



MINISTERSTWO ŚRODOWISKA

ZASADY DOKUMENTOWANIA WARUNKÓW GEOLOGICZNO- -INŻYNIERSKICH DLA CELÓW LIKWIDACJI KOPALŃ



Wykonano na zamówienie Ministra Środowiska za środki finansowe
wypłacone przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Warszawa 2009

Autorzy:

Paweł Dobak, Andrzej Drągowski, Zbigniew Frankowski,
Adam Frolik, Ryszard Kaczyński, Andrzej Kotyrba,
Joanna Pinińska, Stanisław Rybicki, Henryk Woźniak

Współpraca:

Krzysztof Cabalski, Kazimierz Kraużlis,
Beata Łuczak-Wilamowska, Paweł Łukaszewski,
Michał Radzikowski

Redakcja:

Henryk Woźniak, Marek Nieć

Recenzent:

Jacek Wróblewski

Opracowanie edytorskie:

FALL, ul. Garczyńskiego 2, 31-524 Kraków
www.fall.pl

Opracowanie zamówione przez **Ministra Środowiska**

zrealizowane przez:

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, al. Mickiewicza 30

Główny Instytut Górnictwa, Katowice, Pl. Gwarków 1

Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, Rakowiecka 4

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa, ul. Żwirki i Wigury 93

© Copyright by Ministerstwo Środowiska

ISBN 978-83-60117-86-6

Spis treści

1 Wstęp

1.1. Przeznaczenie i zakres opracowania	7
1.2. Przedmiot i cel opracowania	7
1.3. Wymagania formalno-prawne	8
1.4. Stosowane określenia	8

2 Wpływy górnictwa na górotwór i powierzchnię terenu, ich charakter i skala

2.1. Uwagi ogólne.	12
2.2. Oddziaływania geomechaniczne	12
2.3. Oddziaływania hydrogeologiczne i hydrologiczne.	18
2.4. Oddziaływania geochemiczne	19
2.5. Oddziaływania geotermiczne	20
2.6. Oddziaływania gazowe	21

3 Monitoring procesów i zjawisk geologiczno-inżynierskich

3.1. Monitoring terenów górniczych na złożach eksploatowanych sposobem podziemnym (węgla kamiennego)	22
3.2. Monitoring procesów i zjawisk geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych kopalń odkrywkowych	26
3.3. Monitoring procesów i zjawisk geologiczno-inżynierskich na terenach kopalń otworowych siarki.	29

4 Zasady kwalifikacji terenów likwidowanych kopalń do zagospodarowania i rekultywacji

4.1. Zasady ogólne	32
4.2. Kopalnie podziemne węgla kamiennego i otworowe siarki	34
4.2.1. Wyrobiska poeksploatacyjne i ich likwidacja.	34
4.2.2. Powierzchnia terenu	35
4.3. Kopalnie odkrywkowe	39
4.3.1. Wyrobisko poeksploatacyjne	39
4.3.2. Otoczenie wyrobiska odkrywkowego	42
4.4. Hałdy, zwałowiska, składowiska, osadniki	42
4.5. Ocena przydatności terenów likwidowanych kopalń do zabudowy	45

5 Dokumentowanie warunków geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych likwidowanych kopalń 47

6 Badania geologiczno-inżynierskie na terenach górniczych likwidowanych kopalń i terenach pogórnich

6.1. Zakres prac geologicznych przy badaniu i dokumentowaniu warunków geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych likwidowanych kopalń	49
6.2. Projektowanie badań geologiczno-inżynierskich.	54
6.2.1. Zasady ogólne	54
6.2.2. Analiza materiałów archiwalnych	57
6.2.3. Badania terenowe geologiczne i hydrogeologiczne	57
6.2.4. Badania geofizyczne	57
6.2.5. Badania laboratoryjne	57
6.3. Szczegółowe zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń górnictwa podziemnego węgla kamiennego	58
6.3.1. Zakres badań	58
6.3.2. Metodyka badań	58
6.3.2.1. Analiza materiałów archiwalnych	58
6.3.2.2. Badania terenowe	58
6.3.2.3. Badania geofizyczne	59
6.3.2.4. Badania laboratoryjne.	59
6.3.3. Sposób przedstawiania wyników badań.	61

6.4. Szczegółowe zasady dokumentowania warunków geologiczno- -inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń odkrywkowych . . .	63
6.4.1. Zakres badań	63
6.4.2. Metodyka badań	67
6.4.2.1. Analiza materiałów archiwalnych	67
6.4.2.2. Badania terenowe	68
6.4.2.3. Badania geofizyczne	70
6.4.2.4. Badania laboratoryjne	70
6.4.3. Sposób przedstawiania wyników badań	72
6.5. Szczegółowe zasady dokumentowania warunków geologiczno- -inżynierskich na terenach likwidowanych otworowych kopalń siarki	75
6.5.1. Zakres badań	75
6.5.2. Metodyka badań	76
6.5.2.1. Analiza materiałów archiwalnych	76
6.5.2.2. Badania terenowe	77
6.5.2.3. Badania geofizyczne powierzchniowe	78
6.5.2.4. Badania laboratoryjne	78
6.5.3. Sposób przedstawiania wyników badań	79
Załącznik A	81

1 Wstęp

1.1. Przeznaczenie i zakres opracowania

Niniejsze opracowanie ma charakter poradnika metodycznego i przeznaczone jest do wykorzystania przez przedsiębiorstwa geologiczne, przedsiębiorstwa górnicze pozostające w stanie likwidacji, urzędy górnicze, urzędy gminne oraz inne zainteresowane jednostki i instytucje administracji publicznej jako materiał metodyczny dla oceny geologiczno-inżynierskich uwarunkowań prac likwidacyjnych i zagospodarowania terenów likwidowanych i zlikwidowanych zakładów górniczych.

1.2. Przedmiot i cel opracowania

Przedmiotem opracowania są zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych likwidowanych kopalń i zagospodarowania terenów pogórnich.

Zasady zostały opracowane na podstawie doświadczeń związanych z warunkami likwidowania wybranych kopalń:

- podziemnych węgla kamiennego,
- odkrywkowych węgla brunatnego i siarki,
- otworowych siarki.

Wytyczne zawarte w niniejszym opracowaniu mogą być również wykorzystywane, w zależności od potrzeb, przy dokumentowaniu związanym z likwidacją kopalń innych złóż.

Celem opracowania jest określenie:

- zasad oceny warunków geologiczno-inżynierskich terenów likwidowanych kopalń i ich przydatności dla potrzeb budownictwa,

- warunków i zakresu niezbędnych badań geologiczno-inżynierskich,
- zasad wykonywania badań geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń i dokumentowania ich wyników,
- metodyki badań geologiczno-inżynierskich,
- rodzajów, sposobu i zakresu monitoringu procesów geologiczno-inżynierskich, geochemicznych, gazowych i termicznych.

1.3. Wymagania formalno-prawne

Wymagania formalne odnośnie do likwidacji kopalń oraz wykonywania badań geologiczno-inżynierskich określają między innymi przepisy prawa geologicznego i górniczego, budowlanego, wodnego i rozporządzeń wykonawczych. W wykonywaniu badań powinny być także stosowne odpowiednie normy. Wykaz najważniejszych aktów prawnych i norm obowiązujących wg stanu na koniec roku 2008 zestawiono w załączniku A.

1.4. Stosowane określenia

W niniejszym opracowaniu przyjęto następujące określenia terminów związanych z problematyką dokumentowania geologiczno-inżynierskiego dla celów likwidacji kopalń:

deformacje ciągłe – zniekształcenie powierzchni terenu nie naruszające jej ciągłości, spowodowane wpływami eksploatacji górniczej, określone obniżeniem pionowym w , przemieszczeniem poziomym u , nachyleniem powierzchni terenu T , krzywizną K i odkształceniem poziomym ε ,

deformacje nieciągłe – zniekształcenie powierzchni terenu w postaci szczelin, progów, spękań, zapadlisk i lejów, spowodowane wpływami eksploatacji górniczej,

epicentrum wstrząsu – punkt będący rzutem pionowym ogniska wstrząsu sejsmicznego na powierzchnię Ziemi, do którego najwcześniej dochodzą drgania o największym natężeniu,

filar ochronny – część obszaru górniczego, w której dla zabezpieczenia obiektów przed szkodami górnicznymi prowadzenie robót górniczych może być dozwolone pod szczególnymi warunkami, zapewniającymi w dostateczny sposób ochronę obiektów przed szkodami,

hałda – obiekt przeznaczony do składowania stałych odpadów wydobywczych na powierzchni Ziemi,

intensywne zjawiska parasejsmiczne – drgania powierzchni wywołane ruchem kolejowym lub samochodowym względnie pracą urządzeń mechanicznych o charakterze długotrwałym lub ciągłym generujące wypadkowe przyspieszenie drgań w podłożu gruntowym powyżej 30 mm/s^2 względnie indukowane działalnością górniczną wstrząsy generujące wypadkowe przyspieszenia drgań w podłożu gruntowym powyżej 80 mm/s^2 ,

- kategoria odporności obiektu budowlanego na wpływy górnicze** – miara odporności obiektu budowlanego na deformacje ciągłe, odpowiadające określonej kategorii terenu górniczego,
- kategoria zagrożenia terenu górniczego** – określony stan przekształceń środowiska geologicznego zaistniały na skutek oddziaływania eksploatacji górniczej,
- kategoria terenu górniczego** – kategoria zagrożenia, jakie teren ten stwarza dla obiektów budowlanych, wyznaczona przez określone parametry deformacji ciągłych i nieciągłych,
- kategoria terenu pogórniczego** – kategoria zagrożenia, jakie teren stwarza dla zagospodarowania wyznaczona przez zakres przekształceń środowiska geologicznego dokonanych eksploatacją oraz długoterminowych szkodliwych jej oddziaływań,
- kopalnia odosobniona** – kopalnia z jednym systemem odwadniania, niepołączona drogami kontrolowanymi i niekontrolowanymi z kopalniami sąsiednimi,
- kopalnia zespołowa** – kopalnia składająca się z partii odwadnianych, niezależnie połączonych wyrobiskami górniczymi na różnych poziomach i mająca połączenia kontrolowane lub niekontrolowane z innymi kopalniami,
- lej depresji** – powierzchnia obniżonego zwierciadła wody podziemnej lub strefy jej zmniejszonego ciśnienia wokół studni, ujęcia, kopalni itp., utworzona wskutek odwodnienia,
- lej zapadliskowy** – lokalne obniżenie terenu o niewielkim zasięgu i widocznych krawędziach obrywu, powstałe w wyniku eksploatacji podziemnej lub otworowej,
- likwidacja kopalni** – roboty prowadzone po zakończeniu eksploatacji złoża, polegające na rozebraniu obiektów, zabezpieczeniu dostępu do szybów bądź innych wyrobisk wychodzących na powierzchnię oraz na doprowadzeniu terenu likwidowanej kopalni do gospodarczego użytkowania,
- linia obserwacyjna** – ciąg znaków geodezyjnych zastabilizowanych wzdłuż linii prostej lub łamanej, na których wykonuje się okresowe pomiary niwelacyjne i długościowe, a także obserwacje satelitarne GPS – w celu wyznaczenia wartości wskaźników deformacji,
- niecka osiadań** – powierzchnia terenu obniżona pod wpływem eksploatacji górniczej,
- obszar górniczy** – przestrzeń, w której granicach przedsiębiorca jest uprawniony do wydobywania kopaliny oraz prowadzenia robót górniczych związanych z wykonywaniem koncesji,
- oddziaływania sejsmiczne** – krótkotrwałe drgania powierzchni spowodowane wstrząsami wywołanymi podziemną eksploatacją górniczą,
- odporność obiektów budowlanych na wstrząsy górnicze** – zdolność obiektów do przenoszenia wstrząsów przy zachowaniu bezpieczeństwa użytkowania,

- odporność obiektu budowlanego na wpływy eksploatacji górniczej** – możliwość wystąpienia w budynku jedynie takich uszkodzeń, które jeszcze nie stanowią zagrożenia jego stateczności i utraty bezpieczeństwa w czasie użytkowania,
- podtopienie** – przejaw wód podziemnych na powierzchni terenu wymuszony wpływami eksploatacji górniczej,
- próg** – nieciągła liniowa deformacja powierzchni terenu o charakterze uskoku,
- przekształcenia geomechaniczne** – zmiany struktury górotworu oraz ukształtowania powierzchni terenu, głównie na skutek ruchów (przemieszczeń) skał, związanych z urabianiem skał, składowaniem urobku i odpadów, a także będących wynikiem zmiany nawodnienia i stanu naprężeń,
- przekształcenia hydrogeologiczne** – zmiany położenia i dynamiki przepływu wód podziemnych oraz zmiana ich chemizmu spowodowana odwadnianiem kopalń lub zatopieniem wyrobisk górniczych,
- przekształcenia hydrologiczne** – zmiany położenia, chemizmu i przepływu wód powierzchniowych na skutek przekształceń terenu wynikających z działalności górniczej,
- pustka pierwotna** – pusta przestrzeń w obrębie i na głębokości wyeksploatowanego złoża,
- pustka wtórna** – pusta przestrzeń w masywie skalnym nad wyeksploatowanym złożem,
- rekultywacja terenów górniczych** – prace polegające na przywróceniu wartości użytkowych terenom górniczym,
- skala MSK** – skala wpływów dynamicznych stosowana do oceny sejsmiczności obszarów objętych trzęsieniami ziemi oraz wstrząsami górniczymi, stopniująca intensywność oddziaływania wstrząsu sejsmicznego w zależności od wartości przyspieszenia drgań,
- staw osadowy, osadnik (zbiornik poflotacyjny)** – budowla ziemna służąca do składowania półpłynnych odpadów pochodzących z przeróbki i wzbogacania kopaliny,
- teren górniczy** – przestrzeń objęta przewidywanymi szkodliwymi wpływami robót górniczych zakładu górniczego,
- teren pogórniczy** – teren przekształcony wpływami działalności górniczej, stanowiący przestrzeń w całości lub części zlikwidowanego zakładu górniczego po wygaśnięciu jego koncesji, pomniejszony o wpływy górnicze kopalń sąsiednich,
- zakład górniczy** – wyodrębniony technologicznie i organizacyjnie zespół środków służących bezpośrednio do wydobywania kopaliny ze złoża, w tym wyrobiska górnicze, obiekty budowlane oraz obiekty i urządzenia przerobcze związane z nimi technologicznie,

zalewisko – powierzchniowy zbiornik wodny powstały w następstwie deformacji powierzchni terenu wywołanych eksploatacją górnictw,

zwałowisko wewnętrzne – zwałowisko gruntów nadkładu zlokalizowane wewnątrz wyrobiska,

zwałowisko zewnętrzne – zwałowisko gruntów nadkładu położone poza zasięgiem wyrobiska.

2 Wpływy górnictwa na górotwór i powierzchnię terenu, ich charakter i skala

2.1. Uwagi ogólne

Eksploracja górnictwa kopaliny wpływa na środowisko, a w szczególności na powierzchnię terenu i masyw skalny. Charakter i skala tych oddziaływań zależy od warunków geologiczno-górnictwowych terenu górnictwa, w tym od rodzaju skał, ich właściwości i sposobu występowania, warunków hydrogeologicznych, metody i głębokości eksploatacji, rodzaju i miąższości eksploatowanego złoża kopaliny. W zależności od charakteru wyróżnia się następujące oddziaływania i przekształcenia, istotne dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich terenu górnictwa:

- geomechaniczne,
- hydrogeologiczne i hydrologiczne,
- geochemiczne,
- geotermiczne,
- gazowe.

Oddziaływania te mogą występować w różnym zakresie i skali w zależności od sposobu eksploatacji, rodzaju kopaliny i indywidualnej specyfiki warunków geologiczno-górnictwowych. Niekorzystne oddziaływania górnictwa odnoszące się do atmosfery i biosfery nie dotyczą zakresu niniejszego opracowania, gdyż nie wpływają bezpośrednio na warunki geologiczno-inżynierskie.

2.2. Oddziaływania geomechaniczne

Oddziaływaniami geomechanicznymi związanymi z eksploatacją górnictwem nazywa się umownie wszelkie przekształcenia górotworu i powierzchni terenu wynikające z przemieszczeń skał (gruntów), w tym:

- niekontrolowanych przemieszczeń grawitacyjnych w wyniku prowadzenia prac górniczych (zaciskanie wyrobisk poeksploatacyjnych, wstrząsy górnicze, osuwiska, obniżenia i wypiętrzenia terenu itp.)
- kontrolowanych (wykonywanie wyrobisk odkrywkowych i podziemnych, formowanie hałd, zwałów kopalnianych i składowisk).

Oddziaływania te wyrażają się głównie zmianami struktury masywu skalnego i właściwości fizyczno-mechanicznych skał (gruntów) oraz zmianami ukształtowania terenu przez wyrobiska odkrywkowe, a w przypadku eksploatacji podziemnej i otworowej – powstawaniem niecki obniżeniowej. Charakter oddziaływań geomechanicznych jest zróżnicowany w zależności od rodzaju kopaliny, skał otaczających złoża i stosowanego sposobu eksploatacji.

Z punktu widzenia potrzeb dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich likwidowanych kopalń najbardziej istotnymi zagadnieniami są:

- zmiany parametrów fizyczno-mechanicznych skał (gruntów), w tym przemiany parametrów pierwotnych zaistniałe w trakcie eksploatacji i likwidacji kopalń,
- deformacje i stateczność masywu skalnego i gruntowego wokół wyrobisk podziemnych, odkrywkowych i otworowych oraz związane z nimi deformacje powierzchni terenu, z uwzględnieniem warunków przy jego powtórny nawodnieniu,
- deformacje i stateczność zwałowisk kopalnianych i hałd oraz ich podłoża i przedpola.

Zmiany parametrów fizyczno-mechanicznych skał (gruntów)

Zakresy zmian parametrów fizyczno-mechanicznych w wyniku przemieszczeń (deformacji) grawitacyjnych, którym towarzyszy spękanie i rozluźnienie skał (gruntów), są bardzo zróżnicowane głównie w zależności od ich rodzaju i rozpatrywanego parametru. Najbardziej istotnymi parametrami są cechy wytrzymałościowe. Wartości ich mogą się zmniejszyć nawet pięciokrotnie. Zmniejszenie pierwotnych wartości parametrów wytrzymałościowych jest również wynikiem urabiania i transportu na zwałowisko gruntów nadkładowych.

Przemieszczenia grawitacyjne górotworu wywołane robotami górniczymi

Przemieszczenia grawitacyjne górotworu wywołane robotami górniczymi oraz towarzyszące im zmniejszanie się wytrzymałości mechanicznej skał (gruntów) potęgowane przez zmiany zawodnienia skutkują w określonych warunkach utratą stateczności wyrobisk górniczych i w konsekwencji ciągłymi i/lub nieciągłymi deformacjami powierzchni terenu. W przypadku deformacji ciągłych na powierzchni terenu wykształca się niecka obniżeniowa. W górnictwie podziemnym maksymalną wartość obniżenia W_{max} można wyznaczyć ze wzoru:

$$W_{max} = \eta \cdot b \text{ [m]} \quad (1)$$

η – bezwymiarowy współczynnik eksploatacji zależny od sposobu wypełnienia pustki poeksploatacyjnej

b – grubość wyeksploatowanego złoża [m].

Dla eksploatacji podziemnej węgla kamiennego, prowadzonej najczęściej z zawałem stropu skał nadległych, wartość $\eta = 0,7$ i w praktyce maksymalne obniżenia terenu przy eksploatacji pojedynczego pokładu węgla, o najczęstszej grubości $2 \div 3$ m, wynoszą około $1,5 \div 2$ m. Obniżenia terenu przy eksploatacji wielu pokładów sumują się. W praktyce dla likwidowanych kopalń węgla kamiennego na Górnym Śląsku obniżenia te dochodziły do 40 m. W przebiegu czasowym zasadnicze poeksploatacyjne obniżenia terenu zanikają po około $1 \div 2$ latach od zakończenia eksploatacji pokładu węgla. Jednak dalsze, już niewielkie, deformacje mogą jeszcze trwać do około $10 \div 15$ lat. Dla otworowej eksploatacji siarki maksymalne obniżenia terenu W_{max} można wyznaczyć ze wzoru empirycznego:

$$W_{max} = 1,23\sqrt{Z} \text{ [m]} \quad (2)$$

Z – zasobność geologiczna złoża siarki [Mg/m²].

W praktyce dla likwidowanych otworowych kopalń siarki obniżenia te dochodziły maksymalnie do 9 m, a najczęściej wahały się w zakresie $1,0 \div 3,5$ m. W przebiegu czasowym zasadnicze poeksploatacyjne obniżenia terenu zanikały po okresie około 1,5 roku od zakończenia eksploatacji, chociaż dalsze, niewielkie obniżenia mogą występować jeszcze około $5 \div 10$ lat dłużej.

Dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich terenu górniczego w górnictwie podziemnym węgla kamiennego i eksploatacji otworowej siarki mają znaczenie przede wszystkim odkształcenia poziome powierzchni towarzyszące obniżeniom, a także inne parametry charakteryzujące nieckę obniżeniową (nachylenia i promień krzywizny). Przybierają one bardzo różne wartości. W przypadku deformacji ciągłych mogą być wyrażone przez kategorie terenu górniczego (tab. 1). Określają zagrożenia wynikające z wpływów eksploatacji na obiekty budowlane, a pośrednio także przydatność terenu górniczego do wykorzystania budowlanego. W klasyfikacji tej „0” kategoria terenu górniczego to tereny przydatne, niewymagające zabezpieczeń obiektów budowlanych na wpływy górnicze, a kategoria „V” – tereny nieprzydatne do zabudowy. Pozostałe kategorie określają tereny jako przydatne z ograniczeniami. Po dłuższym czasie od zakończenia eksploatacji górniczej zanik rozwoju deformacji górotworu i powierzchni terenu eliminuje niektóre zagrożenia dla obiektów budowlanych i zwiększa przydatność terenu do zabudowy.

Tabela 1. Kategorie terenów górniczych

Kategoria terenu	Przydatność do zabudowy		Wielkość spodziewanych deformacji		
			Nachylenie, T [mm/m]	Odształcenie poziome, ε [mm/m]	Promień krzywizny, R [km]
0	przydatne	niewymagane zabezpieczenia obiektów budowlanych	$T \leq 0,5$	$\varepsilon \leq 0,3$	$R \geq 40$
I	przydatne z ograniczeniami	mogą powstać małe, nieszkodliwe uszkodzenia	$0,5 < T \leq 2,5$	$0,3 < \varepsilon \leq 1,5$	$40 > R \geq 20$
II		mogą występować uszkodzenia łatwe do usunięcia	$2,5 < T \leq 5,0$	$1,5 < \varepsilon \leq 3,0$	$20 > R \geq 12$
III		wymagane zabezpieczenie obiektów budowlanych	$5,0 < T \leq 10,0$	$3,0 < \varepsilon \leq 6,0$	$12 > R \geq 6$
IV		wymagane poważne zabezpieczenie obiektów budowlanych	$10,0 < T \leq 15,0$	$6,0 < \varepsilon \leq 9,0$	$6 > R \geq 4$
V	nienadające się do zabudowy	duże prawdopodobieństwo wystąpienia nieciągłych przemieszczeń terenu (szczelin, zapadlisk)	$T > 15,0$	$\varepsilon > 9,0$	$R < 4$

Tereny górnicze likwidowanych kopalń podziemnych węgla kamiennego w większości należą do I ÷ III kategorii. Największe odształcenia poziome występują w strefach brzeżnych niecki obniżeniowej i mogą powodować powstawanie deformacji nieciągłych terenu w postaci szczelin i progów. Na terenach płytkiej eksploatacji podziemnej (często historycznej) nad niepodszadzonymi wyrobiskami lub w sąsiedztwie niezlikwidowanych szybików mogą wystąpić zapadliska.

W trakcie likwidacji kopalni zawodnienie górotworu w wyniku rekonstrukcji warunków hydrogeologicznych na terenie pogórnicyz odwodnionym w czasie prowadzenia eksploatacji i związany z tym napór wód podziemnych może – w pewnych warunkach – spowodować niewielkie wypiętrzanie powierzchni, w szczególności w sąsiedztwie stref uskokowych.

Obszary likwidowanych otworowych kopalń siarki charakteryzują się dużą nieregularnością obniżen. Zaliczane są w większości do III ÷ V kategorii terenu górniczego. Występują tu też lokalnie deformacje nieciągłe w postaci szczelin i pęknięć na powierzchni terenu oraz lejów zapadliskowych, zwłaszcza przy otworach erupcyjnych (wyrzutów wody gorącej i siarki).

