

POLSKA AKADEMIA NAUK
WYDZIAŁ NAUK ROLNICZYCH, LEŚNYCH
I WETERYNARYJNYCH

ZESZYTY PROBLEMOWE
POSTĘPÓW
NAUK ROLNICZYCH

ZESZYT 460

STAN DEGRADACJI
I TENDENCJE ROZWOJOWE
GLEB INTENSYWNI
UŻYTKOWANYCH ROLNICZO

WARSZAWA 1998

ROLA GLEB W KSZTAŁTOWANIU POTENCJALNYCH ZDOLNOŚCI RETENCYJNYCH W WIELKOPOLSCE

Antoni Miler

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Wstęp

Retencją lub stanem retencji zlewni, bądź wydzielonego obszaru, określa się pewien aktualnie istniejący zapas wody, zmagazynowany przejściowo względnie trwale na powierzchni lub w gruncie. O ile retencja powierzchniowa (ilość wody w zbiornikach, w korytach rzek, w pokrywie śnieżnej, etc.) jest stosunkowo łatwa do oszacowania to określenie głównej składowej retencji całkowitej – retencji podziemnej – jest bardzo trudne. Uwarunkowana jest bowiem ona obszarowo zmienną miąższością stref aeracji i saturacji, wilgotnością strefy aeracji oraz znaczną naturalną zmiennością właściwości fizyko-wodnych gleb i gruntów. Bieżące zasoby retencyjne na danym obszarze kształtowane są głównie przez czynniki fizyczno-geograficzne klimatyczne (głównie opady atmosferyczne, temperatury powietrza). Pozostałe parametry fizjograficzne (rzeźba terenu, gleby, budowa geologiczna, szata roślinna, wody powierzchniowe) wpływają na retencję jedynie w sposób modyfikujący niemniej istotny, można powiedzieć iż określają potencjalne zdolności retencyjne [DOBIJA, DYNOWSKA 1975; MILER 1994]. W niniejszej pracy przedstawiono metodę określania owych potencjalnych zdolności retencyjnych w Wielkopolsce. Prezentowana metoda stanowi istotne rozwinięcie poprzednich, wcześniej publikowanych, oryginalnych idei autora [MILER 1984, 1994].

Cel pracy i zakres badań

Celem pracy jest przedstawienie metody oceny potencjalnych zdolności retencyjnych w Wielkopolsce (obszaru o powierzchni około 40 tys.

km²), ze szczególnym uwzględnieniem roli gleb na kształtowanie tychże zdolności.

Tabela 1; Table 1

Charakterystyki wybranych zlewni
The characteristics of selected catchments

Lp. No.	Rzeka River	Przekrój Gauge station	A (km ²)	L (%)	J (%)	S (‰)	F (mm/s)	β (-)
1.	Cienica	Kuźnica Głogowska	65	62	2	8	0,29	2,05
2.	Cybina	Antoninek	171	14	2	5	0,32	3,56
3.	Czarna Woda	Sępolno	199	34	-	5	0,73	3,58
4.	Czarna Struga	Trąbczyn	425	30	-	3	0,51	6,88
5.	Dąbrówka	Dąbrówka Kościelna	7	68	2	14	0,17	2,30
6.	Dojca	Obra	266	34	2	4	0,56	4,13
7.	Flinta	Ryczywół	276	46	-	4	0,59	4,76
8.	Gąsawka	Zazdrość	527	14	5	3	0,03	3,02
9.	Gąsawka	Żnin	148	8	4	5	0,20	2,29
10.	Główna	Wierzenica	222	14	3	3	0,26	4,42
11.	Ilanka	Maczków	357	85	1	4	0,58	1,55
12.	Jordanka	Strużyny	43	36	-	17	0,01	2,70
13.	Kopanica	Rydzyna	334	7	-	3	0,11	6,83
14.	Kopel	Głuszyna	369	12	-	2	0,10	4,99
15.	Krzycki Rów	Chociemyśl	359	46	1	2	0,36	3,55
16.	Kuroch	Odolanów	169	16	-	11	0,07	10,55
17.	Lubniewka	Rudnica	134	81	4	12	0,43	2,87
18.	Mała Wełna	Owcze Głowy	652	10	4	2	0,38	3,08
19.	Maskawa	Dzierżnica	37	28	-	5	0,48	5,20
20.	Miała	Chełst	292	88	1	4	0,88	1,61
21.	Muszynka	Muszkowo	36	72	-	17	0,68	4,90
22.	Noteć	Kalina	440	6	-	2	0,48	3,61
23.	Noteć	Łysek	306	8	6	4	0,15	3,70
24.	Obrzyca	Lubiatów	208	27	5	4	0,35	5,10

