

Andrzej MUĆKA

Pracownia Środowiskowych Systemów Informacyjnych
Katedra Budownictwa Wodnego
Environmental Information Systems Laboratory
Department of Hydraulic Structures

Wyznaczanie średnich wartości opadu i temperatury dla zlewni o dużej deniwelacji terenu przy wykorzystaniu techniki GIS

Estimation of rainfall and temperature mean values for the watershed with diversified elevations by the means of GIS technique

Wprowadzenie

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie metody wyznaczania danych wejściowych, takich jak: opad, temperatura, wysokość pokrywy śnieżnej do koncepcyjnego modelu opad-odpływ „ENNS” dla zlewni o dużej deniwelacji terenu. Model ten przewiduje podział zlewni na strefy wysokościowe, dla których oddzielnie oblicza topnienie śniegu i poszczególne składowe odpływy. Aby przeprowadzenie obliczeń było w ogóle możliwe, trzeba dysponować wyżej wymienionymi danymi meteorologicznymi dla średniej wysokości każdej strefy wysokościowej.

Do podziału zlewni na strefy wysokościowe, jak również do innych obliczeń charakteryzujących zlewnię, zbu-

dowany został cyfrowy model terenu (DEM). Interpolację danych punktowych do danych odniesionych powierzchniowo przeprowadzono metodą deterministyczną, wykorzystując poligony Thiessena, przy czym podjęto próbę uwzględnienia pionowego gradientu temperatury oraz gradientu hipsometrycznego w przypadku opadu.

Podczas próby adaptacji modelu „ENNS” dla zlewni Nysy Kłodzkiej wystąpił problem obliczenia średnich strefowych danych wejściowych oraz parametrów charakteryzujących zlewnię w poszczególnych jej strefach wysokościowych. W gruncie rzeczy najważniejsze zadanie, jakie należało rozwiązać polegało na przeprowadzeniu interpolacji wielkości odniesionych punktowo do wielkości odniesionych powierzchniowo.

wo, uwzględniając przy tym ich lokalne właściwości. Zadanie to może być rozwiązane następującymi metodami: przez interpolację deterministyczną oraz interpolację stochastyczną.

W tym przypadku zdecydowano się na przeprowadzenie interpolacji deterministycznej z wykorzystaniem geograficznego systemu informacyjnego GIS do analizy właściwości przestrzennych interpolowanych wielkości.

Charakterystyka zlewni

Wybór zlewni

Do badań szczegółowych wybrano położoną w Sudetach zlewnię Nysy Kłodzkiej do przekroju wodowskazowego Bardo Śląskie. Wyboru tego dokonano z następujących powodów:

- zlewnia obejmuje swym zasięgiem tereny o dużej deniwelacji 250–1425 m n.p.m., co w sposób istotny wpływa na zjawiska meteorologiczne i hydrologiczne (Byczkowski 1996),
- niezbędne historyczne dane meteorologiczne były w posiadaniu Katedry,

- dla tej zlewni podjęto próbę adaptacji modelu „ENNS” opracowanego dla zlewni alpejskich.

Opis zlewni

Zlewnia Nysy Kłodzkiej obejmuje obszar o powierzchni 4565 km², długość rzeki wynosi około 170 km. Do rozpatrywanego przekroju wodowskazowego Bardo Śląskie zlokalizowanego na 111,4 km powierzchnia zlewni wynosi 1763 km². Nysa bierze swój początek ze źródeł położonych na stokach Puchacza w pobliżu Jodłowa na wysokości ok. 975 m n.p.m. W pierwszym odcinku płynie w kierunku południowo-zachodnim, następnie w okolicy Boboszowa skręca i dalej płynie w kierunku północnym. Poniżej Kłodzka rzeka ponownie zmienia swój kierunek i płynie przebijając Góry Bardzkie na wschód. Między Opolem a Wrocławiem, poniżej Skorogoszczy Nysa wpada do szerokiej doliny Odry. Charakterystyczne dane dla Nysy przedstawia tabela 1.

Numeryczny model terenu – DEM

Do opracowania numerycznego modelu terenu zlewni wykorzystano dane z amerykańskiego numerycznego modelu kuli ziemskiej „GTOPO30” o rozdziel-

TABELA 1. Charakterystyczne wartości dla zlewni Nysa Kłodzka
TABLE 1. Characteristical values for Nysa Kłodzka Watershed

Wodowskaz Gauge station	Pow. zlewni Catchment area [km ²]	Km-rzeki River-Km [km]	WWQ [m ³ /s]	SSQ [m ³ /s]	ZZQ [m ³ /s]	NNQ [m ³ /s]
Kłodzko	1090	127,4	394	13,1	9,3	1,7
Bardo Śląskie	1763	111,4	430	17,8	13,9	3,0
Skorogoszcz	4512	7,0	505	38,6	32,8	6,4

czości przestrzennej równej 30 sekund. Model ten jest dostępny w formacie ARC/Info w sieci internetu jako „Public-Domain” pod następującym adresem „<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/topo30/>”. Kula ziemską została w nim podzielona na 33 części. Zlewnia Nysy Kłodzkiej znajduje się w zbiorze *W020N90*, zawierającym obszar Europy Zachodniej, ograniczony południkami 20E-20W i równoleżnikami 40N-90N. Po wykonaniu „Download” wyżej wymienionego zbioru i dearchiwizacji został wycięty w programie ARC/Info prostokąt o następujących współrzędnych geograficznych przeciwległych narożników (16E, 50N; 17E, 51N), zawierający zlewnię Nysy Kłodzkiej, a następnie punkty wysokościowe (14 400 szt.) zostały zapisane w zbiorze *ASCII*. Ze względu na małą rozdzielczość przestrzenną danych niemożliwe było bezpośrednio wygenerowanie modelu cyfrowego. W celu zwiększenia rozdzielczości zdecydowano się na przeprowadzenie interpolacji pomiędzy punktami uzyskanymi z modelu *GTOPO30*. W związku z tym dane ze zbioru *ASCII* zostały wczytane do programu *IDRISI* jako punkty, a następnie wykonano interpolację na mapę rastrową o rozdzielczości 200 x 200 m. W ten sposób uzyskano model numeryczny dla całego prostokąta. Aby uzyskać DEM tylko dla zlewni, wykonano operację *OVERLAY* modelu numerycznego z warstwą zawierającą granice zlewni (rys. 1).

