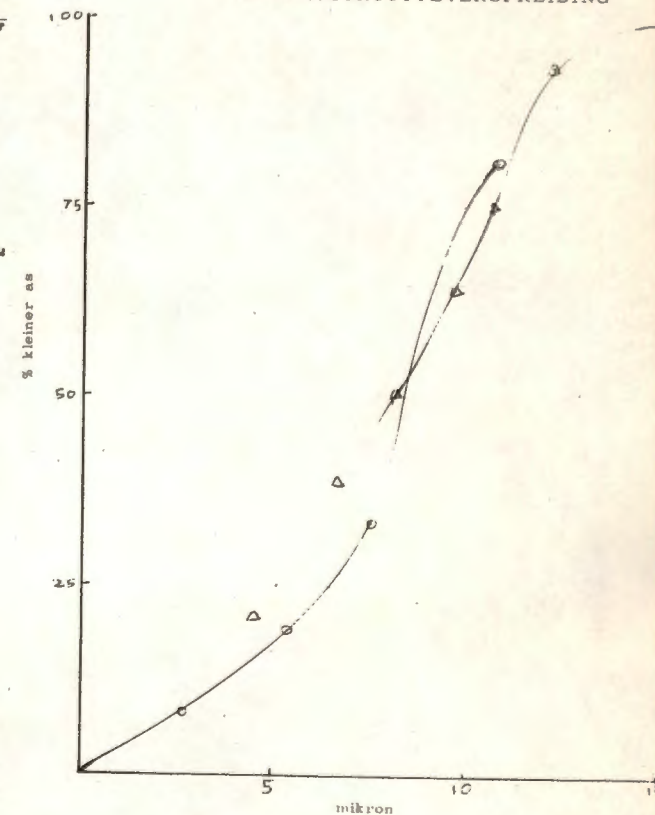
KONSENTRASIEPROFIELE



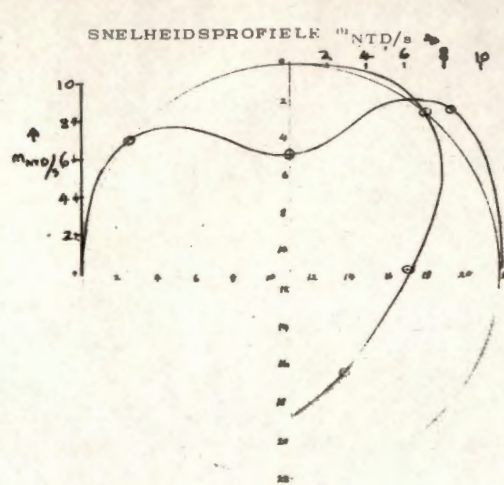
KONTOERPLAN



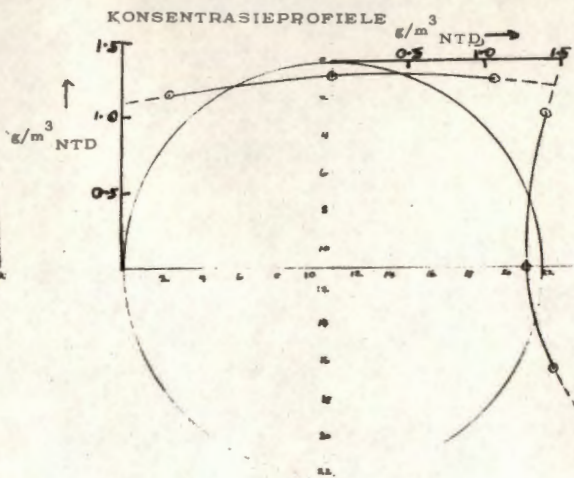
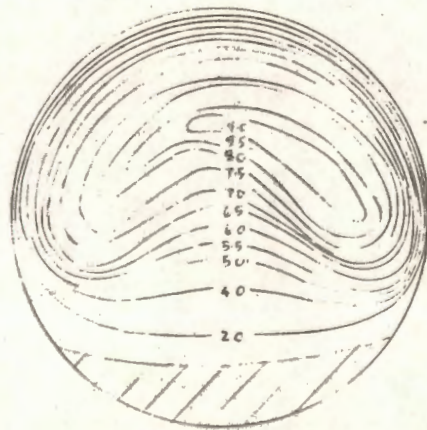
DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING



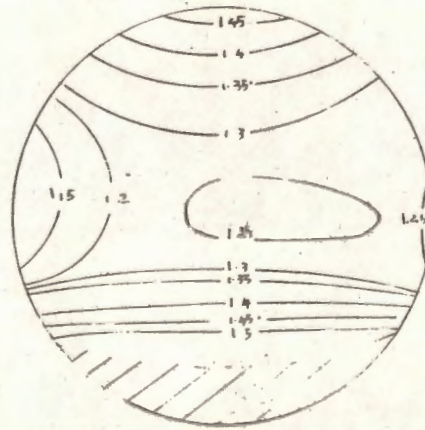
○ : Stofmonster
△ : Stof opgevang in skropper



