

KOLENSTOKEN IN OVENS VOOR DE GROFKERAMISCHE INDUSTRIE

DEEL 1



Stichting Technisch Centrum Waalsteen, Nijmegen

Vakgroep W.B.M., Afd. Werktuigbouwkunde

TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN

KOLENSTOKEN IN OVENS VOOR DE GROFKERAMISCHE INDUSTRIE,
een verslag van een eindstudie

De eindstudie werd door F.L.J. Damen uitgevoerd bij Stichting Technisch Centrum Waalsteen te Nijmegen, in opdracht van prof. ir. J. Erkelens, hoogleraar in de bedrijfsmechanisatie aan de Technische Hogeschool te Eindhoven.

Als adviseurs traden op : ir. A.T.J.M. Smals, wetenschappelijk hoofdmedewerker van de Vakgroep Bedrijfsmechanisatie en Mechanismen (W.B.M.) van de Technische Hogeschool te Eindhoven en ing. P.C.F. Bekker, directeur van Stichting Technisch Centrum Waalsteen te Nijmegen,

Nijmegen, januari 1979

0. DE INHOUDSOPGAVE VAN HET VERSLAG VAN DE EINDSTUDIE

0. De inhoudsopgave	0-1
1. De opdracht	1-1
2. De inleiding	
2.1. Het voorwoord	2-1
2.2. Een korte toelichting op de beweegredenen voor de studie	2-4
3. De samenvatting	3-1
4. De vlamoven	
4.0. De inleiding	4-1
4.1. Een beschrijving van een vlamoven met haar werkwijze	4-1
4.2. Een aardgasstook- en distributiesysteem voor vlamovens	4-8
4.3. Het vastleggen van de gegevens van een "standaard"-vlamoven	4-16
4.4. Het eisen-programma voor een kolenstookinstallatie van een "standaard"-vlamoven	4-16
5. Het bakken van stenen in de grofkeramische industrie voor $\pm$ 1950	
5.0. De inleiding	5-1
5.1. De veldoven	5-1
5.2. De ringoven	5-5
5.3. De vlamoven	5-9
5.4. De tunneloven	5-12
5.5. De literatuurlijst	5-16
6. De bestaande kolenstooksystemen voor keramische ovens	
6.0. De inleiding	6-1
6.1. De kolenstooksystemen, waarbij grove kolen in de oven worden gedoseerd	6-1
6.1.1. De mechanische kolenstookapparaten met schuivende bodem	6-6

6.1.2. De mechanische kolenstookapparaten met roterende bodem	6-11
6.1.3. Het vullen van de kolenstookapparaten	6-24
6.2. De kolenstookstelsel, waarbij fijnkolen in de oven worden gedoseerd	6-30
6.2.1. De kolenstookstelsels voor fijnkolen, werkend met stookapparaten	6-31
6.2.2. Het kolenstookstelsel, dat is opgebouwd uit schroefvoerders	6-31
6.2.3. Het Octopus-kolenstookstelsel van Gibbons	6-39
6.2.4. Het Poolse Octopus-kolenstookstelsel	6-51
6.2.5. Het kolenstookstelsel van Thermo-Murg	6-53
6.2.6. Het kolenstookstelsel van Lingl	6-66
6.2.7. Het kolenstookstelsel van General Shale	6-74
6.2.8. Het kolenstookstelsel van Harrop	6-82
6.2.9. Het kolenstookstelsel van Leisenberg	6-86
6.2.10 Het kolenstookstelsel van Andreas Friedl	6-88
6.3. De kolenstookstelsels, waarbij poederkool in de oven wordt geblazen	6-92
6.3.1. Het kolenstookstelsel van Pullmann-Swindell	6-92
6.3.2. Het kolenstookstelsel van Monier	6-102
6.3.3. Het kolenstookstelsel van Ferro	6-105
6.4. Een overzicht van de bestaande kolenstookstelsels voor keramische ovens	6-109
6.5. De literatuurlijst	6-110
7. Het gebruik van (niet verwarmde) verbrandingslucht	
7.0. De inleiding	7-1
7.1. Het energetisch verschil tussen wel of niet toepassen van (niet verwarmde) verbrandingslucht	7-2
7.2. De invloed op de koeling bij toepassing van (niet verwarmde) verbrandingslucht	7-3
7.3. De conclusies	7-3

8. De bepaling van de optimale korrelverdeling voor de zonder lucht, in een vlamoven-kamer gedoseerde kolen	
8.0. De inleiding	8-1
8.1. De theoretische berekening van de maximale korrel- diameter	8-1
8.2. De inleidende praktijkproef	8-2
8.3. De capaciteitsmetingen aan een trilvoeder	8-3
8.4. De verbrandingsbeelden bij de verschillende korrel- fracties	8-4
8.5. De vanuit de optimale korrelverdeling gestelde eisen aan doseer-, aanvoer-, distributie- en maal- systemen	8-20
8.6. De literatuurlijst	8-21
9. Het kolenstoken in keramische ovens en de milieu-wet- geving	9-1
9.1. De milieubelastende gasvormige emissies	9-1
9.2. De stof-emissie via de schoorsteen bij het kolen- stoken	9-4
9.3. De conclusies	9-5
10. De verschillende mogelijkheden om fijnkolen te doseren	
10.0. De inleiding	10-1
10.1. De doseerschroef	10-1
10.2. De trilvoeder	10-8
10.3. De sleepkettingtransporteur als doseerapparaat	10-10
10.4. De doseerbanden	10-12
10.5. De roterende schijfvoeder	10-15
10.6. De doseerröllen	10-17
10.7. De roterende doseersluis	10-18
10.8. De overige doseersystemen	10-23
10.9. Welke typen komen als doseerapparaat voor fijnkolen bij een kolenstookinstallatie in aanmerking	10-26
10.10 De literatuurlijst	10-27

11. De groeperingswijze van de doseerapparaten	
11.0. De inleiding	11-1
11.1. De mogelijke groeperingswijzen voor de 80 verplaatsbare doseerapparaten	11-1
11.1.1. Het samenbouwen van alle 10 doseerapparaten voor één vlamovenkamer in een verplaatsbaar frame	11-2
11.1.2. Het samenbouwen van 5 doseerapparaten in een verplaatsbaar frame	11-2
11.1.3. Het samenbouwen van minder dan 5 doseerapparaten in een frame	11-3
11.1.4. Elk doseerapparaat wordt afzonderlijk verplaatsbaar uitgevoerd	11-3
11.2. De favoriete groeperingswijze van de doseerapparaten	11-4
12. De alternatieven voor de distributie van fijnkolen over een vlamoven	
12.0. De inleiding	12-1
12.1. Het verdeel/distributiesysteem voor de fijnkolen op één vlamovenkamer	12-1
12.2. Het centraal aanvoersysteem voor de fijnkolen	12-4
12.2.0. De inleiding	12-4
12.2.1. Rubberbanden als centraal aanvoersysteem	12-4
12.2.2. Stalen bandtransporteurs als centraal aanvoersysteem	12-8
12.2.3. Kettingtransporteurs als centraal aanvoersysteem	12-10
12.2.4. Schroeftransporteurs als centraal aanvoersysteem	12-12
12.2.5. Airslides als centraal aanvoersysteem	12-19
12.2.6. Triltransport als centraal aanvoersysteem	12-23
12.2.7. Het centraal aanvoersysteem uitgevoerd m.b.v. pneumatisch transport	12-24
12.2.8. Discontinue aanvoersystemen	12-30
12.3. De conclusies	12-32
12.4. De literatuurlijst	12-35

13. De maalsystemen	13-1
13.0. De inleiding	13-1
13.1. De maalinrichting	13-2
13.2. De literatuurlijst	13-10
14. Het drogen van kolen	14-1
14.0. De inleiding	14-1
14.1. De trommeldroger	14-2
14.2. De banddroger	14-6
14.3. De schroeftransporteur als droger	14-7
14.4. Drogers zonder bewegende delen	14-9
14.5. De literatuurlijst	14-10
15. Het ontwerp van een eenvoudige spiraalvoeder en de hiermee uitgevoerde proeven	15-1
15.0. De inleiding	15-1
15.1. Het ontwerp van de spiraalvoeder	15-1
15.2. De proeven met het proto-type van de spiraalvoeder	15-9
15.3. De conclusies	15-12
16. Een complete kolenstookinstallatie voor een standaard-vlamoven	16-1
16.0. De inleiding	16-1
16.1. Een beschrijving van een complete kolenstookinstallatie voor een "standaard"-vlamoven	16-1
16.2. Een globale begroting van de kolenstookinstallatie voor een "standaard"-vlamoven	16-15
16.3. De extra kosten per jaar voor de kolenstookinstallatie	16-16
16.4. Rentabiliteit van de kolenstookinstallatie	16-17
17. Slotbeschouwing	17-1

TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN

OPDRACHT VOOR HET INGENIEURSEXAMEN

In het produktieprocédé voor metselbakstenen neemt het stookproces in ovens een belangrijke plaats in. Vrijwel alle ovens in de Nederlandse Baksteenindustrie worden thans gestookt met behulp van aardgas. Een uitzondering vormen hierop enkele oude ringovens, waarin nog met kolen wordt gestookt om een speciaal oppervlakte-effekt (=gesinteld) te verkrijgen.

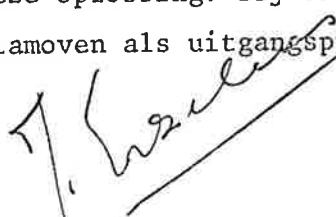
Door de eindige aardgasvoorraad en het tamelijk grote aardgasverbruik van de totale keramische industrie ($\pm 6\%$ van het totale aardgasverbruik in Nederland) is de kans op een beperking of zelfs totale afschakeling van dit schone aardgas voor deze tak van industrie door de Nederlandse overheid denkbaar. Thans is dit al van kracht voor de ondervuren van ketelinstallaties bij de elektriciteitscentrales.

Verder is de prijsontwikkeling van het aardgas t.o.v. de steenkolen dusdanig, dat dit zelfs prijstechnisch zeker aantrekkelijk kan worden. De consequenties van het vervangen van het aardgas door steenkool als brandstof voor het bakproces in de baksteenindustrie is aanleiding voor de opdracht.

Deze opdracht kan verdeeld worden in:

- A. Bestudeer de in gebruik zijnde kolenstooksystemen voor keramische bakovens. Beschrijf deze systemen, uitgaande van een systematische indeling.
- B. Kom tot een optimale brandstofbereiding en toevoer uitgaande van een "standaard" vlamoven.
- C. Maak een grondige studie van:
 - de doseermogelijkheden van kolen via de stookpotten naar de stookruimte, uitgaande van de onder punt B gevonden meest optimale brandstofbereiding en toevoer.
 - de transportmogelijkheden van de kolen over de oven naar de doseerapparaten, inclusief automatisering.

Selekteer voor beide problemen zo systematisch mogelijk de optimale oplossing. Maak een ontwerp van deze oplossing. Bij dit alles dient het ontwerp van een "standaard" vlamoven als uitgangspunt.


Prof. ir. J. Erkelens

2. DE INLEIDING

2.1. Het voorwoord

Zoals reeds lange tijd gebruikelijk, dient ter afsluiting van de ingenieursopleiding aan een Technische Hogeschool een eindstudie te worden verricht.

De opdracht van de eindstudie wordt door de hoogleraar (soms in samenwerking met de industrie) geformuleerd.

Dankzij de samenwerking tussen de Vakgroep Bedrijfsmechanisatie en Mechanismen (W.B.M.) van de T.H.E., en Stichting Technisch Centrum Waalsteen uit Nijmegen is de auteur van dit verslag in de gelegenheid geweest in de industrie zijn afstudeerwerk te verrichten.

Stichting Technisch Centrum Waalsteen is een ingenieursbureau voor de grofkeramische industrie.

Een 11-tal binnenlandse en 2 buitenlandse steenfabrieken zijn lid van dit centrum, en maken regelmatig gebruik van haar diensten.

De activiteiten van het Centrum omvatten een breed scala; vanaf het kleiboren, via het produktieproces tot het transport en de verwerking van baksteen op de bouwplaats.

Het zwaartepunt van de werkzaamheden ligt evenwel op het gebied van de bedrijfs- en procestechniek, zoals o.m. :

- ontwerpen, begroten van bedrijfsinrichtingen, begeleiden tijdens de bouw en inbedrijfstellen
- onderzoek- en ontwikkelswerk met betrekking tot de fabricage en toepassing van bouwkeramiek
- ontwerpen van installaties en machines t.b.v. de kleivoorbewerking, vormgeving, drogen (luchtbehandeling), bakken (hoge temperatuur-technologie) en transport
- proces- en kwaliteitsbeheerstechnieken
- doorlichten van bedrijven of delen daarvan
- proces- en produktvernieuwing

- uitvoeren van metingen, vooral op wamte-technisch gebied
- in opdracht van derden uitvoeren van projekten t.b.v. ontwikkelingslanden
- voorlichtings- en advieswerk

Door prof. ir. J. Erkelens, hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Eindhoven en voorzitter van de Vakgroep Bedrijfsmechanisatie en Mechanismen (W.B.M.) van de afdeling Werktuigbouwkunde, werd de opdracht geformuleerd.

Van de zijde van Stichting Technisch Centrum Waalsteen is de directeur ing. P.C.F. Bekker als begeleider opgetreden.

De coach vanuit de vakgroep W.B.M. was ir. A.T.J.M. Smals.

Mede door de grote verscheidenheid van de vermoedelijke belangstellenden (functionarissen van de Technische Hogeschool, medewerkers van S.T.C. Waalsteen, directie en medewerkers van de aangesloten steenfabrieken) is dit verslag nogal dik uitgevallen. Het is bij S.T.C. Waalsteen gebruikelijk alle relevante resultaten van een onderzoek uitvoering in een verslag vast te leggen, ook al lijken ze niet direct in het belang van het eindresultaat. De lezers, die vertrouwd zijn met de grofkeramische industrie en z'n historische ontwikkeling, kunnen de hoofdstukken 4 en 5 overslaan.

De inventarisatie van bestaande kolenstooksystemen wordt in hoofdstuk 6 gegeven.

Degene, die alleen maar geïnteresseerd is in het ontwerp van de kolenstookinstallatie t.b.v. vlamovens, wordt verwezen naar hoofdstuk 16.

Terdege realiseer ik mij, dat ik veel te danken heb aan de directie en het bestuur van Stichting Technisch Centrum Waalsteen die deze studie mogelijk hebben gemaakt. Ook de medewerkers van S.T.C. Waalsteen ben ik erkentelijk voor hun medewerking.

Veel steun heb ik ondervonden van de medewerkers van de Afdeling Werktuigbouwkunde, in het bijzonder van de Vakgroep W.B.M. van de Technische Hogeschool te Eindhoven.

In het bijzonder spreek ik mijn dank uit aan prof. ir. J. Erkelens en mijn adviseurs Ing. P.C.F. Bekker en ir. A.T.J.M. Smals.

Tenslotte dank ik Mej. J.F. Groenewald voor de vormgeving van het eindverslag.

Nijmegen, januari 1979

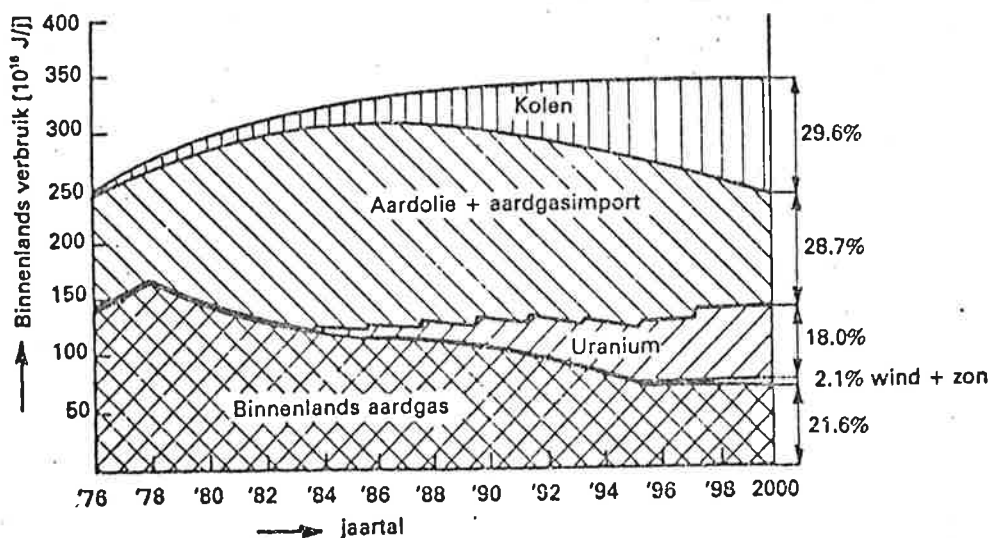
F.L.J. Damen

2.2. Korte toelichting op de beweegredenen voor de opdracht

Bij de formulering van de opdracht zijn de drijfveren voor een eventuele omschakeling van aardgas op kolen als brandstof voor steenovens al kort aangestipt. In het hierna volgende zal enige toelichting worden gegeven.

Het beleid van de Nederlandse overheid is gericht op het verminderen van de aardgas-exploitatie om zo tot in de 21-ste eeuw deze "schone" brandstof voor huishoudelijk gebruik te kunnen aanwenden. Hiervoor zullen alle export-contracten niet meer worden verlengd, terwijl ook geen aardgas meer ter beschikking zal worden gesteld voor ondervuring boven een gebruik van 30 miljoen m^3 aardgas per jaar. Dit zou kunnen betekenen, dat ook voor andere minder hoogwaardige toepassingen (wellicht bakovens in de grofkeramische industrie) in de toekomst de aardgasleveringen beperkt zullen worden. Eventueel kan ook hier het besluit vallen binnen afzienbare tijd geen aardgas meer ter beschikking te stellen of een zodanig prijsbeleid te voeren dat omschakeling op een vervangende brandstof economischer zal zijn.

Over de beschikbaarheid aan aardolie is de laatste tijd zeer veel, maar ook zeer verschillend gepubliceerd. Doch de meeste toekomstvoorspellingen, vaak scenarios genoemd, voorzien een groot tekort aan olie. Over de winbare kolenreserves zijn de voorspellingen optimistischer.

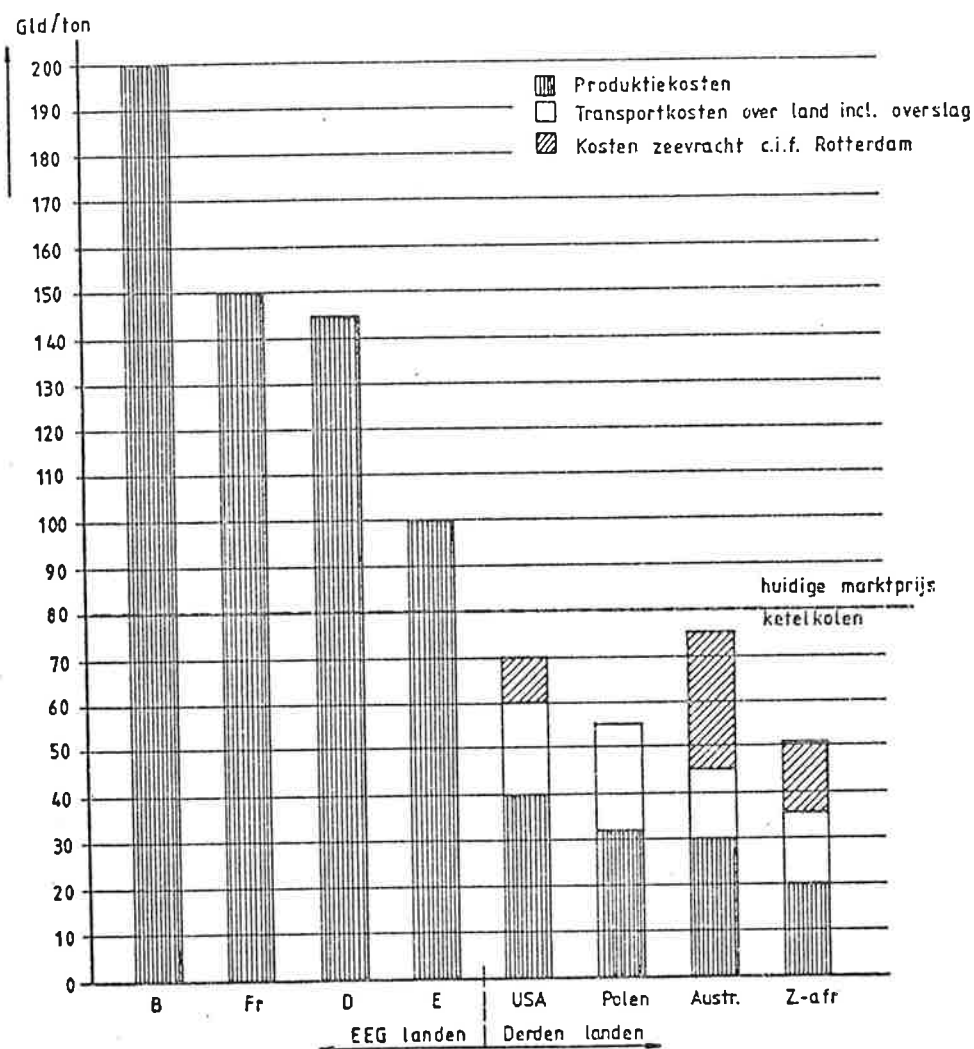


Afb. 2-1 : Voorspelling energie-voorziening in Nederland (bron: Krachtwerktuigen).

Vanuit het gezichtpunt van de energie-reserves lijkt dan ook de omschakeling van aardgas op kolen een goede keus.

Of de overschakeling van het aardgas op kolen in Nederland zich volgens de voorspelling van Krachtwerktuigen, weergegeven in Afb. 2-1, zal ontwikkelen, zal de toekomst ons leren.

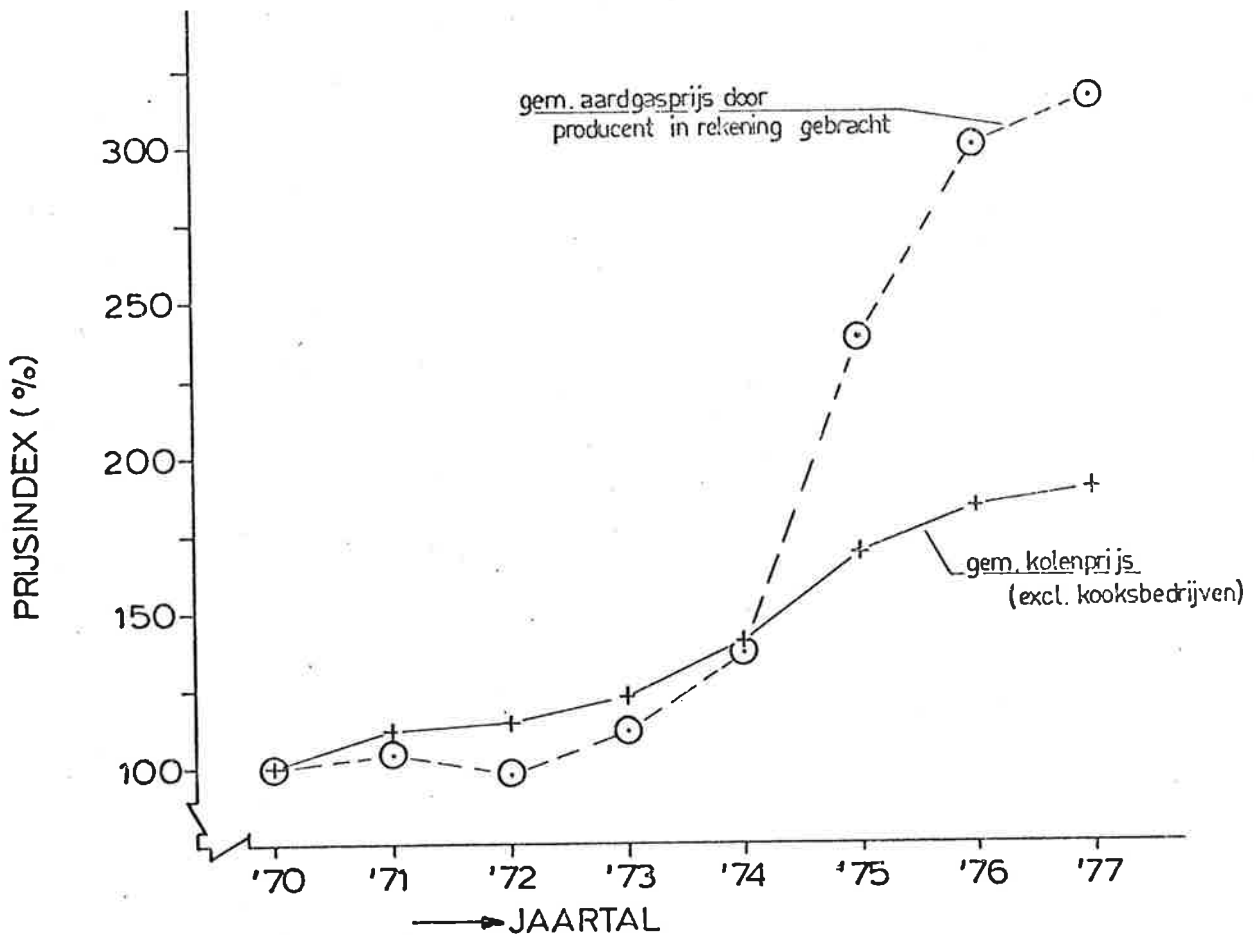
Een ander facet is de kostprijs. Nu al zijn kolen uit z.g. derde landen, calorisch gezien, goedkoper dan aardgas.



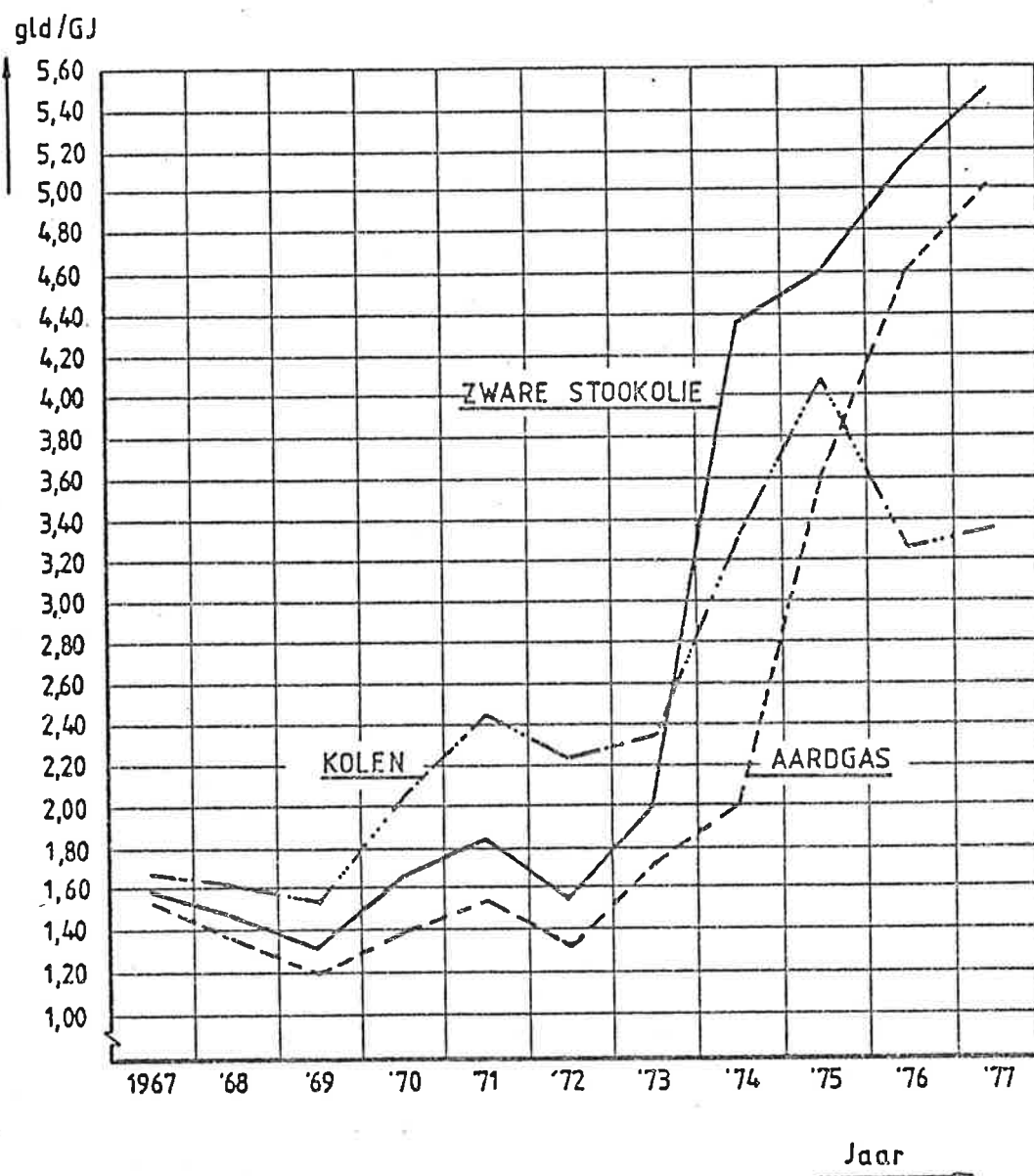
Afb. 2-2 : De huidige prijzen voor ketelkolen.

De in de E.E.G. geproduceerde kolen zijn door de hoge winningskosten nauwelijks interessant.

Om zeer voorzichtige voorspellingen over het prijsverloop voor het aardgas en de kolen te doen, zijn de Afb. 2-3 en Afb 2-4 opgenomen. Afb. 2-3 toont de ontwikkeling van het prijsindexcijfer voor kolen en aardgas. Hoewel de 100%-prijsindex voor de kolen niet gelijk is aan de 100%-prijsindex voor het aardgas, is toch de veel snellere stijging van het prijsindexcijfer van het aardgas opmerkelijk.



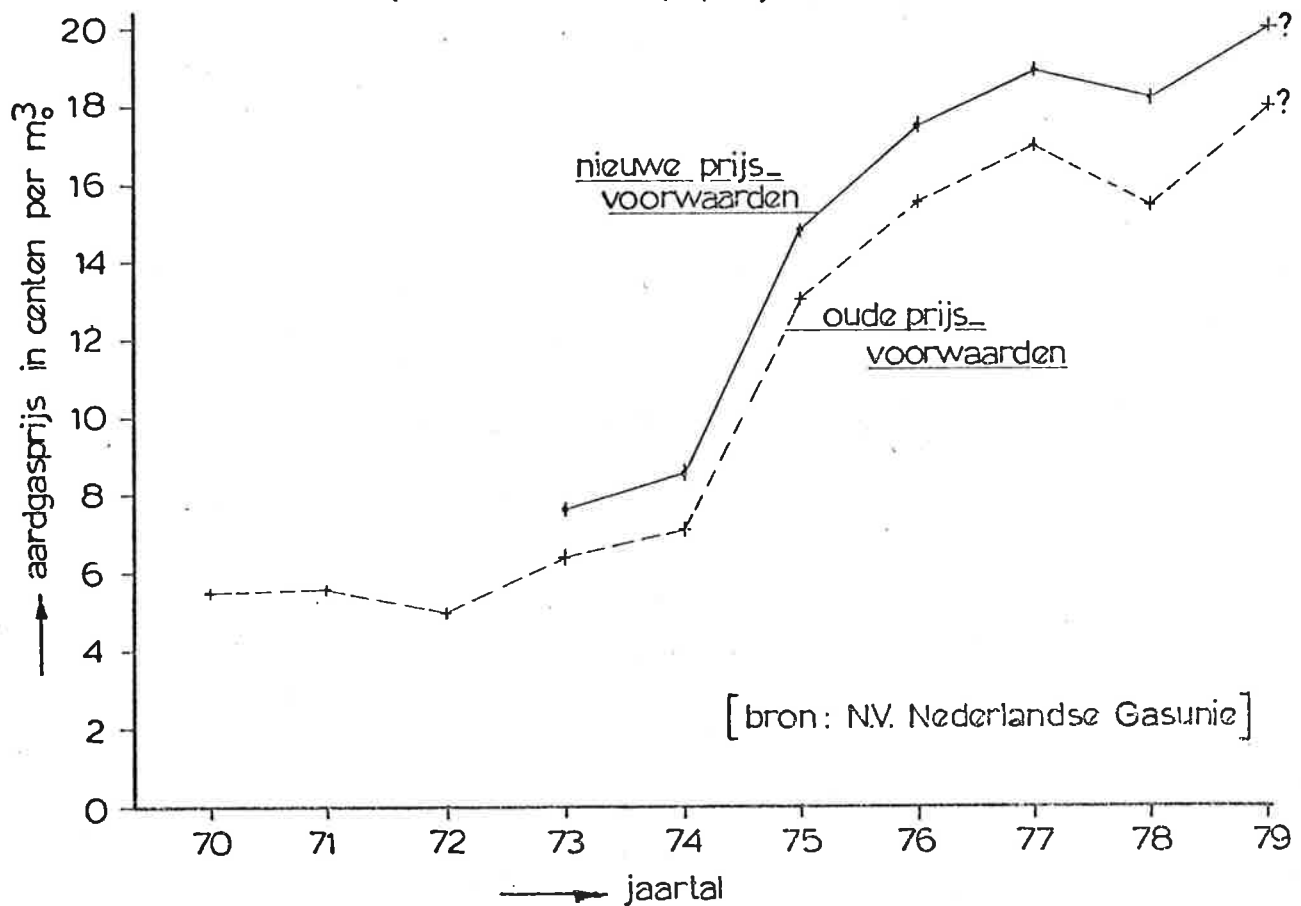
Afb. 2-3 : Het prijsindex-cijfer voor aardgas en kolen over 1970 - 1977.



Afb. 2-4 : De brandstofprijzen voor electriciteits-centrales in Nederland.

Afb. 2-4 laat de prijsontwikkeling zien van de brandstoffen voor electriciteits-centrales in Nederland. De sterke kolenprijzdaling in 1975-1976 wordt voor een deel veroorzaakt door de omschakeling op kolensoorten met een hoger asgehalte. Immers deze soorten zijn calorisch gezien goedkoper.

Grootverbruikers_tarief II (1 tot $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar)
(vastrecht f. 7140,- per jaar)



Afb. 2-5 : De ontwikkeling van de aardgasprijzen voor grootverbruikers in de tariefgroep II.

In Afb. 2-5 is het verloop van de aardgasprijzen voor grootverbruikers in de tariefgroep II (1 tot 10 miljoen m^3 per jaar) over de laatste 8 jaar weergegeven. Door de devaluatie van de U.S.-dollar is de stookolie-prijs gezakt. Door de prijskoppeling met stookolie heeft ook de aardgasprijs een voor de afnemers gunstige ontwikkeling in 1978 doorgemaakt.

Door de in december 1978 besloten prijsverhogingen (OPEC) voor ruwe olie zal ook de aardgasprijs in 1979 en daarna verder stijgen.

Misschien wat pessimistisch, kan voor 1979 de aardgasprijs op basis van de oude prijsvoorwaarden op f. 0,18 per m_0^3 en op basis van nieuwe prijsvoorwaarden op f. 0,20 per m_0^3 worden geschat.

Opgemerkt zij, dat het aantal afnemers met oude prijsvoorwaarden ieder jaar afneemt, totdat in 1983-1984 de laatste oude contracten gaan aflopen. Het lijkt reëel om daarom bij prijsvergelijkingen uit te gaan van de nieuwe prijsvoorwaarden.

De onderste verbrandingswaarde voor het Nederlandse aardgas is: $31,65 \text{ MJ}/m_0^3$. De aardgasprijs voor een z.g. nieuw contract wordt in 1979 op :

$$\frac{0,20 \times 1000}{31,65} = \text{f. } 6,32 \text{ per GJ gesteld.}$$

De heer Ing. E. de Ferrante noemde op de voorlichtingsdag (7 dec. 1978) van afdeling Energiezaken van Krachtwerktuigen prijzen voor ketelkolen, franco geleverd, van f. 13,-- à f. 14,-- per Gcal. Dit komt neer op : f. 3,11 à f. 3,34 per GJ.

Uit contacten met kolenleveranciers is komen vast te staan, dat voor steenfabrieken, gelegen aan de grote rivieren in het oosten van ons land met los mogelijkheden voor rijnaken in de buurt, kolenprijzen van f. 3,80 à f. 4,20 per GJ thans reëler zijn. Er wordt een prijsontwikkeling voor deze ketelkolen verwacht, die achter zal blijven bij die van stookolie en gas. Het prijsverschil zal hierdoor steeds groter worden en dientengevolge het kolenstoken aantrekkelijker maken.

Om een indruk te krijgen in de haalbare besparing bij het omschakelen van aardgas naar kolen als brandstof voor een "standaard"-vlamoven (zie hoofdstuk 4), is hieronder een berekening uitgevoerd.

Uitgegaan wordt van een standaard-vlamoven met een jaarproduktie van 25 miljoen waalformaat (W.F.).

Voor het brandstofgebruik voor die standaard-unit wordt uitgegaan van : - 55 m³₀ aardgas/1000 W.F. voor de droger, en
 - 135 m³₀ aardgas/1000 W.F. voor de vlamoven.

Blijft de drooginrichting voor de warmte-opwekking aardgas gebruiken, dan zijn hiervoor nodig :

$$25.000 \times 55 = 1,375 \times 10^6 \text{ m}_0^3 \text{ per jaar.}$$

Dit valt nog steeds in dezelfde tariefgroep II, zodat het vastrecht (= f. 7,140 per jaar) gelijk blijft.

Op basis van de onderste stookwaarde gaat het bij een "standaard"-vlamoven om :

$$25.000 \times 135 \times 31,65 = 107 \times 10^6 \text{ MJ} = 107.000 \text{ GJ per jaar.}$$

Uitgaande van een aardgasprijs van f. 6,32 per GJ en een kolenprijs van f. 4,-- per GJ levert een eventuele omschakeling van aardgas naar kolen bij een "standaard"-vlamoven een besparing op van :

$$107.000 \times (f. 6,32 - f. 4,--) = f. 248,000,-- \text{ per jaar.}$$

Hoewel tegenover de hierboven berekende besparing een aantal extra kosten (energie-gebruik t.b.v. drogen, malen en distributie van de kolen) en een aanzienlijk investeringsbedrag voor een complete kolenstookinstallatie staan, lijkt de hoogte van dit besparingsbedrag de in de volgende hoofdstukken beschreven studie te rechtvaardigen.

3. DE SAMENVATTING

Kolenstoken in ovens voor de grofkeramische industrie

Naast enige inleidingen treft U in dit rapport aan een opsomming van, zo ver bekend, alle kolenstooksystemen voor keramische ovens en een verslag van het onderzoek naar de optimale kolenstookinstallatie voor een "standaard"-vlamoven.

Dit verslag van F.L.J. Damen is de verantwoording voor zijn eindstudie ter afsluiting van de ingenieursopleiding aan de afdeling Werktuigbouwkunde van de Technische Hogeschool te Eindhoven. De opdracht voor de eindstudie is door prof. ir. J. Erkelens, hoogleraar aan de T.H.E., geformuleerd.

In hoofdstuk 4 wordt de vlamoven belicht. Naast een beschrijving van de oven en haar werkwijze wordt ook een veel toegepaste aardgasstookinstallatie behandeld. Na de gegevens van een z.g. "standaard"-vlamoven te hebben vastgelegd, wordt tot slot van dit hoofdstuk het eisenpakket voor een kolenstookinstallatie van zo'n "standaard"-vlamoven opgesteld.

Om een indruk te geven hoe vroeger in de Nederlandse straat- en baksteenindustrie stenen, met kolen als brandstof, werden gebakken, is in hoofdstuk 5 een globaal overzicht gegeven van de toenmalige bakmethoden.

Het grootste hoofdstuk (6) van dit verslag bestaat uit een opsomming van de bestaande kolenstooksystemen. De indeling van de systemen in dit hoofdstuk geschiedt naar stuk- of korrelgrootte van de in de oven te doseren kolen. Onderscheid wordt gemaakt in :

- systemen met grove kolen ($> 6 \text{ mm}$)
- systemen met fijnkolen ($0-6 \text{ mm}$)
- systemen met poederkool ($< 200 \text{ }\mu\text{m}$)

In hoofdstuk 7 worden de nadelen van het gebruik van (niet verwarmde) verbrandingslucht toegelicht.

Ter bepaling van de optimale korrelgrootte, van de zonder verbrandingslucht in een "standaard"-vlamoven gedoseerde kolen zijn enkele proeven uitgevoerd. De beschrijving van de proeven en de resultaten treft U aan in hoofdstuk 8. Ook wordt een capaciteitsmeting van een trilvoeder, die gebruikt werd voor de dosering van de kolen in de oven, beschreven.

Hoewel in de Nederlands milieu-wetgeving nog geen maximale emissiewaarden voor milieubelastende gassen en stoffen worden gegeven, zijn in hoofdstuk 9 de kolenstooksystemen in relatie met het milieu behandeld. Vanuit de stof-emissie gezien, lijkt het stoken met fijnkool boven poederkool te prefereren.

De verschillende mogelijkheden om fijnkolen te doseren worden in hoofdstuk 10 behandeld. Slechts 2 typen lijken voor de te ontwikkelen kolenstookinstallatie van de "standaard"-vlamoven in aanmerking te komen. Dit zijn de trilvoeder met rechte goot en de doseerspiraal.

In hoofdstuk 11 blijkt een groepingswijze van 5 doseertoestellen in een verplaatsbaar frame een aantrekkelijke oplossing.

De alternatieven voor de distributie van fijnkolen over een "standaard"-vlamoven worden in hoofdstuk 12 beschreven.

Onder paragraaf 12.3. wordt de meest eenvoudige en goedkoopste oplossing met spiraaltransporteur behandeld.

Voor het vermalen van kolen tot fijnkolen, met de gewenste korrelgrootte, lijken alleen hamermolens in aanmerking te komen. In hoofdstuk 13 worden enkele voorbeelden hiervan behandeld.

Naast gecombineerde droog-maalinstallaties lijkt ook het drogen van de kolen vóór het maalproces goed mogelijk. In hoofdstuk 14 worden enige alternatieven hiervoor behandeld.

De meest simpele trommeldroger en de schroeftransporteur als droger zijn goede alternatieven.

Een beschrijving van de zelfgeconstrueerde spiraalvoeder en de daarmee uitgevoerde proeven wordt in hoofdstuk 15 gegeven.

In hoofdstuk 16 wordt een complete kolenstookinstallatie beschreven, die op een vlamoven kan worden ingezet. Na een begroting van deze installatie te hebben opgesteld en de extra kosten hiervan te hebben berekend wordt de rentabiliteit van de benodigde investering bekeken.

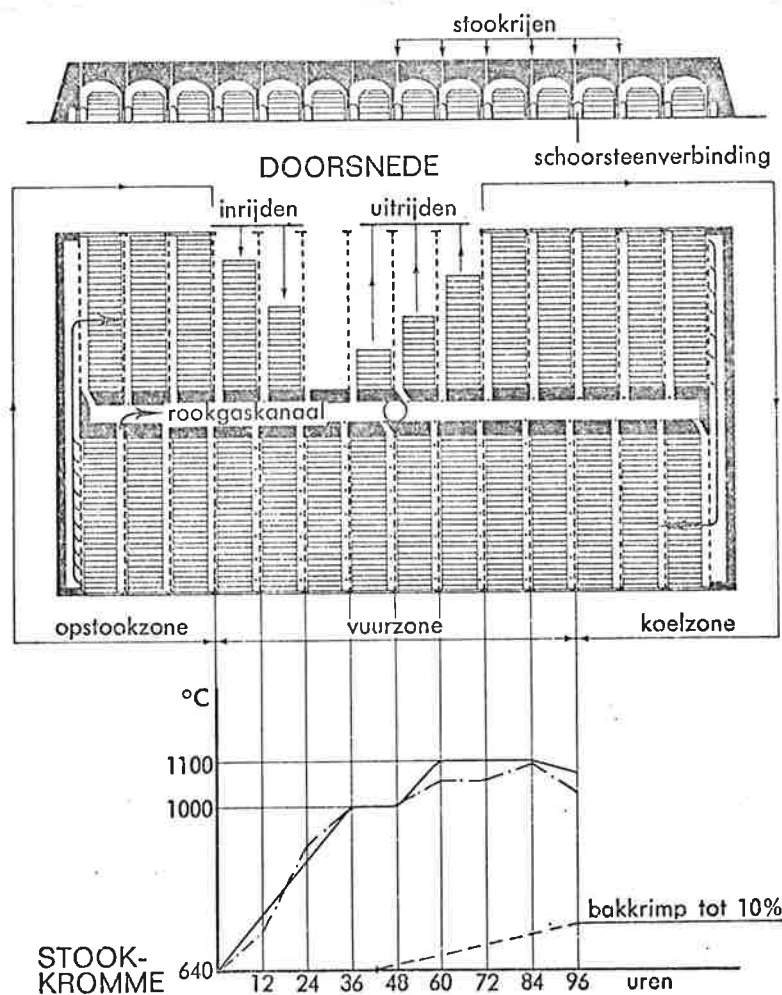
4. DE VLAMOVEN

4.0. De inleiding

In de paragraaf 4.3 worden de gegevens van een "standaard"-vlamoven vastgelegd, terwijl in paragraaf 4.4 het eisenpakket wordt geformuleerd van de te ontwerpen kolenstookinstallatie. Om beide paragrafen beter te kunnen begrijpen, wordt eerst de vlamoven, haar werkwijze en de veelal toegepaste aardgasstookinstallatie beschreven.

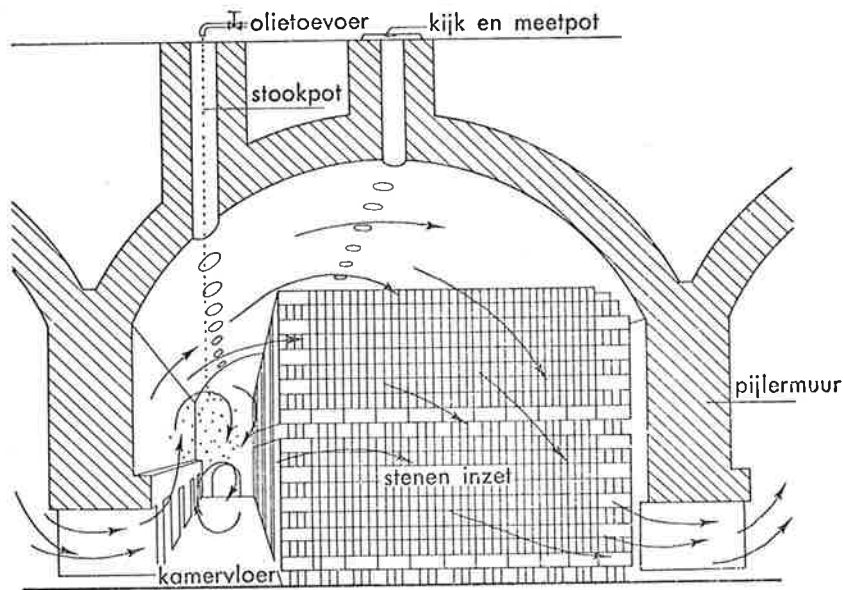
4.1. Een beschrijving van een vlamoven met haar werkwijze

De vlamoven, of nog beter de kamerringoven met overslaande vlam, heeft een rechthoekig grondplan (zie Afb. 4-1).



Afb. 4-1 :
Schema van een
vlamoven.

Aan beide zijden van de lengte-as van de rechthoek zijn kamers gesitueerd. Het aantal kamers is altijd even en ligt meestal, bij toepassing van één vuur, tussen de 22 en 30 stuks. Bij grote kamer-aantallen (36 tot 56) worden 2 vuren gebruikt.

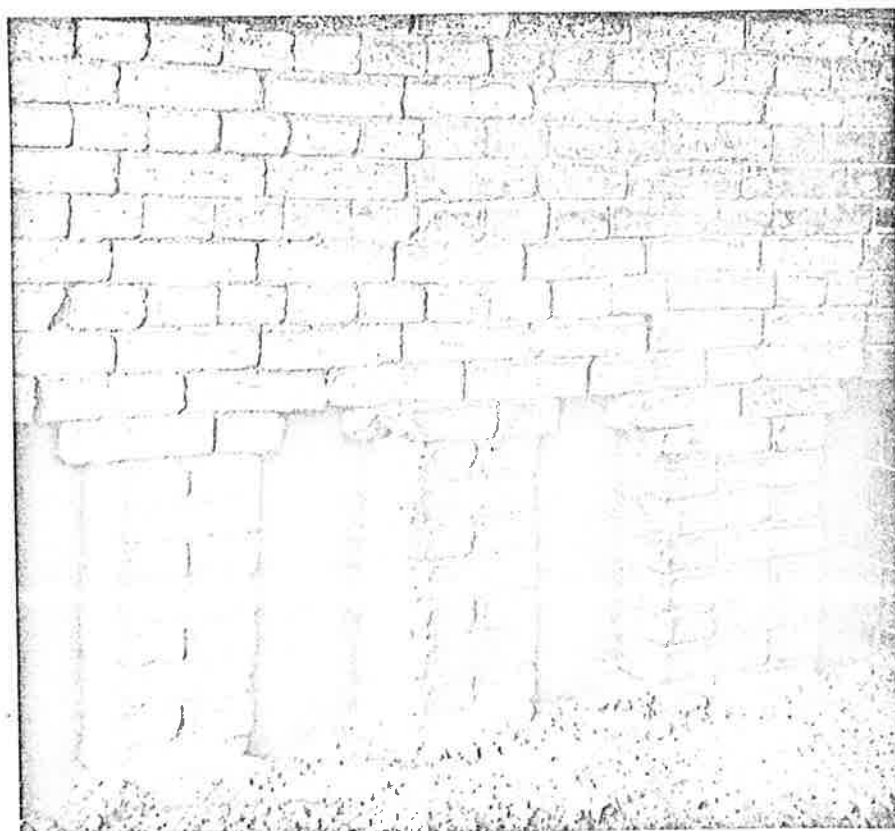


Afb. 4-2 : Een schematische tekening van een vlamovenkamer.

De kamers zijn onderling gescheiden door 46-55 cm brede pijlermuren, en afgedekt door een boogvormig gewelf. Aan de onderzijde van de pijlermuren zijn rechthoekige openingen, de z.g. fietsenrekken, uitgespaard om de koel/verbrandingslucht en de rookgassen door te laten (zie Afb. 4-2 en 4-3).

In het gewelf zijn ronde gaten (potten) uitgespaard. Door één gedeelte van deze potten wordt tijdens de stookperiode brandstof in de kamer gedoseerd, terwijl de andere gebruikt worden voor controlewerkzaamheden, temperatuur- en krimpmetingen.

De halffabrikaten, de gedroogde vormelingen, worden m.b.v. een heftruck in bladen of dubbele Hulo-pakketten zodanig in een vlamovenkamer geplaatst, dat er aan één zijde in deze kamer een stookruimte ontstaat (zie Afb. 4-2). De heftruck is voor deze zetwijze uitgerust met een speciale tang.



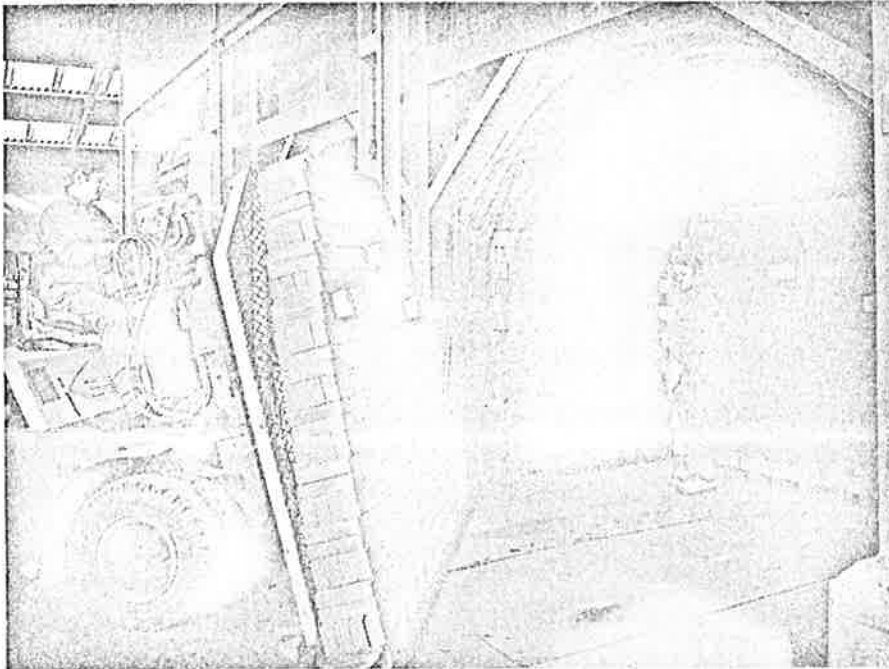
Afb. 4-3 : De "fietsenrekken" in de pijlermuur.

Een blad is meestal opgebouwd uit 18 à 20 lagen (circa 1,8-2 meter hoog) met een maximale breedte van 2,35 meter en slechts 1 steen (200-250 mm) diep. Het dubbel Hulo-pakket is maar 10 lagen (circa 1 meter) hoog, 2,35 meter breed, doch de diepte is hierbij 2 stenen (400-500 mm).

De Afb. 4-4 geeft het inrijden van een vlamovenblad weer, terwijl Afb. 4-5 een kamerinzet in dubbele Hulo-pakketten laat zien.

De Afb. 4-6 en 4-7 geven het inrijden van dubbele Hulo-pakketten weer.

Loodrecht op de lengte-as van de vlamovenkamers worden tussen de pakketten z.g. stookslitten opengelaten. De koellucht en de rookgassen worden gedwongen door de stookslitten, waar de warmte-uitwisseling plaats vindt te stromen. Bij bladen is de breedte van een stookslit 5 à 6 cm, terwijl bij dubbele Hulo-pakketten de dubbele breedte wordt toegepast.

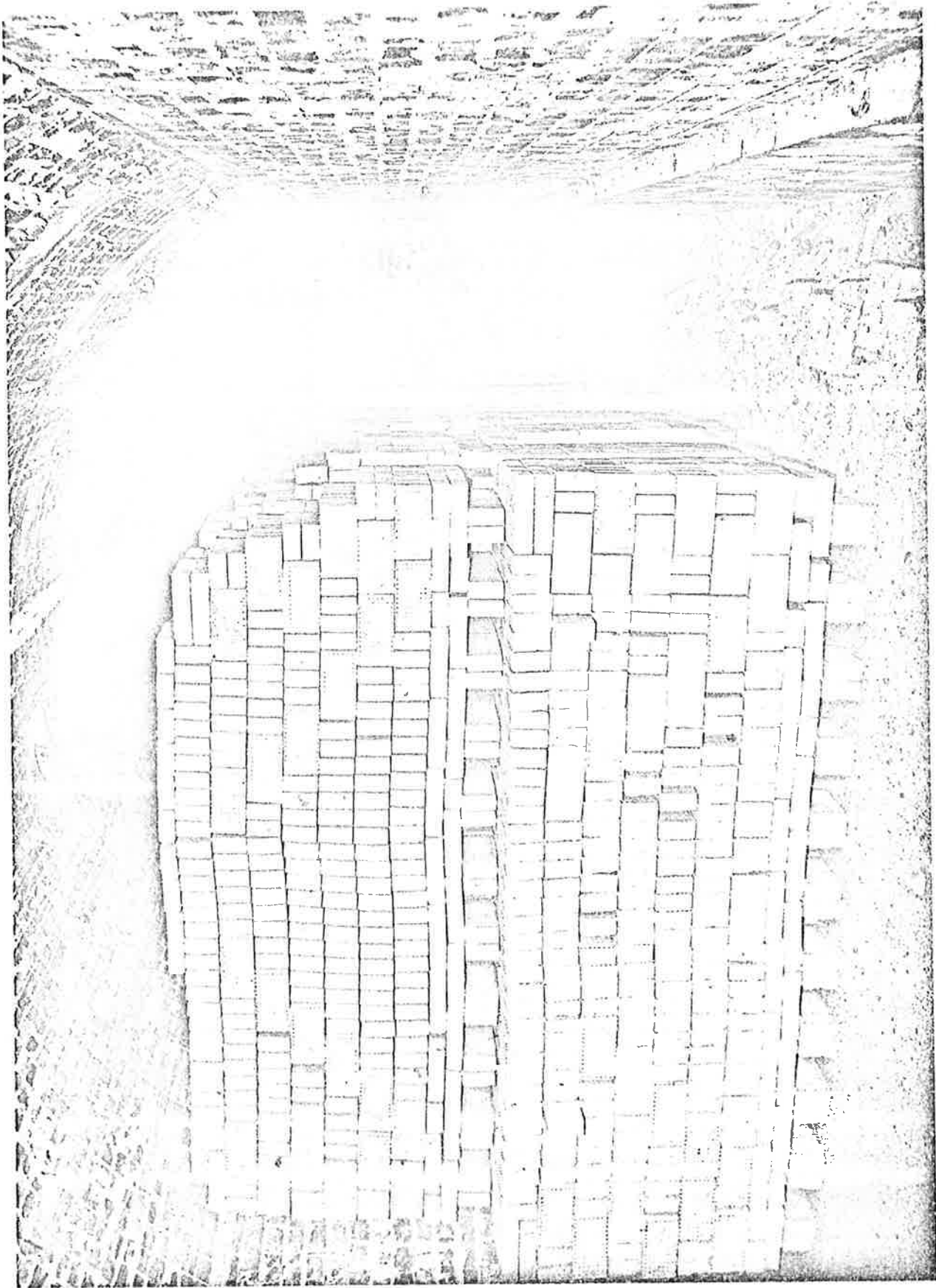


Afb. 4-4 : Het inrijden van vlamovenbladen.

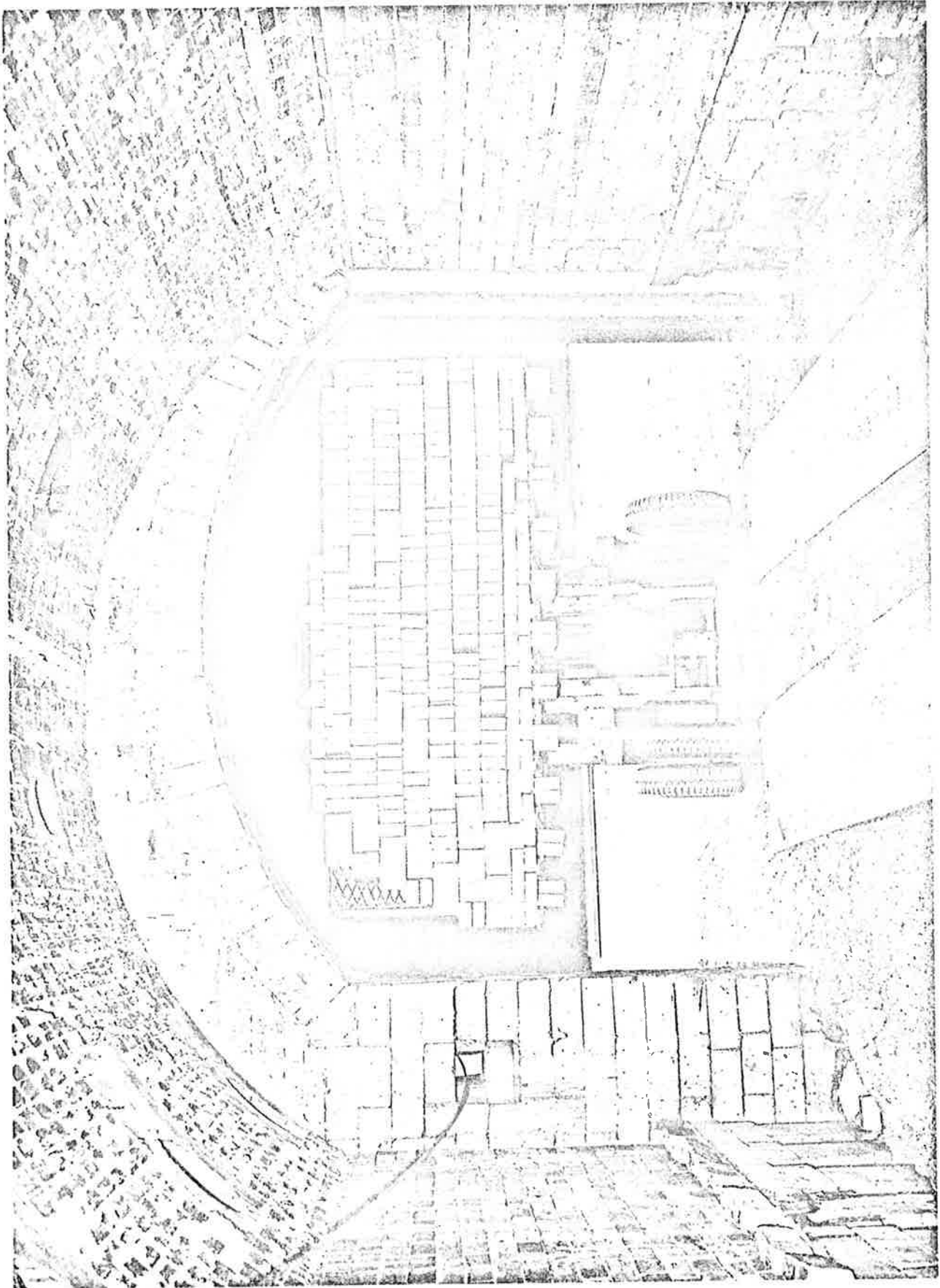
Ieder kamer heeft een afsluitbare opening, die met het rookgaskanaal kan worden verbonden. Dit kanaal geleidt de rookgassen naar een hoge schoorsteen eventueel via een ventilator.

Door het creëren van een onderdruk (circa 0,8 mbar) in de kamers, die met het rookgaskanaal in verbinding zijn gebracht, wordt een "lucht"-stroom door de oven vanuit de koelzone naar de opwarmzone in stand gehouden. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat de "fietsenrekken" van de pas ingereeden kamers met papier worden afgeplakt.

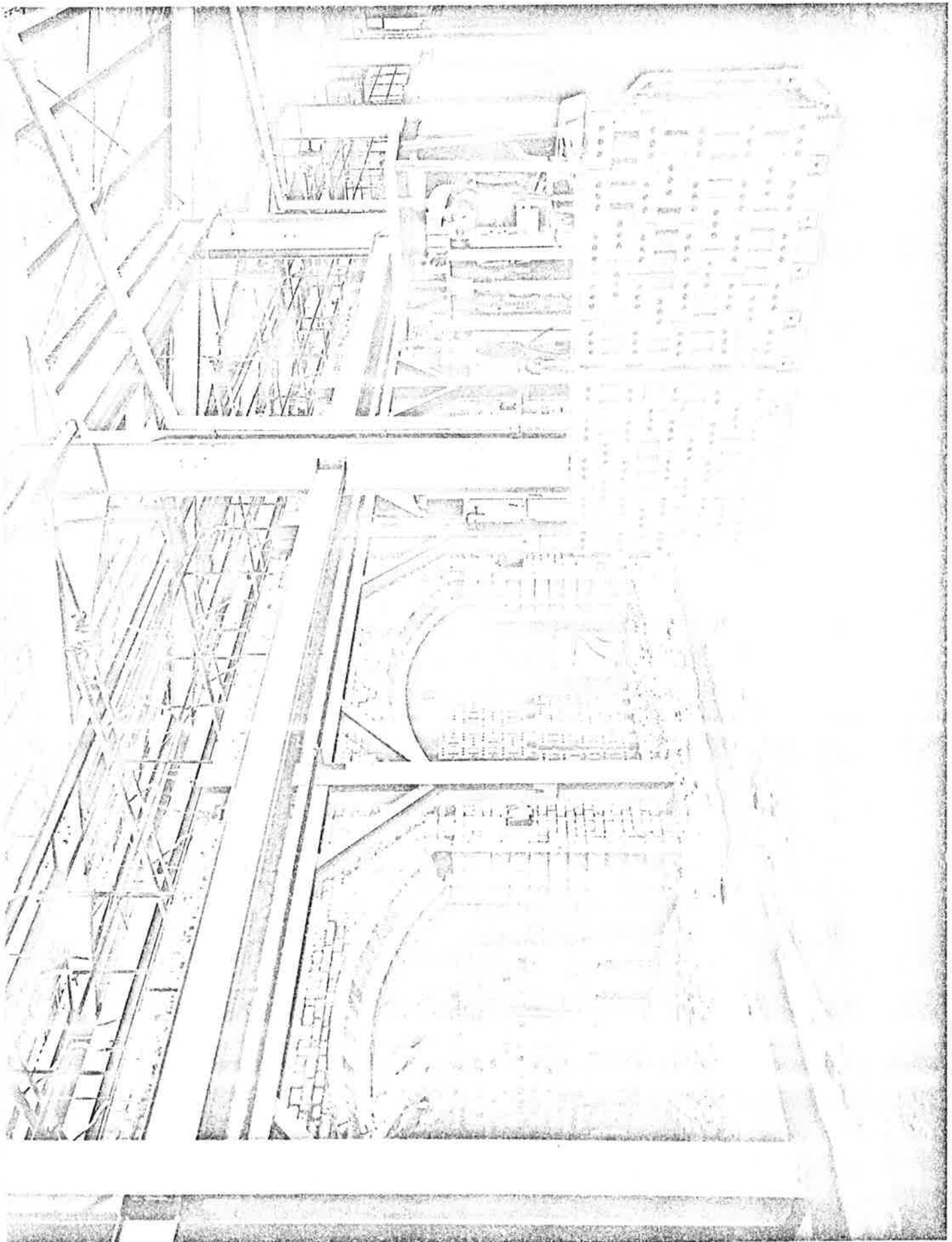
Er ontstaan 2 tegenstroom-warmtewisselaars. De eerste is de koelzone. Omgevingslucht, die via de open kamers (werkzone) van achteren in de oven toetreedt, koelt de gebakken produkten en wordt daardoor zelf warmer. In de eigenlijke stookzone zorgt de lucht voor voldoende zuurstof om de verbranding te onderhouden en dient tevens als warmte-overdrachtsmedium.



Afb. 4-5 : Een vlamoven met ingereden dubbele Hulo-pakketten.



Afb. 4-6 : Het inrijden van dubbele Hulo-pakketten.



Afb. 4-7 : Het inrijden van dubbele Hulo-pakketten.

De tweede tegenstroom-warmtewisselaars wordt gevormd door de opwarmzone. De hete lucht en rookgassen, komende uit de stookzone verwarmen de nog niet gebakken produkten en verlaten via het rookgaskanaal de schoorsteen.

De temperatuur in geopende rookgas-afvoergaten loopt geleidelijk op, doordat de stookzone zich in de richting van de rookgasstroom verplaatst. Zodra een bepaalde temperatuur is bereikt wordt een volgend rookgas-afvoergat met het rookgaskanaal verbonden, terwijl het heetste afvoergat wordt gesloten (om de circa 12 uur).

Is de temperatuur in een kamer door de rookgas-opwarming boven de 750 °C gekomen, dan kan hier begonnen worden met de brandstof-toevoer (in de meeste gevallen thans aardgas). De brandstoftoevoer op het einde van de stookzone kan worden beëindigd, zodra het pakket de vereiste kwaliteit (= bakkrimp) heeft bereikt.

Op deze manier schuiven de opwarm-, stook-, koel- en werkzone telkens op. Het gehele proces verplaatst zich in de rookgasstroom-richting.

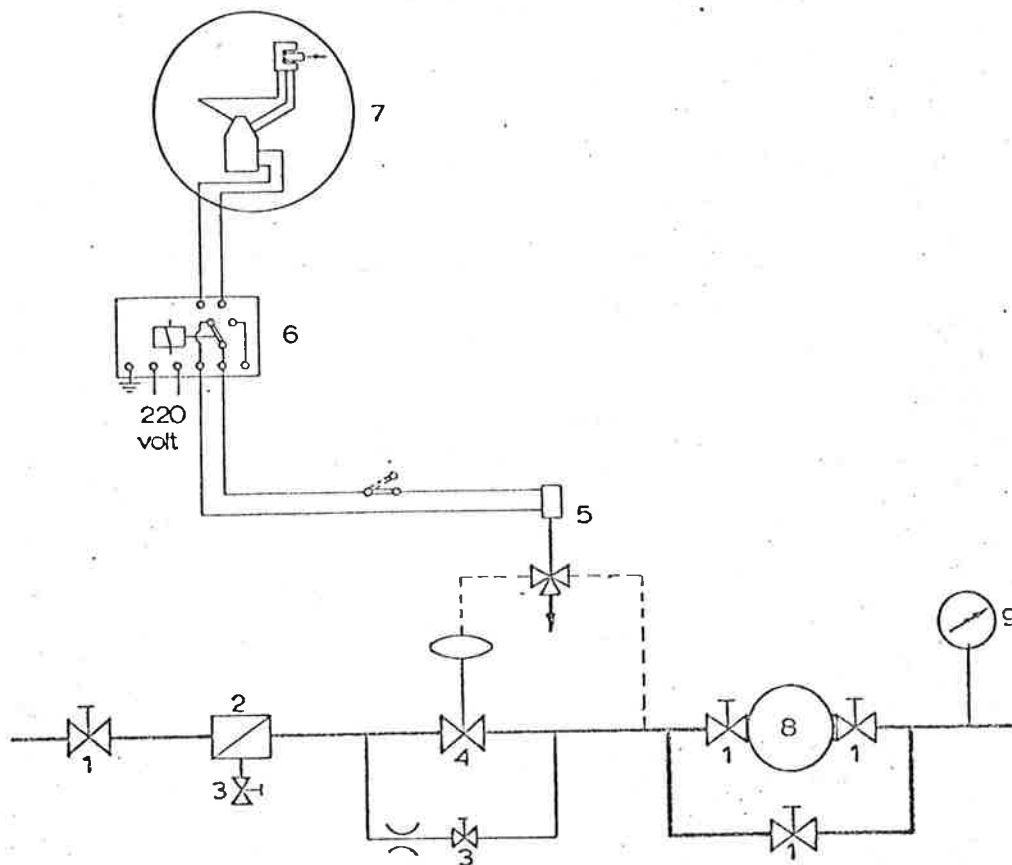
Nadat de brandstoftoevoer is gestopt daalt de kamertemperatuur ras. Beneden de 400 à 500 °C kan de koeling wat worden bespoedigd door het openleggen van de stook-, kijk- en meetpotten en het afzuigen van warme lucht. De warme lucht wordt gebruikt voor droogdoeleinden.

Bij 150 à 200 °C wordt de poort geopend en vindt het laatste gedeelte van de koeling plaats. De pakketten kunnen nu worden uitgereden m.b.v. heftrucks.

4.2. Een aardgasstook- en distributiesysteem voor vlamovens

Onder deze paragraaf wordt een aardgasstook- en distributiesysteem beschreven zoals dat op vlamovens van bij S.T.C. Waalsteen aangesloten bedrijven wordt toegepast.

De Nederlandse Gasunie verzorgt het transport, onder hoge druk, van het aardgas tot een ontvangststation op het fabrieksterrein. In dit station wordt de druk van het aardgas meestal gereduceerd tot 3 bar.

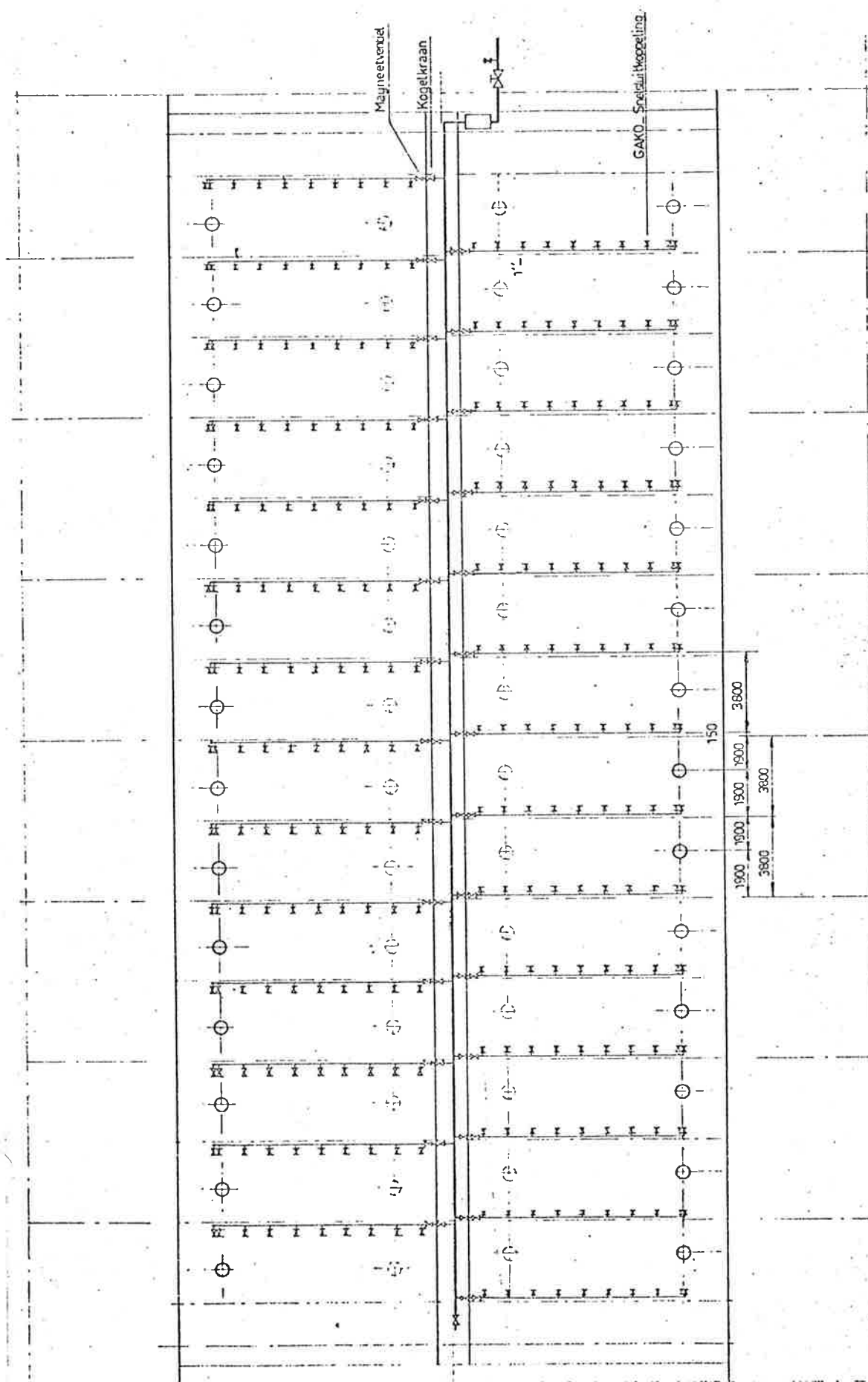


GASDRUK 3 ATO
APPENDAGES MIN. ND6

Stuknr.	Aantal	Benaming	Opmerkingen
1	4	Kogelafsluiter	Ubel, fig. 2278, doorlaat 80
2	1	Gasfilter 3"	Eco
3	3	Kogelafsluiter 1/2"	Ubel fig. 2250
4	1	Afslag 2"	Int.App.Fabr. D.P.S.-H.21 4 - 1
5	1	Asco magneetafsluiter	1/2"
6	1	Transistor kleinrelais	type W.E./62/Ex.
7	1	Trekmeter	200 mm - 61 (-40 mm WK) kontakt type KD
8	1	Gasmeter	Instronet Q66, type A, DL 100, 20 - 200 m ³ /uur
9	1	Manometer	Econosto fig. 334 (0 - 4 kgf/cm ²)

Afb. 4-8 : De gasregelstraat op een vlamoven.

Een grotendeels ondergrondse leiding voert het gas naar een eenvoudige regelstraat op de oven (zie Afb. 4-8). Via afsluiter (1) treedt het gas hierin toe. Na gefilterd (2) te zijn, stroomt het gas via een meter (8) in het distributie-net op het oven (zie Afb. 4-9).

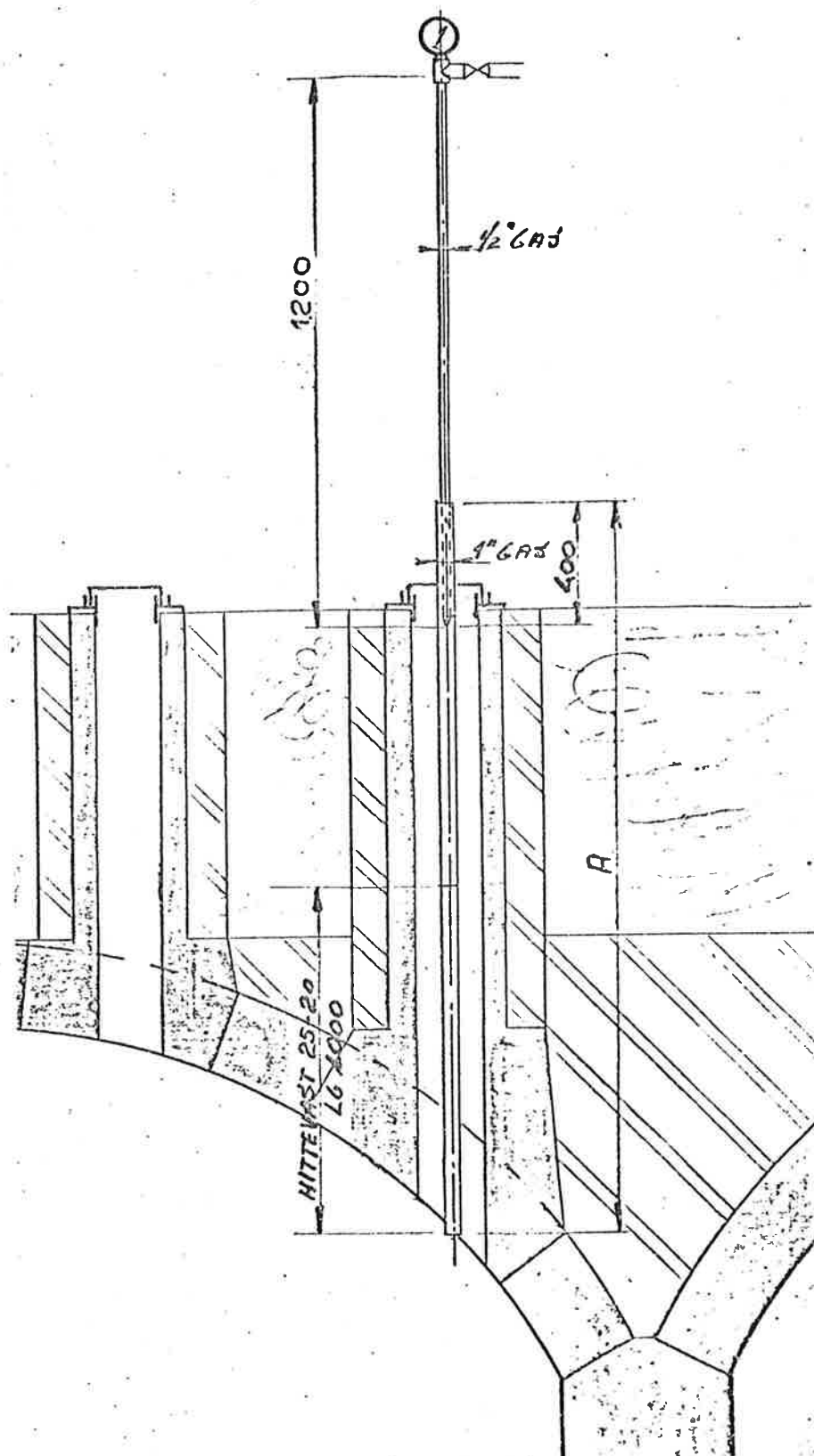


Afb. 4-9: Het aardgasdistributienet op een vlamoven.

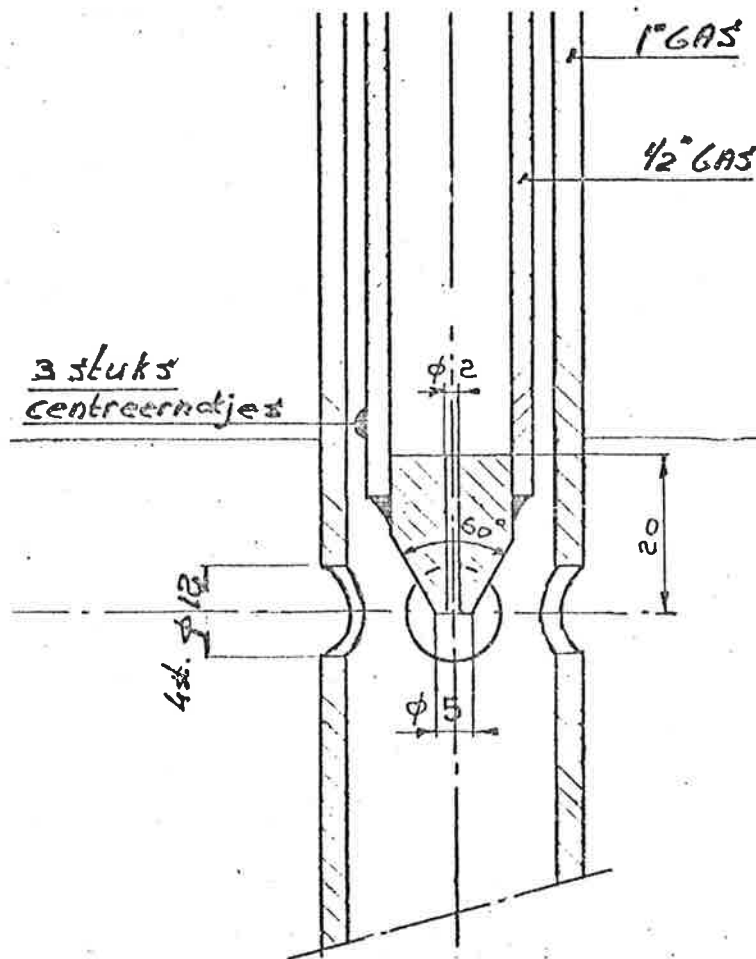
Bij ovens, waarbij de rookgasafvoer niet via natuurlijke trek plaats vindt doch m.b.v. ventilatoren, moet in de regelstraat een afslagveiligheid (4) zijn opgenomen. Indien de onderdruk (= trek) in het rookgaskanaal onder een bepaald minimum komt of de elektrische spanning uitvalt, wordt het magneetventiel (5) niet meer bekrachtigd. Hierdoor kan de (gas) druk boven het membraan ontsnappen en slaat de afslag dicht.

Bij het herstellen van de onderdruk of elektrische spanning wordt de bovenkant van het membraan van de afslagveiligheid door magneetklep (5) weer verbonden met de gasleiding. Door nu via de omloop (3) het hele distributie-systeem onder druk te brengen, wordt ook druk op het membraan van de afslag gebracht. De afslag kan nu worden geopend.

De hoofdleiding van het distributie-systeem ligt meestal in of nabij de lengte-as van de vlamoven. Iedere kamer heeft een vast-opgestelde leiding, de z.g. gasstreng. Deze gasstreng heeft evenveel snelkoppelingen als de kamer stookpotten, en is via een magneetventiel en een kogelkraan verbonden met de hoofdleiding. M.b.v. de kraan kan een niet gebruikte streng geheel worden afgesloten. Het magneetventiel wordt gebruikt voor het commanderen (aan-uit) van de gastoevoer naar de branders m.b.v. een temperatuurregeling. Om het investeringsbedrag van de stookinstallatie laag te houden en verbranding van de lanzen tijdens het koeltraject tegen te gaan, zijn alleen tijdens de periode van brandstroftoevoer stooklanzen op de kamers geïnstalleerd. Deze stooklanzen worden m.b.v. flexibele rubberslangen en snelkoppelingen aan de gasstreng gekoppeld. De stooklans zelf bestaat hoofdzakelijk uit een stalen binnen- ($\frac{1}{2}$ ") en buitenpijp (1"). Aan het einde van de binnenpijp is een nozzle met een kleine opening ($\varnothing$ 2 mm) gelast (zie Afb. 4-10 en 4-11). De druk boven de "nozzle" (en dus de gashoeveelheid) kan m.b.v. een naaldventiel en manometer nauwkeurig worden afgesteld (zie karakteristieken Afb. 4-12).

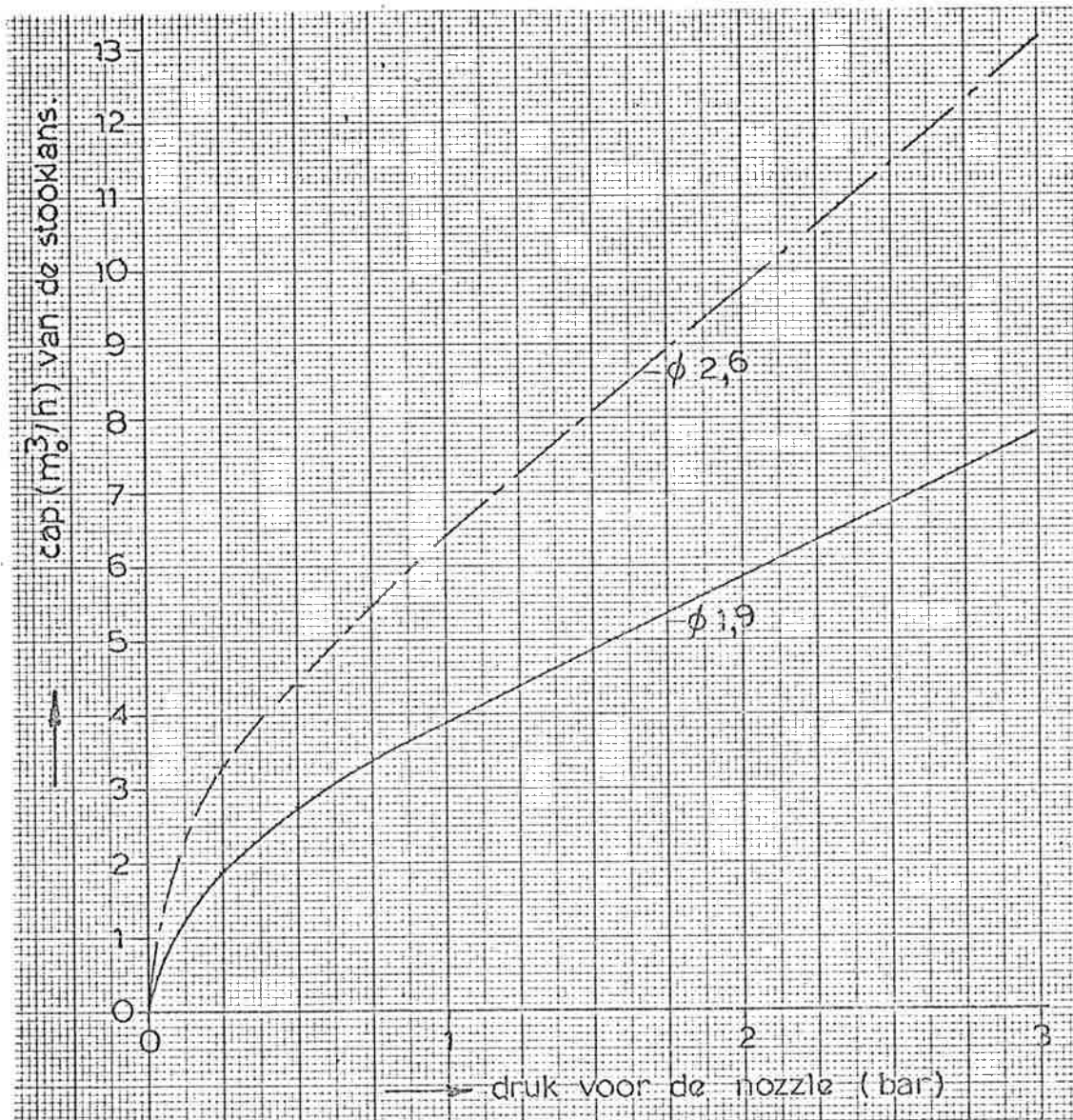


Afb. 4-10 : De S.T.C.W.-stooklans voor een vlamoven.



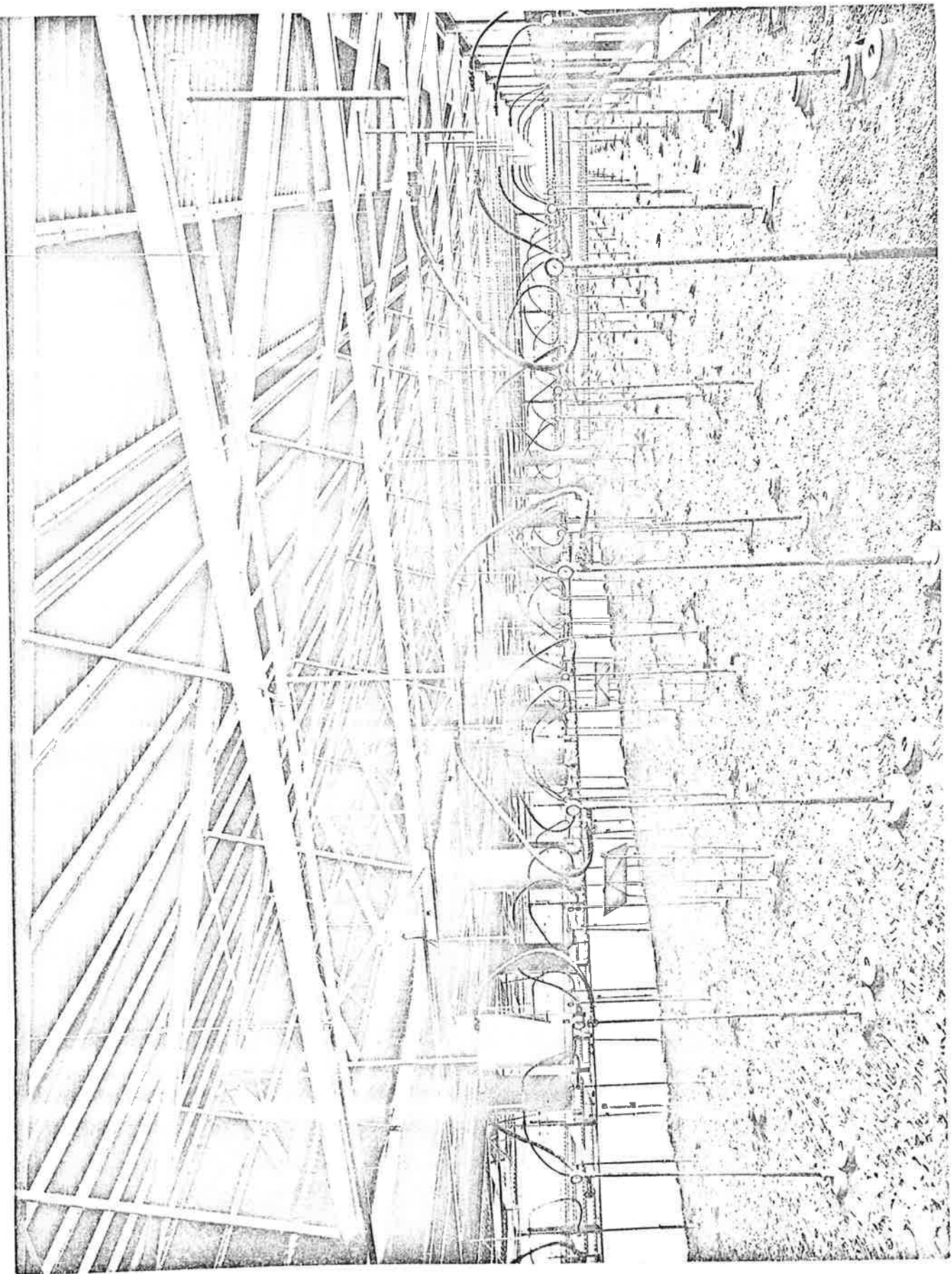
Afb. 4-11 : De
nozzle van de
stooklans.

Door het venturie-effect bij de "nozzle" wordt omgevingslucht aangezogen door openingen in de buitenpijp, waarvan het onder-einde uit een hittebestendige staalsoort is vervaardigd. De aangezogen lucht, circa 60% van de stechiometrische luchtbehoefte, is afkomstig uit de hete vlamovenkamer. De rest van de voor de verbranding noodzakelijke luchthoeveelheid wordt in de stookruimte zelf gevonden. Er heerst daar immers een grote luchtvermaat.



Afb. 4-12 : De capaciteit van de stooklans als functie van de druk voor de "nozzle".

Nadat de brandstoftoevoer is gestopt, worden de lanzen losgekoppeld en uit de stookpot genomen. Meestal worden de lanzen m.b.v. een speciale wagen op luchtbandwielen naar een nieuwe kamer gebracht, die zich vóór de stookzone bevindt. Nadat de lanzen daar zijn aangekoppeld, is deze kamer klaar voor brandstoftoevoer.



Afb. 4-13 : De stockvloer van een vlamoven met verplaatsbare stooklanzen.

4.3. Het vastleggen van de gegevens van een "standaard"-vlamoven

In deze paragraaf zullen de gegevens van een "standaard"-vlamoven worden vastgelegd voor zover dit als uitgangspunt voor het ontwerp van een kolenstookinstallatie noodzakelijk is.

Deze vlamoven zal verder als "standaard" vlamoven worden aangeduid.

De gegevens van de standaard vlamoven luiden als volgt :

- het aantal kamers : 28 stuks
- de hart op hart maat kamers : 3800 mm
- de inwendige kamer lengte : 11,5 (m)
- de hoogte van de gewelfkruin in de vlamovenkamer : 2,960 (mm)
- de hoogte onder de stookpot in de vlamovenkamer : 2,376 (mm)
- het aantal stookpotten per kamer : 10 stuks
- de hart op hart afstand tussen de stookpotten : 1,180 (mm)

4.4. Het eisen-programma voor een kolenstookinstallatie van een "standaard"-vlamoven

In deze paragraaf wordt het eisen-programma geformuleerd voor de kolenstookinstallatie. De eisen, die veelal voortvloeien uit de constructie en werkingwijze van de vlamoven, zijn :

- a. De maximaal vereiste "brander"-capaciteit, gerekend naar stookwaarde is : 270 (MJ/h).
- b. De brandercapaciteit moet verstelbaar zijn, liefst traploos.
- c. Het aantal branders per kamer is 10 stuks (h.o.h. 1,18 m).
- d. Er wordt gestookt op 8 kamers tegelijk (stookzone).
- e. De branders kunnen niet of althans niet zonder speciale voorzieningen blijven staan na het stoppen van de brandstoftoevoer.
- f. De bediening van de kolenstookinstallatie mag voor een stoker geen meer of gecompliceerder werk zijn dan de huidige gasstookinstallatie.
- g. Een soortgelijke temperatuur-regeling als thans gebruikelijk moet mogelijk zijn.

- h. Er wordt gestreefd naar weinig onderhoud.
- i. Stofontwikkeling moet worden voorkomen.
- j. Het geluidniveau in de ruimte, waar de mensen moeten werken, moet minder dan 75 dB (A) bedragen.
- k. De kolenstookinstallatie, die op de stookzone van de vlamoven geïnstalleerd is, moet bestand zijn tegen maximum temperaturen van 45 °C.
- l. De apparatuur, die boven de koelzone (open potten zone) is geïnstalleerd, moet bestand zijn tegen temperaturen tot 90 °C.
- m. De uitworp van de schoorsteen moet voldoen aan de milieueisen (zie hoofdstuk 9).
- n. Natuurlijk moet ernaar gestreefd worden de investeringskosten tot een minimum te beperken, terwijl de exploitatiekosten bedrijfseconomisch aanvaardbaar moeten zijn.
- o. De kwaliteit van het gebakken produkt moet gelijk blijven.

ad. a. Op de standaard vlamoven hebben alle gaslanzen een "nozzle" met een diameter van 2 mm. Uit afbeelding 4-12 kan bij 3 bar een maximale capaciteit van circa $8,5 \text{ m}_0^3$ aardgas per uur worden afgelezen. De onderste verbrandingswaarde van het Nederlandse aardgas is $31,65 \text{ MJ/m}_0^3$. De $8,5 \text{ m}_0^3$ aardgas per uur komen dus overeen met : $8,5 \times 31,65 = 270 \text{ MJ/h}$.

ad. e. Door de optredende opstoot in het begin van de koelzone is het niet denkbeeldig, dat de kolen in het doseerapparaat zo sterk worden verhit, dat ze gaan vergassen en/of ontsteken.

Bijlagere temperaturen in de koelzone is het gewenst de koeling van de kamers te versnellen door het open leggen van de potten in het gewelf (ook de stookpotten!).

ad. k. Op 3 vlamovens werden in de maanden augustus-september 1978 temperatuur-metingen verricht, om de ontwerp temperatuur voor de kolenstookinstallatie te kunnen aangeven.

De omgevingstemperatuur op de stookzone circa 1 meter boven de stookvloer bleek maximaal 37°C te zijn. Rekening houdend met de toenmalig buitentemperatuur van 20°C , wordt de maximale temperatuur in de stookzone op 45°C vastgesteld.

ad. 1. De gemeten temperatuur boven de open potten op de koelzone tijdens dezelfde meting als punt k, bleek maximaal 81°C te bedragen. Ook hier wordt de ontwerp-temperatuur verhoogd en wel tot 90°C .

5. HET BAKKEN VAN STENEN IN DE GROFKERAMISCHE INDUSTRIE VOOR ± 1950

5.0. DE INLEIDING

Om een indruk te geven hoe vroeger in de Nederlandse straat- en baksteenindustrie stenen, met kolen als brandstof, werden gebakken, is in dit hoofdstuk een globaal overzicht gegeven van de toenmalige bakmethoden.

Vóór het midden van de vorige eeuw werden, voor zover bekend, alle steenovens discontinu bedreven. In dit tijdperk werd de veldoven verreweg het meest toegepast.

Paragraaf 5.1. geeft dan ook een korte beschrijving van dit "oven-type".

Later werd overgegaan op continue ovens. De specifieke kenmerken van een continu bedreven oven zijn :

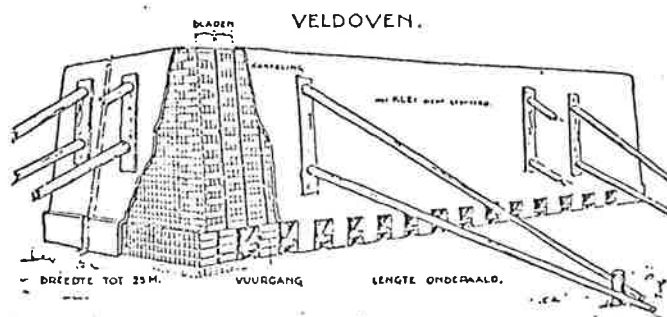
- de continue warmte-overdracht. In de koelzone geeft het afgestookte produkt z'n warmte af aan de koel- c.q. verbrandingslucht, terwijl de hete rookgassen in de z.g. stook- en opwarmzone de nog te bakken produkten verwarmen. Hier is dus sprake van 2 gelijkstroom-warmte-wisselaars, één voor en één na de stookzone.
- de koel-, stook- en opwarmzone verplaatsen zich t.o.v. de inzet, of juist omgekeerd.

In dit hoofdstuk worden de volgende continue ovens behandeld :

- de ringoven (paragraaf 5.2)
- de vlamoven (paragraaf 5.3)
- de tunneloven (paragraaf 5.4)

5.1. DE VELDOVEN

Tot het eind van de vorige eeuw was het gebruikelijk om de stenen daar te produceren, waar deze verwerkt werden. De stenen werden hierbij afgestookt in zogenaamde veldovens.



Afb. 5-1 : De veldoven.

De veldoven werd op een droge, liefst wat hoog gelegen en goed afwaterend terrein opgebouwd. Er werd hierbij gezorgd dat alle 4 zijden van de vloer naar het midden afhielden. Hierdoor hebben de stenen bij het optreden van bakkrimp de neiging naar het midden te gaan hangen, waardoor de stapel stabiel blijft.

De onderste lagen van de veldoven werden zodanig gestapeld, dat er lange vuurgangen ontstonden. Voor het afvoeren van de ontwikkelde rookgassen werden soms verticale schoorsteentjes toegepast.

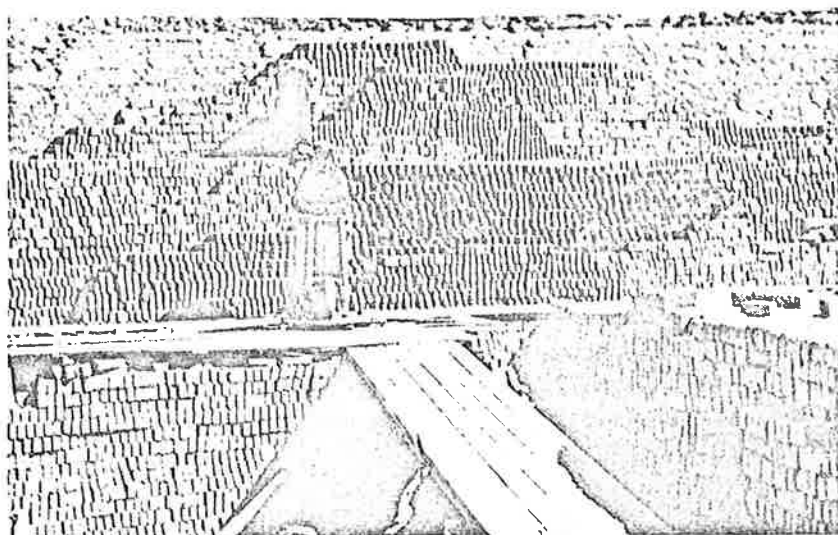
De warmte-overdracht werd verbeterd door de stenen in de lagen boven de vuurgangen "luchtig en geschrinkt" te zetten.

Om de warmte zoveel mogelijk in de veldoven te houden, werden de boven- en zijkanten met reeds gebakken stenen afgedekt en met magere klei afgesmeerd.

De oven werd vaak door enig houtwerk gestut (zie Afb. 5-1).

Vanouds werden de veldovens met turf of hout gestookt. Hierbij werd telkens de brandstof nagevuld in de vuurgangen. Later werd ook veel steenkool gebruikt. Bij deze laatste stookwijze worden zoveel steenkolen bij het opstapelen tussen de vormelingen (= niet gebakken stenen) gestrooid, als nodig voor het gehele bakproces.

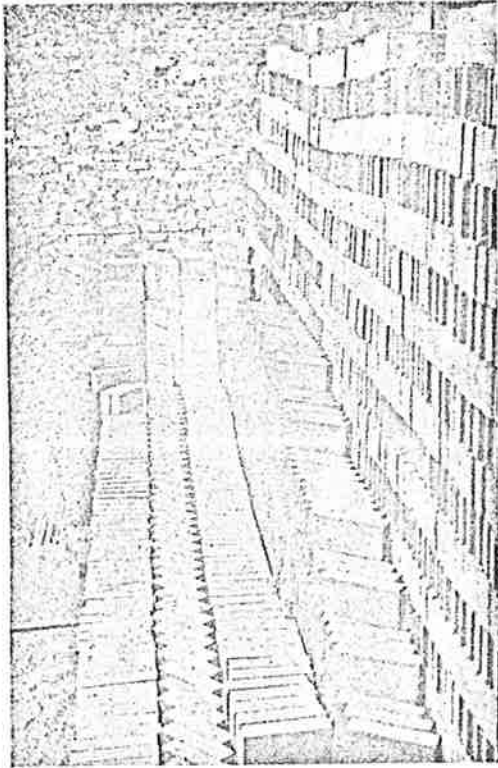
Het produkt uit deze veldovens is van een uiteenlopende hardheid en vaak vervormd. De buitenste lagen zijn meestal slecht doorbakken, terwijl de bovenlagen vaak onder regenval geleden hadden. Wel bezat het produkt schitterende kleurschakeringen. Het proces was vrijwel onbeheerst.



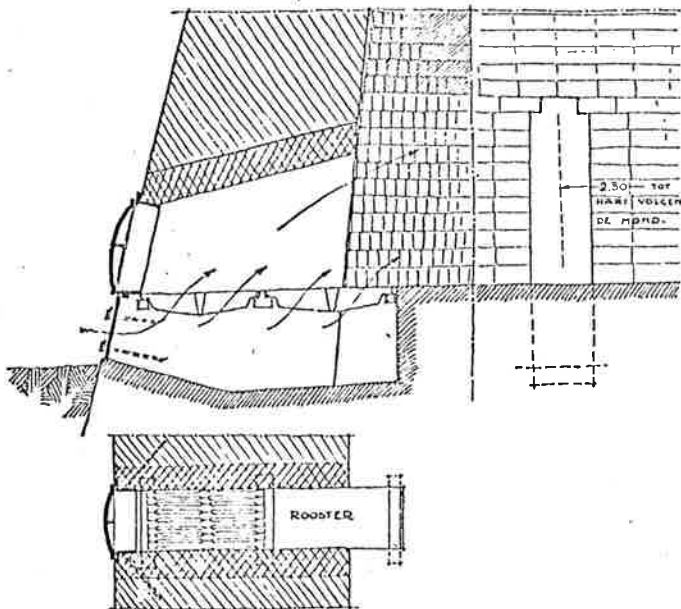
Afb. 5-2 : Het afbreken van een veldoven.

De veldbrandtechnologie wordt ook tegenwoordig (zelfs in onze groep) nog op beperkte schaal toegepast. Meestal worden dan stenen gefabriceerd uit klei waarin al uitbrandbare stoffen zitten of waaraan brandstof (meestal cokes) is toegevoegd. Het proces is redelijk beheersbaar, doch geeft echter wel een hoger uitvalpercentage dan bij moderne ovens. Voor ontwikkelingslanden is het echter uitstekend toepasbaar. Naast het voordeel van geen investeringskosten moet ook nog de grote flexibiliteit worden genoemd.

Om het warmteverlies door de zijwanden te verminderen en de kwaliteit van het gebakken produkt te verbeteren ontstond de z.g. "waaloven". Dit is een niet meer verplaatsbare oven. Tussen twee, soms drie, permanente, dikke, isolerende, stenen wanden met stookmonden, werden de vormelingen op ongeveer dezelfde wijze opgetast als vermeld bij de veldoven. Het grote verschil met de veldoven is, dat bij de waaloven de brandstof niet in aanraking komt met de te bakken stenen. De brandstof werd namelijk verbrand op roosterstaven in de stookmonden (zie Afb. 5-4).



Afb. 5-3 : De zetwijze van de vormelingen bij de "waaloven".

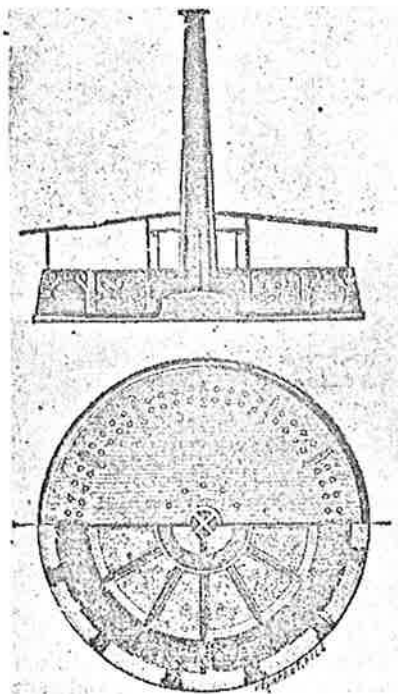


Afb. 5-4 : De stookmonden met de roosters.

