

## Odzysk energii traconej w komunalnych obiegach wodnych - doświadczenia ze studiów przedwstępnych

**Janusz Steller, Zbigniew Krzemianowski**

Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk  
e-mail: [steller@imp.gda.pl](mailto:steller@imp.gda.pl), [krzemian@imp.gda.pl](mailto:krzemian@imp.gda.pl)

**Adam Chlapek**

T.I.S. Polska Sp. z o.o., Duchnice, Ożarów Mazowiecki  
e-mail: [a.chlapek@tispolska.pl](mailto:a.chlapek@tispolska.pl)

**Marcin Rafacz**

SEWiK  
Tatrzańska Komunalna Grupa Kapitałowa Sp. z o.o.  
Zakopane, e-mail: [marcin.rafacz@sewik.com.pl](mailto:marcin.rafacz@sewik.com.pl)

**Mariusz Hajdarowicz**

Remak Energomontaż, Gdańsk  
e-mail: [hajdarowicz.m@gmail.com](mailto:hajdarowicz.m@gmail.com)

**Arkadiusz Krawiec**

KSB Polska Sp. z o.o., Bronisze, Ożarów Mazowiecki  
e-mail: [arkadiusz.krawiec@ksb.pl](mailto:arkadiusz.krawiec@ksb.pl)

**Grzegorz Wygoda**

Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej  
Krosno – Krośniński Holding Komunalny Sp. z o.o.  
e-mail: [grzegorz.wygoda@khk.krosno.pl](mailto:grzegorz.wygoda@khk.krosno.pl)

### Potencjał i jego uwarunkowania

Powszechny dostęp do wody i energii to dwa z kluczowych celów zrównoważonego rozwoju (*Sustainable Development Goals, SDG*) zdefiniowanych przed laty przez Organizację Narodów Zjednoczonych. Cele te powiązane są ścisłym związkiem przyczynowo-skutkowym, określanym w literaturze anglojęzycznej mianem „nexus wodno-energetyczny”. Wyrazem tego związku jest m.in. znaczący udział sektora wodno-kanalizacyjnego w konsumpcji energii elektrycznej. W naszym kraju udział ten zbliżony jest do 2 %. W wielu krajach rozwiniętych sam sektor oczyszczania ścieków pochłania jednak 3 do 5 % konsumpcji energii elektrycznej [1]. Tymczasem woda jest dobrem nieodzownym do życia, a wobec obserwowanych zmian klimatycznych - coraz trudniej dostępnym. Jej magazynowanie, oraz zachowywanie jej wysokiej jakości w warunkach postępującego zużycia, wymaga rosnących nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

Redukcji tych kosztów można dokonać m.in. poprzez odzysk energii odpadowej. W przypadku infrastruktury wodociągowej chodzi tu głównie o energię rozpraszaną w węzłach redukcji ciśnienia przy ujęciach wody, a także na wlotach do stacji uzdatniania wody, zbiorników wodnych oraz sieci dystrybucyjnej. W oczyszczalniach ścieków głównym źródłem energii odpadowej jest często biometan pozyskiwany z fermentacji osadów. W przypadku większych instalacji znaczący potencjał reprezentuje także energia hydrauliczna związana ze zrzutami ścieków oczyszczonych. Wyzyskanie energii rozpraszanej w takich miejscach uchodzi z reguły za przedsięwzięcie pożądane i opłacalne z uwagi na możliwość uniknięcia kosztownych inwestycji infrastrukturalnych, dużą przewidywalność parametrów ruchowych oraz brak niepożądanych oddziaływań środowiskowych.

