**Załącznik nr 1**

**Wstępny zakres zamówienia**

**„Identyfikacja presji w regionach wodnych i na obszarach dorzeczy – Część III: Opracowanie modelu obliczania ładunków zanieczyszczeń”**

**Planowany termin realizacji:**

Etap I: niezwłocznie po podpisaniu umowy – listopad 2019 r.

Etap II: grudzień 2019 – maj 2020 r.

**Cel zadania:**

Celem pracy jest przygotowanie metodyki, budowa, kalibracja, weryfikacja i walidacja   
oraz dostarczenie wielowymiarowego ilościowego i jakościowego modelu dynamicznego   
dla trzech wybranych zlewni rzecznych. Model pozwoli na analizę wielkości i rozprzestrzeniania   
się wybranych ładunków zanieczyszczeń, znaczących oddziaływań antropogenicznych   
oraz tworzenie scenariuszy wpływu zmian klimatycznych oraz użytkowania terenu opartych   
na publikowanych prognozach i opracowaniach. Działania te wynikają z potrzeb wdrażania   
dyrektywy 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz. Urz. WE 327 z 22.12.2000), (Ramowej Dyrektywy Wodnej), Dyrektywy Azotanowej, oraz dyrektywy 91/271/EWG z dnia 21 maja 1991 r. dotyczącej oczyszczania ścieków komunalnych (Dz. Urz. WE L137 z 30.5.1991).

**Przedmiot pracy:**

Przedmiotem pracy jest opracowanie metodyki oraz wykonanie na jej podstawie wielowymiarowego, dynamicznego modelu obliczania ładunków, pozwalającego na analizę ilości oraz transportu wybranych ładunków zanieczyszczeń od momentu ich wprowadzenia na obszar zlewni do momentu ich dopływu do przekrojów zamykających wybrane zlewnie.

**Zakres merytoryczny:**

Praca zostanie wykonana w podziale na dwa etapy. Zakres merytoryczny obejmuje następujące elementy:

**ETAP I: Przygotowanie metodyki oraz bazy danych wejściowych do budowy modeli**

Etap I obejmuje co najmniej następujące zadania:

1. Opracowanie metodyki obliczania natężenia przepływu oraz ładunków zanieczyszczeń:

* azotu ogólnego - Nog,
* azotu azotynowego – N-NO2,
* azotu azotanowego – N-NO3,
* azotu amonowego – N-NH4,
* azotu organicznego - Norg,
* fosforu ogólnego - Pog,
* fosforu organicznego - Porg,
* fosforu mineralnego - Pmin,
* fosforu fosforanowego,
* zawiesiny ogólnej,
* chlorofilu „a”,
* BZT5/ChZT,

pochodzących ze źródeł punktowych i obszarowych, z wykorzystaniem wielowymiarowego modelu dynamicznego w skali zlewni.

Dodatkowo w miarę możliwości wybranego modelu dla każdej wybranej do modelowania zlewni powyższy wykaz powinien być uzupełniony o wskaźniki, które są odpowiedzialne za zły stan wód w wykonanych ocenach jakości jednolitych części wód (JCWP).

Oraz następujące podzadania:

* 1. Analizę modeli obecnie wykorzystywanych w państwach członkowskich Unii Europejskiej   
     do obliczania i analiz ładunków zanieczyszczeń (ze szczególnym uwzględnieniem państw sąsiednich) pod kątem możliwości ich wykorzystania w warunkach polskich. Wykonawca uwzględni przede wszystkim modele wykorzystywane do: identyfikacji znaczących oddziaływań antropogenicznych i oceny ich wpływu na stan wód, wyznaczania/weryfikacji obszarów zlewni szczególnie narażonych na zanieczyszczenia związkami azotu, fosforu   
     oraz erozją wodną, opracowania lub oceny skuteczności programów działań oraz symulacji prognozowanych zmian klimatycznych (scenariusze IPCC oraz RCP) i ich wpływu na ekosystem zlewni. Wykonawca dokona także przeglądu stosowanych w Polsce modeli oraz prac koncepcyjnych dotyczących możliwości ich wykorzystania. Wykonana analiza będzie zawierała porównanie modeli ze wskazaniem ich wad i zalet (np. w formie tabelarycznej)   
     oraz wskazaniem cech jakie powinien posiadać model rekomendowany do zastosowania   
     w niniejszym zamówieniu. Analiza modeli podlega akceptacji przez Zamawiającego.
  2. Przygotowanie założeń do opracowania wielowymiarowego modelu dynamicznego, uwzględniających w szczególności następujące wymagania:
     1. Model składać się będzie z części ilościowej oraz jakościowej.
     2. Model ilościowy będzie opracowany na podstawie danych dobowych (meteorologicznych i hydrologicznych) z okresu co najmniej 15 lat obejmujących:
* wartości przepływów ze wszystkich stacji wodowskazowych zlokalizowanych na obszarze wybranych zlewni,
* wielkość opadu, temperaturę, kierunek i prędkości wiatru, wilgotność względną i nasłonecznienie dla wszystkich stacji meteorologicznych zlokalizowanych bezpośrednio na wybranych zlewniach oraz w odległości   
  20 km od ich granic,

oraz danych umożliwiających zobrazowanie wybranych zlewni w przestrzeni cyfrowej obejmujących:

* numeryczny model terenu w skali 1:20 000,
* sieć hydrograficzną – (MPHP) w skali 1: 10 000,
* użytkowanie terenu z podziałem na tereny zurbanizowane, tereny rolne   
  (typy i rodzaje upraw), lasy, strefy podmokłe i wody,
* typy/klasy gleb wraz z charakterystykami fizycznymi – mapa glebowa w skali min. 1: 10 000,
* wielkości poborów i zrzutów wraz z podstawowymi informacjami z pozwoleń wodnoprawnych, takimi jak numer pwp, data wydania, data obowiązywania, parametry lokalizacyjne.
  + 1. Model jakościowy będzie opracowany na podstawie danych z okresu co najmniej   
       10 lat, z uwzględnieniem co najmniej danych ze wszystkich punktów monitoringu jakości wód prowadzonego w ramach realizacji Programu Państwowego Monitoringu Środowiska zlokalizowanych na wybranych zlewniach oraz na podstawie danych   
       o zanieczyszczeniach pochodzących ze:

źródeł punktowych:

* lokalizacja poszczególnych oczyszczalni ścieków (komunalne i przemysłowe) wraz z danymi dotyczącymi oczyszczonych ścieków wprowadzanych do rzeki (ilość ścieków, azot ogólny, azot azotynowy, azot azotanowy, azot amonowy, azot organiczny, fosfor ogólny, fosfor organiczny, fosfor mineralny, fosfor fosforanowy, zawiesina ogólna, chlorofil „a”, BZT5/ChZT);
* stawy rybne w podziale na karpiowe i pstrągowe,
* składowiska odpadów,

źródeł obszarowych:

* typy/klasy gleb wraz z informacją o ich chemizmie (azot, fosfor),
* dawki nawozów mineralnych i naturalnych(gnojówka, gnojowica, obornik) wykorzystywanych na obszarach zlewni w podziale na konkretne typy   
  i rodzaje upraw,
* zabiegi agrotechniczne prowadzone w zlewni,
* chów i hodowla zwierząt (dane dotyczące pogłowia zwierząt hodowlanych   
  na obszarze zlewni),
* ludność niepodłączona do sieci kanalizacyjnej,
* spływy z obszarów zurbanizowanych,
* depozycja atmosferyczna,
* erozja wodna,
* tło geochemiczne.

W modelu jakościowym powinny zostać również wykorzystane wybrane dane zebrane w pracy „Identyfikacja presji w regionach wodnych i na obszarach dorzeczy” przygotowanej przez Państwowe Gospodarstwo Wodne – Wody Polskie, do której Wykonawca będzie miał dostęp.

* + 1. Obszar w ramach niniejszej pracy obejmuje zlewnie modelowane następujących rzek (zwane dalej zlewniami modelowanymi) wybranych tak, aby reprezentowały trzy różne regiony kraju:
       1. Wełna (woj. wielkopolskie),
       2. Wieprz (woj. lubelskie),
       3. Ina (woj. zachodniopomorskie).

Zlewnie modelowane będą się składać ze zlewni jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP), zawartych w opracowaniu pn. „Aktualizacja wykazu JCWP i SCWP dla potrzeb kolejnej aktualizacji planów w latach 2015-2021 wraz   
z weryfikacją typów wód części wód” (2015 r.). oraz „Analiza i aktualizacja jednostek do planowania z uwzględnieniem MPHP10” Wybrany model musi mieć możliwość generowania danych dla każdego przekroju obliczeniowego będącego jednocześnie zamknięciem (punktem ujściowym) dla każdej JCWP zlokalizowanej na wybranych zlewniach modelowych. Zamknięcie zlewni modelowanej musi znajdować   
się na zamknięciu zlewni JCWP. Każda JCWP obejmuje ciek główny oraz jego dopływy. Cała zlewnia modelowana obejmuje ciek główny wraz z dopływami.

Zamawiający zastrzega prawo do wprowadzenia zmian w tworzonej zlewni modelowej.

* + 1. Model ilościowy będzie stanowić bazę do opracowania modelu jakościowego   
       oraz będzie miał możliwość generowania danych dotyczących natężenia przepływów dobowych we wszystkich wyznaczonych przekrojach obliczeniowych będących jednocześnie zamknięciem poszczególnych JCWP.
    2. Model jakościowy będzie miał na celu generowanie danych dotyczących ładunków dobowych oraz stężeń zanieczyszczeń (w zakresie oznaczeń wymienionych w Etap I, punkt 1)) we wszystkich wyznaczonych przekrojach obliczeniowych będących jednocześnie zamknięciem poszczególnych zlewni JCWP, uwzględniając przy tym warunki dopływu zanieczyszczeń ze zlewni znajdujących się powyżej oraz naturalne procesy występujące na zlewni, takie jak samooczyszczanie rzeki.

Szczegółowy zakres modelowanych ładunków zanieczyszczeń zostanie uzgodniony   
z Zamawiającym.

