

**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 KWARTALNY 1.6.1.

za okres 01.01.2024 – 31.03.2024

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, wrzesień 2024 r.

Zawartość raportu:

1. Opracowanie koncepcji prezentacji danych geofizycznych, geologicznych i hydrogeologicznych na podstawie danych testowych pochodzących z odpowiednich baz danych.
2. Opracowanie szablonów i stylów wizualizacji danych monitoringowych.
3. Geoprocessing testowych danych wsadowych i ich przetworzenie do formatu GeoPackage.
4. Przygotowanie podstaw modelu wizualizacji danych przestrzennych w serwisie internetowym.

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

1. Opracowanie koncepcji prezentacji danych geofizycznych, geologicznych i hydrogeologicznych na podstawie danych testowych pochodzących z odpowiednich baz danych.

Opracowanie prezentacji danych geofizycznych, geologicznych i hydrogeologicznych jest kluczowym narzędziem w analizie i zrozumieniu warunków terenowych oraz procesów zachodzących na terenach górniczych i pogórniczych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Proces ten jest szczególnie istotny w kontekście monitorowania zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych, które mogą występować w wyniku działalności górniczej, a także w celu oceny długoterminowych skutków eksploatacji węgla.

W ramach opracowania koncepcji prezentacji danych na podstawie testowych danych z odpowiednich baz zrealizowano szereg działań, które miały na celu usprawnienie procesu prezentacji i analizy tych informacji. Do najważniejszych działań należały:

- **Agregacja danych wynikowych** – dane pochodzące z poszczególnych zadań realizowanych w ramach monitorowania zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych na terenach górniczych i pogórniczych zostały zebrane i zintegrowane. Celem było stworzenie spójnej bazy informacji, która umożliwi kompleksową analizę warunków geofizycznych, geologicznych oraz hydrogeologicznych na analizowanych terenach.
- **Określenie celów prezentacji** – kluczowym krokiem było zdefiniowanie, jakie informacje i w jakiej formie mają zostać przedstawione. Wybór odpowiednich narzędzi wizualizacyjnych oraz implementacja metod wizualizacji pozwoliły na lepsze zrozumienie zgromadzonych danych przez różne grupy odbiorców, w tym ekspertów, decydentów oraz społeczności lokalne.
- **Dostosowywanie wyglądu, testowanie i optymalizacja** – po wdrożeniu wstępnej wersji prezentacji danych, niezbędne było dostosowanie interfejsu użytkownika oraz optymalizacja narzędzi wizualizacyjnych, aby zapewnić płynne i intuicyjne korzystanie z platformy. Testowanie miało na celu wyeliminowanie potencjalnych błędów i niedogodności, jakie mogłyby się pojawić podczas użytkowania.

Prezentacja danych docelowo odbywać się będzie w środowisku internetowej platformy – **Geoportalu**. Jest to zaawansowane narzędzie, które zapewni użytkownikom dostęp do różnorodnych danych geoprzestrzennych oraz powiązanych z nimi usług. Platforma ta pozwoli na przeglądanie, wyszukiwanie, analizowanie i pobieranie danych geograficznych, takich jak

mapy, obrazy satelitarne, numeryczne modele terenu, a także informacje dotyczące infrastruktury, granic administracyjnych czy czynników środowiskowych.

Geoportal umożliwi użytkownikom dostęp do danych geoprzestrzennych w sposób zorganizowany, z wykorzystaniem interaktywnych narzędzi przeglądarkowych. Przykłady podobnych platform to **Geoportal.gov.pl**, **Geoportal.de**, a także globalne systemy takie jak **Google Maps** czy **OpenStreetMap**.

Tego typu narzędzia są szeroko stosowane w różnych dziedzinach, takich jak **planowanie przestrzenne**, **nauki środowiskowe**, **badania społeczne**, **gospodarka**, **bezpieczeństwo** czy **turystyka**. Dzięki geoportalom użytkownicy mogą uzyskać cenne informacje, które wspierają podejmowanie decyzji, analizę zjawisk oraz zrozumienie przestrzennych zależności. Umożliwiają one nie tylko dostęp do aktualnych danych, ale również analizę trendów i zmian, co jest nieocenione w badaniach nad wpływem działalności człowieka na środowisko i infrastrukturę.