Z uwagi na moc surową ograniczoną często do kilkudziesięciu, a nawet kilkunastu kilowatów, rezygnuje się często z użycia klasycznych turbin wodnych na rzecz rozwiązań specjalnych i uproszczonych, w tym pomp w ruchu turbinowym (PAT). Zastosowanie rozwiązań

uproszczonych przy jednoczesnym zachowaniu dotychczasowych parametrów ruchu węzła redukcji ciśnienia stawia szczególne wymagania wobec układu regulacji całej instalacji. Wyzwaniem jest zawsze krytyczny charakter instalacji wodno-kanalizacyjnych. Celem zachowania jej wysokiej niezawodności i regulacyjności hydrozespoły rekuperacyjne instaluje się z reguły na rurociągach obejściowych zaworów redukcyjnych lub tylko na jednym z równoległych kanałów zrzutowych. W przypadku węzłów redukcyjnych w sieciach wodociągowych szczególną uwagę zwraca się na przeciwdziałanie zjawisku uderzenia hydraulicznego, do którego doprowadzić może m.in. zrzut obciążenia hydrozespołu z wirową maszyną hydrauliczną, której rozbieg prowadzi do znaczącego spadku natężenia przepływu.

Unia Europejska od dłuższego czasu wspiera różne projekty ukierunkowane na rozpoznanie tzw. potencjału hydroenergetycznego „ukrytego” w istniejących instalacjach hydraulicznych, a także rozwój technologii specjalnie dostosowanych do jego wyzyskania. Na tego rodzaju cele zorientowany jest projekt Life NEXUS, realizowany od końca roku 2018 przez konsorcjum międzynarodowe, w skład którego wchodzi 3 podmioty z Hiszpanii i po jednej instytucji naukowej z Polski i Litwy. Jednym z kluczowych zadań realizowanych w ramach projektu jest opracowanie studiów przedwstępnych instalacji rekuperacyjnych wykorzystujących nadwyżki energii hydraulicznej w komunalnych obiegach wodnych. Podsumowanie niektórych praktycznych spostrzeżeń i wniosków, jakie pojawiły się przy tej okazji jest przedmiotem tego wystąpienia.

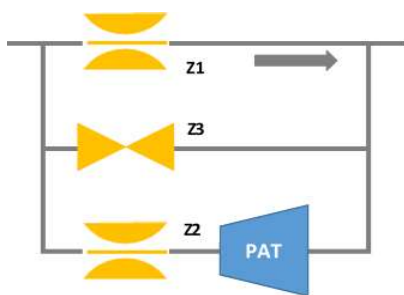
### Dobór hydrozespołu

Jak wspomniano, hydrozespoły stosowane w układach wykorzystujących odpadową energię hydrauliczną można zaliczyć do trzech kategorii. Hydrozespoły klasyczne stosowane są zazwyczaj przy mocach instalowanych powyżej 100 kW. Ich oczywistą zaletą jest możliwość pracy z dobrą sprawnością w stosunkowo szerokim zakresie parametrów ruchowych. Moce maksymalne elektrowni rekuperacyjnych mogą sięgać nawet 30 MW [2]. Tak duże moce występują jednak tylko w

przypadku systemów wodnokanalizacyjnych wielkich miast położonych na terenie wysokogórkim.

Podobnie, jak w przypadku klasycznej energetyki wodnej, najbardziej uniwersalne okazują się hydrozespoły wyposażone w turbiny Francisca. Na terenach górskich i podgórkich dość często stosuje się turbiny akcyjne (Peltona, turgo lub Banki-Michella) – głównie na wlocie do stacji uzdatniania wody, zbiorników wyrównawczych lub sieci dystrybucyjnej. Niekiedy turbiny akcyjne spotyka się i na zrzutach oczyszczonej wody odpadowej do rzek płynących w dolinach górskich. Zazwyczaj spady dostępne na zrzutach są jednak niewielkie i dlatego rekomenduje się tu często turbiny typu Kaplan lub semi-Kaplan w różnych konfiguracjach.

