

PAWEŁ NOWAK  
ŁUKASZ KILAN

## Doświadczenia firmy Sandvik ze zdalnie sterowanymi maszynami

*Artykuł przedstawia historyczne i aktualne sposoby sterowania maszynami produkcji firmy Sandvik pracującymi w górnictwie podziemnym. Wskazuje kierunek, w którym następował rozwój kombajnów chodnikowych, wyszczególniając poszczególne etapy wprowadzania możliwych do zastosowania w górnictwie nowinek technicznych. Aktualnie tworzone maszyny wpisują się w ideę „Przemysłu 4.0”, a oferowane i przedstawione w niniejszym artykule rozwiązania wpływają na zwiększenie bezpieczeństwa, produktywności i powodują, że w górnictwie również są wyznaczane trendy dla innych gałęzi przemysłu.*

Słowa kluczowe: Sandvik, kombajn chodnikowy, zdalne sterowanie

### 1. WSTĘP

Rozwój przemysłu w XX wieku powodował większe zapotrzebowanie na surowce mineralne potrzebne do produkcji w przemyśle i budownictwie. Dla osiągnięcia coraz lepszych wyników do mechanicznego urabiania skał zarówno w kopalniach, jak i tunelach zaczęto używać dostępnych maszyn. Jednakże ze wzrostem potrzeb użytkowników i możliwości produkcyjnych zróżnicowano maszyny ze względu na sposoby prowadzenia prac oraz wielkość. Wraz z rozwojem techniki cyfrowej w maszynach zastosowano pierwsze sterowniki PLC, następnie rozszerzono ich sterowanie, a docelowo wprowadzono w pełni autonomiczne prowadzenie procesu urabiania, wykorzystując najnowsze osiągnięcia cyfrowo-informatyczne połączone ze zdobytym doświadczeniem mechanicznym.

Niniejszy artykuł zapoznaje zarówno z historycznym opisem rozwoju kombajnów chodnikowych, jak i z najnowocześniejszym podejściem do drążenia wyrobisk maszynami firmy Sandvik.

### 2. RYS HISTORYCZNY KOMBAJNÓW CHODNIKOWYCH FIRMY SANDVIK

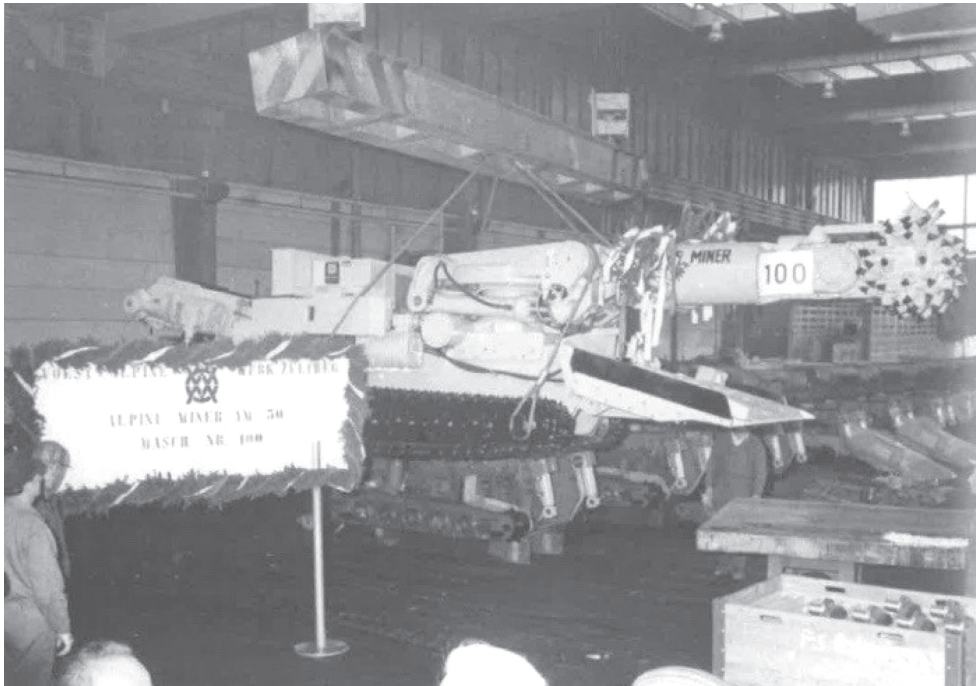
W firmie Sandvik 1964 rok uznaje się za początek mechanizacji górnictwa dzięki powstaniu maszyny

F6-A (rys. 1) w zakładzie produkcyjnym ÖAMG w Zeltweg w Austrii (późniejsze VoestAlpine, aktualnie Sandvik). Maszyna miała wiele niedoskonałości konstrukcyjnych, które były na bieżąco eliminowane. Jednakże pierwsze egzemplarze już w 1965 roku pracowały w Austrii, we Włoszech i w Maroku. Waga ciężkiego jak na tamte czasy kombajnu wynosiła 13 t, a całkowita produkcja F6-A to około 300 sztuk [1, 2].



Rys. 1. „Najsłynniejsze” zdjęcie F6-A w Paryżu [1]

W 1971 roku kombajn zmienił nazwę na AM-50 (rys. 2), konstrukcja została udoskonalona, jak również zwiększona moc silnika organu urabiającego od 30 kW, przez 50, 75 do 100 kW. W fabryce w Zeltweg wyprodukowano około 800 sztuk AM-50 [1, 2].



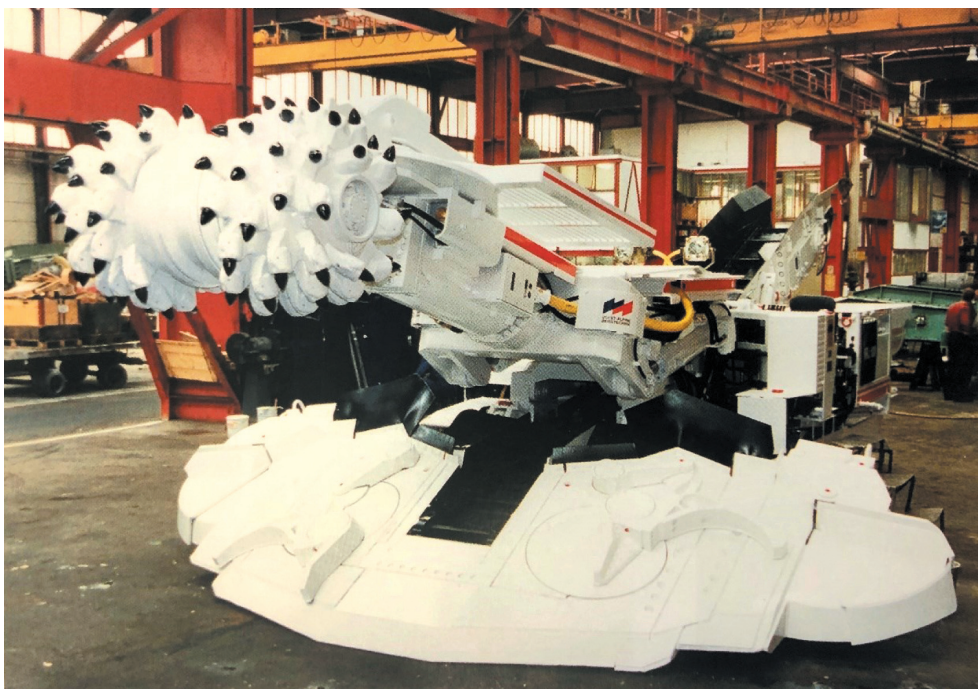
Rys. 2. Rok 1979 – AM50 numer 100 dostarczany do Polski [1]