De door het rooster en de brandstof (meestal kolen) heen stromende lucht werd tot hoge temperatuur verwarmd. De opgewarmde lucht moest op haar beurt weer de te bakken stenen verwarmen. Ondanks alle verbeteringen had ook de waaloven nog een groot percentage kwalitatief slechte stenen.

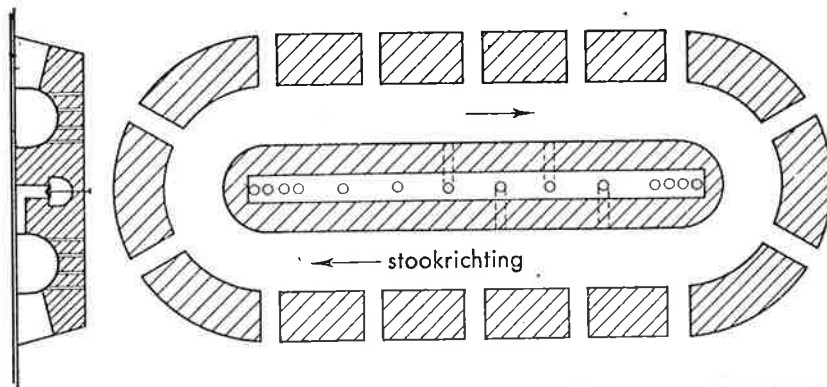
5.2. DE RINGOVEN

Door het hoge brandstofgebruik van de veldovens en de slecht beheersbare kwaliteit werd naarstig gezocht naar een rationeler bakproces. Een grote sprong vooruit werd gemaakt met de invoering van de ringoven. De ringoven, ook wel Hoffmann-oven genoemd naar de Duitse octrooihouder Hoffmann (1858), had oorspronkelijk de ringvorm (zie Afb. 5-5).

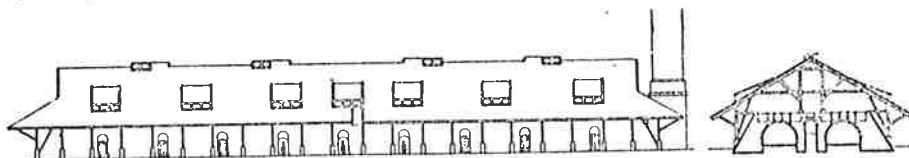


Afb. 5-5 : De oude ringoven.

Nog steeds zijn er ovens volgens hetzelfde principe in gebruik. Deze ovens hebben echter geen zuivere ringvorm meer doch een plat-ovale ("schalm"-) vorm (zie Afb. 5-6).



Afb. 5-6 : De "moderne" ringoven.



Afb. 5-7 : De overkapping van een ringoven.

De eindloze, min of meer ringvormige tunnel is afgedekt met een booggewelf en verdeeld in 16 à 20 vakken of kamers. Ieder vak heeft een poort voor het in- en uitrijden van de stenen en kan m.b.v. een ventiel worden verbonden met een centraal rookgaskanaal.

Bij het bedrijven van de ovens zijn alle kamers op 2 naast elkaar gelegen (= werkzone) na, gevuld met stenen. Eén ervan wordt gevuld met vormelingen, terwijl in de andere de gebakken stenen worden uitgereden. De eigenlijke stookzone (circa 7 à 8 kamers) op de ovens is ongeveer gelegen tegenover de werkzone.

Elke ingezette kamer wordt afgeplakt met behulp van speciaal papier, dat bij hogere temperatuur vanzelf verbrandt. Wordt nu zo'n afgeplakte kamer met behulp van een ventiel, ook wel klok genoemd, verbonden met het centraal rookgaskanaal dan ontstaat in de kamer een lichte onderdruk (circa 0,8 mbar).

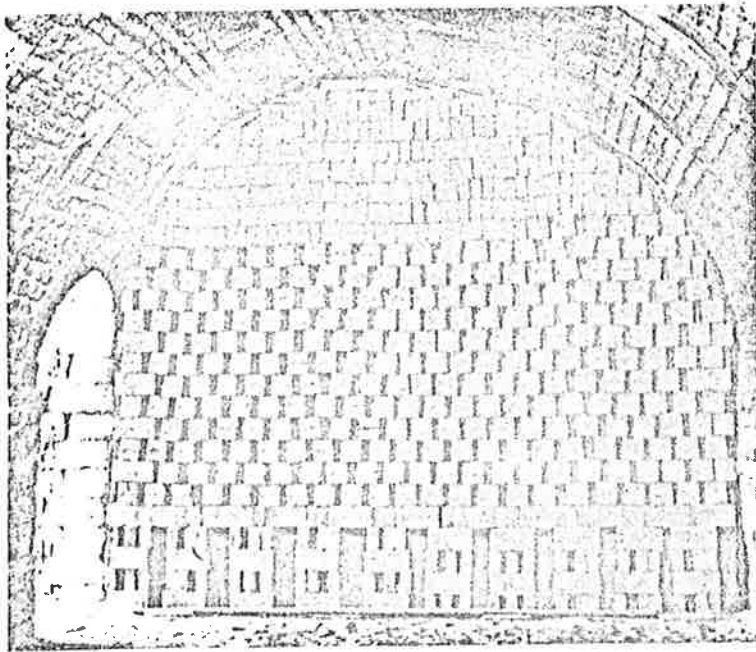
Door de onderdruk wordt een lucht-rookgasstroom in de oven onderhouden. Frisse lucht treedt toe in de werkkamer, waar de gebakken stenen worden uitgereden, koelt de reeds gebakken produkten en neemt hiervan, overeenkomstig een gelijkstroom-warmtewisselaar, warmte op. De vóórgewarmde lucht bereikt de eigenlijke stookzone en dient daar, als verbrandingslucht en warmte-overdrachtmedium. In de stookzone wordt (door de z.g. stookpotten) brandstof in de oven gebracht. Hiermee wordt zolang doorgegaan tot de bakstenen de gewenste kwaliteit (= bakkrimp) hebben verkregen.

Door de passerende, hete rookgassen is de kamer vóór de stookzone zover in temperatuur gestegen, dat daar met de brandstoftoevoer kan worden begonnen. De hete rookgassen uit de stookzone verwarmen, op hun weg naar de kamers met de geopende ventielen, de nog niet gebakken vormelingen. Door de geopende ventielen en het rookgaskanaal verdwijnen de rookgassen naar de schoorsteen.

De temperatuur van de rookgassen in de geopende ventielen loopt geleidelijk op, doordat de stookzone zich in die richting verplaatst. Zodra de gewenste temperatuur is bereikt, wordt het ventiel van een (rookgas) stroomafwaarts gelegen kamer geopend en wordt de vorige gesloten. Op die manier schuiven de opwarm-, stook-, koel- en werkzone telkens (om de circa 12 uur) op. Het gehele proces verplaatst zich dus geleidelijk met de richting van de lucht- en rookgasstroom mee.

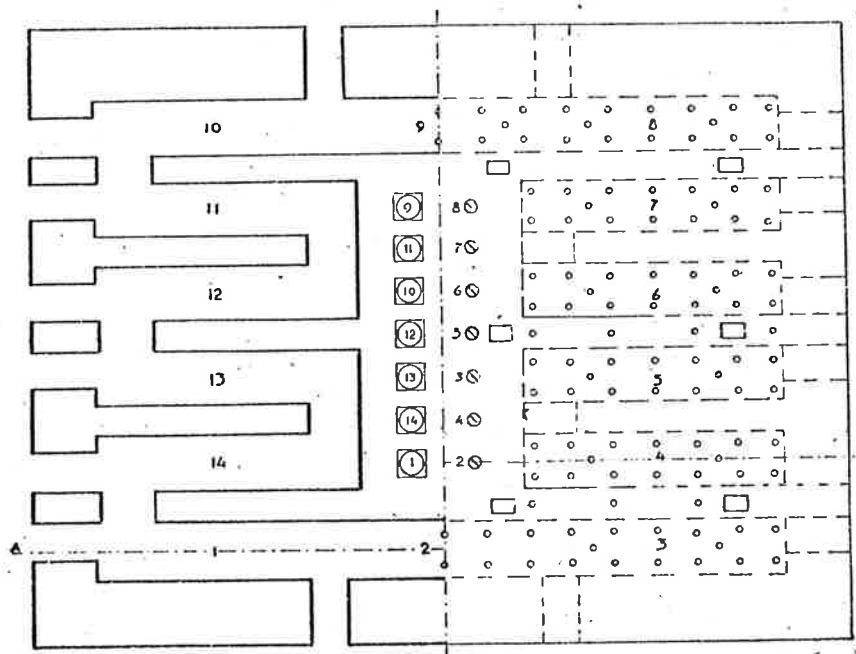
Het spreekt vanzelf dat de halffabrikaten, die in de ringoven worden gezet zeer "luchtig" moeten zijn gestapeld. Voorbeelden van deze zetwijze in bladen geven de Afb. 5-8 en Afb. 6-1.

Traditioneel worden de ringovens met kolen gestookt. Onder de stookpotten (gaten voor de brandstoftoevoer) worden de vormelingen roostervormig opgestapeld. Daar deze stookwijze thans ook nog wel wordt toegepast, is dit beschreven onder paragraaf 6.1. Naar deze paragraaf wordt dan ook verder verwezen. Later zijn ringovens ook wel gestookt met stookolie en aardgas. Hiervoor werden telkens stookruimten tussen blokvormige inzetwijzen uitgespaard.



Afb. 5-8 : Een voorbeeld van een zetwijze bij een ringoven.

In de loop van de tijd zijn vanuit het principe van de ringoven een aantal oven-varianten ontstaan. De voornaamste 2 hiervan zijn de zig-zag- en vlamoven.



Afb. 5-9 : Een doorsnede van een zig-zag-oven.

De zig-zag-oven kan beschouwd worden als een ringoven waarbij de stookkamers dwars op de lengte-as van de oven zijn gebouwd (zie Afb. 5-9). De stookkamers zijn afwisselend voor of achter in de kamer met de volgende verbonden.

De lucht- en rookgasstroom moet een soort zig-zag weg door de oven afleggen, voordat het rookgas-ventiel wordt bereikt.

5.3. DE VLAMOVEN

De ovenvariant met de meeste verbreiding in de Nederlandse straatsteen- en baksteenindustrie is de zogenaamde vlamoven. Soms wordt de vlamoven ook nog wel "kamerringoven met overslaande vlam" genoemd.

Voor de beschrijving van de vlamoven wordt verwezen naar hoofdstuk 4. De daarin behandelde vlamoven is een moderne met aardgas gestookte.

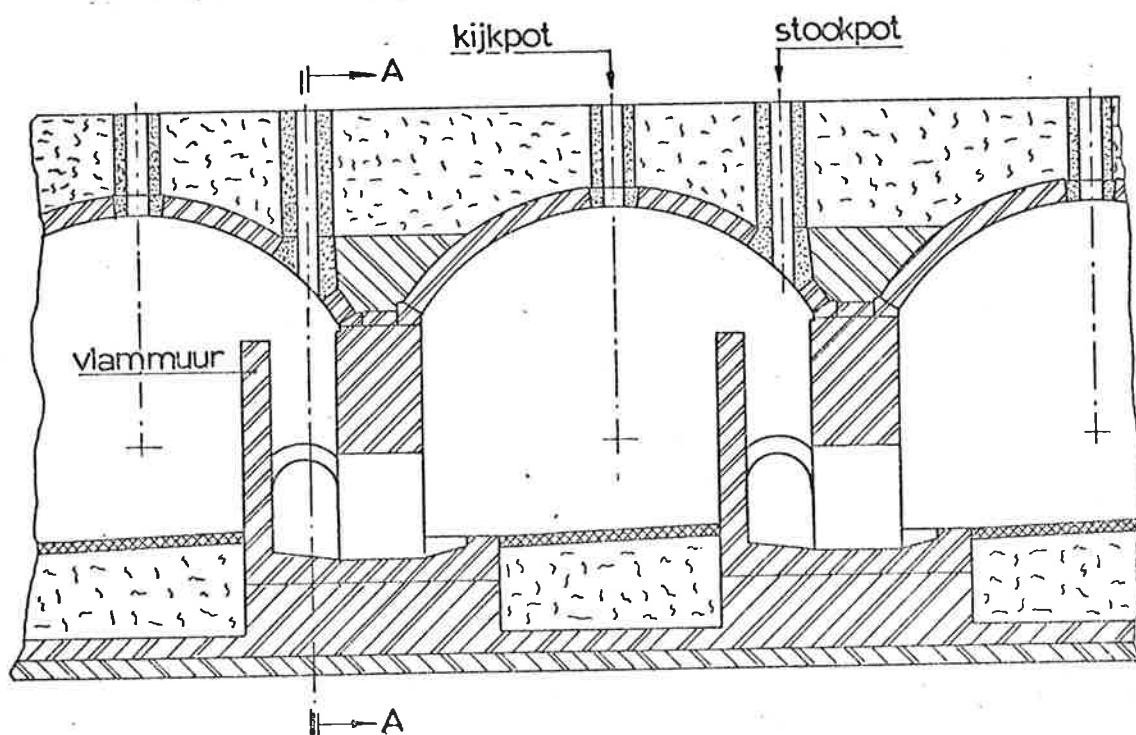
De eerste vlamovens werden echter gestookt met nootjes-kolen. Hiervoor waren vlammuren en vuurvaste stenen, roosterplaten in de stookruimte van iedere kamer opgenomen. Afb. 5-10 geeft een voorbeeld van een mogelijke opbouw.

De kolen door de stookpot gedoseerd, vallen eerst op de bovenste roosterplaats. Een gedeelte blijft hierop liggen, doch een ander deel valt op de onderliggende roosters, en zelfs op de vloer.

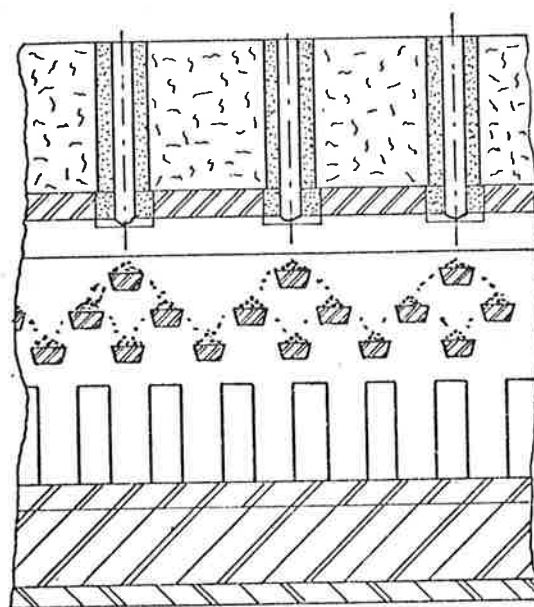
De brandende kolen, op de roosterplaatsen, verwarmen de er overheen strijkende verbrandingslucht/rookgassen uit de vorige kamer. Dit rookgas/luchtmengsel draagt op haar beurt de warmte over aan de inzet.

De asresten, die na de verbranding overblijven moeten na het leegmaken van de ovenkamer worden verwijderd. Hiervoor zitten kleine openingen onder in de vlammuur.

Een ander voorbeeld van een stookruimte-opbouw bij een vlamoven wordt gegeven in Afb. 5-11, welke is overgenomen uit de octrooi-nummer 45575 van Waalsteenfabriek, Windesheim uit Zwolle (april 1939).

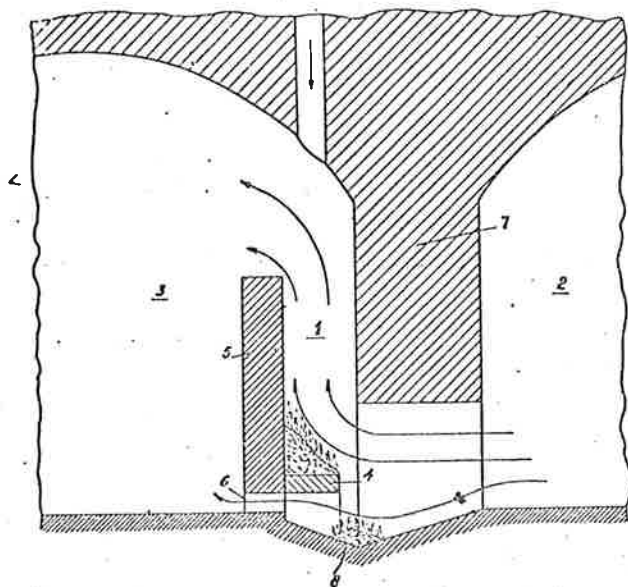


dwarsdoorsnede vlamovenkamers



langsdoorsnede vlamovenkamer A-A'

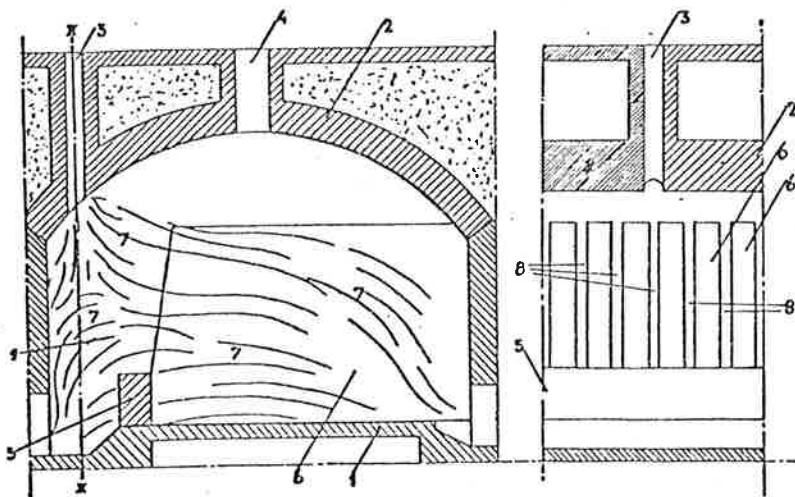
Afb. 5-10 : De vlamoven voor het stoken met grove kolen.



Afb. 5-11 : Een vlam-
oven met vlammuur en
stookplaats.

Na de invoering van stookapparaten werd overschakeld op fijnkolen. Bij deze stookwijze kunnen de roosters geheel, en de vlamuren bijna geheel komen te vervallen.

Afb. 5-12, overgenomen uit octrooi-nummer 49949 (maart 1941), laat een vlamoverdoorsnede zien welke gestookt werd met fijnkool. De in dit octrooi voorgestelde korrelgrootte van "± 5-8 mm tot meelfijn toe" is zeker niet in overeenstemming met ons onderzoek (zie hoofdstuk 8). Ook de getekende banen van de kolenkorrels zijn geenszins reëel (zie ook hoofdstuk 8).

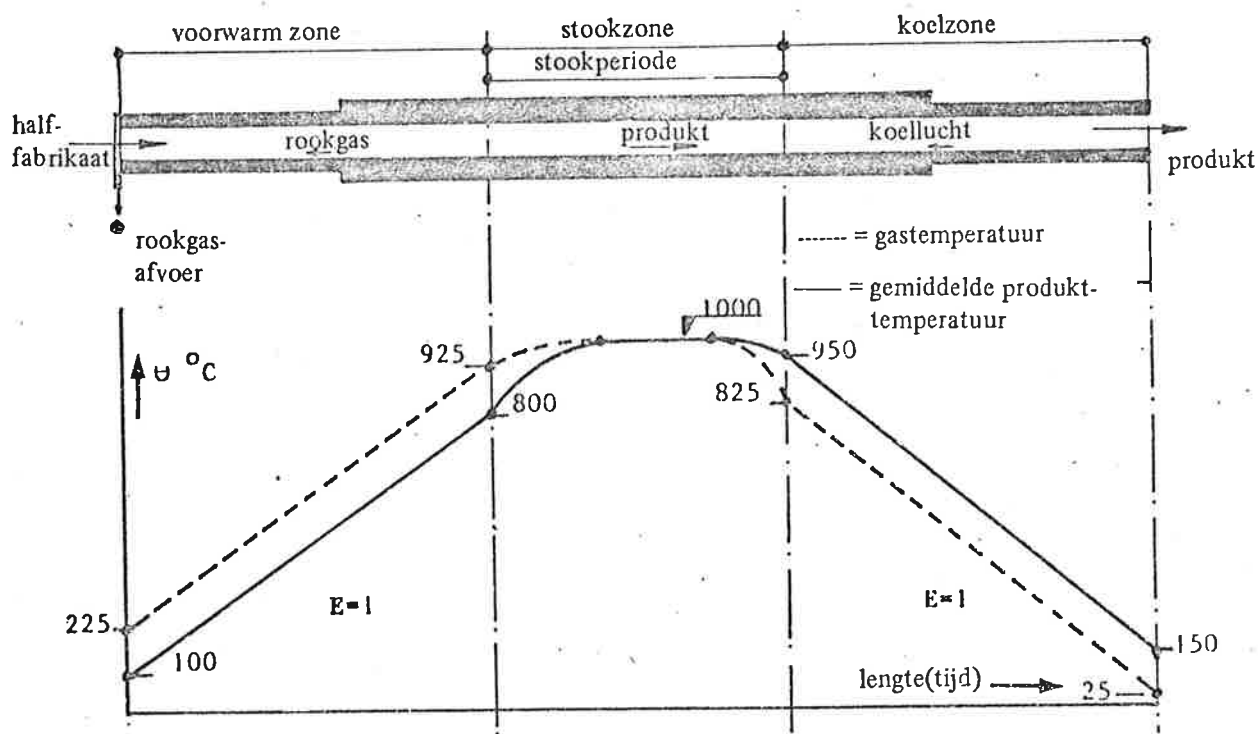


Afb. 5-12 : Een vlamovendoorsnede bij het stoken van fijnkool.

5.4. DE TUNNELOVEN

Reeds in de vorige eeuw werd een ander type continu-oven, de zogenaamde tunneloven, in de baksteenindustrie ingevoerd.

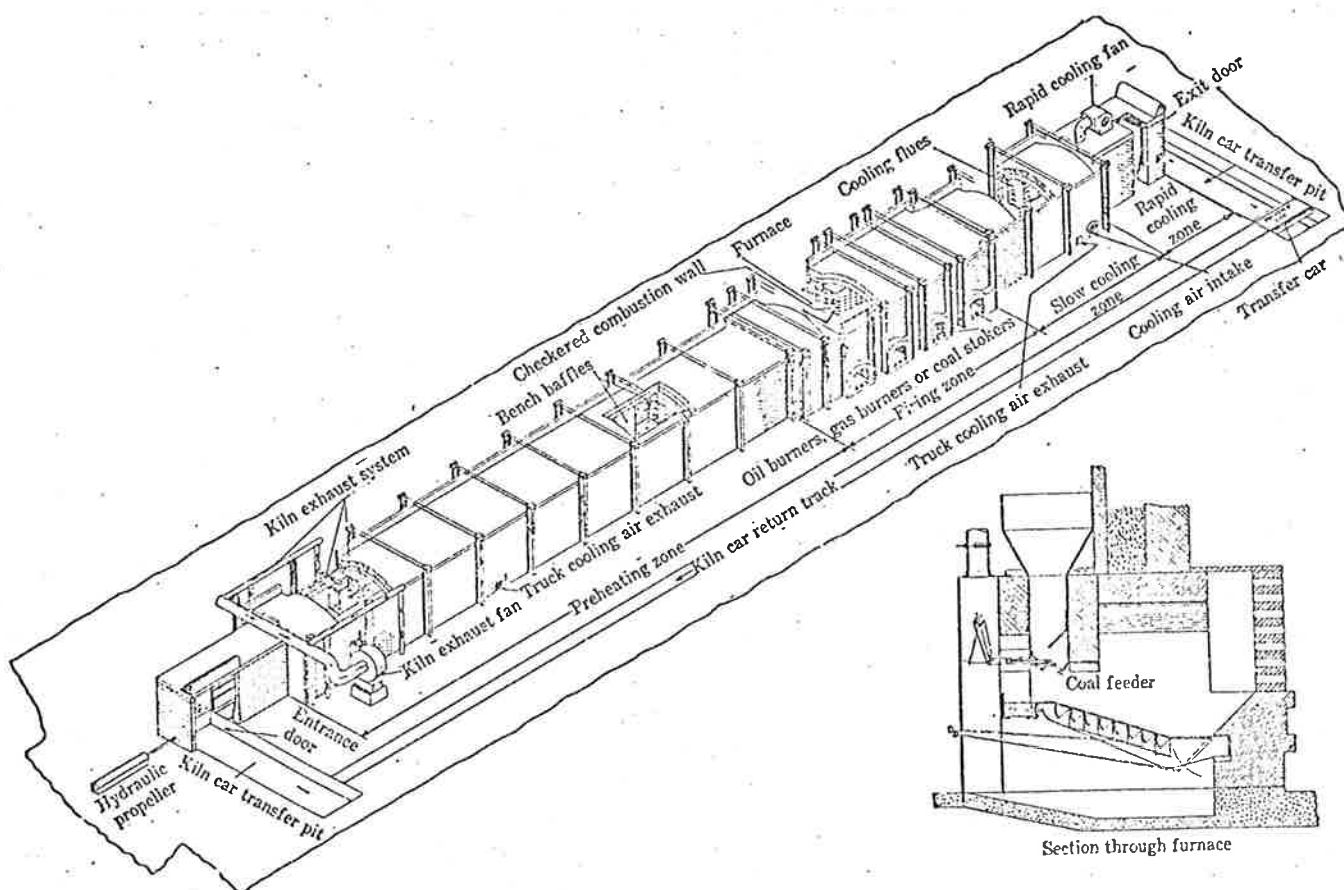
Afb. 5-13 geeft een schema van een tunneloven met het verloop van de temperatuur weer.



Afb. 5-13 : Een schema van een tunneloven.

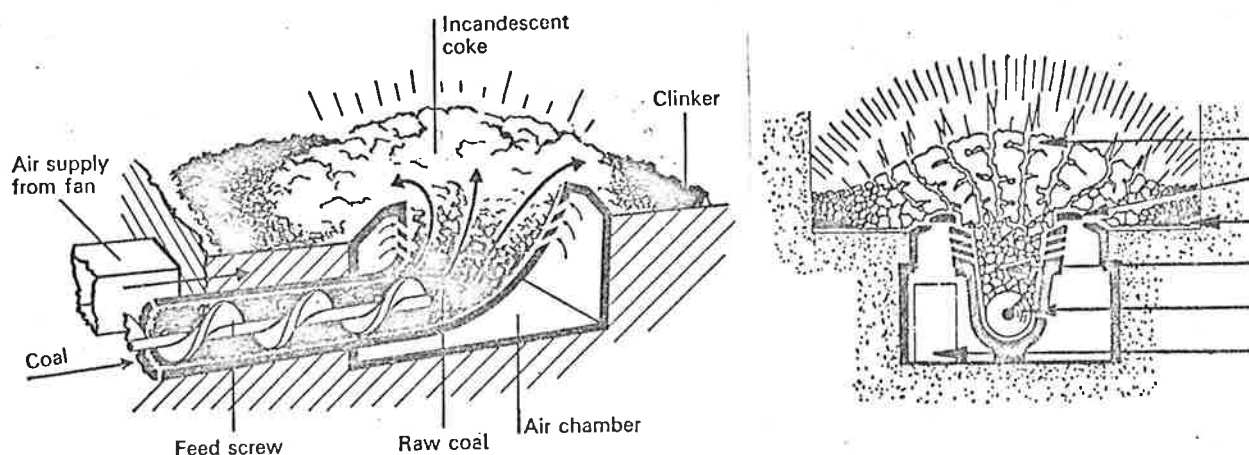
De te bakken produkten (= half fabrikaten) bewegen op de tunnel-ovenwagens in de afbeelding van links naar rechts, terwijl de koellucht rechts binnentreedt en links de oven verlaat. De stookzone blijft hierbij op een vaste plaats, in tegenstelling met de vlamoven, waarbij de lading zich tijdens het bakproces niet verplaatst. De totale cyclus-tijd van een tunneloven is circa 100 uur, terwijl deze bij een ring- en vlamoven circa 340 uur bedraagt. De aanhoud-tijd op toptemperatuur bij een ring- of vlamoven is 60-80 uur, terwijl deze voor een tunneloven maar 10 à 15 uur bedraagt. Om toch dezelfde kwaliteit van het te bakken produkt te verkrijgen, moet de afstooktemperatuur bij een tunneloven (circa 20 °C) hoger worden gekozen.

Het kleine verschil tussen de afstooktemperatuur (voor tunnelovens) en het verwekingspunt bij de grote-rivieren-kleien in Nederland is er oorzaak van, dat dit oventype slechts traag z'n intrede heeft gedaan in de Nederlandse grofkeramische industrie.



Afb. 5-14 : Een overzicht van een tunneloven gestookt met nootjes-kolen.

Ook de tunnelovens voor grofkeramiek werden vóór de tweede wereld-oorlog met nootjeskolen gestookt. Hiervoor waren naast de tunnel in de stookzone aparte verbrandingsruimten gecreëerd (zie Afb. 5-14). Zoals in Afb. 5-14 rechtsonder aangeeft, kon de verbranding plaats vinden op gietijzeren roosters. Ook werden vaak zogenaamde "onder-voeders" (zie Afb. 5-15 en 5-16) toegepast.



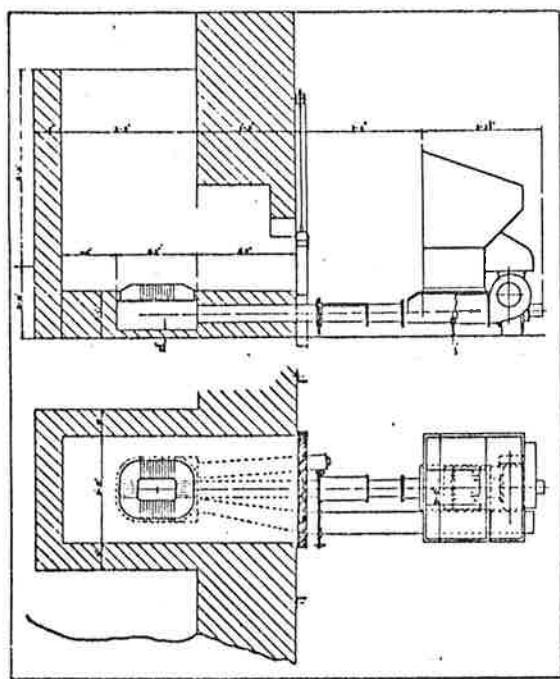
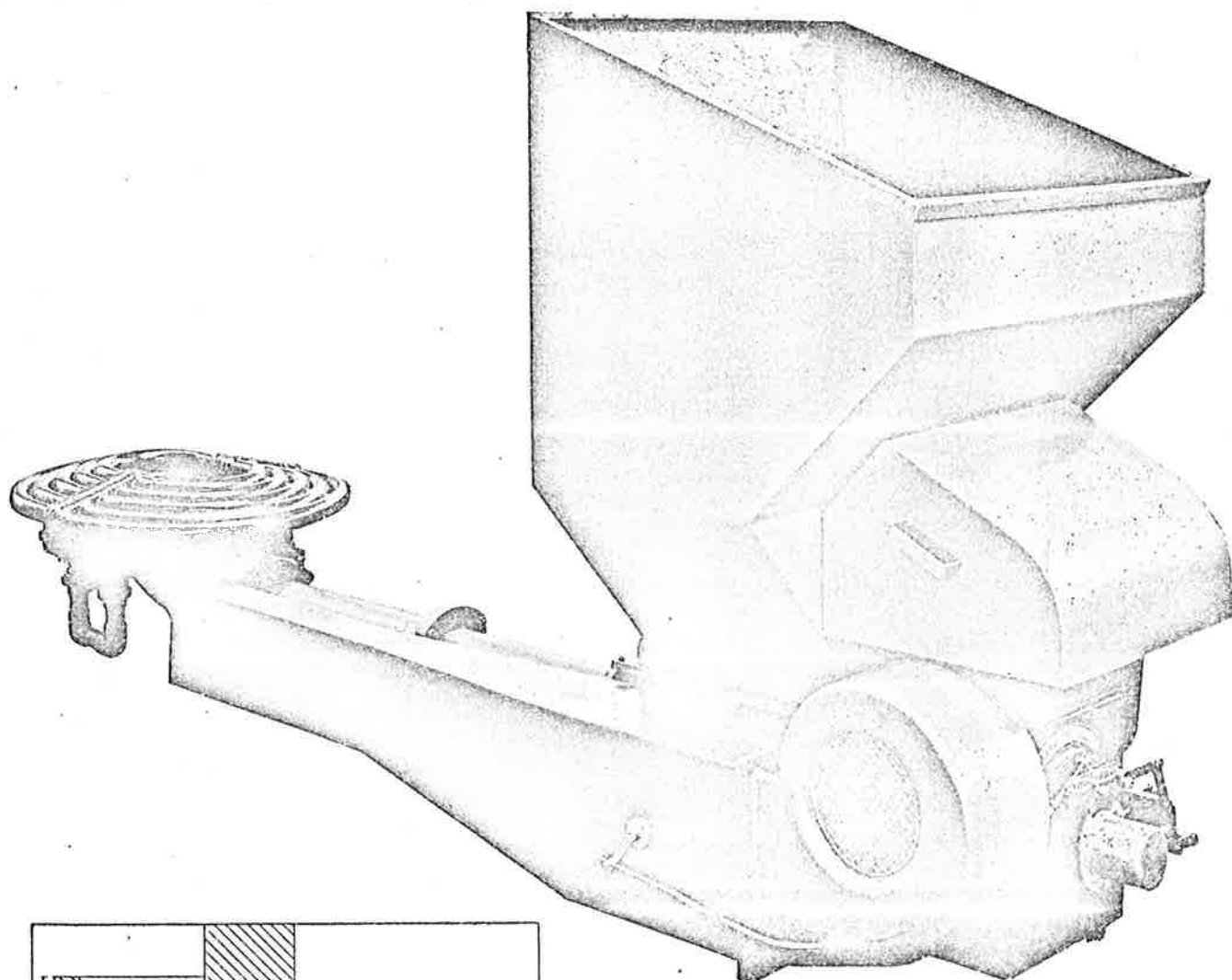
Afb. 5-15 : De verbranding van kolen, aangevoerd m.b.v. een ondervoeder.

Hierbij worden nootjeskolen door een schroef van onderen in een vuurhaard gestuwd, alwaar zij de reeds opgebrande kolen verdrijven.

Primaire verbrandingslucht werd via een kanalen-stelsel onderin de vuurhaard geblazen.

De opgewarmde omgevingslucht, die als primaire (door de kolen) of als secondaire (over de kolen) verbrandingslucht heeft gediend, moest op haar beurt de op de ovenwagens gestapelde stenen verwarmen.

Dit systeem is "opwarmtechnisch" doch ook "koeltechnisch" veel slechter dan het modernestookstelsel, waarbij kleine gas-, olie- of fijnkoolbranders tussen de lading in hun warmte afgeven. De branders hoeven enkel een klein temperatuurverschil bij te stoken, terwijl bijna alle lucht als koellucht toetreedt op de plaats waar de wagens de tunneloven verlaten, zodat ook het koel-effect groter is.



Afb. 5-16 : De zogenaamde ondervoeder.

5.5. De literatuurlijst

- 5-1 Berne, W.A. van; Ein Vergleich bezüglich Ringofen, tunnelofen und Kammeringofen mit überschlagender Flamme.
- 5-2 Weijde, F.; Van klei tot baksteen; 3^e druk; uitgegeven onder auspiciën en met medewerking van de vereniging "De Nederlandse Baksteenindustrie".
- 5-3 Thissen, ir. P.C.; De wordingsgeschiedenis van het produkt metselbaksteen.
- 5-4 Tijdschrift "klei", diverse jaartallen.
- 5-5 Rice, W.E.; The use of fuels in tunnel kilns; the clay-worker, juli 1928.
- 5-6 Welter, J.; Advice on brick and tile kilns and their burning; the Britisch clay-worker, juli 1932.

6. DE BESTAANDE KOLENSTOOKSYSTEMEN VOOR KERAMISCHE OVENS

6.0. De inleiding

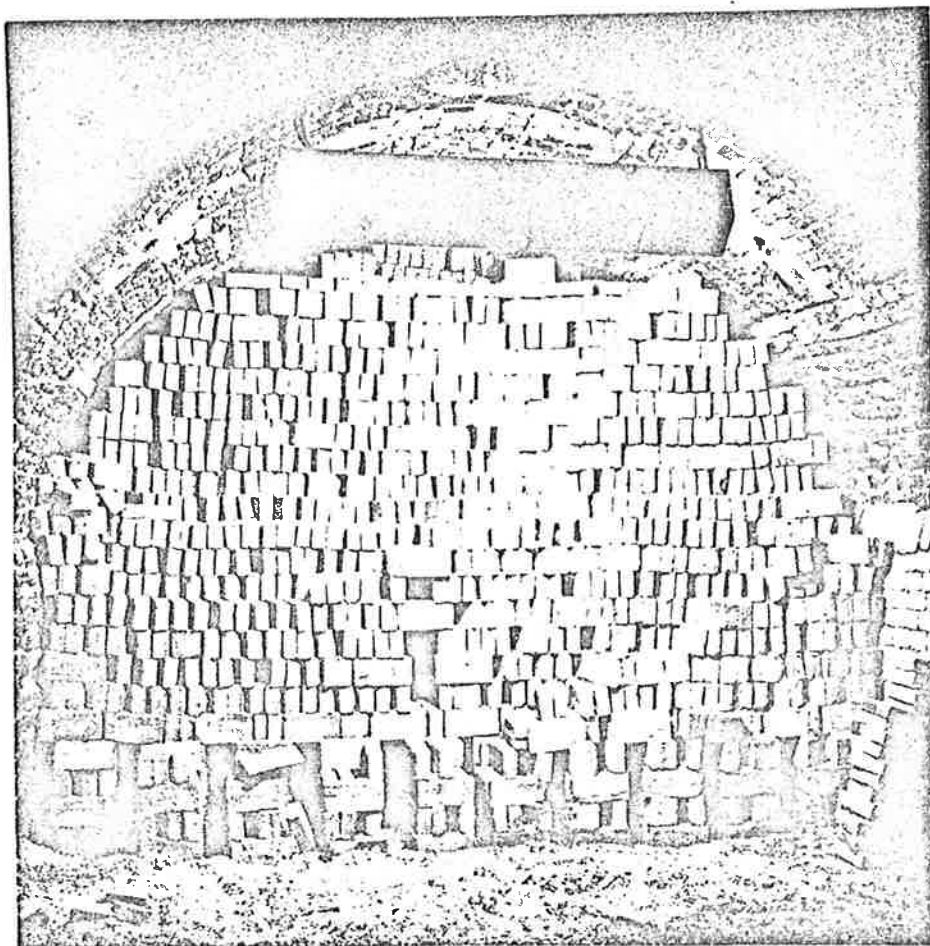
Hoewel ook andere indelingen voor kolenstooksystemen denkbaar zijn, wordt in dit hoofdstuk gekozen voor een indeling naar stuk- of korrelgrootte van de in de oven te doseren kolen.

Onderscheid wordt gemaakt in :

1. Kolenstooksystemen voor grove kolen. In dit hoofdstuk worden de systemen besproken, die werken met nootjes 5 (stukgrootte 10-18 mm), nootjes 4 (stukgrootte 6-10 mm) en fijnkolen, vermengd met minimaal 10 massaprocenten nootjes 4.
2. Kolenstooksystemen, waarbij fijnkolen in de oven worden gedoseerd. De term "fijnkolen" heeft betrekking op kolen met een korrelgrootte tussen 0 en 6 mm. Bij de meeste fijnkolen, die verstoekt worden in keramische ovens, ligt de korrelgrootte op: 100% kleiner dan 3 à 4 mm met zelfs circa 70 à 95 massaprocenten kleiner dan 1 mm.
3. Kolenstooksystemen, waarbij poederkool in de oven wordt geblazen. De korrelgrootte van de poederkool is kleiner dan 200 μm . De fractie kleiner dan 75 μm bedraagt meestal 60 à 90%.

6.1. De kolenstooksystemen, waarbij grove kolen in de oven worden gedoseerd.

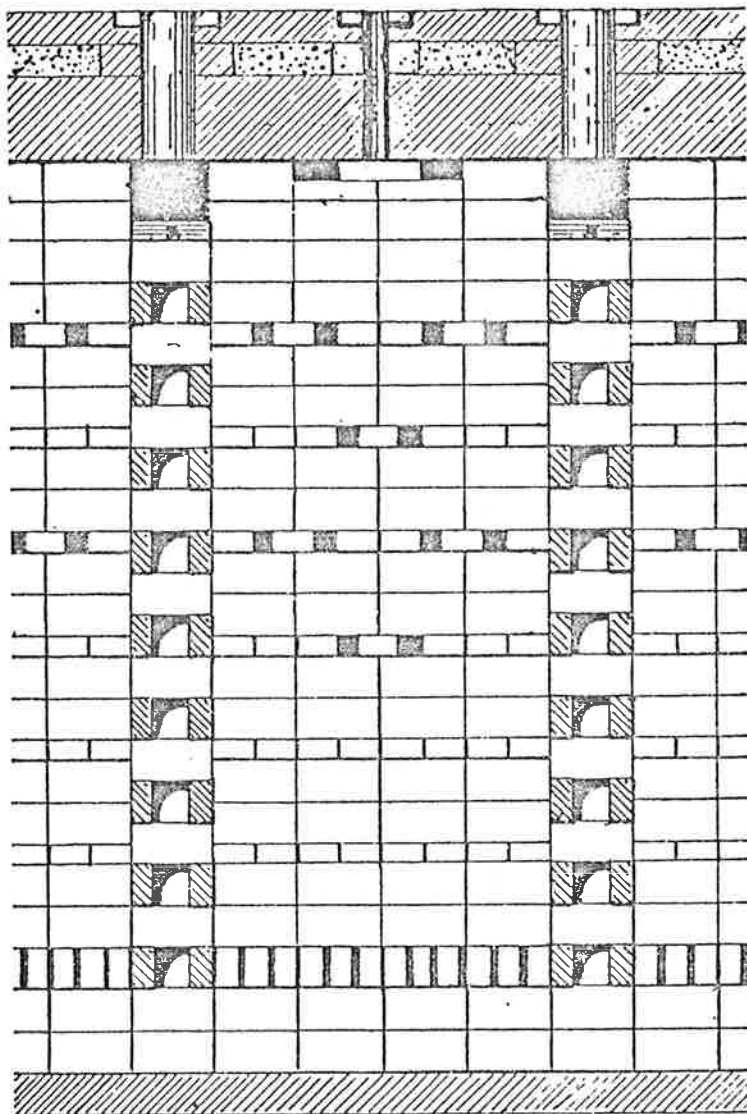
Dit is de oudste van de 3 systemen. Hoewel ook vroeger voor andere oventypen in gebruik (zie hoofdstuk 5), wordt dit systeem eigenlijk alleen nog toegepast op traditionele ringovens. Bij dit kolenstook-systeem is de zetwijze van de droge vormelingen in "open" pakketten zeer belangrijk. Er moet er namelijk voor gezorgd worden, dat er voldoende doorstromingsmogelijkheden bestaan voor luchttoevoer en voor de ontwikkelde rookgassen. Een voorbeeld van zo'n zetwijze wordt in Afb. 6-1 gegeven.



Afb. 6-1 : Voorbeeld van een inzet in een ringoven na het bakken.

Onder de stookpot, dit is het gat in het ovengewelf voor de brandstoftoevoer, worden de vormelingen roostervormig op elkaar gestapeld. Afb. 6-2 geeft een voorbeeld van een dergelijke opbouw. Er wordt ernaar gestreefd om de vloer en de laagste, roostervormig gestapelde stenen bij het begin van de stookperiode het eerst van kolen te voorzien. In een later stadium komen de hoger gelegen stenen aan de beurt, terwijl tenslotte de gehele stookschacht wordt dichtgelegd en de kolen op het pakket worden gestrooid, totdat het gehele pakket de benodigde bakkrimp heeft verkregen.

De hierboven beschreven stookwijze wordt in Nederland nog op een klein aantal ringovens toegepast. Er wordt hiermee een z.g. gesinteld produkt verkregen, dat tegenwoordig weer erg in trek is.



Afb. 6-2 : Roostervormige stapelwijze onder de stookpot van een ringoven (Langsdoorsnede).

Ook veel toegepast wordt een stookwijze, waarbij het hoofdvuur in stand wordt gehouden door aardgas, doch aan het einde van het stookproces (soms ook aan het begin) met kolen wordt gestookt. Door deze stookwijze wordt met minder moeite een produkt verkregen, dat veel lijkt op de originele gesintelde stenen. Deze laatste stookwijze wordt naast ringovens ook wel toegepast in zig-zag-, vlam- en tunnelovens.

Voor het doseren van grove kolen bestaan 2 mogelijkheden :

- Met de hand in de oven strooien van kolen. Dit gebeurt opgezette tijden in betrekkelijk grote hoeveelheden.
- Met een stookapparaat mechanisch doseren van kolen, soms geautomatiseerd in samenwerking met een temperatuursregeling.



Afb. 6-3 : Het met de hand stoken.

Indien uitsluitend met kolen wordt gestookt, heeft het met de hand doseren t.o.v. de automatische stookapparaten verschillende nadelen:

1. Het is zeer arbeidsintensief

De stoker wordt zwaar belast. Bij grote ovens is hulp vereist, wat resulteert in hoge loonkosten.

2. De wisselende ovenatmosfeer

Nadat de kolen zijn gedoseerd, wordt de atmosfeer in de oven gedurende lange tijd reducerend. Deze atmosfeer wordt geleidelijk weer oxiderend.

Met mechanische stookapparaten kan de dosering veel meer gespreid plaats vinden en treedt die sterk reducerende atmosfeer hoogstens plaatselijk op.

De reducerende atmosfeer kan al of niet gewilde verkleuringen op het produkt veroorzaken. Attraktieve verkleuringen kunnen bij bepaalde soorten metselbaksteen gewenst zijn en worden derhalve met opzet veroorzaakt.

3. Een relatief hoger brandstofgebruik

Het duidelijk sterk roken van een schoorsteen is een indicatie voor reducerend stoken. Het kan echter duiden op verspilling van brandstof. En het is luchtverontreiniging!

Immers bij reducerend stoken ontwijken onverbrande gassen uit de schoorsteen.

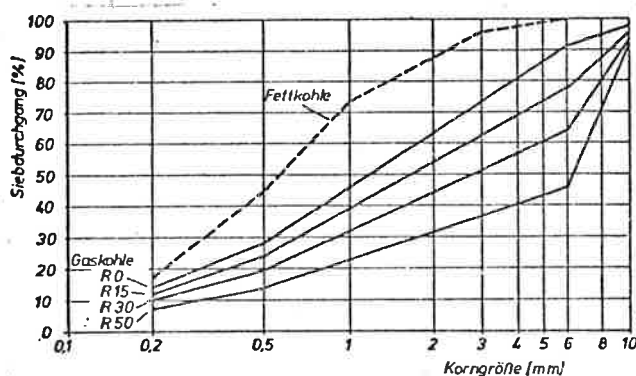
Verder kan, doordat er relatief veel kolen ineens gedoseerd worden, een gedeelte van de kolen niet meer verbranden.

De as, die ontstaan is bij de verbranding van de bovenliggende kolen, sluit de zuurstoftoevoer af voor de onderliggende kolen.

Hierdoor zal een gedeelte van de kolen onverbrand overblijven.

In het algemeen komen praktisch alle gasvlam-, gas- en vetkolen voor het stoken in ovens voor de grofkeramiek in aanmerking. Bij het stoken met de kolenschop (hand) zijn de nootjes 4 en 5 het meest geschikt, terwijl een groot percentage aan fijnkool is af te raden. Een hoog percentage vluchtige bestanddelen in de kolen moet eveneens bij het doseren met de hand worden vermeden (bij de optredende reducerende atmosfeer ontwijken immers onverbrande gassen uit de schoorsteen!).

Hoewel alle in de volgende paragrafen behandelde stookapparaten ook nootjes 4 en 5 kunnen doseren, worden meestal kolen met een groot percentage fijnkool gebruikt. Een hoog percentage vluchtig geniet bij deze doseringswijze de voorkeur.



Afb. 6-4 : De korrelverdeling van veel gebruikte kolen voor keramische ovens, bij gebruik van mechanische stookapparaten.

De Afb. 6-4 geeft een aantal korrelverdelingen weer van speciaal kolen voor keramische ovens. Het percentage vluchtig voor de kolensoorten R₀, R₁₅, R₃₀ en R₅₀ ligt op circa 34%.

De mechanische kolenstookapparaten worden in de volgende paragrafen ingedeeld naar het doseringssysteem :

1. Stookapparaten met schuivende bodem
2. Stookapparaten met roterende bodem

6.1.1. De mechanische kolenstookapparaten met een schuivende bodem

Van het type kolenstookapparaat met schuivende bodem zijn 2 uitvoeringen bekend.

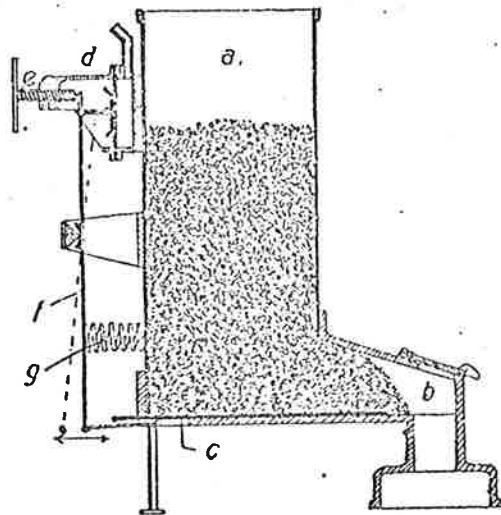
a. Het kolenstookapparaat van de Gebr. Klostermeyer

Hoewel er in de keramische industrie in West Duitsland nog veel van deze stookapparaten in gebruik zijn, wordt dit apparaat niet meer geproduceerd.

Volgens onze inlichtingen bestaat de firma Klostermeyer uit Osnabruck (West Duitsland) niet meer.

Zoals de principe tekening (Afb. 6-5) aangeeft, bestaat het apparaat uit een voorraadbak (a) met een schuivende bodem (c). Deze schuivende bodem wordt bewogen met behulp van de hefboom (f), de veer (g) en de balg (d).

Wordt aan de rechter zijde van de balg luchtdruk toegelaten, dan zal de balg naar links bewegen tot de hefboom (f) de afstelschroef (e) raakt. Met deze schroef kan het einde van de slag van het membraan worden ingesteld.

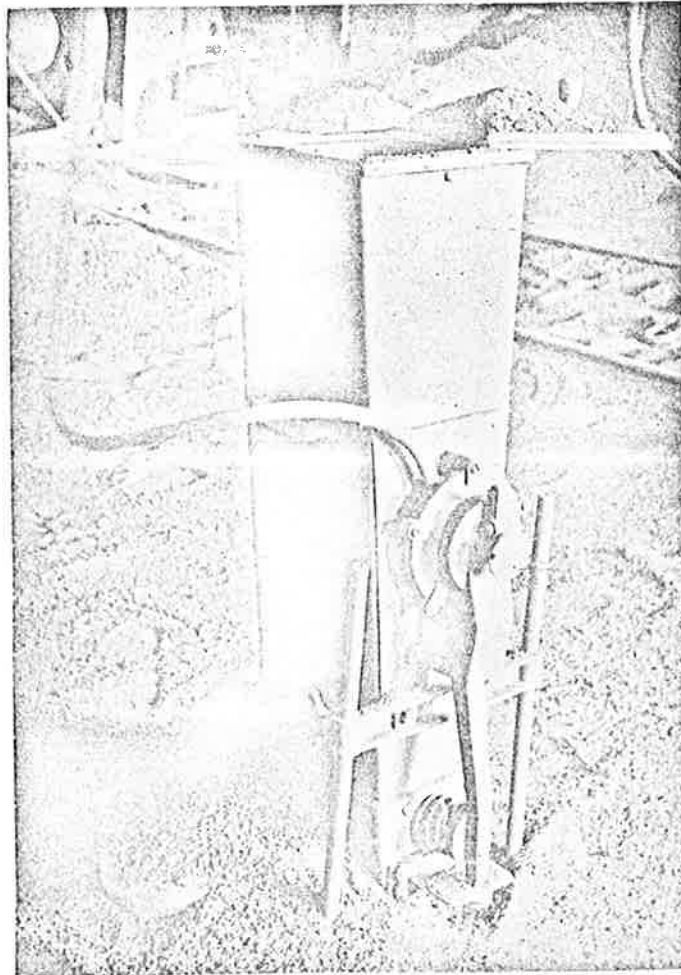


Afb. 6-5 : Het principe van het kolenstookapparaat van Klostermeyer.

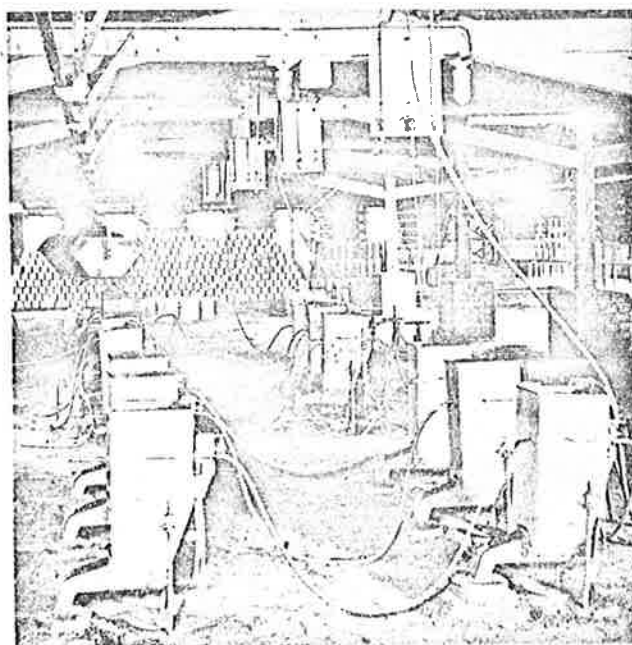
De beweging van de balg naar links resulteert in een beweging van de bodem naar rechts. Tijdens deze beweging voert deze bodem kolen mee in de richting van "b". Hierdoor zullen de voor de bodem uitgeduwde kolen in de stookpot, onder "b", vallen.

Wordt de druk rechts van het membraan verlaagd, of zelfs in een licht vacuum omgezet, dan zal de veer (g) de bodem middels de hefboom (f) naar links duwen. Het apparaat is nu klaar voor de volgende slag.

Het gehele apparaat is vervaardigd uit een aluminiumlegering, behalve de schuif, die van geëmailleerd staal is.



Afb. 6-6 : Het kolenstookapparaat van Klostermeyer.

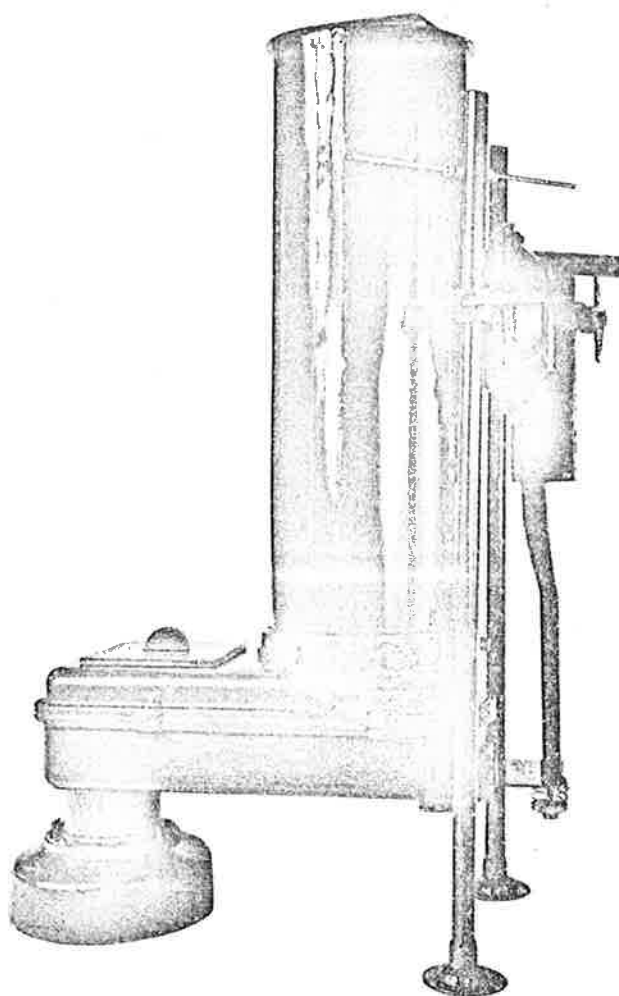


Afb. 6-7 : Opstelling van Klostermeyer-stookapparaten.

b. Het Bigwood-stookapparaat

Het principe van dit stookapparaat is hetzelfde als van het hiervoor beschreven stookapparaat van Klostermeyer. De constructieve uitvoering is op enige punten echter duidelijk anders.

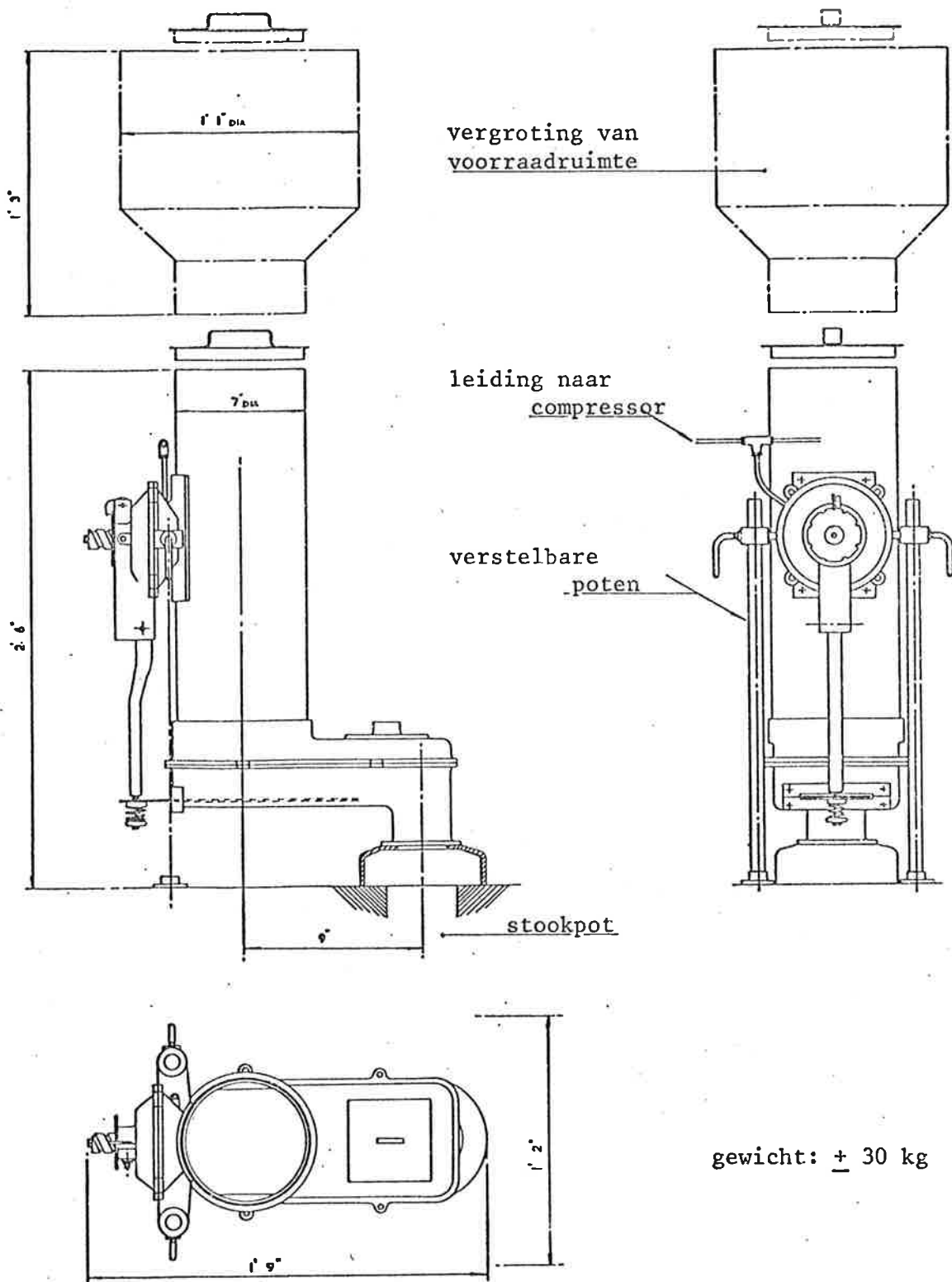
In het oog springend is de ronde doorsnede van de voorraadbak tegen de rechthoekige doorsnede bij het Klostermeyer-stookapparaat.



Afb. 6-8 :
Het Bigwood-stook-
apparaat.

Zoals Afb. 6-9 laat zien kan de voorraadbak door een extra opzetstuk worden vergroot.

Dit apparaat staat nog steeds op het leveringsprogramma van de firma J. Bigwood and Son Ltd. te Wolverhampton (G.B.).



Afb. 6-9 : Bigwood-stookapparaat.

6.1.2. De mechanische kolenstookapparaten met roterende bodem

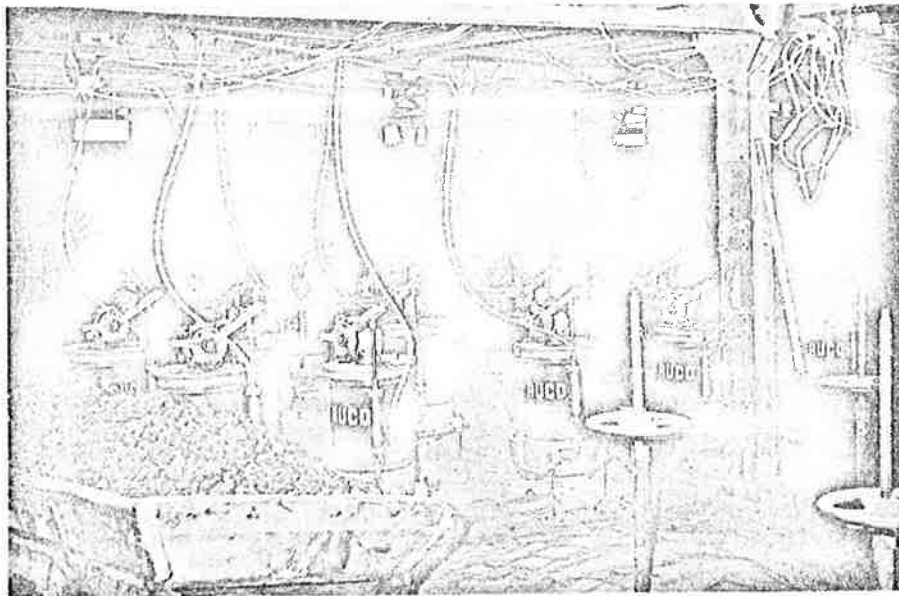
Van dit type kolenstookapparaat met een roterende bodem zijn meerdere uitvoeringen bekend, doch deze apparaten werken alle op ongeveer dezelfde wijze.

In een voorraadbak, van ronde doorsnede, roteert (intermitterend) de bodemschijf. Door middel van een vast opgestelde afschuiver worden kolen van deze roterende bodemschijf in de stookpot geschoven. De steeds onderbroken rotatie van de bodemas wordt via een haakse tandwiel-overbrenging verkregen via een palwiel. Dit palwiel wordt door een heen en weer gaande hefboom met pal periodiek doorgezet. De grootte van de hoekverdraaiing van het palwiel kan met behulp van speciale mechanismen worden ingesteld.

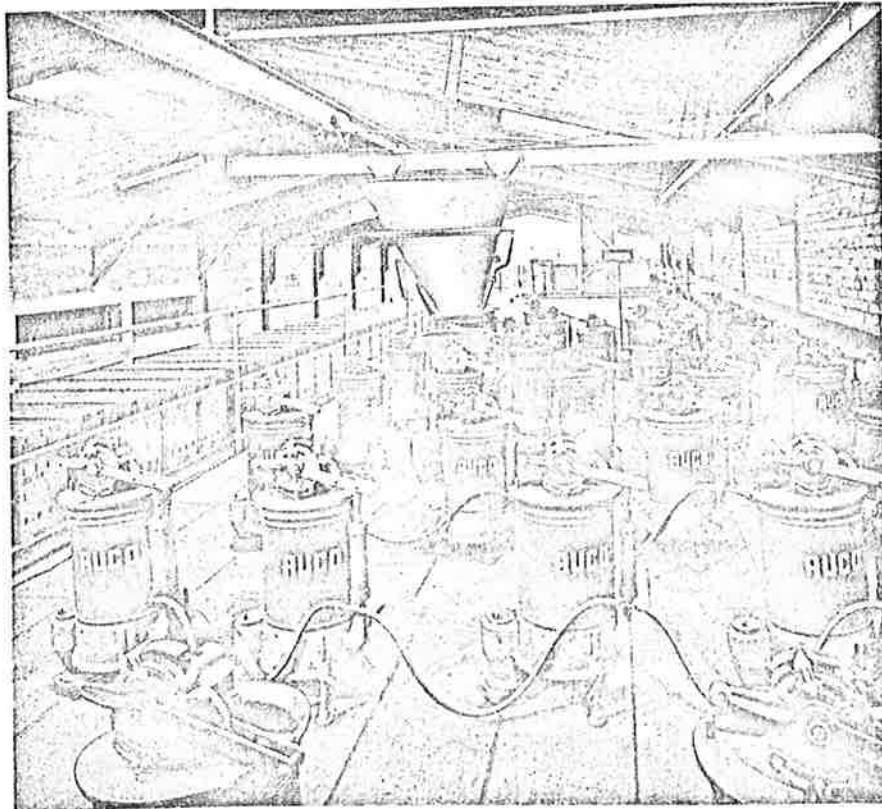
Uit de literatuur zijn ons de volgende stookapparaten bekend:

a. Het Aucostookapparaat

De firma Auco, die (vroeger) deze apparaten leverde, bestaat volgens onze inlichtingen niet meer.



Afb. 6-10 : Auco-stookapparaten op een ringoven.



Afb. 6-11 : Auco-stookapparaten op een tunneloven.

In tegenstelling tot de andere, hierna te behandelen, stookapparaten, wordt bij dit apparaat de bodemschijf van boven aangedreven.

De haakse tandwieloverbrenging en de pal en palwielcombinatie zijn boven op het apparaat gemonteerd. Een lange verticale as door de voorraadton drijft de bodemschijf aan.

De hefboom, waaraan de pal vastzit, wordt bewogen d.m.v. een enkelwerkende luchtcilinder. Een speciale compressor zorgt afwisselend voor druk en vacuüm in deze luchtcilinder. Hierdoor maakt de luchtcilinder een heen- en weer-gaande beweging. De afstelling van de slag van het palwiel vindt plaats door de pal met behulp van een verstelbare schijf uit het palwiel te drukken.

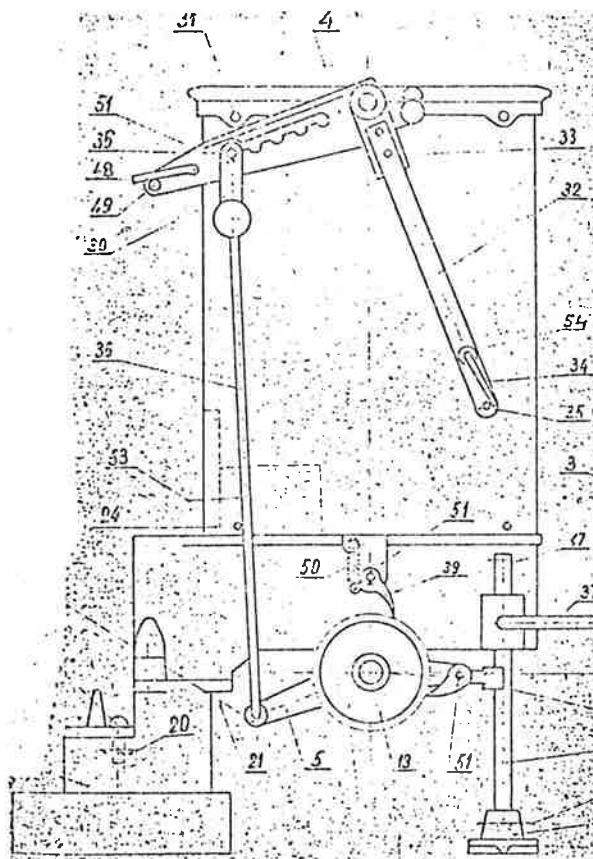
b. Het Dalit-stookapparaat

Hoewel niet meer in het huidige leveringsprogramma voorkomend, heeft de firma Dalit te Daruvar uit Joegoslavië vroeger wel een dergelijk stookapparaat geproduceerd. De uitvoering van dit apparaat is in Afb. 6-12 weer-gegeven.

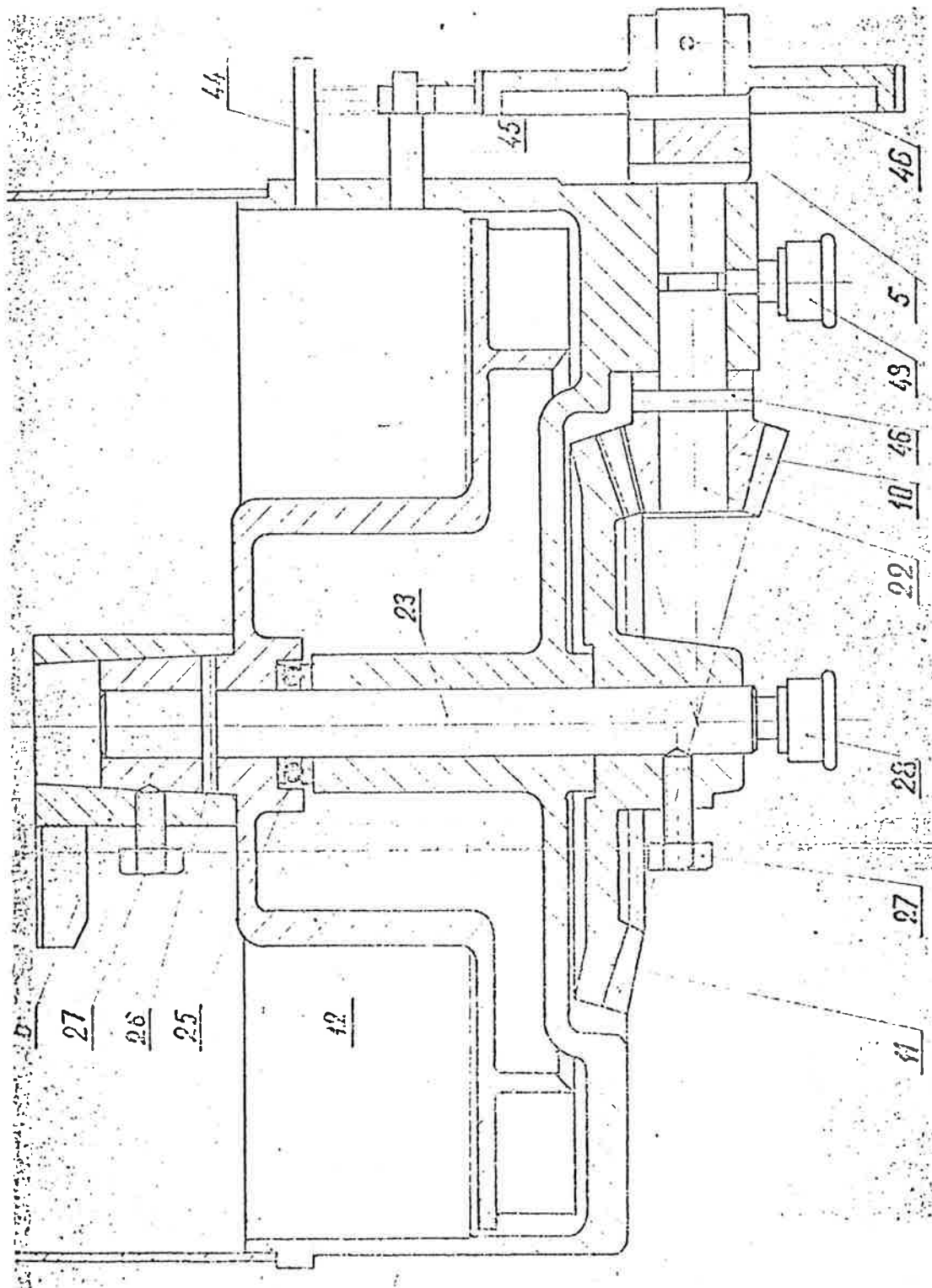
De aandrijving vindt geheel mechanisch plaats met behulp van hefboomen en trekstangen.

Door de hefboom (4) in lengte te variëren kan de slag van het palwiel (en dus de gedoseerde kolen-hoeveelheid) bij gelijk blijvende hoekverdraaiing van deze hefboom (4) worden gevarieerd.

De Afb. 6-13 laat de aandrijving van de bodem zien.



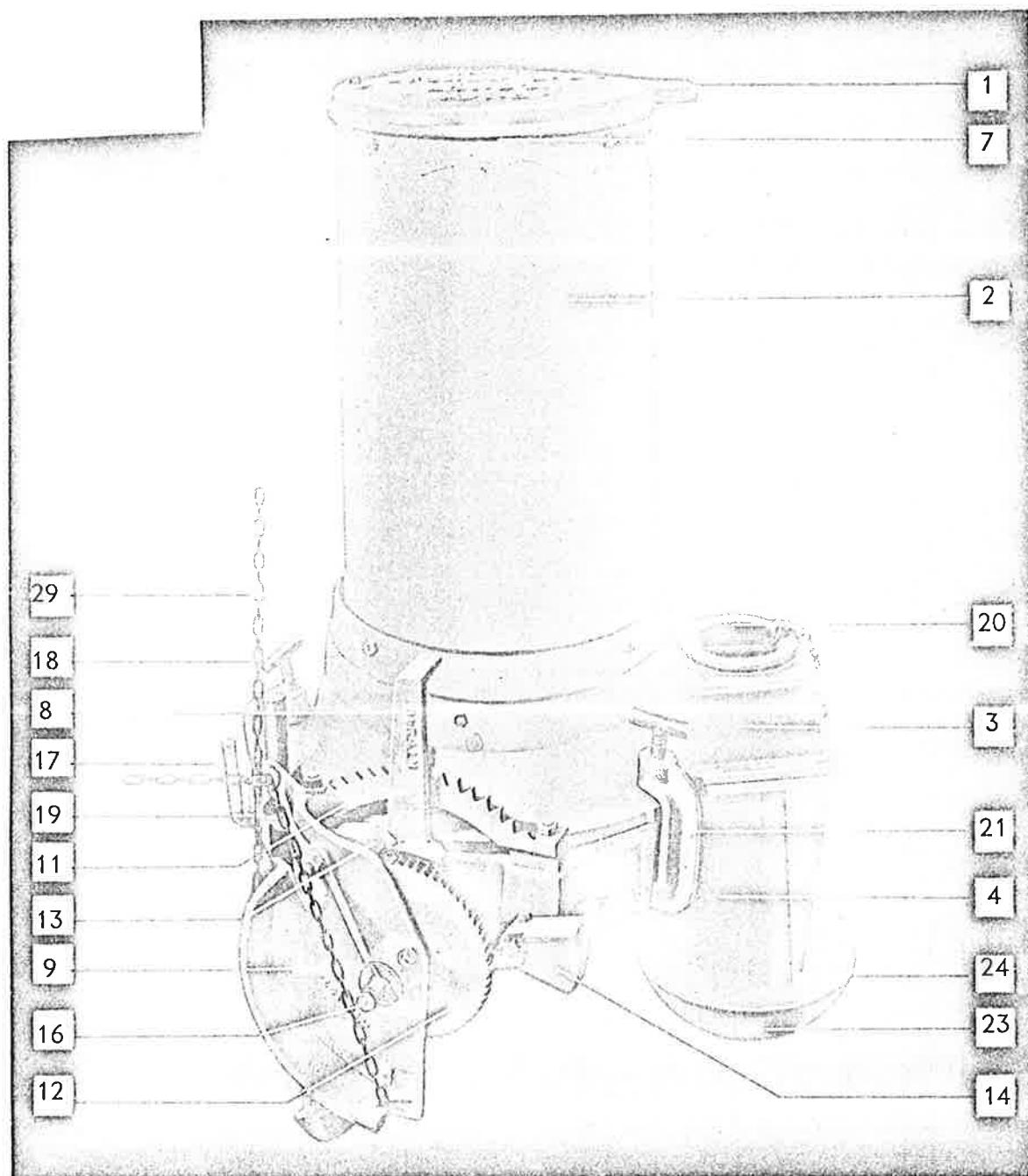
Afb. 6-12 : Dalit-stookapparaat.



Afb. 6-13 : Aandrijving bodem.

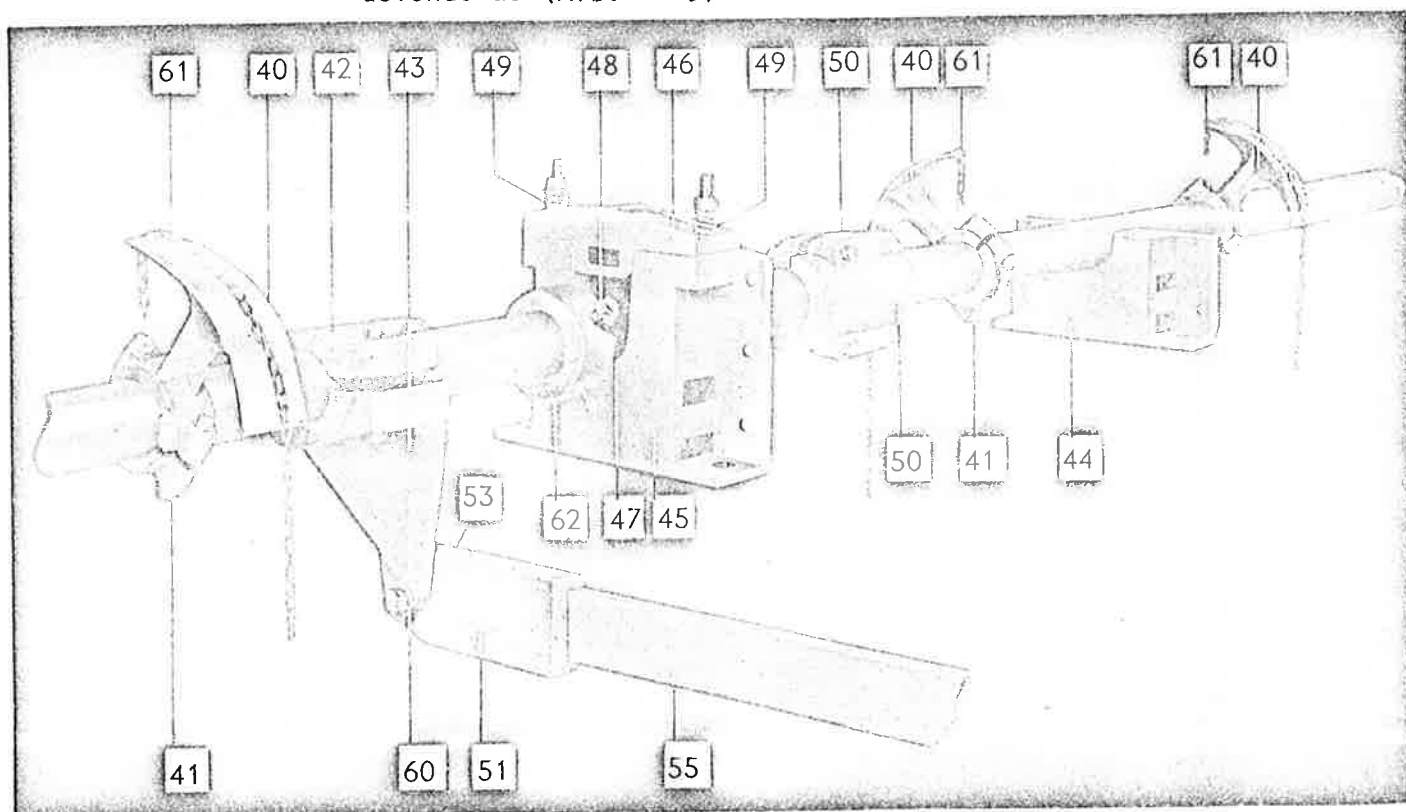
c. Het Riley-stookapparaat

De firma Clarke Chapman Ltd. te Londen (G.B.) heeft nog steeds het Riley-stookapparaat in haar leveringsprogramma.



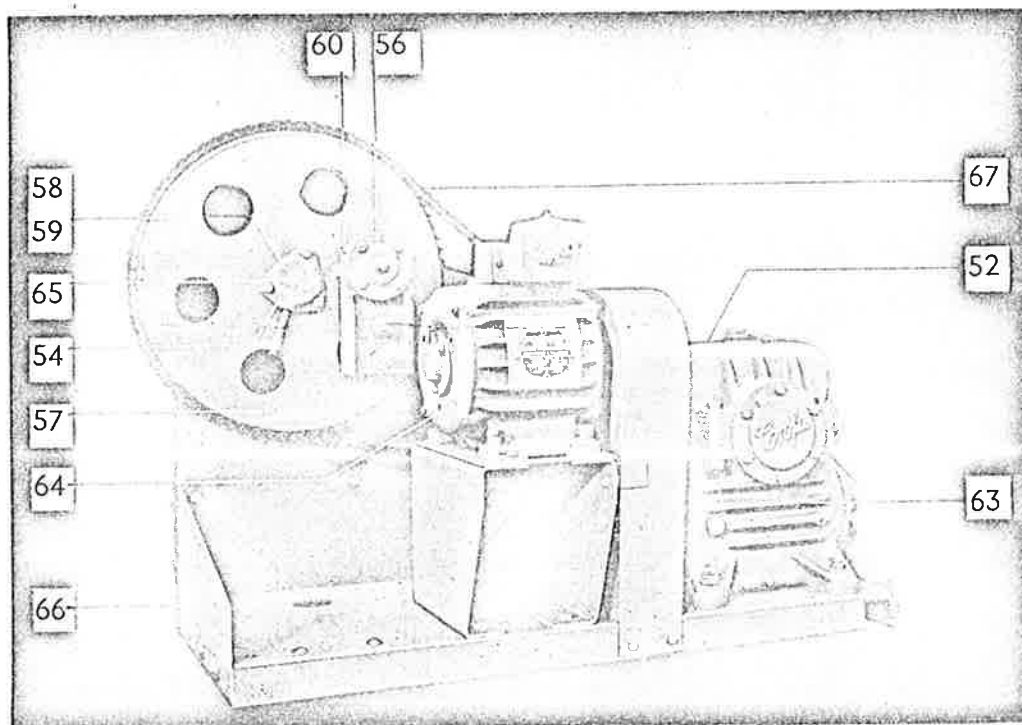
Afb. 6-14 : Het Riley-stookapparaat.

Afbeelding 6-14 geeft dit apparaat weer. Duidelijk is in deze figuur de slaginstelling van het palwiel middels de hefboom (8) met "paluitdrukker" (de hoeveelheidsregeling). De aandrijving van de palhefboom vindt met behulp van kettingen plaats, gekoppeld aan de hefboom op een lange pendelende as (Afb. 6-15).

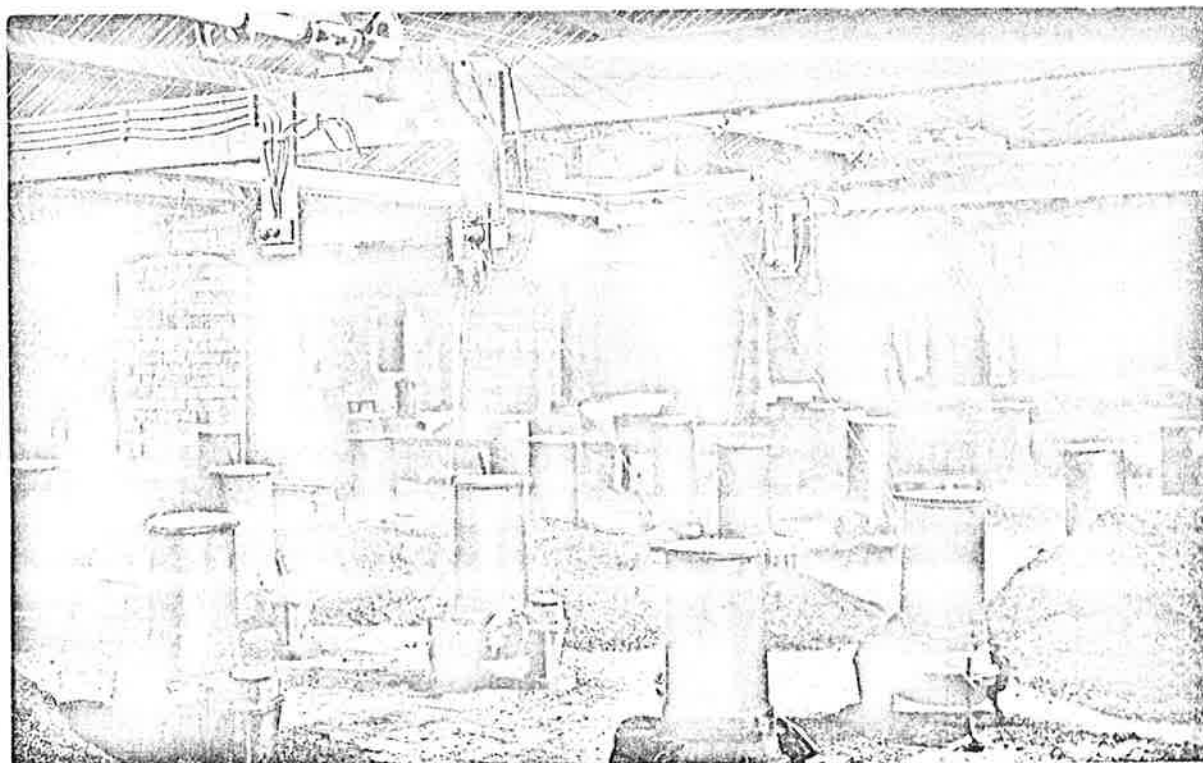


Afb. 6-15 : Aandrijfassen met hefboomen.

Deze lange as voert z'n pendelende beweging uit m.b.v een 4-stangenmechanisme. De eenparig roterende kruk hiervan wordt gevormd door het grote kettingwiel (57) van de centrale aandrijfunit (zie Afb. 6-16). De koppelstang (55) is met het ene eind bevestigd op de excentrische astap (56) van het grote kettingwiel en met het andere eind aan de pendelende hefboom (43) van de lange as.



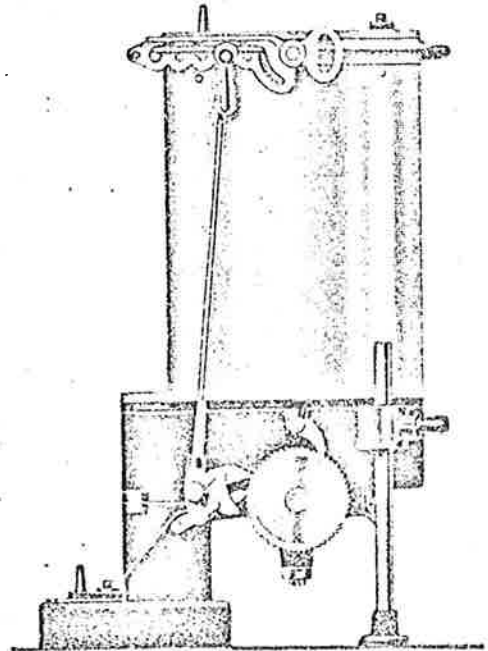
Afb. 6-16 : Centrale aandrijfunit.



Afb. 6-17 : Opstelling van Riley-stookapparaten.

d. Het Ruetz-Samic-stookapparaat

De Engelse firma Ruetz had vroeger samen met de firma Samic uit Malines (België) een stookapparaat in hun levering/productieprogramma, dat zeer veel leek op het hier eerder beschreven Dalit-stookapparaat. Ook hier een volledig mechanische aandrijving met slagverstelling van het palwiel door de wijziging van de ingaande hefboomlengte.



Afb. 6-18 : Het Ruetz-Samic-stookapparaat.

e. Het Schag-stookapparaat van Gairing

Het Schag-stookapparaat, samengesteld door de firma Gairing uit Riedlingen (Württ.-W. Duitsland), wordt nog steeds veel gebruikt op meestal wat oudere keramische ovens.

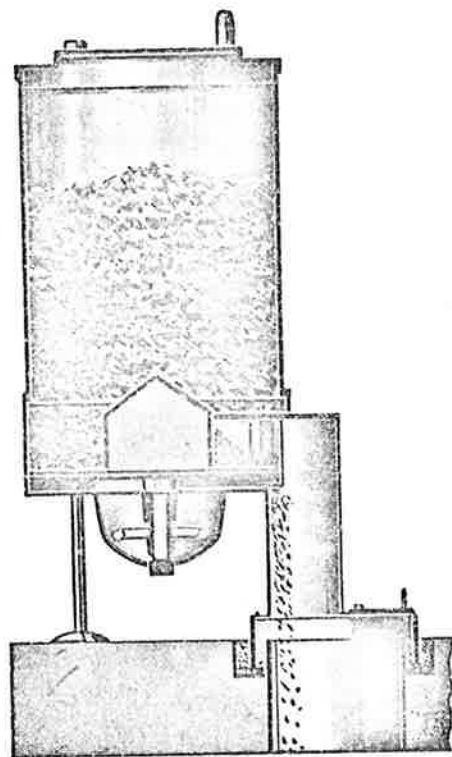
De werking wijkt niet veel af van de hiervoor beschreven stookapparaten en wordt door de opengewerkte Afb. 6-19 weergegeven.

Om beter bestand te zijn tegen korrosie is de gehele voorraadton geëmailleerd.

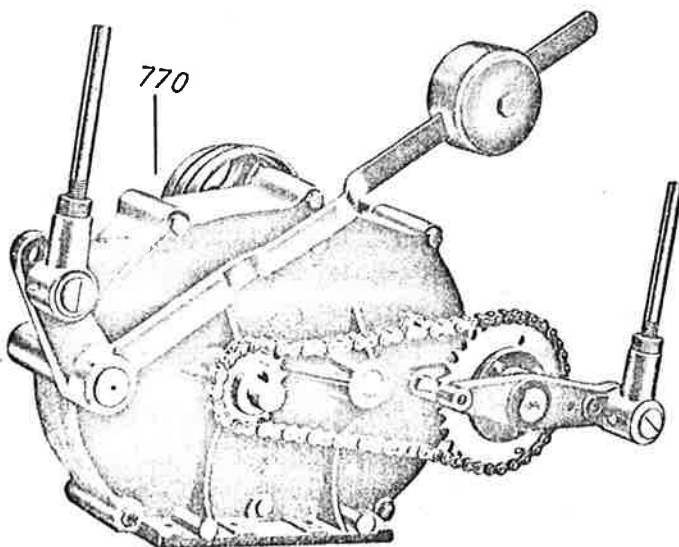
De aandrijving van de hefboom met de pal kan standaard op 2 manieren worden uitgevoerd :

a. Electro-mechanisch

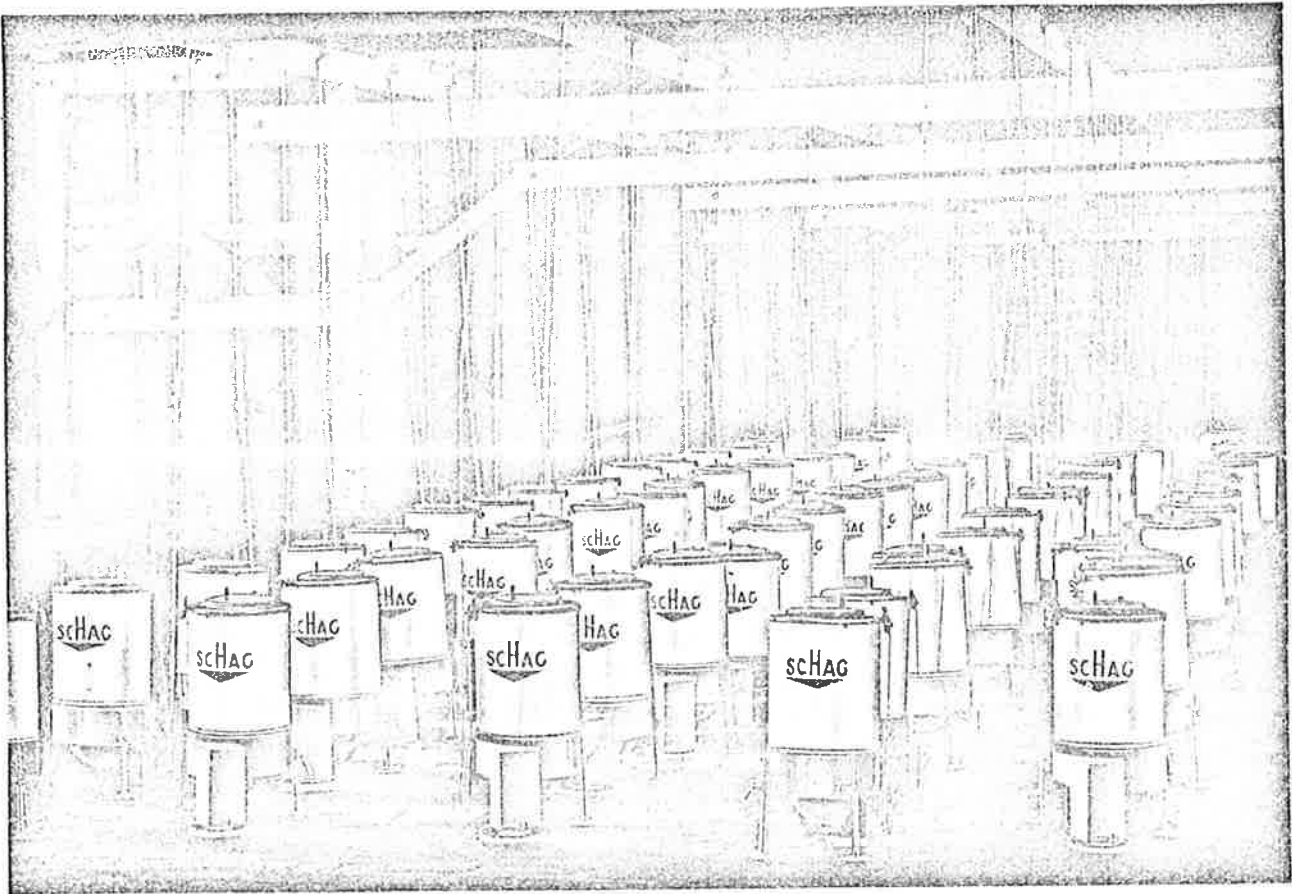
Voor iedere brandergroep zorgt een centrale aandrijfunit (Afb. 6-20) voor de heen en weer gaande beweging van bovenliggende assen. Via hefbomen en trekstangen worden vanaf deze bovenliggende assen de hefbomen met de pallen op de aandrijfassen van de stookapparaten aangedreven. Afb. 6-21 en 6-22 laten opstellingen van zulke stookapparaten zien.



Afb. 6-19 : Doorsnede Schag-stookapparaat.



Afb. 6-20 : De centrale aandrijving van een brandergroep bij electro-mechanische aandrijving.



Afb. 6-22 : De opstelling van Schag-stookapparaten met electro-mechanische aandrijving.

Enkele brandergroep kan een ovengedeelte, met behulp van een thermokoppel en regelaar, op een gewenste temperatuur houden. De regelaar kan al naar gelang de gemeten temperatuur, de centrale aandrijving stoppen of weer starten.

b. Electro hydraulisch

Bij dit type is elk Schag-apparaat uitgerust met een eigen aandrijving. De electromotor hiervoor heeft een vermogen van 90 Watt. Afb. 6-23 laat zo'n Schag-stookapparaat zien.

Elk gewenst aantal stookapparaten kan tot één brandergroep worden geformeerd. De groep wordt dan gezamenlijk geregeld.

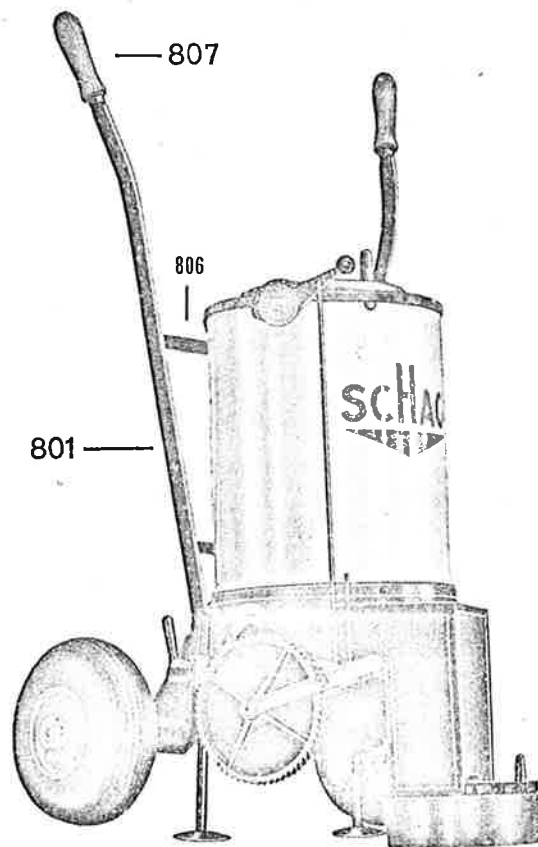


Afb. 6-23 : Het Schag-stookapparaat met electrohydraulische aandrijving.



Afb. 6-24 : De opstelling van Schag-stookapparaten met electrohydraulische aandrijving.

Bij ring- en vlamovens zal een oplossing met verplaatsbare kolenstookapparaten eerder in aanmerking komen. Op de koelzone van deze ovens kunnen dergelijke apparaten als regel niet blijven staan i.v.m. de z.g. opstoot. Deze opstoot doet de in het apparaat achtergebleven kolen ontsteken en brengt bovendien een ernstige corrosie teweeg. Voor dit verplaatsen kan een steekwagen op luchtbanden bijgeleverd worden (Afb. 6-25).



Afb. 6-25 : De steekwagen voor de Schag-stookapparaten.

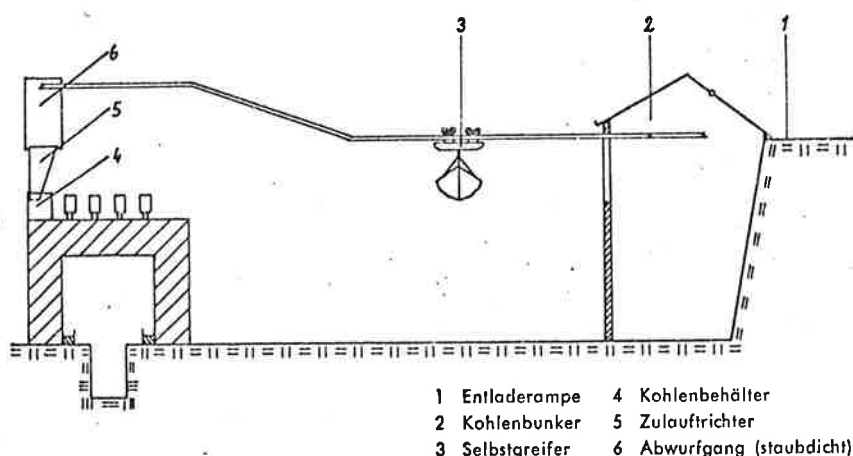
De prijs voor een Schag-stookapparaat met electrohydraulische aandrijving komt thans op circa DM 1350,-- (afname 80 stuks excl. regeling en elektrische voorziening). Bij de huidige koers (DM 100,-- = fl. 110,50) is dit fl. 1492,--. De prijs van een stookapparaat met de mechanische aandrijving komt op circa fl. 800,--. Doch dit is exclusief de aandrijving.

6.1.3. Het vullen van de kolenstookapparaten

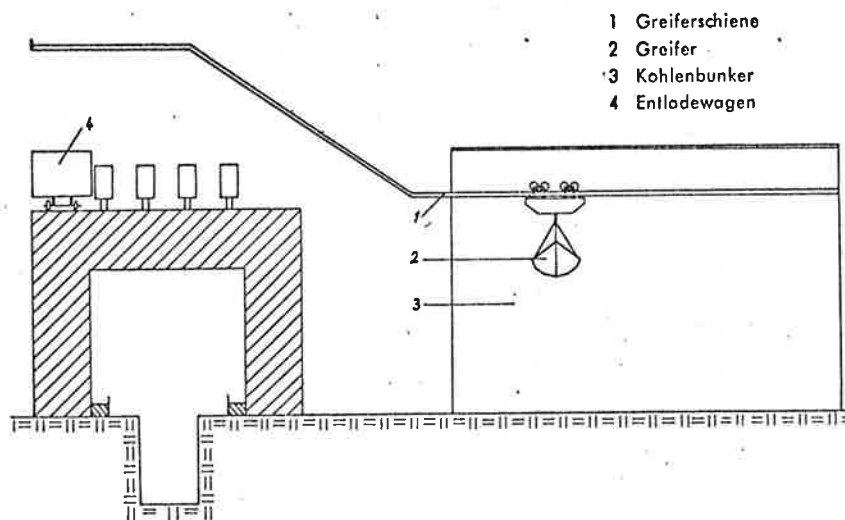
Het doseren van de gewenste hoeveelheid kolen in de oven wordt door de stookapparaten verzorgd. De voorraadbunkertjes op deze stookapparaten moeten echter nog van tijd tot tijd worden bijgevuld. Daarvoor zijn vele meer of minder gemechaniseerde oplossingen denkbaar.

Uit verschillende publicaties werden de hierna volgende oplossingen overgenomen, die veelal toegespitst zijn op een tunneloven met vast opgestelde stookapparaten (Afb. 6-26 t/m 6-34).

Een geheel gemechaniseerde bevoorrading is ook bij vlamovens mogelijk. Doch dit zal in vergelijking met een tunneloven erg kostbaar zijn. Voor oplossingen t.b.v. de distributie van kolen over de vlamoven : zie hoofdstuk 11.

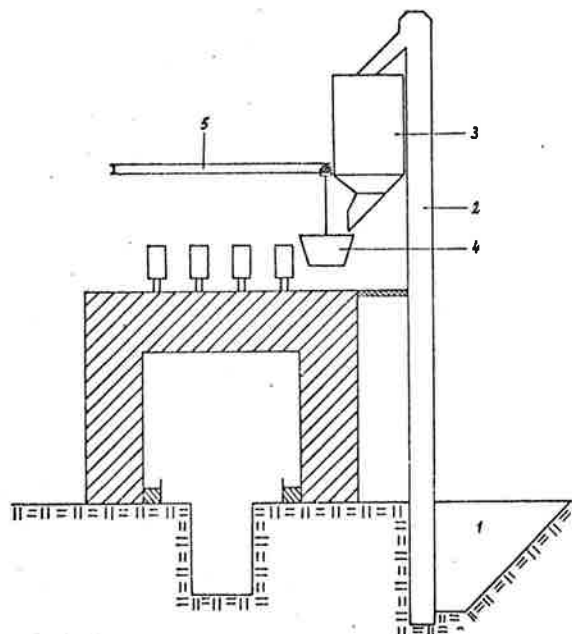


Afb. 6-26 : Kolentransport met grijper van centrale kolenbunker naar vast opgestelde kolenbak op de oven.

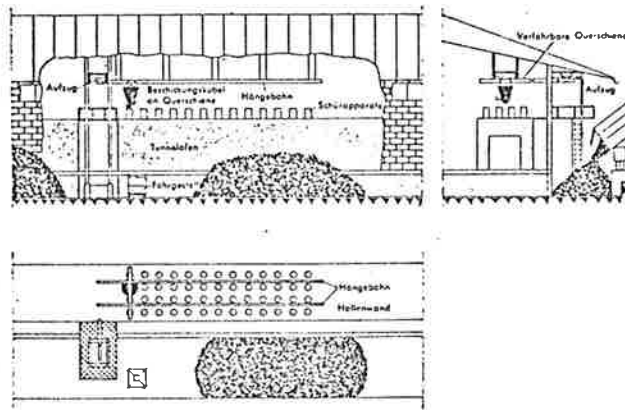


Afb. 6-27 : Kolentransport met grijper en spoorbak.

- 1 Tiefbunker
- 2 Becherwerk
- 3 Silo
- 4 Hängebahnkübel
- 5 Ringbahn



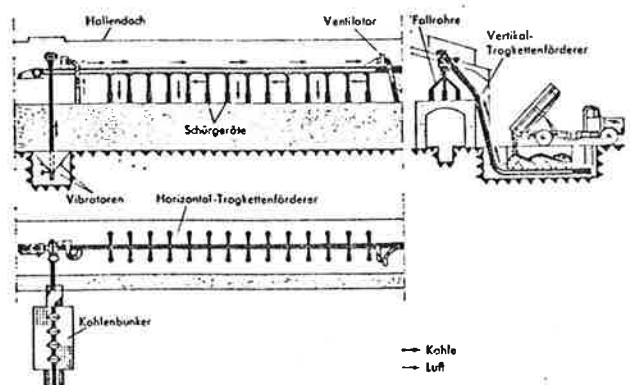
Afb. 6-28 : Kolentransport met jakobs ladder en vultrechter



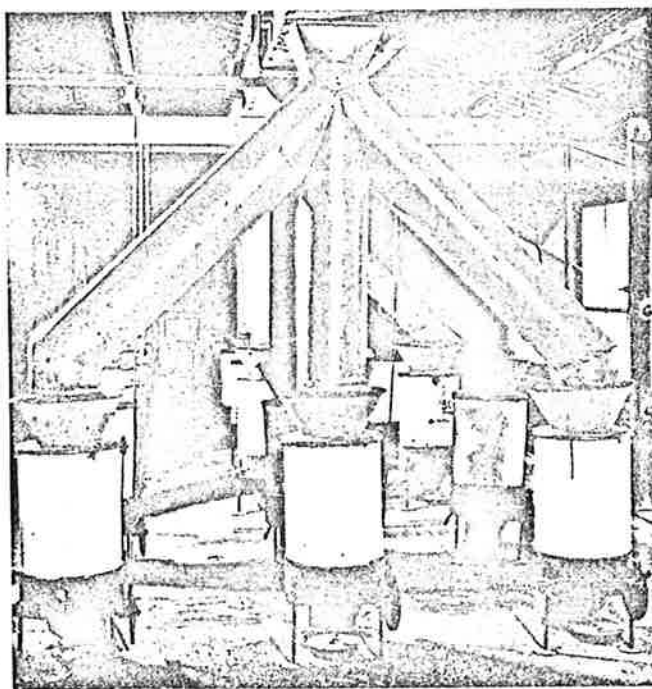
Afb. 6-29 : Kolentransport met vultrechter aan een takelbaan en hefinstallatie voor verticaal transport.



