

## METODA ODWZOROWANIA WSPÓŁCZYNNIKÓW FILTRACJI ZASTOSOWANA W MODELU STREFY BRZEGOWEJ ZATOKI GDAŃSKIEJ

### HYDRAULIC CONDUCTIVITY SETTING METHOD APPLIED IN THE GULF OF GDAŃSK COASTAL ZONE MODEL

KATARZYNA POLAŃSKA<sup>1</sup>, HALINA PIEKAREK-JANKOWSKA<sup>2</sup>

**Abstrakt.** Współczynniki filtracji dla przepływu poziomego i pionowego należą do najważniejszych parametrów w modelowaniu obiegu wód. Jednocześnie ich wprowadzenie do modelu i korekta podczas kalibracji stanowią jedną z najbardziej czasochłonnych czynności związanych z modelowaniem. W artykule przedstawiono metodę wprowadzenia współczynników filtracji poziomych i pionowych zastosowaną w modelu strefy brzegowej Zatoki Gdańskiej. Polegała ona na wykorzystaniu danych archiwalnych z obszaru modelu do opracowania katalogu współczynników filtracji utworów przepuszczalnych i słabo przepuszczalnych. Uzyskane współczynniki filtracji utworów przepuszczalnych z powodzeniem zastosowano w modelu. Natomiast współczynniki filtracji utworów słabo przepuszczalnych musiały być zwiększone podczas kalibracji modelu. Prawdopodobną przyczyną ich zaniżonych wielkości było to, że pomiary współczynników filtracji utworów słabo przepuszczalnych wykonywane są zwykle dla jednorodnych próbek gruntu. Natomiast w modelowanej, niejednorodnej przestrzeni, nawet w ciągłych warstwach słabo przepuszczalnych mogą występować obszary o nieco lepszej przepuszczalności

**Słowa kluczowe:** model obiegu wód, MIKE SHE, współczynniki filtracji utworów przepuszczalnych i słabo przepuszczalnych.

**Abstract.** Horizontal and vertical conductivity is one of the most important parameters in water cycle models. Specifying them is one of the most time-consuming works during calibration. Such a method for the Gulf of Gdańsk coastal zone model is presented in this paper. Basing on archival data of the modeling area, a catalogue of conductivities of aquifers and aquitards was produced. Conductivities of aquifers were successfully used in the model. Data concerning aquitards had to be increased during the model calibration. The possible reason for their low values is that the measurements of the aquitards are usually conducted for a defined type of the ground. However, the type of aquitard is rarely uniform in the nature. Even in continuous aquitards, there are areas of better conductivity.

**Key words:** water cycle model, MIKE SHE, conductivities of aquifers and aquitards.

## PODSTAWOWE INFORMACJE O MODELU OBIEGU WÓD STREFY BRZEGOWEJ ZATOKI GDAŃSKIEJ

Model obiegu wód, odwzorowujący krążenie wód w strefie brzegowej Zatoki Gdańskiej, został opracowany do oceny skutków podniesienia poziomu morza pod wpływem zmian klimatycznych. Model obejmuje obszar wzdłuż linii brzegowej Zatoki Gdańskiej, sięgający około 14 km w głąb lądu i około 17 km w głąb Zatoki Gdańskiej.

Lądowa część modelu obejmuje kilka jednostek geomorfologicznych: fragment wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego i jej strefy krawędziowej, fragment delty Wisły oraz taras nadmorski (fig. 1). Rzędne terenu są zróżnicowane od około –1 m n.p.m. na depresyjnych obszarach delty do około 160 m n.p.m. na wysoczyźnie. Występują tu trzy użytkowe piętra

<sup>1</sup> Biuro Doradztwa Hydrogeologicznego, Drewnica 120, 82-103 Stegna, e-mail: polkat@bdh.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii, al. Marszałka Piłsudskiego 46, 81-378 Gdynia, e-mail: ocejh@univ.gda.pl

