

Dorota GRZESIAK

Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, 40-555 Katowice; e-mail: wst.dorota.grzesiak@gmail.com

Małgorzata SZUKALSKA

Firma Inżynierska „KONSTRUKT” w Rybniku; e-mail: malgorzata.szukalska@gmail.com

Janusz TRZEPIERCZYŃSKI

Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, 40-555 Katowice; e-mail: janusz.trzepierzynski@gmail.com

s. 113-129

ANTROPOGENICZNE PRZYCZYNY GRAWITACYJNEJ DEGRADACJI TERENU KOLEJOWEGO W ZBROSŁAWICACH

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono zagadnienie negatywnego oddziaływania odkrywkowej eksploatacji piasku na sąsiednią nieruchomość. Eksploatacja piasku prowadzona w bezpośrednim sąsiedztwie terenu kolejowego spowodowała rozwój procesów osuwiskowych, które objęły obszar nieczynnej linii kolejowej. Opisano litologię i strukturę osuwiska, określono przyczyny utraty stateczności oraz zaproponowano stateczną odbudowę zdegradowanego terenu. Na podstawie wykonanych badań kartograficznych i wiertniczych osuwisko określono jako rotacyjne, asekwentne i delapsyjne. Głównymi przyczynami antropogenicznymi powstania osuwiska było przemieszczanie się skarpy kopalni piasku w kierunku terenu kolejowego oraz oddziaływanie zbiornika wodnego powstałego po eksploatacji piasku na podstawę skarpy.

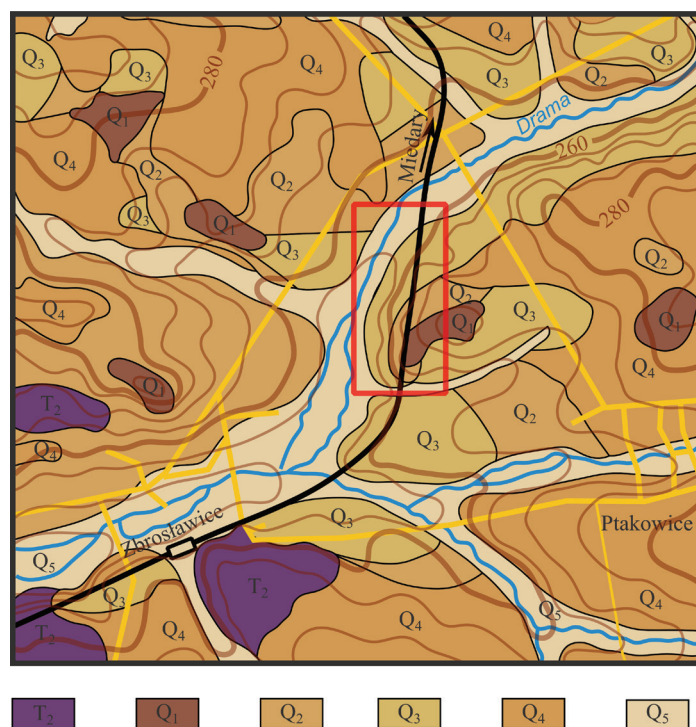
W ramach działań naprawczych zaproponowano rekonstrukcję obszaru osuwiskowego, która jest trudna do wykonania zwłaszcza na dużych obszarach oraz wiąże się z wysokimi kosztami. Odbudowę terenu, z uwagi na ochronę środowiska, krajobrazu i wód, powinno się wykonać z zastosowaniem gruntu miejscowego.

SŁOWA KLUCZOWE

osuwisko, parametry geotechniczne gruntów, stateczność skarpy, budowa nasypu

WPROWADZENIE

Jednym z głównych problemów odkrywkowej eksploatacji surowców jest zapewnienie stateczności skarp otaczających kopalnię. Stateczność skarp [1, 2] jest niezbędna dla prawidłowego funkcjonowania zakładu górniczego oraz dla bezpieczeństwa obiektów sąsiednich. Dlatego ważne jest określenie w konkretnych warunkach geologicznych bezpiecznej odległości na jaką można zbliżyć się z eksploatacją odkrywki lub wykonywaniem głębokiego wykopu, aby nie wywoływać deformacji powierzchni terenu i jej ubytku na sąsiednich nieruchomościach. Zagadnienie to w artykule przedstawiono na podstawie zdegradowania, z powodu eksploatacji piasku, terenu kolejowego w Zbrostawicach [3]. Obszar badań jest położony na północny wschód od Zbrostawic wzdłuż południkowego odcinka nieczynnej linii kolejowej Zbrostawice – Miedary.



Trias:

T₂ trias środkowy: warstwy gogolińskie – wapień płytowy, falisty, zlepioncowaty i komórkowy;

Plejstocen (złodowacenie środkowopolskie):

Q₁ – piaski, żwiry i głazy moreny czołowej; Q₂ – piaski, żwiry lodowcowe na glinie zwałowej;

Q₃ – piaski i żwiry lodowcowe; Q₄ – gliny pylaste;

Holocen:

Q₅ – osady rzeczne w ogólności;

Rys. 1. Położenie analizowanego terenu na Szczegółowej Mapie Geologicznej Polski w skali 1:50 000 [10]

Fig. 1. Localization of the studied area on the geological map in the scale of 1: 50 000

Geograficznie jest to część Wyżyny Śląskiej a w szczególności garbu tarnogórskiego, który ze względu na wyróżnianie się w morfologii terenu wzniesień utworzonych z wapieni i dolomitów środkowotriasowych określany jest również jako próg środkowotriasowy. Budowę geologiczną uzupełniają utwory czwartorzędowe wykształcone jako piaski,

żwiru i głązy moreny czołowej, piaski i żwiru lodowcowe – ze zlodowacenia środkowopolskiego oraz gliny pylaste na piaskach i żwirach warstwowych – ze zlodowacenia północnopolskiego (rys. 1). Teren przecina dolina rzeki Dramy, którą wypełniają osady aluwialne (rys. 1). Przez tak wykształcone grunty równoległe do koryta rzecznej Dramy przebiega nieczynna linia kolejowa ze Zbrostawic w kierunku Miedar (rys. 1). Wymienione utwory wieku czwartorzędowego eksploatowano w odkrywcę, której granice systematycznie przesuwano w kierunku terenu kolejowego (rys. 2, fot. 1). Taki kierunek eksploatacji powodował stopniowe zwiększanie kąta nachylenia skarpy, na koronie której znajduje się teren kolejowy, aż do utraty stateczności i likwidacji części nieruchomości kolejowej (fot. 1).

Celem artykułu jest:

- opis litologii i struktury osuwiska,
- określenie warunków utraty stateczności,
- propozycja statecznej odbudowy zdegradowanego terenu.

