

XX Wiosenne Spotkanie Ciepłowników Zakopane 2013

Andrzej Błaszczuk, Adam Papierski

STAN I PERSPEKTYWY OGRANICZENIA ENERGOCHŁONNOŚCI POMP W CIEPŁOWNICTWIE



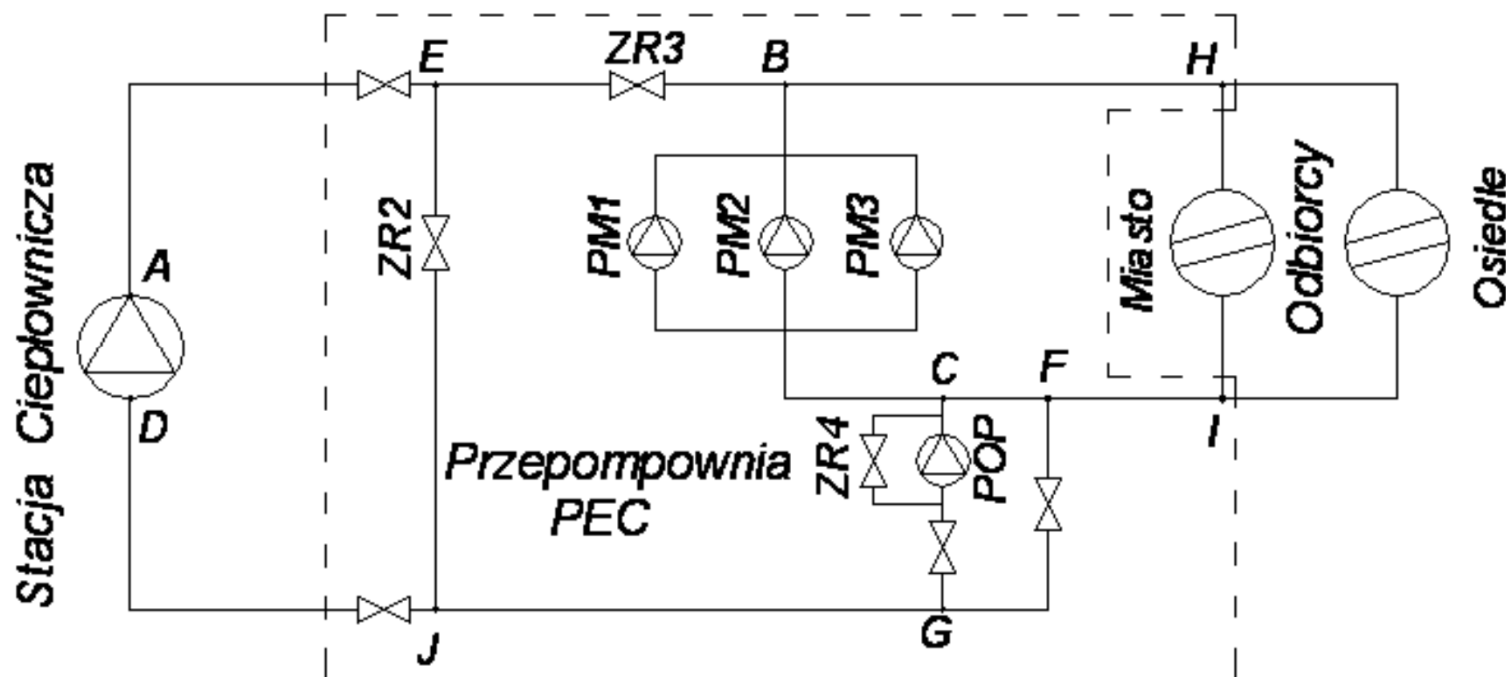
Wstęp

- Zmiany w zapotrzebowaniu na energię cieplną wymuszają modernizację pomp pracujących w układach ciepłowniczych elektrowni i ciepłowni. Założenia do modernizacji muszą uwzględniać:
 - realizację nowych parametrów przepływowo-energetycznych,
 - wykorzystanie jak największej ilości elementów z istniejących rozwiązań.
- W ostatnim okresie wykonane zostały modernizacje pomp typu 20W39, 125Ysbx4 i pomp typu B. Zakresy modernizacji obejmowały projekt i wykonanie wirników, kierownic odśrodkowych, dośrodkowych i kanałów spiralnych.
- Pozostawiono bez zmian elementy węzłów konstrukcyjno-ruchowych (wał, łożyska, przeciwtarcze, korpusy ssawne i tłoczne).
- Do wyznaczenia parametrów geometrycznych układu hydraulicznego wykorzystano własną metodę projektowania.

Przykłady modernizacji instalacji hydraulicznych ciepłowni

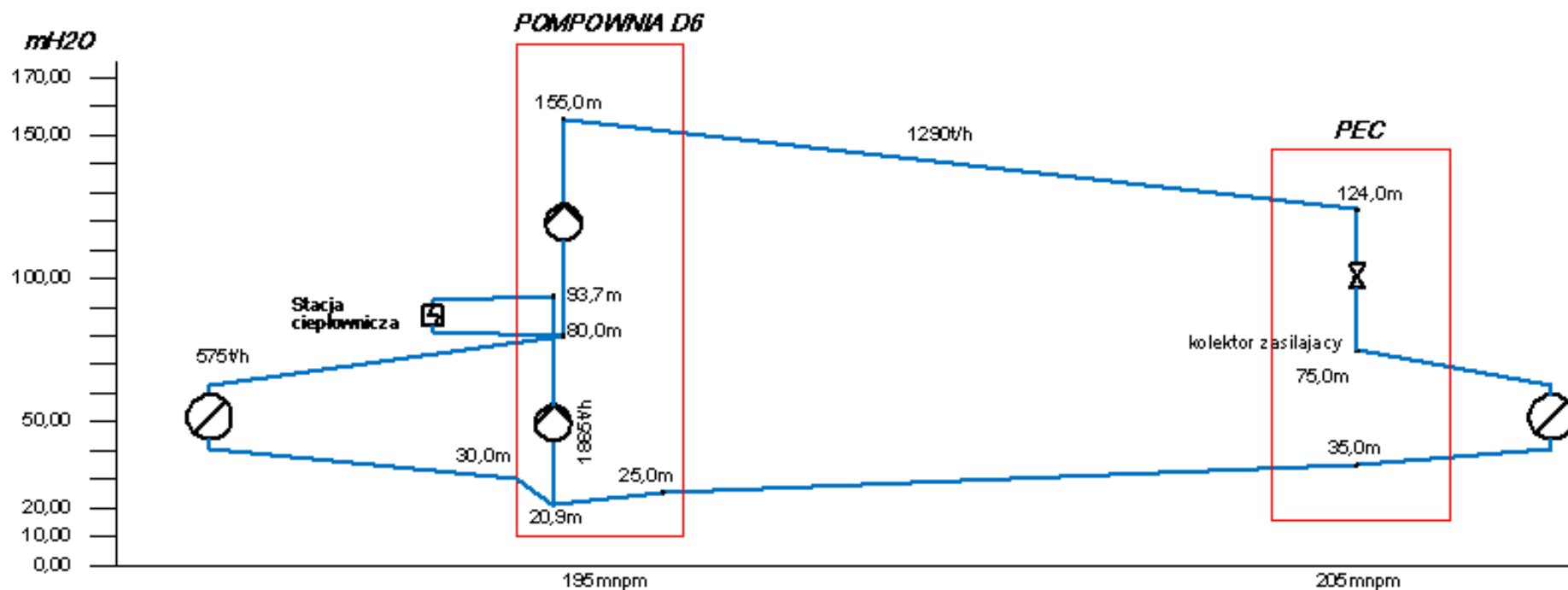
1. MODERNIZACJA PRZEPOMPOWNI PEC

Przepompownia PEC wchodzi w skład układu, w którym wyodrębniono również Stację Ciepłowniczą oraz Odbiorców.

