



Marek SZMUC\*, Maksymilian BURDA\*

## **Zjawiska osuwiskowe w zawodnionych utworach geologicznych byłego wyrobiska poeksploatacyjnego Kopalni Siarki Piaseczno**

Streszczenie: Wyrobisko Piaseczno, po wyłączeniu pompowania wód podziemnych w rejonie Machowa, jest obecnie najniższym położonym ośrodkiem drenażowym w rejonie Tarnobrzega. Niestety, przynosi to niepożądane skutki w postaci występowania znaczącego gradientu ciśnienia wód podziemnych w otoczeniu wyrobiska. Napływ wód podziemnych zakłóca warunki równowagi stateczności skarp i zboczy wyrobiska, które uformowano w warunkach lądowych. Zmiana zawodnienia utworów geologicznych w obrębie wyrobiska powoduje nasilenie niepożądanych zjawisk osuwiskowych. Stanowią one zagrożenie dla otoczenia wyrobiska, jego przyszłych użytkowników, a obecnie także dla pracującej w obrębie odkrywki załogi.

Wyniki analizy warunków stateczności pozwalają stwierdzić, że odwodnienie skarp metodą bezwykopową poprawi warunki geotechniczne. Obliczenia wskazują, że wartość wskaźnika stateczności po zastosowaniu drenażu poziomego wzrośnie od kilku do kilkudziesięciu procent. Zaletą proponowanego rozwiązania likwidacji zjawisk osuwiskowych metodą bezwykopową jest grawitacyjny, bezkosztowy sposób odprowadzenia wody do zbiornika Piaseczno. Po wykonaniu otworów drenażowych koszty utrzymania systemu odprowadzenia wody ze skarp ograniczą się do serwisowania otworów oraz ich ewentualnej renowacji za pomocą metod stosowanych powszechnie w technice sanitarnej. Przyjęty wodny kierunek rekultywacji wyrobisk spowoduje powstanie zbiornika wodnego o powierzchni lustra wody około 160 ha, dodatkowo pełniącego funkcję rekreacyjno-sportową.

Słowa kluczowe: wyrobisko górnicze, rekultywacja terenów, zbiornik wodny, obiekty hydrotechniczne, system odwodnieniowo-drenażowy

## **Landslide phenomenon in watered geological sediments in the closed outcrop of the Piaseczno Sulfur Mine**

Abstract: The Piaseczno outcrop it is the lowest drainage center in the region of Tarnobrzeg. This brings undesirable consequences such as a significant pressure gradient of groundwater in the vicinity of the outcrop.

\* Kopalnia Siarki Machów SA, w likwidacji, Tarnobrzeg

The inflow of groundwater disturbs the equilibrium conditions of the escarpments and slopes, which was formed under the land conditions. As a result, the dangerous phenomenon known as a landslide occur within the outcrop.

The results of analysis of stability conditions indicate that the dehydration of escarpments using trenchless methods improves the geotechnical conditions. The value of indicator stability will increase from several to several dozen percent after applying horizontal drainage. An advantage of the proposed trenchless method is also the gravitational, cost-free discharge of water to the Piaseczno reservoir. After the drainage holes, the costs of drainage system of escarpments will be limited only to the maintenance of holes (eventually renovation) by methods commonly used in sanitary techniques. The water reclamation of outcrops will lead to the forming of a water reservoir with an area of 160 ha. It will also serve as a sport and recreation area.