2. Opracowanie szablonów i stylów wizualizacji danych monitoringowych

Opracowanie reguł stylizacji, które będą stosowane we wszystkich wizualizacjach danych, jest kluczowym krokiem w zapewnieniu spójności i czytelności prezentowanych informacji. Proces ten obejmuje stworzenie zestawu jednolitych zasad dotyczących wyglądu i sposobu prezentacji różnych typów danych, co ma na celu ułatwienie ich interpretacji przez użytkowników oraz zapewnienie estetycznej i logicznej organizacji wizualizacji.

Zdefiniowanie oznaczeń różnych kategorii danych to pierwszy etap tego procesu. Oznaczenia muszą być intuicyjne i jednoznaczne, aby odbiorcy mogli z łatwością zrozumieć, co przedstawiają poszczególne elementy graficzne. Na przykład, dane dotyczące różnych parametrów geologicznych, hydrologicznych czy środowiskowych mogą być prezentowane za pomocą określonych symboli lub kolorów. Ważne jest, aby te oznaczenia były konsekwentnie stosowane we wszystkich wizualizacjach, co pozwoli na zachowanie spójności i ułatwi porównywanie różnych zestawów danych.

Prezentacja danych odstających to kolejny istotny element opracowania reguł stylizacji. Dane odstające, czyli wartości znacznie różniące się od reszty zestawu, mogą być szczególnie istotne w analizie, dlatego muszą być wyraźnie oznaczone. Może to obejmować zastosowanie innych kolorów, rozmiarów symboli lub specjalnych etykiet, aby wyróżnić te dane na tle pozostałych i zwrócić na nie szczególną uwagę użytkownika.

Dobór odpowiedniej skali jest również kluczowy dla prawidłowego odczytania danych. Skala musi być dostosowana do zakresu wartości danych, tak aby zapewnić ich czytelność i uniknąć zniekształcenia informacji. Na przykład, skala liniowa może być odpowiednia dla danych o stosunkowo równomiernym rozkładzie, natomiast skala logarymiczna może być konieczna w przypadku, gdy dane obejmują bardzo szeroki zakres wartości. Ważne jest również, aby skale były jasno oznaczone na osi wizualizacji, co pozwoli użytkownikowi szybko zorientować się w przedstawionych liczbach.

Następnym krokiem jest **zaprojektowanie szablonów graficznych**, które będą używane do prezentacji danych. Szablony te muszą być estetyczne, funkcjonalne i zgodne z ogólnymi zasadami stylizacji. Kluczowe elementy szablonów obejmują:

- **Określenie odpowiednich kolorów** – dobór palety kolorów jest niezwykle istotny, gdyż wpływa na czytelność i odbiór wizualizacji. Należy zastosować takie barwy, które będą jednoznacznie kojarzone z poszczególnymi kategoriami danych, jednocześnie dbając o to, aby były czytelne także dla osób z różnymi rodzajami daltonizmu. Często wykorzystuje się sprawdzone zestawy kolorów, takie jak palety **ColorBrewer**, które są zoptymalizowane pod kątem czytelności i dostępności.
- **Wybór odpowiednich czcionek** – czcionki muszą być wyraźne i łatwe do odczytania. Ważne jest, aby wielkość i styl czcionek były spójne we wszystkich wizualizacjach. W przypadku wizualizacji na ekranie dobrze sprawdzają się czcionki bezszeryfowe, które są czytelniejsze przy niższych rozdzielczościach.
- **Skalowanie** – proporcje między różnymi elementami wizualizacji, takimi jak wykresy, osie czy opisy, muszą być dobrze zbalansowane. Ważne jest, aby niektóre elementy, takie jak dane kluczowe czy ważne kategorie, były odpowiednio wyróżnione, ale jednocześnie, aby nie przytłaczały całej kompozycji.
- **Legнды i oznaczenia** – legendy pełnią kluczową rolę w interpretacji danych. Muszą być czytelne, dobrze widoczne i umieszczone w taki sposób, aby były łatwo dostępne bez zakłócania odbioru głównej części wizualizacji. Oznaczenia w legendzie powinny być jasne i jednoznaczne, a ich wygląd musi być zgodny z tym, jak dane są prezentowane na wykresach czy mapach.

