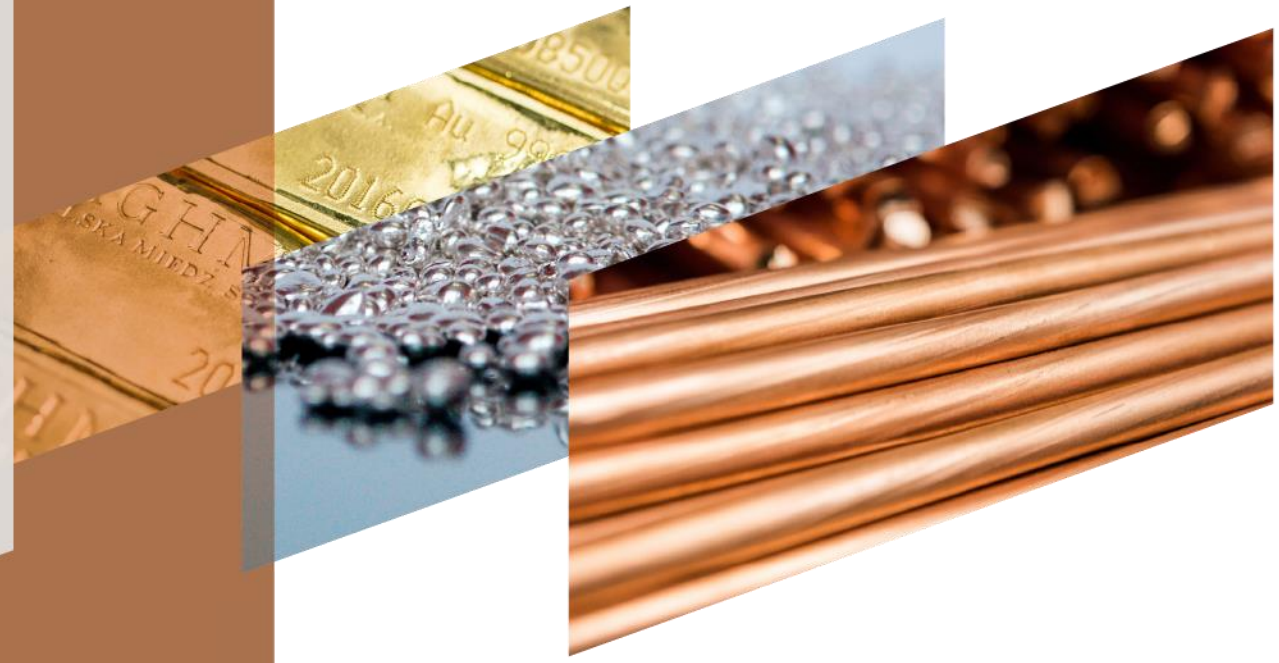
PRZYSZŁOŚĆ JEST
Z MIEDZI



Cyfrowa transformacja górnictwa miedziowego

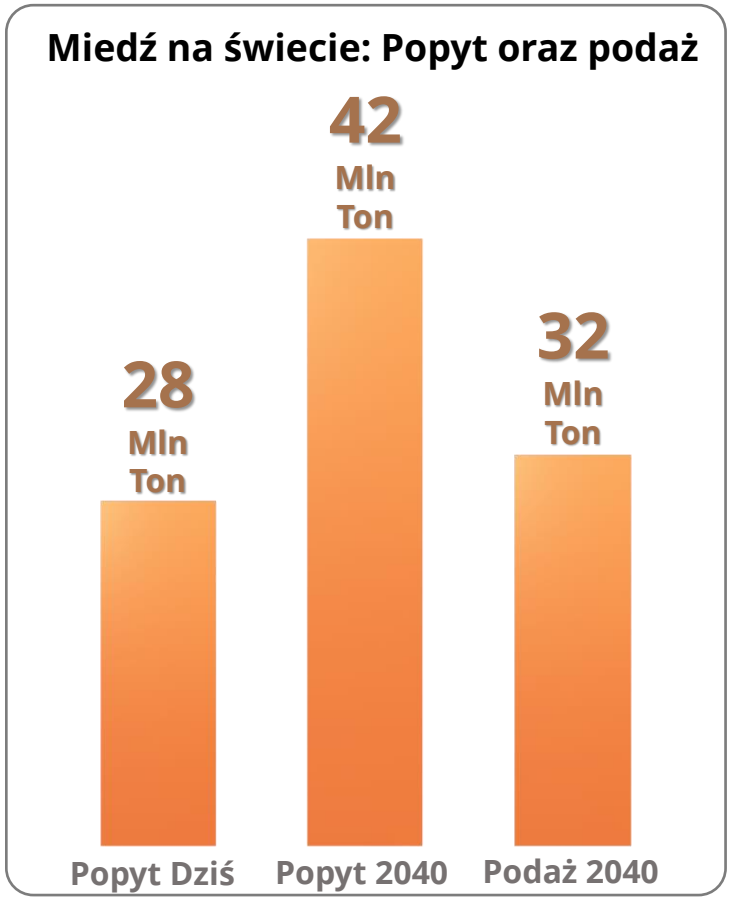
Leszek Borkowski

Dyrektor ds. Utrzymania Ruchu
O/ZG Lubin
KGHM Polska Miedź S.A.

Legnica 28.10.2026

KGHM
POLSKA MIEDŹ

Miedzi potrzeba więcej, a złoża są coraz trudniejsze



Wzrost popytu na miedź do 2040 r

Do 42 mln ton rocznie

+50
%

Prognozowany deficyt podaży w 2040 r

25% popytu

10
Mln
ton

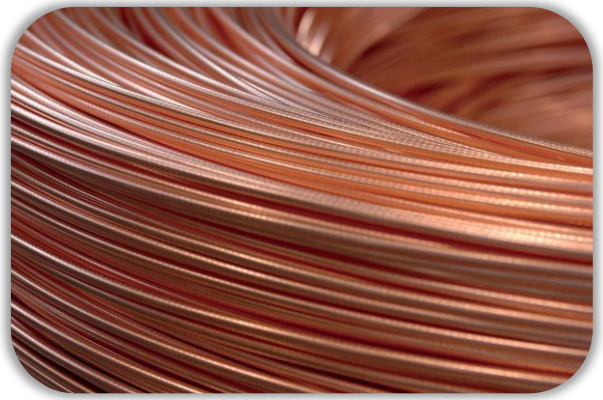
Rok szczytu światowej produkcji

33 mln ton
Bez nowych inwestycji

2030

Cyfryzacja jest sposobem na utrzymanie wydobycia, a nie dodatkiem





Źródła: S&P Global, „Copper in the Age of AI" (01.2026); wywiad z wiceprezesem KGHM, EKG (05.2026). „Popyt dziś" i „podaż 2040" wyliczone z danych S&P.