Podział zlewni na strefy wysokościowe

Z powodu dużej deniwelacji terenu zlewni i z tym związanego gradientu hipsometrycznego dla opadu, jak rów-

nież pionowego gradientu temperatury, konieczny okazał się, do prawidłowego modelowania procesu opad-odpływ, a szczególnie do procesu topnienia śniegu, podział zlewni na strefy wysokościowe (Nachtnebel i in., 1993). Do tego celu został wykorzystany DEM.

Przy podziale zlewni na strefy wysokościowe kierowano się następującymi kryteriami:

- powierzchnie poszczególnych stref powinny być w przybliżeniu równe,
- w każdej strefie powinna znajdować się dostateczna liczba posterunków meteorologicznych.

Kryteria te zostały tylko częściowo spełnione. Wynik podziału na 3 strefy wysokościowe przedstawia tabela 2.

Rozkład przestrzenny poszczególnych stref wysokościowych przedstawiony został na rysunku 2.

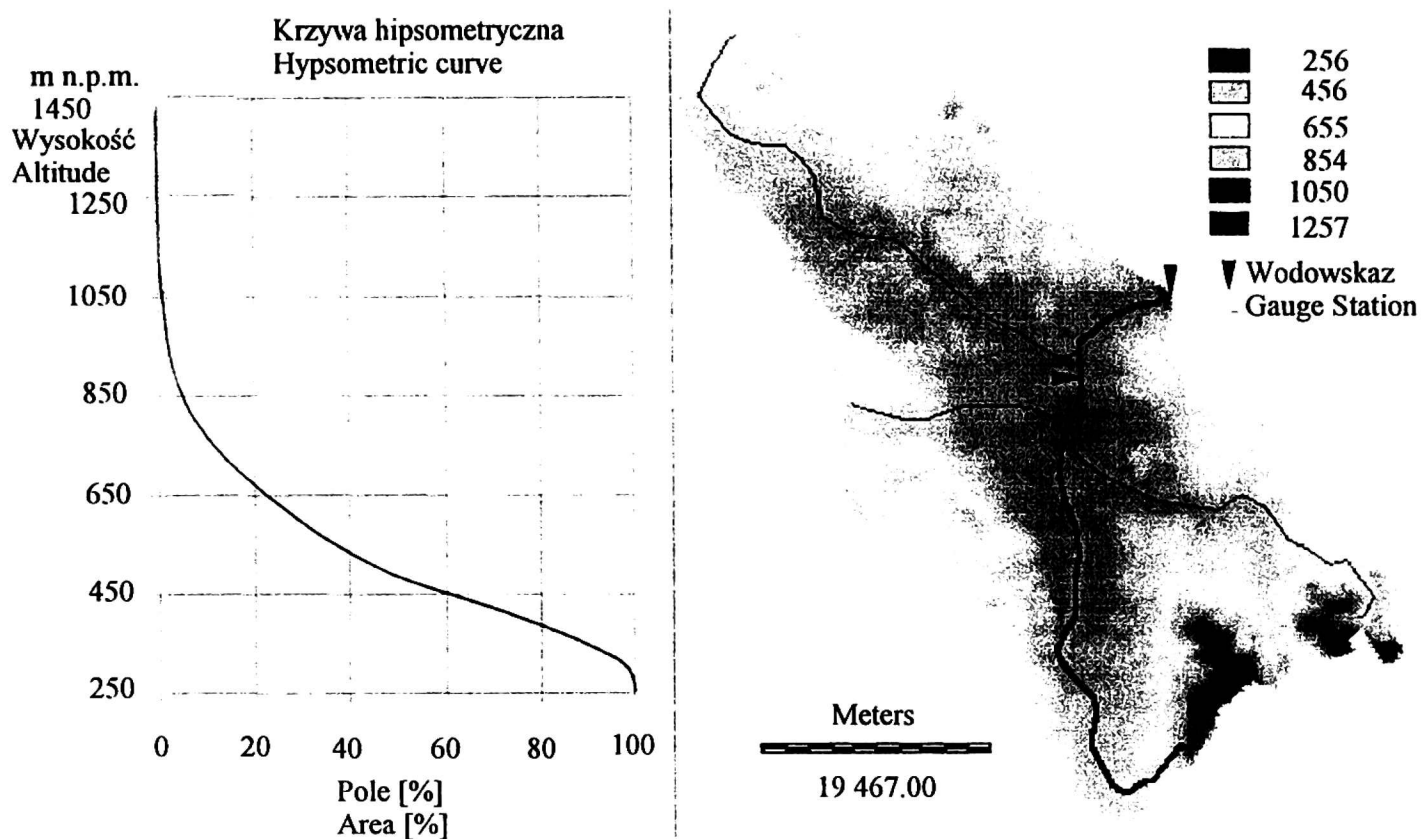
Oprócz podziału na strefy z cyfrowego modelu terenu zostały uzyskane dodatkowe informacje opisujące własności zlewni, takie jak:

- krzywa hipsometryczna (rys. 1),
- średnia wysokość zlewni (532 m n.p.m.),
- średni spadek dla zlewni (7%)
- średnie spadki dla poszczególnych stref wysokościowych (tab. 2).

