

**6.WPGI**  
**2017** 17-20.10  
RZESZÓW



6. OGÓLNOPOLSKIE SYMPOZJUM  
WSPÓŁCZESNE PROBLEMY  
GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ W POLSCE

# Lokalizacja i likwidacja pustek podziemnych w masywie skał triasowych narażonych na oddziaływanie deformacyjne ze strony podbierającej eksploatacji złoża karbońskiego

Dr inż. Grzegorz Strozik

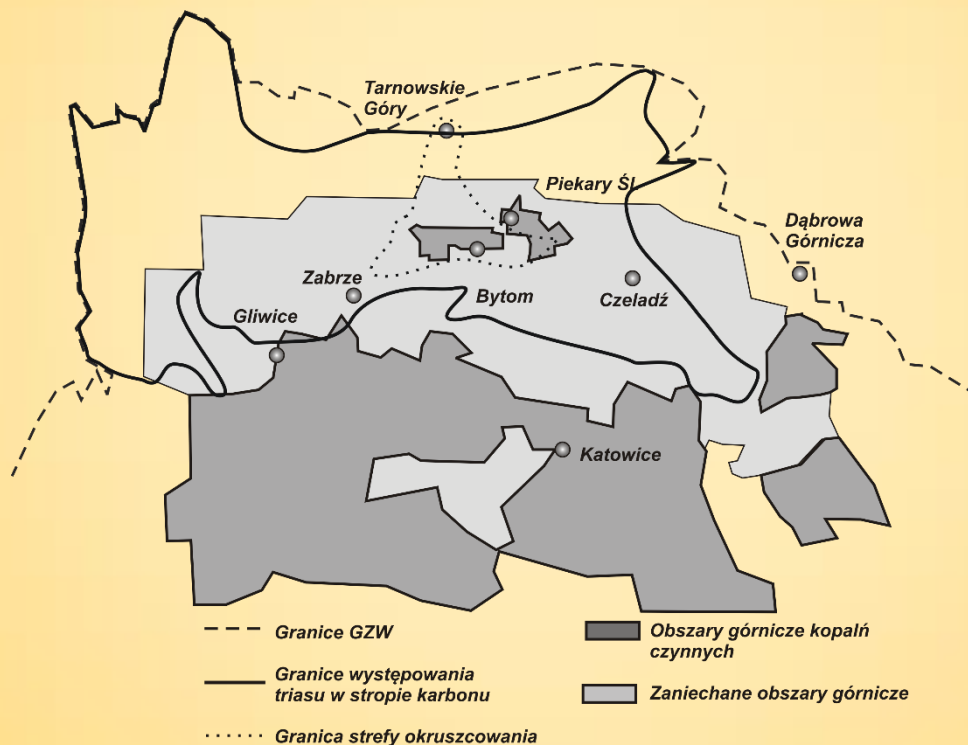
Dr inż. Rafał Jendruś

Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska w Gliwicach

**6.WPGI**  
**2017** 17-20.10  
RZESZÓW

- 5600 km<sup>2</sup> w części polskiej
- 1100 km<sup>2</sup> czynne obszary górnicze (20% powierzchni)
- 840 km<sup>2</sup> zaniechane obszary górnicze (15% powierzchni)
- Złóża perspektywiczne 1290 km<sup>2</sup> (23% powierzchni)

- 2,7 mln ludności
- średnie zaludnienie 122 os./km<sup>2</sup>
- W obszarze metropolitalnym >2000 os./km<sup>2</sup>
- 80% mieszkańców strefach miejskich



# Antropopresja działalności wydobywczej

- Deformacje ciągłe powierzchni terenu (niecki osiadania) – przemijające i rezydualne;
- Nieciągłe deformacje powierzchni terenu (NDPT), głównie w formie zapadlisk (na powierzchni około 220 km<sup>2</sup> tylko w zakresie eksploatacji węgla kamiennego);
- Podtopienia terenów o obniżonej wysokości powierzchni terenu, zdrenowanie wód gruntowych, zanieczyszczenie wód powierzchniowych chlorkami, siarczanami i związkami cynku i ołowiu;
- Niekorzystne warunki gruntowe (grunty nasypowe, nagromadzenia odpadów, strefy rozluźnień i pustki podziemne – często niestabilne)