W przypadku kopalń odkrywkowych węgla brunatnego i siarki grawitacyjne deformacje górotworu mają charakter osuwisk skarp i zboczy odkrywki, obejmujących niekiedy swym zasięgiem teren poza jej górną krawędzią, najczęściej na odległość $0,1 \div 0,5 D$ (D – głębokość odkrywki). W okresie eksploatacji górniczej na skarpach odkrywek rejestruje się zazwyczaj liczne osuwiska różnej wielkości. Kubatury przemieszczanych gruntów dla największych osuwisk w odkrywkach dochodzą do $6 \div 8$ mln m³, najczęściej jednak wynoszą kilkadziesiąt do kilkuset tysięcy m³. Osuwiska występują także na skarpach likwidowanych kopalń odkrywkowych, w szczególności przy wyborze wodnego kierunku rekultywacji. Główną przyczyną zmian parametrów fizyczno-mechanicznych masywu skalnego i gruntowego jest jego powtórne zawodnienie. Szerokość pasa terenu zagrożonego osuwiskami dla odkrywki wypełnianej wodą należy przyjmować jako równą $2D_K$ (D_K – głębokość końcowa wyrobiska przed zalaniem wodą).

Wstrząsy górnicze (parasejsmiczne)

Do oddziaływań geomechanicznych eksploatacji na teren górniczy należą wstrząsy górnicze (parasejsmiczne) obejmujące górotwór i powierzchnię terenu. Występują one zarówno w kopalniach podziemnych, jak i w niektórych głębokich kopalniach odkrywkowych. W przypadku krajowych kopalń podziemnych węgla kamiennego energia najsilniejszych wstrząsów górniczych waha się w zakresie $3 \cdot 10^7 \div 9 \cdot 10^9$ J, co odpowiada słabym trzęsieniom ziemi. W najgłębszej kopalni odkrywkowej w kraju, jaką jest kopalnia węgla brunatnego „Bełchatów”, energia najsilniejszych wstrząsów kształtuje się w zakresie $3 \cdot 10^7 \div 3 \cdot 10^{10}$ J. Skutkiem wstrząsów górniczych są drgania gruntów w przypowierzchniowej strefie terenu górniczego o przyspieszeniach dochodzących w epicentrum do wartości ponad 500 mm/s². Ze wzrostem odległości od epicentrum wstrząsu wartości tych przyspieszeń maleją. Drgania gruntu o przyspieszeniach ponad 120 mm/s² mogą powodować uszkodzenia obiektów budowlanych. Strefa zagrożeń w przypadku obiektów budowlanych mało odpornych na wstrząsy może sięgać 2 km od epicentrum.

Oddziaływanie drgań sejsmicznych na obiekty budowlane i środowisko geologiczne zestawiono w [tabeli 2](#).

Przekształcenia geomechaniczne środowiska na terenie górniczym likwidowanych kopalń związane są z formowaniem hałd, zwałowisk i składowisk kopalnianych, na których składowane są odpady wydobywcze (skały płonne z wyrobisk podziemnych, grunty nadkładu złoża z wyrobisk odkrywko-

Tabela 2. Oddziaływanie drgań sejsmicznych na obiekty budowlane i środowisko geologiczne (wyciąg ze skali MSK-64)

Stopień intensywności drgań w skali MSK-64	Wartości przyspieszeń drgań podłoża w strefie przy powierzchniowej [mm/s ²]	Charakter zmian, wskazany zakres obserwacji inwentaryzacyjnych		
VII – bardzo silne	500 – 1000	A – budynki o małej odporności	B – budynki o średniej odporności	C – budynki o dużej odporności
		znaczne uszkodzenia (głębokie i szerokie pęknięcia murów, zawalenie się kominów wolno stojących)	średnie uszkodzenia	lekkie uszkodzenia w wielu obiektach
		osunięcia nasypów, pęknięcia jezdni drogowych		
		falowanie zbiorników wodnych, zmaczenia szlamów, odnawianie i zanikanie źródeł, zmiany ich wydajności, zmiany poziomu wody w studniach, przypadki osunięcia stromych zboczy i brzegów rzek		
VI – silne	250 – 500	A – budynki o małej odporności		B – budynki o średniej odporności
		lekkie uszkodzenia w wielu obiektach, średnie uszkodzenia (nieliczne, niewielkie pęknięcia) murów, odpadanie płatów tynku, spadanie dachówek, zarysowania kominów		lekkie uszkodzenia w nielicznych obiektach
		w nielicznych przypadkach mogą powstawać szczeliny w wilgotnym gruncie, możliwe powstawanie osuwisk, zmiany wydajności źródeł i poziomu wody w studniach		
V – dość silne	120 – 250	lekkie niekonstrukcyjne uszkodzenia budynków (drobne rysy w tynkach, odpadanie jego małych kawałków tylko w najmniej odpornej grupie budowli)		
w sporadycznych wypadkach może się zmienić wydajność źródeł				
IV – mierne	50 – 120	nie stwierdza się oddziaływań na: – budynki – środowisko geologiczne i hydrogeologiczne		

wych lub inny materiał odpadowy). Ich wyrazem jest powstanie nowych form morfologicznych na powierzchni terenu (hałdy, zwałowiska, składowiska) zbudowanych z gruntów przekształconych (antropogenicznych) o specyficznych właściwościach fizyczno-mechanicznych. Teren składowania odpadów wydobywanych jest na ogół nieprzydatny do zabudowy z uwagi na znaczne i nierów-

nomierne osiadania. Dla przykładu – osiadania gruntów zwałowanych mogą osiągać wartości rzędu $1,0 \div 2,5\% H$ (H – wysokość zwałowiska). Dla zwałowiska wewnętrznego, formowanego w wyrobisku poeksploatacyjnym poddanego zawodnieniu przy rekonstrukcji zwierciadła wód podziemnych, osiadania te są większe i wynoszą około $1,2 \div 3,1\% H$. Nachylenia terenu zwałowisk przy nierównomiernym osiadaniu gruntu zwałowanego dochodzą do około 8 mm/m, co kwalifikuje je do II ÷ III kategorii terenu górniczego. Czas zasadniczych osiadań zwałowisk wskutek konsolidacji gruntu zwałowanego trwa około 3 ÷ 20 miesięcy od uformowania zwałowiska. Niewielkie osiadania mogą jednak występować jeszcze przez około 10 ÷ 15 lat. Po tym okresie teren zwałowiska może być warunkowo przydatny do zabudowy.

Przekształceniom geomechanicznym o charakterze osuwisk podlegają skarpy zwałowisk, zwłaszcza w trakcie budowy, a w warunkach słabego, mało nośnego podłoża przedpole zwałowisk zewnętrznych może podlegać wyporowi. Stwierdzone zasięgi wyporu podłoża wynosiły 10 ÷ 500 m, a wysokość wypiętrzenia gruntów na przedpolu sięgała około 2 ÷ 15 m, powodując całkowite zniszczenie obiektów budowlanych w tej strefie. W strefie wyporu podłoża grunty są rozluźnione i spękań, nieprzydatne do zabudowy. Na zewnątrz strefy makroskopowo widocznego wyporu podłoża występuje strefa mikrodeformacji, w której przemieszczenia gruntów osiągają wartości 1 ÷ 15 cm. Szerokość strefy mikrodeformacji osiąga na ogół połowę szerokości strefy makrodeformacji. W strefie tej występują mniejsze uszkodzenia obiektów budowlanych. Teren wokół zwałowisk (hałd) w pasie szerokości co najmniej $1,5 H$ jest nieprzydatny do zabudowy z uwagi na możliwe deformacje przedpola zwałowiska oraz zagrożenie od procesów osuwiskowych skarp zwałowiska.

2.3. Oddziaływania hydrogeologiczne i hydrologiczne

Oddziaływaniami hydrogeologicznymi i hydrologicznymi związanymi z eksploatacją górniczą nazywa się umownie wszelkie związane z tą eksploatacją przekształcenia w środowisku wód podziemnych i powierzchniowych. Oddziaływania te wyrażają się głównie zmianami:

- poziomów oraz kierunków ruchu (przepływu) wód podziemnych,
- położenia wód powierzchniowych w ciekach naturalnych i sztucznych oraz zbiornikach wód stojących,
- warunków i natężenia przepływu wód w ciekach naturalnych i sztucznych,
- mineralizacji i składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych.

Z punktu widzenia potrzeb dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich likwidowanych kopalń najbardziej istotne są bezwzględne lub względne – w stosunku do powierzchni obniżającego się terenu górniczego – zmiany poziomu wód podziemnych i powierzchniowych, skutkujące powstawaniem

podtopień terenu lub otwartych zalewisk wodnych. Tereny zalewisk i podtopień są nieprzydatne do zabudowy. Ich eliminacja lub terytorialne ograniczenie wymaga wykonania i utrzymywania systemów drenażu wód. Pośrednim skutkiem zmian poziomu wód podziemnych są deformacje górotworu i powierzchni terenu. W wyniku depresji zwierciadła wód podziemnych występują osiadania terenu związane z zanikaniem wyporu hydrostatycznego w strefie objętej obniżeniem zwierciadła wód i wzrostem naprężeń efektywnych w całym profilu. W podziemnych kopalniach węgla kamiennego i otworowych kopalniach siarki osiadania terenu w wyniku odwodnienia górotworu, nakładając się na obniżenia spowodowane zaciskaniem wyrobisk górniczych, są trudne do oszacowania. W kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego i siarki wartości osiadań terenu wokół wyrobisk wynoszą najczęściej $0,1 \div 0,4\%$, ale w inicjalnej fazie procesu przekraczać mogą 1% wartości depresji zwierciadła wody. W praktyce są to obniżenia o wartości około $10 \div 80$ cm. Powtórny wznios zwierciadła wody po zaprzestaniu odwadniania kopalni powoduje z kolei wypiętrzenia terenu. Są one jednak niewielkie i w praktyce wynoszą około $5 \div 10\%$, maksymalnie 25% wartości osiadań, jakie wystąpiły w fazie obniżania zwierciadła wody. Zwykle wypiętrzenia te nie przekraczają wysokości kilkudziesięciu milimetrów, co w przypadku szerokoprzestrzennego i długotrwałego rozwoju procesu praktycznie nie powinno wpływać na obiekty budowlane. Skutkiem pośrednim depresjonowania poziomu wód podziemnych i możliwych zmian kierunków ich przepływu na terenie likwidowanej kopalni mogą być procesy sufozji powodujące powstawanie deformacji osiadaniowo-zapadliskowych na powierzchni terenu. Miejsca i czas ich wystąpienia są trudne do prognozowania.

2.4. Oddziaływania geochemiczne

Na terenie górniczym w czasie eksploatacji kopalni, a także w okresie likwidacji zakładu górniczego mogą występować geochemiczne (chemiczne) przekształcenia środowiska związane z przenikaniem zanieczyszczeń do podłoża. Ich źródłem są najczęściej składowiska:

- odpadów wydobywczych,
- odpadów przemysłowych i bytowych zakładu górniczego,
- odpadów energetycznych i komunalnych,
- określonych surowców (np. siarki),
- odpadów przeróbczych (w tym z osadników),

a także:

- opad zanieczyszczeń z atmosfery (niekiedy bardzo znaczący, np. w kopalniach otworowych siarki),
- awarie systemów transportu i magazynowania substancji szkodliwych.

Rodzaj i charakter oddziaływań geochemicznych jest zróżnicowany w zależności od rodzaju kopaliny, warunków eksploatacji, składowania i przetwarzania urobku oraz rodzaju składowanych skał płonnych.

Przekształcenia geochemiczne pogarszają jakość warunków geologiczno-inżynierskich terenu (niskie pH, agresywność siarczanowa itp.). Przy dużych lokalnych zmianach wykluczają teren z zagospodarowania lub powodują konieczność stosowania specjalnych zabiegów rekultywacyjnych. Przykładowo, na terenach otworowej eksploatacji siarki odczyn pH środowiska gruntowo-wodnego w strefie przypowierzchniowej do głębokości około $1,5 \div 2,0$ m wynosi lokalnie około $1,2 \div 2,5$, a przeciętnie $5,0 \div 6,5$. Dekontaminacji terenu likwidowanych kopalń siarki dokonuje się między innymi przez stosowanie dawek wapna neutralizującego zakwaszenie.

Istotne dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich terenu likwidowanej kopalni są również zmiany mineralizacji i składu chemicznego wód wskutek przekształceń środowiska wywołanych eksploatacją górnictwem. Rzutują one na agresywność środowiska gruntowo-wodnego w stosunku do materiałów budowlanych, fundamentów, instalacji i urządzeń podziemnych oraz skał i gruntów w górotworze. Zmiany mineralizacji i składu chemicznego wód (pomińjąc przenikanie do wód zanieczyszczeń ze składowisk odpadów, osadników itp.) na terenie górnictwem występują głównie przy wzniosie zwierciadła wód podziemnych w okresie likwidacji kopalni. W strefie aeracji, w okresie obniżenia zwierciadła wody, procesy utleniania doprowadzają do reakcji chemicznych, których efektem przy wzniosie zwierciadła wody podczas wypełniania leja depresji po likwidacji kopalni jest zakwaszenie wód i zwiększanie zawartości siarczanów oraz innych związków. Wskutek podobnych procesów w słabo zagęszczonych gruntach zwałowisk i hałd kopalnianych, do których przenika powietrze atmosferyczne, następuje wzrost agresywności siarczanowej w wyniku utleniania rozproszonych siarczków żelaza.

2.5. Oddziaływania geotermiczne

Oddziaływania geotermiczne polegają na podniesieniu temperatury wód i skał na terenie górnictwem lub w jego części w związku z pożarami odpadów z górnictwa węgla kamiennego oraz płytko zalegających pokładów węgla lub zrzutami wód kopalnianych o podwyższonej temperaturze. Pożary hałd odpadów pochodzących z kopalń węglowych stanowią na ogół lokalny problem utrudniający użytkowanie (zagospodarowanie) terenu górnictwem oraz jego rekultywację. Pożary płytko zalegających pokładów węgla stwarzają dla istniejącej lub projektowanej zabudowy zagrożenia deformacjami podłoża.

W kształtowaniu warunków geologiczno-inżynierskich oddziaływania termiczne mają istotne znaczenie na terenach likwidowanych kopalń otworowych siarki, gdzie wody technologiczne wtłaczane do złoża siarki celem jej wytopienia mają temperaturę około 160°C . Podgrzewają one otaczający górotwór, zwłaszcza skały nadkładu, a migrująca przez nieciągłości w nadkładzie ku powierzchni gorąca woda technologiczna podgrzewa też grunty i wody w przypowierzchniowej strefie terenu. Temperatury środowiska gruntowo-wodnego

strefy przypowierzchniowej terenu w okresie likwidacji kopalń otworowych siarki są podwyższone i wynoszą lokalnie nawet $40 \div 60^{\circ}\text{C}$. Proces obniżania się tych temperatur jest długi, oceniany na kilkanaście lat.

2.6. Oddziaływania gazowe

Oddziaływania gazowe związane są z migracją gazów z górotworu (ze strefy eksploatowanych kopalni) ku powierzchni terenu. W niektórych przypadkach może to stwarzać utrudnienia w zagospodarowaniu i użytkowaniu terenu likwidowanej kopalni. Oddziaływania te dotyczą głównie likwidowanych kopalń podziemnych węgla kamiennego, w mniejszym stopniu likwidowanych kopalń otworowych siarki. W przypadku kopalń węgla kamiennego wznios zwierciadła wód podziemnych w okresie likwidacji zakładu górniczego powoduje migrację (wypychanie ku powierzchni) głównie metanu i dwutlenku węgla. Metan, mający przy określonych stężeniach w powietrzu właściwości wybuchowe, gromadząc się w podziemnych częściach obiektów budowlanych (piwnicach budynków) może stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa publicznego. Wydzielanie dwutlenku węgla może mieć miejsce w przypadku pożaru pokładu węgla lub jego resztek w zrobach. Pewien problem z potencjalnym zagospodarowaniem i użytkowaniem terenu likwidowanych kopalń otworowych siarki stanowi też emisja trującego siarkowodoru z wód horyzontu złożowego ku powierzchni i do atmosfery. Największa emisja siarkowodoru ma miejsce w okresie eksploatacji złoża siarki.

3 Monitoring procesów i zjawisk geologiczno-inżynierskich

3.1. Monitoring terenów górniczych na złożach eksploatowanych sposobem podziemnym (węgiel kamienny)

Procesy przekształcenia górotworu w otoczeniu kopalni podziemnej mają charakter dynamiczny i nie ustają z chwilą zakończenia eksploatacji. Mogą stanowić zagrożenie dla użytkowników powierzchni nie tylko w okresie likwidacji kopalni, lecz i wiele lat po jej zakończeniu. Szczególnie trudne do prognozowania są zagrożenia wywołane zmianą nawodnienia górotworu w długotrwałym procesie zatapiania wyrobisk podziemnych. Zmiana stanu naprężeń związana z nawodnieniem oraz przemiany właściwości skał w odprężonych chodnikach, osłabienie w procesie starzenia i korozji obudowy, reologiczny proces deformacji filarów oporowych (szczególnie słabych filarów węglowych) i ochronnych – stanowią zagrożenie rozwojem deformacji powierzchni, a szczególnie niekontrolowanych deformacji nieciągłych, procesów sufozyjnych i krasowych oraz powstawaniem wywierzyisk i podtopień na powierzchni terenu.

W przypadku gdy w planie likwidacji przewidziane jest także użytkowe zagospodarowanie wydzielonych podziemnych partii kopalni, procesy te stanowią również bezpośrednie zagrożenie dla zlokalizowanych tam obiektów.

Procesy przekształcania górotworu tak w fazach początkowych, jak i w okresach wieloletnich muszą być zatem monitorowane oraz stanowić podstawę identyfikacji nowo powstających zagrożeń i wskazywać kierunki modyfikacji zastosowanych rozwiązań.

W programie monitoringu dla likwidowanej kopalni należy uwzględnić:

1. **Monitoring fazy eksploatacji** obejmujący odkształcenia powierzchni oraz stan zabezpieczeń przed szkodliwymi wpływami eksploatacji zrealizowany

przez kopalnię w całym procesie eksploatacji aż do chwili jej ustania. Uzyskane dane odniesione do stanu naturalnego (przed eksploatacją) pozwalają na określenie skali zmian zaistniałych w czasie eksploatacji. W wyniku powstają mapy sumarycznych odkształceń powierzchni spowodowanych eksploatacją oraz weryfikacja zasięgu obszarów zaliczanych do poszczególnych kategorii wpływów górniczych.

2. **Monitoring fazy likwidacji** obejmujący obserwację przekształceń stwierdzonych w fazie eksploatacji w celu oceny kierunków ich zmian oraz zlokalizowania stref, które wymagają zabezpieczeń. W tej fazie zadaniem monitoringu jest kontrola trwających jeszcze odkształceń powierzchni w wyniku przenoszenia się wpływów eksploatacji podziemnej.
3. **Monitoring po zakończeniu likwidacji** mający na celu sprawdzenie, czy oceny przekształceń i ich rozwoju były prawidłowe oraz czy zastosowane zabezpieczenia spełniają warunki planów zagospodarowania i użytkowania terenu. Jego wyniki mają również służyć weryfikacji przyjętych rozwiązań.

Przebieg monitoringu i jego częstotliwość mogą być zróżnicowane w zależności od prowadzenia procesu likwidacji i rekultywacji terenu pogórnictwa. W odniesieniu do procesu likwidacji kopalni podziemnej monitoringiem należy objąć systemy oceny:

- przekształceń powierzchni terenu,
- wglębego zachowania się górotworu,
- zjawisk hydrogeologicznych,
- zjawisk gazowych,
- zjawisk termicznych.

System oceny przekształceń powierzchni terenu

Monitoring przekształceń powierzchni ma za zadanie kontrolę przemieszczeń pionowych i poziomych terenu (ciągłych i nieciągłych). Należy nim objąć szczególnie strefy przykrawędziowe niecek obniżeniowych, rejony płytkiej eksploatacji (stref starych zrobów) oraz rejony występowania procesów krasowych.

Nieciągłe przemieszczenia powierzchniowe należy lokalizować w terenie za pomocą GPS i weryfikować na obrazach satelitarnych i interferometrycznych oraz dodatkowo na podstawie bezpośrednich obserwacji w terenie. Za niebezpieczne należy pod tym względem uznać obszary, gdzie głębokość eksploatacji jest mniejsza niż 100 m, a za szczególnie niebezpieczne, obszary na których głębokość wyrobisk jest mniejsza niż 30 m. Zapadliska w tych strefach zagrażają wprawdzie niewielkim obszarom, lecz z uwagi na gwałtowny charakter mogą być przyczyną katastrof budowlanych. Mogą powstawać w okresie wielu lat od zakończenia eksploatacji.

Pomiary przemieszczeń ciągłych należy prowadzić przy zastosowaniu klasycznej metody geodezyjnej lub odpowiednio dokładnych pomiarów GPS

w ciągach pomiarowych przechodzących przez obszary o najbardziej niekorzystnych parametrach krzywizny niecki obniżeniowej, albo też przy zastosowaniu sekwencyjnych zdjęć lotniczych lub różnicowej interferometrii radarowej obejmujących cały analizowany teren. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń z kopalń GZW i DZW można podać następujące okresy stabilizacji deformacji powierzchni po zakończeniu eksploatacji, a zatem czasu trwania monitoringu:

- dla małych głębokości eksploatacji (od około 100 do 300 m), mało związłego górotworu ($\text{tg}\beta \geq 2,5$) oraz dla dużych prędkości eksploatacji ($v \geq 120$ m/miesiąc) – czas stabilizacji deformacji ciągłych powierzchni wynosi około 1 roku,
- dla średnich głębokości eksploatacji (od 300 do 700 m), średnio związłego górotworu ($\text{tg}\beta = 1,5$ do $2,5$) oraz dla średnich prędkości eksploatacji ($v = 50$ do 120 m/miesiąc) – czas stabilizacji deformacji powierzchni wynosi około 3 lat,
- dla dużych głębokości eksploatacji (ponad 700 m), związłego górotworu ($\text{tg}\beta \leq 1,5$) oraz dla małych prędkości eksploatacji ($v \leq 50$ m/miesiąc) – czas stabilizacji deformacji powierzchni wynosi około 5 lat.

Dynamikę zmian powierzchni terenu przedstawiać można metodą zagęszczonych poziomicy, zestawień analizy sekwencyjnych zdjęć lotniczych lub obrazów różnicowej interferometrii satelitarnej.

Pomiary należy prowadzić początkowo co trzy do sześciu miesięcy przez okres 2 lat od rozpoczęcia likwidacji kopalni, a następnie w cyklach co 1 rok do chwili stabilizacji procesów deformacji, lecz w okresie nie krótszym niż 5 lat.

System oceny wgłębnego zachowania się górotworu

Monitoring przemieszczeń wgłębnych górotworu w okresie przygotowań kopalni do likwidacji należy prowadzić klasyczną metodą geodezyjną zgodnie z planem ruchu kopalni. W następnych etapach stosować należy geofizyczne metody zdalne oparte na pomiarach aktywności sejsmicznej w lokalnych sieciach pomiarowych oraz metody grawimetryczne, początkowo z częstotliwością co 1/2 roku przez okres 2 lat od rozpoczęcia likwidacji kopalni, a następnie w cyklach co 1 rok do chwili stabilizacji procesów deformacji, lecz w czasie nie krótszym niż 5 lat. W rejonach o dużym zagrożeniu monitoring należy uzupełnić obserwacjami inklinometrów zamontowanych w otworach wiertniczych.

System oceny zjawisk hydrogeologicznych

Monitoring zjawisk hydrogeologicznych należy prowadzić w lokalnej sieci piezometrycznej według zaleceń, które powinny być zawarte w dokumentacji określającej warunki hydrogeologiczne w związku z zaprzestaniem lub zmianą poziomu odwodnienia likwidowanego zakładu górniczego.

W projektowaniu sieci monitoringu dla prognozy zagrożenia powierzchni podtopieniem terenu, rozlewiskami i wywierzyskami należy kierować się charakterystyką hydrogeologiczną likwidowanej kopalni obejmującą:

- teren o neutralnym położeniu zwierciadła wody (niemającym wpływu na gospodarcze użytkowanie powierzchni),
- teren podtopiony,
- zalewiska,
- teren zagrożony wystąpieniem zjawisk sufozyjnych.

W końcowej fazie wypełnienia leja depresji pomiary położenia horyzontu wód podziemnych należy prowadzić w odstępach miesięcznych przez okres 1 roku, a następnie co pół roku aż do ustabilizowania się zwierciadła wody. W trakcie podnoszenia się zwierciadła wody należy wykonywać co najmniej jedno badanie kontrolne jakości (chemizmu) wód w każdym piezometrze w cyklach zgodnych z rejestracją położenia zwierciadła wód. Przy wypływie wód wgłębnych na powierzchnię należy prowadzić kontrolę jakości wody w każdym zlokalizowanym źródle sączenia.

Badania laboratoryjne próbek wody winny obejmować oznaczenie podstawowych kationów i anionów (Na+K, Ca, Mg, HCO₃, SO₄, Cl), oznaczenie pH wody oraz przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW).

