

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII

---

PRACE GEOGRAFICZNE NR 26

IRENA GIEYSZTOR

STUDIA HYDROLOGICZNE  
NAD POTOKAMI TATRZAŃSKIMI

Opady i odpływ na obszarze zlewni  
Białki i Potoku Kościeliskiego

WARSZAWA 1961  
WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE



P O L S K A A K A D E M I A N A U K  
I N S T Y T U T G E O G R A F I I

\*

P R A C E G E O G R A F I C Z N E

N R 2 6

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТРУДЫ

№ 26

ИРЭНА ГЕЙШТОР

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ПОТОКОВ В ТАТРАХ

Осадки и сток на территории бассейна Бялки  
и Костелиского потока

\*

TRAVAUX GÉOGRAPHIQUES

№ 26

IRENE GIEYSZTOR

ETUDE HYDROLOGIQUE DES TORRENTS DES TATRAS

Précipitations et écoulements sur le terrain des bassins  
des torrents la Białka et le Kościeliski

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII

---

PRACE GEOGRAFICZNE NR 26

IRENA GIEYSZTOR

STUDIA HYDROLOGICZNE  
NAD POTOKAMI TATRZAŃSKIMI

Opady i odpływ na obszarze zlewni  
Białki i Potoku Kościeliskiego

WARSZAWA 1961  
WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE

Komitet redakcyjny

Przewodniczący: S. LESZCZYCKI

Członkowie: K. DZIEWOŃSKI, R. GALON, M. KLIMASZEWSKI, J. KONDRACKI,  
J. KOSTROWICKI, M. KIEŁCZEWSKA-ZALESKA

Sekretarz redakcji: J. WŁODEK-SANOJCOWA

Rada redakcyjna

J. BARBAG, J. CZYZEWSKI, J. DYLIK, K. DZIEWOŃSKI, R. GALON,  
M. KLIMASZEWSKI, J. KONDRACKI, J. KOSTROWICKI, S. LESZCZYCKI, A. MALICKI,  
B. OLSZEWICZ, J. WĄSOWICZ, M. KIEŁCZEWSKA-ZALESKA, A. ZIERHOFFER

Redaktor tomu

J. KONDRACKI

Redaktor techniczny J. Twierdziański

Korektor H. Paśnik

WYDAWNICTWA GEOLOGICZNE — WARSZAWA 1961

Wydanie I. Nakład 790 + 110 egz. Format B-5. Ark. druk. 5 + 4 zał. Ark.  
wyd. 8. Oddano do składania 26. IX. 1960 r. Podpisano do druku 23. III. 1961 r.  
Druk ukończono w marcu 1961 r. Papier druk. sat. III kl. 80 g. Cena 26 zł. B-1

Grudziądzkie Zakł. Graf., Grudziądz, Plac Wolności 5 — Zam. nr 2918 — S-82

## SPIS TREŚCI

Wstęp . . . . .	7
Stosunki fizyczno-geograficzne . . . . .	9
Rozmiary zlewni . . . . .	9
Główne rysy ukształtowania powierzchni . . . . .	10
Wpływ własności litologicznych skał na przepuszczalność podłoża . . . . .	13
Rozmieszczenie lasów oraz ich wpływ na stosunki wodne . . . . .	17
Stosunki hydrologiczne . . . . .	19
Opady . . . . .	19
Wody płynące . . . . .	30
Opis wód . . . . .	31
Stany wody . . . . .	38
Przeływ i odpływ . . . . .	45
Próba obliczenia bilansu wodnego . . . . .	60
Ogólne wyniki badań . . . . .	67
Literatura . . . . .	67
Краткое изложение . . . . .	71
Résumé . . . . .	76





## WSTĘP

Tatry są regionem górskim otrzymującym obfite opady i bogatym w różnego rodzaju wody: źródła, potoki i jeziora.

Najwięcej uwagi poświęcano dotychczas jeziorom, które doczekały się licznych, bynajmniej jednak nie wyczerpujących, opracowań. O źródłach i potokach tatrzańskich natomiast wiadomości nasze są bardzo skąpe. Nie wiele też wiemy o stosunkach opadowych, których znajomość jest niezbędna do należytej oceny zjawisk hydrologicznych.

Dotychczas zasadniczą przeszkodą do poznania zarówno stosunków opadowych, jak i zjawisk hydrologicznych na obszarze Tatr była zbyt mała liczba stacji meteorologicznych, zwłaszcza położonych powyżej górnej granicy lasu, w strefie wysokogórskiej Tatr. Dzięki temu, że mniej więcej od 1949 r. z ramienia PIHM-u uruchomiono szereg nowych placówek obserwacyjnych w Tatrach Polskich, został zgromadzony pokaźniejszy materiał faktyczny, znacznie większy od tego, którym rozporządzano dotychczas. Materiał ten posłużył za podstawę do orientacyjnego obliczenia ilości opadów na północnych stokach Tatr Polskich. Dlatego opracowanie stosunków opadowych i odpływu oparto na obserwacjach z okresu 1. XI. 1949 r. — 1. XI. 1958 r., przy czym uwzględniono lata hydrologiczne. Materiał źródłowy zaczerpnięto z roczników hydrologicznych i nieopublikowanych materiałów PIHM-u. Uwzględniono ponadto pomiary przepływów dokonane przez autora pracy. Jako materiał podstawowy dla charakterystyki zlewni posłużyły mapy topograficzne i geologiczne Tatr cytowane w spisie literatury.

Za przedmiot opracowania przyjęto północne stoki Tatr Polskich, dla których opracowano wartość gradientu opadowego. Stosunki odpływu natomiast rozpatrzono tylko dla dwóch zlewni: Białki i Potoku Kościeliskiego. Uwzględniono tylko ich części znajdujące się w obrębie gór i nie wykraczające na teren Rowu Podtatrzańskiego. Potoki, które płyną przez wymienione zlewnie — Białka i Potok Kościeliski — stanowią górskie odcinki dopływu Wisły — Dunajca.

Zlewnie Białki i Potoku Kościeliskiego obrano za przedmiot opracowania ze względu na zasadniczą różnicę cech fizyczno-geograficznych między tymi zlewniami oraz ze względu na to, że tylko na tych dwóch potokach czynne są wodowskazy położone u ich wylotu z gór.

Ponieważ materiał źródłowy, na którym oparte zostało opracowanie stosunków opadu i odpływu w Tatrach Polskich, jest dość skąpy, wyniki osiągnięte w niniejszym opracowaniu należy uważać za obrazujące jedynie w zarysie stan rzeczywisty. Pomimo to jednak wskazują one niewątpliwie właściwie kierunek przebiegu omawianych zjawisk. Należy ponadto zwrócić uwagę, że poruszone w tej pracy zagadnienia z terenu Tatr Polskich opracowane zostały po raz pierwszy w ujęciu ilościowym.

Dokładny opis metody opracowania poszczególnych zagadnień podano w odpowiednich rozdziałach. W tym miejscu należy jedynie uzupełnić to, co zostało niżej pominięte. Mapki hipsometryczne wykonano na podstawie mapy turystycznej T. Zwolińskiego (1936). Z niej też pomierzono powierzchnie zlewni. Użyta została do tego celu dlatego ta mapa, a nie mapa fotogrametryczna Tatr, ponieważ mapa fotogrametryczna obejmuje tylko Tatry Polskie, podczas gdy mapa Zwolińskiego cały ich obszar. Wiadomo zaś, że część zlewni Białki leży poza granicami państwa polskiego.

W oparciu o wykonane mapki hipsometryczne wykreślono krzywe hipsograficzne dla obydwu zlewni oraz obliczono średnie nachylenia stoków. Wszystkie pozostałe pomiary jak: długości potoków, deniwelacje na terenie zlewni, powierzchnie zajęte przez lasy, wykonano z mapy fotogrametrycznej Tatr (1938). Obszary zasypania materiałem gruzowym: morenowym, produktami wietrzenia, aluwiami potoków, osadami fluwioglacjalnymi, jak również powierzchnie zbudowane ze skał krystalicznych i osadowych dla zlewni Potoku Kościeliskiego, zmierzone zostały z map geologicznych w skali 1 : 10 000 (1958 i 1959), a dla zlewni Białki wykorzystano nieopublikowane materiały udostępnione przez Doc. K. Guzika i Prof. St. Sokółowskiego. Jedynie dla części zlewni Białki z terenu Pięciu Stawów Polskich pomiarów dokonano z mapy geologicznej w skali 1 : 10 000.

Na zakończenie, za miły obowiązek uważam złożenie w tym miejscu serdecznego podziękowania: Panu Profesorowi dr J. Kondrackiemu za stworzenie mi warunków, które umożliwiły wykonanie przedstawionej pracy w Katedrze Geografii Fizycznej Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Warszawskiego, Panu Profesorowi inż. K. Dębskiemu za udzielone mi wskazówki metodyczne, dotyczące wykonania obliczeń opadów atmosferycznych i przepływów w części hydrologicznej pracy, Panu Profesorowi dr S. Z. Różyckiemu za cenne uwagi dotyczące stosunków geologicznych i opadowych, Panu Docentowi K. Guzikowi i Panu Profesorowi dr St. Sokółowskiemu za życzliwe ułatwienie w opracowaniu rozdziału omawiającego zagadnienie geologiczne; składam również podziękowanie tym pracownikom PIHM-u, którzy uprzejmie udostępniali mi potrzebne do tego opracowania materiały źródłowe.

## STOSUNKI FIZYCZNO-GEOGRAFICZNE

W opisie fizyczno-geograficznym dwóch obranych w opracowaniu zlewni zostały uwzględnione tylko te ich cechy, które mają bezpośredni wpływ na reżim hydrologiczny potoków, mianowicie: rozmiary zlewni, ukształtowanie powierzchni, budowa geologiczna i szata roślinna.

Nie została natomiast uwzględniona charakterystyka gleb, gdyż do tego zagadnienia istnieją zbyt szczupłe materiały źródłowe.

Zlewnie Białki i Potoku Kościeliskiego różnią się wyraźnie pomiędzy sobą cechami fizyczno-geograficznymi. Zlewnia Białki, położona w Tatrach Wysokich, jest dwukrotnie większa od zlewni Potoku Kościeliskiego i ma bardzo urozmaiconą rzeźbę. Większa jej część położona jest na podłożu granitowym, a liczne potoki biorą początek z jezior.

Zlewnia Potoku Kościeliskiego leży w Tatrach Zachodnich, odznacza się łagodniejszymi formami terenu niż zlewnia Białki i w znacznej części leży na podłożu zbudowanym ze skał wapiennych, co powoduje, że na jej terenie występują zjawiska krasowe. Potoki biorą początek ze źródeł; żaden nie wypływa z jeziora.

Wymienione różnice fizyczno-geograficzne omawianych zlewni wpływają zasadniczo na charakter przebiegu zjawisk hydrologicznych, które kształtują się odmiennie na terenie każdej z nich.

## ROZMIARY ZLEWNI

Zlewnia Białki ograniczona przekrojem wodowskazowym na Łysej Polanie, mierzona na mapie, ma powierzchnię równą 65 km<sup>2</sup>. Ze względu na urozmaiconą rzeźbę i znaczne deniwelacje zlewnia ta ma duże średnie nachylenie zboczy wynoszące 34°30'. Obliczona na tej podstawie jej powierzchnia rzeczywista różni się od rzutowanej dość znacznie — jest większa o 16%, czyli o 10,4 km<sup>2</sup>, co w sumie daje powierzchnię rzeczywistą zlewni równą 75,4 km<sup>2</sup>.

Powierzchnia zlewni Potoku Kościeliskiego, mierzona na mapie, wynosi 35 km<sup>2</sup>. Ponieważ ma ona łagodniejszą rzeźbę niż zlewnia Białki, średnie nachylenie stoków jest tu nieco mniejsze i wynosi 28°24', wobec czego powierzchnia rzeczywista różni się od rzutowanej o 12%, czyli większa jest od niej o 4,2 km<sup>2</sup> i równa się 39,2 km<sup>2</sup>.

Rzeczywiste rozmiary zlewni nie mogą oczywiście być brane pod uwagę przy obliczaniu objętości spadłych na zlewnię opadów atmosferycznych, które należy obliczać z obszaru zlewni rzutowanej. Natomiast powierzchnię rzeczywistą uwzględniamy przy obliczaniu wszelkich tych obiektów zlewni, które mają położenie nachylone.

## GŁÓWNE RYSY UKSZTAŁTOWANIA POWIERZCHNI

Zlewnia Białki. Najniższy punkt na terenie zlewni Białki położony jest na wysokości 970 m n.p.m., przy wodowskaziu na Łysej Polanie, najwyższy wznosi się do 2630 m n.p.m. w masywie Zadniego Gierlachu. Różnica wysokości tych skrajnych punktów wynosi 1660 m, a ich odległość pozioma, w linii powietrznej, 11 km.

Obliczenia wykonane z mapy hipsometrycznej wykazały, że przeszło połowa zlewni (53%, czyli 43,8 km<sup>2</sup>) leży powyżej 1600 m n.p.m. (ryc. 1), a więc ponad górną granicą lasów, w krainie wysokogórskiej. W obrębie tego wysoko położonego obszaru 39% (30 km<sup>2</sup>) znajduje się pomiędzy 1600 a 2000 m n.p.m. Powyżej 2000 m wznosi się 11% powierzchni zlewni i obejmuje 8,5 km<sup>2</sup>. Ponieważ granica wiecznych śniegów w Tatrach przebiega na wysokości około 2400 m n.p.m., powyżej tej granicy leży zaledwie 2% powierzchni, co wynosi 1,5 km<sup>2</sup>.

Zlewnię rozcina główna, walna dolina Białej Wody—Białki, do której uchodzą doliny dopływów (tabl. I). Do większych należą dwie również walne doliny lewoboczne: Rybiego Potoku oraz Roztoki wraz z jej górnym piętrzem — Doliną Pięciu Stawów Polskich. Poniżej Roztoki Dolina Białej Wody przyjmuje jeszcze z lewej strony Dolinę Waksmundzką. Z prawej strony uchodzą o wiele mniejsze dolinki dopływowe, spośród których należy wymienić: Świstową, Rówienki i Spis Michałową. Prawie wszystkie doliny noszą wybitne ślady działalności lodowców — zarówno egzaracyjnej jak i akumulacyjnej. Pierwsze zachowały się w postaci bardzo stromych zboczy dolin, licznych progów, wiszących dolinek, pięknie wykształconych zagłębień cyrkowych wypełnionych przeważnie wodą (Halicki 1930). Śladami akumulacyjnej działalności lodowca są utwory morenowe osadzone w dolinach. Szczyty i granie mają kształty ostre.

Deniwelacje pomiędzy dnem dolin a otaczającymi je szczytami i graniami w dolnych partiach zlewni sięgają kilkuset metrów na kilka kilometrów: 700 m/5 km, 600 m/3 km poziomej odległości. W górnych partiach są większe i dochodzą do kilkuset metrów w pionie, a nieraz i z górą tysiąca na kilkaset metrów w poziomie: 458/600 m, 1348/900 m, 1086/500 m, 800/800 m.

Tak duże różnice wysokości występujące na małych odległościach poziomych powodują, że zbocza na terenie zlewni są bardzo strome. Nachylenie zboczy obliczono na podstawie wzoru S. Finsterwaldera (1890) i K. Peuckera (1890), według których średnie nachylenie stoku zawartego pomiędzy dwiema poziomiami wynosi:

$$b = \frac{h}{g} \cdot \frac{(l_1 + l_2)}{2},$$

Tabela 1

Średnie nachylenie zboczy dla różnych przedziałów wysokości  
w zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego

Przedział wysokości w m n. p. m.	Nachylenie średnie w stopniach	
	Zlewnia Białki	Zlewnia Potoku Kościeliskiego
poniżej 1000	9°22'	18°39'
1000—1100	10°36'	21°44'
1100—1200	22°41'	21°44'
1200—1300	27°43'	25°38'
1300—1400	29°00'	27°00'
1400—1500	36°24'	30°00'
1500—1600	37°16'	35°25'
1600—1700	39°00'	29°51'
1700—1800	26°50'	30°47'
1800—1900	35°55'	38°29'
1900—2000	38°36'	44°10'
2000—2100	41°25'	42°46'
2100—2200	35°58'	
2200—2300	ponad 45°00'	
2300—2400	32°00'	
2400—2500	33°41'	

gdzie  $h$  — odległość pionowa pomiędzy poziomiami,  $g$  — pole pasa pomiędzy nimi,  $l_1$  i  $l_2$  — długości poziomicy. Z tego wzoru został wyprowadzony

wzór na średnie nachylenie całej powierzchni rozpatrywanej  $B = \frac{h}{G}$

( $l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_{n-1} + l_n$ ), gdzie  $h$  jest odstępem pionowym pomiędzy poziomiami,  $G$  — powierzchnią obiektu badanego,  $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$  — długości poziomicy. Z tego wzoru wynika, że średnie nachylenie badanego obiektu równa się sumie długości poziomicy biegnących w odległościach pionowych równych  $h$  pomnożonej przez tę odległość i podzielonej przez powierzchnię badanego obiektu.

Rzut oka na rozmieszczenie spadków terenu tej zlewni pozwala stwierdzić (tab. 1), że: nachylenie zboczy zwiększa się wraz z wysokością nierównomiernie; zaznaczają się dwie strefy wysokości, w których nachylenie zboczy osiąga największe wartości: 1400—1700 m n.p.m. i 1800—2100 m n.p.m. Oddziela je od siebie strefa o łagodniejszym nachyleniu. Niższe partie zlewni mają mniejsze spadki, wyższe — większe. Poniżej poziomu 1400 m nachylenie zboczy nie przekracza 30°, powyżej 1400 m wszędzie jest większe od 35°, z wyjątkiem strefy od 1700 do 1800 m n.p.m., gdzie spadki wynoszą prawie 27°.

Zlewnia Potoku Kościeliskiego. Na terenie zlewni Potoku Kościeliskiego najniższy punkt leży przy wodowskaziu u wylotu Doliny Kościeliskiej z gór, na wysokości 927 m n.p.m. Najwyżej położonym punktem jest szczyt Błyszcza, wznoszący się do 2156,3 m n.p.m. Różnica wysokości tych dwóch skrajnych punktów wynosi 1231,3 m, a ich odległość pozioma w linii powietrznej — 9,5 km. Najniższy punkt zlewni leży o 43 m niżej niż najniższy punkt w zlewni Białki, najwyższy o 471,7 m niżej niż jej najwyższy punkt.

Obliczenia wykonane z mapy hipsometrycznej wykazały, że zaledwie 25% powierzchni zlewni (9,8 km<sup>2</sup>) leży powyżej 1600 m n.p.m., powyżej górnej granicy lasów, podczas gdy aż 75% (29,4 km<sup>2</sup>) poniżej tej granicy. Powyżej 2000 m wznosi się zaledwie 1% powierzchni, około 1/2 km<sup>2</sup> (ryc. 1).

Zlewnię rozcina kilka dolin, z których największa jest Dolina Kościeliska, do której uchodzą pozostałe doliny (tabl. I). Tylko trzy doliny prawoboczne: Dolina Tomanowa, Wąwóz Kraków oraz Dolina Miętusia są dobrze wykształcone. Inne nacięcia erozyjne uchodzące do doliny głównej mają charakter silniej lub słabiej wykształconych żlebów.

W przeciwieństwie do zlewni Białki formy pozostawione przez lodowiec zaznaczyły się w krajobrazie przeważnie nie tak wyraziście i występują jedynie w górnych partiach niektórych dolin. W częściach zlewni zbudowanych ze skał wapiennych rozwinęły się formy krasowe, m. in. głęboko wcięte doliny o stromych zboczach; partie szczytowe mają charakter łagodnych kopuł. Jeziora tutaj nie występują, a na obszarach krasowych brak jest stałych strug wodnych.

Deniwelacje pomiędzy dnem dolin a otaczającymi je szczytami i grzbieciami w dolnych partiach zlewni wynoszą kilkaset metrów w pionie na kilkaset metrów w poziomie: 300/500 m, 400/750 m. W górnych częściach amplituda deniwelacji wzrasta i dochodzi do setek metrów na tysiąc i więcej: 600/1000 m, 600/1500 m.

Pomimo że deniwelacje są nieco mniejsze niż w zlewni Białki, średnie nachylenie zboczy jest tu dość duże i dochodzi do 28°32'.

Ogólnie można stwierdzić, że (tab. 1): począwszy od najniższych partii zlewni występują od razu dość duże spadki, w niższych częściach zlewni nachylenie zboczy jest mniejsze, w wyższych — większe; od 927 m n.p.m. do 1600 m nachylenie zboczy stale się powiększa; na wysokości 1600—1800 m spadek maleje, powyżej 1800 m do wysokości 2000 m występują największe spadki do 44°. W partiach podszczytowych spadki nieco łagodnieją do 42°46', nachylenie zboczy w zlewni Potoku Kościeliskiego cechują mniejsze kontrasty spadków niż w zlewni Białki.

\*

\*

\*

Duże nachylenie zboczy na terenie obu zlewni z jednej strony sprzyja szybkiemu i gwałtownemu spływowi wód opadowych, z drugiej zaś stwarza odpowiednie warunki do powstawania lawin. Dzięki temu najwyższe, strome partie zboczy pozbawione śniegu, zanim nastąpi jego tajanie, przestają być źródłem wód roztopowych.

#### WPLYW WŁASNOŚCI LITOLOGICZNYCH SKAŁ NA PRZEPUSZCZALNOŚĆ PODŁOŻA

Budowa geologiczna podłoża stanowi jeden z najważniejszych elementów fizyczno-geograficznych, silnie wpływający na reżim hydrologiczny wód płynących. Decydujące znaczenie ma stopień przepuszczalności podłoża, od którego zależą jego zdolności retencyjne, które wpływają z kolei na amplitudę wahań stanów wody. Dlatego dokonamy tu próby rozważenia charakteru geologicznego podłoża z punktu widzenia stopnia jego przepuszczalności.

**Zlewnia Białki.** Obszar zlewni Białki można podzielić pod względem litologicznym na dwie części (tabl. I): większą, zbudowaną ze skał krystalicznych (przeważnie z granitów) i mniejszą, zbudowaną ze skał osadowych (przeważnie z wapieni i dolomitów).

Ponadto występuje na terenie zlewni jeszcze trzeci element litologiczny o bardzo dużym znaczeniu dla hydrologii potoków — a mianowicie wszelkiego rodzaju materiał gruzowy. Do tej grupy skał należą: pokrywy morenowe, maliniaki, stożki napływowe i nasypowe, piargi i usypiska, osuwiska, złaziska, kamieńce, osady rzeczne, osady rzecznołodowcowe, rumosze gliniaste oraz zwietrzliny kamieniste.

Wymieniony materiał gruzowy różni się między sobą genezą, strukturą, frakcją i stopniem przepuszczalności. Rumosze gliniaste są bardzo słabo przepuszczalne, podczas gdy zwietrzliny kamieniste i maliniaki są łatwo przepuszczalne. Pomimo to obliczona została powierzchnia całego materiału gruzowego łącznie dlatego, że brak jest jeszcze dostatecznych podstaw, które pozwoliłyby na wyodrębnienie typów gruzowisk według wspomnianych cech. O wielkich ilościach materiału gruzowego w Tatrach, który tworzy w sumie bardzo poważny zbiornik retencyjny, świadczą liczne źródła, wycieki i wysięki oraz pospolite przypadki ginięcia mniejszych cieków wodnych w materiale gruzowym podłoża. Wymienione zjawiska zostały oznaczone na mapkach hydrograficznych (tabl. I) obu zlewni, wykonanych celowo na tle zasypania zlewni materiałem gruzowym. W zlewni Białki oznaczono źródła i wycieki tylko na terenie Doliny Pięciu Stawów Polskich, gdyż brak jest szczegółowych map geologicznych dla reszty obszaru zlewni. Pomimo że z wyżej wymienionych przyczyn nie uwidocz-niono na mapce hydrograficznej zlewni Białki źródeł i wycieków znajdu-

jących się poza Doliną Pięciu Stawów, nie ulega wątpliwości, że występują one bardzo obficie na terenie całej zlewni. Źródła i wycieki trzymają się przede wszystkim obszarów zasypania materiałem gruzowym. Są to przeważnie źródła rumowiskowe.

W zlewni Potoku Kościeliskiego, na terenie silnego zagruzowania, przede wszystkim w południowej partii zlewni, występują również liczne źródła rumowiskowe, podczas gdy na obszarach krasowych przeważają źródła szczelinowe. Źródła szczelinowe, o innym charakterze niż wywieryska krasowe, występują również na terenach zbudowanych ze skał krystalicznych.

Wyżej wymienione trzy typy litologiczne skał można podzielić na dwie grupy, w zależności od tego jak zachowują się one w stosunku do wody spływającej po ich powierzchni: jedna grupa tworzy podłoże, w które woda wsiąka szybciej i łatwiej (skały wapienne, piaskowce oraz przeważająca część materiału gruzowego), druga natomiast utrudnia wodzie przedostawanie się w głąb (skały krystaliczne, kwarcyty, łupki).

Niektóre z wymienionych skał, mimo że należą do różnych grup pod względem zachowania się w stosunku do wody, mają pewne cechy wspólne. Na przykład skały krystaliczne, kwarcyty oraz wapienie i dolomity są skałami nieprzepuszczalnymi, nie wchłaniają bowiem wody. Natomiast są one niewodoszczelne, gdyż mają spękania i są przenizane siecią szczelin, którymi woda przenika w głąb skał. Wobec tego najśluszniej jest określić je jako skały nieprzepuszczalne lecz niewodoszczelne. Ich zachowanie się względem wody będzie zależało od stopnia spękania. Takie np. skały krystaliczne jak granity, gnejsy i kwarcyty, są stosunkowo w małym stopniu niewodoszczelne. Mają one fragmenty powierzchni pozbawione szczelin, całkowicie nieprzepuszczalne i wodoszczelne. Natomiast partie spękane są niewodoszczelne. Charakter szczelin w skałach krystalicznych nie jest jednakowy. Bardzo głębokie spękania, szczególnie wielkie linie tektoniczne, stanowią dobre drogi dla wsiąkania wody. Jest ich stosunkowo mało. Najliczniejsze szczeliny niewielkich rozmiarów kończą się ślepo na nieznacznej głębokości. Praktycznie można je uważać za nieistniejące, gdyż raz wypełnione wodą, zachowują ją na stałe, na okresy czasu „wieczne” i dlatego powierzchnie skał z takimi szczelinami można uważać za nieprzepuszczalne. Na tej podstawie możemy zaliczyć skały krystaliczne do słabo przepuszczalnych.

Do grupy skał słabo przepuszczalnych należą również: ily, łupki, margle i glina. Stanowią one grupę skał najtrudniej przepuszczalnych, gdyż są równocześnie nieprzepuszczalne i wodoszczelne. Inaczej sprawa przedstawia się z wapieniami i dolomitami. Są one co prawda nieprzepuszczalne, ale silnie niewodoszczelne i należą do skał rozpuszczalnych. Wąskie początkowo szczeliny poszerzone następnie przez wodę tworzą systemy



podziemnych tuneli, którymi woda łatwo i szybko przedostaje się w głąb ziemi. Dlatego wapienie i dolomity należą do skał łatwo przepuszczających wodę.

Trzeci typ skał, wymieniony wyżej materiał gruzowy, jest przeważnie przepuszczalny, zbudowany najczęściej z materiału luźnego, niescementowanego. Zdarza się czasem, że pewne jego fragmenty ulegają scementowaniu jakimś lepiszczem. Wówczas scementowane części materiału gruzowego tworzą nieprzepuszczalne fragmenty powierzchni w materiale zasadniczo przepuszczalnym.

Obliczenia wykonane na podstawie mapy geologicznej w skali 1 : 10 000 (K. Guzik, A. Michalik, L. Watycha 1959) oraz w oparciu o nieopublikowane materiały użyte uprzejmie przez K. Guzika, pozwoliły stwierdzić, że powierzchnia zbudowana ze skał słabo przepuszczalnych, krystalicznych (granitów), zajmuje w zlewni Białki obszar 60,3 km<sup>2</sup>, co stanowi 80% powierzchni całej zlewni (tabl. I). Część zlewni zbudowana ze skał przepuszczalnych (wapieni i dolomitów) zajmuje zaledwie 20% obszaru i równa się 15,1 km<sup>2</sup> (podane są rzeczywiste rozmiary powierzchni). Stosunki panujące w charakterze podłoża zlewni Białki przedstawione wyżej komplikuje trzeci element litologiczny — przepuszczalny materiał gruzowy, przez to, że przykrywa znaczne powierzchnie słabo przepuszczalnego podłoża. Wobec tego należy część słabo przepuszczalnej zlewni przykrytą materiałem gruzowym traktować jako powierzchnię przepuszczalną. 40,1% (24,7 km<sup>2</sup>) zlewni, zbudowane ze skał krystalicznych, zasypane jest materiałem gruzowym, wolne od niego jest 59,9%, co daje powierzchnię 35,6 km<sup>2</sup>. Jeżeli zsumujemy powierzchnię obszaru zbudowanego ze skał przepuszczalnych z powierzchnią tej części obszaru skał słabo przepuszczalnych, który jest przykryty materiałem gruzowym: 15,1 km<sup>2</sup> + 24,7 km<sup>2</sup>, to otrzymamy obszar zlewni faktycznie przepuszczalny, równy 39,77 km<sup>2</sup>. Wyniesie to 52,7% powierzchni całej zlewni, czyli nieco więcej niż połowę; resztę stanowi teren słabo przepuszczalny.

Słabo przepuszczalne podłoże, nie przykryte materiałem gruzowym, zajmuje wyżej położone partie zlewni, o większym nachyleniu zboczy. Podłoże łatwo przepuszczalne występuje w niższych partiach zlewni.

Zlewnia Potoku Kościeliskiego. Podłoże zlewni Potoku Kościeliskiego przedstawia się pod względem przepuszczalności odmiennie niż podłoże zlewni Białki. Obliczenia wykonane na podstawie map geologicznych w skali 1 : 10 000 (K. Guzik, St. Sokołowski 1959; K. Guzik, St. Guzik 1958; A. Michalik, K. Guzik — nieopublikowana) pozwoliły stwierdzić, że powierzchnia zbudowana ze skał słabo przepuszczalnych jest tu stosunkowo mniejsza niż w zlewni Białki, gdyż obejmuje 60% powierzchni całej zlewni, co równa się 23,5 km<sup>2</sup>. Do słabo przepuszczalnych skał w tej zlewni należy zaliczyć występujące w południowych jej partiach

skały takie jak: granity i granodioryty, skały metamorficzne (rozmaite odmiany gnejsów i w mniejszej mierze amfibolity i żyły kwarcowe oraz dolnotriasowe kwarcyty), a ze skał osadowych wapienie komórkowe wraz z łożenkami i wkładkami piaskowców. W części zlewni położonej bardziej na północ, pasem biegnącym wzdłuż zlebu Żeleźniak poprzez Halę Pisaną i dalej na wschód przez Uplazową Turnię, ciągną się w kierunku na Kamiennie dolnokredowe margle i łupki margliste, tworząc pas słabo przepuszczalnych skał.

Poza tym w północnej części zlewni rozpościerają się również słabo przepuszczalne dolnokredowe margle i wapienie, które zajmują pas terenu ciągnący się w poprzek zlewni na południe od Bramy Kantaka.

Na obszar przepuszczalny przypada 40% powierzchni całej zlewni, czyli 15,7 km<sup>2</sup> (na tabl. I — białe). Zajmuje on teren położony pomiędzy opisanymi wyżej obszarami słabo przepuszczalnymi. Najbardziej północna, przepuszczalna część zlewni, rozpościerająca się na północ od Bramy Kantaka, zbudowana jest z trzeciorzędowych wapieni i dolomitów, w których wyróżniają się wapienie numulitowe. Bardziej na południe położone tereny przepuszczalne zbudowane są głównie z jurajskich i środkowotriasowych wapieni i dolomitów oraz z piaskowców triasowych.

Stosunek powierzchni słabo przepuszczalnej do przepuszczalnej przedstawia się tu jak 3 : 2. Podobnie jak w zlewni Białki należy uwzględnić, że skały słabo przepuszczalne są tu również na pewnej przestrzeni przykryte przepuszczalnym materiałem gruzowym. Powierzchnia słabo przepuszczalna w 29,6% (11,6 km<sup>2</sup>) przykryta jest utworami gruzowymi, przepuszczalnymi, wolna jest natomiast od niego powierzchnia — 11,1 km<sup>2</sup>, co wynosi 28,3%. Aby otrzymać całkowity obszar zbudowany ze skał przepuszczalnych, należy zsumować powierzchnię skał przepuszczalnych z nieprzepuszczalną powierzchnią zasypaną materiałem gruzowym, co daje 15,7 km<sup>2</sup> + 11,8 km<sup>2</sup> = 27,5 km<sup>2</sup>, czyli 70,1% zlewni Potoku Kościeliskiego ma podłoże przepuszczalne.

Z porównania stosunku obszaru przepuszczalnego do słabo przepuszczalnego w obydwu zlewniach, po uwzględnieniu zasypiania materiałem gruzowym podłoża słabo przepuszczalnego, okaże się, że w zlewni Białki wynosi on mniej więcej 1 : 1, a w zlewni Potoku Kościeliskiego 2,3 : 1. Obszar przepuszczalny w zlewni Potoku Kościeliskiego, proporcjonalnie do jej powierzchni, jest większy niż w zlewni Białki. Ponad połowa obszaru przepuszczalnego stanowiącego — jak podano wyżej — 40% powierzchni zlewni zbudowana jest ze skał wapiennych i stanowi teren, na którym rozwinęły się zjawiska krasowe.

