

# VERKOLINGSPROEVEN MET ENKELE OOST-INDISCHE HOUTSOORTEN

DOOR

DR. IR. R. VERSCHUUR

WAGENINGEN



*Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool*

*Deel 35 — Verhandeling 3*

H. VEENMAN & ZONEN — WAGENINGEN — 1931

919 133

# VERKOLINGSPROEVEN MET ENKELE OOST-INDISCHE HOUTSOORTEN

door Dr. Ir. R. Verschuur, Wageningen

Technologisch laboratorium van de Landbouwhoogeschool

Geruimen tijd geleden werden mij door de Afdeeling Handelsmuseum van het Koloniaal Instituut te Amsterdam groote monsters van eenige Oost-Indische houtsoorten toegezonden, teneinde gegevens te verkrijgen omtrent de rendementen aan houtskool die deze houtsoorten bij verkoling zouden kunnen opleveren. Door Dr R. WIND <sup>1)</sup> waren vroeger in het laboratorium alhier reeds eenige Oost-Indische houtsoorten aan droge destillatie onderworpen. Het toestel door hem bij zijn proeven gebruikt had echter verschillende bezwaren. Zoo was de vullinger van klein, het kon slechts 135 tot 150 gram luchtdroog hout opnemen. Een regelmatige wijze van verhitting in een bad van gesmolten soldeer (60% tin en 40% lood, smeltpunt 180° C.), dat met behulp van gasbranders op temperatuur werd gebracht, was zeer bezwaarlijk. De koperen wand van de verwarmingsbuis werd door het alliage aangetast Na elke verkoling moest het vloeibare metaal uitgegoten worden, omdat de in den mantel gestolde alliage zeer lastig opnieuw vloeibaar was te maken. Een voordeel was ongetwijfeld gelegen in het feit, dat de groote hoeveelheid gesmolten alliage een uitstekende warmte-accumulator vertegenwoordigde. Teneinde nu de toegevoerde warmte op eenvoudige wijze te kunnen regelen en meten werd een toestel ontworpen, waarbij de verhitting geschiedde met behulp van den electrischen stroom. Het toestel kon tevens een grootere vulling opnemen, nl. 1 à 2 kg luchtdroog hout. Ten einde warmteverlies door uitstraling tegen te gaan werden de verwarmingselementen binnen in het toestel tusschen het hout aangebracht.

Uit fig. 1 is de constructie van het gebezigde toestel te lezen.

De ovenruimte *a* is met dikke lijnen aangegeven. Op de schuine kanten van het kegelvormige benedendeel van den oven, rust de geperforeerde schijf *k*, die gedurende de proef de korfjes draagt, die gevuld zijn met het te verkolen hout. Door middel van de stang *s*, bevestigd aan de geperforeerde plaat *k*, is het mogelijk, na afloop van de verkoling, de houtskool snel uit de retort te verwijderen. De beide korfjes zijn zoodanig gevormd, dat zij nagenoeg de geheele ruimte insluiten en alleen een paar cylindervormige openingen ? vrijlaten, om de van onderen gesloten rood-koperen buizen *c* op te nemen, die door het

---

<sup>1)</sup> R. WIND. Onderzoek naar de vooruitzichten van de houtverkolingsindustrie in Nederlandsch-Indië, Proefschrift Wageningen 1925.

deksel zijn gestoken en daaraan gasdicht gelascht zijn. Op den rand van den oven zorgt een met koper bekleede dichtingsring  $g$  voor afsluiting van het deksel  $f$ , dat met vleugelmoeren bevestigd wordt. De mantel  $p$ , door strippen  $i$  aangetrokken, omhult den oven. In de tusschenruimte  $h$  bevindt zich infusoriënaarde als isoleermateriaal. Het deksel heeft een opening  $o$ , die afgesloten kan worden door een dichte wartel  $d$ ; eventueel kan men door deze opening de gassen boven uit den oven laten ontwijken. De opening  $e$  in het deksel dient voor de opname van den thermometer die tot  $500^{\circ}$  C. aanwijst en met stikstof gevuld is. De oven eindigt beneden in een cilindervormige vernauwing waaromheen bevestigd is een flens  $l$ . De metalen flesch  $b$  dient voor de opname van het condensaat en kan met behulp van de flens  $l^1$  en de met koper bekleede dichtingsring  $m$  gasdicht tegen de dichtingsflens  $l$  geschroefd worden. De gassen bewegen zich door een gebogen koperen buis, die met behulp van een wartel bij  $n$  op de flesch  $b$  bevestigd wordt. Deze koperen buis eindigt in een koperen T-stuk, dat naar beneden door middel van een kurk bevestigd is op een glazen flesch en naar boven een koperen koeler draagt (zie fig. 2). De glazen flesch maakt het mogelijk het verloop van de destillatie te zien. De gassen worden nu gedwongen door dezen metalen koeler te strijken alvorens zij in den schoorsteen ontwijken. Het zich vormende condensaat wordt opgevangen in de glazen flesch.

Indien de gassen boven uit den oven zouden getrokken worden, zouden zij door een metalen koeler moeten geleid worden, zooals fig. 3 laat zien. Het bleek echter, dat het deksel  $f$  bij de verkoling zoo heet wordt dat het destillaat bijna geheel ontleedt en tegen het deksel en in de afvoerbuis vastkoekt, indien men de gassen door  $d$  laat ontwijken. De proeven, die hierna worden beschreven zijn dus allen verricht bij gesloten opening  $d$  en met afvoer der gassen door de flesch  $b$ .

Zooals reeds gezegd, was als warmtebron gekozen de elektrische stroom, omdat deze zich makkelijk laat meten en regelen. In de buizen  $c$  moesten nu verhittingselementen gebracht worden <sup>1)</sup>. De constructie dezer verhittingslichamen bleek nu grooter moeilijkheden op te leveren dan aanvankelijk was vermoed.

Het artikel van Prof. ATEN <sup>2)</sup> over zelf te construeeren laboratorium-oventjes deed het denkbeeld aan de hand, weerstandsdraad te wikkelen op een chamotte of porseleinen buis en dit element te steken in een wijdere vuurvaste buis, waarna de tusschenruimte kon worden volgoten met alundumcement, hetwelk kon worden gedroogd en gebak-

<sup>1)</sup> Dank zij den steun mij verleend van de zijde van het gemeentelijk Electriciteitsbedrijf te Amsterdam, was het mogelijk de proeven voor de vervaardiging van een goed verhittingselement tot een goed einde te brengen. Den Directeur Dr. Ir. LVLORS en diverse functionarissen dank ik daarvoor zeer.

<sup>2)</sup> Chem. Weekblad 22, 174. 1925.

ken, doordat stroom werd doorgevoerd. De door ons gebruikte weerstandsdraad was cecasdraad van 0,65 mm  $\varnothing$ . Bij een weerstand van 40 ohm per element was de benodigde draadlengte 12 meter, die, tot een spiraal gewonden, om de binnenbuis werd gelegd. Wanneer de stroomsterkte 4,25 Amp. bedroeg per element en twee elementen parallel werden geschakeld, dan werd bij een klemspanning van 170 V. in den oven, een temperatuur van ruim 500° C. bereikt. De netspanning van 220 V. werd met behulp van een regelbaren weerstand op  $\pm 170$  V. gereduceerd en de stroomsterkte constant op  $8\frac{1}{2}$  Amp. gehouden.

