

**MONITOROWANIE ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH
I HYDROGEOLOGICZNYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH I POGÓRNICZYCH
W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM ORAZ ZAGROŻEŃ RADIACYJNYCH**

Zadanie 1.6. Opracowywanie zintegrowanych map zagrożeń geodynamicznych
i hydrogeologicznych na terenach górniczych i pogórnich

RAPORT ROCZNY

za okres 01.01.2024 – 31.12.2024

Podstawą sporządzenia Raportu jest rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz.U. z 2023 r. poz. 1579) oraz umowa nr 17/D/10095/2830/2024/DA z dnia 12.08.2024 r. zawarta pomiędzy Ministerstwem Przemysłu oraz Głównym Instytutem Górnictwa - Państwowym Instytutem Badawczym.

Jarosław Zagórowski
Dyrektor GIG-PIB

dr inż. Zbigniew Lubosik
Z-ca Dyrektora
ds. Geoinżynierii i Bezpieczeństwa
Przemysłowego

dr inż. Piotr Gruchlik
Kierownik Zadania

Katowice, styczeń 2025 r.

Skład autorski raportu rocznego:

1. Bartosz APANOWICZ
2. Piotr GRUCHLIK
3. Grażyna HOLECZEK
4. Karol KURA
5. Grzegorz MUTKE

GIG-PIB

Zawartość raportu:

Projekt opracowania geoportalu łączącego mapy zagrożeń geodynamicznych oraz hydrogeologicznych na obszarach eksploatacji górniczej i terenach pogórnicych

1. Wprowadzenie
2. Cel projektu
 - 2.1. Integracja danych przestrzennych dotyczących zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych
 - 2.2. Monitorowanie, analiza oraz prognozowanie zagrożeń
 - 2.3. Wsparcie procesów decyzyjnych
 - 2.4. Promowanie świadomości społecznej o zagrożeniach górniczych i ich skutkach
3. Zakres projektu
 - 3.1. Gromadzenie i integracja danych
 - 3.2. Budowa infrastruktury informatycznej
 - 3.3. Funkcjonalności geoportalu
 - 3.4. Testowanie i wdrożenie
4. Podsumowanie i perspektywy rozwoju

Załącznik nr 1. Mapa GZW z pionowymi przemieszczeniami powierzchni, lokalizacją wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią, lokalizacją epicentrow indukowanych wstrząsów sejsmicznych w 2024 roku

1. Wprowadzenie

Tereny górnicze i pogórnice, w tym obszary związane z eksploatacją węgla kamiennego, są miejscami, w których działalność człowieka, szczególnie wydobycie surowców mineralnych, wywiera ogromny wpływ na środowisko naturalne. Procesy związane z górnictwem, takie jak wiercenia, drążenie szybów czy eksploatacja pokładów węgla, prowadzą do szeregu zjawisk, które zmieniają strukturę geologiczną i hydrogeologiczną tych obszarów.

Jednym z kluczowych problemów wynikających z eksploatacji węgla kamiennego są zagrożenia geodynamiczne, takie jak osiadanie terenu, zapadanie się powierzchni ziemi oraz deformacje w obrębie stref górniczych. Wydobycie surowców mineralnych prowadzi do zmniejszenia objętości pokładów węgla, co może skutkować powstawaniem osuwisk, obniżeniem poziomu gruntu oraz występowaniem niekontrolowanych wstrząsów sejsmicznych. Te zmiany mają bezpośredni wpływ na infrastrukturę, w tym budynki, drogi, sieci energetyczne i wodociągowe, a także stanowią zagrożenie dla życia ludzkiego.

Kolejnym istotnym zagrożeniem są problemy hydrogeologiczne, wynikające z ingerencji w naturalne systemy wodne. Eksploatacja węgla może powodować zmiany w strukturze warstw wodonośnych, co prowadzi do obniżenia poziomu wód gruntowych. W konsekwencji może dochodzić do zasolenia wód pitnych oraz destabilizacji ekosystemów wodnych. Dodatkowo, odpływ wód kopalnianych, w tym kwaśnych wód kopalnianych, stanowi poważne zagrożenie dla jakości wód powierzchniowych i bioróżnorodności biologicznej.

W odpowiedzi na te wyzwania niezbędne jest opracowanie nowoczesnych narzędzi monitorowania i zarządzania ryzykiem związanym z działalnością górniczą. Jednym z kluczowych rozwiązań jest geoportal integrujący dane o zagrożeniach geodynamicznych i hydrogeologicznych. System taki umożliwia gromadzenie, analizowanie i wizualizowanie danych dotyczących stanu terenu, poziomu wód gruntowych oraz monitorowanie nieprawidłowości, które mogą wskazywać na nadchodzące zagrożenia.