Poszukiwanie przyczyn powstania osuwiska polegało na zbadaniu warunków gruntowo-wodnych metodami wiertniczą i kartograficzną [1, 3]. Prace badawcze wykonano po powstaniu osuwiska. Metodą wiertniczą zdefiniowano i wydzielono warstwy gruntu w obrębie i poniżej skarpy (rys. 3, 4). Natomiast metodą kartograficzną zidentyfikowano deformacje ciągłe i nieciągłe na zdegradowanym terenie [1, 3].

Warunki gruntowo-wodne

Warunki gruntowo-wodne rozpoznano sześcioma odwiertami, z których trzy wykonano na koronie skarpy w obszarze nieczynnej linii kolejowej oraz trzy u podstawy lub w dolnej części skarpy (rys. 2). Wszystkie otwory wiercono do głębokości 6 m, przez co w sumie uzyskano 12 m profilu gruntu. Wyróżniono trzy warstwy geotechniczne gruntów niespoistych i dwie warstwy gruntów spoistych (rys. 3, 4).

Warstwa Ia

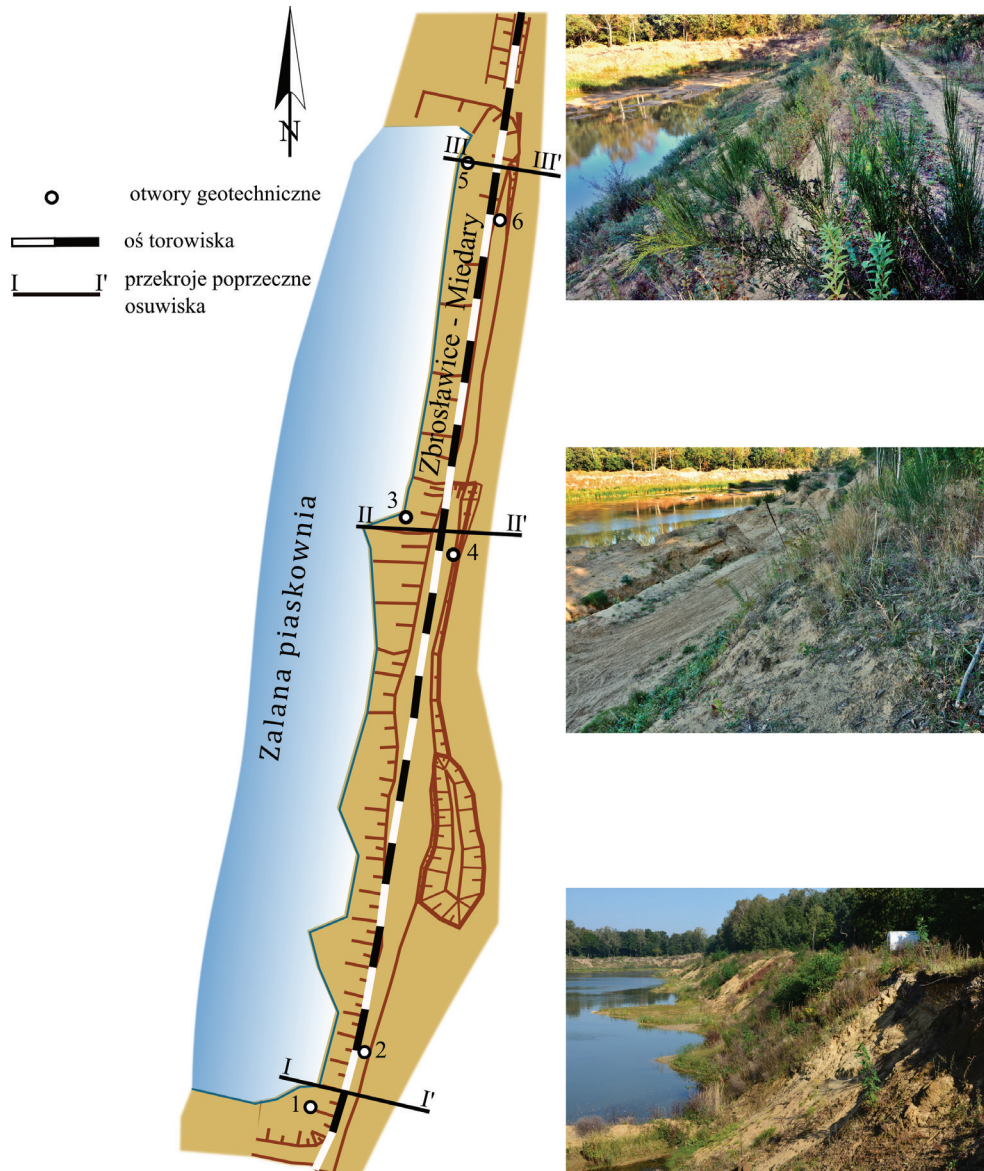
Warstwa ta o miąższości około 2,5 – 3,0 m znajduje się w górnej części skarpy (rys. 3: otwory 2, 4), gdzie jest wykształcona jako piasek średni szarozółty i brązowy warstwowy, mało wilgotny w stanie zagęszczonym. Warstwowanie piasków jest wyrażone zawartością frakcji pylastej i tlenków oraz wodorotlenków żelaza, które powodują słabą diagenезę tego gruntu (fot. 2, 3). Diagenезa piasków jest przyczyną wysokiego stopnia zagęszczenia powodującego utrzymywanie się w ich obrębie nawet pionowych ścian (fot. 2, 3, tab. 1).

Warstwa Ib

Warstwa ta o miąższości do 3,5 m występuje w dolnej części skarpy (otwór 2) i poniżej dolnej krawędzi (otwory 1, 3), gdzie jest wykształcona jako piasek średni szarozółty wilgotny i mokry w stanie średnio zagęszczonym (rys. 3, tab. 1).

Warstwa Ic

Warstwa ta o miąższości od 0,6 m do 2,3 m jest wykształcona jako pospółka barwy żółtoszarej z kamieniami i głązami wilgotna (otwory 4, 6) i mokra (otwory 1, 3, 5) w stanie zagęszczonym (rys. 3, tab. 1).



