

Mgr Dariusz GRYGO

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.235

Dr hab. Wojciech SOBIESKI, prof. UWM

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn

## STANOWISKO LABORATORYJNE DO BADAŃ ZJAWISK ZACHODZĄCYCH W TARANACH WODNYCH

*Streszczenie: W artykule opisano stanowisko laboratoryjne przeznaczone do badań taranów wodnych. Przedstawione rozwiązania konstrukcyjne powstały na bazie wcześniejszych prototypów oraz prób pomiaru różnych parametrów układu. Głównym celem badań jest przygotowanie się do wyznaczania różnych charakterystyk pracy, a także do rejestracji ruchu zaworów oraz ruchów wody, zachodzących wewnątrz tarana wodnego podczas cyklu jego pracy. Aby zrealizować te cele, w artykule przedstawiono dwa warianty budowy tarana wodnego. W literaturze naukowej dotyczącej tego typu urządzeń nie udało się odnaleźć opisów takich pomiarów. Chęć uzupełnienia wiedzy w tym obszarze stanowiła główną motywację do rozpoczęcia badań.*

## POSITION OF LABORATORY TO PHENOMENA RESEARCH RUNNING IN THE RAM WATER

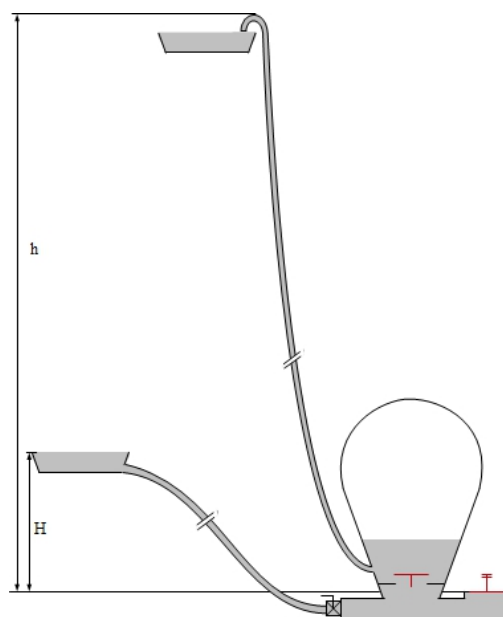
*Abstract: In the article described stand of laboratory designed for testing water rams. Shown there the design solutions were made on the basis earlier prototypes and test measures various parameters in the system. The main aim of the researches is prepare for determination various characteristic of the work of the ram and to record movements of the valve and water occurring inside of the ram during of his cycle operation. To realize these purposes in the article two variants of his constructions were shown. In the scientific literature relates on this type of equipment failed to find descriptions of such measurements. The willingness supplement knowledge in this area was the main motivation to start testing.*

*Słowa kluczowe: taran wodny, stanowisko badawcze, konstrukcja, uderzenie hydrauliczne.*

*Keywords: ram water, test stand, construction, water hammer*

### 1. WPROWADZENIE

Taran wodny to rodzaj urządzenia do służącego do podnoszenia wody na znacznie większe wysokości ( $h$ ) niż wysokość poziomu wody zasilającej ( $H$ ) (rys. 1). Taran wodny swoje działanie opiera na wykorzystaniu energii kinetycznej przepływającej wody przez to urządzenie. Źródłem zasilania taranów wodnych może być dowolny ciek wodny, np.: rzeka, strumień, jezioro, zbiorniki wodne itp., ważne jest jedynie, aby taki ciek zapewnił odpowiednią prędkość przepływu wody, która pozwoli na utworzenie odpowiednio dużego uderzenia hydraulicznego koniecznego do dalszej jego pracy (Mohammed, 2007).



