



Portale tuneli budowanych we fliszu

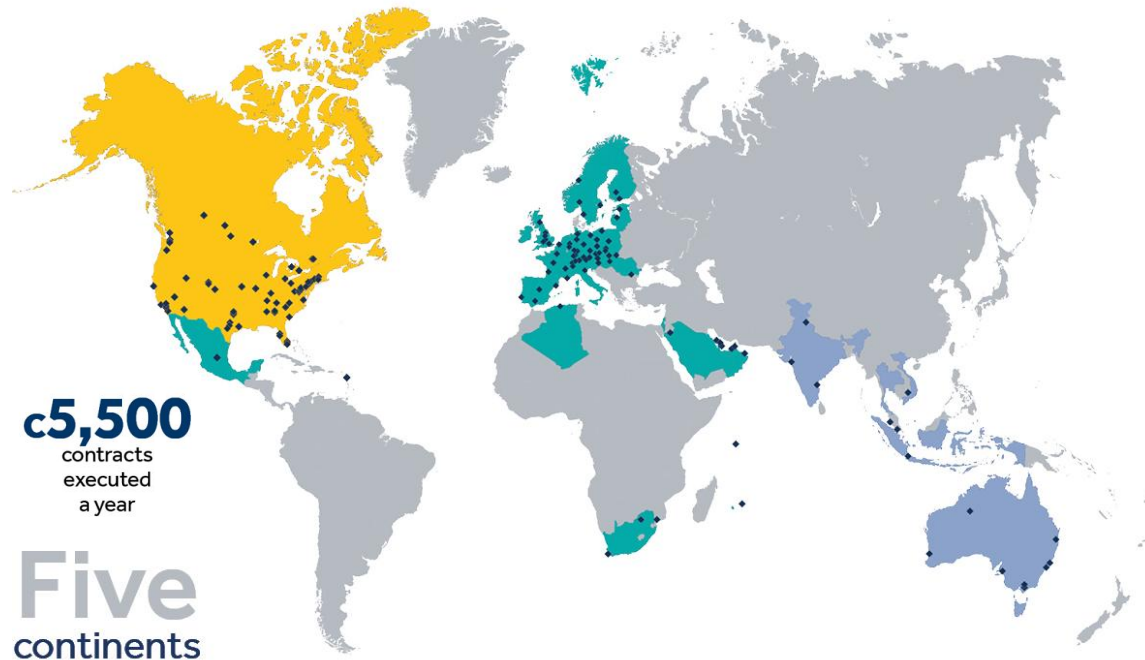
Łukasz Dziadoń

VII Międzynarodowe Forum Tunelowe

21.10.2025 r.



Keller Group



North America

Europe, Middle East and Africa
(EME)

Asia-Pacific (APAC)

established
1860

c10,000
employees



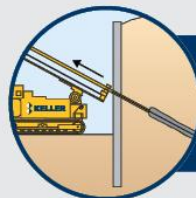
**GROUND
IMPROVEMENT**



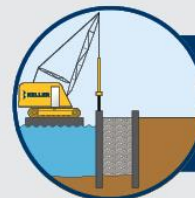
GROUTING



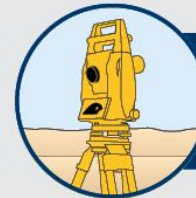
**DEEP
FOUNDATIONS**



**EARTH
RETENTION**



MARINE



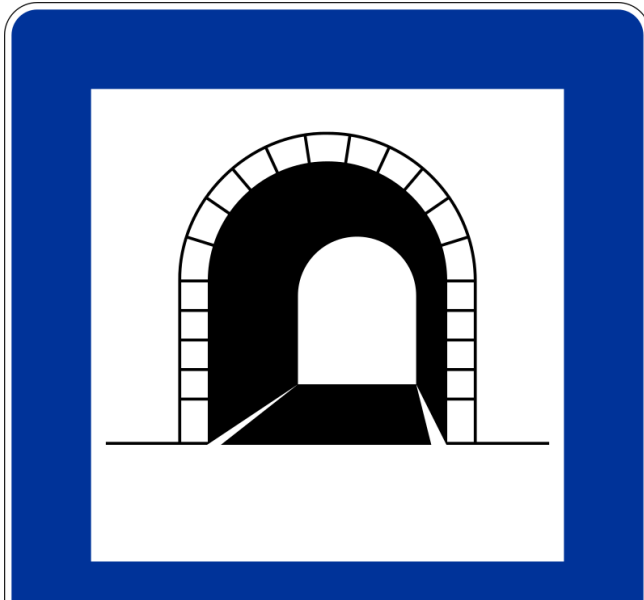
**INSTRUMENTATION
AND MONITORING**

30 *lat*
KELLER Polska

Portale tuneli

znaczenie i wyzwania

Portale tuneli – znaczenie i wyzwania



ZNACZENIE

Strefa przejściowa między tunelem a powierzchnią terenu – przenosi obciążenia z obudowy tunelu na grunt, stabilizuje wlot i wylot.

Bezpieczeństwo użytkowników – integracja systemów wentylacji, odwodnienia, oświetlenia i ochrony PPOŻ.

Ochrona konstrukcji tunelu – zabezpiecza przed erozją, obrywami skalnymi, osuwiskami i zniszczeniem obudowy.

Wpływ na krajobraz i środowisko – portal to wizualna „brama” tunelu, wymaga dopasowania do otoczenia.

WYZWANIA

Złożone warunki geotechniczne – zmienność gruntu, zwietrzelina, spękania, różnica sztywności między tunelem a wykopem.

Kontrola wód gruntowych i opadowych – ryzyko napływu wody, konieczność szczelnego i trwałego drenażu.

Trudne warunki terenowe – ograniczona przestrzeń robocza, strome zbocza, sąsiedztwo infrastruktury.

Koordinacja międzybranżowa – łączenie konstrukcji, instalacji, systemów bezpieczeństwa i drogowych.

Aspekty środowiskowe – minimalizacja ingerencji w przyrodę, hałas, pylenie, zabezpieczenie cieków wodnych.

Bezpieczeństwo budowy – ryzyko obrywów, deformacji, wymaga stałego monitoringu i zabezpieczeń.

Komory tunelu TMW w Gdańsku



Flisz karpacki

specyfika i zagrożenia

Flisz karpacki - wprowadzenie

Budowa: naprzemianlegle ułożone warstwy skał osadowych, takich jak: piaskowce, iły i łupki ilaste, rogowce, margle i zlepieńce.