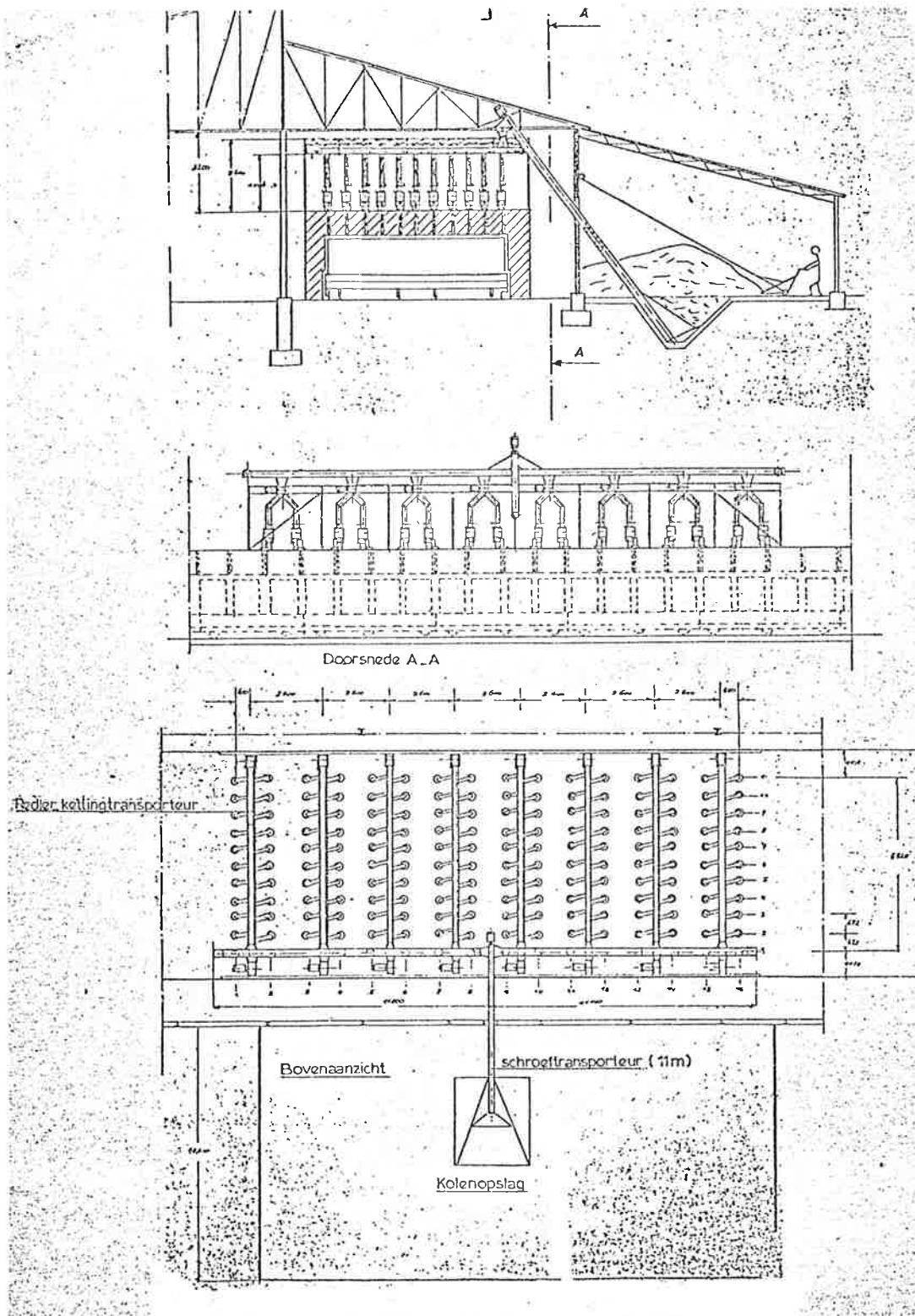
Afb. 6-30 : Het vullen van de kolenstookapparaten met een vultrechter aan een takelbaan.



Afb. 6-31 : Geheel gemechaniseerde bevoorrading van stook-apparaten door middel van kettingtransporteurs en valpijpen.



Afb. 6-32 : Bevoorrading van stookapparaten d.m.v. kettingtransporteurs en valpijpen.



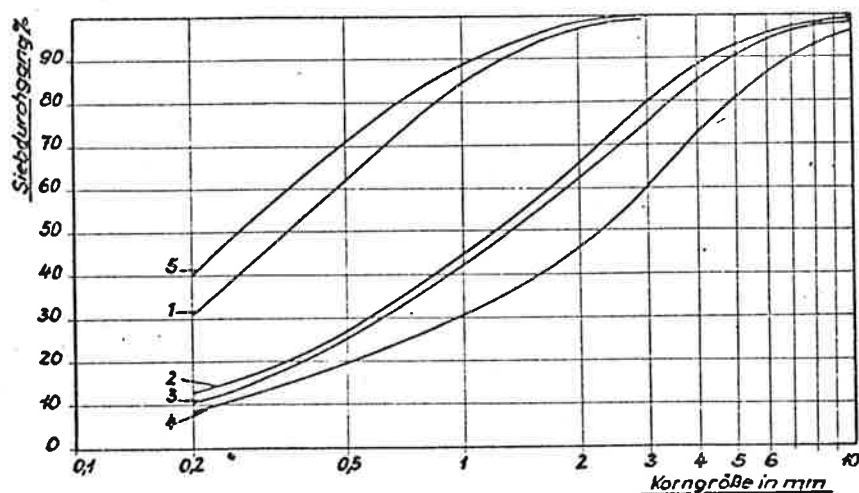
Afb. 6-33 : Geheel gemechaniseerde bevoorrading d.m.v. schroef- en kettingtransporteurs.

6.2. De kolenstooksystemen, waarbij fijnkolen in de oven worden gedoseerd.

Officieel worden onder fijnkolen verstaan kolen met een korrelgrootte tussen de 0 en 6 mm. Doch bij de meeste onder deze paragraaf beschreven kolenstooksystemen worden kolen gebruikt, waarbij de maximale korrelgrootte kleiner is dan 3 à 4 mm met een fractie van 70 à 80 massa-procenten kleiner dan 1 mm.

Bij de hierna te beschrijven kolenstooksystemen worden meestal hoogwaardige kolen gebruikt, die de gebruiker zelf tot de gewenste stukgrootte vermaalt. Door zelf te malen kan de stukgrootte aan de individuele bedrijfsomstandigheid worden aangepast.

Afb. 6-35 laat enkele zeefanalyses (nr. 1 en 5) van fijnkolen zien, die in keramische ovens worden toegepast.



Afb. 6-35 : Zeefanalyses voor kolen toegepast in keramische ovens.

Voor het in de oven doseren van fijnkolen kunnen 2 methoden worden onderscheiden :

1. De fijnkorrelige kolen worden zonder luchttoevoeging in de oven gedoseerd. Deze doseringswijze kan alleen bij van boven gestookte ovens worden toegepast.

Onder de paragrafen 6.2.1. en 6.2.2. worden voorbeelden van deze stooksystemen behandeld. De fijnkorrelige kolen verbranden voor een groot gedeelte al zwevende door de stookruimte. De kleinste deeltjes verbranden reeds direkt onder het gewelf, terwijl de grootste deeltjes praktisch zijn opgebrand als deze de ovenvloer bereiken.

2. De fijnkorrelige kolen worden met transportlucht in de oven geblazen. Deze stookwijze kan zowel bij van opzij, als van boven gestookte ovens worden toegepast. Onder de paragrafen 6.2.3. en volgende worden enige voorbeelden van deze stookwijze behandeld. De fijnkorrelige kolen verbranden voor een groot gedeelte tijdens het transport door de verbrandingsruimte.

6.2.1. De kolenstooksystemen voor fijnkolen werkend met stookapparaten.

Bij deze kolenstooksystemen kan gebruik worden gemaakt van alle onder paragrafen 6.1.1. en 6.1.2. beschreven stookapparaten. Voor een beschrijving van dergelijke kolenstooksystemen wordt dan ook verwezen naar die paragrafen.

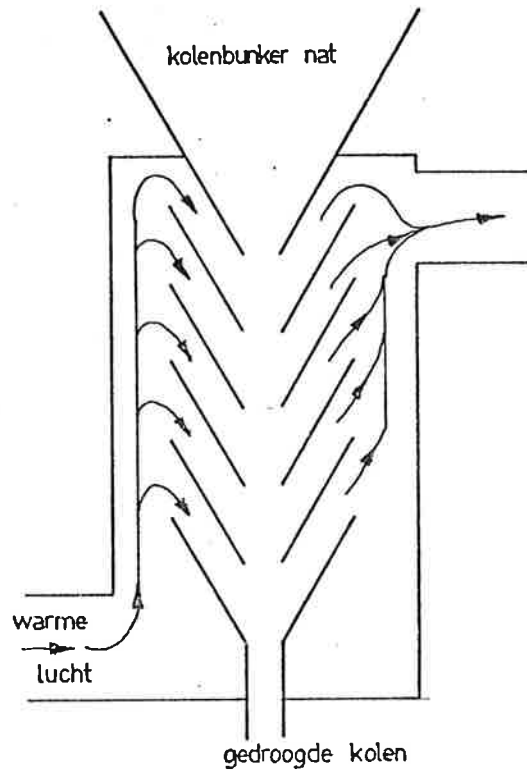
6.2.2. Het kolenstookstelsel, dat is opgebouwd uit schroefvoerders.

Op advies van de firma Riedel werd op 30 maart 1978 een bezoek gebracht aan de steenfabriek Lairaudat te Lucy Les Bois, gelegen ten noorden van Avallon, in Frankrijk. De Riedel-tunneloven, op deze steenfabriek, werd reeds vanaf de oplevering (+1960) met kolen gestookt.

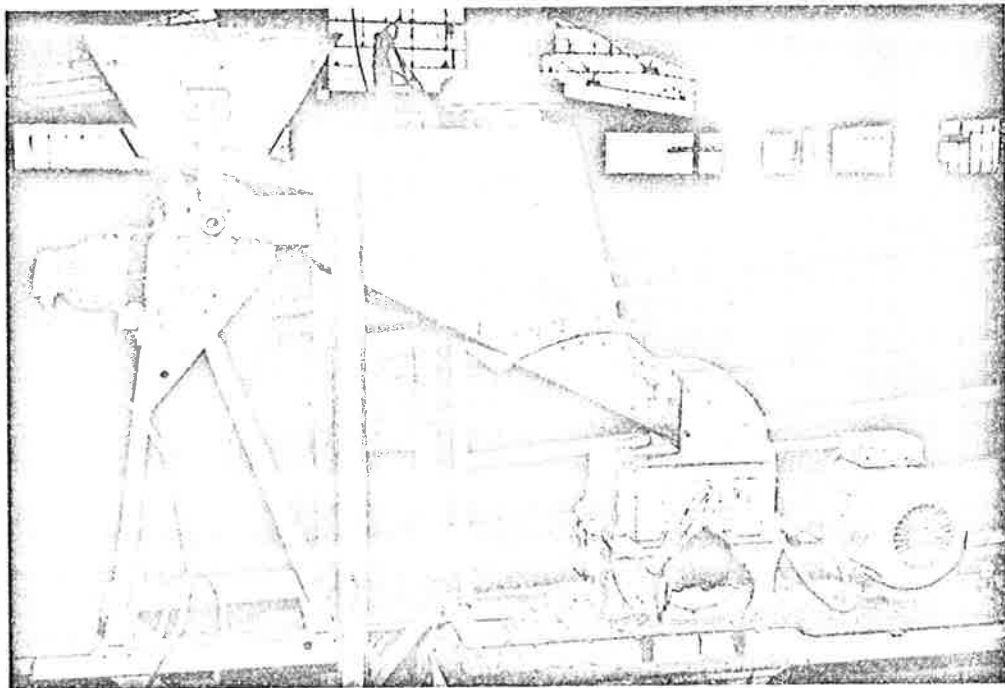
Een grijper, hangend aan een loopkat, zorgt voor de volledig automatische vulling van de kolenbunker op de kolendroger. De kolendroger zag er in principe uit als weergegeven in Afb. 6-36. De warme lucht wordt verkregen van een met kolen gestookte, luchtverhitter.

Het transport van de gedroogde kolen naar de kolenbunker op de hamermolen geschiedt ook automatisch met behulp van dezelfde grijper. Ook hier gestuurd door een commando van een nivo-detektor, die op de hamermolen-bunker was geplaatst.

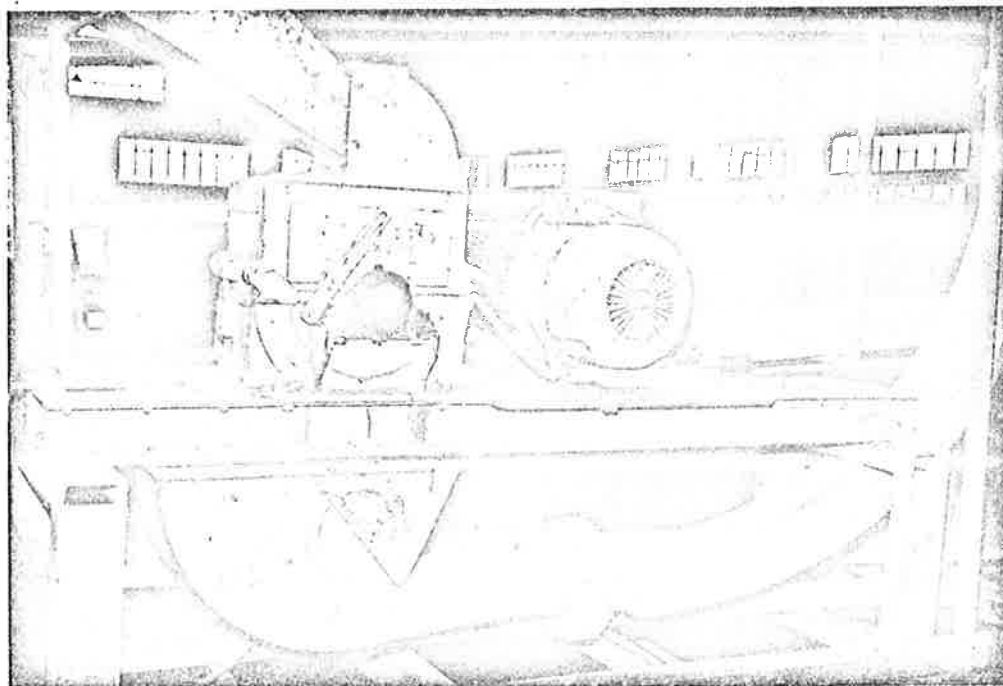
De hamermolen (Afb. 6-37 en Afb. 6-38) verkleint de kolen van nootjes 4 naar fijnkool (< 6 mm).



Afb. 6-36 : De kolendroger.



Afb. 6-37 : De hamermolen met toevoerinrichting.



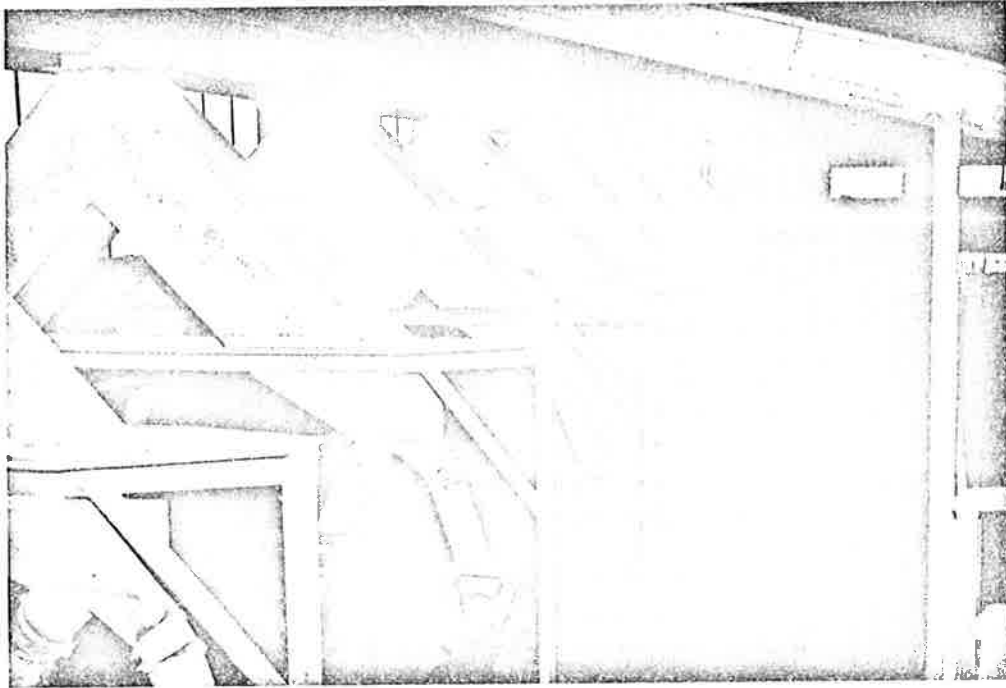
Afb. 6-38 : De hamermolen met daaronder de ventilator voor de transportlucht.

De korrelgrootte, maar ook de korrelverdeling, is zeer belangrijk voor goede stookresultaten. Bij slijtage aan de hamerelementen neemt de korrelgrootte toe. Door verkleining van de gaten in de zeefplaat of door verhoging van het toerental kan dit gecorrigeerd worden.

De fijnkool uit de slagmolen wordt pneumatisch via 2 cyclonen gevoerd naar een tussen-bunker met een inhoud van circa 1 m^3 . De eerste cycloon scheidt de te grove delen af, die terug naar de slagmolen worden gevoerd. De transportlucht wordt via de tweede cycloon en een stoffilter van de kolen gescheiden en naar buiten afgevoerd.

Onder de tussenbunker is een schroeftransporteur gemonteerd. Deze transporteur voert de fijnkolen onder een hoek van circa 30° naar het midden van de stookzone op de tunneloven. De fijnkolen vallen uit de transporteur in een kleine tussenbunker.

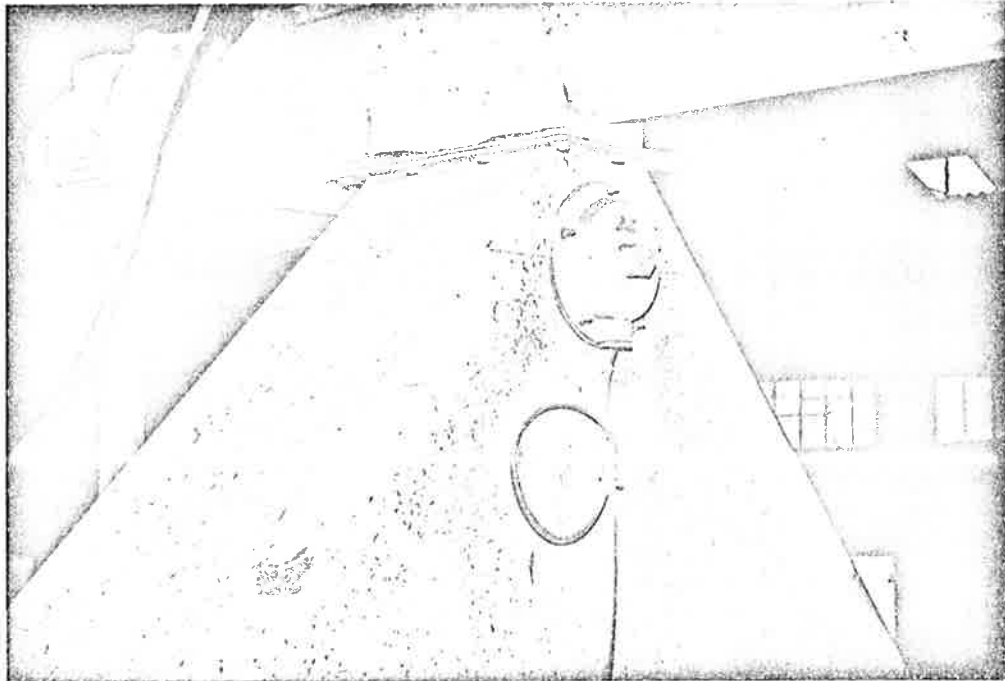
Hieronder zijn twee horizontale schroeftransporteur geplaatst, die beurtelings de verdeelstukken naar de eigenlijke doseerschroeven met kolen vullen.



Afb. 6-39 : De opstelling van de verdeelbroekstukken.

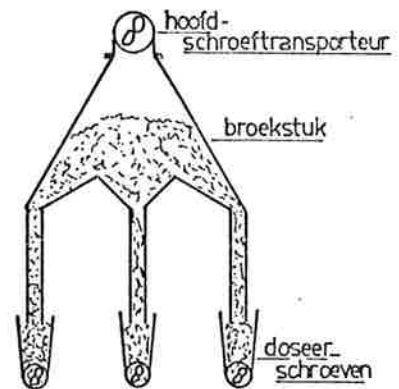
Gezien in de transportrichting van de schroeven heeft alleen het laatste verdeelbroekstuk een nivo-detektor (membraanschakelaar).

De schroeftransporteur vult eerst het eerste verdeelbroekstuk geheel, vervolgens het tweede tot het laatste aan de beurt is geweest. Is de rechter transportschroef gereed, dan begint de linker te werken. Ook die stopt door het signaal van een nivo-detektor in het laatste verdeelbroekstuk. Dit is tevens het einde van de vulcyclus. Zo'n cyclus wordt na een bepaalde, op een tijdrelais instelbare, tijd herhaald.



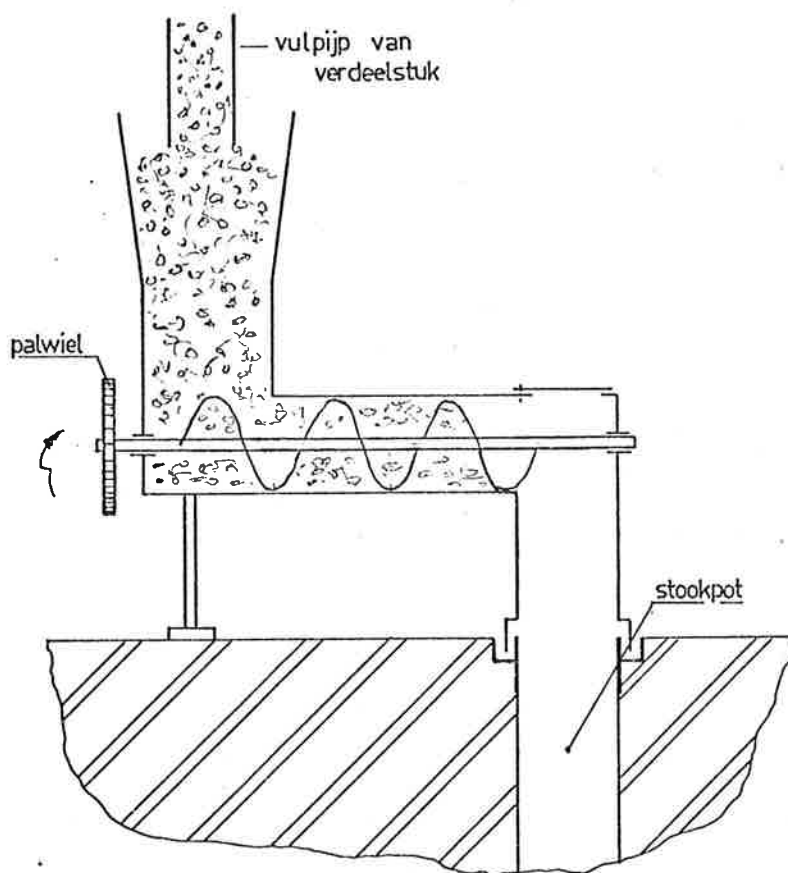
Afb. 6-40 : Het laatste verdeelbroekstuk met nivo-detektor.

De stookzone van de tunneloven is opgebouwd uit 12 branderijen. Afwisselend bestaan deze rijen uit 3 of 4 doseerschroeven. De vorm van de verdeelbroekstukken is natuurlijk afhankelijk van het aantal doseerapparaten in zo'n branderij en ziet er uit zoals in Afb. 6-41 en Afb. 6-39 is weergegeven.



Afb. 6-41 : Het verdeelbroekstuk.

Het eigenlijke doseerapparaat bestaat uit een klein voorraadbunkertje, met vierkante doorsnede. Onder de voorraadbunker bevindt zich een klein schroeftransporteurtje. Dit schroeftransporteurtje wordt intermitterend aangedreven met behulp van een pal en palwielmecanisme. Het principe van het doseerapparaat wordt weergegeven door Afb. 6-42.

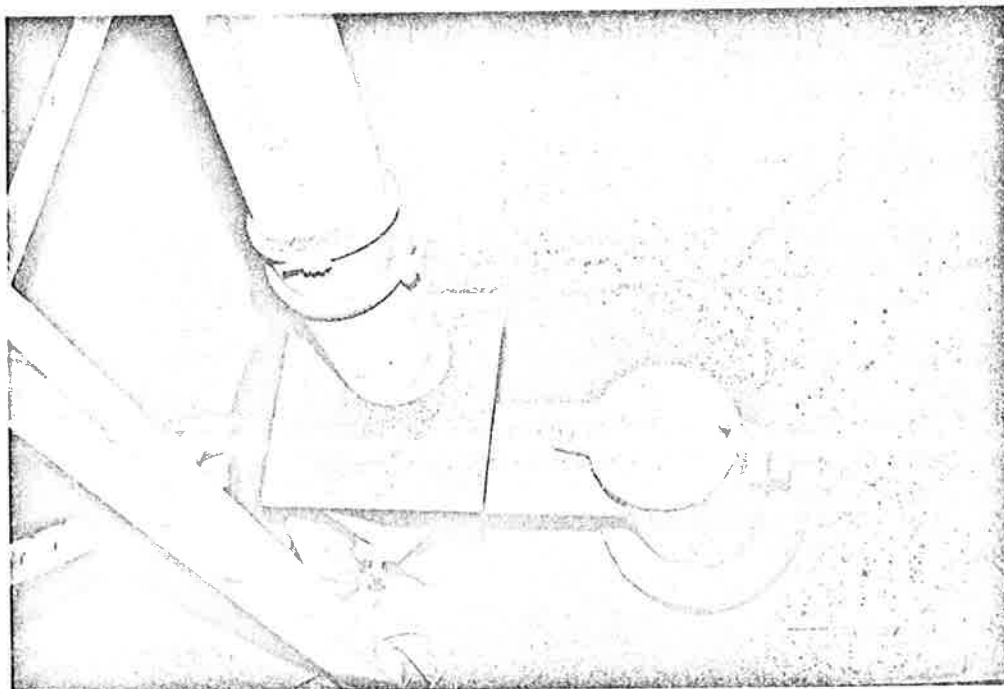


Afb. 6-42 : Het principe van het doseerapparaat.

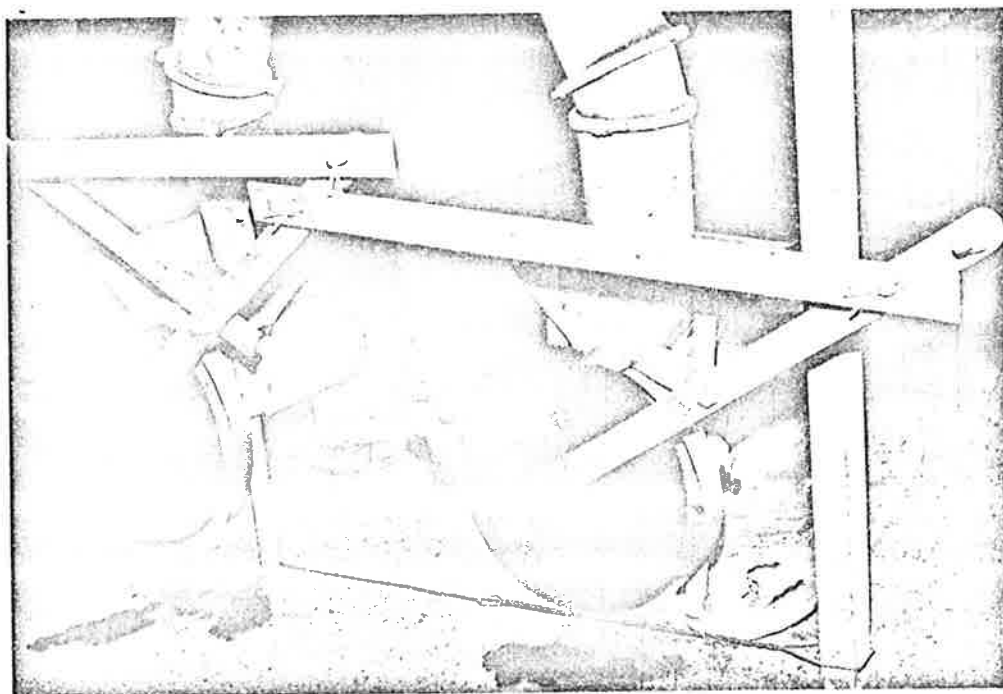
Afb. 6-43 en Afb. 6-44 laten foto's van het doseerapparaat met aandrijving zien.

De hefboom, waarop de pal is gemonteerd, wordt d.m.v. een stangenstelsel aan de hefboomen van de andere stookapparaten uit de zelfde stookrij gekoppeld.

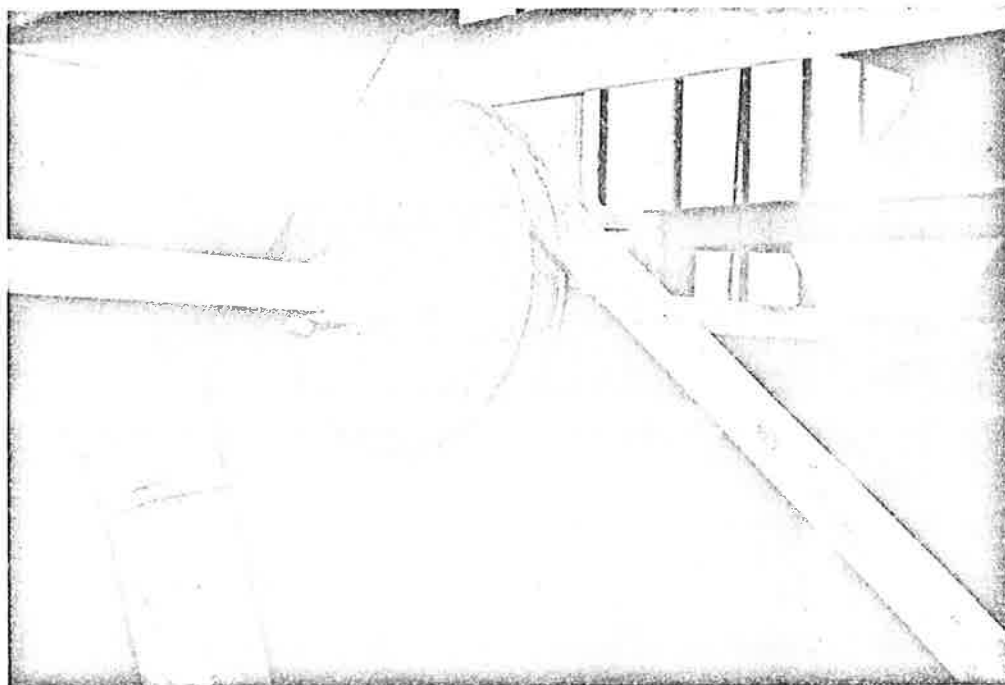
Vergroting of verkleining van de periodieke hoekverdraaiing van het palwiel is mogelijk door vergroting of verkleining van de hefboomarm.



Afb. 6-43 : Doseerapparaat.



Afb. 6-44 : Het stangenstelsel voor aandrijving doseer-
apparaten.

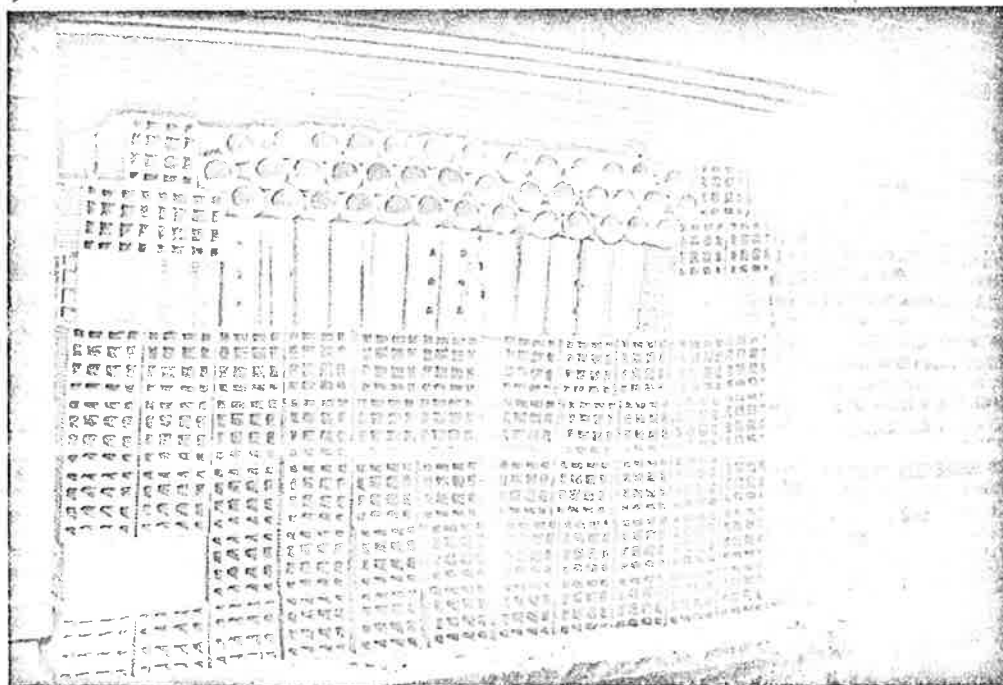


Afb. 6-45 : De aandrijving van het stangenstelsel
(de "krukas").

Het gehele stangen-stelsel, dat een groep (= branderrij) doseerapparaten bedient, wordt bewogen door een soort krukas. De krukas, die 3 branderrijen tegelijk bedient, wordt via een wormkast aangedreven door een electromotor, welke zijn start-stop-commando krijgt via de temperatuurregeling in de overeenkomende sectie van de tunneloven.

De gehele stookzone is opgedeeld in 4 van zulke regelkringen. Voor de bezochte, van boven gestookte, tunneloven bleek het geheel automatisch stoken met kolen goed mogelijk.

De gebakken produkten, hoofdzakelijk grote blokken, bleken vrij van elke kleurbeïnvloeding. De as, die na verbranding van de kolen is ontstaan, wordt teruggevonden als hoopjes in de stookslitten en als een fijne stoflaag op en tussen de stenen.



Afb. 6-46 : De uitgang van de tunnelovens met asresten in de stookslitten.

6.2.3. Het Octopus-kolenstookstelsel van Gibbons

Het principe van deze kolenstookinstallatie is uitgevonden en gepatenteerd door 2 steenfabrikanten in Noord-Ierland. De patent-rechten werden overgenomen door de "National Coal Board". Deze mijnbouw-organisatie heeft het systeem zodanig geëvolueerd, dat het op vele tunnel- en kamerovens kan worden toegepast.

Ook in Nederland is door Coal Industrie (Patents) Ltd. op dit systeem een octrooi aangevraagd. De octrooiaanvraag no. 6611010 is op 5 februari 1968 ter inzage gelegd.

Gibbons Brothers Ltd. uit Brierley Hill in Engeland bezit de licentierechten van het Octopus-kolenstookstelsel.

Op het einde van de jaren-60 en het begin van de jaren-70 zijn vele, vaak nogal grote, tunnelovens van deze kolenstookinstallatie voorzien. Doch hiervan zijn er thans al velen overgegaan op het in Engeland relatief goedkopere aardgas.

De referentie-lijst van Gibbons Bothers bestaat dan ook nog slechts uit een 5-tal bedrijven.

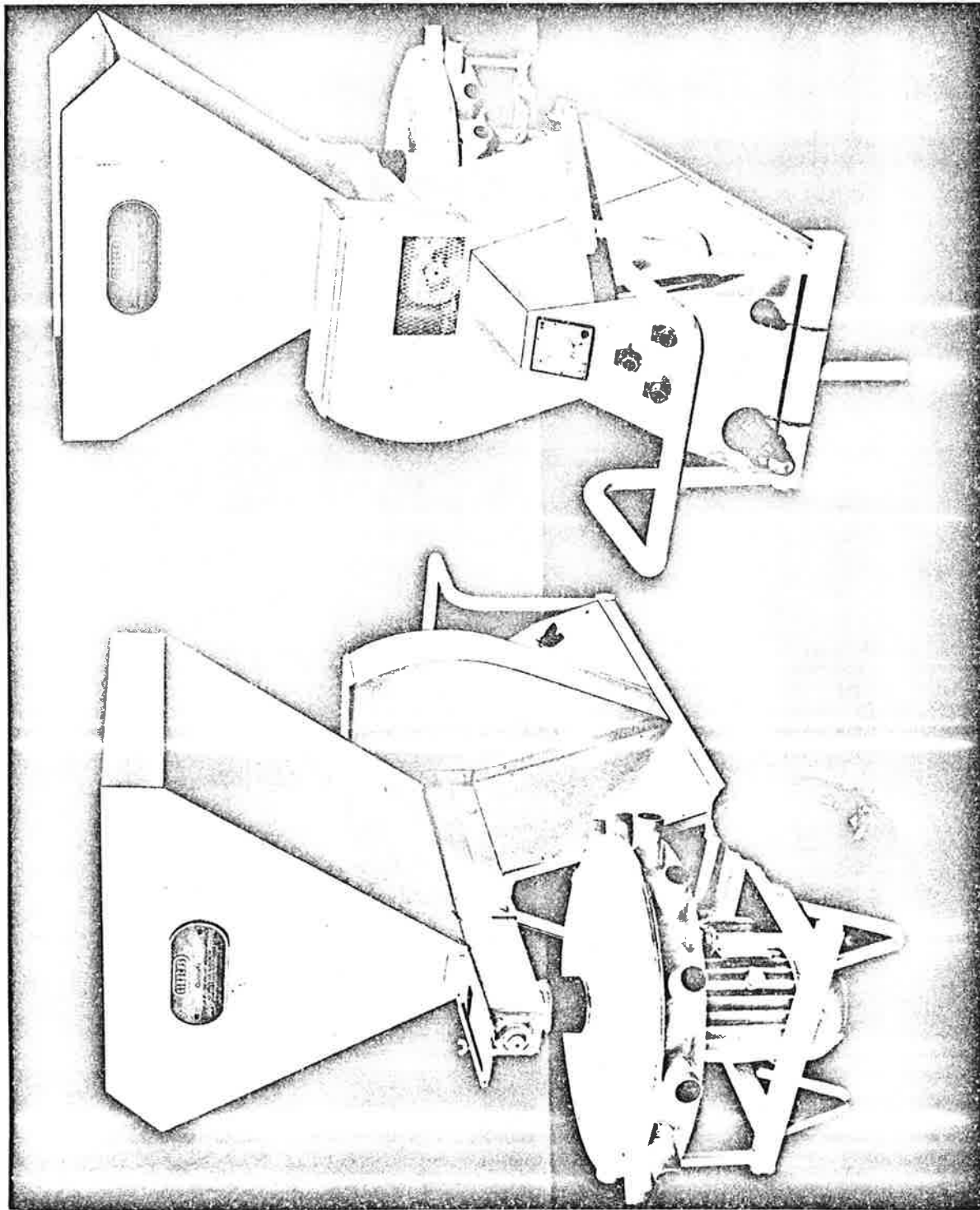
Het eerste onderdeel dat werd ontwikkeld, het "Impactopus"-verdeelapparaat, wordt weergegeven door Afb. 6-47. Dit apparaat leent zich bijzonder goed om proeven met dit stook-systeem te doen en kan voor dit doel kosteloos van de Nederlandse vertegenwoordiger van Gibbons Brothers, de firma Chamotte Rijkaart Industrieel uit Geldermalsen, geleend worden.

Het bestaat in hoofdzaak uit een voorraadbunkertje, dat ongeveer 100 kg kolen kan bevatten, met daaronder een schroef-transporteur met regelbare opbrengst tussen de 10 en 150 kg kolen per uur. Deze schroef doseert de kolen in het eigenlijke verdeelapparaat, een soort ventilator met rechte schoepen opgesteld in een horizontaal huis. Op de buiten-omtrek van het "ventilator"-huis zitten 12 uitlaatopeningen, die met behulp van flexibele slangen kunnen worden verbonden met 12 stooklanzen.

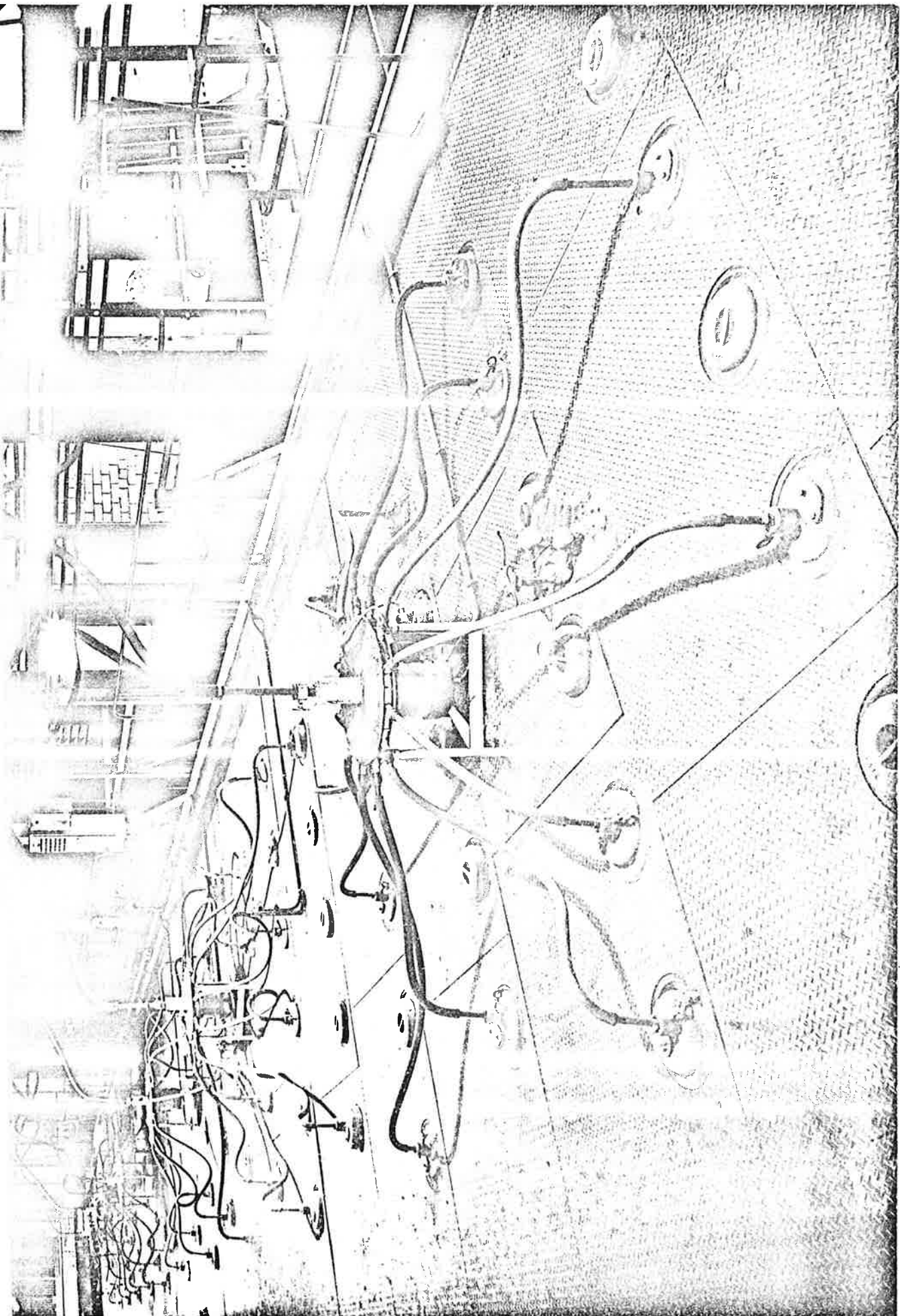
Een ovensectie met 12 lanzen kan m.b.v. een thermokoppel en de op het apparaat gemonteerde regelaar op de ingestelde temperatuur worden gehouden. Deze regelaar grijpt in in de stroomvoorziening voor de aandrijving van de schroeftransporteur (aan/uit). Doch ook een automatisch verstellen van het toerental is mogelijk.

Het verder ontwikkelde kolenstookstelsel wordt genoemd naar het verdeelapparaat (zie Afb. 6-48) en is toepasbaar zowel in vaste opstelling op tunnelovens als in verplaatsbare uitvoering op ring- en kamerovens.

De kennis over het eigenlijke "Octopus"-kolenstookstelsel werd opgedaan uit de folder van Gibbons en de diverse publicaties over vooral de kolenstookinstallatie op de tunnelovens van "the Throckley, Newcastle Works" van de toenmalige "Northern Brick Company", thans de "Gibbons Northern Brick Company".

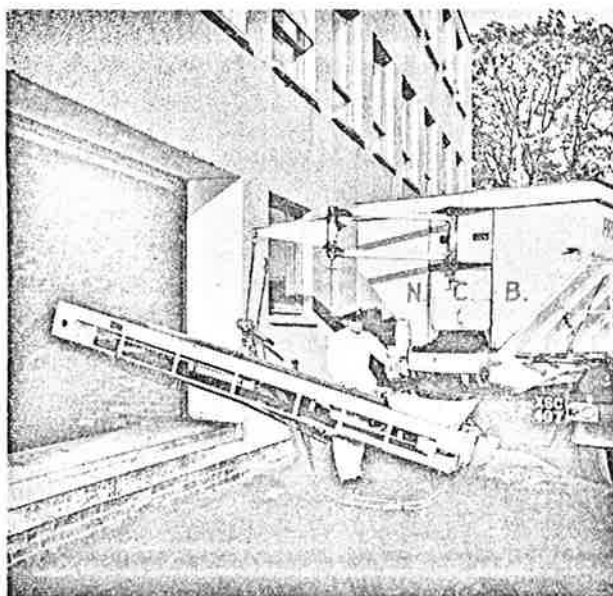


Afb. 4-47 : Het Impactopus-verdeelapparaat.



Afb. 6-48 : De opstelling van vaste verdeelapparaten op een tunneloven.

De meest gebruikte kolen voor dit systeem hebben vóór het malen een stukgrootte tussen $\frac{1}{2}$ " ($\approx 12,7$ mm) en 1" (25,4 mm). In Engeland kunnen deze kolen door de National Coal Board worden aangevoerd met een vochtgehalte lager dan 5%. Meestal worden in Engeland voor het transport van de kolen naar de verbruikers alleen vrachtauto's ingezet.



Afb. 6-49 : Een vrachtwagen van N.C.B. uitgerust met ontlaadbanden.

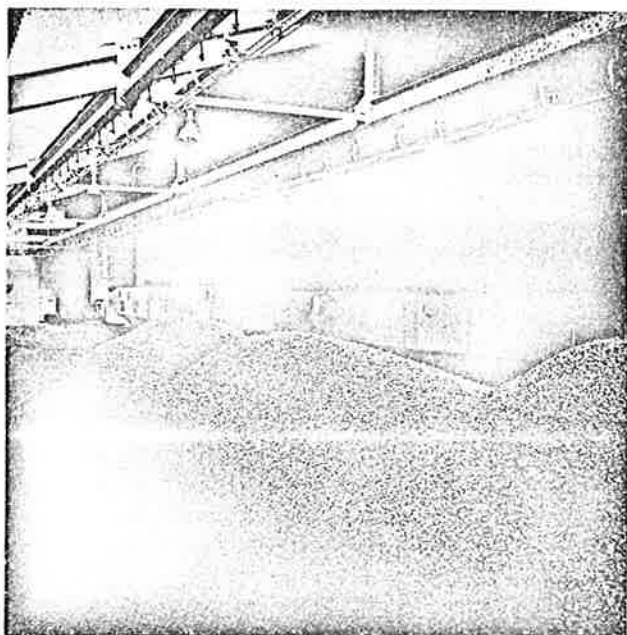
Naast de wel bekende kipauto's worden ook speciale vrachtauto's toegepast, welke voorzien zijn van speciale ontlaadinstallaties. De Afb. 6-49 laat een vrachtauto zien, uitgerust met transportbanden, terwijl Afb. 6-50 een vrachtauto met pneumatisch transport weergeeft.



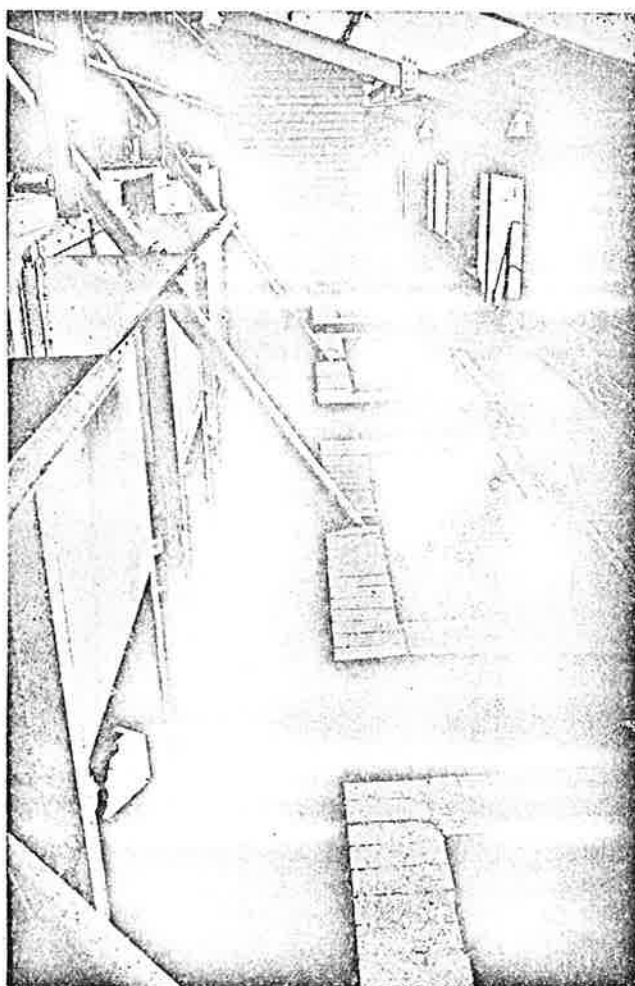
Afb. 6-50 : Een vrachtwagen met een pneumatisch ontladinstallatie

De kolen worden opgeslagen in een overkapte voorraadruimte, die is uitgevoerd met een schuin aflopende vloer. Dit om het vrijkomende water te kunnen afvoeren. In sommige gevallen wordt de voorraadruimte verwarmd met afvalwarmte van de ovens (b.v. lucht van onder de tunnelovenwagens).

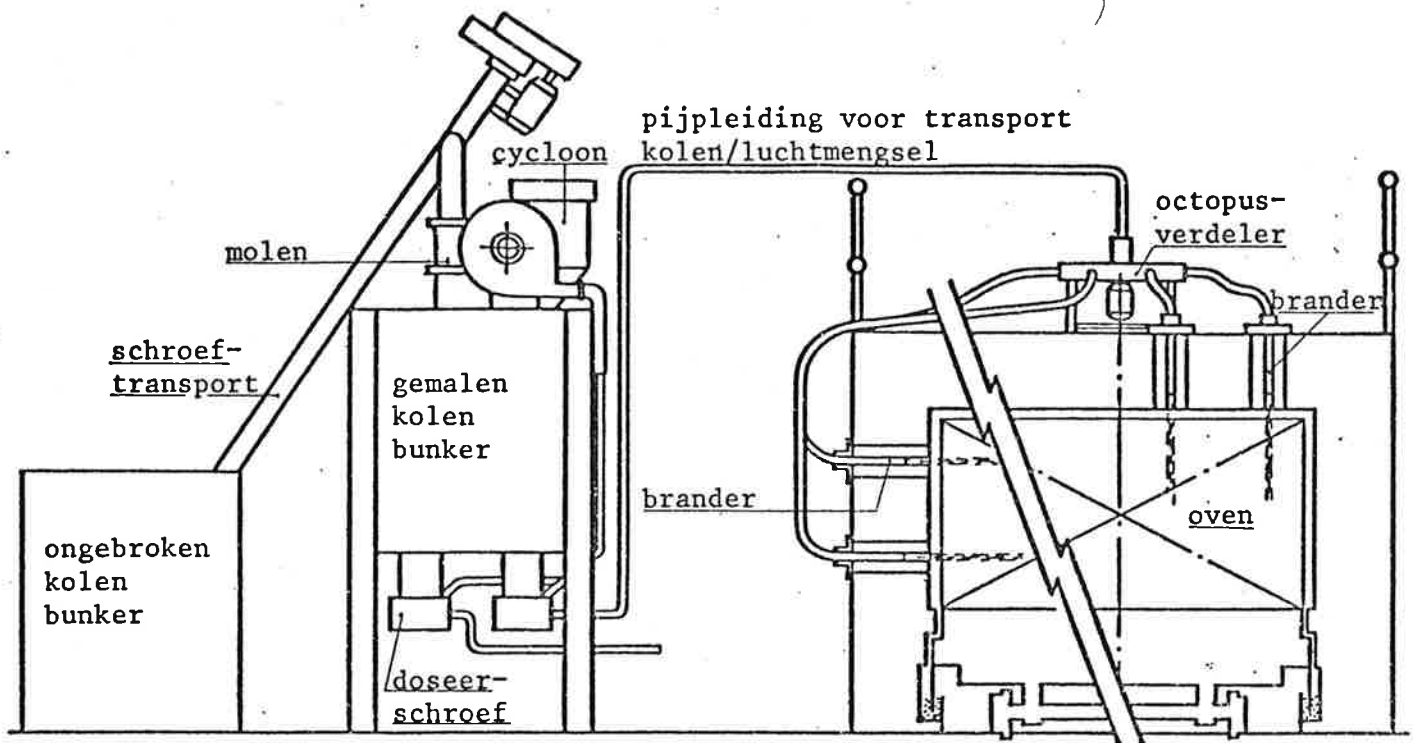
Een grijper pakt (vol-automatisch) telkens de meest droge kolen en brengt die via een kraanbalk naar de voorraadbunkers voor de ongemalen kolen. Zie hiervoor de afbeeldingen 6-51 en 6-52. Deze bunkers zijn het begin van de eigenlijke Octopus-kolenstookinstallatie, waarvan afb. 6-53 een schema weer-geeft.



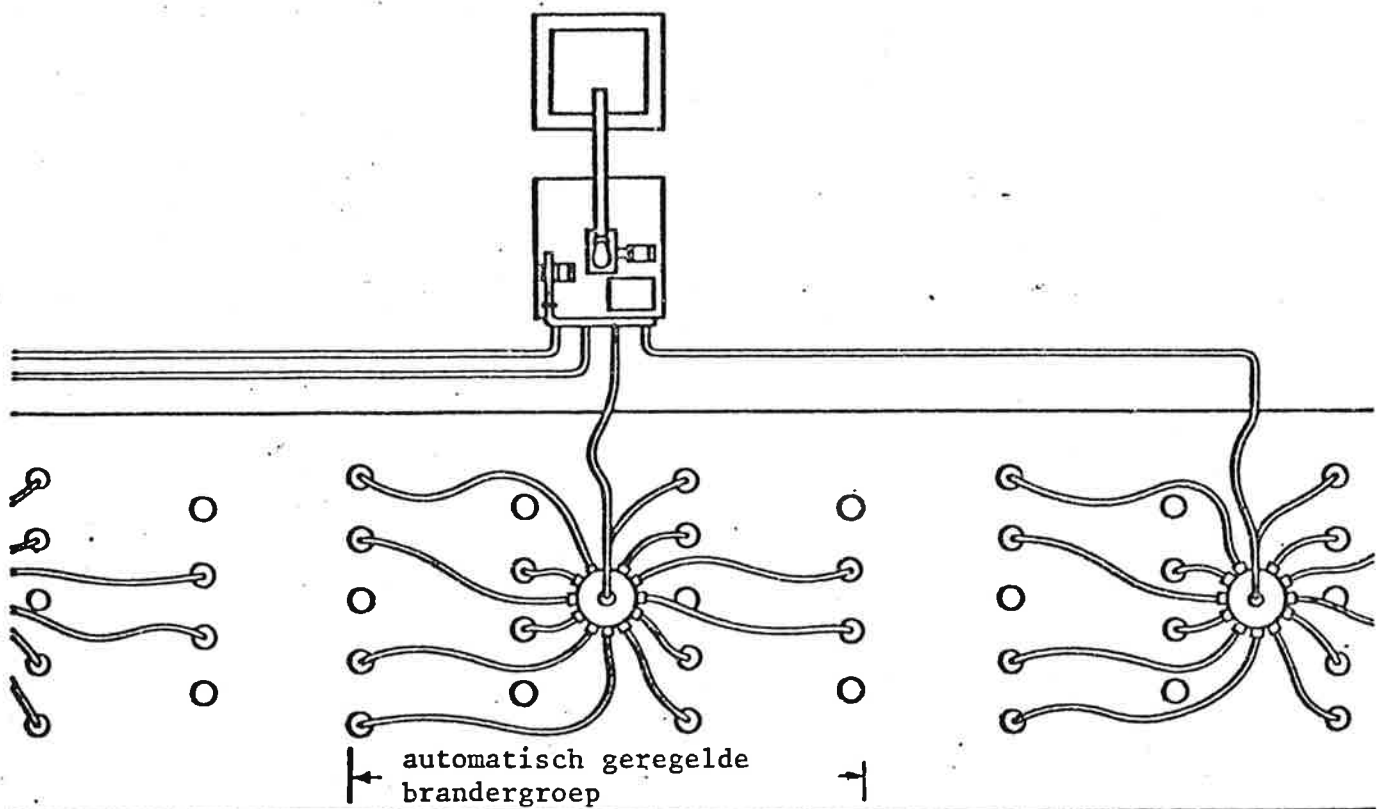
Afb. 6-51 : De overdekte
opslagruimte voor kolen.



Afb. 6-52 : De kolen-
bunkers met de schroef-
transporteur.



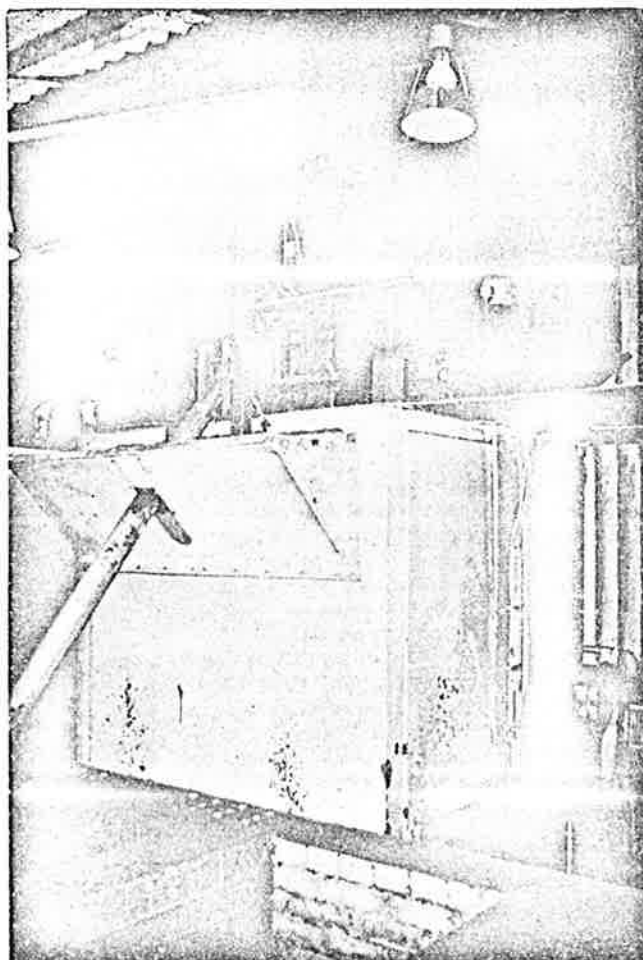
PRINCIPE OCTOPUS KOLENSTOOKINSTALLATIE VAN GIBBONS.



PRINCIPE BOVENAANZICHT VAN TUNNELOVEN MET
OCTOPUS KOLENSTOOKINSTALLATIE VAN GIBBONS

Afb. 6-53 : Het schema van het "Octopus-kolenstookstelsel.

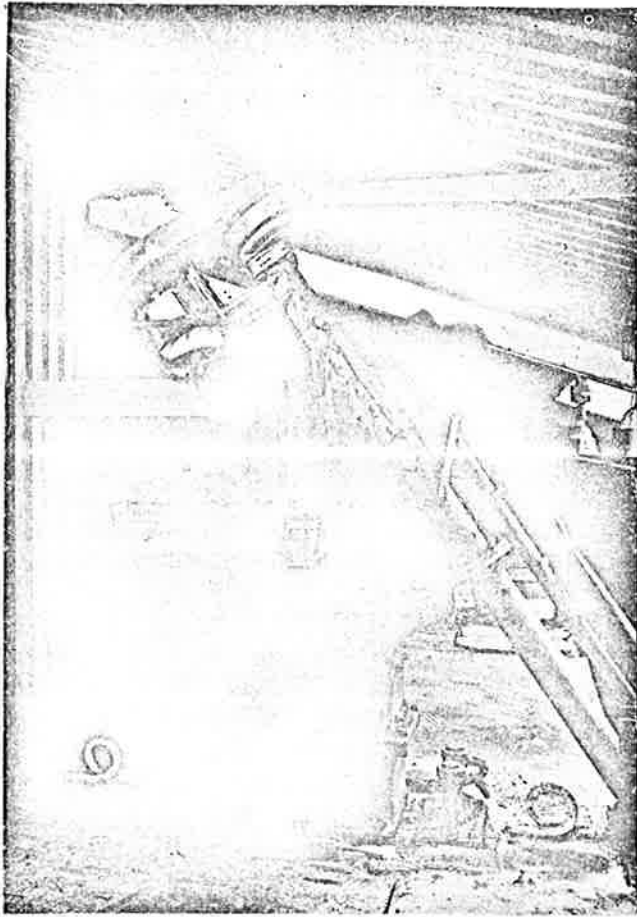
Vanaf de voorraadbunker worden de nog ongebroken kolen met een schroeftransporteur omhoog gebracht naar de maalinstallatie (zie Afb. 6-54 en Afb. 6-55).



Afb. 6-54 : De gemalen kolenbunker en de schroeftransporteur voor het ruwe kolen-transport.

De maalinstallatie, een slagmolen (British Jeffrey-Diamond Drg. no. CD1179) met beweegbare slagelementen en een roosterplaat (15" x 8"), is gemonteerd op de bunker voor de gemalen kolen. De capaciteit is 1500 kg per uur.

De kolen worden, van een stukgrootte tussen de 12,7 en 25,4 mm verkleind tot een korrelgrootte, die meestal kleiner dan $\frac{1}{8}$ " (= 3,18 mm) is.



Afb. : 6-55 : De ruwe kolenaanvoer, de slagmolen en het stoffilter, gemonteerd op de bunker voor de gemalen kolen.

Bij de tunneloven van Throckley-works lag de korrelverdeling van de in de oven gedoseerde kolen op ongeveer de volgende waarden :

- alles < 3,18 mm
- 92% < 1,0 mm
- 73% < 0,5 mm
- 50% < 0,25 mm
- 29% < 0,125 mm

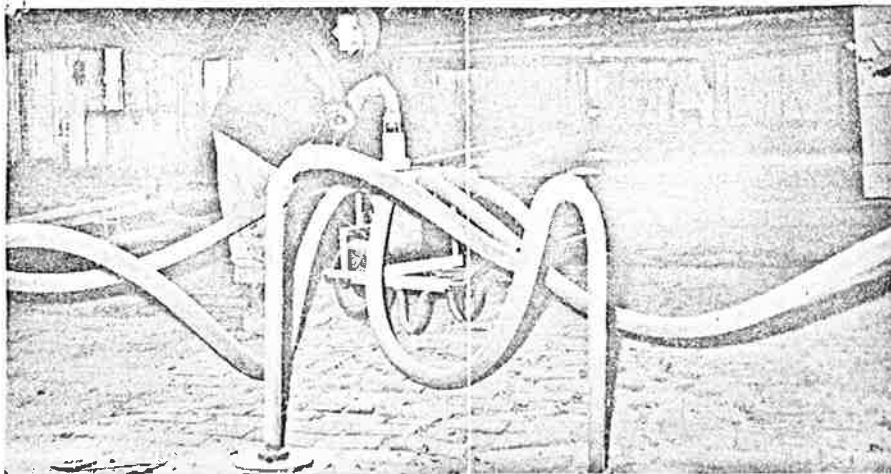
Uit de molen vallen de gemalen kolen rechtstreeks in een bunker met een inhoud van circa 5 ton. Doordat de slagelementen van de molen voor een soort ventilator-werking zorgen, ontstaat er ook een kleine luchtverplaatsing. Om de kolen en de lucht te scheiden zijn op de bunker een cycloon en een stoffilter gemonteerd.

Onder de bunker hangen 4 doseerschroeven of sluizen met regelbare opbrengst. Elke doseerschroef duwt de kolen via een veerbediende terugslagklep in de transportluchtleiding. Door de transportlucht van een boven op de bunker gemonteerde ventilator - tevens zorgend voor de stofafzuiging rondom de maalininstallatie - worden de gedoseerde kolen naar één Octopus verdeelapparaat gebracht. De hiertoe benodigde transportlucht ligt, volgens opgave, op slechts 5% van de benodigde steochiometrische luchtbehoefte.

Ieder "Octopus"-verdeelapparaat bestaat, zoals reeds eerder opgemerkt, uit een soort ventilator met rechte schoepen in een horizontaal opgesteld huis. Dit huis heeft, verdeeld over de buitenomtrek, 12 uitlaatopeningen, waaraan flexibele slangen zijn bevestigd. Deze slangen voeren de kolen-luchtmengsels naar de stookkanalen. De individuele capaciteit is voor iedere brander gelijk en niet te verstellen. De centrale aanvoerleiding naar het verdeelapparaat kan op een instelbare, vrije hoogte boven de inlaatopening van dit verdeelapparaat worden vastgeklemd. Door de verdeler kan hierdoor bovendien nog secondaire lucht worden aangezogen. Voor tunnelovens is het Octopus-verdeelapparaat gemonteerd op een vast frame (zie Afb. 6-48), terwijl voor kamerovens de "Octopus" is gemonteerd op een soort kruiwagen (zie Afb. 6-56 en Afb. 6-57).



Afb. 6-56 : Het Octopus-verdeelapparaat gemonteerd op een kruiwagen.



Afb. 6-57 : Het verplaatsbare Octopus-verdeelapparaat, gebruikt voor kamerovens.

Bij deze verplaatsbare units worden de flexibele slangen d.m.v. snelkoppelingen met het "Octopus"-verdeelapparaat en de lanzen verbonden. Het afkoppelen, verplaatsen en weer aankoppelen is slechts een kwestie van enige minuten. Via de lanzen wordt het kolen-luchtmengsel geïnjecteerd in de ovens, waar de kolen, al zwevende, verbranden. De mate van verspreiding van de zwevende kolendeeltjes, en daarmee de omvang van de ruimte, waar de warmte-afgifte plaats vindt, is o.a. afhankelijk van de hoeveelheid (= luchtsnelheid) transportlucht en de deeltjesgrootte van de kolen. Door de regeling van beide kan het verbrandingsbeeld worden gewijzigd.

Volgens opgave zijn door de gebruikte korrelgrootte en de filterwerking van de inzet geen vliegavangers meer noodzakelijk.

Elke basis-unit, van dit kolensysteem bestaat uit :

- een bunker voor de ruwe kolen
- een schroeftransporteur
- een slagmolen
- een bunker voor gemalen kolen met stofafscheiding en 4 doseer sluizen

- een transportluchtventilator
- transportleiding
- 4 "Octopus"-verdeelapparaten
- 4 x 12 = 48 stooklanzen met flexibele slangen
- 4 temperatuurregelaars

Twee van deze units kunnen 8 ovensecties met ieder 12 stooklanzen van kolen voorzien.

De prijs voor 2 zulke units met enige reserve-onderdelen, exclusief de bunker voor de ruwe kolen en de montagekosten, komt op ongeveer f. 310.000,--.

Hierbij komen nog de kosten van :

- de fundatie van de bunker voor de gemalen kolen
- de bunker voor ruwe kolen
- de kolenopslag
- de afscheiding voor magnetiseerbaar metaal
- enig leidingwerk
- de montage-kosten

6.2.4. Het Poolse Octopus-kolenstookstelsel (PA 12)

Door de publicatie van de lezing van dr. ing. G. Smólski uit Warschau, gehouden op de conferentie: "Automatisering in de steenfabrikage" te Brno (Tsjecho-Slowakije), in de Ziegelindustrie van aug. 1977 werd onze belangstelling voor dit kolenstookstelsel gewekt. Gesprekken met een Pool, die nauw betrokken is geweest bij de ontwikkeling en toepassing van deze apparatuur in zijn land, hebben die interesse alleen nog maar aangewakkerd.

Officiële aanvragen om de Poolse installaties te mogen bezoeken werden (nog) niet beantwoord.

Er zijn, voor zover bekend, in Polen 4 tunnelovens uitgerust met het originele Octopus-kolenstooksystemen van de firma Gibbons Brothers Ltd.

Sinds ongeveer 2½ jaar wordt de apparatuur in licentie in Polen zelf vervaardigd. Dit zogenaamd PA-12 systeem was reeds in jan. 1978 op een 6-tal bedrijven geïnstalleerd, terwijl er nog een 10-tal installaties in planning waren. Bij het originele Octopus-systeem mag het vochtpercentage van de brandstof niet hoger zijn dan 4 à 5%. In Polen worden echter vaak laagwaardigere kolen (3500-6000 kcal/kg of 14,7-25,1 MJ/kg) gebruikt, die rechtstreeks van de mijnen aangevoerd, een hoger watergehalte (tot 8%) bevatten. Daarom wordt een kolendroogplaats in het systeem opgenomen. De kolen worden daar rechtstreeks op de schuin aflopende stalen bodem gestort. Onder deze bodem bevindt zich een zig-zag-kanalenstelsel, waardoor warme afvallucht ($\pm 100^{\circ}\text{C}$) van de oven wordt gevoerd. Vanuit deze kolendroogplaats worden de kolen semi-automatisch afgegraven, d.m.v. rubberbanden langs een metaal-detector, en naar een voorraadbunker (= begin eigenlijk kolenstookstelsel) getransporteerd. Deze kolenbunker is uitgevoerd met een onder 45° staande vloer en heeft een inhoud van circa 2,5 m³.

Vanuit de laatstgenoemde bunker worden de kolen met een schroeftransporteur (onder een hoek van 60° - 70°) naar de hamermolen gevoerd, zoals gebruikelijk voor het Octopus-systeem.

De molen, de bunker voor gemalen kolen en de stofvanger zijn in principe gelijk aan die bij het originele Octopus-systeem.

In de publicaties wordt de volgende korrelverdeling voor de

in de oven gedoseerde kolen genoemd :	- 100%	<	2,0	mm
	- 95%	<	1,0	mm
	- 76%	<	0,5	mm
	- 54%	<	0,25	mm
	- 25%	<	0,125	mm

In het nieuwe ontwerp zijn de aandrijvingen van de doseerschroeven gewijzigd.

Het Octopus-verdeelapparaat, waarvan de rotor met rechte schoepen rechtstreeks door een electromotor (2,2 kW) wordt aangedreven, heeft 8, 12 of 16 aftakkingen.

In de hele installatie zijn natuurlijk componenten van Poolse of althans Oost-Europese origine opgenomen ter vervanging van de Engelse componenten (zoals ventilatoren en motoren, enz.). De as, overgebleven op de tunnelovenwagen bleek na analyse slechts tussen de 0,8 en 4,3% brandbare stoffen te bevatten. Proeven met het verstoken van bruinkolen uit Oost-Duitsland en Tsjecho-Slowakije gaven geen slechter verbrandingsbeeld te zien.

Ook proeven met afvalbrandstoffen met een stookwaarde van 3050 kcal/kg (12,8 MJ/kg) bleken een succes te zijn.

6.2.5. Het kolenstookstelsel van Thermo-Murg

De kennis over dit kolenstookstelsel werd opgedaan uit de dokumentatie van de producent, de firma Thermo-Murg K.G. Apparatebau-Wärmetechnik te Murg (West Duitsland), en tijdens een bezoek aan een proefinstallatie op een oude Strohmenger-tunneloven van de Alstätter Klinker- und Ziegelwerke te Alstätte (West Duitsland).

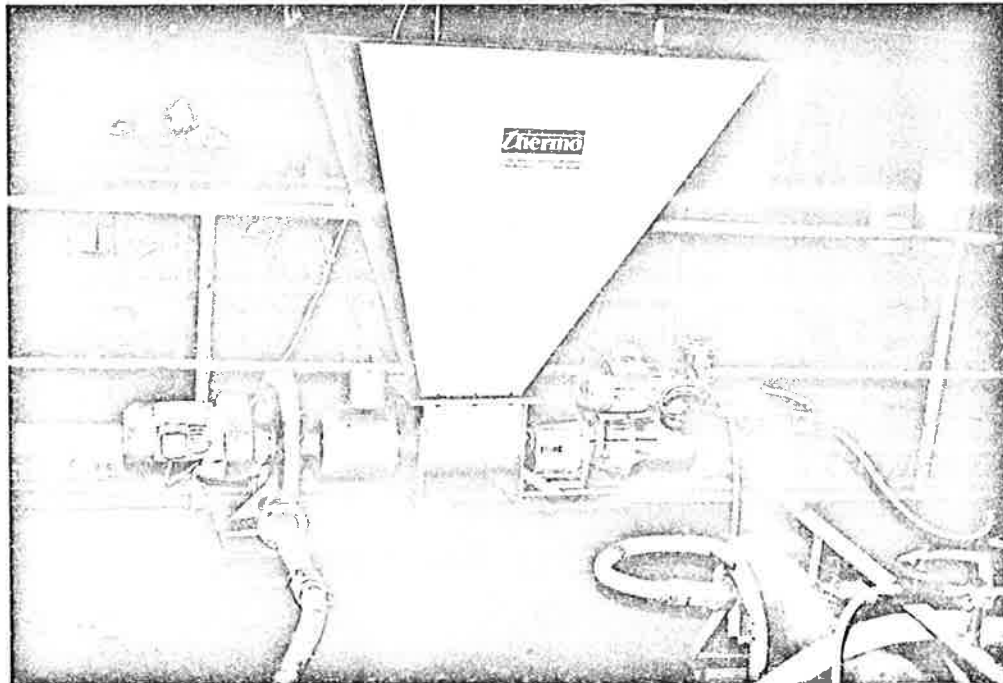
Volgens de opgave van de leverancier kan met dit stelsel elke kwaliteit kolen met een maximale korrelgrootte van 6 mm worden verwerkt. De voorkeur wordt gegeven aan kolen met een hoog percentage vluchtig. De juiste korrelgrootte moet voor ieder oventype en zetwijze worden aangepast.

Bij de proefinstallatie werden de kolen, met een hoog percentage kleiner dan 2 mm, door Ruhrkohlen in de gewenste korrelgrootte aangevoerd in tankauto's.

Voor één brandergroep is het doseer-verdeelsysteem van deze kolenstookinstallatie (zie Afb. 6-59) opgebouwd uit :

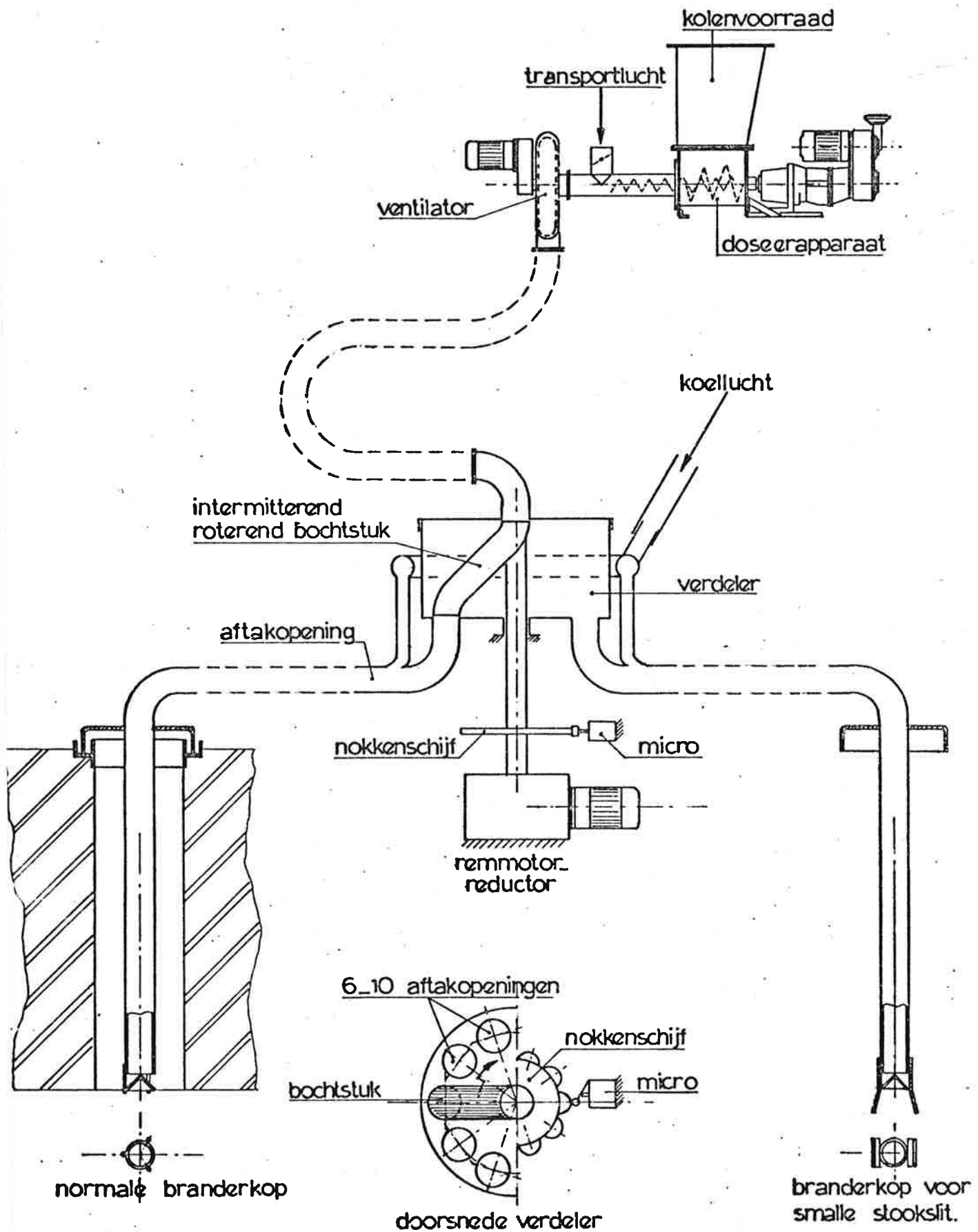
- het eigenlijke doseerapparaat met voorraadbunker
- de transportluchtventilator
- een transportleiding van ventilator naar verdeler

- een verdeler
- meerdere transportleidingen van verdeler naar branders
- de individuele branders

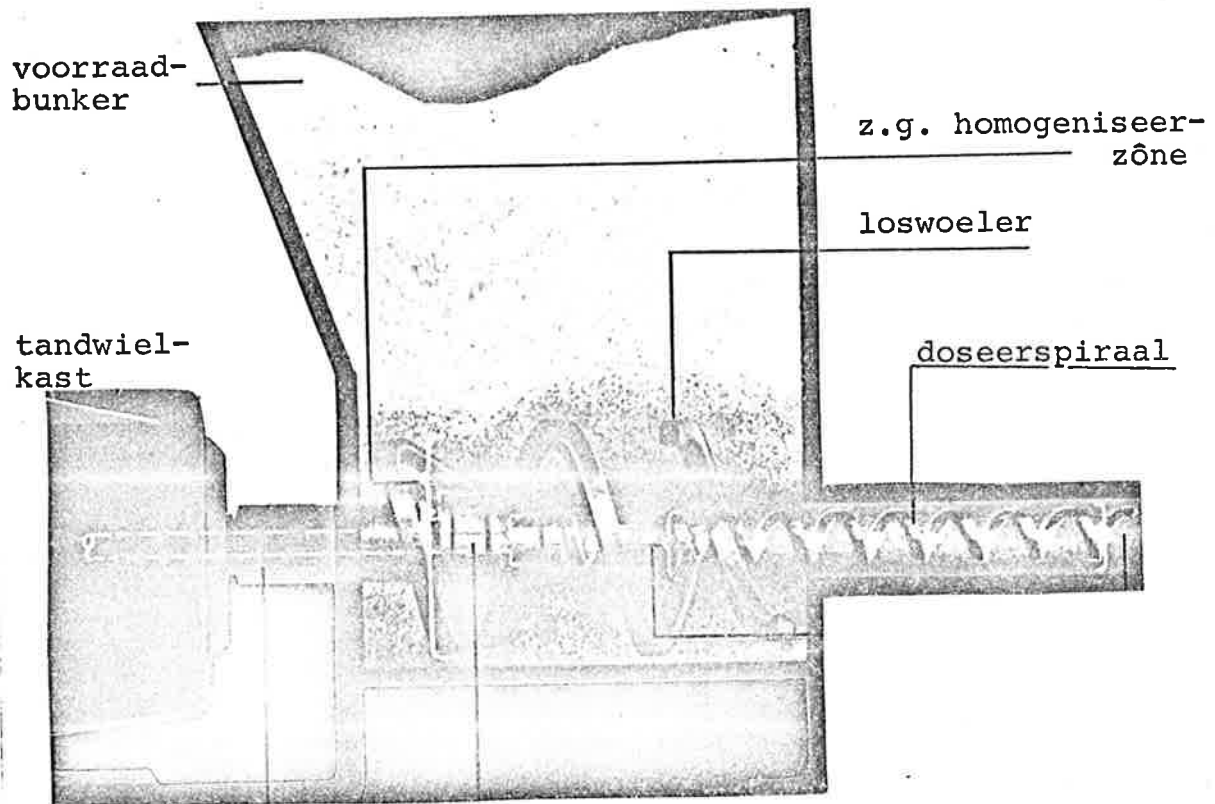


Afb. 6-58 : Het doseerapparaat met kleine voorraadbunker.

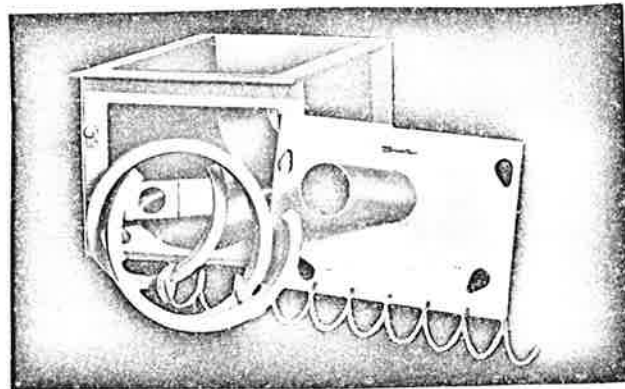
Het doseerapparaat is een standaard apparaat van de firma Gericke uit Regensdorf-Zürich. Dit apparaat bestaat uit een trog, waarin een doseerspiraal en een loswoeler ronddraaien, beide met verschillende toerentallen. De spiraal en de loswoeler zijn zonder extra lagering op resp. een massieve en een holle as van een speciale tandwielkast vastgezet. Deze tandwielkast wordt aangedreven door een Bauer-riem-variator met een regelbereik van 1 : 7.



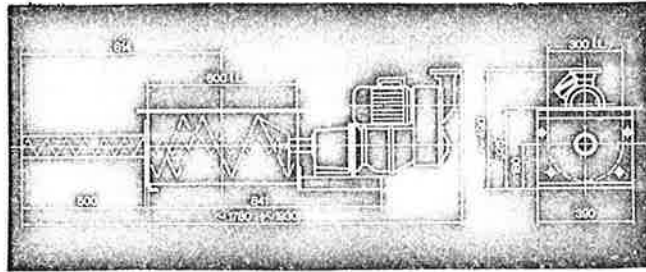
Afb. 6-59 : Het schema van het doseer- en verdeelsysteem bij het Thermo-Murg-kolenstookstelsel.



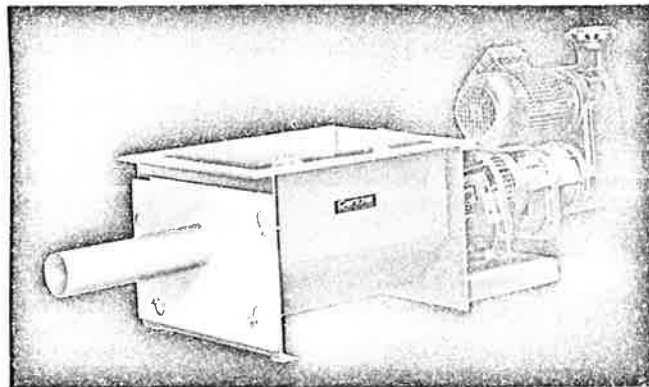
Afb. 6-60 : De doorsnede van het doseerapparaat.



Afb. 6-61 : De onderdelen van het doseerapparaat.

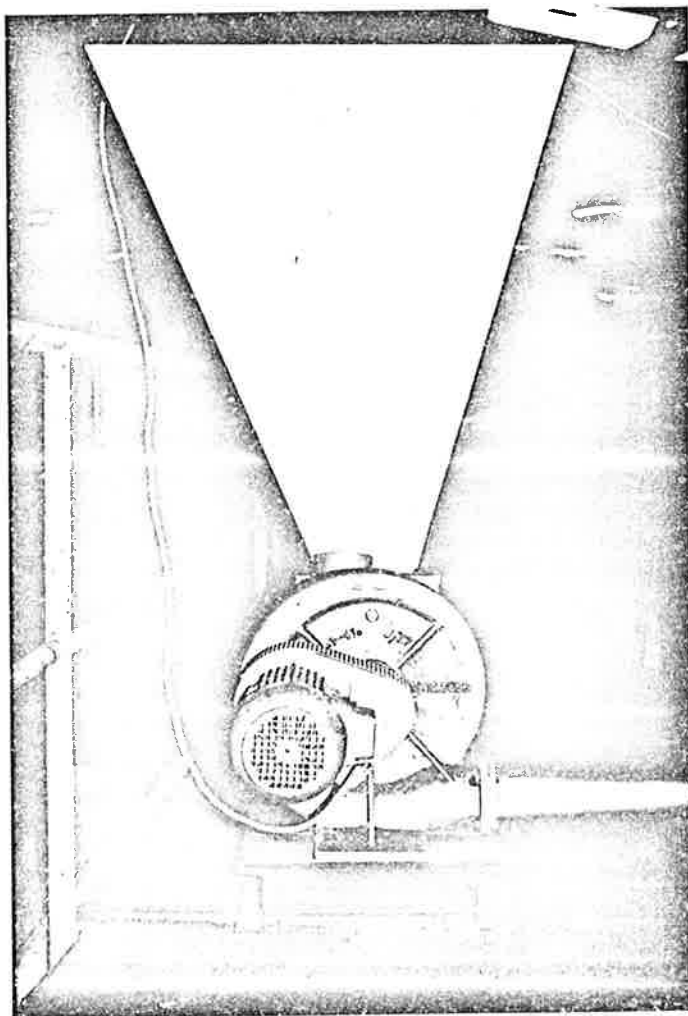


Afb. 6-62 : Principe schets van de samenbouw van een doseerapparaat merk "Gericke".



Afb. 6-63 : De samenbouw van het doseerapparaat.

De uit de trog tredende buis, waarin de doseerspiraal ronddraait, is door Thermo-Murg gewijzigd. Haaks is boven op een verbrede buis een pijp ($\varnothing$ 100 mm) met een vlinderklep gelast. Door deze klep wordt de transportlucht aangezogen. Een radiaal-ventilator, die voor het verdere transport van de kolen zorgdraagt, is zodanig opgesteld dat de aanzuigopening recht voor en vast aan de buis van de doseerspiraal zit gemonteerd (zie Afb. 6-58 en Afb. 6-64).

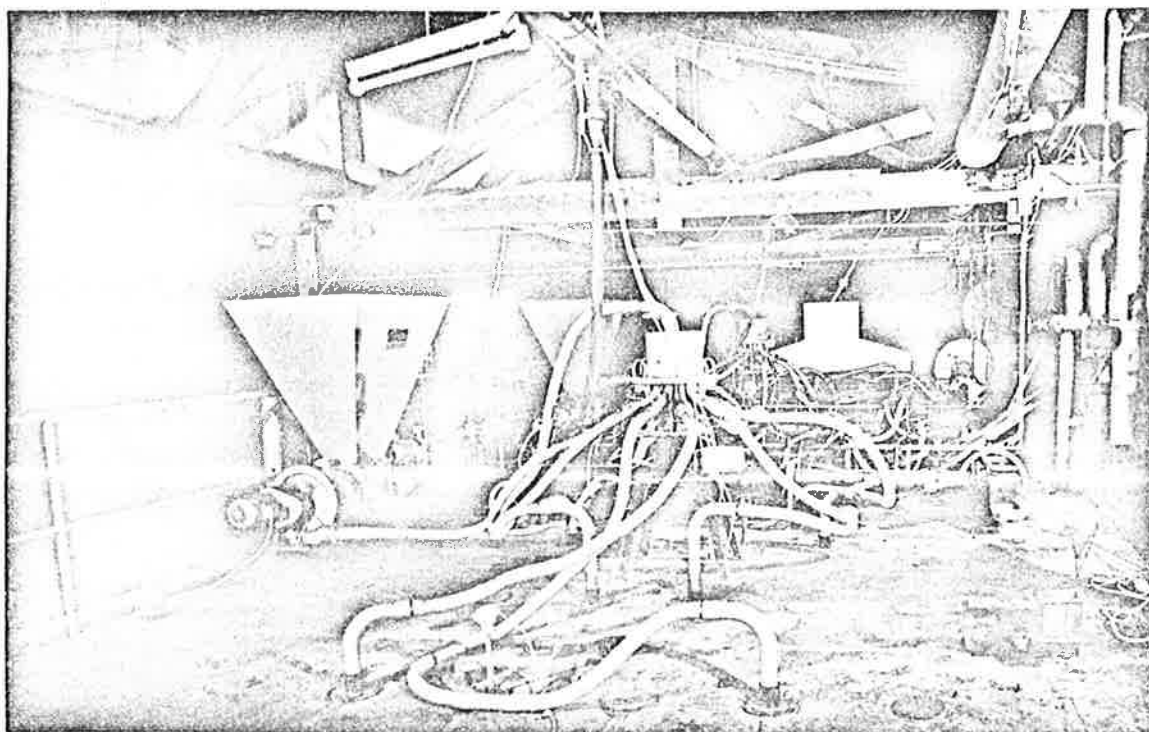


Afb. 6-64 : De transportlucht-ventilator.

Het kolenlucht-mengsel wordt via de ventilator (slijtage!) en transportleiding naar de verdeler geblazen. De verdeler (zie Afb. 6-59 en Afb. 6-65) bestaat uit een cilindrisch huis met een diameter van circa 35 cm en een hoogte van ± 20 cm.

De deksel is afneembaar en heeft in het midden de aanvoeraansluiting.

Aan de onderzijde van het huis zijn de aftakopeningen aangebracht. Door een bochtstuk, dat intermitterend wordt doorgezet, kan de aanvoer achtereenvolgens worden verbonden met de verschillende aftakopeningen.



Afb. 6-65 : Overzicht Thermo-stookinstallatie.

Het op de juiste plaats stoppen van de verdeler wordt gecommandeerd door een schijf met precies evenveel nokjes als aftakopeningen op de verdeler.

De nokjes drukken de micro in en de roterende verdeler stopt. De tijd van stoppen kan op een tijdrelais worden ingesteld. Bij de huidige constructie is de stilstandtijd boven de aftakopeningen voor alle branders gelijk. Dit resulteert in een gelijke dosering voor de verschillende aftakopeningen. Het variëren van de dosering van de afzonderlijke aftakopeningen is bij deze constructie niet mogelijk.

Denkbaar is een oplossing, waarbij de stilstandtijd boven elk gat afzonderlijk kan worden ingesteld. De besturing wordt dan natuurlijk wel een stuk ingewikkelder en dus ook duurder.

De branderlanzen krijgen één voor één een mengsel van fijnkool en transportlucht toegevoerd. Indien 10 branders op een verdeler zijn aangesloten, is de stilstandtijd van een brander 9 x de doseertijd.

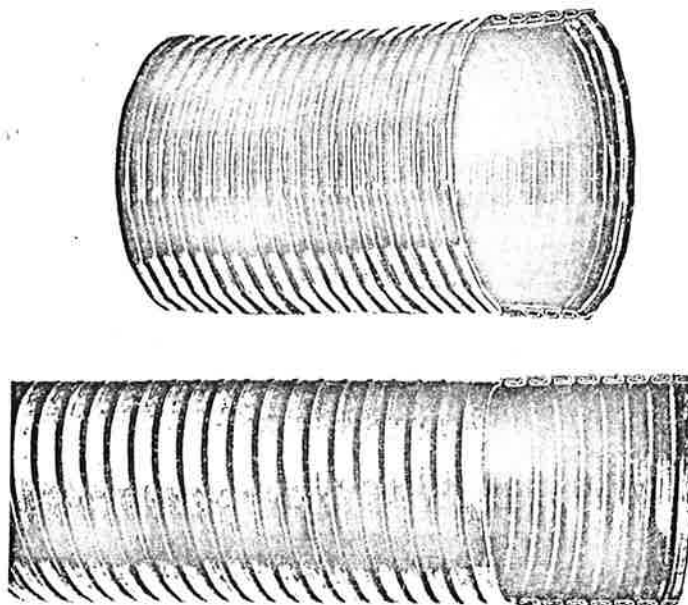
Door de lange stilstandtijd kan snel verbranding van de stalen branderpijpen plaats vinden, vooral indien er ook nog een zekere opwaartse stroming (opstoot) in plaatsvindt.

Tijdens de doseerperiode worden de pijpen door het kolenluchtmengsel weer afgekoeld. Dit opwarmen en afkoelen geeft een grote warmtebelasting aan de stalen branderpijpen.

Om het bovenstaande te verbeteren wordt bij deze branderinstallatie op alle branderpijpen secundaire "koellucht" toegevoerd. Dit toevoeren gebeurt reeds in de aftakbochten onder het verdelerhuis (zie Afb. 6-59 en 6-65).

Natuurlijk moet dit toevoeren van deze secundaire lucht tot een absoluut minimum beperkt worden. Koude lucht verlaagt immers het totale rendement van de verbranding en er is zelfs een kans op plaatselijke afkoeling, mede door de lange stilstandtijd t.o.v. de korte doseringstijd.

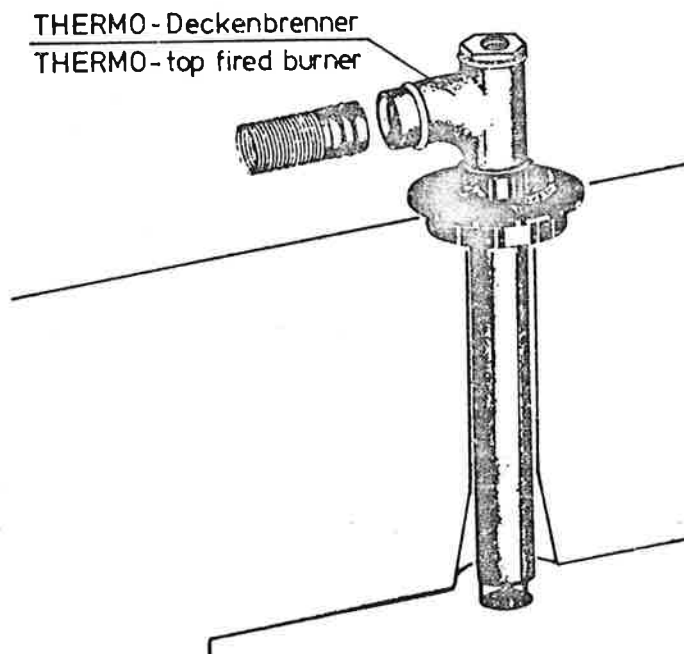
Als verbindingselement tussen de aftakopeningen van de verdeler en de branderlanzen wordt gekozen voor de flexibele metalen slangen, zoals ook vaak gebruikt voor het transport van ventilator naar verdeler. Aan beide uiteinden zijn de slangen uitgerust met snelkoppelingen. Afb. 6-66 laat enige uitvoeringsvormen van deze slangen zien.



Afb. 6-66 : Voorbeelden van flexibele metalen slangen.

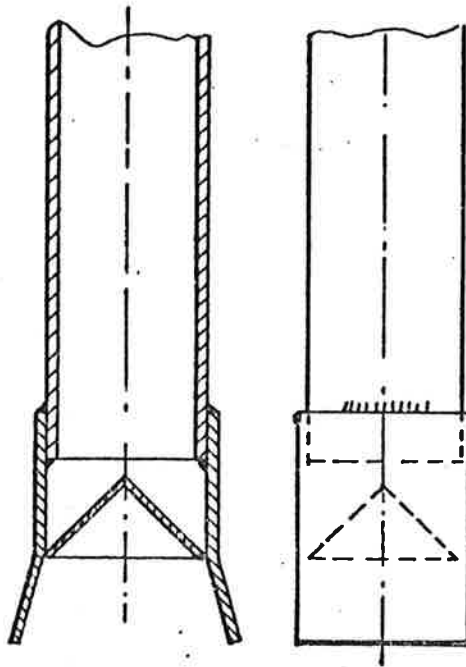
Om de flexibele slangen zo veel mogelijk te beschermen, zijn zowel de aftakopeningen aan de verdeler als ook de branderlanzen uitgevoerd met een stalen bochtstuk. Hierdoor zijn in de flexibele leiding geen scherpe bochten noodzakelijk.

De eigenlijke brander is een 3" stalen pijp, waarvan het ondereind uitgevoerd is in een hittebestendige staalsoort. Onderaan de brander hangt een soort holle conus, die met 3 stalen staafjes aan de hittebestendige stalen pijp is vastgelast (zie Afb. 6-59 en 6-67).

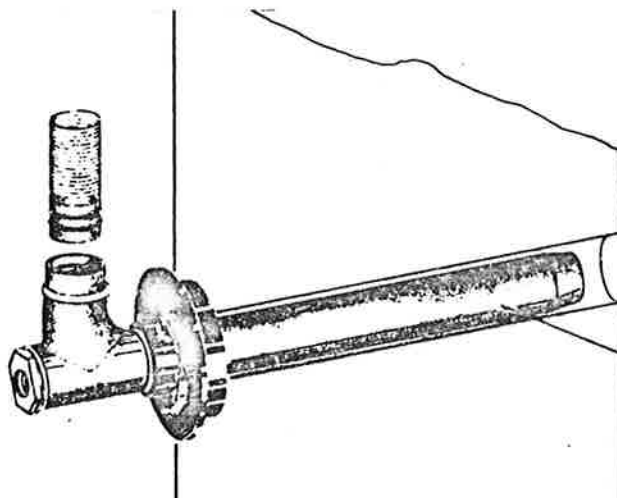


Afb. 6-67 : De normale brander voor van boven gestookte ovens.

Voor de Strohmengertunneloven bij de Alstätter Klinker- und Ziegelwerke, die van boven en tussen de pakketten in de zgn. stookslitten wordt gestookt, was de branderkop uitgevoerd, zoals de Afb. 6-68 weergeeft, met 2 stalen afschermplaatjes om de verstrooiing in de richting van de pakketten te beperken c.q. te voorkomen.

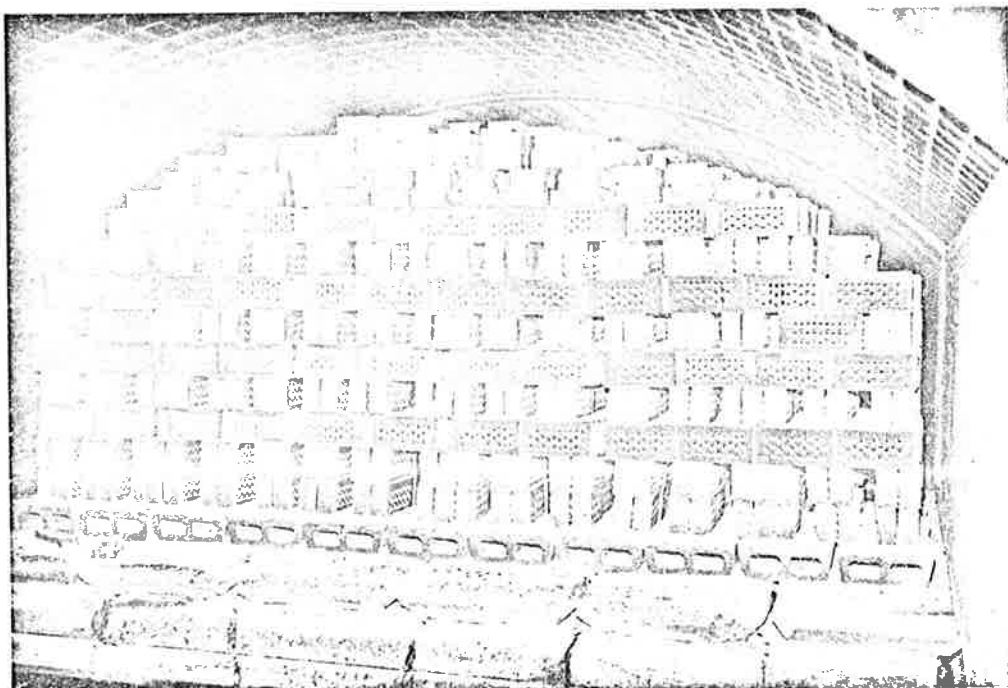


Afb. 6-68 : De aangepaste branderkop voor het stoken in smalle stookslitten.



Afb. 6-69 : de brander voor van opzij gestookte ovens.

Voor van opzij gestookte tunnelovens worden branders zonder conus gebruikt om een zo groot mogelijke impuls te verkrijgen. Afb. 6-70 geeft de zetwijze weer als toegepast op de Strohmenger-tunnelovenwagen van de Alstätter Klinker- und Ziegelwerke tijdens de stookproeven met Thermo-kolenstookinstallatie. De as werd teruggevonden op de bodem van de stookslitten en tussen de zetting (zie Afb. 6-71).

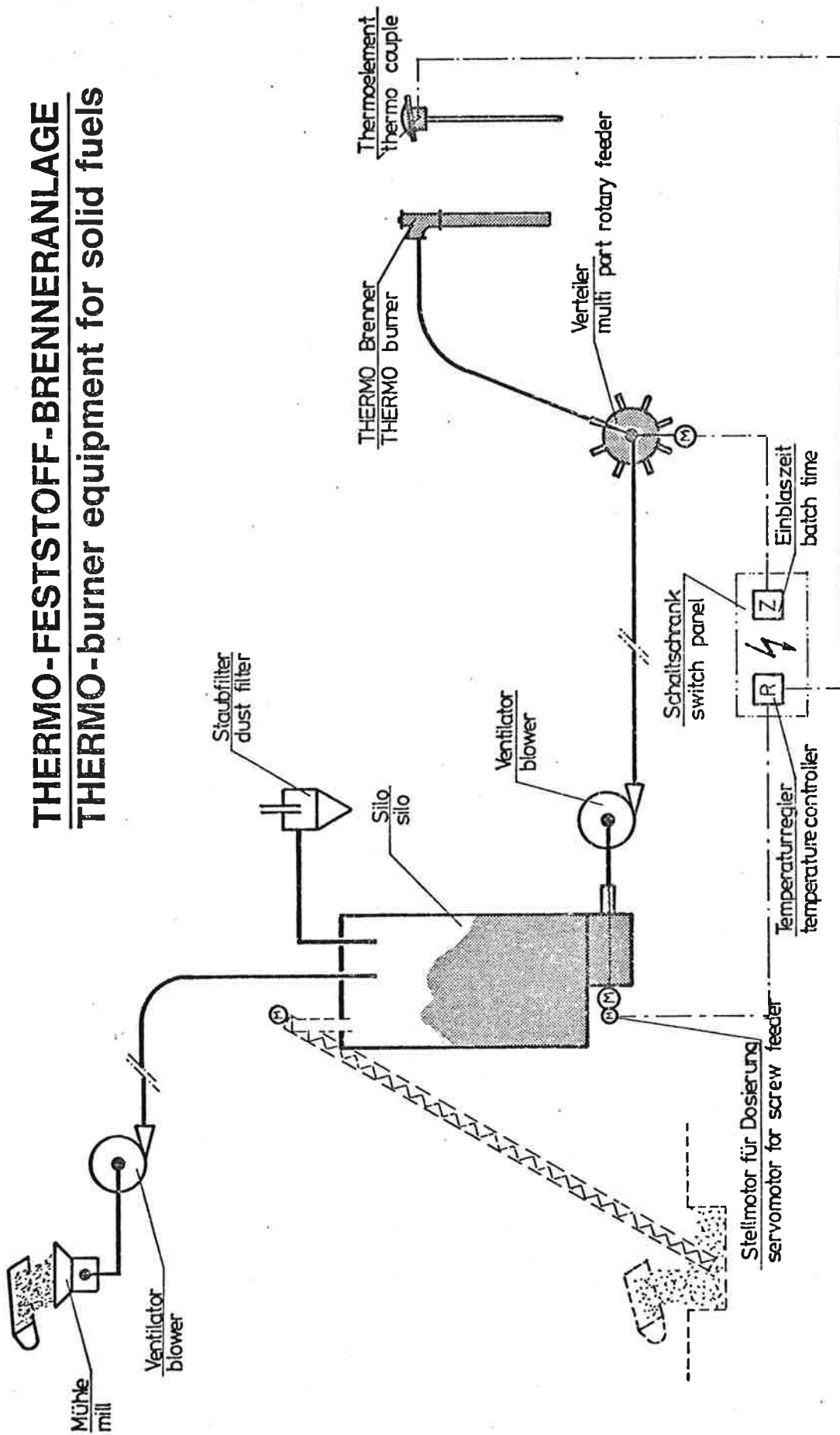


Afb. 6-70 : De zetwijze op de tunneloven-wagen van de Alstätter Klinker- und Ziegelwerke.



