

Do użytku służbowego

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

PRACE GEOGRAFICZNE

134

JERZY KONDRACKI — ZDZISŁAW MIKULSKI

HYDROGRAFIA DORZECZA KRUTYNI

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1958

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

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТРУДЫ

ЮРИЙ КОНДРАЦКИЙ — ЗДИСЛАВ МИКУЛЬСКИЙ

ГИДРОГРАФИЯ БАСЕЙНА КРУТЫНИ

*

GEOGRAPHISCHE STUDIEN

JERZY KONDRACKI — ZDZISŁAW MIKULSKI

DIE HYDROGRAPHIE
DES KRUTYNIAFLUSSGEBIETES

Do użytku służbowego

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

JERZY KONDRACKI — ZDZISŁAW MIKULSKI

HYDROGRAFIA DORZECZA KRUTYNI

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1958

Komitet redakcyjny

PRZEWODNICZĄCY; S. LESZCZYCKI

CZŁONKOWIE; R. GALON, M. KLIMASZEWSKI, J. KOSTROWICKI,
B. OLSZEWICZ, A. WRZOSEK

SEKRETARZ REDAKCJI: J. WŁODEK-SANOJCOWA

Rada redakcyjna

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

© BY PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1958

Nakład 1000 egz. Ark. wyd. 8.25, ark. druk. 8. Papier druk. sat. III kl.
80 g. 70×100. Skład rozpoczęto 30.XII.57. Druk zakończono w maju 1958 r.
Nr zam. 2367/57 A-60

DRUKARNIA IM. REWOLUCJI PAŹDZIERNIKOWEJ, WARSZAWA

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
Warunki geomorfologiczne	10
Wody gruntowe	17
Wody płynące	20
Jeziora	26
Wahania stanów wód	40
Charakterystyka przepływów	49
Wpływ klimatu na kształtowanie się odpływu	58
Próba obliczenia bilansu wodnego	65
Możliwości gospodarczego wykorzystania wód	69
Literatura	75
Spis rycin	77
Peżkome	78
Zusammenfassung	83

1	Waga
10	Waga
11	Waga
12	Waga
13	Waga
14	Waga
15	Waga
16	Waga
17	Waga
18	Waga
19	Waga
20	Waga
21	Waga
22	Waga
23	Waga
24	Waga
25	Waga
26	Waga
27	Waga
28	Waga
29	Waga
30	Waga

WSTĘP

Opracowanie hydrograficzne dorzecza Krutyni wynikało z prac nad mapą geomorfologiczną i hydrograficzną, prowadzonych przez Katedrę Geografii Fizycznej Uniwersytetu Warszawskiego w zlewni wielkich jezior mazurskich, na zlecenie Instytutu Geografii PAN. Zadaniem badań fizyczno-geograficznych, prowadzonych na tym obszarze od szeregu lat i kontynuowanych nadal, są przede wszystkim cele poznawcze: wyjaśnienie morfogenezy terenu, poznanie warunków odpływu, zbadanie klimatu lokalnego i roli jezior w środowisku, a ostatnio także zróżnicowania krajobrazowego całego kompleksu fizyczno-geograficznego (rzeźby, wód, gleb, roślinności i klimatu) i wyróżnienie jednostek typologicznych. Jednakże wśród tych różnych problemów szczególnie ważne znaczenie praktyczne ma poznanie zasobów wodnych, które stanowią jedno z głównych bogactw naturalnych tego regionu. Znany fakt niedoboru wód, zaznaczający się w środkowej części kraju, zwrócił dosyć dawno uwagę melioratorów na możliwość wykorzystania wód jezior mazurskich dla nawadniania łąk w dorzeczu Narwi. Prace tego rodzaju podjęto już w dorzeczu Elku, spiętrzając o 1 m wody Jeziora Rajgrodzkiego [17, 23], a ostatnio rozpoczęto studia nad sposobem zasilania w wodę przesuszonych przez dawniejsze prace odwadniające łąk na Równinie Kurpiowskiej. Między innymi w grę wchodzi tutaj dorzecze Krutyni [18, 27, 30]. Autorzy niniejszej pracy, opierając się na materiałach z badań przeprowadzanych na zlecenie Instytutu Geografii PAN oraz na pomiarach i obserwacjach Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego, wykonali w 1955 r. opracowanie dla Biura Projektów Wodno-Melioracyjnych w Warszawie, wykorzystane przy sporządzaniu projektu nawodnień [18]. Opracowanie to stanowiło punkt wyjścia do napisania niniejszej pracy. Nie ma ona charakteru wyczerpującej monografii dorzecza ani pod względem hydrologicznym, ani fizyczno-geograficznym. Materiały hydrologiczne nie są w pełni zadowalające, obserwacje wykazują luki i braki. Nie publikujemy też szczegółowych zestawień ich wyników, ponieważ należy to do kompetencji Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej i w pracy typu geograficznego byłoby zbędnym balastem. Z drugiej strony, na obszarze dorzecza nie były jeszcze prowadzone studia z takich działów geografii fizycznej, jak geografia gleb, biogeografia i klimatologia, co nie pozwala na pełną charakterystykę fizyczno-geograficzną. Prace tego typu rozpoczęto dopiero na terenach sąsiednich. Niemniej wydaje się rzeczą możliwą dać charakterystykę hydrograficzną dorzecza, przyczyniając się w ten sposób do poznania zasobów wodnych kraju i warunków obiegu wody.

Pojęcie dorzecza Krutyni dla systemu połączeń międzyjeziornych południowego skłonu pojezierza, znajdujących odpływ do najniższej położonego jeziora Śniardwy, pojawia się po raz pierwszy bodaj u K e l l e r a [9], a za nim wprowadził je do polskiej literatury geograficznej St. S r o k o w s k i [28]. W rzeczywistości o rzece Krutyni można mówić dopiero od Jeziora Krutyńskiego i wsi Krutyń, położonych w odległości 9 km w prostej linii od ujścia tej rzeki do jeziora Beldany (na tym odcinku ma ona w istocie bieg trzykrotnie dłuższy). Połączenia pomiędzy jeziorami powyżej Jeziora Krutyńskiego są na ogół krótkie, najwyżej kilkukilometrowe, i noszą różne lokalne nazwy, najczęściej wywodzące się od jeziora, z którego wypływają, przy tym tylko częściowo mają one charakter cieków naturalnych. Całe dorzecze nosi wybitne piętno rzeźby młodoglacjalnej, gdzie kształtowanie się form fluwialnych znajduje się dopiero w fazie początkowej. Teren usiany jest niezliczonymi zagłębieniami bezodpływowymi, łączącymi się w rozległe partie pozbawione powierzchniowego odpływu, zwłaszcza na działach wodnych, tak że nawet ustalenie tych ostatnich jest prawie niemożliwe, a co za tym idzie — trudno jest określić ściśle powierzchnię dorzecza i jego części.

Kształt dorzecza jest dość dziwny, stanowi ono bowiem wygięty na południe łuk, w którego zachodnim ramieniu wody spływają w kierunku południowo-zachodnim, a w ramieniu wschodnim w kierunku północno-wschodnim. Zmiana kierunku następuje w Jeziorze Puskim, położonym w części dorzecza najbardziej wysuniętej na południe. Składa się więc ono z dwóch różnych części, położonych powyżej i poniżej tego jeziora. Taka struktura dorzecza jest oczywiście ściśle związana z jego ewolucją geomorfologiczną.

Dotychczasowy stan poznania tego obszaru przedstawiał się skromnie. Poza krótkimi opisami u B l u d a u a [2], K e l l e r a [9] i S r o k o w s k i e g o [28], opartymi głównie na analizie mapy, trzeba wymienić zwłaszcza zdjęcie geologiczne z końca ubiegłego wieku, które jednak objęło tylko zachodnią część dorzecza i przedstawia obraz budowy geologicznej w świetle przebrzmiałej koncepcji szeroko rozprzestrzenionych tarasów jeziornych [1, 8, 10, 11, 12, 13]. Materiał opisowy w objaśnieniach do map zawiera mało danych natury geomorfologicznej, znajdujemy tu natomiast nieco danych o wierceniach, powtórzonych w „Materiałach Archiwum Wierceń” PIG [34]. Pewne informacje o występowaniu ozów i moren na tym obszarze zawiera popularny opis geologiczny P.G. K r a u s e g o w monografii powiatu mrągowskiego [15] oraz rozprawka Th. H u r t i g a [5], a próbę usystematyzowania ciągów morenowych dał J. K o n d r a c k i [14]. Wreszcie trzeba wymienić opracowanie hydrologiczne wielkich jezior mazurskich [26], w którym L. S k i b n i e w s k i i Z. M i k u l s k i zwracają uwagę na wyjątkowe znaczenie dorzecza Krutyni, dostarczającego 25% całkowitego dopływu wody do tych jezior — oraz katalog jezior polskich IG PAN [7] i oficjalne publikacje wyników obserwacji hydrologicznych [6, 16, 24].

W badaniach terenowych w ciągu lat 1952—53 brało udział 12 studentów¹, a w zestawieniu map i rysunków brali udział mgr W. Biegajło, mgr K. Świerczyński, M. Szostaki mgr J. Tylko, którym na tym miejscu składamy serdeczne podziękowanie. Dziękujemy również mgr Z. Zielińskiej za ostateczne opracowanie podziału dorzecza.

¹ T. Andrusiewicz, J. Endrukajtis, M. Galewski, E. Grabarczykówna, T. Jarzynkówna, T. Kamińska, B. Kikolski, H. Kulikowska, A. Kozłowska, Z. Milewski, J. Tylko, J. Zieliński.

WARUNKI GEOMORFOLOGICZNE*

Najwyższe punkty dorzecza występują w jego części północnej i północno-zachodniej dochodząc do 211 m n.p.m. na wschód od Warpun, a podstawę erozyjną stanowi na wschodzie jezioro Beldany, położone w poziomie 116 m; maksymalna deniwelacja dochodzi zatem do 95 m. Ogólnie biorąc, cała zachodnia część dorzecza aż po Jezioro Rańskie leży średnio o kilkanaście metrów wyżej od części wschodniej, co się wyraża również w poziomie luster wody jezior obu tych części dorzecza, zmieniającym się od ok. 130—140 m na zachodzie do 116—121 m na wschodzie. Poziom wierzchowiny pojezierza w części zachodniej leży na wysokości 140 — 160 m, a kulminacje poszczególnych wzgórz dochodzą do 180 — 200 m wysokości, natomiast wysoczyzna międzyjeziorna w części wschodniej leży poniżej 140 m i tylko nieliczne wzgórza przekraczają ten poziom, nie osiągając jednak nigdzie 180 m. Mamy tu więc do czynienia z dwiema jednostkami hipsometrycznymi, z których wschodnia stanowi fragment poprzecznego, w stosunku do osi pojezierza, obniżenia wielkich jezior mazurskich (tzw. „Dolina Mazurska”), a zachodnia fragment poprzecznego wyniesienia (tzw. „Grzbiet Żądzboński” według S r o k o w s k i e g o [28]). Część wschodnia jest w związku z tym zasobniejsza w wodę.

Z drugiej strony występuje wyraźne zróżnicowanie krajobrazowe w kierunku południkowym. Południowa część obszaru w okolicy Pup i jeziora Żyzdrój przedstawia piaszczystą równinę sandrową porośniętą borami sosnowymi. Obszar ten sąsiaduje wzdłuż linii Babięta — Ruciane z silnie pagórkowatym terenem pojezierza pobrużdżonym przez rynny jeziorne i usianym zagłębieniami bezodpływowymi. Można tu wyróżnić kilka równoleżnikowych pasów moren czołowych rozdzielonych terenami bardziej równinnymi zajętych przez pola uprawne. W rezultacie lokalne zróżnicowanie rzeźby jest znaczne i na niewielkiej przestrzeni występują kilkudziesięciometrowe deniwelacje, przy dość dużym nachyleniu stoków (ponad 20°). Charakteryzując teren ogólnie można powiedzieć, że na obszarze dorzecza Krutyni spotykamy się z 3 jednostkami geomorfologicznymi: równiną sandrową (Równina Kurpiowska), Pojezierzem Mrągowskim i Krainą Wielkich Jezior, z których każda cechuje się nieco odrębnym typem rzeźby i budowy geologicznej, a w związku z tym innym wykorzystaniem gospodarczym i innym typem krajobrazu [14a].

Utwory powierzchniowe dorzecza Krutyni związane są ze zlodowaceniem bałtyckim i postglacjałem, przy czym Równinę Kurpiowską buduje fluwioglacjał

* Zob. Tablice I i II (poza tekstem)

tego zlodowacenia, a obszar właściwego pojezierza oprócz piasków i żwirów fluwioglacjalnych — glina zwałowa oraz nagromadzenie głazów. W nielicznych punktach, np. koło Sorkwit, spotykamy tu ily warwowe, a zagłębienia pojezierne wypełnia torf.

Stratygrafia i miąższość utworów czwartorzędowych nie są tu bliżej poznane. „Materiały Archiwum Wierceń” [34] zawierają opis przeważnie dosyć płytkich 17 wierceń z tego terenu, z których jedno tylko przekracza 100 m, ale biorąc pod uwagę inne, niezbyt oddalone, głębsze wiercenia można zorientować się z grubsza w strukturze wału pojezierza na opisywanym terenie. Opublikowane profile wierceń z obszaru dorzecza odnoszą się do następujących miejscowości (w nawiasie pozycja opisu w „Materiałach Archiwum Wierceń”):

Babięta	(2 wiercenia do 7 m głębokości — nr 375 i 376)
Brejdyny	(2 wiercenia 4 i 11 m głębokości — nr 116 i 117)
Grabowiec	(1 wiercenie 4,6 m głębokości — nr 124)
Mojtyny	(2 wiercenia 6,3 i 18 m głębokości — nr 133 i 134)
Nawiady	(2 wiercenia 25 i 39 m głębokości — nr 400 i 401)
Pupy	(2 wiercenia do 12,5 m głębokości — nr 491 i 492)
Targowo	(3 wiercenia do 40 m głębokości — nr 474, 475 i 476)
Ukta Stara	(1 wiercenie do 120 m głębokości — nr 498)
Zyzdrojowy Piecek	(1 wiercenie do 30 m głębokości — nr 478)
Zyzdrój	(1 wiercenie do 27 m głębokości — nr 479)

Głębsze wiercenia na obszarach sąsiednich wykonane były przez Niemców w Wejsunach (podłoże krystaliczne na głębokości 1185 m), Giżycku, Kętrzynie, Węgorzewie i Elku. Czwartorzęd przebitý został w Wejsunach na głębokości 145 m, w Elku — 183 m, w Węgorzewie — 206 m, a spąg jego leży wszędzie poniżej poziomu morza, cała zaś miąższość osadów wału pojezierza zbudowana jest z utworów plejstocénskich. W Węgorzewie profil jest najpełniejszy, wyróżniono tam bowiem 3 serie glacialne i 2 interglacialne, z których szczególnie potężną miąższość (prawie 100 m) osiągają piaszczyste i ilaste utwory jeziorne zaliczone do interglacjału starszego (mazowieckiego, paludinowego), sięgające od +55 m do —55 m. Wiercenie w Ukcie Starej do głębokości 120 m nie przebiło utworów czwartorzędowych, przy czym od głębokości 13 m do 87 m stwierdzono tu ogromnej miąższości glinę zwałową (74 m), pod którą występuje 10 m łu, 1 m piasku, 13 m gliny zwałowej, znów 4 m piasku, 3 m gliny zwałowej i 2 m łu. Jeśli chodzi o utwory górnego czwartorzędu, to wiercenia w pozostałych miejscowościach na ogół nie przebiły osadów ostatniego zlodowacenia. Otwory wiertnicze w południowej części dorzecza, tj. w Zyzdroju i Babiętach, przebijają glinę zwałową najstarszego stadium zlodowacenia bałtyckiego, czyli stadium leszczyńskiego (brandenbarskiego). Pod tą gliną, która ma miąższość od 5 do 10 m na głębokości od 6 do 18 m, leżą piaski fluwioglacjalne z okresu nasuwania się tego glacialu. Gлина stadiału „leszczyńskiego” wynurza się spod utworów

fluwioglacjalnych młodszych, a wiążących się z następnym stadiem zlodowacenia, które możemy określić jako poznańskie (frankfurckie). W Pupach owe piaski sandrowe nie zostały przewiercone do głębokości 12 m.

Na północ od linii moren czołowych Babięta — Ruciane, które jesteśmy skłonni uważać za należące do stadium poznańskiego, wiercenia w Brejdynach Mojtnach, Nowym Grabowcu, Nawiadach i Targowie przebiegały jeden lub kilka pokładów gliny zwałowej z wkładkami piasków, jednak bez wyraźnych osadów interglacjalnych czy interstadialnych. Są to do głębokości 40 m wyłącznie utwory ostatniego zlodowacenia.

Przechodząc do charakterystyki form, rozpoczynamy od zewnętrznego pasa sandrów. Ciągnie się on na południe od jezior: Babięty Wielkie, Krawnno Wielkie i Małe przez Nawiady w zachodniej części dorzecza oraz na południe od Jeziora Mokrego i jeziora Duś w części wschodniej, przy czym grupa jezior: Zyzdrój, Pupskie, Kierwik, Združno i Uplik — leży już w obrębie sandru. Sandr ten tworzy rozległą równinę, zbudowaną w części północnej z grubych piasków i żwirów, które dalej ku południowi przechodzą w drobniejsze piaski, sięgające na południe poza Myszyńiec aż po dolinę Narwi.

Dalej na Równinie Kurpiowskiej są one na powierzchni uformowane przez wiatr w liczne łuki i wały wydymowe. Powierzchnia tego wielkiego sandru obniża się od wysokości około 140 — 150 m na północy do 120 — 130 m w części południowej. Spod piasków sandrowych w okolicy Faryn, Rozogów i w wielu innych miejscach wynurzają się starsze od nich utwory lodowcowe w postaci glin, żwirów z głazami itd. Z drugiej strony północną część sandru przebiegają zagłębienia wielu jezior lub bagien. Ponieważ piaski sandrowe sypały się na przedpolu lodowca i zasypywały istniejące nierówności, istnienie w nich zagłębień jeziornych można wyjaśnić tylko w ten sposób, że były one pierwotnie wypełnione martwym lodem lodowcowym (lub też lodem zimowym) i przysypane piaskiem, a wytopiły się dopiero po ociepleniu klimatu w okresie polodowcowym. Owe martwe lody pochodzą oczywiście z ostatniego zlodowacenia, które musiało sięgać dalej na południe, niż na to dzisiaj wskazuje północna granica sandrów, a linia jego zewnętrznych moren została zamaskowana przez późniejszą akumulację piasków sandrowych. Granicę zlodowacenia bałtyckiego stanowi zatem południowa granica zasięgu jezior, a nie krajobrazowa granica sandru i wzgórz morenowych, która wyznacza zasięg stadium poznańskiego. Stadium poznańskie zaznaczyło się nie tylko powstaniem wielkiej równiny sandrowej, lecz również dało początek podwójnemu łańcuchowi moren czołowych, które tworzą trzy wyraźne festony wzgórz, zwrócone wypukłością na południe: 1) pomiędzy Jeziorem Rańskim na zachodzie, Krawnem na południu i Białym na wschodzie, 2) pomiędzy jeziorami Białym, Nawiady i Mokrym, 3) od Jeziora Mokrego i wsi Krutyń do Wojnowa i dalej w stronę Rucianego. Ten ostatni łuk powtarza po jego wewnętrznej stronie charakterystyczne wygięcie biegu Krutyni pomiędzy wsią Krutyń a Uką.

Moreny czołowe tej fazy nie odznaczają się wielką wysokością, ponieważ wytapiający się na brzegu lodowca materiał w znacznej części roznoszony był przez wody roztopowe i dał początek opisanym już sandrom, natomiast zbudowane są one na ogół z grubych żwirów lub nawet nagromadzeń wielkich bloków. W szczególności trzeba tu wymienić potężne nagromadzenie głazów na południe od Wojnowa i jeziora Duś, eksploatowane dawniej jako kamieniołom dostarczający materiału drogowego.

Po wewnętrznej stronie tych trzech łuków morenowych leżą zagłębienia końcowe, wysłane gliną zwałową i częściowo zajęte przez jeziora, które zresztą należą do kilku typów, a mianowicie:

1. p o d ł u ż n e m i ę d z y m o r e n o w e, jak np. Nawiady, Gant, Tejsowo, Krawno Wielkie i Małe oraz Rańskie,
2. p o p r z e c z n e r y n n o w e, jak np. Babięty Wielkie i Małe oraz położone w szczelinie między dwoma jeziorami lodowcowymi Jeziora Białe i Mokre,
3. nieregularne w z a g ł ę b i e n i u k o ń c o w y m, jak np. Duś, które stanowi resztkę większego zbiornika zdrenowanego później przez Krutynię.

Drugą fazę recesji stadium poznańskiego wyznacza ciąg moren czołowych na południe od jezior: Stromek, Pilakno, Dłużec i pomiędzy północnym końcem Jeziora Mokrego a jeziorami Kolowin Wielkie i Małe w kierunku na Nową Uktę, Bobrówkę oraz Iznotę. Morenom tym towarzyszy na południe od jeziora Pilakno niewielki płat sandru, wypełniający zagłębienie końcowe zachodniego festonu poprzedniej fazy. Powierzchnia tego sandru wznosi się ponad 160 m.

Najpotężniejszą akumulację czołowo-morenową dała jednak następna faza zlodowacenia, którą skłonni bylibyśmy uznać za odpowiednik moren stadium pomorskiego. Moreny te ciągną się od Kobult na zachodzie przez Maradki i Krzywe w kierunku na Mikołajki. Wysokości bezwzględne dochodzą tu w Krzywych Górach do 206 m (poza granicą dorzecza), a względne do 60 m. Moreny te zbudowane są głównie ze żwirów i głazów, których wielkie nagromadzenie występuje zwłaszcza na zachodzie w okolicach Kamionki i Kobult. Strefy piaszczyste towarzyszą przecinającym ten ciąg rynnom jeziornym, tworząc częściowo wały ozów czy to szczelinowego, czy tunelowego typu, częściowo tarasy kemowe.

Na północ od tego ciągu morenowego rozpościera się strefa gliniastej moreny dennej, przeciętej rynnami jezior mrągowskich, odwodnionych na północ do Gubra i Łyny oraz jezior sorkwickich, których wody spływają na południe do Krutyni. Liczne nieregularne zagłębienia pomiędzy ciągami tych rynien wypełniają albo wody mniejszych jezior moreny dennej, albo bagna i torfowiska. Północny kraniec dorzecza opiera się o czwarty ciąg morenowy, nie mniej potężny od poprzedniego, osiągający nawet większą wysokość bezwzględną, bo 211 m na dziale wodnym, na wschód od jezior warpuńskich, ale moreny te leżą przeważnie już poza granicami dorzecza.

Prostopadle do opisanych równoleżnikowych stref rzeźby ciągną się łańcuchy jezior rynnowych, którym wzdłuż brzegów często towarzyszą piasz-

czysto-żwirowe wały ozów i tarasów kemowych. Są to utwory szczelin i tunele w lodzie, które znaczą ślady pierwotnego odpływu wód roztopowych na południe, przy czym płynąca pod ciśnieniem albo spadająca z powierzchni lodowca woda wytworzyła kilkudziesięciometrowej głębokości kotły eworsyjne. Rynny, które układają się w strefach pomiędzy ciągami morenowymi, przecinają je niekiedy w miejscach bram lodowcowych albo też kończą się ślepo na linii moren, jak np. rynna Jeziora Lampackiego na południe od Sorkwit. W tym ostatnim przypadku brama lodowcowa przesunięta jest nieco na wschód od osi rynny i wykorzystana przez boczne odgałęzienie Jeziora Lampackiego w postaci jeziora Lampasz. Cała północna część dorzecza Krutyni na północ od moren kobutckich i Krzywych Gór obejmuje zlewnię jednej rynny, zaczynającej się w jeziorach warpuńskich i ciągnącej się przez Jezioro Gielądzkie i Sorkwity do Jeziora Lampackiego. Na południe od moren Kobyłty — Maradki — Krzywe w skład dorzecza Krutyni wchodzi cztery równoległe rynny, które rozgałęziają się i częściowo łączą ze sobą. Scharakteryzujemy je kolejno, zaczynając od zachodu.

1. Jezioro Pierwój rozpoczynające pierwszą z tych rynien leży jeszcze w strefie moren czołowych i dopiero połączone z nim przepływem jezioro Stromeek ma charakter płytkiej rynny, której towarzyszą po obu brzegach wzgórza ozowe. Rynnę tę zamykają moreny drugiej fazy, ale przedłuża się ona dalej na południe, rozwidlając się w dwóch kierunkach: ku południowi przez jeziora Babięty Wielkie, Słupek, Miętkie, Zalesno, Bobrek, a poza działem wodnym do jeziora Marksewo, które jednak leży na sandrze i nie wiąże się z tą fazą zlodowacenia, oraz ku południo-wschodowi przez jezioro Babięty Małe i rzeczkę Babiętę do jeziora Tejsowo, które wraz z jeziorami Krawno Wielkie i Małe podparte jest od południa zewnętrznym ciągiem moren czołowych.

2. Druga krótka rynna tworzy głębokie jezioro Piłakno oddzielone morenami pod wsią Maradki od Jeziora Lampackiego. Rynna ta łączy się pod wsią Bień z rynną Jeziora Białego, przy czym w południowej części została ona sztucznie osuszona.

3. Trzeci łańcuch jezior rynnowych składa się z jezior: Kujno, Dłużec i Białe. Ku północy poprzez bramę lodowcową łączy się on z jeziorami Lampasz i rynną sorkwicką. Jezioru Białemu towarzyszą po obu brzegach łukowato rozchodzące się na południo-zachód i południo-wschód pasy moren czołowych, a przez środek rynny ciągną się wały ozów, które tworzą wyspy i półwyspy. Taki układ form pozwala sądzić, że Jezioro Białe powstało w szczelinie na granicy dwóch lobów lodowcowych. Pozorne przedłużenie rynny stanowi odchylone ku południo-zachodowi jezioro Gant, jednakże, jak już wspomniano, leży ono po wewnętrznej stronie pierwszego łańcucha moren jako jezioro w pewnym sensie zaporowe.

4. Czwartą, krótką rynnę stanowi Jezioro Krzywe na przedłużeniu bramy lodowcowej, w ciągu morencowym Krzywych Gór.

Na zewnątrz moren czołowych pierwszego łańcucha, już w obrębie sandrów, występuje rynna jezior Zyzdrój i Pupskiego, której oś skierowana na południow-schód wskazuje, że wymienione zagłębienia zostały założone w innym, wcześniejszym stadium zlodowacenia, którego osady i formy zostały zamaskowane przez młodsze piaski sandrowe. Podobną genezę mają też jeziora: Uplik, Zdrużno i Kierwik, położone na północo-wschód od Pup.

We wschodniej części dorzecza Krutyni można mówić o trzech rynnach związanych z pierwszym łańcuchem moren czołowych. Są to następujące rynny:

5. Jezioro Mokre.

6. Jezioro Duś wraz z położoną ku północy nieką pojeziorną wykorzystywaną przez Krutynię.

7. Jeziora Łysonie i Gardyńskie oraz dolny bieg Krutyni.

Ostatnią, poprzeczną bruzdę stanowi rynna jeziora Beldany, do którego uchodzi Krutynia. Poziom wody jezior w tych rynnach, biorąc ogólnie, obniża się ku wschodowi, ale w obrębie poszczególnych rynien kształtuje się w sposób różny. Zagadnienie to wiąże się z poligenetycznym charakterem rynien oraz ich zmiennymi losami w ciągu ostatniego zlodowacenia i w postglacjale. Występowanie rynien jeziornych związane jest niewątpliwie z istnieniem w dnie lodowca lądowego szczelin i tuneli, którymi odpływały masy wód z topniejącego lodu. Jednakże z chwilą recesji czoła lodowca istniejące rynny, jako predysponowane linie odpływów, były narażone na zasypanie przez piaski fluwioglacjalne i nie zawsze mogłyby przetrwać do naszych czasów w postaci otwartych zbiorników wodnych. Przyjmuje się dzisiaj powszechnie, że te rynny które tkwią w obszarach akumulacji wodnej, jakimi są równiny sandrów lub tarasy piaszczyste, funkcjonowały przed fazą tej akumulacji, następnie zostały zawałone bryłami martwego lodu, który zakonserwował pierwotną formę pod pokrywą piasków aż do czasu ocieplenia się klimatu i wytopienia zagrzanego lodu. Tak powstałe jeziora są zatem stosunkowo młode i ich rynny w czasie młodszych faz zlodowacenia nie istniały. Jednak nie wszystkie dzisiejsze jeziora są pochodzenia wytopiskowego. Na podstawie przesłanek geomorfologicznych możemy wnioskować o ich przetrwaniu z okresu zlodowacenia lub późniejszym wytopieniu się, ale ostateczne rozstrzygnięcie mogłyby dopiero dać analizy słupów osadów dennych sięgające do ich spągu.

Jeżeli chodzi o jeziora dorzecza Krutyni, to wydaje się niewątpliwe, że zbiorniki na sandrze wytworzyły się dopiero w postglacjale, a zatem i wykształcenie się rozpatrywanego przez nas cieku wodnego jest stosunkowo młode. W cytowanej pracy Hurtiga [5] znajdujemy sugestię, że obszar jez. Śniardwy jest wielką formą martwego lodu. Nasze dotychczasowe badania na tym obszarze zdają się to przypuszczenie potwierdzać.

