

**MODERNIZACJA UKŁADU POMPOWEGO SUW WRAZ Z MONITORINGIEM  
I ZASTOSOWANIEM ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W M-ŚCI PRZYTOCZNA**  
w ramach projektu  
„Uporządkowanie gospodarki-wodnościekowej na terenie Gminy Przytoczna – część II”

• **Nazwa i adres Inwestora.**

**WOKAMID Sp. z o.o., ul. Dworcowa 8, 66-340 Przytoczna**

• **Rodzaj, skala i usytuowanie przedsięwzięcia.**

**Modernizacja układu pompowego SUW wraz z monitoringiem i zastosowaniem  
odnawialnych źródeł energii w miejscowości Przytoczna**

**Działki w objęcie zakresem inwestycji oraz obszarem oddziaływania inwestycji:**

**Działki nr : 207/151, 207/145, 207/116, 207/102 - OBRĘB 0012 PRZYTOCZNA**

LP.	DZIAŁKA	WŁAŚCICIEL	ADRES
1	207/151	GMINA PRZYTOCZNA	UL. ROKITNIAŃSKA 4, 66-340 PRZYTOCZNA
2	207/116	WOKAMID SP. Z O.O.	UL. DWORCOWA 8, 66-340 PRZYTOCZNA
3	207/102	GMINA PRZYTOCZNA	UL. ROKITNIAŃSKA 4, 66-340 PRZYTOCZNA
4	207/145	WOKAMID SP. Z O.O.	UL. DWORCOWA 8, 66-340 PRZYTOCZNA

*W ramach opracowania należy wykonać analizę obecnego stanu technicznego oraz sporządzenie koncepcji modernizacji układu pompowego SUW wraz z monitoringiem i zastosowaniem odnawialnych źródeł energii.*

*Budowa, rozbudowa i modernizacja przeprowadzana jest ze względu na bardzo zły stan techniczny:*

- układu pompowego na istniejącej technologii SUW*
- wykonanie monitoringu SUW w pomieszczeniu technicznym budynku warsztatowego wraz z jego zasilaniem za pomocą paneli fotowoltaicznych.*

## **Stan istniejący:**

### **UKŁAD POMPOWY SUW**

*Pompy na układzie technologicznym SUW są bardzo w złym stanie technicznym, wielokrotnie remontowane nie spełniają już swojej roli jeśli chodzi o wydajność. Ponadto wymagają częstego serwisowania i zużywają bardzo dużą ilość energii co generuje dodatkowe koszty a ponadto wymagają częstszego nadzoru. Z uwagi na duży obszar, jaki zasilany jest z SUW w Przytocznej, każda awaria jest bardzo problematyczna, gdyż skutkuje przerwą w dostawie wody.*

*W obecnych warunkach atmosferycznych, gdzie liczba dni powyżej 25°C znacznie wzrosła każda przerwa w dostawie stwarza zagrożenie dla zdrowia ludzi w.w. Miejscowości oraz zwierząt gospodarskich na fermie trzody chlewnej i drobiu, które korzystają z tego źródła wody.*

*Zalecana całkowita wymiana całego układu pomp poprzez zastosowanie kompletnego zestawu podnoszenia ciśnienia zgodnego ze standardem DIN 1988/T5*

## **ZESTAW PODNOSZENIA CIŚNIENIA**

**Kompletny zestaw podnoszenia ciśnienia zgodny ze standardem DIN 1988/T5.**

**Zakres zamówienia obejmuje:**

**a. prace projektowe w zakresie:**

- i. opracowanie projektu wykonawczego modernizacji układu zestawu hydroforowego i układu sterowania na SUW Przytoczna oraz ich uzgodnienie z Zamawiającym,*
- ii. wyznaczenie punktów krytycznych na sieci wodociągowej,*
- iii. kompletacja i opracowanie dokumentacji powykonawczej,*

**b. dostawy:**

- i. zestawu pomp sieciowych,*
- ii. niezależnego układu sterowania pompami zestawu hydroforowego,*
- iii. zdalnych czujników ciśnienia (loggery),*
- iv. galerii rur*
- v. wszystkie inne elementy i urządzenia niezbędne do poprawnego wykonania przedmiotu zamówienia,*

**c. prace instalacyjne:**

- i. demontaż istniejących pomp sieciowych zestawu hydroforowego wraz z*

- armaturą odcinającą i zaporową w niezbędnym zakresie,
- ii. montaż nowych pomp sieciowych zestawu hydroforowego wraz z armaturą odcinającą i zaporową,
  - iii. montaż zdalnych czujników ciśnienia (loggery) w wyznaczonych punktach krytycznych – przewiduje się montaż 1 czujnika
  - iv. montaż układu sterowania pompami zestawu hydroforowego,
  - v. montaż galerii rur wraz z niezbędnymi przyłączami, zasuwami, klapami itp.

d. uruchomienie i rozruch,

### **Pompownia**

Układ pompowy zestawu hydroforowego należy wykonać w oparciu o pompy pionowe wirowe wielostopniowe ze zintegrowanymi przetwornicami częstotliwości. **Wymagany współczynnik efektywności energetycznej dla układu pomp zestawu hydroforowego dla punktu pracy  $Q=100\text{m}^3/\text{h}$  oraz  $H=55\text{m}$  nie może być większy niż  $0,25\text{ kWh/m}^3$ . W okresie nie dłuższym niż 3 miesiące od daty uruchomienia nowego układu pompowego Wykonawca przeprowadzi stosowny jednotygodniowy audyt pompowy w celu weryfikacji założonych parametrów. Wyniki audytu pompowego zostaną przedstawione Zleceniodawcy w formie pisemnego raportu.** Układ winien składać się z co najmniej 5 pomp tego samego typu, pionowych wirowych wielostopniowych, przeznaczonych do tłoczenia wody pitnej spełniających poniższe szczegółowe wymagania. Ze względu na małą wartość napływu na ssaniu należy zastosować pompy w wykonaniu specjalnym z obniżonym NPSH.

1. Materiał wirników, komór pośrednich i płaszcza zewnętrznego: stal nierdzewna-min. DIN W.-Nr. 1.4301,
2. Podstawa silnika pompy, głowica pomp i podstawa pompy wykonane z żeliwa szarego z powłoką kataforetyczną.
3. Przeniesienie napędu sprzęgłem łukowym
4. Zabezpieczenie antykorozyjne elementów żeliwnych: wszystkie elementy z żeliwa powinny być zabezpieczone powłoką kataforetyczną,
5. Uszczelnienie pompy: kasetowe HQQE /SIC/SIC/EPDM / umożliwiające demontaż i montaż uszczelnienia bez demontażu głowicy i silnika
6. Klasa silnika: minimum IE5,
7. Maksymalna dopuszczalna temperatura otoczenia:
  - dla pomp +60 st. Celsjusza
  - dla zestawu pompowego +40 st. Celsjusza

8. Maksymalne dopuszczalne ciśnienie w pompie 16 bar
9. W maksymalnym punkcie pracy zestawu wartość NPSH nie większa niż 2,87 m
10. Silniki pomp – IE5,  $N_s = 5.5 \text{ kW}$ ,  $U = 3 \times 380\text{-}415 \text{ V}$ ,  $f_{\text{nom}} = 50 \text{ Hz}$
11. Rozruch pomp – elektroniczny

Maksymalne parametry pracy zestawu pompowego ( $Q=100 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H_{\text{zest}}=55 \text{ mH}_2\text{O}$ ) osiągnąć jest przy jednoczesnej pracy 5 jednakowych pomp  $N_s = 5.5 \text{ kW}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ , każda ze zintegrowaną przetwornicą częstotliwości,

Dla maksymalnego pkt. pracy, sprawność układu  $\eta_{\text{pompa}} + \text{silnik} + \text{przetwornica}$  częstotliwości nie mniejsza niż 67,6%, natomiast pobór prądu w tym pkt. nie może być większy -  $P_2 = 20,56 \text{ kW}$

Zestaw musi mieć możliwość ustawienia zadanej wartości ciśnienia po stronie tłocznej.

Zestaw powinien realizować przynajmniej niżej wymienione algorytmy pracy:

- zadane wartości ciśnienia w różnych przedziałach czasu (program czasowy),
- tryb regulacji: stało ciśnieniowy, ciśnienie proporcjonalne

### **Konstrukcja zestawu:**

Zestaw pompowy w tym pompy jak i szafa, jako kompletne urządzenie powinien pochodzić od jednego producenta.

Kolektory i rama (konstrukcja wsporcza) powinny być wykonane z materiałów odpornych na korozję tj.

- kolektory – ze stali DIN W Nr1.4571
- rama podstawy ze stali DIN W Nr. 1.4301 wg PE-EN 10088-1

Kolektory ssawny DN 200 PN16 i tłoczny DN 150 PN16 z króćcami przyłączeniowymi, kołnierze wywijane ze stali kwasoodpornej, kołnierze kolektorów powinny być luźne w celu umożliwienia łatwego montażu instalacji przyłączeniowej z obu stron kolektora, pompy posadowione na ramie na absorbujących drgania podkładkach antywibracyjnych. Odgałęzienia kolektorów należy wykonać metodą kształtowania szyjek. Spoiny powinny być wykonane w technologii właściwej dla stali kwasoodpornej metodą TIG. Wszystkie śruby muszą być wykonane ze stali kwasoodpornej.