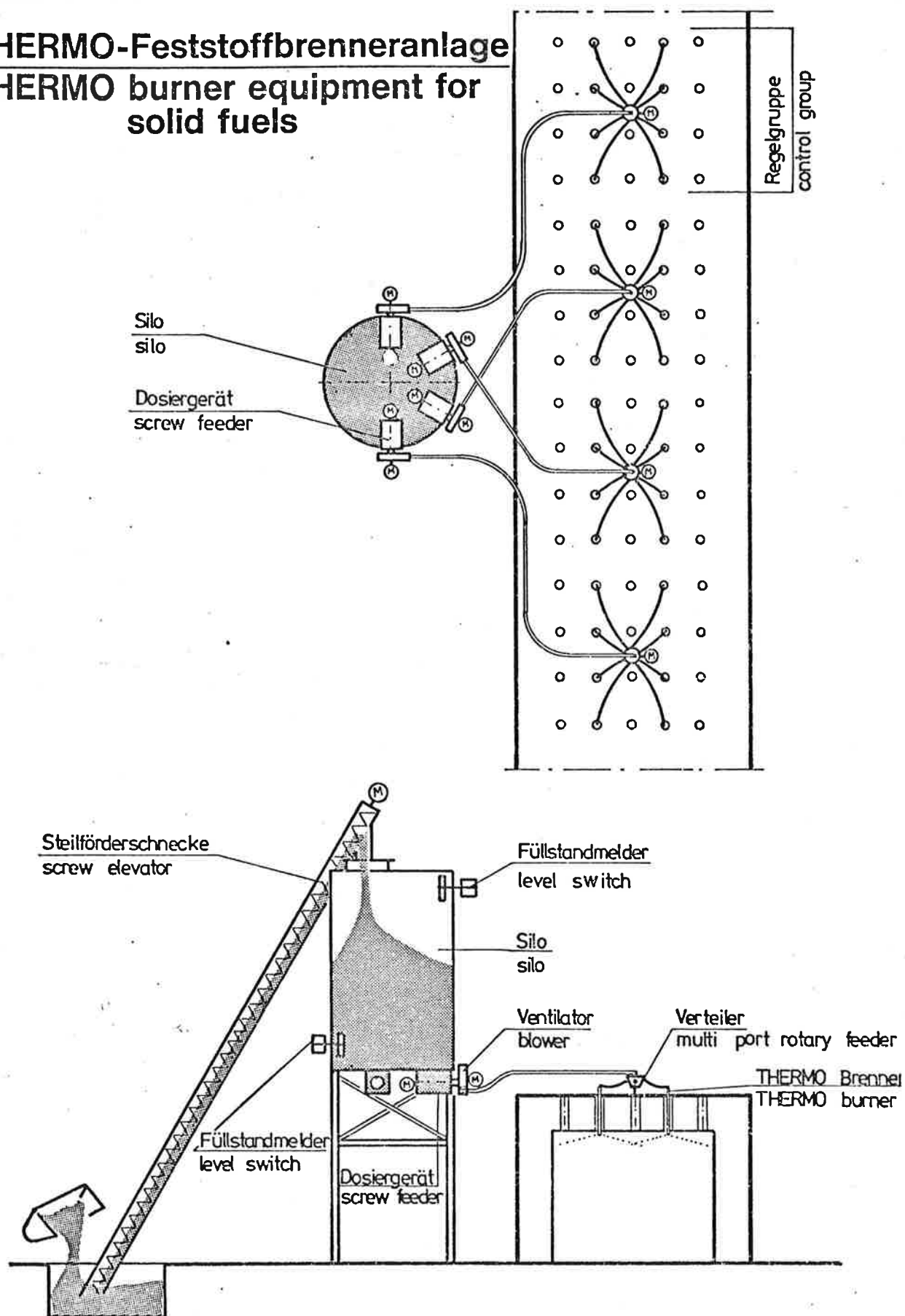
Afb. 6-71 : De as-
resten op de bodem
van de stookslitten.

THERMO-FESTSTOFF-BRENNERANLAGE **THERMO-burner equipment for solid fuels**



Afb. 6-72 : Een schema van een complete kolenstookinstallatie van Thermo-Murg.

THERMO-Feststoffbrenneranlage **THERMO burner equipment for solid fuels**



Afb. 6-73 : Het schema van een complete kolenstookinstallatie van Thermo-Murg.

Schema's van complete kolenstookinstallatie werden uit de folder van Thermo-Murg overgenomen en zijn weergegeven in Afb. 6-72 en 6-73.

In het blad Brick and Clay van november 1977 wordt een Thermo-stookinstallatie beschreven, welke wordt toegepast om een tunneloven met zaagsel te stoken.

Een kolenstookinstallatie bestaande uit :

- 8 verrijdbare kolendoseerapparaten met voorraadbunkers en transportluchtventilatoren.
- 8 verrijdbare verdelers
- 80 branders, compleet met stookrand
- 80 flexibele slangen met snelkoppelingen (verdeler-branders)
- 8 flexibele slangen met snelkoppelingen (doseerapp. verdeler)
- de benodigde regel- en besturingsapparatuur

kost circa fl. 323.000,--. Hierbij komen nog de kosten voor opslag, malen, bunkering en distributie over de oven.

6.2.6. Het kolenstookstelsel van Lingl

In deze paragraaf wordt het kolenstookstelsel van de firma Lingl uit Neu-Ulm (West Duitsland) vanaf de tussenbunkertjes met het doseersysteem tot de branders beschreven. De bevoorrading van de tussenbunkertjes vanaf de centrale maalplaats kan d.m.v. schroef- en kettingtransporteurs plaats vinden. De kennis over dit systeem werd opgedaan tijdens een bezoek aan de steenfabriek "Anton Grehl Ziegelwerk" in Humlangen (+ 20 km van Neu-Ulm), alwaar zo'n kolenstookinstallatie staat opgesteld.

De voor deze installatie gebruikte kolen worden in gebroken toestand betrokken van de firma Ruhrkohlen. Volgens opgave is het watergehalte eigenlijk te hoog. Ook zitten er te veel grote kolenstukken in (+ 5% > 6 mm).

Het hoge vochtgehalte, de stukgrootte > 6 mm en de hout-splinters uit de bunker zijn vaak oorzaak van storing in deze kolenstookinstallatie. De maximale stukgrootte, waarmee de kolenstookinstallatie van de firma Lingl; volgens zeggen, storingsvrij werkt, ligt bij 3 à 4 mm. De reden van het kopen van deze gebroken kolen bij Ruhrkohlen voor deze uitgebreide proef was dan ook alleen de kostprijs. Immers een eigen maal-drooginstallatie voor deze zeer kleine kolenstookinstallatie is naar verhouding erg duur. Voor grotere stookinstallaties komt deze verhouding veel gunstiger te liggen en moet het malen in eigen beheer worden aangeraden.

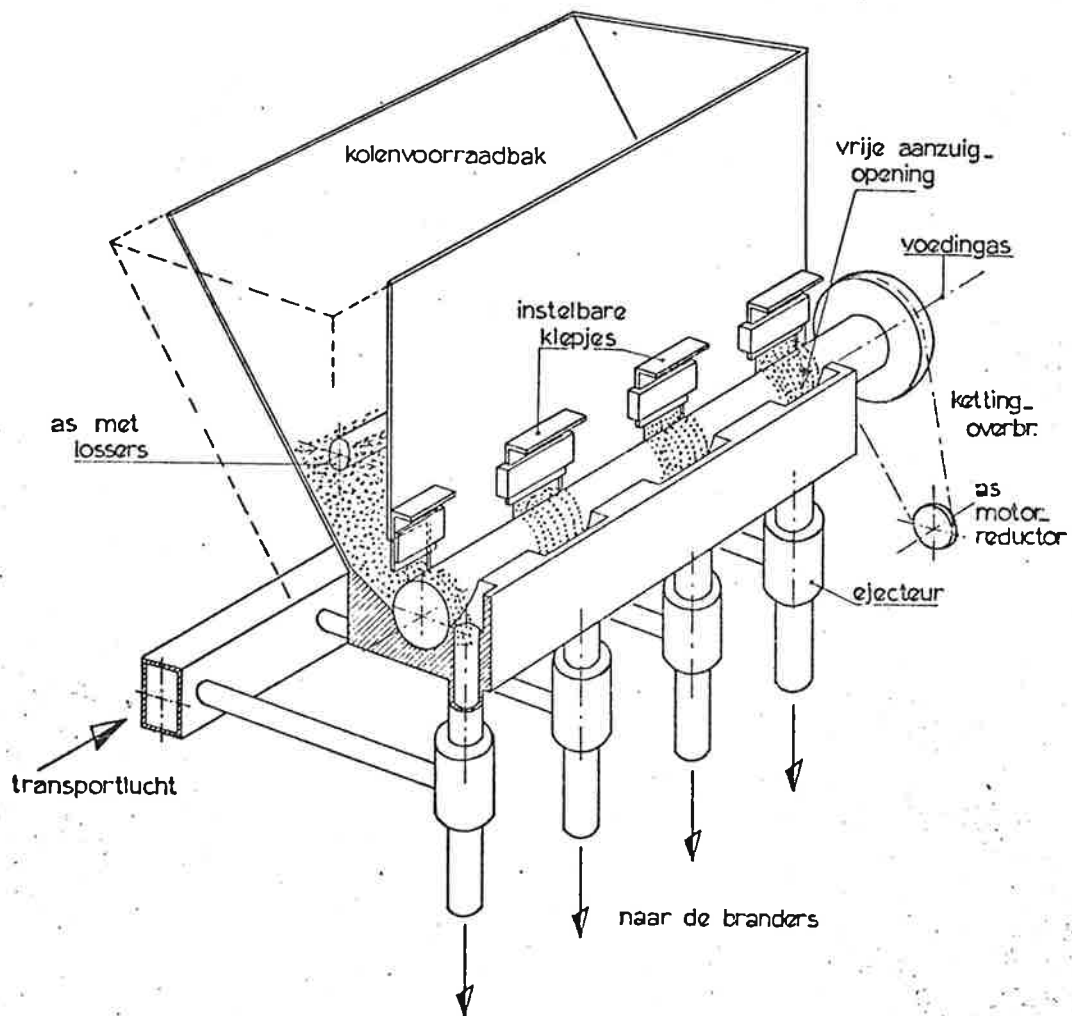
Het systeem vanaf de tussenbunkertjes bestaat uit :

- Een voorraadbunkertje met daarin :
 - . een klein walswerk
 - . een as met lossers en drijvers
 - . een voedingsas
 - . regelschuiven
 - . nivo-detectoren
- Een radiaalventilator met leidingwerk en kleppen
- De ejecteurs
- De stalen leidingen van de ejecteurs naar de branders
- De branders

Het voorraadbunkertje (zie schema in Afb. 6-74) bestaat uit een tapse bak en daar onderin een langzaam roterende licht geprofileerde voedingsas, met een diameter van ± 50 mm.

De profilatie van die as bestaat uit dunne (enkele tiende mm breed) kerven in de lengte-richting van de as, ± 1 à 2 mm van elkaar. Deze voedingsas sleept de fijne kolen, door afzonderlijk instelbare openingen, uit de voorraadbunker naar de open aanzuigopeningen van de ejecteurs. Deze instelbare klepjes kunnen met behulp van een zeskantboutje worden vastgeklemd.

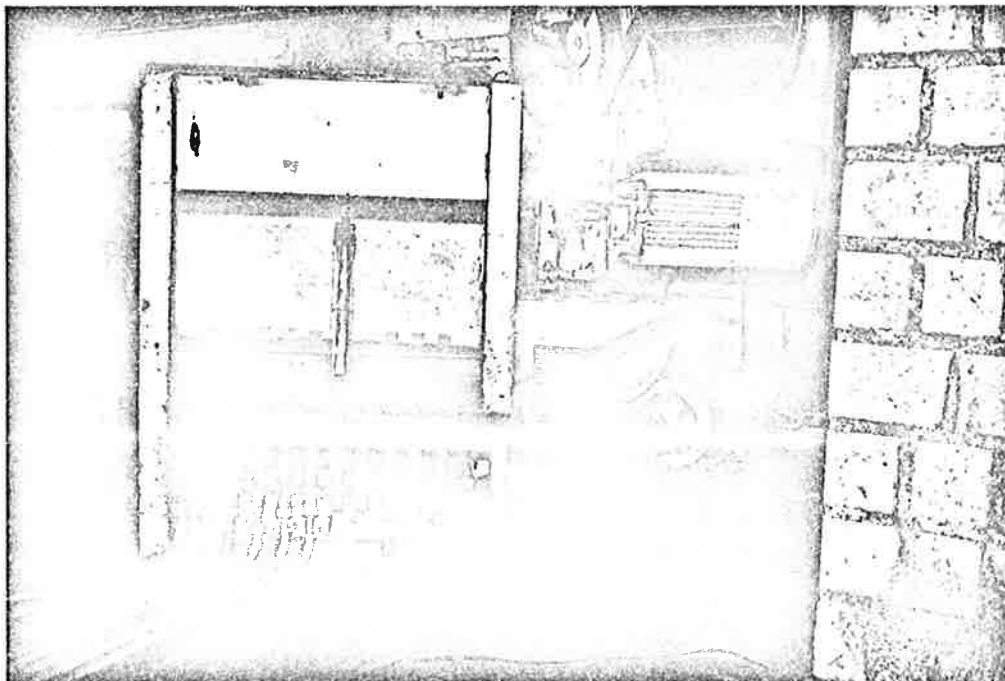
De aandrijving van de voedingsas geschiedt via een ketting-overbrenging door middel van een motorreductor.



Afb. 6-74 : Het schema van het doseerapparaat van Lingl.

In het voorraadbunkertje ligt ± 20 cm boven de voedingsas een as met drijvers en lossers, die er zorg voor draagt, dat er boven op de voedingsas steeds kolen liggen er er geen brugvorming in het bunkertje kan optreden.

Vlak onder de inlaatopening van dit bunkertje is een klein walswerk gemonteerd. Een wals is glad, terwijl de andere wals geprofileerd is. De draaiingsrichting is bij dit walswerkje voor beide assen hetzelfde. In eerste instantie waren de walsen tegen elkaar in draaiend, doch dit bleek geen succes. De kolen plakten aan de walsen vast. Het doel van deze walsen is het breken van de nog te grove kolendeeltjes.



Afb. 6-75 : Het kolenstookapparaat van Lingl.

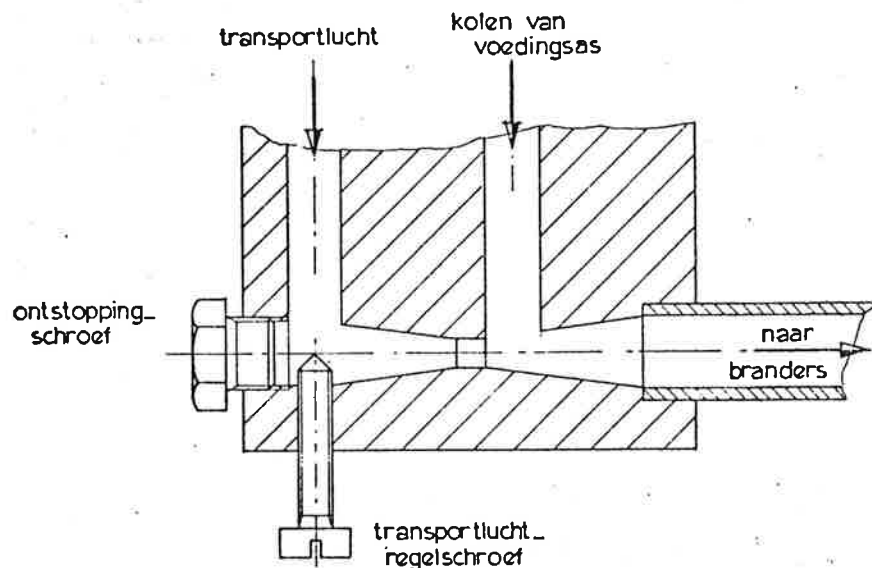


Afb. 6-76 : De voedingsas en de instelbare openingen.

In het nieuwe ontwerp is zelfs een vibrerende zeef boven op de voorraadbunker voorzien, om de te grote deeltjes en verontreinigingen, die verstoppingen kunnen veroorzaken, af te scheiden.

Door de radiaalventilator wordt transportlucht aangezogen en via een leidingsysteem met regelkleppen naar de ejecteurs (Afb. 6-74) geperst. Deze ejecteurs zorgen voor een zekere onderdruk, zodat de door de voedingsas gedoseerde kolen via de niet afgedekte inlaatopeningen (Afb. 6-74) langs de ejecteurs worden gezogen. Dit is nu het kritieke punt in de installatie.

De tamelijk nauwe doorlaatopeningen kunnen vrij gemakkelijk verstopen.

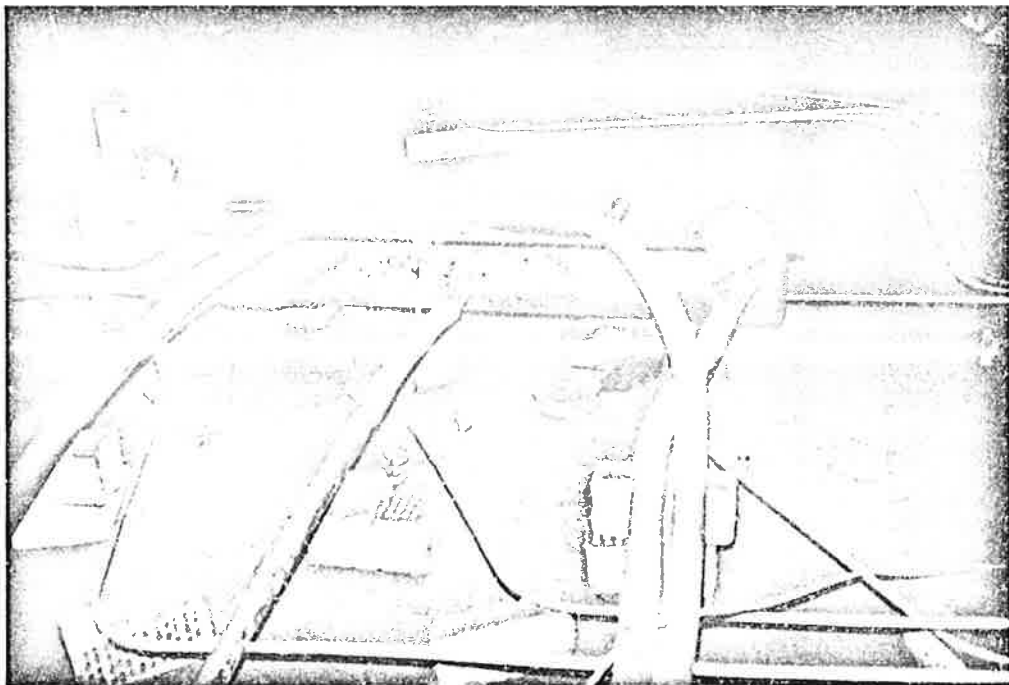


Afb. 6-77 : Het nieuwe ontwerp van de ejecteur.

In het nieuwe ontwerp zijn deze ejecteurs anders uitgevoerd. Het principe van deze nieuwe uitvoering wordt weergegeven door afb. 6-77. De transportluchthoeveelheid is voor elke brander apart instelbaar.

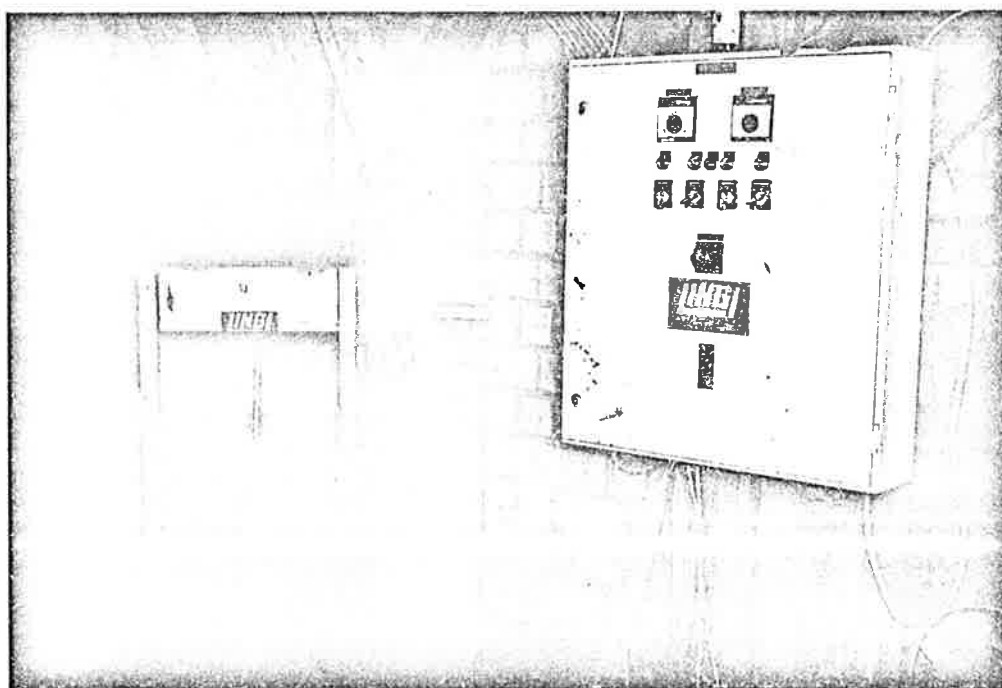
De transportlucht zorgt voor het verdere transport via een stalen leiding (Afb. 6-74) met een inwendige diameter van ± 18 mm. De branders zelf zijn rechte stukken pijp met een inwendige diameter van ± 25 mm, die niet verder reiken dan halverwege de stookpot.

Bij de nieuwe uitvoering is de leidingdiameter vergroot naar 25 mm.



Afb. 6-78 : De opstelling van de branders en hun toevoerleidingen.

Om verstoppingen te voorkomen moet bij het buiten werking stellen van de installatie eerst de voedingsas worden gestopt en een zeker tijdsinterval later kan de lucht-toevoer pas worden gestopt. De temperatuurregeling bij deze installatie kan op twee manieren worden uitgevoerd. De eerste manier is het stoppen en starten van de voedingsas bij de schakeltemperaturen. De tweede manier is een traploze toerenregeling van deze voedingsas met behulp van een temperatuurregeling.

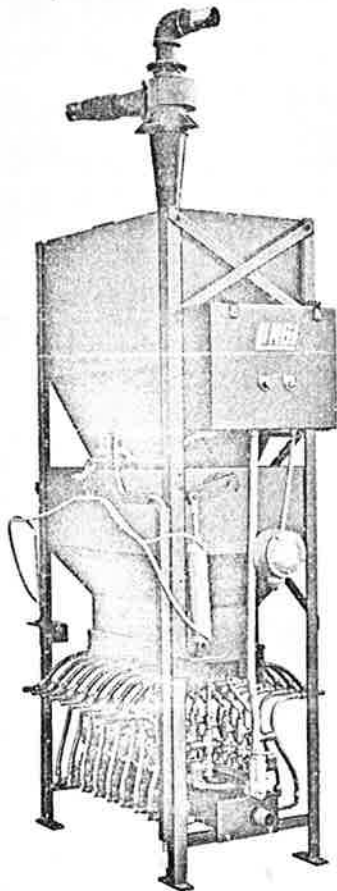


Afb. 6-79 : De regelinstallatie van de Lingl-kolenstook-installatie.

De capaciteit van de branders wordt opgegeven als traploos instelbaar van 0 - 10 kg kolen per uur, terwijl de lucht-behoefte per brander $\pm 30 \text{ m}^3/\text{h}$ bij een druk van 50 mbar (500 mm WK) is.

De uitvoering van het doseerapparaat bleek geenszins overeen te komen met de in het Lingl-informatieblad 19/78 afgebeelde foto (zie Afb. 6-80).

Dit geeft echter het apparaat weer, zoals dit eerst toegepast werd in de U.S.A. De bevoorrading van de kleine bunker geschiedde hierbij met behulp van pneumatisch transport. Door problemen met de stofafscheiding en explosiegevaar is men hiervan afgestapt.



Afb. 6-80 : Het Lingl-kolenstookapparaat zoals afgebeeld in het Lingl-informatieblad.

De dosering door de voedingsas in de vrije opening van de ejecteur leek zo op het oog weinig gelijkmatig, en zelfs met een zekere golfbeweging plaats te vinden.

Hoewel er weinig van de verbranding van de kolen bij de bezochte tunneloven zichtbaar was, kon dit ook bij de branders duidelijk worden geconstateerd.

Of de gedoseerde hoeveelheden over grotere tijdsintervallen wel constant zullen zijn, kon niet worden geconstateerd.

Dit laatste is natuurlijk wel een eis voor het gebruik van deze stookinstallatie als vervanging van onze moderne aardgasstookinstallaties.

Het hoge storingspercentage, tijdens het eerste bezoek, is door het nieuwe apparaat met gewijzigde constructie-details (o.a. schudzeef) geheel onderdrukt. Getuige het verslag van de S.T.C.W.-excursie 1978 door de heer P.C.F. Bekker (lit.6-22). Bij een tunneloven is er natuurlijk een vaste opstelling van de stookapparaten. Doch ook bij vlamring- en zig-zagovens raadt de firma Lingl een vaste opstelling aan.

De kosten voor deze kolenstookinstallatie komen globaal op f. 1000,-- per branderplaats, exclusief opslag-, droog-, maal-, aanvoer- en distributie-systemen.

6.2.7. Het kolenstookstelsel van General Shale

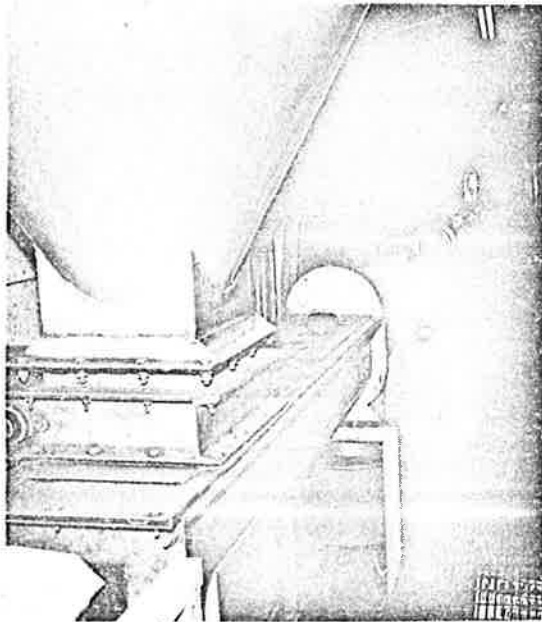
In 1970, na de olieboycot van de Arabieren, kwam de General Shale Products Corporation, een van de grote concentraties van steenfabrieken in de U.S.A., tot de conclusie, dat voor hun energieverzorging kolen de enig juiste oplossing zouden zijn. Dit is niet zo verwonderlijk, omdat bijna alle fabrieken van deze firma in de buurt van mijnen zijn gesitueerd en dus kolen relatief goedkoop voorhanden zijn.

De ontwikkeling van dit kolenstookstelsel voor van opzij gestookte tunnelovens begon begin 1973.

De aanvoer van de kolen naar de steenfabriek kan zowel met rail- en wegtransport als alleen door vrachtauto's plaatsvinden (zie Afb. 6-80). Dichtbij de ruwe kolenbunker is een onoverdekte kolenvoorraad voor ongeveer 30 dagen ingericht. Deze kolenvoorraad wordt met behulp van een loader afgegraven, die de bunker voor de ruwe kolen vult. Een rubberbandtransporteur brengt de ruwe kolen naar een breker, die bovenop de bunker met gebroken kolen is gemonteerd. Een trilgoot, gemonteerd onder deze bunker, doseert de gebroken kolen in een lange schroeftransporteur, die de kolen naar de maalinstallatie brengt.

De lange schroeftransporteur is voorzien van een extra buiten-mantel. Tussen de buiten-mantel en het eigenlijke huis van de transporteur worden rookgassen geblazen om de kolen indirect te drogen.

De molen is boven op de bunker met gemalen kolen gemonteerd. Vanuit de bunker neemt een schroeftransporteur de kolen mee naar de tunneloven. Hier worden de kolen m.b.v. een heel distributiesysteem van schroeven naar de tussenbunkertjes getransporteerd.

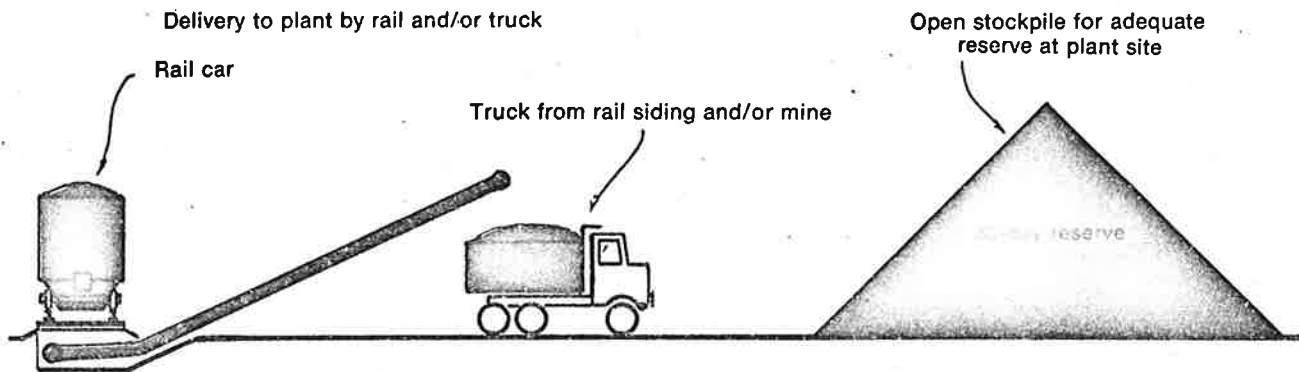


Afb. 6-81 : De schroeftransporteur voor het kolentransport naar de tussenbunkertjes, opgesteld langs de tunnelovens.

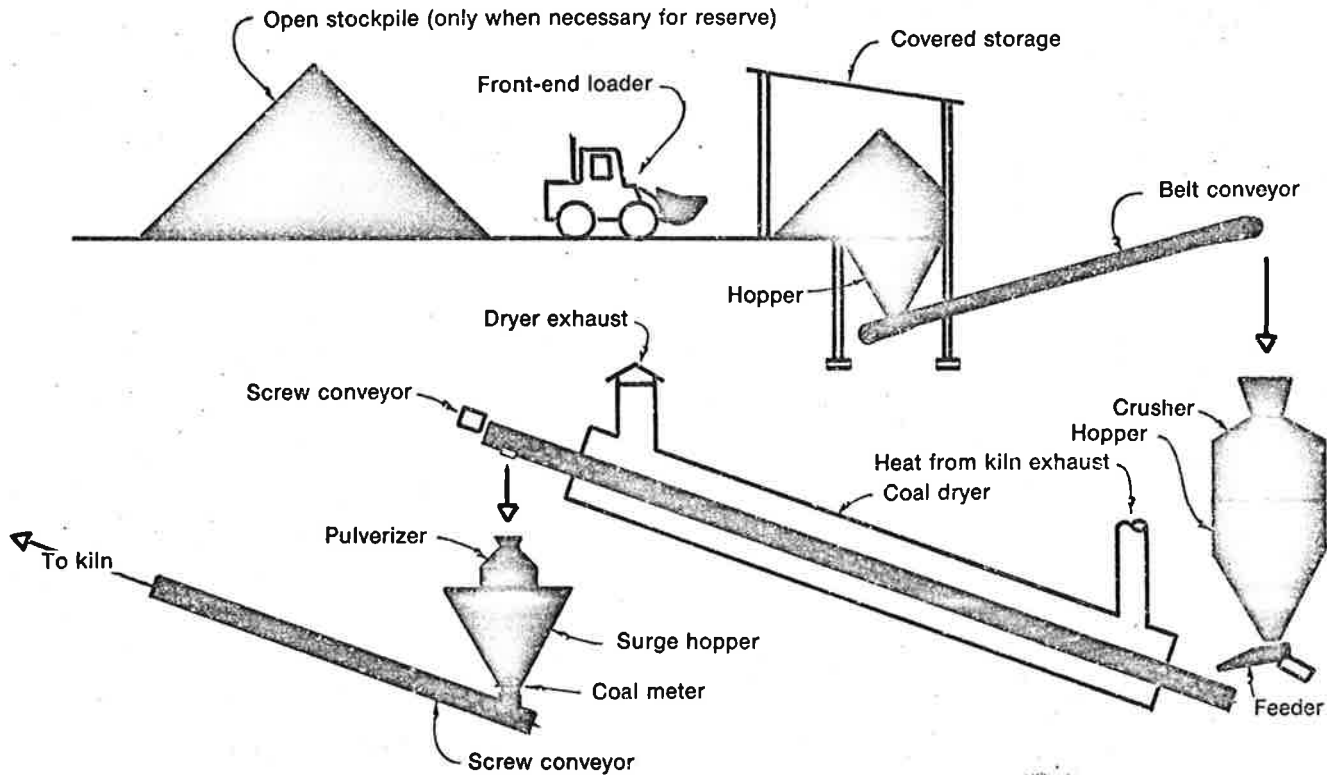
In de eerste instantie hing onder het tussenbunkertje een klein schroeftransporteurtje met variabele aandrijving. Dit schroefje doseerde de hoeveelheid kolen, bestemd voor 4 branders, in een luchtstroom. Het kolen-luchtmengsel werd met behulp van een verdeelconus verdeeld in 4 individuele stromen naar de branders. Doordat de kosten voor toezicht en onderhoud hiervoor zeer hoog waren, werd gezocht naar een andere oplossing voor dit doseerprobleem.

De door General Shale nu toegepaste oplossing wordt weer-gegeven in Afb. 6-83. De gemalen droge kolen stromen uit de tussen bunker in een verticale valpijp en vallen in de horizontale toevoerpijp onder een vrije uitstrookhoek van $\pm 45^\circ$.

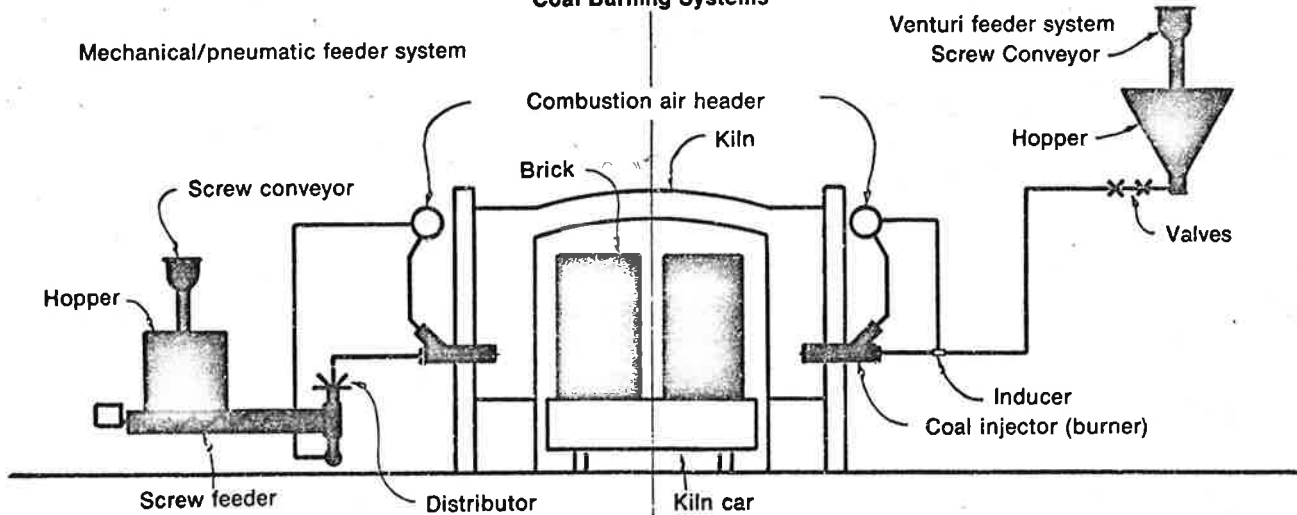
Unloading & Storage



Reduction & Drying

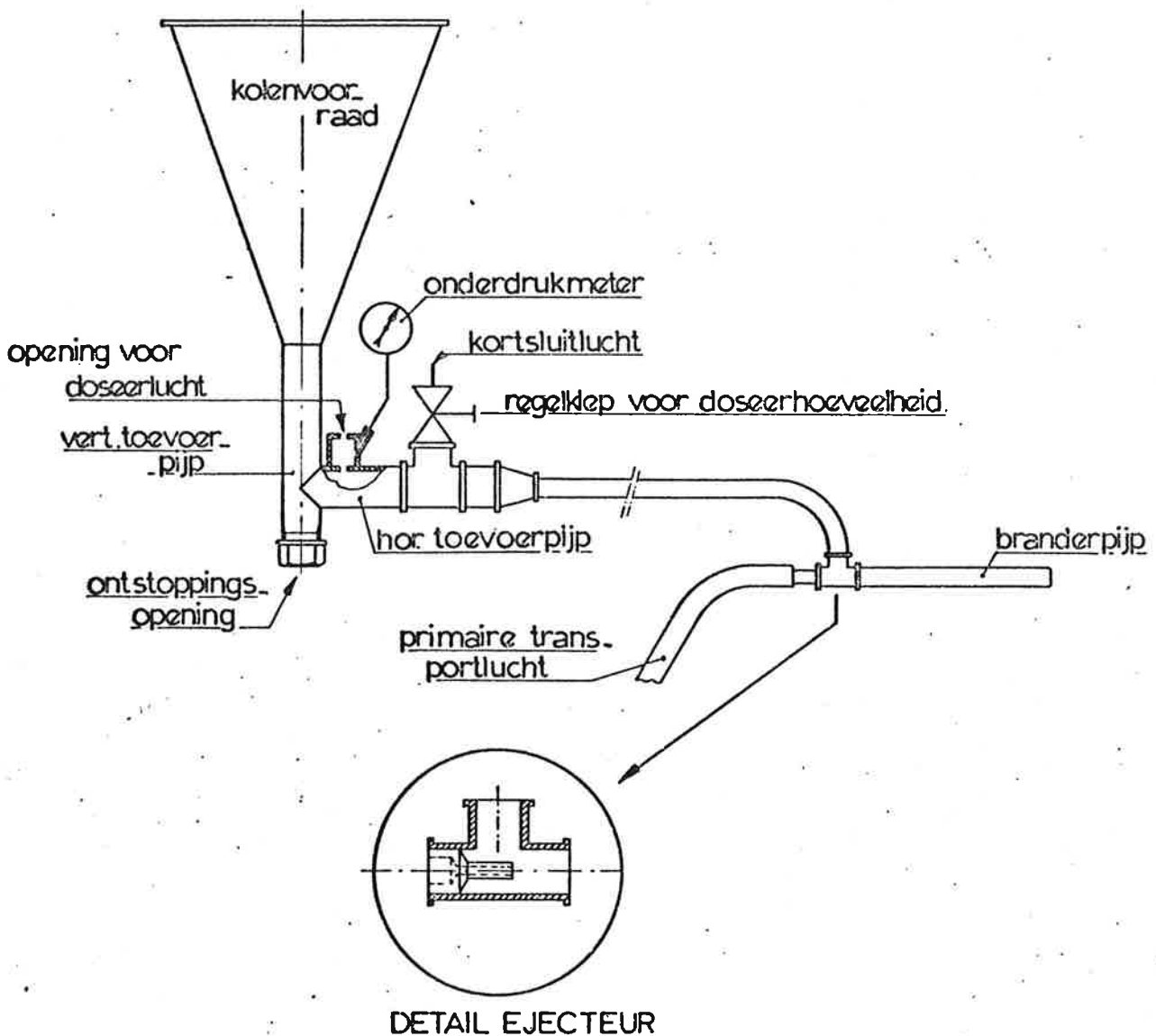


Coal Burning Systems

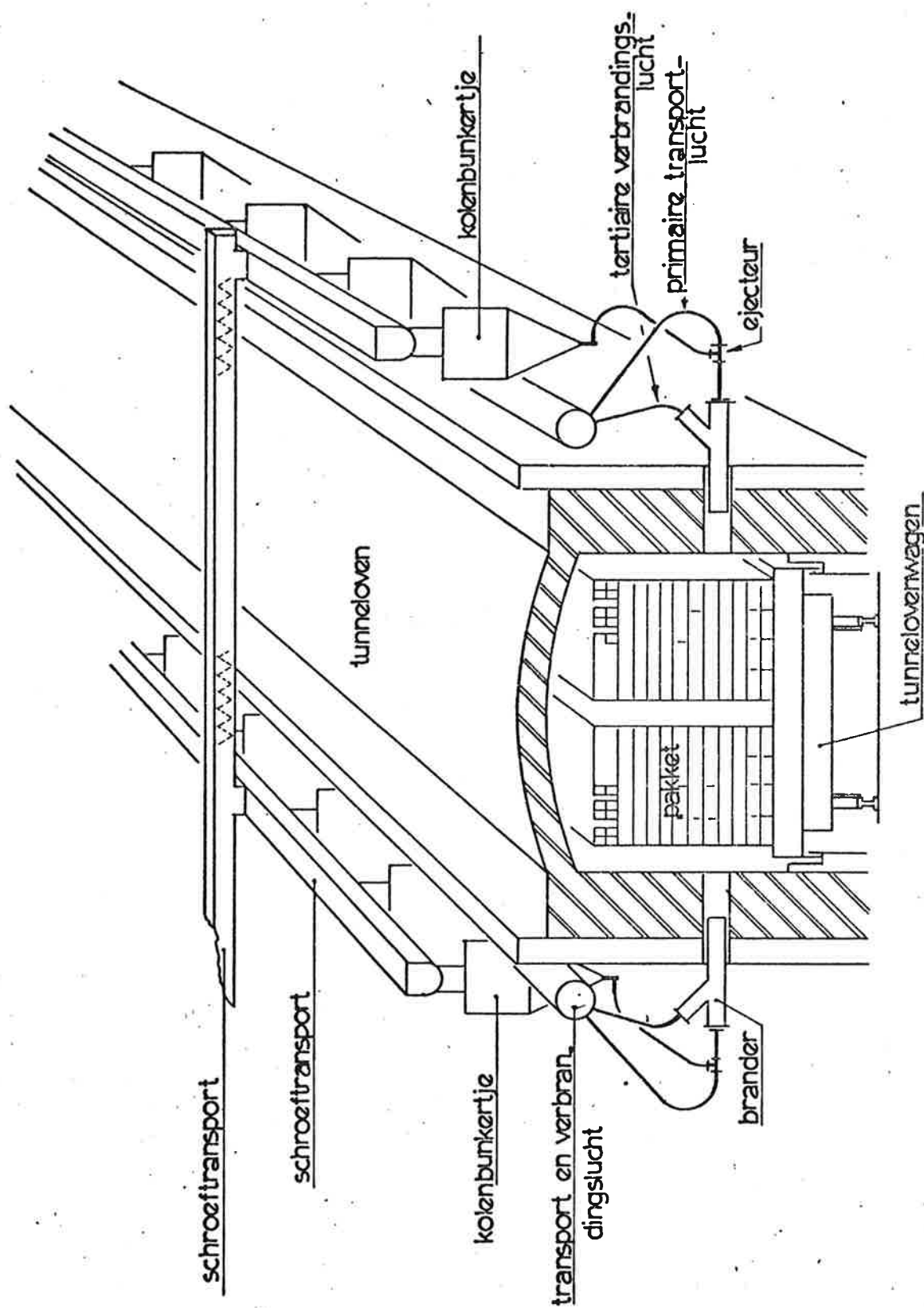


Afb. 6-82 : Overzicht transport- en verdeelsysteem bij het kolenstookstelsel van General Shale.

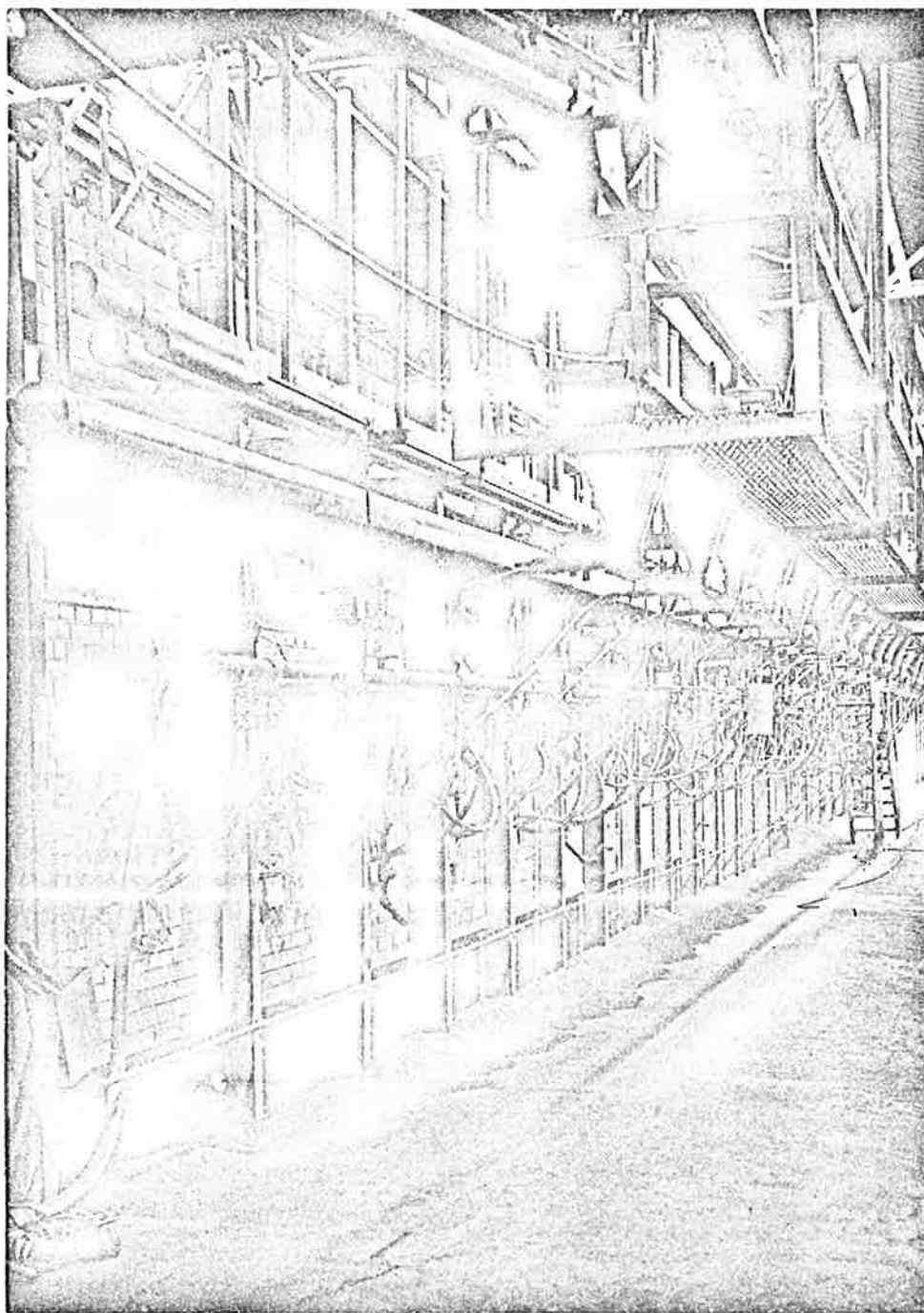
Door de primaire transportlucht wordt bij de ejecteur een onderdruk gecreëerd. Daardoor wordt lucht aangezogen door een vaste opening op de horizontale pijp, dicht bij de kolenvoer-
bunker. De doseerlucht neemt kolen mee langs de ejecteur naar de brander. Om de hoeveelheid doseerlucht, en dus de hoeveelheid gedoseerde kolen te kunnen regelen, is ook een instelbare kortsluitopening op de horizontale toevoerpijp aangebracht. De afsluiter, hiervan kan zeer nauwkeurig met behulp van een onderdrukmeter worden ingesteld.



Afb. 6-83 : Het doseerprincipe van General Shale.



Afb. 6-84 : De opstelling van de kolenstookinstallatie van General Shale.



Afb. 6-85 : De opstelling van de kolenstookinstallatie
naast de tunneloven.

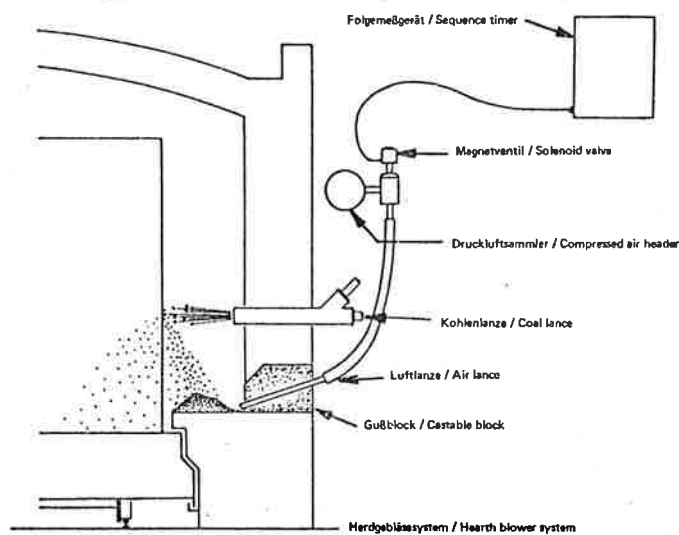


Afb. 6-86 : De kolendoseerapparaat van General Shale.

De capaciteit is instelbaar van ± 2 tot 24 kg kolen per uur.

Onder aan de verticale toevoerpijp is een ontstoppingsopening aangebracht om eventuele verstoppingen te kunnen verhelpen.

In Afb. 6-84 is het kolen distributie- en doseersysteem voor een van opzij gestookte tunneloven in schema aangegeven. Bij de branders kan tangentiaal nog tertiaire verbrandingslucht worden bijgevoegd.

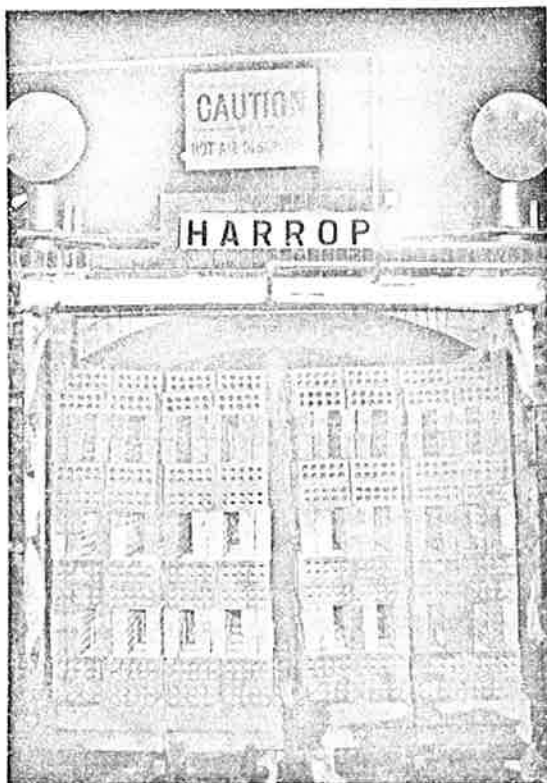


Afb. 6-87 : Het wegblazen van geblokkeerde kolendeeltjes.

Doordat deze stooksystemen hoofdzakelijk worden toegepast op tunnelovens met continu-wagentransport, wordt telkens een gedeelte van de kolen-luchtstroom door de inzet geblokkeerd. De grovere kolendeeltjes komen hierdoor aan de zijkant van de tunneloven te liggen. Door nu periodiek een luchtpuls op deze plaats te geven (zie Afb. 6-87) worden de kolendeeltjes weer tussen de inzet geblazen, althans dat is de bedoeling. De gemiddelde korrelgrootte van de in de oven gedoseerde kolen bij dit systeem is :

- 89% < 1,0 mm
- 59% < 0,5 mm
- 32% < 0,25 mm
- 16% < 0,125 mm

De tussen de inzet achtergebleven as wordt met behulp van afzuigsystemen verwijderd. Soms wordt een sproeisysteem toegepast om stofverspreiding van vlieg-as tegen te gaan.



Afb. 6-88 : De opstelling van een watersproeiinstallatie om stofverspreiding (vlieg-as) tegen te gaan.

In 1979 hoopt de General Shale Product Corporation ook haar laatste tunnelovens op dit systeem over te schakelen.

6.2.8. Het kolenstookstelsel van Harrop

Na bestudering van het kolenstookstelsel van de General Shale Products Co. begon de Harrop Ceramic Service Corporation uit Columbus, Ohio (U.S.A.), in 1975 de ontwikkeling van een eigen kolenstookstelsel.

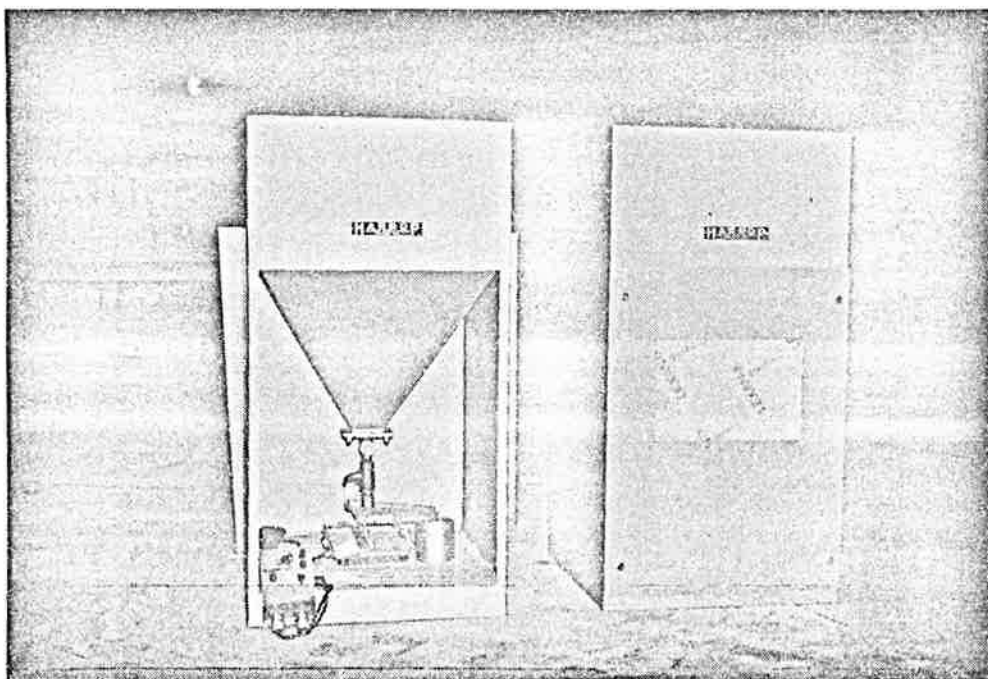
De kolen worden bij dit stelsel in een overdekte ruimte opgeslagen. Een loader stort de kolen in een bunker voor ruwe kolen met een capaciteit van circa 24 uur. Vanuit die kolenbunker brengt een schroeftransporteur de kolen naar een kolendroger.

De droger bestaat uit parallel opgestelde schroeftransporteurs voorzien van buitenmantels. Afvallucht van de oven zorgt voor indirecte droging van de kolen in de buitenmantels schroeftransporteurs.

Een kleine hoeveelheid ovenlucht wordt ook in de eigenlijke schroeftransporteurs toegelaten voor een directe droging. De droge kolen worden verder getransporteerd naar een tweetal hamermolens. De capaciteit van iedere molen is groot genoeg voor de totale maalcapaciteit. Hierdoor is één van de molens beschikbaar voor het uitvoeren van onderhoud. Beide molens zijn gemonteerd op de bunker voor gemalen kolen met een inhoud van circa 4 ton.

Onder deze bunker hangt een doseersluis, die de kolen doseert in een systeem van spiraaltransporteurs. Het aantal omwentelingen van deze doseersluis worden geregistreerd om een inzicht in de hoeveelheid kolen te verkrijgen, die in het systeem is gebracht. De spiraaltransporteur brengt de kolen naar twee tussenbunkers bovenop de oven.

Vanuit de tussenbunkers worden de kleine bunkertjes met doseerinrichting, door spiraaltransporteurs van kolen voorzien. Om stofverspreiding tegen te gaan wordt het gehele transport- en distributie -systeem onder een kleine onderdruk gehouden.

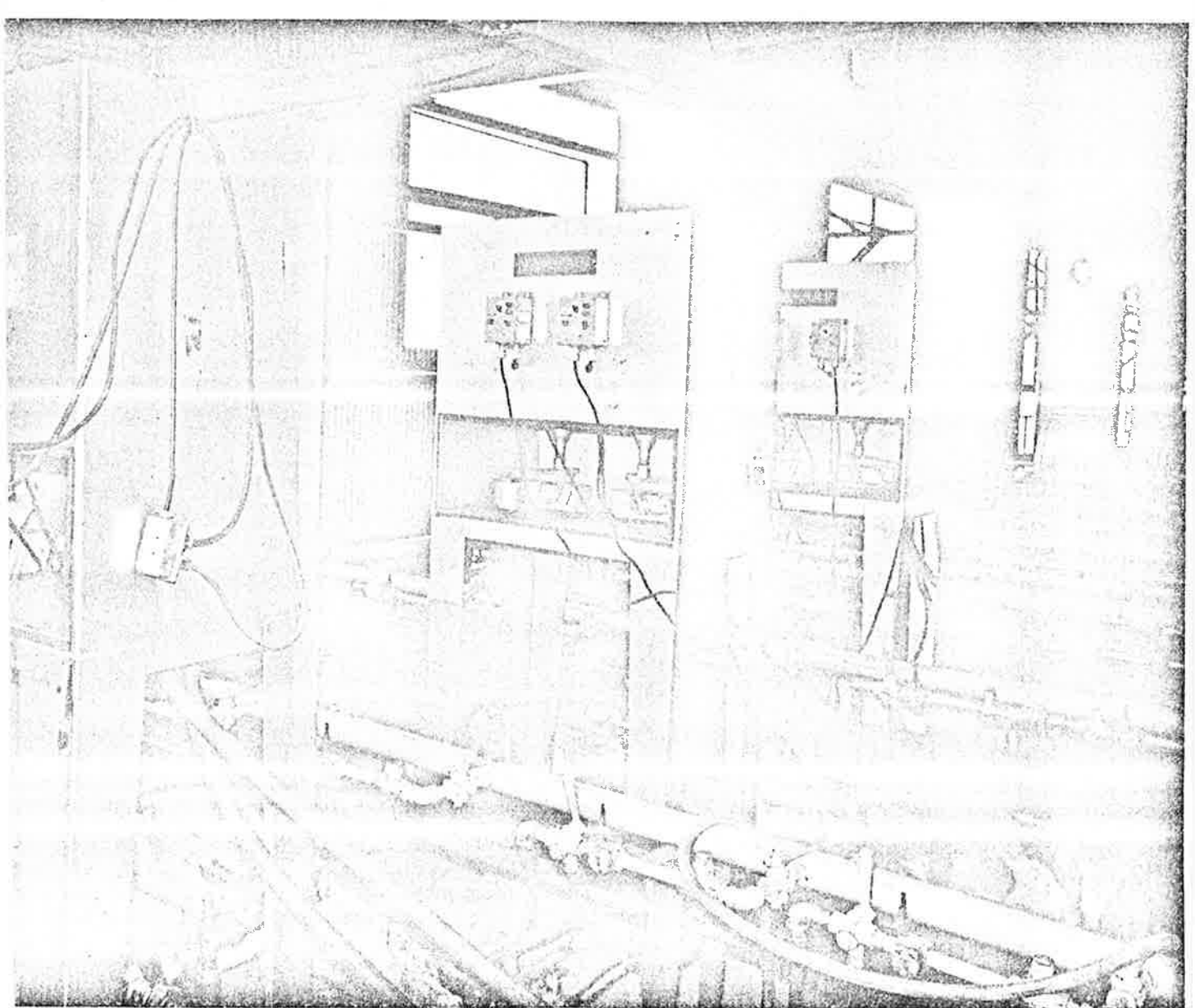


Afb. 6-89 : Het kolenbunkertje met trilvoeder en regelaar.

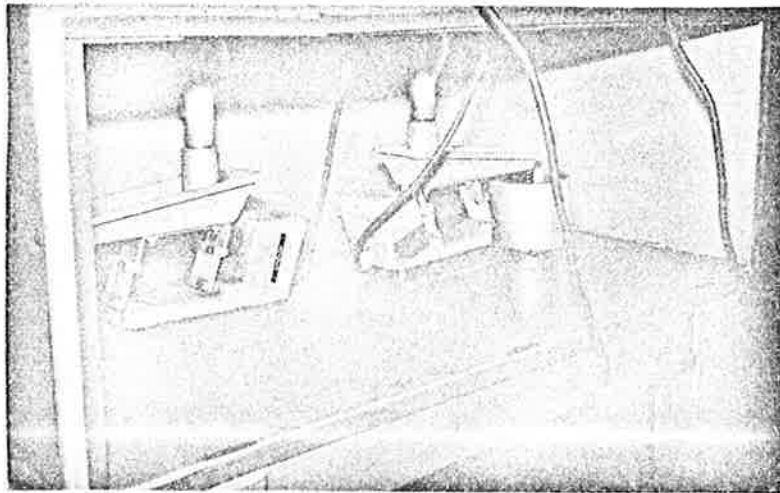
Onder de uitloop van de kleine bunkertje zijn open trilgootjes gemonteerd. Deze in capaciteit instelbare trilgootjes doseren de fijne kolen in een ejecteur (Afb. 6-91 en 6-92).

Het ontwerp van de ejecteur, lijkt wat op degene, die General Shale toepast in haar kolenstookstelsel.

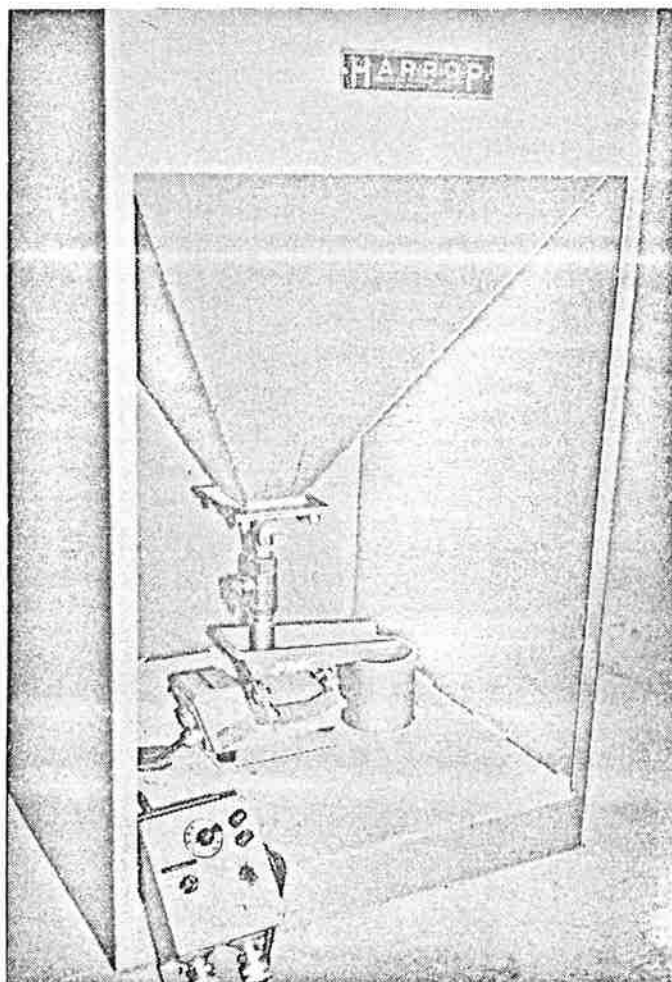
Soms zijn de bunkertjes in duplo uitgevoerd (zie Afb. 6-90). Het kolen-luchtmengsel wordt m.b.v. flexibele rubberslangen naar de eigenlijke branders geblazen. De brander is opgebouwd uit twee concentrische pijpen (zie Afb. 6-93).



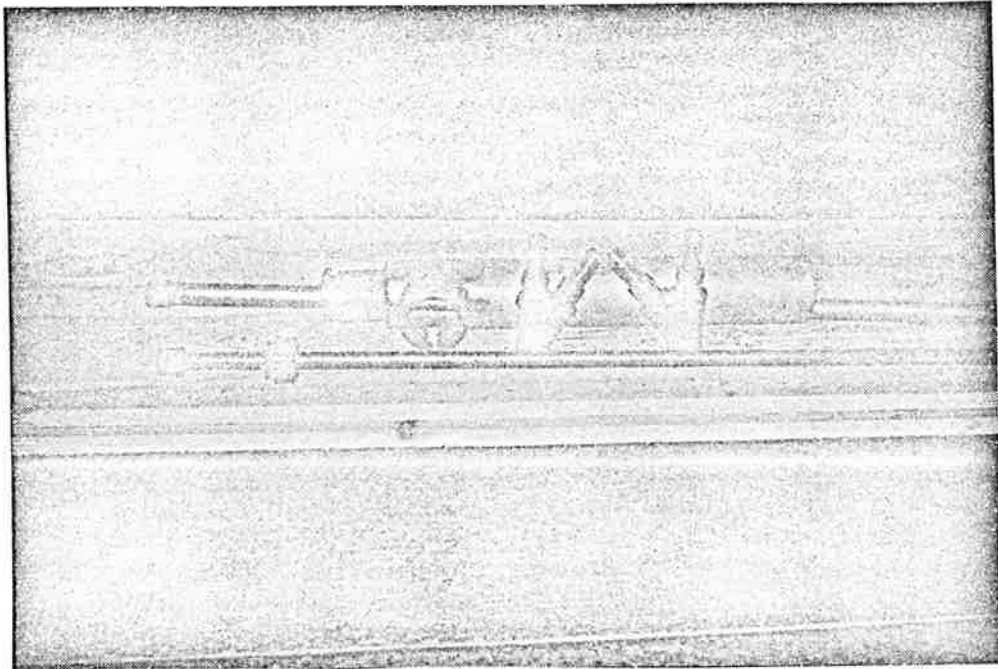
Afb. 6-90 : De opstelling van de bunkertjes met trilvoerders op de tunneloven van de Ashe Brick Company uit Van Wyck, South Carolina (U.S.A.).



Afb. 6-91 : De trilvoeders onder de kolenbunkertjes



Afb. 6-92 : Het kolenbunkertje met trilvoeder en capaciteitsregelaar.



Afb. 6-93 : De eigenlijke brander.

Door de binnenpijp wordt het kolenluchtmengsel in de oven gebracht. Extra verbrandingslucht, tangenciaal in de mantelpijp geblazen, kan nog additioneel worden toegevoegd.

Aan het einde van de tunneloven is een aparte ruimte gedacht, waar de as wordt verwijderd door een gecombineerd blaas en zuigsysteem.

De gebruikte korrelgrootte voor de in de oven gedoseerde kolen lag ongeveer op de volgende waarde :

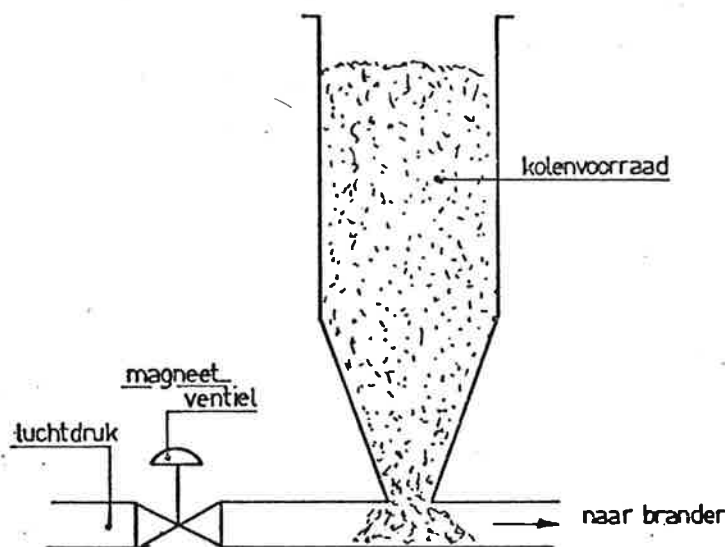
- 83% < 1,0 mm
- 47% < 0,5 mm
- 21% < 0,25 mm
- 8% < 0,125 mm

6.2.9. Het kolenstookstelsel van Leisenberg

Hoewel de firma Leisenberg uit Hess (West Duitsland) al meerdere malen met dit systeem in de "Ziegelindustrie" heeft geadverteerd, is het nog nergens op een oven in gebruik.

Ook konden door Ober-Ing. M. Leisenberg tijdens een persoonlijk gesprek geen ontwerptekeningen worden getoond. Het systeem gaat uit van fijnkool (korrelgrootte kleiner dan 5 mm), dat door de kolenleverancier in gebroken toestand wordt aangevoerd.

Voor het transport naar en op de oven wordt gedacht aan een sleepkettingtransporteur met een gesloten constructie. Het ontwerp van de sleepketting komt uit de landbouwmechanisatie (kunstmeststrooiing). Deze sleepketting blijft continu doorlopen, vult de voorraadtonnen van de doseerapparaten en neemt het surplus aan kolen met het bovenlopende part mee terug. Het principe van het eigenlijke doseerapparaat wordt weergegeven door Afb 6-94.

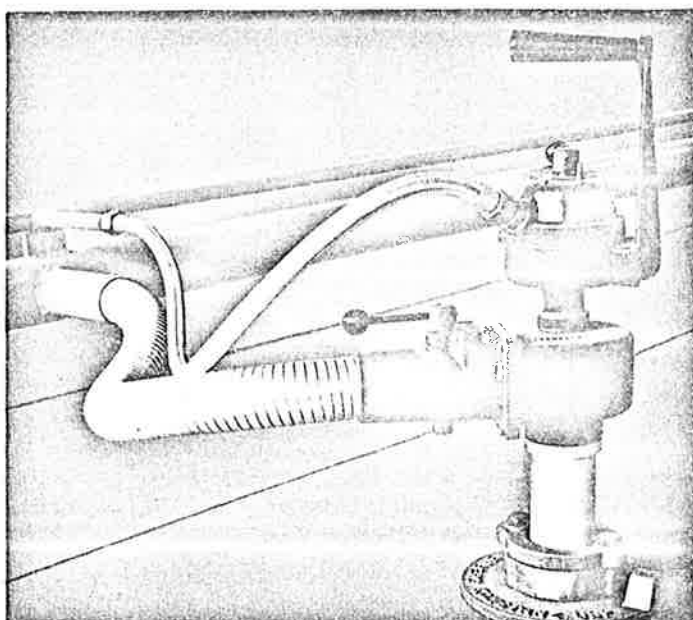


Afb. 6-94 : Het doseersysteem.

Door het openen van het magneetventiel, gedurende telkens zeer korte tijdsintervallen, worden de in de horizontale pijp liggende kolen naar de branderkop van een normale Leisenberg-brander geblazen.

De branderkop heeft de vorm van een slakkenhuis van een radiaal ventilator. De stromingsrichting van de lucht is juist andersom. De luchtstroom wordt hierdoor, in een hevige rotatie gebracht. De brandstof mengt zich goed met de lucht. In Afb. 6-95 is een Leisenberg-brander voor olie weergegeven.

Een capaciteitsregeling wordt verkregen door wijziging van de sluitduur van het magneetventiel.

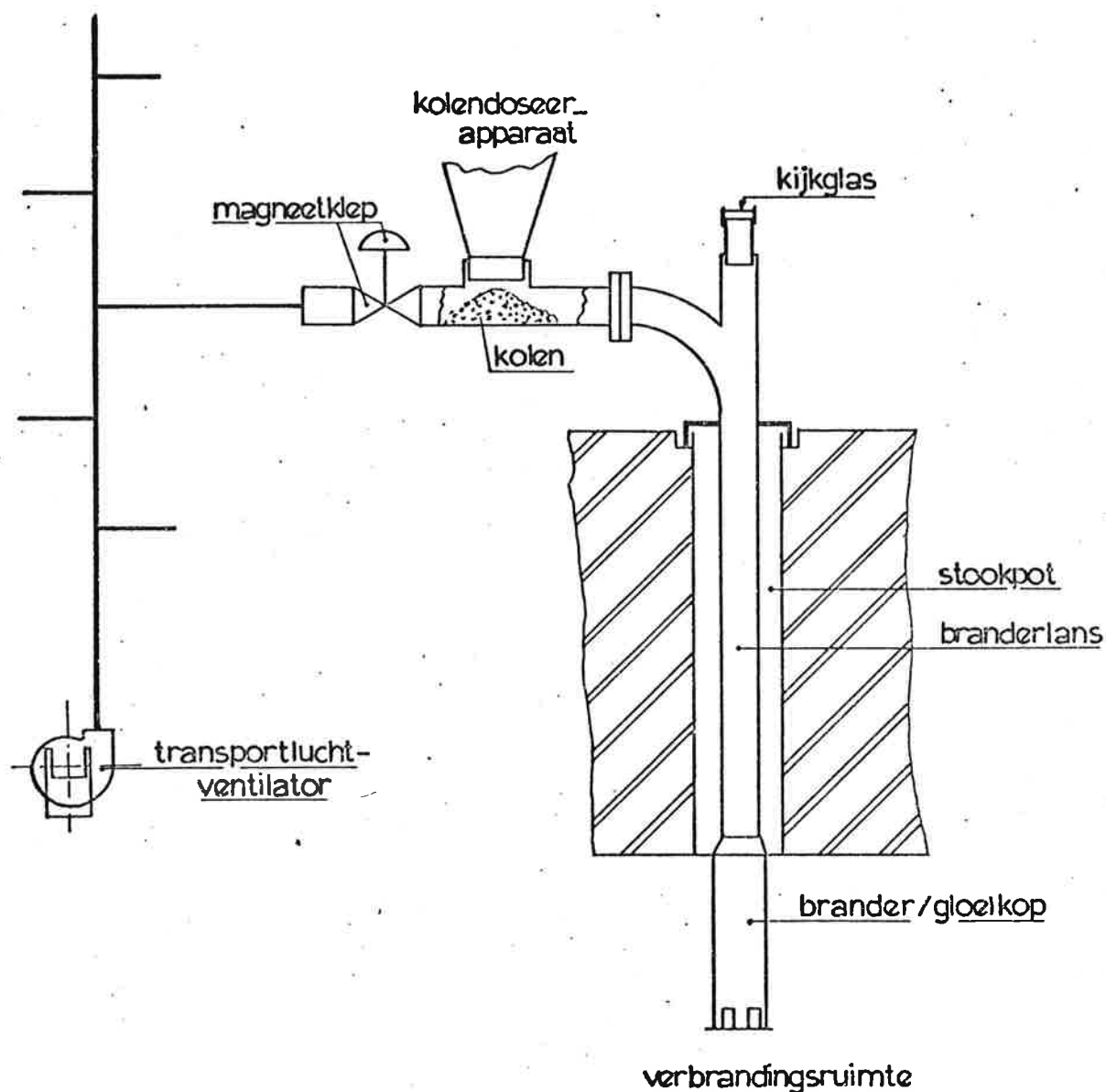


Afb. 6-95 : De Leisenberg-brander voor olie.

6.2.10. Het kolenstookstelsel van Andreas Friedl

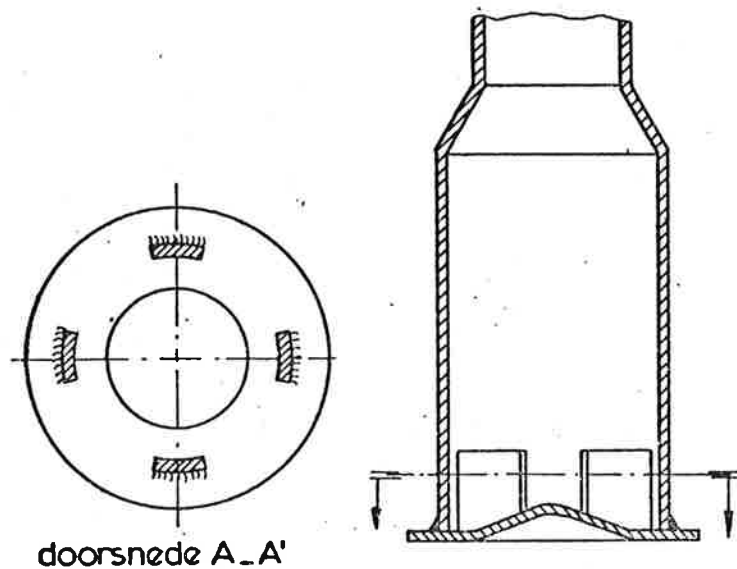
De heer Andreas Friedl, eigenaar van de steenfabriek Burghausen heeft in 1974 met de hulp van Ruhrkohle A.G. een nieuw kolenstookstelsel ontwikkeld. Ook in Nederland is hiervoor een patent aangevraagd.

Het stookstelsel werd het eerst toegepast op de ringoven van steenfabriek Burghausen. Later volgden proeven op zigzag- en tunnelovens. Het principe van dit kolenstookstelsel is weergegeven in Afb. 6-96.



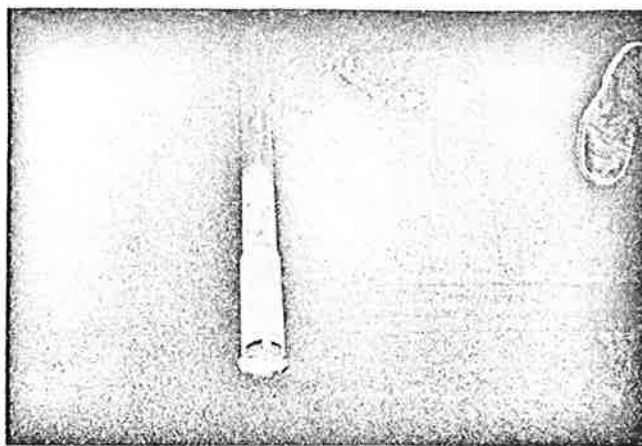
Afb. 6-96 : Het schema van het kolenstookstelsel van Andreas Friedl.

Het belangrijkste onderdeel van het systeem is de gloeikop. Deze uit hittebestendige staal vervaardigde gloeikop bestaat uit een cilinder, waaraan m.b.v. 4 strippen een cirkelvormige verdeelplaat is aangebracht. Deze enigszins gewelfde verdeelplaat reikt tot buiten de gloeikop diameter.



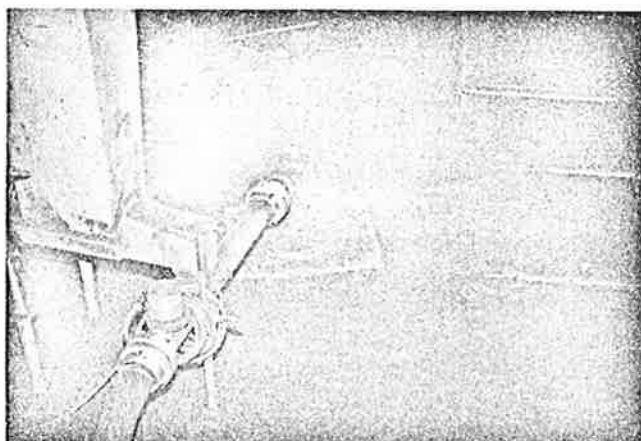
Afb. 6-97 : De gloeikop.

De uittree-doorsnede tussen de strippen is $\pm 2/3$ van de doorsnede van de valpijp (branderlans). Door de branderlans is de gloeikop verbonden met de horizontale transportpijp. Bovenop de branderlans is een kijkglas gemonteerd.



Afb. 6-98 : De gloeikop.

Door een normaal kolenstookapparaat wordt intermitterend kolen gedoseerd in de horizontale transportpijp. (bij de het eerst uitgevoerde installaties zijn vaak Klostermeyer-stookapparaten gebruikt).

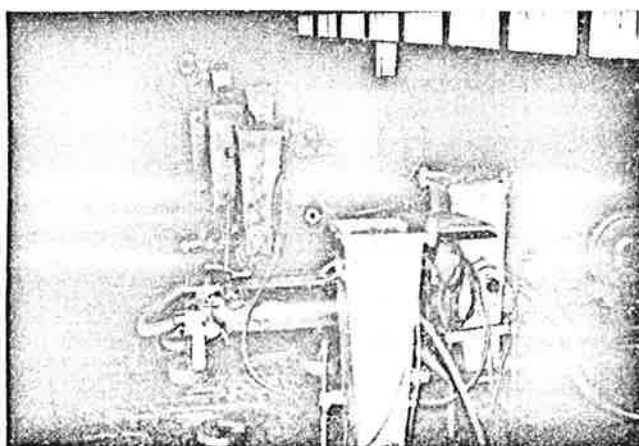


Afb. 6-99 : Het kolendoseerapparaat, magneetventiel en horizontale transportpijp.

Bij het openen van de magneetklep worden alle gedoseerde kolen ineens naar de gloeikop geblazen. De ontsteking van de aldus ingeblazen kolen blijkt zich nu door de speciale vorm van gloeikop als een explosie te voltrekken. Hierdoor wordt de brandstof over de gehele dwarsdoorsnede van de verbrandingskamer verdeeld en zorgt voor een goede temperatuursverdeling, zo wordt beweerd.

De toegepaste korrelverdeling van het vet- en gasvlamkoolmengsel ligt op circa :

- 5% 6 - 10 mm
- 95% < 6 mm
- 55% < 1,0 mm
- 30% < 0,5 mm



Afb. 6-100 : De opstelling van de stookapparaten.

Strikt genomen zou dit stookstelsel, dat met een klein percentage nootjes 5-kolen werkt, ingedeeld moeten worden onder paragraaf 6.1. Door de bijzondere werking ervan, het gebruik van transportlucht en het lage percentage aan grovere kolen is toch tot indeling onder 6.2. besloten.

Het betreffende kolenstookstelsel wordt in licentie geproduceerd door de firma Gairing uit Riedlingen (West Duitsland). De steenfabriek Burghausen van de heer Friedl werkt niet meer met dit stelsel.

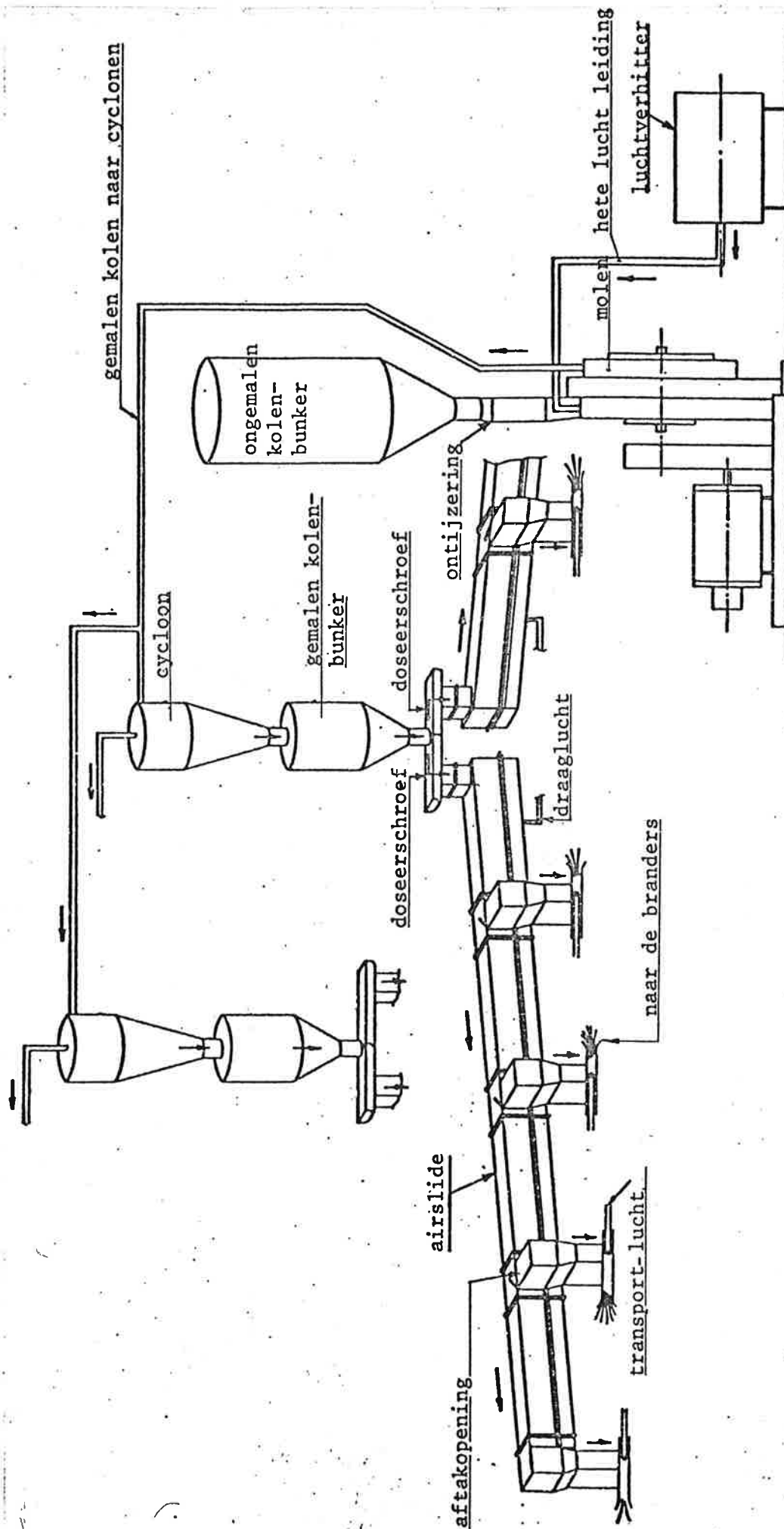
6.3. De kolenstooksystemen, waarbij poederkool in de oven wordt geblazen.

Bij grote, met kolengestookte ketelinstallaties (bv. voor elektrische centrales) worden veelvuldig stooksystemen toegepast, die uitgaan van poederkool. Hierbij wordt steenkool tot een fijn poeder gemalen. De korrelgrootte van dit poeder is kleiner dan 200 μm , met meestal 70-90 massaprocenten kleiner dan 75 μm .

Ook voor keramische ovens bestaan er stooksystemen, die uitgaan van poederkool. Deze laatste systemen werken echter met tussenbunkers (indirecte stookwijze), terwijl bij de stooksystemen voor de grote ketelinstallaties thans meestal de voorkeur wordt gegeven aan de directe stookwijze. De directe stookwijze kan bij keramische ovens niet worden toegepast omdat bij deze ovens de benodigde hoeveelheid brandstof per brander of brandergroep kleiner is dan de minimale capaciteit van bestaande maalinstallaties.

6.3.1. Het stookstelsel van Pullman Swindell

De snelle prijsstijging van het aardgas in de U.S.A. is een van de voornaamste drijfveren geweest voor de ontwikkeling van dit kolenstookstelsel van de firma Pullman Swindell (Division of Pullman Incorporated) uit Pittsburgh, Pennsylvania (U.S.A.). (De prijsstijging bedroeg in de periode 1972-1977 circa 600%).



Afb. 6-101 : Overzicht van de complete kolenstookinstallatie van Pullman-Swindell.

Na wat experimenten op laboratoriumschaal werd in mei 1976 een proefinstallatie gebouwd op een kleine tunneloven in West Virginia. Door het succes van deze proefinstallatie kreeg de firma Pullman-Swindell de opdracht voor een complete kolenstookinstallatie op een tunneloven met een energiegebruik van $528 \times 10^{+9}$ J per dag ($\sim 16700 \text{ m}_0^3$ aardgas per dag). Deze stookinstallatie bij de firma Lee Brick and Tile Company uit Sandford, Noord Caroline (U.S.A.), is in juli 1977 opgeleverd en zal als leidraad dienen voor de hieronder beschreven kolenstookinstallatie.

Volgens een recente opgave van de heer W.F. Brimer van de firma Pullman-Swindell werken thans reeds 3 tunnelovens in de U.S.A. met het betreffende kolenstookstelsel. Vijf andere installaties moeten nog voor het eind van 1978 worden opgeleverd. Dit stookstelsel zal dan zijn toegepast op tunnelovens, welke elk van elkaar verschillende stookwijzen toepassen.

Afb. 6-101 geeft een overzicht van een complete kolenstookinstallatie. De voorraadbunker voor de ruwe kolen heeft een inhoud groot genoeg voor 24 uur produktie, en mondt uit in een roterende schijfvoeder (zie Afb. 6-102). Met behulp van een schroefspil met handwiel kan de stand van een afschuiver op die schijf, en dus de hoeveelheid gedoseerde kolen naar de molen, worden gewijzigd.

Om de molen te beschermen worden tussen dit doseerapparaat en de molen metaaldeeltjes uit de kolenstroom verwijderd door magneten.

Het verkleinen van de kolen vindt plaats in een droogmaalinstallatie.

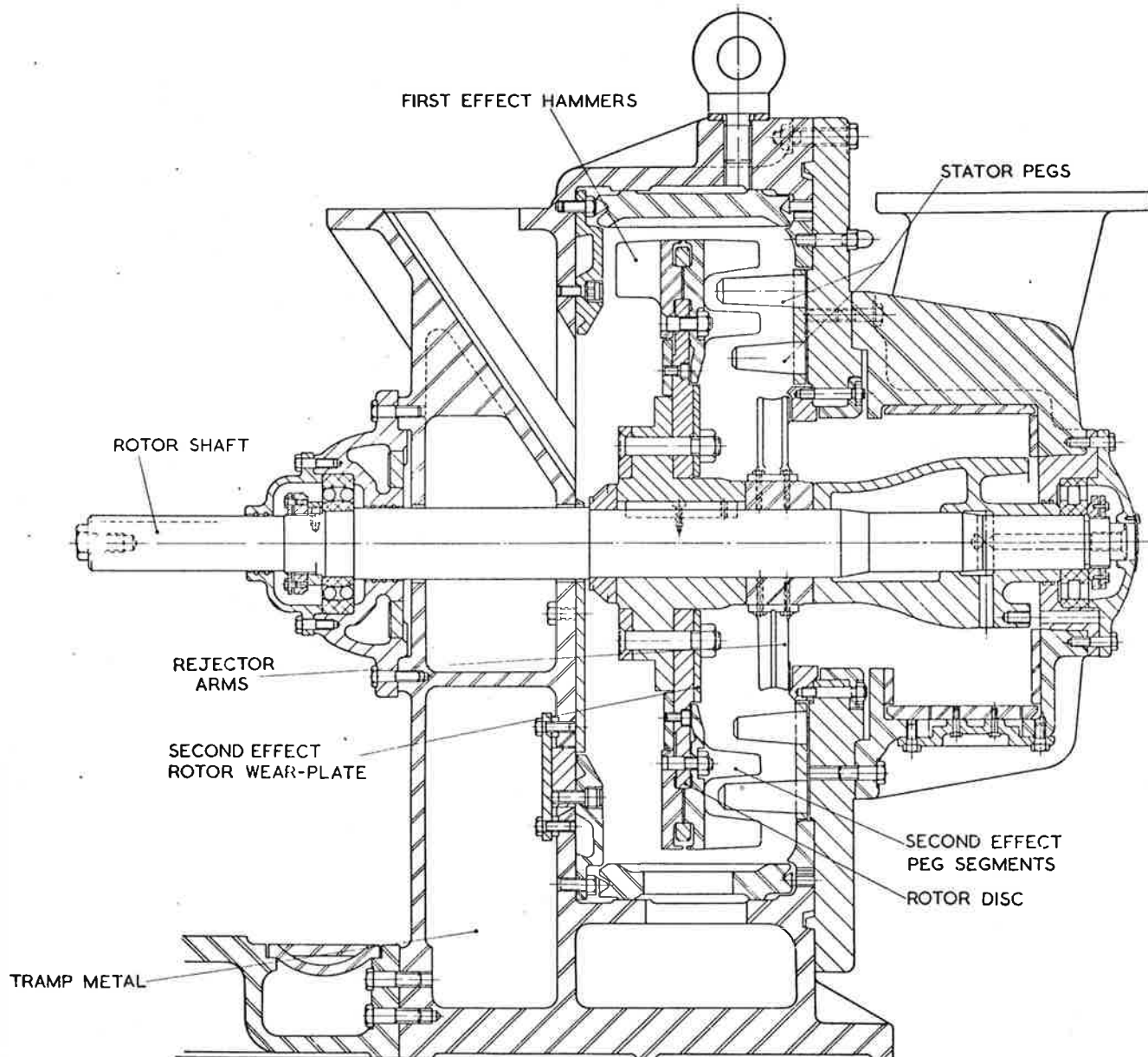
De Herbert/Atritor-molen uit deze installatie, in doorsnede weergegeven in Afb. 6-103, bestaat uit twee maalcompartimenten (midden in de figuur) en een aangebouwde ventilator rechts in de afbeelding).



Afb. 6-102 : De scho-
telvoeder boven op de
maalinstallatie.

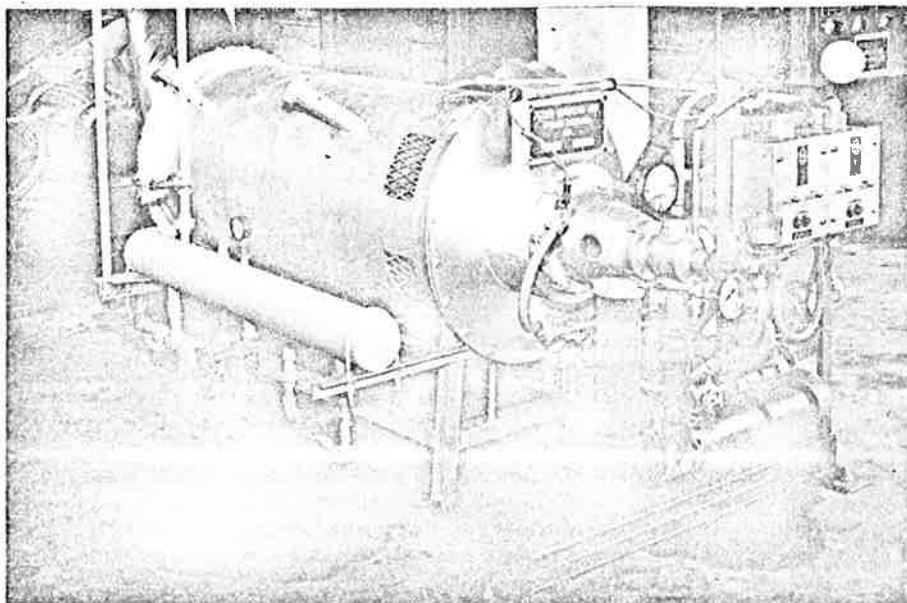
De ventilator zuigt warme lucht aan via de inlaatopening van de molen (links in Afb. 6-103) uit een directe, met olie gestookte mengluchtverhitter.

De warme lucht treedt samen met de ruwe kolen toe in het eerste maal-compartment (midden links). Hier worden de ruwe kolen van maximaal 25 mm verkleind tot circa 3 mm. Deze kleine korrels worden door de warme lucht meegenomen naar het tweede maal-compartment (midden rechts). Hier worden de kolenkorrels verkleind door een roterende plaat met pennen.



Afb. 6-103 : De doorsnede van een Herbert/Atritor-molen.

De drooglucht voert het gemalen produkt naar de ventilator (rechts in Afb. 6-102). De te grove deeltjes worden door schoepen ("rejector arms") onderschept en in de molen teruggevoerd.

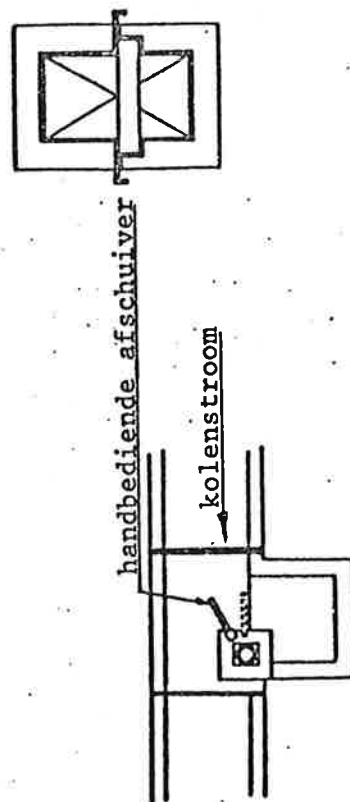
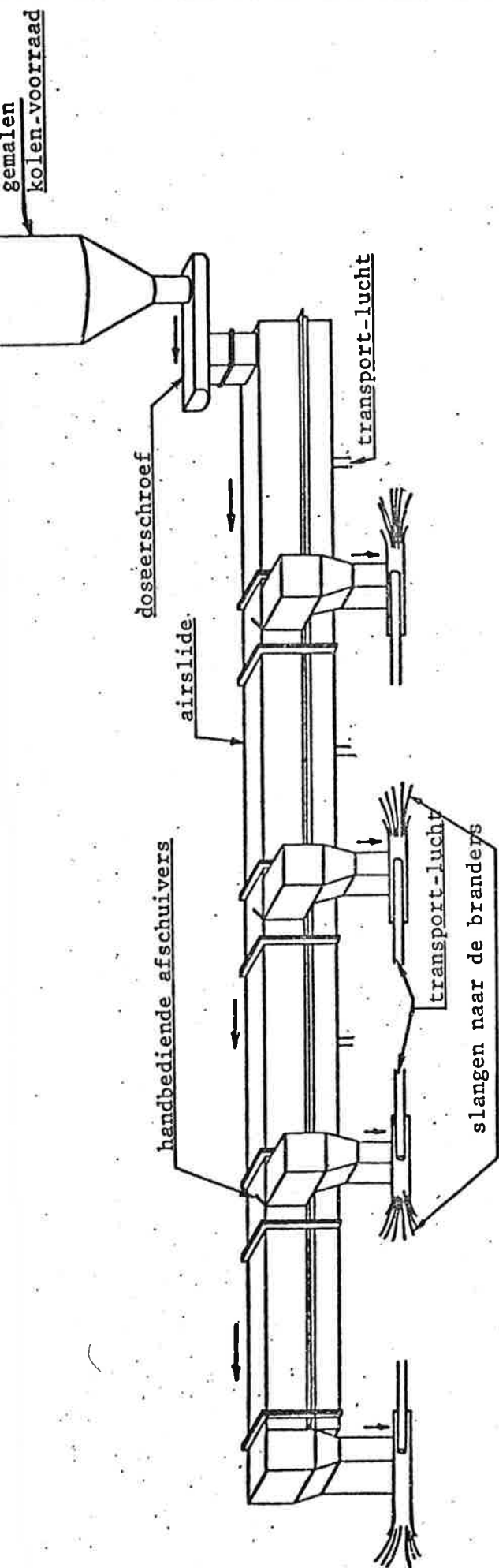


Afb. 6-104 : De directe, met olie gestookte menglucht-verhitter.

De deeltjes onder een bepaalde fijnheid ($10\% < 200 \mu\text{m}$ met zelfs $60\% < 75 \mu\text{m}$) worden door de ventilator met behulp van de drooglucht naar cyclonen op de tussenbunkers gevoerd. In de cycloon wordt de poederkool gescheiden van de drooglucht, welke in een volgend gedeelte van het kolenstook-systeem weer gebruikt wordt om de gedoseerde poederkool in de oven te blazen.

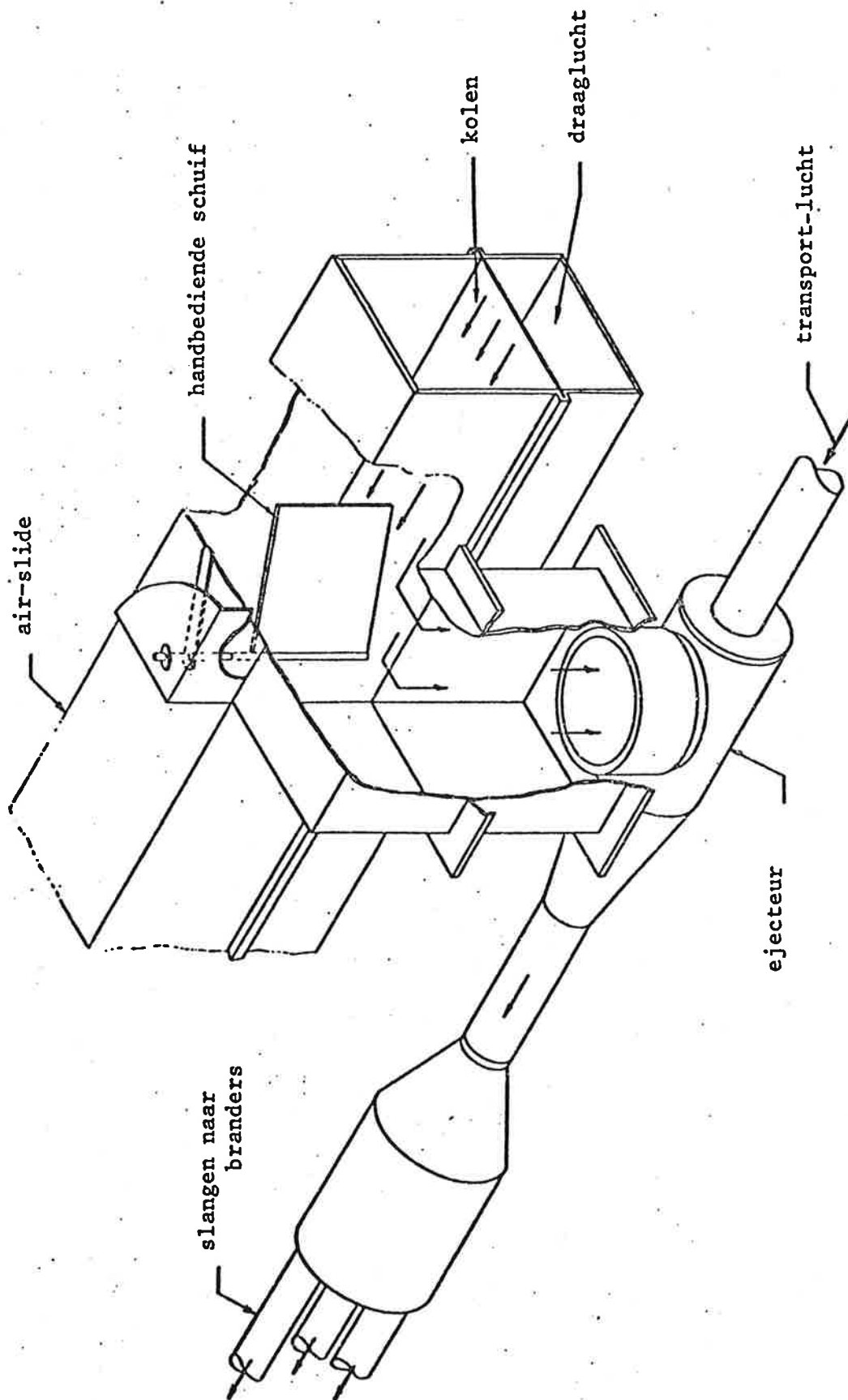
De poederkool komt in de tussenbunker terecht. Om verstoppingen in deze bunkers te voorkomen zijn de zijwanden ervan bekleed met een plastic-coating, welke een zeer lage wrijvingscoëfficiënt heeft. Onder iedere bunker zijn 2 schroeftransporteurs gemonteerd, die ieder een airslide van de gewenste hoeveelheid kolen voorzien.

Het toerental van de schroeftransporteurs wordt gecommandeerd door de temperatuurregeling van het betreffende ovencompartiment.



Bovenaanzicht op aftakopening

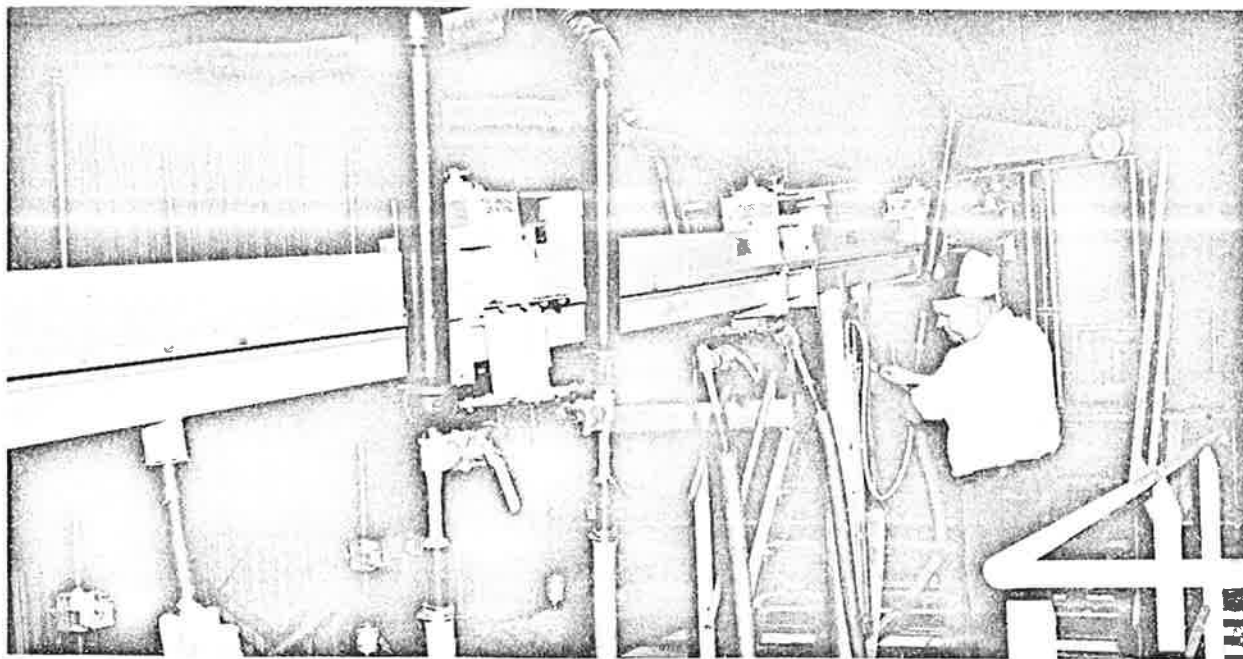
Afb. 6-105 : De doseerinrichting bij het kolenstookstelsel van Pullman-Swidell.



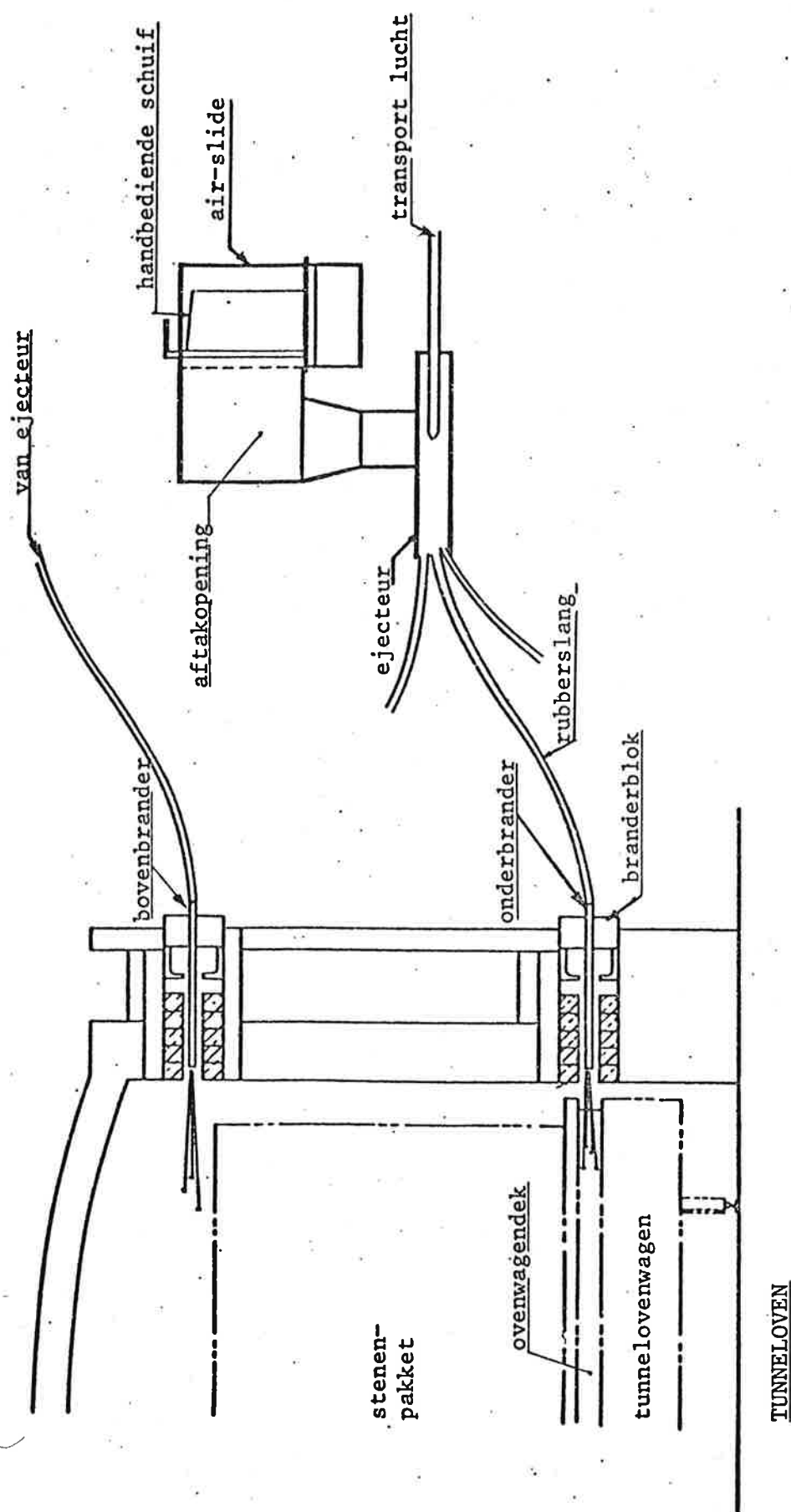
Afb. 6-106 : De aftakopening met afschuiver en ejecteur.