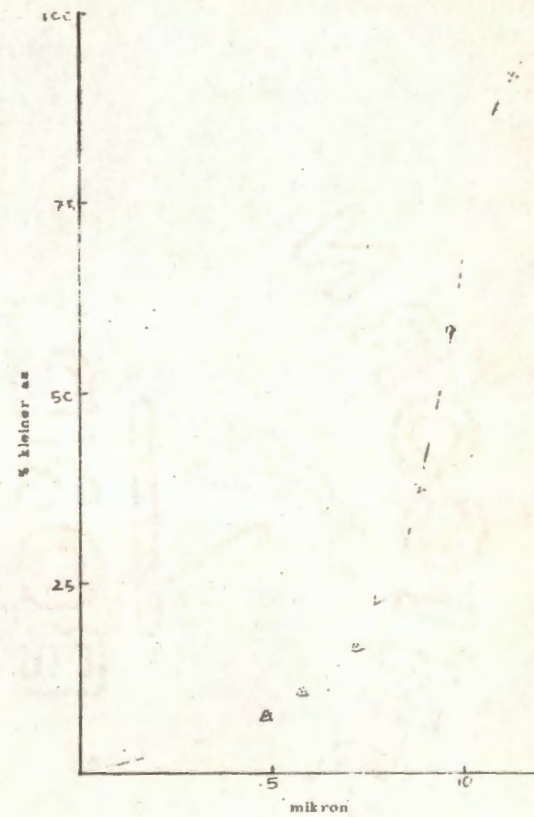
KONTOERPLAN



KONTOERPLAN

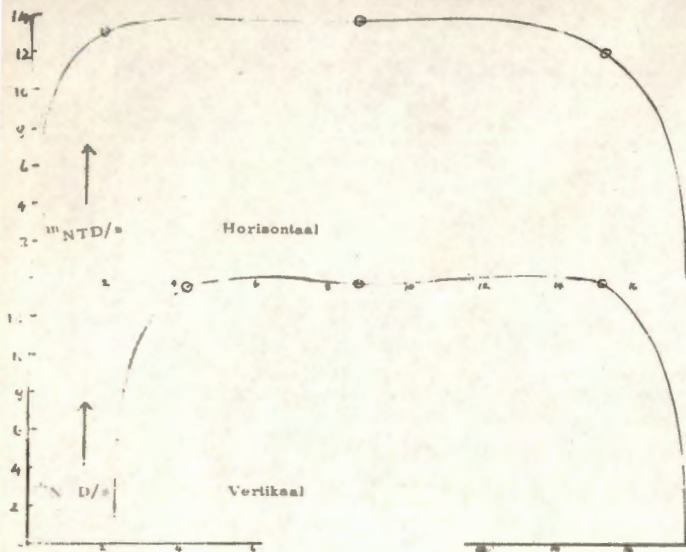


DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING

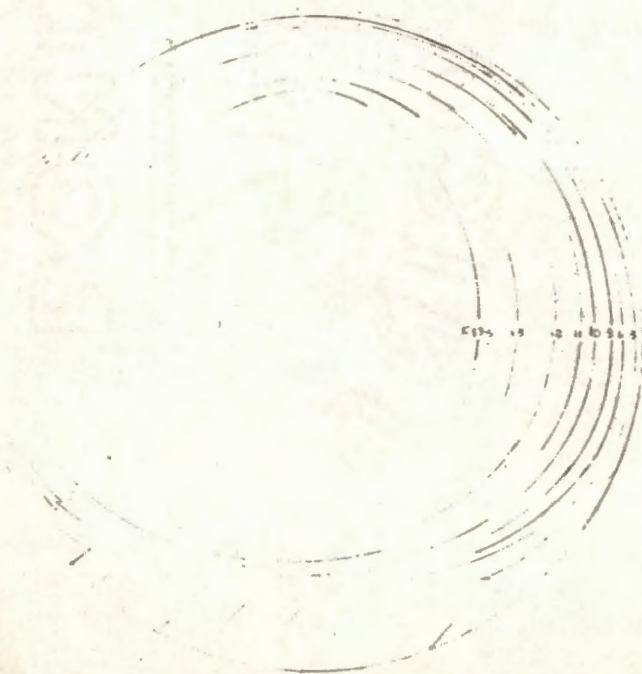


Δ : stof opgevang in skropper

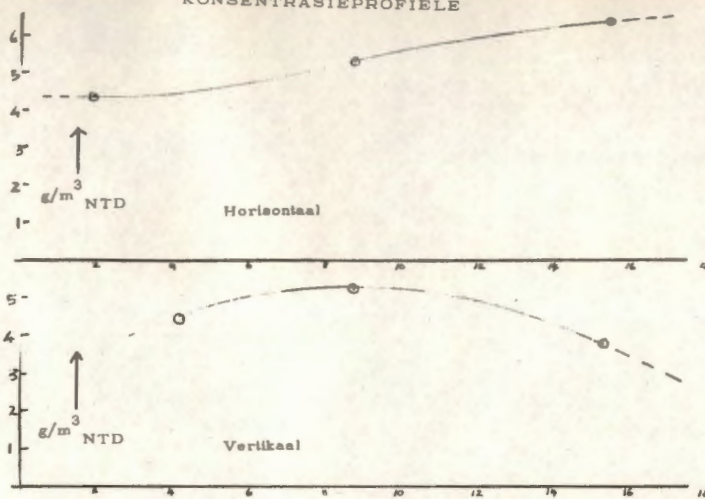