Rozmieszczenie materiału gruzowego ma tutaj inny charakter niż w zlewni Białki (tabl. I). Prawda, że i tu materiał gruzowy położony jest najczęściej w obniżeniach terenu, dowodem czego jest chociażby zasypa-

nie w dużej mierze materiałem morenowym Doliny Miętusiej, albo dolin na terenie położonym na północ od linii łączącej Przełęcz Iwaniacką i Tomanową. Zasypanie wymienionych fragmentów zlewni Potoku Kościeliskiego jest najintensywniejsze, co wynika z dwóch przyczyn: po pierwsze znaczną część materiału gruzowego stanowią tu osady morenowe, po drugie charakter litologiczny podłoża wpływa na gromadzenie się wszelkiego rodzaju zwietrzliny, dlatego inaczej stosunki te układają się w tych częściach zlewni, które mają charakter krasowy. Tu materiału gruzowego jest bardzo mało — skały wapienne są przeważnie odsłonięte, niczym nie przykryte, nawet las tutaj nie rośnie (tabl. II). Brak materiału gruzowego na obszarach krasowych zlewni jest prawdopodobnie związany z panującą przewagą wietrzenia chemicznego.

W przeciwieństwie do stosunków panujących w zlewni Białki, w zlewni Potoku Kościeliskiego materiałem gruzowym są przykryte dość znaczne obszary najwyższych jej partii. Materiał gruzowy leży przeto przeważnie tam, gdzie występują większe spadki, co łagodzi szybkość spływania wody.

\*

\*

\*

Z powyższych rozważań można wyciągnąć wniosek, że budowa geologiczna zlewni Potoku Kościeliskiego powinna wpływać łagodząco na wahania stanów wody w Potoku Kościeliskim i zmniejszać gwałtowność wezbrań w porównaniu do stanów panujących w zlewni Białki. Należy wobec tego spodziewać się, że wszelkie zjawiska hydrologiczne będą mniej skrajnie przebiegały w Potoku Kościeliskim niż w Białce.

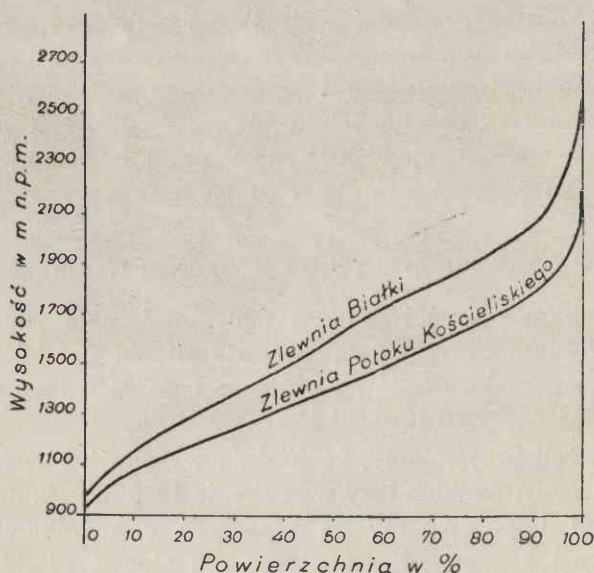
#### ROZMIESZCZENIE LASÓW ORAZ ICH WPLYW NA STOSUNKI WODNE

Lasy tatrzańskie położone są powyżej izohiety 600 mm i mają własny bilans wodny dodatni, czym przyczyniają się do zasilania potoków w wody gruntowe w okresach braku opadów i przez to łagodzą wahania stanów wody, a tym samym i odpływu (Dębski 1951).

Zlewnia Białki. Jeżeli przyjmiemy, że średnia wysokość górnej granicy lasu w polskich Tatrach Wysokich leży w poziomie 1583 m n. p. m. (M. Sokołowski 1928) i porównamy tę wysokość z wynikami otrzymanymi z rozważań nad krzywą hipsograficzną dla zlewni Białki, okaże się, że ponad połowa powierzchni zlewni (53% czyli 40,2 km<sup>2</sup>) leży powyżej górnej granicy lasów. Wysokość położenia zlewni nad poziomem morza ogranicza więc rozmiary powierzchni zajętej przez lasy. Powierzchnia ta jest jednak o wiele mniejsza w rzeczywistości, niż wskazują na to powyższe rozważania, i zajmuje na terenie zlewni Białki zaledwie 15%, czyli 11,4 km<sup>2</sup> (tabl. II).

Ponad górną granicą lasów, mniej więcej do wysokości 1800 m n. p. m. występuje obszar porośnięty kosodrzewiną, która wpływa na stosunki hydrologiczne podobnie jak las; dlatego powierzchnia zajęta przez kosodrzewinę powinna być traktowana łącznie z powierzchnią zajęta przez las. W odróżnieniu od lasu, kosodrzewina nie gardzi piarzyskami, rośnie też na blokach skalnych i na wielkich stromiznach (J. F a b i j a n o w s k i 1955). Powierzchnia zajęta przez kosodrzewinę zajmuje na terenie zlewni Białki 7,4%, czyli 5,6 km<sup>2</sup>, co łącznie z lasem tworzy powierzchnię równą 22,4% zlewni, wynoszącą 16,9 km<sup>2</sup>. Rozmieszczenie tego zespołu roślinnego jest w zlewni Białki dla stosunków wodnych niezbyt korzystne, gdyż porasta on (zwłaszcza lasy) tereny niżej położone, o mniejszym nachyleniu zboczy oraz obszary przykryte gruzem skalnym, które stanowią obszary o cechach retencyjnych, podczas gdy najwyższe partie zlewni krystaliczne, skaliste, nieprzepuszczalne i o dużym nachyleniu zboczy są lasów pozabawione.

Zlewnia Potoku Kościeliskiego. Odmienne kształtują się stosunki na terenie zlewni Potoku Kościeliskiego. Ponieważ średnia wysokość górnej granicy lasu w Tatrach Zachodnich leży na wysokości



Ryc. 1. Krzywa hipsograficzna zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego

1513 m n.p.m. (St. Sokołowski 1936), ponad jego górną granicą znajduje się tylko 35% obszaru zlewni, czyli 13,7 km<sup>2</sup>, natomiast 65%, czyli 25,5 km<sup>2</sup>, leży w strefie lasów (ryc. 1). Powierzchnia lasów tej zlewni wynosi jednak nieco mniej, obejmuje 46,4%, co równa się 18,2 km<sup>2</sup> (tabl. II). Po uwzględnieniu obszaru porośniętego kosodrzewiną, który wynosi 8,7% i obejmuje 3,4 km<sup>2</sup>, otrzymamy przeszło połowę zlewni, gdyż 55,1% = 21,6 km<sup>2</sup>, porośniętą zespołem leśnym i kosodrzewiną. Podobnie

jak na terenie zlewni Białki, zespoły te nie występują w najwyższych partiach zlewni o najbardziej stromych zboczach. Porównanie rozmiarów obszarów zajętych przez zespoły leśne i kosodrzewinowe na terenie rozpatrywanych obu zlewni

pozwała stwierdzić, że zlewnia Potoku Kościeliskiego procentowo ma prawie dwa razy większy obszar pokryty lasami i kosodrzewiną niż zlewnia Białki.

\*

\*

\*

Różnice te powinny wpłynąć na charakter hydrologiczny potoków. Można się spodziewać, że Potok Kościeliski będzie miał mniej skrajny reżim hydrologiczny niż Białka. Gdyby obydwie rozpatrywane zlewnie miały jednakowe podłoże geologiczne, różnice spowodowane niejednakowym pokryciem leśnym z pewnością zaznaczyłyby się w sposób bardziej przejrzysty.

## STOSUNKI HYDROLOGICZNE

### OPADY

Opady są elementem klimatu, który ma największy wpływ na stosunki wodne. Tymczasem obliczenie sumy opadów rocznych, jaką otrzymują północne stoki Tatr Polskich, a zwłaszcza obliczenie objętości opadów, natrafiało na ogromne trudności ze względu na brak dostatecznej liczby stacji meteorologicznych na ich terenie.

Ogólne wiadomości o sumie opadów rocznych w Tatrach znajdujemy w pracach E. Romera (1895, 1896, 1912), E. W. i S. Pawłowskich (1925), St. Kosińskiej-Bartnickiej (1927, 1928, 1932), F. Vitaška (1930) oraz J. Ostromęckiego (1947) i K. Figuły (1956). Na załączonych do tych prac mapkach opadowych Tatry rozpatrywane są łącznie z o wiele większymi od nich obszarami i oznaczone są w sposób zgeneralizowany, jako tereny, na których opady przekraczają wartość 1200 mm rocznie.

W 1927 r. St. Kosińska-Bartnicka wypowiedziała przypuszczenie, że opady w wyższych partiach Tatr mogą przekraczać sumę 1500 mm. Obliczyła, że w niższych partiach, w miarę wznoszenia się, opady zwiększają się szybciej niż w wyższych, gdzie przyrost opadów zmniejsza się, tworząc znany ogólnie dla gór gradient opadowy. Autorka obliczyła dla wyższych partii Tatr gradient równy 80 mm/100 m i wysunęła na tej podstawie przypuszczenie, że na wysokości 1200 m opady powinny wynosić 1440 mm.

O istnieniu poziomego inwersyjnego w Tatrach wspominał już E. Romer i wypowiedział pogląd, według którego: „wysokość poziomego najsilniejszych opadów w górach stoi w prostym stosunku do wysokości gór”.

Zwrócił również uwagę na doniosły wpływ ukształtowania powierzchni na wielkość opadów „... opad atmosferyczny zależy w pierwszej linii od

rzeźby terenu, a to do tego stopnia, że wobec tego czynnika nawet rola wysokości absolutnej i w jeszcze większej mierze odległości od morza schodzi do niemal podrzędnego znaczenia” (Romer 1912). E. Romer pierwszy również wypowiedział pogląd na rozmieszczenie opadów w Tatrach, stwierdzając, że: „opad w Tatrach Zachodnich jest wyższy niż w Tatrach Wschodnich”. Do takiego wniosku skłoniła go analiza załączonej do jego pracy mapy izohiet krajów karpaccich. Na tej mapie Tatry znajdują się wewnątrz izohiety 1000 mm, podczas gdy następna izohieta o wartości 1200 mm tworzy zamkniętą elipsę, wkraczającą na teren Tatr od zachodu i w ten sposób obejmuje tylko zachodnią ich część (Romer 1895). Na wymienionej mapie izohiety w zasadzie prowadzone są co 100 mm, jedynie na obszarze Tatr rzadziej, co 200 mm (Romer 1895). Wobec tego obraz rozkładu opadów na obszarze gór jest bardzo zgeneralizowany; nie daje należytego pojęcia o rzeczywistych stosunkach opadowych na terenie Tatr. Wspomniana wyżej mapa opadów nie mogła dać rzeczywistego obrazu stosunków opadowych w Tatrach również i dlatego, że w czasie kiedy była wykonywana, nie było na terenie Tatr żadnej placówki obserwacyjnej. Twierdzenie E. Romera nie miało wobec tego oparcia o materiał obserwacyjny z terenu tych gór.

Przewagę opadów w Tatrach Zachodnich nad Wschodnimi tłumaczył E. Romer tym, że doliny leżące w Tatrach Wschodnich osłonięte są przez góry, które odbierają wiatrom zachodnim wilgoć. Tłumaczenie to E. Romer wypowiedział jednak z wielką oględnością; odnosi się wrażenie, że wynik otrzymany na podstawie wykonanej przez niego bardzo zgeneralizowanej mapy opadów był dla samego autora nieoczekiwany; Romer pisze bowiem tak: „... tem chyba (osłonięciem przez góry\*) tylko tłumaczyć będziemy to, że opad w Tatrach Zachodnich jest wyższy niż w Tatrach Wschodnich” (Romer 1895).

W 1929—1930 r. zajmował się opadami w Tatrach Wysokich St. Leszczycki. Rozważania klimatyczne przeprowadził na podstawie jednorocznego materiału z kilku stacji tatrzańskich, stwierdzając, podobnie jak St. Kosińska-Bartnicka, że gradient opadowy w miarę wznoszenia się w górę maleje; ponadto — że wzrost opadów zachodzi do wysokości 1700 m n. p. m., to znaczy, że poziom inwersyjny powinien znajdować się mniej więcej na tej wysokości. Potwierdza również na podstawie zebranego przez siebie materiału istnienie w Tatrach izohiety 1500 mm (Leszczycki 1931).

W 1932 r. St. Kosińska-Bartnicka i inni wypowiedzieli przypuszczenie, na podstawie różnicy pomiędzy sumą opadów na Hali Gąsienicowej i Żół-

---

\* Dopisek I. Gieysztor.

tej Turni, że strefa inwersyjna powinna się znajdować na wysokości 1800—1900 m n. p. m. Przypuszczenie to było również oparte na jedno-  
rocznych spostrzeżeniach.

Na mapie średnich wieloletnich opadów rocznych, w Atlasie W. Wiszniewskiego z 1953 r., Tatry oznaczone są jako obszar, na którym opady w niektórych miejscach przekraczają 1600 mm i dochodzą nawet do 2000 mm. Autor oparł obliczenia opadów na danych wieloletnich z okresu 1891—1930 r. Okres ten zawiera liczne luki w obserwacjach, co powodowało, że brakujące dane były uzupełniane metodą ilorazów i redukcji.

W 1956 r. K. Figuła omówił stosunki opadowe na terenie zlewni Dunajca po jego połączenie z Popradem. Obszar ten obejmuje szereg jednostek fizyczno-geograficznych, takich jak: Tatry, Podhale, część Beskidów oraz część Kotliny Sądeckiej. Z powyższego widać, że Tatry znów zostały rozpatrzone w połączeniu z o wiele rozleglejszym i zupełnie odmiennym od nich obszarem fizyczno-geograficznym. W krótkiej wzmiance o Tatrach autor stwierdza, że suma roczna opadów przekracza tam 1500 mm. Dodaje równocześnie, że: „Część zachodnia Tatr ma przy tym opady wyższe aniżeli wschodnia w związku z najczęstszymi kierunkami wiatrów, przynoszących opady” (s. 332). Nasuwa się pytanie, na jakim materiale faktycznym opiera autor to twierdzenie?

W 1959 r. T. Karasiński zajmował się opadami w Tatrach Polskich. W pracy swej poruszył następujące zagadnienia: przebieg miesięczny opadów, stosunki opadowe w czterech porach roku, położenie poziomu inwersyjnego, liczbę dni z opadem i osobno dni ze śniegiem. Do pracy dołączone są mapki przedstawiające rozmieszczenie opadów według pór roku oraz mapka z rozmieszczeniem opadów średnich rocznych. Praca oparta została na materiałach pluwiometrycznych z okresu 1891—1951 r. Obliczenia poziomu inwersyjnego wykonał autor na podstawie materiału pochodzącego z czteroletnich obserwacji (1932—1935), dostarczonych przez totalizator na Żółtej Turni. Autor nie podaje, jakie były luki w obserwacjach. Obliczenia i rozważania opiera na materiale pod względem czasowym nie homogenicznym. Za poziom inwersyjny przyjmuje wysokość 1800 m n.p.m. Autor rozporządzał bardzo skąpym materiałem (tylko z 6 stacji z terenu Tatr), na którym mógł oprzeć swe wnioski i rozważania dotyczące Tatr.

Wydaje się również, że tytuł pracy: „Opady atmosferyczne w Tatrach” został niefortunnie wybrany. Jeżeli bowiem na którejkolwiek z wymienionych wyżej mapek spróbujemy odgraniczyć Tatry od reszty omawianego przez autora obszaru, okaże się, że mniej więcej dwie trzecie terenu leży poza Tatrami, a tylko jedna trzecia znajduje się w obrębie gór. Okoliczność ta spowodowała, że Tatry potraktował T. Karasiński marginesowo, a wnioski, słuszne dla Podtatrza i terenów leżących na północ od niego, nie

są prawdziwe dla Tatr. Analiza mapki przedstawiającej rozmieszczenie opadów średnich rocznych w Tatrach może o tym łatwo przekonać. Jeżeli wyodrębnimy na mapce Tatry i poprowadzimy granicę pomiędzy Tatrami Zachodnimi a Wysokimi, następnie porównamy rozkład opadów w tych dwóch częściach gór, okaże się wyraźnie, że w Tatrach Zachodnich opady muszą być mniejsze niż we Wschodnich, czyli Wysokich. Mapka ta nie daje jednak możliwości obliczenia objętości opadów dla północnych stoków Tatr Polskich z powodu zbyt wielkiej generalizacji i nie pokazuje nawet poziomu inwersyjnego. We wnioskach stwierdza T. Karasiński, pomimo że w pracy nie zajmuje się obliczeniem, które dałoby możliwość porównania ilości opadów pomiędzy Tatrami Zachodnimi a Wschodnimi, i wbrew temu, co wynika z wykonanych przez niego mapek, że: „... w Tatrach Zachodnich (opady) \* są większe niż w części wschodniej, ponieważ większość fal opadowych przychodzi z zachodu zgodnie z najczęstszymi kierunkami wiatrów” (Karasiński 1959). Stwierdzamy więc sprzeczność pomiędzy treścią mapki a wnioskami końcowymi. Ponadto należy zwrócić uwagę na to, co wykazała J. Lewińska, a mianowicie że w Tatrach Polskich panującymi wiatrami nie są wiatry zachodnie, lecz południowe i południowo-zachodnie, i że na przeważające kierunki wiatrów decydujący wpływ wywiera orografia terenu. Wobec tego nasuwa się pytanie, na jakim materiale faktycznym oparł T. Karasiński swoje twierdzenie o przewadze opadów w Tatrach Zachodnich? Mapka wykonana przez T. Karasińskiego potwierdza bowiem wyniki, uzyskane w przedstawionym opracowaniu o których będzie mowa niżej (Lewińska 1959).

W celu uzyskania podstawy do obliczenia objętości opadów na północnym stoku Tatr Polskich należało zdobyć dane dokładniejsze i bardziej aktualne, które pozwoliłyby obliczyć gradient opadowy oraz wyznaczyć poziom inwersyjny na północnych stokach Tatr Polskich. W tym celu została dokonana próba obliczenia tych wartości w oparciu o wieloletnie (1949—1958 r.) materiały, pochodzące z tego samego okresu dla wszystkich punktów obserwacyjnych, położonych na terenie Tatr Polskich. Okres ostatniego dziesięciolecia 1949—1958 r. obrano dlatego, że dopiero od 1949 r. zaczęła funkcjonować systematycznie większość stacji meteorologicznych w Tatrach Polskich i można było otrzymać materiał obserwacyjny bez większych luk.

Wykorzystany został materiał obserwacyjny z 14 stacji przytoczonych w tabeli 2, a obliczenia prowadzone były w oparciu o lata hydrologiczne. Nie uwzględniono natomiast stacji w Jaszczurówce i w Dolinie Strążyskiej, jak również totalizatorów na Żółtej Turni, na szczycie Uhrocia Kas-

---

\* Dopisek I. Gieysztor.



Tabela 2

Sumy opadów rocznych i średnich w Tatrach Polskich  
z okresu 10 lat, w mm

Miejscowość	Wysokość w m n. p. m.	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	Suma średnia z 10 lat
Zakopane	844	1289	941	991	1200	1184	785	1298	864	975	1200	1073
Kościelisko	930	1496	1040	1169	1692	1185	1044	1548	1006	1075	1374	1263
Łysa Polana	988	1453	1215	1199	1312	1306	1011	1579	1072	1143	1499	1343
Kuźnice	1023	1625	1124	1194	1520	1438	1130	1858	1164	1189	1510	1375
Dolina Chochołowska	1028	1716	1193	1223	1253	1282	1019	1479	1055	1179	1638	1304
Roztoka	1100	1714	1200	1329	1153	1222	1015	1651	1060	1105	1600	1305
Kalatówki	1100	1840	1197	1204	1556	1285	1056	2118	1139	1029	1446	1387
Ornak	1100	1673	1171	1198	1592	1453	1286	1965	1463	1261	1631	1486
Hala Kondratowa	1173	1777	1456	1424	1457	1496	1169	1659	1142	1073	1529	1374
Myślenickie Turnie	1360	2043	1019	1072	1511	1469	1083	1771	1082	1170	1438	1366
Morskie Oko	1393	2059	1407	1431	1613	1257	1371	2193	1329	1258	1628	1554
Hala Gąsienicowa	1520	1854	1249	1498	1594	1484	1173	2001	1301	1356	1792	1531
Pięć Stawów Polskich	1668	2326	1590	1675	1774	1500	1375	1986	1492	1341	1714	1675
Kasprowy Wierch	1991	1839	1339	1450	1808	1582	1263	2030	1356	1371	1527	1561

prowego oraz na Przełęczy Uhrocia Kasprowego ze względu na to, że stacje te dają materiał ze zbyt krótkiego okresu obserwacyjnego i wykazują znaczne luki w obserwacjach.

Z czternastu uwzględnionych stacji kompletnego materiału dostarczyły: Kasprowy Wierch i Hala Gąsienicowa. Kuźnice, Kościelisko, Zakopane i Morskie Oko wykazały minimalne braki (1 lub 2 miesiące). Myślenickim Turniom brak jest obserwacji z 4 miesięcy. Nieco większe braki od 11 do 14 miesięcy miały stacje: Dolina Pięciu Stawów Polskich, Kalatówki, Ornak, Dolina Chochołowska i Łysa Polana. Najwięcej braków wykazały: Roztoka, której brakowało 16 miesięcy, oraz Hala Kondratowa z brakiem obserwacji dla 29 miesięcy.

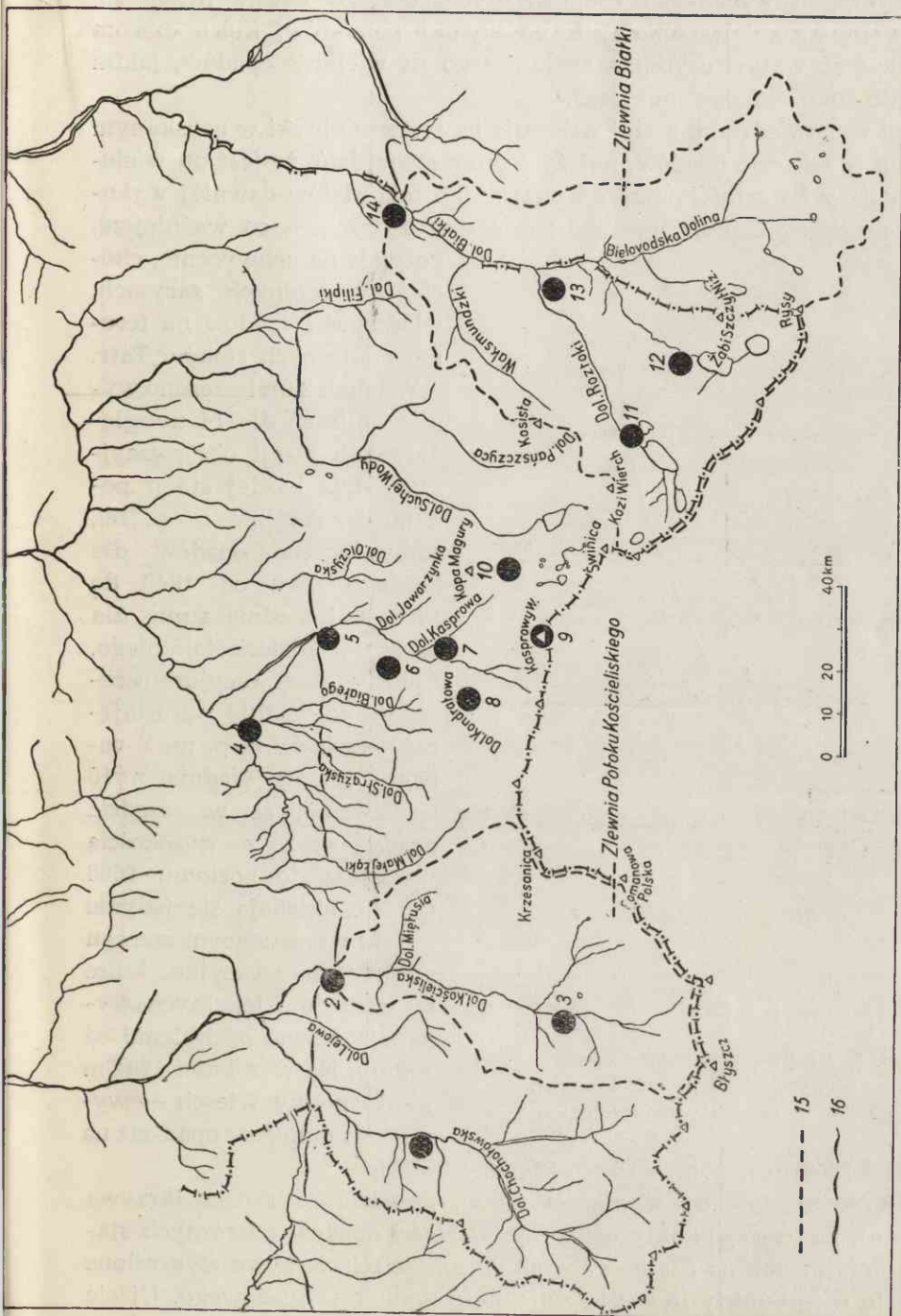
Luki powyższe zostały uzupełnione metodą interpolacji. W celu sprawdzenia przydatności — na terenach górskich — ogólnie przyjętej metody interpolacji, operującej porównywaniem średnich miesięcznych wieloletnich, układano równania ze wszystkimi czterema członami wiadomymi,

a zamiast jednego z wiadomych podstawiano znak zapytania. Wyniki wykazywały zbyt duże niezgodności pomiędzy wartościami interpolowanymi a rzeczywistymi. Pochodziło to stąd, że uwzględnianie przy interpolacji stacji położonych blisko siebie zarówno ze względu na oddalenie poziome, jak i położenie pionowe miało się z celem w warunkach górskich, gdyż na wielkość opadów w danym miejscu wywiera wpływ szereg najrozmaitszych czynników, które powodują, że na stacjach, blisko siebie położonych, o pozornie podobnych warunkach, opady różnią się bardziej niż na stacjach o podobnym położeniu, lecz bardziej od siebie odległych. Dokładniejsze wyniki dała metoda interpolacji oparta na nieco innych zasadach. Obliczano mianowicie stosunek, jaki zachodził pomiędzy opadami dwu przyległych do siebie miesięcy dla wszystkich stacji, a różnice wyrażono w procentach. Aby obliczyć wartość niewiadomej dla jakiegoś miesiąca, brano średnią wartość procentów i według niej obliczano niewiadomą. Metoda ta sprawdzona na przykładach, gdy wszystkie pozycje były wiadome, okazała się dokładniejsza i dawała wyniki bardziej zbliżone do rzeczywistości niż przedstawiona metoda pierwsza.

Rozmieszczenie poziome punktów obserwacyjnych na północnych stokach Tatr Polskich ilustruje ryc. 2, na której został wyodrębniony obszar gór. Od Rowu Podtatrzańskiego oddziela go na mapce gruba linia przerywana. Tak ujęty obszar Tatr Polskich obejmuje powierzchnię równą mniej więcej 187 km<sup>2</sup>. Z 14 wymienionych wyżej stacji, na terenie gór znajduje się 13, wobec czego 1 punkt obserwacyjny przypada średnio na 14,4 km<sup>2</sup>. Jak na teren o rzeźbie górskiej, silnie urozmaiconej, jest to bardzo rzadka sieć obserwacyjna. Widać z mapki, że punkty obserwacyjne rozmieszczone są nierównomiernie: w części zachodniej Tatr, mniej więcej od Doliny Białego, znajdują się tylko 3 stacje na obszarze obejmującym około 90 km<sup>2</sup>; przeto w tej części gór przypada średnio 1 punkt obserwacyjny na 30 km<sup>2</sup>. Pozostałe 10 stacji rozrzucone są w części wschodniej mniej więcej na takiej samej powierzchni, czyli tam jedna stacja przypada na obszar 9 km<sup>2</sup>.

Rozmieszczenie pionowe punktów obserwacyjnych uwidoczniono na rycinie 3. Jest ono również bardzo nierównomierne: punkty obserwacyjne skupiły się przeważnie w niższych partiach gór. Poniżej 1200 m n.p.m. leży dziewięć stacji, na wysokości pomiędzy 1200 a 1300 m n.p.m. nie ma żadnej stacji, w poziomie 1300—1400 m n.p.m. są dwie, a na wysokości bliskiej 2000 m — jedna.

Należy również pamiętać, że położenie topograficzne stacji meteorologicznych w stosunku do potrzeb naukowych jest dość przypadkowe, gdyż większość z nich leży w dnie dolin. Brak jest punktów obserwacyjnych położonych na zboczach. Położenie szczytowe ma tylko Kasprowy Wierch. Pomimo pewnej jednostronności położenia stacje meteorologiczne nie leżą



Ryc. 2. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych na terenie Tatr Polskich. Data w nawiasie oznacza rok założenia stacji lub jej ponownego uruchomienia po dłuższej przerwie

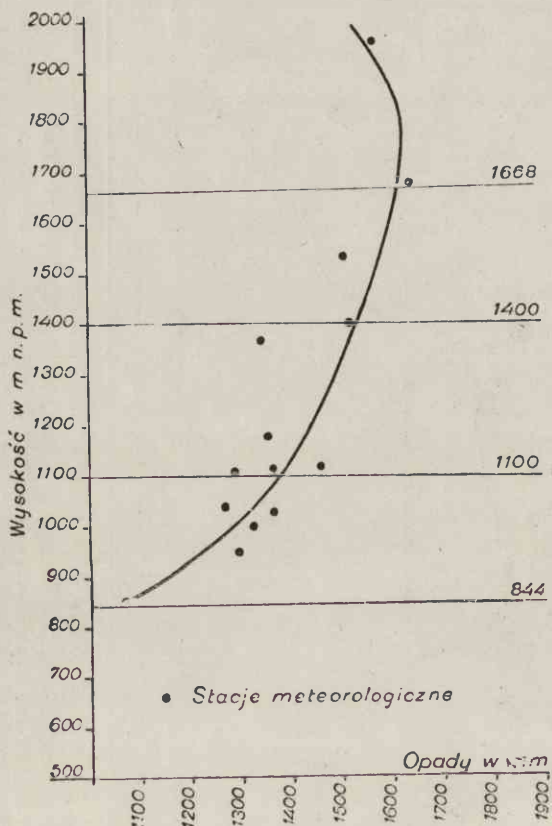
- 1 — schronisko Blaszyńskiej (1951), Dolina Chochołowska; 2 — Hala Ornak (1950); 3 — Kościelisko (1913); 4 — Zakopane (1875, 1945); 5 — Kuźnice (1925, 1949); 6 — Kalatówki (1947); 7 — Mysłienickie Turnie (1949); 8 — Hala Kondratowa (1949); 9 — Kasprowy Wierch (1936, 1945); 10 — Hala Gąstenicowa (1926, 1946); 11 — Pięć Stawów Polskich (1950); 12 — Morskie Oko (1913, 1946); 13 — Roztoka (1930); 14 — Łysa Polana (1950); 15 — dział wodny; 16 — granica między Tatrami i Rowem Podtatrzańskim

w identycznych warunkach orograficznych, dlatego należy liczyć się z wpływem warunków lokalnych na wyniki pomiarów, które czasem mogą zacięrać wpływ czynnika zasadniczego na wielkość opadów, jakim jest wzniesienie nad poziom morza.

Uwagi wypowiedziane wyżej wskazują na rozliczne braki w uzyskanym materiale w zakresie opadów, należy jednak stwierdzić, że jest on wielokrotnie bogatszy i wartościowszy od wszystkich materiałów dawniej wykorzystywanych do charakterystyki opadów w Tatrach, a co ważniejsze,

pozwała na uchwycenie, chociaż w ogólnych zarysach, właściwości opadów na terenie północnych stoków Tatr.

W tabeli 2 umieszczono wyniki obliczeń dla 14 uwzględnionych stacji obserwacyjnych. Dla każdej stacji podano wzniesienie n. p. m., sumy roczne opadów dla każdego roku od 1949 do 1958 r. i średnią sumę dla okresu dziesięcioletniego. Punkty obserwacyjne uszeregowano według wzrastającej wysokości n. p. m. Z rubryki „Suma średnia z 10 lat” widać, że w zasadzie opady wraz z wysokością wzrastają do poziomu 1668 m. Nie układają się jedynie w tym wzrastającym szeregu punkty obserwacyjne, które ze względu na lokalne wykazują pewne odchylenie od reguły. Na wysokości 1991 m — Kasprowy Wierch — występuje mniejszy opad niż na



Ryc. 3. Krzywa zmienności opadów na północnych stokach Tatr Polskich. Czarne kółka — stacje meteorologiczne

wysokości 1668 m n. p. m. — Pięć Stawów Polskich.

Zależność opadów od wysokości n.p.m. przedstawia ryc. 3 (krzywa gradientu), na której punkty oznaczają wartości opadów na różnych stacjach pomiarowych na poszczególnych wysokościach. Krzywa wykreślona w oparciu o te punkty ilustruje zmienność gradientu opadowego. Ujęcie liczbowe jego wartości przedstawia tabela 3.

