Roman Wenglorz – JSW SA KWK „Pniówek”
Bogdan Oleś – JSW SA KWK „Pniówek”
Piotr Myszkowski – PRO-INDUSTRY Sp. z o.o. Sp.k.

ZASILANIE PRAS FILTRACYJNYCH POMPĄ MEMBRANOWĄ NA PRZYKŁADZIE ZWMW KWK „PNIÓWEK”

Streszczenie

W niniejszym rozdziale omówiono nowatorski sposób zasilania zestawu pras filtracyjnych przy wykorzystaniu membranowej pompy firmy ABEL oraz zaworów zaciskowych firmy FLOWROX. Układ został zabudowany oraz uruchomiony w ZPMW KWK „Pniówek” w lutym 2013r. jako modernizacja istniejącego układu, opartego na jednej pompie wirowej. Głównymi powodami wykonania modernizacji układu, był zamiar znacznego wydłużenia okresu międzyremontowego układu zasilania pras, ograniczenie zużycia energii elektrycznej podczas procesu filtracji oraz przystosowanie układu zasilania pras filtracyjnych do planowanej wymiany pras i pracy przy ciśnieniu filtracji 1,5MPa. Po uruchomieniu i wykonaniu szeregu testów nowego układu, okazało się, że spełnił on z nadmiarem wszystkie wymagania postawione przez inwestora. Układ pracuje w sposób pewny, bezobsługowo, cicho, nie zużywa w ogóle wody dławnicowej, a konstrukcja pompy membranowej gwarantuje długą żywotność podzespołów wewnętrznych. Jednak największą korzyścią z zastosowania tej pompy jest kilkukrotne zmniejszenie zużycia energii elektrycznej podczas procesu filtracji!

Summary

In this chapter, an innovative way of feeding a set of filter presses using ABEL's membrane pump as well as FLOWROX\ pinch valves. The system has been installed and running in the Coal Mine "Pniówek" in February 2013 as the modernization of the existing system, based on a single centrifugal pump. The main reasons for the upgrade of the system, there were to extend the feed pump maintenance period, reducing electricity consumption during the filtration process and adjust the feed supply to the filter presses the planned replacement work at 15bar pressure filtration. After the start-up and execution of a series of tests of the new system, it turned out that it has fulfilled all the requirements posed excess of the investor. System operates safely, maintenance-free, quiet, does not use any gland water at all, membrane pump design ensures a long service life of internal components. However, the greatest benefit from the use of this pump is several times to reduce the amount of electricity consumed during the filtration process!

Wprowadzenie

W ZPMW KWK „Pniówek" eksploatowanych jest 9 pras filtracyjnych PF ROW- 570 o powierzchni filtracji 570 m^2 każda, w których zastosowane są płyty o wymiarach 1500mm x 1500mm wykonane z polipropylenu. Nadawę stanowią płynne odpady flotacyjne o zagęszczeniu ~ 400 g/l, c.wł.~1,15 g/cm^3 i uziarnieniu max. do 1 mm (przy udziale klasy ziarnowej < 25µm - 60%). W ciągu doby prasy filtrują ~1700 m^3 zawiesiny dając ~700 Mg placka filtracyjnego o zawilgoceniu ok. 20%. Prasy podzielono na 2 grupy, każda z grup jest zasilana pompami wirowymi z płynną regulacją obrotów od 0 - 1800/min. Czas napełniania i filtracji w obecnych warunkach trwa ~ 4 godziny przy ciśnieniu do 1 MPa. Grubość placka wynosi 32 mm.

Do wytworzenia 13 Mg placka (jedna prasa) o wilgotności W_t -20% potrzeba ~ 30 m^3 nadawy. Po upływie 1 godziny napełniania pras wydajność pompy wirowej maleje z kilkuset do kilkunastu m^3/h a jej sprawność obniża się do kilkunastu procent.

Wadami takiego sposobu napełniania pras filtracyjnych są:

- Wysoka energochłonność procesu.
- Nadmierne zużycie części pompy.
- Rozrzedzanie nadawy wodą dławicową (szczególnie w ostatniej godzinie)
- Niszczenie struktury sflokulowanego materiału.