SNELHEIDSPROFIELE



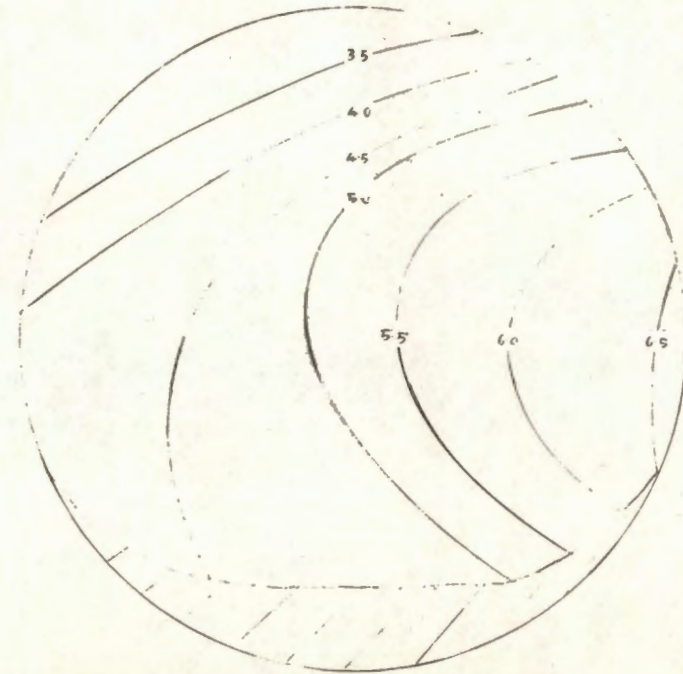
KONTOERPLAN



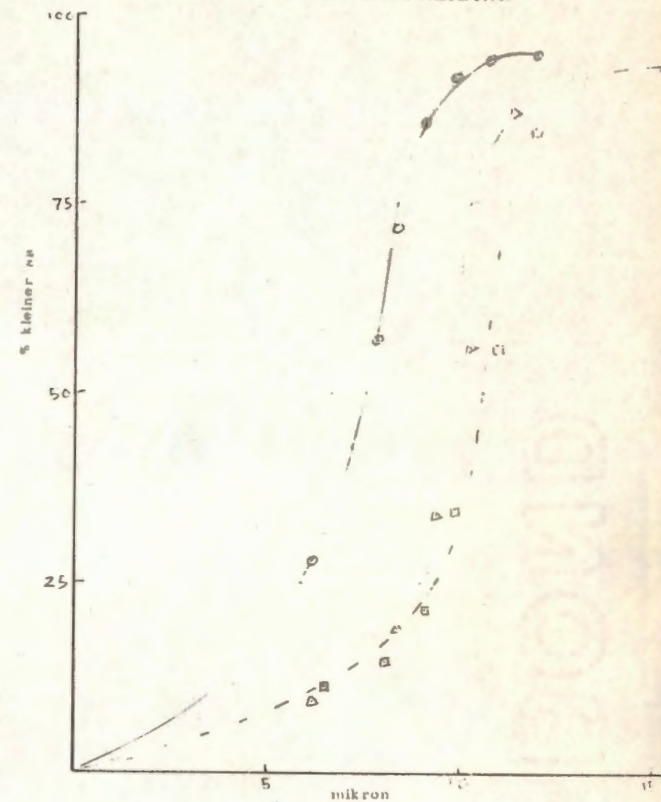
KONSENTRASIEPROFIELE



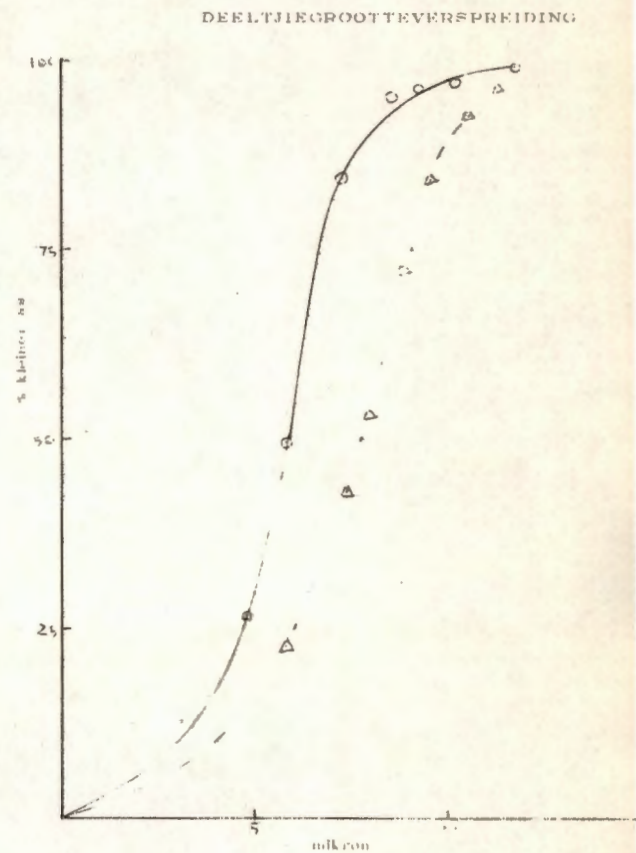
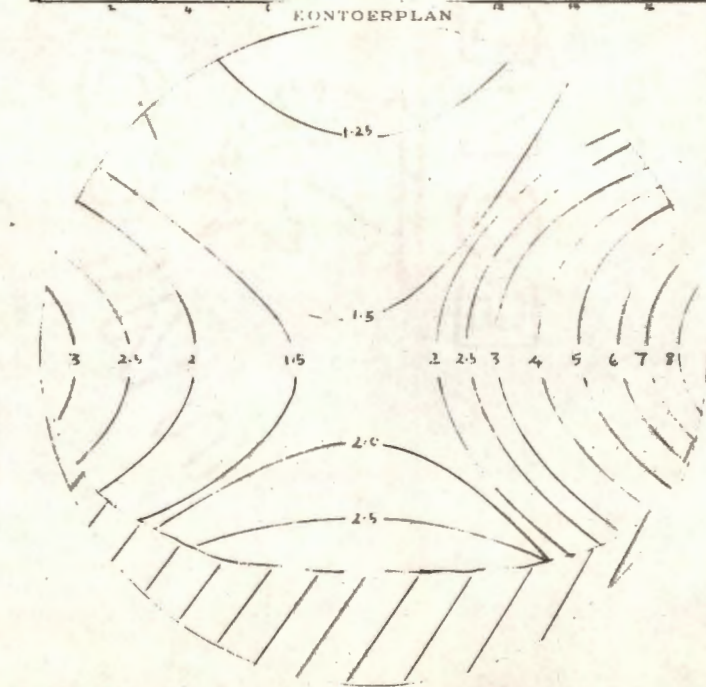
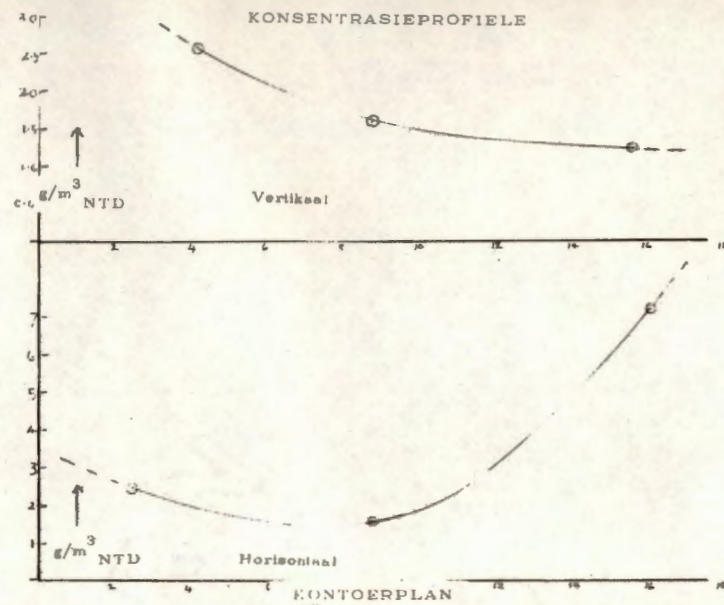