Przykładem skutecznego narzędzia może być system łączący dane geodezyjne, geologiczne oraz hydrologiczne, a także informacje dotyczące historii eksploatacji górniczej na danym obszarze. Pozwala on osobom zarządzającym terenami górniczymi lepiej prognozować możliwe zagrożenia i podejmować decyzje sprzyjające zrównoważonemu rozwojowi tych obszarów. Takie narzędzia umożliwiają planowanie działań naprawczych, w tym rekultywację terenów pogórnicznych, poprawę jakości wód gruntowych czy wzmacnianie infrastruktury, co

w efekcie przyczynia się do minimalizacji negatywnego wpływu górnictwa na środowisko oraz jakość życia ludzi.

Integracja danych z różnych źródeł w geoportalu może również wspierać procesy planowania przestrzennego, umożliwiając lepsze dopasowanie działalności górniczej do potrzeb ochrony środowiska i lokalnych społeczności. System taki może służyć do monitorowania postępu rekultywacji terenów pogórnich, oceny skuteczności działań ochronnych oraz identyfikacji obszarów wymagających szczególnej uwagi. Dzięki temu możliwe jest skuteczne łączenie gospodarki zasobami naturalnymi z dbałością o ekosystemy i potrzeby lokalnych mieszkańców.

2. Cel projektu

Celem projektu jest stworzenie nowoczesnej, kompleksowej platformy geoportalu, której główną funkcją będzie integracja, analiza i monitorowanie danych dotyczących zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych, szczególnie w kontekście działalności górniczej. Platforma ta ma stanowić kluczowe narzędzie wspierające zarządzanie ryzykiem oraz podejmowanie świadomych decyzji przez różne grupy interesariuszy, w tym władze lokalne, przedsiębiorstwa, naukowców i mieszkańców. Dzięki zaawansowanym funkcjonalnościom geoportal umożliwi skuteczne reagowanie na zagrożenia związane z eksploatacją surowców mineralnych oraz przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa i jakości życia społeczności zamieszkujących tereny górnicze i pogórnice.

Główne funkcjonalności platformy

2.1. Integracja danych przestrzennych dotyczących zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych

Platforma będzie gromadzić, przetwarzać i integrować dane pochodzące z różnorodnych źródeł, takich jak:

- pomiary geodezyjne,
- analizy geologiczne i hydrologiczne,
- dane satelitarne i z dronów,
- raporty dotyczące historii eksploatacji górniczej,
- informacje na temat rekultywacji terenów pogórnich.

Dzięki kompleksowej integracji tych danych możliwe będzie uzyskanie pełnego obrazu sytuacji geodynamicznej i hydrogeologicznej danego obszaru. System pozwoli na monitorowanie aktualnego stanu zagrożeń, takich jak obniżenia terenu, drgania sejsmiczne czy zmiany w poziomach i jakości wód gruntowych. Centralizacja tych informacji w jednym miejscu usprawni ich przetwarzanie i analizę, co znacząco poprawi efektywność zarządzania zagrożeniami.

2.2. Monitorowanie, analiza oraz prognozowanie zagrożeń

Platforma umożliwi bieżące śledzenie zmian zachodzących w terenach zagrożonych, co pozwoli na wczesne wykrywanie anomalii wskazujących na możliwość wystąpienia niebezpiecznych zjawisk. Zaawansowane algorytmy analizy danych pozwolą na:

- identyfikację trendów i wzorców w danych przestrzennych,
- predykcję przyszłych zmian geodynamicznych i hydrogeologicznych,
- modelowanie scenariuszy zagrożeń w celu zapobiegania ich skutkom.

Przykładem zastosowania takich funkcjonalności może być analiza zmian poziomu wód gruntowych, która umożliwi przewidywanie ryzyka ich zasolenia lub degradacji ekosystemów wodnych. Dzięki temu możliwe będzie wdrażanie działań prewencyjnych i minimalizowanie strat środowiskowych oraz społecznych.

2.3. Wsparcie procesów decyzyjnych

Dzięki precyzyjnym i aktualnym informacjom, geoportal będzie nieocenionym narzędziem wspierającym procesy decyzyjne na różnych poziomach:

- Władze lokalne otrzymają narzędzia do oceny ryzyka oraz planowania działań prewencyjnych i naprawczych związanych z ochroną infrastruktury i środowiska.
- Przedsiębiorstwa górnicze zyskają dostęp do informacji niezbędnych do minimalizowania wpływu ich działalności na otoczenie oraz do planowania strategii rekultywacyjnych.
- Naukowcy będą mogli wykorzystać zgromadzone dane do prowadzenia badań nad zjawiskami geodynamicznymi i hydrogeologicznymi.
- Mieszkańcy uzyskają wgląd w informacje o zagrożeniach w ich regionie, co pozwoli im na lepsze zrozumienie ryzyka oraz podejmowanie świadomych decyzji dotyczących ich bezpieczeństwa.