Tak więc utworzenie się odpływu w kierunku wschodnim mogło nastąpić dopiero w optimum klimatycznym postglacjału, po wytopieniu się wypełniających zagłębienia lodów. Którędy zatem kierował się odpływ wód w cza-

sie recesji zlodowacenia bałtyckiego? Wody te odpływały po powierzchni zagrzebanych lodów w poziomie znacznie wyższym od dzisiejszego lustra wody, toteż nie można mówić o wysokim spiętrzeniu wody jezior i tarasach jeziornych, jak to przyjmowano dotychczas, ale jedynie o poziomach wód fluwioglacjalnych. W tym świetle zrozumiała staje się zmiana kierunku odpływu po wytopieniu martwych lodów i wytworzenie dzisiejszego dorzecza Krutyni. Prześledzenie tych starych poziomów wymaga jeszcze dalszych badań. Na razie znajduje się w opracowaniu szczegółowym tylko rynna mrągowska i jej odpływ w kierunku Jeziora Mokrego (mgr K. Świerczyński).

Erozja na naszym terenie właściwie nie działa. Odpływ odbywa się w znacznym stopniu podziemnie. Powierzchniowe działy wodne biegną w pobliżu brzegów rynien, a znaczne przestrzenie usiane są zagłębieniami bezodpływowymi. W związku z tym wyznaczenie granic dorzecza jest bardzo trudne. Szczególnie rozległe obszary bezodpływowe występują na północ od dolnej części dorzecza w okolicy Mikołajek oraz na południu, na obszarze sandrowym. Do zmian polodowcowych należy również zatorfienie niektórych płytszych zagłębień.

Do procesów naturalnych należy dodać zmiany spowodowane gospodarką ludzką, a zapoczątkowane kolonizacją mazurską dawnej puszczy, wycinaniem lasów oraz ingerencją w stosunki wodne, zwłaszcza w drugiej połowie XIX wieku. Ingerencja ta polegała z jednej strony na obniżaniu poziomu jezior, albo nawet zupełnym ich osuszaniu (jak np. w przypadku byłych jezior Miałkiego, Głogna i Gajna) — z drugiej zaś strony na wznoszeniu urządzeń piętrzących, z wykorzystaniem predyspozycji morfologicznej mis jeziornych, jak np. nad jeziorem Żyzdrój i Mokrym.

WODY GRUNTOWE

Występowanie jezior i cieków związane jest ściśle z zasobami wód gruntowych, których sposób występowania i obfitość uzależnione są z kolei od budowy geologicznej i rzeźby terenu. Niestety dysponujemy w tym zakresie nie wystarczającymi danymi. Informacji o występowaniu wód gruntowych dostarczają głównie studnie, tymczasem znaczna część opisywanego obszaru porośnięta jest lasami, skąd brak jest wszelkich danych, a we wsiach na pozostałym terenie otwartych studni spotykamy bardzo mało, ponieważ w okresie przedwojennym prawie wszędzie zakładano studnie pompowe. Co prawda od 1952 r., kiedy przeprowadzano kartowanie terenu, sytuacja uległa pewnej zmianie wskutek likwidacji wielu pomp, nowszymi danymi jednak nie dysponujemy. W lipcu 1952 r. pomierzono zaledwie ok. 30 studni. Wyniki tych pomiarów, potwierdzone w 1956 r. w czasie kartowania otoczenia jeziora Wągiel, przyległego do dorzecza Krutyni, wskazują na występowanie 2 poziomów wód gruntowych. Głębszy z nich zalega od 5 do 12 m poniżej powierzchni gruntu w piaskach sandrowych, żwirach utworów marginalnych lub piaskach fluwioglacjalnych pod gliną zwałową. Górny poziom zalega na głębokości od 1 do 4 m wśród gliny morenowej lub w zagłębieniach bezodpływowych na utworach jeziornych, ujawniając się często w postaci podmokłości. Wody obydwu tych poziomów różnią się pod względem fizycznym i chemicznym: dolne są chłodniejsze (temperatura latem około 8°) i twardsze, górne są cieplejsze (temp. latem 11 — 12°) i bardziej miękkie. Wody dolnego poziomu są znacznie obfitsze i one głównie zasilają jeziora ujawniając się niekiedy w postaci źródeł, jak np. nad północnym brzegiem Jeziora Rańskiego, nad jeziorem Babięty Wielkie (koło osady Śledzie), na południowych zboczach doliny Babięckiej Strugi (we wsi Babięty) i w innych.

Grubość warstwy wody w pomierzonych studniach waha się na ogół około 1 m, ale na obszarze sandrowym w okolicy wsi Miętkie wynosiła 4 — 6 m (przy głębokości do zwierciadła wody 6 — 11,5 m). Najgłębszą z zaobserwowanych studnię (13,6 m) stwierdzono na wzgórzach morenowych we wsi Krutyń. Jednakże na podstawie tych nielicznych punktów niemożliwe jest narysowanie hydroizohips i wykreślenie podziemnych działów wodnych.

W tej sytuacji trudno oczywiście spodziewać się bliższych danych o waha-
niach zwierciadła wód gruntowych.

W całym dorzeczu Krutyni istnieją jedynie 2 stacje wód gruntowych: Sorkwity i Ukta, obie założone w 1948 r. Stacja Sorkwity leży w górnej części dorzecza, między jeziorami Gielądzkim i Lampackim, zaś stacja Ukta znajduje się na wysoczyźnie w odległości około 2 km od rzeki, w jej dolnym biegu. Pewną orientację mogą ponadto dać stacje leżące już w sąsiednich dorzeczach, jednakże w pobliżu działu wodnego Krutyni: Kobałty — stacja położona w pobliżu źródłowej partii Babięty, oraz Mikołajki — znajdujące się tuż nad Jeziorem Mikołajskim.

Tak mała ilość punktów obserwacyjnych nie daje możliwości stworzenia obrazu stosunków panujących w zakresie wahań zwierciadła wód gruntowych, ale jedynie bardzo ogólną orientację co do tendencji tych wahań.

Tabela I

Miesięczne stany wód gruntowych (mierzone od poziomu terenu) w cm

Stacja	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Min.	Śr.	Max.	Okres obserwacji
Sorkwity	179	175	180	174	171	170	153	157	161	166	171	174	196	171	129	1950—1955
Kobałty	101	97	97	91	81	75	75	79	87	93	100	103	119	90	68	1949—1955
Ukta	372	385	372	368	382	362	365	398	411	413	411	422	478	402	314	1949—1955
Mikołajki	257	253	237	237	228	214	221	232	246	255	262	264	274	242	199	1951—1955

Średnie miesięczne stany wody za okres kilku lat powojennych podaje tabela I. Z przebiegu stanów miesięcznych wynika, iż zwierciadło wód gruntowych, które z początkiem roku hydrologicznego znajduje się dość nisko, systematycznie podnosi się do kwietnia — maja, a następnie opada, aby z końcem roku hydrologicznego osiągnąć swe minimum.

Roczne wahania średnich stanów miesięcznych wynoszą od około 30 cm w Sorkwitych i Kobałtach do około 60 cm w Ukcie.

Porównując przebieg stanów miesięcznych w latach 1948 — 1956 widzimy, że najwyższe stany wód gruntowych wystąpiły w połowie 1950 r. (Sorkwity), następnie w połowie 1951 r. oraz w kwietniu 1953 r. (jedno z największych maksimów). Także na przełomie maja i czerwca 1955 r. wystąpiły stosunkowo wysokie stany. Z kolei największe minima zanotowano na przełomie roku hydrologicznego 1952/53, na wiosnę 1954 r. a także na przełomie 1955/56 r. Na stacjach Sorkwity i Kobałty zaznacza się jak gdyby dwuletni cykl wahań zwierciadła wody.

Charakterystyczne stany wód gruntowych (w cm) za okres obserwacyjny przedstawia tabela II:

Tabela II

Charakterystyczne stany wód gruntowych

Stany wody	Sorkwity	Kobułty	Ukta	Mikołajki
Największa wielka woda	85	40	236	155
Średnia „ „	129	68	314	199
Średnia roczna woda	171	90	402	242
Średnia niska woda	196	119	478	274
Najniższa niska woda	212	170	553	313
Amplituda wahań	127	130	317	142

Studnie w Sorkwitach, Kobułtach i Mikołajkach rejestrują wahania górnego poziomu, natomiast studnia w Ukie sięga prawdopodobnie do poziomu dolnego. Z zestawienia wynika, że absolutna amplituda wahań górnego poziomu wynosi około 130 — 140 cm. Jedynie w Ukie, gdzie mamy do czynienia z nieco niżej położonym horyzontem wód gruntowych, wahania te przekraczają 3 m.

Oczywiście dużą rolę odgrywać tu może moment przypadkowości związany z tak niewielką ilością punktów obserwacyjnych.

WODY PŁYNĄCE

Jak wynika z opisu geomorfologicznego, Krutynia nie powstała w wyniku normalnych procesów erozji i denudacji, ale składa się z krótkich cieków, które łączą zbiorniki jeziorne, a liczne obszary bezodpływowe uniemożliwiają dokładne wyznaczenie działów wodnych. Jak już wiemy, dorzecze składa się z dwóch części o przeciwnym kierunku odpływu, przy czym granica między nimi przebiega przez Jezioro Puckie najdalej wysunięte na południe. W części zachodniej występują cztery południkowe rynny jeziorne, z których najdłuższy i najniżej położony jest system połączeń wodnych, które zaczynają się na północ od Sorkwit w jeziorach warpuńskich i ciągną się w kierunku południowo-wschodnim aż po Jezioro Puckie; uznajemy go za górny bieg Krutyni. Z tym szlakiem odpływu, powyżej wsi Babięta, łączy się krótszy i wyżej położony system rzeczki Babięty, który źródła dawniejsze przyjmowały za górny bieg Krutyni: H. Keller w monografii „Memel, Pregel-und Weichselstrom” [9], a za nim St. Srokowski w pracy „Jeziora i moczary Prus Wschodnich” [28].

Główny system połączeń wodnych przedstawia się w sposób następujący.

Na północy, w pobliżu działu wodnego pod wsią Burszewo, zaczyna się na wysokości około 144 m mały ciek, który płynie wprost na południe i uchodzi do Jeziora Warpuńskiego. Ciek ten nazwany Warpunką można uważać jak gdyby za źródłowy odcinek Krutyni. Niezależnie od niego wpada do Jeziora Warpuńskiego drugi, krótszy ciek od strony północno-zachodniej. Jezioro Warpuńskie łączy się pod mostem drogowym z jeziorem Małym Warpuńskim (wys. ok. 134 m), które z kolei oddaje wody do Jeziora Gielądzkiego. Płytką, niespełna kilometrowej długości struga, przepływająca pod wysokim mostem kolejowym w Sorkwitach, prowadzi z Jeziora Gielądzkiego do Lampackiego. Jego południowo-wschodnie odgałęzienie tworzy wąskie i długie jezioro Lampasz, z którego przez przerwę w wale morenowym odpływa do jeziora Kujno rzeczka o długości około 1,5 km i szerokości 2 do 5 m, płynąc bystro po kamienistym dnie. W przewodnikach turystycznych nosi ona nazwę „Sobiepanki” — nazwa ludowa nieznana, ale logicznie powinnyby się nazywać Lampacką Strugą lub Lampaszką (jako wypływ z jeziora Lampasz). Z jeziora Kujno istnieje przepływ do jeziora Dłużec w postaci podobnego cieku, długiego ponad 1 km, nazywanego „Grabówką”. Jest on głębszy od poprzedniego, ma nurt spokojny, a brzegi jego zarasta roślinność. Jezioro Dłużec łączy się za pośrednictwem półkilometrowego, zarastającego cieku (ryc. 1) z Jezio-

rem Białym, do którego uchodzą również sztuczne odpływy z bocznych rynien jezior Piłakna i Krzywego. Jezioro Białe leży w poziomie około 131 m, tak że ogólny spadek wody w odległości około 25 km od jezior warpuńskich wynosi tylko około 3 m. Wypływ z Jeziora Białego ma około 1 km długości i jest dosyć głęboki. W przeciwieństwie do cieków poprzednich nie przebiega on w osi rynny, ale odprowadza wody w bok (ku zachodowi), wykorzystując przerwę



Ryc. 1. Połączenie pomiędzy Jeziorem Białym a jeziorem Dłużec

Fot. S. Jarosz

w towarzyszącym brzegowi jeziora wale ozowym. Ciek ten nazywany przez kajakowców „Dąbrówką” prowadzi do morenowego jeziora Gant. Wreszcie odpływ jeziora Gant stanowi zarośnięta Gancka Struga, która po przepłynięciu około 1,5 km w kierunku południowym łączy się z rzeczką Babiętą poniżej jej wypływu z jeziora Tejsowo i skręcając ku wschodowi przybiera nazwę Babięckiej Strugi. Ta ostatnia ma około 7 km długości i za wsią Babięty uchodzi do jeziora Zyzdrój, płynąc dosyć głęboko wciętą, wąską doliną o brzegach dochodzących do wysokości 10 — 15 m. W Babiętach woda jest spiętrzona przez młyn i tworzy staw. Jezioro Zyzdrój składa się z 2 części: większej północnej oraz mniejszej południowej, i zamknięte jest wysoką śluzą spiętrzającą wodę do 5,2 m ponad poziom zerowy, którego rzędna wynosi 125,644 m (70 cm ponad zero wodowskazu przy śluzie, określone na 124,944 m). Cofka piętrzenia dochodzi do młyna w Babiętach. Poniżej śluzy zaczyna się szeroka i zarośnięta szuwarami Zyzdrojska Struga, uchodząca po 2,5 km do Jeziora Pupskiego. Wypływ z jeziora znajduje się w części północnej nieopodal ujścia Zyzdrojskiej Strugi. Przepłynąwszy ponad kilometrowy odcinek, wcięty kilka metrów w powierzchnię sandru, już jako Pupska Struga wypływa na dno zatorfionej

misy jeziornej, w której południowym końcu leży jezioro Kierwik, a w północnym — większe od niego jezioro Zdrężno. Rzeczka przepływa to jezioro w jego południowym końcu, a wypływ na jezioro Uplik znajduje się pod mostem koło leśniczówki. Jezioro Uplik na swym północnym końcu łączy się pod mostem drogowym z dużym Jeziorem Mokrym (wysokość ok. 124 m). Do jeziora tego uchodzi ponadto od zachodu rzeczka Nawiadka, a od północy odpływ jeziora Kołowin Wielki. Wypływ z Jeziora Mokrego znajduje się w północno-wschodnim końcu i zamknięty jest jazem, który może piętrzyć wodę o 1 m (ryc. 2).



Ryc. 2. Jaz przy wypływie Krutyni z Jeziora Mokrego

Fot. S. Jarosz

Wśród wzgórz morenowych rozlewa się tutaj wąskie jak rzeka Jezioro Krutyńskie, rozciągające się w kierunku wschodnim na długości około 3 km. Z jego wschodniego końca wypływa dopiero właściwa Krutynia, płynąc w poprzek wału morenowego po kamienistym dnie, wprost na południe. Poniżej wsi Krutyń w Krutyńskim Piecku (około 5 km poniżej wypływu) istnieje jaz młyński. W odległości 3,5 km, pod wsią Rosocha, rzeka znów zmienia kierunek z południowego na północno-wschodni i przeciąwszy wąskim przełomem pas wzgórz morenowych wydostaje się na zatorfioną misę pojezierną, po której płynie meandrami, dosyć głębokim korytem. W południowym końcu tej misy leży niewielkie jezioro Duś, które oddaje swe wody Krutyni. Poniżej Starej Ukty Krutynia znów przecina ciąg morenowy i wypływa na dno następnej misy pojeziornej. Dalszy przełom znajduje się pod wsią Nowy Most, po czym Krutynia dostaje się do dawnej misy Jeziora Gardyńskiego przyjmując od zachodu odpływ jezior: Mały Kołowin, Pierwos i Skok. Przepłynąwszy szczątkowe Jezioro Gardyńskie w jego południowym końcu, wody Krutyni kierują się poprzez płytkie i długie jezioro Jerzewko na południo-wschód do jeziora Beł-

dany, do którego wpadają pod wsią Iznota. Ta część Krutyni nosi również nazwę Czarnej Rzeki.

Cały bieg Krutyni można podzielić na następujące charakterystyczne odcinki:

1. Odcinek źródłowy od Burszewa po Jezioro Gielądzkie o długości ok. 7 km i spadzie 10 m ($1,4^{\circ}/_{00}$).

2. Bieg górny od Jeziora Gielądzkiego (włącznie) do połączenia z Babiętą, o długości ok. 28 km i spadzie 3 m ($0,11^{\circ}/_{00}$).

3. Bieg środkowy od ujścia Babięty do przełomu pod wsią Rosocha o długości ok. 39 km i spadzie 11 m ($0,28^{\circ}/_{00}$).

4. Bieg dolny od Rosochy do Jeziora Gardyńskiego o długości ok. 16 km i spadzie 4 m ($0,25^{\circ}/_{00}$).

5. Odcinek ujściowy od Jeziora Gardyńskiego (włącznie) do jeziora Beldany o długości ok. 4 km i spadzie ok. 0,2 m ($0,05^{\circ}/_{00}$).

Całkowita długość cieków (łącznie z jeziorami) wynosi 94 km, aczkolwiek jest to liczba przybliżona i na pewno zbyt mała, ponieważ trudno jest określić długość cieków, który przepływa przez jeziora, a w dolnym biegu silnie meandruje. Całkowity spadek głównej osi hydrograficznej wynosi 28 m ($0,3^{\circ}/_{00}$), przy czym, poza odcinkiem źródłowym, największy jest w biegu środkowym pomiędzy ujściem Babięty a jeziorem Zyzdrój ($0,9^{\circ}/_{00}$), co jest spowodowane przelaniem się wody z jezior podpartych morenami do jezior wytopiskowych na sandrze.

Do tego głównego systemu przepływowego uchodzą następujące dopływy:

1. Odpływ (sztuczny) jeziora Piłakno do Jeziora Białego (zlewnia $38,7 \text{ km}^2$).

2. System rzeki Babięty (zlewnia $159,8 \text{ km}^2$).

3. Odpływ (sztuczny) Jeziora Krzywego do Jeziora Białego.

4. Nawiadka, wpadająca do Jeziora Mokrego (zlewnia $33,3 \text{ km}^2$).

5. Galkówka, odwadniająca jeziora: Piersławek i Wielki Kołwin, do Jeziora Mokrego (zlewnia $21,4 \text{ km}^2$).

6. Odpływ jezior Mały Kołwin, Pierwos i Skok (zlewnia $18,6 \text{ km}^2$).

7. Łysonia, wpadająca do Jeziora Gardyńskiego od północy, a ponadto krótkie odpływy jezior Kierwik i Duś oraz kilka niewiele znaczących, częściowo wysychających cieków.

Większość tych cieków powstała w dużym stopniu sztucznie. Charakter naturalny ma przede wszystkim rzeczka Babięta, stanowiąca drugą, źródłową strugę Krutyni. Za jej początek można uważać tzw. Kalenczyńską Strugę, która uchodzi od północy do Jeziora Rańskiego w najbardziej na zachód wysuniętej części dorzecza. Odpływ Jeziora Rańskiego kieruje się do Jeziora Mała Babięty i jako rzeczka Babięta po przepłynięciu jeziora Tejsowo łączy się z Gancką Strugą w Strugę Babięcką. Babięta na odcinku 5 km, pomiędzy jeziorami Babięty Mała i Tejsowo, ma około 8 m spadku i jest bystrym, płytkim strumieniem o kamienistym dnie, niespławnym nawet dla kajaków. Do jej dorzecza oprócz zlewni Jeziora Rańskiego należy odpływ jezior Pierwój i Stro-

Podział dorzecza Krutyni

Tabela III

Nr kolejny według mapy*	Określenie zlewni	Powierzchnia zlewni w km ²		
		odcinków cieku głównego	dopływów	w przekrojach wodowskarskich
1	2	3	4	5
1	Krutynia od źródeł do ujścia do jez. Lampasz	60,3		
2	Krutynia od ujścia do jez. Lampasz do wodowskazu Dłużec	46,7		107,0
3	Krutynia od wodowskazu Dłużec do wodowskazu Gant	81,7		188,7
	3a-Zlewnia Piłakna od źródeł do ujścia do Jez. Białego		38,7	
4	Krutynia od wodowskazu Gant do ujścia Babięty	5,5		
5	Babięta (5a — 5d)	159,8		
	5a-Babięta od źródeł do ujścia do jez. Babięty Małe		108,8	
	5b-Babięta od ujścia do jez. Babięty Małe do ujścia Krawnieńskiej Strugi		21,8	
	5c-Krawnieńska Struga od źródeł do ujścia do Babięty		24,0	
	5d-Babięta od ujścia Krawnieńskiej Strugi do ujścia do Krutyni		5,2	
6	Krutynia od ujścia Babięty do wodowskazu Zyzdrój	46,7		400,7
7	Krutynia od wodowskazu Zyzdrój do wodowskazu Pupy	7,2		407,9
8	Krutynia od wodowskazu Pupy do wodowskazu Mokre	109,0		516,9
	8a-Zlewnia Nawiadki od źródeł do ujścia do Jez. Mokrego		33,3	
	8b-Zlewnia Gałkówki od źródeł do ujścia do Jez. Mokrego		21,4	
9	Krutynia od wodowskazu Mokre do wodowskazu Krutyń	13,6		530,5
10	Krutynia od wodowskazu Krutyń do wodowskazu Ukta Stara	37,1		567,6
11	Krutynia od wodowskazu Ukta Stara do wodowskazu Nowy Most	21,1		588,7
12	Krutynia od wodowskazu Nowy Most do ujścia Skoki	2,2		
13	Zlewnia Skoki od źródeł do ujścia do Krutyni	(18,6)	18,6	
14	Krutynia od ujścia Skoki do wodowskazu Iznota	27,9		637,4
15	Krutynia od wodowskazu Iznota do ujścia do jeziora Beldany	0,3		
	Zlewnia Krutyni od źródeł do ujścia do jeziora Beldany	637,7		

* Zob. Tablice III (poza tekstem)

mek, uchodzący od północy do jeziora Babięty Wielkie, oraz wpadający do tego jeziora od południa odpływ jezior: Bobrek, Zaleśno, Miętkie i Słupek. Ponadto do jeziora Tejsowo uchodzi od południa odpływ jezior Kały, Krawno Wielkie i Krawno Małe.

Powierzchnia całkowita dorzecza jest trudna do ustalenia, ponieważ nie można ściśle wyznaczyć działów wodnych. Według „Szczegółowego podziału dorzecza Wisły” [29] wynosi ona 722 km², według Skibniewskiego, który opiera się na materiałach niemieckich — 711 km² [26], a według naszych obliczeń tylko 637,7 km². Z całej tej powierzchni na obszary bezodpływowe przypada około 108 km² (17%), na jeziora 56,2 km² (9%).

Szczegółowy podział dorzecza przedstawia Tabela III. Różni się ona od materiałów znanych dotychczas, co oczywiście wpływa na obliczenia bilansowe.

JEZIORA

Dla hydrografii opisywanego obszaru najbardziej istotnym elementem są jeziora. Stanowią one główną formę występowania wód powierzchniowych, pokrywając, jak już podano wyżej, 9% powierzchni dorzecza. Na załączonej mapie (Tabl. III) oraz w tabeli III jeziora są ponumerowane według wielkości, a dla orientacji numer ten podany jest w opisie przy nazwie jeziora. Niektóre dane dotyczące termiki i chemizmu zaczerpnięto z prac P. Olszewskiego [21, 22].

Podajemy opis wszystkich ważniejszych zbiorników, poczynając od górnej części dorzecza.

Jezioro Warpuńskie (nr 25) o 35 ha powierzchni, 6,8 m maksymalnej głębokości, 3,0 m głębokości średniej i 1,5 mln m³ pojemności tworzy dosyć płaską wydłużoną misę, oddzieloną progami na linii moren czołowych od Jeziora Warpuńskiego Małego, do którego oddaje nadmiar wód.

Jezioro Warpuńskie Małe (nr 33) ma 35 ha powierzchni, ale jest nieco głębsze od poprzedniego, bo osiąga 11,5 m głębokości przy 4,0 m głębokości średniej i 1,4 mln m³ pojemności. Ma kształt wygiętego ku wschodowi łuku, a w południowym jego przedłużeniu leży zatorfiona misa, świadcząca o większych niegdyś rozmiarach zbiornika.

Jezioro Gielądzkie (nr 2) ma 416 ha powierzchni, 32,8 mln m³ pojemności, 23,7 m głębokości maksymalnej i 7,9 m głębokości średniej. Długość jeziora przekracza 6 km. Dno jest bardzo urozmaicone, wykazuje szereg zagłębień, płycizn i wysp, a brzegi są dosyć wysokie (20 — 30 m) zbudowane z gliny zwałowej i piasków. Po zachodniej stronie z misą jeziora łączy się mniejsza, równoległa rynna, w której leży jezioro Pustniki. Olszewski [21] określa je jako miernie eutroficzne. Jesienią 1953 r. (10.IX) miało ono przezroczystość 4 m. Skok termiczny był niewyraźny, a w hypolimnionie zaznaczał się brak tlenu i występowało nieco siarkowodoru przy temperaturze 7,6°. Kwasowość wody była dość niska (7,6 — 6,7 pH). Wyływ z Jeziora Gielądzkiego znajduje się w jego południowym końcu, pod Sorkwitami.

Jezioro Pustniki (nr 34) osiąga 33 ha powierzchni oraz 8,2 m głębokości maksymalnej, 5,3 głębokości średniej, 1,3 mln m³ pojemności. Przy brzegach zarasta oczeretami. W południowym końcu ma odpływ do Jeziora Gielądzkiego. W opracowaniu Skibniewskiego jezioro to zostało pominięte.

Jezioro Lampackie (Sorkwickie, Zabijak; nr 6) leży w poziomie około 133 m. Powierzchnia jego wynosi 278 ha, pojemność 26,0 mln m³, długość około

3,2 km, maksymalna szerokość 950 m. Głębokość maksymalna dochodzi do 33,7 m, średnia 9,2 m. Dno jest nierówne, wznosi się z niego nad poziom wody jedna wyspa.

Jezioro **L a m p a s z** (Łapinóżka; nr 18) jest właściwie bocznym odgałęzieniem Jeziora Lampackiego, z którym się łączy zarośniętym trzciną przejściem dwumetrowej szerokości, w połowie długości tego jeziora. Jezioro Lampasz jest mniejsze (76 ha), ale dłuższe od Lampackiego (4,3 km), a jego maksymalna szerokość dochodzi do 450 m. Jezioro tworzy dosyć duży łuk, zmieniając kierunek ze wschodniego na południowo-wschodni i wciskając się pomiędzy wysokie wzgórza moreny czołowej. W części północnej, równoległej do wału morenowego, znajduje się najgłębsze miejsce dochodzące do 22,2 m; część południowa jest płytsza: 10,7 m. Średnia głębokość jeziora wynosi 9,2 m, pojemność 7,0 mln m³.

Jezioro **K u j n o** (nr 37) o 30 ha powierzchni jest stosunkowo płytkie. Głębokość maksymalna jeziora wynosi 5,5 m, średnia — 2,0 m, pojemność 0,6 mln m³. Znajduje się ono już na zewnątrz głównego pasma morenowego. Lustro wody leży na wysokości około 132 m; brzegi wysokie.

Jezioro **D ł u ż e c** (nr 14) o powierzchni 127 ha głębsze jest w części północnej (21,1 m) niż południowej, która ma dno płaskie, nie opadające poniżej 10 m. Długość zbiornika wynosi przeszło 3 km, pojemność osiąga 9,4 mln m³, średnia głębokość 7,4 m. Brzegi są pagórkowate; od południo-zachodu przylegają wzgórza recesyjnej moreny czołowej stadium poznańskiego.

Jezioro **B i a ł e** (nr 31) ma 374 ha powierzchni, 35 mln m³ pojemności, 28 m maksymalnej głębokości i 9,4 głębokości średniej. Brzegi i dno są dosyć urozmaicone; w północnej części jeziora występują trzy wyspy. Długość jeziora dochodzi do 4,7 km, największa szerokość do 1,2 km. Wzgórza na brzegach zachodnich mają 15 — 20 m wysokości, na brzegach wschodnich są niższe, występują tu przy tym dwa zatorfione obniżenia (dawne zatoki) koło wsi Goleń. Olszewski [21] podaje, że 20.IX.1950 r. zaobserwowano przezroczystość wody 3,5 m przy dosyć wysokiej temperaturze hypolimnionu (9,8 — 9,3°) i śladach zawartości tlenu (0,2 — 0,1 mg/l) oraz średniej kwasowości (7,4 — 7,1 pH) przy dnie.

Jezioro **G a n t** (nr 27) mimo wydłużonego kształtu w przeciwieństwie do jezior poprzednich nie jest rynną, ale raczej zbiornikiem zaporowym wśród piaszczysto-żwirowych moren czołowych. Uległo ono znacznemu zmniejszeniu po wykształceniu się odpływu w kierunku wschodnim, o czym świadczy bagnista równina w południowym końcu. Powierzchnia jego obejmuje obecnie 77,8 ha, długość przekracza 2,5 km, szerokość dochodzi do 400 m, głębokość maksymalna do 26,0 m, głębokość średnia 10,3 m, pojemność 2,0 mln m³. Wzgórza na brzegach mają do 20 m wysokości.

Oprócz tych 10 jezior położonych na linii głównego przepływu, do dorzecza należy ponadto rynna Jeziora Krzywego od wschodu i rynna jeziora Piłakno od

zachodu, których wody zostały odprowadzone sztucznie do Jeziora Białego. Ponadto w tej części dorzecza Krutyni leży na południo-zachód od jeziora Dłużec jezioro Z d r e s n o (nr 54) o powierzchni 8,0 ha, a na zachód od Dłużca bezodpływowe jezioro B o r ó w k o (Barówka; nr 38) o powierzchni 29 ha. Obydwa te jeziora nie były sondowane.

