

Akustyczne i magnetyczne badania transportu ładunku dennego

Wojciech Froehlich*

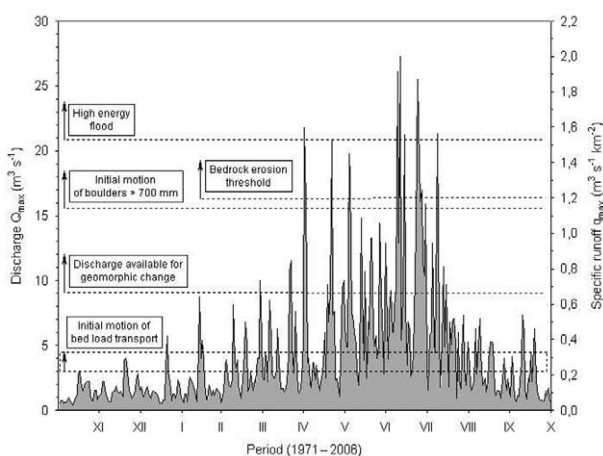
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Pracownia Procesów Fluwialnych HOMERKA, ul. Frycowa 113, 33-335 Nawojowa

Transport ładunku dennego (*bed load*) nazywanego często rumowiskiem wleczonym odgrywa główną rolę w kształtowaniu koryt potoków i rzek górskich. Duże prędkości wody oraz transport żwirowo-blokowych frakcji w czasie wezbrań stwarzają poważne trudności techniczne w jego bezpośrednich pomiarach. Badania prowadzone są różnymi metodami, z różną dokładnością, co powoduje, że wyniki są trudne do porównania (por. Froehlich 1982, Bathurst 1987). Podstawowym problemem jest określenie dla każdego wezbrania hydraulicznych parametrów początku i zakończenia ruchu poszczególnych frakcji. Dla celów projektowania hydrotechnicznego są one określane za pomocą wzorów inżynierskich, których wyniki znacznie odbiegają od wartości uży-

skanych na drodze bezpośrednich pomiarów. Jest to jedną z głównych przyczyn niepowodzeń w regulacji koryt potoków karpackich (Froehlich 1982).

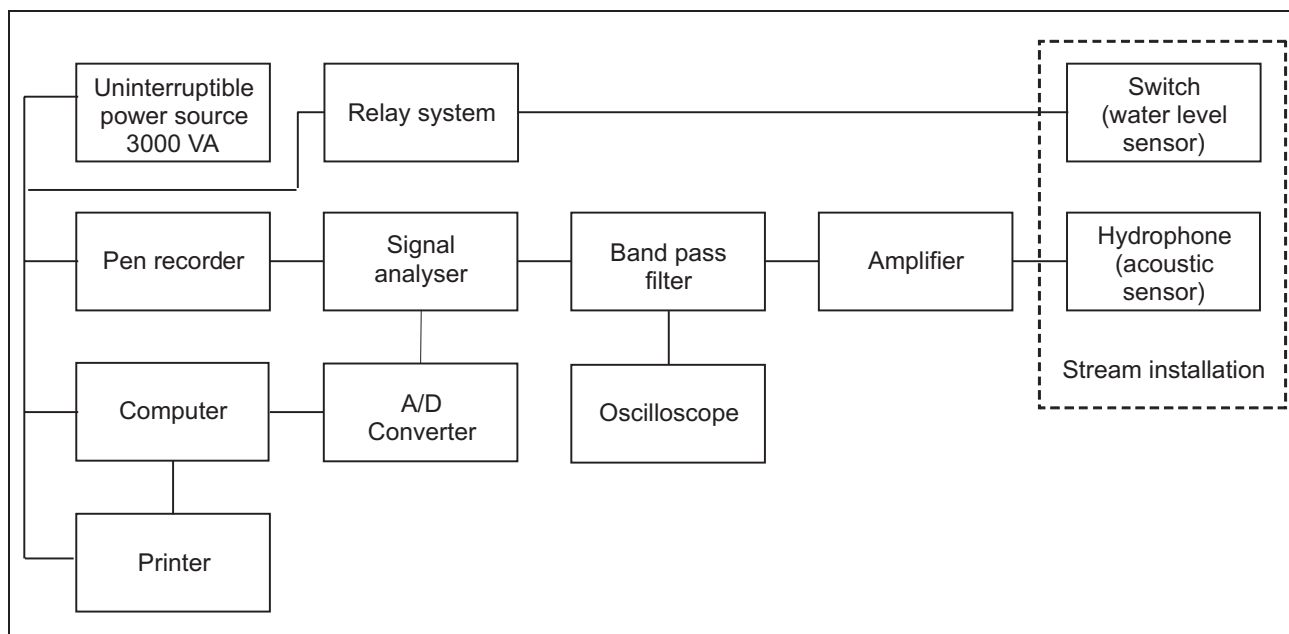
W pracy przedstawiono stosowane w oprzyrządowanej zlewni potoku Homerka w Beskidzie Sądeckim metody akustycznych i magnetycznych badań transportu żwirowych frakcji ładunku dennego (Froehlich 1982, 2003, 2008, por. m.in. Ergenzinger, Conrady 1982, Hassan i in. 1984, Reid i in. 1984, Rickenmann 1994, Bogen, Møen 2003). Skonstruowany przez autora wielokanałowy detektor akustyczny i magnetometr umożliwiają określenie wartości progowych transportu żwirowych frakcji oraz efektywność geomorfologiczną procesów fluwialnych podczas różnej wielkości wezbrań (ryc. 1). Ma to istotne znaczenie dla poznania mechanizmów tych procesów w czasie wezbrań o dużej energii, które odgrywają główną rolę w transformacji koryt i transporcie żwirowo-blokowych frakcji ładunku dennego.