Jak reagują światowe koncerny górnicze

Rio Tinto



Autonomicznej kolei AutoHaul w Pilbarze, pierwszej takiej na świecie

Ponad 220 autonomicznych wozideł (2021) i wiertnice sterowane z centrum w Perth

BHP



Wartości z projektów cyfrowych i analitycznych w cztery lata

Escondida: 118 GWh energii i 3,5 mln m³ wody mniej dzięki uczeniu maszynowemu

Freeport-McMoRan



Miedzi w 2025 r. z hałd dzięki analityce i nowym metodom ługowania

Cel: 800 mln lb rocznie do 2030 r. Bagdad: +5% produkcji z modelu AI

Codelco



Czujników i 60 baz danych w jednostce inteligencji operacyjnej El Teniente

Kamery z AI: do 90% mniej wybranych ryzykownych zachowań

Źródła: Rio Tinto / GMG (2021); BHP Insights (03.2026) i BHP Chile site tour (11.2024); Freeport-McMoRan 10-Q i 8-K (2026), McKinsey; Codelco / Reporte Minero (2026).

Co zostało wdrożone w kopalniach podziemnych

Boliden (Szwecja)

Sieć 5G pod ziemią w kopalni Kankberg z Ericssonem i Telią. Prywatna sieć 5G w Garpenberg jako szkielet automatyzacji.

LKAB Kiruna (Szwecja)

12 elektrycznych ładowarek Sandvik sterowanych zdalnie z poziomu 1365 m. Program SUM: cel +50% wydajności.

Codelco (Chile)

Chuquicamata Subterránea i El Teniente prowadzone z centrów operacyjnych oddalonych o dziesiątki kilometrów.

Producenci maszyn

Sandvik: platforma AutoMine Aura i agent AI „Sandi" (2026). Epiroc: nawigacja 3D LiDAR pod ziemią i na powierzchni.

SANDVIK Epiroc

Sieć **5G**

Elektryczne ładowarki **12**

Control Room

Platforma **AutoMine**

Źródła: Boliden; International Mining (04.2024); LKAB (2024); ABB; Portal Minero; International Mining i North American Mining (09–10.2026).

Etapy transformacji cyfrowej



Łączność i dane

Światłowód, prywatne LTE/5G i jedna platforma danych. Bez tego nie działa nic z pozostałych pięciu.



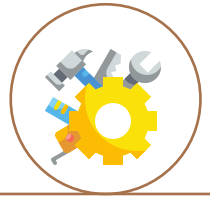
Zdalne sterowanie i autonomia

Operator w dyspozytorni zamiast w przodku. Jedna osoba nadzoruje kilka maszyn.



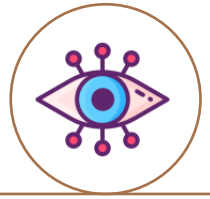
Cyfrowy bliźniak

Model kopalni zasilany na żywo: wentylacja, odstawa, energia, geomechanika.



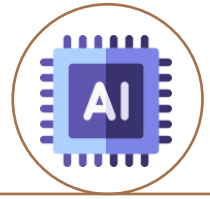
Predykcyjne utrzymanie ruchu

Remont według stanu maszyny, a nie kalendarza: maszyny wyciągowe, taśmy, napędy.



AI w sterowaniu procesem

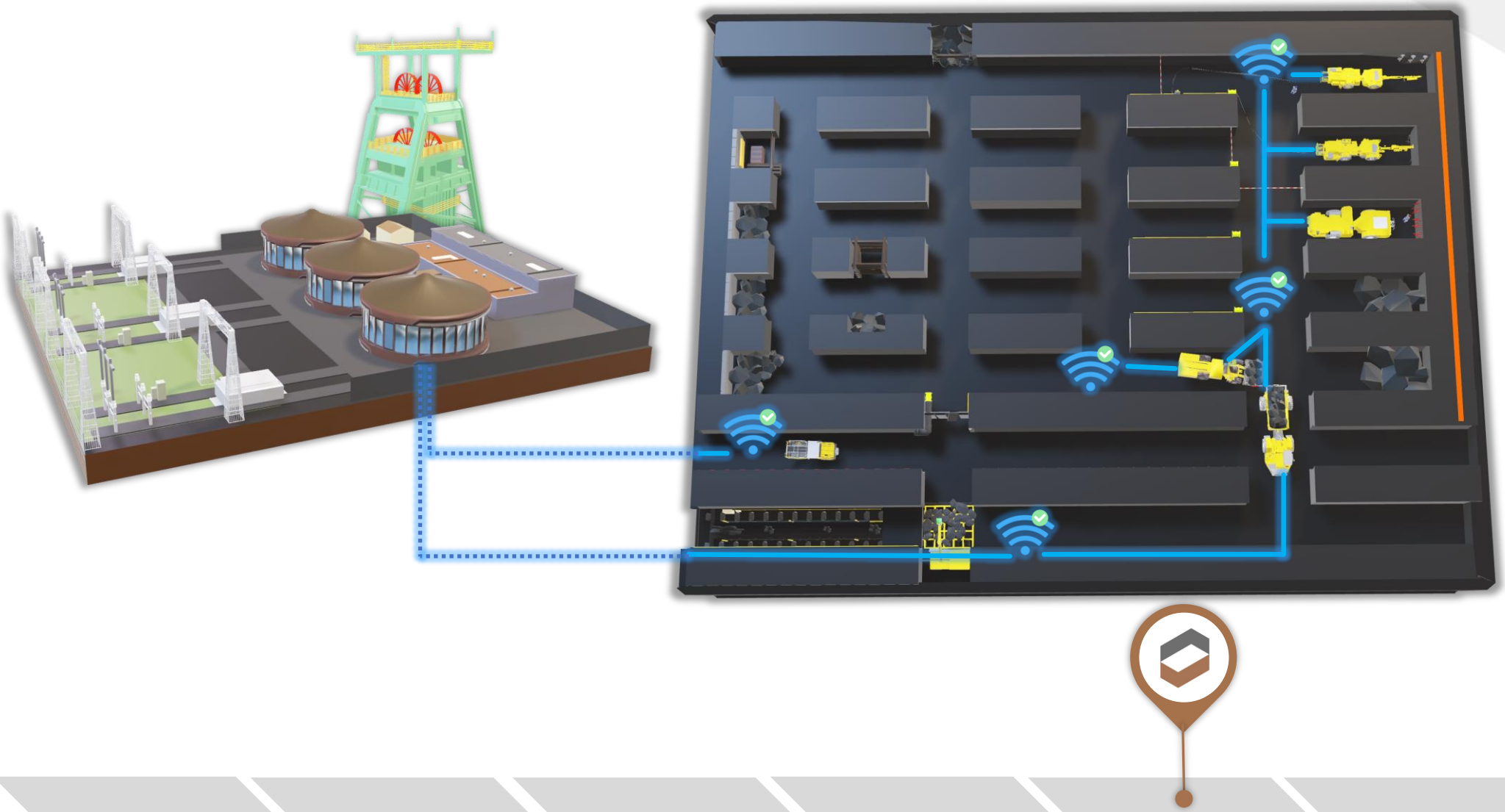
Optymalizacja flotacji, zużycia energii i wentylacji na żądanie.