Tabela 3

## Gradient opadowy w Tatrach

Miejscowość	Wy- sokość w m n. p. m.	Opady na sta- cji w mm	Opady według krzywej w mm	Gradient
Zakopane	844	1073	1073	143 mm/100 m
Kuźnice	1023	1375	1330	61 mm/100 m
Morskie Oko	1393	1555	1555	35 mm/100 m
Hala Gąsienicowa	1520	1531	1600	37 mm/100 m
Pięć Stawów Polskich	1668	1676	1655	16 mm/100 m
Wysokość n. p. m.	1700	—	1600	0 mm/100 m
Wysokość n. p. m.	1800	—	1600	—51 mm/100 m
Kasprowy Wierch	1991	1561	1561	

Uzyskany obraz jest bardzo zbliżony do tego, który podaje w swej pracy Karasiński. Według niego, powyżej 1800 m n.p.m. gradient ma również wartość ujemną, równą 53 mm/100 m.

Z przytoczonych rozważań wynika, że poziom inwersyjny leży na wysokości od 1700 do 1800 m n.p.m. i tworzy strefę, powyżej górnej granicy której rozpoczyna się ubytek opadów. Obliczenie powyższe nie daje możliwości dokładnego wyznaczenia poziomu inwersyjnego, gdyż brak jest dotychczas punktów obserwacyjnych pomiędzy poziomem 1668 a 2000 m n.p.m.

Dla terenu o tak urozmaiconej rzeźbie jak Tatry należało wykreślić dwie krzywe gradientu: jedną dla wschodniej części Tatr, drugą dla zachodniej. Niestety, w zachodniej części Tatr tak mało jest stacji meteorologicznych\*, że wykreślanie krzywej dla tej ich części dałoby wyniki mniej ścisłe niż te, które otrzymujemy na podstawie krzywej obliczonej dla całości Tatr Polskich.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na wyniki uzyskane przez Wiszniewskiego z okresu od 1881 do 1931 r. oraz na wyniki podane przez Karasińskiego z okresu od 1891 do 1951 r. i porównać je z wynikami uzyskanymi w przedstawionej pracy (tab. 4).

\* Na zachód od Doliny Białego znajdują się tylko 3 punkty obserwacyjne i wszystkie położone są w niższych partiach gór nie przekraczających 1100 m n. p. m.

Tabela 4

Nazwa stacji	Wys. w m	Wiszniewski 1891—1931	Karasiński 1891—1951	Gieysztor 1949—1958
Zakopane	844	1122	1118	1073
Kościelisko	930	1148	1091	1263
Kuźnice	1023	1322	1393	1375
Morskie Oko	1393	1810	1649	1554
Hala Gąsienicowa	1520	1715	1710	1531
Kasprowy Wierch	1991	—	1628	1561

Widoczne są dość znaczne różnice w wynikach obliczeń dotyczących sum średnich opadów, szczególnie na niektórych stacjach obserwacyjnych, położonych w wyższych partiach gór (Morskie Oko, Hala Gąsienicowa). Trudno stwierdzić, jakie są tego przyczyny, chociażby dlatego, że ani we wstępie umieszczonym w Atlasie Wiszniewskiego, ani w pracy Karasińskiego nie podano, jakiego rodzaju luki mają okresy czasu, dla których robiono obliczenia sum opadów rocznych. Luki takie istnieją i są znaczne. Zwłaszcza dla okresu obejmującego dwunastolecie od 1939 do 1951 r., gdyż w okresie wojennym i bezpośrednio po zakończeniu działań wojennych stacje obserwacyjne były przeważnie nieczynne. Co prawda w materiałach obserwacyjnych z okresu lat hydrologicznych 1949—1958 też są braki, jednak nieporównanie mniejsze w stosunku do okresów poprzednich, a dla stacji Kasprowy Wierch i Hala Gąsienicowa są kompletne (różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi w niniejszym opracowaniu a wynikami Wiszniewskiego i Karasińskiego właśnie dla tych stacji są większe), dla szeregu innych zaś niemal kompletne. Różnicę w sumach opadów, która występuje w Morskim Oku i na Hali Gąsienicowej oraz na Kasprowym Wierchu pomiędzy okresem 1891—1931 i 1891—1951 a wynikami podanymi w przedstawionej pracy, można tłumaczyć dwojako: albo obliczenia Wiszniewskiego i Karasińskiego z powodu zbyt dużych luk obserwacyjnych dały wyniki znacznie odchylające się od rzeczywistych, albo też różnice te wystąpiły na tle okresowych wahań klimatycznych. Żeby to drugie tłumaczenie miało głębsze uzasadnienie — różnice w opadach in minus w okresie 1949—1958, w stosunku do poprzednich okresów, powinny się zaznaczyć również i na innych stacjach. Tak jednak nie jest, w niektórych przypadkach daje się nawet zauważyć stosunek odwrotny, np. w Kościelisku i Kuźnicach suma opadów z okresu 1949—1958 jest nieco większa niż w okresach wcześniejszych.

Na podstawie uzyskanego gradientu została obliczona objętość średnia opadu rocznego na terenie zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego według wzoru:

$$x = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n}$$

(A. Łuczszewa 1950), gdzie  $x$  jest średnią arytmetyczną wartością opadów w danym przedziale izohiet,  $f$  — powierzchnią pomiędzy izohietami.

Na terenie zlewni Białki objętość średnia rocznego opadu wyniosła 100 704 000 m<sup>3</sup>, a wskaźnik opadu = 1550 mm. Dla zlewni Potoku Kościeliskiego objętość średnia rocznego opadu wyniosła 53 820 000 m<sup>3</sup>, co dało wskaźnik opadu = 1530 mm.

Wynik ten wskazuje, że opady w części wschodniej Tatr są większe niż w zachodniej, co pozostaje w sprzeczności z poglądami dotychczasowymi. Prawda, różnica ta nie jest duża. Jest nawet tak mała, że mieści się w granicach możliwego błędu. Niemniej jednak warto na ten wynik zwrócić uwagę, chociażby ze względu na to, że poglądy dotychczasowe nie miały uzasadnienia w obserwacjach terenowych, gdyż za czasów E. Romera nie było ani jednej stacji na terenie Tatr, a T. Karasiński rozporządzał tylko sześcioma placówkami obserwacyjnymi w górach. Zwracamy rż jeszcze uwagę na to, że mapka Karasińskiego pozwala na wyciągnięcie takiego samego wniosku, jaki wynika z przedstawionych w tej pracy obliczeń, mianowicie, że w Tatrach Zachodnich opady są mniejsze niż w Wysokich. Okoliczność, że różnica na korzyść Tatr Wysokich jest mała, przemawia za tym, że otrzymany wynik nie jest rezultatem błędu, a raczej ilustruje stosunki rzeczywiste; wskazują na to własności fizyczno-geograficzne omawianych części Tatr, nie wykazujące zasadniczych, kontrastujących silnie różnic, które musiałyby w sposób wybitny wpłynąć na stosunki opadowe. Wydaje się, że decydujący wpływ na ilość opadów ma tu wysokość n.p.m. oraz urzeźbienie terenu. Ponieważ Tatry Wysokie są wyższe od Zachodnich, rozleglejsze ich partie położone są w strefie większych opadów. Potwierdza to analiza krzywych hipsograficznych dwu omawianych zlewni. Gradient wykazuje, że największe opady otrzymuje strefa 1300—2000 m n. p. m.; w tym przedziale wysokości opady nigdzie nie są mniejsze od 1500 mm. Nie są co prawda wszędzie jednakowe: najwyższe wartości osiągają na wysokości 1700—1800 m n. p. m. (1660 mm), i mniej więcej od wysokości 1800 m n. p. m. opady zaczynają się zmniejszać. Jeżeli porównamy procent powierzchni przypadający na przedziały wysokości o wzmożonych opadach od 1300 do 2100 m n. p. m., okaże się, że w zlewni Potoku Kościeliskiego przypada na tę wysokość 64% powierzchni, zaś w zlewni Białki 70%. Wydaje się, że te niewielkie różnice występujące w rozkładzie wysokości dwu omawianych zlewni tłumaczą niewielką przewagę w ilości opadów, występującą na terenie zlewni Białki.

Na wzmożone opady na jej terenie prócz wysokości n.p.m. wpływa również intensywność urzeźbienia. Deniwelacje w Tatrach Wysokich są większe niż w Zachodnich: okoliczność ta z pewnością ma duży wpływ na występowanie większych opadów w Tatrach Wysokich.

Bliższa analiza wartości opadów na poszczególnych placówkach obserwacyjnych w Tatrach Polskich może dostarczyć dalszych materiałów przemawiających za słuszością powyższego twierdzenia. Co prawda z trzech stacji leżących w poziomie 1100 m n.p.m. największe opady rejestruje położona najdalej na zachód, a najmniejsze najbardziej wschodnia (Ornak — 1486 mm, Kalatówki — 1387 mm, Roztoka — 1305 mm), inne jednak stacje wykazują stosunek odwrotny, np. stacja w Dolinie Chochołowskiej położona na wysokości 1028 m n.p.m. ma opad mniejszy (1304 mm) niż Kuźnice (1375 mm) położone prawie na takiej samej wysokości (1023 m n.p.m.) lecz bardziej na wschód. Myślenickie Turnie (1360 m n.p.m.) o opadzie 1366 mm leżą na zachód od Morskiego Oka (1393 m n.p.m.), opady mają mniejsze niż Morskie Oko (1554 mm). Widać z powyższego, że na rozkład opadów w Tatrach silniej wpływają czynniki innej kategorii niż ekspozycja w stosunku do wiatrów zachodnich. Zbyt mała jest również rozciągłość Tatr Polskich z zachodu na wschód (zaledwie 20 km), aby mogła się zaznaczyć różnica w opadach zależna od ekspozycji. Gdyby wreszcie wykonać próbę wykreślenia krzywej gradientu dla wschodniej części Tatr na podstawie danych ze stacji Łysa Polana, Roztoka, Morskie Oko i Pięć Stawów Polskich, a osobno dla części środkowej ze stacji: Zakopane, Kuźnice, Kalatówki, Hala Kondratowa, Myślenickie Turnie, Hala Gąsienicowa, Kasprowy Wierch, okazałoby się, że krzywa gradientu dla wschodniej części Tatr wskaże obfitszy opad niż krzywa dla części środkowej.

W pewnej zależności od ilości opadów, niewątpliwie, pozostaje również przebieg górnej granicy lasów. W zlewni Białki leży ona wyżej (1583 m n.p.m.) niż w zlewni Potoku Kościeliskiego (1513 m n.p.m.); może to pośrednio wskazywać na występowanie większych opadów we wschodniej części Tatr Polskich.

Jeżeli wyniki przytoczonych obliczeń nie są tak dalece podbudowane wystarczającym materiałem obserwacyjnym, aby mogły dowieść przewagi opadów w części wschodniej Tatr, to co najmniej wskazują na to, że nie przeważają one w ich części zachodniej.

#### WODY PŁYNĄCE

Wody płynące w Tatrach mają charakter niewielkich potoków górskich, burzliwie spływających po niewyrównanych, kamienistych korytach, o licznych załamaniach spadku; tworzą one w swym biegu płycizny, głęboczki i wodospady. Długość żadnego z potoków tatrzańskich nie przekracza 15 km. Małe rozmiary wód płynących w Tatrach wiążą się z małymi rozmiarami samych gór, na terenie których nie było miejsca na powstanie rzek.



O wodach płynących w Tatrach spotykamy zaledwie krótkie wzmianki w pracach poświęconych przyległym do Tatr terenom.

W roku 1956 ukazała się praca K. Figuły pt. „Monografia Górnego Dunajca”. Opracowany przez autora obszar nie stanowi odrębnego regionu fizyczno-geograficznego, a składa się z szeregu różnych jednostek regionalnych lub ich części, wśród których znajduje się również fragment Tatr. W pracy tej znajdujemy między innymi dane dotyczące stanów wody dla Potoku Kościeliskiego w Kirach i dla Białki na Łysej Polanie dla niektórych lat, za okres od 1920 do 1934 r.

W 1957 r. ukazała się praca K. Wit pt. „Charakterystyka hydrograficzna Regionu Podtatrzańskiego”, wykonana na zlecenie Biura Planów Regionalnych w Krakowie. Celem pracy było przedstawienie stosunków wodnych Regionu Podtatrzańskiego oraz dokonanie oceny zasobów wodnych tego regionu dla celów zagospodarowania terenu. Ponieważ autorka nie zajmowała się w tej pracy Tatrami, znajdujemy w niej jedynie krótkie wzmianki o wodach tatrzańskich.

Z danych o Potoku Kościeliskim dowiadujemy się, że potok ten ma źródła na obszarze Tatr w Stanikowym Żlebie. Na długości 4520 m płynie ze spadkiem 71‰. Z braku wodowskazu na Czarnym Dunajcu zostały przytoczone wartości stanów wody w Potoku Kościeliskim według obserwacji wodowskazowych w Kirach za okres 1949—1955 r. — dane PIHM-u. Na tej podstawie autorka stwierdziła, że najwyższe stany wody występują w okresie od kwietnia do sierpnia; są one związane z roztopami i największym natężeniem opadów w miesiącach letnich. Okoliczność, że wahania stanów wody rzadko przekraczają 0,5 m, tłumaczy autorka pochłanianiem przez podłoże części wody wezbraniowej, co ma wskazywać na dużą zdolność retencyjną terenu. Podaje też według danych zaczerpniętych z PIHM-u wartości przepływów w profilu wodowskazowym w Kirach, przy różnych stanach wody.

W 1958 r. ukazał się w Przewodniku VI Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego referat K. Wit i Z. Ziemońskiej pt. „Stosunki hydrograficzne Tatr”. Tekst podaje liczne fakty dotyczące stosunków hydrograficznych wód w Tatrach w postaci zwięzłej rejestracji zjawisk. Do opracowania dołączona jest mapa hydrograficzna Tatr Polskich. Poruszona w referacie rozległa tematyka zagadnień hydrograficznych wskazuje na to, że stanowi on zapowiedź obszernego opracowania stosunków hydrograficznych z terenu Tatr.

#### OPIS WÓD

Ze względu na brak w piśmiennictwie podstawowych elementów opisu zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego podajemy je obliczone z przedwojennych map fotogrametrycznych Tatr w skali 1 : 20 000.

Elementy morfometryczne systemu Białki

Nazwa potoku	Wysokość n. p. m. w m		Długość w km	Spadek ‰	Uwagi Charakter źródeł
	źródło	ujście			
Potok główny Białka	1577	970	14	43,42	za „ujście” przyjęto przekrój wodowskazo- wy na Łysej Polanie
górną bieg Białki (od źródeł po ujście Poto- ku Rybiego)	1577	1075	6,7	71	Zielony Staw
Dopływy lewoboczne Ciężki Potok*	1612	1350	0,72	364	dawna nazwa — Czeski Potok
Żabi Potok Białcz.	1676	1130	2,2	248	Żabi Staw Niżni
Rybi Potok	1393	1075	5,0	63,6	Morskie Oko
Potoczek spod Opa- lonego	1290	1064	1,0	226	źródełko
Roztoka	1665	1020	6,5	99,2	Wielki Staw
Potok spod Dziada	1490	988	2,6	193	źródełko
„ „ „					
bieg górny	1490	1050	1	440	„
Potok Waksmundzki	1865	987	6,2	141,6	„
Dopływy prawoboczne					
Litworowy Potok	1859	1500	1,4	256,4	Litworowy Staw
Świstowy Potok	1950	1350	2,4	250	młaka
Równikowy Potok	1760	1270	2,9	170	źródełko
Potok z Litworo- wego żlebu	1450	1170	1,4	200	„
Michałowy Potok	1500	1077	1,8	233	„
Potok Czerwony spod Holicy	1400	974	2,8	152	młaka

\* Bohus Ivan, Česká Dolina alebo Tazká Dolina. Ochrana Prirody, nr 4, s. 122—123, Praha 1955. Vysoké Tatry, 1 : 75 000, mapa turystyczna 1958.

Zlewnia Białki. Główną arterią wodną zlewni Białki jest potok tej samej nazwy, wypływający z jeziora (z Zielonego Stawu) położonego na terenie górnego piętra Doliny Białej Wody, w Dolinie Kaczej, na wysokości 1557 m n.p.m. (tabl. I).

Zlewnia Białki rozwinięta jest skrajnie niesymetrycznie w stosunku do głównego potoku: lewe skrzydło zlewni jest rozległe i obejmuje 71,7% powierzchni całej zlewni, czyli 54,3 km<sup>2</sup>. Na prawe skrzydło przypada za-

ledwie 28,3%, co wynosi 21,3 km<sup>2</sup>. Stosunek powierzchni lewego skrzydła zlewni do prawego ma się w przybliżeniu jak 2,5 : 1. Dlatego długość dopływów Białki jest tak różna, co powinno wpływać na reżim hydrologiczny potoku głównego w kierunku łagodzenia wahań jego stanów wody. Największe dopływy otrzymuje Białka z lewej strony, podczas gdy z prawej wpadają do niej jedynie niewielkie potoczki. Zestawienie elementów morfometrycznych systemu Białki podano w tabeli 5.

Ponadto jako przykład ilustrujący charakter potoków tatrzańskich podano kilka małych potoczków wysokogórskich wpadających do jezior lub łączących dwa jeziora (tabela 6).

Tabela 6

Elementy morfometryczne małych potoczków wysokogórskich w Tatrach

Nazwa potoku	Wysokość w m n. p. m.		Długość w km	Spadek ‰	Uwagi Charakter źródeł
	źródło	ujście			
Potok w Ciężkiej Dolinie płynący ze Zmarzłego Stawu do Ciężkiego Stawu	1774	1612	0,83	195	Zmarzły Staw
Potok płynący z Żabiego Stawu Wyżniego do Żabiego Stawu Niżniego	1702	1676	0,16	162	Żabi Staw Wyżni
Potok płynący z Czarnego Stawu pod Rysami do Morskiego Oka	1579,5	1393	0,58	321,6	Czarny Staw

Białka ma 13 dopływów. Długość Białki na terenie zlewni tatrzańskiej wynosi 14 km i przewyższa przeszło dwukrotnie długość najdłuższego jej dopływu — potoku Rostoka, mierzącego 6,5 km. Drugim co do długości dopływem Białki jest Potok Waksmundzki o 6,2 km długości, trzecim — Rybi Potok mierzący 5 km. Poza tymi trzema, żaden nie przekracza 3 km długości. Potoków o długości od 1 do 3 km jest 9, krótszych od 1 km — 1. Białka ma dłuższe dopływy lewoboczne; jest ich też więcej, liczba ich wynosi 7, podczas gdy prawobocznych jest 6.

Spadki potoków są bardzo duże, wahają się w granicach od 43,4 do 440‰. Ta ogromna rozpiętość spadków wynika z tego, że uwzględniamy czasem górne biegi potoków o wielkich spadkach oddzielnie od dolnego biegu potoków, jak to widać z tabeli 5. Najmniejszy spadek ma Białka. Wynosi on, dla całej długości potoku na terenie omawianej zlewni, po

przekrój wodowskazowy na Łysej Polanie 43,4‰, a tylko dla jej biegu górnego, liczonego do ujścia Rybiego potoku — 71‰. Najdłuższe dopływy Białki mają spadki mniejsze od wszystkich potoków krótszych. Spadki Rybiego Potoku i Roztoki wahają się pomiędzy 50 a 100‰. Jedyne Potok Waksmundzki osiąga 141,6‰. Wszystkie potoki krótsze niż 3 km mają spadki bardzo duże, przekraczające 150‰. Spośród nich tylko 3 mają spadki mniejsze od 200‰. Spadki 7 potoków przekraczają 200‰. Ta okoliczność, że potoki krótkie mają z reguły o wiele większe spadki niż długie, powinna również wpływać na reżim hydrologiczny potoku głównego: nie tylko bowiem krótki bieg potoków mniejszych sprzyja szybszemu doprowadzeniu wody do potoku głównego, lecz również prędkość spływania wody jest w nich większa niż w potokach długich o mniejszych spadkach.

Z czternastu potoków płynących na terenie zlewni Białki — sześć wypływa z jezior, osiem ze źródeł. Z jezior biorą początek dwa spośród największych dopływów Białki: Rybi Potok i Roztoka. Z większych potoków jeden tylko — Waksmundzki — wypływa ze źródła. Z sześciu prawobocznych, krótkich potoków, z jeziora wypływa tylko jeden — Litworowy Potok. Z siedmiu lewobocznych — pięć wypływa z jezior.

Na terenie zlewni Białki znajduje się 15 jezior o łącznej powierzchni 1,4 km<sup>2</sup>, co stanowi 2,2‰ powierzchni zlewni. Pojemność tych jezior, z wyjątkiem Ciężkiego Stawu i dwóch jezior Białczańskich, dla których nie można było znaleźć danych, wynosi 35 926 850 m<sup>3</sup>. Powyższe dane cyfrowe zostały obliczone na podstawie wykazu jezior, zawartego w pracy J. Szafarskiego. Wykaz jezior położonych w zlewni Białki podany jest w tabeli 7.

Zlewnia Potoku Kościeliskiego. Główną arterią zlewni Potoku Kościeliskiego jest potok tejże nazwy, wypływający ze źródła położonego na Hali Pysznej Wyżniej, na wysokości 1320 m n.p.m. (tabl. I).

W zimie, w okresach silniejszych mrozów, źródło przestaje istnieć i nie sposób jest odnaleźć je w zamrożonym i zaśnieżonym gruncie.

Zlewnia Potoku Kościeliskiego, podobnie jak zlewnia Białki, rozwinięta jest niesymetrycznie w stosunku do jej głównego potoku, a stosunek dwu skrzydeł zlewni jest tu prawie taki sam, jak w zlewni Białki, z tą różnicą że prawe skrzydło jest większe niż lewe i zajmuje 27,1 km<sup>2</sup>, co wynosi 69,1%, lewe zaś ma pow. 12,1 km<sup>2</sup>, co stanowi 30,9‰ powierzchni zlewni. Stosunek prawego skrzydła do lewego ma się jak 2,24 : 1.

Na rozmieszczeniu potoków na terenie zlewni odbija się wyraźnie budowa geologiczna podłoża: Potok Kościeliski na przestrzeni od Potoku Tomanowego do Potoku Miętusiego, płynąc przez tereny wapienne, nie otrzymuje żadnego większego, stałego dopływu powierzchniowego. System odwodnienia powierzchniowego najlepiej rozwinął się jedynie w górnej

Tabela 7

## Jeziora występujące w zlewni Białki

Nazwa jeziora	Wysokość w m n. p. m.	Powierz- chnia w ha	Pojemność w m <sup>3</sup>	Pomiar wykonał
Morskie Oko	1392,8	34,928	9 935 000	WIG 1934
Wielki Staw	1664,6	34,352	12 967 000	„
Czarny pod Rysami	1579,5	20,636	7 761 700	„
Czarny w Dolinie Pię- ciu Stawów Polskich	1722,1	12,688	2 825 800	„
Białczański Wyżni	1702	10,000	??	„ pomiar autorki z mapy 1 : 20 000
Przedni w Dolinie Pięciu Stawów Pol- skich	1668,3	7,708	1 130 000	WIG 1934
Zadni w Dolinie Pię- ciu Stawów Polskich	1889,6	6,472	918 400	„
Białczański Niżni	1676	6,000	?	„ pomiar autorki z mapy 1 : 20 000
Zmarzły nad Ciężkim	1774	2,8	215 300	Ormicki 1929
Zielony w Dolinie Ka- czej	1577	2,625	?	Ormicki 1929
Ciężki Staw	1612	2,000	?	„ pomiar autorki z mapy 1 : 20 000
Litworowy Staw	1859	1,720	126 800	Ormicki 1929
Zmarzły pod Polskim Grzebieniem	2047	1,060	39 100	Sawicki 1909—1910
Mały Kaczy	1577	1,211	5 950	Ormicki 1929
Mały w Dolinie Pięciu Stawów Polskich	1668	0,181	1 800	WIG 1934
<b>Łącznie</b>		<b>144,361</b>	<b>35 926 850</b>	

\* Pojemność nieznana.

części zlewni, gdzie występuje słabo przepuszczalne podłoże krystaliczne. Potoki Tomanowy i Miętusi nie mają podłoża krasowego. Dłuższe dopływy rozwinęły się tu tylko po prawej stronie, na co zwrócił już uwagę A. W r z o s e k. Wszystkie dopływy lewoboczne są krótkie (niektóre dane morfometryczne potoków podane są w tabeli 8).

Potok Kościeliski ma 16 dopływów. Długość potoku głównego wynosi 9,5 km i jest prawie trzykrotnie większa od najdłuższego jego dopływu — Potoku Tomanowego, mierzącego 3,4 km. Do większych potoków zlewni należą jeszcze dwa: Potok Miętusi 2,58 km długi i Potok Babie Nogi mierzący 2,2 km. Tak więc Potok Kościeliski ma trzy dopływy o długości

przekraczającej 2 km. Pozostałe 13 są krótsze. Sześć z nich ma długość większą od 1 km, a 7 ma charakter krótkich potoczków kilkaset metrów długich. Potoków prawobocznych jest 9, lewobocznych — tylko 7.

Tabela 8

Elementy morfometryczne systemu Potoku Kościeliskiego

Nazwa potoku	Wysokość w m n. p. m.		Długość w km	Spadek ‰	Uwagi Charakter źródła
	źródło	ujście			
Potok główny					
Potok Kościeliski	1320	927	9,5	41,3	źródło
górny bieg (od źródeł do hali Ornak)	1320	1100	2,8	80	źródło
Dopływy prawoboczne					
Babie Nogi	1710	1205	2,2	230	źródło
Potok z dolinki bezimiennej	1400	1135	1,6	165,5	„
Potoczek koło schroniska na Ornaku	1105	1085	0,45	46,5	„
Potok Tomanowy	1400	1076	3,4	95,3	„
Potok spod Uplazowej Turni	1510	1022	1,5	325,3	„
Potoczek koło Źródła Lodowego	1183	971	1,2	260	„
Potoczek naprzeciwko tzw. Zbójnickiej Kapliczki	1110	966	1,6	90	„
Potoczek spod Jadamicy	1055	965	0,36	250	„
Miętusi Potok	1148	953	2,58	75,4	„
Dopływy lewoboczne					
Potok spod Siwych Sądów	1505	1298	0,66	313	„
Potok spod Ornaku	1590	1113	1,9	251	„
Potok spod Iwaniackiej Przełęczy	1500	1078	1,9	222	„
Potok spod Hali Pod Kominami	1245	975	0,86	314	„
Potok we Wściekłym Żlebie	1015	945	0,7	100	„
Potok spod Kopek	1000	939	0,3	236	„
Potok poniżej Bramy Kantaka	1035	930	0,64	164	„

Spadki potoków w zlewni Potoku Kościeliskiego są bardzo duże i wahają się w granicach 41,3—325,3‰, nie osiągają jednak tak dużych wartości jak spadki potoków w zlewni Białki. Potok Kościeliski oraz dwa najdłuższe jego dopływy Tomanowy i Miętusi mają stosunkowo najmniejsze spadki, nie przekraczające 75‰. Z większych dopływów jedynie Potok Babie Nogi wykazuje bardzo duży spadek — 230‰. Z pozostałych małych potoków spadki w granicach od 100 do 200‰ mają trzy potoki. Ponad 200 ‰ spadku ma 8 potoków, ponad 300‰ — 3. Z zestawienia tego widać, że spadki potoków mają tu również charakter wybitnie górski.

Na terenie zlewni Potoku Kościeliskiego znajduje się tylko jedno jezioro (jeśli nie liczyć zbiorników wodnych w rodzaju Siwych Stawków) — Smreczyński Staw o powierzchni 0,007 km<sup>2</sup>. Jest to jezioro bezodpływowe, a wszystkie potoki zlewni Potoku Kościeliskiego wypływają ze źródeł. Jeziora tej zlewni nie wchodzi w rachubę jako czynnik wpływający na stosunki hydrologiczne potoków.

Zasadniczy wpływ na nie ma natomiast występowanie na znacznych przestrzeniach wapieni i dolomitów, co spowodowało, że rozwinęło się tu krążenie wód o charakterze krasowym. Potoki zasilane są w znacznym stopniu przez wody wypływające z wywierzyisk krasowych lub z licznie występujących na terenie zlewni wysięków. Część wód przepływa kanałami podziemnymi, na co wskazuje chociażby taki fakt, że główny Potok Kościeliski ma na niektórych odcinkach objętość przepływu większą w przekrojach koryta wyżej położonego niż w przekrojach niżej leżących — w stosunku do biegu potoku.

Pierwszą i dotychczas jedyną pracą poświęconą zagadnieniu krasu tatrzańskiego jest praca A. Wrzoska pt. „Z badań nad zjawiskami krasowymi Tatr Polskich”. Zawiera ona głównie opis form krasowych występujących w Tatrach, wodom poświęca autor mniej uwagi, chociaż próbuje podać interpretację zjawisk hydrologicznych. Wpływ spod Pisanej uważa za wyjście na powierzchnię podziemnego systemu odwodnienia Wąwozu Kraków, zaś Źródło Lodowe za wypływ wód podziemnych odwadniających Organy, Gładkie i Uplaz. Wypowiada też przekonanie, że: „już dzisiaj jest pewne, że podziemne działy wód nie są w zgodności z morfologicznymi” (A. W r z o s e k 1933).

A. Gadomski obserwując szybkie znikanie wody opadowej w szczelinach wapiennych na terenie górnych pięter Doliny Miętusiej, w bezwodnych kotłach Mułowym i Litworowym przypuszcza, że woda przedostaje się podziemnie, zgodnie z upadem warstw skalnych na południową stronę grzbietu Tatr (A. G a d o m s k i 1938).

O odwodnieniu podziemnym pisze również K. Kowalski. Według niego ramię Czerwonych Wierchów między Dolinami Kościeliską a Miętusią, a nawet prawdopodobnie i część Doliny Miętusiej odwadniane są podziemnie, a wypływ tych wód odbywa się przez Źródło Lodowe. Wąwóz Kraków odwadniany jest, zdaniem tego autora, również podziemnie i wypływ z odwadniających go systemów kanałów wychodzi na powierzchnię w wywierzyisku Pisanej (K. K o w a l s k i 1953).

S. Zwoliński uważa, że podziemny system kanałów odwadnia obszar Czerwonych Wierchów od Doliny Kościeliskiej do Małolączniaka i wychodzi na powierzchnię w Źródle Lodowym. Wpływ spod Pisanej traktuje jako wyjście na powierzchnię podziemnego przepływu Potoku Kościeliskiego (S. Z w o l i ń s k i 1957).

J. Rudnicki stwierdził, że obszar leżący pomiędzy odcinkiem Doliny Kościeliskiej od Bramy Kraszewskiego a silnie wciętym żlebem biegnącym od Hali Pisanej ku przełęczy nad tą halą i dalej przez oba Kotły Kamienne, na zachodzie ograniczony Doliną Kościeliską tworzy obszar pod względem hydrologicznym odizolowany. Granicy wschodniej tego obszaru dokładnie wyznaczyć nie można, gdyż nieznanym jest przebieg podziemnego działu wód. Granica ta, według autora, przebiega prawdopodobnie nieco na wschód od Doliny Miętusiej. Dzisiejszy system odwodnienia podziemnego wyżej określonego terenu odbywa się ku Potokowi Kościeliskiemu i wytworzył się wskutek przeciągnięcia niezależnego przed tym własnego systemu odwodnienia, jaki posiadała Dolina Miętusia (J. Rudnicki 1958).

Z powyższych, dotychczasowych opracowań wynika, że odnośnie do odwodnienia Doliny Kościeliskiej, poza fragmentarycznymi wiadomościami, brak jest pewnych danych o krążeniu podziemnym na jej terenie. Nie wiadomo, jaki jest stosunek zlewni podziemnej do powierzchniowej — czy jest ona większa od niej, czy mniejsza; czy zlewnia Potoku Kościeliskiego oddaje swoje wody sąsiednim zlewniom, czy też przychodzą na jej teren jakieś obce wody, drogami podziemnymi. Obliczenie bilansu wodnego dla zlewni Potoku Kościeliskiego rzuci może nieco światła na ogólny charakter hydrologiczny tej zlewni.

#### STANY WODY

Jedną z najbardziej charakterystycznych cech wód płynących stanowi przebieg roczny ich stanów wody. Dlatego rozważania nad cechami hydrologicznymi Białki i Potoku Kościeliskiego rozpoczyna analiza przebiegu rocznych stanów ich wód. (Ze względów technicznych nie podajemy wykresów ilustrujących przebieg ich stanów wody).

Przebieg wahań stanów wody w Białce i Potoku Kościeliskim nie jest jednakowy. W Białce jest bardziej regularny niż w Potoku Kościeliskim. Po zimowej zniżce woda w Białce zaczyna się podnosić zazwyczaj w kwietniu lub maju, rzadziej zdarza się to w marcu. Wysokie stany wody, które osiąga w miesiącach letnich, trwają z przerwami do sierpnia lub września, po czym następuje opadanie wody i przez całą zimę trwają niskie stany, bez większych zakłóceń. W Potoku Kościeliskim podnoszenie się stanów po zimowej zniżce rozpoczyna się nieco wcześniej niż w Białce, przeważnie w marcu. Najwyższe stany wody występują zazwyczaj w pierwszej połowie lata. Okres zniżki zimowej nie jest tak monotony i niezmienny jak w Białce. W Potoku Kościeliskim pojawiają się zazwyczaj w styczniu i lutym, czasem i w marcu, nagle podniesienia się stanów wody: woda w potoku nagle, gwałtownie przybiera, pozostaje na tym wyższym po-



ziomie przez dzień lub dwa i znów dość nagle opada. Na razie trudno określić, jakie przyczyny powodują to zjawisko. Być może, że jest ono związane z krasowym charakterem krążenia podziemnego wody w tej zlewni. Dalsze badania terenowe powinny przyczynić się do wyjaśnienia tej nieregularności. Należałoby również zbadać, jakiego rodzaju wpływ na wahania stanów wody w potokach ma tajanie śniegów; czy można mówić o roztopowym charakterze tajania tych śniegów w omawianym terenie górskim. Dla lepszego zorientowania się w wahaniami stanów wody podajemy tabelę 9 stanowiącą wyciąg z wykresów dziennych stanów wody dla wymienionego okresu.