Rys. 1. Schemat tarana wodnego

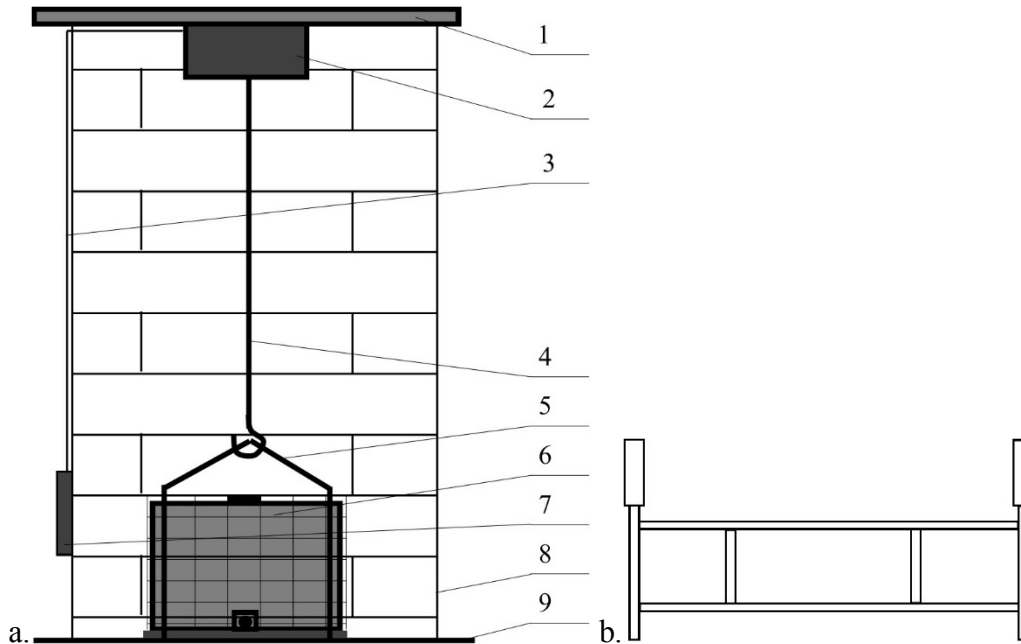
Literatura dotycząca taranów wodnych, a szczególnie zjawisk w nich zachodzących, jest bardzo skromna. W literaturze polskiej dotyczącej mechaniki płynów, hydromechaniki, są one traktowane marginalnie. W literaturze światowej informacje dotyczące taranów wodnych występują liczniej, ale są to zazwyczaj opracowania stare opisujące ogólny opis urządzenia (Furze, 2012; Marier, 1997), instrukcji obsługi i warunków użytkowania (Furze, 2012; Clarke, 1900; Derkor, 2014), przykładów stosowania, konstrukcji (Furze, 2012; Janke i Finger, 1994; Kaufman, 1948; Harkin, 2014; Watt, 1975). W większości prac można znaleźć charakterystyki pracy oraz wydajności taranów (Furze, 2012; Welch, 1991; Derkor, 2014; South Carolina Irrigation Pages, 2014). Prace, w których opisywane jest zjawisko uderzenia hydraulicznego, są nieliczne (Calero, 2011; Lansford i Dugan, 1941; Tayre, 1998; Watt, 1975). Jakość tych pomiarów jest stosunkowo niska, co wydaje się zrozumiałe ze względu na brak urządzeń pomiarowych, takich jak te, które są stosowane obecnie. Spora część artykułów dostępna jest w formie popularnonaukowej, bez wyraźnie zdefiniowanego autora czy nawet czasopisma, co utrudnia ich cytowanie i wprowadza wątpliwości co do jakości materiału.

Niniejszy artykuł stanowi kontynuację prac wcześniejszych. W pracy *Taran wodny – zapomniane urządzenie* (2014) zebrano podstawowe informacje o taranach wodnych, przedstawiono analizę obecnych możliwości ich stosowania, a także główne motywacje do rozpoczęcia badań. W pracy *Etapy pracy tarana wodnego* (2014) opisano szczegółowo pojedynczy cykl pracy tarana wodnego, a także zaproponowano autorski podział na trzy etapy, nawiązujący do najważniejszych zmian w zachodzących w urządzeniu zjawiskach fizycznych. Bieżący artykuł opisuje przygotowania do kolejnego etapu, będącego bezpośrednią kontynuacją badań przebiegu uderzenia hydraulicznego, opisanego w pracy *Measurement and analysis of the water hammer in ram pump* (2015). W kolejnych rozdziałach opisano szczegółowo poszczególne fragmenty stanowiska, wyjaśniając przy okazji znaczenie niektórych rozwiązań technicznych.

## 2. PLATFORMA ŹRÓDŁA ZASILANIA

Platforma źródła zasilania (rys. 2) służy do zawieszenia zbiornika wodnego (6) o pojemności 1 [m<sup>3</sup>] wraz z jego układem nośnym oraz układem elektryczno-mechanicznym (2) w taki

sposób, aby możliwa była płynna zmiana jego wysokości. Przyjęto maksymalną wysokość 6 [m] ze względu na stabilność układu i bezpieczeństwo osób wykonujących badania.