2.4. Promowanie świadomości społecznej o zagrożeniach górniczych i ich skutkach

Jednym z kluczowych celów projektu jest edukacja i zwiększenie świadomości społecznej na temat zagrożeń wynikających z działalności górniczej. Geoportal umożliwi:

- wizualizację zagrożeń w sposób przystępny i intuicyjny,
- udostępnianie raportów i analiz dotyczących stanu geodynamicznego i hydrogeologicznego,
- organizację kampanii informacyjnych i interaktywnych narzędzi edukacyjnych,
- ułatwienie komunikacji między społecznościami lokalnymi a instytucjami zarządzającymi terenami górniczymi.

Dzięki temu mieszkańcy będą mogli lepiej ocenić potencjalne ryzyka oraz zapoznać się z metodami ochrony i zapobiegania negatywnym skutkom eksploatacji surowców mineralnych. Geoportal stanie się także przestrzenią wymiany informacji między społecznością lokalną a instytucjami zajmującymi się zarządzaniem terenami górniczymi, co umożliwi podejmowanie bardziej efektywnych działań na rzecz ochrony środowiska i bezpieczeństwa publicznego.

Projekt nowoczesnej platformy geoportalu integrującej dane o zagrożeniach geodynamicznych i hydrogeologicznych ma na celu nie tylko monitorowanie i prognozowanie zagrożeń, ale także wsparcie w podejmowaniu świadomych decyzji na różnych poziomach administracyjnych i społecznych. Dzięki temu systemowi możliwe będzie skuteczniejsze zarządzanie ryzykiem, zrównoważony rozwój terenów górniczych oraz poprawa jakości życia ludzi zamieszkujących te obszary. Wdrożenie geoportalu przyczyni się również do zwiększenia transparentności działań instytucji publicznych i firm górniczych, a także do lepszej ochrony środowiska naturalnego i infrastruktury.

3. Zakres projektu

3.1. Gromadzenie i integracja danych

Projekt zakłada integrację danych z różnych, precyzyjnych i wiarygodnych źródeł, które będą stanowić podstawę dla stworzenia kompleksowego geoportalu monitorującego zagrożenia geodynamiczne i hydrogeologiczne związane z działalnością górniczą. Celem jest zebranie informacji, które umożliwią skuteczną ocenę ryzyka oraz prognozowanie

potencjalnych zagrożeń na terenach górniczych i pogórnich. W tym celu zostaną wykorzystane następujące kluczowe źródła danych:

- **Mapy geologiczne i hydrogeologiczne:**

Mapy te stanowią fundament do analizy struktury geologicznej i hydrogeologicznej danego obszaru. Mapy geologiczne przedstawiają układ warstw geologicznych, rodzaje skał, a także informacje o występowaniu surowców mineralnych, w tym węgla kamiennego. Pozwalają one określić lokalizację i głębokość pokładów, co jest kluczowe dla oceny potencjalnych zagrożeń związanych z eksploatacją tych zasobów. Z kolei mapy hydrogeologiczne dostarczają informacji o wodach gruntowych, strukturze warstw wodonośnych, ich przepuszczalności oraz jakości wód. Te dane są niezbędne do oceny ryzyka związanego z obniżeniem poziomu wód gruntowych, zasoleniem wód, a także zanieczyszczeniem ekosystemów wodnych.

- **Dane z monitoringu sejsmicznego i geodezyjnego:**

Monitoring sejsmiczny jest istotny dla wykrywania wstrząsów sejsmicznych, które mogą wystąpić w wyniku działalności górniczej, zwłaszcza w rejonach o intensywnej eksploatacji węgla kamiennego. Dzięki danym z monitoringów sejsmicznych możliwe będzie szybkie wykrywanie i analiza wstrząsów, które mogą wskazywać na potencjalne zagrożenia, takie jak osiadanie terenu czy powstawanie pęknięć w obrębie pokładów węgla. Z kolei monitoring geodezyjny, który obejmuje pomiar deformacji terenu, pozwala na bieżąco śledzić zmiany w powierzchni ziemi, takie jak opadanie gruntu, co jest szczególnie istotne w rejonach, gdzie dochodzi do intensywnego wydobycia. Geodezyjne dane o przemieszczeniach terenu umożliwiają wczesne wykrycie zagrożeń związanych z niestabilnością gruntu.