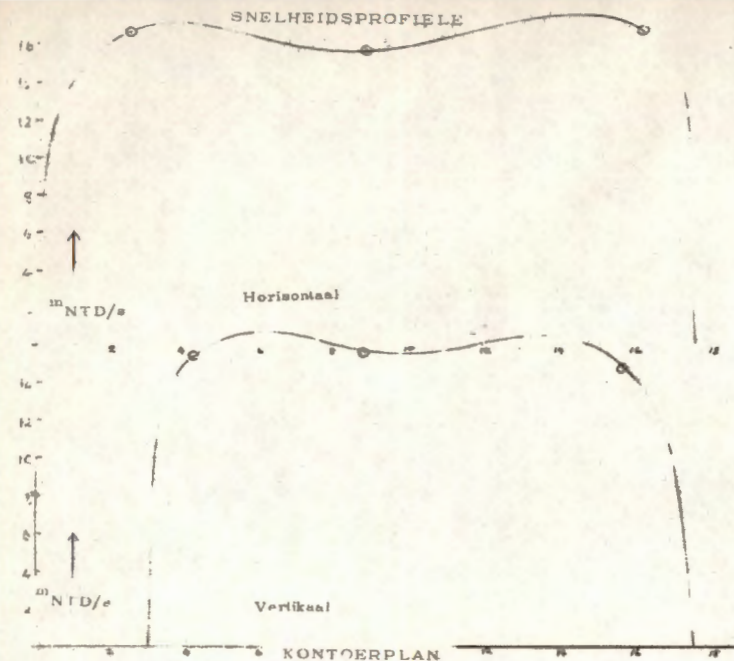
KONTOERPLAN



DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING

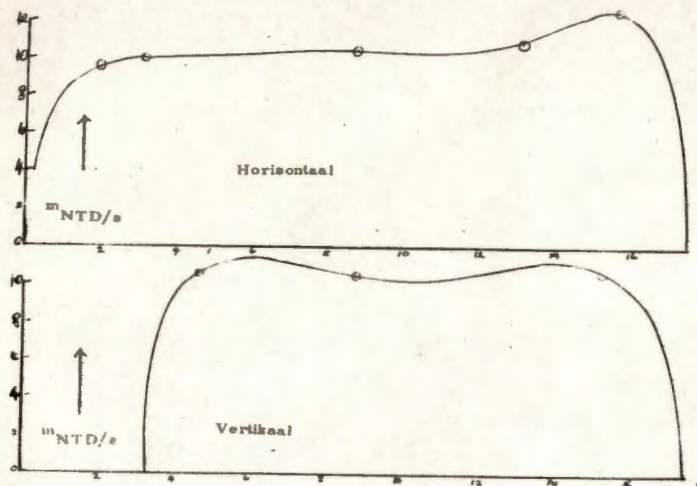


- : Stofmonster
- △ : Stof opreëvang in skropper met $L = 4.97 \text{ gel/u}$
- : Stof opreëvang in skropper met $L = 5.92 \text{ gel/u}$