Inne elementy wizualizacji, takie jak **osie**, **siatki pomocnicze** czy **etykiety danych**, również muszą być starannie zaplanowane i wdrożone w sposób konsekwentny. Każdy z tych

elementów powinien być dostosowany do specyfiki danych i zapewniać ich przejrzystą interpretację. Na przykład, osie mogą być opisane z odpowiednimi jednostkami miary, a siatki pomocnicze mogą być subtelnie zaznaczone, aby nie dominować nad głównymi elementami wizualizacji, ale jednocześnie pomagać w ocenie wartości.

Podsumowując, kompleksowe opracowanie reguł stylizacji i szablonów graficznych jest fundamentem udanych wizualizacji danych. Spójność, czytelność i estetyka prezentowanych informacji nie tylko ułatwiają odbiór, ale także zwiększają efektywność analizy danych, co ma bezpośrednie przełożenie na jakość podejmowanych na ich podstawie decyzji.

3. Geoprocessing testowych danych wsadowych i ich przetworzenie do formatu GeoPackage

GeoPackage (GPKG) to zaawansowany format danych geoprzestrzennych, który zyskuje coraz większą popularność w świecie GIS (Geographic Information System) ze względu na swoje liczne zalety i szerokie możliwości. Format ten jest rozwijany i standaryzowany przez **OGC (Open Geospatial Consortium)**, co oznacza, że jest zgodny z międzynarodowymi standardami dla danych przestrzennych, a jednocześnie otwarty i wolny od licencji restrykcyjnych, co sprzyja jego szerokiemu zastosowaniu w różnych aplikacjach i narzędziach GIS, takich jak **QGIS (Quantum GIS)**.

Jedną z kluczowych cech **GeoPackage** jest jego **samowystarczalność**, co oznacza, że wszystkie niezbędne informacje mogą być przechowywane w jednym pliku. Jest to bazodanowy format oparty na **SQLite**, który łączy w sobie elastyczność relacyjnej bazy danych z możliwością przechowywania różnych typów danych przestrzennych. W jednym pliku GeoPackage można znaleźć:

- **Dane wektorowe** – takie jak punkty, linie i poligony, które reprezentują różne obiekty geograficzne, np. drogi, rzeki, budynki czy granice administracyjne. Dzięki temu można przechowywać całe warstwy wektorowe w jednym pliku, co jest niezwykle praktyczne w analizie i zarządzaniu danymi GIS.
- **Dane rastrowe** – GeoPackage obsługuje również obrazy rastrowe, takie jak zdjęcia satelitarne, ortofotomapy czy modele wysokościowe. Dzięki temu możliwe jest przechowywanie i udostępnianie obrazów o dużej rozdzielczości, które są kluczowe w analizie geoprzestrzennej, np. do badania zmian środowiskowych.

- **Siatki i modele** – format ten umożliwia przechowywanie danych siatkowych, które mogą reprezentować różnorodne modele numeryczne, takie jak modele terenu (DEM), modele opadów czy inne parametry środowiskowe o zmiennych wartościach przestrzennych.

Jedną z głównych zalet **GeoPackage** jest fakt, że format ten jest **interoperacyjny** i **otwarty**, co oznacza, że można go używać na różnych platformach i w różnych narzędziach bez obaw o kompatybilność. Jest to szczególnie ważne w przypadku współpracy między zespołami korzystającymi z różnych rozwiązań GIS, ponieważ GeoPackage umożliwia łatwą wymianę danych między systemami. Ponadto, w przeciwieństwie do innych formatów plików, takich jak **Shapefile**, GeoPackage nie ma ograniczeń dotyczących długości nazw pól, ani nie ma problemów z kodowaniem znaków, co czyni go bardziej elastycznym i niezawodnym.

Samodzielność tego formatu oznacza, że w jednym pliku można nie tylko przechowywać dane geoprzestrzenne, ale także struktury, takie jak układy współrzędnych, tabele atrybutów oraz **metadane** opisujące dane (np. informacje o źródłach danych, metodach ich pozyskania czy jednostkach miary). Jest to szczególnie przydatne, gdy dane są przenoszone między różnymi systemami, ponieważ wszystkie niezbędne informacje są zawarte w jednym, łatwo dostępnym pliku.