Średni opad dla poszczególnych stref wysokościowych

Przegląd stacji opadowych

Na wstępie przedstawiono przegląd stacji opadowych wraz z ich krótką charakterystyką, a następnie opis metody



Rys. 1. Krzywa hipsometryczna oraz numeryczny model terenu zlewni Nysy Kłodzkiej
 Fig. 1. Hypsometric curve and digital evaluation model

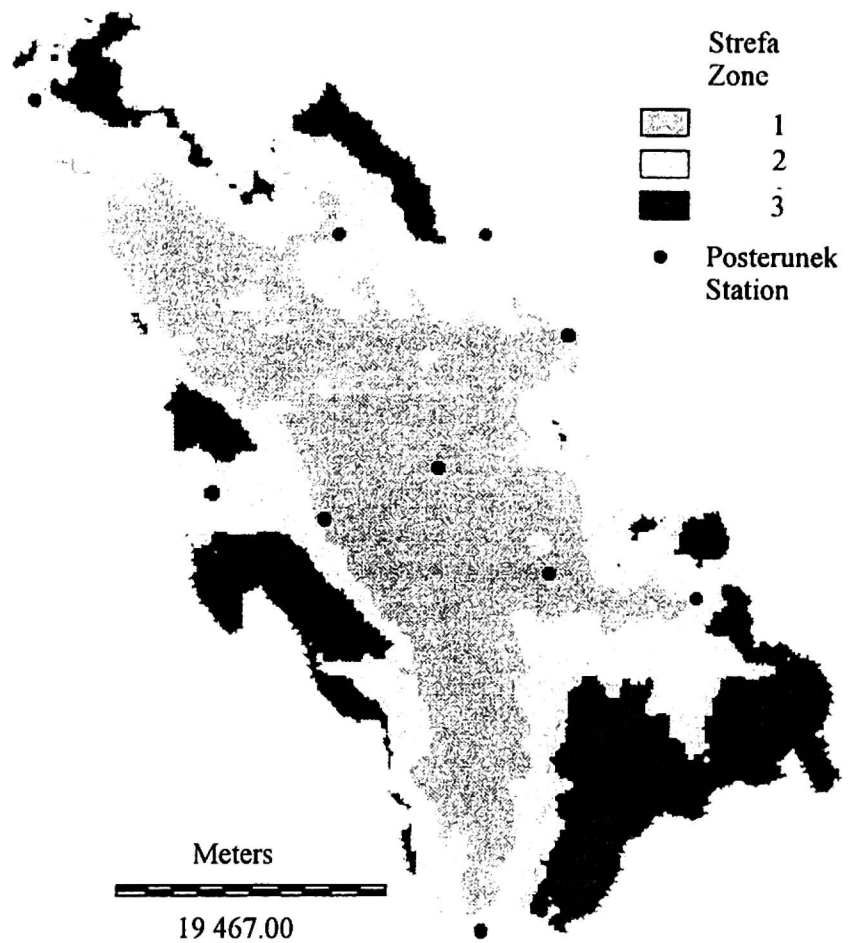
TABELA 2. Podział zlewni Nysy Kłodzkiej do przekroju Bardo na 3 strefy wysokościowe
 TABLE 2. Subdivision of Nysa Kłodzka watershed into 3 elevation zones

Strefa Zone	Wysokość od Altitude from [n.p.m.]	Wysokość do Altitude to [n.p.m.]	Środek strefy Middle of zone [n.p.m.]	Powierzchnia Area [km ²]	Średni spadek Mean slope [%]
1	250	450	380	680	4,0
2	450	650	533	678	7,8
3	650	1425	784	405	10,8

obliczania średniego opadu strefowego dla średniej wysokości każdej strefy przy uwzględnieniu gradientu hipsometrycznego opadu.

Na terenie zlewni Nysy Kłodzkiej do przekroju wodowskazowego Bardo Śląskie znajduje się 10 posterunków opadowych. Dodatkowo do obliczeń włączono posterunek opadowy Srebrna Góra, położony w pobliżu zlewni. Przestrzenny rozkład posterunków w zlewni przedstawiony został na rysunku 3. Tabela 3 zawiera

charakterystyczne dane wybranych do badania posterunków. Dla wszystkich posterunków dysponowano szeregiem czasowym sum dobowych opadów, obejmującym 21 lat (1976–1996). Największy dzienny opad zanotowano na stacji Mieroszów, wynoszący 169,3 mm/d. Największa średnia suma opadów rocznych (1211 mm) wystąpiła na posterunku Zieleniec, położonym w 3 strefie wysokościowej, natomiast najmniejsza (551 mm) na posterunku Kłodzko, położonym



Rys. 2. Rozkład przestrzenny stref wysokościowych
 Fig. 2. Spatial distribution of elevation zones

w 1 strefie. Większość posterunków opadowych położona jest w 1 strefie wysokościowej (7 posterunków), w drugiej i trzeciej odpowiednio 3 i 1 posterunek.

Na rysunku 4 przedstawiono zależność średniego rocznego i średniego dziennego opadu od wysokości położenia stacji opadowej nad poziomem morza.

