



SOMMAIRE
Septembre 1981

INHOUD
September 1981

J.J. Stassen Les dangers des poussières inflammables dans
les mines de houille et les moyens de les combattre

Het gevaar van ontvlambaar stof in de
steenkolenmijnen en de middelen om het
te bestrijden

681

A. Minette Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne
gedurende het jaar 1980*

759

Selection of Coal Abstracts 779

* Le texte français du rapport paraîtra dans le numéro d'octobre.

100%

of women

are more likely to experience depression and anxiety than men, and women are twice as likely to experience depression and anxiety than men.

Women are more likely to experience depression and anxiety than men.

Women are more likely to experience depression and anxiety than men.

Women are more likely to experience depression and anxiety than men.



Les dangers des poussières inflammables dans les mines de houille et les moyens de les combattre

Het gevaar van ontvlambaar stof in de steenkolenmijnen en de middelen om het te bestrijden

Jean-Jacques STANSSEN *

RESUME

Dans les travaux souterrains des mines de houille, les explosions de poussières (coups de poussières) ont fait des milliers de morts.

Depuis la catastrophe de Courrières en France en 1906, qui avait fait 1099 victimes et ravagé 110 km de galeries, plus personne ne conteste ce risque.

Dès les premiers essais entrepris par Taffanel en galerie expérimentale, les chercheurs ont tenté de décomposer le mécanisme de ces explosions afin de découvrir les paramètres qui les influencent. La connaissance toujours plus approfondie du mécanisme d'un « coup de poussières » permet de déceler les risques et fait apparaître progressivement les mesures de prévention et de précaution qu'il convient de mettre en œuvre pour les éliminer et en tout cas pour les réduire.

Les facteurs influençant la naissance et la propagation d'un coup de poussières sont très nombreux et de deux espèces, d'une part, ceux qui dépendent de la poussière elle-même tels que la nature de la poussière (c'est-à-dire sa teneur en matières volatiles et son taux de neutralisation), sa granulométrie (c'est-à-dire le pourcentage de particules inférieures à 80 - 75 - 50 µm), sa concentration (c'est-à-dire la quantité de poussières dispersibles exprimée en g/m³) et, d'autre

SAMENVATTING

In de ondergrondse werken van de steenkoolmijnen hebben stofontploffingen duizenden dodelijke slachtoffers gemaakt.

Sinds de ramp van Courrières in Frankrijk in 1906, die 1099 slachtoffers maakte en 110 km galerijen vernielde, betwist niemand dit risico.

Vanaf de eerste proeven ondernomen door Taffanel in een proefgalerij, hebben de onderzoekers getracht het mechanisme van deze ontploffingen te ontleden, teneinde de parameters te vinden die ze beïnvloeden. De steeds grondiger kennis van het mechanisme van een stofontploffing, maakt het mogelijk de risico's te ontdekken en schetst geleidelijk de voorkomings- en voorzorgsmaatregelen die genomen moeten worden om ze te elimineren of in elk geval te verminderen.

De factoren die de aanvang en de voortzetting van een stofontploffing beïnvloeden, zijn zeer talrijk en van tweeeënlei aard : enerzijds, de factoren die afhangen van het stof zelf, zoals de aard van het stof (d.w.z. het gehalte aan vluchtige bestanddelen en zijn neutralisatiegehalte), zijn granulometrie (d.w.z. het percentage van deeltjes die kleiner zijn dan 80 - 75 - 50 µm), zijn concentratie (d.w.z. de hoeveelheid verspreidbaarstof uitgedrukt in g/m³), en anderzijds de factoren die vreemd zijn aan het stof zoals het gehalte

* Membre de l'Organe Permanent pour la Sécurité et la Salubrité dans les Mines de Houille de la C.E.E. — Chargé de Cours à l'Université de Liège — Directeur Divisionnaire des Mines. Rue des Augustins 49, B-4000 Liège.

(*) Lid van het Permanent Orgaan voor de Veiligheid en de Gezondheid in de Steenkolenmijnen van de E.E.G., Docent aan de Universiteit van Luik, Divisiedirecteur der Mijnen, rue des Augustins 49, B-4000 Liège.

part, ceux qui sont étrangers à la poussière tels que la tenue en grisou de l'atmosphère, la violence de l'explosion, la structure des ouvrages entraînant une hétérogénéité des dépôts, aussi bien dans l'espace que dans le temps.

La connaissance de l'influence de chacun de ces facteurs sur l'évolution d'un coup de poussière a fait l'objet, durant 75 ans, de milliers d'expériences dans les stations d'essais du monde entier.

Elles sont loin d'être terminées. De très nombreuses recherches doivent encore être entreprises afin d'améliorer davantage nos connaissances.

Toutefois, à la lumière des connaissances acquises à ce jour, il est possible de dégager les mesures suivantes, que nous classerons en mesures de premier ordre, mesures de deuxième ordre et mesures de troisième ordre, qui doivent se superposer pour réduire le risque au minimum minimorum.

Tout d'abord, il convient de faire le moins de poussières possible et de les rendre aussi inoffensives que possible par une neutralisation, soit par schistification, soit par arrosage, soit par fixation au moyen de sels hygroscopiques. Ce sont les mesures de prévention dites mesures de 1^{er} ordre.

Ensuite, si par malheur, ces mesures n'étaient pas suffisamment efficaces, il faudrait veiller à ne pas fournir aux poussières l'énergie capable de les enflammer en utilisant des explosifs sûrs vis-à-vis du grisou et des poussières, en mettant tout en œuvre pour éviter la moindre flambée de grisou et en concevant correctement les installations électriques afin de réduire au maximum les courts-circuits et surtout leurs effets. Ce sont des mesures de prévention dites mesures de 2^{me} ordre.

Enfin, si une source d'inflammation se présentait en même temps qu'une neutralisation insuffisante, il serait souhaitable d'arrêter une flambée ou un coup de poussières aussitôt que possible en installant des arrêts-barrages afin d'en limiter les effets catastrophiques. Ce sont les mesures de précaution dites mesures de 3^{me} ordre.

C'est par la combinaison de toutes ces mesures qu'il est possible de réduire aujourd'hui les dangers des poussières inflammables.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei den Untertagearbeiten in den Steinkohlengruben hat es infolge von Staubexplosionen schon Tausende von Toten gegeben.

Seit dem Unglück von Courrières in Frankreich im Jahre 1906, das 1099 Menschenleben forderte und 110 km Strecke zerstörte, bestreitet niemand mehr diese Gefahr.

aan mijngas in de atmosfeer, de kracht van de explosie, de structuur van de werken die een heterogeniteit van de afzettingen meebrengt zowel in de ruimte als in de tijd.

De kennis van de invloed van elk van deze factoren op de ontwikkeling van een stofontploffing is 75 jaar lang het onderwerp geweest van duizenden proefingen in proefstations over de hele wereld.

Ze zijn verre van beëindigd. Zeer talrijke onderzoeken moeten nog ondernomen worden om onze kennis te verbeteren.

Het is nochtans mogelijk om in het licht van de tot op heden verworven kennis, de volgende maatregelen te beschrijven, die we zullen klasseren in maatregelen van 1ste orde, maatregelen van 2de orde en maatregelen van 3de orde die na elkaar moeten worden toegepast om het risico te beperken tot het minimum minimorum.

Eerst en vooral dient er zo weinig mogelijk stof te worden gemaakt, en dit moet zo ongevaarlijk mogelijk worden gemaakt door neutralisatie, hetzij door steenstofbestuiving, hetzij door besproeiing, of door fixering d.m.v. hygroscopische zouten. Dit zijn de voorzorgsmaatregelen van 1ste orde.

Vervolgens, als deze maatregelen jammer genoeg niet zouden volstaan, zal men erop toezien het stof niet de energie te geven die het zou kunnen doen ontvlammen door het gebruik van betrouwbare explosieven tegenover mijngas en stof, door alles te doen om de minste mijngasontvlaming te vermijden en door de elektrische installatie correct te ontwerpen teneinde kortsluitingen en hun gevolgen zoveel mogelijk te beperken. Dit zijn voorzorgsmaatregelen van 2de orde.

Tenslotte, ingeval een ontvlammingsbron zich tegelijk zou voordoen met een onvoldoende neutralisatie, zou het wenselijk zijn een ontvlaming of stofontploffing zo snel mogelijk te stoppen door ontploffingsgrendels te voorzien teneinde de rampzalige gevolgen te beperken. Dit zijn de voorzorgsmaatregelen van 3de orde.

Het is door het combineren van al deze maatregelen, dat het vandaag mogelijk is het gevaar van brandbaar stof te verminderen.

SUMMARY

Coal-dust explosions have killed thousands in underground mine workings.

Since the Courrières catastrophe, in France in 1906 — which killed 1099 men and heavily damaged 110 km of roadways, nobody denies the dangers.

Seit den ersten Versuchen, die von Taffanel in der Versuchsstrecke durchgeführt wurden, haben die Forscher versucht, den Mechanismus dieser Explosionen zu analysieren, um die Parameter zu entdecken, die diese Explosionen beeinflussen. Die immer gründlichere Kenntnis des Mechanismus einer Staubexplosion ermöglicht, die Gefahren zu entdecken und in zunehmendem Maße die Verhütungs- und Vorsichtsmaßnahmen festzulegen, die ergriffen werden müssen, um diese Gefahren zu beseitigen oder jedenfalls zu vermindern.

Die Faktoren, die die Entstehung und die Ausbreitung einer Staubexplosion beeinflussen, sind sehr zahlreich und können in zwei Gruppen unterteilt werden, und zwar gibt es einerseits Faktoren, die von dem Staub selbst abhängen, zum Beispiel von der Art des Staubs (Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, Neutralisationsgrad), seiner Korngrößenverteilung (insbesondere dem Anteil der Partikel unter 80 - 75 - 50 µm) und seiner Konzentration (dispergierbare Staubmenge, ausgedrückt in g/m³), und andererseits Faktoren, die nichts mit dem Staub zu tun haben, zum Beispiel der Gasgehalt der Luft, die Heftigkeit der Explosion, die Struktur der Bauten, die sowohl eine örtliche, als auch eine zeitliche Heterogenität der Ablagerungen zur Folge hat.

Über den Einfluß dieser einzelnen Faktoren auf die Evolution einer Staubexplosion wurden innerhalb von 75 Jahren Tausende von Versuchen in den Versuchsstationen der ganzen Welt durchgeführt.

Diese Versuche sind noch lange nicht abgeschlossen. Es müssen noch zahlreiche Untersuchungen durchgeführt werden, um unsere Kenntnisse weiter zu verbessern.

Aufgrund der heute vorliegenden Erkenntnisse ist es jedoch möglich, die nachstehenden Maßnahmen hervorzuheben, die wir in Maßnahmen 1. Ordnung, Maßnahmen 2. Ordnung und Maßnahmen 3. Ordnung unterteilen möchten, wobei alle diese Maßnahmen zugleich anzuwenden sind, um das Risiko auf das « minimum minimorum » zu vermindern.

Zunächst ist es erforderlich, so wenig Staub wie möglich zu machen, und den Staub möglichst ungefährlich zu machen, entweder durch Neutralisierung, oder durch Streuen von Gesteinsstaub, oder durch Berieselung, oder durch Bindung mittels hygrokopischer Salze. Dies sind die sogenannten Verhütungsmaßnahmen 1. Ordnung.

Wenn diese Maßnahmen jedoch nicht genügend wirksam sein sollten, muß außerdem darauf geachtet werden, daß dem Staub nicht die Energie geliefert wird, die ihn entflammen kann. Insbesondere sollten schlagwettersichere und staubexplosionssichere Sprengstoffe verwendet werden, und es sollte alles darangesetzt werden, um das geringste Aufflackern eines Schlagwetters zu verhindern; die elektrischen

As early as Taffanel's first trials in an experimental gallery, the research workers have tried to analyse the mechanism of such explosions and to identify the variables. Increasing understanding of this mechanism determines the risks and gradually refines the preventive and precautionary measures which can be taken to eliminate — or at least reduce — them.

There are numerous factors governing the initiation and propagation of a coal-dust explosion; they are of two kinds :

a) dust-related
i) the nature of the dust, i.e. volatile matter content and neutralisation index,
ii) its size consist, i.e. fraction below 80-70-50 µm,
iii) its concentration, i.e. dispersible quantity of dust in gm/cu.m.

b) independent of the dust
i) firedamp content of the mine air,
ii) the violence of the explosion,
iii) the design of the mine furniture, which results in variable deposition conditions in space and time.

For 75 years, thousands of experiments have been carried out in research stations worldwide in an attempt to understand each of these factors on the pattern of a dust explosion. These studies are far from finished; a great deal of research is still needed to enable us to enlarge our knowledge even further.

However, the information obtained to date has made it possible to formulate three categories — first-, second- and third-order — of measures, which must be applied conjointly so as to reduce the risks as far as ever possible :

I. Dust production must be limited to the absolute minimum; what dust is produced must be neutralized as effectively as possible, either by stone-dusting, by spraying, or by fixation with hygroscopic salts.

II. Should these measures unfortunately not be adequate, care must be taken to avoid transmitting to the dust the energy which can ignite it; this can be done by a) using safety explosives (i.e. safe in firedamp or dust) so as to avoid the slightest ignition of mine gas, and b) by using the correct designs of electrical machinery, so that short-circuiting and its effects are minimized.

III. Should an ignition source co-exist with inadequate neutralisation, the ignition itself or the dust explosion should be halted as early as possible by installing explosion barriers.

Nowadays it is by the combined use of these three orders of precautionary measures that risks from ignitable dusts can be reduced.

Installationen sollten ordnungsgemäß ausgeführt werden, um Kurzschlüsse und vor allem ihre Wirkungen möglichst zu verhindern. Dies sind die sogenannten Verhütungsmaßnahmen 2. Ordnung.

Wenn schließlich eine Entzündungsquelle und eine ungenügende Neutralisierung gleichzeitig vorhanden sein sollten, wäre es wünschenswert, ein Aufslackern

oder eine Staubexplosion sobald wie möglich durch Gesteinsstaubsperrren anzuhalten, um die katastrophalen Wirkungen zu begrenzen. Dies sind die sogenannten Verhütungsmaßnahmen 3. Ordnung.

Durch Kombination aller dieser Maßnahmen ist es heute möglich, die Gefahren der entflammbaren Stäube zu verringern.

SOMMAIRE

1. *Introduction*
2. *Mécanisme d'un coup de poussières*
 - 2.1. Comment une inflammation peut-elle se produire ?
 - 2.2. Comment la propagation de la flamme se fait-elle ?
 - 2.3. Comment peut-on déclarer qu'un mélange air-poussière est inflammable ?
 - 2.4. Facteurs influant sur l'inflammation et la propagation d'un coup de poussières
 - 24.1. Nature du charbon
 - 24.2. Finesse du charbon
 - 24.3. Concentration en poussières (limite inférieure d'inflammabilité)
 - 24.4. Teneur en grisou
 - 24.5. Violence de l'explosion ou violence du soulèvement de poussières
 - 24.6. Hétérogénéité des dépôts de poussières dans les galeries
 - 24.7. Conclusions
 - 2.5. Effets de l'explosion
 - 25.1. Effets mécaniques
 - 25.2. Effets toxiques
 - 25.3. Effets thermiques
 3. *Mesures de prévention et de précaution contre les coups de poussières*
 - 3.1. Mesures de prévention dites mesures de 1^{er} ordre et de 2^{me} ordre
 - 3.2. Suppression des sources d'inflammation (mesures de 2^{me} ordre)
 - 3.3. Neutralisation des poussières inflammables (mesures de 1^{er} ordre)
 - 33.1. Neutralisation par schistification, c'est-à-dire par apport de fines poussières incombustibles
 - 331.1. Nature du stérile
 - 331.2. Finesse du stérile
 - 331.3. Choix du taux de neutralisation réglementaire
 - 331.4. Epandage du produit neutralisant
 - 331.5. Contrôle du taux de neutralisation

INHOUDSTAFEL

1. *Inleiding*
2. *Mechanisme van een stofontplotting*
 - 2.1. Hoe kan een ontvlaming zich voordoen ?
 - 2.2. Hoe zet de vlam zich voort ?
 - 2.3. Hoe kan men verklaren dat een mengsel lucht-stof ontvlambaar is ?
 - 2.4. Factoren die de ontvlaming en de voortzetting van een stofexplosie beïnvloeden
 - 24.1. Aard van de steenkool
 - 24.2. Fijnheid van de steenkool
 - 24.3. De stofconcentratie (laagste ontvlamaarheidsgrens)
 - 24.4. Het mijngasgehalte
 - 24.5. De kracht van de explosie of van de stofopjaging
 - 24.6. De heterogeniteit van de stofafzettingen in de galerijen
 - 24.7. Besluiten
 - 2.5. Gevolgen van de explosie
 - 25.1. Mechanische gevolgen
 - 25.2. Toxische gevolgen
 - 25.3. Thermische gevolgen
 3. *Voorkomings- en voorzorgsmaatregelen tegen stofontploffingen*
 - 3.1. Voorkomingsmaatregelen van 1ste en 2de orde
 - 3.2. Eliminering van ontvlammingsbronnen (maatregelen van 2de orde)
 - 3.3. Neutralisatie van ontvlamaar stof (maatregelen van 1ste orde)
 - 33.1. Neutralisatie door steenstofbestuiving, d.w.z. door aanbreng van fijn onbrandbaar stof
 - 331.1. Aard van de afvalsteen
 - 331.2. Fijnheid van de afvalsteen
 - 331.3. Keuze van het reglementair neutralisatiegehalte
 - 331.4. strooien van het neutraliserend produkt
 - 331.5. Controle van het neutralisatiegehalte

- 33.2. Neutralisation à l'eau et inertisation mixte
- 332.1. Généralités
- 332.2. Nouvelle réglementation française du 9 octobre 1980
- 33.3. Neutralisation par sels hygroscopiques
- 333.1. Recommandation de l'O.P. du 3 septembre 1976
- 333.2. Procédés de fixation des poussières par sels hygroscopiques
- 3.4. Mesures de précaution contre les coups de poussières ou mesures de 3^{me} ordre : les arrêts-barrages
- 34.1. Principe
- 34.2. Arrêts-barrages à poussières classiques du type Taffanel
- 342.1. Conception
- 342.2. Mode de construction
- 342.3. Nature et qualité du produit extincteur
- 342.4. Emplacement des arrêts-barrages
- 34.3. Arrêts-barrages à eau opérationnels, c'est-à-dire facilement destructibles
- 343.1. Recherches entreprises en R.F.A.
- 343.2. Recommandation de l'O.P. du 5 juillet 1977
- 343.3. Formation du personnel
4. Recherches dans le domaine des arrêts-barrages déclenchés
- 4.1. Principe
- 4.2. Résultats d'essais obtenus à Tremonia (R.F.A.)
- 4.3. Résultats des essais de l'INIEX (Belgique)
- 4.4. Résultats des recherches en France
- 4.5. Résultats des recherches au R.U.
5. Conclusions
- 33.2. Neutralisatie d.m.v. water en gemengde inertisering
- 332.1. Algemeenigheden
- 332.2. Nieuwe Franse reglementering van 9 oktober 1980
- 33.3. Neutralisering door hygroscopische zouten
- 333.1. Aanbeveling van het Permanent Orgaan d.d. 3 september 1976
- 333.2. Procédés voor stoffixering door hygroscopische zouten
- 3.4. Voorzorgsmaatregelen tegen stofontploffingen of maatregelen van 3de orde : de ontstoppingsgrendels
- 34.1. Principe
- 34.2. Klassieke stofontploffingsgrendels van het type Taffanel
- 342.1. Opvatting
- 342.2. Constructiewijze
- 342.3. Aard en kwaliteit van het blusmiddel
- 342.4. Plaats van de ontstoppingsgrendels
- 34.3. Operationele (d.w.z. gemakkelijk te vernietigen) watertroggrendels
- 343.1. Onderzoek in de D.B.R.
- 343.2. Aanbeveling van het Permanent Orgaan d.d. 5 juli 1977
- 343.3. Personeelsopleiding
4. Onderzoek op gebied van ontkoppelde grenrels
- 4.1. Principe
- 4.2. Testresultaten bekomen in Tremonia (D.B.R.)
- 4.3. Testresultaten bekomen aan het NIEB (België)
- 4.4. Onderzoeksresultaten in Frankrijk
- 4.5. Onderzoeksresultaten in het Verenigd Koninkrijk
5. Besluiten

1. INTRODUCTION

Dans les travaux souterrains des mines, les poussières sont la cause de deux espèces de danger de nature très différente.

L'inhalation de certaines poussières, contenant notamment de la silice libre, cause des maladies professionnelles appelées pneumoconiose ou silicose. Il n'en sera pas question ici.

1. INLEIDING

In de ondergrondse werken is het stof de oorzaak van twee soorten gevaar van zeer verschillende aard.

De inademing van bepaalde stoffen die onder meer vrije kiezel bevatten, veroorzaakt beroepsziekten die pneumoconiosis of silicosis worden genoemd. Daarover zal hier niet gesproken worden.

Par contre, l'inflammation de particules solides combustibles en suspension dans l'air peut avoir une allure explosive si le nuage de poussières ou le mélange air-poussières (comburant et combustible) est suffisamment intime, c'est-à-dire lorsque les particules sont suffisamment petites et si la concentration en particules est suffisante.

Ces suspensions ont été à l'origine de grandes catastrophes minières. Tout comme les explosions accidentelles de mélange air-grisou (air-CH₄) ont été appelées « coups de grisou », les explosions de mélange air-poussières ont été appelées « coups de poussières ».

En 1906, le « coup de poussières » de Courrières détruisit 110 km de galeries; trois mines furent ravagées et il y eut 1099 victimes (fig. 1).

Depuis lors grâce aux expériences de Taffanel, ce danger n'est plus contesté. De nombreuses études ont été entreprises dans tous les pays miniers afin de mieux comprendre le mécanisme du phénomène et des mesures très sévères ont été imposées par les règlements pour tenter de le maîtriser.

Daarentegen kan de ontvlaming van vaste, brandbare deeltjes die in de lucht aanwezig zijn een ontplofbaar vermogen hebben indien de stofwolk of het mengsel lucht-stof (verbrandingsmiddel en brandstof) voldoende dicht is, dit is wanneer de deeltjes klein genoeg en voldoende geconcentreerd zijn.

Deze suspensies zijn de oorzaak geweest van grote mijnrampen. Zoals de toevallige ontploffingen van een mengsel lucht-mijngas (lucht-CH₄) « mijngasontploffing » werden genoemd, werden de ontploffingen van een mengsel lucht-stof « stofontploffing » genoemd.

In 1906 vernietigde de « stofontploffing » de Courrières 110 km galerijen; drie mijnen werden verwoest en er vielen 1099 slachtoffers (fig. 1). Sindsdien wordt, dank zij de proefnemingen van Taffanel, dit gevaar niet meer ontkend. Talrijke studies werden ondernomen in alle mijnlanden om beter het mechanisme van het verschijnsel te begrijpen en er werden zeer strenge maatregelen opgelegd door de reglementen om te proberen het gevaar te beheersen.

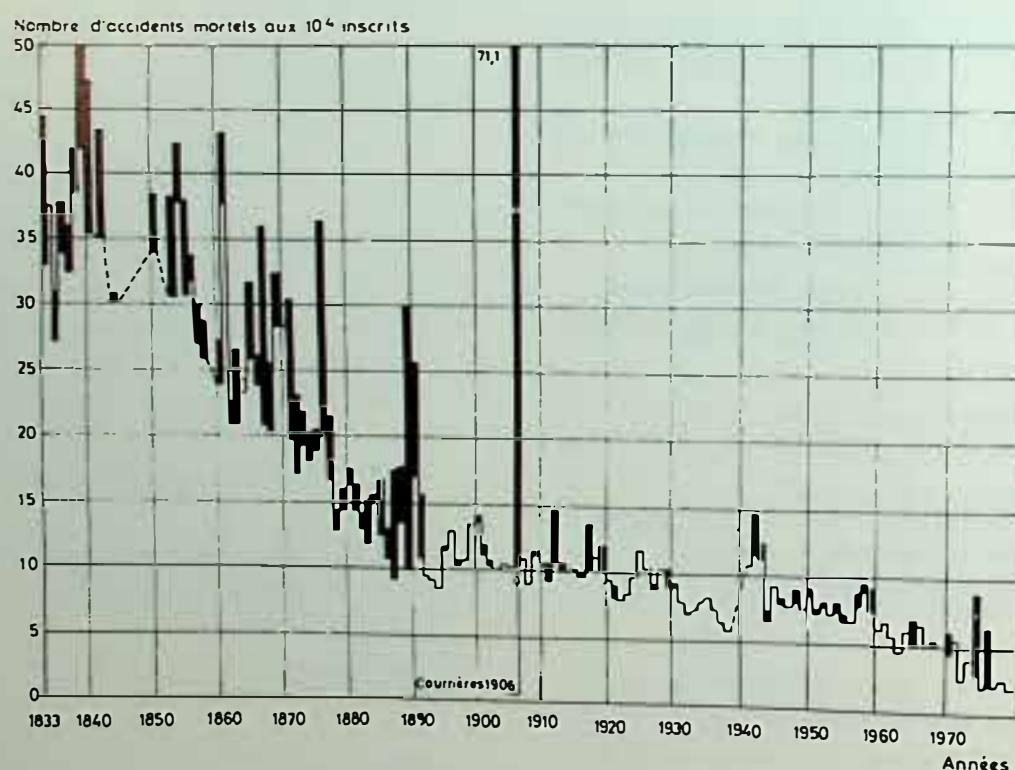


Fig. 1 — Accidents mortels annuels aux 10⁴ inscrits dans les houillères françaises depuis 1833. La longueur du trait noir représente le nombre d'accidents mortels par explosions de grisou ou coups de poussières; la partie blanche représente les autres accidents mortels. Exemple : en 1889, il y a eu 30 accidents mortels pour 10⁴ inscrits au fond, dont 30 — 10 = 20 accidents mortels par explosions de grisou ou de poussières.

Jaarlijkse dodelijke ongevallen op 10⁴ ingeschrevenen in de Franse steenkolenmijnen sedert 1833. De lengte van de zwarte lijn stelt het aantal dodelijke ongevallen voor die veroorzaakt werden door mijngas- of stofontploffingen; het wit gedeelte stelt de overige dodelijke ongevalen voor. Bij voorbeeld : in 1889 hadden 30 dodelijke ongevallen plaats voor 10⁴ ingeschrevenen in de ondergrond, waarvan 30 — 10 = 20 dodelijke ongevallen wegens mijngas- of stofontploffing.

Nombre d'accidents... : Aantal ongevallen op 10⁴ ingeschrevenen
(Origine - Bron : Amoudru C., Encyclopédie médico-chirurgicale, Tome : Intoxications, 16539 D, 1978) [9]

Malgré cela, la catastrophe de Luisenthal en Sarre, en 1961, a encore causé la mort de 299 personnes et l'explosion molle de la fosse 3 de Lens à Liévin en France, en 1974, a fait 42 victimes.

C'est la raison pour laquelle les recherches se poursuivent encore aujourd'hui d'une façon très active dans les pays miniers de la Communauté Economique Européenne, en Pologne, aux U.S.A. et en U.R.S.S. afin de concevoir des mesures de prévention et de précaution toujours plus efficaces.

Lors du déclenchement et de la propagation d'un coup de poussières, Vidal dans son Cours d'Exploitation des Mines [1] distingue, d'une part, la « flambée » de poussières et, d'autre part, le « coup de poussières » proprement dit.

La flambée de poussières est la propagation d'une flamme à travers un nuage poussiéreux préalablement soulevé.

Dans le coup de poussières, au contraire, le soulèvement du nuage poussiéreux est provoqué par la « chasse d'air » qui précède la flamme et qui résulte de l'élévation de pression qui accompagne la combustion. L'explosion peut ainsi s'entretenir seule sur de très grandes longueurs.

Le coup de poussières est la conséquence normale d'une flambée de poussières que rien ne vient arrêter.

Desalniettemin veroorzaakte de ramp van Luisenthal in het Saarland, in 1961, nog de dood van 299 personen en de zachte ontploffing van de zetel 3 van Lens te Liévin, in Frankrijk, in 1974, heeft 42 slachtoffers gemaakt.

Om die reden worden de onderzoeken tegenwoordig nog zeer actief voortgezet in de mijnlanden van de Europese Economische Gemeenschap, in Polen, in de U.S.A. en in de U.S.S.R. om steeds doeltreffender preventieve maatregelen en voorzorgsmaatregelen uit te werken.

Tijdens het ontstaan en de voortplanting van een stofontploffing, onderscheidt Vidal in zijn Cursus van Mijnbouw [1], enerzijds, de stof-« ontvlamming » en, anderzijds, de eigenlijke « stofontploffing ».

De stofontvlamming is de voortplanting van een vlam doorheen een stofwolk die vooraf werd opgejaagd.

Bij de stofontploffing daarentegen wordt de opjaging van de stofwolk veroorzaakt door de « luchtkraak » die de vlam vooraf gaat en die voortvloeit uit de drukverhoging die samengaat met de verbranding. De ontploffing kan op die wijze over een zeer grote afstand onderhouden worden.

De stofontploffing is het normale gevolg van een stofontvlamming die door niets tegengehouden wordt.

2. MECANISMES D'UN COUP DE POUSSIERES

2.1. Comment une inflammation de poussières peut-elle se produire ?

L'inflammation ne peut se produire que dans un nuage préformé.

Les causes d'inflammation principales sont :

- la flambée de grisou,
- le tir des explosifs, notamment le tir à retard qui fait exploser les cartouches dans un nuage préformé
- et
- l'arc électrique : par exemple, l'écrasement d'un câble électrique avec court-circuit franc.

Ainsi donc, les mesures de prévention et de précaution contre les flambées de grisou, l'emploi d'explosifs sûrs, c'est-à-dire de sûreté vis-à-vis du grisou et des poussières, et la mise en œuvre des mesures de prévention et de précaution contre les surcharges et l'électrocution, qui sont des mesures de prévention contre les courts-circuits, sont les meilleures mesures de prévention contre les flambées de poussières.

2. MECHANISME VAN EEN STOFONTPLOFFING

2.1. Hoe kan een stofontvlamming zich voordoen ?

De ontvlamming kan zich enkel voordoen in een op voorhand gevormde stofwolk.

De voornaamste oorzaken van ontvlamming zijn :

- de ontvlamming van mijngas
- het schieten van springstoffen, onder meer het tijdschieten dat de patronen doen ontploffen in een vooraf gevormde wolk
- en
- de elektrische lichtboog : bijvoorbeeld, het platdrukken van een elektrische kabel met volledige kortsluiting.

Alzo zijn de preventieve en voorzorgsmaatregelen tegen de mijngasontvlammingen, het gebruik van veilige springstoffen (d.w.z. veiligheidsspringstoffen t.o.v. het mijngas en het stof), en de aanwending van preventieve en voorzorgsmaatregelen tegen de overbelastingen en de elektrocutie (die preventieve maatregelen zijn tegen de kortsluitingen), de beste preventieve maatregelen tegen stofontvlammingen.

2.2. Comment la propagation de la flamme se fait-elle ?

Avec L. Médard [2], on doit admettre qu'un corps solide combustible, même si on ne peut pas le faire brûler dans l'air dans les conditions ordinaires quand il est sous sa forme compacte, peut donner lieu à une explosion de poussières, quand il est sous forme d'une poudre suffisamment fine et que les conditions sont favorables (nuage préformé). Ces poudres très fines sont souvent appelées « folles farines ».

Les explosions ainsi produites sont généralement des « explosions hétérogènes », c'est-à-dire qu'elles sont amorcées en un point du système et s'y propagent de proche en proche. La réaction chimique s'accompagne dans une zone de faible épaisseur au-delà de laquelle se trouve le milieu qui n'a pas encore réagi, et en deçà de laquelle se trouvent les produits à haute température de la réaction. L'explosion se propage donc selon une onde.

Les « explosions hétérogènes » sont de deux types : les « deflagrations » et les « détonations ». Lorsqu'il y a déflagration, la célérité de l'onde est faible ou modérée ($0,1 \text{ cm/s}$ à quelque 100 m/s) et, lorsqu'il y a détonation, la célérité de l'onde est élevée (plus de 1 km/s).

« Un nuage de particules combustibles en suspension dans l'air constitue un système que l'on peut rapprocher des mélanges air-gaz inflammables (air-grisou); mais alors que, dans ces derniers mélanges, il n'y a qu'une seule phase (phase gazeuse) les suspensions sont des systèmes à deux phases (phase solide et phase gazeuse).

» Dans un mélange air-grisou explosif, le mélange est réalisé à l'échelle moléculaire tandis que dans un nuage explosif chaque particule de la phase dispersée contient plusieurs millions (ou milliards) de molécules.

» Dans un nuage de particules solides, celles-ci n'ont que très rarement une forme sphérique; elles sont irrégulières et sont parfois poreuses. Ainsi on ne peut obtenir qu'un ordre de grandeur grossier de la surface spécifique (rapport de la surface à la masse) en faisant un calcul fondé sur le diamètre moyen des particules; la valeur peut être supérieure à $1 \text{ m}^2/\text{g}$ » [2].

Cette surface spécifique, qui est la surface par laquelle la phase solide est en contact avec la phase gazeuse, joue certainement un rôle dans les explosions de nuages poussiéreux.

« Les études sur les « coups de poussières » de charbon ont mis en évidence le rôle important que joue le « taux de matières volatiles » du charbon, c'est-à-dire la quantité de produits gazeux que le charbon dégage quand il est chauffé.

2.2. Hoe gebeurt een vlamvoortplanting ?

Samen met L. Médard [2] dient men aan te nemen dat een vast brandbaar lichaam, zelfs als men het niet in de lucht in gewone omstandigheden kan doen branden, als het zich in zijn compacte vorm voordoet, een stofontploffing kan veroorzaken als het zich voordoet in de vorm van een poeder dat voldoende fijn is en wanneer de omstandigheden gunstig zijn (vooraf gevormde wolk). Deze zeer fijne poeders worden dikwijls « poedermeel » genoemd.

De ontploffingen die zich op een dergelijke wijze voordoen zijn doorgaans « heterogene ontploffingen », d.w.z. dat ze in een punt van het systeem ontstoken worden en zich na elkaar voortplanten. De scheikundige reactie geschiedt in een zone met geringe dikte met aan de ene zijde het milieu dat nog niet gereageerd heeft, en aan de andere zijde de reactieprodukten op hoge temperatuur. De ontploffing plant zich dus voort volgens een golf.

Er bestaan twee types « heterogene ontploffingen » : de « deflagratis » en de « detonaties ». Bij deflagratis heeft de golf een geringe of matige snelheid ($0,1 \text{ cm/s}$ tot ongeveer 100 m/s) en bij detonatie heeft de golf een hoge snelheid (meer dan 1 km/s).

« Een wolk van brandbare, in de lucht zwevende, deeltjes vormt een systeem dat kan vergeleken worden met ontvlambare mengsels lucht-gas (luchtmijngas); maar terwijl er in deze laatste mengsels slechts één enkele fase is (gasfase), zijn de suspensies systemen met twee fasen (vaste fase en gasfase).

» In een ontplofbaar mengsel lucht-mijngas wordt het mengsel op moleculaire schaal gevormd terwijl in een ontplofbare wolk ieder deeltje van de gedispergeerde fase verschillende miljoenen (of miljarden) moleculen bevat.

» In een wolk van vaste deeltjes hebben deze laatste slechts zeer zelden een ronde vorm; zij zijn onregelmatig en soms poreus. Zo kan men enkel een ruwe grootte van het specifiek oppervlak bekomen (verhouding van het oppervlak t.o.v. de massa) door een berekening te maken die gebaseerd is op de gemiddelde diameter van de deeltjes; de waarde kan groter zijn dan $1 \text{ m}^2/\text{g}$ » [2].

Dit specifiek oppervlak, waardoor de vaste fase in contact is met de gasfase speelt ongetwijfeld een rol bij de ontploffingen van stofwolken.

« Uit de studies van de « stofontploffingen » van steenkool blijkt duidelijk de belangrijke rol van het « gehalte aan vluchtige bestanddelen » van de steenkool, d.w.z. de hoeveelheid gasachtige produkten die door de steenkool worden ontwikkeld als zij verwarmd wordt.

» Dans la combustion d'un nuage de charbon, chaque particule, échauffée par le rayonnement de la chaleur provenant de celles qui sont déjà en combustion, subit une pyrogénéation qui fait que, dans une petite sphère qui l'entoure, l'atmosphère est un mélange d'air et de gaz inflammable (H_2 , CO, hydrocarbures) dans lequel se propagera la flamme avant d'atteindre le noyau solide laissé par la pyrogénéation; la combustion est alors la combustion de particules solides dans un mélange gazeux qui est souvent à une concentration supérieure à sa limite inférieure d'inflammabilité; il peut d'ailleurs arriver qu'après la combustion de ce mélange gazeux, s'il est suffisamment riche, il ne reste plus d'oxygène disponible pour la combustion des résidus solides plus ou moins cokéfiés laissés par la pyrogénéation qui a précédé, et la combustion du nuage de poussières laisse un important résidu imbrûlé.

» Le temps qu'il faut à un grain de poussière pour se consumer est comparativement plus long que celui de la réaction des molécules voisines les unes des autres dans la flamme d'une déflagration d'un mélange gazeux explosif. Dans cette flamme dont l'épaisseur est de quelques dixièmes de millimètres, la réaction chimique s'accomplit en un temps de l'ordre d'une milliseconde, tandis que, dans l'explosion d'un nuage poussiéreux, une particule solide demande 100 à 150 ms pour réagir de sorte que la flamme du nuage de poussière a une épaisseur de plusieurs décimètres » [2].

Les chercheurs poursuivent actuellement de nombreuses recherches pour arriver à une meilleure connaissance du phénomène, ce qui permettrait de nous orienter vers des solutions de luttes nouvelles toujours plus efficaces.

En bref, on peut dire que la propagation de la flamme se fait de proche en proche par tranches successives, la tranche en combustion transmettant essentiellement par rayonnement sa chaleur à la tranche suivante. Sous l'action du rayonnement, les grains de charbon s'échauffent, distillent et s'enflamme.

2.3. Comment peut-on déclarer qu'un mélange air-poussière est inflammable ?

Les stations d'essais des pays miniers du monde ont toutes construit des galeries expérimentales en tôle en vue d'étudier l'effet d'une cause déterminée (comme le tir) sur un gisement de poussières déterminé (fig. 2).

Comment opère-t-on ?

- On dispose un gisement de poussières de caractéristiques données sur toute la longueur de la galerie;

» Bij de verbranding van een steenkoolwolk ondergaat ieder deeltje dat verwarmd werd door de warmte-uitstraling van de deeltjes die reeds branden een pyrogenatie waardoor, in een kleine kring eromheen, de atmosfeer een mengsel is van lucht en ontvlambare gassen (H_2 , CO, koolwaterstoffen) waarin de vlam zich zal voortplanten alvorens zij de vaste kern bereikt die ontstond door de pyrogenatie; de verbranding is dan de verbranding van vaste deeltjes in een gasmengsel dat dikwijls een hogere concentratie heeft dan zijn laagste ontvlambaardheidsgrens; het kan bovendien gebeuren dat na de verbranding van dit gasmengsel, als het gehalte ervan voldoende groot is, er geen zuurstof meer overblijft voor de verbranding van de min of meer verkokste, vaste afval die werd achtergelaten door de pyrogenatie die voorafging, en de verbranding van de stofwolk laat een aanzienlijke hoeveelheid onverbrachte afval achter.

» De tijd die nodig is om een stofkorrel te verbranden is onvergelijkbaar langer dan die van de reactie van de onderling naburige moleculen in de vlam van een deflagratie van een ontplofbaar gasmengsel. In deze vlam die enkele tienden millimeter dik is, verloopt de scheikundige reactie gedurende een milliseconde terwijl, voor een ontploffing van een stofwolk, een vast deeltje 100 à 500 milliseconden nodig heeft om te reageren zodat de vlam van de stofwolk meerdere decimeters dik is » [2].

De onderzoekers zetten momenteel talrijke onderzoeken voort om het verschijnsel beter te kennen, wat het mogelijk zou maken ons te oriënteren naar nieuwe, steeds doeltreffender oplossingen ter bestrijding ervan.

In het kort kan men zeggen dat de vlamvoortplanting per opeenvolgende sectie de een na de andere plaatsheeft, waarbij de sectie die brandt haar warmte hoofdzakelijk overdraagt op de volgende sectie door straling. Door het stralingseffect worden de steenkoolkorrels verhit en gedistilleerd, en ze vatten vuur.

2.3. Hoe kan men bepalen dat een mengsel lucht-stof ontvlambaar is ?

Alle proefstations van de mijnlanden ter wereld hebben plaatijzeren proefgalerijen gebouwd om de uitwerking te bestuderen van een bepaalde aanleiding (zoals het schieten) op een bepaald stofveld (fig. 2).

Hoe gaat men te werk ?

- men brengt een stofveld met bepaalde eigenschappen aan over de gehele lengte van de galerij;



Fig. 2 — Galerie expérimentale de Colfontaine

(INIEX) [10]

Proefgalerij te Colfontaine (NIEB) [10]

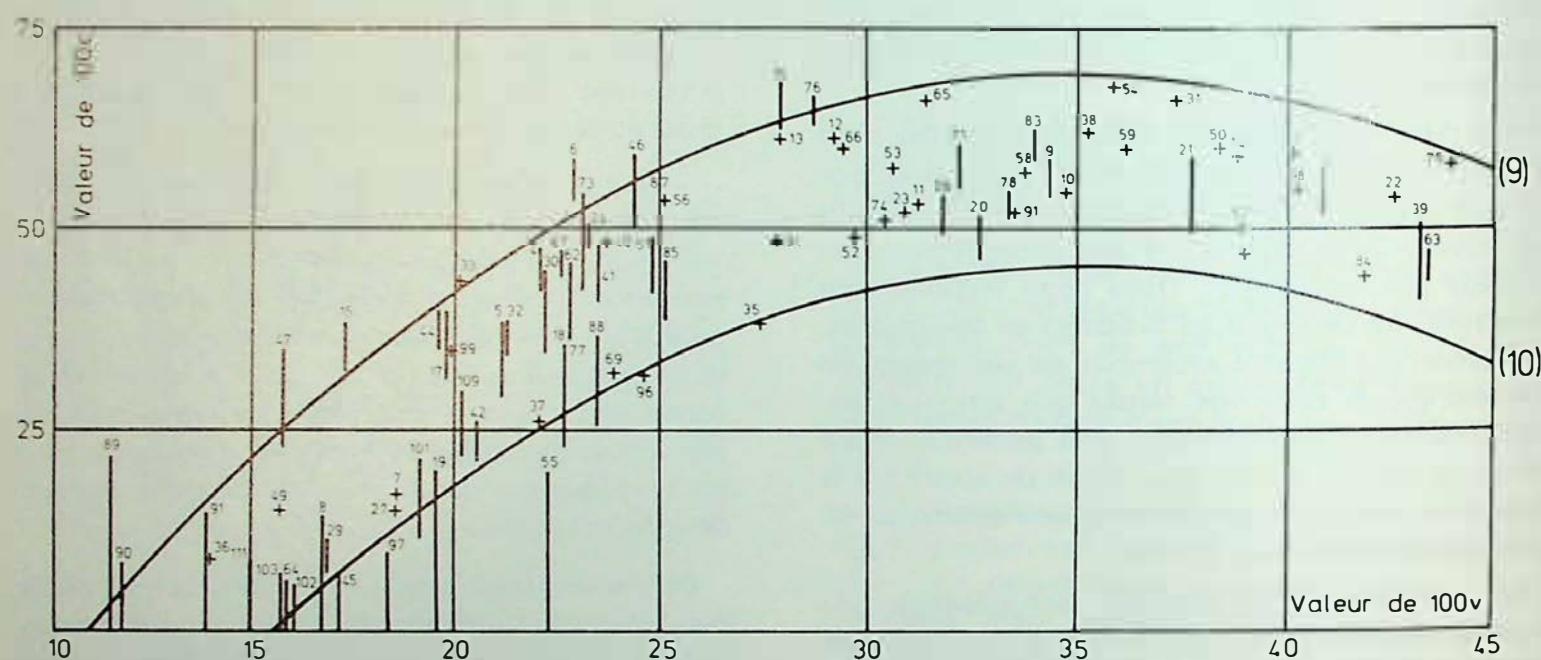


Fig. 3 — Représentation à l'aide d'une formule parabolique des résultats expérimentaux relatifs à l'influence de la nature de la houille.

Résultats des essais et courbe $\begin{cases} 100c + 1.200(v - 0.35)^2 = 69 \\ 100c + 1.200(v - 0.35)^2 = 45 \end{cases}$

Voorstelling door middel van een parabolische formule, van de proefondervindelijke resultaten betreffende de invloed van de aard van de steenkool.

Resultaten van de proeven en curven $\begin{cases} 100c + 1.200(v - 0.35)^2 = 69 \\ 100c + 1.200(v - 0.35)^2 = 45 \end{cases}$

(Origine - Bron : Audibert E. et Delmas L., Etude expérimentale de l'influence de certains facteurs de l'aptitude des gisements poussiéreux à propager les explosions. Annales des Mines (de France) 1933 [1bis].

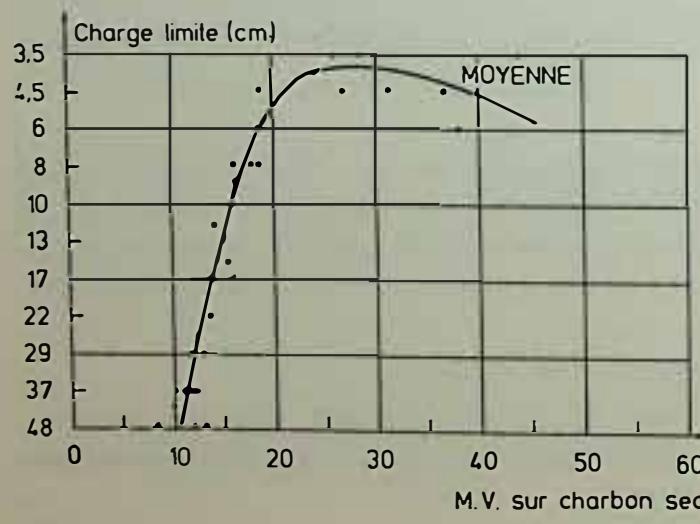


Fig. 4 — Risque d'inflammation - Charge limite d'explosif
Ontvlamningsrisico - Grenslading van de springstof

Charge limite en cm : Grenslading in cm

Moyenne : Gemiddelde

M.V. sur charbon sec : V.B. van droge steenkolen
(Origine - Bron : Vidal V., Exploitation des Mines, Tome II, Dunod 1962)

- du côté de l'extrémité fermée de la galerie, on provoque l'inflammation par le tir d'une charge d'explosif dangereux;
- on observe s'il y a propagation ou non de la flamme vers l'extrémité ouverte;
- on fait varier ensuite la proportion de poussières de stérile que l'on dispose dans les poussières de houille

afin de déterminer à partir de quelle teneur la propagation devient impossible.

Cette teneur est appelée *taux de neutralisation c.* C'est la valeur minimum de la proportion d'incombustible totale (cendres de charbon + humidité + stériles ajoutés) pour laquelle on n'a observé aucune propagation.

2.4. Facteurs influençant le déclenchement et la propagation d'un coup de poussières

24.1. Nature du charbon

L'aptitude à l'inflammation et à la propagation augmente avec la teneur en matières volatiles (MV).

Trois séries d'expériences ont permis d'arriver à cette conclusion.

Détermination du taux de neutralisation

En 1930, une centaine d'échantillons de houilles ont été prélevés dans les bassins français.

Toutes les conditions d'essai (y compris la cause d'inflammation) ont été maintenues constantes afin de déterminer le taux de neutralisation de chacune de ces houilles; on a obtenu la figure 3 en portant en abscisse les teneurs en MV et en ordonnée le taux de neutralisation c.

Essais à l'explosif [1]

On a pensé caractériser l'aptitude à l'inflammation par le *poids minimum d'explosif* capable d'enflammer un nuage de poussières préalablement soulevé.

Tous les autres facteurs du mode opératoire ayant été maintenus constants, on a obtenu les résultats de la figure 4 où sont portées

- en abscisse, la teneur en MV du charbon sec,
- en ordonnée (et en échelle logarithmique), la longueur de la charge utilisée.

Essais à l'inflammateur [1]

L'échantillon de poussières (1 g environ) à examiner est déposé au fond d'une chambre d'inflammation (fig. 5).

- aan het gesloten uiteinde van de galerij veroorzaakt men de ontvlaming door een gevaarlijke springlading te ontsteken;
- men observeert of de vlam zich al dan niet voortplant naar het open uiteinde;
- vervolgens verandert men de hoeveelheid steenstof aangebracht in het kolenstof

om te bepalen vanaf welk gehalte de voortplanting niet meer mogelijk is.

Dit gehalte wordt *neutralisatiegehalte c* genoemd; dit is de minimumwaarde van de totale hoeveelheid onbrandbare stoffen (steenkoolas + vochtigheid + bijgevoegde stenen) waarvoor geen enkele voortplanting werd waargenomen.

2.4. Factoren die de ontsteking en de voortplanting van een stofontploffing beïnvloeden

24.1. Aard van de steenkool

De geschiktheid tot ontvlaming en voortplanting neemt toe met het gehalte aan vluchtige bestanddelen (VB).

Drie reeksen proeven hebben het mogelijk gemaakt tot dit besluit te komen.

Bepaling van het neutralisatiegehalte

In 1930 werden een honderdtal steenkoolmonsters genomen in de Franse bekkens.

Alle proefomstandigheden (de ontvlamingsoorzaak inbegrepen) werden constant gehandhaafd om het neutralisatiegehalte van ieder van deze steenkolen te bepalen; men bekwam figuur 3 door in abscis de gehalten aan V.B. en in ordinat het neutralisatiegehalte c aan te brengen.

Proeven met springstoffen [1]

Men heeft gedacht de geschiktheid tot ontvlaming te kenmerken door het *minimumgewicht van de springstof* dat een stofwolk die vooraf werd opgejaagd kan doen ontvlammen.

Daar alle andere factoren van de beproefingswijze werden gehandhaafd, bekwam men de resultaten van figuur 4 waar

- in abscis, het gehalte aan V.B. van de droge steenkool is aangegeven,
- in ordinat (en op logaritmische schaal), de lengte van de gebruikte lading.

Proeven met het ontvlammingsmiddel [1]

Het stofmonster (ongeveer 1 g) dat dient onderzocht te worden, wordt onder in een ontvlammingskamer geplaatst (fig. 5).

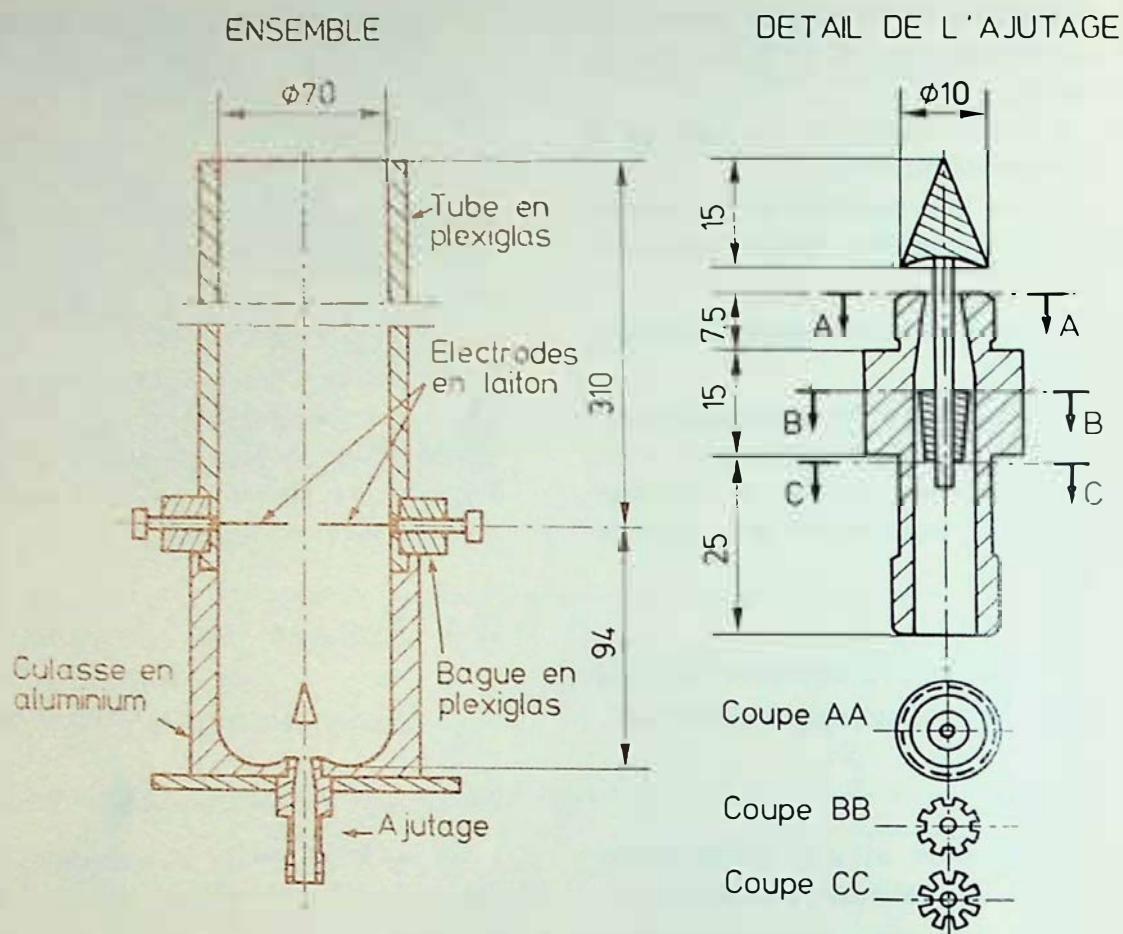


Fig. 5 — Inflammateur
Ontsteker

Ensemble : Geheel

Tube plexiglas : Buis van plexiglas

Electrode en laiton : Elektrode van geelkoper

Bague plexiglas : Ring van plexiglas

Culasse en aluminium : Zuigerkop van aluminium

Détail de l'ajutage : Detail van het mondstuk

Coupe : Doorsnede

(Origine - Bron : Vidal V., Exploitation des Mines, Tome II, Dunod 1962)

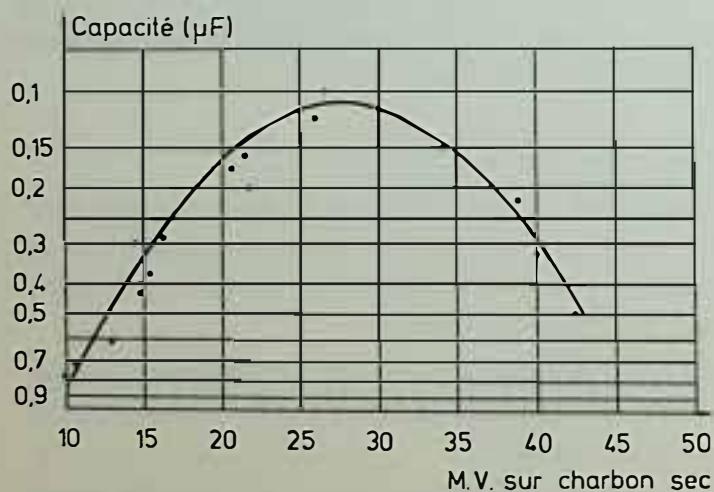


Fig. 6 — Essai à l'inflammateur
Ontvlammingsproef

Capacité en μF : Capaciteit in μF

M.V. sur charbon sec : V.B. van droge steenkool

(Origine - Bron : Vidal V., Exploitation des Mines, Tome II, Dunod 1962)

C'est un tube cylindrique de 70 mm de diamètre et 310 mm de hauteur ouvert à la partie supérieure. La poussière est mise en suspension par un jet d'air ou d'oxygène introduit à la base de la chambre au moyen d'un ajutage approprié.

On dispose 2 électrodes à la hauteur voulue.

Het is een cilindervormige buis met een diameter van 70 mm en een hoogte van 310 mm, die bovenaan open is. Het stof wordt opgejaagd door een lucht- of zuurstofstroom die onderaan de kamer wordt ingelaten door middel van een aangepast mondstuk.

Men plaatst 2 elektroden op de gewenste hoogte.

Lorsque le nuage est formé, une étincelle jaillit entre les électrodes.

On mesure l'énergie minimum nécessaire pour provoquer l'inflammation (on fait varier cette énergie par la variation de la capacité des électrodes).

Notons que le soulèvement de poussières et le déclenchement de l'étincelle sont réalisés par un dispositif de commande automatique afin d'assurer une certaine reproductibilité dans les essais.

On a ainsi obtenu les résultats de la figure 6 où sont portés

- en abscisse, les taux de MV,
- en ordonnée, et en échelle logarithmique, les capacités limites.

Tous ces résultats sont très difficilement reproducibles, les modes opératoires étant loin d'être rigoureusement définis; il n'est donc pas étonnant de constater une grande dispersion dans les résultats.

En résumé, on peut dire que, quel que soit le mode opératoire : détermination du taux de neutralisation, essais à l'explosif, essais à l'inflammateur, le risque augmente avec la teneur en matières volatiles et semble passer par un maximum.

Tous les règlements miniers reconnaissent l'influence prépondérante des matières volatiles qui sont toujours prises comme base ou même comme seule base de la détermination du danger.

L'établissement de la frontière entre les mines dangereuses et non dangereuses comporte nécessairement une part importante d'arbitraire.

En Belgique, cette frontière a été fixée à 14 % par l'A.R. du 28 juin 1962 concernant la prévention des coups de poussières combustibles dans les travaux souterrains des mines de houille, mais l'ingénieur des mines peut ramener cette limite à 12 %.

24.2. Finesse du charbon [1]

Les poussières d'un charbon donné sont d'autant plus inflammables qu'elles sont *plus fines*.

C'est très logique si on admet que la propagation de la flamme se fait par rayonnement de chaleur.

Le rayonnement dépend de la surface totale. Plus la surface est grande, plus le rayonnement est grand. Plus les grains sont petits, plus leur surface est grande et, pour un rayonnement donné, plus le grain est petit, plus il s'échauffe vite.

Certaines expériences ont parfaitement mis en lumière l'influence de la finesse.

Wanneer de wolk gevormd is springt een vonk over tussen de elektroden.

Men meet de minimale energie die nodig is om een ontvlamming te veroorzaken (men verandert deze energie door de capaciteit van de elektroden te veranderen).

Wij doen opmerken dat het opjagen van het stof en de ontsteking van de vonk worden verwezenlijkt door een automatisch bedieningstoestel om te zorgen voor een bepaalde reproduceerbaarheid van de proeven.

Men bekwam zo de resultaten van figuur 6, waar

- in abscis, de gehalten aan V.B. en
- in ordinat, en op logaritmische schaal, de uiterste capaciteiten zijn aangegeven.

Al deze resultaten zijn zeer moeilijk reproduceerbaar aangezien de werkingsmethodes verre van nauwkeurig bepaald zijn; het is dus niet verwonderlijk een grote verscheidenheid in de resultaten vast te stellen.

Samenvattend kan men zeggen dat, welke ook de werkingsmethode weze,
bepaling van het neutralisatiegehalte,
proeven met springstoffen,
proeven met het ontvlammingsmiddel,
het gevaar toeneemt met het gehalte aan vluchige bestanddelen en door een maximum blijkt te gaan.

Alle mijnreglementen constateren de overheersende invloed van de *vluchige bestanddelen* die altijd als basis worden genomen of zelfs als enige basis voor de *bepaling van het gevaar*.

De vaststelling van de grens tussen gevaarlijke en ongevaarlijke mijnen is noodzakelijkerwijs gedeeltelijk arbitrair.

In België werd deze grens vastgesteld op 14 % bij K.B. van 28 juni 1962 betreffende het voorkomen van de ontploffingen van brandbaar stof in de ondergrondse mijnwerken, maar de mijningenieur kan deze grens op 12 % brengen.

24.2. Fijnheid van de steenkool [1]

Het stof van een bepaalde steenkool is des te ontvlambaarder naarmate het *fijner* is.

Dit is zeer logisch als men aanneemt dat de vlam zich voortplant door warmtestraling.

De straling is afhankelijk van het totale oppervlak. Hoe groter het oppervlak, hoe groter de straling. Hoe fijner de korrels zijn, hoe groter hun oppervlak is, en voor een bepaalde straling verhit de korrel vlugger naarmate hij fijner is.

Bepaalde proeven hebben duidelijk de invloed van de fijnheid aangetoond.

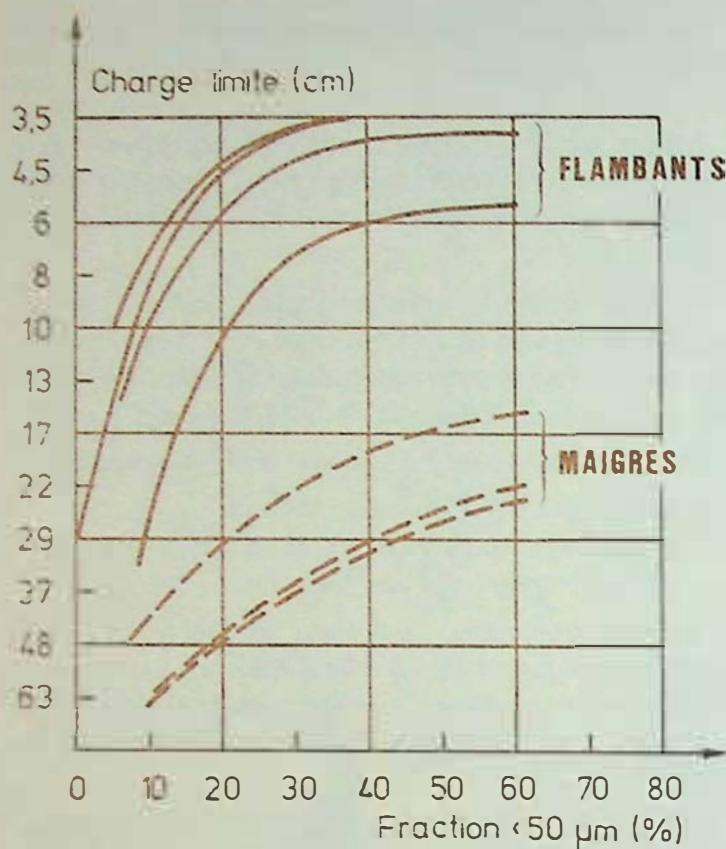


Fig. 7 — Influence de la finesse.
Invloed van de fijnheid.
Charge limite en cm : Grenslading in cm
Flambants : Vlamkolen
Maigres : Magere kolen
Fraction < 50 μm en % : Deel < 50 μm in %
(Origine - Bron : Vidal V., Exploitation des Mines, Tome II, Dunod 1962)

1°) Essais à l'explosif (fig. 7)

Des essais ont été entrepris sur des charbons maigres et flambants en prenant des proportions de plus en plus grandes de charbons $< 50 \mu\text{m}$ afin de déterminer les charges limites d'un explosif déterminé.

La courbe de la figure 7 obtenue en portant

- en abscisse, le % des fins $< 50 \mu\text{m}$.
- en ordonnée, les charges limites de l'explosif déterminé

montre que :

- pour les maigres, la charge limite diminue lorsque la finesse augmente
- pour les flambants, il en est de même jusqu'à 40 % $< 50 \mu\text{m}$.

2°) Essais de propagation en galerie

Des essais effectués aux U.S.A. ont montré aussi que le risque croît avec la finesse, confirmant ainsi les essais entrepris de la même manière à Montluçon.

Voici les résultats de la station de Bruceton (U.S.A.) [1] :

Fraction inférieure à 75 μm	Taux de neutralisation
20 %	60
40 %	69
80 %	79

1°) Proeven met springstoffen (fig. 7)

Er werden proeven uitgevoerd met magere steenkolen en vlamkolen door altijd grotere proporties steenkool $< 50 \mu\text{m}$ te nemen teneinde de uiterste lading van een bepaalde springstof te bepalen.

De curve die in figuur 7 werd bekomen met

- in abscis, het % fijnkolen $< 50 \mu\text{m}$
- in ordinat, de uiterste lading van de bepaalde springstof,

toont dat voor de magere kolen de uiterste lading vermindert wanneer de fijnheid toeneemt voor de vlamkolen, is dit hetzelfde tot 40 % $< 50 \mu\text{m}$.

