



WYKORZYSTANIE KARTOGRAFICZNYCH DANYCH GEOLOGICZNYCH I HYDROGEOLOGICZNYCH NA POTRZEBY EUROPEJSKIEGO PROJEKTU GEOERA – PAN-EUROPEAN GROUNDWATER RESOURCES MAP

USING THE CARTOGRAPHIC GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL DATA FOR THE EUROPEAN PROJECT GEOERA – PAN-EUROPEAN GROUNDWATER RESOURCES MAP

AGNIESZKA PIASECKA¹, GRZEGORZ OLESIUKE¹, MARCIN HONCZARUK¹

Abstrakt. Państwa członkowskie UE dysponując informacjami na temat zasobów wód podziemnych, wyznaczyły jednolite części wód podziemnych zgodnie w wytycznymi ramowych dyrektyw UE dotyczących wód podziemnych. W Europie nie opracowano dotychczas spójnego przeglądu zasobów wód podziemnych. Projekt GeoERA ma za zadanie ujednoczenie dostępnych danych hydrogeologicznych oraz ich integrację, w celu utworzenia mapy zasobów wód podziemnych Europy. Rezultatem prac projektu GeoERA będzie m.in. mapa hydrogeologiczna ukazująca dane dotyczące głębokości występowania słodkich wód podziemnych, głębokości występowania granicy pomiędzy wodami słodkimi i mineralnymi oraz zasobów wód podziemnych.

Słowa kluczowe: europejska mapa hydrogeologiczna (Pan-EU), występowanie wód podziemnych, zasoby wód podziemnych, GeoERA.

Abstract. The European Union member states hold information about groundwater resources and they have delineated groundwater bodies within each country according to guidelines of EU Water Framework Directive. A coherent overview of groundwater resources at an EU scale has not been done so far. The aim of the GeoERA project is to unify and integrate the accessible hydrogeological data in order to deliver the pan-European groundwater resources map. The results of the project will include a hydrogeological map containing data on the depths to fresh groundwater, depths of the fresh-salt interface, and groundwater resources.

Key words: Pan-European Hydrogeological Map (Pan-EU), groundwater resources, groundwater occurrence, GeoERA.

WSTĘP

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy zaangażowany jest w realizację unijnego projektu „Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe” czyli GeoERA. Projekt ten zrzesza służby geologiczne lub instytucje pełniące obowiązki służb geologicznych z państw UE oraz krajów ościennych, takich jak: Albania, Bośnia i Hercegowina, Islandia, Północna Macedonia, Norwegia, Serbia, Ukraina. W ramach GeoERY realizowana jest grupa projektów zajmu-

jących się tematyką wód podziemnych – nazwana RESOURCE GeoERA (Consortium Agreement, 2017).

Poszczególne kraje członkowskie UE posiadają kompleksowe dane o zasobach wód podziemnych na obszarach swoich terytoriów, jednak w dalszym ciągu brakuje spójnego podejścia do problemu zasobów wód podziemnych na terenie całej Unii. Opracowania ukierunkowane na określenie występowania i dostępności zasobów wód podziemnych do tej pory były wykonywane w skali danego kraju. Na potrzeby realizacji tych prac przyjmowano indywidualne kryteria dla poszczególnych krajów członkowskich UE. Prawne regula-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: agnieszka.piasecka@pgi.gov.pl, grzegorz.olesiuk@pgi.gov.pl; marcin.honczaruk@pgi.gov.pl.

cje dają państwom członkowskim wytyczne i narzędzia do określania ilości i jakości zasobów wód podziemnych oraz wartości progowych dla wskaźników fizyko-chemicznych z uwzględnieniem metodyki stosowanej w danym kraju.

W rezultacie brakuje ogólnego i spójnego spojrzenia na zasoby wód podziemnych w obrębie całej Unii. Metodyka szacowania zasobów wód podziemnych powinna być zdefiniowana i ujednoczona w ramach planowania i prowadzenia polityki surowcowej UE.

