

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE I PERSPEKTYWICZNE DZIAŁANIA DLA POPRAWY ENERGOCHŁONNOŚCI I EFEKTYWNOŚCI W GÓRNICTWIE SKALNYM

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND PROSPECTIVE ACTIONS AIMING AT ENERGY CONSUMPTION REDUCTION AND ENERGY EFFICIENCY INCREASE IN NATURAL STONE MINING

Jerzy Bednarczyk – Poltegor–Instytut IGO, Wrocław

W artykule wskazano ważniejsze osiągnięcia technologiczne i organizacyjne górnictwa skalnego, które stanowią podstawę pełnego zabezpieczenia dynamicznego wzrostu zapotrzebowania na surowce i materiały budowlane.

Przedstawiono czynniki warunkujące perspektywiczny rozwój przez zastosowanie technologii informatycznych do identyfikacji warunków oraz sterowania i adaptacyjnej optymalizacji procesów w układach wydobywczo-przeróbczych.

Główna część artykułu dotyczy działań w zakresie zmniejszenia energochłonności z wykorzystaniem metod i środków zwartych pod nazwą „Inteligentna Energia”.

Important technological and organizational achievements of natural stone mining industry have been presented in the paper. These achievements are the basis which secures the dynamic growth of demand for natural stone and construction materials. The factors conditioning prospective development through application of information technologies to identify conditions, control and adaptive optimization of processes in mining and processing systems have been discussed. The main part of the article describes actions concerning reduction of energy consumption with the use of methods and means known as “Intelligent Energy”.

Zapotrzebowanie na surowce skalne skorelowane jest z rozwojem gospodarki, a w szczególności budownictwa. Ostatnie dziesięciolecie, jeśli pominąć niewielkie okresy zahamowania w tempie rozwoju gospodarki i budownictwa, stwarzały sprzyjające warunki dla wzrostu wydobycia surowców skalnych oraz rozwoju technologii wydobycia i przeróbki. Zapotrzebowanie na surowce skalne osiągnęło w ostatnich latach najwyższy poziom 200 – 250 mln Mg i w najbliższych latach nie powinno znacząco się obniżyć pomimo przewidywanej w tym czasie stagnacji w gospodarce. Wynika to z konieczności odrobienia dużych opóźnień w rozwoju sieci drogowych i kolejowych oraz budownictwa kubaturowego. Istniejąca infrastruktura transportowa nie zapewnia warunków jakościowych i przestrzennych do szybkich dostaw surowców, materiałów i wyrobów między producentami i odbiorcami oraz zaspokojenia wzrastających potrzeb komunikacyjnych i socjalnych coraz zamożniejszego społeczeństwa, a także wzrastającej roli w przewozach międzynarodowych. Dzisiejsze górnictwo skalne jest już na stosunkowo wysokim poziomie technologicznym i organizacyjnym, co pozwala realizować występujące szczytowe zapotrzebowania na surowce skalne będące skutkiem wzrostu budownictwa związanego z mistrzostwami w piłce nożnej w 2012 roku.

Do podstawowych osiągnięć górnictwa skalnego w organizacji i technologii można zaliczyć:

- rozwój outsourcingu w zakresie stosowania nowoczesnych metod i materiałów do urabiania skał, transportu surowców, rekultywacji terenów poeksploatacyjnych,
- stosowanie mobilnych maszyn i ciągów maszynowych,
- rozwój technologii podwodnej eksploatacji.

Do podstawowych barier, które górnictwo skalne musi z dużym wysiłkiem pokonywać należą:

- pozyskiwanie terenów pod którymi zalegają złoża surow-

ców skalnych,

- wymogi ochrony środowiska nie zawsze w pełni uzasadnione i w istotnej mierze utrudniające podejmowanie działalności górniczej,
- często występująca niechęć społeczeństwa lokalnego do uruchamiania działalności górniczej.

Umocnienie pozycji górnictwa, w perspektywie pełnej zagrażeń, wiąże się z intensywnym wykorzystaniem innowacyjności.

Innowacyjność w przemyśle łączy się obecnie z zastosowaniem cyfrowej techniki w planowaniu i prowadzeniu eksploatacji. Wymaga to opracowania i wdrażania w górnictwie zautomatyzowanego sterowania procesami z pomocą specjalistycznych programów oraz wykorzystywania zaawansowanych w rozwoju środków technicznych i zintegrowania ich z funkcjonowaniem ciągów wydobywczych. Niezbędny rozwój cyfryzacji w górnictwie w niewielkim stopniu ograniczy zatrudnienie, gdyż nie wszystkie czynności, procesy i technologie są powtarzalne zwłaszcza przy eksploatacji górotworu, którego zaleganie nie jest w pełni rozpoznane. Wdrożenie nowych rozwiązań łączy się z koniecznością podniesienia kwalifikacji pracowników. Przechodzenie od przewidywanych okresów stagnacji do rozwoju wiązać się będzie z innowacyjnością umacniającą działania efektywnościowe i oszczędnościowe. Powinny być one skierowane na zmniejszenie kosztów eksploatacji, zwiększenie wykorzystania potencjału produkcyjnego, podniesienie jakości i optymalizację struktury asortymentowej wydobywanych surowców oraz dostosowanie jej do zmieniających się potrzeb odbiorców.

W realizacji każdej ambitnej strategii rozwojowej przedsiębiorstwa nowoczesna informatyka stanowi ważne narzędzie zwiększające szanse osiągnięcia celów.

