

BILANSE WODNE REGIONU GÓRSKIEGO POLSKI POŁUDNIOWEJ

Piotr Prochal

Akademia Rolnicza w Krakowie

WSTĘP

Gwałtowny rozwój gospodarczy kraju po drugiej wojnie światowej spowodował silny rozwój budownictwa wodnego we wszystkich działach gospodarki wodnej. Rozwojowi temu patronuje Rząd PRL. Powołał on kolejno Komitet Gospodarki Wodnej przy Prezydium PAN, a następnie koordynatora wszelkich prac z tego zakresu, Centralny Urząd Gospodarki Wodnej. Obecnie zagadnienia gospodarki wodnej znajdują się w resorcie rolnictwa. Na pierwsze miejsce w pracach powołanych jednostek wysunięto zagadnienie kompleksowości przy rozwiązywaniu problemów z zakresu gospodarki wodnej. W pierwszej fazie rozpatrzono zagadnienia gospodarki wodnej w rolnictwie. Obejmują one olbrzymi program robót melioracyjnych oraz prace związane z ochroną przeciwpowodziową.

W ostatnich latach systematycznie rozwijający się przemysł i intensyfikacja rolnictwa powodują olbrzymi wzrost zapotrzebowania na wodę. W takim układzie gospodarka wodna zmierza obecnie do zagwarantowania dostatecznej ilości, jakościowo dobrej wody, przez zwiększenie retencji naturalnej i sztucznej. Do osiągnięcia zamierzonego celu — poza prawidłowym zagospodarowaniem przestrzennym dorzeczy — potrzebne będą zbiorniki wodne, dające rezerwę powodziową i umożliwiające odpowiednie gospodarowanie zasobami wodnymi.

Największe zasoby wodne znajdują się w terenach górskich. Są to zatem tereny decydujące o gospodarce wodnej naszego kraju. Wysokie opady atmosferyczne przekraczające od 1,5 do 3 razy średni opad w Polsce sprawiają, że ziemie te są rezerwuarem wodnym dla dużej powierzchni naszego kraju. Stosunkowo niewielka powierzchnia, bo wynosząca zaledwie 8% powierzchni kraju dostarcza do naszych rzek ok. 30% zasobów wodnych.

Woda w przeciwieństwie do innych surowców naturalnych, niezmiennych i dających określić się statystycznie jest żywołem dynamicznym,

bardzo trudno uchwytym. Ogólna suma zasobów wodnych może być nawet duża, ale jeżeli występują jaskrawe ekstrema (wezbrania i okresy posuchy), wówczas gospodarka narodowa w całym kraju ponosi wielkie straty. Straty te możemy zmniejszyć przez stopniowe złagodzenie i ograniczenie wezbrań i poprzez podnoszenie niszówek. Jest to naczelne zadanie gospodarki wodnej, którego rozwiązania należy szukać na ziemiach górskich naszego kraju.

Gospodarka wodna terenów Polski południowej powinna zagwarantować odpowiednią ilość wody do nawodnień, dla miast i osiedli, dla żeglugi oraz dla siłowni wodnych. Zwiększenie przepływu normalnego umożliwiłoby otwarcie nowych zakładów przemysłowych.

BILANSE WODNE

Gospodarka wodna zalicza się do dziedzin pierwszoplanowych w gospodarce narodowej. Gospodarowanie wodą wymaga szczególnie dobrze zorganizowanej działalności. Stąd też plany gospodarki wodnej stanowią istotną część planów narodowych. Plany gospodarki wodnej składają się z kilku części. Do najważniejszych zalicza się: bilanse wodne i potrzeby wodne. Z tych dwóch podstawowych części kształtuje się bilans wodno-gospodarczy. Powstaje on ze zbilansowania zasobów wodnych dyspozycyjnych z potrzebami wodnymi. Bilans wodny (regionu) może być dodatni (nadmiar wody) lub ujemny (niedobór wody).

Efektom bilansu wodno-gospodarczego będzie albo rozdysponowanie nadmiaru wody lub określenie sposobu uzupełnienia niedoborów wodnych. Oba te zagadnienia wymagają sprecyzowania zarówno przedziału czasu jak i obszaru, do których są odniesione.

Badania nad bilansami wodnymi zapoczątkował w naszym kraju po roku 1945 prof. K. Dębski [2, 3, 4]. Następnie Komitet Gospodarki Wodnej PAN, prowadzony przez Dębskiego, wyodrębnił 34 regiony hydrograficzne, dla których z dostępnych spostrzeżeń opracowano surowe bilanse wodne [12].

Badania nad bilansami wodnymi ziem górskich południowej części kraju zapoczątkował w roku 1953 prof. K. Figuła. Do badań wybrał on źródłową część potoku Grajcarek w rejonie Jaworek [5, 6, 11, 15]. Od roku 1955 doc. T. Klus prowadził początkowo badania na obszarach zalesionych zlewni górskiego Grajcarek, a następnie od roku 1957 zorganizował i uruchomił nowy punkt badawczy w Beskidzie Sądeckim w zlewni potoku Ochotnica.

W Instytucie Melioracji Rolnych i Leśnych Akademii Rolniczej w Krakowie od roku 1955 prowadzone są badania w zlewni potoku Wierchomla

(Beskid Sądecki), w zlewni potoku Złatna (Beskid Żywiecki) [18] i w zlewni potoku Suszanka (Beskid Wyspowy).

W ostatnich latach tego rodzaju badania podjęto również w Zakładzie Geografii Fizycznej PAN — w źródłowych obszarach Ropy (Beskid Niiski) — w Instytucie Budownictwa Wodnego i Ziarnego AR — w obrębie zlewni potoków: Czarny Potok (w Beskidzie Sądeckim), Kasinka i Mszanka (Beskid Wyspowy), w Instytucie Użytkowania Lasu i Inżynierii Leśnej AR w źródłowych biegach potoków Muszynka i Kamienica Nawojowska (Beskid Sądecki).

Równolegle z badaniami bilansów wodnych zlewni potoków górskich Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w oparciu o spostrzeżenia hydrometryczne z ostatnich lat opracowuje bilanse wodne poszczególnych rzek górskich [16, 17].