**Obniżenie komfortu życia na terenach (po)górnictwowych**

**Duże pole do popisu dla geotechników!**

# Uwarunkowania ze strony górnictwa węglowego na terenie GZW

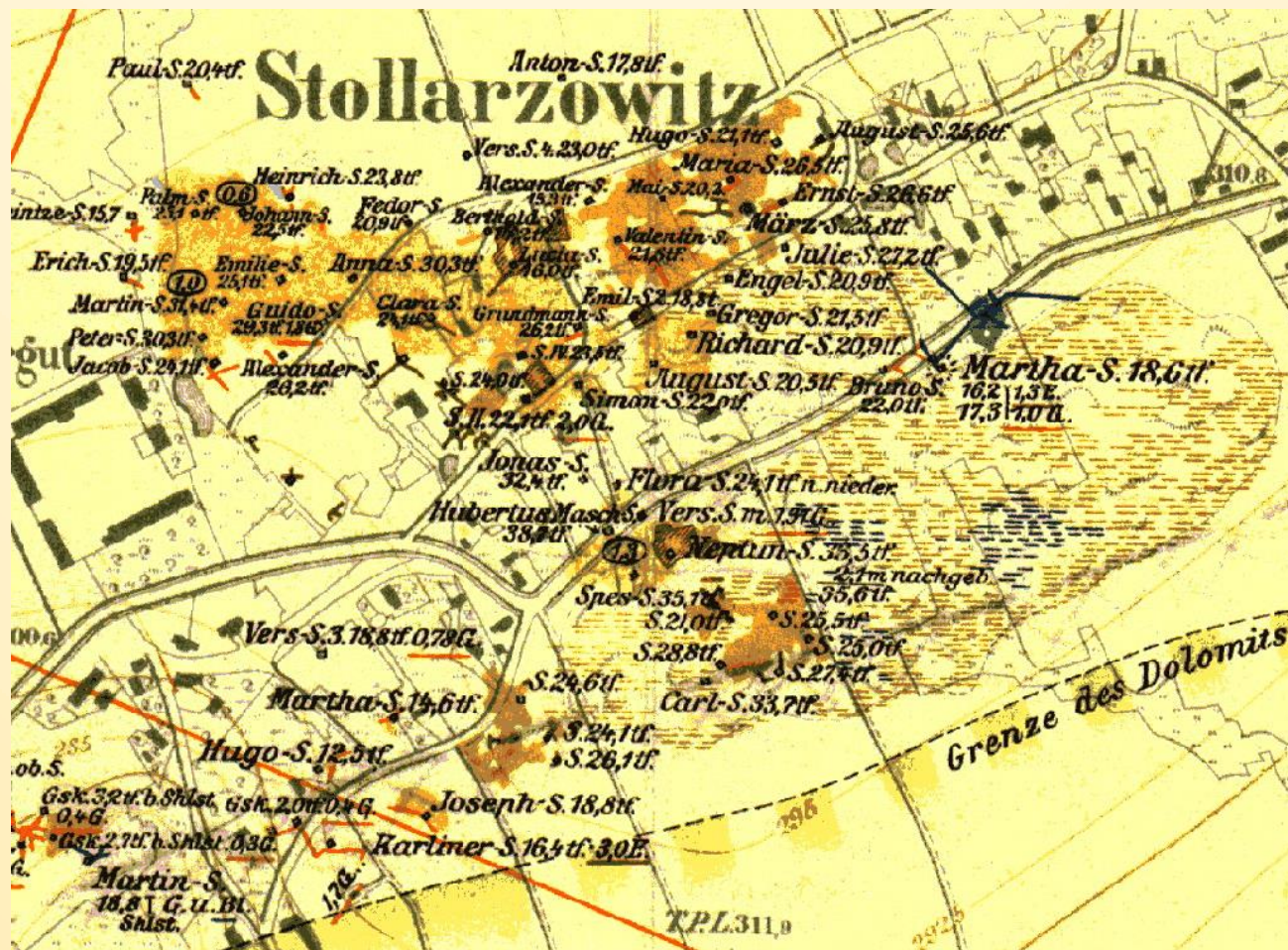
- Eksploatacja pokładów węgla kamiennego, w tym płytko zalegających (od <100 m do ok. 1000 m, aktualna średnia to 830 m)
- Zasięg czasowy eksploatacji węglowej: od pocz. XX wieku do chwili obecnej
- Znaczna ilość zrobów poeksploatacyjnych w płytkich pokładach z okresu I połowy XX wieku, o niepewnym położeniu i stosunkach geomechanicznych i hydrogeologicznych,
- „współczesna” eksploatacja (od połowy XX wieku), przeważnie na obszarach górniczych kopalń obecnie zlikwidowanych
- Czynne systemy odwadniania obszarów górniczych chroniące kopalnie czynne przed zagrożeniem wodnym
- Możliwość występowania zawałów stropów wyrobisk i zaciskania zrobów, włączenie z powstawaniem NDPT

# Uwarunkowania w północnej i północno-wschodniej części GZW ze strony górnictwa rud metali

- Mała głębokość zalegania złoża (od 0 m do ok. 50 m)
- Zasięg czasowy eksploatacji węglowej (od XVII w. do ok. 1930r.
- Obecność ogromnej ilości płytkich szybów i wyrobisk korytarzowych
- Daleko posunięta degradacja powierzchni terenu – nasypy, zwały, odkrywki, leje zapadliskowe, wkopy itp..
- Czynne systemy odwadniania obszarów górniczych chroniące kopalnie czynne przed zagrożeniem wodnym
- Duże prawdopodobieństwo występowania zawałów stropów wyrobisk i pustek, z reguły z towarzyszącym im powstawaniem NDPW (zapadliska – punktowe i progi lub uskoki terenowe – liniowe,
- Skąła macierzysta zwięzła, podatna na erozję na skutek przepływu wód gruntowych podziemnych



# Wycinek mapy eksploatacji rudnej na terenie miejscowości Stolarzowice stan na rok 1911





# Teren po odkrywkowej i płytkowej eksploatacji limonitu

Obszar rozwoju strefy przemysłowej w Piekarach Śląskich, stan na 2016r.