Działania UE i Polski w zakresie zmniejszenia energochłonności

Należące do UE kraje i działające w nich przedsiębiorstwa muszą w swojej działalności brać pod uwagę Kierunki Polityki wyznaczone poprzez Uchwały Parlamentu Europejskiego i Dyrektywy Komisji Europejskiej. Wytyczają one cele rozwojowe i drogi ich osiągnięcia.

Unia Europejska uznała, w Polityce 3x20 i dyrektywie 2006/32/W/WE, za ważny kierunek zrównoważonego rozwoju obniżanie energochłonności o jeden procent co roku w stosunku do roku poprzedniego. Dotychczasowe wyniki realizacji tego celu nie są zadowalające. Dlatego przygotowuje się nową dyrektywą wzmacniającą intensyfikację działań.

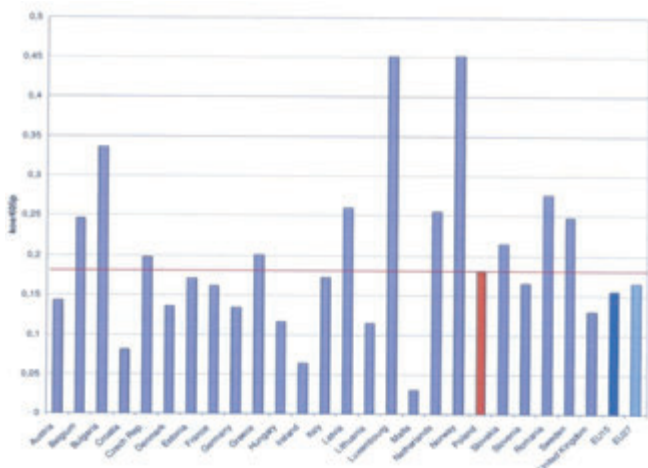
W Polsce w Ustawie o efektywności energetycznej (Dz.U. 2011 nr 34 poz. 551 z 15 kwietnia 2011) przyjęto obligatoryjne obniżenie energochłonności przez wszystkie podmioty funkcjonujące w gospodarce o 9 procent do 2016 roku w odniesieniu do uśrednionego zużycia odnotowanego w latach 2001-2005.

Zużycie energii w przemyśle polskim zmniejszyło się z około 23 Mtoe w 1990 roku do około 16 Mtoe. Udział przemysłu w zużyciu finalnej energii zmniejszył się z 37 do 25 procent w latach 1966 – 2008. Udział energii elektrycznej w całkowitym zużyciu paliw i energii w przemyśle wynosi 4 Mtoe (około 26 procent). Efektywność energetyczna przemysłu kształtuje się na poziomie 0,23 kgoe/euro05p. W krajach 27 UE wynosiła 0,17, a w krajach 15 UE ukształtowała się na poziomie 0,15 kgoe/euro05p (rys. 1 i 2).

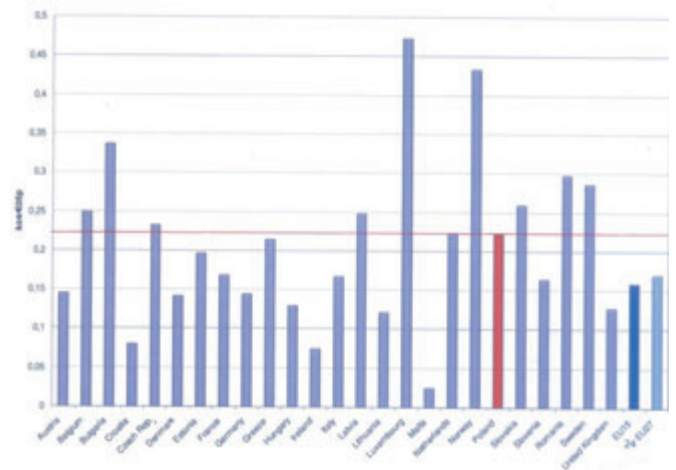
Koordinacją działań w zakresie zmniejszania energochłonności zajmuje się Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. W ostatnich latach problematykę energochłonności, w szerszym zakresie niż w ubiegłych latach, podejmuje Główny Urząd Statystyczny.

Instrumentami poprawy efektywności w przemyśle, które wymienione są w bazie danych MURE (<http://www.mure2.com>), stworzonej przez europejskich ekspertów i kierowanej przez ISIS Institute of Studies for the Integration of Systems, Rome-są:

- Program operacyjny Infrastruktura i Środowisko,
- Rozwijanie systemu zarządzania Energią i systemu audytów energetycznych w przemyśle (efektywność energetyczna),
- Działanie Polsko-Japońskiego Centrum.



Rys. 1. Efektywność energetyczna przemysłu [1]
Fig.1 Energy efficiency of the industry



Rys. 2. Efektywność energetyczna przemysłu przetwórczego [1]
Fig.2 Energy efficiency of the processing industry

Metodykę, urządzenia i systemy ograniczenia energochłonności zgrupowano w światowym zbiorze pod nazwą „Inteligentna Energia”. Określenie to wskazuje, że energia powinna być wytwarzana, przesyłana i użytkowana w inteligentny sposób. Komisja Europejska utworzyła Program dla Europy pt. „Inteligentna Energia - IEE”, który stanowi część szerszego Programu Ramowego CIP obejmującego działania na rzecz Konkurencyjności i Innowacyjności zamykającej się kwotą 3,631 mld euro w latach 2007 – 2013.

