

Ćwiczenie 1-3

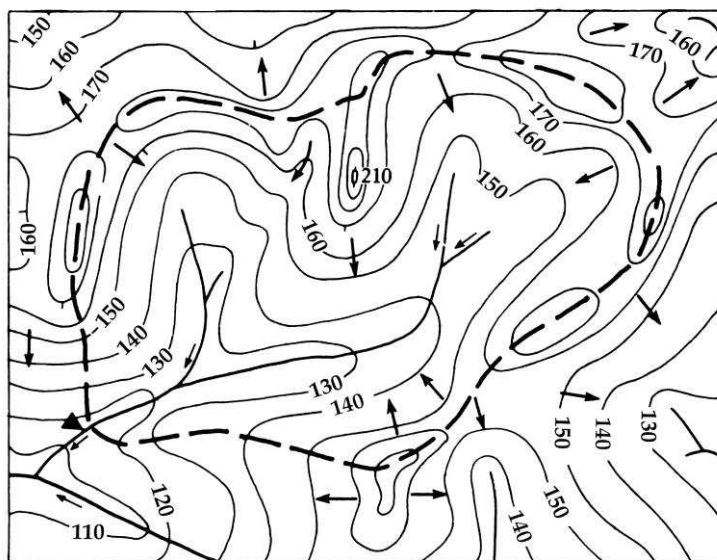
ZLEWNIA I JEJ CHARAKTERYSTYKA

- CEL:**
- Zapoznanie się z podstawowymi pojęciami dotyczącymi charakterystyki zlewni rzecznej
 - Kształcenie umiejętności wyznaczania zlewni rzecznej na podstawie mapy topograficznej i obliczania podstawowych charakterystyk zlewni
- METODA** Praca z mapą topograficzną
- MATERIAŁY:** Mapa topograficzna w skali 1:100 000, kalka, krzywomierz, planimetr, kalkulator
- LITERATURA:**
1. Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z.: 1987 - *Przewodnik do ćwiczeń z hydrologii ogólnej*. PWN, Warszawa, s. 9-59.
 2. Dobija A. Dynowska I.: 1975 - *Znaczenie parametrów fizjograficznych zlewni dla ustalania wielkości odpływu rzecznej*. Folia Geographica, Seria Geographica-Physica, v. IX. s.77-129.
 3. Soczyńska U. (red.): 1993 - *Podstawy hydrologii dynamicznej*. Wyd. Uniw. Warszawskiego, s. 45-66.