Een airslide is een transporteur voor poedervormige materialen, met meestal een rechthoekige doorsnede. Deze onder een kleine horizontale hoek (3° à 4°) opgestelde, rechthoekige koker is horizontaal gedeeld door een zeer poreus, keramisch membraan. In het onderste gedeelte van de koker wordt draaglucht onder een druk van circa 12 psi ($\sim 0,8$ bar) toegelaten. Bovenop het membraan wordt de poederkool gestrooid. De draaglucht, die door het poreus membraan heen diffundeert, verlaagt de wrijving tussen de kolen en het membraan. De kolen glijden hierdoor als water over het hellend (3° à 4°) membraan.

Iedere airslide heeft bij dit systeem 4 aftakopeningen, waarvan er 3 zijn voorzien van een met de hand instelbare afschuiver (zie Afb. 6-106).



Afb. 6-107 : De airslide met de aftakopening.



Afb. 6-108 : Het luchttransportschema van ejecteur naar branders.

Het restant van de poederkool, dat de drie afschuivers is gepasseerd, komt in de laatste aftakopening terecht. Door de verstelling van de 3 afschuivers kan de totaal in de airslide gedoseerde hoeveelheid poederkool over 4 aftakopeningen worden verdeeld.

Onder de aftakopening hangt een ejecteur. De poederkool toegevoerd aan de zuigzijde van de ejecteur wordt met de transportlucht naar een verdeler gevoerd. De transportlucht is de ex-drooglucht, die ook als transportlucht tussen de molen en de cyclonen heeft gediend. In de conusvormige verdeler wordt het poederkool-transportlucht-mengsel verdeeld in 3 gelijke stromen, die via flexibele rubberslangen naar de brander worden geblazen (zie Afb. 6-106 en Afb. 6-108).

De geïnstalleerde branders bij de tunneloven van de firma Lee Brick waren van North American, typenummer 6427-4, die ook geschikt zijn voor aardgas en olie. Hierdoor is, indien noodzakelijk, een snelle omschakeling op olie of aardgas mogelijk.

6.3.2. Het kolenstookstelsel van Monier

Een klein, maar toch belangrijk onderdeel van het speurwerk naar bestaande kolenstooksystemen voor keramische ovens, werd uitgevoerd in de bibliotheek van de octrooiraad te Rijswijk. Het zoeken naar octrooien of octrooiaanvragen over kolenstooksystemen werd bemoeilijk door de slechte codering van deze systemen. Alle octrooien of octrooiaanvragen werden gevonden onder andere coderingsgroepen.

Eén van de resultaten van dit speurwerk is de octrooiaanvraag van Concrete Industries (Monier) Limited uit Belmont (Australië), welke op 21 maart 1977 ter inzage is gelegd.

Het in het octrooi beschreven systeem werkt met brandstof in poedervorm.

Na droging en malen wordt de poederkool opgeslagen in een bunker. De bunker wordt aan de onderzijde continu belucht en houdt de poederkolen in een gefluidiseerde toestand. Via airslides en pneumatisch transport wordt de poederkool gebracht naar verdeeltroggen aan beide zijden van de oven. Ook in deze verdeeltroggen wordt de poederkool in een gefluidiseerde toestand gehouden.

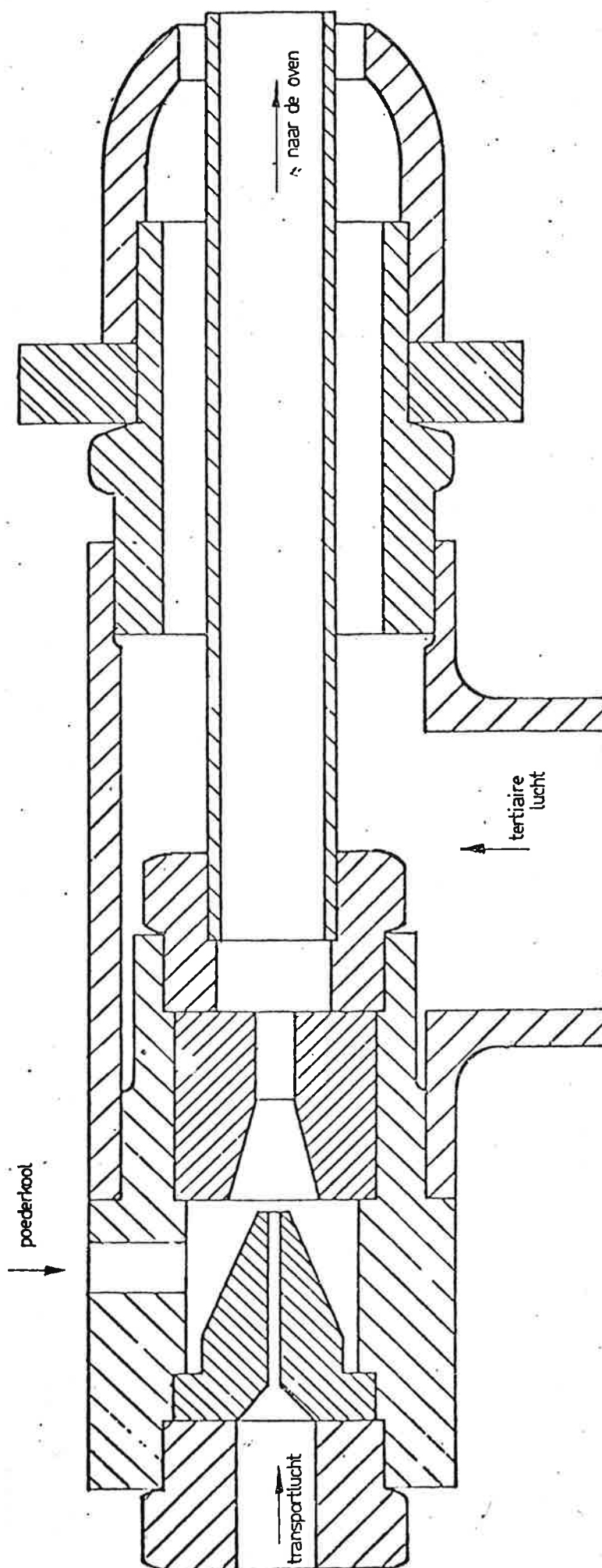
Op de verdeeltroggen zijn meerdere branders aangesloten. In de leidingen van de verdeeltrog naar de branders kan door de onderdruk, veroorzaakt door een ejecteur, eventueel nog extra lucht worden toegelaten. De uitvoering van de ejecteurs, die bij dit systeem in de brander zijn gemonteerd, lijkt veel op die welke is toegepast bij het General Shale kolenstook-systeem (zie paragraaf 6.2.7 en Afb. 6-109).

De transportlucht wordt bij dit systeem met behulp van magneetkleppen pulsgewijs tot de ejecteur toegelaten. Dit zou volgens opgave, het verbrandingsbeeld verbeteren.

In de vakliteratuur is niets over een dergelijk stookstelsel gepubliceerd. Daar de beschrijving van dit stookstelsel in de octrooiaanvraag uiterst vaag blijft, is contact opgenomen met Monier Brick uit Armadele (Australië), een onderdeel van de Concrete Industries (Monier) Ltd, om meer inlichtingen te verkrijgen.

Ook het antwoord op ons schrijven bleef vaag. De installatie is nog steeds in het experimenteerstadium. Er wordt gewerkt met poederkool met een korrelgrootte kleiner dan 150 μm .

Reeds vele wijzigingen zijn aan de installatie uitgevoerd. De patenten hiervoor moeten nog worden aangevraagd. Hierdoor kunnen geen uitgebreide inlichtingen worden gegeven. Het ligt in de bedoeling dit kolenstookstelsel op commerciële basis in de handel te brengen.



Afb. 6-109 : De brander bij het kolenstookstelsel van Monier.

6.3.3. Het kolenstookstelsel van Ferro

Het kolenstookstelsel van Ferro Corporation uit Cleveland, Ohio (U.S.A.), is volgens Ferro Nederland nog in een ontwikkelingsstadium.

Afb. 6-110 geeft een schema van dit stelsel weer. De installatie is opgesplitst in 2 delen. Deel A staat op de oven bij de vuurzone, terwijl deel B zelfs 30 meter van deel A kan worden opgesteld.

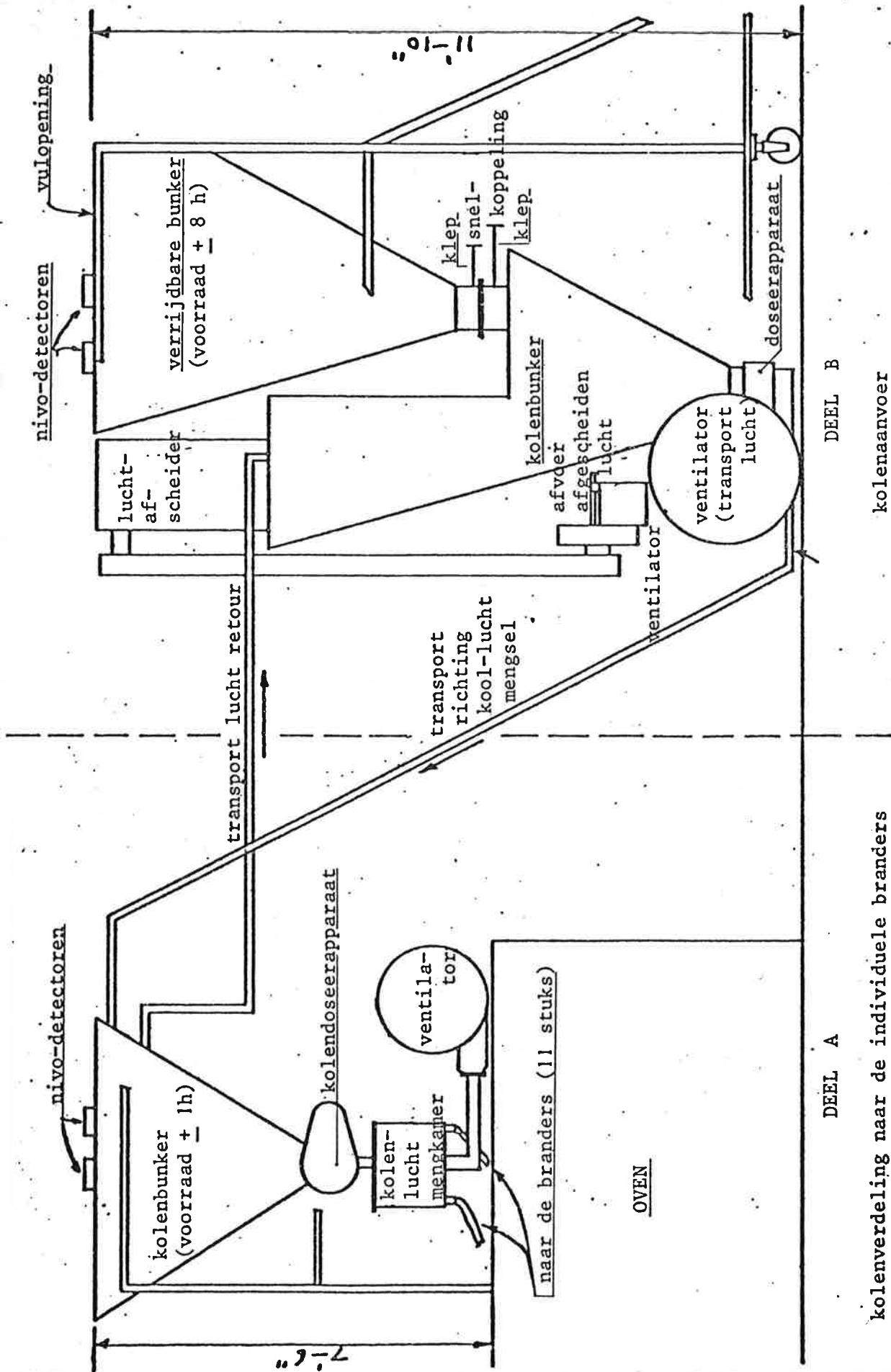
Het deel B (de kolenaanvoer) bestaat uit een vaste (+ 1 uur stookcapaciteit) en een verrijdbare bunker. De inhoud van de laatste is groot genoeg om er 8 uur mee te kunnen stoken (zie Afb. 6-111).

De verrijdbare bunker kan worden los gekoppeld en naar de gemeenschappelijke maal- en vulplaats worden gereden.

Na geheel te zijn gevuld met poederkool (korrelgrootte : 95% kleiner dan 75 μm) kan deze bunker weer m.b.v. snelkoppelingen aan het vast opgestelde deel worden bevestigd.

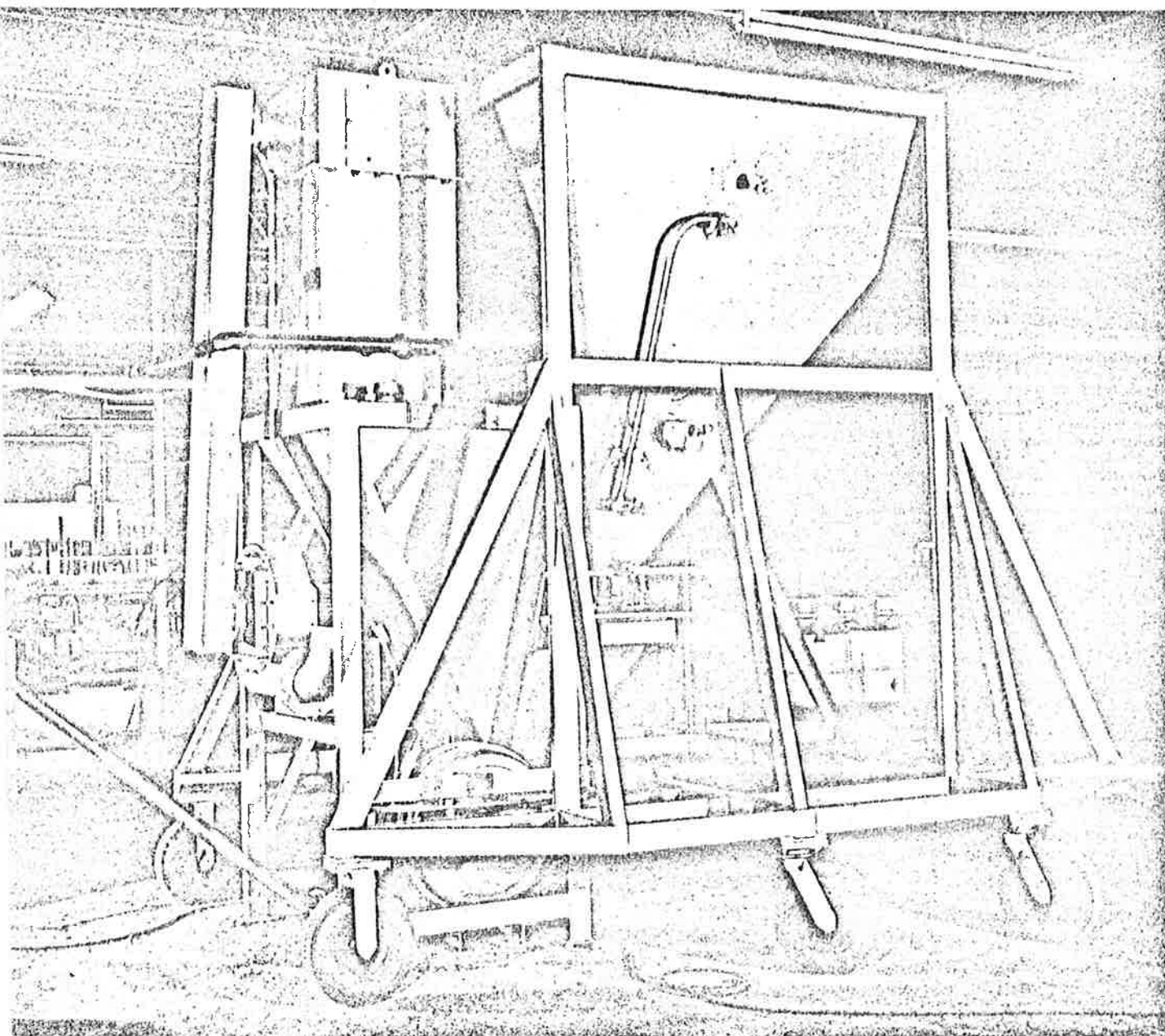
Vanuit de vaste kolenbunker wordt de poederkool m.b.v. een roterende sluis in een luchtstroom gedoseerd. De transportlucht voert de poederkool naar een cycloon op de tussenbunker in gedeelte A van deze installatie. De lucht wordt door de cycloon van de poederkool gescheiden en naar de vaste bunker van deel B teruggevoerd. Een stoffilter scheidt hier de fijne kolendeeltjes af. De "schone" lucht wordt voor een groot gedeelte weer aangezogen door de transportluchtventilator.

Vanuit de tussenbunker van deel A (zie Afb. 6-111) wordt de poederkool met behulp van een roterende sluis, uitgerust met variabele aandrijving, gedoseerd in de z.g. meng- en verdeelkamer. Het toerental van de sluis wordt gestuurd door een temperatuurregeling van het betreffende ovengedeelte.

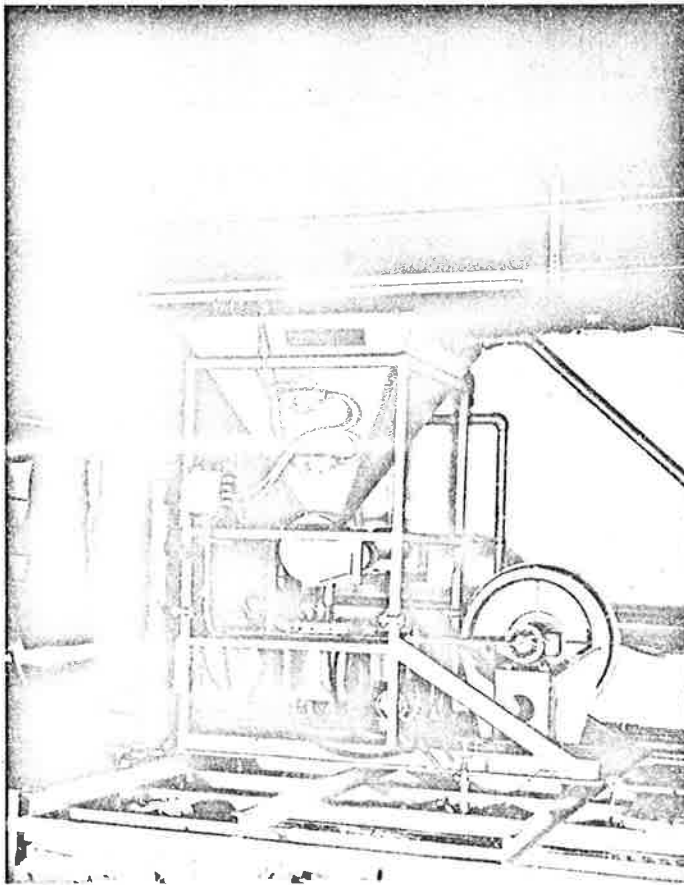


kolenverdeling naar de individuele branders

Afb. 6-110 : Principe kolenstookinstallatie van Ferro-Corporation.



Afb. 6-111 : Het kolenaanvoer-gedeelte van het kolenstook-
systeem van Ferro.



Afb. 6-112 : Het kolenverdeel-ge-deelte (deel A) van het kolen-stookstelsel van Ferro.

In de meng- en verdeelkamer wordt de poederkool eerste met lucht gemengd en vervolgens in 11 gelijke stromen verdeeld. Over het ontwerp van de meng- en verdeelkamer worden nog geen inlichtingen verstrekt, omdat de octrooiaanvraag hiervoor nog niet helemaal rond is. Wel werd medegedeeld dat er geen roterende delen in deze kamer zitten.

De 11 gelijke poederkool-luchthoeveelheden worden via flexibele rubberslangen naar de branders getransporteerd. Door nu slechts een gedeelte van deze hoeveelheid naar de brander te sturen en het surplus te retourneren naar de cycloon op de tussenbunker, kan de individuele capaciteit van de brander, volgens opgave, worden geregeld met behulp van een 3-tal afsluiter.

Soort kolen	Naam kolenstook-systeem	Hoofdstuk- paragraaf	per brand- der	per br.groep verdeling naar brander			REGELING								SISTEEM					
				continu roterend	intermitterend roterend	verdeelconus	schuivende bodem	roterende bodem	schroef/spiraalvoeder	doseersluis	trilvoeder	roterende as	pneumatisch	schuiven in airslides		Ja	neen			
Grove of fijnkolen	Klostermeyer Bigwood Auco Dalit Riley Ruetz-Samic Gairing	6.1.1.a	x				x													
		6.1.1.b	x				x													
		6.1.2.a	x				x													
		6.1.2.b	x				x													
		6.1.2.c	x				x													
		6.1.2.d	x				x													
	Gairing	6.1.2.e	x				x													
Fijnkolen	Lairaudat	6.2.2	x																	
	Gibbons-Octopus	6.2.3		x																
	Poolse Octopus	6.2.4		x																
	Thermo Murg	6.2.5			x															
	Lingl	6.2.6																		
	General Shale	6.2.7		x																
	Harrop	6.2.8		x																
	Leisenberg	6.2.9		x																
	Friedl	6.2.10		x																
	Poederkool	Pullmann Swindell	6.3.1	x																
Monier	6.3.2																			
Ferro	6.3.3																			

Afb. 6-113 : Een overzicht van de bestaande kolenstooksystemen voor keramische ovens.

6.4. Een overzicht van de bestaande kolenstooksystemen voor keramische ovens.

Alle, in de paragrafen 6.1, 6.2 en 6.3 beschreven kolenstooksystemen zijn opgenomen in een overzichtstabel van Afb. 6-113.

In deze tabel zijn de meest karakteristieke punten voor de systemen opgenomen. Te weten :

- de dosering (per brander of per brandergroep)
- de doseermethode
- is de individuele capaciteitsregeling van de branders mogelijk?
- de toegepaste korrelgrootte
- het gebruikte distributiesysteem

De in de tabel vermelde korrelgrootten moeten alleen beschouwd worden als grove indicaties. Elke kolensoort en/of ander oven-type hebben namelijk invloed op deze korrelgrootte.

6.5. De literatuurlijst

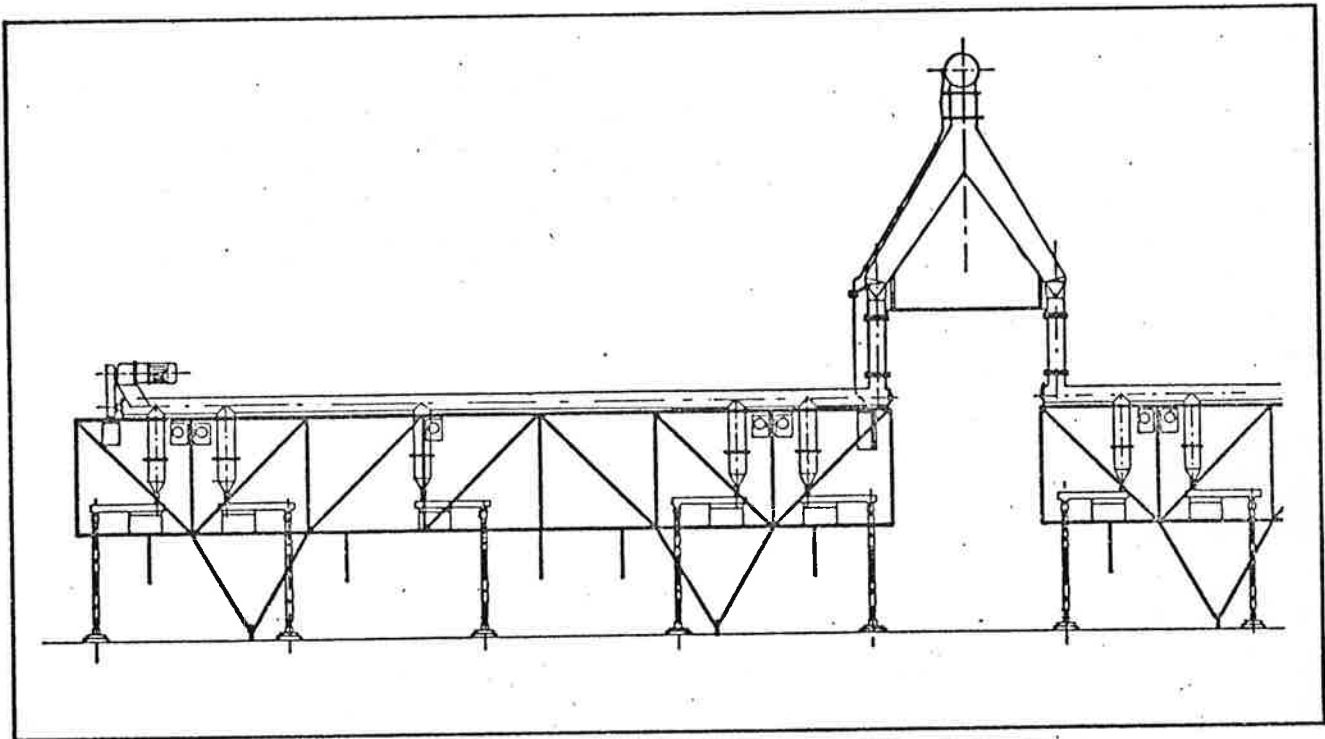
- 6-1 Ruhrkohlen-Handbuen; Verslag Glüchauf.
- 6-2 Kubiak, Ing. F.J.; Kohle-Feuerungen in Ring-, Zickzack- und Tunnelöfen der Ziegelindustrie.
- 6-3 Fritsche, Keram.- Ing. J.; Stand der mechanischen Beschickung von Tunnelöfen mit Kohle; die Ziegelindustrie 1975 nr. 8.
- 6-4 Die Ziegelindustrie 1960 nr. 6.
- 6-5 Folder van J. Bigwood & Son Ltd. uit Wolverhampton (G.B.); Pneumatic kiln feeder.
- 6-6 Folder van Dalit uit Darnvar (Joegoslavië).
- 6-7 Folder van Clarke Chapman Ltd. uit Londen (G.B.); Riley-stoker.

- 6-8 Folder van Gairing uit Riedlingen (West Duitsland); Schag-Schüranlagen.
- 6-9 Kalippke, Dr.-Ing. E.; Tunnelöfen mit Verbrennung der Kohle in der Schwebe, die Ziegelindustrie 1968 nr. 6.
- 6-10 Damen, F.L.J.; Bezoek aan de steenfabriek Lairaudat te Lucy Les Bois in Frankrijk, S.T.C.W. rapp. A-1978-06.
- 6-11 Octrooiaanvraag nr. 6611010, Coal Industry (Patents) Ltd; Verbeteringen aan of betrekking hebbende op een werkwijze en een inrichting voor het stoken van een oven.
- 6-12 Bischof, J.T.; The Utilisation of coal for kiln firing; Euro Clay, mei-juni 1975.
- 6-13 Mc Gladery, J.L.; Firing Clay Bricks with Pulverised Coal; The British Clayworker, maart 1965.
- 6-14 Octopus firing Throckley tunnel kiln; The British Clayworker, januari 1970.
- 6-15 Folder van Gibbons Brothers; Octopus coal firing system for kilns and furnaces.
- 6-16 Senior, J.; Coal utilisation in industry.
- 6-17 Smólski, Doc.-ing.G.; Neues System der Befeuerung von Baukeramik-Tunnelöfen mit festen Brennstoffen.
- 6-18 Damen, F.L.J.; Bezichtiging van een kolenstookinstallatie van de firma Thermo-Murg, S.T.C.W. rapp. A-1978-05.
- 6-19 Folder van Thermo-Murg K.G.; Thermo-Feststoffbrenneranlage.
- 6-20 Damen, F.L.J.; Bezichtiging van een kolenstookinstallatie van de firma Lingl uit Neu-Ulm, S.T.C.W. rapp. A-1978-08.
- 6-21 Folder van Lingl; Lingl Kohlefeuerungs-Anlage.
- 6-22 Bekker, P.C.F.; Verslag S.T.C.W.-excursie 1978, A-1978-09.
- 6-23 Jeffers, P.E.; General Shale's commitment to coal.

- 6-24 Sells, G.C.; Coal firing technology for existing side fired tunnel kilns.
- 6-25 Svec, J.; Why coal; Brick & Clay Record, november 1975.
- 6-26 Folder van Harrop Ceramic Service Company; the Harrop direct coal firing system.
- 6-27 Quick Change Coal firing system offers flexibility; Brick and Clay Record, juli 1977.
- 6-28 Folder van Manfred Leisenberg.
- 6-29 Schlinkert, Obering. CL.; Neues Verfahren zum energiesparenden Brennen von Ziegeln mit Kohle; die Ziegelindustrie, 1975 nr. 8.
- 6-30 Terinzagelegging 7510253 van het octrooi van Andreas Friedl en Ruhrkohle A.G.; Werkwijze en inrichting voor het branden van grove keramische artikelen, in het bijzonder van tegels.
- 6-31 Schlinkert, Obering. CL.; Bericht über einen Versuch zur Einsparung von Energie beim Brennen von Ziegel; die Ziegelindustrie 1976 nr. 5.
- 6-32 Folder van Pullman-Swindell; Pullman Swindell coal firing systems.
- 6-33 Jeffers, P.E.; New coal firing system installed at Lee Brick; Brick & Clay Record, oktober 1977.
- 6-34 Walker, D.C.; Firing with powdered coal; the glass industry, september 1977.
- 6-35 Octrooiaanvraag nr. 7610233, Concrete Industries (Monier) Ltd.; Werkwijze en inrichting voor de verbranding van fijn-gemaakte vaste brandstoffen.
- 6-36 Burton, G.D.; Particle firing.

KOLENSTOKEN IN OVENS VOOR DE GROFKERAMISCHE INDUSTRIE

DEEL 2



Stichting Technisch Centrum Waalsteen, Nijmegen

Vakgroep W.B.M., Afd. Werktuigbouwkunde

TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN

7. HET GEBRUIK VAN (NIET VERWARMDE) VERBRANDINGSLUCHT

7.0. De inleiding

De meeste kolenstooksystemen voor keramische ovens, die beschreven zijn in hoofdstuk 6, gebruiken (veel) lucht (meestal primaire verbrandingslucht genoemd) om de kolen naar en in de ovens te transporteren. Soms wordt bij de eigenlijke brander zelfs nog secundaire verbrandingslucht toegevoegd. Doch de systemen, beschreven in de paragrafen 6.2.1 en 6.2.2 tonen aan, dat dit niet beslist noodzakelijk is. Deze laatste installatie kunnen echter alleen worden toegepast op van boven gestookte ovens, waar de zwaartekracht als transportmiddel kan worden ingezet.

In de stookkamers van een vlamoven is een luchtvermaat (n minimaal : 2,5-3) aanwezig, die ruim voldoende is om geleidelijk gedoseerde kolen volledig te laten verbranden. Een extra luchttoevoer is beslist voor de verbranding niet noodzakelijk en zelfs voor een goed energetisch rendement af te raden (zie paragraaf 7.1).

Zonder de primaire verbrandingslucht kan geen poederkool (wel fijnkool) worden toegepast. Het grootste gedeelte van de poederkool verbrandt dan nl. reeds in de stookpot. Zie hiervoor de stookproeven, beschreven in hoofdstuk 8. Door toepassing van lange branderpijpen en transportlucht kan dit worden voorkomen. Ook bij de opzij gestookte tunnelovens is de luchtimpuls onmisbaar.

Uitgaande van gelijkblijvende rookgasafvoer en lekluichthoeveelheid zal, bij het inblazen van verbrandingslucht in de stookzone van de oven, de luchtstroom in de koelzone verminderen. De koeling van de oven wordt hierdoor nadelig beïnvloed (zie paragraaf 7.2).

7.1. Het energetisch verschil tussen wel of niet toepassen van (niet verwarmde) verbrandingslucht

Hoewel de te gebruiken kolensoort nog niet vastligt, kan de steo-
chiometrische luchtbehoefte van 1 kg kolen (stookwaarde ~ 29.000
kJ/kg) op circa $7,5 \text{ nm}^3$ worden gesteld.

De door de verschillende kolenstooksystemen gebruikte hoeveel-
heden transportlucht liggen volgens opgaven van de leveranciers
meestal op 15-20% van de theoretisch benodigde luchthoeveelheid
voor de verbranding van de kolen. In de onderstaande berekening is
17,5% aangehouden. De hoeveelheid transportlucht per kg kolen
wordt dus :

$$0,175 \times 7,5 = 1,31 \text{ nm}^3.$$

In de praktijk zullen bij vele systemen (de betere uitgezonderd)
nog grotere hoeveelheden gebruikt worden.

De gemiddelde temperatuur van de koellucht, op het moment van in-
trede in de stookzone, wordt op 970°C gesteld. De massa van 1 nm^3
lucht is : 1,29 kg, terwijl de soortelijke warmte voor lucht in
het temperatuurstrajekt van 20 tot 970°C 1,084 kJ/kg bedraagt.
Voor het opwarmen van $1,31 \text{ nm}^3$ transportlucht is nodig :

$$(970 - 20) \times 1,084 \times 1,29 \times 1,31 = 1740 \text{ kJ}.$$

Deze warmte-hoeveelheid vertegenwoordigt :

$$\frac{1740}{29.000} \times 100\% = 6,0\% \text{ van de stookwaarde van het kolen}$$

$$(\text{= } 29.000 \text{ kJ/kg}).$$

Door het toepassen van transportlucht (17,5% van de steochiome-
trische luchtbehoefte) wordt het energie gebruik van de oven dus
met 6% verhoogd, onder de beschreven condities.

Voor een vlamoven (minimaal aardgasverbruik 135 nm^3 aardgas per
1000 waalformaat) met een jaarproduktie van 2,5 miljoen waalfor-
maat vertegenwoordigen deze 6% minimaal : $0,06 \times 25.000 \times 135 =$
 202.500 nm^3 aardgas. Bij een aardgasprijs van f. 0,184 per nm^3
(nieuw contract), komt dit op een bedrag van : f. 37.000,--.

Bij het gebruik van kolen zal dit bedrag iets lager (circa
f. 28.000,--) bedragen.

7.2. De invloed op de ovenkoeling bij toepassing van (niet verwarmde) verbrandingslucht

De met de brandstof in de oven geblazen hoeveelheid (koude) verbrandingslucht doet in principe niet mee aan de koeling van het afgestookte (= gereede) produkt.

De totale luchthoeveelheid, die door de vuurzone stroomt, kan globaal op 2,5-3 maal de totale luchthoeveelheid benodigd voor een stechiometrische verbranding worden gesteld. De hoeveelheid primaire verbrandings- of transportlucht was (zie paragraaf 7.1) op 17,5% van deze stechiometrische luchtbehoefte gesteld. Door het inblazen van de primaire verbrandingslucht in de stookzone wordt de koelende luchtstroom met :

$$\frac{17,5}{3} = 5,8\% \text{ tot } \frac{17,5}{2,5} = 7\% \text{ (M/M) verkleind.}$$

De bovenstaande berekening is geen rekening gehouden met het mogelijk andere drukverloop in de ovenkamers en de invloed hiervan op de hoeveelheid leklucht.

7.3. De conclusies

Door het achterwege laten van het toevoeren van (niet verwarmde) verbrandingslucht bij het doseren van steenkolen in de vlamovenkamers wordt theoretisch :

- een brandstof besparing van circa 6% bereikt (paragraaf 7.1)
- een grotere luchtstroom door de koelzone (+ 7%) bewerkstelligd (paragraaf 7.2).

Bij het verdere ontwerp van de kolenstookinstallatie zal danook uitgegaan worden van het zonder luchttoevoer doseren van steenkolen in de oven.

8. BEPALING VAN DE OPTIMALE KORRELVERDELING VAN KOLEN t.b.v. EEN VLAM- OVEN BIJ DOSERING ZONDER LUCHT

8.0. De inleiding

Om tot een juiste dimensionering van de doseerapparatuur, de aanvoer-, distributie- en maalsystemen te komen, is het vereist om een indruk te krijgen in de gewenste korrelverdeling voor de in de "standaard"-vlamoven te doseren kolen.

Na een theoretische benadering in paragraaf 8.1 wordt in dit hoofdstuk voor één kolensoort (stookwaarde 30,9 MJ per kg droge kolen en 35,6% vluchtig van de droge kolen-massa) getracht tot een optimale korrelverdeling te komen. Andere kolensoorten en/of omstandigheden zullen in het algemeen slechts geringe afwijkingen veroorzaken.

In paragraaf 8.3 wordt een capaciteitsmeting van een trilvoeder behandeld. Deze meting is van wezenlijk belang bij de korrelverdeling-optimalisering van de gebruikte kolen.

8.1. De theoretische berekening van de maximale korreldiameter

Uitgaande van een vrije val kan de valtijd van het individuele kolenkorreltje in de "standaard"-vlamovenkamer worden berekend. De hoogte boven de kamervloer, waarop het kolenkorreltje wordt losgelaten, is circa 4500 mm. De weg tot het einde van de stookpot is ± 2125 mm (zie Afb. 8-1).

De symbolen en formules voor de bewegingen onder invloed van de zwaarte - kracht zijn :

- versnelling : g ($= 9,81 \text{ m/sek}^2$)
- snelheid : $v = v_0 + g \cdot t$ (m/sek) ($v = \int g \cdot dt$)
- afgelegde weg : $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}gt^2$ (m) ($s = \int v \cdot dt$)

De tijdstippen, snelheden en afgelegde wegen worden resp. als volgt aangeduid voor :

- begin val : t_0, v_0, s_0
- einde stookpot : t_1, v_1, s_1
- op de kamer-vloer : t_2, v_2, s_2

Met de hierboven vermeldden gegevens kunnen voor de verschillende symbolen de volgende waarden worden ingevuld :

- $t_0 = 0$ (sek)
- $v_0 = 0$ (m/sek)
- $s_0 = 0$ (m)
- $s_1 = 2125$ (mm) = 2,125 (m)
- $s_2 = 4500$ (mm) = 4,500 (m)

Bij het verlaten van de stookpot geldt de volgende formule :

$s_1 = v_0 + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_1^2 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_1^2$. Hieruit kan t_1 op de volgende wijze worden bepaald :

$$t_1 = \sqrt{\frac{s_1}{\frac{1}{2} \cdot g}} = \sqrt{\frac{2,125}{\frac{1}{2} \cdot 9,81}} = 0,658 \text{ (sek)}.$$

Verder is $v_1 = v_0 + g \cdot t_1 = g \cdot t_1 = 9,81 \times 0,658 = 6,46$ (m/sek).

Bij het op de kamervloer vallen van de kolenkorrels geldt :

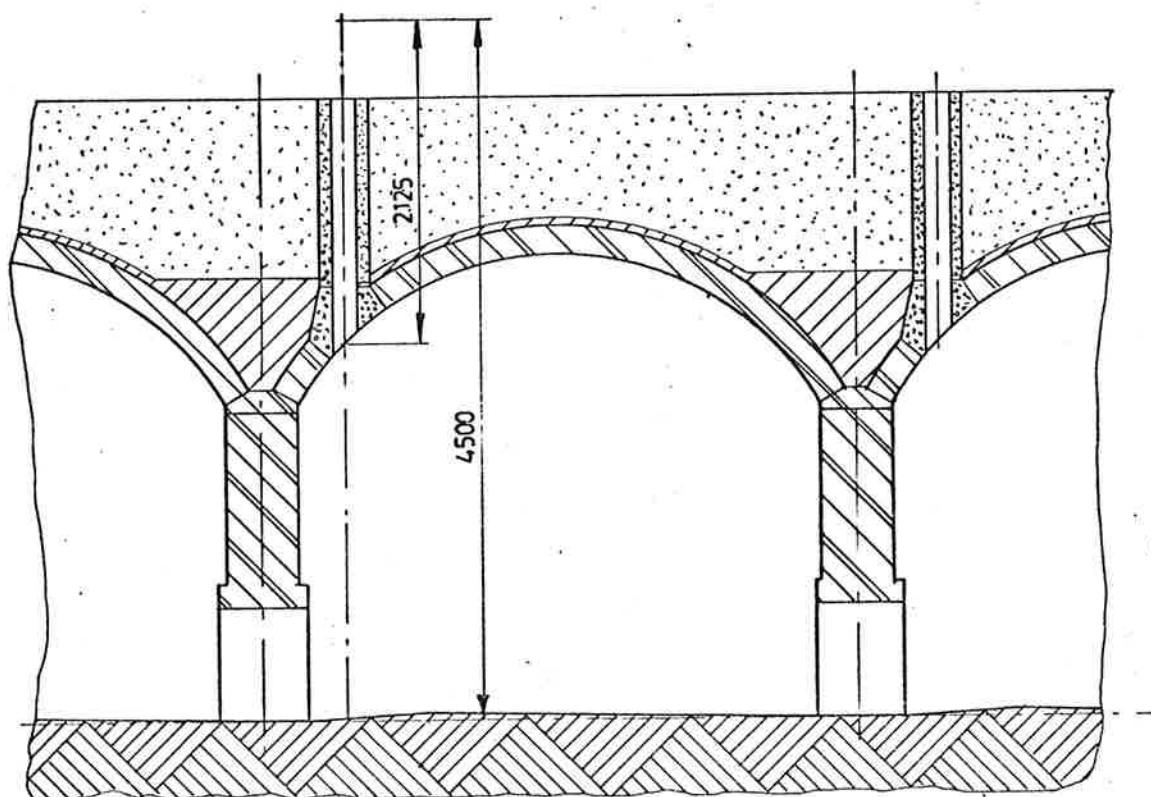
$s_2 = v_0 + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_2^2 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_2^2$. Hierbij is :

$$t_2 = \sqrt{\frac{s_2}{\frac{1}{2} \cdot g}} = \sqrt{\frac{4,500}{\frac{1}{2} \cdot 9,81}} = 0,958 \text{ (sek)},$$

en $v_2 = v_0 + g \cdot t_2 = g \cdot t_2 = 9,81 \times 0,958 = 9,40$ (m/sek).

Wordt voor de verbrandingstijd (t_v) van het kolenkorreltje de eigenlijke verblijftijd in de vlamovenkamer aangehouden, dan is :

$$t_v = t_2 - t_1 = 0,958 - 0,658 = 0,30 \text{ (sek)}.$$

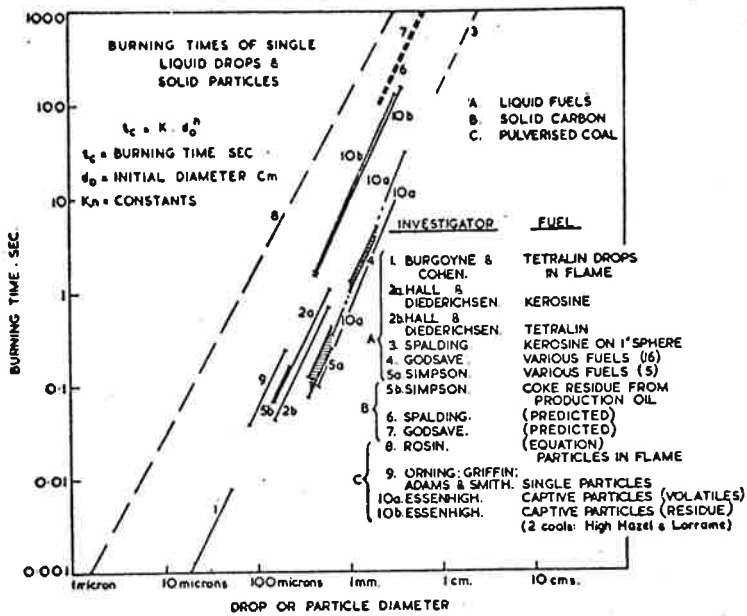


Afb. 8-1 : De doorsnede van een :standaard"-vlamovenkamer.

Volgens Essenhigh (zie lijn 10a in afbeelding 8-2) correspondeert een verbrandingstijd (t_v) van 0,30 sek. met een maximale korrel-diameter van circa 0,85 mm. Worden de onderzoekresultaten van Orning (lijn 9 in afbeelding 8-2) lineair geëxtrapoleerd dan komt deze verbrandingstijd (0,30 sek) overeen met een korrelgrootte van 0,22 mm.

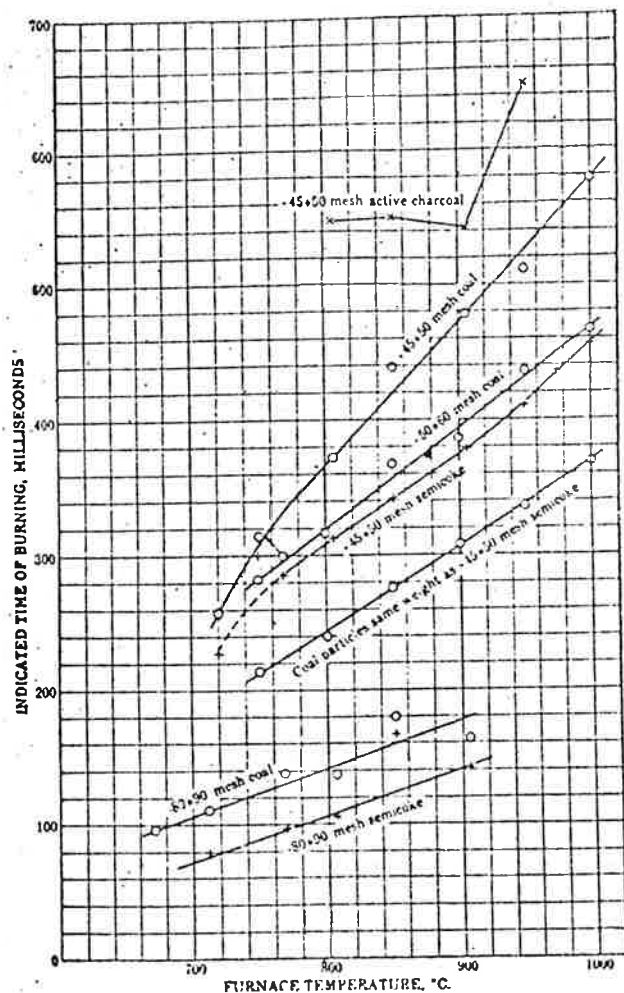
In het diagram (afbeelding 8-3), overgenomen uit lit. 8-2, kan bij een stookruimte-temperatuur van 950 °C en een verbrandingstijd van 0,30 sek door lineaire interpolatie een korrelgrootte van 200 μm = 0,2 mm (= 68 Mesh) worden afgelezen.

Door de lucht- en rookgasstroming in de stookruimte van de vlam-ovenkamer zullen de vallende kolendeeltjes niet alleen in de richting van de inzet worden afgebogen, maar ook door de omhoog ge-richte component van de stroming tijdens het vallen weerstand ondervinden.



Afb. 8-2 : Verband tussen verbrandingstijd en kolenkorreldiameter.

Afb. 8-3 : Het verband tussen de verbrandingstijd, kolenkorrelgrootte en de temperatuur van de verbrandingskamer.



Deze bovengenoemde factoren en het reeds verwarmen van de kolenkorrels in de stookpot verlengen de beschikbare verbrandingstijd. De maximale grootte van de kolenkorrels, die juist opgebrand zijn als op de kamervloer vallen, wordt hierdoor tussen de 1 en 2 mm geschat.

8.2. De inleidende praktijkproef

Als eerste stap naar een korrelgrootte- en korrelverdeling-optimalisering voor de zonder lucht gedoseerde kolen, werd samen met een collega een kleine praktijkproef verricht op een "standaard" vlamoven.

Voor de proef waren in het laboratorium van S.T.C.W. het volgende 5-tal korrelverdelingen van kolen (West Vaalse vlamnootjes^{*}) voorbereid :

- van 0 tot 1 mm
- van 0 tot 2 mm
- van 0 tot 4 mm
- van 1 tot 2 mm
- van 2 tot 4 mm

Door het kijkklepje van een geïnstalleerde gasbrander werden met behulp van een kruideniersschep de fijnkolen-mengsels in de stookruimte van een hete vlamovenkamer ($\pm 1080^{\circ}\text{C}$) gedoseerd. Uit deze kleine proef kon voorlopig worden geconcludeerd :

- een korrelgrootte boven de 2 mm is duidelijk te groot
- een korrelverdeling van 0-2 mm geeft een redelijk verbrandingsbeeld bij de gebruikte kolensoort.
- de fijnere kolendeeltjes verbrandden reeds in de stookpot.

De volgende opmerkingen worden bij de uitvoering van deze proef gemaakt :

- de doseringswijze, met de hand, is niet stabiel en de capaciteit (in kg per uur) is niet te bepalen. Beide beïnvloeden het verbrandingsbeeld.

* West Vaalse vlamnoten : stookwaarde 30,8 MJ/kg - vluchtig 36%.

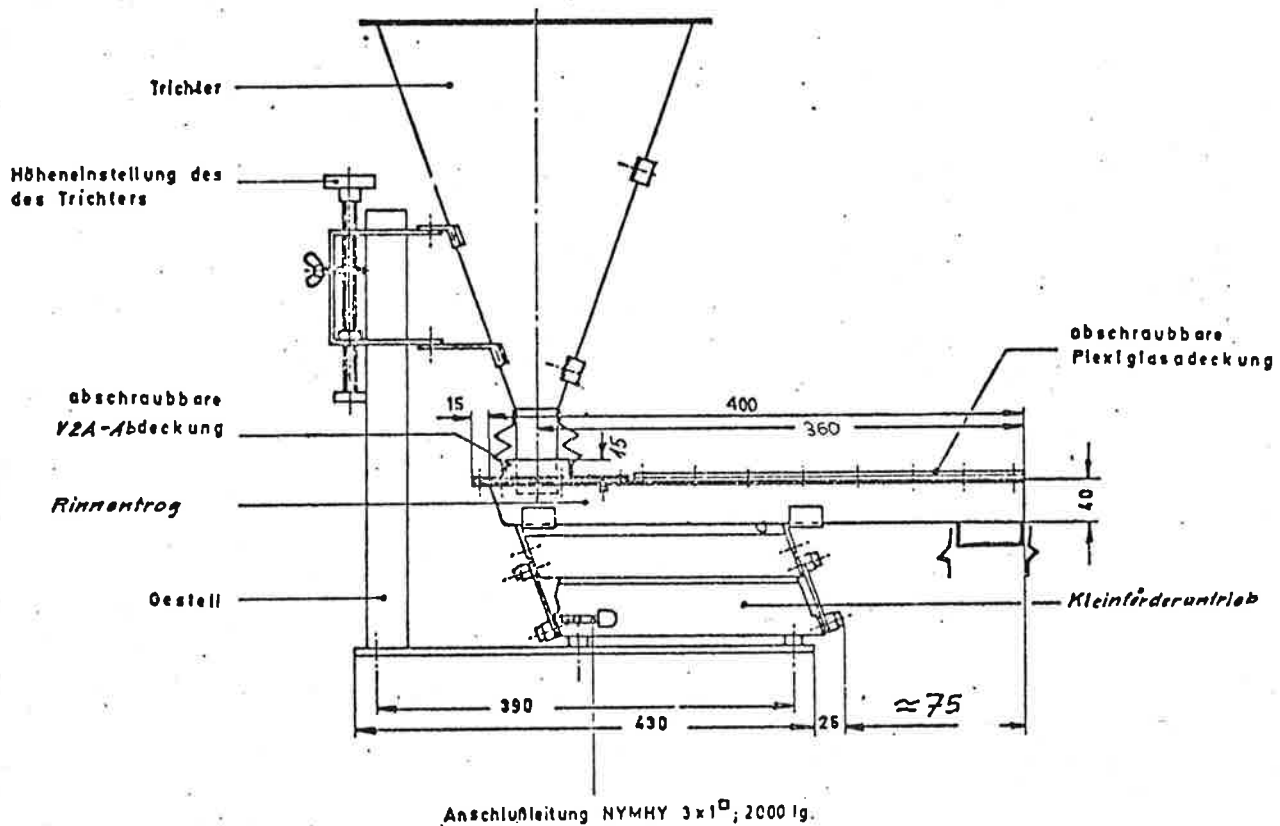
- bij de toegepaste doseringswijze was lekluchttoetreding mogelijk.
- het fotograferen van de verbrandingsbeelden is (nog) niet gelukt.

Bij het verder optimaliseren van de toe te passen korrelgrootte en korrelverdeling lijkt het bestuderen van de verbrandingsbeelden van de tussen-fracties een goed hulpmiddel. Hiervoor is echter een stabielere doseermethode, waarbij de lekluchttoetreding wordt buiten gesloten, noodzakelijk.

In de paragraaf 8-4 zijn de resultaten van deze proef weergegeven. Voor de dosering van de verschillende tussen-fracties van de kolen is hierbij gebruik gemaakt van een A.E.G.-trilvoeder. Hoewel er ook andere en wellicht stabielere doseringsmethoden voor fijnkolen bestaan, is gekozen voor de A.E.G.-trilvoeder, daar dit apparaat kosteloos voor de proeven ter beschikking werd gesteld. Om globaal een indruk te hebben van de gedoseerde hoeveelheden kolen van de verschillende korrel-fracties werden in het laboratorium van S.T.C.W. enige capaciteits-metingen aan deze trilvoeder verricht. De meting en haar resultaten zijn beschreven in paragraaf 8-3.

8.3. De capaciteits-metingen aan een trilvoeder

Om bij de vastlegging van de verbrandingsbeelden voor de verschillende kolen-fracties een bepaalde capaciteit (kg/h) te kunnen instellen, werden de capaciteiten van een A.E.G.-trilvoeder, type KF 1-1, bij die verschillende kolen-fracties gemeten. De metingen werden verricht aan een open trilhoot, omdat de uitvoering bij de leverancier voorradig was. Om toch de meeste stofverspreiding tegen te gaan werd de open trilhoot met wat doorzichtig plastic en plakband omgevormd tot een gedeeltelijk gesloten trilhoot. Bij de gebruikte trilvoeder zijn 2 verstellingen van de capaciteit mogelijk. Op de eerste plaats kan met een instelbare potentiometer (stand 0 tot 10) de amplitude van de spanning voor de trilmagneet worden geregeld en dus hevigheid van trilling.

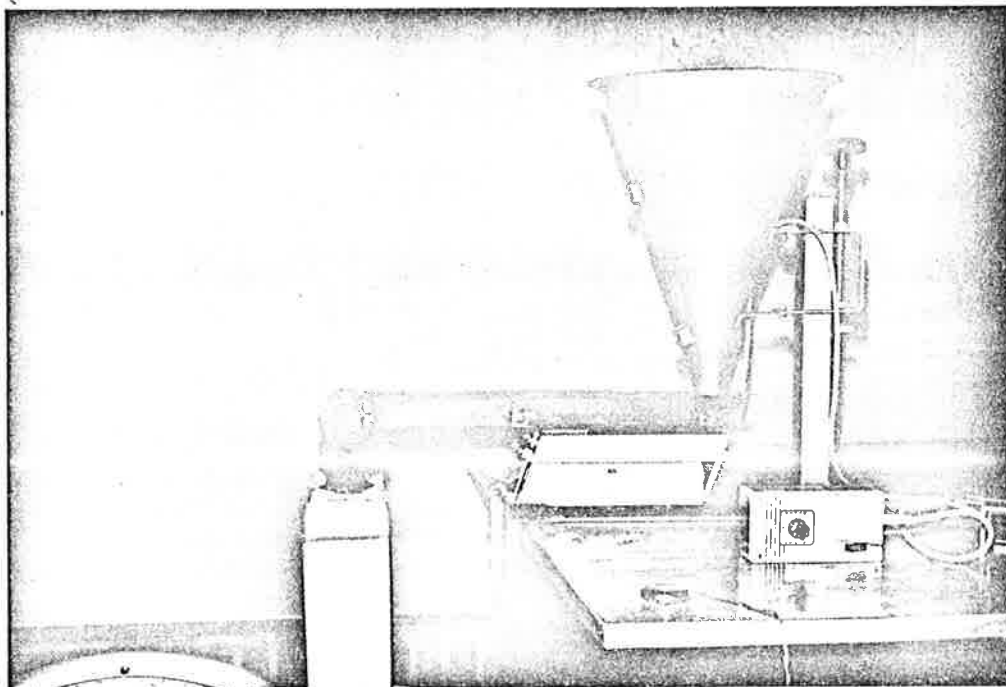


Afb. 8-4 : Een gesloten A.E.G.-trilgoot, type KF 1-1.

De tweede afstelbaarheid wordt verkregen door variatie, van de hoogte van de voorraadtrechter. De hoogte tussen de uitloop van de trechter en de bodem van de trilgoot is hierbij maatgevend. Het bepaalt de laagdikte. Zoals afbeelding 8-4 laat zien, is de trilvoeder met 4 rubberdoppen op een frame, waar de voorraadtrechter ook aan gemonteerd zit, bevestigd.

Tijdens de metingen werd dit frame met behulp van 2 lijmtangen op een houten tafel geklemd. Tussen het frame en de tafel zijn nog rubberstrippen aangebracht, waarmee de trilgoot waterpas werd uitgericht. Bij de metingen zijn geen merkbare trillingen in het frame van de trilvoeder of de tafel geconstateerd.

De gebruikte meetmethode bestond uit het meten van de tijdsintervallen, die benodigd zijn om vaste massa-hoeveelheid kolen, in een vat, opgesteld op een weegschaal, te doseren.

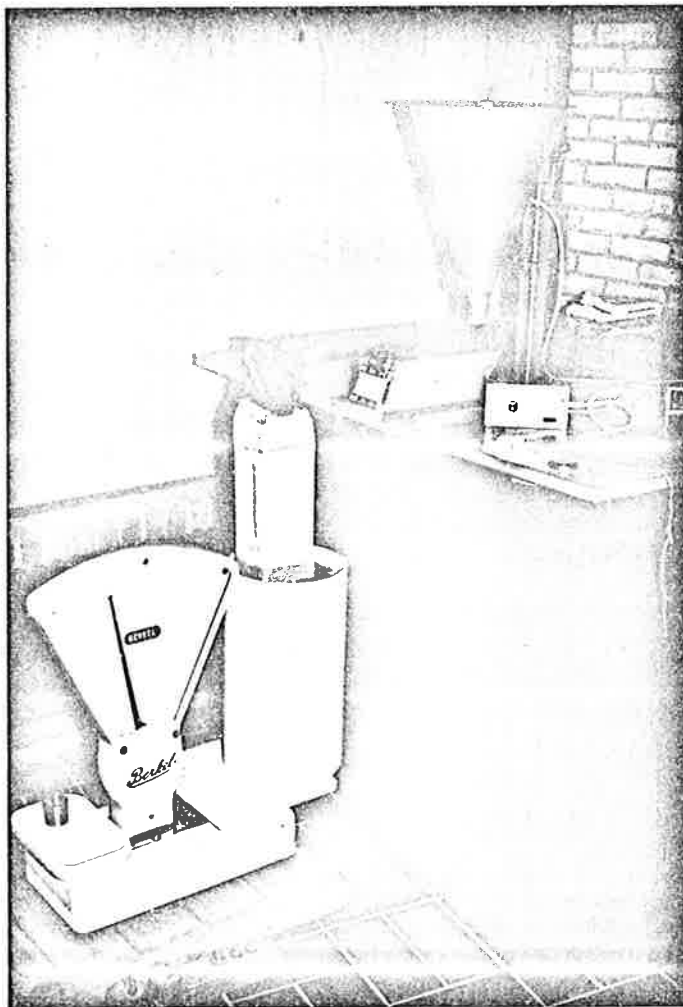


Afb. 8-5 : De opstelling van de trilvoeder tijdens de capaciteitsmetingen.

Voor capaciteiten kleiner dan 10 kg/h werd voor de massa-hoeveelheid 50 gram genomen. Voor grotere capaciteiten werd de voorkeur gegeven aan 100 gram.

Om stofverspreiding te voorkomen en de capaciteitsmeting zo weinig mogelijk te beïnvloeden, werd tussen het uiteinde van de trilgoot en de opbouw van de ton op de weegschaal een zeer slappe flexibele verbinding (dun plastic zakje) aangebracht.

Om de eventuele invloeden van de hoogte-verstelling van het weegplateau op de meetresultaten tegen te gaan, werden de tijdsintervallen telkens bij het passeren van hetzelfde punt op de afleeschaal (= 100 gram) bepaald. De vaste massa-hoeveelheid werd pas op het gewichten-plateau van de weegschaal bijgeplaatst, zodra dit afleespunt met een halve vaste massa-hoeveelheid was overschreden.



Afb. 8-6 : De meetopstelling van de trilvoeder bij de capaciteitsbepalingen.

Bij de metingen werd aangenomen, dat de impuls van de vallende kolen-deeltjes tijdens de gehele meetperiode constant bleef, en dus geen invloed op de meting zou hebben.

Telkens werd voor elke korrel-fractie met 2,5 kg kolen bepaald hoe groot de tijdsintervallen zijn tussen een opeenvolgende reeks van vaste massahoeveelheden. Alle capaciteitsmetingen zijn minimaal 2 maal doorgevoerd, telkens op een ander tijdstip en met een nieuwe trilstand-instelling. Indien de gemiddelde capaciteiten over deze 2 meetseries minder dan 5% uiteen lagen, werd hiervan de gemiddelde waarde als meetuitkomst opgevoerd. Bij grotere afwijkingen werden de metingen herhaald. Dit bleek slechts eenmaal noodzakelijk.

Voor de korrelfractie van 0-2 mm werd, bij een trilstand ("7") en een afstelhoogte van 6,0 mm, op 6 verschillende tijdstippen de metingen herhaald. Deze afstelling komt namelijk overeen met de gewenste capaciteit en korrelverdeling, zoals die in de "standaard"-vlamoven waarschijnlijk zal worden toegepast.

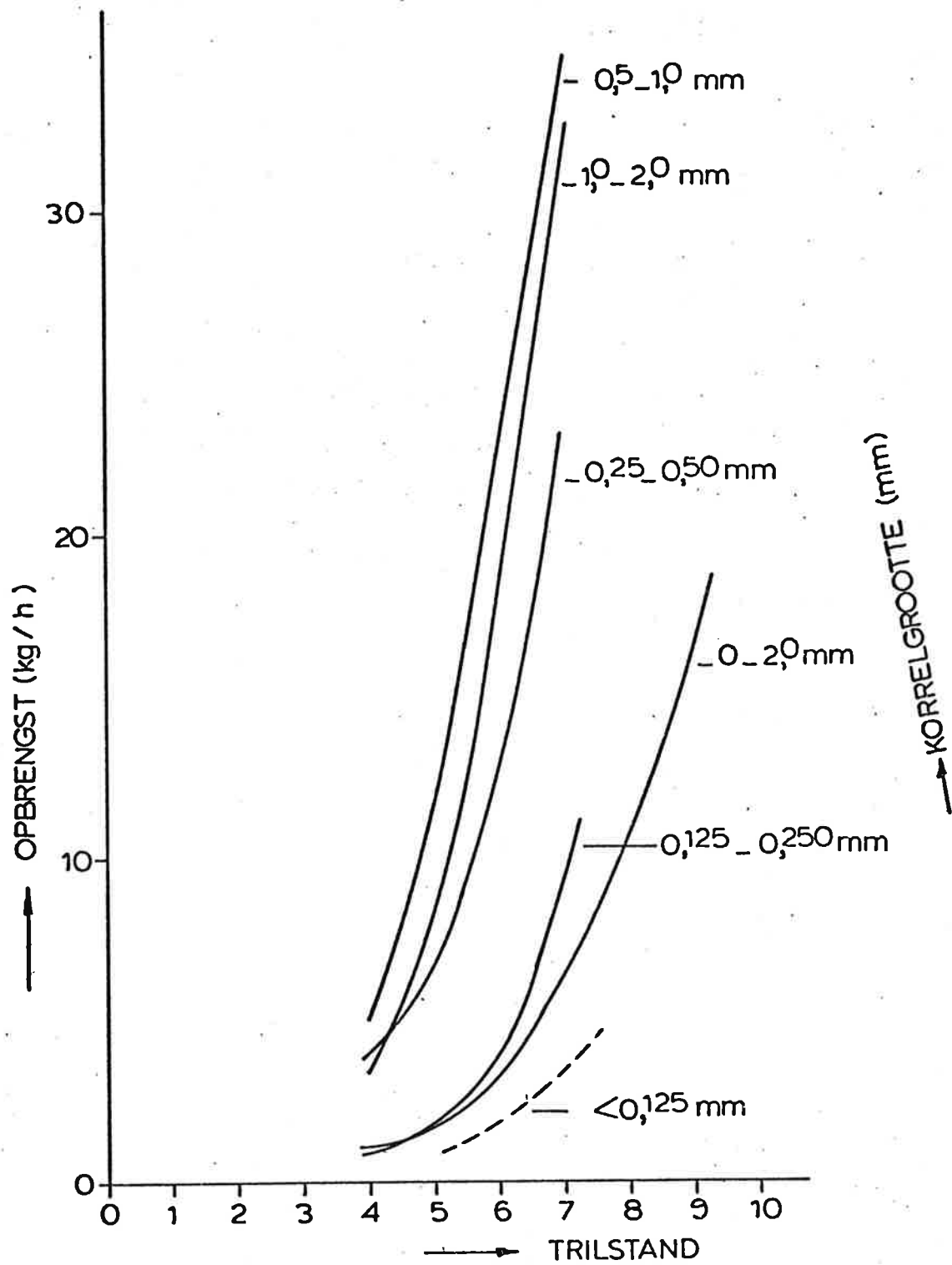
Voordat tot de capaciteitsmetingen van de trilvoeder kon worden overgegaan, werden eerst kolen met een kleine slagmolen, voorzien van zeefplaten ($\emptyset = 2$ mm), verkleind en met behulp van een aantal zeven in de onderstaande fracties verdeeld :

0	- 2,0	mm
1,0	- 2,0	mm
0,5	- 1,0	mm
0,25	- 0,50	mm
0,125	- 0,250	mm
	< 0,125	mm

De fractie van 0-2,0 mm bleek na zeving de volgende korrelverdeling te bezitten :

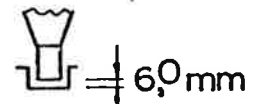
- 99,75%	< 2,0	mm
- 83,8 %	< 1,0	mm
- 65,4 %	< 0,5	mm
- 42,7 %	< 0,25	mm
- 24,1 %	< 0,125	mm
- 8,1 %	< 0,063	mm

De resultaten van de capaciteitsmetingen voor een A.E.G.-trilvoeder, type K.F. 1-1 zijn weergegeven in de afbeelding 8-7, 8-8 en 8-9. Afb. 8-7 toont de opbrengst van de trilvoeder als functie van de trilstand (= stand potentiometer) voor de verschillende korrelfractie. Afb. 8-8 laat de capaciteit van de trilhooft zien als functie van de korrelfractie bij 3 verschillende trilstanden. In Afb. 8-9 is de invloed van de variatie van de afstelhoogte tussen de uitloop van de trechter en de bodem van de trilhooft op de capaciteit van de trilvoeder weergegeven.

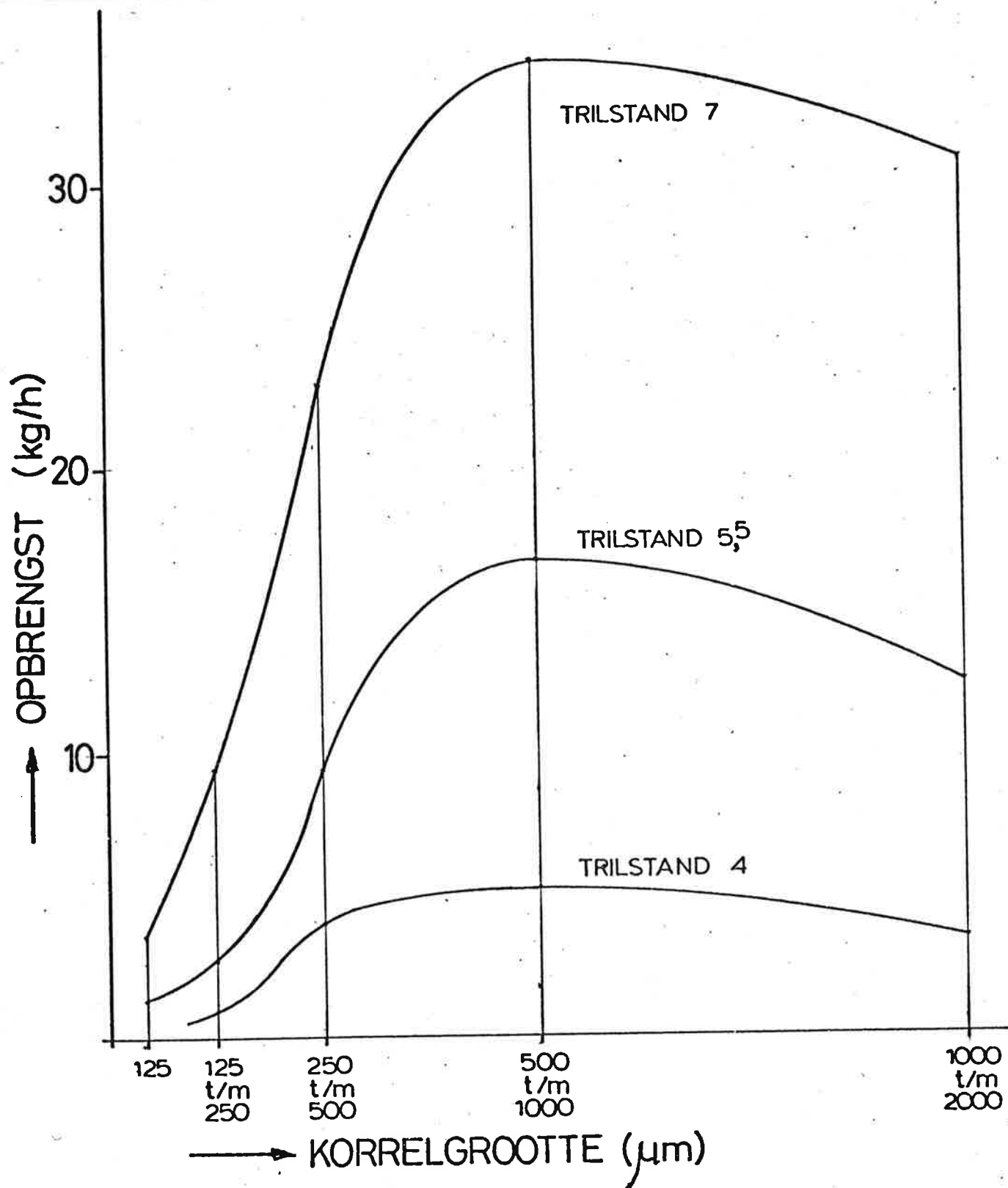


AEG_TRILVOEDER Type K.F. 1-1

AFSTELLING :

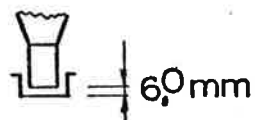


Afb. 8-7 : De capaciteit van de trilvoeder als functie van de trilstand.

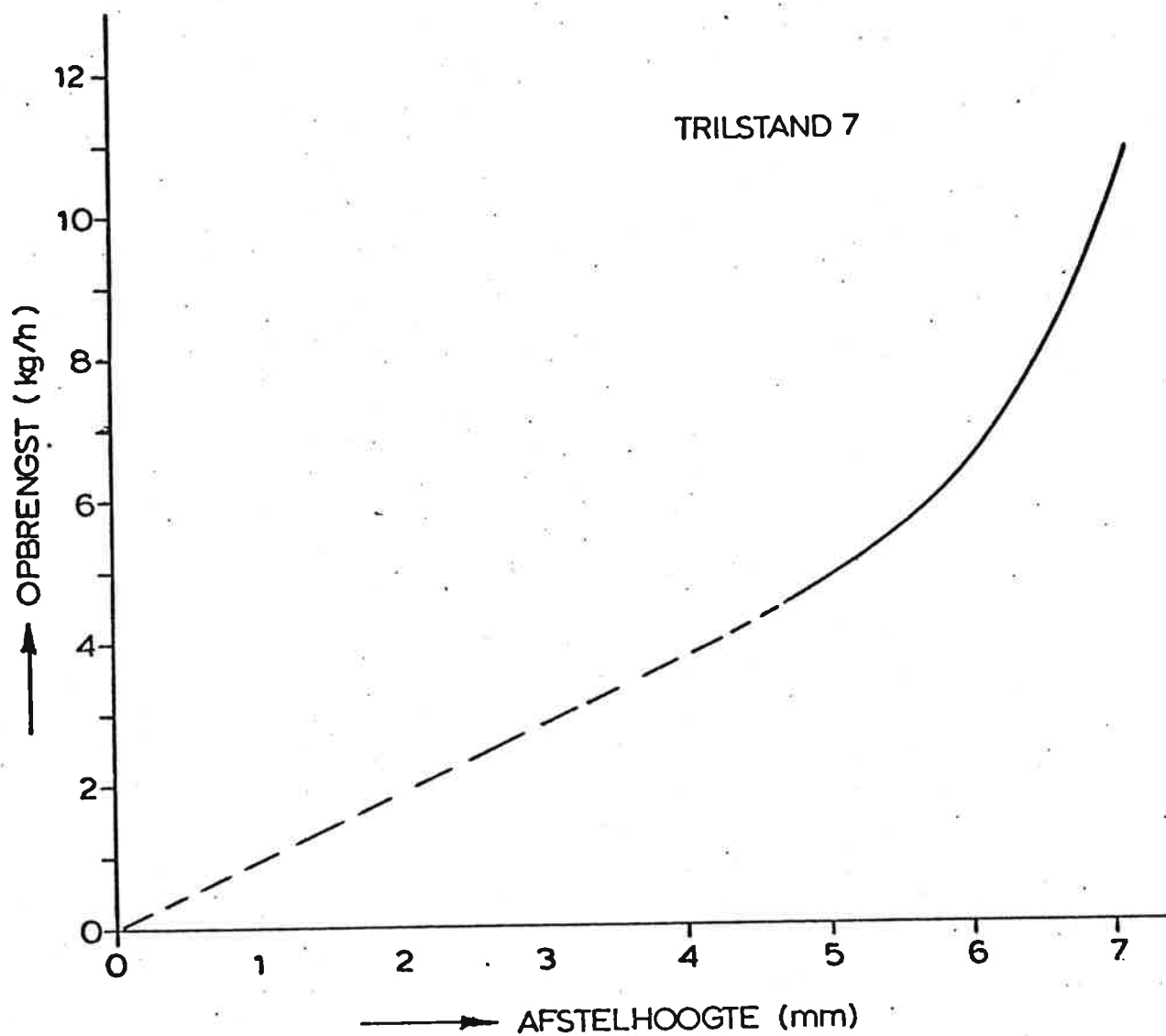


PROEVEN UITGEVOERD MET AEG-TRILVOEDER Type KF 1.1

AFSTELLING:



Afb. 8-8 : De capaciteit van de trilvoeder als functie van de korrelgrootte.



AEG_TRILVOEDER Type KF 1.1

Afb. 8-9 : De capaciteit van de trilvoeder als functie van de afstelhoogte.

De gemeten opbrengsten van de trilgootjes voor de verschillende korrelfracties hadden over een meetserie ($\pm 2,5$ kg) meestal een spreidingsbreedte van circa 15% ($\pm 7,5\%$). De fractie van 0-2 mm gaf zelfs een spreidingsbreedte van circa 20% ($\pm 10\%$) te zien. Een oorzaak hiervoor is waarschijnlijk een zekere ontmenging van de korrelfracties.

De gemiddelde capaciteiten van 6 verschillende meetseries, bij een korrelfractie 0-2,0 mm, de trilstand "7" en een afstelhoogte van 6,0 mm, bleken t.o.v. elkaar slechts een spreidingsbreedte van 6% ($\pm 3\%$) te bezitten.

8.4. De verbrandingsbeelden bij de verschillende korrelfracties

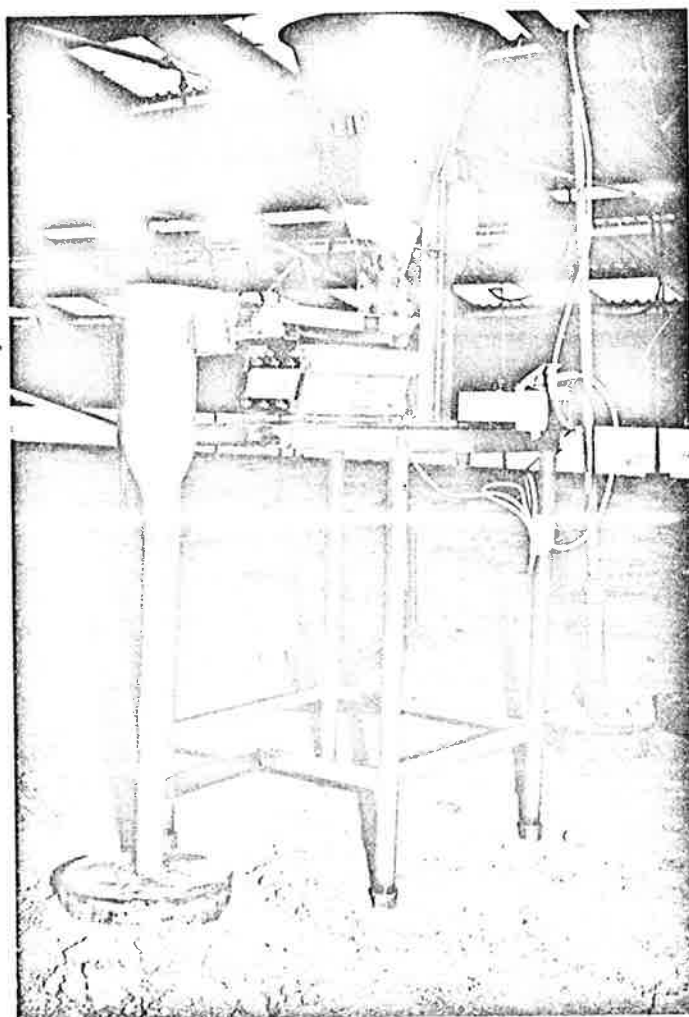
Op een vlamoven, die zeer goed overeenkomt met de z.g. "standaard-vlamoven", werd met assistentie van een familie-lid een stookproef met fijnkolen (tussen de 0 en 2,0 mm) uitgevoerd. De verschillende korrelfracties werden met de in paragraaf 8-3 geijkte trilvoeder, zonder leklucht, in de oven gedoseerd. Het doel van deze stookproef was : het bepalen van de optimale korrelverdeling voor de methode van kolen stoken zonder toevoeging van niet verwarmde lucht (zie hoofdstuk 7).

Afb. 8-10 laat de toegepaste opstelling bij deze proef zien. Door het zorgvuldig afplakken met plastic folie werd er voor gezorgd, dat er geen leklucht in de vlamovenkamer kon toetreden.

De capaciteit van de trilvoeder werd bij de verschillende korrelfracties op zowel 8 kg als 16 kg kolen per uur afgesteld. Een uitzondering hierop vormt de korrelgrootte $< 0,125$ mm, die alleen op een capaciteit van 5,6 kg kolen per uur werd ingesteld.

De foto's van de verbrandingsbeelden bij de verschillende capaciteiten en korrelfracties worden in de afbeeldingen 8-11, 8-12 en 8-13 weergegeven.

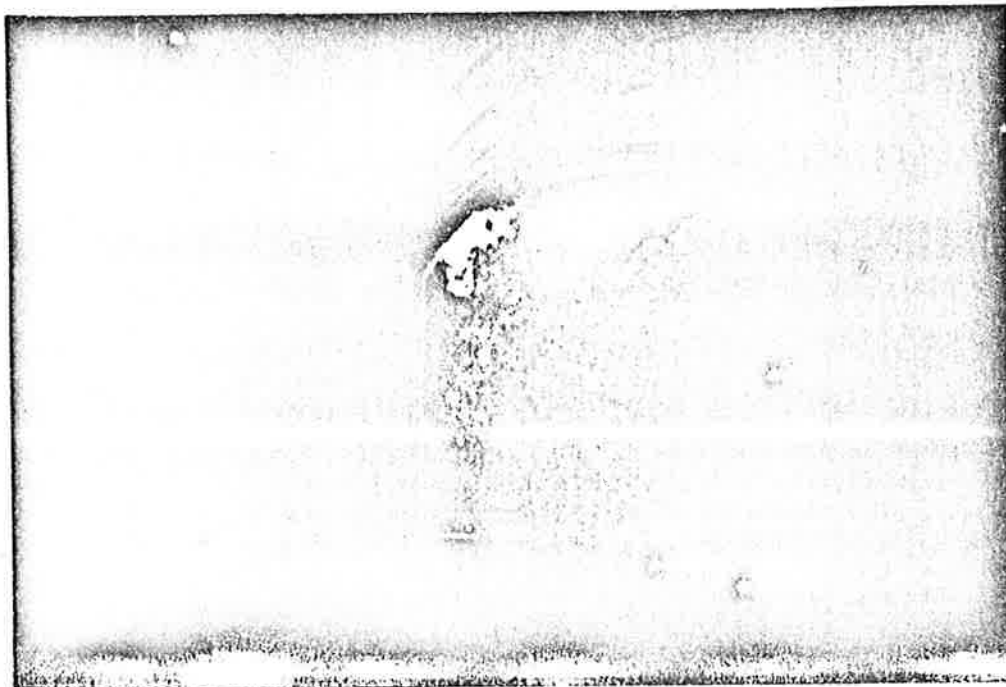
In de vlamovenkamer, waar de foto's van de verbrandingsbeelden zijn gemaakt, heerste een temperatuur van circa 950°C .



Afb. 8-10 : de opstelling van de trilverder bij de proef met het stoken van fijnkool.

De plaats van de verbranding van de verschillende fracties kan globaal als volgt worden omschreven :

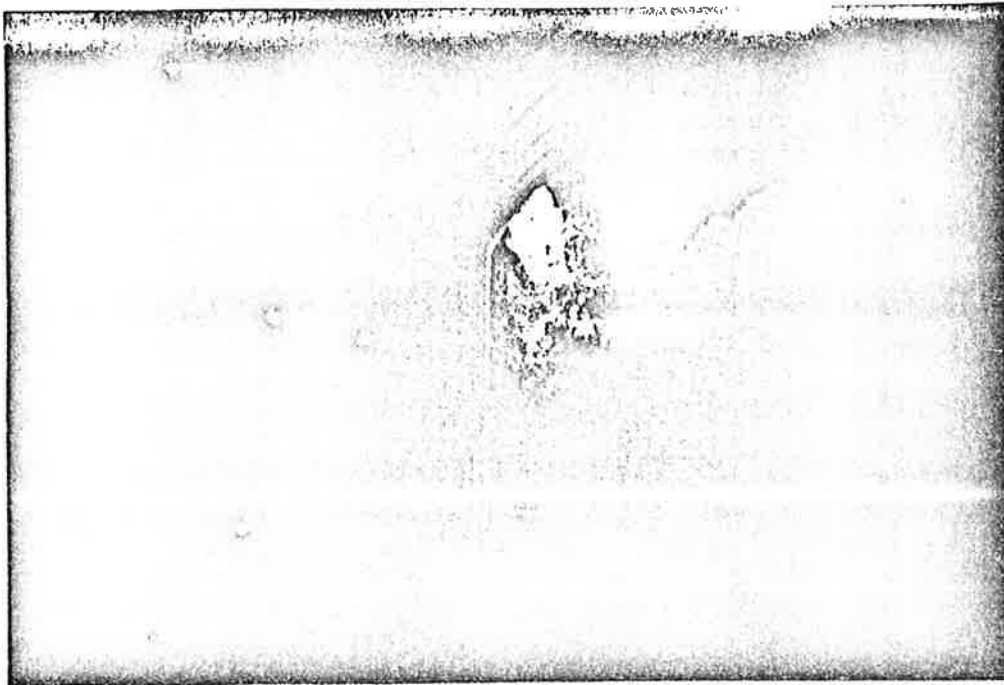
- 1,0-2,0 mm. Deze korrelfractie is duidelijk aan de grote kant. De eigenlijke verbranding van korreldeeltjes start pas circa 0,5 meter boven de kamervloer. Alle deeltjes vallen al brandend op de kamervloer.
- 0,5-1,0 mm. Deze korrelgrootte geeft een egaal brandende zuil. De intensiteit van de verbranding lijkt over de gehele hoogte vrij gelijkmatig. Het meeste is al $\pm 0,5$ (m) boven de ovenvloer opgebrand.



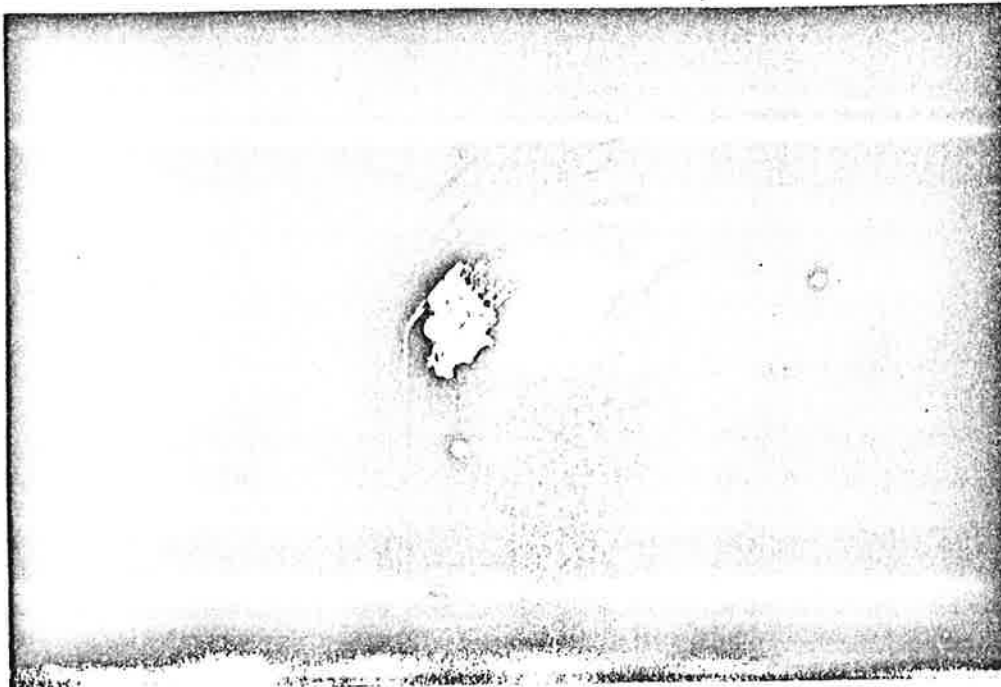
Korrelverdeling : < 0,125 (mm)

Capaciteit : 5,6 (kg/h)

Afb. 8-11a : Verbrandingsbeelden.

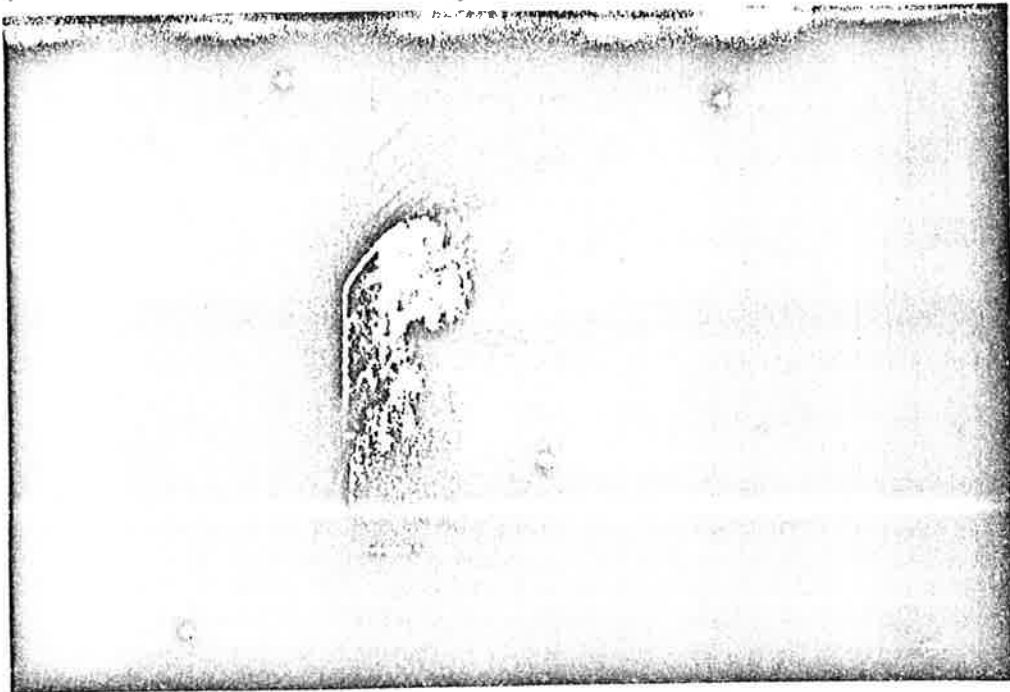


Korrelverdeling : 0,125-0,250 (mm)
Capaciteit : 16 (kg/h)

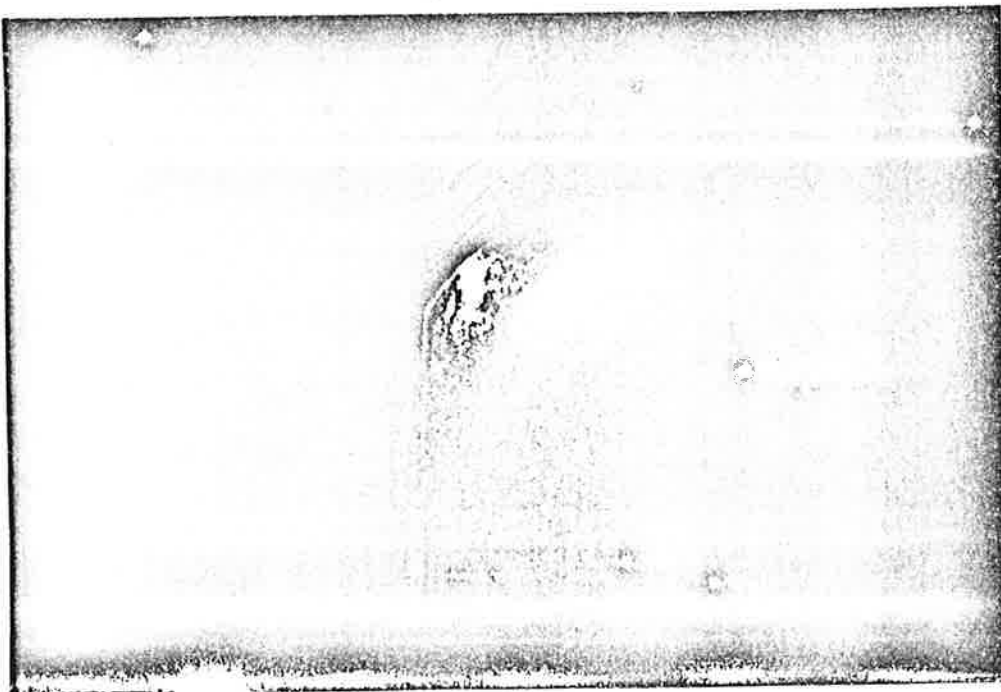


Korrelverdeling : 0,125-0,250 (mm)
Capaciteit : 8 (kg/h)

Afb. 18-11b : Verbrandingsbeelden.

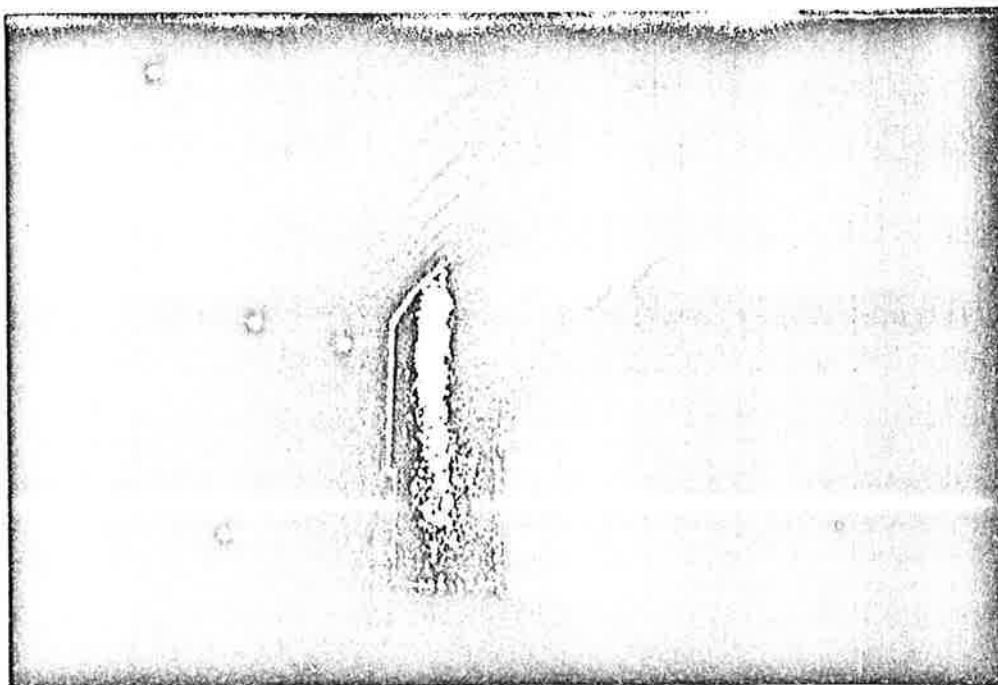


Korrelverdeling : 0,25-0,50 (mm)
Capaciteit : 16 (kg/h)

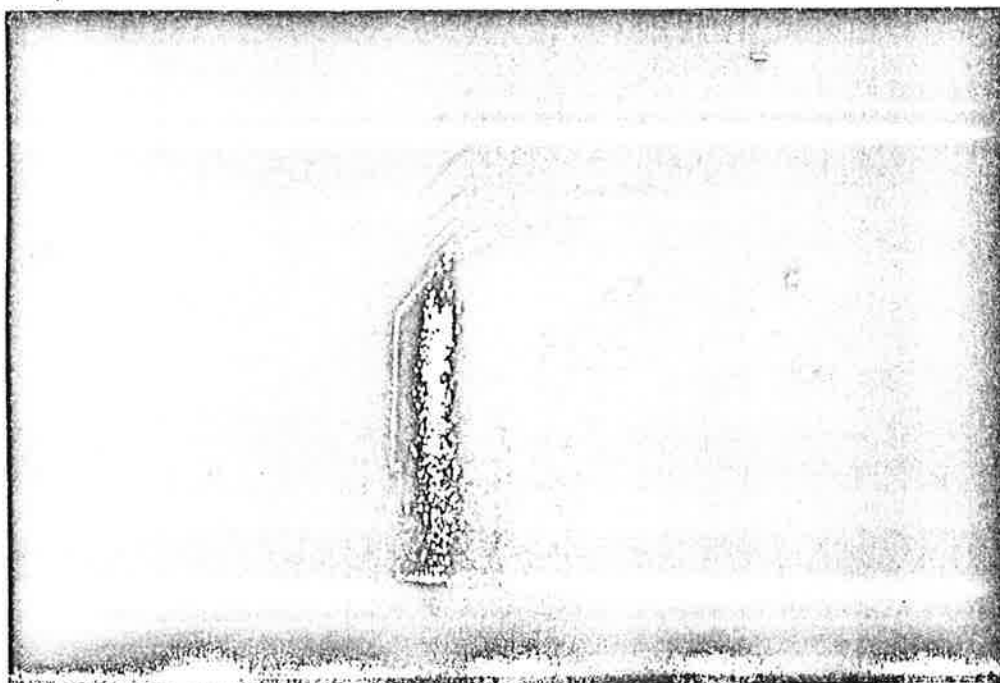


Korrelverdeling : 0,25-0,50 (mm)
Capaciteit : 8 (kg/h)

Afb. 18-12a : Verbrandingsbeelden.

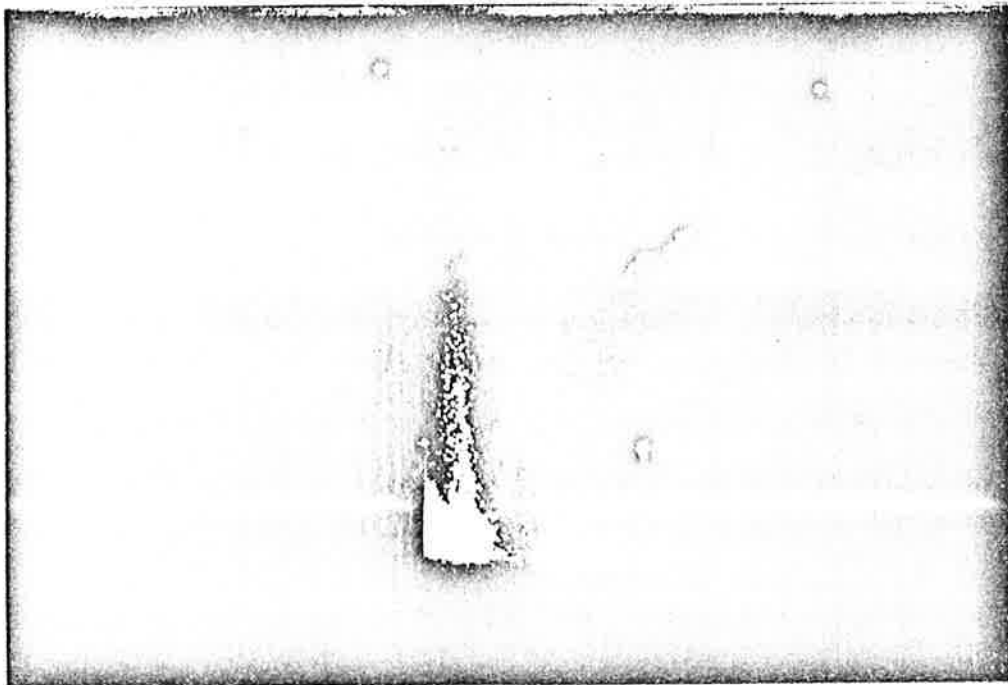


Korrelverdeling : 0,5-1,0 (mm)
Capaciteit : 16 (kg/h)

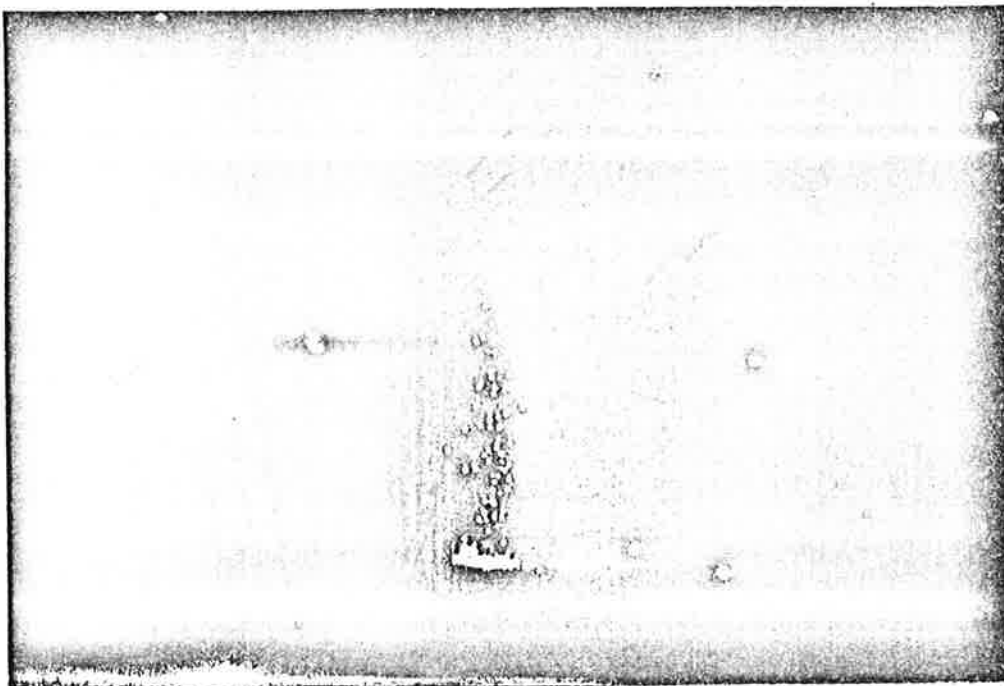


Korrelverdeling : 0,5-1,0 (mm)
Capaciteit : 8 (kg/h)

Afb. 8-12b : Verbrandingsbeelden.

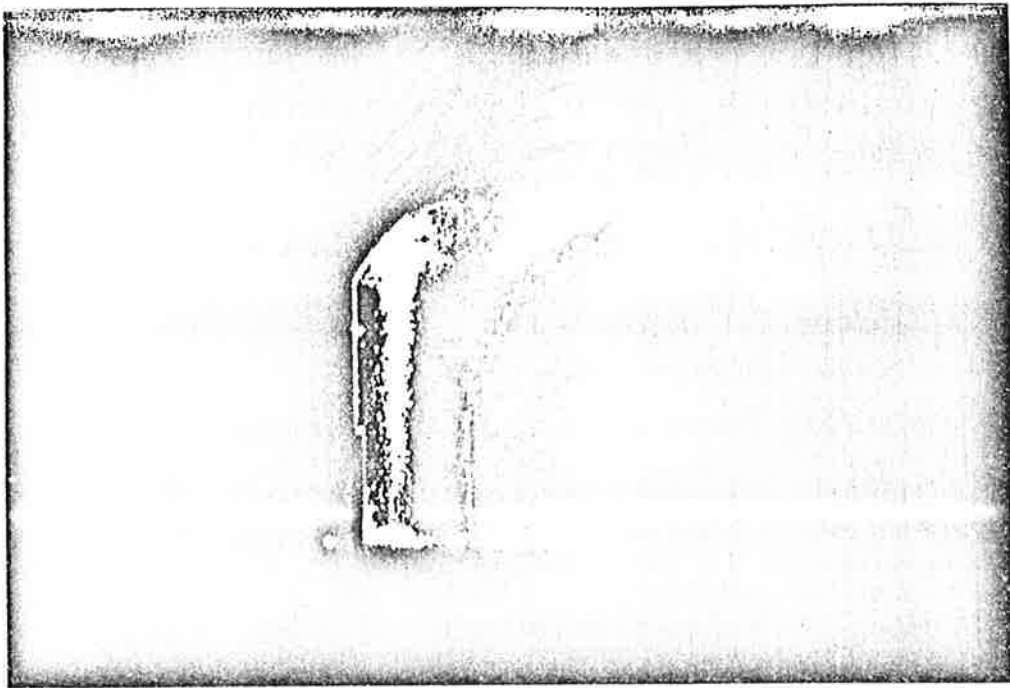


Korrelverdeling : 1,0-2,0 (mm)
Capaciteit : 16 (kg/h)

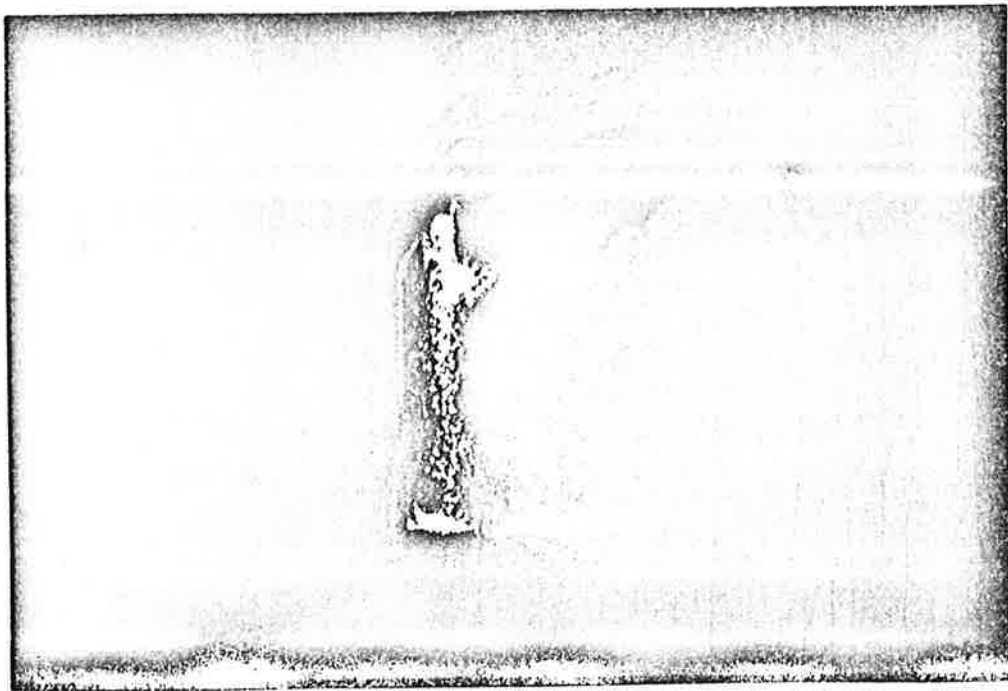


Korrelverdeling : 1,0-2,0 (mm)
Capaciteit : 8 (kg/h)

Afb. 8-13a : Verbrandingsbeelden.



Korrelverdeling : 0-2,0 (mm)
Capaciteit : 16(kg/h)



Korrelverdeling : 0-2,0 (mm)
Capaciteit : 8 (kg/h)

Afb. 8-13b : Verbrandingsbeelden.

- 0,25-0,5 mm. Het merendeel van de kolenkorrels is reeds op circa 1,0 (m) boven de kamervloer opgebrand. De onderste gedeelten van de pakketten blijven duidelijk koud.
- 0,125 - 0,25 mm. De kolenkorrels zijn circa 1,1-1,4 (m) boven de kamervloer reeds opgebrand. Het onderste gedeelte van de stookpot wordt duidelijk heter dan bij normale gaslanzen. De oorzaak hiervan is de al in de stookpot ($\pm$ 20 cm) beginnende verbranding.
- < 0,125 mm. De verbranding van de kolenkorrels begint reeds in de stookpot, en treedt pulsgewijs op. Wordt het kijkgat in de potdeksel open gelegd dan branden de kolendeeltjes met stoten zoals een niet-stabiele gaslans. De onnauwkeurigheid van de dosering bij deze korrelfijnheid (< 0,125 mm) is tamelijk groot. Door de onderdruk in de stookpot wordt zelfs bij stilstand van de trilmagneet poederkool uit de trechter gezogen.

De optimale korrelgrootte voor de verbranding van de kolen in een stookruimte van de "standaard"-vlamoven ligt dicht in de buurt van de 0,5-1,0 mm. Bedrijfseconomisch zal het meestal niet haalbaar zijn de fijnere korrelfracties niet te gebruiken (een mogelijkheid hiervoor zou het bij de klei mengen van deze kolenstof zijn. Doch dit is niet altijd, en dan nog slechts tot een klein percentage, mogelijk).