2°) Proeven op de voortplanting in een galerij

Proeven die in de U.S.A. werden gedaan, hebben eveneens aangetoond dat het risico toeneemt met de fijnheid. Dit bevestigt de proeven die op dezelfde wijze werden uitgevoerd te Montluçon.

Ziehier de resultaten van het station van Bruceton (U.S.A.) [1] :

Fractie kleiner dan 75 μm	Neutralisatiegehalte
20 %	60
40 %	69
80 %	79

Ici encore, il y a lieu d'être très prudent dans l'interprétation des résultats car l'influence de la finesse est elle-même fonction d'autres facteurs tels que la violence de l'explosion, la concentration du nuage poussiéreux et la finesse du stérile.

24.3. Concentration en poussière (fig. 8)

D'après Vidal, le risque caractérisé par le taux de neutralisation limite croît d'abord rapidement, passe par un maximum et décroît enfin lentement avec la concentration en poussières.

« Pour une cause très violente et une grande finesse ($85\% < 75\mu\text{m}$), la concentration correspondant au risque maximum est un peu supérieure à celle correspondant à la combustion complète par l'air (c'est-à-dire $110-120\text{ g de charbon pur/m}^3$).

» Ce résultat s'explique aisément :

» Si l'explosion est très violente, le charbon est bien dispersé et, si le charbon est fin, il a le temps de brûler presque complètement. On est dans des conditions très semblables à celles d'un mélange air-gaz combustible pour lequel la quantité de chaleur produite et la vitesse de propagation sont maxima au voisinage de la composition correspondant à la combustion complète.

» Par contre, si l'explosion est faible, si la finesse est moindre, seule une fraction de charbon est dispersée et elle ne brûlera qu'incomplètement, alors la concentration donnant le maximum de risque pourra être très supérieure à la composition correspondant à la combustion complète » [1].

Ook hier dient men zeer voorzichtig te zijn bij de interpretatie van de resultaten, want de invloed van de fijnheid is zelf afhankelijk van andere factoren zoals de kracht van de ontploffing, de concentratie van de stofwolk en de fijnheid van de stenen.

24.3. Stofconcentratie (fig. 8)

Volgens Vidal neemt het gevaar dat gekenmerkt wordt door het uiterste neutralisatiegehalte, eerst vlug toe, gaat dan door een maximum en vermindert tenslotte langzaam met de stofconcentratie.

« Voor een zeer krachtige aanleiding en een grote fijnheid ($85\% < 75\mu\text{m}$) is de concentratie die overeenstemt met het grootste risico een weinig groter dan die welke overeenstemt met de volledige verbranding door lucht (namelijk $110-120\text{ g zuivere steenkool/m}^3$).

» Dit resultaat kan gemakkelijk verklaard worden.

» Indien de ontploffing zeer hevig is wordt de steenkool goed verspreid en als de steenkool fijn is heeft hij de tijd om bijna volledig te verbranden. Men heeft praktisch dezelfde omstandigheden als deze van een brandbaar mengsel lucht-gas waarbij de hoeveelheid geproduceerde warmte en de voortplantingsnelheid maximaal zijn t.o.v. de samenstelling die overeenstemt met de volledige verbranding.

» Indien de ontploffing daarentegen zwak is en de fijnheid geringer, wordt enkel een fractie steenkool verspreid en deze zal niet volledig verbranden, terwijl de concentratie die het grootste risico oplevert, veel groter kan zijn dan de samenstelling die overeenstemt met de volledige verbranding » [1].

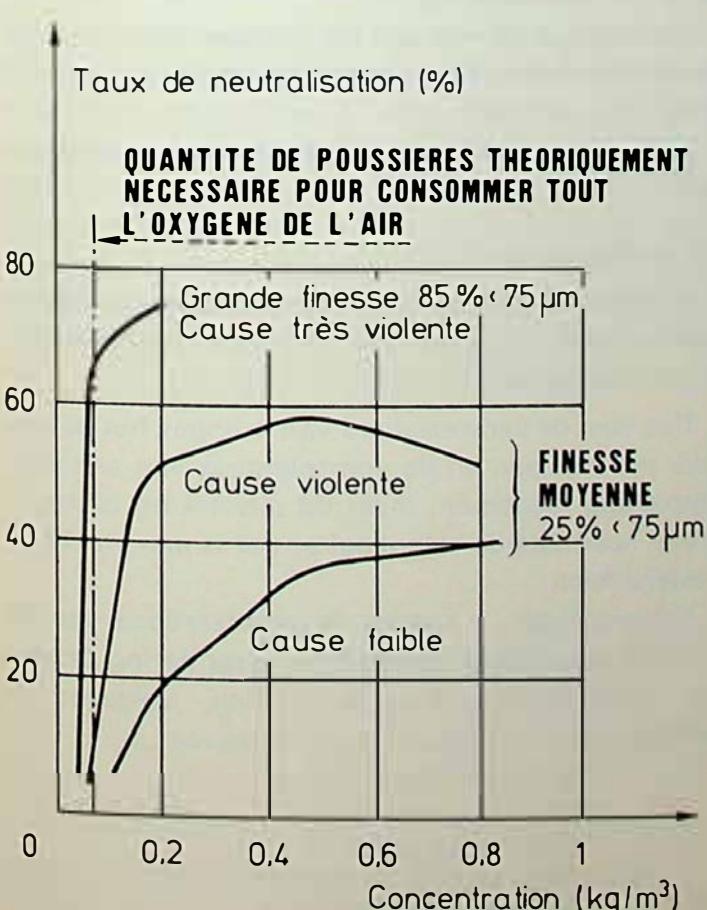


Fig. 8 — Influence de la concentration
Invloed van de concentratie
Taux de neutralisation : Neutralisatiegehalte
Quantité de poussières ... : Hoeveelheid stof theoretisch nodig om al de zuurstof in de lucht op te gebruiken
Grande finesse ... : Grote fijnheid $85\% < 75\mu$
Cause très violente : Zeer krachtige ontploffingsoorzaak
Cause violente : Krachtige ontploffingsoorzaak
Cause faible : Zwakke ontploffingsoorzaak
Finesse moyenne : Gemiddelde fijnheid $25\% < 75\mu$
Concentration ... : Concentratie (kg/m^3)
(Origine - Bron : Vidal V., Exploitation des Mines, Tome II, Dunod 1962)

Remarquons qu'il existe une limite inférieure de concentration en-dessous de laquelle la propagation est impossible; elle est appelée limite inférieure d'inflammabilité des nuages de poussières.

On conçoit qu'un aérosol trop pauvre en poussières ne puisse pas être le siège d'une flamme s'y propagant et qu'il existe pour un nuage de poussières comme pour un mélange air-gaz inflammable, une limite inférieure d'inflammabilité.

C'est la plus petite teneur en poussières en g/m³ pour laquelle la combustion amorcée en un point, peut s'étendre de proche en proche dans tout le volume poussiéreux. D'après Médard, « cette limite inférieure dépend non seulement de la nature des poussières combustibles (taux de MV) mais aussi des caractéristiques géométriques des particules et de sa granulométrie. Elle est presque toujours pour une substance donnée d'autant plus petite que les poussières sont plus fines. Enfin, la limite inférieure dépend aussi dans une large mesure, de la nature et de l'intensité de la source d'inflammation.

» Les valeurs de la limite inférieure d'inflammabilité dans l'air d'une poussière explosive diffèrent beaucoup d'un auteur à l'autre parce que les expérimentateurs ont utilisé des sources d'inflammation d'efficacité différente ou se sont servis d'appareils de formes et de dimensions très différentes, ou enfin opéraient avec des poussières de finesse différentes. Mais cette grande incertitude sur la limite inférieure est pratiquement sans importance ». [2]

Dans des essais où on avait réalisé les 3 dangers à la fois — taux de matières volatiles élevé, grande finesse des poussières et explosion violente — des concentrations limites de 50 g/m³ seulement ont été trouvées (fig. 8).

Pour une galerie de 10 m de pourtour, cela correspondrait à une épaisseur moyenne de 0,05 mm.

On a évidemment toujours dans les mines des épaisseurs supérieures.

24.4. Teneur en grisou

L'expérience a montré que la présence de grisou augmente le taux de neutralisation expérimental.

Donc la présence de grisou accroît le risque de naissance et de propagation d'un coup de poussières, mais l'effet est d'autant plus sensible que le charbon est plus pauvre en matières volatiles.

Selon Vidal, « les stations d'essais des différents pays s'accordent pour estimer la variation Δc du taux de neutralisation par une formule de la forme :

$$\frac{\Delta c}{100 - c} = \frac{g}{6}$$

où « g » est la teneur en grisou ».

Wij doen opmerken dat er een laagste concentratiegrens bestaat waaronder de voortplanting onmogelijk is; zij wordt laagste ontvlambaardheidsgrens van de stofwolken genoemd.

Men begrijpt dat een aérosol die te arm is aan stof geen vlam kan bevatten die er zich in voortplant en dat er voor een stofwolk, zoals voor een ontvlambaar mengsel lucht-gas, een laagste ontvlambaardheidsgrens bestaat.

Dit is het kleinste stofgehalte in g/m³ waarvoor de verbranding die in een punt ontstond, zich hoe langer hoe meer in heel het stofvolume kan uitbreiden. Volgens Médard, is deze laagste grens « niet enkel afhankelijk van de aard van de brandbare stof (gehalte aan V.B.) maar ook van de geometrische kenmerken van de deeltjes en van de korrelgrootte. Voor een bepaalde substantie is zij praktisch constant des te kleiner naarmate het stof fijner is. Te slot is de laagste grens ook in sterke mate afhankelijk van de aard en de intensiteit van de ontvlamming ».

» De waarden van de laagste ontvlambingsgrens van een ontplofbaar stof in de lucht verschillen sterk van de ene auteur tot de andere omdat de proefnemers ontvlambingsbronnen van verschillende efficiëntie of apparaten van zeer verschillende vormen en afmetingen gebruikt hebben, of omdat ze ten slotte te werk gingen met stof van verschillende fijnheden. Maar deze grote onzekerheid betreffende de laagste grens is praktisch zonder belang ».

Bij proeven waar men de 3 gevaren tegelijk had verwezenlijkt — hoog gehalte aan vluchige bestanddelen, grote fijnheid van het stof en hevige ontploffing — werden uiterste concentraties van slechts 50 g/m³ gevonden (fig. 8).

Voor een galerij met een omtrek van 10 m, zou dit overeenstemmen met een gemiddelde dikte van 0,05 mm.

In de mijnen heeft men uiteraard altijd grotere dikten.

24.4. Mijngasgehalte

De ervaring heeft aangetoond dat de aanwezigheid van mijngas het proefondervindelijk neutralisatiegehalte verhoogt.

Dus doet de aanwezigheid van mijngas het gevaar voor het ontstaan en de voortplanting van een stofontploffing toenemen, maar de uitwerking is des te groter naarmate de steenkool armer is aan vluchige bestanddelen.

Volgens Vidal, « komen de proefstations van de verschillende landen overeen de verandering Δc van het neutralisatiegehalte te ramen volgens de formule :

$$\frac{\Delta c}{100 - c} = \frac{g}{6}$$

waar « g » het mijngasgehalte is ».

Ainsi, pour un taux de neutralisation de 55 % et de 70 %, l'accroissement du taux de neutralisation devrait être respectivement de

$$\Delta c = g \left(\frac{100 - 55}{6} \right) \text{ et } \Delta c = g \left(\frac{100 - 70}{6} \right)$$

soit $\Delta c = 7,5 \text{ g}$ et $\Delta c = 5 \text{ g}$

Ceci correspond respectivement à $\Delta c = 11,25$ et $7,5$ pour une teneur en grisou de $1,5\%$.

Le nouveau décret du 9 octobre 1980 complétant le règlement général des industries extractives en France, en ce qui concerne les poussières inflammables, a fixé Δc à 10 dans les retours d'air des exploitations grisouteuses dans lesquels une teneur en grisou de 2 % est autorisée et à 5 dans les autres voies [6].

24.5. Violence de l'explosion ou violence du soulèvement de poussières

En ce qui concerne la vitesse de flamme et la pression de la déflagration, les nuages de poussières se comportent de façon semblable aux mélanges gazeux explosifs. Comme pour ceux-ci, rapporte Médard, « la vitesse spatiale de flamme, c'est-à-dire la vitesse de propagation de la zone en réaction mesurée par rapport à un point fixe extérieur, est fortement accrue quand le nuage de poussière est en état de turbulence; elle peut alors atteindre des milliers de mètres par seconde. Dans les longues galeries, le phénomène de la « chasse préalable » met en mouvement le milieu aval et la vitesse spatiale peut atteindre des valeurs énormes.

» Les enregistrements de montée en pression en vase clos à la suite d'une explosion de poussières sont des courbes analogues à celle obtenue lors de l'explosion en vase clos d'un mélange air-gaz (fig. 9). De ces enregistrements, on peut déduire la pression maximale atteinte, la vitesse moyenne de montée en pression et la vitesse maximale de montée en pression. Pour la plupart des poussières, la pression ma-

Zo zou voor een neutralisatiegehalte van 55 % en 70 %, de toename van het neutralisatiegehalte respectievelijk

$$\Delta c = g \left(\frac{100 - 55}{6} \right) \text{ en } \Delta c = g \left(\frac{100 - 70}{6} \right)$$

moeten zijn

$$\text{d.i. } \Delta c = 7,5 \text{ g} \quad \text{en } \Delta c = 5 \text{ g}$$

Dit komt respectievelijk overeen met $\Delta c = 11,25$ en $7,5$ voor een mijngasgehalte van $1,5\%$.

Het nieuwe decreet van 9 oktober 1980 ter aanvulling van het algemeen reglement van de extractieve nijverheden in Frankrijk, wat betreft het ontvlambaar stof, heeft Δc op 10 bepaald in de luchtafvoer van de mijngashoudende ontginningen waarin een mijngasgehalte van 2 % wordt toegelaten, en op 5 in de andere galerijen [6].

24.5. Kracht van de ontploffing of van de stofopjaging

Wat de vlamsnelheid en de druk van de ontploffing betreft, gedragen de stofwolken zich op dezelfde wijze als de ontplofbare gasmengsels. Zoals voor deze laatste vermeldt Médard, dat « de ruimtelijke snelheid van de vlam, d.w.z. de voortplantingssnelheid van de reactiezone gemeten t.o.v. een uitwending vast punt, sterk toeneemt wanneer de stofwolk wervelt; zij kan dan duizenden meters per seconde bereiken. In de lange galerijen, brengt het verschijnsel van de « voorafgaande opdrijving » het lucht-afwaartse milieu in beweging en kan de ruimtesnelheid onzaglijke waarden bereiken.

De opname van de drukstijging in een besloten ruimte ingevolge een stofontploffing zijn curven die overeenkomen met deze die bekomen werden tijdens de ontploffing van een mengsel lucht-gas in een besloten ruimte (fig. 9). Uit deze opnamen kan men de maximaal bereikte druk afleiden, evenals de gemiddelde en de maximale snelheid van de drukstijging. Voor de meeste stoffen schommelt de maximale

Fig. 9 — Diagramme de montée en pression

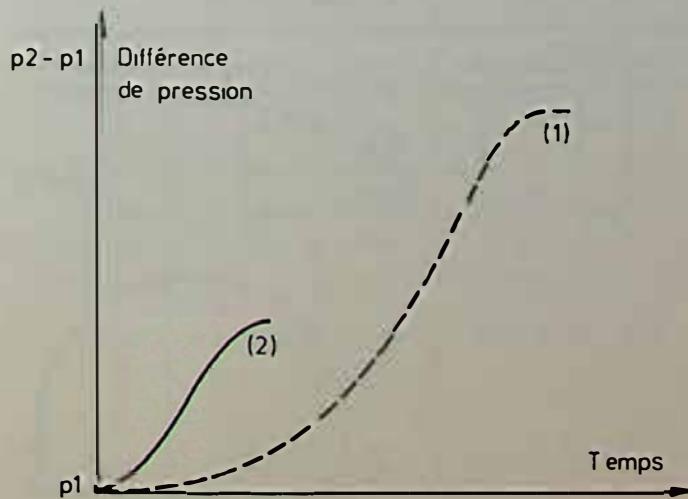
1. Montée en pression en vase clos
2. Montée en pression du même récipient avec ouverture

Diagram van de drukstijging

1. Drukstijging in gesloten vat
2. Drukstijging in open vat

Différence de pression : Drukverschil

Temps : Tijd



xiiale est comprise entre 4 et 7 bars, mais avec certaines poussières de matière organique elle peut aller jusqu'à 10 à 12 bars ».

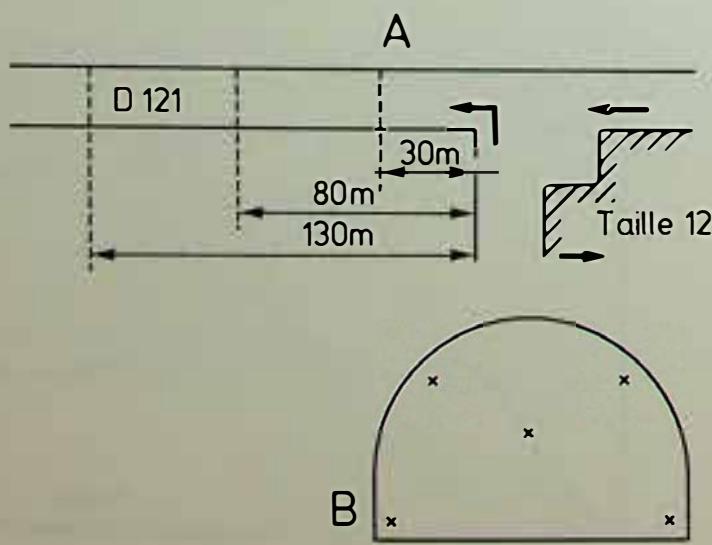
Nous avons déjà vu à la figure 8 que le taux de neutralisation augmente avec la violence de la cause initiale soulevant les poussières. Il est donc plus facile d'arrêter une explosion au voisinage de son point de départ qu'à une distance plus grande où elle aurait acquis une grande violence. C'est pourquoi plusieurs règlements recommandent de pousser la neutralisation le plus près possible des fronts.

Pour comprendre le mécanisme et les effets des explosions de poussières, les théories qui ont été esquissées n'expliquent encore que peu de choses et de nombreuses recherches doivent encore être poursuivies.

24.6. Hétérogénéité des dépôts de poussières dans les galeries de mines et possibilité de leur soulèvement

L'importance et le spectre granulométrique des dépôts de poussières dans les galeries de mines dépendent de très nombreux facteurs, en particulier de leur distance par rapport au point d'émission, de la vitesse du courant d'air, de la section de la galerie, de sa résistance (sa forme et ses dimensions, la rugosité de ses parois), de son encombrement, de la circulation du personnel, du mode de transport des produits, du nettoyage et de l'entretien des convoyeurs. Les dépôts de poussières sont donc très hétérogènes dans le temps et dans l'espace, aussi bien dans le sens longitudinal de la galerie que dans le sens transversal.

Des expériences effectuées dans le retour d'air d'une taille dans une mine des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais durant plusieurs semaines (du 21.11.78 au 15.12.78) ont montré cette hétérogénéité. Des capteurs de poussières CPM 3 (mesures journalières) et des plaques disposées devant les CPM 3 à 2 m (mesures de semaines) ont été placés à 5 endroits bien définis (deux à une mèzière, deux à l'autre, un au centre) d'une section de galerie à 30, 80 et 130 m du front de taille (fig. 10).



druk tussen 4 en 7 bar maar voor bepaalde stoffen van een organische materie kan zij 10 tot 12 bar bereiken ».

Op figuur 8 hebben we reeds gezien dat het neutralisatiegehalte toeneemt met de kracht van de oorspronkelijke oorzaak die het stof opjaagt. Het is dus gemakkelijker een ontploffing tegen te houden in de nabijheid van haar uitgangspunt dan op een grotere afstand waar zij zeer krachtig zou zijn. Daarom bevelen verschillende reglementen aan de neutralisatie zo dicht mogelijk bij het front te plaatsen.

De theorieën die geschetst werden verklaren maar weinig over het mechanisme en de invloed van de stofontploffingen en talrijke onderzoeken moeten nog worden voortgezet.

24.6. Heterogeniteit van de stofafzettingen in de mijngalerijen en mogelijkheid om ze op te jagen

Het belang en het granulometrisch spectrum van de stofafzettingen in de mijngalerijen zijn afhankelijk van talrijke factoren, in het bijzonder van de afstand t.o.v. het emissiepunt, de snelheid van de luchstromen, de doorsnede van de galerij, haar weerstand (haar vorm en afmetingen, de ruwheid van haar wanden), de belemmeringen erin, het personeelsverkeer, de transportwijze van de produkten, de reiniging en het onderhoud van de transportbanden. De stofafzettingen zijn dus zeer heterogeen in de tijd en in de ruimte zowel in de lengte als in de breedte van de galerij.

Proeven in de luchtafvoer van een pijler in een mijn van de Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, die gedurende verschillende weken (van 21.11.78 tot 15.12.78) werden uitgevoerd, hebben deze heterogeniteit aangetoont. Stofvangers CPM 3 (dagelijkse metingen) en platen geplaatst op 2 m voor de CPM 3 (wekelijkse metingen), werden op 5 welbepaalde plaatsen van een galerijdoorsnede op 30, 80 en 130 m van het pijlerfront aangebracht (twee op één zijwand, twee op de andere, één in het midden) (fig. 10).

Fig. 10 — Prélèvement de poussières en suspension dans l'air et de poussières déposées

- A. Schéma de position des sections d'essai
- B. Position des CPM 3 et plaques en section

Demonstering van stof dat in de lucht sweeft en van afgezet stof

- A. Schema van de plaats van de proefsectie
- B. Plaats van de CPM 3 en sectieplaten

Taille : Pijler

(Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC) [12]

Si on considère les résultats moyens pris sur la durée totale de l'essai, on obtient les indications de la figure 11 et des tableaux I et II.

Als men de gemiddelde resultaten beschouwt over de totale duur van de proef, bekomt men de aanduidingen die voorkomen op figuur 11 en in de tabellen I en II.

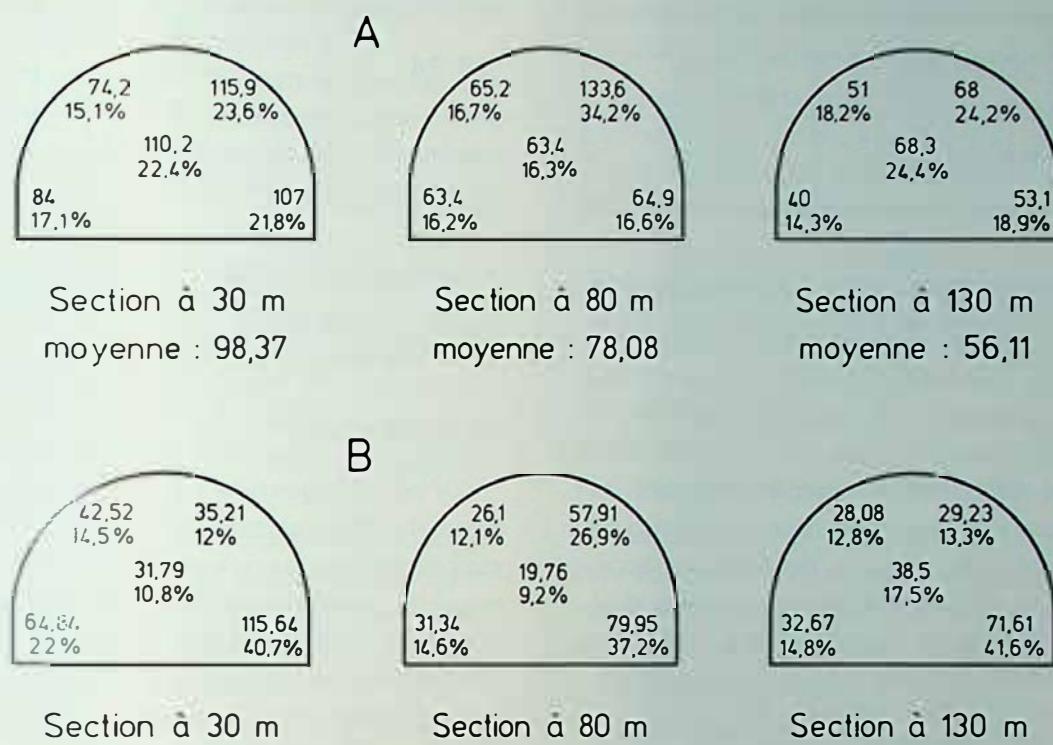


Fig. 11 — Résultats

- A. Répartition moyenne des poussières dans les sections selon CPM 3, en mg et en %
 B. Répartition des poussières déposées sur les plaques dans les sections pendant tout l'essai, en mg et en %

Resultaten

- A. *Gemiddelde verspreiding van het stof in de secties volgens CPM 3 in mg en in %*
 B. *Verspreiding van het stof afgezet op platen in de secties tijdens de proef in mg en in %*

*Section à : Sectie op
Moyenne : Gemiddelde*

(Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC) [12]

TABLEAU I — TABEL I

Station <i>Station</i>	Empoussiérage moyen <i>Gemiddeld stofgehalte</i>	Répartition granulométrique <i>Granulometrische indeling</i>							
		< 5 µm		5 à / tot 80 µm		80 à / tot 250 µm		> 250 µm	
		en poids <i>in gewicht</i>	en % <i>in %</i>	en poids <i>in gewicht</i>	en % <i>in %</i>	en poids <i>in gewicht</i>	en % <i>in %</i>	en poids <i>in gewicht</i>	en % <i>in %</i>
Op/à 30 m	98,37	19,22	19,5	65,65	66,7	4,98	5,1	8,52	8,7
Op/à 80 m	78,08	17,56	22,5	47,41	60,7	6,04	7,8	7,07	9
Op/à 130 m	56,11	14,1	25,2	35,90	64,0	2,13	3,8	3,94	7
Moyenne de 3 stations <i>Gemiddelde van 3 stations</i>	78,21	16,97	21,9	49,65	64,1	4,38	5,6	6,51	8,4

TABLEAU II — TABEL II

	Différences entre stations <i>Verschillen tussen stations</i>	Différences en catégories en mg / m ³ <i>Verschillen per categorie in mg / m³</i>			
		< 5 µm	5 à / tot 80 µm	80 à / tot 250 µm	> 250 µm
entre / tussen 50 et / en 80 m	20,29 mg / m ³	1,66	18,24	— 1,06	1,45
entre / tussen 80 et / en 130 m	21,98 mg / m ³	3,43	11,51	3,91	3,13

Enfin, aucune corrélation n'a pu être établie entre les résultats obtenus avec les prélèvements par CPM 3 et ceux pris plus tôt.

24.7. Conclusions

Il résulte de ce qui précède que les facteurs influençant la naissance et la propagation d'un coup de poussières sont très nombreux et de deux espèces, d'une part, ceux qui dépendent de la poussière elle-même tels que la nature de la poussière (c'est-à-dire sa teneur en matières volatiles, son taux de neutralisation, sa granulométrie, % inférieur à 80 - 75 ou 50 µm), la quantité de poussières dispersables ou sa concentration (exprimée en g/m³) et, d'autre part, ceux qui sont étrangers à la poussière tels que la teneur en grisou de l'atmosphère, la violence de l'explosion, la structure des ouvrages entraînant une hétérogénéité des dépôts aussi bien dans l'espace que dans le temps.

Ten slotte kon geen enkel verband gelegd worden tussen de resultaten bekomen door metingen met CPM 3 en deze bekomen met platen.

24.7. Besluiten

Uit het voorgaande kan men afleiden, dat de factoren die het ontstaan en de voortplanting van een stofontploffing beïnvloeden, zeer talrijk zijn en van tweedelige aard, enerzijds, de factoren die afhankelijk zijn van het stof zelf zoals de aard van het stof (d.w.z. zijn gehalte aan vluchtlijke bestanddelen, zijn neutralisatiegehalte, zijn granulometrie, % kleiner dan 80-75 of 50 µm), de hoeveelheid verspreidbaar stof of zijn concentratie (uitgedrukt in g/m³) en anderzijds, de factoren die niets hebben uit te staan met het stof, zoals het mijngasgehalte van de atmosfeer, de kracht van de ontploffing, de structuur van de werken die een heterogeniteit van de afzettingen tot gevolg hebben zowel in de ruimte als in de tijd.

2.5. Effets des explosions

25.1. Effets mécaniques

La courbe de montée en pression lors d'explosions des nuages poussiéreux est du même genre que la courbe de montée en pression des mélanges gazeux (fig. 9).

Lorsqu'un mélange air-gaz est amorcé au centre d'une enceinte fermée, la flamme progresse d'une façon sphérique jusqu'aux parois qui constituent un obstacle, puis elle retourne vers le centre. Si l'amorçage se fait au fond d'une enceinte ouverte (galerie de mine en cul-de-sac), la flamme progresse encore suivant des demi-sphères en expulsant les gaz non brûlés vers l'ouverture de l'enceinte; le phénomène sera encore accentué par la détente des gaz chauds, il y aura turbulence et le front de flamme au lieu de se présenter suivant une surface plane ou sphérique comportera plusieurs surfaces de flammes, ce qui augmente sa vitesse de propagation.

2.5. Gevolgen van de ontploffingen

25.1. Mechanische gevolgen

De curve van de druktoename tijdens de ontploffingen van de stofwolken heeft dezelfde vorm als de curve van de druktoename van gasmengsels (fig. 9).

Wanneer een mengsel lucht-gas wordt ontstoken midden in een gesloten ruimte, dan vordert de vlam op sferische wijze tot aan de wanden die een hindernis vormen en keert dan terug naar het middelpunt. Indien de ontsteking plaatsvindt onder in een open ruimte (doodlopende mijngalerij) dan vordert de vlam nog op half-sferische wijze en worden de onverbrande gassen naar de opening van de ruimte gedreven; het verschijnsel zal nog duidelijker zijn door de uitzetting van de warme gassen, er zal een werveling ontstaan en het vlamfront zal verschillende vlamoppervlakken bevatten i.p.v. een vlak of sferisch oppervlak, hetgeen de voortplantingssnelheid verhoogt.

On sait que la courbe de montée en pression en fonction du temps, lors d'une explosion d'un mélange air-grisou dans une enceinte antidéflagrante (c'est-à-dire une enceinte fermée), se fait de la manière indiquée à la figure 9 et que la pression p_2 maximum atteinte est la pression d'explosion adiabatique statique à volume constant.

Lorsque l'enceinte est ouverte, comme c'est le cas dans une galerie de mine, la vitesse de montée en pression est plus grande à cause de la turbulence, mais la pression atteinte est évidemment inférieure à celle atteinte en vase clos.

Les effets dynamiques sont généralement faibles près du point de départ de l'explosion.

Des vitesses du front de flamme de 20 à 30 m/s, donc assez réduites, ont été mesurées. Par contre, les effets deviennent considérables à grande distance. A plusieurs centaines de mètres, la vitesse d'explosion peut atteindre 1000 m/s.

Quoiqu'il en soit, à de telles vitesses de propagation, les effets dynamiques sont capables d'engendrer des dégâts matériels considérables : arrachement de portes, déplacement du matériel, éboulement, destruction d'un ventilateur, etc.

Des recherches ont été entreprises à la mine de Tremonia (R.F.A.) afin de déterminer les effets mécaniques des explosions survenant en galerie de mine sur le corps humain.

Les résultats ont montré qu'un mineur surpris en position debout par le souffle d'une explosion est déjà menacé dans son intégrité physique lorsque la pression dynamique dans l'onde non perturbée qui le fait tomber est de l'ordre de 10 à 20 mbar, ce qui est très faible.

25.2. Effets toxiques

Le coup de poussières est en fait une combustion qui se produit en un temps très court et qui dégage évidemment des gaz brûlés tels que le CO₂ et aussi le CO (oxyde de carbone).

Le CO ayant la propriété de se fixer beaucoup plus facilement que l'oxygène sur l'hémoglobine du sang forme de la carboxyhémoglobine dont la proportion dans le sang (environ 60 %) peut engendrer la mort très rapidement.

Des quantités de CO, même réduites, très inférieures au pourcent peuvent engendrer cette intoxication en quelques minutes.

25.3. Effets thermiques

Comme toute combustion, la combustion d'un nuage de poussières produit une grande quantité de chaleur capable d'engendrer des incendies et de causer des brûlures externes et surtout internes chez ceux qui sont en contact avec les gaz brûlés entraînés par le courant d'air.

Men weet dat de curve van de druktoename naargelang de tijd tijdens een ontploffing van een mengsel lucht-mijngas in een ontploffingsvrije ruimte (d.w.z. een gesloten ruimte) gevormd wordt volgens de wijze aangegeven op figuur 9, en dat de maximum bereikte druk p_2 de statische adiabatische ontploffingsdruk is met een constant volume.

Bij een open ruimte, zoals in een mijngalerij, is de snelheid van de druktoename groter wegens de werveling maar de bereikte druk is natuurlijk kleiner dan de druk die bereikt wordt in een gesloten ruimte.

De dynamische invloeden zijn over het algemeen gering bij het punt waar de ontploffing plaatsgrijpt.

Snelheden van het vlamfront die 20 à 30 m/s bedragen, dus tamelijk beperkt, werden gemeten. Daarentegen worden de invloeden aanzienlijk op grote afstand. Op verscheidene honderden meters kan de ontploffingssnelheid 1.000 m/s bereiken.

Hoe dan ook, bij dergelijke voortplantingssnelheden kunnen de dynamische invloeden aanzienlijke materiële schade veroorzaken : losrukken van deuren, verplaatsing van het materieel, instorting, vernieling van een ventilator, enz...

In de mijn van Tremonia (D.B.R.) werden onderzoeken uitgevoerd om de mechanische uitwerkingen op het menselijk lichaam te bepalen van de ontploffingen die zich voordoen in een mijngalerij.

De resultaten hebben aangetoond dat een mijnwerker die overeind staat en die verrast wordt door de luchtverplaatsing van een ontploffing, reeds lichamelijk geheel bedreigd wordt wanneer de dynamische druk in de ongestoorde golf die hem doet vallen, 10 à 20 mbar bedraagt, wat zeer gering is.

25.2. Toxische effecten

De stofontploffing is eigenlijk een verbranding die zich voordoet tijdens een korte tijdspanne en die natuurlijk verbrachte gassen zoals C₂H₂ en ook CO (kooloxyde) afgeeft.

Het CO, dat de eigenschap heeft zich veel gemakkelijker dan zuurstof op de hemoglobine van het bloed te vestigen, vormt carboxyhémoglobine waarvan de hoeveelheid in het bloed (ongeveer 60 %) zeer vlug de dood tot gevolg kan hebben.

Zelfs geringe hoeveelheden kleiner dan een percent, kunnen deze vergiftiging veroorzaken in enkele minuten.

25.3. Thermische effecten

Zoals iedere verbranding ontwikkelt de verbranding van een stofwolk een grote hoeveelheid warmte die zowel brand als uitwendige en vooral inwendige brandwonden kan veroorzaken bij degenen die in contact komen met de verbrachte gassen die worden meegevoerd door de luchtstroom.

3. MESURES DE PREVENTION ET DE PRECAUTION CONTRE LES COUPS DE POUSSIERES

3.1. Mesures de prévention de 1^{er} ordre et de 2^{me} ordre

La prévention des explosions de poussières s'obtient par des moyens analogues à ceux qui s'appliquent aux mélanges gazeux explosifs.

En premier lieu, on s'efforce d'éliminer les sources d'inflammation. Il est donc très utile de connaître les sources d'inflammation pour les déceler et autant que possible les supprimer. Théoriquement, si on pouvait supprimer toutes les sources d'inflammation, on pourrait opérer avec sécurité en présence de poussières inflammables; malheureusement, c'est impossible, parce que les sources d'inflammation sont de natures très diverses et qu'on n'est jamais sûr d'avoir imaginé toutes celles qui peuvent se présenter.

La suppression des sources d'inflammation ne doit donc être considérée que comme un moyen *supplémentaire* (mesures de 2^{me} ordre), mais non suffisant en lui-même qui se *superpose* aux autres mesures de sécurité (neutralisation des poussières inflammables = mesures de 1^{er} ordre) pour la prévention des explosions de poussières.

3.2. Suppression des sources d'inflammation

Les sources d'inflammation les plus fréquentes dans les mines de houille sont les explosifs, les flambées de grisou et les arcs électriques.

3.3. Neutralisation des poussières inflammables ou mesures de 1^{er} ordre

Pour éviter la naissance d'une flambée par les poussières et sa propagation, il serait souhaitable d'éviter la formation des poussières. C'est ce qui est réalisé par l'injection d'eau en veine, par l'abattage humide et par l'arrosage des points de transfert des produits d'un convoyeur sur un autre en vue de combattre la silicose. Mais cette réduction de la quantité de poussières susceptibles d'être formées durant les opérations d'abattage et de transport n'est pas suffisante pour prévenir la naissance d'une flambée et sa propagation par les poussières, étant donné, comme nous l'avons vu plus haut au § 24.3., qu'une quantité très faible de poussières inflammables peut être à l'origine d'une explosion.

3. PREVENTIEVE EN VOORZORGS- MAATREGELEN TEGEN STOFONTPLOFFINGEN

3.1. Preventieve maatregelen van 1ste en 2de orde

Het voorkomen van stofontploffingen wordt bekomen door toepassing van dezelfde middelen als die welke toegepast worden voor ontplofbare gasmengsels.

In de eerste plaats tracht men de ontvlammingsbronnen uit de schakelen. Het is dus zeer nuttig de ontvlammingsbronnen te kennen om ze op te sporen en om ze zoveel mogelijk uit te schakelen. Theoretisch zou men veilig kunnen te werk gaan in tegenwoordigheid van ontvlambaar stof indien men alle ontvlammingsbronnen zou kunnen uitsluiten; jammer genoeg is dit onmogelijk, omdat de ontvlammingsbronnen van zeer verscheiden aard zijn en omdat men nooit zeker is aan alle bronnen te hebben gedacht, die zich kunnen voordoen.

De verwijdering van de ontvlammingsbronnen dient dus enkel beschouwd te worden als een *aanvullend* middel (maatregelen van 2de orde) dat op zichzelf niet voldoet maar dat zich *bij* de andere veiligheidsmaatregelen *voegt* (neutralisering van de ontvlambare stoffen = maatregelen van 1ste orde) om stofontploffingen te voorkomen.

3.2. Verwijdering van de ontvlammingsbronnen

De meest voorkomende ontvlammingsbronnen in de steenkolenmijnen zijn de springstoffen, de mijngasontvlammingen en de elektrische lichtbogen.

3.3. Neutralisatie van het ontvlambaar stof of maatregelen van 1ste orde

Om het ontstaan van een ontvlamming door stof en zijn voortplanting te vermijden zou het wenselijk zijn te vermijden dat er stof gevormd wordt. Dit wordt verwezenlijkt door waterinjectie in de koollaag, door waterbestuiving en door het besproeien van de plaatsen waar de produkten van een transportband op een andere overgaan, om de silicose te bestrijden. Maar deze vermindering van de hoeveelheid stof dat kan gevormd worden tijdens het winnen en het transport, is niet voldoende om een stofontvlamming en de voortplanting ervan te verhinderen, aangezien een zeer geringe hoeveelheid ontvlambaar stof een ontploffing kan veroorzaken zoals we vastgesteld hebben in § 24.3.

Il est donc important d'enlever les dépôts de poussières aux points d'accumulation tels que le voisinage de points de transfert ou de chargement, le voisinage de portes d'aérage et le long des convoyeurs et il faut, en outre, neutraliser les poussières inflammables :

- soit par schistification, c'est-à-dire par apport de fines poussières incombustibles;
- soit par arrosage;
- soit par le procédé de fixation des poussières à la pâte.

33.1. Neutralisation par schistification, c'est-à-dire par apport de fines poussières incombustibles

Pour rendre les poussières inaptes à la propagation, il faut les inertiser par apport de fines poussières incombustibles augmentant ainsi leur taux de neutralisation.

33.1.1. Nature du stérile

Plusieurs stériles ont été utilisés à cet effet, notamment le schiste, le sable, le calcaire ou le gypse.

Depuis que la lutte contre la silicose est engagée de façon efficace, le schiste et le sable (contenant de la silice libre, SiO_2) ont été abandonnés au profit du calcaire (CaCO_3) dont l'action est multiple pour s'opposer à la propagation d'une inflammation, c'est-à-dire pour refroidir la flamme et ralentir l'échauffement des particules de charbon.

Tout d'abord, le CaCO_3 broyé et moulu à la granulométrie appropriée absorbe lui aussi une grande quantité de chaleur.

Ensuite à haute température, il se dissocie en formant de la chaux (CaO) et en dégageant du CO_2 .

Cette réaction chimique — $\text{CaCO}_3 + \text{cal} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ — qui est endothermique absorbe encore une certaine quantité de chaleur.

Enfin, le CO_2 et l'humidité de ce calcaire qui se dégagent agissent comme extincteurs et exercent une action inhibitrice sur la combustion des matières volatiles.

33.1.2. Finesse du stérile

Des essais ont montré que la granulométrie du stérile a une grande importance.

En Belgique, le calcaire broyé moulu utilisé dans les mines de houille doit passer à 100 % au tamis de 124 μm et à 80 % au tamis de 61 μm .

Dans d'autres pays, la granulométrie du produit inertisant doit se situer entre une limite inférieure et une limite supérieure.

La limite inférieure est souvent fixée pour éviter le soulèvement de la poussière inerte par le courant ventilateur.

Het is dus belangrijk de stofafzettingen te verwijderen op de plaatsen waar het zich ophoort, zoals in de omgeving van de transfer of laadplaatsen, van de ventilatiedeuren en langs de transportbanden. Bovendien dient het ontvlambaar stof geneutraliseerd te worden :

- hetzij door steenstofbestuiving, d.w.z. door de toevoer van fijn onbrandbaar stof;
- hetzij door besproeiing;
- hetzij door het stof vast te leggen met pasta.

33.1. Neutralisatie door steenstofbestuiving, d.w.z. door de aanvoer van fijn onbrandbaar stof

Om het stof ongeschikt te maken voor de voortplanting, dient het inert gemaakt te worden door de aanvoer van fijn onbrandbaar stof waardoor het neutralisatiegehalte toeneemt.

33.1.1. Aard van het inerte gesteente

Verscheidene gesteenten werden hiervoor gebruikt, onder meer leisteen, zand, kalksteen of gips.

Sedert de silicose doeltreffend bestreden wordt, werden de leisteen en het zand (dat losse kiezel bevat, SiO_2) opgegeven ten voordele van de kalksteen (CaCO_3) die een veelvuldige werking heeft om de voortplanting van een ontvlamming tegen te gaan, d.w.z. om de vlam af te koelen en om de verhitting van de steenkooldeeltjes te vertragen.

Vooreerst absorbeert de CaCO_3 die op de geschikte korrelgrootte verbrijzeld en gemalen werd, ook een grote hoeveelheid warmte.

Vervolgens wordt hij op hoge temperatuur ontbonden en vormt kalk (CaO) terwijl er CO_2 vrij komt.

Deze endothermische chemische reactie — $\text{CaCO}_3 + \text{cal} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ — absorbeert nog een bepaalde hoeveelheid warmte.

Tenslotte treden het CO_2 en de vochtigheid, die door deze kalksteen worden afgegeven, op als blusapparaten en hebben ze een vertragende uitwerking op de verbranding van de vluchtvaste bestanddelen.

33.1.2. Fijnheid van het gesteente

Proeven hebben aangetoond dat de korrelgrootte van het gesteente van groot belang is.

In België dient 100 % van de verbrijzelde en gemalen kalksteen die in de steenkoolmijnen gebruikt wordt, door een zeef van 124 μm te gaan en 80 % door een zeef van 61 μm .

In andere landen moet de korrelgrootte van het inert produkt schommelen tussen een laagste en een hoogste grens.

De laagste grens is dikwijls bepaald om de opjaging te vermijden van inert stof door de ventilatorstroom.

En France, la limite supérieure est fixée comme suit : plus de 90 % des poussières passent au tamis à 250 µm dont 50 % à 75 % traversent le tamis à maille de 63 µm.

Le spectre granulométrique de l'inertisant est donc différent d'un pays à l'autre.

Le maximum du spectre granulométrique de l'inertisant de densité 2,5 peut donc être décalé du maximum du spectre granulométrique de la poussière de charbon déposée, de densité 1,35. On peut se demander si ce serait pas souhaitable que ce maximum de l'inertisant soit situé du côté des plus petites granulométries par rapport au maximum du charbon, pour faciliter son soulèvement lorsque l'explosion est molaire. Nous reviendrons sur cette question ci-après.

331.3. Choix du taux de neutralisation réglementaire

Nous avons vu (au § 24.1) que le taux expérimental pour empêcher la propagation d'un coup de poussière dépend de beaucoup de facteurs fonction de la poussière elle-même et étrangers à la poussière (§ 24.7).

De très nombreuses expériences ont été faites à la station de Montluçon par Taffanel et Audibert afin de déterminer le taux de neutralisation à partir duquel il n'y avait plus d'inflammation. Malheureusement, ces expériences n'ont pas pu être faites en faisant varier chacun des facteurs isolément, tous les autres restant constants. Cela nécessiterait des millions d'essais. La plupart des essais ont été effectués avec des sources d'inflammation plus ou moins violentes et sur des mélanges homogènes de poussières. Or, dans la mine, les couches de poussières de charbon déposées alternent avec les couches de CaCO₃ déposées lors de l'opération de neutralisation, et le mélange est donc hétérogène.

La plupart des règlements miniers ont fixé leur taux de neutralisation réglementaire en ne tenant compte que du seul facteur, le plus facile à déterminer, la teneur en matières volatiles des charbons extraits.

C'est le cas du règlement belge qui fixe ce « taux réglementaire » au-dessus du « taux expérimental » en partant de 60 % pour 14 % de matières volatiles pour arriver à 78 % au-delà de 26 % de matières volatiles.

Le règlement français du 9 octobre 1980, par contre, a fixé le taux de schistification en tenant compte de la teneur en matières volatiles des charbons extraits et de la teneur en grisou. La valeur minimale de base du taux de schistification, défini comme la teneur de la poussière en incombustible

In Frankrijk wordt de hoogste grens als volgt bepaald : meer dan 90 % van het stof gaat door de zeef van 250 µm waarvan 50 % à 75 % door de zeef met mazen van 63 µm gaat.

Het granulometrisch spectrum van de inerte stof is dus verschillend van het ene land tot het andere.

Het maximum van het granulometrisch spectrum van de inerte stof met een dichtheid 2,5 kan dus verschoven worden van het maximum van het granulometrisch spectrum van de afgezette steenkoolstof met een dichtheid 1,35. Men kan zich afvragen of het niet wenselijk zou zijn dat dit maximum van de inerte stof tot de kleinste korrelgrootte zou behoren t.o.v. het maximum van de steenkool om de opjaging ervan te vergemakkelijken bij een zachte ontploffing. Wij zullen later op dit probleem terugkomen.

331.3. Keuze van het reglementair neutralisatiegehalte

Wij hebben gezien (in § 24.1) dat het proefondervindelijk gehalte om de voortplanting van een stofontploffing te vermijden, afhankelijk is van talrijke factoren die op hun beurt afhankelijk zijn van het stof zelf en vreemd zijn aan het stof (§ 24.7.).

Talrijke proefnemingen werden door Taffanel en Audibert uitgevoerd in het station van Montluçon om te bepalen vanaf welk neutralisatiegehalte er geen ontvlamming meer mogelijk was. Jammer genoeg konden deze proefnemingen niet worden uitgevoerd door iedere factor afzonderlijk te doen veranderen terwijl alle andere factoren onveranderlijk bleven. Dit zou miljoenen proeven vereisen. De meeste proeven werden uitgevoerd met min of meer krachtige ontvlammingsbronnen en met homogene stofmengsels. In de mijn wisselen de afgezette lagen kolenstof echter af met de afgezette CaCO₃-lagen tijdens de neutralisatie-operatie en is het mengsel dus heterogen.

De meeste mijnreglementen hebben hun reglementair neutralisatiegehalte bepaald door enkel rekening te houden met de factor die het gemakkelijkst bepaald kon worden, nl. het gehalte aan vluchtige bestanddelen van de gewonnen steenkool.

Dit is zo voor het Belgisch reglement dat dit « reglementair gehalte » boven het « proefondervindelijk gehalte » vaststelt uitgaande van 60 % voor 14 % vluchtige bestanddelen om 78 % te bereiken voor meer dan 26 % vluchtige bestanddelen.

Daarentegen heeft het Frans reglement van 9 oktober 1980 het steenstofbestuivingsgehalte bepaald rekening houdend met het gehalte aan vluchtige bestanddelen van de gewonnen steenkool en met het gehalte aan mijngas. De minimale basiswaarde van het steenstofbestuivingsgehalte, dat bepaald werd

solide sur sec exprimé en pourcentage pondéral, est fixée à 55 si le taux de matières volatiles dans chacune des couches exploitées ne dépasse pas 18 %, et à 70 dans le cas contraire. Dans les exploitations classées « grisouteuses », cette valeur est augmentée de 10 dans les retours d'air dans lesquels la teneur en grisou de 2 % est autorisée et de 5 dans les autres voies (voir § 24.4.).

Les taux réglementaires ainsi fixés garantissent-ils la sécurité à ceux qui les respectent ?

Il est difficile de répondre à cette question avec certitude.

En effet, la sécurité absolue n'existe pas, et en science appliquée, il faut bien se contenter d'une sécurité relative tout en ayant en vue de réduire le risque au maximum.

Les expériences antérieures sur lesquelles sont basées les prescriptions réglementaires ont été réalisées souvent dans des conditions qui paraissaient à l'époque plus dangereuses que celle de la mine, c'est-à-dire avec une certaine violence et des dépôts homogènes dans des galeries expérimentales de section plus petite que celle des galeries de mines actuelles.

Or, nous savons que les dépôts sont hétérogènes et l'Organe permanent pour la sécurité et la salubrité dans les mines de houille de la Communauté Economique Européenne (O.P.) a signalé dans sa recommandation adoptée le 3 septembre 1976 « qu'il considérait la schistification comme alternative acceptable, qu'elle soit utilisée sur tout le pourtour des galeries ou en combinaison avec la fixation des poussières sur la sole, à condition qu'elle soit effectuée avec une régularité appropriée; à ce sujet, une attention particulière est attirée sur le fait qu'une couche de charbon déposée sur la poussière stérile, même de très faible épaisseur, peut suffire à la propagation d'une explosion » [3].

331.4. Epandage du produit neutralisant

En pratique, la neutralisation se fait par épandage du produit neutralisant sur le sol et les parois de la galerie ainsi que sur les tuyauteries, canars, etc... au moyen de machines sous pression d'air comprimé. L'ancienne pratique qui consiste à épandre le produit neutralisant à la pelle devrait être abandonnée étant donné son manque d'homogénéité.

als het stofgehalte van vaste onbrandbare droge stoffen uitgedrukt in percentage in gewicht, is vastgesteld op 55 indien het gehalte aan vluchtige bestanddelen in elke ontgonnen laag 18 % niet overschrijdt, en op 70 in het tegenovergestelde geval. In de ontginningen die als « mijngashoudend » gerangschikt zijn, wordt deze waarde met 10 verhoogd in de luchtafvoergalerijen waarin het mijngasgehalte 2 % mag bedragen, en met 5 in de overige galerijen (zie § 24.4.).

Waarborgen de reglementaire getallen die op die wijze bepaald werden, de veiligheid van degenen die ze in acht nemen ?

Het is moeilijk met zekerheid te antwoorden op deze vraag.

Inderdaad : de volstrekte veiligheid bestaat niet, en in de toegepaste wetenschappen moet men zich wel tevreden stellen met een betrekkelijke veiligheid terwijl men er naar streeft het gevaar zoveel mogelijk te beperken.

De vroegere proefnemingen waarop de reglementaire voorschriften gebaseerd zijn, werden dikwijls verwijzenlijkt in omstandigheden die in die tijd gevaarlijker bleken te zijn dan die in de mijn zelf, d.w.z. met een bepaalde kracht en homogene afzettingen in proefgalerijen met een kleinere doorsnede dan de huidige mijngalerijen.

Wij weten echter dat de afzettingen heterogeen zijn en het Permanent Orgaan voor de veiligheid en gezondheid in de steenkolenmijnen van de Europese Economische Gemeenschap (P.O.) heeft in zijn aanbeveling die op 3 september 1976 werd aangenomen, gesigneerd « dat hij de steenstofbestuiving als een aanvaardbaar alternatief beschouwde, of ze nu gebruikt wordt over de gehele omtrek van de galerij of samen met de vastlegging van het stof op de vloer, op voorwaarde dat ze uitgevoerd wordt met een aangepaste regelmaat; wat dit betreft wordt de aandacht bijzonder gevestigd op het feit dat een afgezette steenkoollaag op het steriel stof, zelfs met een geringe dikte, voldoende kan zijn om een ontploffing voort te planten » [3].

331.4. Verspreiding van het neutraliserend produkt

In de praktijk wordt de neutralisatie uitgevoerd door het neutraliserend produkt op de grond en de wanden van de galerij te verspreiden evenals op het buizennet, de kokers enz. door middel van machines onder persluchtdruk. De oude methode die erin bestaat het neutraliserend produkt te verspreiden met de schop zou moeten opgegeven worden wegens haar gebrek aan homogeniteit.

331.5. Contrôle du taux de neutralisation

331.5.1. Recommandation de l'Organe Permanent

Le 25 mars 1980, l'Organe Permanent (O.P.) pour la sécurité et la salubrité dans les mines de houille et les autres industries extractives a adopté une recommandation relative au « contrôle de la neutralisation des poussières au moyen de poussière calcaire dans les travaux souterrains des mines de houille » [4].

En principe comme nous l'avons vu au § 331.3, l'O.P. considère toujours la schistification comme acceptable à condition qu'elle soit effectuée avec une régularité appropriée. Son efficacité pouvant être limitée dans le temps elle doit être contrôlée périodiquement.

Etant donné que les dépôts de poussières ne sont pas uniformes, il convient de distinguer, lors du choix des prélèvements, deux types d'ouvrages : les ouvrages du type A et les ouvrages du type B.

Les ouvrages du type A sont les ouvrages proches des sources d'émission de poussières et les dépôts de poussières y sont importants et irréguliers. Les ouvrages du type B sont les ouvrages situés à plus grande distance de telles sources et les dépôts de poussières y sont plus faibles et plus uniformes.

Comme il faut partout et à tout moment, dans la couche superficielle des poussières déposées, un taux de matières inertes supérieur à un taux réglementaire (fixé par les Etats membres), il appartient à l'exploitant de prendre les mesures pour atteindre ce résultat, c'est-à-dire procéder à la schistification avec une fréquence fonction de l'empoussierage de l'ouvrage et faire les contrôles adéquats. A cet effet, il importe de former les schistificateurs aussi bien dans le domaine théorique que pratique, en leur expliquant clairement et de façon précise le mécanisme de la naissance et de la propagation d'une explosion, les moyens de prévention et de précaution, la bonne mise en œuvre de ces moyens et les contrôles périodiques à effectuer, la périodicité de ces contrôles ne devant pas dépasser un mois pour les ouvrages du type A et trois mois pour les ouvrages du type B.

331.5.2. Echantillonnage au fond

Recommandation de l'O.P. du 25 mars 1980

Si la périodicité des contrôles est différente d'un type d'ouvrage à l'autre (type A ou type B), le nombre de prélèvements et la distance entre eux peuvent aussi être différents d'un type à l'autre. C'est ainsi que, dans les ouvrages du type A, deux prélèvements auront lieu, l'un sur la sole et l'autre sur les autres surfaces de la voie, tandis que, dans les ouvrages du

331.5. Controle van het neutralisatiegehalte

331.5.1. Aanbeveling van het Permanent Orgaan

Op 25 maart 1980 heeft het Permanent Orgaan (P.O.) voor de veiligheid en de gezondheid in de steenkolenmijnen en de andere extractiebedrijven een aanbeveling aangenomen betreffende de « controle van de neutralisatie van het stof d.m.v. kalkstof in de ondergrondse werken van de steenkoolmijnen » [4].

Zoals we vastgesteld hebben in § 331.3., beschouwt het P.O. in principe de steenstofbestuiving nog steeds als aanvaardbaar op voorwaarde dat ze met een *gepaste regelmaat* gebeurt. Daar haar doeltreffendheid kan afnemen met de tijd, moet zij regelmatig gecontroleerd worden.

Aangezien de stofafzettingen niet gelijkmatig zijn dienen twee types van werken onderscheiden te worden bij de keuze van de monsternemingen : de werken van het type A en de werken van het type B.

De werken van het type A zijn de werken die dicht bij de stofemissiebronnen uitgevoerd worden en de stofafzettingen zijn er aanzienlijk en onregelmatig. De werken van het type B zijn de werken die op een grotere afstand van die bronnen uitgevoerd worden en de stofafzettingen zijn er geringer en gelijkmatiger.

Daar er overal en op ieder ogenblik in de oppervlakkige laag van het afgezet stof een gehalte aan inert stof aanwezig moet zijn dat groter is dan het reglementair gehalte (bepaald door de lidstaten) dient de ontginner de maatregelen te treffen om dit resultaat te bereiken, d.w.z. met steenstof bestuiven volgens een frequentie in functie van het stofgehalte van het werk en geschikte controles uitvoeren. Hier toe is het van belang de steenstofbestuivers op te leiden, zowel op theoretisch als op praktisch gebied door hen duidelijk en nauwkeurig het mechanisme van het ontstaan en de voortplanting van een ontploffing uit te leggen evenals de preventieve en voorzorgsmaatregelen, de goede aanwendung van deze middelen en de periodieke controles die dienen uitgevoerd te worden. De periodiciteit van deze controles mag niet meer dan een maand overschrijden voor de werken van het type A en drie maanden voor de werken van het type B.

331.5.2. Ondergrondse monsterneming - Aanbeveling van het P.O. d.d. 25 maart 1980

De periodiciteit van de controles verschilt van het een werktype tot het andere (type A of type B); het aantal monsternemingen en de afstand ertussen kan eveneens verschillend zijn van het ene type tot het andere. Zo zullen voor de werken van het type A twee monsternemingen plaatshebben, de ene op de vloer en de andere op de andere oppervlakken van de galerij, terwijl voor de werken van het type B een enkele

type B, un seul prélèvement pris sur la sole et sur les autres surfaces suffit.

Puisque l'épaisseur de la couche de poussières soulevées dépend de l'intensité de l'explosion et comme la schistification doit empêcher la propagation de n'importe quelle explosion, même les plus molles, au cours desquelles une mince couche superficielle de poussières est soulevée, le taux de neutralisation d'une couche superficielle de faible épaisseur doit donc être assuré.

Du point de vue pratique, il est difficile de fixer un nombre bien précis et faible de millimètres à prélever; aussi est-il suggéré pour la sole de ne pas prélever une épaisseur de plus de 10 mm et sur les autres surfaces 5 à 6 mm, le prélèvement se faisant délicatement avec un pinceau ou une brosse souple (fig. 12).

*Circulaire du Directeur Général
des Mines du 24.7.1963 [5]*

Depuis la circulaire du Directeur Général des Mines du 24 juillet 1963, le contrôle mensuel de l'efficacité de la schistification dans un tronçon de voie se fait en Belgique par l'analyse de 4 échantillons de deux zones de prélèvement, c'est-à-dire de deux échantillons par zone de 20 m, distantes l'une de l'autre d'environ 100 m. Le premier échantillon, dit échantillon de parois, est un mélange de 20 prélèvements réalisés sur une longueur de 20 m (ou 20 cadres), à raison d'un prélèvement par mètre (ou par cadre), répartis en spirale avec point de départ au niveau de l'aire de voie d'une paroi et point d'arrivée au niveau de l'aire de voie de l'autre paroi qui passe par le sommet de la galerie au centre de la zone.

Le second échantillon, dit échantillon de la sole, est un mélange de 20 prélèvements réalisés sur la même

monsterneming op de vloer en op de andere oppervlakken voldoende is.

Aangezien de dikte van de opgejaagde stoflaag afhankelijk is van de kracht van de ontploffing, en daar de steenstofbestuiving de voortplanting van eender welke ontploffing, zelfs de zachtste (waarbij een dunne oppervlakkige stoflaag wordt opgejaagd) moet beletten, dient het neutralisatiegehalte van een oppervlakkige laag met een geringe dikte dus gewaarborgd te zijn.

Praktisch gezien is het moeilijk een zeer nauwkeurig en gering aantal millimeters te bepalen, die dienen bemonsterd te worden; voor de vloer wordt dan ook voorgesteld niet meer dan een dikte van hoogstens 10 mm te bemonsteren en op de overige oppervlakken 5 à 6 mm. De monsterneming gebeurt zeer voorzichtig met een kwast of een soepele borstel (fig. 12).

*Oenzendbrief van de Directeur-generaal
der Mijnen d.d. 24.7.1963 [5]*

Sedert de omzendbrief van de Directeur-generaal der Mijnen d.d. 24 juli 1963, gebeurt in België de maandelijkse controle op de doeltreffendheid van de steenstofbestuiving in een gedeelte van de galerij door middel van de analyse van 4 monsters uit twee zones waar stalen werden genomen, d.w.z. 2 monsters per zone van 20 m die op ongeveer 100 m van elkaar liggen. Het eerste monster, wandmonster genoemd, is een mengsel van 20 opnamen die werden uitgevoerd over een lengte van 20 m (of 20 ramen) naar rato van één opname per meter (of per raam) en verdeeld over een spiraal waarvan het vertrekpunt zich ter hoogte van de gangvloer van een wand bevindt en het eindpunt ter hoogte van de gangvloer van de andere wand, en die de top van de mijngang in het midden van het gebied snijdt.

Het tweede monster, vloermonster genoemd, is een mengsel van 20 opnamen die werden uitgevoerd

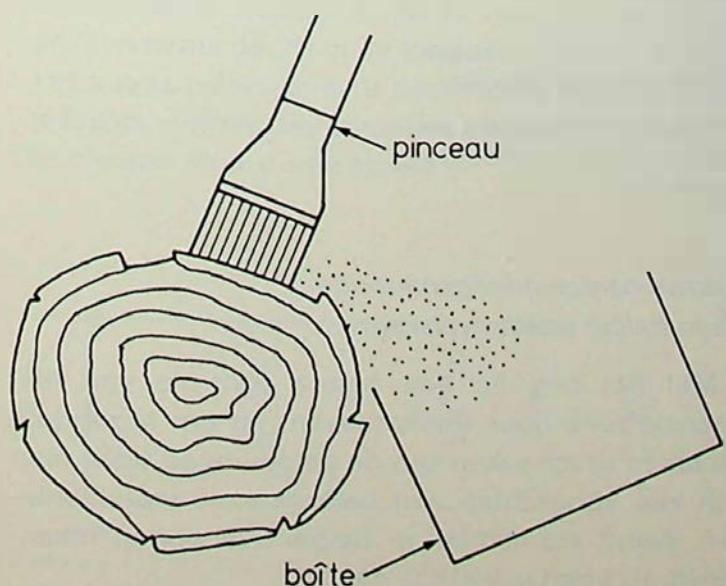
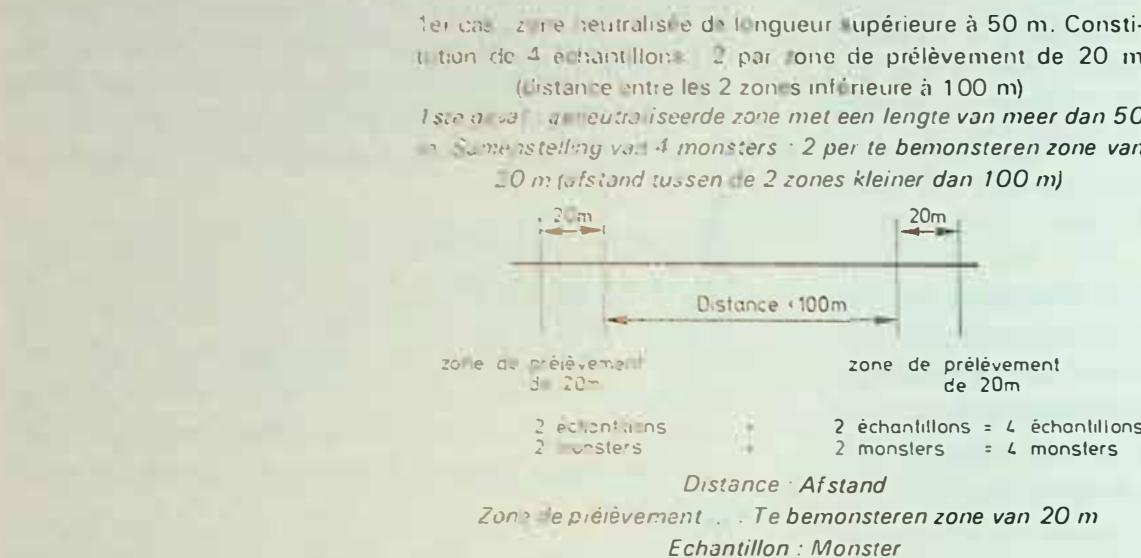


Fig. 12 — Prélèvement au pinceau sur une entretoise en bois
Bemonstering met een penseel op een houten dwarsstuk

Pinceau : Penseel
Boîte : Bus

longueur de 20 m, chaque prélèvement se faisant à l'aire de voie suivant une diagonale dans les sections où ont été effectués les prélèvements du premier échantillon (fig. 13).

over dezelfde lengte van 20 m. Iedere opname wordt volgens een diagonaal verwezenlijkt op de vloer van de galerij in de secties waar de opnamen voor het eerste monster plaatshadden (fig. 13).