- **Wyniki badań naukowych oraz raporty środowiskowe:**

Wyniki badań naukowych są niezbędne do głębszego zrozumienia procesów geodynamicznych i hydrogeologicznych zachodzących w obszarze działalności górniczej. Badania te obejmują m.in. analizy dotyczące wpływu górnictwa na stabilność geologiczną, zmiany w strukturze wód gruntowych czy wpływ działalności górniczej na bioróżnorodność. Raporty środowiskowe, które są opracowywane przez odpowiednie instytucje, zawierają szczegółową ocenę wpływu konkretnej działalności górniczej na środowisko. Te dokumenty zawierają dane dotyczące jakości powietrza, wód, gleby, a także wpływu na zdrowie ludzi i zwierząt. Integracja takich wyników z systemem geoportalu pomoże uzyskać pełny obraz ryzyka środowiskowego oraz opracować skuteczne strategie ochrony środowiska.

- **Informacje z systemów GIS (Geographic Information System):**

Systemy GIS są niezwykle istotnym narzędziem w analizie przestrzennej, ponieważ umożliwiają integrację, przechowywanie, analizowanie i wizualizowanie danych geograficznych. Dzięki GIS możliwe będzie nanoszenie wszystkich zgromadzonych danych na mapy, co umożliwi łatwą identyfikację obszarów zagrożonych. System GIS pozwala na łączenie różnych typów danych, takich jak informacje o strukturze geologicznej, poziomie wód gruntowych, zmianach w terenie, a także dane z monitoringu sejsmicznego i geodezyjnego, tworząc jedno, spójne narzędzie do analizy ryzyka. Dodatkowo, GIS pozwala na przestrzenną analizę, identyfikację obszarów najbardziej narażonych na zagrożenia oraz prognozowanie skutków potencjalnych wstrząsów czy zmian w poziomie wód.

Pozyskanie i integracja danych z tych różnych źródeł pozwoli na stworzenie zaawansowanego geoportalu, który będzie narzędziem wspierającym zarządzanie ryzykiem w obszarach górniczych. Poprzez kompleksowe podejście do monitorowania zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych, możliwe będzie szybsze reagowanie na zmiany w środowisku, prognozowanie skutków działalności górniczej oraz podejmowanie decyzji opartych na solidnych, przestrzennych danych. Taki system umożliwi lepszą ochronę środowiska, infrastruktury oraz zdrowia mieszkańców obszarów górniczych.

3.2. Budowa infrastruktury informatycznej

Geoportal zostanie zbudowany w oparciu o nowoczesne technologie, które pozwolą na stworzenie zaawansowanego, wydajnego i elastycznego narzędzia do monitorowania i analizy zagrożeń geodynamicznych oraz hydrogeologicznych. Dzięki zastosowaniu tych technologii, geoportal zapewni użytkownikom łatwy dostęp do danych, ich dokładną analizę, a także umożliwi integrację z innymi systemami. Poniżej opisano kluczowe technologie, na których będzie oparty geoportal:

- **Chmura obliczeniowa, zapewniająca skalowalność i wydajność:**

Chmura obliczeniowa będzie stanowiła podstawę infrastruktury geoportalu, zapewniając mu elastyczność i wysoką dostępność. Wykorzystanie chmury pozwala na przechowywanie ogromnych ilości danych przestrzennych, takich jak mapy geologiczne, dane z monitoringu sejsmicznego, raporty środowiskowe czy wyniki badań naukowych, w sposób bezpieczny i łatwy do zarządzania. Skalowalność chmury obliczeniowej oznacza, że w miarę potrzeb można łatwo zwiększać moc obliczeniową i przestrzeń dyskową, co jest kluczowe

w przypadku rosnącej ilości danych oraz potrzeby obsługi dużej liczby użytkowników. Dzięki chmurze geoportal będzie mógł działać bez zakłóceń, nawet w przypadku dużego ruchu, zapewniając szybki dostęp do informacji i analiz w czasie rzeczywistym. Chmura umożliwia także łatwą aktualizację systemu oraz wdrażanie nowych funkcji bez konieczności ingerencji w infrastrukturę lokalną.

- **Systemy GIS, umożliwiające analizę przestrzenną i wizualizację danych:**

Wykorzystanie systemów GIS (Geographic Information Systems) stanowi fundament geoportalu, umożliwiając zaawansowaną analizę przestrzenną danych geograficznych. Dzięki GIS możliwe będzie zintegrowanie różnych typów danych – od map geologicznych po wyniki monitoringu geodezyjnego i sejsmicznego – i ich wizualizację w formie map, wykresów oraz interaktywnych diagramów. Użytkownicy geoportalu będą mogli łatwo przeglądać obszary zagrożone, analizować zmiany w terenie, sprawdzać poziom wód gruntowych czy monitorować wstrząsy sejsmiczne. GIS umożliwi także wykonywanie zaawansowanych analiz przestrzennych, takich jak prognozowanie przyszłych zmian w danym obszarze, identyfikowanie obszarów o wysokim ryzyku czy tworzenie symulacji na podstawie danych historycznych. Wizualizacje w GIS będą pomocne zarówno dla specjalistów (np. geologów, hydrologów), jak i dla władz lokalnych i mieszkańców, umożliwiając im lepsze zrozumienie zagrożeń oraz planowanie działań zaradczych.

