

2.

Podstawowe wiadomości z hydrologii

W celu zrozumienia zależności hydrgeomorfologicznych potoku górskiego koniecznym jest poznanie podstawowych wiadomości z hydrologii. W rozdziale przedstawiono podstawowe definicje związane z rzeką oraz jej zlewnią, informacje dotyczące obliczeń hydrologicznych oraz pomiarów hydrometrycznych.

2.1. Rzeką, potok górski i jego zlewnia

Wody powierzchniowe dzielimy na wody płynące i stojące. Wśród wód płynących, w zależności od ilości płynącej wody i długości koryta rozróżniamy: strugi, strumyki, strumienie (na niżu), potoki (w górach) oraz rzeki małe, średnie i duże, które w hydrologii określamy jedną nazwą ciek. Z ciekim związane jest również koryto (rodzaj zagłębienia w terenie, noszący ślady stałego ruchu wody), w którym płynie woda. Przy wysokich stanach woda z koryta wylewa się i płynie terenami przyległymi. Tereny takie nazywamy równiną zalewową. Woda płynąca ciekim i jej koryto traktowane są jako nierozzerwalna całość. Jednocześnie należy pamiętać, że w ciekim porusza się nie tylko woda, ale wraz z nią również materiał rozpuszczony i klastyczny. Całość tego materiału poruszającą się po dnie nazywamy rumowiskiem wleczonym, a część unoszoną przez strumień wody i niestykającą się z dnem nazywamy rumowiskiem unoszonym lub zawieszonym. To właśnie płynąca woda oraz prowadzone w niej rumowisko zmienia i modeluje morfologię koryta ciek. Rzeki postrzegane w ten sposób należą do najważniejszych czynników kształtujących powierzchnię Ziemi. Działalność rzek nie prowadzi do zrównania powierzchni Ziemi, lecz polega na fragmentacji form utworzonych przez wcześniej działające siły wewnętrzne.

Rzeki znajdują się najczęściej w dolinach. Doliną rzeki lub potoku nazywamy obszar, z którego woda spływa bezpośrednio do ciek. Z kolei zlewnią (lub dorzeczem), nazywamy cały obszar, z którego woda spływa do rozpatrywanego miejsca danej rzeki. Cieki w dorzeczu tworzą mniej lub bardziej gęstą sieć. W terenach górskich sieć cieków jest z reguły gęsta, w terenach równinnych – rzadka. Miarą gęstości sieci cieków D jest stosunek łącznej długości wszystkich cieków do powierzchni zlewni, co można zapisać jako:

$$D = \frac{L_d}{A} [\text{km} \cdot \text{km}^{-2}] \quad (2.1)$$

gdzie: L_d – długość cieków od źródeł, do badanego przekroju [km], A – powierzchnia zlewni zamknięta profilem hydrometrycznym [km²].

Dla badanej zlewni możemy wyznaczyć tzw. współczynnik stoczystości, mówiący o nachyleniu stoków i spadkach, który zapisujemy jako:

$$\Psi = \frac{H_z - H_o}{\sqrt{A}} \quad (2.2)$$

gdzie: H_z – wysokość źródeł [m n.p.m.], H_o – wysokość badanego przekroju [m n.p.m.], A – powierzchnia zlewni (km²).

Ważnym parametrem jest również wskaźnik zwartości zlewni:

$$Z = \frac{S}{2\sqrt{\pi A}} \quad (2.3)$$

gdzie: S – obwód zlewni [km], A – powierzchnia zlewni (km²).

Ponieważ obecność lasu odgrywa znaczną rolę w możliwości retencjonowania (zatrzymywania) wody w zlewni, ważnym parametrem związanym z opisem zlewni jest współczynnik zalesienia:

$$\lambda = \frac{A_L}{A} 100\% \quad (2.4)$$

gdzie: A_L – powierzchnia zlewni zajmowana przez lasy [km²], A – powierzchnia zlewni (km²).

W zależności od okresu płynięcia Klimaszewski wyróżnił następujące cieków:

- 1) perenialne (stałe): zasilane stałe wodami podziemnymi, a okresowo deszczowymi i roztopowymi;
- 2) periodyczne: zasilane w określonych porach roku:
 - 2a) wodami deszczowymi (pora deszczowa) – cieków przepływające,
 - 2b) wodami z topniejących śniegów w porze wiosenno-letniej – cieków prawniwalne,
 - 2c) wodami z topniejących lodowców w porze letniej – cieków proglacjalne,
- 3) epizodyczne – zasilane wodami deszczowymi w czasie ulew.

