

## PROBNI RAD ŠIROKOG ČELA U TANKOM SLOJU LIGNITA

Jerko NUIĆ<sup>1</sup> i Stjepan PROKOPOVIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, YU — 41000 Zagreb

<sup>2</sup> Geoexpert, Koturaška 49, YU — 41000 Zagreb

**Ključne riječi:** Široko čelo, Sloj lignita, Polumehani-zirani rad, Podsijecanje sloja

**Key-words:** Long way, Lignite layer, Semimechanized operation, Undercutting

Sprovedeno je probno otkopavanje širokim čelom u tankom sloju lignita. Primijenjen je polumehani-zirani rad s podsijecanjem ugljenog sloja. Probni rad trajao je 6 mjeseci. Proizvodni efekti nisu postignuti i likvidacijom probnog otkopnog polja odustalo se od daljnjih proba.

Stečena iskustva radom prvog širokog čela u konkretnim i složenim otkopnim uvjetima su značajna. Ukazuje se na mogućnost primjene kompleksne mehanizacije i to u najlakšoj izvedbi ukoliko to cijena opreme i konkurentna sposobnost ugljena dozvole i opravdaju.

Trial excavation road head in the lignite seam was carried out by the application of semimechanized operation with coal seam undercutting. After 6 months of trial work no production effects were attained, so the trial mining field was liquidated and any further trials were given up.

The experiences from the first road head work in concrete and complex mining conditions are considerable. They indicate the possibility of application of the complex mechanization with the lightest equipment if its price and the coal competitiveness will allow and adjust it.

### Uvod

Tanki ugljeni slojevi i loše popratne naslage karakteristike su značajnih rezervi lignita u SRH. Slojevi leže bliže površini i eksploatirani su na nekoliko lokaliteta s više rudarskih jama. Složeni uvjeti eksploatacije i pad cijene ugljena izazvali su zatvaranje svih rudnika.

Iz potrebe vlastitog proizvodnog kompleksa, a na osnovu dugogodišnje tradicije rudarenja, RO »Bilokalnik«, Koprivnica, otvorila je mali rudnik koji posluje pod nazivom »Koprivnički ugljenokopi«. Jama je otvorena potkopom. Početno je planiran klasični sistem otkopavanja, koji podrazumijeva od ranije primjenjivanu stupnu metodu. Metoda je sadržana u ručnom podsijecanju tankog ugljenog sloja (0,8 do 1,2 m) i obaranju produktivnog dijela prorijeđenim minama, uz održavanje radnog prostora drvenom podgradom i zasipom od podsjeka u podini. Neopravdanost revitalizacije ugljenokopa na tankim slojevima lignita s potpuno starim metodama, kako s tehničko-sigurnosno-humanog tako i šireg društveno-ekonomskog značaja, a neracionalnost direktne primjene skupe kompleksne mehanizacije, nametnuli su potrebu iznalaženja adekvatnog sistema otkopavanja za konkretne i specifične ležišne prilike.

Jama Petrov Dol »Koprivnički ugljenokopi« prihvaćena je kao istraživački poligon za primjenu polumehani-ziranog sistema širokočelnog

otkopavanja uz hidraulične stupce-samce s odgovarajućim podložnim stopama i gredama od lakog metala te prikladnim strojem za dobivanje odnosno podsijecanje ugljenog sloja. Probni rad je izveden otkopom dužine 40 m, s podgradom mađarske proizvodnje, uz ručno podsijecanje sloja i uglavnom neuspjelog pokušaja mehaniziranog podsijecanja strojem vlastite izvedbe.

