mgr inż. Natalia Kaszubowska
Dział Badawczo-Rozwojowy Hydro-Vacuum S.A.
doktorantka, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

prof. dr hab. inż. Ewa Wojciechowska
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

dr inż. Marcin Janczak
Dział Badawczo-Rozwojowy Hydro-Vacuum S.A.

Przegląd rozwiązań konstrukcji separatorów części stałych stosowanych w tłoczniach ścieków – analiza stanu techniki

Review of solid separators designs used in sewage dry-well pumping stations – state-of-the-art analysis

Kluczowy dla właściwego funkcjonowania urządzeń pompowych, jakimi są tłocznie ścieków, jest odpowiednio zaprojektowany separator części stałych. Powinien on spełniać jednocześnie kilka założeń, aby zagwarantować jego prawidłową i długofalową bezawaryjną pracę. Część producentów tłoczni wprowadza udoskonalenia i modyfikacje w konstrukcjach stosowanych separatorów wynikające z doświadczeń i wiedzy z eksploatacji i jest to ważny kierunek ich działań rozwojowych i badawczych w zakresie tłoczni ścieków.

Urządzenia pompowe są bardzo istotną częścią systemów kanalizacyjnych. Stosowane są w miejscach, z których grawitacyjne odprowadzenie ścieków jest technicznie niemożliwe lub ekonomicznie nieopłacalne. Może to być uwarunkowane ukształtowaniem terenu, wysokim poziomem wód gruntowych czy też występowaniem znacznych odległości pomiędzy miejscem wprowadzenia ścieków do systemu, a odbiornikiem. Ciśnieniowy transport ścieków jest częstą i konieczną praktyką. Realizowany jest najczęściej za pośrednictwem mokrych przepompowni ścieków z pompami zatapialnymi, które jednak są podatne na awarie z powodu uszkadzania wirników pomp elementami stałymi i długowłóknistymi zawartymi w ściekach. Stanowią ponadto źródło uciążliwości odorowej dla otoczenia ze względu na brak hermetyzacji. Wykonuje się także przepompownie suche o wyższym komforcie eksploatacyjnym. Jednak obiekty te są dwukomorowe lub dwuzbiornikowe, co wymaga większej powierzchni zabudowy. Istnieje również możliwość wykorzystania systemów przedmuchu ścieków powietrzem, lecz rozwiązanie to jest obarczone ryzykiem awarii sprężarki oraz wyższymi kosztami zużycia energii. Stosowane są także tłocznie ścieków, które są urządzeniami jednozbiornikowymi, hermetycznymi, o niskim zapotrzebowaniu energetycznym, odpornymi na awarie pomp. Aby zapewnić bezpieczeństwo użytkowników sieci konieczny jest dobór odpowiedniego rozwiązania, dzięki któremu cały system będzie mógł funkcjonować prawidłowo i bezawaryjnie.

Kluczowym dla właściwego funkcjonowania urządzeń pompowych, jakimi są tłocznie ścieków, jest odpowiednio zaprojektowany separator części stałych. Powinien on spełniać jednocześnie kilka założeń, aby zagwarantować jego prawidłową i długofalową bezawaryjną pracę.

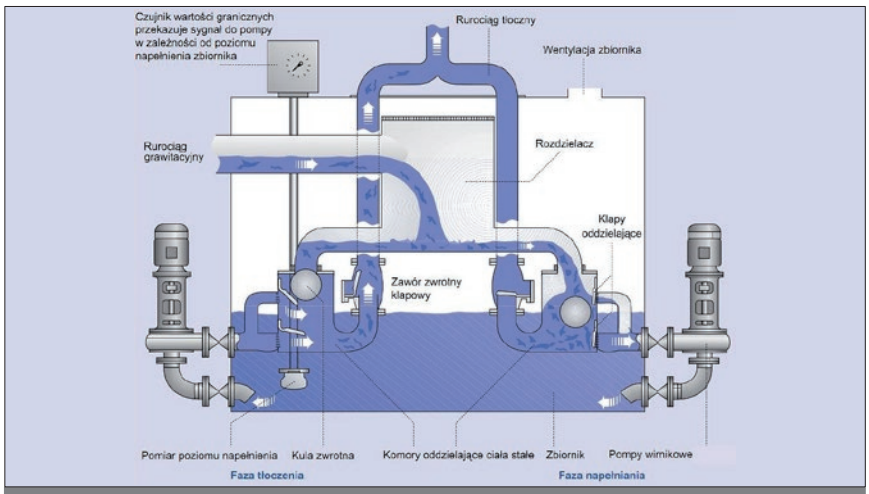
Fot. 1. Przepompownia mokra po 10 latach eksploatacji Źródło: Hydro-Vacuum