Jezioro K r z y w e (nr 12) stanowi długą (5,2 km) o urozmaiconych brzegach rynnę, rozpoczynającą się na północy w bramie, która przecina główny wał morenowy pod wsią Krzywe i sięga na południe po wieś Szklarnię już na obszarze gliniastej moreny dennej. Jezioro leży w poziomie 143 m, obejmuje powierzchnię 140 ha i dochodzi do 22,4 m głębokości, przy głębokości średniej 5,1 m. Pojemność jeziora wynosi 10,4 mln m³. W 1881 r. poziom jeziora został obniżony o 4 m. Wówczas oddzieliła się jego południowa część pod miejscowością Szklarnia, zwana K r z y w y m R o g i e m (nr 42). Przed obniżeniem poziomu powierzchni całości obejmowała 160 ha.

W zlewni Piłakna znajduje się tylko to jedno jezioro. Istniejące do drugiej połowy XIX wieku jeziora: Miałkie, Głogno i Gajno zanikły wskutek robót melioracyjnych. Również poziom jeziora Piłakna został w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia obniżony o 3,5 m, co spowodowało wynurzenie się platformy przybrzeżnej 10 — 20 m szerokiej oraz kilku wysepek.

Jezioro P i ł a k n o (nr 5) jest, po jeziorze Babięty Wielkie, drugie pod względem głębokości w całym opisywanym dorzeczu, ma bowiem 52 m głębokości maksymalnej przy 14,5 głębokości średniej. Powierzchnia jeziora obejmuje 278,7 ha, pojemność 40,6 mln m³. Jest to rynna wcięta w powierzchnię sandru, około 4 km długości o maksymalnej szerokości 1 km. Poziom lustra wody leży obecnie na wysokości 139 m. Od północy jezioro zamknięte jest wałem moreny czołowej. Najgłębsze miejsce występuje po środku rynny, a próg z głębokościami 10 — 15 m oddziela środkowy głęboczek od północnego, opadającego do 30 m. Zachodnim brzegom jeziora towarzyszy wał ozowy, częściowo zatopiony i oddzielający drugą, równoległą bruzdę, która tworzy rozszerzenie jeziora o głębokości do 13 m. Wzdłuż zachodnich brzegów ciągnie się od wsi Rozogi drugi, równoległy ciąg wzgórz ozowych. Południowy koniec jeziora znów zamyka morena, przez którą wykonano przekop obniżający poziom wód. Dno jeziora przy brzegach twarde i kamieniste, dalej zalega wapnisty muł, a w najgłębszych miejscach ciemny muł organiczny.

W dorzeczu Babięty wody odpływają niejako ze środka długiej rynny,ciągącej się południkowo od jeziora Pierwój na północy, po Bobrek na południu. Do tej rynny uchodzi odpływ wysuniętego najbardziej na zachód morenowego Jeziora Rańskiego, a w dolnym biegu Babięty leży grupa 4 niedużych jezior morenowych.

Jezioro R a ń s k i e (nr 4) ma 282 ha powierzchni (dawniejsze źródła podają 307,8 ha) i według mapy geologicznej 9,0 m głębokości (w „Katalogu jezior polskich” nie podano). Pojemność obliczono na 13 mln m³. Według O l s z e w-

skiego [21] 25.VIII.1952 r. stwierdzono występowanie warstwy skoku na głębokości 6 m, przy czym autor ten znalazł w jeziorze maksymalną głębokość 13 m, stwierdzając na głęboczku przy dnie zupełny brak tlenu i znaczną zawartość siarkowodoru. Poza tym woda w jeziorze była przegrzana i wymieszana, a przezroczystość jej wynosiła 2,2 m. Wzniesienie lustra wody 147 m. Poziom wody był obniżony sztucznie.

Jezioro **P i e r w ó j** (nr 11) leży w poziomie 143 m i osiąga powierzchnię 152 ha, pojemność 13,7 mln m³, głębokość maksymalną 20 m, głębokość średnią 9,0 m. Na zachód leży niewielkie jezioro **K a m i o n k i** o powierzchni 7,3 ha.

Jezioro **S t r o m e k** (nr 13) jest w przeciwieństwie do poprzedniego bardziej wydłużone (3,5 km), chociaż jest mniejsze (140 ha) i znacznie płytsze (2,5 m). Zabagnione obniżenie, które się ciągnie na przedłużeniu jeziora w kierunku południowym, świadczy o jego większych niegdyś rozmiarach. Jezioro nadal silnie zarasta. W odległości 0,5 km ku zachodowi leży niewielkie jeziorko **M o j t y n y** (nr 74) o powierzchni 1,8 ha (u **S k i b n i e w s k i e g o** „bez nazwy”).

Jezioro **B a b i ę t y W i e l k i e** (nr 8) zajmuje najniżej położoną część opisywanej rynny i jest najgłębszym jeziorem w dorzeczu. Lustro wody leży w poziomie około 140 m, a pomierzona w czasie prac hydrograficznych Instytutu Geograficznego UW głębokość maksymalna dochodzi do 58,5 m. Jednak **O l s z e w s k i** [21] znalazł tu głęboczek 63 m. Przy powierzchni 271,7 ha, pojemność wynosi 62,2 mln m³, a średnia głębokość 22,9 m. Jezioro to leży w strefie moreny czołowej; brzegi ma dosyć wysokie, częściowo zalesione. Wyływ znajduje się w północno-wschodnim końcu. Według pomiarów **O l s z e w s k i e g o** w 1952 r. (sierpień-wrzesień) warstwa skoku termicznego leżała poniżej głębokości 6—9 m, a temperatura wody na dnie wynosiła 4,8°—5,0°. Jezioro odznacza się dużą zawartością węglanu wapnia i odczynem zasadowym (8,3—7,8 pH) należąc do typu a-mezotroficznego.

Jezioro **B a b i ę t y M a ł e** (nr 19) łączy się z jeziorem Babięty Wielkie krótkim przepływem i stanowi boczne odgałęzienie opisywanej rynny, skierowane ku południo-wschodowi i odwadniane przez rzeczkę Babiętę. Jest ono znacznie mniejsze i płytsze od poprzedniego, ma bowiem 73,3 ha powierzchni, 3 mln m³ pojemności, 7,1 m głębokości maksymalnej i 4,1 m głębokości średniej. Brzegi są dosyć wysokie (kilkanaście metrów), piaszczyste. 25.VIII.1952 r. woda była wymieszana do dna i dobrze natleniona, węglanowość przeciętna, natomiast pH 8,0 — 8,2, przezroczystość 2,0 m [22].

W przedłużeniu rynny jeziora Babięty Wielkie ku południowi leży jeszcze 5 małych zbiorników, których wody spływają na północ do Babięty. Są to kolejno następujące jeziorka (od N ku S):

S ł u p e k (nr 41) o powierzchni 23 ha, **M i ę t k i e** (nr 36) o powierzchni 31,7 ha, **Z a l e ś n o** (nr 50) o powierzchni 11,1 ha, **B o b r e k** (nr 61) o powierzchni 5,0 ha, (w Katalogu jezior „na S od jeziora Zaleśno”) i jeziorko **b e z**

na z wy na SW od jeziora Zaleśno o powierzchni 3,8 ha (nr 67). Przeważnie nie były one sondowane, z wyjątkiem Miętkiego, na którym znaleziono głębokość 4 m (głębokość średnia 2,3 m, pojemność 0,7 mln m³). Na jeziorze Słupek Olszewski [21] znalazł głębokość 6 m, a przy braku uwarstwienia termicznego (19,8°—18,4°) bardzo ostre uwarstwienie chemiczne.

W grupie jezior morenowych w dolnym biegu Babięty mamy następujące zbiorniki:

Jezioro Tejsowo (Cisowe; nr 31), przez które przepływa Babięta, ma 35,2 ha powierzchni, 2 mln m³ pojemności, 13,5 głębokości maksymalnej, 5,8 m głębokości średniej.

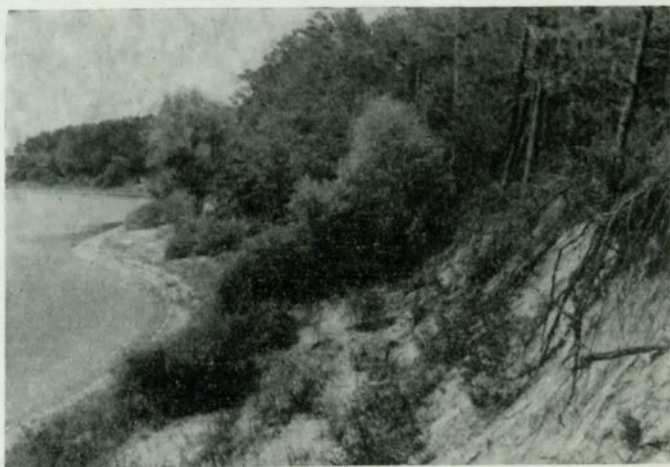
Jezioro Kały (nr 57) o powierzchni około 7 ha, właściwie część jeziora Krawno Małe, przez które przepływa Krawnieńska Struga.

Jezioro Krawno Małe (nr 32) o powierzchni 35 ha, głębokości maksymalnej 8,6 średniej 3,4 m i pojemności 1,3 mln m³.

Jezioro Krawno Wielkie (nr 17) o powierzchni 80,2 ha, głębokości maksymalnej 10,5 m, średniej 4 m i pojemności 3,5 mln m³.

Ponadto jezioro Rogale (nr 72) o powierzchni 3 ha leży na południe od jeziora Krawno, a bezodpływowe jezioro Łącik (nr 73) o powierzchni również 3 ha leży na wysoczyźnie na zachód od doliny Babięty. Zostały one w „Katalogu jezior” [7] pominęte, natomiast wymienia je Skibniewski [23].

W środkowym biegu Krutyni pierwsze od zachodu jest jezioro Zyzdrój.



Ryc. 3. Wysokie brzegi jeziora Zyzdrój ze śladami wahań stanu wody

Fot. S. Jarosz

Jeziora Zyzdrój Wielki i Mały (nr 10 i 26), zamknięte obecnie służą stanowić właściwie jeden zbiornik o powierzchni 242,5 ha przy rzędnej

lustra wody około 125,6 m. Jego retencja bierna wynosi 11,5 mln m³, a czynna po spiętrzeniu o 5,2 m dochodzi do 16 mln m³. Jezioro wcięte jest w powierzchnię sandru do 15 m (ryc. 3). Głębokość maksymalna na Zyzdroju Wielkim dochodzi do 12,6 m, na Małym do 11,2 m.

Jezioro P u p s k i e (nr 23) jest ostatnie w zachodniej części dorzecza, zarazem najbardziej wysunięte na południe. Powierzchnia jego obejmuje 54,1 ha, głębokość maksymalna wynosi 5,9 m, średnia 2,3 m, pojemność 1,2 mln m³. Podobnie jak poprzednie, jest wytopiskiem na obszarze sandrowym.

Poniżej Jeziora Pupskiego po jaz u wylotu z Jeziora Mokrego występują w zlewni Pupskiej Strugi i Jeziora Mokrego następujące jeziora:

Jezioro K i e r w i k (nr 22) o powierzchni 59 ha, pojemności 3,3 mln m³, głębokości maksymalnej 12,8 m, średniej 5,7 m, położone w południowym końcu misy jeziora rynnowo-wytopiskowego (które częściowo spłynęło) i połączone krótkim odpływem z Puską Strugą.

Jezioro Z d r u ż n o (nr 9) o powierzchni 246,8 ha, pojemności 11,6 mln m³, głębokości maksymalnej 11,7 m, średniej 4,7 m, stanowi północną część jeziora, które częściowo spłynęło. Ma ono bardzo rozwiniętą linię brzegową i nierówne dno. Jezioro to łączy się bezpośrednio z wąską rynną jeziora Uplik. Zarówno Kierwik, jak Združno i Uplik tkwią również w piaszczystej powierzchni sandru i wytworzyły się ostatecznie jako wytopiska po martwych bryłach lodu, zagrzebanych w piaskach.

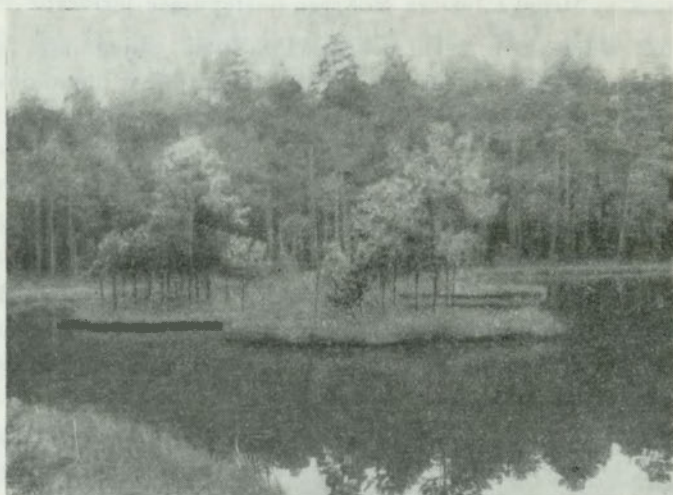
Jezioro U p l i k (nr 20) ma 61, 9 ha powierzchni, 2,1 mln m³, pojemności, 9,4 maksymalnej i 3,4 średniej głębokości. Jest ono dosyć wąskie i długie (2,6 km); brzegi ma wysokie i zalesione.

Jezioro M o k r e (nr 1) jest największe w dorzeczu Krutyni i zarazem należy do najgłębszych. Powierzchnia jego obejmuje około 8 km² (797,0 ha), pojemność osiąga 104,4 mln m³, maksymalna głębokość według planu sporządzonego na podstawie orientacyjnych pomiarów dochodzi do 43,2 m, (według danych niemieckich 50 m; O l s z e w s k i znalazł 49 m), a średnia do 13,1 m. Jezioro ma charakter jakby podwójnej rynny, ale otoczone jest jednocześnie wałami moren czołowych, których wysokość na brzegu wschodnim dochodzi do 159 m, tj. prawie do 35 m wysokości względnej. Brzegi ma na ogół dość wysokie i zalesione, tylko pod Cierzpiętami na NW, Uklanką na W, Starymi Kielbonkami na SW oraz na krańcu północnym istnieją zatorfione dawne zatoczki. Dno jest nieregularne; wznosi się z niego 5 wysp. 11. VIII.1951 r. stwierdzono (O l s z e w s k i [21]) przezroczystość 2,4 m przy płytkim zaleganiu epilimnionu. Warstwa wody przy dnie (10 m) zawierała tylko resztki tlenu. Typ jeziora O l s z e w s k i określa jako b-mezotroficzny.

Pod Uklanką wpada do Jeziora Mokrego od zachodu niewielka struga Nawiadka, odprowadzająca wody z jezior: Mojtyńskiego, Nawiad i Kielbonek.

Jezioro M o j t y ń s k i e (nr 35) ma 36,6 ha powierzchni, 1,1 mln m³ pojemności, 6,3 m głębokości maksymalnej i 3,2 głębokości średniej. Wraz z jeziorami Nawiady, Kielbonki, Chudek i dwoma mniejszymi bez nazwy jest częścią większego dawniej zbiornika wodnego, wypełniającego zagłębienie końcowe jeziora lodowcowego.

Jezioro N a w i a d y (nr 7), o powierzchni 272,5 ha, zajmuje środkową część wspomnianego większego zbiornika i jest typowym jeziorem morenowym o nieregularnym dnie, z którego wznoszą się trzy wyspy. Pojemność jeziora wynosi 23,3 mln m³, głębokość maksymalna 24,9 m (źródła niemieckie podają



Ryc. 4. Zarastające jeziorko dystroficzne na zachód od wsi Krutyń

Fot. S. Jarosz

31 m), głębokość średnia 8,5 m. 11.VII.1951 r. zaobserwowano przezroczystość 2,3 m. Hypolimnion był zimny (6,2°) i pozbawiony tlenu. Typologicznie Olszewski określa je jako b-mezotroficzne [21].

Jezioro K i e ł b o n k i (nr 26) ma 37 ha powierzchni, 1,4 mln m³ pojemności, 7,9 m głębokości maksymalnej i 4,2 m głębokości średniej.

Jezioro C h u d e k (nr 46) położone jest na zachód od południowej zatoki jeziora Nawiady zwanej M a ł e N a w i a d y (nr 29) i jest bezodpływowe. Jeziora te (o powierzchni 13 ha i 36 ha) nie były sondowane.

W okolicy Kielbonek i Nawiad występuje jeszcze 5 skatalogowanych jezior bez nazwy (z tego dwa w dawnej misie Nawiad) o łącznej powierzchni około 17 ha, których tutaj nie będziemy wyliczać. Ponadto jedno bezodpływowe jeziorko występuje na NE od Cierzpęt (7,2 ha; nr 56), jedno na NE od Jeziora Mokrego (SE od m. Kołowin Wielki) o powierzchni 10,3 ha (nr 52) i 5 jezior bezodpływowych na wschód od Jeziora Mokrego w strefie moren czołowych: dwa na SW

od wsi Krutyń (nr 80 i 81), trzy na NE od wsi Zgon (nr 69, 90 i 93) o łącznej powierzchni 8,6 ha, jedno na południe od wsi Zgon o powierzchni 11 ha (nr 51). Razem jest 13 małych jeziorzek na tym terenie.

Następna grupa obejmuje dwa jeziora, których odpływ („Galkówka”) uchodzi z północy do Jeziora Mokrego, a mianowicie:

Jezioro **P i e r s ł a w e k** (nr 48) o powierzchni 12,9 ha, bardzo płytkie;

Jezioro **K o ł o w i n W i e l k i** (nr 16) o powierzchni 82,5 ha, pojemności 2,9 mln m³, głębokości maksymalnej 6,5 m, średniej 3,6 m.

Jezioro **K r u t y ń s k i e** (nr 24) jest to dosyć osobliwy, wąski i kręty zbiornik o kierunku równoleżnikowym, położony w strefie moren czołowych i całkowicie otoczony lasem. Od Jeziora Mokrego oddzielone jest jazem. Przy 2,3 km długości ma tylko 52,1 ha powierzchni, 1,3 mln m³ pojemności, 3,2 maksymalnej i 2,2 m średniej głębokości. Brzegi misy są zabagnione. Z jeziora bierze początek właściwa rzeka Krutynia.

Jezioro **K l i m u n t** (nr 49) leży o 0,5 km na wschód od Krutyńskiego i jest bezodpływowe. Powierzchnia jego obejmuje 11,4 ha, pojemność 0,3 mln m³, maksymalna głębokość 5,5, średnia 2,4. Brzegi są porośnięte lasem i zatorfione. Po północnej stronie znajduje się mała wysepka.

Jezioro **D u ś** (nr 30) rozpoczyna grupę jezior dolnej części dorzecza. Położone jest ono w południowej części misy końcowej jeziora lodowcowego i stanowi szczyłek większego zbiornika. Powierzchnia jeziora pokrywa 42,2 ha, pojemność wynosi 6,6 mln m³, głębokość maksymalna 3 m, średnia 1,7 m.

Jezioro **G a r d y ń s k i e** (nr 15) jest również szczytkowe, wypełnia bowiem tylko około 1/3 większego, zatorfionego zagłębienia końcowego zajmując powierzchnię 107,5 ha przy pojemności 2,3 mln m³, głębokości maksymalnej 6,5 i średniej 2,2 m. 6.IX.1951 r. Olszewski stwierdził na powierzchni t 20,9° przy dnie 19,4°, tj. całkowite wymieszanie wody; przezroczystość wynosiła 2,2 m.

Jezioro **J e r z e w k o** (nr 21) stanowi południowo-wschodnią odnogę Jeziora Gardyńskiego o charakterze jakby szerokiej, zarośniętej rzeki, przechodzące dalej w dolny odcinek Krutyni (Czarna Rzeka). Jerzewko jest bardzo płytkie (maks. 3,0, średnio 1,1 m) i przy powierzchni 59 ha ma tylko 0,06 mln m³ pojemności.

Bezpośrednio powyżej Jeziora Gardyńskiego wpada do Krutyni od zachodu struga „Skoki”, przepływająca przez jeziora:

M a ł y K o ł o w i n (nr 39) o powierzchni 25,8 ha,

P i e r w o s (nr 40; w „Katalogu jezior polskich”: SW od Jeziora Gardyńskiego) o powierzchni 25 ha, ale silnie zarastające,

S k o k (pod wsią Bobrówka) o powierzchni 13,2 ha (nr 45).

Jeziorka te, położone w strefie moreny czołowej, nie były sondowane, ale sądząc z wyglądu są płytkie.

Tabela IV

Zestawienie jezior dorzecza Krutyni według powierzchni

Lp	Nazwa jeziora	Pow. ha	Lp	Nazwa jeziora	Pow. ha
1	2	3	1	2	3
1	Mokre	797,0	36	Miętkie	31,7
2	Gielądzkie	416,0	37	Kujno	30,0
3	Białe	374,0	38	Borówko	29,0
4	Rańskie	282,0	39	Kołowin Mały	25,8
5	Piłakno	278,7	40	Pierwos	25,0
6	Lampackie	278,0	41	Słupek	23,0
7	Nawiady	272,5	42	Krzywy Róg (Krzyworoskie)	21,0
8	Babięty Wielkie	271,1	43	Płociczno	20,9
9	Zdrużno	246,8	44	Janowskie	18,6
10	Zyzdrój Wielki	200,1	45	Skok	13,2
11	Pierwój	152,0	46	Chudek	13,0
12	Krzywe	140,0	47	Łysonie	13,0
13	Stromek	140,0	48	Piersławek	12,9
14	Dłużec	127,0	49	Klimunt	11,4
15	Gardyńskie	107,0	50	Zaleśno	11,1
16	Kołowin Wielki	82,5	51	S od m. Zgon	11,1
17	Krawno Wielkie	80,2	52	SE od m. Kołowin Wielki	10,3
18	Lampasz	76,0	53	Pawełek	9,0
19	Babięty Małe	73,3	54	Zdresno (S od jez. Dłużec)	8,0
20	Uplik	61,9	55	Rybne (SE od m. Rybno)	8,0
21	Jerzewko	59,0	56	NE od m. Cierzpięty	7,2
22	Kierwik	59,0	57	Kały	7,0
23	Pupskie	54,1	58	Kamionko	7,0
24	Krutyńskie	52,1	59	Uklanki	7,0
25	Warpuńskie	49,5	60	Mały Worek	6,0
26	Zyzdrój Mały	42,4	61	Bobrek (S od jez. Zaleśno)	5,0
27	Gant	37,8	62	Stare Kielbonki (SE od Kielbonki)	5,0
28	Kielbonki	37,0	63	Kadzidłowo	4,6
29	Nawiady Małe	36,0	64	Smolak Mały	4,0
30	Duś	35,8	65	Wądołek	4,0
31	Tejsowo	35,2	66	W od m. Powalczyn	3,8
32	Krawno Małe	35,0	67	S od jez. Zaleśno	3,8
33	Warpuńskie Małe	35,0	68	SE od m. Gant (S)	3,5
34	Pustniki	33,2	69	N od m. Zgon	3,5
35	Mojtyńskie	32,6	70	NE od m. Bobrówka	3,5

c. d. Tabeli IV

1	2	3	1	2	3
71	Krujanka (NE od m. Łysonie)	3,4	83	S od jez. Krawno Małe	1,2
72	Rogale	3,0	84	SSW od m. Powalczyn	1,2
73	Łącik	3,0	85	SE od m. Gant (N)	1,1
74	Mojtyny (S od jez. Stromek)	3,0	86	Pietrzysko (SE od m. Łysonie)	1,1
75	Zaulek (E od jez. Żyzdrój Wielki)	3,0	87	Zakręt (NE od m. Zgon)	1,1
76	Łopian	3,0	88	NNW od Jez. Gardyńskiego	1,0
77	S od m. Zelwagi (S)	2,3	89	W od m. Kielbonki	1,0
78	N od m. Gajne	2,1	90	W od m. Krutyń	1,0
79	N od m. Jędrychowo	1,8	91	W od m. Nawiady (NW)	1,0
80	SW od m. Krutyń I	1,6	92	W od m. Nawiady (SE)	1,1
81	SW od m. Krutyń II	1,5	93	NNE od m. Zgon	1,0
82	S od jez. Krawno Wielkie	1,4			

Na północy wpada do Jeziora Gardyńskiego ciek nazwany „Łysonia”, który odwadnia niewielkie jezioro Łysonie (nr 47) o powierzchni 13 ha. Wg Olszewskiego ma ono 8,5 m głębokości i jest dosyć przezroczyste (3,5 m), dobrze natlenione i wymieszane.

Na wschód od Jeziora Gardyńskiego, na dnie tej samej zatorfionej misy, leży bezodpływowe jezioro P ł o c i c z n o (nr 43) o powierzchni 20,9 ha. Według Olszewskiego [22] ma ono 4,5 m głębokości, odznacza się twardością wody i małą przezroczystością.

Pomijamy opis innych małych zbiorników, których w tej części dorzecza jest jeszcze 6 o powierzchni około 20 ha.

Tabela V

Wielkość jezior

Klasa wielkości w ha	Ilość jezior	Powierzchnia ha	Stosunek powierzchni danej klasy do powierzchni wszystkich jezior
1— 10	41	140,7	2,5
11— 50	28	738,5	13,3
51—100	9	598,1	10,8
>100	15	4082,2	73,4
Razem	93	5559,5	100,0

Zestawienie statystyczne jezior Krutyni pozwala stwierdzić, że znaczną ich część stanowią zbiorniki drobne, poniżej 10 ha (44%), podczas gdy jezior przekraczających 1 km² powierzchni jest tylko 16%, ale stanowią one prawie 3/4 ogólnej powierzchni wodnej.

Największe jest Jezioro Mokre o powierzchni 797 ha; bezpośrednio na wschód od niego, w okolicach wsi Krutyń i Zgon, leży 6 najmniejszych objętych katalogiem jezior, o powierzchniach około 1 ha.

Dysponujemy planami batymetrycznymi 38 jezior, tj. około 40% ogólnej ich ilości, ponieważ jednak w tej liczbie znajdują się wszystkie większe jeziora, odpowiada ona prawie 94% powierzchni jeziornej. Z danych Olszewskiego znamy też kilka głębokości maksymalnych tych jezior, które nie mają planów batymetrycznych (Słupek, Łysonie, Płociczno). Istnieją w różnych źródłach pewne rozbieżności co do głębokości maksymalnych, ale w naszych zestawieniach podajemy te wartości, które można było zlokalizować na załączonych planach batymetrycznych. Rozbieżności te dotyczą głównie jezior najgłębszych. Tak więc według naszych zestawień najgłębsze jezioro Babięty Wielkie osiąga głębokość 58,5 m, gdy Olszewski znalazł 63 m. Jezioro Mokre w naszym zestawieniu ma głębokość 43,2 m, według danych niemieckich 50 m, Olszewskiego 49 m. Nie kwestionując tych liczb nie mogliśmy jednak wziąć ich pod uwagę przy obliczaniu danych morfometrycznych.

Tabela VI

Głębokość jezior

Głębokość maksymalna m	Ilość jezior	Głębokość średnia m	Ilość jezior
0— 5	6	0— 5	24
5,1—10	13	5,1—10	10
10,1—20	8	10,1—20	3
20,1—30	7	20,1—30	1
> 30	4	—	—
Razem	38	Razem	38

Ogólnie biorąc, sondowane jeziora dorzecza Krutyni są dosyć głębokie, jednakże gdybyśmy wzięli pod uwagę wszystkie występujące tutaj jeziora, to przeważałyby oczywiście jeziora małe i płytkie. Jezior przekraczających 10 m głębokości maksymalnej jest 19, w tym 4 mają również ponad 10 m głębokości średniej.