System oceny warunków gazowych

System monitoringu emisji gazów dotyczy rejestracji wystąpień metanu, dwutlenku węgla i radonu oraz czasami siarkowodoru. Migracja gazów związana jest z rozluźnieniem skał i zwiększeniem przepuszczalności masywu o charakterze wtórnym wywołanym odprężeniem górotworu oraz zwiększonym w warunkach likwidacji kopalni ich wypieraniem przez podnoszące się zwierciadło wód podziemnych. Gazy przedostające się na powierzchnię gromadzą się w warstwach glebowych oraz niezlikwidowanych szybach kopalnianych, a także wnikają do piwnic budynków. Zjawisko to nasila się w okresach zimowych przy utrudnionej emisji tych gazów do atmosfery.

W celu określenia stref zagrożenia metanem należy dokonać analizy metanonośności pozostawionych pokładów węgla oraz zawartości gazów kopalnianych w górotworze i zrobach i na tej podstawie sporządzić mapy ich zawartości. Następnie należy opracować mapę stropu karbonu z zaznaczeniem zaburzeń tektonicznych oraz mapę rozmieszczenia utworów przepuszczalnych w nadkładzie karbonu z zaznaczeniem obszarów dokonanej eksploatacji. W oparciu o analizę opracowanych map, można określić najbardziej prawdopodobne strefy migracji gazów kopalnianych do warstw przypowierzchniowych.

Na obszarach niezurbanizowanych monitoring można prowadzić technikami zdalnymi na podstawie analiz wielospektralnych. W obszarach zabudo-

wanych monitoring należy prowadzić technikami powierzchniowymi w lokalnych ciągach pomiarowych lub w oparciu o lokalne pomiary w piwnicach budynków.

System oceny zjawisk termicznych

Monitoring warunków termicznych dotyczy powierzchniowego zagrożenia termicznego w palących się hałdach oraz płytko zalegających pokładach węgla i zrobach. W obu przypadkach wymaga to ustalenia lokalnego reżimu temperatury w strefach objętych pożarem. Równocześnie niezbędna jest znajomość zmian ogólnego pola temperaturowego na terenie likwidowanej kopalni oraz terenie pogórnym stanowiącego przesłanki dla wykorzystania podwyższonych temperatur górotworu jako źródła energii geotermalnej.

3.2. Monitoring procesów i zjawisk geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych kopalń odkrywkowych

W wydzielonych etapach monitoringu (por. 3.1) należy uwzględnić następujące zagadnienia:

1. **Monitoring fazy eksploatacji** – obejmuje przekształcenia środowiska geologicznego oraz stan zabezpieczeń przed szkodliwymi wpływami działalności górniczej. W jego wyniku wyznaczane są strefy zagrożeń geodynamicznych (osuwisk, osiadań), prowadzona jest weryfikacja zasięgu obszarów zaliczanych do poszczególnych kategorii wpływów górniczych i sporządzane są mapy ich zasięgu (mapy rejonizacji geologiczno-inżynierskiej).
2. **Monitoring fazy likwidacji** – obejmuje pomiary przekształceń środowiska geologicznego po zakończeniu eksploatacji, szczególnie zmiany depresji zwierciadła wody gruntowej, pionowe i poziome przemieszczenia powierzchni terenu, zmiany geometrii zwałowisk, wyrobisk oraz nisz zbiorników końcowych, kontaminacje gruntów i wód, obserwacje sejsmiczne.
3. **Monitoring post-realizacyjny (po zakończonej likwidacji kopalni)** – obejmuje rejestrację zmian stanu analizowanego obszaru w zakresie procesów stwierdzanych w poprzednich etapach oraz ocenę i weryfikację skuteczności zastosowanych rozwiązań rekultywacyjnych.

Monitoring procesów i zjawisk geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń odkrywkowych powinien obejmować rejestrację:

- przemieszczeń powierzchni terenu na podstawie pomiarów geodezyjnych,
- zmian położenia zwierciadła wód podziemnych,
- zmiany sieci hydrograficznej, w tym zmian poziomu wód w zbiornikach powierzchniowych,
- dynamiki przepływów,

- wstrząsów sejsmicznych,
- zanieczyszczeń wód i gruntów,
- innych zjawisk i procesów geodynamicznych.

Monitoring w zależności od jego przedmiotu prowadzony jest na podstawie indywidualnych rozwiązań metodycznych.

Rejestracja geodezyjna

Rejestracja geodezyjna powinna obejmować przemieszczenia powierzchni terenu spowodowane:

- a) powierzchniowymi ruchami masowymi,
- b) wypieraniem podłoża na przedpolu obszarów obciążonych (np. zwałowiskiem),
- c) osiadaniem towarzyszącym odwodnieniu,
- d) wstrząsami sejsmicznymi.

Przemieszczenia a), b) i d) wymagają rejestracji trójwymiarowej i charakteryzować się mogą gwałtownym przebiegiem. W przypadku znaczących wartości przemieszczeń dopuszcza się ich dokumentowanie przy użyciu sprzętu typu GPS, o ile zakres przemieszczeń można oszacować jako co najmniej 2-krotnie większy od dokładności pomiaru. W przypadku zdjęć przy użyciu GPS zaleca się wykonanie nie mniej niż przeciętnie 1 pomiaru w przeliczeniu na 1 cm² opracowania kartograficznego (w skalach od 1:1000 do 1:10 000). Zaleca się także utrzymanie istniejącej lub uzupełnienie sieci reperów dla klasycznych pomiarów geodezyjnych. Liczba punktów sieci geodezyjnej dla terenów objętych osiadaniem spowodowanymi odwodnieniem w zależności od intensywności procesu powinna wynosić 1 ÷ 3 reperów/km². W okresie zanikania takich osiadań można dopuścić zmniejszenie liczby mierzonych reperów w stosunku do standardów stosowanych w okresie funkcjonowania kopalni, lecz z zachowaniem dokładności. Dla celów dalszego prognozowania pomiary osiadań powinny być prowadzone w cyklu 2–3-letnim, a wzajemna odległość reperów nie powinna przekraczać 1200 m. Z zagadnieniem interpretacji monitoringu osiadań wiąże się prawidłowe odniesienie wyników pomiarów, rozwiązywane indywidualnie dla poszczególnych terenów górniczych. Jako najlepsze rozwiązanie należy wskazać dowiązania do reperów znajdujących się w bliskiej odległości terenu badań i zastabilizowanych trwale, np. w stropie praktycznie nieodkształcalnych skał starszego podłoża. Celem pomiarów osiadań jest określenie kategorii terenu górniczego i związanych z nią uwarunkowań projektowania obiektów budowlanych.

Pomiary hydrograficzne, hydrologiczne i hydrogeologiczne

Na terenach likwidowanych kopalń należy przeprowadzić analizę istniejącej sieci punktów pomiarowych oraz dokonać oceny ich stanu technicznego (wodowskazy, piezometry). Monitoring stanu wód podziemnych powinien w większym stopniu aniżeli w trakcie eksploatacji kopaliny odwzorowywać:

- przebieg zmian ciśnień piezometrycznych w poszczególnych poziomach wodonośnych,
- zmiany chemizmu wód odbudowywanych poziomów wodonośnych z uwzględnieniem możliwej fluktuacji stężeń w okresach suchych i mokrych.

Liczba i rozmieszczenie piezometrów, w których prowadzone są pomiary, powinna być dostosowana do przebiegu zmian położenia zwierciadła wód podziemnych, przy czym jako standardową gęstość sieci piezometrów przyjęć można 1 punkt na 2 km².

System pomiarów powinien być ukierunkowany na analizowanie bilansów wodnych niezbędnych dla:

- sterowania sukcesywnym wyłączaniem systemu odwodnienia,
- stwarzania warunków rekultywacji biotycznej.

Badania stanu zanieczyszczeń wód i gruntów

Zanieczyszczenia wód i gruntów na terenach likwidowanych kopalń odkrywanych są związane z:

- chaotycznym ułożeniem w zwałowisku gruntów o różnej charakterystyce geochemicznej,
- pozostałościami zanieczyszczeń eksploatacyjnych.

Źródłem kontaminacji są z reguły punktowo i losowo rozmieszczone zanieczyszczenia możliwe do identyfikacji na podstawie obserwacji terenowych oraz analiz chemizmu wód. W przypadku stwierdzenia zanieczyszczeń niezbędne jest dokonanie:

- identyfikacji jakościowej i ilościowej,
- oceny dróg i prędkości przemieszczeń zanieczyszczeń wraz z uwzględnieniem ich wpływu na stan wód gruntowych,
- oceny wpływu kontaminacji na zmiany właściwości fizyczno-mechanicznych podłoża gruntowego.

Obserwacje zjawisk sejsmicznych indukowanych działalnością górnictwem

W terenach, gdzie w toku eksploatacji ujawniła się aktywność sejsmiczna, należy utrzymać istniejącą sieć punktów pomiarowych, a szczegółowe zasady monitoringu powinny być dostosowane do aktualnej aktywności sejsmicznej. Jeżeli przyczyną wstrząsów sejsmicznych były przemieszczenia mas skalnych (gruntów) i wody w obrębie górotworu podczas eksploatacji, to prace rekul-

tywacyjne polegające na częściowej restytucji stanu naprężeń pierwotnych mogą powodować wstrząsy sejsmiczne. W projektowaniu monitoringu należy zwrócić uwagę, że częstotliwość występowania wstrząsów na rekultywowanych obszarach po likwidacji kopalń może być większa, a energia pojedynczych wstrząsów mniejsza aniżeli w okresie eksploatacji. Po wystąpieniu wstrząsów o energii powodującej widoczne skutki na powierzchni terenu i w obiektach infrastrukturalnych należy przeprowadzać ich terenową inwentaryzację.

Inwentaryzacja powinna obejmować przejawy zniszczeń i przekształceń:

- powierzchni terenu,
- obiektów budowlanych,
- wierzchowiny oraz skarp zwałowisk i składowisk,
- wydajności i poziomów wypływu źródeł,
- poziomów wody w studniach i piezometrach,
- przepływów wód powierzchniowych,
- poziomów wody w zbiornikach naturalnych i sztucznych.

Istotny jest też wywiad terenowy obejmujący opis wrażeń i zachowań ludzi, a także zwierząt związany z wystąpieniem zjawisk sejsmicznych. Szczególnie ważna jest rola tego wywiadu w sytuacji, gdy nie ma sieci sejsmograficznej, a wstrząsy wystąpiły na obszarach nieobjętych dotąd takimi zjawiskami (oddziaływaniami).

Zarówno obserwacje jakościowe, jak i wyniki pomiarów powinny być porównywane i odnoszone do standardów przyjmowanych w skalach oddziaływań sejsmicznych (np. skala MSK – 64; [por. tab. 2](#)).

Wyniki monitoringu sejsmicznego powinny być uwzględniane w rejonizacji geologiczno-inżynierskiej oraz przy prognozowaniu stateczności skarp poprzez wprowadzenie współczynnika zamieniającego energię monitorowanych i prognozowanych wstrząsów na ekwiwalentne współczynniki zwiększające wartości sił masowych. W rejonizacji powinien być także uwzględniony fakt, że strefami szczególnie wrażliwymi pod względem sejsmiczności są występujące w podłożu znaczące nieciągłości strukturalne.

3.3. Monitoring procesów i zjawisk geologiczno-inżynierskich na terenach kopalń otworowych siarki

Zakończenie otworowej eksploatacji siarki i przejście kopalni w stan likwidacji nie kończy przebiegu niektórych procesów wywołanych oddziaływaniami górnictwymi na górotwór, wody podziemne i powierzchniowe oraz powierzchnię terenu. Procesy te powinny być monitorowane w okresie likwidacji kopalni, który trwa zazwyczaj kilka do kilkunastu lat, a jeśli nie zostaną w tym czasie zakończone – to również po tym okresie. Monitoring powinien służyć weryfikacji wcześniejszych prognoz przebiegu procesów, a opracowanie

jego wyników powinno przedstawić końcowy stan warunków geologiczno-inżynierskich terenu pogórniczego i służyć jego ewentualnemu przekwalifikowaniu do wyższej kategorii użyteczności. Dla oceny wpływu działalności górniczej na tereny likwidowanych kopalni otworowych siarki niezbędna jest analiza wyników:

1. **monitoringu fazy eksploatacji** – obejmującego: obniżenia powierzchni terenu, zmiany położenia zwierciadła i chemizmu wód podziemnych i powierzchniowych, w tym w otoczeniu składowisk emitujących zanieczyszczenia do podłoża, termikę górotworu oraz zagrożenia gazowe (w wyniku prowadzonych obserwacji sporządzane są m.in. mapy dynamiki, chemizmu i termiki wód podziemnych oraz mapy przebiegu rozwoju niecki obniżeniowej);
2. **monitoringu fazy likwidacji** – obejmującego:
 - obniżenia powierzchni terenu w niecce górniczej,
 - zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych horyzontu trzecio- i czwartorzędowego na terenie górniczym,
 - zmiany jakości (chemizmu) wód podziemnych i powierzchniowych, w tym w otoczeniu składowisk emitujących zanieczyszczenia do podłoża na terenie górniczym,
 - zmiany temperatury gruntu i wód gruntowych w obszarze górniczym,
 - zagrożenia gazowe;
3. **monitoringu post-realizacyjnego (po zakończonej likwidacji kopalni)** – obejmującego weryfikację prognoz w zakresie stanu wód, warunków termicznych środowiska gruntowo-wodnego oraz stabilizacji przemieszczeń powierzchni terenu.

Obniżenia powierzchni terenu winny być monitorowane co najmniej na dwóch krzyżujących się liniach kilkudziesięciu ziemnych reperów pomiarowych przechodzących przez górniczą nieckę obniżeniową i pokrywających się z liniami otworów badawczych, a jednocześnie z liniami geofizycznego profilowania sejsmicznego. Pozwoli to na bardziej kompleksową interpretację wyników pomiarów. Pomiaru obniżenia można prowadzić klasyczną metodą geodezyjną, metodą GPS albo innymi metodami zapewniającymi pożądaną dokładność niwelacji technicznej. Pierwszy pomiar, zakładając, że znana jest morfologia niecki obniżenia w czasie zakończenia eksploatacji, powinno się przeprowadzić po roku, a następne po kolejnych 2 latach od całkowitego zakończenia eksploatacji. W przypadku stwierdzenia dalszych obniżenia przekraczających 50 mm należy wykonać pomiar po kolejnych 2 latach tylko na tych reperach, które wykazywały obniżenia. Celem pomiarów nie jest dokładna weryfikacja morfologii całej górniczej niecki obniżeniowej, a jedynie stwierdzenie dalszych ruchów powierzchni terenu.

Monitoring zmian położenia zwierciadła wód podziemnych horyzontu trzecio- i czwartorzędowego powinien być prowadzony w głębokich otworach piezometrycznych odwierconych do spągu serii siarkonośnej, których liczba powinna wynosić nie mniej niż 1 otwór na 1 km² powierzchni terenu górniczego. Otwory piezometryczne powinny być rozmieszczone równomiernie na terenie górniczym. Rozmieszczenie powinno uwzględniać czas zakończenia eksploatacji poszczególnych pól górniczych (pola eksploatowane najwcześniej i najpóźniej). Pomiary położenia zwierciadła wody należy wykonywać nie mniej niż 1 raz w roku.

Monitoring zmian jakości (chemizmu) wód podziemnych horyzontu trzecio- i czwartorzędowego należy prowadzić w kilkunastu wytypowanych piezometrach. Na próbkach wody z obu ww. horyzontów należy wykonać uproszczone analizy składu chemicznego obejmujące podstawowe kationy i aniony (Na+K, Ca, Mg, HCO₃, SO₄, Cl), oznaczyć pH wody oraz przewodność elektrolityczną właściwą (PEW) i zawartość siarkowodoru (H₂S). Analizy należy wykonywać 1 raz w roku. Monitoring chemicznego skażenia strefy przypowierzchniowej terenu należy prowadzić w kilkunastu do kilkudziesięciu płytkich otworach penetracyjnych odwierconych do głębokości 6 m, które po opróbowaniu gruntów oraz wody gruntowej należy pozostawić jako płytkie piezometry. Rozmieszczenie otworów penetracyjnych powinno uwzględniać pierwotne i aktualne zagospodarowanie terenu górniczego (miejsca składowisk siarki, odpadów, strefy awarii otworów eksploatacyjnych i wyrzutów siarki) oraz połączenia wód horyzontu trzecio- i czwartorzędowego. Badania jak dla ww. wód z głębokich piezometrów należy wykonywać z częstotliwością co 2 lata. Na próbkach wód powierzchniowych pobranych z kilku wytypowanych cieków drenujących teren górniczy należy wykonywać uproszczone analizy jakości wody w zakresie wyżej wymienionym z częstotliwością 1 raz w roku.

Monitoring zmian temperatur wód horyzontu trzecio- i czwartorzędowego powinien być prowadzony 1 raz w roku tylko w tych piezometrach, z których będą pobierane próbki wody do uproszczonych analiz fizyczno-chemicznych. Może być on doraźnie rozszerzony również o pomiary temperatury wody w płytkich otworach penetracyjnych. Skażenie chemiczne wód strefy przypowierzchniowej wiąże się bowiem często z przenikaniem podgrzanych wód ze złoża siarki ku powierzchni do wód horyzontu czwartorzędowego.

4 Zasady kwalifikacji terenów likwidowanych kopalń do zagospodarowania i rekultywacji

4.1. Zasady ogólne

Przedsiębiorca górniczy po zakończeniu eksploatacji danego złoża jest zobowiązany w myśl Prawa geologicznego i górniczego do likwidacji ujemnych skutków działalności górniczej. W szczególności powinien:

- zabezpieczyć lub zlikwidować wyrobiska górnicze oraz urządzenia, instalacje i obiekty zakładu górniczego,
- przedsięwziąć niezbędne środki w celu ochrony środowiska oraz rekultywacji gruntów po działalności górniczej,
- zabezpieczyć niewykorzystaną część złoża kopaliny.

Wskazanie możliwości i kierunków zagospodarowania i rekultywacji terenów poeksploatacyjnych powinno nastąpić już na etapie opracowania projektu zagospodarowania złoża, którego sporządzenie jest niezbędne dla uzyskania koncesji na wydobywanie kopaliny ze złoża.

Przekształcenia środowiska wskutek działalności górniczej ujawniają się już w czasie trwania eksploatacji złoża i trwają jeszcze po jej zakończeniu. Równocześnie pojawiają się przekształcenia dodatkowe, charakterystyczne dla terenów poeksploatacyjnych. Trwająca zazwyczaj wiele lat eksploatacja sprawia, że zmieniają się w międzyczasie warunki techniczno-ekonomiczne jej prowadzenia, co powoduje, że ustalone wcześniej kierunki zagospodarowania i rekultywacji terenów poeksploatacyjnych mogą wymagać korekty lub zmian.

Dla terenu górniczego, na którym przewiduje się istotne skutki prowadzonej eksploatacji dla środowiska, powinien być sporządzony miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego. Informacje o aktualnym i prognozowanym stanie przekształceń terenu górniczego są niezbędnym elementem tego planu,

w którym powinny być wyznaczone główne kierunki jego wykorzystania i rekultywacji. Podstawą dla sporządzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego terenu górniczego powinny być mapy waloryzacji sporządzone z uwzględnieniem możliwych kierunków jego zagospodarowania.

Wybór kierunku wykorzystania terenu pogórniczego i jego rekultywacji zależy głównie od:

- rodzaju eksploatacji (podziemna, odkrywkowa, otworowa),
- stopnia i charakteru przekształceń morfologii, warunków geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych i geochemicznych terenu pogórniczego,
- przewidywanych potrzeb zagospodarowania w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego gminy,
- czynników techniczno-ekonomicznych.

Zasadne jest tu rozpatrywanie kierunków rekultywacji i zagospodarowania terenu górniczego z uwzględnieniem charakteru i skali przekształceń warunków geologiczno-inżynierskich – odrębnie dla takich jego elementów jak:

- wyrobiska poeksploatacyjne,
- zwałowiska (hałdy), składowiska, osadniki,
- pozostała powierzchnia terenu górniczego nieobejmująca ww. elementów.

W praktyce polskiego i światowego górnictwa wyróżniane są 4 kierunki wykorzystania terenów po eksploatacji górniczej i ich rekultywacji:

- rolny,
- leśny,
- wodny (hodowlany, rekreacyjny),
- specjalny (np. składowisko odpadów, budowlany, rekreacyjny).

Wybór kierunku zagospodarowania terenu poeksploatacyjnego zależy od sposobu eksploatacji, stanu wyrobisk i skali oddziaływania eksploatacji na powierzchnię terenu. Odmienne zasady postępowania muszą być zastosowane w przypadku kopalń podziemnych lub otworowych oraz odkrywkowych.

Przy ustalaniu kierunków zagospodarowania terenu należy uwzględnić następujące uwarunkowania:

- dotychczasowe przeznaczenie, zagospodarowanie i uzbrojenie terenu,
- stan ładu przestrzennego i wymogów jego ochrony,
- stan środowiska, w tym stan rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej, wielkość i jakość zasobów wodnych oraz wymogi ochrony środowiska, przyrody i krajobrazu kulturowego,
- stan dziedzictwa kulturowego i zabytków oraz dóbr kultury współczesnej,

- warunki i jakość życia mieszkańców, w tym ochrona ich zdrowia,
- zagrożenia bezpieczeństwa ludności i jej mienia,
- potrzeby i możliwości rozwoju gminy,
- stan prawny gruntów,
- występowanie obiektów i terenów chronionych na podstawie przepisów odrębnych,
- występowanie obszarów naturalnych zagrożeń geologicznych,
- występowanie udokumentowanych złóż kopalin oraz zasobów wód podziemnych,
- występowanie terenów górniczych wyznaczonych na podstawie przepisów odrębnych,
- stan systemów komunikacji i infrastruktury technicznej, w tym stopnia uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej, energetycznej oraz gospodarki odpadami,
- stan gospodarki odpadami na terenie pogórnictwa.

W projektowaniu zagospodarowania i rekultywacji terenu pogórnictwa należy uwzględnić wymagania ochrony niewyekspluowanej części złoża i przedstawić obszar jego występowania na odpowiednich mapach. Ochrona złoża polega na zabezpieczeniu powierzchni terenu jego występowania przed takim użytkowaniem, które może uniemożliwić podejmowanie jego eksploatacji.

4.2. Kopalnie podziemne węgla kamiennego i otworowe siarki

4.2.1. Wyrobiska poeksploatacyjne i ich likwidacja

W kopalniach podziemnych węgla kamiennego w górotworze pozostają różnego rodzaju puste przestrzenie pozostałe po górniczych robotach eksploatacyjnych. Wyróżnić można wśród nich pustki „pierwotne” i „wtórne”. Pustki pierwotne stanowią niepodsadzone poziome, ukośne i pionowe wyrobiska górnicze udostępniające złożo (przekopy, pochylnie upadowe, chodniki transportowe, sztolnie, szyby i szybiki oraz wyrobiska eksploatacyjne). Spośród nich jedynie szyby, sztolnie i niektóre upadowe mają bezpośrednie połączenie z powierzchnią terenu. Wielkość pustek zależy od wymiarów wyrobisk i stopnia ich wypełnienia przez wprowadzoną do nich podsadzkę lub zawał skał stropowych i niekiedy bocznych.

W partiach złoża eksploatowanych bez podsadzki w górotworze pozostają strefy zawałowe z lokalnymi pustkami o charakterze wtórnym. Pustki takie mogą także powstawać w wyniku ugięcia i rozwarstwiania skał stropowych. Na małych głębokościach eksploatacji ciśnienie statyczne górotworu jest niewielkie w porównaniu z wytrzymałością skał, co powoduje, że pustki pierwotne i wtórne mogą utrzymywać się w nienaruszonym stanie przez długie lata,

a następnie mogą ulec gwałtownemu zawałowi pod wpływem niekorzystnych czynników naruszających stateczność otaczającego je górotworu.

W kopalniach otworowych siarki po jej wytopie w złożu pozostaje kawernisty szkielet skalny i lokalnie pustki o znaczniejszej kubaturze. Oddzielone są one od powierzchni serią nieprzepuszczalnych skał ilastych leżących nad złożem i połączone są z powierzchnią otworami wiertniczymi. Lokalnie warstwy nadkładu bezpośrednio nad złożem są rozmywane przez gorącą wodę zatłaczaną do złoża w celu wytopu siarki.