Jednym z kluczowych powodów, dla których GeoPackage jest tak popularny w aplikacjach GIS, takich jak **QGIS**, jest jego **przenośność**. Plik GeoPackage jest kompaktowy i łatwy do przenoszenia, co ułatwia udostępnianie danych między różnymi użytkownikami i systemami. Ponieważ wszystkie dane są zawarte w jednym pliku, nie ma potrzeby zarządzania wieloma plikami, jak ma to miejsce w przypadku formatów takich jak Shapefile, który wymaga kilku powiązanych plików do poprawnego działania.

W **QGIS** format GeoPackage jest w pełni obsługiwany, co oznacza, że użytkownicy mogą korzystać z tego formatu do **importu i eksportu danych**, a także pracy na różnych warstwach geoprzestrzennych bez konieczności konwersji do innych formatów. Umożliwia to łatwą integrację GeoPackage z innymi narzędziami GIS oraz sprawną pracę z dużymi zestawami danych, ponieważ format ten jest zoptymalizowany pod kątem wydajności i umożliwia szybki dostęp do danych.

Podsumowując, **GeoPackage** to wszechstronny, nowoczesny i otwarty format danych geoprzestrzennych, który znajduje szerokie zastosowanie w narzędziach GIS, takich jak **QGIS**.

Jego zdolność do przechowywania wektorów, obrazów rastrowych, siatek oraz metadanych w jednym pliku, a także przenośność, interoperacyjność i samowystarczalność sprawiają, że jest on idealnym wyborem do przechowywania, udostępniania i analizowania danych geoprzestrzennych w różnych środowiskach i zastosowaniach.

4. Przygotowanie podstaw modelu wizualizacji danych przestrzennych w serwisie internetowym.

Przygotowanie modelu wizualizacji danych przestrzennych w serwisie internetowym to złożony proces, który wymaga dokładnego planowania, odpowiedniego doboru narzędzi oraz gruntownego testowania, aby stworzyć optymalne rozwiązanie. Taki model pozwala na prezentowanie danych przestrzennych w sposób interaktywny i przystępny, co znacznie ułatwia użytkownikom analizę i zrozumienie złożonych zależności geograficznych. Dobrze zaprojektowany system wizualizacji danych może przynieść szereg korzyści, od zwiększenia efektywności pracy analityków, po umożliwienie łatwego dostępu do informacji szerokiemu gronu odbiorców, bez potrzeby specjalistycznej wiedzy z zakresu GIS.

Planowanie i faza koncepcyjna

Pierwszym krokiem w tworzeniu modelu wizualizacji danych przestrzennych jest **faza koncepcyjna**, która obejmuje analizę celów, jakie ma spełniać system, a także potrzeb i oczekiwań przyszłych użytkowników. Ważne jest określenie, jakie rodzaje danych przestrzennych będą prezentowane – czy będą to dane wektorowe (takie jak punkty, linie, poligony), dane rastrowe (zdjęcia satelitarne, mapy cieplne) czy też trójwymiarowe modele terenu. W tej fazie istotne jest również ustalenie, jakie interaktywne funkcje będą niezbędne, takie jak możliwość przybliżania i oddalania mapy, filtrowanie danych, dodawanie warstw tematycznych, czy narzędzia analityczne, takie jak pomiar odległości lub powierzchni.

Wybór narzędzi i technologii

Kluczowym elementem procesu jest **wybór odpowiednich narzędzi i technologii** do implementacji wizualizacji danych przestrzennych. Współczesne serwisy internetowe oparte na danych geoprzestrzennych wymagają solidnych technologii front-endowych, które umożliwiają płynne renderowanie map oraz obsługę interakcji użytkownika w czasie rzeczywistym.

