

Ireneusz Kajewski

**METODA OCENY ZAGROŻENIA JAKOŚCI WÓD
PODZIEMNYCH PRZY POMOCY SYSTEMU DRASTIC
ASSESSMENT OF GROUNDWATER VULNERABILITY TO
POLLUTION USING DRASTIC SYSTEM**

*Instytut Inżynierii Środowiska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu
Institute of Environmental Engineering, Agricultural University Wrocław*

W pracy przedstawiono prosty i wygodny system oceny potencjalnego zagrożenia jakości wód podziemnych ze strony obiektów i działań szkodliwych dla środowiska. System ten, oparty na analizie czynników geologicznych, hydrogeologicznych, glebowych i klimatycznych może być stosowany do oceny oddziaływania na środowisko planowanych inwestycji oraz obiektów istniejących. Zastosowanie systemu dla większych obszarów może stanowić bardzo istotny element wspomagający podejmowanie decyzji o lokalizacji tego rodzaju inwestycji. W artykule przedstawiono szczegółową charakterystykę systemu, jego zalety i wady oraz możliwości i metody zastosowań. Istotnym elementem pracy jest dostosowanie systemu do polskiej terminologii naukowej oraz jednostek.

SŁOWA KLUCZOWE: wody podziemne, zanieczyszczenie, ocena zagrożenia, warunki hydrogeologiczne.

WPROWADZENIE

W przypadku podejmowania decyzji o lokalizacji obiektów szkodliwych dla środowiska istnieje od pewnego czasu obowiązek opracowania oceny oddziaływania tych obiektów na środowisko (Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 4.07.1998, DZ. U. Nr 93, poz. 589). Bardzo istotnym elementem takiej oceny jest przewidywany wpływ planowanego (a często także istniejącego – w przypadku jego rozbudowy) obiektu na środowisko wód podziemnych. W Stanach Zjednoczonych i innych krajach [2,4,5] dla identycznych i podobnych celów od wielu lat stosowany jest system oceny zagrożenia jakości wód podziemnych ze strony źródeł zanieczyszczeń znajdujących się na powierzchni terenu. Autor zastosował system DRASTIC jak dotąd w jednym przypadku, dla potrzeb opracowania oceny oddziaływania na środowisko inwestycji niebezpiecznej [3]. Analizując zalety i wady tej metody badawczej należy uznać, że jest ona warta szerszego rozpropagowania i godna zalecenia do stosowania także i w naszym kraju.

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU DRASTIC

System DRASTIC został opracowany w Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska USEPA [1]. W systemie zostało uwzględnionych 7 najważniejszych czynników, posiadających istotny wpływ na możliwość przeniknięcia zanieczyszczeń z powierzchni terenu do wód podziemnych. Nazwa systemu jest akronimem utworzonym z pierwszych liter nazw (w języku angielskim) tych czynników:

- D** (Depth to groundwater) – Głębokość zw. wody gruntowej od powierzchni terenu,
- R** (Recharge Net) – Wysokość infiltracyjnego zasilania wód gruntowych,
- A** (Aquifer media) – Utwory budujące warstwę wodonośną,
- S** (Soil media) – Rodzaj gleby (ze względu na skład granulometryczny),
- T** (Topography) – Nachylenie powierzchni terenu,
- I** (Impact of vadose zone) – Charakter strefy aeracji,
- C** (Conductivity of the aquifer) – wodoprzepuszczalność warstwy wodonośnej.

Każdemu czynnikowi, przypisuje się pewien współczynnik liczbowy (w zakresie od 10 do 1), D_R , R_R i.t.d., którego wartość liczbową jest zależna od wartości lub charakteru określonego czynnika. Dla przykładu, w przypadku współczynnika D_R , jego wartość zmienia się od 10, gdy zwierciadło wody gruntowej leży na głębokości od 0,0 do 1,5 m od powierzchni terenu do 1, gdy zwierciadło wody gruntowej występuje na głębokości większej niż 30 m. Podobnie jest w przypadku pozostałych współczynników, wartość najwyższa (10) jest przypisywana warunkom sprzyjającym zanieczyszczeniu, wartość najmniejsza (1) warunkom w największym stopniu ograniczającym możliwość zanieczyszczenia wód podziemnych. Szczegółowe charakterystyki poszczególnych czynników systemu oraz wartości odpowiednich współczynników przedstawiono w tabeli 1.