Na przekazanej licencji maszyna jest produkowana do dziś. Nie można jednak pominąć, jak bardzo przyczyniła się do ukształtowania aktualnie pracujących kombajnów chodnikowych, o czym wspominają w swoich publikacjach między innymi Broen, Cheluszka, Dolipski, Jonak, Klich i Kotwica [3–7], jak i wielu innych autorów w Polsce i na świecie.

W 1981 roku na targach w Dusseldorfie zaprezentowano prototypowy kombajn chodnikowy AM75 firmy VoestAlpine (rys. 3). W 1982 roku pierwsze modele AM75 pracowały już w niemieckich kopalniach [1]. Maszyna z licznymi udoskonaleniami i zmianami pracuje do dziś w wielu kopalniach w Polsce (rys. 4) i na świecie.



Rys. 3. Prezentacja prototypowego AM 75 w 1981 roku na targach w Dusseldorfie [1]



Rys. 4. AM 75 numer 100 dostarczany do Polski w 1994 roku [1]

W 1998 roku na targach BAUMA w Monachium zaprezentowano AM105 z systemem ICACUTROCK, który wspomagał proces urabiania skał. System, na którego podstawie bazują kolejne maszyny, a doświadczenie w urabianiu skał z niemal całego globu wykorzystywane jest do kolejnych systemów sterowania produkowanych maszyn [1, 2].

W 2007 roku uruchomiono pierwszy w Polsce w pełni zdalnie sterowany kombajn AM75 numer 178. Zasadniczym celem tego projektu było umożliwienie urabiania mechanicznego w warunkach zwiększonego wyrzutu metanu i skał. Kombajn znacząco wpływał na poprawę ergonomii i bezpieczeństwa pracy załogi. Pulpit sterowniczy wraz z monitorami znajdował się około 50 m za kombajnem, co znacząco wpływało na pracę w trudnych warunkach. Na kombajnie zastosowano system kontroli profilu urabiania wraz z zestawem kamer transmitujących na bieżąco obraz z kombajnu. Zainstalowany sprzęt pozwalał na obserwację parametrów pracy maszyny, położenia ramienia organu urabiającego oraz obserwację otoczenia [2].

### 3. MASZyny STEROWANE RADIOWO

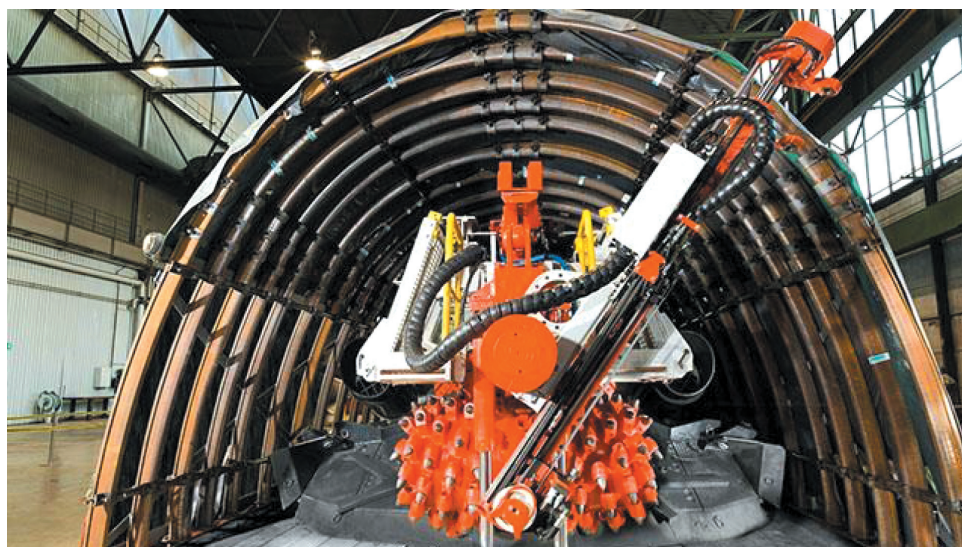
Maszyna AM75 nr 178 została przebudowana na maszynę w pełni sterowaną radiowo, gdzie tylko transmisja danych z kombajnu oraz obrazu odbywała

się przewodowo. W 2013 roku w Zeltweg w Austrii zaprezentowano całkowicie sterowany radiowo kombajn chodnikowy MR341X numer 001 (rys. 5). Kombajn odpowiadał parametrami maszynie typu AM75/MR340, jednak miał zainstalowaną platformę, na której zabudowano wiertarkokotwiarękę (rys. 6), podnośnik stropnic z zespołem pomostów do zabudowy obudowy oraz dźwig (rys. 7). Dźwig znacząco wpływał na poprawę ergonomii i komfortu pracy załogi, ponieważ służył do transportu obudowy ze stanowiska skręcania elementów łuków na znajdujący się na kombajnie podnośnik stropnic [2].

Maszyna została wyposażona w najnowocześniejsze sterowniki, zestaw radiowy oraz wyposażenie elektrohydrauliczne do sterowania wszystkimi funkcjami zarówno kombajnu, jak i platformy oraz znajdujących się na niej urządzeń. Zastosowane rozwiązania znacząco wpłynęły na produktywność maszyny, skracając czas zabudowy, zwiększając bezpieczeństwo i poprawiając komfort załogi. Kombajn chodnikowy MR341X był wyposażony w innowacyjny system transmisji danych na powierzchnię – kombajn komunikował się z siecią Wi-Fi, z możliwością połączenia przez światłowód i kabel. Odbiór danych ze stanu maszyny odbywał się według protokołu komunikacyjnego OPC UA, który stanowił innowację w górnictwie podziemnym. Ponadto z maszyną można było nawiązać połączenie VPN [2].