Op de porseleinen binnenbuis (A, fig. 4) wordt de spiraalvormige cecasdraad in spiraalvorm van boven naar beneden gewikkeld en daar door een gaatje binnendoor weer naar boven gevoerd. Om verschuiven van den draad op de buis tegen te gaan werd deze met behulp van alundumcement vastgebakken (eenvoudiger is het den draad in spiraalvorm te wikkelen op een buis gevormd als door C fig. 4 weergegeven). De gewikkelde binnenbuis wordt nu gestoken in de wijdere buis B en de tusschenruimte opgevuld met een brei van alundumcement, waarna het geheel gedroogd en gebakken wordt onder het doorvoeren van stroom. Zoo ontstonden de elementen A en B van fig. 5. A bestaande uit twee porseleinen buizen en B uit een porseleinen binnenbuis en een chamotte buitenbuis<sup>1)</sup>. Na slechts enkele malen gebruikt te zijn, brandden deze elementen door. Daarna hebben we getracht de binnenbuis te doen vervallen door de spiraal te wikkelen op een glazen buis, den draad met behulp van alundumcement te fixeeren, waarna de glazen buis eruit wordt getrokken. Om het element te isoleeren van den koperen buiswand C van den oven werd de buitenwikkeling afgesmeerd met alundumcement, dat dan weer gedroogd en gebakken werd (element c, fig. 5). De binnendoor naar boven komende draad werd door middel van overgeschoven pijpenstelen geïsoleerd. Ook dit element brandde spoedig door. De slechte resultaten met deze elementen verkregen, meenden wij te moeten toeschrijven aan de omstandigheid, dat de draad te veel was ingesloten en daardoor te heet werd. Daarom werd voor een nieuw element de draad gewikkeld om een gladde chamotte buis, met weinig alundumcement hierop vastgebakken, zoodat de spiraal grootendeels vrij uitstralen kon. Boven en beneden aan de buis werden chamotte ringen gebakken, die juist in de koperen buis C pasten. Hierdoor werd contact van den buiswand met den gloeidraad onmogelijk gemaakt. De wikkeling van den draad was bifilaire (zie E en D van fig. 5). Onderwijl was echter het element F tot stand gekomen, waarbij er naar gestreefd was, den draad zooveel mogelijk gelegenheid

<sup>1)</sup> De Ramie Union, porseleinfabriek te Lonneker, was zoo welwillend de verschillende vormen chamotte buis voor mij te vervaardigen, waarvoor ik hier gaarne mijn dank betuig.

tot afkoeling te geven. De draad wordt, zooals uit fig. 5 (*F*) blijkt, niet vooraf tot een spiraal gewonden, maar direkt van beneden naar boven gewikkeld op een lichaam, dat opgebouwd is uit porseleinen cilindertjes zooals ze wel in elektrische kacheltjes worden gebruikt en waarover we toevallig de beschikking hadden. (Een chamotte kern met dergelijke doorsnede, zoo noodig van rillen voorzien, ware beter geweest). Deze cilindertjes werden 4 aan 4 op en tegen elkaar gehouden door 4 ijzeren staven, boven en onder door vierkante ijzeren plaatjes juist passend in de koperen cilinders, met moertjes geklemd (fig 5), waarna het geheel in buis *C* van den oven werd aangebracht. De juist passende eindplaatjes houden den op de cilindertjes gewonden draad op voldoende afstand van den cylinderwand. Met deze elementen zijn alle nader te vermelden proeven genomen.



Daar het koper binnen in de buis *C* bladderde, moest deze buis na elke proef schoongemaakt worden, teneinde te voorkomen dat het onder in de buis zich ophoepende koperoxyde kortsluiting zou veroorzaken tusschen draad en buiswand.

Fig. 7 vertoont den gedemonteerden oven; duidelijk waarneembaar is de vorm van de met hout gevulde korfjes. Tegen elkaar geplaatst in de verkolingsruimte vormen de uitsparingen in de korfjes de noodige ruimte voor opname van de beide cylinders, die aan het deksel zijn vastgeklonken.

#### DE WERKING VAN DEN OVEN

Nadat de metalen flesch (*b*) met haar flens (*l*<sup>1</sup>) tegen flens (*l*) geschroefd is en de koperen koelbuis bij (*n*) op de flesch is bevestigd, wordt de geperforeerde plaat (*k*) in den oven gebracht. De korfjes, waarvan de tarra bekend is, worden nu met het te verkolen hout zoo volledig mogelijk gevuld en gewogen. Het hout is daartoe tot spijltjes gespleten, die 29 cm lang zijn en 1 cm max. dikte hebben. Van dit hout wordt een monster genomen voor de waterbepaling. De gevulde korfjes worden op plaat (*k*) in de oven gezet, waarna de deksel wordt opgeschroefd. Met behulp van een puntige ijzeren staaf, die door (*e*) wordt gestoken, wordt ruimte gemaakt in de houtmassa voor het plaatsen van den thermometer die door middel van pakking gasdicht in (*e*) bevestigd wordt. Deze thermometer werd steeds op dezelfde diepte in den oven gebracht en wel zóó, dat vanaf 80° C. kon worden afgelezen. De beide verhittingselementen, voorzien van een stekker, worden nu in de buizen (*c*) gebracht en parallel geschakeld op een spanning van 220 Volt. Door regeling van een zware voor-schakelweerstand (zie fig. 2 en 3) werd de stroomsterkte constant ge-

houden op 8,5 Ampère. Door middel van een wattmeter, vóór de elementen geschakeld, werd de energie gedurende de proef gebruikt, gemeten. De proef werd als beëindigd beschouwd zoodra de temperatuur van 450° bereikt was. Door het gebruik van deze elementen was de wijze van verhitting dermate constant geworden, dat de temperatuurkrommen, die verkregen werden bij blancoproeven (verhitting van den ledigen oven), en die bij regelmatige tusschenpoozen genomen werden, elkaar volkomen dekten. Om de kromme te construeeren die het temperatuursverloop in den oven weergeeft, kan men òf op bepaalde tijden de temperatuur aflezen òf wel de temperatuur aflezen en den corresponderenden tijd noteeren. Het laatste bleek de meest eenvoudige en nauwkeurige methode te zijn, indien men gebruik maakt van thermometerstaven waarop de graadverdeeling op den buitenkant is aangebracht. Wanneer een electrische lamp zoodanig wordt opgesteld, dat het beeld daarvan bij het aflezen van den thermometer spiegelend kan worden waargenomen in de meniscus van de kwikzuil, dan is elke graad stijging scherp waar te nemen, doordat het lampbeeld even verdwijnt bij het passeeren van den kwikdraad achter de graadverdeeling. Daarom geschiedde de bepaling zóó, dat de tijd genoteerd werd die verliep bij een temp. stijging van 5 of 10° C., welke stijging zelfs op 0,5 meter afstand van den thermometer, zonder loupe, scherp was waar te nemen. De gebezigde thermometers waren met stikstof gevuld.

#### *De houtmonsters*

De ons door de Afd. Handelsmuseum van het Koloniaal Instituut te Amsterdam toegezonden negen houtsoorten waren de volgende:

##### 1. Mindi (*Melia Azedarach*)

Dikte van den stam ongeveer 25 tot 28 cm. Het kernhout is roodachtig van kleur, terwijl de spintlaag 1-2 cm dik en veel lichter van kleur is. Het hout ziet er gezond uit, is sterk noestig en onregelmatig gegroeid.

##### 2. Djabon (*Anthocephalus indicus*)

Dikte van den stam ongeveer 25 cm. Het hout heeft een bleke kleur (geelachtig wit) met enkele grijze strepen. Het hart van het hout wordt gevormd door een pit (zacht) van  $\pm 1$  cm dikte.

##### 3. Djati blanda (*Guazuma ulmifolia*, var. *tomentosa*).

Dikte van den stam ongeveer 18 tot 20 cm. Het heeft een lichtbruine kleur. Het hart wordt gevormd door een pit (vrij hard) van  $\pm 1$  cm dikte, bruin van kleur. Geringe spintlaag  $\pm 0,5$  cm.

##### 4. Kepoeh (*Sterculia foetida*)

Dikte van den stam ongeveer 15 cm. Het hout heeft een geelachtige kleur met enkele donkere strepen. De stam heeft een pit van  $\pm 12$  mm

dikte, bruin van kleur, nagenoeg geen spint. De doorsnede van den stam is mooi rond.

5. Kemiri (*Aleuritus moluccana*).

Dikte van den stam ongeveer 40 cm. Het hout heeft een geelachtige tint, terwijl geheele vezelcomplexen een grauwe tint bezitten. In het hart een pit van  $\pm 1$  cm dikte, zacht en wit van kleur. Hout aangetast.