Ponieważ wpływ każdego z uwzględnionych w systemie DRASTIC czynników nie jest jednakowy, obok współczynników wprowadzono dodatkowo współczynniki wagowe (D_w , R_w i.t.d.) różnicujące poszczególne czynniki pod względem ich znaczenia dla procesów zanieczyszczenia wód podziemnych (tabela 2). Jak wynika z danych zestawionych w tabeli 2 system stosuje się w przypadku zagrożenia wód podziemnych ze strony działalności rolniczej, związanej ze stosowaniem pestycydów i wszystkich innych rodzajów przedsięwzięć, bądź inwestycji. Dwa wymienione wyżej pola wykorzystania systemu wymagają zastosowania innych wartości współczynników wagowych, ponieważ na możliwość przemieszczenia się pestycydów do wód podziemnych największy wpływ posiada ich sorpcja przez substancję organiczną zawartą w glebie.

Dane przedstawione w tabelach 1 i 2, stanowią adaptację do polskich warunków danych przedstawionych w raporcie USEPA [1]. W szczególności wprowadzono polską terminologię naukową z zakresu geologii, hydrogeologii i gleboznawstwa oraz dokonano przeliczenia wartości wielkości fizycznych występujących w oryginale, wyrażonych w amerykańskich jednostkach miar na jednostki używane w naszym kraju. W kilku przypadkach zakresy wartości niektórych wielkości liczbowych nieznacznie różnią się od oryginału, co zostało podyktowane zaokrągleniami, po przeliczeniu wartości z jednostek z jednego układu miar na drugi.

Tabela 1
Table 1Współczynniki systemu DRASTIC [1,2]
Ratings for DRASTIC system

D – Głębokość do zwierciadła wody gruntowej [m] Depth to groundwater table		
Zakres Range	D_R	
0,0 – 1,5	10	
1,5 – 4,5	9	
4,5 – 9,0	7	
9,0 – 15,0	5	
15,0 – 22,0	3	
22,0 – 30,0	2	
> 30	1	

R – Zasilanie warstwy wodonośnej [mm] Net recharge		
Zakres Range	R_R	
0 – 50	1	
50 – 100	3	
100 – 180	6	
180 – 250	8	
> 250	9	

A - Utwory warstwy wodonośnej Aquifer media		
Rodzaj warstwy wodonośnej Aquifer types	A_R	Zalecana wartość współczynnika Typical rating
Łupki, łupki ilaste (lite) Massive shale	1 - 3	2
Skały metamorficzne i magmowe Metamorphic/Igneous	2 - 5	3
Zwietrzałe skały metamorficzne i magmowe Weathered Metamorphic/Igneous	3 – 5	4
Gliny morenowe, zwałowe Glacial till	4 - 6	5
Sekwencje skał osadowych: łupków, wapieni, piaskowców Bedded sandstone, limestone, and shale sequences	5 – 9	6
Piaskowce (lite) Massive sandstone	4 – 9	6
Wapień (lite) Massive limestone	4 – 9	6

Piaski i żwiry Sand and gravel	4 – 9	8
Bazalty Basalt	2 – 10	9
Ośrodki krasowe Karst limestone	9 – 10	10

S – Skład mechaniczny gleb Soil Media	
Charakterystyka gleby Media type	S_R
Bardzo płytka lub brak pokrywy glebowej Thin or absent	10
Żwiry Gravel	10
Piaski Sand	9
Torfy Peat	8
Gleby ilaste zagregowane, kurczliwe, spękane Shrinking and/or aggregated clay	7
Gliny piaszczyste, piaski gliniaste Sandy loam	6
Glina Loam	5
Gliny pylaste Silty loam	4
Gliny zwięzłe, gliny pylaste zwięzłe Clay loam	3
Gleby mineralno – organiczne (murszowe) Muck	2
Gleby ilaste niezagregowane, mało kurczliwe Nonshrinking and nonaggregated clay	1