Keywords: outcrop, land reclamation, water reservoir, hydrotechnical objects, drainage system

## **Wprowadzenie**

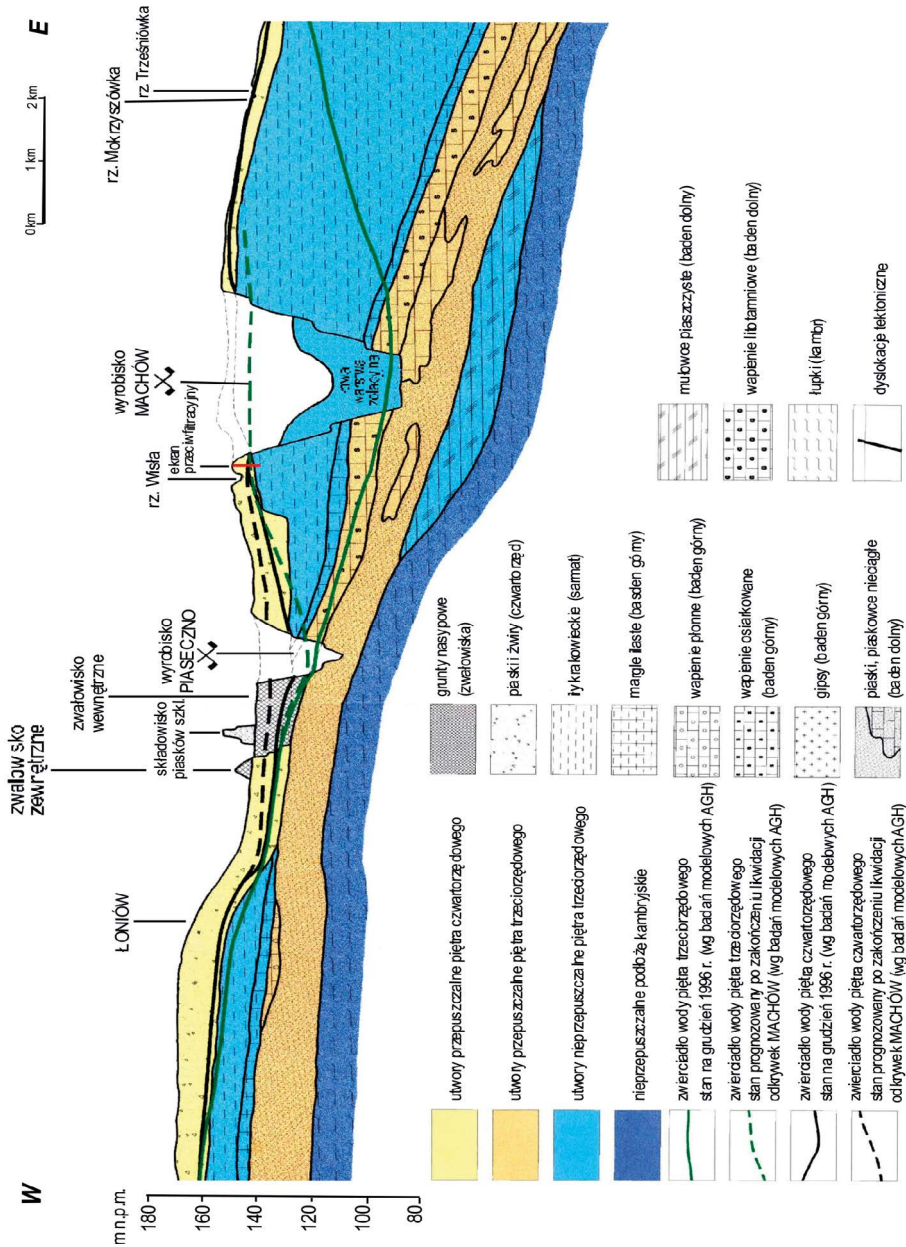
Eksploracja złóż siarki rodzimej metodą odkrywkową w rejonie tarnobrzeskim prowadzona była w wyrobisku Piaseczno (1958–1971) oraz Machów (1970–1992). Zaprzestanie wydobywania siarki i likwidacja tych kopalń odkrywkowych były jednym z najpoważniejszych problemów w polskim górnictwie siarki. Odbudowa pierwotnych stosunków wodnych w rejonie wyrobiska Machów miała korzystny wpływ na tereny przyległe, natomiast w przypadku terenów wokół Piaseczna może spowodować wystąpienie licznych podtopień na terenach, które przez około 50 lat były w zasięgu strefy drenażu. Zasięg oddziaływania obejmuje powierzchnię przekraczającą 40 km<sup>2</sup>.