Zagospodarowanie terenów kopalń podziemnych węgla kamiennego oraz otworowej eksploatacji siarki wymaga w pierwszej kolejności trwałej likwidacji wyrobisk mających połączenie z powierzchnią terenu (szybów, sztolni, otworów eksploatacyjnych). Sposób przeprowadzenia tych prac powinien być określony w planie ruchu likwidowanego zakładu górniczego. Zależy on od dostępności tych wyrobisk w części podziemnej. Wyrobiska pionowe i ukośne po eksploatacji węgla dostępne w części podziemnej likwiduje się metodą podsadzenia (na sucho lub na mokro). Wyrobiska niedostępne można likwidować jedynie metodą grawitacyjnego lub grawitacyjno-iniekcyjnego podsadzenia lub cementowania z powierzchni. Do zasypu szybów mających połączenie z powierzchnią używa się różnego rodzaju materiałów podsadzkowych, najczęściej są to kamieniste grunty odpadowe z górnictwa węgla kamiennego lub popioły i żuźle z elektrowni; w szczególnych przypadkach wykorzystuje się tłuczeń dolomitowy, granitowy lub porfirowy. Po zasypaniu szybu jego obudowę należy rozebrać do przewidywanego docelowego poziomu otaczającego terenu. Po wykonaniu tych prac na zrębie obudowy należy osadzić płytę żelbetową z wlotem do uzupełnienia zasypu i zbudować trwały reper geodezyjny (metalowy lub betonowy) opisany nazwą szybu, rokiem likwidacji i jego pierwotną głębokością.

Wybrane wyrobiska podziemne kopalń węgla kamiennego można też wykorzystać w celach muzealno-turystycznych lub lokowania odpadów. Taki sposób rekultywacji wymaga szczegółowego, indywidualnego projektowania.

4.2.2. Powierzchnia terenu

Obniżenia poeksploatacyjne powierzchni terenu nad wyeksploatowanymi częściami złoża powodują jej deformacje w postaci niecek obniżeniowych o urozmaiconej morfologii zależnej od rozmiarów pustek poeksploatacyjnych. Dużą nieregularnością charakteryzują się w szczególności obniżenia poeksploatacyjne na złożach siarki eksploatowanych metodą otworową.

W warstwach skalnych tworzących nadkład złóż węgla i siarki – w wyniku samozawału nad przestrzenią poeksploatacyjną – następuje przemieszczanie partii skalnych wzdłuż naturalnych spękań górotworu. Powstają także nowe spękania pionowe i ukośne. Część spękań przekształca się w szczeliny, rozwarpte w strefach działania maksymalnych naprężeń rozciągających. W strefie przy-

Tabela 3. Kategorie terenu górniczego likwidowanych kopalń ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu dla celów budowlanych

Kategoria	Stopień przekształcenia poeksploatacyjnego	Ograniczenia w wykorzystaniu budowlanym	Zagrożenia	Uwagi	
A	mало przekształcony	teren przydatny (przy występowaniu gruntów nośnych i zaleganiu zwierciadła wody poniżej 2 m)	praktycznie nie występują	Dla wykluczenia drobnych uszkodzeń elementów wykończeniowych i architektonicznych zaleca się rozważyć potrzebę wzmocnienia konstrukcji obiektu	
B ₁	przekształcony	teren przydatny warunkowo	deformacje ciągłe przy obniżeniach niepowodujących podtopień	Po 5 latach od zakończenia eksploatacji można teren zaliczyć do kategorii A.	
B ₂			deformacje nieciągłe o stopniu zagrożenia	małym B _{2,1} ¹⁾	W przypadku płytkiej eksploatacji podziemnej kopalni i otworowej siarki oraz obecności szybów stwarzających zagrożenia zaliczone do stopni B _{2,1} B _{2,2} możliwe jest uzdatnienie terenu do zabudowy przez podsadzenie pustek lub zastosowanie specjalnych sposobów posadowienia obiektów budowlanych. W terenach o stopniu zagrożenia B _{2,3} w zależności od analizy ryzyka należy rozważyć zaliczenie ich do kategorii C.
				średnim B _{2,2} ²⁾	
				dużym B _{2,3} ³⁾	
B ₃	gazowe	zagrożenia czasowe			
C	silnie przekształcony	teren nieprzydatny	zalewiska i podtopienia, rejon zagrożony powstaniem osuwisk oraz wielkopowierzchniowych lejów zapadliskowych (w tym np strefy bezpieczeństwa wyznaczone wokół niezlikwidowanych szybów)	Zaleca się wyłączyć z zabudowy rejon niezlikwidowanych szybów, eksploatacji otworowej, pasy ochronne wyrobisk odkrywkowych, tereny hałd, zwałowisk zewnętrznych i wewnętrznych oraz strefy ochronne wokół nich – wykorzystanie terenu w kierunku innym niż budowlany (tereny zielone, rekreacyjne itp.)	

¹⁾ Przy spełnieniu wszystkich niżej wymienionych warunków:

- brak zapadlisk,
- brak zjawisk sufozyjnych,
- wyrobiska pionowe i pochyłe mające połączenia z powierzchnią o znanym sposobie likwidacji,
- grubość zwięzłych skał stropowych co najmniej pięciokrotnie większa niż wysokość wyrobisk górniczych.

²⁾ Przy wystąpieniu co najmniej jednego z niżej wymienionych warunków:

- występują zapadliska o średnicy poniżej 3 m,
- występują progi,

powierzchniowej szczeliny generowane eksploatacją podziemną mogą mieć rozwarcie od kilku milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów, a ich zasięg głębokościowy może wynosić nawet kilkaset metrów. W rejonach, w których masyw skalny jest przykryty niewielkiej grubości luźnymi osadami czwartorzędu, osady te mogą przemieszczać się do szczelin tworząc niekiedy na powierzchni formy zapadliskowe w postaci rowów lub lejów sufozycznych.

Zagospodarowanie powierzchni terenu w przypadku kopalń węgla powinno obejmować albo usunięcie wszelkich obiektów budowlanych oraz związanej z nimi infrastruktury technicznej (wieże szybowe i budynki przyszybowe, osadniki, składowiska, tory kolejowe, linie napowietrzne i podziemne) albo przeznaczenie ich do innego zagospodarowania. Sposoby przeprowadzenia i zakres tych prac jest określony w planie ruchu likwidowanego zakładu górniczego.

W przypadku przeznaczania terenu na cele budowlane sposób zagospodarowania musi uwzględniać, w zależności od kategorii terenu górniczego (tab. 1 i 3), skalę zarejestrowanych i możliwych poeksploatacyjnych deformacji powierzchni. Wyrobiska górnicze i powstałe nad nimi pustki w górotworze, występujące na małej głębokości i stwarzające zagrożenie możliwością powstania deformacji nieciągłych powierzchni, w szczególności zapadlisk, należy zlikwidować metodą podsadzania z wykorzystaniem technik wiertniczo-iniekcyjnych. W tym celu niezbędne jest rozpoznanie ich występowania i opracowanie projektu uzdatnienia (stabilizacji) podłoża. W szczególności konieczne jest określenie chłonności masywu skalnego, która w największym stopniu rzutuje na wybór metody uzdatniania i jej koszt. W tym celu niezbędne jest wykonanie odpowiednich badań stanu górotworu. Na ich podstawie powinien być sporządzony projekt prac uzdatniających podłoże górnicze do zabudowy, zawierający szczegółowe uzasadnienie proponowanej technologii prac uzdatniających i opis przewidywanego sposobu ich realizacji oraz harmonogram, szacunko-

-
- występują szczeliny,
 - występują szyby i szybiki o nieznanym sposobie likwidacji,
 - grubość zwięzłych skał stropowych mniejsza od pięciokrotnej, a większa od trzykrotnej wysokości wyrobisk górniczych,
 - wyrobiska poziome i pochyłe o nieznanym sposobie likwidacji.

³⁾ Przy wystąpieniu jednego z niżej wymienionych warunków:

- występują zapadliska o średnicy powyżej 3 m,
- występują progi,
- występują szczeliny,
- występują zjawiska sufozyczne,
- grubość zwięzłych skał stropowych mniejsza od trzykrotnej wysokości wyrobisk górniczych,
- występują „biedaszyby”,
- występują zjawiska pożarowe w rejonach płytkiej eksploatacji węgla,
- występują intensywne zjawiska parasejsmiczne.

wy kosztorys prac wiertniczo-podsadzkowych, sposób kontroli ich efektywności i jakości ich wyników (m.in. przy wykorzystaniu badań geofizycznych). Elementem składowym projektu powinna być charakterystyka mediów podsadzkowych wraz z ich oddziaływaniem na środowisko oraz właściwości geologiczno-inżynierskie, a w szczególnych przypadkach również ich właściwości fizyczno-mechaniczne. W przypadku przekształceń geochemicznych rekultywacja powinna obejmować również dekontaminację przypowierzchniowych warstw gruntowych.

W przypadku powstających lub mogących powstać zalewisk w obrębie niecki obniżeniowej przewidzieć należy:

- zagospodarowanie terenu w kierunku wodnym (hodowlanym, rekreacyjnym),
- odwadnianie,
- zasypanie gruntem antropogenicznym lub odpadowym.

Podstawą dla projektowania zagospodarowania terenu pogórniczego i jego rekultywacji powinna być mapa waloryzacji jego stanu. Mapa waloryzacji powinna przedstawiać:

- obszar złoża objętego eksploatacją,
- stwierdzone i prognozowane osiadania powierzchni wraz z oceną kategorii terenu z punktu widzenia przydatności do zabudowy,
- strefy występowania i możliwego pojawiania się spękań i szczelin (strefy krawędziowe niecek osiadania),
- obszary możliwego powstawania zapadlisk nad płytko prowadzoną eksploatacją,
- obszary zagrożone podtopieniem w wyniku odbudowy przedeksploatacyjnych warunków hydrogeologicznych na terenach poeksploatacyjnych obniżen powierzchni terenu,
- wychodnie na powierzchni stref uskokowych wzdłuż których mogą następować nierównomierne przemieszczenia bloków górotworu w wyniku naporu wody spowodowanego odbudową pierwotnych warunków hydrogeologicznych.

Uzupełnieniem mapy powinny być:

- wskazania odnośnie do możliwych kierunków zagospodarowania terenu pogórniczego, które powinny być uwzględnione przy sporządzaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego,
- zalecenia odnośnie do niezbędnych badań geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych i gazowych oraz sposobu i zakresu ich wykonania, w szczególności w przypadku przeznaczania terenu pod zabudowę.

4.3. Kopalnie odkrywkowe

4.3.1. Wyrobisko poeksploacyjne

Wyrobiska poeksploacyjne w przypadku odkrywkowej metody wydobycia kopalni stanowią największą morfologicznie i kubaturowo pozostałość po robotach górniczych, która powinna być rekultywowana w sposób zależny od lokalnych warunków. Wyróżnić można następujące formy zagospodarowania wyrobisk poeksploacyjnych:

- zwałowanie wewnętrzne nadkładu,
- wodny kierunek rekultywacji polegający na trwałym wypełnieniu niszy wyrobiska wodą,
- wykorzystanie niszy wyrobiska na składowanie odpadów.

Powyższe metody mogą być stosowane zarówno jako jedyna forma zagospodarowania danego wyrobiska, jak i (częściej) w sposób kombinowany, uwzględniający różny udział kubaturowy wyżej wymienionych form.

Zwałowanie wewnętrzne nadkładu stanowi bardzo korzystne pod względem przestrzennym rozwiązanie umożliwiające ulokowanie zdejmowanego nadkładu powtórnie w wyrobisku. Nierzadko taka forma rekultywacji pozwala na likwidację zwałowisk zewnętrznych i odzyskanie w ten sposób terenów zajętych przez hałdy i składowiska zewnętrzne. W przypadku decyzji o zwałowaniu wewnętrznym należy określić kubaturę zwałowiska zewnętrznego uwarunkowaną minimalnymi przestrzennymi wymaganiami dla eksploatacji kopaliny w wyrobisku. W miarę przesuwania się frontów eksploatacyjnych należy dążyć do przechodzenia na bezpośrednie zwałowanie wewnętrzne nadkładu urabianego na froncie eksploatacyjnym. Pozwala to zminimalizować koszty etapowej translacji nadkładu: z wyrobiska na zwałowisko zewnętrzne, traktowane jako czasowe miejsce ulokowania nadkładu, i powtórny transport na wyrobisko po zakończeniu eksploatacji kopaliny. Program i harmonogram zwałowania kształtowany jest zarówno przez czynniki ekonomiczne, jak i następujące uwarunkowania geologiczne:

1. Zagrożenia kontaminacyjne. Należy określić, czy zwałowany i przemieszczony materiał pod względem jakościowym nie stanowi zagrożenia kontaminacyjnego (siarczki, sole itd.) dla gruntów i wód podziemnych. W przypadku części nadkładu, które mogą stanowić zagrożenie dla jakości wód podziemnych, powinno się przeprowadzić odpowiednią selekcję materiału (najlepiej już w trakcie zdejmowania nadkładu) i ukierunkować składowanie, np. w częściach zwałowiska z odpowiednio ukształtowaną izolacyjną barierą gruntową. W przypadku chaotycznego rozmieszczenia gruntów nadkładowych w zwałowisku zewnętrznym zagrożenia kontaminacyjne powinny być określone indywidualnie poprzez ocenę jakości materiału w profilach wierceń na zwałowisku lub poprzez bieżącą kontrolę materiału przemieszczanego ze zwałowiska zewnętrznego do wewnętrznego. Po ukształtowaniu zwałowiska wewnętrznego ocena zakresu ewentualnej kontaminacji wód gruntowych po-

winna być włączona w system programu monitoringu hydrogeologicznego i hydrogeochemicznego. Uwzględnić także należy potencjalne przekształcenia geochemiczne, które mogą się rozwijać w obrębie zwałowiska.

2. Zagęszczenie nadkładu. W technologiach zwałowania nadkładu stosowanych w górnictwie odkrywkowym z reguły nie uwzględnia się celowego zagęszczania materiału. W szeregu przypadków praca zwałowarek powoduje usypywanie kolejnych stożków, których kształt wpływa na zróżnicowanie przestrzenne stopnia zagęszczenia zwałowanego materiału. Procesy zagęszczania są zależne od rodzaju materiału, wielkości nierozdrobnionych brył gruntu oraz miąższości zwałowiska. Prognoza osiadania i zagęszczania pod własnym ciężarem zwałowiska powinna być oparta m.in. na wskaźnikowych badaniach laboratoryjnych w urządzeniach wielkowymiarowych przeznaczonych do badania gruntów nasypowych. W określaniu średnic tych urządzeń powinna być uwzględniona specyficzna struktura gruntów zwałowanych jako ośrodków rozdrobnionych drugiego rodzaju, w których za indywidualne składniki przyjmuje się wielkość nierozdrobnionych w toku urabiania brył gruntu zachowujących quasi-nienaruszoną strukturę. Wyniki badań laboratoryjnych powinny być porównywane z obserwacjami przemieszczeń wierzchołki i skarp zwałowiska na założonych sieciach polowych z wykorzystaniem techniki GPS. W ten sposób możliwe jest określenie przebiegu zagęszczania gruntów nasypowych w czasie i określenie okresu stabilizacji tego procesu. Generalnie przypowierzchniowa strefa zwałowisk charakteryzuje się znacznie większą ściśliwością oraz mniejszą wytrzymałością aniżeli grunty występujące *in situ*. Stąd w przypadku planów lokalizowania na składowiskach obiektów budowlanych, w tym infrastrukturalnych, niezbędne jest przeprowadzenie badań podłoża w miejscach, które będą poddane obciążeniom, oraz sformułowanie zaleceń w zakresie możliwych metod polepszenia warunków podłoża.

Wodny kierunek rekultywacji niszy wyrobiska wymaga rozpoznania następujących uwarunkowań:

1. Kształtu i charakteru dna i skarp wyrobiska oraz jego kubatury. Uwzględnić tutaj można zarówno przypadek zalewania wyrobisk pozbawionych gruntów nadkładu oraz eksploatowanej kopaliny, jak i znacznie częstszy sytuację, w której część kubatury zwałowiska wypełniona jest nadkładem redeponowanym w toku zwałowania wewnętrznego.
2. Przebiegu wypełniania wodą kształtowanego przez warunki hydrologiczne i hydrogeologiczne. Uwzględnić należy wariantową dynamikę zmian położenia zwierciadła wód powierzchniowych i podziemnych w warunkach ograniczenia lub wyłączenia działania systemu odwodnienia. Bilans wodny i czasowy harmonogram wypełniania zbiornika stanowi istotny element przy sporządzaniu prognoz geologiczno-inżynierskich.

Z punktu widzenia geologiczno-inżynierskiego w programowaniu wodnego kierunku rekultywacji należy określić warunki kształtowania się napowietrznych zboczy, podwodnych stoków, platform abrazyjnych oraz dna potencjalnego zbiornika wodnego. W określaniu warunków równowagi uwzględnić należy przemienność parametrów wytrzymałościowych gruntów na skutek zmian zawilgocenia, nawodnienia i stanu gruntów. Istotnym elementem jest analiza hydrodynamiczna w strefie brzegowej, określenie wpływu ciśnienia spływowego na stan równowagi zboczy, przy różnych wariantach położenia zwierciadła wód gruntowych w otoczeniu napełnianego zbiornika. Oprócz laboratoryjnych badań właściwości gruntów występujących w dnie i na stokach zbiornika powinno się prowadzić obserwacje terenowe weryfikujące prognozy kształtowania geometrii powstającego akwenu. Z analiz tych wynika także ocena możliwości osiągnięcia planowanej jego pojemności oraz warunków eksploatacji. Efektem rekultywacji w kierunku wodnym powinno być osiągnięcie nowego stanu równowagi hydrodynamicznej w środowisku gruntowo-wodnym i umożliwienie przynajmniej częściowej restytucji walorów środowiskowych terenu pogórniczego. Wymaganiom tym podporządkowany powinien być program monitoringu warunków hydrologicznych, hydrogeologicznych i hydrochemicznych powstającego zbiornika. Przy projektowaniu zbiorników wodnych niezbędne jest też skoordynowanie planowania infrastruktury umożliwiającej korzystanie ze zbiornika (plaże, przystanie, punkty łowieckie) z warunkami podłoża gruntowego. Wymagać to może odpowiednich prac wyprzedzających dla kierunkowego ukształtowania wybranych odcinków brzegów i dna akwenu.

Każdy sposób zagospodarowania wymaga opracowania projektu rekultywacji wyrobiska, w którym określone będą technologie, koszty ich zastosowania oraz oddziaływanie na środowisko.

Składowanie odpadów

Wykorzystanie niszy wyrobiska pozostałego po eksploatacji odkrywkowej dla składowania odpadów poprzedzone powinno być analizą:

1. **Parametrów wytrzymałościowych gruntów występujących w dnie oraz skarпах wyrobiska z uwzględnieniem potencjalnych zmian stanu tych gruntów.** W modelowych badaniach laboratoryjnych powinny być wyznaczone opory na ścinanie oraz parametry pęczania składowanego materiału po powierzchniach gruntowych budujących skarpy i dna wyrobisk. Uwzględnić należy zmienne spadki występujące w dnach wyrobisk. Uzyskane wyniki powinny być przedstawione w formie zaleceń dla technologii składowania.
2. **Izolacyjności dna oraz skarп wyrobisk w zależności od wymagań dla wyróżnionych rodzajów odpadów: niebezpiecznych, innych niż niebezpieczne i obojętnych.** Właściwości izolacyjne powinny być określone przez oznaczenia przepuszczalności gruntów z podłoża oraz skarп wyrobiska metodami alternatywnymi, przy czym jako minimum należy przyjąć dwie metody badań:

jedną z grupy oznaczeń laboratoryjnych i jedną z badań polowych. Wyznaczyć należy przestrzenną zmienność warunków izolacyjnych w obrębie wyrobiska. Powyższe wyróżnienie jest podstawą dla wykonywania uzupełniających sztucznych barier izolacyjnych. W przypadku potrzeby kształtowania sztucznych barier izolacyjnych należy przeanalizować możliwość wykorzystania w tym celu m.in. występujących *in situ* w wyrobisku gruntów naturalnych i/lub nasypowych, dla których przeprowadzone powinny być badania izolacyjności. W dostosowaniu do warunków składowania, ze względu na wymagania stateczności warstwy izolacyjnej, należy także przeprowadzić badania właściwości wytrzymałościowych i reologicznych gruntów bariery izolacyjnej. Należy uwzględnić możliwość optymalizacji tych właściwości poprzez stosowanie wyznaczonych w toku badań odpowiednich mieszanek gruntowych.

3. **Potencjalnych zagrożeń funkcjonowania składowiska dla wód gruntowych i powierzchniowych.** Przeanalizowane powinny być przestrzenne uwarunkowania przewodności hydraulicznej masywu gruntowego otaczającego wyrobisko, rozmieszczenia ujęć wód oraz kontaktów pomiędzy wodami podziemnymi i powierzchniowymi. W nawiązaniu do wyników takiego rozpoznania powinien być zaprojektowany monitoring hydrodynamiczny i hydrochemiczny otoczenia składowiska zlokalizowanego w wyrobisku odkrywkowym lub jego części.

4.3.2. Otoczenie wyrobiska odkrywkowego

Kryteria przydatności do zagospodarowania terenu górniczego w otoczeniu wyrobiska odkrywkowego zostały zestawione w [tabeli 4](#).

4.4. Hałdy, zwałowiska, składowiska, osadniki

Z punktu widzenia warunków geologiczno-inżynierskich kierunek zagospodarowania antropogenicznych form nadpoziomowych oraz podpoziomowych i podporządkowany mu kierunek rekultywacji zależy głównie od:

- rodzaju składowanych gruntów (odpadów),
- cech geotechnicznych gruntów, a zwłaszcza uziarnienia i stanu zagęszczenia lub stanu konsystencji,
- cech geochemicznych określających szkodliwe oddziaływanie na środowisko w rozumieniu klasyfikacji stosowanej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 09.09.2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi oraz w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z 07.09.2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach odpadów danego typu,
- innych cech rzutujących na możliwość zagospodarowania (np. podatność na samozapłon, możliwość emisji szkodliwych substancji lotnych itp.).

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń i zgromadzonych danych odnośnie do rekultywacji i wykorzystania terenów składowisk (wałd), zwałowisk, osadników rekomenduje się następujące sposoby postępowania:

Tabela 4. Ocena przydatności do zagospodarowania terenów górniczych w otoczeniu wyrobiska odkrywkowego

Kategoria przydatności terenów do zagospodarowania	Charakter terenu	Ocena przydatności do zagospodarowania
A	teren w sąsiedztwie wyrobiska odkrywkowego (z wyłączeniem pasa ochronnego zwałowiska i składowiska)	przydatny do wszelkiego zagospodarowania bez ograniczeń
B	obszary pasa ochronnego wokół wyrobiska końcowego, obszary wierzchołki zwałowiska zewnętrznego i pasa zagrożeń wyporem podłoża wokół zwałowiska, obszary wierzchołki zwałowiska wewnętrznego, obszary ewentualnych składowisk odpadów stałych i płynnych oraz ewentualne strefy skażeń terenu wokół tych składowisk	przydatny warunkowo
C	teren wyrobiska końcowego	sposób zagospodarowania ujęty w kierunkach rekultywacji: składowanie nadkładu lub odpadów, zagospodarowanie rolne, leśne, wodne

Składowiska (hałdy) odpadów z górnictwa węgla kamiennego

Odpady z górnictwa węgla kamiennego są wykorzystywane gospodarczo w następujących głównych kierunkach:

- bezpośrednio jako materiał w budownictwie ziemnym, hydrotechnicznym, górnictwie oraz rekonstrukcji i rekultywacji terenów zdegradowanych,
- po obróbce mechanicznej, ujednoliceniu i ujednorodnieniu frakcji, w budownictwie naziemnym i drogowym,
- po obróbce termicznej do produkcji materiałów budowlanych.

Wykorzystywane grunty pochodzą bezpośrednio z produkcji, tj. z robót przygotowawczych, przeróbki lub dawnych składowisk wtórnie eksploatowanych. Rekultywacja i wykorzystanie części terenu górniczego zajętego przez hałdy odnosi się więc głównie do hałd starych i mniej lub bardziej długotrwałych. Hałdy takie często podlegały lub wciąż podlegają paleniu, jeśli zawartość czystej siarki przekracza w nich około 3 ÷ 3,5%, a zawartość substancji węglowej przekracza około 18 ÷ 20%. Palące się hałdy nie mogą być zagospodarowywane w okresie przebiegu w nich procesów termicznych. Jednak materiał hałdowy po przepaleniu jest wartościowym surowcem w budownictwie drogowym i przemyśle materiałów budowlanych. Tereny zajęte przez składo-

wiska odpadów górnictwa węgla kamiennego mogą być wykorzystywane do lekkiej zabudowy (np. garaże), po rekultywacji jako tereny zielone, rekreacyjne, a w przypadku specjalnego zagęszczenia i przygotowania mogą stanowić podłoże obiektów przemysłowych. Zakres przewidzianych badań powinien być określony w projekcie rekultywacji.

Zwałowiska nadkładowe kopalń odkrywkowych

Zwałowiska gruntów nadkładowych zaliczone do odpadów obojętnych dla środowiska mogą być, zależnie od potrzeb oraz warunków wymienionych powyżej w punktach 1 ÷ 4, zagospodarowane w kierunku: leśnym, rolnym bądź specjalnym.

Do zagospodarowania w kierunku leśnym i rolnym nadają się wszystkie zwałowiska kopalń odkrywkowych po uprzedniej rekultywacji zwiększającej żyzność gruntu zwałowanego, a zwłaszcza po rekultywacji nadającej odpowiednie ukształtowanie skarp i poziomów zwałowiska dla zapewnienia jego stateczności oraz sprawnego drenażu wód opadowych.