Rys. 2. Lokalizacja odwiertów i przekrojów geotechnicznych na tle zdegradowanego odcinka trasy kolejowej Zbrośławice-Miedary
Fig. 2. Localization of boreholes and geotechnical sections along destroyed railway track Zbrośławice - Miedary

Tabela 1. Parametry geotechniczne gruntów niespoistych

Parametr geotechniczny	Warstwa		
	Ia	Ib	Ic
I_D	0,70	0,50	0,70
w_n	4%	22%	14%
$\rho^{(n)}$	1,8 t/m ³	2,0 t/m ³	2,1 t/m ³
$\varphi_u^{(n)}$	34°	33°	39°
$M_o^{(n)}$	132 000 kPa	94 000 kPa	196 000 kPa
$M^{(n)}$	146 800 kPa	105 000 kPa	196 800 kPa
$E_o^{(n)}$	111 000 kPa	79 000 kPa	176 000 kPa
$E^{(n)}$	121 000 kPa	93 000 kPa	176 000 kPa

Warstwa IIa

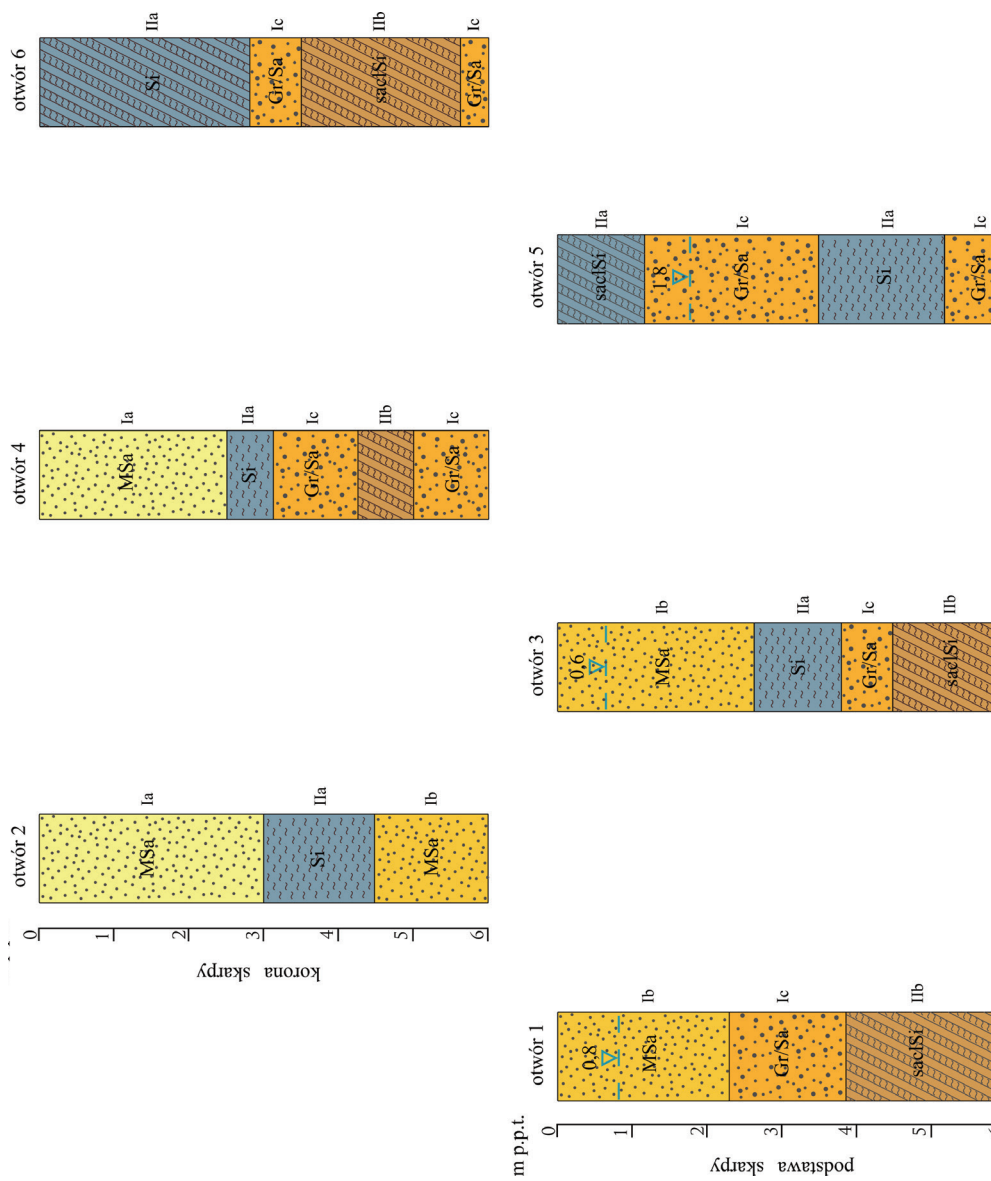
Warstwa ta jest wykształcona jako szary pył, pył laminowany i szara glina pylasta o miąższości od 1,2 m (rys.3, otwór 3) do 2,8 m (rys. 3, otwór 6) w stanie plastycznym (tab. 2). Grunty te znajdują się pomiędzy piaskiem średnim warstw Ia i Ib oraz pospółką warstwy Ic, ewentualnie ponad pospółką warstwy Ic (otwory 5, 6) lub w obrębie pospółki Ic.

Warstwa IIb

Warstwa ta jest wykształcona jako glina pylasta barwy szarej i jasnoszarej w stanie twaroplastycznym (tab. 2) z kamieniami i gładzami. Glina występuje w obrębie lub poniżej pospółki warstwy Ic (rys. 3, otwory 4, 6, 1, 3).

Tabela 2. Parametry geotechniczne gruntów spoistych

Parametr geotechniczny	Warstwa	
	IIa	IIb
I_L	0,40	0,20
w_n	24 %	20 %
$\rho^{(n)}$	2,0 t/m ³	2,1 t/m ³
$c_u^{(n)}$	10 kPa	16 kPa
$\varphi_u^{(n)}$	11°	14°
$M_o^{(n)}$	19 200 kPa	29 400 kPa
$M^{(n)}$	32 000 kPa	49 000 kPa
$E_o^{(n)}$	13 400 kPa	20 500 kPa
$E^{(n)}$	23 000 kPa	30 000 kPa



Warstwy geotechniczne:

- Ia – piasek średni zagęszczony (MSa),
- Ib – piasek średni średnio zagęszczony (MSa),
- Ic – pospółka zagęszczona (Gr/Sa),
- IIa – pył (Si) lub glina pylasta (saclSi) w stanie plastycznym,
- IIb - glina pylasta (saclSi)
- ▽ 0,8 – głębokość zwierciadła wody gruntowej

Rys. 3. Profile warstw geotechnicznych w otworach wiertniczych
 Fig. 3. Geotechnical profiles in boreholes

Badania kartograficzne - degradacja terenu kolejowego

Stan przed degradacją

Teren kolejowy Zbrostawice – Miedary przebiegał południkowo przez zachodnie zbocze wzgórza 275 m n.p.m. częściowo we wrzynie kolejowej (rys. 1). Wzgórze jest zbudowane z piasków, żwirów i głazów moreny czołowej otoczonej piaskami i żwirami z okresu zlodowacenia środkowopolskiego (rys. 1). Macierzyste podłoże linii kolejowej było nośne i mało ściśliwe, o czym świadczą parametry warstw (tab. 1) oraz łagodnie obniżało się w kierunku rzeki Dramy.