Z kolei Wołoszyn podzielił cieków ze względu na charakterystykę geofizyczną, morfologiczną, hydrologiczną oraz właściwości koryta cieków na:

- 1) Bystrotoki – krótkie górskie cieków o nieregularnym kierunku biegu, z dużymi i nieregularnymi spadkami podłużnymi, przekroju poprzecznym z występującymi

wielkimi głazami, wyżłobieniami erozyjnymi. Transportują one znaczne ilości rumowiska wleczonego oraz stosunkowo szybko reagują na opady burzowe.

- 2) Potoki górskie – płyną wykształconymi dolinami, występują duże spadki, lecz bardziej wyrównane niż w bystrotokach, szybko reagują na deszcz i prowadzą duże ilości rumowiska. Z kolei w każdym potoku górskim możemy wyróżnić: a) obszar zbiorczy – źródliskowy, charakteryzujący się największą erozją, b) obszar szyi – strome zbocza, duży transport rumowiska, c) obszar stożka – odkład rumowiska.
- 3) Potoki – charakteryzują się małą zlewnią, wyrównanymi spadkami dna, prowadzą mniejsze ilości rumowiska, słabiej reagują na opad atmosferyczny.
- 4) Rzeki – posiadają stosunkowo duże dorzecze, wyrównany spadek, większe przepływy, a rumowisko jest materiałem rozdrobnionym (żwir, piasek, muły).
- 5) Rzeki duże – największe rzeki uchodzące na ogół do morza lub oceanów, są o długości co najmniej 500 km i posiadają duże dorzecze.

Należy pamiętać, że naturalny bieg cieków w planie, nie jest prostoliniowy, koryto tworzy bowiem zakola. Dlatego też wyróżniamy dwa brzegi cieków, tj. brzeg wklęsły i brzeg wypukły. Ponadto odróżniamy brzeg prawy i lewy – patrząc na rzekę w kierunku jej biegu.

Cieki można podzielić również według wskaźnika orograficznego Kajetanowicza:

$$\lambda = (H_s \cdot \Psi) / 100 \quad (2.5)$$

gdzie: H_s [m n.p.m.] – średnie wzniesienie zlewni [m n.p.m.], Ψ – przybliżony średni spadek zlewni [‰] równy:

$$\Psi = (H_z - H_d) / A^{0.5} \quad (2.6)$$

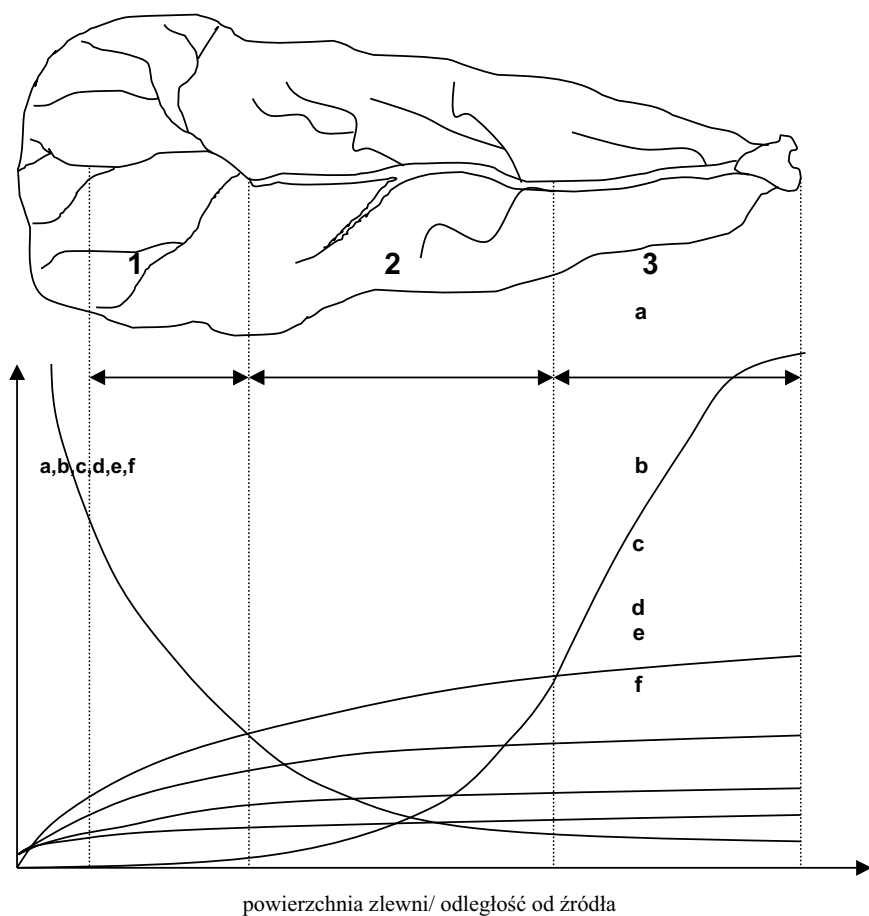
gdzie z kolei: H_z [m n.p.m.] – wysokość źródeł, H_d [m n.p.m.] – wysokość badanego przekroju, A [km²] – powierzchnia zlewni.

