

# قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های ذغال سنگ ایران

کاظم اورعی

استادیار دانشکده معدن دانشگاه امیرکبیر

چکیده:

مقاله حاضر ضمن برشمردن اهمیت استفاده بیشتر از منابع ذغال در ایران به تحلیل آماری تولید و بهره‌وری در صنعت ذغال سنگ ایران می‌پردازد. سپس صنعت معدنکاری ذغال سنگ ایران با چند کشور دیگر مورد مقایسه قرار گرفته راه‌حل‌های اصلاحی زیربنایی ارائه می‌شود. همچنین شرایط طبیعی لازم برای استفاده از تجهیزات مکانیزه مورد بحث قرار گرفته وضعیت لایه‌های ذغال سنگ ایران را در رابطه با قابلیت مکانیزاسیون ارزیابی می‌نماید. در خاتمه طراحی استخراج و انتخاب ماشین‌آلات بهینه برای یک لایه خاص در منطقه کرمان انجام شده نتیجه‌گیری می‌شود که این لایه از قابلیت مکانیزاسیون بالایی برخوردار است و مکانیزه نمودن آن اثرات قابل ملاحظه‌ای در تولید و بهره‌وری اقتصادی خواهد داشت.

## Mechanisability of coal seams in Iran

Kazem Oraee, Ph.D

Assistant Professor  
Department of Mining Engineering  
University of Amir-Kabir

### ABSTRACT

*The paper begins by explaining the significance of higher capacity utilization in the mining industry of Iran with respect to its impact on the economic health of the nation. Production levels and performance indicators are then compared statistically with similar industries in some other countries and remedial actions produced.*

*Geological requirements for mechanisation are discussed and hence mechanisability of coal seams in the country evaluated.*

*Finally, a typical coal seam in Kerman area is adopted in which a fully mechanised longwall face is designed. Optimum equipment are chosen for this panel and layout of working given. The paper concludes that this seam is highly mechanisable and the use of advanced technology will result in considerable improvements in production and productivity.*

به موازات استخراج نفت برای ایران که یک کشور در حال رشد است از اهمیت زیادی برخوردار بوده در حقیقت پیش نیاز

مقدمه  
استفاده از منابع زیرزمینی داخلی و توسعه معادن ذغال سنگ

رسیدن به تعادل اقتصادی است.

اهداف برنامه توسعه معادن ذغال سنگ ایران بترتیب اهمیت از این قرار است:

الف - بالا بردن بهره‌وری در معادن تا جایی که ذغال سنگ به طریقه اقتصادی و با قیمت تمام شده مناسب استخراج شود.

ب - افزایش تولید، حداقل تا سطح مورد نیاز در داخل. بدیهی است هر چه بهره‌وری بالا رود قیمت تمام شده و به همراه آن قیمت بازار (فروش) تنزل کرده تقاضا برای ذغال در داخل زیاد می‌شود.

ج - حفظ یا بالا بردن سطح ایمنی، زیرا که در برنامه‌های ازدیاد بهره‌وری و تولید، امکان کاهش ایمنی وجود دارد.

بهبود بخشیدن به وضعیت معادن ذغال سنگ به شرایط زمین‌شناسی، امکانات فنی موجود و وضعیت اقتصادی کشور بستگی دارد. چنانچه این شرایط فراهم باشد معادن را می‌توان با انجام هماهنگ و همزمان دو سیاست زیر توسعه داد:

الف - مکانیزاسیون کارگاههای استخراج که در این راه استفاده از ماشین‌آلات مناسب و بهینه ضروری است.

ب - تمرکز کارگاهها یا به عبارت دیگر حذف کارگاههای کوچک و غیراقتصادی و ادغام کارگاهها و معادن به طریقی که تعداد معادن حداقل و تولید هر معدن حداکثر ممکن باشد.

ازدیاد بهره‌وری با روشهای پرداخت ویژه نیز ممکن است ولی اغلب دیده می‌شود که این پرداختهای ویژه فقط باعث یک بهبود سطحی و کم دوام در بهره‌وری می‌گردند در صورتی که مکانیزاسیون و تمرکز، زیربنای صنعت معدنکاری را تقویت کرده افزایش بهره‌وری و تولید در دراز مدت را همراه خواهند داشت.