25.	Ołoboczek	Dzikarnia	25	44	-	8	0,03	1,80
26.	Orla	Korzeńsko	1127	42	-	1	0,30	7,12
27.	Orlinka	Skatów	20	1	-	9	0,001	10,04
28.	Paklica	Międzyrzecz	279	27	2	10	0,19	3,07
29.	Panna	Goryszewo	381	-	5	3	0,003	3,27
30.	Pichna	Rożdżały	119	13	-	5	0,11	6,90
31.	Pliszka	ądów	408	88	1	3	0,60	1,53
32.	Pomorka	Brzyskorzystew	72	5	-	5	0,03	7,65
33.	Postomia	Krzeszycy	202	68	1	15	0,33	1,85
34.	Powa	Posoka	332	19	1	6	0,31	8,98
35.	Radoszynka	Radoszyn	25	20	-	9	0,02	4,60
36.	Sama	Szamotuły	395	8	-	2	0,42	5,75
37.	Samica	Dymaczewo Stare	180	16	4	3	0,12	2,30
38.	Struga Dor- mowska	Gorzyń	45	24	2	11	0,18	1,90
39.	Struga Goła- niecka	Wągrowiec	232	5	3	3	0,07	3,30
40.	Struga Potu- licka	Potulice	202	16	2	3	0,24	6,11
41.	Śwędźnia	Dębe	492	16	-	2	0,21	7,53
42.	Wetna	Kowanówko	2597	20	3	1	0,47	3,62
43.	Wetna	Pruście	1130	15	5	1	0,48	2,91
44.	Wielka	Bardo	28	5	-	7	0,18	3,00
45.	Wrześnica	Samarzewo	360	19	-	8	0,56	6,37
46.	Żabianka	Plewnia	79	19	-	8	0,56	6,35

Oznaczenia; Notations:

A – powierzchnia zlewni; catchment area

L – zalesienie; afforestation

J – wody stojące; water surface area

S – średni spadek zlewni; mean catchment slope

F – średni ważony współczynnik filtracji gleb; weighted mean of filtration coefficient of soils

 β – współczynnik nieregularności odpływu; coefficient of runoff variability

 $\beta = (SWq - SNq) / SSq$, gdzie SWq, SNq, SSq to średnie odpływy jednostkowe: max, średnie i min.; specific discharges: max, mean, min

Przy opracowaniu charakterystyki hydrologicznej regionu wykorzystano następujące materiały: przepływy charakterystyczne dla 46 zlewni po-

łożonych w Wielkopolsce, w tym dla wielolecia 1961–1995 przepływy w 38 zlewniach IMGW (wszystkie zlewnie źródłiskowe regionu objęte obserwacjami) i przepływy w 8 własnych zlewniach (po kilkuletnie obserwacje prowadzone w latach 1976–1995). Charakterystyki fizjograficzne powyższych zlewni jak i całego obszaru Wielkopolski opracowano jednolicie na podstawie map topograficznych i map z „Podziału hydrograficznego Polski” [1980], (tab. 1).