Montaż pomp na ramie zestawu – na podkładkach amortyzujących, / antywibracyjnych /

## **Armatura:**

1. zawory zwrotne po stronie tłocznej każdej pompy – zalecane – zawory zwrotne międzykołnierzowe DN 50 PN 16, POM, produkowane przez producenta zestawu pompowego
2. zawory kulowe lub przepustnice międzykołnierzowe PN 16 – min mosiądz chromowany
3. manometry kontrolne, wibracyjny czujnik suchobiegu, przetworniki ciśnienia na kolektorze ssawnym i tłocznym
4. membranowe zbiorniki ciśnieniowe PN 10 lub PN 16 na kolektorze tłocznym w odpowiedniej pojemności stosownie do dopuszczalnej ilości rozruchów silników pomp,

## **Zestaw pompowy będzie wyposażony w :**

1. wibracyjny czujnik suchobiegu 3/4" 0, 24V DC z przekaźnikiem i zasilaczem 24VDC,
2. dodatkowe zabezpieczenie przed suchobiegiem i pomiar ciśnienia ssania i tłoczenia – przetwornik ciśnienia
3. zbiorniki membranowe V = 25 l, PN10 lub PN 16, 4 szt.
4. zawór przyłączeniowy dla zbiornika membranowego, 4 szt.
5. przetworniki ciśnienia na kolektorze ssawnym i tłocznym
6. manometr z zaworem manometrycznym na stronie ssawnej zestawu
7. opcjonalnie np. moduł cyfrowej komunikacji szeregowej.

## **Dane techniczne szafy sterowniczej**

Układ automatyki i sterowania układem pompowym należy wykonać w taki sposób, aby służył do regulacji i monitorowania układem ciśnienia w sieci wodociągowej zasilanej przez SUW w Przytocznej Zamontowany sterownik winien regulować prędkość pompy na podstawie rzeczywistej wydajności i ciśnienia przepływu.

W celu optymalnego sterowania zestawem hydroforowym należy wykonać system zdalnej rejestracji ciśnień, który co najmniej raz na 24 godziny przesyła zapisane dane do sterownika zestawu hydroforowego, który z kolei automatycznie dopasowuje charakterystykę ciśnienia proporcjonalnego zapewniając stabilność ciśnienia w punktach krytycznych. Punkty krytyczne winny być opomiarowane przez zdalne przetworniki tzw. Loggery rejestrujące wartość ciśnienia przez 24h na dobę.

Systemy sterujące oparte muszą być na samouczących się algorytmach. System ma gromadzić dane z rejestratorów umieszczonych w krytycznych punktach sieci i na ich podstawie uczyć się charakterystyki sieci i tworzyć indywidualny algorytm zgodnie z którym sterowany będzie układ pompowy. Komunikacja pomiędzy rejestratorami, a sterownikiem winna odbywać się za pomocą GSM. Samouczący się algorytm regulacji ciśnienia musi automatycznie uwzględniać zmiany charakterystyki rozbiorów spowodowanych porami dnia i aktualnym zapotrzebowaniem, dając w ten sposób możliwość optymalizacji ciśnienia sieci wodociągowej pod kątem najefektywniejszego ograniczania strat wody.

Wymagane jest sterowanie pompami sieciowymi w taki sposób, aby uzyskać ich płynną regulację względem przepływu. Należy wprowadzić taki algorytm, aby uzyskać wymagane ciśnienie względem przepływu uzyskując profil ciśnienia dla poszczególnych godzin doby. Sterowanie nie może odbywać się w sposób „on-line” od parametrów sieci w mierzonych przez rejestratory umieszczone w punktach krytycznych z uwagi na możliwość znacznych zmian wydajności pomp sieciowych, a co za tym idzie występowanie uderzeń hydraulicznych. Wymagane jest również też takie ustawienie algorytmu, aby nie reagował np. na zamknięcie strefy, w której umieszczony jest rejestrator np. na cele związane z usunięciem awarii i znaczne obniżenie ciśnienia wody lub jego spadek do wartości zerowych. Dobowy profil ciśnienia względem przepływu powinien zmieniać się automatycznie o określoną (ustawialną) wartość np. co 24 h.

Poprzez proporcjonalne sterowanie regulacją ciśnienia Zamawiający chce osiągnąć ograniczanie nadmiernego obciążenia sieci ciśnieniem.

Optymalizację ciśnienia na sieci wodociągowej za pomocą układu sterowania należy zrealizować w taki sposób, aby dane zebrane przez zdalne czujniki ciśnienia (loggery) trafiały do sterownika startującego bezpośrednio zestawem pompowym. Sterownik na podstawie otrzymanych danych powinien samodzielnie wyznaczyć optymalną krzywą sterowania zestawem pompowym oraz przeprowadzić proporcjonalną regulację ciśnienia dla aktualnie występujących rozbiorów. Sterownik wyznaczając charakterystykę indywidualną dla pracy w trybie ciśnienia proporcjonalnego powinien zapewnić utrzymanie minimalnego ciśnienia w punktach montażu zdalnych czujników ciśnienia na poziomie określonym przez Zamawiającego. Minimalna wartość w powyższych punktach sieci wodociągowej powinna być stała i niezależna od aktualnie występujących rozbiorów. Sterownik powinien posiadać algorytm, który zapewni dobową weryfikację zebranych danych dostarczonych poprzez komunikację GSM ze zdalnymi punktami pomiaru ciśnienia oraz z danymi zebranymi bezpośrednio z zestawu pompowego w celu wyznaczenia i

ewentualnej korekty charakterystyki pracy zestawu pompowego. Celem powyższego sposobu regulacji jest zapewnienie wymaganego ciśnienia u użytkownika końcowego niezależnie od aktualnego rozbioru w sieci wodociągowej oraz wpływ na zmniejszenie wahań ciśnienia na całej sieci. Wynikiem takiego sposobu regulacji ciśnienia powinno być obniżenie energochłonności układu pompowego zestawu hydroforowego, a także obniżenie wymaganego ciśnienia w całej sieci wodociągowej w okresach, kiedy nie jest wymagane utrzymanie ciśnienia wyższego.

Układ sterowania musi sterować pracą zestawu pompowego według charakterystyki sieci w funkcji  $Q=f(H)$ . Ma mieć możliwość opisanie charakterystyki sieci punktami pracy dzięki czemu współpracując z przepływomierzem będzie mógł realizować zadane, zmienne ciśnienie, zależne od chwilowych przepływów co w założeniu ma pozwolić na pracę najmniej energochłonną.

Układ sterowania musi również mieć możliwość sterowania pracą zestawu pompowego według dodatkowy algorytmów pracy:

- ze stałym ciśnieniem  $H=const.$ ,
- ciśnieniem proporcjonalnym.

Układ sterowania musi posiadać co najmniej następujące, wymagane możliwości:

- pracy z przetwornicą z zastosowaniem protokołu cyfrowego
- utrzymania stałego ciśnienia, różnicy ciśnień, ciśnienia w funkcji przepływu
- kontroli ciśnienia w sieci zapobiegając przekroczenia jego maksymalnej wielkości, tzw. przekroczenie ograniczenia 1 i 2
- kontroli wystąpienia suchobiegu na kolektorze ssącym
- kontroli zabezpieczenia silników elektrycznych,
- powiadomienia użytkownika o wystąpieniu awarii z podaniem jej przyczyny i czasu wystąpienia
- ręcznej, indywidualnej regulacji obrotów każdej z pomp,
- sterowania pracą maksymalnie do sześciu pomp
- wykonania uruchomienia testowego pompy w zaprogramowanym czasie
- w czterech przedziałach czasowych zmiany wartości zadanej,
- po wyłączeniu zasilania zachować swoje ustawienia,
- zdalnego resetu zestawu (listwa zaciskowa zdalnego sterowania)
- zdalnego załączenia i wyłączenia zestawu (listwa zaciskowa zdalnego

*sterowania)*

- podawania komunikatów: awaria, praca, suchobiegi*
- sterownik musi być wyposażony w złącza cyfrowej komunikacji szeregowej oraz Ethernet do podłączenia modemu, nadajnika radiowego, przyłączenia komputera w celu monitoring zestawu hydroforowego lub monitoringu do nadrzędnego systemu sterującego pracą np. wielu zestawów pompowych,*
- sterowania pracą pomp z zachowaniem odpowiedniej kolejności załączania i wyłączania pomp po każdym cyklu pracy,*
- uniemożliwiania jednoczesnego załączania więcej niż jednej pompy, przesuwając w czasie rozruchy poszczególnych pomp,*
- blokowania natychmiastowego włączania (wyłączania pompy po wyłączeniu) pompy poprzedniej w celu wyeliminowania pulsacyjnej pracy w przypadku gwałtownych zmian poboru wody,*
- ograniczania maksymalnej liczby pomp pracujących jednocześnie,*
- zabezpieczania zestawu przed suchobiegiem poprzez wyłączanie kolejno pracujących pomp w zestawie przy spadku ciśnienia na ssaniu poniżej wartości zadanej,*
- zabezpieczenia układu w przypadku przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia w kolektorze tłocznym,*
- dopasowania układu do charakterystyki rurociągu,*
- zablokowania pracy pomp po przekroczeniu zaprogramowanego czasu,*
- przełączania pomp w czasie małych poborów wody zapewniając ich optymalne wykorzystanie,*
- dopasowania układu do charakterystyki rurociągu tłocznego w zależności od liczby włączanych pomp poprzez dyskretne zmiany ciśnienia,*
- dopasowania układu charakterystyki rurociągu w przypadku dodatkowego wyposażenia układu w przepływomierz z nadajnikiem poprzez uzależnienia ciśnienia na wyjściu z pompowni od przepływu,*
- współpracę z komputerem za pomocą podłączenia kablowego poprzez łącze szeregowe w standardzie RS 485 i 232 lub Ethernet.*
- rejestrację zużycia energii elektrycznej,*

- automatyczną zmianę parametrów pracy zestawu w zadanych przedziałach czasowych,
- możliwość odczytu z panelu sterownika (wyświetlacz na drzwiach szafy): ciśnienia ssania, tłoczenia, obrotów i częstotliwości silnika z przetwornicą,

Układ sterowania musi również mieć możliwość wizualizacji wszystkich parametrów pracy pomp na panelu operatorskim i możliwość zmiany ich nastaw bez użycia zewnętrznych urządzeń. Wymagana na panelu operatorskim możliwość wizualizacji pracy zestawu (rejestracja przebiegu zmian ciśnień z przetworników umieszczonych na ssaniu oraz tłoczeniu; na polu wykresu zobrazowanie tych zmian w czasie. Chodzi o dokładnie sprawdzić wartość ciśnienia o określonej godzinie.

