

Visite à la mine de fer de Kiruna (Suède)

Bezoek aan de ijzermijn van Kiruna (Zweden)

P. STASSEN,

Directeur à l'Institut National
des Industries Extractives

Directeur bij het Nationaal Instituut
voor de Extractiebedrijven

RESUME

La mine de minerai de fer de Kiruna située en Laponie suédoise est la plus grande mine souterraine du monde avec sa production de 18 Mio.t par an. Le gisement se présente sous la forme d'une lentille subverticale dont l'inclinaison est voisine de 70°. Le filon a 90 m d'épaisseur et plus et s'étend sur 4 km de longueur. En profondeur il a été reconnu jusqu'à 1700 m.

L'exploitation de ce gisement est réalisée par tir de mines en éventail dans des sous-niveaux foudroyés repris en rabattant du toit au mur par tranches de 10 m d'épaisseur. Les suédois ont construit et mis en œuvre des engins puissants bien adaptés au gisement et le rendement par homme occupé à la production atteint 40.000 t par an. Les transports au fond sont réglés par un centraliste qui dispose d'un ordinateur pour l'aider dans son travail car dès le départ des chantiers d'abattage les minéraux sont classés en fonction de leur teneur en phosphore. En surface les installations de traitement des minéraux ont aussi pris une ampleur considérable au cours de ces dernières années afin de toujours mieux adapter la qualité des produits aux besoins des consommateurs. Finalement l'écoulement de la production du minerai vers le port d'embarquement à Narvik constitue à lui seul un exploit peu banal car il doit se faire à travers une région accidentée située au Nord du Cercle Polaire arctique c'est-à-dire soumise à des conditions climatiques très rudes. Les performances réalisées dans cette région aux points de vue techniques et sociaux méritent d'être largement diffusées.

SAMENVATTING

De ijzererts mijn van Kiruna, gelegen in Zweeds Lapland is met haar productie van 18 miljoen ton per jaar de grootste ondergrondse mijn ter wereld. De afzetting heeft de vorm van een nagenoeg verticaal staande lens met een helling van zowat 70°. Deze lens heeft een dikte van 90 m en meer, strekt zich uit over een lengte van 4 km, en werd tot nu toe verkend tot op een diepte van 1700 m.

Deze afzetting wordt ontgonnen door middel van waaiervormig geplaatste mijnen volgens onderverdiepingen, met dakbrenk, en terugkerend van het dak naar de vloer, in schijven met een dikte van 10 m. De Zweden hebben machtige toestellen gebouwd en in bedrijf gesteld die bijzonder goed aangepast zijn aan deze afzetting en het effect per produktieve arbeider beloopt 40.000 t per jaar. Het vervoer in de ondergrond berust bij een dispatcher die zich van een computer bedient want het erts wordt reeds bij het verlaten van de werkplaats geklasseerd naar het fosforgehalte. De bovengrondse installaties voor het behandelen van het erts hebben de laatste jaren ook opzienbarende afmetingen aangenomen omdat men de kwaliteit van het produkten steeds beter heeft willen afstemmen op de behoeften van de verbruikers. Tenslotte is het vervoer van het erts naar de verschepingshaven van Narvik op zichzelf een alles behalve banale prestatie, want het gaat doorheen een woeste streek ten noorden van de noordelijke poolcirkel, dit wil zeggen in zeer ruwe klimatologische omstandigheden. Wat er in deze streek gepresteerd werd op technisch en sociaal gebied verdient een brede aandacht.

INHALTSANGABE

Die Eisenerzgrube Kiruna in Schwedisch-Lappland ist mit einer Förderung von 18 Mio. Tonnen jährlich die grösste Tiefbaugrube der Welt. Die Lagerstätte stellt eine mit etwa 70° einfallende Linse dar. Der Erzgang erstreckt sich in einer Mächtigkeit von 90 m und mehr über 4 km in der Länge und ist bis in eine Tiefe von etwa 1700 m aufgeschlossen.

Der Abbau erfolgt im Teilsoblenbruchbau in 10 m mächtigen Scheiben vom Hangenden zum Liegenden unter Schiessarbeit mit fächerartig angeordneten Sprenglöchern. Die Schweden haben äusserst leistungsfähige, den Lagerungsverhältnissen ausgezeichnet angepasste Maschinen entwickelt. Die Leistung der vor Ort tätigen Belegschaft beträgt 40.000 t jährlich pro Mann. Die Förderung unterteage wird von einem zentralen Leitstand aus geregelt. Der Fahrdienstleiter arbeitet mit einem Rechner, da das Erz bereits beim Abtransport von den einzelnen Betriebspunkten nach seinem Phosphorgehalt unterteilt wird. Auch die Aufbereitungsanlagen über Tage hat man in den letzten Jahren wesentlich ausgebaut, um die Qualität der Erzeugnisse den Wünschen der Kunden besser anzupassen. Allein der Transport des Erzes zur Verschiffung nach Narvik durch eine zerklüftete Gegend unter den äusserst schwierigen klimatischen Verhältnissen nördlich des Polarkreises stellt eine nicht alltägliche Leistung dar. Die technischen und sozialen Errungenschaften in dieser unwirlichen Gegend verdienen allgemein bekannt zu werden.

SUMMARY

The Kiruna iron mine in Swedish Lapland is the greatest underground mine in the world with its output of 18 million tons per annum. The formation have a subvertical lenticular form with a gradient of approximately 70°. The seam is over 90 m thick and 4 km long. It has been recognized as being 1700 m deep.

The working of this seam is carried out by blasting fanwise in caved sub-levels retreating from roof to floor in slices 10 m thick. The Swedes have constructed and used powerful motors very well adapted to the measures, and the output per man working on production reaches 40,000 tons per year. Underground haulage is directed by a controller who uses a computer to help him in his work, for, right from the start of the working units, the ores are classified according to their phosphorus content. At the surface, the installations for treating the ores have also been considerably developed during recent years, so as to continue adapting the quality of the products to the needs of the consumers. Lastly, the dispatch of the ore to the port of embarkation at Narvik is in itself an outstanding exploit, for it has to be carried out through a hilly region situated to the North of the Arctic Circle, and hence subjected to very harsh climatic conditions. The performances achieved in this region from a technical and social point of view are worthy of high mention.

Une mission d'ingénieurs belges comprenant des représentants de la "N.V. Kempense Steenkolenmijnen", de l'Institut National des Industries Extractives, ainsi que du Ministère des Travaux Publics, s'est rendue en Suède en juin 1969 pour étudier les possibilités d'emploi en Belgique de nouveaux engins de forage.

A cette occasion et sous la conduite de représentants de la firme Atlas Copco, la mission a visité les mines de fer de Kiruna et a pu voir les engins puissants mis en œuvre dans cette exploitation qui est la plus grande mine souterraine du monde. Il nous a paru opportun de faire connaître à nos lecteurs cette réalisation grandiose, ainsi que les méthodes d'exploitation et de traitement des minéraux mises en œuvre dans ce gisement. Nous exprimons nos remerciements les plus cordiaux et nos sentiments de reconnaissance à nos hôtes suédois de la firme Atlas Copco et de la Société exploitante Luossavaara - Kiirunavaara Aktiebolag (L.K.A.B.) pour l'aimable accueil qu'ils nous ont réservé et pour la documentation très abondante qu'ils nous ont fournie au cours de cette visite.

Een groep Belgische ingenieurs bestaande uit vertegenwoordigers van de « N.V. Kempense Steenkolenmijnen », van het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven en van het Ministerie van Openbare Werken heeft in juni 1969 een bezoek gebracht aan Zweden ten einde de mogelijkheden te bestuderen van nieuwe boormachines in België.

Bij die gelegenheid heeft de groep onder leiding van vertegenwoordigers van de firma Atlas Copco de ijzermijnen van Kiruna bezocht en er de machtige machines gezien die worden gebruikt bij deze ontginning die de grootste ondergrondse mijn ter wereld is. Wij hebben onze lezers willen inlichten over deze prachtige realisatie en over de methoden die in deze afzetting gebruikt worden voor de ontginning en de verwerking van het erts. Onze hartelijke dank en erkentelijkheid gaan naar onze Zweedse gastheren van de firma Atlas Copco en van de ontginnende maatschappij Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag (L.K.A.B.) voor de vriendelijke ontvangst die wij hebben genoten en voor de zeer overvloedige documentatie die ons tijdens ons bezoek bezorgd werd.

1. GISEMENT

Les gisements de minerai de fer de la région de Kiruna ont la forme de lentilles d'allure subverticale incluses dans des syenites et des quartz porphyriques (fig. 1).

Le gisement le plus important appelé Kiirunavaara a une longueur de plus de 4 km et une épaisseur moyenne d'environ 90 m (localement cette épaisseur peut atteindre 200 m). Les lentilles s'étendent presque en ligne droite dans la direction nord-sud et leur inclinaison moyenne est de 70° vers l'est (l'inclinaison varie entre 40 et 75°). Il semble que le gisement soit d'origine magmatique.

1. AFZETTING

De ijzerertsafzettingen in de streek van Kiruna hebben de vorm van een lens die nagenoeg verticaal staat en ingesloten is tussen syeniet en porfierhoudende kwarts (fig. 1).

De belangrijkste afzetting draagt de naam Kiirunavaara en heeft een lengte van meer dan 4 km en een gemiddelde dikte van zowat 90 m (plaatselijk kan de dikte tot 200 m gaan). De lenzen liggen bijna op een rechte lijn in noord-zuidelijke richting met een gemiddelde helling van 70° naar het oosten (de helling varieert tussen 40 en 75°). De afzetting zou stammen uit het magma.

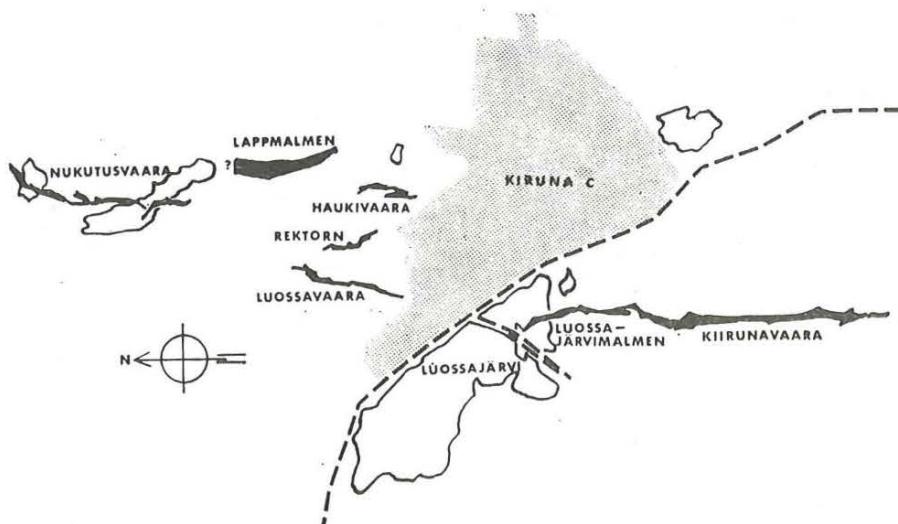


Fig. 1 .
Situation géographique des gisements de fer autour de Kiruna.
Geographische ligging van de ijzerafzettingen rond Kiruna.