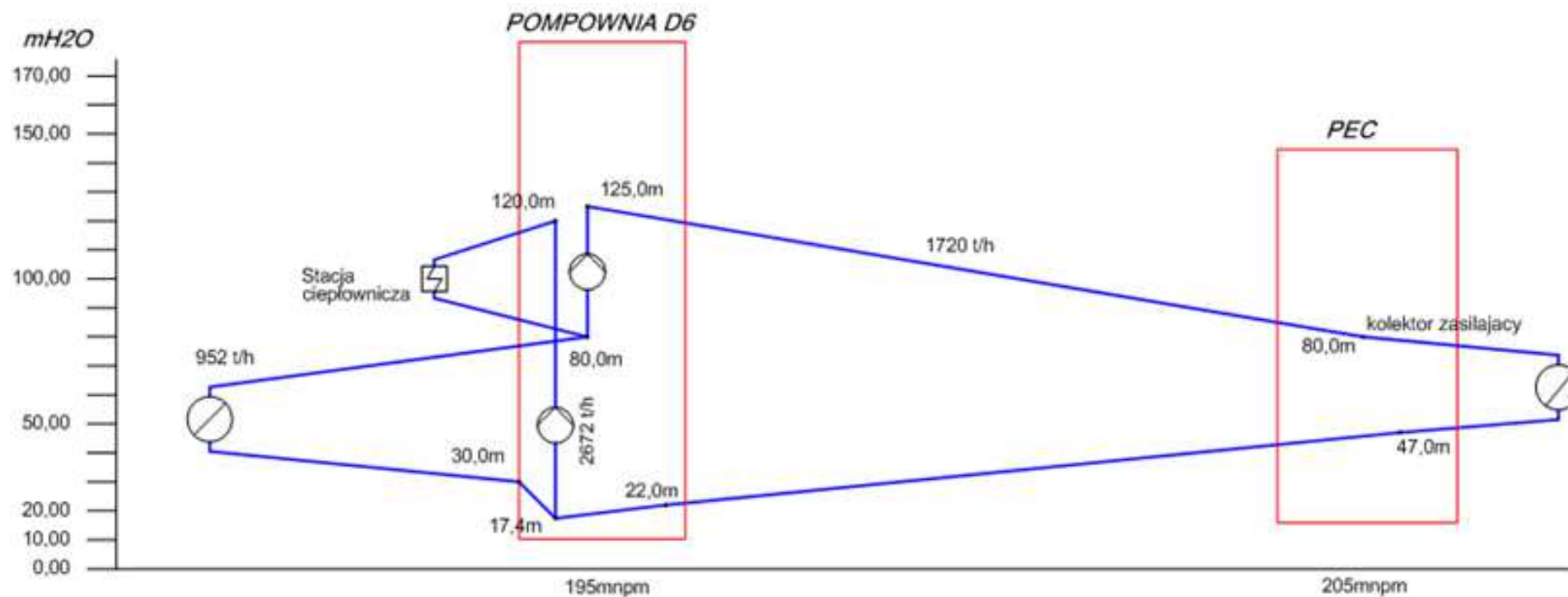


Przepompownia PEC spełnia rolę dużego węzła cieplnego mieszania pompowego, którego zadaniem jest przetworzenie parametrów termicznych czynnika (temperatury na zasilaniu) i parametrów hydraulicznych (regulacja przepływów). Zainstalowane są trzy pompy mieszające PM1÷PM3 typu W24x2P oraz pompa powrotna POP typu 35B40.

Stacja Ciepłownicza – stan istniejący



Modernizacja Stacji Ciepłowniczej



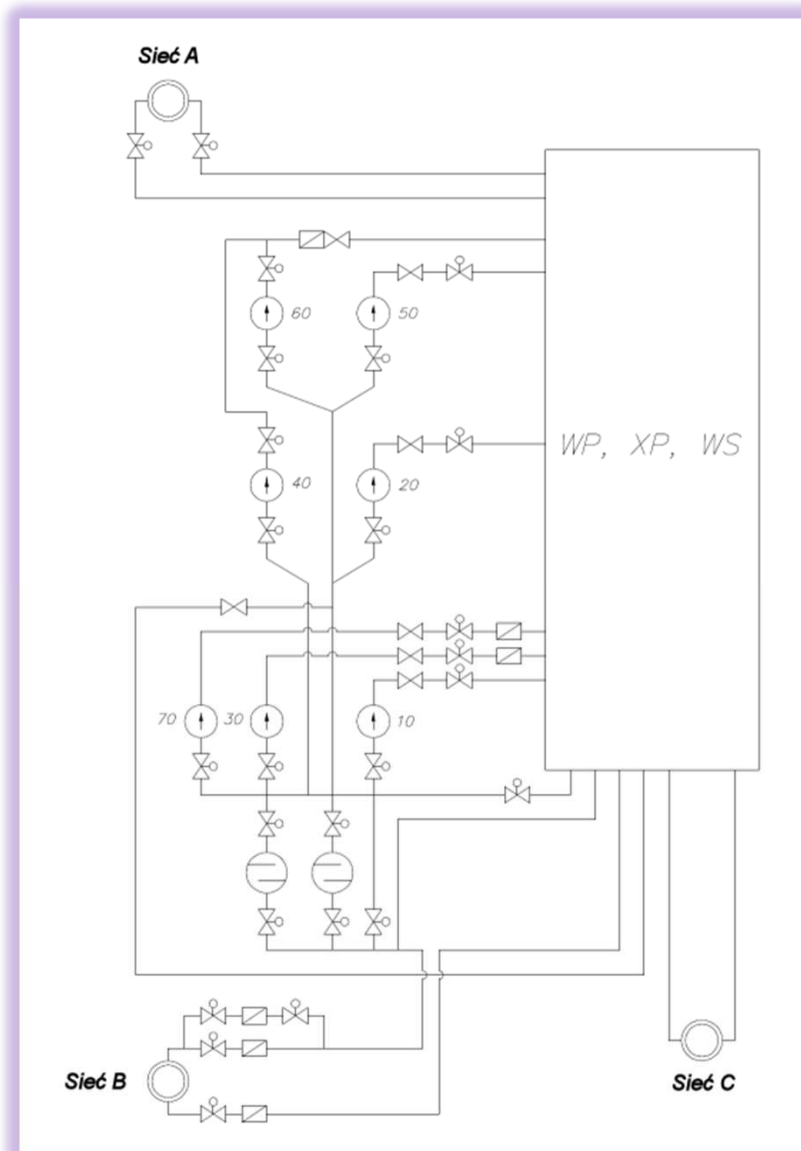
2.MODERNIZACJA POMP WODY SIECIOWEJ

Parametry pomp „zimowych” – NQC10,20,30,40,70:

Producent:	ŚWUP
Typ:	35W50x2GV
Wydajność nom. :	1250 t/h
Wysokość podnoszenia nom. :	146 m
Obroty nom. :	1480 obr/min
Moc:	800 KW
Silnik:	EMIT SCUdm 134SE (NQC10,40); SCDdm 134SE (NQC20,30,70)
Napięcie:	6000V
obroty:	1485 obr/min

Parametry pomp „letnich” – NQC50,60:

Producent:	WAFAPomp
Typ:	30B50
Wydajność nom. :	1200 t/h
Wysokość podnoszenia nom. :	80 m
Obroty nom. :	1490 obr/min
Moc:	400 KW
Silnik:	EMIT SZDc 194t-3E
Napięcie:	6000V
obroty:	1490 obr/min



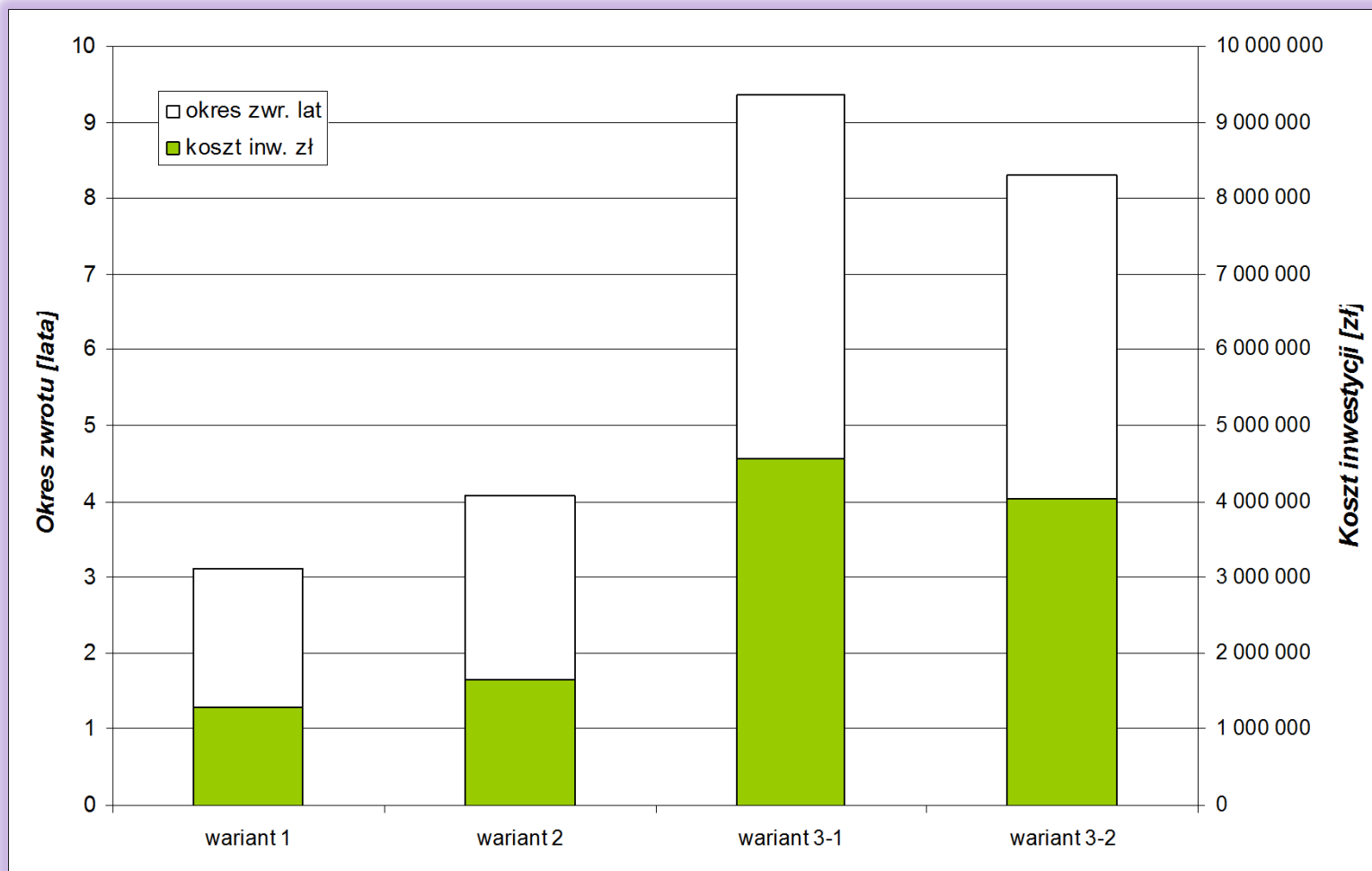
Uproszczony schemat obiegu wody sieciowej