Metodyka badań

Istota proponowanej metody sprowadza się do przypisania każdej elementarnej (jednorodnej lub quasi-jednorodnej ze względu na wydzielone charakterystyki fizjograficzne) powierzchni – rastrowi jednego parametru. Uwzględnia on sumaryczne i jednocześnie interakcyjne (synergiczne) oddziaływanie najbardziej istotnych w danym regionie parametrów fizjograficznych na wybraną charakterystykę hydrologiczną. W analizowanym w niniejszej pracy przypadku, czyli obliczanie wpływu parametrów fizjograficznych na retencjonowanie wody – taki parametr stanowi **miarę potencjalnych zdolności retencyjnych**. Dla większych powierzchni np. zlewni, miary ich zdolności retencyjnych liczy się jako stosowne średnie z miar obliczonych dla rastrowi pokrywających te powierzchnie. Biorąc pod uwagę: wielkość analizowanego obszaru – region Wielkopolski, zmienność obszarową wybranych parametrów fizjograficznych, dostępność materiałów źródłowych oraz możliwości obliczeniowe i ich ekonomiczną sensowność przyjęto, że elementarnymi powierzchniami będą jednorodne kwadratowe płyty powierzchniowe (rastry) o bokach po 4 km. Następnie dla każdego z wydzielonych rastrowi obliczono cztery najistotniejsze parametry fizjograficzne: procent lesistości (%), procent jeziorności (%), średni ważony współczynnik filtracji gleb (mm/s) oraz średni spadek terenu (‰). Sposób obliczania pierwszych 2 parametrów nie wymaga komentarza. Przy obliczaniu średniego ważonego współczynnika filtracji gleb wagami były procentowe udziały gatunków gleb występujących na powierzchni rastra. Współczynniki filtracji utworów glebowych przyjęto za FLISOWSKIM i in. [1986]. Średni spadek terenu liczony był na podstawie różnic pomiędzy średnią rzędną terenu danego rastra a odpowiednimi rzędnymi dla rastrowi z nim sąsiadujących, metodą opracowaną przez MILERA i BYKOWSKIEGO [1997]. Kolejnym krokiem było podzielenie zakresów zmian każdego z 4 parametrów w całym badanym obszarze na 10 klas oraz przypisanie powstałym klasom kodów zdolności retencyjnych. Kody te, według definicji autora, są wielkościami niemianowanymi, zmieniającymi się w zakresie od 1 (minimalne zdolności retencyjne) do 10 (maksymalne zdolności retencyjne). Algorytm, odrębnego dla każdego z wydzielonych 4 parametrów

fizjograficznych w ramach danego rastra, przypisywania kodów zdolności retencyjnych był następujący: kolejne wartości 1, 2, ... , 10 przypisywano wraz ze **wzrostem** zalesienia i jeziorności oraz **maleniem** spadku terenu. Kodowanie utworów glebowych przeprowadzono na dwa sposoby:

1. przypisując kolejne wartości kodów 1, 2, ... , 10 wraz z **maleniem** średniego współczynnika filtracji gleb,
2. przypisując kod 10 średniemu współczynnikowi filtracji, a następnie malejące wartości kodów 9, 8, ... , 1 odpowiednio współczynnikom filtracji stosownie rosnącym lub malejącym.

Pierwszy prosty sposób kodowania, choć nie do końca ścisły, wydaje się generalnie jasny. Natomiast drugi sposób kodowania wynika z założenia, iż maksymalne zdolności retencyjne będą miały utwory średniozwięzłe, bowiem najmniejsze zdolności retencyjne mają zarówno powierzchnie nieprzepuszczalne (brak infiltracji) jak i utwory żwirowe (duża przepuszczalność).

W konsekwencji każdemu z 2331 rastrów pokrywających obszar Wielkopolski przypisano po 4 kody zdolności retencyjnych wynikających z obliczonych wcześniej wartości 4-ch parametrów fizjograficznych. W związku z tym, że wartości tychże kodów zmieniają się od 1 do 10, przyjęto, iż kody 1..3 są synonimami **małych**, 4..7 **średnich**, a 8..10 **dużych** zdolności retencyjnych. Następnie założono, iż interakcyjne oddziaływanie dwóch lub więcej parametrów fizjograficznych (w ramach danego rastra), reprezentowanych przez przypisane im kody, będzie miało miejsce gdy kody te będą jednocześnie w grupie **małych** (1..3) lub **dużych** (8..10) zdolności retencyjnych. Algorytm obliczeń oddziaływań interakcyjnych (swoista „funkcja kary”) jest następujący: o ile liczba kodów zdolności retencyjnych w ramach danego rastra będąc jednocześnie w grupie **małych** zdolności równa jest 2, 3, 4 to wartości tychże kodów są pomniejszane odpowiednio o 1, 1,5 lub 2. Analogicznie, o ile liczba kodów zdolności retencyjnych w ramach danego rastra będąc jednocześnie w grupie **dużych** zdolności równa jest 2, 3, 4 to wartości tychże kodów są powiększane odpowiednio o 1, 1,5 lub 2. **Zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych** $ZWR_{(i,j)}$ dla rastra (o współrzędnych i, j) został zdefiniowany następująco:

$$ZWR_{(i,j)} = M_{las_{(i,j)}} \cdot W_{las} + M_{jez_{(i,j)}} \cdot W_{jez} + \\ + M_{gleb_{(i,j)}} \cdot W_{gleb} + M_{spad_{(i,j)}} \cdot W_{spad} \quad (1)$$

gdzie:

$M_{las_{(i,j)}}$, $M_{jez_{(i,j)}}$, $M_{gleb_{(i,j)}}$, $M_{spad_{(i,j)}}$ – kody zdolności retencyjnych dla

(i,j) -tego rastra związane odpowiednio z lesistością, jeziornością, utworami glebowymi i spadkiem terenu, a *Wrośl*, *Wjez*, *Wgleb*, *Wspad* – wagi oddziaływania odpowiednio lesistości, jeziorności, utworów glebowych i spadku terenu w sumarycznej ocenie potencjalnych zdolności retencyjnych.

Dla całego obszaru Wielkopolski, czy też wydzielonych fragmentów regionu, np. zlewni rzecznych, zintegrowane wskaźniki ich potencjalnych zdolności retencyjnych *ZWR* oblicza się jako stosowne średnie z obliczonych wcześniej wskaźników dla rastrów je pokrywających:

$$ZWR = \frac{1}{Lraster} \sum_{i,j} ZWR_{(i,j)} \quad (2)$$

gdzie:

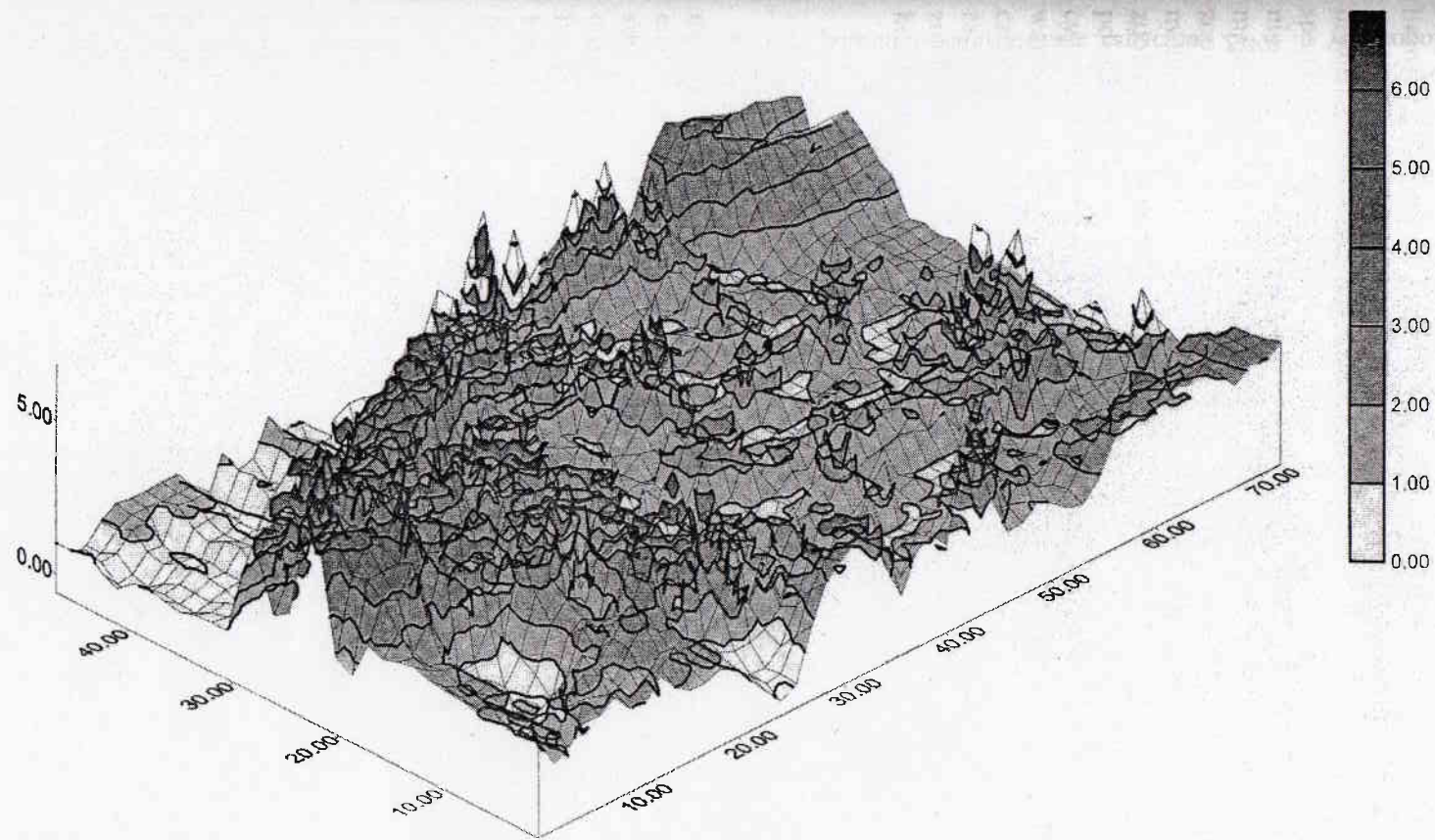
$ZWR_{(i,j)}$ – zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych dla rastra o współrzędnych i,j ,