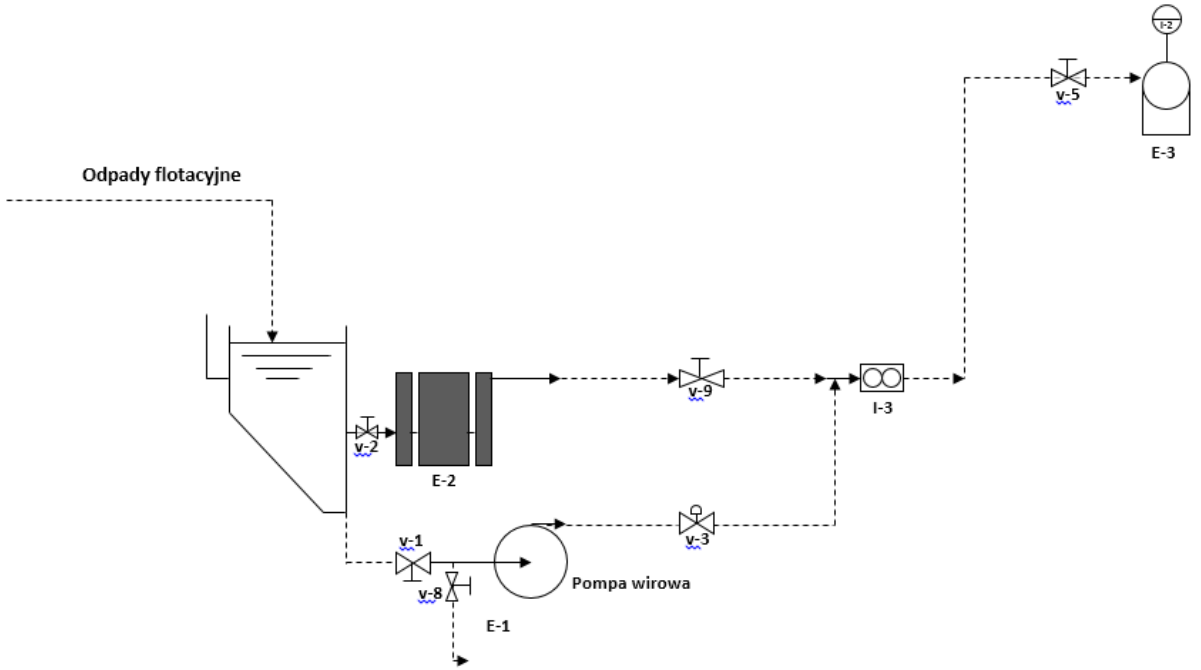
W roku 2012 inwestor postanowił zmienić istniejący układ i sformułował następujące wymagania i założenia do projektu modernizacji układu zasilania pras filtracyjnych:

1. Zabudowa pompy wyporowej (membranowej), która po napełnieniu pras przez pompę wirową (po ok. 1godz.) zostaje uruchomiona i kończy filtrację,
2. Parametry pompy wyporowej (membranowej) - wydajność min. 30 m^3/h, ciśnienie max. 1,5 MPa
3. Zabudowana pompa musi posiadać stabilizację ciśnienia od 0,8-1,5 MPa poprzez automatyczną, płynną regulację obrotów,
4. Układ zasilania musi być wyposażony w przelewowe zawory bezpieczeństwa 1,5 MPa
5. Wyposażyć układ zasilania w odpowiednią armaturę (zawory zwrotne i odcinające),
6. Przewidywany czas pracy pompy membranowej ~12h/dobę,
7. Napięcie zasilania - 500 v,
8. Stopień ochrony min. IP 54,

9. Na przewodzie tłocznym pompy wirowej ø 150 powinien być zabudowany przepływomierz o zakresie pomiaru 0 - 500 m^3,
10. Zastosowana pompa powinna charakteryzować się długim okresem żywotności i bezawaryjną pracą.