## ۱ - اهمیت و اثرات مکانیزاسیون

در حال حاضر حدود ۳۵ معدن ذغال سنگ در ایران وجود دارد که استخراج در تمام آنها به صورت دستی یا نیمه مکانیزه انجام می‌شود. تولید ذغال سنگ هم اکنون حدود ۱/۵ میلیون تن در سال است و تعداد کل کارکنان این صنعت ۳۵۰۰۰ نفر می‌باشد (۱) که در نتیجه متوسط بهره‌وری در این صنعت ۴۳ تن بر نفر سال می‌شود. همین معیار برای معادن انگلستان و آمریکا ۱۲۰۰ و ۲۳۰۰ تن یعنی بترتیب ۲۸ و ۵۳ برابر می‌باشد.

دلایل عمده اختلاف فاحش در بهره‌وری معادن ایران و دو کشور فوق، عدم استفاده از مکانیزاسیون، پراکنده و نامتمرکز بودن معادن و بکارگیری سیستم اقتصادی نامناسب در تمام صنایع من جمله صنعت معدنکاری می‌باشد. اختلاف بین بهره‌وری در معادن ایالات متحده و انگلستان بیشتر به دلیل مناسب تر بودن ذخایر معدنی در آمریکاست زیرا در این کشور لایه‌های ذغالی پرضخامت بوده در اعماق کمتری نیز قرار دارند.

در سال ۱۹۵۰ بهره‌وری در معادن ذغال سنگ انگلستان حدود ۳۰۰ تن بر نفر سال یعنی هفت برابر وضعیت فعلی ایران بوده است. در همین سال شرایط کارگاههای استخراج جبهه کار طولانی آن کشور از نظر مکانیزاسیون تقریباً مانند وضعیت فعلی کارگاههای استخراج ایران بود. بنابراین بهره‌وری هفت برابر نمی‌تواند تنها بدلیل عدم استفاده از مکانیزاسیون باشد و عوامل دیگر از قبیل عدم تمرکز در معادن و وضعیت غیراصولی اقتصادی نیز باعث این کمبود شده است.

در همین سال تعداد کل معادن انگلستان ۹۰۱ و میزان کل تولید آنها ۲۲۰ میلیون تن بوده است (۲). یعنی هر معدن به طور متوسط حدود ۲۴۰۰۰۰ تن در سال تولید داشته است حال آنکه هر معدن در ایران در حال حاضر به طور متوسط ۷۵۰۰۰ تن در سال تولید می‌کند. این بدین معناست که در حال حاضر تولید هر معدن به طور متوسط در ایران حدود یک سوم تولید معدن مشابه خود در انگلستان در سال ۱۹۵۰ است. بنابراین نتیجه می‌شود که با فرض صحت رابطه مستقیم و میزان استفاده از مکانیزاسیون برابر، بهره‌وری در معادن انگلستان در سال ۱۹۵۰ هفت برابر بهره‌وری در معادن ایران در حال حاضر بوده که سه برابر آن (تقریباً ۴۰٪) بدلیل تمرکز بیشتر و چهار برابر (تقریباً ۶۰٪) بدلیل دیگر بوده است.

اگر این مطلب به معادن ایران تعمیم داده شود می‌توان نتیجه گرفت که چنانچه با همین معادن و تجهیزات موجود، عمل تمرکز در معادن انجام شود، تولید و بهره‌وری سه برابر می‌شود. همچنین اگر پارامترهای دیگر که اغلب فقط در غالب یک سیستم اقتصادی رقابتی یعنی اقتصادبازار ممکن است نیز اصلاح شوند، تولید و بهره‌وری هفت برابر خواهد شد. پس از آن، ازدیاد بیشتر در تولید و بهره‌وری تنها با استفاده از مکانیزاسیون ممکن است. برای روشن تر شدن اثر مکانیزاسیون در بهره‌وری، مقایسه‌ای بین تعدادی از معادن ذغال سنگ در ایالات متحده که از مکانیزاسیون بالا استفاده می‌کنند با تعداد دیگری که تا حد متوسط مکانیزه هستند انجام شده است. این مقایسه نشان می‌دهد که در معادن تمام مکانیزه بهره‌وری بر حسب تن بر نفر شیفت ۷۰٪ بالاتر است (۳). همچنین آمار بهره‌وری در معادن آمریکا در روش جبهه کار طولانی و روشهای دیگر از قبیل جبهه کار کوتاه و اتاق و پایه (جدول ۱) نشان می‌دهد که بهره‌وری در روش جبهه کار طولانی به میزان قابل ملاحظه‌ای بالاتر بوده جذابیت آن در سالهای اخیر به طور فزاینده‌ای زیاد شده است. بنابراین نتیجه می‌شود که با توجه به جدول ۱ و آمار مشابه در کشورهای دیگر، بالاترین بازدهی تولیدی در معادن ذغال سنگ دنیا، امروزه مربوط به کارگاههای استخراج تمام مکانیزه جبهه کار طولانی می‌باشد.