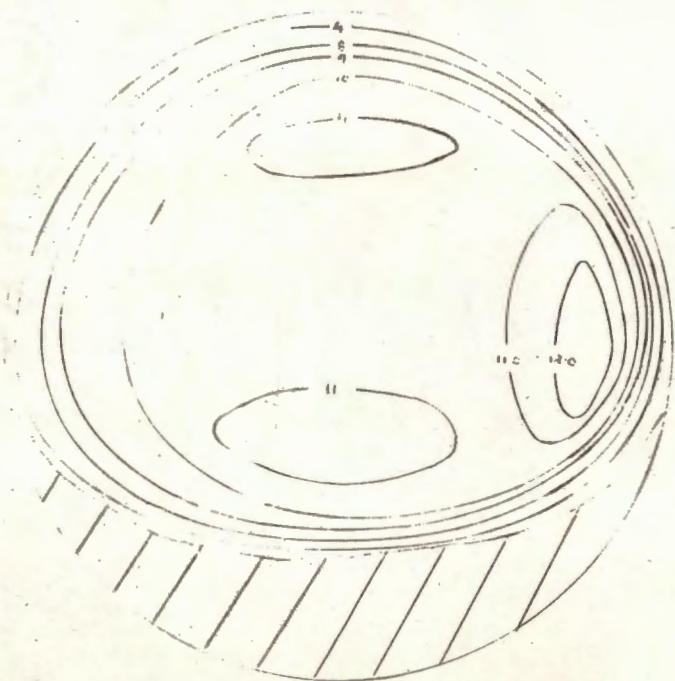


○ stofmonster
 △ stof opvang in skepper

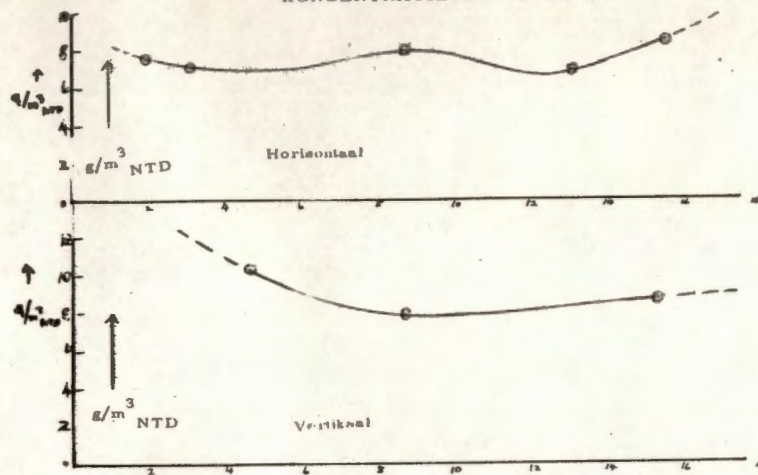
SNELHEIDSPROFIELE



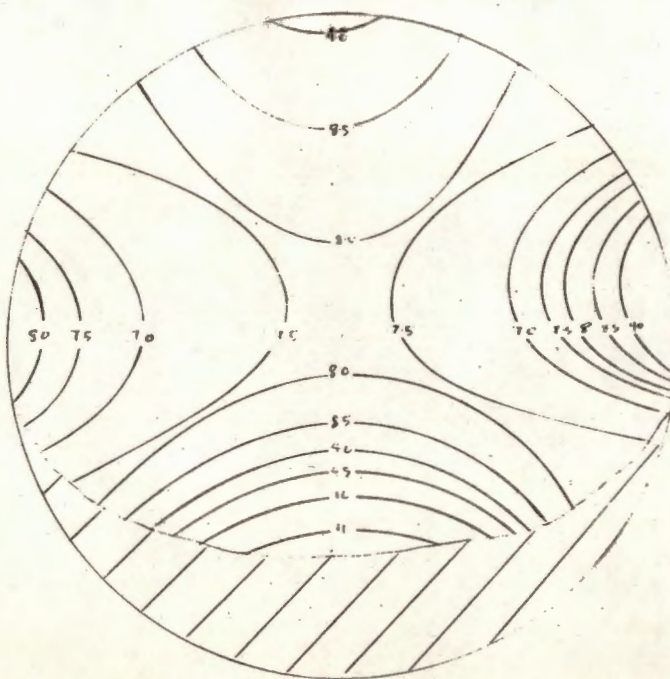
KONTOERPLAN



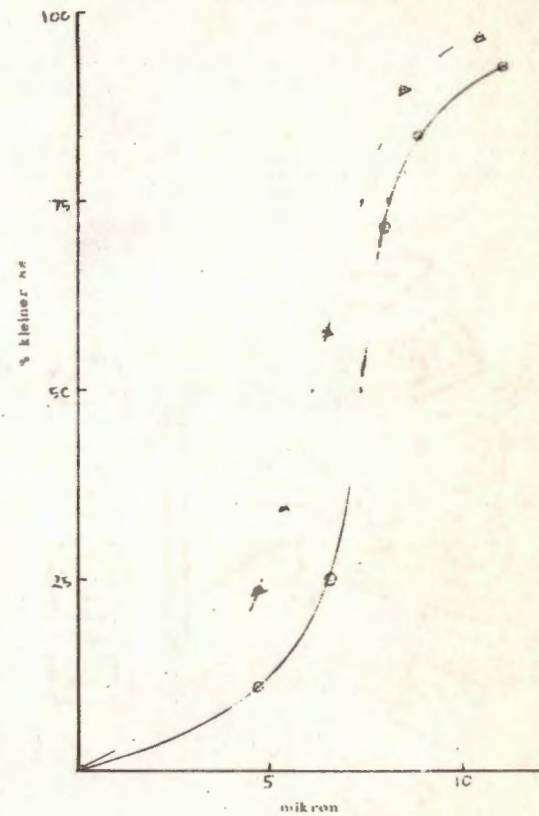
KONSENTRASIEPROFIELE



KONTOERPLAN