Hydrozespoły uproszczone to bardzo często pompy w ruchu turbinowym (PAT), a zwłaszcza pompy odśrodkowe. Ich zaletą jest znacznie korzystniejsza cena i dostępność niż ma to miejsce w przypadku hydrozespołów klasycznych o podobnych parametrach znamionowych. Wadą jest niższa sprawność, ograniczony dostęp do charakterystyk ruchowych oraz ograniczona regulacyjność. W przypadku PAT opartych o pompy odśrodkowe, pracujących w zmiennych warunkach eksploatacyjnych jedynym rozwiązaniem, pozostaje zwykle regulacja dławieniowo-upustowa, której typowy schemat pokazano na rys.1. Jeśli za stan wyjściowy uznać pracę przy całkowicie zamkniętym zaworze dławieniowo-upustowym Z1 i całkowicie otwartym zaworze dławieniowym Z2, to zwiększenie przepływu przez węzeł można uzyskać otwierając zawór Z1, a jego zmniejszenie przysmakując zawór Z2. Oczywiście ruch z otwartym zaworem Z2, a zatem i praca hydrozespołem są możliwe tylko w zakresie dostępnego spadku i wymaganego przepływu wynikających z charakterystyki ruchowej maszyny hydraulicznej. Pokazany na rys.1 zawór upustowy Z3 nie jest używany podczas normalnej pracy układu.



**Rys.1 Schemat instalacji odzysku energii hydraulicznej z regulacją dławieniowo-upustową (nie pokazano zaworów odcinających instalację oraz cały węzeł)**

Z opisaną wyżej regulacją związane są oczywiście znaczące straty energetyczne. Mimo zastosowania PAT o wysokiej sprawności, z analizy pracy układu odzysku energii dla komory K20 Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Krośnie wynika średnioroczna sprawność przetwarzania energii surowej na energię elektryczną na poziomie 43 %. W przypadku komory zasuw przed zbiornikiem Murowaniec (SEWiK Zakopane), sprawność ta spada do około 40 %.

Mimo ww. niedoskonałości, zastosowanie PAT w układach odzysku energii hydraulicznej i niektórych mikro-

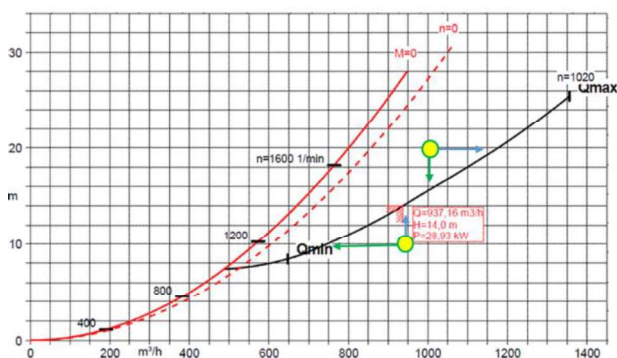
elektrowniach wodnych uważa się często za przedsięwzięcia uzasadnione technicznie i ekonomicznie. Celem upowszechnienia tej technologii od lat 70-tych prowadzone są prace badawcze i badawczo-rozwojowe nad związkami między charakterystykami energetycznymi pomp w ruchu pompowym i turbinowym oraz konstrukcją wirników turbinowych przeznaczonych do współpracy z elementami stałymi pomp. Liderem wśród dostawców PAT stała się firma *KSB AG*, której ośrodek badawczo-rozwojowy przeprowadził w tym celu systematyczne badania kilku typoszeregów produkowanych pomp [3]. Uzyskane charakterystyki PAT, opartych o typoszeregi Etanorm i Omega, wskazują na sprawności układające się w dość szerokiej części zakresu pracy (np.  $Q > 0,65 Q_{max}$ ) na poziomie zbliżonym do 80 %. Badania pomp z wirnikami przeznaczonymi do pracy turbinowej prowadzi obecnie m.in. firma *Hydro-Vacuum SA* z Grudziądza.

Hydrozespoły dedykowane to przede wszystkim urządzenia *in-conduit*, instalowane bezpośrednio w rurociągu – takie, jak hydrozespoły gruszkowe wyposażone w generatory z magnesami stałymi lub hydrozespoły z turbinami sferycznymi (typu Gorłowa). W hydrozespołach tych zapewnia się często możliwość regulacji obrotów utrzymując łopatki w położeniu stałym. Rozwiązania takie stosuje się w przypadku niewielkich mocy i spadów oraz ograniczonej przestrzeni na instalacje hydrozespołów innego typu. Do hydrozespołów specjalnych należy zaliczyć także zespoły prądotwórcze wyposażone w turbiny hydrokinetyczne, a zwłaszcza turbiny o przepływie poprzecznym. Ich zastosowanie może być niekiedy zasadne na zrzutach wody z oczyszczalni bez możliwości budowy odpowiedniego piętrzenia. Oczywiście, uzyskiwana moc użyteczna jest ograniczona warunkami instalacyjnymi i współczynnikiem wykorzystania energii przepływu.