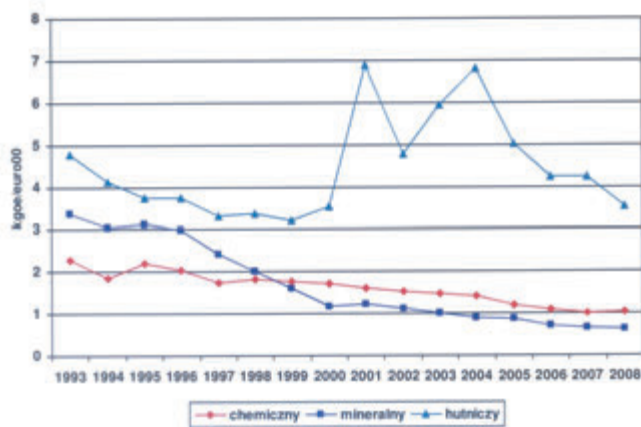
Łączny budżet programu „Inteligentna Energia – Europa” określono na 727 mln euro i mogą brać udział małe i średnie przedsiębiorstwa, ich zrzeszenia oraz jednostki badawcze oraz agencje posiadające osobowość prawną.

Program „Inteligentna Energia – Europa” składa się z trzech podprogramów:

- SAVE poprawa efektywności energetycznej oraz racjonalne wykorzystanie zasobów energetycznych,
- Alternar – promowanie nowych i odnawialnych źródeł energii oraz wspieranie dywersyfikacji źródeł energii,
- Steer – promowanie efektywności energetycznej oraz zastosowanie nowych odnawialnych źródeł energii w transporcie.

Co pół roku ogłaszane są konkursy na składanie wniosków do tematyki określonych podprogramów.

W Polsce też przystąpiono do uruchomienia programu pod nazwą „Inteligentne Sieci Energetyczne” do końca 2011 r. z nakładami 500 mln zł. Szersze działania są przedmiotem Smart Grid i zmierzają do zmodernizowania sieci elektroenergetycznych umożliwiających dwukierunkową wymianę informacji w czasie rzeczywistym pomiędzy dostawcami energii i konsumentami oraz wdrożenie inteligentnych systemów pomiarowych. Aktualnie trwają prace nad harmonogramem wdrożenia inteligentnego oprogramowania. W szerszym zakresie Smart Grid obejmuje wszystkich uczestników rynku energii i integrację przedsięwzięć w zmniejszeniu energochłonności. Podejmowane działania powinny zwiększyć bezpieczeństwo energetyczne przez zarządzanie krzywą popytu. Jest to bardzo ważne z uwagi na przewidywany niedobór energii w bliskiej perspektywie. Istotne znaczenie w tym aspekcie będzie mieć zagospodarowanie elastyczności popytu i optymalizacja bilansu mocy. Przewiduje się, że efekty związane z wdrażaniem rozwiązań powstaną w roku 2016 zgodnie z przewidywaniami w Ustawie o efektywności energetycznej.



Rys. 3. Zmiany wskaźnika energochłonności w energochłonnych gałęziach przemysłu krajowego [1]

Fig.3 Changes of energy consumption indicator in energy-intensive branches of the domestic industry

Zużycie energii i energochłonność w górnictwie skalnym

Surowce skalne w dużej części są wykorzystywane w przemyśle mineralnym. Przemysł mineralny jest według statystyk GUS zakwalifikowany do przemysłu przetwórczego. W strukturze działowej finalnego zużycia energii należy, wraz z przemysłem chemicznym i hutniczym do przemysłów energochłonnych, których energochłonność kształtuje się powyżej 1 kgoe/euro odniesione do 2000 roku.

W przemyśle mineralnym w znacznie szybszym tempie od chemicznego i hutniczego zmniejszała się energochłonność z około 3,3 kgoe/euro w roku 1993 do około 0,7 kgoe/euro w roku 2008.

W produkcji cementu jednostkowe zużycie energii obniżyło się z 0,16 toe/t w 1990 roku do około 0,10 toe/t w 2006 roku.

W świetle GUS-u zużycie energii wydobywania surowców skalnych jest prezentowane razem z innymi branżami górnictwa. Technologia wydobywania surowców jest zbliżona do technologii odkrywkowej eksploatacji nadkładu zalegającym nad węglem brunatnym, zwłaszcza w eksploatacji kruszyw naturalnych bez uwzględniania przeróbki surowców.

Jednostkowe zużycie energii elektrycznej i paliw dla wydobywania 1 tony nadkładu w odkrywkach węgla brunatnego w horyzoncie wieloletnim kształtuje się w przedziale 8 do 10 kWh/t (5,6 do 6,15 kWh/m³). W wydobywaniu surowców skalnych wskaźniki te są wyższe, ale stosowane układy wydobywcze charakteryzują mniejszą wydajność. Wskaźniki zużycia energii w górnictwie skalnym obejmują także przeróbkę surowców.

W małych i średnich przedsiębiorstwach wydobywa się zdecydowaną większość surowców skalnych w Polsce. Część z nich wchodzi do większych korporacji, ale zachowuje samodzielność w działaniu.

Jak wykazały badania, wykonane wśród małych i średnich przedsiębiorstw w projekcie „CHANGE” w ramach programu „Inteligentna Energia”, większość (85%) firm, mimo że jest świadoma, iż wzrastające koszty energii mają istotny wpływ na opłacalność produkcji, nie podejmuje działań zwiększających efektywność energetyczną. Istniejące w zakładach komórki głównego energetyka zajmują się głównie zapewnieniem ciągłości dostaw mediów a w małym bardzo uproszczonym zakresie optymalizacją zużycia energii.