Rys. 5. Kombajn chodnikowy MR341/001 [2]



Rys. 6. Kombajn MR341/001 z uruchomioną zdalnie sterowaną wiertarkokotwiarką [2]



Rys. 7. Kombajn MR341/001 podczas transportu obudowy do zabudowy [2]

#### 4. WSPÓŁCZESNE MASZYNY ZDALNIE STEROWANE – SANDVIK AUTOMINE®

Kiedy system sterowania maszynami pozwalał na obsługę każdej z jej funkcji i kontrolowanie, Sandvik rozpoczął prace nad zdalnym sterowaniem maszyn z pełną automatyzacją w wyznaczonych wcześniej strefach automatycznej pracy maszyn, gdzie nie mogą znajdować się ludzie. W zależności od wielkości posiadanej floty maszyn oraz potrzeb klienta oferowane są cztery poziomy usługi Automine®, która w każdym momencie może zostać zmieniona na odpowiadającą aktualnym potrzebom użytkownika poziom. Należy dodać, że nie posługujemy się już pojęciem kombajnów chodnikowych, a „maszyn” ze względu na to, że system potrafi obsłużyć posiadaną przez klienta całą flotę zarówno kombajnów chodnikowych, produkcyjnych, wozów odstawczych, ładowarek, wiertnic, jak i wiertnic powierzchniowych. Automine® potrafi połączyć pracę wyżej wymienionych maszyn w ramach jednego procesu, a ponadto połączyć pracę wielu maszyn nie tylko w jednym wyrobisku kopalni.

Do prawidłowej pracy maszyn niezbędna jest infrastruktura zamontowana w przestrzeni pracy maszyn, stanowisko operatora oraz wyposażenie maszyny w sprzęt wspierający system Automine®.

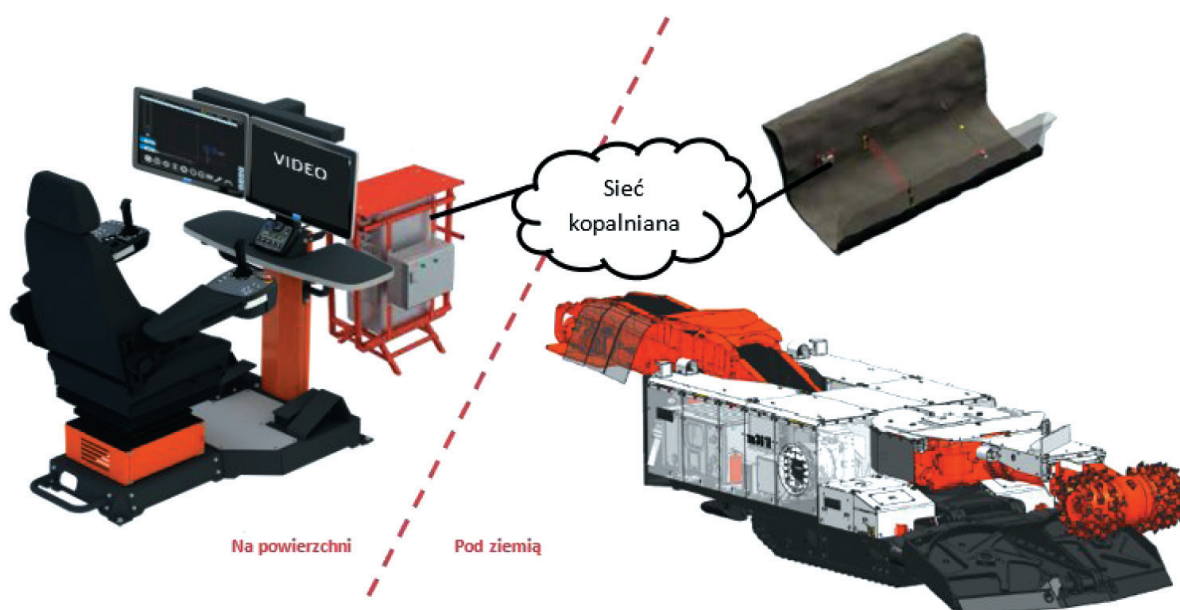
##### 4.1. Ogólny zarys systemu Automine®

Operator na stanowisku ma dostęp do planu drążenia wyrobiska lub większej powierzchni (w zależności

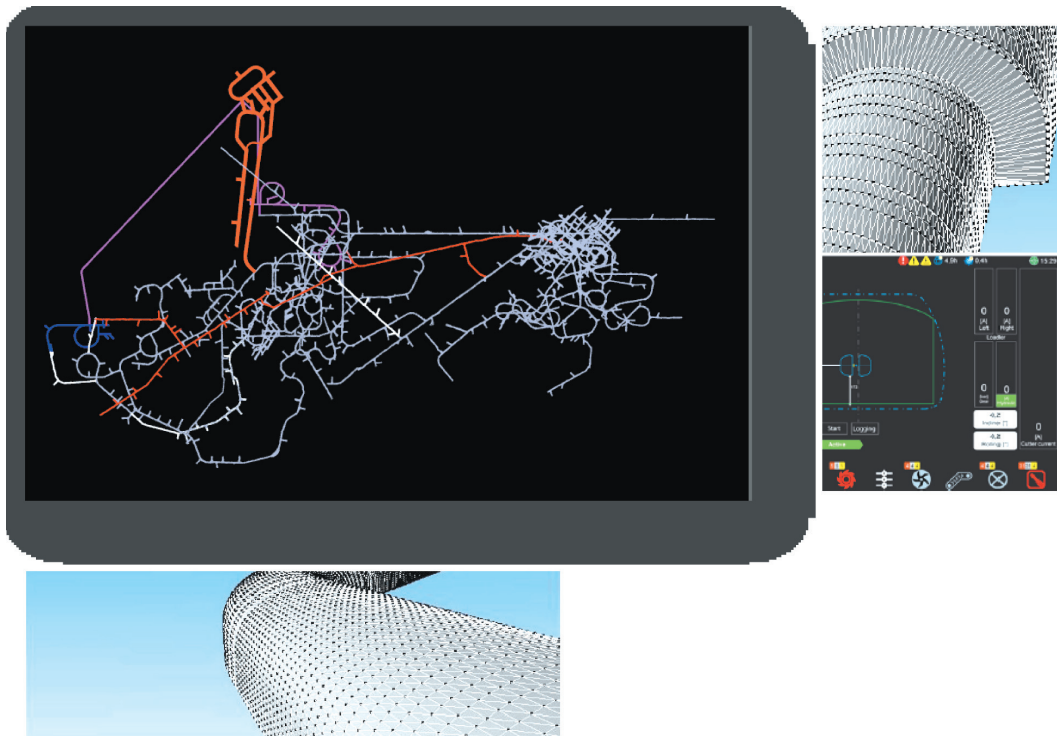
od ilości zarządzanych maszyn), posiada podgląd do parametrów bieżących maszyny oraz monitoring wizyjny i cyfrowy do aktualnej ścieżki urabiania kombajnu i/lub ścieżki prowadzenia załadunku i rozładunku w przypadku ładowarek. Maszyny poruszają się wzdłuż tunelu z zabudowaną siecią Wi-Fi oraz strefami wyizolowanymi od ruchu ludzi. Cały proces urabiania oraz proces produkcyjny można sprząć razem z kolejnymi maszynami odstawczymi i ładującymi, a rolą operatora pozostaje nadzór wizualny maszyn. W każdym przypadku operator może przejąć bezpośrednio sterowanie maszyną, a maszyna lub zespół maszyn może zostać wyłączony w przypadku jakiegokolwiek zagrożenia bezpieczeństwa. Istotnym elementem systemu jest sieć Wi-Fi, która musi pozostać nieprzerwana na całym obszarze pracy maszyny i strefie wyizolowanej (rys. 8). Poszczególne elementy składające się na system Automine® zostały omówione poniżej.