### Układ nadzoru i sterowania – stany ustalone

Dla analizy techniczno-ekonomicznej zasadności planowanej inwestycji (przedwstępne studium wykonalności) kluczowe znaczenie ma prognoza produkcji energii elektrycznej. Zwykle wymaga się, by po oddaniu do eksploatacji układu odzysku energii w węzle redukcji ciśnienia można było zachować dotychczasowe parametry ruchu. Dlatego prognozę produkcji energii opiera się zazwyczaj na wynikach rejestracji natężenia przepływu oraz ciśnień na wlocie i wylocie z węzła przed instalacją zespołu rekuperacyjnego, chociaż w przypadku, gdy węzeł nie zasila bezpośrednio sieci dystrybucyjnej możliwa jest optymalizacja pozwalająca na wydłużenie czasu pracy hydrozespołu kosztem pracy zaworu Z1.

Sposób wyznaczenia punktu pracy PAT na podstawie wartości wynikających bezpośrednio z warunków pracy węzła redukcji ciśnienia ilustruje rys.2. Praca hydrozespołu jest możliwa, gdy wartości dostępnego spadku i natężenia przepływu przekraczają jednocześnie wynikające z rys.2 wartości graniczne. W przypadku, gdy punkt pracy węzła położony jest powyżej charakterystyki  $H = H(Q)$ , zakłada się dławienie zaworem Z2. W przypadku, gdy położony jest niżej – nadmiarowy przepływ jest upuszczany zaworem Z1.



**Rys.2 Wyznaczanie punktów pracy PAT Omega 300-300A na charakterystyce H-Q (zielone strzałki) na podstawie założonych warunków pracy węzła redukcji ciśnienia (komora zasuw zbiornika Murowaniec). Charakterystyka PAT wg oferty firmy KSB AG**

Układ przetwarzania hydraulicznej energii odpadowej stanowi integralną część węzła redukcji ciśnienia lub instalacji zrzutowej. Z ich poziomu powinien być też sterowany systemem SCADA. Ww. zasada integralności układu hydraulicznego nie oznacza rezygnacji z autonomicznych funkcji poszczególnych organów regulacyjnych. Typowym parametrem zadawanym w przypadku węzła redukcji ciśnienia jest ciśnienie na wylocie, zaś w przypadku instalacji zrzutowej – ciśnienie lub poziom wody na wlocie instalacji.

Dla realizacji opisanego wcześniej scenariusza regulacji węzła redukcji ciśnienia w ruchu ustalonym kluczowe znaczenie ma oczywiście zawór Z2, który powinien być przystosowany do pracy w szerokim zakresie przepływów z niskimi oporami hydraulicznymi przy pełnym otwarciu. Ostatniego warunku nie spełniają zawory żaluzjowe, natomiast klasyczne zawory tłokowe charakteryzują się często ceną wyższą niż cena hydrozespołu. Dobrym rozwiązaniem bywa zawór motylowy pod warunkiem, że wcześniejsza analiza wykluczy zagrożenie kawitacyjne, które może doprowadzić do szeregu niepożądanych skutków. W przypadku, gdy zagrożenie takie jest nieuchronne, zawór motylowy można zastąpić zaworem membranowym [4] z oprzyrządowaniem elektronicznym i hydraulicznym utrzymującym stałe ciśnienie w wybranym punkcie za zaworem. Domyślnie jest to wlot do maszyny rekuperacyjnej lub miejskiej sieci wodociągowej bezpośrednio za zaworem, ale w przypadku komory zasuw przed zbiornikiem Murowaniec zaproponowano sterowanie w bezpośredniej zależności od różnicy między mierzoną a zadawaną wartością ciśnienia na wlocie do zbiornika, znajdującego się za planowanym miejscem instalacji maszyny typu PAT.