Ustalenie wspólnej skali opracowania oraz uproszczenie klasyfikacji i kryteriów oceny, są niezbędne do uzyskania wiarygodnych informacji w skali międzynarodowej. Celem projektu RESOURCE jest opracowanie zintegrowanego podejścia zarówno do problematyki zagadnień transgranicznych, jak i mapy zasobów słodkich wód podziemnych dla obszaru Europy. Jednym z podtematów grupy RESOURCE GeoERA jest wykonanie ogólnoeuropejskiej mapy zasobów wód podziemnych Pan-EU Groundwater Resources Map, który ukierunkowany jest na ujednoczenie przedstawiania zasobów wód podziemnych w skali ogólnoeuropejskiej. Odnosi się to przede wszystkim do trójwymiarowych charakterystyk struktur poziomów wodonośnych, informacji na temat zasobów wód podziemnych oraz wskazanie granicy występowania wód słodkich i wód mineralnych (Project proposal – resource, 2018). Niniejszy artykuł przedstawia wstępne założenia metodyczne oraz problemy, z jakimi spotkali się realizatorzy projektu na pierwszym etapie prac.

Na potrzeby projektu Pan-EU Groundwater Resources Map przyjęto, że obszar państw biorących udział w tym zadaniu zostanie pokryty siatką o komórkach (grid) wielkości 10×10 km. Podczas roboczych spotkań uczestników projektu opracowano zawartość szablonu danych wraz ze wszystkimi opisowymi atrybutami. Szablon ten posłuży na kolejnym etapie do zbierania danych w tym samym formacie i zakresie od wszystkich uczestników projektu. Dla każdego z poligonów siatki w obrębie poszczególnych państw przypisywane będą zgeneralizowane dane hydrogeologiczne. Według wstępnych założeń generalizacja będzie polegała na przyjęciu danych wartości liczbowych z poligonu o największym udziale powierzchni w danym bloku siatki (10×10 km) lub uśrednieniu wartości dla kilku poligonów (w przypadku braku poligonu zdecydowanie dominującego w obrębie bloku). Sposób generalizacji będzie dobierany indywidualnie dla każdej z warstw. W tym celu należało uściślić wartości graniczne, jednostki mineralizacji wód podziemnych oraz pozostałe parametry hydrogeologiczne jednakowe dla wszystkich uczestników projektu. Na etapie testowym szablon danych analizowany będzie również pod kątem potencjalnych problemów podczas wypełniania komórek (grid) danymi w obszarach granicznych sąsiadujących państw.

REALIZACJA ZADANIA

W ramach realizacji projektu ogólnoeuropejskiej mapy zasobów wód podziemnych przeprowadzono analizę danych przestrzennych potrzebnych do realizacji projektu będących

w dyspozycji PIG-PIB. Rozpoczęto proces przetwarzania istniejących danych geologicznych oraz hydrogeologicznych, a także tworzenia nowych warstw informacyjnych GIS bazujących na materiałach archiwalnych. Zebrane oraz przetworzone dane zostały zaimplementowane do atrybutowej tabeli testowej przygotowanej przez Lidera projektu (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO – Holandia) na podstawie wcześniejszych ustaleń z uczestnikami projektu (Broers, Kivits, 2018).

Jednym z podstawowych kryteriów wykorzystania danych było całkowite lub jak najszersze pokrycie kraju uczestnika projektu oraz spójność samych danych (zwłaszcza pod kątem metodyki ich uzyskania). Dla Polski spośród licznych opracowań archiwalnych kryteria te najlepiej spełniały pozycje wymienione poniżej, które zostały wykorzystane w części testowej projektu:

- Warstwy GIS z bazy danych dla *Mapy Hydrogeologicznej Polski Głównego Użytkowego Poziomu Wodonośnego* (MHP GUPW) w skali 1:50 000, w tym: zasięg występowania i głębokość do głównego użytkowego poziomu wodonośnego, miąższość i przewodność, na podstawie, których wyliczono współczynnik filtracji dla głównego użytkowego poziomu wodonośnego (Baza danych GIS MHP w skali 1:50 000 MHP GUPW);
- Objasnienia do MHP GUPW, na podstawie których utworzono cyfrową (GIS) warstwę „litologia” dla GUPW (Baza danych GIS MHP w skali 1:50 000 MHP GUPW);
- Warstwy GIS z bazy danych dla *Mapy Hydrogeologicznej Polski Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika* w skali 1:50 000 (MHP PPW-WH MHP PPW-WH), w tym zasięg pierwszego poziomu wodonośnego oraz jego głębokość występowania i litologię (Baza danych GIS MHP w skali 1:50 000 MHP PPW-WH);
- Porowatość efektywną – opartą na danych z literatury (Davis, 1969; Kreft i in., 1974; Pazdro, Kozerski, 1990; Macioszczyk, 2006) oraz na danych z warstw GIS z bazy danych dla MHP GUPW w skali 1:50 000;
- Współczynnik filtracji dla pierwszego poziomu wodonośnego – na podstawie danych literaturowych (Morris, Johnson, 1967; Mercado, 1966; Pazdro, Kozerski, 1990; Abelin i in., 1991; Macioszczyk, 2006) oraz na danych z warstw GIS z bazy danych dla MHP PPW-WH w skali 1:50 000;
- *Mapę Geologiczną Polski* w skali 1:500 000 (Marks i in., 2006) baza danych GIS – do określenia litologii strefy aeracji;
- *Mapa Wód Mineralnych Polski* – na podstawie Atlasu Geologicznego Polski (Nawrocki, Becker, 2017).

W założeniach projektu dopuszcza się charakteryzowanie dowolnej ilości piętér/struktur wodonośnych w zależności od rozpoznania i dostępności danych na terenie danego kraju. Na podstawie źródeł danych wymienionych powyżej polski zespół uczestniczący w podprojekcie zdecydował się na wyodrębnienie 3 kompleksów wodonośnych w obrębie całego kraju: pierwszego poziomu wodonośnego, wgłębnego użytkowego poziomu wodonośnego oraz kompleksu

obejmującego wody mineralne. W przypadku pierwszych dwóch kompleksów, ze względu na strukturę i metodykę sporządzania map hydrogeologicznych, lokalnie mogą to być warstwy tożsame. Ze względu na zróżnicowaną klasyfikację wód podziemnych do wód mineralnych w poszczególnych krajach biorących udział w projekcie, przyjęto zasadę indywidualnego podejścia do tej kwestii dla danego państwa. W przypadku Polski do wód mineralnych zaliczono wody podziemne o mineralizacji powyżej 1 g/dm^3 .

W wyniku przeprowadzonych analiz przestrzennych w środowisku ArcGIS testowo wypełniono tabelę danych dla wybranego obszaru Polski. Do analizy wybrano południową część Polski ze względu na urozmaiczone warunki geologiczne i hydrogeologiczne (fig. 1).

Tabela danych jest plikiem tekstowym w formacie CSV, gdzie każdy z wierszy przypisany jest do odpowiedniego po-

ligonu siatki (grid) o wymiarach $10 \times 10 \text{ km}$ wg istniejącego schematu stosowanego dla INSPIRE w Europie. W ramach projektu obowiązującym geodezyjnym układem odniesienia jest ETRS89 przy odwzorowaniu azymutalnym Lamberta (LAEA). Każdy z uczestników projektu otrzymał tabelę, która ma być uzupełniona danymi charakteryzującymi obszar danego kraju. Jednym z następnych etapów projektu będzie połączenie danych ze wszystkich krajów uczestniczących w tym przedsięwzięciu. Komórki siatki występujące w obszarach granicznych kilku państw wypełniane są przez każde z państw osobno, natomiast różnice będą porównywane i analizowane w późniejszej fazie projektu.

