

# ODPADY KOPALNIANE JAKO WYTRZYMAŁY GRUNT ANTROPOGENICZNY WYKORZYSTYWANY W NOWOCZESNYCH KONSTRUKCJACH GEOTECHNICZNYCH

## THE ANTHROPOGENIC GROUND COME FROM MINING WASTES USED IN MODERN GEOTECHNICAL STRUCTURES

Monika GWÓZDŹ-LASOŃ

Politechnika Krakowska, Instytut Geotechniki, mgl@op.pl

---

### Streszczenie

Jednym z etapów realizacji interdyscyplinarnych projektów geotechnicznych jest kompleksowa analiza możliwości jakie daje dany obszar, na wzmocnienie słabych gruntów przeznaczonych na nowe cele inwestycyjne, sposobami, które pozwalają wykorzystać lokalne materiały w sposób normowo dopuszczalny, ekonomiczny i ekologiczny. Nowe trendy są wykorzystywane przy budowie nowych obiektów inżynierskich, gdzie w warstwy podbudowy, czy warstwy stabilizujące słabe podłoże gruntowe, wbudowywane są materiały antropogeniczne z uwagi na możliwość wyczerpania się źródeł złóż naturalnych. Odpady, powstające podczas eksploatacji i przeróbki węgla kamiennego to niewykorzystane źródło materiału o dobrych parametrach wytrzymałościowych. Jednocześnie jest to materiał o różnorodnych i zmiennych właściwościach w poszczególnych przedziałach czasowym. W ramach niniejszej pracy przedstawiono procedurę wykorzystania odpadów kopalnianych jako grunt antropogeniczny w konstrukcji gabionów w geotechnicznym projekcie stabilizacji skarpy. Przeprowadzone badania potwierdziły, że analizowany materiał z jednej z hałd posiada dobre parametry geotechniczne i może być użyty do zaprojektowanego zastosowania geotechnicznego, zastępując lub uzupełniając dużo droższe materiały rodzime. Z uwagi na specyfikę gruntu antropogenicznego parametry nośności muszą być każdorazowo sprawdzenie, a sprawdzenie stateczności lub nośności projektu geotechnicznego najlepiej sprawdzać na modelach numerycznych.

**Słowa kluczowe:** grunt antropogeniczny, odpady kopalniane, parametry geotechniczne, oddziaływania geotechniczne i inżynierskie, konstrukcje geotechniczne.

---

### Abstract

One of the stages of the realization of interdisciplinary geotechnical projects is a complex analysis of the opportunities which offered review areas to strengthen the weak subsoil earmarked for new investment objectives. This approach applies to use local materials in a way where civil engineering norms, engineering, economic and ecological standarts are allowed. New trend is observed in the construction of new engineering structures, where the foundation layer or layers of stabilizing weak subsoil are rebuilt on anthropological materials causing the possibility of the exhaustion of the natural resources. The waste generated during the operation and processing of coal waste are represents an untapped source materials with good endurance parameters. However, it is a material possessing globally unknown properties. This article presents procedure the use of mining waste as a anthropogenic ground in the gabions construction in stabilization project of slopes. The results of studies numerical tests have confirmed that the analysed material from one of slagheap that had to be revitalized complexion have good geotechnical parameters and can be used for solution designed as a much cheaper material. The structures with the use of such anthropogenic ground should be designed individually on the basis of numerical calculations.

**Keywords:** anthropogenic ground, mining wastes, geotechnical parameters, geotechnical and engineering impact, geotechnical construction.

---

### 1. Wstęp

Odpady, które powstają podczas eksploatacji i przeróbki węgla kamiennego stanowią wciąż niewykorzystane źródło materiału. Aktualne analizy i obliczenia wykazują, że materiały te mogą być użyte do różnego rodzaju zastosowań geotechnicznych. Analizowane odpady kopalniane bardzo często mogą zastępować lub uzupełniać, w sposób wytrzymałościowo porównywalny, typowe materiały ro-

dzime wykorzystywane przy realizacji różnych projektów wzmocnienia podłoża gruntowego.

Jednym z etapów realizacji interdyscyplinarnych projektów geotechnicznych jest kompleksowa analiza możliwości jakie daje dany obszar, na wzmocnienie słabych gruntów przeznaczonych na nowe cele inwestycyjne, sposobami, które pozwalają wykorzystać lokalne materiały w sposób normowo dopuszczalny, ekonomiczny i ekologiczny. Badanie lokalnego rynku, przeważnie rozpoczyna

się od analizy zapisów w studium lub w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego dla obszaru, na którym ma być zlokalizowana analizowana inwestycja. W aspekcie przedmiotowego zagadnienia, bierze się pod uwagę tereny hałd górniczych, w szczególności możliwość ich rewitalizacji na inne tereny kształtujące nowy ład i funkcjonalność przestrzenną miasta. Drugim równie istotnym aspektem analizy jest zbadanie parametrów wytrzymałościowych gruntów antropogenicznych, które tworzą te hałdy. Podstawą do zakwalifikowania danego typu odpadów do określonej grupy materiałów, jest spełnienie wymogów wytrzymałościowych dla wzorcowego materiału budowlanego oraz możliwość rewitalizacji terenów zajęte na te odpady górnicze poprzez zmianę ich przeznaczenie, a co za tym idzie ich wartości rynkowej [2], [3], [4], [6].