Le minerai est généralement phosphoreux, principalement à cause de petites inclusions d'apatite, et a une très haute teneur en fer. Il est constitué par de la magnétite, mais on trouve également de petites quantités d'hématite rouge.

La production de la Société, qui est de 22 millions de tonnes par an, se décompose en 6 qualités d'après la teneur en phosphore. Ces qualités sont définies dans le tableau I.

Het erts is in het algemeen fosforhoudend, vooral wegens kleine apatietinclusies, en heeft een zeer hoog ijzergehalte. Het bestaat uit magnetiet, maar men vindt ook kleine hoeveelheden rode hematiet.

De productie van de maatschappij, te weten 22 miljoen ton per jaar, kan naargelang van het fosforgehalte ontleed worden in 6 kwaliteiten. Deze kwaliteiten worden beschreven in tabel I.

TABLEAU I — TABEL I

Qualité - Kwaliteit	Fer - Ijzer %	Phosphore - Fosfor %
B	67	0,00/0,07
B fines - fijnkorrelig	68	0,00/0,07
C	65,5	0,16
D ₁	63	0,65
D	59	1,55
D fines - fijnkorrelig	62	1,10

La teneur en phosphore du minerai brut peut atteindre jusqu'à 4 %. Les 2/3 environ de cette production correspondent aux qualités de la série D. La plus demandée par les acheteurs est la qualité D avec une teneur moyenne de 1,5 % de phosphore.

En 1968, la Société a produit 16 millions de tonnes de minerais phosphoreux, 4 millions de tonnes de minerais pauvres en phosphore et 2 millions de tonnes de boulettes (pellets) de faible teneur en phosphore (0,07 %). A l'avenir, la Société développera surtout la production de pellets et des autres qualités de minerai à faible teneur en phosphore.

L'exploitation a commencé à ciel ouvert, au début du siècle. On s'attaqua d'abord au sommet du mont Kiirunavaara, puis on continua toujours à ciel ouvert jusqu'au niveau de 230 m, qui est celui du lac Luossajarvi, c'est-à-dire celui de la plaine. Depuis la fin de 1962, on est passé à l'exploitation souterraine.

Les forages ont montré que le gisement de minerai de fer descend à plus de 1.700 m de profondeur. Jusqu'à 1.000 m, le filon ne montre aucune tendance à diminuer en largeur et jusqu'à cette profondeur les réserves connues s'élèvent à environ 50 % de celles de l'ensemble de la Laponie qui atteignent 3 milliards de tonnes.

2. METHODE D'EXPLOITATION

L'ossature de la mine est située au mur du gisement. Elle comporte :

- un premier étage à 275 m de profondeur (comptée à partir du sommet de la montagne),
- un étage à 320 m, qui est en pleine exploitation, et partiellement épuisé avec un sous-étage à 370 m,
- un étage à 420 m où se fait le roulage principal,
- un nouvel étage en préparation à 540 m (fig. 2).

A chacun des étages, on trouve un nouveau parallèle à la lentille et situé à environ 50 m au mur du gisement.

L'accès à la mine est réalisé par un tunnel incliné, creusé avec une pente de 11 %, équipé d'une route goudronnée qui descend à l'étage de 370 m. De là, des inclinés montants et descendants à 11 % également vont aux niveaux principaux de 320 m et 420 m. Les voies inclinées permettent aux voitures et camions de desservir pratiquement tous les chantiers souterrains. L'entrée du tunnel se trouve à la surface à proximité des installations de bains-douches du personnel et de la lampisterie. Le réseau de la mine comporte 400 km de galeries. Le personnel est transporté à pied d'œuvre dans des autobus spécialement construits à cet effet, qui suivent des horaires fixes et amènent les équipes jusqu'au point de travail (fig. 3).

Het fosforgehalte van het ruwe erts kan tot 4 % gaan. Ongeveer de 2/3 van deze produktie hoort bij de kwaliteit D. De kopers hebben het meeste belangstelling voor de categorie D met een gemiddeld gehalte van 1,5 % fosfor.

In 1968 produceerde de maatschappij 16 miljoen ton fosforhoudend erts, 4 miljoen ton fosforarm erts en 2 miljoen ton balletjes (pellets) met laag fosforgehalte (0,07 %). In de toekomst streeft de maatschappij vooral naar de ontwikkeling van de produktie der balletjes en andere ertskwaliteiten met laag fosforgehalte.

De ontginding begon in dagbouw, bij het begin van deze eeuw. Eerst werd de top van de berg Kiirunavaara aangepakt, vervolgens ging men in dagbouw verder tot op het peil van 230 m, dat overeenkomt met het peil van het meer Luossajarvi, of ook het peil van de vlakte. Sedert het einde van 1962 gebeurt de ontginding ondergronds.

De verkenningsboringen hebben uitgewezen dat de ertsafzetting dieper gaat dan 1700 m. Tot 1000 m vertoont de afzetting geen neiging om smaller te worden en de gekende reserven, berekend tot op deze diepte, maken zowat 50 % uit van het geheel der reserven van Lapland, en dat is 3 miljard ton.

2. ONTGINNINGSMETHODE

Het skelet van de mijn bevindt zich tegen de vloer. Het bevat :

- een eerste verdieping op een diepte van 275 m (gemeten van op de top van de berg),
- een verdieping op 320 m, die in volle produktie is en gedeeltelijk uitgeput, met een tussenverdieping op 370 m,
- een nieuwe verdieping in voorbereiding op een diepte van 540 m (fig. 2).
- een verdieping op 420 m waar het hoofdvervoer plaats vindt.

Op elke verdieping loopt er een steengang evenwijdig met de lens op zowat 50 m van de afzetting.

De toegang tot de mijn is een hellende tunnel, aangelegd met een helling van 11°, een geasfalteerde weg die daalt tot op de verdieping van 370 m. Van daar gaan hellende gangen eveneens aan 11°, opwaarts en afwaarts naar de hoofdverdiepingen van 320 en 420 m. Dank zij de hellende wegen kunnen wagens en vrachtwagens praktisch al de ondergrondse werkplaatsen aan doen. De ingang van de tunnel ligt op de bovengrond in de nabijheid van de badzalen voor het personeel en de lampenzaal. Het wegennet van de mijn bevat 400 km galerij. Het personeel wordt tot op het werk vervoerd in speciaal voor dit doel gebouwde autocars, die een vast uurrooster volgen en de ploegen op het werk punt afzetten (fig. 3).

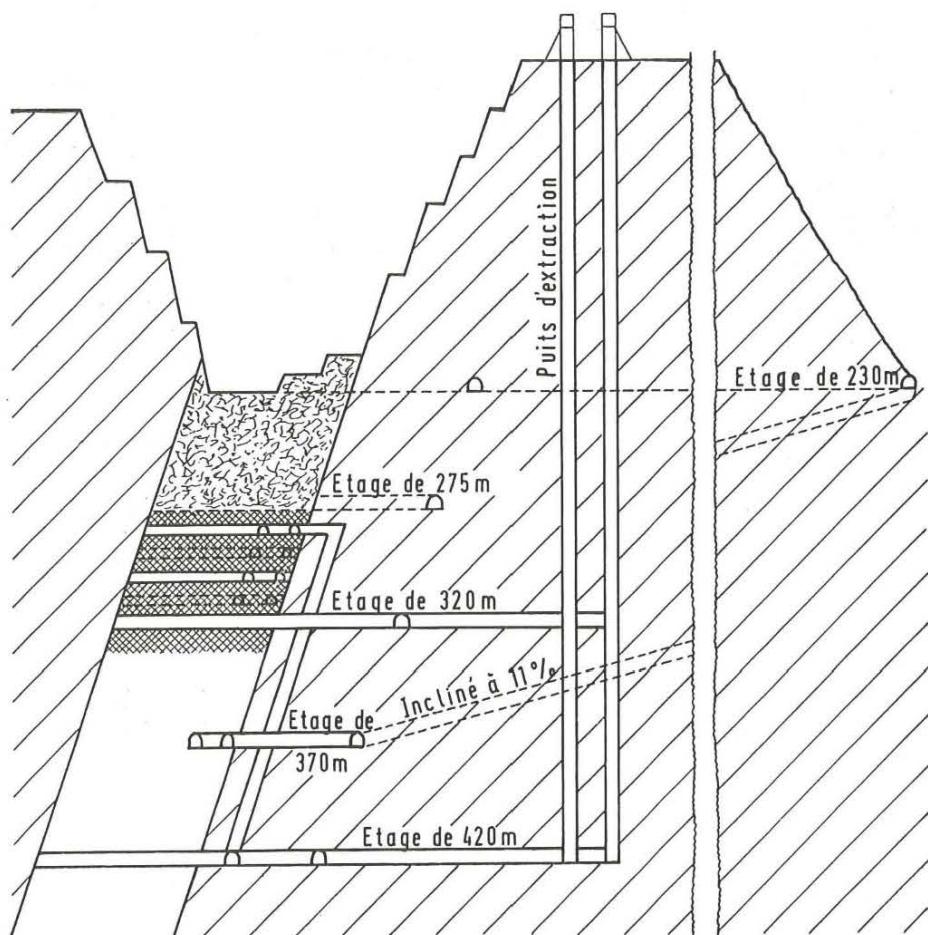


Fig. 2.

Coupe verticale à travers le gisement.

Vertikale doorsnede door de afzetting.