**6.WPGI**  
**2017** 17-20.10  
Rzeszów

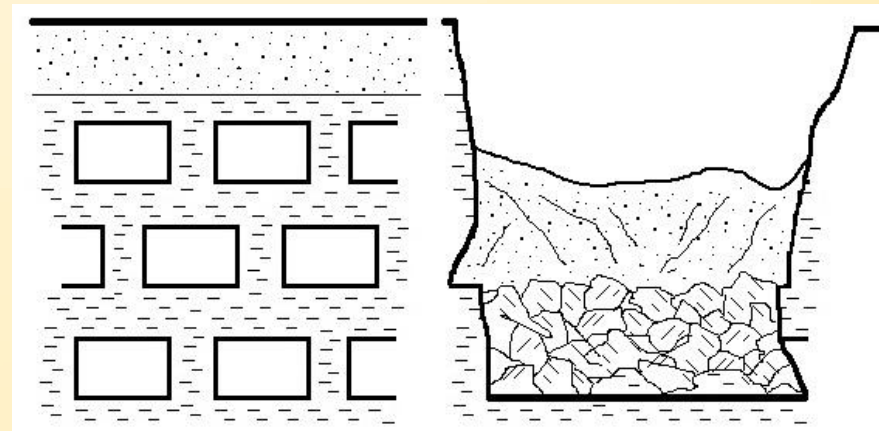
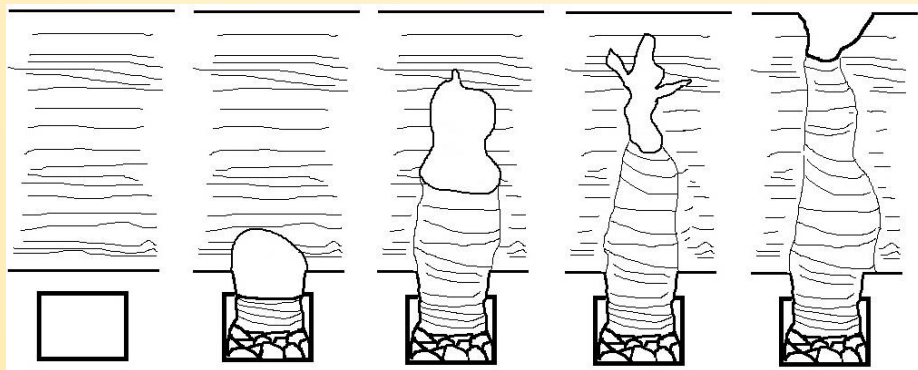
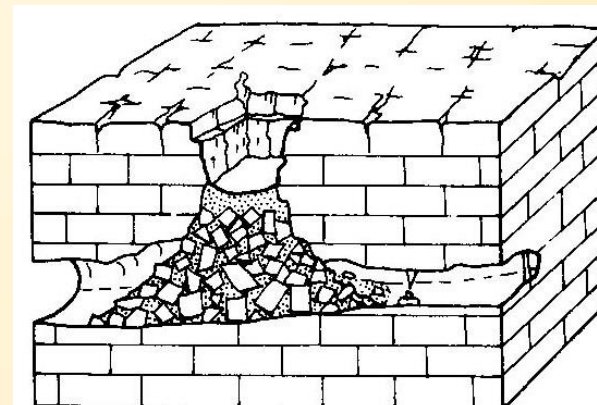
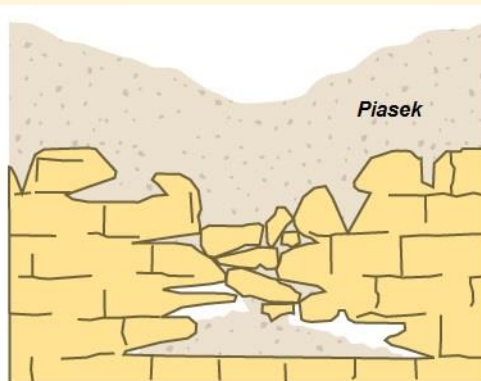
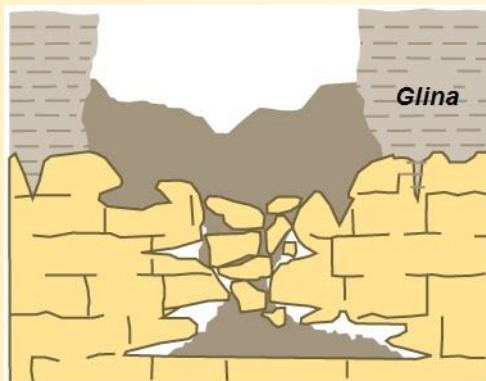


