

Julian PALUCH

Przemieszczanie się wody i składników zanieczyszczeń w strefie aeracji profilu glebowego

Abstract

Displacement of water and pollutant components in aeration zone of soil profile. The results of investigation of determination quantity water on different depths of soil profile are presented in this article. Were taken up for separation infiltration water and capillary ascent (rise) of soil moisture and soil vapour in aeration zone of soil profile. The variations on the quantity of the soil water are displayed (as well as) rain water of chemical compositions.

Key words: soil solution, capillary moisture, aeration zone, infiltration water.

Wstęp

Obserwacje z ostatnich lat wykazują postępującą degradację wód powierzchniowych i podziemnych nie tylko na terenie Polski. Przyczyn niekorzystnych zmian jest wiele, a jedną z nich stanowi odpływ składników zanieczyszczeń do wód podziemnych przez strefę aeracji profilu glebowego. Problem przemieszczania się składników chemicznych do wód podejmowało wielu autorów, jednak trudności metodyczne badań zjawisk losowych w warunkach naturalnych skłaniają do poszukiwania rozwiązań zastępczych, np. badania lizymetryczne bilansu wodnego, stosowanie różnych metod

ekstrakcji składników nawozowych i wielu pierwiastków, także śladowych, z fazy stałej gleby. W warunkach naturalnych (terenowych) najczęściej ekstrahentem związków rozpuszczalnych są wody opadowe wsiąkające w głąb profilu glebowego oraz podsiąkające i/lub unoszące się w postaci pary wodnej ku powierzchni terenu ze strefy saturacji. Ruch wody w glebie jest uzależniony od wielu czynników, a składniki glebowe lub wniesione do gleby (rozpuszczalne w wodzie tworzą roztwór glebowy), w zależności od ilości wody przemieszczającej się w glebie ulegają rozcieńczeniu względnie zateżnieniu. Dlatego oprócz składu chemicznego konieczna jest znajomość ilości wody przemieszczającej się w określonym kierunku na wybranym poziomie strefy aeracji.

Ekstrakcja substancji rozpuszczalnych w wodzie lub innych ekstrahentach z gleby w warunkach laboratoryjnych może wskazywać na potencjalną ilość składników, jakie mogą przechodzić z fazy stałej gleby do płynnej w celu dokonywania analiz porównawczych, natomiast nie mogą stanowić podstawy do sporządzania bilansów zanieczyszczeń w czasie lub określania tempa degradacji wód. Lo-

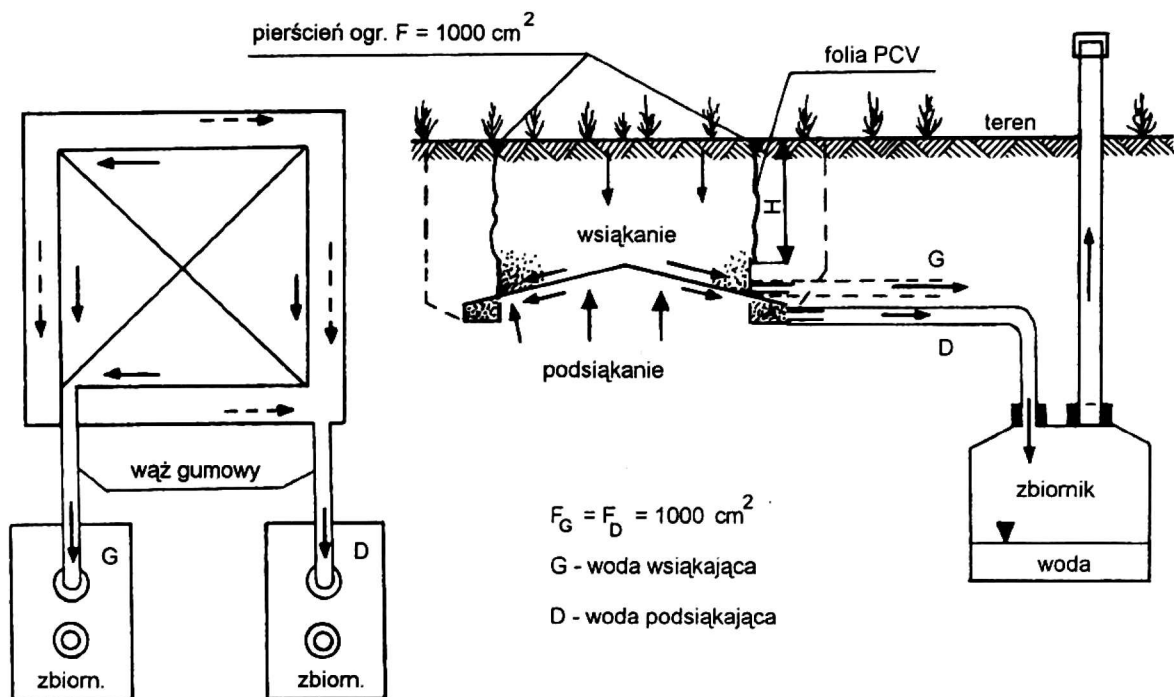
sowa zmienność warunków hydrometeorologicznych w powiązaniu z dużą inercją i właściwościami wodnymi profilu glebowego w ujęciu dynamicznym, a także ciągle zmieniające się głębokości zalegania poziomów wód gruntowych, zwłaszcza płytko zalegających wód zaskórnych, nie pozwalają na jednoznaczną ocenę ilościową przemieszczania się substancji rozpuszczalnych w wodzie w głąb profilu glebowego. Podejmowano wiele prób badania roztworu glebowego w warunkach naturalnych, jednak każda z nich budziła różne wątpliwości (Ayars 1976; Paluch 1984). Kolejną próbą rozwiązania tego problemu mogą być wyniki badań uzyskane w latach 1993–1995 w rejonie Wrocławia. Eksperyment zmierzał do separacji wód zstępujących od wstępujących ku powierzchni terenu.