- **Interfejs API, umożliwiający integrację z innymi systemami i aplikacjami:**

Interfejs API (Application Programming Interface) będzie kluczowym elementem umożliwiającym integrację geoportalu z innymi systemami i aplikacjami. Dzięki API, geoportal będzie mógł wymieniać dane z zewnętrznymi bazami danych, systemami monitoringu, platformami analitycznymi czy innymi aplikacjami wykorzystywanymi przez instytucje zarządzające terenami górniczymi i ochroną środowiska. Przykładowo, interfejs API pozwoli na integrację z systemami wczesnego ostrzegania, które na podstawie monitoringu sejsmicznego wykrywają wstrząsy w czasie rzeczywistym, lub z systemami zarządzania kryzysowego. Ponadto, API umożliwi wymianę danych z systemami GIS innych instytucji, takich jak władze lokalne, agencje ochrony środowiska czy firmy górnicze, co pozwoli na tworzenie wspólnych baz danych i ułatwi współpracę między różnymi podmiotami.

- **Responsywny interfejs użytkownika, dostosowany do urządzeń mobilnych i stacjonarnych:**

Geoportal zostanie zaprojektowany z myślą o wygodnym korzystaniu zarówno na urządzeniach mobilnych, jak i stacjonarnych. Responsywny interfejs użytkownika (UI) zapewni, że portal będzie dostosowywał się do różnych rozdzielczości ekranów, zapewniając optymalne doświadczenie na komputerach stacjonarnych, laptopach, tabletach czy smartfonach. Użytkownicy będą mogli w łatwy sposób przeglądać mapy, analizować dane, wykonywać zapytania i generować raporty niezależnie od urządzenia, z którego korzystają. Responsywność interfejsu umożliwi także łatwe korzystanie z geoportalu w terenie, co jest szczególnie istotne dla osób zajmujących się monitorowaniem stanu środowiska lub pracujących w rejonach górniczych. Użytkownicy będą mogli szybko uzyskać dostęp do najnowszych informacji o zagrożeniach, a także wykonywać analizy na podstawie danych w czasie rzeczywistym, co ułatwi szybsze podejmowanie decyzji.

Wykorzystanie nowoczesnych technologii, takich jak chmura obliczeniowa, systemy GIS, interfejs API oraz responsywny interfejs użytkownika, pozwoli na stworzenie geoportalu, który będzie wydajnym, elastycznym i łatwym w użyciu narzędziem do monitorowania zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych. Dzięki tym technologiom, geoportal będzie w stanie przetwarzać i analizować ogromne ilości danych, integrować się z innymi systemami, a także zapewnić użytkownikom intuicyjny dostęp do informacji, co przyczyni się do lepszego zarządzania ryzykiem i ochrony środowiska w obszarach górniczych.

3.3. Funkcjonalności geoportalu

Geoportal będzie oferował szereg zaawansowanych funkcji, które umożliwią skuteczne zarządzanie zagrożeniami związanymi z działalnością górniczą oraz innymi procesami geodynamicznymi i hydrogeologicznymi. Funkcje te będą kluczowe dla monitorowania, analizy i prognozowania ryzyk, a także dla wspierania procesów decyzyjnych przez różne grupy użytkowników, takie jak władze lokalne, przedsiębiorstwa górnicze, naukowcy czy mieszkańcy obszarów górniczych. Poniżej przedstawiono szczegółowy opis funkcji geoportalu:

- **Wizualizacja map zagrożeń w czasie rzeczywistym:**

Geoportal umożliwi wizualizację danych dotyczących zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych w czasie rzeczywistym. Dzięki integracji z systemami monitoringu

sejsmicznego, geodezyjnego, a także danymi o poziomach wód gruntowych, system będzie na bieżąco aktualizował mapy zagrożeń, pokazując obszary, gdzie występują niepokojące zmiany. Użytkownicy będą mogli śledzić zmiany w terenie, takie jak osiadanie gruntu, wstrząsy sejsmiczne czy zmiany w jakości wód gruntowych, w czasie rzeczywistym. Wizualizacja tych danych na interaktywnych mapach pozwoli na szybkie identyfikowanie obszarów wymagających interwencji oraz na podejmowanie działań zapobiegawczych w odpowiednim czasie. Dzięki temu geoportal będzie pełnił funkcję systemu wczesnego ostrzegania, umożliwiając szybsze reakcje na zmieniające się warunki geodynamiczne.