Lraster – liczba rastrów pokrywających daną powierzchnię.

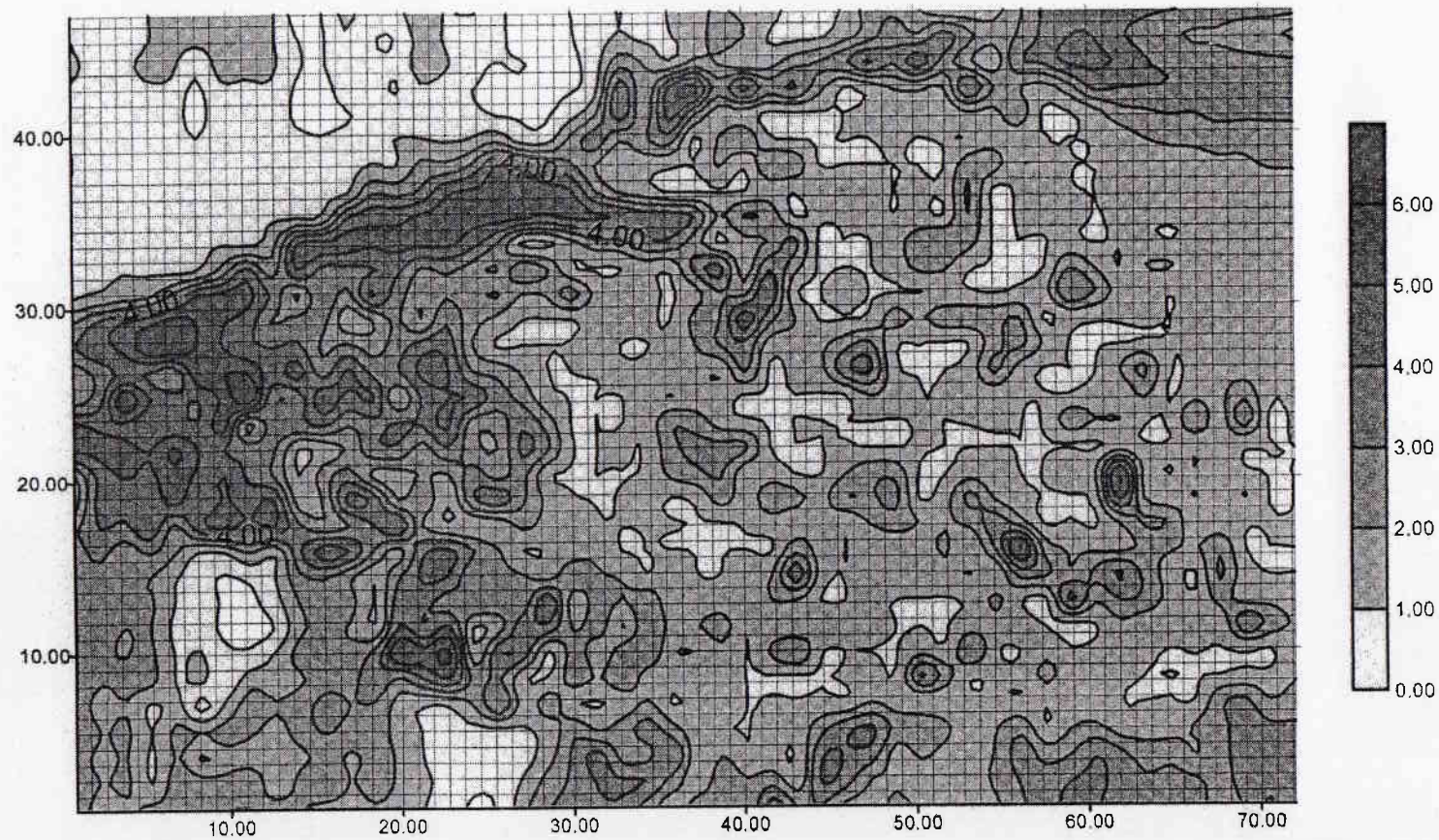
Dobór wag $W_{(...)}$ prowadzono metodą Monte Carlo poprzez losowanie ich zestawów i sprawdzanie kryterium optymalności doboru. Założono, iż kryterium tym będzie wartość współczynnika korelacji pomiędzy współczynnikami nieregularności odpływu $\beta = (SWq - SNq) / SSq$ (gdzie *SWq*, *SNq* i *SSq* to odpowiednio max, średnie i min odpływy jednostkowe), a zintegrowanymi wskaźnikami potencjalnych zdolności retencyjnych $ZWR(W_{(...)})$ (zależnymi od przyjętego zestawu wag) dla 46 zlewni źródłiskowych Wielkopolski.