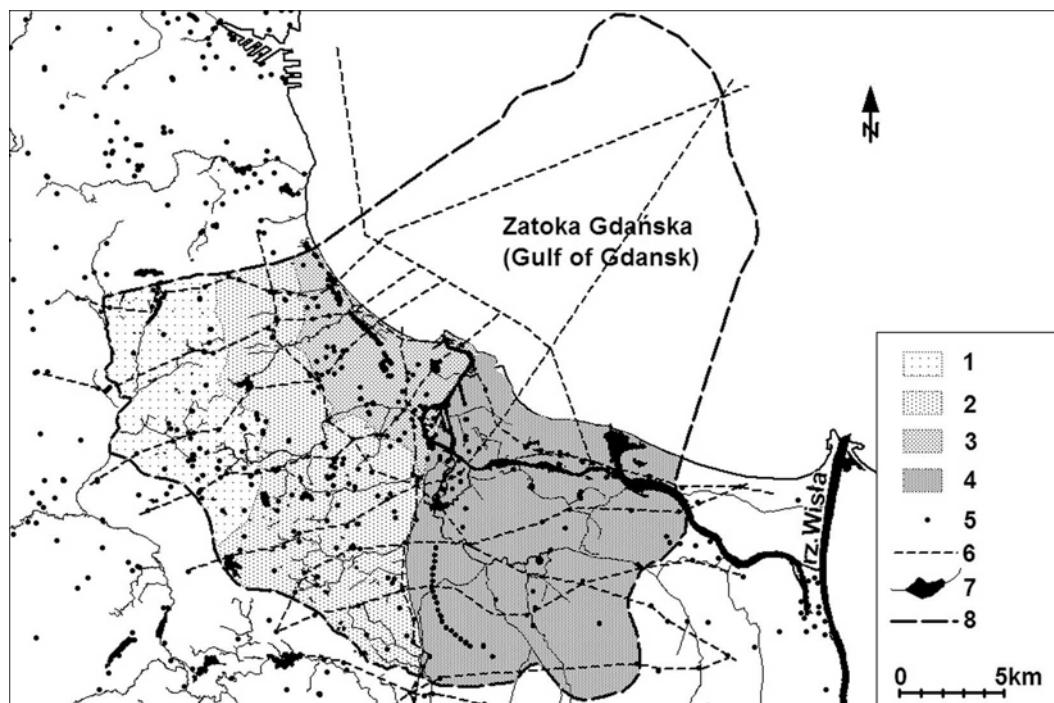


Fig. 1. Modelowany obszar

1 – wysoczyzna, 2 – strefa krawędziowa, 3 – taras nadmorski, 4 – delta Wisły, 5 – otwory archiwalne, 6 – linie przekrojów, 7 – rzeki i jeziora, 8 – granice modelu

The model area

1 – upland, 2 – edge zone, 3 – coastal terrace, 4 – Vistula river delta, 5 – wells, 6 – cross-section lines, 7 – rivers and lakes, 8 – model boundary

wodonośne: czwartorzędowe, paleogeńsko-neogeńskie i kredowe, wchodzące w skład gdańskiego systemu wodonośnego (Kozerski, Pruszkowska, 2007). Oprócz przepływów poziomych w obrębie poszczególnych poziomów wodonośnych, skierowanych generalnie w kierunku Zatoki Gdańskiej, występują tu także przepływy pionowe przez warstwy słabo przepuszczalne, które są skierowane w dół (na obszarach infiltracji: wysoczyzna, część strefy krawędziowej i część tarasu nadmorskiego) albo w górę (na obszarach, gdzie przepływ ma charakter ascenzyjny: delta Wisły, część tarasu nadmorskiego i część strefy krawędziowej). Występowanie pionowych przepływów wskazuje, że poszczególne poziomy w obrębie systemu wodonośnego pozostają w więzi hydraulicznej.

Podmorska część modelu obejmuje obszar dna morskiego rozciągający się do izobaty  $-40$  m n.p.m. i obejmuje te same poziomy wodonośne co lądowa część modelu, jako że rozprzestrzeniają się one pod dnem morza.