Obiekt i metody badań

Badania roztworu glebowego w warunkach naturalnych wykonywane były za pomocą urządzeń wykonanych według koncepcji autora niniejszego artykułu, z uwzględnieniem wcześniej zdobytych doświadczeń. Pierwsza wersja urządzeń pomiarowych, stosowanych w latach 1977–1981 na obiektach Szewce i Swójec (Paluch 1984, 1986), była modyfikacją rozwiązań Szilowej (1995).

W latach 1987–1990 zastosowano nową wersję konstrukcji zmierzającą do ograniczenia lub eliminacji wad wcześniej dostrzeżonych, a od roku 1993 podjęto próby pomiaru ilości wody wstępującej ku powierzchni terenu i „zawieszonyj” na przyjętej głębokości strefy aeracji profilu glebowego po ograniczeniu (a właściwiej oddzieleniu) wody zstępu-

jącej w głąb. Wody wsiąkające z powierzchni 1000 cm² przez materiał glebowy na określonej głębokości przechwytywane były do oddzielnego pojemnika G – (rys.), a wody wstępujące ku powierzchni w glebie o nienaruszonej strukturze odprowadzane oddzielnie do pojemnika D. Wody zstępujące i wstępujące zbierane były z powierzchni o identycznej wielkości – 1000 cm². Pomiary objętości roztworu glebowego z głębokości 0,20 m i 0,50 m wykonywano w dwóch powtórzeniach, a na 0,04 m – w jednym, z równoczesnym pomiarem wielkości wskaźników opadów atmosferycznych i głębokości zalegania poziomów wód gruntowych w rejonie stanowisk badawczych. Pierścień ograniczający wielkość obszaru alimentacji na powierzchni terenu z urządzeniem pomiarowym na wybranej głębokości połączony był za pomocą „rękawa” z folii PCV tak, aby woda wsiąkająca nie mogła dopływać z zewnątrz do urządzenia pomiarowego i odpływać z niego na zewnątrz. Woda opadowa z powierzchni 1000 cm² przesiąkała „rękawem” wypełnionym rodzimym materiałem glebowym na określoną głębokość do urządzenia pomiarowego. Powierzchnia dolna tego urządzenia o identycznej wielkości jak górna ściśle przylegała do gleby o nienaruszonych właściwościach, ograniczając dalsze podnoszenie się wody ku powierzchni terenu. Nadmiar wody spływał specjalną rynną wypełnioną materiałem przepuszczalnym do pojemnika D – rysunek. Woda z każdego pojemnika mierzona była oddzielnie z częstotliwością dostosowywaną do przebiegu warunków hydrometeorologicznych z jednoczesną rejestracją wielkości opadów atmosfery-



RYSUNEK. Schemat ideowy badań roztworu glebowego w warunkach naturalnych

cznych i głębokości zalegania poziomów wód gruntowych.