Obliczanie średniego opadu dobowego dla stref wysokościowych

Celem niżej przedstawionej metody jest obliczenie gradientu hipsometrycznego opadu, który następnie posłuży do wyznaczenia opadu średniego dobowego dla każdej strefy wysokościowej na podstawie dziennych sum opadu, pomierzonych na posterunkach.

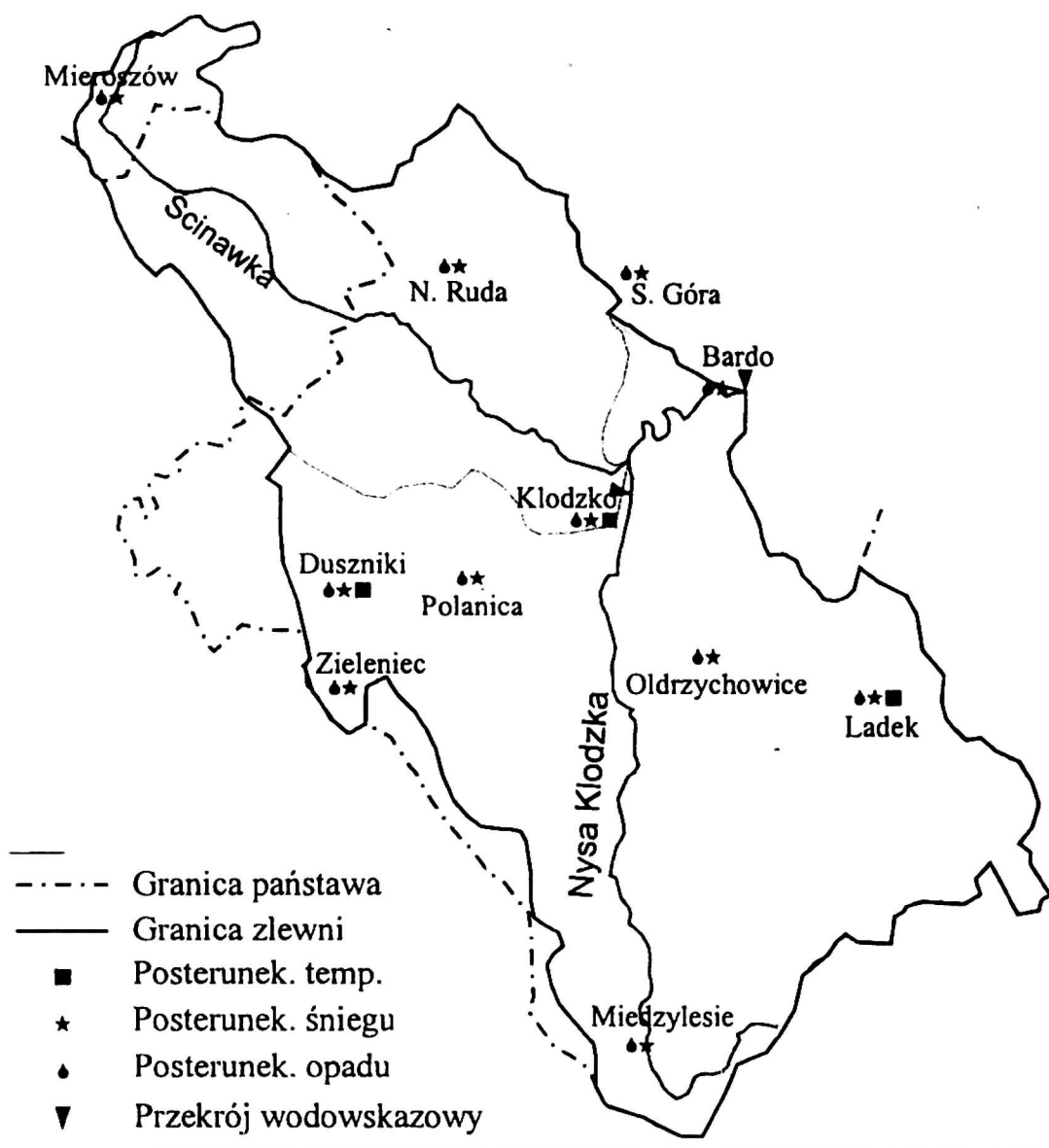
Gradient hipsometryczny zostanie wyznaczony na podstawie obliczonych z 21-letniego szeregu czasowego średnich dobowych opadów dla dni deszczowych na poszczególnych posterunkach.

Średni opad strefowy dla średniej wysokości strefy obliczony został w następujący sposób:

- Obliczenie średniej dziennej wartości opadu N_j^{MW} i średniej wysokości stacji dla każdej strefy H_j^{MW} :

$$N_j^{MW} = \sum_{kj} F_{kj}^{MW} \cdot \bar{N}_{kj} \quad (1)$$

$$H_j^{MW} = \sum_{kj} F_{kj}^{MW} \cdot H_{kj} \quad (2)$$



Rys. 3. Lokalizacja posterunków meteorologicznych
Fig. 3. Location of measurement stations

N_j^{MW} – średnia dzienna wartość opadu na średniej wysokości posterunków każdej strefy [mm/d],

H_j^{MW} – średnia wysokość położenia stacji opadowych każdej strefy wys. [m n.p.m.],

\bar{N}_{kj} – średni opad dzienny dla posterunku każdej strefy wysokościowej [mm/d] (tab. 3),