Akustyczny system pomiarowy w korycie potoku Bączka, który jest głównym dopływem potoku Homerka, składa się z trzech czułych mikrofonów umieszczonych w stalowych rurach zainstalowanych w trzech przekrojach na dnie koryta. Aparatura zasilana jest z sieci 240 V przez podtrzymywacz napięcia (UPS) i zostaje automatycznie włączona po przekroczeniu stanu wody wywołującego początek ruchu frakcji żwirowej. Transportowane frakcje żwirowe w kolizji ze stalowymi rurami generują fale akustyczne o zmiennej częstotliwości. Ich impulsy przed wejściem do wielokanałowego analizatora akustycznego są wzmacniane i filtrowane. Następnie są przetwarzane przez analogowo-cyfrowy konwerter i zapisywane na twardym dysku komputera. Oscyloskop



Ryc. 1. Zmienność maksymalnych dobowych przepływów potoku Homerka w okresie 1971–2006 oraz wartości progowe transportu ładunku dennego i efektywności procesów fluwialnych (Froehlich 2008)

* e-mail: wfroehlich@pro.onet.pl



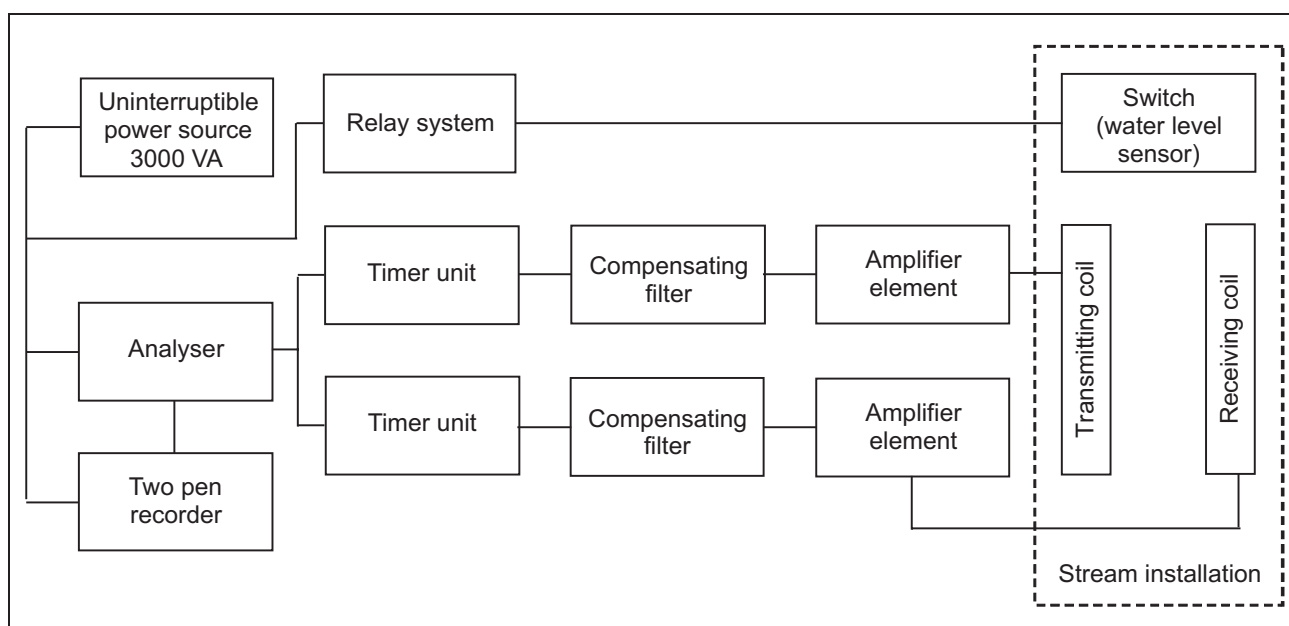
Ryc. 2. Główne moduły detektora akustycznego do pomiarów i rejestracji natężenia transportu ładunku dennego (Froehlich 2008)