W grudniu 2012r. PRO-INDUSTRY Sp. z o.o. Sp.k. przystąpiła do realizacji zadania.

Projekt maszynowy modernizacji układu zasilania wykonało Biuro Projektów Separator Projekt z Wałbrzycha (rys. 1), część elektryczną wykonała CARBOAUTOMATYKA SA., a wykonanie fundamentów, zabudowę pompy i zaworów oraz modernizację orurowania wykonała firma PMAG Andrzej Godecki.



Rys. 1. Schemat instalacji pompy wyporowej do tłoczenia zagęszczonych odpadów flotacyjnych

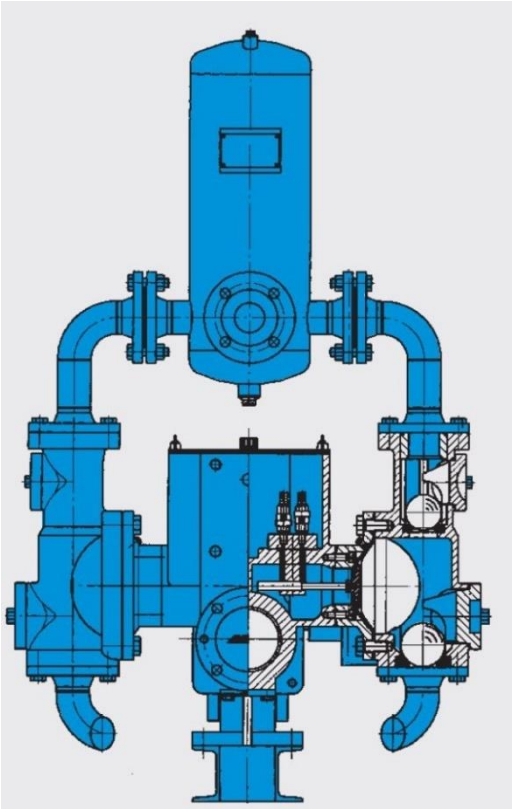
Głównym założeniem projektu (Rys. 1.) było dobudowanie do istniejącego układu zasilającego prasy filtracyjne, który składał się z jednej pompy wirowej (E-1), dodatkowego układu, zawierającego pompę membranową (E-2). Pompa membranowa zaopatrywana jest w zawiesinę odpadów flotacyjnych ze wspólnego rząpia. Nowy układ wyposażony jest w zestaw ręcznych zaworów odcinających (v-2, v-5, v9) oraz współpracujący z przetwornikiem częstotliwości przepływomierz (I-3). Na wylocie części tłocznej pompy wirowej zamontowano zawór odcinający z napędem elektrycznym (v-3), który jest zamykany w momencie, gdy pompa membranowa rozpoczyna pracę.

W projekcie zastosowano szereg nowatorskich urządzeń, które w podobnym układzie technologicznym nigdy wcześniej nie były wdrożone. Poniżej wymienione są najważniejsze urządzenia:

1. **Pompa membranowa niemieckiej firmy ABEL typ HMD-G-50-0500 o wydajności 50 m3/h i ciśnieniu 1,5 MPa.**

   Hydrauliczna pompa membranowa ABEL wyposażona jest w najnowszy model membrany i zrównoważony układ pozycjonowania membrany, dzięki któremu podczas suwów ssania oraz tłoczenia na membranę nie jest wywierane ciśnienie szczytowe, a sama membrana zatrzymuje się w swoich optymalnych pozycjach. Pompy ABEL typu HM produkowane są w wersjach jednostronnego i dwustronnego działania. Poza typowymi cechami charakteryzującymi pompy tłokowo-membranowe, takimi jak zdolność do samozasysania oraz praca na sucho, pompy ABEL typu HM cechują się niskim zużyciem energii elektrycznej, cichą pracą oraz wysoką niezawodnością pracy.