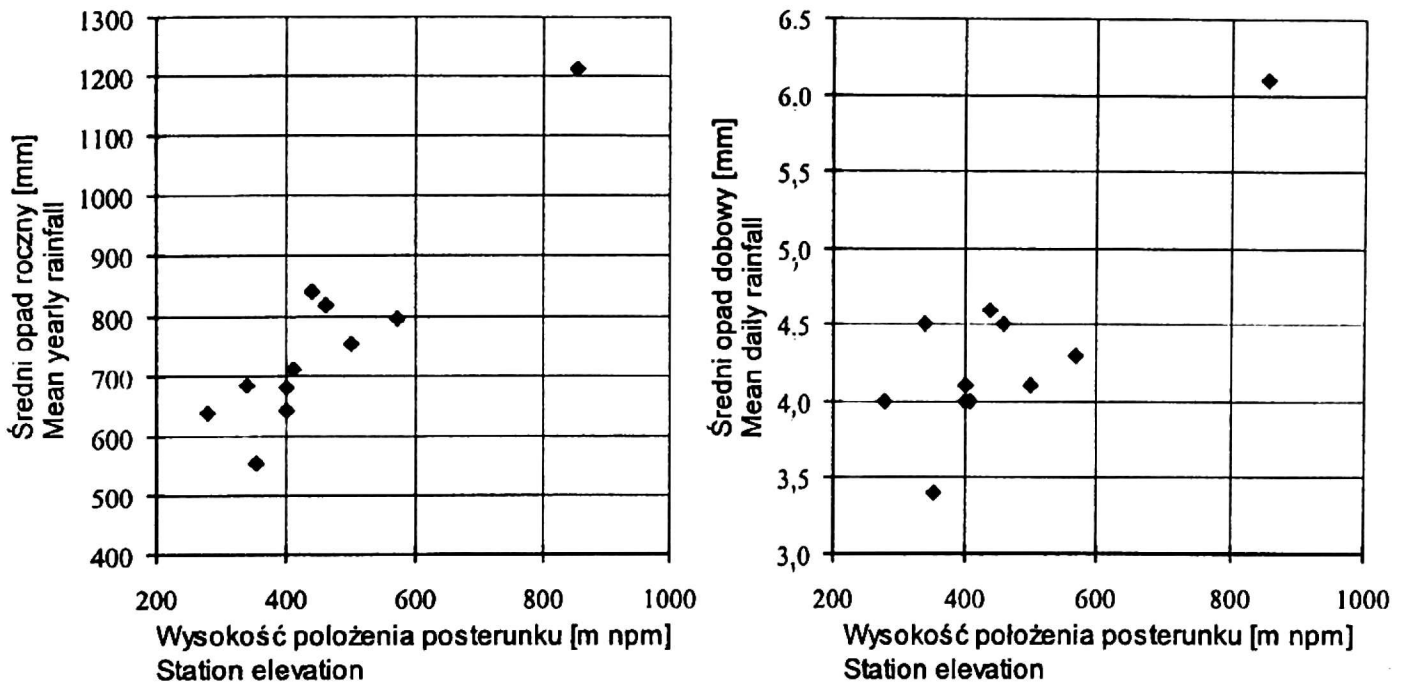
H_{kj} – wysokość położenia posterunku opadowego [m n.p.m.],

F_{kj}^{MW} – współczynnik wagowy dla każdego posterunku danej strefy wysokościowej (dla posterunków z 1 strefy zostały wyznaczone poligony Thiessena, dla posterunków z 2 i 3 strefy średnia arytmetyczna),

k – ilość posterunków opadowych w danej strefie wysokościowej,

j – ilość stref wysokościowych.

W tabeli 4 zostały przedstawione wyżej wymienione wartości.



Rys. 4. Zależność średniego opadu od wysokości położenia posterunku
 Fig. 4. The relationship between mean rainfall and station elevation

Następnie średnia dzienna wartość opadu N_j^{MW} została przyporządkowana do odpowiedniej średniej wysokości położenia stacji opadowych H_j^{MW} . Połączenie tych punktów utworzy zależności opisujące związek między średnim opadem a wysokością położenia (rys. 5).

- Obliczenie dziennego opadu na średniej wysokości każdej strefy wysokościowej dla każdej stacji:

$$N_{ij}^{ZOM} = W_{ij} \cdot N_i \quad (3)$$

N_{ij}^{ZOM} – opad dla danej stacji na średniej wysokości każdej strefy [mm/d],

N_i – dzienna suma opadów danej stacji [mm/d],

W_{ij} – współczynnik korekcyjny dla każdej stacji i każdej strefy $W_{ij} = f(H_j + -H_i)$, obliczany z równań gradientów, dla różnic między wysokością położenia stacji i średnimi wysokościami stref – warto-

ści współczynnika korekcyjnego zawiera tabela 5),

- i – ilość posterunków opadowych.
- Obliczenie średniego opadu dobowego dla każdej strefy:

$$N_j = \sum_{ij} F_{ij} \cdot N_{ij}^{ZOM} \quad (4)$$

lub

$$N_j = \sum_{ij} G_{ij} \cdot N_i \quad (5)$$

N_j – średni dobowy opad strefowy [mm/d],

F_{ij} – współczynniki dla każdej stacji i każdej strefy,

G_{ij} – współczynnik wagowy

$$G_{ij} = W_{ij} \cdot F_{ij}$$

Współczynnik wagowy G_{ij} to takie wartości, które pomnożone przez warto-

TABELA 3. Wielkości charakterystyczne wybranych posterunków opadowych
 TABLE 3. Characteristical values for selected rainfall stations