Rozpoznanie budowy geologicznej modelowanego obszaru oparte jest w części lądowej na wynikach wierceń archiwalnych (baza danych Urzędu Miasta Gdańsk), natomiast w części podmorskiej – na wynikach badań sejsmoakustycznych (Uścińowicz, Zachowicz, 1994).

Model wykonano w systemie MIKE SHE (MIKE SHE, 2007), odwzorowując przestrzenne przepływy wód podziemnych w połączeniu z rzekami, potokami i systemami melioracyjnymi w delcie Wisły oraz z wodami morskimi. Na model przepływów nałożono przepływy jonów chlorkowych, których źródło znajduje się w wodzie morskiej oraz w wodach powierzchniowych delty Wisły, będących w zasięgu zasolenia na skutek wlewów wód morskich. Weryfikację przeprowadzono w trybie ustalonym oraz w trybie nieustalonym dla lat 1971–2006.

## METODA ODWZOROWANIA BUDOWY GEOLOGICZNEJ NA ETAPIE KONSTRUKCJI MODELU

Podczas konstrukcji modelu kierowano się zasadą zachowania możliwie największej dokładności odwzorowania budowy geologicznej. Opracowano i przetworzono dużą liczbę danych źródłowych, pochodzących z wyników badań w około

550 otworach archiwalnych zaznaczonych na figurze 1. Wyznaczono linie przekrojów geologicznych, wzdłuż których w każdym otworze określono rzędne spągów warstw obliczeniowych. Rzędne te następnie zostały poddane interpola-

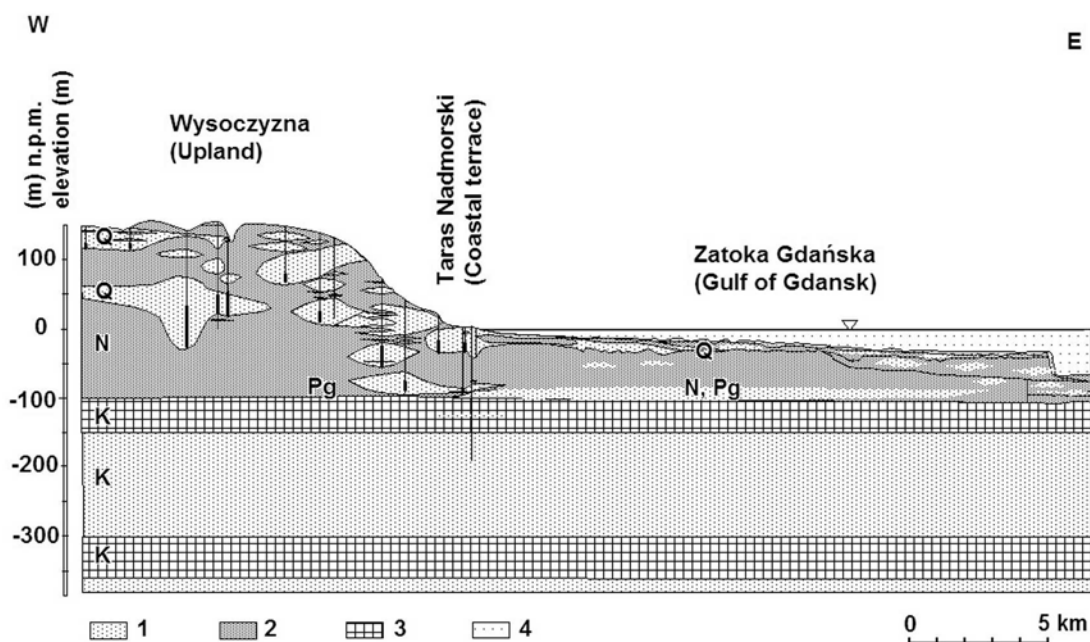


Fig. 2. Przekrój geologiczny przez obszar modelu

1 – utwory przepuszczalne, 2 – utwory słabo przepuszczalne (Q, N, Pg), 3 – utwory słabo przepuszczalne (K), 4 – wody morskie; Q – czwartorzęd, N – neogen, Pg – paleogen, K – kreda

Geological cross-section across the model area

1 – aquifers, 2 – aquitards (Q, N, Pg), 3 – aquitards (K), 4 – sea water; Q – Quaternary, N – Neogene, Pg – Paleogene, K – Cretaceous

cji na obszar modelu. W ten sposób powstały mapy spągów poszczególnych warstw obliczeniowych. Strop warstwy nr 1 stanowiła powierzchnia terenu, odwzorowana na podstawie danych topograficznych.