   Strona hydrauliczna pompy wyposażona jest w zawory bezpieczeństwa testowane na maksymalnym ciśnieniu pracy. W części mokrej zastosowana jest membrana w specjalnym wykonaniu. Mimośrodowy napęd przekazuje moc w sposób optymalny, nawet przy niskich prędkościach oraz bez konieczności zewnętrznego smarowania. Współpracujący z silnikiem głównym przetwornik częstotliwości zapewnia dostosowanie parametrów technologicznych pompy do rzeczywistych warunków podczas filtracji na prasach filtracyjnych. Z racji konstrukcji pompy, w części hydraulicznej, nie jest generowane ciepło oraz nie występują żadne straty energii. Sterowanie pompą odbywa się poprzez sterownik PLC.



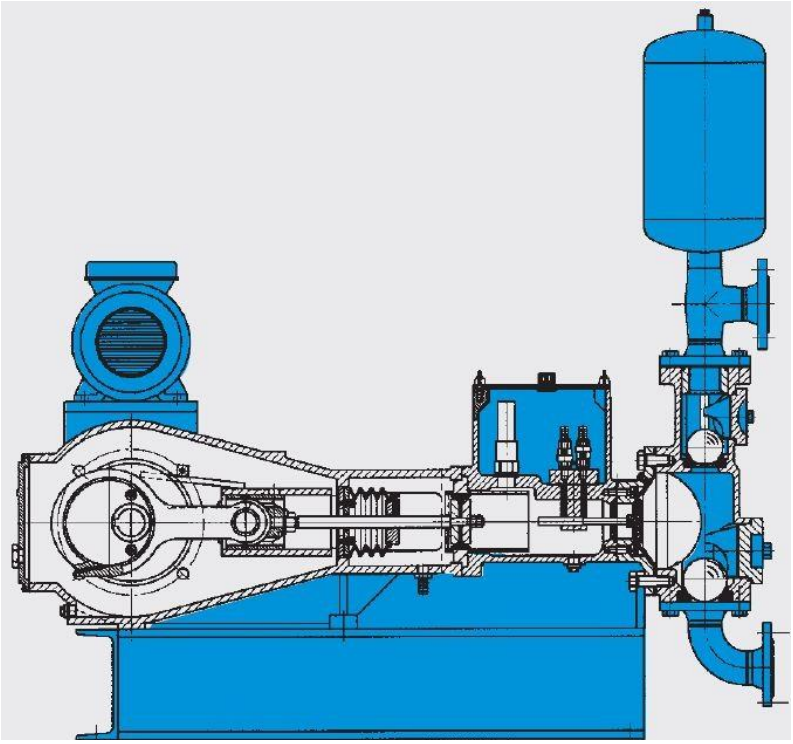
Rys. 2. Widok i przekrój pompy - z przodu

Ruch obrotowy silnika, poprzez przekładnię pasową oraz mimośród jest zamieniany na ruch posuwisty tłoka. Ruch tłoka powoduje odkształcenie membrany. Podczas suwów, ssania i tłoczenia, system kontroli pozycji membrany monitoruje i kontroluje odkształcenie i ruch membrany.

Pompy ABEL HM są produkowane w wersji jedno i dwustronnego działania w zależności od wymagań dotyczących wydajności pompy.

2. Specyfikacja techniczna pompy ABEL typ HMD-G-50-0500

współczynnik sprawności	90-95 %
ciśnienie transportujące	1,5 MPa
moc silnika	30 kW
obroty silnika	1465 l/min
średnica tłoka	200 mm
długość skoku	160 mm
liczba skoków max.	94 1/min
liczba skoków min.	9,4 l/min
przyłączenia kołnierzowe:	
- od strony ssącej	DN 125 PN 16
- od strony tłoczącej	DN 100 PN 40



Rys. 3. Przekrój pompy - bok

1.1. Opis:

Hydrauliczna pompa membranowa typu HM należy do grupy pomp nurnikowych w wykonaniu leżącym. Jest to pompa o prostym działaniu, wolnobieżna, samozasysająca, mogąca pracować bez produktu. Wydajność pompy może być regulowana poprzez przetwornik częstotliwości, co zapewnia oszczędność energii podczas procesu.