Stanowisko badawcze zlokalizowano na powierzchni odłogowanej od ponad 10 lat, bez żadnej ingerencji gospodarczej, w rejonie Stacji Doświadczalnej Szewce na glebach brunatnych wytworzonych z piasków gliniastych mocnych zalegających – poniżej 2,5 m – na łąkach pylastych. W rejonie stanowisk pomiarowych występowała roślinność łąkowa. Ograniczone powierzchnie wewnętrzne pierścieni urządzeń pomiarowych były także zadarnione i porośnięte roślinnością trawiastą.

W półroczu zimowym 1993/1994 pobrano dwukrotnie próbki wody glebowej i opadowej do analiz chemicznych wykonanych zgodnie z obowiązującymi metodami w laboratorium IOŚ Oddział we Wrocławiu. Ze względu na stosunkowo małe ilości, zwłaszcza wód opadowych z deszczomierza standardowego nie wszystkie składniki wody mogły być oznaczone w każdej z pobranych próbek.

Wyniki badań

W tabeli 1 zestawiono miesięczne wielkości wskaźników opadów atmosferycznych z uwzględnieniem półrocza letniego (1 V–31 X) i zimowego (1 XI–30 IV roku następnego), miesięczne wahania głębokości zalegania poziomów wód gruntowych oraz objętości wody glebowej dopływającej do poszczególnych pojemników urządzeń pomiarowych z powierzchni 1000 cm^2 na określonej głębokości profilu glebowego. Z tabeli tej wynika, że w okresie wstępnym (1 VII–31 X 1993 r.) sumy wskaźników opadów atmosferycznych w ciągu miesiąca zmieniały się od 21,5 mm (VIII) do 109,3 mm (VII), poziomy wód gruntowych zaś w rejonie stanowisk pomiarowych układały się na głębokości od 1,71 m (VII) do 2,29 m (X) od powierzchni terenu. W tych warunkach na głębokości 0,04 m najwięcej wody wsiąkającej w głąb zmierzono w październiku ($1151 \text{ cm}^3 - 11,51 \text{ mm}$), natomiast wstępującej ku górze – 48 cm^3

TABELA 1. Zmiany ilości roztworu glebowego na różnych głębokościach od powierzchni terenu z uwzględnieniem kierunków w ruchu pionowym na tle wielkości sum miesięcznych wskaźników opadów atmosferycznych i głębokości zalegania poziomów wód gruntowych w latach 1993–1995

Miesiąc	Rok	Opad [mm]	Głębokość wody gruntowej		Objętość wody glebowej [cm ³ /1000cm ²] na głębokości [m] od powierzchni terenu		0,04 m		0,20 m		0,50 m				
			[m]		G	D	G1	D1	G2	D2	G1	D1	G2	D2	
VII	1993	109,3	1,71 – 1,78	470	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
VIII	1993	21,5	1,69 – 1,95	0	48	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IX	1993	68,5	1,95 – 2,08	665	0	0	0	0	0	0	0	215	0	0	0
X	1993	39,8	2,01 – 2,29	1151	0	332	0	0	0	0	14	5	129	0	0
XI	1993	26,4	2,21 – 2,25	239	0	39	0	0	0	0	21	12	2	0	0
XII	1993	69,9	1,20 – 2,23	1508	1	915	0	27	101	558	47	3	32	3	32
I	1994	33,2	0,66 – 0,89	1195	3	430	0	5	24	607	9	3	1092	3	1092
II	1994	16,7	0,71 – 1,02	293	0	54	0	0	0	22	0	0	0	0	5
III	1994	64,4	0,55 – 0,73	1377	4	830	0	1	1	133	17	6	406	6	406
IV	1994	55,5	0,48 – 0,75	908	0	880	0	9	0	350	593	464	1630	464	1630
XI-IV	93–94	266,1	0,48 – 2,25	5520	8	3148	0	42	147	1682	668	476	3165	476	3165
V	1994	52,1	0,85 – 1,24	314	0	0	0	0	0	4	18	0	4	0	4
VI	1994	33,6	1,20 – 1,50	77	0	1	0	2	0	1	10	0	1	0	1
VII	1994	12,6	1,51 – 1,76	88	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	6
VIII	1994	71,4	1,80 – 2,00	992	1	131	0	0	0	58	31	0	25	0	25
IX	1994	36,9	2,00 – 2,13	0	0	0	0	0	6	0	22	0	2	0	2
X	1994	24,3	2,21 – 2,28	115	0	0	0	0	12	1	15	0	2	0	2
V-X	1994	230,9	0,85 – 2,28	1586	1	134	0	3	18	64	96	0	40	0	40
XI	1994	22,5	2,28 – 2,30	225	0	6	0	0	7	0	42	0	7	0	7
XII	1994	36,6	2,25 – 2,30	498	4	21	13	1	30	0	41	22	15	22	15
I	1995	34,2	1,74 – 2,25	33	11	1260	14	5	90	1365	22	6	12	6	12
II	1995	38,6	1,22 – 1,57	460	5	167	3	6	13	1	33	42	25	42	25