Tabela VII

Pojemność jezior

Pojemność w mln m ³	Ilość jezior sondowanych	Ilość jezior wszystkich
0,1— 1,0	6	61
1,1— 10,0	21	21
10,1— 50,0	9	9
50,1—100,0	1	1
>100,0	1	1
Razem	38	93

Zestawienie morfometryczne jezior sondowanych

Tabela IX

Lp	Nazwa jeziora	Pow. ha	Wys. n. p. m.	Dług. maks. m	Szer. maks. m	Stos. dług. do szer.	Długość linii brzegowej m	Rozwój linii brzegowej	Głębokość m		Współ- czynnik głębok.	Objętość tys. m ³	Współrzędne geograf. środką jeziora		Powiat	Ilość sond		Kto sondował	Rok	Pozycja „Katalogu jezior polskich”
									maks.	średnia			szerokość geograficzna	długość geograficzna		absolu- tana	na 1 km ²			
1	Babięty Małe	73,3	141	2 500	500	5,0	5 850	1,3	7,1	4,2	0,59	3 014,0	53°43,9	21° 8,2	mrąg.	34	46	IGUW	1953	3
2	Babięty Wielkie	271,7	141	4 900	860	5,7	13 000	2,2	58,5	22,9	0,39	62 235,0	53°43,9	21° 7,5	„	68	25	„	„	4
3	Białe	374,0	133	4 700	1 200	4,0	16 500	2,4	28,0	9,4	0,33	35 000,0	53°45	21°15	„			G. K. v. P.	„	14
4	Dłużec	127,0	132	3 150	830	3,8	8 000	2,0	21,1	7,4	0,35	9 400,0	53°46,4	21°13,9	„			„	„	63
5	Duś	35,8	119	1 050	500	2,1	3 350	1,6	3,0	1,7	0,57	619,0	53°39,4	21°27,7	„	13	36	IGUW	1953	87
6	Gant	75,8	133	2 550	110	6,2	5 700	1,8	26,0	10,3	0,40	2 000,0	53°42,5	21°14,2	„			G. K. v. P.	„	102
7	Gardynskie	107,5	117	1 500	1 150	1,3	4 500	1,2	6,5	2,2	0,34	2 341,0	53°45,3	21°31,5	„	29	27	IGUW	1953	107
8	Gielądzkie	416,0	133	6 250	1 700	4,1	18 300	2,5	23,2	7,9	0,34	32 800,0	53°52,4	21° 9,7	„			G. K. v. P.	„	119
9	Janowskie	18,6	164	800	400	2,0	2 200	1,4	3,7	2,7	0,73	504,5	53°50,2	21°12,5	„			„	„	158
10	Jerzewko	59,0	127	2 100	350	6,0	7 500	2,7	3,0	1,1	0,36	640,0	53°44,6	21°32,5	„	81	52	IGUW	1953	174
11	Kielbonki	33,6	133	750	650	4,2	2 500	1,2	7,9	4,2	0,53	1 424,0	53°40,4	21°19,6	„	17	51	„	„	202
12	Kierwik	59,0	126	1 520	600	2,5	3 700	1,4	12,8	5,7	0,44	3 343,0	53°36,5	21 22,7	szczyt.	29	49	„	„	204
13	Klimunt	11,4	129	750	270	2,8	1 600	1,3	5,5	2,4	0,44	340,0	53°42,5	21 26,5	mrąg.	17	149	J. Kondracki	„	205a
14	Kołowin Wielki	82,5	128	1 250	650	2,0	4 250	1,3	6,5	3,6	0,56	2 873,0	53°43,8	21 24,3	„	10	12	A i M. Synowco- wie	„	212
15	Krawno Małe*	39,8	134	1 180	560	2,1	4 100	1,8	8,6	3,2	0,37	1 281,0	53°40,5	21 12,9	„	22	50	IGUW	„	234
16	Krawno Wielkie	80,2	135	1 500	650	2,3	5 400	1,4	10,5	4,4	0,42	3 533,0	53°40,4	21 11,9	„	20	25	„	„	231
17	Krutyńskie	52,1	124	2 300	500	4,6	7 500	2,8	3,2	2,2	0,69	1 158,0	53°42,3	21 25,6	„	21	40	„	„	239
18	Krzywe**	160,6	147	6 000	650	4,5	15 700	3,1	22,4	5,1	0,23	10 800,0	53°47,2	21 16,2	„			G. K. v. P.	„	240
19	Kujno	30,0	132	1 100	300	3,7	3 100	1,6	5,5	2,0	0,36	600,0	53°47,8	21 13	„			„	„	254a
20	Lampackie	278,0	133	3 000	900	3,3	8 800	1,5	33,7	9,4	0,28	26 000,0	53°49,9	21 8,7	„			„	„	256
21	Lampasz	76,0	133	4 300	200	21,5	9 600	3,1	22,2	9,2	0,41	7 000,0	53°49,3	21 10,5	„			„	„	257
22	Miętkie	31,7	143	850	300	2,8	2 200	1,1	4,0	2,3	0,59	739,8	53°40,5	21 8,5	szczyt.			„	„	304
23	Mojtyńskie	32,6	133	1 150	410	8,5	3 300	1,5	6,3	3,2	0,41	1 095,0	53°46,9	21 5,3	mrąg.	15	44	IGUW	1953	309
24	Mokre	797,8	125	7 700	1 400	5,5	23 500	2,3	43,2	13,1	0,30	104 386,0	53°41,3	21 23,3	„	163	20	„	„	311
25	Nawiady	272,5	133	3 250	1 200	2,7	15 000	2,6	24,9	8,5	0,34	23 272,0	53°42	21 19,2	„	69	25	„	„	320
26	Pierwój	152,0	144	1 750	1 050	1,7	5 700	1,2	20,0	9,0	0,45	13 700,0	53°48,4	21 6,6	„			G. K. v. P.	„	360
27	Pilakno	278,7	143	4 000	1 100	3,6	12 000	2,0	52,0	14,6	0,28	40 600,0	53°47,4	21 9,6	„			„	„	363
28	Pupskie	54,1	128	1 900	650	2,9	4 600	1,8	5,9	2,3	0,39	1 239,0	53°36,3	21 20,5	szczyt.	17	31	IGUW	„	386
29	Pustniki	33,2	133	1 350	350	3,9	3 300	2,5	8,2	3,9	0,48	1 300,0	53°53	21 9,3	mrąg.			G.K.v.P.	„	387
30	Rańskie	282,0	147	3 350	1 300	2,5	11 000	1,8	9,0	4,5	0,50	13 020,0	53°42,3	21 4,5	szczyt.	68	24	IGUW	1953	389
31	Stromek	140,0	142	3 450	700	4,9	9 400	2,2	2,5	0,6	0,24	2 000,0	53°47	21 6,1	„			G. K. v. P.	„	447
32	Tejsowo (Cisowe)	35,2	132	1 150	400	2,9	2 700	1,3	13,5	5,8	0,43	2 037,0	53°41,5	21 13,6	„	24	68	IGUW	1953	34
33	Uplik	61,9	125	2 600	500	5,2	6 300	2,2	9,4	3,4	0,36	2 090,0	53°38,5	21 22,6	„	22	35	„	„	501
34	Warpuńskie Małe	35,0	138	1 070	470	2,3	3 000	1,4	11,5	4,0	0,35	1 400,0	53°54,6	21 10,7	„			G. K. v. P.	„	505
35	Warpuńskie	49,5	138	1 230	610	2,0	3 200	1,3	6,8	3,0	0,46	1 500,0	53°55,1	21 10,3	„			„	„	504
36	Zdrużno	246,8	126	4 000	1 500	2,7	13 000	2,3	11,7	4,7	0,40	11 620,0	53°38	21 21,4	„	60	24	IGUW	1953	551
37	Zyzdrój Mały	42,4	126	1 500	350	2,7	3 800	1,6	11,2	3,8	0,34	1 618,0	53°37,3	21 18,8	szczyt.	24	56	„	„	567
38	Zyzdrój Wielki	200,1	126	4 600	800	6,0	10 700	2,1	12,6	5,0	0,39	9 923,0	53°38,9	21 17,6	mrąg.	46	24	„	„	568

* Łącznie z jeziorem Kały (N zbiornik jeziora Krawno Małe).

** Łącznie z jeziorem Krzywy Róg (dane morfometryczne obliczone na podstawie planu batymetrycznego wykonanego przed obniżeniem zwierciadła wody).

Uwaga: Liczby w ostatniej kolumnie odnoszą się do alfabetycznego spisu jezior dorzecza Narwi w trzecim zeszycie „Katalogu jezior polskich” (str. 152–159 w wydaniu dokumentacyjnym Instytutu Geografii PAN). Powierzchnia jezior w obu zestawieniach wykazuje pewne różnice, które wynikają z posługiwania się przy pomiarach różnymi planami.

Skróty: IGUW – Instytut Geograficzny Uniwersytetu Warszawskiego

G. K. v. P. – Geologische Karte von Preussen

Inny obraz daje zestawienie pojemności jezior, przedstawione również na załączonej mapie hydrograficznej jako element ważny hydrologicznie, podczas gdy dane głębokościowe stanowią wskaźnik ważny raczej dla hydrobiologii.

Przy rozpatrywaniu pojemności jezior można było z zupełną pewnością zaliczyć wszystkie jeziora niesondowane do kategorii mniejszych od pojemności 1 mln m³. Wskutek tego ilość ich wzrosła z 8% sondowanych do 66% ogólnej liczby. Natomiast tylko jedno największe jezioro — Mokre, przekracza pojemność 100 mln m³. Ogólną pojemność jezior oszacowaliśmy na 520 mln m³.

Rozmieszczenie jezior pod względem hipsometrycznym jest ilustracją ogólnych stosunków hipsometrycznych dorzecza, tj. obniżania się terenu z zachodu na wschód. Najwyższe położenie mają jeziora w dorzeczu Babięty: ponad 140 m.

T a b e l a V I I I
Wzniesienie jezior n.p.m.

Strefa wysokościowa m	Ilość jezior	Położenie
110—120	12	Zlewnia dolnej Krutyni
121—130	26	
131—140	32	Zlewnia górnej Krutyni
141—150	21	Zlewnia Babięty
151—160	1	Bezodpływowe na dziale wodnym
> 160	1	
Razem	93	

W głównej rymie poziom lustra wody wznosi się od 130 do 140 m, a w zlewni dolnej Krutyni wysokość położenia waha się od 116 do 120 m. Od 120 do 130 m wznosi się powierzchnia jezior w południowej części dorzecza w okolicach Babięty, Pup i Jeziora Mokrego.

Zestawienie jezior niesondowanych

Lp	Nazwa jeziora	Pow. ha	Wys. n.p.m. m	Dług. maks. m	Szer. maks. m	Stos. dług. do szer.	Dług. linii brzeg. m	Roz- wój linii brzeg.	Współrzędne geogra- ficzne środka jeziora		Pozycja „Katalogu jezior polskich”
									szer. geogr.	dług. geogr.	
1	NE od m. Borówka	3,5	126	300	100	3,0	800	1,2	53°44,5	21°30,9	brak
2	Borówko	29,0	141	1050	450	2,3	2400	1,3	53°46,1	21°12,4	10
3	Chudek	13,0	131	500	300	1,7	1200	1,0	53°39,9	21°18,5	30a
4	NE od m. Cierzpięty	7,2	126	450	250	1,8	1050	1,1	53°41,1	21°33,4	33
5	N od m. Gajne	2,1	133	200	90	2,2	500	1,0	53°44,5	21°13	101
6	SE od m. Gant	1,1	135	120	75	1,6	350	1,0	53°42,7	21°13,2	103
7	SE od Jez. Gant	3,5	135	250	180	1,4	700	1,1	53°42,7	21°13	104
8	NNW od Jez. Gardyńskiego	1,0	120	150	60	2,5	360	1,0	53°46	21°31,9	109
9	N od m. Jędrychowo	1,8	134	200	100	2,0	400	1,3	53°49,5	21°10,3	178
10	Kadziłowo	4,0	120	280	130	2,1	700	1,0	53°42,8	21°29,8	189
11	Kały	7,0	132	400	300	1,3	1000	1,1	53°40,7	21°13,0	zob. 234
12	Kamionki	7,0	144	400	270	1,5	1000	1,1	53°48,4	21°5,6	190
13	w m. Kielbonki Nowe	1,0	139	110	100	1,1	330	1,0	53°40,3	21°18,2	200
14	Kielbonki (SE od m. Kielbonki)	1,1	141	110	100	1,1	350	1,0	53°39,4	21°21,8	201
15	SE od m. Kołowin Wielki	10,3	127	500	350	1,4	1300	1,1	53°42,9	21°52,2	213
16	Kołowin Mały	25,8	124	800	460	1,7	1900	1,1	53°44,2	21°25,6	214
17	S od jez. Krawno Wielkie	1,4	135	170	100	1,7	420	1,0	53°40	21°11,4	232
18	SW od jez. Krawno Małe	1,2	137	120	100	1,2	380	1,0	53°39,3	21°11,2	233
19	SW od m. Krutyń I	1,6	127	200	100	2,0	500	1,1	53°41,2	21°24,2	239 a
20	SW od m. Krutyń II	1,5	127	190	100	1,9	450	1,0	53°41,1	21°24	239 b
21	W od m. Krutyń	1,0	127	100	90	1,1	300	1,0	53°41,4	21°24,2	brak
22	Krzywy Róg (Krzyworoskie)	21,0	143	650	200	3,3	1700	1,0	53°45,9	21°18,5	zob. 240
23	Łącik	3,0	135	250	150	1,7	800	1,3	53°41,8	21°11,1	brak
24	Łopian	3,0	121	300	100	3,0	700	1,2	53°46,8	21°33,1	brak

25	Łysonie	13,0	123	830	200	4,1	2100	1,6	53°47	21°30,6	286
26	Mojtyny (Mojtyń)	3,0	143	180	150	1,2	600	1,0	53°46,8	21° 5,5	310
27	Krujanka (NE od Łysoni)	3,4	120	300	60	5,0	650	1,0	53°46,7	21°37,2	287
28	Pietrzysko (SE od Łysoni)	1,1	120	150	75	2,0	430	1,2	53°46,1	21°31,9	288
29	Nawiady Małe	36,0	132	1000	650	1,5	2500	1,2	53°41	21°19,3	321
30	w m. Nawiady (NW)	1,0	135	120	95	1,3	330	1,0	53°43,2	21°17,9	322
31	w m. Nawiady (SE)	1,0	135	110	90	1,2	330	1,0	53°42,8	21°18,9	323
32	Pawelek (NW od m. Kielbonki Str.)	9,0	131	450	300	1,5	1300	1,1	53°40,7	21°20,2	199
33	Piersławek	12,9	132	800	220	3,6	2000	1,5	53°45,2	21°23	359
34	Pierwos (SW od Jez. Gardyńskiego)	25,0	117	1150	450	2,6	2500	1,4	53°45	21°28,2	110
35	Płociczno (SW od Jez. Gardyńskiego)	20,9	119	620	420	1,5	1500	1,4	53°45,4	21°32,6	108
36	SSW od m. Powalczyn	1,2	141	120	100	1,2	350	1,0	53°38,1	21°10,8	379
37	W od m. Powalczyn	3,8	141	350	120	2,9	800	1,2	53°38,3	21°11,2	380
38	Rogale	3,0	144	180	120	1,5	600	1,0	53°45,4	21° 5,6	brak
39	Rybne (SE od m. Rybno)	8,0	153	270	230	1,2	1000	1,0	53°45,4	21° 9,6	409
40	Mały Worek (SW od m. Rybno)	6,0	142	250	140	1,8	800	1,0	53°45,2	21° 7,4	410
41	Smolak Mały	4,0	116	150	110	1,4	600	1,0	53°42,2	21°36,5	439
42	Skok	13,2	120	600	280	2,1	1400	1,0	53°44,4	21°30,2	435
43	Słupek	23,0	142	1200	270	4,4	2300	1,4	53°41,3	21° 8,3	438
44	Uklanki	7,0	125	450	100	4,5	1000	1,1	53°41,5	21°22,0	brak
45	Wądołek	3,5	116	300	100	3,0	800	1,2	53°42,5	21°31,3	brak
46	Zaleśno	11,1	142	600	200	3,0	1450	1,2	53°40,1	21° 9	534
47	Bobrek (S od Zaleśno E)	5,0	145	300	200	1,5	800	1,0	53°39,6	21° 9,1	535
48	S od jez. Zaleśno (W)	3,8	145	300	150	2,0	680	1,0	53°39,8	21° 8,7	536
49	S od m. Żelwagi (S)	2,3	123	300	100	3,0	800	1,6	53°47,2	21°27,3	555
50	Zdresno (S od jez. Dłużec)	8,0	133	400	260	1,5	1200	1,2	53°45,3	21°14	67
51	N od m. Zgon	3,5	128	250	200	1,3	700	1,4	53°39,6	21°21,3	558
52	NE od m. Zgon	1,0	128	150	100	1,5	300	1,0	53°39,8	21°24,4	559
53	Zakręt	1,1	129	160	100	1,5	350	1,0	53°39,5	21°25,1	brak
54	S od m. Zgon	11,1	128	750	150	5,0	1600	1,4	53°38,3	21°23,3	560
55	Zaulek (E od jez. Żyzdrój Zanty)	3,0	127	200	180	1,1	600	1,0	53°38,3	21°19,5	569

U w a g a: Spośród wymienionych jezior 8 brak w „Katalogu jezior polskich” IG PAN i tyłuż w zestawieniu Skibniewskiego (choć nie zawsze są to jeziora te same).
Wprowadzono również poprawki dotyczące danych morfometrycznych.

WAHANIA STANÓW WODY

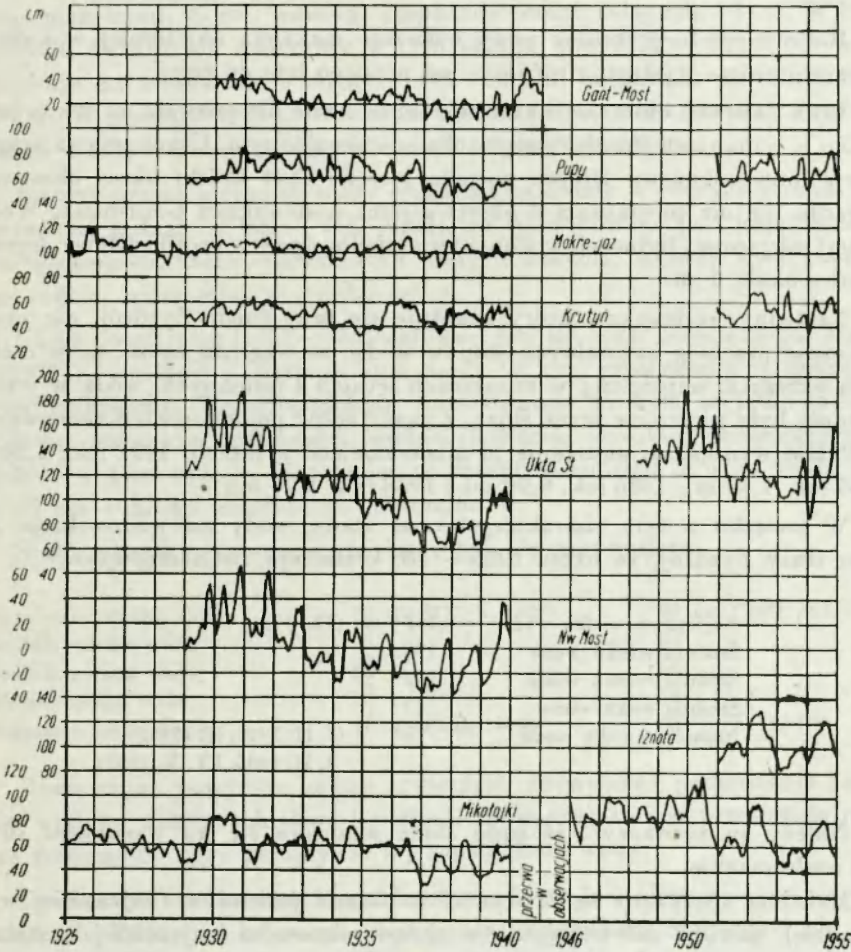
W całym dorzeczu Krutyni istniało 9 stacji wodowskazowych, z których 6 odzwierciedlało naturalne stany wody w rzece, a mianowicie: Gant-most, Pupy, Krutyń, Ukta Stara, Nowy Most, Iznota. Dwie stacje wodowskazowe znajdowały się przy budowlach piętrzących: śluza Zyzdrój — wodowskaz górny i dolny oraz jaz Mokre przy wylocie z Jeziora Mokrego — wodowskaz górny i dolny. Wreszcie jedna stacja zainstalowana była w Uklance na rzece Nawiadce, wypływającej z jeziora Nawiady Wielkie do Jeziora Mokrego.

Najstarsze obserwacje posiada stacja wodowskazowa Iznota, przy ujściu Krutyni do jeziora Beldany, bowiem od ok. 1896 r.; jednakże wyniki obserwacji opublikowano tylko za lata 1897—1910, w tym obserwacje codzienne podano jedynie za okres 1901—1910. Z okresu 1911—1925 nie mamy żadnych obserwacji z Krutyni, zaś od 1926 r. do 1938/40 można odtworzyć średnie miesięczne stany wody z wodowskazów umieszczonych przy budowlach piętrzących Zyzdrój i Mokre z materiałów poniemieckich, które dotyczą operatu hydrologicznego dla Kanału Mazurskiego (od jez. Mamry do Łyny pod Alberga). Z okresu 1930/31 — 1940/41 można odtworzyć 10-dniowe stany wody (z zachowanych wykresów) z wodowskazów: Pupy, Jezioro Mokre, Krutyń, Ukta Stara, Nowy Most, przy czym dla okresu 1937 — 1940 posiadamy codzienne obserwacje z wodowskazu Ukta Stara, publikowane w rocznikach niemieckich. Ponadto dla wodowskazów Gant oraz Uklanka zachowały się obserwacje (dokonywane co kilka dni) z lat 1931—1941, obarczone niestety poważnymi lukami.

Po wojnie najwcześniej uruchomiona została stacja Ukta Stara (w 1948 r.), w sierpniu 1951 r: Pupy, Krutyń i Iznota, a ostatnio, w miejsce stacji Gant-most, zainstalowano stację wodowskazową Dłużec na potoku łączącym jezioro Dłużec z Jeziorem Białym. Wodowskaz znajduje się przy moście drogowym. Stacje wodowskazowe Gant-most, Nowy Most i Uklanka nie zostały dotychczas odbudowane i reaktywowane. Wodowskazy istniejące przy budowlach piętrzących nie są obecnie obserwowane (ryc. 5).

Wahania stanów wody na odcinku źródłowym nie są znane z uwagi na brak stacji wodowskazowych, zresztą przepływy są tam bardzo małe. Dopiero następny odcinek — bieg górny — miał w latach 1931—1941 obserwacje na wodowskazie Gant-most, który znajduje się na Ganckiej Strudze (Dąbrówce) przy moście drogowym Machary-Gant. Omawiany okres obserwacji charakteryzował

się istnieniem zarówno lat mokrych, jak i suchych. Do mokrych należały lata 1931 i 1932, zaś do suchych lata 1938 i 1939, jako rok przeciętny przyjęto na podstawie analizy stanów wody rok 1937. W latach mokrych stany wody utrzymywały się w granicach odczytów 20–40 cm, a amplituda wahań wynosiła około 20 cm; w kwietniu i maju 1931 r. osiągnięte zostało absolutne maksimum



Ryc. 5. Wahania stanów wody. Liczby wzdłuż osi pionowej oznaczają skalę odczytów na poszczególnych wodowskazach

50 cm. W latach suchych wahanie wynosiło od 10 do 30 cm. Absolutne minimum 5 cm osiągnięte było w styczniu i sierpniu 1938 r. amplituda wahań w rozpatrywanym 10-leciu wynosiła zatem 45 cm.

Stany charakterystyczne z okresu 1931—41 przedstawiają się następująco:

Najwyższa wielka woda	50 cm (IV, V. 1931)
Średnia wielka woda	37 „
Średnia roczna woda	25 „
Średnia niska woda	14 „
Najniższa niska woda	5 „ (I, VIII. 1938)

Roczny przebieg stanów wody wskazuje maksima najczęściej w kwietniu i maju, minima występują różnie — od późnego lata do zimy.

Brak dalszych obserwacji na tym wodowskazie nie pozwala na stwierdzenie zmian w waniach stanów wody w okresie powojennym. Uruchomiona ostatnio stacja wodowskazowa Dłużec posiada jeszcze zbyt krótki okres obserwacji, ponadto nie ma powiązania z obserwacjami wodowskazu Gant-most. Według relacji miejscowej ludności, wahania zwierciadła wody w profilu Dłużec wynoszą jakoby około 1 m.

Następny wodowskaz, który znajduje się przy śluźwie Zyzdrój, nie zawsze wskazuje przebieg naturalnych stanów wody, ze względu na to, że w niektórych okresach, najczęściej w miesiącach letnich i jesiennych, woda w jeziorze Zyzdrój była piętrzona przez śluźwę. Z materiałów poniemieckich zachowanych w PIHM wynika, że piętrzenie to miało miejsce w latach: 1931 (ok. 1,20 m), 1935 (ok. 1,40 m), 1936 (ok. 0,90 m) i 1938 (ok. 1,90 m). •

W związku z tym charakterystyczne stany wody na wodowskazie górnym śluźwy Zyzdrój, za okres 1926 — 38, kształtują się następująco:

Najwyższa wielka woda	368* cm (IX. 1931)
Średnia wielka woda	193 „
Średnia roczna woda	133 „
Średnia niska woda	87 „
Najniższa niska woda	71* „ (I, II. 1926, II. 1934, I, II. 1935, IX, X. 1937)

Należy tu zaznaczyć, iż próg śluźwy znajduje się na wysokości 70 cm na wodowskazie.

Maksima spotykane są zazwyczaj w okresie jesiennym (najczęściej w listopadzie), minima zaś występują w okresie zimowym (najczęściej w styczniu i lutym).

Wodowskaz Pupy, który znajduje się przy moście na drodze Pupy-Kielbonki, poniżej wylotu Pupańskiej Strugi z Jeziora Pupańskiego, charakteryzuje pierwszą część biegu środkowego. Profil wodowskazowy zamyka zlewnię 407,9 km². Obserwacje w tym profilu podlegają wpływom piętrzenia wody

* Ekstremalne stany wody mogły się w rzeczywistości nieznacznie różnić.

przez służę Żyzdrój w jeziorze Żyzdrój; charakteryzuje się to długotrwałym, niejednokrotnie kilkumiesięcznym, utrzymywaniem się stanów wody na jednym, ustalonym poziomie.

W okresie obserwacji (1930 — 40) zaznaczają się wyraźnie lata mokre 1932 i 1935. W tych latach strefa wahań obejmuje przeciętnie odczyty 60—80 cm, amplituda osiąga tu 25 cm. We wrześniu i październiku 1931 r. wystąpiło absolutne maksimum 90 cm, wówczas amplituda wahań osiągnęła 40 cm. W latach suchych, do których zaliczamy w tym profilu lata 1938 — 40, strefa wahań obejmuje na wodowskazie odczyty 40 — 60 cm, amplituda nie dochodzi do 20 cm. W grudniu 1939 r. wystąpiło absolutne minimum 41 cm. Amplituda wahań w rozpatrywanym okresie wynosi zatem około 50 cm.

Roczny przebieg stanów wody wykazuje maksima w różnych porach roku, najczęściej jednak w lecie (VII, VIII), co spowodowane jest bujnym wzrostem roślinności, która spiętrza stan wody w korycie; minima występują bardzo różnie, najczęściej w październiku.

Okres powojenny (1951 — 54) zbliżony jest do roku przeciętnego. Jedynie w 1951 r. wystąpił w sierpniu stan wody 98 cm, przekraczający dotychczasowe maksimum. Prawdopodobnie spowodowane to było wyjątkowo intensywnym rozwojem roślinności wodnej wskutek wysokiej temperatury powietrza w tym okresie. Natomiast w październiku 1954 r. stan wody spadł do 43 cm — blisko absolutnego minimum.

Stany charakterystyczne przedstawiają się następująco:

Najwyższa wielka woda	90 cm (IX, X. 1931)	98 cm (VIII. 1951)
Średnia wielka woda	75 „	84 „
Średnia roczna woda	63 „	66 „
Średnia niska woda	52 „	50 „
Najniższa niska woda	41 „ (XII. 1939)	43 „ (X. 1954)

Reasumując powyższe należy stwierdzić, że wybitne podnoszenie się stanów wody w miesiącach lipcu i sierpniu spowodowane jest przeważnie rozwojem roślinności, przy przepływie tej samej ilości wody.

Druga część środkowego biegu Krutyni objęta jest obserwacjami na wodowskazach Mokre-jaz i Krutyń. Wskazania wodowskazu Mokre-jaz nie mogą być brane bezkrytycznie do analizy zmian stanów wody z uwagi na czasowe, sztuczne regulowanie zwierciadła wody i bliskość Jeziora Mokrego.

Wprawdzie zachowane w PIHM materiały poniemieckie wskazują, że piętrzenie to, wynoszące zaledwie kilka cm, występowało jedynie w okresach wiosenno-letnich 1938, 1939 i 1940 r; chodziło tu prawdopodobnie o podniesienie zwierciadła wód gruntowych okolicznych łąk z uwagi na okresy niskich stanów wód w rzekach w tych latach.

Charakterystyczne stany wody za okres 1926 — (30)* — 1940 przedstawiają się następująco:

Najwyższa wielka woda	122 cm** (VII. 1926)
Średnia wielka woda	115 „ (1930—40)
Średnia roczna woda	103 „ (1926—40)
Średnia niska woda	95 „ (1930—40)
Najniższa niska woda	86 „ (V. 1938)

Trzeba zaznaczyć, iż próg jazu znajduje się na wysokości 90 cm na wodowskazie; zanotowany w maju 1938 r. stan 86 cm zaobserwowany został na wodowskazie dolnym.

Najwyższe stany wody występują na tym wodowskazie najczęściej w kwietniu, a poza tym w miesiącach letnich od maja do września. Minima natomiast nie występują tak regularnie — najczęściej jednak w październiku oraz w styczniu lub w lutym.

Wodowskaz Krutyń znajduje się przy moście drogowym we wsi Krutyń ok. 3 km od wypływu Krutyni z Jeziora Krutyńskiego.

Stany wody charakteryzują się niewielką amplitudą (maks. 30 — 40 cm) spowodowaną wyrównującym wpływem jezior: Zdrużno, Uplik, Mokre. Ponadto regulowanie odpływu na jazie Mokre nie pozwala na poznanie naturalnego przebiegu stanów wody. W rozpatrywanym okresie obserwacji 1930 — 1940 zaznacza się wyraźnie rok 1932 jako mokry, kiedy stany wody wahają się w granicach odczytów 50 — 65 cm, oraz lata 1935 i 1938 jako suche, z amplitudą w granicach odczytów 30 — 50 cm. Przeciętna amplituda wahań wynosi w tym profilu 20 cm. Najwyższy stan wody (+ 68 cm) wystąpił w styczniu 1937 r., zaś stan najniższy (+ 30 cm) w maju 1938 r.

W okresie powojennym (1951 — 55) widzimy znacznie zwiększoną amplitudę wahań — przeciętnie około 40 cm. W lutym 1953 r. wystąpiło największe dotychczasowe maksimum + 96 cm, a w grudniu tegoż roku + 86 cm. W listopadzie 1954 r. stan wody opadł blisko minimum z 1937 r. osiągając + 32 cm.

Stany charakterystyczne kształtują się następująco:

Najwyższa wielka woda	70 cm (II. 1932)	96 cm (II. 1953)
Średnia wielka woda	61 „	80 „
Średnia roczna woda	49 „	56 „
Średnia niska woda	40 „	38 „
Najniższa niska woda	30 „ (V. 1938)	32 „ (XI. 1954)

Występowanie maksimów daje się zauważyć przeważnie w miesiącach zimowych (XII — III); minima wykazują znacznie mniejszą regularność (III, VI, X). W przeciwieństwie do profilu Pupy maksima nie są tu spowodowane zarastaniem przekroju, które w tym profilu jest stosunkowo nieznaczne

* Z okresu 1926—1929 zachowały się jedynie średnie stany miesięczne.