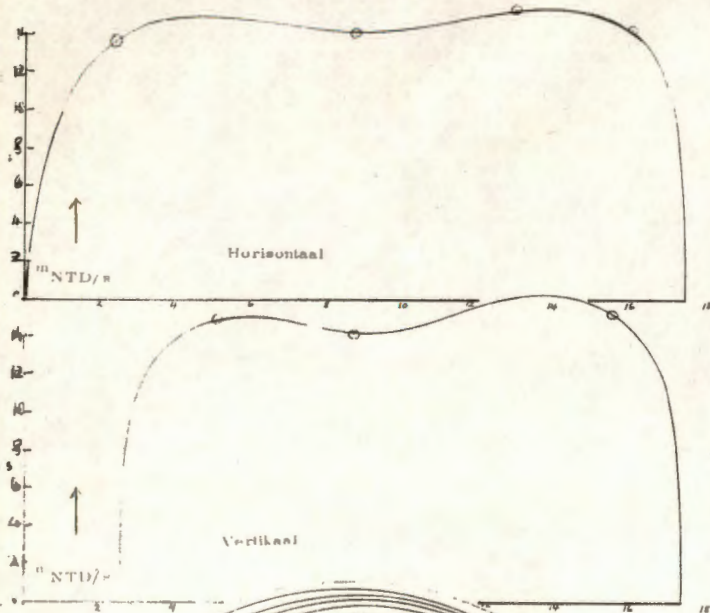


DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING

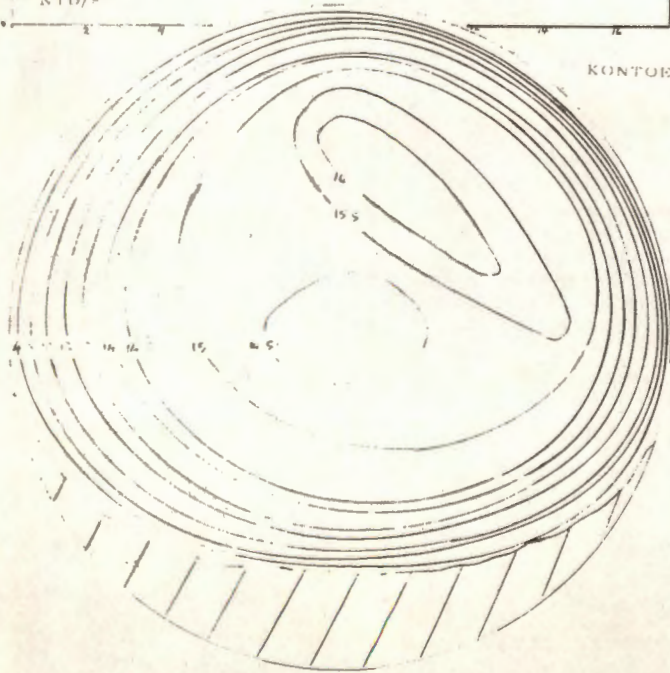


● : Stofmonster
 ▲ : Stof opgevang in skropper

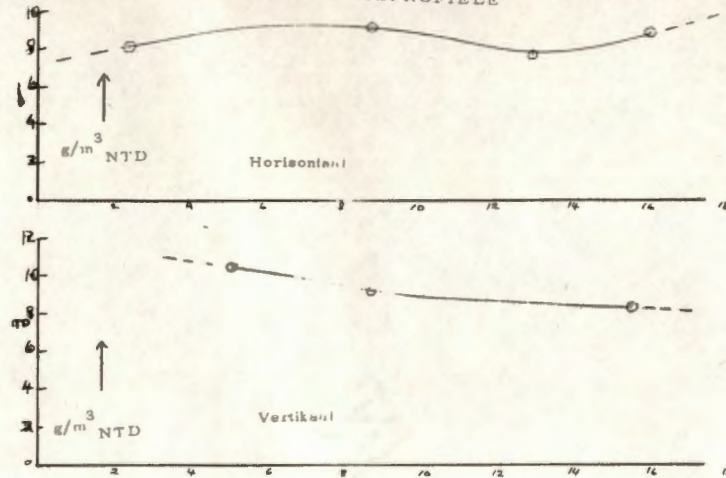
SNELHEIDSPROFIELE