6. Anggroeng (*Trema orientalis*).

Dikte van den stam ongeveer 20 tot 22 cm. Het hout heeft een roodachtige gelijkmatige kleur; in het hart een zachte pit van ongeveer 7 mm dikte. Hout gezond.

7. Poeleh (*Alstonia scholaris*)

Dikte van den stam ongeveer 40 cm. Het hout heeft een bruinachtige tint en is sterk aangetast. Zeer warrig gegroeid, vele radiaal verloopende  $\pm 1$  cm hoge gangen.

8. Albizzia spec.

Dikte van den stam ongeveer 45 tot 50 cm. Het kernhout is bruin, het spinthout roodachtig gekleurd en is ongeveer 5 tot 10 cm dik. De doorsnede van den stam is onregelmatig, het kernhout is zeer vezelig.

9. Randoe alas (*Bombax malabaricum*)

Dikte van den stam ongeveer 50 tot 55 cm. Een spintlaag van 1 cm is aanwezig. Het hout is zeer onregelmatig van kleur en van hardheid. Een groot deel van het hout is geelachtig van kleur, met zeer zachte partijen. Daarnaast onregelmatig bruine partijen, die over het algemeen zeer hard zijn, slechts in het hart zachter; bij het onderstuk van den stam zijn de bruine deelen zeer onregelmatig over de doorsnede verdeeld.

*Waterbepaling*

Voor de waterbepaling werd het hout gedroogd in een met gas verhitte stoof bij 102 tot 105° C. tot constant gewicht. Nadat het hout gebracht was in den vorm van blokjes groot  $\pm 6 \times 3 \times 3$  cm, werd vóór en na droging ervan het S. Gew. bepaald door meting en door onderdompeling in water. Vóór de laatste bewerking werden de blokjes bestreken met gesmolten paraffine. Het opgeven van het S. Gew. in de 4e decimaal heeft geen zin, omdat de gevonden waarde bij eenzelfde gezonde houtsoort dikwijls reeds in de 2e decimaal verschilt. Uit tabel I blijkt dat men voldoende nauwkeurig het S. Gew. bepalen kan met behulp van de eenvoudiger methode van meten. Deze tabel geeft tevens de uitkomsten, verkregen bij de verkoling van bovengenoemde houtsoorten in het vorenbeschreven verkolingsapparaat.

De verkolingsproeven zijn alle minstens in duplo genomen, waarvan slechts één extra is vermeld, daar de andere waarden even geringe af-