Uniknięcie przypadkowego otwierania zaworu Z1 podczas pracy hydrozespołu powinno zapewnić przesunięcie pasm regulacyjnych zaworów Z1 i Z2. Dzięki temu zawór Z1 pozostaje zamknięty dopóki dopóki ciśnienie na wylocie z instalacji (wlocie do sieci wodociągowej lub do zbiorników) nie spadnie poniżej dolnej granicy jego pasma regulacji. Np. w przypadku komory K20 MPGK Krosno zawór Z1 zapewnia ciśnienie 380 do 400 kPa na wlocie sieci wodociągowej miasta Krosna. Otóż proponuje się, by podczas pracy hydrozespołu zawór Z2 pozostawał na tyle otwarty, by zapewnić ciśnienie w pa-

śmie 400 do 420 kPa. Jeśli ciśnienie spadnie jednak poniżej 380 kPa, zawór Z1 zacznie się otwierać, tak by przywrócić ciśnienie w zakresie 380÷400 kPa. Zawór Z2 będzie w tym czasie pozostawać maksymalnie otwarty (poza pasmem regulacji). Przyczyną spadku ciśnienia na wlocie do sieci miejskiej może być wzrost poboru wody. Może nią być jednak gwałtowny spadek natężenia przepływu przez hydrozespół wskutek zrzutu obciążenia.

### Układ nadzoru i sterowania – zrzut obciążenia

Przebieg charakterystyk przepływowych sprawia, że zrzut obciążenia hydrozespołu wyposażonego w pompę odśrodkową lub helikoidalną w ruchu turbinowym związany jest z gwałtownym zmniejszeniem natężenia przepływu przez PAT. Grozi to wprost uderzeniem hydraulicznym w rurociągu doprowadzającym wodę do instalacji. Jedną z najprostszych i najczęściej stosowanych metod zapobiegania zjawisku polega na zastosowaniu zaworów upustowych (zawór Z3 na rys.1). Z uwagi na konstrukcję i zasadę działania funkcje tę spełniają dobrze zawory membranowe.

W przypadku komory K20 MPGK Krosno rozważa się jednak rezygnację z zaworu Z3 i powierzenie jego funkcji zaworowi Z1. Jest to możliwe dlatego, że zawór Z1 w komorze K20 jest zaworem membranowym i po odpowiednim przebrojeniu, jego czas reakcji okaże się wystarczająco krótki, by zapobiec uderzeniu hydraulicznemu, które w przypadku tej instalacji i tak charakteryzowałoby się niską amplitudą. Zrezygnować z zaworu Z3 nie można w przypadku komory zasuw zbiornika Murowaniec w Zakopanem. W charakterze zaworu Z1 planuje się użycie tutaj dotąd eksploatowanego zaworu żaluzjowego o bardzo długim czasie przestawiania. Poza tym zagrożenie uderzeniem hydraulicznym jest tu wyższe z powodu dużych prędkości przepływu.

### Magazyny wody i energii

Magazyn energii może mieć istotne znaczenie dla operatora infrastruktury wodnokanalizacyjnej zmierzającego do optymalizacji gospodarki energetycznej poprzez ograniczenie lub całkowite wykluczenie poboru energii z sieci zewnętrznej. Taki właśnie cel założyli sobie projektanci pilotowego układu odzysku energii hydraulicznej przy stacji uzdatniania wody w miejscowości Porma w Hiszpanii [5].

Jednak, instalacja elektrochemicznego magazynu energii może okazać się zasadna również z innych względów. Nawet niezbyt wielki magazyn jest w stanie zabezpieczyć przed zrzutem obciążenia w warunkach zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej, a następnie zapewnić autonomiczną pracę urządzeń w warunkach przedłużającej się awarii sieciowej. Jest to cecha o bezspornym znaczeniu w przypadku tzw. infrastruktury krytycznej. Rozwiązanie takie było rozważane podczas prac studialnych nad obu wymienionymi tu instalacjami.