Do głównych danych, jakie należy wprowadzić do tabeli danych należą:

- wysokość terenu (m n.p.m. wg Europejskiego Geodezyjnego Systemu Wysokościowego EVRF2007 lub, korzy-

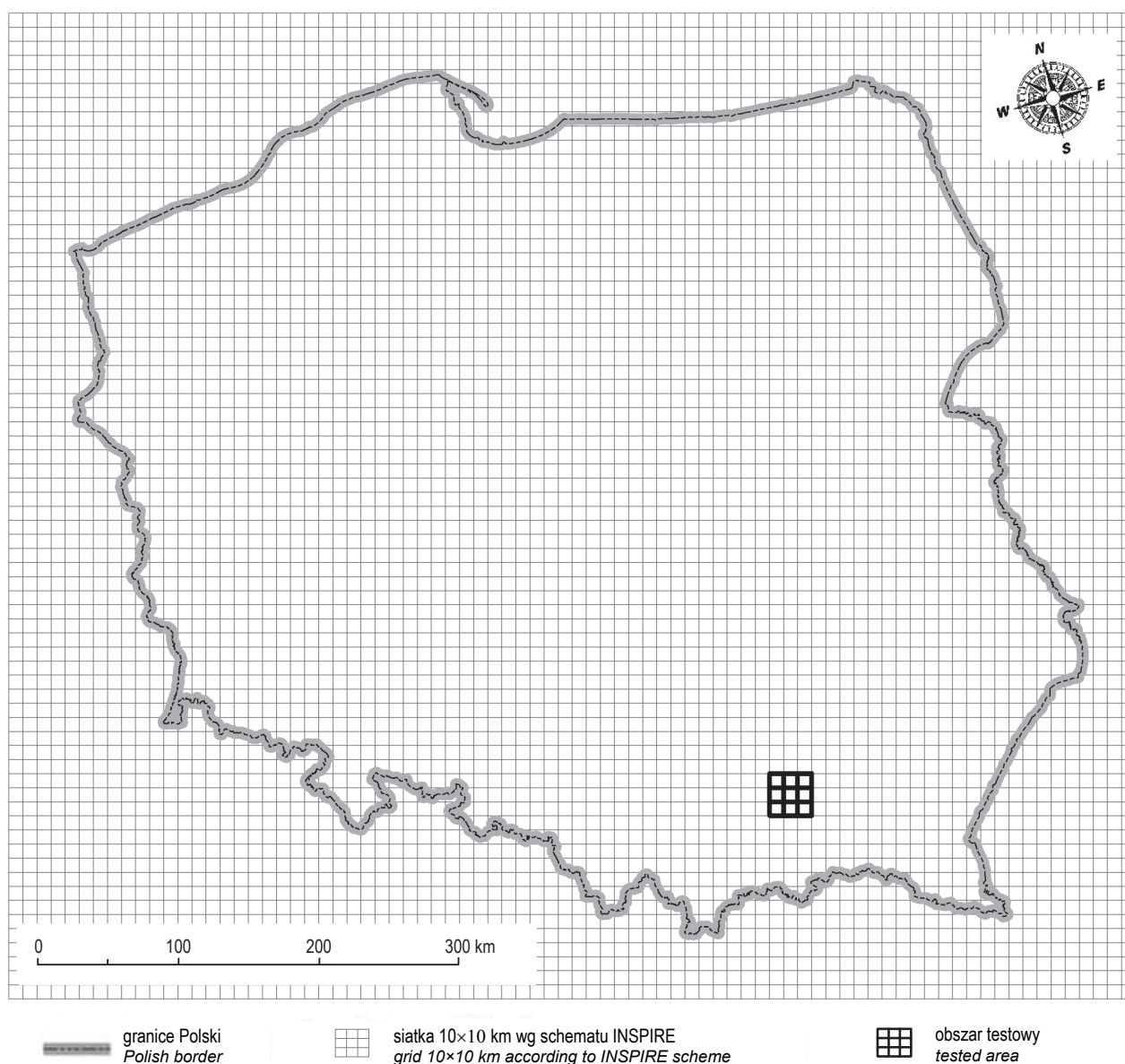


Fig. 1. Obszar na terenie Polski wytypowany do celów testowych projektu

The area selected for testing purposes in Poland

stając z krajowego systemu wysokościowego, przeliczyć na EVRF2007);