- 1er échantillon d'une zone de prélèvement = échantillon de parois = mélange de 20 prises
 - chaque prise est effectuée sur la paroi de la galerie en brossant avec un pinceau plat de 6 cm de largeur la poussière déposée sur 12 cm d'un pousoir entre cadres
 - 20 prises à raison d'une par cadre (20 m) réparties en spirale comme ci-dessus
- 1ste monster van een te bemonsteren zone = monster van de wanden = mengsel van 20 opnamen
- elke opname gebeurt op de galerijwand : met behulp van een platte borstel van 6 cm breedte wordt het afgezet stof van op een « stoter » tussen ramen over 12 cm breedte afgaborsteld
 - 20 opnamen, een per raam (20 m) genomen volgens een spiraallijn zoals hierboven

- 2e échantillon d'une zone de prélèvement = échantillon de la sole = mélange de 20 prises. Chaque prise est effectuée sur une surface de 1 dm². Elle se fait dans les sections où ont été effectuées les prises du 1er échantillon.
- 2de monster van een te bemonsteren zone = monster van de vloer = mengsel van 20 opnamen. Elke opname geschiedt over 1 dm² oppervlakte. Ze wordt gedaan in de sectie waar opnamen werden gedaan voor het eerste monster.

- 2e cas : zone neutralisée de longueur inférieure à 50 m. 2 échantillons suffisent.
- 2de geval : geneutraliseerde zone met een lengte kleiner dan 50 m. 2 monsters zijn voldoende.

Fig. 13 — Contrôle mensuel de l'efficacité de la schistification par analyse d'échantillons représentatifs de chaque zone schistifiée
Maandelijkse controle betreffende de doeltreffendheid van de steenstofbestuiving door analyse van representatieve monsters van elke zone bestoven met steenstof

Nouvelle méthode d'échantillonnage envisagée en Belgique

En vue d'atteindre un meilleur contrôle par coup de sonde d'une zone schistifiée et afin de porter une attention toute spéciale sur les endroits où l'on peut s'attendre à des dépôts de poussières plus importants, il est envisagé actuellement en Belgique de procéder mensuellement de la manière indiquée ci-dessous.

Nieuwe bemonsteringsmethode die in België wordt overwogen

Met het oog op een betere controle van een steenstofzone door steekproeven, en om bijzondere aandacht te schenken aan de omgevingen waar men zich kan verwachten aan belangrijkere stofafzettingen, wordt momenteel in België overwogen maandelijks als volgt te werk te gaan.

Tout d'abord, considérons comme « zone schistifiée » toute galerie schistifiée de plus de 50 m, quelle que soit sa longueur.

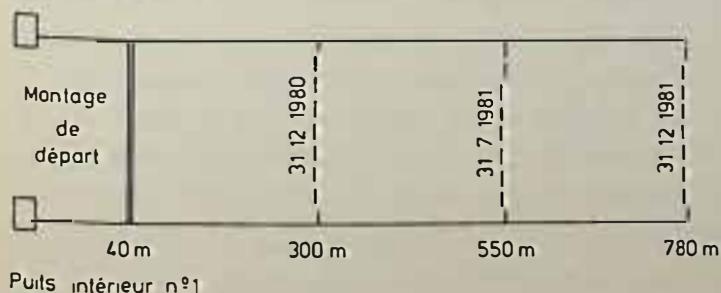
Dans une « zone schistifiée », des échantillons sont prélevés à raison de 2 (un sur les parois et un sur la sole) par « zone de prélèvement » de 20 m de longueur; chaque échantillon de paroi est constitué d'un mélange de 20 prises réparties judicieusement sur une spirale et chaque échantillon de la sole de 20 prises réparties sur une diagonale et obtenues dans les sections où ont été effectuées les prises correspondantes de l'échantillon de paroi. La distance entre les « zones de prélèvement » est variable en fonction des caractéristiques de l'ouvrage et de l'empoussierage. Elle est fixée à 200 m dans les ouvrages du type A, c'est-à-dire dans les galeries à convoyeurs servant au transport du charbon, et à 300 ou 400 m dans les ouvrages du type B. En aval aérage de chaque source d'émission, il doit toujours y avoir une zone de prélèvement dans un tronçon de 100 m. L'emplacement de ces zones de prélèvement varie d'une opération de contrôle à l'autre de façon à avoir couvert toute la longueur de l'ouvrage après un certain temps.

Par exemple, un convoyeur à bande déverse le charbon dans le descenseur hélicoïdal du puits intérieur n° 1 (fig. 14). L'avancement de la taille est de 40 m par mois. A la fin de 1980, la voie de pied a 300 m de longueur. A la fin de juillet 1981, elle atteindra 550 m et il sera nécessaire d'installer un second convoyeur à bande. Le point de chute du charbon du 2^{me} convoyeur sur le premier se situerait à 495 m.

Les résultats d'analyse des échantillons seront portés dans un registre conçu de manière à donner une vue d'ensemble de chaque ouvrage schistifié, avec ses caractéristiques et ses sources de poussières, comme indiqué au modèle de page de registre représenté à la figure 15.

- Dans la première colonne sont notées les sources fixes d'empoussierage.
- La deuxième colonne divise la voie en zones de prélèvements de 20 m de longueur.
- Les autres colonnes sont destinées à recevoir les résultats chiffrés des contrôles effectués au cours de chaque mois d'une année.

Puits intérieur n° 2



Laat ons vooreerst iedere steenstofgalerij van meer dan 50 m, ongeacht haar lengte, als « steenstofzone » beschouwen.

In een « steenstofzone » worden 2 monsters genomen (één op de wand en één op de vloer) per « bemonsteringszone » van 20 m lengte. Ieder wandmonster bestaat uit een mengsel van 20 opnamen die oordeelkundig verspreid werden over een spiraal en ieder vloermonster bestaat uit 20 opnamen die verspreid werden volgens een diagonaal en bekomen werden in de secties waar de overeenstemmende opnamen voor het wandmonster werden gedaan. De afstand tussen de « bemonsteringszones » is verschillend volgens de karakteristieken van het werk en het stofgehalte. Zij werd vastgesteld op 200 m voor de werken van het type A, d.w.z. in de galerijen met transportbanden voor steenkool, en op 300 of 400 m voor de werken van het type B. Luchtafwaarts van iedere emissiebron moet er altijd een bemonsteringszone zijn in een gedeelte van 100 m. De plaats van deze bemonsteringszones verandert van de ene controle tot de andere zodat na een bepaalde tijd de ganse lengte van het werk overlopen werd.

Bijvoorbeeld, een transportband stort de steenkool in een wentelkoker van de binnenschacht nr. 1 (fig. 14). De vooruitgang van de pijler bedraagt 40 m per maand. Op het einde van 1980 heeft de voetgalerij een lengte van 300 m. Eind juli 1981 zal ze 550 m bereiken en zal het nodig zijn een tweede transportband te installeren. De plaats waar de steenkool van de 2de transportband op de eerste valt zou zich op 495 m bevinden.

De analyseresultaten van de monsters zullen ingeschreven worden in een register dat een algemeen overzicht kan geven van ieder met steenstof bestoven werk met zijn kenmerken en stofbronnen, zoals aangegeven op het model van de registerbladzijde afgebeeld in figuur 15.

- In de eerste kolom zijn de vaste stofbronnen aangegeven.
- De tweede kolom verdeelt de galerij in bemonsteringszones van 20 m lengte.
- De overige kolommen zijn bestemd om in cijfers de resultaten aan te brengen van de controles die gedurende iedere maand van een jaar werden uitgevoerd.

Fig. 14 — Description d'un chantier dont il faut contrôler le taux de schistification

Beschrijving van een werkplaats waarvan het steenstofbe- stuivingsgehalte moet gecontroleerd worden

*Puits intérieur : Binnenschacht
Montage de départ : Opbouw
(Origine : Dix-huitième rapport de l'O.P. — Bron : Achttiende ver- slag van het P.O.)*

Galerie (type A . voie à convoyeur (charbon))

Année 1981

Sole

Parements

Sources de poussières	Tronçon de ... à ...	Dates des prélèvement												Résultats des analyses			
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12				
Chute dans puits intérieur	0 - 20	X				X											
	20 - 40		X					X									X
	40 - 60			X					X								
	60 - 80			X						X							
	80 - 100				X						X						
	100 - 120					X											
	120 - 140						X										X
	140 - 160							X									
	160 - 180								X								
	180 - 200								X								X
	200 - 220	X															
	220 - 240		X														
	240 - 260			X													X
	260 - 280				X												
	280 - 300					X											
	300 - 320						X										
	320 - 340							X									
	340 - 360								X								
	360 - 380									X							
	380 - 400									X							
	400 - 420										X						
	420 - 440											X					
	440 - 460											X					
	460 - 480												X				
	480 - 500													X			
495 m transfert de bandes trans-porteuses	500 - 520																
	520 - 540																
	540 - 560																
	560 - 580																
	580 - 600																
	600 - 620																
	620 - 640																
	640 - 660																
	660 - 680																
	680 - 700																
	700 - 720																

Fig. 15 — Modèle de page de registre du Contrôle de la Schistification
(Dénomination : Voie de base 0123)

Voorbeeld van een blad uit het register Controle van de Steenstofbestuiving (Benaming : Luchtintrek-kende galerij 0123)

Galerie ... : Galerij Type A : Galerij met transportband (kolen)

Sole : Vloer

Parements : Wand

Année : Jaar

Sources de poussières : Stofbronnen

Tronçon de ... à ... : Stuk van ... tot ...

Dates des prélèvements : Data van de opnamen

Résultats des analyses : Uitslagen van de analyses

Chute dans puits intérieur : Val in binnenschacht

Transfert de bandes ... : Overlaadpunt van een band op een andere

(Origine : Dix-huitième rapport de l'O.P. — Bron : Achttiende verslag van het P.O.)

- La partie hachurée représente la partie de la voie non encore existante au moment des prélèvements mensuels successifs.
 - Les croix portées dans les cases ad hoc représentent les instructions données au personnel par le responsable du contrôle.
- Leur répartition tient compte des différentes exigences formulées plus haut.

- Het gearceerde deel stelt het deel van de galerij voor, dat nog niet bestaat op het ogenblik van de opeenvolgende maandelijkse bemonsteringen.
 - De kruisjes in de vakjes ad hoc duiden de instructies aan die door de verantwoordelijke voor de controle aan het personeel werden gegeven.
- Hun indeling houdt rekening met de verschillende vereisten die hoger werden aangehaald.

L'ensemble des opérations de contrôle doit être du ressort d'un responsable désigné à cet effet par la direction de la mine.

Si toute la galerie est humide, les 20 prélèvements devraient se faire à la cuillère sur une faible épaisseur comme pour un échantillon sec (fig. 16). Mais si, dans une zone de 20 m, seuls quelques prélèvements étaient humides, il serait préférable de séparer les prélèvements secs des humides afin de les analyser séparément.

Enfin, dans les galeries équipées de convoyeurs à bande, il est conseillé d'augmenter le nombre de prélèvements sur la sole sous le convoyeur, car la partie de la sole située sous un convoyeur à bande est un endroit particulièrement privilégié pour la formation de dépôts abondants de poussières.

D'autres méthodes de prélèvements pour constituer un échantillon au sol d'un tronçon de 200 m de galeries peuvent être imaginées, par exemple :

- un échantillon de $3 \times 100 = 300$ prélèvements réalisés 3 par 3 tous les 2 m (fig. 17);

Het geheel van de controle-operaties dient te ressorteren onder een verantwoordelijke die hiervoor werd aangesteld door de directie van de mijn.

Indien de hele galerij vochtig is, dienen de 20 opnamen uitgevoerd te worden met een lepel op een geringe dikte, zoals voor een droog monster (fig. 16). Maar als in een zone van 20 m slechts enkele opnamen vochtig zijn, dan zou het verkiezelijk zijn de droge monsters te scheiden van de vochtige om ze afzonderlijk te analyseren.

In de galerijen met transportbanden tenslotte, wordt aangeraden een groter aantal monsters te nemen op de vloer onder de transportband want het gedeelte van de vloer onder een transportband is een bijzonder gunstige plaats voor het vormen van overvloedige stofafzettingen.

Er kunnen andere bemonsteringsmethodes bedacht worden om een monster te vormen van de vloer van een gedeelte van 200 m galerij, bijvoorbeeld :

- een monster van $3 \times 100 = 300$ opnamen 3 per 3 om de 2 m (fig. 17);

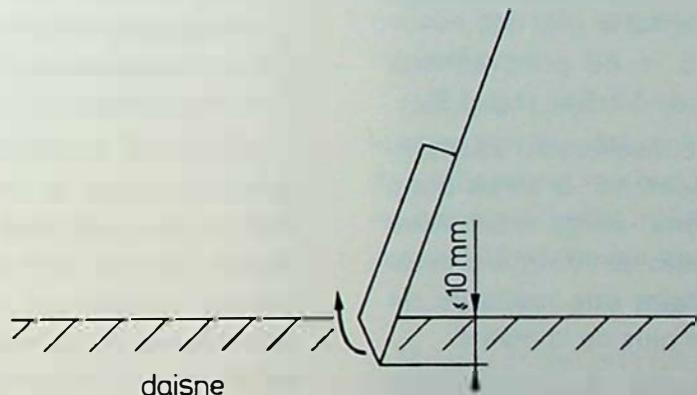


Fig. 16 — Prélèvement du daisne à la spatule ou écope
Opname op de vloer met een spatel of schepper
Daisne : Vloer

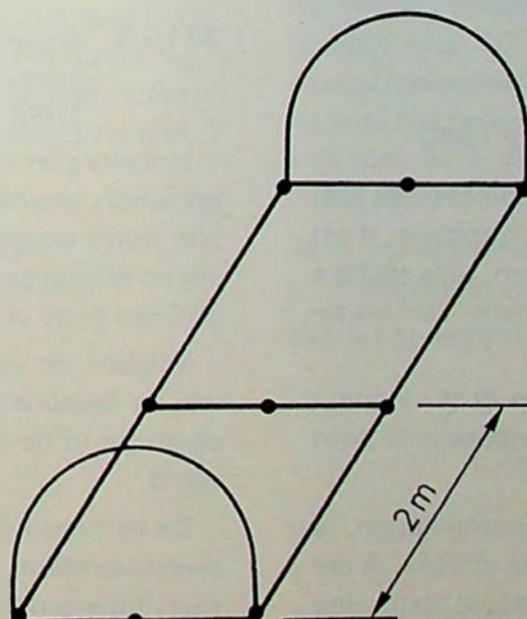


Fig. 17 — Prélèvement pour échantillonnage, méthode Bruay
Stofopname, methode van Bruay
(Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC) [12]

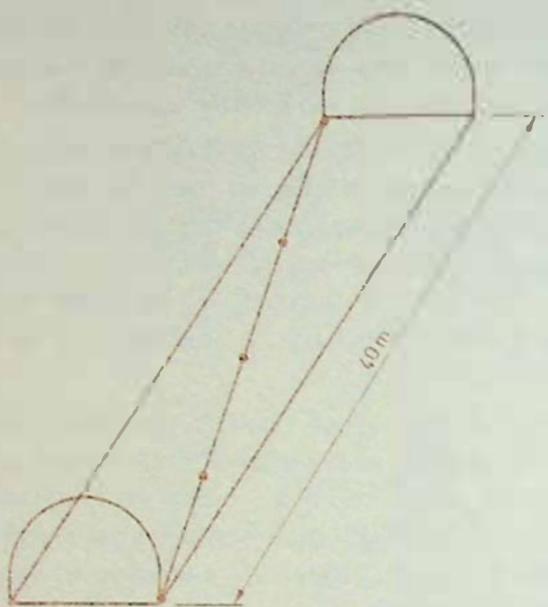


Fig. 18 — Prélèvement pour échantillonnage, méthode Lens
Stofopname, methode van Lens
 [Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC] [12]

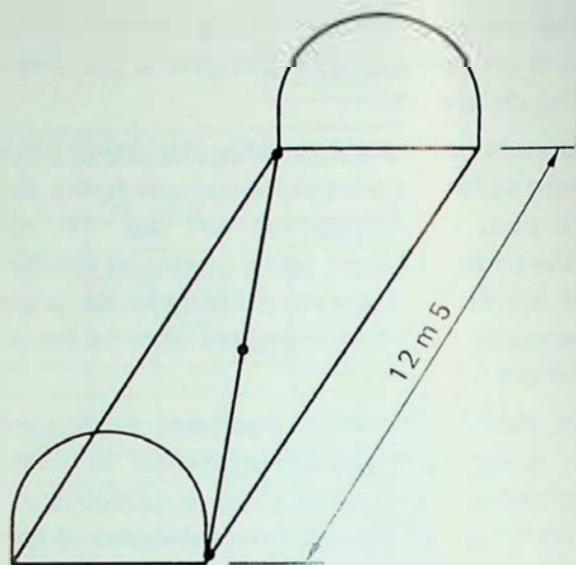


Fig. 19 — Prélèvement pour échantillonnage, méthode Courrières
Stofopname, methode Courrières
 [Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC] [12]

- un échantillon de $5 \times 5 = 25$ prélèvements réalisés sur 5 diagonales de 40 m (fig. 18);
- un échantillon de $3 \times 16 = 48$ prélèvements réalisés sur 16 diagonales de 12,5 m (fig. 19).

Quelle que soit la méthode conseillée ou adoptée, le contrôle restera toujours aléatoire. Il serait donc souhaitable d'entreprendre une étude statistique comparant ces diverses méthodes de contrôle afin de fixer dans un texte réglementaire une méthode de contrôle qui se rapprocherait le plus de la réalité.

A ce sujet, il importe de noter que, dans une même section transversale de galerie, le taux de neutralisation varie très fortement en des points différents, répartis à côté ou en dessous d'un convoyeur à bande.

3315.3. Analyse de l'échantillon

Recommandation de l'O.P. du 25 mars 1980

L'échantillon ainsi obtenu par l'ensemble des prélèvements est mélangé et partagé en quartiers. Il est tamisé sur un tamis à mailles de 250 µm, puis séché à l'étuve à $105^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ afin de déterminer son humidité.

En fonction des habitudes acquises et du volume des prélèvements, une partie de ces opérations peut se faire dans les travaux souterrains.

Pour la détermination du taux de neutralisation, la combustion à $490^\circ \pm 10^\circ\text{C}$ est la plus utilisée. A cet effet, 1 g de l'échantillon sec est prélevé dans une capsule ou nacelle ouverte en silice, porcelaine ou platine, pesé à 0,1 mg près et introduit dans le four porté à $490^\circ \pm 10^\circ\text{C}$, jusqu'à masse constante (c'est-à-dire jusqu'à perte de poids inférieure au mg).

- een monster van $5 \times 5 = 25$ opnamen over 5 diagonalen van 40 m (fig. 18);
- een monster van $3 \times 16 = 48$ opnamen over 16 diagonalen van 12,5 m (fig. 19).

Welke ook de methode is die aangeraden of aangenomen wordt, de controle zal altijd onzeker blijven. Het zou dus wenselijk zijn een statistische studie te maken waarbij deze diverse controlemethodes vergeleken worden om in een reglementaire tekst een controlemethode te bepalen die het dichtst de werkelijkheid zou benaderen.

In dit verband dient opgemerkt te worden dat in eenzelfde dwarsdoorsnede van een galerij het neutralisatiegehalte sterk verschillend is op verschillende plaatsen naast of onder de transportband.

3315.3. Analyse van het monster - *Aanbeveling van het P.O. d.d. 25 maart 1980*

Het monster aldus bekomen door het totaal van de opnamen, wordt gemengd en verdeeld in kwartieren. Het wordt gezeefd op een zeef met mazen van 250 µm en daarna gedroogd in een droogoven op $105^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ om er de vochtigheid van te bepalen.

Volgens de verworven gewoonten en het volume van de bemonsteringen, kan een gedeelte van deze operaties in de ondergrondse werken worden uitgevoerd.

De verbranding op $490^\circ \pm 10^\circ\text{C}$ wordt het meest aangewend om het neutralisatiegehalte te bepalen. Hiervoor wordt 1 g van het droge monster genomen in een capsule of een open bakje van kiezelaarde, porselein of platina, het wordt dan gewogen op 0,1 mg na, en in een oven op $490^\circ \pm 10^\circ\text{C}$ gebracht tot een constante massa (d.w.z. tot een gewichtsverlies

Les pesées sont faites au 0,1 mg près, après refroidissement dans un dessiccateur.

Si m_1 est la masse de l'échantillon séché et m_2 celle du résidu, le taux de neutralisation $T = m_2 / m_1 \times 100$, le résultat étant noté avec un chiffre derrière la virgule.

Circulaire du Directeur Général des Mines du 24.7.1963

En Belgique, l'analyse préconisée par la circulaire du Directeur Général du 24.7.1963 diffère légèrement de celle préconisée par l'O.P. dans sa recommandation du 25 mars 1980 en ce sens que l'échantillon obtenu par l'ensemble des prélèvements est mélangé, partagé en quartiers et tamisé aux tamis de 124 et 61 μm . Le refus du tamis de 124 μm est jeté, le passant compris entre 124 et 61 μm est broyé jusqu'à 61 μm et passé au tamis de 61 μm ; c'est sur le passant de ce dernier tamis qu'on détermine le taux de neutralisation comme le propose l'O.P.

Le taux de neutralisation ainsi obtenu pourrait être supérieur à celui qu'on obtiendrait en suivant la recommandation de l'O.P., puisque l'agent neutralisant en Belgique est à 80 % inférieur à 61 μm et à 100 % inférieur à 124 μm .

Une dernière question se pose :

Faut-il oui ou non tenir compte de l'humidité du charbon dans la détermination du taux de neutralisation ?

Comme on vient de le voir, ni l'O.P. ni la circulaire du Directeur Général des Mines ne tiennent compte de l'humidité; en effet, tenir compte de 10 % d' H_2O dans un échantillon à 80 % de taux de neutralisation ne fait que gagner 2 points en taux de neutralisation. Il est donc inutile de s'encombrer de cette correction; en effet, si

A_t = le taux d'humidité des poussières
 c = le taux de cendres de l'échantillon sec,
le taux de neutralisation

$$T = A_t + c \frac{100 - A_t}{100}$$

soit

$$T = 10\% + 80\% \frac{100 - 10}{100} - 10 + 80 \frac{9}{10} = 82\%.$$

Soit 2 pourcents en plus que $c = 80\%$, ce qui est négligeable compte tenu des erreurs de mesure.

kleiner dan 1 mg). Er wordt gewogen op 0,1 mg na, na afkoeling in een droger.

Als m_1 de massa is van het gedroogde monster en m_2 deze van het residu, dan is het neutralisatiegehalte $T = m_2 / m_1 \times 100$. Het resultaat wordt genoteerd tot op één cijfer na de komma.

Oenzendbrief van de Directeur-generaal der Mijnen d.d. 24.7.1963

In België is de analyse aanbevolen door de omzendbrief van de Directeur-generaal d.d. 24.7.1963, een weinig verschillend van deze aanbevolen door het P.O. in zijn aanbeveling van 25 maart 1980, in de zin dat het monster dat door het geheel der bemonsteringen bekomen werd, gemengd wordt, daarna verdeeld in kwartieren en gezeefd op een zeef van 124 en 61 μm .

De zeefrest van 124 μm wordt weggegooid, het gezeefd gedeelte tussen 124 en 61 μm wordt verbijzeld tot 61 μm en gaat dan door een zeef van 61 μm . Zoals het P.O. voorstelt wordt het neutralisatiegehalte bepaald van het gedeelte dat door deze laatste zeef ging.

Het aldus bekomen neutralisatiegehalte zou groter kunnen zijn dan datgene wat men zou bekomen door de aanbeveling van het P.O. te volgen aangezien het neutralisatiemiddel in België 80 % kleiner is dan 61 μm en 100 % kleiner dan 124 μm .

Een laatste vraag rijst op :

Moet er al dan niet rekening worden gehouden met de vochtigheid van de steenkool bij de bepaling van het neutralisatiegehalte ?

Zoals men heeft kunnen vaststellen houdt noch het P.O., noch de omzendbrief van de Directeur-generaal der Mijnen rekening met de vochtigheid. Rekening houden met 10 % H_2O in een monster met een neutralisatiegehalte van 80 % levert slechts 2 punten op voor het neutralisatiegehalte. Het is dus nutteloos zich met deze verbetering bezig te houden; inderdaad, als :

A_t = vochtigheidsgehalte van het stof
 c = asgehalte van het droog monster,
dan is het neutralisatiegehalte

$$T = A_t + c \frac{100 - A_t}{100}$$

d.i.

$$T = 10\% + 80\% \frac{100 - 10}{100} - 10 + 80 \frac{9}{10} = 10 + 80 \frac{9}{10} = 82\%$$

d.i. 2 % meer dan $c = 80\%$, hetgeen te verwaarlozen is rekening houdend met de meetfouten.

3315.4. Relation entre le taux de neutralisation des poussières soulevées par un souffle et le taux de neutralisation contrôlé

Les expériences faites pour déterminer le taux de neutralisation expérimental l'ont été généralement à partir d'une cause déterminée dont il est très difficile de caractériser la valeur de façon précise.

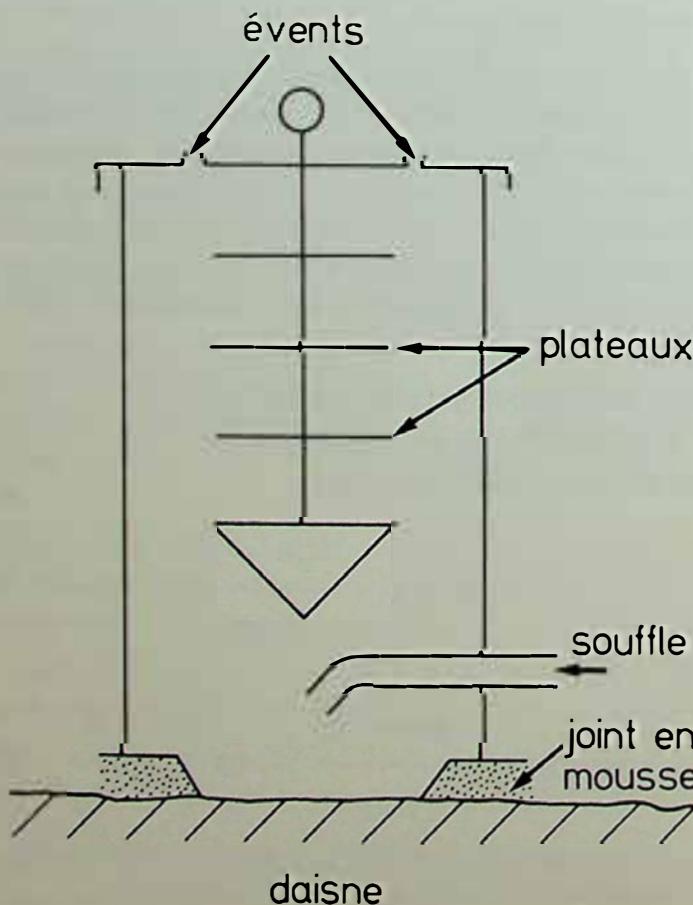
Il serait donc intéressant de connaître la relation qui pourrait exister entre le taux de neutralisation des poussières soulevées par un souffle déterminé et le taux de neutralisation contrôlé dans une galerie.

Pour entreprendre une telle étude, il faudrait soulever les poussières en place en se rapprochant au mieux des conditions d'un souffle d'une explosion et les recueillir sur des plateaux.

Une étude a été commencée par le Service « Prévention Poussières » des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Les résultats très intéressants de ce début d'étude sont reproduits ci-après.

Soulèvement des poussières en enceinte cylindrique à jet incliné

Un premier appareil, constitué d'une enceinte cylindrique à jet incliné et reproduit à la figure 20, a été conçu pour cette expérimentation.



3315.4. Verband tussen het neutralisatiegehalte van het stof dat werd opgejaagd door een luchtverplaatsing en het gecontroleerd neutralisatiegehalte.

De proefnemingen om het proefondervindelijk neutralisatiegehalte te bepalen werden over het algemeen uitgevoerd uitgaande van een bepaalde aanleiding waarvan de waarde zeer moeilijk nauwkeurig kan gekenschetst worden.

Het zou dus interessant zijn het verband te kennen dat zou kunnen bestaan tussen het neutralisatiegehalte van het stof dat werd opgejaagd door een bepaalde luchtverplaatsing en het gecontroleerd neutralisatiegehalte in een galerij.

Om een dergelijke studie uit te voeren zou het aanwezige stof moeten opgejaagd worden door zo veel mogelijk de omstandigheden van een luchtverplaatsing bij een ontploffing na te bootsen en zou het stof moeten opgevangen worden op schalen.

Er werd een studie ondernomen door de Dienst « Prévention Poussières » van de Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Hierna worden de zeer interessante resultaten weergegeven van het begin van deze studie.

Opjaging van het stof in een cilindervormige ruimte met een schuine straal

Een eerste toestel, bestaande uit een cilindervormige ruimte met een schuine straal en weergegeven op figuur 20 werd ontworpen voor deze proefneming.

Fig. 20 — Appareil cylindrique à jet incliné
Cilindrisch toestel met schuine straal

Events : Uitlaatopeningen

Plateaux : Schalen

Souffle : Blazen

Joint en mousse : Afdichting in schuimrubber

Daisne : Vloer

(Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC [12])

Cette enceinte de 180 mm de diamètre était munie d'un tube incliné à 45° vers le « daisne », branché à la bouche d'un opérateur ou à une source d'air comprimé. Une couronne de caoutchouc mousse isole l'aire de daisne recouverte de poussières à soulever. La poussière soulevée par le souffle est recueillie sur des plateaux après avoir tourbillonné dans l'enceinte close.

Les premiers essais ont été réalisés au laboratoire en 1978 sur des échantillons homogènes de poussières provenant des sièges 3 de Courrières et 19 de Lens, tamisés et étuvés.

Les taux de neutralisation de 61 échantillons de poussières déposées ont été comparés aux taux de neutralisation des poussières soulevées et recueillies avec l'appareil. Dans 14 cas, les écarts ont été positifs, c'est-à-dire que le taux des poussières soulevées était supérieur au taux des poussières déposées, et dans 47 cas, les écarts ont été négatifs, c'est-à-dire que le taux des poussières soulevées était inférieur au taux des poussières déposées, l'écart allant jusqu'à —24 % avec une moyenne de —9,29 %.

Ces premières expériences ont montré que la vitesse et la durée du souffle sont des facteurs de l'expérimentation à envisager.

En conséquence, pour des expérimentations ultérieures :

- la vitesse du souffle a été fixée entre 5 et 10 m/s (souffle humain reproduisant une explosion molle) et entre 20 et 40 m/s (impulsion courte par air comprimé ou azote sous pression reproduisant un souffle plus important),
- et le temps de souffle de l'ordre d'une seconde.

En janvier 1979, d'autres essais ont été réalisés à la sole de galeries à convoyeurs du siège 19 fosse 4 de Lens et fosse 7 de Lievin. Ces essais comportaient des soufflages et des prélèvements préalables de poussières en place par écopage de 1 cm de profondeur (fig. 16).

Les résultats ont été les suivants :

- Pour une vitesse de souffle faible, 12 prélèvements et 12 échantillons de poussières obtenus par soufflage ont été effectués, dont 9 ont donné des résultats négatifs allant de —0,2 à —13,5 % avec une moyenne des écarts de —3 %. Les poussières soulevées ont des taux de neutralisation inférieurs à ceux des poussières déposées,
- Pour une vitesse de souffle plus importante, 13 prélèvements et 13 échantillons ont donné 12 écarts positifs ou nuls d'amplitude maximum +18 % avec une moyenne des écarts de +4,5 %.

Deze ruimte met een diameter van 180 mm was voorzien van een buis die over 45° helt naar de « vloer » aangesloten op de mond van een operator of op een persluchtbron. Een ring van schuimrubber isoleert de vloerbodem bedekt met stof dat moet opgejaagd worden. Het stof opgejaagd door de luchtverplaatsing wordt opgevangen op schalen nadat het in de gesloten ruimte gewerveld heeft.

De eerste proeven werden uitgevoerd in 1978 in het laboratorium op homogene stofmonsters afkomstig van de Zetels 3 van Courrières en 19 van Lens, gezeefd en gedroogd in een droogoven.

De neutralisatiegehalten van 61 monsters van afgezet stof werden vergeleken met de neutralisatiegehalten van het stof dat werd opgejaagd en opgevangen met het apparaat. Voor 14 gevallen waren de verschillen positief, d.w.z. dat het gehalte van het opgejaagd stof groter was dan het gehalte van het afgezet stof, en voor 47 gevallen waren de verschillen negatief, d.w.z. dat het gehalte van het opgejaagd stof kleiner was dan het gehalte van het afgezet stof. Het verschil ging tot —24 % met een gemiddelde van —9,29 %.

Deze eerste proefnemingen hebben aangetoond dat de snelheid en de duur van het blazen factoren van de proefneming zijn waarmee rekening moet worden gehouden.

Bijgevolg, voor verdere proefnemingen :

- werd de snelheid van de luchtverplaatsing vastgesteld tussen 5 en 10 m/s (het blazen van de mens geeft een zachte ontploffing weer) en tussen 20 en 40 m/s (korte impulsie door perslucht of stikstof onder druk die een belangrijkere luchtverplaatsing weergeeft),
- en de luchtverplaatsingsduur van een seconde.

In januari 1979 werden andere proeven uitgevoerd op de vloer van de galerijen met transportbanden op zetel 19 fosse 4 van Lens en fosse 7 van Lieven. Deze proeven bestonden uit blazen en voorafgaande bemonsteringen van het aanwezige stof door het afscheppen tot op een diepte van 1 cm (fig. 16).

Volgende resultaten werden bekomen :

- Voor een geringe luchtverplaatsingssnelheid werden 12 bemonsteringen en 12 stofmonsters, bekomen door blazen, uitgevoerd, waarvan 9 negatieve resultaten opleverden die schommelden tussen —0,2 tot —13,5 % met een gemiddelde van de verschillen van —3 %. Het opgejaagd stof heeft een kleiner neutralisatiegehalte dan het afgezet stof.
- Voor een grotere luchtverplaatsingssnelheid hebben 13 bemonsteringen en 13 monsters 12 positieve verschillen of geen verschil gegeven met een maximum verschil van +18 % en een gemiddelde van de verschillen van +4,5 %.

Soulèvement des poussières en enceinte triangulaire à jet tangentiel

A la naissance d'une flambée de poussières, on peut logiquement admettre que des effets de souffles tangentiels se produisent sur la sole des galeries.

C'est pour reproduire un effet du souffle semblable que les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais ont imaginé de construire (fig. 21) une enceinte à jet tangentiel en plexiglas, comportant des tiroirs amovibles récupérateurs de poussières soulevées, l'obturation partielle de l'enceinte se faisant au moyen de mousse laissant passer l'air, mais retenant la poussière. La surface de la sole soumise au souffle était de 4 cm x 10 cm.

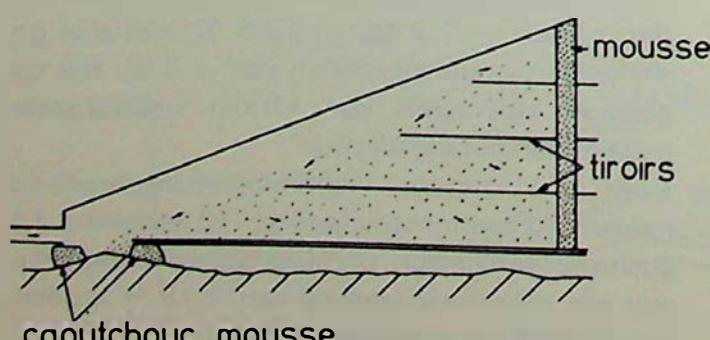
60 essais ont été réalisés au fond, à la sole, à mézière et sur tuyauterie, en février 1979, dont 34 à vitesse faible et 26 à vitesse plus importante. Les prélèvements de poussières en place ont été réalisés, selon les possibilités par spatulage (fig. 16) ou par brossage (fig. 12).

Les résultats ont été les suivants :

- Pour une vitesse de souffle faible, 26 écarts sont négatifs ou nuls, allant jusque — 22,6 % et de valeur moyenne — 6,26 %. Les poussières soulevées ont des taux de neutralisation inférieurs à ceux des poussières prélevées.
- Pour une vitesse de souffle plus importante, 18 écarts sont positifs ou nuls d'amplitude maximale +9 % et de valeur moyenne +1,88 %.

Comparaison des taux de neutralisation des poussières déposées obtenus par écopage et par brossage léger avec les taux de neutralisation des poussières soulevées sous un souffle mou et sous un souffle dur

Sur un tronçon de voie de 200 m de longueur, en veine B, du siège 19 de la fosse 4 de Lens, des prélèvements de poussières déposées à la sole ont été effectués par écopage et par brossage léger, selon le schéma de Lens (fig. 18), soit 5 x 5 prélèvements sur



Opjaging van het stof in een driehoekige ruimte met een tangentiële straal

Tijdens het ontstaan van een stofontvlaming kan men logisch aannemen dat er een tangentiële luchtverplaatsing plaatsheeft op de vloer van de galerijen.

Om het effect van een gelijkaardige luchtverplaatsing na te bootsen, zijn de Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais op de idee gekomen een ruimte met een tangentiële straal te bouwen in plexiglas met uitneembare laden die het opgejaagd stof opvangen. De ruimte wordt gedeeltelijk afgesloten met schuim dat de lucht doorlaat maar het stof tegenhoudt. De oppervlakte van de vloer waarop de luchtverplaatsing plaatsgreep, bedroeg 4 cm x 10 cm.

In februari 1979 werden 60 proeven uitgevoerd in de ondergrond, op de vloer, op de zijwand en op het buizennet, waarvan 34 aan geringe snelheid en 26 aan grotere snelheid. De bemonsteringen van het aanwezige stof werden volgens de mogelijkheden verwezenlijkt met een spatel (fig. 16) of met een borstel (fig. 12).

Volgende resultaten werden bekomen :

- Voor een geringe luchtverplaatsingssnelheid zijn 26 verschillen negatief of nul. Zij gaan tot — 22,6 % en de gemiddelde waarde bedraagt — 6,26 %.
- Het opgejaagd stof heeft kleinere neutralisatiegehalter dan het bemonsterd stof.
- Voor een grotere luchtverplaatsingssnelheid zijn 18 verschillen positief of nul met een maximaal verschil van +9 % en een gemiddelde waarde van +1,88 %.

Vergelijking tussen de neutralisatiegehalten van afgезet stof bekomen door afscheppen en door lichtjes borstelen, en de neutralisatiegehalten van stof opgejaagd door lichtjes blazen of door een aanzienlijke luchtverplaatsing

Over een galerijstrook met een lengte van 200 m in de laag B van de zetel 19 van fosse 4 te Lens werden bemonsteringen uitgevoerd van stof afgezet op de vloer. Dit gebeurde door afscheppen en lichtjes borstelen, volgens het schema van Lens (fig. 18), name-

Fig. 21 — Enceinte de collecte des poussières soulevées par un jet tangentiel

Opvangbak voor stof dat werd opgejaagd door een tangentiële straal

Mousse : Schuimrubber

Tiroirs : Schalen

Caoutchouc mousse : Schuimrubber

(Origine-Bron : Liberde R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC) [12].

5 diagonales par zone de 40 m de voie (prélèvement n° 1 à la mézière droite, prélèvement n° 2 sous le monorail, prélèvement n° 3 en bordure du convoyeur à bande, prélèvement n° 4 sous le convoyeur et prélèvement n° 5 à la mézière gauche). Aux mêmes endroits, les poussières soulevées, soit par un souffle mou, soit par un souffle dur ont été recueillies dans l'enceinte triangulaire à jet tangentiel.

Deux passages ont été effectués, décalés de 20 m l'un par rapport à l'autre (fig. 22).

Les résultats obtenus sont indiqués aux figures 23, 24 et 25.

Ils montrent que :

- les taux de neutralisation locaux à la sole sont très variables longitudinalement et transversalement;

lijk 5 x 5 bemonsteringen over 5 diagonalen per zone van 40 m galerij(bemonstering nr. 1 aan de rechter zijwand, bemonstering nr. 2 onder de monorail, bemonstering nr. 3 aan de rand van de transportband, bemonstering nr. 4 onder de transportband en bemonstering nr. 5 aan de linker zijwand). Op dezelfde plaatsen werd het stof dat hetzij door lichtjes blazen, hetzij door een aanzienlijke luchtverplaatsing opgejaagd werd, verzameld in de driehoekige ruimte met tangentiële straal.

Twee doorgangen werden verwezenlijkt met een onderlinge afstand van 20 m (fig. 22).

De bekomen resultaten zijn weergegeven op figuur 23, 24 en 25.

Zij tonen aan dat :

- de plaatselijke neutralisatiegehalten op de vloer zeer verschillend zijn volgens de lengte en volgens de dwarslijn;

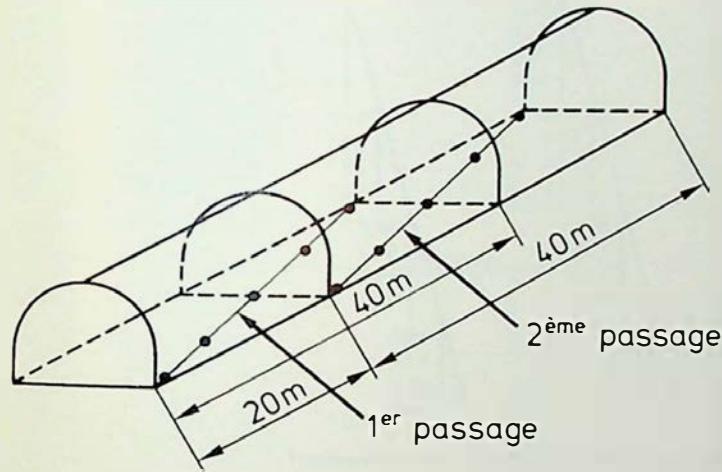


Fig. 22 — Prélèvements suivant méthode de Lens décalés de 20 m
Opnamen volgens de methode van Lens, op 20 m afstand van elkaar
Passage : Opnamereeks

(Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC) [12]

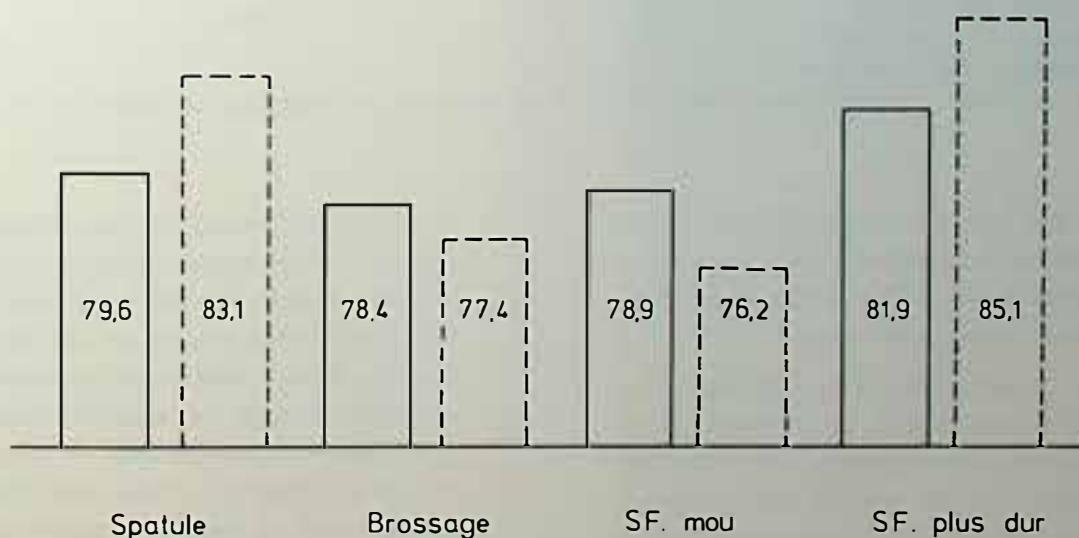


Fig. 23 — Comparaison des moyennes de taux de neutralisation obtenus par type de prélèvement
Vergelijking van de gemiddelden van de neutralisatiegehalten bekomen per type van opname

— 1^{er} passage : 1^{ste} opnamereeks
 2^e passage: 2^{de} opnamereeks
 Spatule : Spatel
 Brossage : Borstelen
 Souffle mou : Zvak blazen
 Souffle plus dur : Sterk blazen
Passage : Opnamereeks

(Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC) [12]

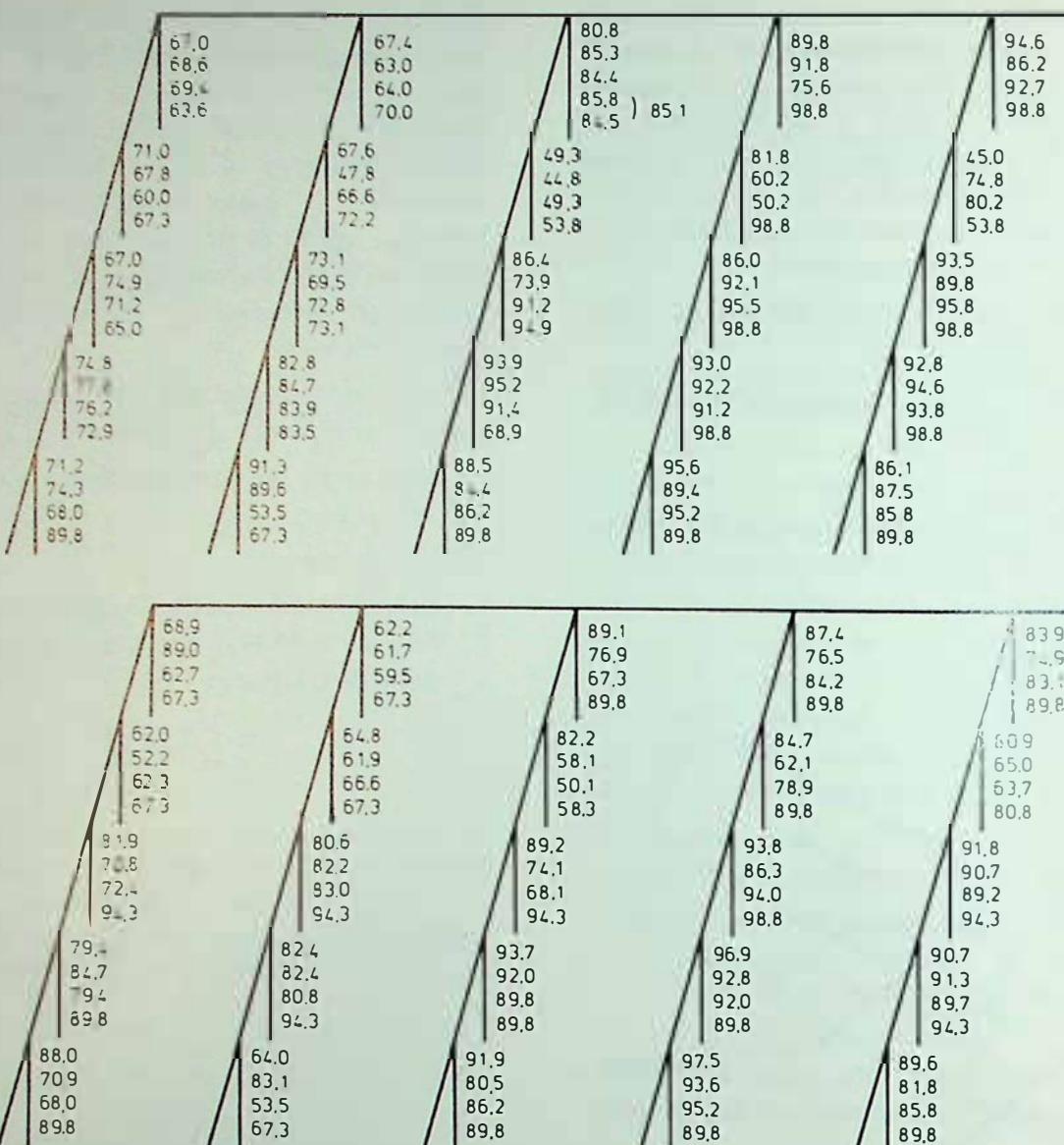


Fig. 24 — Résultats détaillés. Présentation des résultats obtenus par type de prélèvement
Detail-uitslagen. Voorstelling van de uitslagen bekomen per type van opname

Ecope : Scheppen

Brossage : Borstelen

Souffle mou : Zwak blazen

Souffle plus fort : Sterk blazen

(Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC) [12]

- les moyennes des taux de neutralisation sont les plus faibles lorsque les prélèvements sont effectués par brossage léger et lorsque les poussières sont soulevées par un souffle mou;
- le chenal sous un convoyeur à bande étant souvent un lieu d'accumulation de poussières de charbon, le taux de neutralisation y est normalement plus faible et sous un souffle mou les poussières soulevées y ont encore un taux de neutralisation plus réduit;
- une certaine parité des méthodes « spatule-souffle dur » et « brossage-souffle mou » apparaît;
- les moyennes des différences sur 50 prélèvements sont :
 - de +2,15 % entre souffle dur et spatule,
 - de -0,35 % entre souffle mou et brossage;

- de gemiddelden van de neutralisatiegehalten het kleinste zijn wanneer de bemonsteringen worden uitgevoerd door lichtjes borstelen en wanneer het stof door lichtjes blazen wordt opgejaagd;
- daar de strook onder de transportband dikwijls een plaats is waar het steenkoolstof zich ophoopt, is het neutralisatiegehalte er gewoonlijk kleiner en bij een zwakke luchtverplaatsing heeft het opgejaagd stof er nog een geringer neutralisatiegehalte;
- er blijkt een bepaalde pariteit te bestaan tussen de methodes « spatel-aanzienlijke luchtverplaatsing » en « borstelen-zwakke luchtverplaatsing »;
- de gemiddelden van de verschillen tussen 50 bemonsteringen bedragen +2,15 % tussen aanzienlijke luchtverplaatsing en spatel,

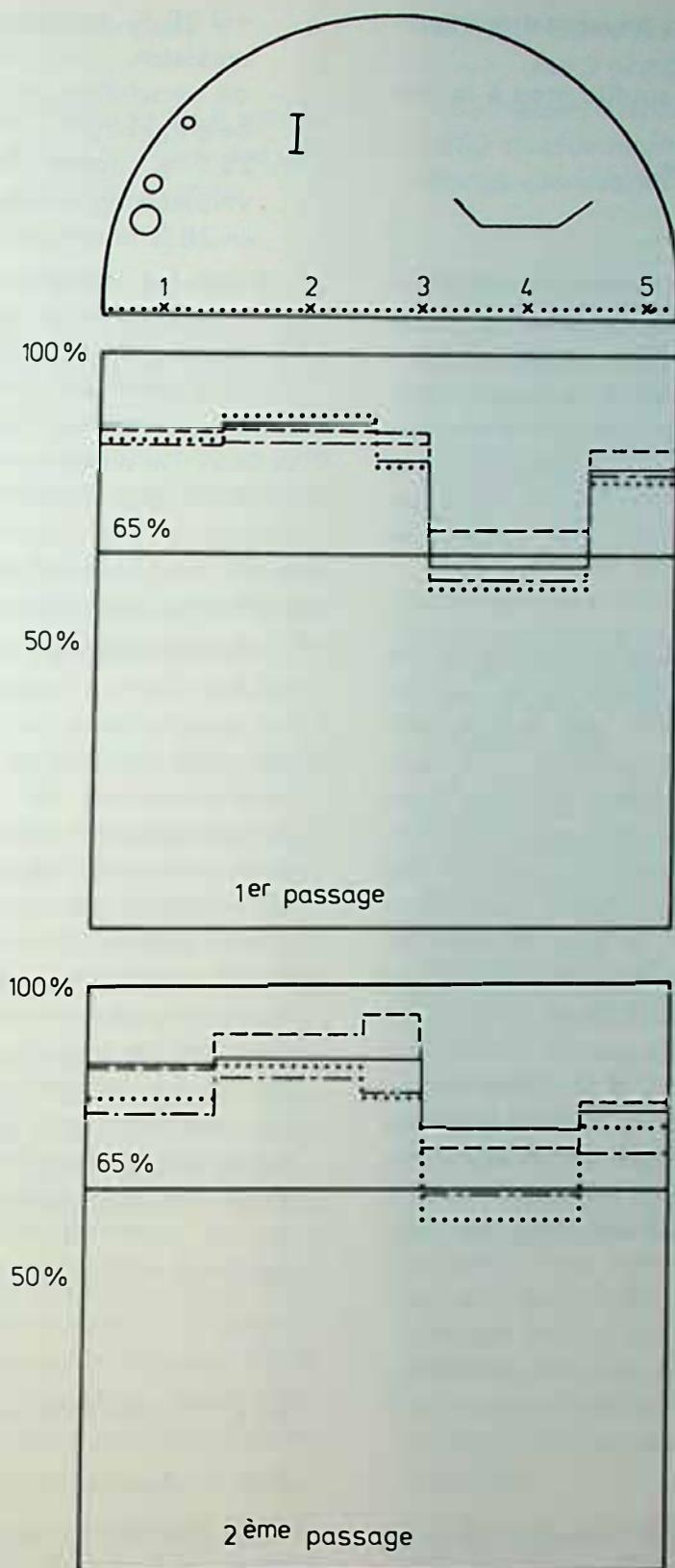


Fig. 25 — Répartition moyenne du taux de neutralisation par partie de section et par type de prélèvements.

1. Mézière droite - 2. Sous-monorail
3. Bordure de convoyeur - 4. Sous-convoyeur - 5. Mézière gauche.

Gemiddelde verdeling van het neutralisatiegehalte per sectiedeel en per type van opname

1. Rechterwand - 2. Onder monorail
 3. Rand van transportband - 4. Onder de transportband - 5. Linkerwand
- Spatule : Spatel
 ----- Brossage : Borstelen
 — Souffle plus fort : Sterkere luchtstoot
 — Souffle mou : Zwakke luchtstoot

(Origine - Bron : Liberda R. et Coquide A., Etude du service Prévention Poussières des HBNPC) [12]

- des différences ponctuelles peuvent être importantes
- 29,6 % entre brossage et souffle mou à la mézière droite et
- 26,3 % à la mézière gauche.

Au-delà des irrégularités de mesure, il faut noter que le souffle mou met le plus en relief le risque présenté par les explosions molles de poussières à partir de l'hétérogénéité superficielle de la couche de poussière en place. La répartition irrégulière des taux de neutralisation permet d'envisager valablement la possibilité de propagation d'une explosion molle par les canaux les plus charbonneux des poussières soulevées dans les galeries.

Enfin, la relation entre le taux de neutralisation des poussières soulevées par un souffle et le taux de neutralisation contrôlé n'est-elle pas encore perturbée par l'humidité des poussières ? La pulvérisation d'eau, qui est généralisée dans les chantiers actifs pour enrayer la pneumoconiose du mineur, augmente certainement le degré d'humidité des poussières de charbon et de l'inertisant pulvérulent durant l'activité des chantiers; le taux de rétention d'eau de ces poussières peut également varier en fonction de la nature des poussières, lorsque le courant ventilateur a asséché les galeries pendant un arrêt prolongé de plusieurs jours. A la reprise du travail, les poussières de charbon ne peuvent-elles pas être plus facilement soulevées que les poussières de calcaire si une explosion molle se produisait et l'efficacité de la neutralisation n'en serait-elle pas pour autant diminuée ?

33.2. Neutralisation à l'eau

332.1. Généralités

L'idée de la neutralisation par arrosage est assez ancienne.

L'efficacité que l'on peut en attendre à un moment donné dépend non seulement des quantités d'eau employées, mais aussi du temps qui s'est écoulé depuis la neutralisation.

Un arrosage abondant qui produit de grandes flaques d'eau peut se révéler inefficace s'il laisse des zones de poussières charboneuses non mouillées. La neutralisation doit donc être réalisée d'une façon très homogène.

Une voie arrosée sèche plus ou moins vite suivant la vitesse, le degré hygrométrique et la température de l'air et peut redevenir dangereuse parfois en quelques jours.

- 0,35 % tussen zwakke luchtverplaatsing en borstelen;
- de verschillen op een bepaalde plaats kunnen belangrijk zijn :
- 29,6 % tussen borstelen en zwakke luchtverplaatsing aan de rechter zijwand en 26,3 % aan de linker zijwand.

Buiten de onregelmatigheden bij de metingen, dient opgemerkt te worden dat de zwakke luchtverplaatsing best het gevaar doet uitkomen dat veroorzaakt wordt door de zachte stofontploffingen vanaf de oppervlakkige heterogeniteit van de aanwezige stoflaag. De onregelmatige verdeling van de neutralisatiegehalten maakt het mogelijk geldig de mogelijkheid te overwegen der voortplanting door de meest steenkoolachtige kanaalen van een zachte ontploffing van het opgejaagd stof in de galerijen.

Wordt het verband tussen het neutralisatiegehalte van het door een luchtverplaatsing opgejaagd stof en het gecontroleerd neutralisatiegehalte tenslotte ook niet verstoord door de vochtigheid van het stof ? De waterverstuiving die algemeen is in de actieve werkplaatsen om de pneumoconiose van de mijnwerker te bestrijden, verhoogt zeker de vochtigheidsgraad van het steenkoolstof en van het inerte poeder gedurende de activiteit van de werkplaatsen, en het waterretentiegehalte kan eveneens verschillen naargelang de aard van het stof, wanneer de ventilatorstroom de galerijen heeft drooggemaakt tijdens een langere stopzetting van verschillende dagen. Kan het steenkolenstof niet gemakkelijker opgejaagd worden bij de werkherverting dan het kalksteenstof indien zich een zachte ontploffing zou voordoen, en zou de doeltreffendheid van de neutralisatie niet eveneens verminderd zijn ?

33.2. Neutralisatie met water

332.1. Algemeenheden

De idee om te neutraliseren door besproeiing is reeds tamelijk oud.

De doeltreffendheid ervan op een bepaald ogenblik is niet enkel afhankelijk van de hoeveelheid water die gebruikt werd maar ook van de tijd die verliep sedert de neutralisatie.

Een overvloedige besproeiing waarbij grote waterplassen gevormd worden, kan ondoeltreffend blijken als zij zones van droog kolenstof achterlaat. De neutralisatie moet dus op een zeer homogene wijze worden verwezenlijkt.

Een besproeid galery droogt sneller of minder snel naargelang van de snelheid, de vochtigheidsgraad en de temperatuur van de lucht en kan soms binnen enkele dagen opnieuw gevaarlijk worden.

332.2. Nouvelle réglementation française du 9 octobre 1980

La nouvelle réglementation française du 9 octobre 1980 autorise la neutralisation à l'eau dans des conditions très sévères qui sont résumées ci-après.

332.2.1. Essais polonais

Ces conditions sont basées sur une longue série d'essais polonais confirmés par quelques expériences de la station d'essais française.

La figure 26 schématise les résultats obtenus pour une cause d'inflammation et une poussière déterminée [6].

Ce n'est que pour les points du plan ($s - h$) situés au-dessus de la droite (D) d'équation $s + k \cdot h = S$ que la probabilité d'inflammation des poussières est très faible.

h = l'humidité.

s = la teneur en incombustible solide de la poussière humide.

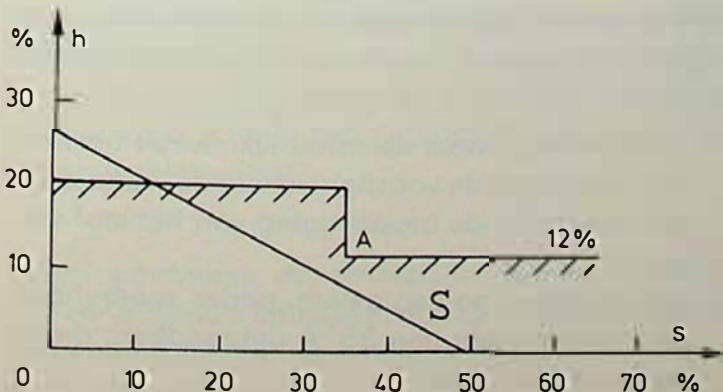
k est un facteur qui dépend de l'efficacité du mouillage, égal à 2 pour un mouillage parfait, descendant jusqu'à 1,5 ou 1,3 pour un mouillage médiocre.

S est le taux de schistification équivalent à sec qui assure le même degré de sécurité que le mélange représenté par un point (s, h) de la droite.

Lorsque les caractéristiques des constituants de la poussière sont fixées, la valeur de S dépend essentiellement de la puissance de la source d'inflammation et de la plus ou moins grande facilité avec laquelle la poussière peut être dispersée par le souffle de l'explosion.

C'est ainsi que S peut être inférieur à 40 % pour une poussière grossière enflammée par le tir au mortier d'une charge de poudre noire ou dépasser 85 % pour une poussière très fine facilement dispersible, enflammée par l'allumage de quelques dizaines de m^3 d'un mélange grisouteux.

Si l'explosion est molle, ce qui correspond aux faibles valeurs de S , il suffit pour qu'elle ne se propage pas que la poussière soit fixée par l'humidité assez efficacement pour ne pas se soulever. Mais si la



332.2. Nieuwe Franse reglementering van 9 oktober 1980

De nieuwe Franse reglementering van 9 oktober 1980 staat de neutralisatie met water toe onder zeer strenge voorwaarden die hierna worden samengevat.

332.2.1. Poolse proeven

Deze voorwaarden steunen op een lange reeks Poolse proeven die bevestigd werden door enkele proefnemingen van het Franse proefstation.

Figuur 26 is een schematische voorstelling van de resultaten die bekomen werden voor een bepaalde ontvlammingsoorzaak en een bepaald stof [6].

Enkel voor de punten van het plan ($s-h$) boven de vergelijgingsrechte (D) $s + k \cdot h = S$, is de kans op stofontvlamming zeer gering

h = de vochtigheid;

s = het gehalte aan vaste onbrandbare stoffen van het vochtig stof;

k is een factor die afhankelijk is van de doeltreffendheid van de bevochtiging, gelijk aan 2 voor een perfecte bevochtiging en dalend tot 1,5 of 1,3 voor een middelmatige bevochtiging;

S is het overeenkomstige droge steenstofbestuivingsgehalte dat dezelfde veiligheidsgraad waarborgt als het mengsel voorgesteld door een punt (s, h) van de rechte.

Wanneer de kenmerken van de bestanddelen van het stof bepaald zijn, is de waarde van S hoofdzakelijk afhankelijk van de kracht van de ontvlammingsbron en van het min of meer groot gemak waarmee het stof kan verspreid worden door de luchtverplaatsing van de ontploffing. Zo kan S kleiner zijn dan 40 % voor een grof stof dat ontvlamt werd door mortierschieten van een lading van zwart buskruit of 85 % overschrijden voor een zeer fijn stof dat gemakkelijk kan verspreid worden en dat ontvlamt werd door enkele tientallen m^3 van een mijngashoudend mengsel te ontsteken.

Indien de ontploffing zacht is, wat overeenstemt met de geringe waarden van S , volstaat het dat het stof voldoende gebonden is door de vochtigheid om niet opgejaagd te worden opdat de ontploffing zich

Fig. 26 — Neutralisation à l'eau
Neutralisatie met behulp van water

(Origine : Nouveau règlement français. Décret n° 80802 du 9 octobre 1980 complétant le règlement général des industries extractives - Bron : Nieuwe Franse reglementering. Dekreet nr 80802 van 9 oktober 1980 ter aanvulling van het algemeen reglement van de extractiebedrijven).

poussière est soulevée, séchée et dispersée par le souffle et la chaleur, l'explosion n'est arrêtée que si la poussière contient suffisamment d'incombustible solide ou liquide; la valeur de k supérieure à 1 montre d'ailleurs qu'un point d'eau dans la poussière humide est plus efficace qu'un point de calcaire grâce à la chaleur absorbée pour vaporiser l'eau et au rôle inertisant de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Mais l'efficacité de l'apport d'eau est limitée parce qu'il n'est pas possible d'augmenter l'humidité de la poussière au-delà de certaines teneurs, sous peine de rendre les conditions de travail difficilement supportables pour le personnel.