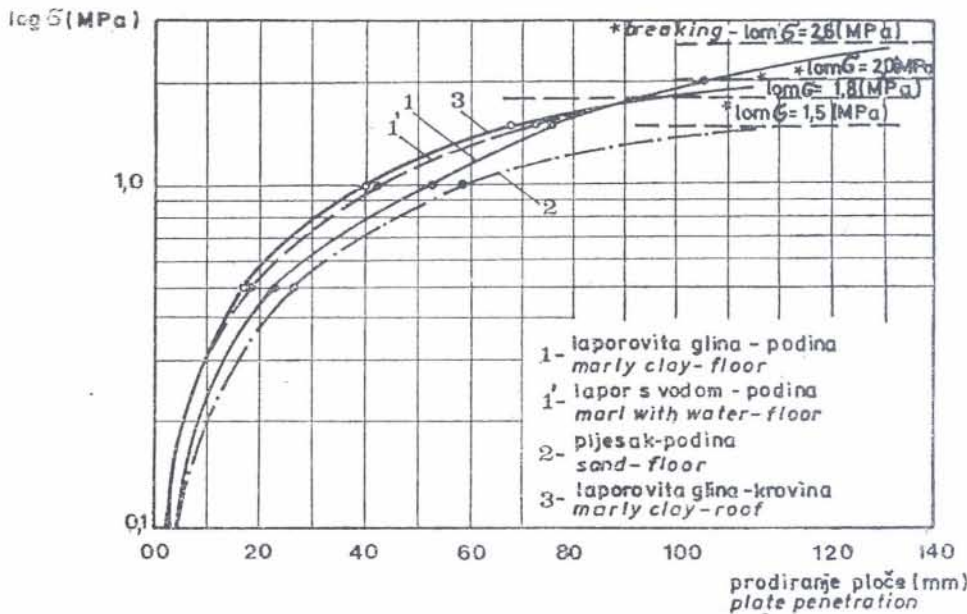
Probno polje je otkopano, rudnik radi stupnim otkopima na likvidaciji pripremljenih rezervi i posluje s gubicima. Pitanje opstanka rudnika vezano je na mogućnost modernizacije otkopavanja, a rezultati sprovedenih istraživanja sadržani su u referatu.

### Geomehanički uvjeti otkopavanja

U ležištu Koprivnički Bregi nalazi se serija (5) ugljenih slojeva debljine 0,8 do 1,5 m. Slojevi leže plitko i blago su nagnuti (6°). Rudarskim radovima se zašlo u IV sloj koji je kompaktni i debljine 0,9 do 1,3 m. Kvaliteta lignita je dobra i nalazi se na prelazu k mrkom ugljenu. Neposrednu krovinu sloja čine pretežno pjeskoviti lapori i prekonsolidirane čvrste gline debljine 0,6 do 1,2 m. Neposrednu podinu čine prašinski i pjeskoviti lapori debljine oko 0,5 m i dobro zbijeni pijesci koji prelaze u dublju podinu.

Pored laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava izvedenih na uzorcima iz





Sl. 1  
 Dijagram nosivosti po-  
 dine i krovine  
 Fig. 1  
 Diagram of bearing ca-  
 pacity of the floor and  
 hanging wall

geoloških bušotina, učinjena su određena ispitivanja »in situ« jer je IV sloj u fazi izbora podgradnog sistema otvaran na više mjesta rudarskim radovima. Mjerenja deformacije podine odnosno krovine izvedena su hidrauličnom raspinjačom inkrementnim stupnjevima opterećenja kružnom pločom. Nosivost neposredne podine (pjeskovitog lapora) mjerena je u prirodnom stanju i uz prethodno polijevanje vodom (1 l/m<sup>2</sup>) radi simulacije otkopnih uvjeta, jer je predviđena primjena hidraulične podgrade za sistemom otvorene emulzije.

Formiranjem dijagrama prodiranja ploče — naprezanje na ploči dobije se njihova zavisnost, odnosno lom podloge (sl. 1).

### Izbor metode otkopavanja

Tanki ugljeni sloj, slabo nosiva podina i veoma loša krovina postavili su pred podgradni sistem osnovne zahtjeve (kako poduhvatiti trošnu krovinu da se ne osipa u radni prostor čela i zaštititi podgradne jedinice od penetracije u meku podinu. Zarušavanje krovinih naslaga kod horizontalnih i blago nagnutih slojeva sa slabom krovinom neposredno slijedi radni prostor čela pa se pritisci računaju jednostavno kao teret masa koje se na podlogu oslanjaju. U ovakvim prilikama ne nastaju noseće konzole neposredne krovine, nego zone rušenja visine (H) koja po teoriji Cimbarevića iznosi:

$$H = \frac{d}{k - 1} \quad (\text{m})$$

d — debljina sloja koji se otkopava  
 k — koeficijent rastresitosti natkopnih masa