T – Topografia – nachylenie powierzchni terenu [%] Topography	
Zakres Range	T_R
0 – 2	10
2 – 6	9
6 – 12	5
12 – 18	3
powyżej 18	1

I – Strefa aeracji (poniżej profilu glebowego) Impact of the vadose zone		
Charakterystyka warstwy Media type	I_R	Zalecana wartość współczynnika Typical rating
Warstwa nieprzepuszczalna (napinająca) Confining layer	1	1
Pyły, ily Silt/clay	2 – 6	3
Łupki, łupki ilaste Shale	2 – 5	3
Skała wapienna Limestone	2 – 7	6
Piaskowce Sandstone	4 – 8	6
Sekwencje skał osadowych: łupków, wapieni, piaskowców Bedded sandstone, limestone, and shale sequences	4 – 8	6
Piaski, żwiry i pospółki gliniaste Sand and gravel with significant silt and clay	4 – 8	6
Skały metamorficzne i magmowe Metamorphic/igneous	2 – 8	4
Piaski, żwiry i pospółki Sand and gravel	6 – 9	8
Bazalty Basalt	2 – 10	9
Ośrodki krasowe Karst limestone	8 - 10	10

C - Wodoprzepuszczalność warstwy wodonośnej [cm/s] Hydraulic conductivity	
Zakres Range	C_R
$5 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-3}$	1
$5 \times 10^{-3} - 1,5 \times 10^{-2}$	2
$1,5 \times 10^{-2} - 3,3 \times 10^{-2}$	4
$3,3 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-2}$	6
$5 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-1}$	8
$> 1 \times 10^{-1}$	10

Tabela 2
Table 2Współczynniki wagowe systemu DRASTIC [1]
Weighting factors for DRASTIC Method

SKŁADNIKI DRASTIC Drastic Component	WARTOŚĆ WAGOWA Weighting factor	
	Dla inwestycji nie- bezpiecznych Non pesticides	Dla stosowania pestycydów Pesticides
D – Głębokość zwierciadła wody gruntowej Depth to groundwater table	5	5
R – Zasilanie warstwy wodonośnej Net recharge	4	4
A – Budowa warstwy wodonośnej Aquifer media	3	3
S – Rodzaj gleby Soil media	2	5
T – Topografia Topography	1	3
I – Wpływ strefy aeracji Impact of the vadose zone	5	4
C – Wodoprzepuszczalność warstwy wodonośnej Hydraulic conductivity	3	2

Ostateczną wartość indeksu DRASTIC oblicza się według następującego wzoru:

$$\text{DRASTIC} = D_R \times D_w + R_R \times R_w + A_R \times A_w + S_R \times S_w + T_R \times T_w + I_R \times I_w + C_R \times C_w$$

Ze struktury powyższego równania wynika, że im wyższa jest wartość indeksu DRASTIC, tym większa jest podatność wód gruntowych na zanieczyszczenie. W tabeli 3 podano cztery kategorie zagrożeń jakości wód podziemnych ze względu na wartość indeksu DRASTIC.

Tabela 3
Table 3Kategorie zagrożenia wód podziemnych [3]
DRASTIC index ranges for qualitative risk categories

DRASTIC Index	< 100	101-140	141-200	> 200
Kategoria zagrożenia Risk category	niska low	średnia moderate	duża high	bardzo duża very high

SPOSODY I MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA SYSTEMU

Rozważając potrzeby praktyki hydrogeologicznej i można wyróżnić dwa podstawowe sposoby jego stosowania.

W przypadku ustalonej wcześniej lokalizacji obiektu lub inwestycji szkodliwej dla środowiska wykorzystanie systemu będzie sprowadzało się do obliczenia dla wskazanego miejsca wartości indeksu DRASTIC i porównanie otrzymanego wyniku z danymi przedstawionymi w tabeli 3. Takie zastosowanie systemu jest oczywiście możliwe również przy wyborze „lepszego”, to znaczy bezpieczniejszej dla środowiska wód podziemnych lokalizacji z kilku możliwych. Zastosowanie systemu w takich przypadkach jest dla osoby posiadającej odpowiednie merytoryczne przygotowanie sprawą bardzo prostą, szybką i wymagającą niewielkich nakładów finansowych. Ocenę konkretnego, wskazanego miejsca można bowiem wykonać w oparciu o jeden, względnie kilka (co będzie uzależnione od wielkości planowanej inwestycji) otworów geologiczno-inżynierskich (hydrogeologicznych).