cd. tab. 1

III	1995	30,1	1,02	-	1,20	722	0	128	1	2	3	0	40	46	11
IV	1995	28,3	0,95	-	1,05	353	0	2	6	0	3	2	46	23	8
XI-IV	1995	190,3	0,95	-	2,30	2291	20	1584	37	14	146	1368	224	139	78
V	1995	46,7	0,94	-	1,25	394	0	141	13	0	7	222	31	0	7
VI	1995	123,3	0,85	-	1,32	856	1	124	10	0	23	89	88	1	55
VII	1995	52,4	1,10	-	1,50	811	0	130	100	1	4	2	31	0	23
VIII-IX	1995	152,4	1,19	-	1,64*	155*	0*	275	6	0	14	178	29	1	48
X	1995	10,1	1,19	-	1,46	9	0	1	0	2	6	1	4	0	2
V-X	1995	384,9	0,85	-	1,46	2225	1	671	129	3	54	492	83	2	135

G – wody przesiąkające w głąb materiału glebowego; D – wody podsiąkające z dołu do góry i kondensat pary wodnej z gleby rodzimej. * Wyniki wątpliwe ze względu na wyłączenie urządzenia pomiarowego od 11 VIII do 22 IX 1995 r. W okresie tym nie były mierzone poziomy wód gruntowych.

1; 2 – numery kombinacji (powtórzeń) na danej głębokości – wielkości odpowiadające sobie: D1 i D2 oraz G1 i G2. Brak cyfry przy D lub G oznacza, że pomiary wykonywano bez powtórzeń.

w sierpniu, kiedy wody gruntowe zalegały na głębokości 1,75 m od powierzchni terenu. Na głębokości 0,20 m, ilości wody wsiąkającej zmieniały się od 0,00 do 330 cm³ (3,3 mm), natomiast podsiąkającej – od 0,00 do 14 cm³/m-c, wstępującej (ku górze) – od 0,00 do 215 cm³/m-c. Wyniki te ilustrują przebieg procesów przenikania wody w glebie w okresie systematycznego opadania poziomów wód gruntowych, przy stosunkowo dużym zróżnicowaniu wielkości wskaźników opadów atmosferycznych i stabilizowania się gęstości materiału glebowego po założeniu urządzeń pomiarowych.

W półroczu zimowym 1993/94 na głębokości 0,04 m objętość wody wsiąkającej była największa, malejąc w miarę wzrostu głębokości założenia urządzenia pomiarowego z uwzględnieniem zmienności lokalnej gleby, natomiast ilość wód wstępujących układała się odwrotnie – na głębokości 0,5 m gromadziło się najwięcej wody, głębokości zaś na 0,04 m – najmniej.

Na głębokości 0,50 m od powierzchni terenu przesiąkało od 476 cm³ (4,76 mm) do 1682 cm³ (16,82 mm), natomiast z kierunku przeciwnego – od dołu – od 668 cm³ do 3165 cm³, zależnie od warunków miejscowych, na głębokości zaś 0,20 m wielkości zmieniały się odpowiednio: przesiąkało od 42 cm³ do 3148 cm³, a podsiąkało zaledwie od 0,00 do 147 cm³.

W półroczu letnim 1994 r. (V-X) – powszechnie określanym jako katastrofalnie suche – sumy miesięcznych wskaźników opadów atmosferycznych zmieniały się od 12,6 mm w lipcu do 71,4 mm w sierpniu. Należy tutaj zaznaczyć, że od 11 lipca do 7 sierpnia zarejestrowano tyl-

ko dwa dni z opadami o łącznej sumie 1,25 mm. W półroczu tym spadło 230,9 mm deszczu, a poziom wód gruntowych obniżył się z 0,85 m w maju do 2,28 m w końcu października. Na głębokości 0,04 m w tym czasie zgromadziło się 1586 cm³ (15,86 mm) wody wsiąkającej i zaledwie 1 cm³ w pojemniku dolnym (D- tab. 1) odbierającym wodę wstępującą ku górze. Jeszcze mniej wody wsiąkającej gromadziło się na głębokości 0,20 m od powierzchni terenu, a najmniej na głębokości 0,50 m – podobnie jak w półroczu zimowym – natomiast ilość wody wstępującej ku górze zmniejszyła się wraz ze zbliżaniem się do powierzchni terenu.