1.2. Pompa:

W celu hermetycznego oddzielenia płynu hydraulicznego od medium, w obudowie pompy mieści się specjalnie wzmocniona i uformowana membrana. Dodatkowo, po stronie tłocznej zamontowano tłumik pulsacji, którego zadaniem jest osiągnięcie równomiernego przepływu produktu, wyrównujący skoki ciśnienia w zakresie +/- 5 %. Zbiornik na płyn hydrauliczny wyposażony jest w dwa czujniki, które permanentnie kontrolują poziom płynu hydraulicznego. Zbyt niski lub wysoki poziom płynu sygnalizuje uszkodzenie membrany

1.3. Napęd:

Pompa wyposażona jest w napęd mimośrodowy ze zintegrowaną przekładnią. Napęd pompy jest okapturzony i wypełniony olejem smarującym, posiada możliwość regulacji obrotów od 0 do maximum.

1.4. Materiały zastosowane do budowy pompy:

Obudowa pompy	żeliwo sferoidalne 0.7040
Membrana	santopren
Kula zaworu	poliuretan/ rdzeń stalowy
Gniazdo zaworu	stal nierdzewna
Uszczelnienie statyczne	NBR
Tłumik pulsacji	stal
Ciecz hydrauliczna	olej hydrauliczny/emulsja

1.5. W zakresie dostawy pompy znalazły się także następujące podzespoły:

- wskaźnik kontroli membrany, kompletny, max 250 V AC / 120 V DC
- pełno-skokowy zawór bezpieczeństwa, 21 bar
- manometr, tłumiony 0-2,5 MPa z mosiądzu

- silnik elektryczny 30 kW, 1500 l/min, 500 Volt, 50 Hz, B3, IP 55, klasa ISO F
- przekaźnik ciśnienia, kompletny z mosiądzu, 4-20 mA, 0-2,5 MPa
- przetwornik częstotliwości

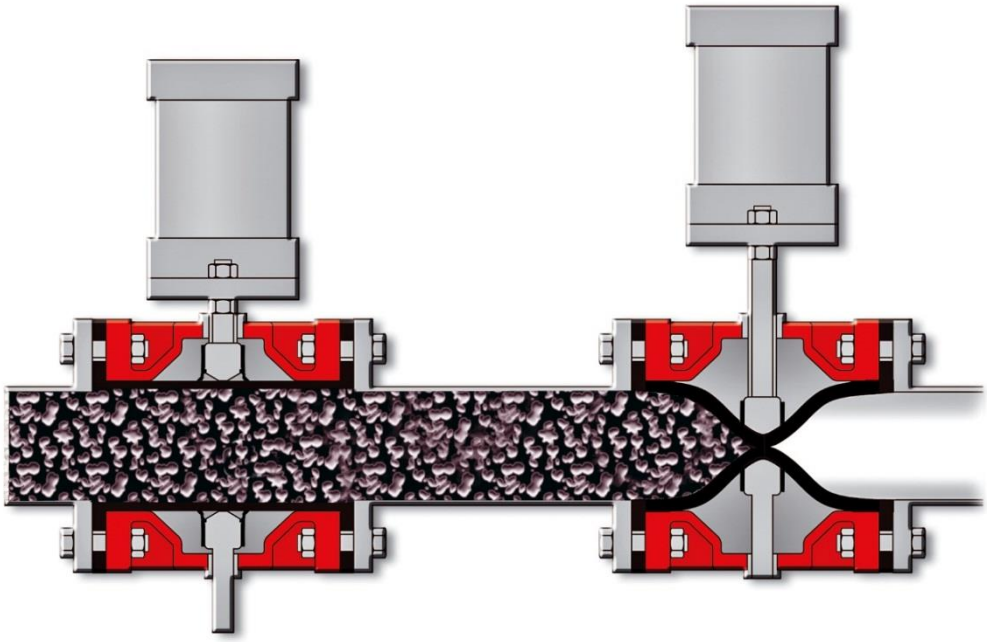
2.0. Zawory odcinające.