##### 4.2. Plan wyrobisk kopalni

Niezbędnym elementem do autonomicznego prowadzenia wyrobiska lub tunelu jest skorelowanie planów prowadzenia prac z systemem Sandvik (rys. 9). Aplikacja SandvikAutomine® współpracuje z wieloma systemami planowania wyrobisk, przez co korzystanie z aktualnego systemu nie wyklucza, a nawet współgra z posiadanym oprogramowaniem tak, aby zaplanowane prace wykonywane przez posiadaną maszynę były aktualizowane jak najlepiej.



Rys. 8. Koncepcja systemu Automine [2]

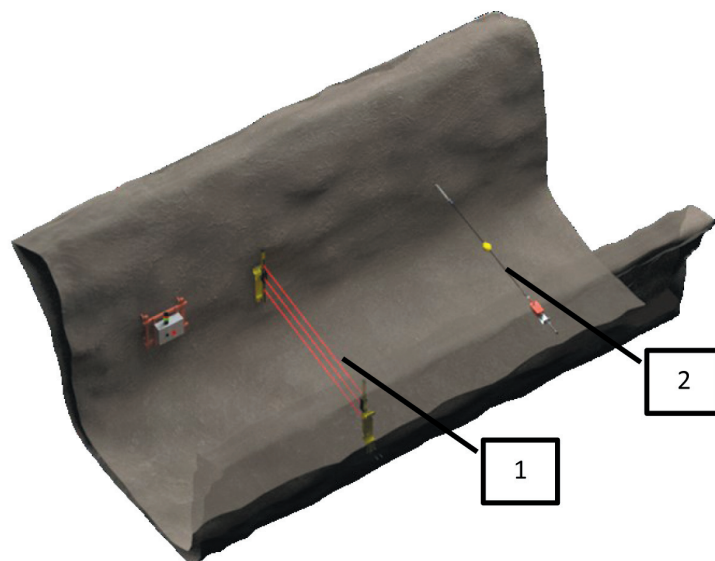


Rys. 9. Integracja systemu planowania wyrobisk kopalni z systemami Sandvik [2]

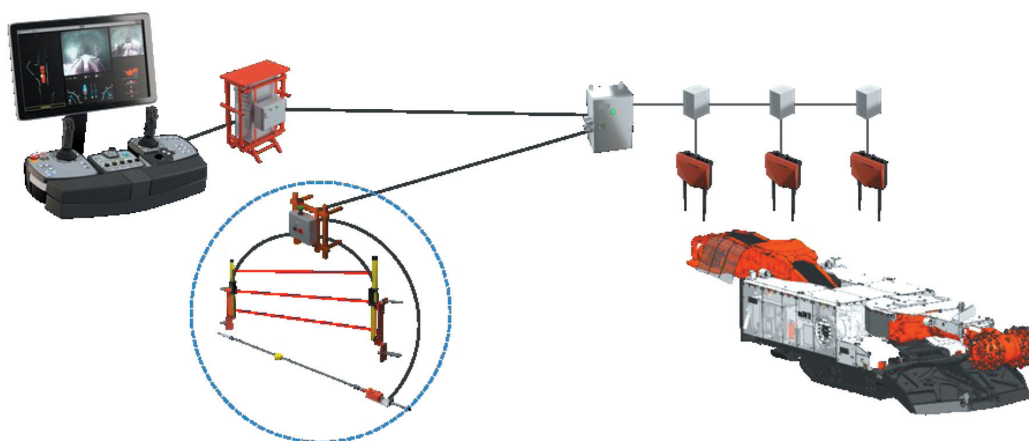
Plan wyrobiska jest przesyłany do maszyny oraz w czasie rzeczywistym uaktualniany. Sterownik maszyny w trybie nadążnym wybiera kolejne ścieżki urabiania tak, aby wykonywane wyrobisko było zgodne z narzuconym planem wyrobiska, który również może być w czasie rzeczywistym zmieniany, a maszyna wykonuje wtedy stosowne poprawki. Na tym etapie współpracują ze sobą systemy planowania wyrobisk (zewnętrzne oprogramowanie użytkownika), system Automine® oraz system wizualizacji profilu urabiania z automatycznym urabianiem.

#### 4.3. Wyizolowane strefy pracy maszyn i połączenie z siecią Wi-Fi

Maszyna lub zespół maszyn, aby mogły poruszać się autonomicznie w wyrobisku, bezwzględnie musi zostać wyizolowana od poruszających się ludzi (rys. 10). Dlatego niezbędna jest zabudowa infrastruktury, która pozwoli zarówno na stworzenie wyizolowanych stref pracy autonomicznej, jak i infrastruktury sieciowej pozwalającej na pozostawanie w trybie on-line maszyny.



Rys. 10. Aktywowana bariera wyznaczająca strefę pracy maszyn: 1 – bariera laserowa, 2 – bariera linkowa [2]



Rys. 11. Połączenie maszyny z siecią Wi-Fi, barierą i pulpitem operatora [2]

Budowanie stref polega na wykorzystaniu fizycznych barier przejścia oraz laserowych barier przejścia kilkakrotnie powtórzonych w odległości kilku metrów. Wychodzący ostatni człowiek ze strefy pracy maszyny uaktywnia strefę, a jej potwierdzenie następuje przez operatora przy stanowisku i od tej pory naruszenie którejkolwiek z bariery spowoduje natychmiastowe wyłączenie maszyny. Zostanie ona wyłączona również w przypadku utraty połączenia czy naciśnięcia przycisku bezpieczeństwa. Komunikacja maszyny z barierami i stacją operatora następuje przez zainstalowane wzdłuż chodnika anteny sieci Wi-Fi (rys. 11), stąd operator jest informowany o stanie i alarmach zarówno na maszynie, jak i barierach stref. Sieć i routery Wi-Fi wzdłuż prowadzonego chodnika mogą być prowadzone zarówno za pomocą światłowodów, jak i przeznaczonym do tego kablem sieciowym. Bariery zostały zaprojektowane zgodnie z normą PN-EN ISO 13849-1/-2.