Wyniki i dyskusja

Do numerycznych obliczeń obszarowej zmienności potencjalnych zdolności retencyjnych przygotowano cztery 3 384 elementowe macierze (72 x 47) zawierające obliczone w wydzielonych rastrach procenty lesistości, jeziorności, średnie ważone współczynniki filtracji gleb i średnie rzędne terenu oraz współczynniki nieregularności odpływu (β) dla 46 zlewni źródłiskowych. Przyjęcie, iż dane będą zestawiane w formie macierzy prostokątnych podyktowane było względami technicznymi obliczeń. Obliczenia numeryczne wykonano według algorytmu wynikającego z opisanej w poprzednim rozdziale koncepcji obliczania wskaźnika potencjalnych zdolności retencyjnych (*ZWR*). Ostatecznie w wyniku ponad 30 000 losowań zestawów wag $W_{(...)}$, stosując drugi sposób kodowania gleb (dawał wyższe wartości kryterium optymalności doboru wag) oraz wykonania stosownych



Rys. 1. Rozkad 3-wymiarowy zintegrowanego wskaźnika potencjalnych zdolności retencyjnych ZWR w Wielkopolsce
Fig. 1. Plot of 3D distribution of spatial integrated index of potential water storage capacities ZWR in Wielkopolska region



Rys. 2. Rozkład – mapa warstwiczna zintegrowanego wskaźnika potencjalnych zdolności retencyjnych ZWR w Wielkopolsce
 Fig. 2. Distribution – contour-map of spatial integrated index of potential water storage capacities ZWR in Wielkopolska region

obliczeń otrzymano następujące optymalne wartości wag oddziaływań wybranych parametrów fizjograficznych w sumarycznej ocenie potencjalnych zdolności retencyjnych: $W_{las}=0,34$ (waga lesistości), $W_{gleb}=0,31$ (waga utworów glebowych), $W_{jez}=0,19$ (waga jeziorności), $W_{spad}=0,16$ (waga spadku terenu). Z powyższego zestawienia wynika, iż dominujące znaczenie przy ocenie potencjalnych możliwości retencyjnych w Wielkopolsce mają zalesienia i utwory glebowe danego terenu. Przyjmując powyższe zoptymalizowane wartości wag ($W_{(...)}$) do oszacowania oddziaływań wybranych parametrów fizjograficznych w sumarycznej ocenie potencjalnych zdolności retencyjnych opracowano rozkład obszarowy ZWR w Wielkopolsce (rys. 1, 2). Zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych ZWR wykazuje znaczną obszarową zmienność. Stosunkowo małe wartości wskaźnika występują we wschodniej i południowo-wschodniej części Wielkopolski, co przy dodatkowo niskich opadach na tych obszarach [Woś 1994] pogłębia deficyt wodny. Opracowany rozkład ZWR wykazuje pewne podobieństwo do rozkładu typów infiltracyjnych Niziny Wielkopolskiej ŻURAWSKIEGO [1966].