Stan po degradacji

Efekty degradacji terenu kolejowego aktualnie są o różnym stopniu zaawansowania wzdłuż wyróżnionych odcinków trasy: południowego, środkowego i północnego (rys. 2).

Odcinek południowy. Wysokość skarpy osiąga prawie 8 m i charakteryzuje się dominacją deformacji ciągłych (rys. 2, 4). Krawędź niszy osuwiskowej pokrywa się z przebiegiem osi zdemontowanego torowiska, natomiast czoło jęczora osuwiskowego znajduje się w zbiorniku wodnym. Koluwium składa się z gruntu detrytycznego złożonego z piasku i żwiru (rys. 4).



Fot. 1. Strefa graniczna skarpy z nieczynną kopalnią piasku
Fot. 1. Boundary zone between outcrop of sand deposits and landslide slope

Transport materiału następował w postaci spadania, staczania się, osuwania płytkiego, osypywania również przy udziale ablacji. Ablacja to spływająca po zboczu o nachyleniu poniżej 25° woda opadowa, która transportuje ziarna frakcji piaskowej, pyłowej oraz ilastej.

Odcinek centralny. Wysokość skarpy osiąga około 9,6 m (rys. 2, 4) i charakteryzuje się przewagą deformacji nieciągłych (fot. 4). Amplituda przemieszczenia warstw gruntu w niszy osuwiskowej wynosi około 3 m (fot. 3). W górnej części niszy osuwiskowej zachowały się fragmenty podbudowy torowiska o grubości około 30 cm. Dominującym procesem transportu w tej strefie jest zsuwanie, które zachodziło wzdłuż pierwotnych stref osłabienia wytrzymałości gruntu na ścinanie. Proces zsuwania postępował wzdłuż

powierzchni spękań wykształconych w słabo zdiagenezowanych piaskach. W gruntach o takiej strukturze powierzchnie odkuć tworzą się gdy kąt nachylenia skłonu skarpy jest większy niż kąt pochylenia powierzchni spękań. Szczeliny spękań są następnie systematycznie poszerzane erozją zwłaszcza po opadach atmosferycznych i roztopach (fot. 4). Spływające strumienie wody erodują koryta i akumulują osady, u podstawy dolnej krawędzi skarpy w formie stożka usypiskowego w zbiorniku wodnym (fot. 5).



Fot. 2. Nisza osuwiskowa w piasku średnim – warstwa Ia
Fot. 2. Landslide scar in middle sand – layer Ia

W odcinku centralnym dominuje koluwium złożone z materiału pakietowego i detrytyczno-blokowego (fot. 7). Materiał pakietowy jest często o budowie dwuczłonowej (fot. 7) złożonej z pyłu (warstwa IIa) i piasku (warstwa Ia). Natomiast materiał detrytyczny w postaci piasku, żwiru i pospółki został przemieszczony wzdłuż powierzchni skarpy i zdeponowany w zależności od lokalnych warunków na jej skłonie lub u podstawy kształtując stożki usypiskowe (fot. 1, 5).



Fot. 3. Piasek średni laminowany tlenkami żelaza w niszy osuwiskowej - warstwa Ia
Fot. 3. Middle sand laminated with ferric oxide – layer Ia

Na skłonie i u podstawy skarpy występują kamienie oraz głazy, które stoczyły się grawitacyjnie po zboczu z moreny czołowej. Główną cechą tego odcinka jest nierównomierne przemieszczenie powierzchni terenu w strefie niszy osuwiskowej, głębokie do 1,5 m formy erozyjne na jezorze osuwiskowym, stożki deluwialne oraz czoło jezora osuwiskowego zatopione w zbiorniku wodnym.