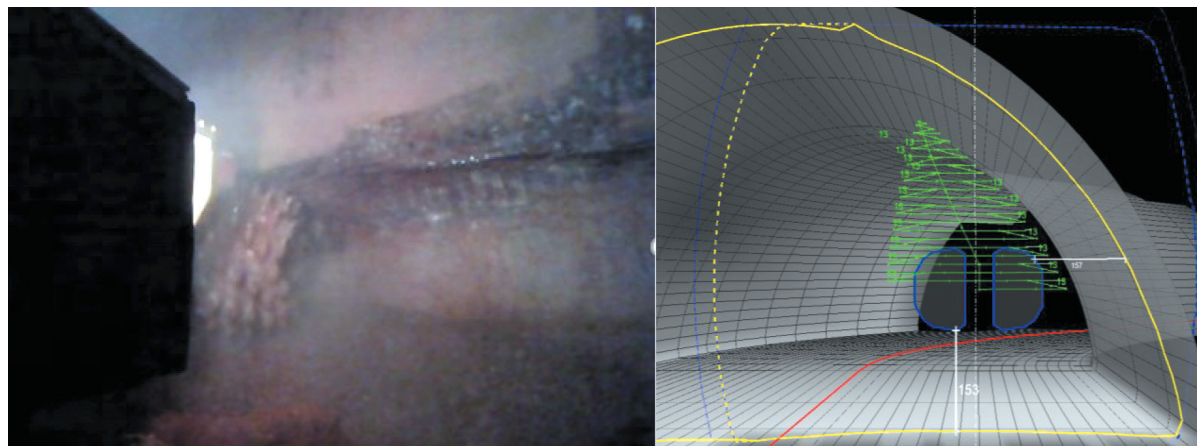
#### 4.4. Automatyczne urabianie

Opracowany na podstawie urabiania wielu rodzajów skał system automatycznego urabiania współpra-

cuje na bieżąco z systemem PLC maszyny, z czujnikami zainstalowanymi w wyrobisku, planem drążenia z kopalni oraz wizyjnym systemem rozpoznającym odsłaniające się z każdym ruchem organu czoło przodka (rys. 12).

Do rozpoczęcia automatycznego urabiania wymagana jest minimalna konfiguracja, jednakże operator może wpływać na parametry urabiania lub całkowicie przejść sterowanie w trybie manualnym. Ścieżka cięcia wizualizowana na ekranie operatora (rys. 13) może być ciągle sprawdzana lub zmieniana przez operatora, po czym jest przesyłana do sterownika PLC maszyny.

Położenie organu (rys. 14) jest sygnalizowane kolorami w zależności od siły docisku do skały, w profilu uwzględniane jest również przechylenie wzdłużne i poprzeczne maszyny. Położenie organu będące przy skraju profilu jest sygnalizowane operatorowi, a jego wyjście poza obrys profilu powoduje sygnalizację na czerwono (zazwyczaj odbywa się to w trybie manualnym, kiedy operator świadomie wykracza poza prowadzący profil urabiania).



Rys. 12. System wizyjny oraz przedstawiona cyfrowo ścieżka urabiania [2]

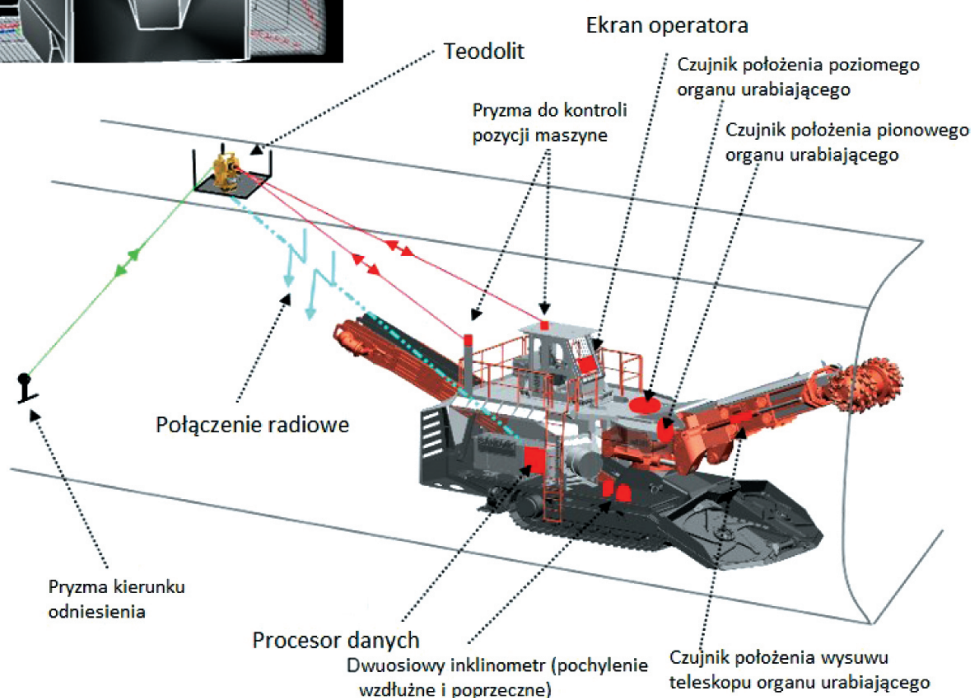
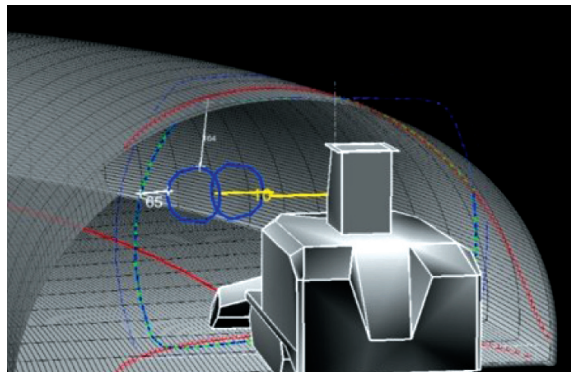




#### 4.5. Zdalne naprowadzanie

Utworzony wcześniej cyfrowy profil wyrobiska jest przekazywany on-line do systemu prowadzenia wyrobisk, systemu Automine® oraz jest przekazywany do systemu raportowania. Cała operacja jest połączona

z automatycznym naprowadzaniem maszyny w przestrzeni projektu drążenia kopalni. System naprowadzania złożony z wewnątrz umieszczonych inklinometrów oraz niezależnego teodolitu pozwala na stałe monitorowanie położenia maszyny względem zaplanowanego wyrobiska, co przedstawiono na rysunku 15.



Rys. 15. Pomiar bieżącego położenia maszyny w wyrobisku [2]

#### 4.6. Stanowisko operatora

Sterowanie maszyną lub nadzór jej pracy mogą być wykonywane na specjalnie skonstruowanym stanowisku operatora, które jest dostosowane do potrzeb użytkownika, zarządzanych maszyn i wielkości floty (rys. 16).

Ponadto stanowisko może być umiejscowione w różnych obszarach zakładu użytkownika. Może ono znajdować się w najbliższym bezpiecznym miejscu w pewnej odległości od maszyny, ale poza strefą pracy, tak aby operator nie był narażony na trudne i niebezpieczne warunki podczas urabiania, ale tak by znajdował się blisko maszyny – rozwiązanie to jest stosowane przy bardzo trudnych warunkach lub małej flocie ma-

szyn bez wspólnego powiązania między nimi. Otrzymujemy w ramach takiego stanowiska duże zwiększenie bezpieczeństwa i komfortu pracy oraz pozostawiamy operatora poza niebezpiecznymi czynnikami.

Stanowisko może znajdować się w dużej odległości od maszyn, ale służyć do zarządzania wieloma maszynami, które współpracują w ramach procesu w rozległym obszarze strefy wyizolowanej. W ramach większej floty stanowiska operatora umieszcza się także na powierzchni w specjalnie przeznaczonym do tego pokoju. Oprócz bezpieczeństwa i komfortu pracy zwiększana jest produktywność floty, w szczególności na rozległym obszarze kopalni. Czas zmiany operatorów to czas potrzebny na ponowne zalogowanie operatora.



Rys. 16. Rodzaje stanowisk operatora [2]

Interfejs operatora oraz rozmieszczenie poszczególnych ekranów jest definiowane przez operatora. Każdy z operatorów ma własny profil. Sterować maszyną lub kierować do niej zadania można tylko z zalogowanego profilu. Założony profil pozwala na tworzenie raportów zmianowych, przekazywanie wiadomości kolejnym operatorom i wysyłanie komunikatów lub poleceń do innych użytkowników na zmianie.

#### 4.7. Konserwacja

Czynności obsługi okresowej i prace konserwacyjne maszyn muszą być wykonywane bezpośrednio przez wykwalifikowany personel. Pomimo zastosowania samoczynnych urządzeń smarujących i wielu czujników podłączonych do systemu ostrzegającego i blokującego użycie danego komponentu w procesie konserwacji wymaga obecności techników.

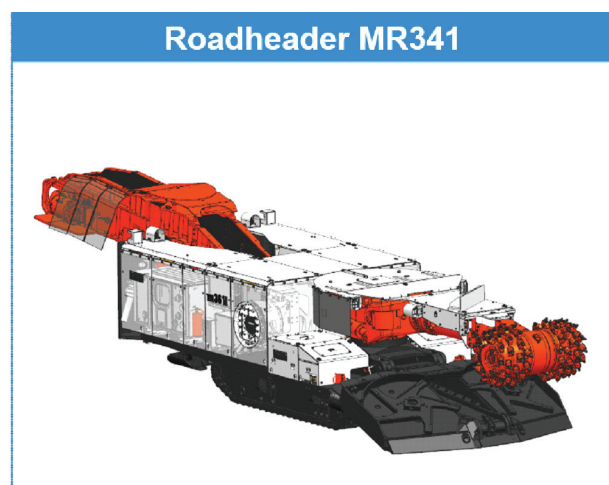
Jednakże proces konserwacji może być planowany i przeprowadzany w warunkach wycofania maszyn

w bezpiecznym miejscu i bez bezpośredniego narażenia na niebezpieczne warunki panujące podczas urabiania, także w ramach konserwacji wydłużony jest również zasięg sieci Wi-Fi, sprawdzane położenie teodolitu czy wykonywanie napraw bieżących według planu konserwacji maszyny.

Ocena i wymiana noży na wrębnikach organu urabiającego również wymaga obsługi manualnej odpowiedzialnych za dane czynności pracowników.

#### 5. MASZyny GOTOWE NA PRZYSZŁOŚĆ

Opisywany system autonomicznego prowadzenia wyrobiska pracuje i jest przygotowany do zastosowania z maszynami typu MH620 oraz MR341 (rys. 17). Są to sprawdzone maszyny, które mogą pracować w różnych wyrobiskach. W wyborze właściwej maszyny pomaga lokalny przedstawiciel firmy Sandvik. Poniżej zostanie przedstawiony kombajn MR341.



Rys. 17. Kombajny typu MH621 i MR341 [2]

## 5.1. Kombajn chodnikowy MR341

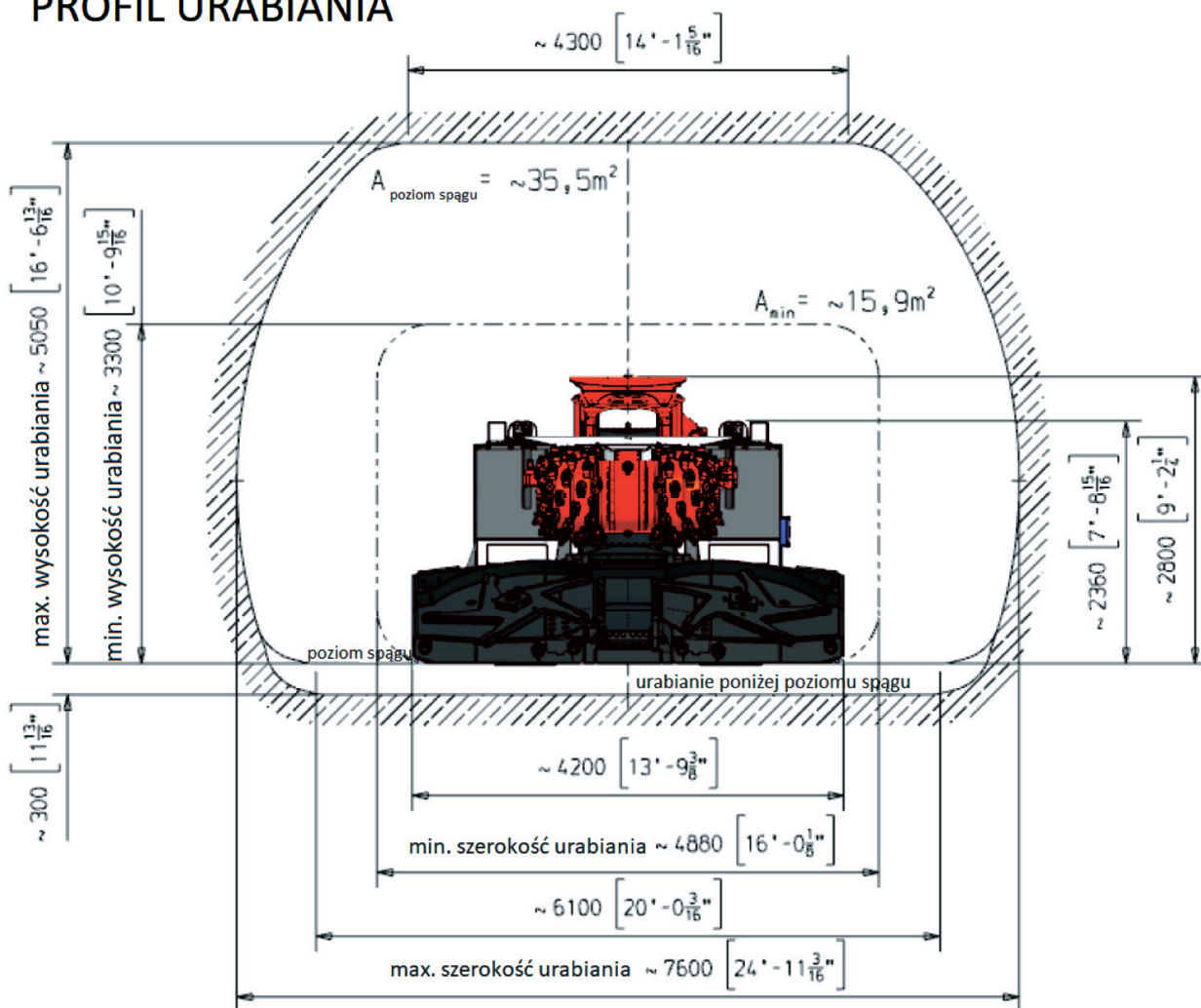
Kombajn chodnikowy MR341 może być wykonany w konfiguracji dostosowanej do potrzeb i panujących warunków we wskazanych wyrobiskach, zarówno całkowita moc, jak i maksymalny profil urabiania (rys. 18) są dostosowywane do potrzeb użytkownika.

Profil urabiania w minimalnym położeniu pionowym to 3,3 m, a maksymalny 5,05 m, w położeniu

poziomym minimalna szerokość wynosi 4,2 m, a maksymalna 7,6 m, co pozwala na uniwersalne zastosowanie maszyny w wyrobiskach.

Całkowita maksymalna zainstalowana moc silników 382 kW (zasilanie 1000 V), a całkowita masa maszyny to około 67 t, co powoduje, że maszyna może zostać zastosowana do urabiania różnych rodzajów skał.

### PROFIL URABIANIA



Rys. 18. Możliwości maksymalnego i minimalnego profilu urabiania kombajnu MR341 [2]

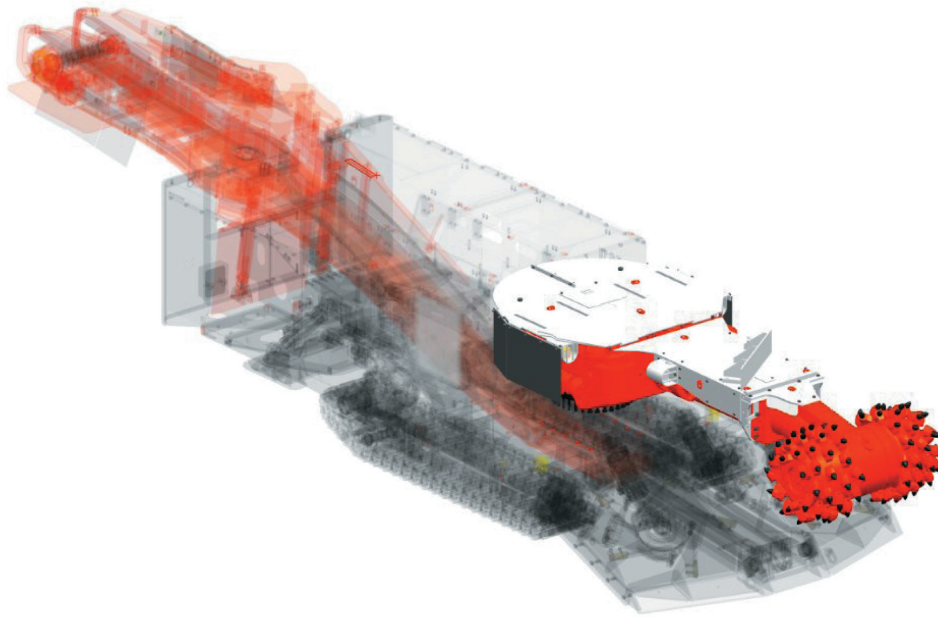
## 5.2. Zespół urabiający

Maszyna MR341 wyposażona została w zespół urabiający (rys. 19) złożony z obrotnicy, silnika organu urabiającego oraz przekładni organu urabiającego.

Unikalna obrotnica zębata pozwala na stałe i stabilne warunki urabiania, napędzana silnikiem elektrycznym o mocy 230 kW przekładnia organu generuje około 52 000 Nm momentu urabiania. Sterowanie

i położenie obrotnicy są w pełni monitorowane, a przekładnia organu urabiającego została wyposażona w innowacyjny system monitorowania oleju i chłodzenia OMFCS II.

Zespół urabiający ponadto jest programowo chroniony przed nadmiernym zużyciem, kontrolując prąd silnika organu urabiającego, wychylenie obrotnicy oraz inne parametry wpływające na wydłużenie pracy wszystkich komponentów urabiających.



Rys. 19. Zespół urabiający kombajnu MR341 [2]

### 5.3. System załadunku urobku

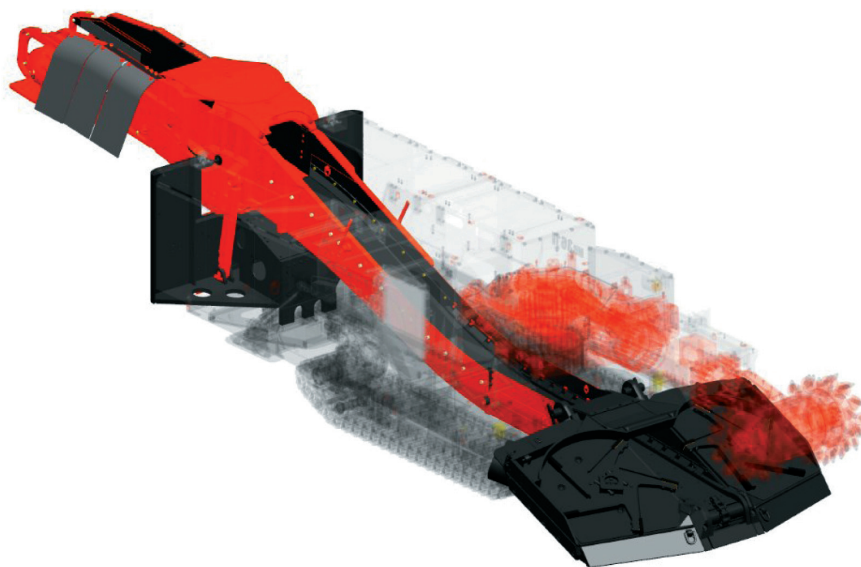
System został zaprojektowany z myślą o dużej wydajności urabiania skał, stąd między innymi potrójne łożyskowanie przenośnika, zastosowanie trudnościeralnego poszycia, zmiennej prędkości silnika przenośnika hydraulicznego o wydajności do 205 m<sup>3</sup>/h. Stół załadowniczy charakteryzuje się poszerzeniami pozwalającymi na zwiększenie szerokości załadunku urobku.