Dotychczasowe wyniki badań pozwalają na dostatecznie dobre rozpoznanie reżimu wodnego ziem górskich Polski południowej i opracowanie wytycznych dla pełnego wykorzystania zasobów wodnych tych terenów.

BILANSE WODNE REGIONÓW HYDROGRAFICZNYCH ZIEM GÓRSKICH POLSKI POŁUDNIOWEJ

Obszar ziem górskich Polski południowej pokrywa się powierzchniowo z pięcioma regionami hydrograficznymi, a mianowicie, z regionem I obejmującym źródłowy obszar Wisły oraz jej dalszy bieg aż do ujścia Sanu, oraz regionami III, IV, V i VI obejmującymi dorzecza rzek karpackich: Soły, Skawy, Dunajca, Wisłoki i Sanu [12].

Woda zasilająca ziemie górskie Polski południowej pochodzi głównie z opadów atmosferycznych. Część jednak wody zasilającej przepływa na obszar ziem górskich korytami rzek z przyległych obszarów, tj. z Czechosłowacji (Poprad) i z Ukrainy (dopływy prawobrzeżne Sanu).

Bilans wodny regionów hydrograficznych ziem górskich Polski południowej wg Komitetu Gospodarki Wodnej PAN przedstawia tabela 1. Ilość wody pochodzącej z opadów atmosferycznych spadających w ciągu roku na ten obszar wynosi 21,18 mld m³, co odpowiada wskaźnikowi opadu normalnego: 820,1 mm. Średni roczny dopływ z zagranicy ze zlewni o łącznej powierzchni 3248 km² wynosi 0,99 mld m³. Całkowita zatem ilość wody zasilającej ziemie górskie Polski południowej wynosi 22,17 mld m³.

Opady mierzone w poszczególnych regionach ziem górskich są silnie zróżnicowane. Wynoszą one: w Tatrach 800-1800 mm, na Podhalu 700-1300 mm, w Beskidach Wschodnich 700-1200 mm, w Beskidach Zachodnich 700-1300 mm, na Pogórzu Karpackim 700-1000 mm i w Kotlinie Sandomierskiej 600-800.

Tabela 1

Bilans wodny regionów hydrograficznych terenów górskich Polski południowej w okresie rocznym (wg Komitetu Gospodarki Wodnej PAN)

Region hydrograficzny	Powierzchnia regionu w km ²		Opad			Odpływ			Straty	
	mm	w 10 ⁶ m ³	mm	w 10 ⁶ m ³	mm	w 10 ⁶ m ³	% opadu	mm	w 10 ⁶ m ³	% opadu
I Wisła Górna	1779	1573,3	884,4	395,6	703,7	44,7	488,8	669,6	55,3	
III Sola, Skawa, Raba	4520	4056,7	897,5	437,5	1977,5	48,7	460,0	2079,2	51,3	
IV Dunajec	5650	4690,6	830,2	360,2	2035,1	43,5	470,0	2655,5	56,6	
V Wisłoka	3555	2784,3	783,2	321,0	1141,2	41,0	462,2	1643,1	59,0	
VI San	14530	10515,4	723,7	277,9	4037,9	38,4	445,8	6477,5	61,6	
Razem	30034	23620,3	786,4	329,5	9895,4	41,9	456,9	13724,9	58,1	
Dorzecza górskie	25824	21180,0	820,1	347,1	8963,6	42,3	473,0	12216,4	57,7	

Ilość wody zasilającej ziemie górskie Polski południowej zmienia się corocznie [13]. W latach posuchy roczne sumy opadów są mniejsze od opadów normalnych — raz na 10 lat o 17-22⁰%, raz na 20 lat o 23-30⁰%, a raz na 100 lat o 19-31⁰%. W roku mokrym zasilanie może osiągnąć 26 mld m³ wody.

Podział rocznej sumy opadów na poszczególne miesiące pozostaje pod wpływem klimatu górskiego. W półroczu zimowym spada 34⁰% opadów, w tym 20⁰% w postaci śniegu.

Ziemie górskie Polski południowej w całości leżą w dorzeczu Wisły. Toteż Wisłą odpływa cała masa wody do morza Bałtyckiego. Roczna normalna masa odpływu wynosi 8,96 mld m³, co stanowi warstwę 347,1 mm. Największe odpływy mają rzeki regionu III, następnie regionu I, IV, V i VI.

Wielkość odpływu zależy od ilości opadów oraz od pory roku, od temperatury powietrza, od stanu powierzchni ziemi i od różnych innych czynników. Z tych powodów zmienność odpływu w różnych latach i okresach jest znacznie większa aniżeli zmienność opadów [13]. W latach suchych odpływy mogą spadać od 38 do 84⁰% poniżej normalnej ilości rocznej, a zatem raz na 100 lat odpływ z tego obszaru może wynieść od 4,6 do 1,5 mld m³. Natomiast w latach mokrych odpływy mogą być większe od 31 do 126⁰% od normalnego rocznego odpływu. Wyniesie to od 11,5 do 19,9 mld m³ wody.

W półroczu zimowym rzeki ziem górskich Polski południowej odprowadzają 46⁰%, zaś w półroczu letnim 54⁰% masy rocznej. W okresie roztopów w marcu i kwietniu odpływa ok. 20⁰% masy rocznej wody.

BILANS WODNY RZEK GORSKICH

Elementy bilansu wodnego rzek górskich wykazują pewne zróżnicowanie. Generalnie można powiedzieć, że idąc od zachodu ku wschodowi ziem górskich Polski południowej opad normalny spada o 275 mm, a odpływ normalny o 250 mm. Najmniejszy spadek wykazuje parowanie terenowe (straty), bo tylko ponad 30 mm. Wyjątek w tym względzie stanowi dorzecze górnej Wisły, które zajmuje trzecią pozycję po dorzeczach Soły i Skawy. Największy opad i odpływ notowany jest w dorzeczu Soły (0,52), a najmniejszy w dorzeczu Sanu (0,38).