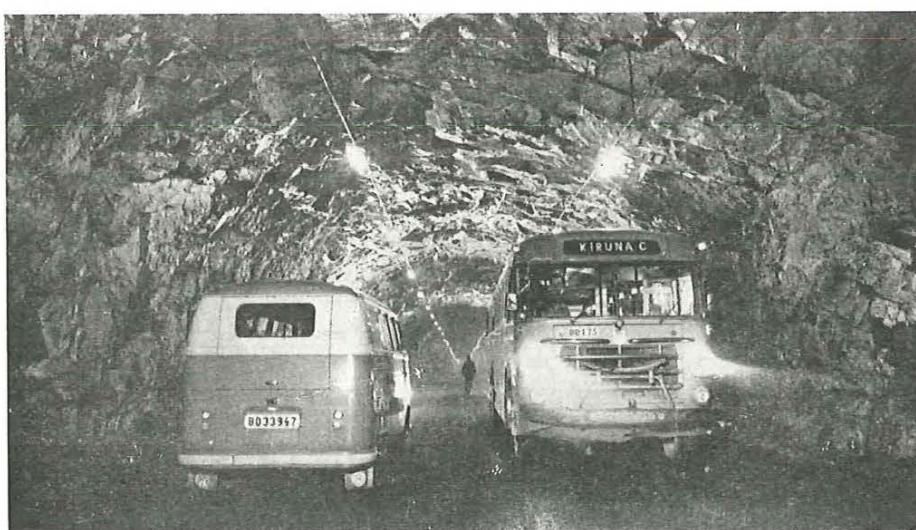


Fig. 3.

Galerie inclinée reliant la surface à l'étage de 370 m. Vue des autobus utilisés pour le transport du personnel.

Hellende galerij tussen de bovengrond en de verdieping van 370 m. Zicht op de autobussen voor het personenvervoer.

L'extraction s'effectue par des puits à l'aide de skips. On compte :

- 8 skips de 20 t avec contrepoids dont la capacité horaire est de 500 t. Ces skips sont actionnés par des machines d'extraction du type Koepe à 4 câbles et commande automatique. La vitesse de translation est de 7,5 m/s. Les 8 machines d'extraction sont alignées dans une même salle en tête des puits (fig. 4).
- 2 skips doubles dont la capacité horaire est de 1000 t. Les machines du type Koepe sont à 6 câbles d'extraction et à commande automatique.

La mine possède donc 10 puits d'extraction, distants de 12,5 m d'axe en axe, plus un puits pour le matériel et le personnel.

Les bouveaux de chassage au niveau d'étage ont une section 8 x 5 m (8 m de largeur et 5 m de hauteur) de façon à permettre le croisement aisément de deux autobus. Les roches sont de bonne qualité et ne nécessitent aucun soutènement, excepté localement quelques boulons de renforcement.

L'exploitation se fait par sous-niveaux avec abattage à l'explosif et foudroyage. La hauteur séparant les niveaux de 320 et 420 m (avec un étage intermédiaire à 370 m) est divisée en 10 sous-niveaux distants, respectivement de 10 m (fig. 5). L'exploitation par tranche donne une possibilité d'exploitation sélective.

A chaque sous-niveau, on creuse dans le minerai deux traçages chassants; l'un des chassages (de 5 x 3 m de section) est tangent au mur du gisement, et en suit les sinuosités; l'autre (de 6 x 4 m de section) est situé entre 15 m et 20 m du précédent et est tracé en ligne droite pour faciliter la circulation rapide des gros engins de transport (fig. 6).

Perpendiculairement à ces chassages, on creuse des chambres de 5 m de largeur, distantes de 10 m d'axe en axe. On laisse donc un pilier de 5 m entre deux chambres. Ces chambres recoupent toute la formation ferrifère du mur au toit. Au sous-niveau suivant, les chambres seront situées à l'aplomb des piliers. Les traçages de deux sous-niveaux consécutifs sont donc disposés en quinconce (fig. 7).

L'exploitation a lieu dans chaque chambre du toit au mur; on fore en éventail suivant le schéma représenté à la figure 7, de façon à abattre le minerai compris entre deux sous-niveaux et celui qui est resté dans les piliers situés entre deux chambres du niveau précédent. Les éventails sont forés à l'aide d'un appareil appelé Simba 22, qui porte deux bras de forage. Les trous sont inclinés de 80° vers l'avant (angle considéré comme le plus favorable) et les éventails sont dstants de 1,80 m suivant l'axe de la galerie. On ne tire qu'un éventail à la fois dans une chambre.

Le chargement des produits est assuré, soit par «scoopmobiles», soit par des chargeuses à pinces de

De extractie gebeurt langs schachten met behulp van skips. Er zijn :

- 8 skips van 20 t met tegengewicht, met een uurcapaciteit van 500 t. Deze skips worden aangedreven door ophaalmachines van het Koepe-type met 4 kabels en automatische bediening. De translatiesnelheid bedraagt 7,5 m/s. De 8 ophaalmachines staan op éénzelfde rij in één enkele zaal boven de schachten (fig. 4).
- twee dubbele skips met een uurcapaciteit van 1000 ton, met Koepemachines met zes kabels en automatische bediening.

De mijn beschikt bijgevolg over 10 extractieschachten op een afstand van 12,5 m van as tot as, en één schacht voor het materieel en het personeel.

De richtsteengangen op het peil van de verdiepingen hebben een sectie van 8 x 5 m (8 m breed en 5 m hoog) zodat twee autocars elkaar gemakkelijk kunnen kruisen. Het gesteente is stevig en vergt geen enkele ondersteuning behalve hier en daar enkele bouten ter versterking.

De ontginning gebeurt in onderverdiepingen met behulp van springstof en dakbreuk. De hoogten tussen de peilen van 320 en 420 m (met een tussenverdieping op 370 m) wordt in 10 onderverdiepingen verdeeld die op 10 m van elkaar liggen (fig. 5). Omdat men in schijven ontgint kan men selectief te werk gaan.

Op elke onderverdieping drijft men twee richtsteengangen in het erts; de ene, met een sectie van 5 x 3 m, loopt tegen de vloer van de afzetting en volgt er alle kronkelingen van; de andere, met een sectie van 6 x 4 m, ligt 15 tot 20 m van de eerste af en is recht om het vervoer met zware toestellen te vergemakkelijken (fig. 6).

Loodrecht op deze richtsteengangen legt men kamers aan met een breedte van 5 m en een onderlinge afstand van 10 m van as tot as. Tussen twee kamers blijft dus een pijler van 5 m over. De kamers doorsnijden heel de ijzerhoudende afzetting van de vloer tot het dak. Op de volgende onderverdieping worden de kamers onder de pijlers van de vorige gelegd. De kamers van twee opeenvolgende onderverdiepingen liggen bijgevolg in verband (fig. 7).

In elke kamer ontgint men van het dak naar de vloer; men boort in waaiervorm volgens het op figuur 7 voorgestelde schema, zodat het erts wordt afgebouwd tussen twee onderverdiepingen alsook in de pijlers die achtergebleven waren tussen twee kamers van de vorige onderverdieping. De waaiers worden geboord met een toestel dat Simba 22 heet en twee boorarmen heeft. De mijngaten hebben een helling van 80° voorwaarts (hetgeen als de meest geschikte hoek wordt beschouwd) en de afstand tussen twee waaiers bedraagt 1,80 m volgens de as van de galerij. Men schiet slechts één waaiers tegelijk per kamer.

Voor het laden van de afslag gebruikt men ofwel een «scoopmobile» ofwel een kreeftenschaarlader van het type Joy; de produkten worden in een Kirunatruck

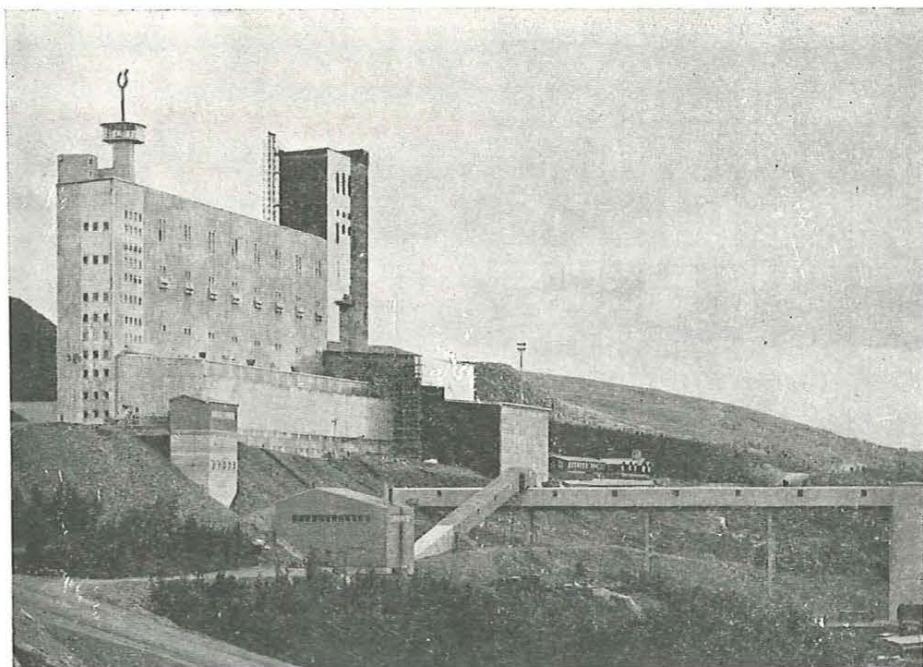


Fig. 4.
Installation d'extraction et de préparation.
Installaties voor extractie en bewerking.

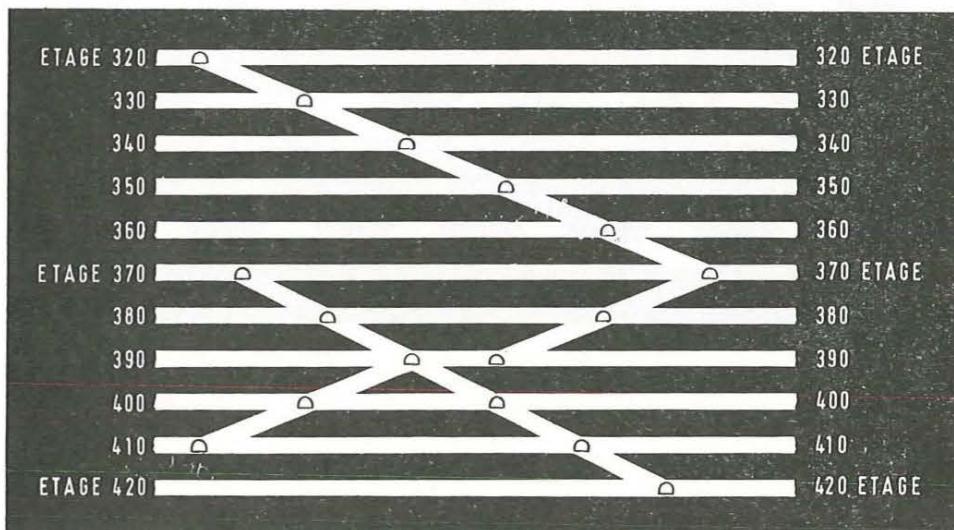


Fig. 5.
Coupe longitudinale montrant les liaisons entre les différents niveaux et sous-niveaux.
Langsdoorsnede met de verbindingen tussen de verschillende verdiepingen
en onderverdiepingen.

homard du type Joy, qui les déversent dans des trucks Kiruna. Le « scoopmobile » est un engin à benne frontale qui assure à la fois le chargement et le transport jusqu'à la cheminée. Si c'est nécessaire, le scoopmobile peut soulever sa benne suffisamment haut pour la déverser dans un camion ou un truck Kiruna.