Znacznie bardziej interesującym i potrzebnym w praktyce wydaje się jednak takie zastosowanie systemu, w którym ocenie potencjalnego zagrożenia jakości wód podziemnych będą podlegały większe obszary, takie jak zlewnia, czy jednostka podziału terytorialnego kraju, jak gmina, powiat, itp. Ponieważ na większych obszarach elementy środowiska uwzględniane w systemie zwykle charakteryzują się dużą zmiennością, wykorzystując system DRASTIC będzie można opracować mapę powierzchniowego rozkładu indeksu DRASTIC na analizowanym terenie, na przykład w formie izolinii. Analiza takiej mapy pozwoli na wskazanie na badanym obszarze miejsc, w których planowana inwestycja w najmniejszym stopniu będzie zagrażała wodom podziemnym. Wykorzystanie systemu DRASTIC w taki sposób będzie stanowiło zatem pewnego rodzaju waloryzację większych obszarów z punktu widzenia ochrony jakości wód podziemnych i może stanowić istotny element wspomagający podejmowanie decyzji o lokalizacji obiektów szkodliwych dla środowiska (składowiska odpadów, oczyszczalnie ścieków, stacje paliw itp.), względnie działań i przedsięwzięć, takich jak rolnicze wykorzystanie ścieków, czy stosowanie pestycydów

Wykorzystanie systemu DRASTIC do oceny zagrożenia jakości wód podziemnych na większych obszarach będzie jednak wiązało się ze znacznie większym nakładem czasu i środków finansowych, koniecznych do pozyskania niezbędnych danych do systemu, przez wykonanie większej ilości badań bezpośrednich połączonych z analizami danych archiwalnych. Ponieważ dane niezbędne do zastosowania systemu posiadają charakter przestrzenny do ich analizy wskazane jest wykorzystanie gotowych map numerycznych, których dostępność w naszym kraju jest coraz większa oraz programów z rodziny GIS.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Aller L. i inn.: A standardized system for evaluating groundwater pollution using hydrogeologic settings. Technical Report, USEPA EPA-600/2-85/0108, 1984
- [2] Engel B. A., Navulur K. C. S.: The Role of geographical information systems in groundwater engineering. In: The handbook of groundwater engineering. Ed. Delleur J. W. CRC Press, Springer Verlag, 1999, 21.1-21.16
- [3] Kajewski I. i inn. Kompleksowa ocena oddziaływania na środowisko Wydziału SP w ZM MESKO w Skarżysku Kamiennej. Predomex sp. z o.o., 1999..
- [4] Rubin Y. i inn.: Aquifer characterization. In: The handbook of groundwater engineering. Ed. Delleur J. W. CRC Press, Springer Verlag, 1999, 10.1-10.68
- [5] Wakshal E.: Informacja ustna, Uniwersytet Hebrajski w Jerozolimie, 1995.

ASSESSMENT OF GROUNDWATER VULNERABILITY TO POLLUTION USING DRASTIC SYSTEM

S u m m a r y

DRASTIC is the system which can be used to evaluate the groundwater pollution potential. The system, developed in USEPA uses hydrogeological settings: major geologic and hydrologic factors. The acronym DRASTIC refers to the seven factors utilized in the rating system: depth to groundwater, recharge rate (net), aquifer media, soil media, topography, impact of unsaturated zone and hydraulic conductivity. These factors are adjusted by weighting coefficients and summed to calculate the pollution potential (DRASTIC index). The higher the calculated index, the more probable that a contaminant will migrate through the vadose zone to the groundwater table.

KEY WORDS: groundwater, pollution, risk assessment, hydrogeologic conditions