# Wpływ stężenia solanki i udziału cementu na wytrzymałość mieszanin po zestaleniu





# Formowanie się zapadlisk

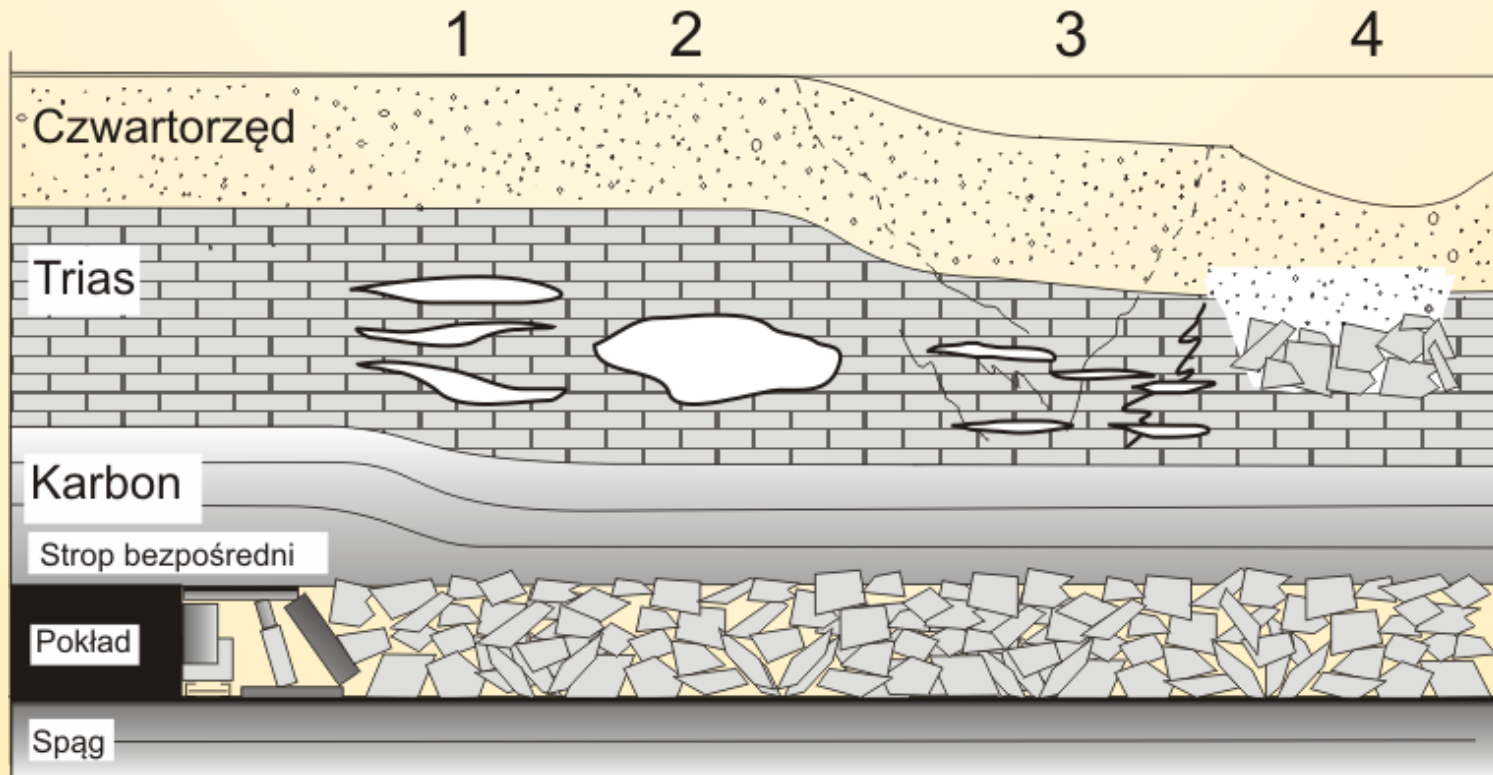


# Przykładowe przyczyny powstawania NDPT

- Osłabienie obudowy wyrobisk górniczych (butwienie, korozja);
- Nadmierne wyęźnienie górotworu;
- Rozwój szczelin, pustek i dróg spływu wód, zwłaszcza wód słodkich z opadów atmosferycznych;
- Mała odległość do stropu skały macierzystej;
- Wzmożony ruch wód podziemnych na skutek odwadniania głębszych warstw górotworu;
- Osłabienie warstw triasu skutek eksploatacji w karbonie;
- Odbiegające od normy warunki meteorologiczne;
- Zmiany stanu naprężeń w górotworze na skutek działalności budowlanej;
- Obciążenia dynamiczne i wibracje (np. ruch samochodowy);

# Deformacje powierzchni w wyniku eksploatacji pokładu węgla pod warstwą triasu przykrytego cienkim osadem czwartorzędowym

6.WPGI  
2017 17-20.10  
RZESZÓW



1. naturalne systemy małych pustek, szczelin, rozwarstwień
2. naturalne pustki o znacznych rozmiarach, komory, chodniki
3. Deformacje w wyniku zaciskania małych pustek
4. Zapadlisko po zawale pustki o dużych wymiarach



# Losowość zjawisk związanych z powstawaniem NDPT

- Prawdopodobieństwo wystąpienia NDPT jest największe w krótkim czasie po wykonaniu wyrobisk, jeżeli ich parametry oraz właściwości otaczającego górotworu wskazują na ich niestabilność;
- Prawdopodobieństwo to maleje wraz z upływem czasu, zwłaszcza w sytuacji gdy warunki początkowe zapewniały względną trwałość wykonanych wyrobisk;
- Dla wyrobisk „historycznych” istnieje zawsze pewne niskie prawdopodobieństwo wytworzenia NDPT, niezależnie od warunków początkowych i ich zmienności w czasie

# Losowość zjawisk związanych z powstawaniem NDPT

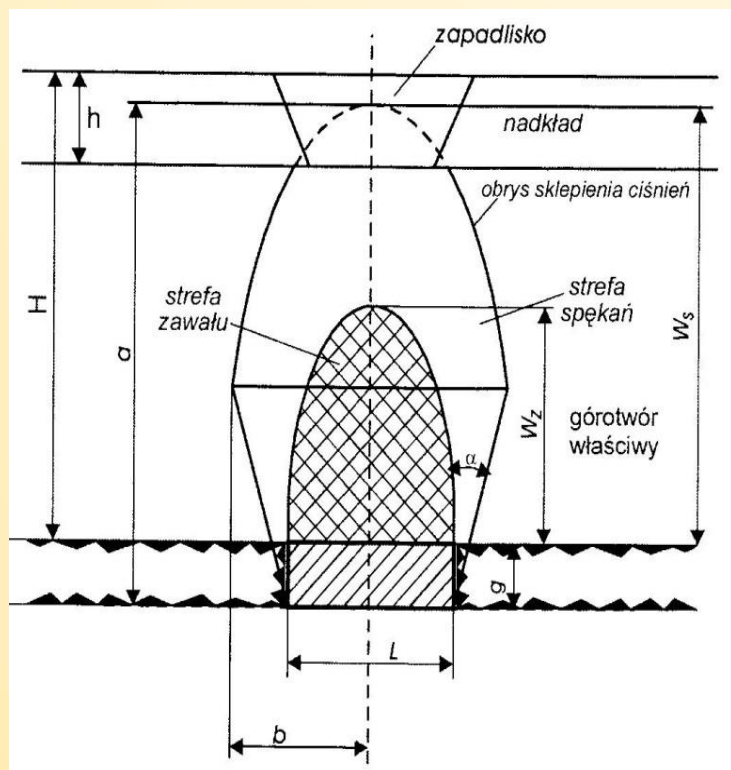
6.WPGI  
2017 17-20.10  
RZESZÓW

Istnieją liczne przypadki braku zjawisk deformacyjnych w rejonie występowania wyrobisk ewidentnie predestynujących do wywołania NDPT jak i występowanie takich zjawisk w rejonach, gdzie nic nie wskazywało wcześniej na ich pojawienie się.