W półroczu letnim elementy bilansu wodnego zachowują się podobnie, tzn. maleją z zachodu na wschód. Normalny opad w półroczu letnim wynosi od 64,6 do 66,3 opadu rocznego. Normalny odpływ w półroczu letnim waha się od 52,1 do 40,1⁰% odpływu rocznego. Parowanie terenowe (straty) natomiast wykazuje wahania od 84,5 do 76,9⁰% strat rocznych. Zestawienie bilansu wodnego rzek górskich przedstawia tabela 2. Z tabeli tej wynika jasno, że w półroczu letnim opad i parowanie tere-

Tabela 2

Bilans wodny rzek górskich w okresie 1921-1937

Region	Rzeka	Powierzchnia dorzecza w km ²	Opad		Odpływ mm	Straty mm	Współczyn- nik odpływu
			mm	%			
Bilans wodny rzek górskich w okresie rocznym							
Ia	Wisła Górna	1779	884,4	—	395,6	488,8	0,447
IIIa	Soła	1388	998,0	—	520,0	478,0	0,520
IIIb	Skawa	1151	890,0	—	429,4	460,6	0,480
IIIc	Raba	1463	834,0	—	385,6	448,4	0,460
IVa	Dunajec	6678	830,2	—	360,2	470,0	0,435
Va	Wisłoka	3477	783,2	—	321,0	462,2	0,410
VIa	San	9888	779,7	—	299,2	480,5	0,384
Bilans wodny rzek górskich w półroczu letnim							
Ia	Wisła Górna	1779	574,5	65,0	186,1	388,4	0,324
IIIa	Soła	1388	645,0	64,6	271,0	374,0	0,420
IIIb	Skawa	1151	575,0	64,6	220,7	354,3	0,384
IIIc	Raba	1463	547,8	65,7	195,5	352,3	0,356
IVa	Dunajec	6678	547,8	66,0	169,8	378,0	0,310
Va	Wisłoka	3477	519,2	66,3	128,7	390,5	0,248
VIa	San	9888	506,3	64,9	125,9	308,4	0,249

nowe są znacznie wyższe, natomiast odpływy w zlewniach zachodnich rzek górskich są zrównoważone, a we wschodnich — niższe.

Badając bilans rzeki górskiej zwrócono uwagę na istotne różnice zachodzące pomiędzy elementami bilansu całego dorzecza a jej górnej zlewni. Przykładem takich rozważań były zlewnie rzek górskich Soły, Raby i Dunajca (tab. 3 do 8). Jak wynika z tych tabel, w górnych częściach zlewni mamy większe opady i odpływy, a jedynie parowanie terenowe wykazuje tendencję zniżkową. Natomiast w całym dorzeczu opady i odpływy są niższe, a parowanie terenowe wydaje się być zrównoważone lub znacznie wyższe (Dunajec). Także wyższy jest współczynnik odpływu w górnych częściach zlewni. Wyjątek w tym względzie stanowi dorzecze

Tabela 3

Bilans wodny rzeki Dunajec w okresie 1920-1934

Dorzecze	Powierzchnia zlewni w km ²	Opad mm	Odpływ mm	Straty mm	Współczyn- nik odpływu
Górne	1135	1092,2	725,7	365,0	0,664
Całkowite	6678	830,2	360,2	470,0	0,435

Tabela 4

Bilans wodny dorzecza górnego Dunajca (po Czorsztyn — powierzchnia zlewni 1135 km²) w przedziałach miesięcznych za okres 1929/1930-1933/34 wg Figuły [6]

Miesiące	Opad	Odływ	Straty
XI	68,0	65,0	8,7
XII	45,6	39,0	6,3
I	35,9	12,4	5,0
II	53,7	12,9	3,3
III	64,3	52,3	7,0
IV	59,0	76,9	16,3
V	76,9	74,9	36,3
VI	118,2	62,1	62,1
VII	198,4	123,7	78,9
VIII	159,9	82,9	56,3
IX	145,0	103,0	37,3
X	104,2	71,1	32,7
Rok	1129,1	776,2	350,2

Tabela 5

Bilans wodny rzeki Raby w okresie od 1951 do 1965

Dorzecze	Powierzchnia zlewni w km ²	Opad mm	Odływ mm	Straty mm	Współczynnik odpływu
Górne	642,0	916	406	513	0,44
Całkowite	1467,0	852	352	501	0,41

Tabela 6

Bilans wodny górnego dorzecza Raby (po Stróža powierzchnia 642 km²) w przedziałach miesięcznych za okres od 1951 do 1965 wg Punzeta [16]

Miesiące	Opad	Odływ	Straty
XI	61	23	38
XII	51	23	28
I	48	18	30
II	49	20	29
III	53	48	5
IV	67	69	-2
V	94	41	53
VI	140	48	92
VII	139	48	91
VIII	101	33	68
IX	65	16	49
X	51	19	32
Rok	919	406	513

Tabela 7

Bilans wodny rzeki Soły w okresie 1951-1965

Dorzecze	Powierzchnia zlewni w km ²	Opad mm	Odływ mm	Straty mm	Współczyn- nik odływu
Górne	780,00	1130	569	561	0,50
Całkowite	1371,00	1049	520	529	0,50

Tabela 8

Bilans wodny górnego dorzecza Soły (po Żywiec powierzchnia zlewni 780,00 km²) w przedziałach miesięcznych za okres od 1956 do 1965 wg Punzeta [16]

Miesiące	Opad	Odływ	Straty
XI	72	28	44
XII	66	32	34
I	53	19	34
II	64	21	43
III	65	62	3
IV	76	92	-16
V	114	56	58
VI	177	72	105
VII	179	98	81
VIII	116	33	83
IX	82	25	57
X	66	31	35
Rok	1130	569	561

Soły. Minimum opadów i odływów wypada w miesiącu styczniu, a minimum parowania terenowego w miesiącach lutym i marcu. Maksyma natomiast wymienionych elementów bilansu wodnego pojawiają się w czerwcu i lipcu.

W półroczu letnim w górnych częściach zlewni wymienionych rzek spada 64-71% opadu rocznego, spływa 51-67% odływu rocznego, a straty poprzez parowanie terenowe sięgają 75-87% strat rocznych. Te rozbieżności są wynikiem zróżnicowania fizjograficznego rozpatrywanych dorzeczy rzek górskich.

Ogólnie można powiedzieć, że wartości poszczególne w półroczu letnim są wyższe w górnej części zlewni w porównaniu z wartościami dla całego dorzecza.