Fot. 2. Tłocznia ścieków po 10 latach eksploatacji Źródło: Hydro-Vacuum

Pierwszym z nich jest zwarta, kompaktowa konstrukcja o nieprzewymiarowanych gabarytach, co jest istotne ze względu na ograniczoną ilość przestrzeni w zbiornikach podziemnych, w których instaluje się tłocznie. Im większa średnica zbiornika, tym wyższe

Streszczenie: W artykule wskazano na kluczowe właściwości decydujące o poprawnym funkcjonowaniu tłoczni ścieków w sieciach kanalizacyjnych i na nowe rozwiązania stosowane w tych urządzeniach. Producenci tłoczni ścieków oferują własne, specyficzne rozwiązania konstrukcyjne, które często znacząco różnią się między sobą, także pod względem zastosowanego typu separatora. Wprowadzają oni udoskonalenia i modyfikacje w konstrukcjach stosowanych separatorów wynikające ze zgromadzonej wiedzy podczas eksploatacji. Najważniejszymi cechami separatorów w tłoczniach są m.in. zdolność separacji części stałych i zatrzymywania ich w komorze w trakcie fazy napływowej oraz jak największa efektywność samooczyszczania w trakcie fazy tłocznej. Kolejne cechy to bezobsługowe działanie bez konieczności częstego udrażniania i żywotność pracy w agresywnym środowisku.
Słowa kluczowe: tłocznie ścieków, pompownie ścieków, sieci kanalizacyjne
Abstract: The article highlights the key features determining the proper operation of pumping stations in sewage systems and new solutions used in these devices. Manufacturers of sewage pumping stations offer their own, specific design solutions, which often differ significantly, including the type of separator used. They develop and modify the separators designs, based on gathered experience and operational knowledge. The most important feature of solids separators is the ability to separate solids and retain them in the chamber during the inflow phase, as well as the highest possible self-cleaning efficiency during the discharge phase. Other crucial features include both maintenance-free operation without frequent unclogging and the resilience in aggressive environment
Keywords: sewage pumping stations, separation of solids, sewage systems, lifting stations

Fot. 3. Tłocznia ścieków z separatorami w kształcie pionowego walca z dopływem górnym, zintegrowanymi z kulą zwrotną, wykonane z PE-HD Źródło: Wilo [2]



Fot. 5. Przekrój tłoczni ścieków z separatorami w kształcie pionowego walca z dopływem górnym, zintegrowanymi z kulą zwrotną, obrazujący zasadę działania Źródło: EkoTech [4]

Fot. 4. Separator dwukanałowy ze stali nierdzewnej, w kształcie pionowego walca z dopływem górnym, wyposażony w elastyczne klapy cedzące: 1 – kierunek dopływu ścieków do pionowego korpusu separatora, 2 – górna klapa cedząca, 3 – dolna klapa cedząca, 4 – kierunek przepływu ścieków po separacji w stronę pompy, 5 – kierunek przepływu ścieków z separatora w stronę pionu tłocznego Źródło: Ecol – Unicon [3]

koszty realizacji inwestycji (droższy zbiornik, szerszy wykop, droższe odwodnienie itp.). Ponadto z uwagi na granice działek, limitowaną ilość terenu przewidzianą pod realizację inwestycji i kwestię własności gruntów często projektuje się minimalne możliwe do zastosowania średnice podziemnych korpusów tłoczni. Jest to wyzwaniem, gdyż trzeba następnie zmieścić w środku zbiornika wszystkie niezbędne elementy wyposażenia, zapewniając jednocześnie swobodny dostęp do ich późniejszej obsługi.