Sterownik zastosowany w układzie sterowania musi posiadać następujące funkcje:

- możliwość komunikacji w protokołach komunikacji szeregowej.
- współpracy z zewnętrznym czujnikiem ciśnienia (loggerem) instalowanym w punkcie krytycznym sieci
- obsługi co najmniej 10 pomiarów z punktów krytycznych sieci
- regulacji stałego ciśnienia
- automatycznego sterowania kaskadowego
- alternatywnych wartości zadanych (Funkcja ma umożliwiać wybór do sześciu wartości zadanych jako alternatywy do głównej wartości zadanej nr 1). Każda alternatywna - wartość zadana może zostać wybrana za pośrednictwem wejść cyfrowych (DI).
- obsługę przetwornika rezerwowego (w celu zwiększenia niezawodności zestawu, można zamontować przetwornik rezerwowo będący zabezpieczeniem w przypadku awarii przetwornika głównego)
- określenia min. czasu zamiany pomp
- ograniczenia liczby załączeń na godz.
- ustalenia pomp rezerwowych (Funkcja ta umożliwia ograniczenie maksymalnych osiągnięć zestawu poprzez wybranie jednej lub większej liczby pomp, które mają pracować jako pompy rezerwowe.)
- wymuszenia automatycznej zamiany pomp (Funkcja ta zapewnia równomierne obciążenie wszystkich pomp w zestawie.)
- uruchomienia testowego pomp
- funkcję Stop umożliwiającą wyłączenie ostatniej pompy w przypadku braku lub

*bardzo małego przepływu. Celem tej funkcji jest:*

- oszczędność energii*
- zapobieganie nagrzewaniu się powierzchni uszczelnienia wału z powodu zwiększonego tarcia mechanicznego spowodowanego zmniejszonym chłodzeniem przez tłoczoną ciecz.*
- zapobieganie nagrzewaniu się tłoczonej cieczy.*
- regulacji ciśnienia proporcjonalnego*
- wprowadzenia łagodnego wzrostu ciśnienia tzn. zapewnienia łagodnego rozruchu zestawu np. z pustymi rurociągami. Rozruch odbywa się w 2 fazach:*
- Faza wypełniania - powolne wypełnianie rurociągów. Jeżeli łącznik ciśnieniowy w systemie zadziała, potwierdzając obecność wody w rurociągach, rozpocznie się druga faza*
- Faza wzrostu ciśnienia - Ciśnienie w systemie wzrasta do momentu osiągnięcia wartości zadanej. Jeżeli wartość zadana nie zostanie osiągnięta w określonym czasie na panelu sterownika zostanie wyświetlone ostrzeżenie lub alarm i pompy zostaną zatrzymane w tym samym czasie*
- pracy awaryjnej (Jeżeli ta funkcja jest aktywna, pompy będą pracować bez względu na ostrzeżenia i alarmy. Pompy będą pracować zgodnie z wartością zadaną ustawioną specjalnie dla tej funkcji.)*
- wprowadzenia danych charakterystyki pompy,*
- obliczania przepływu (wydajności)*
- możliwość określenia wartości granicznych (min. i maks.) ciśnienia na wyjściu zestawu pompowego*
- sygnalizacji pracy pompy poza zadanym zakresem pracy (Funkcja ta sygnalizuje ostrzeżenie, jeżeli punkt pracy pomp przesunie się poza zdefiniowany zakres.)*

*Wymagania techniczne dla zdalnych czujników ciśnienia (loggerów):*

- wbudowane zasilanie bateryjne, zapewniające ich nieprzerwane działanie przez okres 5 lat,*
- pomiar ciśnienia w zakresie 0-25 bar z dokładnością nie mniejszą niż  $\pm 0,1\%$  pełnego zakresu pomiarowego,*
- rejestracja w pamięci wewnętrznej chwilowych wartości ciśnienia w danym punkcie pomiarowym w interwałach 15-minutowych,*
- transmisja zarejestrowanych w pamięci urządzenia za pośrednictwem sieci GSM do*

*sterownika zestawu pompowego*

- *stopień ochrony min. IP68*

*Wymagania techniczne dla szafy sterowniczo-zasilającej układu sterowania zestawem pompowym:*

- *wykonanie materiałowe - szafa metalowa, malowana proszkowo,*
- *system zawarty w szafie sterującej powinien być wykonany w stopniu ochrony IP54 wg PN-92/E-08106; w wersji standardowej, wyposażony w sterownik mikroprocesorowy o następujących funkcjach:*
  - *duży (min. 90 x 120 mm) graficzny kolorowy wyświetlacz*
  - *duże klawisze z podświetleniem LED*
  - *wbudowany kreator uruchomień z polską wersją językową*
  - *gotowy do użycia bez potrzeby programowania*
  - *komunikacja z pompami z przetwornicą poprzez analogowy interfejs 0-10V lub magistralę cyfrową*
  - *zdolność sterowania pracą do 6 pomp z dowolną wielkością silnika*
  - *Minimum 9 wejść cyfrowych i 5 wejść analogowych z zakresami 0 – 20 mA, 4 – 20 mA lub napięciowymi (0 – 10 V)*
  - *Komunikacja z maksymalnie 10 zdalnymi czujnikami ciśnienia zamontowanymi na sieci poprzez komunikaty SMS*
  - *Opcja pracy bezpiecznej przy utracie kontaktu z czujnikami ciśnienia*
  - *Możliwość pracy w trybie proporcjonalnego ciśnienia*
  - *Modyfikowanie krzywej proporcjonalnej w zależności od danych odczytanych przez zdalne czujniki ciśnienia*
  - *Możliwość wizualizacji pracy w systemie nadrzędnym poprzez protokół cyfrowej komunikacji szeregowej lub po protokole Ethernet TCP*
  - *Możliwość wysyłania wiadomości SMS z ostrzeżeniami i alarmami na 3 różne numery wg harmonogramu*
  - *Sterownik musi posiadać funkcje takie jak: zaawansowane załączanie kaskadowe, funkcja optymalizacji energii zużytej na pompowanie, monitorowanie przepływów nocnych i alarmowanie o awariach sieci*
  - *Sterownik musi posiadać funkcję współpracy z zewnętrznym czujnikiem ciśnienia (loggerem) instalowanym w punkcie krytycznym sieci wodociągowej*
  - *wszystkie komunikaty wyświetlane na panelu sterownika powinny być w języku polskim*

Zestaw hydroforowy musi posiadać wszelkie niezbędne dopuszczenia wymagane prawem:

- zgodność z dyrektywą 89/392/EEC – maszyny,
- deklaracje zgodności CE,
- atest PZH,

Rozdzielnia sterująca powinna być zgodna z dyrektywami:

- 73/23/EEC – wyposażenie elektryczne do stosowania w określonym zakresie napięć,
- 89/336/EEC – zgodność elektromagnetyczna;

### **Szafa sterownicza:**

Indywidualnie prefabrykowana szafa zasilająco-sterownicza, do zabudowy wewnętrznej.

Szafa sterownicza zostanie podłączona do zapewnionego na obiekcie zasilania 3\* 380-415 VAC

Tor prądowy zostanie przygotowany (wydzielony, zabezpieczony) i wskazany wykonawcy przez zamawiającego.

Zastosowanie przetwornic częstotliwości, które posiadają co najmniej dwa wyjścia przekaźnikowe

/ awaria, praca /.

### **System monitoringu i wizualizacji stacji uzdatniania wody**

System zbudowany jest z dwóch podstawowych elementów:

- Zestaw hydroforowy – wyposażona w Sterowni dedykowany z interfejsem komunikacyjnym: cyfrowa komunikacja Ethernet lub GSM/GPRS,
- Stacja monitorująca – centrum dyspozytorskie, wyposażone w komputer PC - z zainstalowanym systemem operacyjnym, oraz dostępem do sieci Internet.

Informacje o parametrach są przesyłane za pomocą transmisji pakietowej GPRS lub sieci Ethernet do stacji monitorującej, która będzie wizualizować wszystkie dane obiektu na ekranie komputera.

Dostęp do systemu monitoringu będzie możliwy za pośrednictwem strony WWW dla osób posiadających wymagane uprawnienia dostępu do systemu.