TABELA - Parametry pomp uzyskiwane w punkcie nominalnym o wydajności 1250m³/h

	NQC10	NQC20	NQC30	NQC40	NQC70	<i>katalogowa</i>
<i>H [m]</i>	123	131	133	133	150	146
<i>P [kW]</i>	613	606	609	620	652	610
<i>η [%]</i>	69	73	73	72	77	82

Uzyskane wyniki wskazują na pilną konieczność modernizacji grupy pomp „zimowych” pracujących w instalacji wody sieciowej elektrowni.

Pompy na te parametry charakteryzują się sprawnościami na poziomie 84%



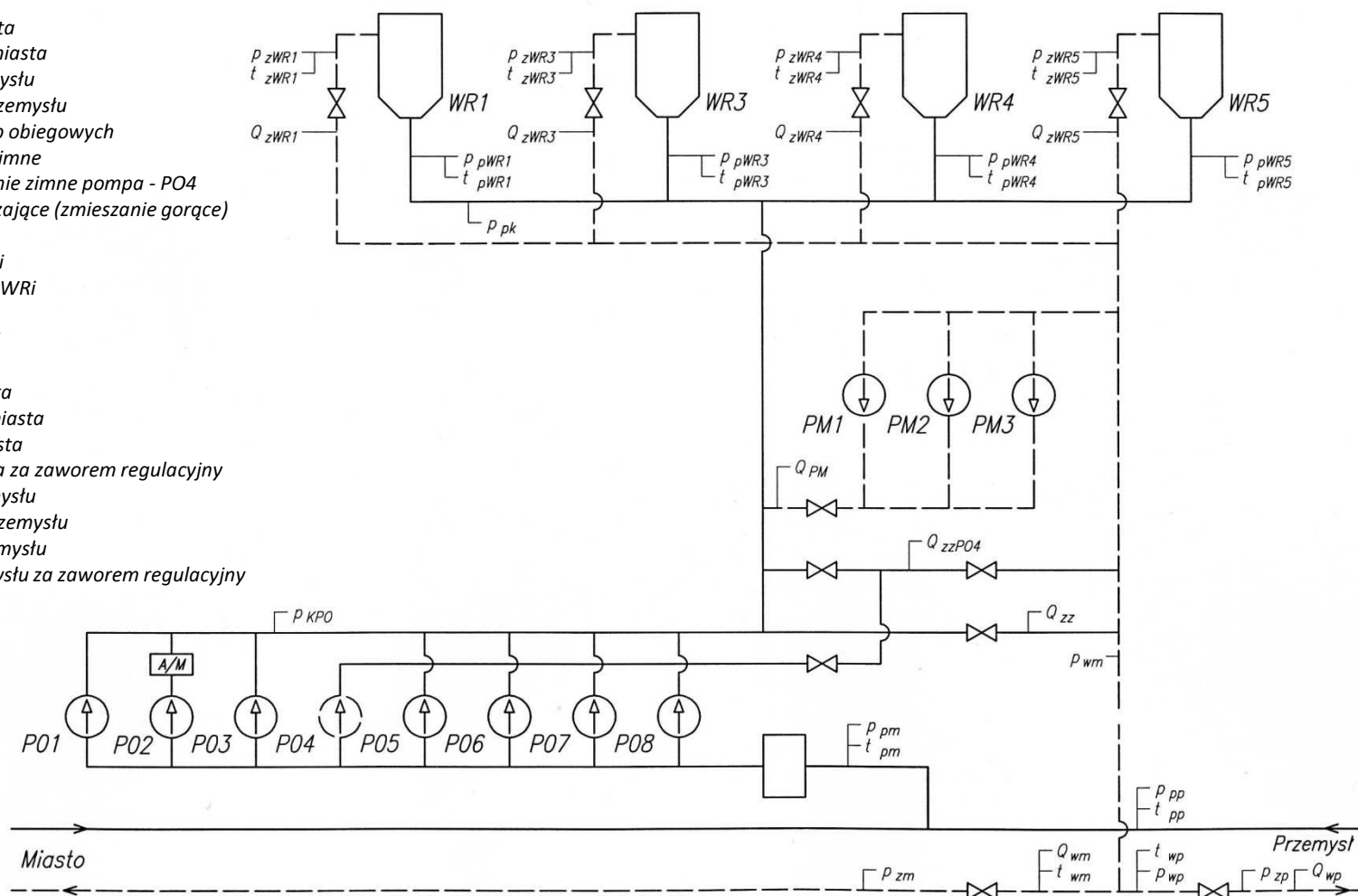
Nakłady inwestycyjne i okres zwrotu dla poszczególnych wariantów modernizacji

3. MODERNIZACJA CIEPŁOWNI O MOCY 100 MWt

Obecny układ hydrauliczny źródła ciepła

Gdzie:

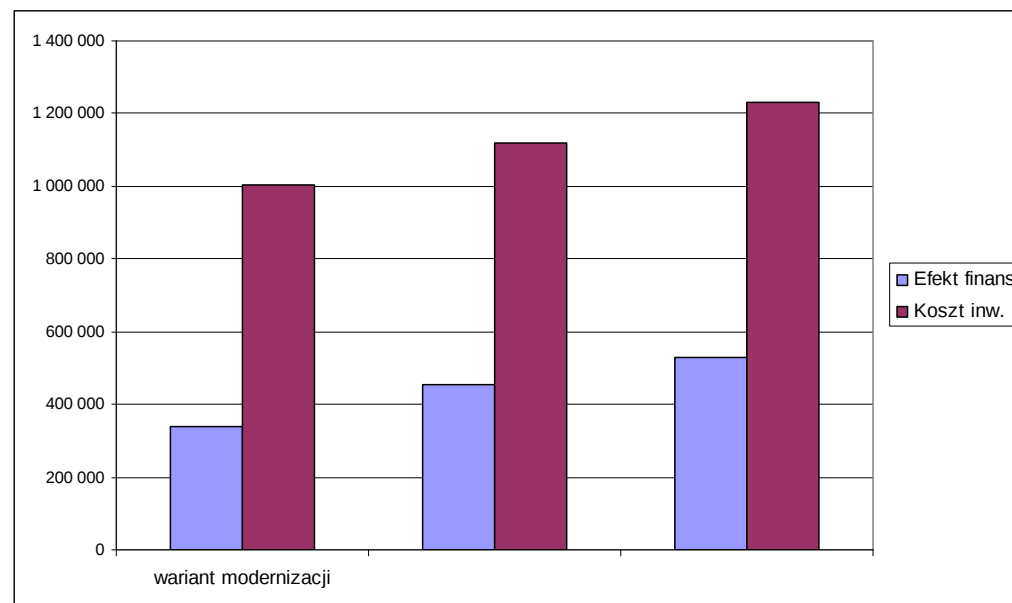
ppm – ciśnienie na powrocie z miasta
 tpm – temperatura na powrocie z miasta
 ppp – ciśnienie na powrocie z przemysłu
 tpp – temperatura na powrocie z przemysłu
 pKPO – ciśnienie w kolektorze pomp obiegowych
 Qzz – przepływ przez domieszanie zimne
 QzzPO4 – przepływ przez domieszanie zimne pompa - PO4
 QPM – przepływ przez pompy miesające (zmieszanie gorące)
 ppk – ciśnienie przed kotłami
 ppWRi – ciśnienie przed kotłem WRi
 tpWRi – temperatura przed kotłem WRi
 pzWRi – ciśnienie za kotłem WRi
 tzWRi – temperatura za kotłem WRi
 QWRi – przepływ przez kocioł WRi
 pwm – ciśnienie na wyjściu do miasta
 twm – temperatura na wyjściu do miasta
 Qwm – przepływ na wyjściu do miasta
 pzm – ciśnienie na wyjściu do miasta za zaworem regulacyjny
 pwp – ciśnienie na wyjściu do przemysłu
 twp – temperatura na wyjściu do przemysłu
 Qwp – przepływ na wyjściu do przemysłu
 pzp – ciśnienie na wyjściu do przemysłu za zaworem regulacyjny



PORÓWNANIE KOSZTÓW I EFEKTÓW.