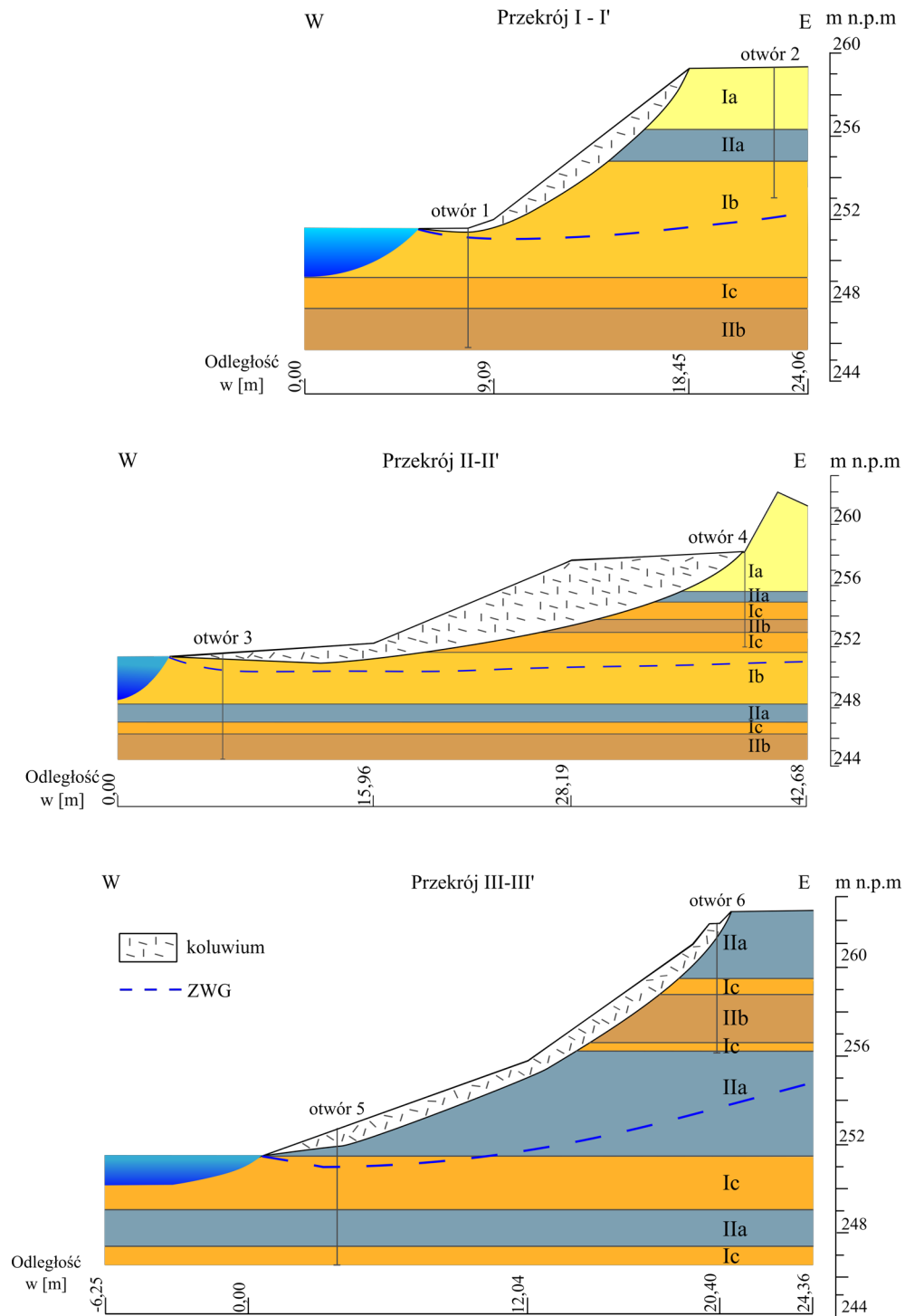


Fot. 4. Formy erozyjne rozwinięte na powierzchniach odkucia – warstwa Ia
Fot. 4. Erosive structures developed detach surfaces – layer Ia

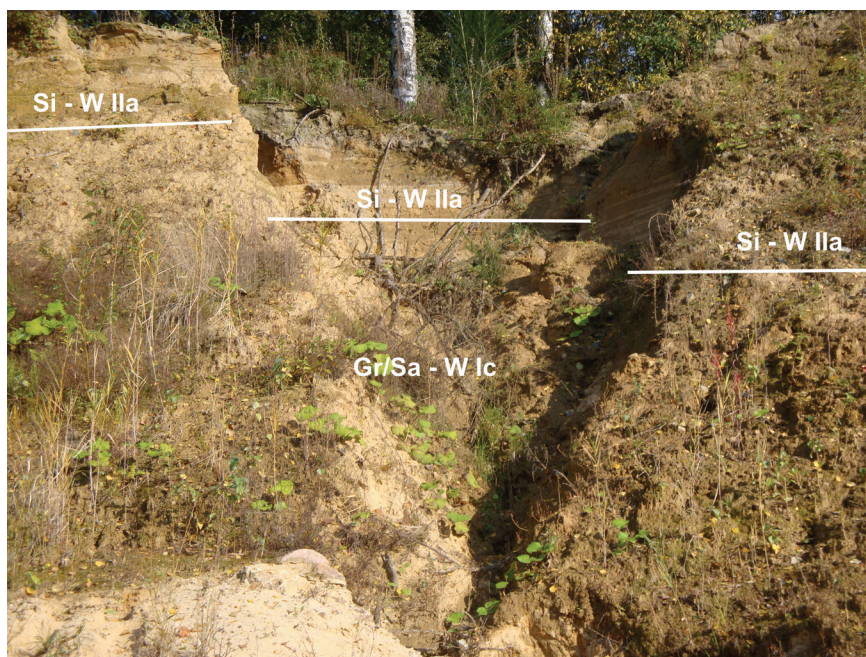
Odcinek północny. Wysokość skarpy wynosi około 9,3 m (rys. 2, 4) i charakteryzuje się w górnej części przewagą deformacji nieciągłych, a w dolnej ciągłych. Oś torowiska przebiega po górnej krawędzi skarpy osuwiska, poniżej której odsłania się nisza osuwiskowa. Nisza osuwiskowa została założona w glinach warstwy IIa na powierzchniach spękań. Na odcinku tym osuwisko ma kształt wypukły. Jezor osuwiskowy raczej nie przekracza brzegu zbiornika.



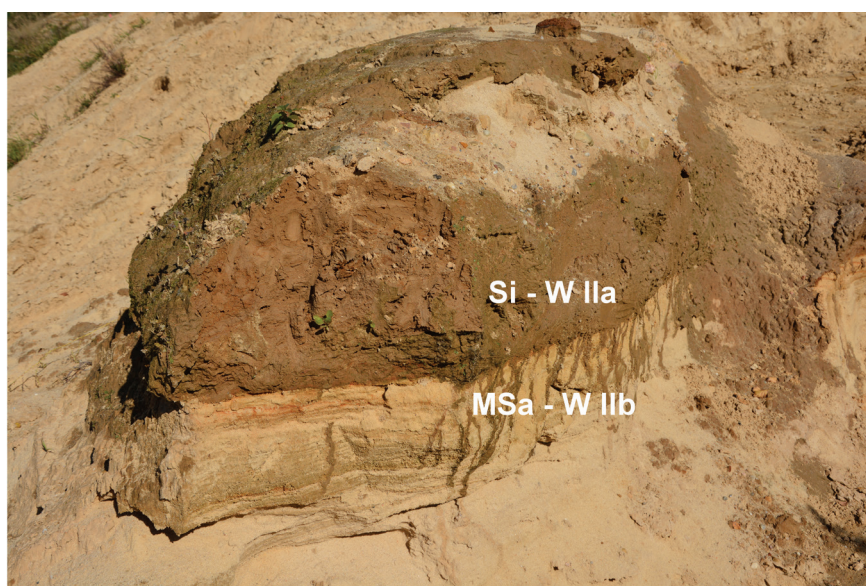
Fot. 5. Rozcięcia erozyjne w koluwium osuwiskowym
Fot. 5. Detach surfaces in colluvium



Objaśnienia jak na rys. 3, lokalizacja rys. 2.
 Rys. 4. Przekroje geotechniczne przed odbudową
 Fig. 4. Geotechnical sections - before rebuilding



Fot. 6. Przemieszczenia grawitacyjne pakietów gruntu w koluwium osuwiskowym
Fot. 6. Gravitational movements of ground mass in colluvium



Fot. 7. Koluwium osuwiskowe: materiał pakietowy i detrytyczny
Fot. 7. Colluvium: detritic and layer deposits

Osuwisko miejscami jest aktywne ponieważ posiada kształt wypukły, co pozwala pod względem kryterium przemieszczonego materiału zaliczyć je do gruntowych. Aktywność osuwiska jest systematycznie stabilizowana rozwojem szaty roślinnej. Analiza sposobu transportu pakietów gruntu wskazuje również na to, że jest to osuwisko obrotowe złożone z szeregu skib powstałych wzdłuż jednej lub kilku powierzchni poślizgu. W koluwium wyróżnia się wymieszany grunt detrytyczny oraz skiby i pakiety przemieszczone wzdłuż powierzchni wklęsłych (fot. 6). Jest to osuwisko asekwentne, utworzone w gruntach spoistych i niespoistych.