BILANSE WODNE POTOKÓW GÓRSKICH

Badania bilansów wodnych zlewni potoków górskich mają w końcowym etapie umożliwić opracowanie optymalnego modelu zagospodarowania przestrzennego zlewni górskiej. Model taki powinien zagwarantować możliwie najwyższą produkcję rolniczo-leśną z jednostki powierzchni przy właściwym wykorzystaniu (ochronnym) naturalnych zasobów i wyeliminowaniu obecnych błędów w gospodarce wodnej ziem górskich.

Badania wymagały dokładnego poznania wszystkich czynników fizjograficznych badanych zlewni. Wśród tych czynników niezmiernie ważne było określenie dynamiki składników bilansu wodnego: opadu, odpływu, parowania terenowego i retencji.

Jednym z podstawowych kierunków badań było ustalenie właściwości hydrologicznych głównych sposobów użytkowania ziemi: lasu, użytku zielonego i gruntu ornego. Wymagało tego planowanie zagospodarowania ziem górskich.

Normalne opady w zlewniach potoków górskich są wysokie. Najniższa notowana wartość wynosi 818 mm, a najwyższa sięga 1095 mm (tabela 9). W rozkładzie opadów widoczna jest przewaga deszczów letnich. W miesiącach VI, VII i VIII spada znaczna część opadu rocznego. W tej porze roku zdarzają się wszystkie większe okresy opadowe i najwyższe opady. Drugą cechą stosunków opadowych jest stosunkowo sucha jesień; najwyższe opady występują w lipcu, a najniższe w lutym i marcu (tabela 10, 11).

Z badań nad opadami wynika, że ilość opadów zależna jest od nawodnienia terenu (regionu hydrograficznego), położenia nad poziom morza i lesistości. Rozkład przestrzenny opadów jest niekiedy modulowany cieniem opadowym. Wyżej wymienione zjawiska są charakterystyczne dla stosunków opadowych w zlewniach potoków górskich.

Odpływy normalne w zlewniach potoków górskich są prawie w prostej liniowej zależności od wskaźnika opadów. Czynnikiem modulującym te zależności jest stopień lesistości.

Normalny odpływ ze zlewni doświadczalnych potoków górskich waha się od 398 do 819 mm. Przyczyną tych dużych różnic jest niewątpliwie odmienna zdolność retencyjna poszczególnych zlewni (tabela 10, 11). W cyklu rocznym wyraźnie występują dwa okresy zwiększonych odpływów, w marcu i w lipcu. Trzeci okres pojawia się niekiedy w grudniu. W zależności od wielkości hydrologicznego wskaźnika rozwinięcia lesistości wezbrania przebiegają gwałtowniej lub łagodniej. Wezbrania na zlewni słabo zalesionej trwają krócej i mają gwałtowniejszy charakter, wezbrania na zlewni zalesionej przebiegają łagodniej i trwają dłużej. Najjaskrawiej uwidacznia się to w czasie wezbrań roztopowych. Najniż-

Tabela 9

Bilans wodny niektórych potoków górskich w Karpatach Zachodnich

Zlewnia potoku	Powierzchnia zlewni km ²	Średnie wzniesienie npm m	Stopień lesistości %	Opad mm	Odływ mm	Straty mm	Współczynnik odpływu
Czarna Woda	11,655	895	63	982	475	506	0,48
Biała Woda	10,919	842	21	879	544	425	0,52
Jaszczce	5,230	1007	83	1028	458	570	0,45
Jamne	6,830	926	41	834	464	371	0,56
Radziejowa	4,966	992	88	1027	547	480	0,53
Kotelniczy	2,336	920	75	1025	458	567	0,45
Skalski	3,232	774	21	834	398	436	0,48
Kaniowski	3,210	783	13	818	442	376	0,54
Jakubowski	2,260	742	46	1095,1	714,1	381,0	0,65
Głęboki	1,814	735	61	1090,0	819,5	270,5	0,75
Kubieszówka	0,672	709	40	1090,6	773,3	317,3	0,70

sze wartości odpływów występują w styczniu i lutym. Drugi okres posuszy występuje we wrześniu, niekiedy przeciąga się na następne miesiące: październik, listopad i grudzień. Zalesienie zlewni wydatnie wpływa na podwyższenie stanów i przepływów niskich i na łagodniejszy przebieg krzywych wysychania.

Straty (parowanie terenowe) najsilniej związane są z okresem wegetacyjnym roślin i z wyczerpywaniem się zapasu wilgoci glebowej. Stąd też największe straty przypadają na czerwiec, lipiec i sierpień. Odwrotnie najmniejsze straty przypadają na miesiące zimowe — grudzień, styczeń i luty. Rozpiętość strat w roku normalnym jest także duża np. 271 do 570 mm.

Retencja gleb górskich jest bardzo różna. Wartość jej zależy przede wszystkim od stosunków edaficznych. W badaniach licznych autorów retencja wahała się od 10 do 260 mm. Różnica zapasu wilgoci w glebie na początku i końcu okresu obserwacji jest znikoma. Według Figuły, dla 15-letniego cyklu obserwacji była ujemna i wynosiła od 0,2 do 1,4 mm [7], a według Urbanowicza dla 5-letniego cyklu obserwacji była dodatnia i wahała się od 2,0 do 10,1 mm [18].

Te zbliżone do zera różnice zezwalają w naszych warunkach do uproszczenia równania bilansowego Pencka — Oppokowa, a mianowicie z

$$Z + P = H + S + R \quad \text{do} \quad P = H - S,$$

Tabela 10

Bilans wodny potoków Biała Woda i Czarna Woda w przedziałach miesięcznych w mm za okres 1956/57-1960/61 wg Figuły [6]

Charakterystyka potoku	Miesiące	Opad	Odływ	Straty (opad — odływ)
Biała Woda F = 10,919 km ² Stopień lesistości 21% Średnie wzniesienie 842 m	XI	43,37	20,50	22,87
	XII	44,12	26,94	17,18
	I	35,78	17,47	18,31
	II	28,38	25,28	3,10
	III	37,68	72,57	-24,89
	IV	59,78	49,55	10,23
	V	76,04	34,67	41,37
	VI	173,56	52,71	120,85
	VII	177,17	72,23	104,94
	VIII	108,08	38,34	69,74
	IX	49,76	23,96	25,80
	X	45,47	20,17	25,30
Rok		879,17	454,39	424,79
Czarna Woda F = 11,655 km ² Stopień lesistości 63% Średnie wzniesienie 895 m	XI	54,20	22,83	31,56
	XII	53,63	26,63	27,00
	I	48,84	20,57	28,27
	II	37,48	24,61	12,86
	III	45,76	50,80	-5,05
	IV	70,69	46,99	23,69
	V	85,97	43,83	42,14
	VI	173,85	61,33	112,52
	VII	184,96	74,15	110,81
	VIII	121,45	49,00	72,45
	IX	51,88	30,47	21,41
	X	47,46	24,05	23,04
Rok		981,75	475,28	506,47

gdzie:

- Z — zapas retencji na początku okresu,
P — opad,
H — odpływ,
S — straty,
R — pozostałość retencji na końcu okresu.