* + 1. W przypadku gdy na wybranej zlewni zlokalizowany będzie obszar miejski charakteryzujący się liczbą mieszkańców przekraczającą 100 000 mieszkańców, dodatkowe przekroje obliczeniowe powinny zostać zlokalizowane na cieku bezpośrednio przed i za granicą administracyjną miasta, zgodnie z przebiegiem działów wodnych. Ostateczna lokalizacja przekrojów obliczeniowych podlega akceptacji przez Zamawiającego.
    2. Model ma za zadanie określić wielkość ładunków wybranych zanieczyszczeń pochodzących z obszaru każdej JCWP w podziale na czynniki sprawcze (zgodnie   
       z załącznikiem 1c WFD Reporting Guidance 2016, m.in.: rolnictwo, przemysł, erozja, transport, urbanizacja w tym gospodarka komunalna, inne) oraz źródło (punktowe, obszarowe/rozproszone, inne).
    3. Model ma za zadanie oszacować skutki prognozowanych zmian klimatu (scenariusze IPCC oraz RCP) oraz zmian w użytkowaniu zlewni na jakość wód modelowanych zlewni na każdym wyznaczonym przekroju obliczeniowym w odniesieniu   
       do wskaźników wskazanych w Etapie I punkt 1.
    4. Model podlegać będzie kalibracji, weryfikacji oraz walidacji.
    5. Funkcjonalność aplikacji będzie pozwalała użytkownikowi w szczególności na:
       1. eksport wyników modelowania (generowania raportów), wymagane formaty .xlsx, shp;
       2. dodawanie nowych (usuwanie istniejących) źródeł emisji (np. w postaci scenariuszy);
       3. zmiany parametrów gospodarowania wodą przez użytkowników (w tym zmiany ilości i parametrów wprowadzanych ścieków);
       4. generowanie wydruków zgodnie z ustaleniami Zamawiającego;
       5. tworzenie scenariuszy pozwalających analizować zmiany na obszarze zlewni   
          w oparciu o prognozy zmian klimatu czy użytkowania terenu.
    6. Model ma być narzędziem pozwalającym na ocenę skuteczności działań ograniczających wprowadzane ładunki zanieczyszczeń na obszarach JCWP. Wykonawca zapewni możliwość wprowadzenia działań (symulacji skutków przyszłych działań na zlewni) do modelu, ich edycji i usuwania. Wykonawca określi katalog możliwych do wprowadzania do modelu działań (w tym wskaże typy działań   
       np. z aPWŚK) oraz zakres niezbędnych danych. Działania te będą wprowadzane przez Zamawiającego po zakończeniu projektu, a wprowadzenie przykładowych działań zostanie przetestowane w ramach szkolenia zaplanowanego w II Etapie projektu.
    7. Model będzie uwzględniał zbiorniki (naturalne i sztuczne) zlokalizowane na zlewniach modelowych oraz uwzględniał ich wpływ na ilość i jakość wód w zlewni w zakresie takich parametrów jak objętość wody w zbiorniku, powierzchnia zbiornika przy różnych napełnieniach oraz stężenie i w miarę możliwości średnica cząstek zawiesiny w zbiorniku;
    8. Dane niezbędne do opracowania modelu zostaną zebrane w bazie danych, wchodzącej w zakres niniejszej pracy. W modelu zostaną wykorzystane dane   
       o najwyższym możliwym do uzyskania stopniu szczegółowości.
    9. Przygotowane założenia do modelu zostaną opisane w sposób przejrzysty, szczegółowy i wyczerpujący, w sposób umożliwiający na jego podstawie– opracowanie analogicznych modeli dla innych zlewni w celu zachowaniem jednorodnego podejścia w skali kraju.
    10. Propozycja przyjętych przez Wykonawcę założeń do opracowania modelu zostanie przedstawiona na spotkaniu z Zamawiającym (w tym z grupą roboczą)   
        oraz na seminarium. Ostatecznie podejście podlega akceptacji przez Zamawiającego.
  1. Określenie szczegółowego zakresu danych wejściowych do wprowadzenia do modelu   
     (w tym zakresu minimalnego), z uwzględnieniem specyfiki źródeł danych, okresu, z którego dane powinny pochodzić, dostępności danych oraz ewentualnych kosztów pozyskania danych, a także wskazanie danych możliwych do wykorzystania w przyszłości, które aktualnie   
     nie są gromadzone w ogólnokrajowych lub wojewódzkich bazach. W opracowywanej metodyce należy uwzględnić sposób opracowania modelu w sytuacji braku danych   
     oraz postępowania w sytuacji niepełnych danych (m.in. braków w ciągach hydrologicznych przepływów dobowych, braku wyników badań ścieków z części oczyszczalni).
  2. Przygotowanie streszczenia metodyki w języku polskim i języku angielskim. Streszczenie musi zostać przetłumaczone przez tłumacza języka angielskiego posiadającego udokumentowane minimum 3-letnie doświadczenie zawodowe w zakresie tłumaczeń związanych z ochroną środowiska i/lub gospodarką wodną. Streszczenie podlega akceptacji przez Zamawiającego.

