

Gliwice, 03.11.2023 r.

Recenzja

pracy doktorskiej Pana Dejana Neškovića pt.:

**„ HYDRODYNAMICAL AND GEOSTATISTICAL MODELLING OF ALLUVIAL AQUIFERS
CONTAMINATED WITH HYDROCARBONS FOR PURPOSES OF OPTIMIZATION
HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATIONS, REMEDIATION AND RESOURCE PROTECTION”**
(Modelowanie hydrodynamiczne i geostatystyczne aluwialnych poziomów wodonośnych
zanieczyszczonych węglowodorami w celu optymalizacji badań hydrogeologicznych,
remediacji i ochrony zasobów)

Praca doktorska Pana Dejana Neškovića dotyczy optymalizacji strategii badań hydrogeologicznych, ukazanej na przykładzie aluwialnych, zanieczyszczonych węglowodorami poziomów wodonośnych, w obszarze badawczym Ratno Ostrvo, gdzie w bezpośrednim sąsiedztwie rafinerii usytuowane są ujęcia dla zaopatrzenia w wodę dla miasta Nowy Sad. Rozwiązanie tego problemu oparł Autor na analizie rezultatów przeprowadzonych wcześniej badań hydrogeologicznych i modelowań. Dało to podstawę do stworzenia oryginalnego, zaktualizowanego modelu hydrogeologicznego, na podstawie którego, w połączeniu z metodami geostatystycznymi, przeprowadzono optymalizację istniejącej sieci monitoringu.

Uwagi wstępne

Autor podjął się rozwiązania skomplikowanego i istotnego dla praktyki hydrogeologicznej tematu optymalizacji strategii i konfiguracji sieci monitoringu skażonych poziomów wodonośnych. Działania monitoringowe pozwalają bowiem zarówno na śledzenie i przewidywanie przemian zachodzących w analizowanych strukturach wodonośnych, na przykład przy wyborze koncepcji MNA (monitored natural attenuation), jak i umożliwiają odpowiedni dobór i modyfikacje aktywnych działań remediacyjnych opartych na wymienionych w pracy metodach hydraulicznych, fizyko-chemicznych i biologicznych.

Dogłębne studium literaturowe oraz wnikliwa analiza dotychczasowych badań hydrogeologicznych i działań remediacyjnych przeprowadzonych na wybranym przez Autora obszarze badań - Ratno Ostrvo w Nowym Sadzie, gdzie w bezpośrednim sąsiedztwie rafinerii ropy naftowej znajdują się ujęcia wód podziemnych, umożliwiły sformułowanie następujących tez niniejszej pracy:

- Tradycyjne metody badawcze i strategie monitoringowe wymagają często znacznych nakładów, a mimo to nie zawsze w odpowiedni sposób uwzględniają zmienność przestrzenną i niepewność danych opisujących aluwialne warstwy wodonośne zanieczyszczone węglowodorami.
- Zoptymalizowane podejście do badań hydrogeologicznych, modelowania i remediacji jest podstawą do skutecznego zarządzania zasobami i jakością wód podziemnych.

-
- Analiza i optymalizacja sieci monitoringu oparta o rezultaty modelowania hydrogeologicznego, analizy geostatystyczne i redukcja danych wejściowych pozwala na zwiększenie poziomu dokładności i efektywności badań hydrogeologicznych.

Zasadniczym, złożonym celem pracy było opracowanie skutecznych strategii i metod badań, które maksymalizują ilość informacji hydrogeologicznych pozyskanych z ograniczonych zasobów danych, pozwalając na zwiększenie efektywności gromadzenia danych, precyzji modelowania, skuteczności rekultywacji i ochrony zasobów, a równocześnie uzyskanie oszczędności ekonomicznych.

Dla weryfikacji tezy i osiągnięcia celu pracy Autor wykorzystał logicznie zaplanowany i konsekwentnie zrealizowany zestaw działań, obejmujących między innymi ocenę podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie, modelowanie hydrogeologiczne oraz obliczenia geostatystyczne.