Przyczyny utraty stateczności

Stateczność skarpy jest uzależniona od:

- kąta nachylenia zbocza [α] - w przypadku zbocza jednostajnie nachylonego, lub kątów α dla każdej z płaszczyzn w przypadku łamanej linii zbocza,
- ciężaru objętościowego gruntu na zboczu [γ],
- kąta tarcia wewnętrznego [φ_u],
- spójności gruntu [c_u].

Kąt nachylenia zbocza i skarpy [α]

Torowisko zbudowano na zboczu nachylonym pod kątem poniżej 5° w kierunku rzeki Dramy (fot. 1). Przemieszczanie eksploatacji piasku w kierunku wschodnim spowodowało wzrost kąta nachylenia skarpy do 30° , skutkujące utratą stateczności i przeobrażeniem stosunków wodnych u jej podstawy (fot. 1). Wzrost spadku hydraulicznego i ciśnienia spływowego spotęgował oddziaływanie zbiornika wodnego na dolną część skarpy wyrażone przemieszczaniem się gruntu. Stateczność skarpy przez którą infiltruje woda względem skarpy suchej pogorszyła się dwukrotnie. Progresja transportu grawitacyjnego gruntu postępowała od dolnej krawędzi w kierunku korony skarpy, tak jak to następuje w osuwisku delapsywnym.

Ciężar objętościowy gruntu

Nawodnienie przyczyniło się do wzrostu ciężaru objętościowego gruntu, co było jedną z przyczyn uruchomienia transportu grawitacyjnego i formowania koluwium osuwiskowego. Przemieszczanie gruntu na skłonie skarpy rozwijało szczeliny tensyjne w strefie korony (fot. 4). Szczelinami infiltrowała woda atmosferyczna, która sprzyjała wzrostowi ciężaru objętościowego kolejnych partii gruntu oraz ułatwiała rozwój powierzchni poślizgu w gruntach spoistych, a zwłaszcza na ich kontakcie z gruntami niespoistymi.

Kąt tarcia wewnętrznego [φ_u]

Zbocze kwalifikuje się do statecznego, jeżeli kąt tarcia wewnętrznego gruntu jest większy od kąta nachylenia zbocza. Przekroczenie kąta nachylenia zbocza względem kąta tarcia wewnętrznego warstw Ia i Ib sprzyjało przemieszczaniu się gruntu. Wytrzymałość warstwy Ia na ścinanie zwłaszcza w górnej części skarpy jest większa, niż wynikałoby to z wartości kąta tarcia wewnętrznego, ze względu na słabo zaawansowaną diagenезę. Dlatego propagacja powierzchni odkucia w obrębie tej warstwy postępowała wzdłuż płaszczyzn spękań. Największe obniżenie wartości kąta tarcia wewnętrznego wystąpiło wzdłuż powierzchni granicznych gruntów niespoistych ze spoistymi.

Spójność gruntu [c_u]

Oddziaływanie nawodnienia w szczególności na grunt spoisty spowodowało zmianę stanu konsystencji, z którym wiąże się obniżenie spójności ułatwiające rozwój powierzchni poślizgu i transport poszczególnych pakietów gruntu.

Reasumując, jest to osuwisko rotacyjne, asekwentne, delapsywne, utworzone z następujących przyczyn antropogenicznych:

- przemieszczania się skarpy wyrobiska kopalni odkrywkowej piasku w kierunku terenu kolejowego,
- zwiększenia ciśnienia spływowego ze strefy skarpy w kierunku poeksploatacyjnego zbiornika wodnego,
- oddziaływania zbiornika wodnego po eksploatacji piasku na podstawę skarpy.

Osuwiska antropogeniczne mają największy udział do 80-90% ogółu osuwisk [4, 5]. Wynika to między innymi z tego, że nie wszyscy rozumieją specyfikę inżyniersko-geologicznych badań terenów położonych na zboczu, a zwłaszcza znaczenie wstępnych badań całego zbocza przed przystąpieniem do badań terenu bezpośrednio ściśle związanego z planowanym i realizowanym obiektem inwestycyjnym i ograniczają badania tylko do wydzielonego terenu [6].

Zabezpieczenie osuwiska i odtworzenie skarpy

Tryb postępowania przy przygotowaniu do eksploatacji złoża w kopalniach odkrywkowych, jego eksploatacji oraz likwidacji zakładu górniczego reguluje prawo geologiczne i górnicze [11]. Ustawa ta zgodnie z art. 117 p. 1 nakazuje przedsiębiorcy górnictwu rozpoznanie zagrożeń związanych z ruchem zakładu górniczego i podjęcie środków zmierzających do zapobiegania i usuwania skutków. Niedopełnienie tego obowiązku jest karalne. Dlatego opisane powyżej uszkodzenia, przy prawidłowym przygotowaniu i prowadzeniu wydobywania nie powinny się wydarzyć. Rekonstrukcja obszaru osuwiskowego jest bardzo trudna do wykonania, szczególnie na znacznych obszarach; nie zawsze jest skuteczna, natomiast zawsze jest bardzo kosztowna [7, 8, 9]. W przypadku, kiedy nie jest konieczna rekonstrukcja obszaru osuwiskowego, można zastosować bierne lub czynne środki zabezpieczenia osuwiska.

Środki bierne, najtańsze w realizacji, to prewencja, czyli działania, które nie dopuszczają do pogorszenia stanu osuwiska. Zaliczyć do nich można zakazy niszczenia szaty roślinnej na zboczu, obciążania zbocza, np. obiektami budowlanymi czy nasypami, podcinania podstawy skarpy, obniżenia poziomu wód (gruntowych, w zbiorniku), przejazdu ciężkich pojazdów po zboczu czy po koronie skarpy itp.

Środki czynne wymagają wykonania odpowiednich robót inżynierskich, poprzedzonych stosownym projektem. W przypadku osuwisk czynnych, podlegających ciągłej erozji i wpływom warunków atmosferycznych, jeżeli nie był prowadzony ich systematyczny monitoring, rozpoczęcie prac projektowych powinno być zawsze poprzedzone oceną aktualnego stanu osuwiska, czyli ustaleniem jego zasięgu, stanu gruntu i ukształtowania terenu. Najważniejszym z działań jest zabezpieczenie osuwiska przed destrukcyjnym działaniem wód opadowych oraz wód gruntowych, czyli odwodnienia zbocza, w dalszej kolejności odciążenie korony skarpy lub jej podparcie nasypem.

W przypadku konieczności rekonstrukcji obszaru osuwiskowego konieczne jest zaprojektowanie kompleksowej budowli geotechnicznej eliminującej skutki i przyczyny powstania osuwiska [3, 7]. Budowla ta powinna być wykonywana w oparciu o pozwolenie na budowę uzyskane na podstawie odpowiedniego projektu, poprzedzonego, podobnie jak przy zabezpieczeniach czynnych, oceną aktualnego stanu osuwiska. Odbudowa obejmie nie tylko obszar zdegradowanej nieruchomości, ale również wkroczy na teren zakładu górniczego.