Jednym z pierwszych kroków jest **testowanie różnych bibliotek i frameworków JavaScript**, które oferują funkcje umożliwiające wyświetlanie oraz manipulowanie danymi

geograficznymi. Wybór odpowiedniej biblioteki zależy od specyfiki projektu, rodzaju danych oraz oczekiwań użytkowników. Najpopularniejsze narzędzia, które warto rozważyć to:

- **Leaflet** – lekka i otwartoźródłowa biblioteka JavaScript do wyświetlania map, która jest bardzo popularna ze względu na swoją prostotę i elastyczność. Leaflet jest często wybierany do mniej skomplikowanych projektów, które nie wymagają zaawansowanych funkcji GIS. Doskonale nadaje się do tworzenia interaktywnych map wektorowych oraz jest kompatybilny z wieloma źródłami danych, w tym z OpenStreetMap.
- **Mapbox** – bardziej zaawansowana platforma do tworzenia interaktywnych map, która oferuje szeroki wachlarz funkcji, takich jak personalizowane style map, obsługa danych 3D oraz możliwość pracy z ogromnymi zbiorami danych. Mapbox wyróżnia się także możliwością tworzenia aplikacji na podstawie bardzo szczegółowych map oraz wsparciem dla wizualizacji 3D, co jest szczególnie przydatne w projektach wymagających zaawansowanej analizy przestrzennej.
- **Google Maps API** – popularne rozwiązanie oferowane przez Google, które umożliwia wbudowanie map w aplikacje internetowe. Google Maps API oferuje szerokie możliwości, takie jak wizualizacja danych geoprzestrzennych, dostęp do zaawansowanych danych geograficznych oraz obsługę widoku Street View. Jest to narzędzie, które sprawdzi się w projektach wymagających dostępu do dokładnych i stale aktualizowanych map globalnych.
- **OpenLayers** – zaawansowana biblioteka do tworzenia map internetowych, która pozwala na integrację z różnorodnymi źródłami danych przestrzennych i obsługę dużych zbiorów danych. OpenLayers jest szczególnie przydatne w projektach, gdzie konieczne jest zastosowanie wielu niestandardowych rozwiązań, takich jak praca z różnymi układami współrzędnych czy niestandardowymi formatami danych geoprzestrzennych.

Implementacja i optymalizacja

Po wyborze odpowiednich narzędzi następuje faza **implementacji**, w której programiści przekształcają założenia koncepcyjne w działający model wizualizacji danych. Na tym etapie kluczowe jest zadbanie o wydajność systemu, zwłaszcza gdy obsługiwane są duże zestawy danych przestrzennych. Konieczne jest zastosowanie technik optymalizacji, takich jak **klasteryzacja markerów** (w przypadku dużych ilości punktów na mapie), **tile caching** (buforowanie kafli mapowych w celu szybszego renderowania) oraz kompresja danych.