Podsumowanie

Istota opisanej oryginalnej metody obliczania wskaźnika potencjalnych zdolności retencyjnych (ZWR) sprowadza się do przypisania każdej elementarnej powierzchni – rastrowi jednego parametru. Uwzględnia on sumaryczne i jednocześnie interakcyjne oddziaływanie na zdolności retencyjne czterech najbardziej istotnych w Wielkopolsce parametrów fizjograficznych (lesistości, utworów glebowych, jeziorności i spadku terenu). Dla każdego z wydzielonych rastrow obliczono powyższe 4 parametry fizjograficzne, a następnie przypisano im stosowne kody zmieniające się w zakresie od 1 (minimalne zdolności retencyjne) do 10 (maksymalne zdolności retencyjne) z uwzględnieniem interakcyjnych oddziaływań oraz wag wpływu. Dominujące znaczenie przy ocenie potencjalnych możliwości retencyjnych w Wielkopolsce mają zalesienia danego terenu (waga 34%) i utwory glebowe (waga 31%). Istotne też są: jeziorność (19%) i spadek terenu (16%). Zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych (ZWR) wykazuje znaczną obszarową zmienność.

Literatura

- [1] DOBIJA A., DYNOWSKA I. 1975. *Znaczenie parametrów fizjograficznych zlewni dla ustalenia wielkości odpływu rzecznoego*. Fol. Geogr. Ser. Geographica-Physica 9: 77–129.

- [2] FLISOWSKI J., IWANEJKO R., TRZOS O., WIECZYSTY A., BRZOZO-WÓJCIK M. 1986. *Prognozowanie wpływu piętrzenia rzek na wody podziemne i obliczanie systemów odwadniających*. Wyd. PK, Kraków: 308 ss.
- [3] MILER A. 1984. *Problem określania charakterystyk fizjograficznych zlewni jako podstawa oceny warunków retencyjnych*. Pol. Tow. Geofiz., Wrocław. Semin. „Problematyka hydrologiczna i meteorologiczna małych zlewni rzecznych”: 17–18.
- [4] MILER A. 1994. *Modelowanie matematyczne zdolności retencyjnych małych zlewni nizinnych*. Roczn. AR Poznań, Rozpr. Nauk. 258: 91 ss.
- [5] MILER A., BYKOWSKI J. 1997. *Metody wyznaczania średnich spadków zlewni rzecznych*. Roczn. AR Poznań 292, Melior. Inż. Środ. 18: 65–76.
- [6] Podział hydrograficzny Polski. 1980. IMGW, WG, Warszawa.
- [7] WOŚ A. 1994. *Klimat Niziny Wielkopolskiej*. Wyd. UAM Poznań: 192 ss.
- [8] ŻURAWSKI M. 1966. *Próba wydzielenia typów infiltracyjnych Niziny Wielkopolskiej*. PTPN, Wydz. Mat.-Przyr., Pr. Komisji Geogr.-Geolog., t. VI, z. 1, Poznań: 80 ss.

Streszczenie

W pracy przedstawiono oryginalną, obiektywną metodę oceny potencjalnych zdolności retencyjnych obszaru. Metoda bazuje na czterech łatwych do oznaczenia charakterystykach fizjograficznych. Zaproponowano przypisanie każdemu rastrowi danego obszaru jednego parametru – zintegrowanego wskaźnika potencjalnych zdolności retencyjnych, który uwzględnia sumaryczne oddziaływanie wraz z ekranującymi efektami czterech najbardziej istotnych w regionie Wielkopolski parametrów fizjograficznych. Wyniki obliczeń wskazują, iż zasadniczy wpływ na potencjalne zdolności retencyjne w Wielkopolsce wywierają: zalesienia (34%) i utwory glębowe (31%).

THE ROLE OF SOILS IN EVALUATION OF POTENTIAL WATER STORAGE CAPACITIES IN WIELKOPOLSKA REGION

Antoni Miler

Department of Land Reclamation and Environmental Development,
Agricultural University, Poznań

Summary

An original objective method to evaluating potential water storage capacities for an area was presented in this paper. The method hinges upon four easily

determined physiographical parameters. For each raster of the area one parameter was given – the integrated index of potential storage capacities; it takes into account a total influence, including screening effects, of four physiographical parameters which are the most significant in Wielkopolska region. The results of calculations point out that the afforestation (34%) and soils (31%) are the main factors affecting potential water storage capacities in Wielkopolska region.

Dr hab. inż. Antoni **Miler**
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego
ul. Wojska Polskiego 71 E
60-625 POZNAŃ