



Głębokie podziemia w służbie nauki: wyzwania geomechaniczne budowy laboratoriów badawczych

Symposium Polskiego
Konsorcjum Podziemnego
Laboratorium „UL-PL”

KRZYSZTOF FUŁAWKA, KGHM CUPRUM R&D

10 Lipca 2025
Chorzów, Polska

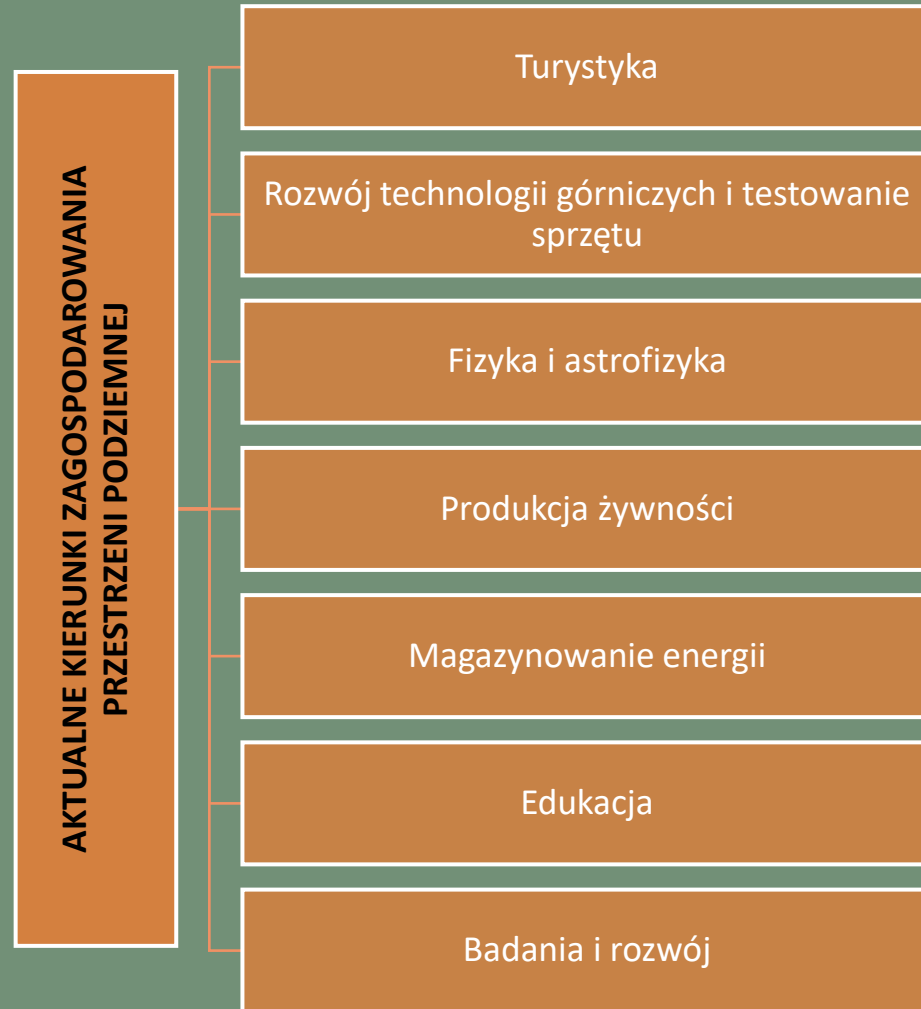
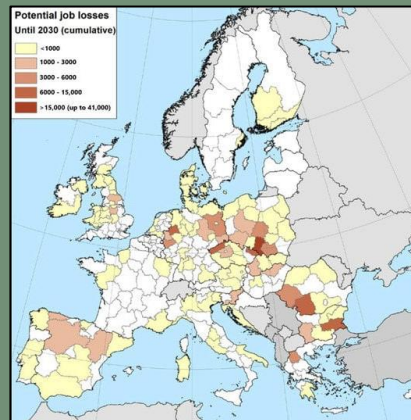
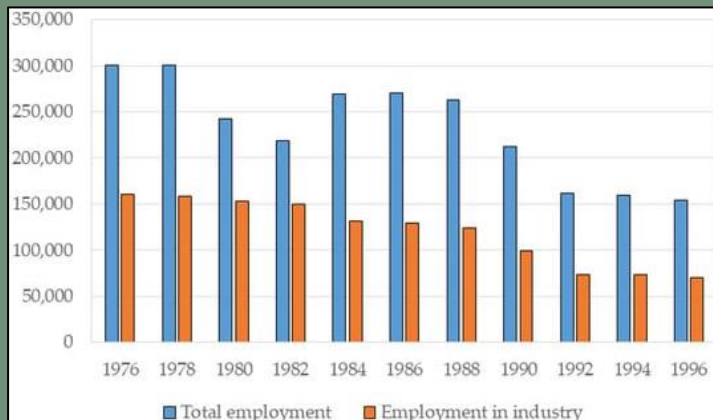
KGHM CUPRUM