Krovni pritisak na podgradu (P) je:

$$P = H \cdot \gamma \quad (\text{KN/m}^2)$$

$\gamma$  — zapreminska masa nadsloja

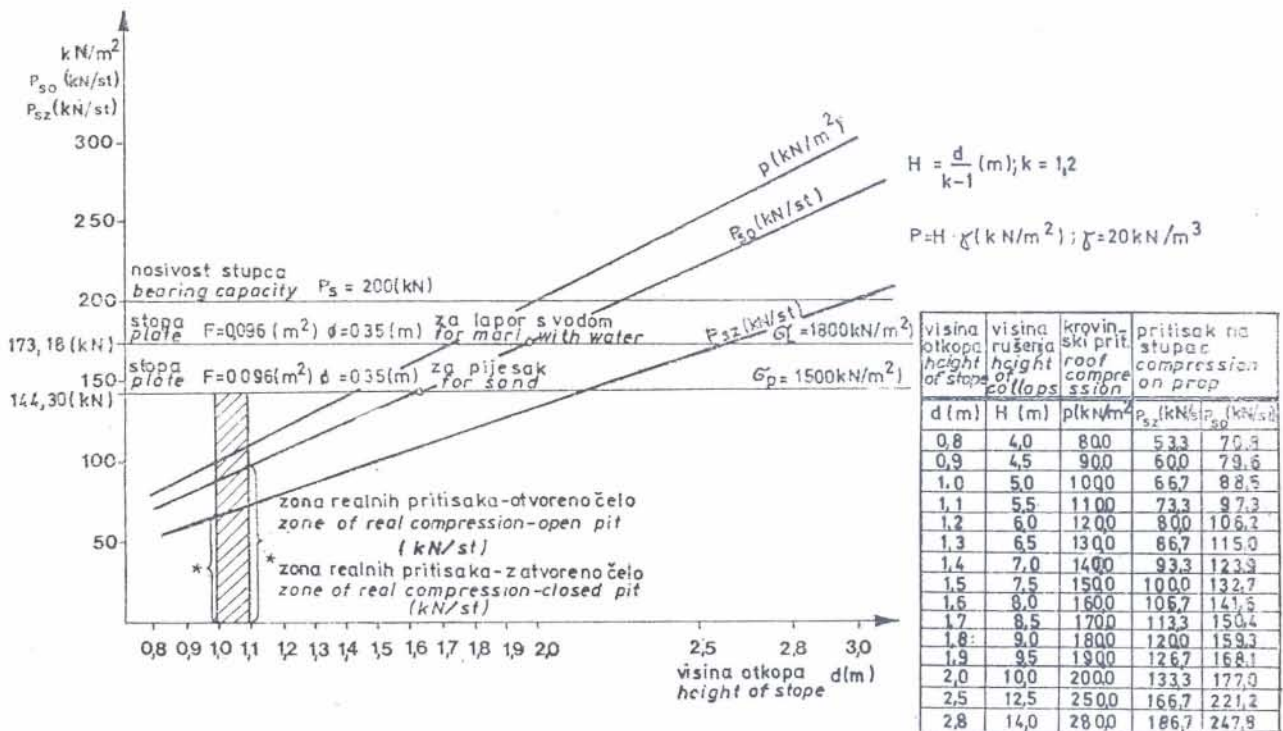
Kako ukupni pritisak na podgradu direktno ovisi o dimenzijama podgrađenog prostora usvojene su minimalne vrijednosti širine otkopa, i to za dužinu dvije metalne grede kada je otkop zatvoren i tri kada je otvoren. Gabariti transporterata i uređaja za dobivanje odnosno podsijecanje zahtijevali su izbor gređa dužine 1,25 m, što znači da širina otkopnog prostora iznosi 2,5 do 3,75 m. Na osnovu dimenzija otkopa, rasporeda podgradnih jedinica i otkopne mehanizacije, dobiven je broj potrebnih stupaca i podgrađenost otkopa od 1,13 do 1,5 stup/m<sup>2</sup>.