1. Przygotowanie relacyjnej bazy danych w zakresie modelu ilościowego z uwzględnieniem danych przestrzennych dla zlewni modelowanych zgodnie z zakresem określonym w metodyce, obejmujące co najmniej następujące podzadania:
   1. Przygotowanie szczegółowego opisu struktury bazy danych obejmującej dane ilościowe. Model danych należy przedstawić w języku modelowania UML w wersji 2.0 lub wyższej   
      na diagramie klas. Diagram klas powinien zawierać co najmniej:
      1. powiązania pomiędzy klasami (asocjacje) wraz z ich krotnością;
      2. strukturę klas wraz z dokładnym określeniem atrybutów i metod (np.: typ danych, widoczność);
      3. zależność między klasami;
      4. objaśnienia ułatwiające interpretację modelu.
   2. Wykorzystane w modelu danych słowniki powinny mieć zdefiniowane wartości słownikowe. Układ diagramów powinien umożliwiać ich czytelny wydruk w formacie A4 lub A3. Opis będzie podlegał akceptacji przez Zamawiającego.
   3. Weryfikacja i dostosowanie danych wejściowych do modelu ilościowego (m.in. w zakresie formatu i kompletności danych), w tym:
      1. danych meteorologicznych (dobowych): opad, temperatura, prędkości wiatru, wilgotność względna, nasłonecznienie;
      2. danych hydrologicznych: przepływ dobowy;
      3. danych o wielkości poborów i zrzutów z i do wód powierzchniowych;
      4. danych przestrzennych:

* numeryczny model terenu,
* sieć hydrograficzna (MPHP),
* użytkowanie terenu z podziałem na tereny zurbanizowane, tereny rolne   
  (typy i rodzaje upraw), lasy, strefy podmokłe i wody,
* typy/klasy gleb wraz z charakterystykami fizycznymi.

Ponadto nazwy pól i pola w tabelach w bazie danych:

* powinny być jednoznaczne, rzeczowe i zrozumiałe,
* powinny być niepowtarzające się w różnych tabelach - każde pole w bazie danych powinno mieć unikatową nazwę, która występuje tylko raz w całej strukturze bazy. Jedynym wyjątkiem od tej reguły jest użycie pola w celu zdefiniowania zależności między dwiema tabelami,
* nie mogą być akronimem lub skrótem nazwy,
* nie powinny odnosić się do więcej niż jednej cechy,
* powinny odzwierciedlać konkretną cechę zagadnienia reprezentowanego przez tabelę,
* nie mogą być wieloczęściowe i wielowartościowe – tzn. powinny zwierać tylko jedną wartość.

Ponadto nazwy tabel:

* powinny być unikatowe i zrozumiałe, precyzyjne, jasne i jednoznacznie odzwierciedlające temat tabeli,
* nie mogą być akronimem lub skrótem nazwy,
* powinny zawierać słowa opisujące fizyczne właściwości danych,
* powinny odwoływać się do jednego tematu,
* przypadku tabel obliczeniowych powinny zostać oznaczone jako obliczeniowe.

Tabela: reprezentuje jedno zagadnienie, posiada klucz główny.

Wszystkie opracowane przez Wykonawcę dane zawierające informację odnoszącą się do danych referencyjnych powinny być opracowane w formie relacji, które uwzględniają dynamiczne modyfikacje, gdy zmieniają się dane źródłowe.

Zamawiający udzieli Wykonawcy wsparcia w pozyskiwaniu danych na potrzeby realizacji pracy   
od instytucji zewnętrznych. Zamawiający wystąpi do państwowej służby hydrologiczno-meteorologicznej o udostępnienie danych przetwarzanych w wyniku realizacji standardowych procedur. Zamawiający przekaże dane w formacie, w jakim zostały one udostępnione przez państwową służbę hydrologiczno-meteorologiczną. Wszystkie ewentualne koszty związane   
z pozyskaniem danych niebędących w posiadaniu Zamawiającego, a niezbędnych do opracowania modelu w ramach Etapu I i II pracy pokrywa Wykonawca. Uzupełniona baza danych będzie podlegała odbiorowi przez Zamawiającego.

1. Przygotowanie relacyjnej bazy danych w zakresie modelu jakościowego z uwzględnieniem danych przestrzennych dla zlewni modelowanych zgodnie z zakresem określonym w metodyce, obejmujące co najmniej następujące podzadania:
   1. Przygotowanie szczegółowego opisu struktury bazy danych obejmującej dane jakościowe. Model danych należy przedstawić w języku modelowania UML w wersji 2.0 lub wyższej   
      na diagramie klas. Diagram klas powinien zawierać co najmniej:
      1. powiązania pomiędzy klasami (asocjacje) wraz z ich krotnością,
      2. strukturę klas wraz z dokładnym określeniem atrybutów i metod (np.: typ danych, widoczność),
      3. zależność między klasami,
      4. objaśnienia ułatwiające interpretację modelu.
   2. Wykorzystane w modelu danych słowniki powinny mieć zdefiniowane wartości słownikowe. Układ diagramów powinien umożliwiać ich czytelny wydruk w formacie A4 lub A3. Opis będzie podlegał akceptacji przez Zamawiającego.
   3. Pozyskanie, weryfikacja i dostosowanie danych wejściowych do modelu jakościowego   
      (m.in. w zakresie formatu i kompletności danych), w tym m.in. w zakresie:
      * zrzutów ścieków (komunalnych i przemysłowych), z uwzględnieniem takich wskaźników jak: azot ogólny, azot azotynowy, azot azotanowy, azot amonowy, azot organiczny, fosfor ogólny, fosfor organiczny, fosfor mineralny, fosfor fosforanowy, zawiesina ogólna, chlorofil „a”, BZT5/ChzT;
      * stawów rybnych z podziałem na pstrągowe i karpiowe;
      * odcieków ze składowisk odpadów;
      * odprowadzania wód kopalnianych;
      * ludności niepodłączonej do kanalizacji;
      * nawożenia, z uwzględnieniem dawki nawozów mineralnych i naturalnych wykorzystywanych pod konkretne uprawy zlokalizowane na zlewni i uwzględnione   
        w modelu;
      * chowu i hodowli zwierząt, z uwzględnieniem ilości produkowanej gnojówki, gnojowicy   
        i obornika;
      * spływów z obszarów zurbanizowanych;
      * depozycji atmosferycznej.
   4. Baza danych wejściowych do modelu jakościowego będzie scalona z bazą danych modelu ilościowego opracowaną w Etapie I.