Układ recenzowanej rozprawy

Dysertacja liczy 191 stron i zawiera 76 figur oraz 24 tabele; w załączniku zamieszczono kolejnych 25 figur (profile otworów wiertniczych) oraz 7 tabel dotyczących zagadnień związanych z wykonanym modelem. Zamieszczona na końcu pracy bibliografia obejmuje 161 pozycji literaturowych. Treść pracy została podzielona na 5 zasadniczych części:

- W części wstępnej (Rozdział I) Autor przedstawia uzasadnienie podjęcia tematu, założywszy, że tradycyjne metody badań hydrogeologicznych często wymagają dużych zbiorów informacji a mimo to mogą w niewystarczającym stopniu uwzględniać zmienność przestrzenną i niepewność parametrów opisujących zanieczyszczone warstwy wodonośne. Na tej podstawie sformułowano ogólny cel pracy, którym jest opracowanie skutecznych strategii badawczych, które maksymalizują pozyskiwanie informacji z ograniczonych zasobów danych w celu odpowiedniego zarządzania i ochrony zasobów wód podziemnych, zwłaszcza w skażonych węglowodorami, aluwialnych poziomach wodonośnych. Osiągnięcie tego celu wymaga zdaniem autora realizacji następujących celów cząstkowych:
 1. oceny istniejących technik i metod badań hydrogeologicznych stosowanych wobec aluwialnych poziomów wodonośnych zanieczyszczonych węglowodorami,
 2. sformułowania zoptymalizowanej strategii poboru próbek i oceny parametrów warstw wodonośnych,
 3. analizy zgromadzonych danych hydrogeologicznych przy zastosowaniu metod geostatystycznych,
 4. sformułowania modelu koncepcyjnego, obejmującego procesy hydrogeologiczne i mechanizmy transportu zanieczyszczeń
 5. oceny podatności warstwy wodonośnej na zanieczyszczenie węglowodorami,
 6. opracowania strategii dla ochrony zasobów wód i zapewnienie ich trwałości,
 7. weryfikacji zaproponowanych strategii optymalizacyjnych poprzez studia przypadków i zestawienie z istniejącymi danymi.
- W kolejnej części (Rozdział II) przedstawiony został aktualny stan wiedzy w zakresie analizowanego zagadnienia oraz założenia teoretyczne pracy odnoszące się do wykorzystanych przy jej realizacji narzędzi i technik takich jak: geostatystyka, modelowanie przepływu wód podziemnych i transportu zanieczyszczeń, ocena podatności warstwy wodonośnej. Dokonano tu także przeglądu dotychczasowych badań hydrogeologicznych aluwialnych zbiorników wód podziemnych.
- Rozdział III - Studium przypadku – uzasadniono tutaj wybór obszaru badań i omówiono jego aspekty dotyczące warunków hydrologicznych i budowy geologicznej, zanieczyszczenia wód podziemnych oraz wykonanych dotychczas prac remediacyjnych. Zawarto tu także omówienie

- opracowanych w przeszłości modeli hydrodynamicznych, których wyniki stanowią następnie odniesienie do oryginalnych badań Autora.
- Rozdział IV - Wyniki i dyskusja, podzielono na cztery części dotyczące odpowiednio:
 - opracowania koncepcyjnego modelu hydrogeologicznego, w którym główny nacisk położono na określenie zasięgu struktur hydrogeologicznych, w tym ich litologii i parametrów filtracji.
 - oceny podatności na zanieczyszczenie wód podziemnych,
 - wykonanego przez Autora modelu hydrodynamicznego, stanowiącego uzupełnienie i rozwinięcie wcześniej opracowanych modeli, pozwalającego zarówno na analizę przepływu wód podziemnych jak i śledzenie zjawisk i transportu zanieczyszczeń,
 - optymalizacji sieci monitoringu zasobów i stanu zanieczyszczenia wód podziemnych, przeprowadzonej na podstawie obliczeń geostatystycznych i analizy szeregów czasowych.
 - W rozdziale V - Uwagi końcowe i zalecenia, dokonano podsumowania uzyskanych wniosków i przedstawiono wskazania dotyczące przyszłych badań oraz sposobów ulepszenia metod działania w podobnych przypadkach.

Praca zaprezentowana przez Pana Dejana Neškovića jest zredagowana w sposób przejrzysty, z zastosowaniem prawidłowo użytej terminologii specjalistycznej. Warstwę ilustracyjną pracy, na którą składają się m.in. diagramy, profile oraz mapy opracowano starannie, zarówno pod względem merytorycznym jak i graficznym.

Uwagi krytyczne i dyskusyjne

W analizowanej dysertacji nie dostrzegam błędów merytorycznych lub poważniejszych niedociągnięć formalnych, które wpływałyby na jej ostateczną ocenę. Poniżej, w kolejności zgodnej z tekstem, przedstawiłem spostrzeżenia i komentarze oraz sformułowałem uwagi dyskusyjne, dotyczące pracy.