L'évacuation des produits vers l'étage principal de roulage (à 420 m) se fait par des cheminées à minerai

geladen. De « scoopmobile » heeft van voor een bak en zorgt zowel voor het laden als voor het vervoer tot aan de schouw. Zo nodig kan de scoopmobile zijn bak hoog genoeg heffen om de lading over te storten in een vrachtwagen of in een Kirunatruck.

De produkten worden naar de verdieping van hoofdvervoer op 420 m afgevoerd langs ertsschouwen die op enkele meters van de vloer evenwijdig met de hel-

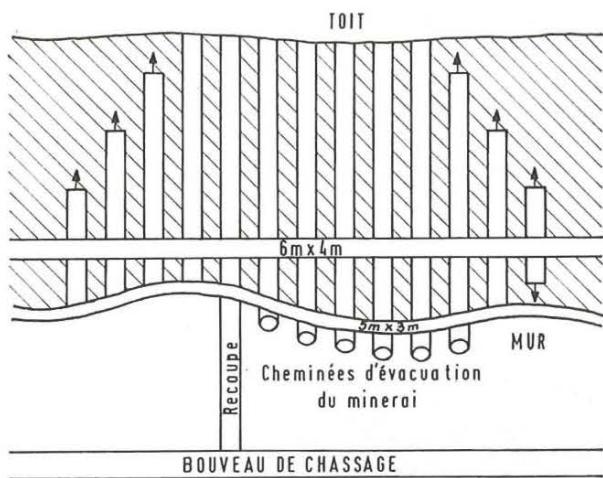


Fig. 6

Vue en plan des traçages à un sous-niveau.
Grondplan van de kamers in een onderverdieping.

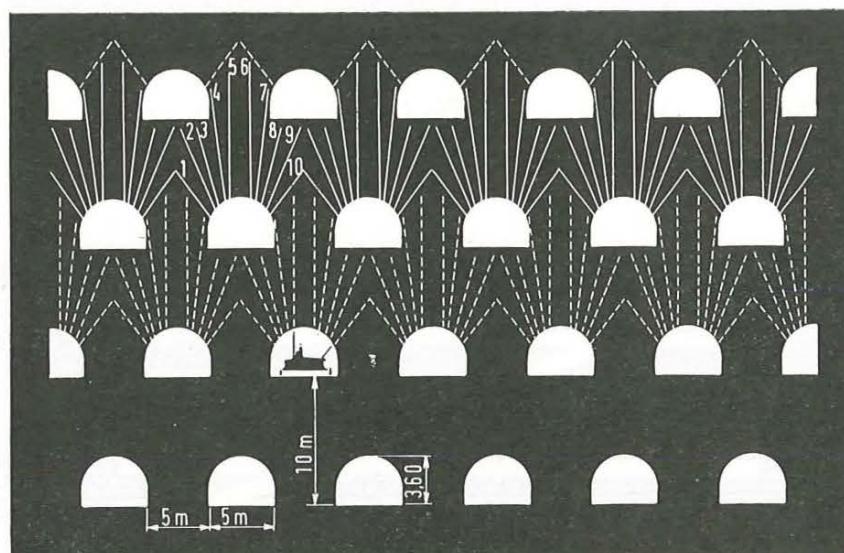


Fig. 7.

Coupe verticale longitudinale montrant les traçages en quinconce et les éventails forés.
Vertikale langsdoorsnede met de kamers in verband en de afgeboorde waaiers.

creusées à quelques mètres au mur, parallèlement à l'inclinaison du gisement (fig. 2 et fig. 6). Chaque quartier dispose d'une dizaine de cheminées d'évacuation qui sont affectées à des minéraux dont la teneur en phosphore diffère. Les très nombreux sondages de reconnaissance et d'analyses permettent de déterminer avec assez bien de précision la qualité du minéral extrait dans chaque chambre à un moment déterminé.

Les liaisons verticales entre les sous-niveaux sont aussi assurées par des plans inclinés creusés dans le minéral pour faciliter le passage rapide des lourds engins d'exploitation d'un sous-niveau à l'autre.

ling van de afzetting gedreven zijn (fig. 2 en 6). Elke afdeling heeft een tiental afvoerschouwen die bestemd zijn voor erts met telkens verschillend fosforgehalte. Dank zij een groot aantal verkenningsboringen en ontledingen kent men vrij nauwkeurig de kwaliteit van het erts dat op een bepaald ogenblik in elke kamer aangetroffen wordt.

Tussen de verschillende onderverdiepingen bestaan ook hellende verbindingen in het erts, waardoor de zware winmachines gemakkelijk en vlug van de ene onderverdieping naar de andere kunnen gevoerd worden.

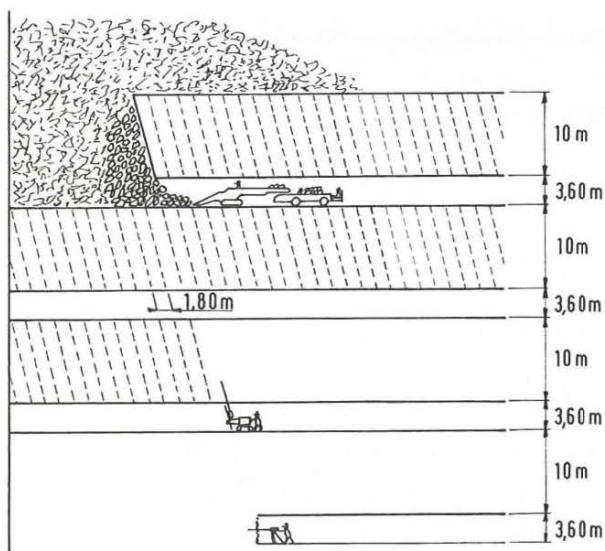


Fig. 8

Coupe verticale transversale montrant l'exploitation par sous-niveaux avec les différentes phases des travaux en cours.

Vertikale dwarsdoorsnede met de ontginding per onderverdieping, en de verschillende fazen van de werken die aan de gang zijn.

Le gisement est divisé en sections qui ont 1 km de longueur. Dans une telle section, il y a 3 ou 4 sous-niveaux simultanément en exploitation (fig. 8).

Le premier ou les deux premiers sous-niveaux sont en exploitation, c'est-à-dire qu'on y effectue le tir des éventails, le chargement et l'évacuation du minerai, le foudroyage du toit. Au 3ème sous-niveau, on fore les éventails et au 4ème on creuse les traçages en minerai.

Cet ensemble constitue un quartier ou un groupe de production.

Le minerai qui vient des traçages est propre, il ne passe pas au triage-lavoir; sa teneur en phosphore est parfaitement connue, mais peut varier d'un point à l'autre principalement perpendiculairement aux épontes. Il est directement déversé dans des cheminées affectées à ces produits.

Après le tir d'un éventail, le minerai chargé au début est très propre. Sa teneur en phosphore est connue. A la fin, du fait de la présence des éboulis de foudroyage, la teneur en stériles augmente et est en moyenne de 20 %. Les produits sont alors déversés dans d'autres cheminées. Les pertes de minerai sont de l'ordre de 10 %.

3. MATERIEL UTILISE DANS UN QUARTIER D'EXPLOITATION

Forage en traçages

En traçages, on utilise des jumbos à 3 bras :

- soit du type Gardner Denver,
- soit du type Atlas Copco (ceux-ci sont en service depuis peu de temps). Ces appareils sont commandés par 1 homme (fig. 9). Ils sont montés sur un véhicule à pneus.

De afzetting wordt verdeeld in secties met een lengte van 1 km. In elke sectie zijn 3 of 4 onderverdiepingen tegelijk in ontginding (fig. 8).

Eén of twee onderverdiepingen zijn in afbouw, dit wil zeggen dat men er de waaier schiet, het erts laadt en het dak doet instorten; op de derde onderverdieping boort men de waaiers en op de vierde drijft men de kamers in het erts.

Dit geheel vormt een afdeling of produktiegroep.

Het erts van de kamers is zuiver en gaat niet langs de zeverij-wasserij; het fosforgehalte is nauwkeurig gekend maar kan verschillen volgens de plaats, en dan vooral naargelang van de afstand tot de nevengesteenten. Het wordt rechtstreeks in een schouw gebracht die voor deze produkten voorbehouden is.

Na het afschieten van een waaier is het erts aanvankelijk zuiver en is zijn fosforgehalte gekend. Op het einde neemt het gehalte aan steriele bestanddelen wegens de stenen van de dakbreuk toe en gaat het tot een gemiddelde van 20 %. Deze produkten worden in andere schouwen gestort. Het ertsverlies is van de grootteorde van 10 %.

3. HET MATERIEEL DAT IN EEN ONTGINNINGSAFDELING GEBRUIKT WORDT

Het boren in de kamers.

In de kamers gebruikt men jumbo's met drie armen :

- ofwel van het type Gardner Denver,
- ofwel van het type Atlas Copco (nog niet lang in bedrijf). Deze toestellen worden door één persoon bediend (fig. 9). Ze staan op een voertuig op luchtbanden.