Wyniki dotychczasowych badań energochłonności przeprowadzonych przez Poltegor-Institut, AGH i inne jednostki badawcze wskazują, że dotychczasowa gospodarka energią w eksploatacji

i przeróbce surowców skalnych nie odbiega od stosowanej w innych branżach. Potwierdza to również zróżnicowany rozkład wartości jednostkowej zużycia energii od 10 do 30 kWh na tonę produkcji, w zależności od ilości etapów przeróbki, ale także od jakości realizowanych procesów.

Rodzaj zużywanej energii zmienia się w czasie z tendencją wzrostu udziału energii z oleju napędowego do około 70 procent, co nie zawsze jest korzystne przy stosunkowo niskiej sprawności stosowanych silników spalinowych w porównaniu z elektrycznymi.

W krajowych i europejskich statystykach nie ma informacji o wskaźnikach zużycia energii w wydobywaniu i przeróbce surowców skalnych.

W artykule przedstawiono jednostkowe zużycie energii w trzech różnych przedsiębiorstwach surowców skalnych: Szczecińskich Kopalni Surowców Mineralnych (SKSM S.A.), Kopalni Grudzeń - Las i Kopalni Kłęczany.

Zużycie energii w kopalniach Szczecińskich SKSM S.A.

W tabeli 1 zestawiono dane zużycia energii w trzech zakładach: Dębówka, Storkowo i Bielinek o zdolności produkcyjnej odpowiednio 1 mln ton/rok, 2 mln ton/rok i 1 mln ton/rok.

W tabeli 2 zestawiono jednostkowe zużycie w poszczególnych kopalniach ogółem oraz w podziale na energię elektryczną i olej napędowy.

Zestawione dane mają duże zróżnicowanie jednostkowego zużycia energii, co wiąże się ze zmiennymi warunkami wydobywania, w szczególności stosunkiem wydobywanych żwirów i piasków oraz poziomem strat. Określenie przyczyn wpływających na tak duże zróżnicowanie jednostkowego zużycia energii wymagałoby przeprowadzenia badań w czasie eksploatacji.

Analiza danych zestawionych w tabeli 1 wskazuje na wzrastające koszty energii elektrycznej prawie o 100% w ciągu 10 lat.

Energochłonność wydobywania i produkcja kruszyw łamanych z piaskowca w Kłęczanach

Przedsiębiorstwo produkuje kruszywa o uziarnieniu 20,0 – 31,5 mm (kliniec) 31,5 – 63,0 mm (tłuczeń) i 6,3 – 12,8 mm (grys). Piaskowiec jest urabiany techniką strzelniczą z zastosowaniem materiału wybuchowego, a załadunek na samochody samowładowcze realizowany jest ładowarkami. Przeróbka mechaniczna piaskowca odbywa się w zakładzie stacjonarnym. Badania zrealizowane były przez zespół AGH.

Większość maszyn jest zasilana olejem napędowym. Zużycie energii elektrycznej występuje w zakładzie przeróbki.

Przedstawione materiały wskazują na stosunkowo niewielki rozrzut zużycia jednostkowej energii w poszczególnych latach mimo zróżnicowanej wielkości produkcji.

Badania przeprowadzono dla lat 1999 – 2002. W tym okresie wyliczonym wskaźnikom zużycia odpowiadał stosunkowo niewysoki udział w kosztach produkcji. Udział kosztów energii kształtował się w przedziale 10,7 do 13%, średnio 11,9%.

Energochłonność wydobywania i przeróbki mechanicznej piaskowca w Kopalni „Grudzeń Las”

W tabeli 8 przedstawiono energochłonność produkcji miesięcznej ze złoża słabo związłego piaskowca „Grudzeń - Las”. Struktura produkcji obejmuje średnio: piaski szklarskie

Tab. 1. Wskaźniki zużycia energii do wydobycia i przeróbki surowców okrzewych w trzech zakładach SKSM. S.A.

Tab.1 Energy consumption indicators of aggregates extraction and processing in three plants of the SKSM. S.A