Tego rodzaju uproszczenie stosuje się w tak zwanych surowych bilansach wodnych, które są przedstawione w tabelach od 1 do 11.

Tabela 11

Bilans wodny potoków: Jakubowski, Głęboki i Kubieszówka w mm w przedziałach miesięcznych za okres 1971/72-1974/75

Charakterystyka potoku	Miesiące	Opad	Odplyw	Straty opad — odplyw
Jakubowski	XI	74,4	38,1	36,3
Powierzchnie zlewni 2,260 km ²	XII	93,2	98,6	—5,4
Stopień lesistości 46%	I	77,0	44,9	32,1
Wzniesienie npm 742 m	II	57,6	43,3	14,3
	III	40,5	53,9	—13,4
	IV	85,4	69,1	16,3
	V	82,1	40,1	42,0
	VI	107,2	73,1	34,1
	VII	179,1	76,6	102,5
	VIII	116,6	82,7	34,0
	IX	79,8	24,7	55,1
	X	102,1	69,0	33,1
Rok		1095,1	714,1	381,0
Głęboki	XI	74,1	42,5	31,6
Powierzchnia zlewni 1,864 km ²	XII	92,0	97,8	—5,8
Stopień lesistości 61%	I	68,6	59,8	8,8
Wzniesienie npm 735 m	II	45,6	43,6	2,0
	III	38,2	50,9	—12,7
	IV	84,2	85,7	—1,5
	V	90,4	46,8	43,6
	VI	123,3	87,2	36,1
	VII	167,8	95,6	72,2
	VIII	128,7	88,0	40,7
	IX	81,1	30,2	50,9
	X	96,0	91,4	4,6
Rok		1090,0	819,5	270,5
Kubieszówka	XI	74,1	45,6	28,5
Powierzchnia zlewni 0,672 km ²	XII	92,0	101,7	—9,7
Stopień lesistości 40%	I	68,6	58,6	10,0
Wzniesienie npm 735 m	II	45,6	27,9	17,7
	III	38,2	50,7	—12,5
	IV	84,1	74,4	9,7
	V	90,4	42,0	48,4
	VI	123,3	77,9	45,4
	VII	157,8	91,2	76,6
	VIII	128,7	80,6	48,1
	IX	81,1	43,6	37,3
	X	96,7	78,9	17,8
Rok		1090,6	773,3	317,3

BILANS WODNY TERENÓW GÓRSKICH NA TLE BILANSU WODNEGO KRAJU

Bilans wodny ziem górskich Polski południowej wg równania Pencka na tle bilansu wodnego Polski przedstawia się następująco:

	Opad	Odływ	Straty
Ziemie górskie	820,1	347,1	473,0
Polska	600,8	171,3	429,5

Z przytoczonych danych wynika, że w roku normalnym opady na obszarze ziem górskich są wyższe o 36,2%, odpływy o 102% i straty o 10% w stosunku do średnich normalnych wartości krajowych.

W roku mokrym o prawdopodobieństwie pojawienia się raz na 100 lat przybliżony bilans wodny ziem górskich na tle bilansu wodnego Polski przedstawiałby się następująco:

	Opad	Odływ	Straty
Ziemie górskie	1073,6	529,9	543,7 mm
Polska	716,1	224,4	491,7 mm

Z powyższego wynika, że wówczas opady na obszarze ziem górskich mogą być wyższe o 50%, odpływy o 145% i straty o 8% w stosunku do wartości krajowych, mogących się pojawić raz na 100 lat.

Problematyka bilansów wodnych łączy się zawsze z zagadnieniami powodzi i susz, czyli z okresowym nadmiarem lub niedoborem wody. Cechą charakterystyczną obecnego stanu gospodarki wodnej ziem górskich jest nieregularność przepływu. Charakteryzuje ją znaczna zmienność i duża skala wahań stanów i przepływów wody w potokach i w rzekach górskich. Niekorzystnymi zjawiskami z tym związanymi są powódzie, krótkie ale gwałtowne i długie okresy niskich stanów wody. Obok strat materialnych, jakie niosą ze sobą powódzie, w falach wezbraniowych jałowio do morza odpływa duży odsetek rocznego odpływu. Z analizy większych wezbrań karpaccich wynika, że w roku normalnym jałowio odpływ wynosi ok. 2 mld m³ wody, a w roku mokrym 4 mld m³ wody. Jest to niepowetowana strata.

Przyczyną nieprawidłowej dynamiki odpływu jest mała zdolność retencyjna ziem górskich, tak co do ilości, jak i do długotrwałości. Jest to związane z charakterystycznymi elementami fizjograficznymi terenów górskich oraz z nieprawidłowym zagospodarowaniem przestrzennym zlewni.

Ostatnim, ale stosunkowo młodym czynnikiem, który zmniejsza zasoby wodne, jest zanieczyszczenie wód. Zdawać sobie trzeba sprawę z faktu lokalizacji okręgów przemysłowych w rejonie źródłowym naszych

głównych rzek. Wiąże się z tym sprawa czystości wód, która jest podstawą perspektywicznego rozwoju tych okręgów.

Rosnąca ilość ścieków przemysłowych w efekcie zwiększenia produkcji spowodowała konieczność wyłączenia wielu cieków, łącznie z rzeką Wisłą na całym odcinku woj. krakowskiego, od poboru wody.