Generatywna AI i agenci

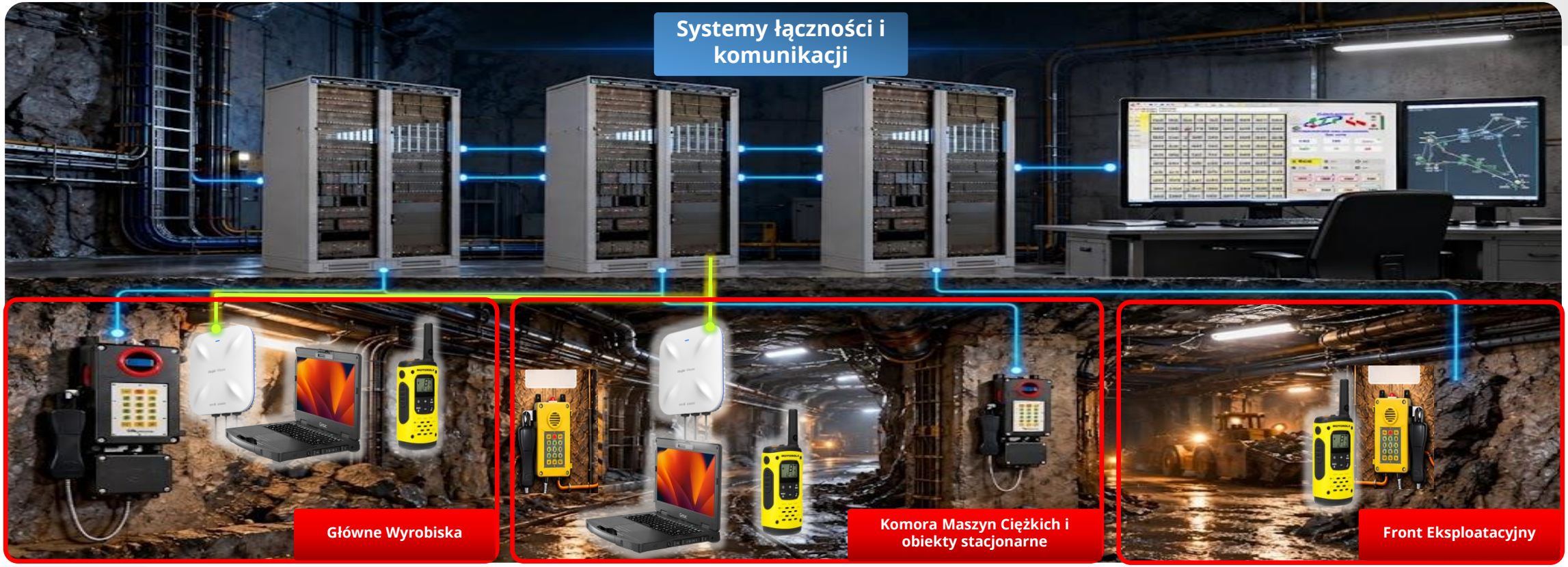
Asystent inżyniera: dokumentacja, przepisy, planowanie remontów, raporty zmianowe.

KGHM na drodze transformacji cyfrowej



Komunikacja | Dane Algorytmy | Predykcja | Control Room | Zdalne Sterowanie | Systemy Autonomiczne | Optymalizacja z użyciem AI

Komunikacja



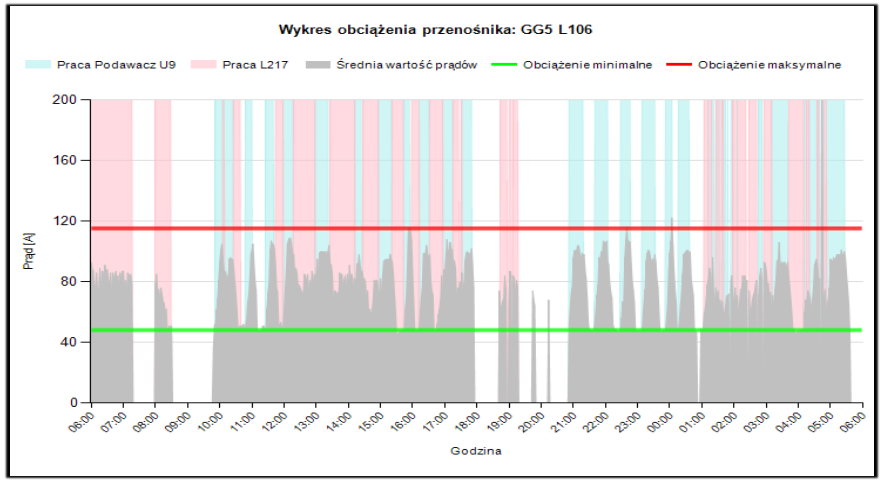
Komunikacja

Dane Algorytmy | Predykcja | Control Room | Zdalne Sterowanie | Systemy Autonomiczne | Optymalizacja z użyciem AI