W przypadku występowania wapieni w stropie karbonu poddanego eksploatacji górniczej, zjawiska NDPT mogą występować także przy braku eksploatacji triasowych rud metali

Z uwagi na upływ czas między dokonaną eksploatacją górniczą a chwilą obecną inwestorzy często nie zdają sobie sprawy z istnienia zaszłości górniczych na danym obszarze.

# Próby sformalizowania zagadnienia możliwości wystąpienia NDPT nad wyrobiskiem górniczym



Wystąpienie zapadliska jest pewne jeśli wysokość strefy zawału  $w_z$  sięgnie stropu górotworu zwięzłego, czyli:

$$w_z \geq H - h$$

gdzie:

$H$  – głębokość wyrobiska,

$h$  – grubość nadkładu (warstwy utworów spychanych).

Wysokość strefy zawału  $w_z$  można określić na podstawie prostych założeń jako równą:

$$w_z = g \frac{4(k+1) - \pi(k-1)}{2\pi(k-1)} \quad \text{lub} \quad w_z = g \left[ \frac{6}{\pi(k-1)} + 0,25 \right]$$

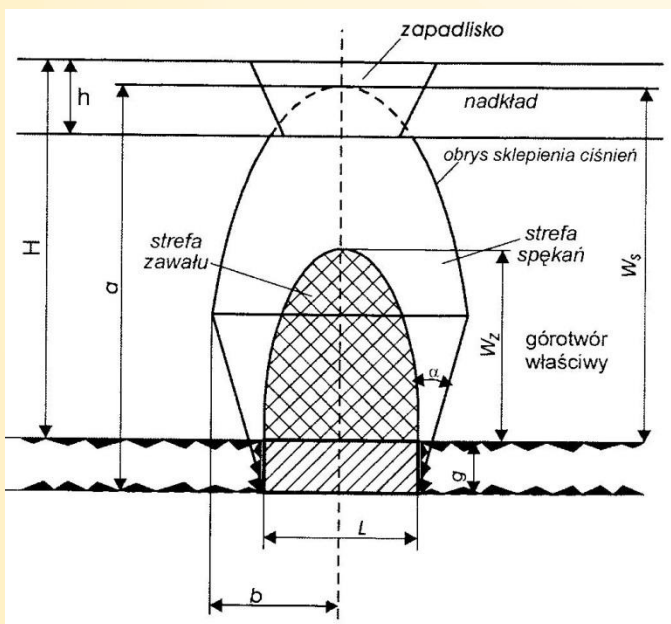
gdzie:

$k$  – współczynnik rozluźniania gruzowiska zawałowego zależny od głębokości i rodzaju skał,

$g$  – wysokość wyrobiska

Wysokość strefy spękań  $w_s$  jest funkcją wielkości geometrycznych związanych z tzw. Sklepieniem ciśnien oraz parametrów wytrzymałościowych skał otaczających wyrobisko





## Określenie prawdopodobieństwa zawału wyrobiska i wytworzenia NDPT

Wskaźnik  $Z$  określa stosunek miąższości warstwy skały macierzystej nad wyrobiskiem do wysokości wyrobiska