Znaczną część terenów objętych zasięgiem wpływu leja depresji wokół wyrobiska Piaseczno stanowią użytki rolne, głównie sady, stąd wynika konieczność wykonania melioracji znacznych obszarów zagrożonych podtopieniem. Brak skutecznego systemu zabezpieczającego doprowadziłby do zniszczenia upraw, a także do powstania szkód w zabudowie stałej spowodowanych zalaniem przez wody gruntowe fundamentów budynków mieszkalnych i gospodarczych. Powstała paradoksalna sytuacja, w której odwodnienie terenu na etapie budowy kopalni uważane było za szkodę górniczą; szkodą będzie również ewentualny powrót stosunków wodnych do stanu pierwotnego (Kirejczyk 1997). Zaplanowane prace likwidacyjne w istotny sposób ograniczają zagrożenie lub je całkowicie eliminują. Najważniejsze zagadnienia, związane z ochroną środowiska i rekultywacją, powinny przebiegać w skojarzeniu prac likwidacyjnych kompleksowo dla obydwu wyrobisk.

Wodny kierunek rekultywacji, z przeznaczeniem na cele rekreacyjne, jest powszechnie stosowanym modelem przy zagospodarowywaniu tego typu wyrobisk w kraju i za granicą. Poza wieloma czynnikami technicznymi decydującym jest aspekt ekonomiczny (Kopeć 1993).

### **1. Zmiany warunków hydrogeologicznych związane z likwidacją wyrobiska Piaseczno**

Wyrobiska Machów i Piaseczno zlokalizowane są na tym samym złożu siarki rodzimej Piaseczno–Machów–Tarnobrzeg (rys. 1). Oddzielone są od siebie rzeką Wisłą. W rejonie wyrobisk występuje czwartorzędowe i trzeciorzędowe piętro wodonośne. W czasie prowa-



Rys. 1. Przekrój hydrogeologiczny (Kulma 2006)

Fig. 1. Hydrogeological section (Kulma 2006)

dzenia eksploatacji oraz prac likwidacyjnych drenowano zarówno jedno, jak i drugie piętro. Czwartorzędowe piętro wodonośne odwadniane było za pomocą studni głębinowych, drenów poziomych i rowów, natomiast piętro trzeciorzędowe wyłącznie za pomocą studni głębinowych.

Specyficzne warunki wydobycia siarki metodą odkrywkową spowodowały:

- znaczne, w większości nieodwracalne, przekształcenia geomechaniczne powierzchni, w wyniku których powstały ogromne wyrobiska Machów o powierzchni około 600 ha i Piaseczno o powierzchni około 160 ha,
- zaburzenia dynamiki pięter wód podziemnych, osuszenie terenów przyległych do wyrobisk przez ich odwadnianie i powstanie rozległych lejów depresyjnych.

System odwodnienia odkrywki Machów spowodował, że wyrobisko Piaseczno znalazło się w zasięgu oddziaływania rozległego leja depresyjnego, jaki utworzył się w poziomie wód trzeciorzędowych wokół tej kopalni. Poziom wód w wyrobisku Piaseczno był wypadkową oddziaływania odwodnienia powierzchniowego tego wyrobiska i systemu odwodnienia studniami trzeciorzędowymi wyrobiska Machów. Fakt ten miał zasadnicze znaczenie dla rozważań nad wpływem likwidacji wyrobiska Machów na otwarty zbiornik Piaseczno i całe jego wyrobisko. W stosunku do układu horyzontów wodonośnych w tym rejonie zbiornik wodny położony jest w trzeciorzędowym piętrze wodonośnym wspólnym dla obu wyrobisk Piaseczno i Machów (Kirejczyk i in. 1994).