Charakterystyka: zmienność na małych odległościach, szczelinowatość, spękania



Pochodzenie: powstałe na dnie mórz na skutek działalności tzw. prądów zawieszinowych

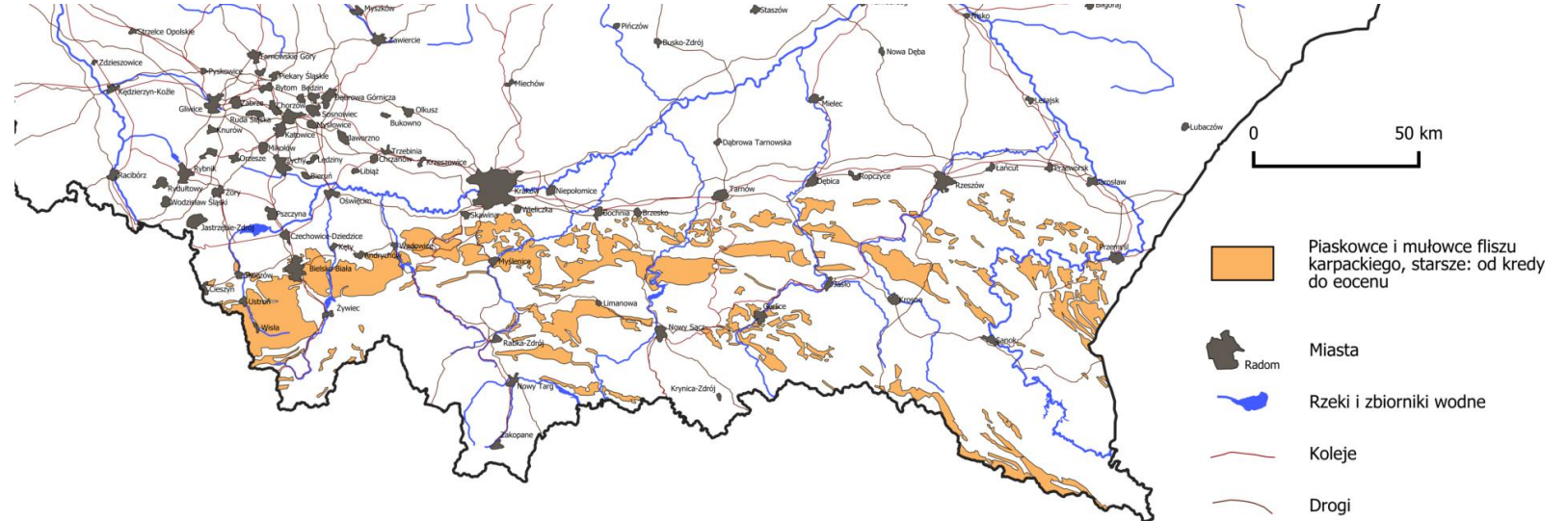
Czas powstania: ok. 130 do 25 milionów lat temu



Flisz karpacki – zasięg występowania

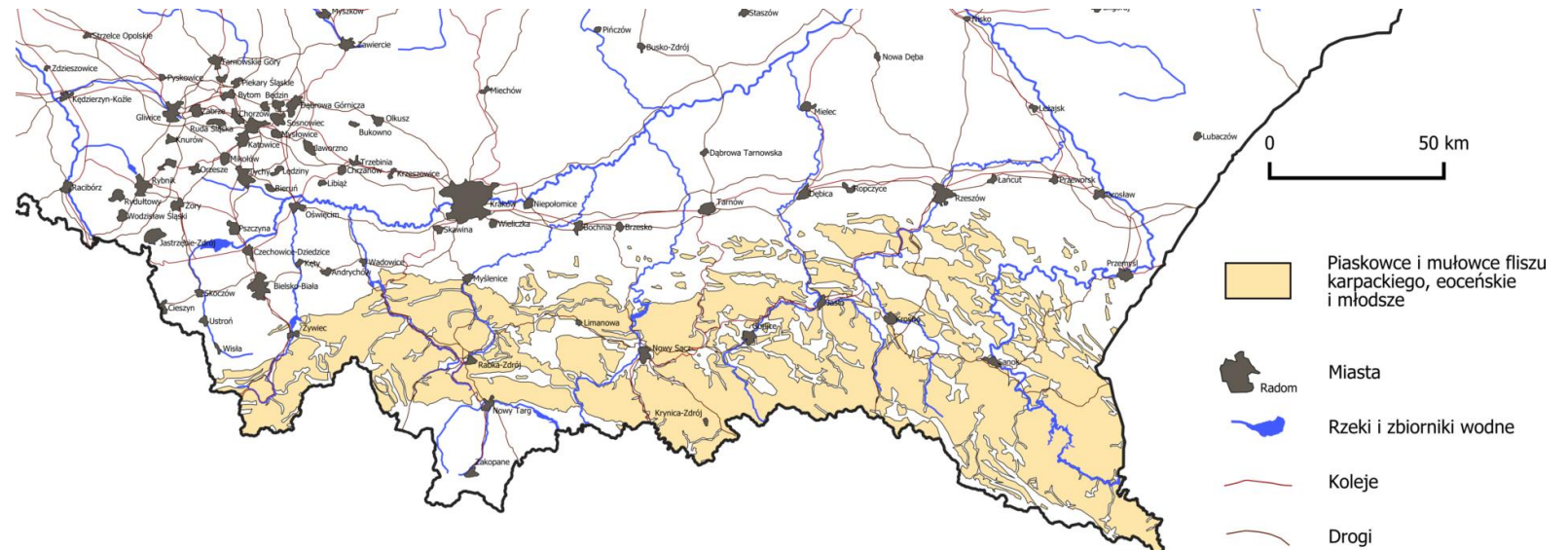
Osady starsze

(130 do 35 mln lat temu)



Osady młodsze

(55 do 25 mln lat temu)



Prace geotechniczne we fliszu karpackim – główne wyzwania

Ograniczenia w wykonywaniu badań geologicznych

Zróżnicowanie i wysoka zmienność parametrów na małych odległościach

Rozluźnianie przy odkrywaniu stoku i deformacje wtórne

Trudności w ocenie rodzaju/twardości skał na podstawie odwiertów rdzeniowych

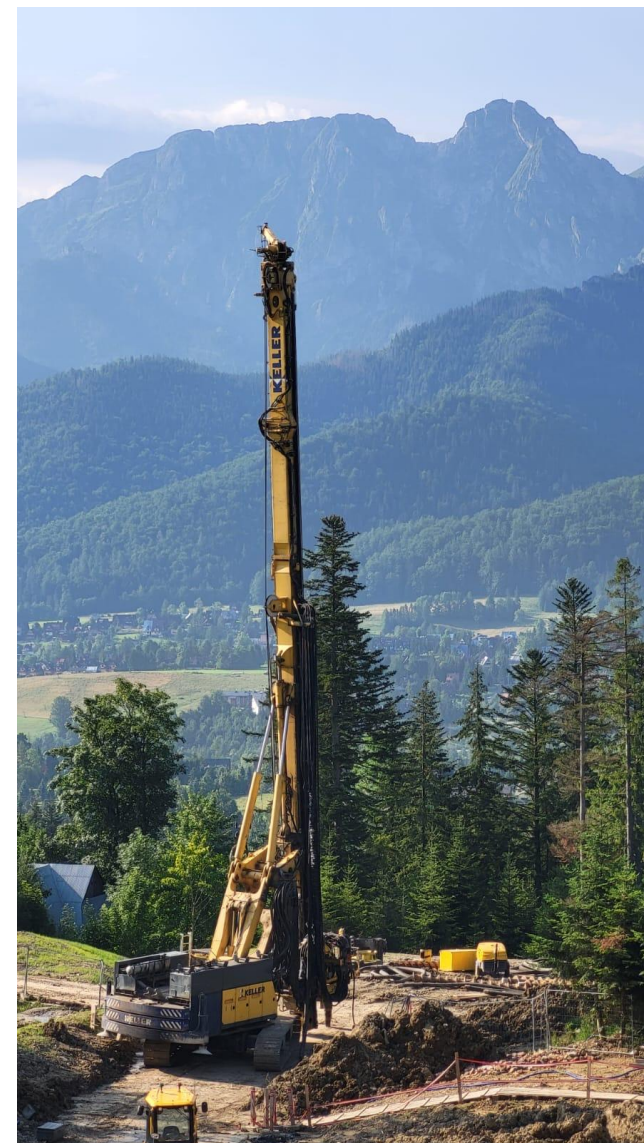
Brak możliwości oceny kruchości, upadów, spękań podczas badań geologicznych