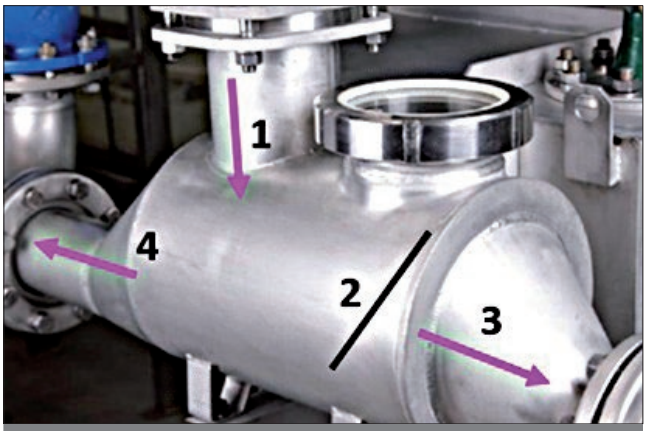
Drugim założeniem jest odpowiednie wykonanie materiałowe separatora, które zapewnia jego długotrwałe działanie w kontakcie z agresywnym medium, jakim są ścieki sanitarne. Materiał, z którego wykonany jest separator, musi gwarantować pełną odporność korozyjną, wytrzymałość mechaniczną, ale jednocześnie być łatwym w obróbce na etapie produkcji separatora.

Trzecie kryterium to dostęp eksploatacyjny, czyli lokalizacja separatora w tłoczni. Istotne jest, czy istnieje możliwość inspekcji wnętrza separatora i jego elementów cedzących w krótkim czasie i przy minimalnej liczbie czynności serwisowych do wykonania. Z tej perspektywy znacznie lepszym rozwiązaniem będą separatory zlokalizowane na zewnątrz modułu retencyjnego tłoczni lub częściowo w środku, lecz z pełnym dostępem od zewnętrznej strony modułu bez konieczności demontażu znacznej liczby elementów i/lub całkowitego zamknięcia dopływu ścieków do tłoczni.

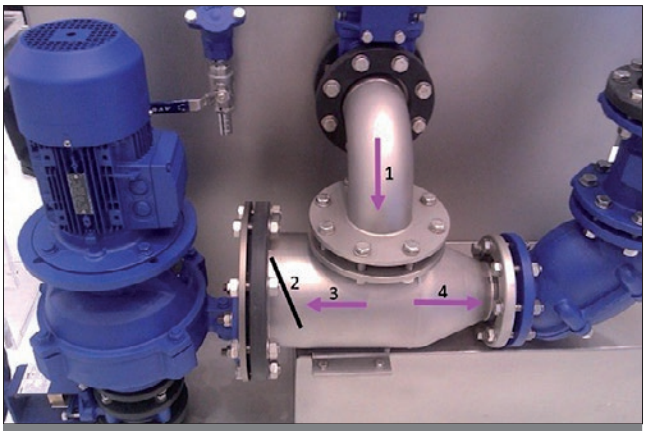
Kolejnym bardzo ważnym wyróżnikiem funkcjonalnym separatora jest jego zdolność do odseparowywania cząstek stałych zawartych w ściekach od płynnej części medium i akumulacja tych elementów stałych i długowłóknistych w separatorze na czas trwania fazy napływowej. Jest to etap pracy tłoczni polegający na grawitacyjnym napełnianiu się modułu retencyjnego do poziomu maksymalnego, przy którym uruchamia się pompa. Ścieki napływają do modułu retencyjnego układem orurowania, którego częścią jest separator cząstek stałych zlokalizowany przed pompą. Efektywna separacja większych zanieczyszczeń stałych i zatrzymanie ich w korpusie separatora jest kluczowe dla prawidłowego działania całego urządzenia. Separator powinien przepuszczać dalej w stronę pompy jedynie drobne frakcje, mniejsze od rozmiaru wolnych przelotów elementów cedzących separatora. Konstrukcja separatora musi być tak zaprojektowana, aby wymiary przestrzeni cedzenia spójnie korelowały z wolnymi przelotami wirnika pompy, dobranej do hydraulicznych warunków pracy panujących w danej lokalizacji. Z separatora, przez komorę wirnika pompy, w kierunku modułu retencyjnego mogą przepłynąć jedynie cząstki takich rozmiarów, które nie będą stwarzały ryzyka zapchania układu czy też uszkodzenia elementów wirujących.