Obzirom na veličinu krovnog pritiska i usvojenu podgrađenost radnog prostora, opterećenje po stupcu u otkopnom polju ne prelazi 100 KN ako se pritisak jednakomjerno rasporedi na sve stupce. Pri razmještanju stupaca u pojedinim fazama podgradnog ciklusa o tome se maksimalno vodilo računa. Međutim, idealan geometrijski raspored je praktično neizvediv i koliko god pojednostavili problem točan raspored krovnog pritiska nedovoljno je poznat, pa su izabrani hidraulički stupci nosivosti 200 KN s radnom visinom od 0,7 do 1,2 m i mogućnosti ugradnje mehaničkih nastavaka za rad u debljim slojevima.

Na osnovu proračunatih opterećenja na podgradne jedinice i utvrđene nosivosti podine mjerenjima »in situ«, određena je veličina podložne stope hidrauličnog stupca koji će spriječiti penetraciju stupca u podinu i održati odgovarajuću radnu visinu otkopa.

Na dijagramu (sl. 2) prikazane su linije krovni pritiska i opterećenja po stupcima ovisno





Sl. 2 Dijagram krovnih pritisaka, opterećenje po stupcima i nosivosti podložne stope  
 Fig. 2 Diagram of roof pressure, Prop loads and bearing capacity of bed plate

o debljini sloja odnosno visini otkopavanja, zatim linija koja označava maksimalnu nosivost stope hidrauličnog stupca ( $d = 0,35 \text{ m}$ ,  $F = 0,096 \text{ m}^2$ ) na nakvašenoj podini u glinovitom laporu i dubljoj pjeskovitoj podini. Ucertana je i linija normalne nosivosti stupca od 200 KN.

Koliko god su linije opterećenja pojednostavljeno iskazane i predstavljaju aproksimaciju nekog realnog stanja, iz dijagrama je vidljivo da u zoni manjih otkopnih visina (za IV sloj istaknuto šrafurom) postoji znatna sigurnosna rezerva nosivosti stupaca i otpornosti na prodiranje podložne ploče u podinu u odnosu na očekivani krovni pritisak. Isti dijagram upućuje da već kod visine od 1,5 m sigurnosni pojas opada, a kod 1,8 m iščezava, što znači da bi tada trebalo pogustiti podgradu ili još povećati površinu podložne ploče. Kako bi ovi zahvati otežavali manipulaciju s podgradom u otkopu, rješenja treba tražiti u ostavljanju dijela ugljene ploče u podini ili u modernijoj tehnologiji otkopavanja, što veća debljina sloja omogućava tehnički i ekonomski.

Primjena bubnjastog glodača — kombajna u konkretnim prilikama nije se smatrala opravdanim uz izabrani podgradni sistem radi manjeg koraka napredovanja, češćeg manipuliranja podgradom i provociranja trošne krovine. Primjena struga apsolutno ne bi zadovoljila radi čvrste i žilave strukture ugljena. Oživljavanje zastarjelog sistema rada podsijecanjem

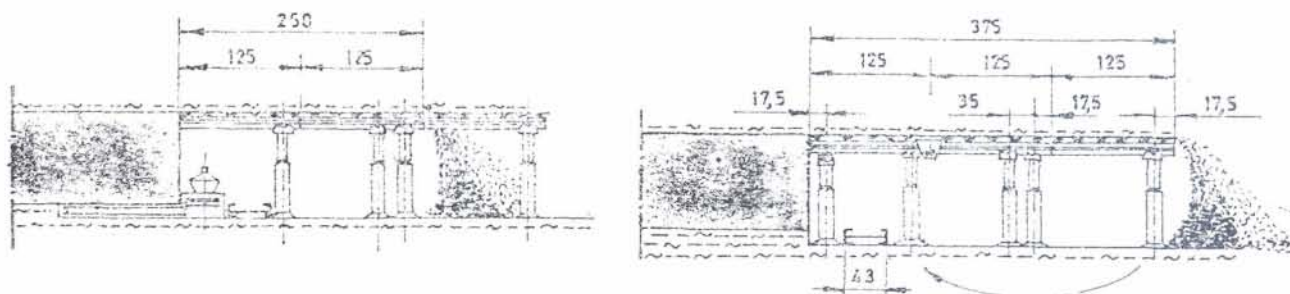
sloja ovdje se činilo logičnim obzirom na tanki sloj, mekanu podinu i trošnu krovinu. Mehanizirana izrada podsijeka kao i obaranje podsječenog ugljena prorijeđenim minama verificirani su od ranije, s čime se uz maksimalni korak napredovanja privremeno štiti i krovina. Obzirom da se strojevi ovoga tipa više ne proizvode, učinjen je pokušaj izrade vlastitog proizvoda. Osnovne karakteristike stroja su mali gabariti i težina (950 kg), odgovarajuća snaga uz primjenu hidromotora (22 kW za pokretanje radne ruke i 5 kW za pomicanje duž otkopa), niska cijena izrade i mali rizik ulaganja, jer veći dio opreme stroja su komponente koje se serijski proizvode za druge namjene u rudarstvu. Poboljšanja u odnosu na ranije strojeve ove vrste su primjena visoko momentnih hidromotora s pumpnim agregatom lociranim van otkopa, kao i vođenje stroja duž otkopa pomoću lanca uprtog na njegovim krajevima.