Om een vergelijking te kunnen maken tussen de continue en intermitterende doseringswijze (doseer- en rusttijd gelijk) zijn telkens capaciteiten van 8 en 16 kg/h onderzocht. De resultaten van de stookproeven (zie Afb. 8-13) met een korrelfractie van 0-2,0 mm (voor de gebruikte korrelverdeling zie blad 8-12) bevestigen het vermoeden dat bij een 2x hogere doseercapaciteit de kans op oververhitting groter is. Immers de stralingsintensiteit, alhoewel slechts globaal de helft van de tijd optredend, is groter. Het lijkt daarom beter een continue doseringswijze toe te passen.

8.5. De vanuit de optimale korrelverdeling van de kolen gestelde eisen aan de doseer-, aanvoer-, distributie- en maalsystemen.

a. Het doseersysteem

Voor de dimensionering van het doseerapparaat is de maximale korrelgrootte van 2,0 mm belangrijk, terwijl dus de voorkeur wordt gegeven aan een continu doserende uitvoering.

Hoewel om dezelfde redenen aan een door de kamertemperatuur gestuurde, modulerende regeling van de doseerapparaten de voorkeur moet worden gegeven, zal dit om de hogere kosten moeten worden verworpen. De temperatuurregeling zal waarschijnlijk slechts de voedende beweging starten en stoppen.

b. Het verdeel- en distributiesysteem

Vanuit het gezichtspunt van de voor de verbranding optimale korrelgrootte, zijn voor het verdeel- en distributie-systeem van de gemalen kolen over de vlamoven naar de opgestelde doseerapparatuur de volgende punten belangrijk :

- de maximale korrelgrootte van de gemalen kolen ligt op circa 2,0 mm
- de maalwerking van het distributie-installatie moet beperkt worden. Immers hierdoor kan het massapercentage kleiner dan 0,25 mm oplopen.

c. Het maalsysteem

Aan de toe te passen maalinstallatie kunnen de volgende eisen worden gesteld :

- Het massa-percentage van de korrelfractie tussen de 0,5-1,0 mm moet zo groot mogelijk zijn.
- Het massa-percentage aan korrelfractie kleiner dan 0,25 mm moet beperkt worden (brandt immers reeds in de stookpot).
- De maximale korrelgrootte zal bij circa 2,0 mm liggen.
- Door eenvoudige ingrepen moet de korrelverdeling zonodig kunnen worden bijgestuurd.

8.6. De literatuurlijst

- 8-1 Thring, M.W.; The science of flames and furnaces.
- 8-2 International Combustion Products Ltd.; Coal milling and pulverised fuel firing.
- 8-3 Folder A.E.G.-Telefunken Nederland NV; Vibrations-technik.
- 8-4 Smals, ir. A.T.J.M.; Trilvoeders.

9. HET KOLENSTOKEN IN KERAMISCHE OVENS EN DE MILIEU-WETGEVING

9.1. De milieubelastende gasvormige emissies

Door de schoorstenen van steenfabrieken kunnen in het algemeen de volgende milieubelastende gassen worden uitgeworpen :

- zwaveloxiden (SO_x)
- koolmonoxiden (CO)
- stikstofoxiden (NO_x)
- onverbrande koolwaterstoffen ($C_x H_y$)
- gasvormige fluor-verbindingen (F^-)
- anorganische chloor-verbindingen (Cl^-)

Het overschakelen op een andere brandstof zal in het algemeen alleen invloed hebben op de in onderstaande tabel opgenomen gasvormige emissies.

soort brandstof	stookwaarde eenheid (MJ)	SO_x 1) (SO_2) (mg)	NO_x (NO_2) (mg)	$C_x H_y$ (CH_4) (mg)
ned. aardgas	10	-	950	300
zware stookolie RI 3000S	10	7400	1200	75
steenkool	10	2200	3100	50

Tabel 9-1 : Emissie-waarden voor stookinrichtingen van steenovens in mg per stookwaarde-eenheid van 10 MJ.

Opm. : 1) SO_x : een deel van de zwavel in de stookolie en de vaste brandstoffen wordt door de bakstenen en de eventuele as opgenomen.

Om tot een juiste vergelijking te komen tussen de brandstoffen zijn de emissies uitgedrukt in mg per 10 MJ stookwaarde.

T.o.v. het aardgas zijn natuurlijk beide alternatieve brandstoffen sterk in het nadeel. Doch de vergelijking van steenkolen met de stookolie lijkt toch in het nadeel van de laatste uit te vallen. Bij het terugbrengen van het zwavelgehalte in de stookolie komt deze vergelijking uiteraard anders te liggen. Voor de gasvormige emissies van een met kolengestookte "standaard"-vlamoven worden in onderstaande tabel de waarden in meer gebruikelijke eenheden aangegeven.

gasvormige emissie	mg/nm ³	g/h
CO	160	3.700
SO ₂	140	3.250
NO ₂	200	4.600
CH ₄	3	70

Tabel 9-2 : Gasvormige emissies bij een kolengestookte "standaard"-vlamoven.

In Nederland bestaan volgens opgaven van het Ministerie van Volkgezondheid en Milieuhygiëne en de inspectie voor de volkgezondheid in de regio Gelderland (gevestigd in Arnhem) (nog) geen algemeen geldende normen voor maximaal toelaatbare emissie-waarden voor de in tabel 9-2 voorkomende gasvormige emissies. Wel bestaan er richtlijnen voor de maximaal toegestane immissie-waarden. Omdat vaak de TA-Luft (= Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, de Duitse milieu-wetgeving) als toetsingscriterium wordt gebruikt om gevallen in Nederland te beoordelen is ook die wet bestudeerd.

Naast het vastleggen van maximaal toegestane gasvormige emissies van chloor- en flour verbindingen worden hierin grenzen aangegeven voor de emissie van organische verbindingen (altijd wordt méér dan 20 mg/nm³ toegestaan) en koolmonoxiden (CO) bij met vaste brandstoffen gestookte vuurhaarden (< 250 mg/nm³).

Aan beide grenzen wordt ruimschoots voldaan. Ook worden maximaal toelaatbare immissiewaarden aangegeven voor :

- koolmonoxiden
- zwaveloxiden
- stikstofdioxiden
- stikstofmonoxiden

Met deze waarden en de eveneens in TA-Luft aangegeven berekeningswijze kunnen de noodzakelijke schoorsteen-hoogten om de emissies te mogen verspreiden, worden bepaald. Dit zou echter in dit kader te ver voeren. Wel wordt nog opgemerkt, dat over het algemeen vlamovens met hoge schoorstenen zijn uitgerust, zodat ook met de immissie geen moeilijkheden te duchten zijn.

De Belgische norm geeft alleen een schoorsteen-hoogte aan bij een bepaalde SO_2 -emissiewaarde.

graad van verdunning van het SO_2 mg/nm^3	voorgeschreven minimum schoorsteen-hoogte in m
200	7
250	10
350	14
500	20
850	25

Tabel 9-3 : De schoorsteenhoogten in relatie tot de emissiewaarde van SO_2 .

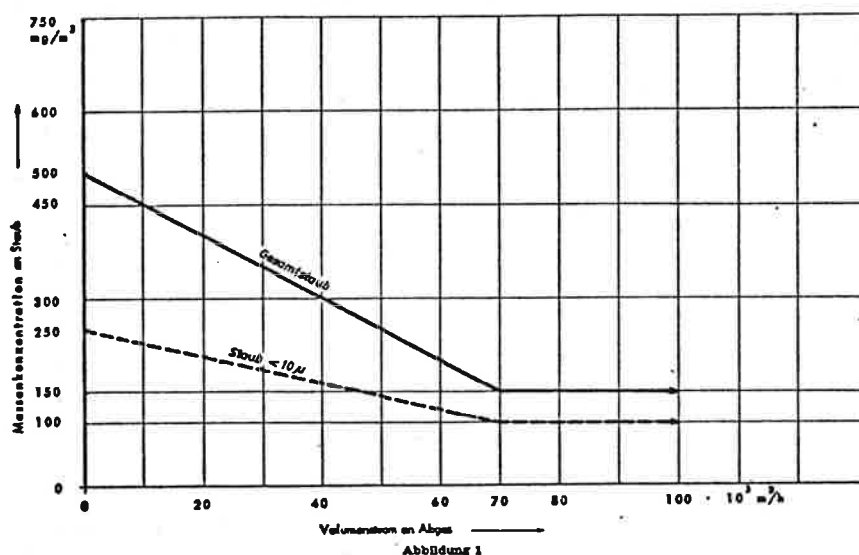
Deze, uit december 1964 daterende wet zou voor onze standaard-vlamoven slechts een schoorsteenhoogte van 7 (m) eisen.

9.2. De stof-emissie via de schoorsteen bij het kolenstoken

Resultaten van stofemissie-metingen in schoorstenen van met fijn- of poederkool gestookte steenovens zijn ons niet bekend.

In de rookgassen van met poederkool gestookte ketelinstallaties bevinden zich, zonder filtering circa 50 gram stof per nm^3 . Om aan de voor de centrales toegestane maximum stof-emissie van $100 \text{ mg}/\text{nm}^3$ te kunnen voldoen, moeten daar electrostatische vliegsvangers met een vang-percentag van 99,8% worden ingezet.

Volgens de Duitse TA-Luft ligt de grens voor electriciteitscentrales nog op $150 \text{ mg}/\text{nm}^3$, terwijl de toelaatbare stof-emissie voor een "standaard"-vlamoven met een rookgasstroom van $21.000 \text{ nm}^3/\text{h}$ zelfs $400 \text{ mg}/\text{nm}^3$ mag bedragen. Zie hiervoor de in Afb. 9-4 weergegeven grafiek.



Afb. 9-4 : De toelaatbare stofemissie in relatie tot de volumestroom.

Bij steenovens zorgt de zeer lage gassnelheid tussen de inzet in de kamers van de opwarmzone voor een zekere filtering. Doch het wordt betwijfeld of deze stofemissie bij het stoken met poederkool zonder vliegsvanger(s) onder de $400 \text{ mg}/\text{nm}^3$ kan worden gehouden.

Wordt er echter fijnkool in steenovens verstookt, dan is de korrelgrootte hiervan globaal 10 x zo groot als die van poederkool. Het percentage vliegask zal dus ook voor het fijnkool verstoffen duidelijk minder zijn.

In publicaties over met fijnkolen gestookte keramische ovens wordt steeds vermeld dat er geen vliegaskvangers noodzakelijk zijn. Doch meetresultaten worden nergens opgevoerd.

De TA-Luft geeft verder nog voorschriften voor :

- maalinstallaties : De stofemissie, die bij het malen ontstaat mag bij een totale uitwerp tot 3 kg/h maximaal 150 mg/nm³ bedragen terwijl boven de 3 kg/h maximaal 75 mg/nm³ toelaatbaar is.
- transportsystemen : Stortgoed met een korreldiameter kleiner dan 2 mm en een lager watergehalte dan 10% mag alleen in gesloten systemen getransporteerd worden.
- opslag : Hiervoor geldt hetzelfde als reeds opgemerkt bij de transportsystemen.

9.3. De conclusies

De veranderingen in de gasvormige emissies bij het overschakelen op steenkolen als brandstof zullen voor de meeste vlamovens geen problemen met de milieuwetgeving veroorzaken.

Vanuit de stof-emissie gezien, lijkt het stoken met fijnkool boven poederkool te prefereren. Bij het stoken met fijnkool zijn, volgens de geraadpleegde publicaties, geen vliegaskvangers meer noodzakelijk.

10. DE VERSCHILLENDE MOGELIJKHEDEN OM FIJNKOLEN TE DOSEREN

10.0. De inleiding

In dit hoofdstuk worden een aantal mogelijkheden opgesomd om poeder- en fijnkorrelige grondstoffen te doseren.

Onderscheid wordt gemaakt in de volgende doseermethoden :

- 10.1. De doseerschroef
- 10.2. De trilvoeder
- 10.3. De sleepkettingtransporteur als doseerapparaat
- 10.4. De doseerbanden
- 10.5. De roterende schijfvoeder
- 10.6. De doseerrollen
- 10.7. De roterende doseersluis
- 10.8. De overige doseermethoden

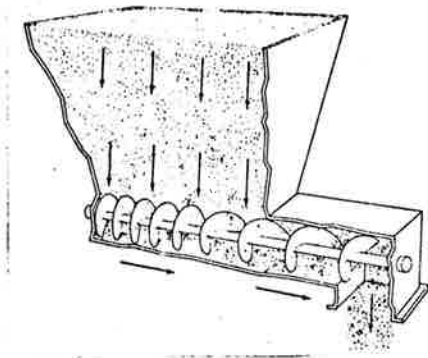
In deze laatste paragraaf worden alle tot nog toe niet behandelde systemen ondergebracht.

In paragraaf 10-9 wordt gekomen tot een tweetal typen doseerapparaten, die voor het doseren van fijnkolen, zonder lucht, het meest geschikt lijken.

10.1. De doseerschroef

Een van de meest voor de hand liggende oplossingen voor het doseren van fijnkool is de schroeftransporteur. Bij doseerschroeven, zoals ook in het voorbeeld van Afb. 10-1, zijn de schroeven vaak uitgevoerd met in de transportrichting enigszins oplopende spoeden. Hierdoor wordt een wat mindere vulling van de doseerschroef in het kokergedeelte bewerkstelligd. De kans op vastlopen van de schroef wordt daardoor sterk verminderd.

Standaard schoepen en schroeven zijn tot een minimale buitendiameter van 50 mm verkrijgbaar. Kleinere diameters lijken uit constructief oogpunt ook niet haalbaar. Bij de aanname van een doseerschroef-buitendiameter van 50 mm, moet het toerental van de schroef om 10 kg fijnkolen te kunnen doseren 6 à 7 omw. per minuut bedragen.

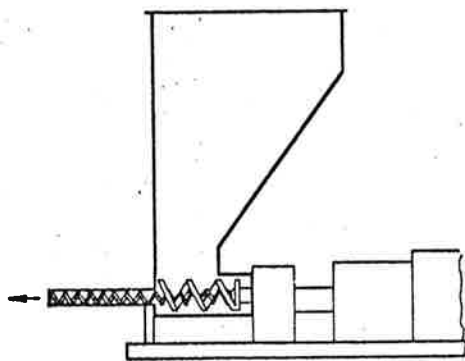


Afb. 10-1 : Een doseerschroef.

Dit toerental is voor een doseerschroef echter veel te laag om een regelmatige dosering te kunnen verkrijgen. De kosten voor zo'n doseerschroef, zonder aandrijving, zijn echter erg laag (f. 300,-- - f. 500,--).

Er zijn echter speciale doseerschroeven in de handel, die ook bij kleine capaciteiten nog voldoende constant kunnen voeden. Deze doseerapparaten werken niet meer met een "normale" schroef naar met een spiraal.

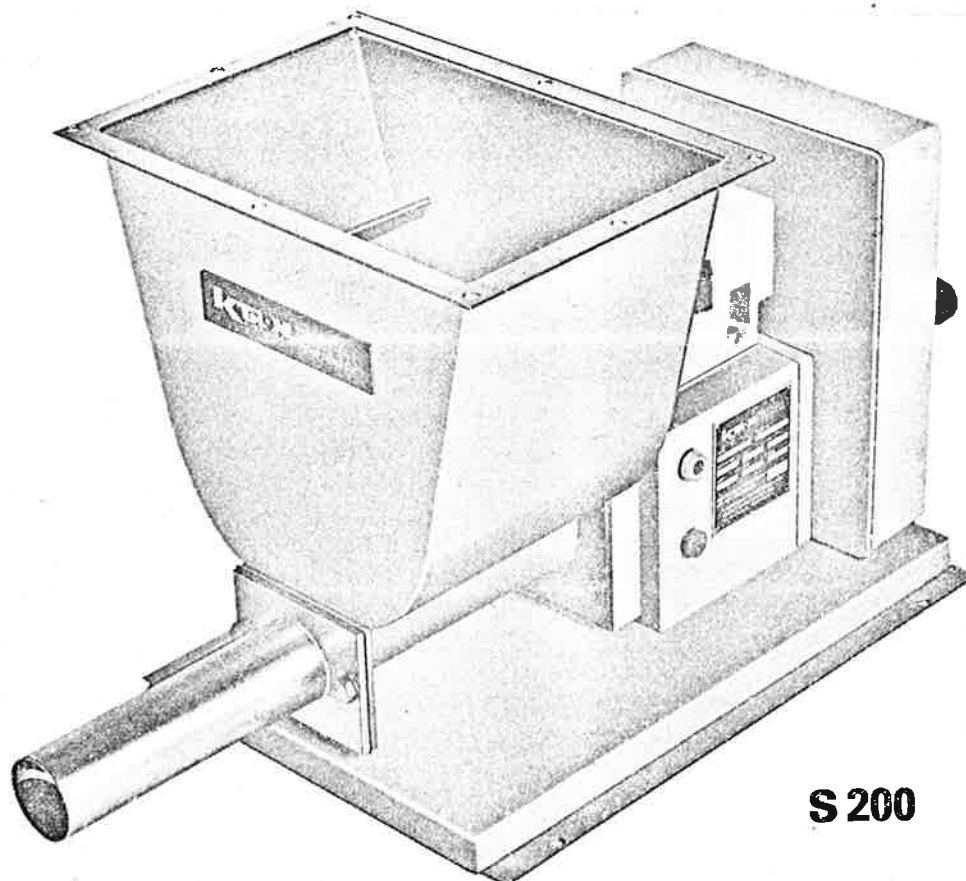
Bij de beschrijving van het kolenstookstelsel van de firma Thermo-Murg (paragraaf 6.2.5.) is reeds het doseerapparaat van Gericke behandeld. Het Gericke-doseerapparaat heeft een bouwvorm, in de literatuur vaak de Arcison-bouwvorm genoemd, welke is weergegeven in Afb. 10-2.



Afb. 10-2 : Spiraalvoeder van het zogenaamde Arcison type.

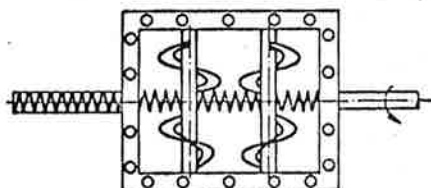
Een concentrische grotere spiraal, die met een geringer toerental ronddraait dan de voedingsspiraal, verhindert brugvorming en zorgt voor een zekere menging van het te doseren materiaal.

In Afb. 10-3 wordt een spiraalvoeder van KTRON-SODER uit Niederlenz (Zwitserland) weergegeven. Hierbij is in de bunker soms een roerwerk gemonteerd.



Afb. 10-3 : De doseerspiraal van KTRON-SODER, type S-200.

Bij andere typen zijn deze roerwerken iets anders uitgevoerd. Afb. 10-4 geeft hiervan een voorbeeld.

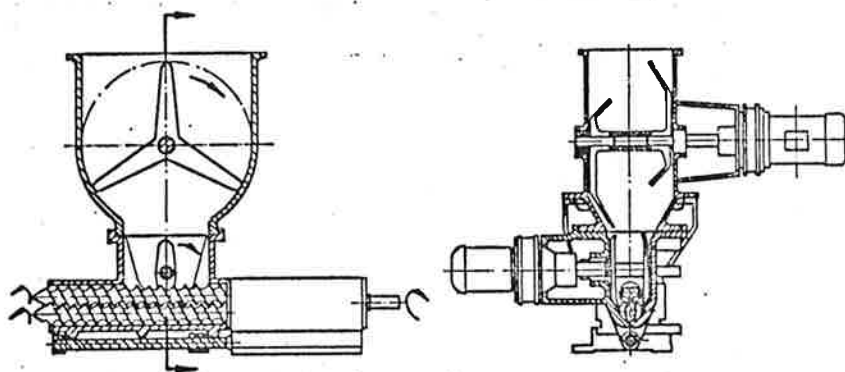


Afb. 10-4 : Een doseerspiraal, met een mengwerk in de voorraadtrechter.

De prijs van de doseerspiraal van KTRON-SODER S-200 ligt op circa f. 5000,--. Ook de vergelijkbare uitvoeringen van andere fabrikanten liggen op hetzelfde niveau.

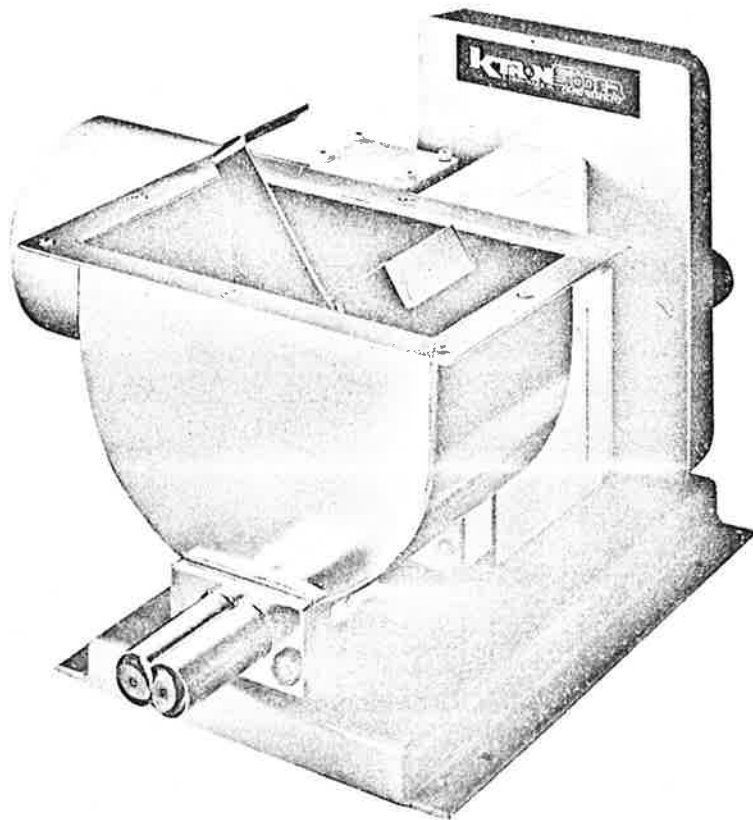
Voor het gebruik van bovengenoemde apparaten als doseerunits in een kolenstookinstallatie ligt de prijs veel te hoog. Doch omdat in de praktijk de dosering van dit soort apparaten meestal zeer goed voldoet, zal in een klein deel van de studie getracht worden zelf een goedkoper apparaat te ontwikkelen, nog nader te behandelen in een van de volgende hoofdstukken.

Van de doseerspiralen zijn een aantal bijzondere uitvoeringen bekend. Als eerste wordt het doseerapparaat genoemd met zich zelf reinigende schroeven. De afbeeldingen 10-4, 10-5 en 10-6 geven hiervan enige voorbeelden. Deze doseerapparaten worden gebruikt om plakkerige, zeer moeilijk te transporteren stoffen te doseren.



Afb. 10-4 : Doseerapparaat met 2 schroeven.

Als tweede bijzondere uitvoeringsvorm wordt de z.g. vibrerende doseerschroef genoemd. De gehele eigenlijke doseerinrichting (doseerschroef, huis hiervan en voorraadtrecter) wordt in trilling gebracht. De trillende beweging voorkomt brugvormig van het materiaal in de voorraadtrecter, verdicht dit materiaal tot een constant stortgewicht en verhoogt de vulling van de doseerspiraal tot bijna 100%.



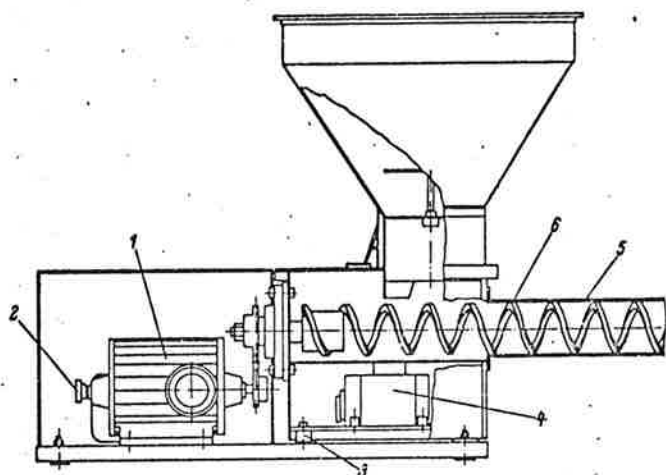
Afb. 10-5 : Een doseerapparaat van KTRON-SODER, met een dubbele doseerschroef.



Afb. 10-6 : Een dubbele doseerschroef.

Hierdoor is de gelijkmatigheid van dosering ook bij wat moeilijker lopende produkten verzekerd. Voorbeelden van deze vibrerende doseerspiralen worden gegeven in de afbeeldingen 10-7, 10-8 en 10-9.

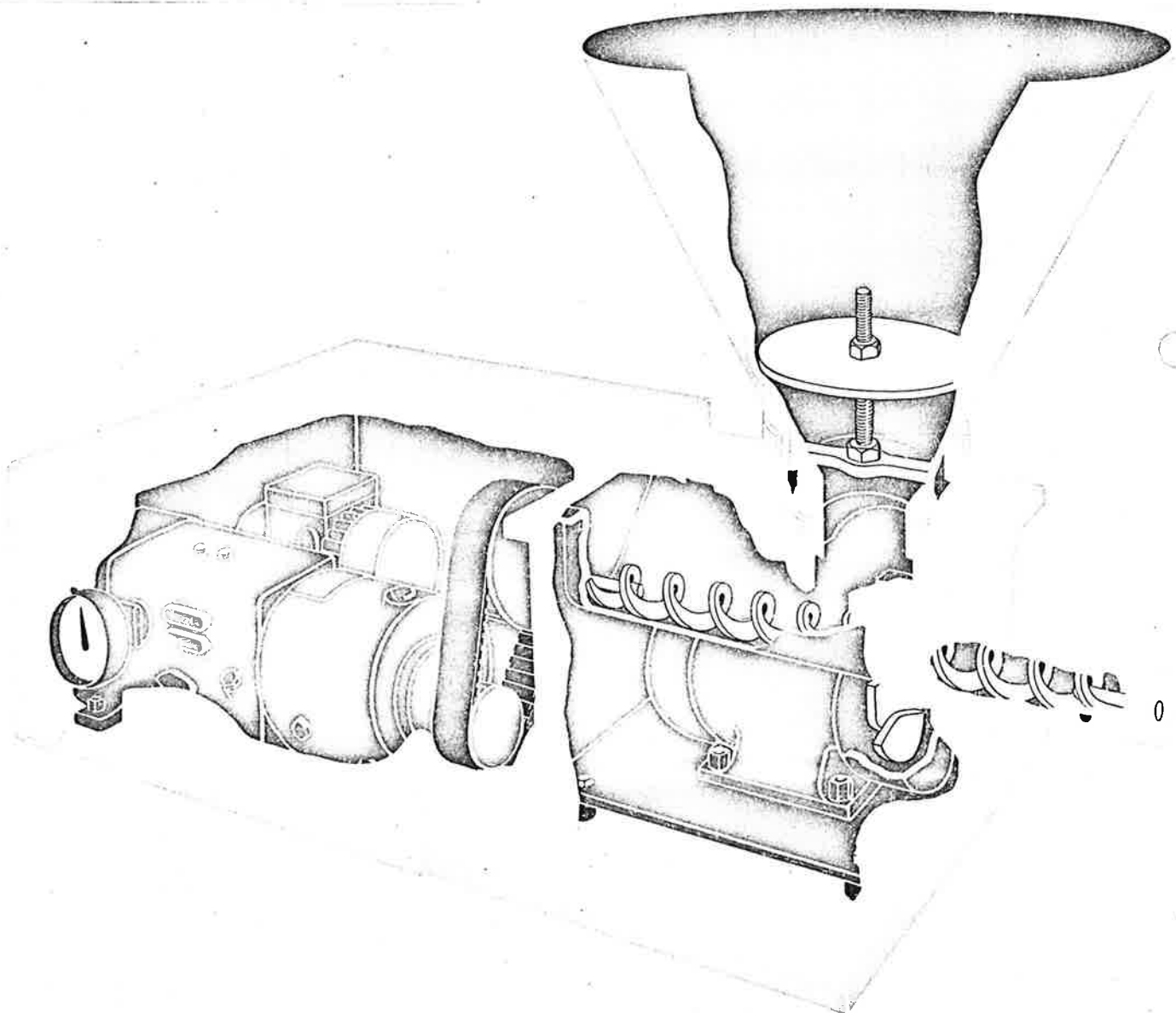
Hierbij zijn meestal de aandrijfunits, met variabele toeren-tallen, vast opgesteld. Door tandriemen of kettingen zijn deze units met de as van de doseerspiraal verbonden.



Afb. 10-7 : Een vibrerende doseerschroef.



Afb. 10-8 : Een praktische uitvoering van een vibrerende doseerschroef van de firma Brabender Technologie.



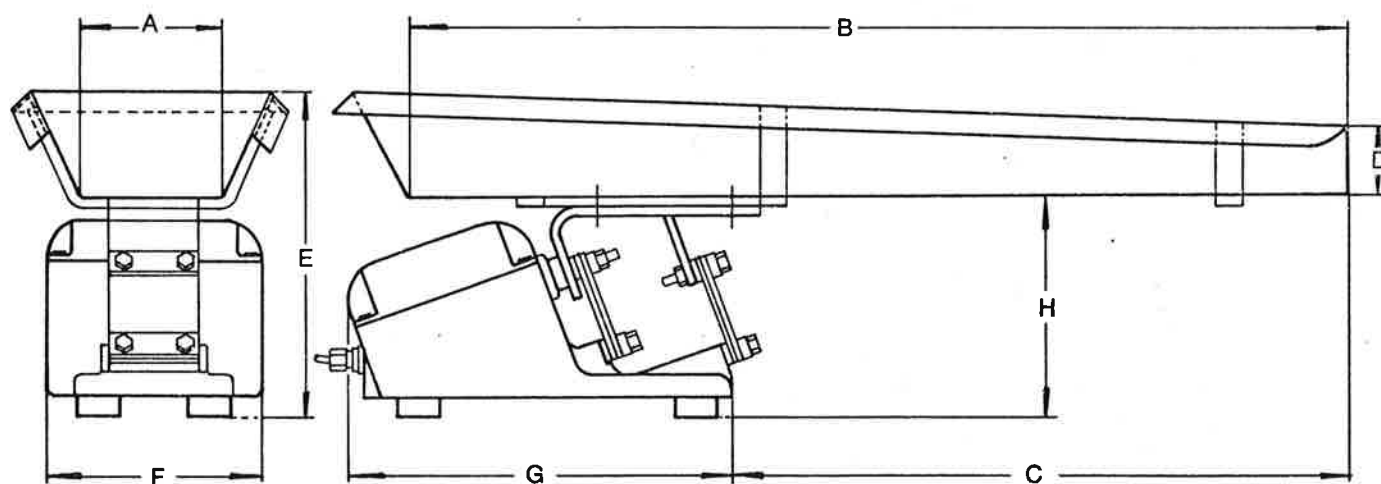
Afb. 10-9 : Een schematische tekening van een vibrerende
doseerschroef (Simon Solitec).

10.2. De trilvoeder

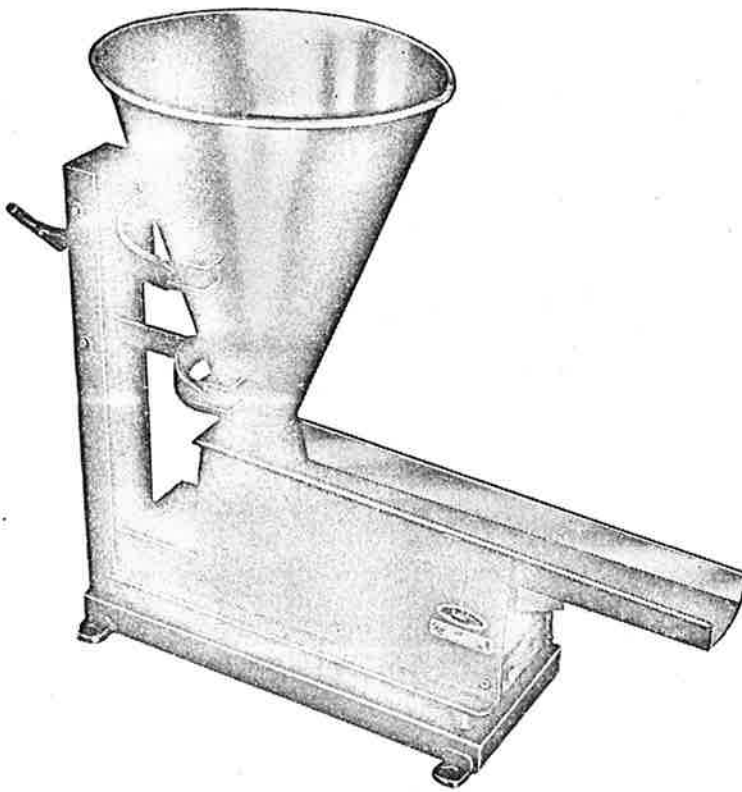
Ook een trilvoeder is een voor de hand liggende oplossing om fijnkolen te doseren. Voor het doseren van poederkool is de trilgoot minder geschikt. Stofvormige stortgoederen, met een volgens de literatuur kleinere korreldiameter dan 0,05 mm, leveren vaak moeilijkheden op. Het lijkt erop of de stof op een luchtkussen gaat zweven en de goot niet meer raakt. Bij de uitgevoerde capaciteitsbepalingen van een trilvoeder (paragraaf 8.3) trad dit verschijnsel al op bij een korrelgrootte kleiner dan 0,125 mm. Ook het vullen van een geheel lege trechter was nogal problematisch.

Voor de doseren van fijnkorrelige materialen bestaat een trilvoeder veelal uit een voorraadtrechter waaronder een rechte trilgoot is geplaatst. De goot is meestal met 2 veerelementen (soms van kunststof) bevestigd aan de contramassa. De trillende beweging van de goot wordt verkregen door de goot met behulp van een electromagneet of een pneumatisch element periodiek aan te stoten.

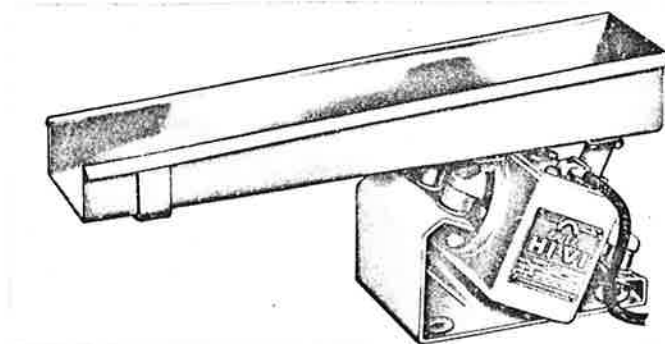
De afbeeldingen 10-10, 10-11 en 10-12 geven enkele voorbeelden van electromagnetische trilvoerders.



Afb. 10-10 : Een trilgoot van Superior.



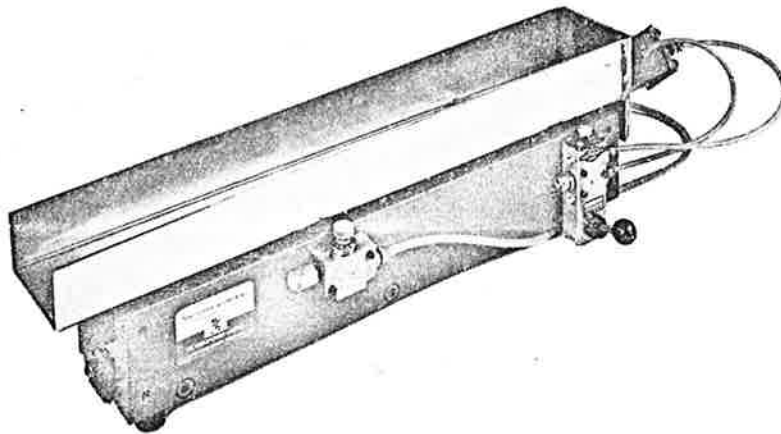
Afb. 10-11 : Een trilvoeder van Stiletto.



Afb. 10-12 : Een trilhoot van Eriez.

De prijs voor een gesloten trilhoot zonder trechter ligt tussen de f. 800,-- en f. 1250,--.

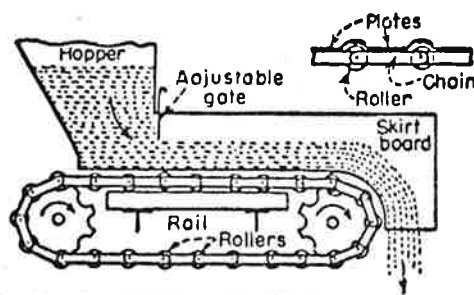
In Afb. 10-13 is een pneumatische trilgoot van de Tankfabriek Kooiman uit Papendrecht afgebeeld. De prijs van zo'n trilgoot, samengebouwd met een bunkertje, komt op circa f. 1395,--.



Afb. 10-13 : Een pneumatische trilgoot (Tankfabriek Kooiman).

10-3. De sleepkettingtransporteur en de platenband als doseerapparaat

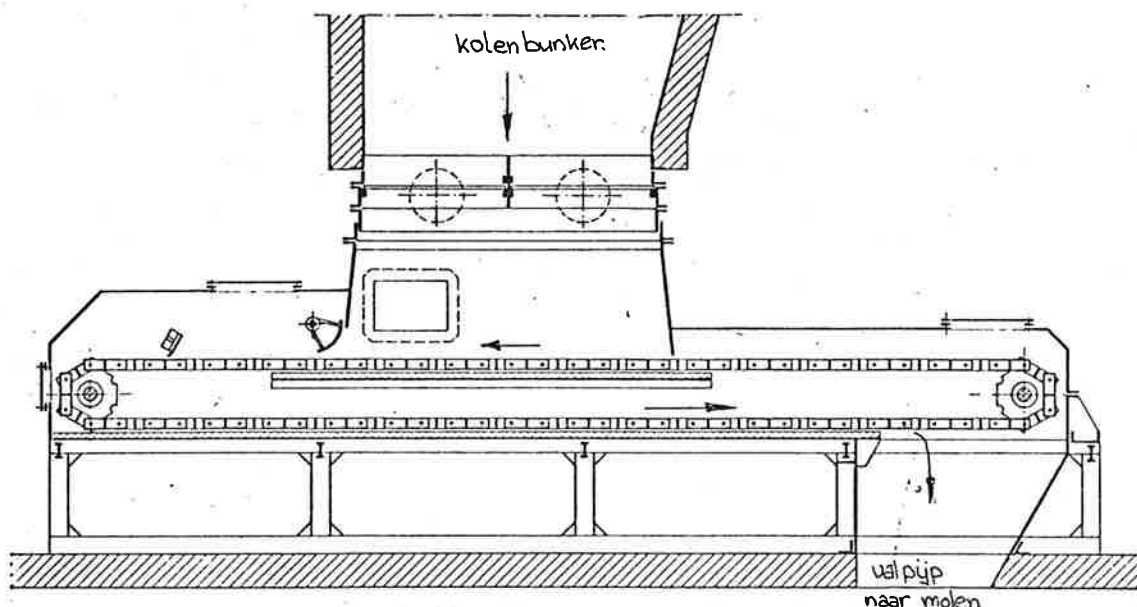
Voor het doseren van fijnkolen in de poederkoolmolens van electriciteitscentrales wordt vaak gebruik gemaakt van een sleepkettingtransporteur. Afb. 10-14 toont hiervoor een principe-oplossing.



Afb. 10-14 : De sleepketting als doseerapparaat.

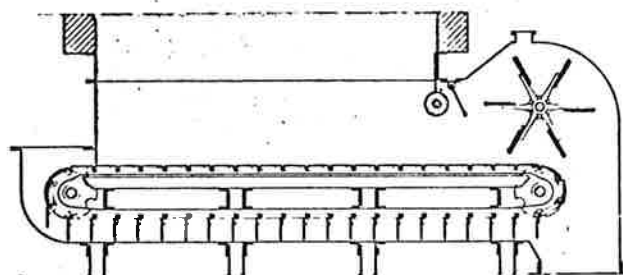
Door verstelling van de laag-hoogte en variatie van het toeren-tal van de kettingwielen kan de capaciteit worden geregeld. Het gaat echter meestal om zeer grote hoeveelheden (enkele tonnen per uur).

Afb. 10-15 geeft de oplossing weer, die in de nieuwe poederkoolstookinstallatie van de in aanbouw zijnde electriciteitscentrale van de P.G.E.M. te Nijmegen zal worden toegepast.



Afb. 10-15 : De dosering van fijnkolen naar de kogelmolen in de nieuwe centrale Gelderland 13 van de P.G.E.M. te Nijmegen.

Ook worden voor fijnkooldoseringen wel platenbanden gebruikt. Afb. 10-16 geeft hiervan een voorbeeld. Deze doseerapparaten zijn in de keramische industrie beter bekend onder de naam "kasten-beschikker", "boxfeeder" of voeder.

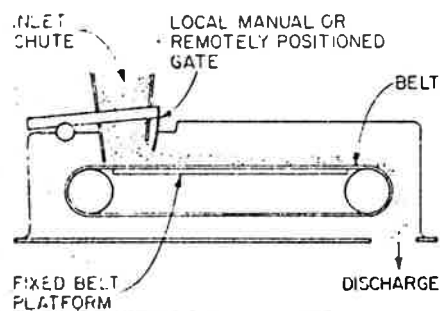


Afb. 10-16 : Een platenband als doseerapparaat.

Standaard apparaten met een constante, kleine doseercapaciteit (circa 10 kg/h) volgens deze principes, lijken moeilijk voorstelbaar.

10-4. De doseerbanden

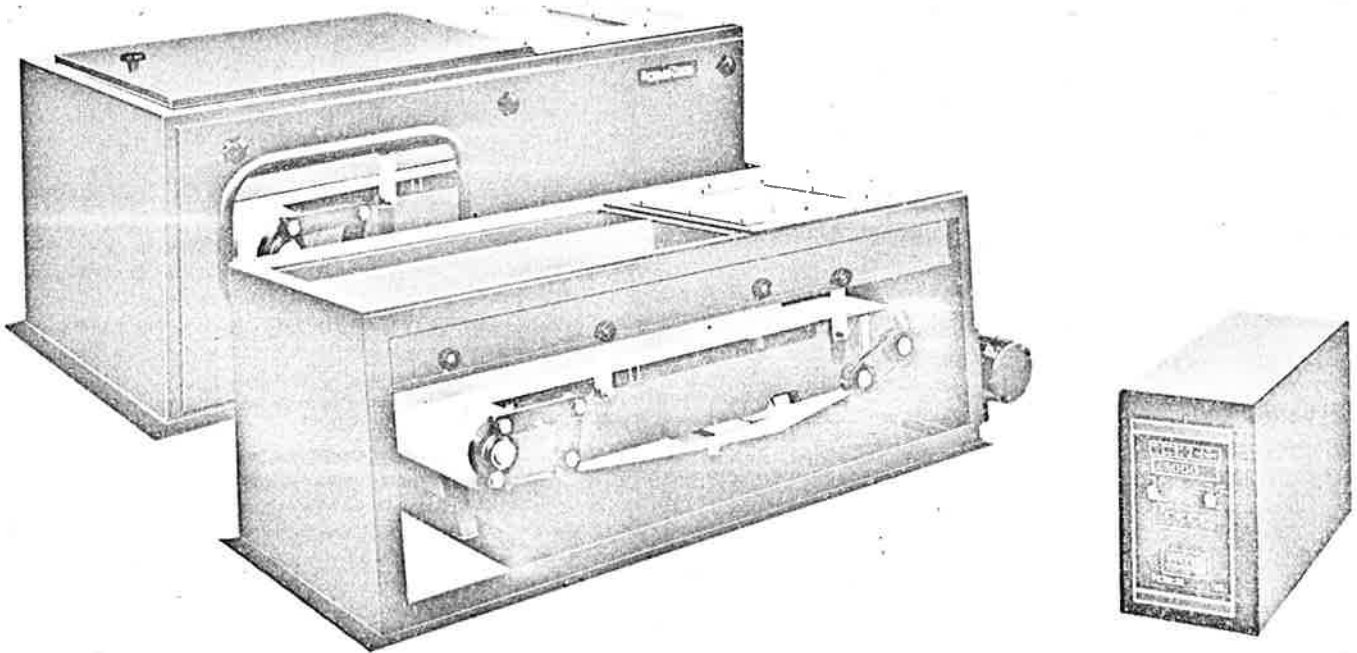
De eenvoudige uitvoering van een doseerband is een volume-dosering. Een vaak toegepaste rubberband trekt met een vaste bandsnelheid het stortgoed uit een bunker. Afb. 10-17 geeft het principe weer van een doseerband waarbij door hoogte-verstelling van de uittree-opening de capaciteit binnen brede grenzen kan worden geregeld. Door de grote kans op slip is de nauwkeurigheid van de dosering niet erg groot. Het systeem wordt meestal toegepast voor grotere capaciteiten ($> 1 \text{ m}^3$ per uur). Door een gesloten constructie kan stofverspreiding worden voorkomen.



Afb. 10-17 : Principe eenvoudige doseerband.

Er zijn echter ook doseerbanden in de handel waarbij de doseergelijkmatigheid groot is. In plaats van volume-dosering is hier overgestapt op massa (gewichts)-dosering. Als eerste voorbeeld hiervan wordt de doseerband van K-TRON/SODER uit Nederland (Zwitserland) aangehaald. Voor niet al te kleine capaciteiten (10 tot 100.000 kg per uur) kan de doseerband zelf het stortgoed uit een voorraadbunker trekken.

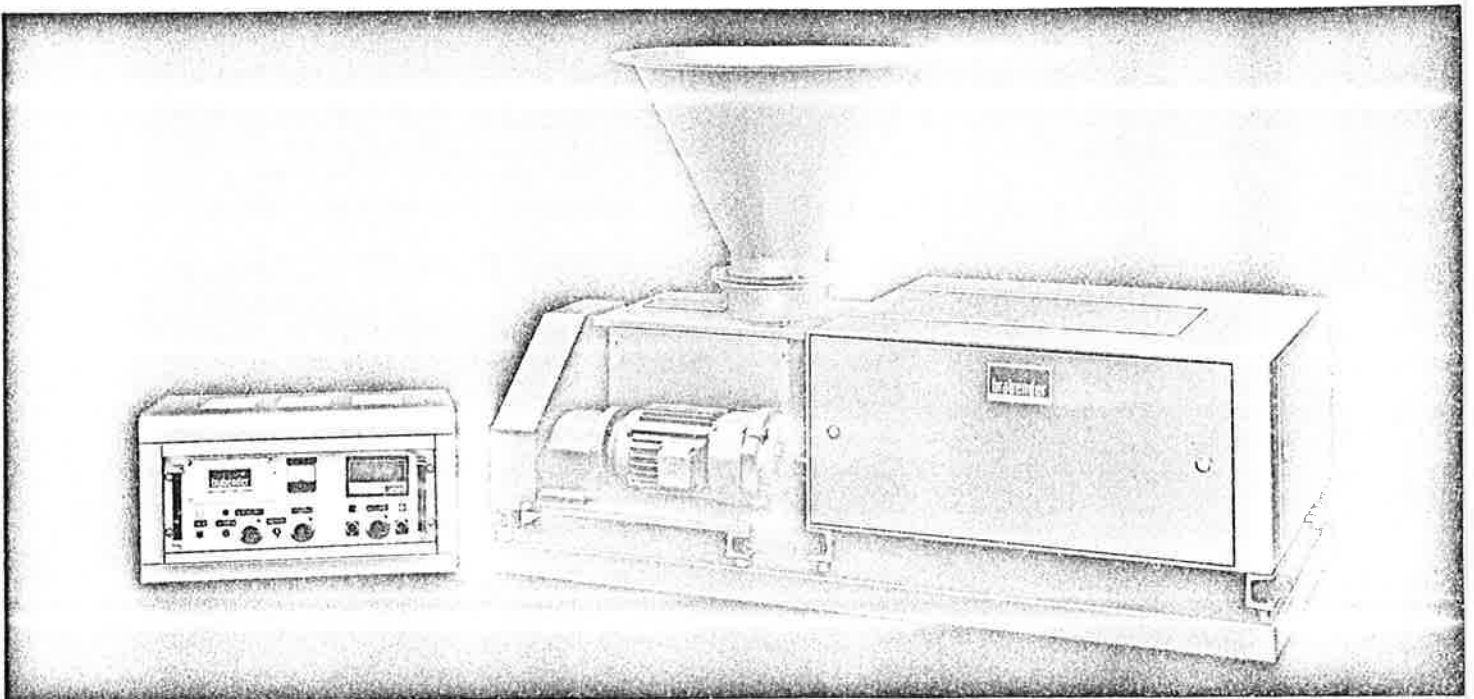
Door de weging van slechts een klein gedeelte van de massa op de band en een regeling van de bandsnelheid kan volgens de fabrikant een doseergelijkmatigheid van $\pm 0,5\%$ (M/M) bereikt worden. Afb. 10-18 geeft een foto van zo'n doseerband weer.



Afb. 10-18 : Een doseerband van K-TRON/SODER.

Bij kleine capaciteiten en moeilijk stromende materialen is de opstelling van een ander doseerapparaat (doseersluis, trilgoot of doseerschroef) noodzakelijk. Alleen de weegfunctie van de doseerband wordt nog gebruikt. Het vóór de band opgestelde doseerapparaat doseert het produkt op de band, waarvan nu de snelheid constant is. De massameting commandeert nu het eigenlijke doseerapparaat. Het laatste systeem wordt veel toegepast bij materialen waarbij het stortgewicht, erg varieert. Een volumetrische dosering is dan erg onnauwkeurig.

Ook bij de doseerband van de firma Brabender Technologie K.G. uit Duisburg (West Duitsland) wordt, in de richting van de materiaalstroom gezien, vóór de band een doseerapparaat (meestal een doseerschroef) opgenomen. Bij dit systeem wordt de gehele band d.m.v. een kracht meetdoos gewogen. Afb. 10-19 geeft een foto van dit apparaat weer.



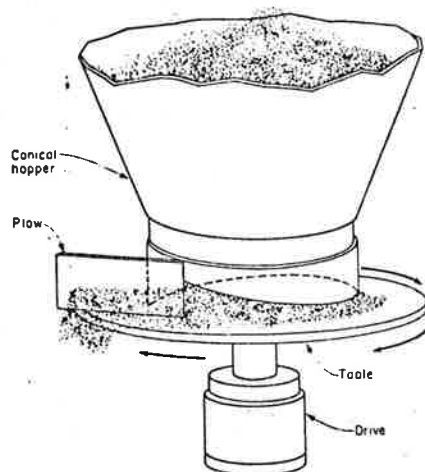
Afb. 10-19 : Een doseer-weegband van Brabender Technologie.

De ongelijkmatigheid in het doseren is bij dit laatste apparaat beter dan $\pm 0,5\%$ (M/M).

Alleen al door de hoge kostprijs (> f. 6000,-- per stuk) lijken deze doseerbanden niet voor kolenstooksystemen in aanmerking te komen.

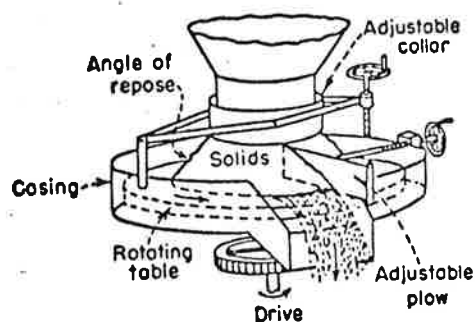
10-5. De roterende schijfvoeder

In het algemeen wordt deze toevoerinrichting gebruikt voor een betrekkelijk grote capaciteit ($> 1 \text{ m}^3/\text{uur}$). Afb. 10-20 geeft een principe-tekening van een schijfvoeder weer.



Afb. 10-20 : Een principe-tekening van een schijfvoeder.

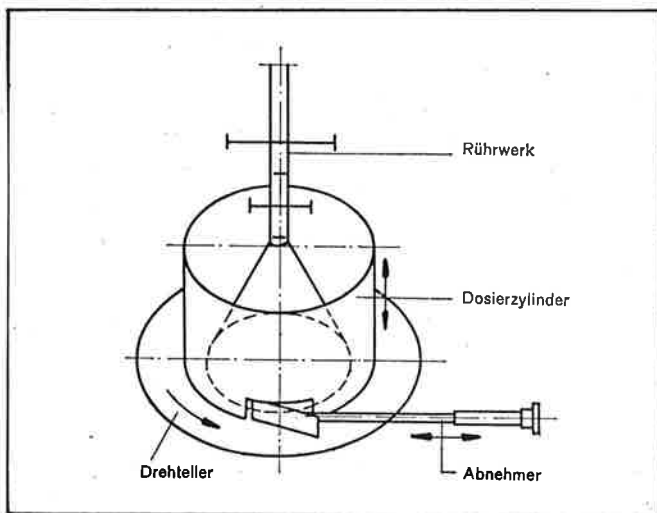
De variatie in opbrengst kan worden verkregen door variatie in toerental van de schijf. Vaak echter kan men door wijziging van de afschuiversstand en uitstroomhoogte bij een vast toerental ook de capaciteit verstellen. Zie hiervoor Afb. 10-21.



Afb. 10-21 : Een schijfvoeder met capaciteitsregeling.

In kolenstookinstallaties voor electriciteitscentrales worden dergelijke schijfvoerders wel toegepast om de (kogel)molens op regelmatige wijze te voeden. (Voorbeeld : P.G.E.M.-centrale Gelderland II). Ook in de kolenstookinstallatie voor keramische ovens van de firma Pullmann-Swindell (paragraaf 6.3.1.) zijn dergelijke schijfvoerders (daar schotelvoeder genoemd) opgenomen.

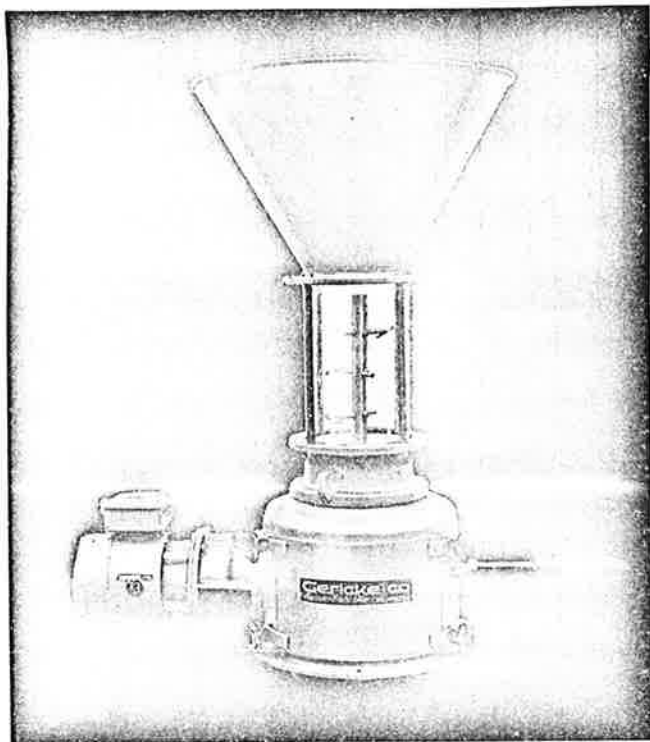
De onder de paragraaf 6.1.2. beschreven stookapparaten zouden ook onder deze paragraaf ondergebracht kunnen worden. De daar genoemde inrichtingen doseren echter niet continu.



Afb. 10-22 : Het principe van het Gericke micro-doseerapparaat.

De firma Gericke uit Regensdorf-Zürich heeft in haar leveringsprogramma een zogenaamd micro-doseerapparaat. Het apparaat, waarvan het principe wordt weergegeven door afbeelding 10-22, heeft een doseercapaciteit van 0,5-70 (l/h). Door verstelling van de doseercilinder en de afschuiver kan de capaciteit worden versteld.

Boven op de conus, op de bodemschijf, is een as met enig roer- en drijfwerk gemonteerd, om brugvormig van het te doseren materiaal te voorkomen. De aandrijving van de bodemschijf met opbouw geschiedt d.m.v. een electromotor (0,1 kW) (geen toerenvariatie).



Afb. 10-23 : Het Gericke-micro-doseerapparaat.

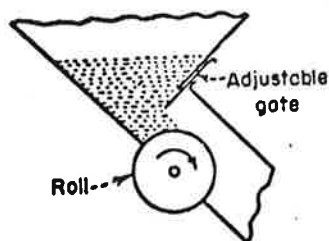
De doseernauwkeurigheid is afhankelijk van de variatie van het produkt-niveau in het doseerapparaat. Een doseergelijkmatigheid van ± 2 à 5% moet volgens opgave van de fabrikant makkelijk haalbaar zijn.

De prijs van dit apparaat (circa f. 2000,--) is iets lager in vergelijking met de spiraalvoeder, welke ook door deze firma op de markt wordt gebracht.

De Nederlandse importeur (Solids Handling BV uit Hoevelaken) geeft toch aan de laatste de voorkeur.

10.6. De doseerrollen

In Afb. 10-24 (overgenomen uit lit. 10-20) is het principe van een apparaat met doseerrollen weergegeven.

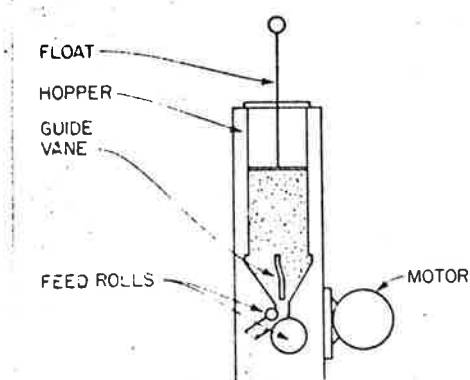


Afb. 10-24 : Principe doseerapparaat met rollen.

De capaciteit kan met behulp van een in hoogte verstelbare schuif worden gevarieerd. Het kolenstookapparaat van de firma Lingl, beschreven in de paragraaf 6.2.6. werkt volgens hetzelfde principe.

Ook Afb. 10-25 (overgenomen uit lit. 10-3) geeft het principe van een doseerapparaat met rollen weer. Volgens vernoemde literatuur wordt dit apparaat toegepast bij natgemaakte materialen en slurries.

Voor zover bekend zijn er niet zulke apparaten standaard te koop.



Afb. 10-25 : Principe apparaat met doseerrollen.

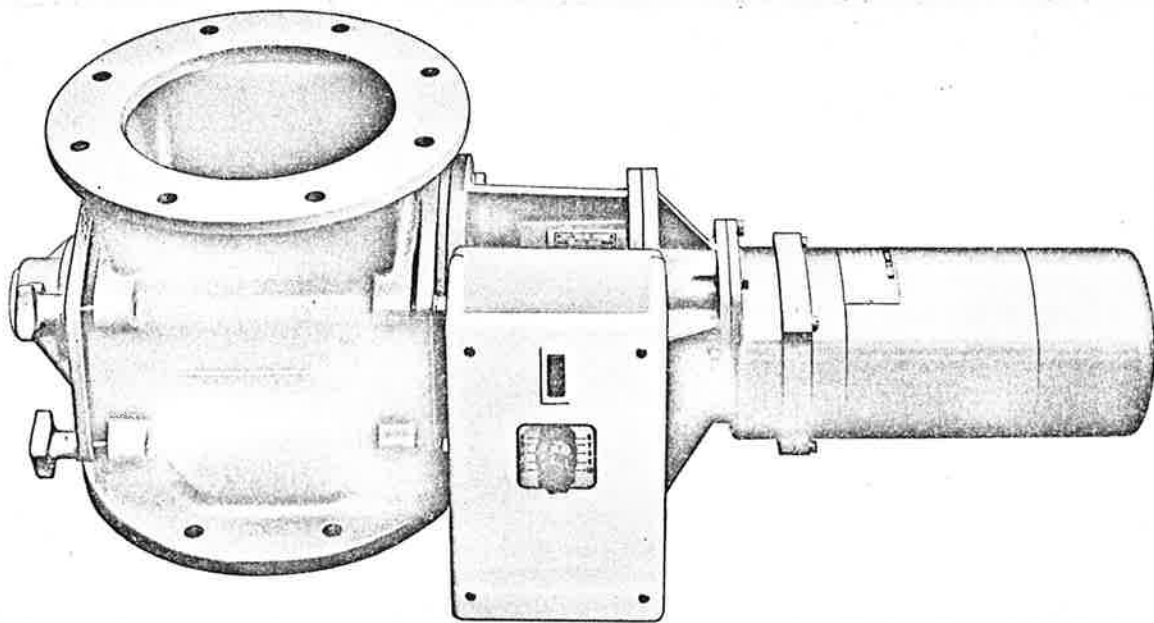
10.7. De roterende doseersluis

Ook roterende doseersluizen worden veel gebruikt om poedervormige en fijnkorrelige materialen te doseren. Afb. 10-26 laat een doseersnede van een principe-tekening zien.



Afb. 10-26 : Een doseersnede van een principe-tekening van een doseersluis.

Een doseersluis bestaat uit een vastopgesteld huis, waarin een rotor met cellen (continu) ronddraait. De cellen voeren het materiaal van het boven-compartment naar de onderzijde van de sluis, waar het materiaal door de zwaartekracht uit de cellen valt. Afb. 10-27 toont een praktische uitvoering met aangebouwde motorvariatoeren en tandwielkast, terwijl Afb. 10-28 een doseersluis toont, die wordt aangedreven m.b.v. een ketting-overbrenging.

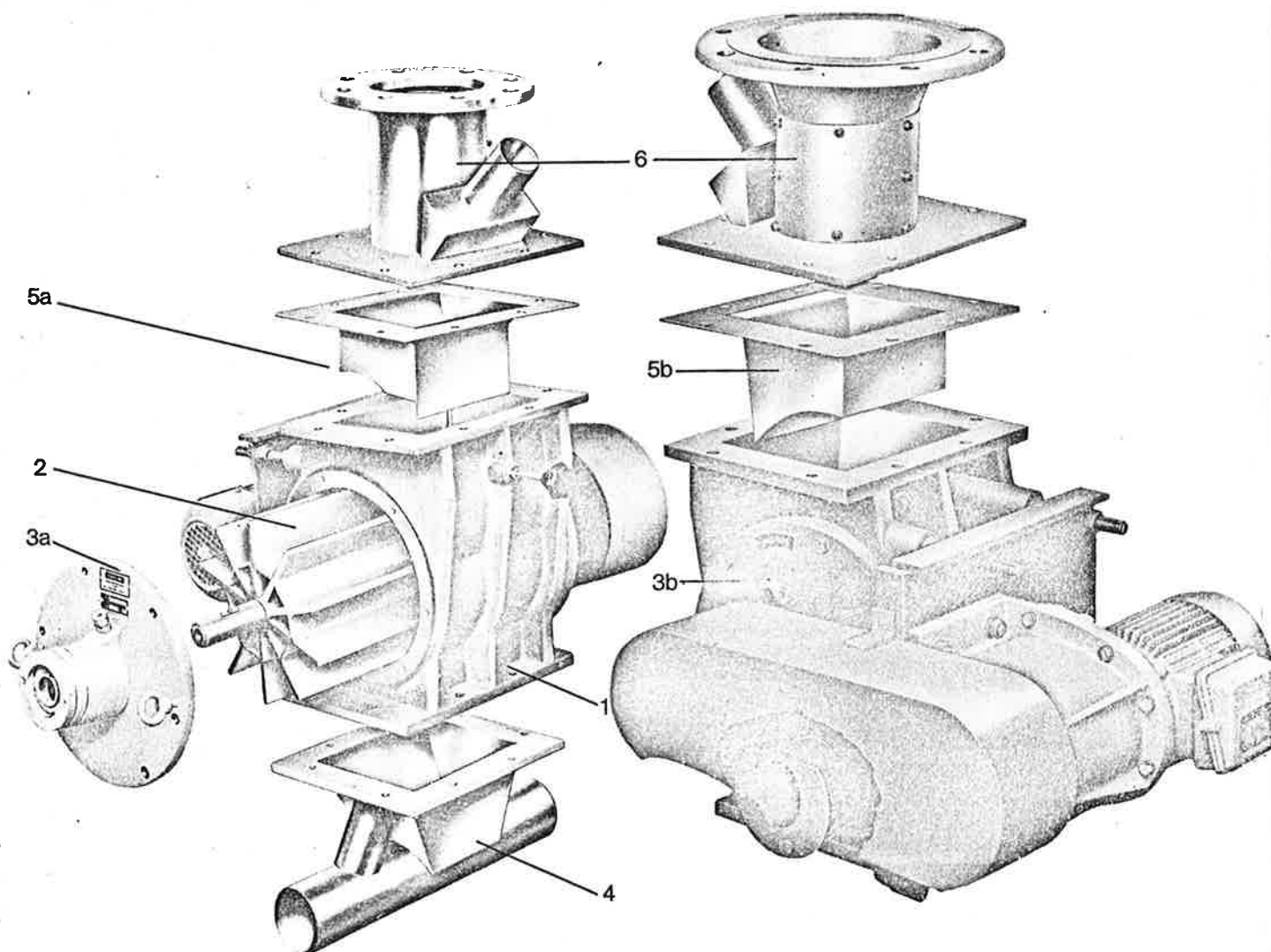


Afb. 10-27 : Een roterende doseersluis (merk Jaudt) met aandrijving.

Met aparte inloopstukken (5a en 5b in Afb. 10-28) kan de vulling van de cellen enigszins geregeld worden.

De vorm en de uitvoering van de rotor en haar cellen zijn voor elk produkt verschillend. Afb. 10-29 geeft enige uitvoeringsvormen van rotors weer.

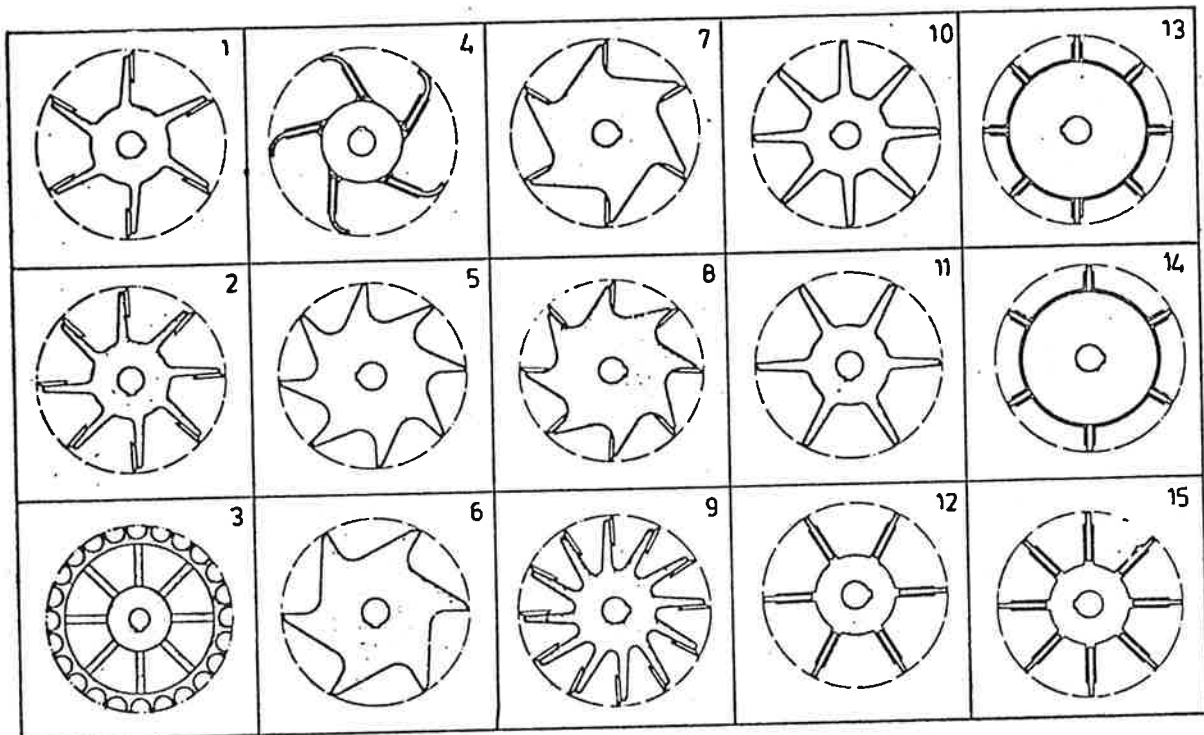
Over het algemeen is de capaciteit van deze sluizen nogal groot. De kleinste doseersluis, tot nu toe ontdekt, komt voor in het leveringsprogramma van Jaudt (Augsburg). De aan- en afvoeropening hiervan hebben een diameter van 150 mm.



Afb. 10-28 : Een roterende doseersluis (merk Waeschle).

Voor fijn- en poederkool wordt de voorkeur gegeven aan de rotorvormen 13 en 14 uit Afb. 10-29. De inhoud van één cel bij dit kleinste type en rotorvorm 13 is $0,10 \text{ dm}^3$.

De theoretische opbrengst (100% vulling) per omwenteling is dan $8 \times 0,10 = 0,8 \text{ dm}^3$. Bij de rotorvorm 14 (6 cellen) is de inhoud van één compartiment $0,125 \text{ dm}^3$, terwijl de theoretische opbrengst hierbij dan $6 \times 0,125 = 0,75 \text{ dm}^3$ per omwenteling bedraagt.



Afb. 10-29 : Uitvoeringsvormen van de rotors.

Bij de aanname van een vullingsgraad (80%) kan het toerental van de rotor (nr. 13) berekend worden, dat nodig is om 10 kg fijnkolen (stortgewicht 800 kg/m^3) per uur te verplaatsen :

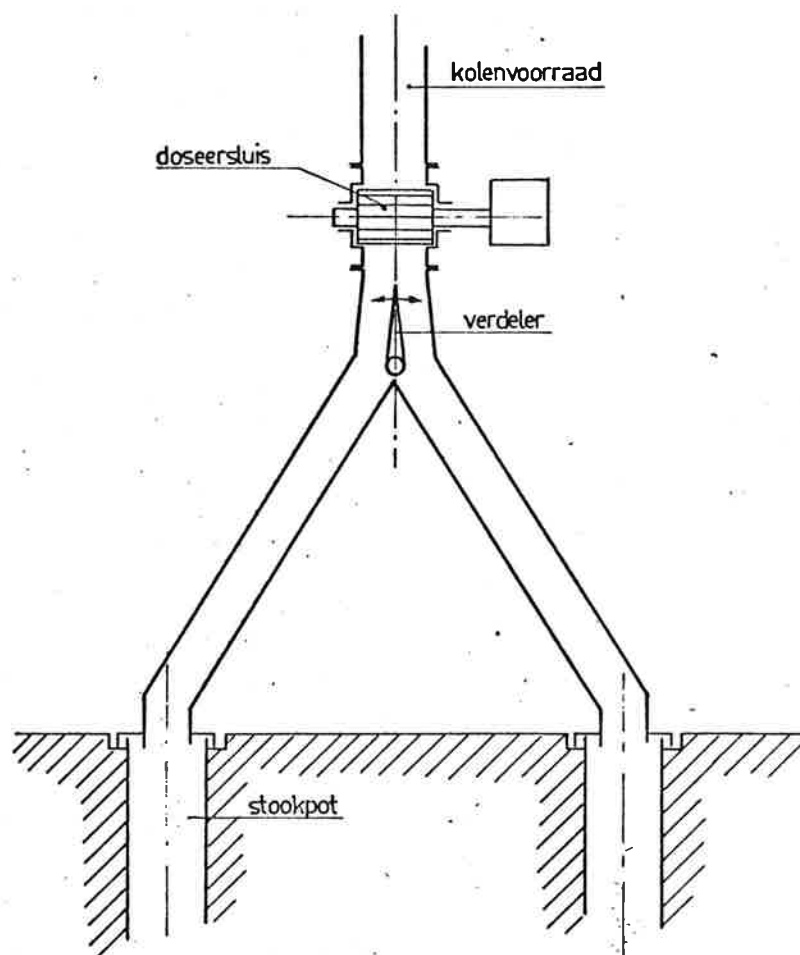
$$n = \frac{10}{60 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,8} = 0,33 \text{ (omw/min)}.$$

Door dit geringe toerental wordt elke 2,5 sek. één rotorcel geleegd. Dit lijkt voor een goede gelijkmatigheid van de dosering te laag. Door de vorm van en speciale schotten onder de uitloop zou de gelijkmatigheid wel verbeterd kunnen worden, aldus de fabrikant.

Natuurlijk wordt de aandrijving door de grote overbrengverhouding nogal kostbaar.

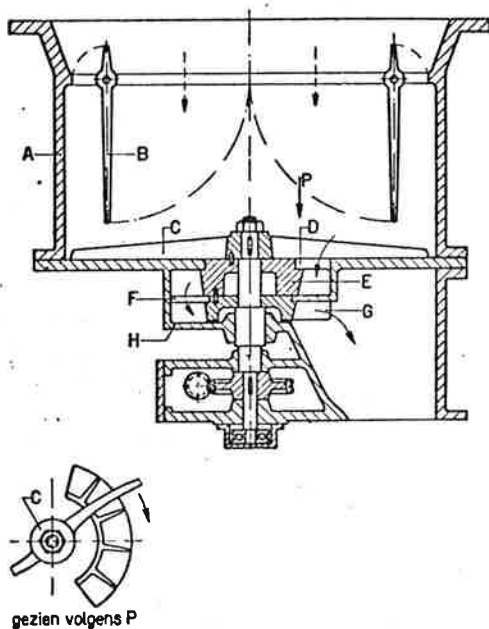
Als speciale, per stookpot goedkopere oplossing kan gedacht worden aan één doseersluis per 2 stookgaten. Doordat de cellen over de breedte-richting gelijkmatig voeden, kan de totale stroom materiaal via een instelbaar verdeelschot goed over de 2 stookpotten verdeeld worden. Afb. 10-30 geeft hiervan een principe-oplossing.

De prijs voor een doseersluis met variabele aandrijving komt op circa f. 3500,--.



Afb. 10-30 : Principe van opstelling voor één doseersluis per 2 stookpotten.

De zogenaamde Bailey-voeders voor poederkool (zie Afb. 10-31) worden ook in deze paragraaf ingedeeld. De sluis heeft hierbij geen horizontale maar een verticale as. De capaciteit van dit soort doseerapparaten ligt veel te hoog, immers de gewenste capaciteit is circa 10 kg/h.

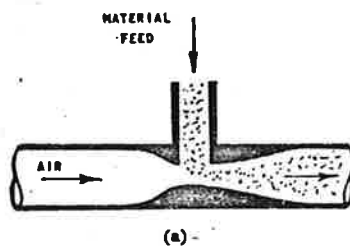


Afb. 10-31 : een Bailey-voeder.

10.8. De overige doseersystemen

Onder deze paragraaf worden alle, tot nog toe niet behandelde doseermethoden samengeveegd.

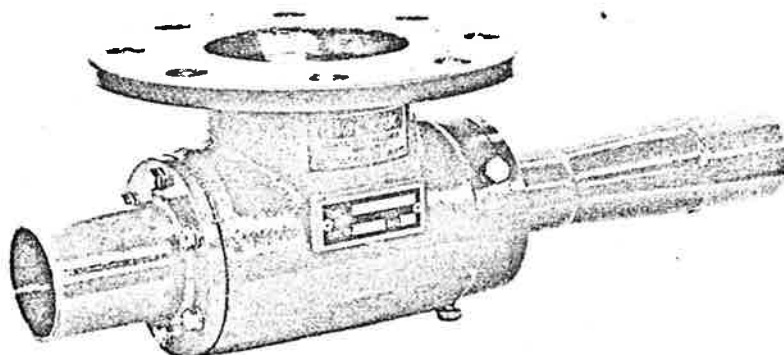
Als eerste wordt de groep van doseerapparaten genoemd waar lucht met het fijnkorrelige materiaal (in ons geval fijnkool) in aanraking komt. De meeste oplossingen hiervan werken volgens het principe, dat is weergegeven in Afb. 10-32.



Afb. 10-32 : Een doseermethode met behulp van een luchtstroom.

Vaak kan in de constructieve uitvoering van het doseersysteem nog slechts moeilijk bovenvermeld principe worden herkend. Bij de beschrijving van de kolenstooksystemen in de paragrafen 6.2 en 6.3 zijn meerdere van deze systemen beschreven. Hierop zal hier niet nog eens worden ingegaan.

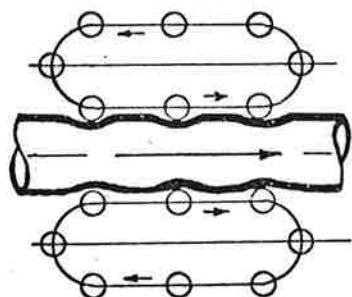
Voor zover bekend, zijn alleen doseersystemen volgens dit principe met zeer grote capaciteiten (t/uur) standaard verkrijgbaar. Een voorbeeld hiervan is de ejecteur van Waeschle, die in Afb. 10-33 is afgebeeld.



Afb. 10-33 : De ejecteur van Waeschle.

Wel dient vermeld te worden, dat door de conclusies van hoofdstuk 7 het onderzoek zich niet in de richting van dit soort doseerapparatuur heeft geconcentreerd, omdat de luchtvermaat in de oven er onnodig door zou worden verhoogd.

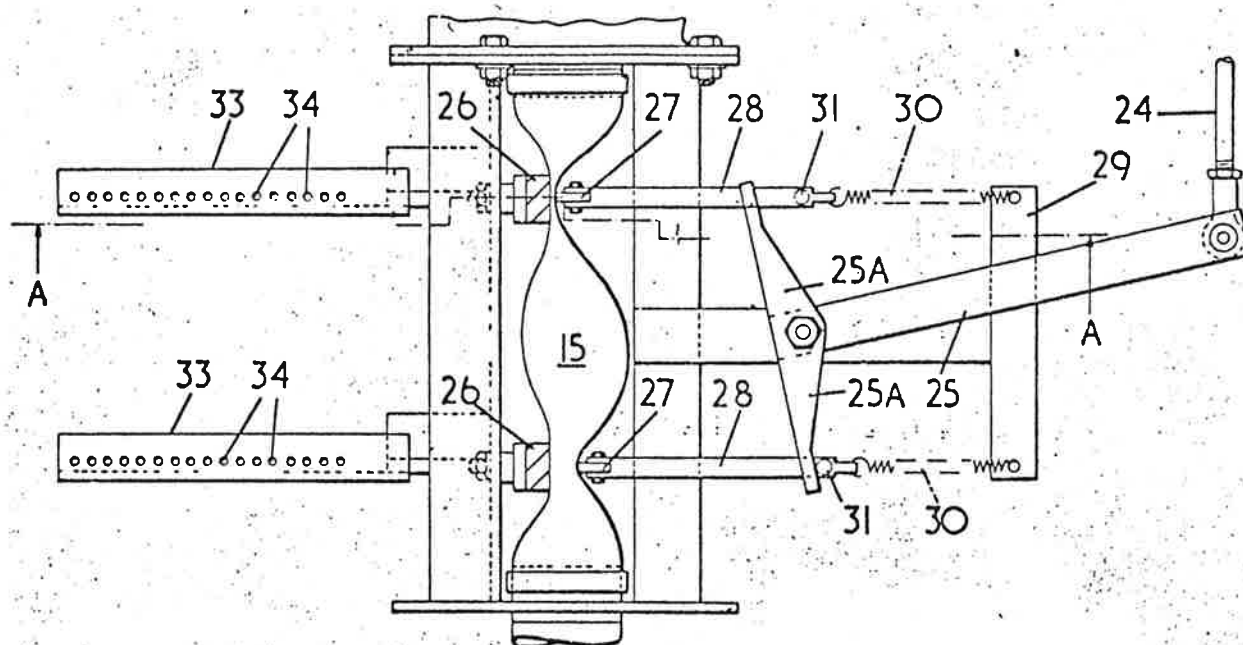
Als tweede wordt de groep doseerapparaten behandeld, die met een flexibele slang werken. Als eerste voorbeeld wordt hiervan gegeven de uit de literatuur overgenomen Afb. 10-34.



Afb. 10-34 : Doseerapparaat met flexibele slang.

De slang verplaatst zich niet. De bewegende rollen duwen als het ware de massa in de slang voor zich uit.

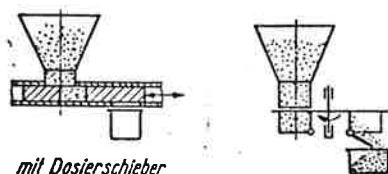
In de octrooiaanvraag van het octopus-kolenstookstelsel wordt een enigszins verwant doseerapparaat beschreven, dat overigens niet meer wordt toegepast. Afb. 10-35 geeft dit weer. Er is hierbij sprake van een niet continue dosering. Telkens wordt een afgemete hoeveelheid doorgelaten.



Afb. 10-35 : Doseerapparaat vermeld in octrooiaanvraag van N.C.B.

Standaard apparaten volgens bovengenoemde principes zijn niet gevonden.

In de literatuur werden nog wel een aantal oplossingen gevonden om telkens een afgemete hoeveelheid te doseren. Afb. 10-36 geeft er twee in principe weer.



mit Dosierschieber

Afb. 10-36 : Doseermethoden voor vaste hoeveelheid.

Hiermee is echter geen continue dosering te verkrijgen.

10.9. Welke typen komen als doseerapparaat voor fijnkool bij een kolenstookinstallatie in aanmerking

In de hoofdstukken 4, 7 en 8 zijn eisen opgesteld voor de te ontwerpen kolenstookinstallatie. Hiervan hebben de volgende eisen betrekking op het individuele doseerapparaat :

- te doseren stortgoed : fijnkool, max. korrelgrootte 2,0 mm met een gering aandeel kleiner dan 0,125 mm.
- maximale capaciteit rond de 10 kg/h.
- liefst traploze regeling van de doseercapaciteit.
- de constandheid van dosering liefst groot.
- weinig onderhoud.
- bestand tegen temperaturen van max. 45 °C.
- geen luchttoevoer naar de stookkamer.
- (natuurlijk) een lage kostprijs.

Door vooral de geringe capaciteit (circa 10 kg/h) en de zo laag mogelijk kostprijs komen voorlopig slechts twee typen als doseerapparaat van een kolenstookinstallatie in aanmerking. Dit zijn de trilvoeder en de doseerspiraal. Beide doseerapparaten worden in één van de volgende hoofdstukken nog aan een nadere beschouwing onderworpen.

10.10. De literatuurlijst

- 10-1 Herrmann, Dipl. Ing. H.; Schneckenmaschinen in der Verfahrenstechnik.
- 10-2 Salzer, Dipl. Ing. G.; Schüttgutförderer.
- 10-3 Perry, R.H.; Chemical Engineers handboek.
- 10-4 Folder gebr. Klinkenberg; transportschroeven-catalogues.
- 10-5 Folder Gericke; Gericke-Präzisionsdosiergeräte GAC 102-160.
- 10-6 Folder KTRON-SODER; Dosierschnecken.
- 10-7 Folder Simon-Solitec; Metering Feeders.

- 10-8 Folder Brabender Technologie; Vibrations-Dosierschnecken.
- 10-9 Smals, ir. A.T.J.M.; Trilvoeders.
- 10-10 Folder Stiletto; triltechniek.
- 10-11 Folder Superior; trilgoten.
- 10-12 Folder A.E.G.-Telefunken; doseergoten.
- 10-13 Folder Tankfabr. Kooiman; Pneumatische lineaire vibratoren.
- 10-14 Folder Brabender Technologie; Die dosierbandwaage.
- 10-15 Folder KTRON-SODER; Dosierbandwaagen, Messbandwaagen.
- 10-16 Folder Gericke; Microdosierapparat.
- 10-17 Folder Jaudt-Augsburg; Zellenradschleusen Typenreihe 532300.
- 10-18 Folder Waeschle-Ravensburg; Informationsschrift 0300. Zellenradschleusen.
- 10-19 Folder Jongerius-Soesterberg; Zellenradschleusen.
- 10-20 Stepaneff, A.J.; Gravity flow of bulk solids and transportation of solids in suspension.
- 10-21 Kraus, M.N.; Pneumatic conveying of bulk materials.

11. GROEPERINGSWIJZE VAN DE DOSEERAPPARATEN

11.0. De inleiding

In dit hoofdstuk wordt uitgegaan van de conclusies in de vorige hoofdstukken. Belangrijk voor de groeperingswijze van de doseerapparaten zijn de volgende punten :

- a. een "standaard-vlamoven heeft 28 kamers met 10 stookpotten
- b. in slechts 8 van de 28 kamers wordt brandstof gedoseerd
- c. lekluchttoetreding is niet gewenst
- d. de doseerapparaten kunnen tijdens de koelperiode niet zonder speciale voorzieningen blijven staan (te hoge omgevingstemperatuur en opstoot : kans op ontsteken kolen in doseerapparaat).
- e. iedere stookpot, waarin fijnkolen dienen te worden gedoseerd, heeft z'n individueel doseerapparaat (een trilvoeder of doseerspiraal).

Een oplossing met $28 \times 10 = 280$ vast op de stookpotten opgestelde doseerapparaten, biedt een mogelijkheid tot volledige automatisering. Er dienen dan wel speciale voorzieningen te worden getroffen om de doseerapparaten te kunnen laten staan (zie het hierboven genoemde punt d.). De hogere investeringskosten voor 280 in plaats van 80 doseerapparaten zijn echter een groot argument om voorlopig uit te gaan van 80 verplaatsbare doseerapparaten.

11.1. De mogelijke groeperingswijzen voor de 80 verplaatsbare doseerapparaten

Voor de 80 verplaatsbare doseerapparaten dienen zich de volgende mogelijke groeperingswijzen aan :

- 1. Alle 10 doseerapparaten voor één vlamovenkamer worden in één verplaatsbaar frame ondergebracht.
- 2. De doseerapparaten worden in groepen van 5 stuks tot een "doseermachine" samengebouwd.

3. Groepen van minder dan 5 doseerapparaten worden samen-gevoegd.
4. Elk doseerapparaat blijft individueel verplaatsbaar.

11.1.1. Het samenbouwen van alle 10 doseerapparaten voor één vlamovenkamer in een verplaatsbaar frame

Het samenbouwen van alle 10 doseerapparaten voor één vlamovenkamer in een verplaatbaar frame heeft t.o.v. de andere groeperingswijzen de volgende voordelen :

- Het is mogelijk de 10 doseerapparaten samen te bouwen met een bovenliggende vulinrichting.
- Er hoeft slechts één frame verplaats te worden. Dit vereist weinig arbeid.
- Een gecombineerde aandrijving voor de doseerspiralen lijkt mogelijk (voor de trilvoeders geldt dit niet).

Het frame, waarin de 10 doseerapparaten zijn ondergebracht, is een zeer lange (circa 10 m) constructie. In verband met allerlei belemmeringen (kapconstructies en afzuigsystemen) lijkt deze groeperingswijze alleen voor nieuw te bouwen vlamovens in aanmerking te komen. Voor het verplaatsen van het grote frame kan alleen een kraanbaan gebruikt worden. Dit alles levert echter veel beperkingen op voor de kapconstructie en de toepasbare afzuigsystemen.

11.1.2. Het samenbouwen van 5 doseerapparaten in een verplaatsbaar frame

Voor één vlamovenkamer zijn de 10 doseerapparaten ondergebracht in 2 verplaatsbare frames met elk 5 doseertoe-
stellen. Als voordelen van deze oplossing kunnen genoemd worden :

- De frames zijn beter handelbaar dan bij de samenbouw van 10 doseerapparaten.
- Ook het samenbouwen met een bovenliggende vulinstallatie lijkt goed mogelijk.
- Een eventueel gecombineerde aandrijving voor de doseerspiralen lijkt mogelijk.

11.1.3. Het samenbouwen van minder dan 5 stuks doseerapparaten in een frame

Bij deze oplossing kan gedracht worden aan het samenbouwen van resp. 3, 4 en 3 doseerapparaten in een frame. Een variant zou een paarsgewijze samenbouw kunnen zijn (dus 5 groepen van 2 doseerapparaten).

De handelbaarheid bij het verplaatsen wordt steeds groter. Als nadelen van deze oplossing kunnen worden genoemd :

- Het samenbouwen met een vulinrichting wordt kostbaar. Bij de 5 groepen van 2 doseerapparaten lijkt het geheel zinloos.
- Een eventueel gecombineerde aandrijving is alleen binnen een eenheid mogelijk.
- Het verplaatsen en aankoppelen kost meer tijd dan de voorgaande oplossingen.

11.1.4. Elk doseerapparaat wordt afzonderlijk verplaatsbaar uitgevoerd

De doseerapparaten moeten bij deze oplossing zodanig worden uitgevoerd dat ze, al of niet met hulpmiddelen individueel verplaatst kunnen worden. Dit verplaatsen zal in de meeste gevallen kunnen gebeuren door 1 man, hoewel dit natuurlijk veel werk geeft.

Defekte apparaten kunnen zeer gemakkelijk worden uitgewisseld. Een lucht-dichte aansluiting met de stookkamers kan gemakkelijk verzorgd worden.

Het vulsysteem voor de kolendoseerapparaten wordt bij deze oplossing wat gecompliceerder.

Als eerste mogelijkheid kan de gehele vulinstallatie vast worden opgesteld. De kosten hiervan zijn hoog, immers voor 28 i.p.v. 8 vlamovenkamers is een vulsysteem noodzakelijk.

De tweede mogelijkheid, die zich voordoet, is het ook verplaatsbaar uitvoeren van de vulinrichting. De hiertoe benodigde uitvoering zal door allerlei benodigde klepjes en snelkoppelingen duurder worden dan bij een combinatie met vast in een frame gemonteerde doseerapparaten.

11.2. De favoriete groeperingswijze van de doseerapparaten

Alhoewel de te gebruiken vulinrichting van invloed is op de optimale groeperingswijze van de doseerapparaten, zullen hieronder enige voorzichtige conclusies worden getrokken :

1. De oplossing met 280 stuks vastopgestelde doseerapparaten wordt te kostbaar.
2. Het systeem, werkend met eenheden van 10 apparaten, lijkt alleen haalbaar voor nieuwe vlamovens. Ook hierbij geeft het echter enige minder fraaie consequenties, die in dit stadium niet verantwoord lijken.
3. Bij het systeem met afzonderlijk te verplaatsen doseerapparaten wordt de vulinrichting nogal kostbaar.
4. De systemen waarbij met kleinere eenheden dan 5 apparaten gewerkt wordt, lijken voorlopig onnodig gecompliceerd.
5. De tot nu toe aantrekkelijkste oplossing werkt met samengebouwde doseereenheden van 5 apparaten.

In de volgende hoofdstukken zal daarom uit worden gegaan van de groeperingswijze van 5 doseertoestellen in een verplaatsbaar frame.

12. DE ALTERNATIEVEN VOOR DE DISTRIBUTIE VAN FIJNKOLEN OVER EEN VLAMOVEN

12.0. De inleiding

In dit hoofdstuk worden de alternatieven voor de distributie van fijnkolen over een vlamoven bekeken. Er wordt in de beschouwing onderscheid gemaakt in :

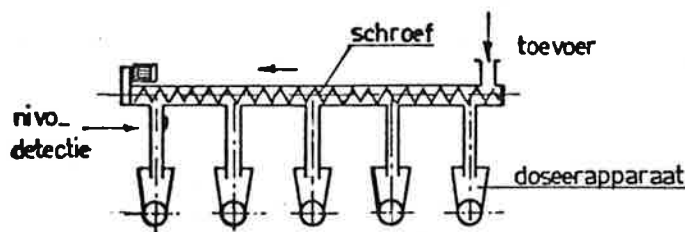
1. Het verdeelsysteem voor de fijnkolen over één vlamovenkamer, waar 10 doseerapparaten staan opgesteld.
2. Het centrale aanvoersysteem, dat het transport van fijnkolen regelt naar iedere vlamovenkamer, waar de verdeelsystemen van punt 1 staan opgesteld.

12.1. Het verdeel/distributie-systeem voor de fijnkolen op één vlamovenkamer

Er zal in deze paragraaf worden uitgegaan van een groeperingswijze van 5 doseerapparaten in een verplaatsbaar frame. Dit in overeenstemming met hoofdstuk 11.

Ook bij het verdeel/distributie-systeem op een vlamovenkamer bieden alle alternatieve systemen, zoals opgesomd onder punt 12.2, een mogelijke oplossing. Doch die oplossingen zijn allemaal duidelijk veel gecompliceerder en/of duurder dan het hierna te beschrijven systeem, dat gebruik maakt van schroeftransporteurs. Een vergelijking leek daarom hier niet zinvol.

De 5 in één frame samengebouwde doseerapparaten worden door een bovenliggende schroeftransporteur m.b.v. vulpijpen gevuld. Het principe van de oplossing wordt door Afb. 12-1 weergegeven.



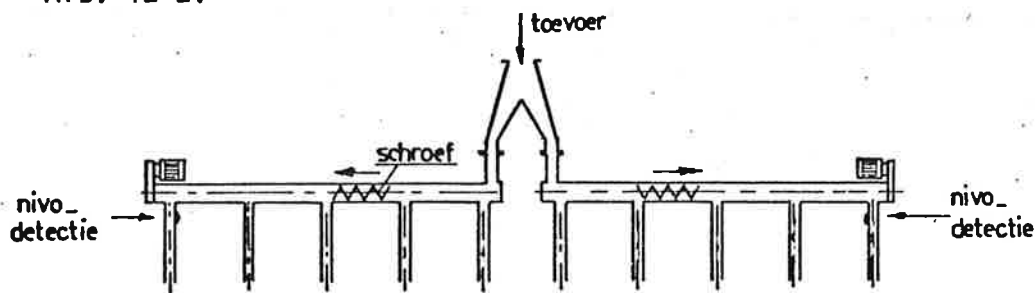
Afb. 12-1 : Het vullen van 5 doseerapparaten.

Wordt een normaal vol schroefblad (zie Afb. 12-18) in de transporteur toegepast dan is in de laatste vulpijp (in transportrichting gezien) een niveau-detectie noodzakelijk. De worm schroeft de fijnkool eerst in de eerste vulpijp. Vervolgens komt de tweede aan de beurt tot in de laatste vulpijp de niveau-detektor wordt bekrachtigd. Met een eenvoudig (instelbaar) tijdrelais kan de vulcyclus steeds automatisch worden herhaald. Met een speciale constructie van de schroefbladen, een z.g. lintschroef of het toepassen van een spiraalschroef, kan de niveau-detectie zelfs achterwege blijven. Deze twee spiralen kunnen namelijk blijven ronddraaien zonder effectief materiaal te verplaatsen. Door de open centra van de transporteurs blijft het materiaal bij een verhoogde weerstand in transportrichting op z'n plaats.

Het roteren van de schroef zonder te transporteren zou echter een nadelige invloed op de korrelverdeling kunnen hebben, vooral bij het te veel overdimensioneren van deze transporteur. Door de aandrijving van de spiraal uit te rusten met een variator kan dit echter grotendeels worden ondervangen. Hierdoor kan de constructie weer zo duur worden dat een normale schroefbladconstructie met een niveau-detectie toch een goede oplossing blijft.

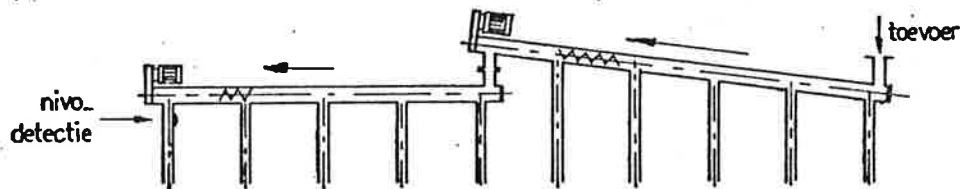
Voor de opstelling van de 2 frames met de 5 doseerapparaten en bovenliggende vulinrichting komen de volgende 2 systemen in aanmerking :

- a. De centrale aanvoer geschiedt in het midden van de vlamovenkamer. Vanuit dit midden worden naar links en rechts de fijnkolen over de doseerapparaten verdeeld. Zie voor dit principe Afb. 12-2.



Afb. 12-2 : Centrale aanvoer in het midden van de vlamovenkamer.

- b. De centrale aanvoer geschiedt over de voor- of achterkanten van de vlamovenkamers. Bij het laatste geval kan wellicht de aanvoer van de beide ovenzijden gecombineerd worden. De distributie over de vlamovenkamer geschiedt hierbij door 2 achter elkaar gekoppelde schroeftransporteurs, zoals Afb. 12-3 laat zien.



Afb. 12-3 : Centrale aanvoer vanaf voor of achterkant van de vlamovenkamers.

Het bovengenoemde systeem b biedt de mogelijkheid om met slechts één centraal aanvoersysteem over het hart van de vlamoven te werken. De benodigde broekstukken worden hierbij zeer gecompliceerd van vorm. Bij het toepassen van 2 aanvoersystemen vervallen de broekstukken. Verder is bij systeem b per 2 frames slechts één nivo-detektor nodig.

Toch wordt hier een keuze gemaakt voor systeem 'a'. De redenen hiervoor zijn :

- In het algemeen zal het werken met slechts één centraal aanvoersysteem alleen mogelijk zijn bij nieuw te bouwen vlamovens. Bij bestaande vlamovens zullen vaak de lucht-, rookgasleiding en lage dakconstructies belemmeringen vormen.
- De frames bij systeem a zijn links en rechts identiek. Vergissingen zijn uitgesloten en uitwisseling is mogelijk.
- Bij systeem b zijn de passeermogelijkheden met de frames langs de doseerzone gering. Alleen langs de voor- en achterkant van de vlamovenkamers zijn voor de frames meestal zeer smalle passeermogelijkheden. Natuurlijk kunnen de frames ook tegen de luchtstromingsrichting van de oven in worden verplaatst.

In dat geval moeten de frames echter over een grotere afstand verplaatst worden. De "open-potten zone", waar het door de hoge temperatuur minder prettig vertoeven is, zal hierbij meestal niet kunnen worden vermeden.

- Ook bij lage, samengebouwde frames "a" kunnen door een speciale vorm van de broekstukken voor het bedieningspersoneel passeermogelijkheden in het midden van de vlamovenkamer, blijven bestaan.

12.2. Het centraal aanvoersysteem voor de fijnkolen

12.2.0. De inleiding

In paragraaf 12.1 werd een keuze gemaakt voor het centraal aanvoersysteem van fijnkolen over het midden van de vlamovenkamers. Voor dit aanvoersysteem komen de volgende oplossingen in aanmerking :

1. rubberbandtransporteurs
2. stalen bandtransporteurs
3. kettingtransporteurs
4. schroeftransporteurs
5. airslides
6. triltransport
7. pneumatisch transport
8. discontinue aanvoersystemen

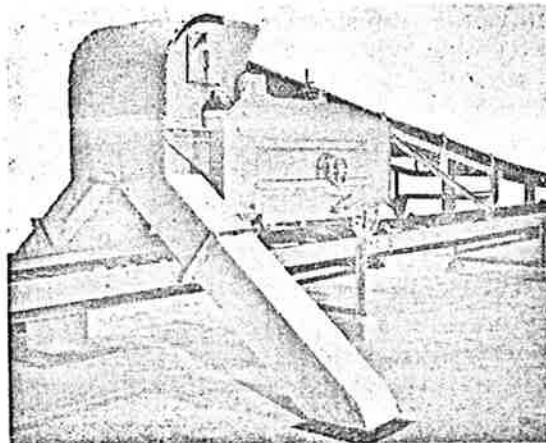
12.2.1. Rubberbanden als centraal aanvoersysteem

Zoals nu bekend mag worden verondersteld, heeft een "standaard"-vlamoven-helft 14 kamers. Voor het centraal aanvoersysteem resulteert dit in 14 mogelijke aanvoer-plaatsen voor de fijnkolen op één ovenhelft.

Wordt gedacht aan een aanvoer/verdeel systeem met rubberbanden, dan doen zich 3 mogelijke oplossingen voor :

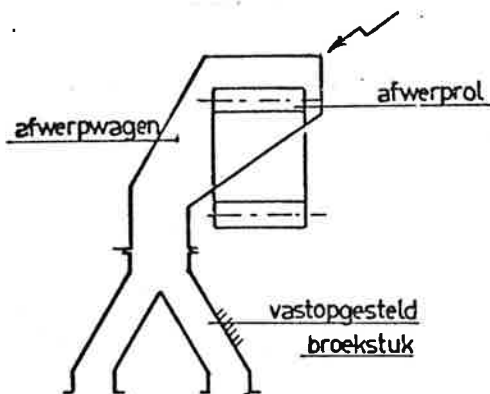
a. Het verdelen met behulp van een verrijdbare afwerpwagen

Afb. 12-4 laat er een voorbeeld van zien met een 2-zijdige stortgoot. Bij het fijnkolen-aanvoersysteem op een vlamoven is deze uitvoering niet toe te passen. Immers het verbruik van kolen door de linkse of rechtse groep kan verschillen.



Afb. 12-4 : Een verrijdbare afwerpwagen.

Er zal dus moeten worden uitgegaan van een afwerpwagen met een stortgoot, zoals Afb. 12-5 aangeeft.



Afb. 12-5 : Een verrijdbare afwerpwagen, met één-zijdige stortgoot.

Op de 14 mogelijke afwerpplaatsen staan tussenbunkertjes opgesteld, die zijn uitgevoerd met een minimum en maximum nivo-signalering.

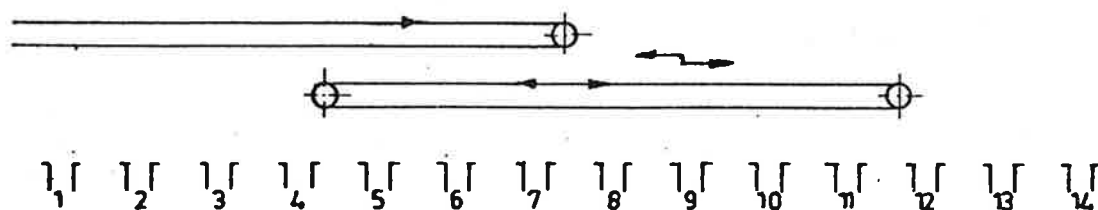
Voordat de afwerpwagen kan verplaatsen, moet eerst de aanvoerband leeg zijn. Het stoppen van de band is niet voldoende. Immers bij het verplaatsen tegen de materiaalstroom zou materiaal uit de stortgoot vallen.

Dus na het bereiken van het maximum nivo moeten alle op de bandliggende fijnkolen nog in de betreffende tussenbunker worden ondergebracht. Vooral voor de laatste tussenbunkertjes stelt dit grote eisen aan de afmetingen.

Hoewel de afwerpwagen zelf geheel gesloten kan worden uitgevoerd, is de kans op veel stofverspreiding niet denkbeeldig.

b. Het verdelen van de fijnkolen m.b.v. een verrijdbare verdeelband

Afb. 12-6 laat hiervan de principe-oplossing zien.

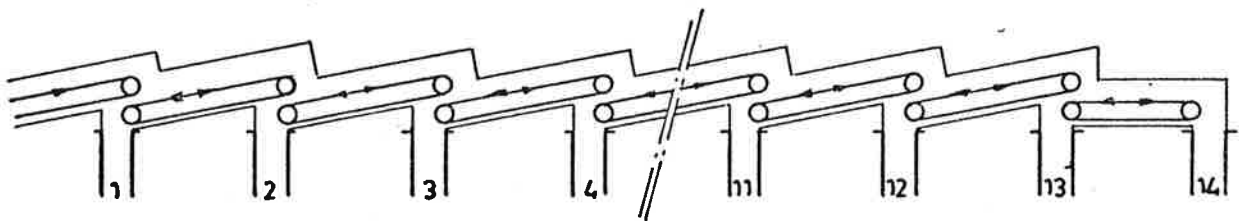


Afb. 12-6 : Een verrijdbare verdeelband.

Tot midden tussen de vlamovenkamers 7 en 8 (of 21 en 22) vindt het transport plaats met een vastopgestelde band transporteur. Onder deze band is een verplaatsbare verdeelband gemonteerd, die in beide richtingen kan voeden. De constructie lijkt niet geheel stof-vrij af te scher- men door de noodzakelijke verplaatsing van de verdeel- band.

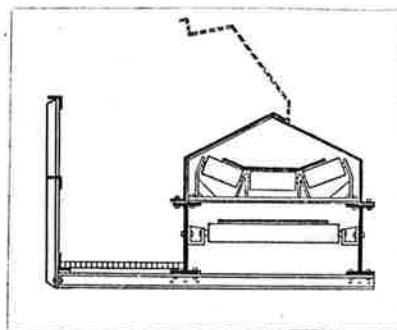
c. Het verdelen van fijnkolen over de vlamoven m.b.v. in de transportrichting omkeerbare rubberband-transporteurs

De principiële oplossing hiervan wordt weergegeven door Afb. 12-7. Doordat hierbij geen band verplaatst hoeft te worden, is een geheel stofdichte uitvoering goed mogelijk.

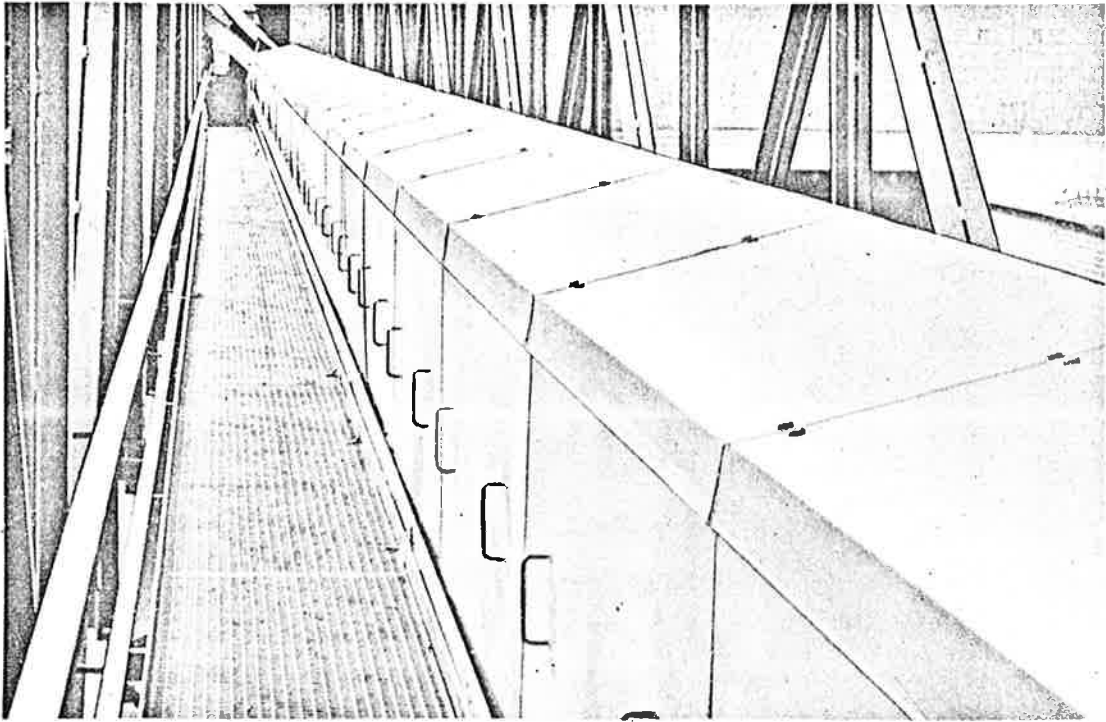


Afb. 12-7 : De aanvoer van fijnkolen met behulp van in transportrichting omkeerbare rubber transportbandjes.

Als voorbeelden van stofdicht uitgevoerde rubberband-transporteurs worden de Afb. 12-8 en 12-9 gegeven.



Afb. 12-8 : Een geheel gesloten constructie bij een rubberbandtransporteur.