Nasze rzeki górskie są jeszcze czyste. Ale coraz częściej po ich wody sięgają miasta i ośrodki przemysłowe. Obecnie miasta, osiedla i przemysł ziem górskich wykorzystują ok. 60% zasobów wodnych. W tym stanie rzeczy istnieje jeszcze zdolność samooczyszczania się wód.

Trzeba sobie teraz postawić pytanie, co będzie, jeżeli zużycie wody wzrośnie 2- lub 3-krotnie i wykorzystamy wszystkie rezerwy.

ZASOBY WODNE ZIEM GÓRSKICH POLSKI POŁUDNIOWEJ

W obliczu niekorzystnego kierunku rozwoju bilansu wodnego ziem górskich szczególnego znaczenia nabiera zagadnienie retencji. Retencja naturalna lub sztuczna może bowiem zapewnić większy dopływ w okresach niżówkowych do rzek w ilości niezbędnej do utrzymania należytego stanu sanitarnego rzek i pokrycia istniejącego zapotrzebowania na wodę.

Odływ może być zasilany wodami powierzchniowymi lub podziemnymi. Ilość wody znajdująca się w wodozbiorach powierzchniowych ziem górskich Polski południowej oceniono następująco:

1. Wody płynące, które zajmują powierzchnię ok. 8000 ha — dają pojemność około	80 mln m ³
2. Stawy, które zajmują powierzchnię 11 500 ha przy średniej głębokości 0,8 m, mają pojemność	92 mln m ³
3. Jeziora i tzw. doły, które zajmują powierzchnię 870 ha, dają pojemność	70 mln m ³
4. Zbiorniki wodne zaporowe: Wisła, Goczałkowice, Tresna, Porąbka, Czaniec, Rożnów, Czchów, Rzeszów, Solina—Mycz- kowce mają pojemność	1025 mln m ³

Całkowita pojemność istniejących na ziemiach górskich wodozbiorów powierzchniowych wynosi ok. 1267 mln m³.

Wodozbiory podziemne są na ogół mało zbadane. Składają się na nie zasoby warstwy wodonośnej pierwszego horyzontu i zasoby warstw głębszych. Objętość zasobów wodnych w warstwie wodonośnej można szacować wystarczająco dokładnie. Według Dębskiego [3], przeciętna miąższość pokładów przepuszczalnych zaliczanych do warstwy wodonośnej wynosi 2,18 m. Współczynnik retencji odpływowej gruntu określony został na 11,3%. Iloczyn trzech czynników — powierzchni ziem górskich, przeciętnej miąższości pokładów przepuszczalnych i współczynnika retencji odpływowej gruntu daje ilość wody zawartej w strefie wahań poziomów

wody gruntowej. Wartość ta dla ziem górskich wynosi 6,303 mld m³, co odpowiada wskaźnikowi wysokości retencyjnej 244 mm. Wodozbiór gruntowy pierwszego horyzontu wyczerpuje się w ciągu 2-3 lat i tyleż czasu wymaga jego odwodnienie. Wodozbiór ten zasila nasze cieki z dużym stopniem regularności. Zasilanie odbywa się głównie w miesiącach: II, III, IV, IX, X.

Wodozbiory warstw głębszych nie mogą odpływać grawitacyjnie. Są one wydobywane drogą pompowania. Obliczenie tych wodozbiorów jest bardzo trudne. Zdaniem Dębskiego, w każdym metrze głębokich pokładów wodonośnych na powierzchni 1 km² mieści się ok. 60 tys. m³ wody. Zapasy te są wyczerpywalne toteż ich eksploatacja musi być ograniczona.

PRZYBLIŻONY BILANS WODNO-GOSPODARCZY ZIEM GÓRSKICH POLSKI POŁUDNIOWEJ

Bilans wodno-gospodarczy w roku normalnym przedstawia się następująco [1, 8, 9, 14, 19, 20]:

Całkowite zasoby wód powierzchniowych i gruntowych odpływających grawitacyjnie wynoszą około	— 280 m ³ /s
Wody podziemne z głębszych poziomów (pompowane, czyste wydobycie 1972 r.)	— 19 m ³ /s
Razem zasoby wodne	<u>299 m³/s</u>
Objętość fal wezbraniowych — woda nie wykorzystana w procesie produkcyjnym	— 65 m ³ /s
Globalne zaopatrzenie wody w 1972 r. (wraz z zaopatrzeniem GOP)	
Z tej ilości odprowadza się do wód powierzchniowych ok. 80 m ³ /s ścieków	— 105 m ³ /s
Gwarantowany odpływ SNQ — Wisły niezbędny do procesu samoczyszczania się wód	— 108 m ³ /s
Obecna rezerwa (bez uwzględnienia większego wykorzystania wód wglębnych)	— 21 m ³ /s

Z przedstawionego bilansu wynika, że ziemie górskie Polski południowej mają jeszcze pewne rezerwy wody. Rezerwy wodne i zapotrzebowanie wody są nierównomiernie rozmieszczone na terenie ziem górskich. W związku z powyższym braki wody przy globalnej rezerwie dają się najdotkliwiej odczuć na terenach GOP-u i w Krakowie.

Dalszy rozwój przemysłu i rolnictwa oraz przyrost ludności będą wymagały większych ilości wody, a równocześnie staną się przyczyną zwiększenia ilości ścieków. W związku z powyższym niezbędna będzie ochrona wód przed dalszym zanieczyszczeniem.

INWESTYCJE BIOTECHNICZNE ZMIERZAJĄCE DO POPRAWY BILANSÓW WODNYCH ZIEM GÓRSKICH

Podstawowym warunkiem należytego zagospodarowania zasobów wodnych ziem górskich będzie wyrównanie przepływów w potokach i rzekach górskich, charakteryzujących się nieregularnym zasilaniem. Osiągnąć to można przez zastosowanie biologiczno-technicznych inwestycji, które wyeliminują jałowe odpływy wód powodziowych i podniosą odpływy średnie i małe, będące podstawą zarówno zaopatrzenia wszystkich gałęzi gospodarki narodowej jak i samooczyszczania się wód. Wyrównanie przepływów podniesie tym samym dyspozycyjne zapasy wody przy niezmienionych zasobach wodnych.