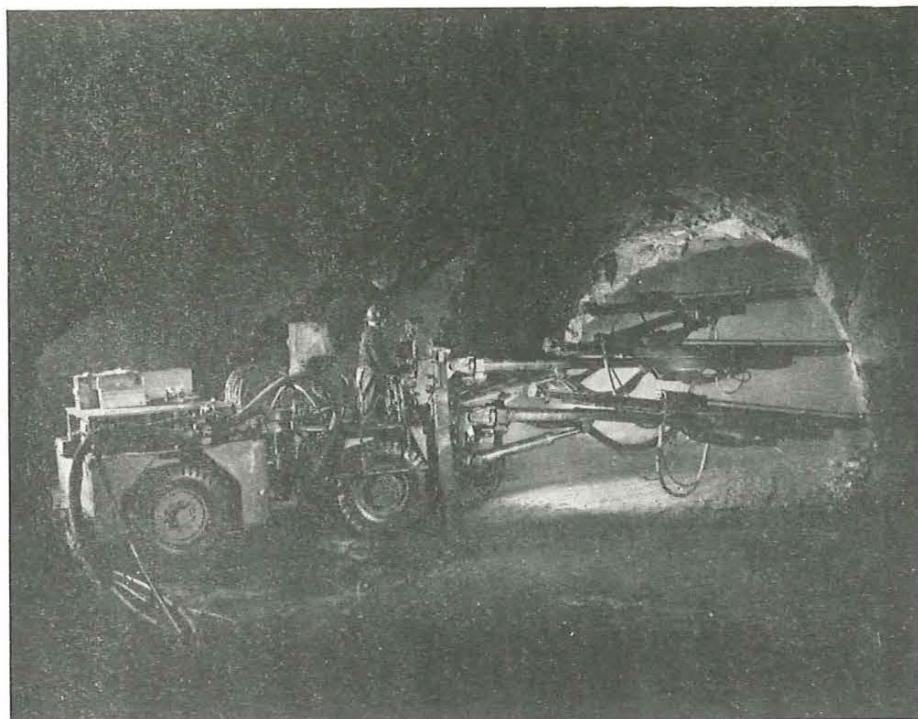


Fig. 9.
Jumbo pour traçages.
Jumbo voor het drijven van kamers.

Les traçages ou chambres ont une section de 5 x 3,60 m.

Les volées ont 3 m de profondeur et on fore 42 trous par volée de 43 à 45 mm de diamètre. La vitesse moyenne de forage en traçage est de 1 m/min. Un jumbo est capable de forer 3 volées par poste, soit :

$$\begin{aligned} &— 3 \times 42 = 126 \text{ m par volée} \\ &— 126 \times 3 = 378 \text{ m (soit 360 à 380 m par poste).} \end{aligned}$$

Explosif et tir

On utilise un mélange de nitrate ammonique et de fuel-oil (à 5 %). Le mélange est préparé en surface et amené à front dans des récipients de 40 kg placés sur un véhicule à pneus. Ce véhicule porte un petit compresseur qui donne une pression de 3 kg et une cuve à pression (fig. 10).

Dans chaque trou, on place au fond une cartouche de dynamite et un détonateur. Le nitrate fuel est versé dans la cuve et introduit dans les trous à l'aide de tuyaux flexibles.

La ligne de tir est reliée à un exploseur qui lance le courant électrique dans la ligne.

Chargement

Le chargement en traçages est assuré par des chargeuses Joy à pinces de homard bien connues (fig. 11). Celles-ci déversent les produits dans un truck Kiruna

De kamers ont une section de 5 x 3,60 m.

De afslag heeft een dikte van 3 m en er worden 42 mijnen met een doormeter van 43 tot 45 m geboord per afslag. In de kamers is de gemiddelde boorsnelheid 1 m/min. Een jumbo kan drie afslagen per dienst boren, hetgeen neerkomt op

$$\begin{aligned} &— 3 \times 42 = 126 \text{ m per afslag} \\ &— 126 \times 3 = 378 \text{ m (360 tot 380 m per dienst).} \end{aligned}$$

Springstof en schietmaterieel.

Men gebruikt een mengsel van ammoniumnitraat en fuel (tegen 5 %). Het mengsel wordt op de bovengrond gereedgemaakt en aangevoerd in vaten van 40 kg in een wagen op luchtbanden. Op dit voertuig staat een drukkuip en een kleine compressor die een druk van 3 kg/cm² geeft (fig. 10).

Op de bodem van elke mijn plaatst men een dynamietpatroon en een ontsteker. Met mengsel nitraat-fuel wordt in de drukkuip gegoten en in de mijnen gebracht met behulp van slangen.

De schietlijn wordt verbonden met een afvuurtoestel dat een elektrische stroom in de lijn zendt.

Het laden.

In de kamers gebeurt het laden met de welbekende kreeftenschaarladers Joy (fig. 11). Deze toestellen laden de produkten in Kirunatrucks en daarin worden ze naar



Fig. 10.

Véhicule utilisé pour le chargement des fourneaux de mines.

Voertuig dat gebruikt wordt voor het laden van de mijnen.



Fig. 11.

Chargeuse Joy et truck Kiruna.

Laadmachine Joy en Kiruna-truck.

qui les transportent jusqu'aux cheminées d'évacuation vers l'étage principal de roulage (étage de 420 m). Les traçages à eux seuls assurent 15 à 20 % de la production.

Forage des éventails

Le forage des éventails est exécuté par un appareil sur pneus à 2 bras appelé « Simba 22 », commandé par un seul homme (fig. 12). Il y a 18 « Simba 22 » en service à Kiruna, plus 5 en réserve et en réparation (total 23).

de schouwen gebracht, langs waar ze afgevoerd worden naar de verdieping van hoofdvervoer (verdieping van 420 m). Uit de kamers alleen komt 15 tot 20 % van de productie.

Het boren van de waaiers.

De waaiers worden geboord met een toestel op luchtbanden, met twee boorarmen, dat Simba 22 heet, en door één persoon wordt bediend (fig. 12). Er zijn 18 Simba 22 in dienst te Kiruna, benevens 5 in reserve en in herstelling (totaal 23).

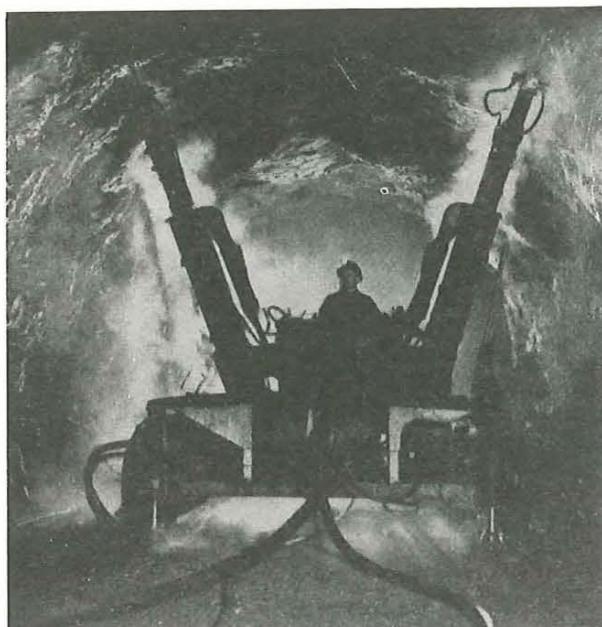


Fig .12

Engin de forage à 2 bras du type « Simba 22 » de la firme Atlas Copco pour le forage des éventails.

Twee-armenboormachine van het type « Simba 22 » van de firma Atlas Copco voor het boren van de waaiers.

Chaque éventail comporte 10 trous dont la disposition est bien visible sur la figure 7. Les trous les plus longs peuvent atteindre 12 m. On fore 60 à 70 m par éventail. Les éventails sont inclinés vers l'avant à 80° par rapport à l'horizontale et distants l'un de l'autre de 1,80. Chaque « Simba » peut forer 5 éventails par poste, soit 300 à 350 m de trous. En travaillant à 2 postes, un appareil peut ainsi reculer de 18 m par jour dans le traçage. Ces appareils forent 2 millions de mètres par an.

La vitesse de forage est de 40 à 50 m par minute, c'est-à-dire la moitié de celle des traçages du fait de l'allongement et du retrait des barres. Une barre de forage peut forer 1.500 m et un taillant « Sandvik » 500 à 700 m de trous.

Au lieu de l'éventail, on envisage de faire l'abattage par trous parallèles. Dans ce cas, tous les trous seraient également longs et auraient environ 16 m, c'est-à-dire la hauteur entre deux sous-niveaux, moins la hauteur de la chambre.

Le forage des trous parallèles d'égale longueur est beaucoup plus facile à réaliser que l'éventail qui demande de la précision et de l'attention. Les inclinaisons et les longueurs des trous doivent être scrupuleusement respectées si l'on veut éviter de percer au vide, de laisser du minéral, de tirer des gros blocs avec tous les ennuis que cela comporte (tir de pétards, etc...).

Pour forer des trous parallèles, on envisage la réalisation d'un nouvel appareil dont les bras seraient disposés sur des glissières.

Tir des éventails — Chargement et transport vers les cheminées.

Le tir des éventails se fait également au nitrate fuel. Un tir donne environ 600 tonnes. La distance moyenne de transport est de 120 mètres.

Elke waaier bevat 10 mijnen waarvan de ligging goed zichtbaar is op figuur 7. De langste mijnen kunnen 12 m worden. Men boort 60 tot 70 m per waaier. De waaiers hebben een helling van 80° ten opzichte van de horizontale in voorwaartse richting en staan op afstanden van 1,80 m van elkaar. Elke Simba kan 5 waaiers per dienst boren, hetgeen neerkomt op 300 tot 350 m mijn. Op twee diensten kan een toestel op die manier 18 m afleggen in achterwaartse richting in een kamer. Deze toestellen boren 2 miljoen meter per jaar. De boorsnelheid in de kamers, dit wegens het verlengen en terugtrekken van de boorijzers. Een boorijzer kan 1500 m boren en een beitel Sandvik 500 tot 700 m.

In plaats van waaiers zou men voor de ontginning evenwijdige gaten willen boren. In dat geval zouden alle gaten even lang zijn en wel ongeveer 16 m, dit wil zeggen de afstand tussen twee onderverdiepingen min de hoogte van de kamer.

Het boren van evenwijdige en even lange mijnen is veel gemakkelijker dan het boren van een waaier waarvoor precisie en aandacht vereist zijn. De helling en de lengte van de mijnen moeten nauwkeurig in acht genomen worden zo men wil vermijden in de ledige ruimte te boren, erts achter te laten, zware blokken te vormen met al de nadelige gevolgen daarvan (hulpmijnen enz.).

Voor deze evenwijdige mijnen denkt men aan een nieuwsoortig toestel waarvan de armen op glijbanen zouden zitten.

Het afvuren van de waaiers — Laden en vervoeren naar de schouwen.

In de waaiers wordt eveneens het nitraat-fuel mengsel gebruikt. Een salvo geeft ongeveer 600 ton. Gemiddeld moet het erts over 120 m vervoerd worden.

On utilise deux équipements différents.

- 1^o) Soit une chargeuse Joy à pinces de homard avec 2 trucks du type Kiruna. La capacité d'un tel ensemble s'élève à 1000 ou 1500 t/poste pour 3 hommes.
- 2^o) Soit un scoopmobile à benne frontale de 3,5 m³ de capacité qui assure à la fois le chargement et le transport (fig. 13). Dans ce cas, un seul homme assure une production de 850 à 1000 t à condition de l'utiliser sur de courtes distances. C'est pourquoi on utilise généralement cet engin à front des chambres en dépilage près des cheminées.