Wykonawca jest odpowiedzialny za pozyskanie wszystkich danych do budowy, a następnie kalibracji, weryfikacji i walidacji modeli. Zamawiający w miarę możliwości udzieli Wykonawcy wsparcia w pozyskiwaniu danych na potrzeby realizacji pracy od instytucji zewnętrznych. Wszystkie ewentualne koszty związane  
z pozyskaniem danych niebędących w posiadaniu Zamawiającego, a niezbędnych   
do opracowania modelu w ramach Etapu I i II pracy pokrywa Wykonawca. Uzupełniona baza danych będzie podlegała akceptacji przez Zamawiającego.

1. Raport podsumowujący przygotowaną bazę danych w zakresie modelu ilościowego   
   i jakościowego obejmujący m.in.:
   1. źródła poszczególnych danych,
   2. sposób przekształcenia lub dostosowania danych źródłowych,
   3. informację o ewentualnych błędach.

Wykonawca przekaże Zamawiającemu prace do odbioru zgodnie z terminami i procedurami wynikającymi z umowy.

**ETAP II: Budowa, kalibracja, weryfikacja i walidacja oraz przetestowanie modeli**

Etap II obejmuje co najmniej następujące zadania:

1. Budowa modelu ilościowego zgodnie z założeniami wskazanymi i zaakceptowanymi w Etapie I zamówienia, obejmująca m.in.:
   1. Opracowanie modelu dla wybranych zlewni

Wykonawca zbuduje wielowymiarowy ilościowy model dynamiczny dla wskazanych zlewni modelowych zgodnie z wymogami dla wybranego do tego celu narzędzia, z wykorzystaniem przygotowanych w Etapie I danych. Model powinien być zbudowany tak, aby mógł generować dane dobowe dotyczące natężenia przepływu na wszystkich wyznaczonych przekrojach obliczeniowych będących jedocześnie zamknięciem JCWP zlokalizowanych   
na analizowanych zlewniach.

* 1. Kalibrację modelu

Wykonawca dokona kalibracji modelu ilościowego na podstawie danych dobowych natężenia przepływu pochodzących z posterunków wodowskazowych zlokalizowanych w danej zlewni. Liczba oraz lokalizacja posterunków wykorzystanych do kalibracji będzie uzgodniona   
z Zamawiającym i zależna od powierzchni zlewni oraz dostępności danych. Kalibracja powinna być przeprowadzona w zalecany przez literaturę fachową dla wybranego modelu sposób. Jako minimalny poziom dokładności dopasowania modelu Zamawiający przyjmuje wartość współczynnika determinacji R2 nie mniejszy niż 0,7 oraz współczynnika Nash-Sutcliffe’a (NSE) powyżej 0,65. Zamawiający dopuszcza wykorzystanie metod statystycznych (statystyka odporna) w celu zmniejszenia wpływu ewentualnych obserwacji odstających   
na wynik kalibracji. Z przeprowadzonej kalibracji należy sporządzić protokół.

* 1. Weryfikację i walidację modelu

Wykonawca dokona weryfikacji i walidacji modelu ilościowego na podstawie danych dobowych natężenia przepływu pochodzących z posterunków wodowskazowych zlokalizowanych w danej zlewni. Weryfikacji modelu dokonać należy dla 2 ostatnich lat   
dla tego samego (jednego z) przekroju obliczeniowego, który został wykorzystany w kalibracji na danych niezależnych, tj. danych niewykorzystanych do kalibracji modelu. Liczba   
oraz lokalizacja posterunków wykorzystanych do weryfikacji będzie uzgodniona   
z Zamawiającym. Walidacja modelu zostanie przeprowadzona na przekroju obliczeniowym zlokalizowanym na cieku głównym lub dopływie, który nie był wcześniej wykorzystany   
do kalibracji. Liczba oraz lokalizacja posterunków wykorzystanych do walidacji będzie uzgodniona z Zamawiającym. Jako minimalny poziom dokładności dopasowania modelu ilościowego dla weryfikacji i walidacji Zamawiający przyjmuje wartość współczynnika determinacji R2 nie mniejszą niż 0,5 oraz współczynnika Nash-Sutcliffe’a (NSE) nie mniejszego niż 0,4. Z przeprowadzonej weryfikacji i walidacji należy sporządzić protokół.

* 1. Sprawdzenie poprawności działania modelu ilościowego:

Model ilościowy zostanie wgrany i uruchomiony na co najmniej 1 stanowisku komputerowym w siedzibie KZGW celem sprawdzenia poprawności działania. W przypadku stwierdzenia błędów w działaniu modelu Wykonawca usunie wykryte błędy.