Istotnym czynnikiem jest również zdolność separatora do samooczyszczania w trakcie fazy tłocznej, tj. gdy pompa zasysa medium z modułu retencyjnego i tłoczy je w stronę separatora. Wówczas wszystkie zakumulowane tam wcześniej cząstki stałe powinny zostać wypompowane wraz ze ściekami w stronę pionu tłocznego. Na łatwość oczyszczenia separatora ze zgromadzonych w nim zanieczyszczeń ma wpływ zarówno kształt i rozmiary korpusu separatora, jak i rodzaj, kształt i liczba elementów cedzących. W zależności od konstrukcji separatora struga cieczy będzie zachowywać się w inny sposób, w niektórych przypadkach ułatwiając, a w innych utrudniając oczyszczanie ze zgromadzonych skratek.

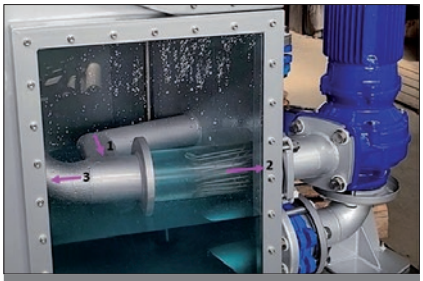
Zarówno w przypadku zdolności zatrzymywania zanieczyszczeń stałych w separatorze, jak i jego samooczyszczania istotne znaczenie ma charakter medium. W niektórych lokalizacjach ścieki zawierają znacznie większą ilość zanieczyszczeń stałych niż w innych. Jest to spowodowane bezpośrednio tym, co i w jakiej ilości trafia do systemu kanalizacyjnego z gospodarstw domowych, lokali usługowych i zakładów przemysłowych podłączonych do sieci. Im niższa świadomość użytkowników sieci w kwestii zagrożenia, jakie zanieczyszczenia stałe stanowią dla pomp i urządzeń pompowych, tym większa ilość skratek w systemie. Z tego powodu ważne jest, aby rozwiązania



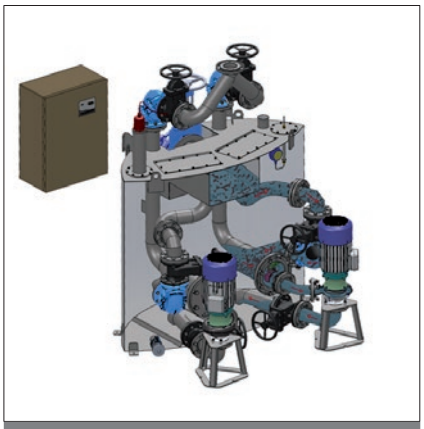
Fot. 6. Separator poziomy z dopływem górnym: 1 – kierunek dopływu ścieków do poziomego korpusu separatora, 2 – klapa cedząca, 3 – kierunek przepływu ścieków po separacji w stronę pompy, 4 – kierunek przepływu ścieków z separatora w stronę pionu tłocznego
Źródło: Instal Compact [5]



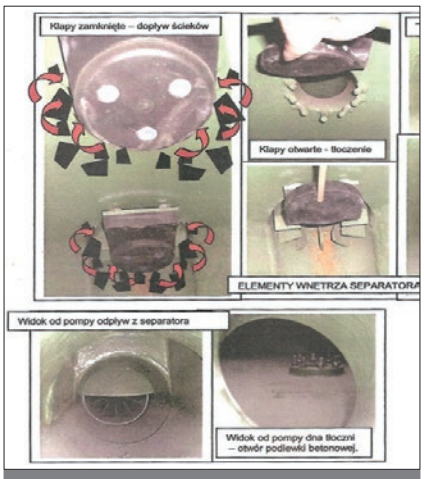
Fot. 7. Separator w kształcie poziomego walca z dopływem górnym: 1 – kierunek dopływu ścieków do poziomego korpusu separatora, 2 – klapa cedząca, 3 – kierunek przepływu ścieków po separacji w stronę pompy, 4 – kierunek przepływu ścieków z separatora w stronę pionu tłocznego
Źródło: KSB [6]