WPROWADZENIE

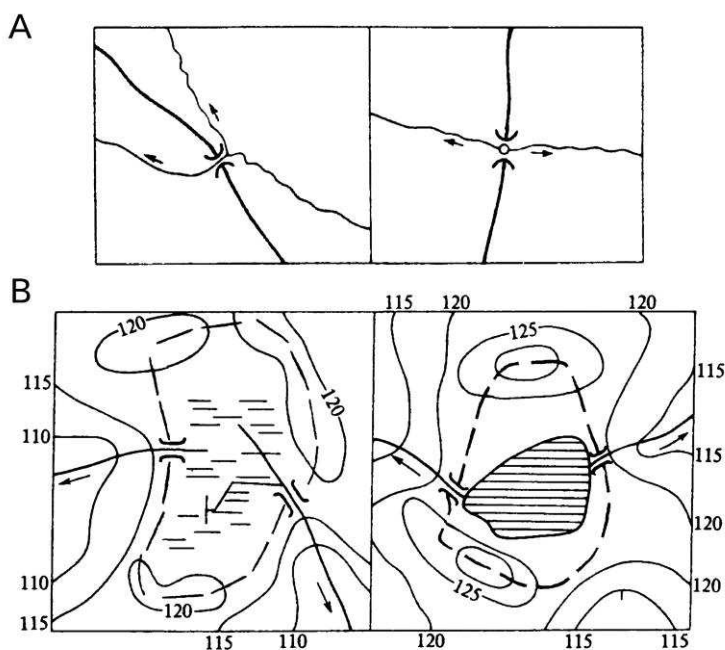
Podstawową jednostką powierzchni terenu, będącą obiektem badań hydrologicznych jest zlewnia. Najczęściej zlewnia definiowana jest jako obszar, z którego wody spływają do ciek (systemu jednej rzeki) po zakładany profil poprzeczny rzeki. Może nim być ujście rzeki do morza, jeziora lub do innej rzeki, albo dowolnie wybrany punkt na jej biegu. Można również wyznaczyć zlewnię jeziora, to znaczy obszar, z którego wody spływają do jeziora bezpośrednio lub rzekami. Mianem zlewni różnicowej określa się zlewnię ograniczoną dwoma profilami (przekrojami) na rzece. Granicę zlewni stanowi dział wodny. Lokalizacja zamykającego przekroju poprzecznego, który definiuje zlewnię, zdeterminowana jest przez cel analizy. Hydrologowie często są zainteresowani w wyznaczeniu działu wodnego dla zlewni zamkniętej punktem pomiaru stanów wody w rzece. Ręczna metoda wyznaczenia działu wodnego zlewni polega na analizie map topograficznych lub stereoskopowych zdjęć lotniczych. Wyznaczenie działu wodnego zaczyna się od prawej strony punktu zamykającego zlewnię (ryc. 1.1). Od niego rysuje się linię w ten sposób, aby zawsze przecinała poziomicę pod kątem prostym. Rysowanie kontynuuje się do czasu, aż osiągnie się wyraźnie zaznaczony grzbiet wzniesienia. Wówczas rozpoczyna się rysowanie działu wodnego od lewej strony punktu początkowego zgodnie z tymi samymi zasadami, aż do połączenia się obu linii. Przebieg działu wodnego jest więc zależny od ukształtowania rzeźby powierzchni terenu. Dział wodny nie może nigdy przecinać ciek z wyjątkiem zjawiska bifurkacji, gdy ciek dzieli się na dwa ramiona odprowadzające wodę do dwóch różnych systemów rzecznych. W takim przypadku odcina się jedno ramię i rysuje bramę wodną (ryc. 1.2 a). Ten rodzaj bifurkacji określa się jako bifurkacja punktowa. Oprócz bifurkacji punktowej istnieje bifurkacja przestrzenna. Z obszaru źródłiskowego, który może stanowić na przykład bagno lub jezioro odpływa kilka cieków w różnych kierunkach (do różnych systemów rzecznych). W takim przypadku należy przede wszystkim wyznaczyć dział wodny zlewni danego obiektu hydrograficznego. Bramy wodne rysuje się na przecięciu działu wodnego z ciekami odprowadzającym wodę z tego obiektu (ryc. 1.2 b).

Najniższym punktem zlewni jest punkt odpływu wody ze zlewni, to znaczy punkt, od którego rozpoczyna się wyznaczanie działu wodnego. Najwyższy punkt zwykle, choć niekoniecznie, leży na dziale wodnym.



- ▼ przekrój zamyk:
- - - dział wodny
- ciek
- ↖ kierunki sływu

RYCINA 1.1. Przykład wyznaczenia zlewni rzecznej (na podstawie Bajkiewicz-Grabowska et al. 1987).



RYCINA 1.2. Przykład bifurkacji A - punktowej, B - przestrzennej (Bajkiewicz-Grabowska et al. 1987)

Oprócz głównego działu wodnego definiującego główną zlewnię często wydziela się również zlewnie cząstkowe stanowiące zlewnie dopływów bocznych głównego cieku. Za rzekę główną przyjmuje się ten ciek, który (E. Bajkiewicz-Grabowska et al, 1993):

- prowadzi najwięcej wody
- jest najdłuższy na obszarze zlewni
- rzędna jego źródeł jest najwyższa

Obecnie coraz częściej do pozyskiwania informacji topograficznych wykorzystuje się dane określane jako digital elevation models (DEMs) (Fairfield, Leymarie 1991). Są to zbiory komputerowe zawierające dane o ukształtowaniu powierzchni terenu (wysokość wzniesienia n.p.m.) w postaci siatki regularnych punktów (siatki gridowej). Wykorzystanie odpowiedniego oprogramowania (np. WMS - Watershed Modeling System) umożliwia automatycznie wyznaczenie działu wodnego, interpretację rozmieszczenia sieci rzecznej oraz uzyskanie podstawowych charakterystyk zlewni. Dane do tego typu analiz uzyskuje się najczęściej z interpretacji zdjęć satelitarnych.