### *Funkcjonalność:*

- 1. Komunikacja z użyciem protokołu cyfrowego Ethernet lub GSM/GPRS – stacja monitoringu odpytuje sterowniki w określonych odstępach czasowych o dane. Do stacji monitorującej zostaje wysłany aktualny stan obiektu (stany na wszystkich wejściach i wyjściach sterownika obiektowego, itp).*
- 2. Główne okno synoptyczne – umożliwia podgląd graficzny wszystkich monitorowanych punktów obiektu pod względem:*

- wizualizacji pracy danej pompy,*
- wizualizacji awarii danej pompy,*
- wizualizacji mierzonych wartości, takich jak ciśnienie na wyjściu/ciśnienie zadane, przepływ, aktualną pobieraną moc zestawu, chwilowy współczynnik energochłonności zestawu,*
- wizualizacji alarmów w formie tabeli alarmów bieżących, alarmy podawane z następującymi informacjami: data wystąpienia alarmu, nazwa obiektu, typ alarmu, data ustąpienia alarmu, w jakim czasie alarm został potwierdzony przez operatora co pozwala na szybką analizę monitorowanych stanu stacji bez potrzeby przeglądania kolejnych okien synoptycznych*
- możliwość zarządzania zestawem w sposób zdalny z poziomu komputera,*

*Ponadto wykonawca wykona przeniesienie istniejącej wizualizacji układu technologicznego wszystkich elementów znajdujących się na stacji uzdatniania wody (pompy głębinowe, wieża napowietrzająca, zbiorniki kontaktowe, pompy przewałowe, zbiorniki filtracyjne i pozostałe elementy układu technologicznego) z uwzględnieniem nowego układu hydroforowego.*

- 1. funkcja logowania/wylogowania operatorów stacji monitorującej – pozwala na przypisanie odpowiednich kompetencji danemu operatorowi, np. operator o najmniejszych kompetencjach ma prawo tylko do przeglądania obiektów bez możliwości ich zdalnego sterowania, natomiast operator-administrator ma pełne prawo dostępu wraz z prawem zdalnego sterowania, łatwość przechodzenia między głównym oknem synoptycznym, a oknami poszczególnych parametrów za pomocą „kliknięcia” na danym obiekcie graficznym*
- 2. funkcja alarmów historycznych – umożliwia przeglądanie archiwalnych zdarzeń alarmowych na wszystkich lub wybranym monitorowanym parametrze za dowolny okres, czasu wraz z funkcją filtrowania wg danego stanu alarmowego. Dodatkowo*

otrzymamy informacje, kiedy dany alarm został potwierdzony i przez jakiego operatora. W każdej chwili istnieje możliwość wykonania wydruku sporządzonego zestawienia

3. funkcja alarmów bieżących – wizualizuje w postaci tabeli wszystkich bieżących (niepotwierdzonych) stanów alarmowych monitorowanego obiektu. W jednoczesny sposób identyfikuje, czy dany alarm jest aktywny na obiekcie (kolor: czerwony- alarm krytyczny, żółty – alarm zwykły, fioletowy – alarm systemowy), czy już ustąpił (kolor: zielony). Po potwierdzeniu danego alarmu przez operatora zostaje on umieszczony w pamięci systemu i można go przeglądać za pomocą funkcji alarmów historycznych.
4. baza danych – zapis wszystkich odebranych danych w bazie danych MS SQL wraz z narzędziem do jej przeglądania oraz eksportowania do pliku csv.
5. kontrola połączenia stacji monitorującej z monitorowanym obiektem – informowanie operatora o braku komunikacji z monitorowanym obiektem wraz z podaniem dokładnego czasu zerwania połączenia,
6. alarm włamania (jeżeli będzie zainstalowana na obiekcie) – wywołanie na stacji monitorowanej alarmu włamania do obiektu następuje po określonym czasie od otwarcia szafy sterowniczej lub obiektu i nie rozbrojeniu obiektu. Alarm nie ulega skasowaniu po czasie. Wymaga zdalnego kasowania przez operatora, w ten sposób informując go o swoim wystąpieniu.

#### *Rejestracja i archiwizacja parametrów pracy:*

1. praca Ręczna/Automatyczna,
2. obecność/brak napięcia zasilania,
3. poziom w zbiorniku wody uzdatnionej na podstawie sygnału z sondy hydrostatycznej,
4. przepływ chwilowy na podstawie sygnału z przepływomierza, jeśli jest zainstalowany
5. Praca/Stop każdej pompy zestawu,
6. awaria pompy,
7. sygnalizator suchobiegu,
8. pomiar zużycia energii (wymagana instalacja analizatora sieci)
9. pomiar wartości napięcia zasilania (wymagana instalacja analizatora sieci)
10. pomiar prądu pobieranego przez pompy (wymagana instalacja analizatora sieci)
11. funkcja odświeżenia obiektu – umożliwia na życzenie operatora przesłanie do stacji

*monitorującej*

- 12.funkcja kasowania zegarów – operator ma możliwość wyzerowania zegarów czasu pracy pomp wraz z licznikami ilości załączeń w celu dokonania analizy czasowej pracy pompowni np. równomiernie zużycie pomp w ciągu miesiąca*
- 13.funkcja odłączania/podłączania pompy – pozwala na zadanie „poinformowanie” sterownika o odłączeniu/ podłączeniu danej pompy, co wiąże się z nie/uwzględnieniem danej pompy w cyklu pracy zestawu, np. jeżeli zdalnie odłączymy pompę, to sterownik nie uwzględni jej w cyklu pracy i zawsze załączy pompę, która fizycznie występuje na obiekcie*
- 14.zmiany wartości zadanej – oczywiście przy zastosowaniu pracy zestawu z funkcją utrzymania stałego ciśnienia.*
- 15.trendy historyczne – możliwość sporządzania wykresów: stanu pomp, ciśnienia, przepływu na dokładniej skali czasu w wybranym okresie historycznym. W każdej chwili istnieje możliwość wykonania wydruku sporządzonego wykresu*
- 16.raporty – możliwość sporządzania raportów odnośnie: czasu pracy, ilości załączeń, ilości awarii, czasu awarii pomp w wybranym okresie historycznym. W każdej chwili istnieje możliwość wykonania wydruku sporządzonego zestawienia*
- 17.opis obiektu – okno, służące jako dziennik pracy*

#### **UWAGI:**

- 1.Wymagane jest podczas rozruchu i zalecane podczas pracy zalenie wodą pomp zestawu od strony ssawnej*
- 2.Oдноśnie zasilania zewnętrznego zestawów - wymagane zabezpieczenie przed zwarciami dla zasilania / kabla zasilającego /, pożądane zabezpieczenie przeciwprzepięciowe / zgodnie z przepisami /*
- 3.Założono zabudowę i eksploatację pomp zgodnie z odpowiednimi produktowo instrukcjami montażu i eksploatacji.*

#### **OPIS TECHNICZNO-TECHNOLOGICZNY ELEKTROWNI FOTOWOLTAICZNEJ, WYMAGANIA TECHNICZNE**

##### **Ogólny opis technologiczny**

*W ramach zamówienia należy zaprojektować i wykonać elektrownię fotowoltaiczną zlokalizowaną na dachu budynku warsztatowego WOKAMID SP. z o.o. Szczegółową lokalizację należy*

uwzględnić na etapie projektowania w zależności od nośności konstrukcji dachu budynku. Elektrownia fotowoltaiczna wykonana ma być w systemie ON-GRID z wykorzystaniem polikrystalicznych modułów fotowoltaicznych przekształcających energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Elektrownia w maksymalnym stopniu ma zabezpieczać potrzeby energetyczne obiektu WOKAMID SP. z o.o. Wyprodukowana energia elektryczna musi być dostarczona i synchronizowana z wewnętrznym układem zasilania elektrycznego w rozdzielni głównej, skąd realizowane jest zasilanie poszczególnych odbiorów energii elektrycznej. Łączna moc instalacji – 7 kWp  $\pm$  10%.

### **Wymagania ogólne**

Prace projektowe związane z doбором parametrów elektrowni fotowoltaicznej i jej podzespołów należy poprzedzić minimum miesięcznymi badaniami profilu energetycznego budynku dokonując całodobowe pomiary czasowe zużycia energii z czasem minimum 1 minuta. Zgromadzone dane należy przedstawić zamawiającemu oraz wykorzystać jako podstawę do projektowania połączeń i kierunkowania elektrowni fotowoltaicznej w taki sposób aby zabezpieczyć maksymalny poziom konsumpcji własnej energii. W stosunku do komponentów elektrowni należy spełnić wymogi określone w kolejnych punktach niniejszego opracowania.

### **Dobór mocy i projekt elektrowni fotowoltaicznej**

Przy doborze mocy falownika należy wziąć pod uwagę azymut oraz kąt pochylenia modułów.

Dobór mocy generatora PV powinien mieścić się w:

*Tabela 1. Dobór mocy generatora fotowoltaicznego do mocy falownika przy różnych kątach pochylenia*

<i>Kąt pochylenia instalacji [°]</i>	<i>Moc generatora PV w stosunku do mocy falownika</i>
15–60	0,95–1,15
70	1–1,25
80	1,05–1,30
90	1,10–1,40

*Tabela 2. Dobór mocy generatora fotowoltaicznego do mocy falownika przy różnych kątach odchylenia instalacji od południa*

<i>Odchylenie od południa przy pochyleniu 30–45° [°]</i>	<i>Moc generatora PV w stosunku do mocy falownika</i>
60	0,97–1,22
70	1–1,25
80	1,03–1,28

90 (układ wschód lub zachód)	1,07–1,33
------------------------------	-----------

W zakresie napięciowego doboru modułów fotowoltaicznych do falownika temperatury obliczeniowe należy przyjąć zgodnie z poniższą tabelą zgodnie z podziałem na strefy klimatyczne według załącznika do normy PN-EN 12831.