Przed udostępnieniem złoża siarki, w miejscu obecnego wyrobiska Piaseczno utrzymywało się swobodne zwierciadło wód poziomu czwartorzędowego na rzędnej około 145 m n.p.m. Napięte zwierciadło wód poziomu trzeciorzędowego stabilizowało się na rzędnej około 148 m n.p.m. W okresie eksploatacji złoża, system odwadniający kopalni wytworzył rozległy lej depresyjny z maksymalną depresją w wyrobisku wynoszącą około 55 m.

Od roku 1980, kiedy w wyrobisku poeksploatacyjnym byłej Kopalni Siarki Piaseczno zakończono wydobycie piasków szklarskich spod pokładu wapieni siarkonośnych, obserwuje się stabilizację układu hydrodynamicznego w piętrach czwartorzędowym i trzeciorzędowym. Minister Przemysłu Chemicznego i Lekkiego w 1982 r. zniósł obszar górniczy Piaseczno po wcześniejszym uzgodnieniu z Urzędem Wojewódzkim w Tarnobrzegu, wskazując konieczność przekazania wyrobiska Elektrowni Połaniec z przeznaczeniem na składowisko odpadów paleniskowych. Wykorzystanie popiołów do likwidacji wyrobiska Piaseczno budziło wiele obaw wśród lokalnej społeczności. Podnoszone były argumenty, że wprowadzenie hydromieszaniny ilowo-popiołowej do istniejącego już zbiornika może zniszczyć w nim życie biologiczne. Po przejściu wyrobiska przez Elektrownię Połaniec, system odwadniający bazujący na barierach studziennych, został wyłączony. Jego funkcję przejął system oparty na wybudowanej w tym celu pompowni. Zmiana systemu odwadniania oraz zmniejszona ilość odbieranych wód spowodowały stopniowe podniesienie się ich zwierciadła w wyrobisku, na dnie którego utworzył się zbiornik wodny. Poziom lustra wody uzależniony był nie tylko od ilości wypompowywanej wody, lecz w dużej mierze zależał od hydrogeologicznego połączenia dwóch wyrobisk, tj. Piaseczno i Machów. Po przejściu przez Kopalnię Siarki Machów w 2004 roku terenów wyrobiska Piaseczno najważniejszym zadaniem stało się wykonanie warstwy izolującej piętro wodonośne czwartorzędowe od trzeciorzędowego. Przyjęcie sposobu zastosowanego w przypadku likwidacji wyrobiska w Machowie było niemożliwe z uwagi na brak odpowiedniej ilości i jakości ilów krakowiec-

kich oraz potrzebnych maszyn górniczych. Znacznym utrudnieniem byłby również zbiornik wodny istniejący w odkrywcę.

Ze względu na protest miejscowej ludności co do przyjętego sposobu likwidacji wyrobiska Piaseczno (a w szczególności niepełnej izolacji serii chemicznej) i obawy co do jakości wód przyszłego zbiornika, „Hydroprojekt” Sp. z o.o. w Warszawie w 2006 roku opracował ekspertyzę ograniczenia dopływu wód trzeciorzędowych do zbiornika Piaseczno wraz z prognozą efektu ekologicznego. W ekspertyzie rozważono kilka wariantów ograniczenia dopływów, analizując równocześnie:

- efekt ekologiczny mierzony stopniem poprawy jakości wody w przyszłym zbiorniku w stosunku do prowadzonego obecnie sposobu likwidacji traktowanego jako wariant bazowy,
- techniczno-ekonomiczne warunki realizacji.

Uzyskane wyniki pozwoliły na przyjęcie do realizacji wariantu polegającego na wykonaniu pełnej izolacji skarp serii złożowej wyrobiska, który daje poprawę jakości wody w zbiorniku i jest znacznie tańszy od innych. O przyjęciu powyższego rozwiązania zdecydowała również pozytywna opinia Wójta Gminy Łoniów oraz Burmistrza Miasta i Gminy Koprzywnica. W tej sytuacji zagospodarowanie wyrobiska polega na wykonaniu następujących prac:

- pełnej izolacji skarp serii złożowej – wymagające rozszerzonego zakresu prac na wszystkie skarpy serii złożowej w wyrobisku. Sposób ten nie wymaga całkowitego odwodnienia wyrobiska, a jedynie utrzymywania w nim częściowo obniżonego poziomu wody. Do izolacji skarp serii złożowej wykorzystane zostały warstwy ilów krakowieckich zalegające w skarpach;
- profilowaniu skarp przyszłego zbiornika – doprowadzając do poprawy ich stateczności.