Stroj i laki dvolančani grabuljasti transporter konstruktivno su prilagođeni odabranom podgradnom sistemu (sl. 3).

### Probni rad otkopa

Projektirani podgradni sistem je primijenjen, osim krovni greda koje su bile željezne i nešto duže (140 cm). Radilište je formirano bez poteškoća izradom uskopne prostorije s direktnom ugradnjom kompletne opreme otkopa.





Sl. 3 Otkopno radilište »Petrov Dol« Koprivnica (projektirani sistem)  
 Fig. 3 Stope face »Petrov Dol« Koprivnica (project system)

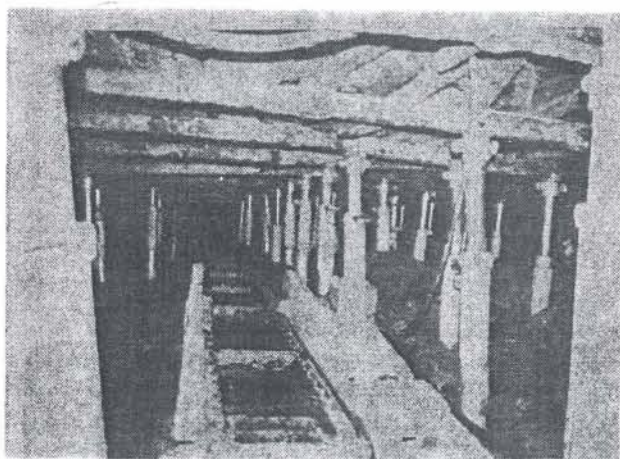
Podsijek u podini izvodio se miniranjem i ručno, kao i obaranje podsječenog ugljena. Otkop je otvaran u dionicama (cca 10 m), iza čega je slijedila ugradnja isturenih stropnica s drvenim zalogom i pomoćnim stupcima do boka. Napredovanjem otkopa krovina u starom radu se odmah zarušavala, a već nakon par otkopnih polja došlo je do prolamanja i duboke krovine, što se reflektiralo poremećajem na sredini otkopa (smanjena visina, nagnuti stupci, osuta krovina). Saniranjem je otkop pokrenut i do njegove likvidacije ova pojava se nije ponovila. Uz standardnu podgrađenost prurušavanja iz krovine nije bilo, stupci nisu tonuli u podinu, a radni prostor djelovao je potpuno sigurnim (sl. 4).

### Zaključak

Probno otkopavanje širokim čelom na tankom sloju lignita u jami »Petrov Dol« — Koprivnica nije uspjelo u smislu neposrednih intencija investitora, pa je i dalje u primjeni stupna metoda otkopavanja. Međutim, rezultati probe su neosporni jer su dokučili nova saznanja za rad u tretiranim otkopnim prilikama. Uočene su značajne mogućnosti izabranog podgradnog sistema, koji se apsolutno potvrdio u smislu održanja otkopnog prostora, ne samo jer je otkop sporo napredovao, već i kada je duže vremena stajao. Nije bilo prurušavanja niti u fazi otvaranja novog polja u otkopu, a penetracija stupaca u podinu je izostala. Prebacivanje podgradnog materijala nije bilo teško, jer je stupac s podložnom stopom težio svega 22 kg, ali je rad na liniji starog rada pri vađenju stupaca bio otežan i naročito usporen. Iako krovne grede nisu bile od lakog metala, manipulacija s njima nije pravila veće smetnje, a njihov raspored, rastojanje i drveni zalog pri krovini dovoljno su štitili radni prostor. U toku probnog rada (6 mjeseci) nije bilo kvarova na podgradi niti gubitka podgradnog materijala, a nisu zabilježene niti lake povrede na otkopu. Istina, proizvodni rezultati su zanemarlivi, jer je otkop male dužine (40 m) s produktivnom visinom od svega 1,0 m sporo napredovao. Pokazao se neuspjelim pokušaj izrade stroja za podsijecanje ugljenog sloja, jer su nedostajala odgovarajuća tehnička rješenja na prenosu potrebne energije kod istovremenog rada hidromotora za pogon rezne ruke i pomicanje duž otkopa. Određenim preinakama na stroju stanje je donekle poboljšano. Kako očekivani efekti nisu postignuti, likvidacijom probnog otkopnog polja odustalo se od daljnjih proba.