Przy wydzieleniu poszczególnych warstw obliczeniowych kierowano się zasadą, aby obejmowały one możliwie jednorodne utwory, jednak ze względu na złożoną budowę geologiczną nie do końca było to możliwe, zwłaszcza na wysoczyźnie i w strefie krawędziowej, gdzie występują liczne soczewki piasków wśród utworów słabo przepuszczalnych. Łącznie wyodrębniono 8 warstw obliczeniowych, z których tylko 3 najgłębsze przyjęto jako jednorodne. W pozostałych warstwach konieczne było wprowadzenie map współczynników filtracji, odwzorowujących rozmieszczenie poszczególnych utworów. Budowę geologiczną zobrazowano na przekroju (fig. 2).

Mapy współczynników filtracji, opracowane na etapie konstrukcji modelu, oparte były na danych archiwalnych obejmujących opisy profili geologicznych w otworach zlokalizowanych na liniach przekrojów. Określanie wartości współczynników filtracji dla warstw przepuszczalnych wykonano metodą następujących kroków:

1) zestawienie opisów nawierconych warstw i uporządkowanie ich w grupy o zbliżonych parametrach przepuszczalności;

2) przyporządkowanie do poszczególnych otworów opisów warstw, w których umieszczono filtry i zestawienie dla nich danych o współczynnikach filtracji z materiałów archiwalnych (opartych na próbnym pompowaniu i analizach

uziarnienia); dla każdej wyodrębnionej grupy opisów warstw uzyskano w ten sposób od kilku do kilkudziesięciu wartości współczynników filtracji obliczonych za pomocą wzorów empirycznych;

3) po odrzuceniu wielkości skrajnych obliczono średnie wartości współczynników filtracji dla poszczególnych grup opisów warstw;

4) przeprowadzono analizę uzyskanego zestawienia z zakresami wartości współczynników podawanymi w literaturze.

W ten sposób uzyskano katalog 12 rodzajów gruntów przepuszczalnych występujących na obszarze modelu i odpowiadających im współczynników filtracji (tab. 1).

Określanie wartości współczynników filtracji dla warstw słabo przepuszczalnych wykonano metodą następujących kroków:

1) zestawienie opisów nawierconych warstw i uporządkowanie ich w grupy o zbliżonych parametrach przepuszczalności;

2) zestawienie uzyskanych grup z zakresami współczynników podawanymi w literaturze (tab. 2) i przyjęcie współczynnika filtracji dla każdego rodzaju gruntu.

Jeśli w danym otworze strop i spąg nawierconej warstwy był zgodny ze stropem i spągiem warstwy obliczeniowej, wówczas przyjęty współczynnik filtracji wprowadzono w tym punkcie wprost do modelu. Jednak w wielu punktach konieczne było wykonywanie agregacji poszczególnych warstw osadów w obrębie warstw obliczeniowych. Miało to miejsce tam, gdzie kilka różnych warstw, np. przepuszczalnych i słabo



Tabela 2

**Porównanie wartości współczynników filtracji przyjętych dla utworów słabo przepuszczalnych objętych modelowaniem z danymi z literatury**