جدول ۱ مقایسه بهره‌وری در روش جبهه کار طولانی باروشهای دیگر

روش استخراج	بهره‌وری				
	۱۹۸۵	۱۹۸۶	۱۹۸۷	۱۹۸۸	۱۹۸۹
جبهه کار طولانی	۱/۵۴	۱/۸۶	۲/۱۸	۲/۳۴	۲/۳۶
روشهای دیگر	۱/۶۶	۱/۷۷	۱/۹۴	۲/۱۱	۲/۱۴

## ۲- شرایط طبیعی برای مکانیزاسیون

۱-۲- لایه سقف - روش جبهه کار طولانی با ماشین آلاتی که امروزه موجود است می‌تواند در بسیاری از انواع سقف‌ها بکار برده شود. اگر سقف بلاواسطه آنقدر سست نباشد که حالت روان داشته باشد و یا آنقدر سخت نباشد که به هیچ وجه تخریب نشود امکان استفاده از مکانیزاسیون در آن لایه وجود دارد. وسایل نگهداری قدرتی چند پایه، با تمرکز زیاد خود می‌توانند در سقف‌های کاملاً سست بکار برده شوند. همچنین این وسایل سرعت پیشروی زیاد را در جبهه کار ممکن ساخته وقت کمتری برای پائین آمدن به سقف و لایه اصلی می‌دهند و لذا با انتخاب سرعت پیشروی مناسب در حقیقت سقف پس از عبور کارگاه استخراج از آن می‌ریزد که این خود یکی از مزایای مکانیزاسیون است. بنابراین هر چه سرعت پیشروی بیشتر باشد نیروی کمتری بر روی سقف کارگاه استخراج وارد می‌شود و این سرعت زیاد تنها با استفاده از مکانیزاسیون و ماشین آلات تولید پیوسته ممکن است.

اگر سقف بلاواسطه محکمتر از ایده آل باشد قابلیت تخریب آن در حالت غیر مکانیزه کم است ولی با استفاده از وسایل نگهداری قدرتی می‌توان قابلیت تخریب را افزایش داد. در یک کارگاه استخراج تمام مکانیزه، تعداد زیادی وسایل نگهداری قدرتی چند پایه پهلوی هم قرار گرفته‌اند به طوریکه قسمت عقب آنها خط منظمی را تشکیل می‌دهد. همچنین این وسایل فشاری زیاد و متمرکز بر سقف بلاواسطه وارد کرده و تا توجه به سرعت پیشروی زیاد، یک خط مستقیم شکست در سقف بلاواسطه تشکیل می‌شود.

بررسیهای انجام شده نشان می‌دهند که اکثر لایه‌های ذغال سنگ در حال کار در ایران دارای سقف‌هایی هستند که استحکام آنها از متوسط تا محکم است و برای مکانیزاسیون مناسب می‌باشند. آمار موجود حاکی از آنست که در مورد تقریباً ۹۰٪ این لایه‌ها، شرایط سقف محدودیتی برای مکانیزاسیون کامل ایجاد نمی‌کند.

۲-۲- لایه کف - با پیشرفت تکنولوژی استخراجی، امروزه شرایط لایه کف عملاً محدودیتی برای بکارگیری مکانیزاسیون ایجاد نمی‌کند. در مواردی که کف لایه ذغال سنگ بسیار سست باشد مشکلات جزئی در عمل پیش می‌آید که اکثراً با تغییر ماشین‌آلات و یا تنظیم روش استخراج قابل حل هستند. مثلاً اگر کف لایه سست‌تر از ذغال باشد نمی‌توان از ماشینهای رنده سریع برای برش استفاده کرد. در اینگونه مواقع با ازدیاد سرعت پیشروی و تغییرات جزئی در وسایل نگهداری می‌توان از فرورفتگی پایه‌ها در کف لایه نیز جلوگیری کرد.