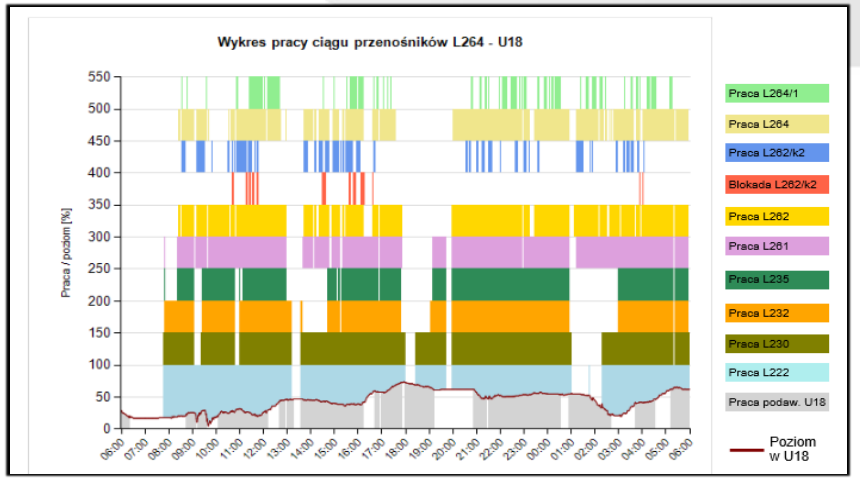
Dane oraz Algorytmy



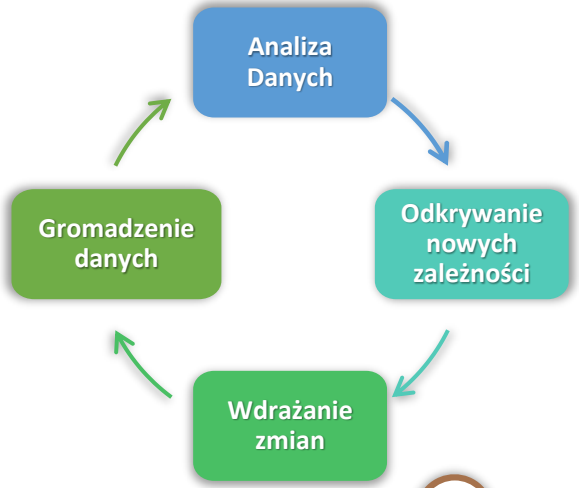
Dane diagnostyczne SMG z systemu Synapsa



Algorytm pracy węzła transportowego odstawy taśmowej



Wykres pracy ciągu przenośników



Dane Algorytmy

Komunikacja

Predykcja

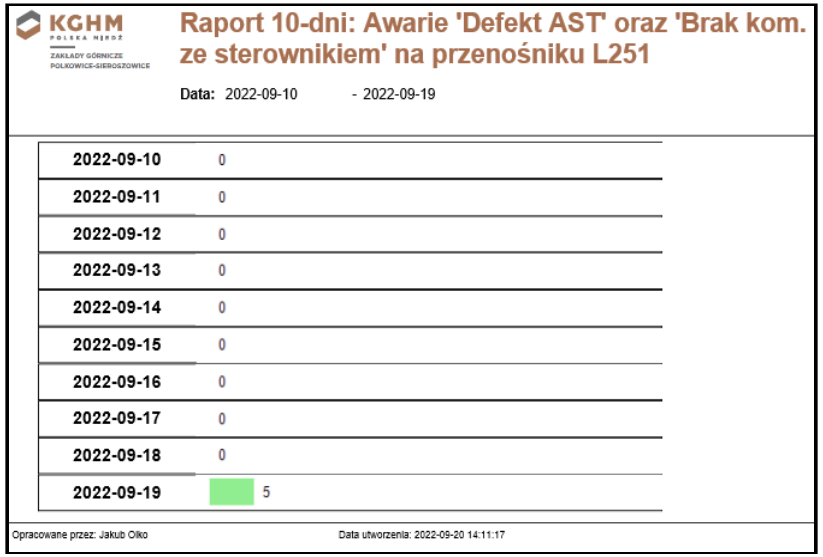
Control Room

Zdalne Sterowanie

Systemy Autonomiczne

Optymalizacja z użyciem AI

Predykcja



KGHM POLSKA MIEDŹ
ZAKŁADY GÓRNICZE POLKOWICE-SIEROSZOWICE

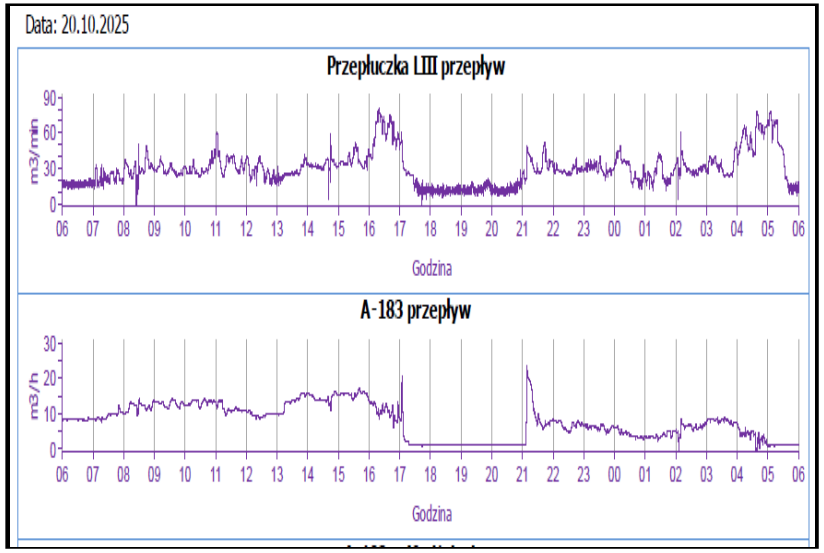
Raport 10-dni: Awarie 'Defekt AST' oraz 'Brak kom. ze sterownikiem' na przenośniku L251