Przebieg zjawisk hydrologicznych w zlewni uzależniony jest między innymi od warunków środowiska geograficznego. Cechy charakteryzujące te warunki, mające największy udział w kształtowaniu odpływu, można ująć w następujące grupy:

- » geometria zlewni
- » morfologia i rzeźba zlewni
- » sieć rzeczna i warunki drenażu
- » warunki glebowo-litologiczne (przepuszczalność podłoża)
- » pokrycie terenu (użytkowanie obszaru zlewni)

Poznanie związków przyczynowych pomiędzy elementami fizjograficznymi zlewni a odpływem umożliwia ocenę i prognozę odpływu w zlewniach pozbawionych sieci obserwacyjnej.

GEOMETRIA ZLEWNI

Kształt zlewni jest parametrem fizjograficznym w dużym stopniu wpływającym między innymi na charakter fali wezbraniowej, wielkość kulminacji i długość fali. Cechy geometryczne są najłatwiejsze do wyznaczenia i dlatego najczęściej wykorzystywane. Charakterystyki te pomocne są przy określaniu podobieństwa geometrycznego zlewni. Do najważniejszych należy zaliczyć:

- powierzchnia zlewni A (km²) - określa się przez splanimetrowanie powierzchni zamkniętej przyjętą granicą (działem wodnym). W przypadku rzeźby terenu o dużym nachyleniu musi być wprowadzona poprawka pozwalająca określić powierzchnię rzeczywistą w stosunku do mapy. Powierzchnia splanimetrowana musi być więc przeliczona na wartości rzeczywiste. W przypadku obszarów mocno nachylonych (ponad 20-25%) ich rzeczywista powierzchnia różni się znacznie od rzutowanej na płaszczyznę poziomą. Wówczas należy uwzględnić poprawkę według wzoru:

$$A_z = \frac{A_p}{\cos \alpha} \quad (1.1)$$

gdzie: A_z - powierzchnia rzeczywista zlewni, A_p - powierzchnia rzutowana zlewni na mapę, $\cos \alpha$ - cosinus średniego kąta nachylenia zlewni

- długość zlewni L (km) - jest definiowana w różny sposób. Za długość maksymalną przyjmuje się często długość głównego ciekłu od ujścia do działu wodnego w przedłużeniu górnego biegu rzeki. Najbardziej obiektywne i najłatwiejsze jest określenie długości maksymalnej jako największej odległości w linii prostej między ujściem a najdalej oddalonym punktem na działle wodnym (Dobija, Dynowska 1975).
- szerokość zlewni B (km) - jest to stosunek powierzchni zlewni do jej długości:

$$B = \frac{A}{L} \quad (1.2)$$

- długość działu wodnego, czyli obwód zlewni P (km)

Podstawowe wymiary geometrii zlewni wzbogacają miary określające jej kształt. Na podstawie pomierzonych charakterystyk można obliczyć:

- wskaźnik formy C_f przyrównujący kształt zlewni do kwadratu o powierzchni równej powierzchni zlewni:

$$C_f = \frac{A}{L^2} = \frac{B}{L} \quad (1.3)$$

Wartość ilorazu długości do szerokości jest miarą kształtu zlewni. Jeżeli kształt ten jest zbliżony do kwadratu, to wartość ilorazu jest bliska jedności, jeżeli zlewnia jest krótka i szeroka, to wartość ilorazu jest mniejsza od jedności, a jeżeli zlewnia jest długa i wąska, to iloraz ma wartość większą od jedności.

Inne wskaźniki otrzymuje się poprzez porównanie kształtu zlewni z kształtem idealnej figury, jaką jest koło. Wyróżnia się między innymi:

- wskaźnik zwartości C_z , rozumiany jako wskaźnik rozwinięcia działu wodnego. Wyraża on stosunek rzeczywistego obwodu zlewni P do obwodu koła o tej samej powierzchni, co powierzchnia zlewni A :

$$C_z = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1.4)$$

Zlewnie o kształcie zbliżonym do koła mają wartość wskaźnika bliską jedności, w zlewniach wydłużonych wartość ta dochodzi lub nawet przekracza 2.

- wskaźnik kolistości C_k będący stosunkiem powierzchni zlewni A do powierzchni koła A_k o tym samym obwodzie co długość działu wodnego:

$$C_k = \frac{A}{A_k} = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (1.5)$$

Wartość bliska jedności informuje o kształcie zlewni zbliżonym do koła, zaś niska wartość informuje o wydłużeniu zlewni.

- wskaźnik wydłużenia C_w stanowiący iloraz średnicy koła o tej samej powierzchni co zlewnia A i długości L :

$$C_w = \frac{2r}{L} = \frac{1,13\sqrt{A}}{L} \quad (1.6)$$

Wartość ilorazu bliska jedności świadczy o kształcie zlewni zbliżonym do koła, im mniejszy zaś jest ten stosunek, tym bardziej wydłużona jest zlewnia.