** Maksimum to mogło być w rzeczywistości nieco wyższe.

z uwagi na przecinanie przez rzekę wzgórz morenowych. Powoduje to większy spadek rzeki, pomijając fakt, że utworzony przez moreny rodzaj podłoża (gruby żwir i kamienie) nie sprzyja rozwojowi roślinności. Mimo to spiętrzenie stanów wody, wywoływane roślinnością, przekracza w niektórych latach 20 cm.

Następny wodowskaz, przy moście drogowym we wsi Ukta Stara, charakteryzuje już zgoła inny odcinek rzeki. Jak już wspomniano, rzeka meandruje tu po dnie zatorfionej misy jeziornej oraz zupełnie zmienia charakter: koryto staje się głębokie (nawet poniżej 2 m), spadek znacznie się zmniejsza, a roślinność pokrywa zwierciadło wody całym dywanem.

Po przecięciu następnego przełomu, poniżej Ukty Starej, Krutynia przepływa przez następną dawną misę jeziorną, ciągnącą się aż do misy Jeziora Gardyńskiego. Ten odcinek objęty był przed wojną wodowskazem przy moście drogowym w miejscowości Nowy Most. Wodowskaz ten uległ zniszczeniu w czasie wojny i dotychczas nie został odbudowany.

Obserwacje stanów wody prowadzone na obu wodowskazach w okresie 1930—1940 wykazują zbliżone wykresy wahań, charakteryzujące się przede wszystkim większą amplitudą zmian stanów wody, a tym samym mniejszym wyrównaniem odpływu. Wahania te osiągają w ciągu roku 50 cm, niekiedy nawet 60 cm, co spowodowane było najczęściej bujnym rozwojem roślinności na tym odcinku. Amplituda wahań w całym rozpatrywanym okresie przekraczała 100 cm (Nowy Most), a nawet 150 cm (Ukta Stara). Zjawisko to powstało w wyniku stałego bagrowania koryta rzeki, prowadzonego w latach 1931—1938, w związku z czym stany wody, utrzymujące się początkowo (1930—1931) na poziomie powyżej 130 cm (118 m n.p.m.) na wodowskazie Ukta Stara i powyżej 0 cm (116,3 m n.p.m.) na wodowskazie Nowy Most, obniżyły się w następnych latach, utrzymując się znacznie poniżej wymienionych wielkości (jak np. w latach 1937—1939).

Już w 1940 r. widzimy powolne podnoszenie się stanów wody, tak że np. na wodowskazie Ukta Stara następuje w latach powojennych powrót do poziomu z okresu przed oczyszczaniem koryta.

Charakterystyczne stany wody na obydwu wodowskazach podaje tabela XI:

Tabela XI

Stany wody	Ukta Stara		Nowy Most
	1930—1940	1949—1955	1930—1940
Najwyższa wielka woda	195 cm (VIII. 1931)	199 cm (VIII. 1950 i 1951)	68 cm (IX. 1931 VIII. 1952)
Średnia wielka woda	145 „	172 „	31 cm
Średnia roczna woda	109 „	130 „	2 „
Średnia niska woda	89 „	100 „	—21 „
Najniższa wielka woda	40 „ (V. 1938)	80 „ (X, XI. 1954)	—40 „ (XI. 1938)

Maksima stanów występują najczęściej w sierpniu (maksima letnie) lub w miesiącach XII—II (maksima zimowe). Przy czym te pierwsze należy przypisać wpływowi zarastania, które w profilu Ukta Stara podnosi stan wody o około 30—40 cm. Charakterystyczne jest tu zjawisko szybkiego przechodzenia ze stanu swobodnego zwierciadła wody w okresie bezwegetacyjnym do stanu spiętrzonego podczas zarastania koryta.

Brak pomiarów przepływu w profilu Nowy Most utrudnia analizę tego zjawiska, jednakże analizując wahania stanów wody w tym profilu należy stwierdzić, iż zachodzi ono w niewiele mniejszym rozmiarze niż w profilu Ukta Stara.

Zarastanie rzeki na odcinku reprezentowanym przez wodowskaz Nowy Most jest nieco mniejsze, a to z uwagi na znaczne głębokości koryta dochodzące do 3 i więcej metrów. W większym stopniu utrzymuje się tu roślinność przybrzeżna.

Ostatni, ujściowy odcinek Krutyni zawiera się między jeziorem Jerzewko a jeziorem Beldany. Odcinek ten, charakteryzowany przez obserwacje wodowskazu Iznota, ma podobny wygląd do odcinka poprzedniego z tym, że mean-drowanie rzeki jest tu minimalne oraz że spadek zwierciadła wody i wahania stanów wody są tu już znacznie mniejsze skutkiem wyrównującego działania jezior Gardyńskiego i Jerzewko oraz piętrzącego wpływu jeziora Beldany.

Porównanie stanów wody z lat 1896—1910 oraz 1951—1955 wskazuje na powolne obniżanie się zwierciadła wody wynoszące w tym okresie 20—30 cm. Przyczyny tego zjawiska należy doszukiwać się w obniżaniu się zwierciadła wody całego zespołu Wielkich Jezior Mazurskich.

Stany charakterystyczne przedstawia tabela XII:

Tabela XII

Stany wody	1897 — 1910 (według obecnego P.z.)	1952 — 1955
Najwyższa wielka woda	178 cm (VIII.1903)	133 cm (III. 1953)
Średnia wielka woda	155 „	118 „
Średnia roczna woda	133 „	102 „
Średnia niska woda	112 „	87 „
Najniższa niska woda	104 „ (XI.1910)	82 „ (XI. 1953, 1.1954, XI. 1955)

Maksima nie występują tu regularnie; najczęściej zdarzają się one w lecie (VI, VII, VIII), rzadziej w zimie. Wiąże się to częściowo z ogólnym charakterem występowania wysokich stanów na Pojezierzu. Minimum występuje tu z zasady późną jesienią (X, XI, XII). Spiętrzenie stanów wody przez roślinność osiąga w tym profilu wielkość 25—30 cm.

Należałoby jeszcze na zakończenie zanalizować wahania stanów wody na ważniejszych dopływach Krutyni. Dla tego celu dysponujemy, jak wspomniano

poprzednio, jedynie serią obserwacji z lat 1931—1941 na rzece Uklance, w profilu Nawiadka; o jakichkolwiek innych stacjach wodowskazowych na dopływach nie mamy wiadomości.

Charakterystyczne stany z okresu 1931—41 na wodowskazie w Nawiadce kształtują się następująco:

Najwyższa wielka woda	(80 cm)* (IV. 1940)
Średnia wielka woda	54 „
Średnia roczna woda	36 „
Średnia niska woda	14 „
Najniższa niska woda	1 „ (VIII. 1939)

Maksima występują najczęściej w kwietniu i w marcu, a zatem są wynikiem wezbrań wód roztopowych; natomiast niemal z reguły nie występują w pół-roczu letnim, co przemawiałoby za małym stopniem zarastania tej rzeczki. Najniższe stany wody pojawiają się znów jedynie w półroczu letnim, przeważnie w okresie od czerwca do września.

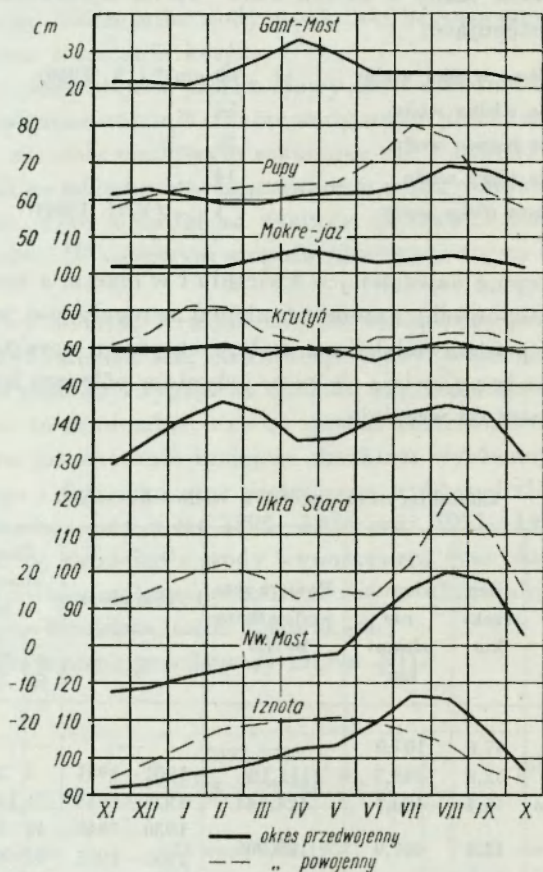
Tabela XIII

Charakterystyka profilów wodowskazowych

Lp	Nazwa profilu	Bieg rzeki km	Powierzchnia zlewni km ²	Poziom zera wodowskazu m NN	Okres obserwacji	Stany charakt. w cm			Amplituda wahań cm
						min.	średn.	maks.	
1	Dłużec	67,0	107,0	—	—	—	—	—	—
2	Gant-most	62,8	188,7	(131,10)	1931—1941	5	25	50	45
3	Zyzdrój — śluza	45,4	400,7	124,944	1926—1938	71	133	368	293*
4	Pupy	42,4	407,9	125,005	1930—1940	41	63	90	49}
5	Mokre — jaz	27,1	516,9	123,928	1951—1955	43	66	98	55}
6	Krutyń	22,6	530,5	123,510	1925—1940	86	104	122	35*
7	Ukta Stara	13,2	567,6	116,699	1930—1940	30	49	70	40}
8	Nowy Most	7,0	588,7	116,259	1951—1955	32	56	96	64}
9	Iznota	0,5	637,4	115,874	1930—1940	40	109	195	150}
10	Uklanka — rz. Nawiadka	0,5	33,0	—	1948—1955	80	130	199	119}
					1930—1940	-40	1	68	108}
					1897—1910	104	133	178	74}
					1951—1955	82	102	133	51}
									63}
					1931—1941	1	36	80	79*

* Wartość ta została uzyskana na podstawie związku wodowskazów; natomiast w kwietniu 1941 r. zanotowano stan 78 cm.

Charakterystyka poszczególnych profilów wodowskazowych podana jest w tabeli XIII. Z tabeli tej wynika, iż amplituda stanów wody na odcinku górnym i środkowym wynosi ok. 50 cm, natomiast na odcinku dolnym wzrasta



Ryc. 6. Przebieg miesięcznych stanów wody. Liczby wzdłuż osi pionowej oznaczają skalę odczytów na poszczególnych wodowskazach

średnio do ok. 120 cm, co jest częściowo wynikiem gospodarowania wodą przy młynie w Piekach Krutyńskich, a częściowo spowodowane jest silnym zarastaniem koryta rzeki. Amplituda na odcinku ujściowym opada znów do ok. 50—70 cm (ryc. 6).

CHARAKTERYSTYKA PRZEPŁYWÓW

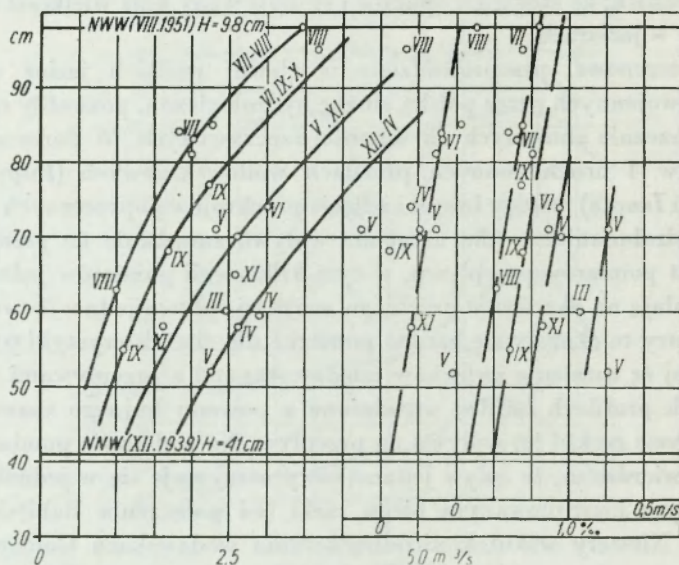
Wielkości przepływów Krutyni z okresu przedwojennego (1926—1939), ustalone w profilach śluży Zyzdrój i Ukty Starej w związku z projektem Kanalu Mazurskiego i opublikowane w pracy L. Skibniewskiego i Z. Mikulskiego [26], okazały się za duże o około 40%. Dane te uzyskano drogą przeliczeń pośrednich: ze stosunku opadów i stanów wody oraz wielkości magazynowania wody w jeziorach.

Studia terenowe, przeprowadzone w zlewni wielkich jezior mazurskich w latach powojennych przez polską służbę hydrologiczną, pozwoliły na zdobycie wyników znacznie zbliżonych do wartości rzeczywistych. W dorzeczu Krutyni wykonano w 4 uruchomionych profilach wodowskazowych (Pupy, Krutyń, Ukta Stara i Iznota) między innymi zdjęcia przekrojów poprzecznych i spadków, badania hydrobotaniczne (dla ustalenia wpływu zarastania na przepływ) oraz kilkadziesiąt pomiarów przepływu, w tym kilka serii pomiarów jednoczesnych, które pozwalają na określenie przebiegu wartości spływu jednostkowego wzdłuż rzeki. Pomiaru te okazały się bardzo pomocne dla charakterystyki przepływów, tym bardziej że ustalenie związków między stanami a przepływami było w poszczególnych profilach bardzo utrudnione z powodu bujnego rozwoju roślinności w korycie rzeki i jej wpływu na przepływ. Na podstawie pomiarów jednoczesnych stwierdzono, że spływ jednostkowy utrzymuje się w jednakowej wartości w całym kontrolowanym biegu rzeki (od połączenia Babięckiej Strugi i Rabięty). Niestety wskutek nieodbudowania wodowskazu Gant-most, znajdującego się w górnym biegu rzeki, nie wykonano tam studiów terenowych, przez co określenie przepływów na tym odcinku rzeki było utrudnione. Należy tu nadmienić, iż najwyższej leżący czynny wodowskaz Pupy zamyka już około 60% zlewni.

Szczegółową analizę stosunków przepływu przeprowadzono dla profilu Pupy, ponieważ dla niego posiadano najpewniejszy materiał pomiarowy. W profilu tym wykonano kilkanaście pomiarów przepływu przy różnych stanach wody i w różnych porach roku. Analiza poszczególnych elementów pomiaru wskazała na dużą zmienność takich czynników jak spadek i prędkość; zmienność tę wprowadza rozwój i zanik roślinności rzecznej. W rezultacie można przyjąć, że miesiące zimowe i wczesnowiosenne (XII—IV) wolne są od tych zakłóceń, z wyjątkiem wpływu zjawisk lodowych, co w tym przekroju, wskutek znacznej prędkości w profilu mostowym, nie ma istotnego znaczenia.

Już z końcem kwietnia, z chwilą podniesienia się temperatury powietrza i związanego z tym rozwoju roślinności wodnej, występuje sukcesywne piętrzenie stanów wody, które osiąga przeciętnie: w maju i listopadzie ok. 10—12 cm, w czerwcu, wrześniu i październiku dalsze 10—12 cm oraz w lipcu i sierpniu znów ok. 10 cm, co przy niewielkiej amplitudzie wahań w ciągu roku odgrywa znaczną rolę. W wyniku otrzymuje się duże zmniejszenie przepływów przy tych samych stanach wody. Zmniejszenie to daje przy stanach średnich tylko 30—40% przepływu w miesiącach letnich i około 50—60% w miesiącach późnowiosennych i jesiennych.

Na podstawie tych pomiarów wykreślono 4 krzywe przepływu dla miesięcy: XII—IV, V i XI, VI i IX—X, VII—VIII (ryc. 7). Z nich odczytano prze-



Ryc. 7. Krzywe przepływu, prędkości i spadku dla profilu Pupy

plywy średnich miesięcznych stanów wody, aby następnie dojść do wartości spływów jednostkowych w latach charakterystycznych i przeciętnych mokrych i suchych. Analizę lat charakterystycznych przeprowadzono na stanach wody, przyjmując wspólne dla całego biegu Krutyni: rok mokry — 1932, rok suchy — 1938; okres powojenny 1952—1955 zaliczono do okresu lat przeciętnych, mimo iż niewielkie stosunkowo opady w tych latach wskazywałyby raczej na okres suchy.

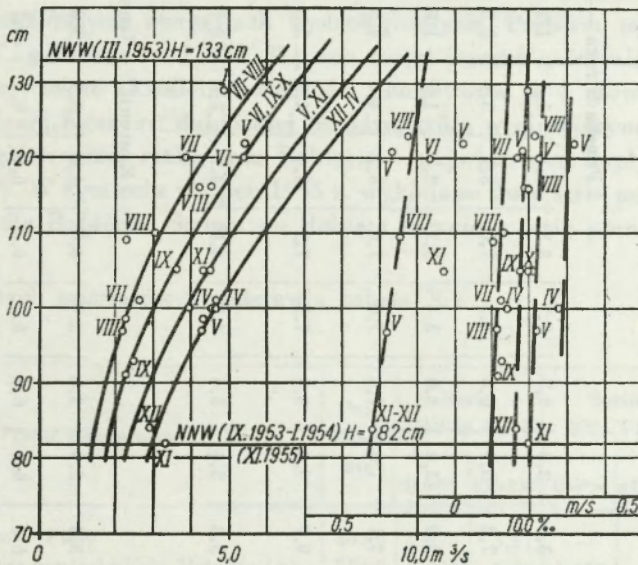
Z tabeli XIV wynika, że średnie roczne spływy jednostkowe wahają się w granicach 3,6—6,8 l/sek km², przyjmując w okresie 1930—1940 wartość 5,1 l/sek km², a zatem, jak już wspomniano, około 60% wartości podanych

dla projektu Kanału Mazurskiego. Stosunek spływów w latach suchych i mokrych wynosi zatem około 1:2.

Analizując przebieg roczny przepływu widzimy, że półrocze zimowe wykazuje często prawie dwukrotnie większe wartości niż półrocze letnie, kiedy to duże ilości wody zmagazynowanej w jeziorach wyparowują. Wprawdzie z powodu braku danych nie uwzględniono tu wpływu zjawisk lodowych, ale jak już wspomniano, nie powinny one odegrać w tym profilu większej roli. Najwyższe wartości przepływu spotykamy w miesiącach zimowych, najmniejsze zaś w lipcu i sierpniu.

Przeprowadzenie podobnej analizy dla następnych profilów: Krutyń i Ukta Stara napotkało na bardzo poważne przeszkody z powodu trudności w ustaleniu związków między stanami i przepływami oraz braku pomiarów przy stanach wyższych. Z tego powodu poprzestano jedynie na wykorzystaniu wyników pomiarów do ogólnej charakterystyki przepływów w całym biegu rzeki.

W profilu Iznota, w którym wykonano największą ilość pomiarów, a zarastanie koryta nie jest tak intensywne, jak w poprzednich profilach, można było z pewnym przybliżeniem wykreślić krzywe konsumpcyjne dla poszczególnych



Ryc. 8. Krzywe przepływu, prędkości i spadku dla profilu Iznota

okresów w ciągu roku. Profil ten pozostaje wprawdzie już pod wpływem jeziora Beldany, niemniej daje dość dobrą charakterystykę przepływów (ryc. 8).

Spływy w profilu Iznoty kształtują się podobnie jak i w profilu Pupy z tym jednak, że różnica między półroczem zimowym i letnim nie jest tak wielka jak

Przepływy i spływy jednostkowe, miesięczne, półroczne i roczne (orientacyjne)

Oznaczenie	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI— —IV	V—X	XI—X
Pupska Struga — Pupy															
1930—40	2,0	3,0	2,8	2,7	2,7	2,8	2,1	1,4	1,1	1,3	1,7	1,5	2,7	1,5	2,1 m ³ /sek
1930—40	5,0	7,2	6,9	6,6	6,5	7,0	5,1	3,4	2,8	3,1	4,2	3,6	6,6	3,7	5,1 l/sek km ²
1952—54	1,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	2,3	1,9	1,8	1,7	1,4	1,2	2,8	1,7	2,3 m ³ /sek
1952—54	4,6	7,1	7,3	7,4	7,6	7,6	5,7	4,6	4,5	4,1	3,5	3,0	6,9	4,2	5,6 l/sek km ²
1932 Rok mokry	8,1	9,7	9,9	8,9	7,3	7,9	6,4	4,3	3,8	3,9	5,7	5,7	8,6	5,9	6,8 l/sek km ²
1938 Rok suchy	3,5	5,3	5,4	5,4	4,8	4,6	3,1	2,6	2,1	2,2	2,1	2,0	4,8	2,4	3,6 l/sek km ²
Krutynia — Iznota															
1952—54	3,5	3,8	3,9	3,8	3,9	4,0	4,0	3,9	3,0	2,7	2,8	2,5	3,8	3,2	3,5 m ³ /sek
1952—54	5,5	6,0	6,1	6,0	6,2	6,3	6,3	6,2	4,7	4,2	4,7	4,0	6,0	5,0	5,5 l/sek km ²
Krutynia — spływy jednostkowe wyrównane															
1952—54	5,1	6,6	6,7	6,7	6,9	7,0	6,0	5,4	4,6	4,2	3,9	3,5	6,5	4,6	5,5 l/sek km ²

w Pupach. W tabeli tej podano ponadto także wyrównanie wartości spływów jednostkowych dla całej Krutyni.

Wartości spływu jednostkowego stwierdzone w zlewni Krutyni poprzez można wartościami obliczonymi dla dorzeczy sąsiednich.

Orientacyjna wartość spływu jednostkowego w dorzeczu Pisy, obejmującego zlewnię Krutyni, wynosi w profilu Pisz ($A = 2900 \text{ km}^2$) $5,8 \text{ l/sek km}^2$ dla okresu 1926—38. Analogiczne wartości dla dorzecza Omulwi wahają się od $6,3 \text{ l/sek km}^2$ w profilu Krukowo ($A = 1330 \text{ km}^2$) do $5,1 \text{ l/sek km}^2$ w profilu Drężewo ($A = 1962 \text{ km}^2$). Wreszcie spływ jednostkowy w dorzeczu Łyny wynosi $6,0 \text{ l/sek km}^2$ w profilu Łańsk ($A = 446 \text{ km}^2$), podczas gdy dorzecze Gubra, którego górna część wciska się klinem w dorzecze Krutyni, wykazuje w profilu Proсна ($A = 1590 \text{ km}^2$) znacznie mniejszy spływ $3,8 \text{ l/sek km}^2$.

Z powyższego porównania wynika, iż wartości spływów określone w niniejszej pracy dla Krutyni, a podważające liczby podane w obliczeniach niemieckich, są zbliżone do rzeczywistych, co ma także swe uzasadnienie w podobnych warunkach geomorfologicznych wymienionych dorzeczy, przynajmniej w ich górnych, blisko siebie leżących częściach.

Należy jednak nadmienić, iż zakłócenia w obliczeniach spływu jednostkowego mogą występować na skutek istnienia w tych dorzeczach obszarów bezodpływowych o specyficznych warunkach hydrologicznych. Problem ten, poruszony przez H. Więckowską [31, 32], nie został jeszcze należycie wyjaśniony.

Pozostaje jeszcze określenie wielkości przepływów w 2 głównych ciągach rzecznych górnej Krutyni: Babięckiej Strudze, którą w niniejszym opracowaniu przyjęto za główny bieg rzeki, oraz Babięcie — największym dopływem Krutyni (ok. 160 km^2). W tym celu w lipcu 1955 r. wykonano dwie serie pomiarów przepływu w węźle Babięcka Struga — Babięta łącznie z serią pomiarów wzdłuż Krutyni.

Wyniki tych pomiarów przedstawia tabela XV.

Tabela XV

Profil pomiarowy	Pow. zlewni km^2	Seria 1(12-13. VII)		Seria 2(29. VII)		Stosunek pomiarów serii 1:2
		$Q \text{ m}^3/\text{s}$	$q \text{ l/s km}^2$	$Q \text{ m}^3/\text{s}$	$q \text{ l/s km}^2$	
Pupska Struga — Pupy	407,9	2,275	5,57	—	—	—
Babięcka Struga poniżej ujścia Babięty (A)	354,0	1,870	5,28	1,435	4,04	1,3
Babięcka Struga powyżej ujścia Babięty (B)	194,2	1,030	5,31	0,792	4,08	1,3
Babięta przy ujściu do Babięckiej Strugi (C)	159,8	0,920	6,09	0,703	4,66	1,3
Wpływ z jez. Krawno (D)	24,0	0,355	14,8	0,292	12,2	1,2

Wyliczone w ostatniej rubryce stosunki między przepływami w obu seriach pomiarów wskazują na analogiczne układy przepływów w rozpatrywanym węźle.

Porównanie serii obu pomiarów przedstawia się następująco:

Seria 1	12 — 13. VII. 1955 r. ($A = B + C$)
1,030	
+ 0,920	
1,950	$1,950 : 1870 = 1,04$, czyli 4 % błędu
	($C = D + E$), gdzie: E = przepływ Babięty powyżej jeziora Tejsowo ($A = 130,6 \text{ km}^2$)
0,920	
— 0,355	
0,565	Przepływ Babięty powyżej jeziora Tejsowo wynosił w dniach 12-13. VII. 1955 r. $Q = 0,565 \text{ m}^3/\text{sek}$ ($q = 4,31 \text{ l/sek km}^2$)
Seria 2	29. VII. 1955 r. ($A = B + C$)
0,792	
+ 0,703	
1,495	$1,495 : 1,435 = 1,04$, czyli 4 % błędu ($C = D + E$)
0,703	
— 0,292	
0,411	Przepływ Babięty powyżej jeziora Tejsowo wynosił w dniu 29. VII. 1955 r. $Q = 0,411 \text{ m}^3/\text{sek}$ ($q = 3,14 \text{ l/sek km}^2$)

Przyjmując przepływ w punkcie A za 100% otrzymujemy następujący rozkład przepływów w pozostałych punktach w %:

Tabela XVI

Punkty	Seria 1	Seria 2	Wartości wyrównane
B	53	53	53
C	47	47	47
D	18	20	19
E	29	27	28

Porównując splywy jednostkowe obliczone w obu seriach pomiarów widzimy, iż Babięta zaznacza się nieco wyższymi wartościami niż Babięcka Struga. W wyniku dają one wypośrodkowaną wartość splywu w profilu Pupy. Wysoka wartość splywu, uzyskana na Krawnieńskiej Strudze, pochodzi, być może, częściowo z niedokładności określenia zlewni tego dopływu.

To samo może dotyczyć i innych zlewni cząstkowych, a to z uwagi na istnienie w dorzeczu Krutyni i sąsiednich zlewni szeregu obszarów bezodpływowych. Bardziej szczegółowe studia terenowe mogłyby, być może, doprowadzić do ustalenia właściwego przebiegu działów wodnych, jak dokonała tego Więckowska [31] w sąsiednich dorzeczach: Łyny, Omulwi, Orzyca i Wkry.

W związku z powyższym wydawało się celowe określenie przepływów charakterystycznych w węźle górnej Krutyni przy pomocy uzyskanych w obu seriach

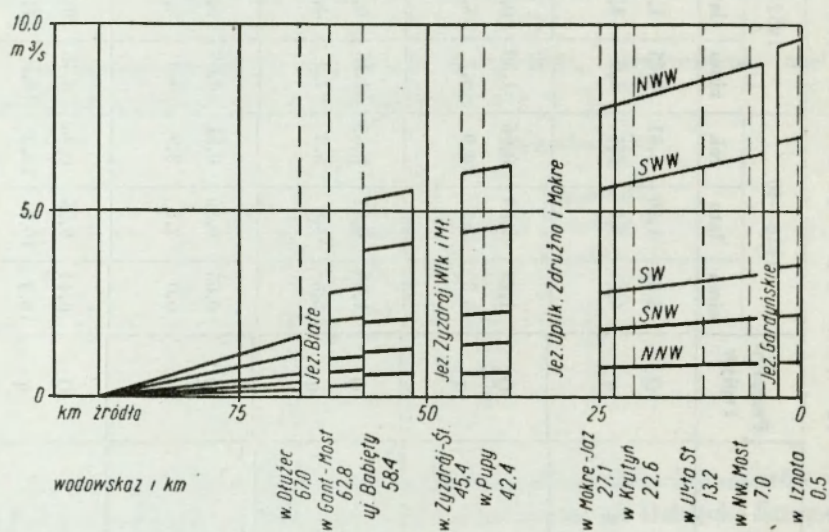
Rozkład przepływów (Q m³/sek) i spływów jednostkowych (q l/s km²) w górnym biegu Krutyni

Rzeka i profil	Przepływ i spływ	1930—40			1952—55			1932 (mokry)			1938 (suchy)		
		zima	lato	rok	zima	lato	rok	zima	lato	rok	zima	lato	rok
Babięcka Struga (A) powyżej ujścia Babięty A = 354,0 km ²	Q	2,32	1,30	1,81	2,45	1,50	1,98	3,05	1,76	2,41	1,71	0,83	1,27
	q	6,6	3,7	5,1	6,9	4,2	5,6	8,6	5,0	6,8	4,8	2,3	3,6
Babięcka Struga (B) powyżej ujścia Babięty A = 194,2 km ²	Q	1,23	0,69	0,96	1,30	0,80	1,05	1,62	0,93	1,28	0,91	0,44	0,67
	q	6,3	3,5	4,9	6,7	4,1	5,4	8,3	4,8	6,6	4,7	2,2	3,4
Babięta (C) przy ujściu A = 159,8 km ²	Q	1,09	0,61	0,85	1,15	0,70	0,93	1,43	0,83	1,13	0,80	0,39	0,60
	q	6,8	3,8	5,3	7,2	4,4	5,9	9,0	5,2	7,1	5,0	2,4	3,8
Krawnieńska Struga (D) A = 24,0 km ²	Q	0,65	0,36	0,51	0,69	0,42	0,55	0,85	0,49	0,67	0,48	0,23	0,36
	q	6,0	2,8	3,9	5,3	3,2	4,2	6,5	3,7	5,1	3,7	1,8	2,8
Babięta (E) powyżej jeziora Tejsowo A — 130,6 km ²	Q	0,44	0,25	0,34	0,46	0,28	0,38	0,58	0,33	0,46	0,32	0,16	0,24
	q	18,3	10,4	14,2	19,1	11,7	15,8	24,2	13,7	19,1	13,3	6,7	10,0

liczb procentowych przepływu, przyjmując za podstawę przepływy charakterystyczne obliczone w profilu Pupy na Pupskiej Strudze.