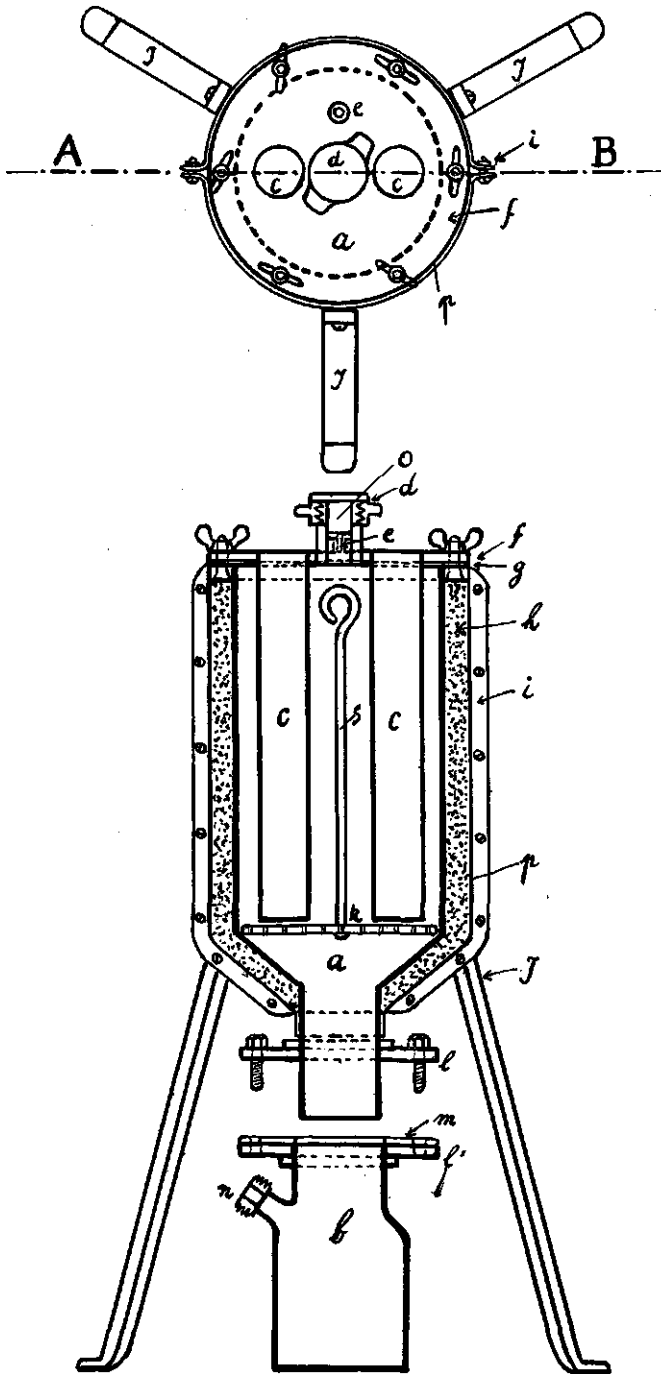


Fig. 1



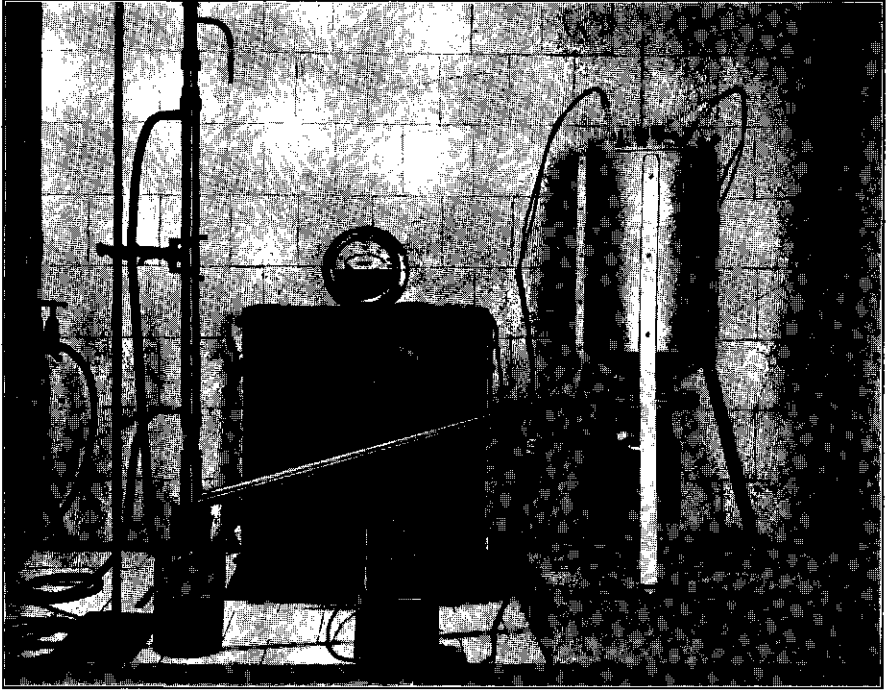


Fig. 2

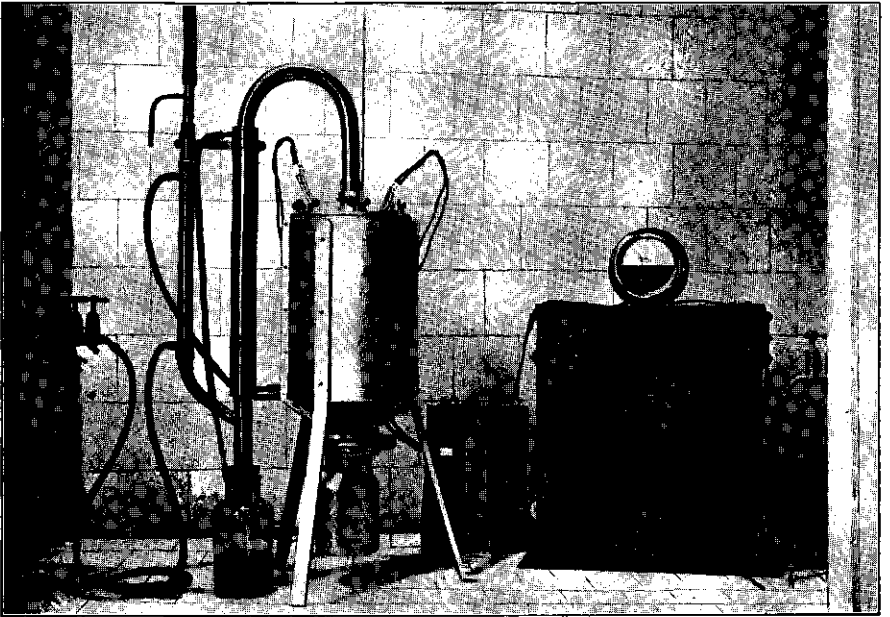


Fig. 3

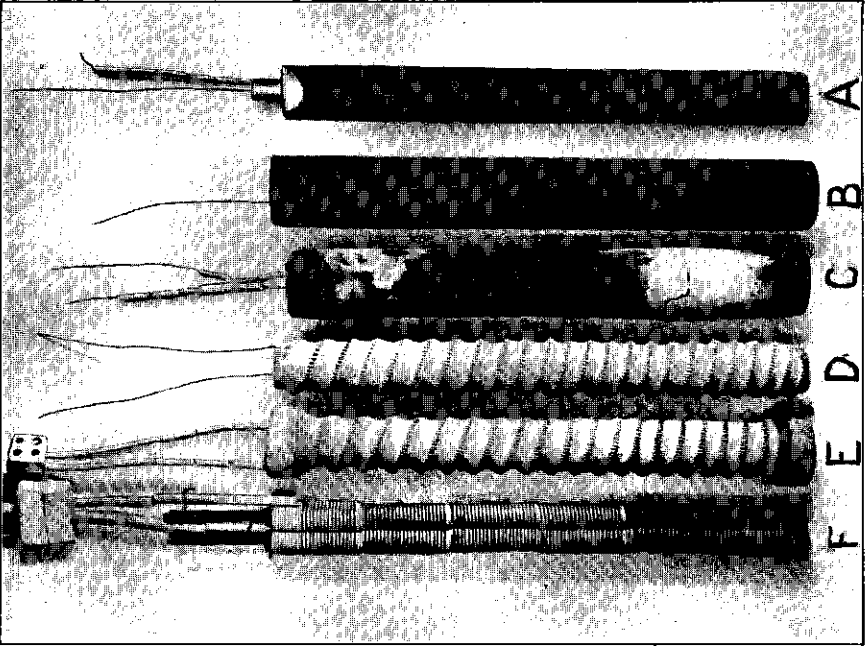


Fig. 5

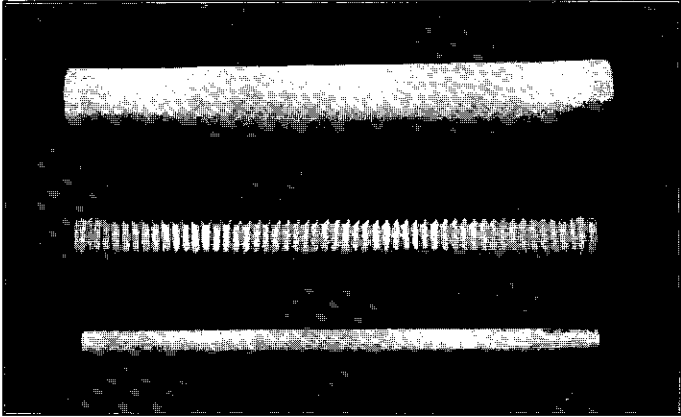


Fig. 4

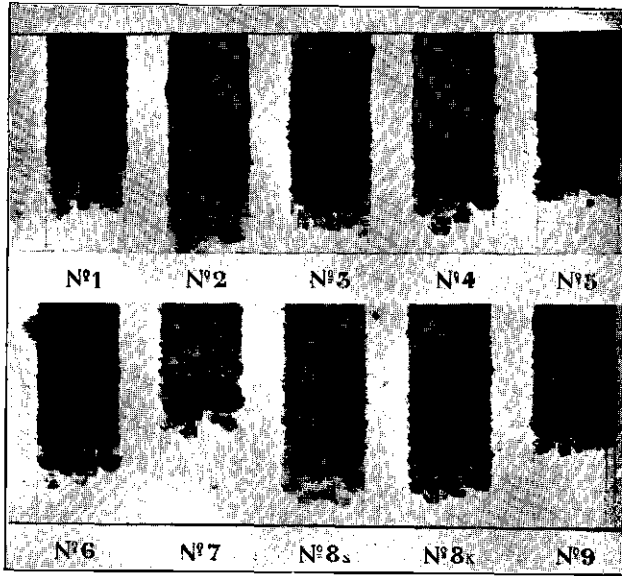


Fig. 6

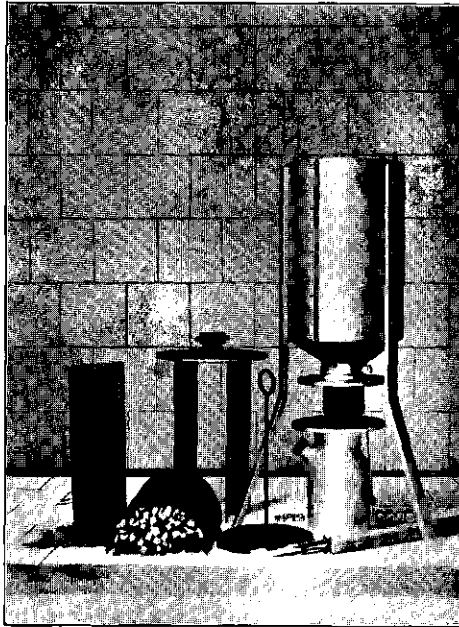


Fig. 7

wijkingen vertoonden. De waarden met behulp van dit apparaat verkregen, zijn dan ook zeer constant te noemen. Zij zijn dat echter alleen onder voorwaarde, dat gedurende de verkoling de stroomsterkte met pijnlijke nauwkeurigheid wordt constant gehouden. Een tweede eisch voor die constantie is de voorwaarde, dat het watergehalte van de houtmonsters die men vergelijken wil, steeds hetzelfde is.

Men moet er op bedacht zijn het gemiddelde monster voor de waterbepaling te nemen onmiddellijk vóór het tijdstip, waarop men het hout in den oven brengt.

Zooals men in tabel I ziet, zijn de waarden alle opgegeven voor absoluut droog hout, omdat dit de eenige juiste vergelijkingsbasis oplevert. Het opgeven der waarden berekend op luchtdroog hout kan geen maatstaf zijn, omdat het watergehalte van zgn. luchtdroog hout, ook voor eenzelfde houtsoort, vrij groote afwijkingen kan vertoonen.

#### *Gassen*

De meting en analyse van de ontwikkelde gassen is niet geschied, wijl geen voldoende groote gashouder ter beschikking stond. De gegeven getallen werden gevonden door de gewichten voor teer en destillaat van het oorspronkelijke houtgewicht af te trekken.

#### *Teer en destillaat*

Door gebrek aan hulp moest ook een meer volledige analyse van teer en destillaat achterwege blijven.

#### *Uitstrijken van teer*

Het onderzoek van de teer bepaalde zich er toe een onderlinge vergelijking te maken van het vermogen zich meer of minder gemakkelijk te laten uitstrijken. Daartoe werd nagegaan welk oppervlak van eenzelfde houtsoort zich met een bepaald (constant) volume teer liet bestrijken. Fig. 6 geeft een beeld van het resultaat.