Tabela 9

Maksymalne i minimalne stany roczne wody Białki  
i Potoku Kościeliskiego w okresie 1949—1958 r.

Rok	Stany wody w cm				Wahania roczne w cm	
	maksymalne		minimalne		Białka	Potok Kościeliski
	Białka	Potok Kościeliski	Białka	Potok Kościeliski		
1949	269 (VII)	240 (VII)	151 (III)	110 (III)	118	130
1950	219 (VIII)	160 (IV)	151 (II)	115 (II, III)	68	45
1951	279 (V)	210 (V)	152 (II)	115 (III)	127	95
1952	212 (VI)	164 (IV)	163 (III)	110 (I, II, III)	49	54
1953	213 (V)	158 (V)	164 (II, III)	111 (III)	49	47
1954	222 (V)	160 (V)	162 (II, III)	117 (III)	60	43
1955	254 (VI)	180 (VIII)	164 (III)	120 (III, IX)	90	60
1956	222 (VI)	176 (VI)	167 (II, III)	106 (III)	55	70
1957	218 (VII)	160 (V)	168 (XII, I, III)	118 (III)	50	42
1958	222 (VII)	174 (VI)	166 (XII)	118 (I, II)	56	56
Średnie	233	178,2	160	114	73	64,2

W Białce wahania roczne stanów wody najczęściej nie przekraczają 1 m; w ciągu 8 lat były niższe od 1 m, przez 2 lata przekroczyły 1 m, a z wymienionych 8 lat w ciągu 5 wynosiły mniej więcej około 0,5 m, podczas gdy przez 3 lata osiągały wartości od 60 do 90 cm. Jak na stosunki panujące w niewielkim potoku górskim, są to wahania duże. Ponadto z tabeli widać, że w Białce najwyższe stany wody występują w półroczu

letnim, a najniższe w zimowym. Pozostaje to w związku z największymi opadami letnimi w naszym klimacie. Zwróciły na to uwagę K. Wit i Z. Ziemońska (1958). Głębsze zastanowienie się nad treścią tabeli pozwala zorientować się w bardziej szczegółowych cechach stanów wody w Białce. Najwyższe stany wody notowane są w miesiącach: w lipcu w ciągu 4 lat, w maju w ciągu 3 lat, w czerwcu w ciągu 2 lat. A więc w maju i w czerwcu łącznie najwyższe stany wody występowały w ciągu 6 lat, podczas gdy w lipcu tylko przez 4 lata. Najniższe stany wody zaobserwowano w półroczu zimowym (K. Wit 1957): najczęściej występowały one w marcu — stwierdzono je w ciągu 7 lat. W lutym też były częstym zjawiskiem, gdyż pojawiały się w ciągu 6 lat. Rzadziej obserwowano je w styczniu — przez 3 lata. Raz minimum wystąpiło w grudniu. Z tego widać, że najniższe stany wody występowały przeważnie w marcu, a więc w drugiej połowie półrocza zimowego.

Absolutne maksimum dla ostatniego dziesięciolecia zaobserwowano 11 maja 1951 r. = 279 cm (absolutne maksimum kiedykolwiek stwierdzone = 326 cm zanotowano 8. VI. 1948 r.). Absolutne minimum dla tegoż okresu = 151 cm (18. III. 1949 r. i 26. II. 1950 r.) jest jednocześnie absolutnym minimum kiedykolwiek stwierdzonym. Średnie maksimum za okres ostatnich 10 lat wyniosło 234,5 cm, średnie minimum 161 cm.

Wahanie skrajne pomiędzy absolutnym maksimum i absolutnym minimum równa się 175 cm, pomiędzy maksimum i minimum dla okresu ostatnich 10 lat wynosi 128 cm. Różnica pomiędzy średnim maksimum a średnim minimum za ten sam okres = 73,5 cm. Skrajną różnicę roczną zanotowano w tym samym roku, w którym wystąpił najwyższy stan wody (1951 r.), wyniosła ona 127 cm. Najmniejsze różnice wynoszące 49 cm zanotowano w latach 1952 i 1953 — w tych samych kiedy wystąpiły najniższe maksima roczne. Wahania pomiędzy maksymalnymi i minimalnymi stanami rocznymi zależne są od wysokości rocznego maksymalnego stanu wody: im jest on wyższy, tym większe są wahania skrajne roczne.

W Potoku Kościeliskim wahania roczne stanów wody nie przekraczają najczęściej 70 cm. Tylko w jednym roku przekroczyły 1 m. W ciągu 4 lat były mniejsze niż 0,5 m, przez 4 lata wynosiły od 54 do 70 cm, a jeden raz podniosły się do 90 cm. Jak na mały potok górski, są to wahania duże, mniejsze jednak niż w Białce.

Maksima w Potoku Kościeliskim przypadają tak jak w Białce na półroczu letnie. Częstość występowania najwyższych stanów wody przesunięta jest ku początkowi półrocza letniego; w ciągu dwu lat maksima wystąpiły w kwietniu (1950 i 1952 r.), w maju maksima zanotowano w ciągu 4 lat, w czerwcu w ciągu 2 lat, w lipcu, a także w sierpniu — w ciągu 1 roku. W sumie maksima w kwietniu, maju i czerwcu wystąpiły w ciągu 8 lat,

w lipcu i sierpniu — w ciągu 2 lat. Maksima roczne występują tutaj na ogół wcześniej niż w dorzeczu Białki.

Minima najczęściej pojawiają się w marcu — notowano je w tym miesiącu w ciągu 9 lat, w lutym w ciągu 3 lat, w styczniu w ciągu 2, a tylko jeden raz w październiku. Stany najniższe występują tu mniej więcej w tym samym czasie co w Białce. Absolutne maksimum notowane 16. VI. 1904 r. wynosi 298 cm, absolutne minimum 8—16. III. 1949 r. = 106 cm. Różnica wyniosła 192 cm. Absolutne maksimum za okres 1949—1958 r. wyniosło 240 cm, minimum — 106 cm. Różnica stanów wody pomiędzy absolutnym maksimum i minimum za ten okres wyniosła 134 cm. Średnie maksimum za 10 lat = 178,2 cm, średnie minimum = 114 cm. Różnica pomiędzy średnim maksimum i minimum za okres 10 lat = 64,2 cm.

Największą różnicę pomiędzy maksymalnymi i minimalnymi stanami wody w ciągu roku zaobserwowano w 1949 r. — wyniosła ona 130 cm. Najmniejsza wystąpiła w 1957 r. i równała się 42 cm. Zarówno w Potoku Kościeliskim, jak i w Białce amplituda wahań stanów wody jest tym większa, im wyższe stany wody występują w ciągu roku.

Jeżeli z kolei porównamy roczne wahania stanów wody w obu potokach, okaże się, że: pomimo wahań pomiędzy maksimum i minimum absolutnym (192 cm) oraz maksimum i minimum za okres od 1949 do 1958 r. (134 cm) większych dla Potoku Kościeliskiego niż dla Białki (175 cm i 128 cm), analiza skrajnych rocznych wahań stanów wody w tych dwóch potokach wykazuje, że przez 7 lat skrajne wahania roczne były większe w Białce niż w Potoku Kościeliskim. Znajduje to swój wyraz w różnicy pomiędzy średnim rocznym maksimum i minimum dla obydwóch potoków. Dla Białki jest ono większe i równa się 73,5 cm, dla Potoku Kościeliskiego mniejsze — wynosi 64,2 cm. Można z tego wyciągnąć wniosek, że wahania stanów wody w Białce są większe niż w Potoku Kościeliskim. Tymczasem zdawać by się mogło, że ze względu na liczne jeziora występujące na terenie zlewni Białki, z których wypływają potoki, wahania te, pod wpływem regulującego odpływ działania jezior powinny być w Białce mniejsze niż w Potoku Kościeliskim, w którego zlewni jeziora nie występują. Tak jednak nie jest. Spróbujmy zanalizować przyczyny tego stanu. Wiadomo, że wpływ jezior regulujący wahania stanów wody zależy od szeregu czynników fizyczno-geograficznych, przede wszystkim jednak od rozmiarów jezior, gdyż od ich powierzchni zależy z kolei wielkość retencji jeziornej. Wpływa na nią również wiek jezior oraz rozmiar zlewni jezior.

W polskim piśmiennictwie można spotkać wypowiedziane twierdzenie, jakoby jeziora tatrzańskie wywierały łagodzący wpływ na wahania stanów wody w potokach. Wspomina o tym m. in. Ludomir Sawicki w artykule pt. „Jak głębokie są nasze stawy tatrzańskie?” Potwierdzenie tego

poglądu znajdujemy też w pracy K. Wit i Z. Ziemońskiej pt. „Stosunki hydrograficzne Tatr”.

Autorki piszą w tej sprawie: „Zbiornikami retencji powierzchniowej, magazynującymi duże ilości wód opadowych i roztopowych są jeziora tatrzańskie”. A dalej: „Ogólna pojemność jezior tatrzańskich obliczona jest na około 40 mln m<sup>3</sup> ... Duża retencyjność jezior jako zbiorników naturalnych zapobiega wylewom cieków górskich w okresie roztopów oraz wpływa wyrównująco na ich wodostany”. Twierdzenie o regulującym wpływie jezior tatrzańskich opierają autorki na tym, że pojemność mis jeziornych jest duża. Utożsamiają one w ten sposób pojęcie retencji jeziornej z pojemnością mis jeziornych. Tymczasem retencja jeziora nie odpowiada objętości jego misy, lecz objętości wody, która zostaje w tej misie chwilowo zatrzymana, po obfitym dopływie wody. Zatrzymanie to powstaje wskutek tego, że przepustowa zdolność rzeki czy potoku wypływającego z jeziora jest mniejsza niż chwilowy dopływ wody do jeziora. Przepustowa zdolność odpływu jeziornego zwiększa się w miarę podnoszenia się poziomu wody w jeziorze, który z kolei może się podnieść tylko pod wpływem zatrzymania się w jeziorze objętości wody proporcjonalnej do jego powierzchni (A. W. Ogijewskij 1952). Retencję jeziora można obliczyć znając wahania stanów wody w jeziorze i jego powierzchnię: różnica pomiędzy wysokim i niskim stanem wody pomnożona przez powierzchnię jeziora da nam objętość wody, jaką może jezioro zretencjonować. Natomiast objętość wody mieszczącej się w misie jeziornej poniżej najniższego notowanego stanu wody w jeziorze jest retencją bierną, „odwieczną”. Jest to ta objętość wody, która nie wpływa na wahania stanów wody w potokach lub rzekach. Dodamy na marginesie, że w wielu jeziorach górskich, czasem i w niżowych, przeważna masa ich wód nie podlega w ogóle krążeniu. Są to jeziora meromiktyczne, na które stosunkowo niedawno zwrócono uwagę w piśmiennictwie światowym.

Tak więc, ażeby jezioro miało wpływ na wahania stanów wody na wypływającym z niego potoku czy rzece — musi ono mieć wystarczająco duże rozmiary. Pardé pisze, że wybitny wpływ regulujący na stany wody rzek mają takie jeziora jak Genewskie o pow. 581 km<sup>2</sup>, Bodeńskie o pow. 538 km<sup>2</sup>, jezioro Ładoga o pow. 18 400 km<sup>2</sup> itp. Natomiast takie stosunkowo małe jezioro jak Lago Maggiore = 212 km<sup>2</sup>, pomimo że jego zlewnia otrzymuje bardzo wielkie opady, zmniejsza nieco wezbrania rzeki Ticino, jednak nie przeszkadza im osiągać kilku metrów (Pardé 1957). Tymczasem powierzchnia jezior tatrzańskich jest mała. W zlewni Białki łączna powierzchnia 15 jezior zajmuje zaledwie 1,4 km<sup>2</sup>, co stanowi około 2,2% powierzchni zlewni.

Retencję w jeziorach tatrzańskich można by orientacyjnie łatwo obliczyć na podstawie wahań stanów wody w tych jeziorach. Niestety w zle-

wni Białki obserwacje nad stanami wody prowadzone są tylko na dwóch jeziorach: na Wielkim Stawie i Morskim Oku. Ponieważ są to dwa największe jeziora na terenie zlewni, dlatego mają większą retencję niż pozostałe jeziora. Wahania stanów wody w Morskim Oku za rok 1955 wynosiły 56 cm (jest to różnica pomiędzy maksymalnym a minimalnym stanem wody stwierdzonym w tym roku). Wobec tego, że powierzchnia Morskiego Oka wynosi około 35 ha, objętość retencjonowanej wody wyniosła np. w roku 1955:  $56 \text{ cm} \times 35 \text{ ha} = 196\,000 \text{ m}^3$  wody. Według danych wodowskazowych w Wielkim Stawie z 1953 r. wahania stanów wody za ten rok równały się 14 cm. Objętość retencjonowanej wody objęła wobec tego:  $14 \text{ cm} \times 34 \text{ ha}$  (powierzchnia tego jeziora), co równa się  $47\,600 \text{ m}^3$ . Gdyby przyjąć dla wszystkich jezior położonych w zlewni Białki wahania stanów wody zaobserwowane w Morskim Oku (co na pewno jest przesadzone), globalna retencja wszystkich jezior wyniosłaby rocznie  $784\,000 \text{ m}^3$ . W rzeczywistości jest ona z pewnością o wiele mniejsza. Na przykład małe stawki Hali Gąsienicowej, nad którymi prowadził dorywcze obserwacje K. Śliwerski w 1934 r., wykazują wahania stanów wody nie przekraczające 30 cm rocznie.

Z powyższego wynika, że pobieżny nawet przegląd wahań stanów wody w jeziorach tatrzańskich wskazuje na bardzo małą ich retencję, wobec czego nie mogą one mieć poważniejszego wpływu regulującego na wahań stanów wody w potokach.

O małej zdolności retencyjnej jezior tatrzańskich świadczą też ich łatwe do zaobserwowania cechy morfologiczne; widać bowiem wyraźnie, że misy jeziorne wypełnione są wodą po brzegi. Jest to cecha jezior zwanych w limnologii młodymi. Erozja nie zdążyła porozcinać w wystarczający sposób rygli skalnych zamykających misy tych jezior i odpływ ich wód nosi raczej charakter przelewania się a nie odpływu liniowego (widać to między innymi wyraźnie w Wielkim Stawie).

Jeszcze jedna cecha fizyczno-geograficzna w zlewni Białki powoduje, że wpływ jezior na wahań stanów wody w potokach płynących po niej jest nieznaczny — mianowicie rozmiary zlewni poszczególnych jezior (tab. 10). Powierzchnia obejmująca zlewnie wszystkich jezior wynosi 40% powierzchni zlewni Białki, obszar zaś zasilający potoki w wodę bezpośrednio stanowi 60% zlewni. Stosunek pierwszej powierzchni do drugiej ma się jak 2 : 3. A więc z powierzchni  $26 \text{ km}^2$  woda splywa do potoków przez jeziora, natomiast z powierzchni  $51 \text{ km}^2$  zasila je bez pośrednika amortyzującego. Nic dziwnego, że wpływ jezior, regulujący stany wody w potokach zlewni Białki, jest silnie zmniejszony przez gwałtowny dopływ wód wpadających do nich bezpośrednio ze zboczy górskich.

Wszystkie te fakty świadczą wyraźnie, że małe, limnologicznie młode

Tabela 10

## Powierzchnia zlewni poszczególnych jezior na terenie zlewni Białki

Nazwa zlewni	Powierzchnia w km <sup>2</sup>
Zlewnia Morskiego Oka i Czarnego Stawu pod Rysami	7,7
Zlewnia Doliny Pięciu Stawów Polskich	7,3
Zlewnia Stawów Białczańskich	1,9
Zlewnia Ciężkiego Stawu i Zmarzłego nad Ciężkim	2,4
Zlewnia Kaczego, Litworowego i Długiego Stawu	4,8
Zlewnia stawów w Dolinie Rówienek	1,8
Zlewnia Zmarzłego Stawu nad Polskim Grzebieniem	0,25
Łączna zlewnia wszystkich jezior	26,15

i o niewielkich zlewniach jeziora tatrzańskie nie mają większego regulującego wpływu na stany wody w potokach z nich wypływających.

Inne elementy fizyczno-geograficzne również sprzyjają powstawaniu dużych wahań stanów wody w potokach: głównie mało przepuszczalne podłoże krystaliczne, występujące w partiach zlewni o największych spadkach, nieporośniętych roślinnością o typie leśnym, a pozbawionych częściowo płaszcza materiału gruzowego, co w sumie stwarza doskonałe warunki do szybkiego i obfitego spływu wód opadowych utrudniając ich wsiąkanie. Czynniki regulujące spływanie wód opadowych, takie jak gruzowiska skalne i szata leśna — występują w niższych częściach zlewni o łagodniejszych zboczach, dlatego nie powstrzymują największego impetu, z jakim pędzą wody z górnych regionów zlewni do potoków.

Asymetria zlewni i różnaita długość potoków wpływa amortyzująco na wahania stanów wody w głównym potoku. Prawdopodobnie, gdyby wszystkie dopływy Białki były jednakowej długości i miały jednakowe spadki, gdyby zlewnia była idealnie symetryczna, wahania stanów wód w Białce byłyby większe niż przy obecnym układzie stosunków fizyczno-geograficznych.

Wymienione czynniki w zlewni Białki sprzyjają powstawaniu dużych wahań stanów wody i wahań przepływów. Czynniki decydującymi są tu: duże spadki i słabo przepuszczalne podłoże na 43,7% powierzchni zlewni.

Mniejsze wahania stanów wody na terenie zlewni Potoku Kościeliskiego niż w zlewni Białki dają się tym wytłumaczyć, że górne partie zlewni, najstrome, są przeważnie przykryte płaszczem materiału gruzowego, w który woda łatwo może uciekać. Poza tym znaczna część wyższych partii zlewni Potoku Kościeliskiego porośnięta jest lasem i kosodrzewiną, co wpływa regulująco na dopływ do potoku głównego wód opadowych

z najbardziej stromych partii zlewni. Zjawiska krasowe wpływają również amortyzująco na wahania stanów wody w Potoku Kościeliskim. Do czynników łagodzących wahania stanów wody należy zaliczyć asymetrię zlewni w stosunku do potoku głównego i wynikającą z tego rozmaitą długość dopływów. Natomiast brak jezior w porównaniu z licznie występującymi jeziorami zlewni Białki nie jest okolicznością w sposób istotny wpływającą na wahania stanów wody.

Porównanie wahań stanów wody w Białce i w Potoku Kościeliskim pozwala stwierdzić, że czynników fizyczno-geograficznych łagodzących wahania stanów wody jest więcej na terenie zlewni Potoku Kościeliskiego niż w zlewni Białki, co powoduje, że Białka ma mniej uregulowany reżim wodny niż Potok Kościeliski.

#### PRZEPIY W I ODPIY W

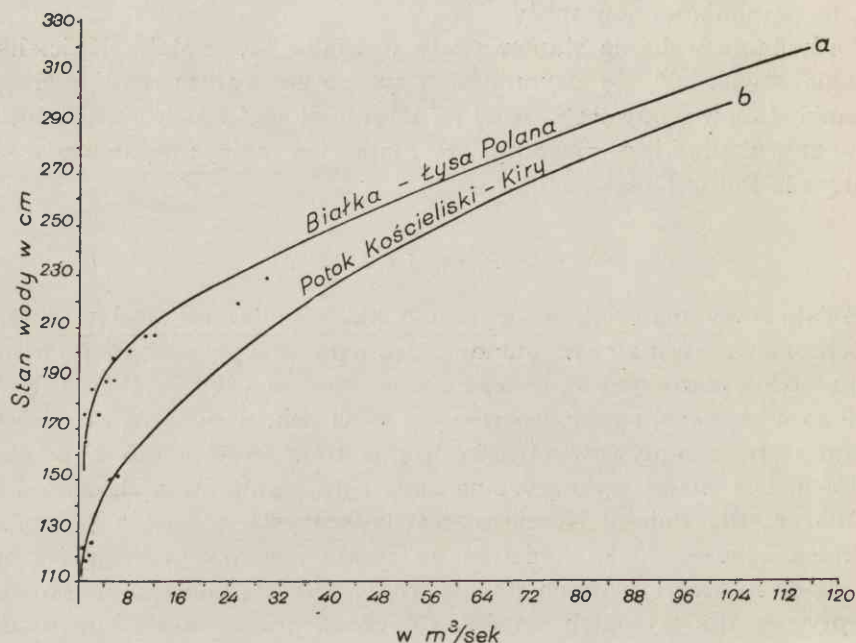
Podstawowy materiał, w oparciu o który obliczono odpływ z terenu dwóch omawianych zlewni, stanowią pomiary przepływów Białki w przekroju wodowskazowym na Łysej Polanie oraz przepływów Potoku Kościeliskiego w przekroju wodowskazowym w Kirach.

Materiały przepływów obydwóch potoków zaczerpnięto z pomiarów PIHM-u. Dla Białki wykorzystano dane z 12 pomiarów z okresu od 1942 do 1951 r., dla Potoku Kościeliskiego wykorzystano dane z 6 pomiarów z okresu 1950—1955 r. Ponieważ wszystkie pomiary przepływów odnosiły się do niskich i średnich stanów wody, wynika konieczność obliczenia przepływów dla wysokich stanów. Obliczono przede wszystkim prędkość prądu przy wysokich stanach wody stosując wzór Matakiewicza (K. Dębski 1948):  $v = f(I) \cdot f(R)$ , w którym prędkość  $v$  jest iloczynem funkcji spadku  $f(I)$  i funkcji promienia hydraulicznego  $f(R)$ . Po uzyskaniu prędkości dla wysokich stanów wody można było obliczyć dla nich przepływy. Ponieważ w ten sposób uzyskane przepływy dla wyższych stanów wody pochodziły z obliczeń a nie z pomiarów, należało wprowadzić poprawkę  $K$ , która wyznacza stosunek prędkości zmierzonej  $v_z$  do prędkości obliczonej  $v_o$ :  $K = \frac{v_z}{v_o}$ . Aby wyznaczyć  $K$ , obliczono prędkości dla małych

i średnich stanów wody, dla których znane były prędkości z pomiarów. W oparciu o wyniki z pomiarów i wyniki otrzymane z obliczeń wyznaczono średnią wartość  $K$  dla Białki, która wyniosła 0,71. Dla Potoku Kościeliskiego wykorzystano dane dotyczące wysokich przepływów, obliczone przez pracowników PIHM-u.

Na podstawie uzyskanych przepływów zostały obliczone i wykreślone krzywe konsumpcyjne dla obydwóch potoków (ryc. 4). Z krzywych konsumpcyjnych obliczono przepływy dla wymienionych potoków za okres

1. XI. 1949 r.—1. XII. 1958 r. licząc lata hydrologiczne. Otrzymane materiały liczbowe pozwoliły na wykonanie wykresów przepływów dobowych dla każdego z potoków, za okres tych 10 lat. Należy pamiętać, że obliczone w ten sposób przepływy nie uwzględniają w profilach wodowskazowych tej wody, która odpływa ze zlewni korytem potoków podziemnie.



Ryc. 4. Krzywe konsumpcyjne Białki i Potoku Kościeliskiego

Dla oddzielenia objętości odpływu pochodzącego z zasilania podziemnego od odpływu wód powierzchniowych, obliczono krzywe wysychania dla każdego potoku. Wyznaczono iloraz postępu geometrycznego  $q$ , czyli stosunek, o który codziennie zmniejsza się przepływ w okresie wysychania,

według wzoru  $q = \frac{Q_n^{1/n}}{Q_0}$  (Dębski 1951), gdzie  $Q_0$  — przepływ w  $m^3/sek$

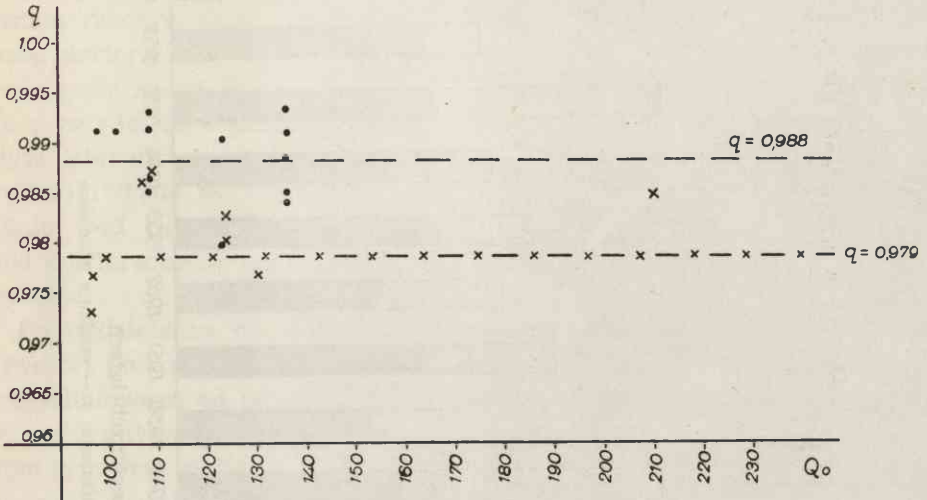
na początku obranego okresu — oznacza przepływ pochodzący z zasilania gruntowego podczas wezbrania lub jakiegoś wyższego stanu wody i wyznaczony dla typowej sytuacji na wykresie przepływów,  $Q_n$  — przepływ w  $m^3/sek$  po upływie  $n$  dni.  $Q_0$  należy wybierać dostatecznie duże. Po ob-

liczeniu  $q$  na podstawie możliwie największej liczby stosunków  $q = \frac{Q_n}{Q_0}$

obliczamy średnią wartość (średnią arytmetyczną)  $q$ , po otrzymaniu której obliczamy wartość  $Q$  co dobę według wzoru:  $Q_1 = Q_0 q$ ,  $Q_2 = Q_0 q^2 \dots$

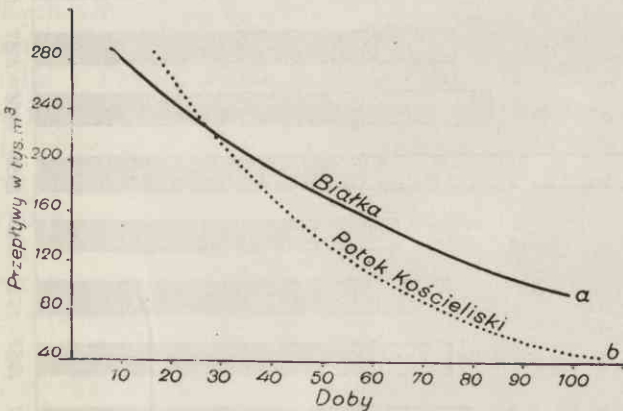


$Q_n = Q_0 q^n$ ; po otrzymaniu wartości dla kolejnych  $Q$  można wykreślić linię zwaną krzywą wysychania. Na ryc. 5 i 6 przedstawiono wykres  $q$  i krzywą wysychania dla Białki i Potoku Kościeliskiego. Zastosowanie



Ryc. 5. Wykres wartości  $q$ , o które zmniejsza się co dobę przepływ w okresie wysychania w Białce i Potoku Kościeliskim

Wartości  $q$  w konkretnych sytuacjach: punkty — dla Białki, krzyżyki dla Potoku Kościeliskiego. Średnia wartość  $q$ : linia przerywana — dla Białki, linia przerywana z krzyżykami — dla Potoku Kościeliskiego



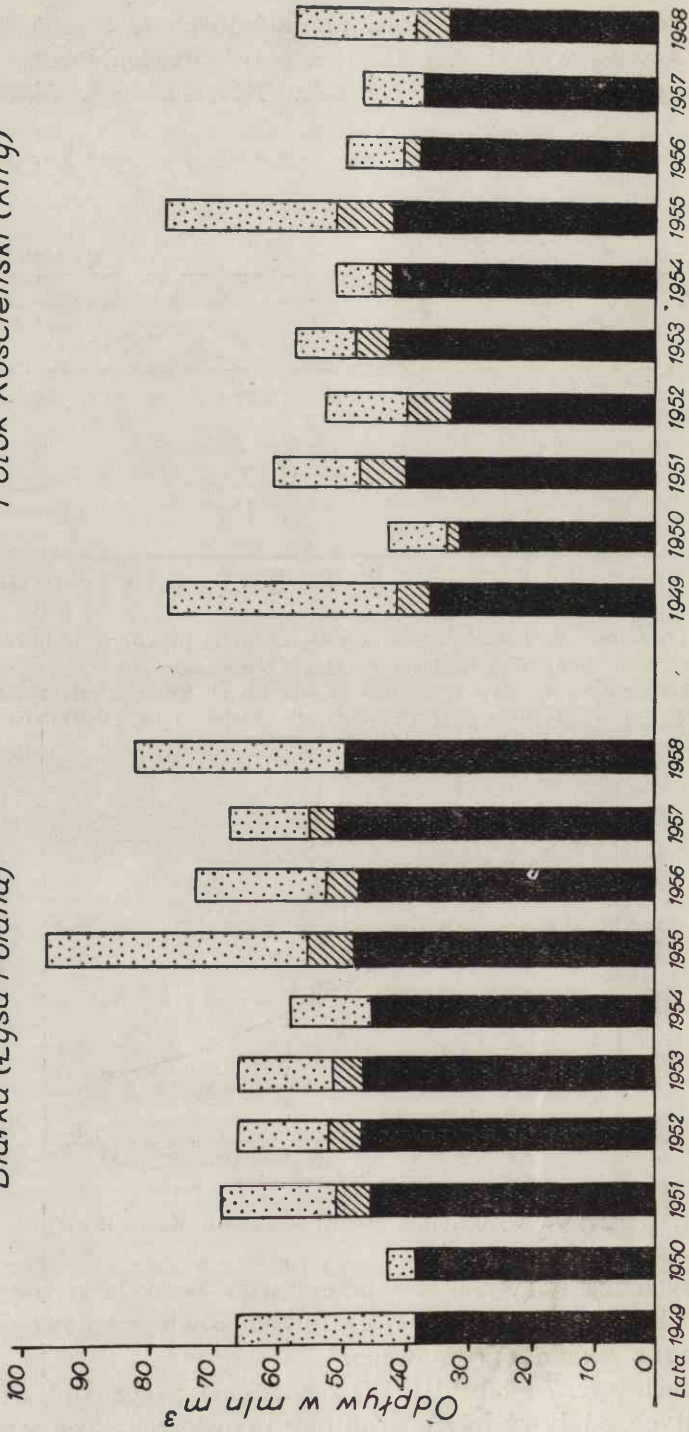
Ryc. 6. Krzywa wysychania Białki i Potoku Kościeliskiego

krzywej wysychania do wykresów przepływów pozwala na oddzielenie wody w korycie potoku pochodzącej z odpływu powierzchniowego od wody pochodzącej z zasilania gruntowego.

Na wykresach (ryc. 7 i tabl. III, IV) zaznaczono, prócz odpływów rocznych całkowitych, odpływy roczne gruntowe i powierzchniowe oraz odpły-

## Potok Kościeliski (Kiry)

## Białka (Łyśa Polana)



Ryc. 7. Odpływy roczne w poszczególnych latach

1 — zasilenie powierzchniowe; 2 — zasilenie niewyjaśnione; 3 — zasilenie gruntowe

wy o pochodzeniu niewyjaśnionym, dla Białki i Potoku Kościeliskiego. Potrzebę wydzielenia tej trzeciej kategorii odpływu uzasadniamy tym, że podczas oddzielania wód gruntowych od powierzchniowych za pomocą krzywej wysychania powstawały wątpliwości, czy prawdziwie odtworzona została rzeczywistość, wówczas gdy krzywa wysychania oddzielała zbyt dużą powierzchnię wykresu, a więc zbyt dużą ilość wody na rzecz zasilania gruntowego. Wprowadzono w takich przypadkach poprawkę w oparciu o zasadę, że zasilanie gruntowe nie może być większe niż średni odpływ całkowity, czyli że w konkretnym przypadku nie może przekraczać średnio 160 000 m<sup>3</sup> na dobę, w warunkach obydwóch zlewni. Przy podziale wód zasilających oba potoki, wody niewyjaśnione zaliczono do wód powierzchniowych. Pomimo to zasilanie gruntowe okazało się bardzo wysokie.

Po oddzieleniu na wykresach przepływów dobowych (tabl. III, IV i ryc. 7) pól odpowiadających przepływowi pochodzącym ze spływu powierzchniowego od pól odpowiadających przepływowi pochodzącym z odpływu gruntowego, zmierzono planimetrem pola odpowiadające przepływowi gruntowemu dla każdego roku osobno i otrzymano objętość odpływów rocznych gruntowych. Po odjęciu otrzymanej objętości od objętości całkowitego obliczonego odpływu rocznego, otrzymano objętość odpływu powierzchniowego dla każdego roku osobno. Roczne odpływy bezwzględne Białki i Potoku Kościeliskiego załączono w tabeli 11.

Dla lepszego udokumentowania danych liczbowych dotyczących odpływów rocznych omawianych potoków oraz w celu udostępnienia tych materiałów osobom zainteresowanym, załączono ponadto tabele odpływów ze zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego w poszczególnych miesiącach każdego roku, za okres 10 lat: 1949—1958 r. oraz tabele z podziałem odpływu według półroczy zimowego i letniego (tab. 12—14).