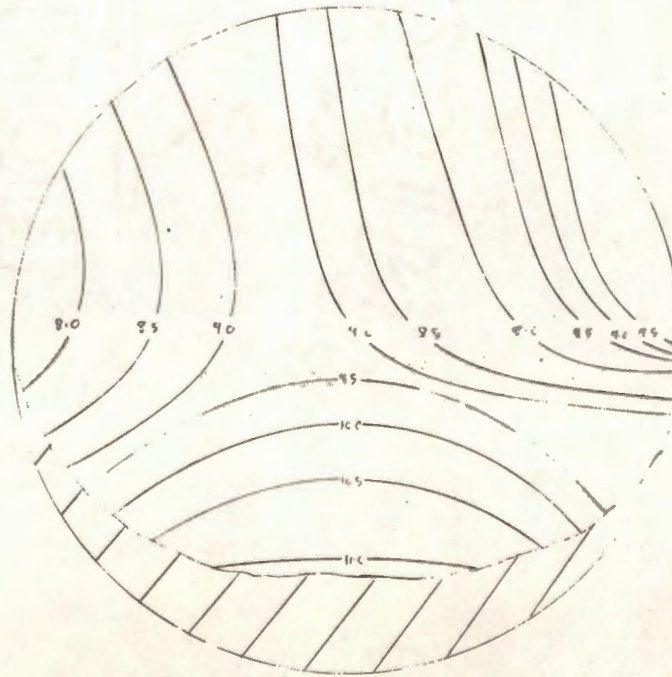
KONTOERPLAN



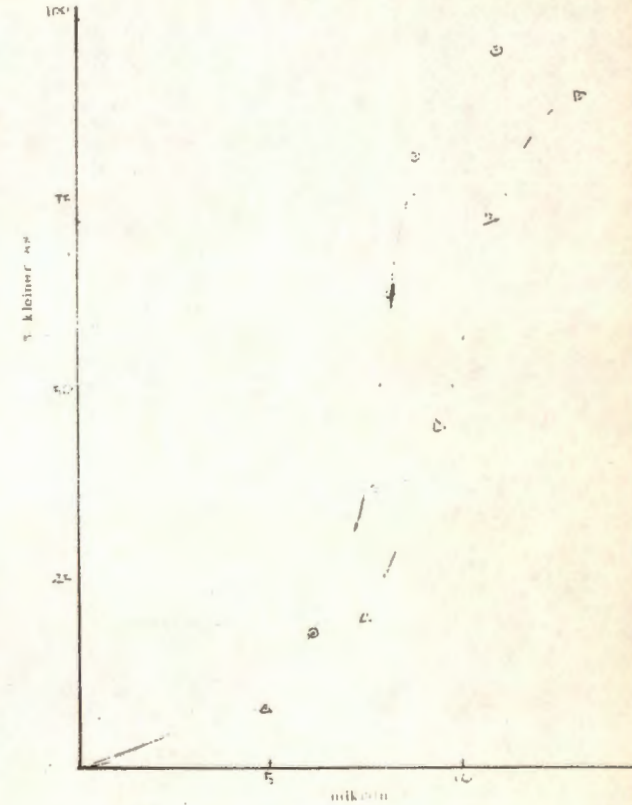
KONSENTRASIEPROFIELE



KONTOERPLAN

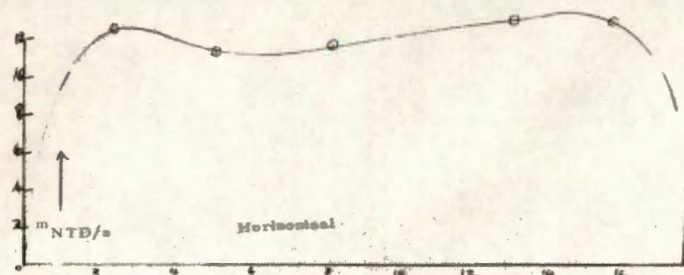


DEELTJEGROOTTEVERSPREIDING

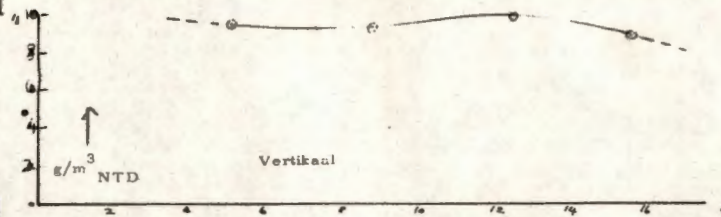
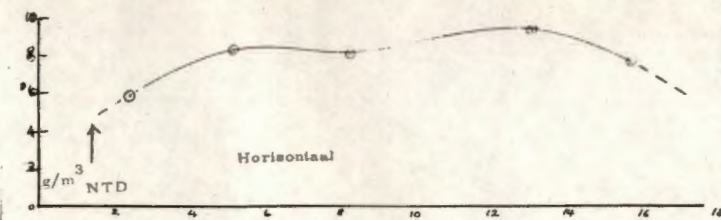