Ze względu na fakt, że ciśnienie generowane przez pompę ABEL w części tłocznej może wynosić 1,5 MPa, zastosowano zawory typu zaciskanego produkcji fińskiej firmy FLOWROX. Zawory zaciskowe są idealnym rozwiązaniem dla wszystkich aplikacji, w których zachodzi konieczność szczelnego odcięcia przepływu lub kontroli wielkości przepływu różnorodnych materiałów ściernych, żrących, zawiesin, proszków lub granulatów.

Zasada działania zaworu zaciskowego jest bardzo prosta. W pozycji otwartej, uzyskuje się pełny przelot, bez żadnych oporów, dzięki czemu, zawór staje się integralną częścią rurociągu. Przy zamknięciu, dwa pręty zaciskające, ściskają elastyczną tuleję równocześnie z obu stron, spotykając się w osi. Odcięcie jest szczelne i pewne.

Rys. 4. Zawór zaciskowy FLOWROX

Zawory zaciskowe FLOWROX są samoczyszczące, co oznacza, że nawet, jeśli wewnątrz tulei zaworu osadzi się trwale jakikolwiek materiał, to przy zamykaniu i odkształceniu tulei elastycznej, wytworzona warstwa osadu (ew. kryształy) pęka, a strumień przepływającej zawiesiny samoczynne oczyszcza wewnętrzne ścianki tulei elastycznej, przygotowując je do szczelnego zamknięcia.



Przelot, bez jakichkolwiek oporów przepływu

W pozycji zamkniętej dwa pręty zaciskające ściskają tuleję elastyczną dokładnie w osi rurociągu

Rys. 5. Zawory zaciskowe FLOWROX z napędami

Standardowo, zawory zaciskowe FLOWROX produkowane są w rozmiarach od 25 mm do 1000 mm, zakres temperatur pracy wynosi od -50°C do +160°C, ciśnienie pracy do 100 bar. Oczywiście, na życzenie, możliwe są także inne rozwiązania, dopasowane do potrzeb użytkownika.

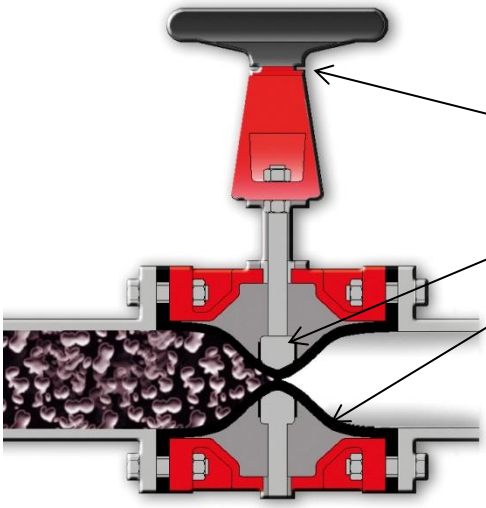
2.1. Cechy techniczne

- 100 % szczelność
- Pozycja zacisku w osi orurowania
- Elastyczna tuleja

2.2. Korzyści z zastosowania zaworów FLOWROX

- Samoczynne oczyszczanie
- Bezproblemowe działanie
- Doskonała odporność na wycieranie
- Wysoka odporność na korozję
- Brak możliwości zatarcia lub zatkania
- Niskie koszty obsługi

- Niskie zapotrzebowanie na utrzymywanie zapasu części zamiennych. Tuleja jest jedynym elementem, który styka się z medium.
- Pełny przelot przez zawór w pozycji otwartej
- Długie okresy między przeglądami
- Bardzo dobre właściwości regulacyjne



Trzy główne komponenty:

- Napęd
- Korpus z prętami zaciskającymi
- Tuleja elastyczna

Jedynie tuleja ma kontakt z medium.

Konstrukcja może być dopasowana do danych wymagań procesowych.