## **2. Zjawiska osuwiskowe w zawodnionych utworach geologicznych i sposób ich likwidacji**

Likwidacja wyrobiska poeksploatacyjnego byłej Kopalni Siarki Piaseczno prowadzona jest w kierunku przystosowania go dla potrzeb turystyki i rekreacji. Dla wyrobiska przyjęty został wodny kierunek rekultywacji, natomiast dla części zwałowiska wewnętrznego i obrzeży kierunek zadrzewieniowo-łąkowy. Zgodnie z założeniami programu likwidacji wyrobiska odsłonięcia serii złożowej zostały przykryte nadkładowymi ilami krakowieckimi spychanymi ze skarpy nadwodnej, co dodatkowo miało poprawić ich stateczność.

W ramach rekultywacji podstawowej wykonane zostały prace porządkowe związane z likwidacją zbędnych obiektów i uzbrojenia powierzchniowego oraz usunięciem zadrzewień kolidujących z planowanymi robotami. Nadrzędnym celem rekultywacji biologicznej na powierzchni skarpy nadwodnej i płaszczyzny abrazyjnej jest ich stabilizacja i zabezpieczenie przed erozją wodną.

Wypełnienie wyrobiska wodą do rzędnej 146 m n.p.m. – finalny efekt prac likwidacyjnych – może nastąpić dopiero po wykonaniu robót ziemnych związanych z ukształtowaniem skarp oraz po wykonaniu systemu drenażowo-melioracyjnego na terenach zagrożonych podtopieniem.

Budowa systemu drenażowo-melioracyjnego na terenach przyległych ma zapewnić warunki dla zachowania dotychczasowego przeznaczenia i sposobu użytkowania terenów otaczających wyrobisko. Istnieje bowiem zagrożenie, że zakończenie prac likwidacyjnych w wyrobisku może skutkować wystąpieniem podtopień, takich jakie istniały przed rozpoczęciem odwadniania złoża. Szczególnie chronione powinny być rejonu o zabudowie stałej. Systemy drenażowe zostały zaprojektowane na podstawie wyników badań symulacyjnych, przeprowadzonych na modelu hydrogeologicznym obszaru filtracji, po przyjęciu ostatecznych założeń projektowych likwidacji wyrobiska. Przewiduje się wykonanie przede wszystkim płytkiego drenażu w postaci rowów i drenów, nie wyklucza się jednak budowy lokalnych głębokich systemów drenażowych.

Aktualnie odprowadza się z wyrobiska poeksploatacyjnego nadmiar wód w ilościach zapewniających utrzymanie poziomu wody na rzędnej około 138–139 m n.p.m. (średniorocznie 138,5 m n.p.m.). Wykonane prognozy hydrogeologiczne (Kulma 2006) wykazały, że napełnianie zbiornika Piaseczno do rzędnej 138 m n.p.m. nie stworzy zagrożenia dla terenów przyległych i pozwoli na wyłączenie kosztownego odwadniania wyrobiska w Machowie, nie powodując zagrożenia dla jakości wody w zbiorniku w Piasecznie. We wrześniu 2009 r. wyłączone zostało odwadnianie wyrobiska, co zapoczątkowało kolejny etap samonapełniania zbiornika do rzędnej 138 m n.p.m. Równocześnie kontynuowane były prace polegające na kształtowaniu skarpi nadwodnych likwidowanego wyrobiska.