Rys. 2. Platforma źródła zasilania (a – konstrukcja platformy, b – ramka rusztowania typu warszawskiego)

Do budowy platformy wykorzystano rusztowania typu „warszawskiego” (rys. 2b) składające się z 20 ramek o szerokości 1,63 [m], wysokości całkowitej 0,83 [m], wysokości roboczej 0,71 [m] z możliwością jego późniejszej rozbudowy. Rusztowanie ustawiono na wypoziomowanej ławie drewnianej (9). W środek platformy (8) wstawiono zbiornik wodny (6) zawieszony za pomocą stalowych zawiesi (5) do haka (4) wciągarki elektryczno-mechanicznej (2) o udźwigu 800 [kg]. Wciągarkę elektryczno-mechaniczną zamontowano do belki konstrukcyjnej (1). Podnoszenie zbiornika odbywa się za pomocą panelu sterującego (7) zamontowanego do jednej z podpór rusztowania (rys. 2a).

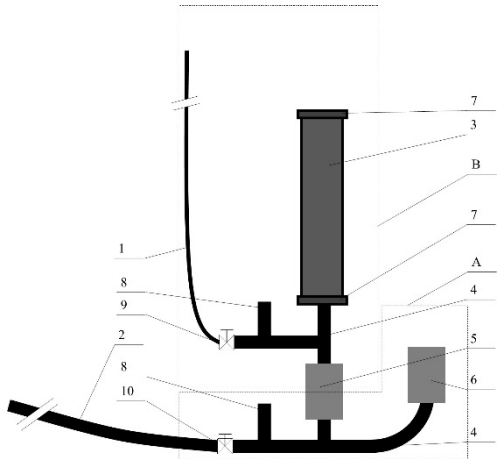
### 3. ZBIORNIK ŹRÓDŁA ZASILAJĄCEGO

W warunkach naturalnych zasilającym źródłem wodnym może być dowolny ciek wodny, rzeka, strumień, zbiornik wodny itp. Warunkiem istotnym dla pracy urządzenia jest to, aby woda dostarczana do tarana wodnego miała odpowiednią prędkość przepływu, konieczną do zainicjowania uderzenia hydraulicznego. W warunkach laboratoryjnych owe źródło wodne zastąpiono zbiornikiem wodnym. Aby zapewnić stały poziom wody w trakcie pojedynczego pomiaru, wykorzystano zbiornik wodny o dużej pojemności, wynoszącej 1 [m<sup>3</sup>]. Zbiornik wykonany jest z PCV i zabezpieczony przed odkształceniami stalowym koszem. Zbiornik wyposażono w wypływowy zawór kulowy 3 [in] oraz otwór wlewowy. Na zbiorniku zaznaczono maksymalny poziom wody, tak aby ciężar zbiornika wraz z wodą nie przekroczył nośności wciągarki.

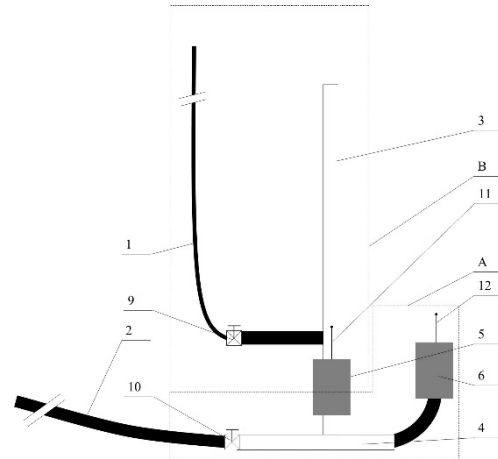
### 4. TARAN WODNY – DWA WARIANTY WYKONANIA

Na rysunku 3 przedstawiono wariant wykonania tarana wodnego, oparty na ogólnodostępnych elementach metalowych. Do wykonania korpusu tarana wykorzystano stalową rurę