Wariant	Pel pomp	Δ Pel pomp	Wsp. Kosz. Trans.	Efekt energ.	Efekt finans.	Koszt inv.	Okres zwr.
-	kW	kW	kWh/m3	kWh	zł / sezon	zł	lat
0	573	-	0,574	-	-	-	-
I	365	208	0,365	962 000	336 700	1 002 200	2,98
II	292	281	0,292	1 299 625	454 869	1 120 200	2,46
III	246	327	0,246	1 512 375	529 331	1 231 300	2,33

Tabela 9 .Koszty i efekty dla sezonu grzewczego.



Efekt finansowy i koszty inwestycyjne dla poszczególnych wariantów modernizacji (okres grzewczy).

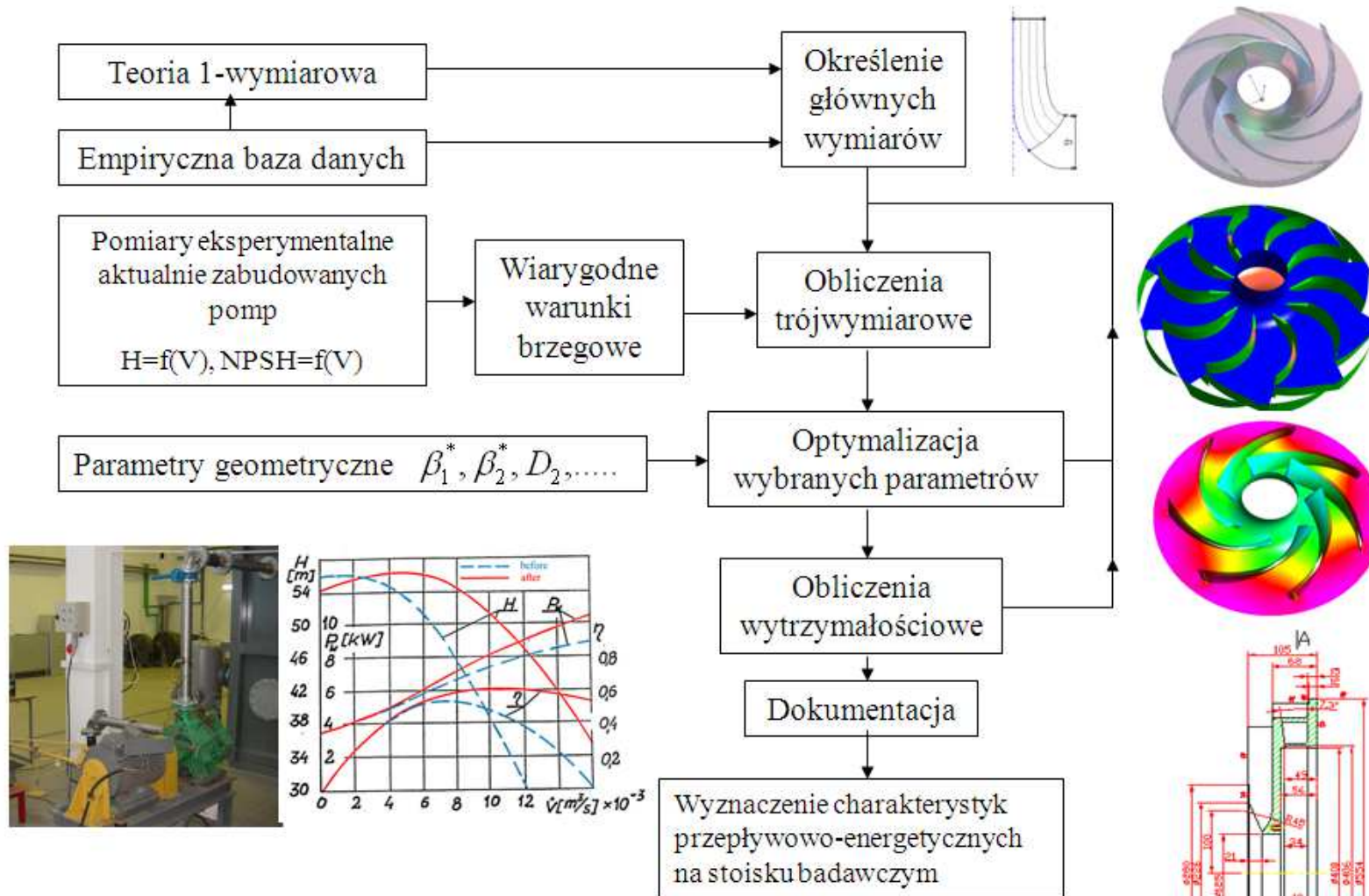
Uwaga: W zestawieniu kosztów dla wariantu III nie uwzględniono kosztów instalacji dodatkowych pomp awaryjnych przewałowych (kotłowych) dla zabezpieczenia kotła przed awarią głównych pomp przewałowych (kotłowych).

Metoda projektowania układów hydraulicznych pomp

Procedura projektowania realizowana jest wg następujących etapów:

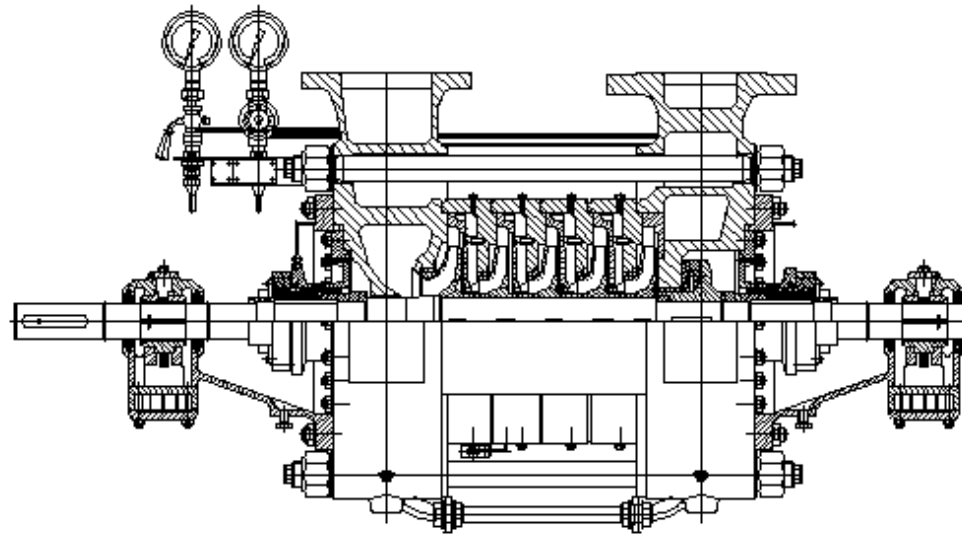
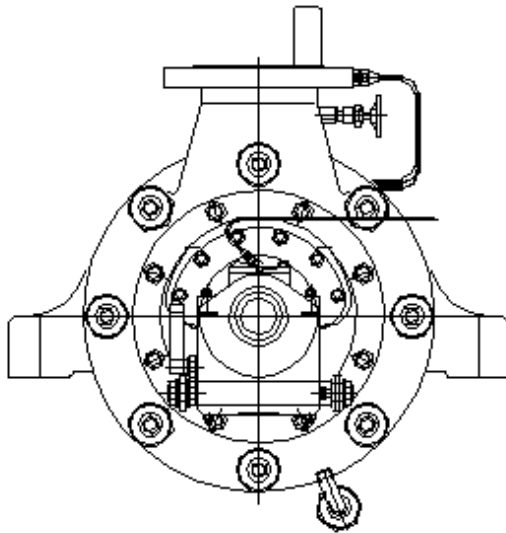
1. Określenie głównych wymiarów kanałów geometrycznych na podstawie teorii jednowymiarowej i empirycznej bazy danych powstałej w wyniku badań eksperymentalnych pomp.
2. Trójwymiarowych obliczeń nieściśliwego płynu lepkiego w kanałach maszyn wirnikowych.
3. Optymalizację parametrów geometrycznych kanałów hydraulicznych w oparciu o metodę trójwymiarową.
4. Analizę i obliczenie wytrzymałościowe uwzględniające:
 - Analizę pracy wężła przenoszącego siły osiowe w aspekcie zmian konstrukcyjnych w pompie.
 - Określenie parametrów dynamicznych nowego zespołu wirującego (statycznej i dynamicznej linii ugięcia wału oraz prędkości krytycznych).
5. Wykonanie dokumentacji.
6. Ostateczną weryfikację zmodernizowanych pomp poprzez wyznaczenie charakterystyk przepływowo-energetycznych na stoisku badawczym lub w miejscu zabudowy.
7. Ilustrację graficzną procesu projektowania przedstawiono na rys