**Tabela 1.** Temperatury obliczeniowe dla wyliczenia temperatur moduły w skrajnych temperaturowych warunkach pracy.

Strefa klimatyczna	Projektowa minimalna temperatura zewnętrzna $T_{min}$	Projektowana minimalna temperatura pracy $T_{pmin}$	Projektowana maksymalna temperatura pracy $T_{pmax}$
I	-16	-3	70
II	-18	-5	70
III	-20	-7	70
IV	-22	-9	70
V	-24	-11	70

1. Temperaturę  $T_{min}$  należy przyjąć do wyliczenia napięcia obwodu otwartego łańcucha modułów w niskiej temperaturze,
2. Temperaturę  $T_{pmin}$  należy przyjąć do wyliczenia napięcia w punkcie mocy maksymalnej w niskiej temperaturze,
3. Temperaturę  $T_{pmax}$  należy przyjąć do wyliczenia napięcia w punkcie mocy maksymalnej w wysokiej temperaturze,

Przy doborze łańcuchów modułów do falownika muszą zostać spełnione warunki:

1. Napięcie obwodu otwartego łańcucha modułów przy temperaturze  $T_{min}$  musi być niższe niż maksymalne dopuszczalne napięcie pracy falownika określone przez producenta.
2. Napięcie w punkcie mocy maksymalnej łańcucha modułów przy temperaturze  $T_{pmax}$  musi być wyższe niż minimalne dopuszczalne napięcie MPPT falownika określone przez producenta dla pracy z pełną mocą.
3. Napięcie w punkcie mocy maksymalnej łańcucha modułów przy temperaturze  $T_{pmin}$  musi być niższe niż maksymalne dopuszczalne napięcie MPPT falownika określone przez producenta dla pracy z pełną mocą.

Do wyliczenia warunków bezpieczeństwa w zakresie prądów zwarcia należy przyjąć możliwość pojawienia się na module PV prądu, jaki powstałby przy natężeniu promieniowania słonecznego 1250 W/m<sup>2</sup>. Oznacza to, że przy wyliczaniu warunków bezpieczeństwa prąd zwarcia podawany przez producenta w warunkach STC należy pomnożyć przez wskaźnik 1x25.

Ochrona przetężeniowa i zwarciovą po stronie DC może być wykonana jedynie w postaci wkładek

*topikowych o charakterystyce dedykowanej do instalacji fotowoltaicznych.*

*Zastosowanie ochrony w postaci bezpieczników topikowych jest bezwzględnie wymagana, jeżeli liczba połączeń równoległych tańcuchów modułów jest większa niż 2. Należy wziąć pod uwagę także połączenia równoległe wewnątrz falownika.*

*Przewód zasilający po stronie AC musi być chroniony przed skutkami prądów zwarciovych przez zabezpieczenie przetężeniowe zainstalowane na przyłączy do zacisków AC.*

*Wszystkie elementy metalowe elektrowni PV w szczególności konstrukcja wsporcza oraz ramki modułów PV muszą zostać objęte systemem uziemionych połączeń wyrównawczych. Konstrukcję wsporczą należy uziemić osiągając rezystancję poniżej 10 Ohm.*

*Falowniki po stronie AC i DC muszą być chronione ogranicznikami przepięć minimum typ 2. Minimalny przekrój przewodu ochronnego do połączenia ograniczników przepięć 6 mm<sup>2</sup>. W przypadku montażu instalacji odgromowej i braku odstępu separacyjnego między generatorem PV i zwodami pionowymi lub poziomymi dodatkowo należy zastosować ograniczniki przepięć typ 1.*

*Poziom ochrony odgromowej należy dobrać zgodnie z normą PN-EN 62305 poprzedzając dobór analizą ryzyka.*

*W przypadku zastosowania w instalacji falowników beztransformatorowych bez podstawowej separacji strony AC i DC należy zastosować wyłącznik różnicowoprądowy typu B. Wyłącznik różnicowoprądowy może być zintegrowany z falownikiem.*

### **Ukierunkowanie elektrowni fotowoltaicznej**

*W zakresie lokalizacji:*

- 1. Moduły fotowoltaiczne należy lokalizować w miejscach gdzie nie następuje ich zacinienie od innych obiektów.*
- 2. W przypadku instalacji naziemnych i na dachach płaskich odstępy między rzędami zaleca się dobrać tak, aby pierwszego dnia zimy linia cienia w południe słoneczne zatrzymywała się na dolnej krawędzi pierwszego rzędu modułów.*
- 3. W przypadku instalacji naziemnych i na dachach płaskich z uwagi na minimalizację skutków zacinienia zaleca się montaż modułów z krzemu krystalicznego w układzie poziomym a modułów cienkowarstwowych w pionowo lub poziomo w zależności od układu ogniów w module trzymając się zasady prostopadłego ustawienia ogniów względem ziemi.*
- 4. W przypadku instalacji naziemnych i na dachach płaskich jeżeli nie jest zachowana zasada określona w p.3 bezwzględnie odstępy między rzędami muszą gwarantować brak zacinienia między rzędami także 1 dnia zimy.*

5. W przypadku braku możliwości uniknięcia zacienienia na module PV z uwagi na lokalizację czy ograniczoną przestrzeń montażową dopuszcza się zacienienie o stopniu nie większym niż 4%.
6. Stopień zacienienia powinien być potwierdzony obliczeniami komputerowymi
7. W miejscach o stopniu zacienienia większym niż 4% należy wykorzystać optymalizatory mocy. (optymalizatory mocy mogą być zintegrowane z modułami PV)

Ukierunkowanie elektrowni fotowoltaicznej należy uzależnić od wcześniejszych pomiarów profilu konsumpcji energii. Ukierunkowanie należy dobrać i wykazać obliczeniami bądź symulacjami produktywności do akceptacji zamawiającego z uwzględnieniem wyznaczenia % wykorzystania energii na potrzeby własne.

#### **Podstawowe założenia i wymagania.**

Wykonawca przed rozpoczęciem prac projektowych dokona potwierdzenia bądź weryfikacji danych wyjściowych do projektowania przygotowanych przez Zamawiającego (założeń bilansowych i jakościowych) i w uzasadnionych wypadkach dostosuje je tak, aby zagwarantować osiągnięcie wymagań zawartych w PFU.

Wykonawca podczas wykonywania projektu wstępnego dokona potwierdzenia bądź weryfikacji dotychczasowych założeń i w uzasadnionych wypadkach dostosuje założenia tak, aby zagwarantować osiągnięcie wymagań zawartych w Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia oraz zweryfikuje wszystkie przekazane przez Zamawiającego informacje.

Podstawą rozwiązań projektowych powinna być prostota oraz powinny być spełnione wymagania niezawodności, tak aby budynki, budowle, urządzenia i wyposażenie zapewniały długotrwałą, bezproblemową eksplorację przy niskich kosztach obsługi. Należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie łatwego dostępu w celu inspekcji, oczyszczenia, obsługi i napraw. Wszystkie dostarczone urządzenia i wyposażenie powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby bezawaryjnie pracowały we wszystkich warunkach eksploatacyjnych.

#### **Opis poszczególnych elementów instalacji i wymagań im stawianych**

##### **Panele fotowoltaiczne**

Należy zamontować panele fotowoltaiczne wykonane w technologii polikrystalicznej z uwzględnieniem spełnienia normy PN-EN 62716:2014 -02 czyli z uwzględnieniem badań w korozji w atmosferze amoniaku. Minimalna moc pojedynczych paneli fotowoltaicznych użytych do budowy systemu elektrowni - 280 W.

Szczegółowe wymagania dotyczące paneli fotowoltaicznych:

Typ ogniw	Krzem polikrystaliczny
Moc paneli	Nie mniejsza niż 310 Wp
Sprawność modułu	Nie mniejsza niż 15,7 %
Wartość bezwzględna temperaturowego wskaźnika mocy	Nie większa niż 0,43 %°C
Dopuszczalny prąd wsteczny	Nie mniej niż 15 A

Rama	Wymagana aluminiowa
Odporność na PID	Tak, potwierdzona certyfikatem
LID	Nie większy niż 3 %
Współczynnik Wypełnienia	Nie mniejszy niż 0,745
Spadek sprawności przy niskim natężeniu promieniowania słonecznego przy 200 W/m <sup>2</sup>	Nie większy niż 5% w stosunku do sprawności przy 1000 W/m <sup>2</sup>
Możliwość współpracy z falownikami beztransformatorem	Tak
Tolerancja mocy	Tylko dodatnia
Flash test	Wymagany dla każdego modułu
EL Test	Wymagany dla każdego modułu
Wytrzymałość mechaniczna	Nie mniejsza niż 5400 Pa
Wymagane normy	PN-EN 61730, PN-EN 61215:2005 w klasie A
Gwarancja na wady ukryte	Nie mniej niż 10 lat
Gwarancja na moc	Nie krótsza niż 25 lat. Liniowa przy rocznym spadku nie większym niż 0,8% rok

### Układy przekształcania energii elektrycznej DC/AC

System przekształcania energii należy oprzeć o zespół falowników

Typ	Beztransformatorem
Liczba zasilanych faz	3
Sprawność euro	Powyżej 97,5 %
Stopień ochrony	IP 65
Współczynnik zakłóceń harmonicznym prądu	Poniżej 3%
Deklaracja zgodności z Dyrektywą 2006/95/EC (Niskonapięciową) Dyrektywą 2004/108/EC (Kompatybilności elektromagnetycznej)	TAK
Możliwość modyfikacji współczynnika mocy cos $\phi$	0.90 niedowzbudzenie do 0,90 przewzbudzenie
Liczba niezależnych MPPT	Nie mniej niż 1
Zgodność z normami	PN-EN 61000-3-12 PN-EN 61000-3-11
Spełnienie standardu sieci VDE 0126-1-1 oraz VDE-AR-N-4105	TAK
Sposób chłodzenia	Naturalna konwekcja lub wymuszona
Protokół komunikacji	RS 485 lub analogiczny spełniający wymagania odległościowe
Komunikacja bezprzewodowa	TAK WiFi lub bluetooth

### Okablowanie

W zakresie kabli wykorzystanych do połączenia modułów z falownikiem należy zastosować kable dedykowane do instalacji fotowoltaicznych odporne na UV i warunki zewnętrzne. Minimalne wymagania w zakresie zastosowanych kabli po stronie DC i AC przedstawiają poniższe tabele.