| Nazwa wskaźnika | Jednostka | Zakład Dębówka Eksploatacja sucha Zdolność produkcyjna 1 mln Mg/rok | | | Zakład Storkowo Eksploatacja sucha Zdolność produkcyjna 2 1 mln Mg/rok | | | Zakład Bielinek Eksploatacja podwodna Zdolność produkcyjna 1 1 mln Mg/rok | | |
|---|-------------------------|--|-------------------|-----------|---|-----------|---------|--|-----------|-----------|
| | | lata | | | lata | | | lata | | |
| | | 2000 | 2005 | 2010 | 2000 | 2005 | 2010 | 2000 | 2005 | 2010 |
| 1. Wydobycie | Tys.Mg | 530,0 | 918,8 | 671,6 | 1000,0 | 1700,0 | 1779,0 | 950,0 | 417,0 | 700,4 |
| | % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2. Produkcja | Tys. Mg | 530,0 | 576,5 | 285,3 | 996,0 | 1670,0 | 1650,0 | 818,6 | 417,0 | 700,4 |
| Straty eksploatacyjne | % | 0 | 37,3 | 57,5 | 0,4 | 1,8 | 7,3 | 13,9 | 0 | 0 |
| Żwiry/piaski | %/% | 26/74 | 27,4/45,3 | 16,9/76,4 | 23,2/76,4 | 21,7/76,5 | 21/71,7 | 17,5/68,6 | 48,7/51,3 | 12,2/87,8 |
| 3. Jednostkowe zużycie energii elektrycznej na tonę wydobycia | kWh/Mg | 12,63 | 9,00 | 9,48 | 12,06 | 5,60 | 3,99 | 20,67 | 9,50 | 19,19 |
| Zmiany w procentach | % | 100 ^{1/} | 71 | 75 | 100 | 46 | 30 | 100 | 46 | 93 |
| 4. Zużycie jednostkowe oleju napędowego | kWh/Mg | - | 2,75 | 8,57 | 7,78 | 5,71 | 10,24 | 8,67 | 3,35 | 6,70 |
| Zmiany w procentach | % | - | 100 ^{2/} | 311 | 100 | 73 | 132 | 100 | 0,39 | 0,77 |
| 5. Koszt jednostkowy zakupionej energii elektrycznej | zł/MWh | 210 | 247 | 395 | 194 | 247 | 375,8 | 184,6 | 237,0 | 385,7 |
| Zmiany w procentach | % | 100 ^{1/} | 118 | 188 | 100 | 127 | 194 | 100 | 128 | 209 |
| 6. Koszt jednostkowy zakupionego oleju napędowego | dcm ³ kWh | | 2,98 | 3,30 | | 2,98 | 3,31 | | 2,98 | 3,27 |
| Zmiany w procentach | % | - | 100 ^{2/} | 110 | | 100 | 110 | - | 100 | 110 |

^{1/} rok 2000 = 100%,^{2/} rok 2005 = 100%,

Tab. 2. Jednostkowe zużycie w poszczególnych zakładach SKSM. S.A.

Tab.2 Unite energy consumption in the specific plants of SKSM. S.A

| Wyszczególnienie | Jednostki | Kopalnie | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------|-------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | Dębówka | | Storkowo | | | Bielinek | | |
| | | 2005 | 2010 | 2000 | 2005 | 2010 | 2000 | 2005 | 2010 |
| 1. Jednostkowe zużycie energii ogółem | kWh/t | 11,75 | 18,05 | 19,84 | 11,31 | 14,93 | 29,34 | 12,88 | 25,89 |
| w tym | | | | | | | | | |
| | kWh/t | 9,00 | 9,48 | 12,06 | 5,60 | 3,99 | 20,67 | 9,50 | 19,19 |
| 1.1. Energii elektrycznej | % w stosunku do całości | 76,59 | 52,52 | 60,78 | 49,31 | 28,04 | 70,44 | 73,82 | 74,09 |
| | kWh/t | 2,75 | 8,47 | 7,78 | 5,71 | 10,24 | 8,67 | 3,35 | 6,70 |
| 1.2. Energii oleju silnikowego | % w stosunku do całości | 33,41 | 47,48 | 40,22 | 50,69 | 71,96 | 29,56 | 25,18 | 25,91 |

Tab. 3. Wielkość produkcji i zużycie energii materiałów wybuchowych ogółem i jednostkowej do urabiania piaskowca ze złoża w Klęczanach
 Tab.3 Production and explosive materials energy consumption in total and per unit during sandstone mining from Klęczany deposit

| Wyszczególnienie | Jednostka | Ilość w kolejnych latach | | | | |
|---|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Produkcja | tys. t | 414 | 303 | 250 | 350 | Suma Σ 1 do 4 1417 |
| Zużycie materiału wybuchowego | t | 80 | 59,9 | 42,3 | 31,1 | 213,3 |
| Zużycie jednostkowe materiału wybuchowego na tonę produkcji | kg/t | 0,193 | 0,197 | 0,127 | 0,093 | średnia 0,150 |
| Zużycie energii zawarte w materiale wybuchowym 0,11802 kWh/kg MW | kWh | 9108 | 6969 | 4960 | 3500 | Suma Σ 1 do 4 24537 |
| Zużycie jednostkowe energii materiału wybuchowego na tonę produkcji | lWh/t | 0,022 | 0,023 | 0,014 | 0,010 | średnia 0,017 |

Tab. 4. Zużycie oleju napędowego ogółem i jednostkowe
 Tab.4 Diesel oil consumption in total and per unit

| Wyszczególnienie | Jednostka | Ilość w kolejnych latach | | | | |
|---|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1. Zużycie oleju napędowego | litry | 428 076 | 292 395 | 301 350 | 369 500 | Suma 1 do 4 1 391 361 |
| ogółem | kWh | 4 222 800 | 2 884 560 | 2 975 000 | 3 647 000 | 13 729 360 |
| 2. Zużycie jednostkowe oleju napędowego na tonę produkcji | litrow/t | 1,034 | 0,965 | 0,861 | 1,056 | średnia 0,98 |
| | kWh/t | 10,20 | 9,52 | 8,50 | 10,42 | 9,689 |

Tab. 5. Zużycie energii elektrycznej ogółem i jednostkowe
 Tab.5 Electricity consumption in total and per unit

| Wyszczególnienie | Jednostka | Ilość w kolejnych latach | | | | |
|---|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1. Zużycie energii elektrycznej ogółem | kWh | 2 155 000 | 1 520 000 | 1 445 000 | 1 409 000 | Suma 1 do 4 6 529 000 |
| 2. Zużycie jednostkowe energii elektrycznej na tonę produkcji | kWh/t | 5,20 | 5,01 | 4,32 | 4,21 | średnia 4,60 |

Tab. 6. Zużycie jednostkowe wszystkich trzech rodzajów energii
 Tab. 6 Unit consumption of all energy types

| Wyszczególnienie | Jednostka | Ilość w kolejnych latach | | | | Średnia |
|---------------------|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Jednostkowe zużycie | KWh/t | 15,42 | 14,55 | 12,83 | 14,64 | 14,31 |

ok. 40%, piaski formierskie ok. 31%, piaski techniczne ok. 20%, żwirki 4,6%, kaolin 4,2%, mączki 0,2%, razem 100%. Na napędzie spalinowym pracują spycharki, spycharko-zrywarki, koparki, ładowarki i samochody samowładowcze. Badania energochłonności wykonano przez AGH Kraków.

Zużycie energii elektrycznej jest głównie skoncentrowane w zakładzie przeróbki mechanicznej, w którym zabudowano kruszarki jednowalcowe, szczękowe, przesiewacze, stacje klasyfikatorów, pompy dla wody technologicznej i szlamów,

przenośniki taśmowe oraz koparki łyżkowe stosowane do załadunku.

Produkcja wyrobów realizowana jest sezonowo od kwietnia do listopada. Wielkość produkcji wynika z zapotrzebowania i zdolności wydobywco-przeróbczej kopalni, która zależy od struktury produkcji.

Analiza danych zestawionych w tabeli wskazuje na występujący duży rozrzut jednostkowego zużycia energii w miesiącach w poszczególnych latach. Energii elektrycznej w

Tab. 7. Sumaryczne i jednostkowe zużycie energii ze wszystkich czterech lat oraz udział rodzajowy
 Tab. 7 Total and unit energy consumption for four years and in all energy types

| Wyszczególnienie rodzajów energii | Zużycie energii | | Udział w zużyciu w % |
|---|-----------------|------------|----------------------|
| | Jednostka | Ilość | |
| 1. Zużycie energii materiałów wybuchowych | | | |
| • Ogółem | kWh | 24 537 | ~0,1 |
| • Jednostkowe | kWh/t | 0,017 | |
| 2. Zużycie oleju napędowego | | | |
| • Ogółem | kWh | 13 729 360 | 67,0 |
| • Jednostkowe | kWh/t | 9,689 | |
| 3. Zużycie energii elektrycznej | | | |
| • Ogółem | kWh | 6 529 000 | 32,1 |
| • Jednostkowe | kWh/t | 4,60 | |
| 4. Sumaryczne zużycie energii | | | |
| • Ogółem | kWh | 20 282 897 | 100% |
| • Jednostkowe | kWh/t | 14,306 | |

Tab. 8. Zestawienie średniej ilości miesięcznej produkcji zużycia oleju napędowego i energii elektrycznej w kolejnych siedmiu miesiącach
 Tab. 8 Comparison of monthly average production and diesel and electric energy consumption in the following seven months

| Wyszczególnienie | Jednostka | Kolejne miesiące | | | | | | | |
|---|---------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1. Produkcja wyrobów ze zwięzłego piaskowca | tys.t/miesiąc | 51,7 | 53,1 | 57,5 | 43,7 | 37,0 | 52,8 | 59,0 | 354,8 |
| 2. Zużycie energii elektrycznej | | | | | | | | | |
| 2.1. Ogółem średnio w miesiącu | kWh | 481,1 | 656,8 | 574,2 | 583,4 | 579,6 | 692,5 | 694,6 | 4262,3 |
| 2.2. Jednostkowe średnio w miesiącu na tonę wyrobów | kWh/t | 9,45 | 12,37 | 9,98 | 13,34 | 15,66 | 13,12 | 11,77 | 12,24 |
| 3. Zużycie oleju napędowego | | | | | | | | | |
| 3.1. Ogółem średnio w miesiącu | Tys. l | 39,81 | 43,54 | 47,15 | 44,57 | 37,74 | 33,79 | 45,44 | |
| 3.2. Jednostkowe średnio w miesiącu na tonę wyrobów | litrów/t | 0,77 | 0,82 | 0,82 | 1,02 | 1,02 | 0,80 | 0,77 | 0,86 |
| | kWh/t | 7,59 | 8,09 | 8,09 | 10,06 | 10,06 | 7,89 | 7,59 | 8,49 |
| 4. Zużycie jednostkowe energii na tonę wyrobów ogółem | kWh/t ogółem | 17,04 | 20,46 | 18,07 | 23,40 | 25,72 | 21,01 | 19,36 | 20,73 |

Tab. 9. Udział w sumarycznym zużyciu energii kształtuje się następująco
 Tab. 9 Contribution in total energy consumption is as follows:

| Wyszczególnienie | Ilość w kWh | Udział % |
|------------------------------------|-------------------|---------------|
| 1. Energia oleju napędowego ogółem | 4 342 752 | 37,12 |
| 2. Energia elektryczna ogółem | 7 355 004 | 62,88 |
| 3. Razem | 11 697 756 | 100,00 |

przedziale 9,45 – 15,66 kWh/t, przy średniej 12,24 kWh/t, a oleju napędowego w przedziale od 7,59 do 10,06 kWh/t, przy średniej 8,49 kWh/t.

Średnie zużycie energii ogółem określono w wielkości 20,73 kWh/t.

Wyniki potwierdzają ogólną prawidłowość, że przy więk-

szym wykorzystaniu zdolności produkcyjnej, jednostkowe zużycie energii jest mniejsze.

Metody i środki techniczne do obniżania energochłonności w procesach wydobycia i przeróbki surowców skalnych

W procesach wydobycia i przeróbki surowców skalnych wykorzystuje się duży zbiór maszyn i urządzeń związany z wieloma technologiami. Wynika z tego konieczność stosowania zróżnicowanych metod organizacji wydobycia i produkcji.

Układy wydobycia i przeróbki surowców skalnych w coraz większym stopniu są zautomatyzowane z wykorzystywaniem urządzeń, aparatury i systemów do sterowania przebiegiem procesów technologicznych. Na ogół docenia się znaczenie ciągłego pomiaru i rejestracji energii, który odzwierciedla jakość przebiegu procesów technologicznych.

W większości układy wydobywcze złożone z kilku zespołów maszynowych są sterowane z dyspozytorni wyposażonej w środki techniczne umożliwiające przyjmowanie zdalnej kontroli i rejestrację zużycia energii. Zaczęto opracowywać systemy sterowania nowszej generacji nawigacyjno-kontrolnej, które na podstawie pomiarów satelitarnych GPS oraz czujników zainstalowanych w koparkach określają w czasie rzeczywistym przebieg procesów urabiania i modyfikacji numerycznego modelu złoża. Sterowanie zespołem maszyn wraz z kontrolą i rejestrowaniem parametrów pracy oraz porównaniem uzyskanych wyników z zadaniem planem jest możliwe do zrealizowania dla każdej technologii, w większości z zastosowaniem seryjnie produkowanej aparatury pomiarowo-sygnalizacyjnej i rejestracyjnej oraz łączności. Również przy opracowaniu metod zbierania, przetwarzania i oceny uzyskanych informacji można wykorzystać wiele dostępnych wzorców i metod.

Wyniki badań przeprowadzonych w Poltegor-Instytut i innych jednostkach badawczych wskazują, że dotychczasowa gospodarka energią w eksploatacji i przeróbce surowców skalnych nie zawsze jest racjonalna. Wskazuje na to też zróżnicowany rozkład wartości jednostkowej zużycia energii od 10 do 30 kWh na tonę produkcji, w zależności od warunków geologiczno-górnictwowych, ilości etapów przeróbki, ale także od jakości sterowania procesami. Jednostkowe koszty energii w ostatnich latach znacznie wzrosły, a w następnym dziesięcioleciu jeszcze wzrosną o około 30-50 procent.

Rodzaj używanej energii zmienia się w czasie z tendencją wzrostu udziału energii z oleju napędowego do około 70 procent, co nie zawsze jest korzystne przy stosunkowo niskiej sprawności stosowanych silników spalinowych w porównaniu z elektrycznymi.

W krajowych i europejskich statystykach nie ma informacji o wskaźnikach zużycia energii w wydobywaniu i przeróbce surowców skalnych. W utworzonym Centrum KAPE i GUS wszystkie dane głęboko agregują tylko do całych gałęzi.

Polsko-Japońskie Centrum przeprowadziło badania w 15 zakładach oraz zebrało ankiety z kilkuset zakładów i przedstawiło potencjał oszczędności energii dla paliw i energii elektrycznej, który można uzyskać w trzech podstawowych działaniach:

Działanie I – beznakładowe

Wdrożenie i usprawnienie procesu zarządzania energią i wzmocnienie kontroli operacji technologicznych. Prognozowany potencjał uruchomienia oszczędności

| | |
|---------------------|--------|
| Energia elektryczna | Paliwa |
| 1,5% | 9,8% |

Działanie II – działania niskonakładowe

Zastosowanie dodatkowego wyposażenia

| | |
|---------------------|--------|
| Energia elektryczna | Paliwa |
| 6,5% | 9,5% |

Działanie III – działanie wysokonakładowe

Modernizacja procesu

| | |
|---------------------|--------|
| Energia elektryczna | Paliwa |
| 4,6% | 1,2% |

Zespoły działające w tym wymienionym Centrum uważają, że przy zaangażowaniu zespołów własnych w zakładach i asyście zewnętrznych specjalistów istnieje możliwość zmniejszenia zużycia energii o 25 procent. Badania, które te zespoły przeprowadziły nie dotyczą górnictwa skalnego, objęły one

jedynie wymianę ciepła, ogrzewanie, dystrybucję energii i klimatyzację a nie technologię. Ale warto o nich wiedzieć.

Określone w Ustawie o efektywności energetycznej 9-procentowe obniżenie zużycia energii w stosunku do zarejestrowanego zużycia z lat 2001 – 2005 jest już chyba bardziej realne. Przeznaczenie na audyt energetyczny w zakładach możliwości uzyskania dofinansowania w wysokości 3 tys. zł nie jest kwotą za którą można przeprowadzić audyt kopalni. Jeśli wymieniona ustawa będzie w pełni wdrażana i co roku kontrolowane obniżanie zużycia energii, to zakłady powinny się poważnie do tego przygotować i opracować plan, który ujmie wymienione trzy działania rozpisane na etapy do wykonania w poszczególnych horyzontach czasu.

Ważne dla perspektywicznej realizacji celu są działania związane z optymalizacją technologii. W tym zakresie w górnictwie skalnym w ostatniej dekadzie nastąpił duży i rzeczywisty postęp, ale rozwój technologii jest procesem ciągłym i realizowany jest we wszystkich krajach z którymi musimy się porównywać.

Do ważnych działań w zakresie zmniejszania energochłonności należy wybór między transportem kolejowym i samochodowym dostarczającym surowce do odbiorców. Przy gwałtownie wzrastających przewozach surowców w ostatnich latach i słabej dyspozycyjności kolei transport samochodowy był używany do przewozu nawet na duże odległości. Sytuacja nieco się zmienia w roku 2011. Istnieją różne uwarunkowania, które ograniczają wykorzystanie transportu kolejowego. Na Dolnym Śląsku unieruchomiono wiele linii kolejowych i kilkanaście bocznicy, którymi przewożono surowce skalne. Opracowano plany ich rewitalizacji.

W jaki sposób porównywać zużycie energii, transportu kolejowego i samochodowego wskazuje praca AGH zrealizowana w zadaniu 6 (6.2.6) projektu „Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania surowców skalnych”. Dokonane analizy pokazały, że transport samochodowy zużywa od 3 do 5 razy więcej energii niż kolejowy. Podobne relacje występują w kosztach. Granica opłacalności zastosowania transportu samochodowego przy różnych uwarunkowaniach nie przekracza odległości przewozu 100 km.

Ważny dla zużycia energii jest także rodzaj transportu technologicznego w odkrywkach. Obecnie stosowany jest głównie transport samochodowy. Badania prowadzone w Poltegor-Instytucie wskazują na korzyści ze stosowania transportu przonośnikowego. Wskazuje na to artykuł dr A. Witta zamieszczony w Górnictwie Odkrywkowym, w którym autor zaleca podjąć intensywne prace zmierzające do stosowania zwartych ciągów technologicznych, tak zwanych „kompaktowych” przejezdnych, które zasadniczo skrócą drogi transportu, zwłaszcza w wybranych kopalniach mających dłuższą perspektywę eksploatacji.

Koszty transportu powiązane ze zużyciem energii będą w perspektywie w istotny sposób rzutować na rozwój górnictwa skalnego.

Podsumowanie

1. Efektywność masowej eksploatacji surowców okruchowych i kruszyw łamanych jest związana z energochłonnością stosowanych ciągów wodobyczo-przerobczych i rodzajem oraz odległością ich dostaw do odbiorców.
2. Działania UE i krajowe określają bardzo ostre wymogi w zakresie zmniejszania energochłonności bez stwarza-

- nia warunków umożliwiających małym i średnim przedsiębiorstwom wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań, których koszty na ogół przekraczają ich możliwości finansowe.
3. Małe i średnie przedsiębiorstwa górnictwa skalnego w niewielkim stopniu wykorzystują wsparcie jakie jest w ofertach związanych ze środkami UE i budżetu dla rozwoju technologii. Związane to jest z niesprzyjającą atmosferą dla górnictwa oraz małym zaangażowaniem jednostek badawczych, które z tym górnictwie współpracują.
 4. Wskazane byłoby zorganizowanie spotkania MSP, zrzeszeń i jednostek badawczych działających w górnictwie i wspólne opracowanie Programu Działań w zakresie uruchomienia projektów, które mogłyby być w dużym zakresie dofinansowane z funduszy europejskich i krajowych, między innymi:
 - Corenet (Collective research) przewiduje badania przez zrzeszenia firm w składzie międzynarodowym
 - CIP (Program na rzecz Konkurencyjności i Innowacji, w tym Inteligentna Energia)
 - Innotech i InTech wspiera projekty innowacyjne realizowane przez pojedyncze przedsiębiorstwa, konsorcja krajowe i międzynarodowe.
 5. Górnictwo skalne ma długoletnią perspektywę rozwoju związaną z koniecznością rozbudowy sieci drogowej, kolejowej oraz budownictwa kubaturowego, zwłaszcza mieszkaniowego, pod warunkiem wdrażania innowacyjnych technologii i metod dla zwiększenia efektywności ekonomicznej, energetycznej i ekologicznej.
 6. Ważnym warunkiem nowoczesnego rozwoju górnictwa skalnego jest zacieśnienie współpracy przedsiębiorstw i jednostek badawczych dla podniesienia rangi górnictwa skalnego i zintensyfikowania działań zmierzających do intensywnego wdrażania innowacyjnych i efektywnych technologii i metod wydobywania surowców skalnych.

Praca powstała w ramach projektu pt. „Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych” (Nr POIG.01.03.01-00-001/09), realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007-2013, Priorytet 1, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.1 Projekty rozwojowe.

Literatura

- [1] Efektywność wykorzystania energii w latach 1998-2008. GUS Warszawa 2010
- [2] Bednarczyk J. – *Energochłonność i efektywność energetyczna wydobywania i przetwarzania węgla brunatnego na energię elektryczną*. Przegląd Górniczy 9/2011
- [3] Gałaś Z. – *Analiza energochłonności procesu wydobywczo-przeróbczego słabo związłego piaskowca*. Przegląd Górniczy Nr 2, 2007
- [4] Gałaś Z. – *Analiza energochłonności procesu produkcyjnego w kopalni „Kłęczany”*. Przegląd Górniczy nr 11, 2000
- [5] Raport dotyczący kluczowych polskich energochłonnych przemysłów. Opracowanie Krajowa Agencja Poszanowania Energii. S.A. Warszawa 2009
- [6] Kozioł W., Stryzewski M., Łochańska D. – *Infrastruktura otoczenia miejsc wydobywania pod kątem wywozu produkcji do odbiorców*. Praca AGH Kraków, marzec 2011

Artykuł recenzował dr inż. Szymon Modrzejewski

*Rękopis otrzymano 27.10.2011 r. *2237*