Iako su pri otvaranju jame i pripremi otkopa utvrđene i pojave vodonosnih pijesaka, rad otkopa nije bio ugrožen jer se otkopni panel pravovremeno ocijedio.

Sprovedena istraživanja smatraju se vrijednim uloženi sredstava i napora, a rezultati će poslužiti kao smjernice daljnjim aktivnostima



Sl. 4 Širokočelni otkop »Petrov Dol« Koprivnica  
 Fig. 4 Long way face »Petrov Dol« Koprivnica

Radne operacije nisu bile toliko teške koliko brojne i učestale, pa je osnovni problem bio kako ubrzati napredovanje otkopa. Naročite poteškoće su bile kod izrade podsjeka i vađenja podgradnog materijala na liniji starog rada. Ciklus rada remetile su i česte probe strojem za podsijecanje. Neuspjeli pokušaji degradirali su opće napore i postupno je reducirana posada probnog otkopa pošto su istovremeno radili stupni otkopi i dalje se otvarala jama.



na eksploataciji tankih slojeva lignita. Na osnovu probnog rada polumehaniziranog otkopa može se sa sigurnošću tvrditi da je u ovim i sličnim ležišnim uvjetima tehnički moguće otkopavanje uz primjenu kompleksne mehanizacije, tj. samohodne hidraulične podgrade s kliz-

nim gredama i bubnjastim glodačem, i to sve u najlakšoj izvedbi. Za ovakav pristup moraju se prethodno definirati adekvatna otkopna polja i posebno ekonomska opravdanost takvog zahvata, koja će ovisiti o cijeni opreme i konkurentnoj sposobnosti ugljena.

Primljeno: 20. I. 1989.

Prihvaćeno: 6. III. 1989.

#### LITERATURA

Genčić, B. (1971): Tehnološki procesi podzemne eksploatacije slojevitih ležišta, p. 149. Rudarski institut Beograd.

Goodman, E. R. (1980): Introduction to Rock Mechanics, p. 478. John Wiley — New York.

Lama, V. (1978): Handbook on Mechanical Properties of Rocks, p. 515, Volume III, Transtech publication Clausthal.

### Trial Work of the Long Way in Thin Lignite Layer

J. Nuić and S. Prokopović

Thin lignite layers cover considerable coal reserves in the Socialist Republic Croatia. Slightly inclined, shallow seam series have been developed. The accompanied sediments are inconvenient and exploitation conditions complex. Since the earlier intensive coal winning by excavation there has been a tendency towards exploitation, but the known coal crisis and complex mining conditions caused the closing of the mine. It was activated again by the investor who tried to introduce the long way for his own needs, because the column stopes got outworn and oldfashioned. The trial face was 40 m long and the support system consisted of individual hydraulic props with bed plates from light metal and iron timber. Still earlier verified systems of deep undercut (1.4 m) and breaking of the undercut seam by thinner blasts were accepted for the winning work. The undercutting machine

driven by hydromotors of our own performance has not proved satisfactory in practical use. The long way was in operation for 6 months. There were no collapses of hanging wall and the props did not penetrate into soft floor.

The realized production and efficiency did not satisfy the expectations, because the excavation advanced slowly due to its small dimensions. The trial mining field was liquidated and any further attempts were given up.

It is important to point out that this was the first application of the long way in these exploitation conditions (wooden support was applied earlier). The application of complex mechanization with the lightest equipment would also be possible if the equipment costs and coal competitiveness would allow it.