Obecnie poziom wody w zbiorniku (zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym) jest utrzymywany na rzędnych od 138 do 139 m n.p.m. dzięki pracy stanowiska pompowego odprowadzającego do Wisły nadmiar wód. Przy tym poziomie wody w zbiorniku wyrobisko pełni funkcje drenażową w stosunku do terenów przyległych, zabezpieczając je przed podtapianiem.

Prace likwidacyjne przy kształtowaniu nadwodnych skarpi i zboczy zostały przerwane w dniu 11 maja 2011 r. po powstaniu osuwiska na południowo-zachodnim zboczu wyrobiska uformowanym z gruntów zwałowych zwałowiska wewnętrznego (rys. 2). Po zdarzeniu powołany został właściwy zespół, którego zadaniem było wyjaśnienie przyczyn powstania osuwiska oraz opracowanie wytycznych dla dalszych prac likwidacyjnych.

Wykonana przez zespół ekspertyza wykazała, że jedną z podstawowych przyczyn wystąpienia osuwiska były skomplikowane naturalne warunki geologiczno-inżynierskie tego rejonu (grunty zwałowe) na co nie wskazywały wcześniejsze prace rozpoznawcze. Kolejnym czynnikiem były procesy związane z wieloletnim przepływem wody przez korpus zwału powodującym zjawiska sufozji, a w efekcie wzrost porowatości, rozluźnienie i obniżenie parametrów wytrzymałościowych gruntów zwałowych budujących zbocze zachodnie (rys. 3).

Według przeprowadzonych badań i analiz warunki stateczności odcinka zbocza zachodniego kopalni Piaseczno, na którym nie wykonano wtedy jeszcze prac rekultywacyjnych, były nieco korzystniejsze aniżeli w rejonie powstałego osuwiska. Wynika to przede wszystkim z korzystniejszej budowy geologicznej w tym rejonie zbocza oraz znacznie większej odległości hałdy piasków szklarskich od krawędzi zbocza.

Wskaźniki stateczności górnych skarpi niezrekultywowanej części zbocza zachodniego, przy poziomie wody w wyrobisku 138 m n.p.m., są bliskie równowagi granicznej, a lokalnie mogą okazać się niższe niż to wynika z analiz w przyjętych przekrojach obliczeniowych, dlatego też nie zalecono podejmowania dalszych prac rekultywacyjnych. Utrzymanie pozio-





Rys. 2. Osuwisko w wyrobisku Piaseczno na skarpie zachodniej stan z 11 maja 2011 r.

Fig. 2. Landslide in the Piaseczno outcrop (Western escarpment, as of May 11, 2011)



Rys. 3. Osuwisko w narożniku południowo-zachodnim wyrobiska Piaseczno stan ze stycznia 2016 r.

Fig. 3. Landslide in the Piaseczno outcrop (South-Western part of outcrop, as of January 2016)

mu wody w zbiorniku na rzędnej 138 m n.p.m. mogło wywołać utratę stateczności górnej części skarpy.

Zaproponowano rozważenie dwóch wariantów rekultywacji zachodniego zbocza wyrobiska:

- pozostawienie geometrii skarp w takim stanie jak obecnie aż do samoczynnego, końcowego ukształtowania się ich profilu,
- podjęcie prac rekultywacyjnych, po uprzednim wzmocnieniu gruntów budujących niezrekultywowany odcinek zbocza zachodniego.