Analogiczne tendencje można zauważyć również w półroczu zimowym 1993/94. Zestawione w tabeli 1 wielkości wskazują, że na głębokości 0,50 m od powierzchni terenu przeważało zasilanie strefy aeracji profilu glebowego z zasobów wód gruntowych poprzez strefę podsiąku kapilarnego i siły ssące gleby, a na głębokości 0,04 m – z opadów atmosferycznych. Należy tutaj zwrócić uwagę na lokalne warunki wodnoglebowe oraz uwzględnić cel prowadzonych badań, które zmierzały do rozgraniczenia wpływu wód opadowych i gruntowych na ilość wody w strefie aeracji profilu glebowego. Stosunkowo duże zróżnicowanie ilości wody pomierzonej na poszczególnych głębokościach wynika z dużego zróżnicowania właściwości wodnych gleby i zbyt małej liczby powtórzeń stanowisk pomiarowych na danej głębokości profilu glebowego. Przeprowadzone badania wykazały, że w półroczu letnim tylko znikoma część wód opadowych może zasilать zasoby wód gruntowych w rejonie

przewodzonego eksperymentu i tym samym przyczyniać się do transportu zanieczyszczeń z powierzchni terenu w głąb profilu glebowego. Przemieszczanie zanieczyszczeń w glebie może się odbywać w tym czasie dzięki różnicy stężeń poszczególnych składników zanieczyszczeń na poszczególnych głębokościach profilu glebowego, jednak skala tego zjawiska wydaje się niewielka, choć dotąd nie w pełni zbadana. Dopiero w półroczu zimowym – przy zmniejszonej intensywności parowania terenowego – następuje wyraźne zwiększenie alimentacji wód gruntowych z powierzchni terenu wodami opadowymi i składnikami zanieczyszczeń wymywanymi z wierzchnich warstw gleby.

W półroczu zimowym 1993/1994 suma wskaźników opadów atmosferycznych była o około 80 mm wyższa niż w zimie 1994/1995. Przyczyniło się to do zmniejszenia ilości pomierzonej wody na poszczególnych głębokościach profilu glebowego, w tych samych stanowiskach pomiarowych, zimą 1994/95. Wielkości różnic można ocenić na podstawie danych zestawionych w tabeli 1. Przyczyn tego zjawiska należy upatrywać między innymi w głębszym zaleganiu (o około 0,50 m) poziomów wód gruntowych w końcu półrocza zimowego 1994/95.

Oprócz analiz okresowych – miesięcznych i półrocznych – rozpatrywano także poszczególne cykle pomiarowe, zwłaszcza po wystąpieniu obfitych opadów atmosferycznych. Przeprowadzony eksperyment wykazał, że w półroczu letnim nawet stosunkowo wysokie opady atmosferyczne, np. 22,5 mm/d 20 VIII 1994 r. – spowodowały tylko nie-

znaczne zmniejszenie tempa obniżania się poziomów wód gruntowych, a objętość wsiąkającej wody na głębokości 0,04 m wyniosła 60 cm^3 (0,6 mm). Na głębokości 0,20 m po tym opadzie zmierzono od ilości śladowych do 90 cm^3 , zależnie od rozpatrywanego stanowiska pomiarowego, a na 0,50 m – od ilości śladowych do 58 cm^3 . Wody „wstępujące” pojawiły się tylko na głębokości 0,50 m od powierzchni terenu w niewielkich ilościach – od 7 cm^3 do 15 cm^3 . Również i w innych okresach daje się zaobserwować podobne tendencje. Na przykład 23 X 1994 r. po opadzie dobowym 21 mm na głębokości 0,04 m zgromadziło się 860 cm^3 wody (8,6 mm), w pozostałych zaś stanowiskach pomiarowych nie stwierdzono ani pod, ani przesiąków wody do pojemników. Dopiero po dwóch dniach opadowych (25 X) – w sumie 33,3 mm – na głębokości 0,04 m przesiąknęło 1149 cm^3 , na 0,20 m – od 0,00 do 332 cm^3 , a na 0,50 m – od 0,00 do 125 cm^3 (na większych głębokościach pomiary wykonywano w dwóch powtórzeniach), natomiast poziom wód gruntowych w tym czasie nie zmienił się i układał się na głębokości 2,21 m od powierzchni terenu.