W ramach prowadzonego projektu badawczego została przeprowadzona kompleksowa analiza możliwości zastosowania wybranego gruntu antropogenicznego w realizacji wybranego projektu konstrukcji geotechnicznej. Analiza parametrów geotechnicznych badanego gruntu antropogenicznego pozwala na odpowiednie kalibrowanie modeli konstytutywnych gruntu. Wyniki z przeprowadzonych badań pozwalają na określenie parametrów ścisłości oraz na oszacowanie kohezji i kąta tarcia wewnętrznego jako funkcji wskaźnika porowatości analizowanych odpadów kopalnianych. Wyniki, uzyskane w toku realizacji przeprowadzonego projektu badawczego, pozwalają na odpowiednią klasyfikację gruntów antropogenicznych, poprzez przedstawienie koncepcji możliwych rozwiązań konstrukcyjnych, w których mogą być wykorzystywane te odpady oraz otrzymane wyniki pozwalają na ocenę ekonomiczną i środowiskową, która ma duże znaczenie praktyczne.

## 2. Charakterystyka odpadów kopalnianych

Odpady kopalniane są w postaci wszystkich trzech stanów skupienia, a powstały podczas różnych prac związanych z wydobywaniem odkrywkowym lub podziemnym. Są to materiały, które tworzą się z okruszków skalnych, z warstw towarzyszących pokładom węgla oraz z przewarstwień węglonośnych wydobytych na powierzchnię w procesie urobku węgla. Odpady wydobywcze stanowią ponad połowę wszystkich odpadów wytwarzanych w kraju. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów zalicza odpady wydobywcze do pierwszej grupy, a zgodnie z tym katalogiem grupa ta dzieli się na cztery podgrupy tj. grupa odpadów z wydobywania kopalni, dwie następne podgrupy odpadów z fizycznej i chemicznej przeróbki rud metali i przeróbki kopalni innych niż rudy metali, a także czwarta podgrupa płuczek wiertniczych i innych odpadków wiertniczych [2], [3].

Podział odpadów wydobywczych ze względu na ich charakterystykę techniczną oraz procesy eksploatacyjne i technologiczne dzieli się na odpady górnicze oraz odpady przerobcze pierwotnie i wtórnie. Jeśli mówimy o odpadach górniczych, to mamy na myśli skały pochodzące z robót górniczych i robót przygotowawczych udostępniających złoża kopaliny głównej w kopalniach głębinowych lub od-

krywkowych. Odpady te stanowią średnio około jedną piątą ogólnej masy odpadów wydobywczych. Natomiast odpady przerobcze, to materiał skalny wydobyty wraz z urobkiem w formie stałej lub szlamu i oddzielany w procesach wzbogacania kopaliny głównej, przeprowadzonej w drodze procesów mechanicznych, fizycznych, biologicznych, termicznych lub chemicznych, a także połączenia tych procesów w trakcie sortowania, rozdrabniania, płukania lub flotacji. Ich udział w ogólnej masie wytwarzanych odpadów wydobywczych wynosi blisko 80%.

Przeprowadzone badania wykazały, że materiały te mogą być użyte do różnego rodzaju zastosowań geotechnicznych, gdyż bardzo często dobrze zastępują lub uzupełniają materiały rodzime.



**Rysunek 1.** Wybrany teren jednej z hałd odpadów górniczych z określonymi reprezentatywnymi grupami sklasyfikowanych gruntów antropogenicznych.