لایه‌های ذغالی ایران اکثراً دارای کف ماسه سنگ و کاملاً مستحکم هستند. به طور مثال از بین تمامی لایه‌ها در معدن پابدانا فقط لایه  $d^1$  دارای کف نسبتاً سست ولی در عین حال قابل مکانیزه کردن می‌باشد. بررسیهای انجام شده نشان می‌دهند که حدود ۸۰٪ لایه‌های ایران دارای کف مستحکم هستند و تقریباً تمامی لایه‌ها از نظر استحکام لایه کف، قابلیت مکانیزاسیون بالایی دارند.

۳-۲- ضخامت لایه - مناسب‌ترین ضخامت از نظر قابلیت مکانیزاسیون و بازدهی اقتصادی ۲/۵-۱ متر است. در لایه‌های نازک‌تر از یک متر و تا حدود ۵۰ سانتیمتر، قابلیت مکانیزاسیون تغییر محسوسی نمی‌کند بلکه بازدهی اقتصادی کم می‌شود. حد اقتصادی ضخامت لایه معمولاً بین ۱۰۰ تا ۵۰ سانتیمتر است. این حد بیش از هر چیز به شرایط فنی و اقتصادی منطقه‌ای بستگی دارد. بنابراین حد امکان بهره‌گیری از مکانیزاسیون در رابطه با ضخامت لایه دقیقاً مشخص نیست اگر چه لایه‌هایی با ضخامت‌های تا ۴۰ سانتیمتر هم در برخی کشورها از قبیل آلمان، فرانسه و انگلستان بطور کاملاً مکانیزه استخراج شده‌اند.

ضخامت درصد قابل ملاحظه‌ای از لایه‌های ایران در محدوده ۲/۵-۰/۵ متر است و بنابراین قابل مکانیزه شدن می‌باشند اگر چه حد اقتصادی مکانیزه کردن، در مورد هر لایه به طور جداگانه باید محاسبه شود.

یکنواختی ضخامت نیز قابلیت مکانیزه کردن را کم نمی‌کند بلکه در مزیت اقتصادی روشهای تمام مکانیزه اثر می‌گذارد. وسایل نگهداری قدرتی دارای محدوده ارتفاعی هستند و به آسانی می‌توان ارتفاع آنها را با ضخامت استخراج تغییر داد. همچنین به طور مثال، از میان ماشین‌های برنده، شیر لودر را می‌توان نام برد که دارای طبک‌هایی با بازوی متحرک است و می‌تواند ضخامت استخراج را در قسمتهای مختلف کارگاه استخراج تغییر دهد. نا یکنواخت بودن ضخامت لایه عمدتاً در میزان تولید و بنابراین در سرعت پیشروی اثر می‌گذارد.