Algorytm projektowania pomp

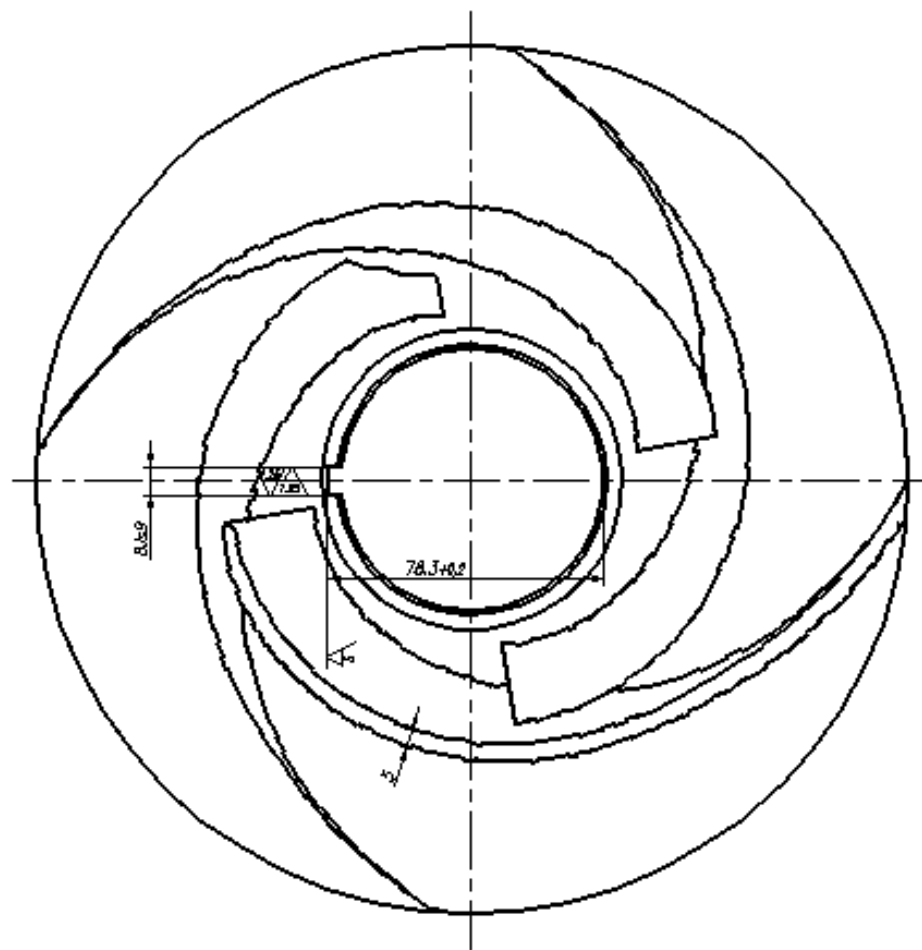
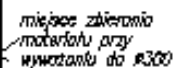


Modernizacja pompy 125Ysbx4

- Przedmiotem modernizacji była członowa czterostopniowa pompa wirowa.
- Modernizacja związana była ze zmianą parametrów nominalnych z dotychczasowych: $H=260\text{m}$, $Q=130\text{ m}^3/\text{h}$, $\text{NPSH}=6\text{m}$, $n=2960\text{ 1/min}$ na obecnie realizowane przy temperaturze czynnika roboczego $t_{\text{rob}}=126^\circ\text{C}$: $H=325\text{m}$, $Q=96\text{ m}^3/\text{h}$, $\text{NPSH}=3\text{m}$, $n=2960\text{ 1/min}$.
- Istotnym i jednocześnie trudnym problemem było opracowanie konstrukcji wirnika 1-go stopnia o bardzo niskiej wartości NPSH dla zapewnienia bezkawitacyjnej pracy pompy.
- W efekcie modernizacji opracowana została nowa konstrukcja pompy oznaczona 125Ysbx5/HP charakteryzująca się nowymi parametrami geometrycznymi pięciostopniowego układu hydraulicznego.
- Na rysunkach przedstawiono odpowiednio schemat układu przepływowego pięciostopniowej pompy i wirnika 1-go stopnia