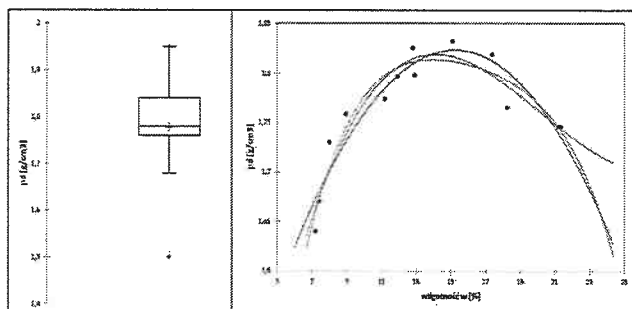
Obecnie grunty antropogeniczne najczęściej są klasyfikowane jako nasyp niekontrolowany, o nieokreślonych parametrach materiałowych, dlatego podjęcie próby sklasyfikowania tych gruntów i przydzielenia odpowiednich parametrów geotechnicznych, ekonomicznych oraz określenie możliwości ich zastosowania, jest zadaniem istotnymi i potrzebnymi. Z wybranej hałdy, pobierano próbki reprezentatywne do przebadanych i sklasyfikowania występujących tam odpadów górniczych. Z pozyskanych próbek odpadów, po analizie makroskopowej zgodnie z EN ISO 14688 wyodrębniono cztery rodzaje gruntów antropogenicznych, których klasyfikacja oparta był na cechach określających stan materiału, jego parametry fizycznych i szacunkowe wartości wytrzymałościowe wstępnie oszacowane na podstawie plastyczności, konsystencji, składu granulometrycznego, a także zawartość i dylatancje frakcji pylastej i ilastej badanych gruntów oraz wytrzymałości w stanie suchym [8], [9], [10].

Z tak dla wstępnie wyselekcjonowanych i sklasyfikowanych gruntów zaprojektowano zakres badań laboratoryjnych pod kontem możliwości przeprowadzenia w kolejnych krokach projektowych omawianego geotechnicznego projektu interdyscyplinarnego, który stanowi zakres pracy z analizą numeryczną obrazującą możliwość zastosowania danego odpadu do projektowanych rozwiązań geotechnicznych. Założony, maksymalny czas przeznaczony na prace laboratoryjne oraz koszty tych badań i analiz wyników, z uwagi na rodzaj parametrów, ich jakość i ilość, stanowią jeden z bardzo istotnych parametrów przydatności danej metody do realnego wykorzystania. Analiza parametrów geotechnicznych gruntów antropogenicznych zaliczonych

do wybranych podgrup reprezentacyjnych musi umożliwić kalibrowanie modeli konstytutywnych gruntu tj. Coulomba – Mohra, Druckera – Pragera, CAP i Modified Cam Clay [9].

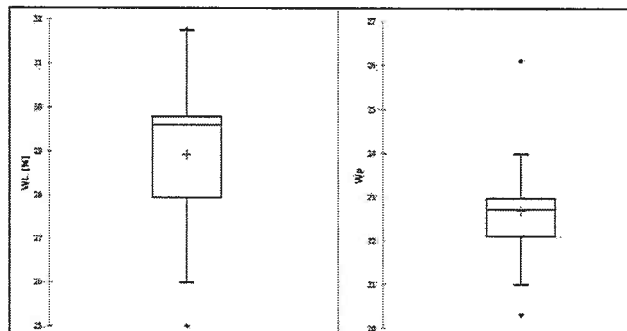
### 2.1. Wyniki badań właściwości fizycznych gruntów antropogenicznych

Badania laboratoryjne wykonano zgodnie z obowiązującymi specyfikacjami technicznymi PKN-CEN ISO/TS 17892-1÷17892-12, a także w oparciu o wcześniejsze opracowania, badania i analizy z prac własnych oraz bazując na aktualnej literaturze. Większość badań wykonano na próbkach o wilgotności optymalnej, z wyjątkiem kilku przypadków, gdy założona metoda badania była odmienna. Przepadano skład granulometryczny wraz z określeniem wskaźników różnoziarnistości  $C_u$  i krzywizny  $C_c$ . Ogólna analiza wyników rozkładu cząstek badanych grup próbek uściśla, że zawartość ich frakcji ilastej jest na poziomie 10%, a zawartość frakcji pylastej nie przekraczała 20%. Pod względem geotechnicznym badany materiał odpadowy jest porównywalny do clGr, saclGr oraz sgrCl (czyli żwiru ilastego, żwiru ilastego z domieszką piasku oraz iltu z żwirem i z domieszką piasku). Wykonano również badania wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości objętościowej – rysunek 2, a także badania zawartości części organicznych  $I_{om}$  w tych gruntach. Wyniki średnie z przebadanych granic Atterberga, pokazują wykresy pudełkowe przedstawiające graficzną interpretację analizy statystycznej otrzymanych wyników [10], [11].



**Rysunek 2.** Wykresy optymalnej gęstości objętościowej jako mediana analizowanych danych o wartości 1,78 i wykres wilgotności optymalnej zabranej na serii danych reprezentacyjnych.

Jak widać na rysunku 3, 26,30% jest wartością maksymalną granicy plastyczności, natomiast 20,20% to wartości minimalna tego analizowanego przedziału, ponadto średnia i mediana są prawie identyczne o wartościach 22,69% i 22,725%, natomiast odchylenie standardowym obliczone dla tej grupy danych wynosi 1,284. Wartość średnia z granic płynności to 28,925%, przy medianie 29,60 % i odchyleniu standardowym 1,416.