1. Opracowanie i budowa modelu jakościowego zgodnie z założeniami wskazanymi   
   i zaakceptowanymi w Etapie I zamówienia, obejmujące m.in.:
   1. Opracowanie modelu dla wybranych zlewni

Wykonawca, uwzględniając zbudowany wcześniej model jakościowy, zbuduje wielowymiarowy ilościowy model dynamiczny dla wybranych zlewni zgodnie z wymogami   
dla wybranego do tego celu narzędzia z wykorzystaniem przygotowanych w etapie I danych. Model powinien być zbudowany tak, aby mógł generować dane dotyczące zanieczyszczeń wymienionych w Etapie I, punkcie 1 na wszystkich przekrojach obliczeniowych będących jednocześnie zamknięciem JCWP zlokalizowanych na analizowanych zlewniach.

Wykonawca wprowadzi przygotowane dane oraz przeprowadzi modelowanie jakościowe   
w jednostkach obliczeniowych.

* 1. Kalibrację modelu

Wykonawca dokona kalibracji modelu jakościowego, na podstawie danych pochodzących   
z punktów pomiarowo-kontrolnych Państwowego Monitoringu Środowiska zlokalizowanych   
w danej zlewni, minimum dla azotu ogólnego, fosforu ogólnego oraz zawiesiny ogólnej. Liczba oraz lokalizacja punktów pomiarowo-kontrolnych wykorzystanych do kalibracji będzie uzgodniona z Zamawiającym i zależna od powierzchni zlewni oraz dostępności danych. Kalibracja powinna być przeprowadzona w zalecany przez literaturę fachową dla wybranego modelu sposób. Jako minimalny poziom dokładności dopasowania modelu Zamawiający przyjmuje wartość współczynnika determinacji R2 nie mniejszy niż 0,5 oraz współczynnika Nash-Sutcliffe’a (NSE) powyżej 0,5. Zamawiający dopuszcza wykorzystanie metod statystycznych (statystyka odporna) w celu zmniejszenia wpływu ewentualnych obserwacji odstających na wynik kalibracji. Wyniki symulacji modelu dla pozostałych parametrów wymienionych w Etapie 1, punkt 1, które nie zostaną bezpośrednio wykorzystane w procesie kalibracji, powinny zostać porównane z wynikami Państwowego Monitoringu Środowiska,   
a ich dopasowanie powinno zostać ocenione przy wykorzystaniu współczynnika determinacji R2, który nie powinien być niższy niż 0,3. Z przeprowadzonej kalibracji należy sporządzić protokół.

* 1. Weryfikację i walidację modelu

Wykonawca dokona weryfikacji i walidacji modelu jakościowego na podstawie danych pochodzących z punktów pomiarowo-kontrolnych Państwowego Monitoringu Środowiska zlokalizowanych w danej zlewni, dla wszystkich parametrów wykorzystanych wcześniej do kalibracji modelu (minimum: azotu ogólnego, fosforu ogólnego oraz zawiesiny ogólnej). Weryfikacja modelu dokonana zostanie dla 2 ostatnich lat dla tego samego (jednego z) przekroju obliczeniowego, który został wykorzystany w kalibracji na danych niezależnych,   
tj. danych niewykorzystanych do kalibracji modelu. Liczba oraz lokalizacja punktów pomiarowo-kontrolnych wykorzystanych do weryfikacji będzie uzgodniona z Zamawiającym. Walidacja modelu zostanie przeprowadzona na przekroju obliczeniowym zlokalizowanym na cieku głównym lub dopływie, który nie był wcześniej wykorzystany do kalibracji jakościowej. Jako minimalny poziom dokładności dopasowania modelu dla weryfikacji i walidacji Zamawiający przyjmuje wartość współczynnika determinacji R2 nie mniejszy niż 0,4 oraz współczynnika Nash-Sutcliffe’a (NSE) powyżej 0,4. Zamawiający dopuszcza wykorzystanie metod statystycznych (statystyka odporna) w celu zmniejszenia wpływu ewentualnych obserwacji odstających na wynik kalibracji. Walidacja powinna zostać również przeprowadzona dla pozostałych parametrów wymienionych w Etapie 1, punkt 1, które   
nie zostały bezpośrednio wykorzystane w procesie kalibracji. W tym wypadku ich dopasowanie do wyników Państwowego Monitoringu Środowiska powinno zostać ocenione przy wykorzystaniu współczynnika determinacji R2, który nie powinien być niższy niż 0,3. Liczba oraz lokalizacja przekrojów obliczeniowych wykorzystanych do walidacji będzie uzgodniona z Zamawiającym. Z przeprowadzonej weryfikacji i walidacji należy sporządzić protokół.

* 1. Eksport wyników obliczeń stężeń oraz ładunków substancji biogennych na zamknięciu każdej zlewni JCWP będącej w zlewni modelowanej.

Wyniki zostaną wyeksportowane w postaci plików excel zawierających dane dobowe   
dla okresu całego modelowanego wielolecia z przyporządkowanymi im numerami zlewni JCWP z których pochodzą.

* 1. Sprawdzenie poprawności działania modelu jakościowego

Model jakościowy zostanie wgrany i uruchomiony na co najmniej 1 stanowisku komputerowym w siedzibie KZGW celem sprawdzenia poprawności działania. W przypadku stwierdzenia błędów w działaniu modelu Wykonawca usunie wykryte błędy.