Men gebruikt twee verschillende uitrusting:

- 1^o) Ofwel een kreeftenschaarlader Joy met twee Kirunatrucks. Dit geheel geeft een capaciteit van 1 000 tot 1 500 t/dienst met 3 man;
- 2^o) Ofwel een scoopmobile met frontale bak van 3,5 m³ die tegelijkertijd instaat voor het laden en het vervoer (fig. 13). In dat geval kan één man een productie van 850 tot 1 000 t vervoeren op voorwaarde dat het over korte afstanden gaat. Om die reden wordt dit toestel meestal gebruikt aan het front van de kamers die dicht bij een schouw liggen.

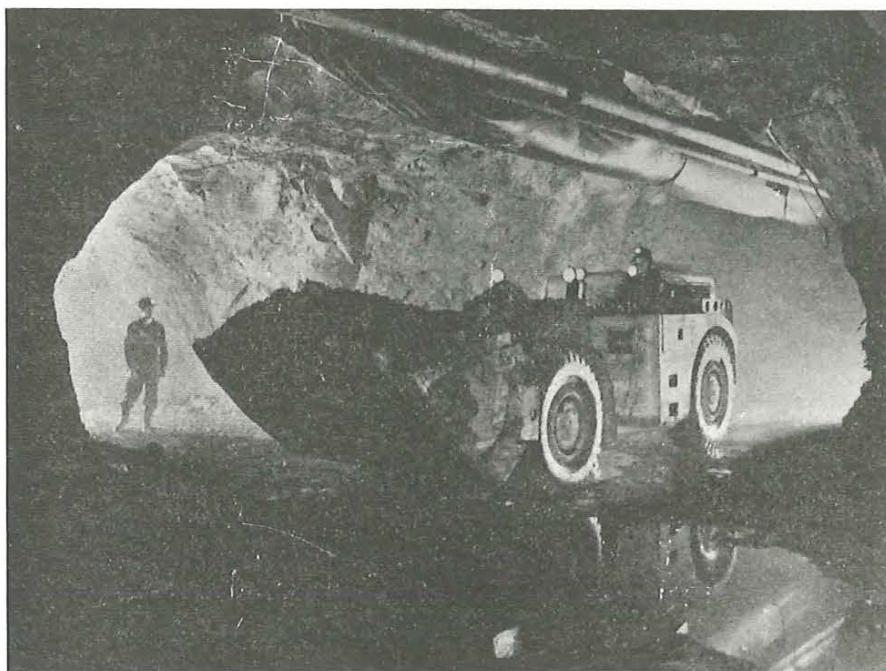


Fig. 13.

« Scoopmobile » à benne frontale.

« Scoopmobile » met bak vooraan.

Les raisons qui motivent le choix des équipements sont : la distance et la ventilation.

Les chargeuses à pinces de homard sont électrifiées, mais le truck Kiruna est équipé d'un moteur diesel comme le scoopmobile d'ailleurs. Cependant, le moteur du scoopmobile doit être plus puissant du fait qu'il doit assurer la pénétration dans le tas de minerai. Ce moteur donne un dégagement d'oxyde de carbone plus important, ce qui exige un renforcement de la ventilation et entraîne donc des frais d'aérage plus élevés.

L'équipement d'un groupe de production comporte :

- 3 à 4 chargeuses Joy
- 5 scoopmobiles.

Bij de keuze van de machines laat men zich leiden door de afstand en de luchtverversingsproblemen.

Kreeftenschaarladers zijn geëlektrificeerd, maar de Kirunatruck heeft een dieselmotor evenals de scoopmobile trouwens. De motor van de scoopmobile moet echter krachtiger zijn omdat hij moet in staat zijn in de ertschoop te dringen. Deze motor geeft meer koolmonoxide af hetgeen een betere luchtverversing vereist en dus hogere luchtverversingskosten meebrengt.

De uitrusting van een produktiegroep bestaat uit het volgende :

- 3 of 4 laadmachines Joy
- 5 scoopmobilen.

Le personnel travaille 8 heures à front, mais au milieu du poste, le travail est interrompu pendant 3/4 d'heure (ce temps n'étant pas compris dans le temps de travail). Les hommes des fronts sont transportés par autobus dans des réfectoires aménagés aux différents étages (5 restaurants souterrains) et des repas chauds identiques à ceux des cantines de surface leur sont servis au fond (fig. 14). A côté des réfectoires, on trouve aussi des salles de repos (fig. 15).

Het personeel werkt 8 uur aan het front, doch in het midden van de dienst is er een onderbreking van 3/4 uur (tijd die niet in de arbeidsduur begrepen is). De frontarbeiders worden in autocars naar eetzalen gebracht die op elke verdieping zijn ingericht (er zijn 5 ondergrondse restaurants) en krijgen in de ondergrond eenzelfde warme maaltijd als in de bovengrondse kantines (fig. 14). Naast deze eetzalen zijn er ook rustlokalen (fig. 15).



Fig. 14

Vue d'un réfectoire souterrain.
Zicht op een ondergrondse refter.



Fig. 15.

Vue d'une salle de repos souterraine.
Zicht op een ondergronds ontspanningslokaal.

4. TRANSPORT GENERAL AU FOND

Le transport général s'effectue actuellement à l'étage de 420 m à l'aide de locomotives à trolley de 40 t. L'alimentation est assurée en courant continu de 600 V. On utilise des berlines de 20 t de charge utile à vidange par le fond (fig. 16). Un train est constitué de 10 à 12 berlines, soit une charge de 200 à 240 t.

Pour réaliser une production annuelle de 18 millions de tonnes, le trafic est assuré par 18 trains qui vont

4. ALGEMEEN ONDERGRONDS VERVOER

Het algemeen vervoer verloopt momenteel op de verdieping van 420 m en gebeurt met trolleylocomotieven van 40 t. De voeding geschiedt met gelijkstroom op 600 V. Men gebruikt wagens van 20 t nuttige lading met bodemlossing (fig. 16). Elke trein bevat 10 tot 12 wagens of een lading van 200 tot 240 t.

Om tot een jaarlijkse productie van 18 miljoen ton te komen vergt het vervoer het gebruik van 18 treinen

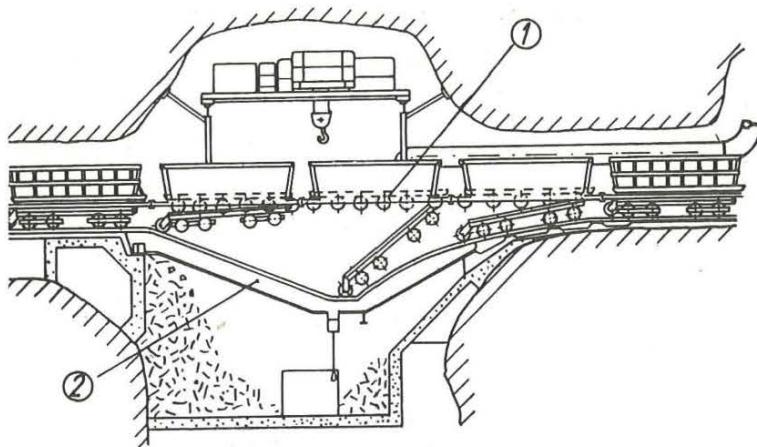


Fig. 16

Vidange par le fond des wagons de minerais.

Het onderlossen van de ertswagens.

1. Essieux porteurs fixés au châssis des wagons.
2. Chemin de roulement pour fond mobile des wagons.
1. Op het raam van de wagens vastgemaakte draagassen.
2. Rolweg voor beweegbare bodem van de wagens.

s'approvisionner à 80 cheminées de chargement. Avant l'extraction, le minéral est concassé à 100 mm par une batterie de 6 concasseurs dont la granulométrie est de 100 mm. Il est ensuite emmagasiné dans des silos et remonté en surface par des skips. Pour assurer le déblocage de la production, chaque train doit effectuer 16 à 17 trajets par jour.

Il est également nécessaire d'organiser le trafic en fonction de la qualité du minéral désirée et tout spécialement en fonction de la teneur en phosphore.

La circulation des convois est réglée à partir d'un poste central qui dispose d'un ordinateur IBM 1620, avec un système de contrôle IBM 1710 (fig. 17). Au nouvel étage, le central contrôlant le trafic sera encore plus perfectionné. L'ordinateur électronique peut prendre des décisions plus rapidement que l'homme en ce qui concerne les voies à emprunter par les convois, leur destination, etc... et ses décisions peuvent être basées sur un plus grand nombre d'informations.

die geladen worden aan de voet van 80 schouwen. Vooraleer opgehaald te worden wordt het erts gebroken op 100 mm in een batterij van 6 brekers met een granulometrie van 100 mm. Vervolgens wordt het erts opgeslagen in bunkers en opgehaald met skips. Om de produktie te kunnen verwerken moet elke trein 16 tot 17 reizen maken per dag.

Men is ook verplicht het vervoer te organiseren overeenkomstig de kwaliteit van het gewenste erts en bijzonder overeenkomstig het fosforgehalte.

De loop der treinen wordt geregeld vanuit een centrale post die gebruik maakt van een computer IBM 1620 en een controlesysteem IBM 1710 (fig. 17). Op de nieuwe verdieping zal de centrale voor de controle van het vervoer nog beter zijn uitgerust. De elektronische computer werkt sneller dan de mens bij het nemen van beslissingen inzake de door de treinen te nemen sporen, hun bestemming enz., en deze beslissingen worden genomen in functie van een groter aantal gegevens.



Fig. 17.

Salle de contrôle du trafic souterrain à l'étage de 420 m.

Kontrolekamer voor het ondergronds vervoer op de verdieping van 420.

L'homme est toujours présent dans le système comme surveillant, prêt à reprendre le commandement de l'ordinateur en cas d'incidents imprévus.

La destination de chaque train est fixée à partir du central qui commande les aiguillages et les signaux pour arriver à un point de chargement bien déterminé.

L'ordinateur connaît le numéro du train, la nature (pierre - mineraï), l'origine, la teneur en phosphore, la destination et l'occupation des voies.

L'ordinateur connaît aussi le niveau de remplissage de chaque cheminée et la teneur en phosphore du mineraï, ainsi que celle des silos d'alimentation des skips.

Pour obtenir la qualité de mineraï voulue, qui est surtout fonction de la teneur en phosphore, il est indispensable de connaître la teneur en P du mineraï en place et de celui exploité à chacun des fronts.