**Rysunek 3.** Wykresy pudełkowe przedstawiające graficzną interpretację analizy statystycznej granic Atterberga badanych gruntów antropogenicznych.

### 2.2. Wyniki badań właściwości mechanicznych analizowanych gruntów antropogenicznych

W pakiecie badań właściwości mechanicznych przebadano wodoprzepuszczalność, wskaźniki pęcznienia  $I_{pc}$ , ponadto wykonano badania edometryczne i trójosiowe oraz bezpośredniego ścinania, które pozwalają na określenie parametrów ściśliwości tj. współczynnika ściśliwości objętościowej, modułów edometrycznych i siecznych oraz nachyleń prostych konsolidacji pierwotnej i wtórnej. Przeprowadzono wszystkie badania, a następnie oszacowano kohezję i kąt tarcia wewnętrznego jako funkcje wskaźnika porowatości. Na podstawie danych z przeprowadzonych badań określono zależności wskaźnika porowatości względem przemieszczenia poziomego oraz wartości maksymalnego naprężenia ścinającego względem odpowiadającego mu naprężenia konsolidacji.

W Tabeli nr 1 zostało przedstawione zestawienie geotechnicznej charakterystyki wyszczególnionych podgrup gruntów antropogenicznych, które są podstawą do analiz i obliczeń w kolejnych etapach omawianego tutaj zagadnienia. Dla wybranych reprezentatywnych czterech grup odpadów kopalnianych, występujących na tej samej hałdzie, określono podstawowe parametry fizyczne i wytrzymałościowe, które będą potrzebne do dalszych obliczeń i symulacji zastosowania wybranych materiałów do realizacji inwestycji.

**Tabela 1.** Fizyczne i wytrzymałościowe parametry geotechniczne czterech wyodrębnionych reprezentacyjnych gruntów antropogenicznych (A, B, C i D) zlokalizowanych na przedmiotowej hałdzie z odpadami górnymi.

	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	w (%)	$\rho_{ds}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	c (kPa)	$M_u$ (kPa)	M (kPa)
A	20,00	12,50	2,15	38,50	22,50	78.200	121.300
B	21,00	13,00	1,90	32,00	27,50	62.800	110.200
C	18,80	15,00	2,00	48,40	21,00	96.700	200.000
D	19,50	15,50	1,95	22,00	28,50	28.500	42.500

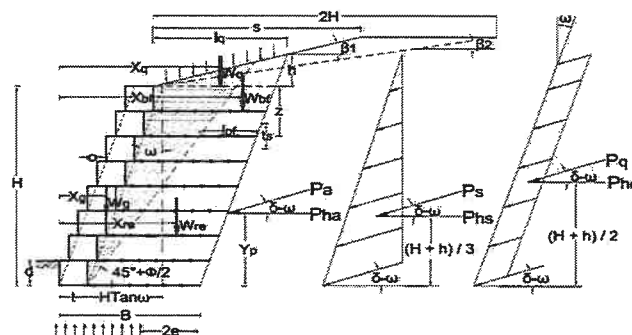
### 3. Budowa modeli obliczeniowych i analiza przeprowadzonych symulacji numerycznych projektów geotechnicznych z wykorzystaniem gruntów antropogenicznych

Parametry geotechniczne określone w badaniach laboratoryjnych stanowią dane wyjściowe do kolejnego etapy projektu. Do projektowania nowych konstrukcji geotechnicznych, które mają zabezpieczać stateczność i osiadanie inwestycji, koniecznym jest przebadane wartości charakterystyczne i obliczeniowe parametrów gruntowych zarówno przy stosowaniu metod analitycznych, jak i numerycznych. Zgodnie z wytycznymi normowymi, w szczególności PN-EN 1997-1 i -2, po zrealizowaniu etapu zebrania wszystkich potrzebnych wyników badań polowych i laboratoryjnych, przechodzi się do oszacowania wartości wyprowadzonych na podstawie założonej teorii, korelacji lub na podstawie doświadczenia. Mają wszystkie potrzebne wartości obliczeniowe i charakterystyczne, można założyć metodę dalszego obliczania. W zależności od liczby wykonanych badań, kalibracja można poddać różne modele obliczeniowe, które zweryfikują nowe założenia projektowe analizowanych rozwiązań geotechnicznych z wbudowanym gruntem antropogenicznym. Najszybsze i najtańsze badania laboratoryjne uzupełniają zestaw parametrów wymaganych do modelu konstytutywnego Coulomba – Mohra i Druckera – Pragera. Do budowy modelu CAP lub Modified Cam Clay potrzebnych jest dużo więcej danych, a co za tym idzie konieczny jest większy program badań i więcej czasu, co przekłada się na zwiększenie kosztów etapu badań laboratoryjnych [4], [8], [9]. W celu oszacowania wartości ustalonych parametrów wszystkich elementów modeli obliczeniowych, wykorzystano statystyczne metody określania pojedynczych właściwości. Wykorzystano tutaj normowe procedury oceny, przy założeniu odpowiedniej liczby kwantyli do określenia wartości współczynnika charakterystycznego. Wszystkie dane przeanalizowano statystycznie, mając na uwadze wartości błędów statystycznych, które są porównywalne dla innych danych o zbliżonej liczbie danych. Przy analizie i obliczaniu szacunkowym wartości parametrów reprezentacyjnych brano pod uwagę stosunkowo mają liczbę danych i związane z tym wartości niepewność statystycznej. Oszacowane parametry stanowią podstawę do budowy modeli obliczeniowych i do przeprowadzania analiz i symulacji pozwalających na określenie stopnia przydatności odpadów górniczych do wykorzystania tych gruntów antropogenicznych jako materiału do wykorzystania jako materiał wbudowany do rozwiązania geotechnicznego.