- wskaźnik lemniskaty C_l informuje o stosunku powierzchni koła o promieniu równym połowie długości zlewni L do powierzchni zlewni A :

$$C_l = \frac{\pi L^2}{4A} \quad (1.7)$$

W innych krajach używa się często odmiennych charakterystyk. I tak na przykład w hydrologii amerykańskiej operuje się miarami odległości środka ciężkości zlewni do profilu zamykającego lub odległości środka ciężkości od punktu w osi doliny rzeki głównej zamykającego powierzchnię 20%

zlewni (z krzywej hipsograficznej) lub odległość środka ciężkości zlewni do profilu zamykającego 80% powierzchni zlewni.

MORFOLOGIA I RZEŻBA POWIERZCHNI ZLEWNI

Rzeźba i morfologia powierzchni zlewni może być przedstawiona wieloma parametrami. Do najprostszych charakterystyk wyznaczonych z map topograficznych należą:

- wysokość maksymalna zlewni H_{max} i wysokość minimalna H_{min}
- wielkość deniwelacji ΔH jako różnica pomiędzy wysokością maksymalną i minimalną
- wysokość średnia H_{sr} . Najdokładniejszą wartość średnią wysokości zlewni uzyskuje się z krzywej hipsograficznej poprzez pomiar powierzchni między tą krzywą a układem współrzędnych i podzieleniu jej przez podstawę. Otrzymaną wartość odkłada się na osi rzędnych od końca wykresu krzywej i odczytuje się w ten sposób średnią wysokość. Istnieją różne wzory na przybliżone obliczenia wysokości średniej:

$$H_{sr} = 0,5(H_{max} + H_{min}) \quad (1.8)$$

lub wzór Reitza:

$$H_{sr} = 0,434 \frac{H_{max} - H_{min}}{\log H_{max} - \log H_{min}} \quad (1.9)$$

- środkowa wysokość zlewni H , to jest wysokość, względem której połowa powierzchni zlewni znajduje się powyżej, a połowa poniżej, czyli jest to wzniesienie odpowiadające połowie powierzchni na osi odciętych. Przyjmuje się, że dla interpretacji zjawisk hydrologicznych na obszarze zlewni wzniesienie środkowe jest bardziej odpowiednie niż wysokość średnia.
- spadek zlewni (nachylenie zlewni, stoczystość) J . Parametr ten określa średnie nachylenie stoków w obrębie zlewni. Wyznaczenie średniego spadku zlewni polega na pomiarze długości poziomic:

$$J = \frac{d \sum l}{A} \quad (\text{km/km}) \quad (1.10)$$

gdzie: d - cięcie poziomicowe (km), $\sum l$ - długość wszystkich poziomic w cięciu d (km), A - powierzchnia zlewni (km²).

Dla zlewni nizinnych o niezbyt urozmaiconej rzeźbie terenu średni spadek można obliczyć z zależności:

$$J = \frac{\Delta H}{\sqrt{A}} \quad (\text{km/km}) \quad (1.11)$$

gdzie: ΔH w km a powierzchnia zlewni A w km².

Gdy chcemy obliczyć spadek w stopniach:

$$\alpha = \text{ctg} J \quad (1.12)$$

- spadek działu wodnego zwany również wskaźnikiem urzeźbienia działu wodnego:

$$R_p = \frac{\Delta H}{P} \quad (1.13)$$

- spadek cieką J_c jest to iloraz różnicy wysokości położenia źródeł cieką i ujścia cieką (lub dowolnego punktu pomiarowego) do długości cieką na tym odcinku:

$$J_c = \frac{H_{zr} - H_{ujść}}{L_c} \quad (1.14)$$

gdzie: H_{zr} - wysokość położenia źródła ciekłu, $H_{ujść}$ - wysokość położenia ujścia (przekroju pomiarowego), L_c - długość ciekłu.