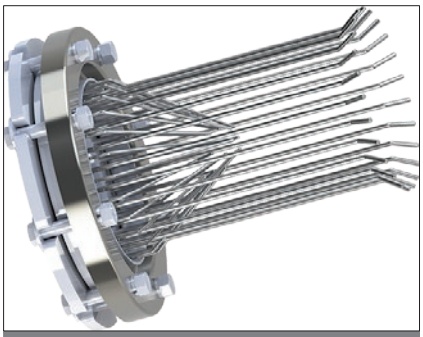
Fot. 8. Model pokazowy separatora jednokanałowego w kształcie poziomego walca z dopływem bocznym, wyposażonego w kosz prętowy: 1 – kierunek dopływu ścieków do poziomego korpusu separatora, 2 – kierunek przepływu ścieków po separacji w stronę pompy, 3 – kierunek przepływu ścieków z separatora w stronę pionu tłocznego
Źródło: Hydro-Vacuum



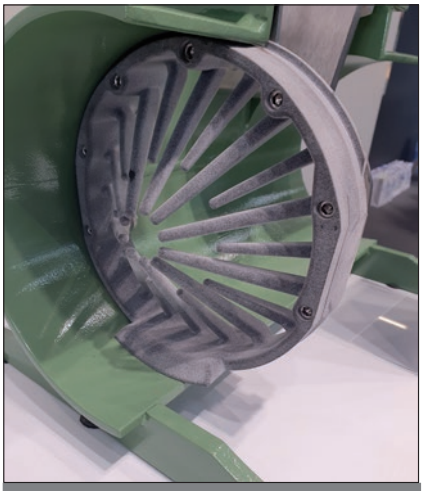
Fot. 9. Separator dwukanałowy w kształcie poziomego walca z dopływem bocznym, wyposażony w elastyczne klapy cedzące: A – rozdzielacz, B – zasuwa na napływie, C – zawór zwrotny na napływie, D – separator części stałych, E – pompa, F – zasuwa na rurociągu ssawnym, G – zbiornik
Źródło: Hydro-Vacuum



Fot. 10. Pierwszy etap separatora dwustopniowego pionowego z dopływem górnym zintegrowanego z kulą zwrotną – elastyczne klapy cedzące
Źródło: broszura produktowa z archiwum autora



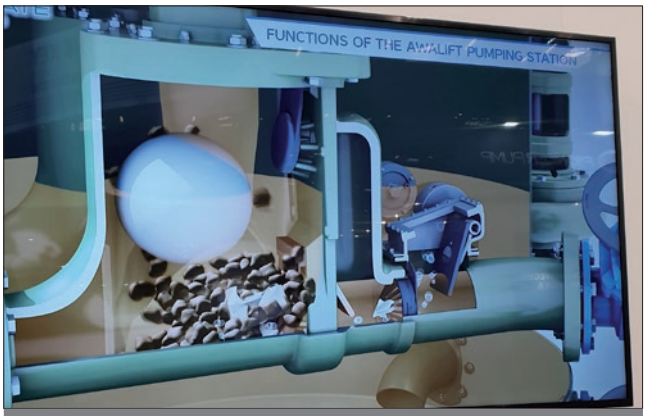
Fot. 11. Element cedzący w kształcie kosza wykonanego z elastycznych prętów ze stali kwasoodpornej Źródło: Hydro-Vacuum



Fot. 12. Element cedzący w kształcie kosza prętowego wykonane z tworzywa sztucznego jako drugi etap separatora dwustopniowego Źródło: archiwum autora