Do zagospodarowania specjalnego (składowanie odpadów, tereny budowlane) nadają się zwałowiska kopalń odkrywkowych zbudowane z gruntów zwałowanych w stanie co najmniej średnio zagęszczonym lub/i o konsystencji co najmniej twardoplastycznej. Nie zaleca się wykorzystywania takich zwałowisk jako podłoża do ww. celów specjalnych przed zakończeniem procesu ich konsolidacji, tj. przed upływem co najmniej 5 lat od usypania, o ile nie przewiduje się specjalnych rozwiązań fundamentowania obiektów budowlanych lub/i specjalnego przygotowania podłoża przez jego głębokie zagęszczanie (wzmocnienie). W przypadku składowania na zwałowiskach odpadów niebezpiecznych albo innych niż niebezpieczne i obojętne dla środowiska w stanie stałym lub płynnym (wg Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z 07.09.2005 w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach odpadów danego typu) podłoże z gruntu zwałowanego winno być odpowiednio uszczelnione. Uszczelnienia podłoża wymaga też lokalizacja zbiorników wodnych na zwałowiskach zbudowanych z gruntów przepuszczalnych.

Osadniki odpadów płynnych

Część terenu górniczego likwidowanej kopalni zajęta przez osadniki odpadów płynnych (osadniki drobnoziarnistych odpadów przeróbczych, bytowych, popiołów itp.) jest praktycznie długotrwale wyłączona z użytkowania. Po osuszeniu odpadów składowanych w takich osadnikach mogą być one reeksploatowane i wykorzystywane do wszelkiego rodzaju uszczelnień (ekrany uszczelniające), jako materiał użyźniający, do odkwaszania gleb (np. muły przeróbcze wapienne w kopalniach odkrywkowych siarki) itp. Zakres przewidzianych badań powinien być określony w projekcie rekultywacji.

Składowiska odpadów niebezpiecznych oraz innych niż niebezpieczne i obojętnych dla środowiska

Na terenach górniczych likwidowanych kopalń występują często składowiska odpadów niezaliczanych do obojętnych dla środowiska (różne odpady przemysłowe, odpady bytowe, szkodliwe odpady przerobcze – np. kek siarkowy w kopalniach siarki, skażona metalami ciężkimi gleba i grunty itp.). Odpady takie mogą być składowane wyłącznie na składowiskach odpadów niebezpiecznych. Tereny tych składowisk są trwale nieprzydatne do gospodarczego wykorzystania bez rekultywacji. Po zakończeniu rekultywacji mogą być wykorzystane jedynie zgodnie z przeznaczeniem określonym w projekcie rekultywacji.

4.5. Ocena przydatności terenów likwidowanych kopalń do zabudowy

Zagospodarowanie terenów likwidowanych kopalń w kierunku budowlanym w pierwszym rzędzie powinno być ukierunkowane na wymogi bezpieczeństwa. Dokonanie prawidłowej oceny przydatności do zabudowy wymaga zatem przeprowadzenia kategoryzacji wynikającej ze zmian warunków geologiczno-inżynierskich pod wpływem eksploatacji górniczej.

W przypadku kopalń węgla kamiennego oraz otworowych kopalń siarki zasady kategoryzacji ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu do celów budowlanych zostały określone w [tab. 3](#). Dla terenów likwidowanych kopalń odkrywkowych proponuje się natomiast przyjęcie zasad kategoryzacji ze względu na przydatność do zagospodarowania ([tab. 4](#)). Powyższe zasady kategoryzacji, wraz z typowymi kryteriami rejonizacji terenu ze względu na nośność podłoża, położenie zwierciadła wody, spadki terenu oraz możliwość wystąpienia procesów geodynamicznych, stanowią podstawę do rejonizacji geologiczno-inżynierskiej kwalifikującej tereny likwidowanych kopalń na rejon przydatne do zabudowy, rejon przydatne warunkowo (po uprzednim uzdatnieniu) oraz rejon nieprzydatne do zabudowy ([tab. 5](#)).

Uzdatnienie terenów pogórnich i przystosowanie ich do zabudowy wymaga rekultywacji przypowierzchniowej poprzez likwidację zapożarowania odpadów i węgla na hałdach i w zrobach, izolację pól zapożarowanych, usunięcie budowlanej infrastruktury górniczej, trwałe zabezpieczenie wylotów na powierzchnię: szybów, upadowych i sztolni, wypełnianie płytkich pustek z powierzchni, iniekcję, zagęszczenie lub wymianę gruntów oraz wypełnienie niecek bezodpływowych nasypem budowlanym lub ich odwodnienie. W niektórych przypadkach wystarczające może być stosowanie specjalnych technik posadowienia.

Realizacja tych zadań wymaga jednak wykonania specjalistycznych badań geologiczno-inżynierskich i geofizycznych mających na celu ustalenie lokalnego stanu górotworu oraz identyfikację zagrożeń górniczych dla zdefiniowanego sposobu użytkowania terenu i opracowania szczegółowych projektów technicznych rekultywacji. Ostateczny sposób zabudowy tych terenów powinien być określony na podstawie analiz geotechniczno-budowlanych i ekonomicznych.

Tabela 5. Kryteria rejonizacji geologiczno-inżynierskiej terenów górniczych likwidowanych kopalń

KRYTERIA KWALIFIKACJI		GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE WARUNKI ZAGOSPODAROWANIA												
kod	środowisko i procesy	1 – NIEKORZYSTNE					II – UTRUDNIONE					III – KORZYSTNE		
		spoisłe	niepoisłe	organiczne	spoisłe	niepoisłe	skaliste	spoisłe	niepoisłe	niezmieniona struktura gruntów	spoisłe	niepoisłe	skaliste	
a ₁	charakter zmian	naruszona struktura, grunty antropogeniczne, grunty zanieczyszczone										niezmieniona struktura gruntów		
a ₂	rodzaj	niepoisłe										skaliste		
a ₃	grunty	spoisłe	niepoisłe	organiczne	spoisłe	niepoisłe	skaliste	spoisłe	niepoisłe	niezmieniona struktura gruntów	spoisłe	niepoisłe	skaliste	
	stan	mpl, p ₁ > 0,25	ln, I _D ≤ 0,33	w każdym stanie	tpl, 0,25 ≥ I ₁ > 0	szg, I _D > 0,33	spękane	pzw, tpl, I ₁ ≤ 0,25	zg, szg, I _D > 0,33	mało spękane				
b ₁	min. głęb. zwg	< 1 m ppt										≤ 2 m ppt		
b ₂	prognozowana odbudowa zwg	> 30 m powyżej aktualnego stanu zwg										30–10 m powyżej aktualnego stanu zwg		
b ₃	warunki wodne	stałe podmokłości i obszary bagienne										możliwość okresowych podtopień		
b ₄		p ≥ 1%										p < 1%		
b ₅	powodziowe	agresywne względem betonu i stali										nieagresywne		
c ₁	spadki terenu	> 12%										12% – 5%		
c ₂	procesy geodynamiczne	ruchy masowe (w tym zsuwy, osuwiska itd.)										nie stwierdzono lub znikome		
c ₃		deformacje filtracyjne										prawdopodobieństwo występowania		
D	kontaminacja	zanieczyszczenia powodują pogorszenie (zmianę wartości) parametrów wytrzymałości i/lub odkształcalności skał i gruntów										w granicach naturalnego tła hydrogeochemicznego		
E	sejsmiczność	VIII° i VII° intensywności drgań										VI° i V° intensywności drgań		
F	wpływy górnicze	kategoria terenu górnego (wg tab. 1)										III, IV		
G		kategorie zagospodarowania dla terenów górniczych*										B lub B ₁ , B ₂ , B ₃		
		V										O, I, II		
		C										A		

* – kopalń podziemnych węgla kamiennego i otworowych siarki wg tab. 3, kopalń odkrywkowych węgla brunatnego i siarki wg tab. 4

5 Dokumentowanie warunków geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych likwidowanych kopalń

Wyniki badań geologiczno-inżynierskich terenu górniczego likwidowanej kopalni lub jego wydzielonej części należy opracować w formie tekstowej i graficznej. Treść takiego opracowania powinna być dostosowana odpowiednio do rodzaju eksploatacji w sposób przedstawiony w rozdz. 6.3.3 (dla kopalń podziemnych węgla kamiennego), 6.4.3 (dla kopalń odkrywkowych) oraz 6.5.3 (dla kopalń otworowych siarki).

Celem ww. opracowania jest określenie warunków:

- likwidacji zakładu górniczego,
- prowadzenia prac rekultywacyjnych,
- zagospodarowania budowlanego terenów po likwidacji kopalń z uwzględnieniem specyfiki projektowanych obiektów.

Warunki geologiczno-górnice, hydrogeologiczne oraz stanu środowiska likwidowanej kopalni należy opracować na podstawie analizy istniejących danych:

- zawartych w dokumentacjach geologicznych i geotechnicznych oraz sprawozdaniach z przeprowadzonych badań,
- dotyczących wykonanych wierceń,
- przedstawianych w publikacjach dotyczących złoża terenu górniczego,
- zawartych w dokumentacji mierniczo-geologicznej zakładu górniczego, w szczególności map górniczych (przeprowadzonej eksploatacji złoża, rozmieszczenia wyrobisk) oraz wyników obserwacji deformacji powierzchni (rodzaj, miejsce i czas wystąpienia, rozmiary oraz sposób likwidacji),
- przedstawianych na zdjęciach lotniczych i satelitarnych.

W przypadku braku odpowiednich danych należy wykonać niezbędne badania uzupełniające:

- terenowe,
- geofizyczne,
- laboratoryjne,

zaprojektowane i realizowane w myśl zasad przedstawionych w rozdz. 6.

Dokumentowanie geologiczno-inżynierskie na terenach likwidowanych kopalń powinno uwzględniać:

- a) specyfikę terenu górniczego, w tym charakter i skalę jego przekształceń poeksploatacyjnych oraz przekształceń, jakie mogą jeszcze wystąpić w okresie likwidacji kopalni, rzutujących głównie na:
 - zmiany pierwotnych cech geomechanicznych skał i gruntów górotworu oraz strefy przypowierzchniowej terenu,
 - wzbudzenie lub zmiany procesów i zjawisk geologiczno-inżynierskich na terenie górniczym,
 - zmiany warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych na terenie górniczym,
- b) potrzeby związane z przewidywanym sposobem likwidacji zakładu górniczego,
- c) potrzeby związane z ustaleniem kierunku zagospodarowania terenu pogórniczego.

Przy dokumentowaniu warunków geologiczno-inżynierskich terenu górniczego szczególną uwagę należy zwrócić na zagrożenia naturalne na terenie likwidowanej kopalni, a po okresie likwidacji terenu pogórniczego na zagrożenia wynikające z możliwości wystąpienia procesów: geomechanicznych, hydrogeologicznych, hydrogeochemicznych, geochemicznych, geotermicznych i gazowych.

6 Badania geologiczno-inżynierskie na terenach górniczych likwidowanych kopalń i terenach pogórniczych

6.1. Zakres prac geologicznych przy badaniu i dokumentowaniu warunków geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych likwidowanych kopalń

Pełny zakres prac geologicznych przy badaniu i dokumentowaniu warunków geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych likwidowanych kopalń przedstawiono w tabeli 6. Obejmuje on:

- projektowanie prac,
- realizację prac (wykonywanie badań),
- dokumentowanie wyników badań.

Projektowanie prac i realizacja badań powinny być poprzedzone szczegółową analizą istniejących danych i podejmowane tylko w przypadku, gdy są one niewystarczające dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich terenu górniczego.

Z uwagi na zróżnicowany charakter i skalę przekształceń górniczych likwidowanej kopalni i terenu pogórniczego w poszczególnych rodzajach górnictwa szczegółowe zasady badań warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń zostały omówione odrębnie dla górnictwa podziemnego węgla kamiennego, górnictwa odkrywkowego i górnictwa otworowego siarki.

Ze względu na specyfikę warunków każdej kopalni pełna unifikacja wymogów, co do zakresu dokumentowania geologiczno-inżynierskiego, monitoringu procesów oraz kierunków zagospodarowania przestrzennego terenu pogórniczego, nie jest możliwa i celowa, a szczegółowe zagadnienia winny być ustalone odrębnie dla każdej kopalni.

Tabela 6. Schemat prac geologicznych przy dokumentowaniu warunków geologiczno-inżynierskich na terenach górniczych likwidowanych kopalń

I. PROJEKTOWANIE PRAC	
A. Określenie celu prac	
B. Analiza materiałów archiwalnych i publikacji	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza danych: <ol style="list-style-type: none"> a. zawartych w dokumentacjach geologicznych i geotechnicznych oraz przeprowadzonych badaniach, b. dotyczących wierceń (znajdujących się w dokumentacjach geologicznych i w publikacjach, dla których można określić współrzędne): przeznaczenia otworów, ich głębokości, obserwacji hydrogeologicznych (zwierciadła wody nawierconego i ustabilizowanego), profilu litologicznego, rodzaju wykonanych badań próbek (w szczególności właściwości fizyczno-mechanicznych skał). 2. Przegląd publikacji, które należy uwzględnić zgodnie z zasadami bibliografii. 3. Analiza danych zawartych w dokumentacji mierniczo-geologicznej zakładu górniczego, w szczególności: <ol style="list-style-type: none"> a. map górniczych (przeprowadzonej eksploatacji złoża, rozmieszczenia wyrobisk), b. wyników obserwacji deformacji powierzchni (rodzaj, miejsce i czas wystąpienia, rozmiary oraz sposób likwidacji). 4. Analiza zdjęć lotniczych i satelitarnych.
C. Prace terenowe, określenie zakresu niezbędnych badań uzupełniających	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wizja lokalna. 2. Określenie wystarczalności istniejących danych dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich terenu górniczego i zakresu niezbędnych badań uzupełniających.
D. Sporządzenie projektu prac	<ol style="list-style-type: none"> 1. Charakterystyka morfologiczna i zagospodarowanie terenu. 2. Opis budowy geologicznej i warunków wodnych. 3. Uzasadnienie projektowanego zakresu i proponowanej metodyki badań. 4. Opis projektowanych badań, w tym robót geologicznych: <ol style="list-style-type: none"> a. proponowanych prac badawczo-pomiarowych (lokalizacja i liczba punktów pomiarowych), b. lokalizacji i sposobu wykonania oraz likwidacji wierceń, zakresu opróbowania i pomiarów w otworach, c. zakresu niezbędnych prac laboratoryjnych, d. określenie zakresu badań dla oceny jakości gleb i ziemi. 5. Harmonogram wykonywania prac, w szczególności prac powtarzalnych (zakres prac monitoringowych). 6. Kosztorys projektowanych prac.
II. REALIZACJA PRAC	
A. Prace terenowe lokalizacyjne	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prace geodezyjne i fotogrametryczne. 2. Weryfikacja i aktualizacja danych kartograficznych o zagospodarowaniu powierzchni.

<p>B. Prace geologiczno-kartograficzne</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kartowanie geologiczno-inżynierskie: <ul style="list-style-type: none"> — lokalizowanie, opis, rysunek lub zdjęcie fotograficzne powierzchniowych punktów dokumentacyjnych – odsłonięcia, wysięki wód itp. — wyznaczanie granic geologicznych (w nawiązaniu do szczegółowej fotointerpretacji stereogramów lub ortofotomapy), — pomiary biegu i upadu warstw oraz kierunków spękań, — lokalizowanie, opis, rysunek lub zdjęcie fotograficzne form geomorfologicznych z uwzględnieniem zaburzeń powierzchni terenu, — lokalizowanie, opis i wykonanie szkiców form geodynamicznych (leje i zapadliska, szczeliny i progi terenowe, kras, osuwiska, osiadanie zapadowe w lessach, sufozja, erozja, abrazja itp.). 2. Profilowanie wyrobisk.
<p>C. Realizacja robót geologicznych (wyrobiska badawcze)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Otwory ręczne i mechaniczne. Materiał uzyskany z wyrobisk badawczych wykorzystuje się do: <ul style="list-style-type: none"> — wydzielenia odmiennych litologicznie warstw skalnych (gruntów), — określenia miąższości zwietrzliny (profile wietrzeniowe gruntów i skał), — ustalania granic między jednostkami litogenetycznymi, — pobierania próbek wody do badań laboratoryjnych, — pobierania próbek gruntów i skał do badań ich właściwości fizyczno-mechanicznych. 2. Sondowania dynamiczne i statyczne do: <ul style="list-style-type: none"> — określania stanu rodzimych gruntów niespoistych i spoistych oraz gruntów antropogenicznych, — oceny jednorodności podłoża gruntowego, — ustalania granic pomiędzy gruntem rodzimym a gruntem antropogenicznym. <p>Dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich dla budownictwa wymagana ilość punktów dokumentacyjnych dla skał dokumentowania 1:10 000 — jak dla złożonej budowy geologicznej; odległość między punktami w terenie nie więcej niż 100 m.</p>
<p>D. Badania geofizyczne</p>	<p>W zależności od potrzeb:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sejsmiczne. 2. Grawimetryczne. 3. Geoelektryczne (elektrooporowe, elektromagnetyczne, georadarowe). 4. Inne metody geofizyczne.
<p>E. Badania hydrogeologiczne i gazowe</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Badania współczynnika filtracji. 2. Obserwacje wahań zwierciadła wody. 3. Pobieranie próbek wody i powietrza glebowego.
<p>F. Badania geologiczno-inżynierskie</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Badania makroskopowe. 2. Pobieranie próbek. 3. Obserwacje w trakcie wiercenia (postęp wiercenia, ucieczki płuczki, określenie stopnia spękania skał, określenie wielkości pustek). 4. Sondowania dynamiczne i statyczne. 5. Badania dylatometryczne.

G. Badania laboratoryjne własności fizyczno-mechanicznych gruntów	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skład granulometryczny i klasyfikacja gruntów. 2. Właściwości fizyczne (oznaczenie wilgotności, gęstości objętościowej, granic konsystencji i zawartości części organicznych). 3. Badania odkształcalności i wytrzymałości gruntów (oznaczenie modułów ścisłości, wskaźnika konsolidacji oraz kąta tarcia wewnętrznego i spójności gruntów).
H. Badania właściwości mechanicznych skał	<ol style="list-style-type: none"> 1. Określenie wytrzymałości na ściskanie dla próbek w stanie powietrzno-suchym i w stanie nasyconym. 2. Określenie wytrzymałości na rozciąganie dla próbek w stanie powietrzno-suchym i w stanie nasyconym. 3. Określenie modułu sprężystości i współczynnika Poissona. 4. Badanie wskaźnika rozmakalności. 5. Badanie pęcznienia skał.
I. Badania właściwości fizyczno-chemicznych wody i gruntów	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wody – dla określenia agresywności w stosunku do betonu i konstrukcji metalowych. 2. Gruntów – dla określenia standardów jakości gleby i ziemi (§ 1.4. Jeżeli przekroczenie wartości dopuszczalnej stężenia substancji w badanej glebie lub ziemi wynika z naturalnie wysokiej jej zawartości w środowisku, uważa się, że przekroczenie dopuszczalnej wartości stężeń w glebie lub ziemi nie nastąpiło – Rozporządzenie Ministra Środowiska z 09.09.2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi).
III. DOKUMENTOWANIE WYNIKÓW BADAŃ	
A. Tekst	<ol style="list-style-type: none"> 1. Charakterystyka położenia i zagospodarowania terenu górniczego. 2. Charakterystyka i analiza warunków geologicznych. 3. Charakterystyka i analiza warunków górniczych uwzględniająca warunki eksploatacji (odkrywkowej, podziemnej) z podaniem głębokości, czasu i charakterystyki systemów eksploatacji. 4. Odkształcenia powierzchni spowodowane odwodnieniem górotworu i eksploatacją górnictwem. 5. Wyniki badań geofizycznych i ich interpretacja: <ul style="list-style-type: none"> — metodyka i technika badań, — lokalizacja punktów pomiarowych w państwowym układzie współrzędnych (x, y) w postaci bazy danych zawierającej wartości obliczeniowe parametru geofizycznego, — charakterystyka zbiorów danych pomiarowych wraz z analizą błędów pomiarów, — kryteria wydzielenia anomalii geofizycznych, — lokalizacja anomalii geofizycznych. 5. Charakterystyka zagrożeń pogórnictwem. 6. Charakterystyka warunków geotechnicznych. Przez warunki geotechniczne rozumie się następujące elementy: <ul style="list-style-type: none"> — miąższość i litologia gruntów nadkładu (w tym gruntów antropogenicznych), — miąższość, litologia i spękanie skał w zwięzłym masywie nadkładu (półce bezpieczeństwa), — zawodnienie warstw gruntowych i skalnych,

	<ul style="list-style-type: none"> — miejsca ucieczki płuczki w otworach, — głębokość zalegania oraz wysokość pustek pierwotnych i wtórnych, — głębokość oraz miąższość strefy zawалу, — głębokość oraz miąższość strefy spękań, — chronometraż wierceń. <ol style="list-style-type: none"> 7. Ocena zagrożenia powierzchni wystąpieniem deformacji, kierunki rekultywacji i zagospodarowania terenu, kategoryzacja terenu pod względem intensywności zagrożenia. 8. Wstępna ocena przydatności budowlanej i zakres koniecznych prac badawczych uzdatniających teren do zabudowy. 9. Wariantowa koncepcja likwidacji zagrożenia z uwzględnieniem sposobów geologiczno-inżynierskich (stabilizacja podłoża) i sposobów budowlanych. 10. Wytyczne rekultywacji terenu i uzdatnienia podłoża, szacunkowy kosztorys zabezpieczeń w zależności od wybranego sposobu likwidacji zagrożenia. 11. Projekt i lokalizacja siatki punktów pomiarów monitoringowych.
B. Przekroje	Przekroje geologiczno-inżynierskie w skali nie mniejszej niż 1:5000 (pozioma)/1:500 (pionowa). Przekroje geofizyczne.
C. Mapy	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mapa powierzchni z okresu przed likwidacją zakładu górniczego w skali nie mniejszej niż 1:5000. 2. Aktualna mapa sytuacyjno-wysokościowa powierzchni w skali nie mniejszej niż 1:5000. 3. Mapa obniżeń poeksploatacyjnych rejestrowanych i prognozowanych w skali nie mniejszej niż 1:10000. 4. Mapa dokumentacyjna z lokalizacją punktów badawczych w skali nie mniejszej niż 1:5000. 5. Mapa miąższości nasypów w skali nie mniejszej niż 1:5000. 6. Mapa stropu eksploatowanej kopaliny w skali nie mniejszej niż 1:5000. 7. Mapy zasięgu eksploatacji w skali nie mniejszej niż 1:5000. 8. Mapa przydatności do zagospodarowania i zakresu koniecznych prac badawczych i rekultywacyjnych w skali nie mniejszej niż 1:5000.
D. Zestawienia tabelaryczne, wykresy	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zbiorcza charakterystyka eksploatacji kopaliny (nr pokładu, grubość, głębokość eksploatacji, system i daty eksploatacji). 2. Zestawienie wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią (nazwa wyrobiska, współrzędne x, y, z, głębokość, sposób likwidacji). 3. Zestawienie otworów (nr otworu i rok wykonania, współrzędne x, y, z, miąższość nasypów, rzędna stropu serii złożowej). 4. Wyniki badań parametrów geotechnicznych gruntów. 5. Wyniki badań parametrów mechanicznych skał. 6. Zestawienie analiz chemicznych wody. 7. Zestawienie analiz chemicznych gruntów.
E. Obliczenia	Obliczenie wskaźnika migracji.
F. Fotografie	

6.2. Projektowanie badań geologiczno-inżynierskich

6.2.1. Zasady ogólne

Teren likwidowanej kopalni jest to obszar o złożonych warunkach geologiczno-inżynierskich, na którym występują lub mogą wystąpić szkody górnicze lub zagrożenia użytkowania powierzchni. Z tego względu teren ten należy zaliczyć do III kategorii geotechnicznej w myśl Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 24.09.1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych.

Wykonanie badań geologiczno-inżynierskich powinno być poprzedzone identyfikacją problemów i zjawisk, które mogą lub będą decydować o pogórnym zagospodarowaniu powierzchni, a w szczególności o warunkach budowlanych. Ustalenia problemów należy dokonać na podstawie analizy materiałów archiwalnych, obserwacji terenowych oraz zakresu działań określonych w planie ruchu likwidowanego zakładu górniczego.

Niezbędne badania inżyniersko-geologiczne należy przedstawić w projekcie ich realizacji.

Zakres projektowanych prac należy określić stosownie do stanu terenu górniczego lub jego części w fazie:

- eksploatacji,
- rekultywacji,
- zagospodarowania po zakończeniu robót górniczych i rekultywacyjnych.

W projekcie należy:

- omówić stan wcześniejszych badań inżyniersko-geologicznych wykonywanych w ramach dokumentowania złoża i bieżącej obsługi eksploatacji,
- przedstawić uzasadnienie konieczności wykonania badań uzupełniających oraz przewidywany sposób ich wykorzystania,
- przedstawić metodykę proponowanych badań wraz z uzasadnieniem.