umożliwia podgląd dynamiki impulsów, które są zapisywane przez analogowy rejestrator (ryc. 2).

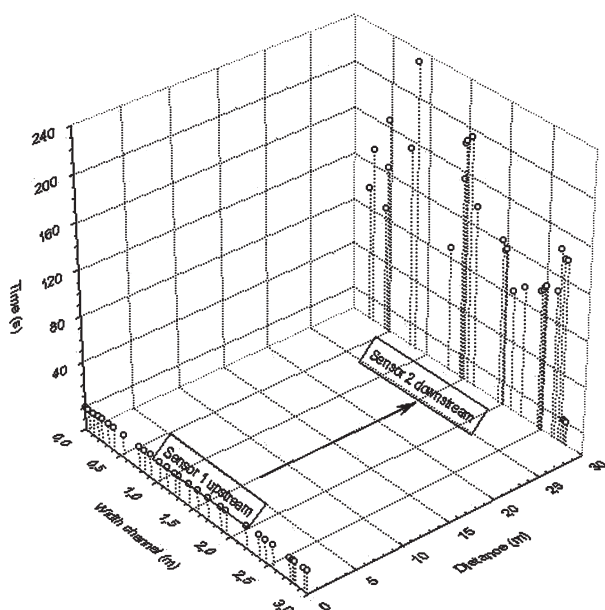
System pomiarowy został wykalibrowany za pomocą aparatury elektromagnetycznej rejestrującej w czasie wezbrań transport znaczonego ceramicznymi magnetycznymi znacznikami frakcji żwirowo-blokowych (ryc. 3, 4). Natężenie i pasma częstotliwości szumów określono przy użyciu oscyloskopu i standardowego, wykalibrowanego miernika natężenia hałasu (decybelomierza). Interpretacja spektrów wymaga daleko idącej ostrożności, szczególnie w odniesieniu do wezbrań o dużej energii. Utrudnienie stanowi m.in. interferencja fal akustycznych po-

chodzących w tym czasie z różnych źródeł (por. Froehlich 2003, 2008).

Do lokalizacji położenia znaczonego ceramicznymi znacznikami magnetycznymi żwirów używany jest bardzo czuły detektor metali umożliwiający określenie ich położenia nawet na głębokości do 1,2 m (por. Hassan i in.). Znaczniki są instalowane za pomocą żywicy epoksydowej w wywierconych wewnątrz żwirów otworach. Transportowane frakcje piaszczyste znaczone się różnego rodzaju luminoforami. Silne lampy kwarcowe umożliwiają ustalenie ich położenia bezpośrednio w korycie.