**Tabela 2.** Minimalne wymagania w zakresie kabli po stronie DC

Nazwa parametru	Wartość
Materiał żyły	Miedź
Budowa żyły	Wielodrutowa linka ocynowana
Izolacja	Podwójna
Materiał izolacji	Guma bezhalogenowa lub polietylen sieciowany

<i>Zakres temperatury pracy</i>	<i>Nie mniejszy niż -25 °C ÷ +90 °C</i>
<i>Dodatkowe właściwości</i>	<i>Odporne na UV, wodę</i>

**Tabela 3.** Minimalne wymagania w zakresie kabli i przewodów po stronie AC

<b>Nazwa parametru</b>	<b>Wartość</b>
<i>Materiał żyły</i>	<i>Miedź</i>
<i>Budowa żyły</i>	<i>Wielodrutowa lub jednodrutowa</i>
<i>Izolacja</i>	<i>Pojedyncza</i>
<i>Materiał izolacji żyły</i>	<i>Polwinit lub guma bezhalogenowa</i>
<i>Materiał powłoki zewnętrznej w przypadku zastosowania kabla/przewodu wewnątrz budynku</i>	<i>Polwinit lub guma bezhalogenowa</i>
<i>Materiał powłoki zewnętrznej w przypadku zastosowania kabla na zewnątrz</i>	<i>Guma bezhalogenowa</i>
<i>Zakres temperatury pracy w przypadku zastosowania zewnętrznego</i>	<i>Nie mniejszy niż -25 °C ÷ +70 °C</i>
<i>Dodatkowe właściwości w przypadku zastosowania zewnętrznego</i>	<i>Odporne na UV, wodę</i>

Moduły fotowoltaiczne należy łączyć specjalnie do tego celu przeznaczonym kablem solarnym oraz złączkami systemowymi kategorii MC4 (złącza żeńskie i męskie) lub równoważnymi. Kabel solarny powinien cechować się podwyższoną odpornością na uszkodzenia mechaniczne i warunki atmosferyczne, odpornością na podwyższoną temperaturę pracy oraz musi być odporny na promieniowanie UV. Całość okablowania powinna być prowadzona w korytkach kablowych odpornych na działanie promieniowania UV. Luźne odcinki przewodów należy mocować do konstrukcji wsporczej przy pomocy opasek kablowych również odpornych na promieniowanie UV. Złączki systemowe powinny być zaciskane na końcówkach przewodów zgodnie z wytycznymi producenta, z odpowiednią siłą. Przekrój kabli stałoprądowych powinien być dobrany tak, by zminimalizować spadki napięć obwodów. Do połączeń elektrycznych można wykorzystać kable o przekroju 6 mm<sup>2</sup>.

Okablowanie zmiennoprądowe należy wykonać za pomocą kabli elektrycznych YKY lub równoważnych o przekroju dobranym tak, by spadek napięcia po stronie AC, po uwzględnieniu długości przewodów, nie przekroczył 1%.

### **Układy zabezpieczeń**

Należy zaprojektować i wykonać układy zabezpieczeń zgodnie z obowiązującymi normami i przepisami prawa zaprojektowane do parametrów dobranej technologii zarówno w zakresie ochrony przeciwporażeniowej jak i przepięciowej.

Stronę DC generatora fotowoltaicznego należy zabezpieczyć przed skutkami wyładowań atmosferycznych oraz przed powstaniem w łańcuchach modułów prądów wstecznych. W skrzynkach rozdzielczych DC należy zainstalować ochronniki przeciwprzepięciowe chroniące moduły od skutków wyładowań atmosferycznych oraz bezpieczniki rozłącznikowe uniemożliwiające uszkodzenie łańcuchów modułów w skutek przepływu prądu wstecznego. Dobór

napięcia pracy ochronników PP oraz prądu bezpieczników powinien uwzględniać sposób połączenia modułów oraz ich parametry elektryczne. Wszystkie zainstalowane skrzynki zabezpieczeń stałoprądowych powinny posiadać klasę ochronności przynajmniej IP65 jak i być odporne na działanie szkodliwych warunków atmosferycznych oraz promieniowania UV.

### **Układy pomiarowe**

Elektrownię fotowoltaiczną należy wyposażyć w układy pomiarowe monitorujące prace elektrowni (chyba że dostępne są w wyposażeniu falowników), które będą mierzyły w minimalnym stopniu:

- Pomiar napięcia i prądu poszczególnych stringów po stronie DC z minimalnymi czasami rejestracji parametrów 0,5 s
- Pomiar napięcia i prądu poszczególnych połączeń równoległych stringów po stronie DC z minimalnymi czasami rejestracji parametrów 0,5 s
- Pomiar napięcia, prądu,  $\cos \phi$ , częstotliwości, mocy czynnej, mocy biernej, mocy pozornej, pomiar symetrii faz, pomiar współczynnika THD, pomiar harmonicznym minimum do 20 harmonicznym po stronie AC dla poszczególnych falowników oraz osobno jako pomiar zbiorczy pełnej mocy elektrowni z czasami poniżej 0,1 s
- Redukcję emisji CO<sub>2</sub> wynikającą z produkcji energii z instalacji fotowoltaicznej

Układ pomiarowy należy wyposażyć w dataloger.

W zakresie układów pomiarowych należy uwzględnić również układy pomiarowe wymagane przez Operatora sieci dystrybucyjnej po wcześniejszych uzgodnieniach i wydanych przez niego warunkach – za uzgodnienia i wydanie warunków odpowiada Wykonawca.

### **Rozdzielnie elektryczne**

Ilość oraz lokalizację rozdzielnic dobrać przy zachowaniu niezależnych funkcjonalnie części instalacji.

Podrozdzielnice wewnętrzne, wykonać w klasie izolacji II. Na zasilaniu stosować czterobiegunowe rozłączniki izolacyjne. Rozdzielnice wykonać z zastosowaniem aparatury modułowej na szynie TH 35. W każdej rozdzielnicy zabudować kontrolę obecności napięcia i ochronę przeciwprzepięciową. Zapewnić co najmniej 10 % rezerwy w zabezpieczeniach odpływowych (obwody oświetleniowe i gniazd ogólnych) oraz 30 % rezerwy wolego miejsca do późniejszej rozbudowy. Stopień IP dobrać do warunków środowiskowych (nie mniej jednak jak IP30).

Rozdzielnice oddziałowe połączyć do rozdzielnicy głównej RG kablami miedzianymi w systemie TN-S.

## **Konstrukcje montażowe**

1. *Producent konstrukcji wsporczej musi spełniać normę PN-EN 1090-1+A1:2012.*
2. *Dopuszcza się oprócz stali nierdzewnej oraz aluminium zastosowanie stali ocynkowanej ogniowo. Dla elementów ze stali ocynkowanej stawia się wymagania zgodnie z normą PN - EN ISO 1461 i odpowiednią klasą korozyjności nie mniejszą niż C4. Zabezpieczenie cynkowe konstrukcji musi posiadać klasę korozyjności gwarantującą minimum 20 letnią odporność na korozję (gwarancja udzielona na piśmie przez dostawcę systemu).*
3. *Cynkowanie należy wykonać na gotowych elementach. Nie dopuszcza się przycinania lub nawiercania profili na miejscu budowy. Nie dopuszcza się stosowania stali ocynkowanej do wykonania podpórek bezpośrednio pod modułami.*

## **Monitoring pracy elektrowni, wizualizacja**

*System fotowoltaiczny należy wyposażyć w instalację monitorującą parametry jego pracy po stronie DC i AC. Zakres monitorowanych parametrów uwzględnia: pomiar mocy, napięcia i prądu pola modułów fotowoltaicznych, temperaturę otoczenia i modułów, natężenie promieniowania oraz napięcie, prąd, moc i częstotliwość prądu wyjściowego falowników. Urządzenia do pomiarów meteorologicznych (temperatura otoczenia, modułów, natężenie promieniowania) powinny umożliwiać pomiar z przedziałem próbkowania maksimum 1 min dla natężenia promieniowania i przedziałem 1-10min dla temperatury). Urządzenia monitorujące pracę systemu powinny mieć możliwość bezprzewodowej komunikacji z komputerem, na którym zmierzone dane zostaną zapisane, poddane obróbce a następnie udostępnione za pośrednictwem internetu placówce wskazanej przez zamawiającego.*