1. Szkolenie w zakresie korzystania z modelu, w tym:
   1. Przeprowadzenie szkolenia teoretycznego wraz z częścią praktyczną użytkowania modelu planowanego do wdrożenia, na przykładowych danych. Szkolenie będzie uwzględniało   
      w szczególności:
      1. charakterystykę modelu,
      2. przygotowanie i aktualizację danych wejściowych,
      3. kalibrację, weryfikację i walidację modelu.

Szczegółowy zakres tematyki szkolenia będzie uzgodniony z Zamawiającym.

* 1. Przygotowanie i zapewnienie uczestnikom szkolenia materiałów dydaktycznych – przewodnika z częścią instruktażową (w wersji elektronicznej i papierowej). Materiały te będą podlegały akceptacji przez Zamawiającego.
  2. Szkolenie przeprowadzone będzie dla co najmniej 35 osób podzielonych na co najmniej   
     2 grupy, w 2 różnych terminach oddalonych o nie więcej niż 7 dni kalendarzowych. Zamawiający dostarczy listę uczestników szkolenia.
  3. Szkolenie w każdej z grup szkoleniowych prowadzone będzie przez co najmniej   
     2 prowadzących posiadających wiedzę merytoryczną i praktyczną w zakresie modelowania. Prowadzący będą do dyspozycji uczestników przez cały czas szkolenia. Po zakończeniu szkolenia uczestnicy będą mieli zapewnioną możliwość zgłaszania dodatkowych pytań   
     w zakresie objętym szkoleniem do 5 dni roboczych po zakończeniu szkolenia, a Wykonawca niezwłocznie udzieli na nie odpowiedzi.
  4. Wykonawca zapewni wynajęcie sali umożliwiającej organizację szkolenia. Powinno   
     to być miejsce umożliwiające dogodny dojazd środkami transportu zbiorowego (komunikacja miejska). Wykonawca zapewni projektor multimedialny, miejsce do poczęstunku kawowego, sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem niezbędnym do przeprowadzenia szkolenia   
     (1 komputer na 1 uczestnika).
  5. Wykonawca zapewni usługi gastronomiczne dla uczestników szkolenia w postaci przerwy kawowej i obiadowej.
  6. Wykonawca przygotuje sprawozdanie z przeprowadzonego szkolenia.
  7. Szczegółowy program, termin i miejsce szkolenia zostaną uzgodnione  
     z Zamawiającym. Zamawiający oczekuje organizacji szkolenia dla co najmniej jednej grupy uczestników w Warszawie. Organizacja szkolenia dla drugiej grupy szkoleniowej może odbyć się w innym mieście, w którym zlokalizowana jest siedziba RZGW.
  8. Udział w szkoleniu jest bezpłatny. Zamawiający nie przewiduje refundacji kosztów podróży   
     i noclegu uczestnikom szkolenia.
  9. Wszystkie koszty związane z organizacją szkolenia pokrywa Wykonawca.

**Produkty zamówienia:**

Etap I:

* Metodyka opracowania modelu
* Analiza modeli
* Założenia do modelu
* Streszczenie metodyki w języku polskim i angielskim
* Baza danych ilościowych
* Opis struktury bazy danych
* Baza danych jakościowych
* Opis struktury bazy danych
* Raport podsumowujący bazę danych
* Sprawozdanie etapowe zawierające opis prac zrealizowanych w Etapie I

Etap II:

* Model ilościowy
* Struktura modelu
* Protokół z kalibracji
* Protokół z weryfikacji i walidacji
* Model jakościowy
* Struktura modelu
* Protokół z kalibracji
* Protokół z weryfikacji i walidacji
* Baza – wielkość ładunków i stężeń na zamknięciu JCWP
* Dokumentacja techniczna i wykonawcza modelu
* Raport podsumowujący bazę danych
* Sprawozdanie ze szkolenia
* Sprawozdanie etapowe zawierające opis prac zrealizowanych w Etapie II
* Synteza pracy

Dodatkowo w każdym etapie Wykonawca przygotuje zestawienie zgłoszonych uwag wraz z informacją o sposobie ich uwzględnienia (z uzasadnieniem).

**Gwarancja i usługa asysty**

Wykonawca udzieli gwarancji od dnia odbioru pracy do 30 czerwca 2022 r. W ramach gwarancji Wykonawca usunie ewentualne błędy ujawnione w tym okresie oraz podejmie się wykonania prac mających na celu zminimalizowanie konsekwencji tych błędów.

Dodatkowo, Wykonawca zapewni usługę asysty merytoryczno-technicznej obejmującej   
w szczególności:

* wsparcie merytoryczne Zamawiającego przy opracowywaniu drugiej aktualizacji planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy i zestawu działań koniecznych do realizacji celów środowiskowych (planowane przyjęcie zaktualizowanych planów w 2021 r.);
* wsparcie merytoryczne Zamawiającego przy opracowywaniu raportu do Komisji Europejskiej z II aPGW (planowanego do przekazania w 2022 r.);
* wsparcie merytoryczne w przypadku spotkań Zamawiającego z Komisją Europejską dotyczących wyników pracy oraz przyjętych rozwiązań;
* uwzględnienie w pracy uwag i rekomendacji wynikających z oceny aPGW przez KE,   
  w przypadku dokonania tej oceny po terminie zakończenia realizacji pracy;
* wsparcie merytoryczne Zamawiającego w odpowiedzi na korespondencję w sprawie zadań realizowanych w ramach umowy;