- W rozdziale 9.3 - Hydrological, Geological and Hydrogeological characteristics – brakuje schematu systemu wód podziemnych analizowanego rejonu. Schemat taki był niewątpliwie opracowany przez Autora, choćby podczas przygotowywania modelu koncepcyjnego. Zamieszczenie go w tekście ułatwiłoby znacznie zrozumienie natury zjawisk zachodzących na badanym obszarze.
- Str. 83 – na przekroju hydrogeologicznym (Fig. 6) nie są widoczne poziomy zwierciadła wód podziemnych w poszczególnych ogniwach.
- Str. 89 – Przedstawiono tu informację, że naturalny reżim przepływu wód podziemnych został zaburzony przez budowę sieci kanałów drenażowych. Usytuowanie tych kanałów nie zostało jednak zilustrowane; można tylko domyślać się, że są one zaznaczone np. na Fig. 19 lub 22.
- Str. 95 – Pojawia się tu sformułowanie, iż: „Analizując transport zanieczyszczeń ropopochodnych z wykorzystaniem modelu hydrodynamicznego obserwowanego obszaru, określono kierunki przepływu wód podziemnych i strefy zasilania dla każdej ze studni na terenie Ratno Ostrvo. Sugeruje to, że ropopochodne, nie będące substancjami konserwatywnymi hydrochemicznie, wykorzystano jako znacznik przepływu. Czy rzeczywiście tak było?
- Str. 102 – Na podstawie wyników modelowania zauważono, że najbardziej podatne na potencjalne zanieczyszczenia są studnie BHD-2 i BHD-3. Studnie o takich oznaczeniach nie znalazłem na rysunkach zamieszczonych w pracy; być może chodziło Autorowi o studnie BHD-2L i BHD-3L.
- Str. 110 – Fig.20 - studnie z drenami poziomymi nie są w widoczny sposób zaznaczone na rysunkach.

- Str. 132 – w opisie wzoru na obliczenie udziału pojedynczego czynnika – SF, zastosowano omyłkowo inne oznaczenie - SP.
- Str. 169-171, rysunki (Fig. 66 – 71) zgodnie z tytułem mają przedstawiać położenie stref, w których zanotowano wartości odstające dla stężeń węglowodorów. Rysunki te są trudne do porównania, gdyż zastosowano na nich różne skale stężeń. Ponadto wyjaśnienia wymagałby fakt chwilowego zaniku strefy wartości odstających położonej w południowo-wschodnim fragmencie obszaru rafinerii: strefa ta jest widoczna dnia 15.01.2001 (Fig. 66), natomiast rok później nie ma po niej śladu (Fig. 67), a już po 8 miesiącach pojawia się znowu i jest obserwowana do roku 2006 (Fig. 68-71). Nie wiadomo też jaki jest powód zaniku strefy położonej w zachodnim fragmencie rafinerii. Próba wyjaśnienia przedstawiona na str. 164 jest niezbyt przekonująca i nie pomaga w tym powołanie się na sytuację w konkretnych piezometrach: PpJc-16R i PpJc-16R, gdyż ich lokalizacja nie jest możliwa do znalezienia na rysunkach zamieszczonych w pracy.
- Str. 173 – na Fig. 73 brakuje opisu osi pionowej.

Uwagi redakcyjne

- W przypadku publikacji pracy należałoby zadbać o to aby rysunki były nieco bardziej czytelne. Obecnie, niektóre z nich ukazane są w skali, która uniemożliwia odczytanie opisów lub dostrzeżenie pewnych szczegółów. Ponadto proponowałbym uzupełnienie map o podziałkę liniową.

Podsumowanie i wnioski

Recenzowana dysertacja, dotycząca optymalizacji badań hydrogeologicznych, remediacji i ochrony zasobów aluwialnych poziomów wodonośnych zanieczyszczonych węglowodorami obejmuje kilka zasadniczych wątków, odpowiadających etapom dochodzenia do celu badawczego. Pierwszym z nich jest dogłębna i konstruktywna analiza dotychczas wykorzystanych metodologii badań hydrogeologicznych a zwłaszcza modelowania przepływu wód podziemnych i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w obszarze badawczym Ratno Ostrvo.