Aquitard conductivities used in the model and data derived from literature

Rodzaje gruntu pogrupowane według przepuszczalności	Przyjęty wsp. filtracji [m/s]	Współczynniki filtracji według literatury [m/s]						Uwagi
		Pleczyński, 1983, 1988		Szczepański red., 2004		Marciniak, 1999 (wyniki badania metodą PARAMEX)		
		od	do	od	do	wg zatłaczania wody	wg wzniosu zwierciadła	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gezy	1·10 <sup>-9</sup>			10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>			
Konkreje								
Margiel		1,2·10 <sup>-11</sup>	1,1·10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>			
Mułowiec				10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>			kolumny 5, 6 dotyczą skał słabo szczelinowych, mikroporowatych
Iłowiec				10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>			
Opoka								
Piaskowiec		2·10 <sup>-9</sup>	1·10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>			
Wapienie		2,3·10 <sup>-9</sup>	6,5·10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>			
Zlepieniec wapnisty				10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>			
Gлина pylasta		2·10 <sup>-9</sup>	9,2·10 <sup>-10</sup>	2,3·10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>		
Ił	3·10 <sup>-12</sup>		2·10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>	1,73·10 <sup>-10</sup>	3,7·10 <sup>-9</sup>	
Ił mułkowany lub pylasty	1,4·10 <sup>-11</sup>		2·10 <sup>-9</sup>					
Torf	4,6·10 <sup>-8</sup>		3,5·10 <sup>-6</sup>					przyjęto torf nawodniony
Gлина zwałowa	5·10 <sup>-9</sup>							
Gлина zwałowa mułkowata								
Gлина		2,3·10 <sup>-9</sup>	3,5·10 <sup>-8</sup>			1,22·10 <sup>-8</sup>	0,98·10 <sup>-7</sup>	
Gлина zwałowa piaszczysta zwarta								
Ił piaszczysty zwarty				10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>			
Ił z poj. ziarnami żwiru, zwarty								
Bruk morenowy zagliniony	1·10 <sup>-8</sup>							
Głazy lub głazy w glinie								
Otoczaki w glinie								
Gлина piaszczysta	2·10 <sup>-8</sup>	1·10 <sup>-8</sup>	2,5·10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>			
Ił piaszczysty		1,4·10 <sup>-9</sup>	4,6·10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>			
Muł, mułek, mułek z węglem brunatnym	1·10 <sup>-7</sup>	9,6·10 <sup>-8</sup>	2,7·10 <sup>-6</sup>					
Mułek ilasty, mułek ilasty zwarty								
Pył ilasty, pył mulisty								
Namuł		9,6·10 <sup>-8</sup>	2,7·10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>			
Gлина z przewarstwieniami piasku	2·10 <sup>-7</sup>							
Ił z przewarstwieniami piasku, piasek silnie ilasty		2·10 <sup>-8</sup>	9,3·10 <sup>-7</sup>					
Piasek pylasty zwięzły								
Pył		5,4·10 <sup>-8</sup>	3,5·10 <sup>-7</sup>					
Pył piaszczysty, piasek pylasty zailony								



Tabela 2 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Otoczaki z piaskiem gliniastym	$5 \cdot 10^{-7}$							
Piasek gliniasty		$5,8 \cdot 10^{-8}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$					
Pospółka gliniasta, żwir gliniasty								
Gleba gliniasta, nasyp gliniasty	$1 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$					
Mułek ilasty z przewagą piasku								
Namuł piaszczysty, namuł z przewarstwieniami piasku								
Mułek piaszczysty								
Piasek pylasty	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$					
Piasek bardzo drobnoziarnisty lekko zailony	$3 \cdot 10^{-6}$							
Piasek drobnoziarnisty zagliniony								
Piasek różnoziarnisty z wkładkami gliny								
Żwir z otoczkami i domieszką piasku gruboziarnistego, przewarstw. łem								
Żwir z otoczkami z przewarstwieniami mułków								
Piasek z przewarstwieniami łu								
Piasek drobnoziarnisty z dom. pyłu z przewarstwieniami mułku								
Piasek mułkowy z wkładkami mułku								
Otoczaki i głązy z pospółką z przewarstwieniami mułku								
Piasek drobnoziarnisty zagliniony z otoczkami								
Głazowisko z piaskiem		$5 \cdot 10^{-6}$						
Piasek z torfem								
Margiel wodonośny	$8 \cdot 10^{-6}$							