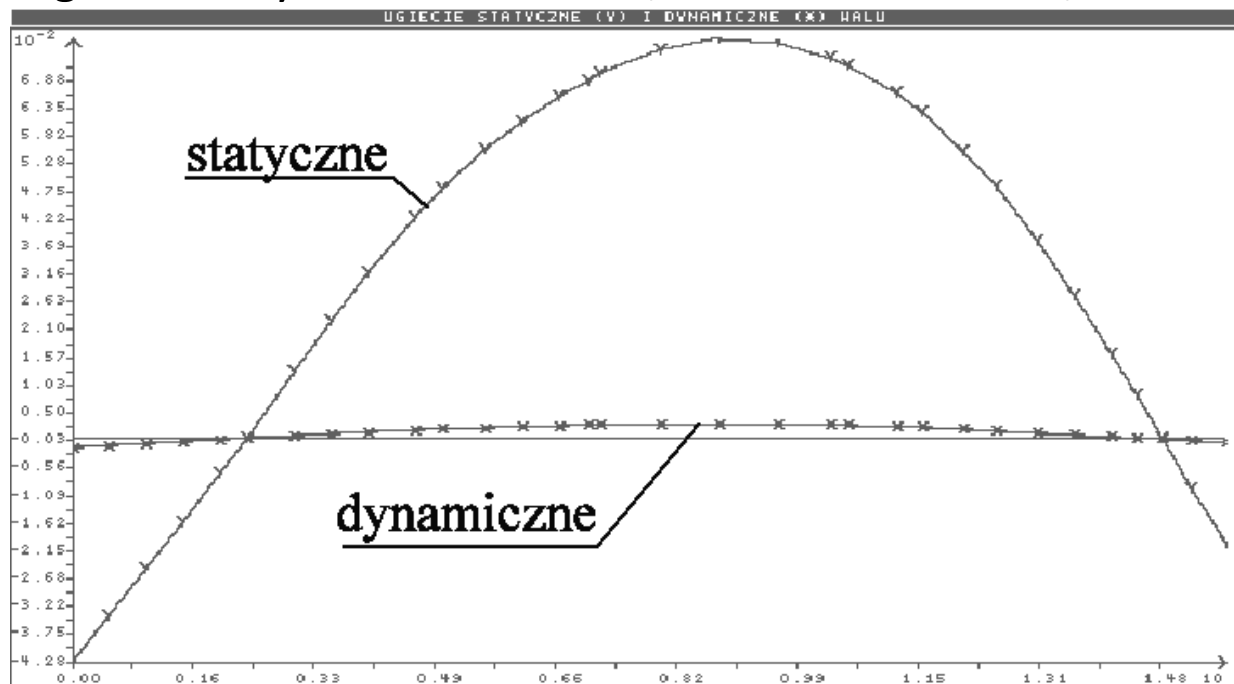


1 1 1



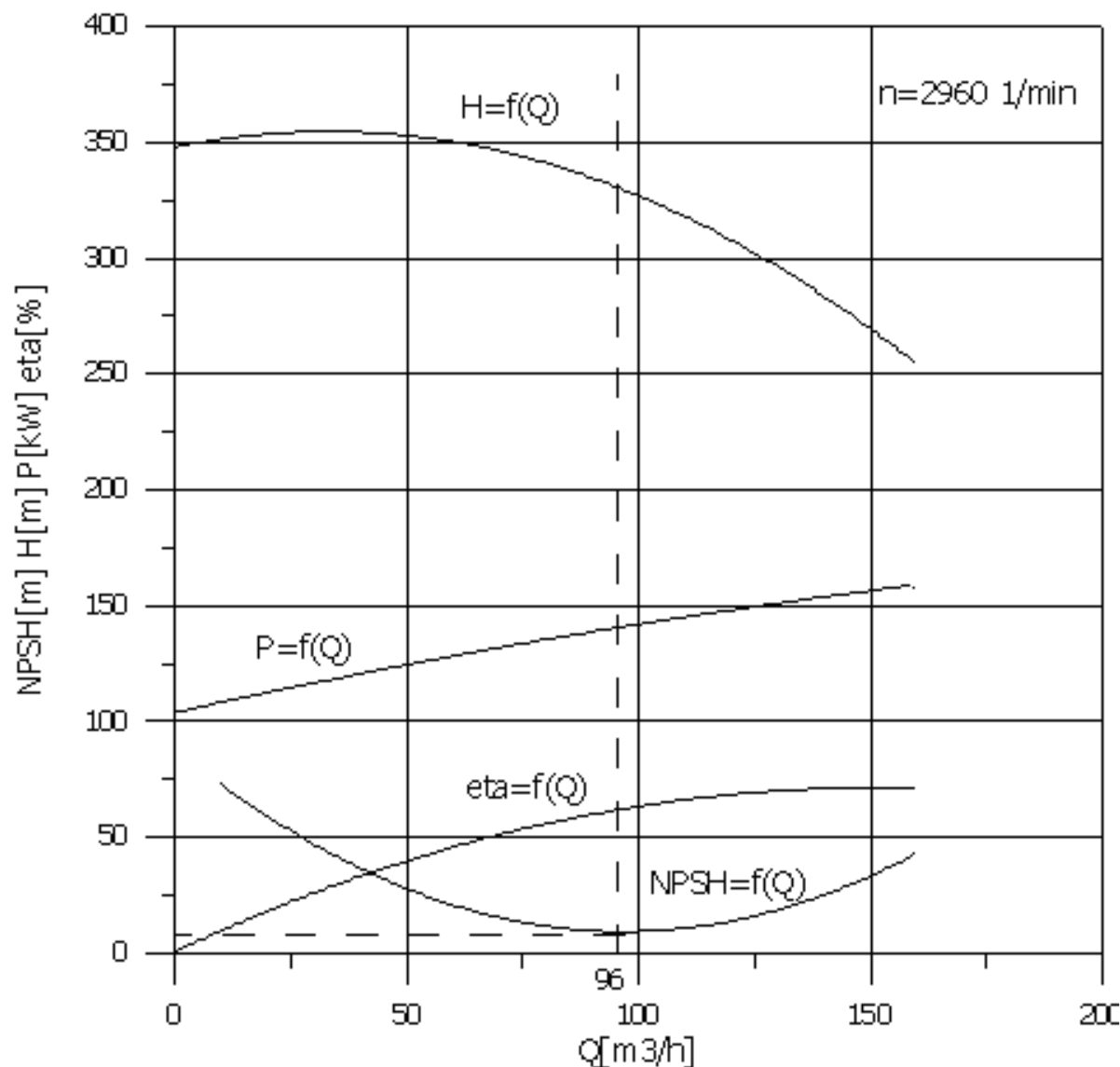
Ugięcie wału pompy

- Wprowadzenie dodatkowego stopnia spowodowało wydłużenie wału oraz zmiany mas elementów wirujących. Wymagało to przeprowadzenia analizy statycznej i dynamicznej zespołu wirującego.
- Wielkość ugięcia statycznego i dynamicznego nie wpływa na potrzebę zmiany dotychczas stosowanych wielkości szczelin na uszczelnieniach wirnika i uszczelnieniach międzystopniowych. Prędkość krytyczna dla nowego wału wynosi 4297 1/min, a stosunek $\omega/\Omega=0,689$.



Charakterystyki zmodernizowanej pompy

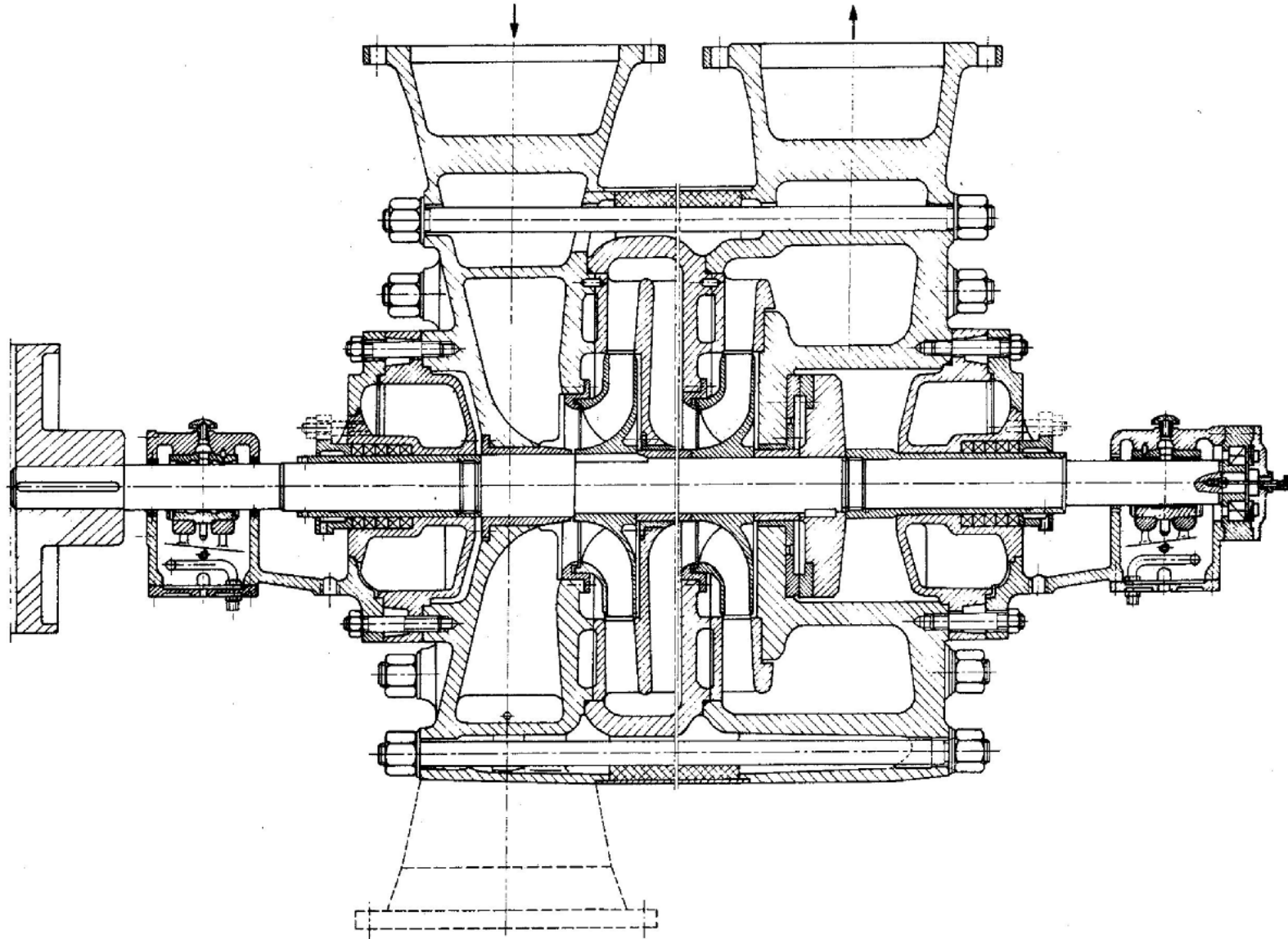
- Na rysunku przedstawiono przebiegi charakterystyk przepływowo-energetycznych modernizowanej pompy 125Ysbx/5HP realizującej założone parametry przepływowe.