۴-۲- شیب لایه - اولین ماشین‌آلات مکانیزه برای تولید

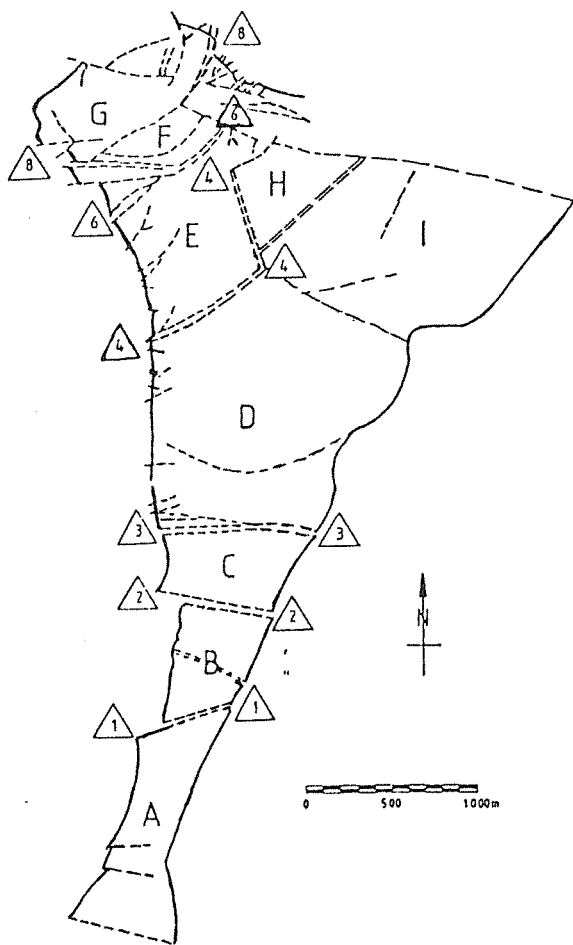
پیوسته در روش جبهه کار طولانی که در دهه ۱۹۵۰ به بازار آمد برای لایه‌های کم شیب مناسب بود و در شیب‌های بالاتر از ۱۵ درجه عملیات استخراجی دچار مشکلاتی می‌شد که حل آنها مستلزم هزینه‌های زیاد بود. یک کارگاه استخراج جبهه کار طولانی امروزه شامل سه نوع ماشین عمده است: ماشین برش، حمل و وسایل نگهداری سقف. میزان شیب در بازدهی ماشینهای برش مدرن اثر چندانی ندارد. به عنوان مثال ماشین شیرر لودر تا شیب ۴۰ درجه و بدون تغییر عمده در آن به طور موثر کار می‌کند و انواع ماشینهای رنده‌ای حتی در شیبهای نزدیک به قائم هم با مشکلی مواجه نمی‌شوند. در بین ماشینهای حمل که امروزه ناو زنجیری قدرتی (AFC) همه جاگیر شده است، تا شیب ۴۰ درجه برای آن هیچ مشکلی بوجود نمی‌آید و پس از آن تنها مسئله ریزش ذغال عامل محدود کننده است. استفاده از وسایل نگهداری قدرتی چند پایه در شیبهای بالاتر از ۲۰ درجه مستلزم اضافه کردن یک سری تجهیزات نگهدارنده است لکن استفاده از این وسایل تا شیب حدود ۵۰ درجه ممکن است.

اگر چه نایکخواختی شیب در طول کارگاه انتخاب ماشین آلات را محدود می‌کند ولی قابلیت انعطاف تجهیزات فوق مکانیزاسیون در این گونه لایه‌ها را ممکن ساخته است.

روش جبهه کار طولانی تمام مکانیزه برای لایه‌هایی که شیب آنها بیشتر از ۵۰ درجه باشد مناسب نیست و اینگونه لایه‌ها معمولاً به طریقه نیمه مکانیزه استخراج می‌شوند. درصد قابل توجهی از لایه‌های اکتشاف شده در ایران دارای شیب‌های کمتر از ۵۰ درجه هستند که می‌توان آنها را به روش جبهه کار طولانی تمام مکانیزه استخراج نمود.

۲-۵ - شکستگیها و گسل‌ها - ماشینهای برش امروز بخصوص شیرر لودرها می‌توانند به آسانی از گسل‌هایی که جابجایی آنها حداکثر ۱-۲ متر باشد عبور کنند، اگر چه اینگونه گسل‌ها باعث پائین آمدن بهره‌وری در کارگاه می‌شوند. اگر منطقه دارای گسل‌های عمده باشد باید پهنه‌ها را طوری انتخاب کرد که این گسل‌ها از میان کارگاه عبور نکنند. اگر تعداد این گسل‌ها زیاد باشد نمی‌توان پهنه‌ها را با ابعاد مناسب طراحی نمود. از طرفی سرمایه‌گذاری اولیه مکانیزه کردن کارگاه زیاد است و نیاز جدی به یکنواختی و پیوستگی تولید دارد و لذا در پهنه‌های کوچک مکانیزاسیون کامل مقرون به صرفه نیست. بیش از نیمی از لایه‌های ایران دارای شرایطی هستند که بتوان پهنه‌هایی با ابعاد مناسب در آنها طراحی نمود. اکتشافات آینده احتمالاً لایه‌هایی را نمایان خواهد کرد که از نظم و یکنواختی بیشتری برخوردار باشند.