Przewidzieć należy w zależności od potrzeb:

1. Kartowanie geologiczne powierzchniowe przekształceń górniczych w celu ustalenia aktualnego stanu:
 - a) morfologii terenu: zasięgów niecek obniżeniowych, występowania progów, zapadlisk, szczelin, hałd i osadników oraz innych górniczych przekształceń terenu,
 - b) warunków hydrograficznych: aktualne położenie zwierciadła wody, kierunki przepływu, obszary istniejących podtopień i ich relacje względem ujęć wód pitnych i zmineralizowanych, lokalnych obszarów chronionych, rezerwatów lub parków krajobrazowych, w tym obszarów „Natura 2000”.

2. Analizę warunków hydrogeologicznych: aktualnego położenia zwierciadła wód wszystkich kompleksów wodonośnych w osadach od karbonu do czwartorzędu wraz z prognozą dynamiki zmian w procesie zatapiania.
3. Analizę stanu zagospodarowania terenu w chwili likwidacji kopalni wraz z analizą zarejestrowanych szkód górniczych i wydzieleniem kategorii zagrożeń oraz analizą stanu zagospodarowania podziemnego.
4. Pomiarów geofizyczne (sejsmiczne, georadarowe, grawimetryczne, elektrooporowe, elektromagnetyczne, geotermiczne) zagęszczone w strefach deformacji nieciągłych, w strefach płytkiej eksploatacji oraz obszarach krasowych i pożarowych. Zakres pomiarów należy dostosować do oceny intensywności zagrożenia wg kryteriów przedstawionych w tabeli 7.
5. Badawcze otwory penetracyjne z powierzchni w celu weryfikacji rozpoznania geofizycznego lokalizacji starych zrobów i zjawisk krasowych oraz kontroli stanu wykonania zabezpieczeń w górotworze (podsadzka, zawal, pustka poeksploatacyjna).
6. Kartowanie wgłębne ociosów chodników na wybranych odcinkach oraz wykonanie w nich rdzeniowanych otworów wiertniczych o zasięgu większym niż strefa spekań dla określenia stanu górotworu i poboru próbek do badań laboratoryjnych z każdej odmiany litologicznej. Przy braku takiej możliwości należy wytypować do rdzeniowania odpowiednie badawcze otwory penetracyjne wykonane z powierzchni.
7. Wykonanie w każdym z rdzeniowanych otworów badawczych pełnego opisu makroskopowego rdzenia wiertniczego wraz z dokumentacją fotograficzną, wyróżnieniem warstw geotechnicznych oraz ustaleniem parametrów niezbędnych do oceny klasy górotworu na podstawie wskaźnika RMR. Z każdej wydzielonej warstwy geotechnicznej należy pobrać co najmniej 5 próbek do badań laboratoryjnych.
8. Kompleksową ocenę parametrów fizyczno-mechanicznych w oparciu o badania pobranych próbek w zakresie zgodnym co najmniej z normą PN EN 14689 oraz badania specjalistyczne, w tym:
 - a) badania wytrzymałości na ściskanie w różnym stopniu nawodnienia w jednoosiowym i trójosiowym stanie naprężenia,
 - b) badania zmian strukturalnych po nawodnieniu skał wodami o lokalnej mineralizacji,
 - c) badania pęcznienia i skurczu,
 - d) badania zmian szorstkości powierzchni szczelin po nawodnieniu,
 - e) badania parametrów deformacji przed- i pokrytycznej,
 - f) badania wytrzymałości na ścinanie w różnym stopniu nawodnienia,
 - g) badania wytrzymałości na rozciąganie.

Wyniki badań laboratoryjnych archiwalnych i uzupełniających przewidzianych w ww. projekcie należy zestawić w formie opisowej oraz graficznej wraz z podsumowaniem zbiorczym.

Tabela 7. Zakres badań geofizycznych w zależności od stopnia zagrożenia powierzchni i warunków geologiczno-górnich

Stopień zagrożenia	Warunki geologiczno-górnice	Zakres badań rozpoznawczych (geofizycznych)
Mały	<p>Przy spełnieniu wszystkich poniżej wymienionych warunków:</p> <ul style="list-style-type: none"> — brak zapadlisk, — brak szczelin i progów, — brak zjawisk sufozcyjnych, — wyrobiska pionowe i pochyłe mające połączenia z powierzchnią o znanym sposobie likwidacji, — grubość co najmniej 20-krotnie większa niż wysokość wyrobisk górniczych. 	Badania rozpoznawcze w obszarach planowanych inwestycji
Średni	<p>Przy wystąpieniu jednego z nw. warunków:</p> <ul style="list-style-type: none"> — występują zapadliska o średnicy poniżej 3 m, — występują progi, — występują szczeliny, — występują szyby i szybiki o nieznanym sposobie likwidacji, — grubość zwieszonych skał stropowych mniejsza od 20-krotnej, a większa od 10-krotnej wysokości wyrobisk górniczych, — wyrobiska poziome i pochyłe o nieznanym sposobie likwidacji. 	Badania szczegółowe
Duży	<p>Przy wystąpieniu jednego z nw. warunków:</p> <ul style="list-style-type: none"> — występują zapadliska o średnicy powyżej 3 m, — występują progi, — występują szczeliny, — występują zjawiska sufozcyjne, — grubość zwieszonych skał stropowych mniejsza od 10-krotnej wysokości wyrobisk górniczych, — występują „biedaszyby”, — występują zjawiska pożarowe w rejonach płytkiej eksploatacji węgla, — występują intensywne zjawiska parasejsmiczne. 	Badania szczegółowe i monitoringowe

Objaśnienia do tabeli 7:

Badania rozpoznawcze – w metodach geofizyki powierzchniowej odległości pomiędzy punktami pomiarowymi większe niż 10 m.

Badania szczegółowe – w metodach geofizyki powierzchniowej odległości pomiędzy punktami pomiarowymi 2,5–10 m.

6.2.2. Analiza materiałów archiwalnych

Analiza materiałów archiwalnych oraz innych dostępnych materiałów źródłowych powinna obejmować:

- materiały geodezyjne, dokumentacje miernicze i opracowania kartograficzne,
- materiały odwzorowujące zmiany topograficzno-sytuacyjne, w szczególności mapy obniżen powierzchni,
- dokumentacje geologiczne: złożowe, hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie,
- wyniki rejestracji zjawisk parasejsmicznych oraz dokumentacje geofizyczne,
- dane dotyczące właściwości górotworu, zawodnienia i warunków gazowych gromadzone przez odpowiednie służby kopalniane,
- dane górnicze charakteryzujące przebieg eksploatacji, odwodnienia i likwidacji wyrobisk.

6.2.3. Badania terenowe geologiczne i hydrogeologiczne

Badania terenowe, o zakresie dostosowanym do lokalnych warunków geologicznych i górniczych, powinny obejmować:

- wizję terenową,
- powierzchniowe kartowanie geologiczne,
- roboty geologiczne: wiercenia, sondowania, wkopy,
- pomiary hydrologiczne i hydrogeologiczne,
- uzupełniające zdjęcia sytuacyjno-wysokościowe z uwzględnieniem techniki GPS.

6.2.4. Badania geofizyczne

Badania geofizyczne powinny być ukierunkowane na:

- uzupełniające dokumentowanie zmienności budowy geologicznej,
- rejestrację stref złuźnień, kawern i pustek w górotworze,
- określanie zmian wybranych właściwości fizycznych górotworu na skutek działalności górniczej.

6.2.5. Badania laboratoryjne

Badania laboratoryjne powinny określać:

- właściwości fizyczno-mechaniczne skał (gruntów),
- chemizm wód podziemnych i powierzchniowych,
- zanieczyszczenia skał (gruntów) i wód,
- zmiany właściwości skał (gruntów) i wód na skutek działalności górniczej i innych wpływów antropogenicznych rzutujących na możliwości zagospodarowania terenu.

6.3. Szczegółowe zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń górnictwa podziemnego węgla kamiennego

6.3.1. Zakres badań

Badania powinny być przeprowadzone zgodnie z ogólnymi zasadami sformułowanymi w rozdziale 6.1 z uwzględnieniem dodatkowych, niżej przedstawionych zaleceń szczegółowych.

Zakres badań terenowych węgłbnych i powierzchniowych, badań geofizycznych i badań laboratoryjnych jest uzależniony od stanu udokumentowania wynikającego z analizy archiwalnych danych geologicznych i górniczych w chwili likwidacji kopalni. Niezbędne badania uzupełniające winny być przedstawione w postaci projektu badań dla celów udokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich terenu likwidowanej kopalni.

W zależności od potrzeb w zakresie badań należy uwzględnić także wyznaczanie parametrów niezbędnych dla zaprojektowania metod polepszenia właściwości podłoża lub stosowania specjalnych metod fundamentowania.

6.3.2. Metodyka badań

6.3.2.1. ANALIZA MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH

W przypadku kopalń podziemnych węgla kamiennego przeanalizowane powinny być:

- ogólne dane geologiczne, hydrograficzne i hydrogeologiczne regionu ze szczególnym uwzględnieniem tektoniki, kierunku przepływu wód podziemnych i ich chemizmu oraz technologii zastosowanego drenażu,
- dane górnicze ze szczególnym uwzględnieniem rozmieszczenia starych zrobów i płytkiej eksploatacji oraz przejawów deformacji terenu zaistniałych w trakcie eksploatacji złoża, pożarów, wybuchu gazów, radioaktywności,
- topografia i morfologia terenu z uwzględnieniem dynamiki zmian istniejącej morfologii terenu wywołanej eksploatacją, analizy przemieszczeń liniowych obiektów infrastruktury naziemnej, zbiorników wodnych i cieków, hałd i osadników oraz stref nasilonych szkód górniczych w budynkach i obiektach towarzyszących.

6.3.2.2. BADANIA TERENOWE

Zakres badań terenowych powinien obejmować:

- badania terenowe powierzchniowe, w tym bezpośrednią rejestrację wszelkich przejawów deformacji terenu (ciągłych i nieciągłych), stanu składowisk odpadów, zmian hydrografii (podtopienia, zalewiska,

- zmiana kierunku przepływu cieków) oraz innych zjawisk wywołanych działalnością górniczą,
- badania wgłębne, w tym bezpośrednie obserwacje zachowania się ociosów chodników, stanu filarów oporowych, stanu rozluźnienia górotworu, stref spękań i zlustrowań, charakteru wypełnień stref nieciągłości, uskoków i innych niekorzystnych zjawisk, w celu rejonizacji stref zagrożonych,
 - w zależności od potrzeb projektowania likwidacji kopalni wykonanie otworów badawczych dołowych i/lub powierzchniowych w razie konieczności uzupełnienia istniejących danych o właściwościach geologiczno-inżynierskich górotworu oraz innych robót geologiczno-inżynierskich. Ich celem powinno być ustalenie profilu litologicznego, stopnia podzielności skał (wskaźnika RQD), szczelinowatości, stanu zawodnienia oraz pobrania próbek do badań laboratoryjnych właściwości fizyczno-mechanicznych w celu klasyfikacji wytrzymałościowej górotworu i wyznaczenia stref osłabionych.

6.3.2.3. BADANIA GEOFIZYCZNE

Badania geofizyczne powinny być wykonywane w celu wykrycia pustek po starych zrobach, zmian w ułożeniu warstw, lokalizacji stref zawałowych, rozluźnień mikrotektonicznych i wymyciu sufozyjnych, pożarów w płytko zalegających pokładach węgla i zrobach oraz weryfikacji rzeczywistego stanu realizacji zabezpieczeń przed szkodliwymi wpływami eksploatacji. Badania te powinny być wykonywane przy zastosowaniu metod sejsmicznych, grawimetrycznych, geoelektrycznych, geotermicznych. W doborze metod należy kierować się zaleceniami przedstawionymi w [tabeli 8](#).

6.3.2.4. BADANIA LABORATORYJNE

Zakres badań laboratoryjnych powinien być dostosowany do potrzeb projektowania likwidacji kopalni i stosownie do nich, o ile wcześniej nie były wykonywane, obejmować oznaczenie:

- parametrów fizyczno-mechanicznych skał ze złoża, nadkładu i otoczenia złoża, określających gęstość objętościową, porowatość, szczelinowatość, nasiąkliwość oraz cechy wytrzymałościowe i odkształceniowe (graniczna wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie i ścinanie, wytrzymałość rezydualna oraz moduł odkształcenia przedkrytycznego i pokrytycznego) w stanie naturalnym i po nasączeniu wodą o chemizmie lokalnym; parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe winny być ustalone w warunkach stanu naprężeń nawiązujących do warunków lokalnych panujących w górotworze,
- chemizmu wód wgłębnych (poziomu karbońskiego) pod względem ich długotrwałej agresywności w stosunku do odprężonego górotworu

- i materiałów stosowanej obudowy wyrobisk (drewno, beton, cegła i in.) oraz możliwości wywołania w procesie zatapiania wyrobisk górniczych zmian chemizmu istniejących horyzontów wodonośnych,
- chemizmu wód powierzchniowych w rejonach umożliwiających mieszanie się wód węgłnych z wodami powierzchniowymi,
 - parametru skłonności do samozapalenia się węgla w pokładach i na składowiskach odpadów,
 - zmian antropogenicznych podłoża budowlanego.

Tabela 8. Dobór metod geofizycznych w badaniach zagrożeń pogórnich

Głębokość eksploatacji (pustek)	Proces geodynamiczny (rodzaj wyrobisk górniczych)	Metody badawcze	Rodzaj pomiarów
do 30 m	zawał, erozja, sufozja (wyrobiska poziome, pochyłe i pionowe)	grawimetryczna	pomiary powierzchniowe
		elektrooporowa	pomiary powierzchniowe, prześwietlenia międzyotworowe
		georadarowa	pomiary powierzchniowe
		elektromagnetyczna	pomiary powierzchniowe
	sejsmiczna	prześwietlenia międzyotworowe	
	pożary pokładów węgla	geotermiczna	pomiary powierzchniowe
30 ÷ 80 m	zawał, erozja, sufozja (wyrobiska poziome, pochyłe i pionowe)	elektrooporowa	pomiary powierzchniowe, prześwietlenia międzyotworowe, tomografia
		georadarowa	prześwietlenia międzyotworowe, tomografia
		sejsmiczna	prześwietlenia międzyotworowe, tomografia
		pożary pokładów węgla	geotermiczna
powyżej 80 m	zawał, erozja, sufozja (wyrobiska poziome, pochyłe i pionowe)	elektrooporowa	prześwietlenia międzyotworowe
		sejsmiczna	prześwietlenia międzyotworowe, pomiary metodą refleksyjną
		georadarowa	prześwietlenia międzyotworowe

6.3.3. Sposób przedstawiania wyników badań

Warunki geologiczno-inżynierskie terenu likwidowanej kopalni należy udokumentować w formie opisowej i graficznej.

Część opisowa winna zawierać:

1. Opis terenu górniczego likwidowanej kopalni wraz z charakterystyką występujących w jego obrębie lub sąsiedztwie obszarów chronionych.
2. Informację o przebiegu eksploatacji złoża z uwzględnieniem jej tła historycznego oraz przejawów lokalnej eksploatacji podziemnej i naziemnej innych surowców w sąsiadujących kopalniach.
3. Opis zasięgu eksploatacji likwidowanej kopalni oraz kopalń sąsiadujących.
4. Krótką charakterystykę budowy geologicznej oraz warunków hydrogeologicznych.
5. Charakterystykę morfologii terenu likwidowanej kopalni oraz wszelkich przejawów deformacji powierzchni wywołanych eksploatacją węgla kamiennego.
6. Charakterystykę wszelkich przejawów deformacji i przekształcenia morfologii terenu związanej z eksploatacją innych miejscowych surowców.
7. Opis występowania płytkiej eksploatacji oraz ewentualnych zjawisk krasowych i pożarowych.
8. Opis systemu odwadniania i odprowadzania wód kopalnianych oraz drenażu powierzchniowego.
9. Charakterystykę stanu górotworu i strefy powierzchniowej na podstawie badań geofizycznych i wierceń badawczych oraz innych prac geologiczno-inżynierskich (wykopy budowlane, szurfy i in.).
10. Charakterystykę warunków hydrogeologicznych w chwili zakończenia eksploatacji oraz likwidacji kopalni wraz z oceną jakości wód podziemnych wszystkich horyzontów wodonośnych.
11. Charakterystykę właściwości fizyczno-mechanicznych górotworu w odniesieniu do poszczególnych serii kompleksu karbońskiego w warunkach nawodnienia, rozluźnienia i zmian stanu naprężenia (przekształcenia) w procesie zatapiania wyrobisk.
12. Charakterystykę przekształceń nośności czwartorzędowego podłoża budowlanego w warunkach likwidacji kopalni.
13. Charakterystykę stanu zagospodarowania odpadów (hałd, osadników) wraz z oceną ich właściwości oraz kategoryzacją (klasą) toksyczności.
14. Charakterystykę pola termicznego górotworu oraz hałd.
15. Charakterystykę zagrożenia gazowego, radiacyjnego i termicznego.
16. Charakterystykę górniczych szkód budowlanych.
17. Określenie kierunków rekultywacji i zagospodarowania przestrzeni naziemnej i podziemnej likwidowanej kopalni.

18. Charakterystykę stanu zagospodarowania terenu górniczego w okresie od rozpoczęcia procesu likwidacji kopalni do jego zakończenia wraz z opisem działań podjętych przez kopalnię w ramach likwidacji infrastruktury oraz prac rekultywacyjnych.
19. Analizę rejonizacji geologiczno-inżynierskiej wraz z prognozą przekształceń długotrwałych wywołanych likwidacją kopalni.
20. Wytyczne co do zakresu i metodyki monitoringu zjawisk długotrwałych wywołanych likwidacją kopalni.

Część graficzna winna zawierać:

1. Mapę przeglądową z lokalizacją terenu badań.
2. Mapę dokumentacyjną na podkładzie topograficznym w skali 1:5000 lub 1:10000 z zaznaczeniem:
 - a) granic obszaru i terenu górniczego,
 - b) granic obszarów i terenów górniczych kopalń sąsiednich,
 - c) granic filarów ochronnych,
 - d) granic zakładu górniczego oraz istniejących i likwidowanych obiektów budowlanych zakładu górniczego,
 - e) lokalizacji istniejących czynnych i zrehabilitowanych składowisk odpadów ze strefami ich wpływu (np. migracji zanieczyszczeń),
 - f) lokalizacji istniejących i planowanych otworów badawczych, szybów, szybków i innych obiektów o głębokim charakterze penetracyjnym,
 - g) lokalizacji obszarów podziemnych przeznaczonych do pozostawienia jako przestrzenie użytkowe,
 - h) granic otwartych zbiorników wodnych i powierzchniowych oraz cieków o zaburzonym przepływie,
 - i) granic obszarów zrehabilitowanych.
3. Mapę izolinii obniżenia terenu z zaznaczeniem rejonów deformacji ciągłych i nieciągłych wraz z prognozą (dynamiką) ich rozwoju.
4. Mapę lokalizacji stref płytkich wyrobisk eksploatacyjnych oraz ewentualnych zjawisk krasowych.
5. Mapę hydroizohips poziomów wodonośnych według stanu na rozpoczęcie likwidacji kopalni wraz z prognozą ich rozwoju.
6. Mapę lokalizacji rejonów zagrożenia gazowego, radiacyjnego i termicznego.
7. Mapę rejonizacji geologiczno-inżynierskiej z zaznaczeniem kategorii terenu górniczego i kategorii ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu dla celów budowlanych (zgodnie z [tab. 5](#)).
8. Przekroje geologiczno-inżynierskie.
9. Wykresy, zestawienia i tabele zawierające wyniki przeprowadzonych badań.

6.4. Szczegółowe zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń odkrywkowych

Zasady przedstawione w niniejszym rozdziale opracowane zostały z uwzględnieniem warunków likwidowania kopalń odkrywkowych węgla brunatnego i siarki, gdzie przestrzenny zasięg przekształceń środowiska geologicznego jest największy. Zastosowanie powyższych zasad dla likwidacji kopalń innych kopalni (np. surowców ceramicznych, kruszyw lub surowców skalnych) powinno uwzględniać mniejszy z reguły zasięg ingerencji środowiskowej i ograniczenie specyfiki oddziaływań wynikające z charakteru eksploatacji.

6.4.1. Zakres badań

Badania geologiczno-inżynierskie w warunkach likwidacji kopalń odkrywkowych powinny obejmować:

- wyrobisko odkrywkowe i teren do niego przyległy,
- zwałowisko zewnętrzne wraz z terenem otaczającym,
- zwałowisko wewnętrzne.

Zakres prac dokumentacyjnych musi być dostosowany do dotychczasowych wyników badań oraz ocen geologiczno-inżynierskich i uwzględniać specyficzny dla różnych stref oddziaływania kopalni charakter zmienności podłoża. Ocena tej zmienności jest podstawowym wymogiem dokumentowania geologiczno-inżynierskiego na terenach likwidowanych kopalń odkrywkowych.

W zależności od potrzeb w zakresie badań należy uwzględniać także wyznaczanie parametrów niezbędnych do zaprojektowania metod polepszenia właściwości podłoża lub stosowania specjalnych metod fundamentowania.

Dla dostosowania zakresu i metodyki dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich do zróżnicowanej specyfiki przekształceń spowodowanych górnictwem odkrywkowym należy wydzielić:

- a) tereny, gdzie prowadzono eksploatację, których charakterystycznymi cechami jest występowanie:
 - znacząco zmienionej powierzchni terenu (w obrębie wyrobisk poeksploatacyjnych oraz zwałowisk wewnętrznych i zewnętrznych),
 - gruntów o naruszonej strukturze i składzie określanych w terminologii geologiczno-inżynierskiej i geotechnicznej jako nasypowe i/lub antropogeniczne (wg PN-86/B-02480 oraz PN-B-02481: 1998),
- a) tereny poza zasięgiem eksploatacji, których charakterystycznymi cechami jest:
 - występowanie oddziaływań górniczych związanych z wpływami odwodnienia oraz procesami geodynamicznymi indukowanymi eksploatacją górniczą lub robotami rekultywacyjnymi,
 - nienaruszona struktura gruntów.

Granicę pomiędzy tymi terenami należy wyznaczać w nawiązaniu do zagrożeń wynikających z możliwości występowania powierzchniowych ruchów masowych na skarpach wyrobisk oraz zwałowisk, a także wypierania podłoża na przedpolu zwałowiska. Wstępnie przyjąć można, że zasięg terenu objętego tymi zagrożeniami wynosi:

- od górnej krawędzi wyrobiska na odległość od 0,1 do 0,5 D (D – głębokość odkrywki),
- od górnej krawędzi odkrywki wypełnionej wodą na odległość $2 D_k$ (D_k – głębokość końcowa wyrobiska przed zalaniem wodą),
- od podnóża zwałowiska na odległość od 1 do 3 H (H – wysokość zwałowiska).

Uściślenie zasięgu terenu objętego omawianymi zagrożeniami wymaga zindywidualizowanej analizy z uwzględnieniem wyników obserwacji terenowych poczynając od fazy formowania skarpy lub zwałowiska. Dla przestrzennego rozgraniczenia terenów niezbędne jest wykorzystanie materiałów archiwalnych i w nawiązaniu do ich wyników – przeprowadzenie ewentualnych uzupełniających prac i robót geologicznych.

Podczas realizacji prac dokumentacyjnych należy w szczególności uwzględnić:

1. Specyficzne cechy gruntów występujących na terenach zdegradowanych (przekształcenia strukturalne, kontaminacja). Przy charakteryzowaniu gruntów na terenach prowadzonej eksploatacji należy określić naruszenie struktury, rzutujące na pogorszenie ich właściwości jako podłoża budowlanego. W przypadku nasypów zwałowisk w zależności od możliwości i potrzeb przy ich charakteryzowaniu należy uwzględnić:
 - a) losowy, niekontrolowany sposób składowania gruntów różnych genetycznie i granulometrycznie,
 - b) charakter gruntów zwałowanych, gdzie większe odspojone fragmenty gruntów spoistych o quasi-nienaruszonej strukturze składowane są bezładnie z materiałem bardziej rozdrobnionym,
 - c) utworzoną w obrębie zwałowiska specyficzną strukturę nakładających się stożków usypiskowych, modyfikowaną dodatkowo poprzez działalność spychaczy i innych maszyn roboczych,
 - d) złożone warunki przepływu wody w gruncie, uwarunkowane istnieniem powierzchni nieciągłości i losowym rozmieszczeniem materiałów przepuszczalnych (piasków, żwirów) w stosunku do słabo- i nieprzepuszczalnych (pyły, gliny, iły, grunty organiczne, kreda jeziorna, skały lite).
2. Procesy geodynamiczne implikowane działalnością górniczą, wraz ze wskazaniem zasięgu czasowego ich występowania, który może daleko wykraczać poza termin eksploatacji i rekultywacji. Identyfikacja procesów geodynamicznych na terenach prowadzonej eksploatacji i w jej otoczeniu powinna obejmować:

- a) analizę przebiegu i wielkości osiadań wywołanych wpływem odwodnienia; proces ten ma charakter wydłużony w czasie (opóźnienie konsolidacyjne) i musi być rozpatrywany dodatkowo w stosunku do osiadań spowodowanych obciążeniem od obiektów budowlanych albo od obciążeń nasypami i zwałowiskami,
- b) zmiany właściwości gruntów w odwodnionym masywie; w zależności od położenia mogą to być deformacje filtracyjne (w sąsiedztwie studni), możliwość uaktywnienia krasu i związanych z tym deformacji podłoża, zmiany stanu gruntów, wpływ ciśnienia spływowego związanego z przesączaniem się wód opadowych przez wydłużoną strefę aeracji,
- c) warunki propagacji wstrząsów sejsmicznych,
- d) zagrożenia osuwiskowe skarp zwałowisk i zboczy w odkrywkach górniczych.