#### *Aschgehalte van het hout*

Dikwijls vindt men waarden voor het aschgehalte van hout zonder dat wordt aangegeven op welke wijze de asch werd verkregen. Men kan echter bij sommige houtsoorten verschillende waarden vinden voor het aschgehalte al naar gelang men hout direct verascht of eerst uit het hout houtskool bereidt door verkoling en daarna de kool verascht. Volgens de laatste methode vindt men een hoogere waarde, wanneer de verassing geschiedt in een zgn. moffeloven in open, rechthoekig gevormde, platte porseleinen schaaltes. De in beide gevallen verkregen asch is niet koolvrij, en moet verder worden bewerkt. Men kan haar opnemen in water en filtreeren; het residu op het filter verassen en wegen en hierbij het gewicht van het droog gedampte filtraat, dat in

droogstoof gedroogd is (eventueel gegloeid), optellen. Ook kan men de verkregen asch met kool in een platina kroes brengen, bevochtigen met enkele druppels geconc.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  oplossing, voorzichtig afrooken en gloeien. De bewerking met a.m. nitraat wordt enkele malen herhaald, tot constant gewicht verkregen is. Beter is echter de asch in een platina kroes te bevochtigen met enkele druppels sterk zwavelzuur af te rooken en te gloeien en deze bewerking te herhalen tot gewichtsconstantie. We krijgen op deze wijze het percentage aan sulfaatasch, dat belangrijk hooger is dan hetgeen men bij de eerste methoden zal vinden, waar men voornamelijk carbonaten, resp. nitraten en oxyden weegt. Drenkt men het hout vooraf met geconc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan is het onverschillig op welke wijze men verascht. Met het oog op betere vergelijkbaarheid van analyseresultaten van hout zou het wenschelijk zijn, de aschbepaling daarin uitsluitend uit te voeren met  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en de waarden voor asch als sulfaatasch op te geven.

#### *De houtskool*

De in tabel 1 opgegeven getallen voor de rendementen aan houtskool werden verkregen door de korfjes met kool direct te wegen nadat zij uit den afgekoelden oven genomen waren. Daarna werd de inhoud der korfjes gestort op glanspapier en gebroken. Hiervan werd een gemiddeld monster van ongeveer 25 gram getrokken, fijngemalen en in glazen stopflesschen voor verdere analyse bewaard. De rest van de kool werd in papieren zakken gedaan en in blikken trommels bewaard. De eigenschappen van de verschillende koolsoorten zijn weergegeven in tabel 2. De meeste der in de tabel opgegeven kenmerken hebben slechts bijkomstige waarde en zijn moeilijk in absolute maat vast te leggen; zoo zal de eigenschap van metaalklank soms duidelijk toe te kennen zijn aan één stuk kool, terwijl een ander stuk kool van hetzelfde hout en bij dezelfde verkolingsproef verkregen weinig of geen metaalklank bezit. De vastheid werd niet onderzocht met een toestel doch door middel van den duimdruk op de tafel. Wetenschappelijke waarde hebben dergelijke waarnemingen niet, maar die zouden trouwens voor dit onderzoek boven het doel uitgaan; voor oriëntering zijn zij voldoende. De vastheid is een belangrijke factor voor de beoordeeling van de waarde van de houtskool, omdat geringe vastheid aanleiding geeft tot breuk en vergruizing bij transport, waardoor belangrijke verliezen kunnen ontstaan. Wordt de houtskool gebruikt voor huisbrand, zooals in onze koloniën veelvuldig het geval is, dan zijn voor de waarde-beoordeeling van de kool de factoren genoemd onder de punten 6, 7 en 8 van overwegend belang. Geen der houtsoorten was ongunstig met het oog op het vonken bij het aanwakkeren. Rookten deed geen enkel monster, terwijl de monsters 4, 5 en 9 in zeer geringe mate reuk afgaven, zoodat van stinken bij geen van alle sprake was. Het vermogen om zonder aan-

wakkeren door te gloeien is een van de belangrijkste voorwaarden voor een goede houtskool voor huishoudelijk gebruik. De constructie van een apparaat, waardoor men dat vermogen in getallen zou kunnen uitdrukken, werd niet verder uitgewerkt toen het bleek dat men zich op betrekkelijk eenvoudige wijze hierover een oordeel kan vormen, terwijl de vervaardiging van een apparaat voor dit doel eigenaardige moeilijkheden met zich brengt. De vergelijking werd daarom als volgt uitgevoerd: staafjes van  $\pm 10$  cm met een  $\varnothing$  van  $\pm 1$  cm (bij vroegere verkolingen verkregen) werden met een der uiteinden over een lengte van circa 3 cm tot gloeien gebracht door ze in een gasvlam te houden, waarna ze overkruis op een ander staafje kool gelegd werden. Het bleek nu dat de nummers 1, 2, 3, 6 en 8 niet doorgloeiden, d.w.z. in de vezelrichting ging de aschvorming niet verder, doch wel in de dwarsrichting, zoodat de afgegloeide kool een nagenoeg vlak einde vertoonde. No. 7 gloeide nòch in de lengterichting (vezelrichting) nòch loodrecht er op door, zoodat de scherpe kanten van de kool, die bij het aansteken het sterkst beginnen te gloeien wel verasschen, doch de tusschengelegen vlakken slechts gedeeltelijk, zoodat na dooving de houtskool een meer of minder lange punt vertoont. Monster 4 gloeide door zonder aanwakkeren en veraschte geheel; monster 5 deed dit iets sneller dan 4, terwijl dit proces bij 9 zeer snel verliep.

Zooals reeds gezegd, werd de gewonnen houtskool gedeeltelijk gemalen en voor onderzoek in glazen stopflesschen bewaard. Daar volgens WOOLICH <sup>1)</sup> berkenhoutskool belangrijke hoeveelheden water op kan nemen wanneer het is blootgesteld aan de lucht (na 6 dagen 4,3%, na 56 dagen 8,16% water), was het van belang na te gaan hoe de houtskool onzer monsters zich gedroeg bij het liggen aan de lucht. Dermate sterk vermogen om water op te nemen, kan bij de analyses der monsters eigenaardige bezwaren opleveren in verband met de homogeniteit der monsters en de noodzakelijkheid om bij elke nieuwe analyse het watergehalte te bepalen.

Om het vermogen tot het opnemen van vocht bij het liggen te onderzoeken, werd van de fijngemalen houtskool telkens 1 gram afgewogen op horlogeglazen. De horlogeglazen met koolpoeder werden nu bij 102° C. -105° C. gedroogd in een stoof met gas verhit. Na het verwijderen uit de stoof werden de horlogeglazen gebracht in ruime exicatoren gevuld met versch zwavelzuur en na een kwartier gewogen. Kolom 4 van tabel III geeft de cijfers voor het gevonden watergehalte. Hierna werden de horlogeglazen in een bak gezet op welks bodem zich een schaalteje water bevond. De verdere kolommen geven de veranderingen van het vochtgehalte bij het langer verblijf in de bak aan. Hieruit zien

<sup>1)</sup> Zie CHARLES MARILLER, La carbonation des bois, lignites et tourbes. Dunod Paris, 1924.

we dat er geen enkele kool bij is die zich gedraagt als de bovengenoemde berkenkool en dat bij deze houtskoolmonsters praktisch gesproken na het malen de normale constante hoeveelheid vocht is opgenomen, voor luchtdroge houtskool. De geringe schommelingen, zijn toe te schrijven aan verschillen in temperatuur en vochtigheidstoestand van de lucht bij het wegen.