Dopiero 27 X. poziom wód gruntowych podniósł się o 1 cm. Przedstawione wielkości wskazują na dużą bezwładność strefy aeracji podczas alimentacji wód gruntowych po wystąpieniu obfitszych opadów atmosferycznych. Kontynuacja badań, po zwiększeniu liczby kombinacji i powtórzeń dla każdej z nich, pozwoliłaby na opracowanie skutecznych metod ochrony wód gruntowych w rejonach intensywnych upraw i nawożenia oraz mo-

głaby przyczynić się do określenia wpływu działalności gospodarczej na terenach rolniczych na czystość wód powierzchniowych i podziemnych.

Skład chemiczny wód opadowych i roztworu glebowego spod powierzchni odłogu w rejonie stanowisk pomiarowych zestawiono w tabeli 2. Z tabeli tej wynika, że skład chemiczny wody glebowej, głównie z głębokości 0,04 m i 0,20 m różnił się od składu wód opadowych w odpowiadających sobie dniach poboru próbek do analiz.

Przeważnie następował wzrost wielkości wskaźników i stężeń składników zanieczyszczeń w roztworze glebowym, z wyjątkiem potasu. Wskazuje to, że wody opadowe po przesączeniu się przez materiał glebowy rozpuszczały substancje w nim zawarte. Należy tutaj zwrócić uwagę także na zmiany ilościowe wód opadowych pomierzonych na określonych głębokościach profilu glebowego. Objętość wody pobranej do analiz w grudniu 1993 r. stanowiła prawie 26% miesięcznej objętości wody zgromadzonej w pojemnikach ze wszystkich stanowisk pomiarowych, w kwietniu zaś 1994 r. – niespełna 10%. W próbkach tych przeważały wody wsiąkające w głąb profilu glebowego z głębokości 0,04 m od powierzchni terenu.

Uzyskane wyniki badań jakościowych roztworu glebowego nie mogą być porównywane z innymi, ponieważ pochodzą one z próbek pobranych w odmiennych warunkach przyrodniczych – wieloletnie odłogowanie – i uzyskiwane były za pomocą urządzeń różniących się zasadą działania. Skład chemiczny roztworu glebowego w USA oznaczany był w próbkach pobieranych za pomocą urzą-

TABELA 2. Przykłady składu chemicznego roztworu glebowego i wód opadowych z lat 1993–1994 w rejonie obiektu badawczego

Składnik lub wskaźnik zanieczyszczeń	Roztwór glebowy		Wody opadowe	
	22 XII 93	12 IV 94	22 XII 93	12 IV 94
Odczyn pH	7,61	7,36	7,01	—
BZT5 gO ₂ /m ³	6,00	20,00	4,00	—
ChZT Cr gO ₂ /m ³	35,60	39,60	13,00	23,30
ChZT Mn gO ₂ /m ³	11,20	26,00	6,20	9,60
Siarczany gSO ₄ /m ³	35,00	82,70	18,50	29,60
Chlorki gCl/m ³	9,00	13,00	7,00	—
Azot ogólny Kjeldahla gN/m ³	10,00	8,30	9,20	—
Azot amonowy gN/m ³	1,50	1,30	1,20	—
Azot azotanowy gN/m ³	7,20	5,60	6,80	—
Fosfor ogólny gPO ₄ /m ³	1,30	0,00	1,25	—
Fosforany rozpuszczone gPO ₄ /m ³	1,10	0,50	0,95	—
Sód gNa/m ³	28,50	3,00	18,60	1,00
Potas gK/m ³	6,00	4,50	7,90	1,00
Wapń gCa/m ³	120,00	33,00	98,00	12,00
Magnez gMg/m ³	22,00	2,50	17,00	1,40
Sucha pozostałość ogólna g/m ³	188,00	258,00	—	96,00
Związki rozpuszczone g/m ³	164,00	222,00	—	82,00
Zawiesiny ogólne g/m ³	24,00	36,00	—	14,00
Objętość próbki wody łącznie cm ³	827,00	452,00	—	—

dzeń podciśnieniowych o selektywnym działaniu naczyń mikroporowatych na przesączający się (wsysany) roztwór glebowy bez możliwości oceny wielkości powierzchni lub przestrzeni, z jakiej on pochodził (Long 1979; Vaccaro 1979; Paluch 1986). Dlatego tutaj nie można było porównywać ilości przesiąkającej wody w głąb oraz wątpliwości budził oznaczony skład chemiczny tak uzyskiwanego roztworu glebowego w warunkach USA.