W obszarach szerokiego otoczenia wyrobisk (tereny górnicze) występowanie wyżej wymienionych procesów geodynamicznych (antropogenicznych) kwalifikuje warunki gruntowe jako skomplikowane (wg PN-B-02479: 1998).

Na terenach likwidowanych kopalń odkrywkowych, na których projektuje się wykonanie zbiornika wodnego, należy określić zmiany warunków geologiczno-inżynierskich w zakresie:

- przekształceń zboczy i dna,
- oceny stateczności zboczy w trakcie napełniania i po napełnieniu zbiornika,
- izolacyjności dna zbiornika wodnego.

Wypełnianie wyrobiska wodą powoduje przekształcenie zboczy wzdłuż brzegów zbiornika zachodzące z różnym natężeniem na poszczególnych odcinkach. Przekształcenie zboczy oraz dna jest procesem skomplikowanym i złożonym, a jego intensywność uzależniona jest od istniejących warunków geologicznych. Na proces ten składają się następujące czynniki:

- abrazja — działanie falowania wody niszczące brzegi,
- niestateczność (powstanie powierzchniowych ruchów masowych) na brzegach zbiornika wskutek abrazji i erozji,
- akumulacja – gromadzenie się materiału pod wodą.

Generalnie przekształcenie zboczy zbiornika wodnego prowadzi do:

- wypełniania zbiornika zniesionym ze zboczy materiałem gruntowym (zmniejszenie pojemności zbiornika),
- niszczenia zboczy zbiornika i cofania się górnej krawędzi brzegu w głąb wysoczyzny.

Wykorzystanie wyrobiska na zbiornik wodny wiąże się z określeniem właściwości gruntów niezbędnych do oceny stateczności skarp przyszłego zbiornika. Badania powinny uwzględniać wpływy związane z wietrzeniem i abrazją wywoływaną falowaniem w zbiorniku. Szerokość strefy wykonywanych badań gruntów od górnej krawędzi wyrobiska powinna być nie mniejsza od $2 D_k$.

Prognozy stateczności można rozwiązać:

- z uwzględnieniem klasycznych metod obliczeniowych stosowanych w mechanice gruntów,
- na podstawie metod analogii i wynikających z nich prognoz przekształcania zboczy zbiornika.

Klasyczne metody obliczeniowe oparte są o określanie warunków równowagi granicznej. Do obliczeń należy wykorzystywać parametry gruntów (głównie: kąt tarcia wewnętrznego i spójność) uwzględniające wpływ zmian strukturalnych i reologicznych oraz wpływ zalania wodą. Ze względu na konieczność zapewnienia długotrwałej bezpiecznej stateczności projektowanych skarp wskazane jest wyznaczanie parametrów do tych obliczeń w badaniach polowych w warunkach zbliżonych do warunków przyszłej pracy analizowanych gruntów. Wskazane jest też uwzględnianie rozwiązań tzw. „zadania odwrotnego”, czyli określania parametrów granicznych, jakie odpowiadają zaobserwowanym warunkom utraty stateczności.

Metoda analogii oparta jest na obserwacjach przekształcania się zboczy nowo wybudowanych zbiorników wodnych, w szczególności na podstawie początkowych etapów przeróbki brzegowej. Metoda ta umożliwi opracowanie prognozy ewolucji strefy brzegowej. Obejmuje obliczenie ostatecznej szerokości przekształconego zbocza – S , czyli zbocza zniszczonego działaniem procesów brzegowych. Według uproszczonego wzoru:

$$S = W [(A + h_r + h_w) \cdot \operatorname{ctg} \alpha + (A + h_b + h_w) \cdot \operatorname{ctg} \beta] \quad (3)$$

gdzie:

W – współczynnik zależny od rodzaju gruntów i wskazujący, jaka część platformy brzegowej powstanie wskutek rozmycia gruntów (dla piasków $W = 0,5$, dla glin $W = 0,6$),

A – amplituda wahań zwierciadła wody w zbiorniku,

h_r – głębokość, do której sięga rozmywające działanie fali,

h_w – wysokość napływania fali,

α – kąt nachylenia platformy brzegowej,

h_b – wysokość nowo utworzonego zbocza,

β – kąt nachylenia nowo utworzonego zbocza w równowadze granicznej.

Przykładowo dla wysokości fali $h_f < 0,5$ m kąt nachylenia platformy brzegowej α wynosi dla:

- iłu, $\alpha = 4^\circ$,
- gliny piaszczystej, $\alpha = 9^\circ$,
- piasku drobnego i średniego, $\alpha = 13^\circ$.

Odpowiednio kąt nachylenia powierzchni nowo utworzonego zbocza β wynosi najczęściej dla:

- iłu, $\beta = 5-30^\circ$,
- gliny piaszczystej, $\beta = 42-48^\circ$,
- piasku drobnego i średniego, $\beta = 35-40^\circ$.

Należy zaznaczyć, że czynnikiem mobilizującym aktywność procesów brzegowych jest energia fal, które są wzbudzane przez wiatr. Podane, przykładowe wartości parametrów W , α , β zależą przede wszystkim od wysokości fali, charakteru skał tworzących brzeg oraz ukształtowania powierzchni zbocza.

Przy stosowaniu metody analogii niezbędne jest więc określenie przedstawionych powyżej parametrów hydrologicznych oraz geomorfologicznych w nawiązaniu do sytuacji terenowej planowanych zbiorników wodnych i z uwzględnieniem ekstremalnych stanów pogodowych, które – jak pokazują doświadczenia – są przyczyną najistotniejszych przekształceń strefy brzegowej.

Całościowa analiza stateczności zbiornika powstałego w odkrywce zlikwidowanej kopalni odkrywkowej powinna uwzględnić wyniki pomiarów z monitoringu deformacji skarp terenu przyległego do wyrobiska.

Do zapewnienia odpowiedniej izolacyjności dna wyrobiska najczęściej stosuje się grunty spoiste pochodzące z nadkładu złoża, czyli grunty zwałowane. Po wykonaniu badań właściwości izolacyjnych gruntów przeznaczonych na warstwy uszczelniające i określeniu parametrów formowania tych warstw, należy przeprowadzić analizę stateczności (równowagi) uwzględniając z jednej strony obciążenie warstwą izolacyjną i warstwą wody w zbiorniku, a z drugiej strony możliwe zmiany ciśnienia wód złożowych. Konieczne jest w takich sytuacjach ustalenie (często w badaniach modelowych – numerycznych) niezbędnej miąższości warstwy izolacyjnej. Dla konkretnych warunków bardzo istotne jest wyznaczenie czasu przenikania, np. wód zanieczyszczonych. W przypadku nierównoważenia ciśnienia wód złożowych zagrażającego przebicciem hydraulicznym należy zaprojektować barierę studni zewnętrznych odwadniających. Grunty przeznaczone na warstwy izolacyjne posiadają niestabilną strukturę (np. grunty zwałowane) podczas zawadniania, wykazują cechy gruntów makroporowatych. Należy się liczyć z odkształceniami takich warstw gruntów i dodatkowym osiadaniem dochodzącym do 10% pierwotnej grubości warstwy izolacyjnej. Warstwy izolacyjne w takich przypadkach ulegają samoskonsolidowaniu i samouszczelnieniu.

6.4.2. Metodyka badań

6.4.2.1. ANALIZA MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH

Analiza materiałów archiwalnych kopalni oraz innych dostępnych źródeł powinna w zależności od istniejących danych obejmować:

- dokumentację geologiczną wykonywaną w fazie dokumentowania, udostępniania i eksploatacji złoża,

- materiały kartograficzne prezentujące zakres robót górniczych, szczególnie w ich końcowym etapie,
- dokumentacje przebiegu i zasięgu odwodnienia,
- projekty i dokumentacje robót rekultywacyjnych,
- dokumentacje sporządzane w związku z dotychczas zrealizowanym zagospodarowywaniem terenów po likwidacji kopalń.

Powyższe dane powinny być przeanalizowane w sposób umożliwiający:

- udokumentowanie przekształceń środowiska geologicznego na skutek prowadzenia robót górniczych i dotychczasowych prac rekultywacyjnych,
- zaprojektowanie i przeprowadzenie badań geologiczno-inżynierskich niezbędnych dla realizacji planów zagospodarowania i rekultywacji terenu pogórniczego odpowiednio do kierunku rolnego, leśnego, wodnego lub specjalnego.

W analizach należy uwzględnić przestrzenne zróżnicowanie działalności kopalni (wyrobiska, zwałowiska zewnętrzne i wewnętrzne, składowiska, otaczające tereny górnicze o wyspecyfikowanych wpływach oddziaływań kopalni).

6.4.2.2. BADANIA TERENOWE

Dla określenia stanu środowiska geologicznego (w tym stopnia jego degradacji) oraz przedstawienia warunków rekultywacji, należy zaprojektować prace i roboty geologiczne obejmujące:

- a) wizję terenową, w celu jakościowej identyfikacji przekształceń środowiska geologicznego oraz czynnych i potencjalnych procesów geodynamicznych,
- b) powierzchniowe kartowanie geologiczno-inżynierskie i środowiskowe (do głębokości 2 m ppt.),
- c) wiercenia – w przypadku niewystarczającego uprzedniego rozpoznania udokumentowanego w materiałach archiwalnych, które powinny być wykonywane:
 - na terenach prowadzonej eksploatacji – do głębokości 5–10% większej od głębokości spągu strefy gruntów o strukturze naruszonej robotami górniczymi, rekultywacyjnymi, nasypowymi i antropogenicznymi,
 - na terenach poza zasięgiem eksploatacji – otwory o głębokości wynikającej z analizy warunków nośności i użytkowania (I i II stan graniczny) projektowanych obiektów budowlanych i inżynierskich; otwory wykonywane dla udokumentowania zasięgu przekształceń antropogenicznych powinny być opróbowane z zastosowaniem zasad i podziałów przyjętych w PN-B-02479:1998 lub innych opracowań metodycznych; udział próbek pobieranych metodami A, B, C powinien być określony w projekcie w zależności od potrzeb; należy zwrócić szczególną uwagę na opróbowanie metodą A (dawniej NNS, NW),

d) sondowania dynamiczne i statyczne; rodzaj i zasięg głębokościowy powinien być dostosowany do potrzeb, przy czym charakterystyki oporu ośrodka gruntowego mogą być traktowane jako uzupełniające dla określania zasięgu głębokościowego występowania gruntów o naruszonej strukturze; wskazane jest korelowanie wyników wierceń i sondowań, przy czym przynajmniej 1/3 z ogólnej liczby sondowań powinna być zlokalizowana w bezpośrednim sąsiedztwie opróbowanych otworów.

Liczba wierceń i sondowań uzupełniających wcześniejsze rozpoznanie geologiczno-inżynierskie terenów likwidowanych kopalń odkrywkowych powinna być uzależniona od planowanego sposobu zagospodarowania rekultywowanego terenu oraz złożoności warunków geologiczno-inżynierskich (tab. 9). W przypadku przeznaczenia terenu do celów budowlanych liczba podstawowych punktów dokumentacyjnych powinna być zgodna z wymaganiami stosowanymi przy kartowaniu geologiczno-inżynierskim w skali 1:10 000 lub większej.

Tabela 9. Minimalna liczba podstawowych punktów dokumentacyjnych (PPD) na 1 km² powierzchni dla określenia zmian warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń odkrywkowych (mapa w skali 1:10 000)

Ocena warunków geologiczno-inżynierskich	Sposób zagospodarowania			
	Rolny	Leśny	Wodny	Specjalny
Warunki jednorodne (proste)	3	1	5 – 10	5
Warunki niejednorodne (złożone)	5	3	10 – 15	7
Warunki bardzo niejednorodne (skomplikowane)	7	5	15 – 20	10

Ocenę stopnia złożoności warunków geologiczno-inżynierskich określa się dla strefy aktywnej, w której następuje wzajemne oddziaływanie planowanych obiektów i podłoża gruntowego, przyjmując następujące kryteria:

1. Warunki jednorodne (proste) – litostratygraficznie jednorodne podłoże lub warstwy zalegające poziomo, jeden poziom wodonośny, powierzchnia terenu o spadkach < 5%, nie występują zjawiska geodynamiczne, jednostkowy opór obliczeniowy podłoża dla obiektów budownictwa powszechnego $q_f > 200$ kPa.
2. Warunki niejednorodne (złożone) – warstwy nachylone, litostratygraficznie niejednorodne, więcej niż jeden poziom wodonośny, powierzchnia terenu o spadkach $\geq 5\%$, wyraźne objawy procesów geodynamicznych, jednostkowy opór obliczeniowy podłoża dla obiektów budownictwa powszechnego $q_f = 100\text{--}200$ kPa.

3. Warunki bardzo niejednorodne (skomplikowane) – budowa pofałdowana, zaburzenia glaciektoniczne, podłoże litostratygraficznie niejednorodne, kilka poziomów wodonośnych, bardzo wyraźne procesy geodynamiczne, strome zbocza (wąwozy erozyjne), grunty nienośne lub małoñośne, jednostkowy opór obliczeniowy podłoża dla obiektów budownictwa powszechnego $q_f < 100$ kPa.

Rozwiązywanie niektórych szczegółowych problemów wymaga przeprowadzania badań modelowych na terenowych poletkach doświadczalnych. Dotyczy to przykładowo takich zagadnień jak: określanie technologii zagęszczenia gruntów zwałowanych, ocena stateczności w masywie zbocza kontaktującego się z wodą w zbiorniku, w szczególności w przypadku gruntów zwałowanych. W warunkach naturalnych badania modelowe umożliwiają określanie wytrzymałości na ścinanie między innymi wzdłuż powierzchni nieciągłości przy wilgotności charakterystycznej dla stanu po zalaniu wodą i przy obciążeniach zbliżonych do takich, jakie występować będą w projektowanych zboczach.

6.4.2.3. BADANIA GEOFIZYCZNE

Rodzaj i zakres badań w zależności od potrzeb ukierunkowany powinien być na określenie występowania gruntów zwałowanych, oceny rozluźnienia/zagęszczenia struktury tych gruntów, przestrzennego ułożenia warstw oraz określenia warunków wodnych.

Dla realizacji tych celów w zależności od lokalnych warunków zaleca się stosować metody: grawimetryczną, elektrooporową, georadarową, elektromagnetyczną i sejsmiczną. Geofizyczne dokumentowanie warunków geologiczno-inżynierskich dla oceny podłoża budowlanego realizowane jest w zakresie płytkiej prospekcji (w większości przypadków do głębokości 30 m). Badania geofizyczne o większym zasięgu głębokościowym związane mogą być przede wszystkim z oceną stanu zagęszczenia zwałowisk.

6.4.2.4. BADANIA LABORATORYJNE

Badaniami laboratoryjnymi obejmuje się grunty:

- występujące *in situ*, w obrębie terenu górniczego z uwzględnieniem zmian na skutek działalności kopalni (odwodnienie, odbudowa zwierciadła wód podziemnych, kontaminacja) oraz jej likwidacji (tworzenie zbiorników wodnych),
- przemieszczone i przekształcone (zmiany struktury i składu – grunty nasypowe i antropogeniczne, formowane zbocza i dna zbiorników wodnych).

Badania laboratoryjne należy wykonywać zgodnie z normą PN-B-04481: 1988 oraz instrukcjami specjalistycznymi w przypadku badań nieobjętych normą. W programie badań należy uwzględnić określenie cech identyfikacyjnych

(skład granulometryczny, gęstość właściwa oraz objętościowa, w razie potrzeby skład mineralny oraz rodzaj kontaminacji, zawartość części organicznych). Przy przewidywanych oddziaływaniach wody na ośrodek gruntowy (zbocza i dna zbiorników wodnych, intensywne przesączanie wód opadowych w obrębie zwałowisk) i w zależności od rodzajów gruntów i potrzeb należy przeprowadzić badania: czasu i wielkości rozmakania, pęcznienia (odkształcenie i ciśnienie pęcznienia), skurczu, mrozoodporności, deformacji filtracyjnych (sufozji, wyparcia hydraulicznego, odporności na procesy erozyjne – rozmywanie zboczy).

W zależności od potrzeb i rozpatrywanych kierunków zagospodarowania terenu wyznaczyć należy parametry:

- a) wytrzymałości na ścinanie i pęcznienia,
- b) ściśliwości i konsolidacji (opcjonalnie w warunkach ściskania jednoosiowego i trójosiowego),
- c) przepuszczalności oraz izolacyjności.

Ad a) Szczególną uwagę powinno się zwrócić na prawidłowe wyznaczenie kąta tarcia wewnętrznego i spójności. Należy uwzględnić wykonywanie badań na próbkach w stanie nasyconym. Oprócz parametrów wytrzymałości maksymalnej w razie potrzeby celowe jest określenie parametrów wytrzymałości rezydualnej, trwałego oporu ścinania oraz cech reologicznych – (BN-82/0403-02). Poza badaniami w aparacie trójosiowym mogą być konieczne badania przy dużych odkształceniach, np. w aparacie skrzynkowym lub aparacie skrętnym (*ring shear*).

Ad b) Program badań ściśliwości powinien być dostosowany do specyfiki gruntów poddanych odkształceniom oraz stanu naprężeń występujących w zwałowiskach i górotworze. Uwzględnienie wielkoagregatowego charakteru struktury gruntów zwałowanych wymaga prowadzenia badań w edometrach wielkowymiarowych. Częstotliwość pomiarów odkształceń dostosowana musi być do specyfiki przebiegu odkształcenia w gruntach o strukturze wielkoagregatowej.

Dla prognozowania odkształcalności górotworu na skutek odwodnienia należy prowadzić badania dostosowane do zmian stanu naprężeń efektywnych wywołanych depresją zwierciadła wód gruntowych. W przypadku restytucji tego zwierciadła należy uwzględnić ocenę możliwości odprężenia górotworu – podział odkształceń na sprężyste i trwałe określane w schemacie: obciążenie – odprężenie – obciążenie wtórne.

Badania konsolidacji wykonywane z ciągłym przyrostem obciążenia i pomiarem ciśnienia porowego wskazane są zarówno dla określenia parametrów ściśliwości i konsolidacji, jak i pośredniego wyznaczania współczynnika filtracji gruntów o niskiej przepuszczalności, co znajduje zastosowanie w ocenach izolacyjności barier geologicznych.

Ad c) W przypadku konieczności izolacji dna (i częściowo skarpy) zbiornika wodnego lub izolacji podłoża składowiska odpadów wykonuje się badania, na których podstawie można określić izolacyjność przewidywanych do wbudowania gruntów. Taką ocenę i badania przeprowadzić należy wg zaleceń podanych w „Zasadach oceny przydatności gruntów spoistych Polski do budowy mineralnych barier izolacyjnych ITB, 2007”. Jest to sposób waloryzacji 8 czynników (kolejno: zawartości frakcji ilowej i piaskowej, wskaźnika plastyczności, granicy płynności, skurczu liniowego, zawartości części organicznych, zawartości węglanu wapnia i zawartości frakcji żwirowej) oraz współczynnika filtracji przy wartości kryterialnej poniżej 10^{-9} m/s. Należy podkreślić, że badania współczynnika filtracji powinno się przeprowadzić przy określonym stanie wskaźnika zagęszczania i wilgotności ($w_{opt} \leq w_f \leq 1,20 w_{opt}$), (w_f – wilgotność formowania, w_{opt} – wilgotność optymalna) oraz stopnia plastyczności $-0,1 \leq I_L \leq 0,1$.

6.4.3. Sposób przedstawiania wyników badań

Określenie warunków geologiczno-inżynierskich, geologiczno-górnich, hydrologicznych i hydrogeologicznych oraz stanu środowiska terenu likwidowanej kopalni odkrywkowej należy przedstawić w formie opisowej i graficznej.

Część opisowa powinna zawierać:

1. Krótką informację o przebiegu eksploatacji złoża.
2. Opis morfologii i hydrografii terenu kopalni w likwidacji.
3. Zasięg eksploatacji – obszar górniczy.
4. Zasięg i granice terenu likwidowanej kopalni.
5. Opis budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych i jakości wód podziemnych w otoczeniu wyrobiska górniczego kopalni odkrywkowej, z uwzględnieniem charakterystyki zjawisk i procesów tektonicznych ważnych pod względem geologiczno-inżynierskim.
6. Opis stanu środowiska, zagospodarowania terenu oraz dotychczasowej eksploatacji odkrywkowej, z uwzględnieniem deformacji wywołanych odwodnieniem górotworu, zmianą właściwości gruntów oraz procesami osuwiskowymi.
7. Charakterystykę procesów krasowych i sufozyjnych w otoczeniu wyrobiska górniczego.
8. Charakterystykę deformacji powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji odkrywkowej.
9. Opis sposobów odwadniania i odprowadzania wód z terenu kopalni oraz zasięgu oddziaływania odwodnienia, z uwzględnieniem połączeń hydraulicznych pomiędzy zakładami górniczymi (opis badań kierunków spływu wód podziemnych).

10. Charakterystykę geologiczno-inżynierską nadkładu złoża i sposób jego zagospodarowania.
11. Charakterystykę zwałowisk zewnętrznych i wewnętrznych.
12. Opis obserwowanych, pomierzonych i prognozowanych obniżen terenu i zarejestrowanych szkód górniczych, wraz z prognozą dalszych zmian w środowisku.
13. Ocenę parametrów fizyczno-mechanicznych i chemicznych zwałowanych gruntów oraz ich właściwości izolacyjnych.
14. Charakterystykę procesu odprężania górotworu w wyrobiskach o głębokości ponad 100 m.
15. Opis prognozowanych (planowanych) przedsięwzięć w zakresie ochrony środowiska, rekultywacji gruntów i zagospodarowania terenu po likwidacji zakładu górniczego.
16. Omówienie występujących w sąsiedztwie terenu kopalni obszarów chronionych, w tym obiektów sieci Natura 2000.
17. Ocenę zagrożeń wstrząsami górniczymi po zrehabilitowaniu terenu wyrobiska.
18. Opis badań cech fizyczno-mechanicznych gruntów wykonanych dla oceny terenu po likwidacji kopalni w celu zaprojektowania sposobów wykorzystania poszczególnych jego części.
19. Charakterystykę warunków geologiczno-inżynierskich.
20. Opis rejonizacji geologiczno-inżynierskiej z określeniem kategorii przydatności terenu do zagospodarowania.
21. Prognozę zmian warunków geologiczno-inżynierskich, jakie mogą wystąpić na terenie likwidowanej kopalni w zależności od kierunku rekultywacji lub planów zagospodarowania.
22. Prognozę zmian warunków hydrogeologicznych przy przyjętym systemie utrzymania zwierciadła wody podziemnej.
23. Wytyczne w odniesieniu do zakresu i metodyki monitoringu zjawisk i procesów spowodowanych likwidacją kopalni.

Część graficzna, w zależności od potrzeb, powinna zawierać:

1. Mapę przeglądową z lokalizacją terenu badań.
2. Mapę dokumentacyjną z zaznaczoną lokalizacją zakładu górniczego, obszaru i terenu górniczego, filarów ochronnych oraz zasięgu oddziaływania odwodnienia, w skali nie mniejszej niż 1:10 000.
3. Mapy hydroizohips odwadnianych poziomów wodonośnych po zaprzestaniu prac odwodnieniowych.
4. Mapę naturalnych i sztucznych połączeń hydraulicznych między sąsiednimi zakładami górniczymi.
5. Mapę obszarów występowania procesów krasowych lub sufozyjnych.
6. Mapę stropu eksploatowanego złoża.

7. Mapę górniczych wyrobisk odkrywkowych z zaznaczonymi aktualnymi i projektowanymi zbiornikami wodnymi.
8. Mapę sytuacyjno-wysokościową obszarów podtopień i zalań oraz terenów depresyjnych, na których wystąpiły zmiany warunków zabudowy w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego.
9. Mapę obszarów przekształceń powierzchni.
10. Mapę izolinii pomierzonych i prognozowanych obniżen powierzchni terenu.
11. Mapę rejonizacji geologiczno-inżynierskiej (zgodnie z [tab. 5](#)).
12. Przekroje geologiczno-inżynierskie.
13. Wykresy, wydruki i tabele z wynikami odwadniania z okresu minimum 5 lat przed zaprzestaniem odwadniania.