Data: 2022-09-10 - 2022-09-19

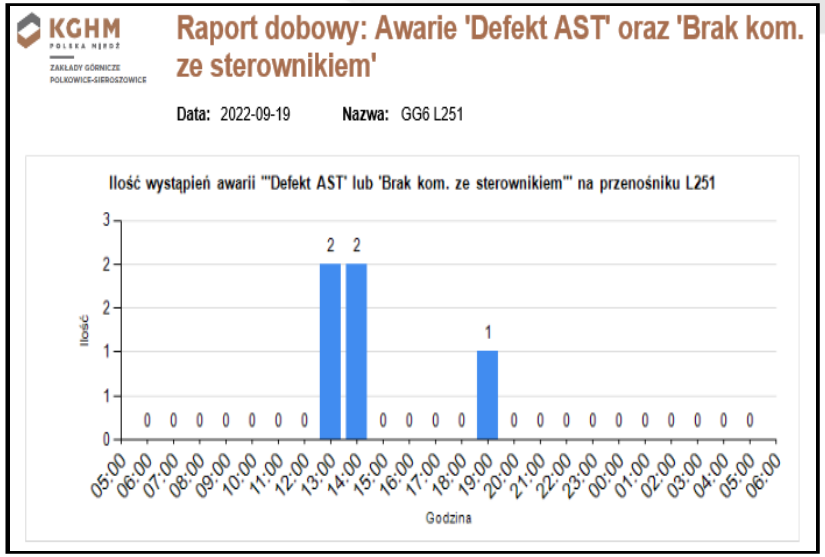
2022-09-10	0
2022-09-11	0
2022-09-12	0
2022-09-13	0
2022-09-14	0
2022-09-15	0
2022-09-16	0
2022-09-17	0
2022-09-18	0
2022-09-19	5

Opracowane przez: Jakub Olko Data utworzenia: 2022-09-20 14:11:17

Raport 10-dniowy błędów magistrali komunikacyjnej



Raport dobowy błędów magistrali komunikacyjnej



Parametry systemu wody technologicznej

Stan aktualny:

1. **Cel główny:** Płynność produkcji przy ograniczonym czasie przestojów serwisowych
2. **Wdrożona predykcja w obiektach podstawowych:**
   - stacje wentylatorów,
   - maszyny wyciągowe
   - pompownie
   - SMG

Predykcja

Wyzwania przyszłości:

1. **Objęcie predykcją większej ilości wykorzystywanych systemów**
2. **Zmiana sposobu postępowania w zakresie wykonywania przerw serwisowych**

Komunikacja → **Dane Algorytmy** → **Control Room** → **Zdalne Sterowanie** → **Systemy Autonomiczne** → **Optymalizacja z użyciem AI**

Control Room



ZG Polkowice-Sieroszowice



ZG Lubin



ZG Rudna

Stan aktualny:

1. Control Room jako sposób na zarządzanie czymś czego nie można zobaczyć – wyzwanie komunikacyjne kopalń głębinowych
2. Dostęp do tych samych informacji wszystkich pracowników odpowiedzialnych za dany proces
3. Celem są optymalne decyzje, a nie sam system

Control Room

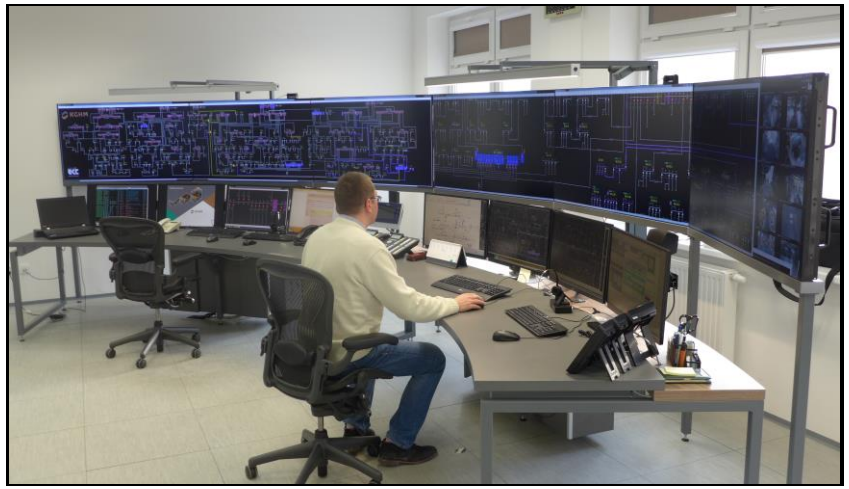
Wyzwania przyszłości:

1. Standaryzacja rozwiązań
2. Integracja systemów
3. System podpowiedzi i alertów dla operatorów

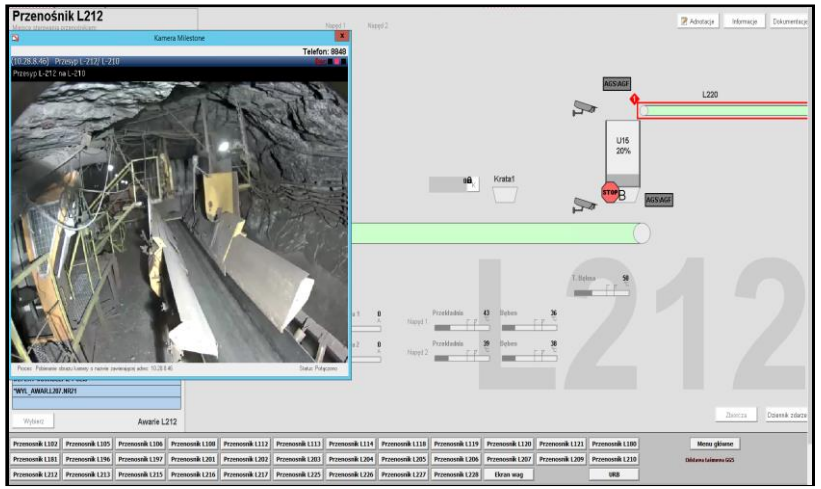
Komunikacja → **Dane Algorytmy** → **Predykcja**