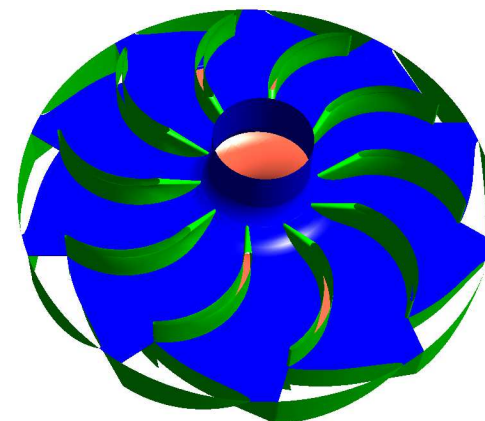
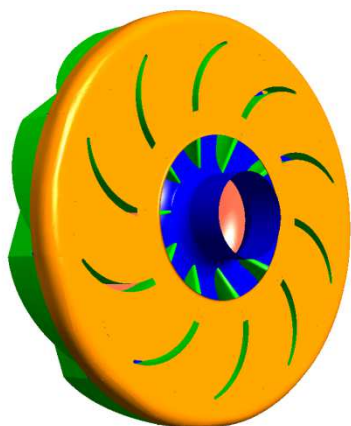
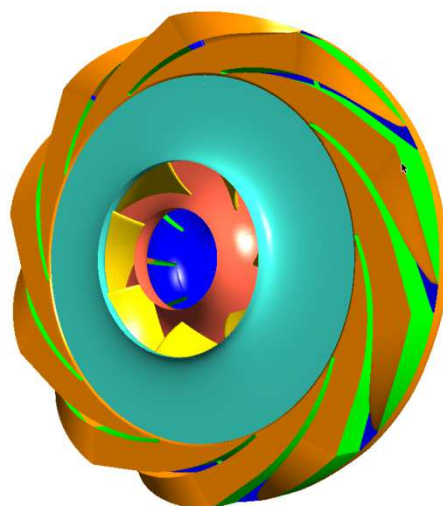
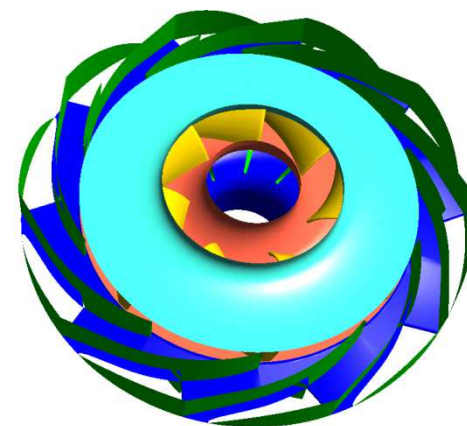
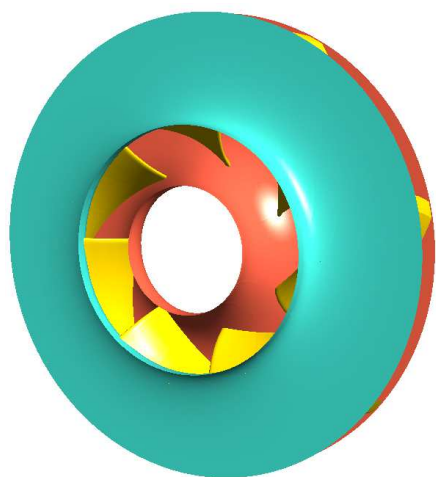
Modernizacja pompy 20W39

- Konstrukcję pompy 20W39 przedstawiono na rys
- Celem modernizacji było zwiększenie wydajności nominalnej pompy z $Q_N=400\text{m}^3/\text{h}$ do $Q_N=550\text{m}^3/\text{h}$.
- Zakres modernizacji obejmował:
 - Projekt i wykonanie wirników
 - Projekt i wykonanie kierownicy odśrodkowej z wpływem bocznym oraz kierownicy dośrodkowej
 - Pozostawiono bez zmian elementy węzłów konstrukcyjno ruchowych (wał, łożyska, tarcze i przeciw tarcze)

Zmodernizowana pompa 20W39

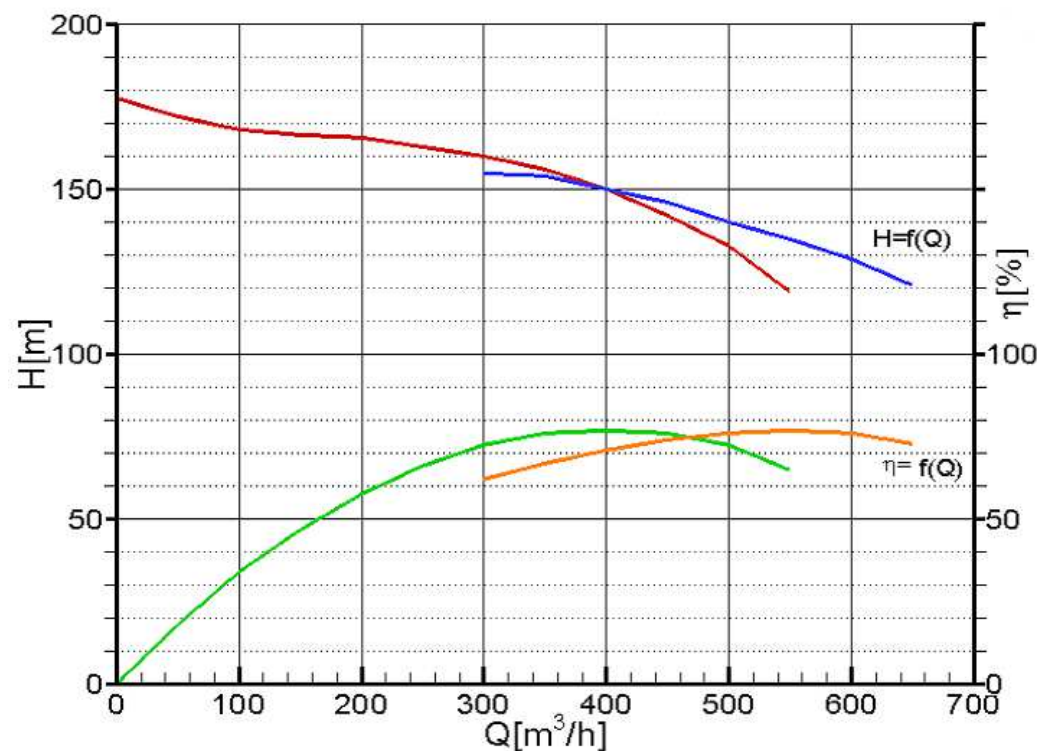


Widok nowych elementów układu hydraulicznego zmodernizowanej pompy



Charakterystyki przepływowe i sprawności pompy 20W39 przed i po modernizacji

- Na rysunku przedstawione zostały charakterystyki przepływowe $H(Q)$ i sprawności $\eta(Q)$ pompy przed i po modernizacji.
- Podane zostały też parametry punktu nominalnego H_N i Q_N przed i po modernizacji



Dotychczasowe parametry:

$H_N=150$ m

$Q_N=400$ m^3/h

$\eta_N=77\%$

Obecne parametry:

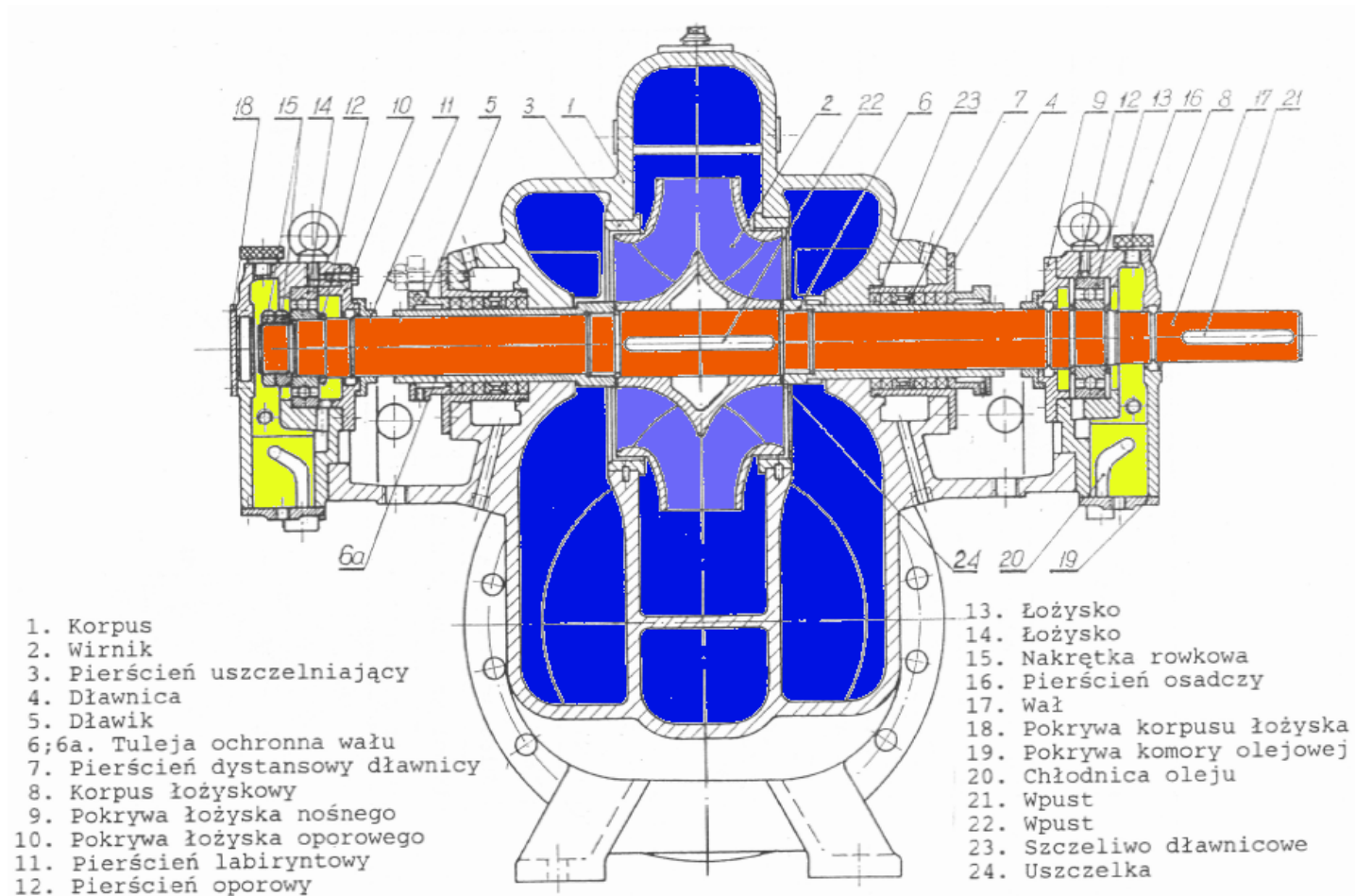
$H_N=125$ m

$Q_N=550$ m^3/h

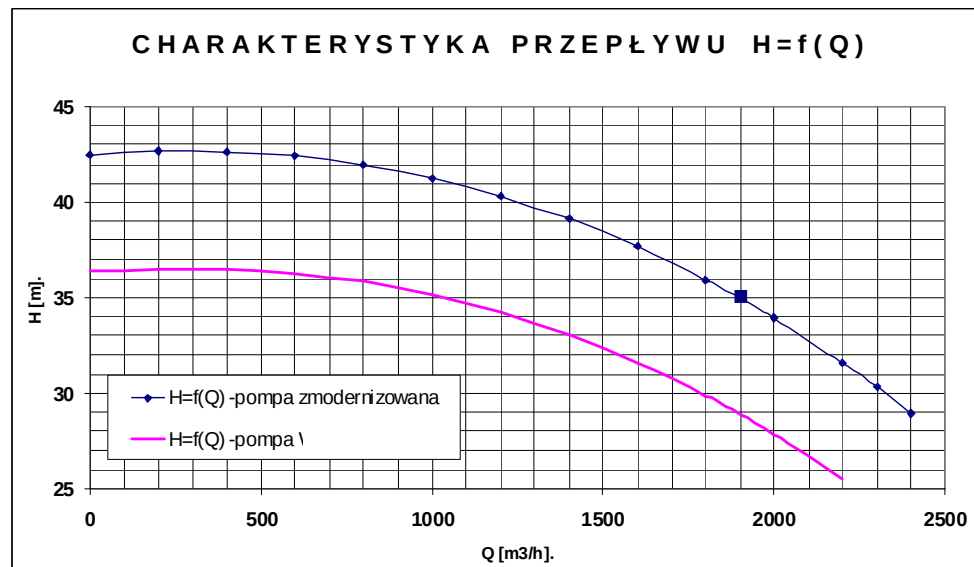
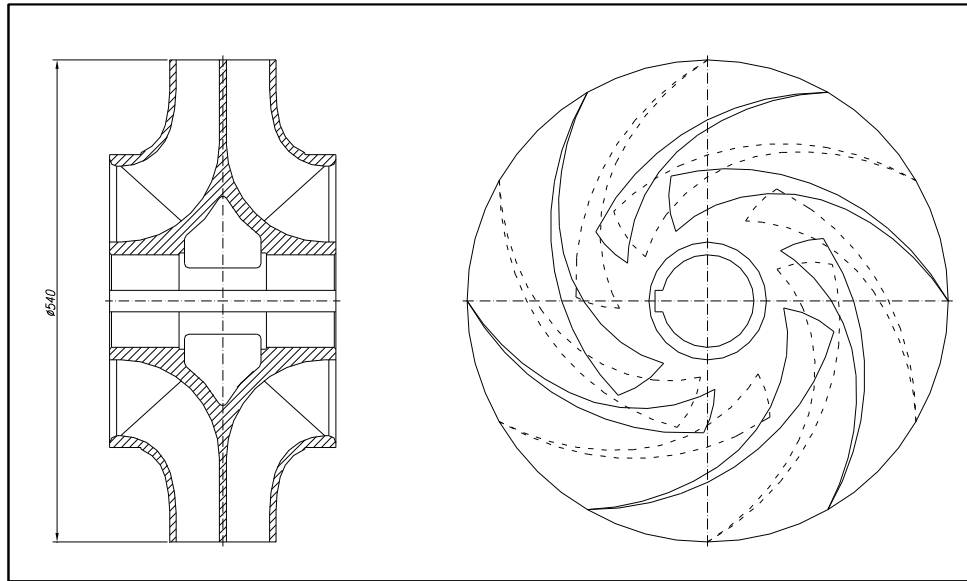
$\eta_N=80\%$

- przed modernizacją
- po modernizacji
- przed modernizacją
- po modernizacji

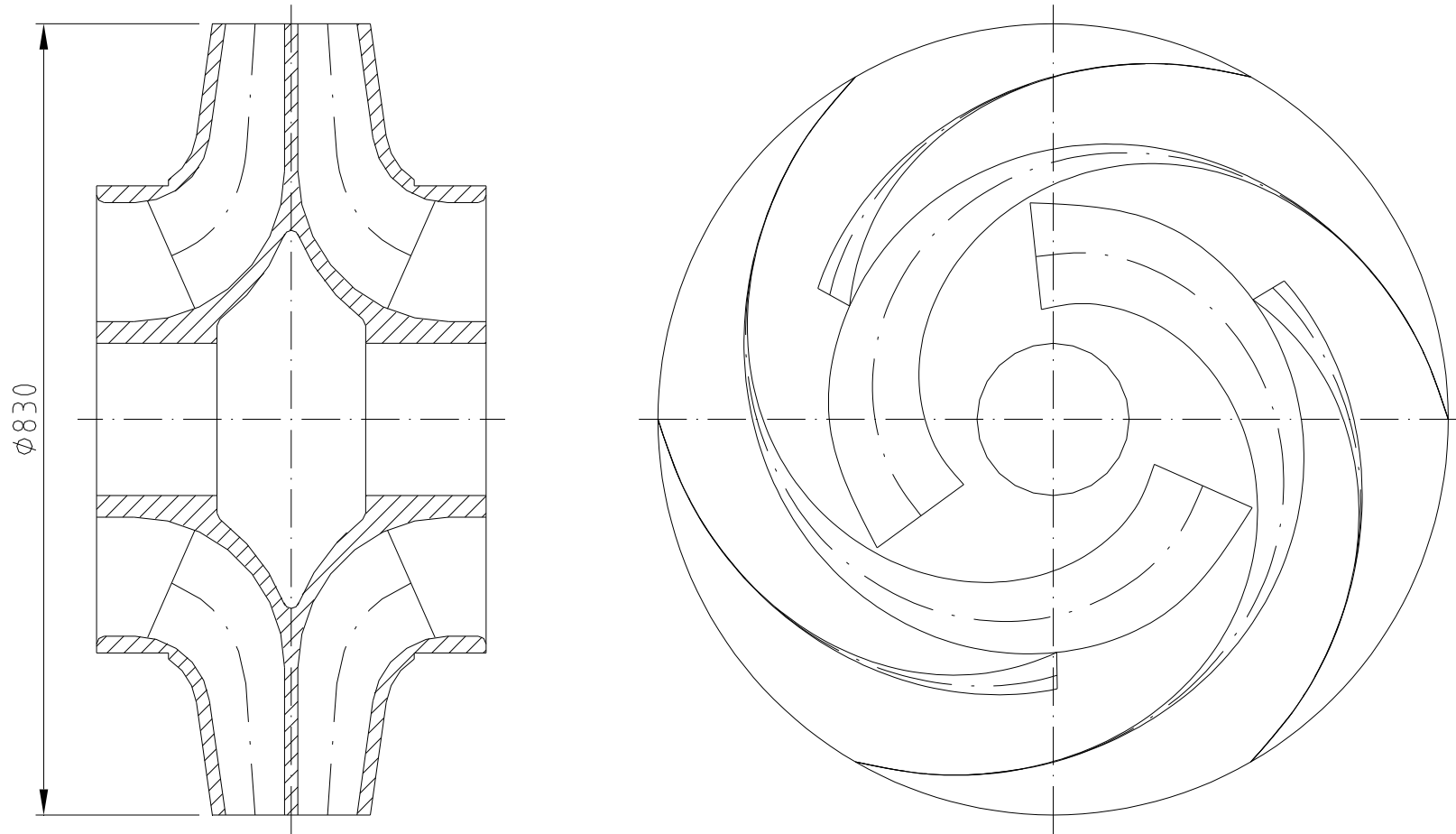
POMPY DWUSTRUMIENIOWE



POMPY DWUSTRUMIENIOWE



Zmodernizowany wirnik



Charakterystyki nowej pompy