Opierając się na tych wartościach przeliczono przepływy charakterystyczne Babięckiej Strugi poniżej ujścia Babięty; następnie rozdzielono je procentowo na Babięcką Strugę powyżej ujścia Babięty i Babiętę, a tę z kolei na Babiętę powyżej jeziora Tejsowo i na Krawnieniecką Strugę. Wyniki ujęto tabelarycznie (tabela XVII).

Z zestawienia wynika, że spływy jednostkowe Babięckiej Strugi i Babięty połączonej są bliskie spływom Krutyni. Nieco mniejsze wartości występują w Babięcie powyżej jez. Tejsowo; natomiast Krawnieniecka Struga wykazuje spływy trzykrotnie większe od Krutyni. Należy to tłumaczyć raczej niewłaściwie prowadzonym działem wodnym, odcinającym duże, przeważnie powierzchniowo bezodpływowe obszary zlewni. W celu wyjaśnienia tych anomalii, należałoby wykonać serię pomiarów przepływu wzdłuż całego biegu tej rzeczki dla stwierdzenia rozkładu spływów jednostkowych.



Ryc. 9. Profil przepływów na Krutyni

W zakończeniu należałoby określić wartości charakterystyczne spływów jednostkowych w całym dorzeczu Krutyni, korzystając ze wspomnianych już kilku serii pomiarów jednoczesnych, oraz przepływów w latach charakterystycznych w profilach Pupy i Iznota. Okazało się, iż serie pomiarów przepływu przeprowadzane były w zasięgu od średniej niskiej wody do średniej wielkiej. Po analizie ustalono następujące charakterystyczne odpływy jednostkowe, jednakowe dla całego biegu rzeki:

Stosunek spływów wynosi 1:2, 4:3, 7:7, 3:10; świadczy to o dużym wyrównaniu przepływu. Należy stwierdzić, że są to jedynie wartości orientacyjne, które wymagają sprawdzenia poprzez dalsze, dogłębne studia terenowe.

Najwyższa wielka woda	15 l/sek km ²
Średnia wielka woda	11 „
Średnia roczna woda	5,5 „
Średnia niska woda	3,5 „
Najniższa niska woda	1,5 „

Na podstawie ustalonych wyżej spływów obliczono przepływy charakterystyczne dla poszczególnych profilów Krutyni i zlewni ważniejszych jej dopływów

Tabela XVIII

Przepływy charakterystyczne Krutyni i ważniejszych dopływów w m³/sek

Lp	Profil	Powierzchnia zlewni km ²	NNW	SNW	SW	SWW	NWW
1	Dłużec	107,0	0,16	0,37	0,59	1,2	1,6
2	Gant-most	188,7	0,28	0,66	1,0	2,1	2,8
3	Zyzdrój — śluza	400,7	0,60	1,4	2,2	4,4	6,0
4	Pupy	407,9	0,61	1,4	2,2	4,5	6,1
5	Mokre — jaz	516,9	0,77	1,8	2,8	5,7	7,7
6	Krutyn	530,5	0,80	1,9	2,9	5,8	8,0
7	Ukta Stara	567,6	0,85	2,0	3,1	6,2	8,5
8	Nowy Most	588,5	0,88	2,1	3,2	6,5	8,8
9	Iznota	637,4	0,96	2,2	3,5	7,0	9,6
10	rzeka Babięta	159,8	0,24	0,56	0,88	1,8	2,4
11	rzeka Nawiadka	33,3	0,05	0,12	0,18	0,37	0,51
12	rzeka Gałkówka	21,4	0,03	0,07	0,12	0,24	0,32
13	rzeka Skok	18,6	0,03	0,07	0,10	0,20	0,23

wów (tab. XVIII). Przebieg wielkości tych przepływów z biegiem rzeki zaobserwowano na załączonym wykresie (ryc. 9). Krzywe przebiegu przepływów tracą ciągłość w miejscach występowania większych jezior; nie uwzględniono tu jezior mniejszych — przepływowych.

WPLYW KLIMATU NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ ODPLYWU

Temperatura powietrza, parowanie, opady. Dorzecze Krutyni nie wyróżnia się jakimiś specyficznymi cechami klimatu, dlatego też nie wydaje się celowe omawianie całokształtu elementów klimatycznych tego tak niewielkiego obszaru. Ograniczymy się jedynie do podania wartości tych elementów klimatu, które mają wyraźny wpływ na stosunki hydrologiczne dorzecza, a więc temperatury powietrza, wpływającej na stosunki termiczne rzek, oraz parowania i opadów, warunkujących zasoby wodne w dorzeczu.

Temperatura powietrza pozostaje w ścisłym związku z temperaturą wody, co wpływa na zarastanie i zlodzenie koryt rzecznych, powoduje piętrzenie stanów wody i hamowanie przepływu. Temperatura jest ponadto najistotniejszym czynnikiem parowania wody. W dorzeczu Krutyni, posiadającym duże ilości jezior, ma to szczególnie wielkie znaczenie. Wielkość parowania z powierzchni jezior znacznie przekracza ilość opadów w tym regionie.

W całym dorzeczu Krutyni nie istniała dotychczas żadna stacja klimatologiczna; z tego względu analizę temperatur powietrza oparto z konieczności na najbliższej stacji Szczytno, położonej już w dorzeczu Rozogi. Stacja ta charakteryzuje dość dobrze stosunki termiczne występujące w dorzeczu Krutyni.

Największe miesięczne wartości temperatury w czerwcu, lipcu i sierpniu sprzyjają podniesieniu się temperatury wody i silnemu rozwojowi roślinności wodnej w miesiącach letnich: lipcu i sierpniu.

Wielkości parowania z wolnej powierzchni wodnej mogą być obecnie uzyskane jedynie na podstawie przeliczeń przy pomocy wzorów empirycznych. Istniejąca od 1953 r. w Mikołajkach stacja ewaporometryczna mogłaby charakteryzować parowanie wody z wielkich jezior mazurskich, na razie jednak brak jest opracowania wyników tych obserwacji.

Parowanie obliczone wg S c h m u c k a [25] ze wzoru:

$$E = 30 d,$$

gdzie E — wielkość parowania, d — średni niedosyt wilgotności powietrza, wynosi dla stacji klimatologicznej w Szczytnie (za okres 1948—52) średnio 670 mm rocznie; rozkład miesięczny parowania podaje tabela XIX.

Wartości te wydają się być za małe. Obliczenie wielkości parowania przeprowadzone przez W. M i k u l s k i e g o przy pomocy gradientu równoleżniko-

wego Dębskiego, dla Krutyni i terenów sąsiednich w ramach prac nad wykorzystaniem jezior mazurskich do nawodnień, podają wielkość parowania rocznego ok. 940 mm. Można sądzić, że wartość 880 mm, jaką dla zlewni wielkich jezior mazurskich przytaczają L. Skibniewski i Z. Mikulski [26], jest bliższa rzeczywistości.

Wartości i rozkład opadów atmosferycznych podaje kilka stacji, które znajdują się w dorzeczu Krutyni lub w pobliżu jego granic (tab. XX). Z tabeli tej wynika, iż wartości roczne opadów wahają się w granicach 550—600 mm, przeciętnie ok. 580 mm. Największe wartości miesięczne (80—90 mm) występują z zasady w lipcu; nieco mniejszymi wartościami charakteryzuje się sierpień. Minima opadów (25 — 30 mm) notowane są w lutym, rzadziej w marcu.

Podobne ilości opadów wykazuje okres 1930—40, z którego posiadamy obserwacje stanów wody, z tą jednak różnicą, że minima występują tu z reguły w styczniu.

Natomiast rozpatrywany od strony przepływów okres 1952—55 charakteryzuje się o wiele niższymi wartościami opadów — średnio 525 mm. Nie wpłynęło to jednak na zmniejszenie wielkości przepływów, co może świadczyć o dużym, nawet kilkuletnim, wyrównaniu przez jeziora przepływów rzeki Krutyni.

Duża ilość jezior w dorzeczu, które stanowią dla niego zbiorniki retencyjne, powoduje, iż rozkład opadów nie znajduje swego odzwierciedlenia w stanach wody i przepływach, jak to obserwujemy w rzekach o małych możliwościach retencyjnych.

Przy okazji należy wspomnieć, iż zlewnia wielkich jezior mazurskich odznacza się dużą częstotliwością deszczów nawalnych, które występują najczęściej w czerwcu. Chomicz [3] podaje przykłady tych deszczów zanotowane na kilku stacjach w dorzeczu Krutyni (tabela XXI).

Tabela XXI

Deszcze nawalne w dorzeczu Krutyni i okolicach
(wg Chomicza)

Lp	Data	Stacja	Czas		Wydajność w mm	
			g.	min.	B ₁	B ₂
1	30.VI.1891	Młynowo		3	11,7	23,0
2	4.VIII.1895	Nawłady		5		
3	24.V.1906	Młynowo		9	21,6	
4	3.VI.1901	Nawłady		15	30,0	
5	1.VII.1907	Młynowo		17	28,0	56,4
6	18.V.1898	Nawłady		20	29,7	
7	25.VI.1896	Szeroki Bór		30		
8	1.IX.1896	Młynowo		60	44,5	
9	19.V.1897	Jabłonka	1	5	50,2	

Rozkład miesięczny temperatury powietrza w okresie 1881—1930 (wg Bartnickiego, 1948—1952 (wg Schmucka) dla stacji klimatolo

Oznaczenie	XI	XII	I	II	III	IV
Temperatura	1,5	—2,3	—3,9	—3,1	0,4	6,1
	XI	XII	I	II	III	IV
Parowanie średnie	17	14	14	16	26	65
%	2,8	2,3	2,6	2,8	5,0	10,8
Maksimum	21	21	15	21	33	81
Minimum	12	12	12	9	21	54
Amplituda	9	9	3	12	12	27

Średnie miesięczne, półroczne i roczne opady (w mm) w dorzeczu

Lp	Stacja	H m n.p.m.	N	E Gr	I	II	III	IV	V
1	Łęczany	106	53°58′	21°09′	31	25	28	39	47
2	Młynowo	175	53°53′	21°20′	35	29	30	41	49
3	Biskupiec	150	53°52′	20°58′	36	28	31	38	49
4	Maradki	140	53°49′	21°08′	34	26	27	38	42
5	Nawady	150	53°43′	21°20′	34	31	32	43	47
6	Dźwierzuty	152	53°42′	20°57′	30	27	28	39	52
7	Jabłonka	190	53°40′	21°02′	34	28	27	43	48
8	Racibórz Leśn.	140	53°36′	21°15′	35	27	28	37	54
9	Krutyn	130	53°41′	21°26′	32	26	30	41	47
10	Szeroki Bór	125	53°37′	21°39′	33	27	32	44	48

Zarastanie rzeki. Krutynia jest rzeką o intensywnie zarastającym korycie; na niektórych odcinkach zarastanie obejmuje całą powierzchnię zwierciadła wody. W górnym i środkowym biegu, wskutek większych spadków rzeki i niezbyt sprzyjających warunków glebowych dna rzeki (żwiru morenowego i kamienie), intensywnemu zarastaniu ulegają jedynie odcinki sąsiadujące bezpośrednio z jeziorami, przy czym przeważa tu roślinność przybrzeżna i częściowo denna. Np. w profilu we wsi Krutyn, gdzie rzeka przecina pas wzgórz morenowych, występują płaty roślinności dennej, wychodzącej częściowo na powierzchnię. Najintensywniej zarasta Krutynia w biegu dolnym. Tuż powyżej Ukty Starej, gdzie rzeka wpływa na dno dawnej zatorfionej misy pojeziornej, wystę-

Tabela XIX

Gumińskiego i Wiszniewskiego) oraz parowania z wolnej powierzchni wody w okresie zimowej w Szczytnie ($H = 148$ m n.p.m.)

V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok	Amplituda	
12,2	15,1	17,2	15,7	11,8	6,8	6,5	21,1	
V	VI	VII	VIII	IX	X	XI—IV	V—X	XI—X
101	106	117	100	60	34	152	518	670
15,0	15,6	14,5	13,1	9,7	5,8	26,3	73,7	100
126	150	162	150	75	51	165	627	774
84	84	93	81	45	24	141	462	627
42	66	69	69	30	27	24	165	147

Tabela XX

Krutyni i okolicach dla okresu 1891—1930 (wg Wiszniewskiego)

VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	V— —VII	IV— —IX	X— —III	V— —X	XI— —IV
63	83	74	50	41	35	36	552	193	356	196	358	194
68	93	81	55	42	40	42	605	210	387	218	388	217
64	85	77	47	41	41	42	579	198	360	219	363	216
55	92	73	50	39	36	32	544	189	350	194	351	193
69	83	80	48	39	43	40	589	199	370	219	366	223
65	86	75	48	38	40	39	567	203	365	202	364	203
67	86	79	48	43	44	43	590	201	371	219	371	219
72	83	77	47	38	36	39	573	209	370	203	371	202
71	85	81	50	39	38	39	579	203	375	204	373	206
74	90	81	47	36	38	39	589	212	384	205	376	213

pują zwarte zbiorowiska roślinności wodnej, pływającej po powierzchni wraz z zespołami trzin przybrzeżnych. Nieco poniżej Ukty, po przecięciu następnego przełomu morenowego, tam gdzie rzeka meandruje po dnie następnej misy pojeziornej, zarastanie rzeki, mimo dużej głębokości, jest tak intensywne, że niesposób osiągnąć lądu płynąc rzeką.

Szczegółowe obserwacje przeprowadzone przez J. Gniazdowską z PIHM w 1952 r. w profilu Nowy Most na odcinku około 3 km w górę i w dół rzeki wykazały przede wszystkim występowanie agregacji trzin pospolitych (*Phragmites communis* Trin) oraz grążeli żółtych (*Nuphar luteum* L.Sm.) a częściowo, szczególnie w miejscach bardziej zacisznych, także i grzybieni białych (*Nym-*

phaea alba L.Sm.). Pojedynczo lub kępami występuje pałka wąskolistna (*Typha angustifolia* L.), zaś bliżej brzegu szczaw wodny (*Rumex aquaticus* L.).

W nurcie masowo pojawiają się rdestnice: grzebieniasta (*Potamogeton pectinatus* L.), przeszyta (*P. perfoliatus* L.), nitkowata (*P. filiformis* Pers.) oraz poza nurtem — rdestnica pływająca (*P. natans* L.). Przy brzegu występują także miejscami płaty żabiścieka pływającego (*Hydrocharis morsus ranae* L.) i kępy rogatka sztywnego (*Ceratophyllum demersum* L.). Bliżej mostu, gdzie trzcina występuje tylko nad brzegiem, obserwuje się w korytach jeżogłówkę najmniejszą (*Sparganium minimum* Fr.) i jeżogłówkę pojedynczą (*S. simplex* Huds.). Nad brzegiem występuje kępami sitowie jeziorne (*Scirpus lacustris* L.) i sitowie Tabernaemontana (*S. Tabernaemontani* Gmel.). W niewielkich ilościach występuje strzałka wodna (*Sagittaria sagittifolia* L.). Na odcinkach przyjeziornych zauważa się silniej wpływ flory przybrzeżnej jezior (np. trzcina wodna i sitowie), podczas gdy obecność nad brzegami rzek takich roślin, jak: litwor, jeżogłówka, pałka, wskazuje na zabagnienie doliny rzecznej. Masowy rozwój roślinności w miesiącach letnich wypełnia prawie całkowicie koryto rzeki, powodując hamowanie przepływu, piętrzenie wody i wylewy.

Zlodzenie rzeki. Pod pojęciem zlodzenia rzek rozumiemy następujące zjawiska lodowe: śryż, częściowe zlodzenie (lód brzegowy), pokrywy lodową, krę i zator. W rozważaniach naszych co do okresu występowania i czasu trwania tych zjawisk ograniczymy się jedynie do pobieżnego omówienia występowania zjawisk lodowych w całości oraz pokrywy lodowej. Należy tu jednak zaznaczyć, że dane co do zlodzenia Krutyni są wyjątkowo skąpe, tak że trudno na tej podstawie dać definitywną charakterystykę reżymu lodowego rzeki.

Zlodzenie Krutyni posiada swoisty charakter rzek, które czerpią bezpośrednio wody z jezior; objawia się to długotrwałym okresem częściowego zlodzenia oraz zupełnym niemal brakiem zjawisk śryżu i kry lodowej. Pewną odrębność stanowi profil we wsi Ukta Stara, gdzie w czasie ostrych zim czas trwania pokrywy lodowej przekracza 3 miesiące.

Częste i długotrwałe zjawisko częściowego zlodzenia Krutyni ma swoje uzasadnienie w tym, że przy brzegu istnieje słaby ruch wody dzięki obecności resztek występującej tam nad wodą roślinności. Sprzyja to szybszemu zamarzaniu wody w strefie przybrzeżnej, podczas gdy nurtem płynie stosunkowo ciepła woda z jezior. Dopiero gdy jeziora zaczynają zamarzać, pokrywa lodowa pojawia się także i na Krutyni. Zakończenie zlodzenia Krutyni związane jest również z tymi zjawiskami: pokrywa lodowa zespolona ze szczątkami obumarłych roślin nie może od razu spłynąć, tym bardziej że wahania stanów wody są tu niewielkie. Z tych względów na zakończenie zlodzenia nie obserwujemy spływu kry, tylko częściowe zlodzenie jako wynik topnienia pokrywy lodowej.

Najwcześniejsze występowanie zjawisk lodowych na Krutyni i niektórych podobnych rzekach (jak Pisa, Węgorapa, Łyna) można zaobserwować w ostatniej dekadzie listopada, podczas gdy jeziora Mikołajskie i Tałty (według obserwacji

w Mikołajkach) wykazują pierwsze oznaki lodu dopiero na przełomie pierwszej i drugiej dekady grudnia. Odwrotnie zaś obserwacje w Giżycku na Kanale Giżyckim wykazują najwcześniejsze pojawianie się zjawisk lodowych już w drugiej dekadzie listopada.

Przeciętne daty pojawiania się zjawisk lodowych na Krutyni przypadają na drugą dekadę grudnia, przy czym w okolicy Ukty Starej jest to jednocześnie data wystąpienia pokrywy lodowej, gdyż, jak już zaznaczono, inne zjawiska lodowe występują tu bardzo rzadko. W Mikołajkach zarówno data przeciętnego występowania zjawisk lodowych, jak i pokrywy lodowej przesuwają się na ostatnią dekadę grudnia.

Występowanie pokrywy lodowej odbywa się najwcześniej na przełomie pierwszej i drugiej dekady grudnia (Ukta Stara, Mikołajki). W innych profilach, gdzie daje się zauważyć jedynie dość krótkotrwałą — jak na ten region kraju — pokrywę lodową, pojawia się ona dopiero z końcem pierwszej dekady stycznia. Ta data może być także uważana za datę przeciętnego pokrywania się rzeki lodem. W Mikołajkach data ta przesuwają się raczej na koniec grudnia — początek stycznia. Zanik pokrywy lodowej na Krutyni następuje przeciętnie w drugiej dekadzie marca (Ukta Stara), a nawet znacznie wcześniej (Krutyni, Iznota), podczas gdy w Mikołajkach zjawisko to przesuwają się na pierwszą dekadę kwietnia.

Całkowity zanik zjawisk lodowych na tej rzece daje się zauważyć przeciętnie w połowie marca lub nieco później. Mikołajki natomiast wykazują zanik zlodzenia dopiero z początkiem drugiej dekady kwietnia. Najpóźniejszą datą zaniku zjawisk lodowych na Krutyni jest koniec marca — początek kwietnia, co jest spowodowane szybszym ogrzewaniem się rzek w stosunku do jezior. Jezioro Mikołajskie wykazuje bowiem najpóźniejsze zejście zjawisk lodowych w trzeciej dekadzie kwietnia.

Podsumowując należy stwierdzić, że czas trwania zjawisk lodowych na Krutyni wynosi przeciętnie około 70 — 80 dni, podczas gdy na Jeziorze Mikołajskim okres ten przedłuża się powyżej 100 dni. Przeciętny czas trwania pokrywy lodowej wynosi w przypadku Krutyni ok. 40 dni, zaś w przypadku Jeziora Mikołajskiego przekracza 90 dni; pozostałe zjawiska lodowe trwają tu znikomo krótko.

Minimalny czas trwania zjawisk lodowych przekracza 1 miesiąc, przy czym występują czasami lata, w których pełna pokrywa lodowa w ogóle nie formuje się. Nie dotyczy to jezior, których najkrótszy okres trwania pokrywy lodowej wynosi co najmniej 1 miesiąc (np. w 1902 r.).

Najdłuższy czas trwania zjawisk lodowych osiągnął na Krutyni 110 dni (Ukta Stara — 1940 r.), w czym udział pokrywy lodowej wynosił 103 dni. Natomiast w Mikołajkach zanotowano czas trwania zjawisk lodowych 126 dni (1908 r.) i 119 dni (1940 r.). W tym okresie przez cały czas występowała pokrywa lodowa.

Omówiona tu pobieżnie charakterystyka zjawisk lodowych na Krutyni, z uwagi na nie wystarczający materiał obserwacyjny, traktowana być może jako pewna orientacja w tym zagadnieniu. Wydaje się konieczne bardziej szczegółowe objęcie obserwacjami tych zjawisk na poszczególnych odcinkach rzeki, tym bardziej że już dotychczasowe obserwacje wykazały odmienny przebieg zlodzenia w różnych miejscach tej rzeki. Ponadto byłoby celowe rozpoczęcie obserwacji tych zjawisk na większych jeziorach dorzecza Krutyni (Mokre, Żyzdrój i inne).

Dla zbadania całokształtu reżymu termicznego wód w tym dorzeczu należałoby prowadzić pomiary temperatury wód rzecznych i jeziornych.

PRÓBA OBLICZENIA BILANSU WODNEGO

Obliczenia bilansu wodnego Krutyni dokonano w dwóch profilach: Pupy i Iznota, dla których udało się z pewnym przybliżeniem ustalić wielkość odpływów miesięcznych.

Wskaźniki opadu obliczono za pomocą metody wielokątów równego zadeszczenia. Okres bilansowy 1952—55 charakteryzował się w obu profilach stosunkowo niskimi wartościami opadu. Jedynie w roku hydrologicznym 1951/52 notujemy opady nieco wyższe od przeciętnych wartości wieloletnich, ale już w roku następnym 1952/53 wartość rocznego opadu spada nawet poniżej 500 mm.

Rozkład opadów na półrocze zimowe (XI—VI), półrocze letnie (V—X) i rok (XI—X) kształtuje się okragło jak 1:2:3. Ze 100% opadu rocznego, dającego w sumie 335 mln m³ wody, 35%, czyli 118 mln m³, otrzymuje zlewnia w półroczu zimowym, a 65%, czyli 217 mln m³, w półroczu letnim.

Wartości wskaźnika odpływu wyliczone zostały z ustalonych poprzednio przepływów średnich miesięcznych, a następnie sum miesięcznych odpływów, dzieląc je przez powierzchnię zlewni po profile wodowskazowe. W ostatecznym ujęciu nie brano pod uwagę wartości miesięcznych, lecz jedynie półroczne i roczne, z uwagi na możliwość porównania ze wskaźnikiem opadu.

Analiza wskaźnika odpływu w poszczególnych półroczach i latach hydrologicznych wykazuje, że jego roczna wartość w danym roku hydrologicznym jest uzależniona od opadów roku poprzedzającego. Tak np. duże opady półrocza letniego 1952 r. spowodowały dużą wartość odpływu w półroczu zimowym 1952/53; podobnie obfite opady półrocza letniego 1954 r. wywołały duże odpływy półrocza zimowego 1954/55. Uwagi te odnoszą się w równej mierze do obu przekrojów: Pupy i Iznota.

Z obliczeń wynika, iż rocznie odpływa ze zlewni Krutyni 118 mln m³ wody, czyli 35% opadu, z czego na półrocze zimowe przypada 67 mln m³, czyli okragło 20% opadu, a na półrocze letnie 51 mln m³, czyli 15% opadu; reszta opadu, tj. 217 mln m³ (65%) zużyta jest w przeważającej części na parowanie, którego nasilenie (50% — 166 mln m³ wody) przypada na półrocze letnie, a tylko 15% (51 mln m³) na półrocze zimowe. Przeto rozkład wielkości odpływu i parowania wynika przede wszystkim z faktu, że proces parowania przebiega bardzo intensywnie w okresie letnim oraz że przeważająca ilość wody odpływa w półroczu zimowym jako wynik roztopów śnieżnych.

Współczynnik odpływu kształtuje się, jak następuje: półrocze zimowe 57%, półroczne letnie 23%, wartość roczna 35%. Zbliżone wartości współczynnika, odpływu określono dla Biebrzy i Brdy; są to wartości bardzo duże jak na rzeki nizinne. Wydaje się, że jest to wynik retencjonowania wody w jeziorach zlewni Krutyni. Największe wartości współczynnika (ponad 70%) występują w półroczu zimowym, zaś najmniejsze (15%) w półroczu letnim.

Zestawienie elementów bilansu wodnego zawiera tabela XVIII.

Przyjmując ogólną postać równania bilansu wodnego

$$P = H + S \quad (\text{opad} = \text{odpływ} + \text{straty})$$

możemy dla dorzecza Krutyni, za okres wielolecia, ująć je w następujące wartości liczbowe

$$525 = 185 + 340 \text{ mm warstwy wody}$$

lub

$$335 = 118 + 217 \text{ mln m}^3 \text{ objętości}$$

Spróbujemy jeszcze ustalić zależności pomiędzy poszczególnymi elementami bilansu wodnego przyjmując straty terenowe, a następnie odpływ jako funkcję opadu. Zależność pierwsza układa się w postaci prostej, której równanie przedstawia się następująco

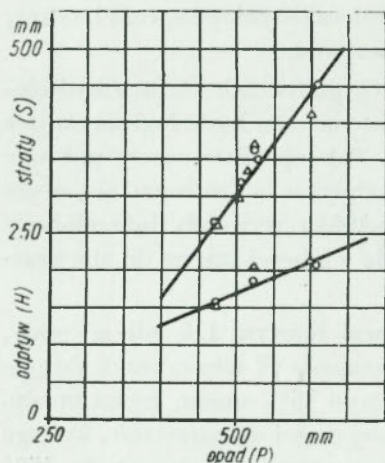
$$S = 1,38 P - 385$$

Druga zależność jest możliwa do uchwycenia jedynie wówczas, jeśli przyjmujemy, że odpływ danego roku jest funkcją opadów roku poprzedzającego. Przy tego rodzaju przyjęciu uzyskujemy dość wyraźną zależność według prostej

$$H_n = 0,43 P_{n-1} - 370$$

gdzie: H_n — odpływ w roku badanym,

P_{n-1} — opad w roku poprzedzającym.



Ryc. 10. Odpływ i straty jako funkcje opadów

Równanie to można z pewnym przybliżeniem stosować do określenia odpływu za okres wieloletni. Obydwie zależności przedstawia ryc. 10.

W pracy L. Skibniewskiego i Z. Mikulskiego [26] założono, że do wielkich jezior mazurskich splywa rocznie 35% opadów, tj. 650 mln m³ (20,6 m³/sek).

Liczba ta jest zgodna z obecnymi wyliczeniami stwierdzającymi, że roczny odpływ Krutyni obejmuje 35% sumy opadów w dorzeczu.

Bilans wodny Krutyni (w mm)

Rok hydrolo- giczny	Opady (P)			Odpływy (H)			Różnice (P—H)			Stosunki (H:P)		
	półrocze		rok	półrocze		rok	półrocze		rok	półrocze		rok
	zimowe	letnie		zimowe	letnie		zimowe	letnie		zimowe	letnie	
Pupska Struga — Pupy												
1951/52	203,6	403,1	606,7	94,3	59,8	154,1	109,3	343,3	452,6	0,46	0,15	0,25
1952/53	182,4	290,7	473,1	132,5	76,1	208,5	49,9	214,6	264,6	0,73	0,26	0,44
1953/54	140,3	382,5	522,8	99,3	57,8	157,1	41,0	324,7	365,7	0,71	0,15	0,30
1954/55	206,0	298,8	504,8	109,5	76,5	186,0	96,5	222,3	318,8	0,53	0,26	0,37
Średnia	183,1	343,8	526,8	108,9	67,5	176,4	74,2	276,3	350,4	0,61	0,20	0,34
Krutynia — Iznota												
1951/52	204,6	394,8	599,4	93,9	93,0	186,9	110,7	301,8	412,5	0,46	0,23	0,31
1952/53	195,3	278,8	474,1	120,5	91,1	211,6	74,8	187,7	262,5	0,61	0,33	0,45
1953/54	143,4	378,9	522,3	85,6	69,7	155,3	57,8	309,2	367,0	0,60	0,18	0,30
1954/55	204,8	296,8	501,6	106,8	96,1	202,9	98,0	200,7	298,7	0,52	0,32	0,40
Średnia	187,0	337,3	524,3	101,7	87,5	189,2	85,3	249,8	335,1	0,55	0,26	0,36
Krutynia — wartości wyrównane												
mm	185	340	525	105	80	185	80	260	340	0,57	0,25	0,35
mln m³	118	217	335	67	51	118	51	166	217	—	—	—
%	35	65	100	20	15	35	15	50	65	57	23	35

Obliczenia bilansu wodnego Wielkich Jezior Mazurskich podane w tejże pracy wykazują sumaryczny dopływ do jezior 639 mln m³ wody rocznie, co przy 310 km² powierzchni tych jezior daje warstwę 2060 mm. Ponieważ roczny odpływ Krutyni wynosi 118 mln m³, czyli 380 mm warstwy wody w jeziorach, przeto udział tych wód w ogólnym bilansie Wielkich Jezior Mazurskich wynosi 18,5%. Poprzednie obliczenia, oparte na danych poniemieckich, podawały wielkość tego udziału na 25%, co jak już stwierdzono, jest wartością za wysoką.