bo przepuszczalnych (występujących w danym otworze), znajdowało się w obrębie jednej warstwy obliczeniowej. Aby określić współczynnik filtracji dla przepływów poziomych, obliczano wówczas przewodność poziomą jako sumę przewodności poszczególnych warstw; po podzieleniu jej przez łączną miąższość uzyskano uśredniony współczynnik filtracji wprowadzany do modelu. Aby określić współczynnik filtracji dla przepływów pionowych, identyfikowano grunt o najmniejszym współczynniku filtracji i odpowiadający mu współczynnik filtracji wprowadzany do modelu. Szczególnie dużo takich obliczeń agregacyjnych wykonano dla warstw 1 i 2, które charakteryzują się największą złożonością.

Odrębne zasady obliczania wartości współczynnika filtracji dla przepływu poziomego i pionowego przyjęto dla założenia, że warstwy osadów zalegają na ogół poziomo i w przypadku występowania kilku naprzemianległych warstw lub przewarstwień osadów przepuszczalnych i słabo

przepuszczalnych warunki przepływu pionowego są gorsze niż warunki przepływu poziomego. Założenie to, przyjęte na etapie konstrukcji modelu, zostało zweryfikowane podczas kalibracji modelu, gdy konieczne okazało się zwiększenie współczynników filtracji dla przepływu pionowego. W niektórych rejonach współczynniki te nawet przewyższyły współczynniki filtracji dla przepływów poziomych. Można to interpretować występowaniem niejednorodności litologicznej warstw słabo przepuszczalnych, np. spiaszczenie warstwy gliny czy mułku, przez co współczynnik pionowej filtracji jest miejscami większy.

Po określeniu współczynników filtracji dla przepływów poziomych i pionowych w poszczególnych punktach wzdłuż linii przekrojów, dla każdej warstwy obliczeniowej opracowano mapę współczynników filtracji, przy czym nie stosowano metody interpolacji wartości punktowych na powierzchnię modelu, lecz skokowe zmiany między poszczególnymi rodzajami utworów.

## ZMIANY WSPÓŁCZYNNIKÓW FILTRACJI NA ETAPIE WERYFIKACJI MODELU

Mapy współczynników filtracji dla przepływów poziomych i pionowych były zmieniane podczas obliczeń weryfikacyjnych w celu przybliżenia wyników obliczeń do wyników pomiarów. Podczas weryfikacji analizowane były poziomy wody w poszczególnych otworach, stężenia chlorków oraz przepływy w potokach. Analizowano i stopniowo zmniejszano różnice między wynikami obliczeń i wynikami pomiarów.

Głównymi parametrami zmienianymi podczas weryfikacji modelu były współczynniki filtracji. Podstawowa zmiana polegała na zwiększeniu ich wartości w utworach słabo przepuszczalnych (zarówno w odniesieniu do przepływów poziomych, jak i pionowych) w warstwach obliczeniowych 1–5. Wprowadzone początkowo wielkości rzędu  $n \cdot 10^{-9}$  m/s, które przyjęto dla wapieni kredowych, iłów i glin zwałowych, spowodowały wyraźne rozdzielenie poszczególnych warstw i soczewek przepuszczalnych, objawiające się mniejszym niż obserwowano w wynikach pomiarów kontaktem hydraulicznym. Zakres zwiększenia współczynników filtracji utworów słabo przepuszczalnych był zróżnicowany w poszczególnych warstwach obliczeniowych.