- miąższość strefy aeracji oraz jej litologia;
- głębokość występowania strefy aktywnej wymiany wody;
- amplituda wahań zwierciadła wód podziemnych, wraz z opisem charakteru tego zwierciadła (statyczny, dynamiczny – odbudowujący się po odwodnieniu kopalni, lej depresji – wywołany dużą eksploatacją, system krasowy z sezonowymi zmianami poziomu wód podziemnych) dla pierwszej warstwy wodonośnej wraz z opisem ;
- głębokość występowania granicy pomiędzy wodami słodkimi a mineralnymi (informacja o kryterium oceny wartości progowej dla wód mineralnych w poszczególnych państwach na podstawie przewodności, mineralizacji, stężenia chlorków, itp. znajdzie się w tabeli danych).

Ponadto tabela danych jest podzielona na warstwy w kolejności od powierzchni terenu aż do najgłębiej rozpoznanych utworów wodonośnych, obejmując informacje zarówno o poziomach wodonośnych, jak i o warstwach nieprzepuszczalnych i półprzepuszczalnych. Dla każdej z tych warstw należy podać:

- głębokość występowania stropu i spągu;
- litologię;
- porowatość;
- współczynnik filtracji wertykalny i horyzontalny;
- czy jest to warstwa wodonośna czy niewodonośna;
- procentowe rozprzestrzenienie w obrębie danego poligonu siatki;
- określić typ wód np. wody reliktowe, wody artezyjskie lub termalne.

W fazie testowej projektu dużym wyzwaniem okazało się ustalenie metody generalizacji danych i sposobu oceny rangi poziomu wodonośnego w skali europejskiej, mając na celu ujednoczenie przez wszystkich uczestników projektu przedstawiania danych za pomocą tabeli danych.

Dla Polski, w przypadku utworów wodonośnych tworzących główny użytkowy poziom wodonośny, wartości porowatości efektywnej określono na podstawie danych literaturowych (fig. 2). Na potrzeby projektu należało przyjąć pewną generalizację, tak aby poszczególnym poligonom siatki można było przypisać tylko jedną charakterystyczną dla tej komórki wartość. W tym celu dokonano przestrzennej analizy w środowisku ArcGIS. Przykładem przetworzenia danych przestrzennych na bloki siatki o wymiarach 10×10 km jest analiza przestrzenna rozkładu porowatości efektywnej GUPW na terenie Polski przedstawiona na figurze 2. W południowej części Polski, gdzie często nie ma głównego użytkowego poziomu wodonośnego, program obliczeniowy samoistnie przyjął „brak danych”, co poskutkowało niezaliczeniem tych obszarów do poligonów siatki. W związku z powyższym po etapie „automatycznej” analizy konieczna będzie weryfikacja uzyskanych wyników, oraz indywidualne przypisanie wartości porowatości efektywnej dla bloków siatki gdzie występują obszary o złożonych warunkach hydrogeologicznych. Znacznie większym wyzwaniem okazała się m.in. generalizacja danych w przypadku warstwy głębokości do pierwszego poziomu wodonośnego (PPW). Na potrzeby projektu GeoERA głębokości do PPW zostały uśrednione, a następnie poddane analizie przestrzennej. Obydwa te obrazy zostały zestawione na figurze 3. Jak można zauwa-