- **Narzędzia do analizy i prognozowania zagrożeń:**

Geoportal będzie wyposażony w zaawansowane narzędzia analityczne, które umożliwią przeprowadzanie szczegółowych analiz ryzyka oraz prognozowanie przyszłych zagrożeń. Dzięki integracji z systemami GIS, użytkownicy będą mogli wykonywać analizy przestrzenne, takie jak identyfikowanie obszarów szczególnie narażonych na negatywne skutki działalności górniczej. Narzędzia do prognozowania pozwolą na modelowanie potencjalnych scenariuszy ryzyka, takich jak obniżenie poziomu wód gruntowych, zmiany w strukturze geologicznej czy wzrost liczby wstrząsów sejsmicznych w wyniku eksploatacji węgla kamiennego. System będzie w stanie przewidywać zmiany na podstawie historycznych danych oraz bieżących pomiarów, co pozwoli na lepsze przygotowanie się do przyszłych zagrożeń.

- **Możliwość generowania raportów i scenariuszy ryzyka:**

Jedną z kluczowych funkcji geoportalu będzie możliwość generowania raportów dotyczących stanu zagrożeń oraz scenariuszy ryzyka. Użytkownicy będą mogli tworzyć szczegółowe raporty na temat aktualnych zagrożeń, w tym ich przyczyn, potencjalnych skutków oraz rekomendacji dotyczących działań zapobiegawczych. Raporty będą zawierały dane przestrzenne, wykresy, tabele oraz prognozy, co umożliwi kompleksową ocenę sytuacji w danym obszarze. Dodatkowo, geoportal będzie pozwalał na opracowywanie scenariuszy ryzyka na podstawie różnych zmiennych, takich jak zmiany w poziomach wód gruntowych, intensywność działalności górniczej czy występowanie wstrząsów sejsmicznych. Generowanie takich scenariuszy pomoże w planowaniu strategii ochrony i minimalizacji ryzyka.

Przykładowy raport zawierający mapę GZW ze zintegrowanymi i zagregowanymi warstwami geozagrożeń przedstawiono w załączniku nr 1.

- **Dostęp do historycznych danych przestrzennych:**

Geoportal umożliwi użytkownikom dostęp do archiwalnych danych przestrzennych, które będą stanowiły istotną bazę do analizy zmian w czasie. Dzięki tym danym możliwe będzie porównanie obecnego stanu zagrożeń z danymi sprzed kilku lat, co pozwoli na ocenę skutków długoterminowych procesów geodynamicznych i hydrogeologicznych. Dostęp do historycznych map, wyników badań czy danych z monitoringu pomoże w identyfikowaniu trendów i przewidywaniu przyszłych zagrożeń na podstawie wcześniejszych wydarzeń. Przykładowo, historyczne dane o poziomach wód gruntowych w połączeniu z danymi o intensywności wydobycia mogą pomóc w przewidywaniu przyszłych zmian w strukturze wodonośnej.

- **System powiadomień o nowych zagrożeniach:**

Geoportal będzie wyposażony w system powiadomień, który automatycznie informować będzie użytkowników o nowych zagrożeniach, takich jak wstrząsy sejsmiczne, zmiany w poziomach wód gruntowych czy inne niepokojące zjawiska geodynamiczne. Powiadomienia będą mogły być dostosowane do indywidualnych potrzeb użytkowników, na przykład wysyłając alerty tylko dla obszarów, które są szczególnie istotne dla danej osoby lub instytucji. System powiadomień będzie działał w czasie rzeczywistym i dostarczał użytkownikom informacji o zagrożeniu za pośrednictwem e-maila, SMS-a, powiadomień w aplikacji lub komunikatów na stronie geoportalu. Dzięki temu użytkownicy będą mogli szybko reagować na nowe zagrożenia, podejmując działania zapobiegawcze lub informując odpowiednie służby.

Geoportal zaoferuje szereg funkcji, które będą kluczowe dla efektywnego zarządzania zagrożeniami związanymi z działalnością górniczą i innymi procesami geodynamicznymi. Wizualizacja map zagrożeń w czasie rzeczywistym, narzędzia do analizy i prognozowania zagrożeń, możliwość generowania raportów i scenariuszy ryzyka, dostęp do historycznych danych przestrzennych oraz system powiadomień o nowych zagrożeniach będą stanowiły integralną część platformy, umożliwiając użytkownikom szybkie podejmowanie decyzji oraz skuteczne monitorowanie i reagowanie na zmieniające się warunki geodynamiczne.

3.5. Testowanie i wdrożenie

Przed pełnym wdrożeniem geoportalu, kluczowe będzie przeprowadzenie dokładnych testów, które pozwolą na ocenę jakości systemu i jego gotowości do pracy w rzeczywistych warunkach. Testy te będą miały na celu zapewnienie, że geoportal spełnia oczekiwania

użytkowników, działa efektywnie, bezpiecznie i niezawodnie. Testy zostaną podzielone na dwie główne kategorie: testy techniczne oraz testy użytkowe.