stosowane w systemach kanalizacyjnych w zakresie układów pompowych były jak najbardziej odporne na skutki obecności dużych ilości zanieczyszczeń stałych. Wyzwanie stanowi również coraz niższy stopień uwodnienia ścieków. Zjawisko to jest spowodowane oszczędzaniem wody przez użytkowników sieci, stosowaniem ekologicznych rozwiązań w postaci m.in. oszczędnych spłuczek toaletowych, zmywarek czy skracaniem czasu korzystania z prysznica. Mniej uwodnione, a zatem gęstsze ścieki, stanowią wyzwanie szczególnie dla mniejszych obiektów pompowych, takich jak tłocznie zaprojektowane na natężenie dopływu do ok. 10 m^3/h. W takich wypadkach, przy dłuższym czasie napełniania modułu retencyjnego, wydłuża się czas zatrzymania skratek w korpusie separatora. Niski stopień uwodnienia i małe natężenie dopływu w połączeniu z ograniczoną ilością włączeń pompy mogą powodować wysychanie elementów stałych i długowłóknistych na elementach cedzących oraz cementowanie osadów na ściankach korpusu separatora, co istotnie utrudnia ich usunięcie po uruchomieniu pompy. Długotrwałe nagromadzenie skratek w separatorze wymusza konieczność interwencji pracowników serwisowych w celu oczyszczenia wnętrza separatora. Co do zasady separator powinien działać samoczynnie i bezobsługowo, dlatego jego konstrukcja i kształt muszą zapewniać pełne samooczyszczanie w każdym cyklu.

W branży wodno-kanalizacyjnej funkcjonuje kilka firm specjalizujących się w produkcji



Fot. 13. Przekrój dwustopniowego separatora części stałych w kształcie pionowego walca z dopływem górnym, zintegrowanego z kulą zwrotną
Źródło: archiwum autora

tłoczni ścieków. W odróżnieniu od tradycyjnych przepompowni, o powtarzalnej konstrukcji, z pompami zatapialnymi, tłocznia jest wyrobem unikatowym. Oznacza to, że każdy producent oferuje własne, specyficzne rozwiązania konstrukcyjne, które często znacząco różnią się między sobą – również pod względem zastosowanego typu separatora. Niektóre z rozwiązań zostały opatentowane w wyniku pozytywnej oceny wynalazku w procedurze patentowej.

Występujące na rynku typy i konstrukcje separatorów części stałych przeznaczonych do stosowania w tłoczniach ścieków można przeanalizować pod kątem kilku kryteriów porównawczych. Pierwszym z nich jest kierunek dopływu ścieków do separatora. Istnieją separatory pionowe, do których ścieki dopływają od góry – Wilo (**fot. 3**), Ecol-Unicon (**fot. 4**), Strate [8] (**fot. 5**) oraz separatory poziome, również z górnym dopływem – Instal Compact (**fot. 6**), KSB [9] (**fot. 7**). Wyróżnia się również separatory z dopływem bocznym, pod kątem 90 stopni – Hydro-Vacuum (**fot. 8, 9**). Z kolei pod względem kształtu korpusu wyróżnia się głównie separatory w kształcie pionowego lub poziomego walca (fot. 3–8).

Kolejnym istotnym kryterium dywersyfikacyjnym wśród separatorów części stałych jest rodzaj elementu cedzącego. Często stosowanymi elementami cedzącymi są elastyczne klapy wykonane ze stali pokrytej elastomerem, najczęściej NBR. Mogą one współpracować z różnego typu podzespołami cedzącymi, takimi jak np. zęby separatora (Ecol-Unicon), specjalnie ukształtowane pręty cedzące (Hydro-Vacuum, Strate) lub blaszki cedzące (Hydro-Vacuum, Strate – **fot. 10**). Wyróżnia się również klapy cedzące grzebieniowe (Instal Compact, Hydro-Vacuum), skonstruowane z prętów mocowanych na zawiasach.

Istnieją także separatory wyposażone w elastyczne pręty tworzące stałą konstrukcję kosza prętowego – Hydro-Vacuum (fot. 8, 11), w których elementy cedzące w trakcie samooczyszczania w fazie tłocznej wprawiane są w drgania intensyfikujące oczyszczanie prętów ze zgromadzonych wcześniej skratek.

Istnieją także rozwiązania dwustopniowe w zakresie cedzenia, tj. separatory, w których zastosowano dwa różne rodzaje elementów cedzących (**fot. 13**), tj. elastyczne klapy cedzące (fot. 10) oraz kosz prętowy (**fot. 12**) w obrębie jednego separatora, wydłużając tym samym drogę cedzenia, co teoretycznie ma zwiększyć efektywność separacji zanieczyszczeń stałych.