Rys. 6. Zawór zaciskowy FLOWROX - przekrój

<u>Zakres wykonanych prac oraz uzyskane efekty eksploatacyjne po modernizacji układu zasilania pras filtracyjnych</u>

Po przeprowadzeniu szeregu testów eksploatacyjnych w połowie lutego 2013r., stwierdzono, że wykonana modernizacja układu zasilania pras filtracyjnych spełniła swoje zadanie we wszystkich wymaganych aspektach.

1. Jako podstawowe urządzenie w nowym systemie, zabudowano pompę membranową ABEL typ HMD-G-50-0500 (Rys. 7.). Cykl pracy zmieniono w ten sposób, że w momencie rozpoczynania napełniania grupy pras filtracyjnych, na początku uruchamiana jest pompa wirowa (Rys. 1.) E-1, która ma za zadanie wypełnienie pustych komór pras filtracyjnych, zawiesiną. W miarę wypełniania komór, zmniejsza się przepływ przez pompę wirową E-1. Po osiągnięciu przepływu 40 m^3/h, mierzonego przepływomierzem I-3, włączana jest pompa membranowa E-2 oraz zamykany zawór

Rys. 7 Pompa ABEL typ HMD-G-50-0500

v-3 (Rys. 8.). Od tego momentu zasilanie grupy pras filtracyjnych przejmowane jest wyłącznie przez pompę membranową E-2. Ciśnienie filtracji utrzymywane jest na poziomie 1,04 MPa, ponieważ obecnie eksploatowane prasy filtracyjne uniemożliwiają pracę z wyższym ciśnieniem.

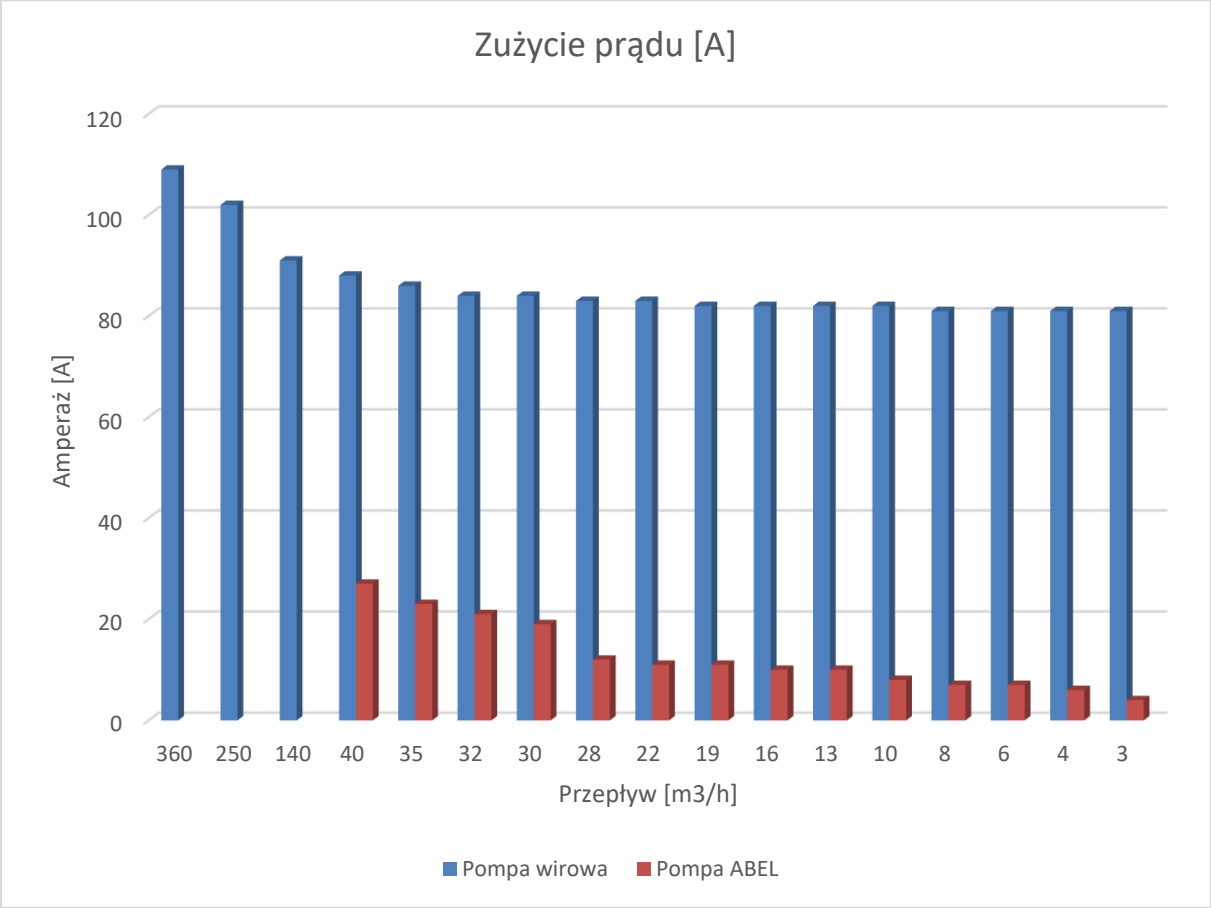
2. Zabudowana pompa membranowa może pracować przy wydajności do 50 m^3/h, przy ciśnieniu do 1,5 MPa, posiada stabilizację ciśnienia od 0 do 1,5 MPa uzyskiwaną dzięki automatycznej, płynnej regulacji obrotów poprzez układ elektroniczny i przetwornik częstotliwości. W zbiorniku ciśnieniowym pompy membranowej zamontowane są testowane, przelewowe zawory bezpieczeństwa 1,5 MPa
3. Układ został wyposażony w zaciskowe zawory odcinające FLOWROX (v-2, v-3, v-5 i v-9).