Na terenie zdegradowanym oceniono stan skarpy, określono przyczyny powstania uszkodzeń podtorza oraz, w oparciu o wykonane rozpoznanie geotechniczne gruntu, zaproponowano sposób naprawy uszkodzonego podtorza torowiska. Zaproponowano rozwiązanie najkorzystniejsze ekonomicznie uwzględniające fakt, że na koronie powstałej skarpy nie będzie lokalizowana w przyszłości nowa linia kolejowa, a jedynie droga spełniająca funkcję drogi dojazdowej i rekreacyjnej o nieznacznych obciążeniach.

Zaproponowane rozwiązanie obejmuje (rys. 5):

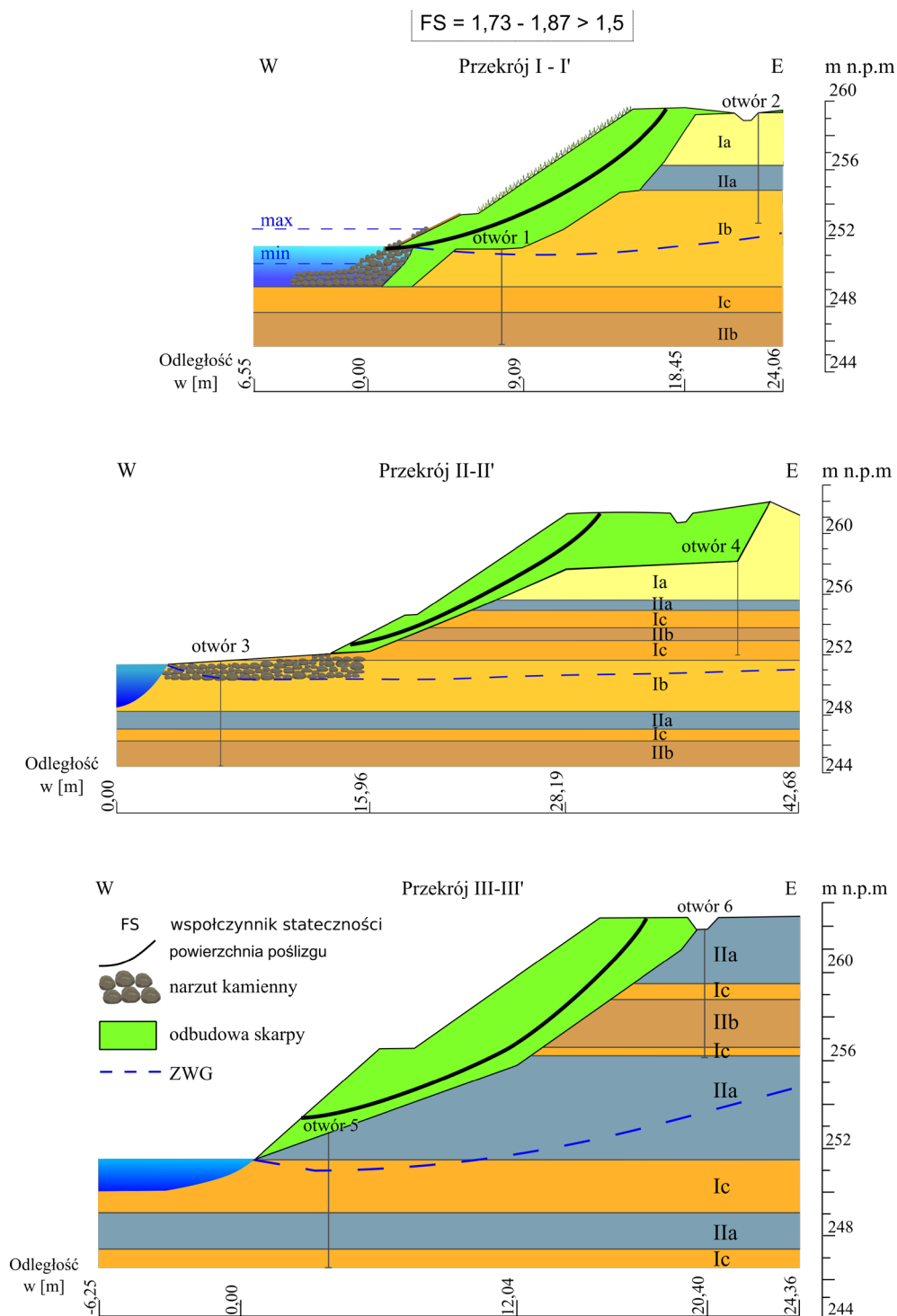
- przebudowę i profilację dna zbiornika u podstawy skarpy polegającą na regulacji brzegu i wypełnieniu powstałych wgłębień,
- wykonanie wzmocnienia podstawy skarpy poprzez ułożenie warstwy z narzutu kamiennego,
- zwiększenie zagęszczenia rozluźnionego gruntu rodzimego w skarpie do $I_s \geq 0,95$, któremu towarzyszy wzrost parametrów fizyko-mechanicznych gruntu - współczynnik pewności dla skarpy powinien wynosić $F > 1,5$, przy którym wystąpienie osuwiska uważa się za bardzo mało prawdopodobne,
- odbudowę skarpy zgodnie ze standardami PKP, czyli odbudowę skarpy o wysokości powyżej 6 m, z podziałem na 2 odcinki, dolny i górny,
- wykonanie zabezpieczenia antyerozyjnego powierzchni skarpy, stosując odpowiednio dobrane geosyntetyki, maty i biowłókniny, darninę, humus oraz odpowiednie nasiona traw,
- odtworzenie odwodnienia korony skarpy wzdłuż wschodniej krawędzi podtorza kolejowego.

Standardy PKP określają sposób wykonania wysokich skarp na styku ze zbiornikiem wody, zgodnie z którymi, dolny odcinek skarpy powinien być wykonany z max. pochyleniem 1:1,2 ÷ 1:1,25, a górny odcinek o max. wys. 6 m z max. pochyleniem 1:1,5 [7, 9]. W miejscu zmiany pochylenia skarpy należy wykonać ławę o min. szerokości 1 m (rys. 5). Odtworzenie terenu zdegradowanego, z uwagi na ochronę środowiska, krajobrazu i wód, powinno się wykonać gruntem miejscowym pospółką i żwirem zagęszczonymi do wartości $I_s \geq 0,98$. Dla tak zaprojektowanej skarpy, wykonano analizę stateczności prognostycznej powierzchni poślizgu (rys. 5) z zastosowaniem programu GEO5 – stateczność zbocza (wersja 5.13.29.0). W analizowanych przypadkach (rys. 5) otrzymano następujące wartości współczynników stateczności (wszystkie metody):

Bishop, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price: $FS = 1,87 > 1,50$

Fellenius / Petterson: $FS = 1,73 > 1,50$.