A cet effet, on effectue des sondages de reconnaissance et on prélève des échantillons de distance en distance. On en prélève aussi dans les traçages en creusement et dans les tas après chaque tir d'exploitation.

Ces échantillons sont analysés aux rayons X et toutes les données sont consignées dans l'ordinateur. Elles servent d'informations de base pour la conduite de l'exploitation, de l'emmagasinage dans les cheminées et pour le chargement dans les trains.

Pour assurer un contrôle permanent de la teneur, des échantillons sont prélevés dans les trains en marche, analysés en 4 minutes dans de petits laboratoires de chantier situés au fond et les résultats sont transmis téléphoniquement au centraliste qui les introduit dans l'ordinateur. Il peut ainsi encore diriger le train vers un culbuteur et un skip déterminés.

Tous les wagons sont pesés sur une balance électrique avant leur vidange et leur poids est transmis au central qui évalue ainsi la production de chaque poste.

Lorsque tous les wagons d'un train sont culbutés, la locomotive a terminé sa mission mais 400 millisecondes après, elle reçoit une nouvelle mission et le nouvel itinéraire est fixé. Le machiniste ne connaît pas la nouvelle adresse, mais se contente de suivre l'itinéraire imposé pour se rendre à la cheminée où il doit effectuer le chargement suivant. Dès que le train est chargé, l'adresse s'efface et le convoi est dirigé vers un des concasseurs.

Si une défectuosité apparaît au système électronique, le préposé peut passer en commande manuelle. Il dispose alors de 60 boutons qui lui permettent d'assurer le trafic et de donner les ordres indispensables.

On a décidé de porter à 120 m au lieu de 100 m la hauteur entre étages pour amortir, sur un tonnage plus élevé, les frais importants d'équipement du nouvel étage qui comprend :

- un dispatching avec commande du trafic par ordinateur,
- une vaste installation de concasseurs primaires et secondaires,
- des installations de chargement des skips et des silos intermédiaires d'emmagasinage.

De mens blijft in het systeem aanwezig, als toezichter, gereed om het commando opnieuw op te nemen wanneer er onvoorzien moeilijkheden optreden.

Van elke trein wordt de bestemming bepaald door de centrale, die de wissels en signalen zo regelt dat de trein bij het voorop gekozen laadpunt toekomt.

De computer kent het nummer van de trein, de aard van de lading (stenen - erts), de oorsprong, het fosforgehalte, de bestemming, en de bezetting van de sporen.

De computer kent eveneens de vullingsgraad van elke schouw en het fosforgehalte van het erts; hetzelfde geldt voor de voedingsbunkers van de skips.

Om erts te bekomen met de gewenste kwaliteit, en dit is vooral een kwestie van fosforgehalte, moet men absoluut weten hoeveel fosfor het erts *in situ* bevat en wat het gehalte is aan elk winfront.

Met dat doel voert men verkenningsboringen uit en neemt men monsters op geregelde afstanden. Men neemt ook monsters aan de fronten der kamers en na de afslag bij elke afvuring tijdens de ontginding.

Deze monsters worden met X-stralen onderzocht en al de gegevens worden aan de computer doorgegeven. Ze vormen de basisinformatie voor het drijven van de ontginding, het vullen van de schouwen en het laden van de treinen.

Om het gehalte ononderbroken te controleren neemt men monsters van de rijdende treinen; deze monsters worden binnen de vier minuten ontleed in kleine ondergrondse veldlaboratoriums en de resultaten worden doorgegeven aan de dispatcher die ze in de computer steekt. Op die manier is het mogelijk de trein alsnog naar een bepaalde kieper en terminusbunker te zenden.

Al de wagens worden vóór het ledigen gewogen op een elektronisch weegtoestel en hun gewicht wordt meegedeeld aan de centrale die aldus de produktie per dienst berekent.

Wanneer al de wagens van een trein gekiept zijn heeft de locomotief haar opdracht uitgevoerd, maar 400 milliseconden later krijgt ze er een nieuwe en is de nieuwe weg uitgestippeld. De machinist kent zijn nieuwe bestemming niet; hij beperkt er zich toe de opgelegde weg te volgen en zich te begeven naar de schouw waar hij zijn trein moet laden. Zodra de trein geladen is vervalt de bestemming en wordt de sleep naar een der brekers geleid.

Wanneer het elektronisch systeem defect geraakt kan de dispatcher overgaan op handbediening; hij heeft dan 60 knoppen waarmee hij het verkeer kan gaande houden en de nodige orders geven.

Men heeft besloten de verdiepingshoogte van 100 op 120 m te brengen, ten einde de hoge kosten voor de uitrusting van een nieuwe verdieping over een grotere tonnage te kunnen spreiden; deze kosten behelzen :

- de computerbesturing van het verkeersnet;
- een omvangrijke reeks primaire en secundaire breakers;
- laadinrichtingen voor de skips en vliegwielbunkers.

On est actuellement limité en production par le transport au fond et le transport en surface entre Kiruna et Narvik. Avec les moyens dont on dispose, on s'efforce d'augmenter la production en réduisant la quantité de stériles à extraire.

5. TRAITEMENT DES MINERAIS

Triage

Les installations de traitement des minerais ont pris une ampleur considérable au cours de ces dernières années afin de toujours mieux adapter la qualité des produits aux besoins réels des consommateurs.

Ainsi que nous venons de le voir, environ 20 % de la production proviennent du traçage des recoups et ce minéral ne subit pas d'autre traitement qu'un simple concassage avant d'être expédié au port d'embarquement.

Les 80 % qui viennent de l'exploitation proprement dite sont pollués par environ 20 % de stériles au moment du chargement. Ils doivent donc être triés.

L'atelier de triage est situé sur le versant occidental de la colline, attenant au bâtiment des skips d'extraction. Il y a autant de sections de triage qu'il y a d'installations d'extraction, c'est-à-dire 10. Les skips étant déjà spécialisés dans l'extraction de qualités différentes, les sections de triage le sont aussi. Deux et parfois même quatre des sections sont affectées au triage des minéraux pauvres en phosphore et les autres au minéral à teneur plus élevée en P.

Les traitements comprennent essentiellement :

- des criblages par voie sèche ou humide;
- des séparations magnétiques en 3 ou 4 étages à sec ou sous eau.

L'installation est capable de traiter 18 Mio.t brutes, soit 14,5 millions de produits vendables. Ceux-ci sont stockés dans 12 silos de 7000 t : 10 pour les minéraux en morceaux et 2 pour les fines.

Concentration.

Depuis 1969, une usine de concentration est en service à Kiruna et, grâce à son fonctionnement aux 3 postes, elle est capable de produire près de 2 Mio.t de concentrés pour pellets. Les produits à haute teneur en fer et faible teneur en phosphore sont obtenus à partir de minéraux finement broyés, enrichis par séparation magnétique à plusieurs étages.

Le broyage s'effectue en deux stades :

- Des broyeurs à barres donnant des produits inférieurs à 1 mm qui subissent une séparation magnétique.
- Des broyeurs autogènes qui traitent les produits issus de la première séparation magnétique et les broient à 0,07 mm (200 mesh). Dans ces broyeurs, ce sont des morceaux de minéral qui sont utilisés comme éléments broyants, au lieu de boulets d'acier.

Momenteel wordt de produktie geremd door het vervoer in de ondergrond en het vervoer op de bovengrond tussen Kiruna en Narvik. Met de middelen waarover men beschikt beijvert men zich om de produktie te verhogen door een vermindering van de hoeveelheid op te halen gangstenen.

5. BEHANDELING VAN HET ERTS

Het zeven.

De installaties voor het behandelen van het erts hebben de laatste jaren een belangrijke uitbreiding genomen, omdat men de produkten steeds meer wil aanpassen aan de juiste behoeften van de verbruikers.

Wij hebben reeds gezien dat zowat 20 % van de produktie voortkomt van het drijven der kamers; dit erts ondergaat geen andere behandeling dan een eenvoudig breken, vooraleer verzonden te worden naar de verschepingshavnen.

De 80 % die van de eigenlijke ontginning komen worden vermengd met zowat 20 % stenen tijdens het laden. Deze produktie moet gezeefd worden.

De zeverij ligt tegen de westelijke flank van de heuvel en grenst aan het gebouw der extractieships. Er zijn in de zeverij zoveel secties als er ophaalinstallaties zijn, dit wil zeggen 10. Aangezien de skips reeds één speciale kwaliteit erts optrekken, zijn ook de secties van de zeverij voor een bepaalde kwaliteit gespecialiseerd. Twee of soms vier secties werken met fosforarm erts, de andere met erts dat een hoger fosforgehalte heeft.

Deze behandeling komt hoofdzakelijk hierop neer :

- het zeven langs droge of natte weg;
- het magnetisch scheiden in 3 of 4 categorieën, en dit langs droge weg of onder water.

De installatie heeft een capaciteit van 18 miljoen bruto ton of 14,5 miljoen ton verkoopbaar produkt. Dit laatste wordt opgeslagen in 12 bunkers van 7000 t : 10 voor het stukerts en 2 voor het fijne erts.

Concentratie.

Sinds 1969 werkt er in Kiruna een concentrerfabriek die, omdat ze drie diensten per dag werkt, in staat is zowat 2 miljoen ton te concentreren voor het vormen van pellets. De produkten, met hoog ijzergehalte en laag fosforgehalte, worden bekomen door fijn gemalen ijzererts aan te rijken door een magnetische scheiding in verschillende trappen.

Het breken gebeurt in twee stadia :

- staafbrekers geven een produkt onder de millimeter, dat een magnetische scheiding ondergaat;
- autonome molens nemen de produkten van de eerste magnetische scheiding over en malen ze tot 0,07 mm (200 mesh). In deze molens worden de ertsbrokjes gebruikt als malende elementen in plaats van stalen kogeltjes.

A la sortie de ce 2^{ème} étage de broyage, le minerai subit une nouvelle séparation magnétique en 4 étages qui donne alors le concentré définitif destiné à la pelletisation.

Bouletage.

L'usine a été calculée pour atteindre une capacité annuelle de près de 2 Mio.t de pellets pour hauts fourneaux.

La pelletisation ou bouletage comprend deux opérations successives :

- fabrication des boulettes,
- cuisson des boulettes pour leur donner la résistance mécanique indispensable aussi bien pour le transport que pour leur traitement dans les hauts fourneaux.