Rys. 8. Zawór zaciskowy FLOWROX z napędem elektrycznym AUMA oraz kółkiem ręcznym

4. W ramach modernizacji zabudowano również przepływomierz (I-3) ø 150 na przewodzie tłocznym pompy wirowej.
5. Uzyskano następujące parametry technologiczne:
    - Skrócenie cyklu o ok. 0,5 godz.
    - Znaczna redukcja hałasu w pompowni
    - Nadzwyczajne zmniejszenie zużycia energii do pompowania (Tab. 1.)

Tab. 1. Parametry eksploatacyjne

Prąd pompy [A]	Prąd dławnica [A]	Obroty [1/min]	Przepływ [m3/h]	Typ
100	9	x	360	Pompa wirowa
93	9	x	250	
82	9	x	140	
79	9	x	40	
Punkt przełączenia pomp				
27	-	1600	40	Pompa membranowa
23	-	1520	35	
21	-	1440	32	
19	-	1370	30	
12	-	1300	28	
11	-	1050	22	
11	-	950	19	
10	-	790	16	
10	-	600	13	
8	-	520	10	
7	-	440	8	
7	-	400	6	
6	-	380	4	
4	-	120	2	



Rys. 9. Zużycie prądu do pompy wirowej i pompy membranowej.

Podsumowanie

Zabudowa pompy ABEL typ HMD-G-50-0500 oraz zaworów zaciskowych FLOWROX spełniła z nadmiarem wszystkie wymagania postawione przez inwestora. Układ pracuje w sposób pewny, bezobsługowo, cicho, nie używa w ogóle wody dławnicowej, konstrukcja pompy membranowej gwarantuje długą żywotność podzespołów wewnętrznych. Ponadto, sflokulowana struktura filtrowanego materiału nie jest rozbijana. Jednak największą korzyścią z zastosowania tej pompy jest kilkukrotne zmniejszenie zużycia energii elektrycznej podczas procesu filtracji!

Bibliografia:

1. Materiały własne ABEL GmbH
2. Materiały własne FLOWROX Oy
3. Projekt maszynowy Separator Projekt Sp. z o.o.
4. Materiały własne PRO-INDUSTRY Sp. z o.o. Sp.k.