Kolejnym etapem jest weryfikacja stanu środowiska i reżimu wód podziemnych, uwzględniająca działania remediacyjne przeprowadzone w celu minimalizacji zagrożenia ujęć, będących źródłem zaopatrzenia w wodę dla miasta Nowy Sad. Dało to podstawę do opracowania modelu koncepcyjnego odzwierciedlającego aktualne warunki hydrogeologiczne na analizowanym terenie oraz przeprowadzenia oceny podatności warstw wodonośnych na zanieczyszczenie.

Następny to modelowanie numeryczne mające na celu nie tylko określenie pola przepływu lecz także przestrzennych i środowiskowych efektów rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z uwzględnieniem adwekcji i dyspersji. Stanowi to poważny walor pracy, gdyż żaden z wcześniejszych modeli nie uwzględniał wpływu prac remediacyjnych wykonanych w latach 2001 i 2006 oraz aspektów związanych z transportem zanieczyszczeń.

Etap finalny to optymalizacja sieci monitoringu wód podziemnych oraz monitoringu zanieczyszczeń, przeprowadzona przy zastosowaniu metod geostatystycznych i redukcji danych w odniesieniu do zarówno do danych hydrogeologicznych: stanów zwierciadeł wód podziemnych i powierzchniowych, parametrów filtracji jak i parametrów opisujących dystrybucję rozkład zanieczyszczeń (olejów mineralnych i całkowitej zawartości węglowodorów).

Autor w dogłębnym i rzetelnym sposób podszedł do interpretacji rezultatów dotychczasowych studiów modelowych, co umożliwiło mu zidentyfikowanie aspektów stanu środowiska wód podziemnych badanego obszaru, które wymagały weryfikacji, aktualizacji oraz uzupełnienia zasobów wiedzy.

Otrzymane wyniki posłużyły za punkt wyjścia budowy oryginalnego modelu hydrogeologicznego, wykorzystanego następnie do uzyskania wglądu w zjawiska rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń i optymalizacji sieci monitoringu na analizowanym terenie.

Precyzyjne zaplanowane i przeprowadzone badania modelowe i analizy geostatystyczne potwierdzają, że Autor w przemyślny i dojrzały sposób podszedł do rozwiązania postawionego przed sobą zadania naukowego.

O wysokich walorach praktycznych rozprawy świadczy fakt, iż dowiedziono możliwości poprawy strategii monitoringu w taki sposób, aby przy ograniczonych nakładach uzyskiwać bardziej czytelne i jednoznaczne informacje, wymagane w działaniach na rzecz ochrony zasobów wód podziemnych. Walor naukowy zaś, polega na określeniu aktualnych warunków hydrodynamicznych, kierunków migracji zanieczyszczeń i podatności poziomów wodonośnych na kontaminację.

Znacznym osiągnięciem Doktoranta w sferze metodycznej jest także opracowanie zestawu metod służących do optymalizacji sieci monitoringu i uzyskiwania na jej podstawie informacji o wysokiej jakości.

Podkreślić należy zatem, że recenzowana rozprawa doktorska Pana Dejana Neškovića przedstawia sobą oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i posiada znaczną wartość merytoryczną. Autor dowiódł umiejętności planowania i przeprowadzania badań modelowych i analiz geostatystycznych, a także krytycznej i wnikliwej interpretacji ich rezultatów, w celu oceny warunków hydrogeologicznych oraz projektowania efektywnych, a zarazem ekonomicznych sieci monitoringu na terenach skażonych. Potwierdza to fakt, że Doktorant prezentuje znaczną wiedzę oraz posiadał umiejętności samodzielnego organizowania i prowadzenia badań naukowych.

Konkluzja

Recenzowana praca doktorska Pana Dejana Neškovića pt.: „HYDRODYNAMICAL AND GEOSTATISTICAL MODELLING OF ALLUVIAL AQUIFERS CONTAMINATED WITH HYDROCARBONS FOR PURPOSES OF OPTIMIZATION HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATIONS, REMEDIATION AND RESOURCE PROTECTION” spełnia wszystkie warunki stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wobec powyższego stawiam wniosek do Rady Dyscyplin Naukowych nauki o Ziemi i środowisku oraz Geografia–Społeczno–Ekonomiczna i Gospodarka Przestrzenna Uniwersytetu Wrocławskiego o dopuszczenie Pana Dejana Neškovića do dalszego toku przewodu doktorskiego.

Ponadto, mając na względzie wysoki poziom merytoryczny, oryginalność i znaczenie praktyczne pracy, wnioskuję o jej wyróżnienie.