CENTRUM BADAWCZO-ROZWOJOWE

Głębokie podziemia w służbie nauki

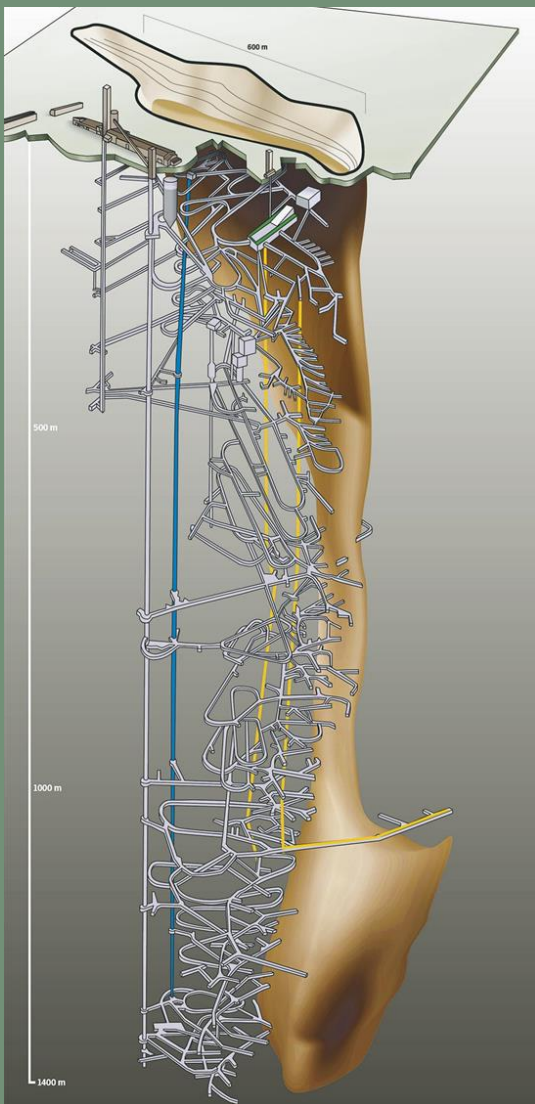
Aktualne trendy rozwoju i możliwości

- Rosnące zainteresowanie infrastrukturą podziemną dla nauki w ostatnich latach związane jest między innymi z mnogością obszarów górniczych w UE, które są (lub w niedalekiej przyszłości będą) w procesie likwidacji.
- Wykorzystanie wyrobisk górniczych i specjalnie drążonych komór umożliwiłoby przedłużyć życia infrastruktury podziemnej.
- Budowa podziemnego laboratorium powinna rozpocząć się od poczynienia odpowiednich ustaleń z operatorem górniczym.