Testowanie i dopracowywanie

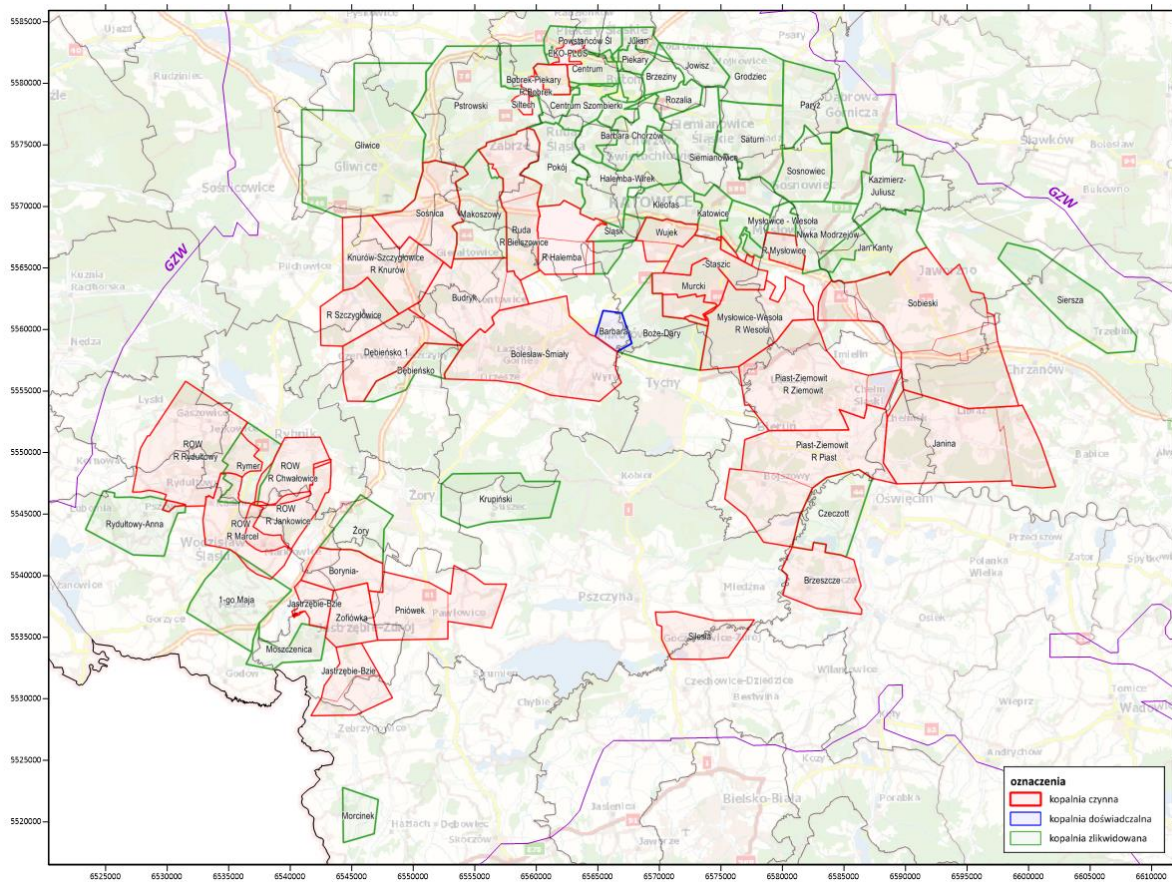
Kolejnym krokiem jest **testowanie** modelu wizualizacji pod kątem jego wydajności, funkcjonalności oraz użyteczności. W tym celu należy przeprowadzić testy na różnych urządzeniach (komputery, smartfony, tablety) oraz w różnych przeglądarkach internetowych, aby upewnić się, że wizualizacje działają płynnie i są dostępne dla jak najszerszej grupy użytkowników. Ważnym aspektem jest także testowanie w warunkach rzeczywistych, aby zweryfikować, jak system radzi sobie z dużą liczbą użytkowników i jak długo trwa wczytywanie danych.

W testach uwzględnia się także **interakcję użytkownika z mapą**, aby sprawdzić, czy funkcje takie jak filtrowanie, zoomowanie, dodawanie warstw czy wyszukiwanie działają zgodnie z oczekiwaniami. Celem jest zapewnienie jak najlepszej użyteczności i intuicyjności serwisu.

Optymalny model wizualizacji danych przestrzennych

Stworzenie **optymalnego modelu wizualizacji danych przestrzennych** to proces, który może przynieść wiele korzyści. Interaktywne mapy geoprzestrzenne umożliwiają użytkownikom dokładne analizowanie danych, porównywanie różnych warstw informacji oraz podejmowanie świadomych decyzji na podstawie złożonych analiz przestrzennych. Umożliwiają również personalizację prezentacji danych, co zwiększa ich użyteczność w różnych kontekstach – od planowania przestrzennego, przez zarządzanie zasobami naturalnymi, aż po monitorowanie zmian środowiskowych.

Podsumowując, stworzenie skutecznego modelu wizualizacji danych przestrzennych w serwisie internetowym wymaga starannego planowania, wyboru odpowiednich narzędzi, implementacji oraz testowania. Dobór właściwej technologii, takiej jak Leaflet, Mapbox, Google Maps API czy OpenLayers, odgrywa kluczową rolę w osiągnięciu wydajnego i użytecznego systemu, który spełni oczekiwania użytkowników oraz umożliwi dokładną analizę danych geoprzestrzennych w czasie rzeczywistym.



Rys. 1. Mapa GZW z przebiegiem granic obszarów górniczych czynnych i zlikwidowanych zakładów górniczych – przykład mapy podstawowej stanowiącej tło do prezentacji danych geoprzestrzennych

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:

- Błędą 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.