Podatność na czynniki mechaniczne, atmosferyczne i dynamiczne

Sezonowość robót, trudności w prowadzeniu prac w okresie zimowym

Problemy z wodą, przepływ przez laminacje

Tereny osuwiskowe



Ograniczenia dla wykonania badań geologicznych

- duże nachylenie stoku
- wymogi sprzętu badawczego
- brak dróg dojazdowych
- trudne warunki terenowe



Zmiany upadu i kąta upadu warstw skalnych



Charakterystyczny płytowy i skorupowy charakter oddzielności w ławicach piaskowca na powierzchni laminacji



~125 m

Spękania ciosowe



Powierzchnie ciosowe z widocznymi brązowymi nalotami minerałów żelazistych oraz resztkami wypełnienia ilastego. **Spękania** ograniczają charakterystyczny rombowy blok piaskowca



Wypełnienie szczelin materiałem ilastym



Układ **spękań ciosowych** powoduje odspajanie się piaskowca w formie rombowych płyt

Profilowanie skarpy – roboty ziemne



Studium przypadku

*S1 – obejście Węgierskiej Górki
tunel realizowany metodą NATM*

S1 podstawowe informacje



Inwestor: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad



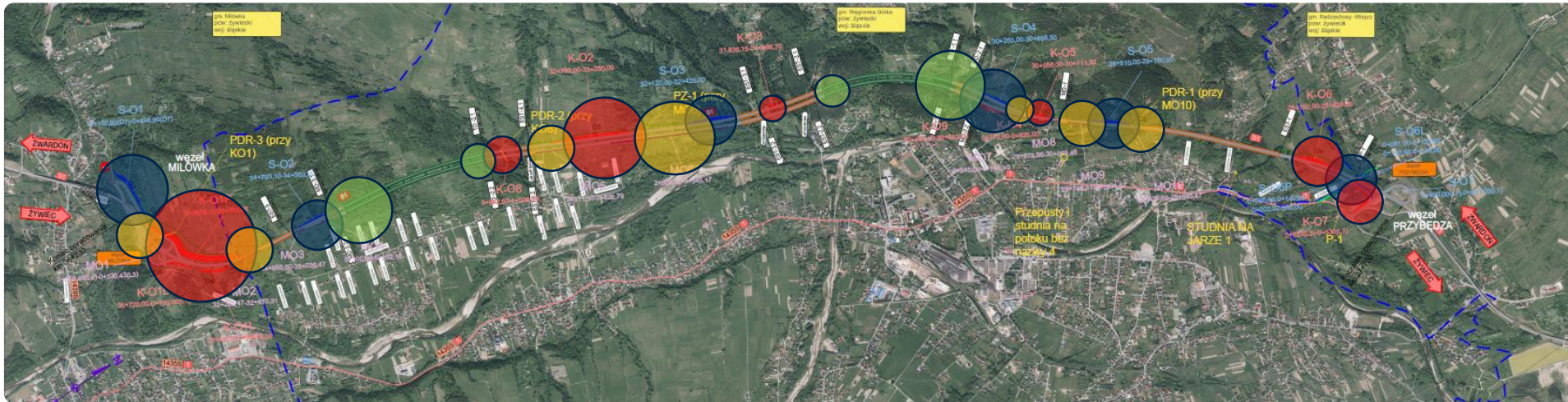
Rozpoczęcie robót: X 2019



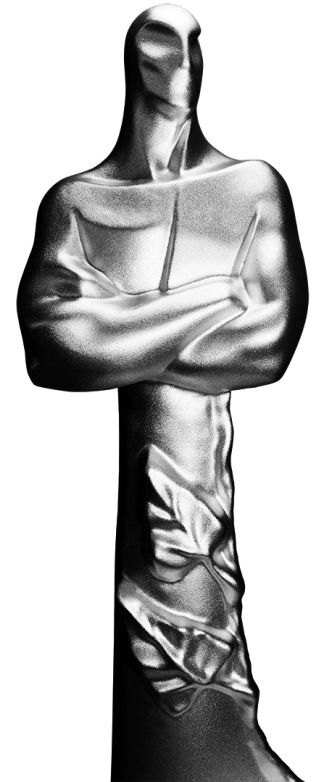
Generalny Wykonawca: Mirbud S. A.



Planowany termin przejezdności: X 2025



- - Konstrukcje MO – mury oporowe – 10 obiektów
- - Konstrukcje KO – konstrukcje oporowe – 8 obiektów
- - Konstrukcje SO – ściany oporowe – 7 obiektów
- - Konstrukcje TD – portale tunelowe – 4 obiekty