Successful cases of underground post-mining space repurposing

Callio Lab



Edukacja i szkolenia



Górnictwo i tunelowanie



Wykorzystanie infrastruktury



Badania geotermalne



Analizy i badania w zakresie poprawy środowiska pracy



BHP i ratownictwo w warunkach podziemnych



Podziemne rolnictwo



SpaceLab



Obserwacja Ziemi i teledetekcja



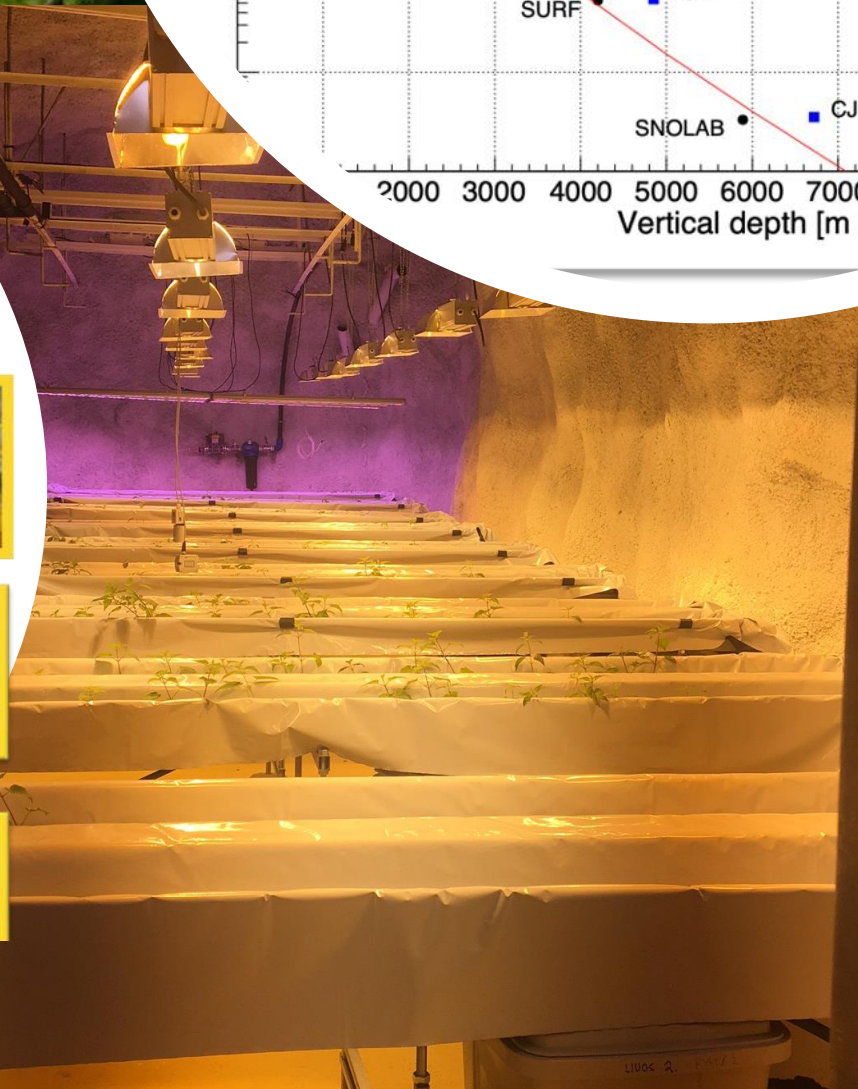
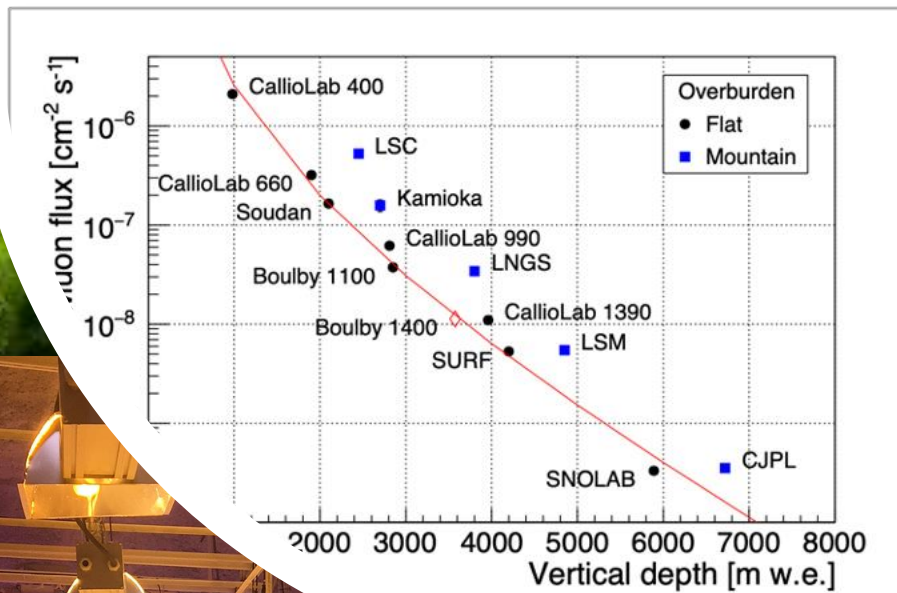
Laboratorium do pomiarów fizycznych



Fizyka cząstek i muografia



Coś nowego?