Według wskaźnika orograficznego Kajetanowicz dzieli cieciki na: nizinne – $\lambda = 0,001-0,1$; przejściowe – $\lambda = 0,01-1$; podgórskie – $\lambda = 1-10$; górskie – $\lambda = 10-100$ i wysokogórskie – $\lambda = 100-1000$.

Według Łochtina koryto jest tym bardziej trwałe, im współczynnik stabilności f przyjmuje większą wartość:

$$f = d / I \quad (2.7)$$

gdzie: d – przeciętna średnica ziaren [mm], I – spadek podłużny [‰].



Ryc. 2.1. Charakterystyka hydrologiczna oraz właściwości koryta rzecznego:
 1 - część źródłiskowa, 2 - część środkowa, 3 - stożek napływowy, a - objętość składowanych aluwii, b - przepływ wody, c - szerokość koryta ciek, d - głębokość koryta ciek, e - średnia prędkość przepływu, f - wielkość ziaren materiału dennego.

Jeszcze inny podział cieków można podać, koncentrując się na wielkości badanej zlewni. W związku z tym wyróżniamy: potoki małe o powierzchni zlewni $A = 1-10$ [km²], potoki średnie $A = 10-100$ [km²], potoki duże $A = 100-1000$ [km²], rzeki małe $A = 1000-10000$ [km²], rzeki średnie $A = 10000-100000$ [km²] i rzeki duże $A > 100000$ [km²].

Teren zlewni górskich mogą charakteryzować duże spadki terenu. Jeżeli taka sytuacja ma miejsce, to wpływa ona w istotny sposób na spływ powierzchniowy, gdyż woda pochodząca z deszczu lub topnienia śniegu szybko płynie po stokach do cieków, a wobec tego tylko niewielka jej część wsiąka w grunt. często również w terenach górskich mogą występować mało przepuszczalne grunty skaliste, co dodatkowo

zmniejsza możliwość wsiąkania wody. W rezultacie w zlewniach górskich możemy spotkać się z szybkim spływem powierzchniowym i małą retencją, co powoduje duży odpływ w stosunku do opadów i bardzo znaczne wahania przepływów. Występują tu więc, gwałtowne wezbrania i powodzie, natomiast w okresach posusznych bardzo małe przepływy, lub wręcz całkowite wysychanie cieku. Ponadto, dzięki dużym prędkościom wód spływających po stokach, ma miejsce silna erozja gleby.

W przeciwieństwie do górskich zlewnie nizinne mają tereny o małych spadkach i grunty bardziej przepuszczalne. Powolny spływ po łagodnych pochyłościach i zatrzymywanie wody w licznych, nawet drobnych zagłębieniach sprzyja parowaniu i wsiąkaniu wody w grunt. Dlatego też straty wody są tu większe niż w zlewniach górskich, czyli wyparowuje większy procent wody opadowej i roztopowej, a równocześnie maleje spływ powierzchniowy na korzyść spływu podziemnego. W rezultacie mamy do czynienia z bardziej równomiernym odpływem, czyli mniejszymi wahaniami przepływów; wezbrania i powodzie nie są tak gwałtowne jak w rzekach górskich, ale bardziej długotrwałe. W okresach posusznych cieki nizinne obficie są zasilane wodami gruntowymi niż górskie, a całkowite wysychanie nawet małych cieków jest rzadko spotykane.

2.2. Pomiary hydrologiczne

Prace pomiarowe w hydrologii dotyczą głównie mierzenia stanów wody, prędkości płynącej wody, wielkości przepływów, temperatury wody, składu chemicznego lub stopnia jej zanieczyszczenia. Ze względu na zmienność zjawisk hydrologicznych, wiele pomiarów prowadzonych jest w sposób ciągły, pozwalający na odtworzenie przebiegu badanego zjawiska w czasie. Możliwe są również pomiary wyrwykowe, w miejscach charakterystycznych dla rzeki lub potoku oraz pomiary celem ustalenia konkretnych wielkości fizycznych. Wiele wyników pomiarów można opracować metodami statystycznymi (np. długoterminowe). Z kolei do innych wyników pomiarowych, zastosowanie metod statystycznych mija się z sensem, lecz, wyniki te służyć mogą (nawet paradoksalnie), weryfikacji obliczeń z udziałem metod statystycznych (przykładowo weryfikacja przepływów prawdopodobnych o prawdopodobieństwie pojawienia się 10, 12 lub 50% za pomocą wartości przepływu brzegowego). Poniżej, w tabeli 2.1 zabrano opis porównawczy różnych technik pomiarów oraz poboru prób z podkreśleniem mocniejszych oraz słabszych stron metody.