Poprawa zagwarantowania zasobów wodnych może być osiągnięta przez powiększenie zdolności retencyjnych zlewni górskich. Powiększenie retencji zlewni musi być kompleksowe. W zamierzeniach dążyć się będzie do zwiększenia retencji naturalnej (okrywy roślinnej i gleby) i stworzenia odpowiednio wielkiej retencji sztucznej (zbiornikowej).

Najwłaściwszym kierunkiem zabudowy obszarów górskich jest kierunek od wododziału poprzez zatoki, zbocza, suche cieki, potoki, do rzek. Zabudowa agro- i fitotechniczna wierzchołm, stoków i zboczy stworzy naturalny zbiornik wodny, stanowiący podstawowy element zagospodarowania zasobów wodnych. Retencyjne przysposobienie dorzecza nie jest w stanie zatrzymać całej masy wody pochodzącej z roztopów czy ulew letnich. Z tego względu konieczne jest powiększenie retencji zbiornikowej w dolinach rzek.

Zbiorniki zezwolą z jednej strony na całkowite zmagazynowanie zasobów wodnych, a z drugiej strony stworzą pełne możliwości sterowania wodą.

Obecnie na obszarze ziem górskich Polski południowej czynnych jest 10 zbiorników wodnych. Łączna pojemność tych zbiorników wynosi 1025 mln m³. Dla zmagazynowania i przechwycenia fal wezbraniowych w roku normalnym potrzebna jest pojemność ok. 2 mln m³.

W celu poprawy bilansu wodnego wznosi się następujące inwestycje wodne:

- Zbiorniki wodne — w zaawansowanej budowie — Dobczyce i Besko,
- w początkowym stadium budowy Czorsztyń,
- w dalszej perspektywie — 14 zbiorników;
- Przerzuty wody — z Wisły Górnej i Soły do GOP, ze Skawy do GOP,
- z Dunajca do Raby i Krakowa.

Równoległe z tymi inwestycjami realizowane będą inwestycje w gospodarce wodno-ściekowej, zmierzające do przywrócenia czystości wodom nie nadającym się do użytku oraz zwiększenia wielokrotnego zużycia wody.

PRZYBLIŻONY PERSPEKTYWICZNY BILANS WODNO-GOSPODARCZY ZIEM GÓRSKICH

Po wykonaniu inwestycji agro- i fitotechnicznych, inwestycji wodnych i wodno-ściekowych przybliżony perspektywiczny (1990 r.) bilans wodno-gospodarczy roku normalnego przedstawiać się będzie następująco [1, 8, 9, 14, 19, 20]:

Całkowite zasoby wód powierzchniowych i gruntowych odpływających grawitacyjnie wynoszą około	— 280 m ³ /s
Wody podziemne głębszych poziomów (wydobycie niewiele większe aniżeli w roku 1972)	— 26 m ³ /s
Razem zasoby wodne	<u>306 m³/s</u>
Objętość fal wezbraniowych — woda nie wykorzystana w procesie produkcyjnym, wartość zredukowana przez budowę 6 zbiorników wodnych o pojemności 740 mln m ³	— 25 m ³ /s
Globalne zapotrzebowanie wody (rok 1990) przy wznoszeniu inwestycji wodno-ściekowych, zezwalających na utrzymanie ilości ścieków na poziomie 80 m ³ /s	— 146 m ³ /s
Gwarantowany odpływ SNQ — Wisły zwiększony o zasilanie ze zbiorników wodnych celem przyspieszenia procesu samooczyszczania się wód	— 134 m ³ /s
Przypuszczalna rezerwa	— 5 m ³ /s

Obok niewielkiej rezerwy, jakiej należy się spodziewać, wydaje się, że po roku 1990 rezerwy wodne stanowiąc będą zasoby wód podziemnych i nie wykorzystane objętości wody w falach wezbraniowych.

WNIOSKI

W ostatnich latach zaszły w naszym kraju korzystne zmiany. Trzeba jednak pamiętać, że niezbędnym surowcem tak dla rolnictwa jak i przemysłu jest woda.

Największe zasoby wodne mają ziemie górskie Polski południowej, dlatego właśnie tutaj należy przystąpić do prawidłowego zagospodarowania zlewni podgórskich, należy przyspieszyć budowę zbiorników wodnych, a przede wszystkim stopniowo poprawiać jakość naszych wód. Tą drogą poprawi się wyraźnie bilans wodno-gospodarczy ziem górskich, który dodatnio wpłynie na bilans wodno-gospodarczy naszego kraju.

LITERATURA

1. Adamczyk B., Kozera G., Prochal P., Rutkowski B.: Ochrona i zagospodarowanie zasobów przyrody w makroregionie południowym. (W:) Nauka w środowisku krakowskim w latach 1945-1974. Warszawa—Kraków 1975.
2. Dębski K.: Bilans wodny rzeki Wisły po Warszawę. Wiad. Służ. hydrol., t. II, z. 1, Warszawa 1950.
3. Dębski K.: Perspektywiczny bilans wodny i jego opracowanie. Gosp. wod., z. 7-8, 9, 1951; z. 1, 1952.
4. Dębski K.: Zagadnienie opracowania bilansu wodnego zlewni rzecznych. Roczn. Nauk rol., t. 71, ser. F, 3, 1956.
5. Figuła K.: Zadania nad gospodarką wodną zlewni górskich zalesionych i niezalesionych. Cz. I i II, Roczn. Nauk rol., t. 118, ser. D, 1966.
6. Figuła K.: Kształtowanie się bilansu wodnego w małych zlewniach górskich w świetle kilkuletnich doświadczeń w Jaworkach. Zesz. nauk. WSR Krak., 8 1959.
7. Figuła K.: Monografia górnego Dunajca. Komit. Gospod. Wod., PWN, Warszawa 1956.
8. Fischer J., Migala J.: Gospodarka wodna w woj. krakowskim na tle potrzeb makroregionu (rkps).
9. Kleczkowski A., Kowalski J., Myszkowski J.: Wody podziemne województwa krakowskiego (rkps).
10. Klus T.: Wpływ lokalnych warunków na odpływ w wybranych zlewniach górskich. Zesz. nauk. WSR Krak., 25, Rozprawy, Kraków 1975.
11. Kurek S.: Wpływ użytkowania terenu na kształtowanie się odpływu w okresie wezbrań letnich w małych zlewniach górskich na przykładzie dorzecza Górnego Grajcarka. Maszynopis IMUZ, Kraków 1972.
12. Polska Akademia Nauk: Prace i studia Komitetu Gospodarki Wodnej. Część II. Stosunki hydrograficzne poszczególnych regionów Polski, PWN, Warszawa 1958.
13. Polska Akademia Nauk: Zarys planu perspektywicznego gospodarki wodnej w Polsce. PWN, Warszawa 1959.
14. Prochal P.: Gospodarka wodna regionu Polski południowej. Zesz. nauk. AR Krak., 117. 1976.
15. Prochal P.: Melioracje leśne terenów górzystych. Zesz. Nauk. AR Krak., 1967.
16. Punzet J.: Charakterystyka hydrologiczna rzeki Raby. Acta hydrob., Kraków 1969.
17. Punzet J.: Stosunki hydrologiczne w dorzeczu Soły. PAN, Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk 1971.
18. Urbanowicz A.: Bilans wodny małych zlewni górskich o różnym rolniczo-leśnym zagospodarowaniu. Maszynopis, Biblioteka Główna AR Kraków.
19. WRN w Rzeszowie: Problemy gospodarki wodnej w województwie rzeszowskim. Rzeszów 1972.
20. WRN w Katowicach: Gospodarka wodna w woj. katowickim. Mater. inf. Katowice.