C Stofmonster
 Δ stof opbrengst in skropper

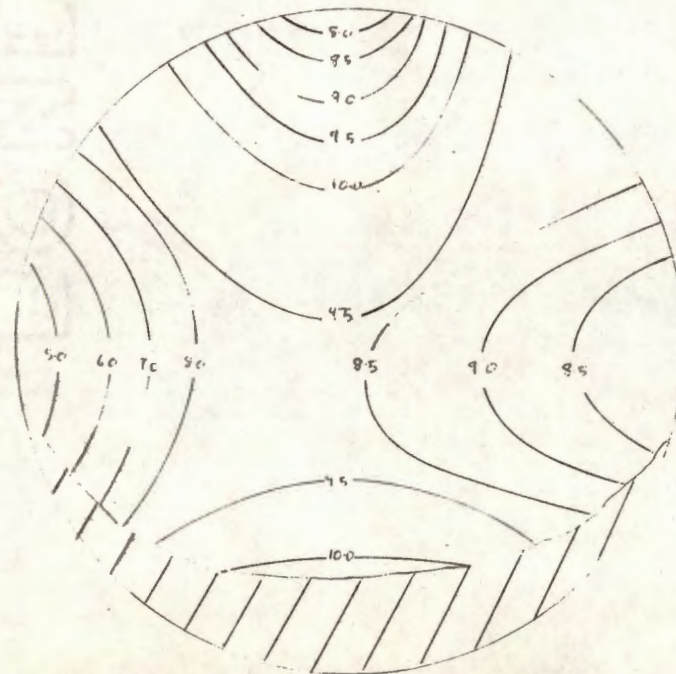
SNELHEIDSPROFIELE



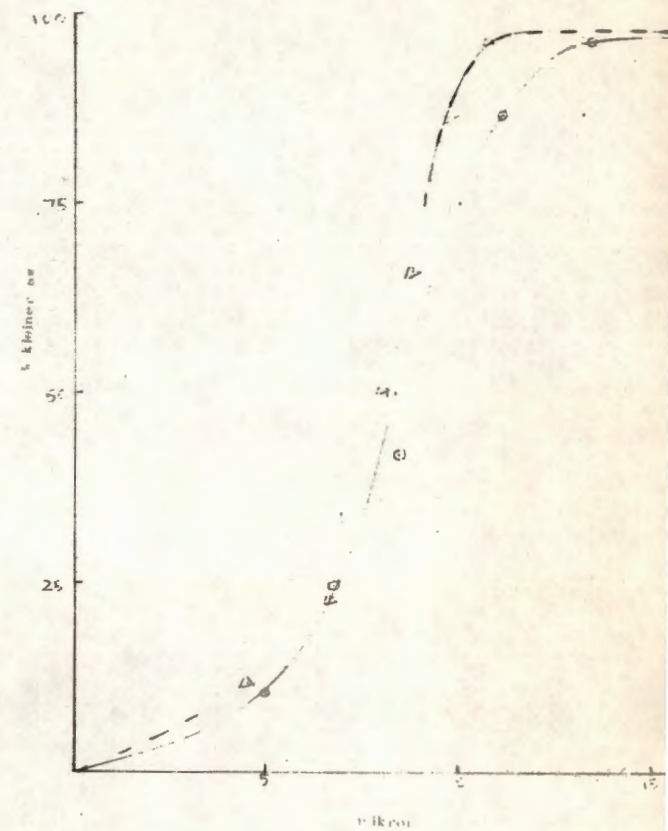
KONSENTRASIEPROFIELE



KONTOERPLAN

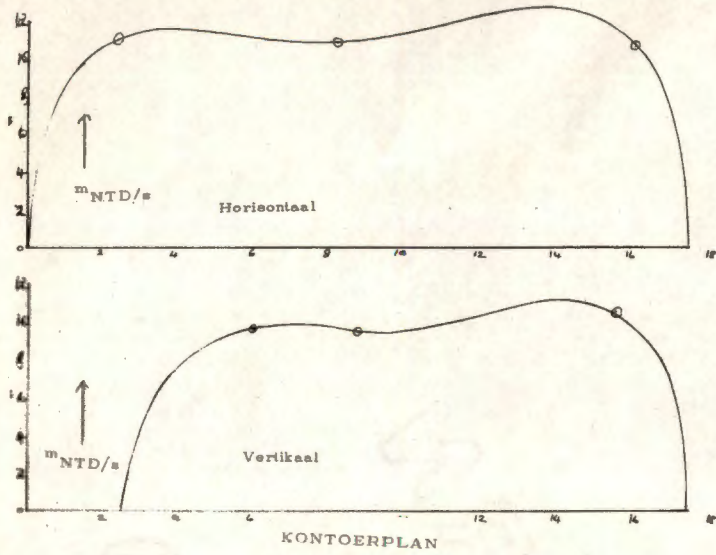


DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING

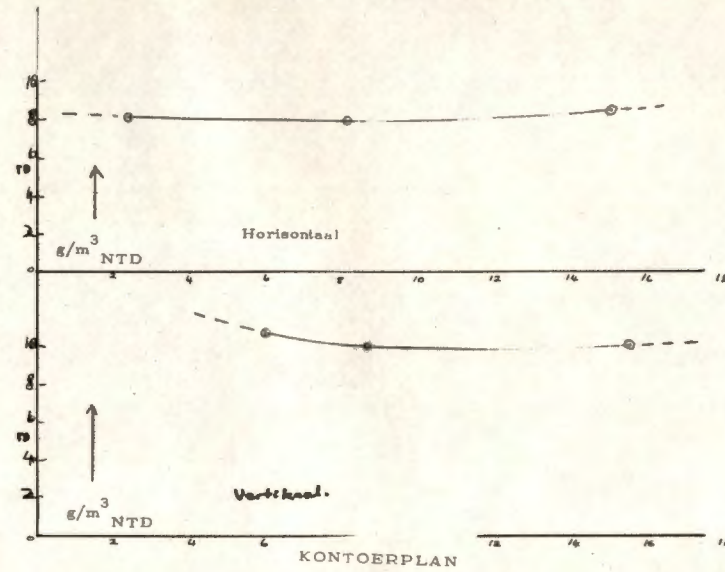


- Stofmonster
- △ Stof opvang in ekropper

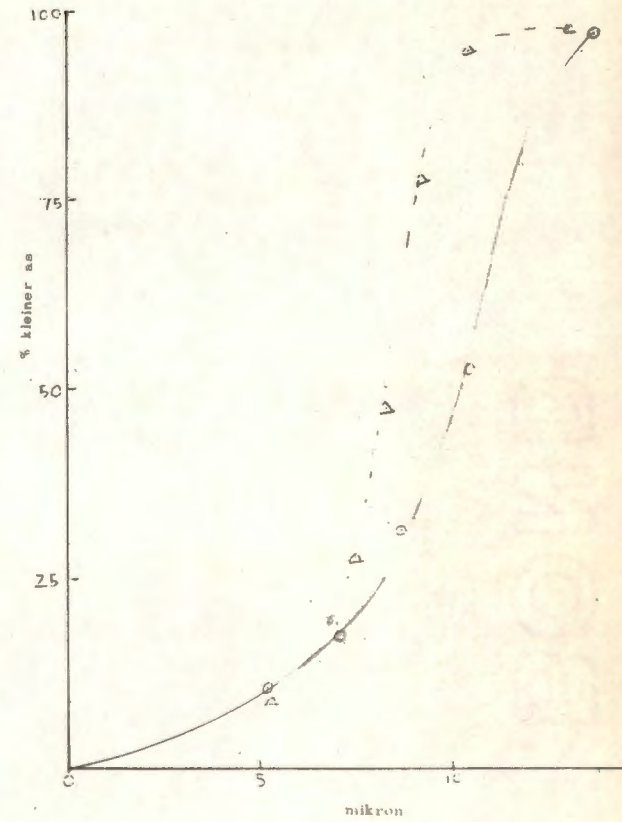
SNELHEIDSPROFIELE



KONSENTRASIEPROFIELE



DEELTJIEGROOTTEVERSPREIDING



- Stofmonster
- △ Stof opgevang in skropper