Według ekspertów wariant pierwszy mógł być rozważany w przypadku wznowienia napełniania zbiornika do poziomu docelowego 146 m n.p.m., przy którym zagrożenie utratą stateczności zboczy wyrobiska będzie bardzo mało prawdopodobne. Wyższe stany napełnienia zbiornika Piaseczno wpływają bowiem na zmniejszenie spadku hydraulicznego, a w konsekwencji ciśnienia spływowego, oraz powodują wzrost sił parcia wody od strony wyrobiska poprawiając stateczność jego zboczy. Stany takie są również korzystniejsze z uwagi na poprawę jakości wody w akwenu, gdyż ograniczony jest wówczas dopływ zanieczyszczonych wód z piętra trzeciorzędowego od strony wschodniej. Spiętrzenie wody w zbiorniku do docelowej wysokości 146 m n.p.m. wymagać będzie jednak wcześniejszego wykonania systemów melioracyjnych wraz z przepompowniami, na pięciu obszarach zlewniowych. Jest to przedsięwzięcie czaso- i kosztochłonne. Pozostawiona górna skarpa zbocza ma wysokość około 10 m i dość duże nachylenie. Przy utrzymaniu poziomu lustra wody w wyrobisku na rzędnej około 138 m n.p.m. górna skarpa zbocza, jak to wynika z wykonanych obliczeń, będzie zagrożona utratą stateczności. W takich warunkach profilowanie zbocza zachodniego byłoby więc niemożliwe.

Wdrożony do realizacji wariant drugi zakładał utrzymywanie wody na poziomie przejściowym 138–139 m n.p.m. Jest to uzasadnione potrzebą utrzymania obniżonego poziomu wód podziemnych w rejonie wyrobiska do czasu wybudowania systemu melioracyjno-drenażowego na terenach przyległych. Wznowienie prac rekultywacyjnych miało na celu poprawę właściwości wytrzymałościowych gruntów budujących zbocze zachodnie, polegających głównie na ich zagęszczeniu. Do tego celu zastosowano jedną z powszechnie stosowanych w budownictwie metod konsolidacji dynamicznej – metodę mikrowybuchów.

W celu odciążenia zbocza zachodniego, poprawy jego stateczności i zapewnienia bezpiecznego wykonywania prac ziemnych przy zastosowaniu sprzętu ciężkiego, likwidację niszy osuwiskowej w wyrobisku byłej kopalni siarki Piaseczno przeprowadzono metodą hydronamywania.

W ramach wcześniejszych projektów wykonane zostały prace ziemne związane z odpowiednim ukształtowaniem terenu i skarp nadwodnych wyrobiska na zboczach północnym, wschodnim oraz południowym dla warunku docelowego napełnienia zbiornika wodą do rzędnej 146 m n.p.m.

W tym celu opracowano Dokumentację techniczną prac rekultywacyjnych w wyrobisku Piaseczno – odwodnienie skarp, projektującą drenażowy system odwodnienia skarp nadwodnych wyrobiska byłej Kopalni Siarki Piaseczno metodą bezwykopową (Cała i in. 2006), której głównym założeniem jest:

- polepszenie parametrów geotechnicznych skarp nadwodnych poprzez ich grawitacyjne odwodnienie,



- zwiększenie zasięgu oddziaływania odwodnienia wyrobiska na tereny przylegające do wyrobiska Piaseczno.

Odwodnienie wgłębne otworami drenażowymi, w połączeniu z analizą hydrogeologiczną rejonu podlegającego ruchom masowym, jest jednym z podstawowych działań przy stabilizacji osuwisk. Zastosowanie technik bezwykopowych nie ma ograniczeń głębokościowych i pozwala na rezygnację z głębokich, kosztownych robót ziemnych. Zastosowanie odwodnienia metodą wiertniczą jest celowe zarówno w przypadkach występowania wód naturalnych, jak i wprowadzonych do obszaru osuwiska przez człowieka. Dreny wykonane w bryle osuwiska będą ujmowały część wody przepływającej w kierunku powierzchni poślizgu. Odprowadzając wodę poza obszar osuwiskowy powodują osuszenie koluwiów osuwiskowych oraz zmniejszają ciśnienie hydrostatyczne, powodujące parcie poziome wody na powierzchnię osuwiska.