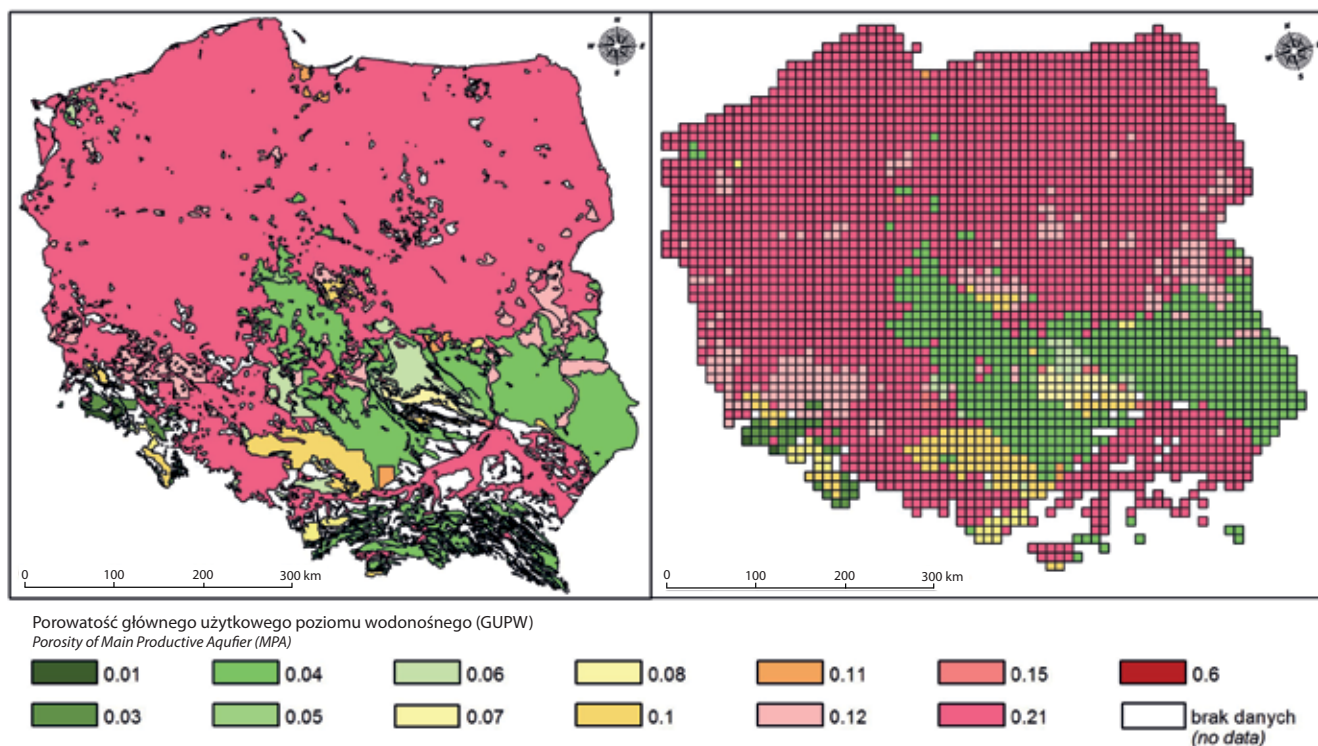


Fig. 2. Porowatość GUPW przed i po przetworzeniu na grid 10×10 km

Porosity of MPA before and after processing on a 10×10 km grid

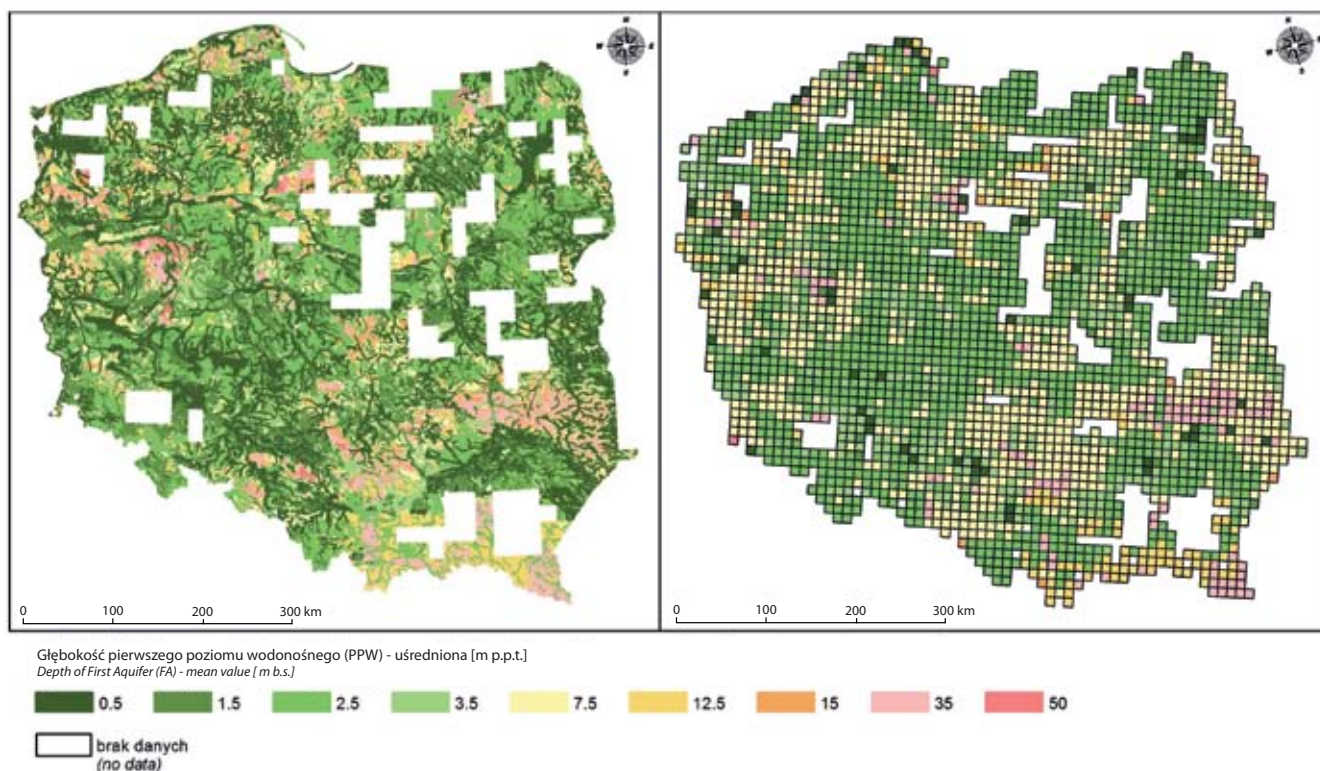


Fig. 3. Głębokość PPW przed i po przetworzeniu na grid o wymiarach 10×10 km

Depth of FA before and after processing on a 10×10 km grid

żyć generalizacja danych stwarza duże problemy. Kwestią wymagającą szczególnej uwagi jest występowanie wąskich dolin, zwłaszcza w obszarach górskich. Doliny te w procesie generalizacji (dla siatki o wymiarach 10×10 km) w wielu przypadkach ulegają eliminacji ze względu na niewielką ich powierzchnię w stosunku do otaczających struktur (np. fliszowych). Ten problem pojawia się również w przypadku innych warstw, a zwłaszcza przy generalizacji warstw dotyczących litologii strefy aeracji oraz zasięgu pierwszego i głównego poziomu wodonośnego. Ta sama kwestia dotyczy warstw opisujących parametry hydrogeologiczne poszczególnych poziomów wodonośnych oraz warstw rozdzielających.

PODSUMOWANIE

Celem projektu RESOURCE jest opracowanie zintegrowanego podejścia zarówno do problematyki zagadnień transgranicznych, jak i mapy zasobów słodkich wód podziemnych dla obszaru Europy. Jednym z podtematów grupy RESOURCE GeoERA jest wykonanie ogólnoeuropejskiej mapy zasobów wód