- spadek doliny rzecznej J_z jest to iloraz deniwelacji zlewni i jej długości:

$$J_z = \frac{\Delta H}{L} \quad (1.15)$$

SIEĆ RZECZNA I WARUNKI DRENAŻU

Ważnymi charakterystykami fizycznymi zlewni, najlepiej wiążącymi stosunki hydrologiczne z jej środowiskiem fizyczno-geograficznym, są charakterystyki dotyczące struktury sieci rzecznej oraz miary gęstości sieci rzecznej. Struktura sieci rzecznej jest bowiem efektem połączonego oddziaływania klimatu i stosunków geologicznych na topografię zlewni. Do najważniejszych charakterystyk w tej grupie zalicza się:

- gęstość sieci rzecznej G jest to stosunek długości ciekłów stale prowadzących wodę L_c w zlewni do jej powierzchni A :

$$G = \frac{\sum L_c}{A} \quad (1.16)$$

- jeziorność zlewni W określa stosunek powierzchni jezior F do powierzchni zlewni:

$$W = \frac{\sum F}{A} \quad (1.17)$$

gdzie: F - powierzchnia jeziora.

WARUNKI GLEBOWO-LITOLOGICZNE

Charakterystyka ilościowa cech budowy geologicznej podłoża i gleb napotyka na znaczne trudności. Najczęściej budowę geologiczną i gleby charakteryzuje się ze względu na ich przepuszczalność, pojemność i zasobność wodną.

UŻYTKOWANIE TERENU

- stopień lesistości opisuje udział szaty roślinnej (leśnej) w całkowitej powierzchni zlewni:

$$\alpha = \frac{A_l}{A} \cdot 100\% \quad (1.18)$$

gdzie: A_l - powierzchnia lasów.

ZLEWNIA RZĘKI BIAŁEJ ŁĄDECKIEJ

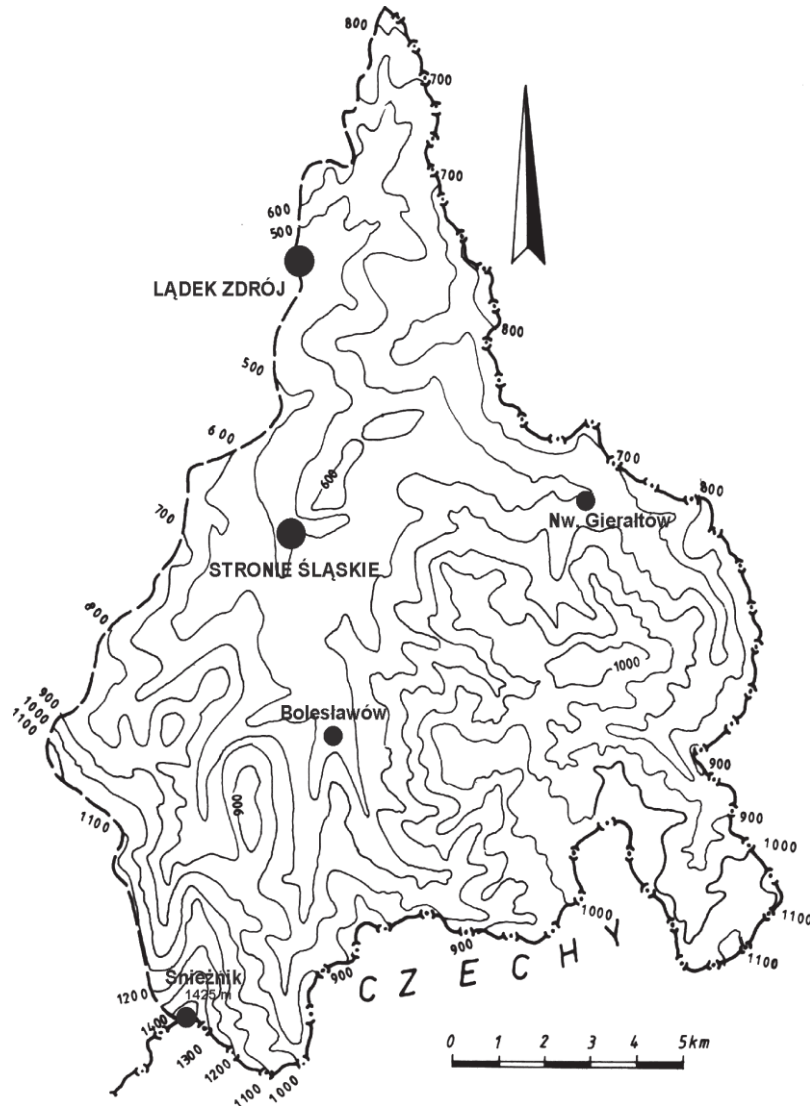
Zlewnia Białej Łądeckiej jest prawostronnym dopływem Nisy Kłodzkiej. Uchodzi do niej na 140,8 kilometrów biegu, na wysokości 296 m. n.p.m. Biała Łądecka wypływa z Gór Białskich (Sudety) z wysokości 1090 m. n.p.m. Stanowi ona najbardziej zasobną rzekę Ziemi Kłodzkiej. Średnie spływy wynoszą od 25 l/s·km² w części źródłowej do 14,5 l/s·km² dla całej zlewni. Budowa geologiczna zlewni jest bardzo skomplikowana i wykazuje dużą zmienność przestrzenną. Przeważają trzy zespoły skalne: seria strońska (łupki krystaliczne, kwarcyty, granitognejsy, wapienie oraz dolomity krystaliczne), seria gierałowska i śnieżnicka (gnejsy, lamporfiry, i inne granitoidy). Wody podziemne występują w zlewni w uszczelnionych gnejsach, łupkach krystalicznych oraz w pokrywach zwietrzelinowych i rumoszowych. Poziomy są nieciągłe, a środowiskiem wód podziemnych jest sieć drobnych szczelin wietrzeniowych i tektonicznych.