#### 3.1. Grunt antropogeniczny jako materiał konstrukcyjny

Przebadane odpady górnicze w postaci gruntów antropogenicznych z reguły stanowią dobry materiał budowlany. Obecnie projektowane i wykonywane są konstrukcje geotechniczne z uwzględnieniem przedmiotowych odpadów górniczych jako elementów wzmacniających słabe podłoża – w wyszczególnionych wybranych miejscach o słabszych

parametrach wytrzymałościowych, jako nasypy komunikacyjne, warstwy konstrukcyjne nawierzchni drogowej i drogowych poboczy [5], [7]. Analizowany materiał wykorzystywany jest również jako budulec parkingów na terenach usługowych i przemysłowych np. różnych firm logistycznych, ponadto jako materiał nadający się do wszystkich typów zabezpieczeń stateczności skarp w postaci elementów konstrukcji oporowych. Jednym z zaproponowanych w omawianej projekcji rozwiązań, jest współpraca zabezpieczonego podłoża – stoku przydrożowego z konstrukcją oporową w postaci muru gabionowego wypełnionego przebadanym gruntem antropogenicznym – rysunek nr 4.



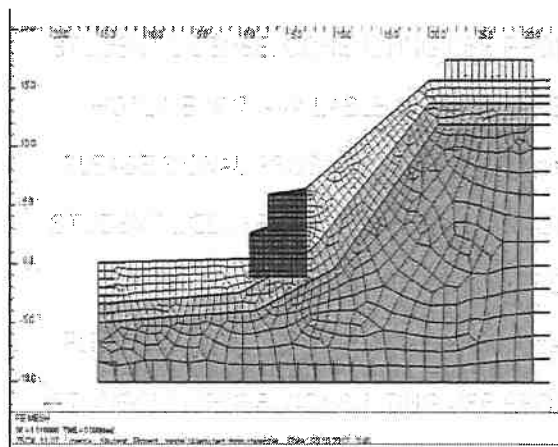
**Rysunek 4.** Założona konstrukcja geotechniczna w postaci muru oporowego projektowanego przy skarpach wokół inwestycji drogowych, który jest wykonany z gabionów wypełnionych odpadami górniczymi w postaci przebadanych i zaklasyfikowanych gruntów antropogenicznych.

#### 3.2. Analiza numeryczna

Projektowane konstrukcje geotechniczne, w następnym etapie projektowym zostały przeanalizowane pod kontem wszystkich przypadków, w których wymagane jest sprawdzenie stateczności ogólnej czy oporu granicznego podłoża i projektowanej konstrukcji geotechnicznej. Sprawdzenie stateczności ogólnej wymagane jest dla przypadków, gdy inwestycja jest związana z wykopami, ścianami oporowymi, zboczami lub skarpami i wyrobiskami, natomiast przeanalizowanie oporu granicznego podłoża wymagane jest dla przypadków, gdy przewidziana jest utrata nośności podłoża na skutek wyparcia gruntu spod projektowanej konstrukcji lub ścięcia gruntu w poziomie posadowienia [1], [9].