Afb. 12-9 : Een stofdichte uitvoering van een rubber-band-transporteur.

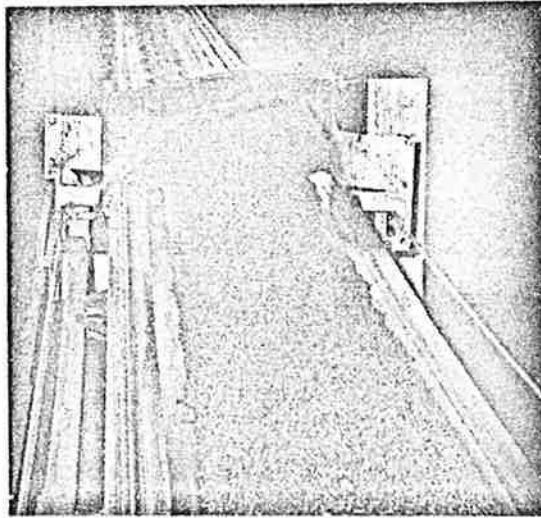
12.2.2. Stalen bandtransporteurs als centraal aanvoersysteem

Voor beide ovenhelften liggen over het midden van de vlamovenkamers dan stalen (Sandvik) banden. Elke band heeft 14 mogelijke afschuif-plaatsen, met de daar opgestelde tussenbunkers. Dit afschuiven kan door 2 soorten afstrijkers geschieden :

a. Als verrijdbare afstrijker

Afb. 12-10 geeft een voorbeeld van een verrijdbare afstrijker.

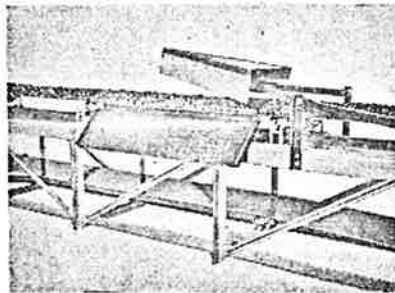
De beschouwing hiervoor is analoog aan die reeds beschreven onder de verrijdbare afwerpwagen bij de rubber-band-transporteur.



Afb. 12-10 : Een verrijdbare afstrijker op een Sandvik-band, toegepast in een kolenpark.

b. Als hefbare enkelvoudige afstrijkers

Op de mogelijke afschuifplaatsen staan hefbare afstrijkers opgesteld. Afb 12-11 geeft hiervan een voorbeeld.



Afb. 12-11 : Een hefbare afstrijker.

Onder elke afschuifplaats staat een vaste tussenbunker opgesteld met nivo-detectoren, die de stand van de afstrijkers commanderen.

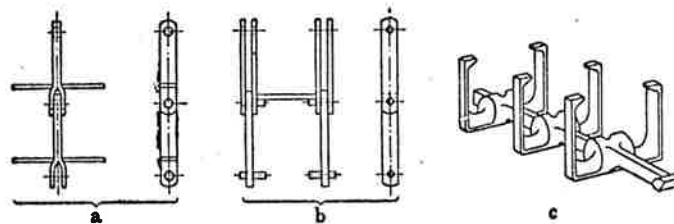
Wordt er voor een retourtransport van het niet afgeschoven materiaal gezorgd, dan lijkt de oplossing eenvoudig. Is dit niet aanwezig dan moet dit materiaal in de reeds "volle" tussenbunkers worden ondergebracht. Dit vereist dus een overcapaciteit van die bunkers.

In het algemeen mag gesteld worden dat een stalen (Sandvik) band een veel duurdere constructie is dan een rubberband-transporteur. Verder zijn er geen stofdichte uitvoeringen bekend.

12.2.3. Kettingtransporteur als centraal aanvoersysteem

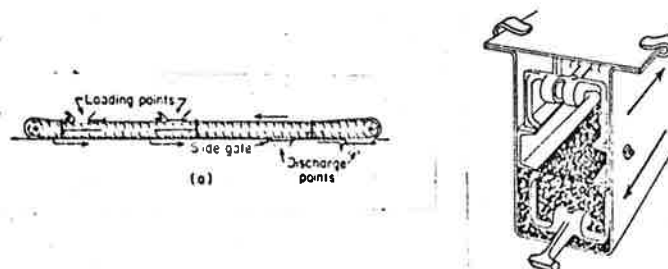
Onder een kettingtransporteur wordt in deze paragraaf verstaan een gesloten rechthoekige trog, waarin door een enkele of dubbele ketting met meenemers van speciale vorm, materiaal wordt meegevoerd.

Van de in Afb 12-12 weergegeven kettingvormen worden, de uitvoeringen "a" en "b" (vastgelegd in DIN 15263) gebruikt t.b.v. vooral horizontaal transport, terwijl uitvoering "c" bedoeld is voor verticaal transport. Ook DIN 15264/69 hebben kettingtransporteurs als onderwerp.



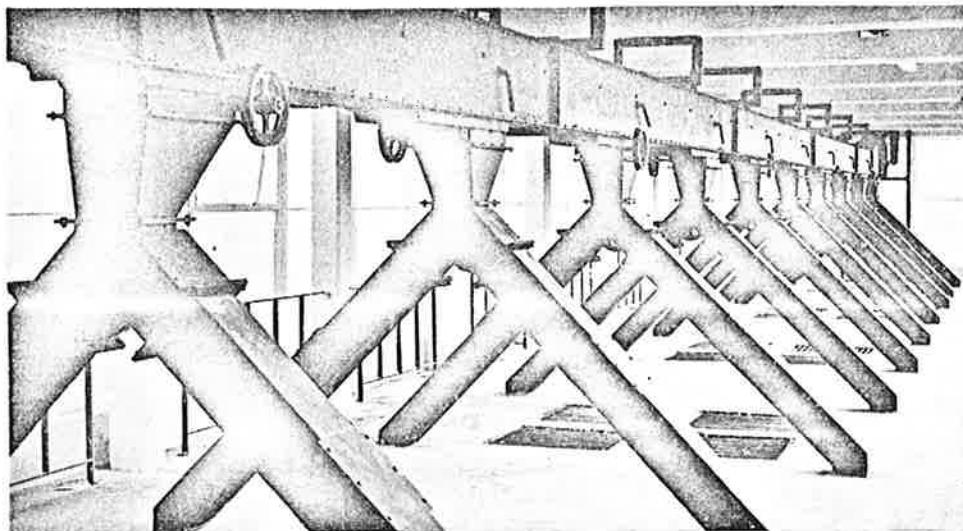
Afb. 12-12 : Ketting-vormen voor sleepketting transporteurs.

De meest bekende uitvoering is een rechthoekige koker waarin zowel het heen- als teruggaande part zijn ondergebracht. Afb. 12-13 geeft hiervan een voorbeeld. De opengewerkte doorsnede geeft een uitvoering weer voor transport onder een helling.



Afb. 12-13 : Een ketting-transporteur.

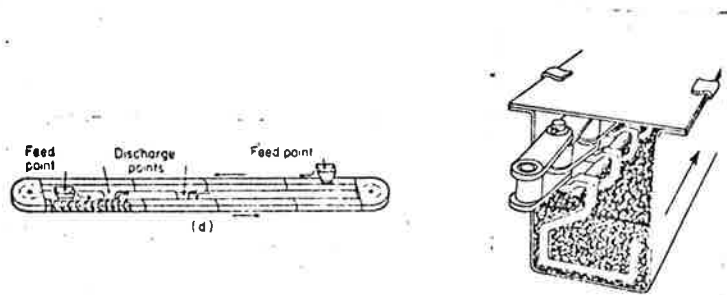
De oplossing, welke voor het fijnkool-transport op een vlamoven gekozen zou kunnen worden, heeft veel weg van Afb. 12-14.



Afb. 12-14 : Kettingtransporteurs met stortgoten.

Niet gebruikte aftakpunten kunnen m.b.v. een schuif worden afgesloten. Het moet hierbij echter mogelijk zijn het surplus aan materiaal met het bovenliggende part te retourneren. Hiervoor zijn speciale uitvoeringsvormen noodzakelijk.

Als tweede oplossing dient zich de uitvoeringsvorm aan waarbij slechts één part door de trog wordt getrokken. Hierbij is dan sprake van een eindloze trog. In Afb. 12-15 wordt een voorbeeld van een dergelijke kettingtransporteur gegeven. Het is met één eindloze kettingtransporteur mogelijk alle 28 mogelijk aftakplaatsen van fijnkolen te voorzien.



Afb. 12-15 : Een enkelvoudige kettingtransporteur.

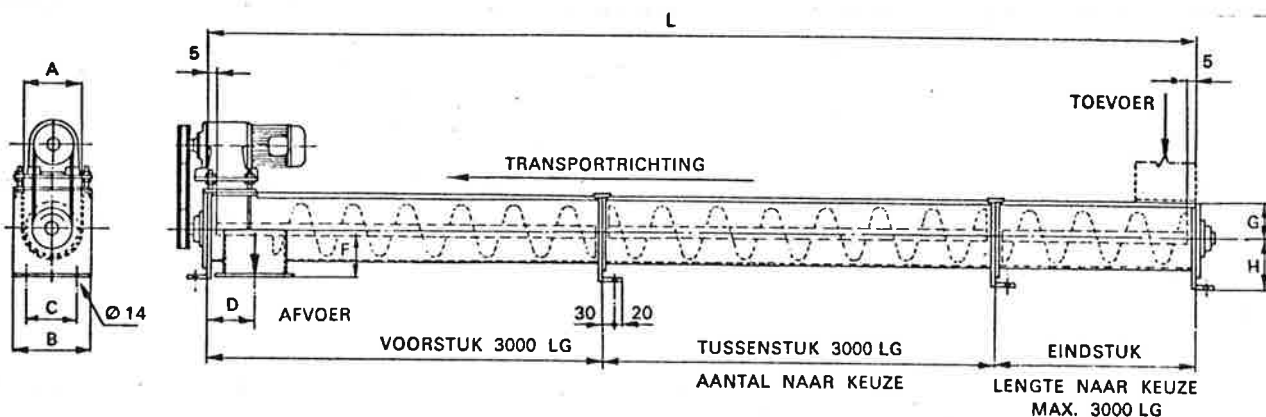
Algemeen kan worden opgemerkt dat kettingtransporteurs voor transport van geringe hoeveelheden (totaal kolenverbruik voor een standaard-vlamoven circa 500 kg/h) een relatief dure oplossing zijn. Ook de slijtage ervan kan beduidend zijn.

12.2.4. Schroeftransporteurs als centraal aanvoersysteem

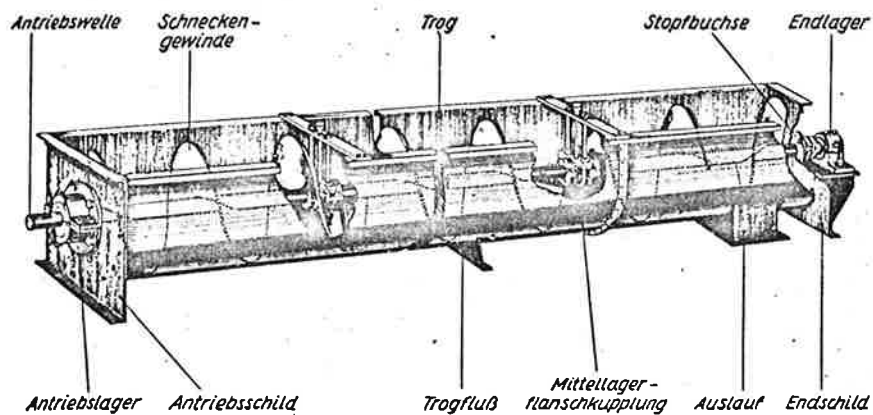
De schroeftransporteurs voor het transporteren van fijnkorrelige materialen kunnen als volgt worden ingedeeld :

a. De "trog"-schroeftransporteurs

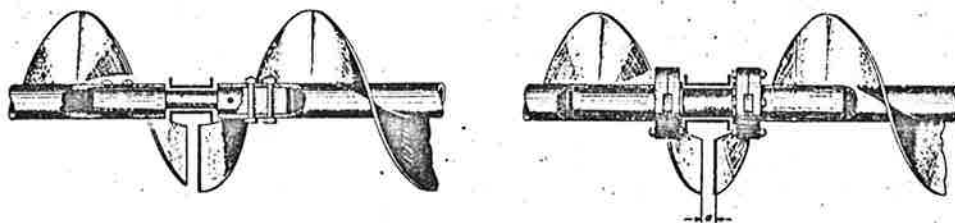
In de ruimte met U-vormige doorsnede draait een as met "volle" schroefbladen rond. Afb. 12-16 geeft hiervan een voorbeeld. Door het opnemen van een groot aantal tussenstukken en lagers kan de lengte worden gevarieerd.



Afb 12-16 : Een "trog"-schroeftransporteur.



Afb. 12-17 : Een "trog"-schroeftransporteur.



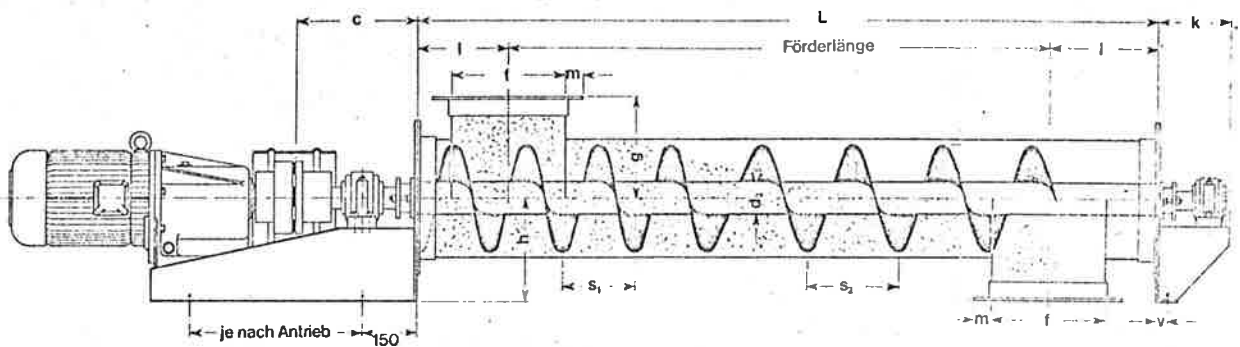
Afb. 12-18 : De tussenlagering.

Als maximale lengte wordt meestal 40 m, in speciale gevallen zelfs 60 m, aangehouden.

In DIN 15261 zijn de berekeningsmethoden en de afmetingen van trog-schroeftransporteurs vastgelegd. De kleinste in deze reeks voorkomende schroeftransporteurs heeft een buitendiameter van de schroef van 160 mm. In vergelijking met de benodigde aanvoercapaciteit van 500 kg/h kolen is de capaciteit, van zelfs de kleinste schroef nog zeer groot. Dit resulteert in een abnormaal laag toerental.

b. De "pijp"-schroeftransporteurs

Als voorbeeld van een "pijp"-schroeftransporteur wordt Afb. 12-19 gegeven. In de pijp draait een schroef rond waarvan de spoed aan het begin meestal kleiner is uitgevoerd om slechts een gedeeltelijke vulling in de pijp te verkrijgen. Hierdoor is de kans op vastlopen gering. Bij deze pijp-schroef-transporteurs zijn geen tussenlagers mogelijk. De lengte van dit type wordt dan ook gewoonlijk beperkt tot 5 à 6 meter (buitenschroefdiameter 100 mm). Enkele fabrieken durven tot 10 à 12 meter te gaan.



Afb. 12-19 : Een "pijp"-schroeftransporteur.

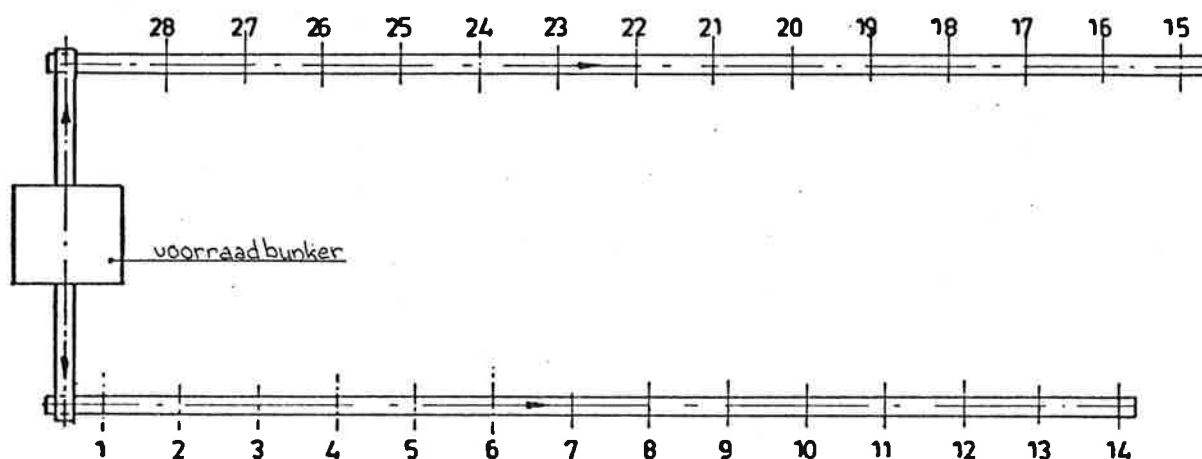
Als speciale uitvoering wordt de flexibele spiraaltransporteur genoemd. Deze o.a. door de firma T.B.M.A.-Europ b.v. uit Noordwijkerhout op de markt gebrachte transporteur kan over lengten tot 60 meter het materiaal in een ononderbroken systeem verplaatsen.

c. De "mantel"-schroeftransporteur

Door de rotatie van een op rollen gelagerde buis, waarin aan de binnenzijde schoepen zijn gelast, wordt een voorwaards beweging van het te transporteren materiaal verkregen. Deze transporteur komt als centraal aanvoersysteem niet in aanmerking. Wel komt deze transporteur bij de droogsystemen nog aan de orde.

Als mogelijke centrale aanvoersystemen voor fijnkolen komen de volgende oplossingen in aanmerking :

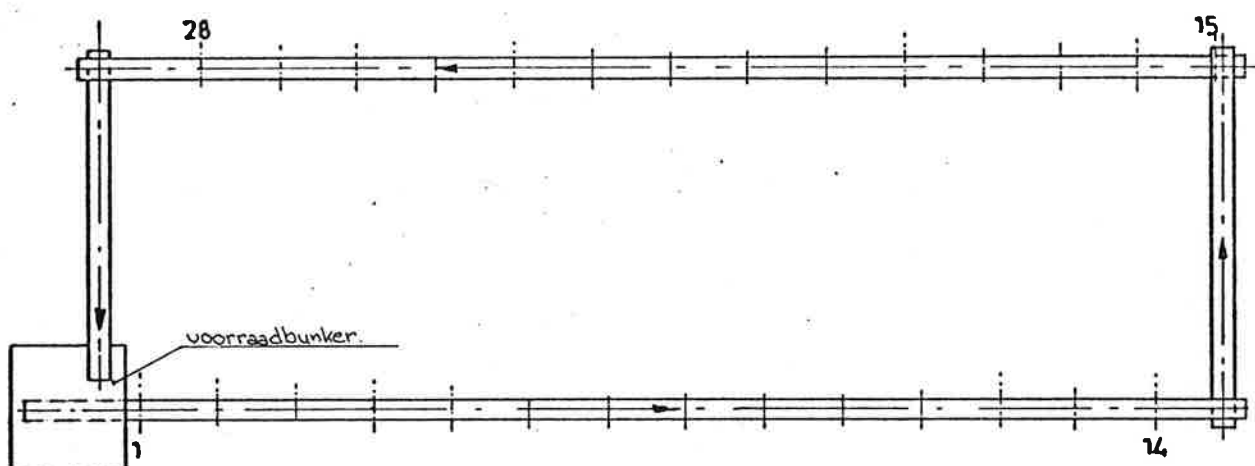
1. Het systeem A., dat door Afb. 12-20 wordt weergegeven.



Afb. 12-20 : Het centraal aanvoersysteem A.

Vanuit een bunker worden in 2 onafhankelijke stromen de verschillende aftakopeningen 1→14 en 15→25 gevuld.

2. Het systeem B., dat in Afb. 12-21 wordt afgebeeld.



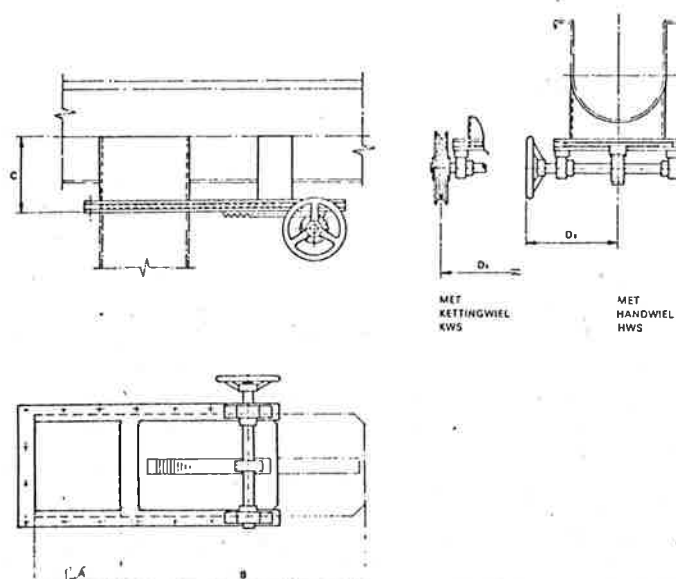
Afb. 12-21 : Het centraal aanvoersysteem B.

Vanaf één punt worden alle aftakpunten achtereenvolgens in een gesloten rondgaand systeem van fijnkolen voorzien.

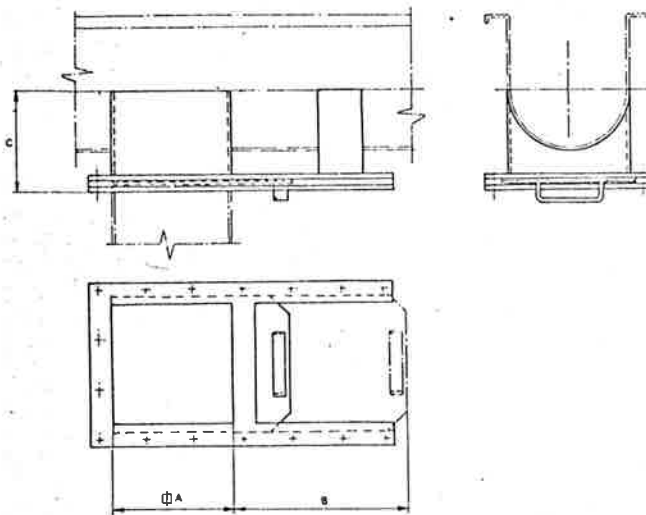
Wordt gebruik gemaakt van trog-schroeftransporteurs, dan is alleen systeem B een goede oplossing. Immers door de lange schroeven zullen altijd meer fijnkolen worden verplaatst, dan de aftakopeningen kunnen opnemen. De vul-
lingsgraad van de trog zal hierdoor langzaam toenemen, totdat de schroef vastloopt.

Bij het systeem B kan dit bij een juiste dimensionering van de schroeftransporteurs niet optreden. Het surplus aan materiaal, dat tot een minimum moet worden beperkt, wordt in de centrale bunker geretourneerd.

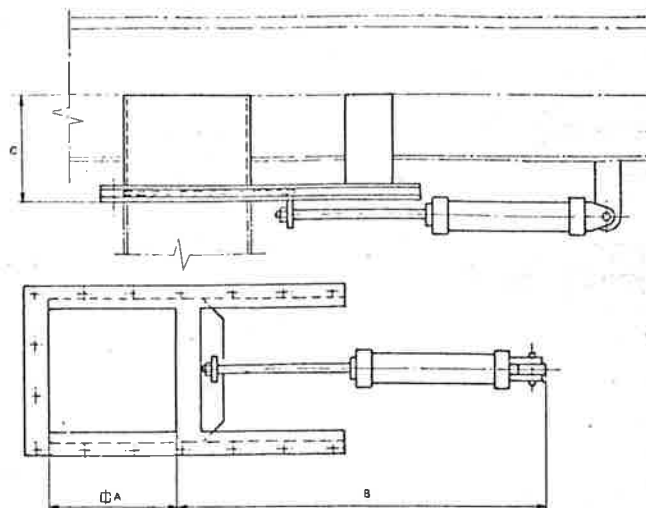
Afb. 12-22, 12-23 en 12-24 geven enige vaak toegepaste uitvoeringen van afsluitbare aftakopeningen.



Afb. 12-22 : Met hand- of kettingwiel bediende schuif voor aftakopening van schroeftransporteur.

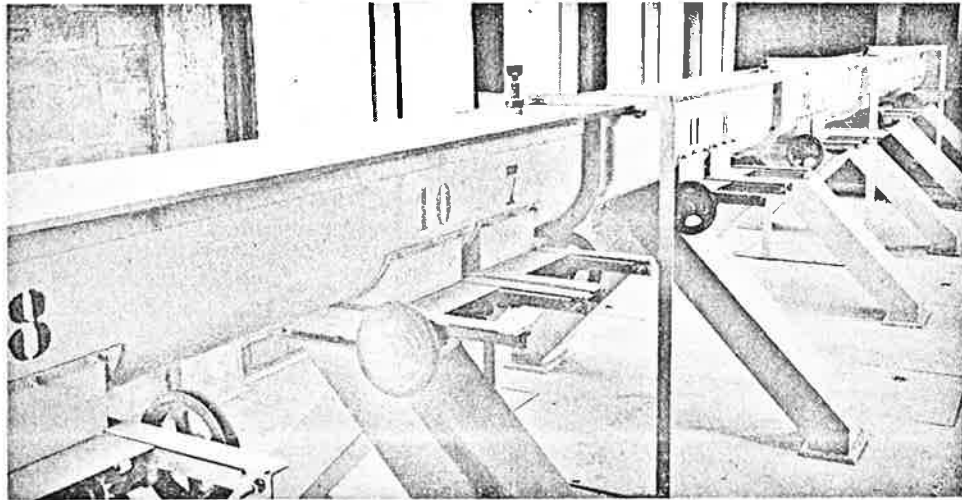


Afb. 12-23 : Met handkracht afsluitbare aftakopening van een schroeftransporteur.



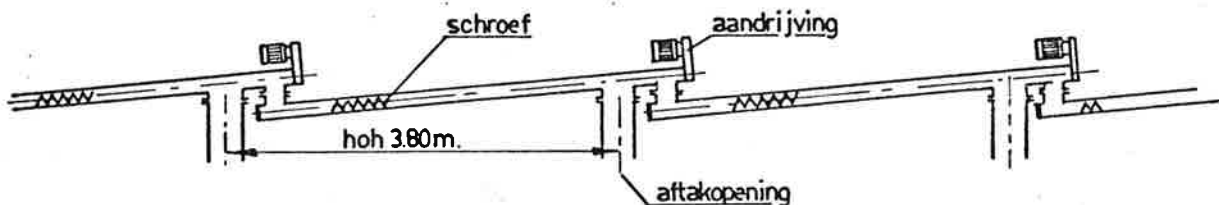
Afb. 12-24 : Pneumatisch bediende schuif voor de aftakopening van een schroeftransporteur.

Afb. 12-25 laat een uitgevoerde installatie zien met meerdere aftakopeningen.



Afb. 12-25 : Uitgevoerde installatie met vele afsluitbare aftakopeningen.

Bij het gebruik van "pijp"-schroeftransporteurs moet de ongeveer 55(m) lange aanvoerlijn worden opgesplitst in korte stukken. De meest logische verdeling is aangegeven in Afb. 12-26.



Afb. 12-26 : Centrale aanvoer m.b.v. "pijp"-schroeftransporteurs.

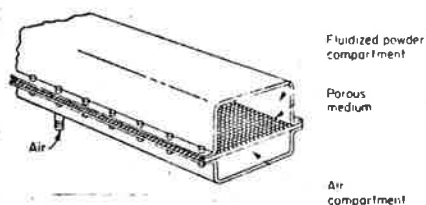
Het "gesloten" systeem B kan, bij een goede dimensionering van de verschillende transporteurs, zonder enige nivo-detectie in de tussenbunkers werken.

Wordt echter systeem A toegepast, dan moeten de tussenbunkers zijn uitgerust met nivo-detectoren. Alleen de schroeven tussen de voorraadbunker en de vragende tussenbunker draaien. Dit levert een behoorlijke energiebesparing op. Ook de slijtage zal geringer zijn.

Wordt gebruik gemaakt van de op blz. 12-2 beschreven spiraalschroeftransporteur, dan kan zowel systeem A als B worden toegepast zonder nivo-detectie. De spiraal kan immers blijven ronddraaien zonder effectief materiaal te verplaatsten. Het aantrekkelijke van deze spiraaltransporteur is de zeer lage kostprijs. Een 53 meter lange transporteur met 14 aftakopeningen komt op nog geen f. 6000,--.

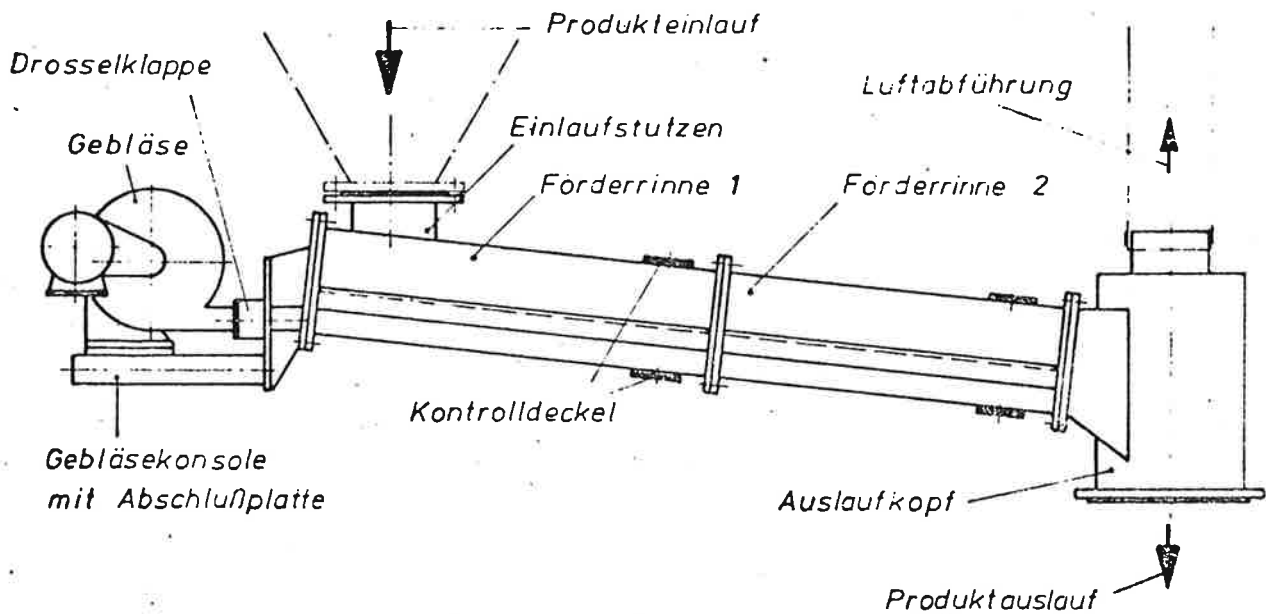
12.2.5. Airslides als centraal aanvoersysteem

Het in deze paragraaf behandeld pneumatisch transportelement voor fijnkorrelige of poedervormige materialen wordt ook in Nederland meestal met de Engelse term "airslide" aangeduid. De transporteur is een rechthoekige koker, die onder een kleine horizontale hoek (3° à 6°) staat opgesteld. Horizontaal is deze koker gedeeld door een poreus membraan. In Afb. 12-27 is deze airslide in doorsnede weergegeven.



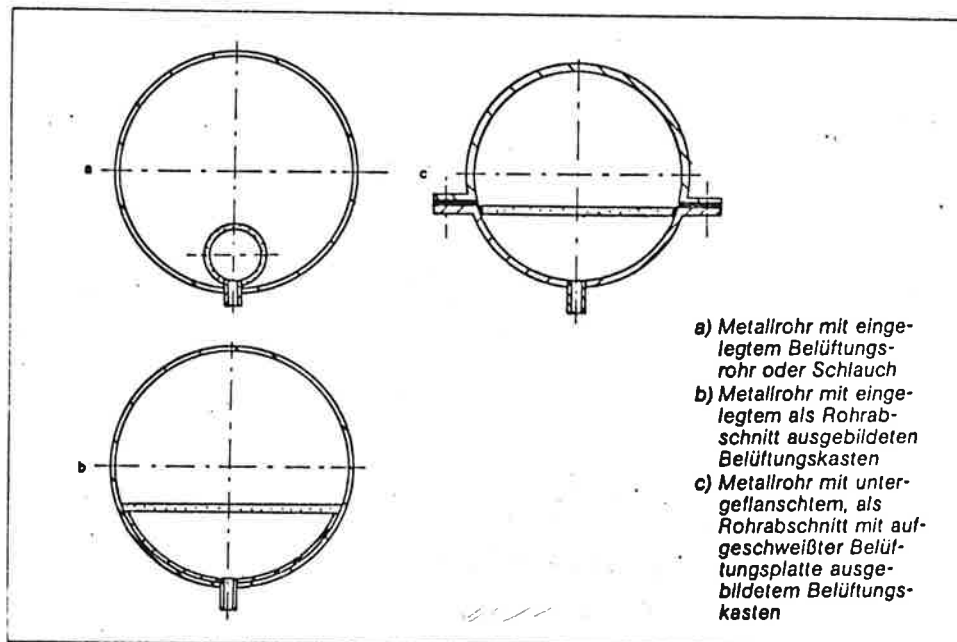
Afb. 12-27 : Doorsnede van een airslide.

In de onderste gedeelte van de koker wordt de z.g. draaglucht toegelaten, terwijl op het poreus membraan het te transporteren materiaal (in dit geval kolen) wordt gestrooid. De draaglucht, die door het poreus membraan heen treedt, verlaagt de wrijving tussen het membraan en de kolen. Hierdoor glijden de kolen langs het hellend membraan omlaag. Afb. 12-28 geeft een eenvoudige airslide met de gebruikelijke componenten weer.



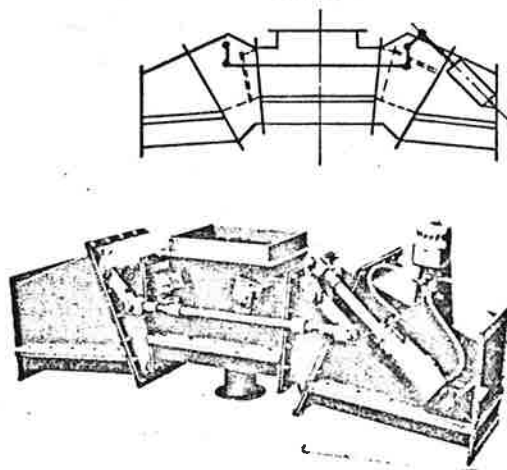
Afb. 12-28 : Een airslide.

Naast de meest gebruikte rechthoekige kokervorm komen ook vormen, zoals afgebeeld in Afb. 12-29 voor.

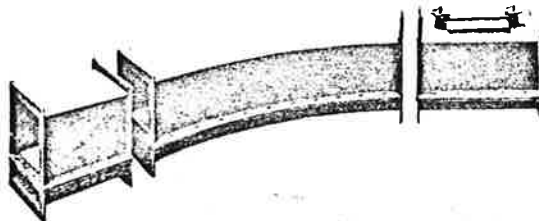


Afb 12-29 : Doorsneden van verschillende airslides.

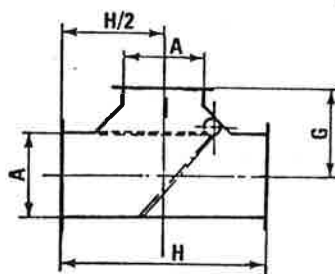
Door het aan elkaar koppelen van standaard elementen kan een compleet aanvoer-systeem worden opgebouwd. In Afb. 12-30, 12-31, 12-32 en 12-33 worden enkele veel gebruikte standaard-elementen afgebeeld.



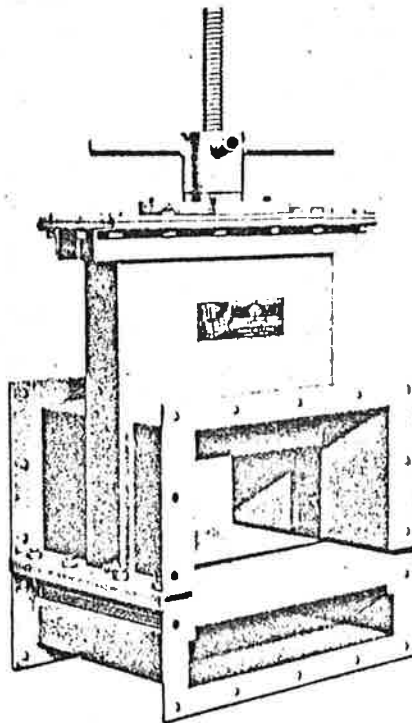
Afb. 12-30 : Een verdeelstuk met pneumatisch bediende kleppen.



Afb. 12-31 : Een bochtstuk in een airslide.

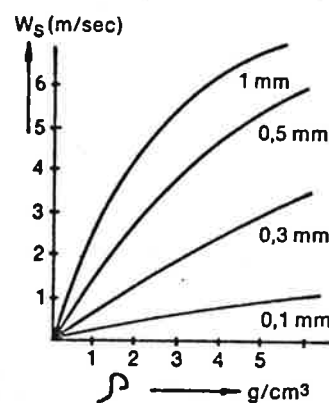


Afb. 12-32 : Een aftakopening met afschuiver.



Afb. 12-33 : De laagdikte-regeling met een schuif.

In Afb. 12-34 worden snelheden van de door het membraan heen tredende lucht aangegeven, die noodzakelijk zijn voor transport van materiaal met een bepaalde korrelgrootte en stortgewicht (ρ). Hieruit kan ook verklaard worden, dat de airslide hoofdzakelijk gebruikt wordt voor het transport van poedervormig materiaal ($30-60\% < 80 \mu\text{m}$).



Afb. 12-34 : De noodzakelijke snelheid van de door het membraan heentredende lucht bij het goed functioneren van de airslide.

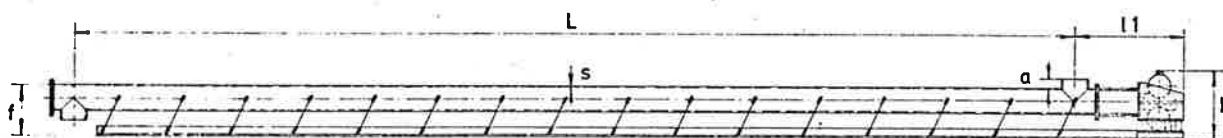
Voorbeelden van het gebruik van airslides zijn reeds gegeven bij de poederkool-stookinstallaties van Pullmann-Swindell en Monier, behandeld in de paragrafen 6.3.1. en 6.3.2.

Ook bij de afvoer van de vlieggas in electriciteits-centrales worden vaak airslides ingezet.

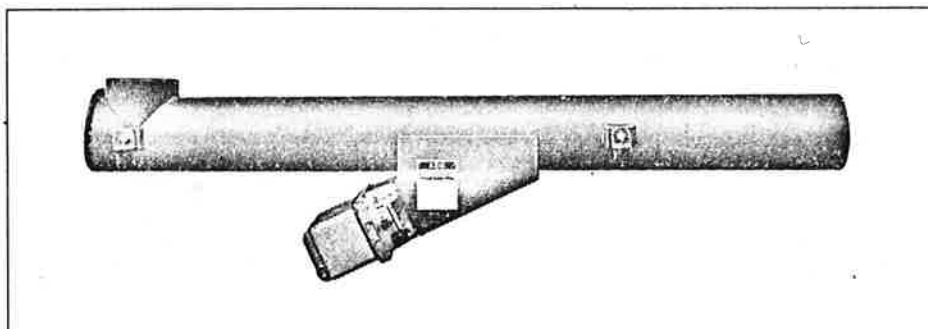
Voor het transport van fijnkolen ($< 2 \text{ mm}$, met een laag percentage $< 0,25 \text{ mm}$) over de vlamoven lijkt de airslide een minder goed transportsysteem. Door de betrekkelijk grote korreldiameter is de benodigde luchthoeveelheid, die gefilterd aan de buitenlucht moet worden afgeleverd, erg hoog. Verder geeft de benodigde helling van 3° à 6° over de grote lengte (55 m) toch een aanzienlijk verval.

12.2.6. Triltransport als centraal aanvoersysteem

Ook het triltransport is voor het verplaatsen van fijnkolen een goed alternatief. Afb. 12-35 geeft een op bladveren afgesteunde trilbuis weer, terwijl Afb. 12-36 een in veren op te hangen uitvoering laat zien.



Afb. 12-35 : Een trilbuis.



Afb. 12-36 : Een trilbuis.

Hoewel er ook nog vele andere uitvoeringsvormen van triltransporteurs bestaan, is het niet gelukt een eenvoudig fijnkolen aanvoersysteem voor een "standaard"-vlamoven met dit triltransport te bedenken.

12.2.7. Het centraal aanvoersysteem uitgevoerd m.b.v. pneumatisch transport

Het pneumatisch transport lijkt, afgezien van het hogere energie gebruik, in eerste instantie een eenvoudige en goedkope oplossing voor het centraal kolenaanvoersysteem te kunnen bieden. Hierbij dient echter wel te worden opgemerkt, dat het hierbij gaat om een zeer kleine capaciteit (circa 500 kg fijnkolen per uur).

Reeds in hoofdstuk 7 is besloten, dat geen extra lucht in de oven zal worden geblazen. Dus zullen de fijnkolen en de transportlucht van elkaar gescheiden moeten worden. Dit afscheiden kan geschieden in cyclonen. Doch de cyclonen zullen bij de te gebruiken korrelverdeling van de fijnkolen nu al niet voldoen aan de maximaal toe te laten stofemissie (immers al wordt het percentage fijnkolen-stof niet gewenst, toch zal dit bij de verschillende maalmethoden aanwezig zijn). Een dure stoffilter is dan ook beslist noodzakelijk.

Zonder ons te bekommeren om de doseermethoden van de fijnkolen in de transportlucht, wordt alleen naar het aanvoersysteem gekeken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in :

1. De aanvoersystemen, die gebruik maken van vastopgestelde tussenbunkers. Aan deze tussenbunkers worden de verdeelsystemen gekoppeld.
2. De aanvoersystemen, die uitgaan van verplaatsbare tussenbunkers. Deze tussenbunkers kunnen desgewenst met de verdeelinrichtingen worden gecombineerd.

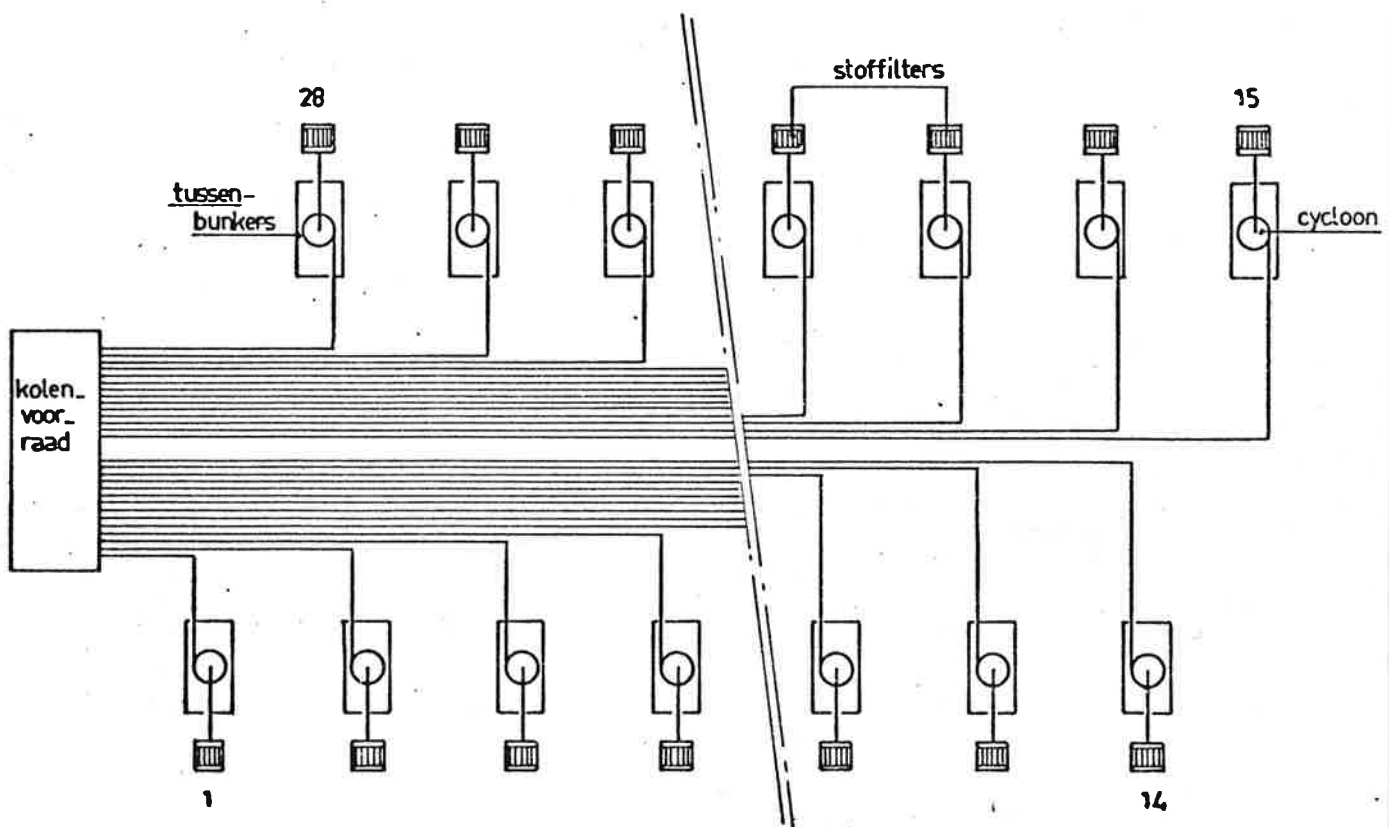
Als voorbeelden van de eerste categorie worden hier aangehaald de systemen :

1a. Het aanvoersysteem hiervan is weergegeven in Afb. 12-37.

Onder de centrale kolenvoorraadbunker zijn 28 doseerapparaten gemonteerd. Deze apparaten doseren de kolen in vastopgestelde luchtleidingen naar de tussenbunkers.

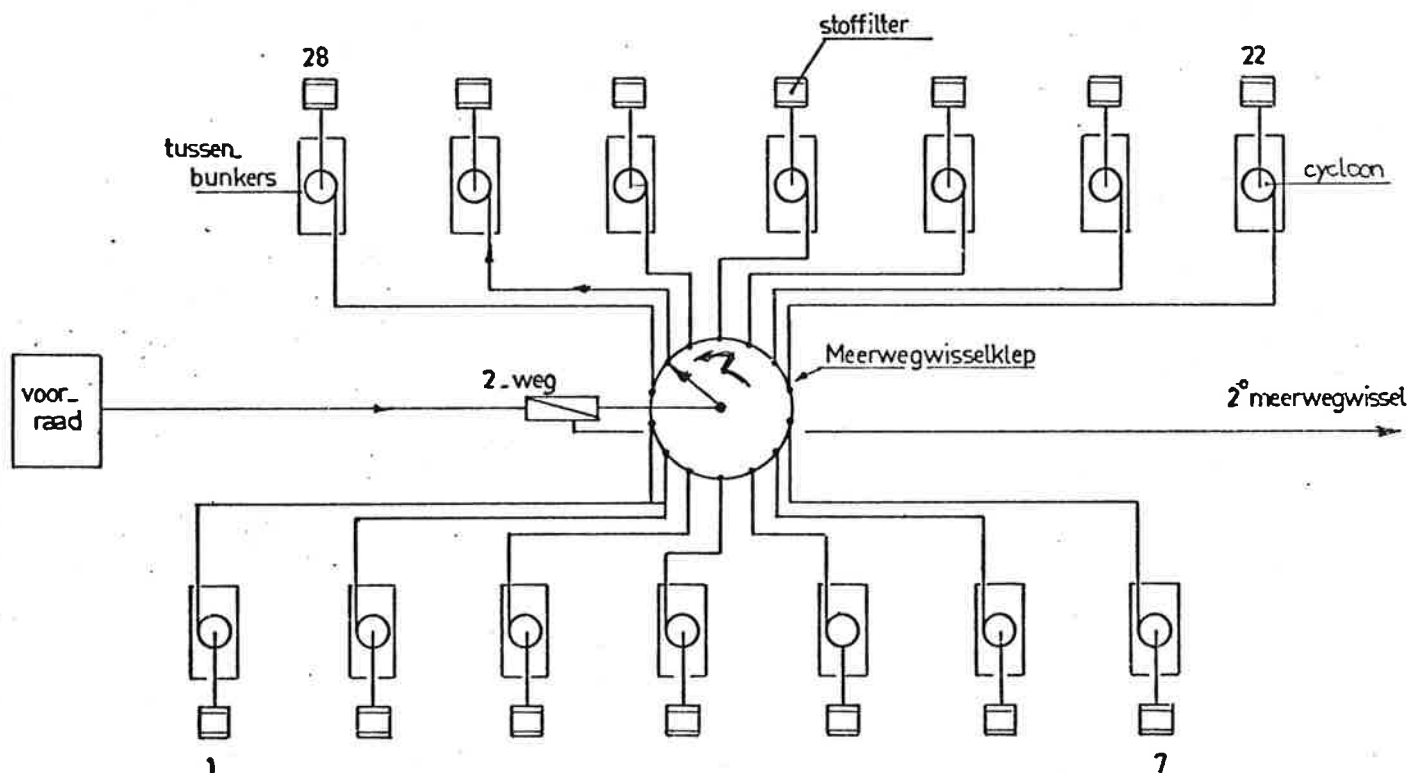
Door gebruik te maken van 8 flexibele slangen zijn slechts 8 doseerapparaten noodzakelijk, immers alleen de vragende tussenbunkers behoeven met de doseerapparaten te worden verbonden.

Door de noodzakelijke 28 stoffilters, 8 doseerapparaten en de grote hoeveelheid leidingwerk is dit een dure oplossing.

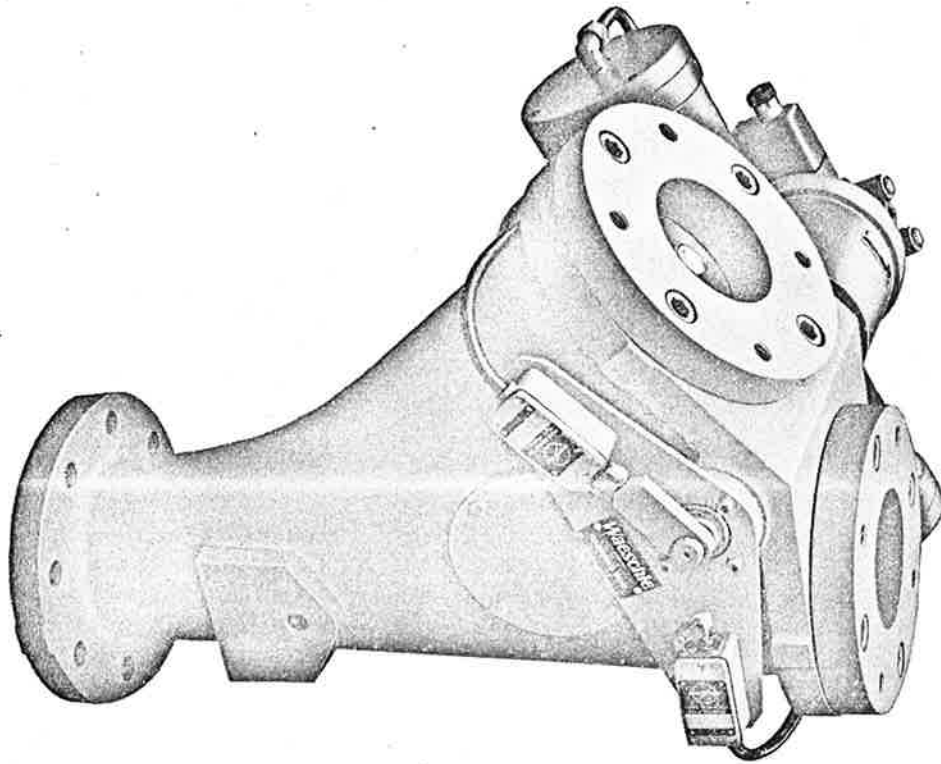


Afb. 12-37 : Het pneumatisch aanvoersysteem 1a.

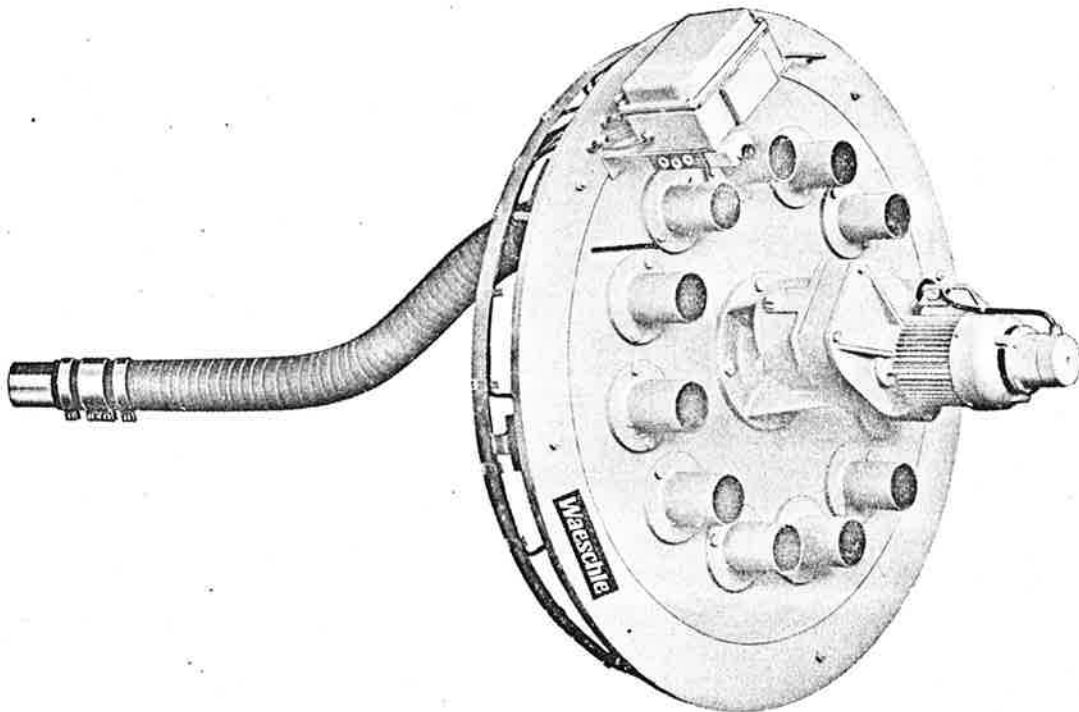
1b. Het aanvoersysteem waarbij gebruik wordt gemaakt van 2-weg-en meerwegwisselkleppen. Afb. 12-38 laat hiervan een mogelijke oplossing zien. Onder de kolen-voorraadbunker is slechts één doseerapparaat gemonteerd, dat de kolen in een transportluchtleiding doseert. Door middel van één 2-weg en 2 stuks 14-weg-wisselkleppen kan de kolen-lucht-stroom naar elke tussenbunker worden gevoerd. Door de 28 stoffilters blijft dit een dure oplossing.



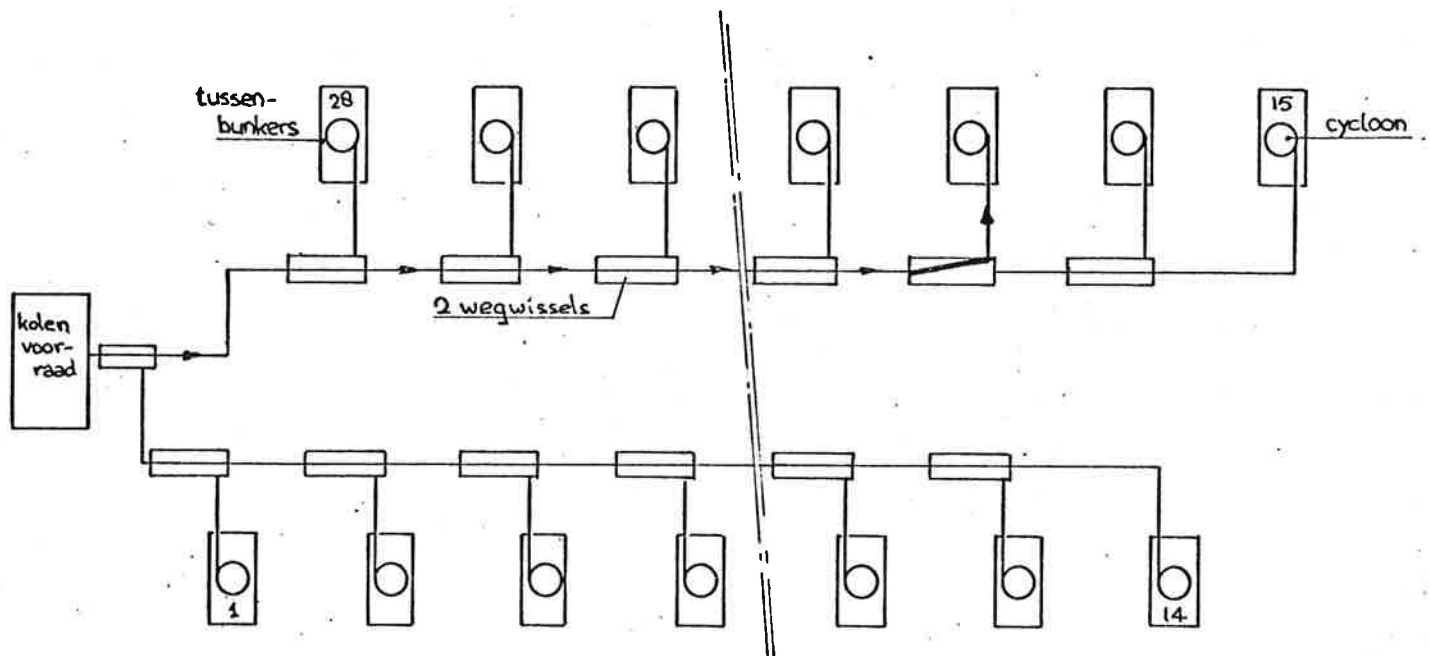
Afb. 12-38 : Het pneumatisch aanvoersysteem 1b.



Afb. 12-39 : Een 2-weg-wisselklep (Waesche).

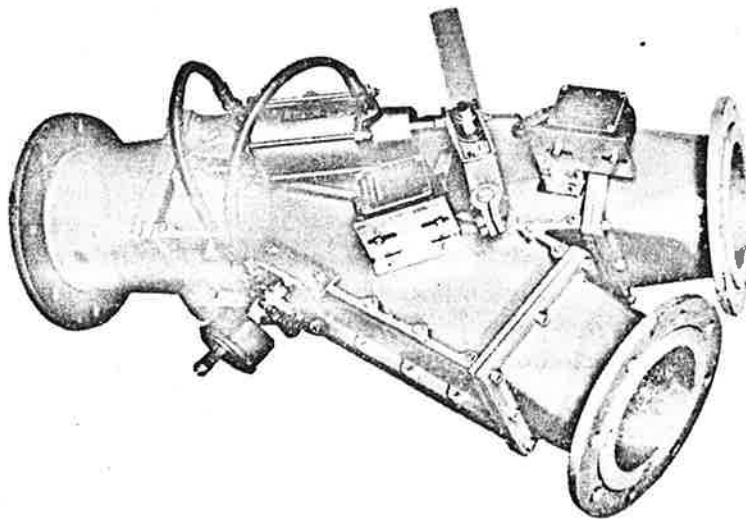


Afb. 12-40 : Een meerwegwisselklep (Waesche).

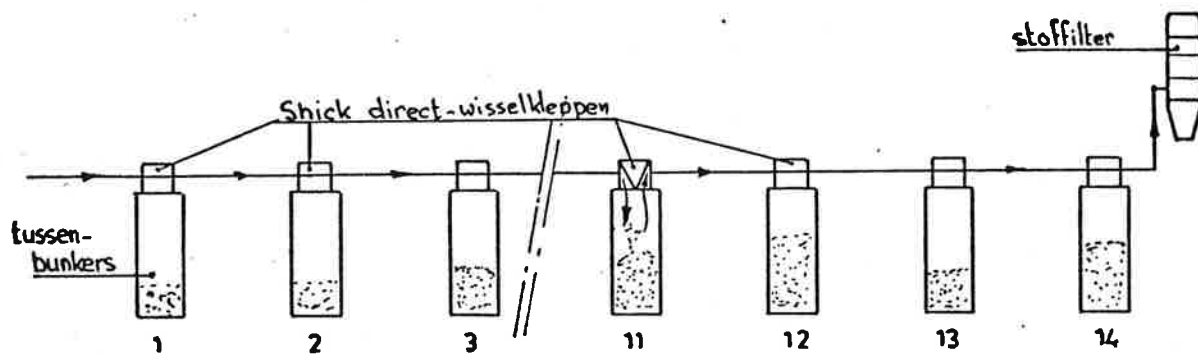


Afb. 12-41 : Het pneumatisch aanvoersysteem 1c.

1c. Het aanvoersysteem, waarbij alleen maar van 2-weg-wisselkleppen gebruik wordt gemaakt. In Afb. 12-41 is hiervan een voorbeeld met 27 stuks 2 wegwissels gegeven. Een oplossing met een kleiner aantal wissels is denkbaar, doch dit geeft wel een veel gecompliceerder leidingwerk. Ook hierbij zijn nog steeds 28 stoffilters noodzakelijk.

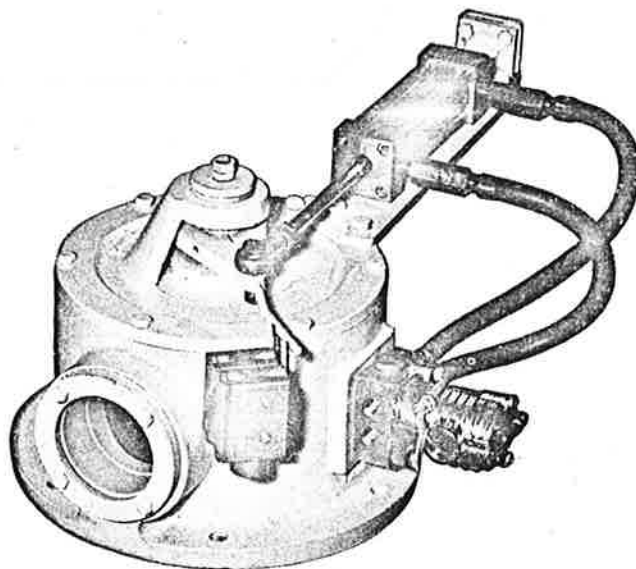


Afb. 12-42 : Een 2-wegwisselklep.



Afb. 12-43 : Het pneumatisch aanvoersysteem 1d.

1d. Het aanvoersysteem, waarbij gebruik wordt gemaakt van z.g. Shick direct-wisselkleppen. In Afb. 12-43 is van dit schema, dat met slechts 1 stoffilter werkt, het principe aangegeven. Afd. 12-44 toont de Shick direct-wisselklep.



Afb. 12-44 : De Shick direct-wisselklep.

Als voorbeelden van de 2^e categorie (met verplaatsbare tussenbunkers worden gegeven :

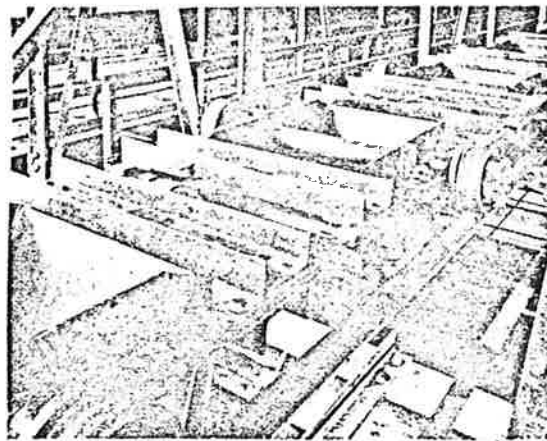
- 2a. Dit aanvoersysteem, dat met 8 verplaatsbare tussenbunkers werkt. Iedere tussenbunker heeft z'n eigen stoffilter. Op de oven liggen vastopgestelde leidingen. D.m.v. snelkoppelingen zijn de tussenbunkers aan deze leiding te koppelen. De 8 doseereenheden onder de voorraadbunker worden m.b.v. 8 flexibele slangen met de juiste leidingen verbonden. Het systeem heeft veel weg van aanvoersysteem 1a.
- 2b. Ook bij dit systeem hebben alle 8 verplaatsbare tussenbunkers een eigen stoffilter. M.b.v. 2-weg- en/of meerwegwisselkleppen kan één doseerplaats met alle tussenbunkers worden verbonden. De systemen 1b en 1c passen een dergelijke verdeling toe.
- 2c. Ook een systeem met slechts één stoffilter lijkt met behulp van Shick direct wisselkleppen voorstelbaar.

Een centrale aanvoer van fijnkolen over een "standaard"-vlamoven is met pneumatisch transport te verwezenlijken. Door de hoge kosten voor speciale kleppen, de stofaf-scheiding en het reeds eerder gememoreerde hoge energieverbruik lijkt het toch een minder aantrekkelijke oplossing.

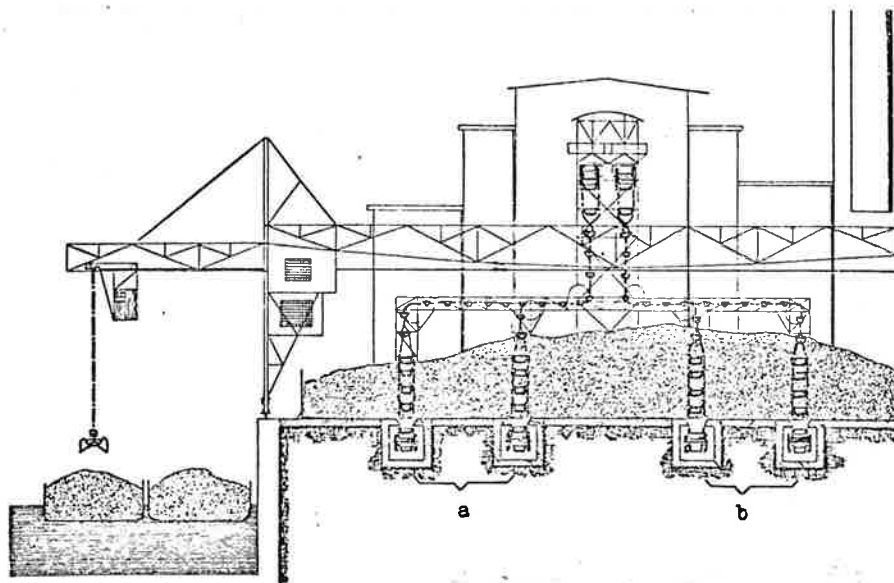
12.2.8. Discontinue aanvoersystemen

Ook de in de voorgaande paragrafen beschreven aanvoersystemen kunnen strikt genomen discontinu zijn. Immers bij vele systemen vindt de aanvoer van fijnkool slechts over bepaalde perioden plaats. Doch in deze paragraaf worden onder discontinue aanvoersystemen verstaan : die systemen, welke telkens vaste volume-eenheden aanvoeren.

Voorbeelden hiervan zijn (kip-) bakken en grijperconstructies. Ook de z.g. bakken-conveyor kan er toe worden gerekend. Afb. 12-45 en 12-46 geven hier voorbeelden van. Een eindloze ketting met bakjes zorgt voor het materiaal-transport.



Afb. 12-45 : Een bakken-conveyor (Stork).

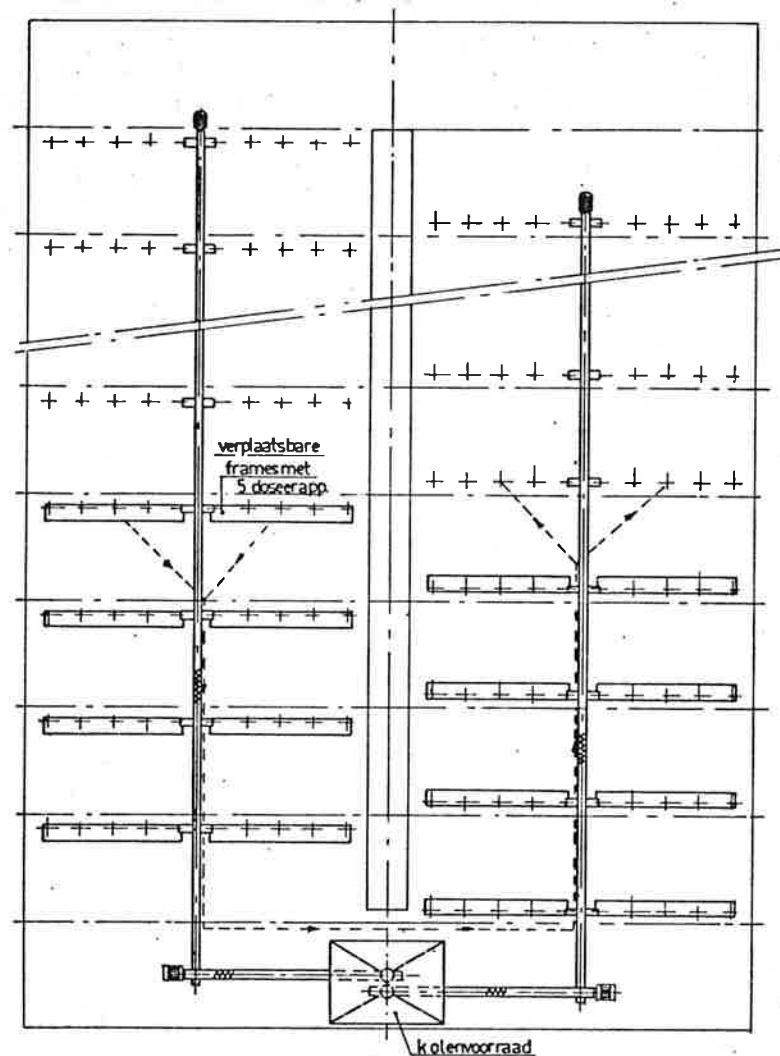


Afb. 12-46 : Een overzicht van een kolentransport met bakken-conveyors (Stork).

Ook kan gedacht worden aan een verplaatsbare eenheid, die gevuld en ontlaad wordt m.b.v. pneumatisch transport. Dit laatste brengt echter veel werk voor het bedieningspersoneel met zich mee.

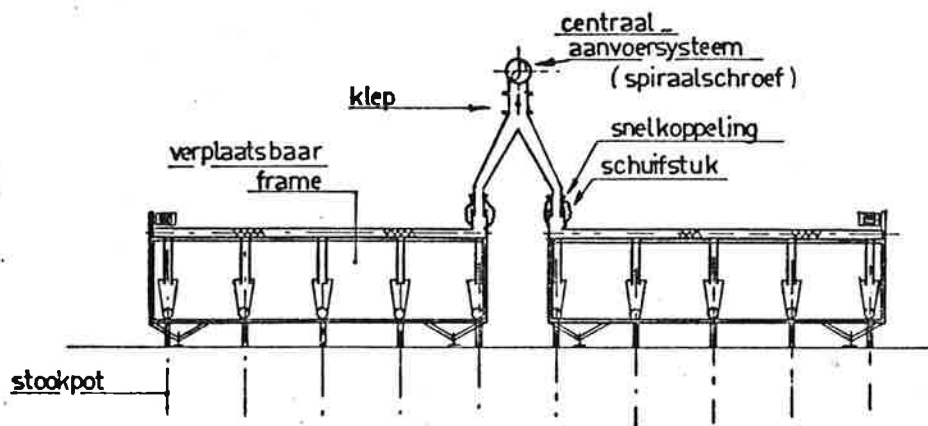
12.3. De conclusies

Voor de aanvoer- en het verdelen van de fijnkolen over de "standaard"-vlamoven lijkt het in Afb. 12-47 en Afb. 12-48 in principe weergegeven distributiesysteem de meest eenvoudige en goedkope oplossing.



Afb. 12-47 : Het aanvoer en verdeelsysteem voor fijnkolen op een vlamoven.

Vanaf een centrale fijnkolenvoorraad voeren spiraaltransporteurs de fijnkolen onder een hoek naar 2 lange spiraaltransporteurs. Deze lange transporteurs liggen aan beide ovenzijden boven de middens van de vlamovenkamers, en hebben ieder 14 aftakopeningen. Onder iedere aftakopening is een klep (of schuif) en een verdeelbroekstuk gemonteerd (zie Afb. 12-48).

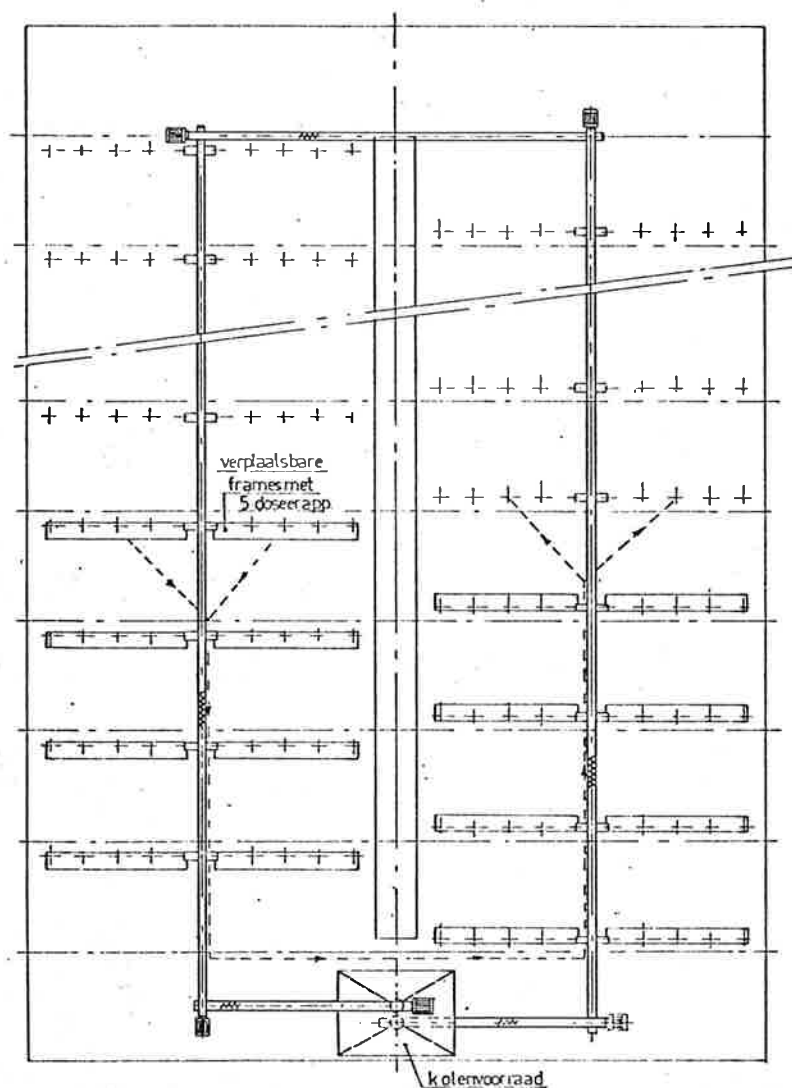


Afb. 12-48 : De verdeling van de fijnkolen over de doseerapparaten.

Aan dit broekstuk kunnen de verplaatsbare frames (met 5 doseerapparaten) m.b.v. snelkoppelingen worden aangesloten.

Zoals reeds vermeld, kan de spiraal blijven ronddraaien zonder effectief te transporteren. Hierbij zal een zekere maalwerking optreden, die ongewenste effecten kan veroorzaken.

Wordt het aanvoersysteem van Afb. 12-47 uitgevoerd met iets anders gedimensioneerde spiraaltransporteurs en enkele niet gebruikte aan- en afvoeropeningen, dan is het systeem vrij eenvoudig te wijzigen in het gesloten systeem van Afb. 12-49, waarbij dit niet effectief transport veel minder optreedt.



Afb. 12-49 : Gesloten aanvoersysteem voor fijnkolen.

Wel dient er voor gezorgd te worden, dat de spiraaltransporteurs zich niet leeg kunnen draaien. Er dient altijd materiaal in de spiraaltransporteur aanwezig te zijn. Immers het materiaal is de eigenlijke lagering van de spiraal.

12.4. De literatuurlijst

- 12-1 Salzer, Dipl.-Ing. G.; Schüttgutförderer.
- 12-2 Krachtwerktuigen; Transport.
- 12-3 Folder Deucon; Transportinstallaties.
- 12-4 Folders Sandvik.
- 12-5 Folders firma Bloemendaal.
- 12-6 Folders firma Klinkenberg; Transportschroeven catalogus.
- 12-7 Catalogus firma Beumer; Schneckenförderer.
- 12-8 Selig, Dipl.-Ing. H.J.; Technik der pneumatischen Förder und Mischverfahren.
- 12-9 Stepaneff, A.J.; Gravity flow of bulk solids and transportation of solids in suspension.
- 12-10 Kraus, M.N.; Pneumatic conveying of bulk materials.
- 12-11 Folders Waeschle; Div. componenten.
- 12-12 Folder T.B.M.A.; t.b.m.a. ruimdenkers in techniek.

13. DE MAALSYSTEMEN

13.0. De inleiding

In de paragraaf 8.5. werden vanuit het gezichtpunt van de optimale kolen-korrelgrootte voor het fijnkolenstookstelsel op "standaard"-vlamovens de volgende eisen en/of wensen voor het maalsysteem geformuleerd :

- de maximale korrelgrootte ligt op circa 2,0 mm
- het massapercentage van de korrelgrootte tussen 0,5-1,0 mm wordt zo groot mogelijk gewenst
- het massapercentage aan korrelfracties kleiner dan 0,25 mm moet tot een minimum worden beperkt
- door eenvoudige ingrepen moet de korrelverdeling zo nodig kunnen worden bijgestuurd

Dit pakket kan nog worden aangevuld met de volgende punten :

- De capaciteit van de maalinstallatie moet zijn afgesteld op de capaciteit van de kolenstookinstallatie. Voor een "standaard"-vlamoven is dit ongeveer 500 kg kolen per uur. Bij het gedurende 24 uren bedrijven, moet de capaciteit van de molen ook 500 kg kolen per uur bedragen. Bij slechts 8-uur bedrijf moet de capaciteit $3 \times 500 = 1500$ kg/h zijn.
- Ook calorische goedkope kolen moeten kunnen worden vermalen. In de meeste gevallen zullen dit z.g. fijnkolen zijn uit niet- E.E.G.-landen. Deze fijnkolen bezitten vaak nog een gering percentage grote brokken. Als voorbeeld wordt in Afb. 13-1 een korrelgrootte van z.g. Poolse fijnkolen gegeven, die rond mei-juli 1978 in Nederland calorisch de goedkoopste waren.

korrelfractie	% M/M
> 35 mm	1,4
25-35 mm	3,5
20-25 mm	6,2
10-20 mm	27,8
5-10 mm	22,7
1-5 mm	32,8
< 1 mm	5,6

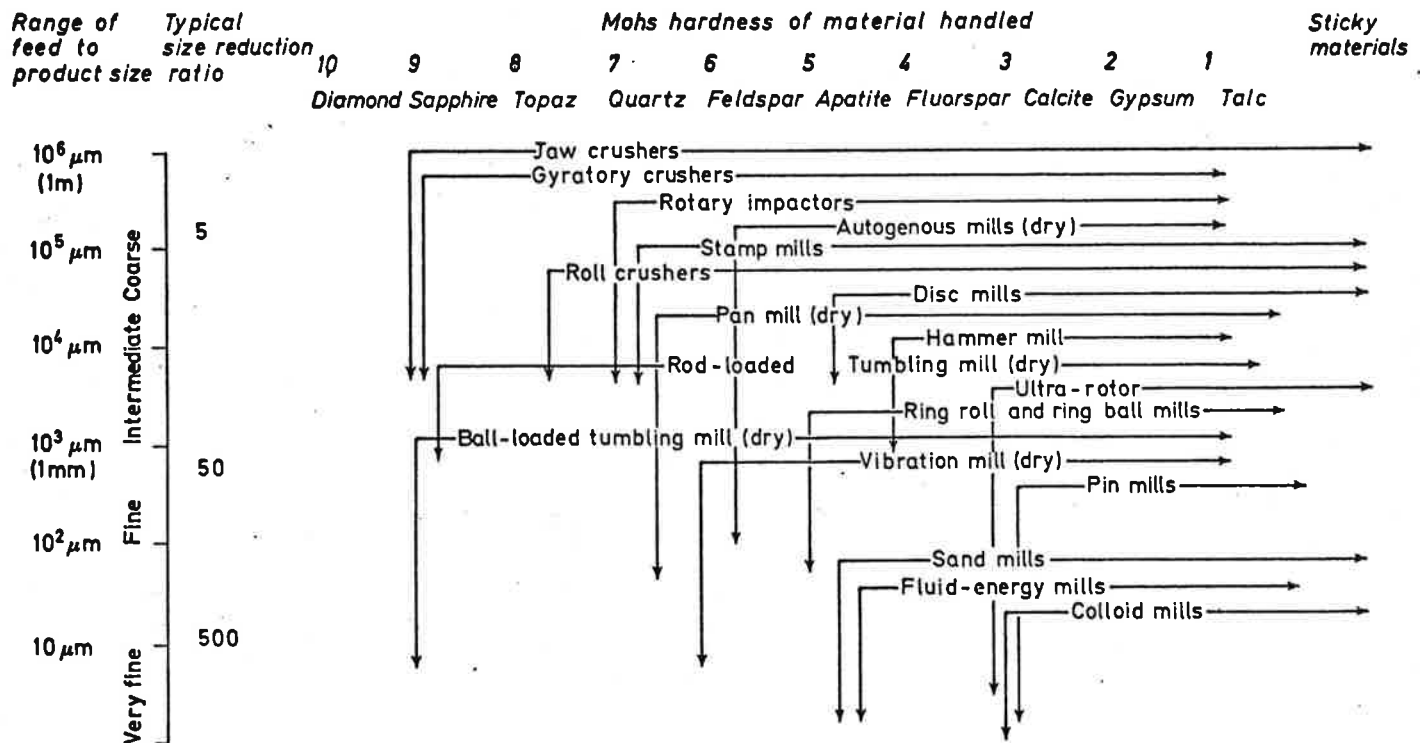
Afb. 13-1 : Korrelverdeling Poolse fijnkolen.

Hoewel relatief veel over het malen van steenkolen is gepubliceerd, handelt dit in circa 90% van alle gevallen over het tot poederkool ($80\% < 75 \mu\text{m}$) vermalen van steenkolen. Dit wordt bij vele grote ketelinstallatie (bv. electriciteitscentrales) thans toegepast. De hiervoor gebruikte molens, slag-schotel- en kogelmolens zijn meestal in een direct voedend (direct firing) stookstelsel opgenomen.

Ook het breken van grove kolen tot nootjes 4 of 5 wordt in de literatuur wel behandeld, doch voor het malen van steenkolen tot een korrelgrootte van 0,5-1,0 mm blijkt geen pasklare oplossing voorhanden te zijn.

13.2. De maalinrichting

Om wat meer duidelijkheid te verkrijgen in de bruikbare maalinrichtingen voor het in paragraaf 13.0. beschreven maalprobleem is de keuze tabel, Afb. 13-2, zeer behulpzaam geweest. Als functie van de Mohs-hardheid van het te malen product (Mohs-hardheid van steenkool : 2-4) en de korrelgrootten vóór en na het malen worden de bruikbare molentypen aangegeven. Naast de roterende hamermolens kwamen ook andere typen uit deze eerste selectie als alternatieven naar voren.

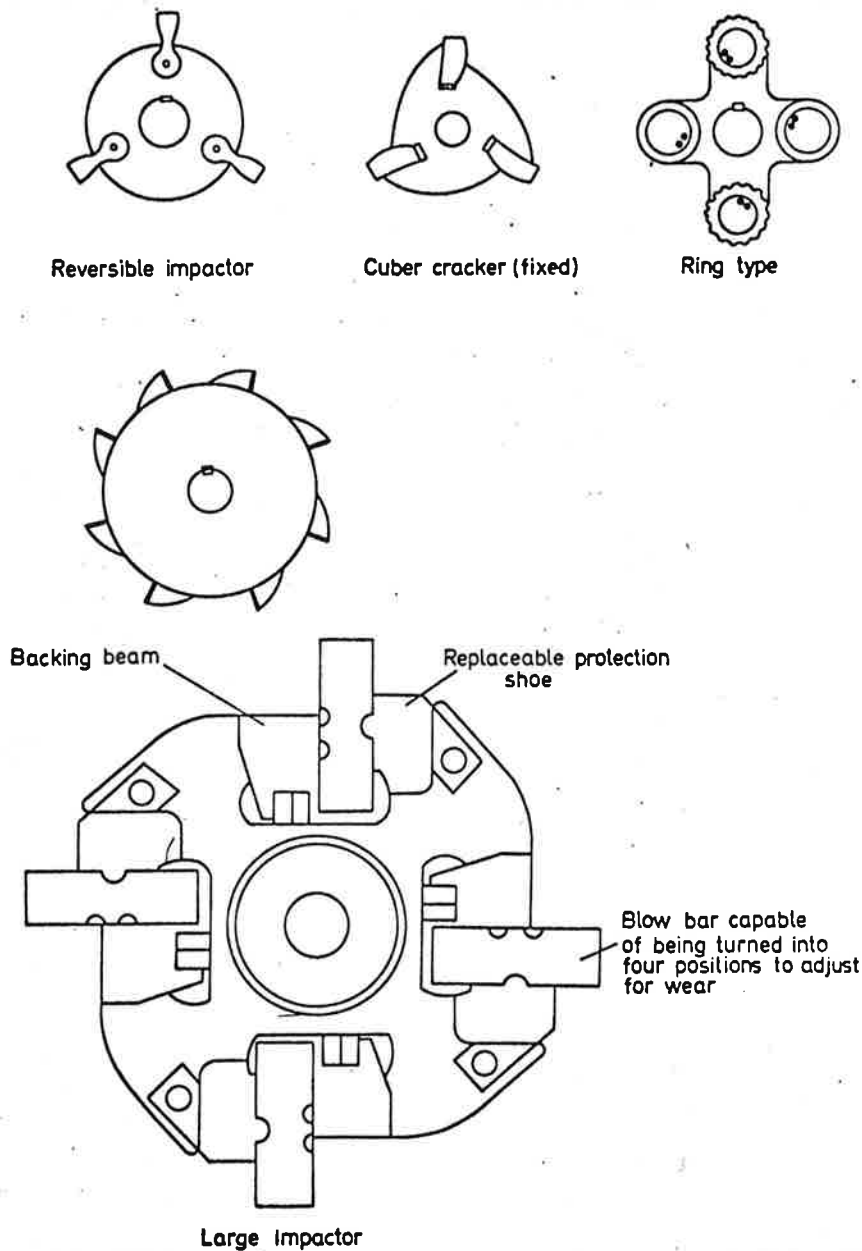


Afb. 13-2 : Keuze-tabel voor maalinstallaties (bron lit. 14-1).

Met uitzondering van de hamermolens vielen echter de andere alternatieven op grond van één van de hierna volgende redenen af :

- de kostprijs
- de geringe capaciteit
- de benodigde grote verkleiningsfactor
- de ver uiteen liggende korrelverdeling van het te malen produkt.

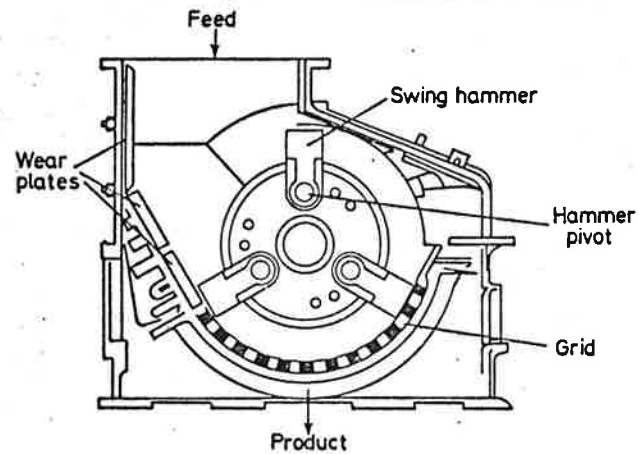
Van hamermolens bestaan er vele typen. Bij alle typen vindt de verkleining plaats door de kinetische energie van de snel ronddraaiende rotor. De vorm van deze rotor kan zeer verschillend zijn.



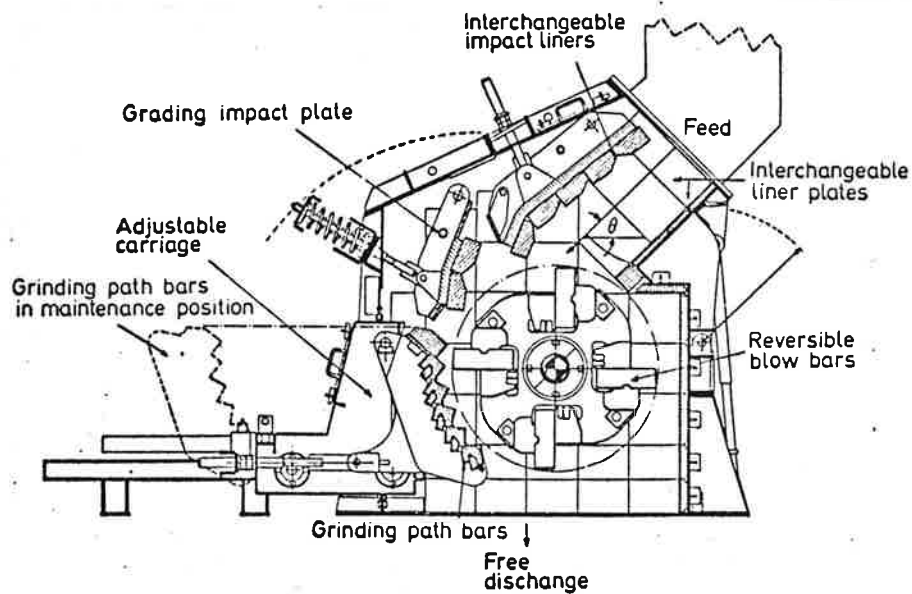
Afb. 13-3 : Verschillende rotorvormen.

Afb. 13-3 laat enige voorkomende rotorvormen zien. Naast star aan de rotor bevestigde slagelementen komen ook vrij roterende hamerelementen voor. Bij de molens voor het vermalen van hardere materialen zijn slagelementen te vervangen, soms zijn deze meerdere malen nastelbaar (zie onderste rotor in Afb. 13-3). Voor het begrenzen van de maximale korrelgrootte van het gemalen produkt zijn vaak zeefplaten in de molen aangebracht.

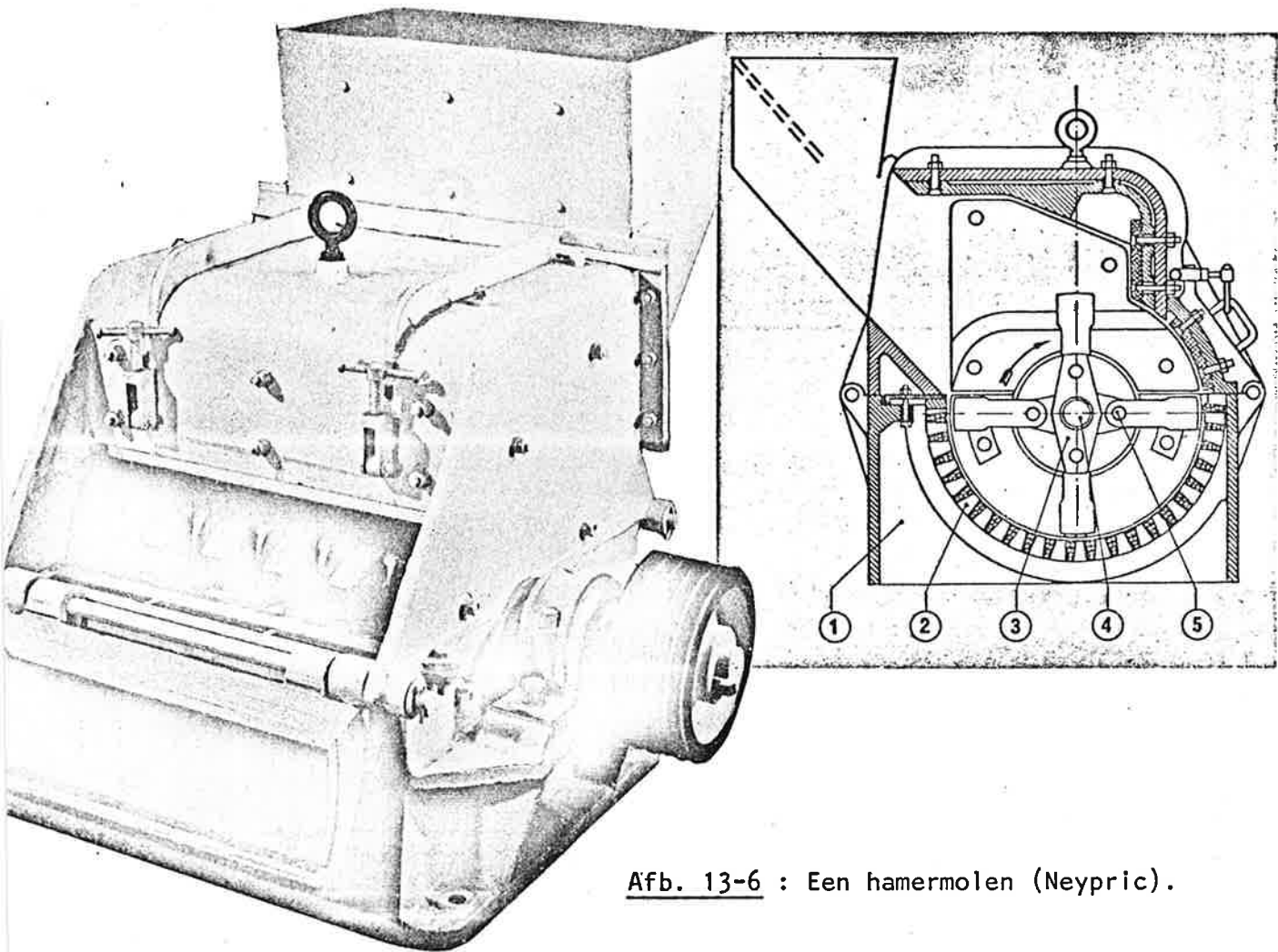
In Afb. 13-4, 13-5, 13-6 en 13-7 zijn enige voorbeelden van hamermolens weergegeven.



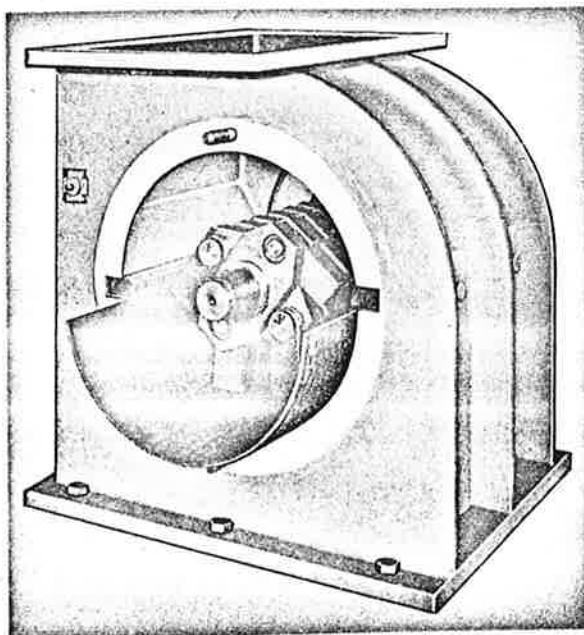
Afb. 13-4 : Een hamermolen met zeefplaat en vrij roterende hamerelementen.



Afb. 13-5 : Een hamermolen met starre hamerelementen.

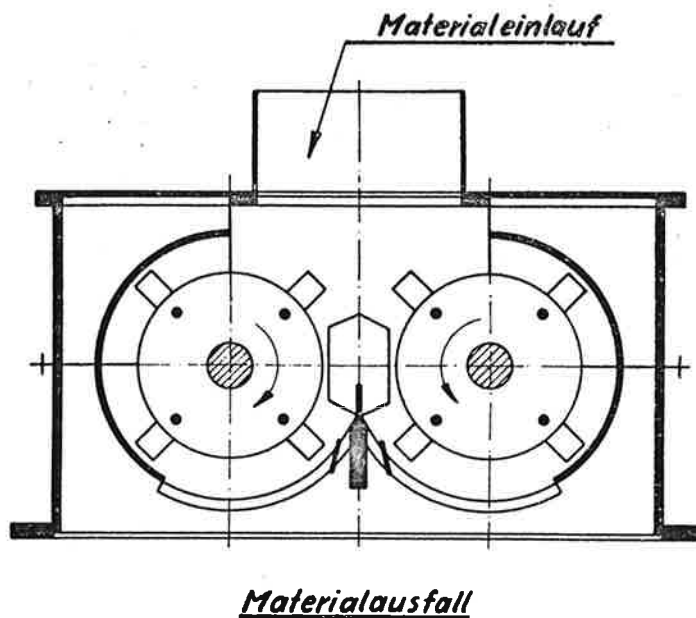


Afb. 13-6 : Een hamermolen (Neypric).

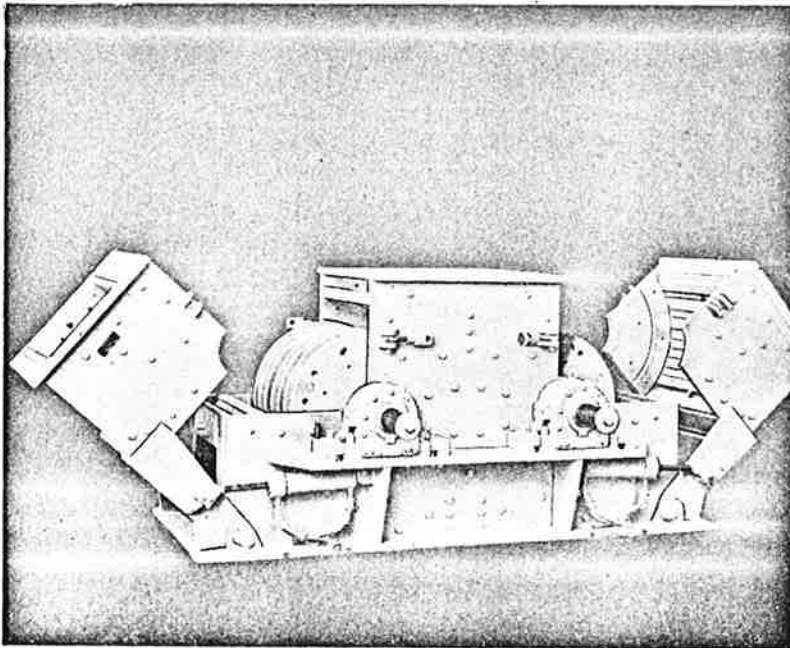


Afb. 13-7 : Een hamer-
molen (Pullmann).

Als bijzondere uitvoering kan de hamermolen met 2 rotors genoemd worden. In Afb. 13-8 en Afb. 13-9 wordt deze "Novorotormühle" weergegeven.

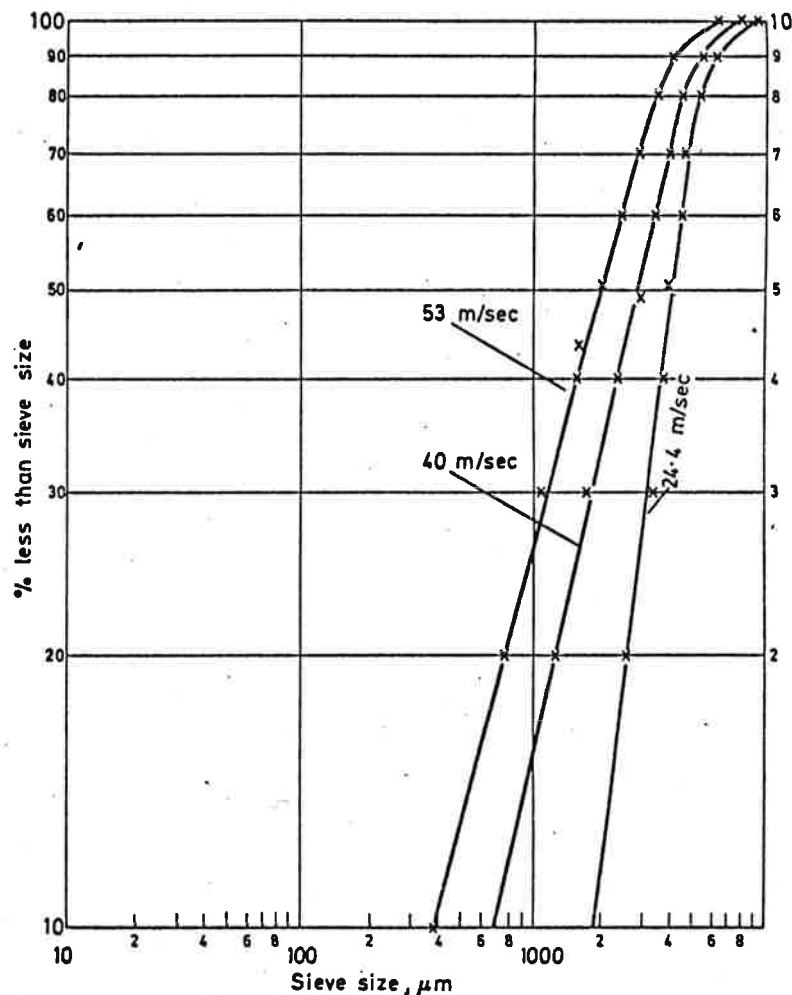


Afb. 13-8 : Het principe van de "Novorotormühle".



Afb. 13-9 : De "Novorotormühle".

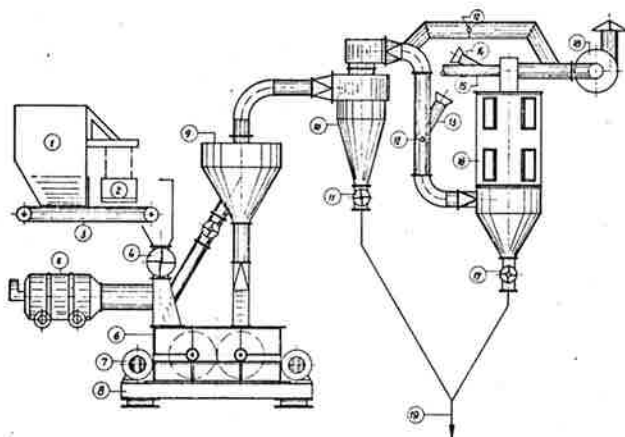
Bij alle hamermolens kan door het wijzigen van het toerental van de rotor(s) de korrelverdeling worden beïnvloed. Afb. 13-10 geeft hiervan een voorbeeld.



Afb. 13-10 : Wijziging korrelverdeling bij variatie van de omtreksnelheid van de rotor.

Verder beïnvloedt de afstelling van de starre hamerelementen, de slijtage van roterende slag-elementen en de perforatie van de eventueel aanwezige zeefplaat de korrelverdeling. Het energieverbruik van de hamermolens ligt tussen 4-7 kWh per ton te malen produkt.

Ook hamermolens kunnen in gecombineerde droog-maal-installaties worden opgenomen. Afb. 13-11 geeft een droog-maal-installatie met een Novorotormühle weer.



Schema einer Kohle-Mahltrocknung. 1 Aufgabebunker, 2 Magnet, 3 Speiseband oder Waage, 4 Aufgabeschleuse, 5 Brennkammer, 6 Novorotor-Mühle, 7 Mühlenmotore, 8 Fundamentrahmen, 9 Sieb, 10 Zyklon, 11 Zellradschleuse, 12 Umluftklappen-Steuerung, 13 Mischluft Hauptluft, 14 Mischluft Spülluft, 15 Spülluftleitung, 16 Schlauchfilter, 17 Zellradschleuse, 18 Hauptexhauster, 19 Fertiggut

Afb. 13-11 : Een droog-maalinstallatie.

De fijnste kolendeeltjes komen in filter (16) terecht en kunnen eventueel buiten de bij het stoken te gebruiken fijnkolen worden gehouden. Eventueel kan deze fractie aan de klei worden toegevoegd, hetgeen voor bepaalde doeleinden nu ook al gebeurt.

Om tot een goede keuze van de molen te komen moeten zeker maalproeven worden genomen. Immers naast de kostprijs, constructie gebruikte materialen en onderhoudsmogelijkheden zijn de volgende punten zeer belangrijk :

- de bereikbare korrelverdeling en de beïnvloeding ervan
- het energieverbruik van het maalproces in kWh/ton

Geen van de leveranciers durfde zich, zonder maalproeven, aan een voorspelling daarvan te wagen.

13.2. De literatuurlijst

- 13-1 Lowrison, G.C.; Crushing and grinding.
- 13-2 Siegert, Ing. H.; Wie können die teuren, importierten Brennstoffe Öl und Gas durch inländische Brennstoffe in der Ziegel- und keramischen Industrie ersetzt werden?
- 13-3 Folder Neypric; Broyeurs a marteaux.
- 13-4 Folder Aulmann; Prallspalter.
- 13-5 Folder Berger; Prallmühlen
- 13-6 Folder Pallmann; Hammermühlen
- 13-7 Folder Aubema; Prallspalter.
- 13-8 Folder Schortemeyer; Centrifugale slagmolens.

14. HET DROGEN VAN KOLEN

14.0. De inleiding

Over het algemeen hebben de aangevoerde kolen een vochtgehalte tussen de 4-8%. Voor het distributiesysteem over de vlamoven, maar vooral voor de doseerapparatuur, lijkt dit veel te hoog. Het terugbrengen van het vochtgehalte tot minder dan 1% is voor een goede storingsvrije werking van een fijnkolenstook-systeem noodzakelijk.

De meest simpele methode is het opslaan van de kolen in een overdekte ruimte en daar door natuurlijke droging het vochtgehalte terugbrengen. De natuurlijke droging kan versneld worden door de vloer in de droogruimte te verwarmen en/of over de kolen warme lucht te blazen. Dit systeem kost door de lange droogtijd veel ruimte. Het terugdringen van het vochtgehalte tot minder dan 1% lijkt voor boven-genoemde systemen echter moeilijk haalbaar. In de meeste gevallen gaat het om fijnkolen (immers die zijn het voordeligst). Hierdoor zal het drogen, maar vooral het transport daarna, een enorme stofboel veroorzaken.

Bovenstaand droogproces is geen continu droogproces en lijkt moeilijk te automatiseren en te beheersen.

Beter is het om een kolendroger in het stookstelsel op te nemen. Als eerste werd gedacht aan een gecombineerde droogmaalinstallatie, zoals gebruikelijk bij kolengestookte ketelininstallatie van elektriciteitscentrales. Deze droogmaalinstallaties komen in het volgende hoofdstuk aan de orde.