### DE GRAFISCHE VOORSTELLINGEN

De bedoeling van deze kromme lijnen was om na te gaan hoe het verloop was van warmteproductie en -verbruik gedurende de verkoling. De gestippelde geeft steeds aan de kromme verkregen bij een zoogenaamde blancoproef, dit is verhitting van den oven alleen, zonder hout. Wanneer men het vochtgehalte van de verschillende houtmonsters op een zelfde bedrag zou kunnen brengen, dan zou men in het temperatuursverloop bij de verkoling in den oven voor verscheidene houtsoorten een karakteristiek bezitten, waaruit men mogelijk de houtsoort zou kunnen bepalen. Het is duidelijk dat in het begin der verkolingsproef door de groote soortelijke warmte van den met hout gevulden, tegenover den ledigen oven, de temperatuurkromme een minder stijl en zelfs hol verloop heeft dan de blanco kromme. Door de warmte, ontwikkeld tengevolge van het exotermisch proces, dat bij de verkoling optreedt, wordt het verloop spoedig stijl en snijdt meestal de blanco kromme, waarna dikwijls een maximum optreedt (bij de houtsoorten 9 en 8 spint treden geen maxima op) en meer of minder snel overgaat in een gelijkmatig stijgende lijn tot de temperatuur van 450° C. bereikt is. De vorm van de kromme lijn in het stuk waar het maximum gelegen is, is waarschijnlijk typisch voor de houtsoort. Het watergehalte is vanzelfsprekend van grooten invloed op den vorm der kromme. Is het hoog, dan wordt de blancolijn zeker niet gesneden. Algemeene gevolgtrekkingen uit deze grafieken en de gegevens uit de tabel, zooals korrelaties tusschen wattverbruik, vorm van de verkolingskromme, hoeveelheid water in destillaat enz., kunnen niet wel worden gemaakt omdat er verschillende niet regelbare factoren mede een rol spelen, zooals b.v. soortelijk gewicht van het hout (dus houtmassa van de vulling), soortelijke warmte, enz.

Bij het beschouwen van de grafieken valt het op, dat de tijdsduur voor het bereiken van de eindtemperatuur van 450° C. bij de verschillende houtsoorten zoozeer uiteenloopt en varieert van 80 min. bij Albizzia kern (grafiek 8b) tot 117,5 min. bij Kemiri (grafiek 5), ofschoon de gewichten aan verkolingshout niet veel verschilden en resp. 1296 en 1218 gr. bedroegen.

Bij vergelijking der verschillende destillatiekrommen, merkt men op, dat dit groote verschil hoofdzakelijk gezocht moet worden in het

laatste gedeelte van de krommen. Immers blijkt voor deze houtsoorten de verkoling na 50-65 min. afgeloopen; de temperatuurkrommen gaan over in gelijkmatig stijgende lijnen, die allen dezelfde stijging vertoonen. Alleen de houtsoort Kepoeh (grafiek 4) maakt hierop een uitzondering, die bij een laag liggend maximum in de verkolingskromme (378° C., bereikt in den korten tijd van 37½ min.) een sterker stijgende rechte vertoont.

Voor alle houtsoorten werd bij onze proeven dezelfde eindtemperatuur van 450° C. genomen. Uit de grafieken is duidelijk af te lezen met welke temperaturen men in de praktijk zou kunnen volstaan.

Interessant kan het zijn, na te gaan of en zoo ja, welk verband er gelegd kan worden tusschen de verbrandingswaarde van een houtsoort en de warmteontwikkeling, die een gevolg is van het bij de verkoling optredende exothermische proces. Later hoop ik hierop nog terug te komen.

Ik mag niet besluiten zonder mijn dank uit te spreken voor de belangrijke hulp, die mij door de Amanuenses ZANDERS en VOET werd verleend.

### ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden einige Holzarten aus Niederländisch Ost-Indien stammend in einem neu entworfenen electrisch geheizten Ofen verkohlt und auf Ertrag an Kohle und Destillat untersucht. Die erhaltene Kohle wurde näher auf ihre Eigenschaften geprüft, wobei besonders die Brauchbarkeit zu Hausbrand in Betracht gezogen wurde. Der Verkohlungsapparat war im Stande 1-2 kg Holz aufzunehmen. Die Wärmezufuhr geschah von Innen aus mittels speziell konstruiereten, durch den electrischen Strom geheizten Elementen. Demzufolge war die Wärmezufuhr bequem zu regeln und zu messen und die Endtemperatur beliebig einstellbar.

Teer und condensierbare Gase wurden gewonnen.

Die Stromstärke war konstant. Der Versuch wurde abgebrochen, sobald die Ofentemperatur auf 450° C. gestiegen war.



TABEL I

| No.<br>Houtsoort | Gemeten<br>electr.<br>energie<br>in Watts<br>gedur-<br>rende de<br>proef | Gewicht<br>hout<br>gr. | Vocht-<br>gehalte<br>% | Oewicht<br>droog<br>hout<br>gr. | % van het droge hout (berekend) |       |         |                 |                           | S. Gew. hout             |             | %<br>Asch<br>(sulfaat) |           |
|------------------|--|------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------|---------|-----------------|---------------------------|--------------------------|-------------|------------------------|-----------|
|                  |  |                        |                        |                                 | kool                            | teer  | destel. | teer +<br>dest. | kool +<br>teer +<br>dest. | vluch-<br>tige<br>gassen | lucht droog |                        | gedroogd  |
| 1                | 2,65   | 1212                   | 14,1                   | 1041                            | 28,6                            | 14,0  | 45,8    | 59,8            | 88,4                      | 11,6                     | 0,44-0,48   | 0,40-0,44              | 0,91-1,12 |
| 2                | 2,05   | 881                    | 13,5                   | 762                             | 29,6                            | 19,0  | 38,9    | 57,9            | 87,5                      | 12,5                     | 0,33-0,36   | 0,30-0,32              | 0,81-1,03 |
| 3                | 2,10   | 928                    | 13,0                   | 807                             | 29,15                           | 18,6  | 38,6    | 57,2            | 86,3                      | 13,7                     | 0,39-0,40   | 0,36-0,37              | 0,71-0,84 |
| 4                | 2,35   | 931                    | 13,5                   | 805                             | 33,7                            | 15,05 | 35,9    | 51,0            | 84,7                      | 15,3                     | 0,32-0,35   | 0,29-0,32              | 5,4-8,1   |
| 5                | 2,9  | 778                    | 12,85                  | 679                             | 30,9                            | 18,1  | 32,1    | 50,2            | 81,1                      | 18,9                     | 0,30        | 0,28                   | 5,5-9,2   |
| 6                | 2,30   | 807                    | 13,25                  | 700                             | 28,8                            | 18,8  | 40,0    | 58,8            | 87,6                      | 12,4                     | 0,29-0,32   | 0,26-0,29              | 0,98-1,20 |
| 7                | 2,75   | 1055                   | 15,5                   | 891                             | 31,1                            | 17,2  | 43,5    | 60,7            | 91,8                      | 8,2                      | 0,40        | 0,36                   | 1,27-1,38 |
| 8 spint          | 2,54   | 1242                   | 15,8                   | 1046                            | 27,5                            | 15,2  | 48,2    | 63,4            | 90,9                      | 9,1                      | 0,44-0,48   | 0,39-0,43              | 0,60-0,92 |
| 8 kern           | 2,05   | 1296                   | 16,8                   | 1078                            | 30,8                            | 14,75 | 44,8    | 59,55           | 90,35                     | 9,65                     | 0,49-0,55   | 0,45-0,50              | 0,60-0,90 |
| 9                | 3,0  | 1218                   | 14,9                   | 1036                            | 32,6                            | 12,5  | 40,4    | 52,9            | 85,5                      | 14,5                     | 0,42-0,48   | 0,39-0,44              | 5,2-7,6   |