C'est de cette analyse, dont il faut souligner à nouveau le caractère schématique, que découlent les nouvelles prescriptions réglementaires françaises et la définition de la neutralisation à l'eau dans les mines grisouteuses.

Il faut respecter :

soit $h > 20\%$ sans condition spéciale pour s , ce qui ne paraît pouvoir être garanti que par des venues d'eau suffisantes;
soit $h > 12\%$ et $s > 35\%$, ce qui paraît pouvoir être obtenu en permanence, sans trop de gêne pour le personnel, mais non sans discipline dans l'organisation de l'arrosage.

Soit A le point correspondant à $h = 12\%$ et $s = 35\%$. Le taux de schistification équivalent à sec que l'on peut calculer par l'équation (D) pour les conditions minimales définies par le point A et même pour un mouillage parfait ($k = 2$) des poussières reste un peu inférieur à 60%; c'est une valeur du même ordre que l'on trouve pour $h = 20\%$ et $s = 20\%$, c'est-à-dire des taux inférieurs aux taux de schistification dont il a été question au § 331.3., du moins pour des charbons à teneur en matières volatiles supérieure à 18%.

3322.2. Limitation du domaine où la neutralisation à l'eau peut être utilisée

C'est pour cette raison que le nouveau règlement français limite le domaine où la neutralisation à l'eau peut être utilisée dans les mines grisouteuses, c'est-à-dire :

- dans les voies où les venues d'eau naturelles assurent une humidité permanente des parois et un mouillage efficace des poussières;
- à la sole des galeries, sous réserve que les poussières contiennent plus de 35% d'incombustible solide sur sec.

niet voortplant. Maar indien het stof opgejaagd, gedroogd en verspreid wordt door de luchtverplaatsing en de warmte, dan wordt de ontploffing slechts gestopt als het stof voldoende vaste of vloeibare onbrandbare stoffen bevat; de waarde van k groter dan 1 toont trouwens aan dat een weinig water in het vochtig stof doeltreffender is dan een weinig kalksteen, dank zij de warmte opgenomen om het water te verdampen en de inertiserende rol van de waterdamp in de atmosfeer.

Maar de doeltreffendheid van de watertoevoer is beperkt omdat het onmogelijk is de vochtigheid van het stof te doen toenemen boven bepaalde gehalten op gevaar af de werkstandigheden voor het personeel praktisch ondraaglijk te maken

Uit deze analyse, waarvan het schematisch karakter nogmaals onderlijnd dient te worden, vloeien de nieuwe Franse reglementaire voorschriften en de bepaling van de neutralisatie met water in de mijngashoudende mijnen voort.

Men dient het volgende in acht te nemen :
hetzij $h > 20\%$ zonder speciale voorwaarde voor s , hetgeen enkel kan gewaarborgd worden door voldoende watertoevoed;
hetzij $h > 12\%$ en $s > 35\%$, hetgeen permanent blijkt bekomen te kunnen worden zonder het personeel erg te hinderen, maar met een bepaalde orde in de organisatie van de besproeiing.

A weze het punt dat overeenstemt met $h = 12\%$ en $s = 35\%$. Het overeenkomstige droge steenstofbestuivingsgehalte dat kan berekend worden door de vergelijking (D) voor de minimale voorwaarden bepaald door punt A en zelfs voor een perfecte bevochtiging ($k = 2$) van het stof, blijft een weinig kleiner dan 60%; een waarde van dezelfde orde vindt men voor $h = 20\%$ en $s = 20\%$, d.w.z. gehalten die kleiner zijn dan de steenstofbestuivingsgehalten waarvan sprake was in § 3.3.1.3., ten minste voor steenkool met een gehalte aan vluchtlige bestanddelen groter dan 18%.

3322.2 Beperking van het gebied waar de waterneutralisering kan gebruikt worden

Het is om deze reden, dat de nieuwe Franse regeling het gebied beperkt waar de waterneutralisering mag gebruikt worden in de mijngashoudende mijnen d.w.z. :

- in de galerijen waar de natuurlijke watertoevoed een voortdurende vochtigheid van de wanden en een doeltreffende bevochtiging van het stof verzekert;
- aan de vloer van een galerij, onder voorbehoud dat het stof meer dan 35% onbrandbare droge vaste materie bevat.

Les conditions de neutralisation à l'eau sont particulièrement favorables lorsque les parois sont humides en permanence et sur toute leur surface par des venues d'eau naturelles, même si un arrosage complémentaire est nécessaire pour atteindre les teneurs requises.

Il serait difficile de schistifier un parement ou la couronne d'une galerie rendue suffisamment humide par des venues d'eau naturelles ou des travaux secs isolés et de faible longueur dans une voie humide sur la plus grande partie de sa longueur.

On considère donc que la neutralisation à l'eau à la sole des galeries est autorisée dès que la plus grande partie de la surface des parois est mouillée, un traitement d'appoint devant être prévu par arrosage ou pulvérisation particulièrement dans les zones naturellement sèches; par contre, on ne doit pas considérer qu'une forte humidité à la sole autorise la neutralisation à l'eau si la voie est sèche par ailleurs.

3322.3. Taux d'humidité et teneurs en incombustible solide

Lorsque la neutralisation à l'eau est pratiquée, les taux d'humidité et les teneurs en incombustible solide fixés ci-dessus doivent être respectés en permanence, aux heures les plus défavorables de la journée, à la reprise du poste du matin notamment; si l'arrosage est nécessaire, on doit le renouveler en temps utile et assez fréquemment pour obtenir ce résultat, il sera complété par pulvérisation continue s'il le faut.

Les taux d'humidité et les teneurs en incombustible solide exigés peuvent être obtenus naturellement ou par arrosage ou par épandage de fines poussières incombustibles ou par les deux opérations à la fois.

Seules, les poussières solides qui passent au tamis de 250 µm sont retenues pour déterminer la teneur en incombustible solide. La vérification des caractéristiques de la poussière humide dans une voie neutralisée à l'eau se fait par analyse d'échantillon suivant un mode opératoire analogue à celui qui est prévu pour le contrôle de la schistification, mais les échantillons sont obtenus à partir de prises faites tous les mois, tous les 10 m environ, dans des tronçons d'échantillonnage de 200 m au plus. Il est nécessaire de déterminer ici à la fois l'humidité et la teneur en incombustible solide.

Cette contrainte de vérification répond au souci d'un contrôle plus efficace et doit conduire à renoncer à la neutralisation à l'eau lorsque les conditions locales ne l'imposent pas.

De omstandigheden van waterneutralisering zijn bijzonder gunstig wanneer de wanden voortdurend en over hun hele oppervlakte vochtig zijn door natuurlijke watertoevloed zelfs als een aanvullende besproeiing nodig is om de vereiste gehalten te bereiken.

Het zou moeilijk zijn een galerijwand of de kroon van een galerij die voldoende vochtig is door natuurlijke watertoevloed of afzonderlijke droge werkzaamheden van geringe lengte in een galerij vochtig over het grootste gedeelte van haar lengte te bestuiven.

Men beschouwt de waterneutralisering van de vloer van een galerij dus als toegelaten, zodra het grootste gedeelte van de oppervlakte van de panden vochtig is; een bijbehandeling door besproeiing of bestuiving dient voorzien te worden, vooral in de zones die natuurlijk droog zijn; daarentegen laat een sterke vochtigheid aan de vloer de waterneutralisering niet toe als de galerij elders droog is.

3322.3. Vochtigheidsgraden en gehalten aan vaste onbrandbare materie

Wanneer de waterneutralisering toegepast wordt, moeten de hierboven bepaalde vochtigheidsgraden en gehalten aan vaste onbrandbare materie voortdurend in acht genomen worden, tijdens de meest ongunstige uren van de dag, met name 's morgens bij het overnemen van de post; indien de besproeiing noodzakelijk is, dient ze bijtijds herhaald te worden en vaak genoeg om dit resultaat te verkrijgen; ze zal zo nodig aangevuld worden door voortdurende verstuiving.

De vereiste vochtigheidsgraden en de gehalten aan vaste onbrandbare materie kunnen op natuurlijke wijze verkregen worden, hetzij door besproeiing, hetzij door strooiing van fijn onbrandbaar stof, of door deze 2 behandelingen tegelijk.

Enkel de vaste stoffen die door de zeef van 250 µm gaan, komen in aanmerking om het gehalte aan vaste onbrandbare materie te bepalen. De controle van de kenmerken van het vochtige stof in een met water geneutraliseerde galerij gebeurt door analyse van monsters volgens een werkingsmethode die overeenkomt met degene die voorzien wordt voor de steenstofbestuivingscontrole, maar de monsters worden verkregen door opnamen die maandelijks uitgevoerd worden om de 10 m ongeveer, in een beemonsteringsstuk van ten hoogste 200 m. Het is noodzakelijk hier de vochtigheid en het gehalte aan vaste onbrandbare materie tegelijk te bepalen. Deze controleverplichting beantwoordt aan de vraag naar een doeltreffender controle en moet leiden tot het afzien van de waterneutralisering wanneer de plaatselijke omstandigheden deze niet vereisen.

La détermination de l'humidité se fait à 105 °C sur un prélèvement brut de poussière humide constitué au fond, dans un récipient étanche, sans introduction d'eau en excès non fixée à la poussière.

La détermination de la teneur en incombustible solide sur sec se fait sur un deuxième échantillon ou sur une fraction du prélèvement précédent tamisé à 250 µm après dessiccation.

Le taux d'humidité ainsi trouvé ne caractérise pas l'humidité des fractions les plus fines sur lesquelles est déterminée la teneur en incombustible solide, mais l'humidité d'une poussière grossière qui est à prendre en considération au passage d'une flamme.

3322.4. Surveillance

Dans une zone neutralisée à l'eau, il y a lieu en outre de surveiller l'efficacité de la neutralisation en appréciant :

- au toucher et au souffle, l'absence de poussières charbonneuses sèches non fixées;
- par pression d'une poignée de poussière dans la main, comment se situe l'humidité réelle par rapport à l'humidité de saturation.

L'humidité de saturation de la poussière est atteinte lorsqu'une poignée de poussière pressée dans les mains garde sa forme et laisse les mains humides, sans excès d'eau. Elle varie avec la nature et la granulométrie de la poussière et peut se situer entre 10 % pour les poussières grossières et 20 ou 26 % pour des poussières fines ou très fines.

Ces mesures de surveillance nécessaires pour garantir l'efficacité de la neutralisation à l'eau pourraient après étalonnage avoir une valeur quantitative justifiant, dans certains cas, l'allégement des mesures de vérification sur les échantillons prévus.

3322.5. Reprise de l'exploitation après un arrêt prolongé

Avant la reprise de l'exploitation après un arrêt prolongé, la neutralisation à l'eau doit être complétée si besoin en est pour obtenir l'humidité requise.

A l'issue d'une période de congé et sauf dans le cas de venues d'eau naturelle permanentes et suffisantes, il est nécessaire de compléter la neutralisation à l'eau avant la reprise du poste, par arrosage et mise en marche des pulvérisateurs; c'est nécessaire également après un arrêt de plusieurs jours quelle qu'en soit la raison; un arrêt de deux jours en fin de semaine, par contre, n'impose aucune mesure particulière, sauf dans des cas très défavorables.

De bepaling van de vochtigheid gebeurt bij 105°C op een bruto monsterneming van vochtig stof in de ondergrond opgenomen een ondoordringbaar recipiënt, zonder toevoeging van water dat niet door het stof gefixeerd wordt.

De bepaling van het gehalte aan vast onbrandbaar stof gebeurt op een tweede monster of op een fractie van de vorige monsterneming gezeefd op 250 µm na uitdroging.

De vochtigheidsgraad die op deze wijze werd gevonden kenmerkt de vochtigheid niet van de fijnste fracties waarop het gehalte aan vast onbrandbaar stof bepaald wordt, maar de vochtigheid van een grof stof waarmee rekening moet worden gehouden bij het doorgaan van een vlam.

3322.4. Toezicht

In een zone die met water wordt geneutraliseerd, dient bovendien toezicht te worden gehouden op de doeltreffendheid van de neutralisering door :

- bij tasten en blazen, de afwezigheid van niet gebondene droge steenkolenstoffen te ramen,
- door een handvol stof in de hand samen te drukken, na te gaan hoe de werkelijke vochtigheid zich verhoudt tot de verzadigingsvochtigheid.

De verzadigingsvochtigheid van het stof is bereikt wanneer een handvol stof dat in de handen wordt samengedrukt, zijn vorm behoudt en de handen vochtig laat, zonder overtuig water. Ze varieert volgens de aard en de korrelgrootte van het stof en schommelt tussen 10 % voor het grof stof en 20 of 26 % voor fijn of zeer fijn stof.

Deze toezichtmaatregelen die noodzakelijk zijn om de doeltreffendheid van de waterneutralisering te waarborgen, zouden na ijking een kwantitatieve waarde kunnen hebben die, in zekere gevallen, de verlichting rechtvaardigt van de controlemaatregelen op de voorziene monsters.

3322.5. Hervatting van de ontginning na een langere stopzetting

Vooraleer de ontginning te hervatten na een langere stopzetting, dient de waterneutralisering, indien nodig, aangevuld te worden om de vereiste vochtigheid te verkrijgen.

Na een verlofperiode en behalve als er voldoende voortdurende natuurlijke watertoevlod is, is het noodzakelijk de waterneutralisering vóór het herneemen van de dienst aan te vullen door besproeiing en het in werking stellen van de verstuivers; dit is ook noodzakelijk na een stopzetting van meerdere dagen om welke reden ook; daarentegen wordt geen enkele bijzondere maatregel vereist na een stopzetting van twee dagen op het einde van de week, behalve in zeer ongunstige gevallen.

33.3. Neutralisation par sels hygroscopiques

333.1. Recommandation de l'Organe Permanent (O.P.)

A la suite de l'expérience acquise dans plusieurs pays de la communauté européenne, l'O.P. a estimé opportun de proposer le 3 septembre 1976 aux gouvernements des Etats membres une recommandation sur la fixation des poussières au moyen de sels hygroscopiques, en vue de prévenir les coups de poussières estimant que ce procédé qui a déjà été imposé par voie réglementaire en République Fédérale d'Allemagne est un moyen efficace de neutralisation des poussières inflammables, qu'on peut l'admettre parmi ceux déjà adoptés et que d'autres pays devraient l'utiliser [3].

333.2. Procédés de fixation des poussières par sels hygroscopiques

3332.1. Principe

Les procédés de fixation des poussières par sels hygroscopiques consistent à fixer la poussière de charbon déposée à l'aide de solutions aqueuses de sels fortement hygroscopiques, de manière que la poussière ne puisse se mettre en suspension et ne puisse plus, de ce fait, participer à une explosion de poussière de charbon. Les solutions aqueuses peuvent être réglées à des taux déterminés d'humidité relative de l'atmosphère et rester humides et actives pendant un certain temps.

Les solutions salines sont appliquées à l'aide de dispositifs appropriés sur les parements, couronnes et soles des galeries et se transforment avec l'humidité de l'air de la mine en une solution agglutinante qui retient les poussières.

Cette action est continue et prolongée, la poussière étant retenue tant qu'il subsiste du produit salin capable de la fixer. C'est ainsi que, dans une voie à faible empoussiérage, l'efficacité peut durer plusieurs mois, tandis que, dans une voie à forte sédimentation de poussières, il peut être nécessaire, comme l'a montré l'expérience, de renouveler le produit salin une fois par mois ou même plus souvent.

3332.2. Pâtes, poudre et paillettes

33322.1. Pâtes

Les pâtes salines généralement utilisées dans les mines de houille sont à base de solution, soit de chlorure de calcium, soit de chlorure de magnésium, pratiquement équivalentes. Le pouvoir mouillant de

33.3. Neutralisering door hygroscopische zouten

333.1. Aanbeveling van het Permanent Orgaan (P.O.)

Ten gevolge van de ervaring verworven in verschillende landen van de Europese gemeenschap, heeft het P.O. het gepast geacht op 3 september 1976 aan de regeringen van de lidstaten een aanbeveling voor te stellen over de vastlegging van stoffen d.m.v. hygroscopische zouten, met het oog op het voorkomen van stofontploffingen. Het P.O. meent dat dit procédé, dat reeds in de Duitse Bondsrepubliek op reglementaire wijze werd voorgeschreven, een doeltreffend middel van neutralisering van ontvlambare stoffen is, dat men het kan aannemen met degenen die reeds aangenomen werden, en dat andere landen het zouden moeten gebruiken.

333.2. Procédés voor het vastleggen door hygroscopische zouten

3332.1. Principe

De procédés voor het vastleggen van stoffen door hygroscopische zouten, bestaan in het vastleggen van het steenkolenstof d.m.v. waterige oplossingen van sterk hygroscopische zouten, zodat het stof niet in zwevende toestand kan worden gebracht en dat het zo geen deel meer kan hebben aan een ontploffing van steenkolenstof. De waterige oplossingen kunnen geregeld worden tegen bepaalde graden van relatieve vochtigheid en gedurende een zekere tijd vochtig en actief blijven.

De zoutachtige oplossingen worden met behulp van geschikte toestellen aangebracht op de wanden, kronen en vloeren van de galerijen en gaan met de vochtigheid van de mijnlucht over in een bindende oplossing die het stof weerhoudt.

Vermits het stof wordt weerhouden zolang er zoutachtig produkt overblijft dat het stof kan vastleggen, is de werking onafgebroken en van langere duur. Zo kan in een galerij met geringe stofontwikkeling de doeltreffendheid meerdere maanden duren, terwijl het in een galerij met sterke stofafzetting noodzakelijk kan zijn, zoals uit ondervinding bleek, het zoutachtig produkt eens per maand of zelfs vaker te vernieuwen.

3332.2. Pasta's, poeders en schilfers

33322.1. Pasta's

De zoutachtige pasta's die algemeen gebruikt worden in de steenkolenmijnen zijn op basis van oplossingen, hetzij van calciumchloride, hetzij van magnesiumchloride, die praktisch evenwaardig zijn. Aange-

ces solutions n'étant pas très élevé, on leur ajoute un agent mouillant qui réduit sensiblement leur tension superficielle et humidifie en permanence la poussière sédimentée.

La nature de l'agent mouillant et sa dose sont déterminantes pour la durée d'efficacité des produits de fixation. La poussière sédimentée n'est fixée qu'aussi longtemps qu'il reste suffisamment de solution tensio-active pour fixer la poussière qui se dégage en permanence. En général, la proportion de mouillant est d'environ 1 %. Toutefois solution et mouillant ne permettent pas à eux seuls d'obtenir des couches d'adhérence suffisamment épaisses (2-5 mm); c'est pourquoi il importe d'ajouter une substance support (hydroxyde de magnésium Mg(OH)₂, par exemple). Un kg de pâte neutralise un kg de poussière environ.

Deux produits ont jusqu'à présent donné de bons résultats : la pâte de chlorure de calcium composée de 27 à 29 % de CaCl₂ + 1 % d'agent mouillant + 2 % de support (Mg(OH)₂) + de l'eau (le reste) et la pâte de chlorure de magnésium composée de 22 % de MgCl₂ + 1 % d'agent mouillant + 2 % de support (Mg(OH)₂) + de l'eau (le reste).

33322.2. Poudre

A côté des pâtes salines, on utilise de plus en plus, pour fixer les poussières, la poudre de chlorure de calcium en raison de son faible coût de transport et d'investissement. Elle se compose de 81 à 85 % de CaCl₂ + 3 % d'agent mouillant + de l'eau de cristallisation. Dans ce cas, c'est la poussière sédimentée qui sert de support. Cette poudre à grain très fin, fortement hygroscopique,吸水性很强, absorbe l'eau contenue dans l'air et, en raison de sa surface importante, se transforme en solution tensio-active de CaCl₂.

Son pouvoir d'absorption d'eau et, partant, sa capacité de fixation des poussières, dépendent de l'humidité de l'air des mines. Suivant l'humidité relative, 1 kg de poudre neutralise 3 à 7 kg de poussières.

La volatilité de cette poudre, qui constituerait une grande gêne dans les chantiers situés en aval, a pu être considérablement abaissée par adjonction de chlorure de sodium.

Le NaCl joue également le rôle de support et remplace la poussière lorsqu'elle est absente.

33322.3. Paillettes

Pour le traitement de la sole à proximité des points de transfert sur bandes et des points de chargement, on utilise souvent des paillettes. Elles se composent de 76 à 78 % de CaCl₂ + 2 % d'agent mouillant +

zien het bevochtigingsvermogen van deze oplossingen niet zeer hoog is, voegt men er een bevochtigingsmiddel aan toe dat de oppervlaktespanning aanzienlijk vermindert en voortdurend het bezonken stof bevochtigt.

De aard van het bevochtigingsmiddel en zijn dosis zijn bepalend voor de duur van de doeltreffendheid van de vastleggingsprodukten. Het bezonken stof wordt enkel vastgelegd zolang er voldoende tensio-actieve oplossing overblijft om het stof, dat voortdurend vrijkomt, vast te leggen. Over het algemeen is de verhouding bevochtigingsmiddel 1 %. Niettemin maken oplossing en bevochtigingsmiddel alleén het niet mogelijk aanklevingslagen te verkrijgen met een voldoende dikte (2-5 mm); daarom is het van belang een steunstof (magnesiumhydraat Mg(OH)₂, bij voorbeeld) bij te voegen. Eén kg pasta neutraliseert ongeveer één kg stof.

Tot nu toe hebben twee produkten goede resultaten opgeleverd : de pasta uit calciumchloride samengesteld uit 27 à 29 % CaCl₂ + 1 % bevochtigingsmiddel + 2 % steunstof (Mg(OH)₂) + water (het overige) en de pasta uit magnesiumchloride samengesteld uit 22 % MgCl₂ + 1 % bevochtigingsmiddel + 2 % steunstof (Mg(OH)₂) + water (het overige).

33322.2. Poeder

Behalve de zoutachtige pasta's gebruik men steeds meer calciumchloridepoeder om de stoffen vast te leggen wegens zijn geringe vervoer- en investeringskosten. Het is samengesteld uit 81 à 85 % CaCl₂ + 3 % bevochtigingsmiddel + kristalliseringwater. In dit geval dient het bezonken stof als steun. Dit poeder met zeer fijne korrel, sterk hygroscopisch, absorbeert het water dat in de lucht vervat zit en transformeert zich wegens zijn aanzienlijke oppervlakte in een tensioactieve oplossing van CaCl₂.

Zijn wateropsoringsvermogen, en dus zijn vermogen om de stoffen vast te leggen, hangen af van de vochtigheid van de mijnlucht. Afhankelijk van de relatieve vochtigheid legt 1 kg poeder 3 à 7 kg stof vast.

Het gemakkelijk opvliegen van dit poeder, dat zeer hinderlijk zou zijn in de lucht afwaartse werkplaatsen, kan aanzienlijk verminderd worden door toevoeging van natriumchloride.

De NaCl speelt ook een steunrol en vervangt het stof wanneer dit afwezig is.

33322.3. Schilfers

Voor de behandeling van de vloer in de nabijheid van de overgangspunten bij banden en van de laadpunten, gebruikt men vaak schilfers. Ze zijn samengesteld uit 76 à 78 % CaCl₂ + 2 % bevochtig-

de l'eau de cristallisation. L'efficacité de ce produit à particules grossières est comparable à celle de la poudre.

3332.3. Application du produit fixant

33323.1. Application de la pâte

La pâte est amenée aux stations de pompage ou directement aux points d'utilisation dans des berlaines spécialement aménagées (avec couvercles) ou dans des berlaines avec appareil à injection (fig. 27, 28). Une pompe débite la pâte sur les parements et à la couronne des galeries par l'intermédiaire d'un flexible. Ce système de pompage a l'avantage de pouvoir refouler la pâte dans les burquins d'étage sans que le rendement de mise en place en soit affecté.

Selon les circonstances, on peut appliquer de 20 à 80 litres/m² de pâte. Pour régler la vitesse d'application, des dispositifs d'arrêt (robinets d'arrêt par exemple) et des tuyères sont prévus. Pour une couche de 2 à 3 mm d'épaisseur, on utilise de 2 à 4 kg/m² de pâte ou, suivant la section, de 20 à 60 kg/m courant. Suivant l'équipement et l'aménagement, le rendement (y compris les travaux accessoires) est de 25 à 100 m de galerie/homme/poste.

33323.2. Application de la poudre

La poudre est livrée en sacs de plastique avec enveloppe de jute de 30 kg. Ces sacs peuvent être amenés dans les galeries à l'aide des moyens de transport disponibles et entreposés à intervalles de 5 à 20 m suivant l'empoussiérage et la dimension de la galerie. Pour le premier traitement, il faut environ 300 à 500 g/m², pour les traitements ultérieurs environ 200 à 300 g/m².

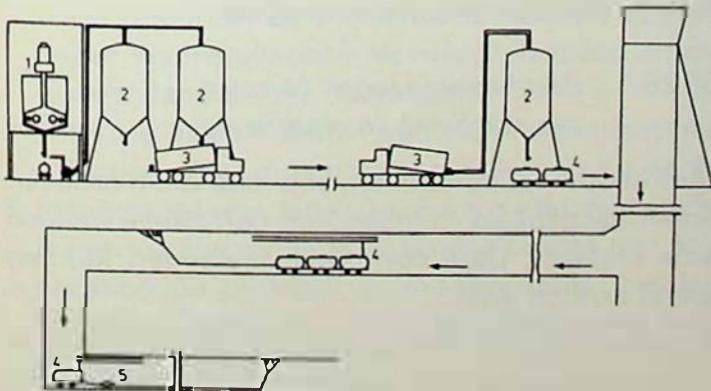


Fig. 27 — Schéma des installations de transport de la pâte saline
Projectieschema voor zoutachtige pasta
(Origine - Bron : Saarbergwerke A.G.) (BRD)

gingsmiddel + kristalliseringswater. De doeltreffendheid van dit produkt met grove deeltjes is te vergelijken met die van het poeder.

3332.3. Het aanbrengen van het fixeringsprodukt

33323.1. Het aanbrengen van de pasta

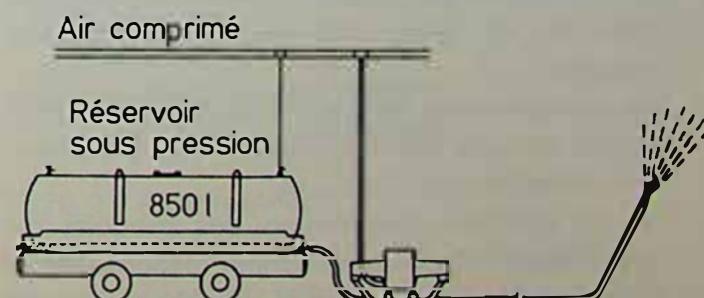
De pasta wordt naar de pompstations of direct naar de gebruikspunten gebracht in speciaal ingerichte mijnwagens (met deksels) of in mijnwagens met injectieapparaat (fig. 27, 28). Een pomp spuit de pasta op de wanden en de kroon van de galerijen door middel van een slang. Dit pompsysteem biedt het voordeel de pasta te kunnen drijven naar de verdiepingsopbraken zonder dat het rendement van het op plaats brengen erdoor getroffen wordt. Volgens de omstandigheden kan men 20 à 80 liter/m pasta aanwenden. Om de aanbrengingssnelheid te regelen, worden stopinstallaties (stopkranen bij voorbeeld) en tuitflenzen voorzien. Voor een laag van 2 à 3 mm dik, gebruikt men 2 à 4 kg/m² pasta of, volgens de doorsnede, 20 à 60 kg/lopende meter. Volgens de uitrusting en de inrichting is het rendement (de bijkomende werken inbegrepen) 25 à 100 m galerij/man/dienst.

33323.2. Aanbrenging van het poeder

Het poeder wordt geleverd in plasticzakken van 30 kg met juteomhulsel. Deze zakken kunnen in de galerijen gebracht worden met behulp van de beschikbare vervoermiddelen en opgeslagen op afstanden van 5 à 20 m volgens de stofontwikkeling en de afmetingen van de galerij. Voor de eerste behandeling zijn ongeveer 300 à 500 g/m² nodig; voor de verdere behandelingen ongeveer 200 à 300 g/m².

Fig. 27 — Schéma des installations de transport de la pâte saline
Schema van de transportinstallatie van zoutachtige pasta

1. Centrale de fabrication de pâte : 1. Fabricatiecentrale van pasta
 2. Silo de stockage de la pâte : 2. Opslagsilo van de pasta
 3. Camion-citerne : 3. Tankauto
 4. Wagon de transport : 4. Transportwagon
 5. Pompe à pâte : 5. Pastapomp
- (Origine - Bron : Saarbergwerke A.G.) (BRD)



La poudre est appliquée sur les parements et à la couronne à l'aide de soufflantes à chambre annulaire, pourvues d'un tuyau d'aspiration permettant d'aspirer directement la poudre dans les sacs entaillés. La poudre est ensuite appliquée à l'aide d'un flexible antistatique de 6 m de longueur avec tube d'éjection de NW 50 (diamètre intérieur nominal 50 mm). L'air comprimé nécessaire au fonctionnement de l'éjecteur doit être sec; un séparateur d'eau est donc nécessaire.

Pour l'application de la poudre, le rendement est d'environ 100 m de galerie/homme/poste, travaux annexes y compris. Dans une galerie d'environ 11 m², on utilise 5 kg de poudre par mètre.

33323.3 Application des paillettes

Les paillettes sont livrées dans des sacs en papier protégés contre l'humidité, de 25 kg en général. Étant donné que les paillettes sont fortement hygroscopiques, il faut veiller à les entreposer dans un endroit sec. Le transport jusqu'au point d'utilisation est assuré à l'aide des moyens existants.

Les paillettes peuvent être répandues à la pelle ou à l'aide d'appareils pneumatiques à raison de 1 à 4 kg/m² environ. Les paillettes sont utilisées sur le sol préalablement nettoyé de ses accumulations de poussières.

33324. Fréquence d'application

La fréquence d'application de sels varie beaucoup suivant l'importance des dépôts de poussières; elle se situe souvent entre 4 à 6 semaines.

Une nouvelle application des sels s'avérera nécessaire sur simple observation visuelle des poussières ou simplement en soufflant dessus.

33325. Protection contre la corrosion

33325.1. Protection contre la corrosion des machines et du matériel

Tous les produits de neutralisation des poussières susmentionnés ont un effet corrosif sur les métaux. Ces effets corrosifs peuvent être réduits:

- en évitant si possible d'appliquer les produits là où se trouvent des engins mécaniques et électriques ou en recouvrant ceux-ci de manière étanche;
- en protégeant les raccords à boulon avec de la graisse ou avec des chapeaux en matière plastique remplis de lubrifiants, et
- en ne confiant l'application des produits de neutralisation qu'à un personnel responsable et exercé.

Het poeder wordt op de wanden en de kroon aangebracht met behulp van blaasmachines met ringvormige kamer en voorzien van een zuigbuis waardoor het poeder rechtstreeks uit de ingekorven zakken kan gezogen worden. Het poeder wordt vervolgens aangebracht met behulp van een antistatische slang van 6 m lang met uitwerpingsbuis van NW 50 (nominale binnendiameter 50 mm). De perslucht die nodig is voor de werking van de ejector moet droog zijn, een waterafscheider is dus noodzakelijk.

Voor de aanbrenging van het poeder, is het rendement ongeveer 100 m galerij/ man/dienst, bijkomende werken inbegrepen. In een galerij van ongeveer 11 m² gebruikt men 5 kg poeder/ lopende meter.

33323.3. Aanbrenging van de schilfers

De schilfers worden geleverd in vachtwerende zakken van over het algemeen 25 kg. Aangezien de schilfers in hoge mate hygroscopisch zijn, dient er voor gezorgd te worden dat ze op een droge plaats worden opgeslagen. Het vervoer tot op de plaats waar ze aangewend worden, gebeurt met behulp van de bestaande middelen.

De schilfers kunnen met een schop verspreid worden, of met behulp van pneumatische toestellen tegen 1 à 4 kg/m² ongeveer. De schilfers worden gebruikt op de vloer waarvan de stofophoping vooraf werd verwijderd.

33324. Aanbrengingsfrequentie

De aanbrengingsfrequentie van zouten loopt sterk uiteen naargelang van de omvang van de stofneerslag; ze schommelt vaak tussen 4 à 6 weken.

Of een nabehandeling nodig is kan op zicht worden vastgesteld, of eenvoudig door op de laag te blazen.

33325. Bescherming tegen corrosie

33325.1. Bescherming tegen corrosie van machines en materieel

Alle neutralisatieprodukten voor stof die hierboven werden aangehaald, hebben een corrosieve invloed op de metalen. Deze corrosieve invloeden kunnen beperkt worden door:

- indien mogelijk, het gebruik van de produkten te vermijden waar zich mechanische en elektrische toestellen bevinden, of door deze hermetisch af te dekken;
- de Schroefverbindingen te beschermen door ze in te vetten of te bedekken met plastic kappen gevuld met een smeermiddel;
- het aanbrengen van het neutralisatieproduct slechts aan ervaren en verantwoordelijk personeel toe te vertrouwen.

33325.2. Protection contre la corrosion des installations électriques du fond

Le 29 juin 1971, sur rapport de son Groupe de Travail « Electricité », l'O.P. a pris position quant aux effets perturbateurs sur les installations électriques du fond des pâtes salines et des poudres en proposant les mesures suivantes aptes à réduire ces effets à un minimum acceptable.

Dans la mesure du possible, il suggère de disposer les appareils électriques dans les zones non traitées par les sels hygroscopiques.

1^o) En ce qui concerne les appareils électriques.

Pour la constitution des enveloppes et leurs plaques signalétiques : emploi d'un matériau résistant bien à la corrosion ou, à défaut, bonne protection de surface par galvanisation, peinture ou impression phosphatante.

Pour la protection des filetages et des joints d'assemblage du matériel antidéflagrant : emploi d'une graisse non corrosive à faible tension de vapeur, par exemple à base de résines fluorées.

Pour les entrées de câbles : enrubannage correct par ruban imperméable.

2^o) En ce qui concerne les câbles.

Protection des armures par galvanisation et enrobage de leurs éléments au moyen d'une résine synthétique appropriée, PVC ou autre.

Dans le cas où des câbles d'alimentation de machines mobiles seraient soumis aux effets de pâtes salines, il est rappelé que les recommandations de l'O.P. du 26 juin 1970 sont à appliquer. La coupure automatique en cas de défaut d'isolement devrait être assurée au premier défaut.

3^o) En ce qui concerne la mise en œuvre du procédé, l'entretien et la surveillance du matériel électrique.

Il est opportun de recouvrir de housses appropriées les installations électriques situées directement dans la zone de traitement.

Il faut d'ailleurs éviter que ces installations ne soient atteintes directement par l'impact du jet de matières salines. Une coopération effective entre le service électrique et le service chargé de l'application du procédé est indispensable. Les installations électriques sont soumises à une surveillance accrue.

33325.2. Bescherming tegen corrosie van de elektrische installaties in de ondergrond

Op 29 juni 1971 heeft het P.O. op basis van het verslag van zijn werkgroep « Elektriciteit » zijn standpunt bepaald betreffende de storende invloed van de zouthoudende pasta's en de poeders op de elektrische installaties in de ondergrond door de volgende maatregelen voor te stellen die deze invloeden tot een aanvaardbaar minimum kunnen herleiden.

Voor zover mogelijk stelt het P.O. voor, de elektrische apparaten te plaatsen in zones waar geen hygroscopische zouten worden gebruikt.

1^o) Wat de elektrische toestellen betreft.

Voor het vormen van de omhulsels en van hun signalementsplaten : een materiaal gebruiken dat goed tegen corrosie bestand is of, bij gebreks-hieraan, een goede oppervlaktebescherming door galvaniseren, verf of fosfaatbehandeling. Voor de bescherming van schroefdraden en dichtingsvlakken van ontploffingsvast materieel : gebruik van een niet corrosief vet met geringe dampspanning, bij voorbeeld op basis van fluorhoudend hars.

Voor de kabelinvoeringen : correcte omwikkeling met een band van ondoordringbaar materiaal.

2^o) Wat de kabels betreft.

Beveiliging van de wapeningen door galvanisatie en bekleding van hun elementen met aangepast kunsthars, PVC of andere.

In het geval de voedingskabels van de mobiele machines de invloed zouden ondergaan van de zouthoudende pasta's, wordt eraan herinnerd dat de aanbevelingen van het P.O. van 26 juni 1970 dienen toegepast te worden. De automatische uitschakeling bij gebrek aan isolatie zou moeten gebeuren bij de eerste fout.

3^o) Wat de toepassing van het procédé, het onderhoud van en het toezicht op het elektrisch materieel betreft.

De elektrische installaties die zich rechtstreeks in de behandelingszone bevinden, dienen overdekt te worden met aangepaste overtreksels. Bovendien dient vermeden te worden dat deze installaties rechtstreeks getroffen zouden worden door de zoutstraal. Een effectieve samenwerking tussen de elektrische dienst en de dienst belast met de toepassing van het procédé is noodzakelijk. De elektrische installaties staan onder versterkt toezicht.

33326. Limites à l'utilisation des sels hygroscopiques

33326.1. Généralités

Il n'existe pas de recette valable à cent pour cent ni de remède universel contre les explosions de pou-

33326. Grenzen aan het gebruik van hygroscopische zouten

33326.1. Algemeenheden

Er bestaat geen recept dat 100 % doeltreffend is, noch een universeel redmiddel voor stofontploffin-

sières. Il faut toujours s'assurer qu'il n'y a pas de mélange explosif (air-méthane), qu'il n'y a pas de source d'allumage et qu'il n'y a pas de poussière de charbon permettant la propagation de l'explosion.

Pour ce dernier point, nous venons de voir qu'à côté des procédés de fixation des poussières, il y a d'autres possibilités telles que la schistification (procédé à base de poussières stériles), l'arrosage et les ouvrages miniers mouillés et zones humides.

L'utilisation combinée des procédés de fixation des poussières et des procédés à base de poussières stériles n'est pas recommandée en R.F.A. dans le même secteur de voie.

D'autre part, lorsqu'on utilise le procédé de fixation des poussières sur le pourtour d'une galerie, il faut utiliser des arrêts-barrages à eau et non à poussières stériles. En effet, si la pâte est projetée à proximité d'arrêts-barrages à poussières incombustibles, elle risque de recouvrir ces poussières lors de sa mise en place, de les rendre pâleuses et donc inefficaces. Par contre, si la pâte projetée tombe dans un bac à eau, elle n'a aucune influence si ce n'est qu'elle ralentit l'évaporation de l'eau, ce qui augmente la durée d'efficacité de l'arrêt-barrage.

Etant donné que, depuis 1965, les procédés de neutralisation des poussières par sels hygroscopiques ont été rendus obligatoires dans toutes les voies d'abattage par les autorités minières de la République Fédérale d'Allemagne, une large expérience a pu être acquise dans ce domaine. Ce qui ressort également du fait que, dans la Ruhr par exemple en 1973, la consommation annuelle de pâte, poudre et paillettes était respectivement de 30.000 t (fixation des poussières environ 1:1, soit 30.000 t de poussières), 7.500 t (fixation des poussières 5:1, soit $5 \times 7.500 = 37.500$ t de poussières) et 4.500 t.

33326.2. Zones d'utilisation favorables

Le procédé de fixation des poussières peut être utilisé avec le plus de succès dans toutes les voies de taille et dans les autres voies dans la mesure où l'empoussiérage y est élevé et où le procédé de schistification n'est pas utilisé.

33326.3. Zones d'utilisation peu favorables

Le procédé de fixation des poussières offre peu ou pas d'avantages dans toutes les voies peu ou très peu poussiéreuses, dans tous les puits, et dans une partie de la couronne des voies équipées d'un monorail suspendu fonctionnant avec galets à friction.

33327. Avantages du procédé

Nous venons de voir au § 331.3. que, si l'on fait usage du procédé discontinu de schistification, il peut se déposer entre deux traitements une couche de

gen. Men dient er zich altijd van de vergewissen, dat er geen ontplofbaar mengsel aanwezig is (luchtmethaan), geen ontstekingsbron en geen steenkoolstof dat de voortplanting van de ontploffing kan bevorderen.

Wat dit laatste punt betreft, hebben we zo juist gezien dat er naast de stoffixeringsprocédés andere mogelijkheden bestaan, zoals de steenstofbestuiving (procédé op basis van steriel stof), de besproeiing en de bevochtigde mijnwerken in natte zones.

Het gecombineerd gebruik van stofvastzettingsprocédés en van procédés op basis van steriel stof wordt in de D.B.R. niet aanbevolen in dezelfde galerijsector.

Anderzijds, als men het stofbindingsprocédé gebruikt voor de omtrek van een galerij, dient men watergrendels te gebruiken en geen steriele stofgrendels. Inderdaad als de pasta in de nabijheid van onbrandbare stofontploffingsgrendels wordt gespoten, loopt men het risico dat dit stof door de pasta wordt bedekt, papperig wordt en dus inefficiënt. Als de geprojecteerde pasta daarentegen in een waterbak terechtkomt, heeft hij geen enkele uitwerking tenzij het vertragen van de verdamping van het water, wat de doelmatigheid van de watergrendel verhoogt.

Daar sinds 1965 de stofneutraliseringprocédés door hygroscopische zouten in alle winningsgalerijen in de D.B.R. verplicht zijn gesteld door de Mijn-autoriteiten, kon een ruime ervaring terzake verkregen worden. Dit blijkt eveneens uit het feit dat in het Ruhrgebied bijvoorbeeld, het jaarlijks verbruik van pasta, poeder en schilfers in 1973 respectievelijk 30.000 t (stofvastzetting ongeveer 1:1, d.w.z. 30.000 t stof), 7.500 t (stofvastzetting 5:1, d.w.z. $5 \times 7.500 = 37.500$ t stof) en 4.500 t bedroeg.

33326.2. Gunstige gebruikszones

Het procédé van stofbinding kan met het meeste succes gebruikt worden : in alle pijlergalerijen, en in de andere galerijen in zoverre de stofontwikkeling hoog ligt en het stofbestuivingsprocédé niet gebruikt wordt.

33326.3. Ongunstige gebruikszones

Het stofbindingsprocédé biedt weinig of geen voordelen in alle galerijen met weinig of geen stofontwikkeling, in alle schachten, en in een gedeelte van de kroon der galerijen die uitgerust zijn met een opgehangen monorail die met wrijvingswielen functioneert.

33327. Voordelen van het procédé

Wij hebben in § 3.3.1.3. net gezien dat, als men gebruik maakt van het onderbroken steenstofbestuivingsprocédé, er zich tussen twee behandelingen

poussières de charbon plus ou moins fine selon l'empoussièrement; une couche, même de très faible épaisseur, par exemple 0,1 mm, peut suffire à la propagation d'une explosion. Pour obtenir une protection suffisante contre les explosions au moyen de la schistification, il est donc indiqué d'épandre la poussière stérile avec une périodicité appropriée.

Comparée au procédé de simple arrosage à l'eau des poussières déposées, la solution de sels hygroscopiques a l'avantage de ne pas s'évaporer, la durée de son efficacité n'étant conditionnée que par la quantité des poussières à fixer.

C'est pour ces raisons que le procédé de fixation des poussières par sels hygroscopiques marque une étape positive au point de vue de la protection contre les explosions. Son application est surtout à conseiller aux endroits où, par suite notamment de l'abattage et du transport du charbon, des quantités non négligeables de poussières sont soulevées et redéposées par le courant d'aérage sur le pourtour ou la sole des galeries. Cela intéresse en premier lieu les voies de chantier et autres voies à convoyeurs à bande, les points de transfert et de chargement. Cela vaut également pour la taille et pour ses abords immédiats, mais pour des raisons pratiques le procédé ne peut y être appliqué.

Outre son intérêt contre les explosions, le procédé a un effet bénéfique sur la santé des travailleurs, l'environnement et le climat; la pénétration dans les poumons des fines particules de poussières et la gêne causée par les poussières grossières sont réduites de façon appréciable; la visibilité est nettement améliorée et l'humidité de l'air est diminuée.

3332.8. Inconvénients

L'inconvénient majeur de la fixation de poussières à l'aide de sels hygroscopiques réside dans son effet corrosif. L'ensemble du matériel se trouvant dans les voies d'abattage traitées en subit bien entendu les effets, notamment les installations électriques. Pour ces dernières, il ne faut toutefois pas en exagérer l'importance, car les inconvénients peuvent être réduits par les mesures suivantes :

- utilisation d'un matériel électrique en bon état;
- mesures spéciales de protection de ce matériel;
- précautions lors de l'application des sels hygroscopiques;
- surveillance efficace;
- généralisation des contrôleurs d'isolement coupant automatiquement au premier défaut sur les installations de taille;
- bonne coordination entre les services électriques et d'épandage.

een laag kolenstof kan neerzetten, die min of meer fijn is al naargelang van de stofontwikkeling; een laag, zelfs zeer dun, bijvoorbeeld 0,1 mm, kan volstaan om een ontploffing voort te zetten. Om een voldoende bescherming tegen ontploffingen te bekomen, d.m.v. steenstofbestuiving, is het dus aangewezen steriel stof te strooien met een aangepaste frequentie.

In vergelijking met de eenvoudige waterbesproeiing van het afgezette stof, biedt de oplossing van de hygroscopische zouten het voordeel niet te verdampen; de duur van zijn afdoendheid hangt uitsluitend af van de hoeveelheid vast te zetten stof.

Het is om deze redenen dat het stofbindingsprocédé door hygroscopische zouten een positieve etappe betekent op het gebied van de bescherming tegen explosies. De toepassing ervan is vooral daar aan te raden waar, ingevolge winning en transport van steenkool, niet te verwaarlozen hoeveelheden stof werden opgeblazen en weer afgezet door de luchtstroom op de omtrek of de vloer van de galerijen. Dit is in de eerste plaats van belang voor de winningsgalerijen en andere galerijen met transportband, de overdrachts- en ladingspunten. Het geldt evenzeer voor de pijler en zijn onmiddellijke omgeving, maar omwille van praktische redenen kan het procédé daar niet worden toegepast.

Buiten zijn belang voor de explosiebestrijding, heeft het procédé een gunstige invloed op de gezondheid van de arbeiders, de omgeving en het klimaat; het doordringen in de longen van fijne stofdeeltjes en het ongemak veroorzaakt door grof stof worden merkelijk verminderd; de zichtbaarheid verbetert aanzienlijk en de vochtigheid van de lucht verminderd.

3332.8. Nadelen

Het voornaamste nadeel van stofbevestiging d.m.v. hygroscopische zouten ligt in zijn corrosief effect. Het geheel van het materiaal in de winningsgalerijen ondergaat er vanzelfsprekend de weerslag van, met name de elektrische installaties. Voor deze laatste moet het belang ervan echter niet worden overdreven, want de nadelen kunnen door volgende maatregelen verminderd worden :

- gebruik van elektrisch materiaal in goede staat;
- bijzondere beschermingsmaatregelen voor dit materiaal;
- voorzorgen bij het aanbrengen van de hygroscopische zouten;
- afdoend toezicht;
- veralgemening van de isolatiecontroles die automatisch, bij de eerste fout op de pijlerinstallaties, onderbreken;
- goede coördinatie tussen de elektrische en de strooidiensten.

Ces inconvénients ne devraient pas être considérés comme des entraves.

En outre, l'équipe chargée de l'application des pâtes et poudres salines doit porter des chaussures spéciales, le sol étant rendu glissant.

Enfin, lors de l'application des poudres salines, il faut évacuer le personnel sur une distance de 100 m car certaines poudres peuvent être mises en suspension par le courant d'air et causer une gêne.

3332.9. Conclusions

Dans son principe, le procédé de fixation des poussières repose sur l'humidification à l'aide d'eau des poussières produites lors de l'exploitation et sur leur maintien dans un état tel qu'elles ne puissent être mises en suspension.

Pour éviter l'évaporation, on utilise à cette fin des solutions aqueuses de sels fortement hygroscopiques comme le chlorure de calcium (CaCl_2) ou le chlorure de magnésium (MgCl_2). Comme la poussière de charbon ne se laisse en général pas humidifier de manière suffisante ni par l'eau ni par ces solutions salines, on ajoute un produit à la fois tensio-actif et agent mouillant.

Ces solutions salines cristallisent lorsque l'humidité relative est inférieure à 40 %. Au-dessus de cette valeur, c'est-à-dire dans les conditions climatiques que l'on rencontre dans les mines de charbon d'Europe occidentale, la concentration des solutions salines est fonction de l'humidité de l'air et de la température ambiante. Cette adaptation de la concentration se réalise, soit par absorption d'eau à partir de l'air, soit par évaporation.

La poussière qui se dépose sur les parements, sur la sole et en couronne est constamment humidifiée par cette solution saline contenant un agent mouillant. L'épaisseur de la couche de poussière humidifiée croît aussi longtemps qu'une quantité suffisante de solution peut migrer vers l'extérieur et est de ce fait disponible pour la fixation de la poussière qui se dépose en permanence. La capacité de fixation des poussières cesse lorsque la quantité de poussière qui se présente devient trop grande par rapport à la réserve de liquide. A ce moment, la poussière se soulève sous l'effet d'un souffle et il faut alors recommencer le traitement.

La capacité de fixation des poussières est variable et diminue

- lorsque la proportion de fines particules augmente dans la poussière qui se dépose;
- lorsque la proportion de stériles dans la poussière diminue et
- pour certaines sortes bien déterminées de poussières de charbon.

Deze ongemakken moeten niet beschouwd worden als een belemmering.

Buitendien moet de ploeg die belast is met het aanbrengen van de pasta's en zoutachtige poeders, speciale schoenen dragen, daar de grond glad wordt gemaakt.

Tenslotte, bij de aanbrenging van zoutachtige poeders, moet het personeel over een afstand van 100 m geëvacueerd worden, want bepaalde poeders kunnen gaan zweven door de luchtstroom en ongemakken veroorzaken.

3332.9. Besluiten

In zijn principe berust het procédé van stofvastzetting op de bevochtiging d.m.v. water van het stof vrijgekomen tijdens de ontginning, en op het behoud ervan in een toestand waarin het niet zwevend kan worden gemaakt.

Om verdamping te voorkomen, gebruikt men waterige oplossingen van sterk hygroscopische zouten zoals calciumchloride (CaCl_2) of magnesiumchloride (MgCl_2). Vermits kolenstof over het algemeen niet voldoende te bevachten is, noch met water noch door deze zoutachtige oplossingen, voegt men een ontspannend produkt toe evenals een bevchtigingsmiddel.

Deze zoutachtige oplossingen kristalliseren als de relatieve vochtigheid lager is dan 40 %. Boven deze waarde, d.w.z. in de klimaatomstandigheden die men ontmoet in de Westeuropese kolenmijnen, is de concentratie van de zoutachtige oplossingen afhankelijk van de vochtigheid van de lucht en van de heersende temperatuur. Deze concentratieaanpassing gebeurt hetzij d.m.v. wateropname uit de lucht, hetzij door verdamping.

Het stof dat wordt afgezet op de bekleding, op de grond en de kroon wordt voortdurend bevachtigd door deze zoutachtige oplossing die een bevchtigingsmiddel bevat. De dikte van de laag bevachtigd stof groeit zolang er een voldoende hoeveelheid oplossing naar buiten kan overgaan en daardoor beschikbaar is voor het vastzetten van het stof dat permanent wordt afgezet. De eigenschap van stofvastzetting houdt op wanneer de hoeveelheid aanwezig stof te groot wordt in verhouding tot de vloeistofreserve. Op dat ogenblik waait het stof op, bij blazen en de behandeling moet dan hernomen worden.

De stofbindingseigenschap is veranderlijk en vermindert :

- als de verhouding fijne deeltjes in het afgezet stof toeneemt;
- als de verhouding van het steriel stof vermindert;
- voor sommige welbepaalde soorten kolenstof.

Traitemen de la sole

Les paillettes salines conviennent le mieux pour le traitement de la sole au moyen de produits de fixation. Elles peuvent être épandues à la pelle ou mécaniquement. Il faut veiller à débarrasser tout d'abord la sole des plus gros grains et des amas de poussière. Il est recommandé de répandre les paillettes sur une couche de poussière stérile préexistante, de façon à diminuer le risque de glissade. Ceci est particulièrement d'application pour les ouvrages inclinés.

Couronne et parements

La pâte saline tout comme la poudre saline conviennent pour la fixation des poussières en couronne et sur les parements.

Combinaisons

Pâte, poudre et paillettes peuvent être utilisées seules ou en combinaison. Lorsqu'on utilise la pâte et la poudre, il tombe suffisamment de produit salin sur la sole pour rendre inutile un traitement particulier de celle-ci pour autant qu'il n'y ait pas de source supplémentaire d'empoussiérage (aux points de transfert, de chargement, aux sas d'aérage). Si un traitement complémentaire devait cependant s'avérer nécessaire, on pourrait utiliser des paillettes. Les paillettes seules ne conviennent que pour le traitement de la sole, à la rigueur de la partie inférieure des parements.

On obtient donc une bonne neutralisation des poussières dans le cadre de l'emploi des sels

- ou bien en traitant complètement le pourtour de la galerie au moyen d'un produit de fixation;
- ou bien en traitant la sole au moyen de produits de fixation des poussières (en général des paillettes) et en utilisant le procédé de schistification pour les parements et la couronne.

Lorsqu'on utilise le procédé de fixation des poussières sur le pourtour d'une galerie, il faut utiliser des arrêts-barrages à eau et non à poussières stériles.

D'autre part, le procédé de fixation des poussières ne se justifie pas au titre de la prévention des explosions :

- dans les ouvrages ou dans les portions de voies fortement mouillées en permanence, soit naturellement, soit par le jeu des méthodes d'exploitation;
- là où la schistification peut être retenue comme une mesure de protection efficace contre les explosions.

Behandeling van de vloer

De zoutachtige schilfers zijn het best geschikt voor behandeling van de vloer d.m.v. fixeringsprodukten. Ze kunnen mechanisch of met de schop gestrooid worden. Er moet op toegezien worden dat de vloer vooraf gezuiverd wordt van de grootste korrels en van stofhopen. Het is aan te bevelen de schilfers te strooien op een bestaande laag steriel stof, om het glijrisico te beperken. Dit is vooral toepasselijk bij hellende werken.

Dak en wanden

De zoutachtige pasta zowel als het zoutachtige poeder zijn geschikt voor stofbinding op dak en wanden.

Combinaties

Pasta, poeder en schilfers kunnen afzonderlijk of in combinatie worden gebruikt. Als men pasta en poeder gebruikt, valt er een voldoende hoeveelheid van het zoutachtige produkt op de grond om een bijzondere behandeling hiervan overbodig te maken, in zoverre er geen bijkomende stofontwikkeling is (bij overdracht- en laadpunten, bij het luchtsas). Als een bijkomende behandeling evenwel noodzakelijk mocht blijken, dan zou men schilfers kunnen aanwenden. De schilfers op zich zijn slechts geschikt voor behandeling van de vloer, gebeurlijk voor de onderkant van de wanden.

Er wordt dus een goede stofbinding bekomen door gebruik van zouten

- hetzij door de omtrek van de galerij volledig te behandelen d.m.v. een bindingsprodukt;
- hetzij door de vloer te behandelen met een stofbindend produkt (over het algemeen schilfers) en door het steenstofbestuivingsprocédé aan te wenden voor wanden en dak.

Als men het stofbindingsprocédé gebruikt op de galerij-omtrek, dient men watergrendels aan te wenden, en geen stofgrendels.

Anderzijds, is het gebruik van het stofbindingsprocédé niet verantwoord als voorzorgsmiddel tegen ontploffingen

- in de werken of galerijdelen die permanent vochtig zijn, natuurlijk of door de ontginningsmethodes;
- daar waar steenstofbestuiving een afdoend beschermingsmiddel tegen ontploffingen kan zijn.

Par ailleurs, l'utilisation du procédé de fixation des poussières par sels hygroscopiques n'est pas recommandée :

- dans les ouvrages inclinés à cause du risque de glissade;
- en taille et dans les abords immédiats s'il s'y trouve du matériel particulièrement délicat;
- dans le voisinage immédiat des lignes électriques dans les galeries des locomotives à trolley et dans le voisinage des éléments porteurs et de traction des transports aériens monorails et des câbles de trainage.

C'est le 3 septembre 1976 que l'Organe Permanent (O.P.) a adopté et proposé aux Gouvernements des Etats membres suivant l'article 1^{er} de son mandat, pour suite à donner suivant l'article 4, la recommandation suivante en vue de l'application du procédé de fixation des poussières au moyen de sels hygroscopiques dans le cadre de la lutte contre les explosions de poussières de charbon.

- 1^o) L'Organe Permanent recommande, dans la protection contre les explosions de poussières dans les travaux souterrains des mines de houille, l'application appropriée du procédé de fixation des poussières au moyen de sels hygroscopiques, en particulier là où il se dépose beaucoup de poussières de charbon.
- 2^o) L'Organe Permanent considère cependant la schistification comme alternative acceptable, qu'elle soit utilisée sur tout le pourtour des galeries ou en combinaison avec la fixation des poussières sur la sole, à condition qu'elle soit effectuée avec une régularité appropriée; à ce sujet, une attention particulière est attirée sur le fait qu'une couche de charbon déposée sur la poussière stérile, même de très faible épaisseur, peut suffire à la propagation d'une explosion.
- 3^o) La recommandation ne s'applique pas dans les ouvrages ou dans les portions de voie fortement mouillés en permanence, soit naturellement soit par le jeu des méthodes d'exploitation; elle ne s'oppose pas, par ailleurs, à l'utilisation de l'arrosage à l'eau, comme moyen de protection contre les coups de poussières, en certains endroits particuliers de la mine [3].

3.4. Mesures de précaution contre les coups de poussières ou mesure de 3^{me} ordre. Arrêts-barrages

34.1. Principe

Dès 1911, à la suite des travaux de Taffanel, la réglementation française a fait une large place aux

Buitendien is het gebruik van het stofbindingsprocédé door hygroscopische zouten niet aan te bevelen :

- in hellende werken, vanwege het glijisico;
- in pijlers en de onmiddellijke omgeving als er zich bijzonder delikaat materiaal bevindt;
- in de directe omgeving van elektrische lijnen, in de galerijen waar trolley-locomotieven rijden en in de buurt van de steun- en tractie-elementen van monorailvervoer en van de sleepkabels.

Op 3 september 1976 heeft het Permanent Orgaan (P.O.) de volgende aanbeveling aangenomen en, ter uitvoering van artikel 4, voorgesteld aan de Regeringen van de Lidstaten volgens artikel 1 van zijn mandaat, met het oog op de toepassing van het stofbindingsprocédé d.m.v. hygroscopische zouten in het kader van de strijd tegen de kolenstofontploffingen.

- 1^o) Het Permanent Orgaan beveelt, in de bescherming tegen stofexplosies in de ondergrondse werken van de steenkolenmijnen, de toepassing aan van het stofbindingsprocédé d.m.v. hygroscopische zouten, in het bijzonder daar waar veel kolenstof neerslaat.
- 2^o) Overigens is het Permanent Orgaan van mening, dat de steenstofbestuiving een aanvaardbaar alternatief is, onverschillig of zij toegepast wordt op de gehele omtrek van de galerij dan wel in combinatie met stofbinding op de vloer; op voorwaarde dat ze met een aangepaste regelmaat wordt toegepast. Wat dit betreft, wordt de aandacht vooral gevestigd op het feit dat een, zelfs zeer dunne, laag kolenstof op het steenstof kan volstaan om een explosie voort te zetten.
- 3^o) De aanbeveling is niet van toepassing op de werken of galerijdelen die voortdurend vochtig zijn, het weze natuurlijk of door de ontginningsmethodes; anderzijds richt zij zich niet tegen het gebruik van waterbesproeiing als bescherming tegen de stofontploffingen op bepaalde bijzondere plaatsen in de mijn [3].

3.4. Voorzorgsmaatregelen tegen stofontploffingen of maatregelen van 3de orde. Ontploffingsgrendels

34.1. Principe

Reeds in 1911, ten gevolge van het onderzoek van Taffanel, kende de Franse reglementering een ruime

arrêts-barrages comme mesure de précaution contre les coups de poussières (fig. 29).

Le principe en est simple. Si, malgré la mise en œuvre des mesures de prévention telles que la neutralisation qui ne constituent pas une sécurité absolue, une flambée de poussières parvenait à se propager, il faudrait limiter l'extension de l'explosion dans le chantier lui-même et surtout dans d'autres chantiers.

Ces mesures de précaution, ou mesures de 3^{me} ordre, constituent donc une zone d'arrêt de la flamme. C'est une mesure supplémentaire de défense qui se superpose aux mesures de 1^{er} et de 2^{me} ordre en cas d'échec de celles-ci.

De très nombreuses expériences ont montré que ces arrêts-barrages peuvent être efficaces.

Nous verrons ci-dessous dans quelles voies de très nombreuses recherches sont engagées à l'heure actuelle pour améliorer le fonctionnement de ces arrêts-barrages sous le souffle d'une explosion violente, moyenne, faible ou molle.

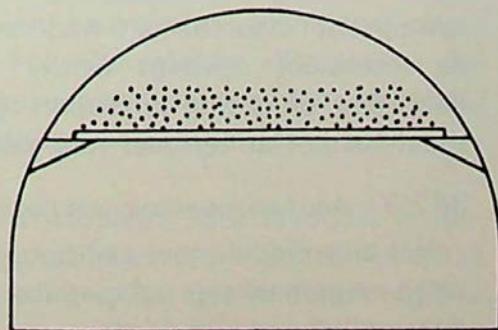
34.2. Arrêts-barrages à poussières classiques du type Taffanel

342.1. Conception

Les arrêts-barrages classiques sont faits de plates-formes horizontales chargées de poussières inflammables. Les plates-formes (fig. 29) sont liées au soutènement de façon précaire de manière à pouvoir basculer au passage du souffle qui précède la flamme. Distantes l'une de l'autre de 1,50 m à 2 m d'axe en axe, elles sont installées au toit des galeries à une distance suffisante pour que l'air puisse passer au-dessus et elles sont en nombre suffisant pour contenir, au total, des quantités de poussières capables d'arrêter une explosion.

Mais pour que les arrêts-barrages puissent arrêter une explosion, ce n'est pas si simple que cela.

Entre le moment où la chasse d'air fait basculer l'arrêt-barrage *en créant le nuage extincteur* et le moment où la flamme arrive à hauteur de l'arrêt-barrage, *il s'écoule un temps plus ou moins long* suivant la violence de l'explosion et la distance de la source.



plaats toe aan de grensels als voorzorgsmaatregel tegen stofontploffingen (fig. 29).

Het principe is eenvoudig. Als niettegenstaande alle voorzorgsmaatregelen zoals stofneutralisatie (maatregelen die geen absolute zekerheid bieden), een stofontvlamming zich zou kunnen voortzetten, dan dient de uitbreiding van de explosie beperkt te worden in de werkplaats zelf en vooral in andere werkplaatsen.

Deze voorzorgsmaatregelen of maatregelen van 3de orde, vormen dus een grenszone voor het vuur. Het is een bijkomend verdedigingsmiddel dat zich voegt bij de maatregelen van 1ste en 2de orde ingeval deze falen.

Zeer talrijke proeven hebben de afdoendheid van deze grensels aangetoond.

Wij zullen verder zien in welke richtingen zeer talrijke onderzoeken op dit ogenblik ondernomen worden om de werking van deze grensels te verbeteren onder de druk van een krachtige, gemiddelde, zwakke of zachte ontploffing.

34.2. Klassieke steenstofgrensels van het type Taffanel

342.1. Opvatting

De klassieke grensels bestaan uit horizontale platforms beladen met onbrandbaar stof. De platforms (fig. 29) worden op labiele wijze vastgemaakt aan de ondersteuning, zodat zij kunnen kantelen o.i.v. de luchtstoot die de vlam voorafgaat. Hun assen hebben een onderlinge afstand van 1,50 m à 2 m; zij zijn aan het galerijdak bevestigd op voldoende afstand opdat de lucht erboven zou kunnen langsstromen, en ze zijn voldoende talrijk om in het totaal de hoeveelheid stof te bevatten die nodig is om een ontploffing te stoppen.

Maar ervoor zorgen dat de grensels een explosie zouden kunnen stoppen, is niet zo eenvoudig.