**Monitorowanie postępu realizacji zamówienia**

Praca będzie realizowana z założeniem bieżącego uzgadniania i konsultowania propozycji wypracowanych rozwiązań z Zamawiającym oraz Grupą roboczą ds. analizy presji (GR AP), w skład której wchodzą przedstawiciele m. in. MGMiŻŚ i jednostek organizacyjnych PGW WP. Częstotliwość spotkań uzależniona będzie od postępu realizowanych prac i wniosku Zamawiającego (wstępnie zakłada się, że spotkania (z możliwością wideokonferencji) będą się odbywały raz na dwa miesiące, przy czym na dwóch spotkaniach w Warszawie sala i katering zostaną zapewnione przez Wykonawcę).

Zamawiający ma prawo zażądać osobistego spotkania z dowolną osobą wskazaną w ofercie Wykonawcy na potwierdzenie spełnienia warunku udziału w postępowaniu, a Wykonawca   
ma obowiązek zorganizować spotkanie ze wskazaną osobą w siedzibie Zamawiającego w terminie   
nie dłuższym niż 14 dni od dnia otrzymania pisemnego żądania.

Zamawiającemu przysługuje prawo żądania natychmiastowego przekazania aktualnych wersji roboczych dokumentów opracowanych przez Wykonawcy w ramach niniejszego zadania.

Wykonanie przedmiotowego zadania będzie wymagać szczegółowej znajomości opracowań i metodyk dotyczących wymagań Ramowej Dyrektywy Wodnej oraz dokumentów i wytycznych opracowanych   
na szczeblu Wspólnej Strategii Wdrażania RDW.

Wykonawca zobowiązany będzie do współpracy z wykonawcą projektu „Przeprowadzenie działań informacyjno-promocyjnych projektu pn.: *Opracowanie II aktualizacji programu wodno-środowiskowego kraju i planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy wraz z dokumentami planistycznymi stanowiącymi podstawę do ich opracowania* w zakresie materiałów informacyjno-promocyjnych dotyczących projektu (współpraca merytoryczna przy przygotowywaniu treści materiałów) oraz z pozostałymi wykonawcami realizującymi prace planistyczne w bieżącym cyklu.

W trakcie realizacji pracy muszą zostać wykorzystane co najmniej następujące materiały:

* 1. Ustawa Prawo wodne wraz z aktami wykonawczymi, w wersji obowiązującej w okresie realizacji zamówienia. W przypadku zaistnienia w trakcie realizacji zamówienia projektów zmian w ww. ustawie lub projektów ww. rozporządzeń kwestia ich uwzględnienia podlegać będzie decyzji Zamawiającego;
  2. Metodyki, wytyczne, zalecenia merytoryczne KE w zakresie analizy presji   
     i wpływu/oddziaływania, substancji priorytetowych, odstępstw, raportowania oraz uwagi   
     i zastrzeżenia zgłaszane przez Komisję Europejską;
  3. „Aktualizacja wykazu JCWP i SCWP dla potrzeb kolejnej aktualizacji planów w latach 2015-2021 wraz z weryfikacją typów wód części wód”
  4. „Analiza i aktualizacja jednostek do planowania z uwzględnieniem MPHP10”
  5. Dane monitoringowe GIOŚ wraz z oceną stanu wód powierzchniowych oraz wyniki oceny stanu jcwp przeniesione na nowy podział jcwp (dokonany w ramach pracy wskazanej w pkt. 10)
  6. „Aktualizacja planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy w Polsce”;
  7. „Identyfikacja presji w regionach wodnych i na obszarach dorzeczy” Część I: Utworzenie krajowej bazy danych o zmianach hydromorfologicznych oraz Część II: Opracowanie bazy danych   
     o presjach antropogenicznych – przekazane przez Zamawiającego;
  8. Pogłębiona analiza presji (wyniki działań wskazanych w aPWŚK: Przeprowadzenie pogłębionej analizy presji w celu ustalenia przyczyn nieosiągnięcia dobrego stanu wód z uwagi na stan chemiczny; Przeprowadzenie pogłębionej analizy presji w celu ustalenia przyczyn nieosiągnięcia dobrego stanu wód z uwagi na stan fizyko-chemiczny; Przeprowadzenie pogłębionej analizy presji w celu zaplanowania działań ukierunkowanych na redukcję fosforu; Przeprowadzenie pogłębionej analizy presji w celu ustalenia przyczyn nieosiągnięcia dobrego stanu wód z uwagi   
     na występowanie substancji biogennych dla tych JCWP, którym w aPWŚK przypisano działanie: prowadzenie monitoringu w zakresie badania substancji biogennych w przekrojach zlokalizowanych na wejściu i na zamknięciu JCWP w okresie 2016 – 2017).
  9. „Opracowanie i przetestowanie wielowymiarowego, dynamicznego modelu obliczania ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych rzekami do Morza Bałtyckiego”;
  10. Wyniki dla działania wskazanego w aPWŚK: monitoring badawczy wód
  11. Charakterystyki wód podziemnych opracowywanych przez PIG-PIB zgodnie z załącznikiem II.2 Ramowej Dyrektywy Wodnej;
  12. Inne niezbędne materiały, stosownie do realizowanego zamówienia.