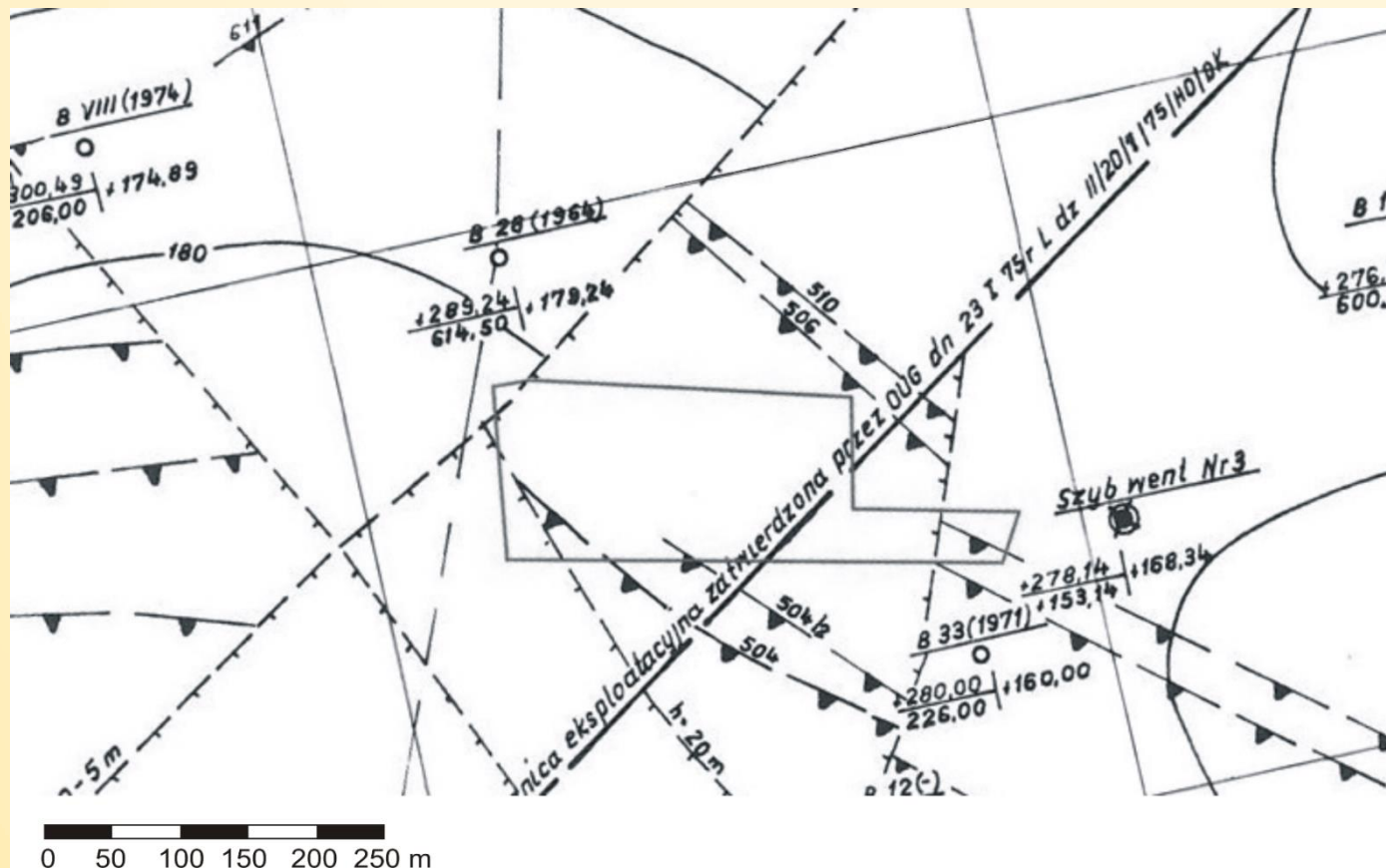
$$Z = \frac{H - h}{g}$$

Prawdopodobieństwo wystąpienia NDPT nad wyrobiskiem zmienia się od 1,0 (wystąpienie deformacji jest pewne) dla  $Z \leq 10$  do 0,0 (wystąpienie deformacji jest niemożliwe) dla  $Z \geq 50$ .

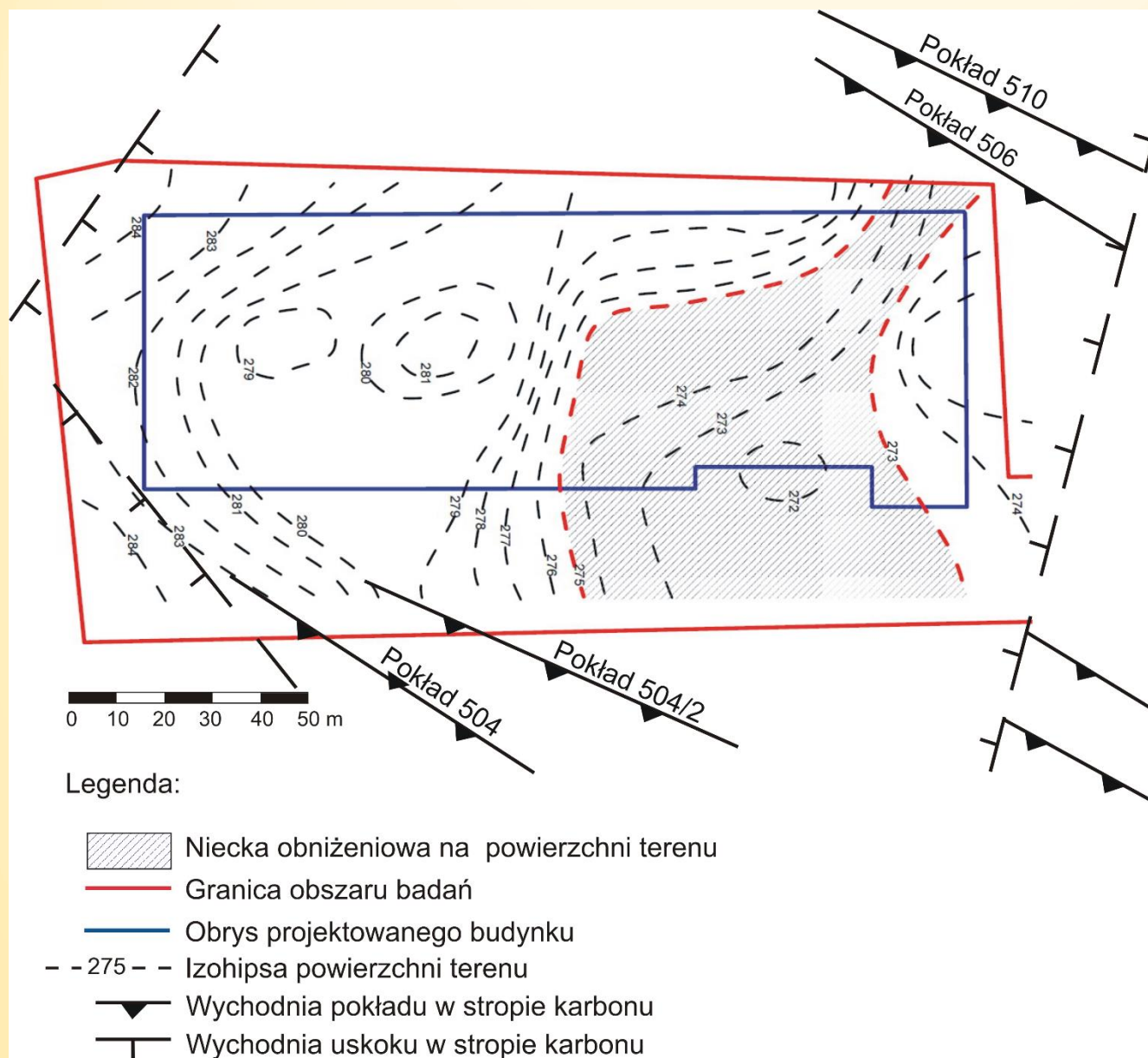
Na podstawie wartości wskaźnika  $Z$  i odpowiadającego mu prawdopodobieństwa wystąpienia zapadliska  $P$  ustalono cztery kategorie zagrożenia terenu wystąpieniem deformacji nieciągłych:

- kategoria A:  $Z > 50$ ;  $P = 0$ ; wierzchołek strefy spękań znajduje się poniżej stropu górotworu zwięzłego,
- kategoria B:  $30 < Z < 50$ ;  $0 < P < \leq 0,42$ ; wierzchołek strefy spękań znajduje się na wysokości stropu górotworu zwięzłego,
- kategoria C:  $10 < Z < 30$ ; zasięg strefy spękań przenika do luźnego nadkładu, wierzchołek strefy zawału pozostaje w obrębie zwięzłego; prawdopodobieństwo wystąpienia deformacji jest średnie dla  $20 < Z < 30$  i wynosi  $0,69 < P \leq 0,42$  i wysokie dla  $10 < Z \leq 20$  wynoszące  $1 > P > 0,69$ ,
- kategoria D:  $Z \leq 10$ ;  $P = 1$ ; wysokość strefy zawałowej sięga do warstw luźnego nadkładu.

# Fragment mapy stropu karbonu w rejonie planowanej inwestycji



## Powierzchnia terenu w miejscu planowanej inwestycji





# Odwadnianie obszaru pogórniczego kopalni „Saturn”

Głębokość szybów 188 lub 210 m

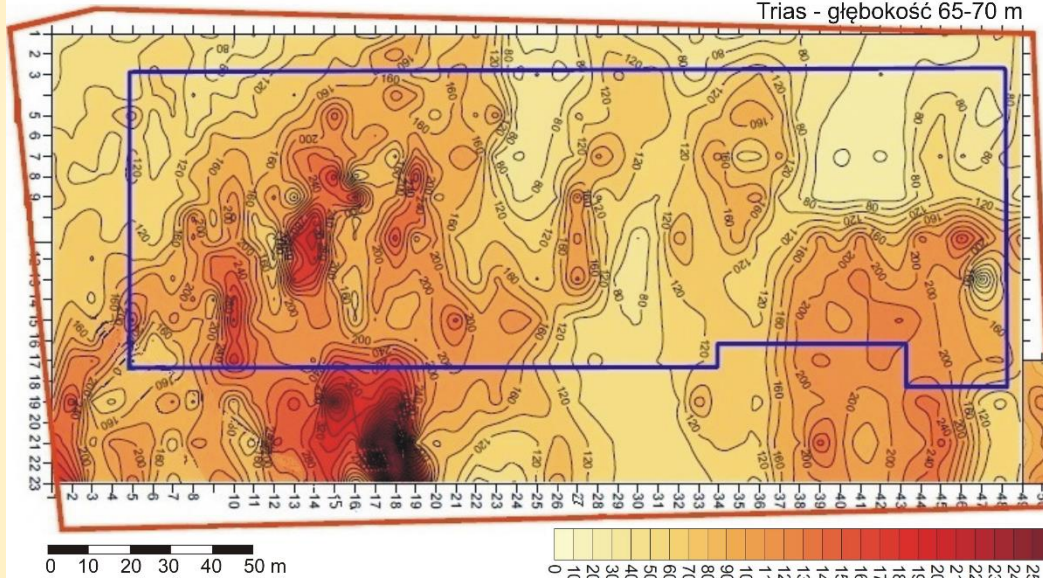
Dopływ wód 29-35 m<sup>3</sup>/min

System odwadniania głębinowy

Dostarcza 10 mln m<sup>3</sup> rocznie – zajmując drugie miejsce spośród wszystkich odwadnianych rejonów w GZW



Trias - głębokość 65-70 m

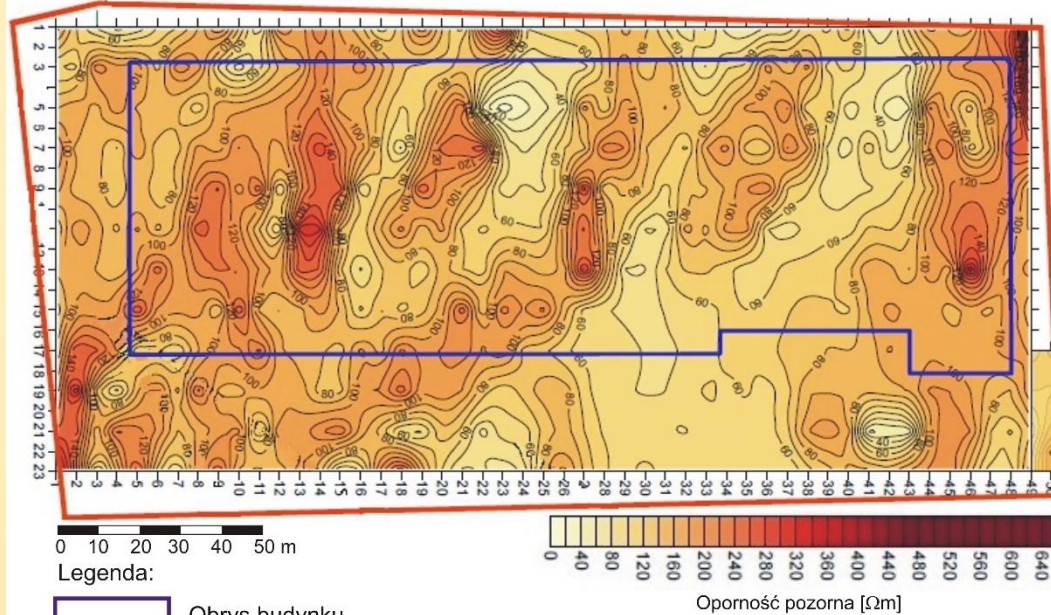


# Mapy elektrooporności w obrębie stropu karbonu i pokładu 510 węgla oraz warstwy triasu ponad obszarem wyeksploatowanym


Rozkład anomalii można łączyć z układem wyrobisk i przyjętym systemem eksploatacji