Tussen het ogenblik waarop de luchtstoot de grensel doet kantelen en *daardoor een uitdovende wolk opjaagt*, en het ogenblik waarop de vlam ter hoogte van de grensel komt, *verloopt er meer of minder tijd*, al naargelang van de kracht van de explosie en de afstand t.o.v. de bron.

Fig. 29 — Arrêt-barrage à poussière stérile
Ontploffingsgrensels met steriel stof

Or, il faut arrêter une explosion qu'elle soit faible ou violente, que l'intervalle de temps entre la chasse d'air et la flamme soit long ou court.

Il est illusoire de croire qu'un arrêt-barrage capable d'arrêter un coup de poussière violent en arrêterait, a fortiori, un plus faible !

Le problème est bien plus complexe.

Pour que l'arrêt-barrage puisse atteindre son objectif qui est d'arrêter une explosion de poussières, il faut examiner successivement son mode de construction, la nature et les qualités de l'extincteur à utiliser et le choix de son emplacement.

342.2. Mode de construction

« Selon Cybulski, les qualités de l'arrêt-barrage efficace sont les suivantes :

- être de construction simple, c'est-à-dire d'installation facile pour éviter les erreurs de montage;
- fonctionner sous l'effet de toute explosion aussi faible soit-elle, cependant le souffle d'un tir ne doit pas pouvoir l'ébranler;
- distribuer la poussière sous forme de nuage. La distribution du nuage dépend de la façon dont les différentes parties de l'arrêt-barrage se mettent en mouvement sous l'effet du souffle. L'arrêt-barrage doit réagir avec souplesse et différemment suivant le degré de violence de l'explosion;
- ne pas pouvoir occasionner de dommage corporel, même en cas de chute intempestive. » [1]

Les figures 30 et 31 représentent les deux tablettes lourdes du type allemand, la première du modèle classique en planche et la seconde plus récente réalisée au moyen d'auges en matière plastique.

La tablette légère du type allemand est constituée d'une seule planche de 34 cm de largeur posée sur 2 poutres (fig. 32).

Les tablettes lourdes et légères du type polonais sont réalisées en planches et ne diffèrent l'une de l'autre que par leurs dimensions (fig. 33).

Selon les Polonais, pour les explosions faibles, les planchettes, très légères et peu chargées, déposées sur des bases sont facilement basculées. La base suit, en entraînant les dernières planchettes dans sa chute. L'action de décharge est relativement lente. Par contre, pour une explosion forte, les deux bases solidarisées par entretoises dont la surface soumise à la chasse d'air est assez grande, sont bousculées et elles entraînent dans leur chute toutes les planchettes de sorte que la décharge est très rapide.

342.3. Nature et qualités du produit extincteur

Le produit extincteur doit avoir un pouvoir extincteur élevé et doit pouvoir se disperser facilement, même après un séjour prolongé au fond de la mine.

Of een ontploffing zwak of sterk is, en of de tijdspanne tussen luchtstoot en vlam kort of lang is, een ontploffing moet tegengehouden worden.

Het is verkeerd te denken dat een rendel die een hevige kolenstofontploffing kan stoppen, a fortiori in staat is een zwakkere tegen te houden.

Het probleem is heel wat ingewikkelder.

Opdat de rendel zijn doel zou bereiken, d.w.z. een stofexplosie stoppen, moeten achtereenvolgens deze punten worden nagegaan : zijn constructiewijze, aard en eigenschappen van het te gebruiken uitdovend produkt, en de keuze van de plaats.

342.2. Constructiewijze [1]

Volgens Cybulski, zijn de eigenschappen van een efficiënte rendel de volgende

- eenvoudig opgebouwd zijn, d.w.z. gemakkelijk te plaatsen om montagetrouwen te vermijden;
- functioneren onder invloed van elke explosie, hoe zwak ze ook zij, maar de luchtstoot van een schot mag hem niet doen wankelen;
- het stof verspreiden in de vorm van een wolk. De verspreiding van de wolk is afhankelijk van de wijze waarop de verschillende onderdelen van de rendel zich in beweging zetten o.i.v. de luchtstoot. De rendel moet soepel reageren en veranderlijk, al naargelang van de kracht van de explosie;
- geen lichamelijk letsel kunnen veroorzaken, zelfs bij krachtig neervallen.

Figuren 30 en 31 geven de twee zware rendels van het Duitse type weer, de eerste van het klassieke plankmodel, en de tweede, recentere, verwezenlijkt d.m.v. troggen in kunststof.

De lichte rendel van het Duitse type bestaat uit een enkele plank van 34 cm breed, die op 2 balken rust (fig. 32).

De zware en lichte rendels van het Poolse type zijn uitgevoerd in planken en zijn onderling alleen verschillend door hun afmetingen (fig. 33).

Volgens de Polen kunnen de plankjes, zeer licht, weinig belast, en op een onderstel gelegd, bij zwakke explosies gemakkelijk kantelen. Het onderstel volgt, daarbij de laatste plankjes in zijn val meeslepend. Het afstorten van het stof gaat betrekkelijk langzaam. Voor een krachtige ontploffing daarentegen, worden de twee rechtstaande balken (die onderling verbonden zijn door dwarsbalken) waarvan het oppervlak dat de luchtstoot opvangt eerder groot is, omvergeworpen, en in hun val slepen zij alle plankjes mee zodat het stof storten zeer vlug gaat.

342.3. Aard en kwaliteit van het blusmiddel

Het blusmiddel moet een hoog blusvermogen bezitten en gemakkelijk verspreidbaar zijn, zelfs na een lang verblijf onder in de mijnen.

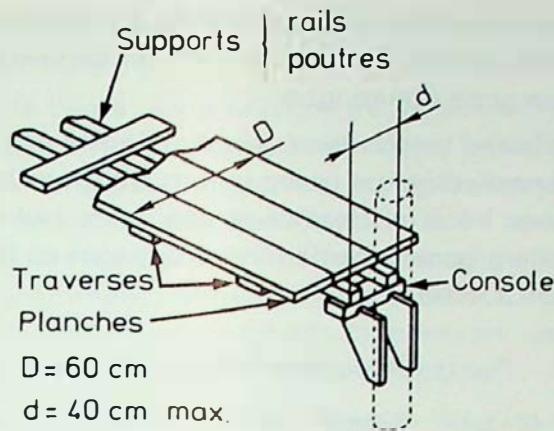


Fig. 30 — Type allemand. Tablette lourde en planches
Duits type. Zwaar blad in planken

Planches : Planken
Supports : rails - poutres : Steunen : rails - balken
Console : Draagsteun
Traverses : Dwarsplanken

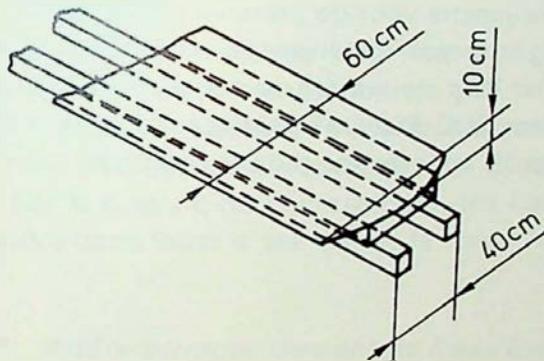


Fig. 31 — Type allemand. Tablette lourde en auges en matière plastique
Duits type. Zwaar legblad in kunststof troggers

Le calcaire a progressivement éliminé les autres extincteurs à poussières inertes; bien qu'il puisse durcir superficiellement sous l'influence de l'humidité, il reste suffisamment dispersible.

De l'avis des spécialistes autrichiens et allemands, les arrêts-barrages à eau pouvaient déjà dès 1962 être imaginés de la manière suivante :

- un arrêt-barrage à l'eau était constitué par un certain nombre d'auges contenant de l'eau et disposées comme les tablettes à poussières, dans le secteur de la section de voie compris entre le tiers et le huitième supérieur;
- les auges étaient en métal ou en matière plastique difficilement inflammable; elles étaient placées sur des poutres transversales avec un certain porte-à-faux de manière à être facilement renversées;
- les précautions adoptées pour favoriser le renversement des tablettes à poussière étaient à prendre lors de l'érection des arrêts-barrages à l'eau.

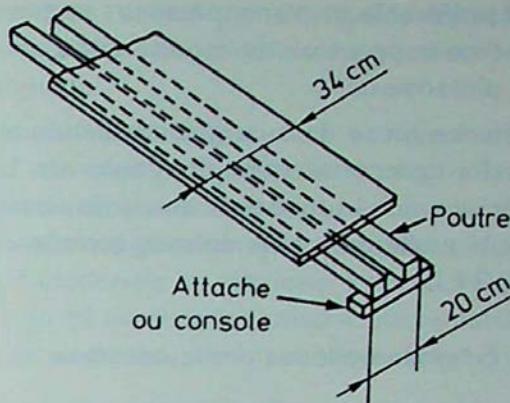


Fig. 32 — Type allemand. Tablette légère
Duits type. Licht legblad

Poutre : Balk
Attache ou console : Bevestiging of dwarsteun

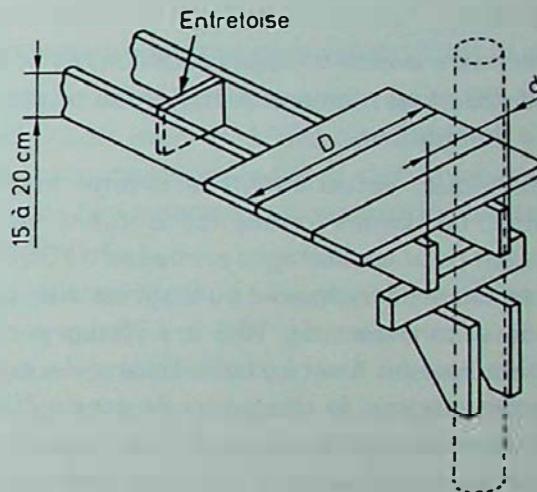


Fig. 33 — Type polonais. Tablette lourde : D = 50 cm; d = 20 cm

Tablette légère : D = 35 cm; d = 20 cm

Pools type. Zwaar legblad : D = 50 cm; d = 20 cm

Licht legblad : D = 35 cm; d = 20 cm

Entretoise : Dwarsstuk

Kalksteen heeft geleidelijk de andere blusmiddelen van inert stof verdrongen; hoewel hij oppervlakkig kan verharden o.i.v. de vochtigheid, blijft hij voldoende verspreidbaar.

Volgens Oostenrijkse en Duitse specialisten konden watergrendels reeds in 1962 als volgt gebouwd worden :

- een watergrendel bestond uit een zeker aantal troggen die water bevatten, en als stofplanken geplaatst werden, bovenste tussen het derde en achtste van de hoogte van de galerij;
- de troggen waren in metaal of moeilijk brandbaar kunststof; ze werden in zekere mate in oversteek geplaatst op dwarsbalken, zodat ze gemakkelijk konden omgekanteld worden;
- dezelfde voorzorgsmaatregelen voor het kantelen van de stofplanken dienden genomen te worden bij de constructie van de watergrendels.

Il était préférable de placer plusieurs auges courtes sur le même support plutôt qu'une auge unique de grandes dimensions.

La distance entre deux auges consécutives (ou 2 groupes d'auges consécutifs) était aussi de 1 à 2 m. Ces principes sur l'utilisation des arrêts-barrages à eau sont actuellement abandonnés comme on va le voir au § 34.3.

342.4 Emplacement des arrêts-barrages

En principe les « arrêts-barrages primaires » qui ont pour but d'isoler les chantiers ou quartiers les uns des autres sont placés dans les bouveaux principaux de part et d'autre de chacune des voies d'accès au chantier ou, dans le cas d'un groupe de chantiers, de part et d'autre des voies de base et de tête du groupe de chantiers.

Quant aux « arrêts-barrages secondaires », ils sont établis à 50 m au moins et à 150 m au plus du front de taille du chantier.

En Belgique, actuellement la charge totale d'un ensemble de plates-formes constituant un arrêt-barrage est pour les barrages *primaires* de 350 à 400 kg par m² de section de voie où il est installé, pour les barrages *secondaires* de 100 à 150 kg par m² de section de voie où il est installé. Quand il s'agit d'arrêts-barrages à eau, la charge totale est de 200 litres par m² de section de voie, aussi bien pour les arrêts-barrages secondaires que pour les arrêts-barrages primaires.

34.3. Arrêts-barrages à eau opérationnels, c'est-à-dire facilement destructibles

343.1. Recherches entreprises en R.F.A.

Le groupe de travail « Poussières Inflammables » a reçu de l'Organe Permanent le mandat d'étudier les mesures de protection contre les inflammations et explosions de poussières et notamment : « Les arrêts-barrages de diverses conceptions pour arrêter les coups de poussières, les coups mixtes poussières-grisou et les coups de grisou pur ».

Conformément à ce mandat, le groupe de travail a rédigé un rapport d'information sur les arrêts-barrages à eau destinés à la protection contre les coups de poussières au fond en République fédérale d'Allemagne. Ce rapport reproduit ci-après a été approuvé par l'Organe Permanent le 22 janvier 1974 et a été publié à l'Annexe VII du 11^e rapport annuel de l'Organe Permanent [7].

La protection contre les coups de poussières au fond consiste à éviter les possibilités d'inflammation et à rendre inoffensives les poussières sédimentées. Les coups de poussières survenant en dépit de ces

Het was verkeerslijker verschillende korte troggen op hetzelfde onderstel te plaatsen, eerder dan een enkele trog van grote afmetingen.

De afstand tussen twee opeenvolgende troggen (of twee opeenvolgende groepen van troggen) bedroeg eveneens 1 à 2 m. Deze principes i.v.m. het gebruik van watergrendels werden thans opgegeven zoals we in § 3.4.3. zullen zien.

342.4. Plaats van de ontploffingsgrendels

In principe worden de « primaire grenrels », waarvan het doel is de werkplaatsen of afdelingen onderling te scheiden, in de hoofdsteengangen geplaatst aan weerszijden van elke toegangsgalerij tot de werkplaats of, in het geval van gegroepeerde werkplaatsen, aan weerszijden van de voet- en luchtgalerij van de groep.

« Secundaire grenrels » worden op minstens 50 en hoogstens 150 m van het pylonfront geplaatst.

In België bedraagt de totale last van een geheel van steenstogrendels tegenwoordig 350 à 400 kg/m² per galerijsectie voor de *primaire* grenrels, en 100 à 150 kg/m² per galerijsectie voor de *secundaire* grenrels. Wat de watergrendels betreft, beloopt de totale last 200 liter/m² galerijsectie, zowel voor de primaire als voor de secundaire grenrels.

34.3. Operationele (d.w.z. gemakkelijk te vernielen) watertroggrendels

343.1. Onderzoek in de D.B.R.

De werkgroep « Brandbaar stof » werd door het Permanent Orgaan belast met de studie van de beschermingsmiddelen tegen de stofontvlammingen en -explosies, en met name van « de grenrels van diverse opvattingen om de stofontploffingen tegen te houden, evenals de gemengde stof, mijngas- en zuivere mijngasexplosies ».

Conform aan deze opdracht, heeft de werkgroep een informatierapport opgesteld over de watertroggrendels ter bescherming tegen stofexplosies in de mijn in de Duitse Bondsrepubliek. Dit verslag, dat hierna volgt, werd op 24 januari 1974 door het Permanent Orgaan goedgekeurd en werd gepubliceerd in Bijlage VII van het 11de jaarverslag van het Permanent Orgaan [7].

De bescherming tegen stofontploffingen in de mijn bestaat in het vermijden van de ontvlammingsmogelijkheden, en in het onschadelijk maken van het afgezette stof. De stofexplosies die zich niettegen-

mesures préventives doivent être contenus par des arrêts-barrages.

Dans le passé, on a presque exclusivement eu recours à des arrêts-barrages à poussières stériles. Bien que connus depuis longtemps, les arrêts-barrages à eau ne furent utilisés que dans de rares cas. Leur efficacité et leur construction fonctionnelle n'étaient pas suffisamment connues, et les conditions techniques requises — notamment la présence de conduites d'eau — faisaient encore défaut.

C'est en 1962 qu'on a commencé, dans les mines de houille allemandes :

- a) à étudier les arrêts-barrages à eau pour en évaluer l'efficacité et pour voir si celle-ci était au moins équivalente à celle des arrêts-barrages à poussières stériles et
- b) à mettre au point des arrêts-barrages à eau opérationnels.

Ces recherches s'étant avérées positives, on a pu, en 1970, obtenir l'accord du service de contrôle des mines de la R.F.A. pour les arrêts-barrages à eau des types 3 et 4.

Les bacs utilisés dans les arrêts-barrages à eau doivent pouvoir être brisés ou écrasés par le souffle d'une explosion de puissance aussi faible que possible et non pas déplacés ou renversés. L'eau pulvérisée par la cassure ou l'écrasement des bacs doit se répandre dans toute la section de la voie.

3431.1. Arrêts-barrages concentrés à eau (type 3)

Ces barrages sont constitués d'augets remplis d'eau disposés en groupes (fig. 34). Les augets, munis de couvercles, sont suspendus dans des châssis ou posés sur des châssis ou des supports. On utilise en général des augets d'une capacité d'environ 90 litres, parfois de 40 litres.

Un groupe d'augets comprend tous les augets disposés dans un tronçon de galerie de 3 m de longueur. Les groupes d'augets doivent couvrir la largeur de la galerie à raison de 35 %, 50 % ou 65 % au moins selon la grandeur de la section.

Un barrage concentré est formé par plusieurs groupes d'augets. Les barrages contiennent au moins 200 litres d'eau par m^2 de section de galerie. La quantité d'eau ne doit pas être inférieure à 5 litres par m^3 de galerie dans la zone du barrage.

La disposition des barrages dans les ouvrages souterrains se base sur l'expérience que des coups de poussières peuvent se produire dans n'importe quelle galerie et à n'importe quel endroit. C'est la raison pour laquelle on installe les barrages

- a) à des distances de 50 m au minimum et de 75 m au maximum des bifurcations et croisements de galeries, ainsi que

staande deze voorzorgsmaatregelen zouden voordoen, moeten beperkt worden door ontploffingsgrendels.

In het verleden heeft men zich vrijwel uitsluitend bediend van steenstogrendels. Hoewel men de watertroggrendels reeds lang kent, werden ze slechts in enkele zeldzame gevallen gebruikt. Hun afdoendheid en hun functionele constructie waren onvoldoende bekend, en de vereiste technische voorwaarden, met name het bestaan van een waterleiding, ontbraken nog.

In 1962 is men in de Duitse steenkoolmijnen begonnen

- a) de watertroggrendels te bestuderen om hun afdoendheid te beoordelen, en om na te gaan of deze minstens gelijk is aan die van de steenstogrendels, en
- b) operationele watertroggrendels op punt te stellen.

Daar dit onderzoek een positief resultaat heeft opgeleverd, heeft men in 1970 het akkoord kunnen bekomen van de controledienst der mijnen van de D.B.R. voor het plaatsen van watertroggrendels van de types 3 en 4.

De kuipen die gebruikt worden bij de watertroggrendels moeten kunnen gebroken of verbrijzeld worden door de luchtstoot van een zo zwak mogelijke ontploffing, en niet verplaatst of omgekanteld worden. Het water dat verstrooid wordt door breken of verbrijzelen van de kuip moet over de hele galerijsectie verdeeld worden.

3431.1. Geconcentreerde watertroggrendels (type 3)

Deze grenrels bestaan uit troggen die met water worden gevuld en in groepen worden opgesteld (fig. 34). De troggen, voorzien van deksels, worden opgehangen in ramen of op ramen of steunen geplaatst. Over het algemeen gebruikt men troggen van ongeveer 90 liter inhoud, soms 40 liter.

Een groep troggen omvat alle troggen die in een galerijgedeelte van 3 m zijn opgesteld. De groepen troggen moeten de lengte van de galerij minstens a rato van 35 %, 50 % of 65 % dekken, naargelang van de grootte van de sectie.

Een geconcentreerde grenrel wordt gevormd door verschillende groepen troggen. De grenrels bevatten minstens 200 liter water per m^2 galerijsectie. De hoeveelheid water mag niet lager liggen dan 5 liter per m^3 galerij in de grenrelzone.

De plaats van de grenrels gaat uit van de ervaring dat een stofontploffing zich kan voordoen in elke galerij op ieder punt. Daarom plaatst men de grenrels

- a) op minstens 50 en hoogstens 75 m van de tweesporen en kruispunten van de galerijen en

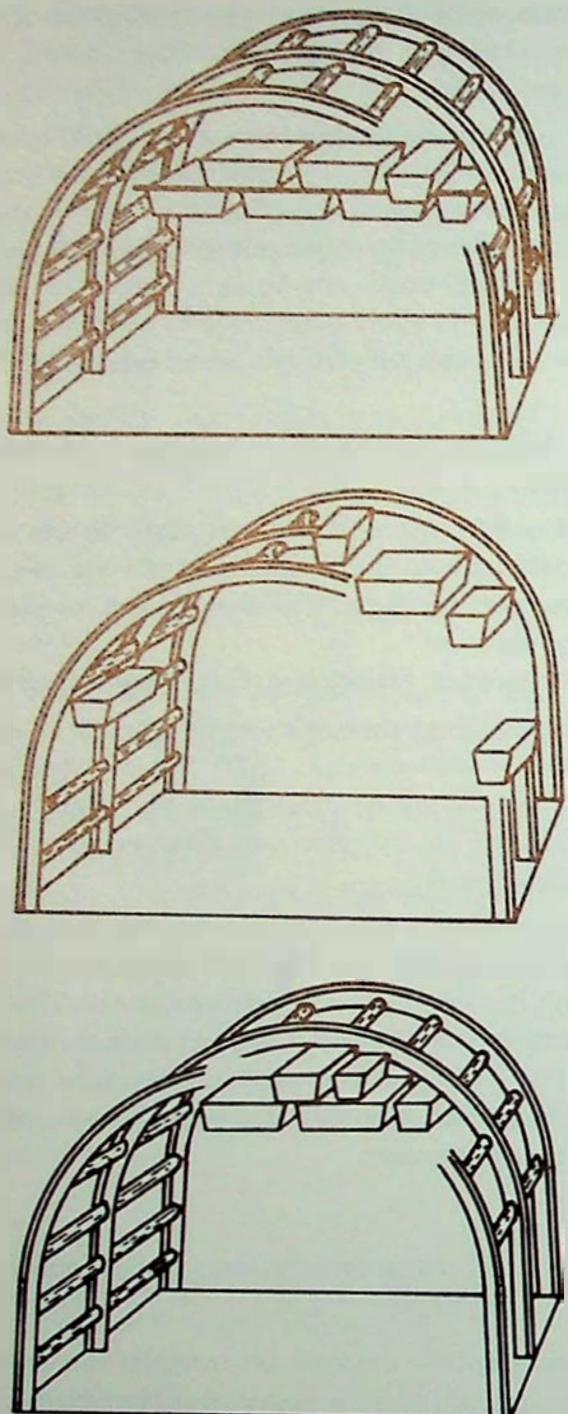


Fig. 34 : Arrêts-barrages à eau. Réalisation de groupes d'augets
Ontploffingsgrendels met water. Realisering van groepen bakken
 (Origine : 15me rapport de l'Organe Permanent pour la sécurité et
 la salubrité dans les mines de houille, 1977 - Bron : 15de verslag
 van het Permanent Orgaan voor de veiligheid en de gezondheid in de
 steenkoolmijnen, 1977)

- b) à intervalles de 200 m au maximum dans les galeries d'abattage et de 400 m au maximum dans toutes les autres galeries horizontales ou inclinées (fig. 35, a).

3431.2. Arrêts-barrages à eau répartis (type 4)

L'arrêt-barrage à eau réparti constitue un perfectionnement du système décrit et consiste à quadriller la totalité des ouvrages souterrains par un réseau d'arrêts-barrages. On en équipe entièrement certains ouvrages miniers, notamment les galeries d'abattage (fig. 35, b).

Le barrage réparti évite de grouper chaque fois plusieurs groupes d'augets pour former un barrage et d'exiger des quantités d'eau déterminées pour ce barrage. On installe au contraire les groupes d'augets

- b) op onderlinge afstand van hoogstens 200 m in de winningsgalerijen, en hoogstens 400 m in alle andere horizontale of hellende galerijen (fig. 35, a).

3431.2. Verdeelde watertoggrendels (type 4)

De verdeelde watertoggrendel is een verbetering van het zójuist beschreven systeem, en bestaat in het oprichten van een net van grensels over het geheel van de ondergrondse werken. Men rust er volledig bepaalde werken in de mijnen mee uit met name de winningsgalerijen (fig. 35, b).

De verdeelde grenzel vermijdt verschillende groepen troggen te groeperen om een grenzel te vormen en bepaalde hoeveelheden water te vereisen voor deze grenzel. Men plaatst integendeel de groepen

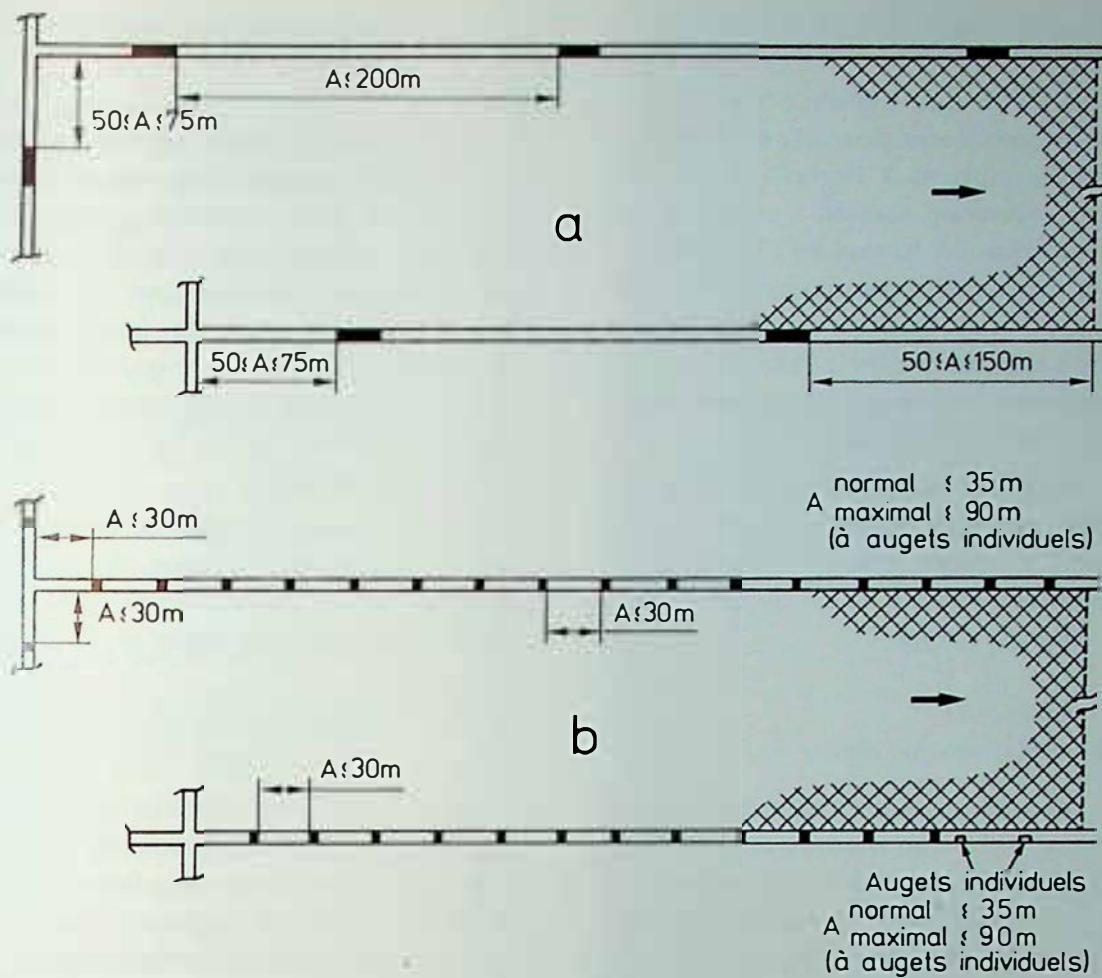


Fig. 35 — Construction d'arrêts-barrages à eau dans les galeries d'abattage
Opbouw van watergrendels in de wingalerijen

- | | |
|--|---|
| a) arrêts-barrages à eau concentrés (type 3) | a) geconcentreerde watergrendels (type 3) |
| b) arrêts-barrages à eau répartis (type 4) | b) verdeelde watergrendels (type 4) |
| | Augets individuels : Individuele bakken |

(Origine : 15me rapport de l'Organe Permanent pour la sécurité et la salubrité dans les mines de houille, 1977 - Bron : 15de verslag van het Permanent Orgaan voor de Veiligheid en de gezondheid in de steenkoolmijnen, 1977)

à des intervalles pouvant atteindre 30 m. La quantité d'eau de chaque groupe est d'un litre au moins par m^3 de volume du tronçon de galerie allant jusqu'au groupe d'augets le plus proche.

La distance entre les bifurcations et croisements de galerie et le groupe d'augets le plus proche ne doit pas dépasser 30 m. Mais il n'est pas prescrit de distance minimale comme c'est le cas pour les barrages concentrés.

Dans les galeries d'abattage, la distance entre le point de raccordement de la galerie à la taille et le groupe d'augets le plus proche doit être aussi faible que possible et ne pas dépasser 35 m. Elle peut être portée à 90 m, pour autant que dans ce secteur soient placés des augets supplémentaires d'une contenance dépendant de l'éloignement effectif et de la section de la galerie.

Par ailleurs, en ce qui concerne les modalités de réalisation, en particulier celles applicables aux groupes d'augets et à la disposition des augets, les règles sont les mêmes que pour le type 3 (fig. 34).

troggen op een onderlinge afstand die tot 30 m kan gaan. De hoeveelheid water voor elke groep bedraagt minstens 1 liter per m^3 volume van de galerijsectie tot aan de dichtstbijzijnde groep troggen.

De afstand tussen de tweesporen en kruispunten van galerijen, en de dichtstbijzijnde groep troggen, mag niet méér belopen dan 30 m. Maar er wordt geen minimumafstand aangegeven, zoals bij de geconcentreerde grenrels.

In de winningsgalerijen moet de afstand tussen het aansluitingspunt galerij-pijler en de dichtstbijzijnde groep troggen zo klein mogelijk zijn en niet méér bedragen dan 35 m. Hij mag 90 m belopen op voorwaarde dat bijkomende troggen in deze sector worden geplaatst, troggen waarvan de inhoud afhankelijk is van de daadwerkelijke afstand en van de doorsnede van de galerij.

Wat anderzijds de realisatiemodaliteiten betreft, in het bijzonder zij die toepasselijk zijn op de groepen troggen en hun opstelling : hiervoor gelden dezelfde regels als voor type 3 (fig. 34).

343.2. Recommandation de l'O.P. du 5 juillet 1977

C'est le 5 juillet 1977 que l'Organe Permanent (O.P.) a adopté et proposé aux Gouvernements des Etats membres conformément à l'article 1 de son mandat pour suite à donner suivant l'article 4, la recommandation suivante en faveur de l'installation d'arrêts-barrages à eau pour la protection contre les coups de poussières au fond, étant donné les résultats positifs enregistrés à la suite des recherches allemandes tant dans l'expérimentation que dans l'utilisation fonctionnelle des arrêts-barrages à eau.

L'Organe Permanent considère donc comme opportun de soumettre aux Gouvernements une proposition en faveur de l'utilisation des arrêts-barrages à eau comme autre moyen valable de protection contre les coups de poussières au fond.

3432.1. Exposé des motifs de la recommandation de l'O.P.

Dans le passé, on a presque exclusivement eu recours à des arrêts-barrages à poussières stériles. Bien que connus depuis longtemps, les arrêts-barrages à eau ne furent utilisés que dans de rares cas. Leur efficacité, en fonction de leur mode de réalisation et des caractéristiques des bacs à eau, n'était pas suffisamment connue et les conditions techniques requises, notamment la présence de conduite d'eau, faisaient encore défaut.

Les connaissances et expériences favorables acquises dans les divers pays sont exposées ci-dessous; elles ont donné lieu à des prescriptions appropriées dans divers pays.

3432.2. Expérience allemande

Etant donné les résultats positifs obtenus dans les recherches et l'exploitation des arrêts-barrages à eau, ceux-ci ont largement supplanté les arrêts-barrages à poussières stériles dans les mines de houille allemandes.

Celles-ci utilisent actuellement des arrêts-barrages à eau concentrés du type 3 et des arrêts-barrages à eau répartis du type 4 installés comme indiqué aux §§ 3431.1 et 3431.2 ci-dessus.

3432.3. Expérience française

L'installation des arrêts-barrages à eau concentrés s'est développée en France à partir de 1972. Auparavant, quelques arrêts-barrages à eau ont été introduits mais à titre expérimental.

Une circulaire du 22 décembre 1971 recommande les arrêts-barrages à eau dans les voies naturellement humides, les quartiers d'exploitation avec remblayage hydraulique, les endroits où le maintien d'un arrêt-barrage à stériles est trop contraignant, les voies

343.2. Aanbeveling van het P.O.

d.d. 5 juli 1977

Op 5 juli 1977 heeft het Permanent Orgaan (P.O.) de volgende aanbeveling aangenomen en ter uitvoering van art. 4, voorgesteld aan de Regeringen van de Lidstaten volgens artikel 1 van zijn mandaat, aanbeveling ter bevordering van de opstelling van watertroggrendels voor de bescherming tegen stofontploffingen in de mijn, gezien de positieve resultaten genoteerd na Duitse onderzoeken zowel in de experimentering als in het functioneel gebruik van watertroggrendels.

Het P.O. acht het dus opportuun, aan de Regeringen een voorstel te doen ter bevordering van het gebruik van waterstofgrendels als geldige beschermingsmethode tegen stofexplosies in de mijn.

3432.1. Uiteenzetting van de motieven van de aanbeveling

In het verleden maakte men vrijwel uitsluitend gebruik van steenstofgrendels. Hoewel men de watertroggrendels reeds lang kent, werden ze slechts in zeldzame gevallen gebruikt. Hun doelmatigheid, in functie van hun constructiewijze en van de eigenschappen van de waterbakken, waren onvoldoende bekend en de vereiste technische voorwaarden, met name het bestaan van een waterleiding, waren nog niet vervuld.

De kennis en de gunstige ervaring verworven in de verschillende landen worden hieronder uiteengezet; zij hebben aanleiding gegeven tot gepaste voorschriften in diverse landen.

3432.2. Duitse ervaring

Gezien de positieve resultaten verkregen door de opzoeken en het gebruik van de watertroggrendels, hebben deze laatste ruimschoots de plaats ingenomen van de steenstofgrendels in de Duitse steenkoolmijnen.

Deze gebruiken thans geconcentreerde watertroggrendels van type 3 en verdeelde watertroggrendels van type 4 geplaatst zoals uitgelegd in de paragrafen 3431.1 et 3431.2 hierboven vermeld.

3432.3. Franse ervaring

De plaatsing van geconcentreerde watertroggrendels werd in Frankrijk ontwikkeld vanaf 1972. Voordien werden enkele watertroggrendels ingevoerd, maar ten titel van experiment.

Een omzendbrief van 22 december 1971 beveelt de watertroggrendels aan in natuurlijk vochtige zones, in exploitatie-afdelingen met hydraulische vulding, op plaatsen waar het behoud van steenstofgrendels te hinderlijk is, in hellende galerijen en de

pentées et les voies trop encombrées par la présence d'un monorail.

Une nouvelle réglementation française dans le domaine de la lutte contre les poussières inflammables est apparue le 13 juillet 1976; elle impose *en particulier* des arrêts-barrages dans toutes les voies empoussiérées des quartiers, sauf dans les voies très pentées et précise les conditions d'installation des arrêts-barrages concentrés et des arrêts-barrages répartis.

On a mis en place en France 18.000 bacs à eau en 1975, 39.000 bacs à eau en 1976. Il était prévu d'installer, en 1977, 50.000 bacs à eau. Des arrêts-barrages sont alors installés dans toutes les voies empoussiérées où leur installation est techniquement possible.

Enfin, la nouvelle réglementation française du 9 octobre 1980 (décret complétant le règlement général des industries extractives) a maintenu le principe de la création de sections isolées par des arrêts-barrages concentrés à 400 litres par mètre carré de section de voie de produit d'extinction et impose les arrêts-barrages du type concentré ou du type réparti dans toutes les voies à l'intérieur des sections isolées. Elle exige l'installation d'arrêts-barrages du type concentré au pied des puits d'extraction et des puits de retour d'air, ainsi que dans les voies équipées de convoyeurs transportant du charbon et situées entre les puits et les sections isolées.

galerijen die te vol zijn door de aanwezigheid van een monorail.

Een nieuwe Franse reglementering op het gebied van de bestrijding van ontvlambaar stof is verschenen op 13 juli 1976; zij maakt *in het bijzonder* gordels verplicht in alle stoffige galerijen van de *afdelingen*, behalve in de *sterk hellende* galerijen, en preciseert de opstellingsvoorraarden van de geconcentreerde en verdeelde ontploffingsgrendels.

In Frankrijk werden in 1975 18.000 watertroggen geplaatst; in 1976 39.000 troggen. Voor 1977 waren 50.000 waterkuipen voorzien. In alle stoffige galerijen waar dat technisch mogelijk is, zijn dan stofontploffingsgrendels geplaatst.

In de nieuwe Franse reglementering van 9 oktober 1980 tenslotte (dekreet ter aanvulling van het algemeen reglement van de extractieve nijverheden) wordt het principe behouden van de creatie van secties die geïsoleerd worden door geconcentreerde grensels van 400 liter uitdovend produkt per vierkante meter galerijsectie, en stelt geconcentreerde of verdeelde grensels verplicht in alle galerijen van een geïsoleerde sectie. De reglementering schrijft de opstelling voor van geconcentreerde grensels aan de voet van de ophaalschacht en de luchtschacht, evenals in de galerijen die uitgerust zijn met transportbanden voor steenkool en die gelegen zijn tussen de schachten en de geïsoleerde secties.

TABLEAU III — TABEL III

Section de galerie Galerijsectie	10 m ²		12 m ²			15 m ²	
Agent extincteur Uitdovend produkt	stérile steenstof	eau water	stérile steenstof	eau water		stérile steenstof	eau water
Disposition des bacs <i>Opstelling van de troggen</i>		bacs posés <i>geplaatst</i>		bacs posés <i>geplaatst</i>	bacs suspendus <i>opgehangen</i>		bacs posés <i>geplaatst</i>
Coût d'installation <i>Installatie-kostprijs</i>	5000 F	4800 F	5400 F	4500 F	5000 F	7300 F	7100 F
Coût d'entretien 1 an <i>Onderhoudskostprijs 1 jaar</i>	3500 F	3100 F	4200 F	2300 F	2300 F	5100 F	4700 F
Coût total pour une durée de 1 an <i>Totale kostprijs over 1 jaar</i>	8500 F	7900 F	9600 F	6800 F	7300 F	12400 F	11800 F
Différence en % <i>Verschil in %</i>		— 7 %		— 30 %	— 24 %		— 4,8 %

Cout comparé des arrêts-barrages à eau et arrêts-barrages à stérile

De quelques études de coût d'installation et d'entretien d'arrêts-barrages concentrés faîtes dans les 3 bassins français, on peut tirer les renseignements donnés à titre indicatif au tableau III.

Les arrêts-barrages à eau sont donc moins chers que les arrêts-barrages à stérile tant à l'installation qu'à l'entretien de 5 à 30 % suivant les conditions et après un an de service, cette différence provenant surtout de l'entretien.

Efficacité des arrêts-barrages à eau

Les essais effectués par le Cerchar ont été réalisés systématiquement dans le cas d'explosions de poussières peu violentes amorcées au fond d'une galerie en cul-de-sac de 145 m de longueur et de 10 m² de section environ, galerie boulonnée et vide de matériel.

Une comparaison d'arrêts-barrages concentrés à eau ou à stérile a été faîte avec des arrêts-barrages situés entre 75 et 90 m à partir du fond de la galerie. Les arrêts-barrages à eau étaient constitués par 6 ou 12 bacs à eau de 80 litres et les arrêts-barrages à stérile par 10 plates-formes supportant chacune 50 ou 100 kg de stérile. La quantité d'agent extincteur était donc d'environ 50 ou 100 litres/m² de section de galerie. Au total, on a pu arrêter des explosions de poussières pour lesquelles les vitesses de la flamme au niveau de l'arrêt-barrage s'étagaient entre 30 et 160 m/s, suivant la quantité d'agent extincteur mise en œuvre et, dans ces conditions, l'efficacité des deux types d'arrêts-barrages peut être considérée comme équivalente.

Au cours d'une autre série d'essais, l'efficacité d'arrêts-barrages à eau répartis a été étudiée avec différentes dispositions des bacs à eau. Les arrêts-barrages étaient constitués par 4 groupes de bacs espacés de 20 m, le premier groupe étant à 35 m du fond de la galerie. Les bacs à eau utilisés étaient essentiellement des bacs de 80 litres en PVC, encastrés dans un support ou posés sur le sol, et disposés en général transversalement par rapport à l'axe de galerie.

Dans ces conditions, et pour des vitesses de flamme variant entre 60 et 100 m/s dans la zone de l'arrêt-barrage réparti, la flamme était généralement arrêtée avant le troisième groupe de bacs lorsqu'il y avait 2 bacs par groupe (1 litre d'eau par m³ de volume de galerie), que les bacs soient suspendus à 2 m du sol dans des supports fixés aux parements, qu'ils soient au sol, ou que l'un soit au sol et l'autre suspendu à 2 m de hauteur (dans ce dernier cas, les bacs étaient contre un des parements et laissaient un espace de circulation de 1,8 m à 2 m de largeur).

Vergelijking van de kostprijs van watertroggrendels en steenstofgrendels

Uit enkele studies van de installatie- en onderhoudsprijs van geconcentreerde grenrels, uitgevoerd in 3 Franse bekens, kunnen volgende inlichtingen worden afgeleid ten titel van aanduiding in tabel III.

De watertroggrendels zijn dus 5 tot 30 % goedkooper dan de steenstofgrendels, zowel voor de installering als voor het onderhoud, al naargelang van de voorwaarden en na 1 jaar dienst; dit verschil komt vooral voort uit het onderhoud.

Doeltreffendheid van de watertroggrendels

De proeven ondernomen door het Cerchar werden systematisch uitgevoerd in geval van weinig krachtige stofexplosies veroorzaakt door de toedem van een doodlopende galerij van 145 m lengte en ongeveer 10 m² doormeter, ondersteund met enkerbouten en zonder materiaal erin.

Een vergelijking tussen geconcentreerde watertroggrendels of steenstofgrendels werd gemaakt met grenrels op 75 en 90 m vanaf het einde van de galerij. De watertroggrendels bestonden uit 6 of 12 watertroggen van 80 liter, en de steenstofgrendels bestonden uit 10 platforms met elk 50 of 100 kg steenstofbelasting. De hoeveelheid uitdovingsproduct bedroeg dus ongeveer 50 of 100 liter/m² galerijdoorsnede. In het totaal heeft men stofontploffingen kunnen tegenhouden waarvan de vlamsnelheid ter hoogte van de grenrel varieerde tussen 30 en 160 m/s, naargelang van de gebruikte hoeveelheid uitdovend produkt en, in deze omstandigheden, kan men de doeltreffendheid van beide grenreltypes als evenwaardig beschouwen.

Tijdens een andere reeks proeven werd de doeltreffendheid van verdeelde waterstofgrendels bestudeerd met verschillende opstellingen van de troggen. De grenrels werden gevormd door 4 groepen bakken op 20 m onderlinge afstand, waarbij de eerste groep op 35 m van het uiteinde van de galerij stond. De gebruikte troggen waren vooral 80 literbakken in PVC, ingebouwd in een steun of op de vloer geplaatst, en over het algemeen dwarsgesteld op de as van de galerij.

In deze omstandigheden, en voor vlamsnelheden die varieerden tussen 60 en 100 m/s in de verdeelde grenrelzone werd de vlam meestal gestopt voor de derde groep bakken als er 2 bakken per groep waren (1 liter water per m³ volume van de galerij), of de bakken opgehangen waren op 2 m hoogte in steunen die aan de wand waren bevestigd, of ze op de vloer stonden, of nog de ene op de vloer stond en de andere op 2 m hoogte was opgehangen (in dat laatste geval waren de bakken tegen één der wanden geplaatst en lieten een doorgang van 1,8 à 2 m breed).

Avec un seul bac par groupe suspendu transversalement par rapport à l'axe de la galerie ($0,5 \text{ litre/m}^3$ de galerie), la flamme pouvait être arrêtée avant le quatrième groupe à condition que les supports des bacs ne puissent pas se balancer sous l'effet de la chasse d'air et que les bacs soient disposés sensiblement à égale distance des parements.

Avec des bacs dont les grands côtés étaient parallèles à l'axe de la galerie, on n'a pas pu arrêter la flamme avec $0,5 \text{ litre/m}^3$ même quand les supports de bacs étaient bien fixés. Il en a été de même avec 2 ou 3 bacs par groupe de bacs disposés en enfilade l'un derrière l'autre ($1 \text{ ou } 1,5 \text{ litre/m}^3$ de galerie).

Les règles d'installations des arrêts-barrages à eau tiennent compte du résultat de ces expériences.

3432.4. Avantages des arrêts-barrages à eau

Comparés aux arrêts-barrages à poussières stériles, les arrêts-barrages à eau, tant du type concentré que du type réparti, offrent les importants avantages ci-après :

- la quantité d'agent extincteur peut être plus petite;
- alors que pour les arrêts-barrages à poussières stériles, les poussières doivent être amenées sur les lieux en sacs ou wagons-silo, l'eau pour les arrêts-barrages est aujourd'hui disponible dans la plupart des ouvrages miniers;
- leur mise en place est plus facile;
- le niveau d'eau qui détermine la capacité de fonctionnement des arrêts-barrages à eau est très facilement visible grâce à l'utilisation de bacs translucides ou d'indicateurs de niveau d'eau;
- l'entretien est réduit; l'évaporation de l'eau est empêchée par des couvercles posés sur les bacs;
- les possibilités d'adaptation aux différentes sections et formes de voies sont très nombreuses, les groupes de bacs pouvant être constitués par des bacs mis en place individuellement.

On a constaté dans plusieurs pays que les coûts d'installation et d'exploitation des arrêts-barrages à eau sont moins élevés.

3432.5. Texte de la Recommandation du 5 juillet 1977

Pour assurer la protection contre les coups de poussières inflammables sédimentées au fond, il convient non seulement de prendre des mesures préventives visant principalement à rendre inoffensives les poussières inflammables sédimentées et à éviter les possibilités d'inflammation, mais aussi d'installer des arrêts-barrages pour contenir les coups de poussières qui peuvent survenir.

Met één enkele bak per groep, dwars opgehangen tegenover de as van de galerij ($0,5 \text{ liter/m}^3$ galerij), kon de vlam worden gestopt vóór de vierde groep op voorwaarde dat de steunen van de bakken niet konden kantelen o.i.v. de luchtstoot, en dat de bakken op een vrijwel gelijke afstand van de wanden, werden geplaatst.

Met bakken waarvan de lange kanten evenwijdig waren aan de as van de galerij, heeft men de vlam niet kunnen stoppen met $0,5 \text{ liter/m}^3$ zelfs als hun steunen goed bevestigd waren. Hetzelfde resultaat werd bekomen met 2 of 3 bakken per groep na elkaar geplaatste bakken ($1 \text{ of } 1,5 \text{ liter/m}^3$ galerij).

De installatieregels voor de watertroggrendels houden rekening met het resultaat van dit onderzoek.

3432.4. Voordelen van de watertroggrendels

In vergelijking met steenstofgrendels, bieden de watertroggrendels, zowel van het geconcentreerde als van het verdeelde type, volgende belangrijke voordelen :

- de hoeveelheid uitdovend produkt kan lager liggen;
- daar waar voor de steenstofgrendels het stof ter plaatse moet worden gebracht in silowagens, is het water voor de grenrels van tegenwoordig in de meeste mijnen beschikbaar;
- hun opstelling is gemakkelijker;
- het waterniveau die de functioneringscapaciteit van de watertroggrendels bepaalt is zeer gemakkelijk zichtbaar dank zij het gebruik van doorzichtige bakken of van niveauwijzers;
- het onderhoud is beperkt; de waterverdamping wordt belet door deksels op de bakken te plaatsen;
- de aanpassingsmogelijkheden voor de verschillende secties en galerijvormen zijn zeer talrijk, daar de groepen bakken kunnen worden samengesteld door individueel geplaatste bakken.

Men heeft in verschillende landen vastgesteld, dat de installerings- en gebruikskosten van de watertroggrendels lager zijn.

3432.5. Tekst van de Aanbeveling van 5 juli 1977

Om de bescherming te verzekeren tegen ontploffingen van op de bodem afgezet brandbaar stof, dienen er niet alleen preventieve maatregelen te worden genomen die vooral ten doel hebben het afgezet ontvlambaar stof ongevaarlijk te maken en de ontvlammingsmogelijkheden te vermijden, maar men dient ook ontploffingsgrendels te plaatsen om mogelijke stofontploffingen te beperken.

Pour des raisons techniques, il est difficile d'installer ces arrêts-barrages dans des voies verticales ou fortement pentées, de pente supérieure à 40 grades (36°).

Dans toutes les mines où l'on dispose d'eau, les arrêts-barrages à installer devraient être de préférence des arrêts-barrages à eau quand les conditions le permettent [8].

Pour la disposition des arrêts-barrages dans les ouvrages souterrains, il faut tenir compte de l'expérience qui a montré que, s'il est plus probable de trouver des accumulations de gaz et d'éventuelles sources d'inflammation à certains endroits plutôt qu'à d'autres, des coups de poussières de charbon peuvent se produire dans n'importe quelle galerie contenant des dépôts de poussières inflammables et peuvent se propager dans les deux sens. En conséquence, des arrêts-barrages à eau devraient être installés à intervalles réguliers dans les voies empousierées, en tenant particulièrement compte des bifurcations et des voies d'abattage.

Dans les voies d'abattage, il est recommandé d'installer des arrêts-barrages de type réparti plutôt que de type concentré.

343.3. Formation du personnel

En faisant appel aux sens de l'ouïe et de la vue, les auxiliaires audio-visuels de la propagande, de l'éducation et de la formation sont des moyens qui contribuent à transmettre des connaissances, à donner des qualifications ou à faire admettre certaines conceptions aux personnes à former.

Parmi ces moyens, le film apporte une aide précieuse à la prévention des accidents; c'est ainsi qu'à la requête des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais et du Cerchar, la Commission des Communautés Européennes a soutenu financièrement la réalisation d'un film de « sensibilisation-information » sur l'efficacité des bacs à eau dans la lutte contre les coups de poussières.

Ce film d'une durée de 10 minutes est intitulé « Poussières contre bacs à eau ». Le but du film est de montrer que, dans la lutte contre les coups de poussières, les bacs à eau sont plus efficaces s'ils sont placés perpendiculairement à la direction de la propagation de l'explosion et s'ils sont encastrés et non posés. Le film est découpé en 5 séquences.

La première séquence rappelle succinctement le mécanisme d'un coup de poussières en insistant sur la propagation de l'explosion. La deuxième montre qu'un volume important d'eau pulvérisée bien réparti dans la galerie permet d'éteindre la flamme de l'explosion qui se propage. La troisième fait comprendre qu'un bac à eau placé transversalement à la direction de propagation de l'explosion est plus effi-

Om technische redenen is het moeilijk deze grensels in vertikale of sterk hellende, meer dan 40 graden, (36°) galerijen te plaatsen.

In alle mijnen waar men over water beschikt, zouden alle op te richten grensels bij voorkeur watertroggrendels moeten zijn, als de omstandigheden dit toelaten [8].

Voor de oprichting van grensels in de ondergrondse werken, moet er rekening worden gehouden met de ervaring die leert dat, al is het waarschijnlijker gasophopingen en mogelijke ontvlammingsbronnen op bepaalde plaatsen aan te treffen dan op andere, kolenstofontploffingen zich in gelijk welke galerij kunnen voordoen, waarin zich ontvlambaar stof heeft afgezet, en dat deze explosies zich in beide richtingen kunnen voortzetten. Bijgevolg zouden er watertroggrendels moeten geplaatst worden op regelmatige afstanden in de stoffige galerijen, waarbij bijzonder rekening moet worden gehouden met tweesporen en winningsgalerijen.

In de winningsgalerijen wordt de plaatsing aanbevolen van het verdeelde grenseltypus, eerder dan van het geconcentreerde.

343.3. Personeelsopleiding

Door beroep te doen op de zintuigen van het gehoor en van het zicht, zijn de hulpmiddelen van de propaganda, de opvoeding en de vorming middelen die bijdragen tot de overdracht van kennis, tot het aanbrengen van kwalificaties of tot het doen aanvaarden van bepaalde opvattingen door de te vormen personen.

Tussen deze middelen vormt de film een kostbaar hulpmiddel voor het voorkomen van ongevallen; zo heeft de Commissie van de Europese Gemeenschappen, op vraag van de Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais en van het Cerchar, financiële steun verleend aan de realisatie van een « sensibilisering-informatie »-film over de afdoendheid van de watertroggen in de strijd tegen de stofontploffingen.

Deze film van 10 minuten heeft als titel « Stof tegen watertroggen ». Het doel van de film is aan te tonen dat, in de strijd tegen de stofexplosies, de watertroggen efficiënter zijn als ze dwars worden geplaatst op de richting waarin de ontploffing zich voordoet, en als ze ingebouwd zijn i.p.v. geplaatst. De film bevat 5 sequenties.

De eerste herneemt op beknopte wijze het mechanisme van een stofontploffing; de nadruk ligt op de voortzetting ervan. De tweede toont aan dat een belangrijk volume water dat goed verspreid wordt in de galerij, toelaat de vlam van de zich voortzettende ontploffing te doven. De derde verklaart hoe een watertrog die dwars staat op de voortzettingsrichting van

cace qu'un bac à eau placé longitudinalement par rapport à cette direction et la quatrième qu'un bac à eau placé transversalement est plus efficace lorsqu'il est encastré plutôt que posé. Le film se termine par une dernière séquence de conclusion.

4. RECHERCHES DANS LE DOMAINE DES ARRETS-BARRAGES DECLENCHES

4.1. Principe

La recherche sur les arrêts-barrages déclenchés a été menée depuis de nombreuses années par les pays de la Communauté. Son but était de compléter les moyens de lutte contre les explosions de poussières de charbon ou de grisou qui peuvent survenir dans les mines [7].

Un arrêt-barrage déclenché est composé d'un dispositif détecteur de l'explosion qui met en œuvre un dispositif extincteur. Plusieurs types de détecteurs ont été essayés car l'explosion se manifeste par une augmentation de la pression, de la température, par le rayonnement de la flamme ou le déplacement de l'air. De même, plusieurs types de dispositifs extincteurs ont été conçus : extincteurs à poussières stériles, extincteurs poudres ayant des propriétés inhibitrices, extincteurs à eau. La dispersion des substances extinctrices se fait grâce à un dispositif pyrotechnique ou à des gaz comprimés.

Cette recherche a été menée par les stations d'essais d'Allemagne, de Belgique, de France et de Grande-Bretagne en étroite collaboration. Les programmes ont été concertés, les idées et les résultats confrontés, les matériels échangés pour être essayés par les différents laboratoires.

L'échange du matériel et surtout la comparaison des résultats des essais obtenus dans les différentes galeries expérimentales ont créé certaines difficultés quand les conditions expérimentales n'ont pas été les mêmes dans tous les détails.

Les principaux chapitres de la recherche ont été :

— *Fonctionnement des systèmes détecteurs.* Il a fallu vérifier les temps de fonctionnement des détecteurs, leur fiabilité.

— *Fonctionnement des systèmes extincteurs.* Les délais de remplissage des galeries par les substances extinctrices ont été appréciés et la fiabilité des système évaluée.

— *Examen de l'efficacité des arrêts-barrages déclenchés contre les explosions dans des conditions variables.* Dans la plupart des cas, il faut rechercher les positions optimales du système détecteur et du système extincteur, de façon que le nuage extincteur soit pleinement formé lorsque la flamme de l'explo-

de explosion, doelmatiger is dan één die er evenwijdig mee geplaatst wordt; de vierde toont dat een dwarsgeplaatste watertrog doelmatiger is als hij ingebouwd is en niet gewoon geplaatst. De film eindigt op een laatste besluit-sequentie.

4. ONDERZOEK OP GEBIED VAN AKTIEVE GRENDELS

4.1. Principe

Sinds verschillende jaren worden er in de Gemeenschap onderzoeken uitgevoerd over de aktieve grensels. Het gestelde doel is de vervollediging van de bestrijdingsmiddelen tegen de ontploffingen van kolenstof of mijngas die zich in de mijnen kunnen voordoen [7].

Een aktieve grenzel bestaat uit een installatie voor ontploffingsdetectie, die een blusinstallatie in werking stelt. Verschillende detectortypes werden uitgeprobeerd vermits de explosie zich manifesteert door een verhoging van de druk, van de temperatuur, door de straling van de vlam of door de lucherverplaatsing. Zo werden ook verschillende types van blusinstallaties ontworpen : met steenstof, met poeders met bluseigenschappen, met water. De verstuiving van de blusprodukten gebeurt door een pyrotechnische installatie of door samengeperst gas.

Dit onderzoek werd in nauwe samenwerking uitgevoerd door de proefstations van Duitsland, België, Frankrijk en Groot-Brittannië. De programma's werden samen opgesteld, de resultaten geconfronteerd, en de materialen uitgewisseld om in de verschillende laboratoria te worden getest.

De materiaaluitwisseling en vooral de vergelijking van de resultaten in de verschillende experimentele galerijen, hebben bepaalde moeilijkheden veroorzaakt als de testomstandigheden niet in alle details dezelfde waren.

De voornaamste hoofdstukken van het onderzoek waren :

— *Werking van de detectorsystemen.* De werkings-tijd en de betrouwbaarheid van de detectors moesten worden nagegaan.

— *Werking van de blussystemen.* De tijd nodig voor het vullen van de galerijen door de blusprodukten werd gemeten en de betrouwbaarheid van de systemen beoordeeld.

— *Onderzoek van de afdoendheid der aktieve grensels tegen explosies in veranderlijke omstandigheden.* In de meeste gevallen moet worden gezocht naar de optimale plaats van de detector- en blusinstallaties, zodat de bluswolk volledig gevormd is als de ontploffingsvlam aankomt, waarbij de optimale opstellingen

sion arrive, les positions optimales pouvant, a priori, dépendre de la violence de l'explosion et de la configuration des chantiers. De nombreux essais ont été nécessaires et seront encore nécessaires pendant quelques années pour définir les conditions d'emploi des arrêts-barrages déclenchés.

— *Etude des risques dus à des fonctionnements intempestifs.* Il est possible d'imaginer qu'un arrêt-barrage déclenché puisse être mis en fonctionnement de façon intempestive et que le personnel situé à proximité puisse être blessé. Des essais ont montré que ce risque est très faible. Néanmoins, il ne peut être négligé et il est nécessaire de se pencher encore sur ce problème.

— *Enquêtes auprès de l'Administration des Mines et des Houillères.* Des enquêtes ont été faites pour réfléchir aux conditions d'utilisation de ce matériel dans les mines et plus particulièrement pour déterminer les lieux où l'emploi des arrêts-barrages déclenchés serait particulièrement utile.

Dès l'état actuel des recherches, les conclusions suivantes peuvent être tirées.

Les arrêts-barrages déclenchés pourraient être plus efficaces que les moyens classiques de lutte contre les explosions dans les points particuliers d'exploitation; par exemple : les fronts de voie en avancement, les raccordements voie-taille, les voies d'accompagnement des tailles, la délimitation des quartiers d'aérage, les endroits particulièrement dangereux. Il faut noter qu'il y a certaines nuances entre les buts de recherches des divers pays, ces buts ayant été définis en commun pour éviter les doubles emplois et en fonction des besoins les plus urgents de chacun des pays. Certains, telle la France, s'attachent surtout à mettre au point un appareillage simple destiné à lutter contre les explosions naissantes; l'emploi de cet appareillage accroîtra, par exemple, la sécurité dans les traçages. D'autres pays, telles l'Allemagne et la Grande-Bretagne, s'attachent à mettre au point des arrêts-barrages déclenchés plus performants, de façon à avoir un domaine d'utilisation plus large.

Enfin, la Belgique développe une solution originale consistant en l'emploi d'un dispositif extincteur continu qui s'avère utilisable aux points particuliers, mais qui pourrait avoir une utilisation plus large.

L'ensemble de ces recherches permettra d'obtenir une gamme de procédés utilisables par chacun des pays.

Le groupe de travail « Poussières inflammables » de l'Organe permanent a trouvé ces recherches fort intéressantes et a demandé qu'elles soient poursuivies activement. Il a estimé que l'essai d'appareillages complets au fond accélérerait les mises au point technologiques, les autres dispositifs de sécurité en la matière étant évidemment maintenus en place.

a priori kunnen afhangen van de kracht van de explosion en van de vorm van de werkplaatsen. Talrijke proeven waren noodzakelijk en zullen nog gedurende enkele jaren noodzakelijk zijn om de gebruiksvoorwaarden van deze rendrels te bepalen.

— *Studie van risico's als gevolg van onvoorzien werking.* Men kan zich voorstellen dat een aktieve rendrel onvoorzien in werking treedt, en dat het personeel in de nabijheid gewond wordt. Proeven hebben aangetoond, dat dit risico zeer laag ligt. Het kan echter niet verwaarloosd worden en het is noodzakelijk zich met dit probleem bezig te houden.

— *Enquêtes bij de Administratie van het Mijnwezen en steenkoolmijnen.* Enquêtes werden uitgevoerd om de gebruiksvoorwaarden na te gaan van dit materiaal in de mijnen en meer bepaald om de plaatsen te bepalen waar het gebruik van aktieve rendrels bijzonder nuttig zou zijn.

In de huidige stand van het onderzoek, kunnen volgende conclusies getrokken worden.

De aktieve rendrels zouden doeltreffender kunnen zijn dan de klassieke explosiebestrijdingsmiddelen in de bijzondere ontginningspunten; bvb.: de vooruit gedrevene galerijfronten, de aansluitingen galerij-pijler, de begeleidingsgalerijen van de pijler, de begrenzing van de verluchtingsafdelingen; de bijzonder gevvaarlijke plaatsen. Er wordt op gewezen dat er bepaalde nuances bestaan tussen de opzoekingsdoelstellingen van de verschillende landen, waarbij deze doelstellingen in onderling overleg werden bepaald om dubbel gebruik te vermijden en in functie van de dringendste noden van elk land. Sommige, zoals Frankrijk, trachten vooral een eenvoudige installatie op punt te stellen ter bestrijding van beginnende explosies; het gebruik van deze installatie zal, bvb., de veiligheid bij het galerijdrijven doen toenemen. Andere landen, zoals Duitsland en Groot-Brittannië trachten eerder beter performerende aktieve rendrels op punt te stellen, om zodoende een breder gebruiksgebied te bekomen.

België tenslotte, ontwikkelt een oorspronkelijke oplossing bestaande uit het gebruik van een blusinstallatie die bruikbaar is op de bijzondere plaatsen, maar die een ruimer gebruik zou kunnen hebben.

Het geheel van deze opzoeken zal toelaten een gamma van procédés te bekomen die in ieder van de landen toepasbaar zijn.

De werkgroep « Brandbaar stof » van het Permanent Orgaan heeft deze onderzoeken zeer interessant gevonden en heeft gevraagd dat ze aktief zouden worden voortgezet. Het Permanent Orgaan meent, dat proeven met complete installaties in de ondergrond de technologische op punt stelling zou versnellen, waarbij vanzelfsprekend de andere veiligheidsmaatregelen op hun plaats blijven.

Pour permettre aux ingénieurs de l'Administration et des charbonnages de mieux apprécier les efforts de recherche qui ont été faits, ils trouveront, ci-dessous, cinq rapports établis par les Stations d'essais.

4.2. Résultats d'essais obtenus à Tremonia (R.F.A.)

Il n'est pas douteux que les barrages à déclenchement permettent d'arrêter des explosions contre lesquelles les arrêts-barrages couramment utilisés jusqu'à présent sont plus ou moins inopérants. C'est le cas, en particulier, pour les explosions très faibles se produisant sous forme de flambées, ou même pour les flambées sans pression. Il ne faut cependant pas oublier que les barrages à déclenchement entraînent une complication du système de sécurité. Etant donné que, en outre, ils introduisent dans la mine certains risques supplémentaires, leur adoption ne comporte pas uniquement des aspects positifs, et il y a lieu d'examiner si les avantages présentés par ce nouveau type de barrage au plan de la sécurité sont suffisamment importants pour en faire accepter certains inconvénients.