(S235JRH)  $\frac{1}{2}$  [in] (4). Główne elementy konstrukcji zostały połączone za pomocą metody spawalniczej. Wykorzystano mosiężne zawory zwrotne  $\frac{1}{2}$  [in] (5 i 6). Do wykonania zbiornika powietrznego (3) zastosowano rurę PCV typu PE 45 [mm] o ściance 4 [mm] oraz korki instalacyjne (7) typu PE 45 [mm]. Przygotowano trzy rury (zbiorniki powietrzne) o różnej pojemności: 1,5, 2,0, 2,5 [dm<sup>3</sup>]. Taran wodny został również wyposażony w dwa króćce (8) umożliwiające podłączenie elektronicznych czujników ciśnienia. Do tarana podłączono rurę (2) PE 25 [mm], którą dopływa woda z zasilającego zbiornika wodnego oraz wąż elastyczny (1) odprowadzający wodę z tarana do punktu odbiorczego (kolektora). Oba elementy można odciąć za pomocą zaworów kulowych  $\frac{1}{2}$  [in] (9 i 10).



Rys. 3. Taran wodny stalowy



Rys. 4. Taran wodny z elementami PCV

Konstrukcja stalowa przeznaczona jest do przeprowadzania podstawowych badań: przebiegu uderzenia hydraulicznego, wyznaczenia charakterystyk wydajności, wyznaczenia okresu pojedynczego cyklu pracy, a także do pomiaru siły zamykania głowicy zaworu impulsowego. W drugim wariantcie wykonania (rys. 4), stalowe elementy konstrukcji tarana wodnego w strefie A, w strefie B oraz w zbiorniku powietrznym (3) zostały zastąpione bezbarwną rurą PCV  $\frac{1}{2}$  [in]. Do tarana podłączono rurę (2) PE 25 [mm], którą dopływa woda z zasilającego zbiornika wodnego oraz wąż elastyczny (1) odprowadzający wodę z tarana do punktu odbiorczego. Oba elementy można odciąć za pomocą zaworów kulowych  $\frac{1}{2}$  [in] (2 i 4).

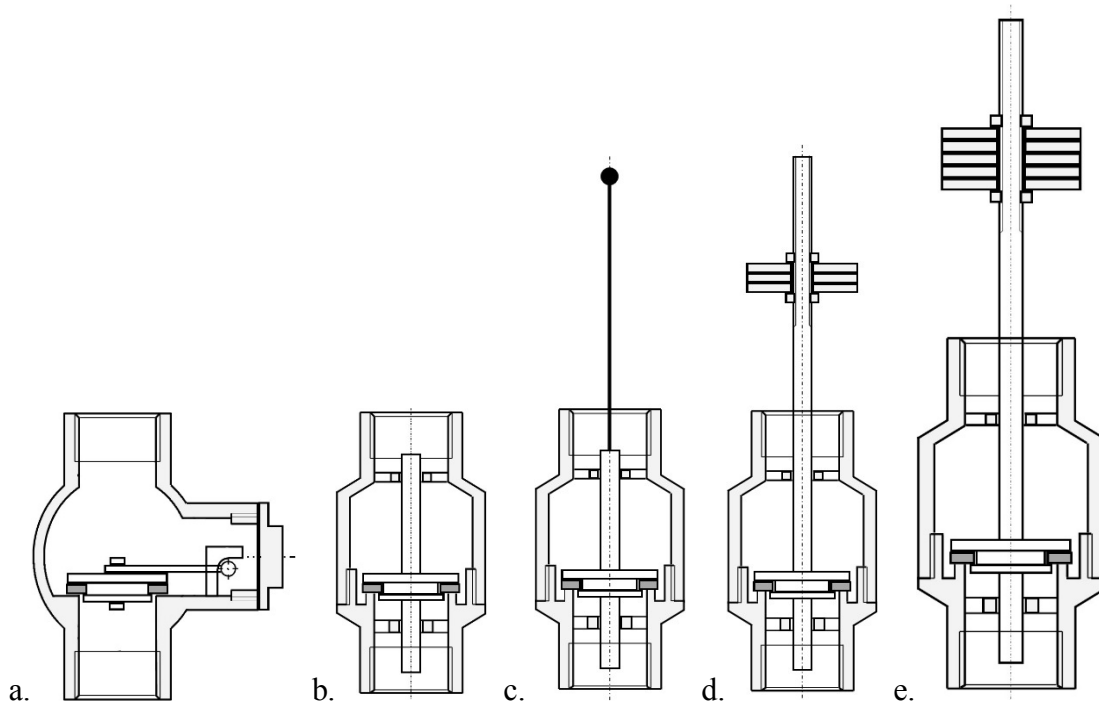
Drugi wariant przeznaczony jest do przeprowadzenia badań ruchu głowicy zaworu ciśnieniowego (5) i zaworu impulsowego (6) (otwieranie, zamykanie, spoczynek, przyspieszenie, hamowanie). Do tego badania wykorzystano wskaźniki antenowe (11 i 12) zamontowane w głowicach zaworów (rys. 5c). Oprócz tego konstrukcja ma być wykorzystana do badania ruchu wody w strefie A (przyspieszenia, hamowania, ruchu ustalonego) oraz do rejestracji zmian poziomu wody w zbiorniku powietrznym (3) (rys. 4).