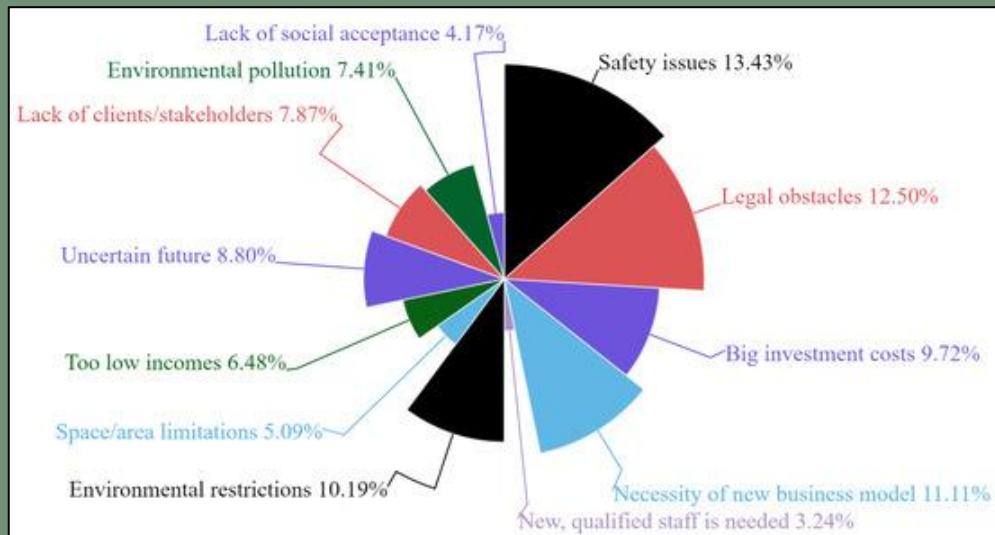


GREENHOUSE LAB

Wyzwania związane z budową i utrzymaniem UL

Dane uzyskane w ramach projektów BSUIN (2017-2020) i EUL (2021)

- Informacje o przeszkodach i wyzwaniach, z którymi trzeba się zmierzyć podczas ponownego wykorzystania przestrzeni podziemnej, zostały zebrane podczas międzynarodowych webinarów i warsztatów. W całym procesie zbierania danych uczestniczyli przedstawiciele UL w Europie, firm górniczych i naukowcy.



Zagrozenie geomechaniczne

Skala, monitoring, ocena

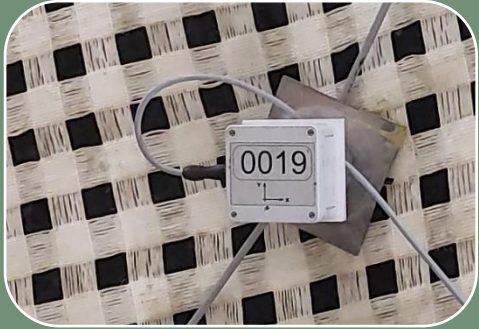
- Wysokie naprężenia pierwotne na dużych głębokościach generują duże problemy w zakresie efektywnego zabezpieczenia stateczności wyrobisk podziemnych
- Wraz ze zwiększeniem geometrii obiektu rośnie ryzyko utraty stateczności wynikającej z niejednorodności ośrodka skalnego – konieczne jest zwiększenie dokładności rozpoznania geotechnicznego i monitoringu
- Indukowana aktywność sejsmiczna może negatywnie wpływać na stateczności infrastruktury UL
- Ocena ryzyka musi opierać się na bieżących danych pomiarowych i musi być okresowo aktualizowana