podziemnych Pan-EU Groundwater Resources Map. Dotychczas brak było spójnego przeglądu dotyczącego zasobów i charakterystyki słodkich wód podziemnych w Europie, który mógłby zostać wykorzystany dla efektywniejszego zarządzania zasobami wód podziemnych

oraz oceny ich stanu. W ramach projektu Pan-EU Groundwater Resources Map obszar Europy został pokryty siatką o komórkach wielkości 10×10 km. Dla tych komórek będą przypisywane zgeneralizowane dane hydrogeologiczne i zapisywane w tabeli danych. Według wstępnych założeń generalizacja będzie polegała na przyjęciu wartości z poligonu o największym udziale powierzchni w danym bloku siatki (10×10 km) lub uśrednieniu wartości kilku poligonów (w przypadku braku poligonu zdecydowanie dominującego w obrębie bloku). Sposób generalizacji będzie dobierany indywidualnie dla każdej z warstw. Szablon tabeli danych wraz ze wszystkimi atrybutami opisowymi został wspólnie wypracowany przez uczestników projektu w trakcie spotkań roboczych. Dużym wyzwaniem na etapie testowym projektu okazała się generalizacja danych i sposób oceny rangi poziomów wodonośnych w skali europejskiej. Na szczególną uwagę zasługują wąskie (lub o niewielkiej powierzchni) wydzielenia w obrębie poszczególnych warstw tematycznych, które w procesie automatycznej generalizacji mogą zostać całkowicie pominięte.