Analiza przebiegu wahań odpływów dwu omawianych potoków pozwala stwierdzić przede wszystkim, że analogicznie do wahania stanów wody (tab. 14—17 i ryc. 8) charakter odpływów kształtuje się odmiennie w Białce i Potoku Kościeliskim. W Białce w ciągu trzech miesięcy półroczna zimowego przepływy wykazują niskie wartości i spokojny przebieg; potok zasilany jest wodami wyłącznie pochodzenia gruntowego. Okres ten przypada zwykle na styczeń, luty, marzec. Najwcześniej zaczyna się w listopadzie (1952, 1954 i 1958 r.). Najdłużej trwa do kwietnia (1954 i 1955 r.). Sporadycznie wystąpił w lipcu (1950 r.). W odpływie Potoku Kościeliskiego na pozór jest inaczej. Zazwyczaj w styczniu i lutym, czasem w marcu, pojawiają się nagłe zwiększenia odpływu, które odpowiadają nagłym podniesieniom stanów wody. Co prawda z tabl. IV można by wnioskować, że choć w okresie zimowym zasilanie powierzchniowe osiąga najniższe wartości z całego roku, wyjątkowo tylko osiąga wartości zerowe.

Tabela 11

Odplyw ze zlewni Białki po Łysą Polanę i Potoku Kościeliskiego po Kiry  
w poszczególnych latach hydrologicznych

Rok	Odplyw całkowity w m <sup>3</sup>	Zasilanie w m <sup>3</sup>			Zasilanie nie- wy- jaś- nione %	Stosunek od- plywu grun- towego do cał- kowitego
		gruntowe	powierzchniowe	niewyjaśnione		
<b>Białka</b>						
1949	65 889 391	37 320 000	28 569 391	—*	—	0,57
1950	42 481 750	36 800 000	5 681 750	—	—	0,87
1951	68 771 412	44 600 000	24 171 412	3 200 000	4,7	0,65
1952	65 705 040	46 520 000	19 185 040	960 000	1,4	0,70
1953	65 914 056	47 000 000	18 914 056	2 400 000	3,8	0,70
1954	57 774 466	44 600 000	13 174 466	400 000	0,6	0,77
1955	96 230 674	47 600 000	48 630 674	6 400 000	6,6	0,49
1956	72 642 690	46 800 000	25 842 690	4 000 000	6,5	0,64
1957	66 949 194	49 200 000	17 749 194	2 000 000	3,1	0,73
1958	82 135 786	48 440 000	33 695 786	3 000 000	3,9	0,59
<b>Średnia roczna</b>	<b>68 449 496</b>	<b>44 888 000</b>	<b>23 561 446</b>	<b>2 626 000</b>	<b>3,8</b>	<b>0,65</b>
<b>Potok Kościeliski</b>						
1949	76 578 356	33 925 464	42 652 892	4 800 000	6,2	0,44
1950	41 477 866	31 488 120	9 989 746	400 000	0,9	0,77
1951	60 003 626	38 160 000	21 843 562	7 200 000	11,9	0,64
1952	52 783 658	31 479 800	21 303 858	6 600 000	12,7	0,60
1953	56 364 324	42 071 702	14 292 622	5 080 000	9,0	0,73
1954	52 009 851	40 512 272	11 397 572	2 200 000	4,0	0,78
1955	76 298 574	40 326 048	35 962 526	8 400 000	11,0	0,53
1956	48 744 748	36 629 060	12 115 688	2 800 000	5,9	0,73
1957	46 159 136	37 962 273	8 196 864	1 000 000	2,1	0,80
1958	56 124 334	38 890 224	17 234 110	400 000	0,7	0,66
<b>Średnia roczna</b>	<b>56 654 447</b>	<b>37 145 503</b>	<b>19 498 944</b>	<b>3 880 000</b>	<b>6,4</b>	<b>0,65</b>

\* Brak odpływu.

Odplyw w m<sup>3</sup> ze zlewni Bialki po wodowskaz na Łysej Polanie  
w poszczególnych miesiącach od 1949 do 1958 r.

Mie- siąc	O d p l y w			Mie- siąc	O d p l y w		
	całko- wity	gruntowy	powierzch- niowy		całko- wity	gruntowy	powierzch- niowy
1949 rok				1952 rok			
XI	3 192 000	2 960 000	232 000	XI	3 273 676	3 273 676	—
XII	2 852 002	2 852 002	—*	XII	3 422 284	3 422 234	—
I	2 939 376	2 939 376	—	I	3 276 288	3 276 288	—
II	2 489 112	2 489 112	—	II	3 010 176	3 010 176	—
III	2 733 564	2 733 564	—	III	3 236 416	3 236 416	—
IV	5 043 330	3 040 000	2 003 330	III	9 443 168	4 200 000	1 243 168
V	7 013 952	3 600 000	3 413 952	V	9 838 832	4 920 000	4 918 832
VI	5 070 596	3 880 000	1 190 596	VI	11 944 032	4 680 000	7 264 032
VII	21 119 596	4 000 000	17 119 596	VII	4 327 504	4 200 000	127 504
VIII	7 421 846	3 720 000	3 701 846	VIII	3 799 712	3 680 000	119 712
IX	3 151 008	3 120 000	31 008	IX	4 349 336	3 800 000	549 336
X	2 863 016	2 863 016	—	X	5 783 616	4 400 000	1 383 616
Rok	65 889 391	37 320 000	28 569 391	Rok	65 705 040	46 520 000	19 185 040
1950 rok				1953 rok			
XI	3 233 048	3 000 000	233 048	XI	4 139 910	3 560 000	579 910
XII	3 004 672	3 004 672	—	XII	3 432 268	3 440 000	52 268
I	2 794 656	2 794 656	—	I	3 319 488	3 319 488	—
II	2 265 016	2 265 016	—	II	2 960 064	2 960 064	—
III	2 734 560	2 734 560	—	III	3 315 158	3 215 158	—
IV	5 032 396	3 120 000	1 912 396	IV	5 206 464	4 200 000	1 006 464
V	4 585 218	3 520 000	1 065 218	V	11 150 784	4 680 000	6 470 784
VI	3 410 188	3 400 000	10 188	VI	11 212 976	4 680 000	6 532 976
VII	3 165 848	3 165 848	—	VII	6 472 224	4 720 000	1 752 224
VIII	6 114 526	3 240 000	2 874 526	VIII	6 014 304	4 400 000	1 614 304
IX	3 015 200	3 000 000	15 200	IX	4 423 670	3 920 000	503 670
X	3 125 922	3 000 000	125 922	X	4 206 746	4 200 000	6 746
Rok	42 481 750	36 800 000	5 681 750	Rok	65 914 056	47 000 000	18 914 056
1951 rok				1954 rok			
XI	3 527 412	3 240 000	287 412	XI	3 784 320	3 784 320	—
XII	3 163 496	3 151 496	12 000	XII	3 589 056	3 589 056	—
I	2 816 208	2 816 208	—	I	3 214 080	3 214 080	—
II	2 573 424	2 573 424	—	II	2 871 072	2 871 072	—
III	4 193 720	4 193 720	—	III	3 235 680	3 235 680	—
IV	4 447 008	3 720 000	727 008	IV	3 332 448	3 332 448	—
V	17 540 976	4 960 000	12 580 976	V	12 875 102	4 520 000	8 355 102
VI	11 636 400	4 560 000	7 076 400	VI	7 117 632	4 560 000	2 557 632
VII	5 799 168	4 600 000	1 199 168	VII	5 284 200	4 200 000	1 084 200
VIII	5 861 068	4 120 000	1 741 068	VIII	5 087 232	4 080 000	1 007 232
IX	3 652 892	3 520 000	132 892	IX	3 722 072	3 600 000	122 072
X	3 559 640	3 520 000	39 640	X	3 661 572	3 440 000	221 572
Rok	68 771 412	44 600 000	24 171 412	Rok	57 774 466	44 600 000	13 174 466

\* — wynik zerowy.

dalszy ciąg tab. 12

Mie- siąc	O d p ł y w			Mie- siąc	O d p ł y w		
	całko- wity	gruntowy	powierzch- niowy		całko- wity	gruntowy	powierzch- niowy
1955 rok				1957 rok			
XI	3 799 862	3 600 000	199 862	XI	3 715 140	3 600 000	115 140
XII	3 610 616	3 400 000	210 616	XII	3 593 296	3 593 296	—
I	3 398 112	3 398 112	—	I	3 497 432	3 497 432	—
II	2 992 042	2 992 042	—	II	3 153 600	3 153 600	—
III	3 317 750	3 200 000	117 750	III	3 970 070	3 600 000	370 070
IV	3 028 320	3 028 320	—	IV	5 068 224	4 200 000	868 224
V	9 911 856	4 120 000	5 791 856	V	10 390 560	4 320 000	6 070 560
VI	15 856 960	4 360 000	11 496 960	VI	10 164 656	4 560 000	5 904 656
VII	17 749 152	4 560 000	13 189 152	VII	9 859 104	4 560 000	5 299 104
VIII	20 616 780	4 600 000	16 016 780	VIII	4 673 336	4 200 000	473 336
IX	7 519 392	4 200 000	3 319 392	IX	4 797 792	4 480 000	317 792
X	4 429 832	4 200 000	229 832	X	4 065 984	4 000 000	65 984
Rok	96 230 674	47 600 000	48 630 674	Rok	66 949 194	49 200 000	17 749 194
1956 rok				1958 rok			
XI	3 832 674	3 600 000	232 674	XI	3 649 672	3 649 672	—
XII	3 685 704	3 600 000	85 704	XII	3 736 760	3 680 000	56 760
I	3 491 424	3 491 424	—	I	3 493 324	3 493 324	—
II	3 147 752	3 147 752	—	II	3 131 116	3 131 116	—
III	3 382 560	3 382 560	—	III	3 433 168	3 433 168	—
IV	4 808 140	3 520 000	1 288 140	IV	3 442 380	3 400 000	142 380
V	11 550 416	4 280 000	7 270 416	V	18 288 952	4 600 000	13 688 952
VI	17 233 284	4 680 000	12 553 284	VI	14 652 712	4 520 000	10 132 712
VII	8 203 680	4 600 000	3 603 680	VII	9 836 640	4 800 000	5 036 640
VIII	5 025 888	4 560 000	465 888	VIII	4 858 272	4 400 000	458 272
IX	4 031 152	4 000 000	31 152	IX	4 382 191	3 280 000	502 191
X	4 250 016	4 000 000	250 016	X	4 130 592	4 000 000	130 592
Rok	72 642 690	46 800 000	25 842 690	Rok	82 135 768	48 440 000	33 695 768

Powstaje wobec tego wątpliwość, czy słuszne jest zaliczanie nagłych wezbrań odpływu, które odpowiadają nagłym podniesieniom się stanów wody w miesiącach zimowych w Potoku Kościeliskim, a których brak jest w Białce, do zasilania powierzchniowego? Można przypuszczać, że wezbrania w Potoku Kościeliskim w okresie zimowym zależą od krążenia wód w skałach krasowych. Czy nie jest to woda, którą co pewien czas wylewają syfony? Przyjmując tę możliwość należy chyba wliczyć do zasilania gruntowego nagłe zwwyżki odpływu zimowego w Potoku Kościeliskim.

Tabela 13

Odpływ w m<sup>3</sup> ze zlewni Potoku Kościeliskiego po wodowskaz w Kirach w poszczególnych miesiącach od 1949 do 1958 r.

Mie- siąc	O d p ł y w			Mie- siąc	O d p ł y w		
	całko- wity	gruntowy	powierzch- niowy		całko- wity	gruntowy	powierzch- niowy
1949 rok				1951 rok			
XI	2 337 984	2 337 984	—	XI	4 303 384	3 720 000	583 584
XII	1 675 024	1 675 024	—	XII	4 593 024	3 200 000	1 393 024
I	2 295 272	2 295 272	—	I	2 293 920	2 293 920	—
II	977 184	977 184	—	II	1 746 144	1 746 144	—
III	1 382 664	1 040 000	342 664	III	2 575 084	2 200 000	375 084
IV	7 484 436	3 280 000	4 204 436	IV	5 457 888	4 200 000	1 257 888
V	8 938 470	4 240 000	4 698 470	V	16 675 020	4 800 000	11 875 020
VI	6 154 282	3 480 000	2 674 282	VI	9 806 130	4 800 000	5 006 130
VII	29 905 632	5 080 000	24 825 632	VII	5 164 992	4 400 000	764 992
VIII	9 851 328	4 520 000	5 331 328	VIII	3 117 360	2 800 000	317 360
IX	3 455 824	3 000 000	455 824	IX	2 182 192	2 000 000	182 192
X	2 120 256	2 000 000	120 256	X	2 088 288	2 000 000	88 288
Rok	76 578 356	33 925 464	42 652 892	Rok	60 003 626	38 160 000	21 843 562
1950 rok				1952 rok			
XI	3 144 032	2 720 000	424 032	XI	1 587 096	1 587 096	—
XII	3 263 056	2 800 000	463 056	XII	1 955 232	1 955 232	—
I	2 633 400	2 633 400	—	I	1 448 064	1 448 064	—
II	1 818 312	1 818 312	—	II	932 256	932 256	—
III	1 521 304	1 521 304	—	III	2 197 152	2 197 152	—
IV	5 947 936	2 320 000	3 627 936	IV	9 085 912	3 200 000	5 885 912
V	3 910 448	2 600 000	1 310 448	V	9 937 164	4 200 000	5 737 164
VI	3 220 800	2 800 000	340 800	VI	7 460 160	4 320 000	3 140 160
VII	2 515 104	2 515 104	—	VII	4 857 142	3 040 000	1 817 142
VIII	5 694 322	3 080 000	2 614 322	VIII	2 074 464	2 000 000	74 464
IX	3 334 768	3 280 000	54 768	IX	3 745 760	2 800 000	1 945 760
X	4 474 384	3 320 000	1 154 384	X	6 503 256	3 800 000	2 703 256
Rok	41 477 866	31 488 120	9 989 746	Rok	52 783 658	31 479 800	21 303 858

Mie- siąc	O d p ł y w			Mie- siąc	O d p ł y w		
	całko- wity	gruntowy	powierzch- niowy		całko- wity	gruntowy	powierzch- niowy
1953 rok				1956 rok			
XI	5 536 288	4 000 000	1 536 288	XI	2 335 020	2 200 000	135 020
XII	2 683 312	2 400 000	283 312	XII	1 695 032	1 520 000	175 032
I	2 156 544	2 156 544	—	I	1 387 184	1 387 184	—
II	1 892 734	1 892 734	—	II	5 461 244	5 461 244	—
III	2 022 424	2 022 424	—	III	2 300 632	2 300 632	—
IV	5 361 120	3 200 000	2 161 120	IV	3 769 332	2 320 000	1 449 332
V	6 451 562	5 200 000	1 251 562	V	8 087 040	4 800 000	3 287 040
VI	9 011 520	4 400 000	4 611 520	VI	10 158 048	4 680 000	5 478 048
VII	6 198 328	4 800 000	1 398 328	VII	5 038 352	3 760 000	1 278 352
VIII	6 036 332	4 800 000	11 238 332	VIII	3 350 096	3 200 000	150 096
IX	4 937 536	3 200 000	1 737 536	IX	2 454 128	2 400 000	54 128
X	4 074 624	4 000 000	74 624	X	2 708 640	2 600 000	108 640
Rok	56 364 324	42 071 702	14 292 622	Rok	48 744 748	36 629 060	12 115 688
1954 rok				1957 rok			
XI	2 208 384	2 208 384	—	XI	2 336 976	2 366 976	—
XII	2 141 856	2 141 856	—	XII	2 147 904	2 147 904	—
I	4 242 240	4 242 240	—	I	2 849 472	2 849 472	—
II	4 739 904	4 739 904	—	II	2 077 920	2 077 920	—
III	1 941 408	1 800 000	141 408	III	3 470 144	2 600 000	840 144
IV	2 347 488	2 120 000	247 488	IV	3 850 400	3 280 000	570 400
V	10 227 892	4 160 000	6 067 892	V	8 046 632	4 600 000	3 446 632
VI	5 852 736	4 200 000	1 652 736	VI	4 828 032	4 000 000	928 032
VII	7 260 192	4 400 000	2 860 192	VII	5 795 168	4 000 000	1 795 168
VIII	4 401 808	4 000 000	401 808	VIII	3 740 032	3 400 000	403 032
IX	3 346 048	3 320 000	26 048	IX	3 828 976	3 600 000	228 976
X	3 179 888	3 179 888	—	X	3 187 480	3 040 000	147 480
Rok	52 009 851	40 512 272	11 397 572	Rok	46 159 136	37 962 273	8 196 864
1955 rok				1958 rok			
XI	3 433 312	3 040 000	393 312	XI	2 445 120	2 400 000	45 120
XII	3 406 032	3 200 000	206 032	XII	2 675 808	2 400 000	275 808
I	2 891 594	2 600 000	291 594	I	5 816 448	5 816 448	—
II	2 914 896	2 914 896	—	II	2 038 768	2 038 768	—
III	3 061 152	3 061 152	—	III	2 395 008	2 395 008	—
IV	3 121 952	2 600 000	521 952	IV	2 761 392	2 761 392	681 392
V	13 856 832	4 520 000	9 336 832	V	9 862 768	4 400 000	5 462 768
VI	14 078 952	4 800 000	9 278 952	VI	7 694 124	6 000 000	1 694 124
VII	8 910 432	4 520 000	4 390 432	VII	9 454 840	3 600 000	5 854 840
VIII	12 444 300	4 000 000	8 444 300	VIII	4 359 904	2 560 000	1 799 904
IX	4 986 192	2 520 000	2 466 192	IX	3 093 850	2 400 000	693 850
X	3 192 928	2 560 000	632 928	X	3 526 304	2 800 000	726 304
Rok	76 298 574	40 336 048	35 962 526	Rok	56 124 334	38 890 224	17 234 110



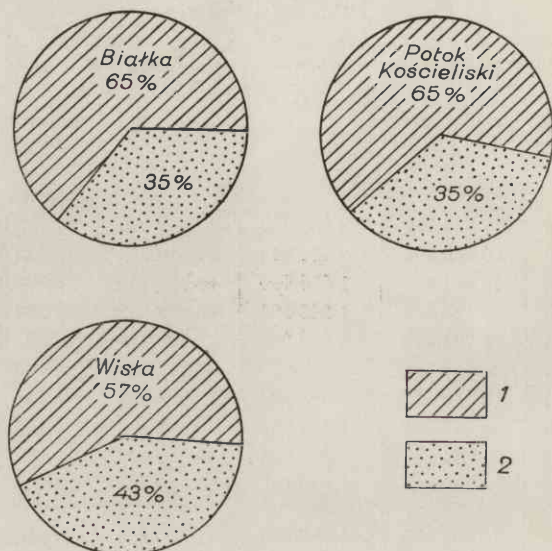
Tabela 14

Odływ w  $\text{cm}^3$  ze zlewni Białki po wodowskaz na Łysej Polanie oraz ze zlewni Potoku Kościeliskiego po Kiry według półroczy za okres od 1949 do 1958 r.

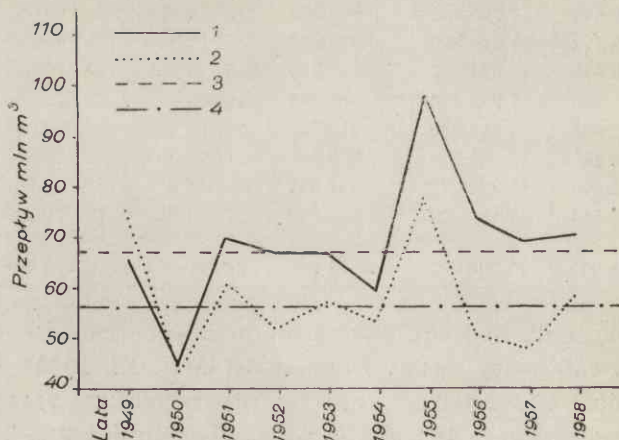
Rok	Odływ w półroczu zimowym			Odływ w półroczu letnim		
	całkowity	gruntowy	powierzchniowy	całkowity	gruntowy	powierzchniowy
<b>B i a ł k a</b>						
1949	19 249 384	17 014 052	2 235 330	46 640 007	21 183 016	25 456 991
1950	19 064 846	16 918 904	2 145 942	23 416 904	19 325 848	4 091 056
1951	20 721 268	19 694 848	1 026 420	48 050 144	25 280 000	22 770 144
1952	25 662 003	24 418 840	1 243 168	40 043 032	25 280 000	14 763 032
1953	19 433 352	17 794 710	1 638 642	46 480 704	26 600 000	19 880 704
1954	20 026 656	20 026 656	—	37 747 810	24 400 000	13 347 810
1955	20 146 712	19 618 484	528 228	76 083 962	26 040 000	50 043 962
1956	22 348 254	20 741 736	1 606 518	50 294 436	25 120 000	25 174 436
1957	22 997 722	21 644 278	1 353 434	43 951 472	26 120 000	17 831 472
1958	20 986 420	20 787 280	199 140	61 149 366	26 200 000	34 949 366
<b>Średni</b>	<b>21 063 662</b>	<b>19 866 079</b>	<b>1 197 683</b>	<b>47 385 784</b>	<b>24 554 836</b>	<b>22 821 897</b>
<b>P o t o k k o ś c i e l i s k i</b>						
1949	16 152 564	11 605 464	4 547 100	60 425 792	22 320 000	38 105 792
1950	18 328 040	13 813 016	4 515 024	23 149 826	17 320 000	5 474 722
1951	20 969 644	17 360 064	3 609 580	39 033 982	20 800 000	18 233 982
1952	17 205 712	11 319 800	5 885 912	35 577 946	20 160 000	15 417 946
1953	19 652 422	15 671 702	3 980 720	36 711 902	26 400 000	10 211 902
1954	17 641 280	17 252 484	388 896	34 368 571	23 259 888	11 008 676
1955	18 828 938	17 416 048	1 412 890	57 469 636	22 920 000	34 549 636
1956	16 948 444	15 189 060	1 759 384	31 796 304	21 440 000	10 356 304
1957	16 732 816	15 322 272	1 410 544	29 426 320	22 640 000	6 786 320
1958	18 132 544	17 130 224	1 002 320	37 991 790	21 760 000	16 231 790
<b>Średni</b>	<b>18 059 240</b>	<b>15 208 003</b>	<b>2 851 237</b>	<b>38 595 207</b>	<b>21 937 499</b>	<b>16 647 707</b>

Dalsze rozważania nad odpływami omawianych potoków wykazują, że średni odpływ całkowity roczny z okresu 10 lat 1. XI. 1949—1. XI. 1958 r. w Białce wyniósł  $68\,449\,496\text{ m}^3$  (tab. 11). Średni odpływ roczny gruntowy dla tego samego czasu =  $44\,888\,000\text{ m}^3$ , powierzchniowy =  $23\,561\,446\text{ m}^3$ . Średni stosunek odpływu gruntowego do całkowitego wyniósł 0,655, czyli odpływ gruntowy stanowi 65,5% odpływu całkowitego. Zestawienie to wskazuje, jak duży procent wody w Białce pochodzi z zasilania gruntowego. Współczynnik nieregularności pomiędzy maksymalnym i minimalnym odpływem w ciągu tego okresu dla odpływu całkowitego wyniósł 2,26 (odpływ maksymalny miał objętość  $96\,230\,674\text{ m}^3$  w 1955 r., minimalny =

= 42 481 750 m<sup>3</sup> w 1950 r.). Skrajne różnice odpływów rocznych są bardzo duże. Ponadto im mniejszy jest roczny odpływ bezwzględny, tym większy procent wody w Białce pochodzi z zasilania gruntowego. Objętość odpły-



Ryc. 8. Stosunek zasilania gruntowego do powierzchniowego w odpływie Białki, Potoku Kościelnego i Wisły po przekrój wodowskazowy koło Warszawy  
1 — odpływ gruntowy; 2 — odpływ powierzchniowy



Ryc. 9. Przepływy roczne Białki i Potoku Kościelnego w okresie 1940—1958 r.  
1 — Białka (Łysa Polana); 2 — Potok Kościeliski (Kiry); 3 — średni 7 10 lat przepływ Białki; 4 — średni z 10 lat przepływ Potoku Kościelnego

wu pochodząca z zasilania gruntowego ulega stosunkowo małym wahaniom z roku na rok w stosunku do wahań wód pochodzących ze spływu powierzchniowego (por. niżej): najmniejsza objętość odpływu gruntowego wynosi

36 800 000 m<sup>3</sup> (1950 r.), największa — 49 200 000 m<sup>3</sup> (1957 r.), czyli współczynnik nieregularności wynosi 1,33, przy tym maksymalna objętość zasilania gruntowego nie odpowiada w czasie maksymalnemu odpływowi rocznemu.

Objętość pochodząca z zasilania powierzchniowego wykazuje bardzo duże wahania: maksymalny odpływ powierzchniowy = 48 630 674 m<sup>3</sup> zanotowano w 1955 r., minimalny = 5 681 750 — w 1950 r., współczynnik nieregularności okazał się ogromny = 8,5.

Jeżeli spróbujemy wyrazić odpływ całkowity Białki przez bezwzględny, okaże się, że wynosi on 2,1 m<sup>3</sup>/sek, a odpływ względny — 32,3 l/sek z km<sup>2</sup>, ze zlewni równej 65 km<sup>2</sup>.

W Potoku Kościeliskim średni odpływ całkowity roczny z okresu 10 lat 1. XI. 1949 r.—1. XI. 1958 r. wyniósł 56 654 447 m<sup>3</sup> (tab. 11), średni roczny odpływ gruntowy — 37 145 503 m<sup>3</sup>, spływ powierzchniowy zasilił Potok Kościeliski objętością wody = 19 498 944 m<sup>3</sup>, średni stosunek odpływu całkowitego do gruntowego wyniósł 0,65, czyli z zasilania gruntowego Potok Kościeliski otrzymał średnio 65% wody odpływu całkowitego. Im mniejszy na ogół jest roczny odpływ bezwzględny, tym większy jest udział wód gruntowych w zasilaniu potoku. Na przykład w 1950 r. odpływ bezwzględny = 41 477 866 m<sup>3</sup>, zasilanie gruntowe = 77%; w 1949 r. odpływ bezwzględny = 76 578 356 m<sup>3</sup>, zasilanie gruntowe = 44%.

Wahania roczne odpływu gruntowego kształtują się następująco: najmniejsza objętość zasilania gruntowego wystąpiła w 1952 r. = 31 479 800 m<sup>3</sup>; największa — w 1953 r. — wyniosła 42 071 702 m<sup>3</sup>; współczynnik nieregularności równa się wobec tego 1,3, czyli osiąga mniej więcej taką samą wartość, jaką ma współczynnik nieregularności Białki.

Największy odpływ powierzchniowy zanotowano w 1949 r. równy 42 652 892 m<sup>3</sup>, najmniejszy — w 1957 r. — wyniósł 8 196 864 m<sup>3</sup>. Współczynnik nieregularności okazał się równy 4,6, to jest prawie dwukrotnie mniejszy niż w Białce.

Wartość przepływu bezwzględnego wynosi w Potoku Kościeliskim 1,8 m<sup>3</sup>/sek ze zlewni równej 35 km<sup>2</sup>, natomiast odpływ względny równa się 51,4 l/sek z km<sup>2</sup> i jest blisko dwukrotnie większy niż w zlewni Białki.

Przy porównaniu stosunków odpływu w zlewniach Białki i Potoku Kościeliskiego ze stosunkami odpływu z dorzecza Wisły po Warszawę występują charakterystyczne własności dwu tatrzańskich zlewni. Zestawienie niektórych danych odpływu dla tych trzech zlewni podano w tabeli 15. Przepływ bezwzględny Wisły w przekroju wodowskazowym Warszawy wynosi 587,4 m<sup>3</sup>/sek, natomiast odpływ względny 6,9 l/sek km<sup>2</sup>. Przy porównaniu z odpływami względnymi zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego uderza ogromna przewaga tego odpływu w zlewniach górskich, co jest prawem ogólnie znanym. Odpływ względny jest przeszło czterokrotnie

Tabela 15

Odływ ze zlewni Białki, Potoku Kościeliskiego oraz ze zlewni Wisły po Warszawę. Wartości średnie wieloletnie

Rok hydrologiczny	Nazwa rzeki	Od pływ mln m <sup>3</sup>			Stosunek odpływu gruntowego do całkowitego	Przepływ bezwzględny m <sup>3</sup> /sek	Od pływ l/sek/km <sup>2</sup>		
		całkowity	gruntowy	powierzchniowy			całkowity	gruntowy	powierzchniowy
1949—1958	Białka	68,4	44,8	23,6	0,65	2,1	33,4	21,8	11,6
1949—1958	Potok Kościeliski	56,6	37,1	19,5	0,65	1,8	51,4	32,0	19,4
1921—1940	Wisła pod Warszawą	21965,4	12647,0	9317,0	0,57	587,4	6,9	4,7	2,2

większy w Białce i przeszło sześciokrotnie większy w Potoku Kościeliskim niż w Wiśle. Jest to wynik większych opadów, stosunkowo mniejszego parowania oraz większych spadków na terenie zlewni górskich. Nie jest jednak w przytoczonym przypadku wynikiem mniejszego retencjonowania wody na terenie zlewni tatrzańskich niż w zlewni Wisły. Świadczy o tym dobitnie porównanie odpływu względnego gruntowego w tych trzech zlewniach. Największe zasilanie gruntowe ma Potok Kościeliski, wynosi ono 32 l/sek/km<sup>2</sup>. Białka ma zasilanie gruntowe mniejsze, równe 21,8 l/sek km<sup>2</sup>, które stanowi mniej więcej  $\frac{2}{3}$  zasilania gruntowego Potoku Kościeliskiego. Wisła pod Warszawą w porównaniu z omawianymi zlewniami tatrzańskimi ma bardzo małe zasilanie gruntowe, równe 4,7 l/sek/km<sup>2</sup>, co stanowi sześciokrotnie mniejszą ilość niż w Potoku Kościeliskim i mniej więcej czterokrotnie mniejszą niż w Białce.

Widocznie, zarówno w zlewni Białki, jak i Potoku Kościeliskiego istnieją warunki sprzyjające retencjonowaniu wody opadowej. Widać również, że zdolność retencyjna zlewni Potoku Kościeliskiego jest większa niż zlewni Białki.

Stosunek zasilania gruntowego do odpływu całkowitego z terenu zlewni Potoku Kościeliskiego, Białki i Wisły po Warszawę, w ujęciu wartości bezwzględnych, we wszystkich trzech zlewniach przeważa na rzecz zasilania gruntowego (ryc. 7 i 8 oraz tab. 15).

Dużą zdolność retencyjną zlewni Potoku Kościeliskiego można wytłumaczyć: znacznym obszarem, jaki zajmują na jej terenie skały o własnościach krasowych, rozległą powierzchnią zasypaną materiałem gruzowym, rozległą powierzchnią zajęta przez lasy i kosodrzewinę oraz bardzo

rozległymi obszarami porośniętymi po same granie i szczyty roślinnością zielną, mchami, porostami, a nieco niżej krzewinkami, co łącznie stanowi poważny zbiornik retencyjny.

W zlewni Białki obszar krasowy jest bardzo mały, a powierzchnia zasypiana materiałem gruzowym procentowo taka, jak w zlewni Potoku Kościeliskiego; powierzchnia lasów jest mniejsza, większe jest nachylenie stoków niż w zlewni Potoku Kościeliskiego, a jeziora nie retencjonują wód dostrzegalnie.

Mniejsza zdolność retencyjna nizinnej zlewni Wisły może być do pewnego stopnia tłumaczona tym, że znaczne przestrzenie utworów morenowych odmiennie zachowują się w stosunku do wód opadowych. Moreny w Tatrach mają charakter gruzowy, przepuszczalny; na niżu polskim są najczęściej gliniaste i stanowią o wiele mniej przepuszczalne podłoże niż utwory morenowe w Tatrach.

Już A. G a d o m s k i (1926) zwrócił uwagę na wielkie masy materiału gruzowego w Tatrach. Na obszarze Doliny Rybiego Potoku doliczył się ponad 50 większych i mniejszych stożków nasypowych. Przewidywał też, że w przyszłości stożki nasypowe wciąż rosnąc „utworzą jednolite piarżyska od szczytów aż do dolin”. Zwrócił uwagę i na to, że „obecne potoki są za słabe, aby formy te (stożki) usunąć”. Tak jest w istocie. Wietrzenie mechaniczne w Tatrach dostarcza o wiele więcej materiału gruzowego, niż mogą go usunąć wody płynące. A jeżeli dodamy do wielkich mas zwietrzeliny, osadów fluwioglacjalnych i fluwialnych utwory morenowe w dolinach tatrzańskich, łatwo sobie będzie wyobrazić, jak silnie zagruzowanymi górami są Tatry. Rozmiary tego zagruzowania znajdują wyraz w charakterze odpływów w potokach — w niewspółmiernie dużym procencie wód, jak na stosunki górskie, pochodzenia gruntowego w zasilaniu potoków.

Warto się jeszcze zastanowić, jak przedstawiałyby się stosunki hydrologiczne w Tatrach, gdyby wody płynące miały wystarczająco wielką siłę, aby wyprzątnąć dostarczony przez wietrzenie materiał skalny oraz rozmyć i wynieść materiał morenowy. Tatry byłyby wówczas niewątpliwie pozbawione tak poważnego zbiornika retencyjnego, jakim są wszelkie produkty wietrzenia i osady lodowcowe w górach. Wahania stanów wody byłyby wówczas bez porównania większe, współczynnik odpływu wyższy. Liczne potoki miałyby reżim wód okresowych, wysychających w okresie bezdeszczowym i wykazujących bardzo silne wezbrania, o wiele silniejsze niż obecnie, podczas wzmożonych opadów. Widać z tego, że zagruzowanie Tatr stanowi jeden z najważniejszych czynników regulujących reżim wodny na ich terenie.