Strop karbonu - głębokość 125-135m


Oporność pozorna [ $\Omega$ m]



Legenda:

 Obrys budynku

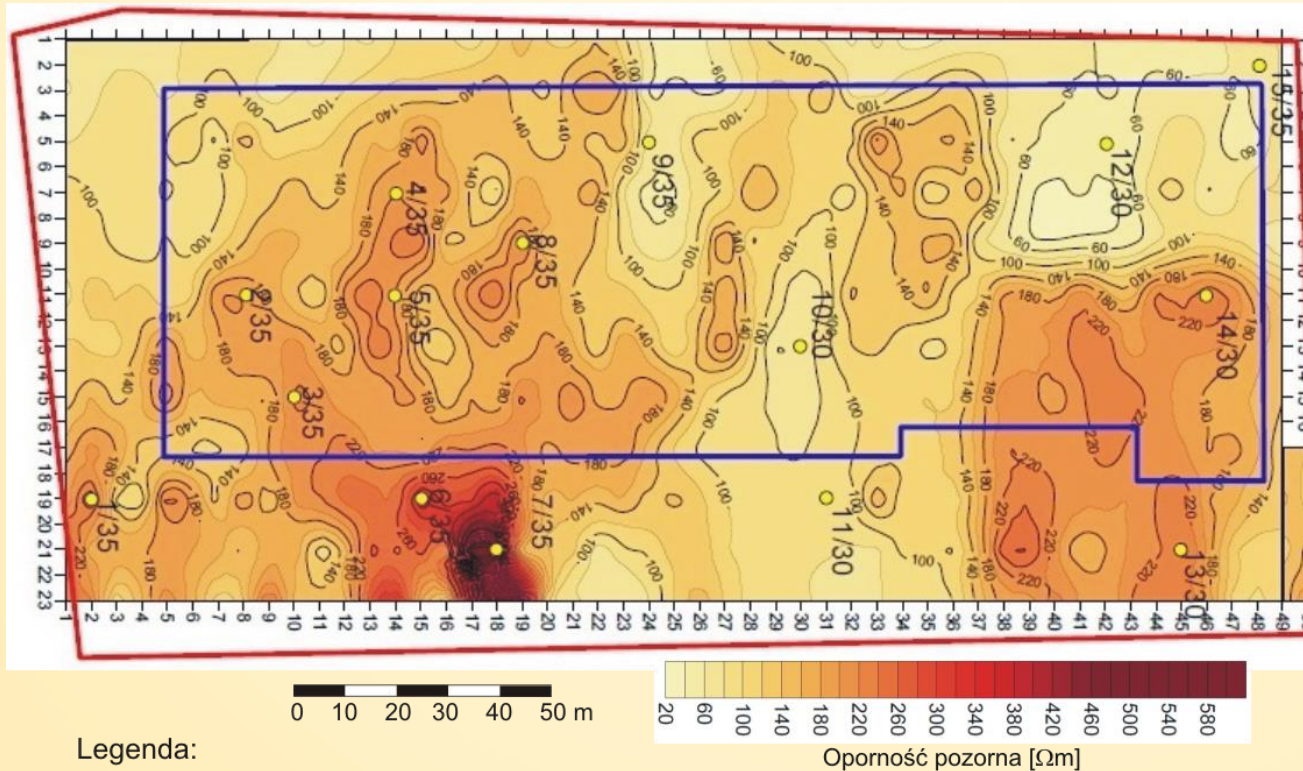
 Anomalie niskooporowe

 Anomalie wysokooporowe



# Wyniki przeprowadzonych robót zabezpieczających

Mapa rozkładu elektrooporności w warstwie triasu 65-70 m po wypełnieniu pustek



Legenda:



Obrys budynku



2/35

Otwór podsadzkowy  
Numer/głębokość [m]



Anomalie niskooporowe



Anomalie wyskooporowe

Otwór 5: 12 m<sup>3</sup>  
Otwór 10: 25,3 m<sup>3</sup>  
Otwór 12: 30,1 m<sup>3</sup>  
Otwór 15: 35,8 m<sup>3</sup>

## Podsumowanie

- Istotnym czynnikiem rozwoju pustek w utworach wapiennych są zjawiska erozyjne związane z przepływem wody;
- Zagrożenie zawałem takich pustek i wystąpienie NDPT wzrasta kiedy warstwa utworów wapiennych zalega nad eksploatowanym złożem karbońskim;
- Procesy erozyjne w utworach triasowych i w karbonie ulegają nasileniu w wyniku odwadniania terenów górniczych i sprzyjają destabilizacji zarówno wyrobisk górniczych, jak i pustek w ich stropie, łącznie z płytkimi warstwami triasowymi;
- Metoda elektrooporowa daje możliwość dokładnego zobrazowania stref anomalnych nawet na stosunkowo dużej głębokości poniżej powierzchni ziemi;
- Punktowy charakter otworów wiertniczych oraz złożoność budowy stref nieciągłych mogą powodować, że część otworów nie spełnia swojej roli.



**Dziękuję za uwagę**