LITERATURA

- ABELIN H., BIRGERSSON L., MORENO L., WIDÉN H., ÅGREN T., NERETNIEKS I. 1991 – A Large Scale Flow and Tracer Experiment in Granite II. Results and interpretation. *Water Resour. Res.*, **27**, 12: 3119–3135.

- BAZA danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski (MHP) w skali 1:50 000 – warstwy Głównego Użytkowego Poziomu Wodonośnego (MHP GUPW).
- BAZA danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski (MHP) w skali 1:50 000 – warstwy Pierwszego Poziomu Wodonośnego. Występowanie i Hydrodynamika (MHP PPW-WH).
- BROERS, H.P., KIVITS, T. 2018 – Deliverable 6.1. Template that can be used by all participating surveys to collect the required data. Resources of groundwater, harmonized at Cross-Border and Pan-European Scale. Version: First draft – work in progress.
- CONSORTIUM Agreement (based on the DESCA Horizon 2020 Model) for ERA-NET-Cofund action 731166 Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe – GeoERA, 2017.
- DAVIS S.N., 1969 – Porosity and permeability of natural materials. *W*: Flow through porous media (red. R.J.M. De Wiest): 54–89. Academic Press, New York.
- KREFT A., LENDAA., TUREK A., ZUBERA., CZAUDERNA K., 1974 – Determination of effective porosities by the two-well pulse method. *W*: Isotope Techniques in Groundwater Hydrology, Proc. Symp. of Vienna, 11–15 March 1974). *IAEA Publications Ser.*, **2**, 295–312.
- MACIOSZCZYK A. (red.), 2006 – Podstawy Hydrogeologii Stosowanej. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- MARKS L., BER A., GOGOLEK W. (red.), 2006 – Mapa Geologiczna Polski w skali 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MERCADO A., 1966 – Underground Water Storage Study: Recharge and mixing tests ant Yavne 20 well field, Technical Report 12, Tel Aviv: TAHAL - Water Planning for Israel Ltd.
- MORRIS D.A., JOHNSON A.I., 1967 – Summary of hydrologic and physical properties of rock and soil materials, as analysed by the Hydrologic Laboratories of the U.S. Geological Survey 1948–1960. U.S. Government Printing Office, USA.
- NAWROCKI J., BECKER A. (red.), 2017 – Atlas geologiczny Polski. Mapa wody mineralne. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wydaw. Geol., Warszawa.
- PROJECT PROPOSAL – RESOURCE: Resources of groundwater, harmonized at Cross-Border and Pan-European Scale, 2018.

SUMMARY

The RESOURCE project aims to develop an integrated approach to groundwater resources through cross-border demonstrations projects, through a hydrogeological fresh groundwater resources map at the scale of Europe. One of the subtopics of the GeoERA RESOURCE project is to deliver Pan-EU Groundwater Resources Map. A coherent overview of groundwater resources at an EU scale, which could be used for a more effective management of groundwater resources and assessment of its conditions, has not been done so far. Within the project the template CSV file has been created, where

each row indicates a grid cell. The cell-id's correspond to the INSPIRE shapefile grid, where each of the cells has the same area – 10×10 km. This shapefile grid covers the whole area of Europe. For each grid's cell, generalized hydrogeological data will be assigned and recorded in a template that was prepared by project's members during the working meeting. At the testing stage, data generalization has turned to be a huge challenge. Special attention needs to be paid to narrow (or very small in area) units within each of the thematic layers, which can be utterly lost in the process of automatic generalization.