Odwodnienie jest najtańszym sposobem stabilizacji osuwisk; nie wymaga znacznych nakładów materiałowych, a w przypadku drenów wierconych – większych prac ziemnych. Wyrobisko Piaseczno jest częściowo zatopione. Ze względu na ograniczenia przestrzenne, a także biorąc pod uwagę zagrożenie osuwiskowe, proponuje się wykonanie odwodnienia skarp nadwodnych za pomocą metod bezwykopowych na dwa sposoby, tj.:

1. Za pomocą przewiertów kierunkowych (sterowanych) wykonywanych z powierzchni terenu, tam gdzie jest możliwe wykonywanie prac wiertniczych w granicach nieruchomości gruntowej.
2. Za pomocą otworów poziomych wierconych z powierzchni lustra wody.

Wykonanie kontrolnych piezometrów przy drenach pozwoli w pierwszej kolejności na dokładne posadowienie części filtrowych drenów w warstwie wodonośnej, pomiar zwierciadła wody przed ich zabudową, a następnie kontrolę skuteczności ich działania.

Wobec braku systemu melioracji dla terenów otoczenia wyrobiska, drenaż wgłębny wiercony będzie miał na celu:

- kontrolę sączeń wody ze skarp,
- redukcję parcia hydrostatycznego na zagęszczone grunty,
- utrzymanie właściwych parametrów gruntu,
- redukcję ciśnienia porowego w gruncie,
- wyeliminowanie niekorzystnych zjawisk związanych z zamarzaniem wody w skarpacech,
- zachowanie kohezji,
- zachowanie kąta tarcia wewnętrznego.

## Podsumowanie

Likwidacja zjawisk osuwiskowych na skarpacech wyrobiska odkrywkowego Kopalni Siarki Piaseczno, poza eliminacją uciążliwego dla środowiska obiektu i uporządkowania terenów pogórnich, stworzyła szansę powstania atrakcyjnego krajobrazowo terenu.

W efekcie prowadzonych prac rekultywacyjnych i stabilizacji osuwisk, w miejscu wyrobiska poeksploatacyjnego powstanie zbiornik Piaseczno o powierzchni lustra wody około 160 ha, maksymalnej głębokości około 40 m, pojemności całkowitej około 31 mln m<sup>3</sup>. Tereny przyległe do zbiornika staną się atrakcyjne, pozwalając w przyszłości na wykorzystanie ich i samego zbiornika do celów rekreacyjnych. Proces likwidacji wyrobiska Kopalni Siarki

Piaseczno, korzystnie będzie wpływać na środowisko naturalne również poprzez przywrócenie stosunków wodnych w rejonie wyrobisk do ich stanu pierwotnego. Wodno-rekreacyjny kierunek wykorzystania wyrobiska został tak dobrany, by mogły powstać zdrowe biologicznie obiekty. Przyjęty kierunek rekultywacji narzuca konieczność wykonania niezbędnego zakresu prac zabezpieczających, polegających na: izolacji toksycznych wód trzeciorzędowych, ukształtowaniu statecznych skarp oraz zapewnieniu doprowadzenia wody nadmiarowej do rzeki Wisły.

### *Literatura*

- Kirejczyk, J. i in. 1994. *Wpływ likwidacji kopalni siarki machów na nieczynne wyrobisko kopalni siarki w Piasecznie – konsekwencje hydrogeologiczne i ekologiczne*. OBR PS „Siarkopol”, Tarnobrzeg.
- Kulma, R. 2006. *Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne w rejonie likwidowanego wyrobiska byłej Kopalni Siarki „Piaseczno” – stan prognozowany w związku z przewidywaną zmianą poziomu odwadniania i po jego całkowitym zakończeniu*. Tarnobrzeg: SIGMA PB.
- Matuszewski, J. i in. 2006. *Ekspertyza dotycząca możliwych sposobów ograniczenia dopływu wód neogeńskich do zbiornika w likwidowanym wyrobisku Kopalni Siarki „Piaseczno” Etap I*. Hydroprojekt Sp z o.o., Warszawa.
- Cała, M. i in. 2016. *Dokumentacja techniczna prac rekultywacyjnych w wyrobisku „Piaseczno” – odwodnienie skarp*. Kraków: FNITG.