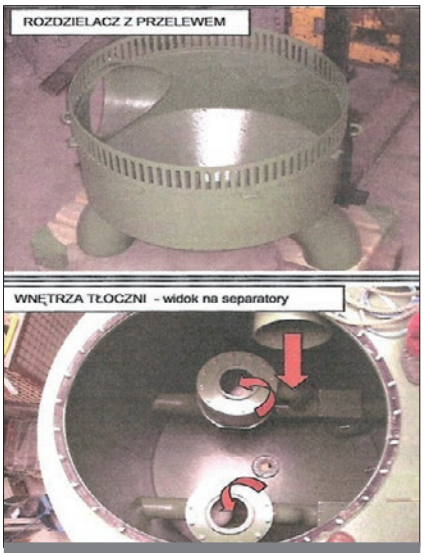
Wyróżnia się zatem separatory jednokanałowe poziome z jednym elementem cedzącym (fot. 6, 7, 9), lub dwoma w układzie szeregowym (fot. 5, 13) oraz dwukanałowe separatory pionowe z dwoma elementami cedzącymi w układzie równoległym (fot. 3, 4, 9, 10). Wśród wszystkich istniejących separatorów są takie, które są zintegrowane z zaworem

Fot. 14. Tłocznia ścieków TSC.3.10 z separatorami dwukanałowymi ze stali nierdzewnej, w kształcie poziomych walców z dopływem bocznym, wyposażonymi w elastyczne klapy cedzące oraz zaworami zwrotnymi kulowymi zlokalizowanymi przed separatorami Źródło: Hydro-Vacuum

zwrotnym, tj. posiadają kulę zabudowaną w korpusie separatora, pełniącą funkcję zaworu zwrotnego po stronie napływowej (fot. 3, 5, 13, 15). Występują również separatory bez kuli zwrotnej, z oddzielnym zaworem zwrotnym zlokalizowanym na rurociągu napływowym przed separatorem (fot. 4, 6, 7, 8, 9, 14).

Ze względu na użyty materiał można wyróżnić separatory wykonane ze stali nierdzewnej – KSB (fot. 7), Hydro-Vacuum (Fot. 8, 11), Instal Compact (fot. 6), Ecol-Unicon (fot. 4), separatory ze stali czarnej pomalowanej farbą antykorozyjną – Strate (fot. 10, 15) oraz separatory wykonane z PE-HD z elementami cedzącymi ze stali nierdzewnej – Wilo (fot. 3).

Mnogość typów konstrukcji separatorów części stałych występujących na rynku jest spora. Żadne z tych rozwiązań nie jest jednak doskonałe. Z doświadczeń użytkowników wynika, że występują różnego rodzaju problemy związane z eksploatacją separatorów. Często obserwowanym zjawiskiem jest oblepianie się kuli zwrotnej w separatorze tłuszczem, który powszechnie występuje w ściekach sanitarnych. Ponadto dochodzi do owijania się elementów długowłóknistych wokół kuli, a także dużego nagromadzenia części stałych w korpusie separatora, co skutecznie blokuje możliwość prawidłowej pracy kuli (ruch góra–dół) i odcinanie napływu do separatora w odpowiednim momencie cyklu pracy tłoczni. Ponadto dostęp do kuli zlokalizowanej w separatorze wymaga otwarcia włazu inspekcyjnego na pokrywie modułu, demontażu rozdzielacza i górnej pokrywy separatora (**fot. 15**). Aby to umożliwić konieczne jest całkowite odcięcie dopływu ścieków do obiektu oraz zapewnienie alternatywy dla ciągłości przepływu ścieków w systemie, w postaci wykonania by-passu tymczasowego. To wiele czasochłonnych i kosztownych czynności, które należy



Fot. 15. Elementy konstrukcyjne tłoczni Awalift z separatorami w kształcie pionowego walca z dopływem górnym i zintegrowaną kulą zwrotną, w tym rozdzielacz, który wymaga demontażu, aby umożliwić dostęp do wnętrza tłoczni i separatorów części stałych
Źródło: broszura produktowa z archiwum autora

przeprowadzać stosunkowo często, gdyż problem zalepiania się kuli w separatorze się powtarza. Można więc wywnioskować, że separatory zintegrowane z kulą zwrotną mają utrudnioną funkcję samooczyszczania, co przeczy zasadzie bezobsługowej pracy tłoczni.