*Instalacja powinna zostać wyposażona w urządzenia spełniające funkcje:*

- *Obsługa interfejsu RS485 lub innego właściwego dla wybranego systemu i urządzeń.*
- *Pobieranie/wysyłanie danych poprzez Internet.*
- *Wizualizacja w postaci wykresów i danych liczbowych na stronie WWW*
- *Automatyczny zapis pomiarów do bazy danych*
- *Komunikacja z falownikiem: RS485,*
- *Format zapisywanych danych: pliki txt i xls*
- *Rodzaj logowania: jako użytkownik (możliwość podglądu) i jako operator (możliwość zmian).*

*Instalację należy wyposażyć w system automatyki, wraz z możliwością monitorowania produkcji energii w oparciu o dostarczony falownik umożliwiający analizę parametrów elektrycznych składający się z elementów rejestracji danych znajdujących się w poszczególnych falownikach połączonych kablem zgodnym z wymaganiami dotyczącymi transmisji danych [RS485] oraz odpornością na warunki atmosferyczne.*

*Całkowita analiza danych przeprowadzona będzie w oparciu o oprogramowanie dostarczone*

przez producenta falowników oraz dodatkowo może zostać rozszerzona o sprzętowe i programowe wykorzystanie innych systemów w celu kontroli większej ilości parametrów niezbędnych do pełnego monitorowania parametrów jak również umożliwi prognozowanie produkcji energii.

Wykonawca prześle użytkownikowi wszystkie narzędzia potrzebne do zaprogramowania systemu, oraz wszystkie programy aplikacyjne w wersjach źródłowych.

Wszystkie rejestrowane parametry należy przedstawić w postaci ekranów synoptycznych wizualizowanych w formie ustalonej z Zamawiającym na etapie projektu systemu wizualizacji. Dodatkowo należy dostarczyć jedną stację wizualizacyjną opartą o dotykowy ekran o przekątnej min. 20", na której wizualizowane będą wszystkie parametry eksploatacyjne.

W ramach zamówienia Wykonawca dostarczy system oparty o minimum 5 licencji dostępowych do stacji analiz danych i wizualizacji opisanych w niniejszym punkcie.

### **Wymogi WOKAMID Sp. z o.o. odnośnie certyfikatów i dokumentów dotyczących stosowanych materiałów:**

- 1) dokumenty potwierdzające cechy techniczne (karty katalogowe);
- 2) deklaracje właściwości użytkowych z PN/EN;
- 3) certyfikat systemu zapewnienia jakości zgodnie z ISO 9001 lub 9002 lub certyfikat równoważny;
- 4) świadectwo nadania Znaku jakości RAL przez Stowarzyszenie Ochrony Antykorozyjnej (GSK) wystawione dla producenta lub świadectwo równoważne;
- 5) Dokumentację rozruchu pomp
- 6) Kartę odpadu

### **Uzbrojenie podziemne, skrzyżowania, kolizje.**

Inwentaryzacji istniejącego uzbrojenia dokonano na podstawie danych geodezyjnych z planu sytuacyjno - wysokościowego, uzgodnień branżowych i opinii Zespołu Koordynacyjnego oraz wizji lokalnej. Projektowane przewody krzyżują się następującym istniejącym uzbrojeniem:

- siecią energetyczną;
- siecią telekomunikacyjną;
- siecią wodociągową;
- kanalizacyjną;

Rozmieszczenie istniejącego uzbrojenia pokazano na planie sytuacyjnym. Przed przystąpieniem do robót należy wykonać każdorazowo przekopy próbne celem ustalenia rzeczywistego przebiegu i posadowienia istniejącego uzbrojenia podziemnego. Przy

*przewodzeniu prac w pobliżu linii naziemnych zabezpieczyć słupy trakcyjne.*

*Po zakończeniu robót ziemnych Wykonawca powinien doprowadzić teren do stanu pierwotnego, łącznie z zagęszczeniem gruntu w drogach utwardzonych 98% i gruntowych 96%, a wierzchnią warstwę dróg gruntowych warstwą żużla lub tłucznia zgodnie ze stanem istniejącym, przed rozpoczęciem prac.*

*Grunty rodzime i materiały nieprzydatne do wykonania nasypów i zasypania wykopów oraz nadmiar gruntów z wykopów muszą być wywiezione na składowisko. Zapewnienie terenów na odkład należy do obowiązków Wykonawcy. Grunty, w tym grunty z dowozu, wykorzystywane do zasypywania sieci powinny być sprawdzone pod względem właściwości geotechnicznych oraz posiadać akceptację inwestora.*

### **Kolejność wykonywania robót :**

- prace geodezyjne*
- mechaniczne cięcie i rozebranie nawierzchni betonowych lub asfaltowych*
- rozebranie obrzeży trawnikowych*
- usunięcie warstwy humusu*
- wykopy pod rurociągi wykonywane ręcznie i mechanicznie*
- umocnienia wykopów*
- odwodnienie wykopów za pomocą rurociągów, studzienek drenażowych i pompy spalinowej (w przypadku występowania wody gruntowej.)*
- wykonanie podsypki z piasku*
- roboty montażowe*
- obsypki z piasku*
- zasypywanie wykopów*
- montaż i demontaż konstrukcji podwieszeń kabli telekom. i energ.*
- montaż i demontaż konstrukcji podwieszeń rurociągów i kanałów.*
- zasypywanie wykopów*

### **Sprzęt.**

**Do robót ziemnych i przygotowawczych można stosować następujący sprzęt:**

- pilę do cięcia asfaltu i betonu,*
- koparki o pojemności 0,25 - 0,60 m<sup>3</sup>,*
- spycharki,*
- sprzęt do zagęszczania gruntu (ubijak)*
- obudowy kroczące do szalowania wykopów wąskoprzestrzennych do głęb. 4.0 m*
- pompy do odwodnienia wykopów na czas budowy*

- samochody samowyładowcze.

**Do robót montażowych można stosować następujący sprzęt:**

- wciągarkę ręczną,
- wciągarkę mechaniczną,
- samochód skrzyniowy,
- samochód samowyładowczy,
- betoniarki,
- żurawie.
- urządzenie do wykonywania połączeń wciskowych
- trójnogi do rur stalowych
- podbijaki drewniane do rur
- sprzęt do obcinania bosego końca rur PVC: korytka drewniane z nacięciem szczelinowym, ręczna piła do drewna, pilniki płaskie o dł. ca 30 cm ( zdzierak i gładzik )
- zamknięcia mechaniczne - korki lub zamknięcia pneumatyczne - worki gumowe ( służące do wykonywania badań odbiorczych na szczelność i płukanie )
- taśma miernicza
- niwelator i teodolit

Sprzęt montażowy i środki transportu muszą być w pełni sprawne i dostosowane do technologii i warunków wykonywanych robót. Sposób wykonania robót oraz sprzęt zaakceptuje "Kierownik Projektu".

**Prace geodezyjne.**

Prace związane z oznaczeniem punktów głównych oraz reperów roboczych będą wykonane ręcznie. Prace pomiarowe związane z wytyczeniem oraz określeniem rzędnych oraz reperów roboczych będą wykonane specjalistycznym sprzętem geodezyjnym (niwelator, dalmierz, teodolit). Sprzęt stosowany do wyznaczeń powinien gwarantować uzyskanie wymaganej dokładności pomiaru.

Prace pomiarowe powinny być wykonane zgodnie z obowiązującymi instrukcjami Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii. Wykonawca zobowiązany jest wytyczyć i zastabilizować w terenie punkty główne (charakterystyczne) wykopów, sieci oraz punkty wysokościowe (repery robocze). Tyczenie należy wykonać w oparciu o dokumentację projektową przy wykorzystaniu sieci poligonizacji państwowej i innej osnowy geodezyjnej. Wyznaczone punkty nie powinny być przesunięte więcej niż 3 cm w stosunku do projektowanych, a rzędne punktów należy wyznaczyć z dokładnością do 1 cm w stosunku do rzędnych określonych w dokumentacji

projektowej. Punkty wysokościowe (repery robocze) należy wykonać dla każdego punktu charakterystycznego sieci.

- wytyczenie głównych osi wykopów i trasy sieci,
- wykonanie pomiarów sprawdzających rzędne, spadki rurociągów.

### **Wykonanie robót.**

#### **-Prace wstępne.**

Wykonawca przedstawi Inżynierowi do akceptacji projekt organizacji i harmonogram robót uwzględniający wszystkie warunki w jakich będą wykonywane roboty związane z budową modernizacji układu pompowego SUW wraz z monitoringiem i zastosowaniem odnawialnych źródeł energii-elektrowni fotowoltaicznej wraz z okablowaniem. W granicach terenu budowy instalacji kablowej znajdują się stałe punkty niwelacyjne o rzędnej podanej w dokumentacji tzw. reper roboczy.

#### **-Roboty przygotowawcze.**

Podstawę wytyczenia trasy projektowanych instalacji kablowej stanowi Dokumentacja Projektowa i Prawna.