Porównanie stosunków odpływu Białki i Potoku Kościeliskiego oraz wyniki rozważań porównawczych nad przebiegiem wahań ich stanów wody

wskazują, że odpływy Białki mają charakter mniej uregulowany niż odpływy w Potoku Kościeliskim, o czym świadczą:

1) bardzo wysoki współczynnik nieregularności odpływu pochodzącego z zasilania powierzchniowego w Białce (8,5) i dwukrotnie mniejszy w Potoku Kościeliskim (4,4),

2) o wiele większa zdolność retencyjna zlewni Potoku Kościeliskiego (odpływ względny gruntowy 32,0 l/sek/km<sup>2</sup>) niż zlewni Białki (odpływ względny gruntowy 21,8 l/sek/km<sup>2</sup>).

#### PRÓBA OBLICZENIA BILANSU WODNEGO

Głównymi częściami bilansu wodnego są cztery elementy:  $P$  — opad,  $P_1$  — odpływ,  $E$  — deficyt odpływu (parowanie i zużycie wody przez rośliny + odpływ podziemny) i  $C$  — współczynnik odpływu, który jest

stosunkiem odpływu  $P_1$  do opadu  $P$ , czyli  $\frac{P_1}{P}$ .

Ponieważ bilans wodny zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego obejmuje większą liczbę kolejnych lat, nie uwzględniono odpływu pochodzącego z rezerw pozostałych na terenie zlewni z poprzednich lat. Dlatego w równaniu bilansu wodnego występują tylko trzy elementy:  $P = P_1 - E$ . Dwa spośród tych elementów —  $P$  i  $P_1$  — zostały obliczone dla dwu wymienionych zlewni. Daje to możliwość poznania elementu trzeciego  $E$  — deficytu odpływu i czwartego  $C$  — współczynnika odpływu. Zestawienie elementów bilansu zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego podano w tabeli 16.

Średni odpływ wieloletni dla zlewni Białki wynosi 68 449 446 m<sup>3</sup>, średni roczny opad wieloletni równa się 100 704 000 m<sup>3</sup>. Stąd obliczony deficyt odpływu = 32 254 000 m<sup>3</sup>. W przeliczeniu na wartości porównywalne otrzymujemy: wskaźnik odpływu = 1054 mm, wskaźnik opadu 1550 mm, deficyt odpływu = 496 mm, współczynnik odpływu 0,68 — ze zlewni równej 65 km<sup>2</sup>.

Przytoczone zestawienia liczbowe pozwoliły na przybliżone określenie parowania w zlewni Białki = 496 mm. Wynik ten można by porównać z wynikiem otrzymanym przez K. Figułę dla zlewni Dunajca po wodowskaz w Czorsztynie. W 1956 r. autor ten wykonał szczegółowe obliczenia opadów i odpływu dla wspomnianego obszaru za okres od 1920 do 1934 r. i określił średnią wysokość deficytu odpływu na 365 mm. Wyniki K. Figuły różnią się od przytoczonych w niniejszej pracy, dotyczą bowiem one obiektów nie pokrywających się terenowo ze sobą, gdyż K. Figuła uwzględnił w swoich obliczeniach jednostki fizyczno-geograficzne przeważnie leżące poza Tatrami.

W 1958 r. K. Wit i Z. Ziemońska umieściły wzmiankę następującej treści w opracowaniu pt. „Stosunki hydrograficzne Tatr”: „Bilans surowy

Tabela 16

## Elementy bilansu wodnego Białki i Potoku Kościeliskiego oraz niektórych rzek alpejskich i apenińskich

Dorzecze	Stacja pomiarowa	Powierzchnia zlewni w km <sup>2</sup>	Opady roczne w mln m <sup>3</sup>	Odływ roczny w mln m <sup>3</sup>	Wskaźnik opadu w mm	Wskaźnik odpływu w mm	Deficyt odpływu	Współczynnik odpływu
Białka	Łysa Polana	65	100,704	68,449	1550	1054	496	0,68
Potok Kościeliski	Kiry	35	53,820	56,545	1530	1609	-79	1,05
Brenta	Sarson	1 563	—	—	1420	1448	-28	1,02
Adyga	Pescantina	10 957	—	—	993	734	199	0,79
Dora Baltea	Ponte di Mombardone	372	—	—	1438	1668	-230	1,16
Lya	Gessney	91	—	—	1219	1424	-205	1,17
Dora Baltea	Ponte Baio	3 313	—	—	998	1040	-42	1,04
Trebbia	S. Salvadore	631	—	—	1770	2211	559	0,69
Arno	S. Giovanni	8 186	—	—	1070	430	640	0,40

w zarysie kształtuje się następująco: opady wynoszą powyżej 1200 mm rocznie — parowanie na skutek panujących niskich temperatur jest stosunkowo małe i wynosi około 350 mm rocznie. Najwyższy jest współczynnik odpływu wynoszący około 70%. W liczbie tej mieści się zarówno odpływ gruntowy jak i powierzchniowy”.

W zlewni Potoku Kościeliskiego stosunki hydrologiczne kształtują się odmiennie. Średni wieloletni odpływ roczny wynosi tu 56 654 447 m<sup>3</sup>, opad równa się 53 820 000 m<sup>3</sup>, deficyt odpływu jest ujemny i wynosi 2 834 447 m<sup>3</sup>. W przeliczeniu na wartości porównywalne otrzymujemy: wskaźnik odpływu = 1609 mm, wskaźnik opadu = 1530 mm, deficyt odpływu ujemny wynosi 79 mm, podczas gdy współczynnik odpływu jest bardzo duży, większy od jedności = 1,05 — ze zlewni o powierzchni 35 km<sup>2</sup>.

Z powyższych zestawień wynika, że Potok Kościeliski wynosi ze swojej zlewni średnio w ciągu roku więcej o 2 834 447 m<sup>3</sup> wody niż jej otrzymuje z opadów. Okoliczność ta wskazuje, że odprowadza on wody nie tylko ze

swojej zlewni topograficznej, lecz i z terenów przyległych, co znajduje uzasadnienie w budowie geologicznej tej części Tatr, w występowaniu na znacznym obszarze skał wapiennych, w których rozwinęło się podziemne krążenie wód.

W tabeli 16 prócz elementów bilansu wodnego dla dwóch potoków tatrzańskich dołączono dla porównania dane dla niektórych rzek Włoch zaczerpnięte z opracowania bilansu wodnego tego państwa (Central Hydrographic Service 1948). Na podstawie licznych materiałów obserwacyjnych obliczono za okres 20 lat deficyt odpływu i współczynnik odpływu dla całego terytorium Włoch. Przy ocenie wymienionych elementów bilansu wodnego zwrócono szczególną uwagę m. in. na takie czynniki, jak przepuszczalność podłoża i nachylenie stoków. Do pracy tej dołączono mapkę deficytu odpływu oraz mapkę współczynnika odpływu dla całego obszaru państwa.

Ponieważ dane obserwacyjne do bilansu wodnego zostały uzyskane nie dla wszystkich zlewni, a tylko dla większego obszaru Włoch, aby więc otrzymać wyniki dla terenów nie objętych obserwacjami, zastosowano odpowiednią interpolację, która pozwoliła na drodze obliczeń uzyskać dane do bilansu zlewni nie objętych obserwacjami. W ten sposób otrzymano materiał liczbowy do wykonania map dla całego obszaru państwa. Okazało się, że deficyt odpływu na terenach alpejskich jest mniejszy niż 200 mm, a na niektórych obszarach nawet ujemny, co świadczy, że odpływ jest tam większy niż opady. Tłumaczy się to obecnością lodowców zasilających potoki oraz silną kondensacją pary wodnej, a tych dwóch źródeł wody deszczomierze nie rejestrują. Nie we wszystkich rzekach przyczyna ta powoduje ujemny deficyt odpływu. Stwierdzono, że adriatycka rzeka Biferno w południowych Włoszech, na obszarze po wodowskaz w Paule della Fiumare (powierzchnia zlewni 27 km<sup>2</sup>), ma ujemny deficyt odpływu spowodowany zjawiskami krasowymi. Stwierdzono też, iż na wapiennych, przepuszczalnych terenach opad występujący w pewnej strefie zlewni może zwiększyć odpływ w innej jej strefie lub nawet na terenie przyległych zlewni. Ponadto podkreślono jeszcze, jaki wpływ ma podłoże na deficyt odpływu: przepuszczalne podłoże zmniejsza deficyt odpływu, nieprzepuszczalne zwiększa go. Strome stoki nieprzepuszczalnego podłoża zmniejszają deficyt odpływu, łagodne zwiększają. Współczynnik odpływu ściśle koreluje z deficytem odpływu: im większy deficyt odpływu, tym mniejszy współczynnik odpływu i na odwrót.

Na skromnym przykładzie dwu zlewni tatrzańskich można wyciągnąć analogiczne wnioski do tych, jakie uzyskano na przykładach licznych zlewni z terenu Alp i Apeninów. Dwie zlewnie tatrzańskie stanowią dwa różne typy fizyczno-geograficzne, a ich potoki dostarczają dwu różnych



pod względem hydrologicznym typów wód płynących. Białka, przepływająca w 47,3% tereny nieprzepuszczalne o stromych zboczach, odpowiada typowi rzek północnocyflickich wpadających do Adriatyku, które płyną po podłożu nieprzepuszczalnym i odznaczają się dużym spadkiem, gdyż zlewnie ich mają stoki bardziej strome niż zlewnie rzek Morza Tyrreńskiego (patrz w tabeli 16 np. rz. Trebbia). Potok Kościeliski przepływający zlewnię przeważnie w 70% przepuszczalną odpowiada typowi rzek alpejskich o małym deficycie odpływu, nieraz nawet ujemnym i o bardzo wysokim współczynniku odpływu, przewyższającym niekiedy jedność (np. Brenta, Dora Baltea i in.).

Przyczyny występowania ujemnego deficytu odpływu na terenie zlewni Potoku Kościeliskiego są inne niż w zlewniach rzek alpejskich, gdyż w zlewniach alpejskich przyczynę tego zjawiska przypisuje się zasilaniu rzek przez topniejące lodowce oraz dużemu znaczeniu opadów poziomych. W Tatrach lodowce nie występują. Opady poziome natomiast mają niewątpliwie poważne znaczenie jako źródło wody. Pomimo że nie prowadzono dotychczas systematycznych obserwacji nad opadami poziomymi, których stacje meteorologiczne nie wykonują, dorywcze spostrzeżenia nad nimi dają podstawę do wysunięcia wniosków ogólnych co do ilości opadów poziomych. Przeglądu prac dotyczących tego zagadnienia dokonał K. Ermich w opracowaniu pt. „Próba określenia udziału tak zwanych opadów poziomych w obiegu wody w przyrodzie”. Autor zwraca przede wszystkim uwagę na ilościową stronę zjawiska. Stwierdza, że opady poziome jako źródło wody mają znaczenie daleko większe w górach niż na nizinach, a spośród różnego rodzaju tych opadów (rośca, szron, osady mgielne, sadz) — rośca i szron mają znaczenie małe, natomiast osady mgielne i sadz — są bardzo ważnym źródłem wody. Szczególnie widoczne jest ich duże znaczenie w górach. Descombes (cytat za Ermichem) uważa, że na obszarach górskich ilość osadów mgielnych może przewyższać kilkakrotnie sumę opadów zwyczajnych. Obserwacje nad osadami mgielnymi prowadzone na północnych i zachodnich stokach Alp, na wzniesieniu Nebelhorn — 1932 m n.p.m. wykazały, że deszczomierz zaopatrzony w urządzenia do chwytania osadów mgielnych wykazał 189% opadów mierzonych w zwyczajnych ombrometrach.

W Tatrach ilościowych pomiarów sadzi dokonywano na Łomnicy. Według nich ilość sadzi w ciągu roku wyniosła aż 1170 kg/m<sup>2</sup>, czyli 1170 mm, podczas gdy opady mierzone za pomocą deszczomierza o powierzchni recepcyjnej 500 cm<sup>2</sup> wynosiły rocznie średnio 1442 mm. Należy pamiętać, że choć znaczenie osadów mgielnych i sadzi, jako źródła dostarczającego wodę, jest bardzo duże, jednak tereny korzystające z tego źródła ograniczone są do wyższych partii gór: obejmują one wysokości, do których sięga podstawa zimowych, niskich chmur w czasie panowania ujemnych temperatur.

Ponadto szczególnie dużo osadów mgielnych i sadzi otrzymują obrzeżenia lasów oraz szczyty i zbocza zwrócone ku wiatrom przynoszącym mgłę (K. Ermich 1957).

W zlewni Potoku Kościeliskiego decydujący wpływ na deficyt odpływu ma charakter przepuszczalny podłoża, który jest przyczyną podziemnego krążenia wód. Ujemny deficyt odpływu wskazuje wyraźnie, że na terenie tej zlewni wody przychodzą z terenów sąsiednich. Pozostaje nierozstrzygnięta sprawa: ile wody przychodzi i z których zlewni? Na pierwsze pytanie spróbujemy dać odpowiedź. Drugie zagadnienie może być rozstrzygnięte w przyszłości na drodze badań geologicznych i hydrograficznych. Ujemny deficyt odpływu wskazuje również na to, że zlewnia topograficzna jest mniejsza od zlewni podziemnej.

Deficyt odpływu, jak zaznaczono wyżej, obejmuje dwa rodzaje strat: parowanie wraz z transpiracją roślinną oraz straty spowodowane przez wsiąkanie w terenach o podłożu przepuszczalnym, ze szczególnym uwzględnieniem obszarów krasowych. Wskutek tego na terenach o ujemnym deficycie odpływu trudno jest oddzielić straty na parowanie od strat spowodowanych wsiąkaniem i krążeniem podziemnym.

Wyznaczenie parowania dla zlewni Potoku Kościeliskiego pozwoliłoby m. in. obliczyć objętość wody przyływającej na jej teren ze zlewni sąsiednich. Nie można jednak wyznaczyć parowania dla zlewni Potoku Kościeliskiego wobec jej ujemnego deficytu odpływu. Pozostaje więc, jedno tylko wyjście: przyjąć, że w zlewni Potoku Kościeliskiego parowanie zbliżone jest do parowania obliczonego dla zlewni Białki. Wówczas, przypuszczalnie można obliczyć objętość średnią roczną wody, którą traci ta zlewnia przez parowanie. Będzie się ona równała iloczynowi wskaźnika parowania, przyjętego przez nas, przez powierzchnię zlewni:  $496 \text{ mm} \cdot 35 \text{ km}^2 = 17\,360\,000 \text{ m}^3$ . Gdyby nie było dopływu podziemnego, odpływ wyniósłby średnio rocznie  $53\,820\,000 \text{ m}^3 - 17\,360\,000 \text{ m}^3 = 36\,460\,000 \text{ m}^3$ . Tymczasem odpływ średni roczny równa się  $56\,654\,447 \text{ m}^3$ . Aby więc otrzymać objętość wody, która przychodzi do zlewni Potoku Kościeliskiego co roku, należy od objętości odpływu rzeczywistego odjąć objętość wody odpływu obliczonego tak, jakby nie było dopływu podziemnego:  $56\,654\,447 \text{ m}^3 - 36\,460\,000 \text{ m}^3 = 20\,194\,447 \text{ m}^3$ .

Poznanie objętości wody, która przychodzi średnio co roku na teren zlewni Potoku Kościeliskiego z sąsiednich zlewni, pozwala na dokonanie jeszcze jednego obliczenia: można orientacyjnie oszacować rozmiary powierzchni sąsiednich terenów, z których woda przychodzi do zlewni Potoku Kościeliskiego. W tym celu należy obliczyć wskaźnik odpływu dla objętości wody, która została obliczona jako odpływ z terenu topograficznej zlewni Potoku Kościeliskiego po odrzuceniu wód przychodzących z sąsiednich terenów:  $36\,460\,000 \text{ m}^3 : 35 \text{ km}^2 = 1042 \text{ mm}$ . Teraz otrzymaną po-

przednio objętość wody, przychodzącą z sąsiednich zlewni, dzielimy przez otrzymany wskaźnik odpływu  $20\,194\,447\text{ m}^3 : 1042\text{ mm} = 19\text{ km}^2$ . Liczba ta mówi nam, że powierzchnia terenu, z którego wody przychodzą do zlewni Potoku Kościeliskiego z otaczających ją zlewni, jest mniej więcej dwukrotnie mniejsza niż powierzchnia topograficzna zlewni Potoku Kościeliskiego. Jeżeli teraz zsumujemy powierzchnię topograficzną zlewni Potoku Kościeliskiego z powierzchnią terenów zasilających ją podziemnie, otrzymamy rozmiary zlewni podziemnej:  $35\text{ km}^2 + 19\text{ km}^2 = 54\text{ km}^2$ .

Jeszcze jednym dowodem tego, że podziemna zlewnia Potoku Kościeliskiego jest większa od zlewni powierzchniowej, mogą być rozmiary odpływów średnich rocznych w Potoku Kościeliskim (ryc. 9). Odpływy średnie roczne w Potoku Kościeliskim najczęściej są nieco tylko mniejsze niż w Białce, a w niektórych latach takie same (1950) lub nawet większe (1949). Tymczasem powierzchnia zlewni Potoku Kościeliskiego ( $35\text{ km}^2$ ) jest blisko dwukrotnie mniejsza niż Białki ( $65\text{ km}^2$ ). Wynika z tego, że zlewnia Potoku Kościeliskiego jest zasilana o wiele obficie w wodę niż zlewnia Białki. Ponieważ jednak nie ma istotnej różnicy w ilości opadów na terenie tych dwóch zlewni, musimy założyć, że nadwyżka wody w zlewni Potoku Kościeliskiego w porównaniu do zlewni Białki przychodzi na jej teren drogami podziemnymi.

Obserwacje powierzchniowych stosunków hydrologicznych na terenach przyległych do zlewni Potoku Kościeliskiego wskazują, że zlewnia podziemna Potoku Kościeliskiego wykracza poza granice zlewni topograficznej w kierunku wschodnim. Tam bowiem znajdują się tereny krasowe ubogie w wodę, podczas gdy tereny położone na zachód od zlewni Potoku Kościeliskiego, pomimo że na znacznym ich obszarze występują zjawiska krasowe, bogate są w wodę. Można wobec tego przypuścić, że zlewnia podziemna Potoku Kościeliskiego od strony zachodniej również nie pokrywa się ze zlewnią topograficzną, z tą jednak różnicą że tu może zlewnia topograficzna wykraczać ku zachodowi poza granice zlewni podziemnej. Gdyby tak było w rzeczywistości, wówczas powierzchnia zlewni podziemnej Potoku Kościeliskiego musiałaby być mniejsza, niż to podano w przytoczonych obliczeniach.

Rozpatrywanie stosunku opadu i odpływu na terenie pojedynczych, odosobnionych zlewni tatrzańskich, jak to wykonano z konieczności w niniejszym opracowaniu, bez możliwości powiązania tych stosunków ze stosunkami opadu i odpływu w zlewniach sąsiednich, ogranicza możliwość poznania rzeczywistego krążenia wód na całym obszarze północnych stoków Tatr Polskich.

Zasadniczą przeszkodę w prowadzeniu prac badawczych nad stosunkami hydrologicznymi na terenie Tatr stanowi zbyt skąpy materiał obserwacyjny dotyczący opadów oraz odpływu wód.

Można przypuszczać, że braki te decydowały o niepodejmowaniu tematów problemowych dotyczących zjawisk hydrologicznych w Tatrach. Jeżeli zaś zdecydowano się poruszać tematy z tych dziedzin, wówczas przedmiotem badań nie były same Tatry, lecz przyległe do nich tereny, dla których istniały długookresowe obserwacje nad elementami klimatu i wód, podczas gdy dla Tatr zagadnienia te rozpatrywano zazwyczaj marginesowo.

Takie podejście do badań zjawisk klimatycznych i hydrologicznych na terenie Tatr prowadzi do całkowitego zastoju w poznaniu tych zjawisk na obszarze tego regionu.

Dopiero ostatnio uruchomiono liczniejsze placówki obserwacyjne na terenie Tatr Polskich, dzięki czemu zebrano obfitsze materiały, które pozwoliły na dokonanie niniejszego opracowania.

Wobec tego, że Tatry stanowią obszar niezwykle specyficzny, aby otrzymać obraz rzeczywisty przebiegu zjawisk na ich terenie, nie należy rozpatrywać tego regionu naturalnego łącznie z regionami przyległymi. Nie znaczy to jednak, aby nie stosować studiów porównawczych.

Tabela 17

Zestawienie elementów fizyczno-geograficznych dla zlewni Białki i Potoku Kościeliskiego

Nazwa elementu	Zlewnia Białki	Zlewnia Potoku Kościeliskiego
Powierzchnia rzutowana w km <sup>2</sup>	65,0	35,0
Powierzchnia rzeczywista w km <sup>2</sup>	75,4	39,2
Powierzchnia przepuszczalna w %	52,7	70,1
Powierzchnia nieprzepuszczalna w %	47,3	29,9
Granice wysokości w m	970—2630	927—2156
Średnie nachylenie zboczy	34,5°	28,5°
Powierzchnia zasypana gruzem skalnym w %	42,0	42,0
Powierzchnia zajęta przez las i kosodrzewinę w %	22,4	55,1
Spadki potoków w ‰	43,4—440	41,3—325,3
Ilość jezior	15	1
Wahania średnie roczne stanów wody za okres 10 lat w cm	73,0	64,2
Zasilanie gruntowe odpływu w %	65,0	65,0
Odpływ względny całkowity w l/sek/km <sup>2</sup>	32,3	51,4
Odpływ względny gruntowy w l/sek/km <sup>2</sup>	21,8	32,0
Wskaźnik opadu w mm	1550	1530
Wskaźnik odpływu w mm	1054	1609
Współczynnik odpływu	0,68	1,05
Deficyt odpływu w mm	496,0	—79,0

## OGÓLNE WYNIKI BADAŃ

Ilość opadów na obszarze zlewni Białki w Tatrach Wschodnich (wbrew dotychczasowym poglądom) nie jest mniejsza niż na terenie zlewni Potoku Kościeliskiego w Tatrach Zachodnich.

Zjawiska hydrologiczne przebiegają odmiennie na terenie każdej ze zlewni, co tłumaczy się odmiennością cech fizyczno-geograficznych tych zlewni.

Najwyraźniej wpłynęły na charakter hydrologiczny potoków własności litologiczne podłoża.

Zlewnia Białki ma dodatni bilans wodny, zlewnia Potoku Kościeliskiego — ujemny.

Wahania stanów wody są nieco większe w Białce niż w Potoku Kościeliskim, ponieważ czynników fizyczno-geograficznych amortyzujących wahania stanów wody w zlewni Białki jest mniej niż w zlewni Potoku Kościeliskiego.

Jeziora w minimalnym stopniu wpływają na złagodzenie wahań stanów wody, ponieważ są małych rozmiarów.

Zasadniczym czynnikiem łagodzącym wahania stanów wody w potokach tatrzańskich są wielkie ilości materiału gruzowego, który jest zbiornikiem retencyjnym o doniosłym znaczeniu.

Zlewnia topograficzna Potoku Kościeliskiego nie pokrywa się ze zlewnią podziemną, która jest większa od topograficznej.

Średni roczny wskaźnik parowania dla północnych stoków Tatr Polskich według danych otrzymanych ze zlewni Białki można określić na 496 mm.

Objętość wody przyływającej z sąsiednich zlewni na teren zlewni Potoku Kościeliskiego wynosi w przybliżeniu 20 194 447 m<sup>3</sup> (przy założeniu, że parowanie jest tu takie samo jak w zlewni Białki, czyli 496 mm).

Katedra Geografii Fizycznej  
Instytutu Geograficznego  
Uniwersytetu Warszawskiego

## L I T E R A T U R A

Burger H. Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitteilungen der schweizerischen Anstalt für das frostliche Versuchswesen, Bd. XXIII, Zürich 1943.

Burger H. Der Einfluss des Waldes auf den Wasserhaushalt. Eine Aufklärungsschrift „über die Bedeutung des Schweizerwaldes“. Basel, 1945.

- Central Hydrographic Service. Precipitation, run-off and losses on the Italian drainage areas. Union Géodésique et Géophysique Internationale. Association Internationale d'Hydrologie Scientifique. Assemblée Générale d'Oslo, 19—28 août, Bd. I, s. 117—130. Louvain (Belgia) 1948.
- Dęb ski K. Hydrologia i hydraulika, s. 314. Warszawa 1948.
- Dęb ski K. Wpływ lasu na stosunki hydrologiczne. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, T. I, z. 4 i 5, s. 57—70. Warszawa 1951
- Dęb ski K. Bilans wodny zlewni Wisły pod Warszawą. Wiadomości Służby Hydrolog. i Meteorolog., T. II, z. 2, s. 5—41. Warszawa 1951.
- Dęb ski K. Odpływ wód gruntowych zlewni Wisły w przekroju Warszawy. Wiadomości Służby Hydrolog. i Meteorolog. T. IV, z. 2—3, s. 60—76. Warszawa 1953.
- Ermich K. Próba określenia udziału tzw. opadów poziomych w obiegu wody w przyrodzie. Maszynopis. Polskie Towarzystwo Leśne. Zarząd Główny, Wawelska 54, s. 32. Warszawa 1957.
- Fabijanowski J. Niektóre zagadnienia gospodarki wodnej w górach z punktu widzenia ochrony przyrody. Chrońmy Przyrodę Ojczystą. R. XI, nr 1, s. 73—131. Kraków 1955.
- Figuła K. Monografia Górnego Dunajca. Prace i studia Komitetu Gospodarki Wodnej. Warszawa 1956.
- Finstertwalder S. Über den mittleren Böschungswinkel und das wahre Areal einer topographischen Fläche. Sitzungsber. d. math. phys. Kl. d. Bayer. Akad. d. Wiss. Ed. XX, 1890.
- Gadomski A. Morfologia glacialna północnych stoków Wysokich Tatr, s. 150, Cieszyn 1926.
- Gadomski A. Problem „suchych” wód, dolin, kotłów, żlebów, przełęczy i wierchów w Tatrach. Wiadomości Służby Geograficznej Nr 2, s. 6, Kraków 1938.
- Gieysztor I. Próba obliczenia gradientu opadowego w Tatrach Polskich. Gospodarka Wodna. R. XX, z. 4, s. 168—170 Warszawa 1960.
- Gorczyński W. i Kosińska St. Stosunki opadowe w Polsce. Wiadomości Meteorologiczne. Warszawa 1922.
- Halicki B. Dyluwialne zlodowacenie północnych stoków Tatr. Sprawozdania Polskiego Instytutu Geologicznego, T. V, z. 3—4, s. 477—534, Warszawa 1930.
- Karasiński T. Opady atmosferyczne w Tatrach. Wiadomości Służby Hydrolog. i Meteorolog., T. XI, z. 5, s. 21—36, Warszawa 1959.
- Klimaszewski M. Pogląd na rozwój geomorfologiczny Tatr Polskich. Przewodnik IV Ogólnopolskiego Zjazdu Pol. Tow. Geogr., cz. I, s. 19—31, Kraków 1958.
- Kosińska-Bartnicka St. Opady w Polsce. Prace Meteorologiczne i Hydrograficzne, z. 5. Warszawa 1927.
- Kosińska-Bartnicka St. Opady w Tatrach Wysokich. Wiadomości Meteorologiczne i Hydrograficzne, T. III, Warszawa 1928.
- Kosińska-Bartnicka St. Uwagi do notatki pt. Totalizator na szczycie Żółtej Turni w Tatrach. Wiadomości Meteorologiczne i Hydrograficzne. Warszawa 1932.

- K o w a l s k i K. Jaskinie Polski. T. II, s. 186, Kraków 1953.
- L e s z c z y c k i St. Badania nad opadami Tatr Wysokich. Wiadomości Meteorologiczne i Hydrograficzne. T. XI. Warszawa 1931.
- L e s z c z y c k i St. Region Podhala. Podstawy geograficzno-gospodarcze planu regionalnego. Kraków 1938.
- L e w i Ń s k a J. Rozkład i częstotliwość kierunków dolnych prądów powietrza w Polskich Tatrach. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, T. VI, z. 5, s. 239—252. Warszawa 1959.
- Ł u c z s z e w a A. Prakticzeskaja gidrogeologija, s. 290, Leningrad 1950.
- O g i j e w s k i j A. W. Hidrologija suszy, s. 515, Moskwa 1952.
- O r l i c z M., O r l i c z o w a J. Występowanie sadzi w Tatrach. Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny, T. VII, s. 107—138, Warszawa 1954.
- O s t r o m ę c k i J. Mapa opadów w Polsce. 1891—1910 (Załączniki). Wiadomości Służby Hydrolog. i Meteorolog. T. I, z. 2, Warszawa 1947.
- P a r d é M. Rzeki, s. 233, Warszawa 1957.
- P a w ł o w s c y E. W. i S. Mapa opadów atmosferycznych w dorzeczu Wisły. Pokłosie Geograficzne. Lwów 1925.
- P a s a k W., Z e l o n y V. Vysledky mżeni pruboku w beskydskych bystrinach v suchem období roku 1952 pri wyzkumu vlivu lesa na niske stavy. Prace vyzkumnych ustavu lesnickich CSR.
- P e u c k e r K. Der mittlere Neigungswinkel des Bodens. Mitteil. d. deutsch. u. österr. Alpenvereins 1890, s. 10.
- P e u c k e r K. Beiträge zur orometrischen Methodenlehre. Diss. Breslau 1890, s. 45.
- R a b o w s k i F. Cztery przekroje geologiczne pomiędzy Doliną Kościeliską a Doliną Kondratową. Spraw. Polsk. Inst. Geol., T. VI, z. 4, s. 742—751. Warszawa 1931.
- Roczniki Hydrograficzne za lata 1948—1955 PIHM Warszawa.
- R o m e r E. Geograficzne rozmieszczenie opadów atmosferycznych w krajach Karpackich. Rozprawy Wydz. Matem. Przyrod. Ak. Um. T. XXIX, Kraków 1895.
- R o m e r E. Nowy przyczynek do metod klimatologii (dziedziny opadowe w Karpatach), Kosmos, T. XXI, Lwów 1896.
- R o m e r E. Klimat ziem Polskich. Encyklopedia Polska Ak. Um. T. I, Kraków 1912.
- R o m e r E. Tatrzańska Epoka Lodowa. Prace Geograficzne, s. 189, Lwów 1929.
- R u d n i c k i J. Geneza Jaskiń Lodowego Źródła. Acta Geologica Polonica, T. VIII, z. 2, s. 245—270, Warszawa 1958.
- S a w i c k i L. Jak głębokie są nasze stawy tatrzańskie? Pamiętnik Towarzystwa Tatrzańskiego, T. XXXI, s. 45—47, Kraków 1910.
- S o k o ł o w s k i M. O górnej granicy lasu w Tatrach, s. 162, Kraków 1928.
- S o k o ł o w s k i St. Las Tatrzański, s. 136, Zakopane 1936.
- S z a f l a r s k i J. Morfometria jezior tatrzańskich. Wiadomości Służby Geogr., T. X, s. 19—50, Warszawa 1936.
- Ś l i w e r s k i K. Pomiar batymetryczny jezior w Tatrach. Wiadomości Służby Geogr., T. VIII, z. 3, Warszawa 1934.

- Sliwerski K. Zmienność poziomu wód i repery jeziorne. Wiadomości Służby Geogr. T. IX, s. 295—310, Warszawa 1935.
- Vitásek F. Sražkove poměry Tater, Brno 1930.
- Wiszniewski W. Atlas opadów atmosferycznych w Polsce 1891—1930, PIHM, Warszawa 1953.
- Wit K. Charakterystyka hydrograficzna Regionu Podtatrzańskiego. Dokumentacja Geograficzna, wkładka do z. 2, s. 30, Warszawa 1957.
- Wit K., Ziemońska Z. Stosunki hydrograficzne Tatr. Przewodnik VI Ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego Tow. Geogr. Cz. I, s. 32—41, Kraków 1958.
- Wrzosek A. Z badań nad zjawiskami krasowymi Tatr Polskich. Wiadomości Służby Geogr., T. VII, s. 235—270. Warszawa 1933.
- Zakręt S. Totalizator a pomiar opadów w terenie górskim. Wiadomości Meteorologiczne i Hydrologiczne, T. XV, Warszawa 1935.
- Zwoliński S. Tatrzański rejon jaskiniowy. Światowid, T. XXI. 1957.

#### Mapy wykorzystane

(źródła)

- Guzik K. Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000, B2 Kominy Tylkowe. Warszawa 1959.
- [II] Guzik K., Guzik St., Sokołowski St. Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000, A2 Hruby Regiel, Warszawa 1958.
- Guzik K., Michalik A., Watycha L. Mapa geologiczna Tatr Polskich C4 Miedziane, 1:10 000, Warszawa 1959.
- Michalik A. Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000, B3 czerwone Wierchy, Warszawa 1959.
- Michalik A., Guzik K. Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000. C2 Kamienista. Warszawa (niepublikowana).
- Rabowski F. Mapa geologiczna serii wierchowej Tatr Polskich 1:20 000 Warszawa 1953.
- Wojskowy Instytut Geograficzny, Tatry, arkusz zbiorowy 1:100 000. Warszawa 1937.
- Wojskowy Instytut Geograficzny. Tatry (część polska), wydanie turystyczne 1:20 000, mapa fotogrametryczna, Warszawa 1938.
- Zwoliński T. Mapa turystyczna 1:50 000, Lwów 1936.