1) Testy techniczne: sprawdzenie wydajności, bezpieczeństwa i niezawodności systemu

Testy techniczne będą miały na celu weryfikację kluczowych aspektów działania geoportalu, takich jak jego wydajność, bezpieczeństwo i niezawodność. Będą one obejmować następujące obszary:

- **Wydajność systemu:**

Testy wydajnościowe będą miały na celu sprawdzenie, jak geoportal radzi sobie z dużą liczbą użytkowników oraz z dużymi zbiorami danych przestrzennych. Będą przeprowadzane testy obciążeniowe, które sprawdzą, czy system jest w stanie obsłużyć równocześnie wielu użytkowników, a także jak radzi sobie z przetwarzaniem i wyświetlaniem dużych plików (np. map, danych z monitoringu sejsmicznego, historycznych danych geologicznych). Testowanie wydajności zapewni, że geoportal będzie działał szybko i sprawnie, nawet przy dużym natężeniu ruchu i przy przetwarzaniu złożonych analiz przestrzennych.

- **Bezpieczeństwo systemu:**

Bezpieczeństwo geoportalu będzie kluczowe, ponieważ platforma będzie przechowywać wrażliwe dane, takie jak wyniki monitoringu środowiskowego, raporty o zagrożeniach czy dane przestrzenne dotyczące infrastruktury krytycznej. Testy bezpieczeństwa będą obejmować sprawdzenie odporności systemu na ataki zewnętrzne, takie jak próby włamań (penetration testing), weryfikację zabezpieczeń przed dostępem nieautoryzowanych użytkowników oraz testy dotyczące ochrony danych. Celem będzie zapewnienie, że geoportal spełnia wszystkie normy bezpieczeństwa, a dane użytkowników i instytucji są odpowiednio chronione przed zagrożeniami.

- **Niezawodność systemu:**

Testowanie niezawodności będzie polegać na sprawdzeniu, jak system zachowuje się w przypadku awarii lub problemów technicznych. Będą przeprowadzane testy odporności na błędy, takie jak symulacje awarii serwerów, problemów z bazą danych czy zaników łączności. Sprawdzona zostanie także możliwość szybkiej reakcji systemu na awarie oraz jego zdolność do automatycznego przywrócenia działania (np. poprzez redundancję serwerów czy kopie zapasowe). Celem testów niezawodności jest upewnienie się, że geoportal będzie działał bez zakłóceń w długim okresie, a w razie problemów będzie w stanie szybko wrócić do pełnej funkcjonalności.

2) Testy użytkowe: ocena intuicyjności interfejsu oraz przydatności funkcji przez grupy docelowe

Testy użytkowe będą skupiać się na ocenie jakości interfejsu użytkownika i funkcjonalności geoportalu z perspektywy różnych grup docelowych, takich jak władze lokalne, naukowcy, przedsiębiorstwa górnicze oraz mieszkańcy obszarów górniczych. Te testy mają na celu zapewnienie, że geoportal będzie intuicyjny, łatwy w obsłudze i dostosowany do potrzeb użytkowników. W ramach testów użytkowych przeprowadzone zostaną następujące działania:

- **Ocena intuicyjności interfejsu:**

Testy te będą miały na celu ocenę, jak łatwo użytkownicy mogą poruszać się po geoportalu, odnaleźć potrzebne funkcje i dane oraz jak szybko mogą się przyzwyczaić do jego obsługi. Grupy testowe będą składać się z osób o różnym poziomie doświadczenia z systemami GIS, tak aby sprawdzić, czy interfejs jest intuicyjny zarówno dla osób technicznych (np. geologów), jak i dla osób, które nie mają specjalistycznej wiedzy w zakresie geoinformacji (np. mieszkańcy). Testowanie będzie obejmowało ocenę układu menu, jasność oznaczeń, sposób wyświetlania map oraz ogólną estetykę portalu. Na podstawie wyników testów zostaną wprowadzone poprawki w interfejsie, aby był on jak najbardziej przyjazny i efektywny.

- **Ocena przydatności funkcji:**

W ramach testów użytkowych oceniane będzie, które funkcje geoportalu są najbardziej przydatne dla różnych grup docelowych. Użytkownicy będą testować takie funkcje, jak wizualizacja map zagrożeń w czasie rzeczywistym, narzędzia do analizy i prognozowania zagrożeń, generowanie raportów czy system powiadomień o nowych zagrożeniach. Grupy testowe będą oceniały, na ile te funkcje odpowiadają ich potrzebom, jak łatwo można je wykorzystać w praktyce, a także, czy dostarczają one wartościowych informacji w kontekście zarządzania ryzykiem i ochroną środowiska. Na podstawie opinii użytkowników zostaną wprowadzone ewentualne modyfikacje i usprawnienia, aby geoportal jak najlepiej spełniał oczekiwania różnych grup interesariuszy.