۳- قابلیت مکانیزاسیون لایه  $d^2$  معدن بزرگ پابدانا یکی از لایه‌های نسبتاً منظم در معدن بزرگ پابدانا  $d^2$  است که در اینجا به عنوان یک لایه نمونه انتخاب شده است. ضخامت این لایه از نیم متر تا بیش از سه متر متغیر است و شیب آن ۶۰-۱۵ درجه می‌باشد. سقف بلاواسطه از سیلت استون و شیل ناپایدار و سقف اصلی عمدتاً از ماسه سنگ محکم تشکیل شده است. کف لایه  $d^2$  نیز از ماسه سنگ ریز و نسبتاً محکم می‌باشد (۴). با توجه به مطالب بالا و ضخامت متوسط لایه که حدود ۱/۵ متر است می‌توان ادعا کرد که لایه  $d^2$  دارای قابلیت مکانیزاسیون نسبی است اگر چه میزان آن در تمام وسعت لایه یکسان نیست. لذا برای بررسی و ارزیابی دقیق قابلیت مکانیزاسیون قسمتهای مختلف، لایه  $d^2$  به نه بلوک تقسیم و این بلوک‌ها به A, B, ..., I نام گذاری شده‌اند (شکل ۱).

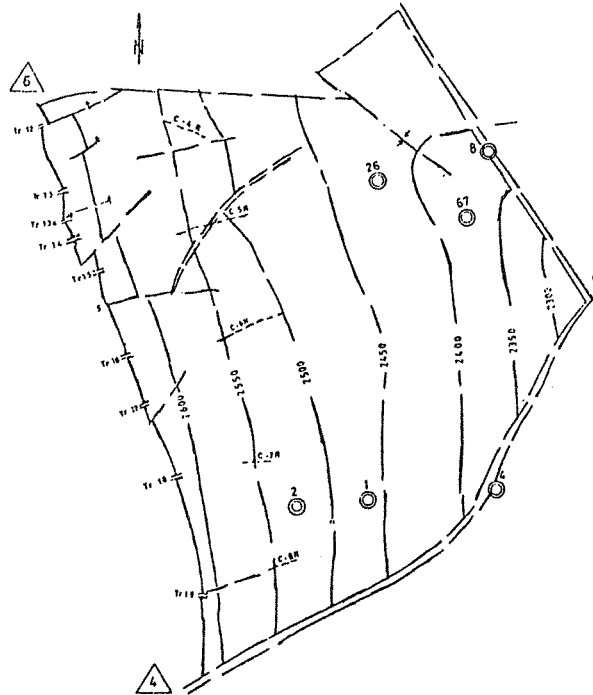


شکل ۱ بلوک‌های مختلف در لایه  $d^2$

#### ۴- طراحی سیستم استخراج بلوک E از لایه d<sup>۲</sup>

در این مقاله بلوک E به عنوان یک بلوک نمونه انتخاب شده طراحی سیستم استخراج و انتخاب ماشین آلات بهینه برای آن انجام می‌شود. روش استخراج بهینه در این بلوک، جبهه کار طولانی پس‌رو بوده بدین منظور پهنه‌ای به طول ۷۰۰ متر و به عرض ۱۸۰ متر در میان بلوک طراحی شده است (شکل ۲). این پهنه در جایی انتخاب شده که بیشترین بازیابی را داشته باشد و نیز تمامی شیب لایه به کارگاه استخراج منتقل شده راهروهای دو طرف پهنه افقی می‌باشند که برای حمل ذغال‌سنگ به بیرون معدن مناسب است.

تقسیم‌بندی لایه برای تعیین محل پهنه‌ها در روش جبهه کار طولانی معمولاً با توجه به محل، تعداد و شدت شکستگی‌ها، گسل‌ها و یا ناپیکناختی‌ها انجام می‌شود. این اصل در اینجا رعایت شده با توجه به گسل‌های موجود و تغییرات ضخامت و شیب لایه، بلوک‌ها مشخص شده‌اند. بدیهی است میزان تغییرات در منطقه محدودتر یعنی در بلوک کمتر است و بنابراین قابلیت مکانیزاسیون در هر بلوک بیشتر از تمامی لایه است. پارامترهای مفید برای ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون بلوک‌های مختلف در جدول ۲ خلاصه شده‌اند. عمق از سطح زمین برای کلیه بلوک‌ها ۲۰۰-۱۰۰ متر است.



شکل ۲ بلوک E از لایه d<sup>۲</sup>.

ماشین‌آلات لازم برای مکانیزه کردن این پهنه عمدتاً شامل وسایل نگهداری، ماشین برش و وسیله حمل ذغال در طول جبهه کار می‌باشد.

۱-۴- نگهداری جبهه کار - به منظور نگهداری سقف در پهنه مورد نظر، شیلد دو پایه هیدرولیک انتخاب شده است که دارای ظرفیت تحمل ۱۵۰ تن، پهنای ۱/۵ متر با طول سپر فوقانی ۴ متر می‌باشد. این شیلد می‌تواند کارگاه‌هایی با ارتفاع ۲-۱ متر را نگهداری کند.