TABEL II

EIGENSCHAPPEN HOUTSKOOL

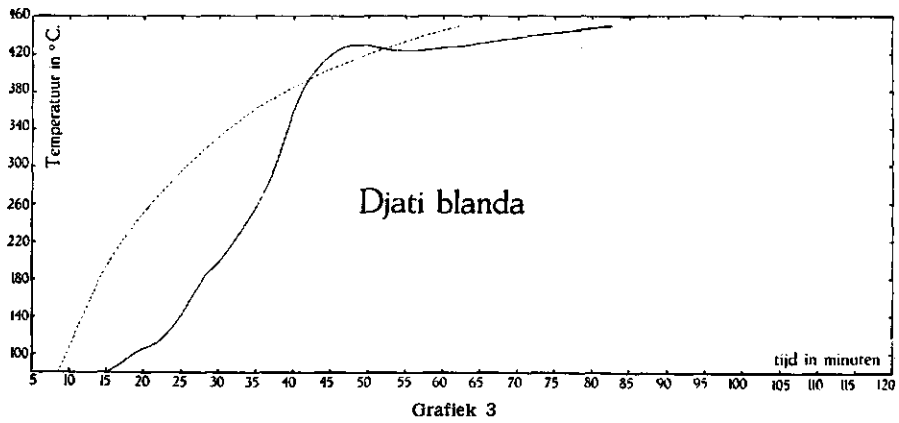
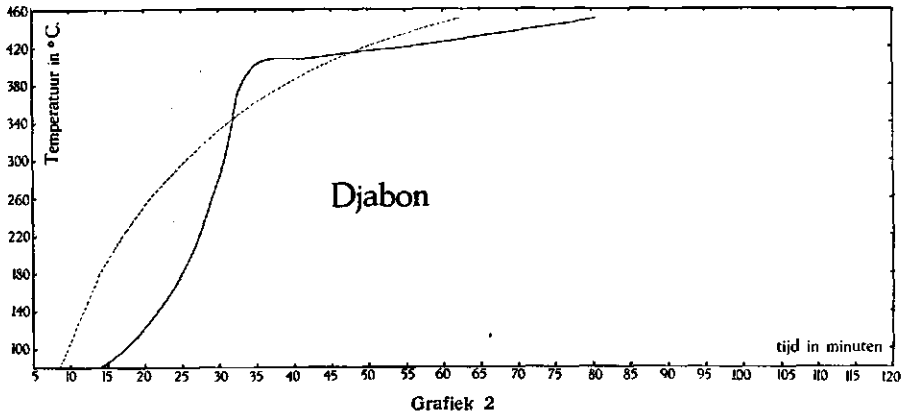
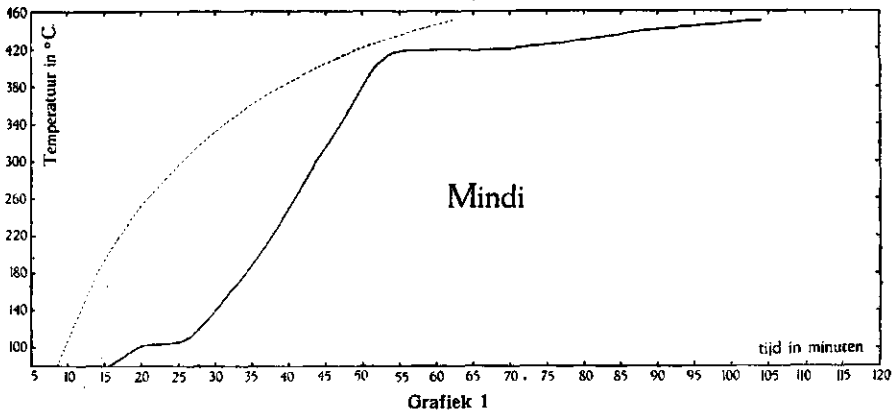
No. der houtsoorten

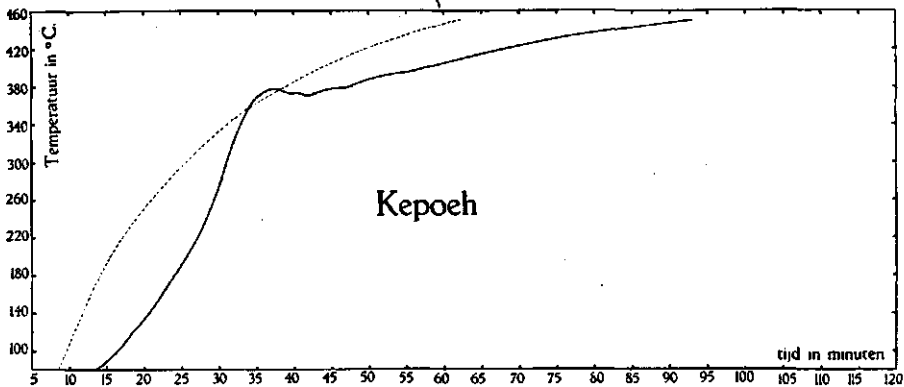
| Omschrijving der eigenschappen                         | 1             | 2           | 3             | 4           | 5               | 6          | 7         | 8 spint   | 8 kern   | 9             |
|--|---------------|-------------|---------------|-------------|-----------------|------------|-----------|-----------|----------|---------------|
| 1. Glans: uiterlijk                                    | glanzend      | glanzend    | glanzend      | dof         | dof             | glanzend   | glanzend  | glanzend  | glanzend | dof           |
| 2. Metaalklank al dan niet aanwezig . . . .            | metaalkl.     | weinig      | weinig        | metaalkl.   | neen            | weinig     | metaalkl. | metaalkl. | weinig   | neen          |
| 3. Afgeven . . . . .                                   | neen          | weinig      | weinig        | neen        | ja              | ja         | neen      | neen      | neen     | ja            |
| 4. Aankleven van kleine deeltjes aan de tong . . . . . | ja            | ja          | ja            | ja          | ja              | ja         | weinig    | ja        | ja       | ja            |
| 5. Vastheid . . . . .                                  | zacht         | vrij vast   | zeer zacht    | vast        | zacht           | zeer zacht | vast      | vast      | vast     | zacht         |
| 6. Vonken bij het aanwakkeren . . . . .                | neen          | neen        | neen          | neen        | nagenoeg niet   | neen       | neen      | neen      | neen     | neen          |
| 7. Rookten of stinken                                  | neen          | neen        | neen          | zwakke reuk | zwakke reuk     | neen       | neen      | neen      | neen     | zeer zw. reuk |
| 8. Door gloeien zonder aanwakkeren . . . . .           | neen          | neen        | neen          | ja          | ja, beter dan 4 | neen       | neen      | neen      | neen     | zeer anel     |
| 9. Kleur van de asch . . . . .                         | wit           | grauw zwart | grauw zwart   | grauw       | wit             | grauw      | wit       | grauw     | grauw    | grauw-wit     |
| 10. Schrijven . . . . .                                | zw. zeer goed | zeer goed   | zw. zeer goed | minder goed | zeer goed       | goed       | zeer goed | zeer goed | goed     | zeer goed     |

TABEL III

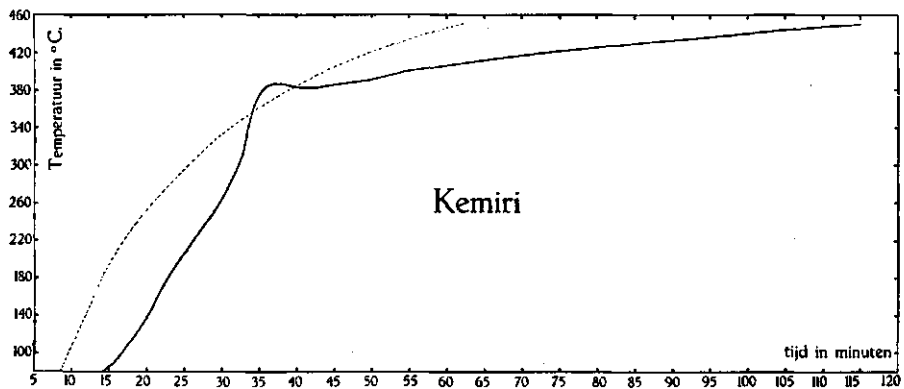
VERANDERING VAN 'T GEWICHT VAN HOUTSKOOLPOEDER OP  
HORLOGEGLAZEN IN STOOF EN IN VOCHTIGE OMGEVING