W omawianym przypadku, wyniki przeprowadzonych analiz numerycznych określają zakres wartości współczynników stateczności SF dla całego badanego układu oraz dla analizowanych poszczególnych wariantów. Na podstawie różnych grup danych laboratoryjnych, przeanalizowano różne modele obliczeniowe w aspekcie zbieżności wartości obliczeniowych do wartości rzeczywistych. Odpowiednie dane wyjściowe charakteryzujące przedmiotowe podłoża gruntowe służą do stworzenia wielostrefowego modelu gruntowego. Na bazie danego modelu szacuje się wszystkie potrzebne wielkości niezbędne do sprawdzenia stanów granicznych konstrukcji. Koncepcja i projekt budowy globalnej bazy danych w ujęciu lokalnym jest obecnie w fazie

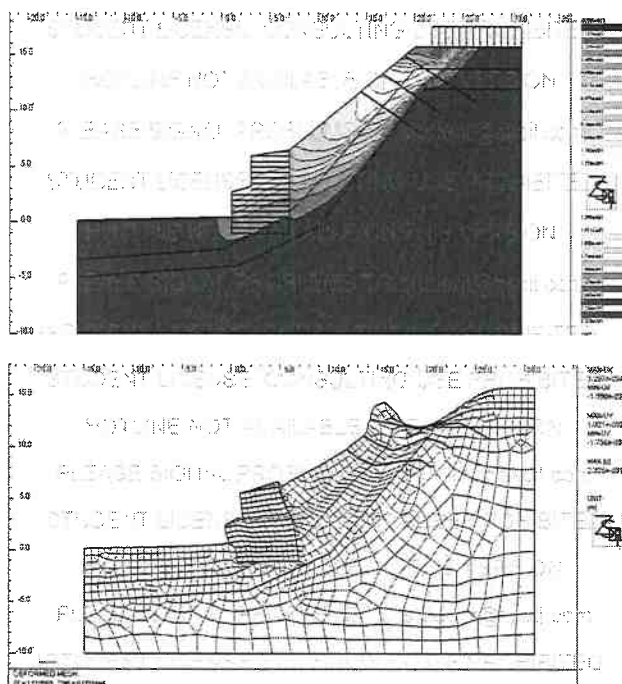
realizacji jako jeden z etapów niniejszego projektu badawczego. Wybrane modele gruntowe zastosowane do procedury obliczeniowej pozwalają uwzględnić takie czynniki, jak nieliniowość w modelu konstytutywnym gruntu, przestrzenność stanów deformacji i naprężeń, a także reologie modelu gruntowego, etapowość realizacji konstrukcji geotechnicznych – w szczególności w omawianym tutaj przypadku [1], [4], [9], [12]. Przeliczono również zmienność poziomów piezometrycznych i przepływów wody oraz ciśnienia sphywowego, a także pęcznienie gruntów.



**Rysunek 5.** Geometria i schemat modeli obliczeniowych MES przedmiotowego zastosowania odpadu powęglowego, jako materiał wbudowanego do konstrukcji geotechnicznej ściany oporowej.

Symulacje numeryczne przy użyciu programu Z\_Soil na założonych na wstępie modelach obliczeniowych dają oszacowane wartości błędów, nie większą niż 28,5748% na podstawie wyników niniejszego projektu badawczego. Natomiast czas i koszt badań laboratoryjnych określających parametry gruntu antropogenicznego oraz parametry geotechniczne przedmiotowego podłoża, na którym ma powstać planowana inwestycja o określonej kategorii geotechnicznej, są mniej więcej o jedną trzecią niższe niż ogólna przeznaczona pula. Na pewno przy inwestycjach zakwalifikowanych do trzeciej kategorii geotechnicznej, do których obowiązkowo sporządzana się projekty geotechniczne, wraz z analizą warunków nośności i stateczności na skomplikowanych modelach gruntowych przeznaczona

pula finansowa na badania laboratoryjne była w całości wykorzystana [1], [4], [8]. W takich rozwiązaniach łącznie analizuje się wpływy wszystkich istotnych parametrów mających znaczenie na formę współpracy gruntu z konstrukcją podczas przekazywania obciążeń. Wyniki przeanalizowanych obliczeń potwierdzają, że dla inwestycji zlokalizowanych na terenach zaliczanych do pierwszej kategorii geotechnicznej oraz w niektórych przypadkach zaliczanych do drugiej kategorii geotechnicznej obliczenia współpracy oddziaływania obiektów z podłożem gruntowym bardzo często daje satysfakcjonujące wyniki przy analizie na bazie prostych modeli obliczeniowych. Model, to redukcja rzeczywistości, czyli abstrakcja zjawisk występujących w naturze, dlatego nie ma potrzeby sprawdzania wyników z skomplikowanych modeli podczas obliczenia prostych zjawisk. Otrzymane z eksperymentów numerycznych wyniki wskazały inżynierskie i ekonomiczne kierunki wykorzystania gruntów antropogenicznych. Dalsza rozbudowana koncepcja wyceny wartości rynkowej i odtworzeniowej z aspektem dochodowym rewitalizacji terenów z hałdami górnymi oraz z optymalnymi geotechnicznymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi ma bardzo duże znaczenie biznesowe.



**Rysunek 6.** Wybrane wyniki przeprowadzonych symulacji numerycznych zaprojektowanych konstrukcji geotechnicznych z elementami odpadów górniczych.