Funkcję magazynów energii mogą pełnić też zbiorniki wyrównawcze, na wlocie których znajduje się komora redukcji ciśnienia wraz z instalacją rekuperacyjną. Podczas prac studialnych nad instalacją przy zbiorniku Murowaniec zaproponowano utworzenie niezbyt grubej



„warstwy energetycznej” bezpośrednio pod docelowym poziomem piętrzenia. Po uzyskaniu poziomu piętrzenia powyżej dolnej granicy warstwy (z dokładnością do histerezy) przewiduje się zaniechanie pracy zaworem Z1. Oczekuje się, że taki sposób pracy przyczyni się do wzrostu średniorocznej sprawności energetycznej instalacji rekuperacyjnej.

### Podziękowania

Niniejszy tekst powstał w wyniku realizacji projektu Life NEXUS finansowanego ze środków programu Komisji Europejskiej *LIFE Environment and Resource Efficiency* (LIFE17 ENV/ES/000252) oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

### Przywołania

1. **Steller J., Hajdarowicz A., Krzemianowski Z.:** *Odzysk energii traconej w komunalnych i przemysłowych obiegach wodnych - wybrane aspekty technologiczne*, HYDROFORUM 2022. Książka streszczeń, TEW / IMP PAN, Warszawa/Gdańsk, 2022, s.43-52
2. **Villagómez A.:** *Know-how for Small Power Hydro (SPH) development. Public sector company experience. EPMAPS case*. HYPOSO Workshop on Small Hydro-power Framework Conditions in Ecuador, Quito, 26 July 2022
3. *Turn the Tide on Energy Needs*. 0291.022-EN/2 / 07.12 / KSB Aktiengesellschaft 2012, ulotka informacyjna
4. Materiały informacyjne firmy *T.i.S. Nuoval*, <https://www.latis-service.com/en/products/nuoval-line/acv-automatic-control-valve-diaphragm>
5. **Samaniego J., Bujedo L.A., López Fernández R.M., Serna González V.I., Mirete M., Page J.:** *Energy recovery in a DWTP using an innovative micro-hydro-power system based on the integration of a Pump as Turbine and an energy storage*. HYDROFORUM 2022. Książka streszczeń, TEW / IMP PAN, Warszawa/Gdańsk, 2022, s.55-58

### Autorzy

**Janusz Steller**, dr hab., w roku 1977 ukończył studia na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Gdańskiego w specjalności fizyka teoretyczna. Od tego czasu pracownik Instytutu Maszyn Przepływowych PAN, który w roku 1984 nadał mu stopień doktora nauk technicznych. W roku 2019 Senat Politechniki Wrocławskiej nadał mu stopień doktora habilitowanego. Obecnie starszy specjalista w Ośrodku Energetyki Ciepłej IMP PAN. Prezes Zarządu Towarzystwa Elektrowni Wodnych (TEW). Zawodowo zajmuje się badaniem zjawiska kawitacji i erozji kawitacyjnej, a także zagadnieniami energetyki wodnej. W przeszłości również: obliczeniami projektowymi oraz metodyką badań energetycznych i diagnostycznych hydraulicznych maszyn wirnikowych.

**Zbigniew Krzemianowski**, dr inż., ukończył Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej w roku 1998. W roku 2003 uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Politechnice Gdańskiej. Od tego czasu zatrudniony jest w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN – od drugiej połowy 2022 roku w Ośrodku Energetyki Ciepłej. Zawodowo zajmuje się trójwymiarową analizą przepływu cieczy (CFD), projektowaniem turbin wodnych, badaniami maszyn hydraulicznych w warunkach laboratoryjnych i eksploatacyjnych, a także numerycznym modelowaniem zjawiska kawitacji.