Dalsze badania powinny doprowadzić do dokładniejszego sprecyzowania poszczególnych elementów bilansu wodnego Krutyni i udziału tej rzeki w ogólnym bilansie wodnym Wielkich Jezior Mazurskich.

Jeśli porównamy wartość odpływu (118 mln m³) z masą wody zretencjonowaną we wszystkich jeziorach rozpatrywanego dorzecza (520 mln m³), widzimy, że stanowi ona zaledwie ok. 23% retencji biernej jezior, natomiast istniejące urządzenia piętrzące mogą magazynować 26% odpływającej rocznie wody. Fakty te stwarzają przesłanki do rozpatrzenia możliwości gospodarczego wykorzystania wód.

MOŻLIWOŚCI GOSPODARCZEGO WYKORZYSTANIA WÓD

Plan perspektywiczny gospodarki wodnej klasyfikuje Pojezierze Mazurskie jako obszar nadwyżkowy w wodę, o dominancie rolniczo-leśno-rybackiej. Przewiduje się, że po uporządkowaniu gospodarki wodnej nadwyżki wody mogą być oddane do sąsiedniego obszaru deficytowego, w dorzeczu Narwi i Wkry. Uzupełnienia zasobów wodnych wymaga w szczególności obszar położony pomiędzy Pisą a Wkrą [30].

Zanim jednak przejdziemy do rozpatrzenia możliwości przerzutów wody z dorzecza Krutyni, omówimy pokrótce dotychczasowy stan gospodarowania wodami Krutyni.

Poza normalną gospodarką rolniczo-leśną w dorzeczu i wykorzystaniem rybackim większych jezior, szlak wodny Krutyni służył dla spławu drzewa. Ładownie drzewa istniały w górnej Krutyni nad jez. Żyzdrój Wielki i Mały oraz w dolnej — poniżej Ukty. Spław drzewa odbywa się także i dziś.

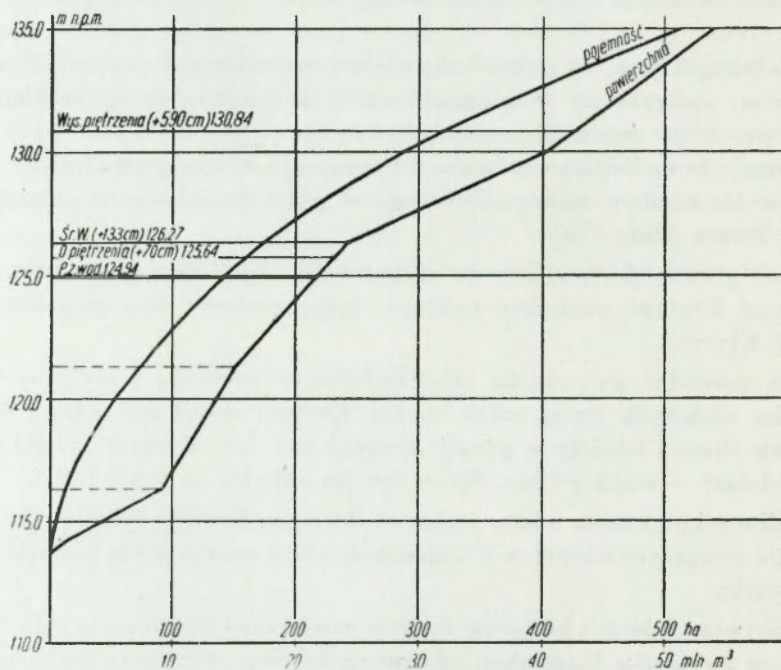
Możliwości piętrzenia wód w jeziorach dorzecza Krutyni skłaniały do wykorzystania zmagazynowanych w ten sposób zasobów wodnych dla potrzeb żeglugi i energetyki.

W pierwszych latach bieżącego stulecia zamierzono zbudowanie jednej z większych na Pojezierzu Mazurskim siłowni wodnych na Krutyni. Wykorzystując możliwość spiętrzenia wód jeziora Żyzdrój rozpoczęto budowę siłowni wodnej i śluzy (dla umożliwienia spławu i ruchu turystycznego na Krutyni) u wylotu Pupskiej Strugi, z jeziora Żyzdrój Mały. Na skutek fatalnych warunków geologicznych budowę prowadzono przez szereg lat, zmieniając w tym okresie miejsce posadowienia obiektu. Niestety, próbne spiętrzenie wód przez śluzę do całkowitej wysokości napełnienia 5,20 m (130,84 m n.p.m) spowodowało szereg przesiąków przez groblę ziemną przegradzającą dolinę oraz niebezpieczne pęknięcia i nierównomierne osiadanie śluzy, które groziło zawaleniem się całej budowy. W tym stanie rzeczy zaprzestano instalacji elektrowni, a śluzę wykorzystywano jedynie do niewielkich piętrzeń dla regulowania przepływu poniżej*.

Przeprowadzone w ostatnich latach przez „Hydrogeo” badanie śluzy wykazało dobry jej stan i możliwość dalszej eksploatacji.

* Powyższe wiadomości zawdzięczamy strażnikowi wodnemu w Pupach Władysławowi Małowski, za co mu na tym miejscu składamy podziękowanie (przyp. aut.)

Pojemność jeziora Zyzdrój Wielki i Mały, przy różnych napełnieniach jezior, została obliczona na podstawie planu 1:25 000 z zaznaczeniem izobat. W tym celu splanimetrowano powierzchnie poszczególnych izobat i izohips terenu, a następnie obliczono pojemności zawarte między kolejnymi izobatami i izohipsami. Pojemności sumowano w miarę obliczania. Na tej podstawie wykreślono krzywą batygraficzną (ryc. 11) pozwalającą na określenie pojemności



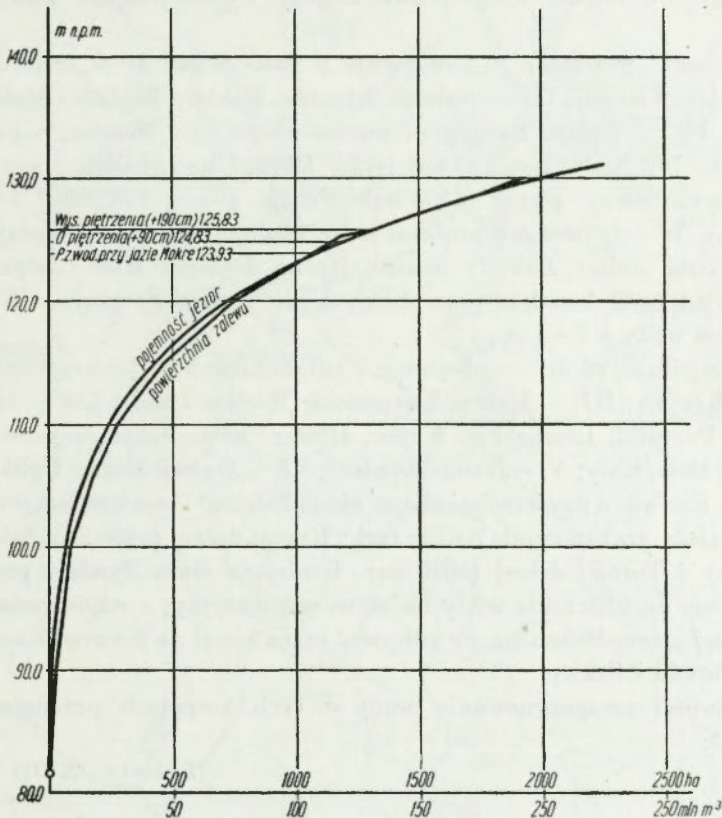
Ryc. 11. Krzywa batygraficzna jeziora Zyzdrój

przy każdym napełnieniu. Przyjmując początek piętrzenia na wysokości + 70 cm na wodowskazię górnym śluży Zyzdrój (125,64 m NN) otrzymujemy z krzywej okrągło 16 mln m³ pojemności. Podobnie przyjmując maksymalną wysokość piętrzenia na wysokości + 590 cm (130,84 m NN), otrzymujemy z krzywej 32 mln m³; pojemność użytkowa wynosi zatem 16 mln m³.

Należy nadmienić, iż przy całkowitym napełnieniu cofka zbiornika sięga do młyna w Babętach.

Tuż przed I wojną światową zbudowano u wylotu Krutyni z Jeziora Mokrego jaz piętrzący wodę tego jeziora na wysokość 1 m (125,83 m NN). Jaz ten służył do regulowania stanów wody w Krutyni dla potrzeb spławu drzewa. Przy całkowitym spiętrzeniu wód cofka sięga aż w pobliże śluży Zyzdrój, łącząc jeziora: Zdrużno, Uplik i Mokre w jeden zbiornik, którego pojemność, przy różnych napełnieniach, obliczono analogicznie jak w przypadku jeziora Zyzdrój.

Przyjmując początek piętrzenia na wysokości $+90$ cm na wodowskazie górnym jazu Mokre (124,83 m NN), otrzymujemy z krzywej 119 mln m^3 pojemności. Podobnie, przyjmując wysokość piętrzenia na odczycie $+190$ cm (125,83 m NN), otrzymujemy z krzywej 134 mln m^3 ; zatem pojemność użytkowa omawianego zespołu jezior wynosi 15 mln m^3 (ryc. 12).



Ryc. 12. Krzywa batygraficzna Jeziora Mokrego

Obecnie wykorzystanie energetyczne wód Krutyni odbywa się jedynie poprzez wspomniany wyżej młyn w Babiętach oraz młyn w Pieckach Krutyńskich, tuż poniżej wsi Krutyń.

W okresie powojennym powstało kilka projektów wykorzystania wód Krutyni do nawodnień łąk leżących na obszarze Równiny Kurpiowskiej. Kwestie te poruszali w prasie technicznej: Z. Sochoń [27], A. Obuchowski [19, 20], a ostatnio W. Mikulski [18], w pracach Biura Projektów Wodno-Melioracyjnych. W szczególności chodzi tu o przerzucenie pewnych ilości wody w dorzecza Szkwy, Rozogi i Omulwi dla nawodnienia ponad 50 000 ha użytków zielonych.

Potrzeby wodne samych tylko użytków zielonych na torfowiskach (56% powierzchni nawadnianej) wynoszą w tym obszarze, dla okresu wegetacyjnego, co najmniej 84 mln m³. Całkowite potrzeby wodne tego obszaru wynoszą w okresie wegetacyjnym ponad 117 mln m³ wody.

W celu dostarczenia żądanych ilości wody zaprojektowano kilka zespołów zbiornikowych, między innymi dwa zespoły wykorzystujące wody dorzecza Krutyni.

A. Zespół „Świątajno” — obejmuje 5 zbiorników: I — Jezioro Rańskie, II — jezioro Pierwój; III — jeziora: Stromek, Babięty Wielkie i Małe, Zalesno, Miętkie; IV — jezioro Świątajno, jeziora Piasutno i Nożyce, o powierzchni zlewni ok. 160 km² i powierzchni jezior 12 km² nawadniający grawitacyjnie doliny rzek: Szkwy górnej (3400 ha), Rozogi górnej (6520 ha) i Trybówki (2320 ha). W celu zmagazynowania odpowiedniej ilości wody projektuje się przegrodzenie doliny Babięty poniżej jeziora Babięty Małe i odprowadzenie spiętrzonych wód kanałem poza dorzecze do jeziora Świątajno. Wymaga to spiętrzenia wody o 3—4 m.

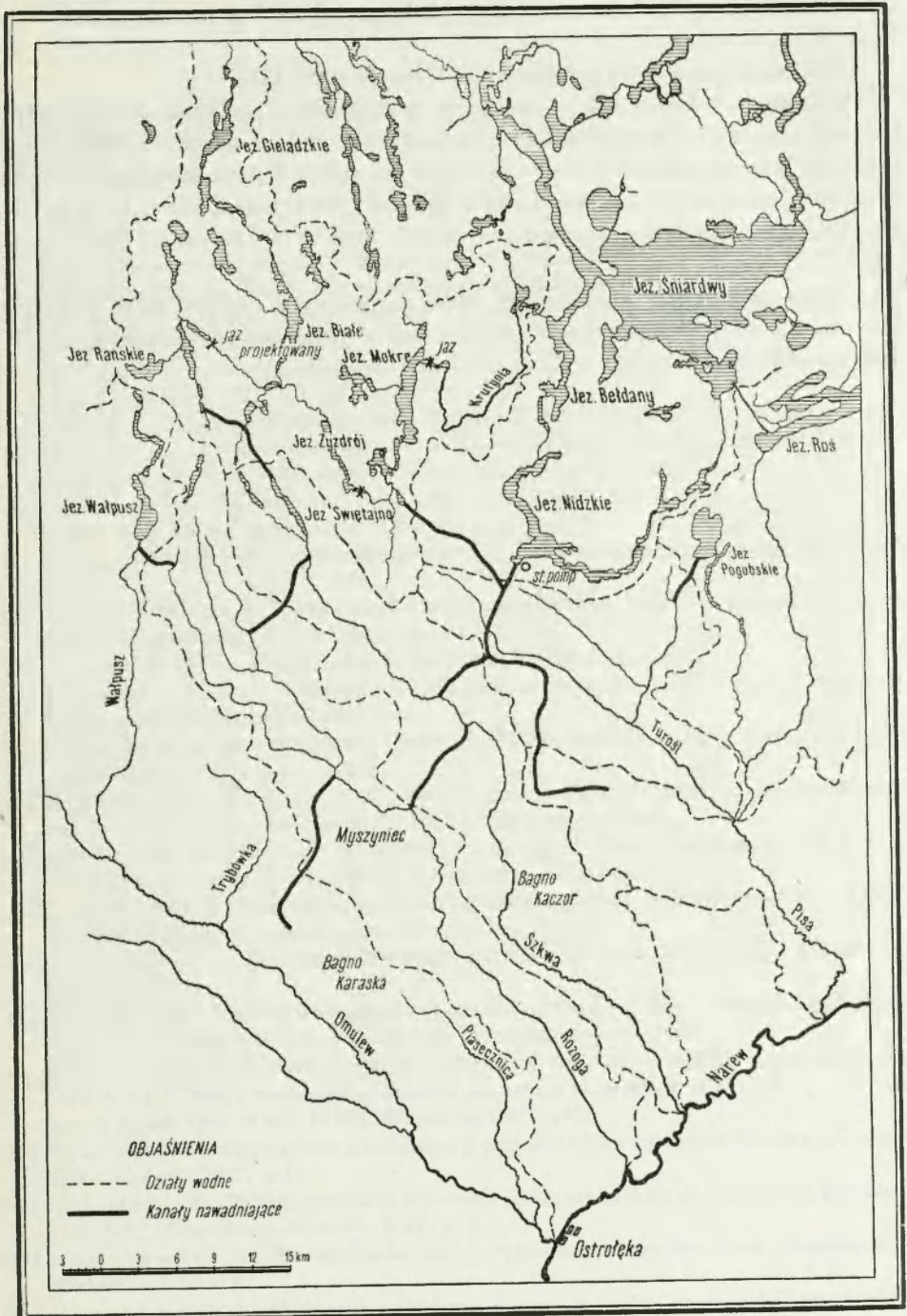
B. Zespół „Zyzdrój” — obejmuje 7 zbiorników: I — jezioro Pilakno; II — Jezioro Krzywe; III — Jezioro Warpuńskie Wielkie i Małe; IV — Jezioro Giełdżkie, Pustniki, Lampackie, Kujno, Dłużec, Białe, Gant, Tejsowo, Krawno Wielkie i Małe, Kały; V — Jezioro Zyzdrój; VI — Jezioro Mokre, Uplik, Zdrużno, Pupskie, Kierwik o powierzchni zlewni około 366 km² i powierzchni jezior 39 km² nawadniający grawitacyjnie doliny rzek: Rozogi dolnej (6400 ha), Szkwy dolnej (7340 ha) i Turośli dolnej (3880 ha). Istniejąca śluza Zyzdrój przewidziana jest jedynie do piętrzenia wody na okres wegetacyjny, a odprowadzanie wody spiętrzonej jazem Mokre ma się odbywać przez kanał na jeziorze Kierwik w dorzecze Turośli i Szkwy.

Możliwości zmagazynowania wody w tych zespołach przedstawia tabela XXIII:

Tabela XXIII

Zespół	Pow. zlewni km ²	Pow. zlewu km ²	Ilość wody możliwa do zmagazynowa- nia mln m ³	Maksymalna pojemność zbiorników mln m ³
Świątajno	160	5,84	19,092	32,817
Zyzdrój	366	7,81	41,775	74,263
Razem	526	13,65	60,867	107,080

Przerzuty wody dokonane będą przy pomocy kanałów przecinających działły wodne. Zespół „Świątajno” otrzymałby kanał wewnętrzny łączący jezioro Krawno Wielkie z jeziorem Świątajno. Część wody tuż poniżej wylotu Szkwy



Ryc. 13. Projekt przerzutów wody z jezior mazurskich na Równinę Kurpiowską

z jeziora Świątajno przerzucona byłaby dalszym odcinkiem kanału w dorzecze Rozogi.

Układ sieci kanałów przedstawiono na mapce (ryc. 13).

Wykonanie robót o takim rozmiarze pociągnęłoby za sobą duże koszty. Orientacyjnie można przyjąć koszt doprowadzenia wody w wysokości 2000 zł/ha, zaś koszt magazynowania wody w jeziorach 0,9 zł/m³. Jednakże spełnienie tych zamierzeń pozwoliłoby na podniesienie jakości i wydajności łąk z 15 q/ha do 40 q/ha, dając nadwyżkę roczną na całym obszarze 50 000 ha ponad 1200 mln q siana.

Realizacja projektu stanowiłaby jedno z większych przedsięwzięć przerzutów wody między zlewniami, zaleconych w planie perspektywnym gospodarki wodnej w Polsce.

LITERATURA

- [1] Behr J., Kaunhoven F., Krause P.G., Blatt Theerwisch. Geolog. Karte von Preussen 1:25000. Geolog. Landesanstalt, Berlin 1910 (mapa i tekst).
- [2] Bludau A., Die Oro- und Hydrographie d. preuss. und pommerschen Seenplatte, Pet. Mitt. Ergh. nr 110, Gotha 1894.
- [3] Chomicz K., Ulewy i deszcze nawalne w Polsce. „Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.” II, z. 3. Warszawa 1951.
- [4] Golek J., Zjawiska lodowe na rzekach polskich. Prace PIHM, z. 48, Warszawa 1957
- [5] Hurtig Th., Das Spirdingsee-Gebiet und das Schippenbeiler Becken, „Schrift d. Phys. Ökonom. Gesellsch. zu Königsberg Pr.” 68, z. 3/4, Königsberg 1935.
- [6] Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands 1901—1936.
Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reichs 1937—1940, Berlin.
- [7] Katalog jezior polskich, Instytut Geografii PAN, Dokumentacja Geograficzna, Warszawa 1954.
- [8] Kaunhoven F., Schulte L., Blatt Babienten, Geolog. Karte von Preussen 1:25000, Geolog. Landesanstalt, Berlin 1904 (mapa i tekst).
- [9] Keller H. Memel, Pregel und Weichselstrom, B. III, Berlin 1899.
- [10] Klautsch A., Blatt Ribben, Geolog. Karte von Preussen 1:25000. Geolog. Landesanstalt, Berlin 1910 (mapa i tekst).
- [11] Klautsch A., Blatt Sorquitten. Geolog. Karte von Preussen 1:25000. Geolog. Landesanstalt, Berlin 1910 (mapa i tekst).
- [12] Klautsch A., Krause P. G., Soenderap F., Blatt Aweyden, Geolog. Karte von Preussen. Geolog. Landesanstalt, Berlin 1910 (mapa i tekst).
- [13] Klautsch A., Krause P. G., Soenderap F., Blatt Sensburg, Geolog. Karte von Preussen. Geolog. Landesanstalt, Berlin 1910 (mapa i tekst).
- [14] Kondracki J., Uwagi o ewolucji morfologicznej Pojezierza Mazurskiego, Inst. Geolog, Biuletyn 65 (Z badań czwartorzędu, I), Warszawa 1952.
- [14a] Kondracki J., Pojezierze Mazurskie jako region naturalny. „Geogr. w szkole”, 1957, z. 6.
- [15] Krause P. G., Eiszeiterinnerungen aus dem Kreise Sensburg, Unsere masurische Heimat zum hundertjährigen Bestehen des Kreises Sensburg, Sensburg 1926.
- [16] Materiały do bilansu wodnego Polski, I. Opady zmierzone w dorzeczu Wisły w latach 1920—1939, VIII. Opady zmierzone w dorzeczu przymorza bałtyckiego między Wisłą a Niemnem w latach 1920—1940, PIHM, Warszawa 1951—1952.
- [17] Mikulski W., Ogólne dane o rozwiązaniu projektu melioracji Bagna Kuwasy, „Gospodarka Wodna”, 1952, z. 1.
- [18] Mikulski W., Projekt generalny piętrzenia jezior mazurskich do nawodnień użytków zielonych, „Gospodarka Wodna”, 1957, z. 9.
- [19] Obuchowski A., Przeobrażenia rzek w Polsce a potrzeby rolnictwa, „Gospodarka Wodna”, 1953, z. 2.
- [20] Obuchowski A., Możliwości techniczne dostosowania sieci rzecznej do potrzeb rolnictwa, „Gospodarka Wodna”, 1954, z. 6.

- [21] Olszewski P., Dotychczasowe wiadomości z zakresu chemizmu jezior na Mazurach, „Kosmos”, LXVI, ser. A, (1948—1951), z. 4.
- [22] Olszewski P., Wstępna charakterystyka limnologiczna niektórych jezior Pojezierza Mazurskiego, Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie, (w druku).
- [23] Pacewicz W., Uwagi o przebiegu robót melioracji Bagna Kuwasy, „Gospodarka Wodna”, 1954, z. 1.
- [24] Roczniki Hydrograficzne. Wisła i rzeki Przymorza na wschód od Wisły, 1945—1950, PIHM, Warszawa.
- [25] Schmuck A., Parowanie z wolnej powierzchni wodnej w Polsce, Sprawozdanie Wrocł. Tow. Nauk., 8. Wrocław 1955.
- [26] Skibniewski L., Mikulski Z., Hydrologia Wielkich Jezior Mazurskich, „Wiad. Służby Hydrolog. i Meteorol.” IV, z. 4, Warszawa 1954.
- [27] Sochoń Z., Możliwości magazynowania wody w jeziorach mazurskich dla celów nawodnienia. „Gospodarka Wodna”, 1947, z. 1.
- [28] Srokowski St., Jeziora i moczary Prus Wschodnich. Warszawa 1930.
- [29] Szczegółowy podział dorzecza Wisły. Prace PIHM z.38, Warszawa 1954.
- [30] Tuszkowski A., Założenia podstawowych rozwiązań gospodarki wodnej w Polsce. „Gospodarka Wodna”, 1956, z. 4.
- [31] Więckowska H., Obszary bezodpływowe Mazowsza, „Przegl. Geograf.” XXIII, 1953.
- [32] Więckowska H., Uwagi o prowadzeniu działów bezodpływowych, „Gospodarka Wodna”, 1952, z. 12.
- [33] Wiszniewski W., Atlas opadów atmosferycznych w Polsce (1891—1930). Prace PIHM, Warszawa 1953.
- [34] Zwierz St., Arkusz Olsztyn, Przeglądowa mapa geologiczna Polski 1:300.000, Mapa wyd. A. oraz „Materiały Archiwum Wiercen” T. 3, PIG, Warszawa 1951.

SPIS RYCIN

- Ryc. 1. Połączenie pomiędzy jeziorami Białe i Dłużec
- Ryc. 2. Jaz przy wypływie Krutyni z Jeziora Mokrego
- Ryc. 3. Wysokie brzegi jeziora Zyzdrój ze śladami wahań stanu wody
- Ryc. 4. Zarastające jeziorka dystroficzne na zachód od wsi Krutyni
- Ryc. 5. Wahania stanów wody
- Ryc. 6. Przebieg miesięcznych stanów wody
- Ryc. 7. Krzywe przepływu, prędkości i spadku dla profilu Pupy
- Ryc. 8. Krzywe przepływu, prędkości i spadku dla profilu Iznota
- Ryc. 9. Profil przepływów na Krutyni
- Ryc. 10. Odpływ i straty jako funkcje opadów
- Ryc. 11. Krzywa batygraficzna jeziora Zyzdrój
- Ryc. 12. Krzywa batygraficzna Jeziora Mokrego
- Ryc. 13. Projekt przerzutów wody z jezior mazurskich na Równinę Kurpiowską

Tablice poza tekstem:

- I. Mapa litologiczna 1:200 000
- II. Mapa geomorfologiczna 1:200 000
- III. Mapa hydrograficzna 1:200 000 (z poziomiami i działami wód)
- IV. Profil podłużny Krutyni
- V. Plany batymetryczne jezior 1:50 000

ГИДРОГРАФИЯ БАСЕЙНА КРУТЫНИ

РЕЗЮМЕ

Гидрографический очерк бассейна Крутины возник на основании работ над геоморфологической и гидрографической картой, проведенных Институтом Географии Варшавского Университета по поручению Института Географии Польской Академии Наук в 1952—1953 г. и Бюро Водно-Мелиоративных Проектов в 1955 г. (с целью выявления водных ресурсов для орошения лугов расположенных далее к югу).

Бассейн Крутины расположен в той части Мазурского поозерья воды которой собирает эта речка и ведет к самому крупному озеру Польши — Снярдвы, откуда вода течет Писой и Наревью в Вислу. Собственно трудно тут говорить о бассейне в точном смысле этого слова, поскольку здесь нет настоящей долинной сети; ряд коротких речек с разными местными названиями соединяет отдельные озера. Вся территория имеет характер молодогляциального рельефа с огромным количеством бессточных углублений, которые образуют довольно большие участки местности лишенные поверхностного стока, особенно на водоразделах, так что оказывается почти невозможно определить последние без тщательного изучения уровня грунтовых вод. Отсюда разноразличия в величине площади бассейна по разным источникам.

Характеризуя описываемую территорию с физико-географической точки зрения мы можем различить 3 единицы: зандровую равнину на юге, т.н. мронговский горб (Sensburger Rücken) на северо-западе (130—211 м над уровнем моря) и понижение больших Мазурских озер на востоке, раньше не совсем правильно называемое „Мазурская долина” (Mazurscher Tal), где уровень озер находится на 116—125 м, а наивысшие точки на моренах достигают 130—160 м. Независимо от расположенных в меридиональном направлении двух главных субрайонных единиц выступают моренные и зандровые зоны приблизительно в западно-восточном направлении. Самая высшая зона морен последнего оледенения тянется вдоль линии Ментке, Бабента, Рудяне образуя границу между холмистым моренным ландшафтом и зандровой равниной. Был бы однако ошибкой считать, что эти морены являются границей последнего оледенения поскольку в зандровой зоне встречаются вытопленные во флювиогляциальных песках озерные котловины, которые служат доводом на то, что граница этого оледенения находится далее к югу, а его моренные образования были покрыты „маскировкой” зандра. Этот факт находит свое подтверждение в выходящих местами из-под флювиогляциальных песков и гравия моренных возвышенностях. Путем сравнения с территорией западной Польши границу распространения ложбинных озер на зандре мы считаем границей распространения бранденбургской стадии, а ландшафтную границу морен и зандра границей распространения франкфуртской стадии. Третья важная с геоморфологической точки зрения линия определяется размещением крупных моренных возвышенностей (до 60 м относительной высоты) сопровождаемых также мощными флювиогляциальными отложениями к югу от Сорквит, Мронгова и Миколаек в направлении северных берегов озера Снярдвы. Эти морены уже раньше были

признаны соответствующими поморской стадии (14). Между распространением франкфуртской и поморской стадии размещены зоны рецессионных морен, морфологически слабее выраженных чем морены основных стадии. Наконец северные рубежи бассейна касаются следующего пояса морен, являющихся рецессивной фазой поморской стадии.

Перпендикулярно к этим всем поясам морен тянутся цепи ложбинных озер вдоль берегов которых часто расположены гравьевые валы озов и кемовых терасс. Одни из этих ложбин в месте бывших ледниковых ворот перегорожены моренными валами; их можно проследить в пределах нескольких фаз оледенения, другие как нп. ложбина Лампацкого озера около Сорквит замкнута моренными валами. В пределах бассейна мы различаем 7 меридиональных ложбинных цепей, которых самая длинная система водных соединений (от Варпун на севере через Гелондское озеро, Сорквиты, озеро Лампаш, Куйно, Длужец, Бяле и Гант) имеет более 30 км. длины. Эта система озер и речек считается основным водотоком Крутыни (см. продольный профиль). Главный приток Крутыни, река Бабента, использует другую ложбину, в которой лежит озеро Мале Бабенты соединяющееся в свою очередь под острым углом с глубокой ложбиной озера Велке Бабенты (более 58 м. глубиной), в которой находится также ряд других небольших озер. Ниже деревни Бабенты воды Крутыни используют ложбину озера Зыздруй, находящуюся уже в зандровой зоне. Сток в южном направлении кончается в Пупском озере, откуда воды Крутыни направляются извилистым путем через три короткие ложбины в северо-восточном направлении к озеру Белданы и Снярдвы.