ИРЭНА ГЕЙШТОР

## ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ В ТАТРАХ

Осадки и сток на территории бассейна Бялки и Костелиского потока

### КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ

Объектом настоящей работы являются два бассейна высокогорных потоков, расположенные на северном склоне польского участка горного массива Татр (рис. 2).

Гидрологические свойства выше упомянутых потоков рассмотрены в зависимости от физико-географического характера их бассейнов.

Целью работы является исследование осадков и стока на территории выше упомянутых бассейнов, подсчет водного баланса Бялки и Костелиского потока и вскрытие воздействия географической среды на водный баланс упомянутых двух потоков. Гидрологические свойства потоков рассмотрены на территории обоих бассейнов сравнительным методом.

Разработка поставленной проблемы была выполнена на основании наблюдательных материалов собранных за период 10 лет с 1949 до 1958 года. Учтены гидрологические годы с 1. XI до 31. X следующего года. В работе использован наблюдательный материал собранный водомерными постами и метеорологическими станциями расположенными на территории польских Татр: 13 наблюдательных пунктов на площади = 189 км<sup>2</sup> (рис. 2). Измерения площадей и линейных расстоянии отдельных элементов для двух бассейнов выполнены по картам, названия которых помещены в списке карт. Угол среднего наклона поверхности бассейнов подсчитан по формуле С. Финстервальдера

(S. Finsterwalder, 1890) и К. Пеукера (K. Peuker 1890): 
$$B = \frac{h}{G} (l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + l_n),$$
 где  $B$  — угол среднего наклона поверхности,  $G$  — площадь исследуемого объекта,  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — длина отдельных изогипс,  $h$  — вертикальное расстояние между двумя изогипсами. Количество осадков  $x$  подсчитано с применением кривой градиента (рис.

3) по формуле: 
$$x = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n}$$
 (А. Лучшева 1950), где  $x$  —

средняя арифметическая величина осадков на площади заключенной между двумя изогипсами,  $f$  — площадь между двумя изогипсами. Кривая расхода для Бялки (рис. 4а) нарисована на основании 12 измерений расхода, для Костелиского потока (рис. 4б) — на основании 6. Расход для более высоких уровней воды подсчитан с применением формулы Матакевича (Dębski 1948), где скорость  $v$  является произведением функции уклона  $f(I)$  и функции гидравлического радиуса  $f(R)$   $v = f(I) \cdot f(R)$ . Так как расходы для более высоких уровней получены были по подсчету, а не по измерениям пришлось применить исправление  $K$ . Величина  $K$  — это пропорция скорости измеренной  $v_z$  к скорости подсчитанной  $v_o$ , следовательно  $K = \frac{v_z}{v_o}$ . Чтобы получить  $K$ ,

надо было подсчитать скорости для тех низких и средних уровней воды, для которых имелись скорости полученные по измерениям. По результатам полученным на основании измерений и по результатам полученным по подсчетам можно было определить среднюю величину  $K$ .

Чтобы разделить объем стока имеющего свой источник в питании грунтовыми водами от объема стока имеющего свой источник в поверхностном питании, произведен был подсчет, на основании которого можно было нарисовать кривые высыхания (рис. 6) для каждого потока. Подсчет кривой высыхания произведен был с применением частного геометрической прогрессии, которое является пропорцией, на какую ежедневно уменьшается расход в период высыхания по формуле

$q = \frac{Q_n}{Q_o}$  (Dębski 1951), где  $Q_o$  — расход в м<sup>3</sup>/сек в начале какого

нибудь периода времени и он обозначает расход имеющий свой источник в грунтовом питании во время половодья или любого повышенного уровня воды в потоке. Его следует выбрать учитывая типичное положение на графике расходов  $Q_n$  — расход в м<sup>2</sup>/сек после  $n$  суток.  $q$  следует подсчитывать на основании возможно большого количества про-

порции  $q = \frac{Q_n}{Q_o}$  и только после этого можно подсчитать среднюю вели-

чину (среднюю арифметическую)  $q$  (рис. 4); теперь можно подсчитать ежедневную величину по формуле:  $Q_1 = Q_o q$ ,  $Q_2 = Q_o q^2$ , ...  $Q_n = Q_o q^n$ . После подсчета величины для очередных  $Q$  можно нарисовать кривую высыхания.

Анализ отдельных физико-географических элементов двух исследуемых бассейнов привел к результатам, которых сопоставление приведено в таблице 17.

Колебания уровня воды в обоих потоках показывают, что разница между средним максимум и средним минимум для периода 1949—1958 г. г. была для Бялки больше чем в Костелиском потоке (73 см и 64 см) (таблица 9). Это свидетельствует между прочим о том, что озера не имеют смягчающего влияния на колебания уровня воды в потоках в бассейне Бялки. Это объясняется малыми размерами площади озер, которая в сумме не превышает в бассейне Бялки 1.4 км<sup>2</sup>, а это составляет 2% всей площади бассейна.

Более сильные колебания уровня воды в Бялке чем в Костелиском потоке объясняются: очень большими углами наклона поверхности этого бассейна (таблица 1), большим процентом непроницаемых, кристаллических пород, слагающих бассейн Бялки (таблица I), более крутыми склонами в повышенных участках бассейна, не прикрытых ни обломочным матерьялом, ни моренными отложениями, ни растительным покровом (таблица II).

Более мягкие колебания уровня воды в Костелиском потоке можно выяснить следующим образом: сравнительно большая часть площади бассейна сложена проницаемыми породами; обломочным матерьялом и известняками (70%) площади всего бассейна (таблица I) и вследствие этого здесь на некотором пространстве — 40% площади бассейна осуществляется подземная циркуляция воды, свойственная карстовым областям. На территории повышенных участков бассейна залегают рыхлые, легко проницаемые моренные отложения, более чем половина площади бассейна (55%) занята лесным покровом (таблица II), средний угол наклона поверхности меньше чем в бассейне Бялки (таблица 1).

Подсчеты расхода и стока привели к результатам показанным в таблицах 11—14.

Соотношения между осадками и стоком, показатели осадков, показатели стока, дефицит стока и коэффициент стока на территории двух рассматриваемых бассейнов приведены в таблице 16; единичный сток Бялки более чем в 4 раза больше, а сток Костелиского потока в 7 раз больше чем сток Вислы под Варшавой (6 л/сек с км<sup>2</sup>, таблица 15, рис. 8). Причиной такого соотношения являются: более обильные осадки, пониженное сравнительно испарение в горных областях, большие углы наклона поверхности. Но не является причиной пониженная способность ретенций на территории рассматриваемых бассейнов в Татрах по сравнению с бассейном Вислы, ограниченном водомерным постом в Варшаве, т. к. ретенция в бассейнах Бялки и Костелиского потока оказалась сильнее чем на территории низменного бассейна Вислы.

Следовательно Татры представляют горную область, засыпанную очень сильно большими массами обломочного матерьяла.

Приведенные цифровые данные показывают (табл. 16), что Костелиский поток выносит из своего бассейна средне в продолжении одного года воды больше чем получает ее от осадков. Причиной отрицательного дефицита стока является наличие проницаемых, известняковых пород, слагающих территорию бассейна Костелиского потока и соседних бассейнов. Отрицательный дефицит стока указывает на то, что вода из соседних бассейнов приходит подземными путями в бассейн Костелиского потока.

Объем приходящей воды подсчитан следующим образом: можно принять, что испарение в Костелиском бассейне приблизительно такое же как и в бассейне Бялки. Тогда средний объем воды, которая должна испариться за 1 год в бассейне Костелиском, равняется  $496 \text{ мм} \times 35 \text{ км}^2 = 17\,360\,000 \text{ м}^3$ . Если бы границы топографического бассейна совпадали с границами подземного бассейна, средний годовой сток должен бы равняться  $53\,820\,000 \text{ м}^3 - 17\,360\,000 \text{ м}^3 = 36\,460\,000 \text{ м}^3$ . Но средний годовой сток =  $56\,654\,447 \text{ м}^3$ . Следовательно с территории соседних бассейнов приходит средне в году на территорию Костелиского бассейна  $56\,654\,447 \text{ м}^3 - 36\,460\,000 \text{ м}^3 = 20\,194\,447 \text{ м}^3$ . Эта величина позволяет сделать еще одно вычисление: в некотором приближении подсчитать площадь той прилегающей территории, с которой вода приходит в Костелиский бассейн. Для этого надлежит подсчитать показатель стока для объема воды  $36\,460\,000 \text{ м}^3 : 35 \text{ км}^2 = 1042 \text{ мм}$ . Если теперь мы разделим объем воды приходящей на территорию Костелиского бассейна из соседних бассейнов на этот показатель, получим площадь прилегающей территории:  $20\,194\,447 \text{ м}^3 : 1042 \text{ мм} = 19 \text{ км}^2$ .

Полученная цифра показывает, что площадь, с которой вода приходит в Костелиский бассейн из окружающих его бассейнов, в два раза меньше площади топографического бассейна Костелиского потока. Если теперь ссумировать площадь Костелиского бассейна и площадь территории питающей Костелиский бассейн подземными путями, мы получим площадь подземного бассейна Костелиского потока:  $35 \text{ км}^2 + 19 \text{ км}^2 = 54 \text{ км}^2$ .

#### ОБЪЯСНЕНИЯ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Гипсографическая кривая бассейна Бялки и Костелиского потока

Рис. 2. Размещение метеорологических наблюдательных постов на территории польских Татр. Число в скобках обозначает год, в котором пост начал функционировать или возобновил свои функции после длительного перерыва. 1 — Долина Хохоловская, туристский дом Бляшинской (1951), 2 — Халя Орнак (1950), 3 — Киры (1913, 1946), 4 — Закопане (1875, 1945), 5 — Кузницы (1952, 1949), 6 — Калятувки (1947), 7 — Мыслиеницкие Турни (1949), 8 — Халя Кондратовая (1949), 9 — Каспровый Верх (1938, 1945), 10 — Халя Гонсеницкая (1926, 1949),

11 — Пять Ставов Польских (1950), 12 — Морское Око (1913, 1946), 13 — Розтока (1950), 14 — Лысая Поляна (1950), 15 — водораздел, 16 — северная граница горного массива Татр

Рис. 3. Кривая градиента осадков на северном склоне польских Татр

Рис. 4. Кривая расхода Бялки (Лысая Поляна) и Костелиского потока (Киры)

Рис. 5. График величины  $q$ , на которую уменьшается ежесуточно расход в период высыхания в Бялке и в Костелиском потоке. Величина  $q$  для отдельных положений: точки для Бялки, крестики для Костелиского потока, средняя величина  $q$  пунктирная линия для Бялки, пунктирная линия с крестиками для Костелиского потока

Рис. 6. Кривая высыхания для Бялки и для Костелиского потока

Рис. 7. Сток по отдельным годам. 1 — поверхностное питание, 2 — невыясненное питание, 3 — грунтовое питание

Рис. 8. Пропорция грунтового стока к общему стоку в бассейне Бялки, Костелиского потока и Вислы при водомерном poste в Варшаве

Рис. 9. Годичный сток Бялки и Костелиского потока в период с 1949—1958. 1 — Бялка, 2 — Костелиский поток, 3 — средний сток Бялки за десятилетний период, 4 — средний сток Костелиского потока за десятилетний период

### ОБЪЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦАМ

Таблица I. Гидрографическая карта бассейна Бялки и Костелиского потока с учетом их геологического строения. Масштаб 1:50 000. Костелиский поток: 1 — непроницаемые породы, кристаллические, преимущественно граниты и кристаллические сланцы; кварциты, 2 — непроницаемые породы (меловые мергеля, сланцы и известняки), 3 — непроницаемые породы, преимущественно мергеля и известняки мелового возраста, 4 — обломочный материал различного происхождения (моренные отложения, конусы выноса, обвалы, оползни, речные и флювиогляциальные отложения, продукты выветривания, белые—проницаемые породы. Бялка: 1 — непроницаемые породы, кристаллические, преимущественно граниты, 2 — проницаемые породы, преимущественно известняки и доломиты юрского и триасового возраста, 3 — обломочный материал различного происхождения (моренные отложения, конусы выноса, обвалы, оползни, речные и флювиогляциальные отложения, продукты выветривания. Совместные объяснения к двум бассейнам: 1 — источники, 2 — просачивание, 3 — потоки, 4 — периодические потоки, 5 — вероятный подземный сток, 6 — пороги и водопады, 7 — вытекание воды из поверхность земли или же место ее ухода под поверхность земли, 8 — линия разделяющая проницаемые породы от непроницаемых

Таблица II. Размещение леса и карликовой сосны в бассейне Бялки и Костелиского потока. Масштаб 1:50 000, 1 — лес, 2 — карликовая сосна, 3 — граница между лесом и карликовой сосной

Таблица III и IV. Суточные расходы Бялки и Костелиского потока в период с 1949—1958 гидрологических годов. Пунктирная линия разделяет объем воды происходящей из грунтового питания от объема воды имеющей свой источник в поверхностном питании согласно кривой высыхания с поправкой. Точки показывают границу между расходами без поправки

IRENE GIEYSZTOR

## ETUDE HYDROLOGIQUE DES TORRENTS DES TATRAS

Précipitations et écoulements sur le terrain des bassins des torrents la Białka et le Kościeliski

### R É S U M É

Deux bassins de torrents de haute montagne, sur le terrain du versant nord des Tatras Polonaises forment l'objet de cette étude (fig. 2).

Les phénomènes hydrologiques qui se produisent sur le territoire des bassins mentionnés, sont étudiés en tenant compte des traits physiques et géographiques de ces bassins.

Le but de l'étude est de dresser les relations entre les précipitations et l'écoulement, de démontrer l'influence du milieu géographique sur le bilan hydrologique du terrain des bassins mentionnés.

Les phénomènes se produisant sur les territoires des deux bassins ont été étudiés et comparés.

Les relations entre les précipitations et l'écoulement dans les bassins des torrents la Białka et le Kościeliski ont été dressées à base d'un matériel rassemblé au cours d'une période de dix années d'observations (1949 à 1958). Les années hydrologiques ont été prises en considération. Les données des observations rassemblées par les stations hydrométriques et de précipitations de l'Institut Hydrométéorologique, situées sur le terrain des Tatras polonaises (fig. 2), ont servi de matériel de base. Les mesures de superficie et de lignes de chaque élément du milieu géographique ont été effectuées à base des cartes citées dans la bibliographie.

L'inclinaison moyenne du versant a été calculée selon la formule de S. Finsterwalder (1890) et K. Peucker (1890):  $B = \frac{h}{G} (l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + l_n)$ , où  $B$  — inclinaison moyenne,  $G$  — superficie de l'objectif étudié,  $l_1, l_2 \dots l_n$  = longueur des isohypses,  $h$  — écartement perpendiculaire entre les isohypses.

Le volume des précipitations a été calculé en basant sur la courbe du gradient (fig. 2) (I. Gieysztor 1960) selon la formule:

$$x = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n}$$

(A. Łuczszewa 1950), où  $x$  — moyenne arithmétique de la valeur des précipitations dans le secteur donné des isohètes,  $f$  — superficie entre des isohètes.

La courbe de débit du torrent la Białka (fig. 4a) a été dessinée en basant sur 12 mesures de débit, pour le torrent le Kościeliski sur 6 mesures (fig. 4b). Les débits pour les hauteurs supérieures de l'eau ont été calculés selon la formule de Matakiewicz (Dębski 1948), dans laquelle la rapidité  $v$  est le produit de la fonction de la chute  $f(I)$  et la fonction du rayon hydraulique  $f(R)$  :  $v = f(I) \cdot f(R)$ . On a introduit la rectification  $K$ . La valeur  $K$  est la proportion de la rapidité mesurée à la rapidité calculée:  $v_z : v_o$ , c'est-à-dire  $K = \frac{v_z}{v_o}$ . Pour établir  $K$ , on a calculé les rapidités des hauteurs basses et moyennes des eaux, dont les rapidités étaient connues par les mesures. Les valeurs moyennes  $K$  ont été établies, en basant sur les résultats provenant des mesures et les résultats des calculs.

Afin de distinguer le volume de l'écoulement provenant de l'alimentation par les eaux de fond, du volume des eaux provenant de l'alimentation superficielle, on a calculé les courbes de l'assèchement (fig. 6) pour chaque torrent en basant sur quotient de la progression géométrique  $q$ , qui démontre la proportion dans laquelle diminue chaque jour pendant la période de l'assèchement le débit selon la formule:  $q = \frac{Q_n}{Q_0}$  (Dębski 1951), où

$Q_0$  est le débit en  $m^3/sec.$ , au début de la période donnée du temps et représente le débit provenant de l'alimentation par les eaux de fond pendant la crue, ou une hauteur supérieure quelconque d'eau, et établi d'après la situation typique sur le graphique des débits.  $Q_n$  est le débit en  $m^3/sec.$  après un jour. Une fois le  $q$  calculé, selon le maximum de chiffres indiquant la proportion  $q = \frac{Q_n}{Q_0}$ , on a calculé la valeur moyenne (moyenne

arithmétique)  $q$  (fig. 5), ensuite, on a calculé la valeur de  $Q$ , toutes les 24 heures, selon la formule:  $Q_1 = Q_0q$ ,  $Q_2 = Q_0q^2 \dots Q_n = Q_0q^n$ . Après avoir établi la valeur des  $Q$  consecutifs, on a dessiné la courbe de l'assèchement.

L'analyse des différents éléments du milieu géographique a permis d'établir les faits que présente la table 17.

Les variations des hauteurs des eaux des deux torrents accusent certaines caractéristiques que nous trouvons dans la table 9.

La différence entre le maximum moyen et le minimum moyen pour la période des dix années, de 1949 à 1958, était plus élevée dans le torrent de la Białka que dans celui du Kościeliski, atteignant 73 cm par rapport à 64,2 cm. Les variations des hauteurs des eaux, quoique peu élevées, sont donc dans Białka plus grandes que celles du Kościeliski. Ce fait indique,

entre autres, que les lacs n'exercent pas une influence importante, amortissant les variations des niveaux des eaux des torrents sur le terrain du bassin de la Białka.

Cela peut s'expliquer par les petites proportions de la superficie totale des lacs atteignant 1,4 km<sup>2</sup>, c'est-à-dire 2% de la superficie du bassin de la Białka.

Les variations des hauteurs des eaux, plus grandes dans le torrent de la Białka que dans celui du Kościeliski s'expliquent avant tout par les inclinaisons très raides (tabl. 1) et un sous-sol imperméable (granit) sur 47% de la superficie totale (planche I). Les parties supérieures, plus raides du bassin ne sont pas recouvertes de forêts (planche II), de produits de décomposition, ou de dépôts morainiques.

Les variations des hauteurs des eaux dans le torrent du Kościeliski plus petites que dans le torrent de la Białka s'expliquent notamment par le fait qu'une superficie proportionnellement plus grande du bassin est formée de roches perméables en général calcaires (planche I) (40% — de roches calcaires + 30% d'autres roches perméables = 70%) et qu'une circulation des eaux propre au terrain karstique s'y est développée. Dans les parties supérieures, les plus raides, il y a des dépôts morainiques libres, où s'infiltrèrent facilement les eaux des précipitations et les eaux superficielles. Les variations des hauteurs des eaux sont adoucies entre autres par la superficie des forêts (55%, planche II), ainsi que par les différences de niveaux moins raides (28,5‰) par rapport au bassin de la Białka (table 1).

Les calculs des écoulements et des débits ont abouti aux résultats que nous trouvons dans les tables 11. Les relations entre les précipitations et l'écoulement, indice des précipitations, indice d'écoulement, déficit d'écoulement et coefficient d'écoulement dans des deux bassins en question se trouvent dans la table 16.

La comparaison de la proportion de l'écoulement dans les bassins du Kościeliski, de la Białka et de la Vistule près Varsovie (table 15), attire notre attention sur le fait que l'écoulement relatif du torrent de la Białka est quatre fois supérieur et celui du Kościeliski sept fois supérieur à celui de la Vistule près Varsovie. Ce fait est dû aux précipitations plus grandes, à l'évaporation moins importante et aux inclinaisons plus accusées dans des montagnes, et non à la rétention plus petite de l'eau sur le terrain des bassins des Tatras, par rapport au bassin de la Vistule, car la rétention dans les bassins de la Białka et du Kościeliski s'est avérée plus élevée que celle dans le bassin de la Vistule, situé en plaine. Cela est dû au fait que les Tatras sont des montagnes avec de grandes quantités de gravats (dépôts morainiques, produits de décomposition).

Les relations des précipitations et de l'écoulement (table 16) attirent notre attention sur les conditions hydrologiques du bassin du Kościeliski



qui diffèrent de celles de la Białka: le déficit d'écoulement dans le premier torrent est négatif, et égal à  $-79$  mm, dans le second positif  $496$  mm. Le déficit négatif de l'écoulement est dû au sous-sol perméable, karstique, qui forme la plus grande partie du bassin. Le déficit négatif de l'écoulement indique que les eaux des terrains adjacents rejoignent sous terre le bassin du Kościeliski. La quantité des eaux qui s'écoulent ( $20\ 185\ 447\ \text{m}^3$ ), peut être calculée comme suit: nous admettons que l'évaporation dans le bassin du Kościeliski est à peu près la même que celle calculée pour le bassin de la Białka. Le volume moyen de l'eau évaporée du bassin du Kościeliski devra alors être égale à  $17\ 360\ 000\ \text{m}^3$ . Si le bassin topographique correspondait au bassin souterrain, l'écoulement devrait donc atteindre, chaque année, en moyenne  $36\ 460\ 000\ \text{m}^3$ . L'écoulement moyen effectif est toutefois égal à  $56\ 654\ 447\ \text{m}^3$ . Il est donc clair, que des bassins adjacents, il afflue en moyenne chaque année  $56\ 654\ 447\ \text{m}^3 - 36\ 460\ 000\ \text{m}^3 = 20\ 194\ 447\ \text{m}^3$ .

Le calcul du volume de l'eau qui afflue des bassins adjacents, chaque année en moyenne sur le terrain du bassin du Kościeliski, permet d'effectuer encore un calcul: on peut estimer à peu près les dimensions de la superficie des terrains adjacents, d'où l'eau afflue dans le bassin du Kościeliski. Dans ce but il faut calculer l'indice d'écoulement pour le volume d'écoulement qui a été calculé, sans tenir compte des eaux des terrains adjacents:  $36\ 460\ 000\ \text{m}^3 : 35\ \text{km}^2 = 1042\ \text{mm}$ . Ensuite, le volume d'eau affluant chaque année des terrains adjacents dans le bassin du Kościeliski doit être divisé par l'indice d'écoulement obtenu  $20\ 194\ 447\ \text{m}^3 : 1042\ \text{mm} = 19\ \text{km}^2$ . Ce chiffre indique que la superficie des terrains adjacents d'où les eaux affluent dans le bassin du Kościeliski, est deux fois plus petite que la superficie topographique du bassin du Kościeliski. Et maintenant, si nous ajoutons à la superficie du bassin du torrent le Kościeliski, la superficie des terrains qui l'alimentent par voie souterraine, nous obtenons les dimensions de la superficie souterraine:  $35\ \text{km}^2 + 19\ \text{km}^2 = 54\ \text{km}^2$ .

#### LÉGENDE DES FIGURES

- Fig. 1. Courbe hypsographique du bassin de la Białka et du bassin du Kościeliski  
 Fig. 2. Répartition des stations météorologiques sur le terrain des Tatras polonaises; échelle 1:100 000; La date entre parenthèse indique l'année de la fondation des stations ou de leur remise en service après une interruption prolongée. 1 — Dolina Chochołowska, refuge Blaszyńska (1951), 2 — Hala Ornak (1950), 3 — Kiry (1913, 1945), 4 — Zakopane (1875, 1945), 5 — Kuźnice (1925, 1949), 6 — Kalatówki (1949), 7 — Myślenickie Turnie (1949), 8 — Hala Kondratowa (1949), 9 — Kasprowy Wierch (1938, 1945), 10 — Hala Gąsienicowa (1926, 1946), 11 — Pięć Stawów Polskich (1950), 12 — Morskie Oko (1913, 1945), 13 — Rostoka (1950), 14 — Łysa Polana (1950), 15 — partage des eaux, 16 — ligne de partage entre Tatras et dépression subalpine.

- Fig. 3. Courbe de variabilité des précipitations sur le versant septentrional des Tatras polonaises; cercles noirs—les stations météorologiques
- Fig. 4. Courbe du débit de la Białka (Łysa Polana) et du Kościeliski (Kiry)
- Fig. 5. Diagramme de la valeur  $q$  — diminution quotidienne du débit dans la période d'assèchement de la Białka et du Kościeliski. Les points indiquent les valeurs  $q$  dans les situations concrètes. Les hachures linéaires indiquent la valeur moyenne  $q$
- Fig. 6. Courbe de l'assèchement de la Białka et du Kościeliski
- Fig. 7. Écoulement annuel de la Białka et du Kościeliski dans la période de 1949 à 1958. 1 — la Białka (Łysa Polana), 2 — le Kościeliski (Kiry), 3 — débit moyen de la Białka au cours des dix dernières années, 4 — débit moyen du Kościeliski au cours des dix dernières années
- Fig. 8. Relation de l'écoulement souterrain à l'écoulement total dans les bassins de la Białka, du Kościeliski et de la Vistule jusqu'à coupe limnimétrique à proximité de Varsovie
- Fig. 9. Écoulement annuel de la Białka et du Kościeliski dans la période de 1949 à 1958. 1 — la Białka (Łysa Polana), 2 — le Kościeliski (Kiry), 3 — écoulement moyen de la Białka au cours des dix dernières années, 4 — débit moyen du Kościeliski au cours des dix dernières années

#### LÉGENDE DES TABLES

Planche I. Carte hydrographique du bassin de la Białka et du bassin du torrent le Kościeliski avec la structure géologique des bassins. Echelle 1 : 50 000

Torrent Kościeliski: 1 — les roches faiblement perméables, cristallines, pour la plupart granites et les schistes cristallines; quartzites; 2 — les roches faiblement perméables (marnes, schistes et calcaires crétacées); 3 — les roches faiblement perméables, pour la plupart marnes et calcaires crétacées; 4 — gravats (dépôts morainiques, cônes de déjections, éboulis, dépôts fluviaux, dépôts fluvio-glaciaires, gravats argileux, dépôts de décompositions); blanc—roches perméables

Torrent Białka: 1 — les roches faiblement perméables, cristallines pour la plupart granites; 2 — les roches perméables, pour la plupart calcaires et dolomites jurassiques et triassiques; 3 — gravats (dépôts morainiques, cônes de déjections, éboulis, dépôts fluviaux, dépôts fluvio-glaciaires, gravat argileux, dépôts de décompositions)

L'explication de légende de deux bassins: 1 — sources; 2 — écoulements; 3 — torrents; 4 — torrents périodiques; 5 — écoulements probablement souterrain; 6 — chutes d'eau; 7 — lieu de la disparition de l'eau de surface ou de son apparition; 8 — ligne de partage entre les roches perméables et imperméables

Planche II. Répartition des forêts et du mugo. Bassin de Białka et bassin du torrent le Kościeliski. Echelle 1 : 50 000. 1 — forêt; 2 — mugo; 3 — ligne de partage entre la forêt et mugo

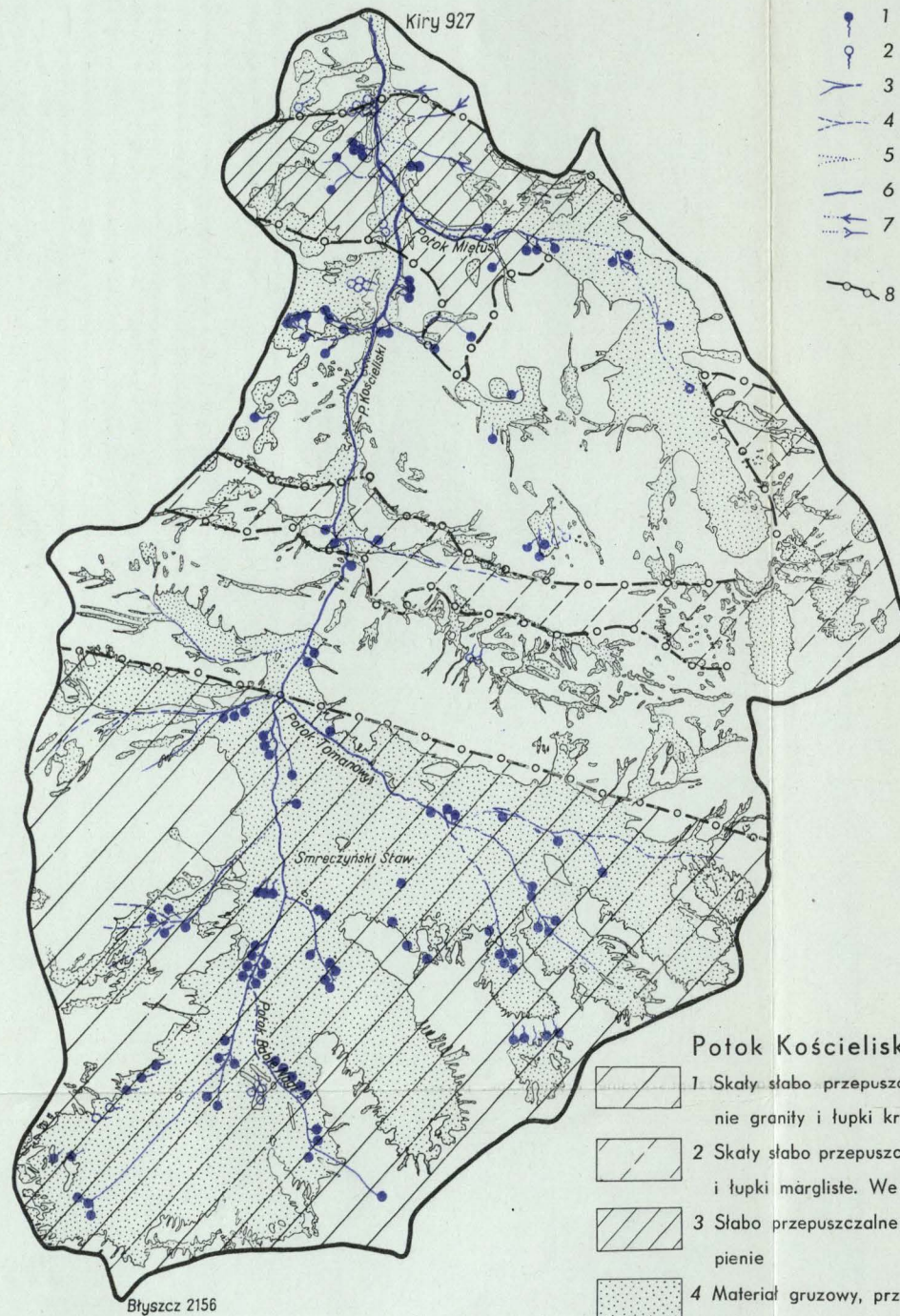
Planche III. et IV. Débits journaliers de la Białka et du torrent le Kościeliski. Années hydrologiques de 1949—1958. Les hachures linéaires indiquent la limite entre le volume de l'écoulement provenant de l'alimentation souterraine et le volume de l'écoulement provenant de l'alimentation de surface selon la courbe de l'assèchement avec la correction. Le pointillé indique la limite entre les écoulements. Cette ligne est tracée selon la courbe de l'assèchement sans correction.