**Mariusz Hajdarowicz**, mgr inż. ukończył Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej w roku 1996. Pracę zawodową rozpoczął w roku 1996 w Zakładach Remontowych Energetyki Gdańsk Sp. z o.o. W latach 1999-2002 pracował w firmie *Gajek Engineering* Sp. z o.o. Następnie od roku 2002 pracował w firmie ZRE Gdańsk Sp. z o.o.. W roku 2006 został kierownikiem utworzonego Działu Rozwoju firmy ZRE Gdańsk, który to dział tworzył i rozwijał w kolejnych latach. Odpowiadał m.in. za kontakty i współpracę ZGE Gdańsk ze światem nauki. Zawodowo zajmuje się szeroko pojętą energetyką wodną, doбором turbin wodnych i obliczeniami ich parametrów. Od roku 2021 w firmie *Remak Energomontaż*. W latach 2022-2023 zatrudniony jako starszy specjalista w IMP PAN w związku z realizacją projektu Life NEXUS.

**Adam Chlapek**, tech. dypl., w latach 1992-1996 studiował na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej, specjalność Systemy Ochrony Atmosfery (bez formalnego ukończenia). W latach 1996 – 2001 prowadził własną firmę, jednocześnie w latach 1998 – 2005 związany był z firmą Kucza Sp.J., wyłącznym dystrybutorem w Polsce reduktorów ciśnienia prod. Malgorani (Włochy), w której kierował sprzedażą hurtową oraz serwisem tych urządzeń. W latach 2005 – 2012 zajmował się doradztwem technicznym w firmach dystrybucyjnych Tadmar S.A. oraz Rurex Sp. z o.o. W 2012 r. został zatrudniony w T.I.S. Polska na stanowisku Product Managera, a w 2018 r. objął stanowisko Dyrektora Technicznego firmy, w której odpowiada za dobór rozwiązań technicznych na potrzeby ofertowania oraz dostaw związanych z kluczowymi projektami

**Arkadiusz Krawiec**, mgr inż. ukończył Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach w roku 1999. Pracę zawodową rozpoczął w tym samym roku w firmie KSB Pompy i Armatura Sp. z o.o. i kontynuuje ją do chwili obecnej. Podczas wielu lat pracy w tej firmie brał udział w realizacji wielu ciekawych projektów, zdobywając jednocześnie cenne doświadczenie związane z techniką pompową. Jako pasjonata ekologii zawsze interesowały go rozwiązania pro-ekologiczne, które firma KSB miała i ma swojej ofercie. W szczególności dotyczy to wykorzystania pomp do produkcji energii elektrycznej (PAT), czy biogazownie.

**Marcin Rafacz**, absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, gdzie uzyskał tytuł magistra inżyniera w dziedzinie automatyki i robotyki w 2002 roku. Jego kariera w branży wodociągowej rozpoczęła się w 2003 roku, w firmie SEWIK Zakopane, gdzie na początku pełnił funkcję Kierownika Działu Rozwoju a następnie Kierownika Działu Technicznego i Inwestycji. Jego praca obejmuje m.in. koordynację projektów inwestycyjnych w szczególności projektów automatyzacji procesów uzdatniania wody, monitorowania sieci wodociągowej i kanalizacyjnej oraz projektów informatycznych. Ponadto prowadzi własną działalność gospodarczą, realizując kompleksowe projekty od koncepcji i programów funkcjonalnych, aż po gotowe systemy monitoringu i automatyki dla branży wodociągowej. Angażuje się także w prace rozwojowo-badawcze oraz komercjalizację innowacyjnych projektów z branży energetycznej

**Grzegorz Wygoda**, mgr inż., ukończył Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej w 1996 roku, specjalność „Zaopatrzenie w wodę, unieszkodliwianie ścieków i odpadów”. Od 1997 roku pracuje w Wodociągach Krośnieńskich. Obecnie kieruje Zakładem Uzdatniania Wody w Sienawie usytuowanym przy zaporze wodnej „Besko” na rzece Wisłok. Zawodowo oprócz tematów związanych z uzdatnianiem wody, zajmuje się również procesami inwestycyjnymi przy budowie rurociągów, pompowni, stacji redukcyjnych.