Nr	Nazwa posterunku Name of station	Skrót	Zlewnia Catchment	Wysokość Altit.		Wsp. geogr. Geo. coordin.		Opad [mm] Rainfall [mm]		
				S	Z	λ	φ	Średni Mean [doba] [daily]	Średni Mean [rok] [yearly]	Max Max [doba] [daily]
1	Bardo Śląskie	BAR	Nysa Kł.	280		16°45'	50°31'	4,0	638	90,2
2	Duszniki-Zdrój	DUS	Nysa Kł.	570		16°23'	50°25'	4,3	796	80,6
3	Kłodzko	KLO	Nysa Kł.	355		16°37'	50°26'	3,4	551	73,6
4	Lądek-Zdrój	LAD	Nysa Kł.	461		16°53'	50°21'	4,5	816	102,2
5	Międzylesie	MIE	Nysa Kł.	440		16°40'	50°08'	4,6	839	68,2
6	Mieroszów	MIR	Ścinawka	500		16°12'	50°40'	4,1	753	169,3
7	Nowa Ruda	RUD	Ścinawka	400		16°31'	50°35'	4,1	640	90,8
8	Ołdrzychowice	OLD	Nysa Kł.	340		16°44'	50°22'	4,5	684	75,0
9	Polanica-Zdrój	POL	Nysa Kł.	400		16°30'	50°24'	4,0	681	74,1
10	Srebrna Góra*	SRE	Nysa Kł.	410		16°40'	50°35'	4,0	708	95,0
11	Zieloniec	ZIE	Nysa Kł.	855	3	16°24'	50°20'	6,1	1211	93,0

*posterunek poza zlewnią – station out of watershed

TABELA 4. Podstawowe dane do wyznaczenia gradientów
 TABLE 4. Basic data for gradient determination

Strefa Zone	N_j^{MW}	H_j^{MW}	F_{ij}^{MW}
1	4,07	372,8	0,05; 0,22; 0,09; 0,24; 0,25; 0,14; 0,01
2	4,03	510,3	0,33; 0,33; 0,33
3	6,10	855,0	1,0

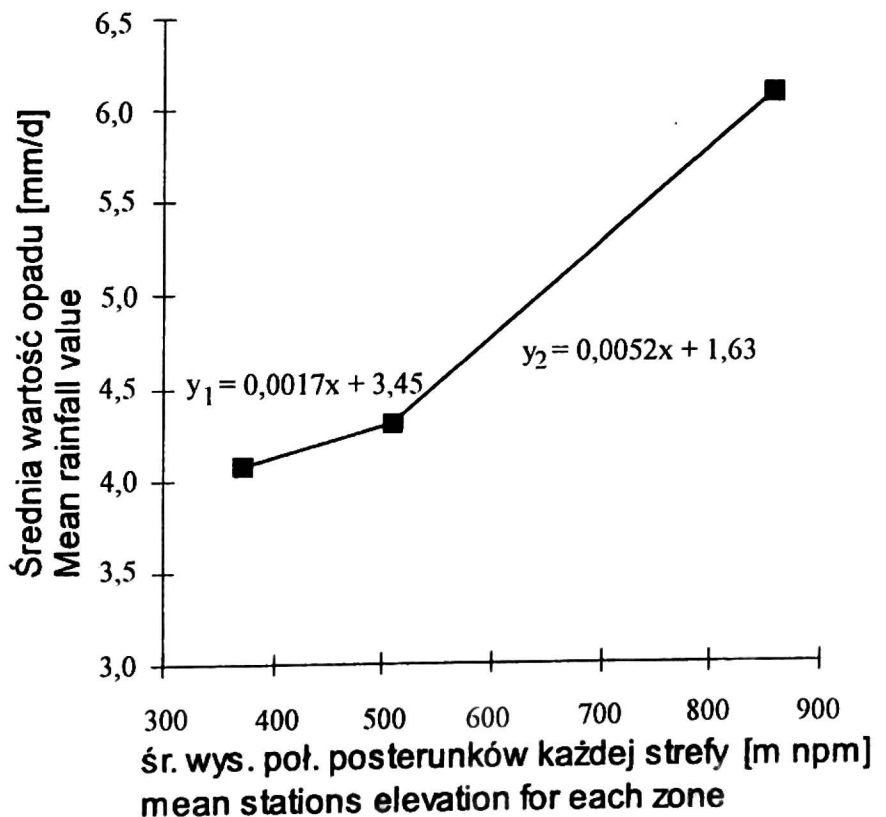
ści opadów pomierzone na stacjach dają średnie opady strefowe (tab. 5).

Opad w zlewni Nysy wykazuje dodatni gradient hipsometryczny, przy czym w zależności od wysokości jest on różny i tak do wysokości 510 [m n.p.m.] wynosi 0,62 [mm/1m], a powyżej 1,9 [mm/1m]. Ponieważ stacje najczęściej położone są w obszarze doliny do obliczenia średniego opadu strefowego wykorzystano gradient hipsometryczny. W ten sposób obliczone opady strefowe posłużą jako dane wejściowe do modelu „ENNS”.

Łatwo można zauważyć, że wartości przedstawionych w tabeli 5 współczynników W_{i1} i W_{i2} oscylują w granicach 1, to oznacza, że obliczony średni opad strefowy dla obu stref niewiele się różni od obliczonego opadu tradycyjną metodą poligonów Thiessena. Jednak dla 3 strefy wysokościowej różnica ta jest już dość dobrze widoczna i z tym związany średni opad strefowy jest ok. 30% większy, niż miałyby to miejsce przy metodzie tradycyjnej.