Bij het in de vorige hoofdstukken geëvalueerde kolenstookstelsel wordt geen transportlucht bij het verplaatsen van de kolen gebruikt, zodat alle drooglucht zal moeten worden afgescheiden. Hiervoor zijn dure stofvangers noodzakelijk.

Het drogen van de kolen vóór het malen lijkt dan ook aantrekkelijker. Immers de deeltjes zijn dan groter, terwijl het stofaandeel kleiner is.

Bij het drogen van kolen moet rekening gehouden worden met spontane ontbranding van de kolen. Hierdoor lijkt een direct gestookte luchtverhitter (olie of gas) af te raden, terwijl de maximaal toelaatbare temperatuur van de drooglucht betrekkelijk laag is. Om een indruk te krijgen, worden in Afb. 14-1 de veel toegepaste uitlaattemperaturen voor droogmaalinstallaties weergegeven.

Fuel	Exit temperature	
	°F	°C
Lignite	120-140	49-60
High-volatile bituminous	150	66
Low-volatile bituminous	150-175	66-80
Anthracite	200	93
Petroleum coke	200-250	93-121

Afb. 14-1 : Uitlaattemperaturen van droogmaalinstallaties.

Voor het drogen van kolen worden in de literatuur de volgende type drogers genoemd :

1. trommeldrogers
2. banddrogers
3. schroeftransporteurs als drogers
4. drogers zonder bewegende delen

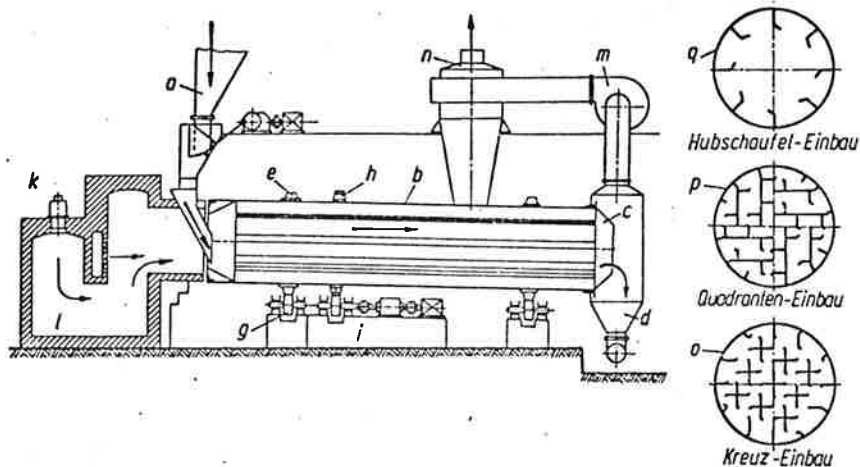
14.1. De trommeldroger

In z'n eenvoudigste vorm bestaat deze droger uit een meestal onder een kleine hoek ($6-10^\circ$) opgestelde, langzaam op rollen roterende (1-15 omw/min) trommel, waarin een (warme) luchtstroom wordt onderhouden. De afmetingen van de trommels variëren sterk. Diameters van 0,3 tot 5 meter en lengten van 1,5 tot 32 meter komen voor.

In de trommels zijn schoepen gemonteerd, die bij het voorwaarts transport het te drogen materiaal door de warme luchtstroom doen dwarrelen.

Zowel typen met gelijk gerichte als tegengestelde materiaal- en luchtstromen zijn uitgevoerd.

Het verwarmen van de lucht kan zowel m.b.v. direct gestookte luchtverhitters als met pijpen-luchtverhitters plaats vinden. Dit laatste heeft voor het drogen van kolen de voorkeur. In Afb. 14-2 is het principe van gelijkstroom trommeldroger met een voorgeplaatste directe luchtverwarmer.

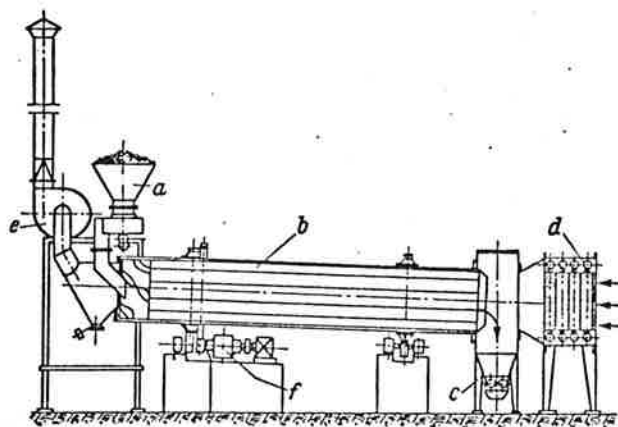


Riesel-Drehrohr Trockner, im Gleichstromverfahren arbeitend.

a Beschickungsvorrichtung; *b* Drehrohr; *c* Stauring; *d* Ausfallgehäuse; *e* Laufring; *g* Laufrolle; *h* Zahnkranz; *i* Antrieb; *k* Brenner; *l* Brennkammer; *m* Abgasventilator; *n* Staubabscheider; *o*, *p*, *q* Rieseleinbauten.

Afb. 14-2 : Gelijkstroom-trommeldroger.

Afb. 14-3 geeft een tegenstroom trommeldroger weer met een pijpen-luchtverhitter.



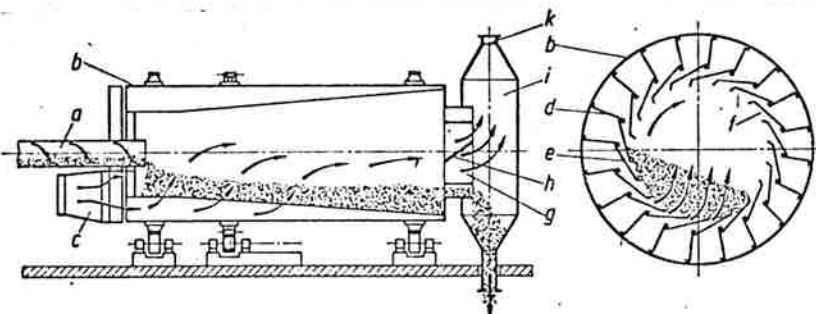
Riesel-Drehrohr Trockner, im Gegenstromverfahren arbeitend.

a Aufgabebunker mit Tellerspeiser; *b* Drehrohr mit Rieseleinbau; *c* Ausfallgehäuse; *d* Dampf-lufterhitzer; *e* Abluftventilator; *f* Antrieb.

Afb. 14-3 : Tegenstroom-trommeldroger.

Meestal wordt de ventilator voor het luchttransport na de trommeldroger opgesteld. De trommel staat dus onder een lichte onderdruk. Hierdoor wordt stofverspreiding tegengegaan. Het warmte-verbruik van deze droogtrommels ligt op 3500-4200 kJ per kg te verdampen water.

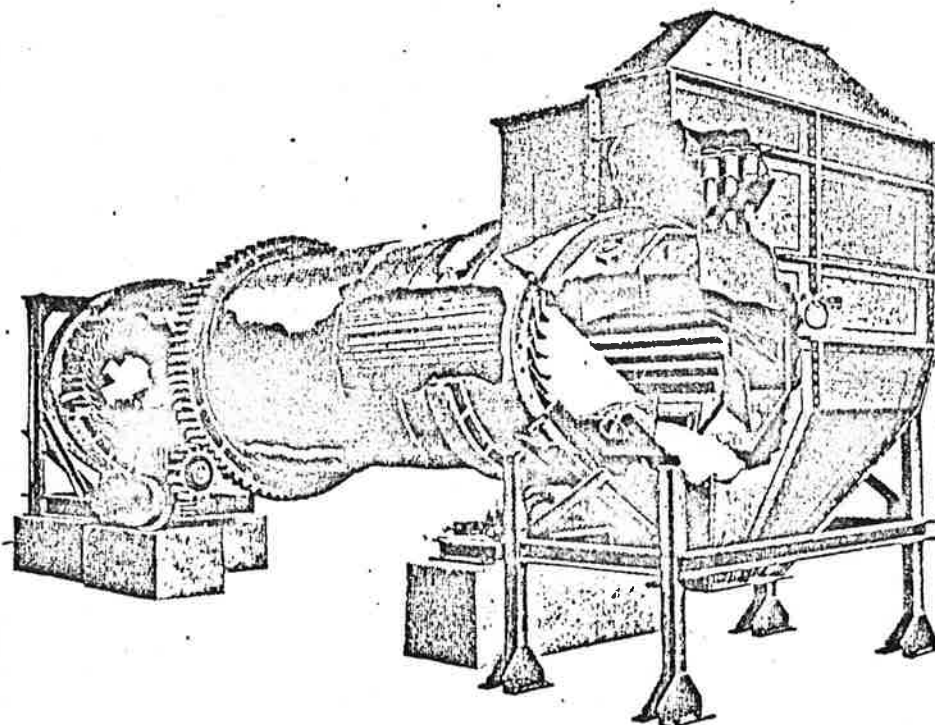
Een speciale uitvoering van droogtrommels is de z.g. Roto-Louvre-trommeldroger. In Afb. 14-4 en 14-5 wordt dit type droger weergegeven.



Durchström-Jalousie-Drehrohtrockner (Roto-Louvre-Trockner).

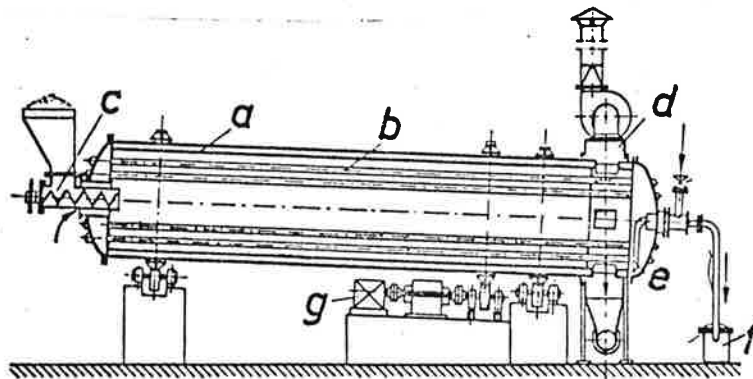
a Beschickungsschnecke; *b* Außenmantel; *c* Lufteinlaß; *d* radiale Leitbleche; *e* tangential Deckbleche; *f* Tangentialschlitze für den Luftdurchtritt; *g* Auslaßöffnung; *h* Stauvorrichtung im Auslaß; *i* Ausfallgehäuse; *k* Abluftstutzen.

Afb. 14-4 : De Roto-Louvre-trommeldroger.



Afb. 14-5 : De Roto-Louvre-trommeldroger.

De trommel bestaat uit een binnen- en buitengedeelte. Op het conische binnengedeelte, dat is opgebouwd uit schoepen van speciale vorm (zie linker doorsnede Afb 14-4), wordt het te drogen materiaal gedoseerd. Alleen de schoep-compartmenten, waarop materiaal ligt, worden door warme lucht angeblazen. De warme lucht, die tussen de schoepen door stroomt, komt intensief met het te drogen materiaal in beroering. Verder bestaan er nog speciale uitvoeringen, waarbij het materiaal en de drooglucht ook in de trommel worden verwarmd. Als eerste voorbeeld hiervan wordt Afb. 14-6 gegeven.



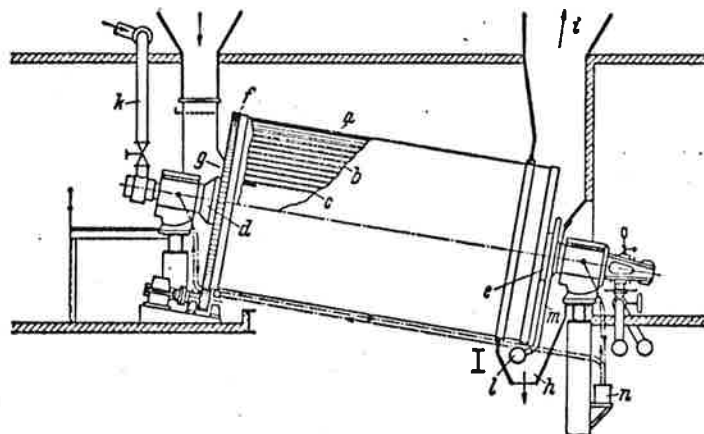
Röhrentrockner mit Dampfmantel a und Dampfheizrohren b im Innern der Trommel nach KRÖLL. c Aufgabeschnecke, d Ausfallgehäuse, e Kondensat-Schöpfrohr, f Kondenstopf, g Antrieb der Trommel

Afb. 14-6 : Droogtrommel met verwarmde mantel en pijpenrijen.

De trommel en de pijpenrijen erin worden d.m.v. heet water, stoom of een ander medium verhit. Het te drogen materiaal, dat in het centrum van de trommel wordt gedoseerd, komt telkens met de verwarmde vlakken in aanraking.

Als tweede en laatste voorbeeld wordt Afb. 14-7 gegeven.

In tegenstelling tot het type uit Afb. 14-6 wordt hier het te drogen materiaal in de pijpenbundels gedoseerd. Het warme medium stroomt om de pijpen heen. De pijpen hiervan bezitten aan de binnenzijde schroefvormige geleidingstrippen.



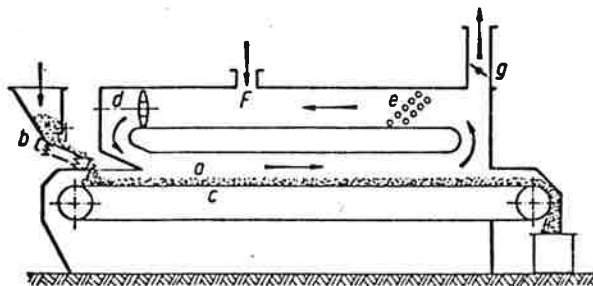
Schematischer Querschnitt durch einen Kontakt-Drehröhrentrockner.
a Zylinder; *b* Röhren; *c* Standrohr; *d, e* hohler Tragzapfen; *f* Zahnkranz; *g* Gutszufuhr;
h Ausfallgehäuse; *i* Brüdenschlot; *k* Dampfszufuhr; *l* Wassertopf; *m* Schlangenrohr; *n* Druck-
 öllumlauf.

Afb. 14-7 : Droogtrommel- het te drogen materiaal in pijpen-
 om pijpenbundels stroomt warm medium.

De capaciteit van zo'n droger ligt op 6 à 9 kg water per uur
 per m² pijp-oppervlak. Terwijl het warmteverbruik op ongeveer
 3.000 kJ per kg water ligt.

14.2. De banddroger

Met behulp van een meestal stalen (Sandvik) band kan ook een
 droogsysteem worden opgezet. In Afb. 14-8 is hiervan een een-
 voudig voorbeeld gegeven.



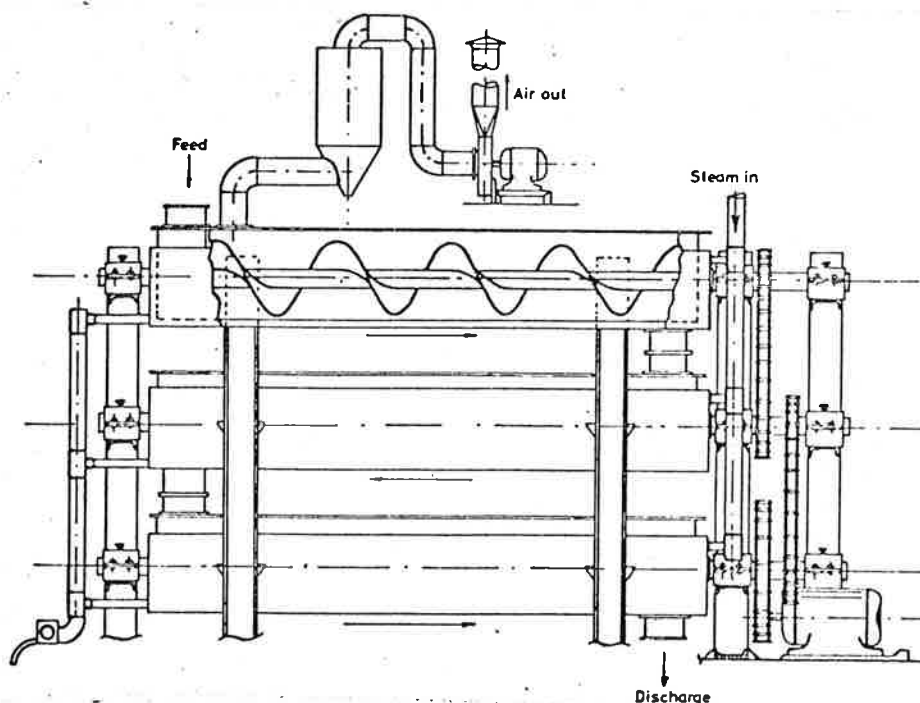
Überström-Förderbandtrockner, im Umluft-Gleichstromverfahren arbeitend.
a Gut; *b* Schwingaufgeber; *c* Förderband; *d* Ventilator; *e* Heizkörper; *f* Zuluftöffnung;
g Abluftrohr.

Afb. 14-8 : Een banddroger.

Aan de linkerzijde wordt m.b.v. een schutgoot het te drogen materiaal op de band gestrooid. Door het getekende droogstelsel met ventilator (d) en heater (c) wordt volgens het gelijkstroom-principe met materiaal gedroogd.

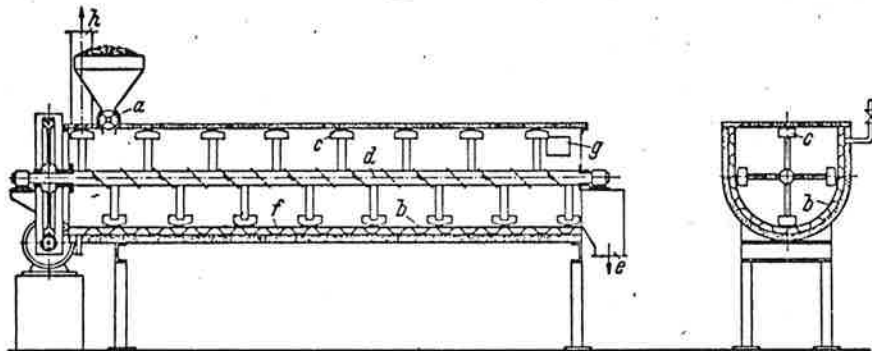
14.3. De schroeftransporteur als droger

Ook met behulp van een schroeftransporteur of een daarmee vergelijkbaar transportelement kan een droger worden gecreëerd. De eenvoudigste vorm hiervan is een wat wijde schroeftransporteur. Door de transporteur wordt meestal in tegenstroom warme lucht gezogen. Het door de schoepen opgeworpen materiaal komt met de drooglucht in aanmerking. Bij een wat meer gecompliceerde uitvoering wordt het huis van de transporteur m.b.v. warm-water of een ander medium verwarmd. Afb. 14-9 laat hier een uitvoering van zien. Hierbij is om een verkorte bouwvorm te verkrijgen de schroef in 3 boven-elkaar liggende stukken opgedeeld.



Afb. 14-9 : Schroeftransporteur als droger.

Afb. 14-10 geeft een wat betere oplossing weer.

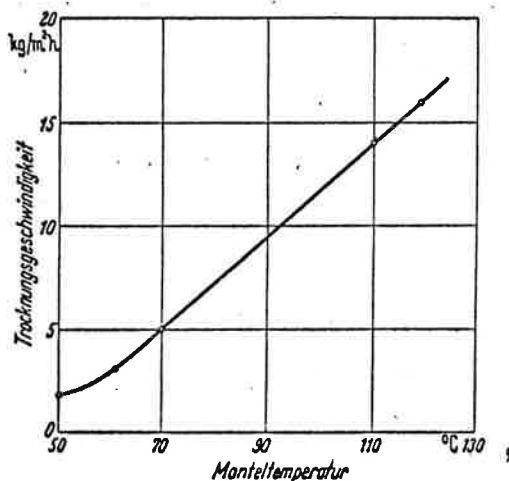


Kontakt-Schneckenrockner.

a Kapselwerk; b Trog; c Flügel; d Welle; e Ausfallstutzen; f Heizraum; g Frischlufteintritt; h Abluftrohr.

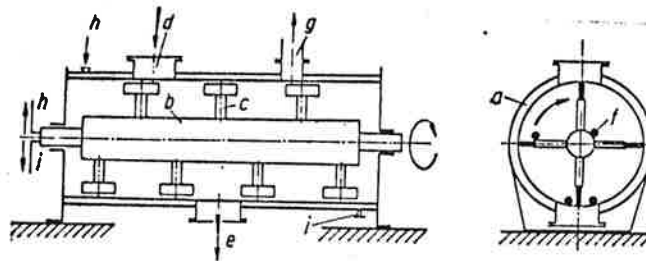
Afb. 14-10 : Schroefdroger.

De volle schroefbladen zijn vervangen door wat kleine drijvers. De drooglucht komt hierbij makkelijker met het te drogen materiaal in contact. Als richtlijnen voor de droogcapaciteiten van zulke drogers wordt Afb. 14-11 gegeven.



Afb. 14-11 : Droogcapaciteiten van de schroefdroger.

Het principe van een droger met een grotere droogcapaciteit wordt gegeven in Afb. 14-12. Niet alleen de wand van het huis maar ook de as, waaraan de drijvers zijn bevestigd, wordt hierbij verwarmd.



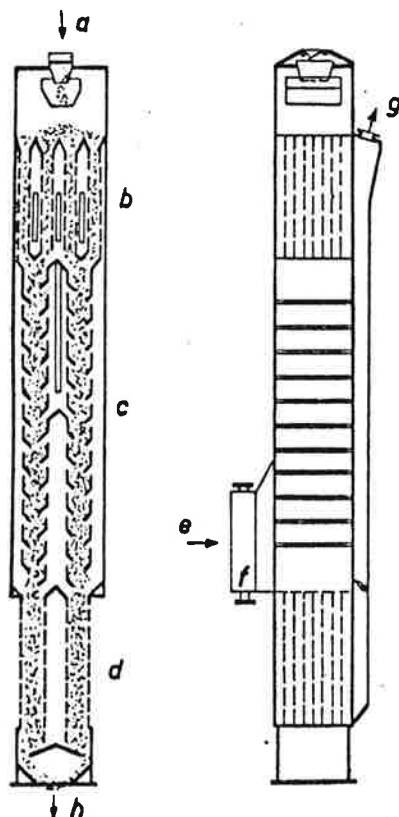
Kontakt-Schaufeltrog-Trockner (schematisch).

a Doppelwandiges, beheiztes Gehäuse; *b* Schaufelwelle; *c* Schaufelarme; *d* Guts-Einfüllöffnung; *e* Guts-Entnahmeöffnung; *f* Schlagrohr; *g* Abluftstutzen; *h* Heizdampfzufuhr; *i* Kondensatabfuhr.

Afb. 14-12 : Schroefdroger.

14.4. Droger zonder bewegende delen

Een voorbeeld van zo'n droger is weergegeven in Afb. 14-13.



Afb. 14-13 : De Bühler-droger.

BÜHLER-Trockner (Bauart E. Hupple & Sohn, Maschinenfabrik, Weißenhorn/Bayern). *a* Gutseintrag, *b* Vorwärmzone, *c* Trocknungszone, *d* Kühlzone, *e* Frischlufteintritt, *f* Heizregister, *g* Abluft, *h* Gutsaustrag

Aan de bovenzijde wordt het materiaal toegevoerd. Door haar eigen gewicht valt het materiaal via schoepen en geleidplaten omlaag. De valtijd kan m.b.v. kleppen onder in de droger worden geregeld.

De warme drooglucht kan langs en tussen de schoepen door strijken en zo met de kolen in contact komen.

Bij de beschrijving van het kolenstookstelsel onder punt 3.2. zijn we een dergelijk stelsel reeds tegengekomen.

Het stelsel lijkt goed bruikbaar om nootjeskolen te drogen maar fijnkolen zouden weleens problemen (verstoppingen) kunnen geven.

14.5. De literatuurlijst

- | | |
|------|--|
| 14-1 | Nonhebel, G. en Moss, A.A.H.; Drying of solids in the chemical industry. |
| 14-2 | Kneule, F.; Das Trocknen. |
| 14-3 | Kröll, K.; Trocknungstechnik. |
| 14-4 | Folder Buckau; Der dampfbeheizte Buckau-Wolf Röhrentrockner. |

15. HET ONTWERP VAN EEN EENVOUDIGE SPIRAALVOEDER EN DE HIERMEE UIT- GEVOERDE PROEVEN

15.0. De inleiding

Zoals reeds in de conclusies van hoofdstuk 10 staat vermeld, komen voor het continu en zonder lucht doseren van fijnkolen in vlamovens alleen trilgoten en doseerspiralen (= lint-schroeven) in aanmerking.

In het stadium van de studie, dat tot het ontwerpen van een spiraalvoeder werd besloten, lag de kostprijs van een bruikbare trilvoeder op circa f. 1100,--, terwijl voor een aangepaste spiraalvoeder circa f. 2500,-- werd berekend.

Na een globale oriëntering (paragraaf 15.1) leek het mogelijk om een eenvoudige spiraalvoeder te ontwerpen, die inclusief aandrijving (uiteraard bij afname van 80 stuks) nog geen f. 1100,-- per stuk behoefde te kosten.

Met de ontworpen spiraalvoeder, die door de technische staf van de Vakgroep W.B.M. op uitstekende wijze werd gemaakt, zijn enige proeven uitgevoerd, om een indruk te krijgen van de doseereigenschappen van zo'n spiraal.

15.1. Het ontwerp van de spiraalvoeder

Om het doseerapparaat zo goedkoop mogelijk te houden, is er bij het ontwerp van uitgegaan, dat de lagering van de uitgaande as van de aandrijvingsunit tevens dienst doet als lagering voor de spiraal. Immers de optredende krachten zijn zo gering, dat dit toelaatbaar lijkt.

Als uitgangspunt voor de doseerspiraal dient een standaard-spiraal, die door de firma Tevema uit A'dam in grote lengten wordt geproduceerd. Deze goedkope spiraal (f. 3,-- per meter) wordt o.a. door de firma Landwerk BV uit Veghel in een automatische voederinstallatie voor kippen toegepast.

De afmetingen van de spiraal zijn :

- buiten-diameter : $d_{bu} = 34 \text{ mm}$
- binnen-diameter : $d_{bi} = 19 \text{ mm}$
- spoed : $S = 34 \text{ mm}$
- dikte : $\delta = 3 \text{ mm}$

Theoretisch wordt door deze spiraal per één omwenteling voortgestuwd :

$$\frac{\pi}{4} \times (34^2 - 19^2) \times (34 - 3) = 19400 \text{ mm}^3 = 19,4 \text{ cm}^3.$$

Bij een stortgewicht van 0,8 gram per cm^3 en een vullingsgraad van 100% is dit : $19,4 \times 0,8 = 15,5$ gram per omwenteling.

Voor $10 \text{ kg/h} = \frac{10000}{60} = 167 \text{ gram/min}$ is theoretisch een toerental van : $\frac{167}{15,5} = 10,8 \text{ omw/min}$ vereist.

Voorlopig wordt de vullingsgraad op 60% geschat zodat het vereiste toerental : $10,8 \times \frac{100}{60} = 18 \text{ omw/min}$ wordt om 10 kg/h te doseren.

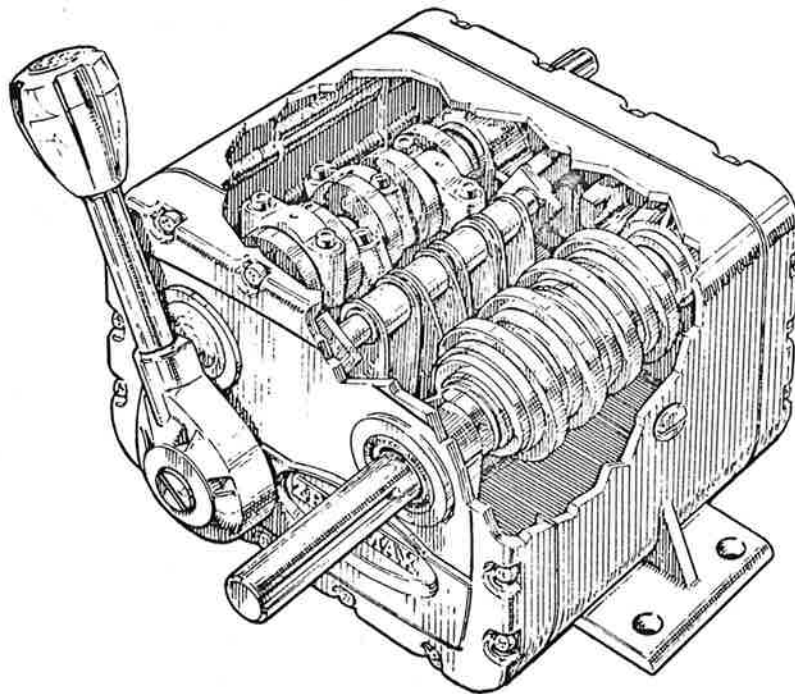
Als eerste wordt gedacht aan een individuele, continue aandrijving van elke doseerspiraal. Voor de selectie van bruikbare aandrijvingsunits voor deze doseerspiralen lijken de volgende punten belangrijk :

- een lage kostprijs
- een maximaal toerental van de uitgaande as $\approx 18 \text{ omw/min}$
- regelbaarheid van het toerental 1 : 6 lijkt voldoende
- af te nemen maximaal moment $< 10 \text{ Nm}$
- omgevingstemperatuur kan tot 45°C oplopen
- belasting zal bij een instelling niet veel variëren
- rendement van de totale aandrijving

Door bekende firma's in de aandrijftechniek zijn voor het hierboven beschreven aandrijvingsprobleem een aantal alternatieven geselecteerd, die hieronder systematisch worden weergegeven :

a. Mechanische variator

1. Riemvariator met aangebouwde reductiekast en electro-motor fabrikaat Framen (Transteco-Hilversum) ca. f:750,--.
2. Discovariator van fabrikaat Lenz met reductiekast en electromotor (Simplana Benelux-'s Hertogenbosch) circa f. 750,--.
3. Zero-max-variator met electromotor, haakse reductiekast en beveiliging tegen overbelasting (Technisch bureau Koppe-Wassenaar) circa f. 880,--. (Omdat deze variator in onze industrie-tak niet zo veel voorkomt is hiervan Afb. 15-1 opgenomen.



Afb. 15-1 : De Zero-max-variator.

b. Electrische variatoren

1. Gelijkstroom motorreductor van fabrikaat Sirem (van Gelder Compagnie-R'dam) circa f. 600,--.
2. Parvalux motorreductor met thyristorregeling (Vector Aandrijftechniek- R'dam) circa f. 550,--.

c. Hydraulische variatoren

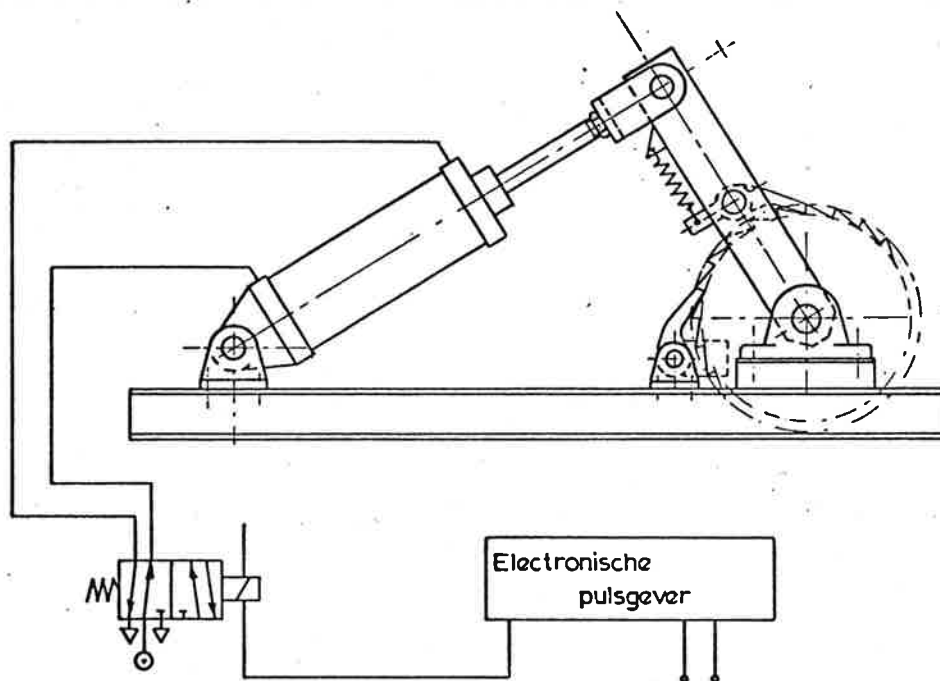
In het algemeen zijn hydraulische variatoren voor dit geval erg duur. De goedkoopste hydraulische oplossing voor dit aandrijfprobleem wordt gevormd door de z.g. overstortregeling, die zeker nog f. 1500,-- per aangedreven spiraal kost. Hierbij dient nog te worden opgemerkt, dat deze oplossing gepaard gaat met grote arbeidsverliezen.

d. Pneumatische oplossing

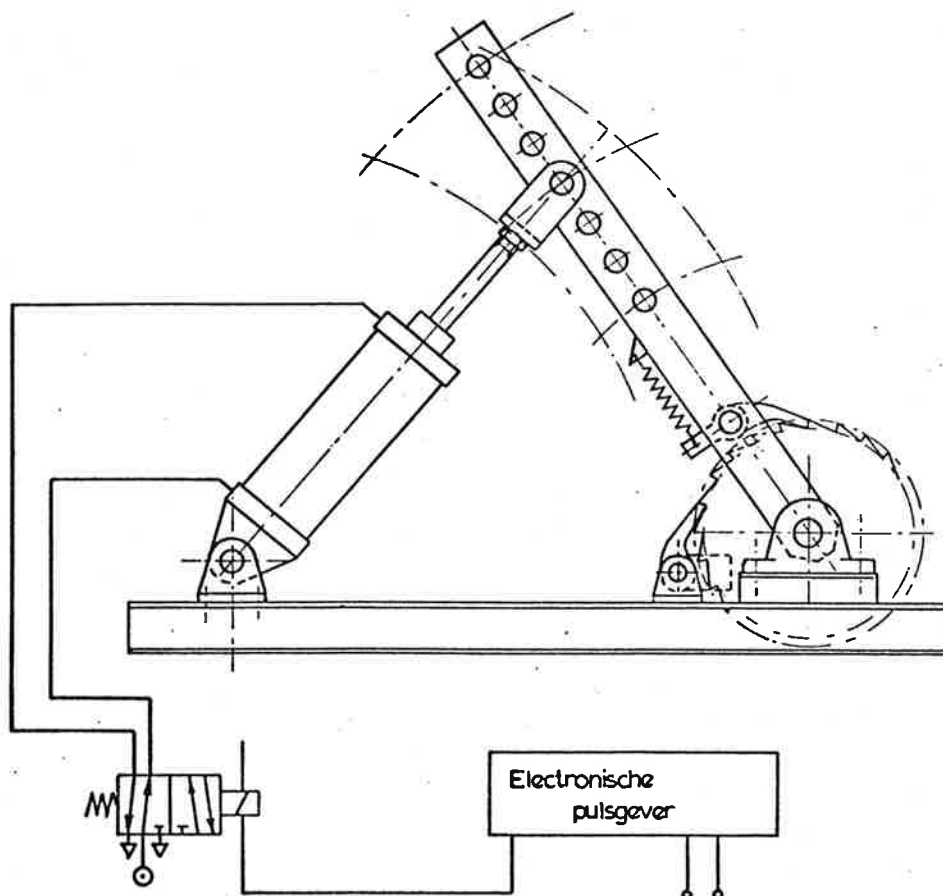
Ook met lucht-motoren kan een toerental-variatie bereikt worden. Doch om een goede regeling te verkrijgen moeten de motoren dan rond de 1500 omw per minuut lopen. Hierdoor is dus een tussenkoppeling van een reductiekast met een grote overbrengingsverhouding noodzakelijk. Dit maakt deze oplossing erg kostbaar.

Naast de continue aandrijving van de spiraalvoeders kan ook gedacht worden aan een intermitterende aandrijving van de spiralen. Doch hierbij zij opgemerkt, dat dit in hoofdstuk 8 door de hogere stralingsintensiteit tijdens de doseerperioden minder gunstig werd beoordeeld.

Als voorbeeld van de discontinue aandrijfsystemen worden in Afb. 15-2, 15-3 en 15-4 enige principe-oplossingen gegeven.



Afb. 15-2 : Intermitterende aandrijving van de doseerspiralen met geheel electronische capaciteitsregeling.



Afb. 15-3 : Intermitterende aandrijving van de doseerspiralen met slagverstelling.

Opgemerkt wordt, dat bij alle voorbeelden de spiraal een eigen lagering moet hebben. Afb. 15-2 geeft een aandrijfsysteem met luchtcilinder en palwerk weer. Elke aandrijvingsunit heeft een electronische pulsgever, waarop de pauzetijd kan worden ingesteld. Bij Afb. 15-3 is gedacht aan slechts één electronische pulsgever voor 5 samengebouwde doseerapparaten. De individuele capaciteitsregeling wordt door de hefboom-verstelling verkregen.

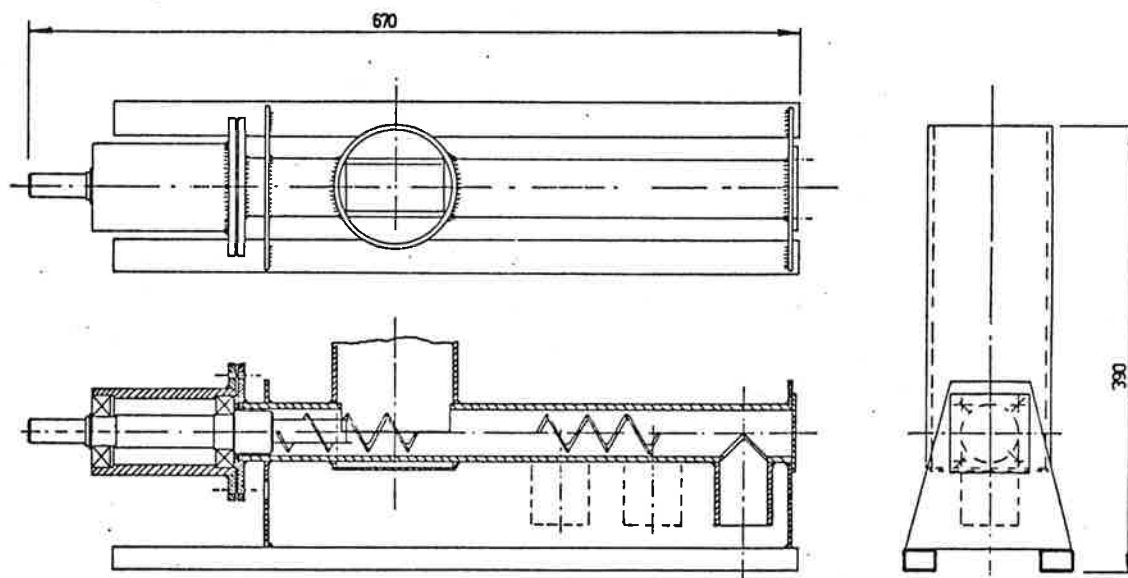
Bij Afb. 15-4 worden 5 doseerapparaten via een pendelende tussenas door een motorreductor aangedreven. De capaciteitsverstelling is in dit schema traploos gedacht.

Ook een hefboom-verstelling, zoals weergegeven in Afb. 15-3 is denkbaar.

In plaats van de ratelende palwerken kan natuurlijk ook gedacht worden aan vrijloopkoppelingen.

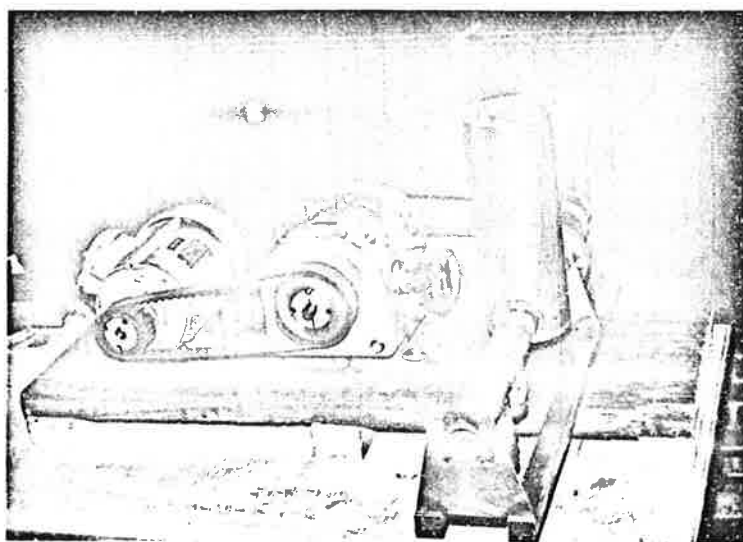
Door de betrekkelijk lage prijzen van de bruikbare, continue aandrijvingen voor de doseerspiralen lijken de bij discontinue systemen te behalen besparingen niet op te wegen tegen de nadelen ervan.

Daar bij S.T.C.Waalsteen en ook in het laboratorium van de Vakgroep W.B.M. geen bruikbare aandrijvingsunit aanwezig was, werd toch een proto-type van een spiraalvoeder ontworpen met een eigen lagering. Om het eind-ontwerp te benaderen werd de lagering van één zijde samengebouwd. Immers in de praktijk zal de spiraal met een bus op de uitgaande as van de vertragingskast worden geklemd, zodat de lagering van deze uitgaande as tevens als lagering voor de spiraal dienst doet. Op de plaats, waarop in dit model het huis met de lagering van de spiraal is gemonteerd, kan bij de echte oplossing de aandrijfunite (met een pasflens) worden bevestigd. Voor de onder paragraaf 15.2 beschreven proeven werd dit proto-type van de spiraalvoeder, die voor de technische staf van de Vakgroep W.B.M. keurig werd gemaakt, m.b.v. een tandriem door een hydraulische variator aangedreven.



Afb. 15-5 : Spiraalvoeder met lagering.

Op haar beurt werd deze variator weer aangedreven door een electromotor. Het geheel was op een simpel houten frame gemonteerd. Afb. 15-6 laat er een foto van zien.

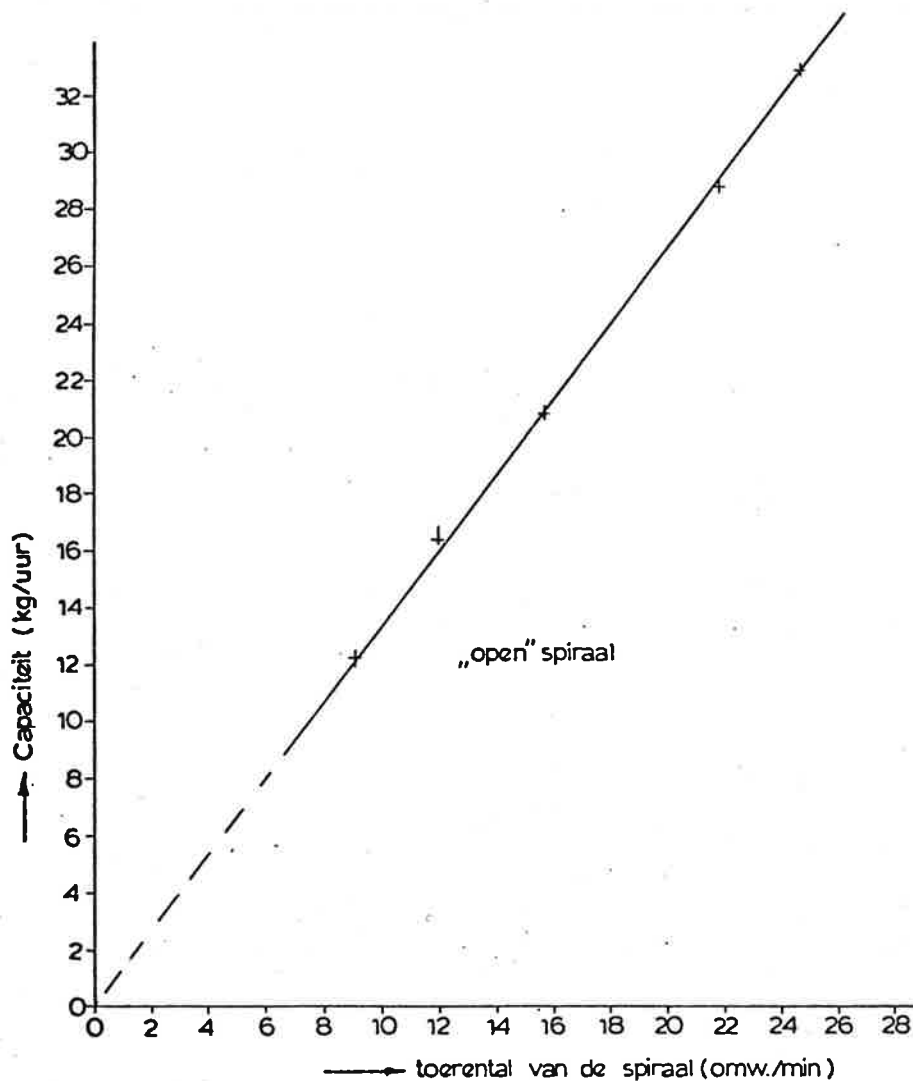


Afb. 15-6 : Het proto-type van de spiraalvoeder.

15.2. De proeven met het proto-type van de spiraalvoeder

Om een indruk in de doseereigenschappen van dit proto-type te verkrijgen werden enige capaciteitsmetingen verricht. De gevolgde meetmethode was dezelfde als toegepast bij de capaciteitsmetingen aan een A.E.G.-trilgoot, beschreven in paragraaf 8.3.

De resultaten van de eerste metingen worden door Afb. 15-7 weergegeven.



Afb. 15-7 : Meetresultaten aan het proto-type van de spiraalvoeder.

Bij de verschillende toerentallen van de spiraal waren de doseercapaciteiten, afgeleid uit de gemeten tijdintervallen voor vaste massa-hoeveelheden fijnkolen (0-2,0 mm), goed constant. De geconstateerde onregelmatigheden in de dosering lagen binnen $\pm 3\%$ van de doseercapaciteit. Doch bij toerentallen lager dan 18 omw/min. kan binnen de meetintervallen een zekere discontinuïteit in de capaciteit worden opgemerkt, die echter bij de gebruikte meetmethode niet in getalwaarden kon worden uitgedrukt.

Uit de meetresultaten kan worden afgeleid, dat per omwenteling 22,3 gram fijnkolen wordt gedoseerd.

In paragraaf 15.1 is theoretisch afgeleid, dat per omwenteling $19,4 \text{ cm}^3$ wordt voortgeschroefd. Met een stortgewicht voor de fijnkolen van $0,8 \text{ g/cm}^3$ kan hieruit een vullinggraad (a_1) worden berekend :

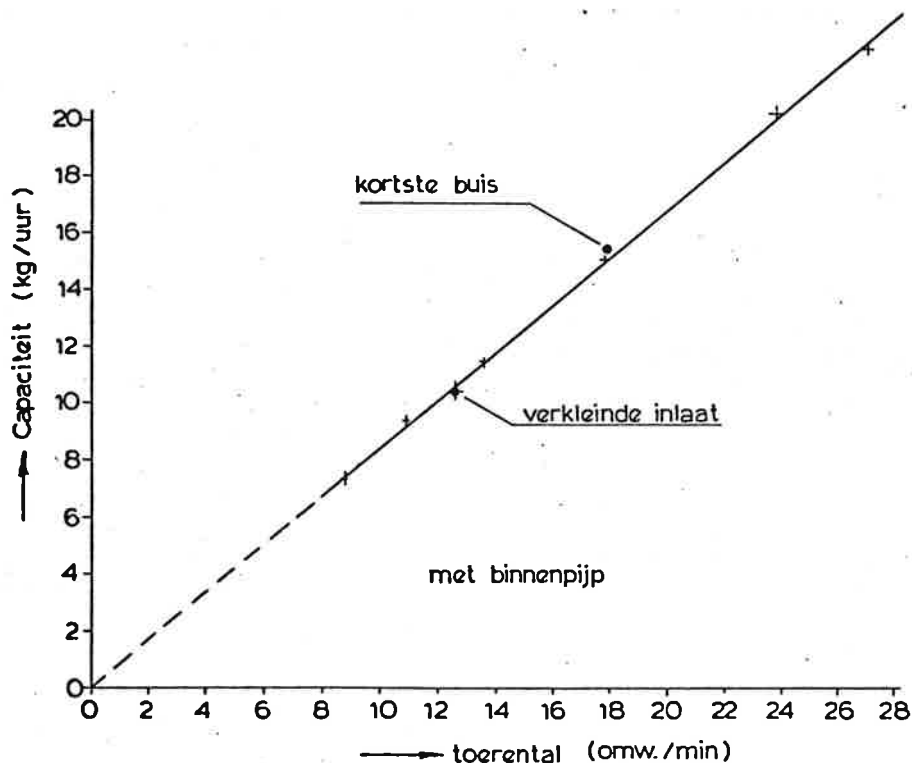
$$a_1 = \frac{22,3}{0,8 \times 19,4} = 1,44 \text{ of } 144 \%$$

Wordt echter met de gehele doorsnede van de buis, waarin de spiraal draait, gerekend dan is de vulling (a_2) :

$$a_2 = \frac{22,3}{0,8 \times \frac{\pi}{4} \times 4,0^2 (3,4 - 0,3)} = 0,72 \text{ of } 72\%$$

Om het toerental van de voeder bij de gewenste capaciteit van 10 kg/uur te verhogen en daarmee ook de gelijkmatigheid van het doseren te verbeteren, is in de "open" spiraal een goed passende pijp aangebracht. Met deze gewijzigde spiraalvoeder werden wederom capaciteitsmetingen doorgevoerd. De resultaten worden in Afb. 15-8 weergegeven.

Opmerkelijk was het beduidend slechter centreren van de gewijzigde spiraal. Door de ingebrachte pijp is natuurlijk de buigzaamheid van de spiraal voor een groot gedeelte verdwenen.



Afb. 15-8 : Meetresultaten aan proto-type met gewijzigde spiraal.

Uit de meetresultaten, afgebeeld in Afb. 15-8 kan een gedoseerde hoeveelheid per omwenteling van 14,1 gram worden afgeleid. Met een stortgewicht voor de fijnkolen (0-2,0 mm) kan hieruit een vullingsgraad van de schroef worden berekend :

$$a_1 = \frac{14,1}{0,8 \times \frac{\pi}{4} (d_{bu}^2 - d_{bi}^2) (S-\delta)} = \frac{14,1}{0,8 \times \frac{\pi}{4} \times (3,4^2 - 1,9^2) (3,4 - 0,3)} =$$

0,91 of 91%.

Wordt met de totale doorsnede, die door het te transporteren materiaal kan worden ingenomen, gerekend dan is de vullingsgraad :

$$a_2 = \frac{14,1}{0,8 \times \frac{\pi}{4} \times (4,0^2 - 1,9^2) (3,4 - 0,3)} = 0,58 \text{ of } 58\%.$$

Het verkorten van de voedingsbuis en het verkleinen van de inlaatopening tot $50 \times 40 \text{ mm}^2$ lijken nauwelijks van invloed op de gedoseerde hoeveelheid fijnkolen. De resultaten van de metingen hiervan zijn in Afb. 15-8 opgenomen.

Volgens opgave van de firma Tevema uit A'dam, de leverancier van de doseerspiraal, is het mogelijk de buitendiameter van de spiraal, vervaardig uit hun standaard-materiaal 7×3 met afgeronde hoeken, tot minimaal 32 mm terug te brengen. De spoed kan zonder problemen tot 15 mm worden verkleind. Wordt voor de binnendiameter van de buis, waarin de spiraal ronddraait, 34 mm genomen, dan kan uitgaande van de resultaten van de eerste meetserie het toerental van die spiraal voor het doseren van 10 kg/h worden berekend :

$$n = \frac{10.000/60}{0,8 \times 0,71 \times \frac{\pi}{4} \times 3,4^2 (1,5-0,3)} = 26,9 \text{ omw/min.}$$

Dit toerental lijkt groot genoeg om een gelijkmatige dosering te verkrijgen. Wordt 18 omw/min. als ondergrens voor een goede gelijkmatigheid van de dosering aangehouden, dan kan de capaciteit met behoud van deze goede gelijkmatigheid tot :

$$\frac{18}{26,9} \times 10 = 6,7 \text{ kg/h worden teruggeregeld.}$$

15.3. De conclusies

Uit de resultaten van de proeven is komen vast te staan, dat het mogelijk is een eenvoudige spiraalvoeder te ontwerpen, die gelijkmatig voedt. Het toerental van de spiraal moet dan echter hoger zijn dan ongeveer 18 omw per minuut.

Voor de gewenste capaciteit van 10 kg per uur zou met een spiraal van de volgende afmetingen een goede en goedkope voeder kunnen worden gebouwd :

- buitendiameter : 32 mm
- materiaal 7 x 3 met afgeronde hoeken
- spoed : 15 mm

De kostprijs voor zo'n spiraalvoeder wordt op ongeveer f.1100,-- geschat.

In verband met het ontdekken van een goedkope trilvoeder, ca. f. 390,-- per stuk, leek echter het verder ontwikkelen van zo'n spiraalvoeder niet meer zinvol.

16. EEN COMPLETE KOLENSTOOKINSTALLATIE VOOR EEN STANDAARD-VLAMOVEN EN HAAR RENTABILITEIT

16.0. De inleiding

In paragraaf 16.1 wordt een beschrijving gegeven van een complete kolenstookinstallatie voor een standaard-vlamoven.

Het hoofddeel van de installatie stemt overeen met de conclusies uit de voorgaande hoofdstukken.

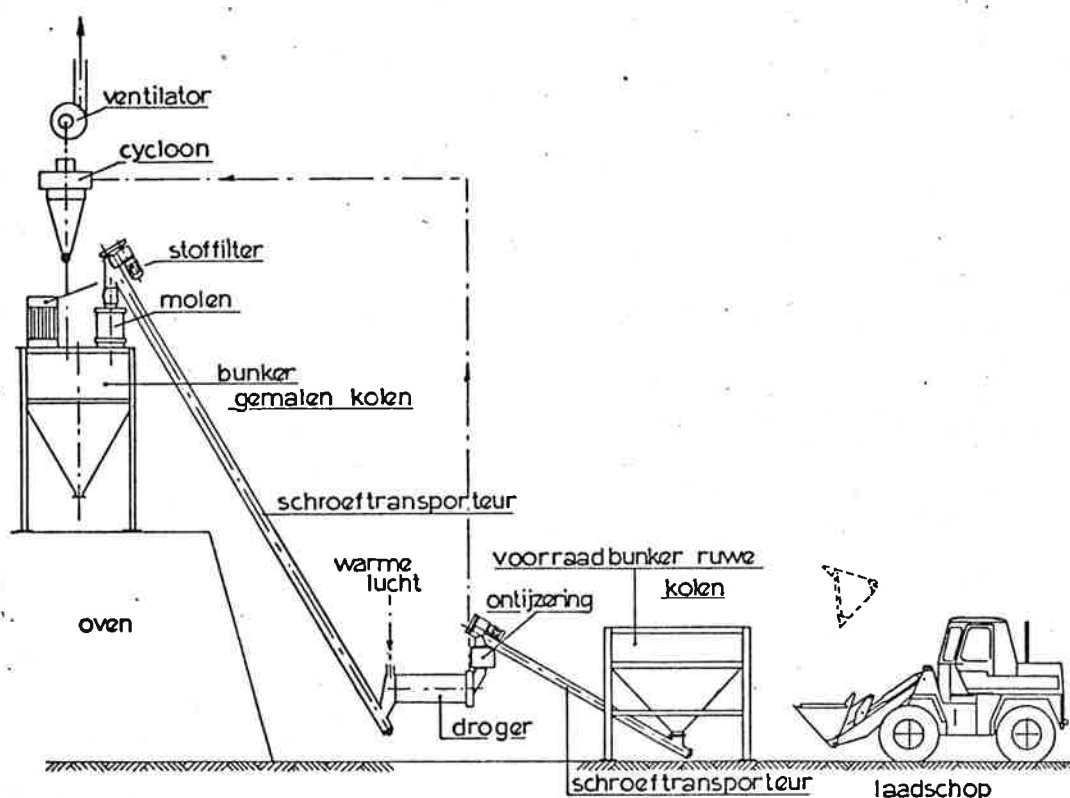
Na het opstellen van een begroting voor een dergelijk stookstelsel in paragraaf 16.2, worden in paragraaf 16.3 de extra kosten opgesomd, die dit stookstelsel met zich mee brengt.

Tot slot wordt de rentabiliteit van de noodzakelijke investering voor een dergelijke installatie bekeken.

16.1. Een beschrijving van een complete kolenstookinstallatie voor een "standaard"-vlamoven

Bij het opzetten van het kolen-aanvoer gedeelte van de installatie is ervan uitgegaan, dat op de betreffende steenfabriek reeds voor intern-transport van zand en/of klei een laadschop aanwezig is. Met dezelfde laadschop kunnen dus ook kolen van de opslag (liefst overdekt) naar een voorraadbunker voor ruwe kolen worden gebracht.

Een inhoud van die voorraadbunker van circa 9 m^3 lijkt groot genoeg. Immers 9 m^3 is ongeveer 16 à 17 uur productie-capaciteit, zodat het niet nodig is de bunker 's nachts bij te vullen. Om ook in het weekend (± 64 uur) de voorraadbunker niet te behoeven bij te vullen is een inhoud van circa 36 m^3 vereist. Doch indien de stokers zelfs de loader kunnen bedienen, kan zelfs met een zeer kleine bunker worden volstaan. Bij deze opzet wordt uitgegaan van een voorraadbunker met een inhoud van 9 m^3 .



Afb. 16-1 : Het bevoorradingsgedeelte van de kolenstookinstallatie.

Om de ruwe kolen vanuit de voorraadbunker in de droogtrommel te doseren en vanuit de droger naar de maalinrichting te brengen bestaan vele mogelijkheden. De individuele omstandigheden, vooral de mogelijke opstellingsplaatsen, variëren van fabriek tot fabriek zo sterk, dat hiervoor geen algemeen geldende oplossing kan worden gegeven.

In de hier verder beschreven kolenstookinstallatie wordt uitgegaan van een aanvoer-schema zoals weergegeven door Afb. 16-1. Vanuit de voorraadbunker worden de kolen met een robuuste schroeftransporteur in een trommel- of schroefdroger gedoseerd. Tussen de uitloop van de schroeftransporteur en de materiaal inlaatopening van de droger is een ontijzeringsmagneet opgenomen, om de rest van de installatie tegen ernstige beschadigingen te beschermen.

De warme lucht, die in dit geval in tegenstroom door de droogtrommel stroomt, kan uit de koelzone van de oven worden afgezogen of d.m.v. een met aardgas of kolen gestookte mengluchtverhitter worden opgewekt. De vlammen mogen in geen geval met de kolen in aanraking komen.

Via een cycloon voert een ventilator de drooglucht door een schoorsteen naar buiten af. De in de cycloon afgescheiden kolen kunnen met behulp van een doseersluis in de bunker voor gemalen kolen worden gebracht.

Vanuit de droogtrommel worden de kolen onder een steile hoek (60°) met behulp van een schroeftransporteur opgevoerd naar de maalinrichting.

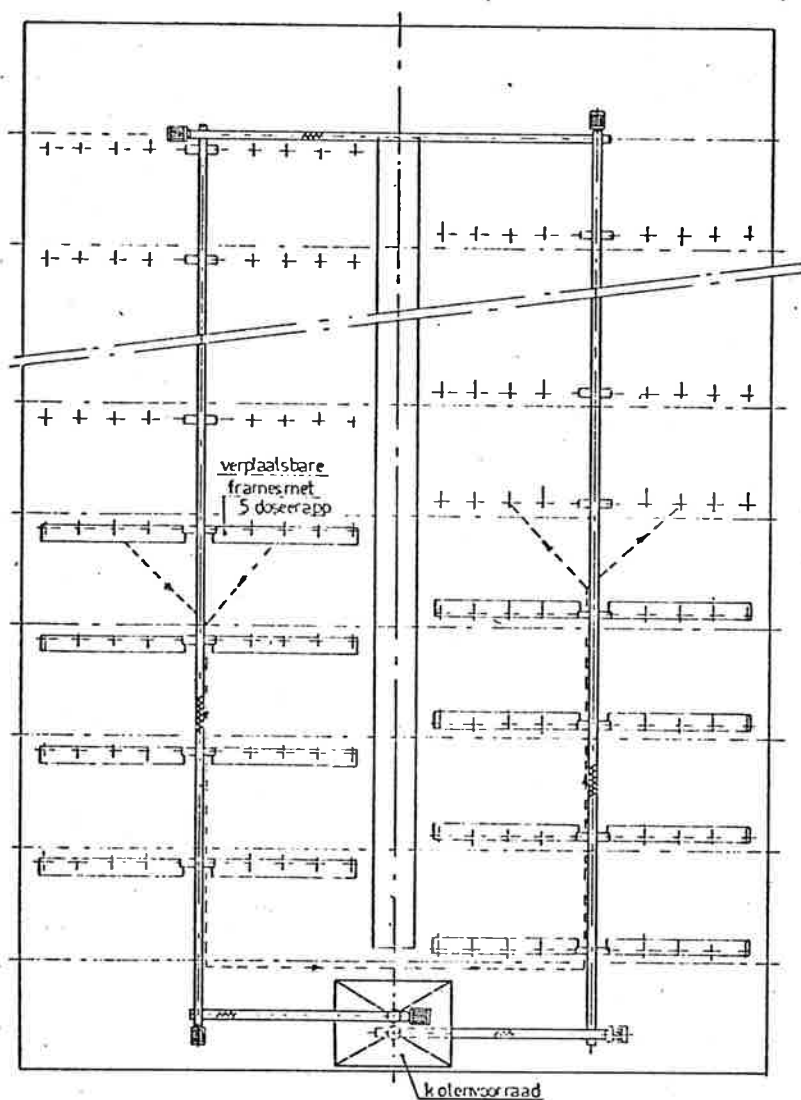
De molen (meestal een hamermolen) is samen met het stoffilter bovenop een voorraadbunker met gemalen kolen gemonteerd.

Door het stoffilter worden de fijne kolendeeltjes uit de luchtstroom, die door de ronddraaiende rotor(s) is ontstaan, afgescheiden.

De inhoud van de bunker voor de gemalen kolen heeft in principe niet groot te zijn. Circa $2 \text{ à } 3 \text{ m}^3$ lijkt voldoende. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat deze inhoud het tijdsbestek bepaald, waar binnen reparaties aan aanvoer-, droog- en maalstelsel moeten worden uitgevoerd.

Vanuit de bunker met de gemalen kolen worden de kolen met behulp van z.g. spiraaltransporteurs in een gesloten, recht-hoekig circuit (zie Afb. 16-2) over de oven gevoerd.

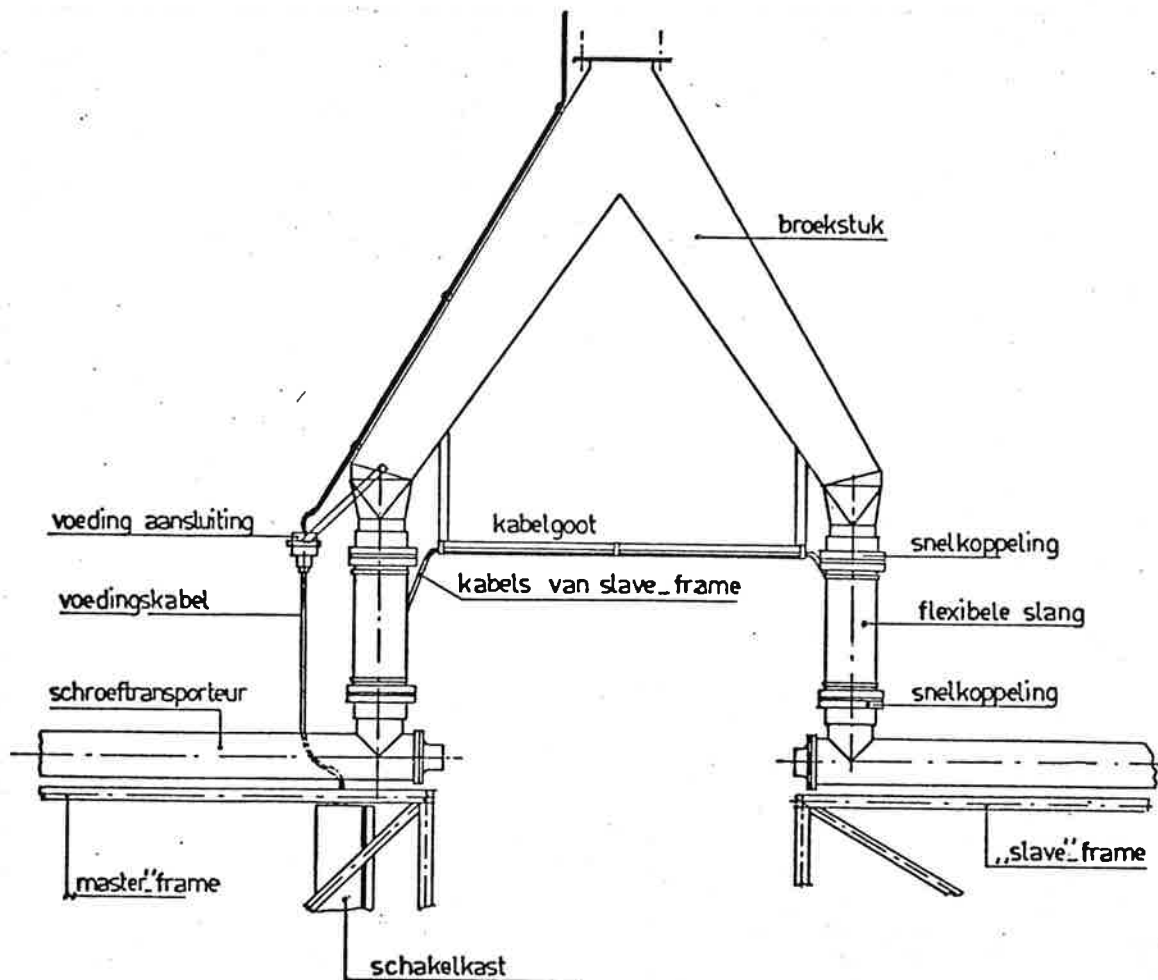
Door de proeven met de doseerspiraal (zie hoofdstuk 15) is het duidelijk geworden, dat de spiraaltransporteurs zeker niet leeg mogen ronddraaien. Immers het te transporteren materiaal (in dit geval fijnkolen) is de eigenlijke lagere van de spiraal. Bij het ontbreken van dit materiaal loopt de spiraal aan in het huis, wat resulteert in grote slijtage.



Afb. 16-2 : Een gesloten, rechthoekig distributie-circuit voor het fijnkolen-transport over een "standaard"-vlamoven.

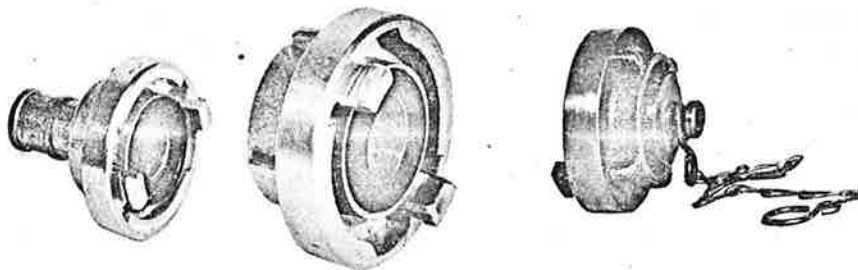
Om het leeg draaien van de spiraaltransporteurs te voorkomen, worden bij de overstortplaatsen, aan het einde van de transporteurs kleine tussenbunkertjes met een minimum nivo-detektie opgenomen. Deze nivo-detektie stopt en start de volgende spiraaltransporteur.

De beide circa 56 meter lange transporteurs liggen over de middens van de vlamovenkamers. Boven alle 28 stookrijen van de vlamoven zijn in die lange spiraaltransporteurs aftakopeningen aangebracht. Onder deze openingen zijn afsluitbare kleppen en broekstukken gemonteerd. Elk broekstuk heeft 2 aankoppelpunten. Hieraan kunnen m.b.v. een flexibel tussenstuk, met aan beide zijden snelkoppelingen de verdeelinrichtingen voor de fijnkolen over de vlamovenkamer worden vastgemaakt. Afb. 16-3 geeft dit weer.



Afb. 16-3 : Het broekstuk en de flexibele tussenstukken met de snelkoppelingen.

Als flexibel tussenstuk zou een slijtvaste rubberslang dienst kunnen doen. Een voorbeeld hiervan is de Abrassa-slang van de firma Eriks. Terwijl bijvoorbeeld Storz-koppelingen voor het snel en probleemloos aankoppelen van deze tussenstukken zouden kunnen dienen. Afb. 16-4 laat een Storz-koppeling en de bij te leveren afsluitkappen zien.

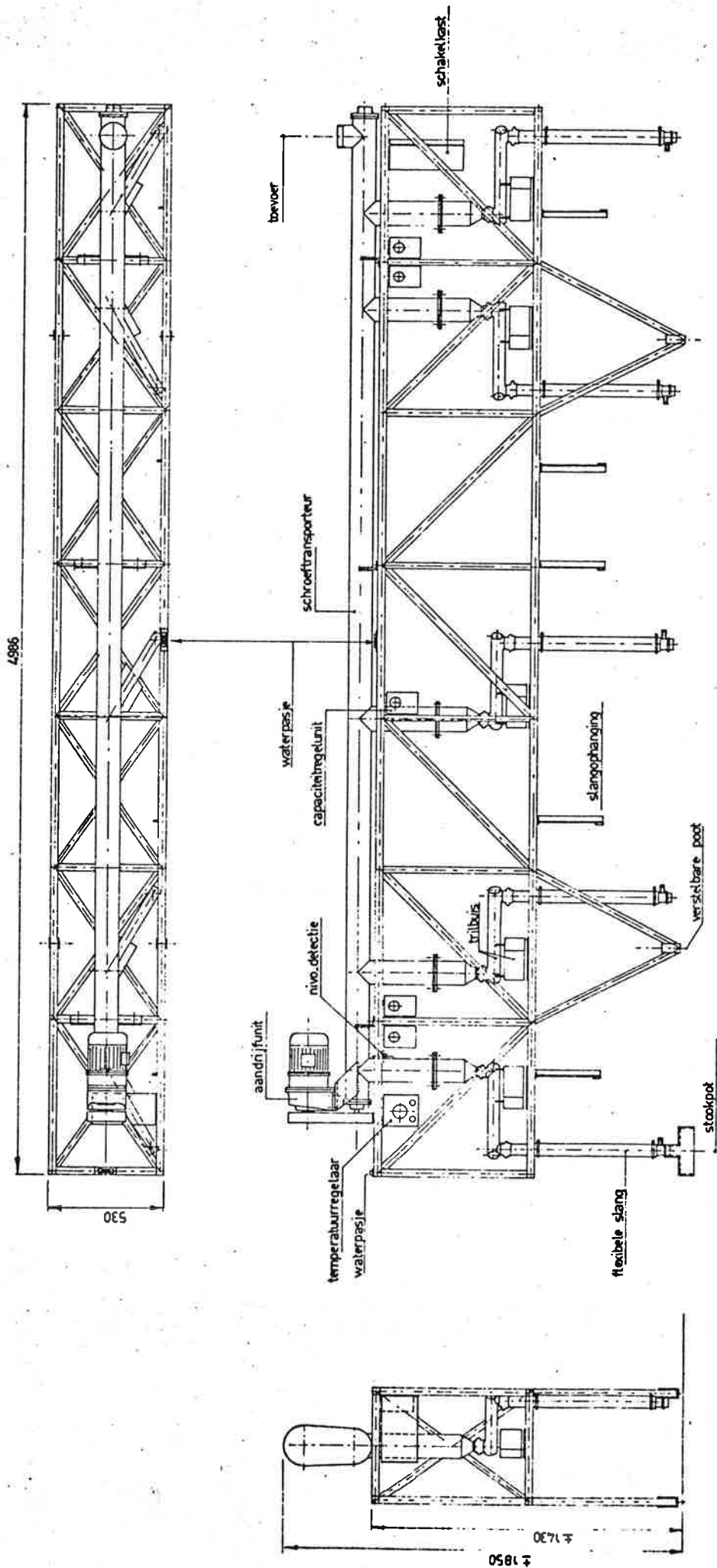


Afb. 16-4 : De z.g. "Storz"-koppeling.

Vanuit het broekstuk tussen de 5^e en 6^e stookpot van de vlamovenkamer voorzien 2 schroeftransporteurs naar links en rechts ieder 5 doseerapparaten van kolen. Een "standaard"-vlamoven heeft immers 10 stookpotten (= brandstof toevoergaten).

Op grond van de lage kostprijs (+ f. 390,-) is hier toch voor de buisvormige trilvoeder van Eriez gekozen. Voordat de uiteindelijke beslissing over de aanschaf hiervan kan worden genomen, moeten echter ook deze trilvoerders nog worden beproefd. Doch naar aanleiding van de metingen aan een andere trilgoot (zie hoofdstuk 8) zien wij de resultaten hiervan optimistisch tegemoet. Afb. 16-5 laat de Eriez-trilbuis zien. Zowel de inlaat- als de uitlaatopening van de trilbuis zijn met rubber manchetten luchtdicht afgesloten.

Telkens zijn 5 doseerapparaten met de bovenliggende vulinrichting (schroeftransporteur en nivo-detectie) samen gebouwd in een stabiel buizen-frame.



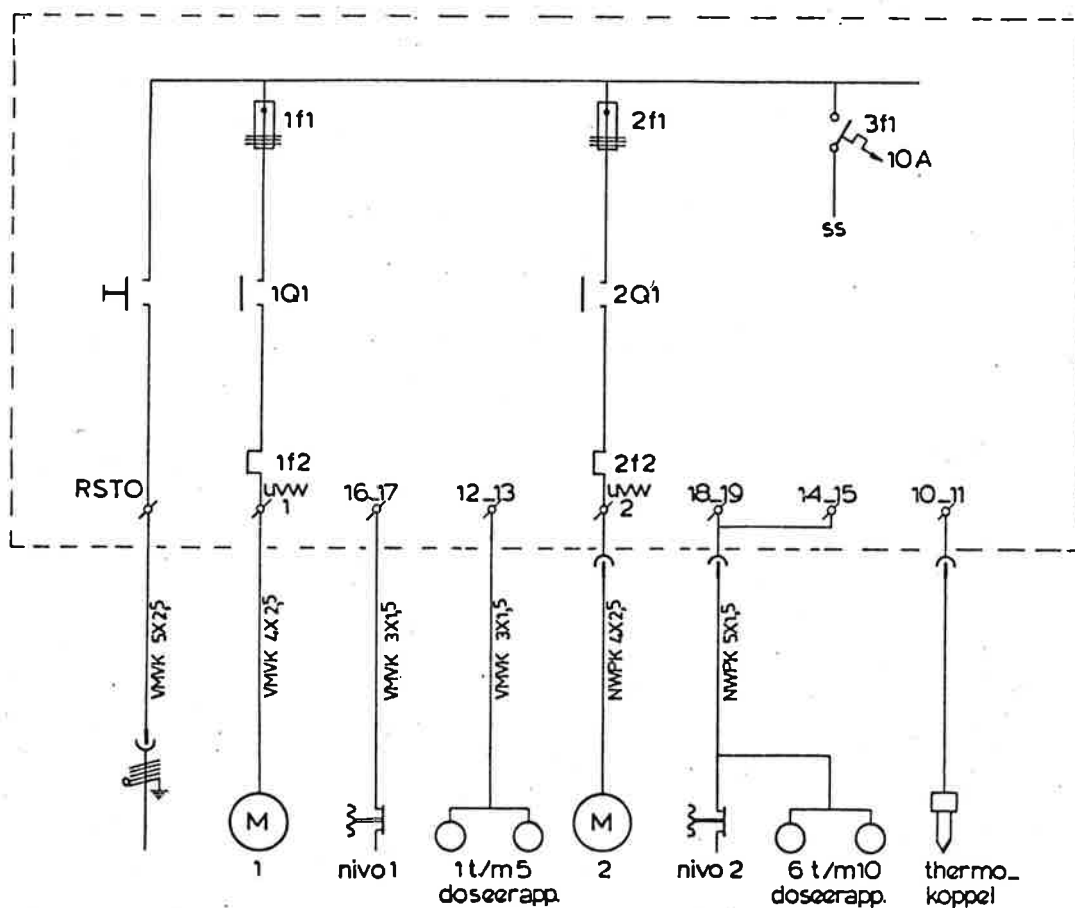
Afb. 16-6 : Het verplaatsbaar "master"-frame met 5 doseerapparaten.

Door instelbare tijdrelais worden de vulcycli op gang gebracht. Achtereenvolgens worden de voorraadbuisen boven de trilvoeders door de schroeftransporteur gevuld, totdat in de laatste buis de nivo-detectie de schroef uitschakelt.

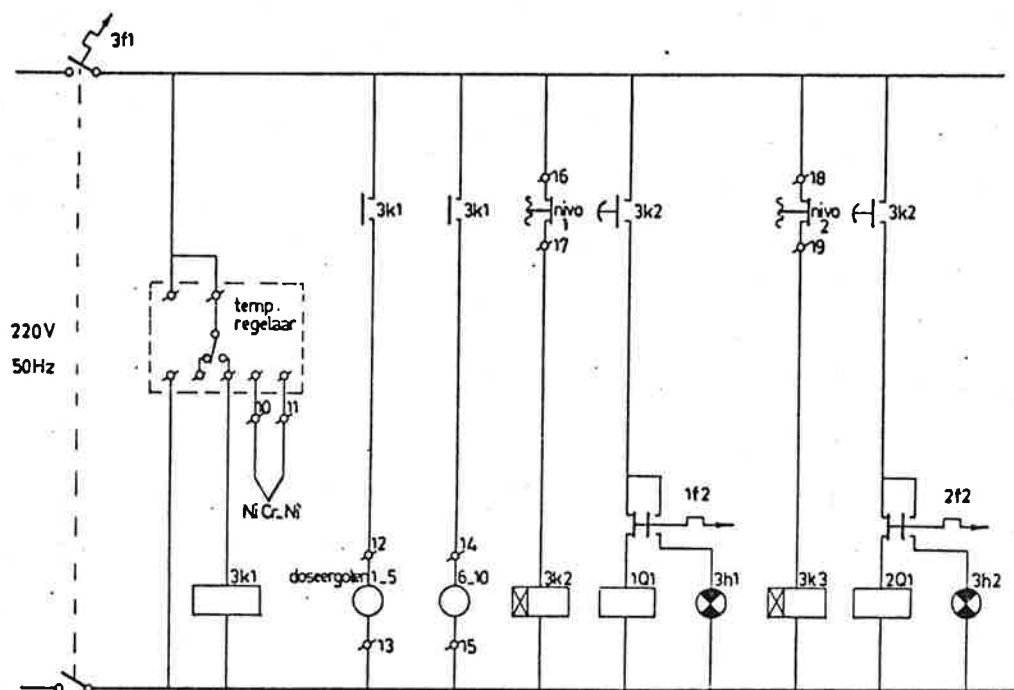
De individuele capaciteit van de trilbuizen kan met een potentiometer worden versteld.

De temperatuurregeling m.b.v. één NiCr-Ni-thermokoppel per vlamovenkamer schakelt de stroomvoorziening naar de doseerapparaten in of uit.

In Afb. 16-7 en Afb. 16-8 zijn respectievelijk het hoofdstroom- en stuurstroomschema t.b.v. de beide frames weergegeven.

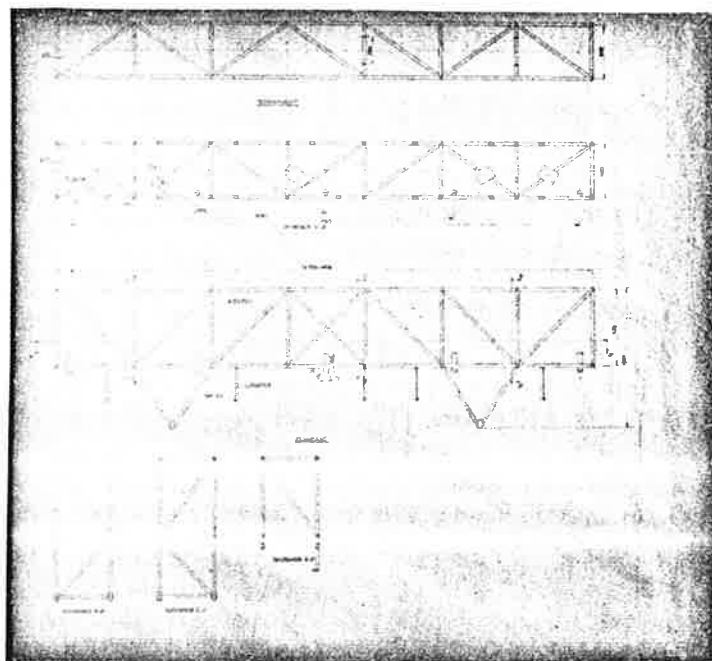


Afb. 16-7 : Het hoofdstroom-schema van de verplaatsbare frames.



Afb. 16-8 : Het stuurstroom-schema van de verplaatsbare frames.

Afb. 16-19 geeft de tekening weer van het buizenframe.



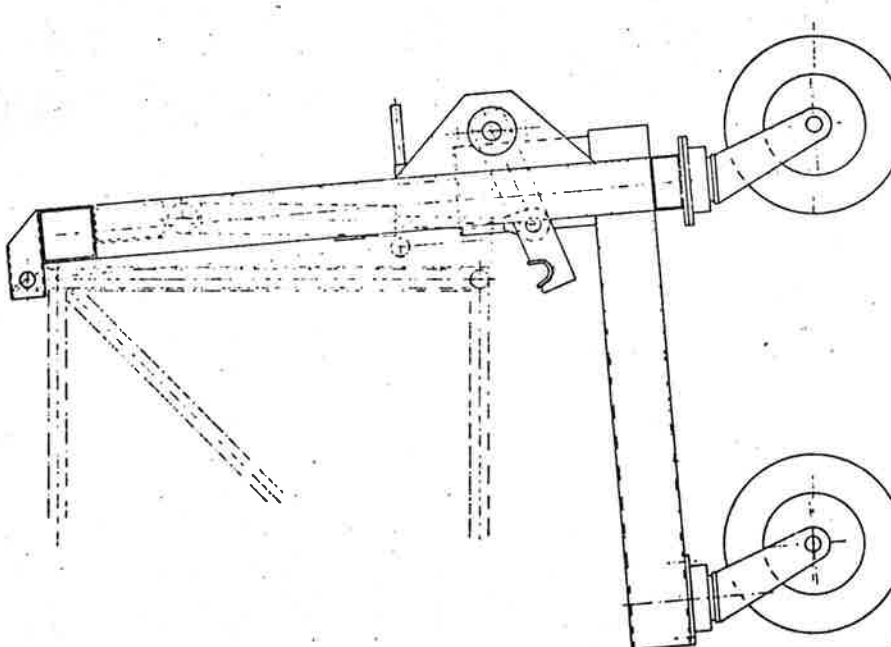
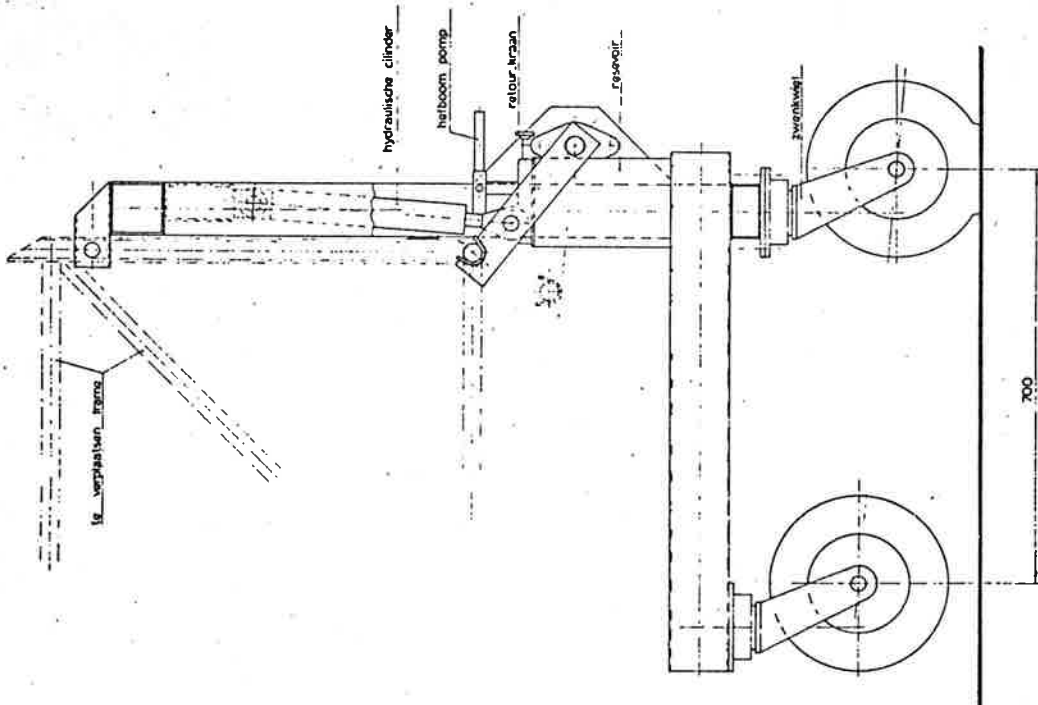
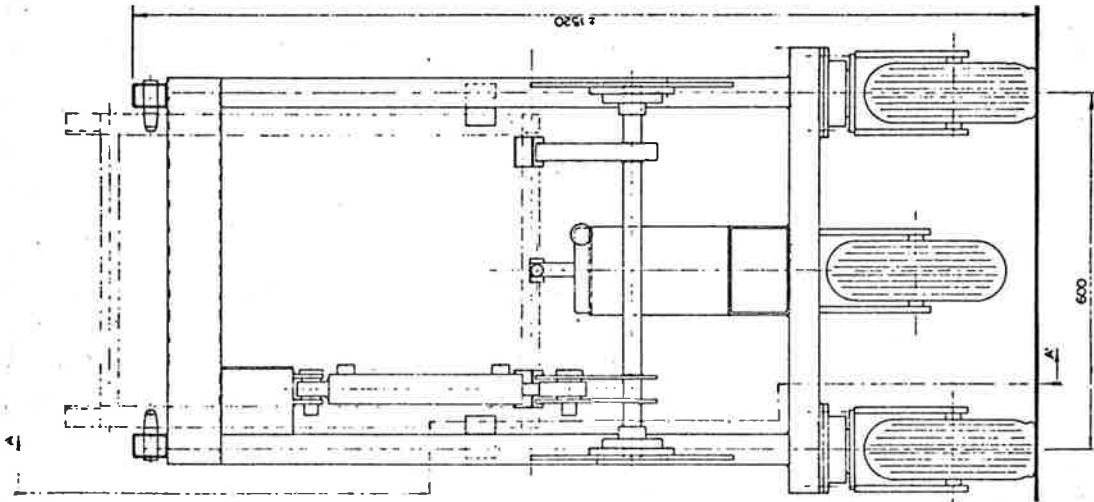
Afb. 16-9 : Het buizenframe.

Voor het verplaatsen van de doseerframes leek het met luchtbandwielen rollen over de stookvloer de eenvoudigste oplossing. Echter in verband met de hoge vloer-temperaturen aan het einde van de stookperiode zijn de frames zelf niet uitgerust met wielen. Door 2 speciale hefframes, waarvan een tekening in Afb. 16-10 is weergegeven, kunnen die buizenframes met de 5 erin ondergebrachte doseerapparaten en de bovenliggende vulinrichting worden opgetild en verreden naar de volgende stookplaats. Natuurlijk na afkoppeling van alle mechanische en elektrische aansluitingen.

De voorraadbuis boven de trilbuis is gedeeld uitgevoerd. Hierdoor is de montage van het doseerapparaat vereenvoudigd en kan een laagdikteregeling worden gecreëerd. Deze laagdikteregeling is overigens volgens opgave van de fabrikant van de trilvoeders niet noodzakelijk.

Om eventuele maatafwijkingen tussen de stookpotten en de uitlaatpijpen van het doseerframe te kunnen opvangen is als verbindingselement tussen deze 2 elementen gedacht aan een flexibele slang. De constructieve oplossing hiervan wordt door Afb. 16-11 weergegeven. Tijdens het transport van het frame kunnen de eindstukken van deze slangen aan een haak worden opgehangen. Voor de slangen wordt gedacht aan een metalen uitvoering, die door z'n asbest afdichting bestand is tegen temperaturen tot 400 °C. Door de speciale constructie van de slang, zie Afb. 16-12 is de buigzaamheid ook bij fijnkolen gewaarborgd.

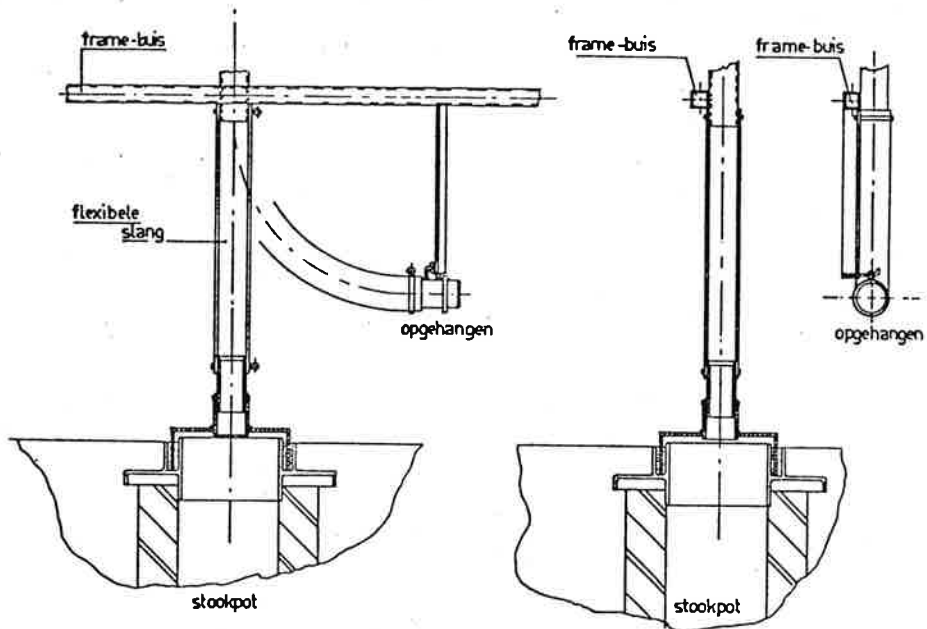
Naast de flexibele slang zijn ook nog andere verbindingselementen te bedenken. Als eerste voorbeeld wordt Afb. 16-13 gegeven.



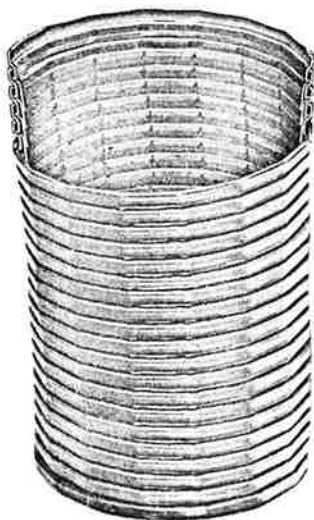
Doorsnede A-A
GEHEVEN TOESTAND

NIET GEHEVEN TOESTAND

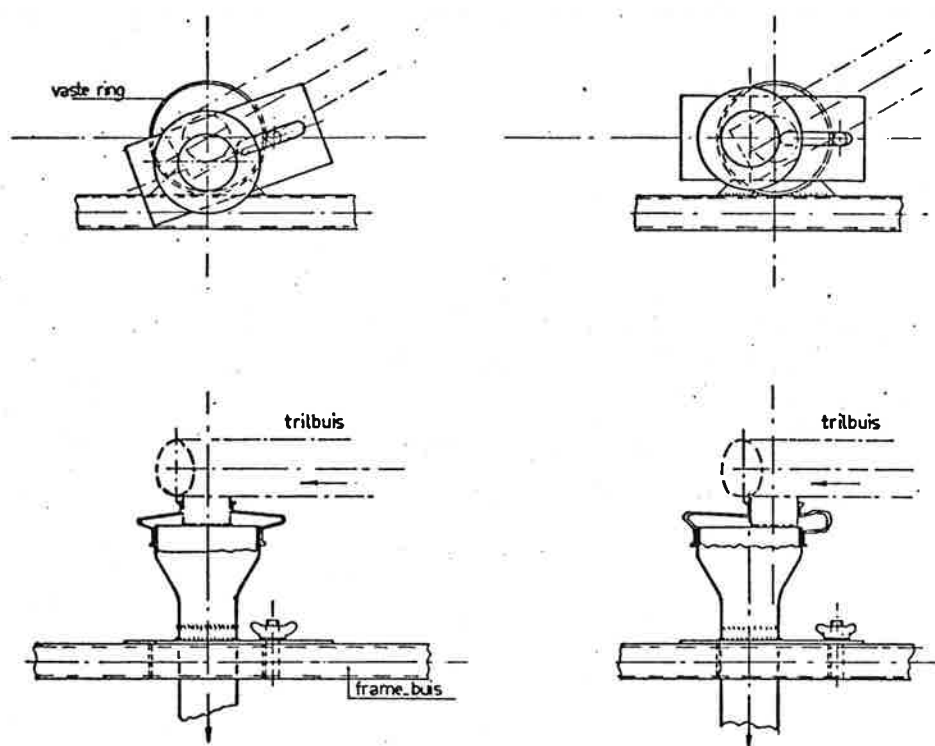
Afb. 16-10 : Een hef frame.



Afb. 16-11 : De aansluiting op de stookpotdeksel.



Afb. 16-12 : Epraflex-slang.



Afb. 16-13 : Mogelijke oplossing voor verstelling van het hart van de uitlaat.

Een soort trechter onder de uitlaatopening van de trilhoot maakt het mogelijk het hart van de uitlaatopening te verstellen. Hierdoor kan vanaf deze trechter naar de stookpot-deksel een star verbindingselement worden ingezet.

Een nog grotere plaats-variatie van de uitlaat kan worden verkregen door de trilhoot te voorzien van een wijde toevoertrechter. De trilbuis, uitloop en trechter worden star met een bodemplaat verbonden. Door nu deze bodemplaat te verschuiven kan de plaats van de uitloop sterk worden gewijzigd.

16.2. Een globale begroting van de kolenstookinstallatie voor een "standaard"-vlamoven

In deze paragraaf wordt een globale begroting (prijzen 1978) opgesteld voor de in paragraaf 16.1 omschreven kolenstookinstallatie. Bij de opstelling ervan werd uitgegaan van normale omstandigheden en recent uitgebrachte offertes.

- Globale begroting

a. Kosten kolenopslag	p.m.
b. Voorraadbunker voor ongebroken kolen incl. fundatie	f. 16.000,--
c. Aanvoersysteem ruwe kolen van bunker naar droger	f. 5.000,--
d. Ontijzeringsmagneet	f. 9.000,--
e. Droogsysteem (droger, heater en ventilator) incl. frame en fundatie	f. 35.000,--
f. Transportsysteem van gedroogde kolen naar molen	f. 10.000,--
g. Maalinrichting en stoffilter	f. 45.000,--
h. Voorraadbunker voor gemalen kolen incl. fundatie	f. 14.000,--
i. Elektrische voorzieningen voor punt c t/m g	f. 6.000,--
j. Gebouw voor voorraadbunkers, droger en maalinrichting	f. 30.000,--
k. Distributiesysteem over vlamoven met 28 aftakopeningen + kleppen	f. 36.000,--
l. Broekstukken aan distributiesysteem	f. 16.000,--
m. Elektrische voorzieningen voor distributiesysteem	f. 3.500,--
n. Voorzieningen voor elektrische voeding van verplaatsbare frames met doseerapparatuur	f. 6.500,--
o. Flexibele tussenstukken (16x)	f. 4.000,--
p. Frames met doseerapparatuur, flexibele aansluitingen en hefframes	f. 115.000,--
q. Elektrische aansluitingen op verrijdbare frames	f. 9.000,--
r. Stofzuiger voor in vlamovenkamers	f. 3.000,--
s. Vliegassvangers	p.m.
t. Ontwerp- en begeleidingskosten S.T.C.W.	f. 30.000,--
u. Onvoorzien (circa 10%)	f. 42.000,--

Totaal

f. 435.000,--

=====

16.3. De extra kosten per jaar voor de kolenstookinstallatie

Naast de begroting en de reeds in hoofdstuk 2 berekende jaarlijkse besparing, zijn ook de extra kosten voor de kolenstookinstallatie belangrijk om de rentabiliteit van de investering voor de installatie te kunnen beoordelen.

De extra kosten per jaar voor de in paragraaf 16-1 beschreven kolenstookinstallatie kunnen in de volgende punten worden onderverdeeld :

a. Brandstofkosten t.b.v. het drogen van de kolen
zijn per jaar : 35.000 m_0^3 aardgas à f. 0,20 f. 7.000,--

b. Electriciteitverbruik per jaar t.b.v. :

- aanvoersysteem : 8.000 kWh
- drogen : 4.000 kWh
- maalinrichting : 30.000 kWh
- distributiesysteem : 7.000 kWh
- verdeelsysteem : 2.000 kWh
- doseerapparatuur : 9.000 kWh

Totaal : 60.000 kWh/jaar à f.0,133=f. 8.000,--

c. Benutting van de loader. Geschat wordt dat $\frac{7}{100}$ (= de te verplaatsen gewichtsverhouding) van de totale kosten voor de loader ten kosten van het kolen aanvoersysteem komen. Dit komt dan per jaar op ca. $\frac{7}{100} \times \text{f.} 114,300,--$ ==f. 8.000,--

d. Extra kosten voor de hulp bij het verzetten van de frames en het uit de kamers zuigen van de as. Dit wordt geschat op totaal 1 uur per kamer, en komt dus voor de "standaard"-vlamoven (14 kamers per week) op $50 \times 14 \times 1 = 700$ uur per jaar. De kosten per jaar hier voor zijn : $700 \times \text{f.} 20,--$ = f. 14.000,--

transporteren : f. 37.000,--

transport : f. 37.000,--

e. Onderhoud van de kolenstookinstallatie.

Aan een groot aantal delen van de installatie behoeft bijna geen onderhoud te worden gepleegd. Hierdoor wordt het totaal bedrag voor dit onderhoud geschat op f. 43.000,-- per jaar

f. 43.000,--

De totale kosten per jaar voor de kolenstookinstallatie komen dus op

: f. 80.000,--

16.4. Rentabiliteit van de kolenstookinstallatie

Reeds aan het einde van hoofdstuk 2 is de jaarlijkse besparing (= f. 248.000,--) bij het overschakelen van aardgas op steenkolen als brandstof voor een vlamoven met een jaarproduktie van 25 miljoen WF berekend.

In paragraaf 16.2 is een globale begroting gemaakt voor een kolenstookinstallatie, terwijl in paragraaf 16-3 de hoogte van de extra kosten (f. 80.000,--) zijn berekend.

Om te kunnen beoordelen of het overschakelen op kolen als brandstof bedrijfseconomisch een goede zaak is, zal hier op 3 verschillende manieren de rentabiliteit van de hiervoor benodigde investering worden beoordeeld.

Bij onderstaande berekeningen worden de kosten en de besparingen over de economische levensduur constant verondersteld.

a. Met behulp van de vuissformule uit het 3^e jaarscollege van prof. ir. Erkelens :

$$A < \frac{1}{2} \sum_{0}^t B_t$$

hierin is : A = de totale investering

B_t = de jaarlijkse netto besparing (f. 248.000,- - f. 80.000,- = f. 168.000,--).

t = de geschatte economische levensduur (hier 5 jaar).

Dus : $A < \frac{1}{2} (5 \times f. 168.000,--) = f. 420.000,--$.

Het begrootte bedrag van f. 435.000,-- ligt hier slechts een gering bedrag boven.

- b. Met behulp van het criterium van prof. Goudriaan (art. De Ingenieur 3 sept. 1971) :

$$\sum_{t=0}^t B_t \gg A (1 + \frac{1}{2} r \cdot t) + t \cdot R.$$

hierin is : B_t = de jaarlijkse besparing

t = de geschatte economische levensduur

A = de totale investering

R = toename kosten per jaar (hier f. 80.000,--)

r = aangepaste rente-voet

$$r = \frac{a \frac{r_e}{(1-f_t \frac{W_s}{W}) (1-f_p)} + r_v}{a + 1}$$

met : a = verhouding eigen tot vreemd vermogen

r_e = netto kapitaal-rendement

r_v = gemiddelde rente-voet voor vreemd vermogen

f_t = percentage geheven door fiscus over W_s

W_s = fiscale schijnwinst

W = werkelijke winst

Voor dit rekenvoorbeeld worden de volgende waarden aange-

houden : $t = 5$ jaar

$a = 1$

$r_e = 0,12$

$r_v = 0,1$

$f_t = 0,46$

$\frac{W_s}{W} = 1,2$

$f_p = 0,2$

Hieruit volgt : $r = \frac{1}{2} \left(\frac{0,12}{(1-0,46 \times 1,2) (1-0,2)} + 0,1 \right) = 0,22.$

$$\text{Dus : } \sum_{t=0}^t B_t \gg A (1 + \frac{1}{2} \cdot r \cdot t) + t \cdot R$$

$$\text{wordt : } 5 \times f. 248.000 \gg A (1 + 0,55) + 5 \times f. 80.000$$

$$\text{of : } A \ll \frac{f. 840.000}{1,55} = f. 542.000,--.$$

Het begrootte bedrag (=f. 435.000,--) ligt hier ruim onder.

c. Als laatste met de bij S.T.C. Waalsteen gehanteerde berekeningswijze d.m.v. een terug-verdientijd.

- De begrootte investeringshoogte is f. 435.000,--
- De jaarlijkse besparing is f. 248.000,--
- De gemiddelde verschuldigde rente (10%)
over de economische levensduur is
 $\frac{f. 435.000}{2} \times 0,1 = f. 21.750,--$
- De toename van de kosten is groot f. 80.000,--

De terug-verdientijd voor de investering van de kolenstookinstallatie volgens de bij S.T.C.W. gebruikte berekeningswijze : $\frac{f. 435.000}{f. 248.000 - f. 21.750 - f. 80.000} = 3,0 \text{ jaar.}$

Deze terug-verdientijd van 3,0 jaar wordt over het algemeen in onze industrie-tak te laag geacht.

Hierbij dient echter nog te worden opgemerkt dat bij de rentabiliteitsberekening is uitgegaan van een bestaande vlamoven, die al een, weliswaar afgeschreven, stookinstallatie bezit.

Bij de rentabiliteitsberekening voor een nieuwe oven mag het investeringsbedrag voor een aardgas-stookinstallatie van dat van een kolenstookinstallatie worden afgetrokken. Immers alleen de meerinvestering moet door de besparing op brandstofkosten worden gecompenseerd.

17. SLOTBESCHOUWING

Met behulp van de in hoofdstuk 16 gegeven beschrijving van een complete kolenstookinstallatie voor de "standaard"-vlamoven kan vrij eenvoudig een dergelijke stookstelsel voor een bepaalde vlamoven worden ontworpen.

Door de individuele omstandigheden zullen echter vaak enige wijzigingen in de installatie moeten worden aangebracht. Vooral het bevoorradingsgedeelte zal bij gebrek aan opstellingsruimte meestal sterk van Afb. 16-1 afwijken.

In principe kan het ontwikkelde doseer-, verdeel- en distributiesysteem op alle, van boven gestookte ovens worden toegepast. Voor ovens met een niet verplaatsende stookzone kan de installatie zelfs sterk vereenvoudigd worden. Immers de doseerapparaten behoeven dan niet meer verplaatst te worden.

Bij het zoeken naar kolenstooksystemen is op een rapport van Krachtwerktuigen "Poederkoolstoken in de industrie" gestuit. Dit rapport werd opgesteld in opdracht van een groot bedrijf (waarschijnlijk Philips), die met een gedwongen afschakeling van het aardgas in 1980 wordt geconfronteerd. Globaal worden de mogelijkheden bekeken, om centraal in Nederland voor meerdere energiegrootverbruikers steenkolen tot poederkool te vermalen. Op grond van de conclusies van dit inleidend onderzoek heeft Krachtwerktuigen reeds een subsidie voor een uitgebreide studie over hetzelfde onderwerp bij het Ministerie van Economische Zaken aangevraagd. (Volgens ir. van Hasselt, directeur Krachtwerktuigen, is het voor 95% zeker, dat die subsidie zal worden verleend).

De in het rapport genoemde prijzen voor de gemalen poederkool zijn echter zo gunstig, dat dit poederkool ook voor de grofkeramische industrie interessant zou kunnen zijn. Natuurlijk zal bij het verstoken van poederkool een grotere stof-emissie ontstaan, dan bij het in dit verslag verkozen fijnkolenstookstelsel. Doch doordat de grote kolenopslag (inkopen in het groot!), de droog- en maalinstallaties komen te vervallen, kunnen wellicht de kosten voor zo'n stookinstallaties lager uitvallen.

Met leveranciers van poederkoolstooksystemen voor ketelinstallaties (Stork-Hengelo en de Schelde-Vlissingen) zijn reeds enige besprekingen gevoerd. Beide firma's bleken geen standaard poederkool-branders voor de gewenste capaciteiten (10 kg/h) in hun productieprogramma te hebben. De gebruikelijke brandercapaciteiten voor ketelinstallaties zijn namelijk veel groter. Wel had Stork enige bruikbare ideeën, die echter nog nader dienen te worden uitgewerkt. De besprekingen hierover zullen worden voortgezet.

Naast de bekende oliestooksystemen zouden ook stookinstallaties, die een mengsel van poederkool en olie verstopen een alternatief kunnen zijn. Volgens recente publicaties zouden er in de Verenigde Staten van Noord Amerika dergelijke stooksystemen voor ketelinstallaties bestaan. De kolen-olie-slurrie (massaverhouding kolen : olie = 4 : 6) wordt m.b.v. aangepaste olie-branders verstopd.

Het door een steenfabriek zelf vergassen van vaste brandstof lijkt voorlopig nog geen bruikbaar alternatief. Naast het betrekkelijk lage energetisch rendement van het ontgassingproces (< 80%) is daar het hoge investeringsbedrag voor een dergelijke ontgassingsinstallatie debet aan. De resultaten van een oriënterende studie hierover zijn door ir. G.S.J. Peters in S.T.C.W.-rapport A-1975-3 vastgelegd.

Door de grote verscheidenheid van vermoedelijke lezers is het verslag nogal omvangrijk geworden. Het leek de auteur echter beter niet alleen de eindoplossing te presenteren, maar ook een verslag te geven van het gehele onderzoek. Hierdoor kan het rapport misschien nog een bijdrage leveren om ook andere doseer- en distributie-problemen op te lossen. Alleen de lezers met een technische achtergrond zullen dit waarschijnlijk kunnen waarderen.

De opsomming van bestaande kolenstooksystemen lijkt op dit moment vrij compleet. De auteur verwacht echter binnen 2 jaar een aanzienlijke uitbreiding van het aantal systemen, omdat de ontwikkeling van kolenstooksystemen nu pas goed op gang komt.