MAPKA HYDROGRAFICZNA ZLEWNI BIAŁKI I POTOKU  
KOŚCIELISKIEGO Z UWZGLĘDNIENIEM BUDOWY  
GEOLOGICZNEJ

0 1 2 km

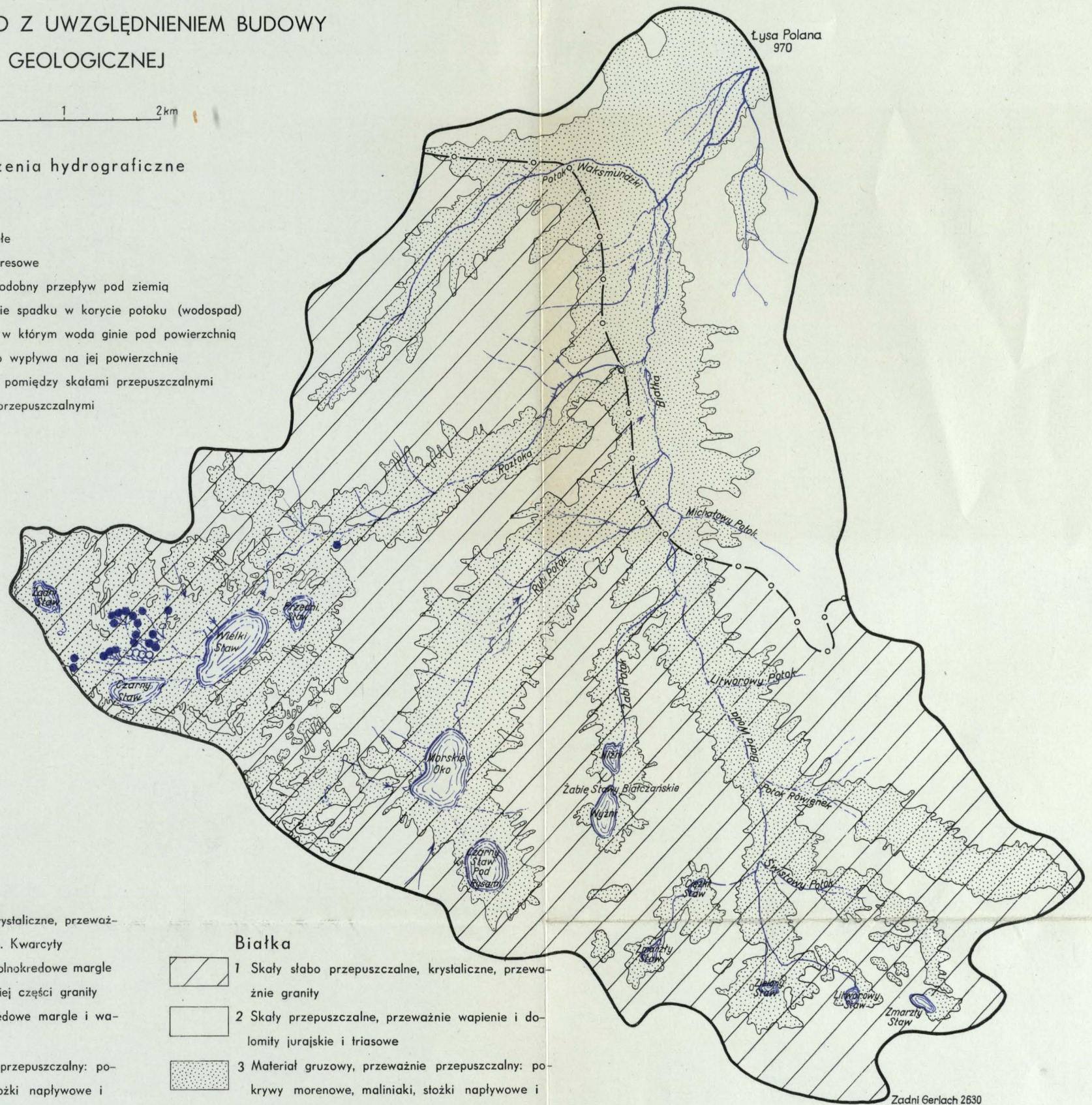
Oznaczenia hydrograficzne

- 1 Źródła
- 2 Wycieki
- 3 Cieki stałe
- 4 Cieki okresowe
- 5 Prawdopodobny przepływ pod ziemią
- 6 Załamanie spadku w korycie potoku (wodospad)
- 7 Miejsce, w którym woda ginie pod powierzchnię ziemi lub wypływa na jej powierzchnię
- 8 Granica pomiędzy skałami przepuszczalnymi i słabo przepuszczalnymi



Potok Kościeliski

- 1 Skały słabo przepuszczalne, krystaliczne, przeważnie granity i łupki krystaliczne. Kwarcyty
- 2 Skały słabo przepuszczalne. Dolnokredowe margle i łupki margliste. We wschodniej części granity
- 3 Słabo przepuszczalne dolnokredowe margle i wapień
- 4 Materiał gruzowy, przeważnie przepuszczalny: pokrywy, morenowe, maliniaki, stożki napływowe i nasypowe, piargi, usypiska, osuwiska, złaziska, kamieńce, osady rzeczne i rzecznołodowcowe, rumosze gliniaste, zwietrzliny kamieniste

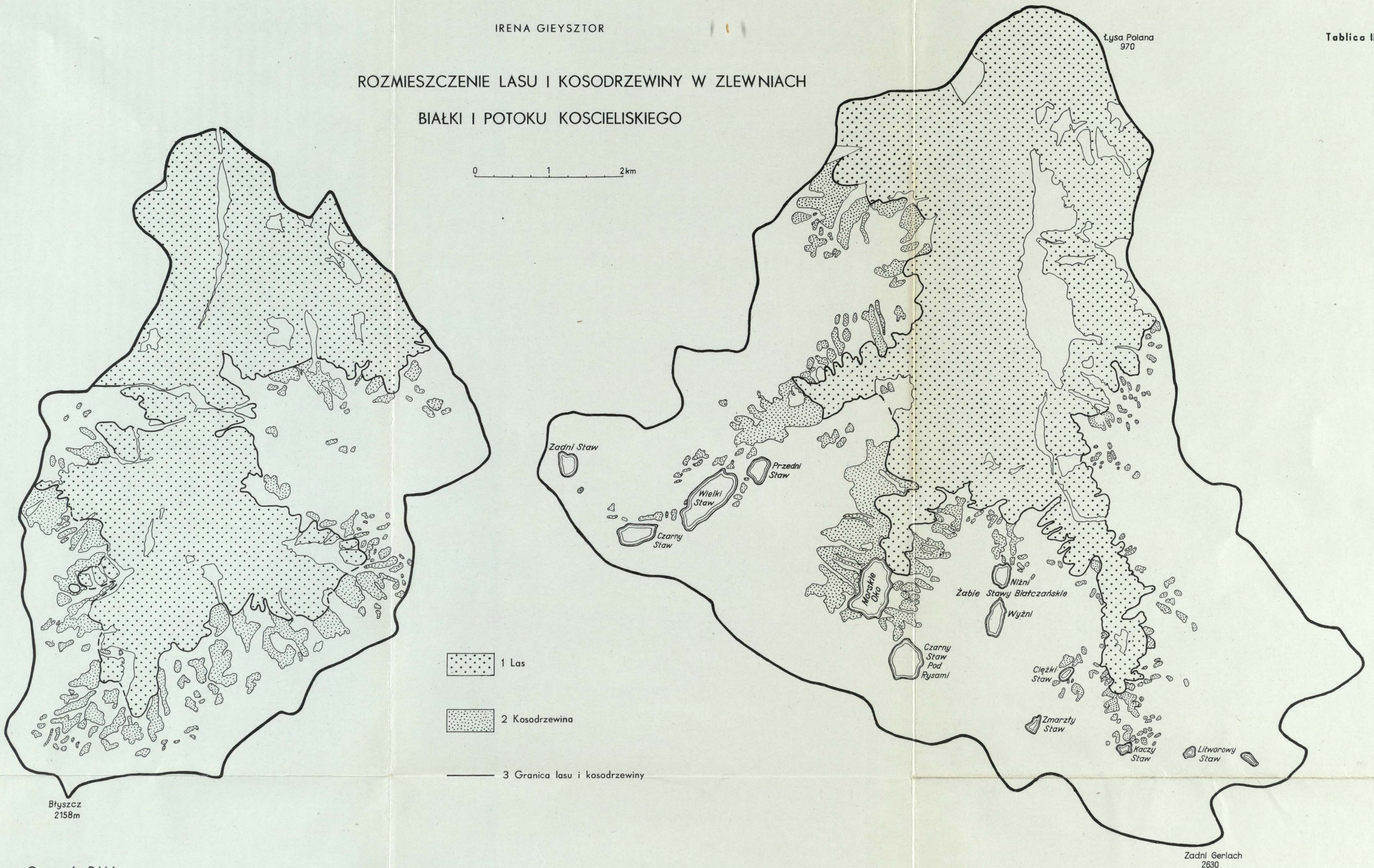


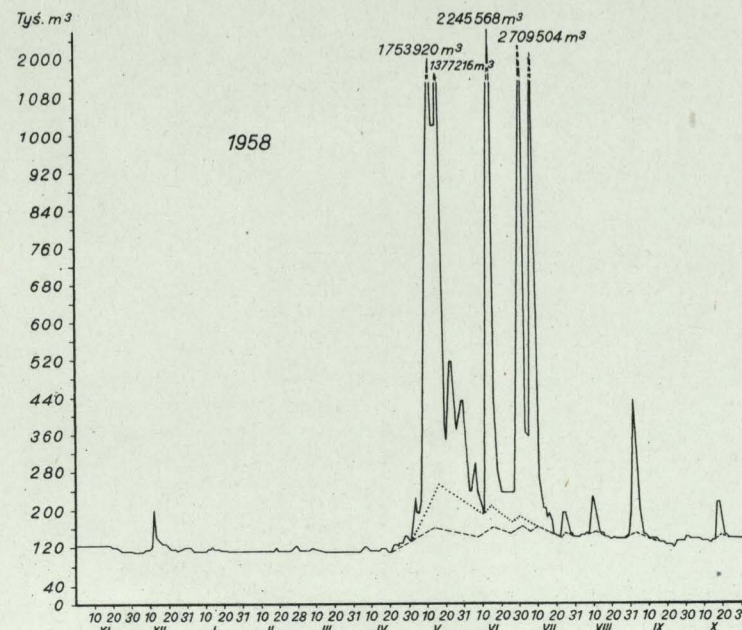
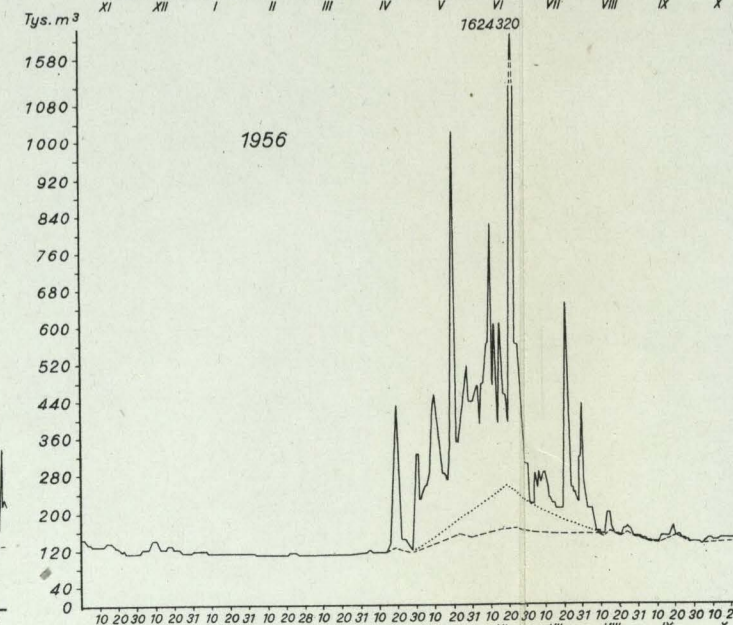
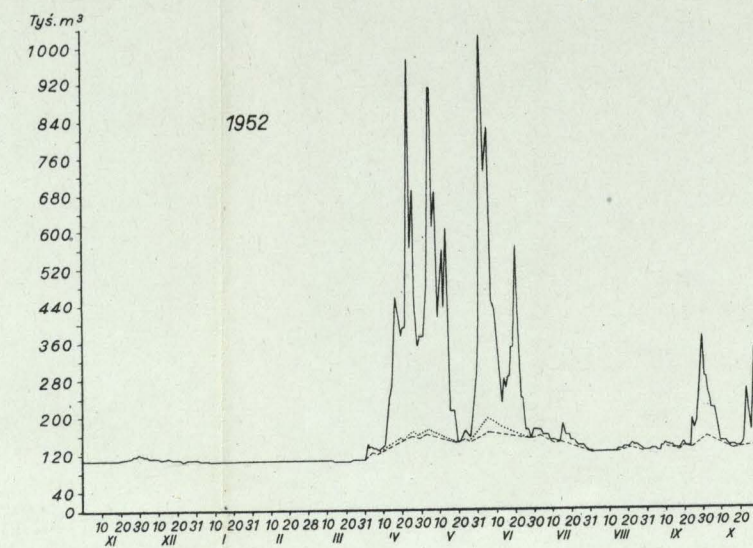
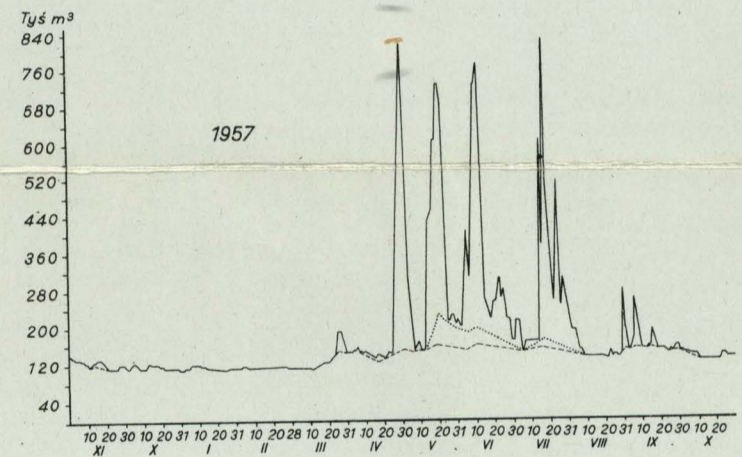
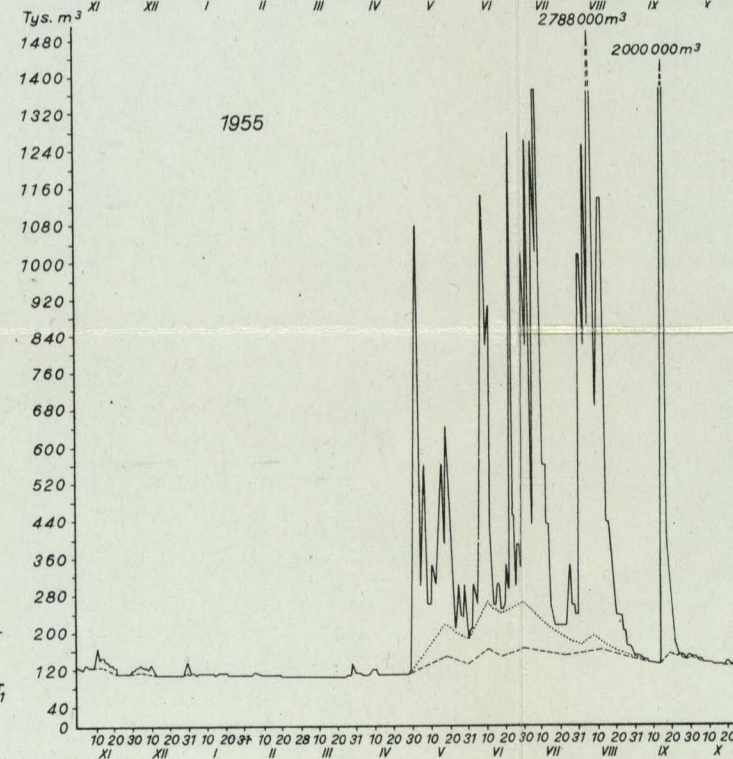
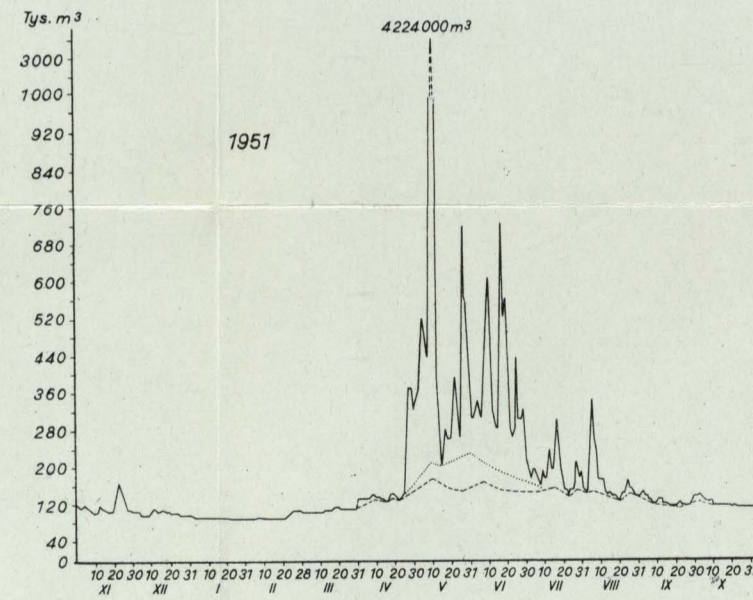
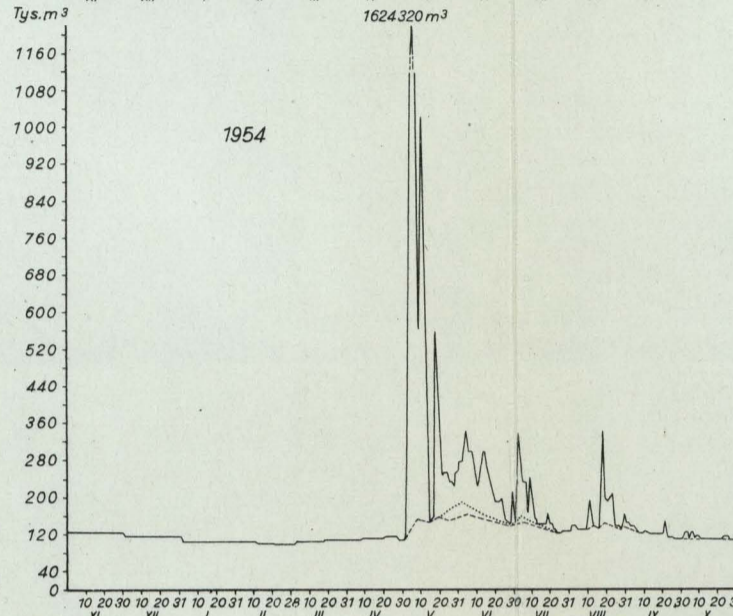
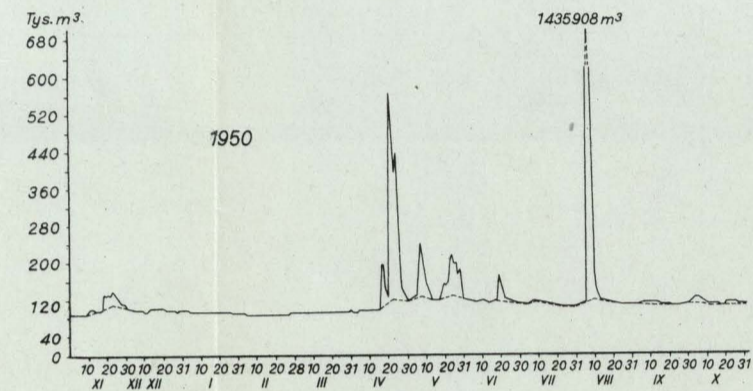
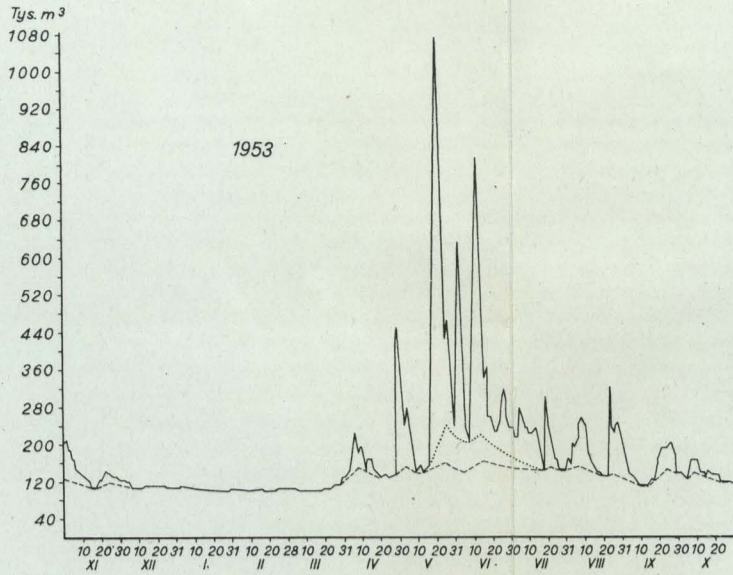
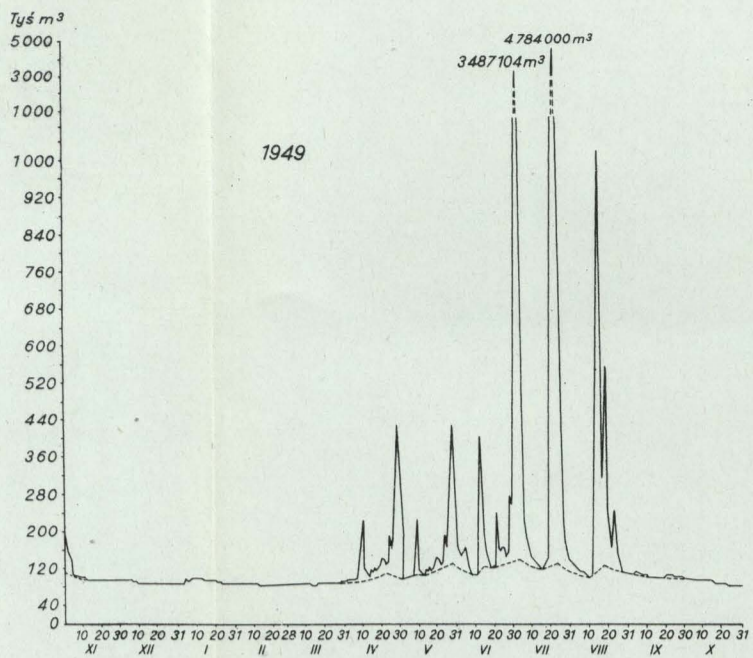
Białka

- 1 Skały słabo przepuszczalne, krystaliczne, przeważnie granity
- 2 Skały przepuszczalne, przeważnie wapień i dolomity jurajskie i triasowe
- 3 Materiał gruzowy, przeważnie przepuszczalny: pokrywy morenowe, maliniaki, stożki napływowe i nasypowe, piargi, usypiska, osuwiska, złaziska, kamieńce, osady rzeczne i rzecznołodowcowe, rumosze gliniaste, zwietrzliny kamieniste

ROZMIESZCZENIE LASU I KOSODRZEWINY W ZLEWNIACH  
BIAŁKI I POTOKU KOSCIELISKIEGO

0 1 2 km





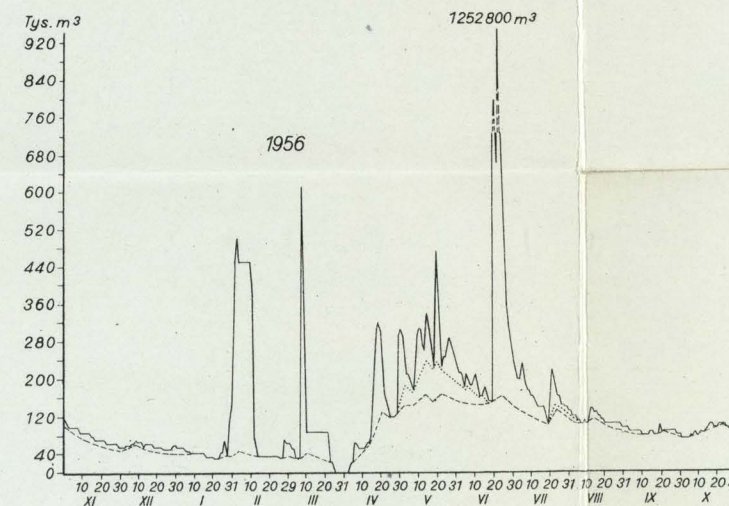
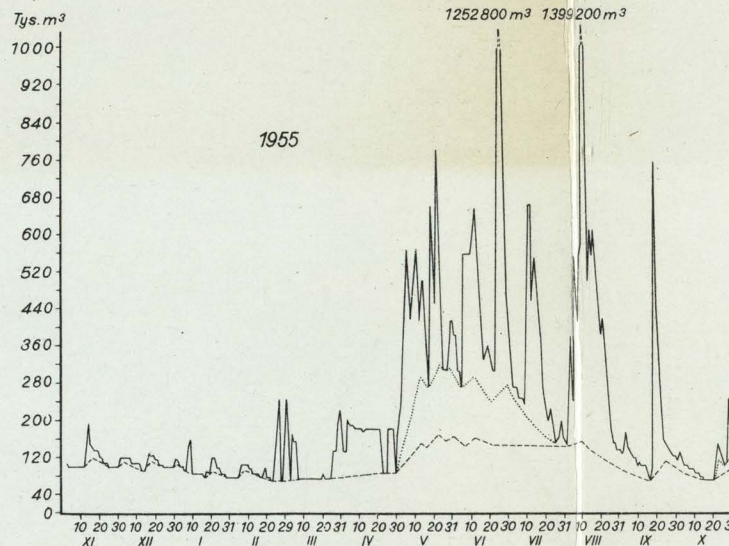
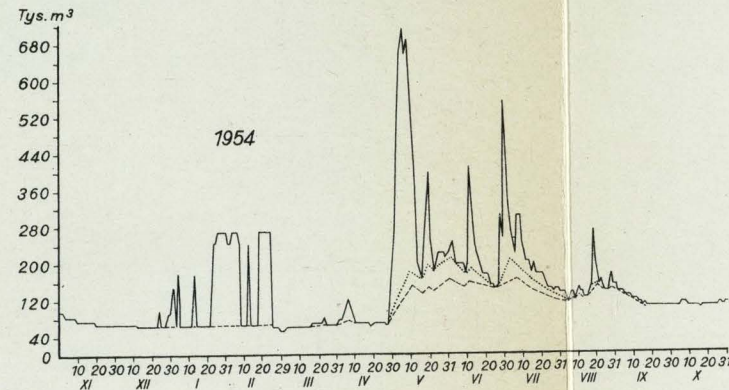
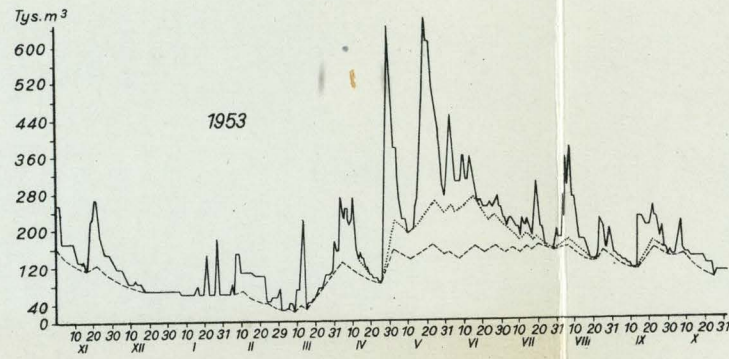
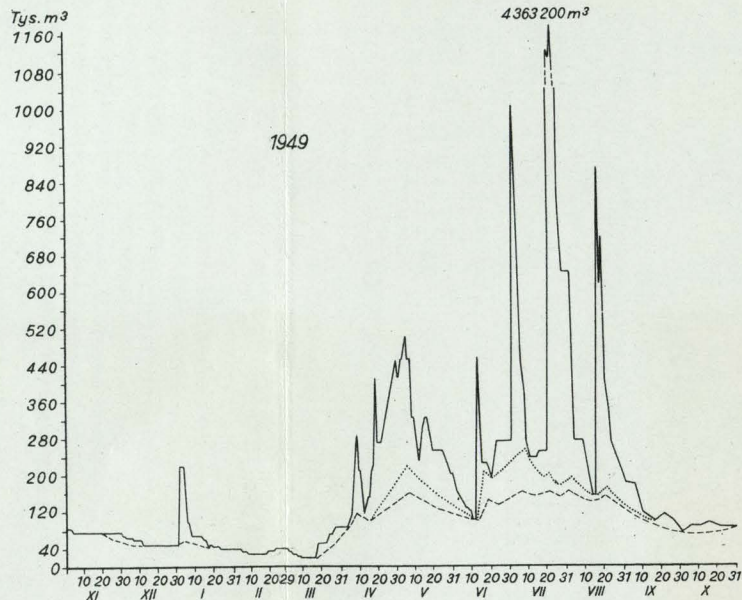
IRENA GIEYSZTOR

PRZEPŁYWY DOBOWE BIAŁKI W PUNKCIE ŁYSA  
POLANA NA PRZESTRZENI LAT HYDROLOGICZNYCH  
1949-1958

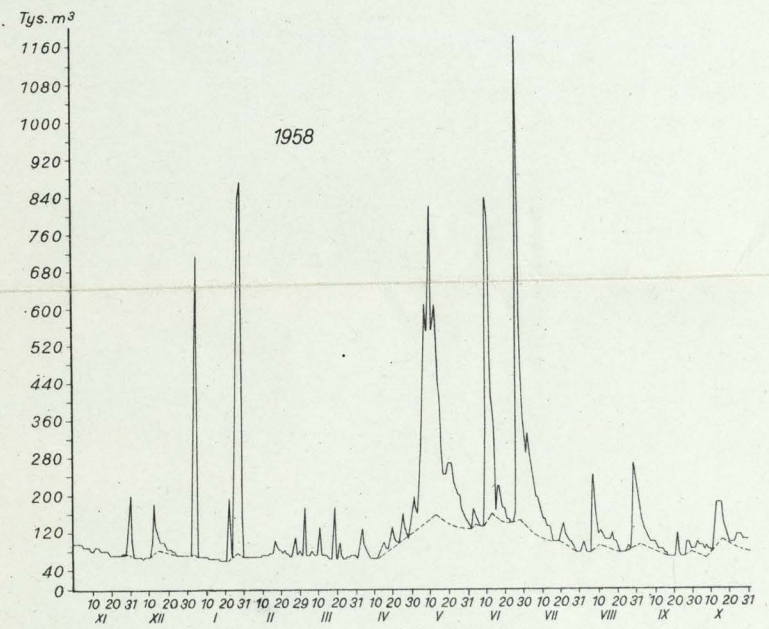
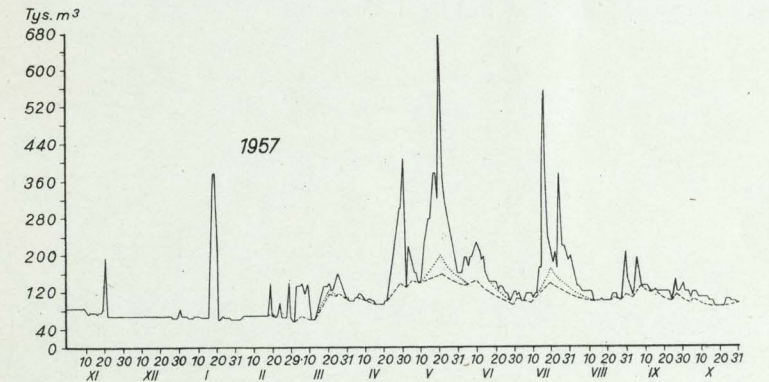
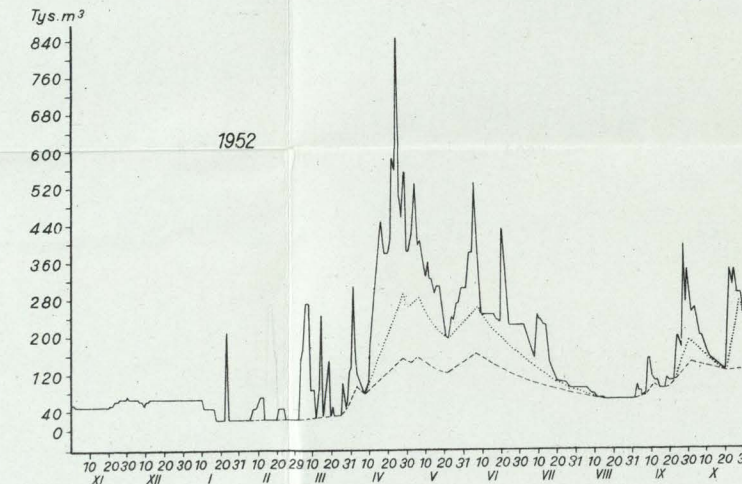
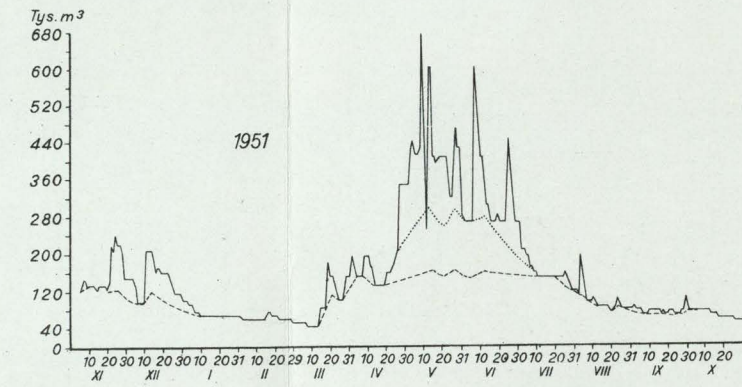
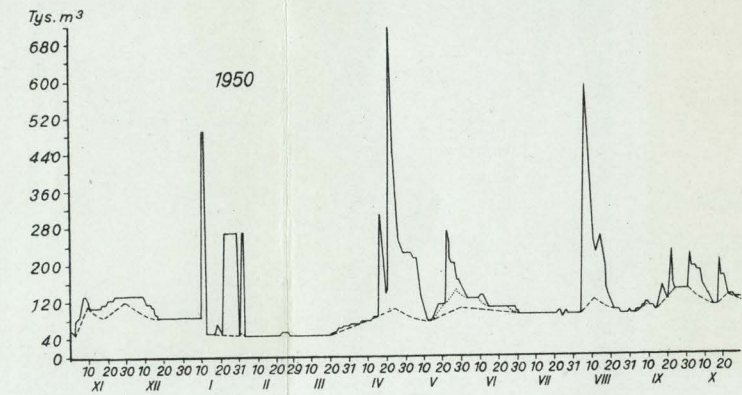
----- 1- granica pomiędzy objętością odpływu pochodzącego z zasilania podziemnego a objętością odpływu pochodzącego z zasilania powierzchniowego według krzywej wysychania z poprawką  
..... 2- granica pomiędzy wymienionymi odpływami wykreślona według krzywej wysychania bez poprawki

IRENA GIEYSZTOR

PRZEPŁYWY DOBOWE POTOKU KOŚCIELISKIEGO  
W PUNKCIE KIRY NA PRZESTRZENI LAT  
HYDROLOGICZNYCH 1949-1958



----- 1- granica pomiędzy objętością odpływu pochodzącego z zasilania podziemnego a objętością odpływu pochodzącego z zasilania powierzchniowego według krzywej wysychania z poprawką  
..... 2- granica pomiędzy wymienionymi odpływami wykreślona według krzywej wysychania bez poprawki



Cena 26 zł