W warstwie obliczeniowej nr 1 (płytki poziom czwartorzędowy) utwory słabo przepuszczalne występują głównie na wysoczyźnie i w strefie krawędziowej (gliny) oraz w delcie Wisły (namuły). Współczynniki filtracji dla przepływów poziomych najbardziej zwiększono w strefie krawędziowej (maksymalnie 100 razy: od  $5 \cdot 10^{-9}$  do  $5 \cdot 10^{-7}$  m/s). Na wysoczyźnie i w delcie Wisły wzrost na ogół nie przekraczał 50 razy (od  $2 \cdot 10^{-8}$  do  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s na wysoczyźnie i od  $1 \cdot 10^{-7}$  do  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s w delcie Wisły). Współczynniki filtracji dla przepływów pionowych w delcie Wisły zwiększono maksymalnie do 500 razy (od  $2 \cdot 10^{-8}$  do  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s). Tak duża różnica oznaczała, że w miejsce słabo przepuszczalnych namułów wprowadzono piaski różnoziarniste, stanowiące przewarstwienia namułów. Uzasadnieniem tej zmiany może być prawdopodobna nieciągłość namułów, pozwalająca na pionowe przepływy w obrębie przewarstwień piaszczystych. Na wysoczyźnie i w strefie krawędziowej zwiększono współczynniki filtracji maksymalnie do 180 razy (od  $5 \cdot 10^{-9}$  do  $9 \cdot 10^{-7}$  m/s).

W warstwie obliczeniowej nr 2 (głęboki poziom czwartorzędowy) utwory słabo przepuszczalne występują głównie na wysoczyźnie (gliny). Współczynniki filtracji dla przepływów poziomych na części obszaru wysoczyzny nie zmie-

niły się podczas weryfikacji ( $5 \cdot 10^{-9}$  m/s), a na części obszaru zwiększono je maksymalnie do 800 razy (od  $5 \cdot 10^{-9}$  do  $4 \cdot 10^{-6}$  m/s). Współczynniki filtracji dla przepływów pionowych na wysoczyźnie i w strefie krawędziowej zwiększono do 20 razy (od  $5 \cdot 10^{-9}$  do  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s).

W warstwie obliczeniowej nr 3, obejmującej ility miocenne i stanowiącej warstwę rozdzielającą czwartorzędowy poziom wodonośny od poziomów miocenu i oligocenu, nie zmieniano poziomych współczynników filtracji utworów słabo przepuszczalnych ( $5 \cdot 10^{-9}$  m/s). Natomiast współczynniki filtracji dla przepływów pionowych na wysoczyźnie i w strefie krawędziowej zwiększono prawie równo na całym obszarze modelu, maksymalnie do 16 razy (od  $5 \cdot 10^{-9}$  m/s do  $8 \cdot 10^{-8}$  m/s).

Warstwa obliczeniowa nr 4 obejmuje piaski miocenne i oligocenne, jednak również tu na części obszaru modelu występują utwory słabo przepuszczalne, zwłaszcza na wysoczyźnie i w delcie Wisły (ilty, pyły, mułki). Współczynniki filtracji dla przepływów poziomych na wysoczyźnie zwiększono maksymalnie do 10 000 razy (w strefie, gdzie początkowo wprowadzono utwory słabo przepuszczalne –  $5 \cdot 10^{-9}$  m/s, a podczas weryfikacji zmieniono na przepuszczalne –  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s). Współczynniki filtracji dla przepływów poziomych w delcie Wisły nie zostały zmienione. Współczynniki filtracji dla przepływów pionowych w utworach słabo przepuszczalnych zwiększono na wysoczyźnie oraz w delcie Wisły do 16 razy (od  $5 \cdot 10^{-9}$  do  $8 \cdot 10^{-8}$  m/s).

W warstwie obliczeniowej nr 5 występują na całym obszarze utwory słabo przepuszczalne (wapienie kredowe), rozdzielające poziom wodonośny od płytszych wód podziemnych. Współczynniki filtracji dla przepływów poziomych na większości obszaru modelu zwiększono tu 3 razy (od  $1 \cdot 10^{-9}$  do  $3 \cdot 10^{-9}$  m/s). Współczynniki filtracji dla przepływów pionowych w wapieniach kredowych zwiększono na nizinach nadmorskich i pod dnem morza 40 razy (od  $1 \cdot 10^{-9}$  do  $4 \cdot 10^{-8}$  m/s). Na większości obszaru wysoczyzny i w strefie krawędziowej pionowe współczynniki filtracji zwiększono 9 razy (od  $1 \cdot 10^{-9}$  do  $9 \cdot 10^{-9}$  m/s).