Ważnym elementem dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń odkrywkowych są syntetyczne mapy:

- warunków geologiczno-inżynierskich,
- rejonizacji geologiczno-inżynierskiej.

Ocena warunków geologiczno-inżynierskich polega na kolejnym syntetyzowaniu materiałów (map analitycznych): geologicznych (budowa, litostratygrafia, tektonika), hydrogeologicznych (występowanie i dynamika wód podziemnych), czynnych procesów (stref występowania i aktywności procesów geodynamicznych), geomorfologicznych (ukształtowanie powierzchni), nośności (jednostkowych obciążeń normowych), występowania gruntów antropogenicznych i przekształceń terenu (składowiska, zwałowiska, itp.), zagrożeń górniczych (zasiegi filarów, pasów ochronnych itp.).

Na mapie czynnych procesów geodynamicznych należy uwzględnić zjawiska występujące na powierzchni, w przypowierzchniowej strefie terenu po likwidowanej kopalni, oraz rozwijające się w obrębie górotworu jako efekty i pozostałości zakończonej eksploatacji. Wszystkie mapy analityczne i syntetyczne powinny być wykonane w tej samej skali. Treść map analitycznych powinna być dostosowana do całokształtu uzyskanych danych geologicznych oraz ukierunkowana na cele i potrzeby, dla których prowadzone jest dokumentowanie geologiczno-inżynierskie. Liczbowym wskaźnikiem określania dokładności rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich jest liczba podstawowych punktów dokumentacyjnych (PPD) na jednostkę powierzchni (np. na 1 km²). Propozycje liczby PPD dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich w zależności od sposobu zagospodarowania terenu likwidowanej kopalni przedstawiono w [tab. 9](#). Przy ustalaniu liczby PPD należy uwzględnić dane archiwalne.

Mapa warunków geologiczno-inżynierskich wraz z ich oceną stanowi podstawę do wykonania mapy rejonizacji geologiczno-inżynierskiej. Mapa rejonizacji powinna określać przydatność terenu likwidowanej kopalni do odpowiedniego zagospodarowania oraz wskazywać zagrożenia i ograniczenia w jego

użytkowaniu. Na mapie rejonizacji należy zaznaczyć obszary – jednostki przestrzenne wydzielone pod kątem ich przydatności do zagospodarowania – zgodnie z kryteriami przyjętymi w [tab. 4](#).

Kryteria rejonizacji geologiczno-inżynierskiej terenów górniczych likwidowanych kopalń z uwzględnieniem kategorii przydatności do zagospodarowania zostały zestawione w [tab. 5](#).

6.5. Szczegółowe zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych otworowych kopalń siarki

6.5.1. Zakres badań

Zagrożenia terenu likwidowanej kopalni, a po okresie likwidacji – terenu pogórniczego wynikają z możliwości występowania:

- deformacji ciągłych i nieciągłych powierzchni,
- zalewisk i podtopień,
- skażenia wód podziemnych w poziomach użytkowych,
- pozostawienia infrastruktury budowlanej (naziemnej i podziemnej),
- pozostawienia składowisk odpadów.

Dokumentowanie geologiczno-inżynierskie terenu likwidowanej kopalni otworowej siarki ma za zadanie dostarczenie danych o:

- właściwościach fizyczno-mechanicznych gruntów oraz skał głębszego podłoża,
- warunkach hydrogeologicznych i hydrologicznych,
- warunkach termicznych górotworu i powierzchni terenu,
- procesach geologiczno-inżynierskich i ich przewidywanym wpływie na obiekty budowlane w trakcie likwidacji kopalń i przy późniejszym zagospodarowywaniu terenu.

Zakres badań na terenie likwidowanej otworowej kopalni siarki powinien być tak dobrany, aby można było udokumentować stan poeksploatacyjny górotworu i powierzchni terenu, prognozować ewentualne dalsze ich przekształcenia przed, a w przypadku dalszego trwania procesów również po zagospodarowaniu terenu górniczego. Badania w okresie likwidacji kopalni powinny być ograniczone do niezbędnego zakresu i należy je traktować jako kontrolne oraz służące opracowaniu prognoz dalszego przebiegu procesów geologiczno-inżynierskich do końca okresu likwidacji kopalni.

Otwory badawcze odwiercane do spągu serii złożowej, w ilości 1 ÷ 3 na km² powierzchni obszaru górniczego, należy zlokalizować w dwóch krzyżujących się liniach, tak aby obejmowały strefy zarówno największych poeksploatacyjnych obniżen terenu, jak i strefy małych obniżen.

W każdym otworze badawczym należy pobrać około 10 próbek (odcinków) rdzenia wiertniczego do badań laboratoryjnych, w tym około 5 próbek z osiarkowanej serii złożowej i około 5 próbek z nadkładu iłów mioceńskich. Do badań fizyczno-chemicznych należy pobrać po jednej próbce wody z trzecio- i czwartorzędowego poziomu wodonośnego oraz dokonać pomiaru temperatury tych wód.

Z otworów penetracyjnych odwierconych w utworach czwartorzędowych, w ilości nie mniejszej niż 1 otwór na 1 km², należy pobrać próbki gruntów do badań laboratoryjnych z każdej wyróżnionej warstwy gruntu spoistego oraz pobrać próbkę wody do analizy fizyczno-chemicznej. Każdorazowo należy również zmierzyć temperaturę wody. Przy rozmieszczaniu otworów penetracyjnych należy uwzględnić aktualne zagospodarowanie terenu i zagospodarowanie w okresie eksploatacji złoża (miejsca składowisk siarki, składowisk odpadów, miejsca awarii otworów eksploatacyjnych i instalacji, rejony zabudowy przemysłowej, miejsca nagromadzeń gruntów antropogenicznych itp.).

Badania geofizyczne (profilowanie sejsmiczne) należy wykonać w przekrojach zlokalizowanych wzdłuż linii głębokich otworów badawczych. Profilowanie geofizyczne (karotaż) należy wykonać co najmniej w połowie wszystkich otworów badawczych.

6.5.2. Metodyka badań

6.5.2.1. ANALIZA MATERIAŁÓW ARCHIWALNYCH

Analiza danych archiwalnych oraz innych dostępnych materiałów źródłowych powinna obejmować:

- ogólne dane geologiczne, hydrograficzne i hydrogeologiczne regionu ze szczególnym uwzględnieniem tektoniki oraz kierunków przepływu wód podziemnych i ich chemizmu,
- analizę topografii i morfologii terenu uwzględniającą dynamikę zmian wywołanych eksploatacją,
- projekty i dokumentacje robót rekultywacyjnych oraz dokumentacje sporządzane w związku z dotychczas zrealizowanym zagospodarowaniem terenów pogórnich.

Analiza powyższych danych powinna umożliwić:

- udokumentowanie przekształceń środowiska geologicznego na skutek prowadzenia robót górniczych i dotychczasowych prac rekultywacyjnych,
- zaprojektowanie i przeprowadzenie badań geologiczno-inżynierskich niezbędnych dla realizacji dalszych prac rekultywacyjnych.

6.5.2.2. BADANIA TERENOWE

Badania terenowe powinny obejmować przeprowadzenie wizji terenowej, i w zależności od potrzeb:

- przeprowadzenie kartowania geologiczno-inżynierskiego i środowiskowego,
- wykonanie otworów badawczych i otworów penetracyjnych w przypadku niewystarczających danych pochodzących z wierceń wykonywanych dla udokumentowania złoża, otworów eksploatacyjnych i re-eksploatacyjnych.

Wizja lokalna powinna dostarczyć informacji o:

- poeksploatacyjnej morfologii terenu, w tym o ewentualnych deformacjach nieciągłych,
- występowaniu stref podtopień oraz zalewisk wodnych,
- zabudowie terenu,
- ewentualnych szkodach górniczych w obiektach budowlanych.

Otwory badawcze wykonane techniką pełnordzeniową powinny być wykonane do spągu złoża siarki i powinny umożliwić rozpoznanie:

- położenia stropu i spągu złoża oraz jego nadkładu po eksploatacji,
- określenie stanu szkieletu skalnego po wytopie siarki oraz formy występowania siarki niewytopionej,
- większych nieciągłości poeksploatacyjnych oraz obecności pustek poeksploatacyjnych i stref zwiększonej kawernistości po wytopie siarki,
- rozmyć w obrębie trzeciorzędowych ilów nadkładowych przez tłoczne gorące wody technologiczne.

W otworach należy wykonać profilowanie geofizyczne (karotaż) odpowiednio dobranym zestawem metod elektrycznych, radiometrycznych, akustycznych i innych w celu oceny poeksploatacyjnego stanu złoża i jego nadkładu, w szczególności stopnia rozluźnienia i kawernistości (porowatości) górotworu oraz jego możliwych dalszych deformacji w okresie likwidacji kopalń i po jej zakończeniu.

Z otworów należy pobrać próbki skał (gruntów) do badań cech fizyczno-mechanicznych oraz próbki wody z horyzontu trzecio- i czwartorzędowego do badań fizyczno-chemicznych. W otworach należy dokonać pomiarów położenia ustabilizowanego zwierciadła wody oraz temperatury wody wyżej wymienionych horyzontów.

Otwory penetracyjne o głębokości do 6 m (stwierdzony maksymalny zasięg strefy skażenia) należy wykonać celem poboru próbek gruntów i wody ze strefy przypowierzchniowej terenu dla dokonania oceny podstawowych cech fizyczno-mechanicznych gruntów oraz agresywności i skażenia środowiska gruntowo-wodnego, a także do pomiarów temperatury wód i monitorowania jej zmian.

6.5.2.3. BADANIA GEOFIZYCZNE POWIERZCHNIOWE

Na terenie likwidowanej otworowej kopalni siarki badania geofizyczne powinny mieć charakter profilowań przy zastosowaniu sejsmiki powierzchniowej (refleksyjnej) wysokiej rozdzielczości, która może wykazać poeksploatacyjne zmiany w zaleganiu warstw geologicznych, zwłaszcza stropu złoża siarki, ujawniać mikrotektonikę, strefy zwiększonego wytopu siarki oraz ewentualne wymycia i pustki w ilach nadkładowych.

6.5.2.4. BADANIA LABORATORYJNE

Badania laboratoryjne rdzeni serii złożowej powinny obejmować oznaczenie:

- porowatości i kawernistości utworów serii po wytopie siarki,
- gęstości objętościowej,
- wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie,
- podzielności rdzenia wiertniczego (wskaźnika RQD),
- charakteru i liczby obserwowanych nieciągłości.

Badania laboratoryjne rdzeni z serii nadkładowej złoża siarki (iłów trzeciorzędowych) powinny obejmować oznaczenie:

- wilgotności,
- granic i stanu konsystencji,
- pęcznienia (odkształcenia i ciśnienia) oraz skurczalności,
- gęstości objętościowej,
- wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie,
- podzielności rdzenia wiertniczego (wskaźnika RQD),
- charakteru i gęstości spękań i zlustrowań.

Na próbkach wody z otworów badawczych (horyzont złożowy i horyzont czwartorzędowy) należy wykonać uproszczone analizy chemiczne obejmujące oznaczenie: podstawowych kationów i anionów (Na+K, Ca, Mg, HCO₃, SO₄, Cl), oznaczenie pH wody, przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) oraz zawartości siarkowodoru (H₂S).

Badania laboratoryjne próbek gruntów spoistych pobranych z otworów penetracyjnych z serii nadkładowych gruntów czwartorzędowych powinny obejmować oznaczenie:

- rodzaju gruntów w oparciu o analizę granulometryczną,
- wilgotności,
- granic i stanu konsystencji,
- parametrów wytrzymałości na ścinanie.

Na próbkach wody pobranych z otworów penetracyjnych (lub wyciągów wodnych z gruntu) należy wykonać uproszczone analizy chemiczne, oznaczyć pH, przewodność elektrolityczną właściwą (PEW) i zawartość siarkowodoru (H₂S).

Próbki wód powierzchniowych należy pobrać z głównych cieków drenujących obszar górniczy oraz z większych zastoisk wodnych w poeksploacyjnych obniżeniach terenu. Na próbkach tych należy wykonać uproszczone analizy chemiczne, oznaczyć pH, przewodność elektrolityczną właściwą (PEW) i zawartość siarkowodoru (H_2S).

6.5.3. Sposób przedstawiania wyników badań

Rozpoznanie warunków geologiczno-górniczych, hydrogeologicznych oraz stanu środowiska terenu likwidowanej kopalni należy udokumentować w formie opisowej i graficznej.

Część opisowa w zależności od potrzeb powinna zawierać:

1. Informację o przebiegu eksploatacji złoża.
2. Opis zasięgu eksploatacji (obszaru górniczego).
3. Opis zasięgu terenu górniczego.
4. Charakterystykę obserwowanych procesów deformacji powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji.
5. Charakterystykę hydrografii terenu likwidowanej kopalni wraz z oceną jakości wód powierzchniowych po zakończeniu eksploatacji.
6. Charakterystykę warunków hydrogeologicznych likwidowanej kopalni wraz z oceną jakości wód podziemnych horyzontu czwarto- i trzeciorzędowego po zakończeniu eksploatacji.
7. Opis sposobu odwadniania i odprowadzenia wód z terenu likwidowanej kopalni.
8. Przedstawienie i omówienie wyników badań cech fizyczno-mechanicznych skał serii złożowej i nadkładu trzeciorzędowego po zakończeniu eksploatacji złoża z podaniem zakresów zmian tych cech w stosunku do okresu przed eksploatacją.
9. Przedstawienie i omówienie wyników badań cech fizyczno-mechanicznych gruntów czwartorzędowych ze strefy przypowierzchniowej po zakończeniu eksploatacji złoża z podaniem zakresów zmian tych cech w stosunku do okresu przed eksploatacją.
10. Charakterystykę i właściwości odpadów składowanych na terenie górniczym likwidowanej kopalni.
11. Przedstawienie i omówienie wyników badań geofizycznych charakteryzujących zmiany w górotworze po przeprowadzonej eksploatacji.
12. Opis wyników pomiaru temperatur wód podziemnych i prognozę ich zmian do końca okresu likwidacji kopalni.
13. Opis stanu środowiska i zagospodarowania terenu górniczego przed rozpoczęciem procesu likwidacji kopalni oraz jego zmian do zakończenia likwidacji.
14. Opis zarejestrowanych szkód górniczych.

15. Opis planowanych prac likwidacyjnych (np. likwidacji zapadlisk), przewidzianej do pozostawienia infrastruktury kopalni oraz niekorzystnych skutków eksploatacji.
16. Prognozę dalszych deformacji powierzchni terenu do końca okresu likwidacji kopalni.
17. Prognozę zmian warunków hydrogeologicznych i jakości wód podziemnych do końca okresu likwidacji kopalni.
18. Opis rejonizacji geologiczno-inżynierskiej terenu likwidowanej kopalni wraz z podaniem wytycznych odnośnie do sposobów rekultywacji oraz kierunków zagospodarowania terenu.
19. Opracowanie metodyki i zakresu monitoringu terenu likwidowanej kopalni.

Część graficzna powinna zawierać:

1. Mapę przeglądową z lokalizacją terenu badań.
2. Szczegółową mapę dokumentacyjną (na podkładzie topograficznym w skali 1:10 000) z zaznaczeniem:
 - a) granic obszaru i terenu górniczego oraz granic zakładu górniczego,
 - b) granic filarów ochronnych,
 - c) istniejących i zlikwidowanych obiektów budowlanych zakładu górniczego,
 - d) granic istniejących i zlikwidowanych oraz zrekultywowanych składowisk odpadów z zaznaczeniem istniejącego skażenia (zasięgu migracji zanieczyszczeń),
 - e) lokalizacji wszelkich odwiertów czynnych i zlikwidowanych (eksploatacyjnych, odprężających, obserwacyjnych) z wyróżnieniem otworów erupcyjnych,
 - f) rejonów o podwyższonej temperaturze gruntów i wód gruntowych w strefie przypowierzchniowej terenu,
 - g) granic wcześniej zrekultywowanych fragmentów terenu górniczego,
 - h) granic otwartych zastoisk wodnych i terenów podtopionych o zwierciadle wód na głębokości do 1 m.
3. Mapę izolinii stwierdzonych obniżeń terenu z zaznaczeniem rejonów deformacji nieciągłych i obniżeń prognozowanych na zakończenie likwidacji kopalni.
4. Mapę hydroizohips poziomów wodonośnych według stanu na początek likwidacji kopalni i mapę prognozowanych hydroizohips na zakończenie likwidacji kopalni.
5. Mapę rejonizacji geologiczno-inżynierskiej z zaznaczeniem kategorii terenu górniczego ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu dla celów budowlanych (zgodne z [tab. 5](#)).
6. Przekroje geologiczno-inżynierskie.
7. Wykresy, zestawienia i tabele zawierające wyniki przeprowadzonych badań, obserwacji i obliczeń.

Załącznik A

Uregulowania prawne i normatywy

Przepisy prawne i normy związane z problematyką dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich likwidowanych kopalń obejmują następujące ustawy oraz akty prawne z nimi związane (stan na lipiec 2008 r.):

1. Ustawa z 04.02.1994 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U.2005.228.1947 z późn. zm.).
 - a) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 06.07.2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje geologiczne złóż kopalin (Dz.U.2005.136.1151 z późn. zm.).
 - b) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 03.10.2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U.2005.201.1673).
 - c) Rozporządzenia Ministra Środowiska z 10.12.2001 r. w sprawie rejestru obszarów górniczych (Dz.U.2001.148.1660).
 - d) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 14.06.2002 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz.U.02.94.840 z późn. zm.).
 - e) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 14.06.2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz.U.2002.94.841 z późn. zm.).
 - f) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 19.06.2002 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej (Dz.U.2002.92.819).
 - g) Zarządzenie Prezesa WUG nr 2 z 17.03.2006 r. w sprawie gromadzenia, archiwizowania oraz udostępniania dokumentacji mierniczo-geologicznej zlikwidowanych zakładów górniczych przez Archiwum Dokumentacji Mierniczo-Geologicznej (Dz.U.WUG.2006.8.45).
2. Ustawa z 27.04.2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz.U.2008.25.150 z późn. zm.).
 - a) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 26.07.2002 r. w sprawie rodzajów instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie po-

- szczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości (Dz.U.2002.122.1055).
3. Ustawa z 27.04.2001 r. o odpadach (Dz.U.2007.39.251).
 - a) Rozporządzenia Ministra Środowiska z 21.03.2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U.2006.49.356).
 - b) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 27.09.2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U.2001.112.1206).
 - c) Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 07.09.2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach odpadów danego typu (Dz.U.2005.186.1553 z późn. zm.).
 - d) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 22.08.2007 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów na składowisko podziemne (Dz.U.2007.163.1156).
 - e) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 16.06.2005 r. w sprawie podziemnych składowisk odpadów (Dz.U.2005.110.935).
 - f) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 24.03.2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz.U.2003.61.549).
 - g) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 09.12.2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U.2002.220.1858).
 4. Ustawa z 03.02.1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U.2004.121.1266).
 - a) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 09.09.2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U.2002.165.1359).
 5. Ustawa z 10.07.2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz.U.2008.138.865).
 6. Ustawa z 07.09.2007 r. o funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego w latach 2008–2015 (Dz.U.2007.192.1379).
 - a) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 27.06.2008 r. w sprawie dotacji budżetowej przeznaczonej na finansowanie likwidacji kopalń, działań wykonywanych po zakończeniu likwidacji kopalń oraz naprawianie szkód wywołanych ruchem zakładu górniczego (Dz.U.2008.118.751).
 - b) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 27.06.2008 r. w sprawie dotacji budżetowej na finansowanie zabezpieczenia kopalni sąsiednich przed zagrożeniem wodnym, gazowym oraz pożarowym (Dz.U.2008.118.752).
 7. Ustawa z 27.03.2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U.2003.80.717).
 - a) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 26.08.2003 r. w sprawie wymaganego zakresu projektu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (Dz.U.2003.164.1587).

- b) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 26.08.2003 r. w sprawie oznaczeń i nazewnictwa stosowanych w decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego oraz w decyzji o warunkach zabudowy (Dz.U.2003.164.1589).
 - c) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 28.04.2004 r. w sprawie zakresu projektu studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy (Dz.U.2004.118.1233).
 - d) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 07.05.2004 r. w sprawie sposobu uwzględniania w zagospodarowaniu przestrzennym potrzeb obronności i bezpieczeństwa państwa (Dz.U.2004.125.1309).
8. Ustawa z 07.07.1994 r. Prawo budowlane (Dz.U.2006.156.1118 z późn. zm.).
- a) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 24.09.1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawienia obiektów budowlanych (Dz.U.1998.126.839).
9. Ustawa z 18.07.2001 r. Prawo wodne (Dz.U.2005.239.2019 z późn. zm.).

Normy

1. BN-82/0403-02 – Górnictwo odkrywkowe. Badania wytrzymałościowe właściwości gruntów dla potrzeb projektowania kopalni odkrywkowych. Wytyczne wykonywania.
2. PN-B-02479:1998. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
3. PN-B-02481:1998. Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe, jednostki miar.
4. PN-B-04452:2002. Geotechnika. Badania polowe.
5. PN-B-04481:1988. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
6. PN-B-06050:1999. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
7. PN-B-10726:1999. Wodociągi – przewody zewnętrzne z rur stalowych i żeliwnych na terenach górniczych. Wymagania i badania przy odbiorze.
8. PN-B-10727:1992. Kanalizacja – przewody kanalizacyjne na terenach górniczych. Wymagania i badania przy odbiorze.
9. PN-EN ISO 14688-1:2006 (E). Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntu. Cz. 1. Oznaczanie i opis.
10. PN-EN ISO 14688-2:2006 (E). Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntu. Cz. 2. Zasady klasyfikacji i kwantyfikacji cech opisujących.
11. PN-EN ISO 14689-1:2006. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikacja skał. Cz. 1. Oznaczanie i opis.
12. PN-EN 1538:2002. Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych. Ścianki szczelinowe.
13. PN-EN 206-1:2003. Beton. Cz.1: Wymagania, właściwości, produkcja, zgodność. Rozdział 4. Klasyfikacja, 4.1. Klasy ekspozycji betonu związane z oddziaływaniem środowiska.

14. PN-G-01100-00:1992. Obudowa górnicza. Podział i terminologia.
15. PN-G-02110:1997. Górnictwo odkrywkowe. Odwadnianie powierzchniowe wyrobisk odkrywkowych i zwałowisk. Ogólne wytyczne projektowania.
16. PN-G-05002:1997. Górnictwo. Betonowe tamy wodne jednodrzwiowe na ciśnienie 0,5, 1,0 i 1,5 MPa w podziemnych zakładach górniczych. Zasady projektowania i wykonania.
17. PN-G-05026:2000. Główne odwadnianie podziemnych zakładów górniczych. Zasady projektowania.
18. PN-G-07800:2002. Górnictwo odkrywkowe. Rekultywacja. Ogólne wytyczne projektowania.
19. PN-G-01203:1964. Górnictwo odkrywkowe. Ogólne nazwy i określenia.
20. PN-G-01204:1964. Górnictwo odkrywkowe. Kopalnie. Podział, nazwy i określenia.
21. PN-G-02400:1964. Górnictwo odkrywkowe. Wyrobisko i zwałowisko. Podział, nazwy i określenia.
22. PN-G-01210:1965. Górnictwo odkrywkowe. Zwałowanie. Podział, nazwy i określenia.
23. PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis.
24. PN-81/B-03020. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

Instrukcje

1. Badania geologiczno-inżynierskie złóż węgla brunatnego. Wytyczne projektowania i wykonywania. COB-PGO „Poltegor”, Wrocław 1971.
2. Badania gruntów do budowy przesłon izolacyjnych na składowiskach odpadów. Instrukcja nr 339/2003. Wyd. ITB, Warszawa 2003.
3. Badania gruntów i kontrola jakości wykonania z nich przesłon izolacyjnych na składowiskach odpadów. Instrukcja nr 441/2005. Wyd. ITB, Warszawa 2005.
4. Instrukcja opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000. Wyd. PIG, Warszawa 2008.
5. Instrukcja opracowania mapy terenów zdegradowanych i podwyższonego zagrożenia naturalnego w skali 1:10 000. Wyd. PIG, Warszawa 2007.
6. Ocena stateczności skarp i zboczy. Instrukcja nr 424/2006. Wyd. ITB, Warszawa 2006.
7. Posadowienie obiektów budowlanych w sąsiedztwie skarp i zboczy. Instrukcja nr 304/91. Wyd. ITB, Warszawa 1991.
8. Zasady oceny przydatności gruntów spoistych Polski do budowy mineralnych barier izolacyjnych. Wyd. ITB, Warszawa 2007.
9. Zasady dokumentowania złóż stałych. Min. Środ. Komisja Zasobów Kopaln. Warszawa 2002