## 5. ZAWORY ZWROTNE

Prawidłową pracę tarana wodnego zapewniają sprawne i niezawodne zawory zwrotne (rys. 5). Zawór zwrotny umiejscowiony w strefie A spełnia funkcję zaworu impulsowego. Jego zadaniem jest zamknięcie wypływu wody przy określonej prędkości przepływu. Podczas gwałtownego zamknięcia powstaje uderzenie hydrauliczne (dodatnie), które inicjuje otwarcie zaworu ciśnieniowego, zapewnia powtarzalność cyklu oraz przepływ wody do strefy B. Zawór zwrotny umiejscowiony w strefie B spełnia funkcję zaworu ciśnieniowego. Zadaniem tego zaworu jest przepuszczenie pewnej ilości wody do strefy B w czasie, kiedy w strefie A

panuje zwiększone wskutek uderzenia hydraulicznego ciśnienie oraz uniemożliwienie cofnięcia się wody ze strefy B do A.

Do badań zjawisk zachodzących w taraniu wodnym przygotowano pięć różnych zaworów zwrotnych. Zawór kłapkowy przedstawiony na rys. 5a został użyty w jego niezmienionej budowie. W zaworach 5b, 5c, 5d i 5e zdemontowano sprężynkę dociskającą głowicę do gniazda zaworowego. Zdemontowanie sprężyny zapewniło swobodny ruch głowicy zaworu podczas pracy tarana oparty tylko na naporze wody na tę głowicę. Głowica zaworu grzybkowego pokazanego na rys. 5c została wyposażona w znacznik antenowy, którego ruch może być śledzony za pomocą kamery do szybkich zdjęć. Zawór grzybkowy  $\frac{1}{2}$  [in] przedstawiony na rys. 5d oraz zawór grzybkowy  $\frac{3}{4}$  [in] przedstawiony na rys. 5e posiadają głowicę umożliwiającą zmianę jej masy za pomocą podkładek stalowych. Zwiększenie masy głowicy powoduje zamknięcie zaworu przy większych prędkościach przepływu wody przez strefę A, a to z kolei ma wpływ na zjawiska występujące w taraniu wodnym.



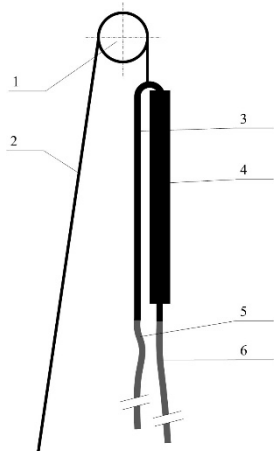
Rys. 5. Zawory zwrotne: a – kłapkowy  $\frac{1}{2}$  [in], b – grzybkowy  $\frac{1}{2}$  [in], c – grzybkowy  $\frac{1}{2}$  [in] ze wskaźnikiem antenowym, d – grzybkowy  $\frac{1}{2}$  [in] ze zmienną masą obciążenia głowicy, e – grzybkowy  $\frac{3}{4}$  [in] ze zmienną masą obciążenia głowicy

## 6. UKŁAD ODBIORCZY

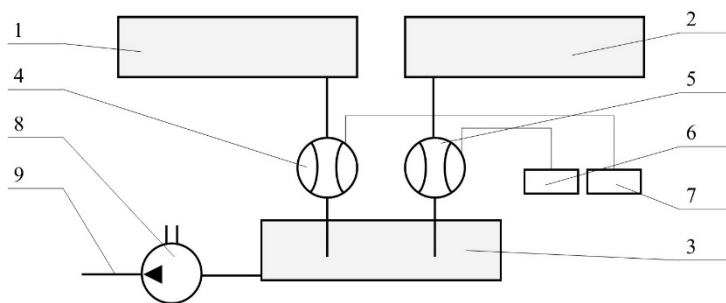
Układ odbiorczy tarana wodnego (kolektor) służy do odbioru wody podnoszonej przez ten taran. W warunkach naturalnych jest to zazwyczaj zbiornik wodny umiejscowiony na wysokości znacznie wyższej niż źródło wody (np. wieża ciśnień).