Aux concentrés venant de l'usine on ajoute de la bentonite comme liant et le produit ainsi obtenu est dirigé vers six circuits de formation de boulettes crues. Celles-ci sont obtenues dans des tambours cylindriques de 9 m de longueur, pu's doivent être calcinées. Ce traitement s'effectue sur une grille mobile de 86 m de longueur sur laquelle sont fixés 296 paniers à calciner. Les paniers chargés de boulettes crues traversent successivement des zones du four à températures croissantes puis décroissantes. Au cours de ce circuit, elles sont d'abord séchées, puis calcinées et finalement soumises à un refroidissement lent.

La température de frittage — environ 1300°C — est essentiellement obtenue par des brûleurs à mazout, mais aussi par la chaleur dégagée par l'oxydation de la magnétite et sa transformation en hématite.

En bas de la zone de frittage, les boulettes commencent à se refroidir et, à la sortie du four, elles sont évacuées à une température d'environ 500°C.

6. TRANSPORT VERS LE PORT DE NARVIK

Ce transport est déjà excellent, mais il comprend encore un nombre important de tronçons à simple voie qui constituent des goulots limitant l'expansion de la production.

Le transport est assuré dans des wagons de 42 t à raison de 25 à 28 convois par jour d'une contenance de 2500 t. Actuellement, le transport fonctionne sans interruption le samedi et le dimanche.

Comme la mine arrête 3 semaines en été, on envisage d'établir une vaste aire de stockage pour y emmagasiner la production de 3 semaines et la charger en wagons pendant les vacances.

On envisage de remplacer les wagons de 42 t par des wagons à 4 essieux de 80 t. De ce fait, la charge par essieu passe de 18 à 25 t, ce qui nécessite le renforcement du railage sur les 170 km qui séparent Kiruna de Narvik.

Na deze twee maastrappen wordt het erts een tweede keer door een viertraps magneetscheider gezonden, die het definitief concentraat geeft voor het vormen van de pellets.

Het vormen van de pellets.

De fabriek werd berekend voor een jaarcapaciteit van 2 miljoen ton pellets voor hoogovens.

Het vormen van pellets of balletjes bevat twee bewerkingen :

- het vormen van de balletjes;
- het bakken van de balletjes, waardoor ze de mechanische weerstand krijgen die onmisbaar is zowel voor het vervoer als voor de verwerking in de hoogoven.

Het concentraat van de fabriek wordt vermengd met bentoniet dat als bindmiddel optreedt en het aldus bekomen produkt gaat naar zes ketens waarin de rauwe balletjes worden gevormd. Deze laatste worden vervuld in cilindrische trommels met een lengte van 9 m en moeten dan gecalcineerd worden. Dit gebeurt op een beweeglijk rooster met een lengte van 86 m waarop 296 calcineerkorven staan. De met balletjes gevulde korven doorlopen achtereenvolgens ovenzones met toenemende en dan met afnemende temperatuur. In de loop van deze behandeling worden ze eerst gedroogd, dan gecalcineerd en eindelijk traag afgekoeld.

De sintertemperatuur — zowat 1300°C — wordt in hoofdzaak bekomen met mazoutbranders, maar ook door de warmte afgestaan tijdens de oxydatie van het magnetiet en de omvorming ervan tot hematiet.

Voorbij de sinterzone beginnen de balletjes af te koelen en op het einde van de oven worden ze aangevoerd op een temperatuur van zowat 500°C.

6. VERVOER NAAR DE HAVEN VAN NARVIK

Dit vervoer is reeds zeer goed georganiseerd maar het bevat nog een groot aantal secties met enkel spoor die even veel flessenhalzen vormen en die daardoor de toeneming van de produktie in de weg staan.

Het vervoer geschiedt in wagens van 42 t waarmee per dag 25 tot 28 treinen gevormd worden met een inhoud van 2500 ton. Momenteel loopt het vervoer ononderbroken door op zaterdag en zondag.

Aangezien de mijn in de zomer drie weken stilligt, denkt men eraan een grote stockeerruimte aan te leggen die de produktie van drie weken kan bevatten, welke produktie dan gedurende de vakantie in wagons zou kunnen geladen worden.

Men wil ook de wagens van 42 ton vervangen door wagens met 4 assen met een laadvermogen van 80 ton; hierdoor zou de belasting per as stijgen van 18 tot 25 ton en zou het spoor moeten versterkt worden over de 170 km die Kiruna scheiden van Narvik.

En hiver, le trafic ne peut être assuré que grâce à l'emploi de locomotives chasse-neige qui circulent nuit et jour.

Les trains de 2500 t sont tractés par 2 locomotives de 7500 cv. Leur capacité sera portée à 3900 tonnes et ils seront tractés par 3 locomotives de 9000 cv.

Quand tout le matériel sera remplacé, la capacité d'un train sera augmentée de 1400 t, ce qui représente plus de 30.000 t par 24 heures ou 10 millions de tonnes par an.

7. PERSONNEL ET DIVERS

La Société emploie 3800 personnes à la section de Kiruna, dont 700 employés et 1000 hommes au fond à Kiruna (fig. 18).



Fig. 18

Kiruna : On voit au premier plan l'immeuble de 13 étages qui abrite les services administratifs et au delà du lac une partie de l'agglomération.

Kiruna : Op het voorplan ziet men het gebouw met 13 verdiepingen waarin zich de administratieve diensten bevinden, en aan de overkant van het meer een gedeelte van de agglomeratie.

Les 2000 autres personnes sont occupées dans les installations de surface : triage, concentration, boulestage, ateliers de réparation, transport vers Narvik, petite exploitation souterraine de Luossavaara située de l'autre côté du lac (2 Mio.t par an) et exploitation à ciel ouvert de Zénobie (2 Mio.t par an).

Le personnel du fond de Kiruna compte :

- 280 personnes à l'exploitation proprement dite et
- 170 personnes aux traçages dans le minerai, soit : 450 ouvriers productifs sur 1000.

Le rendement des hommes occupés à la production est de 40.000 t/an, soit 18 Mio.t par an pour Kiruna. En ajoutant 2 Mio.t à Luossavaara (50 personnes) et

Tijdens de winter kan het vervoer slechts gaande gehouden worden dank zij sneeuwruimers die dag en nacht werken.

De treinen van 2500 t worden getrokken door 2 locomotieven van 7500 pk. Hun capaciteit zal opgedreven worden tot 3900 t en ze zullen getrokken worden door 3 locomotieven van 9000 pk.

Als al het materieel zal vervangen zijn, zal de capaciteit per trein toegenomen zijn met 1400 t, hetgeen meer dan 30.000 t geeft per 24 uur en 10 miljoen ton per jaar.

7. PERSONEEL EN ALLERHANDE

De maatschappij stelt 3800 personen te werk in de afdeling Kiruna; het zijn 700 bedienden en 1000 man in de ondergrond te Kiruna.

De 2000 anderen werken in de bovengrondse installaties, de zeverij, concentrerfabriek, de balletjesfabriek, de herstellingswerkhuizen, het vervoer tot Narvik, de kleine ondergrondse ontginning te Luossavaara aan de overkant van het meer (2 miljoen ton per jaar) en de open-luchtontginning te Zenobie (2 miljoen ton per jaar).

Het ondergronds personeel van Kiruna bevat :

- 280 man voor de eigenlijke ontginning;
- 170 man voor de kamers, dit wil zeggen 450 productieën op 1000.

Het effect van de produktiemensen beloopt 40.000 t/jaar, of 18 miljoen ton per jaar voor Kiruna. Voegt men daar de 2 miljoen ton van Luossavaara (50 personen) en de 2 miljoen ton van Zenobie (open-lucht-

2 Mio.t à Zénobie (exploitation à ciel ouvert), on obtient 22 Mio.t par an pour la Société.

A côté du personnel productif, il y a au fond un personnel important pour le creusement des travaux au rocher (bouveaux et cheminées), à la préparation du nouvel étage, à la pose des voies, au transport des produits, du matériel et du personnel, à l'entretien du matériel et des installations.

La plupart des mineurs sont originaires des villages, voisins des agglomérations minières, et la société a créé plusieurs écoles pour donner à son personnel la formation minière de base. Des cours de perfectionnement sont annuellement organisés au sein de la société tant pour les ouvriers que pour les employés. Il ne faut pas oublier que dans ce vaste complexe on compte plus de 100 professions différentes et qu'il faut maintenir les connaissances du personnel au niveau des progrès de la science dans chacune de ces disciplines. La Société a fait construire sous sa propre régie un grand nombre de logements pour son personnel dans les villes de Kiruna et de Malmberget et elle a fourni de larges subventions pour la construction de villas et d'immeubles coopératifs.

En matière de recherches, elle poursuit activement des travaux en collaboration avec des entreprises suédoises pour améliorer le matériel de forage, de chargement et de transport. En ce qui concerne le traitement et la valorisation des minerais elle a mis sur pied un Centre de recherches très actif qui s'efforce sans cesse d'améliorer la qualité des produits et de les adapter aux besoins des aciéries modernes. Ces très belles réalisations tant techniques que sociales font honneur à leurs initiateurs et méritent d'être largement diffusées.

ontg'ning) bij, dan heeft men 22 miljoen ton per jaar voor de maatschappij.

Naast het produktief personeel telt de ondergrond een aanzienlijk aantal mensen voor het drijven van de gangen in het gesteente (steengangen en schouwen), voor de voorbereiding van de nieuwe verdieping, het plaatsen van de sporen, het vervoer van de produkten, het materieel en het personeel, het onderhoud van het materieel en de installaties.

Het merendeel van de mijnwerkers komt uit de dorpen die naast de mijnglomeraties liggen; de maatschappij heeft verschillende scholen opgericht waar het personeel een basisopleiding krijgt. Jaarlijks worden door de maatschappij vervolmakingsleergangen ingericht zowel voor de arbeiders als voor de bedienden. Men vergeet niet dat dit uitgebreid complex meer dan 100 verschillende beroepen groepeert en dat de kennis van het personeel gelijke tred moet houden met de wetenschappelijke vooruitgang op elk van deze gebieden. Op eigen krachten heeft de maatschappij een groot aantal logeergelegenheden laten bouwen voor zijn personeel in de steden Kiruna en Malmberget en belangrijke toelagen gegeven voor de bouw van villa's cooperatieve gebouwen.

Inzake speurwerk blijft de maatschappij actief samenwerken met Zweedse firma's voor de verbetering van boor-, laad- en vervoermaterieel. Voor de behandeling en veredeling van de erts heeft ze een zeer actief Opzoekingscentrum opgericht dat zich ononderbroken inspant voor de verbetering van de produkten en de aanpassing ervan aan de actuele behoeften van de moderne staalindustrie. De zeer goede resultaten die men zowel op technisch als op sociaal vlak bekomen heeft strekken de initiatiefnemers tot eer en verdienen een ruime bekendheid.