Średnia temperatura dla poszczególnych stref

Temperatura jest decydującym czynnikiem dla topnienia śniegu, przy czym należy również tu uwzględnić pionowy gradient temperatury. Ponieważ w badanej zlewni Nysy Kłodzkiej znajdują się tylko 3 stacje, w których dokonywany jest pomiar temperatury (rys. 3), zdecy-



Rys. 5. Zależność średniego opadu od wysokości położenia posterunku
 Fig. 5. The relationship between daily mean rainfall and average station elevation for each zone

TABELA 5. Charakterystyczne współczynniki do obliczenia średniego opadu strefowego
 TABLE 5. Characteristical coefficients for determination of average zonal rainfall

Nazwa Name	Wys. Altit.	N^{ZOM} [mm/T]	W_{ij}			F_{ij}			G_{ij}		
			W_{i1}	W_{i2}	W_{i3}	F_{i1}	F_{i2}	F_{i3}	G_{i1}	G_{i2}	G_{i3}
Strefa 1	380	4,10	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–
Strefa 2	533	4,40	–	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00	–
Strefa 3	784	5,70	–	–	1,00	–	–	1,00	–	–	1,00
BAR	280	3,93	1,04	1,12	1,45	0,05	0,03	0,0	0,052	0,034	0,0
DUS	570	4,59	0,89	0,96	1,24	0,05	0,09	0,07	0,045	0,086	0,087
KLO	355	4,05	1,01	1,09	1,41	0,22	0,01	0,0	0,222	0,011	0,0
LAD	461	4,23	0,97	1,04	1,35	0,02	0,14	0,37	0,019	0,146	0,500
MIE	440	4,20	0,98	1,05	1,36	0,09	0,15	0,16	0,088	0,158	0,218
MIR	500	4,30	0,95	1,02	1,33	0,04	0,15	0,08	0,038	0,153	0,106
RUD	400	4,13	0,99	1,07	1,38	0,17	0,19	0,08	0,168	0,203	0,110
OLD	340	4,03	1,02	1,09	1,42	0,23	0,12	0,03	0,235	0,131	0,043
POL	400	4,13	0,99	1,07	1,38	0,12	0,06	0,06	0,119	0,064	0,083
SRE	410	4,15	0,99	1,06	1,37	0,01	0,04	0,02	0,010	0,042	0,027
ZIE	855	6,10	0,67	0,72	0,93	0,0	0,02	0,13	0,0	0,014	0,121

N^{ZOM} – obliczony średni opad z równań gradientowych dla wysokości, położenia stref i posterunków

dowano się na włączenie do obliczeń dodatkowej stacji Szczawno-Zdrój położonej w pobliżu północnej granicy zlewni. W tabeli 6 przedstawiono charakterystyczne dane dla stacji, na których mierzono temperaturę.

Ponieważ stacje pomiaru temperatury położone są tylko w 1 i 2 strefie wysokościowej, średnia temperatura dla 3 strefy musi być ekstrapolowana z pionowego gradientu temperatury. W przeciwieństwie do opadu, temperatura jest wielkością ciągłą w czasie, jak i w przestrzeni, dlatego też nie jest wyznaczany stały gradient z wartości średnich, jak to miało miejsce w przypadku opadu, lecz będzie on obliczany dla każdego dnia.

Algorytm obliczania średniej temperatury strefowej jest następujący:

- obliczenie średniej wartości temperatury ze wszystkich stacji danej strefy

wysokościowej, następnie wartości tej zostanie przyporządkowana odpowiednia średnia wysokość położenia wszystkich stacji danej strefy, połączenie tych wartości linią prostą utworzy zależność między temperaturą a wysokością położenia – gradient temperatury,

- obliczenie średniej temperatury strefowej dla średniej wysokości każdej strefy ($Tz1, Tz2, Tz3$) z równania gradientu.

Przykład

Obliczyć średni gradient temperatury i średnie roczne temperatury strefowe na podstawie średnich rocznych temperatur z poszczególnych stacji (dane do przykładu zawiera tabela 6)

- $S_1 = (7,3 + 7,3)/2 = 7,3$
 $S_2 = (6,1 + 7,1)/2 = 6,6$
 $H_1 = (355 + 420)/2 = 387,5$
 $H_2 = (570 + 461)/2 = 515,5$

TABELA 6. Charakterystyczne wielkości stacji pomiaru temperatury
TABLE 6. Characteristical values for temperature measurement stations

Nr	Nazwa stacji Name of Station	Skr.	Wys. Altit.	Strefa Zone	Wsp. geog. Geo. Coordin.		Temperatura [°C] Temperature [°C]		
					λ	φ	min.	średnia	max.
1	Duszniki-Zdrój	DUS	570	2	16°23'	50°25'	-25,0	6,1	27,2
2	Kłodzko	KLO	355	1	16°37'	50°26'	-24,4	7,3	28,3
3	Lądek-Zdrój	LAD	461	2	16°53'	50°21'	-23,6	7,1	28,4
4	Szczawno-Zdrój*	SZC	420	1	16°15'	50°48'	-23,4	7,3	29,6

*stacja poza zlewnią – station out of watershed

- $y = -0,0055x + 9,4$
Średni gradient temperatury wynosi 0,55 [°C/100m],

- średnie roczne temperatury strefowe zawiera tabela 7.

Ponieważ średnia temperatura dla 3 strefy wysokościowej obliczana jest z temperatur pomierzonych na stacjach położonych w niższych strefach, szczególne sytuacje temperaturowe w zlewni nie mogą być przez model uwzględnione, co może prowadzić szczególnie w procesie topnienia śniegu do poważnych błędów.