- **Testy mobilności i responsywności:**

W ramach testów użytkowych sprawdzona zostanie także responsywność geoportalu, czyli jego zdolność do dostosowywania się do różnych urządzeń (komputery stacjonarne, laptopy, tablety, smartfony). Użytkownicy przetestują, jak geoportal funkcjonuje na różnych platformach, sprawdzając, czy interfejs jest równie funkcjonalny na urządzeniach mobilnych, jak na desktopach. Testy te mają na celu upewnienie się, że geoportal będzie dostępny dla

użytkowników w różnych sytuacjach – zarówno w terenie, jak i w biurze, co jest szczególnie istotne w kontekście monitorowania zagrożeń na obszarach górniczych.

Testy przed wdrożeniem geoportalu będą kluczowym etapem, który zapewni, że system będzie działał efektywnie, bezpiecznie i zgodnie z oczekiwaniami użytkowników. Testy techniczne skoncentrują się na wydajności, bezpieczeństwie i niezawodności systemu, podczas gdy testy użytkowe pozwolą ocenić intuicyjność interfejsu oraz przydatność funkcji geoportalu dla różnych grup docelowych. Przeprowadzenie tych testów pozwoli na identyfikację potencjalnych problemów i wdrożenie odpowiednich poprawek, co zapewni, że geoportal będzie narzędziem wysokiej jakości, spełniającym potrzeby wszystkich użytkowników.

4. Podsumowanie i perspektywy rozwoju

Opracowanie geoportalu integrującego mapy zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych na terenach górniczych i pogórnich stanowi kluczowy krok w kierunku zrównoważonego zarządzania tymi obszarami. Inwestycja w tego rodzaju infrastrukturę informatyczną przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa, ochrony środowiska oraz wspierania rozwoju naukowego i gospodarczego. Realizacja projektu wymaga ścisłej współpracy różnych interesariuszy, takich jak jednostki administracji publicznej, instytucje naukowe, przedsiębiorstwa górnicze oraz organizacje ekologiczne. Ponadto zastosowanie nowoczesnych rozwiązań technologicznych zapewni długotrwałą użyteczność i efektywność systemu, umożliwiając jego ciągłe doskonalenie oraz dostosowanie do zmieniających się warunków.

W przyszłości możliwe jest dalsze rozwijanie funkcjonalności geoportalu poprzez:

- ☞ Integrację z danymi w czasie rzeczywistym, co pozwoli na bieżące monitorowanie zagrożeń i szybkie reagowanie na niepokojące zmiany w środowisku.
- ☞ Wprowadzenie algorytmów sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego do prognozowania zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych, co umożliwi jeszcze skuteczniejsze zarządzanie ryzykiem.
- ☞ Rozszerzenie geoportalu o mobilne aplikacje dedykowane, które umożliwią użytkownikom szybki dostęp do kluczowych informacji i powiadomień, a także interaktywne zgłaszanie zagrożeń.

- ☞ Zwiększenie interoperacyjności systemu poprzez integrację z innymi bazami danych i platformami GIS, co umożliwi wymianę informacji między różnymi jednostkami administracyjnymi i naukowymi.
- ☞ Wprowadzenie zaawansowanych narzędzi wizualizacyjnych, takich jak modele 3D czy rzeczywistość rozszerzona (AR), które ułatwią analizę danych przestrzennych i ich interpretację.

Dzięki tym usprawnieniom geoportal stanie się jeszcze bardziej kompleksowym narzędziem wspierającym zarządzanie terenami górniczymi i pogórnymi, co przyczyni się do zwiększenia bezpieczeństwa, ochrony środowiska i lepszego planowania przestrzennego w tych obszarach.

Zasady korzystania z Raportów GIG-PIB

Zawartość Raportu, jego forma, treści, sposób wyrażenia, stanowi utwór w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2022 roku, poz. 2509, t.j.) i podlega ochronie przewidzianej w tej ustawie.

Wykorzystanie danych zawartych w Raporcie w zakresie innym niż realizacja zadań publicznych oraz ich ewentualne dalsze przetwarzanie wymaga uzyskania zgody/odrębnej licencji Ministra Przemysłu/uprawnionego podmiotu.

Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy nie ponosi odpowiedzialności za:

- Błędną interpretację i/lub przetwarzanie bazy danych,*
- Wykorzystanie danych niezgodne z ich przeznaczeniem,*
- Wykorzystanie danych niezgodne z ich standardem i szczegółowością.*
- Dokonywanie modyfikacji danych, ich opracowanie czy łączenie z innymi utworami.*