در اینجا سیستم تمام مکانیزه بر تولید در نظر است و این فقط با تولید پیوسته ممکن است. شیلدهای قدرتی با قابلیت انعطاف زیاد خود تولید پیوسته در کارگاه را ممکن می‌سازند. فشار وارد بر سقف در این لایه حداکثر ۲۵ تن بر متر مربع محاسبه شده است. بنابراین با توجه به بار عمودی کاملاً کم، قابلیت انعطاف زیاد، محدوده ارتفاعی مناسب و سبک و ارزان بودن آنها، شیلدهای دوپایه انتخاب شده‌اند.

۲-۴- برش ذغال - ماشین رنده سریع (RAPID PLOUGH) از نوع لغزشی برای برش ذغال در این کارگاه انتخاب شده است. این ماشین دو طرفه بوده یعنی در رفت و برگشت کار برش را با سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه انجام می‌دهد. لذا با توجه به طول جبهه کار که ۱۸۰ متر است این ماشین می‌تواند تمامی این فاصله را در ۶ دقیقه طی کند. ضخامت هر برش ۵ سانتیمتر و ارتفاع رنده انتخابی ۶۰ سانتیمتر است. بنابراین رنده، برشی به ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر از زیر لایه را برداشته بقیه از بالا به کمک بازوهای شیلدهای دوپایه و با توجه به چسبندگی نسبتاً کم ذغال به لایه سقف، بر روی نوار می‌ریزد. رنده دارای سرته‌های ثابت است و وسیله زنجیری که در طول جبهه کار بر روی نوار زنجیری گذاشته شده به موازات جبهه کار کشیده می‌شود. موتور این رنده ۱۱۲ کیلووات بوده وزن کل آن حدود ۵ تن می‌باشد. با توجه به شرایط طبیعی مناسب در این لایه از قبیل وجود شکستگی‌ها و درزه‌های مناسب، چسبندگی کم لایه به سقف، ضخامت نسبتاً کم و متغیر لایه و شیب نسبتاً زیاد آن، رنده لغزشی مناسب‌ترین ماشین شناخته شد. بعلاوه این ماشین ارزان‌ترین و ساده‌ترین ماشین برش پیوسته است و در آینده نیز می‌توان آنرا در بلوک‌های دیگر لایه d<sup>۲</sup> و لایه‌های دیگر معدن پابدانا به کار برد.

۳-۴- حمل ذغال - برای حمل ذغال در طول جبهه کار، ناو زنجیری (AFC) با قدرت موتور ۱۱۲ کیلووات و ظرفیت انتقال ۳۰۰ تن در ساعت انتخاب شده است. پهنای این ناو ۶۳ سانتیمتر و قطر زنجیر متحرک آن ۲۲ میلیمتر است. ناو زنجیری تنها وسیله‌ای است که می‌تواند به طریقه پیوسته حجم زیادی از ذغال را در طول جبهه کار حمل کند و نیز قابلیت انعطاف کافی برای پیروی پیوسته داشته باشد.

جدول ۲ پارامترهای لازم در ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون

بلوک	طول (متر)	عرض (متر)	شیب	ضخامت (متر)	شکستگیها: تعداد، شدت	لایه سقف	لایه کف	قابلیت مکانیزاسیون
A	۱۰۰۰	۴۰۰	۴۰	۱	زیاد، کوچک	سیلت اسبون کاملاً محکم	ماسه سنگ و شیل	متوسط
B	۴۵۰	۴۰۰	۳۲-۳۸	۱	کم، کوچک	شیل پایدار	ماسه سنگ و شیل	متوسط
C	۶۶۰	۳۰۰	۴۰	۱/۱۵	کم، کوچک	سیلت استون	ماسه سنگ و شیل	متوسط
D	۱۰۰۰	۸۵۰	۳۰-۴۰	۱/۱۵ منظم	کم، کوچک	سیلت استون و شیل محکم	ماسه سنگ	خوب
E	۹۰۰	۶۰۰	۲۴	۱/۲۰ منظم	کم، کوچک	شیل متوسط و ماسه سنگ	ماسه سنگ محکم	بسیار خوب
F	۵۵۰	۲۰۰	۴۵	۰/۷-۱/۴	زیاد، کوچک	شیل محکم	ماسه سنگ	متوسط
G	۷۰۰	۴۵۰	۴۵-۵۰	۰/۸-۱/۴	زیاد، کوچک نکونیزه	سیلت استون	ماسه سنگ و شیل	ضعیف
H	۵۵۰	۴۵۰	۴۵-۵۰	۰/۷-۱/۲	زیاد، کوچک نکونیزه شدید	سیلت استون	ماسه سنگ	ضعیف
I	۱۷۰۰	۹۰۰	۵۰-۶۰	۰/۷-۱/۲	زیاد، کوچک و بزرگ نکونیزه شدید	سیلت استون	ماسه سنگ و شیل	ضعیف