| No.<br>houtsoort | Afgewogen<br>kool in<br>grammen | Gewicht na drogen in<br>stoof |                 | Gew. na 3×24 uren<br>staan in kistje naast<br>schaal met H <sub>2</sub> O |                 | Gew. na 6×24 uren<br>staan in kistje naast<br>schaal met H <sub>2</sub> O |                 |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|
|                  |                                 | grammen                       | verlies in<br>% | grammen   | toename<br>in % | grammen   | toename<br>in % |
| 1                | 0,998 <sup>s</sup>              | 0,977 <sup>s</sup>            | 2,1             | 1,008   | 3,05            | 1,008   | 3,05            |
| 2                | 0,998 <sup>s</sup>              | 0,973                         | 2,35            | 0,995   | 2,2             | 1,001 <sup>s</sup>  | 2,85            |
| 3                | 1,001                           | 0,962                         | 3,9             | 0,997 <sup>s</sup>  | 3,55            | 1,001   | 3,9             |
| 4                | 1,003 <sup>s</sup>              | 0,970                         | 3,35            | 1,003 <sup>s</sup>  | 3,35            | 1,005   | 3,5             |
| 5                | 1,000                           | 0,949 <sup>s</sup>            | 5,05            | 0,998   | 4,85            | 1,003 <sup>s</sup>  | 5,4             |
| 6                | 1,002 <sup>s</sup>              | 0,973                         | 2,95            | 1,013 <sup>s</sup>  | 4,05            | 1,020   | 4,7             |
| 7                | 1,003                           | 0,987                         | 1,6             | 1,024 <sup>s</sup>  | 3,75            | 1,030 <sup>s</sup>  | 4,35            |
| 8 spint          | 1,002                           | 0,985                         | 1,7             | 1,012 <sup>s</sup>  | 2,75            | 1,018   | 3,3             |
| 8 kern           | 1,005                           | 0,983                         | 2,2             | 1,016   | 3,3             | 1,027   | 4,4             |
| 9                | 1,001                           | 0,985                         | 1,6             | 1,023   | 3,8             | 1,039   | 5,4             |

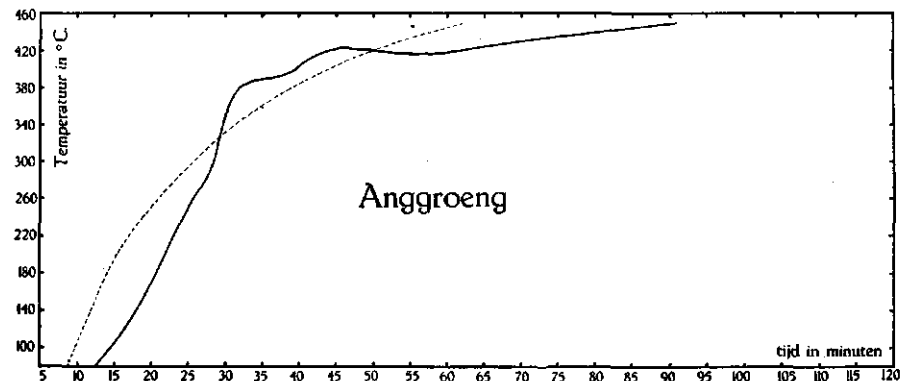




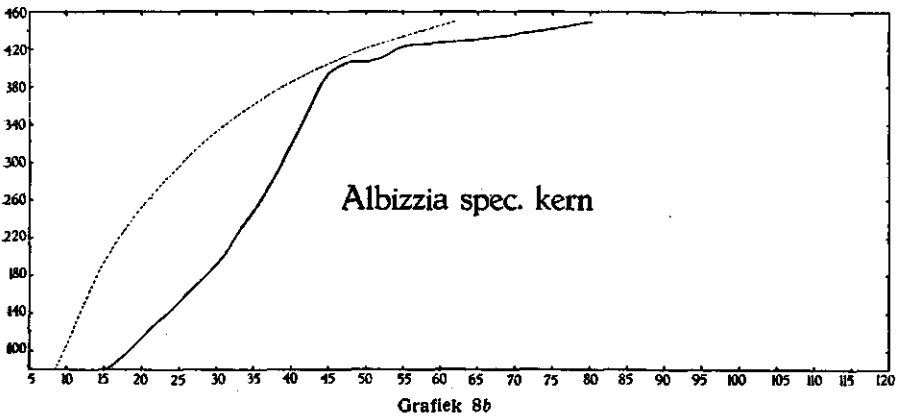
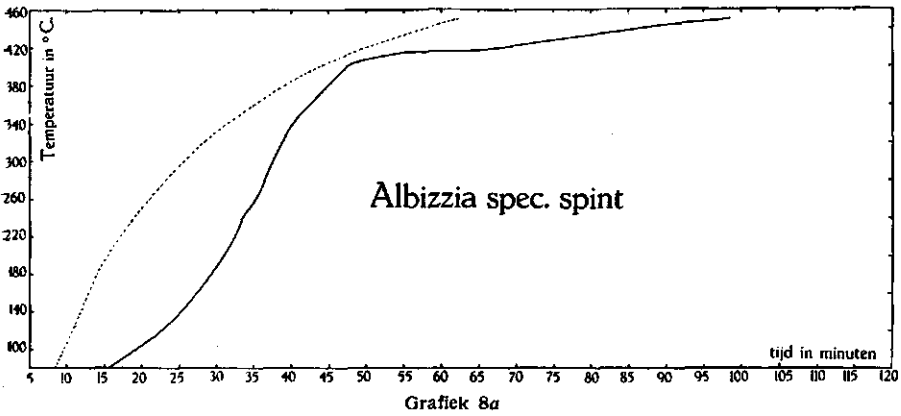
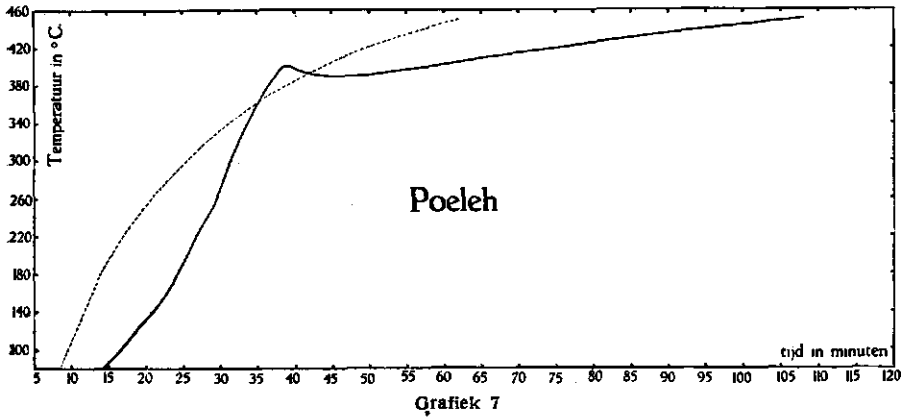
Grafiek 4

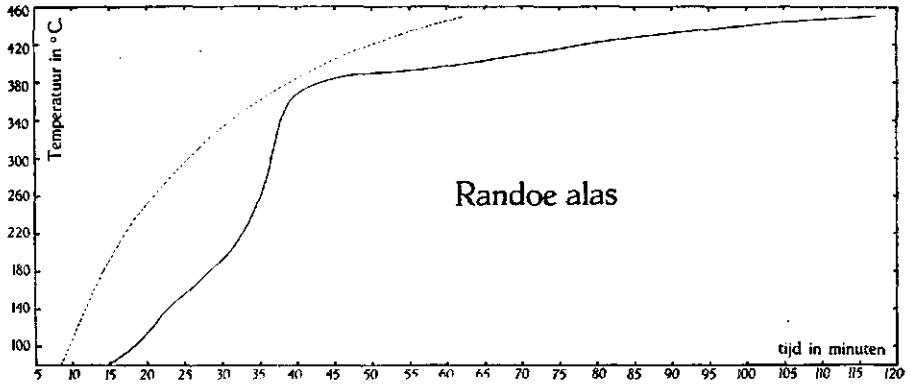


Grafiek 5



Grafiek 6





Grafiek 9