Monitoring i analizy

Działania ukierunkowane na poprawę bezpieczeństwa w warunkach podziemnych

Monitoring



Stability



Dynamics

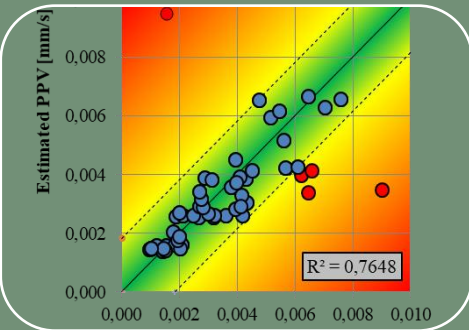


Stress

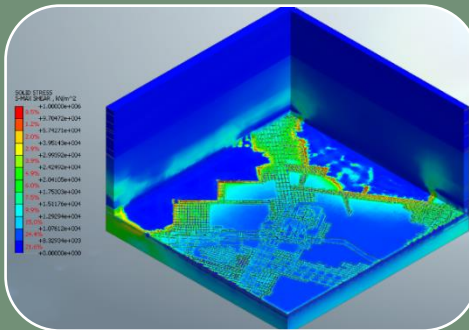


Seismic velocities

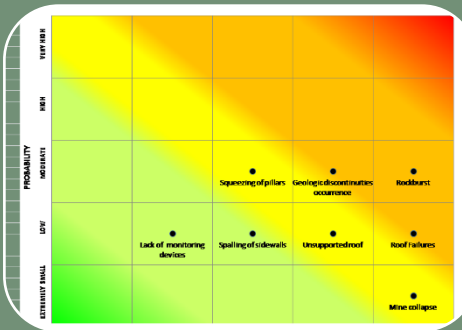
Metody analityczne i numeryczne



Predictive formulas



Numerical modeling



Qualitative evaluation

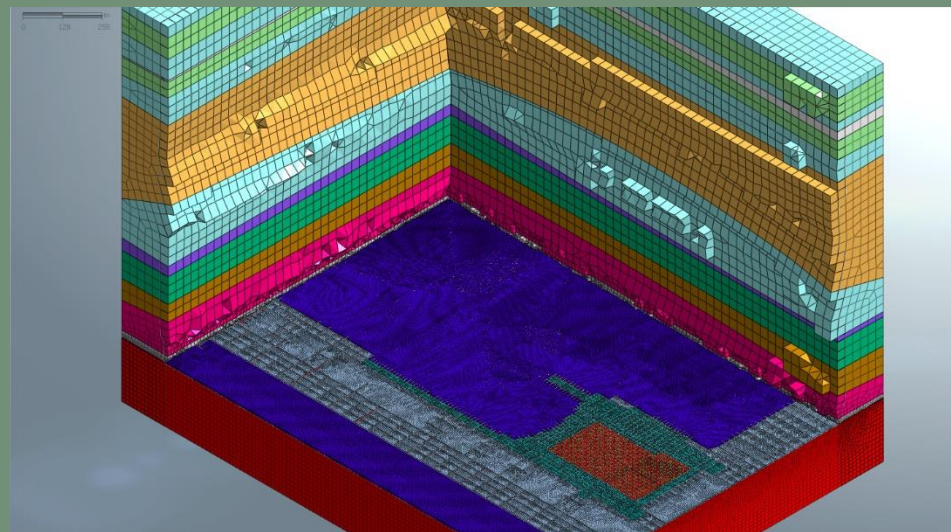
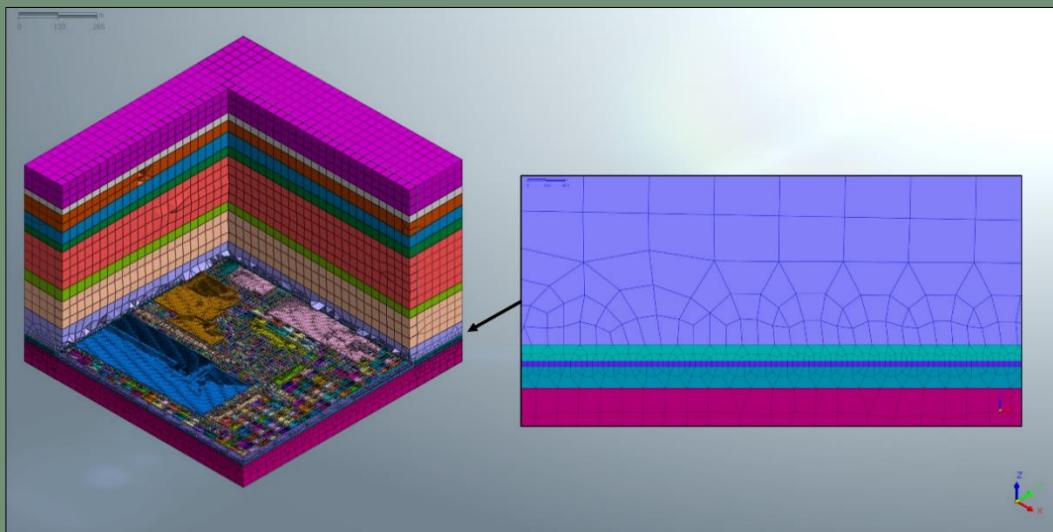
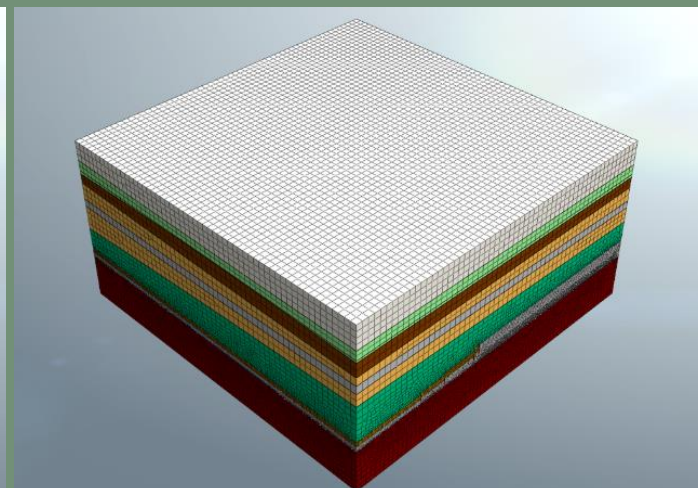
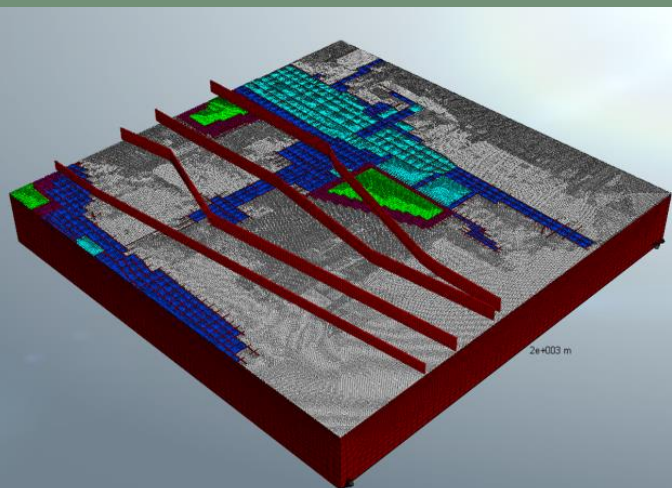
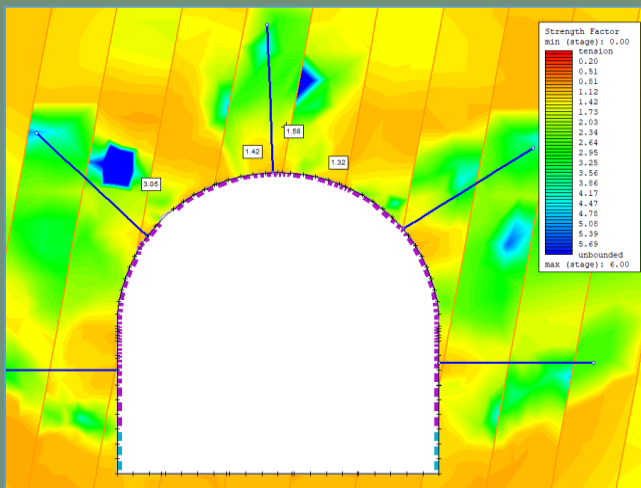
Innowacje