- Wytyczenie w terenie osi kabla lub przepustu kablowego w odniesieniu do drogi, z zaznaczeniem usytuowania punktów charakterystycznych za pomocą wbitych w grunt kołków osiowych z gwoździem. Po wbiciu kołków osiowych należy wbić kołki - świadki jednostronne lub dwustronne w celu umożliwienia odtworzenia osi kanału po rozpoczęciu robót ziemnych. Wytyczenie tras kanałów w terenie przez służby geodezyjne Wykonawcy.
- Należy ustalić stałe repery, a w przypadku niedostatecznej ich ilości wbudować repery tymczasowe z rzędnymi sprawdzanymi przez służby geodezyjne.
- W miejscach, gdzie może zachodzić niebezpieczeństwo wypadków, budowę należy prowizorycznie ogrodzić od strony ruchu, a na noc dodatkowo oznaczyć światłami.

#### **-Roboty ziemne.**

Wykop pod kable należy wykonywać wąsko przestrzennie o ścianach pionowych, umocnionych.

Kabel układać bezpośrednio na dnie wykopu na głębokości 70 cm w stosunku do docelowej rzędnej terenu, kabel należy układać na warstwie piasku o grubości 10 cm. Ułożony kabel zasypać warstwą piasku o grubości 10 cm, następnie warstwę rodzimego gruntu o grubości 15 cm i przykryć folią koloru niebieskiego. Szerokość folii powinna być

*taka, aby przykrywała kabel w wykopie, lecz nie mniejsza niż 20 cm.*

*Na kabel nałożyć oznaczniki kablowe w odległości 10 m i w miejscach charakterystycznych ( przy podejściu do SP i ST, przy przepustach, ....)*

*Przy wprowadzeniu kabla do ZK oraz szafki sterowniczej należy pozostawić zapas kabla min. 1,0 m.*

*1. Przy skrzyżowaniu z istniejącym uzbrojeniem terenu kabel układać w rurach osłonowych – □ 75mm.*

*2. Wykopy zasypywać gruntem niewysadzeniowym G1 i zagęszczać warstwami max 0,5m z każdorazowym badaniem wskaźnika zagęszczenia gruntu (Is) dla każdej warstwy do momentu uzyskania wartości nie mniejszej niż 1,0 zgodnie z normą PN-S-02205 – Roboty ziemne.*

*3. W czasie wykonywania robót zabrania się ograniczania ruchu na drodze , składowania urobku, materiałów lub pracy sprzętu na jezdni bez szczególnego oznakowania i zabezpieczenia.*

*4. Na wejście z robotami w pas drogowy wymagane jest zawarcie umowy pomiędzy Inwestorem a Zarządcą Drogi w celu określenia szczegółowych warunków .*

***Całość prac wykonać zgodnie z normą PN-76/E-05125 oraz normą SEP.***

*W celu zapewnienia bezpieczeństwa istniejących budynków i drogi Wykonawca robót zobowiązany jest do wykonania badań geologicznych na dzień prowadzenia robót oraz projektu szalowania wykopów za pomocą ścianek szczelnych, który powinien zawierać następujące informacje ogólne:*

- plan sytuacyjny z zaznaczonymi drogami dojazdowymi oraz możliwymi utrudnieniami;*
- ograniczenia dotyczące dowozu sprzętu lub/i materiałów;*
- lokalizację reperów na terenie lub w sąsiedztwie budowy wraz z opisem wysokościowym;*
- lokalizację wszystkich instalacji podziemnych (np. elektrycznych, telekomunikacyjnych, gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych) i napowietrznych oraz sąsiadujących budynków i budowli wraz z określeniem podatności na uszkodzenia w trakcie prowadzenia robót;*
- opis rodzaju i parametrów/stanu gruntów, uwarstwienia podłoża na całym obszarze budowy oraz występowania i poziomów wód gruntowych;*
- możliwość występowania kamieni, głazów lub innych przeszkód naturalnych i sztucznych w gruncie (np. starych fundamentów, kotew gruntowych, elementów*

*ochrony katodowej, itp.);*

- możliwość przyczepiania się gruntów spoistych do brusów w trakcie wrywania ścianek;*
- ograniczenia poziomu hałasu i drgań;*
- ograniczenia dotyczące metody zagłębiania ścianki oraz metody wspomagającej;*
- wymagania określające współczynnik przepuszczalności ścianki szczelnej w odniesieniu do wody i innych cieczy;*
- w przypadku konstrukcji stykających się z wodą: poziom wody i jego zmiany (amplituda, częstość zmian wraz z ich przyczyną, np. opróżnienie zbiornika piętrzącego, pływy, itp.);*
- dane dotyczące możliwych zanieczyszczeń gruntów.*
- osie projektowanej ścianki szczelnej;*
- rozmieszczenie, rodzaj, długości i gatunek stali grodzic;*
- projektowane rzędne korony i spodu ściany;*
- sposób zabezpieczenia przed korozją lub system konserwujący;*
- informacje, czy konieczne jest zespawanie zamków dla przenoszenia obciążenia ścinającego w kierunku podłużnym;*
- różne etapy wykonania konstrukcji ścianki szczelnej.*
- stan istniejących budowli, konstrukcji i instalacji zlokalizowanych na terenach przyległych wraz z określeniem rodzaju i głębokości posadowienia;*
- dane dotyczące niesprzyjających warunków pogodowych (np. silne wiatry i ich częstotliwość);*
- silne przemarzanie gruntu wówczas, gdy może prowadzić do przekroczenia naprężeń w elementach ścianki szczelnej.*

*Ponadto zaleca się, aby dostarczona przez Wykonawcę robót dokumentacja szalowania wykopów precyzowała następujące aspekty realizacji robót jeśli odnoszą się do realizowanej konstrukcji:*

- 1. jakość spawania;*
- 2. metoda zaryglowania zamków;*
- 3. metodę cięcia elementów stalowych;*
- 4. metodę wspomagania zagłębiania brusów i głębokość do której może być zastosowana;*
- 5. metoda, dzięki której, w plastycznych gruntach spoistych zalegających nad skałami, można unikać przeciskania się gruntu przez szczelinę między podstawą grodzicy i stropem skały;*

6. *jakość zasypu gruntowego lub/i metoda jego wykonywania;*
7. *wstępne sprężenie rozpór lub zakotwień w celu zmniejszenia przemieszczeń gruntu za ścianką szczelną;*
8. *ograniczenia czasowe podczas krytycznych etapów wykonawstwa;*
9. *metody i poziomy obniżania zwierciadła wody gruntowej;*
10. *typ, rodzaj i metoda nakładania powłok na elementy stalowe;*
11. *metody ochrony katodowej;*
12. *wzajemna zgodność między materiałami uszczelniającymi zamki i powłokami ochronnymi;*
13. *specjalne wymagania dotyczące przepuszczalności lub szczelności stalowych ścianek szczelnych;*
14. *metoda zabezpieczająca położenie podstawy grodzicy podczas wykonywania przyległego wykopu w podłożu skalnym;*
15. *wpływ wyciągania brusów na wytworzenie połączeń hydraulicznych między warstwami gruntów mających różne poziomy wodonośne;*

*Jeżeli w sąsiedztwie placu budowy znajdują się obiekty znajdujące się w zasięgu stref oddziaływania wykopu to projekt dostarczony przez Wykonawcę robót powinien zawierać następujące informacje:*

1. *zasięgi stref oddziaływania wykopu,*
2. *informacje o stanie technicznym i typie konstrukcji obiektów znajdujących się w strefie tych oddziaływań,*
3. *zalecenia co do montażu reperów, plomb i piezometrów przed wykonaniem wykopu,*
4. *zalecenia co do częstotliwości wykonywania pomiarów geodezyjnych, badania stanu plomb i sprawdzania wahań poziomu wody gruntowej,*
5. *zalecenia co do ewentualnego wzmocnienia konstrukcji, fundamentów, podłoża gruntowego pod sąsiadującymi z wykopem obiektami.*

### **Etapowanie robót**

*Poszczególne etapy realizacji robót powinny zostać ustalone w harmonogramie robót na podstawie informacji zawartych w Dokumentacji Projektowej dostarczonej przez Wykonawcę robót. Przed przystąpieniem do realizacji robót jednoznacznie powinny zostać zdefiniowane kryteria przejścia z jednego etapu do następnego.*

*Dla każdego etapu realizacji robót ważne są następujące dane dotyczące:*

1. *poziomów zasypów i wykopów;*
2. *poziomów i zmienności poziomów wody gruntowej i wód swobodnych w przypadku prowadzenia odwodnienia;*

3. *charakterystyk materiału zasypowego i jego jakości po obu stronach ścianki szczelnej;*
4. *przemieszczeń ścianki szczelnej na końcu poszczególnych etapów;*
5. *ograniczeń dotyczących obciążeń naziomu za wykonywaną ścianką.*

### ***Ochrona instalacji naziemnych i podziemnych***

*Wykonawca na terenie prowadzenia robót odpowiada za ochronę wszystkich instalacji na powierzchni ziemi i urządzeń podziemnych wykazanych w dokumentacji projektowej branży sanitarnej. Wykonawca zapewni ich właściwe oznaczenie i zabezpieczenie. Zaleca się, aby Wykonawca uzyskał od odpowiednich władz potwierdzenie informacji dostarczonych mu przez Zamawiającego.*

*W przypadku natrafienia w trakcie realizacji robót na niezainwentaryzowane urządzenie podziemne, należy niezwłocznie przerwać roboty, zabezpieczyć urządzenie, wezwać Kierownika Budowy, Nadzór, Projektanta oraz właściciela urządzenia w celu ustalenia dalszego trybu postępowania.*

*Opracował:*

*mgr inż Elwira Kramm*

*mgr inż. Radosław Grech*