ZADANIE

1. Wykorzystując mapę topograficzną w skali 1:100 000 wyznaczyć granicę zlewni (dział wodny) dla rzeki Białej Łądeckiej po profil w Łądku Zdroju.
2. Wyznaczyć obwód zlewni, powierzchnię zlewni oraz długość zlewni jako największą odległość w linii prostej między ujściem, a najdalej oddalonym punktem na dziale wodnym.
3. Wyznaczyć wskaźniki geometrii zlewni.
4. W celu określenia morfologii zlewni na mapie zlewni wrysować poziomice co 100 m. Wyznaczyć ich długość oraz powierzchnię pomiędzy poziomiami.
5. Wykreślić krzywą hipsograficzną.
6. Wyznaczyć charakterystyki opisujące morfologię i rzeźbę powierzchni zlewni.
7. Na mapę zlewni przenieść wszystkie ciekę powierzchniowe. Wyznaczyć ich długość i określić gęstość sieci rzecznej.
8. Na mapę zlewni przenieść zasięg lasów i wyznaczyć ich powierzchnię. Określić stopień lesistości zlewni.

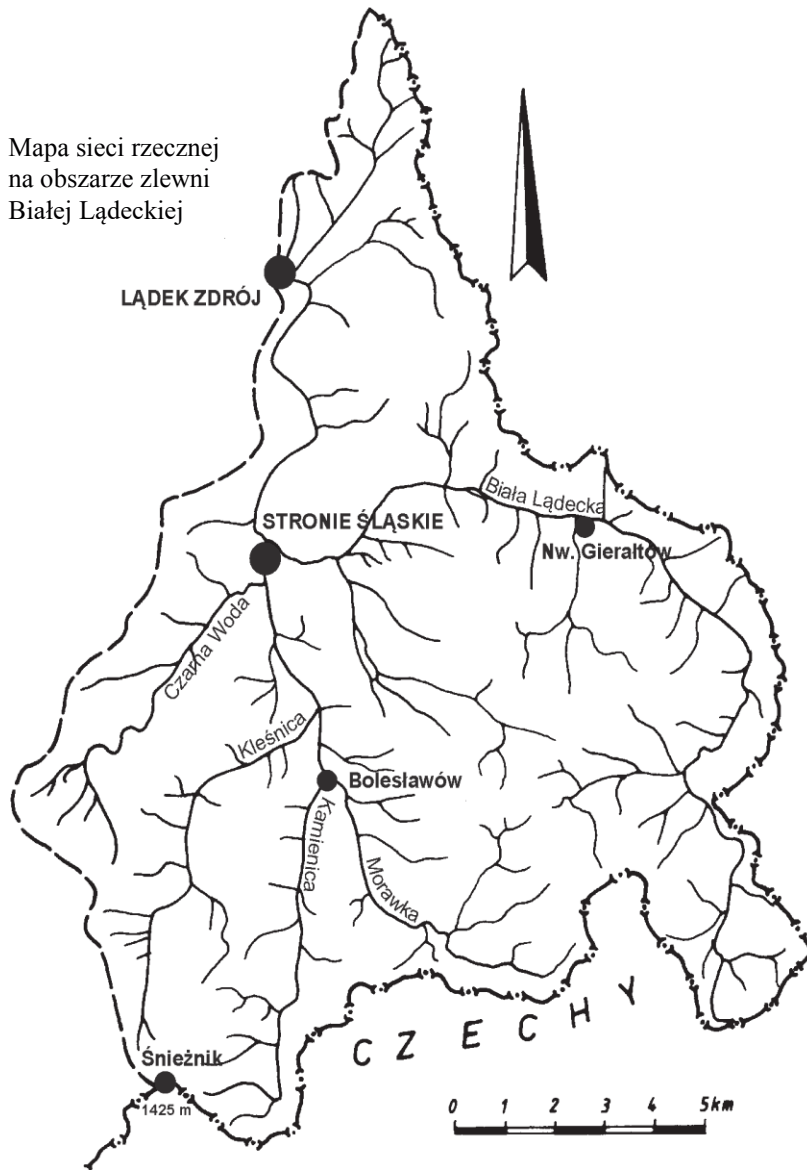
SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA

Przygotować sprawozdanie, w skład którego wchodzi obliczenia charakterystyk zlewni oraz mapa zlewni z zaznaczonym działem wodnym, siecią rzeczną, przebiegiem poziomicy co 100 m oraz zasięgiem lasów. Na osobnym wykresie przedstawić krzywą hipsograficzną zlewni.

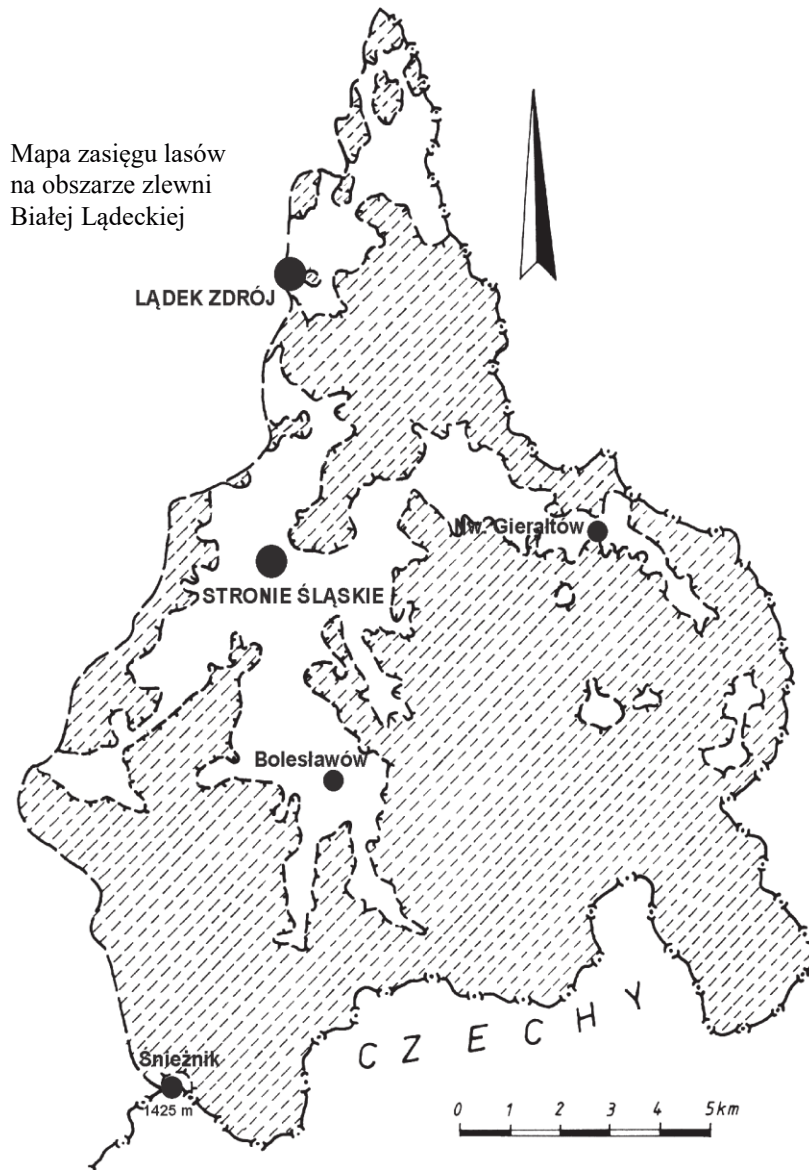


Mapa wysokościowa zlewni Białej Łądeckiej

Mapa sieci rzecznej
na obszarze zlewni
Białej Łądeckiej

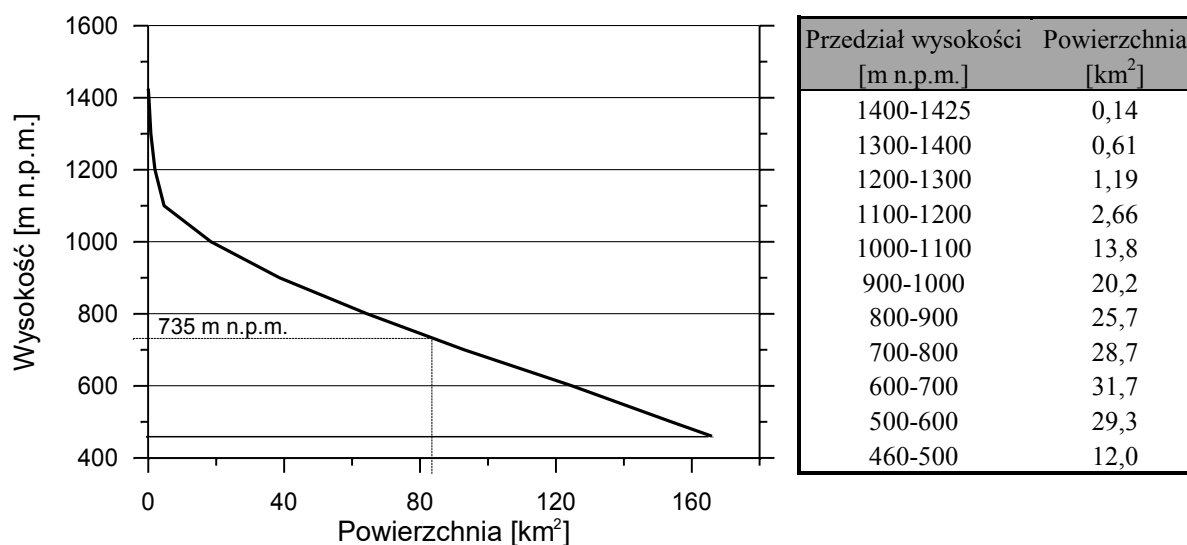


Mapa zasięgu lasów
na obszarze zlewni
Białej Łądeckiej



Charakterystyka zlewni Białej Łądeckiej po profil w Łądku Zdroju

Zlewnia:	<i>Biała Łądecka</i>		Profil:	<i>Łądek Zdrój</i>	
Geometria zlewni					
Powierzchnia zlewni	z mapy:		<i>166,0 km²</i>	rzeczywista:	<i>169,3 km²</i>
Długość zlewni:	<i>17,2 km</i>				
Szerokość zlewni:	<i>9,6 km</i>		Obwód zlewni	<i>69,6 km</i>	
Wskaźnik formy	<i>0,558</i>		Wskaźnik wydłużenia	<i>0,846</i>	