Do budowy układu odbiorczego (rys. 6) wykorzystano wąż elastyczny (5), którym woda dopływa z tarana do kolektora (4). Przewód ten połączony jest za pomocą systemu szybkozłączy ze stalową rurą (3). Rura ta stanowi zawiesie dla tego układu. Przepływająca przewodem (5) i stalową rurą (3) woda trafia od otwartego zbiornika (kolektora) (4) wykonanego ze stalowej rury o średnicy 2 [in] (pojemność kolektora 1 [dm<sup>3</sup>]). Zastosowanie kolektora zapewnia możliwość czasowego gromadzenia w nim niewielkiej ilości wody.

Następnie woda swobodnie spływa przewodem (6) do zbiornika (5) pokazanego na rys. 7. Układ odbiorczy zamocowany jest na bloczku (1) (rys. 6), którego położenie w pionie regulowane jest za pomocą dodatkowego kołowrotka. W obecnym punkcie montażu kolektor może być zawieszony na wysokości 17 [m] nad poziomem gruntu.



Rys. 6. Układ odbiorczy



Rys. 7. Układ pomiarowy wydajności tarana

## 7. UKŁAD POMIAROWY WYDAJNOŚCI

Układ pomiaru wydajności przedstawiono na rys. 7. Składa się on z dwóch zbiorników pośrednich (1) i (2) oraz jednego zbiornika głównego (3). Między zbiornikami pośrednimi a zbiornikiem głównym znajdują się wodomierze (4) i (5). Są to wodomierze typu JS 1.6-NK, Q<sub>3</sub> 1.6 [m<sup>3</sup>/h] firmy PoWoGaz wyposażone w impulsator przepływu (1 impuls = 1 dm<sup>3</sup>). Oba wodomierze zostały połączone do elektronicznych liczników impulsów (6 i 7) typu CU4. Wykorzystanie liczników impulsów zapewniło możliwość dokładnego odczytu pomiaru oraz zerowania wskazań przed rozpoczęciem kolejnego badania.