#### 4. Aspekty ekonomiczne analizowanego projektu

Pierwszym i najbardziej oczywistym celem rozpoznania podłoża gruntowego jest wykonanie prawidłowego projektu współpracy zaprojektowanej konstrukcji inżynierskich z podłożem, ale są również inne równie ważne cele projektowania rozpoznania geotechnicznego podłoża

gruntowego. Informacje o parametrach charakteryzujących podłoże gruntowe są istotne przy procedurach tworzenia nowych planów zagospodarowania przestrzennego miast i gmin oraz przy tematach związanych z wywłaszczeniami terenów na cele publiczne na przykład takie jak budowa dróg, autostrad czy obiektów użyteczności publicznej. Parametry geotechniczne nieruchomości gruntowej są istotne przy wycenie wartości rynkowej nieruchomości gruntowych przeznaczonych jako tereny komercyjne. Znajomość charakterystyki podłoża gruntowego w aspekcie parametrów geotechnicznych jest obowiązkowa z uwagi na rozporządzenia w sprawie ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych i oczywiście jest niezmiernie przydatna, gdyż wpływa znacząco na aspekty ekonomiczne różnych przedsięwzięć związanych z podłożem gruntowym i jego nośnością lub statecznością terenów w bezpośrednim sąsiedztwie [6]. Prawidłowe zaprojektowanie i wykonanie rozpoznania geotechnicznego podłoża gruntowego wymaga sprecyzowania przedmiotu i zakresu oraz celu do jego ma być ono wykorzystane. Wszystkie założenia wstępne determinują określone atrybuty jakimi należy się kierować przy wyborze metod badań, ilości punktów badawczych, ilości i klasy pobieranych próbek, itd. Badanie parametrów terenów górniczych to kluczowe zadanie przed rozpoczęciem tworzenia nowych planów zagospodarowania przestrzennego miast czy gmin. Wykorzystywanie odpadów górniczych do tworzenia nowych inwestycji, jest przedsięwzięciem podczas którego dodatkowo można odzyskać powierzchnie gruntu, która obecnie ma przeznaczenie w miejscowych planach zagospodarowania jako tereny górnicze tj. hałdy i przeprojektować oraz przetworzyć je na tereny sportowe, rekreacyjne lub inne.

Aspekt ekonomiczny zaproponowanego i przeanalizowanego projektu badawczego, jest możliwy do szybkiego oszacowania, gdzie wskaże się pomniejszenie ogólnego kosztu realizacji inwestycji zaprojektowanej konstrukcji geotechnicznej o wartość różnicy kosztów materiału rodzimego głównie używanego do realizacji przedmiotowego projektu i kosztów pozyskania i przebadania wybranego odpadu górniczego. Ponadto aspekt ekonomiczny przechodzi na zwiększenie wartości rynkowej prawa własności do terenów, które na skutek omawianego projektu zostaną zrewitalizowane na inne tereny kształtujące nową funkcjonalność przestrzenną miasta. W niektórych przypadkach wartość całkowita projektu się pokrywa z zyskami wynikającymi z zmiany wartości 1m<sup>2</sup> prawa własności do nieruchomości gruntowej przez i po rewitalizacji. Takie rozwiązanie jest kluczowe przy stosowaniu technologii BIM w projektowaniu geotechnicznym [4].

## 5. Podsumowanie

Racjonalne planowanie przestrzenne powinno polegać na alokacji wybranych funkcji zagospodarowania danego terenu tak, aby w sposób w pełni świadomy zoptymalizować korzyści płynące z jego użytkowania. Metody badania podłoża gruntowego i sporządzania dokumentacji geotechnicznej – główne dla trzeciej i drugiej kategorii

geotechnicznej powinny zawierać szczegółowe informacje na temat parametrów wytrzymałościowych i fizycznych podłoża gruntowego. Pierwsze rozpoznanie podłoża gruntowego powinno dać informację o naturalnych zagrożeniach lub profitach jakie mogą wystąpić na danym terenie w momencie przystąpienia do jego użytkowania. Kolejnym etapem analizy powinny być dane z wykonanych, zgodnie z zaprojektowanym zakresem, badań rozpoznania warunków gruntowo – wodnych, gdzie jednoznacznie określa się rodzaj i ilość badań dla założonej kategorii geotechnicznej zgodnie z przeznaczeniem terenu w miejscowym planie zagospodarowania lub w studium. W efekcie końcowym przeprowadzonego rozpoznania powinno otrzymać się parametry podłoża – reliable soil parameters, dla których znana jest jakość parametru w ujęciu analizy statystycznej dla przeprowadzonych badań in situ, a także znana jest jakość próbki przeznaczonej do badań laboratoryjnych i wpływ niejednorodności ośrodka gruntowego na wyznaczenie reprezentatywnego parametru dla wydzielenia jednorodnej geotechnicznie warstwy w tworzonym modelu obliczeniowym. Na samym końcu wybór odpowiedniego modelu obliczeniowego i numerycznego oraz analiza parametrów określających wartości w badanych stanach granicznych zaprojektowanej konstrukcji geotechnicznej. Całości podejścia naukowo empirycznego przyświeca aspekt ekonomiczny i środowiskowy.