Pomiary mionograficzne zmian gęstości górotworu

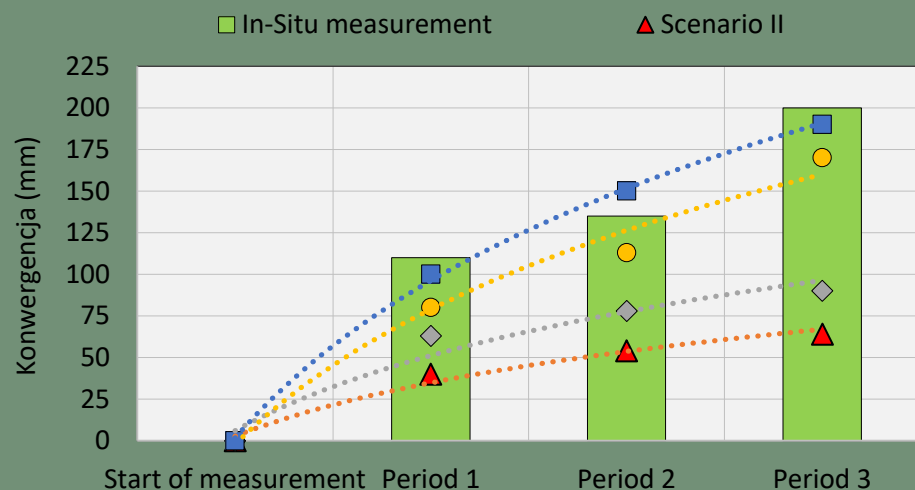
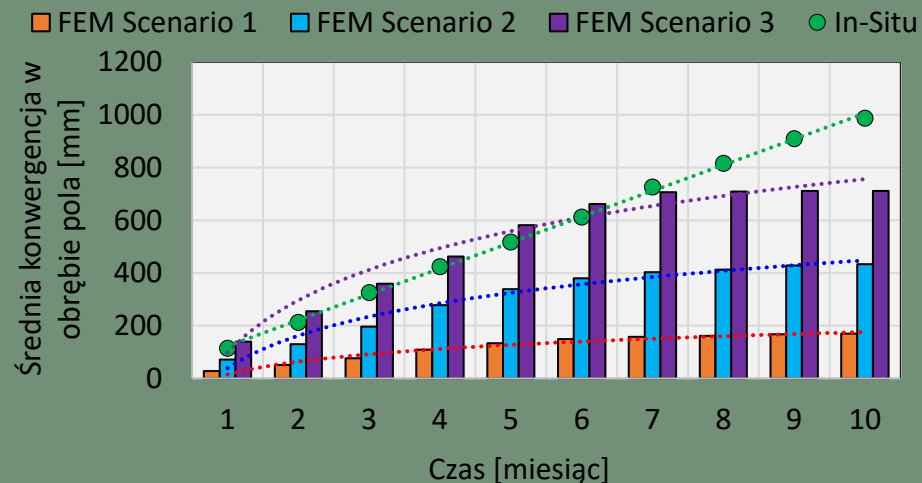
Zaawansowane symulacje numeryczne i ocena stateczności