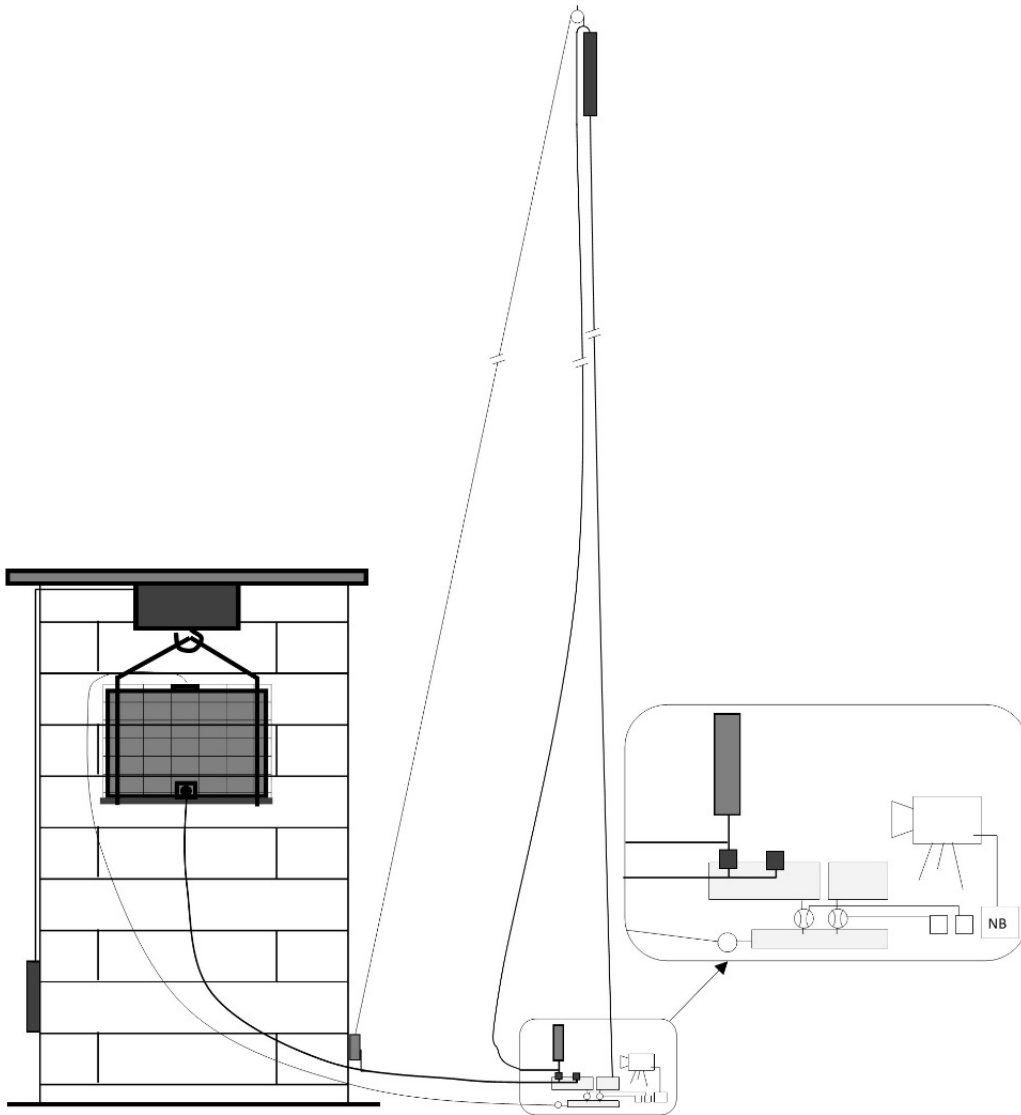
Opisane w artykule stanowisko wyposażono dodatkowo w pompę (8) i przewód elastyczny (9) prowadzący od zbiornika (3) do zbiornika stanowiącego źródło zasilania tarana. Elementy te umożliwiają pracę stanowiska bez ciągłego dostarczania wody z zewnątrz, przez co znacznie zmniejszono koszty wykonywania badań.

## 8. PODSUMOWANIE

Ogólny schemat stanowiska, przedstawiający połączenia między poszczególnymi, opisanymi wcześniej układami, za zamieszczono na rys. 8. Całość została tak zaprojektowana, aby pomiary wykonywało się wygodnie, szybko i z dużą dokładnością. Do tego wiele elementów stanowiska można łatwo wymieniać i regulować, co zapewnia dużą elastyczność i daje ogromne możliwości badawcze.

Największą zaletą stanowiska jest możliwość płynnej regulacji wysokości źródła wody za pomocą podnośnika elektryczno-mechanicznego oraz zmiany wysokości układu odbiorczego za pomocą kołowrotka. Do zalet można jeszcze zaliczyć możliwość szybkiej wymiany poszczególnych elementów w zależności od potrzeby. Bardzo łatwo można wymienić: rury dopływowe bądź odpływowe, zawory impulsowe, obciążenie głowic zaworów impulsowych o regulowanej masie, objętość komory powietrznej. Stanowisko nie jest zamocowane na stałe,

przez co możliwy jest jego demontaż i przeniesienie w inne warunki, np. przeprowadzenie badań w warunkach naturalnych (nad strumień, rzekę itp.).



Rys. 8. Stanowisko laboratoryjne do pomiaru zjawisk zachodzących w taranie wodnym

Autorzy mają nadzieję, iż stanowisko laboratoryjne umożliwi przeprowadzenie różnych badań, które przyczynią się do powiększenia wiedzy dotyczącej zjawisk występujących w taranach wodnych.