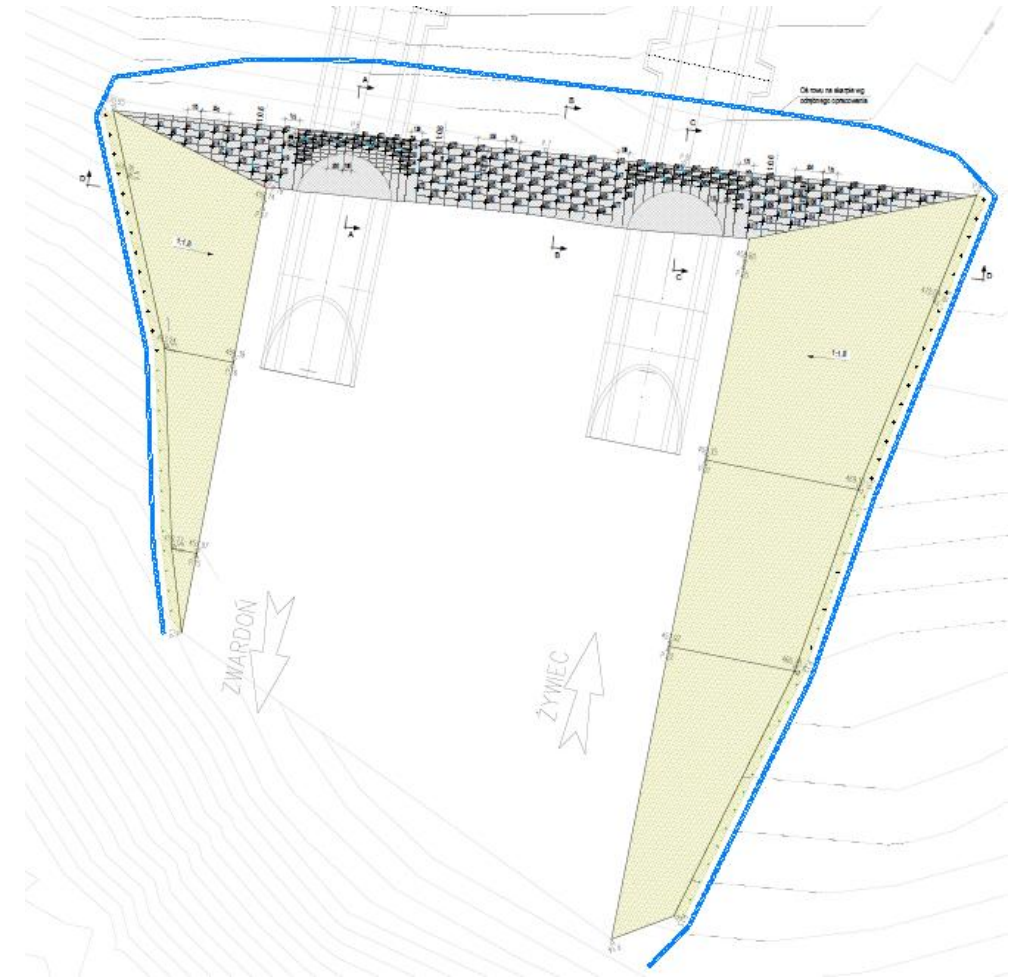




Portal TD-1 Południe

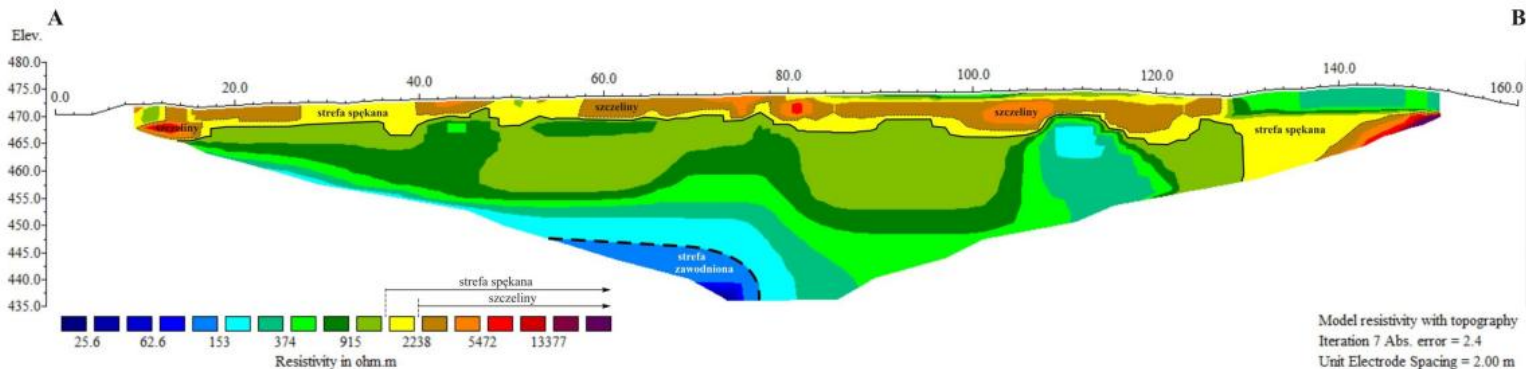


- Zabezpieczenie ściany czołowej za pomocą gwoździ gruntowych + beton natryskowy.
- Ściany boczne – przeciwerozyjne siatki stalowe + geomaty zbrojone, kotwione prętami $\phi 12\text{mm}$ w siatce $2 \times 2\text{m}$
- Odwodnienie w postaci wierconych drenów wgłębnych.



Portal TD-1 Południe Geologia

- Rozpoczęcie prac – ucieczki zaczynu
- Wykonanie poletka próbnego
 - Pustki w górotworze
 - Wpadanie młotka brak poru na wierceniu
 - Wykonanie testowych gwoździ na zaczynie
 - W 7 otworów o długości 10 m wpompowano 11 m³ bez wypływu iniektu.
 - Dodatkowa próba iniekcji wtłoczono 8 m³ (ob. teor 123 l) bez wypływu płuczki (65x!)



Rys. nr 3 Przekrój opornościowy wzdłuż profilu pomiarowego A-B

Dodatkowe badania geologiczne oraz elektrooporowe potwierdziły występowanie bardzo dużych **szczelin piaskowca w górotworze o rozwarstwieniu od 12 do 30 cm** (szczeliny puste, niewypełnione). Określono, że górotwór może być spękany nawet do 80 m p.p.t.

Portal TD-1 Południe Zdjęcia z placu budowy



Portal TD-1 Południe Marzec 2024

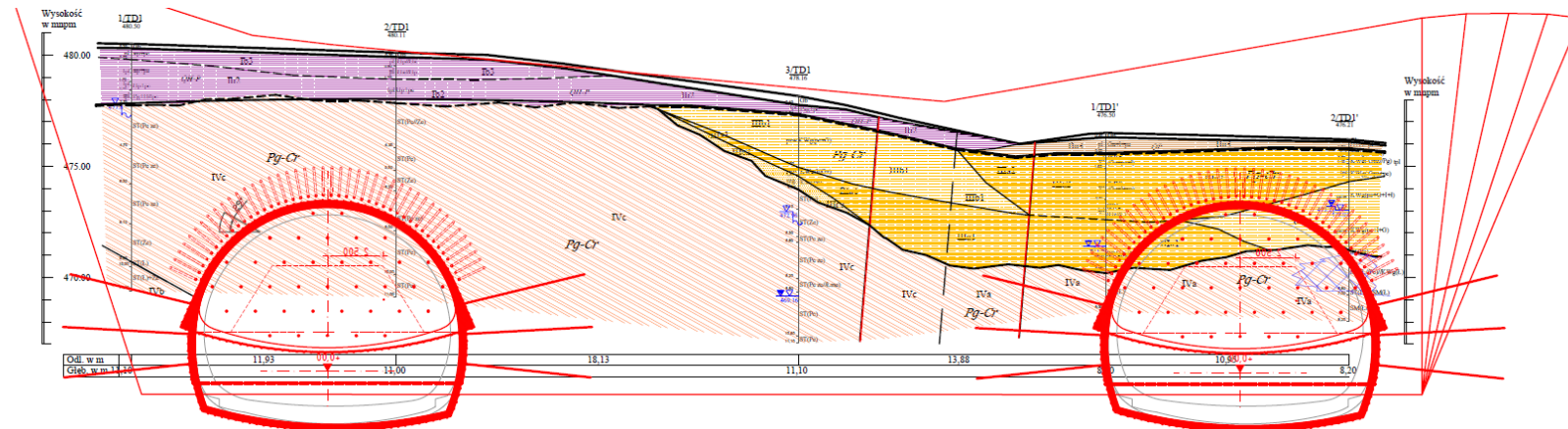


- Podczas realizacji gwoździ gruntowych zaobserwowano **bardzo dużą ucieczkę** zaczynu cementowego i brak możliwości wytworzenia nośnej buławy.
- Po wielu próbach i testach na budowie udało się znaleźć technologię robót umożliwiającą wykonanie nośnych gwoździ. Zastosowano kombinację dwóch technologii tj. **gwoździ gruntowych i iniekcji rozpychającej Compaction Grouting.**

Portal TD-1 Północ



- Pojawienie się niezinventaryzowanego uskoku geologicznego w postaci zwietrzelin gliniastych (iłołupek) o bardzo niskich parametrach.
- Pierwotne zabezpieczenie zostało zaprojektowane przy założeniu występowania w górotworze skały twardej - piaskowca
- Uregulowanie stosunków wodnych nad portalem
- Wyсіki wody podczas wiercenia



Portal TD-1 Północ Geologia



Środkowa część skarpy czołowej, widoczne przewarstwienia zwietrzliny gliniastej łupka ilastego i piaskowca.