Kolejnym istotnym zaobserwowanym problemem jest korozja elementów tłoczni, w tym separatorów, które są wykonane ze stali czarnej pomalowanej powłoką antykorozyjną. Stosuje się do nich farby o silnych właściwościach antykorozyjnych, nanoszone kilku warstwowo, o łącznej grubości powłoki nawet do 600 μm. Jednak każde przerwanie ciągłości powłoki

Fot. 16. Ogniska korozji na elementach konstrukcji tłoczni ścieków wykonanej ze stali czarnej, pomalowanej farbą antykorozyjną
Źródło: archiwum autora

wiąże się z powstaniem potencjalnego ogniska korozji (**fot. 16**), w danym miejscu następuje bowiem bezpośredni kontakt agresywnego medium, jakim są ścieki sanitarne, ze stalą czarną, z której wykonana jest konstrukcja tłoczni. W krótkim czasie procesy korozyjne postępują i dochodzi do degradacji materiału, co wymusza wymianę elementu.

Separatory wykonuje się również z PE-HD, czyli polietylenu o wysokiej gęstości, który jest materiałem o bardzo wysokiej odporności chemicznej, niepodatnym na korozję. Charakteryzuje się jednak innymi niż stal właściwościami mechanicznymi. Jest materiałem bardziej miękkim, odkształcalnym i przy oddziaływaniu naprężeń mniej wytrzymałym, podatnym na pęknięcia, co obserwuje się m.in. przy występowaniu dużych drgań pomp, szczególnie tych pracujących przy wysokich ciśnieniach.

Podsumowanie

Na przestrzeni lat zaobserwowano, że część producentów tłoczni wprowadza udoskonalenia i modyfikacje w konstrukcjach stosowanych separatorów. Potwierdza to konieczność prowadzenia dalszych działań rozwojowych i badań w zakresie konstrukcji separatorów części stałych stosowanych w tłoczniach ścieków, w celu uzyskania jak najlepszego rozwiązania, zapewniającego łatwość i niezawodność eksploatacji. Kluczowe jest, aby separator posiadał jak najwyższą zdolność separacji części stałych i zatrzymywania ich w komorze separatora w trakcie fazy napływowej oraz jak największą efektywność samooczyszczania w trakcie fazy tłocznej, w każdym cyklu pracy tłoczni. Separatory powinny działać praktycznie bezobsługowo, bez konieczności częstego udrażniania, a ponadto być wykonane z materiałów zapewniających ich długotrwałą żywotność pracy w środowisku, jakim są ścieki sanitarne.

Literatura:

1. Materiały własne Hydro-Vacuum S.A.
2. Wilo, *Broszura produktowa. Odprowadzanie i transport ścieków*, https://cms.media.wilo.com/cdndoc/wilo213877/5013028/wilo213877.pdf (dostęp: 28.08.2025).
3. Ecol-Unicon Sp. z o.o., *Budowa tłoczni ścieków ESS PE 100 dla centrum dystrybucyjnego w Stawigudzie* https://ecol-unicon.com/realizacja/budowa-tloczni-sciekow-ess-pe-100-w-stawigudzie/ (dostęp: 28.08.2025).
4. EcoTech, *Tłocznie ścieków Awalift,* http://ecotech.pl/tlocz.htm (dostęp: 28.08.2025).
5. Instal Compact, https://instalcompact.pl/pl/technologie/tlocznia-sciekow/ (dostęp: 28.08.2025).
6. Tłocznia ścieków KSB, Zdjęcie z targów branżowych, [b.d.], archiwum własne.
7. Materiały z instrukcji obsługi tłoczni ścieków Awalift, [b.d.], archiwum autora.
8. EP0846810B1 – patent tłoczni ścieków Strate, https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/007813822/publication/EP0846810B1?q=EP0846810B1 (dostęp: 28.08.2025).
9. EP2329082A1 – patent separatora części stałych KSB, https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/039917858/publication/EP2329082A1?q=EP2329082A1(dostęp: 28.08.2025).