## Bibliografia

1. Gaszyński J., Gwóźdź – Lasoń M., *Numerical Models of Reinforced* Proceeding of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (16ICSMGE), Osaka, Japan, September 12-16, 2005, pages 709-802
2. Gwóźdź – Lasoń M., *The cost-effective and geotechnical safely buildings on the areas with mine exploitation*, 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017, 29 June – 5 July, 2017; Conference Proceedings; Volume 17; Science and Technologies in Geology; Exploration and Mining; ISSUE 13; Exploration and Mining; ISBN 978-619-7105-00-1; ISSN 1314-2704; DOI: 10.5593
3. Gwóźdź – Lasoń M., Miklaszewicz S., Pujer K., *Unia Europejska i strefa euro. Doświadczenia i wyzwania ekonomiczne, techniczne, inżynierskie*; Wydawca EXANTE; Monografia naukowa współautorska, 2017, ISBN: 978-83-65690-25-8
4. Gwóźdź – Lasoń M., *Technologia BIM w projektowaniu geotechnicznym; Rozdział nr 8; Podstawy projektowania geotechnicznego : wprowadzenie do nowych technologii w geotechnice : praca zbiorowa*; s. 216-230, ISBN 978-83-7242-924-7, Wydawca Politechnika Krakowska, 2016, *Książka jako praca zbiorowa pod redakcją Aleksandra Urbańskiego; Autorstwa: Gwóźdź R., Gwóźdź-Lasoń M., Łach K., Urbański A.*
5. Gwóźdź – Lasoń M., *Inwestycje budowlane na terenach osuwiskowych – analiza przyczynowo – skutkowa powstawania uszkodzeń w budynkach podczas wykony-*

- wania prac związanych z modernizacją sąsiedniej inwestycji, Przegląd Budowlany 9/2016, str. 25-32, 2016, PL ISSN 0033-2038 INDEKS 37067
6. Gwóźdź – Lasoń M., *Badanie i Analiza ZEI – Zerowego Etapu Inwestycji, określającego Nośność Podłoża Gruntowego jako Atrybutu Mającego Wpływ na Wartość Calej Inwestycji Budowlanej i Determinującego Istotne Czynniki Wpływające na Strategiczne Podejście w Decyzji Managerskich*, Rozdział nr 11 Monografii naukowej „Zarządzanie przedsiębiorstwem w kontekście zrównoważonego rozwoju” Exante, Wrocław 2016 r. str. 179 – 198, Data wydania: lipiec 2016, ISBN: 978-83-65374-12-7
  7. Gwóźdź – Lasoń M., *Trans-disciplinary Concept of Geotechnical Slope Stability Design*, Proceedings of the XV Danube – European Conference on Geotechnical Engineering (DECGE 2014), Vienna, Austria, on September 9 – 11, 2014, ISBN 978-3-902593-01-6, p. 373-382, © 2014 ÖIAV – Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Wien
  8. Gwóźdź – Lasoń M., *Numerical Models Of Reinforced Subsoil Used For Estimate The Geotechnical Parameters Impact on Market Value of Plots with Commercial Use*, Proceedings of the XIVth Danube-European Conference on Geotechnical Engineering – From Research to Design in European Practice, Bratislava, Slovak Republic, 2010, ISBN 978-80-227-3279-6,
  9. Gwóźdź – Lasoń M., *Modele obliczeniowe podłoża gruntowego w aspekcie różnych metod i technologii wzmocnieni*, Praca Doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.
  10. Kadela M., Gwóźdź–Lasoń M., Dudko-Pawłowska I., *Parametry geotechniczne wybranych odpadów kopalnianych i hutniczych; Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN (ISSN: 2080-0819), rok 2016, nr 94, s. 229–242*
  11. Kawalec B., *Właściwości fizyczne i mechaniczne odpadów kopalnianych jako gruntu budowlanego*, Praca Doktorska, Politechnik Śląska, Gliwice 1995.
  12. Kozłowski M., Kadela M., Gwóźdź – Lasoń M., *Numerical Fracture Analysis of Foamed Concrete Beam Using XFEM Method; Applied Mechanics and Materials*, ISSN: 1662-7482, Vol. 837, pp 183-186, © 2016 Trans Tech Publications, Switzerland Online: 2016-06-01.