Centralna część skarpy. Widoczne szare łupki z przewarstwieniami zwietrzliny łupków oraz kontakt łupków z piaskowcami

Portal TD-1 Południe – Odwodnienie powierzchniowe



Portal TD-1 Południe – Odwodnienie wgłębne



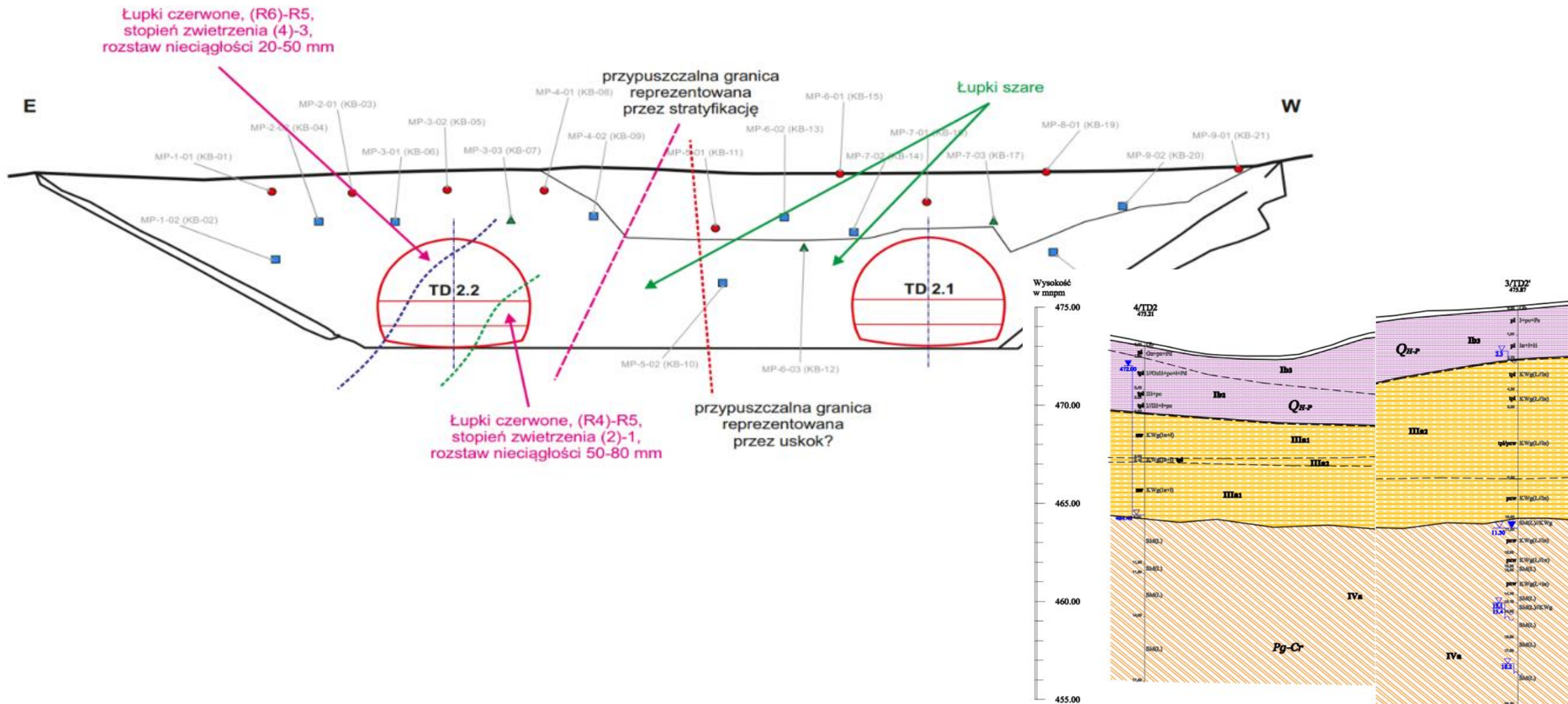
Portal TD-2 Północ



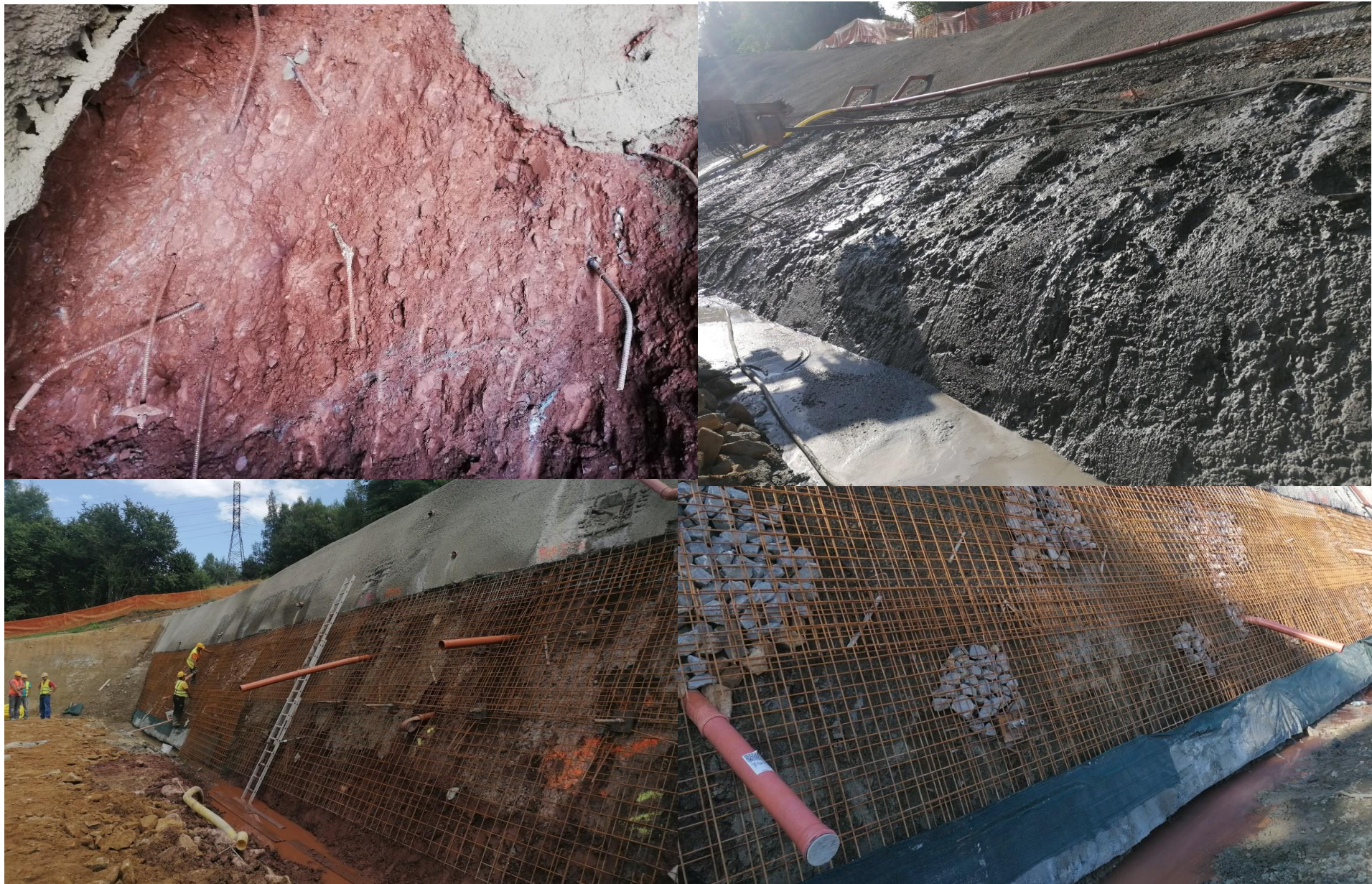
Występowanie w
podłożu
miękkoplastycznych
soczewek gruntów
spoistych przyczyniło się
do lokalnych utraty
stateczności skarp.