Skarpa odbudowana zgodnie z zaproponowanym sposobem jest o wystarczającym zapasie bezpieczeństwa, ponieważ przy wartości $FS > 1,5$ utrata stateczności jest bardzo mało prawdopodobna.



Objaśnienia jak na rys. 3, lokalizacja rys. 2.
 Rys. 5. Przekroje geotechniczne po odbudowie
 Fig. 5. Geotechnical sections - after rebuilding

Wnioski

Ruch zakładu górniczego odbywa się na podstawie planu ruchu, który w rozpatrywanym przypadku mógł być sporządzony w formie uproszczonej, ponieważ eksploatowano kopalinę pospolitą. Plan ruchu zakładu górniczego określa między innymi prawidłową i racjonalną gospodarkę złożem wraz z obiektami budowlanymi, czyli torowiskiem kolejowym oraz zapobieganie szkodom i ich naprawianie. Przedsiębiorca prowadzący eksploatację był zobowiązany do rozpoznania zagrożeń wynikających z ruchu zakładu górniczego oraz powinien podjąć środki zmierzające do zapobiegania i usuwania tych zagrożeń. Kontynuacja eksploatacji piasku w kierunku wschodnim spowodowała przekształcenie pierwotnie nachylonego zbocza pod kątem 5° w skarpe pod kątem ponad 30° (fot. 1) oraz wzrost oddziaływania wody zbiornika na podstawę skarpy, co wywołało utratę stateczności i rozwój osuwiska (rys. 4). Osuwisko zlikwidowało część terenu kolejowego linii Zbrosławice – Miedary.

Zgodnie z obowiązującym prawem geologicznym i górniczym [11] naprawienie szkody polega na przywróceniu stanu poprzedniego, które oznacza uzupełnienie powierzchni terenu gruntem tego samego rodzaju (rys. 5). Naprawienie szkody ciąży na przedsiębiorcy i powinno nastąpić w drodze rekultywacji, zgodnie z przepisami o ochronie gruntów. W rozpatrywanym przypadku przywrócenie do stanu przed degradacją ruchami masowymi przekraczałoby wielkość poniesionej szkody, ponieważ wiązałyby się to z budową dużych rozmiarów konstrukcji geotechnicznej (rys. 5), nieadekwatnej do przeznaczenia odzyskanego terenu. W takim przypadku naprawienie szkody powinno nastąpić przez rekompensatę finansową. Na taki wniosek wskazują również wyniki obserwacji geologicznych prowadzonych w latach 2014-2015, które dowodzą ustabilizowania osuwiska i systematycznego umacniania skarpy szatą roślinną hamującą skutecznie transport grawitacyjny gruntu.

Przedstawiony problem powinny rozważyć przedsiębiorcy prowadzący działalność, której konsekwencje wpływają na terytorialne zmiany sąsiednich nieruchomości.

Autorzy dziękują Recenzentom za cenne uwagi.

Bibliografia

- [1] Trzepierczyński J.: Inżyniersko-geologiczne badania osuwisk w aspekcie grawitacyjnych ruchów masowych zboczy i skarp. Mat. Szkol. PZITB Oddz. Katowice. 2014. S. 2-29.
- [2] Michalik K.: Roboty ziemne w budownictwie. Chrzanów: Wyd. Prawo i Budownictwo. Biuro Projektowe „Konstruktor”. s.208. ISBN 978-83-937513-7-2.
- [3] Szukalska M., Trzepierczyński J., Urbańczyk K., Bezuch S.: Ekspertyza nasypu kolejowego położonego w Zbrosławicach linia 178 w km 11,250 – 11,750 pod kątem możliwości i kosztów jego odtworzenia. Firma Inżynierska „KONSTRUKT”. Rybnik, 2014.
- [4] Bardel T.: O antropogenicznych przyczynach powstania osuwiska na zboczu byłej kopalni żelaza „Kantoria” w Tarnowie. *Górnictwo i Geologia* t.7, z. 2, Kraków 2012. s. 35-47.
- [5] Grzesiak D., Trzepierczyński J.: Ocena wpływu budowy pawilonu trójkondygnacyjnego na utratę stateczności zbocza w Jastrzębiu Zdroju. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach, Budownictwo*, z. nr 6/2014. s. 19-32. ISSN 2082-7016.

- [6] Kowalski W.C.: Geologia inżynierska. Wyd. Geol. Warszawa, 1988. ISBN 83-220-0301-3.
- [7] Głazewski M., Nowocień E., Piechowicz K.: Roboty ziemne i rekultywacyjne w budownictwie komunikacyjnym. Wyd. WKŁ. s. 382. Warszawa 2010. ISBN 978-83-206-1767-2.
- [8] Gajewska B.: Seminarium nt. Zapobieganie erozji skarp – praktyczne przykłady rozwiązań. Skarpy drogowe, IBDi M psg-jgs 2010.
- [9] Głazewski M., Piechowicz K.: Skarpy kolejowych budowli ziemnych. Infrastruktura transportu 5/2008.
- [10] Biernat S.: Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000. Ark. Bytom. Wyd. Geol., Warszawa, 1954.
- Ustawy
- [11] Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej. W-wa, dnia 9 lutego 2015 r. poz. 196.
Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 30 stycznia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo geologiczne i górnicze.

ANTROPOGENOUS ACTIVITIES AS FACTORS OF GRAVITAL DESTRUCTION OF THE RAILWAY TRACK IN ZBROSŁAWICE (POLAND)

SUMMARY

In the paper authors describe how exploitation of sand deposits in the outcrop exerts in the vicinity nearby. Excavation of sand deposits in the outcrop the railway track caused that rotary and detrusive landslide developed in the area of closed railway track. Lithology and structure of landslide, as well as some factors that implicated loss of slope stability were described. Geotechnical plan of slope stability as the result of rebuilding of damaged area was also presented. Rotary and detrusive landslide was described on the data distinguished by carthographical and drilling investigation. Rotary and detrusive landslide is the effect of loss of the slope stability caused by antropogenous activity such as: movements of the slope in the sand deposits outcrop towards the railway area as well as influence of water reservoir at the base of the slope that developed after exploitation of sand deposits had stopped. Reconstruction of landslide area was suggested however that is technically complexed at large territory as well as expensive. The process of rebuilding of destroyed area will be well proceeded if local deposits are applied.

KEYWORDS

landslide, geotechnical ground parameters, slope stability, mound structure