Поскольку на описываемой территории поверхностный сток играет лишь незначительную роль, озера питаются главным образом грунтовой водой находящейся в офлювиогляциальных песках франкфуртской и поморской стадии. Главный уровень пригодных для использования грунтовых вод находится на глубине от 5 до 12 м., но в местах в которых на поверхность выходят пласты моренной глины появляется верхний уровень грунтовой воды на глубине 1—4 м. Средние годовые колебания уровня воды небольшие и колеблются в границах 30—60 см, причем самый низкий уровень относится к весне, самый высокий к осени, однако абсолютная амплитуда колебаний уровня воды достигает 3 м (в Укте, сравни стр. 19).

Вся длина Крутыни (включая озера) достигает 94 км со средним уклоном 0,3%, причем самый большой уклон в среднем течении (0,9%), где Крутыня (под названием Бабентская Струга) покидает моренную зону и входит на зандр. Площадь бассейна составляет 637,7 км² и детальное его деление приведено в таблице III на стр. 24. Территория лишенная поверхностного стока составляет 17% площади всего этого бассейна (108 км²), а озера — 9% (56 км²).

Озера являются наиболее характерным элементом гидрографии описываемого бассейна и являются основной формой проявления поверхностных вод. В таблице IV на стр. 34 и 35 приведено 93 озера площадью более 1 га в очередности их величины. На приложенной гидрографической карте они обозначены цифрами, соответствующими их очередным позициям в выше указанной таблице. Из их числа только 38 озер (40%) имеет свои батиметрические планы, представлены на приложенной таблице, они представляют 94% всей озерной площади. Остальные 60% озер занимают только 6% озерной площади, значит с точки зрения количества накопленной воды они не играют более существенной роли. На основании выше приведенных данных и приблизительной оценки объема незондированных озер мы подсчитали пассивную ретенцию озер в 520 млн. м³. Зондированные озера относительно глубоки: одиннадцать превышает максимальную глубину 20 м, в том 4 глубину 30 м. Статистические сводки приведены в таблицах V—VIII. Таблица X содержит полные морфометрические данные зондированных озер, а также справки о происхождении батиметрических планов. В таблице IX находятся справки о незондированных озерах. На двух озерах, т.е. на Зыздрое и Мокром, находятся плотины, которые дают

возможность накопить 31 млн. м³ воды (см. рис. 11 и 12). Кроме того в описываемом бассейне существуют 3 небольшие мельничные плотины имеющие лишь местное значение.

Данные касающиеся колебания уровня вод базируются на наблюдениях девяти водоизмерительных станций (к стати наблюдения проводились в разные периоды времени — см. таблица III, а также рис. 5 и 6), а характеристика стока основана на 2 профилях, именно в местности Пупы (в среднем течении) и Изнота (в близи устья). Кривые расхода скорости и уклона приведены на рис. 7 и 8.

Из таблицы XIV вытекает, что модуль стока во всем бассейне составляет 5,5 литров (сек) км² и приближается к величине исчисленной для соседних бассейнов, но он значительно меньше (60%) от ранее принятого на основании прежних работ. Принимая во внимание модуль стока для отдельных частей бассейна проведено исчисление характерных стоков сопоставленных на XV таблице, а также профили расхода (рис. 9). Из этой диаграммы вытекает, что профили расхода теряют непрерывность в местах существования более крупных озер (небольших озер не принято во внимание). Колебания стока небольшие, в чем сказывается роль озер. Средний расход на устьевом участке составляет 3,5 м³ (сек. и оба исходные водотоки до своего соединения ниже деревни Бабенты имеют средний расход около 1 м³/сек.

На формирование стока, кроме геолого-геоморфологических условий, принципиальное влияние производят следующие климатические элементы: температура, испарение и осадки. Температура воздуха имеющая теснейшую связь с температурой воды, влияет на развитие водной растительности и оледенения речных русел, что приводит к накоплению воды и затруднению стока. Температура является кроме того самым существенным фактором испарения воды, что имеет особенно важное значение по поводу большой площади озер. Из за отсутствия непосредственных наблюдений величину испарения со свободной поверхности воды можно исчислить на основании эмпирических формул. Таблица IX содержит данные, относящиеся к средним месячным температурам и испаряемости, исчисленной на станции в Щитне по формуле Шмука (25).

$$E = 30 d$$

где E = испаряемость, d = — средний недостаток влажности воздуха. Это исчисление дает для годовичного периода величину 670 мм, однако Л. Скибневский и З. Миккульский приводят для больших мазурских озер величину 880 мм. Таблица XVII дает среднюю величину осадков для бассейна за период 1891—1930 гг.

Что касается ледостава, лед на озерах держится значительно дольше чем на реке. Ледяной покров на реке держится в среднем 40 дней, а все ледовые явления 70—80 дней. Те же самые явления в соседнем Миколайском озере определяются соответственно 90 и 100 дней. Развитие водной растительности в руслах рек наиболее интенсивно в июле и августе, что препятствует стоку и запруживает воду. В 1952 г. проведены наблюдения этого явления в нижнем течении реки. Они показали обильное развитие прибрежных камышей и компактные скопления водной растительности. Видовой состав этой растительности показан на стр. 64 и 65.

Исчисления водного баланса были проведены для профилей в Пупах и Изноте, а состав балансовых данных за период 1952—1955 г. содержит таблица XXIV.

Формулы водного баланса:

$$P = H + C \text{ (осадки = сток + потери)}$$

мы можем представить для бассейна Крутины за период 1952—1955 гг. в следующей количественной форме:

$$\begin{aligned} 525 &= 185 + 340 \text{ мм} && \text{слоя воды} \\ \text{или } 335 &= 118 + 217 \text{ мил. м}^3 && \text{объема воды.} \end{aligned}$$

Рис. 10 выражает взаимообусловленность между отдельными элементами водного баланса, причем потери и сток показаны в качестве функции осадков. Первая обусловленность может быть представлена прямой линией в следующем уравнении:

$$C = 1,38 P - 385.$$

Вторую обусловленность мы можем сформулировать лишь только тогда, когда примем, что сток данного года является функцией осадков предыдущего года. Тогда взаимообусловленность принимает следующую форму:

$$H_n = 0,43 P_{n-1} - 370,$$

где H_n — сток данного года

P_{n-1} — осадки в предыдущем году.

Сравнивая средний годичный сток Крутыни (118 млн. м³) со стоком великих мазурских озер (639 млн. м³) мы видим, что удельный вес Крутыни в водном балансе больших озер составляет 18,5%, а не 25% согласно с прежними источниками.

Из балансовых данных вытекает, что коэффициент стока в бассейне составляет 35%, из чего на зимнее полугодие (XI—IV) приходится 20% годичного количества осадков, а на летнее полугодие (V—X) — 15%. На потери приходится 65%, главным образом на испарение, которое наиболее интенсивно в летнем полугодии (50% годичного количества осадков).

Необходимо подчеркнуть, что количество воды стекающей по Крутыне (118 млн. м³) составляет лишь 23% пассивной ретенции в озерах (520 млн. м³), а существующие гидротехнические сооружения могут накопить 26% стекающей в течении года воды (31 млн. м³). Эти факты создают предпосылки для рассмотрения возможности хозяйственного использования вод.

И так размещенные к югу от бассейна Крутыни луга площадью приблизительно в 50000 га требуют периодического орошения для улучшения хозяйства и увеличения производительности. Эта потребность оценивается [18] минимум на 84 млн. м³ до 117 млн. м³ воды. Из этого вытекает, что существующие в бассейне Крутыни гидротехнические сооружения не могут удовлетворить этой потребности, которая поглотила бы весь сток этой реки. Конечно такое решение вопроса совершенно невозможно. Ввиду того представленный на рис. 13 проект переброски воды предусматривает также использование водных ресурсов других бассейнов. Что касается бассейна Крутыни, предусматривается сооружение двух комплексов водохранилищ, а именно увеличение активной ретенции в комплексе Зыздруй — Мокре до 42 млн. м³ и гравитационный сток этих вод через низкий водораздел около Пуп в бассейн Туросли и Шквы, а также сооружение плотины на Бабенте ниже озера Мале Бабенты и накопление в верхней части бассейна Бабенты 19 млн. м³ воды, которая перебрасывалась бы каналом через находящееся уже вне водораздела озеро Свентайло в бассейн Розоги. Значит в общем с бассейна Крутыни нужно было бы взять в вегетационный период 61 млн. м³, что составляет более половины ее стока.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

- Рис. 1. Связь между озерами Бяле и Длужец
- Рис. 2. Плотина на месте, где выплывает Крутыня из озера Мокре
- Рис. 3. Высокие берега озера Зыздруй со следами колебания уровня воды
- Рис. 4. Зарастающие дистрофические маленькие озера на запад от деревни Крутыня
- Рис. 5. Колебания уровня воды
- Рис. 6. Ход уровня воды по месяцам
- Рис. 7. Кривая расхода, скорости и уклона для сечения Пупы

- Рис. 8. Кривая расхода, скорости и уклона для сечения Изнота
Рис. 9. Профиль расходов на Крутыни
Рис. 10. Сток и потери как функция осадков
Рис. 11. Батиграфическая кривая озера Зыздруй
Рис. 12. Батиграфическая кривая озера Мокре
Рис. 13. Проект переброски воды из мазурских озер на Курпёвскую равнину

Т а б л и ц ы в н е т е к с т а :

- I. Литологическая карта 1:200 000
II. Геоморфологическая карта 1:200 000
III. Гидрографическая карта 1:200 000
IV. Продольный профиль Крутыни
V. Батиметрические планы озер 1:50 000

DIE HYDROGRAPHIE DES KRUTYNIAFLUSSGEBIETES

ZUSAMMENFASSUNG

Das Studium der Hydrographie des Krutyniaflussgebietes (Krutinnen-Fluss) ergab sich aus den Arbeiten an der geomorphologischen und hydrographischen Karte, welche in den Jahren 1952—1953 im Auftrage des Geographischen Instituts der Polnischen Akademie der Wissenschaften von dem Geographischen Institut der Warschauer Universität ausgeführt wurden. Später, im Jahre 1955, wurden diese Arbeiten auf Grund des Bedarfes des Büros für Wasser-Meliorationsprojekte in Warszawa für die Bearbeitung von Wasservorräten zwecks eines Bewässerungsprojektes der weiter nach Süden gelegenen Wiesen ergänzt.

Das Flussgebiet der Krutynia umfasst einen Teil der Masurischen Seenplatte, der durch diesen Fluss, der in den grössten See Polens, den Śniardwy-See (Spirdingsee) mündet, entwässert wird; aus diesem See fliessen die Wassermassen durch die Pisa (Pissa-Fluss) und den Narew in die Weichsel ab. Eigentlich ist es schwer, hier von einem Flussgebiet im wahren Sinne dieses Wortes zu sprechen, denn es existiert kein richtiges Talnetz, und eine Reihe kurzer Flussläufe verbindet die einzelnen Seen. Das ganze Gebiet trägt den Charakter eines jung-glazialen Reliefs und ist besät mit unzähligen abflusslosen Vertiefungen, die sich in weitverbreiteten Partien verbinden, die keinen Oberflächenabfluss besitzen, insbesondere auf den Wasserscheiden, so dass die Feststellung der letzteren ohne genaue Kenntnis des Vorkommens von Grundwasser fast unmöglich ist. Dies erklärt auch die Divergenzen in der Bezeichnung der Oberfläche des Flussgebietes in den verschiedenen Quellenangaben.

Indem wir das Gebiet vom physisch-geographischen Standpunkt aus charakterisieren, können wir drei Einheiten unterscheiden: im Süden die Sanderfläche der Kurpie-Heide, im Nordwesten den sogenannten Sensburger Rücken (Höhen bis 211 m), im Osten die Landschaft der grossen Masurischen Seen (die früher nicht besonders treffend Masurisches Tal genannt wurde), wo die Seespiegel auf einem Niveau von 116—125 m liegen und die Kulminationen der Moränen bis zu 130—160 m ansteigen. Unabhängig von der hypsometrischen Unterschiedlichkeit der zwei meridional verlaufenden subregionalen Haupteinheiten zeichnet sich der ungefähr west-östliche Verlauf der Moränenzonen und der Sanderflächen ab. Die äusserste Moränenzone der letzten Vereisung verläuft auf der Linie Miętkie (Mingfen), Babięty (Babienten), Ruciane (Rudczanny), wo sie die Grenze einer hügeligen Moränenlandschaft und Sanderfläche bildet. Man kann jedoch diese Moränen nicht als die äussere Grenze der letzten Vereisung anerkennen, da auf dem Sandergebiet aus der Ausschmelzung der fluvioglazialen Sandmassen entstandene Seerinnen auftreten, die davon zeugen, dass die Grenze dieser Vereisung weiter nach Süden verlief, aber ihre Moränenbildungen durch Sander maskiert worden sind. Dies beweisen Moränenerhebungen, die hin und wieder unter den fluvioglazialen Sand- und Kiesmassen auftauchen.

Durch den Vergleich mit den Westgebieten Polens erkennen wir die Grenze des Vorkommens der Rinnenseen auf dem Sander als zum Bereich des Brandenburger Stadiums gehörend an, dagegen die Landschaftsgrenze der Moränen und Sander als Bereich des Frankfurter Stadiums. Die dritte vom geomorphologischen Standpunkt aus wichtige Linie bestimmt den Verlauf der hohen Moränenerhebungen (bis zu 60 m relativer Höhe), zu denen sich ebenfalls gewaltige fluvioglaziale Bildungen gesellen, südlich von Sorkwity (Sorquitten), Mragowo (Sensburg) und

Mikołajki (Nikolaiken) in Richtung des Nordufers des Śniardwy-Sees. Diese Moränen wurden schon früher als zum Pommerschen Stadium gehörend [14] anerkannt. Zwischen dem Bereich des Frankfurter und des Pommerschen Stadiums zeichnet sich eine Zone von Rückzugsmoränen ab, die morphologisch weniger ausgeprägt sind als die Moränen der Hauptstadiale. Im Norden endlich reicht das Flussgebiet bis zu einem weiteren Moränengürtel, welcher einer Rückzugsphase des Pommerschen Stadiums entspricht.

Senkrecht zu allen diesen Moränengürteln verlaufen Rinnenseenketten, zu denen sich längs den Ufern oft sandige Osrücken und Kamesterrassen gesellen. Einige dieser Rinnen durchbrechen die Moränenwälle an Stellen früherer Gletschertore, andere, wie z. B. die Rinne des Lampasz-Sees (Lampasch-See) bei Sorkwity, sind von Moränenwällen abgeriegelt. Im Bereich des Flussgebietes unterscheiden wir 7 meridionale Rinnenketten, von denen das längste System der Wasserverbindungen eine über 30 km lange Furche darstellt, die sich von Warpuny (Warpunnen) im Norden durch den Giładzkie-See (Gchland-See), Sorkwity, den Lampasz-See, Kujno, Dłużec (Längendorfer See), Białe (Weiss-See) und Gant hinzieht. Dieses System der Wasserverbindungen wurde als Hauptader der Krutynia (siehe Tafel IV) anerkannt. Der grösste Nebenfluss der Krutynia — die Babięta (Babant-Fluss) — benutzt eine andere Rinne, in der der Małe Babięta-See (Kl. Babant-See) liegt. Diese Rinne wiederum verbindet sich unter einem scharfen Winkel mit der tiefen Rinne des Wielkie Babięta-Sees (Gr. Babant-See) — mit einer Tiefe von über 58 m, in welcher sich ausserdem eine Reihe von kleineren Seen befindet. Unterhalb des Dorfes Babięta benutzt die Krutynia die Ausschmelzungsrinne des Zyzdrój-Sees (Sixdroi-See), welcher bereits auf dem Sandergebiet liegt. Der Abfluss in südlicher Richtung endet im Pupskie-See (Puppener-See), von wo die Gewässer der Krutynia sich in scharfen Krümmungen durch drei kurze Rinnen nach Nordosten zum Beldany-See (Beldahn-See) und Śniardwy-See richten.

Da auf dem betrachteten Gebiet der Oberflächenabfluss eine sehr unbedeutende Rolle spielt, werden die Seen vor allem durch Grundwasser gespeist, das sich im fluvioglazialen Sand befindet und auch unter dem Geschiebelehm des Frankfurter und Pommerschen Stadiums auftritt. Das Hauptniveau des benutzten Grundwassers befindet sich in einer Tiefe von 5 bis 12 m, jedoch an Stellen, wo auf der Oberfläche Streifen von Geschiebelehm auftreten, erscheint ausserdem ein oberes Niveau in einer Tiefe von 1 bis 4 m. Die mittleren Jahresschwankungen des Wasserspiegels sind nicht gross; die Schwankungen bewegen sich in den Grenzen von 30 bis 60 cm, wobei der niedrigste Stand auf den Frühling entfällt und der höchste auf den Herbst, die absolute Amplitude des Wasserspiegels aber beträgt fast 3 m (in Uka, vergl. S. 19).

Die ganze Länge des Krutyniaflusses (einschliesslich der Seenabschnitte) beträgt 94 km und das mittlere Gefälle 0,3 %, wobei es den grössten Wert (0,9 %) auf dem Mittelabschnitt erreicht, wo die Krutynia unter dem Namen Babięcka Struga (Babant-Fluss) die Moränenzone verlässt und auf das Sandergebiet übergeht. Die ganze Oberfläche des Abflussgebietes beträgt 637,7 qkm; ihre genaue Einteilung zeigt die Tabelle III auf S. 24. Die Gebiete ohne Möglichkeiten eines Oberflächenabflusses umfassen 17 % der Oberfläche des Flussgebietes (108 qkm), dagegen die Seen — 9 % (56 qkm).

Die Seen stellen das am meisten charakteristische Element der Hydrographie des Flussgebietes als Hauptform des Auftretens von Oberflächengewässern dar. Die Tafel IV auf S. 34 u. 35 zeigt eine Zusammenstellung von 93 Seen mit einer Oberfläche von mehr als 1 ha, die ihrer Grösse nach verzeichnet sind. Auf der beiliegenden hydrographischen Karte sind dieselben mit Zahlen versehen, die den betreffenden Stellen der genannten Tabelle entsprechen. Von diesen wurden nur für 38 Seen (40 %) bathymetrische Pläne angefertigt, die verkleinert auf der beiliegenden Tafel V dargestellt sind, dagegen stellen sie hinsichtlich ihrer Grösse 94 % der ganzen Seenoberfläche dar. Die restlichen 60 % der Seen stellen lediglich 6 % der ganzen Seenfläche dar, sie spielen also hinsichtlich ihrer gespeicherten Wassermengen keine bedeutendere Rolle. Auf Grund der erwähnten Angaben und der schätzungsweisen Bewertung des Raum-

inhalts der nichtgeloteten Seen haben wir die passive Retention der Seen auf 520 Millionen Kubikmeter berechnet. Die geloteten Seen sind verhältnismässig tief: 11 überschreiten eine maximale Tiefe von 20 m, unter ihnen 4 — mit einer Tiefe über 30 m. Statistische Zusammenstellungen sind in den Tabellen IV—VII angegeben. Die Tabelle VIII enthält vollständige morphometrische Angaben über die geloteten Seen sowie Informationen betreffend Herkunft der bathymetrischen Pläne, Tabelle IX enthält degegen Informationen über nichtgelotete Seen. Zwei Seen, d. h. der Zyzdrój-See und der Mokre-See (Mucker-See), besitzen Stauanlagen, die die Aufspeicherung von 31 mln. Kubikmetern Wasser gestatten (siehe Abb. 11 und 12). Ausserdem bestehen im Flussgebiet drei kleine Mühlwehre, die lediglich lokale Bedeutung haben.

Die Wasserstandsangaben stützen sich auf Beobachtungen von 9 Pegelstationen, die übrigens in verschiedenen Zeiträumen durchgeführt wurden (siehe Tab. XIII sowie Abb. 5 und 6), dagegen ist die Charakteristik der Abflussmenge auf 2 Profilen basiert, und zwar in den Ortschaften Pupy (Puppen) im Mittellauf sowie Iznota (Isnothen) im Mündungsabschnitt. Die Kurven des Abflusses, der Geschwindigkeil und des Gefälles sind auf den Abb. 7 und 8 angegeben.

Wie aus der Tabelle XIV hervorgeht, beträgt die Abflusspende (im ganzen Flussgebiet 5,5 l/sek/qkm und nähert sich den Werten, die für die Nachbarflussgebiete berechnet wurden, ist jedoch viel geringer als auf Grund von früheren Bearbeitungen angenommen wurde (60 %). Indem man die Abflusspende für die einzelnen Teile des Flussgebietes in Betracht nahm, wurden die charakteristischen Abflussmengen, die auf der Tabelle XVIII dargestellt sind, berechnet und die Abflussprofilen dargestellt (Abb. 9). Auf den Zeichnungen ist die Aufmerksamkeit auf die Unstetigkeit der Abflussprofilen an denjenigen Stellen zu richten, wo grössere Seen auftreten (kleinere Seen wurden nicht berücksichtigt). Die Schwankungen der Abflussmengen sind unbedeutend, worin sich die Rolle der Seen widerspiegelt. Die mittlere Abflussmenge im Mündungsabschnitt beträgt 3,5 cbm/sek. und beide Quellflüsse haben bis zur Vereinigung oberhalb des Dorfes Babięta eine mittlere Abflussmenge von ca. 1 cbm/sek.

Auf die Gestaltung des Abflusses haben, ausser den geologisch-geomorphologischen Verhältnissen, die folgenden klimatischen Elemente einen grundlegenden Einfluss: Temperatur, Verdunstung und Niederschlag. Die Lufttemperatur, die in engem Zusammenhang zu der Wassertemperatur steht, hat Einwirkung auf die Verkrautung und die Vereisung des Flussbettes, was eine Stauung des Wassers und eine Verminderung des Abflusses hervorruft. Ferner ist die Temperatur der wesentlichste Faktor der Wasserverdunstung, was eine besonders grosse Rolle infolge der bedeutenden Seenoberfläche spielt. Infolge Fehlens direkter Beobachtungen kann man die Verdunstungsgrösse von dem freien Wasserspiegel auf Grund von empirischen Formeln feststellen. Die Tabelle XIX enthält die mittleren Monatstemperaturen und die Summe der Potentialverdunstung, die für die Station in Szczytno (Ortelsburg) nach der Schmuck'schen Formel [25] berechnet wurde:

$$E = 30 d,$$

wobei E = potentielle Verdunstung, d = mittleres Sättigungsdefizit der Luftfeuchtigkeit bedeutet. Auf diese Weise erhält man die mittlere Jahresmenge von 670 mm, während L. Skibniewski und Z. Mikulski für die grossen Masurischen Seen einen Wert von 880 mm [26] angeben. Tabelle XX gibt die mittleren Niederschlagsmengen für das Flussgebiet für den Zeitraum von 1891—1930 an.

Was die Vereisungsecheinungen anbelangt, so dauern dieselben auf den Seen länger an als auf dem Fluss. Die Eisdecke auf dem Krutynia-Fluss hält durchschnittlich 40 Tage an und die teilweise Vereisung 70—80 Tage, dagegen haben dieselben Erscheinungen auf dem Nachbarsee, dem Mikolajki-See (Nikolaiker-See), eine entsprechende Dauer von 90 und 100 Tagen.

Die Verkräutung des Flussbettes tritt am stärksten im Juli und August auf, wobei sie den Wasserabfluss erschwert und das Wasser staut. Im Jahre 1952 wurden Beobachtungen der Verkräutung des Flussbettes im Unterlauf des Flusses durchgeführt, wobei eine üppige Entwicklung des Schilfes an den Ufern und ein dichtes Vorkommen von Wasserpflanzen festgestellt wurde. Die Pflanzenarten wurden auf S. 62 — 63 angegeben.

Die Berechnung der Wasserbilanz wurde für Profile in Pupy und Iznota durchgeführt, die Tabelle XXII (auf S. 68) enthält eine Zusammenstellung der Bilanzangaben für die Zeit von 1952 — 1955.

Indem man die allgemeine Gestalt der Gleichung der Wasserbilanz

$$P = H + S \text{ (Niederschlag = Abfluss + Verlust)}$$

annimmt, kann man dieselbe für das Flussgebiet der Krutynia für den Zeitabschnitt von 1952 — 1955 in folgenden Wertziffern festlegen:

$$525 = 185 + 340 \text{ mm der Wasserschicht}$$

oder

$$335 = 118 + 217 \text{ mln cbm der Wassermenge}$$

Die Abb. 10 stellt die Abhängigkeit zwischen den einzelnen Elementen der Wasserbilanz dar, wobei die Verdunstung und der Abfluss als Funktionen der Niederschläge ausgedrückt wurden.

Die erste Abhängigkeit verläuft gradlinig und deren Gleichung stellt sich wie folgt dar:

$$S = 1,38 P - 385.$$

Die Erfassung der zweiten Abhängigkeit ist nur dann möglich, wenn man voraussetzt dass der Abfluss des gegebenen Jahres die Funktion der Niederschläge des vorhergehenden Jahres ist. In diesem Falle gestaltet sich die Abhängigkeit wie folgt:

$$H_n = 0,43 P_{n-1} - 370,$$

wobei H_n — Abfluss des untersuchten Jahres

P_{n-1} — Niederschlag im vorhergehenden Jahre bedeutet.

Indem wir den mittleren Jahresabfluss der Krutynia (118 mln. cbm) mit dem Abfluss der grossen Masurischen Seen (639 mln. cbm) vergleichen, sehen wir, dass der Anteil der Krutynia an der Bilanz der grossen Seen 18,5 % beträgt, und nicht 25 %, wie frühere Quellen angaben.

Aus den Bilanzangaben geht hervor, dass der Abflussfaktor im Flussgebiet 35 % beträgt, wovon auf das Winterhalbjahr (XI — IV) 20 % der jährlichen Niederschlagssumme entfallen, und auf das Sommerhalbjahr (V — X) — 15 %, wohingegen 65 % auf Verluste entfallen, vorwiegend auf Verdunstung, deren grösste Intensität auf das Sommerhalbjahr (50 % der Jahresniederschlagssumme) entfällt.

Es lohnt sich darauf aufmerksam zu machen, dass die Abflussmenge der Krutynia (118 mln. cbm) kaum 23 % der passiven Retention in den Seen (520 mln. cbm) darstellt, dagegen können die bestehenden Stauanlagen 26 % der jährlich abfliessenden Wassermenge (31 mln. cbm) aufspeichern. Diese Tatsachen schaffen Voraussetzungen für die Erörterung der Möglichkeiten der wirtschaftlichen Ausnutzung des Wassers.

Und zwar erfordern die südlich des Flussgebietes der Krutynia gelegenen Wiesen mit einem Areal von ca. 50 000 ha zwecks Verbesserung der Wirtschaft und Hebung der Ergiebigkeit eine zeitweise Bewässerung.

Diese Bedürfnisse wurden [18] auf ein Minimum von 84 mln. cbm bis zu 117 mln. cbm Wasser berechnet; daher können die im Krutyniagebiet bestehenden Stauanlagen diese Bedürf-

nisse nicht befriedigen, und mehr noch, sie würden die ganze Abflussmenge dieses Flusses vollständig in Anspruch nehmen. Selbstverständlich wäre solch eine Lösung nicht möglich, deshalb sieht das auf der Abb. 13 dargestellte Projekt der Wasserverlegung die Entnahme von Wasservorräten ebenfalls aus anderen Flussgebieten vor.

Soweit es um das Flussgebiet der Krutynia geht, so sind die Einrichtungen von zwei Beckensystemen vorgesehen, und zwar die Vergrößerung der aktiven Retention des Systems Zyzdrój-Mokry bis zu 42 mln. cbm und die Gravitationsabführung dieser Wassermengen durch die flache Wasserscheide bei Pupy im Flussgebiet der Turośl und Szkwa, sowie der Bau eines Wehres, auf der Babięta unterhalb des Kl. Babant-Sees, die Aufspeicherung von 19 mln. cbm Wasser im oberen Teil des Flussgebietes der Babięta, wobei diese Wassermenge durch einen Kanal durch den bereits ausserhalb der Wasserscheide gelegenen Świątajno-See (Schwentain-See) in das Flussgebiet der Rozoga (Rosoggen) verlegt werden würde. Man müsste also insgesamt aus dem Flussgebiet der Krutynia im Vegetationszeitraum 61 mln. cbm entnehmen, das heisst mehr als die Hälfte ihrer ganzen Abflussmenge.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb. 1. Wasserverbindung zwischen dem Białe- und Dłuzec-See.
- Abb. 2. Das Wehr am Ausfluss der Krutynia aus dem Mokre-See
- Abb. 3. Die hohen Ufer des Zyzdrój-Sees mit den Supuren der Wasserstandsschwankungen
- Abb. 4. Verwachsene dystrophische Seen westlich des Dorfes Krutyń
- Abb. 5. Die Wasserstandsschwankungen
- Abb. 6. Der Verlauf der monatlichen Wasserstandangaben
- Abb. 7. Die Abflusskurve, Geschwindigkeit u. Gefälle für das Pupy-Profil
- Abb. 8. Die Abflusskurve, Geschwindigkeit u. Gefälle für das Iznota-Profil
- Abb. 9. Das Profil der Abflussmengen des Krutynia-Flusses
- Abb. 10. Der Abfluss und die Verdunstung als Funktionen der Niederschläge
- Abb. 11. Die bathygraphische Kurve des Zyzdrój-Sees
- Abb. 12. Die bathygraphische Kurve des Mokre-Sees
- Abb. 13. Das Projekt der Wasserverlegung von den Masurischen Seen nach der Kurpie-Heide

Tabellen ausserhalb des Inhalts

- I. Lithologische Karte 1:200.000
- II. Geomorphologische Karte 1:200.000
- III. Hydrographische Karte 1:200.000
- IV. Längsprofil des Krutynia-Flusses
- V. Bathymetrische Seenpläne 1:50.000

MAPA GEOMORFOL

TABLICA II