Portal TD-2 Północ Ściana czołowa

Tunel TD-2 portal północny



Portal TD-2 Północ Ściana czołowa zdjęcia



Portal TD-2 Północ



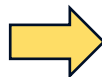
	Projekt – rev 0	Ilość ostateczna
Gwoździe gruntowe	3.204 mb	5.902 mb
Pale	0	1491 mb
Mikropale	0	273 mb

Portal TD-2 Północ Marzec 2024



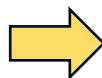
Zmiany wprowadzone podczas realizacji prac na S1

Osłabienie górotworu,
przewarstwienia



Wydłużenie gwoździ +
dogęszczenie

Spękania ciosowe



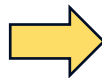
Zmiana oblicowania z siatki
stalowej na beton natryskowy

Zmiany biegu i upadu warstw,
spękania, bloki skalne



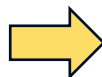
Zmiana oblicowania z materacy
gabionowych na beton natryskowy

Zwietrzliny zamiast skał
twardych



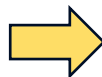
Bloki oporowe wraz z kotwieniem /
palisady

Wykrycie płaszczyzny poślizgu



Palisada + ew. kotwiony oczep

Ucieczka zaczynu cementowego



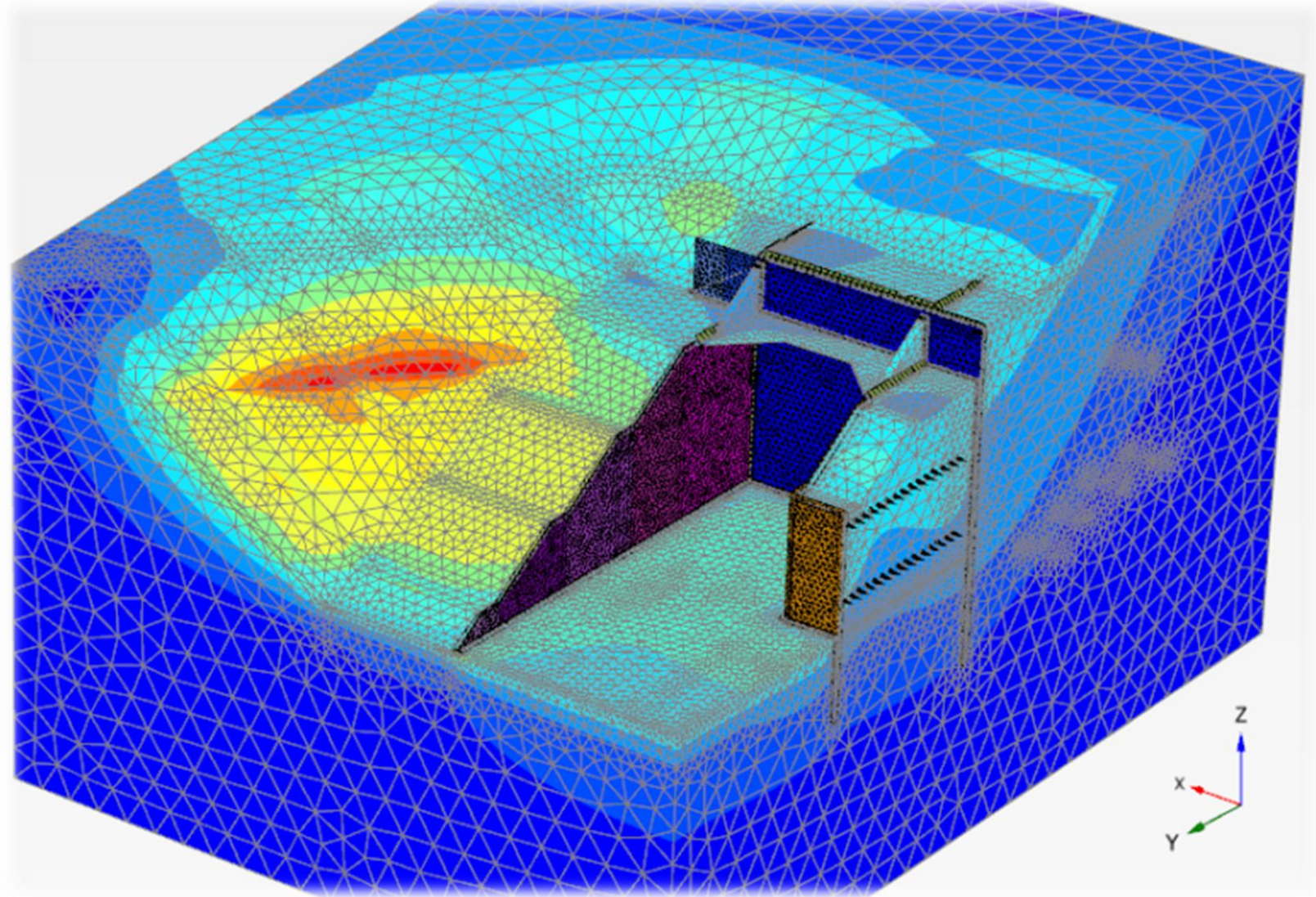
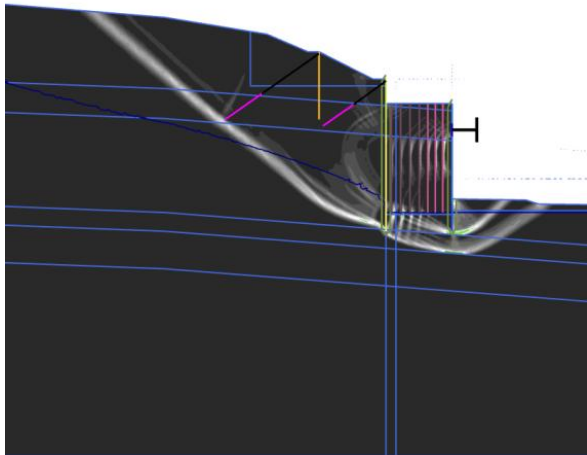
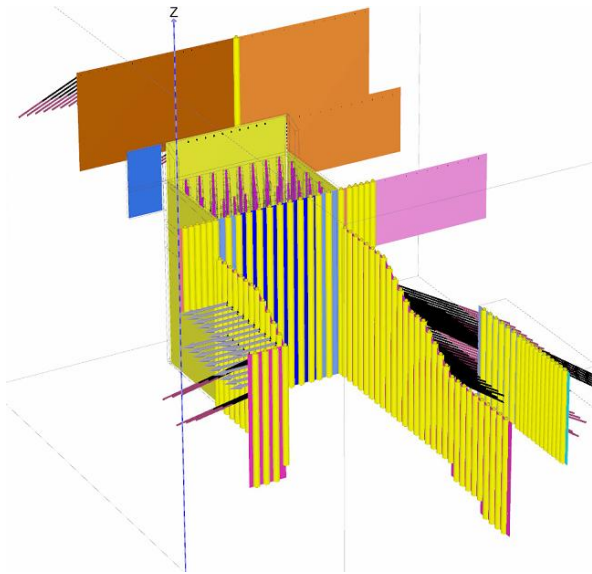
Zmiana materiału (na pastę
betonową)