Les avantages des barrages à déclenchement en cas d'explosions très faibles assimilables aux flambées sont évidents et n'ont plus besoin d'être démontrés par des essais. Toutefois, il n'est pas sans intérêt de remarquer à ce propos que, d'après l'opinion admise en République fédérale, des explosions peuvent se produire en n'importe quel point de la mine, la probabilité d'une explosion pouvant tout au plus se révéler plus grande en certains points, tels que par exemple les traçages ou les jonctions taille-galerie. Par conséquent, les avantages susmentionnés des barrages à déclenchement s'avèreraient surtout intéressants s'il y avait toujours un barrage là où se produit une explosion. Mais alors mieux vaudrait utiliser un système d'arrêts-barrages prévoyant la présence de produit extincteur si possible à tous les points menacés de la mine et non pas uniquement en certains points.

L'extinction des *coups de grisou* pose un problème particulier. Selon l'opinion admise jusqu'à présent, les arrêts-barrages classiques à poussières stériles comme à augets d'eau ne sont pas en mesure d'éteindre la flamme d'explosions de grisou. C'est pourquoi plusieurs séries d'essais ont été exécutées à Tremonia avec différents types de barrages à déclenchement pour lutter contre ces explosions. Il en est résulté que les coups de grisou peuvent être éteints non seulement par le barrage automatique de la Berggewerkschaftliche Versuchsstrecke de Dortmund-Derne, qui utilise des poudres extinctrices chimiques bien connues pour leur grande efficacité,

Om de ingenieurs van de Administratie en van de kolenmijnen toe te laten de geleverde onderzoeksinspanningen beter te appreciëren, volgen hieronder vijf rapporten, opgesteld door de Proefstations.

4.2. Testresultaten bekomen in Tremonia (D.B.R.)

Er bestaat geen twijfel over het feit dat aktieve grensels het mogelijk maken ontploffingen tegen te houden die door de tot op heden aangewende grensels vrijwel niet konden worden gestopt. Dit geldt in het bijzonder voor de zeer zwakke explosies die zich onder de vorm van een ontvlamming voordoen, of zelfs voor ontvlammingen zonder druk. Men mag echter niet vergeten dat de ontkoppelde grensels een complicering van het veiligheidssysteem meebrengen. Gezien ze bovendien bepaalde bijkomende gevaren in de mijn brengen, heeft hun installering niet louter positieve gevolgen, en er moet onderzocht worden of de voordelen van dit nieuwe grenseltypen op het vlak van de veiligheid voldoende belangrijk zijn om er een zekere hinder van te aanvaarden.

De voordelen van aktieve grensels *in geval van zeer zwakke explosies*, vergelijkbaar met ontvlammingen, zijn evident en hoeven niet meer door proeven te worden aangetoond. Het is in dit verband nochtans niet zonder belang te doen opmerken dat, volgens de in Duitsland gangbare opvatting, ontploffingen zich op iedere plaats in de mijn kunnen voordoen, waarbij de waarschijnlijkheid alleen maar min of meer groot is op bepaalde punten, zoals bvb. het galerijfront of de aansluitingen tussen pijler en galerij. Dus zouden de hoger vermelde voordelen van de aktieve grensels vooral interessant blijken als er altijd een grensel zou zijn op de plaats waar zich een ontploffing voordoet. Maar in dat geval zou men beter een grenselsysteem gebruiken dat de aanwezigheid voorziet van blusprodukten, zo mogelijk op alle bedreigde plaatsen van de mijn, en niet alleen op bepaalde punten.

Het blussen van *mijngasontploffingen* stelt een bijzonder probleem. Volgens de tot op heden gangbare opvatting, zijn noch de klassieke steenstofgrensels, noch de watertroggrensels in staat de vlam van een mijngasontploffing te doven. Daarom werden in Tremonia verschillende reeksen proeven uitgevoerd met verschillende types aktieve grensels om deze explosies tegen te gaan. De resultaten toonden aan, dat mijngasontploffingen kunnen gedoofd worden, niet alleen door de automatische grensel van de Berggewerkschaftliche Versuchsstrecke van Dortmund-Derne (waarbij gebruik wordt gemaakt van scheikundige bluspoeders die welbekend zijn voor hun hoge doeltreffendheid), maar ook door « lance

mais également par « lance monitor » développé par le SMRE à Sheffield et par le barrage à augets d'eau construit par la mine d'essais Tremonia, où la répartition de l'eau se fait par explosif.

Aux essais de Tremonia, ce sont en outre les essais d'extinction aux endroits particulièrement critiques de la mine, par exemple aux raccordements taille-galerie et aux bifurcations qui ont retenu l'attention. On sait que les barrages classiques sans déclenchement n'ont ici que de très faibles ou même aucune chance de succès.

L'exécution à Tremonia, dans des conditions identiques d'essais avec toutes les formes de barrages à déclenchement couramment utilisées en Europe occidentale, permet de procéder à un examen comparatif.

Tout d'abord, une comparaison des trois matières proposées comme produits extincteurs : poussières stériles, poudre extinctrice et eau.

A vrai dire, la poussière stérile ne présente par rapport à l'eau ou la poudre extinctrice que des inconvénients : son efficacité extinctrice considérablement plus faible, son entreposage plus difficile et, par rapport à l'eau, son prix plus élevé. Par conséquent, la poussière stérile ne devrait probablement guère être envisagée comme produit extincteur pour barrages à déclenchement.

Les poudres à pouvoir extincteur élevé présentent par rapport à l'eau l'avantage de nécessiter des quantités plus faibles. En outre, il est clair qu'elles agissent beaucoup plus efficacement contre les explosions de CH₄. Elles ont l'inconvénient de nécessiter des bouteilles pour leur stockage et de coûter nettement plus cher que l'eau.

L'intérêt principal de l'eau réside dans le fait qu'elle est disponible en quantité illimitée en tous points de la mine. Mais comme il en faut de grandes quantités, le problème se pose en termes d'encombrement.

Pour la poudre extinctrice, seule la pulvérisation par bouteille sous haute pression peut être envisagée comme mode de répartition. L'eau peut être aussi bien pulvérisée par bouteille que répartie à l'explosif. La pulvérisation par bouteille offre l'avantage d'éliminer tout danger provenant du détonateur déclencheur en cas de déclenchement intempestif. Cependant, dans le cas de bouteilles sous haute pression, le jet présente un risque non négligeable.

La bouteille a, le cas échéant, l'avantage de permettre un dosage exact de la quantité de produit extincteur désirée. Sans doute les bouteilles ont-elles l'inconvénient de représenter un appareillage relativement complexe, lourd et coûteux. De plus, si le détecteur tombe en panne, le produit extincteur n'est pas libéré et le barrage ne fonctionne absolument pas.

monitor » ontworpen door de SMRE te Sheffield en door de watertroggrendel gebouwd door de proefmijn Tremonia, waar de waterspreiding door springstof gebeurt.

Bij de proeven in Tremonia werd buitendien veel aandacht besteed aan de blusproeven op de *bijzonder kritieke plaatsen* van de mijn, bvb. aan de aansluitingen pijler-galerij en aan de tweesporen. Men weet dat de klassieke grensels die niet actief zijn hier slechts zeer weinig of zelfs helemaal geen kans op slagen hebben.

Doordat in Tremonia in identieke omstandigheden proeven werden gedaan met alle vormen van in West-Europa veelgebruikte aktieve grensels, kan een vergelijkend onderzoek worden uitgevoerd.

Eerst en vooral, een vergelijking van de drie matières die als blusprodukt werden voorgesteld : steenstof, bluspoeder en water.

Het steenstof biedt in feite, t.o.v. water of bluspoeder, slechts nadelen : een merkelijk kleinere doeltreffendheid bij het uitdoven, een moeilijkere stockering en, t.o.v. water, een hogere kostprijs. Steenstof zou m.a.w. nauwelijks moeten in overweging genomen worden als blusprodukt voor aktieve grensels.

Poeders met hoge bluskracht bieden t.o.v. water het voordeel van de kleinere hoeveelheden die vereist zijn. Bovendien is het duidelijk, dat ze veel doeltreffender werken tegen CH₄-explosies. Zij hebben het nadeel dat er flessen nodig zijn voor het opslaan en merkbaar duurder zijn dan water.

Het belangrijkste voordeel van water ligt in de beschikbaarheid ervan in onbeperkte hoeveelheden op alle punten in de mijn. Maar daar er grote hoeveelheden nodig zijn, stelt zich het probleem van de ingenomen ruimte.

Wat bluspoeders betreft, kan alleen de verstuiting door flessen onder hoge druk in overweging worden genomen als verspreidingsmiddel. Water kan even goed door flessen als door explosieven verspreid worden. Flesverstuiving biedt het voordeel alle gevaar te elimineren dat voortkomt uit de ontstekingschakelaar in geval van onvoorzien in werking stelling. Bij gebruik van flessen onder hoge druk nochtans, brengt de straal een niet te verwaarlozen risico mee.

In voorkomend geval heeft de fles het voordeel een exacte dosering toe te laten van de gewenste hoeveelheid uitdovend produkt. Ongetwijfeld hebben de flessen het nadeel een relatief complexe installatie te vormen, die zwaar en duur is. Bovendien, in geval de detector in panne valt, wordt het blusprodukt niet vrijgemaakt en werkt de grensel absoluut niet.

Etant donné qu'avec l'eau la répartition de l'agent extincteur ne pose aucun problème technique et qu'il suffit d'utiliser à cet effet de faibles quantités d'explosifs, l'installation tout entière est facile et peu coûteuse à réaliser. En outre, même en cas de non-déclenchement, le barrage peut encore avoir un effet dans la mesure où l'eau, comme dans le cas d'un arrêt-barrage normal, peut être répartie par la seule pression de l'explosion. L'inconvénient réside dans le fait qu'en vertu des dispositions en vigueur jusqu'à présent l'utilisation d'explosif n'est possible que dans des conditions déterminées et qu'un déclenchement intempestif du barrage constitue naturellement un certain danger qui, toutefois, ne doit pas non plus être surestimé.

4.3. Résultats des essais de l'INIEX (Belgique)

Le détecteur mécanique fonctionne par déplacement d'un volet mobile autour d'un axe horizontal lorsqu'il est touché par le souffle d'une explosion donnant une pression d'au moins 30 g/cm^2 . Il est également pourvu d'un ruban en celluloïd destiné à provoquer le déclenchement lorsque la pression du souffle de l'explosion est insuffisante pour faire jouer le volet mobile. Dans ce cas, c'est la flamme qui doit couper le ruban dans un temps très court.

Lorsqu'il déclenche, ce détecteur fait fonctionner un petit détonateur à percussion capable d'amorcer un cordeau détonant.

Quant à l'extincteur, il se présente sous la forme d'un conduit souple, à disposer le long des voies sur berceaux suspendus au soutènement. Il est composé d'une gaine en polyéthylène de 0,3 mm d'épaisseur contenant un prisme de section carrée de 20 à 25 cm de côté en mousse réticulée de qualité difficilement inflammable et d'une porosité appropriée dans lequel est centré un cordeau antigrisouteux de puissance appropriée.

Ce dispositif extincteur contient 50 à 75 litres d'eau par mètre courant et il assure une bonne dispersion de cette eau.

Actuellement, les études se poursuivent en vue de mettre à la disposition des houillères un système d'arrêt-barrage déclenché assez souple que pour s'adapter à toutes les conditions de chantier, facile à installer et à entretenir sans devoir faire appel à un personnel hautement qualifié, fiable et efficace.

Pour ce faire, le nouveau système INIEX comporte en principe une série d'éléments extincteurs conformes à un prototype et capables, au signal d'un détecteur général quelconque, de disperser chacun environ 100 litres d'eau par effet pyrotechnique. La ligne extinctrice est de préférence équipée d'un ou

Gezien water geen enkel technisch probleem stelt voor de verspreiding van het blusprodukt, en het volstaat hiervoor kleine hoeveelheden springstof te gebruiken, is de gehele installatie eenvoudig en goedkoop te verwezenlijken. Zelfs in geval van niet-ontsteking, kan de grendel nog een zeker effect hebben in de mate dat het water, zoals bij een normale grendel verspreid kan worden door de ontploffingsdruk alleen. Het nadeel zit in het feit dat uit hoofde van de huidige regels, het gebruik van springstof slechts mogelijk is in bepaalde omstandigheden, en dat een onvoorzien in werking stellen van de grendel natuurlijk een zeker gevaar vormt, dat nochtans niet mag overschat worden.

4.3. Testresultaten bekomen aan het NIEB (België)

De mechanische detector functioneert door de verplaatsing van een mobiele klep rond een horizontale as, bij contact met een explosiewind die minstens 30 g/cm^2 druk uitoefent. Hij is eveneens voorzien van een celluloid lint dat de in werking stelling moet verzekeren als de druk onvoldoende is om de klep te doen draaien. In dat geval moet de vlam het lint op zeer korte tijd doorbreken.

Als hij in werking treedt, doet deze detector een kleine slagontsteker functioneren die een slagsnoer kan aansteken.

Wat de blusser betreft : deze heeft de vorm van een soepele leiding, die langs de galerijen wordt aangebracht op wiegen die aan de ondersteuning hangen. De leiding bestaat uit een omhulsel in polyéthyleen van 0,3 mm dik, dat een prisma bevat met vierkante doorsnede (zijde van 20 à 25 cm) in moeilijk ontvlambaar celvormig schuim en van een aangepaste porositeit, waarin een anti-mijngatlagsnoer van aangepaste kracht gecentreerd is.

Deze blusinstallatie bevat 50 à 75 liter water per lopende meter en garandeert een goede verspreiding van dit water.

Op dit ogenblik worden studies uitgevoerd ten einde een voldoende soepel aktie grendel-systeem ter beschikking te stellen van de steenkoolmijnen; een systeem dat voldoende soepel zou zijn om zich aan alle werkomstandigheden aan te passen, dat eenvoudig te plaatsen en te onderhouden is zonder beroep te doen op hoog gekwalificeerd personeel, en dat betrouwbaar en efficiënt is.

Met dit doel bevat het nieuwe NIEB-systeem in principe een reeks bluselementen die gelijkvormig zijn aan een prototype, en die in staat zijn bij het signaal van eender welke algemene detector, elk ongeveer 100 liter water te verspreiden door pyro-

plusieurs détecteurs thermo-mécaniques du type INIEX. L'ensemble extincteurs-détecteurs à fonctionnement entièrement pyrotechnique est de sécurité au gréco. La continuité de la chaîne pyrotechnique est vérifiée en permanence par un dispositif électrique ne servant qu'au contrôle (mode de protection « anti-déflagrant » et « sécurité intrinsèque »).

Le système complet, non équipé toutefois de sources réelles d'énergie pyrotechnique, a subi un essai technologique dans un chantier souterrain d'un charbonnage de Campine; le matériel s'est comporté de façon satisfaisante pendant un séjour d'un an dans la voie de retour d'air d'un chantier en taille chassante.

Le détecteur mécanique, d'une part, l'élément extincteur, soit seul, soit en duo, d'autre part, ont été testés avec succès au tunnel au rocher à la galerie de Montlaville par le Cerchar (F) et en souterrain à la mine expérimentale de Tremonia (R.F.A.).

Pour terminer l'étude, le système complet, à savoir la ligne d'éléments extincteurs connectés en série, un ou plusieurs détecteurs sur la ligne, le vigile permanent de continuité devraient maintenant faire l'objet de quelques essais préliminaires en galerie métallique à la division Pâturages de l'INIEX, puis surtout de programmes d'épreuves dans le tunnel de Montlaville du Cerchar (essai par flambées et par explosions) et à la mine expérimentale de Tremonia (réalisation d'essais sur système complet, en complément des essais effectués au Cerchar) avec observation de la flamme et enregistrement des pressions à l'amont et à l'aval de l'arrêt-barrage en fonction du temps.

4.4. Résultats des recherches en France

Une enquête a été faite en France auprès de l'Administration et des Houillères pour recueillir les avis et les souhaits au sujet de l'emploi des arrêts-barrages déclenchés. L'orientation approuvée par l'Administration était la recherche d'un moyen d'extinction contre les explosions au début de leur développement. En effet, l'examen des accidents survenus en France a montré que les tirs en chantier en cul-de-sac ont été à plusieurs reprises la cause d'accidents.

Cette enquête a montré que ce mode d'extinction est souhaité. Il serait principalement utilisé dans des chantiers en cul-de-sac et, éventuellement, pour sé-

technisch effect. De bluslijn is bij voorkeur uitgerust met één of meer thermo-mechanische detectors van het NIEB-type. Het geheel van blussers-detectors met zuiver pyrotechnische werking, geeft zekerheid tegenover mijngas. De continuïteit van de pyrotechnische keten wordt permanent nagegaan door een elektrische installatie die uitsluitend dient voor de controle (beschermingswijze : « explosieveilig » en « intrinsieke veiligheid »).

Het volledige systeem, hoewel niet uitgerust met werkelijke pyrotechnische energiebronnen, heeft een technologische proef ondergaan in een ondergrondse werkplaats van een Kempense steenkolenmijn; het materiaal heeft zich gedragen op voldoening gevende wijze tijdens een verblijf van 1 jaar in de luchtkeergalerij van een werkplaats met voorwaartse gaande pijler.

De mechanische detector eerstzijds, en het bluselement (alleen of in duo) anderzijds, werden met goed gevolg getest in de rots tunnel proefgelag van de galerij van Montlaville door het Cerchar (F), en ondergronds in de experimentele mijn van Tremonia (D.B.R.).

Tot besluit van de studie zou het volledige systeem het voorwerp moeten uitmaken van enkele voorafgaande tests in de metalen galerij van de afdeling Pâturages van het NIEB. Het volledige systeem omvat de lijn van bluselementen in serie geschakeld, één of meer detectors op de lijn, en de permanente bewaking van de continuïteit. Daarom zou vooral een testprogramma moeten volgen in de tunnel van Montlaville van het Cerchar (test door ontvlammingen en door explosies), en in de experimentele mijn van Tremonia (uitvoering van proeven op volledig systeem, ter vervollediging van de proeven van het Cerchar) met waarneming van de vlam en registratie van de druk opwaarts en afwaarts van de grendel in functie van de tijd.

4.4. Onderzoeksresultaten in Frankrijk

In Frankrijk werd een enquête gehouden bij de Administratie en bij het Mijnwezen, om de meningen en wensen te kennen m.b.t. het gebruik van aktieve grendels. De oriëntatie die door de Administratie werd goedgekeurd, ging in de richting van een blusmiddel tegen explosies in hun beginstadium. Inderdaad, het onderzoek van in Frankrijk voorgekomen ongevallen heeft aangetoond dat het schieten in doodlopende werkplaatsen reeds verschillende malen ongevallen heeft veroorzaakt.

Deze enquête heeft aangetoond, dat deze blusmethode gewenst wordt. Ze zou voornamelijk veel gebruikt worden in doodlopende werkplaatsen

parer des chantiers rapprochés lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser, par manque de place, des arrêts-barrages classiques.

Les recherches sur les arrêts-barrages déclenchés ont fait l'objet d'une collaboration poussée entre les Stations d'essais européennes : information réciproque des résultats obtenus dans chaque laboratoire, échanges entre laboratoires d'arrêts-barrages déclenchés ou de systèmes détecteurs, de façon à juger ces dispositifs de différentes façons, échanges d'idées, harmonisation des recherches.

Il ne suffit pas que le détecteur joue bien son rôle en cas d'explosion; il faut que, de plus, il ne donne jamais lieu à des déclenchements intempestifs. Enfin, il faut bien sûr que l'ensemble du matériel soit de sécurité du point de vue électrique.

Des essais dans la galerie de Montlaville — 8 à 12 m² de section — ont montré qu'une explosion de poussières de charbon pur, initiée par inflammation à l'explosif d'un nuage de 8 kg de charbon, peut être arrêtée avec le dispositif suivant :

- détecteur DUV type 1 du Cerchar placé entre 15 m et 35 m du fond de la galerie;
 - auge de section triangulaire disposées tous les 5 m, la première auge étant à une distance du détecteur qui peut varier de 10 à 20 m;
 - les auges contiennent 25 kg de matière extinctrice dispersée par cordeau détonant;
 - le nombre d'auges nécessaire pour arrêter l'explosion varie avec la matière inhibitrice utilisée

phosphate monoammonique	} 3 à 4 auges
bicarbonate de sodium	
calcaire	6 auges
s'il n'est pas possible de placer les auges au centre de la galerie, ou si la galerie est encombrée, on pourra être conduit à augmenter légèrement le nombre d'auges.	

Des essais en mine sont indispensables pour apprécier la robustesse du matériel et pour parfaire sa mise au point technologique.

4.5. Résultats des recherches au R.U.

Un exposé des travaux effectués au SMRE jusqu'en 1971 a été présenté dans un document de Ramsay, Hinsley et Waterhouse. Deux types de détecteurs, tous deux actionnés par la chaleur ou la flamme d'une explosion, ont été mis au point. Le type préféré est un thermocouple. Lorsqu'il est réglé pour fonctionner à 80° C, il a un temps de réponse d'environ 15 m/s; ce temps de réponse n'est pas sérieusement entravé par la poussière ou l'eau, mais lorsqu'il est couvert par un film d'huile, il est nettement plus long. Le système électrique développe seulement 2 milliwatts de puis-

en, gebeurlijk, voor het scheiden van nabij elkaar liggende werkplaatsen als het door plaatsgebrek onmogelijk is klassieke grenzels te gebruiken.

De onderzoeken op gebied van de aktieve grensels werd in nauwe samenwerking uitgevoerd door de Europese Proefstations : wederzijdse informatie over de resultaten in elk laboratorium, uitwisseling tussen laboratoria van aktieve grensels of van detectiesystemen, zodat deze installaties op verschillende manieren konden beoordeeld worden, uitwisseling van ideeën, harmonisering van de opzoeken.

Het volstaat niet dat de detector goed zijn rol vervult ingeval van ontploffing; bovendien mag hij nooit onvoorzien in werking treden. Tenslotte moet vanzelfsprekend het geheel van het materiaal elektrisch beveiligd zijn.

Proeven in de galerij van Montlaville — 8 à 12 m doorsnede — hebben aangetoond dat een ontsteking van zuiver steenkoolstof, veroorzaakt door springstofontbranding van een wolk van 8 kg steenkool, tegengehouden kan worden d.m.v. volgende installatie

Proeven in de mijn zijn noodzakelijk om de weerstand van het materiaal te beoordelen en om er de technologische oppuntstelling van te vervolmaken.

4.5. Onderzoeksresultaten van het Verenigd Koninkrijk

Een uiteenzetting van het werk verricht in het SMRE tot in 1971, werd gepubliceerd in een document van Ramsay, Hinsley en Waterhouse. Twee types van detector, beide in werking gesteld door warmte of door een explosie vlam, werden op punt gesteld. Het type dat de voorkeur wegdraagt is een thermokoppel. Als deze geregeld wordt om te functioneren bij 80° C, heeft hij een reactietijd van ongeveer 15 ms ; stof of water beïnvloeden deze reactietijd niet in belangrijke mate, maar een olielaag verlengt

sance et fonctionne sur les batteries qu'il est nécessaire de changer seulement tous les deux ans. La sécurité intrinsèque du système électrique n'a posé aucun problème. Le dispositif a correctement fonctionné à l'occasion de plusieurs centaines d'explosions expérimentales et un modèle a été installé au fond depuis plus de deux ans pour voir s'il se pose — cela n'a pas encore été le cas — des problèmes d'ordre pratique. Un détecteur actionné par la lumière ultraviolette a également été essayé, mais son fonctionnement s'est révélé défectueux au cours d'essais d'explosions et a été à l'origine de fausses manœuvres.

À cours des expériences suivantes, on a décidé à utiliser l'eau comme agent extincteur plutôt que des poussières ou des poudres. Deux types de disperseurs ont été développés. Dans le premier, un cylindre de poussières ou d'eau sous plastique a été dispersé par une charge d'explosif. Cependant, la mise au point de ce système n'a pas été achevée complètement car il s'avérait difficile de le protéger des interférences indésirables et aussi parce que l'on a considéré qu'il présentait des risques trop graves pour le personnel en cas de manœuvre intempestive. Le second type était un container d'où de l'eau peut être éjectée par un gicleur sous l'action d'azote comprimé. L'azote est admis dans la chambre à eau par le fonctionnement rapide d'une soupape qui, à son tour, est actionnée par l'inflammation d'un détonateur à la réception d'un signal du détecteur.

Un système utilisant un disperseur actionné au gaz et un détecteur thermoélectrique a été essayé contre des explosions de poussières de charbon dans la galerie Buxton (cette galerie a une section en forme de voûte et une aire de 5,6 m²) avec des résultats encourageants. Dans la majorité des essais, quatre cylindres actionnés au gaz, contenant en tout environ 110 kg d'eau, ont été utilisés; dès qu'ils étaient remplis d'eau, le poids total d'une unité d'extinction de ce type était de 680 kg. Le temps total nécessaire à la dispersion de toute la masse d'eau après la réception initiale d'un signal du senseur était de 250 millièmes de seconde. Au cours des essais suivants, on a utilisé une unité composée de trois cylindres, mais comportant le même poids total d'eau que dans le montage précédent, et certaines indications ont montré qu'une version du système à deux cylindres pourrait être efficace. Cette unité d'extinction a été ensuite essayée à la mine expérimentale Tremonia tant dans les galeries à toit bas que dans des galeries à soutènement par cintres et contre des explosions de méthane/air et de poussières de charbon. Encore une fois, les résultats ont été encourageants.

Le dispositif appelé « Mark I », décrit ci-dessus, n'a pas été jugé acceptable pour l'utilisation dans les mines à cause de la vitesse d'éjection de l'eau relativement élevée.

hem aanzienlijk. Het elektrische systeem ontwikkelt slechts 2 milliwatt en werkt op batterijen die maar om de 2 jaar moeten worden vervangen. De intrinsieke veiligheid van het elektrische systeem stelde geen enkel probleem. De installatie heeft correct gewerkt bij verschillende honderden proefontploffingen, en een model werd ondergronds geïnstalleerd sinds meer dan 2 jaar om te zien of er zich praktische problemen stellen, wat nog niet gebeurd is. Er werd eveneens een detector op basis van ultra-violet licht uitgeprobeerd, maar de werking ervan is gebrekig gebleken tijdens ontploffingsproeven en heeft verkeerde manœuvres veroorzaakt.

Bij de volgende proeven werd besloten water te gebruiken als blusprodukt i.p.v. stof of poeders. Twee waterverstuivers werden ontwikkeld. In het eerste werd een cilinder stof of water in kunststof verspreid d.m.v. een springstoflading. Dit systeem werd echter niet geheel op punt gesteld, want het bleek moeilijk het te beschermen tegen ongewenste invloeden, en ook omdat men meende dat het te grote risico's meebracht voor het personeel in geval van een onvoorzien manœuvre. Het tweede type was een container waaruit water kan gespoten worden over een sproeier met behulp van samen gedrukt stikstof. De stikstof wordt in de waterkamer toegelaten d.m.v. de snelle werking van een ventiel dat op zijn beurt in werking wordt gesteld door de ontbranding van een ontsteker als reactie op een detectorsignaal.

Een systeem met een verstuiver werkend met gas en een thermo-elektrische detector werd aangewend tegen kolenstofexplosies in de Buxton-galerij (deze heeft een doorsnede in de vorm van een gewelf een oppervlakte van 5,6 m²), dit met bemoedigende resultaten. Bij de meeste proeven werden vier cilinders op gas gebruikt, met elk ongeveer 110 kg water; zodra ze met water gevuld waren, was het totaalgewicht van een bluseenheid van dit type 680 kg. De totaal vereiste tijd voor de verspreiding van de gehele watermassa na ontvangst van een sensorsignaal bedroeg 250 duizendsten van een seconde. Bij volgende proeven werd een eenheid van 3 cilinders gebruikt, maar met hetzelfde totaalgewicht als bij de vorige installatie, en bepaalde aanwijzingen hebben aangetoond dat een versie van het systeem met twee cilinders afdoende zou kunnen werken. Deze bluseenheid werd vervolgens getest in de experimentele mijnen Tremonia, zowel in galerijen met laag dak als in deze met boogondersteuning, en tegen methaan/lucht-ontploffingen en kolenstofexplosies. Eens te meer waren de resultaten bemoedigend.

De hiervóór beschreven « Mark I »-installatie werd als niet-aanvaardbaar voor de mijnen beschouwd omwille van de betrekkelijke hoge spuitsnelheid van het water, die een gevaar zou kunnen vormen voor het personeel in de nabijheid ingeval van toevallige in werking treding. Daarom werd een compactere versie

vement élevée qui pourrait constituer un danger pour le personnel se trouvant à proximité en cas d'éjection accidentelle. C'est pourquoi on a construit une version plus compacte d'un poids total de 460 kg, dans laquelle la pression du gaz a été ramenée de 30 à 7 atmosphères, et où l'orifice d'éjection a été agrandi. Actuellement, cette version subit des essais de mise au point dans la grande galerie Buxton. Ces essais ont pour objet d'étudier l'effet de paramètres variables, tels que les taux d'éjection, les temps et la forme et la dimension de l'éjecteur sur la quantité totale d'eau nécessaire pour éteindre efficacement des explosions. Un détecteur sensible au souffle des explosions est également au banc d'essai parce que l'on prévoit qu'en certaines circonstances il pourrait être préférable au dispositif déclenché par la flamme. Le dispositif sensible au souffle se compose essentiellement d'un plateau suspendu qui répond à la pression dynamique développée dans une explosion.

On considère actuellement qu'il n'existe aucune version de système d'arrêts-barrages déclenchés répondant à toutes les conditions au fond. Par exemple, il est probable qu'il sera nécessaire d'indiquer différents points pour la pose du détecteur et du disperser suivant l'endroit de la mine où le barrage est placé. Il est donc possible qu'il faille utiliser des dispersers comportant un nombre de cylindres d'eau différent suivant l'endroit où le barrage est installé. Le SMRE s'est donc engagé dans un programme de développement continu de systèmes d'arrêts-barrages déclenchés, comme cela a été nécessaire pour les arrêts-barrages à poussières stériles et à eau en Grande-Bretagne et dans d'autres pays.

5. CONCLUSIONS

En cette matière de l'exploitation des mines plus encore que dans n'importe quel autre secteur industriel, il importe de connaître les risques afin de les réduire et si possible de les éliminer.

Les coups de poussières ont, à ce jour, fait des milliers de morts. La connaissance toujours plus complète du mécanisme d'un coup de poussière et des facteurs qui l'influencent est absolument indispensable pour découvrir les meilleures mesures de prévention et de précaution à mettre en œuvre. Cela ne peut se faire qu'en se référant aux résultats des recherches scientifiques faites surtout en galerie expérimentale.

Les mesures de prévention de 1^{er} ordre consistent à réduire la formation de poussières et surtout à les neutraliser, soit par schistification, soit par arrosage, soit par le procédé de fixation.

La neutralisation par schistification est réalisée par apport de fines poussières incombustibles de calcaire

gebouwd met een totaalgewicht van 460 kg, waarin de gasdruk werd verminderd van 30 tot 7 atmosfeer, en waarvan het spuitstuk werd verbreed. Op dit ogenblik wordt deze versie getest in de grote Buxton-galerij. Deze proeven hebben als doel het effect van veranderlijke parameters te bestuderen, zoals de graad van de waterlozing, vorm en afmetingen van het spuitstuk en de hoeveelheid water dat nodig is om afdoende de explosies te blussen. Een detector die gevoelig is voor de luchtverplaatsing van een ontstelling wordt eveneens uitgeprobeerd omdat men voorziet dat dit in bepaalde omstandigheden zou te verkiezen zijn boven de installatie die door de vlam in werking wordt gesteld. De installatie die op de luchtverplaatsing reageert is voornamelijk samengesteld uit een opgehangen bord dat reageert op de dynamische druk die door een explosie wordt ontwikkeld.

Op dit ogenblik bestaat er geen enkele versie van het onikoppelde grendelsysteem dat overeenkomt met alle omstandigheden in de mijn. Zo zal het bvb. waarschijnlijk nodig zijn verschillende plaatsen aan te geven voor de opstelling van de detector en van de sproeier volgens de plaats in de mijn waar de grendel is geplaatst. Het is dus mogelijk dat men sproeiers moet gebruiken met een verschillend aantal watercylinders naargelang van de plaats waar de grendel geplaatst is. De SMRE is dus begonnen met een doorlopend ontwikkelingsprogramma van aktieve grendelssystemen, zoals dat nodig is geweest voor de steenstof- en watertoggrendels in Groot-Brittannië en andere landen.

5. BESLUITEN

Inzake mijnenexploitatie, meer nog dan in gelijk welke andere nijverheidssector, is het belangrijk de risico's te kennen om ze te verminderen en zo mogelijk te elimineren.

De stofontploffingen hebben tot op heden duizenden doden geëist. Steeds vollediger kennis van het mechanisme van een stofontploffing en van de factoren die ze beïnvloeden, is absoluut noodzakelijk om de beste voorkomings- en voorzorgsmaatregelen te treffen. Dat kan slechts gebeuren op basis van de resultaten van het wetenschappelijk onderzoek, vooral in een experimentele galerij.

De preventieve maatregelen van 1ste orde bestaan in de vermindering van de stofontwikkeling en vooral in de stofneutralisering, hetzij d.m.v. steenstofbestuiving, hetzij door besproeiing of nog door het vastzettingsprocédé.

Neutralisering door steenstofbestuiving wordt verwezenlijkt door de aanbreng van fijn onbrandbaar

(CaCO_3) en quantité suffisante et de granulométrie appropriée. Un contrôle du taux de neutralisation doit avoir lieu périodiquement en fonction de la nature plus ou moins poussiéreuse des ouvrages miniers et de l'homogénéité plus ou moins grande des dépôts. Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse aussi normalisées que possible et aussi représentatives que possible du risque réel doivent permettre d'apprecier l'efficacité des mesures mises en œuvre et leur évolution dans le temps.

La neutralisation à l'eau devrait être limitée aux voies où les venues d'eau naturelles assurent une humidité permanente des parois par un mouillage efficace des poussières et à la sole des galeries, sous réserve que les poussières contiennent suffisamment d'incombustible solide sur sec. La vérification des caractéristiques de la poussière humide devrait se faire suivant un mode opératoire plus contraignant que la vérification de l'efficacité de la schistification afin qu'il soit renoncé à ce mode de neutralisation si les conditions locales ne l'imposent pas.

La neutralisation par sels hygroscopiques est imposée avec succès en République Fédérale d'Allemagne depuis de nombreuses années. Les caractéristiques du produit fixant pâtes, poudres et paillettes sont bien définies. La fréquence des applications dépend des dépôts de poussières. Une nouvelle application des sels est nécessaire sur simple observation visuelle des poussières ou simplement en soufflant dessus. Il importe de prendre quelques mesures spéciales en vue de protéger les installations électriques contre la corrosion. Le procédé de fixation des poussières peut être utilisé avec succès dans les voies de taille et dans les autres voies dans la mesure où l'empoussièrement y est élevé.

Les mesures de prévention de 2^{me} ordre consistent à empêcher toute inflammation en utilisant notamment des explosifs de sécurité vis-à-vis du grisou et des poussières, en évitant toute flambée de grisou et en réalisant correctement les installations électriques.

Enfin, les mesures de précaution dites mesures de 3^{me} ordre devraient pouvoir arrêter aussi près que possible de son point de départ toute flambée qui exceptionnellement surviendrait malgré les mesures de 1^{er} et 2^{me} ordre.

Les arrêts-barrages peuvent réaliser cet objectif. Primitivement, des arrêts-barrages concentrés à poussières stériles de granulométrie convenable ont été conçus et installés dans les chantiers et dans les voies d'accès de ceux-ci pour les isoler les uns des autres. Depuis quelques années, les arrêts-barrages à eau concentrés et surtout répartis qui se brisent ou s'écrasent par le souffle d'une explosion de puissance aussi faible que possible se sont développés avec

kalksteenstof (CaCO_3) in voldoende hoeveelheid en van aangepaste granulometrie. Een controle van het neutralisatiegehalte moet periodiek worden uitgevoerd in functie van de min of meer stoffige aard van de mijnwerken, en van de min of meer grote homogénéité van de afzettingen. Monsternemings- en analysemethodes moeten zoveel mogelijk genormaliseerd worden en zo representatief mogelijk zijn voor het reële risico; dit alles moet het mogelijk maken de doeltreffendheid te evalueren van de aangewende middelen en hun evolutie in de tijd na te gaan.

Waterneutralisatie zou beperkt moeten blijven tot galerijen waar de natuurlijke watertoevoer een permanente vochtigheid van de wanden verzekert door een doeltreffende bevochtiging van het stof op de vloer van de galerijen, en op voorwaarde dat het stof, gedroogd voldoende onbrandbaar materie bevat. De controle van de kenmerken van het vochtige stof zou moeten gebeuren volgens een dwingender werkwijze dan de controle op de doeltreffendheid van de steenstofbestuiving, opdat men van deze neutralisermethodes zou afzien als de plaatselijke omstandigheden ze niet opleggen.

Neutralisatie door hygroscopische zouten werd met goed gevolg verplicht gesteld in de Duitse Bondsrepubliek sinds verschillende jaren. De eigenschappen van het vastzettingsproduct (pasta's, poeders en schilfers) zijn welomschreven. De toepassingsfrequentie hangt af van de stofafzetting. Een nieuwe aanbrenging van de zouten is nodig op eenvoudige visuele vaststelling van stofaanwezigheid, of door er gewoon op te blazen. Het is van belang enkele bijzondere maatregelen te treffen met het oog op de bescherming van de elektrische installaties tegen corrosie. Het stofvastzettingsprocédé kan met succes worden toegepast in de pijlgalerijen en in de andere galerijen voorzover de stofontwikkeling er hoog is.

De preventieve maatregelen van 2de orde bestaan in het voorkomen van elke ontvlamming door met name gebruik te maken van veiligheidsspringstoffen t.o.v. mijngas en stof, door elke mijngasontvlamming te vermijden en door de elektrische installaties correct te verwezenlijken.

De preventieve maatregelen van 3de orde tenslotte, zouden in staat moeten zijn elke ontvlaming zo dicht mogelijk bij de bron te stoppen, als ze zich uitzonderlijk zou voordoen ondanks de maatregelen van 1ste en 2de orde.

De ontploffingsgrendels kunnen deze doelstelling verwezenlijken. Aanvankelijk werden geconcentreerde steenstofgrendels ontworpen met gepaste korrelgrootte, en opgesteld in de werkplaatsen en hun toegangsgalerijen om ze van de andere af te zonderen. Sinds enkele jaren worden geconcentreerde en vooral verdeelde watertroggrendels (die getrokken of verbrijzeld worden door de lucht-

succès dans les mines de la Communauté. Des recherches sont en cours en vue de mettre au point des arrêts-barrages déclenchés efficaces sous une pression dynamique toujours plus faible, si possible inférieure à celle qui menace l'intégrité physique d'un homme surpris en position debout par le souffle d'une explosion. C'est par la superposition de toutes ces mesures qu'il est possible de réduire aujourd'hui les dangers des poussières inflammables.

Le présent document a surtout pour but de faire le point des connaissances acquises à ce jour et de les rassembler à l'usage de la direction et des cadres des houillères.

C'est à ces derniers qu'il appartiendra de les enseigner au personnel de maîtrise, au personnel chargé de la lutte contre les dangers des poussières inflammables et aux ouvriers des mines de houille chacun en ce qui le concerne.

Tous doivent être convaincus du bien-fondé des mesures de protection et de la nécessité de les appliquer, de définir et de préciser les moyens nécessaires à l'action.

verplaatsing van een zo zwak mogelijke explosie) met succes ontwikkeld in de mijnen van de Gemeenschap. Onderzoeken zijn aan de gang teneinde doeltreffende actieve gredels op punt te stellen onder steeds zwakkere dynamische druk, zo mogelijk lager dan deze die de lichamelijke integriteit van een rechtstaande man bedreigt bij een luchtverplaatsing ten gevolge van een ontploffing. Het is door de samenvoeging van al deze maatregelen dat het heden ten dage mogelijk is het gevaar van ontvlambaar stof te verminderen.

Het onderhavige document wil vooral een overzicht geven van de tot op heden verworven kennis en deze bundelen ten behoeve van de directie en de kaderleden van de koolmijnen.

Het is aan deze laatsten ze over te brengen aan hun meesterpersoneel; aan het personeel belast met de bestrijding van de gevaren van het brandbaar stof en aan de mijnwerkers voor wat elk van hen betreft.

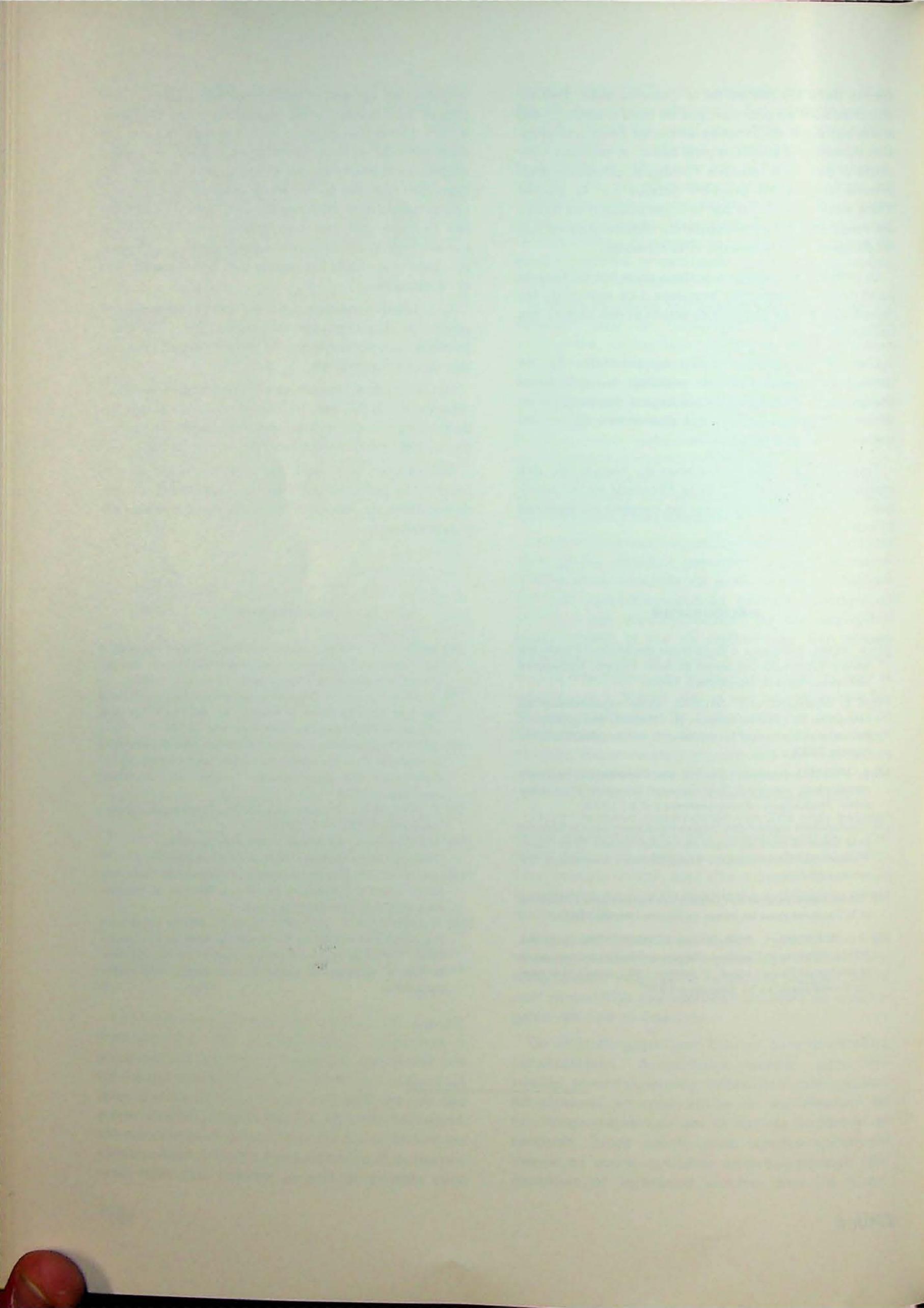
Alle moeten overtuigd zijn van de noodzaak der beschermingsmaatregelen en hun toepassing, en van de noodzaak de vereiste actiemiddelen te bepalen en te preciseren.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] V. VIDAL, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. Exploitation des Mines, tome II, Dunod Paris 1962.
- [1bis] E. AUDIBERT et L. DELMAS. Etude expérimentale de l'influence de certains facteurs de l'aptitude des gisements poussiéreux à propager les explosions. Annales des Mines (de France) 1933.
- [2] L. MEDARD, Ingénieur Général des Poudres. Les explosifs occasionnels, volume 1, Techniques et Documentation Industries - Productions - Environnement (I.P.E.) 1979.
- [3] Quatorzième rapport de l'Organe Permanent pour la Sécurité et la Salubrité dans les mines de houille - Année 1976. Commission des Communautés Européennes, Luxembourg 27 octobre 1977.
- [4] Dix-huitième rapport de l'Organe Permanent pour la Sécurité et la Salubrité dans les mines de houille - Année 1980.
- [5] J.J. STASSEN, Y. PUT, H. van KERCKHOVEN. Code des Mines, Minières et Carrières - Belgique. Editions techniques et scientifiques Robert Louis, 2^e édition 1962 mise à jour tous les 6 mois jusqu'au 31 décembre 1980.

BIBLIOGRAFIE

- [6] Décret du 9 octobre 1980 complétant le règlement général des Industries extractives et circulaire d'application. Journal officiel de la République française du 12 octobre 1980.
- [7] Onzième rapport de l'Organe Permanent pour la Sécurité et la Salubrité dans les mines de houille - Année 1973. Commission des Communautés Européennes. Mai 1974.
- [8] Quinzième rapport de l'Organe Permanent pour la Sécurité et la Salubrité dans les mines de houille pour l'année 1977. Commission des Communautés Européennes, Bruxelles-Luxembourg 1979.
- [9] C. AMOUDRU. Encyclopédie Médico-Chirurgicale, tome : Intoxications, 16539 D, 1978.
- [10] Institut National des Mines. L'INM et le Boutefeu. Nationaal Mijneninstituut. NMI en de schietmeester.
- [11] J.J. STASSEN, Chargé de cours à l'Université de Liège. Notes de cours d'exploitation des Mines Sécurité et Hygiène dans les Mines. Université de Liège.
- [12] R. LIBERDA et A. COQUIDE. Etude du Service Prévention Poussières des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Méthodes de mesures des poussières dans les galeries de mine et recherche du risque de coup de poussières dans ces galeries.



Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne in 1980

André MINETTE (*)

I. *WERKZAAMHEDEN VAN DE MEDISCHE AFDELING*

A. *Routine onderzoek*

Dit jaar heeft het Fonds voor de Beroepsziekten 1.481 mijnwerkers gestuurd voor onderzoek. Dit onderzoek betrof hetzij een herziening, hetzij een aanpassing van het vergoedingspercentage, hetzij een vervroegde aanvraag voor verergering, hetzij een eerste onderzoek van nieuwe kandidaten die in aanmerking kwamen voor vergoeding wegens beroepsziekte.

De geneeskundige diensten van de verscheidene zetels van de Kempense Steenkolenmijnen, de huisartsen en de Pensioenkassen hebben 27 betwistbare gevallen gestuurd, hetzij voor aanwerving, hetzij voor bepaling van werkgeschiktheid, hetzij voor een beoordeling aangaande rechten op vroegtijdig pensioen.

De rechtbanken deden beroep op de geneeskundige dienst van het Instituut voor 9 expertisen.

Afrikaanse maatschappijen stuurden 31 werknemers voor aanwerving voor hun overzeese werkplaatsen. Zoals voorheen controleerde Dokter Belayew ook de werknemers uit Afrika in verband met het gevaar voor silicose. Hierbij werden 82 radiografische opnamen gemaakt.

Zesentwintig personeelsleden van de « Voorzorgskas der Kempen » ondergingen een volledig opsporingsonderzoek.

(*) Buitengewoon docent aan de U.C.L. - Directeur van het Instituut voor Mijnhygiëne, Hasselt - Geneesheer-Directeur van het Medisch Instituut Ste-Barbara, Lanaken.
IMH, Havermarkt 22, B-3500 Hasselt.

B. *Wetenschappelijke onderzoeken*

1. *Fysiopathologisch onderzoek naar de beginstadia van de chronische bronchusobstructie (onderzoek gesubsidieerd door de CEG onder het nummer 7246-22-2-002)*

Onder leiding van Professor Lavenne en Professor Brasseur hebben Dokter Stanescu, Dokter Frans en Dokter Nemery in een staalbedrijf 272 personen onderzocht tussen 45 en 55 jaar oud. Hun doel was de validiteit en de prognostische waarde te beoordelen van het functioneel onderzoek van de kleine luchtwegen in de beginstadia van de chronische obstructieve longziekten.

Aan de hand van de waarden geobserveerd bij 54 niet-rokers zonder symptomen (groep I) hebben zij normaliteitsgrenzen vastgelegd voor de functionele parameters. Een unilaterale limietwaarde van 95 % werd weerhouden.

Bij de rokers waren de waarden van alle functionele parameters, uitgezonderd deze van de totale longcapaciteit (TLC), verschillend van deze geobserveerd bij de niet-rokers zonder symptomen. De relatieve gevoeligheid van de functionele parameters ten overstaan van tabak is de volgende : de afsluitcapaciteit (CC), de helling van het N₂ alveolair plateau (ΔN_2) en de verhouding residuaal volume/totale longcapaciteit (RV/TLC) zijn, in deze volgorde, de meest gevoelige tests. De maximale expiratoire debieten (V_{max50} en V_{max75}) en de specifieke conductantie van de luchtwegen (Sgaw) zijn minder gevoelig dan de afsluitcapaciteit en het afsluitvolume (CV) en ook minder gevoelig dan de verhouding één-seconde-waarde/vitale capaciteit (FEV₁/VC). Deze resultaten stemmen overeen met deze van Buist e.a. en deze van Marcq en Minette; ze zijn echter in tegenstelling tot deze van McFadden e.a. en Kundson e.a. Deze verschillen kunnen gedeeltelijk uitgelegd worden door

de keuze van de onderzochte personen en gedeeltelijk door verschillen in de techniek.

De rokers werden onderverdeeld in 3 groepen. In de eerste 2 groepen bleef de verhouding FEV₁/VC binnen de normale waarden; de N₂ helling en het afsluitvolume (tests voor de kleine luchtwegen) waren normaal in groep II a en gestoord in groep II b. In de derde groep lag de verhouding FEV₁/VC beneden de normale waarden (groep II c).

De globale longfunctie verschilde in de drie groepen (tabel I). Logischerwijs bestaat er een groot verschil tussen groep II c en de twee andere groepen, daar in deze groep de personen met obstructief syndroom werden ondergebracht. De vergelijking van de spirografische tests van de rokers uit de groepen II a en II b toont echter aan dat de rokers met gestoorde tests van de kleine luchtwegen een significant kleinere ventilatoire capaciteit hebben (FEV₁ en FEV₁/VC) dan de rokers zonder anomalieën van de perifere luchtwegen. De maximale expiratoire debieten (V_{max70} en V_{max75}) zijn eveneens significant lager in de groep met gestoorde tests van de perifere luchtwegen. De verschillen tussen de twee groepen voor de FEV₁ en de verhouding FEV₁/VC kunnen opvallend miniem lijken. Men mag echter niet vergeten dat enkel de arbeiders met normale spirografische waarden voor deze vergelijking werden weerhouden. Indien men alle rokers met gestoorde tests van de kleine luchtwegen vergelijkt, wordt de vermindering van de FEV₁ zeer belangrijk.

De vergelijking van de gemiddelde waarden van de longfunctietests van niet-rokers en rokers met normale tests van de kleine luchtwegen (groep II a) geeft gelijkaardige resultaten in de twee groepen. In groep II a bevinden zich waarschijnlijk de rokers die niet onderhevig zijn aan de nadelige invloed van tabak.

In de groep rokers met obstructief syndroom (groep II c) evenals in de groep rokers met gestoorde tests van de kleine luchtwegen bevinden zich waarschijnlijk de personen gevoelig voor tabak.

De vermindering van de FEV₁ en de verhouding FEV₁/VC in de rokersgroep met gestoorde tests van de perifere luchtwegen laat vermoeden dat een storing van deze tests bij een persoon van middelmatige leeftijd geen kleine en onbelangrijke afwijking betekent maar waarschijnlijk wel een beginnende longobstructie. Een aandoening van de kleine luchtwegen bij een roker van middelmatige leeftijd waarvan de FEV₁ nog niet pathologisch is zou dus op een verhoogd evolutierisico naar kritische FEV₁-waarden kunnen wijzen.

Bij « high risk » personen met een uitgesproken gevoeligheid voor tabak zou een toename van de N₂ helling of het afsluitvolume reeds aanwezig kunnen zijn op de ouderdom van 25-30 jaar. Deze mensen

zullen invalide worden rond de ouderdom van 40-45 jaar. Bij andere minder gevoelige personen met eveneens een groot risico zal de aandoening van de kleine luchtwegen optreden rond 40-45 jaar en zal de longobstructie een werkonbekwaamheid veroorzaken rond de ouderdom van 60-65 jaar. De tests voor de perifere luchtwegen weerspiegelen dus de vroeg- of laattijdige nadelige invloed van het roken als functie van de individuele gevoeligheid voor tabak.

2. *Bijdrage tot de fysiopathologische validatie van de dyspnoeklachten bij mijnwerkers (studie verricht met de financiële steun van de CEG onder het nummer 7246-16-2-006)*

Met Dokter Serra hebben wij 240 mijnwerkers in dienst geselecteerd; de helft van deze arbeiders vertoonde dyspnoeklachten van de tweede graad volgens de EGKS-normen. Ze werden gekozen uit een groep van 504 mijnwerkers die de EGKS-vragenlijst hadden beantwoord en bij wie de FEV₁ en de vitale capaciteit eerder gemeten werden.

Een listing werd opgemaakt om paren samen te stellen van personen van dezelfde leeftijd en met hetzelfde aantal jaren werk in de ondergrond (voor deze twee parameters werden de arbeiders gegroepeerd in klassen van vijf jaar: 0-4; 5-9; 10-14; enz...). Bovendien hebben wij geprobeerd subjecten te vinden met dezelfde rookgewoonten en dezelfde lichaamslengte.

Het was niet altijd mogelijk aan deze vier eisen te voldoen. Bepaalde toleranties werden toegelaten: één klasse verschil voor de leeftijd en het aantal jaren werk in de ondergrond en 5 cm verschil voor de lichaamslengte.

Een zeker aantal paren werd aldus samengesteld. De subjecten van ieder paar werden gelijktijdig opgeroepen in het Medisch Instituut Ste-Barbara. Er werd systematisch een thoraxradiografie genomen in rechtstaande houding volgens de criteria van het Internationaal Arbeidsbureau.

De arbeiders werden nadien onderworpen aan de volgende functionele tests: spirometrie, debiet-volume curven bij normale ademhaling en geforceerde expiratie, weerstand van de luchtwegen en specifieke conductantie, distributie van de alveolaire ventilatie, diffusie, ergospirometrie, bloedgaswaarden in rust en bij inspanning, elektrocardiogram in rust en bij inspanning met gelijktijdige meting van de bloeddruk.

Van de 240 personen hebben wij er dit jaar 152 onderzocht. In de eerste groep (niet-rokers) werden 26 paren onderzocht. De overige mijnwerkers werden niet onderzocht om diverse redenen: ziekte, afwezigheid, verlof, ongeschiktheid voor de inspanningsproef.

TABEL I

Algemene karakteristieken en functionele gegevens van de drie groepen rokers
na standaardisatie van hun rookgewoonten (1)

	Rokers zonder aandoening van de kleine luchtwegen (groep II a) (n = 29)	Rokers met aandoening van de kleine luchtwegen (groep II b) (n = 27)	Obstructieve rokers (groep II c) (n = 29)
Ouderdom (jaren)	49,3 ± 3,4	49,4 ± 3,3	49,8 ± 2,7
Lichaamslengte (m)	1,69 ± 0,05	1,68 ± 0,08	1,68 ± 0,06
Gewicht (kg)	78,2 ± 10,9	77,3 ± 12,2	72,5 ± 7,4
Rookgewoonten (jaren)	30,2 ± 6,3	32,9 ± 5,3	31,7 ± 6,0
Rookgewoonten (jaren-pakjes)	30,2 ± 8,0	31,4 ± 8,7	30,3 ± 11,0
VC (l)	4,50 ± 0,55	4,21 ± 0,67	4,21 ± 0,62
VC/L ³ (l.m ⁻³)	0,94 ± 0,09	0,88 ± 0,12*	0,88 ± 0,10
RV (l)	1,64 ± 0,31	2,07 ± 0,51***	2,53 ± 0,74**
RV/L ³ (l.m ⁻³)	0,34 ± 0,07	0,43 ± 0,09***	0,53 ± 0,16**
TLC (l)	6,13 ± 0,72	6,28 ± 0,96	6,74 ± 0,89
TLC/L ³ (l.m ⁻³)	1,28 ± 0,14	1,31 ± 0,14	1,41 ± 0,15*
RV/TLC (%)	26,7 ± 3,5	32,8 ± 5,2***	37,2 ± 8,3*
FEV ₁ (l)	3,39 ± 0,45	3,00 ± 0,47**	2,51 ± 0,53***
FEV ₁ /L ³ (l.m ⁻³)	0,71 ± 0,07	0,63 ± 0,08**	0,53 ± 0,10***
FEV ₁ /VC (%)	75,4 ± 4,3	71,4 ± 3,1***	59,3 ± 6,8***
SGaw (cm H ₂ O ⁻¹ .s ⁻¹)	0,192 ± 0,060	0,150 ± 0,049**	0,105 ± 0,059***
PEFR (l.s ⁻¹)	7,57 ± 1,33	7,36 ± 1,51	5,81 ± 1,68***
V _{max50} (l.s ⁻¹)	4,33 ± 1,10	3,18 ± 0,97***	1,86 ± 0,71***
V _{max25} (l.s ⁻¹)	1,15 ± 0,43	0,81 ± 0,38**	0,45 ± 0,21***
ΔN ₂ (% N ₂ .l ⁻¹)	0,82 ± 0,29	1,70 ± 1,48**	2,20 ± 1,29
CV/VC (%)	28,3 ± 3,0	31,3 ± 5,6*	34,9 ± 5,2*
CC/TLC (%)	47,2 ± 3,2	53,4 ± 4,0***	57,7 ± 7,1*

(1) De gemiddelde waarden ± 1 standaardafwijking worden vermeld. De rokers met minder dan 10 jaren-pakjes en meer dan 50 jaren-pakjes werden uitgesloten.

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001 voor de verschillen met de rokers zonder aandoening van de kleine luchtwegen.

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001 voor de verschillen met de rokers met aandoening van de kleine luchtwegen.

TABEL II

Spirometrie, plethysmografische gegevens en diffusie bij 44 niet rokende mijnwerkers
waarvan de helft dyspnoe klachten heeft (subjecten +)

	Absolute waarde		Δ %				
	subj. +	subj. -	Δ% subj. + / subj. -	Δ% th. subj. +	Δ% th. subj. -	PI Δ% — subj. + He	
VC (ml)	4.341	4.645	- 7,1 %	- 10,6 %	- 6,0 %		
FEV ₁ (ml)	3.320	3.560	- 7 %	- 9,6 %	- 5,5 %		
RV _{He} (ml)	1.551	1.551	0	+ 0,3 %	+ 0,8 %	+14 %	+16 %
RV _{PI} (ml)	1.768	1.792	- 1,3 %	+14 %	+15 %		
FRC _{He} (ml)	2.701	2.883	- 6,7 %	- 14,5 %	- 8,5 %	+ 1,7 %	- 4,3 %
FRC _{PI} (ml)	2.746	2.758	- 0,4 %	- 13,0 %	- 12,5 %		
Raw (cm H ₂ O.s/l)	1.429	1.597	-10,5 %	+31,5 %	+47,7 %		
Sgaw (cm H ₂ O ⁻¹ .s ⁻¹)	0,279	0,236	+18,2 %	+20,2 %	+ 0,7 %		
D _L .co (ml/min/mm Hg)	26,81	31,30	-17 %	-16,8 %	- 5,9 %		

De functionele gegevens van deze eerste groep waarvan de studie beëindigd is, zijn samengevat in tabel II. De vitale capaciteit en de FEV, liggen iets lager bij de personen met dyspnoe, zowel in absolute waarde als in verhouding met de theoretische waarden. Het residuaal volume van de personen met en zonder dyspnoe stemt daarentegen opmerkelijk overeen. De residu's gemeten met de heliumtechniek liggen merkelijk lager dan deze gemeten met behulp van de plethysmograaf. De functionele residuale capaciteit (FRC) gemeten met helium leidt tot iets lagere waarden bij de personen met dyspnoe; met de plethysmografische methode verkrijgt men voor de FRC dezelfde waarden bij de personen met en zonder dyspnoe. De luchtwegweerstand (Raw) ligt in absolute waarde en in verhouding met de theoretische waarden lager bij de subjecten met dyspnoe; de normaliteitsgrenzen worden hier niet overschreden. De specifieke conductantie van de luchtwegen ligt integendeel hoger bij de mijnwerkers met dyspnoe, zowel in absolute waarde als in verhouding met de theoretische waarden. Op 50 % en 25 % van de VC bekomen men een precieze superpositie van de debiet-volume curven.

De distributiebepalingen door analyse van de helium- en CO_2 curven, geregistreerd in steady-state bij elke expiratie, tonen gemiddeld geen grote afwijkingen aan en tevens geen verschillen tussen de personen met en zonder dyspnoe. De alveolaire retentie vertoont een ongewoon beeld. Anderzijds is de bes-

tudering van dit ingewikkeld verschijnsel nog bezig; ze steunt niet alleen op de analyse van de gassen, maar ook op de debieten (tachogrammen) en volumina die gelijktijdig met de curven van de expiratoire gassen geregistreerd worden. De duur van de gasmenging (helium) is iets korter bij de personen met dyspnoe (1 minuut 24 sekonden t.o.v. 2 minuten bij de personen zonder dyspnoe).

De diffusiecapaciteit voor koolstofmonoxide in apnoe is lichtjes verminderd in verhouding met de theoretische waarden, zowel bij de personen met als bij deze zonder dyspnoe. Deze vermindering is groter bij de personen met dyspnoe. In absolute waarde vertonen de personen met dyspnoe eveneens merkelijk lagere waarden.

Bij de inspanningsproeven stelt men een duidelijk verschil vast tussen beide groepen. Tijdens de inspanning werden de volgende parameters geregistreerd op het einde van elke minuut: de ventilatie (V_E), het zuurstofverbruik (\dot{V}_{O_2}), het ventilatoir equivalent (EV), het verschil tussen de inspiratoire en de expiratoire concentraties voor O_2 (ΔO_2), de ademfrequentie, de hartfrequentie en de zuurstofpuls. Deze parameters werden eveneens geregistreerd in de recuperatiefase totdat hun waarden weer dezelfde waren als bij aanvang van de inspanning. Figuren 1 en 2 geven de voornaamste variaties weer tijdens de inspanning en de recuperatiefase.