Dyskusja i wnioski

Badania przeprowadzone przez Szilową (1955) oraz podjęte przez autora niniejszego artykułu w latach 1977–1981 wykazały, że w miarę wzrostu głębokości od powierzchni terenu ilości mierzonej

wody glebowej wzrastały zamiast ulegać zmniejszeniu – retencja glebowa. Wykazały one, że woda ze strefy aeracji pochodzi nie tylko z wsiąkających wód opadowych, ale także może przemieszczać się z różnych kierunków, również ze strefy podsiąku kapilarnego oraz w wyniku powstawania różnic wilgotności gleby powstających w wyniku odpływu wody do pojemników zbiorczych urządzeń pomiarowych. Wprowadzenie tzw. strefy ochronnej – dwuczęściowa powierzchnia do zbierania wody glebowej – nie ograniczyło dopływu wody do pojemników z niżej położonych rejonów profilu glebowego, względnie w czasie zstępowania nadmiaru wód opadowych (Paluch, Walkowicz 1989). Pomierzona objętość wo-

dy pochodzącej z powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej była praktycznie jednaka na każdej z rozpatrywanych głębokości i wzrastała wraz z głębokością wykonanych stanowisk pomiarowych. Oczekiwano, że powierzchnia zewnętrzna zdoła przechwycić wody dopływające z pozostałych kierunków, wewnętrzna zaś – będzie przejmowała wody wsiąkające z powierzchni terenu. Dopiero rozgraniczenie (izolacja) wód przesiąkających od dopływających z innych kierunków strefy aeracji i podsiąku kapilarnego za pomocą rękawa z folii PCV i odwrócenie powierzchni do odbioru wód wstępujących pozwoliło na potwierdzenie oczekiwanych tendencji. Ze względu na ograniczone możliwości przeprowadzenia pomiarów – braki środków finansowych – i zbyt małą liczbę powtórzeń stanowisk pomiarowych na danej głębokości, nie można było określić dokładności uzyskanych wyników, jednak na podstawie zmian głębokości zalegania poziomów wód gruntowych i wielkości współczynników odpływu z terenów przyległych można szacować, że uzyskane wyniki pozwolą na określenie wskaźników bilansu wodnego w strefie aeracji profilu glebowego oraz mogą stanowić podstawę do oceny ilościowej przemieszczających się składników zanieczyszczeń z powierzchni terenu do wód gruntowych zalegających także pod powierzchnią terenów uprawnych.

Wprowadzenie rękawa z folii PCV do konstrukcji urządzeń pomiarowych pozwoliło na eliminację dopływu wód wstępujących i spływających po sztywnych ścianach lizymetru skrzyniowego szczelinami powstającymi na skutek kurczenia

się materiału glebowego w okresach bezopadowych oraz na zachowanie naturalnych właściwości gleby po stronie dolnej powierzchni zbierającej wodę znajdującą się poniżej stanowiska pomiarowego. Opierając się na uzyskanych wynikach pomiarów tym sposobem będzie można – po wykonaniu miarodajnej kalibracji – określać tempo kontaminacji wód gruntowych środkami chemicznymi stosowanymi w rolnictwie na podstawie faktycznych wielkości składników bilansu wody i zanieczyszczeń w niej zawartych. Mimo wypełnienia rękawa z folii PCV materiałem glebowym o naruszonej strukturze ilość przesiąkającej wody w głąb zmniejszała się wraz ze wzrostem głębokości, ilość zaś wód wstępujących ku powierzchni wzrastała zwłaszcza w okresach podnoszenia się poziomów wód gruntowych.

Dotychczasowe badania jakości roztworu glebowego wykonywane za pomocą rozmaitych sposobów: lizymetry podciśnieniowe, odwirowywanie wody z materiału glebowego, wymywanie składników z gleby za pomocą wody destylowanej i różnych rozpuszczalników (ekstrahentów) itp. nie pozwalają na dokonywanie miarodajnej oceny przebiegu procesu zanieczyszczania wód gruntowych i okresowych spływów wód do urządzeń odwadniających. W warunkach laboratoryjnych nie można odtworzyć, choćby w przybliżeniu, właściwości wodnych gleb ukształtowanych pod wpływem wieloletnich procesów glebotwórczych. Z tego względu koniecznością staje się poszukiwanie rozwiązań umożliwiających prowadzenie badań w warunkach naturalnych, badania laboratoryjne zaś

mogą być pomocne do pełniejszego wyjaśnienia tendencji zaoserwowanych w naturze.