W porównaniu z przedstawionymi zmianami współczynników filtracji utworów słabo przepuszczalnych, dla warstw przepuszczalnych zmiany były niewielkie. Największe zmiany wystąpiły w soczewkach o bardzo dobrych warunkach filtracji – w tych rejonach niekiedy kilkakrotnie (maks. 8-krotnie) zmniejszono współczynniki filtracji.

## PODSUMOWANIE

Metoda określania współczynników filtracji utworów przepuszczalnych polegająca na zastosowaniu katalogu, w którym wartości współczynników filtracji dla poszczególnych ośrodków wodonośnych przyjęto jako uśredniony wynik danych archiwalnych, pozwoliła na uzyskanie wartości, które poprawnie odwzorowały rzeczywiste warunki prze-

pływu. Katalog zawierał zróżnicowanie utworów przepuszczalnych na 12 rodzajów. Podczas weryfikacji zakres zmian współczynników był niewielki (maks. 8 razy) i obejmował głównie zmniejszenie ich wartości w strefach o najlepszej przepuszczalności.

Metoda zastosowana w odniesieniu do utworów słabo przepuszczalnych, polegająca na przyporządkowaniu im jednolitego katalogu współczynników filtracji zaczerpniętych z literatury, nie dała tak dobrych rezultatów, gdyż wartości te wymagały zwiększenia podczas weryfikacji modelu. Było to konieczne, aby poprawnie odwzorować kontakt hydrauliczny między poszczególnymi warstwami wodonośnymi. Wielkości tych współczynników zostały zwiększone w różnym stopniu, najwięcej w obrębie poziomu czwartorzędowego, charakteryzującego się najbardziej złożoną budową geologiczną. Pomijając strefy, gdzie zmiany wartości współczynników filtracji były związane z weryfikacją zasięgu wystę-

powania utworów przepuszczalnych i słabo przepuszczalnych, zakres zmian sięgał 800 razy.

Wyższe (w porównaniu do podawanych w literaturze) wartości współczynników filtracji utworów słabo przepuszczalnych, które musiały być ostatecznie przyjęte w wielu miejscach modelowanego obszaru w celu końcowej weryfikacji modelu, świadczą o dużej niejednorodności litologicznej utworów słabo przepuszczalnych. Występowanie przewarstwień i soczewek o lepszej przepuszczalności powoduje, że warunki filtracji są w rezultacie lepsze, niż wynikałoby to z wartości współczynników filtracji przyjmowanych dla osadów słabo przepuszczalnych, litologicznie jednorodnych.

## LITERATURA

- KOZERSKI B., PRUSZKOWSKA M., 2007 – Warunki występowania wód podziemnych. *W*: Gdański system wodonośny (B. Kozerski red.): 25–33. Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- MAŁECKI J.J. (red.), 2006 – Wyznaczanie parametrów migracji zanieczyszczeń w ośrodku porowatym dla potrzeb badań hydrogeologicznych i ochrony środowiska. Poradnik metodyczny. Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- MARCINIAK M., 1999 – Identyfikacja parametrów hydrogeologicznych na podstawie skokowej zmiany potencjału hydraulicznego. Metoda Paramex. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- MIKE SHE..., 2007 – An integrated hydrological system – user guide, V1-2. DHI Water and Environment.
- PIEKAREK–JANKOWSKA H., 1995 – Zatoka Pucka jako obszar drenażu wód podziemnych. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- PLECZYŃSKI J., 1983 – Przepuszczalność pionowa skał słabo przepuszczalnych i słabo wodonośnych. *Tech. Poszuk. Geol.*, 4: 18–23.
- SZCZEPAŃSKI A. (red.), 2004 – Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych. Poradnik metodyczny. Wyd. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- UŚCINOWICZ SZ., ZACHOWICZ J., 1994 – Mapa geologiczna dna Bałtyku 1:200 000, ark. Gdańsk. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WIECZOREK M., 2003 – Ocena wartości współczynnika filtracji oznaczonego za pomocą uniwersalnego permeometru kolumnowego UPK-99. *W*: Współczesne problemy hydrogeologii, t. 11: 475–480. Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.