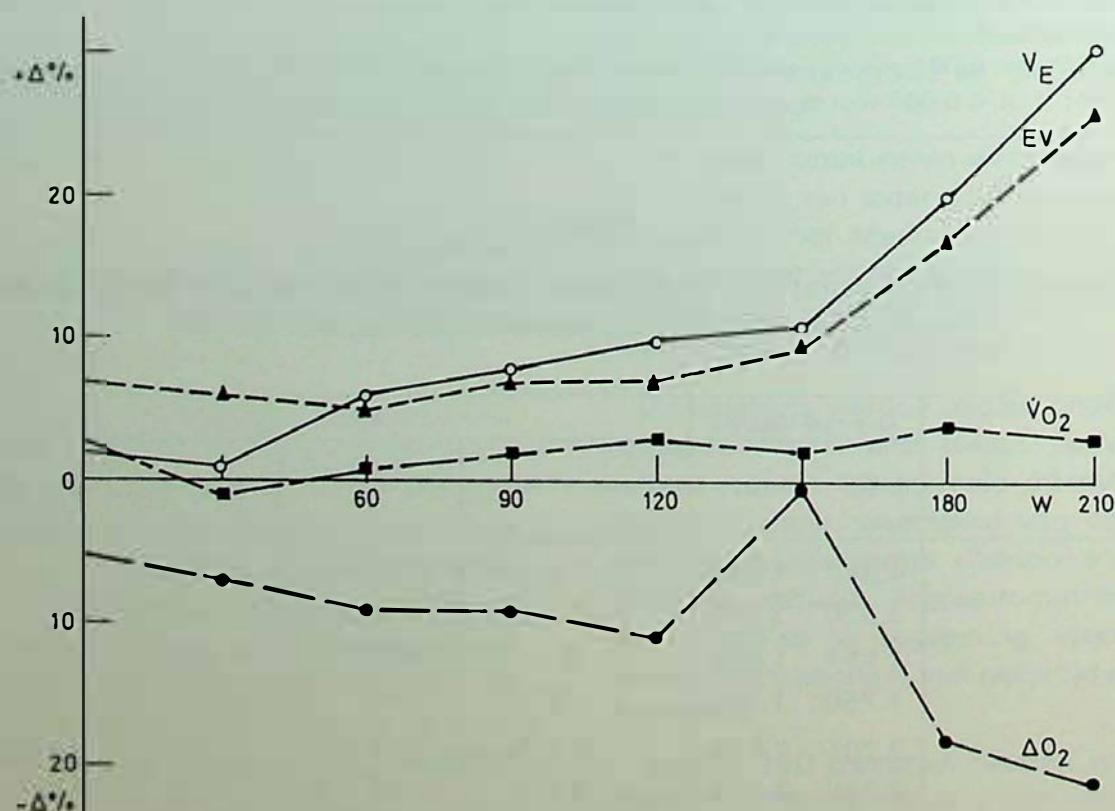


Fig. 1. — Mijnwerkers met dyspnoe / mijnwerkers zonder dyspnoe : verhouding van de respiratoire variaties tijdens een inspanningsproef, uitgedrukt als percentage.

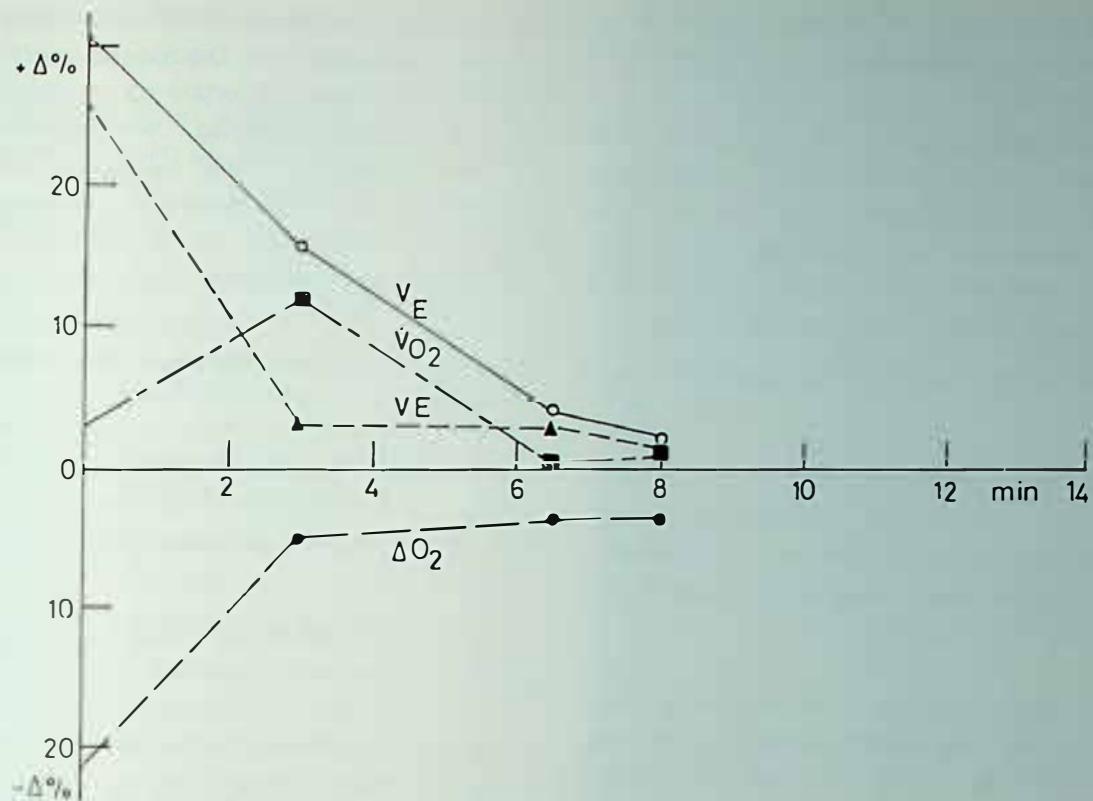


Fig. 2. — Mijnwerkers met dyspnoe/mijnwerkers zonder dyspnoe : verhouding van de respiratoire variaties na inspanningsproef, uitgedrukt als percentage.

De bloedgaswaarden werden eerst in rust gemeten, dan bij inspanning (trapsgewijze met telkens een toename van 30 watt), onmiddellijk na het stopzetten van de inspanning, in de recuperatiefase en, tenslotte, toen de respiratoire toestand opnieuw normaal was. Het geheel van deze waarden wordt in tabel III weergegeven.

De proef werd onderbroken in de volgende omstandigheden:

- bij een plotse toename van de ventilatie t.o.v. het zuurstofverbruik (minstens 5 l/min t.o.v. de vorige trap);
- wanneer de hartfrequentie of het respiratoire quotiënt respectievelijk 180 puls/min en 1,15 overtroffen;
- wanneer de persoon te vermoeid was om de inspanning verder te zetten.

De personen met dyspnoe vertonen gemiddeld een verhoogde ventilatie en een toegenomen O₂-equivalent voor een nagenoeg identiek zuurstofverbruik. Tussen 150 en 180 watt is de toename van de ventilatie en het ventilatoire quotiënt meer uitgesproken bij de personen met dyspnoe. De concentratieverschillen tussen inspiratoire en expiratoire O₂ verminderen ook merkelijk vanaf deze belasting bij de personen met dyspnoe. De adem- en hartfrequenties zijn in dit opzicht minder suggestief. Bij inspanning is de pH-waarde duidelijk lager bij de personen met dyspnoe; deze neiging is meer uitgesproken bij doorgedreven inspanningen. De schommelingen van de Pa_{O₂}- en Pa_{CO₂}-waarden zijn kleiner. Bij de personen met dyspnoe ligt de Pa_{CO₂} nochtans iets lager. De waarden tijdens de recuperatiefase verduidelijken dat bronchitis en emfyseem; tevens werden verschillende

TABEL III
Variaties van de bloedgaswaarden tijdens een inspanningsproef

	Aantal subjecten		Pa _{O₂}		Pa _{CO₂}		pH		HCO ₃	
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Rust	22	22	86,1	83,5	42,5	37,5	7,40	7,42	23,5	24,5
90 W	21	21	90,8	90,4	42,0	40,0	7,41	7,39	24,5	23,5
150 W	20	17	89,3	87,4	39,9	38,9	7,38	7,37	23,1	21,5
180 W	12	10	87,9	85,2	40,8	38,1	7,38	7,35	23,4	20,4
Recuperatie (3 min)	16	16	86,8	97,7	35,6	35,7	7,38	7,36	20,4	19,6
Recuperatie (6 min)	14	15	94,0	92,8	36,7	34,8	7,40	7,37	22,1	19,7

de ventilatoire parameters en de bloedgaswaarden zet langzaam naar de rustwaarden terugkeren bij de mijnwerkers met dyspnoe.

Als besluit van deze preliminaire resultaten blijkt dat mijnwerkers met dyspnoe zekere afwijkingen vertonen van de gaswisselingen in rust en vooral bij inspanning, al blijven hun bloedgaswaarden meestal binnen de functionele grenzen. Hun capaciteit om de inspiratoire zuurstof te verbruiken is verminderd.

Dit onderzoek wordt voortgezet bij andere groepen mijnwerkers.

3 Oorzaken en vroegtijdige behandeling van bronchitis bij jonge mijnwerkers en hun controles (onderzoek gesubsidieerd door de CEG onder het nummer 7246.30.2-001)

Dit onderzoek verrichten wij in het Medisch Instituut St. Barbara in samenwerking met Dokter Marcq. Het omvat epidemiologische en therapeutische aspecten.

a Epidemiologische aspecten

De doelstelling van het epidemiologisch onderzoek was dubbel:

- vergelijking van de respiratoire toestand van jonge kandidaat-mijnwerkers met deze van hun controles om na te gaan in welke mate de beroepskeuze hierdoor beïnvloed wordt;
- bepaling van de invloed van het mijnwerk op het ademhalingstelsel van deze adolescenten door middel van een follow-up studie van lange tijdsduur.

Tweeduizendvijfhonderd éénenzeventig scholieren werden opgenomen in een eerste cross-sectionele studie; voor 1.396 hunner hebben wij achteraf hun beroepskeuze door middel van een supplementair onderzoek kunnen bepalen.

Bij de eerste cross-sectionele studie werden vragen omtrent het ademhalingstelsel gesteld aan de hand van de EGKS-vragenlijst (uitgave 1967) over

respiratoire parameters gemeten met een Jaegerpneumoscreen. Dit toestel werd op voorhand gevalideerd voor de vitale capaciteit en de FEV, t.o.v. een geëquilibreerde waterspirometer, de Godartpulmotest. In een subgroep van 370 subjecten werden de PEFR-waarden, verkregen met de Jaegerpneumoscreen en de Wright peak-flow meter, onderling vergeleken.

De resultaten kunnen worden samengevat als volgt:

1) Validatie van de Jaegerpneumoscreen voor de VC, de FEV, en de PEFR

De uitslagen van deze validatie zijn samengevat in tabel IV.

Uit deze tabel blijkt dat de Pneumoscreen voor de drie parameters waarden geeft die sterk gecorreleerd zijn met deze van de referentieapparatuur; ze liggen echter regelmatig hoger. Het gaat hier om een quasi systematisch verschil dat in 80 % van de gevallen in dezelfde richting gaat. Dit is te wijten aan een verwarming van de kop van het meettoestel. Aangezien het toestel anderzijds gemakkelijk gebruikt en getransporteerd wordt, kan men aannemen dat de Jaegerpneumoscreen bijzonder geschikt is voor epidemiologische onderzoeken waarbij deze drie parameters gemeten worden.

2) Cross-sectionele resultaten van de vragenlijst en de functionele parameters bij de kandidaat-mijnwerkers en hun controles

Dertienhonderdzessenegentig scholieren van de groep konden ondervraagd worden in verband met hun beroepskeuze na hun schooltijd: 257 hadden mijnwerk gekozen; 645 hadden hun studies voortgezet of waren werkloos op het ogenblik van de controle; 169 oefenden een ander beroep uit: 6 weigerden hun medewerking; 1 was overleden. Voor de 318 overige personen beschikt men na 3 oproepen over geen verdere inlichtingen.

TABEL IV
Validatie van de Pneumoscreen

	n	M	SD	t	p	r
VC Godart (ml)	30	4.435	764			
VC Pneumoscreen (ml)	30	4.843	874	6,621	0,0002	0,924
FEV, Godart (ml)	30	3.733	639			
FEV, Pneumoscreen (ml)	30	3.983	705	6,092	0,0001	0,948
PEFR Wright (liter/min)	370	511,743	70,988			
PEFR Pneumoscreen (liter/min)	370	594,973	112,187	27,693	0,0003	0,897

a) Socio-economische toestand van de kandidaat-mijnwerkers en hun controles

Er werd in dit opzicht geen verschil vastgesteld tussen de 257 mijnwerkers en de 169 controles.

b) Vragenlijst over bronchitis

De twee groepen vertoonden geen enkel systematisch verschil voor de symptomenprevalentie. Anderzijds werd deze prevalentie in de twee groepen sterk beïnvloed door de rookgewoonten. In beide groepen rookten de subjekten sinds gemiddeld drie jaar. Het sigarettenverbruik was gemiddeld 9 sigaretten per dag. De snelheid waarmee zelfs matige en recente rookgewoonten de bronchiale boom aantasten moet onderliggend worden. Dit voegt relevantie toe aan de stelling dat de sigaret een belangrijke factor van de mijnwerkersbronchitis is.

TABEL V
Invloed van het sigarettenverbruik
op de symptomatologie
van 1.396 adolescenten

	Symptomen	Geen symptomen	Totaal
Rokers	502	186	688
Niet-rokers	429	279	708
Totaal	931	465	1.396
$\chi^2 = 24,0423 ; p < 0,05$			

γ) Somatische parameters

Het gewicht van de kandidaat-mijnwerkers ligt iets hoger dan dat van hun controles. In tabel VI wordt het aantal onderzochte adolescenten in vijf gewichtscategorieën onderverdeeld. De gewichten worden als functie van een theoretisch berekend gewicht in absolute waarde en in percentage weergegeven. De gebruikte formule is deze van Lorenz. Uit deze tabel

blijkt dat het percentage zeer lichte gewichten veel groter is bij de controles, terwijl het percentage normale of hoge gewichten integendeel systematisch groter is bij de kandidaat-mijnwerkers. De χ^2 -toets van deze gegevens is uiterst significant.

δ) Functionele parameters

Tabel VII toont aan dat er in dit opzicht geen verschil bestaat tussen kandidaat-mijnwerkers en niet-mijnwerkers.

Uit de resultaten van de eerste cross-sectionele verwerking van onze gegevens kunnen we besluiten dat er geen verschil bestaat tussen de kandidaat-mijnwerkers en hun controles voor wat de bronchustoestand betreft. Het iets hogere gewicht van de kandidaat-mijnwerkers stelt een vraagstuk dat voor het ogenblik niet opgelost is.

Dit onderzoek zal voortgezet worden enerzijds door een groter aantal gevallen bij de cross-sectionele verwerking van de gegevens te betrekken en anderzijds door het oprichten van een infrastructuur voor de follow-up van de cross-sectioneel onderzochte personen. Men mag zich eraan verwachten dat de follow-up van de kandidaat-mijnwerkers gemakkelijker zal zijn. De personeelfiches van de mijnindustrie zullen hun identificatie vergemakkelijken. Het zal waarschijnlijk moeilijker zijn de adolescenten te volgen die werken in de verschillende andere industrieën van de streek.

b. Therapeutische aspecten

α. Revalidatie van bronchitislijders jonger dan 50 jaar

Dit onderzoek verricht door Dokter Marcq beoogt de weerslag op de hart- en longfunctie te beoordelen van een kinesitherapeutische behandeling geassocieerd met een fysieke training. Hij heeft beroep gedaan op mijnwerkers in dienst of andere aktieve arbeiders jonger dan 50 jaar en lijdend aan een beginnende chronische bronchitis.

TABEL VI
Gewicht (% th. — Lorenzformule)

	< 85 kg		85-94 kg		95-104 kg		105-114 kg		> 114 kg		
Mijnwerkers	18	7 %	99	39 %	91	35 %	28	11 %	21	8 %	257
Niet-mijnwerkers	37	22 %	63	37 %	43	26 %	17	10 %	9	5 %	169
$\chi^2 = 22,0072 ; p < 0,05$											

TABEL VII
Vergelijking van de functionele parameters
bij 257 kandidaat-mijnwerkers en 169 controles

		M	SD	t	p
VC (ml)	Mijnwerkers Niet-mijnwerkers	4.858 4.787	722 786	0,963	0,336
FEV ₁ (ml)	Mijnwerkers Niet-mijnwerkers	4.080 4.027	626 652	0,840	0,401
PEFR (l s ⁻¹)	Mijnwerkers Niet-mijnwerkers	8,902 8,715	1,638 1,687	1,134	0,257
V _{max} (l s ⁻¹)	Mijnwerkers Niet-mijnwerkers	2,491 2,484	0,750 0,732	0,090	0,928
V _{inspir} (l s ⁻¹)	Mijnwerkers Niet-mijnwerkers	4,956 4,890	1,218 1,213	0,549	0,583
V _{max} (l s ⁻¹)	Mijnwerkers Niet-mijnwerkers	7,119 6,984	1,462 1,555	0,912	0,362

Patiënten die sedert tenminste één jaar klachten hadden van hoest en expectoraties met daarbij dyspnoe bij inspanning werden geselecteerd. Hun longfunctie was relatief weinig aangetast : er bestonden enkel beperkte anomalieën van het residu, het afsluitvolume en de helling van de fase III van de stikstofuitwascurve.

Drieëntwintig patiënten werden opgenomen in het onderzoek. Ze werden willekeurig verdeeld in de twee volgende groepen :

— *Gerevalideerde groep* (12 patiënten) : deze groep werd dagelijks gedurende 4 weken onderworpen aan een intensieve hart- en ademhalingsrevalidatie (zaterdag en zondag uitgezonderd). Het revalidatieprogramma omvatte :

- 1) 10 minuten fietsen met, zo mogelijk, elke dag progressief hogere belastingen;
- 2) 10 minuten houdingsdrainage van de sputumproductie met thoraxkloppen;
- 3) 5 minuten vibromassage;
- 4) 15 minuten ademhalingsoefeningen (reëducatie van de thoracale, de abdominale en de laterale spieren);
- 5) nogmaals 10 minuten fietsen met dezelfde belasting als tijdens de eerste oefening.

— *Controlegroep* (11 patiënten) : de patiënten van deze groep kregen dagelijks gedurende 4 weken een placebobehandeling bestaande uit bestraling van de thorax met infrarode stralen.

Vóór en na behandeling werden de patiënten ondervraagd, klinisch onderzocht en aan een reeks longfunctietests onderworpen : spirometrie, bepaling van het residu met de heliumtechniek, luchtwegweerstand (met de plethysmograaf), bepaling van de diffusiecapaciteit voor koolstofmonoxide

(apnoemethode), van de debiet-volume curven, van de quasi statische longcompliance, van de fase IV met helium (bolus) en van de helling van de fase III (stikstof).

Anderzijds werd vóór en na behandeling een ergospirometrische proef in steady state uitgevoerd (trapsgewijze met om de 6 minuten een bijkomende belasting van 25 watt). De bloedgaswaarden werden gemeten in rust en op de zesde minuut van elke trap.

In beide groepen werden de biometrische gegevens en de functionele waarden vóór behandeling opgetekend. De willekeurige selectie gebeurde at random; dit kon echter niet beletten dat er tussen de twee groepen significante verschillen bestonden, nl. voor de ouderdom. Een groter aantal personen zou nodig geweest zijn om in dit opzicht een betere samenstelling te verkrijgen.

Bij nazicht van de wekelijkse evolutie van de gemiddelde verdragen belasting in de gerevalideerde groep werd een progressieve verhoging vastgesteld; bij de meeste subjecten was deze verhoging tamelijk uitgesproken.

Het enige subjectieve pluspunt van de revalidatie leek een vermindering van de dyspnoeklachten te zijn. Zoals verwacht werd er geen beterschap vastgesteld voor het hoesten en de expectoraties. Op te merken valt dat de arbeiders, op enkele uitzonderingen na, hun rookgewoonten niet hebben gewijzigd.

Na 4 weken revalidatie of placebobehandeling bleef de longfunctie eveneens ongewijzigd (tabel VIII); alleen noteerde men een lichte vermindering van het residu en de helling van de fase III in de gerevalideerde groep. Deze wijzigingen waren statistisch niet significant.

TABEL VIII

Evolutie van de longfunctie, de hartfrequentie, de arteriële gassen en de gaswisselingen in rust na behandeling (gemiddelde waarden en significantie)

	Gerevalideerde groep			Controlegroep		
	Vóór	Na	P	Vóór	Na	P
<i>Longfunctie</i>						
a) Thoraco-pulmonale longfunctie						
VC (ml)	4.100	4.240	0.1*	3.820	3.830	NS
FVC (ml)	4.580	4.690	NS	4.430	4.350	NS
FEV ₁ (ml)	3.090	3.150	NS	2.800	2.750	NS
PEFR (l.s ⁻¹)	7,2	7,8	0,05*	7,0	7,2	NS
V _{max50} (l.s ⁻¹)	2,9	3,0	NS	2,7	2,7	NS
V _{max25} (l.s ⁻¹)	0,89	0,87	NS	0,59	0,68	NS
Sgaw (s ⁻¹ .cm H ₂ O ⁻¹)	0,178	0,189	NS	0,180	0,186	NS
b) Vermenging, diffusie en verdeling van de gassen						
RV (ml)	2.190	2.050	NS	2.200	2.210	NS
D _{LCO} (ml/min/mm Hg)	28,1	29,1	NS	23,3	23,4	NS
Fase IV/VC (%)						
(bolus He)	19,4	19,8	NS	27,4	27,4	NS
Helling fase III (% 1)						
(resident N ₂)	2,23	2,06	NS	2,02	2,40	NS
<i>Hartfrequentie (per min)</i>						
	72,8	68,8	NS	75,1	72,0	NS
<i>Ventilatie (liter/min)</i>						
	14,0	12,5	NS	11,9	10,8	NS
<i>Arteriële gassen pH</i>						
P _{aO₂} (mm Hg)	79,4	80,4	NS	78,9	74,7	NS
P _{aCO₂} (mm Hg)	35,9	36,1	NS	37,7	39,2	NS
Sa _{O₂} (%)	93,1	92,1	NS	92,0	91,5	NS
pH	7,44	7,44	NS	7,42	7,40	NS
AaD _{O₂} (mm Hg)	32,7	29,5	NS	30,5	30,5	NS

* Hoewel de verbetering van de VC en de PEFR een significant niveau bereikte, was er geen significant verschil tussen de gemiddelde waarden van beide groepen na behandeling.

Voor een inspanning van dezelfde intensiteit in het laboratorium daalde de hartfrequentie na 4 weken behandeling (tabel VIII). De belasting tijdens de inspanningsproef werd gestandaardiseerd door de geobserveerde V_{O₂}-waarden tot vaste waarden te herleiden (1 liter/min; 1,25 liter/min; 1,50 liter/min; enz...). Dit maakte een vergelijking mogelijk tussen de waarden vóór en na behandeling alsook tussen beide groepen.

Indien men het uitgeademde volume per minuut (V_E) tot vaste V_{O₂}-waarden herleidt stelt men een vermindering vast van de ventilatie per minuut in rust en bij inspanning. Dit geldt slechts voor de gerevalideerde groep. Deze bevinding is niet onverwacht en

kan de verbetering van de dyspnoe bij inspanning tenminste gedeeltelijk verklaren.

Na revalidatie werd eveneens een vermindering van de alveole-arteriële gradiënt geobserveerd (tabel VIII). Het gaat hier om een interessanter bevinding. Nochtans bleef de vermindering beneden de significantiegrens niettegenstaande de intensiteit van de belasting (V_{O₂} = 1,25 liter/min). Hetzelfde is waar voor het geventileerde volume en de hartfrequentie (tabel VIII). Spijtig genoeg is het niet mogelijk definitieve besluiten te trekken omwille van het te beperkte aantal personen.

Als besluit zou men kunnen stellen dat de kinesitherapeutische behandeling en de fysische training

het uithoudingsvermogen zoals verwacht hebben verbeterd. Dit verschijnsel ging gepaard met een vermindering van de dyspnoe bij inspanning, hetgeen geobjectieerd werd door een vermindering van het geventilerde volume per minuut en van de hartfrequentie. Interessanter is de bevinding van een lichte verbetering van het residuaal volume, van de helling van de fase III van de stikstofuitwascurve mede ook van de alveolo-capillaire gradiënt in rust en bij inspanning. Deze verbeteringen werden enkel in de gerevalideerde groep vastgesteld.

Hoe moeten deze gegevens geïnterpreteerd worden? Een lichte verbetering van de gaswisselingen, misschien ingevolge een beterschap van de chronische obstructie bij jonge bronchitislijders, is niet uitgesloten. Nochtans blijven er nog veel onbekenden betreffende de pathologische betekenis van afwijkingen van de helling van de fase III van de stikstofuitwascurve bij personen met nog beperkte spirometrische tekorten. Daarenboven weet men ook niet in welke mate deze veronderstelde bronchopulmonaire anomalieën reversibel zijn.

Bij het zoeken naar de fysiopathologische betekenis van deze stoornissen is men tot de vaststelling gekomen dat er bij jonge mensen met een quasi normale spirometrie, maar met duidelijke afwijkingen voor meer gevoelige tests, belangrijke anomalieën van het longweefsel, suggestief voor een centrolobulair emfyseem, kunnen bestaan.

De longfunctie van één van deze patiënten vertoonde een quasi normale spirometrie maar een duidelijke stoornis van het afsluitvolume, de diffusie voor koolstofmonoxide en de statische compliance.

De standaardradiografie van dezelfde patiënt was nagenoeg normaal. De selektieve bronchografie van

de rechter bovenkwab vertoonde daarentegen letsels die wezen op een beginnend emfyseem.

Vanzelfsprekend zijn alteraties van het afsluitvolume en de fase III van de stikstofuitwascurve niet altijd een aanduiding voor een aandoening van het longweefsel. Zulke functionele « beginnende anomalieën » houden waarschijnlijk verband met aandoeningen van de perifere luchtwegen en zijn meestal reversibel onder invloed van anticholinergische bronchodilatatoren. Indien de fase IV gemeten met de bolustechniek of met de N_2 resident gastechniek negatief wordt bij gezonde personen na inademing in de houding « hoofd naar beneden », kan deze eindfase IV blijven stijgen bij sommige grote rokers met een verhoogde fase III. Na inhalatie van atropine heeft de fase IV met de stikstofmethode echter neiging om negatief te worden. Dit suggereert de tussenkomst van een chronische hypertonie van de gladde bronchusspieren bij de functionele alteraties waargenomen in de beginstadium van een luchtwegobstructie.

β. Onderzoek naar bronchodilatatoren

Gedurende het afgelopen jaar hebben wij in samenwerking met Dokter Marcq de bronchusverwidende eigenschappen en de bijwerkingen bestudeerd van oxitropiumbromide, een recent ontwikkeld atropinederivaat. De ventilatoire werking en de nevenwerkingen van deze stof werden vergeleken met deze van ipratropiumbromide, fenoterol en een placebo bij 19 patiënten met reversibele bronchusobstructie. Oxitropium werd toegediend als dosis aerosol in doseringen van 200 µg. Deze dosering wordt door de farmaceutische firma als optimaal aanbevolen. Ipratropium werd toegediend in dose-

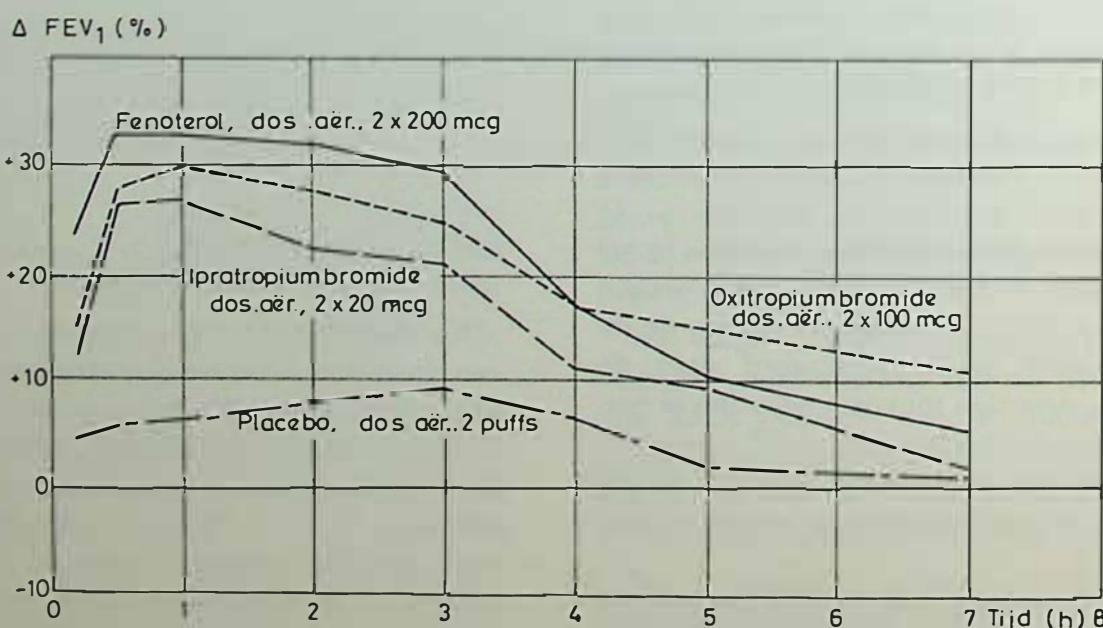


Fig. 3. — Gemiddelde FEV₁-waarden op 8 tijdintervallen na inhalatie van een placebo, fenoterol, ipratropiumbromide en oxitropiumbromide bij 19 patiënten met reversibele bronchusobstructie.

ringen van 20 µg en fenoterol in doseringen van 200 µg per verstuiving. De FEV₁, en de specifieke conductantie werden op 8 tijdintervallen gemeten tot 7 uur na inhalatie van de stoffen.

De werking van oxitropiumbromide was krachtiger dan deze van ipratropiumbromide. In de aangewende dosering was de gemiddelde bronchusverwijding belangrijker vanaf de tiende minuut tot het zevende uur na inhalatie. Op het zevende uur was de ventilatoire werking van de 2 stoffen significant verschillend. Op dat tijdstip kon men ook een ietwat gunstiger effect t.o.v. fenoterol discussiëren (fig. 3). In de gebruikte dosering werd de stof subjectief uitstekend verdragen.

Gelijkzeitig besluden wij een associatie van ipratropiumbromide en fenoterol in éénzelfde verstuiver (*); de dosissen zijn nochtans verschillend van deze die gebruikt worden bij afzonderlijke toediening van deze stoffen. Eldere verstuiving van de associatie bevat een dubbel dosis ipratropium (40 µg) en een halve dosis fenoterol (100 µg). Tot nog toe konden enkel 13 patiënten met deze associatie behandeld worden (fig. 4). De eerste uitslagen laten vermoeden dat de halve dosis fenoterol slechts gedeeltelijk door de dubbele dosis ipratropium gecompenseerd wordt. Men mag zich afvragen of een wijziging van de verhouding tussen beide stoffen geen betere resultaten zou opleveren. De associatie werd alleszins subjectief uitstekend verdragen: met twee puffs van dit mengsel werden noch tremor, noch vasculaire bijwerkingen vastgesteld.

(*) Berodual Boehringer.

II. WERKZAAMHEDEN VAN DE TECHNISCHE AFDELING

A. Konimetrie - Stofbestrijding

1. Opname, onderzoek, stofontleding

a. Gravimetrische routinemetingen

De controle van de stofbelasting van de lucht in de ondergrondse winplaatsen werd gedurende het ganse jaar systematisch verdergezet. Het totaal aantal stofmonsternamen bedroeg 839 wat een lichte achteruitgang is t.o.v. vorig jaar (839 i.pl.v. 930). De verdeling van de monsternamen is als volgt: 678 in de Kempen, 3 in het bekken van Luik en 158 in het bekken van Charleroi-Beneden Samber.

Eind 1980 liggen de middenwaarden van de globale concentraties en asgehalten en van hun overeenstemmende relatieve afwijkingen, voor de 36 actieve winplaatsen, als volgt:

$$m_e = 15,5 \text{ mg/m}^3 \quad s_e = 1,67 \\ m'_e = 32,5 \% \text{ as} \quad s'_e = 1,55$$

De diagrammen van figuur 5 geven de verdeling van deze waarden weer. De gemiddelde netto-produktie bedroeg 314 ton per gecontroleerde post en het gemiddeld luchtdebiet was 14 m³/s.

De klassering van de winplaatsen zag er als volgt uit:

81 % in klasse I (29 pijlers)
19 % in klasse II (7 pijlers).

Geen enkele pijler overschreed klasse II. Het officieel klasseringsdiagram is afgebeeld in figuur 6; de rechthoek die het representatief punt van de mid-

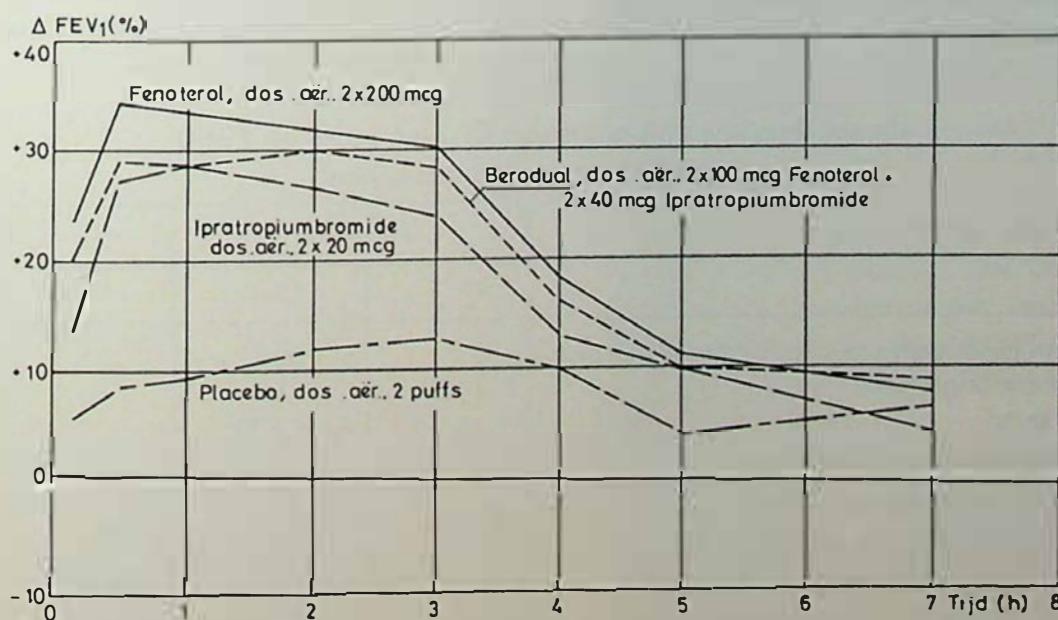


Fig. 4. — Gemiddelde FEV₁-waarden op 8 tijdintervallen na inhalatie van een placebo, fenoterol, ipratropiumbromide en berodual bij 13 patiënten met reversibele bronchusobstructie.

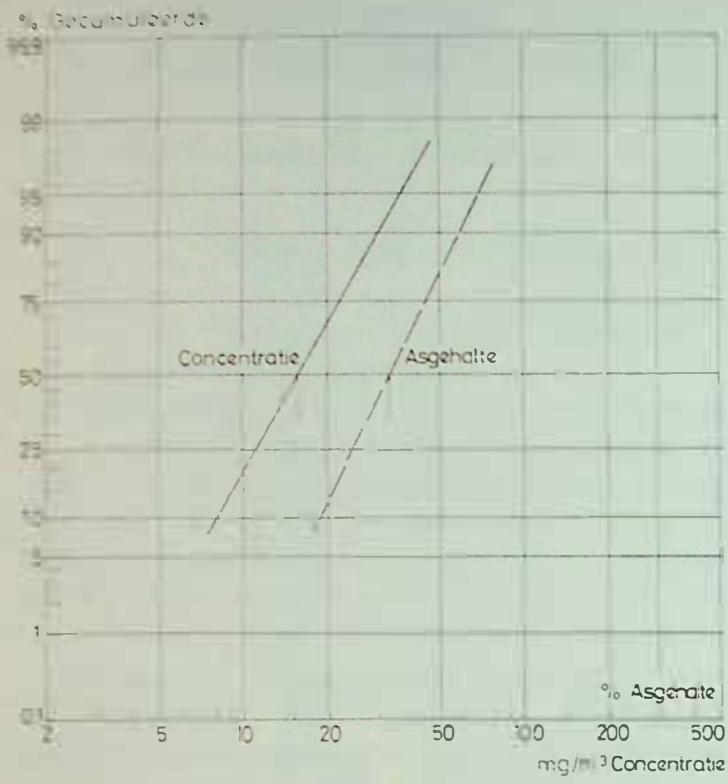


Fig. 5. — Verdeling van de gravimetrische concentraties en asgehalten. - Toestand einde 1980.

denwaarde omgeeft begrenst dat deel van het diagram waarin zich gemiddeld twee resultaten op drie bevinden.

Tabel IX geeft de vergelijking tussen de jaren 1979 en 1980 voor de Kempen en voor het ganse land (de 4 winplaatsen die nog overblijven in het Zuiderbekken vormen een te kleine populatie om de middenaarden en de relatieve afwijking te kunnen bepalen).

De weergegeven produkties zijn gemiddelde waarden van de tonnages op de dagen waarop de stofmetingen uitgevoerd werden.

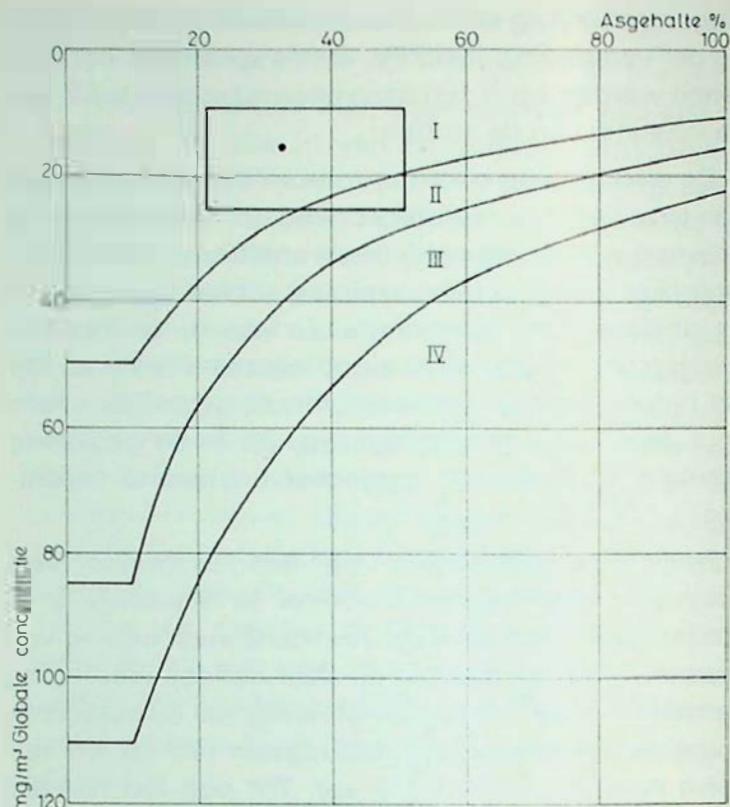


Fig. 6. — Uitslagen van de gravimetrische routinemetingen voor de verschillende bekkens einde 1980.

De evolutie voor alle bekkens gezamenlijk gedurende de zes laatste jaren is als volgt:

einde 1975 : $15,5 \text{ mg/m}^3$ — 31 % as voor
243 tn/p en $10,8 \text{ m}^3/\text{s}$;
einde 1976 : $11,0 \text{ mg/m}^3$ — 34,5 % as voor
241 tn/p en $9,7 \text{ m}^3/\text{s}$;
einde 1977 : $13,0 \text{ mg/m}^3$ — 30,5 % as voor
257 tn/p en $11,0 \text{ m}^3/\text{s}$;
einde 1978 : $15,0 \text{ mg/m}^3$ — 31 % as voor
286 tn/p en $13,0 \text{ m}^3/\text{s}$;
einde 1979 : $14,4 \text{ mg/m}^3$ — 28 % as voor
269 tn/p en $12,65 \text{ m}^3/\text{s}$;
einde 1980 : $15,5 \text{ mg/m}^3$ — 32,5 % as voor
314 tn/p en $14,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

TABEL IX
Vergelijking van de situatie van de jaren 1979 en 1980
voor de Kempen en het ganse land

	Kempen		Land	
	1979	1980	1979	1980
Aantal winplaatsen gecontroleerd op het einde van het jaar	33	32	41	36
Mediane concentratie (mg/m^3)	15,5	16	14,4	15,5
Relatieve afwijking (s_z)	1,69	1,58	1,71	1,67
Mediaan asgehalte (gewichtsprocent)	30,8	35	28	32,5
Relatieve afwijking (s_z)	1,60	1,47	1,60	1,55
Gemiddelde produktie (tn/p)	296,8	336,7	268,9	314
Gemiddeld luchtdebiet (m^3/s)	14	15	12,65	14
Percentage winplaatsen				
in klasse I	73	78	78	81
in klasse II	27	22	22	19
in klasse III	0	0	0	0

De toestand is dus stabiel sinds 1975 niettegenstaande de gemiddelde produktie per gecontroleerde post toen 20 % lager lag.

In de Kempen blijft de mediane concentratie op het peil van 1971 (16 mg/m^3); toch is de toestand in het algemeen verbeterd vermits het percentage van de winplaatsen geklasseerd in een klasse groter dan II toendertijd 7,5 % bedroeg tegenover nul op dit ogenblik. In 1971 vond men één winplaats op tien met een concentratie hoger dan 36 mg/m^3 ; op dit ogenblik is de overeenstemmende concentratie gedaald tot 29 mg/m^3 .

De « momentopname » op het einde van het jaar geeft een goed beeld van het jaargemiddelde. In de Kempen werden gedurende de eerste 10 maanden van 1980, 412 stofmetingen uitgevoerd gedurende de afbouwposten en dit in 56 winplaatsen. De gemiddelde concentratie is $18,52 \text{ mg/m}^3$ ($s = 9,32 \text{ mg/m}^3$) en het gemiddeld asgehalte bedraagt 38,86 % ($s = 16,59 \text{ % C}$). Verleden jaar waren deze cijfers respectievelijk $19,2 \text{ mg/m}^3$ ($s = 11,0 \text{ mg/m}^3$) en $36,0 \text{ % C}$ ($s = 11,31 \text{ % C}$).

Bovendien is de gemiddelde gewogen concentratie van deze 412 afbouwposten, die een gecumuleerde periode van 327 maanden uitbating vertegenwoordigen in 56 winplaatsen, $18,24 \text{ mg/m}^3$ (tegen $18,74 \text{ mg/m}^3$ in 1979).

Tenslotte geeft de schatting van Sichel een waarde van $17,67 \text{ mg/m}^3$ voor de gemiddelde concentratie berekend uit de mediaan en de geometrische standaardafwijking van de verdeling van 32 metingen in de winplaatsen op het einde van 1980. Verleden jaar bedroeg deze schatting $17,78 \text{ mg/m}^3$.

In de Kempen bleven, sedert het begin van het jaar, 55 % van de winplaatsen in klasse I, tegen 35 % in 1979 en 43 % in 1978; 27 % werden minstens éénmaal in klasse II ondergebracht, 14 % in klasse III en 2 winplaatsen (4 %) overschreden deze klasse.

Het gemiddelde van de 43 stofmetingen die sedert het begin van het jaar werden uitgevoerd in de 4 winplaatsen die momenteel uitgebaat worden in het Zuiden, bedraagt $18,27 \text{ mg/m}^3$ ($s = 6,96 \text{ mg/m}^3$) en slechts één ervan viel éénmaal in klasse II.

b. *Vergelijking van de toestellen voor stofmonstername en van de beoordelingscriteria in de landen van de Gemeenschap*

De werkingsprincipes van de toestellen die bij dit onderzoek werden gebruikt evenals het doel van deze studie werden reeds bondig uiteengezet in de activiteitsverslagen van de voorgaande jaren [2] [3]. Het ging erom de resultaten te vergelijken van 6 stofopnametoestellen die gelijktijdig aangewend werden in 10 pijlers in de Duitse Bondsrepubliek, België, Frankrijk en Groot-Brittannië en waarbij elke meting tenminste 5 maal werd herhaald (1.200 monsters).

De eerste resultaten van deze studie werden verleden jaar medegedeeld; ze lieten in principe toe, uitgaande van het Belgisch Staser-toestel (globale gravimetrische meting), een schatting te maken van de concentratie fijn stof (inadembaar) die zou gemeten worden met de overige toestellen (CPM, MPG, MRE, TBF). *Het is nu ook mogelijk de resultaten van alle toestellen te voorspellen uitgaande van elk afzonderlijk*. Het statistisch onderzoek vereiste de vergelijking van 30 koppels toestellen a rato van 100 metingen per koppel. Dit leidde tot het verwerken van 12.000 gegevens voor het statistisch onderzoek van één enkel relatiotype.

Er werd ondermeer nagegaan of er inderdaad een correlatie bestond tussen de koppels toestellen; tevens werden de afwijkende resultaten verwijderd op objectieve basis. Met de regressiemethode werden daarna de coëfficiënten bepaald van de a priori gekozen analytische functies die in aanmerking kwamen om het verband tussen de meetwaarden vast te leggen. Een volgend onderzoek liet toe voor elk geval de meest interessante relatie te kiezen (geringe gemiddelde afwijking en maximaal vermogen om de spreiding van de resultaten te verklaren). Deze berekeningen werden samengevat in essentiële tabellen (functies) en tabellen met waarschijnlijke waarden (concentraties) die, voor een werkelijk uitgevoerde reeks metingen, met een bepaald toestel in dezelfde winplaats en met één der overige toestellen als referentie zouden bekomen worden.

Als voorbeeld volgen hieronder enkele waarschijnlijke equivalenten concentraties voor een gemiddelde Belgische winplaats (in mg/m^3).

Referentie	Staser (20 mg/m^3)	CPM (5 mg/m^3)	TBF (5 mg/m^3)
Voorspelling	CPM* 4,3 TBF* 3,4 MRE** 4,7	MPG* 5,5 TBF* 4,6 MRE** 6,0	MPG* 5,6 CPM* 5,2 MRE** 6,1

* Op 20 m achter het front

** Op 70 m achter het front, in de luchtkeergalerij

De definitieve waarden die men vindt met het Staser-toestel als referentie verschillen weinig van de benaderende resultaten die verleden jaar werden medegedeeld toen de resultaten van de meetcampagne uitgevoerd in Groot-Brittannië nog niet onderzocht waren.

Tevens werden de *stofklassen* vergeleken, waarin de verschillende onderzochte werkplaatsen werden ingedeeld volgens de reglementering en de aanbevelingen in elk land. De statistische test van Kendall liet toe te besluiten tot een *goede algemene overeenstemming van alle beoordelingen* en niet meer alleen tot een overeenstemming tussen de Duitse, Belgische en Franse beoordelingswijzen afzonderlijk (zoals ver-

ieden jaar medegeleed). Het is nu mogelijk na te gaan in welke mate de klassedempels (aangenomen in 1976) zouden moeten gewijzigd worden om tot een nog betere overeenstemming te komen.

• *Studie van stofdeeltjes afkomstig van uitbatingen met verschillende epidemiologische curven*

Het belang van de bepaling van de cytotoxiciteit van het mijnstof is duidelijk aan het licht gekomen nadat men een beschermende of katalyserende invloed heeft kunnen aantonen van bepaalde minerale bestanddelen en onzuiverheden die met kwarts samengaan.

Daarom werden, zoals verleden jaar werd aangesloten [3] monsters van fijn en ultrafijn stof genomen in de pijlers uitgebaat in de lagen 72 - 71 A - 68 - 61 - 55 en 49 van het Kempisch Bekken. De studie van de globale toxiciteit van het stof is slechts een eerste fase van een gemeenschapsonderzoek naar de uitleg van de schadelijkheid van mijnstof en zijn variaties. De biologische bepalingen zijn nog steeds aan de gang in de Duitse, Engelse en Franse laboratoria. De eerste beschikbare resultaten, bekomen met stof van Belgische herkomst, tonen nochtans aan dat *het stof dat het meeste kwarts bevat niet noodzakelijk ook de meest-toxische werking heeft op de cellen*.

Overigens toont de vergelijking van de globale stofconcentraties in de 2 uitbatingszetels waaruit het geteste stof afkomstig is aan dat de jaarlijkse mediane concentratie sinds 1965 niet merkelijk verschilt (hoewel de spreiding systematisch hoger ligt in één dezer zetels). De epidemiologische curven daarentegen zijn wel verschillend : de prevalenties M_1 en M_2 , voor 10 tot 14 jaren ondergrondse arbeid liggen beneden 1 % voor de ene zetel terwijl ze voor de andere zetel schommelen tussen ongeveer 10 % en 2 % van 1970 tot 1978. Bovendien is de zetel met de voordeeligste epidemiologische curven deze met gemiddeld de hoogste asgehalten !

Daarom worden, in het raam van een nieuw onderzoek dat financiële steun geniet van de CEG, de mineralen die samen met kwarts voorkomen bestudeerd en gedoseerd.

Na enkele proeven betreffende de identificatie en de dosering van de kleiachtige fractie in inadembaar mijnstof (Laboratorium voor Mineralogie van de Faculté Polytechnique de Mons) bleek het nodig :

- een speciale methodologie op punt te stellen voor het voorbereiden van de monsters en voor het verwerken van de gegevens
- bijkomende ijkingen uit te voeren van de elektronische micro-sonde (JEOL-JXA50).

Hiermee werd opnieuw gestart gedurende het tweede semester van 1980. Elektronen uitgezonden door een verhitte draad worden onder hoogspanning versneld en naar éénzelfde punt gericht waar het te

onderzoeken monster zich bevindt; ze vormen daar een « sonde » met een doormeter van enkele tienden micron. Onder invloed van dit elektronen-bombardement zendt het monster namelijk X-stralen uit die karakteristiek zijn voor de elementaire bestanddelen. Een kwalitatieve analyse is mogelijk door meting van golflengte of van de energie van deze X-stralen nl. door vergelijking van de gemeten activiteit van de karakteristieke banden van het monster en van « doelwitten » van gekende samenstelling.

Nochtans zijn deze activiteiten geen rechtstreekse meting van de gezochte concentraties want er bestaat interactie tussen de karakteristieke X-straling en de stof van onbekende samenstelling. De gemeten grootheden moeten verbeterd worden voor het zgn. « matrix-effect » dat hier hoofdzakelijk afhangt van het reliëf van het monster t.o.v. de grootte van de elektronen-spot; dit verklaart het belang van de voorbereiding van de monsters.

Deze voorbereiding, die ook nodig is voor de kwantitatieve analyse van de mineralenhoudende monsters, moet zodanig uitgevoerd worden dat de te onderzoeken vlakken volmaakt vlak en volkomen gepolijst zijn. De stalen worden gewoonlijk ingebed in synthetisch hars en daarna wordt het te onderzoeken oppervlak geleidend gemaakt (metallisatie door opdampen onder vacuum van een koolstoflaag van enkele tientallen nanometer).

De voorbereiding van de kleiachtige mineralen is moeilijk omwille van hun bladvormige structuur en hun zeer fijne granulometrie (de deeltjes plaatsen zich volgens hun kristalvlakken en zijn weinig geschikt voor polijsten). Dus zoekt men een speciale werkwijze waarbij, uitgaande van een colloïdale suspensie, door sedimentatie een neerslag van georiënteerde deeltjes verkregen wordt.

De proeven hadden tot doel de meest oordeelkundige concentratie te krijgen voor de droge stof van het colloïde teneinde, na de uitdamping, een preparaat te bekomen waarin de verspreiding van de individuele deeltjes zodanig was dat hun ontleding mogelijk werd.

Het waarnemen van de individuele fasen laat identificatie toe op voorwaarde dat de onderzochte mineralen kunnen geklasseerd worden volgens de aard en/of de gehalten van de oxyden die ze bevatten. De studie heeft toegelaten te besluiten dat een dergelijke klassering mogelijk was. Hiervoor beschouwt men vier groepen mineralen; kaolinet, illiet, chloriet en montmorilloniet en elk monster wordt gekarakteriseerd door 5 veranderlijken nl. de verhoudingen van hun massaconcentratie in SiO_2 met deze van Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, MgO , CaO en K_2O .

De bepaling of een korrel tot een van de bovengenoemde groepen behoort heeft een zekere probabili-

teit; de beschouwde veranderlijken laten toe de identificatie met een grote zekerheid uit te voeren.

De verbetering voor het « matrix-effect » werd bestudeerd; ze vereiste een iteratieve methode die convergent blijkt.

Theoretische en experimentele werkzaamheden worden verdergezet teneinde de waarnemingen automatisch te bekomen en te verwerken; zo kan het iteratief proces versneld worden.

d. Atmosferische en industriële luchtverontreiniging

Het laboratorium van het Instituut heeft meege-
werkt aan een proef voor het doseren van lood en cadmium in aanwezigheid van parasitaire bestanddelen. Deze proef was georganiseerd door het Ministerie van Arbeid en Tewerkstelling. Onze resultaten kregen een volle plaats tussen die van een twaalftal aangesloten laboratoria die in totaal drie verschillende ontstoffer-methodes aangewend hebben :

Onze methodes van stofmonstername, van telling en dosering werden toegepast voor enkele concrete gevallen in industriële atmosfeer, namelijk in nabijheid van personeel belast met het toezicht op de mechanische verpakking van gemalen kwarts en in een werkplaats waar glas geblazen wordt bij de herstelling en de transformatie van speciale glasprodukten bestemd voor laboratoria.

Bovendien werden de mogelijkheden bevestigd om met onze scheikundige methode vrij siliciumdioxyde te doseren voor verschillende grootten van de monsters; de methode werd ook uitgebreid tot de ontleiding van mengsels met verschillende mineralen zoals ijzer, lood, mangaan, wolraam,...

2. Stofbestrijding

a. Studie van de ontstoffing bij gebruik van delvingsmachines of afbouwmachines aan de pijleruiteinden

Het probleem is het ontwerp van een ontstoffer geschikt voor het behandelen van de met stof beladen lucht afkomstig van de nis aan de voet of de kop van een pijler, bij delving met een trommelsnijmachine van het type dat door zetel Zolder van de Kempense Steenkolenmijnen werd ontwikkeld.

Omwille van de beperkte plaatsruimte werd voorgesteld de ontstoffer en de ventilator te plaatsen bovenop de (kromlijnige) laadpanzer.

Vanaf het begin werd gekozen voor het principe van een ontstoffer met vochtige impact en dit omdat toestellen van dit type sinds 1972 in gebruik waren en volledige voldoening schonken bij de gemaalde galerijdelving in zetel Beringen.

Ook werd gekozen voor pakketten roosters met tamelijk grote maasbreedte (1 x 1 cm) bestaande uit

tamelijk stevige draad (1 mm of 0,65 mm doormeter) omdat we van mening waren dat deze, in tegenstelling tot roosters met kleinere maasbreedte, niet te vlug zouden verstopt geraken.

Dit vooropgesteld zijnde was het probleem herleid tot het bepalen van de optimale combinatie (aantal roosters, doorstroomsnelheid van de lucht) teneinde een voldoende werkingsgraad te garanderen zonder dat het drukverlies onredelijk hoog opliep.

We hebben een groot aantal proeven uitgevoerd met pakketten van 40, 80 en 160 roosters in draad van 1 en 0,65 mm, in sommige gevallen met een bijkomende venturi. Het debiet water dat verstoven werd bedroeg 5 liter/min en het gebruikte leisteenstof beantwoordde aan de norm DIN-70.

Vooraf hebben we een reeks blanco-testen uitgevoerd (zonder ontstoffer) bij verschillende snelheden om te kunnen rekening houden met de stofsedimentatie. De ontstoffer wijzigt nochtans ook de granulometrie van de stofwolk door het verwijderen van de grootste deeltjes.

Eenvoudigheidshalve zijn we niettemin te werk gegaan alsof de granulometrie niet gewijzigd werd door de ontstoffer. Het is duidelijk dat hierdoor de vastgestelde werkingsgraad te streng beoordeeld werd, dit evenwel in de veilige zin. Om de orde van grootte van deze invloed aan te geven kunnen we zeggen dat de beste resultaten met 0,6 punt zouden toenemen indien geen rekening gehouden werd met de sedimentatie.

Bij gebruik van een filter met 40 roosters bereikt men een globale efficiëntie gaande van 90 % bij 7 m/s tot 95 % ... 96 % bij 13 m/s. Bij nog hogere snelheden blijft de efficiëntie gelijk omdat de met stof belaste druppeltjes zich dan losmaken van de draden en de winst geboekt door het groter aantal botsingen gecompenseerd wordt door het meevoeren van de druppels.

Dunnere draden (diameter : 0,65 mm) geven een kleinere efficiëntie bij snelheden kleiner dan 10 m/s. Dit is in tegenspraak met de theorie volgens dewelke de doeltreffendheid van de impact in eerste benadering omgekeerd evenredig is met de doormeter van de draad.

In ons geval echter blijft het aantal mazen gelijk; de vrije sectie neemt toe vermits de doorsnede van de draden afneemt en dus stroomt een groter aantal bundeltjes lucht door de overhoeks geplaatste roosters zonder een draad te raken. Dit negatief effect overwiegt bij lage snelheid.

Plaats men een venturi, in combinatie met waterverstuiving in het instroomstuk, dan neemt de efficiëntie bij lage snelheden in sterke mate toe doordat het contact tussen de druppeltjes en het stof in de venturi plaats krijgt en de roosters enkel nog dienen als collectoren voor de druppeltjes.

Bij een verdubbeling van het aantal roosters neemt de efficiëntie toe met 5 à 6 % bij lage snelheden (... 7 m/s ...) en blijkt een maximum van 96... 97 % te bereiken bij hogere snelheden.

Met 160 roosters stijgt de efficiëntie tot 98 % bij een snelheid van 8,5 m/s en het toevoegen van een venturi levert geen enkele verbetering meer op.

De drukval is uiteraard kleiner bij roosters met dunne draden (tabel X).

TABEL X

Drukval bij filters met 40 roosters
(mm H₂O)

V (m/s)	Draad van 0,65 mm	Draad van 1 mm
8	35	45
14	110	

Als besluit kan men zeggen dat, indien men genoegen neemt met een efficiëntie van tenminste 97 %, men best een filter kiest met 160 roosters in draad van 0,65 mm bij een doorstroomsnelheid van 8 m/s (drukverlies : $4 \times 35 = 140$ mm H₂O) dan met 80 roosters bij een snelheid van 14 m/s (drukverlies : $2 \times 110 = 220$ mm H₂O).

In het eerste geval slorpt de ontstoffing van 1 m³/s een nuttig vermogen op van ongeveer 1,4 kW met een filteroppervlakte van 0,125 m² terwijl in het tweede geval de sectie zou verminderen tot 0,071 m² (43 %) doch het verbruikt vermogen zou oplopen tot ± 2,2 kW (57 %).

b. Vergelijking van het rendement van ontstoffers ontwikkeld in de mijnlaboratoria van de EGKS

Het Instituut heeft, in het raam van de werkzaamheden van de werkgroep « Stofbestrijding buiten de afbouw » van de Commissie « Hygiëne in de Mijnen » van de EGKS; aanvaard tests uit te voeren om de efficiëntie te vergelijken van de ontstoffers die gerealiseerd werden door andere mijnlaboratoria van de EGKS. Van Cerchar ontvingen we een Engelse ontstoffer « MRDE-Dust Filter » ter bepaling van de efficiëntie volgens onze testmethode en ook met het doel in een eerste fase de correlaties te bepalen om vervolgens te komen tot een eventuele normalisering. Het toestel werd met dit doel ook reeds getest in Groot-Brittannië, Duitsland en Frankrijk.

Het toestel bestaat uit :

- een watertoever in het middelpunt van de waaier van een 25 kW-ventilator; het water wordt stroomopwaarts van de schoepen verstoven onder invloed van de rotatie;
- een schroefventilator met uitwendige motor;
- een filter;

- een druppelcollector bestaande uit een pakket platen die volgens een zig-zag patroon geploid zijn;
- een constant-niveau vergaarbak voor het met stof beladen water; de voeding hiervan gebeurt bij middel van een kraan die door een vlotter gestuurd wordt;
- een pomp voor het rondpompen van het water.

De technische gegevens zijn : hoogte : 1,3 m; breedte : 1 m; lengte : 2,5 m; gewicht : 1.200 kg. Het nominaal luchtdebit bedraagt 3,8 m³/s.

Er werden 17 proeven uitgevoerd met leisteensof DIN-70 in concentraties gaande van 100 tot 2.200 mg/m³ bij twee debieten : 2,0 en 2,6 m³/s. De globale efficiëntie bleek opmerkelijk constant : 98,4 tot 99,0 % met een gemiddelde van 98,67 % ± 0,08 %.

De luchtweerstand hangt sterk af van de vervuiling van de filter : bij het begin van de proeven bedroeg het drukverlies soms slechts 40 mm H₂O doch nam daarna toe om op te lopen tot bijvoorbeeld 65 mm H₂O nadat 5 kg stof verbruikt was (het rondgepompte debiet bedraagt 25 liter/min).

Bij gebruik van hetzelfde stof vinden onze Engelse en Duitse collega's een globale efficiëntie van 99,1 tot 99,34 % bij de debieten tussen 2 en 4 m³/s (dit betekent een MRE-efficiëntie voor inadembaar stof van 91,5 %).

De Franse resultaten zijn niet vergelijkbaar wegens de afwijkende testprocedure : in een galerij en met kolenstof dat fijner is dan DIN-70.

B. Ventilatie - Klimaatregeling

1. Industriële toepassing van de computergestuurde ventilatie

Het doel van dit onderzoek was een gecentraliseerde sturing te verwezenlijken van de regelorganen (regelbare ventilatoren, regeldeuren) teneinde :

- te voldoen aan de eisen die voor het beheersen van het mijngas en het klimaat aan de verluchting worden gesteld
- de gevolgen van incidenten in het verluchtingsnet te verhelpen.

De aangewende methode vereiste drie fasen :

- inzamelen van metingen die de nodige inlichtingen geven over de toestand van het verluchtingsnet (drukverschillen, luchtdebieten) en over de kwaliteit van de verluchting (CH₄, temperaturen);
- de mathematische verwerking van deze gegevens teneinde na te gaan of aan de opgelegde verluchtingsvoorraarden voldaan wordt en, in-

dien dit niet het geval is, de bepaling van de nieuwe regelstanden om aan deze situatie te verhelpen;

- de telesturing van de regelorganen en de controle van hun regelpositie.

Bovendien waren twee computerprogramma's voorzien om de werking van het systeem te verzekeren :

- de valideringslogica van de metingen eigen aan de regulatoren (om zeker te zijn dat elk regelorgaan zich in de gewenste toestand bevindt);
- de bewakingslogica van de toestand van het net (om na te gaan of er geen belangrijke afwijking bestaat tussen het mathematisch model van het net in het computergeheugen en de fysische werkelijkheid).

In de loop van de jaren werden echter enkele vereenvoudigingen aangebracht aan deze methode :

- de metingen van het mijngasgehalte en het klimaat worden niet meer rechtstreeks verwerkt (de voorwaarden worden door de verluchtingsingenieur opgelegd na nazicht van de metingen);
- de bewakingslogica van het net werd tot nu toe niet in de computer ingevoerd;
- het aantal regelorganen onder controle van de computer was beperkt : 1 ventilator en 2 deuren [3][4].

Toch worden in zetel Waterschei volgende metingen overgebracht naar de bovengrond :

- hoge en lage CH₄-gehalten (toestellen GTM-Cerchar met eigen voeding);
- luchtsnelheid (toestellen AMT-Cerchar met eigen voeding);
- drukverschil (toestellen Hartmann und Braun CMR 700, met voeding ontwikkeld door UCL);
- droge en vochtige temperaturen (meetsonde en voeding UCL);
- CO gehalte (Unor-toestellen).

Onvermijdelijke belemmeringen omwille van de uitbating waren oorzaak van de onmogelijkheid gedurende een voldoende lange tijd te beschikken over 3 regelorganen met duidelijke onderlinge invloed. Hierdoor was het onmogelijk het experiment door te voeren volgens de vooropgezette beginselen. Om die reden werd een inspanning geleverd om, gelijktijdig met het verbeteren van de regelmethodes, de reeds bereikte positieve resultaten veilig te stellen en voornameklik de oudste gedeelten van de datalogger te hernieuwen; deze hadden immers een zekere mate van degradatie ondergaan zowel door de tijd als door de tests en de wijzigingen die achtereenvolgens aangebracht waren.

Volgende werkzaamheden werden uitgevoerd : uitbreiding voor andere te meten grootheden en uitbreiding van het aantal beschikbare kanalen.

Een speciale multiplexerkaart, gebouwd door UCL, heeft het mogelijk gemaakt 16 kanalen van de datalogger die normalerwijze de aleatoire signalen behandelt, voor te behouden voor de permanente CO-metingen. Ten behoeve van het toezicht op de ondergrondse klimatiseringsinstallaties is voorzien het aantal telepsychrometer-metingen te verhogen.

Bovendien werd in juni 1980 beslist een bijkomende datalogger aan te kopen waardoor 64 kanalen meer ter beschikking kwamen. Het in dienst nemen ervan bracht niet enkel hardware aanpassingen mee doch ook software wijzigingen. Daarom werd besloten :

- de interface tussen de computer en de datalogging te hernieuwen zodat 4 × 64 kanalen kunnen afgetast worden (hierdoor werd het mogelijk de 4 beschikbare dataloggers, het reservetoestel inbegrepen, in dienst te zetten);
- de monitoring-programma's aan te passen aan de nieuwe toestand; dit tamelijk omslachtige werk is in uitvoering.