Ryc. 3. Główne moduły aparatury elektromagnetycznej do pomiarów i rejestracji znaczonego magnetycznie żwirów (Froehlich 2008)



Ryc. 4. Wyniki pomiarów transportu znaczonego magnetycznie żwirów za pomocą aparatury elektromagnetycznej podczas powodzi 20 czerwca 2001 (Froehlich 2008)

Przy zastosowaniu własnej konstrukcji magnetometru i czujników magnetycznych (elektromagnesów) umieszczonych w trzech przekrojach poprzecznych koryta potoku Homerka określany jest początek ruchu i prędkości przemieszczania różnych frakcji żwirów znaczonego magnetycznymi znacznikami. Aparatura zasilana jest z sieci 240 V przez podtrzymywacz napięcia (UPS) i zostaje automatycznie włączona po przekroczeniu stanu wody wywołującego początek ruchu frakcji żwirowej. Transportowane żwiry zgodnie z prawem Faradaya wzbudzają w elektromagnesach siłę elektromotoryczną, która jest wzmacniana, kompensowana w czasie rzeczywistym dla kolejnych elektromagnesów, a następnie analizowana i zapisywana przez dwutorowy rejestrator (ryc. 3). W celu identyfikacji poszczególnych frakcji stosuje się ceramiczne znaczniki magnetyczne o różnym natężeniu pola magnetycznego (ryc. 4).

Układane na dnie łóżyska powodziowego znaczone żwiry nie mają naturalnej imbrykacji i nie zajmują stabilnego położenia. Dlatego badania można rozpocząć dopiero po przejściu pierwszego wezbrania, którego parametry hydrodynamiczne przekroczyły przynajmniej o 15–20% wartość progową początku ruchu frakcji żwirowych. Istotną rolę odgrywa prędkość wzrostu przepływu, ilość kulminacji przepływu, kolejność typów i wielkości następujących po sobie wezbrań oraz długość okresów międzywezbraniowych. Znaczący wpływ wywiera również miąższość bruku przed wezbraniem i jego skład mechaniczny. Powszechny transport wszystkich frakcji odbywa się na niewielką odległość i zachodzi wyłącznie podczas wezbrań o dużej energii. Na całej długości koryta uruchomiony ładunek rumowiska wlezonego jest często bardzo duży i świeże żwirowo-blokowe aluwia

sugerują duże natężenie transportu. Jednak wielkość ładunku dennego transportowanego przez określony przekrój poprzeczny łóżyska powodziowego jest stosunkowo niewielka z uwagi na krótką odległość przemieszczania.

Literatura

- Bathurst J.C. 1987. Measuring and modelling bedload transport in channels with coarse bed materials. [W:] K. Richards (red.), *River Channel: Environment and Process*. Blackwells, Oxford, UK, s. 272–294.
- Bogen J., Møen K. 2003. Bed load measurements with a new passive acoustic sensor. [W:] J. Bogen, D.E. Walling (red.), *Erosion and Sediment Transport Measurement in Rivers. Technological and Methodological Advances. Proceedings of the Oslo Workshop (19–21 June 2002)*. IAHS Publication, 283: 201–210.
- Ergenzinger P., Conrady J. 1982. A new tracer technique for measuring bedload in natural channels. *Catena*, 9: 77–80.
- Froehlich W. 1982. Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej. *Prace Geogr. IG i PZ PAN*, 143: 1–144.
- Froehlich W. 2003. Monitoring bed load transport using acoustic and magnetic devices. [W:] J. Bogen, D.E. Walling (red.), *Erosion and Sediment Transport Measurement in Rivers. Technological and Methodological Advances. Proceedings of the Oslo Workshop (19–21 June 2002)*. IAHS Publication, 283: 201–210.
- Froehlich W. 2008. Monitoring of bed load transport within a small drainage basin in the Polish Flysch Carpathians. [W:] J.R. Gray, J.B. Laronne, J.D.G. Marr (red.), *Bedload Surrogates Monitoring U.S. Geological Special Paper* (w druku).
- Hassan M.A., Schick A.P., Laronne J.B. 1984. The recovery of flood dispersed coarse sediment particles – a three-dimensional magnetic tracing method. [W:] A.P. Schick (red.), *Channel Processes: Water, Sediment, Catchment Controls. Catena, Suppl.*, 5: 153–162.
- Reid I., Brayshaw A.C., Frostick L.E. 1984. An electromagnetic device for automatic detection of bedload motion and its field applications. *Sedimentology*, 31: 269–276.
- Rickenmann D. 1994. Bedload transport and discharge in the Erlenbach stream. [W:] P. Ergenzinger, K.H. Schmidt (red.), *Dynamics and Geomorphology of Mountain rivers*. Springer-Verlag, Berlin, s. 53–66.