Wskaźnik lemniskaty	<i>1,400</i>		Wskaźnik zwartości	<i>1,512</i>	
Wskaźnik kolistości	<i>0,431</i>				
Morfologia zlewni					
Wysokość zlewni:	minimalna	<i>460,0 m n.p.m.</i>	maksymalna	<i>1425,0 m n.p.m.</i>	
Deniwelacja:	<i>965,0 m.</i>				
Średnia wysokość zlewni	wzór Reitza:	<i>853 m</i>		Środkowa	<i>735 m</i>
	krzywa hipsograficzna:	<i>745 m</i>		wysokość zlewni	
Spadek zlewni:	m/m	stopnie		m/m	stopnie
wzór 1.10:	<i>0,075</i>	<i>4,29</i>	wzór 1.11:	<i>0,20</i>	<i>11,31</i>
Spadek działu wodnego [m/m]	<i>0,014</i>	Spadek cieku [m/m]	<i>0,023</i>	Spadek doliny rzecznej [m/m]	<i>0,035</i>
Sieć rzeczna					
Długość cieków	<i>197 km</i>		Gęstość sieci rzecznej	<i>1,19 km/km²</i>	
Użytkowanie terenu					
Powierzchnia lasów:	<i>124,1 km²</i>		Stopień lesistości:	<i>74,8%</i>	



Krzywa hipsograficzna zlewni Białej Łądeckiej po profil w Łądku Zdroju z zaznaczoną wysokością środkową