Gelijktijdig met de « vernieuwing » van de datalogger werd de inspanning voortgezet om de werking van de telegestuurde regeldeuren te verbeteren.

We hebben hierbij allerlei moeilijkheden ontmoet :

- *mechanische moeilijkheden* : de hydropneumatische stuuryylinder was ontoereikend om de nodige trekkracht op de kleppen uit te oefenen wanneer de drukval over de deur 200 mm H₂O overschreed. Eind september werd een proef uitgevoerd met één enkele klep; de werking was volkomen bevredigend;
- *moeilijkheden te wijten aan de kwaliteit van de meetwaarden* : een grondig nazicht van al de transmissielijnen bracht een systematische fout aan het licht op de hoekmeting (meetwaarde 3 graad in gesloten toestand) en een meetfout waarschijnlijk te wijten aan een lek in de verbindingsslangen van de elektromanometer. Bovendien werd de meetnauwkeurigheid van de luchtsnelheid met ATM verbeterd door het meetbereik terug te brengen van 0-5 m/s tot 0-3,3 m/s;
- *moeilijkheden bij de toepassing van de valideringslogica* :

- De functie $f(p, Q, \alpha) = 0$ die het verband legt tussen de drukval p , het luchtdebit Q en de hoekstand α werd geverifieerd; de nieuwe metingen brachten aan het licht dat de allure van de curve dezelfde was gebleven, doch dat de constante term, die het debiet aangeeft voor hoekstand $\alpha = 0$ (klep gesloten), afgangen was (misschien tengevolge van een kleiner lekdebit via het omringende terrein ?). Na verbetering zowel van de metingen als van de functie $f(p, Q, \alpha)$ zijn we erin geslaagd het debiet constant te houden aan de consigne waarde ± 1 m³/s; dit is voor de praktijk voldoende;

• In de programma's werden nog enkele anomalieën ontdekt en verbeterd, o.a. een overdreven afrondingsfout:

• Er werd een middel uitgedacht om de validering logica uit te schakelen na elke regelactie. Deze inhibtie was nodig gebleken omdat de valideringstest bijna systematisch mislukte na een regelactie.

Na al de hierboven beschreven ingrepen is men erin geslaagd de regeldeur op bewijzende wijze van op afstand te sturen. De voorheen vastgestelde blokkersituaties komen niet meer voor en de oscillaties bij het regelen zijn zeer klein voor zover men een kleinere waarde optelt voor de regelcorrectie per debietafwijking van $1 \text{ m}^3/\text{s}$. De responsijd van het systeem neemt iets toe tot 3 à 4 minuten wat aanvaardbaar is rekening houdend met de gevraagde nauwkeurigheid ($\pm 1 \text{ m}^3/\text{s}$ t.o.v. de consigne-waarde).

2. Studie van verluchtingsproblemen - IJking van meetapparatuur

Op aanvraag van de Kempische Zetels werden dit jaar drie speciale studies uitgevoerd betreffende

- de mogelijkheden en de gevolgen van een eventuele verbinding tussen twee zetels;
- het aantal, de karakteristieken en de optimale plaats van de nodige hulpventilatoren teneinde de ventilatie te verbeteren in één of meerdere afdelingen van een zetel die reeds in verbinding staat met een andere zetel;
- het opstellen van het mathematisch model van het verluchtingsnet van een andere zetel om de werking van de hoofdventilator te bestuderen voor het geval dat een groter luchtdebit gewenst wordt op de verdieping die het belangrijkste deel van de produktie moet verzekeren.

Om de nodige metingen uit te voeren hebben de technische diensten van het Instituut 46 schoepen-anemometers en 2 drukverschilmeters gekocht.

3. Meting van de gesteentetemperatuur in situ

De temperatuur van het gesteente in situ is een van de belangrijkste parameters bij de berechningsmethodes van het ondergronds klimaat. Op dit gebied bestond voor het Kempisch bekken slechts zeer weinig informatie (de toestellen en methodes die door het Instituut in 1950 op punt gesteld werden zijn delikaat en zekere essentiële onderdelen kunnen niet meer verkregen worden).

Door de Bergbauforschung te Essen werd onlangs een eenvoudig toestel ontwikkeld om dergelijke metingen uit te voeren. Na de nodige contacten werd volgend programma verwezenlijkt:

- een instructieweek in zetel Waterschei, onder leiding van een specialist van de Bergbauforschung, bestaande uit een namiddag, waarop de meetsonde werd voorgesteld, gevolgd door 4 dagen waarop metingen in de ondergrond werden uitgevoerd en waaraan werd deelgenomen door het I.M.H., de verluchtingsdiensten van de KS-zetels en twee ingenieurs van het Mijnwezen;
- een reeks bijkomende metingen in zetel Waterschei.

In totaal werden 9 metingen uitgevoerd in de ondergrondse werken van zetel Waterschei op 700, 807, 920 en 1.040 m in punten gelegen tussen 598,3 en 954,8 m onder de zeespiegel. De resultaten varieerden van 32,0 tot 47,9°C.

Een eerste vaststelling is dat de isotherme vlakken niet horizontaal verlopen: één der factoren hierbij is het al dan niet bestaan van vloerafgaande delijke uitbating in de omringende terreinen.

Na het bekomen van een agrantie op een afwijking voor het gebruik van het toestel is het I.M.H. zinnens een « kadaster » aan te leggen van de gesteentetemperaturen in de verschillende zetels van de Kempen.

4. Studie van het klimaat en de verluchting in voorbereidende werken die mechanisch gedolven worden met tunnelboormachines

De technische en technologische problemen bij het eventueel gebruik van tunnelboormachines werden door de Studiediensten van de Kempense Steenkolenmijnen en enkele gespecialiseerde firma's onderzocht. Het Instituut heeft zich beziggehouden met de verluchtingsproblemen en met de studie van het klimaat.

Voor een eerste benadering werd de berekeningsmethode, die reeds in 1950 voorgesteld werd door het Studiebureau van de Nederlandse Staatsmijnen [1] aangepast voor een programma op een zakrekenmachine HP-67.

Niettegenstaande de beperkingen van deze rekenmethode (constant debiet over gans de kokerleiding, gesteentetemperatuur onafhankelijk van het reeds gedolven gedeelte, d.w.z. van de ouderdom van de galerij, onnauwkeurige bepaling van de watertemperatuur op vochtige oppervlakken, enz...) liet de studie van de varianten toe te besluiten dat afkoeling van de lucht onvermijdelijk zou zijn; tevens konden de maximale galerijlengten bepaald worden bij toepassing van afkoeling.

Daarna werd met behulp van een speciaal programma ontwikkeld door de Bergbauforschung te Essen, nagegaan welke de meest oordeelkundige positie was van de koelinstallatie (plaats van de koude bron in de luchtkokerleiding). Een twaalftal varianten

werden uitgevoerd voor een te delven lengte van 4.000 m (binnendoormeter van de panelen 4,80 en 4,20 m), een dagelijkse vooruitgang van 15 m in gesteente met een oorspronkelijke temperatuur van 40° C; het te bereiken doel was een effectieve temperatuur $\leq 28^{\circ}\text{C}$ van het front en $\leq 30^{\circ}\text{C}$ in de galerij vertrekende met frisse lucht in de toestand $t_{\text{u}} = 28^{\circ}\text{C}$ en $t_{\text{v}} = 24^{\circ}\text{C}$.

In de varianten waar de koude bron zich in de kokerleiding bevindt op een andere plaats dan aan de ingang (juist achter de ventilator) werd steeds verondersteld dat de koudwaterleidingen geïsoleerd werden. Een ander programma werd éénmaal toegepast om rekening te houden met het koeleffect van niet-geïsoleerde leidingen.

De besluiten van deze studie bevestigen deze van de eerste benadering: afkoeling is onvermijdelijk zelfs met luchtvoortstuwingen van 10 m^3/s en een goed verzorgde afdichting van de luchtkokerleiding. Onderliggend blijkt dat een variatie met 2°C van de gesteentetemperatuur resulteert in een variatie met 1°C van de effectieve temperatuur. Afkoeling van de lucht in de kokerleiding in de nabijheid van het werkfront

geeft de beste resultaten; toch is dan nog een minimaal vermogen van 400 kW vereist.

Dezelfde berekeningen werden uitgevoerd voor een dagelijkse vooruitgang van 12 m, een galerijlengte van 1.500 m, bekleed met klassieke panelen (binnendoormeter : 4,2 m; paneeldikte : 0,20 m). Al de rest gelijkblijvend, blijft afkoeling noodzakelijk; de te installeren vermogens zijn echter veel kleiner.

C. Enquête

De voornaamste resultaten van de jaarlijkse enquête uitgevoerd door het Instituut op de gebruikte stofbestrijdingsmiddelen in de Belgische Steenkolenmijnen vindt men in tabellen XI en XII. Zoals elk jaar geven deze tabellen de lengte van de pijlers waarin regelmatig de klassieke stofbestrijdingsprocédés worden toegepast: waterinjectie in de laag, vochtige ondersnijding, besproeiing van het kolenvoorfront... De frontlengte waar meerdere van deze technieken gelijktijdig worden aangewend is aange-

TABEL XI

Totale lengte van de pijlers (m) waar vochtige stofbestrijdingstechnieken regelmatig toegepast worden. Toestand einde 1979 en 1980

Bekkens	Kempen		Zuiden		Samen	
Referentiejaar	1979	1980	1979	1980	1979	1980
Aantal pijlers in bedrijf	38	40	8	4	46	44
Lengte van de ontgonnen fronten (m)	8.744	9.269	1.311	680	10.055	9.949
<i>I. Stofbestrijdingstechnieken toegepast op de plaatsen waar het stof gevormd wordt</i>						
1. Totale lengte van de behandelde pijlers (m)						
— Besproeiing van de fronten	4.342	2.347	175	—	4.517	2.347
— Waterinjectie in de laag	2.448	1.911	175	—	2.623	1.911
— Vochtige ondersnijding	873	1.667	—	—	873	1.667
Totale behandelde lengte (m)	7.663	5.925	350	—	8.013	5.925
2. Lengte van de behandelde fronten met verschillende van deze procédés samen (m)	1.515	640	175	—	1.690	640
3. Werkelijk behandelde lengte (m)	6.148	5.285	175	—	6.323	5.285
<i>II. Waterverstuiving in de pijlers</i>						
1. Totale lengte van de behandelde fronten met waterverstuiving in de pijlers (m)	7.871	7.853	1.055	680	8.926	8.533
2. Lengte van de behandelde fronten met één van de hierboven vermelde procédés samen met waterverstuiving in de pijlers (m)	5.275	3.869	175	—	5.450	3.869
3. Lengte van de behandelde fronten alleen met waterverstuiving (m)	2.596	3.984	880	680	3.476	4.664
<i>III. Lengte van de natuurlijk-vochtige fronten beschouwd als weinig stofferig (m)</i>						
	—	—	256	—	256	—

TABEL XII

Stofbestrijdingstechnieken die normaal ter beschikking staan van het personeel
in de voorbereidende werken tijdens het boren
Toestand einde 1979 en 1980

Bekkens	Kempen		Zuiden		Samen	
	1979	1980	1979	1980	1979	1980
Aantal fronten in delving	37*	39**	—	1	37	40
Fronten uitgerust met						
— stofopvangers voor droogboring	—	—	—	—	—	—
— boorhamers met centrale waterspoeling	33	35	—	1	33	36
— ontstoffer	1	2	—	—	1	2
Fronten met stofbestrijding	34	37	—	1	34	38

* waarvan 6 binnenschachten en 1 mechanische galerijdelving
** waarvan 2 binnenschachten

geven evenals de preventiemiddelen die normaal ter beschikking van het personeel worden gesteld tijdens het boren in het gesteente.

BIBLIOGRAFIE

- [1] DE BRAAF W. : L'échauffement de l'air de ventilation dans les puits et les voies d'entrée d'air. *Geologie en Mijnbouw*, 1951, 13, 4. 117/154.

- [2] MINETTE A. : Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne gedurende het jaar 1978. *Annalen der Mijnen van België*, 1979, 12, 1109/1130.
[3] MINETTE A. : Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne gedurende het jaar 1979. *Annalen der Mijnen van België*, 1980, 12, 1111/1132.
[4] PATIGNY J. : Computergestuurde ventilatie in zetel Waterschei van de Kempense Steenkolenmijnen. *Tijdschrift van het Instituut voor Mijnhygiëne*, 1979, 34, 1, 3/21

Selection of Coal Abstracts

By kind permission of the Technical Information Service of the International Energy Agency, we publish in each number a selection of summaries of articles and publications which have already appeared in « Coal Abstracts ». The intention is to provide regular information, classified by subject, on all the latest innovations.

Anyone wishing to take out a subscription for « Coal Abstracts » (which appears monthly), should write to : Mr. I.H. Hogg, Head, Technical Information Service, IEA Coal Research, 14-15 Lower Grosvenor Place, London SW1W OEX, England.

COAL INDUSTRY

3679

CERCHAR's contribution towards the revival of coal

Tech. Energ. ; (43) ; 64-66 (Dec 1980)

Brief review of the methods and research programmes which represent CERCHAR's contribution towards the resurgence of coal in the industrial sector, in accordance with governmental energy policy. Describes investigations into direct coal combustion, its uses in pulverized form, the problems of pollution, handling and stocking, and the problematic aspects of coal preparation. Reviews the research and testing equipment : test rigs and pilot plants, coal indexing systems, apparatus for the investigation of the self-heating and ignition properties of coal, pilot-scale hydrogenation plant, calcination and fluidized-bed combustion plants at the Marienau test station. (In French)

3681

Coal research projects - United Kingdom

IEA Coal Research

ICTIS-RES - 01 London, UK, IEA Coal Research, Technical Information Service, 168 pp (Apr 1981)

Contains a compilation of 1320 projects on coal-related technology in progress or recently completed in the United Kingdom in 1980. (Available from IEA Coal Research)

RESERVES & EXPLORATION

3687

Exploration drilling equipment

Min. Mag. ; 144 (2) ; 157-176 (Feb 1981)

A review is presented of exploration drill rigs. Five categories of drill rigs are considered : percussion types with tools suspended on cables or on rods ; light rotary machines fitted with augers or other tools for relatively shallow depth ; top hammer drills which collect chip samples and can drill inside casing tubes ; rotary core drills with mechanical transmission which normally utilize diamond bits ; and hydraulically driven rotary drills with separate rotation motors for drilling with drag, roller-cone or coring bits or with down-the-hole hammers.

3690

Horizontal core drilling in order to explore mineworks

Bernauer M.

Bergbau ; 31 (9) ; 512-518 (Sep 1980)

The BMFT-sponsored research project presented, concerns a drilling technology for underground, horizontal core drills up to a length of 1000 m in stratified, carboniferous rocks where a given drilling direction is to be followed as exactly as possible. The concept of the new system is described along with some above-ground and underground experiments. (In German)

3691

Seismic surveying in British coalfields

Ziolkowski A.

Min. Eng. (London) ; 141 (234) ; 605-615 (Mar 1981)

Modern deep underground coal mining technology demands the existence of convenient areas of undisturbed coal for continuity of production. Unexpected discontinuities in the geological structure dramatically increase mining costs and can halt production locally for months at a time. High resolution seismic surveys can be used to reduce costs by identifying areas of coal with a low intensity of structural disturbance. The need to apply such techniques to the planning of new mines and extensions of existing mines is obvious. But there have been several cases where the method has failed and money has consequently been wasted on seismic surveys, giving rise to the view — still held in some quarters — that geophysics does not work. It is against this background that the NCB decided to appoint geophysicists of their own. They have now succeeded in making the technique work in a variety of mining situations, both on land and under the sea and for both new mines and existing mines. There are still a few places where, so far, the Board have still failed to obtain usable results. Nevertheless in most parts of the country the technique is viable and can be used to avoid what would certainly be far higher mining costs. The argument is illustrated with examples from several British coalfields. These show that current expenditure of about four million pounds per year will save several million tonnes per year of lost production.

MINING

3713

The logical course in planning an opencast mine

Goergen H. ; Hupp H. ; Stoll R.D.

Raw materials winning in opencast mines, Essen, FRG, 12 May 1980. Braunkohle 32 (8) ; 223-229 (Aug 1980)

Explains the logical way to plan an opencast mine incorporating the latest knowledge in opencast mine technology. Taken as example is a loose rock opencast mining operation. The clearing plan, drilling plan and the resulting deposit and special maps as well as the other necessary planning documents are covered. Computation of quantities, optimal limitation of the mining area, the development stages in the mining and dumping operations, including the residual overburden as well as the critical mining level are discussed. The subsequent planning and the demands to be set for optimal follow-up mining are covered, likewise the criteria for the selection of equipment in principle. (In German)

3714

Technical and economic planning conditions for the drainage system in loose rock opencast mining

Puetz W.

Raw materials winning in opencast mines, Essen, FRG, 12 May 1980. Braunkohle ; 32 (8) ; 248-252 (Aug 1980)

Using the latest mining technologies it has become increasingly more interesting to mine sections of deposits which were seen to be uneconomic before the general energy crisis. These also include deposits in loose rock given at greater depths which, as a result, are often burdened with high drainage costs. The presentation of the water economy area unit for the opencast mine, which is important for the planning of every opencast mining operation, is explained step by step. The study of the entire water balance in the areas concerned, calculation of the possible effects of different measures on the surroundings and, consequently, the minimisation of same are covered. This also includes substitute water supplies. Based on practical experience, the author gives detail of the methods of modern opencast mine dewatering by means of quickly produced, efficient gravel-packed wells, including the specific advantages and disadvantages. Possibilities for cost-effective solutions to opencast mine drainage problems and systems which may be used to solve several hydrological problems are shown. (In German)

3716

The Grefrath central mechanical workshop of Rheinische Braunkohlenwerke A.G. Development trends and conception of a mechanical workshop

Storck L.

18. session of the DEBRIV committee on workshops in industry, Fortuna, FRG, 24 Oct 1979. Braunkohle ; 32 (9) ; 278-283 (Sep 1980)

Delineates the main tasks and processing possibilities of the mechanical workshop within the Central Workshop of Rheinbraun. By means of examples of typical machine tool components, measuring systems and levels of automation, technical developments of finishing machines are illustrated. Tool design and cutting materials influence efficiency. Critical organizational factors with regard to social interests, work bases and breakdown of operational stocks are indicated. Measuring and test tasks round out the report.

3717

Opencast coalmining (Exploitation de charbon à ciel ouvert)

Champier G. ; Simand R. and others

St. Etienne, France, Houillères du Bassin du Centre et du Midi, 32 pp (1980)

This document contains general information about opencast mining in France, its history and the technical and economic problems associated with the method, particularly as regards site restoration. It lists recent developments in opencast methods in the Centre-Midi coalfield (Decazeville, Blanzy, Grasses-sac, Ales, Saint Etienne), and reviews the technical and economic problems involved. The cost price of the coal extracted is discussed, as are the various stages of starting and operating a mine. The article closes with the environmental problems caused by opencast methods, and the harmful effects of this type of mining. (In French)

3730

Mining in the Provence coalfield

Reynard M

Ind. Miner. (St.-Etienne, Fr.); 62 (6) : Suppl. ; 81-92 (Jun 1980)

Gives a historical account from the outset to nationalization followed by the law of 17th May, 1946, which brought about the amalgamation of the 3 mining companies. Looks at mining operations from 1946-1980; gives an account of the general characteristics of the deposits, the state of the workings on nationalization, developments at the colliery since nationalization, the Gerard shaft, the major Meyreuil-Greasque Complex, concentration on a single colliery, mechanization of both bord and pillar and longwall workings, mechanization of development headings and transport systems, remote-control and telecommunications, manpower and mechanization. Gives the mining results of the prospecting programme; the vibro-seismic campaign shows how the deposits extend to the W. and the N. Discusses construction of the Complex which forecasts total disposals of 42 million tonnes by the year 2009. (In French)

3731

The future of Dutch coal : possibilities and impossibilities, a personal view

Velzeboer P.T.

Geol. Mijnbouw ; 59 (4) : 313-325 (Dec 1980)

The possibility of a re-introduction of coal mining in the Netherlands is reviewed together with the possibility of again producing energy from Dutch coal deposits in any way at all. (In English and in Dutch)

3732

The drivage of initial sections of the surface drifts at Prince of Wales and Allerton Bywater Collieries

Allsop P.I.

Min. Eng. (London) ; 141 (234) : 617-628 (Mar 1981)

The method of construction and the problems encountered when driving the initial sections of the Prince of Wales Surface Drifts during 1975/76 are described. Information is given about the manner in which the difficulties were overcome, and the bearing which the problems had on the subsequent design of the Allerton Bywater Surface Drift. A portrayal of the works undertaken in 1977/78 at Allerton Bywater Colliery is provided, these works involving techniques and equipment which have previously been utilized rarely or not at all in the coal mining industry in comparable circumstances. It was necessary for the Allerton Bywater tunnel to pass through a goaf containing water, and a previous bed of sandstone containing water under pressure. As these measures lay at a shallow depth, the appropriate zones were capable of treatment by pressure grouting from the surface; information relevant to this operation is provided. Physical and financial data are presented in summary form; resulting from the experience gained, a number of observations are made and courses of action advocated.

3733

Studies in Virgin Strata Temperature with special reference to the NCB's Western Area Mines

Verma Y.K.

Min. Eng. (London) ; 141 (234) : 655-663 (Mar 1981)

Results of Virgin Strata Temperature (VST) measurements taken in the Western Area's North Staffordshire and Lancashire Coalfields are presented. Earlier reliable VST measurements in the two coalfields by other research workers are also included. Values of terrestrial heat flow in the different parts of Great Britain have been tabulated. It has been found that VST at a given depth, the geothermic gradient, and the terrestrial heat flow vary from one area to another and in some cases from one part of a mine to another. Geothermic gradient and sometimes terrestrial heat flow also vary with depth. Therefore, it would not appear correct to lay down one depth limit with a climatic point of view for the whole country beyond which no mining should proceed.

3734

Improvements in sprayed concrete application methods in coal mines

Sato K.

29. conf. of coal mining engineers, Tokyo, Japan, 20-23 Oct 1980. Tokyo, Japan, Japan Coal Association, pp 1-4 (1980)

Describes research being conducted in Japan into the application of sprayed concrete in underground coal

mines as a means of providing the roadways with fire-resistant coatings. Tests were aimed at achieving high quality and high efficiency of spraying operations, and emphasis in this report is on the supply of aggregate to the equipment. (In Japanese)

3739

Closure in a drivage formed behind an NCB in-seam heading machine

Mallory R.

Colliery Guardian ; 229 (2) ; 53-54, 57-58 (Feb 1981)

The author reports on a study at Cotgrave Colliery in which roof, floor and roadway movements were monitored. Drivage and support methods are indicated, and factors influencing the movement of the roadway roof, floor and sides are discussed.

3740

Strata behaviour around mine workings ; rock bursts in the Provence coalfield

Josien J.P.

Ind. Miner. (St-Etienne, Fr.) ; 62 (6) ; Suppl. ; 100-110 (Jun 1980)

Gives a general picture of typical strata-movement in the deposits and describes rock bursts accompanied by sudden rock projections within the seam. Describes the formation of rock bursts, the magnitude of which is a direct function of the available energy potential prior to the bursts ; this potential is dependent upon the volume under stress, the layout of the working and the stress-level reached. Discusses locations of rock bursts with regard to working conditions and the behaviour of the solid ahead of the coal face. Also looks at the detection of danger zones, treatment of the solid and future prospects. (12 refs.) (In French)

3752

Design, fabrication and testing of a low headroom conveyor transfer chute. Final technical report.

Douglas S.B. ; Larson P. Foster-Miller Associates, Inc., Waltham MA (USA)

DOE/ET/14256 - 1 28 pp (Dec 1980)

The increased usage of belt conveyors has provided higher levels of productivity than otherwise obtainable. It is generally recognized that most problems with belt conveyors occur at the loading and transfer points ; it follows naturally, then, that for a high production operation, all belt conveyor transfer points must be designed, installed, and maintained with utmost care. The US Department of Energy has determined that there is a need for a low headroom

conveyor transfer chute. The use of such a chute would provide several benefits, noted below : the amount of roof required to be taken to provide sufficient vertical space for the transfer point is minimized ; less maintenance is required at the transfer. A good chute design produces less spillage, requires less adjustment, and operates satisfactorily under a wide range of material types and loading conditions ; performance is improved. Loads are centered, keeping the belts trained, and dust and noise generation is minimized, enhancing the work environment ; lower costs are incurred by the operator. The proper chute will wear out less frequently, will not damage the belt due to excessive impact of detaining tendencies, and will require less continual spillage maintenance. This report describes the conceptual design efforts of Foster-Miller Associates, Inc. to develop a low headroom conveyor transfer chute.

3769

Diesel exhaust - health effects

Lachtman D.S.

Min. Congr. J. ; 67 (1) ; 38-41 (Jan 1981)

The author discusses the effects of diesel exhaust at the concentrations found in underground mines, and lists the estimated emissions of various compounds. The results from health studies have been inconclusive, but there is no evidence that exposure to diesel exhaust is associated with adverse health effects. The exhaust components of greatest health impact are NO₂ and particulates.

3771

Environmental aspects of developing technology

Whittaker D.

Min. Eng. (London) ; 141 (234) ; 665-671 (Mar 1981)

The consequences for the underground environment of the technological developments leading to higher coal face outputs are considered under the headings of dust, firedamp, noise and heat. Reasons are given for concluding that on every count the environment is threatened. Dose-related hazards such as dust and noise today often achieve acceptable shift-mean levels only because production is intermittent. The mine climate, too benefits considerably from storage of strata heat during production activity and its subsequent release during inactive periods. All three will be vulnerable to attempts to increase production by reducing « lost time ». Fire damp emission is shown to increase in direct proportion to any sustained rise in production. While some features of the environment do not show such a direct dependence, all will worsen with increasing coal output if remedial action is not

taken. Practical counter-measures are discussed, with the emphasis on prevention by action at the early planning stages of new developments. Attention is drawn to the potential harm to the underground climate of increasingly powerful machinery and it is suggested that it is time to review this trend, particularly for the power loader and the armoured face conveyor.

3778

Introduction and use of fire-resistant fluids in underground mines in British Columbia

Carter T.G.

CIM Bull. ; 74 (826) ; 63-68 (Feb 1981)

The basic principles of hydraulic systems are reviewed in order to present the effects of changing from mineral oils to fire-resistant fluids.

3783

Contributions to automation in mining

Eckener U. ; Reimer D.

Dornier-Posti (Engl. Ed.) ; (3) ; 27-28 (1980)

Three Dornier projects for automation in mining are presented : systems analysis for an integrated control and monitoring system for electric systems and machinery in underground mining ; cutting head control system for the Roboter selective header ; feasibility study for a better sequential control of shield supports.

3787

Fire-resistant fluids

Marez J.C.

Energ. Fluide ; (123) ; 38-52 (Nov 1980)

This is an informative report of a practical nature on fire-resistant fluids ; it sets out the main properties and utilisation characteristics of the fluids, so as to help users to choose between the fluids available and to aid their usage. Lists the main fire hazards of hydraulic fluids in industry. Standard A : recommendations and tests : the main fire-resistant fluids and their composition ; Category A (oil-in-water dispersion), Category B (oil-in-water emulsion), Category C (water glycol), Category D (esters and chlorinated organic derivatives). Presents the selection criteria for fire-resistant fluids and data on fire resistance and intervention times. Includes a comparative table of properties and characteristics of fire-resistant fluids and mineral fluids. (In French)

3788

Digging a mining niche for itself

Aust. Min. ; 72 (10) ; 28,30,32,34 (Oct 1980)

The article draws a comparison between dragline power shovels, hydraulic power shovels and tyre-mounted loaders. The author presents the numerous financial and technical advantages of the hydraulic power shovel : better penetration, improved selectivity, greater output, etc. The second section presents a comparison between the hydraulic motor and the electric motor.

3790

Point attack tools : an evaluation of function and use for rock cutting

Hurt K.G. ; Evans I.

Min. Eng. (London) ; 141 (234) ; 673-675 (Mar 1981)

Point attack tools are being increasingly used in the cutting elements of roadheaders. The results of recent research at MRDE on their behaviour in cutting rock are summarised. For comparable cuts, sharp point attack tools require higher forces than sharp wedge-shaped tools. As both types become worn, the ranking order is reversed. For all tools, the deeper the cut the greater the efficiency. In laboratory tests point attack tools made more respirable dust and had a higher potential for producing methane ignitions. Point attack tools may wear better, this attribute being promoted if they rotate in the holders. The rotation produces uniform wear, not « self-sharpening ». Top fracture potential is about the same for both point and wedge types. Point attack tools have value where resistance to abrasive wear is desirable, but a good depth of cut should be taken with them. In any projected use their environmental disadvantages should be considered. A theoretical analysis indicates that the same fundamental model of rock breakage is invoked by both wedge and point attack tools.

3793

Ventilation equipment on longwall power loaders

Min. Environ. Bull. ; 4 ; 10-11 (Mar 1981)

The « flat venturi » ventilating device is described, which directs a flow of air and water down the face side of the machine towards the bottom disc. Faults that may cause these ventilators to be ineffective, and monitoring the airflow to the hollow shaft ventilator are discussed.

3803

Progress in the manufacture of longwall mining equipment

Morgan D.

Aust. Coal Miner. ; 2 (11) : 40-49 (Nov 1980)

A detailed examination is made of major facets of longwall equipment operation with particular reference to powered supports, power loaders, AFCs and face ends problems and developments. Stage loaders and important aspects of gate and trunk conveying systems are afforded similar treatment. In all cases where current problems with equipment are exposed, development proposals are discussed for their solution.

PREPARATION

3815

Preparation of low ash coal for carbonisation and conversion processes

Jowett A.

Australas. Inst. Min. Metall. Proc. ; (275) : 5-16 (Sep 1980)

Coal properties which are significant in relation to preparation for carbonisation or conversion are reviewed, and existing preparation techniques which have been used for the production of cleaned coal of suitable ash content and petrographic composition are described. Possible application of these techniques to some Australian coals is examined briefly. It is concluded that further work is required on the optimization of selective crushing and concentrating operations with the aim of maximizing production of quality carbonisation product mainly from Australian seams with only moderate coking characteristics.

3825

Demineralisation of coal by oil-agglomeration

Sarkar G.G. ; Konar B.B.

J. Mines, Met. Fuels ; 28 (5) : 103-108 (May 1980)

Oil agglomeration can be an economic way of cleaning coking coals. The status of development of the process in India and elsewhere is examined, and the results of laboratory-scale tests are reported. A disadvantage of the process is its high oil consumption. This can be reduced by about 25 % by using an additive during conditioning. 50-70 % of oil can be recovered from the agglomerates by heat treatment : the high-ash rejects from the jigs may be burnt in a fluidized bed and the heat produced may be used for

oil recovery. Commercial grade aluminium sulphate and ferrous sulphate have been recovered in the laboratory from agglomeration tailings.

3830

State of the art and further development of coal preparation

Leininger D.

Bergbau ; 31 (10) : 556-559 (Oct 1980)

The state of the art of coal preparation is quite advanced in the Federal Republic of Germany. The state of the art of process and machinery technology makes it possible to have only one machine for every process stage of coal preparation with a throughput of about 1200 t/h. New problems occur due to the development of raw coal properties and to the varying market situation. Process stages in coal preparation plants and goals for research and development in coal preparation are described. (B.G. Germany)

TRANSPORT & HANDLING

3845

Mineral recovery from US coals

Vanderburgh N.E. Los Alamos Scientific Lab., NM (USA)

LASL - 80-24 (BRIEF) 4 pp (Sep 1980)

This paper proposes that the coal transported in slurry pipelines be chemically processed during transport (transport time 2 weeks for 1000 miles) to recover the following elements or minerals during transport : titanium, aluminium, germanium, indium, beryllium, zirconium, and barite. High grade ores of these elements are being depleted and extraction from low grade ores is expensive because of the large amounts of rock to be handled. The coal will be mined for fuel and will be available for processing for a reasonable time period and in a suitable form during slurry pipeline transport. (LTN)

3869

Comparison of soluble organic matter in coals : relation to rank and liptinite fluorescence

Radke M. and others

Geochim. Cosmochim. Acta ; 44 (11) : 1787-1800 (Nov 1980)

Study of a series of 26 German high-volatile bituminous B to low-volatile bituminous coals of Upper

Carboniferous age by recently refined analytical methods reveals that yield and composition of soluble organic matter are strongly controlled by rank. In particular, the following points of inflection are noted in rank trends around 0.9 % vitrinite reflectance ; a maximum in yields of total soluble organic matter, aromatic hydrocarbons and n-alkanes ; the most pronounced change in aromatic hydrocarbon composition ; a trend reversal for pristane/phytane ratios ; a gradient change in odd/even-predominance of long chain n-alkane ; appearance of a bimodal n-alkane distribution ; and a sharp drop in concentration of individual n- ; and isoprenoid alkanes.

3876

Continuous on-line nuclear analyzer of coal

Rogers R.S.C. and others

Min. Congr. J. ; 7(1) ; 44-47 (Jan 1981)

A continuous, on-line, nuclear analyzer (Conac) has measured C, S, H, principal elements in the ash, moisture and calorific value in laboratory tests. A full-scale « rapid sulphur meter » has been installed in a power plant. Prompt neutron activation analysis is used for elemental analysis ; moisture content is measured by capacitance or microwave techniques. Calorific values are calculated by the system from the C, H, S and moisture measurements. A batch-type rapid sulphur meter is being developed to analyze sulphur in coal in bins, and a Conac is being developed for laboratory use in nondestructive analysis e.g. of borehole samples.

PROCESSING

3902

Direct method for the prediction of expanded bed height in liquid-solid fluidization

Ganguly U.P. (Indian Institute of Technology)

Can. J. Chem. Eng. ; 58 (5) ; 559-563 (Oct 1980)

This investigation was undertaken for predicting directly the expanded bed height or bed voidage for heterogeneous systems fluidized with water. The materials investigated include crushed particles of coal, graphite, limestone, chalcopyrite, magnetite, and uncrushed sand. A simple correlation was developed that gives the expanded bed height directly without determining the porosity of the bed. The method is relatively simple and reasonably accurate as compared to other methods. (32 ref.)

3904

Coal refining for the heating market

Specks R. ; Windheuser H.W.

Meeting of the Vereinigung Deutscher Elektrizitäts-werke e.V. Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V. (AGEW), Mannheim, FRG, 10-11 Jun 1980. Fernwärme Int. ; 9 (4) ; 214-220 (Aug 1980)

The replacement of mineral oil and natural gas by coal presupposes the availability of efficient and environmentally harmless technologies for the conversion of the coal into heat and secondary-energy sources. For this various methods are used in order to win back the lost markets and to meet the demands of consumers extension of district-heating generation in coal-fired power stations and heat-electric stations to meet the heat requirement in the low-temperature range, development of fluidised-bed firing for small to medium-sized installations, production of heating gas, and gas of natural-gas quality, from coal for feeding into the existing distribution systems, conversion of coal into liquid products as a substitute for mineral-oil products. The technical and economic feasibility of these methods of conversion is at the moment being tried out in demonstration installations with public support. The author describes a process for discussion. (In German)

3923

Breakthroughs ahead for cleaning hot gases ?

Kohn P.M.

Chem. Eng. (N.Y.) ; 88 (4) ; 29-31 (23 Feb 1981)

New techniques for cleaning the hot gases produced in coal gasification and pressurized fluidized bed combustion are being developed. These include the use of diatomaceous earth or activated bauxite to remove alkali metals, Westinghouse's granular fixed-bed filtration method ; the electrocyclone ; Cattrell's high temperature, high pressure electrostatic precipitator ; ceramic bag filtration ; ceramic cross-flow filtration ; acoustic agglomeration ; electrostatically enhanced granular bed filtration ; magnetically stabilized bed filtration ; and dry-plate scrubbing.

3929

Desulfurization by pyrolysis of non-caking coal in hydrogen and nitrogen gas streams

Sugihara T. and others.

17. conf. on coal science, Tokyo, Japan, 29-31 Oct 1980. Tokyo, Japan, Fuel Society of Japan, pp. 184-190 (1980)

Describes investigations attempting to develop a process of reducing the sulfur content of coal chars and

coal tars by effectively transferring the sulfur to a gaseous phase. This is achieved by using large amounts of hydrogen gas during pyrolysis, so that the sulfur is carried off as hydrogen sulfide. Experiments were conducted using a non-caking coal in a fixed bed using nitrogen and hydrogen, and the hydrogen sulfide content of waste gases was monitored. Also studied was the mode of occurrence of sulfur in the chars produced. (10 refs.) (In Japanese)

U-gas processor of the Institute of Gas Technology is described. Ploughing was identified as the cause of thinning and perforation of the cyclone wall; the exfoliation of corrosion scale due to solid particle impact played only a minor role in the erosion mechanism. The analysis of the eroded region reveals that Finnie's model can be used to predict the erosion rates although there are indications that the particle flow is non-laminar.

3933

Conversion of non-coking coals to coking coals by thermal hydrogenation

Nandi B.N. ; Ternan M. ; Belinko K.

Fuel ; 60 (4) ; 347-354 (Apr 1981)

Coking properties are observed in four non-coking coals, a lignite, a subbituminous coal, a semi-anthracite and an oxidized bituminous coal which had been treated by partial thermal hydrogenation. The effects of temperature, reaction time and hydrogen pressure on liquid and solid product yields are structures somewhat spherical in shape which are associated with mesophase development. The dilatation, plastic character and free swelling index of the hydrogenated solid products were considerably better than those of the original coals. Dilatation residues produced from hydrogenated solids exhibited anisotropic structures. (29 refs.)

3944

Solar coal gasification : plant design and economics

Aiman W.R. ; Thorsness C.B. ; Gregg D.W. California Univ., Livermore (USA). Lawrence Livermore National Lab.

73. annual meeting of the American Institute of Chemical Engineers, Chicago, IL USA, 12 Nov 1980. UCRL - 84610 CONF-801104 - 6 50 pp (5 Nov 1980)

The present paper is one further step in developing the concept of Solar Coal Gasification. A plant was laid out and analyzed with the aid of a code that calculates process flows and plant economics. This plant is the simplest, most straightforward plant and thus the most appropriate for initial analysis. Solar Energy is focused directly on the reacting coal. The process analysis shows that 40 % more product can be produced from a given amount of coal and that the fraction of the solar energy that can be converted into usable energy is greater than that for any other method with the exception of conversion to simple thermal energy. The economic analysis shows that for a gasification plant that produces a given amount of product per year, the capital costs are much higher but the operating costs are much lower. These cost differences reflect the 8 hr per day operation and the lower coal consumption for the SCG plant. Product costs were derived as a function of coal cost. The Lurgi plant was more economical when coal was less than about \$ 3/gJ. The SCG plant was more economical when coal was more than about \$ 3/gJ. Currently Coal Week shows most coal costs between \$ 1/gJ and \$ 2/gJ. Mine-mouth coal is cheaper than the coal listed in Coal Week. Eventually coal prices may rise a level (relative to plant costs) where the simple, straightforward SCG plant will be cheaper than a Lurgi plant. In the meantime we should look for better SCG concepts. Alternative concepts being considered for economic and practical reasons include : indirect gasification using a heat transfer fluid, hybrid gasification using solar energy when available and coal combustion energy at other times, syngas storage so that the downstream processing units can continue through the night, and solar energy storage so that gasification can continue through the night.

3937

The U.S. coal gasification program : progress and projects

Miller C.L.

Mech. Eng. ; 102 (8) ; 34-40 (Aug 1980)

US gasification research is discussed and the differences between first, second and third generation processes are pointed out. No attempt has been made to mention all the projects under way : the aim is merely to make known the fact that some gasification processes are commercially available now, and that improved processes are being developed.

3938

The erosion of a type 310 stainless steel cyclone from a coal gasification pilot plant

Danyluk S. ; Shack W.J. ; Park J.Y.

Wear ; 63 (1) ; 95-104 (15 Aug 1980)

The erosion failure of a Type 310 stainless steel cyclone used in the Ash Agglomerating Gasifier of the

Available technology for indirect conversion of coal to methanol and gasoline : a technology and economics assessment

Wham R.M. ; Forrester R.C. III Oak Ridge National Lab., TN (USA)

3. Miami international conference on alternative energy sources, Miami Beach, FL, USA, 15 Dec 1980. CONF-801210 - 10 (Draft) 29 pp (1980)

The objective of the work was to review and assess the present state of the art of indirect liquid fuels synthesis, with particular emphasis to be placed upon those processes which produce methanol suitable for use as fuel. Following this review, four conceptual designs for indirect conversion of a Western subbituminous coal to methanol and gasoline were prepared. Capital and operating costs for each of the four cases were then estimated. This information was used to calculate the required product selling prices under a base case set of financial ground rules. Results of the methanol production technology assessment and economic assessments of four coal conversion plants are presented.

Solid fuels industry and Sasol. In Proceedings of the 1980 symposium on instrumentation and control for fossil energy processes

Mullowney J.F.

Symposium on instrumentation and control for fossil energy processes, Virginia Beach, VA, USA, 9 Jun 1980. ANL - 80-62 CONF-800602 - 9-19 pp (1980) Doering, R.W. (comp.)

The ability of the engineering and construction industry to implement the development of a synfuels industry was analyzed. The lower limit of President Carter's goal of having in place 1-1/2 million barrels per day of synfuels production capacity by 1990 which is based on 1 million barrels per day from coal and about 1/2 million barrels from shale. The following will address only the production of synfuels (gasoline, diesel, and jet fuel) from coal. Specifically, we have tried to assess the consequences of such a program on engineering manpower, construction manpower, and equipment and material suppliers for key components — this based upon our experience with the South African Sasol projects, the largest coal to synthetic fuels facility in the world. For coal to contribute 1 million barrels per day, we have assumed the construction of 20 coal liquefaction plants, each having a capacity of 50,000 barrels per day. A peak manpower estimate for the construction of these 20 plants is 135,000 men, which will probably lead to a shortage of skilled welders and pipefitters. Availability and deli-

very of equipment may create problems, especially if there is a Buy in America procurement policy. The Sasol plant in South Africa is described.

Observation of the behavior of coal particles during thermal decomposition

Samuelson G.S. and others

Combust. Flame ; 40 (1) : 7-12 (Jan 1981)

The data presented are the first from a study initiated to address both the physical and chemical behavior of pulverized coal from the time of initial heating through the evolution of soot particulate. In the present study, pulverized (high volatile bituminous) coal was injected through a slit centered in a methane-air flat flame burner, and high resolution holography was employed to record the evolution of volatiles and the structure of soot particulate. Volatiles were observed to evolve in a variety of shapes that range from individual jets to uniformly distributed clouds. Coal particle fragments and/or incipient soot nodules (about 3 micron) were found to be present within the volatile gases during the evolution. Further from the burner, stringlike soot particles approaching 1600 microns in length were observed.

Determination of the effect of particle size on rate of tar release from coal under rapid heating conditions. In Proceedings of the 1980 symposium on instrumentation and control for fossil energy processes

Vastola F.J. ; Freihaut J.D. ; Morel O.

Symposium on instrumentation and control for fossil energy processes, Virginia Beach, VA, USA, 9 Jun 1980. ANL - 80-62 CONF-800602 - 498-504 pp (1980) Doering R.W. (comp.)

The nature and yield of the products of coal pyrolysis depend not only on the type of coal but also on the thermal conditions of the pyrolysis. Under conditions of rapid heating the effective temperature of pyrolyzing coal particles can be considerably different than reactor or gas temperatures. Whether a coal particle is reacting under isothermal or temperature gradient conditions can be determined by measuring the rate of reaction. In this investigation the reaction was monitored by measuring the tar release in a flow reactor. The reactor allowed the controlled injection of sized samples of coal into a preheated reaction zone. The rate of tar release was measured optically. The major portion of the pyrolysis was completed within 300 to 700 ms of the time of injection. Tar concentrations were measured at ms intervals by means of a computerized data acquisition system. Sized fractions of coal

particles covering the range of 53 to 1000 μm were tested in the reactor at temperatures of 873 to 1173 K. It was found that even in the smallest size range over 50 per cent of the pyrolysis would occur under transient thermal conditions.

4019

Flash pyrolysis of solids in continuous reactor

Villermaux J. and others

Rev. Gen. Therm. ; 19 (227) ; 851-869 (Nov 1980)

This article consists of a theoretical study of the phenomenon of volatilisation of carbonaceous particles subjected to rapid heating. In the first section, the authors establish a mathematical model and examine the influence of reaction heat. In the second section, they apply the above model to the case of rapid pyrolysis of sawdust in a cyclone reactor, basing their conclusions on the results of tests with hot and cold models. (15 refs.) (In French)

4032

Controlled burnout of wasted coal on abandoned coal mine lands.

Chaiken R.F. Department of the Interior, Washington, DC (USA) : Bureau of Mines, Washington DC (USA)

BM-RI - 8478 26 pp (1980)

A novel approach to eliminating environmental and public safety hazards that are associated with fires in abandoned coal mines and waste banks involves the use of in situ combustion technology developed by the Federal Bureau of Mines to accelerate the burning of the wasted coals in place. This technology would be used under exhaust ventilation control conditions that would allow for total management of the hot gases produced. Combustion stoichiometries would be optimized to minimize unburnt combustibles and to maximize the heat content of the gas products, which will be exhausted at one or more fan locations. When necessary, scrubber systems would be employed to remove air pollutants, such as sulfur dioxide; heat utilization systems (process heat, steam, and electricity) would also be employed to offset operational costs. Ultimately, complete burnout would solve the fire and acid water formation problems of the abandoned coal mine or waste bank. Pertinent technical data for burnout control are derived and discussed in terms of the important material and operational parameters. In general, it is believed feasible to operate a burnout system in an existing abandoned mine or waste bank fire at thermal power levels in the range of 10 to 100 MW, and at exhaust gas temperatures of 1000°C (1830°F).

4034

Underground gasification of coal : the filling of dipping underground cavities

Grupping A.W. ; Pieterson R.

Geol. Mijnbouw ; 59 (4) ; 289-299 (Dec 1980)

In deep underground coal gasification the all-important parameter is the volume of coal that can be gasified between two boreholes. This volume depends to a large extent on the maximum attainable linking distance. Spectacular advances in recent years in deviated drilling techniques suggest that the linking of deep boreholes can more easily be achieved by drilling than by conventional methods such as fracturing. Gasification methods could then be developed in dipping coal seams in which the combustion front is, from time to time, driven up dip by backward filling of the cavity with a filler such as sand. The results of filling tests in a scaled model are described. It is shown that dipping underground cavities can be completely filled by a process of sedimentation, with the exception of an updip channel along the coal face. Through this channel combustion can be re-initiated after removing the excess water with high-pressure gas. In this way a number of roughly parallel strips of coal could be gasified between two boreholes; serious subsidences at the surface would then be avoided. The tests also show that localized caving-in of the roof of the cavity does not seriously disturb the filling process or the development of the updip channel. (9 refs.) (In English)

COMBUSTION

4045

Effects of salt treatment of limestone on sulfation and on the corrosion behavior of materials in AFBC systems. In Proceedings of the sixth international conference on fluidized bed combustion. Volume II. Technical sessions

Chopra O.K. ; Smith G.W. ; Lenc J.F. ; Shearer J.A. ; Myles K.M. ; Johnson I.

6. international conference on fluidized bed combustion, Atlanta GA, USA, 9 Apr 1980. CONF-800428 - (Vol. 2) 496-505 pp (Aug 1980)

Results from the present study show that in an AFBC, the addition of 1.5 mol % Na_2CO_3 or 2.2 mol % CaCl_2 leads to approx. 50 % reduction in the Ca/S mole ratio required to maintain 700 ppm SO_2 in the dry off-gas. Such a decrease in Ce/S mole ratio corresponds to a 50 % reduction in the limestone required for the process. The levels of salt addition required to increase sorbent reactivity are higher than those predicted by

the laboratory experiments. The corrosion results indicate that the addition of Na_2CO_3 or CaCl_2 does not have a significant effect on the corrosion behavior of various structural materials. Although the corrosion rates in the presence of Na_2CO_3 are different than with the addition of CaCl_2 , none of the materials suffered severe corrosion. The corrosion data for the uncooled coupons exposed inside the fluidized bed at 1118 K show good agreement with the CRE data obtained under similar process conditions, but without the addition of salt. In the presence of 2.2 mol % CaCl_2 , the maximum total corrosion for the various in-bed coupons was less than or equal to $60 \mu\text{m}$ after 1000 h. The maximum total corrosion for the in-bed coupons in the presence of 1.5 mol % Na_2CO_3 varied from a minimum of approx. $75 \mu\text{m}$ for Type 310 stainless steel to a maximum of approx. $280 \mu\text{m}$ for Type 316 stainless steel after a 1000-h exposure. In both tests, the corrosion for the above-bed tube specimens was lower by a factor of 6 to 10 than for the in-bed tubes. The results from the present investigation show that although the high-temperature components inside the fluidized bed can undergo sulfidation/oxidation corrosion, the addition of sulfation-enhancement agents, viz., 1.5 mol % Na_2CO_3 or 2.2 mol % CaCl_2 , does not cause severe corrosion. Therefore, salt treatment of limestone for sulfation enhancement is a viable process for AFBC systems.

4057

The advantages of fluidised beds in a return to coal
Dumas R.

Tech. Energ. ; (41/42) ; 12-16 (Nov 1980)

Comprises an article of general interest on fluidised-bed combustion techniques and the current state of the art. Describes the advantages of this technique (relatively low and uniform combustion temperature, possibilities of application to coal with a high ash and sulphur content, high output and reduction in atmospheric pollution). Gives an account of the French process, Ignifluid, its operating principle and the advantages of the process. Also looks at current studies and developments in Great Britain and the U.S.A.; fluidised beds under pressure and their future development prospects (gas turbine feed) and the technical problems which they create plus the importance of this current development work in Great Britain, the U.S.A. and in Germany. (In French)

4059

Commercial atmospheric fluid bed combustion units that are now applied to fire shell and water tube boiler types and also high temperature hot gas generators. In Fluidized combustion conference

Caplin P.B.

Fluidized combustion conference, Cape Town, South Africa, 28-30 Jan 1981. Cape Town, South Africa, Energy Research Institute, University of Cape Town, Vol 1, pp 1-20 (1980)

The design basis for the two main areas of present development and commercial application of two phase fluidized bed combustion, is examined. Examples are described of this system applied in industry, particularly a working Water Tube Boiler, and also coal fired Hot Gas Generators for crop drying plants. The chemistry and dynamics of temperature control for primary and secondary phase is described with emphasis on the mechanisms to promote sub-stoichiometric combustion in the bed. Evolution of the process is examined and the current Shell boiler derivatives described.

4060

The development of a commercial range of multi-fuel fluidised bed combustion packaged boilers. In Fluidized combustion conference

Michaels H.J. ; Beacham B.

Fluidized combustion conference, Cape Town, South Africa, 28-30 Jan 1981. Cape Town, South Africa, Energy Research Institute, University of Cape Town, Vol 1, pp 21-34 (1980)

Based on data provided by the UK National Coal Board and by BP, the Johnston Boiler Company of Michigan, USA have developed a commercial range of fluidised bed combustion fire-tube boilers capable of utilising a wide range of gaseous, solid and liquid fuels. The first stage in this development was the manufacture and operation of a prototype boiler of 4,500 kg steam/hour capacity and the main design features and performance of this unit are outlined. The prototype boiler has been used to accumulate design data obtained from the combustion of high and low sulphur coals, distillate and residual fuel oils, natural gas, and miscellaneous waste materials. These data have enabled a full product range to be offered on a traditional business basis and units generating up to 22,700 kg steam/h at 20 bar are now available. Recent commercial applications are described. (4 refs.)

4069

Application of an atmospheric fluidized bed coal combustor to cogenerate steam and electricity for industrial applications. In Fluidized combustion conference

van de Linden S. ; Moskowitz S.

Fluidized combustion conference, Cape Town, South Africa, 28-30 Jan 1981. Cape Town, South Africa, Energy Research Institute, University of Cape Town, Vol. 1, pp 262-277 (1980)

This proposed program considers the application of fluidized bed combustion in large industrial sites which uses both electricity and process heat in quantities sufficient to justify onsite generation of both energy forms. The program proposed is based on an atmospheric fluidized bed (AFB) coal combustor with the capacity to cogenerate 90,800 kg/hr of 1725 kPa saturated steam and 20 to 25 MW of electricity. Heat will be removed from the AFB combustor by vertical in-bed tubes whose heated air medium will drive a turbine for electrical generation. Steam will be produced from the waste heat of the combustion flue gas and the turbine discharge air. (3 refs.)

4074

Sulphur retention in shallow fluidized beds. In *Fluidized combustion conference*

Dutkiewicz R.K. ; Naude D.P.

Fluidized combustion conference, Cape Town, South Africa, 28-30 Jan 1981, Cape Town, South Africa, Energy Research Institute, University of Cape Town, Vol 2, pp 409-423 (1980)

A laboratory scale test facility was built to study the combustion of coal in fluidized beds of inert particles as well as to monitor the resultant gaseous pollutants. A description of the test facility is presented and tests are described utilizing two colliery rejects having some 60% ash and high sulphur content. When burning the rejects the use of shallow beds resulted in reductions of the sulphur dioxide emission, but the rejects cannot be burnt in an environmentally acceptable manner. (5 refs.)

4098

Regional conversion to coal. Final report.

McKimmey M.L. Engineering Societies Commission on Energy, Inc., Washington DC (USA)
FE - 2468-63 119 pp (Mar 1980)

This report describes an investigation of powerplant coal conversion, and the options and problems confronting a group of electric utility companies in an example region. The region selected for the study is New England, but the analysis format is valid for other regions having different specific conditions but facing the same general conversion mandates. The report concludes that: (1) Because of its physical characteristics, simple conversion to coal of a utility steam boiler unit designed for oil or gas is not feasible. Boiler replacement of pre-boiler coal liquefaction or gasification would be required to make the conversion to coal. (2) Coal-oil mixture combustion is a promising concept for the partial displacement of oil that could have significant application in New England. (3) Coal-derived synthetic boiler fuels, primarily li-

quids, could play a significant role in the conversion of existing units, but their availability in sufficient quantities by 1990 is doubtful. (4) The region's indigenous coal and hydropower resources are not expected to impact the energy mix by 1990, if ever. (5) The mediation process conducted for the Brayton Point plant is exemplary and should be encouraged in other coal conversion efforts. Responsible environmental compromise, brought about by negotiations conducted in a spirit of cooperation, provided the catalyst for that conversion project and can do the same for others. (6) The coal conversion scenario outlined in this study describes one approach by which utility oil consumption could be reduced by about 35 million barrels per year by the year 1990. This scenario, one of many which could be theorized, could cost electric utility customers some 1 billion dollars (1980 dollars) and will have severe effects on the region's electric system reliability.

WASTE MANAGEMENT

4123

Resource recovery from coal residues

Jones G. Jr. ; Canon R.M. Oak Ridge National Lab., TN (USA)

73. annual meeting of the American Institute of Chemical Engineers, Chicago, IL, USA, 12 Nov 1980. CONF-801104 - 8 12 pp (1980)

Several processes are being developed to recover metals from coal combustion and conversion residues. Methods to obtain substantial amounts of aluminium, iron, and titanium from these wastes are presented. The primary purpose of our investigation is to find a process that is economically sound or one that at least will partially defray the costs of waste processing. A cursory look at the content of fly ash enables one to see the merits of recovery of these huge quantities of valuable resources. The major constituent on fly ash of most interest are aluminium (14.8 %), iron (7.5 %), and titanium (1.0 %). If these major elements could be recovered from the fly ash produced in the United States (60 million tons/year), bauxite would have to be imported, iron ore production could be increased, and titanium production could be doubled.

4132

Investigation of the diffusion process for the extraction of sulfur dioxide from gaseous mixtures

Beyyakov V.P. ; Chekalov L.N. ; Talakin O.G. ; Chanina I.E. ; Sviridova V.I.

Sov. Chem. Ind. (Engl. Transl.) ; 12 (4) ; 407-410 (Apr 1980)

The removal of sulfur-containing compounds from industrial gases is a most urgent problem. Most of the existing methods for removal of SO₂ from exhaust gases are based on the use of various chemical processes. However, all these methods, such as the sulfite-bisulfite method, ozone catalysis, ammonia-sulfuric acid method and others, have a number of shortcomings: high cost and high consumption of reagents, in many cases irreversible absorption of SO₂, low economic efficiency. The present study deals with an analysis of the possibilities of practical application of the diffusion method for purification of exhaust gases using selective gas-permeable membranes. This method assures that the purification process will be continuous, eliminates the use of chemical reagents, and makes it possible to enrich the gaseous mixture to SO₂ concentrations sufficient for further processing of the sulfur dioxide to sulfuric acid. The work consisted of two basic stages: selection of material for fabrication of separative membranes and investigation of the process of extraction of sulfur dioxide from gaseous mixtures. The investigation revealed the theoretical possibility of the extraction of SO₂ from exhaust gases using membranes made from polydimethylsiloxane. Optimum process conditions were found: a gaseous mixture containing 1.5% SO₂ can be enriched to 6% sulfur dioxide with a coefficient of extraction of 70%. The data obtained were used to design a pilot plant facility for removal of sulfur-containing compounds from exhaust gases. 1 reference, 2 figures, 2 tables.

4135

State-of-the-art review of materials-related problems in flue gas desulfurization systems.

Maiya P.S. Argonne National Lab., IL (USA)
ANL - 80-59 45 pp (Oct 1980)

This report characterizes the chemical and mechanical environments to which the structural components used in flue-gas desulfurization (FGD) are exposed. It summarizes the necessary background information pertinent to various FGD processes currently in use, with particular emphasis on lime/limestone scrubbing technology, so that the materials problems and processing variables encountered in FGD systems can be better defined and appreciated. The report also describes the materials currently used and their performance to date in existing wet scrubbers. There is little doubt that with more extensive use of coal and flue-gas scrubbers by utilities and other segments of private industry, a better understanding of the material failure mechanisms, performance limitations, and potential problem areas is required for the design of more reliable and cost-effective FGD systems. To meet the above objectives, a materials evaluation program is proposed. The important experimental

variables and the number of tests required to evaluate a given material are discussed. (55 refs.)

4151

Using coal mine saline water to produce chlorine

Gnot W.; Turek M.; Walburg Z.

2. symp. on desalination of saline waters, Szczecin, Poland, 18-20 Jun 1979. Pr. Nauk. Politech. Szczecin.; (123); 51-59 (1979)

Utilizing hard coal mine waters with salt concentration reaching 140 kg/m³ in the chemical industry would significantly reduce the cost of protecting the natural environment from salt. The Institute of Chemistry and Inorganic Technology of the Silesian Technical University in Gliwice developed an efficient technology of producing chlorine from underground black coal mine waters. A scheme of the technology is explained: double stage brine purification with magnesium hydroxide as by-product. During the first stage magnesium is precipitated using sodium hydroxide; after increasing salt content in the brine calcium and a low percentage of magnesium are removed by lye-sodium method. During the second stage sedimentation rate increases to 1.4 mm/s, and volume of sludge is only 1%. Magnesium hydroxide is removed using a method patented in Poland (after adding a flocculant magnesium hydroxide is left untouched). Only at a later stage does sedimentation occur. The proposed technology of utilizing mine water will be tested in an experimental plant which will be built at the Ziemowit black coal mine. (7 refs.) (In Polish)

ENVIRONMENTAL ASPECTS

4167

Toxicity of underground coal gasification condenser water and selected constituents to aquatic biota

De Graeve G.M.; Overgast R.L.; Bergman H.L.

Arch. Environ. Contam. Toxicol.; 9 (5); 543-555 (1980)

Graphs and tables are used to report the findings of a study on the effects of underground coal gasification condenser water on rainbow trout, fathead minnows, and Daphnia publicaria. It was found that the condenser water is acutely toxic to all three species, and further studies with two of its constituents, phenol and ammonia, and a mixture of the two, showed that they react synergistically and may account for most of the acute toxicity of the condenser water.

4181

Surface subsidence in the Gardanne coalfield

Arcamone J.

Bull. Miner. (St.-Etienne, Fr.) ; 62 (6) : Suppl. : 11-115 (Jun 1980)

Gives details of the overburden and describes the geological and geomechanical features. In order to determine surface movements detailed subsidence studies have been carried out on the Provence Canal resulting in the design of a subsidence-forecasting instrument. Gives measurements taken on the Provence Canal and gives a definition of a subsidence profile. Looks at calculations by graph and method of forecasting maximum subsidence. With a view to improving the forecasting instrument and in order to achieve greater accuracy in terms of actual subsidence phenomena, two recording stations have been installed over the Etoile and the Sainte Victoire faces. Planimetric and altimetric measurements have made it possible to determine deformations. Gives the results achieved and the conclusions reached. (5 refs.) (In French)

PRODUCTS

4196

Synthesis gas : a raw material for industrial chemicals.
Pruett R.L.

Science ; 211 (4477) ; 11-16 (2 Jan 1981)

Rapid increases in the price of imported crude oil have accelerated a shift in the raw material base for chemical feedstocks from natural gas to crude oil to coal. Widespread use of ethylene as a feedstock has depended on the availability at attractive prices of natural gas and petroleum. As the resource base shifts from natural gas and petroleum to coal, ethylene is being replaced by synthesis gas (a mixture of hydrogen and carbon monoxide of varying composition), which can be manufactured directly from any of these carbonaceous sources. This trend is expected to accelerate in the 1980's. Organics likely to be produced from synthesis gas include ethanol, ethylene glycol, and vinyl acetate. The swing to heavier feedstocks, including coal, presents great challenges and opportunities for CO and H₂ chemistry and for heterogeneous and homogeneous catalysis. The advances made in homogeneous processes for organic oxygenate intermediates have depended on raw material versatility, process efficiency, selectivity for the desired product, and mild reaction conditions. As processes are adapted and perfected according to the needs and circumstances of different industrial clients, the total base of technology will continue to broaden. The in-

troduction of materials derived from synthesis gas (methanol, ethanol, methyl t-butyl ether, and so on) into the fuel industry in units of barrels per day rather than pounds per year will be slower to materialize, but their impact will be great. It will be fascinating to observe the changes over the next two decades.

HEALTH & SAFETY

4239

A survival operation

Presence (Charbon, Fr.) ; 5-6 (1980)

Six Lorraine miners were confined underground for several days in order to evaluate the options available for medical care and food supply from a distance, and also to test new equipment designed to provide a link between trapped miners and those outside the world. When the miners were released, none were found to be suffering from stress problems. (In French)

4241

Prevention of injuries through falling

Min. Environ. Bull. 4 ; 4-8 (Mar 1981)

Injuries to persons caused by stumbling, falling and slipping account for about one-third of all mining accidents and a substantial number of these occur through persons falling from one level to another. This article reviews the general legislation and modern equipment related to the prevention of such accidents.

4257

26 years of research on pneumoconiosis sufferers in the British coal industry : contribution of this research to the epidemiology of pulmonary infections in miners
Jacobsen M.

Rev. Inst. Hyg. Mines ; 34 (4) ; 203-216 (1979)

Describes the reasons why this research was undertaken in 1953, plus the methods used, the progress with the work and the main results. Three surveys were conducted at 24 collieries and a further two supplementary surveys were conducted at 5 yearly intervals. Dust-exposure has been followed throughout the entire research project. Examines the cumulative concentration of respirable dust and the correlation between the latter and several exposure parameters (detailed report); the severity of the consequences varies amongst the subjects (without exception, quartz contents of under 10 % are generally not dangerous). Discusses proposed subsequent research projects and includes a discussion and the conclusions. (60 refs.) (In French)

P3770

Annales des Mines de Belgique

Annalen der Mijnen van België



Publication de l'Institut National
des Industries Extractives et de
l'Administration des Mines

Direction-Rédaction
Institut National
des Industries Extractives
B-4000 Liège, rue du Chéra, 200

Edition - Abonnements
Publicité
Editions Techniques
et Scientifiques

B-1050 Bruxelles
Rue Borrens, 35-43
Tél. (02) 640 10 40

Les articles publiés dans cette revue
n'engagent que la responsabilité
de leurs auteurs

Publikatie van het Nationaal Instituut
voor de Extractiebedrijven en het
Bestuur van het Mijnwezen

Directie-Redactie
Nationaal Instituut
voor de Extractiebedrijven
Tél. (041) 52 71 50

Uitgeverij - Abonnementen
Advertenties
Technische en Wetenschappelijke
Uitgaven

B-1050 Brussel
Borrensstraat, 35-43
Tel. (02) 640 10 40

De artikels gepubliceerd in dit tijdschrift
verschijnen onder de verantwoordelijkheid
van hun auteurs