Podjęta próba określenia zmian ilościowych i jakościowych roztworu glebowego w naturalnych warunkach strefy aeracji wskazuje, że nawet na terenach odłogowanych wody opadowe przyczyniają się do wymywania z gleby substancji rozpuszczalnych w wodzie i tylko w pewnych okresach – nadmierne opady atmosferyczne, ograniczone parowanie terenowe – mogą przyczyniać się do zanieczyszczania wód gruntowych, głównie w półroczu zimowym. Już na głębokości 0,50 m od powierzchni terenu w półroczu letnim można oczekiwać przewagi ilości wód wstępujących (podsiąkających) nad zstępującymi (wsiąkającymi w głąb profilu glebowego). Skalę tego zjawiska można określić na podstawie wyników miarodajnych pomiarów terenowych, np. według rozwiązania zaproponowanego na rysunku – po ograniczeniu wpływu warunków lokalnych i niezbędnej liczbie powtórzeń pomiarów na danej głębokości. Ponieważ woda glebowa i składniki w niej rozpuszczone mogą przemieszczać się w profilu glebowym z różnymi prędkościami i w różnych kierunkach w ciągle zmieniających się warunkach wodno-powietrznych gleby, to koniecznością staje się równoczesne określanie ilości i składu wody glebowej na określonej głębokości strefy aeracji profilu glebowego oddzielnie dla wód zstępujących i wstępujących.

Uzyskane wyniki pomiarów ilości wód przesiąkających i podsiąkających wykazują, że wraz z ruchem wód w strefie aeracji profilu glebowego mogą być

przemieszczane składniki rozpuszczone lub rozpuszczalne przez wody opadowe (większe stężenia tych składników w wodzie glebowej niż opadowej). Ruch wody w dół może wносить do wód gruntowych składniki rozpuszczone ze strefy aeracji, ale także może przemieszczać ich w przeciwnym kierunku. Oceny ilościowej tych procesów będzie można dokonać po określeniu **miarodajnych** ilości wody na różnych poziomach profilu glebowego oraz jej składu chemicznego, opierając się na równaniach bilansowych.

W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Określenie ilości wody glebowej na wybranej głębokości profilu glebowego wymaga zastosowania rozwiązań pozwalających na rozdzielenie wód zstępujących od wstępujących. Można to uzyskać za pomocą urządzenia przedstawionego na rysunku.

2. Skład roztworu glebowego na dowolnej głębokości strefy aeracji powinien być oznaczany oddzielnie dla wód zstępujących i wstępujących.

3. Wody opadowe przyczyniają się do rozpuszczania składników zanieczyszczeń ze stałej fazy gleby przez ponad 10 lat odłogowanej. Wykazują to różnice wielkości stężeń danego składnika w wodzie opadowej i w roztworze glebowym.

4. Miarodajne wyniki badań można uzyskać dopiero po wyeliminowaniu zmienności lokalnych warunków przyrodniczych poprzez wprowadzenie pomiarów w przynajmniej trzech powtórzeniach na danej głębokości.

Literatura

1. AYARS J. E. 1976: *Salt transport in irrigated soils*. Dissertation CSU Fort Collins.
2. Long – *Term effects of land application of domestic wastewater*: Dickinson, North Dakota, Slow rate irrigation site. US EPA – 600/2-79-144, Ada 1979, s. 178.
3. PALUCH J. 1984: *Oczyszczanie ścieków miejskich w środowisku glebowym*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozprawy 41; 151.
4. PALUCH J. 1986: *Pobór próbek i skład chemiczny roztworu glebowego ze strefy aeracji w warunkach naturalnych*. Człowiek i Środowisko 10(2); 251–267.
5. PALUCH J., WALKOWICZ J. 1989: *Zmiany ilościowe i dynamika roztworu glebowego ze strefy aeracji w warunkach naturalnych Sudeców*. IG Politechniki Wrocławskiej nr 58, Konferencje 29; 123–129.
6. SZIŁOWA E.I. 1955: *Metod potuczenija poczwennogo rastwora w prirodnych ustowijach*. Poczwowedenije 11; 86–90.
7. VACCARO R.F, i in. 1979: *Wastewater renovation and retrieval on Cape Cod*. US EPA – 600/2-79-176.

Adres autora

J. Paluch
Instytut Ochrony Środowiska
00-548 Warszawa, ul. Krucza 5/11