### ۵- بررسی اقتصادی

جمع ذغال تولید شده از پهنه مورد طراحی ۲۱۰۰۰۰ تن است که تولید آن با توجه به تاخیرهای احتمالی و مدت زمان لازم برای تجهیز کارگاه هشت ماه بطول می‌انجامد. بنابراین تولید متوسط روزانه ۱۳۰۰ تن خواهد بود. تولید روزانه یک کارگاه جبهه کار طولانی غیر مکانیزه در لایه  $d^2$  در حال حاضر حدود ۱۰۰ تن است.

هزینه‌های این طرح که عمدتاً شامل هزینه‌های سرمایه‌ای (ماشین‌آلات)، کارگری و لوازم یدکی و ملزومات است به طور دقیق محاسبه شده نتیجه می‌شود که این طرح در طول عمر هشت ماهه خود مبلغ ۴۱۵ میلیون تومان هزینه خواهد داشت. قیمت دلار ۱۴۰ تومان در نظر گرفته شده است. بنابراین قیمت تمام شده ذغال سنگ حدود ۲۰۰۰ تومان بر تن خواهد بود. قیمت تمام شده ذغال سنگ استخراجی در معادن کرمان هم‌اکنون هر

تن ۶۵۰۰ تومان است.

با توجه به قیمت فروش ذغال سنگ که برای هر تن آن قبل از کانه‌آرایی ۴۸۰۰ تومان در نظر گرفته شده، سود خالص تولید هر تن ذغال ۲۸۰۰ تومان می‌باشد. بنابراین سود حاصله از استخراج پهنه مورد نظر مبلغ ۵۸۰ میلیون تومان می‌باشد. در تمامی محاسبات اصل محافظه‌کاری به طور کامل مدنظر بوده است.

### ۶- نتیجه

امروزه اهمیت بالا بردن بهره‌وری و تولید در صنعت معدنکاری ذغال سنگ مورد قبول دست‌اندرکاران این صنعت واقع شده است. این مقاله، با تحلیل مختصر آماری نتیجه می‌گیرد که تقویت زیربنای صنعت ذغال سنگ جز با تغییرات اساسی در آن ممکن نیست. این تغییرات الزاماً باید شامل استفاده از

مکانیزاسیون و تمرکز دادن به معادن باشد.

شرایط طبیعی لازم برای استفاده از مکانیزاسیون بحث و نتیجه گرفته شد که بیش از نیمی از لایه‌های ذغال سنگ ایران قابلیت مکانیزاسیون کامل را دارا می‌باشند. سپس قابلیت مکانیزه کردن لایه  $d^2$  معدن بزرگ پابدانا مورد بررسی قرار گرفته لایه به نه بلوک تقسیم شد. یکی از این بلوک‌ها به عنوان بلوک نمونه

انتخاب شده پهنه‌ای در آن طراحی گردید. طرح استخراج برای این پهنه ارائه شده ماشین‌آلات بهینه برای آن، که شامل رنده لغزشی، شیلد دوپایه هیدرولیک و ناو زنجیری AFC است انتخاب گردید. اجرای این طرح، تولید پهنه را به بیش از ده برابر افزایش داده بازدهی فنی و بهره‌وری اقتصادی قابل ملاحظه‌ای به همراه خواهد داشت.

#### مراجع:

- 1 - فهرست معادن کشور - وزارت معادن و فلزات - دفتر هماهنگی و نظارت بر امور معادن
- 2 - *British Coal Corporation, Report and accounts, 1992.*
- 3 - *The Mining Engineer Jouranal, August 1989.*
- 4 - *Technical Project of pabedana Mine, Kerman Coal Corporation.*