Zdalne Sterowanie → **Systemy Autonomiczne** → **Optymalizacja z użyciem AI**

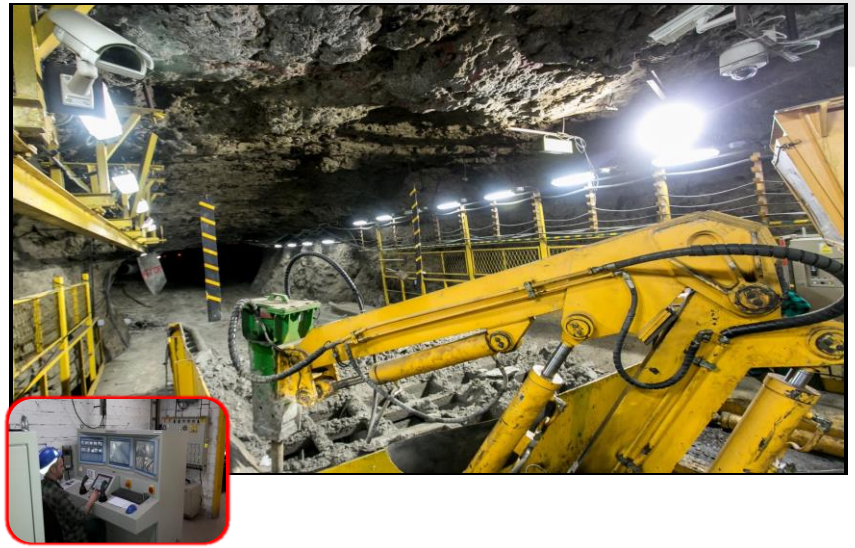
Zdalne sterowanie



System sterowania i nadzoru sieci elektrycznej Syndis, WindEX



System AVEVA Intouch – sterowanie procesem produkcyjnym



System sterowania urządzeniami do rozbijania brył

Stan aktualny:

1. Wiele urządzeń objętych systemem zdalnego sterowania:
   - stacje wentylatorów,
   - pompownie,
   - tamy wentylacyjne,
   - system klimatyzacji
2. Urządzenia bez wdrożonego system zdalnego sterowania:
   Wentylacja lokalna,
   Samojezdne maszyny górnicze,

Zdalne Sterowanie

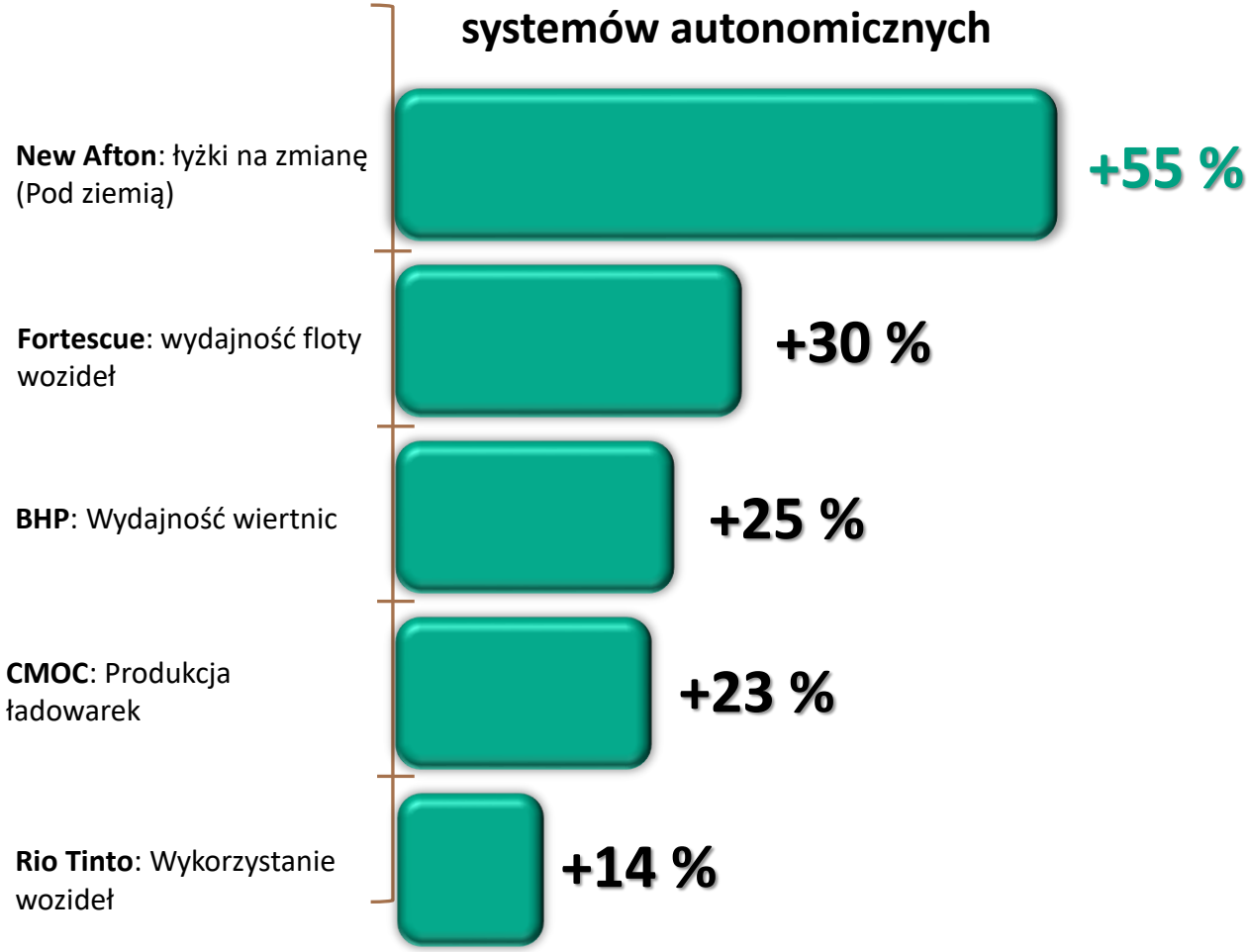
Wyzwania przyszłości:

1. Urządzenia bez wdrożonego systemu zdalnego sterowania:
   - Wentylacja lokalna,
   - Samojezdne maszyny górnicze,

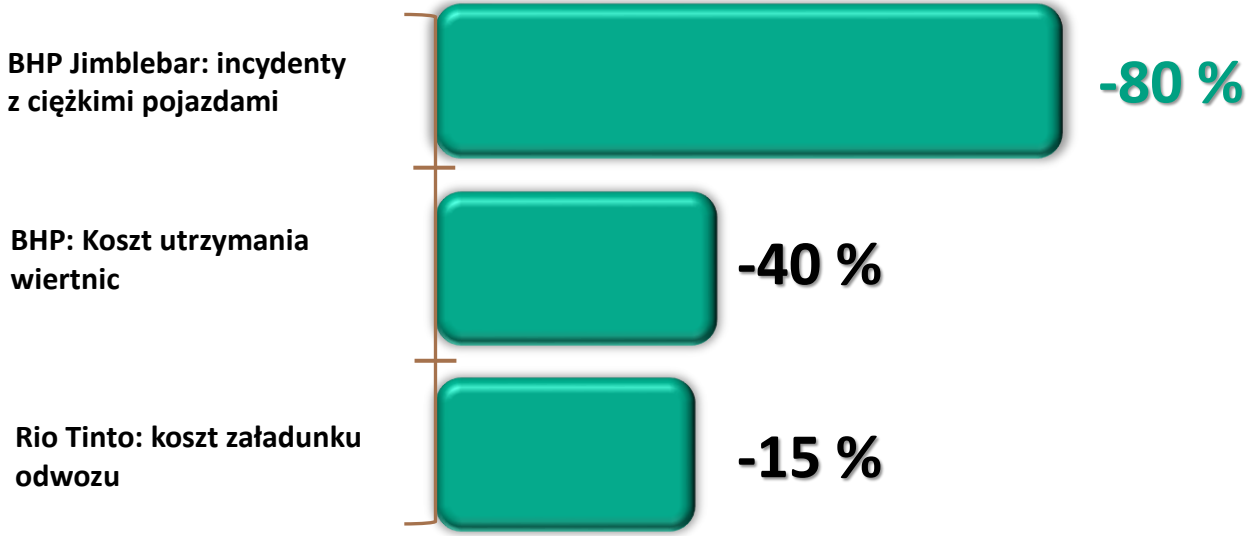
Komunikacja → Dane Algorytmy → Predykcja → Control Room → Systemy Autonomiczne → Optymalizacja z użyciem AI

Systemy Autonomiczne

Wzrost wydajności przy wykorzystaniu systemów autonomicznych



Spadek kosztów i zdarzeń przy wykorzystaniu systemów autonomicznych



Systemy Autonomiczne

Komunikacja → **Dane Algorytmy** → **Predykcja** → **Control Room** → **Zdalne Sterowanie** → **Optymalizacja z użyciem AI**

Optymalizacja z użyciem AI



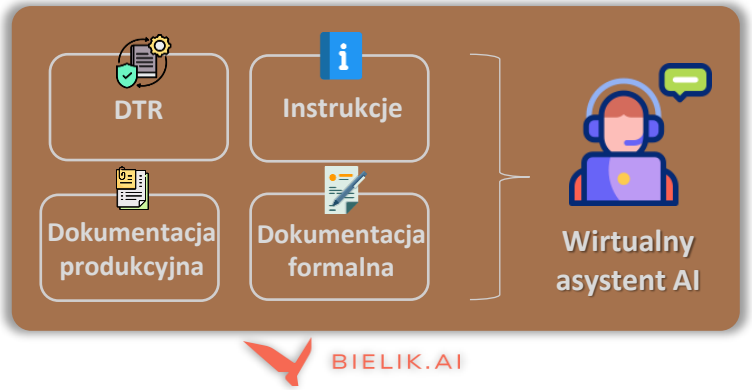
Detekcja dymu

Kamery z analizą obrazu nad przenośnikami wykrywają dym i alarmują dyspozytora, zanim rozwinie się pożar



Detekcja zatorów na przesypach

Model rozpoznaje kotwy i kamienie na przesypach odstawy taśmowej i pozwala zatrzymać przenośnik przed zatorem



Koordynacja dokumentacji

Asystent AI łączy DTR, instrukcje, dokumentację produkcyjną i formalną i odpowiada na pytania służb utrzymania ruchu

Technologia jest najłatwiejszą częścią

1,2
Mld USD



Koszt i harmonogram

Tyle kosztował AutoHaul Rio Tinto: znacznie powyżej planu, z opóźnieniami przez oprogramowanie.

0,5
Mln



Cyberbezpieczeństwo

Prób ataków rocznie raportowało Codelco już w 2021 r. Połączona kopalnia to większa powierzchnia ataku.



Dane i zaufanie

AI daje prawdopodobieństwa, nie pewność. W sprawach bezpieczeństwa decyduje człowiek, a model musi być sprawdzalny.

67
%



Ludzie i organizacja

Efektu AI zależy od przywództwa, nadzoru i kultury pracy, a nie od samego narzędzia (Microsoft, 2026).