System załadowniczy (rys. 20) jest zintegrowany z zespołem urabiającym i zmiany wydajności załadunku są sterowane przez bieżącą ocenę urabiania, co wpływa na wydłużenie okresów konserwacji i trwałość ca-

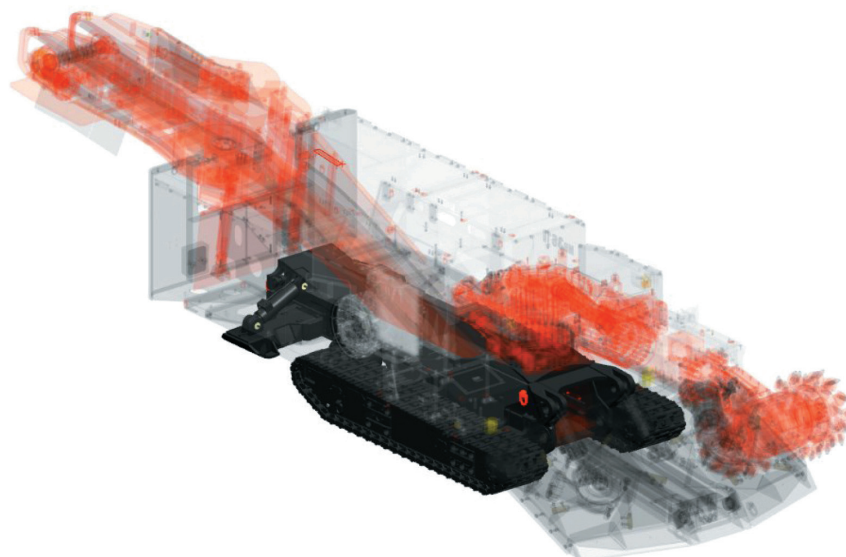
łego systemu załadowniczego oraz pozwala na dostosowanie się do możliwości odbioru urobku.

### 5.4. Rama i zespół gąsienicowy

Ciężka rama z dwoma tylnymi podporami opuszczanymi hydraulicznie oraz zwiększone średnice sworzni zostały zastosowane w celu wydłużenia żywotności komponentów. Kompaktowy zespół gąsienicowy o mocy 120 000 Nm pozwala poruszać się z prędkością 8,8 m/min. Zespół gąsienicowy napędzany hydraulicznie ma możliwość zmiany szerokości płytek gąsienic.



Rys. 20. System załadowniczy kombajnu MR341 [2]



Rys. 21. Rama i zespół gąsienicowy kombajnu MR341 [2]

## 5.5. System elektryczny

Kombajn chodnikowy MR341 wyposażony jest w skrzynię elektryczną zaprojektowaną do autonomicznej obsługi urabiania. Nadzorowanie sterowania funkcjami maszyny jest wykonywane przez najnowszy sterownik PLC firmy B&R, połączony z pozostałymi sterownikami nadzorującymi zarówno system zraszania, bezpieczeństwa, pozycjonowania oraz transmisji danych. Bezpośrednie sterowanie odbywa się za pomocą przeznaczonych do tego proporcjonalnych elektrozaworów pozwalających na bardzo precyzyjne sterowanie siłownikami, silnikami hydraulicznymi i innymi elementami hydraulicznymi w celu otrzymania stosownej informacji zwrotnej.

System elektryczny kombajnu pozwala na predykcyjne szacunki zużycia elementów i prewencyjną konserwację. Wszystkie informacje dotyczące zużycia poszczególnych komponentów na podstawie czasu i warunków pracy oraz monitorowania bieżących parametrów mogą być wyświetlane w panelu operatora, dyspozytora i utrzymania ruchu. W myśl działań związanych z „Przemysłem 4.0” operator jest na bieżąco ostrzegany o konieczności wymian płynów eksploatacyjnych czy innych części eksploatacyjnych. Wszystkie informacje są ze sobą skorelowane, aby wpływać na zmniejszenie kosztów utrzymania maszyny i zwiększać jej produktywność.

## 6. PODSUMOWANIE

Wieloletnie, światowe doświadczenie w tworzeniu maszyn przeznaczonych do górnictwa pozwoliło na

wprowadzenie do eksploatacji maszyn autonomicznych, które wpływają na ochronę najwyższej wartości – życia i zdrowia, w miejscach, gdzie praca ludzi może być już bardzo niebezpieczna lub niemożliwa. Zachowanie przy tym produktywności na rentownym poziomie powoduje pojawienie się nowych możliwości w wydobywaniu niedostępnych dotychczas złóż.

Oferowane systemy półautomatycznej, automatycznej czy autonomicznej pracy maszyn Sandvik wpływają na znaczącą poprawę bezpieczeństwa i komfortu załogi, zmniejszenie ekspozycji załogi na szkodliwe warunki i zagrożenia, zmniejszenie kosztów utrzymania maszyn i czasów awarii, wydłużają żywotność maszyny, komponentów i redukują możliwości uszkodzenia maszyny czy komponentów. Dodatkowy wpływ na wzrost produktywności maszyny jest uzyskiwany przez zmniejszenie czasu dotarcia do maszyny w wyniku zmiany operatorów nie w miejscu pracy maszyny, a na zdalnym stanowisku operatora.

Wszystkie powyższe nowe funkcjonalności maszyn mają pozytywny wpływ na TCO (*Total Costs of Ownership*) niezwykle istotny parametr w nowoczesnych przedsiębiorstwach promujących zrównoważony rozwój.

### Literatura

- [1] Viet M., Sapetschnig K.: *Vom Eisenwerk zur Bergtechnik*, Gutenberghaus Druck GmbH, Zeltweg 2011: 78–123.
- [2] Materiały firmy Sandvik [niepublikowane].
- [3] Broen A.: *Kombajny chodnikowe*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1980.
- [4] Dolipski M., Cheluszka P.: *Dynamika układu urabiania kombajnu chodnikowego*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [5] Jonak J.: *Urabianie skał głowicami wielonarzędziowymi*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 2002.

- [6] Klich A.: *Maszyny i urządzenia dla inżynierii budownictwa podziemnego: wyrobiska korytarzowe i szybowe w górnictwie*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1999.
- [7] Kotwica K., Klich A.: *Maszyny i urządzenia do drążenia wyrobisk korytarzowych i tunelowych*, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011.

*mgr inż. PAWEŁ NOWAK*  
*mgr inż. ŁUKASZ KILAN*  
*Sandvik Polska Sp. z o.o.*  
*ul. Strefowa 10, 43-100 Tychy*  
*{pawel.nowak, lukasz.kilan}@sandvik.com*