Петр Прохаль

ВОДНЫЕ БАЛАНСЫ ГОРНОГО РЕГИОНА ЮЖНОЙ ПОЛЬШИ

Резюме

Развертывающаяся промышленность и интенсификация сельского хозяйства приводят к росту потребностей в воде. Самые большие водные ресурсы находятся в горах. Горные площади занимающие 8% территории страны содержат 30% всех водных ресурсов.

Вода питающая горные площади происходит главным образом из атмосферных осадков. Ее количества изменяются из года в год. На зимнее полугодие приходится 34% осадков, в том числе 20% в виде снега. Изменчивость стока в отдельные годы и периоды гораздо выше, чем изменчивость осадков. В зимнем полугодии реки горных площадей южной Польши отводят 46% годового количества воды.

Продвигаясь с запада к востоку нормальные осадки в горных районах снижаются на 275 мм, нормальный сток — на 250 мм, а испарение только на 30 мм. Подобным образом представляются элементы водного баланса в летнем полугодии. Величины составных водного баланса в летнем полугодии выше в верхней части водосборов в сравнении с величинами для всего бассейна.

Нормальные асадки в водосборах горных потоков высокие. Наблюдается преобладание летних дождей. Количество осадков зависит от обводнения площади, ее положения н.у.м. и лесистости. Нормальный сток в водосборах горных потоков находится в почти прямом соотношении с показателем осадков. Фактором модифицирующим указанные зависимости является степень лесистости. Влагозадержание горных почв зависит в первую очередь от эдафических условий.

Причиной неправильной динамики стока является меньшая влагозадержательная способность горных почв в отношении как количества так и продолжительности. Это связано с характерными физиографическими элементами горных площадей и с неправильным пространственным освоением. Также загрязнение вод снижает их запасы.

В горных районах южной Польши имеются еще известные запасы воды. Как запасы воды так и потребности в воде распределены неравномерно на площади гор. Основным условием правильного освоения запасов воды горных площадей является обеспечение более равномерных расходов в горных потоках и реках. Этого можно достичь путем биолого-технических сооружений, которые бы исключали холостые расходы паводковых вод, а повышали средние и малые расходы.

Улучшения освоения водных ресурсов можно добиться путем повышения влагозадержательной способности горных водосборов (природной и искусственной — плотинные водохранилища). Следует ускорить строительство водохранилищ, а в первую очередь постепенно улучшать качество вод. Таким образом можно значительно улучшить водохозяйственный баланс горных площадей, который будет положительно воздействовать на водное хозяйство всей страны.

Piotr Prochal

WATER BALANCES OF THE MOUNTAIN REGION OF SOUTHERN POLAND

Summary

The developing industry and the intensification of agriculture lead to a growth of water demand. The highest water resources are in mountain regions. These regions constituting only 8% of the Poland's territory have 30% of the whole water reserves.

Water feeding mountain areas originates mainly from atmospheric precipitations. Their quantities change from year to year. In the winter half-year there are 34% of precipitations, therein 20% in the snow form. The variability of runoff in particular years and periods is much higher than the variability of atmospheric precipitations. In the winter half-year rivers of the mountain region of southern Poland lead off 46% of the annual sum of precipitations.

While passing from west to east the normal precipitation in the mountain region decreases by 275 mm, the normal outflow — by 250 mm and evaporation — only by 30 mm. Similarly behave water balance elements in the summer half-year. The values of water balance elements in the summer half-year are higher in the upper part of catchment areas as compared with values for the whole basin.

Normal precipitations in catchment areas of mountain streams are high. A prevalence of summer rainfalls can be observed. The precipitation amount depends on the watering degree of the given area, altitude a.s.l. and forest cover. Normal outflows in catchment areas of mountain streams are in an almost straight relation to the precipitation index. The factor modifying the above relationship is the forest cover degree. The water retention ability of mountain soils depends, first of all, on edaphic conditions.

The cause of an incorrect outflow dynamics is a low retention ability of mountain soils, with regard both to quantity and duration. It is connected with characteristic physiographic elements of mountain areas and with inappropriate spatial management. Also pollution of waters leads to a decrease of their reserves.

Mountain areas of southern Poland have still some water reserves. Both reserves and demands of water are distributed inequally over the mountain area. A basic condition of a correct management of water reserves of mountain soils will be levelling of flows in mountain streams and rivers. It can be reached by biogeo-technical structures, which enable to eliminate non-productive outflow of flood waters and to raise medium and low ones.

An improvement of the management of water reserves can be ensured by increase of water reserves in mountain catchment areas (both natural and artificial — dam water reservoirs). The building of water reservoirs should be accelerated and, first of all, the water quality ought to be gradually improved. All these measures can result in a distinct improvement of the water balance of mountain areas, which will affect positively the water economy of this country.