## LITERATURA

- [1] Appropedia, 2014, wrzesień, *Hydraulic ram pumps*, Pobrano z lokalizacji [http://www.appropedia.org/Hydraulic\\_ram\\_pumps](http://www.appropedia.org/Hydraulic_ram_pumps).
- [2] Axis FM, (2015), *Axis*, Pobrano z lokalizacji Axis.pl: [www.axis.pl](http://www.axis.pl)



- [3] Calero C.N.: 2011, *Design and construction of a hydraulic ram pump*, National Polytechnic School, Faculty of Mechanical Engineering. Pobrano sierpień 2014 (in Spanish).
- [4] Calhoun J.: 2003, *Home built hydraulic ram pumps*, pobrano August 2014 z lokalizacji <http://www.homepower.com/how-ram-pump-works>.
- [5] Clarke J.W.: 1900, *Hydraulic rams their principle and construction*, pobrano z lokalizacji <https://archive.org/details/hydraulicramsth03clargoog>, wrzesień 2014.
- [6] Derkor, 2014, *How does hydraulic ram work*, pobrano z lokalizacji <http://www.rampumps.net/face/20120410150106.html>, marzec 2014.
- [7] Furze J.: 2012, *Compendium in hydraulic ram*, University of Aarhus. Faculty of Political Science, pobrano z lokalizacji <http://www.slideshare.net/Fatin62c/compendium-in-hydraulic-rampumps>, wrzesień 2014.
- [8] Grygo D.: 2014, *Taran wodny – zapomniane urządzenie*, Poznań: III Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych w Poznaniu, luty 2014, s. 84-88.
- [9] Grygo D. i in.: 2014, *Etapy pracy tarana wodnego*, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury, JCEEA, t. XXXI, z. 61 (3/I/14), lipiec-wrzesień 2014, Kraków, s. 95-113.
- [10] Harkin C.: 2014, *I made a hydraulic ram pump – and I can't even weld*, (Tom 22), Soft Technology Magazine, pobrano grudzień 2014.
- [11] Janke K. i Finger L.: 1994, *Hydraulic ram pump*, Home Power, pobrano sierpień 2014.
- [12] Kaufman A.W.: 1948, *The Popular Science Ram*, (P. S. Co., red.), pobrano sierpień 2014.
- [13] Kowalski P.: 2007, *Analiza zdolności tłumienia uderzenia hydraulicznego w rurociągu stalowym z bocznikiem z tworzywa sztucznego*, Gdańsk University of Technology.
- [14] Lansford W.L. i Dugan W.G.: 1941, *An analytical and experimental study of the hydraulic ram*, pobrano styczeń 2014.
- [15] Marier D.: 1997, *How it works*, Alternative source energy, No. 1, pobrano sierpień 2014.
- [16] Maruchin W. i Kutienkow W.: 2014, *Hydraulic ram – solidly forgotten old idea*, pobrano z lokalizacji [http://www.pinopa.republika.pl/Tarpend\\_pl.html](http://www.pinopa.republika.pl/Tarpend_pl.html), styczeń 2014.
- [17] Meribah Ram Pump, 2014, *Sequences of operation*, pobrano z lokalizacji <http://www.meribah-ram-pump.com/index.php?id=32>, wrzesień 2014.
- [18] Mohammed S.N.: 2007, *Design and Construction of a Hydraulic Ram Pump*, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, Vol. 11, pp. 59-70.
- [19] Sobieski W., Grygo D. i Lipiński S.: 2015, *Measurement and analysis of the water hammer in ram pump*, przesłano do czasopisma.
- [20] South Carolina Irrigation Pages, 2014, *Home-made Hydraulic Ram Pump*, Clemson University in South Carolina. Pobrano z lokalizacji <http://www.clemson.edu/irrig/equip/ram.htm>, wrzesień 2014.
- [21] Tayre T.: 1998, *Hydraulic ram pump*, Journal of the ESME, Vol. 2, No. 1.
- [22] Watt S.B.: 1975, *A manual on the hydraulic ram for pumping water*, pobrano wrzesień 2014 z lokalizacji [http://www.watersanitationhygiene.org/References/EH\\_KEY\\_REFERENCES/WATER/Water%20Pumping/Ram%20Pumps/Hydraulic%20Ram%20Pump%20Manual%20\(ITDG\).pdf](http://www.watersanitationhygiene.org/References/EH_KEY_REFERENCES/WATER/Water%20Pumping/Ram%20Pumps/Hydraulic%20Ram%20Pump%20Manual%20(ITDG).pdf).
- [23] Welch M.: 1991, *Alternative Energy Engineering's High Lifter Pump*, Tom 23, Home Power, pobrano sierpień 2014.