Studium przypadku

S19 – Rzeszów – Babica

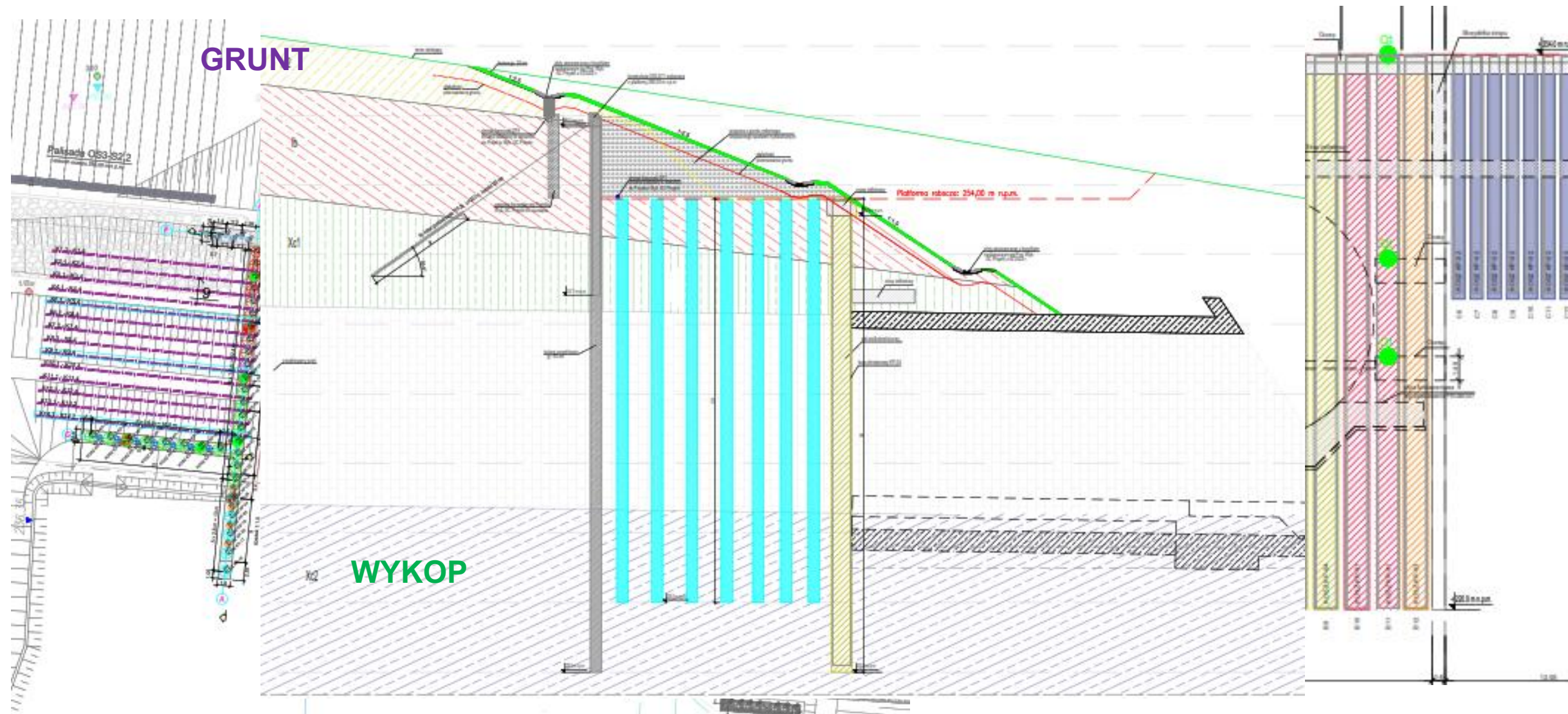
tunel realizowany metodą TBM

Model numeryczny portalu południowego



Rozwiązania projektowe

Kompleksowe zabezpieczenia portali oraz osuwisk



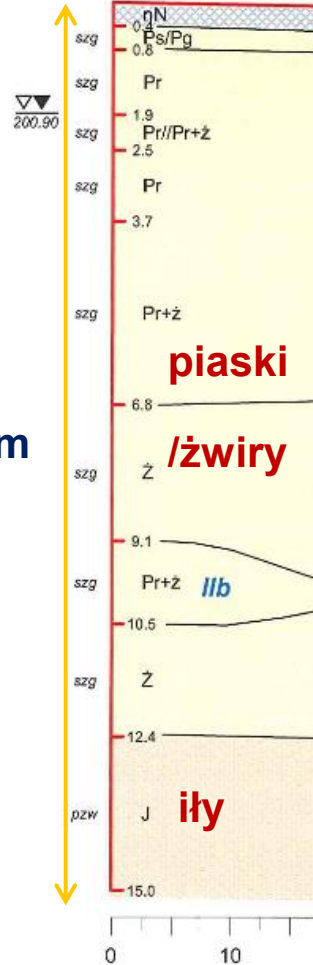
Wkładki piaskowca

Karpaty

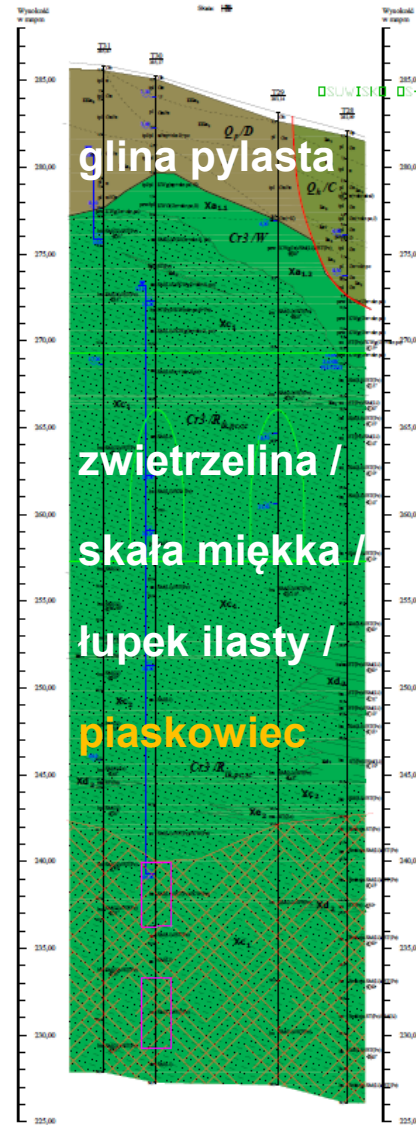
$R_c = 0,1 \div 220 \text{ MPa}$

Kraków

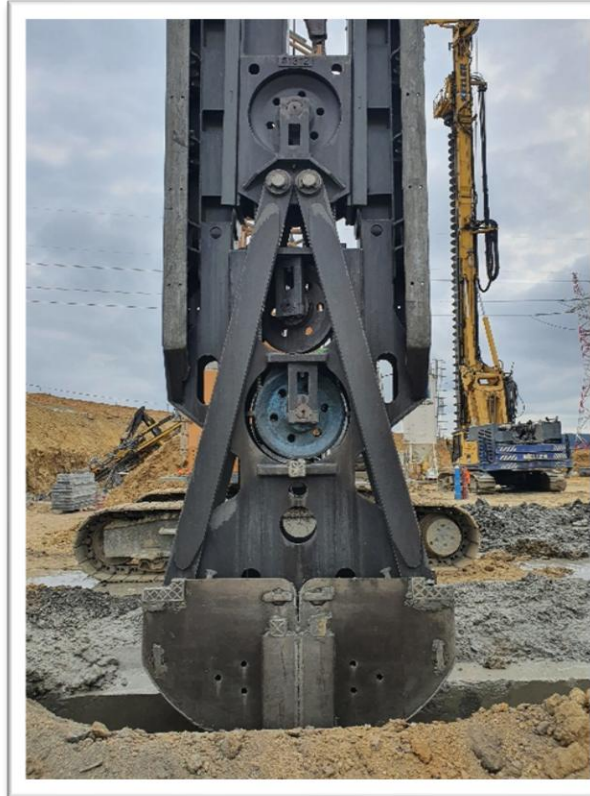
nasyp



58m

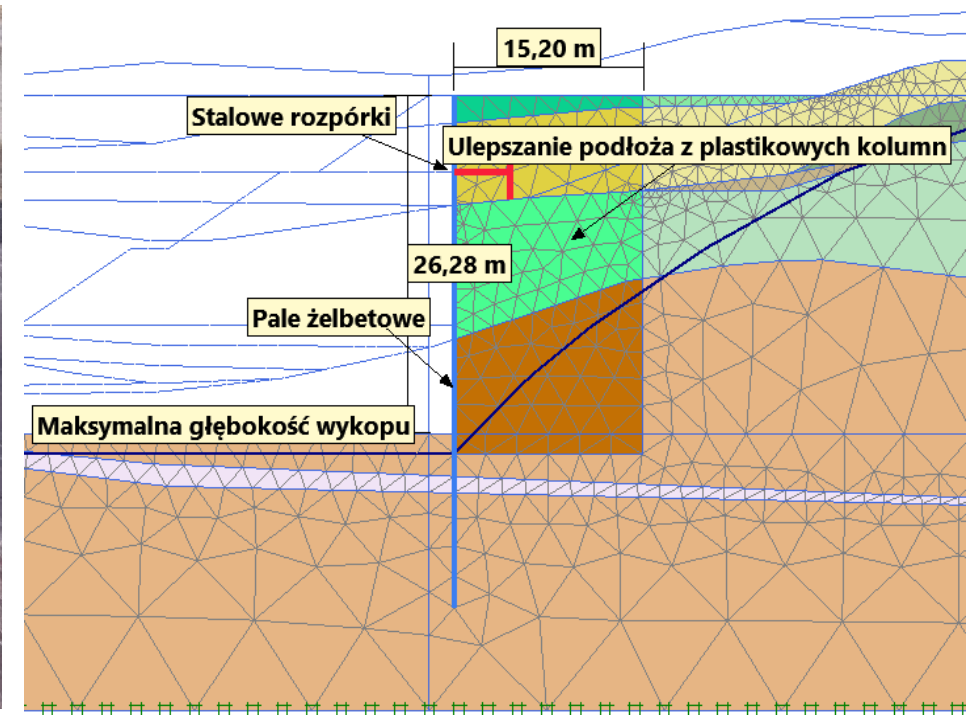


S19 - wykonywanie ścian szczelinowych w skale twardej



Wyzwania - odwodnienie

- Wg. założeń projektowych, każdorazowe obniżenie poziomu terenu przed portalem wymagało wcześniejszego obniżenia poziomu ZWG poniżej dna wykopu
- W rejonie portalu natrafiono na liczne, ale o niewielkiej miąższości warstwy filtracyjne i prowadzące niewielkie ilości wody
- Ujęcie wód gruntowych wymagało rozbudowy siatki punktów czerpalnych (piezo – studni) wokół portalu
- Stan górotworu analizowano pod względem: połączeń hydraulicznych między piezostudniami, ilości wody znajdującej się za portalem, czy występująca tam woda jest wodą płynącą, uwięzioną w postaci soczewek czy występującą w innych formach



Wyzwania - monitoring

- Skutecznie działający monitoring, podstawą prowadzenia robót w trudnym geotechnicznie terenie. Brak wiarygodnych danych prezentowanych przez pierwotnego operatora systemu uniemożliwił ocenę wyężenia konstrukcji portalu w pierwszych etapach prac związanych z głębeniem wykopu w części przedportalowej. Na jakość danych wpłynęły:
 - Opóźniony montaż elementów systemu
 - Niska jakość urządzeń monitoringowych
 - Opóźnienia w udostępnianiu danych na platformie monitoringowej
 - Brak pełnej automatyzacji systemu, co ograniczało częstotliwość wykonywanych pomiarów
 - Brak regularnej kontroli osnów geodezyjnych (realizacyjnej i monitoringowej)



Ad 4. Inklinometr E38



Rysunek 4. Przemieszczenia inklinometru E.38

Zdjęcia z budowy – portal południowy 04.2023



Zdjęcia z budowy – portal południowy 06.2023



Zdjęcia z budowy – portal południowy 07.2023



Zdjęcia z budowy – portal południowy 07.2023



Zdjęcia z budowy – portal północny 07.2025



Wnioski i rekomendacje

Podsumowanie i wnioski

- Wykonywanie prac geotechnicznych, zwłaszcza zabezpieczeń portali i skarp, w warunkach **fliszu karpackiego** (dot. większości tuneli w południowej Polsce), **znacząco podnosi poprzeczkę** projektowo-realizacyjną,
- Tak skomplikowane zadania geoinżynierskie wymagają **kompleksowej oceny** przez zespoły specjalistów doświadczonych w podobnych projektach
- Projekty te wymagają **zastosowania wielu produktów geotechnicznych** dostępnych na rynku, często blisko teoretycznych granic ich stosowalności,
- Aktywna **obsługa projektowa** takich zadań **trwa lata**,
- Systemy **monitoringu i odwodnienia** są kluczowe,





Dziękuję
za uwagę!