2D vs 3D

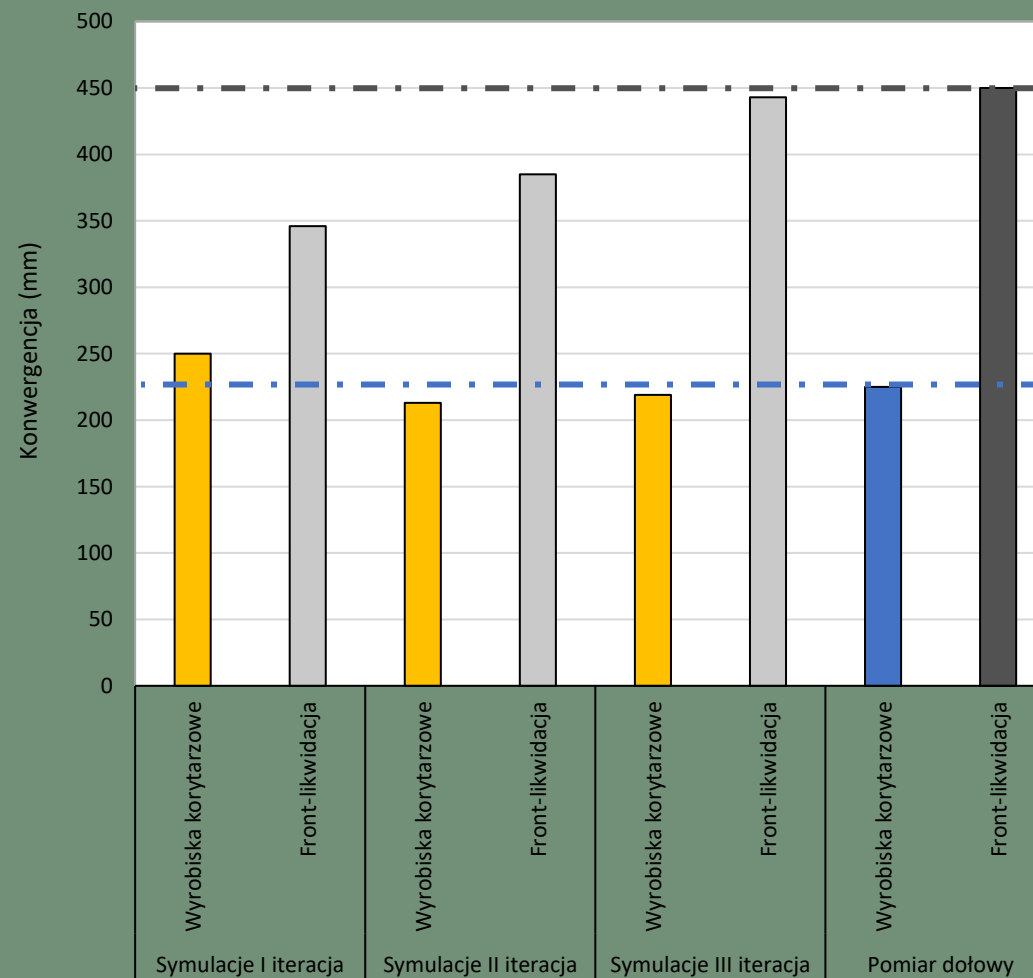


Kalibracja parametrów skał w oparciu o pomiary dołowe

Cel – osiągnięcie zbieżności przestrzennej wyników symulacji i pomiarów dołowych

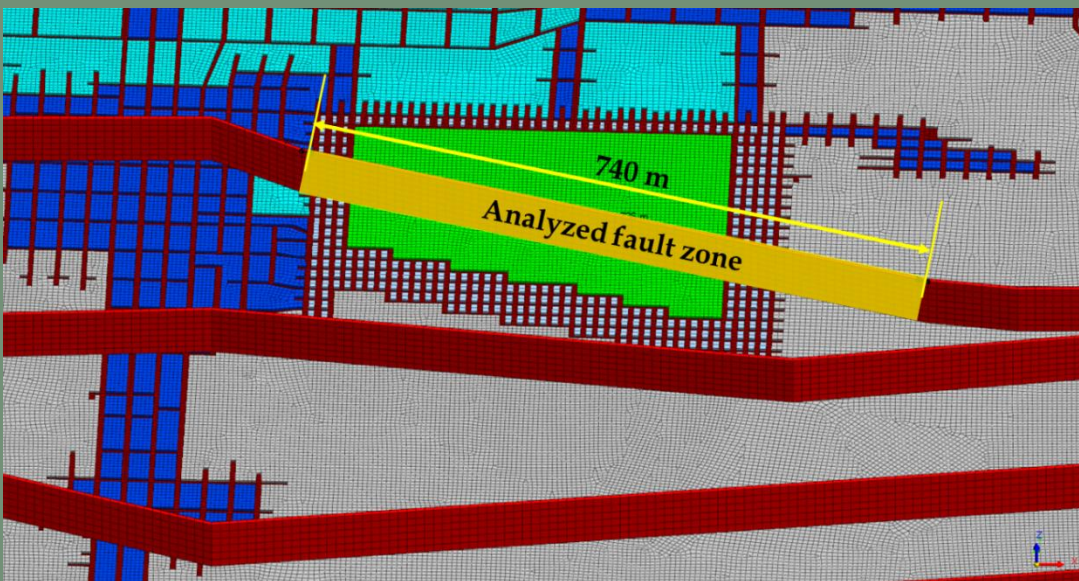
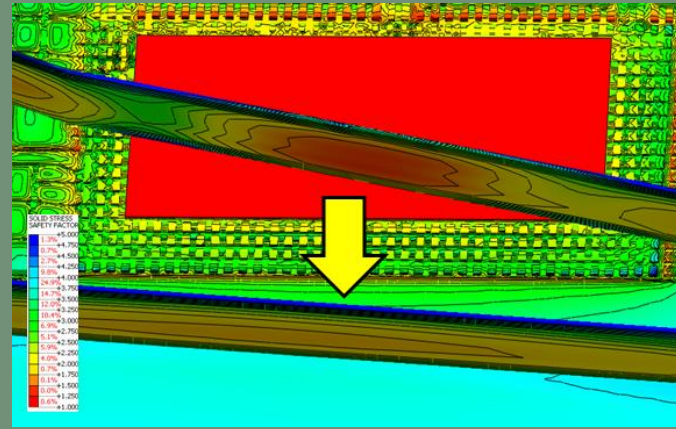
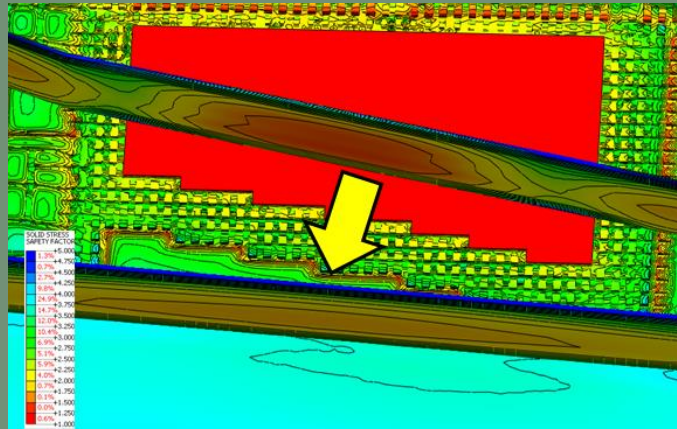
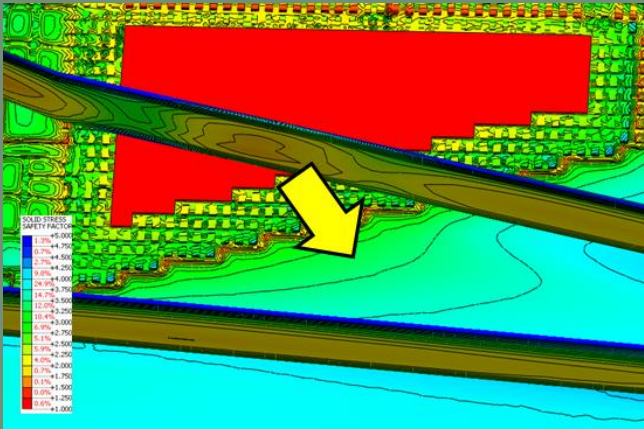


Pomiar dołowy vs. wyniki symulacji



Dlaczego kalibracja modelu jest kluczowa?

Cel – osiągnięcie zbieżności przestrzennej wyników symulacji i pomiarów dołowych



- Tylko skalibrowany model odzwierciedla rzeczywiste warunki górotworu
- Umożliwia wiarygodne prognozowanie zachowania masywu skalnego
- Jest niezbędny do rzetelnej oceny ryzyka i identyfikacji stref zagrożenia
- Pozwala na podejmowanie świadomych decyzji inżynierskich i działań prewencyjnych

Poprawna kalibracja wymaga wiedzy w zakresie badań skał, pomiarów dołowych przemieszczeń i naprężeń i teorii symulacji numerycznych.

KGHM CUPRUM

CENTRUM BADAWCZO-ROZWOJOWE

Dr inż. Krzysztof Fuławka

Wiceprzewodniczący Europejskiego Stowarzyszenia Podziemnych Laboratoriów - EUL

Adiunkt w Zakładzie Mechaniki Górotworu KGHM Cuprum

Krzysztof.Fulawka@kgmccuprum.com

+48 785 464 130





EUL

EMPOWERING
UNDERGROUND
LABORATORIES
NETWORK USAGE

Dziękuję za uwagę!