TABELA 7. Średnie temperatury strefowe
TABLE 7. Mean temperatures for elevation zones

Strefa Zone	Wys. [m n.p.m.] Altitude	Tz [°C]
1	380	7,3
2	533	6,5
3	784	5,1

Średnia strefowa wysokość pokrywy śnieżnej

Zalegający na obszarze zlewni śnieg można przedstawić koncepcyjnie jako zbiornik magazynujący wodę, dlatego też musi on zostać uwzględniony w pro-

cesie modelowania opad-odpływ w postaci dodatkowego modułu opisującego proces topnienia śniegu. Napełnianie zbiornika, a więc przyrost pokrywy śnieżnej lub jej gęstości odbywa przez opad śniegu lub deszczu na zalegający śnieg.

Podobnie jak przy obliczaniu średniego strefowego opadu, tak i przy średniej strefowej wysokości pokrywy śnieżnej należy uwzględnić gradient wysokości położenia.

Średnia strefowa wysokość opadu obliczana jest w następujący sposób:

- dla 1 i 2 strefy wysokościowej

$$S_j = \sum_{kj} F_{kj} \cdot S_{kj} \quad (6)$$

gdzie:

S_j – średnia strefowa wysokość pokrywy śnieżnej [cm],

S_{kj} – wysokość pokrywy śnieżnej na posterunkach danej strefy [cm],

F_{kj} – współczynnik wagowy dla każdej stacji danej strefy wysokościowej (dla stacji z 1 strefy zostały wyznaczone poligony Thiessena, dla stacji z 2 i 3 strefy średnia arytmetyczna – tab. 4),

k – ilość stacji danej strefy wysokościowej,

j – ilość stref wysokościowych.

- dla 3 strefy wysokościowej

Jedyna stacja znajdująca się w 3 strefie wysokościowej leży znacznie powyżej średniej wysokości tej strefy, z tego powodu należy wyznaczyć współczynnik korekcyjny przez który pomnożone wartości pomierzone na stacji Zieleniec dadzą średnią wysokość pokrywy śnieżnej na średniej wysokości 3 strefy.

Współczynnik korekcyjny W obliczony został na podstawie gradientu wyznaczonego pomiędzy stacjami Zieleniec i Duszniki (dwie stacje leżące blisko siebie ale na różnych wysokościach i w różnych strefach).

$$S_3 = W \cdot S \quad (7)$$

gdzie:

S_3 – średnia wysokość pokrywy śnieżnej dla 3 strefy [cm],

S – wysokość pokrywy śnieżnej dla stacji Zieleniec [cm],

W – współczynnik korekcyjny równy 0,95

Podsumowanie i wnioski

Do obliczenia średnich strefowych danych wejściowych (opad, temperatura, wysokość pokrywy śnieżnej) do modelu opad-odpływ *ENNS* została zastosowana deterministyczna metoda interpolacji poligonów Thiessena. Przy czym uwzględniono wpływ wysokości położenia poprzez podział zlewni na 3 strefy wysokościowe, dla których następnie obliczono współczynniki Thiessena, dla każdej stacji na skutek czego zlewnia została po-

dzielona na 33 obszary jednorodne meteorologicznie (homogeneous meteorologic response units). Co pozwoliło na znacznie lepsze uwzględnienie lokalnych właściwości interpolowanych wielkości w stosunku do tradycyjnej metody poligonów Thiessena, w której otrzymano by tylko 11 obszarów jednorodnych meteorologicznie prawdopodobnie z wyraźnie zaniżonym opadem i zawyżoną temperaturą na skutek niekorzystnego przestrzennego rozkładu stacji pomiarowych (większość w obszarze dolinowym).

Alternatywną metodą do wyżej przedstawionej jest zastosowanie interpolacji stochastycznej np. „*Co-Kriging*”, która pozwala uwzględnić lokalne właściwości interpolowanych wielkości przez tak zwany „semi-wariogram” oraz ewentualne występowanie błędu pomiaru (Directional & Nugget Effect). Wadą tej metody jest jednak duża pracochłonność przy wykonaniu obliczeń oraz trudności w prawidłowym wyznaczeniu semi-wariogramu dla tak małej liczby stacji pomiarowych.

Literatura

- BYCZKOWSKI A. 1996: *Hydrologia*, Tom II, Wydaw. SGGW, Warszawa.
- KĘDZIORA A. 1995: *Podstawy agrometeorologii*. PWRiL, Poznań.
- LECHER K., BRETSCHEIDER H., SCHMIDT M. 1993: *Taschenbuch der Wasserwirtschaft*. Paul Parey, 7. Auflage, Hamburg.
- MANIAK U. 1988: *Hydrologie und Wasserwirtschaft*. „Eine Einführung für Ingenieure” Springer-Verlag, 2. Aufgabe, Berlin
- MEIJERINK A., DE BROUWER H., MANNERTS CH., VALENZUELA C. 1994: *Introduction to the use of Geographic Information*

Systems for Practical Hydrology. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), The Netherlands Publication Nr 23.

NACHTNEBEL H.P., LETTL W., BAUMUNG S. 1993: *Abflußprognosemodell für Einzugsgebiet der Enns und der Steyr* (Handbuch), Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Wien.

„<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/README.html>”: GTOPO30 Documentation.

Summary

Estimation of rainfall and temperature mean values for the watershed with diversified elevations by the means of GIS technique. The method for evaluation of input data (rainfall, temperature, snow cover

height) for a conceptual rainfall-runoff model applied for watersheds with change of level is described in this article. Watershed was divided into elevation zones for separate computation of snowmelt and discharge. Average values of meteorological parameters for each zone are required to make computation possible.

Digital elevation model (DEM) was developed for the watershed for elevation zones determination. The Thiessen method was applied for data values interpolation taking into account temperature and rainfall gradients.

Author's address:

A. MUĆKA
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa
ul. Nowoursynowska 166
Poland