Zmiana kultury organizacyjnej kopalni



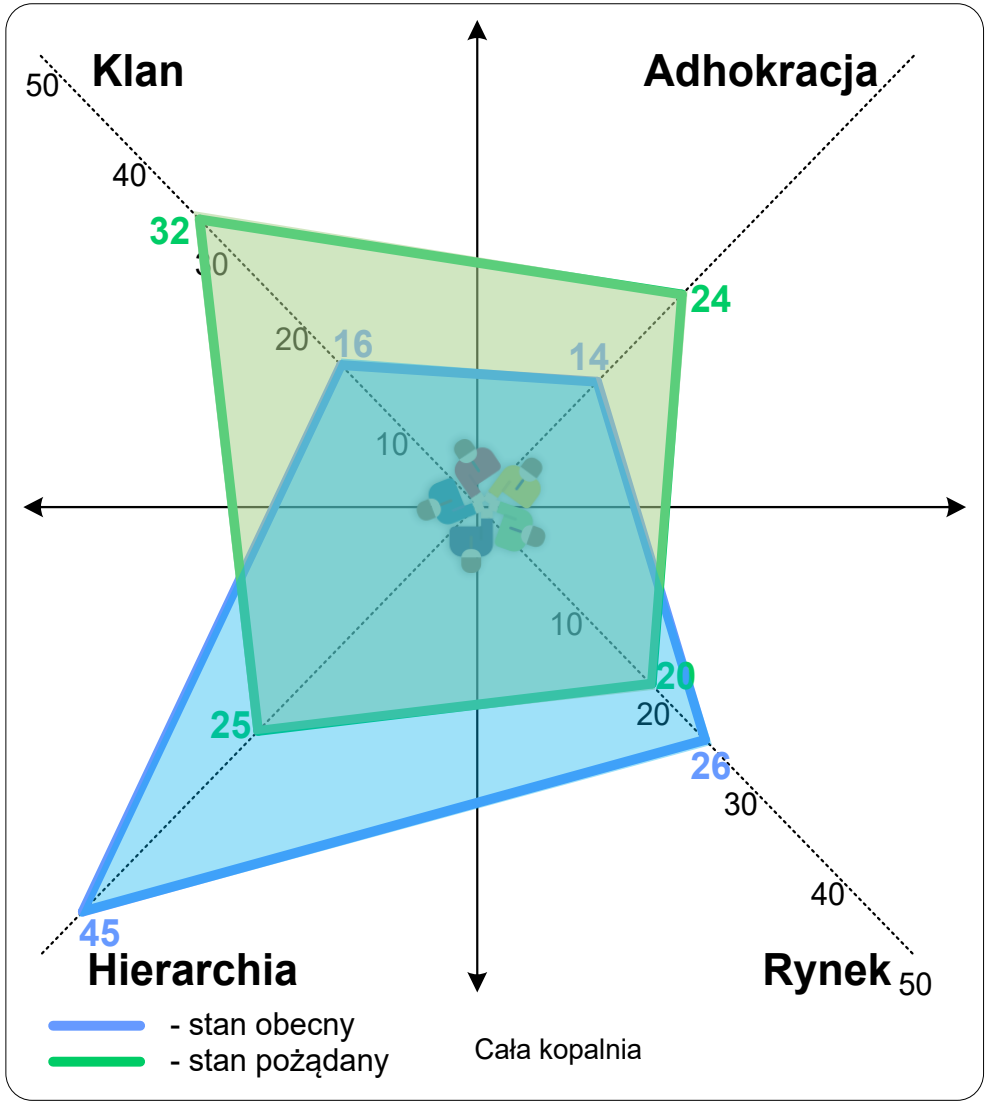
Stan aktualny

Kultura hierarchii oraz kultura rynku



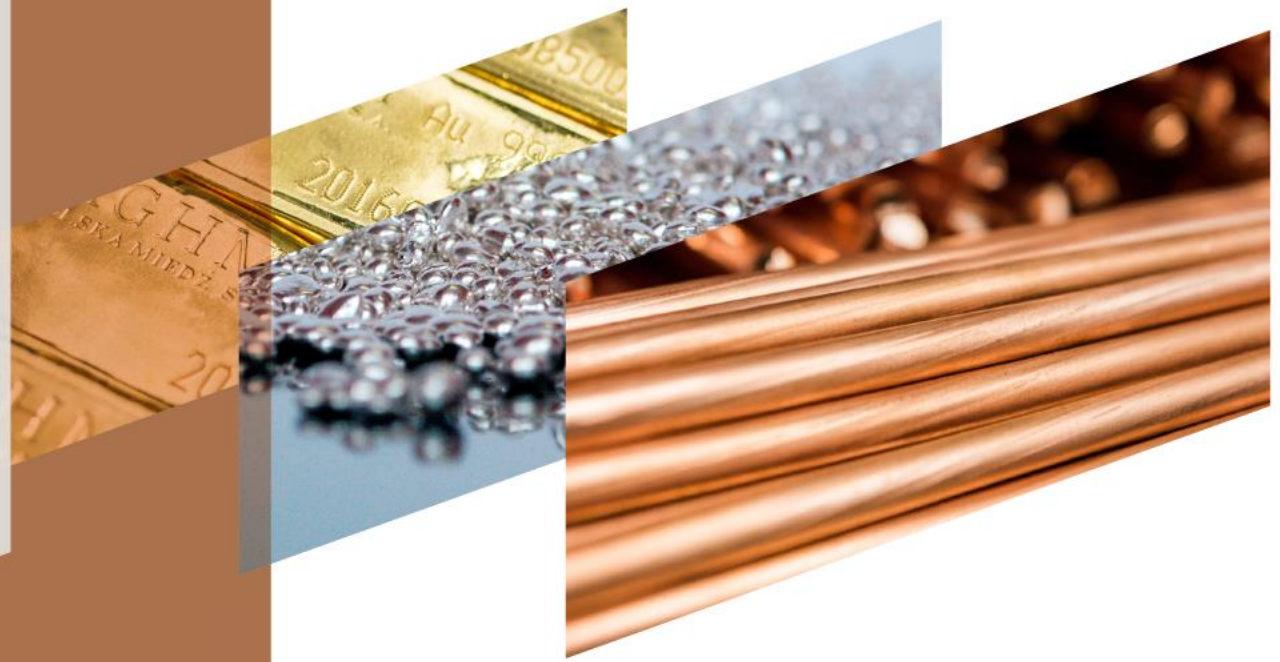
Stan pożądany

Przeniesienie akcentu na kulturę adhokracji oraz klanu



PRZYSZŁOŚĆ JEST

Z MIEDZI



DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ!