

PROGRAM FUNKcjONALNO - UŻYTKOWY

Nazwa Zadania:

„ZAGOSPODAROWANIE CZĘŚCI TERENÓW PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH - NASYCALNIA SPORTU (ETAP I)”

Adres:

województwo: kujawsko-pomorskie
powiat: bydgoski
obręb ewidencyjny M.Solec Kujawski
działki nr ewidencyjny nr 678/12 i 678/5

Wspólny Słownik Zamówień (CPV):

45 000000-7 - Roboty budowlane
71000000-8 – Usługi architektoniczne
71320000-7 – Usługi inżynierii projektowej
71248000-8 - Nadzór nad projektem i dokumentacją
45111200 – 0 Roboty w zakresie przygotowania terenu pod budowę i roboty ziemne
45112700 – 2 Roboty w zakresie kształtowania terenu
45112710 – 5 Roboty w zakresie kształtowania terenów zielonych
45212100 – 7 Roboty budowlane w zakresie obiektów wypoczynkowych
45212171 - 5 Roboty budowlane w zakresie centrów rozrywki
45212200-8 Roboty budowlane w zakresie budowy obiektów sportowych
45223800 – 4 Montaż i wznoszenie gotowych konstrukcji
45262210 – 6 Fundamentowanie
45230000-8 Roboty budowlane w zakresie budowy dróg
45233200 – 1 - Roboty w zakresie różnych nawierzchni
45233161 – 5 Roboty budowlane w zakresie ścieżek pieszych
45233200 – 1 Roboty w zakresie różnych nawierzchni
45262500 – 6 - Roboty murarskie i murowe
45310000 – 3 Roboty instalacyjne elektryczne
45312000-7 Oświetlenie zewnętrzne terenu
45316100-6 - Instalowanie urządzeń oświetlenia zewnętrznego
45330000 – 9 Roboty instalacyjne wodno-kanalizacyjne i sanitarne
71247000-1 Nadzór nad robotami budowlanymi
71355000-1 Roboty pomiarowe geodezyjne
77310000-6 Usługi sadzenia roślin oraz utrzymania terenów zielonych
77211600-8 Sadzenie drzew

OPRACOWUJĄCY:

Iwona Konopa
Dyrektor Wydziału Inwestycji i Planowania Przestrzennego
Urzędu Miejskiego w Solcu Kujawskim

Solec Kujawski, marzec 2023r.

SPIS ZAWARTOŚCI PROGRAMU FUNKcjONALNO – UŻYTKOWEGO

STRONA TYTUŁOWA

SPIS ZAWARTOŚCI PROGRAMU FUNKcjONALNO-UŻYTKOWEGO

CZĘŚĆ OPISOWA:

1. OPIS OGÓLNY PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA
 - 1.1. Charakterystyczne parametry określające wielkość obiektu lub zakres robót budowlanych
 - 1.2. Aktualne uwarunkowania wykonania przedmiotu zamówienia
 - 1.3. Ogólne właściwości funkcjonalno-użytkowe
 - 1.4. Szczegółowe właściwości funkcjonalno-użytkowe
2. * OPIS WYMAGAŃ ZAMAWIAJĄCEGO W STOSUNKU DO WYKONAWCY
2. ** OPIS WYMAGAŃ ZAMAWIAJĄCEGO W STOSUNKU DO PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA
 - 2.1. CECHY OBIEKTU DOTYCZĄCE ROZWIĄZAŃ BUDOWLANO-KONSTRUKCYJNYCH I WSKAŹNIKÓW EKONOMICZNYCH
 - 2.2. WARUNKI WYKONANIA I ODBIORU ROBÓT BUDOWLANYCH ODPOWIADAJĄCYCH ZAWARTOŚCI SPECYFIKACJI TECHNICZNYCH WYKONANIA I ODBIORU ROBÓT BUDOWLANYCH

CZĘŚĆ INFORMACYJNA:

1. Dokumenty potwierdzające zgodność zamierzenia budowlanego z wymaganiami wynikającymi z odrębnych przepisów
2. Oświadczenie Zamawiającego stwierdzające jego prawo do dysponowania nieruchomością na cele budowlane
3. Wskazanie przepisów prawnych i norm związanych z projektowaniem i wykonaniem zamierzenia budowlanego
4. Inne posiadane informacje i dokumenty niezbędne do zaprojektowania robót budowlanych
5. Dokumenty
6. Załączniki

CZĘŚĆ OPISOWA

1. OPIS OGÓLNY PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

Podstawa opracowania:

- art. 103 ust. 2 Ustawy Prawo zamówień publicznych z dnia 11 września 2019r. (t.j. Dz. U. z 2022r. poz. 1710 ze zm.) o treści: *„Jeżeli przedmiotem zamówienia jest zaprojektowanie i wykonanie robót budowlanych w rozumieniu ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane, zamawiający opisuje przedmiot zamówienia za pomocą programu funkcjonalno-użytkowego”*
- oraz
- § 15 Rozporządzenia Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (t.j. Dz. U. z 2021r. poz. 2454) o treści: *„Program funkcjonalno-użytkowy służy do opisu przedmiotu zamówienia, ustalenia planowanych kosztów prac projektowych i robót budowlanych, przygotowania oferty - szczególnie w zakresie obliczenia ceny oferty oraz wykonania prac projektowych”.*

1.1. Charakterystyczne parametry określające wielkość obiektu lub zakres robót budowlanych

WSTĘP

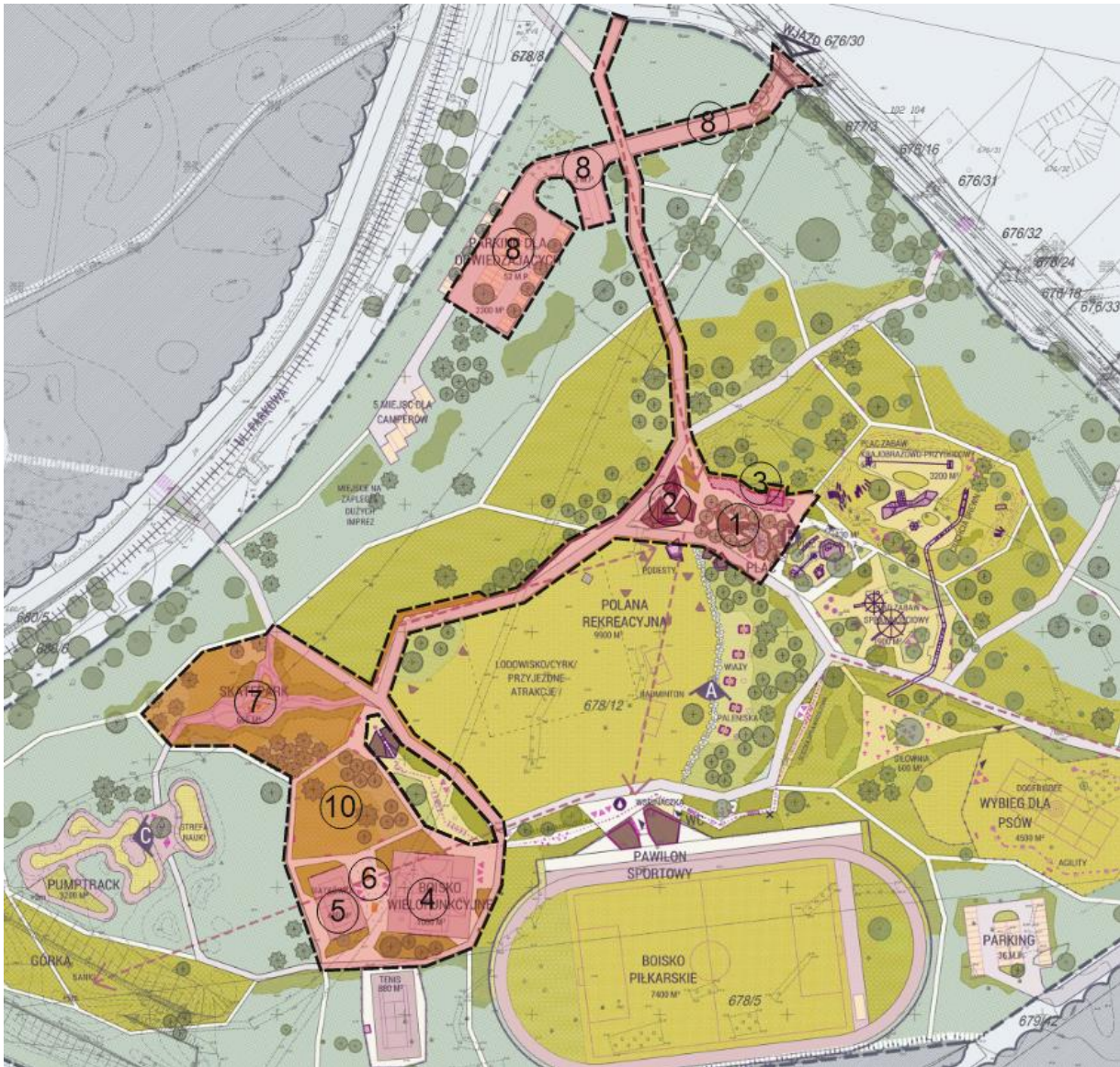
Niniejszy program ma na celu umożliwienie dokonania wyboru najkorzystniejszej oferty na wykonanie wielobranżowego projektu i wykonanie robót budowlanych w ramach zadania pn. „NASYCALNIA SPORTU (ETAP I) - ZAGOSPODAROWANIE CZĘŚCI TERENÓW PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH”.

Program Funkcjonalno – Użytkowy jako dokument Zamawiającego stanowi podstawę do przeprowadzenia procedury wyboru Wykonawcy w trybie Ustawy Prawo Zamówień Publicznych, przygotowania oferty Wykonawcy i zawarcia Umowy na wykonanie dokumentacji projektowej i robót budowlanych.

W ramach zadania należy wykonać dokumentację projektową i na jej podstawie, zgodnie z przepisami, zrealizować roboty budowlane.

Inwestycja pn.: „NASYCALNIA SPORTU (ETAP I) - ZAGOSPODAROWANIE CZĘŚCI TERENÓW PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH” zmierza do poprawy dostępności terenów dla mieszkańców.

Niniejszy Program Funkcjonalno – Użytkowy w sposób ogólny opisuje wymagania i oczekiwania Zamawiającego stawiane przedmiotowej inwestycji realizowanej w trybie „zaprojektuj i wybuduj”, a wraz z załącznikami stanowi podstawę do sporządzenia ofertowej kalkulacji na kompleksową realizację zadania obejmującego wykonanie dokumentacji projektowej wraz ze wszystkimi wymaganymi prawem uzgodnieniami, z uzyskaniem decyzji m.in.: środowiskowej, ustalającej warunki zabudowy / lokalizację inwestycji celu publicznego, pozwolenia na budowę, jak i również wszelkie prace, budowlane, montażowe dotyczące robót opisanych niniejszym opracowaniu.



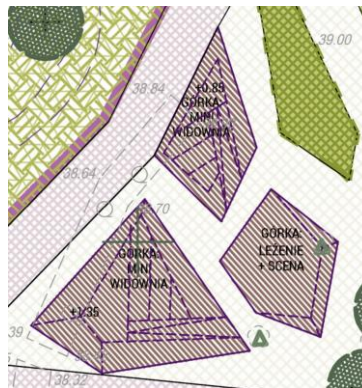
ZAKRES ROBÓT (ZAKRES RZECZOWO-TEMATYCZNY):

1. FONTANNA POSADZKOWA z dyszami mgłowymi i wodnymi - fontanna ma formę posadzkową, w części południowo-zachodniej utworzono płytkie zagłębienie, w którym zatrzymuje się woda. Ponad taflę wody wystają kamienie o nieregularnych formach, między którymi znajdują się dysze mgłowe. Posadzka fontanny z ciemnoszarego kamienia (np. bazalt, łupek). Kamień naturalny, nieoszlifowany, co zapewni ciekawy efekt wizualny i zmniejszy ryzyko poślizgnięcia się. Pomieszczenie techniczne fontanny znajdzie się pod posadzką placu, dostępne za pomocą wjazdu. Wytyczne zawarte w „Studium

zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



2. SCENA, WIDOWNIA I SIEDZISKA W FORMIE „GÓREK”, ścięte kanciaste bryły nawiązujące do architektury pawilonu sportu. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



3. ZADASZENIE NA PLACU Z WKOMPONOWANĄ TOLALETĄ PUBLICZNĄ (osłona od deszczu i słońca stanowiąca zarazem zamknięcie placu od strony północnej). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



4. BOISKO WIELOFUNKCYJNE do koszykówki i minifutbolu, umożliwiające jednoczesną grę drużynową w jednej z dyscyplin wraz z ćwiczeniami drugiej

(rzuty, strzelanie), wymiary: 32 x 32m (boisko w otwartej strefie sportowej, wyposażone w małą architekturę, nawierzchnia sportowa syntetyczna w kolorze turkusowym, pełne wyposażenie typu kosze, bramki, piłkochwyty, oświetlenie). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



5. BOISKO DO SIATKÓWKI o wymiarach 16 x 26m (boisko w otwartej strefie sportowej, wyposażone w małą architekturę, nawierzchnia sportowa syntetyczna w kolorze żółtym, pełne wyposażenie typu siatka, piłkochwyty, oświetlenie). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



6. STOŁY DO TENISA STOŁOWEGO do zamontowania w strefie sportowej, między boiskiem do siatkówki a boiskiem wielofunkcyjnym (trwała konstrukcja betonowa, siatka stalowa, fundamentowane). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



7. SKATEPARK – teren o maksymalnej powierzchni 2900m², który należy przystosować do jazdy na deskorolce, rolkach, hulajnogach, rowerach

(podstawowe elementy SKATEPARK-u o nawierzchni utwardzonej z betonu / asfaltu to m.in.: bowl, bump, half pipe, walk box, grind, rail).

Geometria nawierzchni i przeszkód oraz podział na poszczególne strefy m.in. na strefę park i strefę streetową zostanie przeanalizowany i uszczegółowiony na etapie projektu budowlanego.

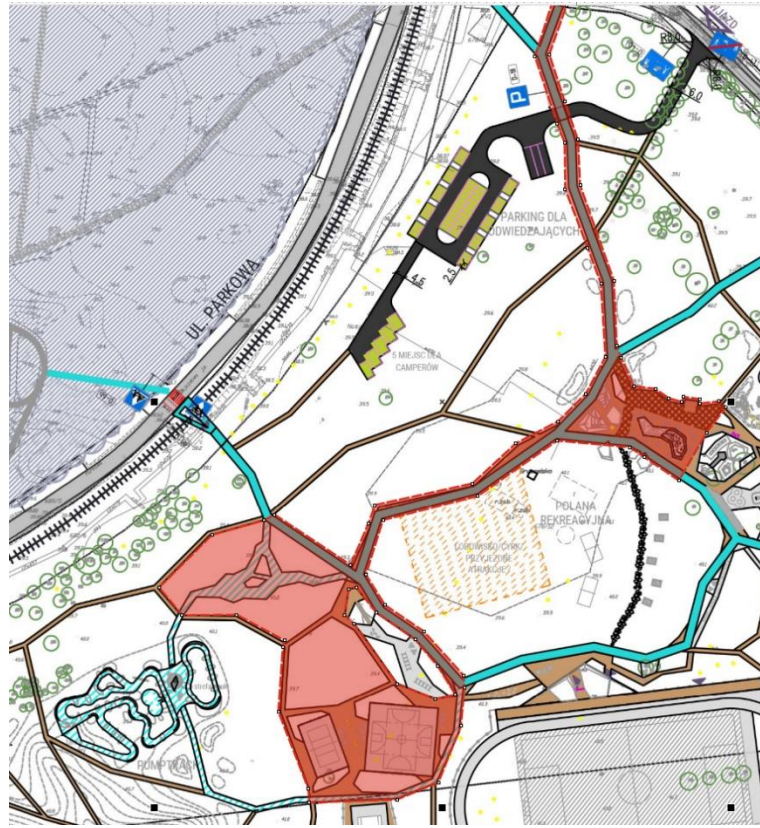
Skatepark nieogrodzony, zieleń ukształtowana w sposób zapewniający łączność widokową z otoczeniem (bezpieczeństwo przez nadzór nieformalny) z uwzględnieniem małej architektury oraz oświetlenia terenu. W „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim” wskazana jest wyłącznie lokalizacja SKATEPARK-u bez szczegółowych rozwiązań. Istniejące studnie do wkomponowania w projektowaną inwestycję.



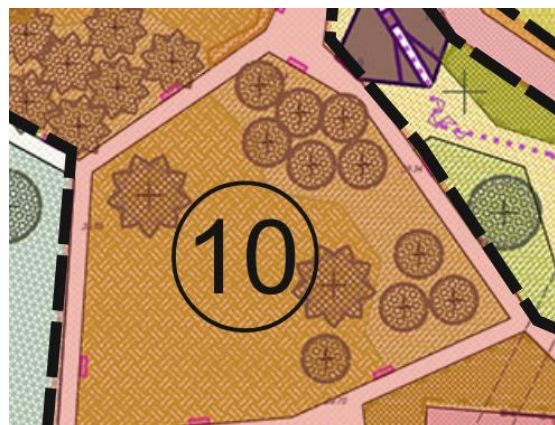
8. PARKING WRAZ Z DROGĄ DOJAZDOWĄ (parking na 37 miejsc postojowych dla samochodów osobowych z geokraty poprzeraśnanej trawą oraz 3 miejsca postojowe dla autokarów i droga dojazdowa (pieszojezdnia) o nawierzchni betonowej). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



9. ALEJKI PIESZE I PIESZO-ROWEROWE Z MOŻLIWOŚCIĄ WJAZDU CIĘŻKICH POJAZDÓW TECHNICZNYCH (NAWIERZCHNIA Z BETONU BARWIONEGO LUB INNA), ALEJKI PIESZE I PIESZO – ROWEROWE (NAWIERZCHNIA Z BETONU BARWIONEGO LUB INNA) ORAZ ALEJKI PIESZO-ROWEROWE (NAWIERZCHNIA MINERALNA LUB INNA). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



10. ZAGOSPODAROWANIE TERENU – wykonanie trawników oraz nasadzenia drzew. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.



11. MONITORING dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

12. MAŁA ARCHITEKTURA dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
13. OŚWIETLENIE dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

ZAKRES ROBÓT I USŁUG

Wykonawca w ramach ceny oferty, zaprojektuje i wykona następujące czynności, usługi i roboty budowlane:

- postępowanie środowiskowe z decyzją środowiskową, jeśli będzie taka potrzeba,
- postępowanie ustalające warunki zabudowy / lokalizację inwestycji celu publicznego,
- mapę do celów projektowych,
- uzgodnienia z gestorami mediów i terenów objętych ochroną,
- opinia geotechniczna, jeśli będzie konieczna,
- projekt budowlany z uzgodnieniami i decyzją pozwolenia na budowę,
- roboty przygotowawcze,
- roboty ziemne,
- roboty budowlane,
- roboty montażowe,
- roboty drogowe,
- wykonanie przyłączy: kanalizacji sanitarnej, wodociągowej, elektroenergetycznych,
- wykonanie dojazdów i dojazdów do obiektów i urządzeń,
- montaż monitoringu,
- montaż oświetlenia,
- montaż małej architektury
- wykonanie nasadzeń drzew i krzewów,
- wykonanie trawników
- roboty porządkowe,
- pełnienie nadzoru autorskiego,
- pełnienie nadzoru geodezyjnego,
- montaż tablicy informacyjnej,
- sporządzenie dokumentacji powykonawczej,
- wszelkie inne roboty jakie okażą się niezbędne dla wykonania przedmiotu zamówienia,
- uzyskanie pozwolenia na użytkowanie.

1.2. Aktualne uwarunkowania wykonania przedmiotu zamówienia:

- 1) Przygotowanie i realizację inwestycji należy przeprowadzić w szczególności zgodnie z wymaganiami wynikającymi z Ustawy z dnia 7 lipca 1994r. - Prawo budowlane (t. j. Dz. U. z 2021r. poz. 2351 ze zm.).

Wykonawca w ramach projektu budowlanego i wykonawczego jest zobowiązany uszczegółwić rozwiązania, które są opisane w niniejszym PFU, a także zaproponować inne niż w Programie jeśli w ten sposób uzyskane mogą być korzyści dla jakości, obniżenia kosztów lub poprawy walorów użytkowych

wznoszonych obiektów. Zamawiający zastrzega sobie prawo do zatwierdzenia lub odrzucenia takich zmian w początkowym okresie prac projektowych.

Zamawiający ustanowi nadzór inwestorski nad wykonaniem wszystkich robót objętych zadaniem.

Wykonawca zamówienia winien zapewnić sporządzenie dokumentacji projektowej i wykonanie robót budowlanych przez osoby o odpowiednich uprawnieniach budowlanych.

Wykonawca zamówienia, w oparciu o zaakceptowane przez Zamawiającego propozycje rozwiązań oraz uzyskane warunki przebudowy od właścicieli lub użytkowników urządzeń podziemnych lub nadziemnych, kolidujących z planowanymi robotami sporządzi niezbędną dokumentację projektową wraz ze wszystkimi wymaganymi decyzjami i uzgodnieniami.

Dokumentacja projektowa będzie podstawą do uzyskania decyzji o pozwoleniu na budowę.

W przypadku kolizji z istniejącymi urządzeniami infrastruktury technicznej, należy zaprojektować i wykonać ich przebudowę lub zabezpieczenie.

Należy uzyskać warunki techniczne, pozwolenia, uzgodnienia i zatwierdzenia na przebudowę lub likwidację infrastruktury technicznej.

Projekty oraz budowa, przebudowa lub likwidacja urządzeń infrastruktury technicznej (urządzenia teletechniczne, urządzenia energetyczne, sieci wodociągowe i gazowe, urządzenia melioracyjne, system odprowadzenia wód deszczowych i ścieków sanitarnych) powinny spełniać obowiązujące przepisy i normy.

Wykonawca jest zobowiązany uzyskać w imieniu i na rzecz Zamawiającego wszelkie uzgodnienia, pozwolenia, zezwolenia, decyzje i zgody niezbędne dla wykonania Umowy.

Zmiany ilości lub parametrów opisanych w niniejszym PFU jakie mogą mieć miejsce w trakcie opracowywania przez Wykonawcę Projektu Budowlanego nie będą powodowały zwiększenia Ceny Oferty. Wykonawca przy obliczaniu Ceny Oferty zobowiązany jest wziąć pod uwagę możliwość zwiększenia ilości robót oraz uwzględnić ryzyko z tym związane w Cenie Oferty.

W czasie wykonywania robót Wykonawca dostarczy, zainstaluje i będzie obsługiwał wszystkie zainstalowane urządzenia zabezpieczające takie jak: zapory, światła ostrzegawcze, sygnały, itp., zapewniając bezpieczeństwo pojazdów i pieszych. Wykonawca zapewni stałe warunki widoczności w dzień i w nocy tych zapór i znaków, dla których jest to konieczne ze względów bezpieczeństwa. Wszystkie znaki, zapory i inne urządzenia będą akceptowane przez Inspektora Nadzoru. Program i przeprowadzenie robót należy opracować w taki sposób, aby umożliwić zachowanie nieprzerwanego ruchu na drogach publicznych oraz dostępu do terenów przyległych, w tym do każdej działki sąsiadującej z projektowaną inwestycją.

Wykonawca ponosi odpowiedzialność za dokładne wytyczenie w planie i wyznaczenie wysokości wszystkich elementów robót, zgodnie z wymiarami i rzędnymi określonymi w dokumentacji projektowej, specyfikacjach technicznych lub przekazanych na piśmie przez Inspektora Nadzoru.

Następstwa błędu spowodowanego przez Wykonawcę w wytyczeniu i wyznaczeniu robót zostaną poprawione przez Wykonawcę na własny koszt.

Wykonawca będzie odpowiadał za ochronę robót i za wszelkie materiały i urządzenia używane do robót od daty rozpoczęcia do odbioru ostatecznego. Utrzymanie powinno być prowadzone w taki sposób, aby budowla drogowa lub jej elementy były w zadawalającym stanie przez cały czas, do momentu odbioru ostatecznego. W przypadku przerwania prac przez Wykonawcę do jego obowiązków należy zabezpieczenie terenu budowy i robót w sposób nie powodujący utraty wartości odebranych uprzednio prac budowlanych.

- 2) Lokalizacja - teren przeznaczony pod „ZAGOSPODAROWANIE CZĘŚCI TERENÓW PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH - NASYCALNIA SPORTU (ETAP I)”, znajduje się na działkach oznaczonych numerami 678/12 i 678/5, obręb ewidencyjny M. Solec Kujawski, dla którego nie obowiązują ustalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

Informacje szczegółowe

Działki oznaczone numerami 678/12 i 678/5, obręb ewidencyjny M. Solec Kujawski, nie są zlokalizowane:

- na terenie Obszaru Chronionego Krajobrazu Wydm Kotliny Toruńsko-Bydgoskiej część wschodnia i zachodnia,
- na terenie obszarów Natura 2000,
- na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią.
- na terenach osuwiskowych.

- 3) Opis stanu istniejącego - od zachodu teren otacza ul. Parkowa i bocznicą kolejowa, od południa – linia kolejowa Toruń-Bydgoszcz, od wschodu – kompleks leśny, a od północy – ul. Kujawska. W bezpośrednim sąsiedztwie granicy obszaru opracowania, przy ul. Kujawskiej, znajduje się kilka niewielkich zabudowań mieszkalnych i gospodarczych z czerwonej cegły.

Wjazd na teren zlokalizowany jest przy ul. Kujawskiej. W południowej części obszaru znajduje się przyzma bioremediacyjna o wys. 7-8 m, usytuowana równolegle do torów kolejowych. Pozostała część terenu jest stosunkowo płaska, położona na rzędnych 39,0 m n.p.m. (przy ul. Kujawskiej) – 42 m n.p.m. (w części leśnej), z miejscowymi zagłębieniami.

Teren jest porośnięty głównie roślinnością niską. Zadrzewienia występują na jego obrzeżach. Południowo-wschodni narożnik obszaru porośnięty jest młodym lasem sosnowym.

Obszar jest niezabudowany, z wyjątkiem niewielkiego budynku po trafostacji. Brak oświetlenia, utwardzeń terenu. We wschodniej części terenu przebiega napowietrzna sieć elektroenergetyczna. W granicach obszaru opracowania znajdują się ponadto instalacja elektroenergetyczna zasilająca piezometry. Istnieje możliwość wykonania przyłączy do sieci znajdujących się w ul. Kujawskiej (prąd, woda, kanalizacja sanitarna i deszczowa).

Szczegółowy opis w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

1.3. Ogólne właściwości funkcjonalno-użytkowe

Inwestor wskazuje, iż pełna infrastruktura „ZAGOSPODAROWANIA CZĘŚCI TERENÓW PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH - NASYCALNIA SPORTU (ETAP I)” musi spełniać warunek infrastruktury ogólnodostępnej i bezpłatnej, tzn.

takiej do której dostęp mają wszystkie zainteresowane osoby, a korzystanie z niej nie wiąże się z żadnymi opłatami, za wyjątkiem toalety publicznej.

Zgodnie ze „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”, wybrana koncepcja przez Zamawiającego tj. „NASYCALNIA SPORTU” to wielofunkcyjny park, położony na terenie dawnej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, gdzie wokół centralnej polany otoczonej siecią alejek rozmieszczone są dwie główne strefy: rekreacyjna – z dużym placem zabaw, oraz sportowa – z kompleksem boisk i urządzeniami do ćwiczeń na świeżym powietrzu.

Dominującą nad Nasycalnią pryzmę bioremediacyjną przekształcono tak, aby nabrała bardziej krajobrazowego charakteru. U jej podnóża znajduje się duży pumptrack z torem do nauki.

Znakiem rozpoznawczym parku jest nowoczesny design, przy jednoczesnym nawiązaniu do przemysłowego dziedzictwa tego miejsca.

Jednakże w zakres zamówienia wchodzi wykonanie wszystkich niezbędnych prac do prawidłowego funkcjonowania inwestycji „ZAGOSPODAROWANIE CZĘŚCI TERENÓW PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH - NASYCALNIA SPORTU (ETAP I)”, zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Wykonawca jest zobowiązany opracować projekt budowlany wraz z koniecznymi opiniami, warunkami technicznymi, w tym uzyskać w imieniu i na rzecz Zamawiającego wszelkie uzgodnienia, decyzje i decyzję pozwolenia na budowę; niezbędne dla wykonania przedmiotowej inwestycji zgodnie z wymaganiami Zamawiającego, a także zrealizować i oddać do użytkowania przedmiotową inwestycję, o poniższym zakresie (numeracja wskazana w Załączniku na planszy zbiorczej):

- 1) FONTANNA POSADZKOWA z dyszami mgłowymi i wodnymi - fontanna ma formę posadzkową, w części południowo-zachodniej utworzono płytkie zagłębienie, w którym zatrzymuje się woda. Ponad taflę wody wystają kamienie o nieregularnych formach, między którymi znajdują się dysze mgłowe. Posadzka fontanny z ciemnoszarego kamienia (np. bazalt, tupek). Kamień naturalny, nieoszlifowany, co zapewni ciekawy efekt wizualny i zmniejszy ryzyko poślizgnięcia się. Pomieszczenie techniczne fontanny znajdzie się pod posadzką placu, dostępne za pomocą wjazdu.
- 2) SCENA, WIDOWNIA I SIEDZISKA W FORMIE „GÓREK”, ścięte kanciaste bryły nawiązujące do architektury pawilonu sportu
- 3) ZADASZENIE NA PLACU Z WKOMPONOWANĄ TOLALETĄ PUBLICZNĄ (osłona od deszczu i słońca stanowiąca zarazem zamknięcie placu od strony północnej)
- 4) BOISKO WIELOFUNKCYJNE do koszykówki i minifutbolu, umożliwiające jednoczesną grę drużynową w jednej z dyscyplin wraz z ćwiczeniami drugiej (rzuty, strzelanie), wymiary: 32 x 32m (boisko w otwartej strefie sportowej, wyposażone w małą architekturę, nawierzchnia sportowa syntetyczna w kolorze turkusowym, pełne wyposażenie typu kosze, bramki, piłkochwyty, oświetlenie)
- 5) BOISKO DO SIATKÓWKI o wymiarach 16 x 26m (boisko w otwartej strefie sportowej, wyposażone w małą architekturę, nawierzchnia sportowa syntetyczna w kolorze żółtym, pełne wyposażenie typu siatka, piłkochwyty, oświetlenie)

- 6) STOŁY DO TENISA STOŁOWEGO do zamontowania w strefie sportowej, między boiskiem do siatkówki a boiskiem wielofunkcyjnym (trwała konstrukcja betonowa, siatka stalowa, fundamentowane)
- 7) SKATEPARK – teren o maksymalnej powierzchni 2900m², który należy przystosować do jazdy na deskorolce, rolkach, hulajnogach, rowerach (podstawowe elementy SKATEPARK-u o nawierzchni utwardzonej z betonu / asfaltu to m.in.: bowl, bump, half pipe, walk box, grind, rail).
Geometria nawierzchni i przeszkód oraz podział na poszczególne strefy m.in. na strefę park i strefę streetową zostanie przeanalizowany i uszczegółowiony na etapie projektu budowlanego.
Skatepark nieogrodzony, zieleń ukształtowana w sposób zapewniający łączność widokową z otoczeniem (bezpieczeństwo przez nadzór nieformalny) z uwzględnieniem małej architektury oraz oświetlenia terenu.
- 8) PARKING WRAZ Z DROGĄ DOJAZDOWĄ (parking na 37 miejsc postojowych dla samochodów osobowych z geokraty poprzerastanej trawą oraz 3 miejsca postojowe dla autokarów i droga dojazdowa (pieszojezdnia) o nawierzchni betonowej). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- 9) ALEJKI PIESZE I PIESZO-ROWEROWE Z MOŻLIWOŚCIĄ WJAZDU CIĘŻKICH POJAZDÓW TECHNICZNYCH (NAWIERZCHNIA Z BETONU BARWIONEGO LUB INNA), ALEJKI PIESZE I PIESZO – ROWEROWE (NAWIERZCHNIA Z BETONU BARWIONEGO LUB INNA) ORAZ ALEJKI PIESZO-ROWEROWE (NAWIERZCHNIA MINERALNA LUB INNA). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- 10) ZAGOSPODAROWANIE TERENU – wykonanie trawników oraz nasadzenia drzew. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- 11) MONITORING dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- 12) MAŁA ARCHITEKTURA dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- 13) OŚWIETLENIE dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

Wykonanie robót budowlanych i oddanie do użytku przedmiotu zamówienia musi być zrealizowane zgodnie z obowiązującymi przepisami ustawy z dnia 7 lipca 1994r. Prawo Budowlane (t.j. Dz. U. 2021 poz. 2351 ze zm). Wykonanie i oddanie do użytku musi być również zgodne z wszelkimi aktami prawnymi właściwymi w przedmiocie zamówienia z przepisami techniczno-budowlanymi, obowiązującymi polskimi normami wytycznymi oraz zasadami wiedzy technicznej.

W celu oszacowania i wyceny zakresu robót dla potrzeb sporządzenia oferty należy kierować się:

- a) wynikami szczegółowych wizji terenowych i własnych inwentaryzacji,
- b) wynikami badań i pomiarów własnych,
- c) wynikami opracowań własnych,
- d) zapisami niniejszego PFU wraz z załącznikami – część opisowa i graficzna.

Wszelkie ilości, parametry i lokalizacje obiektów oraz instalacji, opisanych w niniejszym PFU są orientacyjne albo przybliżone.

UWAGA: Wykonawca musi liczyć się z sytuacją, że rodzaje robót i ilości wyszczególnione w PFU są orientacyjne i mogą ulec zmianie po opracowaniu dokumentacji projektowej.

Szczegółowe rozwiązania wpływające na zwiększenie zakresu robót stanowią ryzyko. Wykonawcy i nie będą traktowane jako roboty dodatkowe, nie będą miały wpływu na Cenę Kontraktową. Wykonawca określi w ofercie ryczałtową cenę realizacji przedsięwzięcia.

1.4. Szczegółowe właściwości funkcjonalno-użytkowe

Opisane wymagania dla projektowanych przez Wykonawcę obiektów i urządzeń należy traktować jako minimalne i należy je uzupełnić o wymagania zgodnie z obowiązującymi warunkami technicznymi, normami i innymi przepisami w tym zakresie.

Materiały, urządzenia, instalacje, itp. muszą być z asortymentu bieżąco produkowanego i odpowiadać normom i przepisom wymienionym w Programie Funkcjonalno – Użytkowym oraz ich najnowszym wersjom tu niewymienionym.

Bez względu na wybrane przez Wykonawcę rozwiązanie jest on zobowiązany do spełnienia wszystkich wymagań niniejszego PFU. Wybór jakiegokolwiek rozwiązania projektowego, nie zwalnia Wykonawcy od stosowania się do wszystkich koniecznych i obowiązkowych zmian, aby zapewnić, że wymogi wyszczególnione w niniejszym PFU są w całości spełnione.

Zastosowane materiały, urządzenia i wszelkie instalacje muszą być fabrycznie nowe. Jeśli materiały, instalacje, itp. są produkowane lub pozyskiwane w kilku klasach jakości lub w kilku gatunkach, to Wykonawca zawsze stosuje najwyższą klasę lub gatunek. Materiały, instalacje, itp., których to dotyczy muszą posiadać wymagane dla nich oznakowania oraz świadectwa dopuszczenia certyfikaty, deklaracje zgodności, aprobaty, atesty, oceny, które będą wydane przez właściwe, upoważnione jednostki certyfikujące.

Zamawiający wymaga, by rozwiązania projektowe i wykonane roboty oraz zastosowane materiały, wszelkie instalacje i wyposażenie spełniały wymagania najlepszej dostępnej techniki.

2* OPIS WYMAGAŃ ZAMAWIAJĄCEGO W STOSUNKU DO WYKONAWCY/PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

1. Wymagania w stosunku do Wykonawcy

Przygotowanie i realizację inwestycji należy przeprowadzić w szczególności zgodnie z wymaganiami wynikającymi z Ustawy z dnia 7 lipca 1994r. - Prawo budowlane (t. j. Dz. U. z 2021r. poz. 2351 ze zm.).

Realizacja przedmiotu zamówienia powinna być wykonana w oparciu o obowiązujące przepisy, przez Wykonawcę posiadającego stosowne doświadczenie i potencjał wykonawczy oraz osoby o odpowiednich kwalifikacjach i doświadczeniu zawodowym.

Zamawiający ustanowi nadzór inwestorski nad wykonywaniem wszystkich robót objętych zadaniem.

Zamawiający oczekuje zastosowania rozwiązań funkcjonalnych, nowoczesnych i bezpiecznych w eksploatacji.

Na całość wykonanych prac oraz poszczególne obiekty wymagane jest udzielenie gwarancji. W przypadku gotowych elementów wymagane są odpowiednie certyfikaty i deklaracje zgodności z obowiązującymi Polskimi Normami.

Wykonawca w ramach projektu budowlanego i wykonawczego jest zobowiązany uszczegółwić rozwiązania, które są opisane w niniejszym PFU, a także zaproponować inne niż w Programie jeśli w ten sposób uzyskane mogą być korzyści dla jakości, obniżenia kosztów lub poprawy walorów użytkowych obiektów. Zamawiający zastrzega sobie prawo do zatwierdzenia lub odrzucenia takich zmian w początkowym okresie prac projektowych. Wykonawca zamówienia winien zapewnić sporządzenie dokumentacji projektowej i wykonanie robót budowlanych przez osoby o odpowiednich uprawnieniach budowlanych. Wykonawca zamówienia, w oparciu o zaakceptowane przez Zamawiającego propozycje rozwiązań oraz uzyskane warunki przebudowy od właścicieli lub użytkowników urządzeń podziemnych lub nadziemnych, kolidujących z planowanymi robotami sporządzi niezbędną dokumentację projektową wraz ze wszystkimi wymaganymi decyzjami i uzgodnieniami.

Dokumentacja projektowa będzie podstawą do uzyskania decyzji o pozwoleniu na budowę. W przypadku kolizji z istniejącymi urządzeniami infrastruktury technicznej, należy zaprojektować i wykonać ich przebudowę lub zabezpieczenie. Należy uzyskać warunki techniczne, pozwolenia, uzgodnienia i zatwierdzenia na przebudowę lub likwidację infrastruktury technicznej. Projekty oraz budowa, przebudowa lub likwidacja urządzeń infrastruktury technicznej (urządzenia teletechniczne, urządzenia energetyczne, sieci wodociągowe i gazowe, urządzenia melioracyjne, system odprowadzenia wód deszczowych i ścieków sanitarnych) powinny spełniać obowiązujące przepisy i normy. Wykonawca jest zobowiązany uzyskać w imieniu i na rzecz Zamawiającego wszelkie uzgodnienia, pozwolenia, zezwolenia, decyzje i zgody niezbędne dla wykonania Umowy. Zmiany ilości lub parametrów opisanych w niniejszym PFU jakie mogą mieć miejsce w trakcie opracowywania przez Wykonawcę Projektu Budowlanego nie będą powodowały zwiększenia Ceny Oferty. Wykonawca przy obliczaniu Ceny Oferty zobowiązany jest wziąć pod uwagę możliwość zwiększenia ilości robót oraz uwzględnić ryzyko z tym związane w Cenie Oferty. W czasie wykonywania robót Wykonawca dostarczy, zainstaluje i będzie obsługiwał wszystkie zainstalowane urządzenia zabezpieczające takie jak: zapory, światła ostrzegawcze, sygnały, itp., zapewniając bezpieczeństwo pojazdów i pieszych. Wykonawca zapewni stałe warunki widoczności w dzień i w nocy tych zapór i znaków, dla których jest to konieczne ze względów bezpieczeństwa. Wszystkie znaki, zapory i inne urządzenia będą akceptowane przez Inspektora Nadzoru. Program i przeprowadzenie robót należy opracować w taki sposób, aby umożliwić zachowanie nieprzerwanego ruchu na drogach publicznych oraz dostępu do terenów przyległych, w tym do każdej działki sąsiadującej z projektowaną inwestycją.

Wykonawca ponosi odpowiedzialność za dokładne wytyczenie w planie i wyznaczenie wysokości wszystkich elementów robót, zgodnie z wymiarami i rzędnymi określonymi w dokumentacji projektowej, specyfikacjach technicznych lub przekazanych na piśmie przez Inspektora Nadzoru. Następstwa błędu spowodowanego przez Wykonawcę w wytyczeniu i wyznaczeniu robót zostaną poprawione przez Wykonawcę na własny koszt. Sprawdzenie wytyczenia robót lub wyznaczenia wysokości przez Inspektora Nadzoru nie zwalnia Wykonawcy od odpowiedzialności za ich dokładność.

Wykonawca będzie odpowiadał za ochronę robót i za wszelkie materiały i urządzenia używane do robót od daty rozpoczęcia do odbioru ostatecznego. Utrzymanie powinno być prowadzone w taki sposób, aby budowla drogowa lub jej elementy były w

zadawalającym stanie przez cały czas, do momentu odbioru ostatecznego. W przypadku przerwania prac przez Wykonawcę do jego obowiązków należy zabezpieczenie terenu budowy i robót w sposób nie powodujący utraty wartości odebranych uprzednio prac budowlanych.

2. Koncepcje Zamawiającego

Zamawiający oświadcza, iż Przedstawione w niniejszym Programie Funkcjonalno–Użytkowym (PFU) opracowania mają charakter wyłącznie pomocniczy dla Wykonawcy do sporządzenia własnych opracowań wykonania zadań wchodzących w skład przedmiotu zamówienia.

Przedstawione w PFU wielkości i miary są parametrami szacunkowymi. Ostateczne wielkości zostaną ustalone na podstawie sporządzonego przez Wykonawcę projektu budowlanego.

W przypadku rozbieżności Wykonawca nie będzie rościł praw do dodatkowego wynagrodzenia.

3. Wizytacja terenu budowy

Przed złożeniem oferty Wykonawca powinien obowiązkowo odbyć wizytację terenu inwestycji oraz jego otoczenia w celu oceny - przeprowadzonej na własną odpowiedzialność - kosztów i ryzyka, wszystkich czynników koniecznych do przygotowania jego rzetelnej oferty obejmującej wszelkie niezbędne prace przygotowawcze, zasadnicze i towarzyszące, zarówno do przygotowania Projektu Budowlanego do uzyskania pozwolenia na budowę i prowadzenia robót budowlano – montażowych.

4. Forma dokumentacji projektowej do opracowania przez Wykonawcę

Forma i zakres dokumentacji projektowej musi spełniać w szczególności wymogi:

- ustawy z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2021r. poz. 2351 z późn. zm.),
- Rozporządzenia Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego z dnia 11 września 2020r. (t.j. z Dz.U. 2022r. poz. 1679),
- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. z 2022r. poz. 1225).

4.1. Wymagania ogólne dotyczące Dokumentacji Projektowej

Dokumentacja projektowa powinna być opracowana zgodnie z odpowiednimi przepisami prawa budowlanego, Polskimi Normami, zasadami wiedzy technicznej, wymaganiami technicznymi Zamawiającego i potrzebami sprawnego przeprowadzenia procesu inwestycyjnego.

Zakres i treść dokumentacji projektowej powinna być dostosowana do specyfiki i charakteru obiektu oraz stopnia skomplikowania robót budowlano-montażowych.

4.2. Wymagania ogólne dotyczące Dokumentacji Projektowej

Dokumentacja projektowa będzie przekazywana Zamawiającemu w następujących etapach:

- Etap I – Projekt Budowlany, zawierający - projekt zagospodarowania terenu - projekt architektoniczno-budowlany - projekt techniczny, kosztorysy i przedmiary,
- Etap II – Projekty konstrukcyjne wraz ze sposobem montażu konstrukcji i urządzeń do podłoża,
- Etap III - Dokumentacja powykonawcza,
- Etap IV – Dokumentacja eksploatacyjna Projekt Budowlany winien uzyskać zatwierdzenie w zakresie przyjętych i zastosowanych rozwiązań technicznych przez Zamawiającego.

Dokumenty będą przekazywane Zamawiającemu w wersji papierowej i elektronicznej w formacie pdf w 4 egz.

4.3. Dokumentacja

Wykonawca opracuje:

- 1) mapę do celów projektowych w niezbędnym zakresie i skali, wersja papierowa i elektronicznej – 1 kpl,
- 2) Projekt Budowlany wielobranżowy opracowany w zakresie zgodnym z wymaganiami, zawierający:
 - projekt zagospodarowania terenu z informacją o obszarze oddziaływania obiektu,
 - projekt architektoniczno-budowlany,
 - projekt techniczny, dla celów realizacji inwestycji opracowany zgodnie z wymaganiami,
 - kosztorysy oraz przedmiary,
 - informację bezpieczeństwa i ochrony zdrowia,
 - uzgodnienie Zespołu Uzgadniania Dokumentacji Projektowej,
 - uzgodnienie Państwowego Powiatowego Inspektora Sanitarnego,
 - uzgodnienia rzeczoznawców ds. bhp, ppoż.,
 - uzgodnienie z zarządcą dróg gminnych,
 - inne wymagane prawem uzgodnienia,
 - decyzję pozwolenia na budowę,wykonany w 4 kpl.
- 3) Plan Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia - 3 kpl.
- 4) Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (STWiORB) dla każdego rodzaju Robót budowlanych – 3 kpl.
- 5) Projekt Organizacji Robót – 3 kpl.
- 6) Projekt rozruchu - 3 kpl.

oraz dokumenty porealizacyjne obejmujące:

- 7) Dokumentację powykonawczą z naniesionymi w sposób czytelny wszelkimi zmianami wprowadzonymi w trakcie budowy wraz z inwentaryzacją geodezyjną wykonanych obiektów i przyłączy - 3 kpl.
- 8) Dokumentację Techniczno-Ruchową wszystkich urządzeń odrębnie - 2 kpl.
- 9) Instrukcje stanowiskowe oraz instrukcje BHP, p.poz. - 2 kpl.
- 10) Instrukcję bezpieczeństwa pożarowego - 2 kpl.
- 11) Dokumenty ze szkolenia personelu -2 kpl.
- 12) Protokoły sprawdzeń i badań oraz inne dokumenty wymagane przepisami i warunkami uzyskania ostatecznego pozwolenia na użytkowanie -3 kpl.

13) Pozwolenie na użytkowanie.

Ponadto Wykonawca prześle dokumentację projektową oraz każdy inny opracowany dokument w formie papierowej i elektronicznej – płyta CD lub Pen Drive. Opisy, rysunki i schematy w rozszerzeniu edytowalnym *.doc, *.dwg.

4.4. Szkolenia, rozruchy.

Wykonawca przeszkoli personel Zamawiającego, w zakresie eksploatacji wyposażenia SKATEPARK-u oraz fontanny posadzkowej

4.5. Efekt końcowy inwestycji.

Efektym końcowym inwestycji ma być:

- a) wybudowanie obiektów o minimalnych wymogach użytkowo/eksploatacyjnych zapisanych w Programie Funkcjonalno - Użytkowym;
- b) uzyskanie pozwolenia na użytkowanie **w terminie do 31 listopada 2024r.**

Wykonawca udzieli Zamawiającemu gwarancji jakości na całość Robót, nie wyłączając urządzeń, wyposażenia oraz dóbr niematerialnych, objętych przedmiotem zamówienia na okres 60 miesięcy.

W celu weryfikacji, czy wykonane Roboty spełniają warunki objęte gwarancją jakości Zamawiający będzie prowadził przeglądy gwarancyjne.

5. Wymagania dotyczące robót

Wykonawca jest odpowiedzialny za jakość wykonanych robót, bezpieczeństwo wszelkich czynności na terenie budowy i metody użyte przy budowie.

5.1 Przekazanie terenu budowy

Zamawiający w terminie określonym w dokumentach kontraktowych prześle Wykonawcy teren budowy wraz ze wszystkimi wymaganymi uzgodnieniami prawnymi i administracyjnymi.

5.2 Zabezpieczenie terenu budowy

W czasie wykonywania robót Wykonawca dostarczy, zainstaluje i będzie obsługiwał wszystkie tymczasowe urządzenia zabezpieczające takie jak: zapory, światła ostrzegawcze, sygnały, itp., zapewniając w ten sposób bezpieczeństwo pojazdów i pieszych.

Wykonawca zapewni stałe warunki widoczności w dzień i w nocy tych zapór i znaków, dla których jest to nieodzowne ze względów bezpieczeństwa. Wszystkie znaki, zapory i inne urządzenia zabezpieczające będą akceptowane przez Inspektora nadzoru.

Fakt przystąpienia do robót Wykonawca obwieści publicznie przed ich rozpoczęciem w sposób uzgodniony z Inspektorem nadzoru oraz przez umieszczenie, w miejscach i ilościach określonych przez Inspektorem nadzoru, tablic informacyjnych, których treść będzie zatwierdzona przez Inspektorem nadzoru.

Tablice informacyjne będą utrzymywane przez Wykonawcę w dobrym stanie przez cały okres realizacji robót. Koszt zabezpieczenia terenu budowy nie podlega odrębnej zapłacie i przyjmuje się, że jest włączony w cenę ryczałtową.

5.3 Ochrona środowiska w czasie wykonywania robót

Wykonawca ma obowiązek znać i stosować w czasie prowadzenia robót wszelkie przepisy dotyczące ochrony środowiska naturalnego. W okresie trwania budowy i wykańczania robót Wykonawca będzie: utrzymywać teren budowy i wykopy w stanie bez wody stojącej, podejmować wszelkie uzasadnione kroki mające na celu stosowanie się do przepisów i norm dotyczących ochrony środowiska na terenie i wokół terenu budowy oraz będzie unikać uszkodzeń lub uciążliwości dla osób lub dóbr publicznych i innych, a wynikających z nadmiernego hałasu, wibracji, zanieczyszczenia lub innych przyczyn powstałych w następstwie jego sposobu działania. Stosując się do tych wymagań będzie miał szczególny wzgląd na:

- lokalizację wykopów,
- dróg dojazdowych, środki ostrożności i zabezpieczenia przed: zanieczyszczeniem cieków wodnych pyłami lub substancjami toksycznymi, zanieczyszczeniem powietrza pyłami i gazami, możliwością powstania pożaru.

Wykonawcy realizujący poszczególne elementy przedsięwzięcia zostaną zobowiązani do posiadania sorbentów na każdym etapie budowy.

Podczas prowadzenia wykopów należy zabezpieczyć plac robót płotkiem z siatki herpetologicznej przed przedostaniem się do wykopów małych zwierząt-płazów, gadów i małych ssaków; codziennie rano przeprowadzić kontrolę wykopów przed przystąpieniem do dalszych prac; uwięzione zwierzęta należy niezwłocznie przenieść poza teren objęty pracami, na właściwe dla nich siedlisko.

5.4 Ochrona przeciwpożarowa

Wykonawca będzie przestrzegać przepisy ochrony przeciwpożarowej. Wykonawca będzie utrzymywać, wymagany na podstawie odpowiednich przepisów sprawny sprzęt przeciwpożarowy, w zapleczu budowy, magazynie budowy oraz w maszynach i pojazdach.

Materiały łatwopalne będą składowane w sposób zgodny z odpowiednimi przepisami i zabezpieczone przed dostępem osób trzecich. Wykonawca będzie odpowiedzialny za wszelkie straty spowodowane pożarem wywołanym jako rezultat realizacji robót albo przez personel Wykonawcy.

5.5 Materiały szkodliwe dla otoczenia

Materiały, które w sposób trwały są szkodliwe dla otoczenia, nie będą dopuszczone do użycia.

Nie dopuszcza się użycia materiałów wywołujących szkodliwe promieniowanie o stężeniu większym od dopuszczalnego, określonego odpowiednimi przepisami. Wszelkie materiały odpadowe użyte do robót będą miały aprobatę techniczną wydaną przez uprawnioną jednostkę, jednoznacznie określającą brak szkodliwego oddziaływania tych materiałów na środowisko. Materiały, które są szkodliwe dla otoczenia tylko w czasie robót, a po zakończeniu robót ich szkodliwość zanika (np. materiały pylaste) mogą być użyte pod warunkiem przestrzegania wymagań technologicznych wbudowania. Jeżeli wymagają tego odpowiednie przepisy Wykonawca powinien otrzymać zgodę na użycie tych materiałów od właściwych organów administracji państwowej. Jeżeli Wykonawca użył materiałów szkodliwych

dla otoczenia zgodnie ze specyfikacjami, a ich użycie spowodowało jakiegokolwiek zagrożenie środowiska, to konsekwencje tego poniesie Wykonawca.

Wykonawca zobowiązany jest do utylizacji odpadów zgodnie z odrębnymi przepisami. Dokumenty potwierdzające te czynności stanowią element dokumentacji powykonawczej.

5.6 Ochrona własności publicznej

Wykonawca odpowiada za ochronę instalacji na powierzchni ziemi i za urządzenia podziemne, takie jak rurociągi, kable itp. oraz uzyska od odpowiednich władz będących właścicielami tych urządzeń potwierdzenie informacji dostarczonych mu przez Zamawiającego w ramach planu ich lokalizacji. Wykonawca zapewni właściwe oznaczenie i zabezpieczenie przed uszkodzeniem tych instalacji i urządzeń w czasie trwania budowy. O fakcie przypadkowego uszkodzenia instalacji Wykonawca bezzwłocznie powiadomi Inspektorem nadzoru i zainteresowane władze oraz będzie z nimi współpracował dostarczając wszelkiej pomocy potrzebnej przy dokonywaniu napraw. Wykonawca będzie odpowiadać za wszelkie spowodowane przez jego działania uszkodzenia instalacji na powierzchni ziemi i urządzeń podziemnych wykazanych w dokumentach dostarczonych mu przez Zamawiającego.

5.7 Bezpieczeństwo i higiena pracy

Podczas realizacji robót Wykonawca będzie przestrzegać przepisów dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy. W szczególności Wykonawca ma obowiązek zadbać, aby personel nie wykonywał pracy w warunkach niebezpiecznych, szkodliwych dla zdrowia oraz nie spełniających odpowiednich wymagań sanitarnych. Wykonawca zapewni i będzie utrzymywał wszelkie urządzenia zabezpieczające, socjalne oraz sprzęt i odpowiednią odzież dla ochrony życia i zdrowia osób zatrudnionych na budowie oraz dla zapewnienia bezpieczeństwa publicznego. Wykonawca zapewni posiłki regeneracyjne stosownie do czasu trwania robót i temperatur otoczenia. Uznaje się, że wszelkie koszty związane z wypełnieniem wymagań określonych powyżej nie podlegają odrębnej zapłacie i są uwzględnione w cenie kontraktowej.

5.8 Ochrona i utrzymanie robót

Wykonawca będzie odpowiadał za ochronę robót i za wszelkie materiały i urządzenia używane do robót od daty rozpoczęcia do daty wydania potwierdzenia zakończenia robót przez Zamawiającego. Wykonawca będzie utrzymywać roboty do czasu odbioru ostatecznego. Jeśli Wykonawca w jakimkolwiek czasie zaniedba utrzymanie, to na polecenie Inspektora nadzoru powinien rozpocząć roboty utrzymania nie później niż w 24 godziny po otrzymaniu tego polecenia.

5.9 Stosowanie się do prawa i innych przepisów

Wykonawca zobowiązany jest znać wszystkie zarządzenia wydane przez władze centralne i miejscowe oraz inne przepisy, regulaminy i wytyczne, które są w jakikolwiek sposób związane z wykonywanymi robotami i będzie w pełni odpowiedzialny za przestrzeganie tych postanowień podczas prowadzenia robót. Wykonawca będzie przestrzegać praw patentowych i będzie w pełni odpowiedzialny za wypełnienie wszelkich wymagań prawnych odnośnie znaków firmowych, nazw lub innych chronionych praw w odniesieniu do dokumentacji projektowej, sprzętu,

materiałów lub urządzeń użytych lub związanych z wykonywaniem robót i w sposób ciągły będzie informować Inspektora nadzoru o swoich działaniach, przedstawiając kopie zezwoleń i inne odnośne dokumenty. Wszelkie straty, koszty postępowania, obciążenia i wydatki wynikłe z lub związane z naruszeniem jakichkolwiek praw patentowych, praw autorskich pokryje Wykonawca, z wyjątkiem przypadków, kiedy takie naruszenie wyniknie z wykonania projektu lub specyfikacji dostarczonej przez Inspektora nadzoru.

5.10 Równoważność norm i zbiorów przepisów prawnych

Gdziekolwiek w dokumentach kontraktowych powołane są konkretne normy i przepisy, które spełniać mają materiały, sprzęt i inne towary oraz wykonane i zbadane roboty, będą obowiązywać postanowienia najnowszego wydania lub poprawionego wydania powołanych norm i przepisów o ile w warunkach kontraktu nie postanowiono inaczej. W przypadku gdy powołane normy i przepisy są państwowe lub odnoszą się do konkretnego kraju lub regionu, mogą być również stosowane inne odpowiednie normy zapewniające równy lub wyższy poziom wykonania niż powołane normy lub przepisy, pod warunkiem ich sprawdzenia i pisemnego zatwierdzenia przez Inspektora nadzoru. Różnice pomiędzy powołanymi normami a ich proponowanymi zamiennikami muszą być dokładnie opisane przez Wykonawcę i przedłożone Inspektorowi nadzoru do zatwierdzenia, co najmniej na miesiąc przed terminem wbudowania.

6. Odbiór Robót

Warunki wykonania i odbioru robót budowlanych Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych stanowiące część niniejszego PFU, określają wymagania Zamawiającego w stosunku do przedmiotu zamówienia zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (t.j. Dz. U. z 2021 poz. 2454) Rozdział 3 Zakres i forma specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych

Warunki Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych uzupełniają opis przedmiotu zamówienia w zakresie wymagań technicznych, a zawarte w nich wymagania w zakresie materiałów i ich jakości, sprzętu, środków transportowych, warunków wykonania Robót, badań i kontroli jakości należy traktować jako minimalne w stosunku do wymagań jakie będą zawarte w opracowywanych przez Wykonawcę Specyfikacjach Technicznych Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (STWiORB).

Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych zostaną sporządzone dla każdego rodzaju Robót budowlanych wynikających z Projektu Budowlanego i Projektu Wykonawczego, opracowanych przez Wykonawcę w ramach niniejszej Umowy i po zatwierdzeniu przez Inspektora Nadzoru będą stanowiły podstawę do oceny wykonania i odbioru Robót niezbędnych dla zrealizowania przedmiotu zamówienia.

6.1. Rodzaje odbiorów robót W zależności od ustaleń, roboty podlegają następującym etapom odbioru:

- odbiorowi robót zanikających i ulegających zakryciu,
- odbiorowi częściowemu,

- odbiorowi końcowy,
- odbiorowi pogwarancyjnemu.

6.2. Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu

Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu polega na finalnej ocenie ilości i jakości wykonywanych robót, które w dalszym procesie realizacji ulegną zakryciu. Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu będzie dokonany w czasie umożliwiającym wykonanie ewentualnych korekt i poprawek bez hamowania ogólnego postępu robót. Odbioru robót dokonuje Inspektor nadzoru. Gotowość danej części robót do odbioru zgłasza Wykonawca wpisem do dziennika budowy i jednoczesnym powiadomieniem Inspektora nadzoru. Odbiór będzie przeprowadzony niezwłocznie, nie później jednak niż w ciągu 3 dni od daty zgłoszenia wpisem do dziennika budowy i powiadomienia o tym fakcie Inspektora nadzoru. Jakość i ilość robót ulegających zakryciu ocenia Inspektor nadzoru na podstawie dokumentów zawierających komplet wyników badań laboratoryjnych i w oparciu o przeprowadzone pomiary, w konfrontacji z dokumentacją projektową, SST i uprzednimi ustaleniami.

6.3. Odbiór częściowy robót

Odbiór częściowy polega na ocenie ilości i jakości wykonanych części robót. Odbioru częściowego robót dokonuje się wg zasad jak przy odbiorze ostatecznym robót. Odbioru robót dokonuje Inspektor nadzoru.

6.4 Odbiór końcowy robót

Odbiór końcowy polega na finalnej ocenie rzeczywistego wykonania robót w odniesieniu do ich ilości, jakości i wartości. Całkowite zakończenie robót oraz gotowość do odbioru końcowego będzie stwierdzona przez Wykonawcę wpisem do dziennika budowy z bezzwłocznym powiadomieniem na piśmie o tym fakcie Inspektora nadzoru. Odbiór końcowy robót nastąpi w terminie ustalonym w dokumentach umowy, licząc od dnia potwierdzenia przez Inspektora nadzoru zakończenia robót i przyjęcia powykonawczej dokumentacji odbiorowej. Odbioru końcowego robót dokona komisja wyznaczona przez Zamawiającego w obecności Inspektora nadzoru i Wykonawcy. Komisja odbierająca roboty dokona ich oceny jakościowej na podstawie przedłożonych dokumentów, wyników badań i pomiarów, ocenie wizualnej oraz zgodności wykonania robót z dokumentacją projektową. W toku odbioru końcowego robót komisja zapozna się z realizacją ustaleń przyjętych w trakcie odbiorów robót zanikających i ulegających zakryciu, zwłaszcza w zakresie wykonania robót uzupełniających i robót poprawkowych. W przypadkach niewykonania wyznaczonych robót poprawkowych lub uzupełniających, komisja przerwie swoje czynności i ustali nowy termin odbioru końcowego. W przypadku stwierdzenia przez komisję, że jakość wykonywanych robót w poszczególnych asortymentach nieznacznie odbiega od wymaganej dokumentacją projektową z uwzględnieniem tolerancji i nie ma większego wpływu na cechy eksploatacyjne obiektu i bezpieczeństwo ruchu, komisja dokona potrąceń, oceniając pomniejszoną wartość wykonywanych robót w stosunku do wymagań przyjętych w dokumentach umowy.

6.5 Dokumenty do odbioru ostatecznego

Podstawowym dokumentem do dokonania odbioru ostatecznego robót jest protokół odbioru ostatecznego robót sporządzony wg wzoru ustalonego przez Zamawiającego. Do odbioru ostatecznego Wykonawca jest zobowiązany przygotować następujące dokumenty:

- 1) dokumentację projektową podstawową z naniesionymi zmianami oraz dodatkową, jeśli została sporządzona w trakcie realizacji umowy,
- 2) szczegółowe specyfikacje techniczne (podstawowe z dokumentów umowy i ew. uzupełniające lub zamiennie),
- 3) ustalenia technologiczne,
- 4) dziennik budowy (oryginały),
- 5) rysunki (dokumentacje) na wykonanie robót towarzyszących (np. na przełożenie linii telefonicznej, energetycznej, wodociągowej, kanalizacyjnej, oświetlenia itp.) oraz protokoły odbioru i przekazania tych robót właścicielom urządzeń,
- 6) geodezyjną inwentaryzację powykonawczą robót i sieci uzbrojenia terenu.

W przypadku, gdy wg komisji, roboty pod względem przygotowania dokumentacyjnego nie będą gotowe do odbioru końcowego, komisja w porozumieniu z Wykonawcą wyznaczy ponowny termin odbioru ostatecznego robót. Wszystkie zarządzone przez komisję roboty poprawkowe lub uzupełniające będą zestawione wg wzoru ustalonego przez Zamawiającego.

Termin wykonania robót poprawkowych i robót uzupełniających wyznaczy komisja.

6.6 Odbiór pogwarancyjny

Odbiór pogwarancyjny polega na ocenie wykonanych robót związanych z usunięciem wad stwierdzonych przy odbiorze końcowym i zaistniałych w okresie gwarancyjnym.

2 WYMAGANIA W STOSUNKU DO PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA – WYMAGANIA DOTYCZĄCE:**

1. Przygotowania terenu budowy

Wymagania Zamawiającego w stosunku do przygotowania terenu budowy. Wszelkie roboty przygotowawcze, tymczasowe, budowlane, montażowe itp., będą wykonane według dokumentacji projektowej opracowanej przez Wykonawcę i zatwierdzonej przez Zamawiającego, niniejszych wymagań i pozostałych dokumentów Kontraktu oraz uzupełnień i zmian, które zostaną dołączone zgodnie z Kontraktem.

Wykonawca jest odpowiedzialny za prowadzenie robót zgodnie z Kontraktem oraz za jakość zastosowanych materiałów i wykonywanych robót, za ich zgodność z dokumentacją projektową, wymaganiami PFU, projektem organizacji robót oraz poleceniami Inspektora/Zamawiającego.

Wykonawca ponosi odpowiedzialność za dokładne wytyczenie w planie i wyznaczenie wysokości wszystkich elementów robót zgodnie z wymiarami i rzędnymi określonymi w dokumentacji projektowej lub przekazanymi na piśmie przez Inspektora/Zamawiającego. Następstwa jakiegokolwiek błędu spowodowanego przez Wykonawcę w wytyczeniu i wyznaczeniu robót zostaną, jeśli wymagać tego będzie Inspektor, poprawione przez Wykonawcę na własny koszt.

Wszystkie ewentualne prace, które będą polegały na połączeniu nowych urządzeń i instalacji z funkcjonującymi muszą uzyskać zgodę zarządcy sieci. W tym celu Wykonawca będzie występował na piśmie do zarządcy sieci. Pisma te powinny być przedłożone, co najmniej 7 dni roboczych przed planowanym terminem robót. Do robót można będzie

przystąpić wyłącznie po uzyskaniu pisemnej zgody zarządcy sieci i po uzgodnieniu terminu ich realizacji.

Wykonawca na podstawie sporządzonej przez siebie inwentaryzacji zieleni, sporządzi stosowny wniosek o wydanie decyzji na wycinkę drzew i krzewów dokona usunięcia zakwalifikowanych drzew i krzewów.

Teren budowy powinien być ogrodzony w sposób estetyczny i zapewniający bezpieczeństwo użytkowników na jezdniach i chodnikach bezpośrednio sąsiadujących z terenem budowy i prowadzonymi robotami. Stan techniczny ogrodzenia w trakcie prowadzenia robót powinien być systematycznie kontrolowany. Wszelkiego typu reklamy i ogłoszenia należy bezwzględnie usuwać.

Drzewa znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych robót należy odpowiedni zabezpieczyć przed ewentualnym uszkodzeniem.

Wykonawca będzie ponosił odpowiedzialność cywilną wobec osób trzecich i musi ubezpieczyć budowę od szkód, zdarzeń i OC w dniu podpisania umowy.

Materiały z rozbiórki muszą być wywiezione poza obręb budowy i zutylizowane na koszt Wykonawcy.

Zagospodarowanie materiałów z rozbiórki powinno się odbywać zgodnie z obowiązującymi przepisami ustawy z dnia 14.12.2012r. o odpadach (t. j. Dz. U. z 2022r. poz. 699 ze zm.).

Zaplecze budowy Wykonawca organizuje na własny koszt i sam wyszukuje lokalizację, ponosi koszty związane z organizacją pracy, uszkodzeniami i naprawami infrastruktury komunalnej, wskazanymi na mapach i planszach.

Wykonawca zobowiązany jest do zabezpieczenia terenu budowy przed dostępem osób postronnych a jednocześnie do zapewnienia dojazdów mieszkańcom posesji w strefie i rejonie oddziaływania budowy. Lokalizacja zaplecza budowy powinna być ustalona z Zamawiającym.

Uzgodnienia dotyczące podłączenia i korzystania z energii elektrycznej, wody oraz odprowadzenia ścieków Wykonawca dokonuje we własnym zakresie.

Tereny zielone należy rekultywować i odbudować w razie zniszczeń. Wszelkie materiały i odpady należy usunąć. Uporządkować teren po placu budowy.

2. Architektury

Wszystkie rozwiązania architektoniczne muszą być zgodne z ustaleniami zawartymi w koncepcji I – Nasycałnia Sportu przedstawionej w „STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM”.

Elementy małej architektury zaprojektować i wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami. Zastosowane rozwiązania winny zapewniać maksymalną trwałość i estetykę obiektu. W czasie realizacji robót należy zadbać o funkcjonalność obiektów oraz dobrze i estetycznie wykonane elementy robót.

3. Konstrukcji

Konstrukcję zaprojektować i wykonać zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami. Zastosowane rozwiązania winny zapewnić maksymalną trwałość i wytrzymałość konstrukcji oraz bezpieczeństwo użytkownika obiektu i być dostosowane do przyjętej technologii.

Zamawiający wymaga, aby roboty budowlane były wykonywane na wysokim poziomie jakościowym oraz by elementy konstrukcji urządzeń i sposób ich mocowania były zaprojektowane i wykonane zgodnie z wytycznymi ich dostawców.

Układ komunikacyjny musi być zaprojektowane w sposób zapewniający wymagany poziom bezpieczeństwa ruchu pieszego. Projekt konstrukcji układu drogowego musi zapewnić płynny ruch, bezpieczeństwo i komfort użytkowników. Żadna z informacji zawartych w tym dokumencie nie zwalnia Wykonawcy z odpowiedzialności za projekt i obliczenia.

Wszystkie rozwiązania dotyczące konstrukcji muszą być zgodne z ustaleniami zawartymi w Koncepcji I – Nasycalnia Sportu przedstawionej w „STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM”.

4. Instalacja wodno-kanalizacyjna

Instalacje wykonać jako odporne na zmienne warunki atmosferyczne.

Przyłącza zaprojektować i zrealizować zgodnie z warunkami technicznymi w dostosowaniu do przyjętej technologii realizacji przedmiotowego zakresu.

5. Instalacja elektryczna

Instalacje wykonać z materiałów trwałych, odpornych na warunki atmosferyczne.

Przyłącza: elektroenergetyczne, oświetleniowe i elementy monitoringu wizyjnego zaprojektować i zrealizować zgodnie z warunkami technicznymi.

6. Wymagania dotyczące wykończenia

Wymagany jest wysoki standard wykończenia zewnętrznego z użyciem materiałów nowoczesnych o dużej trwałości, walorach estetycznych i użytkowych.

Wszystkie rozwiązania dotyczące wykończenia muszą być zgodne z ustaleniami zawartymi w Koncepcji I – Nasycalnia Sportu przedstawionej w „STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM”.

7. Zagospodarowania terenu

Zamawiający wymaga; by końcowe zagospodarowanie terenu było zgodne z zatwierdzonym projektem, a jego elementy wykonane funkcjonalnie i estetycznie.

Po wykonaniu wszystkich prac przy obiekcie należy pozostały teren doprowadzić do stanu pierwotnego.

8. Wymagania Zamawiającego w stosunku do używanych materiałów

Wszystkie materiały zastosowane przy realizacji robót powinny być nowe i o najlepszej jakości, najbardziej odpowiednie do pełnionej roli, wymagające minimum konserwacji. Wszystkie dobrane materiały i wykończenia powinny zapewniać długotrwałą przydatność w warunkach klimatycznych w miejscu wbudowania.

Przed zaplanowanym wykorzystaniem jakichkolwiek materiałów przeznaczonych do realizacji robót, Wykonawca zobowiązany będzie przedstawić szczegółowe informacje dotyczące proponowanego źródła wytwarzania, zamawiania lub wydobywania tych materiałów oraz przedstawić odpowiednie świadectwa badań laboratoryjnych wraz z próbkami do zatwierdzenia przez Zamawiającego.

Zatwierdzenie partii (części) materiałów z danego źródła nie oznacza automatycznie, że wszystkie materiały uzyskane z dopuszczonego źródła w sposób ciągły spełniają określone wymagania w czasie postępu robót.

Wykonawca odpowiedzialny jest za uzyskanie pozwoleń od właścicieli i odpowiednich władz na pozyskanie materiałów z jakichkolwiek źródeł miejscowych i jest zobowiązany dostarczyć wymagane dokumenty przed rozpoczęciem eksploatacji źródła. Wykonawca przedstawi dokumentację zawierającą raporty z badań terenowych i laboratoryjnych oraz proponowaną przez siebie metodę wydobywania i selekcji do zatwierdzenia. Wykonawca ponosi odpowiedzialność za spełnienie wymagań ilościowych i jakościowych materiałów z jakiegokolwiek źródła. Wykonawca poniesie wszelkie koszty, a w tym: opłaty, wynagrodzenia i jakiegokolwiek inne koszty związane z dostarczeniem materiałów do robót. Wszystkie odpowiednie materiały pozyskane na terenie budowy lub z innych miejsc wskazanych w Kontrakcie będą wykorzystane do robót lub odwiezione na odkład odpowiednio do wymagań Kontraktu lub wskazań Inspektora/Zamawiającego.

Wytwórnice materiałów mogą być okresowo kontrolowane przez Zamawiającego/Inspektora w celu sprawdzenia zgodności stosowanych metod produkcyjnych z wymaganiami. Próbkę materiałów mogą być pobierane w celu sprawdzenia ich właściwości. Wynik tych kontroli będzie podstawą do akceptacji określonej partii materiałów pod względem jakości. W przypadku, gdy Zamawiający/Inspektor będzie przeprowadzał inspekcję wytwórni, będą zachowane następujące warunki:

- a) Zamawiający/Inspektor będzie miał zapewnioną współpracę i pomoc Wykonawcy oraz producenta materiałów w czasie przeprowadzania inspekcji,
- b) Zamawiający/Inspektor będzie miał wolny wstęp, w dowolnym czasie, do tych części wytwórni, gdzie odbywa się produkcja materiałów przeznaczonych do realizacji Kontraktu.

Zastosowane materiały powinny spełniać wymogi określone w Ustawie z dnia 16 kwietnia 2004r. o wyrobach budowlanych (t. j. Dz. U. z 2021r. poz. 1213), oraz w aktach wykonawczych, a także obowiązujących normach i specyfikacjach technicznych.

Wszystkie zastosowane produkty przemysłowe i materiały muszą posiadać odpowiednie dokumenty jakościowe i użytkowania, wydane przez producenta, a w razie potrzeby poparte wynikami badań wykonanych przez niego:

- a) certyfikaty na znak bezpieczeństwa,
- b) deklarację zgodności lub certyfikat zgodności z Polską Normą, Aprobata Techniczną lub właściwych zharmonizowanych Europejskich Norm.

Materiały nieodpowiadające wymaganiom zostaną przez Wykonawcę wywiezione z terenu budowy.

Każdy rodzaj Robót, w którym znajdują się niezbadane i niezaprobowane materiały, Wykonawca wykonuje na własne ryzyko, licząc się z jego nie przyjęciem i niezapłaceniem.

Wykonawca zapewni, aby tymczasowo składowane materiały, do czasu, gdy będą one potrzebne do robót, były zabezpieczone przed zanieczyszczeniem, zachowały swoją jakość i właściwość i były dostępne do kontroli przez Inspektora/Zamawiającego. Miejsca czasowego składowania będą zlokalizowane w obrębie terenu budowy w miejscach uzgodnionych z Inspektorem/Zamawiającym lub poza terenem budowy w miejscach zorganizowanych przez Wykonawcę, po uprzednim uzgodnieniu z właścicielem terenu.

2.1. CECHY OBIEKTU DOTYCZĄCE ROZWIĄZAŃ BUDOWLANO-KONSTRUKCYJNYCH I WSKAŹNIKÓW EKONOMICZNYCH

Wszystkie zamontowane urządzenia muszą być łatwo dostępne i jednocześnie zabezpieczone przed dostępem osób niepowołanych oraz zabezpieczone przed oddziaływaniem warunków atmosferycznych. Zaprojektowane rozwiązania; w tym technologiczne, muszą gwarantować maksymalne ograniczenie konieczności obsługi oraz być ekonomiczne w użytkowaniu.

Przed przystąpieniem do prac Wykonawca powinien uzgodnić zakres dokumentacji projektowej oraz rodzaj i jakość proponowanych rozwiązań z Zamawiającym. Stosowane wyroby powinny być wysokiej jakości, zapewniać trwałość i bezpieczeństwo użytkowania.

2.2. WARUNKI WYKONANIA I ODBIORU ROBÓT BUDOWLANYCH ODPOWIADAJĄCYCH ZAWARTOŚCI SPECYFIKACJI TECHNICZNYCH WYKONANIA I ODBIORU ROBÓT BUDOWLANYCH

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za ich zgodność z zapisami Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych - STWiORB, zgodnej z warunkami Umowy.

Wykonawca będzie odpowiedzialny za prowadzenie Robót zgodnie z Umową, za jakość zastosowanych materiałów i wykonywanych robót, za ich zgodność z zatwierdzoną dokumentacją projektową oraz poleceniami Zamawiającego.

Uwaga: Wszelkie zobowiązania Zamawiającego wobec Wykonawcy oraz Wykonawcy wobec Zamawiającego w trakcie realizacji zadania (zakres opracowania, wymagania, podwykonawstwo, terminy, płatności, kary umowne, prawa autorskie, gwarancje itd.) będą podane szczegółowo w Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia oraz w Umowie.

W celu oszacowania dokładnych kosztów prac Wykonawca powinien dokonać wizji w terenie.

2.2.1. Warunki ogólne:

- Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (STWiORB) Zamawiający wymaga opracowania (STWiORB) zawierającego w szczególności zbioru wymagań niezbędnych do określenia standardu i jakości wykonania robót, w zakresie sposobu wykonania robót budowlanych, właściwości wyrobów budowlanych oraz oceny prawidłowości wykonania poszczególnych robót – przewiduje się opracowanie szczegółowych specyfikacji na etapie wykonywania projektu budowlanego.
- Sporządzenie planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ) Zamawiający wymaga sporządzenie planu (BIOZ) przed rozpoczęciem realizacji robót przez kierownika budowy.
- Ogólne wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót.

Wykonawca zobowiązany jest do:

- 1) Wykonywania poleceń inspektora nadzoru w zakresie dotyczącym wykonywania robót.
- 2) Opracowania projektu tymczasowej organizacji ruchu przez okres wykonywania robót.
- 3) Obsługi geodezyjnej inwestycji.
- 4) Sprawowania nadzoru autorskiego
- 5) Wykonywania badań wymaganych normami oraz konieczności właściwej oceny stanu technicznego istniejącego podłoża na koszt Wykonawcy (np. badania nośności gruntu itp.), na każde żądanie inspektora nadzoru.
- 6) Wykonywania odkrywek wykonanych elementów konstrukcji na koszt Wykonawcy na każde żądanie inspektora nadzoru i w miejscach przez niego wskazanych.
- 7) Wnoszenia opłat za utylizację lub składowanie gruzu i innych odpadów na wysypisku (w tym elementów konstrukcyjnych pochodzących z rozbiórki).

- 8) Ponoszenia kosztów zużycia mediów (n.p. prąd, woda) niezbędnych do wykonania przedmiotu umowy. Wszelkie urządzenia, potrzebne do korzystania z mediów oraz pomiaru ich zużycia ilości dostarczy Wykonawca na własny koszt i ryzyko.
- 9) Ponoszenia wszelkich kosztów niezbędnych do wykonania przedmiotu zamówienia, związanych z:
 - a) organizacją, ogrodzeniem i zabezpieczeniem terenu budowy,
 - b) ubezpieczeniem placu budowy.
- 10) Dokonywania niezbędnych uzgodnień wynikających z decyzji administracyjnych, w tym m.in. pozwolenia na budowę i dokumentacji projektowej z właściwymi organami.
- 11) Koordynowania prac realizowanych przez ewentualnych podwykonawców zgłoszonych Zamawiającemu i zaakceptowanych przez Zamawiającego.
- 12) Współpracy ze służbami Zamawiającego tj. inspektorem nadzoru oraz projektantem sprawującym nadzór autorski nad realizacją inwestycji (jeśli projektant będzie stanowił oddzielny podmiot gospodarczy).
- 13) Zapewnienia przedstawicielom Zamawiającego pełnej swobody w zakresie dostępu do wszystkich części placu budowy oraz sprawdzania postępu prowadzonych robót włącznie z udostępnieniem urządzeń, zezwoleń oraz sprzętu bezpieczeństwa.
- 14) Zapewnienia dostępu do terenu budowy wskazanym przez Zamawiającego podmiotom, wykonującym na jego rzecz czynności nieobjętych przedmiotem umowy.
- 15) Wykonawca ochroni Zamawiającego przed wszelkimi szkodami, stratami i wydatkami, włącznie z kosztami sądowymi i opłatami oraz pokryje we w własnym zakresie wszelkie ewentualne koszty powstałe z tego tytułu.
- 16) Przystąpienia do dokonania komisyjnego przekazania przedmiotu umowy przy udziale Zamawiającego i zainteresowanych organów.
- 17) Wykonawca uzyska w imieniu Zamawiającego pozwolenie na użytkowanie przedmiotu zamówienia.

2.2.2. Roboty rozbiórkowe

Wykonawca zrealizuje je w zakresie niezbędnym do realizacji przedsięwzięcia, z zachowaniem warunków bezpieczeństwa i higieny pracy.

2.2.3. Przygotowanie terenu budowy

Plac budowy, zaplecza oraz drogi technologiczne należy zorganizować w sposób zapewniający oszczędne korzystanie z terenu.

Za szkody powstałe na skutek działań Wykonawcy w terenie przyległym lub w istniejącej infrastrukturze odpowiadać będzie Wykonawca. Powstające w trakcie prac odpady należy segregować i magazynować w wydzielonym miejscu, w pojemnikach, zapewniając ich regularny odbiór przez uprawnione podmioty. Odpady niebezpieczne, jakie mogą się pojawić w ramach robót budowlanych, należy segregować i oddzielać od odpadów obojętnych i nieszkodliwych, celem wywozu przez specjalistyczne przedsiębiorstwa zajmujące się ich unieszkodliwianiem. Nie wykluczając innych czynności niezbędnych dla prawidłowego przygotowania placu budowy, w ramach Umowy należy uwzględnić koszty związane z:

- a) czasowym zajęciem nieruchomości objętym zezwoleniem na wykonanie robót w zakresie przebudowy infrastruktury technicznej tzn. oznaczeniem w terenie czasowych zajęć i określeniem ich powierzchni, inwentaryzacji nieruchomości, powiadomieniem właścicieli oraz spisanie protokołów zarówno o rozpoczęciu czasowych zajęć jak i ich zakończeniu;
- b) zawarciem umowy/ów na czasowe korzystanie z nieruchomości w przypadku potrzeby: rozbiórki obiektów budowlanych, konieczności urządzenia

- tymczasowych objazdów oraz pozyskania innych terenów niezbędnych Wykonawcy do przeprowadzenia prac;
- c) wypłatą odszkodowań z tytułu czasowego zajęcia nieruchomości, w wysokości uzgodnionej przez Wykonawcę z właścicielami nieruchomości lub ustalonej przez właściwe organy administracji publicznej (wraz kosztami ustalenia wysokości odszkodowania);
 - d) uzyskaniem i realizacją obowiązków wynikających z uzgodnień dotyczących wyłączeń/włączeń u odpowiednich gestorów sieci zawarciem umowy/ów na czasowe korzystanie z nieruchomości w przypadku potrzeby rozbiórki obiektów budowlanych;
 - e) zabezpieczeniem przed uszkodzeniami drzew na Placu Budowy i w sąsiedztwie Placu Budowy;
 - f) Wykonawca zapewni, aby tymczasowo składowane materiały/wyroby do czasu, gdy będą one potrzebne do robót, były zabezpieczone przed zanieczyszczeniami, zachowały swoją jakość i właściwości do robót i były dostępne do kontroli przez Inspektora Nadzoru;
 - g) Przed przystąpieniem do robót należy wykonać przekopy kontrolne w celu zlokalizowania ewentualnych urządzeń obcych. W przypadku ich wystąpienia Wykonawca opracuje projekt zabezpieczenia urządzenia na czas prowadzenia robót w uzgodnieniu z jego właścicielem oraz wykonana wszelkie czynności z tym związane Wyżej wymienione czynności nie wykluczają konieczności wykonania innych, niezbędnych dla prawidłowego przygotowania terenu budowy.

Prace pomiarowe powinny być wykonane zgodnie z obowiązującymi instrukcjami Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii. Wykonawca jest odpowiedzialny za ochronę wszystkich punktów pomiarowych i ich oznaczeń w czasie trwania robót, a w przypadku ich zniszczenia muszą one być odtworzone na koszt Wykonawcy.

Przed przystąpieniem do wykonania robót Wykonawca zobowiązany jest do oznakowania i zabezpieczenia terenu robót zgodnie z obowiązującymi przepisami. Wykonawca uzgodni z Zamawiającym wyłączenie lub nie- z eksploatacji parkingu na czas realizacji umowy.

2.2.4. Roboty ziemne

Roboty ziemne powinny być prowadzone w sposób nie powodujący destrukcji podłoża i jego nawodnienia. Sposób wykonania wykopów i nasypów powinien gwarantować ich stateczność.

Wyznaczenie ewentualnego miejsca odkładów i koszty ewentualnej rekultywacji leżą po stronie Wykonawcy.

Roboty ziemne należy wykonywać w warunkach atmosferycznych nie powodujących pogorszenia stanu gruntów w podłożu posadowienia konstrukcji drogowych. W przypadku zaistnienia niebezpieczeństwa utraty parametrów wytrzymałościowych gruntu (np. gruntów gliniastych narażonych na ekspozycję w czasie opadów atmosferycznych), Wykonawca obowiązany jest podjąć odpowiednie środki zaradcze (np. wykonanie odwodnienia obszarów roboczych itp.). Informacja na ten temat powinna znaleźć się w dokumentacji projektowej.

2.2.5. Roboty budowlano-montażowe, sadzenie drzew i roślin

- 1) FONTANNA POSADZKOWA z dyszami mgłowymi i wodnymi - fontanna ma formę posadzkową, w części południowo-zachodniej utworzono płytkie zagłębienie, w którym zatrzymuje się woda. Ponad taflę wody wystają kamienie o nieregularnych

formach, między którymi znajdują się dysze mgłowe. Dysze i niekiedy fontanny dekoracyjnie podświetlone specjalistycznymi oprawami. Oprawy typu LED. Barwa światła: ciepłe, białe.

Posadzka fontanny z ciemnoszarego kamienia (np. bazalt, łupek). Kamień naturalny, nieoszlifowany, co zapewni ciekawy efekt wizualny i mniejszy ryzyko poślizgnięcia się. Pomieszczenie techniczne fontanny znajdzie się pod posadzką placu, dostępne za pomocą włazu.

W centrum placu fontanna ma formę posadzkową, w części południowo-zachodniej utworzono płytkie zagłębienie, w którym zatrzymuje się woda. Ponad taflę wody wystają kamienie o nieregularnych formach, między którymi znajdują się dysze mgłowe. Posadzka fontanny z ciemnoszarego kamienia (np. bazalt, łupek). Kamień naturalny, nieoszlifowany, co zapewni ciekawy efekt wizualny i mniejszy ryzyko poślizgnięcia się.

Pomieszczenie techniczne fontanny znajdzie się pod posadzką placu, dostępne za pomocą włazu.

Fontanna otoczona jest drzewami, zapewniającymi niezbędny cień. Dzięki widowni w formie drewnianych „górek” plac może być atrakcyjnym miejscem organizacji kameralnych imprez. Pod zadaszeniem przewidziano miejsce dla stoisk czy straganów z sezonową gastronomią. Znajdzie się tam też toaleta publiczna.

Elementy placu takie jak widownia i zadaszenie opisano szczegółowo w części dotyczącej architektury.

Plac wyposażony w małą architekturę, oświetlony. Do placu należy doprowadzić przyłącza wody, kanalizacji sanitarnej i deszczowej. Przy scenie wykonać gniazdo elektryczne typu floorbox. Dekoracyjne podświetlenie fontanny. Iluminacja w posadzce podświetlająca drzewa i „górkę”. Oświetlenie zadaszenia.

Nawierzchnia glinkowo-mineralna, taka jak na otaczających plac alejkach. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

- 2) SCENA, WIDOWNIA I SIEDZISKA W FORMIE „GÓREK”, ścięte kanciaste bryły nawiązujące do architektury pawilonu sportu. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

Należy wykonać:

- 1 górkę – widownię z górnym tarasem na poziomie 0,85 m nad posadzką placu, pow. ok. 51 m²,
- 1 górkę – widownię z tarasem na poziomie 1,35 m, pow. ok. 101 m²,
- 1 górkę – scenę lekko wznoszącą się na poziom placu, nachylenie ok. 6%, pow. ok. 54 m².

Fundamenty żelbetowe, podkonstrukcja ze stali ocynkowanej. Okładziny z drewna wybarwionego na ciemny kolor, zabezpieczonego przed działaniem czynników atmosferycznych. Mocowania stalowe. Miejsca do siedzenia w formie stopni. Balustrady będące przedłużeniem pochyłych ścian „górek”, w całości obudowane drewnem. Pochylnia umożliwiająca wejście na widownię, o nachyleniu ok. 15%, z rowkami lub prostopadłymi listwami zapewniającymi antypoślizgowość. Dekoracyjne podświetlenie wybranych górek.

Należy zadbać o możliwe najlepsze dostosowanie obiektów do potrzeb osób niepełnosprawnych. Część „górek” nie będzie dostępna dla osób poruszających się na wózku – w przypadku organizacji wydarzeń zostanie dla nich zapewnione dogodne miejsce do oglądania sceny z poziomu terenu.

- 3) ZADASZENIE NA PLACU Z WKOMPONOWANĄ TOLALETĄ PUBLICZNĄ (osłona od deszczu i słońca stanowiąca zarazem zamknięcie placu od strony północnej). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

Proponowany układ funkcjonalny:

- wolna przestrzeń pod zadaszeniem (możliwość ustawienia stoisk, straganów, sezonowej gastronomii), wyposażona w ławki,
- bezobsługowe toalety, np. na monetę – toaleta damska, męska i dla osób niepełnosprawnych.

Parametry zadaszenia:

Pow. użytkowa (budynek toalet): ok. 22 m²

Łączna pow. zabudowy: ok. 183 m²

Pow. zabudowy budynku toalet: 32 m²

Wysokość: 2,4 – 5,4 m

Fundamenty żelbetowe. Konstrukcja zadaszenia stalowa, dach jednospadowy, wznoszący się w kierunku placu. Podbitka z naturalnego drewna wybarwionego na ciemny kolor. Pokrycie dachowe z blachy płaskiej. Słupy stalowe okrągłe, o możliwie niewielkim przekroju, malowane na kolor czarny. Oświetlenie podkreślające architekturę.

Budynek toalet publicznych murowany. Ściany trójwarstwowe licowane czerwoną cegłą pełną. Elewacje powinny nawiązywać do budynku trafostacji pod względem koloru i sposobu ułożenia cegły. Stropodach o konstrukcji stalowej lub drewnianej, pokrycie dachowe bitumiczne. Ślusarka aluminiowa. Ściany wewnętrzne i posadzki trwale wykończone, odporne na działanie wody.

Budynek ocieplony, nieogrzewany. Zaopatrzony w media: woda, prąd, przyłącze kanalizacji sanitarnej i deszczowej.

Należy rozważyć instalację fotowoltaiczną do przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Należy zadbać o dostosowanie obiektu do potrzeb osób niepełnosprawnych.

- 4) BOISKO WIELOFUNKCYJNE do koszykówki i minifutbolu, umożliwiające jednoczesną grę drużynową w jednej z dyscyplin wraz z ćwiczeniami drugiej (rzuty, strzelanie), wymiary: 32 x 32m (boisko w otwartej strefie sportowej, wyposażone w małą architekturę, nawierzchnia sportowa syntetyczna w kolorze turkusowym, pełne wyposażenie typu kosze, bramki, piłkochwyty, oświetlenie). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

Wykonawca spełni n/w warunki:

- w widocznym miejscu przy wejściu na BOISKO WIELOFUNKCYJNE musi zostać umieszczona instrukcja użytkownika BOISKA WIELOFUNKCYJNEGO,
- dobór elementów i ich rozmieszczenie z zachowaniem stref bezpieczeństwa, a także przestrzeganie instrukcji użytkownika minimalizuje ryzyko kontuzji podczas użytkowania,
- wszystkie prace muszą być wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz pod nadzorem osób uprawnionych,
- wszystkie zastosowane materiały muszą posiadać wymagane atesty, aprobaty techniczne, deklaracje zgodności itp., oraz muszą być zastosowane zgodnie z ich kartami technicznymi podanymi przez producentów,
- wszystkie urządzenia sportowe, zabawowe i rekreacyjne oraz komunalne zainstalowane na terenie objętym niniejszym opracowaniem muszą bezwzględnie spełniać wszystkie wymagania w zakresie bezpieczeństwa użytkowania zgodnie z obowiązującymi normami,

- w celu zachowania jakości wymagane jest, aby zamawiający dołączył kartę kontrolną obiektu.
- 5) BOISKO DO SIATKÓWKI o wymiarach 16 x 26m (boisko w otwartej strefie sportowej, wyposażone w małą architekturę, nawierzchnia sportowa syntetyczna w kolorze żółtym, pełne wyposażenie typu siatka, piłkochwyty, oświetlenie). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- Wykonawca spełni n/w warunki:
- w widocznym miejscu przy wejściu na BOISKO DO SIATKÓWKI musi zostać umieszczona instrukcja użytkownika BOISKA DO SIATKÓWKI,
 - dobór elementów i ich rozmieszczenie z zachowaniem stref bezpieczeństwa, a także przestrzeganie instrukcji użytkownika minimalizuje ryzyko kontuzji podczas użytkowania,
 - wszystkie prace muszą być wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz pod nadzorem osób uprawnionych,
 - wszystkie zastosowane materiały muszą posiadać wymagane atesty, aprobaty techniczne, deklaracje zgodności itp., oraz muszą być zastosowane zgodnie z ich kartami technicznymi podanymi przez producentów,
 - wszystkie urządzenia sportowe, zabawowe i rekreacyjne oraz komunalne zainstalowane na terenie objętym niniejszym opracowaniem muszą bezwzględnie spełniać wszystkie wymagania w zakresie bezpieczeństwa użytkowania zgodnie z obowiązującymi normami,
 - w celu zachowania jakości wymagane jest, aby zamawiający dołączył kartę kontrolną obiektu.
- 6) STOŁY DO TENISA STOŁOWEGO do zamontowania w strefie sportowej, między boiskiem do siatkówki a boiskiem wielofunkcyjnym (trwała konstrukcja betonowa, siatka stalowa, fundamentowane). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- 7) SKATEPARK – teren o maksymalnej powierzchni 2900m², który należy przystosować do jazdy na deskorolce, rolkach, hulajnogach, rowerach (podstawowe elementy SKATEPARK-u o nawierzchni utwardzonej z betonu / asfaltu to m.in.: bowl, bump, half pipe, walk box, grind, rail).
- Geometria nawierzchni i przeszkód oraz podział na poszczególne strefy m.in. na strefę park i strefę streetową zostanie przeanalizowany i uszczegółowiony na etapie projektu budowlanego.
- Skatepark nieogrodzony, zieleń ukształtowana w sposób zapewniający łączność widokową z otoczeniem (bezpieczeństwo przez nadzór nieformalny) z uwzględnieniem małej architektury oraz oświetlenia terenu.
- W „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim” wskazana jest wyłącznie lokalizacja SKATEPARK-u bez szczegółowych rozwiązań. Istniejące studnie do wkomponowania w projektowaną inwestycję.
- Wykonawca spełni n/w warunki:
- w widocznym miejscu przy wejściu na SKATEPARK musi zostać umieszczona instrukcja użytkownika SKATEPARK-u,
 - dobór elementów i ich rozmieszczenie z zachowaniem stref bezpieczeństwa, a także przestrzeganie instrukcji użytkownika minimalizuje ryzyko kontuzji podczas użytkowania,

- wszystkie prace muszą być wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz pod nadzorem osób uprawnionych,
 - wszystkie zastosowane materiały muszą posiadać wymagane atesty, aprobaty techniczne, deklaracje zgodności itp., oraz muszą być zastosowane zgodnie z ich kartami technicznymi podanymi przez producentów,
 - wszystkie urządzenia sportowe, zabawowe i rekreacyjne oraz komunalne zainstalowane na terenie objętym niniejszym opracowaniem muszą bezwzględnie spełniać wszystkie wymagania w zakresie bezpieczeństwa użytkownika zgodnie z obowiązującymi normami (PN-EN 14974+A1:2010 - Urządzenia dla użytkowników sprzętu rolnego. Wymagania bezpieczeństwa i metody badań),
 - w celu zachowania jakości wymagane jest, aby zamawiający dołączył kartę kontrolną obiektu.
- 8) **PARKING WRAZ Z DROGĄ DOJAZDOWĄ** (parking na 37 miejsc postojowych dla samochodów osobowych z geokraty poprzeraśnanej trawą oraz 3 miejsca postojowe dla autokarów i droga dojazdowa (pieszojezdnia) o nawierzchni betonowej). Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- Założenia dla przyjętych rozwiązań projektowych:
- parking dla odwiedzających centrum, zarówno dla samochodów osobowych (2,5x5,0m), jak i autokarów (15,0x3,5m),
 - komunikacja wewnętrzna – wg schematu „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”:
 - ciągi główne utwardzone – DMC 10 ton (obsługa imprez, możliwość montażu sezonowego lodowiska, itp.
 - wybrane ścieżki – DMC 3,5 tony – dostęp samochodami technicznymi do obsługi terenu (utrzymanie zieleni, wywóz odpadów, itp.).
- Rozwiązania projektowe - zaprojektowano:
- jezdnię o nawierzchni utwardzonej (nawierzchnia betonowa, asfaltowa, z kostki lub inna),
 - główne alejki pieszo-jezdne o nawierzchni z betonu asfaltowego barwionego lub inne
 - alejki piesze, pieszo-rowerowe – glinkowo-mineralne lub inne
 - miejsca postojowe o nawierzchni przepuszczalnej z geokraty typu Minitabo.
- Zjazdy projektowane:
- budowa zjazdu z ul. Kujawskiej o szerokości jezdni 6 m,
 - promień wyokrąglenia 8 m.
- 9) **ALEJKI PIESZE I PIESZO-ROWEROWE Z MOŻLIWOŚCIĄ WJAZDU CIĘŻKICH POJAZDÓW TECHNICZNYCH (NAWIERZCHNIA Z BETONU BARWIONEGO LUB INNA), ALEJKI PIESZE I PIESZO – ROWEROWE (NAWIERZCHNIA Z BETONU BARWIONEGO LUB INNA) ORAZ ALEJKI PIESZO-ROWEROWE (NAWIERZCHNIA MINERALNA LUB INNA).** Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
- Założenia dla przyjętych rozwiązań projektowych:
- parking dla odwiedzających centrum, zarówno dla samochodów osobowych (2,5x5,0m), jak i autokarów (15,0x3,5m),
 - komunikacja wewnętrzna – wg schematu „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”:
 - ciągi główne utwardzone – DMC 10 ton (obsługa imprez, możliwość montażu sezonowego lodowiska, itp.

- wybrane ścieżki – DMC 3,5 tony – dostęp samochodami technicznymi do obsługi terenu (utrzymanie zieleni, wywóz odpadów, itp.).

Rozwiązania projektowe - zaprojektowano:

- jezdnię o nawierzchni utwardzonej (nawierzchnia betonowa, asfaltowa, z kostki lub inna),
- główne alejki pieszo-jezdne o nawierzchni z betonu asfaltowego barwionego lub inne
- alejki piesze, pieszo-rowerowe – glinkowo-mineralne lub inne
- miejsca postojowe o nawierzchni przepuszczalnej z geokraty typu Minitabo.

10) ZAGOSPODAROWANIE TERENU – wykonanie trawników oraz nasadzenia drzew. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

11) MONITORING dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

12) MAŁA ARCHITEKTURA dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

Teren należy wyposażyć w:

- ławki z oparciem i podłokietnikami, stalowo- drewniane, rozmieszczone przy głównych ciągach pieszych i rowerowych – min. 12 szt. (ławka o wym. 2,78 x 0,58, wys. 0,85 m. Korpus z czterech połączonych krawędziaków o przekroju 24 x 15 cm, nawiązujących do formy podkładu kolejowego. Oparcie z jednej lub dwóch grubych desek. Drewno impregnowane, wybarwione na ciemny kolor. Łączenia, nóżki, podłokietnik z płaskowników stalowych ocynkowanych, malowanych proszkowo na kolor czarny),
- siedziska wieloboczne z oparciem, podłokietnikiem i leżanką, rozmieszczone we wskazanych na planie miejscach. Konstrukcja stalowo-drewniana – min. 22 szt. (Siedziska z dwóch połączonych krawędziaków. Szerokość siedzisk 0,48 m, długość każdego z ramion mierzona od środka – 1,34 m. Szerokość części z oparciem 0,58 m. Wysokość 0,85 m. Część leżanki podniesiona – mocowanie ukryte w korpusie. Wykonanie siedziska, kolorystyka analogicznie do ławki).
Uwaga: Możliwość zastosowania różnorodnych typów siedzisk poprzez wprowadzenie kilku wariantów przedstawionej ławki i siedziska – przy zachowaniu spójnej estetyki.
- kosze na śmieci stalowo-drewniane, rozmieszczone przy głównych ciągach pieszych i rowerowych (Korpus stalowy, trzy pojemniki (32 l, 32 l, 55 l). Okrągłe otwory wrzutowe. Otwierane drzwiczki do opróżniania kosza. Kosz bez popielnika. Stal ocynkowana, malowana proszkowo na kolor czarny, matowe wykończenie,
- stojaki rowerowe typu „U”, stalowe (stojaki o konstrukcji stalowej, ocynkowane, malowane proszkowo na kolor czarny, matowe wykończenie. Kotwienie do posadzki niewidocznymi śrubami),
- elementy informacji przestrzennej – drogowskazy, oznaczenia stref, regulaminy korzystania z urządzeń – wg specjalnego projektu graficznego,
- wyposażenie nietypowe – wg szczegółowych opisów stref.

13) OŚWIETLENIE dla terenu przedsięwzięcia. Wytyczne zawarte w „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.

Oświetlenie całego terenu latarniami parkowymi wys. 4-5 m, rozmieszczonymi na ważniejszych ciągach pieszych i rowerowych, przy parkingu, boiskach, co ok. 25 m. Tam, gdzie jest to wskazane, dopuszcza się stosowanie dwóch opraw na jednym słupie lub stosowanie wyższych słupów (np. przy boiskach).

Proste oprawy o industrialnym charakterze. Oświetlenie energooszczędne typu LED, inteligentne – z czujką ruchu.

Kontrolowana charakterystyka rozsyłu – jak dla latarni parkowych. Kolorystyka słupów i opraw: czerni.

Elewacje budynków, „górkę” i wybrane drzewa podświetlone oprawami dekoracyjnymi w posadzce. Oprawy typu LED. Barwa światła: ciepłe, białe.

CZĘŚĆ INFORMACYJNA

1. Dokumenty potwierdzające zgodność zamierzenia budowlanego z wymaganiami wynikającymi z odrębnych przepisów – zakres tematyczny przedstawiony w PFU jest w pełni zgodny ze „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”.
2. Oświadczenie Zamawiającego stwierdzające jego prawo do dysponowania nieruchomością na cele budowlane – Zamawiający oświadcza, że posiada prawo do dysponowania nieruchomością na cele budowlane w zakresie działek na których planowana jest realizacja inwestycji.
3. Wskazanie przepisów prawnych i norm związanych z projektowaniem i wykonaniem zamierzenia budowlanego - stosowanie się do prawa i innych przepisów.
 - 3.1. Wykonawca zobowiązany jest znać wszystkie zarządzenia wydane przez władze centralne i miejscowe oraz inne przepisy, regulaminy i wytyczne, które są w jakikolwiek sposób związane z wykonywanymi robotami i będzie w pełni odpowiedzialny za przestrzeganie tych postanowień podczas prowadzenia robót. Wykonawca będzie przestrzegać praw patentowych i będzie w pełni odpowiedzialny za wypełnienie wszelkich wymagań prawnych odnośnie znaków firmowych, nazw lub innych chronionych praw w odniesieniu do dokumentacji projektowej, sprzętu, materiałów lub urządzeń użytych lub związanych z wykonywaniem robót i w sposób ciągły będzie informować Inspektora nadzoru o swoich działaniach, przedstawiając kopie zezwoleń i inne odnośne dokumenty. Wszelkie straty, koszty postępowania, obciążenia i wydatki wynikłe z lub związane z naruszeniem jakichkolwiek praw patentowych, praw autorskich pokryje Wykonawca, z wyjątkiem przypadków, kiedy takie naruszenie wyniknie z wykonania projektu lub specyfikacji dostarczonej przez Inspektora nadzoru.
 - 3.2. Równoważność norm i zbiorów przepisów prawnych
Gdziekolwiek w dokumentach kontraktowych powołane są konkretne normy i przepisy, które spełniać mają materiały, sprzęt i inne towary oraz wykonane i zbadane roboty, będą obowiązywać postanowienia najnowszego wydania lub poprawionego wydania powołanych norm i przepisów o ile w warunkach kontraktu nie postanowiono inaczej. W przypadku gdy powołane normy i przepisy są państwowe lub odnoszą się do konkretnego kraju lub regionu, mogą być również stosowane inne odpowiednie normy zapewniające równy lub wyższy poziom wykonania niż powołane normy lub przepisy, pod warunkiem ich sprawdzenia i pisemnego zatwierdzenia przez Inspektora nadzoru. Różnice pomiędzy powołanymi normami a ich proponowanymi zamiennikami muszą

być dokładnie opisane przez Wykonawcę i przedłożone Inspektorowi nadzoru do zatwierdzenia, co najmniej na miesiąc przed terminem wbudowania.

3.3. Podstawowe ustawy dotyczące przedmiotu zamówienia:

- ustawa z dnia 7 lipca 1994r. - Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2021r. poz. 2351 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 27 marca 2003r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (t.j. z 2022r. poz. 503 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 23 lipca 2003r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (t.j. Dz. U. z 2022r. poz. 840 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. - Prawo ochrony środowiska (t.j. Dz.U. z 2022r. poz. 2556 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 18 lipca 2001r. - Prawo wodne (t.j. Dz.U. z 2022r. poz. 2625 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. o odpadach (t.j. Dz.U. z 2021r. poz. 699 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 17 maja 1989r. - Prawo geodezyjne i kartograficzne (t.j. Dz. U. z 2021r. poz. 1990 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 28 mar 2003r. o transporcie kolejowym (t. j. Dz. U. z 2021r. poz. 1984 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 21 marca 1985r. o drogach publicznych (t. j.Dz. U. z 2022r. poz. 1693 z późn. zm.),
- ustawa z dnia 16 kwietnia 2004r. o wyrobach budowlanych (t.j. Dz.U. z 2021r. poz. 1213),
- ustawa z dnia 13 kwietnia 2016r. o systemie oceny zgodności i nadzoru rynku (t.j. Dz. U. z 2022r. poz. 1854),
- ustawa z dnia 29 stycznia 2004r. - Prawo zamówień publicznych (t.j. Dz.U. z 2022r. poz. 1710 z późn. zm.).

3.4. Podstawowe rozporządzenia dotyczące przedmiotu zamówienia:

- rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. z 2022 poz. 1225),
- rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (t.j. Dz.U. z 2022 poz. 1679),
- rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (t.j. Dz.U. z 2021r. poz. 2454),
- rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010r. Nr 109, poz. 719 z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz.U. z 2009r. Nr 124, poz. 1030),

- rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (t.j. Dz.U. z 2022r. poz. 1518),
- rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (t.j. Dz. U. z 2003r. Nr 120, poz. 1126),
- rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (t.j. Dz. U. z 2016r. poz. 1966 z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz. U. z 2003r. Nr 47, poz. 401),
- rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (t.j. Dz.U. z 2003r. Nr 169, poz. 1650 z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra gospodarki z dnia 20 września 2001r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych (t.j. Dz. U. z 2018r. poz. 583 z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 sierpnia 2008r. w sprawie wymagań w zakresie odległości i warunków dopuszczających usytuowanie drzew i krzewów, elementów ochrony akustycznej i wykonywania robót ziemnych w sąsiedztwie linii kolejowej, a także sposobu urządzania i utrzymywania zasłon odśnieżnych oraz pasów przeciwpożarowych (t. j. Dz. U. z 2020r. poz. 1247),
- rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (t. j. Dz. U. z 2019r. poz. 1839 z późn. zm.).

3.5. Normy dotyczące przedmiotu zamówienia - wszystkie roboty budowlane należy wykonać zgodnie z obowiązującymi normami.

4. Inne posiadane informacje i dokumenty niezbędne do zaprojektowania robót budowlanych, w szczególności:
- a) kopia mapy zasadniczej – Wykonawca wykona mapę do celów projektowych w wersji papier i dwg, dla zakresu objętego zamówieniem,
 - b) badania gruntowo-wodne na terenie budowy dla potrzeb posadowienia obiektów – Wykonawca wykona badania w razie konieczności,
 - c) zalecenia konserwatorskie – zadanie zlokalizowane jest w sąsiedztwie strefy ochrony archeologicznej „W”, realizacja zadania zgodnie z przepisami odrębnymi,
 - d) inwentaryzacja zieleni sporządzona na potrzeby „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”, stanowi załącznik do PFU,
 - e) inwentaryzacja lub dokumentacja obiektów budowlanych, jeżeli podlegają one przebudowie, odbudowie, rozbudowie, nadbudowie, rozbiórkom lub remontom w zakresie architektury, konstrukcji, instalacji i urządzeń technologicznych, a także wskazania zamawiającego dotyczące urządzeń naziemnych i podziemnych

- przewidzianych do zachowania oraz obiektów przewidzianych do rozbiórki i ewentualne uwarunkowania rozbiórek – dla wskazanego obszaru zostały założone Metoda unieszkodliwiania zanieczyszczeń poniżej poziomu wód podziemnych - propozycja dla terenu objętego projektem GreenerSites w Solcu Kujawskim,
- f) porozumienia, zgody lub pozwolenia oraz warunki techniczne i realizacyjne związane z przyłączeniem obiektu do istniejących sieci - Wykonawca wystąpi do operatorów sieci o warunki przyłączenia do poszczególnych sieci,
- g) dodatkowe wytyczne inwestorskie i uwarunkowania związane z budową i jej przeprowadzeniem - Zamawiający wymaga, by w trakcie realizacji przedsięwzięcia został zapewniony:
- ciągły dojazd do przyzmy znajdującej się na w południowej części działek, na których planowana jest inwestycji,
 - umożliwiony był dostęp do studni i piezometrów zlokalizowanych na terenie inwestycji, które muszą pozostać w niezmiennym stanie.

5. Dokumenty

- 5.1. Metoda unieszkodliwiania zanieczyszczeń poniżej poziomu wód podziemnych - propozycja dla terenu objętego projektem GreenerSites w Solcu Kujawskim.
- 5.2. „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim” w części dotyczącej koncepcji I – NASYCALNIA SPORT.
- 5.3. „Projekt rekultywacji terenu dawnej Nasycalni Drewna w Solcu Kujawskim”

6. Załączniki:

- 6.1. „Plansa zbiorcza”
- 6.2. „Inwentaryzacja zieleni wraz z gospodarką drzewostanem” sporządzona na potrzeby „Studium zagospodarowania terenu po byłej Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”
- 6.3. „Mapa rozkładu podwyższonych oporności gruntów poniżej poziomu wody podziemnej”



Projekt UE CE394 – GreenerSites

„Environmental Rehabilitation of Brownfield Sites in Central Europe”

Realizacja monitoringu i funkcja eksperta d.s. remediacji wód podziemnych w Solcu Kujawskim

Zadanie nr 4:

**Opracowanie metody unieszkodliwiania zanieczyszczeń poniżej poziomu wód
podziemnych**

**Metoda unieszkodliwiania zanieczyszczeń
poniżej poziomu wód podziemnych
- propozycja dla terenu objętego projektem GreenerSites
w Solcu Kujawskim**

wersja 1

Autor:

Dr Wojciech Irmiński



Komorów, marzec 2019



Streszczenie niespecjalistyczne

W ostatnich latach w ochronie środowiska, a szczególnie w kwestii zapewnienia ludziom zdrowego i bezpiecznego miejsca do zamieszkania, pracy i odpoczynku, sprawy usuwania wykrytych zanieczyszczeń organicznych nabierają coraz większego znaczenia. Długotrwałe narażenie człowieka na działanie nawet niskich, pozornie nietoksycznych dawek niektórych węglowodorów może wywoływać rozmaite schorzenia, jak nowotwory, astmę, alergie i tym podobne.

Jednak specyfika substancji organicznych, których część występuje w przyrodzie w sposób naturalny, jest taka, że nie można się ich całkowicie pozbyć, szczególnie, gdy nie są bezpośrednio dostępne. Tak jest na przykład z pochodzącym z przetwarzania węgla olejem kreozotowym, który od ponad stu lat stosuje się do nasycania drewnianych podkładów kolejowych. Procesy prowadzone w nasycalniach uwalniały do gruntu i wód znaczne ilości kreozotu – mieszaniny węglowodorów pierścieniowych. Związki te są z natury bardzo słabo rozpuszczalne w wodzie, jednak już niewielka ich ilość czyni wodę niezdatną do spożycia, a czasem także nieprzydatną do procesów technicznych.

Olej kreozotowy po wylaniu na powierzchnię ziemi lub jeśli wycieknie do gruntu, np. z nieszczelnego zbiornika, wsiąka powoli i zanieczyszcza po drodze najpierw ziemię, a potem także wodę podziemną. Opada na dno warstwy wodonośnej i na setki lat tworzy tam kałuże, które bardzo trudno odnaleźć i usunąć. Są to tak zwane wtórne ogniska zanieczyszczenia. Głównie stąd zaczynają się smugi silnie zanieczyszczonej wody, które płyną zgodnie z kierunkiem przepływu wód podziemnych. Jedynym sposobem na ten problem jest zatem zatrzymanie całego przepływu wód, a jeśli jest to niemożliwe, to przynajmniej zablokowanie lub oddzielenie smug i skażeń od reszty wody.

W Solcu Kujawskim, gdzie przez ponad 120 lat działała nasycalnia i do ziemi wyciekło dużo oleju impregnacyjnego, w rejonie ulic Kujawskiej i Parkowej wykryto pod ziemią znaczne ilości kreozotu, który utworzył właśnie takie kałuże i smugi w ziemi na głębokości do 20 metrów. Powoduje to silne zanieczyszczenie części wód, które płyną w kierunku ulicy Toruńskiej i dalej do Wisły. Nie można wykluczyć, że część smug płynie w kierunku Parku Miejskiego i centrum miasta.

W latach 2017-2018 w Solcu Kujawskim w ramach międzynarodowego projektu GreenerSites wykonano szeroki program badań wód podziemnych i gruntu, który pozwolił na ustalenie metody zatrzymania i unieszkodliwienia zanieczyszczeń płynących w formie wspomnianych smug. Analizując różne rozwiązania wybrano jedno z najbardziej opłacalnych i skutecznych – jest to pasywna bariera półprzepuszczalna. Taka bariera, która jednak przepuszcza i filtruje wodę. Jest to rodzaj „siatki” chwytającej zanieczyszczenia płynące w smugach. „Siatkę” tworzy się z maleńkich cząsteczek węgla aktywnego wpompowywanych przez małe wiercenia do ziemi, gdzie na trwałe zatrzymują wszystkie związki organiczne. Dodatkowo na tej „siatce” mogą osiedlić się niektóre rodzaje bakterii, które powoli zniszczą szkodliwe węglowodory zamieniając je w nieszkodliwy węgiel i w wodę.

W przedstawionej koncepcji wskazano najlepsze miejsca i najlepszą z dostępnych obecnie metod, by ochronić część Solca Kujawskiego przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń, które pozostały głęboko pod ziemią po dawnej produkcji podkładów kolejowych.



Streszczenie

Opracowanie zawiera propozycję efektywnego sposobu unieszkodliwiania zanieczyszczeń znajdujących się w wodzie podziemnej w rejonie dawnej nasycalni podkładów kolejowych. Na podstawie wyników kilkuletnich badań oraz ostatnich prac w ramach projektu GreenerSites uznano, że całkowita likwidacja przyczyn zanieczyszczenia wód nie jest możliwa. Głównie jest to spowodowane głęboką i rozproszoną lokalizacją wtórnych ognisk zanieczyszczeń, które utworzyły charakterystyczne kałuże ciężkiej niewodnej fazy ciekłej – (ang. DNAPL - Dense Non-Aqueous Phase Liquid - pools). Ze względu na dużą lepkość i gęstość kreozotu nawet wykrycie każdego z tych miejsc w przedziale głębokości od 5 do ok. 20 metrów nie daje możliwości technicznych do usunięcia zanieczyszczeń spod wody.

Jedyną zatem metodą jest zablokowanie przepływu organicznej fazy rozpuszczonej, co można uczynić w strefie tzw. smug (ang. plumes). W ostatnich latach powstała nowa technologia oparta na wykorzystaniu ogromnej zdolności sorpcyjnej nanocząstek węgla aktywnego w specjalny sposób rozpraszanego w strefie zawodnionego gruntu. Nanocząsteczki węgla tworzą specjalną, pasywną barierę półprzepuszczalną – struktura oparta na szkielecie mineralnym osadów piaszczystych przepuszcza wodę, ale zatrzymuje zanieczyszczenia organiczne. Powłoka nanowęglowa nie zmienia parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej, zatem nie wymusza zmiany kierunków przepływu wód, które – co ustalono wieloletnimi pomiarami – są w tym miejscu bardzo stabilne. Bariera ma dodatkowo właściwość samoodnawiania dzięki tworzeniu środowiska do rozwoju mikroorganizmów biodegradowanych zaadsorbowane węglowodory. Opisana metoda została wybrana w drodze rozważenia wielu metod remediacyjnych, które stosowane są w różnych etapach rozwoju zanieczyszczenia. W przypadku terenu GreenerSites w Solcu Kujawskim opisano, gdzie i jakie strefy obecnie się znajdują i teoretycznie, jak można usuwać znajdujące się tam zanieczyszczenia.

Metoda pasywna ma głównie tę zaletę, że może funkcjonować bez dostarczania energii, co przy usuwaniu tzw. trwałych zanieczyszczeń organicznych - TZO (ang. POPs – Persistent Organic Pollutants) ma istotne znaczenie ekonomiczne – proces jest bowiem zaplanowany na dziesiątki lat. Kreozot jako mieszanina z przewagą związków WWA należy do TZW (POPs).

Wybór miejsca wykonania takiej bariery oraz jej zasięg (głębokość i rozpiętość) wynikają z kompleksowych badań wierceniami, pomiarami *in situ*, z analiz chemicznych próbek wód podziemnych i osadów, długookresowych pomiarów i analiz prowadzonych przy użyciu próbników pasywnych oraz z interpretacji pomiarów geoelektrycznych (tomografii elektrooporowej).

Usytuowanie ewentualnej bariery pasywnej to kompromis wymagań środowiskowych oraz oczekiwań planistycznych Miasta. Przy obecnym przestrzennym zaawansowaniu zanieczyszczenia warstwy wodonośnej kreozotem i jego składnikami nie ma możliwości umieszczenia bariery bliżej źródeł zagrożenia i ochrony większej części terenów przeznaczonych pod budownictwo przy ulicy Kujawskiej.

Opracowana koncepcja wskazuje też na pewne luki i niedostatek informacji, co może być uzupełnione na etapie wdrażania projektu budowy bariery pasywnej. Jednak zaznaczono, że bez względu na możliwość budowy bariery, konieczne jest wykonanie



pomiarów atmogeochemicznych – szczególnie na obszarze, pod którym migrują smugi zanieczyszczeń zawierające naftalen oraz BTEX. Jak wykazały badania geochemiczne prowadzone w wodach, związki te ulatniają się z wody do powietrza gruntowego i mogą stanowić znaczne ryzyko zdrowotne dla stałych użytkowników terenu.

Proponowane rozwiązanie – pasywna bariera nanowęglowa – stanowi także doskonałe zabezpieczenie sorpcyjne wobec lotnych związków organicznych, jak naftalen i BTEX. Związki te stosunkowo najłatwiej ulegają biodegradacji, co wykazały specjalne testy przeprowadzone na próbkach pobranych z Solca Kujawskiego.

Summary

This study contains a proposal for an effective way of neutralizing pollutants found in groundwater in the region of the former railway sleepers (railroad ties) factory. Based on the results of several years of research and recent work conducted as part of the GreenerSites project, it was agreed that complete elimination of the causes of water pollution is not possible. This is mainly due to the location of the secondary contamination sources being scattered at considerable depths. These sources are in the form of characteristic “puddles” of dense non-aqueous phase liquid (DNAPL pools). Due to the high viscosity and density of creosote, even detection of each of these places in the depth range from 5 to 20 meters would be insufficient to use technical means to remove all contamination.

The only available method to deal with this problem is to block the flow of the dissolved phase organic compounds, what can be achieved within the area of the so-called plumes. In recent years, a new technology based on the use of the huge sorptive capacity of active carbon nanoparticles has been created, allowing to dissipate active carbon within the saturated ground. Carbon nanoparticles form there a passive, semi-permeable barrier. A structure based on a mineral skeleton of sandy deposits allows water to flow through, but stops organic contaminants. The nanocarbon coating does not affect the permeability of the aquifer, and so it does not force changes in the water flow directions, which – as determined by long-term measurements - are very stable here. Additionally, the barrier has the capacity to self-cleaning thanks to formation of an environment suitable for growth of microorganisms that biodegrade the adsorbed hydrocarbons. This method has been chosen from a selection of remediation methods that are applicable at various levels of contamination. In the case of the GreenerSites site in Solec Kujawski, this study describes what zones are currently located where and theoretically how to remove contaminants located there.

The proposed passive method has the key advantage that it can function without external energy supply, which for slow processes (decades long) acting on POPs (Persistent Organic Pollutants) can create significant economic savings. Creosote belongs to POPs as a mixture of aromatic hydrocarbons compounds.

The choice of the place for construction of such a barrier and its range (depth and spread) results from a comprehensive study, consisting of: drilling, in situ measurements, chemical analysis of groundwater and sediment samples, long-term measurements and analysis using passive samplers and interpretation of geoelectric measurements (electrical resistivity tomography).



The location of the possible passive barrier was reached as a compromise between environmental criteria and the city's urban planning requirements. Current spatial contamination of the aquifer with creosote and its components, makes it impossible to locate the barrier closer to the sources of danger and to protect a larger part of the area designated for future constructions at Kujawska Street.

This study additionally points out several gaps in information, which can be supplemented during the implementation of the passive barrier construction project. However, it has been also noted that regardless of the possibility of building the barrier, it is necessary to perform atmogeochemical measurements - especially in the migration area for the plumes of contaminants containing Naphthalene and BTEX. As it was shown by geochemical studies conducted in groundwater, these compounds escape into the air in soil and can pose a significant health risk to the regular users of the area. The proposed solution - a passive nanocarbon barrier - is also an excellent sorption protection against volatile organic compounds, such as Naphthalene and BTEX. These compounds are readily biodegradable, as demonstrated by special tests carried out on samples taken from Solec Kujawski.



Spis treści

Streszczenie niespecjalistyczne	1
Streszczenie	2
Summary	3
Spis treści	5
Wstęp.....	6
Charakterystyka problemu zanieczyszczeń środowiska gruntowo-wodnego w rejonie dawnej nasycalni podkładów w Solcu Kujawskim	6
Efekty i wnioski z rekultywacji terenu w latach 2013-2016.....	17
Inne metody testowane w Solcu Kujawskim – projekt TIMBRE.....	23
Zakres prac i wyniki badań terenowych w ramach projektu GreenerSites	25
Monitoring zwierciadła wód podziemnych	25
Monitoring jakości wód (badania chwilowe i długookresowe)	29
Wiercenia badawcze (przy okazji budowy piezometrów)	40
Badania geofizyczne (elektrooporowe)	41
Przykłady metod remediacji in situ gruntów i wód podziemnych zanieczyszczonych kreozotem.....	50
Rekomendowana metoda – pasywna bariera sorpcyjna z bioremediacją in situ	62
Testy sorpcji	65
Proponowane metody działania w celu unieszkodliwienia zanieczyszczeń migrujących w wodach podziemnych w obszarze badań projektu GreenerSites.....	66
Proponowana lokalizacja i wymiary bariery półprzepuszczalnej	67
Inne lokalizacje – przewidywane korzyści i skutki	77
Kwestie wymagające dodatkowej diagnozy przed projektem technicznym i instalacją bariery.....	79
Metoda wykonania bariery półprzepuszczalnej.....	80
Sieć kontrolna i zakres koniecznych badań	81
Przewidywana skuteczność	82
Odnawialność bariery w technologii PlumeStop®.....	83
Oszacowanie kosztów wdrożenia bariery testowej.....	87
Efekty środowiskowe i skutki w planowaniu przestrzennym Miasta	87
Podsumowanie.....	90
Literatura	92
Załącznik. Raport z testów sorpcji wykonanych na materiale z Solca Kujawskiego	94



Wstęp

Przedstawione opracowanie jest wynikiem pogłębionej analizy rzeczywistych przypadków zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego olejem kreozotowym, badań teoretycznych i wybranych publikacji dotyczących migracji oraz metod zwalczania węglowodorów, z których część tworzy tzw. ciężką fazę opadającą do spągu warstwy wodonośnej. W kontekście wielu miesięcy badań prowadzonych w Solcu Kujawskim w ramach projektu GreenerSites (UE CE 394) zaproponowano metodę unieszkodliwienia występujących tu zanieczyszczeń organicznych znajdujących się poniżej poziomu wód podziemnych.

Oprócz prac typowo diagnostycznych, jak pomiary fizyko-chemiczne, pomiary piezometryczne, pobór i analiza próbek gruntów i wód podziemnych, wykonano także dodatkowe rozpoznanie geologiczne stosując zaplanowane wiercenia do osiągnięcia osadów podłoża nieprzepuszczalnego oraz stosując nieinwazyjne metody geofizyczne (tomografię elektrooporową). Ponadto pobrano specjalne próbki zanieczyszczonej wody i gruntu i poddano je testom na działanie preparatów zawierających nanocząsteczki węgla aktywnego.

Wyniki tych badań i studiów dały w rezultacie przegląd istniejącej sytuacji w rejonie terenu dawnej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim – w postaci map i przekrojów podano propozycję ograniczenia migracji skażeń i ich stopniowej redukcji w środowisku gruntu, wód podziemnych oraz powietrza gruntowego.

Charakterystyka problemu zanieczyszczeń środowiska gruntowo-wodnego w rejonie dawnej nasycalni podkładów w Solcu Kujawskim

Krótką historia zanieczyszczenia

W roku 1879 w miejscowości Schulitz (obecnie Solec Kujawski) na piaszczystym, wydmywym terenie na wyższym, nadzalewowym tarasie doliny Wisły wybudowano nasycalnię drewna. Lokalizacja takiego zakładu w pobliżu kilku istniejących tartaków oraz pomiędzy linią kolejową Toruń-Bydgoszcz a spławną rzeką Wisłą miała duże znaczenie gospodarcze. Głównymi produktami nasycalni były podkłady kolejowe oraz słupy elektryczne i telegraficzne. Wysezonowane elementy drewniane nasycano pod ciśnieniem olejem kreozotowym w specjalnych zbiornikach – autoklawach, tzw. metodą Rüpinga. W tej technologii, pomijając przypadki awarii i wypadków, następował niekontrolowany ubytek kreozotu do otoczenia na skutek parowania i ściekania oleju ze świeżo nasycanych produktów i wózków transportowych. Tereny nasycalni tradycyjnie dzielono zatem na część „białą” – gdzie sezonowano drewno, oraz część „czarną”, gdzie przeładowywano i magazynowano zaimpregnowane kreozotem produkty. Do części „czarnej” zalicza się także hale nasycień, podgrzewalnie oleju, zbiorniki oleju oraz miejsca usuwania ścieków z emulsją kreozotową i miejsca zakopywania odpadów (zlepy, nagary, zaolejone trociny itp.).

Przeładunek i magazynowanie produktów oraz operowanie kreozotem przez ponad 120 lat produkcji doprowadziły do mozaikowego i miejscami silnego zanieczyszczenia powierzchni ziemi w części „czarnej” oraz podłoża – naturalnego, piaszczystego, łątwo



przepuszczalnego gruntu. Najsilniejsze zanieczyszczenie przejawiał grunt w rejonie hali nasyceń oraz w rejonie przeładunku produktów w strefie suwnicy.

Zmiany technologiczne zachodzące wraz z postępowaniem przemysłowym nie omijały także nasycalni w Solcu Kujawskim. Zakład, w jego historii, przynajmniej raz gruntownie przeorganizowano, wyposażając go m.in. w dłuższe i wydajniejsze autoklawy. Stopniowo zwiększono też ilość magazynowanego oleju, dodając do dwóch zbiorników cylindrycznych napowierzchniowych (każdy po 225 tys. litrów) dodatkowe 3 zbiorniki podziemne w formie cystern (2 x 40 m³ i 1 x 60 m³, które przywieziono ze zlikwidowanej nasycalni w Gdańsku przy ul. Topolowej). W miejscach magazynowania impregnatu też dochodziło do ubytków oleju na skutek awarii i nieostrożności przy napełnianiu zbiorników z cystern kolejowych. Olej kreozotowy wyciekał do ziemi nie tylko przypadkowo. Ścieki z hali nasyceń, awaryjne rozlania i emulsję olejowo-wodną z procesu nasycania latami usuwano do wylewiska na terenie nasycalni. Proceder ten zakończono dopiero w 1986 r., gdy ówczesne, raczkujące przepisy ochrony środowiska wymogły na tego rodzaju przemyśle konieczność zastosowania podczyszczania ścieków i usuwania ich do oczyszczalni. Zakład podłączono do sieci kanalizacyjnej. Istniejąca technologia i jakość infrastruktury nie dawały gwarancji szczelności procesów z wykorzystaniem kreozotu. Zresztą wymagania w zakresie ochrony środowiska nie mogły być nadmiernie wygórowane – Nasycalnia Podkładów Kolejowych PKP była swego czasu największym pracodawcą w mieście, a główne produkty – nasycone podkłady kolejowe i tak trafiały do ziemi – ludzie na co dzień mieli z nimi do czynienia na dworcach, bocznicach, a nasycone kreozotem drewniane słupy stały przy każdym chodniku i ulicy.

Na terenie nasycalni w Solcu Kujawskim istniały dwie studnie (jedna kopana i późniejsza, wiercona z 1968 r., tzw. otwór Nasycalnia Kolejowa 1 o profilu znanym z Banku Danych HYDRO, ale błędnych współrzędnych, zlokalizowana przy wyjeździe z zakładu na ulicę Kujawską). Według informacji ostatniego Dyrektora Nasycalni, p. Janusza Lewandowskiego, jakość wody ze studni kopanej o głębokości ok. 8 m, była dobra, jednak pogarszała się po ulewnych deszczach, gdy prawdopodobnie zanieczyszczenia wypłukiwane z powierzchni docierały do warstwy zawodnionej. W późniejszych latach ujęcie to było już niewystarczające i zbyt niepewne, a gdy zakład przyłączono do wodociągu miejskiego, studnię zasypano. Studnię Nasycalnia Kolejowa 1, która była zafiltrowana na głębokości 16-18 m, traktowano tylko jako studnię przeciwpożarową, ponieważ z powodu zanieczyszczenia wody od początku nie nadawała się do celów spożywczych i higienicznych. Stąd można było wysnuć wniosek, że składniki oleju kreozotowego przesiąkły przez warstwę suchych piasków i na głębokości 3,5-4 m dotarły do warstwy zawodnionej, gdzie zaczęły migrować w dwojaki sposób: główna frakcja olejowa kreozotu opadała głębiej ku stropowi osadów nieprzepuszczalnych pod wodonośnymi piaskami, a substancje, które się oddzieliły i były frakcją ciekłą lekką, unosiły się przy powierzchni zwierciadła i płynęły w kierunku Wisły. Rzeka ta stanowi główną bazę drenażu pierwszej warstwy wodonośnej wód podziemnych w regionie. Poza tym istniała trzecia forma migracji zanieczyszczeń w strefie saturacji (zawodnionej) – mimo niewielkiej rozpuszczalności większości składników kreozotu, część z nich w postaci rozpuszczonej też przemieszczała się z wodami. Ich stężenia są naturalnie największe w pobliżu źródła, którym może być



plywająca plama frakcji lekkich, opadająca grawitacyjnie oraz zgromadzona w formie „kałuży” w spągu warstwy wodonośnej ciężka niewodna faza ciekła (DNAPL). Istotne znaczenie dla migracji, hamowania i gromadzenia się węglowodorów w osadach eoliczno-fluwalnych mają także: temperatura gruntu i wód, struktury roślinne (kanały korzeniowe), granulacja osadu i udział frakcji ilowej, uporządkowanie frakcji – warstwowanie oraz cechy własne oleju – lepkość, hydrofobowość, ciężar właściwy mieszanki, pojemność termiczna. Ze względu na gęstość i dużą lepkość oleiste zanieczyszczenie najlepiej migruje przez osady gruboziarniste gwarantujące największą porowatość i najmniejszy kontakt z osadem mineralnym.

Drugi ważny okres powstania silnych, skoncentrowanych zanieczyszczeń w gruncie i w wodach nastąpił paradoksalnie już po zaprzestaniu produkcji i upadku firmy. Poważnym czynnikiem zwiększającym skokowo ilość kreozotu w ziemi było rabunkowe likwidowanie resztek definitywnie zamkniętego zakładu. Po wstrzymaniu produkcji w 2001 r. Polskie Koleje Państwowe – powojenny właściciel Nasycalni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim, poprzez syndyka masy upadłościowej doprowadził do sprzedania terenu. Nabywcy – spółki prywatne, planowali sprzedać zakupione grunty na parcele budowlane. W latach 2004-2006 zburzono wszystkie dawne budynki (z wyjątkiem małej wieżyczki transformatorowej we wschodnim narożniku terenu), zerwano torowiska, a z pociętych i wydobytych z ziemi zbiorników powylewano niepotrzebny olej. Ilość tak usuniętego oleju nie jest znana. Zaolejone odpady i puste zbiorniki podpalano. Wszelkie interwencje administracji i służb były nieskuteczne. Ostatecznie w roku 2008 Miasto Solec Kujawski przejęło te działki na własność, by móc decydować o losie miejsca położonego niemal w centrum miejscowości. Poziom zanieczyszczeń badany w latach 2001 i 2009 oraz 2010 wskazywał nawet na brak możliwości powtórnego przemysłowego zagospodarowania tych działek. Zaczęto myśleć o sposobie na oczyszczenie i uporządkowanie terenu.

Na zakończenie warto wspomnieć o dwóch niewielkich „satelitach” soleckiej nasycalni. Mowa tu o zakładzie wytwarzającym pasty grzybobójcze, którego produkcja także bazowała na biobójczym kreozocie, oraz o niewielkiej wytwórni papy izolacyjnej i dachowej przy ul. Kujawskiej, która zużywała kreozot jako impregnat do kartonu przetwarzanego w papę.

Wytwórnia past grzybobójczych pod nazwą „PKP Nasycalnia Podkładów Kolejowych Oddział Past Grzybobójczych”, nazywana w Solcu Kujawskim też jako „Dyfuzja”, działała w trudnym do ustalenia okresie. Według informacji p. J. Lewandowskiego, ostatniego Dyrektora Nasycalni, zamknięcie „Dyfuzji” miało miejsce w 1968 r. Wytwórnia zlokalizowana była po drugiej stronie linii kolejowej Toruń-Bydgoszcz, z wjazdem od ulicy Garbary 5. Później mieścił się tam Polmozbyt (wykonano wówczas otwór studzienny „Polmozbyt 2” o głębokości 28,5 m, który nie osiągnął osadów nieprzepuszczalnych), a obecnie funkcjonują tu firmy branży chemicznej, jak Alpinus Chemia i EUROPOL. Są tu również inne podmioty zajmujące się skupem surowców wtórnych, jak np. Sol-Hurt. Obecność kreozotu w tym obszarze, być może gromadzonego w jednym lub dwu podziemnych zbiornikach (według emerytowanego komendanta miejscowej Straży Pożarnej takie zbiorniki mogą tam nadal istnieć, według innych osób zbiorników było wiele) może wyjaśniać obecność związków WWA, BTEX i fenoli w wodach podziemnych napływających na część zrehabilitowanego



terenu po nasycalni od strony południowej. W ramach projektu GreenerSites badano także ten przypadek, ale czynności wyjaśniające leżą poza kompetencją wykonawców projektu.

Na temat przedwojennej wytwórni papy przy ul. Kujawskiej istnieje drobna wzmianka w materiałach zgromadzonych w soleckim Muzeum im. Księcia Przemysła. Brak innych danych, w tym mapy lokalizacyjnej. Można jedynie sądzić, że produkcję prowadzono w rejonie obecnych dwóch parterowych budynków mieszkalnych zlokalizowanych przy ul. Kujawskiej.

Charakterystyka kreozotu (oleju kreozotowego)

Kreozot (kreozot węglowy) to frakcja smoły węglowej tworzącej się w procesie pirolizy węgla (głównymi produktami są koks oraz gaz świetlny). Frakcja ta ma postać ciekłej, oleistej substancji o barwie od żółtej do czarnej i charakterystycznym ostrym, drażniącym zapachu. Kreozot pod nazwą oleju kreozotowego służy do nasycania (impregnacji) drewnianych podkładów kolejowych, słupów i innych elementów torowisk (podrozdżaznic, mostownic). Kreozot działa zabójczo na wszystkie organizmy żywe, w tym na grzyby, bakterie i owady niszczące drewno. Na skutek cech hydrofobowych i niskiej rozpuszczalności w wodzie, po nasyceniu drewna ulega tzw. „krystalizacji” w ściankach komórek roślinnych i bardzo długo utrzymuje swoje własności. Jest palny, posiada charakterystyczny, ostry, drażniący zapach, a jego ciężar właściwy jest większy od wody i wynosi ok. $1,17 \text{ g/cm}^3$ (Melber i in., 2004).

Bardziej precyzyjnie rzecz biorąc, olej kreozotowy jest mieszaniną węglowodorów z destylacji smoły węglowej, w tym składników wrzących w temperaturach 200-400°C. Główną grupę stanowią wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (naftalen do 5%, antracen do 6%, fenantren do 7%, i inne WWA o większym ciężarze cząsteczkowym). Jest wśród nich benzo(a)piren, powszechnie uznawany za bezprogową substancję kancerogenną. Jego zawartość w kreozocie waha się w przedziale 4 – 36 mg/kg. WWA stanowią ok. 80% – 90% oleju i mają odczyn obojętny. Ponieważ same WWA nie chronią w pełni drewna przed działaniem szeregu grzybów gnilnych, toteż w mieszance olejowej stosowane są także fenole i metylofenole o odczynie kwaśnym (4% – 16% składu). Dla równowagi odczynu pH stosuje się dodatki zasadowe (3,5% – 4,5%) – pirydynę, chinolinę i ich pochodne. Aktualnie produkowany w Polsce olej kreozotowy jest określony normą PN-EN 13991. Tak zwane odmiany B i C różnią się nieco ilością frakcji lotnej. Odmiana zależy od producenta.

W Europie i na świecie do budowy trwałych szlaków kolejowych stosowano drewniane podkłady pod szyny. Początkowo trwałość drewna leżącego w ziemi nie była zbyt długa. Ulegało ono zniszczeniu na skutek wnikania wody i destrukcyjnej działalności organizmów. Poszukiwano metod na wydłużenie trwałości podkładów. W 1902 r. opracowano w Niemczech tzw. pustokomórkową metodę Rüpinga i Wassermana, która polegała na wtłaczaniu pod ciśnieniem 6-9 atmosfer specjalnej mieszanki olejowej w drewniany, wysezonowany, wysuszony i przygotowany w autoklawach element. Olej kreozotowy, będący w zasadzie odpadem przy produkcji koksu i gazu, spełniał te wymagania. Przykładowo: niezaimpregnowany podkład bukowy wykazywał w ziemi trwałość średnio 3-letnią, zaś po nasyceniu kreozotem ponad 30-letnią. Na początku nikt



jednak nie zwracał uwagi na szkodliwe skutki działania kreozotu na wyższe organizmy żywe, w tym na ludzi. Organizmy roślinne w mniejszym stopniu ulegają obecności szkodliwych związków, a i to głównie za sprawą ich hydrofobowości i blokowania dostępu wody do korzeni.

Kreozot opracowano jako mieszaninę toksyczną, której celem było niszczenie grzybów, bakterii, szkodników drewna itp. oraz niedopuszczanie do wsiąkania wody w podkłady (olej jest ogólnie hydrofobowy, choć poszczególne składniki, jak np. fenol, mieszają się z wodą znacznie lepiej od WWA). W „Karcie charakterystyki niebezpiecznej substancji chemicznej” wydanej przez Kombinat „Zabrze”, głównego producenta kreozotu w czasach PRL-u, podano, że olej impregnacyjny przy narażeniu przewlekłym może powodować raka oraz stanowi zagrożenie dla wód gruntowych.

Od ponad 30 lat rozwinięte kraje Europy likwidują zakłady impregnujące drewno kreozotem. Świadectwem świadomości ekologicznej, ale i pewnej bezsilności są kompromisowe zapisy w dyrektywach Komisji Europejskiej dotyczące stosowania kreozotu i produktów zawierających kreozot. Przykładem jest Dyrektywa Komisji 2001/90/WE z dnia 26 października 2001 r. dostosowująca już po raz siódmy do postępu technicznego załącznik I do dyrektywy Rady nr 76/769/EWG w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych Państw Członkowskich odnoszących się do ograniczeń we wprowadzaniu do obrotu i stosowaniu niektórych substancji i preparatów niebezpiecznych (kreozot). Tu warto szerzej zacytować Dyrektywę:

Mimo zakazu stosowania kreozotu z uwagi na udowodnione właściwości kancerogenne, dopuszcza się jednak jego wykorzystywanie w drodze odstępstwa przez uprawnione podmioty w odniesieniu do substancji i preparatów: mogą one zostać zastosowane do obróbki drewna w instalacjach przemysłowych lub przez profesjonalistów objętych ustawodawstwem Wspólnoty dotyczącym ochrony pracowników przy pierwotnych ograniczeniach, jedynie jeśli zawierają:

- a) benzo(a)piren w stężeniu wagowym poniżej 0,005 %*
- b) oraz fenole zdolne do ekstrakcji w wodzie w stężeniu wagowym poniżej 3 %.*

Substancje i preparaty takie w celu stosowania w obróbce drewna w instalacjach przemysłowych lub przez profesjonalistów:

- a) mogą być wprowadzone na rynek jedynie w opakowaniach o pojemności równej lub większej niż 20 litrów,*
- b) nie mogą być sprzedane konsumentom.*

Nie naruszając zastosowania innych przepisów prawa wspólnotowego w sprawie klasyfikacji, pakowania i etykietowania substancji niebezpiecznych oraz preparatów, opakowania takich substancji i preparatów są czytelne i czytelnie oznaczone „Do użytku jedynie w instalacjach przemysłowych lub w profesjonalnej obróbce”.

W odniesieniu do drewna po obróbce w instalacjach przemysłowych lub przez profesjonalistów, które wprowadza się na rynek po raz pierwszy lub wycofywanego w miejscu pierwotnym, dozwolone jest wykorzystanie jedynie dla użytku profesjonalnego i przemysłowego, np. na kolejach, w transmisji energii elektrycznej i telekomunikacji,



do ogrodzeń, dla celów rolniczych (np. słupy podtrzymujące drzewo) oraz w portach i drogach wodnych.

W ślad za ustaleniami EWG i Unii Europejskiej Polska, po uzyskaniu członkostwa w UE od maja 2004 r. niezwłocznie przystosowała także przepisy zezwalające na stosowanie kreozotu w naszym kraju (Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 lipca 2004 r. w sprawie ograniczeń, zakazów i warunków produkcji, obrotu lub stosowania substancji niebezpiecznych i preparatów niebezpiecznych oraz zawierających je produktów [Dz.U.2004, 168, 1762]).

Urzędniczo-technologiczna niemoc trwa nadal, gdyż w Unii od 1 maja 2013 r. wszedł w życie po raz kolejny zakaz stosowania kreozotu, z ograniczeniami stosowania go m.in. do impregnacji podkładów kolejowych. Jednak wszystkie państwa członkowskie nadal zachowały sobie możliwość zezwalania na korzystanie z oleju kreozotowego do 30 kwietnia 2018 r., o ile do 31 lipca 2016 r. przedstawią sprawozdanie wykazujące brak dobrych rozwiązań alternatywnych.

Skutki zanieczyszczenia gleb i gruntów

Dziesiątki lat działalności nasycalni w Solcu Kujawskim spowodowało lokalnie, na terenie samego zakładu, silne anomalie geochemiczne związków organicznych, takich jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), monopierścieniowe węglowodory aromatyczne (BTEX) oraz fenole. Dwie ostatnie grupy z uwagi na lepszą rozpuszczalność w wodzie, tym samym też podatność na biodegradację, mogły łatwiej ulec naturalnej degradacji. Grupa WWA zaliczana jest jednak do trwałych zanieczyszczeń organicznych (POPs – Persistent Organic Pollutants) i rozpuszczenie, a potem degradacja większości z nich w warunkach naturalnych, bez wspomagania, to proces obliczany na setki i tysiące lat (Schaefer i in., 2013). Kluczową kwestią jest ekspozycja na warunki atmosferyczne (dostęp światła, zmienność temperatury, dostęp tlenu) oraz obecność wyspecjalizowanych mikroorganizmów.

W centralnej części terenu dawnej nasycalni, tam gdzie zlokalizowane były kiedyś budynki produkcyjne – hala nasyceń, kotłownia, podgrzewalnia oleju, zbiorniki – nie było żadnych warunków do rozwoju mikroorganizmów, ekspozycji i natlenienia gruntu. Pod zdegradowaną, pokrytą rumoszem ceglano-betonowym i hałdami zlepow kreozotowych powierzchnią terenu znajdował się kompleks piasków strefy niezawodnionej, ale całkowicie przesyconej olejem kreozotowym. Szczególnie drastycznie ujawniły to prace ziemne w trakcie realizacji rekultywacji w latach 2013-2016.

Prace rozpoznawcze przeprowadzone w latach 2001 przez firmę Geoprogram (Andrzejewski i in., 2001), w 2009 przez firmę Ekolab (Machowiak i in., 2009a; Machowiak i in., 2009b) i w 2010 przez firmę Ramboll Polska Sp. z o.o. (Irmiński, Dębicka, 2010) wykazały w strefie najsilniej zanieczyszczonej zawartość sumy WWA w gruncie na poziomie od 4 do 8, a nawet miejscami 20 gramów/kg suchej masy (s.m.). Obszar o takim przesyconiu ziemi olejem kreozotowym oszacowano na ok. 3 ha. Znacznie większy zasięg



miała strefa tzw. średnich zanieczyszczeń, gdzie ten sam parametr – suma WWA – wynosił ok. 200-4000 mg/kg s.m.

Poziom zanieczyszczeń samej warstwy glebowej (o ile istniała jako tzw. gleba kserotermiczna) lub równoważnej warstwy nasypowej do głębokości 30 cm był bardzo zróżnicowany. Według monitoringu jakości gleb wykonanego dwukrotnie na zlecenie Miasta (wg decyzji RDOŚ) w roku 2011 (Irmiński, 2011a; 2011b) wyznaczono trzy poletka badawcze dla warstwy glebowej w trzech różnych strefach. We wspomnianej części centralnej próbka gleby zawierała sumę 16 związków WWA, zależnie od kampanii (sezonu badawczego), od 286 do 367 mg/kg s.m., w części średnich zanieczyszczeń o mniejszej degradacji powierzchni – od 276 do 284 mg/kg s.m., a w części formalnie niezdegradowanej w granicach dawnego zakładu zawartość WWA w glebie wynosiła od 0,63 do 1,16 mg/kg s.m.

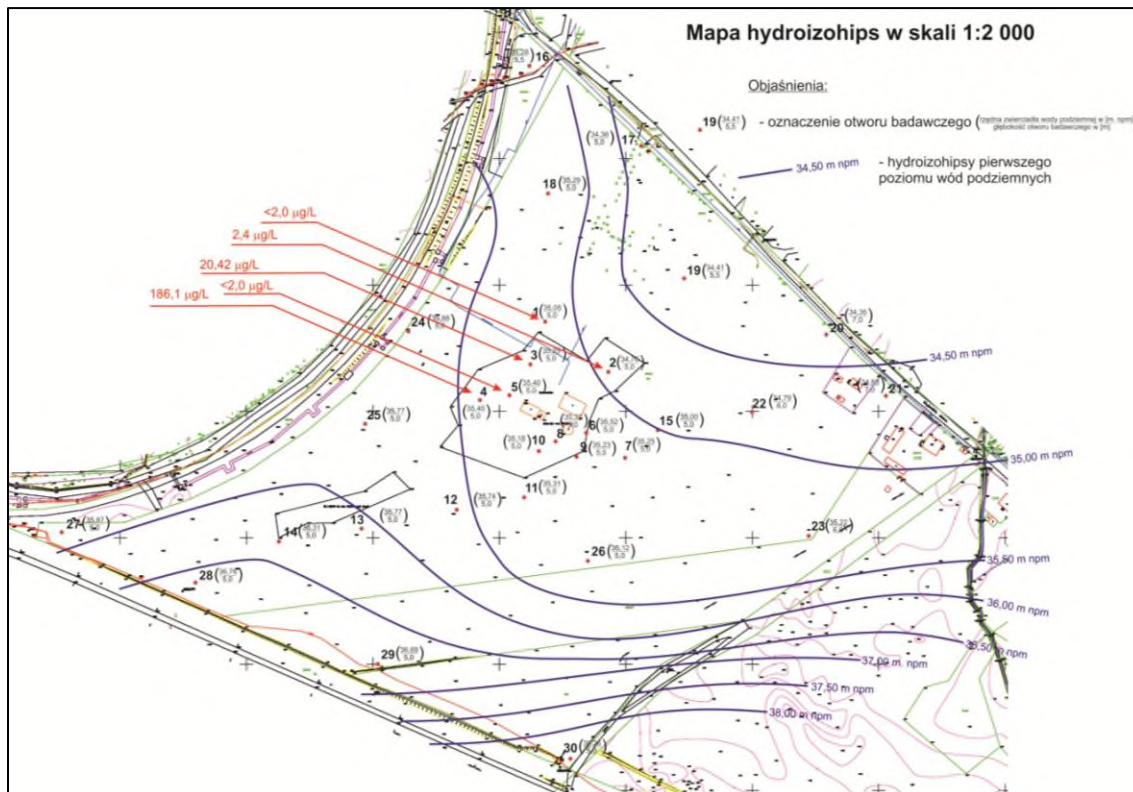
Takie poziomy zanieczyszczeń uniemożliwiały zatem wykorzystanie obszaru dla potrzeb Miasta, według ówczesnych przepisów (w tym Rozp. Min. Środ. z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U.02.165.1359], nawet po przeliczeniu wyników z sumy 16 związków na sumę 9 związków normowanych w przepisach.

Skutki zanieczyszczenia wód podziemnych

Problem zanieczyszczenia olejem kreoizotowym wód podziemnych na terenie dawnej nasycalni nie był początkowo szczególnie rozważany. Wynikało to głównie z braku wymogów prawnych do wykonywania badań oraz oceny stanu jakościowego wód. W badaniach środowiskowych dotyczących wód opierano się głównie na wskazówkach metodycznych z połowy lat 90. XX wieku, które nie stanowiły żadnego obowiązku prawnego. Wskazówki te dotyczyły zresztą związków ropopochodnych, bowiem w tamtym okresie „modnym” tematem w Polsce było likwidowanie zanieczyszczeń po starych stacjach benzynowych CPN oraz badanie zanieczyszczeń na poligonach i garnizonach wojskowych opuszczonych przez Rosjan w 1994 r. Zauważano związki BTEX, ale związków z grupy WWA nie traktowano należycie, bowiem te związki (raczej jako substancje węglowodorne) nie generowały problemu przy zanieczyszczeniach pochodzących z dystrybucji i magazynowania paliw. Nawet obecnie wiele osób, również z branży badań środowiska, nie rozumie różnicy pomiędzy substancjami ropo- i węglowodornymi.

W badaniach firmy Ekolab z 2009 r. (Machowiak i in., 2009a) wykonano badania 5 próbek wód podziemnych i w ich interpretacji posłużono się Rozporządzeniem Min. Środ. z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych [Dz.U.2008.143.896]. Wskazano, że zbadane wody należą do V, najgorszej klasy jakości wody, głównie za sprawą zawartości sumy WWA w przedziale <2,0 do 186,1 mg/L. Zawartość BTEX wynosiła zaś 0,469 mg/L. Warto zwrócić jednak uwagę na to, że autorzy z firmy Ekolab interpretując wyniki laboratoryjne (załączone w ich opracowaniu) pomylili jednostki i do wartości w mikrogramach (µg) podawali jednostkę miligramową, zatem 1000-krotnie większą. Dotyczyło to kluczowego parametru sumy WWA zarówno w gruntach,

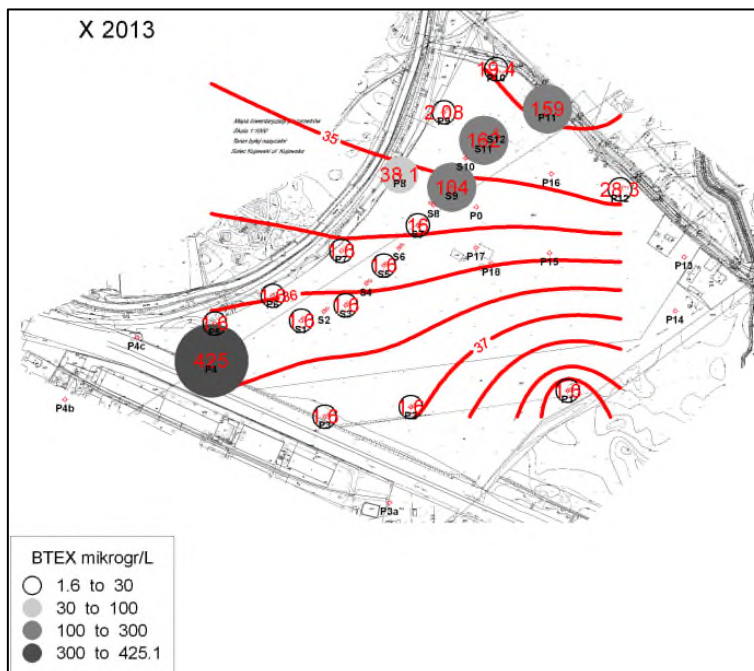
jak i w wodach. Tak więc najwyższą zaobserwowaną wartość sumy WWA w ilości 186,1 $\mu\text{g/L}$ wykryto w otworze nr 4 (Ryc. 1).



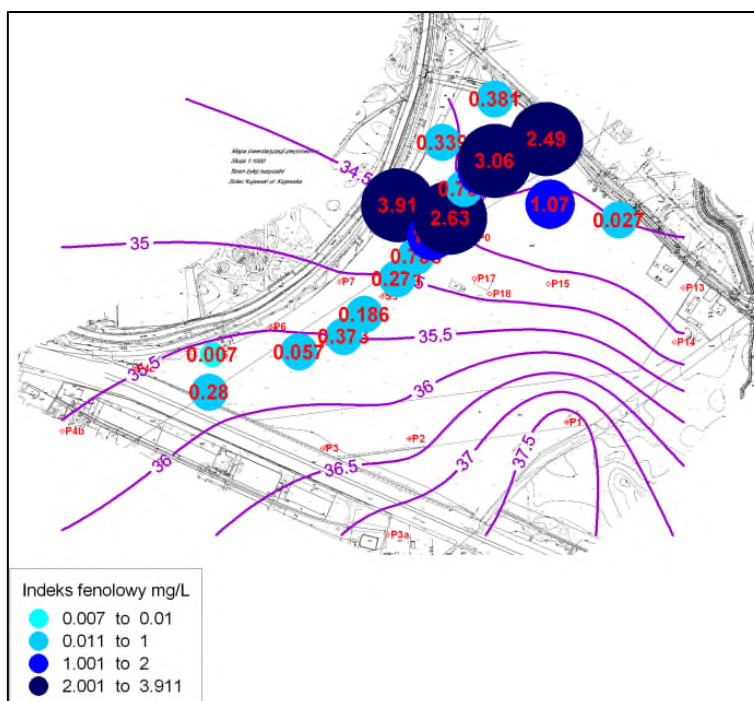
Ryc. 1. Mapa hydroizohips i lokalizacji otworów firmy Ekolab z 2009 r., zmodyfikowana o prawidłowo podane wartości sumy WWA oznaczonej w 5 próbkach wód (napisy i strzałki czerwone)

Po rozpoczęciu prac rekultywacyjnych, gdy wykonano już docelową sieć otworów (studni i piezometrów) oraz prowadzono regularne badania jakości wody, obraz jakości wód uległ doprecyzowaniu i urealnieniu (w kontekście zanieczyszczeń rozpoznanych w gruntach). Przykładowo pokazano rozkład przestrzenny stężeń BTEX z 2013 r. (Ryc. 2), fenole (w postaci indeksu fenolowego) z XI 2015 r. (Ryc. 3) oraz sumy WWA z VIII 2015 r. (Ryc. 4). Szczególnie porównanie wartości dla WWA z Ryc. 1 oraz Ryc. 4 wskazuje na prawdopodobnie zły (zbyt płytki) sposób opróbowania wody przez Ekolab w 2009 r. lub inne błędy.

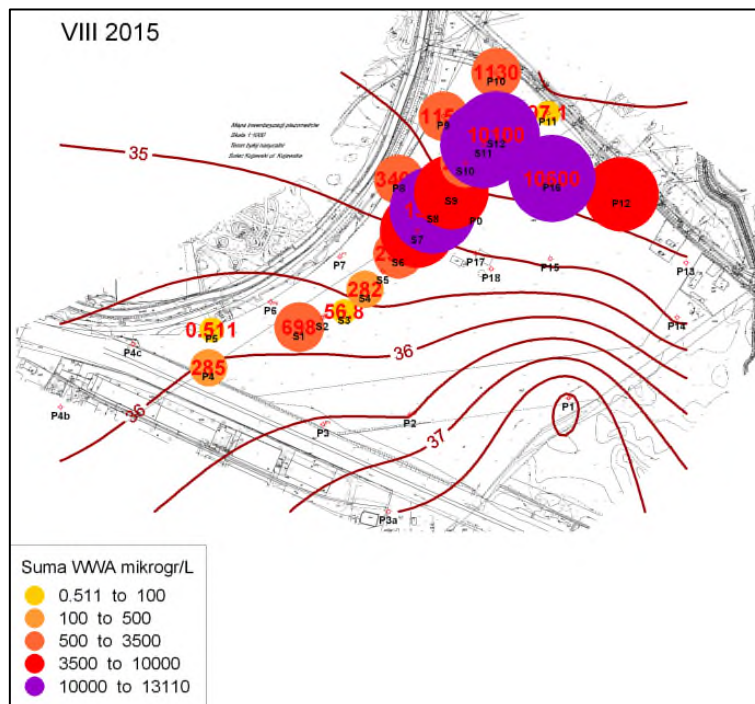
Badania wykonywane do projektu rekultywacji w 2010 r. (Irmiński, Dębicka, 2010) także objęły zagadnienie jakości wód podziemnych. W rejonie otworu nr 14 (Ryc. 1), czyli w sąsiedztwie późniejszej studni nr S1 (Ryc. 4), woda pobrana z wykopu wykonanego koparką wykazała dla sumy WWA ponad 3500 $\mu\text{g/L}$.



Ryc. 2. Mapa stężeń BTEX w wodach podziemnych z badania X 2013. Mapa z kompletu raportów Inżyniera Nadzoru Projektu Rekultywacji (Irmiński, 2016). Naniesione hydroizohipsy pokazują układ zwierciadła wód w czasie badań.



Ryc. 3. Mapa stężeń fenoli w wodach podziemnych z badania XI 2015. Mapa z kompletu raportów Inżyniera Nadzoru Projektu Rekultywacji (Irmiński, 2016). Naniesione hydroizohipsy pokazują układ zwierciadła wód w czasie badań.



Ryc. 4. Mapa stężeń sumy WWA w wodach podziemnych z badania XI 2015. Mapa z kompletu raportów Inżyniera Nadzoru Projektu Rekultywacji (Irmiński, 2016). Naniesione hydroizohipsy pokazują układ zwierciadła wód w czasie badań.

W otworach studziennych i piezometrycznych zlokalizowanych w północnej części terenu stwierdzano silne zanieczyszczenia wody, ale wiercenia te nie sięgały spągu warstwy wodonośnej. Niższy profil osadów i zanieczyszczeń nie był znany. Wykonany w drugim okresie rekultywacji terenu uzupełniający otwór piezometryczny P16 (na Ryc. 4 wartość sumy WWA równa 10600 µg/L) osiągnął ility podłoża nieprzepuszczalnego na głębokości 10,5 m, jednak w tym otworze, jak i w P15 (10 m) ujawniono obecność fazy olejowej od głębokości 7 metrów w dół. To dało wyraźny sygnał obecności ciężkiej niewodnej fazy ciekłej (DNAPL) na znacznie większej głębokości, niż przewidywał projekt rekultywacji i głębiej niż sięgały realne i ekonomicznie uzasadnione metody oczyszczania gruntów i wód.

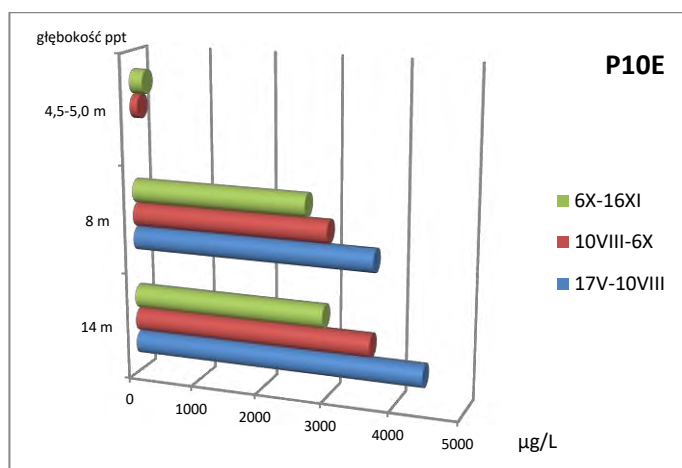
Dalsze, poszerzone studia dotyczące migracji DNAPL i oleju kreozotowego w szczególności, zaowocowały wskazówkami do poszukiwania smug zanieczyszczeń umiejscowionych przy spągu warstwy wodonośnej. Na takim założeniu bazował początek projektu GreenerSites w Solcu Kujawskim.

Aspekty atmogeochemiczne zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego

Wśród substancji zanieczyszczających środowisko gruntowo-wodne w obszarze dawnej nasycalni zdecydowanie dominuje naftalen z grupy WWA. Jego stężenia w wodzie w strefach uznanych za oś smugi zanieczyszczeń przekraczały 15 000 µg/L na głębokości 14 m (P10A w V 2018). Według pomiarów pasywnych naftalen stanowi około 83-85% składu



wszystkich WWA w osi smugi, ok. 62% w częściach dalszych (P10E), ale tylko 3% w strefach poza smugą (np. P10F, choć jest to na kierunku przepływu wód). W profilu pionowym próbnikami pasywnymi wykazano, że stężenia naftalenu związane są z głębokością (tym samym z odległością do mieszaniny oleju kreozytowego w spągu warstwy wodonośnej, co wykazano wcześniej wierceniami). Według ostatnich badań pasywnych w XI 2018 w otworze P10E na głębokości 14 m stwierdzono naftalenu 2150 $\mu\text{g/L}$, co stanowiło ok. 62% sumy WWA, na głęb. 8 m stwierdzono podobnie 62%, zaś w warstwie przy powierzchni zwierciadła, na głęb. 4,5 m stwierdzono 29%. Sytuacje stężeń WWA (w tym przeważającego udziału naftalenu) na różnych głębokościach w otworze P10E ilustruje diagram – Ryc. 5.



Ryc. 5. Zróżnicowanie stężeń sumy WWA w smudze zanieczyszczeń (P10E) na głębokości 4,5-5 m, 8 m i 14 m w różnych odcinkach czasu w czasie pomiarów próbnikami pasywnymi w 2018 r.

W porównaniu do warstwy głębszej (14 m), w warstwie przypowierzchniowej oczywiście radykalnie maleje stężenie sumy WWA w wodzie (w P10E 14-krotnie), ale wzrasta procentowo udział związków o mniejszej rozpuszczalności i lotności niż naftalen – acenaftenu (z 8% na 14 m do 24% na 4,5 m), fluorantenu (odpowiednio z 5% na 12,2%), fenantrenu (odpowiednio z 7% na 9,8%). Oznacza to jedynie, że naftalen przy zmniejszającym się ciśnieniu słupa wody i wzroście temperatury wody szybko przechodzi w stan lotny i przenika do strefy niezawodnionej gruntu, a następnie do powietrza atmosferycznego, jeśli nie napotka szczelnych barier poziomych. Zatem udział naftalenu w tej strefie warstwy wodonośnej spada za sprawą ucieczki w formie gazowej z cieczy.

Kolejno, według malejących stężeń, problemem są półlotne WWA (acenaften, fluoranten i fenantren), potem ksyleny, toluen, etylobenzen i benzen z grupy węglowodorów monoaromatycznych. Następnie ponownie na liście są dalsze, cięższe WWA.

Według analizy wyników stężeń poszczególnych BTEX na różnych głębokościach (np. testy próbnikami pasywnymi w P10A w XI 2018) znaczące spadki stężeń widać już pomiędzy 14 m a 8 m głębokości. Czyli ucieczka lżejszych i bardziej rozpuszczalnych niż



naftalen węglowodorów monoaromatycznych następuje wcześniej. W górnej warstwie BTEX często nie są już wykrywane (zbyt mała czułość metody pasywnej na BTEX w krótkim czasie pomiaru), ale to także prawdopodobny wynik skutecznej ucieczki tych łatwo lotnych związków do powietrza gruntowego i do atmosfery. Dla porządku należy tu nadmienić za niektórymi badaczami, że uwalnianie kreozotu z powierzchni wody nie jest uwalnianie za istotny proces migracji tej mieszaniny (Melber i in., 2004).

Niemniej oznacza to, że efekty atmochemiczne (w tym przypadku stężenia związków organicznych) można i trzeba skontrolować w warstwach przy powierzchni w nieco szerszych strefach, niż wykartowany przebieg smugi zanieczyszczeń DNAPL na głębokości poniżej 14 m. Dla kontroli trzeba wykonać także kilka badań porównawczych w strefach położonych poza wpływem smugi.

Głównymi substancjami, które muszą być mierzone są tylko związki lotne – naftalen oraz BTEX. Homogeniczna, piaszczysta warstwa aeracji w podłożu piaszczystej gleby oraz brak szczelnych nawierzchni na obszarze badawczym GreenerSites umożliwiają dobre, równomierne warunki do migracji gazów. Dzięki temu badania emisji związków lotnych powinny przynieść wiarygodne odzwierciedlenie formy głęboko osadzonego zanieczyszczenia wód. Wyniki badania powietrza gruntowego z jednorazowych badań można porównać do uśrednionych wartości odniesienia dla pomiaru jednogodzinnego według Rozporządzenia Min. Środ. z 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu [Dz.U.2010.16.87]. Warunkiem porównywalności wyników jest jednak pomiar adsorpcyjny oraz analiza próbki z wynikiem dla konkretnej substancji (na m³ powietrza), nie zaś suma związków lotnych mierzona metodą jonizacji płomieniowej (np. polowym miernikiem PID). Niemniej pomiary PID wykonane równolegle w otworach badawczych (rurkach ekstrakcyjnych) mogą być pomocne w późniejszej szybkiej diagnozie zmian.

Badania atmochemiczne zostały zaplanowane przez Miasto Solec Kujawski w ramach dalszych badań własnych, poza projektem GreenerSites, w trosce o prawidłowe dysponowanie terenami do zabudowy w sąsiedztwie dawnej nasycalni.

Efekty i wnioski z rekultywacji terenu w latach 2013-2016

Metoda rekultywacji terenu (remediacji powierzchni ziemi)

W efekcie przygotowań do rekultywacji rekomendowano do realizacji metodę oczyszczania gruntu z grupy metod „in situ on side”. Oznacza to działanie prowadzące do oczyszczenia gleby i ziemi na miejscu bez wywozu z terenu prac gruntów wydobywanych.

Była to idea zastosowania szczególnego szeregu technologii fizyko-chemiczno-biologicznych. Na początku niezbędne było usunięcie odpadów niebezpiecznych w postaci smoły kreozotowej pozostającej w uciętym zbiorniku, zełmowanie resztek zbiornika i uporządkowanie hałd ziemno-gruzowych. Segregacja materiału hałd polegała na oddzieleniu mechaniczno-sitowym frakcji grubego gruzu i innych odpadów. Zanieczyszczona ziemia z segregacji hałd została poddana płukaniu w przystosowanym murowanym zbiorniku podziemnym – tzw. „basenie”.



Po usunięciu resztek infrastruktury – fundamentów i gruzu (gdzie oddzielono część zanieczyszczonego materiału do odrębnego postępowania) odpady zostały skruszone mechanicznie z oddzieleniem złomu. Powstały odrębne pryzmy przekruszonego gruzu – odpady „czyste” zostały wykorzystane na miejscu na podbudowę drogi technicznej. Odpady zanieczyszczone po przekruszeniu stworzyły wewnętrzny rdzeń pryzmy technologicznej do bioremediacji zanieczyszczonej ziemi.

Kolejną fazą było płukanie gruntu metodą on side. Najsilniej zanieczyszczone partie gruntu po procesie płukania deponowano w obrębie pryzmy bioremediacyjnej na izolowanym podłożu do późniejszych procesów naturalnej remediacji. Grunty o mniejszym stopniu zanieczyszczenia wydobywano, płukano i za zgodą RDOŚ (po przedstawieniu wyników badań próbek z płukania gruntów) ponownie odkładano w powstających wykopach. W ten sposób na ich wyrównanej powierzchni powstały poletka remediacyjne inokulowane biopreparatami inicjującymi bioremediację. Na powierzchnię każdego poletka, jak też na powierzchnię pryzmy technologicznej dozowano rozcieńczony wodą biopreparat wyprodukowany na bazie glebowych mikroorganizmów autochtonicznych. W okresie realizacji prac rekultywacyjnych poletka dodatkowo nawożono, stosując nawozy azotowo-fosforowo-potasowe (NPK).

Koncepcja rekultywacji przewidywała także moduł remediacji wód podziemnych. Polegało to na lokalnym obniżeniu zwierciadła wody w celu głębszej ingerencji w niezawodnione, ale silnie zanieczyszczone grunty oraz wykorzystywaniu wody z depresjonowania do celów technologicznych w obiegu zamkniętym. Odcieki powstające na pryzmie remediacyjnej były i wciąż są recykulowane na powierzchnię pryzmy. Odcieki powstające na poletkach remediacyjnych zawierały także biopreparaty i mogły stanowić skuteczny zaczyn do oczyszczania wód podziemnych.

Z terenu rekultywowanego usunięto odpady z procesu płukania gruntów – emulsję olejowo-wodną zbieraną z powierzchni basenu, a także osady – szlamy strącane przez flokulanty z wody procesowej i szlamy ciężkie, które wybierano okresowo z dna basenu.

Efekty rekultywacji

Projekt rekultywacji terenu byłej nasycalni w Solcu Kujawskim zrealizowany w latach 2013-2016 był w istocie projektem remediacji środowiska gruntowo-wodnego. Określenie „rekultywacja” było zgodne z ówczesnym definiowaniem usuwania szkód w środowisku i jego naprawy, ale niekoniecznie przywróceniu właściwości produktywnych glebie i ziemi. Tylko tak definiując zakres zaplanowanych prac można było liczyć na dofinansowanie zewnętrzne z funduszy NFOŚiGW.

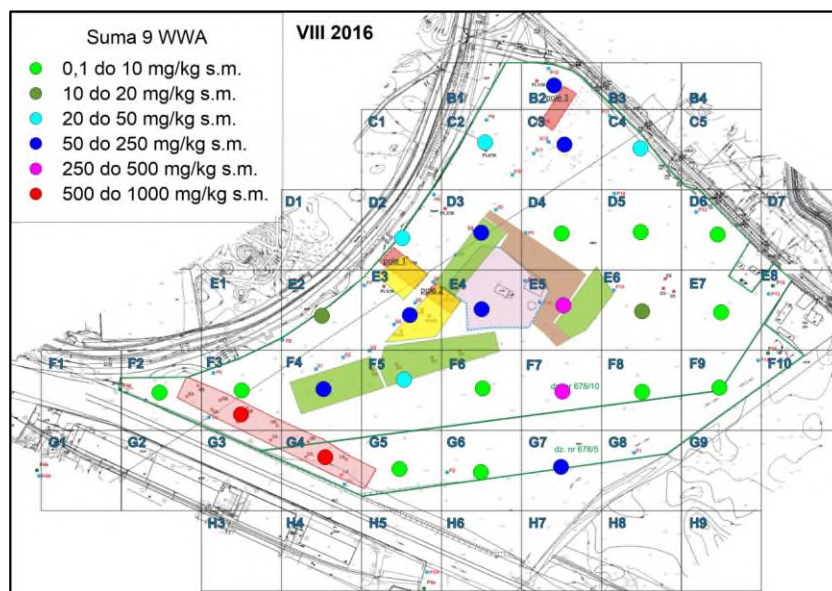
Mówiąc o efektach należy najpierw wymienić kilka trudnych do wyceny skutków:

- uporządkowanie ponad 16 ha terenu położonego w centrum miasta,
- poprawa estetyki otoczenia,
- likwidacja miejsc niebezpiecznych dla ludzi, szczególnie dla dzieci,
- uzyskanie przestrzeni o znacznej bioróżnorodności,

- stworzenie perspektywy na pro-społeczne zagospodarowanie tej części miasta (tereny rekreacyjno-sportowe) po upływie okresu trwałości projektu rekultywacji (5 lat),
- przerwanie łańcucha dewastacji środowiska (brak pokusy nielegalnych rozbiórek gruzu i podrzucania niechcianych odpadów, np. eternitu),
- zwiększenie atrakcyjności inwestycyjnej na sąsiednich terenach,
- wystarczające oczyszczenie gruntu bez wywożenia tysięcy metrów sześciennych ziemi i tworzenia kolejnego ogniska zanieczyszczeń lub zapełnienia kilku składowisk odpadów.

Niemniej możliwa jest też ocena mierzalnych efektów wykonanych prac, co było wymagane w oparciu o standardy gleby i ziemi ustalone Rozp. Min. Środ. z 9 września 2002 r. Znakomite efekty rekultywacji warstwy glebowej dały się zaobserwować jesienią 2017 r., czyli w rok po zakończeniu prac. Teren poddano kilka razy badaniom w ustalonej wcześniej siatce pomiarowej. Pewnym modyfikacjom uległa jednak metoda opróbowania, zgodnie z obowiązującymi od 1 września 2016 r. zasadami. Zwiększenie zagęszczenia pobieranych próbek wyeliminowało dotychczasową sporą przypadkowość wyniku.

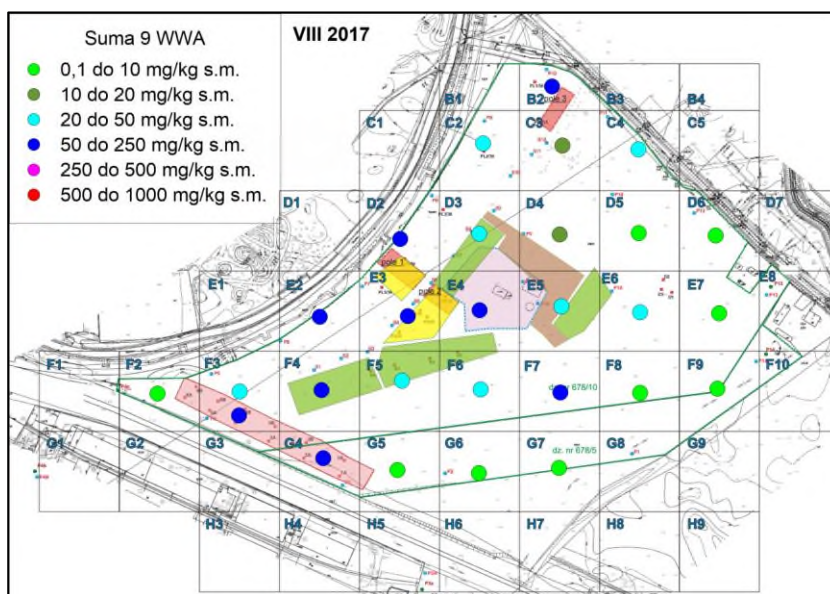
W pracach rekultywacyjnych zupełnie usunięto z warstwy glebowej fenole, co wykazano badaniami w 2016 r. Od 2017 roku nie są mierzalne w próbkach gleb także związki BTEX. Jak zakładano, jedynie WWA należące do trwałych zanieczyszczeń organicznych (POPs) będą stanowić długotrwały problem środowiskowy w glebie i w ziemi. Stan warstwy glebowej do głęb. 30 cm pod względem stężeń sumy WWA w VIII 2016 r. przedstawia Ryc. 6.



Ryc. 6. Mapa terenu badań z wynikami analiz próbek gleby z sierpnia 2016 r.

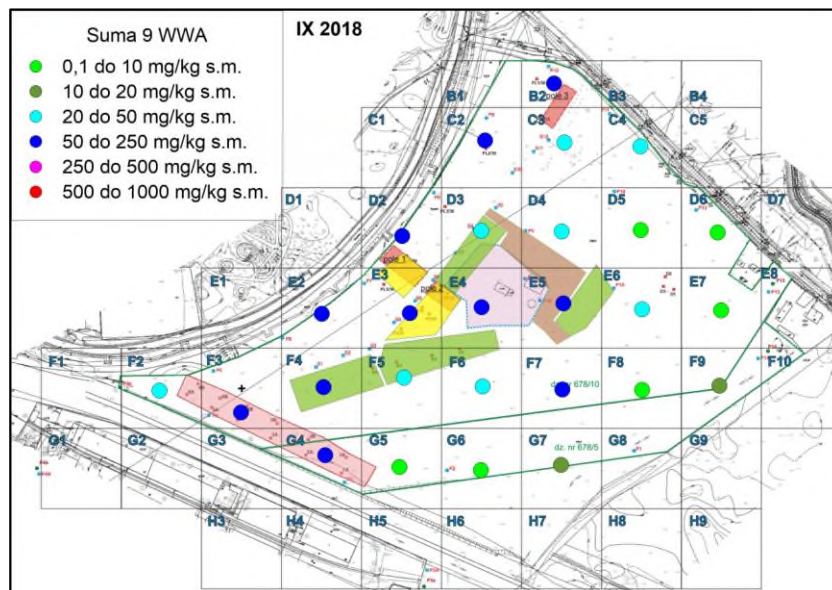
Wysokie stężenia zaznaczone przy południowej granicy terenu to wyniki badania próbek odpadowej ziemi, która ze względu na wyjątkowo duże stężenia początkowe i trwałe WWA nie mogła być zdeponowana bez wyizolowania. Grunt ten tworzy obecnie formę

napowietrzanej i nawadnianej przyzmy, jest ogrodzony i stopniowo zazieleniany trawą, roślinami zielnymi i krzewami. W części centralnej, gdzie miesiąc wcześniej zakończono procesy oczyszczania gruntu (m.in. płukania) i likwidowano wszelkie instalacje remediacyjne, jeszcze widoczne są wartości anomalne WWA.



Ryc. 7. Mapa terenu badań z wynikami analiz próbek gleby z sierpnia 2017 r.

W rok po zakończeniu rekultywacji, w ramach rozpoczętego projektu GreenerSites wykonano badanie kontrolne jakości gleby. Opróbowaniem objęto te same kwadraty, ale w warstwie do głębokości 25 cm, zgodnie z aktualnymi przepisami. Obraz zanieczyszczenia próbek związkami WWA pokazał wyraźną poprawę na całym terenie, nie wyłączając przyzmy bioremediacyjnej. W niektórych obszarach zawierających cięższe WWA przemieszane w glebie (której nie poddawano procesom płukania) stan zanieczyszczenia był niestety stabilny.

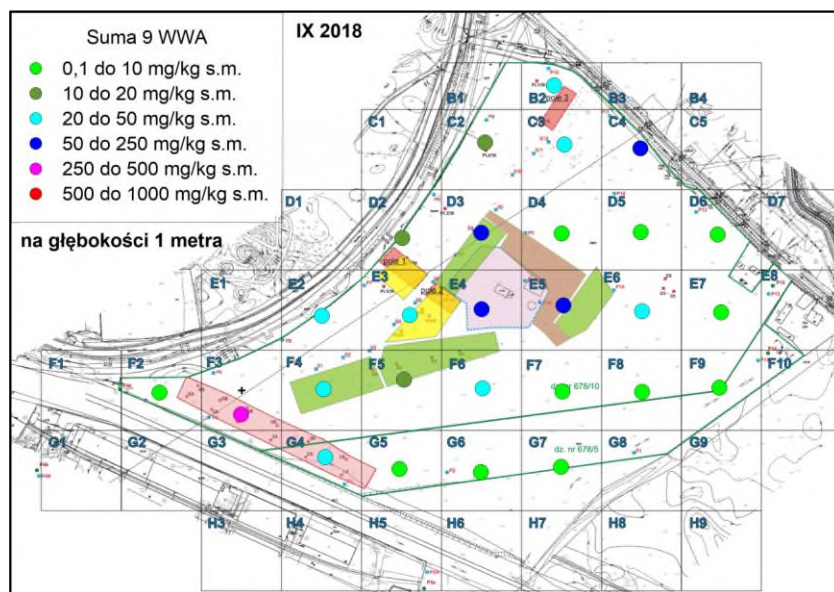


Ryc. 8. Mapa terenu badań z wynikami analiz próbek gleby z września 2018 r.

Efekty degradacji zanieczyszczeń po upływie kolejnego roku nie są już tak spektakularne (Ryc. 8) W niektórych kwadratach wyniki wykazują nawet pewne pogorszenie sytuacji. Jest to zjawisko absolutnie normalne w przypadku działania zespołu mikroorganizmów biodegradujących bardzo złożone i zróżnicowane węglowodory. Ponadto, mimo prawidłowego opróbowania i przygotowywania próbki reprezentatywnej dla danego kwadratu, nadal trzeba się liczyć z pewną losowością – szczególnie w kwadratach, gdzie nie deponowano płukanej ziemi.

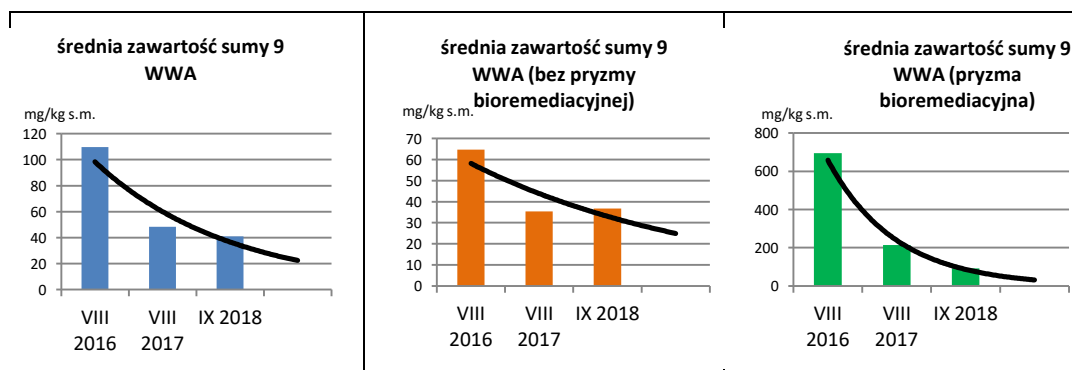
Obiektywnym zjawiskiem, które mogło spowolnić biodegradację w warstwie glebowej, był wyjątkowo suchy i gorący okres lata i jesieni w roku 2018. Brak opadów wyraźnie przyczynił się choćby do wyschnięcia znacznych połaci traw, które dopiero zaczynały się głębiej ukorzeniać w tej inicjalnej glebie ubogiej w kwasy humusowe i składniki odżywcze dla flory oraz mikrofauny. W tym czasie nie stosowano już nawozów.

Znacznie lepsze warunki dla działalności mikroorganizmów degradujących WWA istnieją zapewne w warstwach głębszych, szczególnie w gruncie poddanym procesowi płukania, zatem o dużej porowatości i dostępie tlenu. We wrześniu 2018 wykonano dodatkowo badanie warstwy gruntu na poziomie głębokości 0,7-1,0 m. Tu także nie wykryto BTEX, a z uwagi na WWA jakość gruntu jest lepsza niż w warstwie górnej (Ryc. 9).



Ryc. 9. Mapa terenu badań z wynikami analiz próbek gruntu z głęb. 1 m z września 2018 r.

Zatem w warstwie glebowej stopień zaniku zanieczyszczeń z grupy WWA postępuje już znacznie wolniej niż w okresie, kiedy stosowano biopreparaty, nawożenie i podlewanie. Ilustrują to wykresy i krzywe tendencji (Ryc. 10).



Ryc. 10. Wykresy stężeń średnich dla sumy 9 WWA w latach 2016-2018 oraz krzywa trendu dla całego badanego obszaru dawnej nasycalni

Wnioski z rekultywacji

Jak dowodzą dokumentacje z przebiegu prac rekultywacyjnych oraz prezentowane wyniki geochemiczne, na terenie po dawnej nasycalni usunięto z warstwy niezawodnionej (aeracji) główne ogniska zanieczyszczenia. Były one wciąż groźne i aktywne (np. rejon zbiornika z wyciekającymi resztkami kreozotu) i powodowały ciągłą degradację gruntów w strefie saturacji oraz silne zanieczyszczenie wód podziemnych. Obecne przejawy silnego zanieczyszczenia wód pochodzą już jedynie z fazy olejowej, która opadła głęboko do stropu łąw.



Badania licznych próbek gleb i podłoża wykazały, że obecny stan geochemiczny tego obszaru jest diametralnie różny od sytuacji sprzed 10 lat, a nawet sprzed 6 lat, gdy rozpoczynano rekultywację. Trend spadku stężeń WWA w warstwie glebowej nieco zwolnił (porównując lata 2017 i 2018), ale może to być skutek długiej bezdeszczowej aury w 2018 r., wyjąłowania inicjalnej gleby oraz działanie mikroorganizmów, które nierównomiernie degradują węglowodory.

Z pewnością istnieje potrzeba dalszych działań wspomagających – wzmocnienie struktury gleby oraz zasilenie nawozami. Utrzymanie prawidłowego funkcjonowania przyzmy bioremediacyjnej z systemem nawadniania poprzez recyrkulację odcieków powinno być zadaniem priorytetowym. Należy też stale poprawiać stabilność jej skarp, na przykład poprzez obsadzenie dolnych części skarp wierzbą, co wpłynie na szybszą transpirację wody opadowej z rowu opaskowego przyzmy.

Inne metody testowane w Solcu Kujawskim – projekt TIMBRE

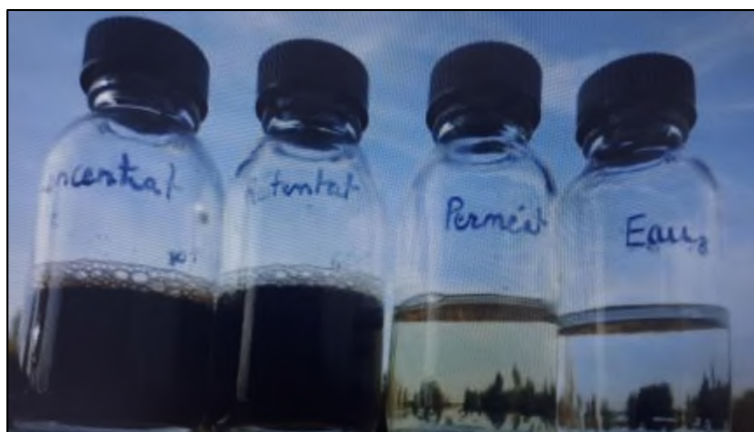
Metoda ekstrakcji zanieczyszczeń olejowych przy użyciu piany (metoda dwufazowa, tzw. foam flushing)

W roku 2012, zatem jeszcze przed rekultywacją, w ramach unijnego projektu TIMBRE (Tailored Improvement of Brownfield Regeneration in Europe – Racjonalne usprawnienie przekształcania terenów zdegradowanych w Europie) 7 Programu Ramowego UE, przeprowadzono eksperyment techniczny na specjalnie wybranym fragmencie dawnej nasycalni w Solcu Kujawskim, gdzie stopień zanieczyszczenia gruntu sumą związków WWA wynosił ok. 2 g/kg s.m. Była to świadomie wybrana strefa tzw. średniego zanieczyszczenia. Naukowcy z Instytutu UTINAM Uniwersytetu Franche-Comté w Besançon wraz firmą Geo-Logik wykonali instalację do prania osadów wodoprzepuszczalnych in situ przy pomocy piany wtłaczanej do zanieczyszczonego gruntu przez specjalne otwory iniekcyjne (**Ryc. 11**). Eksperyment dotyczył jedynie testowania metody oczyszczania gruntów w strefie aeracji. Skuteczność piany, która miała trudności w przenikaniu przez piaski silnie zaimpregnowane gęstym lub nawet już skryształizowanym olejem, była niewielka. Zamiast wykonywać niezwykle gęstą sieć otworów iniekcyjnych i regularnie powtarzać proces „pianowania” gruntu łatwiej było go wydobyć koparką i wyflukać w zbiornikach w mieszance wody z detergentami.

Jednak przy okazji pojawiła się konieczność oczyszczania na miejscu wody gruntowej pochodzącej z separacji emulsji wodno-olejowo-detergentowej. W niewielkim otwartym zbiorniku mieszano z zanieczyszczoną wodą pożywkę bakteryjną bazującą na ściekach z oczyszczalni ścieków komunalnych Kapuściska k/Bydgoszczy. Po kilkunastu godzinach wodę z basenu filtrowano na specjalnym urządzeniu do ultrafiltracji. Konieczne było wstępne usuwanie żelaza poprzez strącanie chemiczne. Ostatecznie stwierdzono usuwanie z wody 99,9% zanieczyszczających węglowodorów oraz odzysk 5-25% zastosowanych surfaktantów. Rodzaj zastosowanego surfaktanta miał gwarantować, że pozostałe w wodzie i gruncie środki powierzchniowo-czynne mogły dość szybko ulegać biodegradacji w warunkach naturalnych.



Ryc. 11. Polowa instalacja do testu projektu TIMBRE na terenie dawnej nasycalni w Solcu Kujawskim. Wrzesień 2012.



Ryc. 12. Różne etapy oczyszczania wody z płukania gruntu w projekcie TIMBRE w Solcu Kujawskim – od koncentratu oddzielonego z piany po produkt z ultrafiltratora. Fot. N. Fatin-Rouge.

Ta metoda traktowania wody zanieczyszczonej węglowodorami z grupy WWA pokazała, że w warunkach naturalnych, pod ziemią, także możliwe jest zastosowanie procesów biodegradowanych proste WWA oraz zatrzymanie innych, trudniejszych do degradacji związków organicznych na filtrującym materiale. Należało jedynie rozwiązać kwestię wykonania filtracji in situ w całym przekroju warstwy wodonośnej lub stworzyć znane już od lat w Europie Zachodniej systemy funnel&gate (ściany szczelne w formie poziomego lejka kierujące wody podziemne w stronę specjalnej bramy, gdzie zlokalizowany jest wymienny system filtrujący).



Zakres prac i wyniki badań terenowych w ramach projektu GreenerSites

W czasie rocznego okresu realizacji projektu GreenerSites (2017-2018) przewidziano i zrealizowano następujące zadania:

- dwukrotne badanie jakości gleb na terenie zrehabilitowanym, by ustalić poprzez dane geochemiczne, czy następuje dalsza poprawa stanu gleb,
- sześciokrotne badanie obecności kluczowych składników krezotu (BTEX i WWA) w wodach podziemnych w stale doprecyzowanych strefach przemieszczania się zanieczyszczeń,
- równoległe z opróbowaniem wód badanie podstawowych parametrów fizykochemicznych in situ,
- siedem serii pomiarowych kontrolujących poziom piezometryczny i dających pogląd na kierunki przepływu wód podziemnych,
- osadzenie 10 piezometrów sięgających warstwy nieprzepuszczalnej ilów w strefach istotnych dla badania smug głębokich zanieczyszczeń,
- wykonanie kilkunastu wierceń badawczych w celu ustalenia pionowego zasięgu i rodzaju osadów wodonośnych oraz organoleptycznego stwierdzenia obecności DNAPL,
- zaprojektowanie, przeprowadzenie badań geofizycznych oraz opracowanie mapy interpretacji 17 profili geoelektrycznych ilustrującej strop utworów o niskim oporze właściwym (osadów nieprzepuszczalnych),
- badanie długookresowe jakości wód podziemnych z zastosowaniem próbników pasywnych,
- pobór mega-próbek gruntu i wody do specjalnych testów sorpcji zanieczyszczeń (testy wykonano w laboratorium firmy REGENESIS w San Clemente w USA).

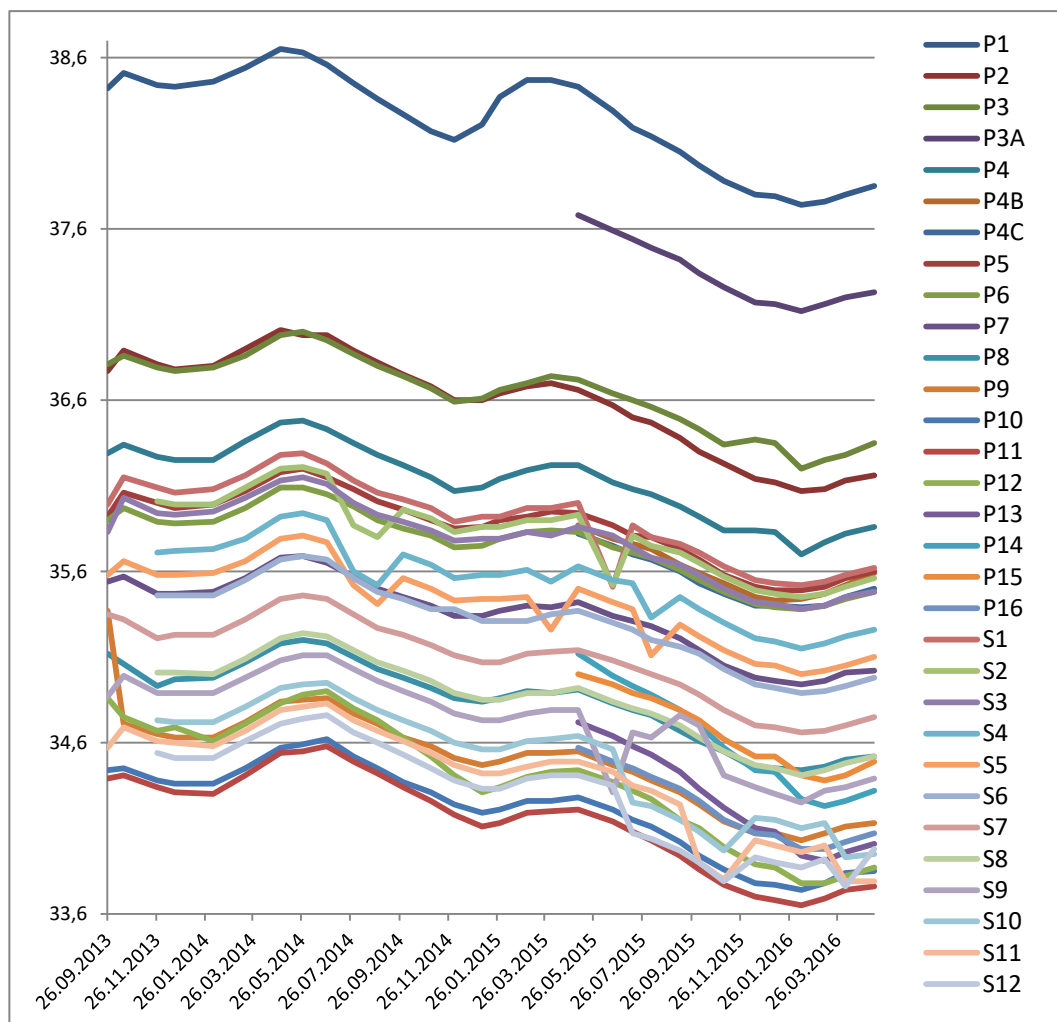
Wyniki tych prac częściowo zostały opisane poniżej, zaś wersje pełne (z wynikami analiz laboratoryjnych, tabelami pomiarów itp.) znajdują się w sześciu raportach okresowych wykonywanych po każdej kampanii próbkobiorczej (np. Irmiński, 2018).

Monitoring zwierciadła wód podziemnych

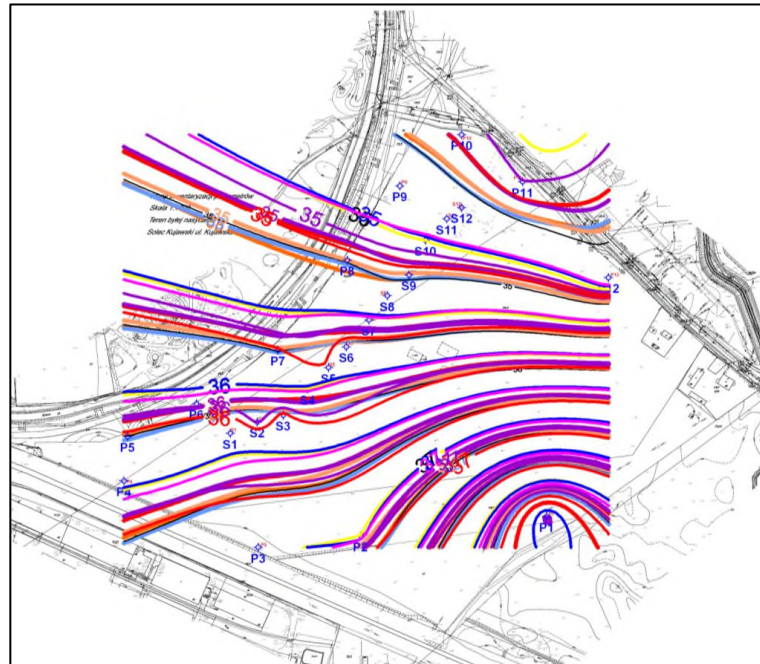
Wcześniejsze badania ukształtowania zwierciadła wód podziemnych i tym samym dominujących kierunków przepływu wód wykonywane w ramach badań środowiskowych przez Geoprogram (Andrzejewski i in., 2001), Ekolab Sp. z o.o. w 2009 r. (Machowiak i in., 2009a) oraz Ramboll & Omegatech Sp. z o.o. w 2010 r. (Irmiński, Dębicka, 2010) miały charakter pomiarów jednorazowych i opartych na różnych, często tylko tymczasowych otworach. Dopiero regularny monitoring układu zwierciadła realizowany był comiesięcznie przez firmę PROTE Sp. z o.o. w trakcie prac rekultywacyjnych w okresie 2013-2016. Przykładowe mapy zwierciadła wody pokazano na Ryc. 14 i Ryc. 15. Widoczne na tych mapach niewielkie, ale wyraźne zmiany przebiegu hydroizohips w rejonie studni technologicznych S1-S12 wynikał z pracy niektórych studni w czasie pomiarów. Łatwo zauważyć stabilność ogólnych kierunków przepływu wody. Zmianom ulega głównie poziom zwierciadła, co wynika ze zmian zasilania oraz zmian poziomu wody w cieku drenującym, w Wiśle leżącej ok. 500 m na północ od terenu badań.



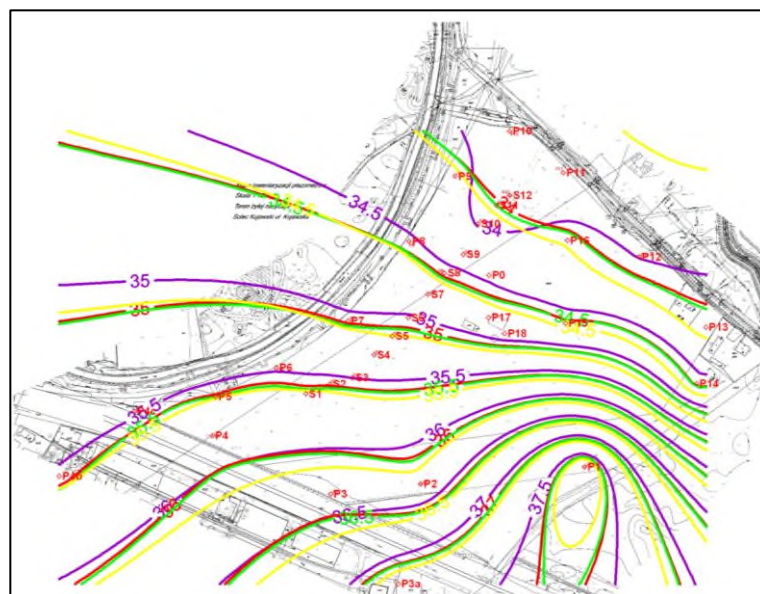
W obszarze dawnej nasycalni gradient hydrauliczny wynosi ok. 4 metry (pomiędzy poziomami wody w otworach P1 oraz P10). Wahania poziomu wody w otworach w okresie 2013-2016 były bardzo równomierne i wyraźnie zależne od pór roku (Ryc. 13). Z przebiegu wahań wynika, że okresy niżowe występowały regularnie w sezonie zimowym (grudzień-luty), zaś wyżowe w okresie wiosennym (III-IV). Jest to prawdopodobnie spowodowane poziomem odbiornika, jakim jest dolna Wisła, która w okresie wiosennym zwykle ma wysoki poziom wody na skutek spływu wód roztopowych z dorzecza. W skrajnych przypadkach amplituda zmian poziomu wód podziemnych nie przekroczyła 1 metra: w otworach na napływie, np. w P1 było to 0,91 m, zaś na odpływie, przy ul. Kujawskiej w P11 było to 0,93 m. Widoczne na wykresie skokowe zmiany w przebiegu niektórych linii wynikają z pracy pomp w studniach technologicznych.



Ryc. 13. Wykres wahań poziomu zwierciadła wody w otworach badawczych w latach 2013-2016



Ryc. 14. Hydroizohipsy z pomiarów w okresie X 2013 – VIII 2014.

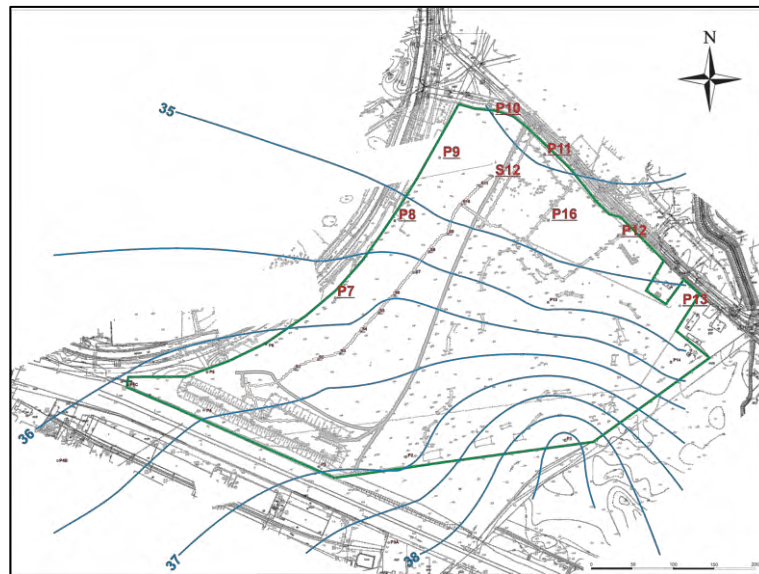


Ryc. 15. Hydroizohipsy z pomiarów w okresie XI 2015 – II 2016.

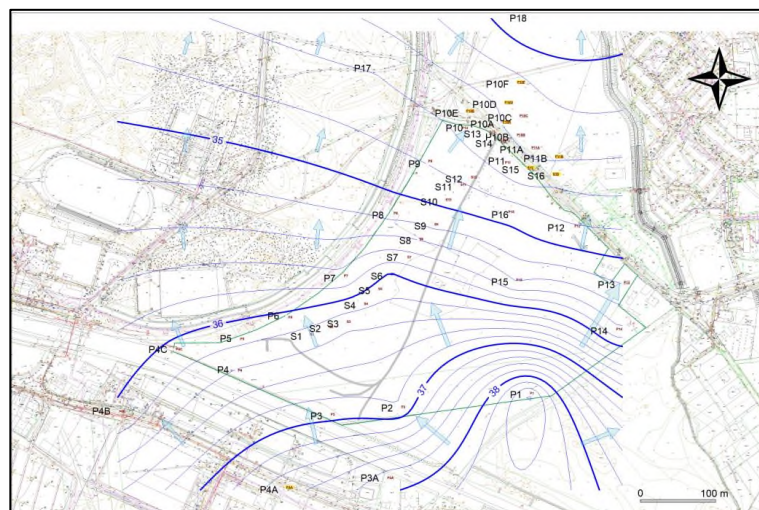
Materiał dokumentacyjny z lat 2013-2016 został uzupełniony pomiarami zaprojektowanymi w ramach GreenerSites na bardziej rozbudowanej sieci pomiarowej. Obecnie do dyspozycji pomiarowej i opróbowania jest 41 otworów.

Mapy hydroizohipsy wykonane na podstawie pomiarów z okresu badań (6 kampanii pomiarowych + dodatkowy pomiar w X 2018 po ostatnim uzupełnieniu sieci piezometrów)

pokazują, że kierunki przepływu wód nie uległy zmianom i nadal są bardzo stabilne. Pokazano to dla przykładu na dwóch mapach – Ryc. 16, Ryc. 17.



Ryc. 16. Mapa hydroizohips wód podziemnych w dniu 8 VIII 2017 r. (w m n.p.m.)



Ryc. 17. Mapa hydroizohips wód podziemnych w dniu 5 X 2018 r. (w m n.p.m.) uzupełniona o pomiary w nowych otworach (P17 i P18) w dniu 12 X 2018 r.

Jak widać na Ryc. 16, w sierpniu 2017 nie istniały jeszcze dodatkowe otwory pomiarowe przy ul. Kujawskiej. Zauważalne różnice pojawiają się oczywiście na granicy obszaru interpolacji na skutek dostarczenia większej liczby danych z nowych punktów pomiarowych (Ryc. 17). W okresie letnim 2018 r. odnotowano zmianę (obniżenie się) poziomu wód na



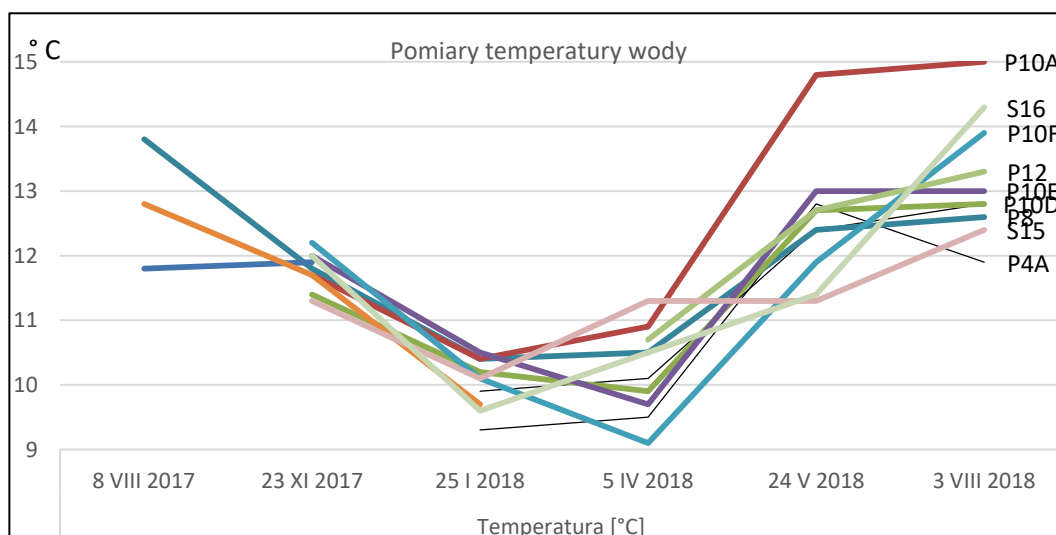
skutek długotrwałego braku opadów w regionie. Ten czynnik mógł mieć wpływ na zmniejszenie dyspersji bocznej w smugach zanieczyszczeń hydrofobowych.

Monitoring jakości wód (badania chwilowe i długookresowe)

Mimo długiego okresu obserwacji i zebrania danych, wykonane mapy stężeń zanieczyszczeń prezentowane w sześciu raportach z kampanii badawczych GreenerSites nie do końca pozwalają określić tendencję zmian ilości badanych BTEX i WWA w wodach podziemnych. Wynika to ze współdziałania kilku czynników:

- zlikwidowania ognisk zanieczyszczeń w strefie aeracji w latach 2013-2016,
- zmian potencjału migracji węglowodorów na skutek różnej rozpuszczalności przy zmiennych warunkach termicznych ośrodka gruntowo-wodnego,
- możliwego wpływu degradujących węglowodory mikroorganizmów wprowadzonych do środowiska w ramach prac rekultywacyjnych – ich działanie w wodach o niskim i średnim zanieczyszczeniu jest prawdopodobne i może być mierzalne,
- sezonowych zmian poziomu zwierciadła wód wywołanych różną ilością opadów atmosferycznych i wód roztopowych,
- niehomogeniczności zanieczyszczeń hydrofobowych w środowisku wód podziemnych.

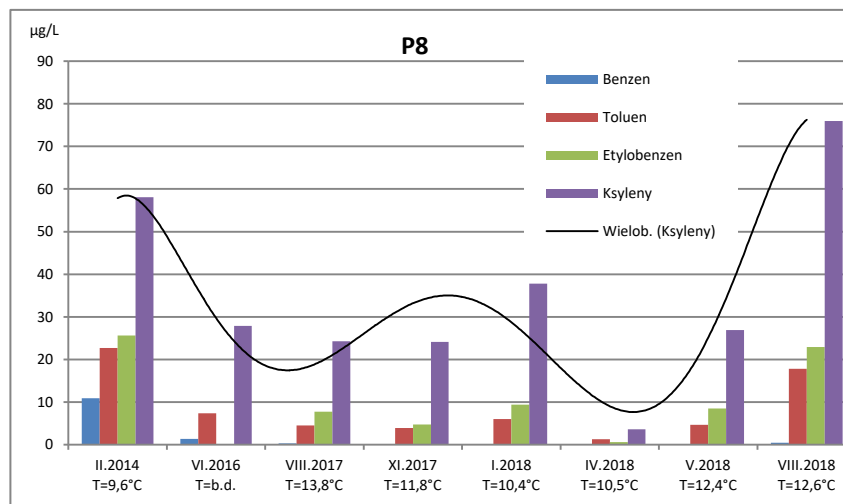
Wymieniona powyżej zmienność warunków termicznych wód została pokazana w czasie trwania projektu GreenerSites (Ryc. 18). Przebieg linii wskazuje, że choć temperatury pod ziemią w warstwie saturacji rosną wraz ze zmianą temperatur powietrza w różnych porach roku, to jednak głównym czynnikiem jest tu nagrzewanie powierzchni terenu pozbawionego dostatecznej, izolującej okrywy roślinnej oraz większa pojemność cieplna gruntów zawierających węglowodory.



Ryc. 18. Wykres temperatur w kolejnych kampaniach pomiarowych GreenerSites w kilku najważniejszych otworach pomiarowych

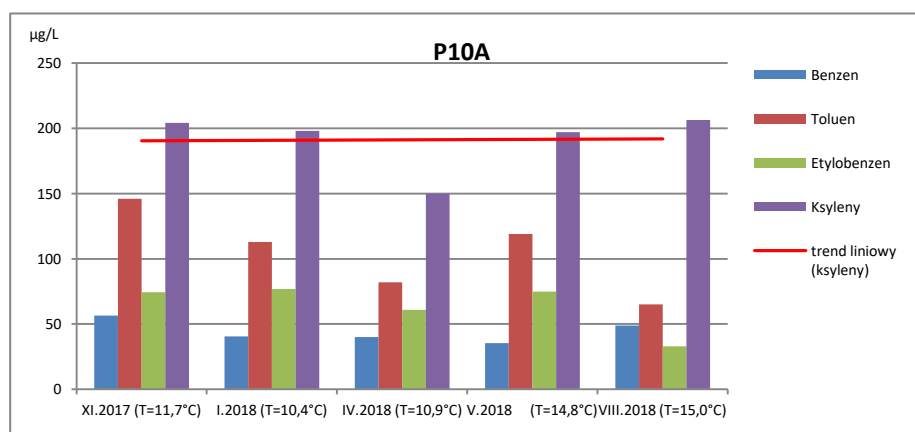


Przykład trudności interpretacyjnej pokazano w oparciu o poszczególne BTEX dla otworu P8, który ma wyjątkowo długą i regularną historię obserwacji chemizmu wód (Ryc. 19).

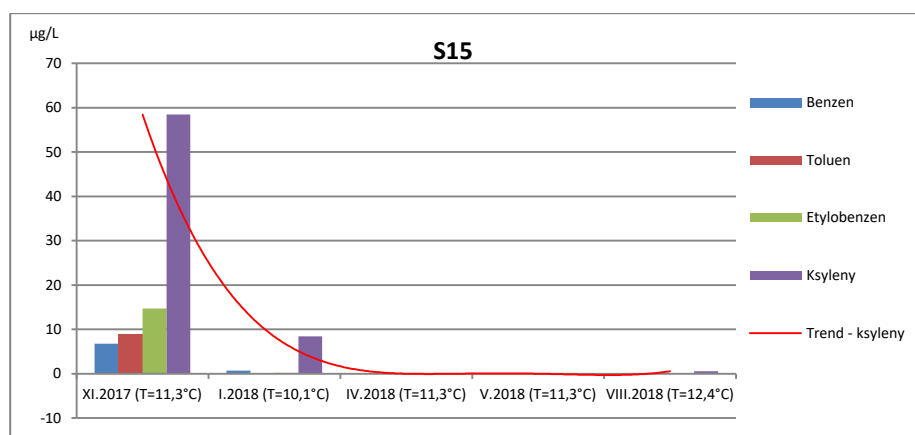


Ryc. 19. Zmiana stężeń składników BTEX w otworze P8 w latach 2014-2018. Na przykładzie ksyleneń zaznaczono zmienny trend stężeń tych zanieczyszczeń

W piezometrach utworzonych później i badanych krócej także nie ma prostej recepty na ustalenie trendu. Przykładowo dwa otwory – P10A, uznany jako leżący w osi smugi zanieczyszczeń (Ryc. 20) oraz S15, uznany za otwór w strefie brzeżnej, poza główną smugą zanieczyszczeń (Ryc. 21).



Ryc. 20. Zmiana stężeń składników BTEX w otworze P10A w ostatnich pięciu seriach pomiarowych. Na przykładzie ksyleneń zaznaczono trend zmian stężeń zanieczyszczeń

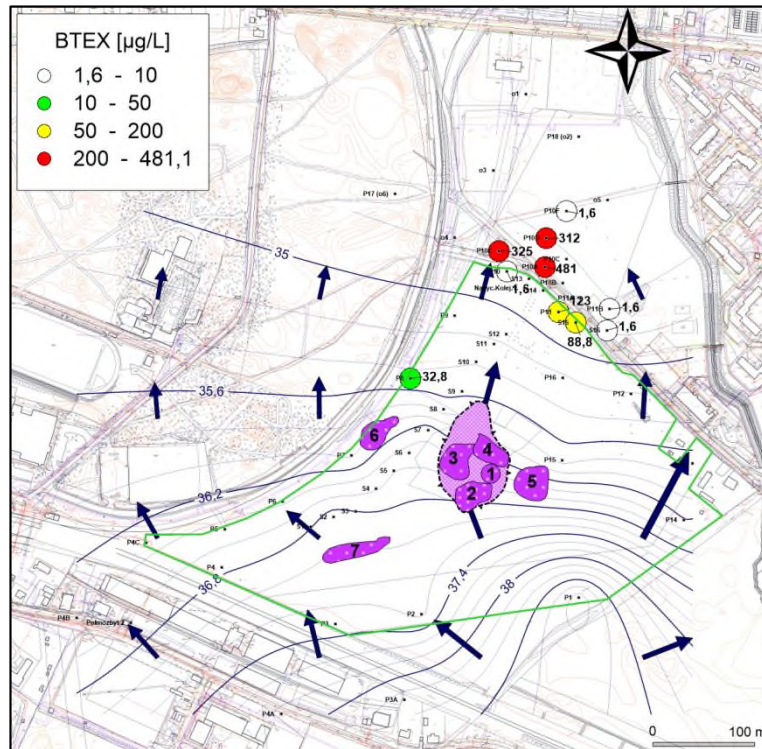


Ryc. 21. Zmiana stężeń składników BTEX w otworze S15 w ostatnich pięciu seriach pomiarowych. Na przykładzie ksylenów zaznaczono trend zmian stężeń zanieczyszczeń

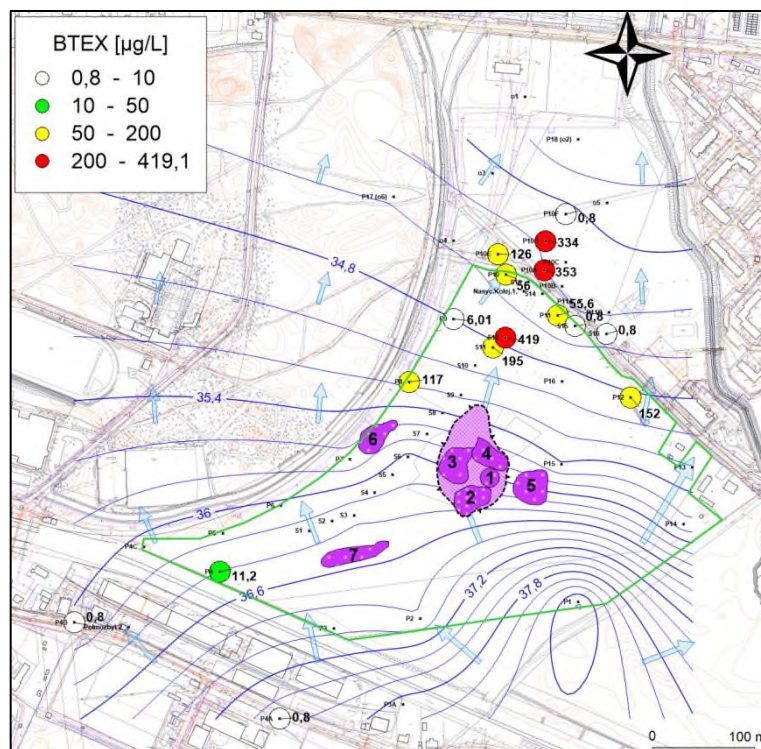
Niemniej kilka kolejnych map dla wybranych reprezentatywnych substancji daje pogląd na stężenia i rozprzestrzenienie węglowodorów w strefach badań na terenie projektu GreenerSites. Istotne cechy wybranych substancji zestawiono w tabeli (Tabela 1). Głównymi czynnikami sprzyjającymi migracji w osadach i wykrywaniu w wodzie tych związków są ich rozpuszczalność, gęstość względem wody oraz wielkość cząsteczki. Przedstawiono porównawczo mapy stężeń wybranych substancji w wodzie z II oraz z VI kampanii próbkobiorczej. W I kampanii jeszcze nie wykonano kluczowych otworów, które potem intensywnie badano w celu określenia zasięgu smug zanieczyszczeń.

Tabela 1. Wybrane cechy fizyczne niektórych pierścieniowych węglowodorów aromatycznych

	Ilość pierścieni benzenowych	Masa molowa [g/mol]	Gęstość [g/cm ³] w temp. (...)	Rozpuszczalność w wodzie [µg/L] w temp. (...)
benzen C ₆ H ₆	1	78,11	0,874	1 780 000 (20°C)
m-ksylen C ₈ H ₁₀	1	106,16	0,86 (25°C)	203 000 (0°C) 161 000 (25°C)
naftalen C ₁₀ H ₈	2	128,17	1,145 (15,5°C)	19 000 (10°C) 31 700 (20°C)
fluoranten C ₁₆ H ₁₀	4	202,26	1,252 (0°C)	265 (25°C)
benzo(a)piren C ₂₀ H ₁₂	5	253,32	1,24 (25°C)	0,2 - 6,2



Ryc. 22. Stężenia sumy BTEX w próbkach wody z badanych otworów w II kampanii próbkobiorczej (17 XI 2017). Objasnienie ponumerowanych obszarów - Tabela 2.



Ryc. 23. Mapa stężeń sumy BTEX w wodach podziemnych w VI kampanii próbkobiorczej (3 VIII 2018).



Już na przykładzie dystrybucji i stężeń sumy związków BTEX, mimo braku danych z kilku otworów w II kampanii, które opróbowano np. w VI kampanii, widać z układu hydroizohips, że kierunki przepływów pozostały bez zmian. Różnica poziomów wody w niektórych punktach pomiarowych była wyższa w listopadzie 2017 r. o 0,8-1,0 m.

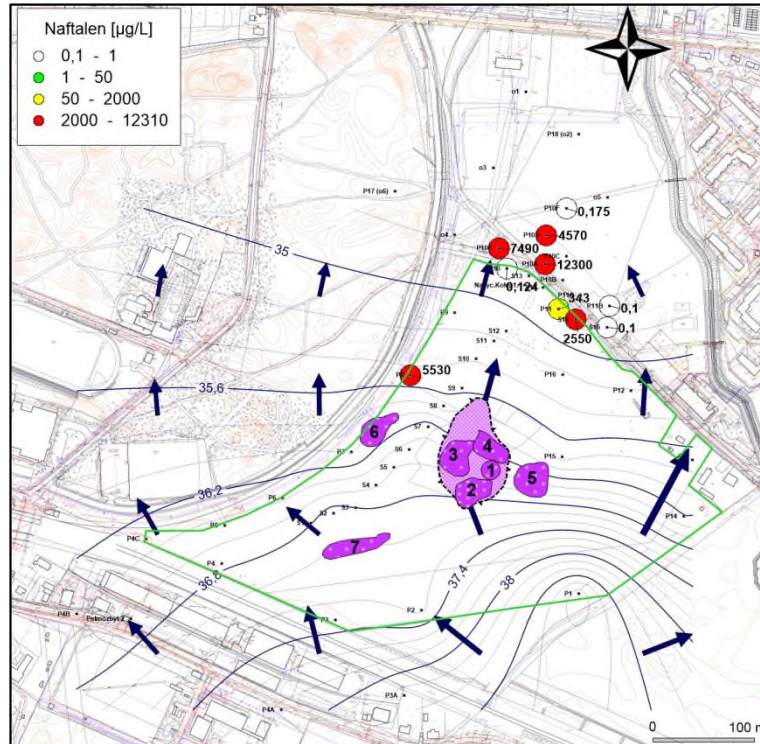
Niższy poziom wody może mieć pewien wpływ na skupianie się smug zanieczyszczeń, zatem i powstające przy smugach chmury nie rozplývają się zbyt szeroko. Koncentracje przepływu zanieczyszczeń obserwuje się także w przykładach ze związkami z grupy WWA.

W kolejnych mapach zastosowano takie podziały na skali stężeń, by obraz sugerował obszar, strefę lub punkt występowania fazy DNAPL. W oparciu o parametr rozpuszczalności dla reprezentatywnych substancji (Tabela 1) oraz podawane w literaturze wskazówki do oceny istnienia tzw. wolnego produktu (dokładniej DNAPL – ciężkiej fazy niewodnej) w strefie saturacji, gdzie stężenie kontaminanta już powyżej 10% jego rozpuszczalności wskazuje na obecność i bezpośrednie sąsiedztwo niewodnej fazy ciężkiej (Kueper i in., 2003), możliwe jest wskazanie zasięgu DNAPL w terenie. Kluczowe jest jednak prawidłowe zinterpretowanie wyników wobec lokalizacji otworów pomiarowych oraz znajomość morfologii podłoża, na którym może przemieszczać się „kałuża” (ang. „pool”) cięższej od wody mieszaniny olejowej.

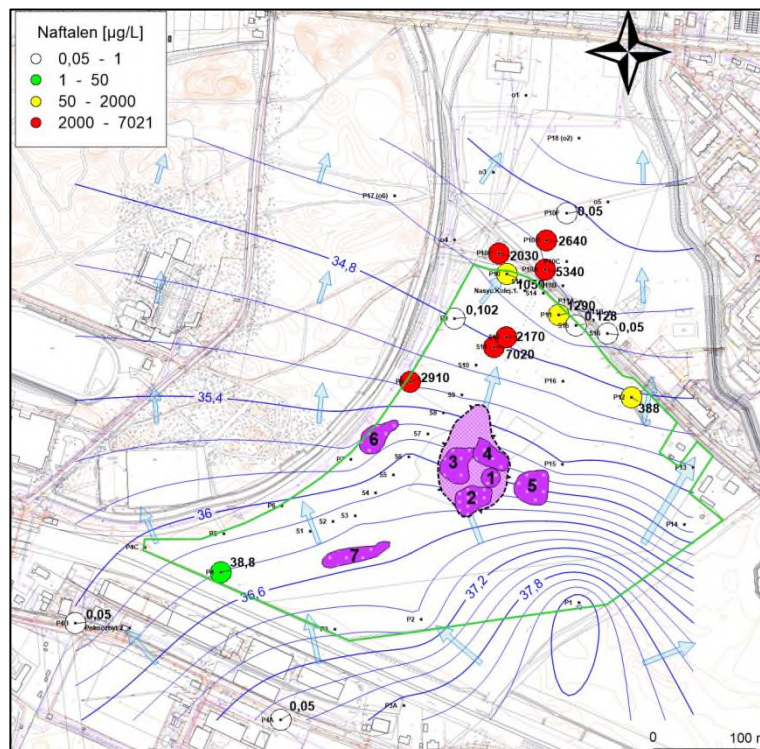


Tabela 2. Opis funkcji lub historii obiektu lub terenu zaznaczonego numerem na mapach dokumentacyjnych

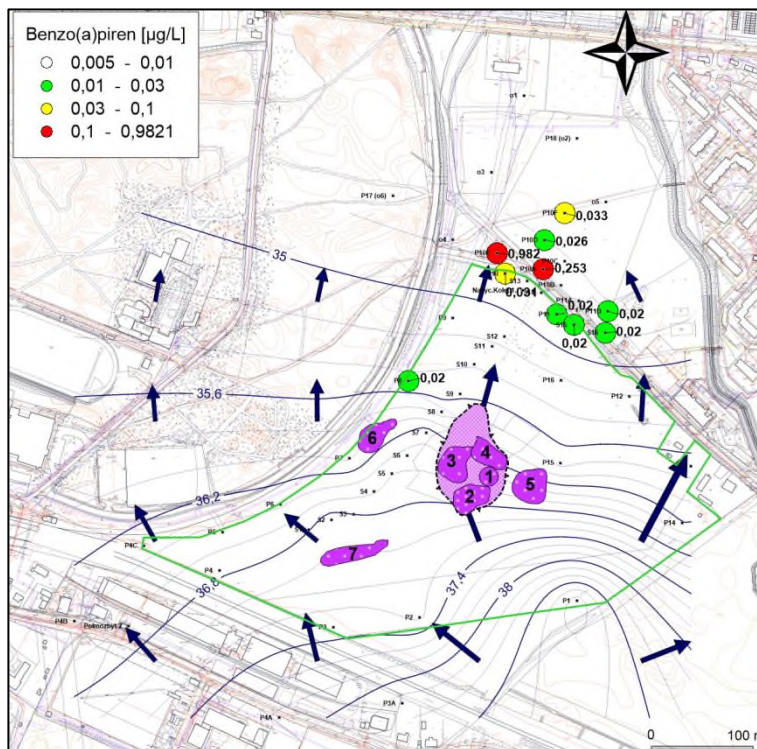
Numer	Opis obiektu lub terenu
1	Rejon uciętego, napowierzchniowego zbiornika po kreozocie (nominalnie 225 tys. litrów), w którym do rozpoczęcia rekultywacji we wrześniu 2013 r. znajdowała się gęsta pasta kreozotowa i skąd wyciekały do gruntu pozostałości oleju impregnacynego. Grunt wydobyto i poddano oczyszczaniu.
2	Rejon, gdzie w latach 2004-2006 wydobyto trzy stalowe zbiorniki służące do magazynowania kreozotu. Pozostawiony w nich kreozot wylano do ziemi do dołów po zbiornikach i teren wyrównano. Grunt wydobyto i poddano oczyszczaniu.
3	Teren rozładunku nasyconych podkładów i słupów przed halą nasycień – potencjalnie i w rzeczywistości najbardziej zaolejony grunt na terenie każdej nasycalni. Grunt wydobyto i poddano oczyszczaniu.
4	Obszar pod podziemnym murowanym zbiornikiem na awaryjny zrzut kreozotu. Zbiornik pozostał do czasu zakończenia prac rekultywacyjnych w 2016 r. Grunt w podłożu był silnie zaolejony, co stwierdzono już wcześniej kilkoma sondowaniami. Grunt wydobyto i poddano oczyszczaniu.
5	Teren wylewiska ścieków przemysłowych zawierających emulsję kreozotową z procesu nasycalni i z czyszczenia instalacji. Granice wylewiska bliżej nie zostały określone. Funkcjonowało do 1986 r. Grunt wydobyto i poddano oczyszczaniu.
6	Miejsce odkryte w trakcie dodatkowego rozpoznania w czasie rekultywacji 2013-2016. Prawdopodobnie dawna, przedwojenna, poniemiecka instalacja rozładunku kreozotu z bocznic kolejowej oraz miejsce, gdzie usuwano do gruntu ścieki przez system bezdennych zbiorników-beczek. Grunt wydobyto i poddano oczyszczaniu.
7	Rejon działania suwnicy przeładowującej świeżo nasycone podkłady z wózków technologicznych na plac magazynowy i na wagony. Z platform wózków ściekał pozostały kreozot, co wyraźnie zaznaczyło się w gruncie po obu stronach torowiska. Grunt wydobyto i poddano oczyszczaniu.
8	Prawdopodobna lokalizacja kilku podziemnych (murowanych?) zbiorników magazynujących kreozot dla potrzeb produkcji w wytwórni past grzybobójczych zwanej „Dyfuzja” przy ul. Garbary. Obiekt w rękach prywatnych, brak możliwości inspekcji i badań.
9	Prawdopodobna lokalizacja wzmiankowanej w materiałach historycznych Miasta wytwórni papy izolacyjnej, gdzie wykorzystywano kreozot. Okres działania nie jest znany. Obecnie teren przyległy do starego budynku mieszkalnego (ul. Kujawska 4)
ST	Stadion Miejski na terenie przy Ośrodku Sportu i Rekreacji w Solcu Kujawskim. W niewielkim budynku technicznym przy płycie boiska zlokalizowane jest ujęcie wody służącej do podlewania murawy. Z informacji świadków wynika, że wiele lat temu była ona bardzo zanieczyszczona „fenolem” (p. P. Kubiak).
JP	Centrum rozrywkowo-edukacyjne JuraPark w Solcu Kujawskim (teren w Parku Miejskim). Planowano tu wykonanie ujęcia do zasilania lokalnego stawu, ale woda z otworu była zbyt zanieczyszczona „fenolem”.



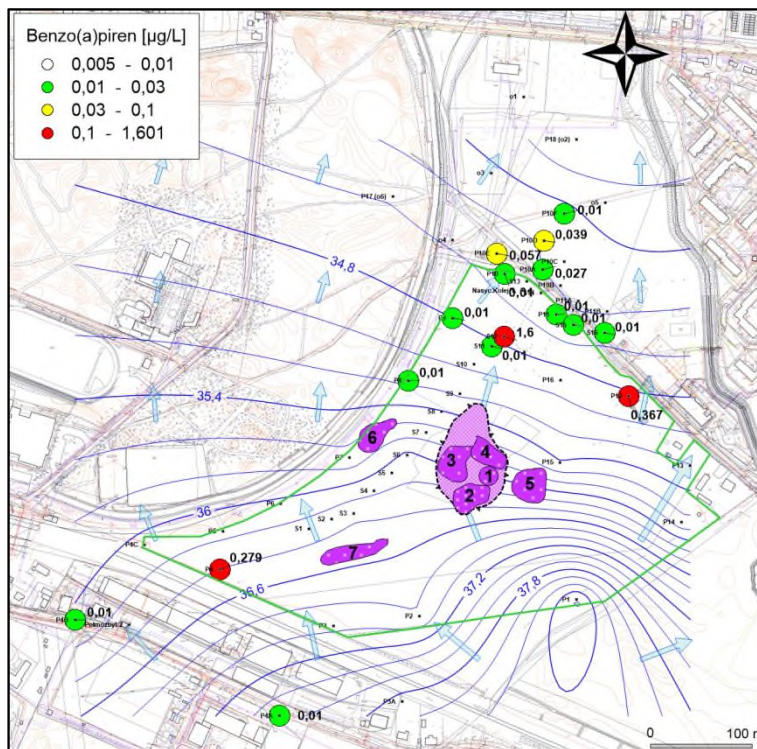
Ryc. 24. Stężenia naftalenu w próbkach wody z badanych otworów w II kampanii próbkobiorczej (17 XI 2017).



Ryc. 25. Zawartość naftalenu w wodach podziemnych w VI kampanii próbkobiorczej (3 VIII 2018)



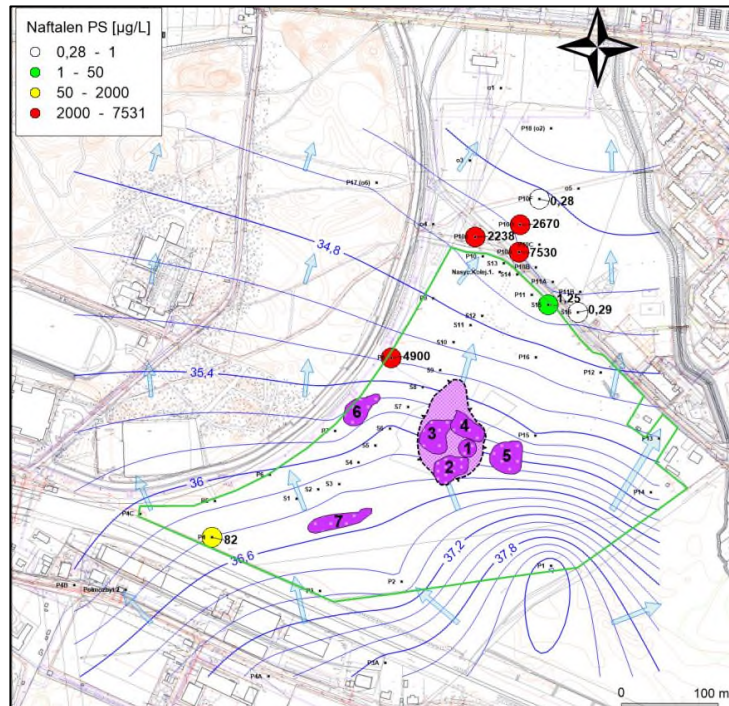
Ryc. 28. Stężenia benzo(a)pirenu w próbkach wody z badanych otworów w II kampanii próbkobiorczej (17 XI 2017)



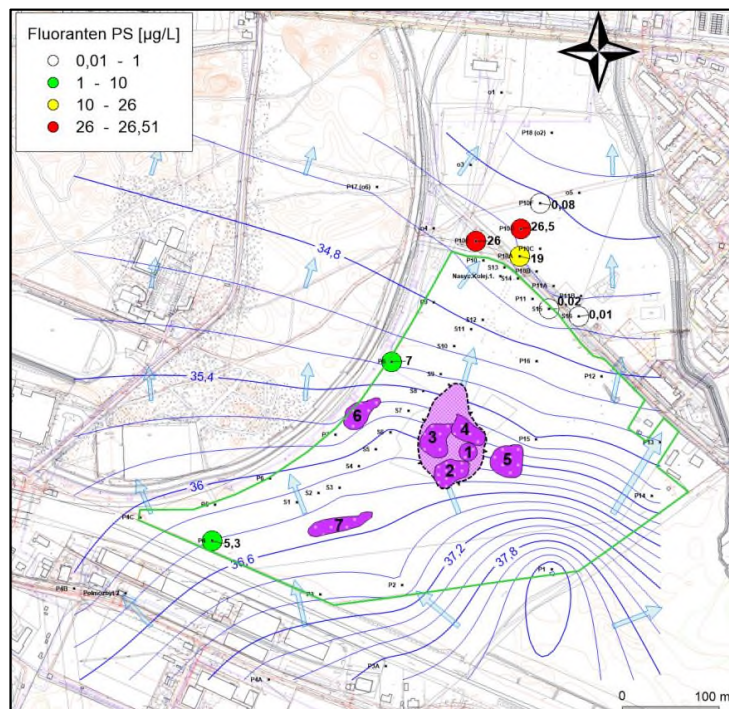
Ryc. 29. Zawartość benzo(a)pirenu w wodach podziemnych w VI kampanii próbkobiorczej (3 VIII 2018)



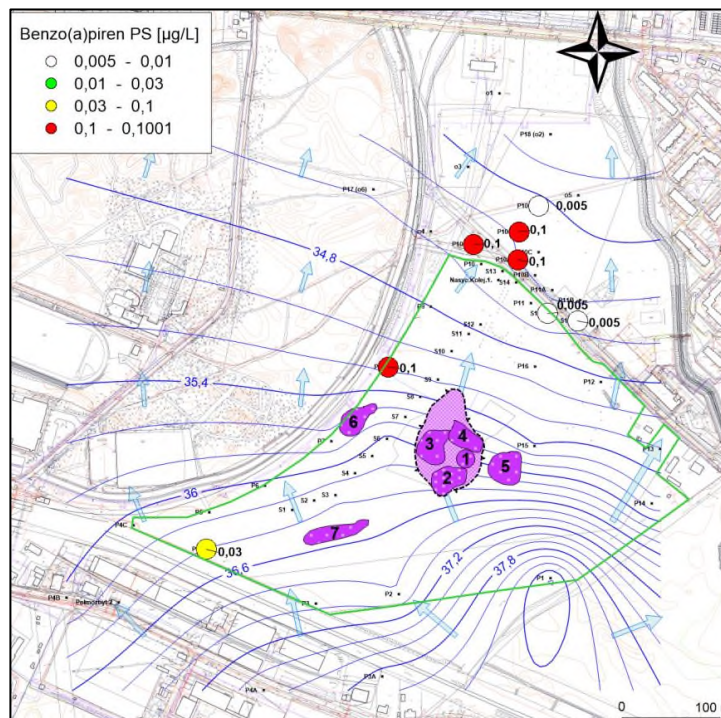
Bardziej miarodajne mogą być jednak wyniki monitoringu prowadzonego w Solcu Kujawskim w trakcie projektu GreenerSites przy zastosowaniu próbników pasywnych (ceramicznych próbników kumulatywnych). Okresy ciągłego monitorowania były stosowane próbnie dla 6, 3, 2 miesięcy oraz 1 miesiąca, a wyniki uśredniane i podawane w $\mu\text{g/L}$. Z powodu ekonomizacji badań próbki pasywne montowano tylko w otworach, gdzie metodami standardowymi wykrywano wysokie stężenia BTEX i WWA. Szersze omówienie wyników badań prowadzonych przy użyciu próbników pasywnych znajduje się w raportach z kolejnych kampanii próbkobiorczych GreenerSites, a szczególnie w raporcie z kampanii VI (Irmiński, 2018). Niniejszym, dla uproszczenia przedstawiono tylko mapy udokumentowania próbnikami pasywnymi (PS) stężeń naftalenu, fenantrenu oraz benzo(a)pirenu, czyli przedstawicieli grupy WWA, które to substancje są kluczowymi związkami. Żadna bowiem z substancji BTEX nie osiągała tak wysokich stężeń, by mówić o fazie ciekłej (NAPL). BTEX z zasady nie są zdolne do tworzenia samodzielnie DNAPL ze względu na mniejszy od wody ciężar właściwy. Jednak jako element składowy w mieszaninie oleju kerozotowego ulegają wraz z nim opadaniu w warstwie zawadnionej, a stopniowo uwalniając się na skutek separacji gęstościowej wracają ku powierzchni zwierciadła. Jeśli znajdą ku temu warunki, przechodzą w stan gazowy i opuszczają strefę saturacji.



Ryc. 30. Uśrednione stężenia naftalenu według pomiarów próbnikami pasywnymi w okresie od 17 maja do 10 sierpnia 2018 r. Wartość 2000 µg/L to dla naftalenu >10% jego maksymalnej rozpuszczalności w wodzie – wskaźnik obecności fazy DNAPL.



Ryc. 31. Uśredniona zawartość fluorantenu według pomiarów próbnikami pasywnymi w okresie od 17 maja do 10 sierpnia 2018 r. Wartość 26 µg/L to dla fluorantenu >10% jego maksymalnej rozpuszczalności w wodzie – wskaźnik obecności fazy DNAPL.



Ryc. 32. Uśredniona zawartość benzo(a)pirenu według pomiarów próbnikami pasywnymi w okresie od 17 maja do 10 sierpnia 2018 r. Wartość 0,1 µg/L dla benzo(a)pirenu przyjęto jako 10% jego maksymalnej rozpuszczalności w wodzie – wskaźnik obecności fazy DNAPL.

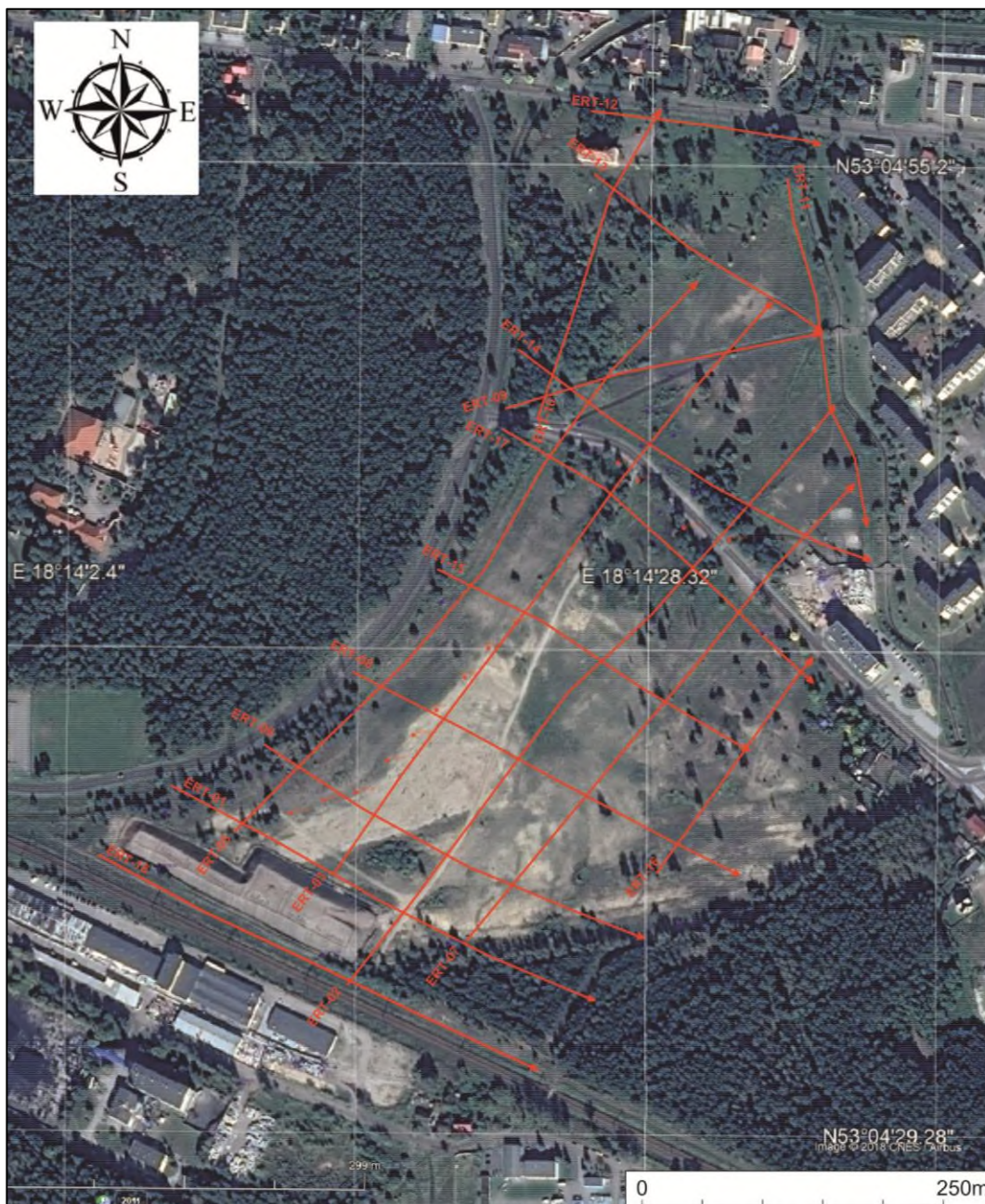
Wiercenia badawcze (przy okazji budowy piezometrów)

W celu optymalnego rozmieszczenia i konstrukcji zaplanowanych 10 otworów do dodatkowego monitoringu wód podziemnych (studni i piezometrów) wykonano ogółem 18 wierceń osiagających strop podłoża nieprzepuszczalnego. Ustalano przy tym precyzyjnie rodzaj osadów (granulację piasków, warstwy otoczek, stan i barwę ilów), głębokość występowania strefy saturacji, przejawy zanieczyszczenia, w tym obecność niewodnej fazy olejowej (DNAPL) w każdej części profilu. Kolejno wykonywane otwory rozpoznawcze prowadziły do wykartowania stref zasięgu DNAPL (respektując współdziałanie wektora lokalnego kierunku przepływu wód oraz wektora siły grawitacji).

Na podstawie danych geologicznych, w tym danych z wierceń położonych poza terenem badań GreenerSites oraz wszystkich wierceń i prac ziemnych zrealizowanych w trakcie prac rekultywacyjnych do 2016 r., wykonano mapę interpretacji stropu osadów nieprzepuszczalnych (Ryc. 33). Ukształtowanie powierzchni ilów trzeciorzędowych stanowiących nieprzepuszczalnych horyzont pod piaskami fluwialnymi i eolicznymi czwartorzędu jest kluczem do ustalenia dróg i rzeczywistego kierunku migracji fazy DNAPL.

wykopów w pracach rekultywacyjnych 2013-2016 oraz inne czynniki, jak np. cechy oleju krezotowego, który posiada dużą oporność właściwą.

Ryc. 34 ilustruje przebieg profili geoelektrycznych na obszarze dawnej nasycalni i w otoczeniu.



Ryc. 34. Lokalizacja 17 profili geoelektrycznych w terenie GreenerSites w Solcu Kujawskim

Z zaprojektowanych osiemnastu wykonano 17 profili geoelektrycznych o łącznej długości 6315 m. Zastosowany rozstaw elektrod umożliwił prospekcję do głębokości



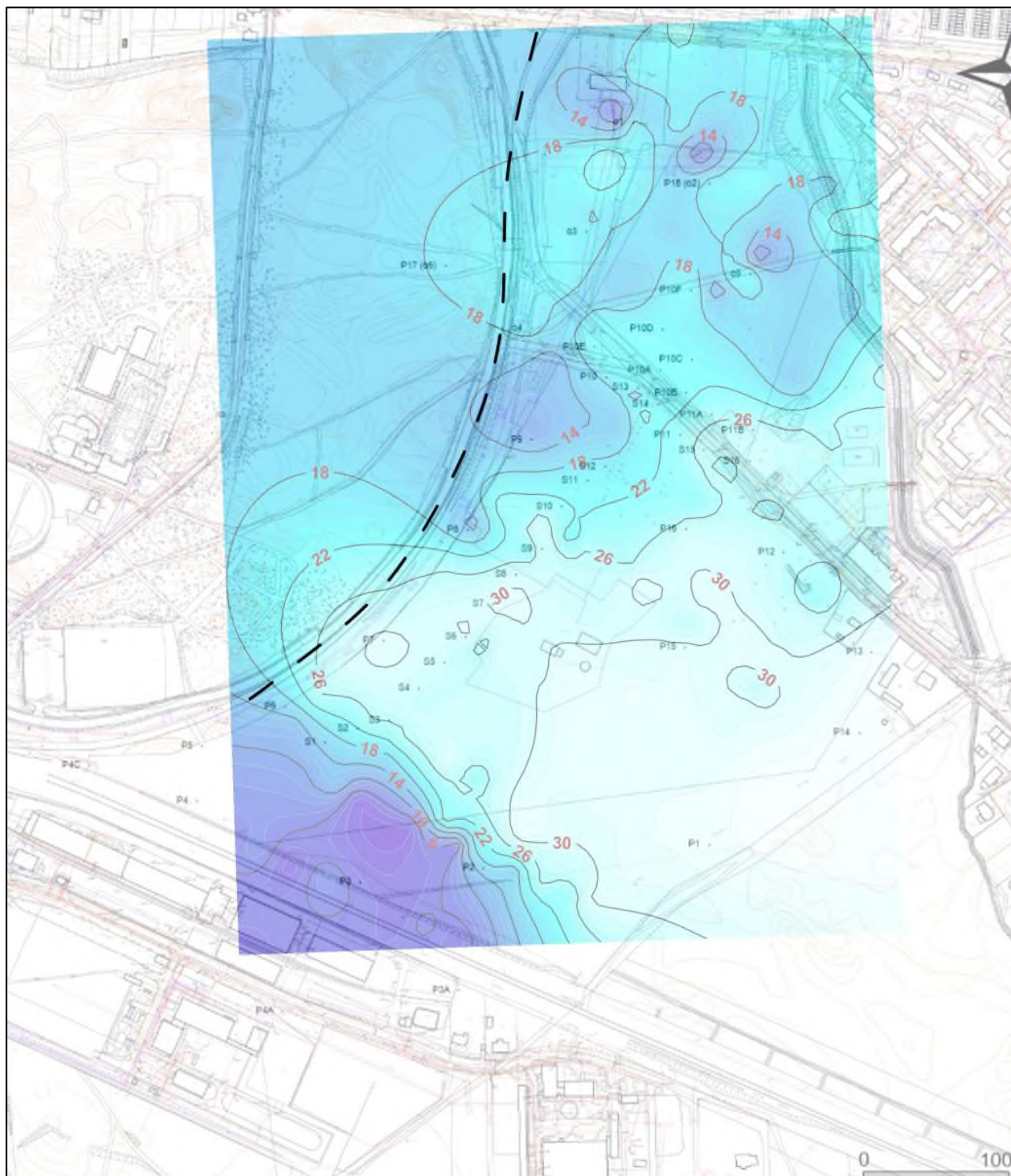
35 metrów pod poziomem terenu. Problemem w trakcie pomiarów okazał się bardzo suchy grunt w letnim, bezdeszczowym okresie.

Wyniki pomiarów skorelowano z 33 otworami wiertniczymi, które znalazły się na liniach ciągów lub w ich bliskim sąsiedztwie. Ustalono, że wiarygodność rozpoznania geofizycznego wyniosła 80%. Spośród licznych przekrojów geofizycznych oraz map warto wskazać tu mapę przydatną do celów interpretacji morfologii podłoża piasków (stropu iłów) - Ryc. 35.

Zgodnie z postawionym zadaniem mapa ta ujawnia przypuszczalną głębokość stropu osadów ilastych tam, gdzie nie sięgnęły wykonywane w latach 2013-2016 10-metrowej głębokości wiercenia pod piezometry i studnie technologiczne. Po uzyskaniu wstępnych wyników z badań geofizycznych i analizie anomalii opornościowych na przekrojach, zaplanowano i wywiercono jeszcze 6 otworów rozpoznawczych, z czego dwa przekształcono w piezometry P17 i P18.

Prezentowana mapa przedstawia obraz stropu osadów niskooporowych (iłów) zmodyfikowany o dane z wierceń uzupełniających, wykonanych w X 2018, stąd nie jest ona tożsama z mapą zamieszczoną w pierwszej dokumentacji z września 2018 (Mieszkowski, 2018).

W porównaniu do wstępnej interpretacji geologicznej opartej jedynie na 22 otworach dogłębionych do iłów w trakcie prac rekultywacyjnych 2013-2016 oraz 2 otworach archiwalnych o przybliżonej lokalizacji (Polmozbyt 2 przy ul. Garbary 5 oraz Nasycalnia Kolejowa 1 przy ul. Kujawskiej2 - ich profile znajdują się w załącznikach) zaktualizowany obraz morfologii stropu iłów wygląda nieco inaczej.

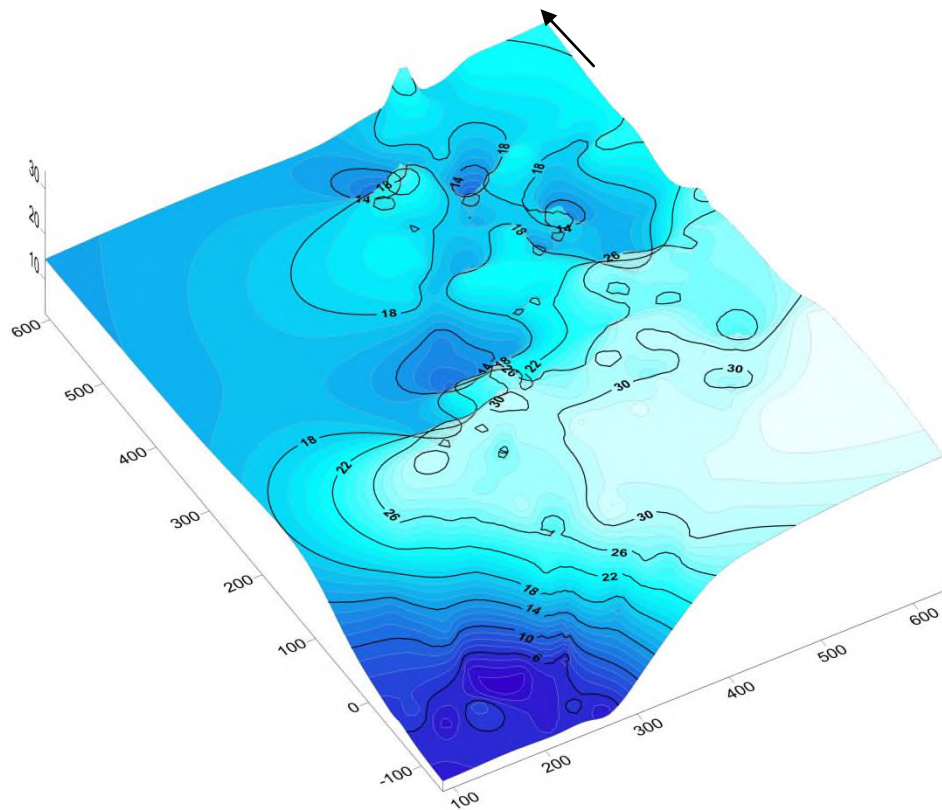


Ryc. 35. Mapa stropu osadów niskooporowych (iłów trzeciorzędu) według pomiarów geoelektrycznych i korelacji z danymi z otworów wiertniczych. Izolinie w m n.p.m.

Pomiary geoelektryczne bardziej precyzyjnie udokumentowały głębokość i kierunek rozległej kopalnej doliny o przebiegu NWW-SEE na południowym skraju terenu badań.

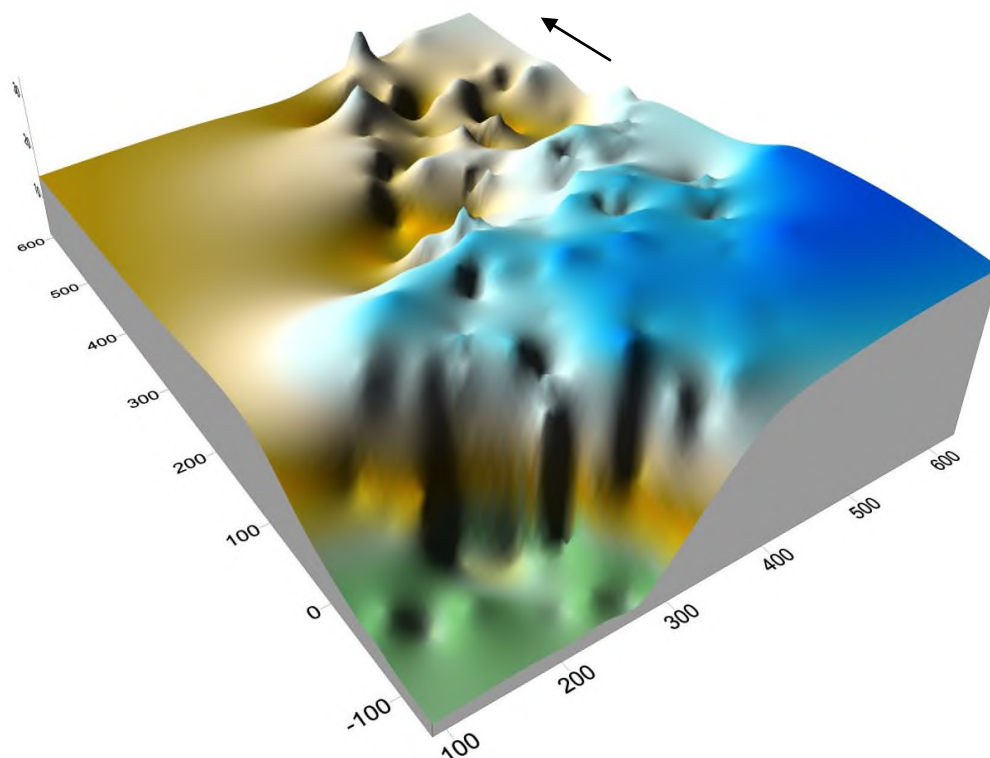
To tam zlokalizowane jest ponad 28,5-metrowe, nieczynne już ujęcie wód podziemnych dla dawnego Polmozbytu przy ul. Garbary 5. Wyrównane dno doliny znajduje się na poziomie około 5 m n.p.m. W tej strukturze znajduje się m.in. piezometr P4, w którym wielokrotnie wykazano obecność analogicznych substancji, jak w oleju kreozytowym, co sugeruje – zważywszy na kierunki przepływu wód i brak zanieczyszczeń w sąsiednich otworach – istnienie i kierunek smugi zanieczyszczeń WWA i BTEX.

W północnym narożniku dawnej nasycalni, u zbiegu ulic Kujawskiej i Parkowej, geofizyka ujawniła znaczne obniżenie stropu iłów, co nie wynikało z istniejących tam wcześniej, ale zbyt płytkich otworów. Obszar pomiędzy ul. Kujawską i ul. Toruńską ma w podłożu dość urozmaicone struktury, które przebiegiem przypominają kopalne doliny wyerodowane w miękkich osadach ilastych. Ilustrują to ryciny wygenerowane w programie Surfer na podstawie danych geofizycznych i wiertniczych (Ryc. 36, Ryc. 37).



Ryc. 36. Mapa 3D stropu iłów trzeciorzędowych pod obszarem dawnej nasycalni. Rzędne izohips w m n.p.m. Strzałka oznacza kierunek północny.

Bazując na zasadzie aktualizmu geologicznego można stwierdzić, że formy te, obecnie pogrzebane, przed okresem akumulacji piasków fluwioglacjalnych mogły wyglądać tak, jak współczesny krajobraz obszaru badlands z Parku Narodowego Badlands w Południowej Dakocie w USA (Ryc. 38) lub obszar z regionu gór Tien-Szan w Kirgistanie (Ryc. 39). Taki zaś kształt morfologii terenu zdecydowanie wpływa na lokalne kierunki przemieszczania się cieków, a w pogrzebanej strukturze także ciężkich cieczy niewodnych.



Ryc. 37. Wersja mapy 3D stropu iłów z dodatkowym cieniowaniem. Strzałka oznacza kierunek północny.

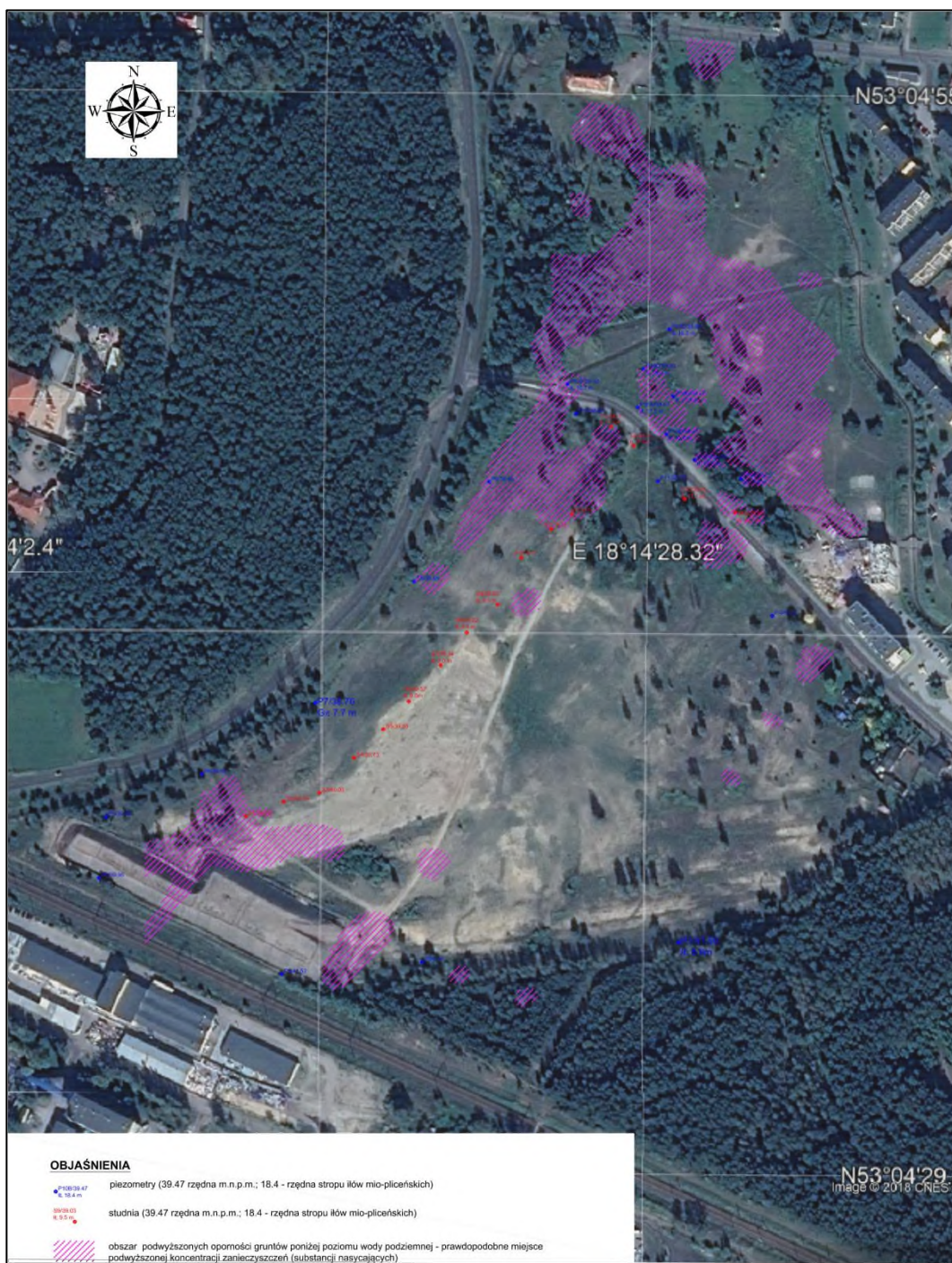


Ryc. 38. Krajobraz erozyjny w Parku Narodowym Badlands w Południowej Dakocie (USA).
Kadr z filmu J. Johndreau promującego Park Narodowy Badlands

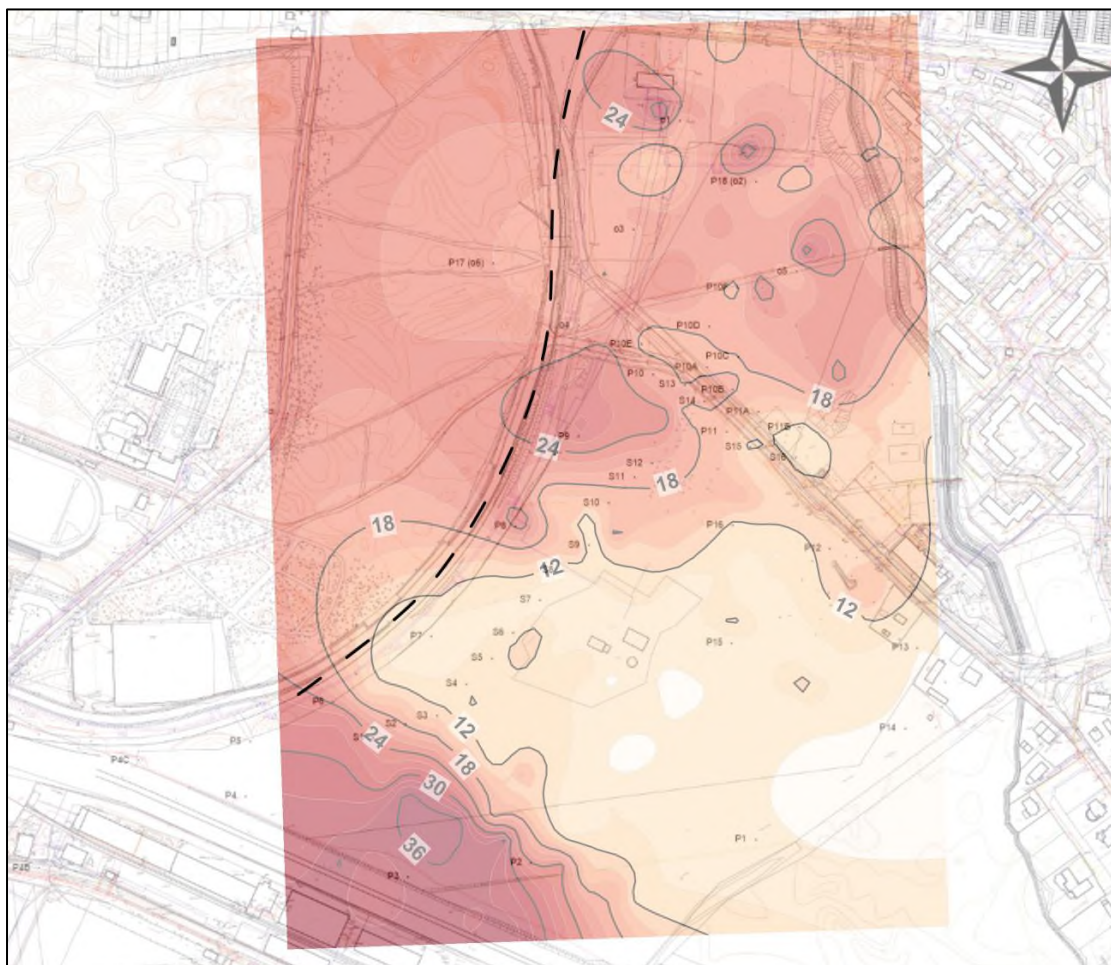


Ryc. 39. Współczesny krajobraz erozji bezleśnego obszaru w dolinie rzeki Naryn w zachodnim paśmie Tien-Szan w Kirgistanie. Fot. K. Mikhailov, Minden Pictures

W okresie czwartorzędu po zapelnieniu dolinek dochodzących do pradoliny Wisły osadami żwirów i piasków fluwioglacjalnych wytworzyły się warunki pustyni peryglacjalnej i na powierzchni osadziły się piaski eoliczne. Współczesne wody podziemne wypełniają te struktury tak, że ukształtowanie podłoża warstwy wodonośnej (piasków i żwirów) nie stanowi bariery na drodze przepływu ku Wiśle. Jednak ciężkie frakcje zanieczyszczeń DNAPL po opadnięciu ku stropowi iłów albo osiadają w dnach pra-dolinek tworząc „kałuże” lub powoli migrują, grawitacyjnie pełzną w kierunku koryta Wisły. Ten rodzaj ośrodka (grunty okruczowe zawierające olej kreozotowy o dużej oporności) można wyróżnić na stropie iłów, choć nie jest to jednoznaczne i czasami wymaga kontroli wierceniami. Niemniej, jako wynik prac geofizycznych, pokazano mapę rozkładu podwyższonych oporności gruntów poniżej poziomu wody podziemnej. Trzeba zastrzec, że nie wszystkie wykartowane plamy muszą być obszarami występowania DNAPL, a dodatkowo takie struktury powierzchniowe, jak nawierzchnia i instalacje podziemne wzdłuż ul. Kujawskiej czy ciepłociąg i tory kolejowe wzdłuż ul. Parkowej, utrudniają interpretację, zaburzając obraz tomograficzny.



Ryc. 40. Mapa rozkładu podwyższonych oporności gruntu poniżej poziomu wody podziemnej (Mieszkowski, 2018)



Ryc. 41. Mapa miąższości osadów czwartorzędowych wodoprzewodnych. Izopachyty w metrach. W półn.-zach. części mapy (za linią przerywaną) brak danych do określenia miąższości.

Przedstawiona mapa miąższości osadów wodoprzepuszczalnych (nad łąkami) (Ryc. 41) powstała po skomponowaniu obrazu geofizycznego i danych otworowych z wierceń zlokalizowanych poza zasięgiem profili geoelektrycznych.

Można wyraźnie wyróżnić strefy i „kanały” o znacznej miąższości piasków, szczególnie piasków średnio- i gruboziarnistych, które są dobrymi strefami przewodzenia wody ale też faz o większej gęstości, np. potencjalnie oleju kreozotowego. Część mapy na północnym-zachodzie, za linią przerywaną, to obszar o słabym rozpoznaniu (jedno wiercenie, brak badań geofizycznych), stąd interpretacje w tej części byłyby obarczone zbyt dużym błędem, szczególnie zważywszy na dość skomplikowaną sytuację litologiczną w części centralnej i północnej na mapie.

Mapa ta pokazuje również, gdzie i na jaką głębokość należy wiercić, by osiągnąć podłoże nieprzepuszczalne.



Przykłady metod remediacji in situ gruntów i wód podziemnych zanieczyszczonych kreozotem

Zernsdorf (Niemcy)

W pobliżu Berlina, w dzielnicy o nazwie Zernsdorf w miasteczku Königs Wüsterhausen nad jeziorem Krüpelsee, na terenie dawnego NRD, zlokalizowana była nasycalnia podkładów kolejowych. Stosowano tu olej kreozotowy. Zakład powstał w 1898 r. i został definitywnie zamknięty w 1995 r., zaś prace likwidacyjne i pierwsze próby oczyszczania terenu prowadzono w latach 1997-2002 (Werner i in., 2010). Ponieważ nie było to zbyt udane z powodu niskiej efektywności ekonomicznej (teren nie nadawał się do zagospodarowania według surowych standardów środowiskowych po zjednoczeniu Niemiec), to przez kilka lat brak było pomysłu, jak oczyścić i spożytkować malowniczo położony nad jeziorem półwysep. W 2008 r. lokalne władze podpisały umowę ze spółką celową, której zadaniem było wybudowanie osiedla mieszkaniowego, ale po wykonaniu skutecznej remediacji gruntu. W latach 2008-2009 przeprowadzono prace remediacyjne oparte głównie na procesie płukania gruntu oraz bioremediacji w zdeponowanym materiale. Prace te wykonała firma GKU GmbH z Berlina. Warto zaznaczyć, że oryginalny OSBOMAT – specjalistyczny czerpak do koparki, zastosowano także w trakcie prac rekultywacyjnych przy płukaniu gruntu w Solcu Kujawskim od 2014 r.

Prezentowane fotografie dzięki uprzejmości dr. W. Wernera z firmy GKU GmbH z Berlina.



Ryc. 42. Hala nasycień w Zernsdorf w okresie rozbiórek w latach 1997-2002. Fot. GKU GmbH



Ryc. 43. Po rozbiórce budynków miała pozostać tylko oryginalna wieża ciśnień, stojąca na gruncie bez zanieczyszczeń. Fot. GKU GmbH



Ryc. 44. Renowacja starej wieży ciśnień rozpoczęła się już w trakcie prac remediacyjnych w 2009 r., by stała się atrakcją przyszłego osiedla mieszkaniowego. Fot. Autor.



Ryc. 45. Widok z wieży ciśnień na teren w trakcie płukania i redepozycji oczyszczonego gruntu w roku 2008. Fot. GKU GmbH.



Ryc. 46. Teren nasycalni w Zernsdorf po remediacji gruntu – gotowy do inwestycji budowlanej (stan z 2009 r.). Fot. GKU GmbH.

Od roku 2009 prowadzony jest regularny monitoring środowiska gruntowo-wodnego. Władze ochrony środowiska landu Brandenburgii uznały, że ciężkie frakcje oleju kreozotowego, które grawitacyjnie opadły w głębokie struktury polodowcowego pojezierza nie będą zagrażały mieszkańcom osiedla. Jednak nakazano stały monitoring środowiska. Duża przepuszczalność osadów (piaski i żwiry czwartorzędowe) oraz bezpośrednia łączność wód gruntowych z jeziorem uniemożliwiały także ewentualne prace związane z depresjonowaniem wód i ich oczyszczaniem. Istniało ryzyko uruchomienia zanieczyszczeń i zniszczenia życia biologicznego w zbiorniku wodnym, w przypadku zastosowania metod polegających na remobilizacji i usuwaniu rozpuszczonego oleju kreozotowego.

Obiekt w Zernsdorf był obszarowo mniejszy od nasycalni w Solcu Kujawskim, ale oba tereny są do siebie bardzo podobne – zbliżona budowa geologiczna, ta sama technologia nasycania podkładów i podobne poziomy zanieczyszczeń w gruncie powstałe przez niemal 100 lat historii nasycania podkładów kolejowych kreozotem. Niemcy nie podjęli jednak próby usunięcia fazy ciężkiej DNAPL osiadłej w pofałdowanej lodowcowo strukturze w obawie przed zniszczeniem cennego krajobrazowo jeziora.



Ryc. 47. Widok na teren nowego osiedla po nasycalni w Zernsdorf nad jeziorem Krüpe. 11.06.2016. Fot. © euroluftbild.de/Robert Grahm

Przypadek Ostrowi Mazowieckiej – 31 wierceń do szczywania oleju

W Polsce jedynym terenem po zlikwidowanej już nasycalni podkładów kolejowych pozostającym nadal w posiadaniu spółki z grupy PKP jest obiekt w Ostrowie Mazowieckiej. Powstał w 20-leciu międzywojennym jako zakład mający zapewniać materiał do budowy szlaków kolejowych w odradzającej się Polsce. Po wyeksploatowaniu urządzeń i problemach technologicznych nasycalnię zamknięto w 2001 r. Syndyk masy upadłościowej nie zdołał jej jednak sprzedać. Sam teren zakładu blisko związany z niewielką stacją kolejową i przemysłową dzielnicą Ostrowi Mazowieckiej stanowi odrębny problem planistyczny i środowiskowy. Natomiast od 2005 r. prowadzone są badania dokumentujące negatywny wpływ na środowisko wód podziemnych wylewiska ścieków zawierających kreozot, które znajdowało się poza zakładem, ale na terenie kolejowym przy torze z Ostrołęki do Siedlec. Wylewisko funkcjonowało zapewne dopiero w okresie powojennym, ale zasypano je dopiero w latach 80. XX w. Skutki zanieczyszczenia wód podziemnych fenolami były rozpoznane przez sanepid w latach 90. Niewielkie ilości fenoli wykrywano nawet w drugim, użytkowym poziomie wodonośnym na głębokości 50-70 m. Po rozszerzeniu spektrum badań wód o związki z grup WWA i BTEX okazało się, że problem jest poważny i po wielu latach spółka PKP uznała wreszcie decyzję remediacyjną wydaną przez RDOŚ w Warszawie. Wykonawca prac remediacyjnych założył, że głównym sposobem oczyszczenia I warstwy wodonośnej z oleju kreozotowego będzie jego wypompowanie. Czynność ta była trudna i nieefektywna z powodu dużej gęstości oleju i stałego dopływu do 5 wykonanych otworów technologicznych (Ryc. 48). W celu zwiększenia skuteczności szczywania oleju w listopadzie 2013 r. wykonano w sumie 31 otworów, których celem było szczywanie, ale również hydrauliczne koncentrowanie kreozotu. Tak perforowana struktura zaolejonych osadów oraz nieskuteczne, ręczne czerpanie kreozotu spowodowały, że zawieszony w warstwowanych osadach piaszczystych olej uległ mobilizacji i przedostał się przez ok. 20-metrowy pakiet glin zwałowych (mieszanka piasku, iłu, żwiru i głazów narzutowych) do II poziomu wodonośnego. W konsekwencji od 2014 roku stężenia naftalenu, BTEX i fenoli na głębokości 60 m są identyczne jak w podłożu wylewiska.



Ryc. 48. Porzucone czerpaki i naczynia po ręcznym usuwaniu oleju kreozotowego z otworu technologicznego na dawnym wylewisku ścieków z nasycalni w Ostrowie Mazowieckiej. 25.09.2013.



Ryc. 49. Usuwanie oleju krezotowego przy pomocy ręcznego czerpaka – specjalny pokaz zorganizowany przez PKP dla urzędów i instytucji ochrony środowiska 27 maja 2014 r. w Ostrowi Mazowieckiej.

Problemem w Ostrowi Mazowieckiej jest fakt, że na kierunku przepływu smugi węglowodorów zlokalizowane są studnie zakładów przemysłowych oraz wielootworowe komunalne ujęcie wód dla miasta. Nie można mówić o żadnym współdziałaniu ze strony sprawcy, czyli PKP, bowiem nawet planowane i bieżące prace remediacyjne nie są ujawniane miastu, co powoduje dezinformację. Ostatni, znany projekt remediacji opracowany przez Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy z Warszawy przewiduje zastosowanie w I warstwie wodonośnej silnych utleniaczy oraz rozpuszczalników (alkoholi) i środków powierzchniowo-czynnych w celu przeprowadzenia oleju w stan bardziej mobilny i możliwy do wypompowania z wodą gruntową. Metoda ta jest znana jako wymywanie zanieczyszczeń mieszaniną rozpuszczalnik-detergent. Nie określono, jak długo miałby trwać zasadniczy proces wypompowywania wód i jak należałoby zapobiec ewentualnej ucieczce chemikaliów z wodami podziemnymi. Drugi poziom wodonośny, mimo informacji o jego zanieczyszczeniu na odległość kilkuset metrów od wylewiska, nie został przez PKP objęty monitoringiem. Nie przewidywał tego także projekt PIG-PIB.

Protesty Miasta i Starostwa Ostrow Mazowiecka przeciw postępowaniu PKP i wdrażaniu tej krytykowanej przez niektórych specjalistów metody są bezskuteczne. RDOŚ w Warszawie uznał, że administracja lokalna nie jest stroną w prowadzonej sprawie i oczekuje do końca 2020 r. na raport z wykonania decyzji remediacyjnej.

Zakład Gospodarki Komunalnej w Ostrowi Mazowieckiej Sp. z o.o., będąc dysponentem zagrożonych ujęć komunalnych i odpowiadając za bezpieczeństwo wody pitnej dla mieszkańców, na własny koszt prowadzi badania monitoringowe na przedpolu ujęcia. Obecnie zlecono opracowanie koncepcji działań zapobiegawczych, włącznie z rozważeniem wariantu wykonania nowych ujęć z dala od strefy zanieczyszczonej.



Dwa przypadki z USA i zalecenia EPA (amerykańskiej agencji ds. ochrony środowiska)

Plan zastosowania wymienionej powyżej metody wymywania zanieczyszczeń mieszaniną kosolwent/surfaktant (alkohol/środki powierzchniowo-czynne lub inaczej: rozpuszczalnik-detergent) w Ostrowi Mazowieckiej do likwidacji zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego olejem kreozotowym wywołał potrzebę szczegółowej analizy tego rodzaju działania.

Technologia jest wciąż dopracowywana i wywodzi się z metody oczyszczania płuczki wiertniczej i wód z zanieczyszczeń ropą naftową. Problem ten rozwiązywano głównie w Stanach Zjednoczonych przy poszukiwaniach i eksploatacji ropy, szczególnie podczas boomu naftowego w latach 20. XX w.. Jednak EPA (amerykańska Agencja Ochrony Środowiska) opublikowała w swoich Instrukcjach Praktyk Technologicznych szereg uwag dotyczących zastosowania przedmiotowej metody. Przy okazji wspomina się także o zanieczyszczeniach środowiska gruntowo-wodnego kreozotem.

W skrócie metodę można scharakteryzować jako:

- metodę ratunkową, której zastosowanie w pełnej skali nie zostało dotychczas zrealizowane, wciąż jest obiektem badań;
- polowe zastosowanie wymywania in situ metodą rozpuszczalnik-detergent wymaga przygotowania roztworu chemikaliów, wtłoczenia (aplikacji) ich do zanieczyszczonego ośrodka, następnie odzyskania mieszaniny chemikaliów, wody i wymywanych zanieczyszczeń, a potem rozdzielenia na powierzchni składników pozyskanej cieczy;
- dotychczas głównym zastosowaniem i przypuszczalną niszą technologiczną wymywania metodą rozpuszczalnik-detergent, było oczyszczanie wodoprzepuszczalnych osadów zanieczyszczonych lekkimi węglowodorami chlorowanymi (należącymi do lekkiej niewodnej fazy ciekłej - LNAPL). Dotąd nie uzyskano satysfakcjonującego stopnia oczyszczenia wody gruntowej wymaganego przez standardy jakości dla wód;
- zasadniczą przewagą wymywania metodą rozpuszczalnik-detergent jest możliwość względnie szybkiego wydobycia dużej części całkowitej masy frakcji organicznej (NAPL) w porównaniu do innych technologii;
- wciąż głównym problemem ograniczającym zastosowanie pełnoskalowe jest niepełne usunięcie zanieczyszczenia oraz znaczne koszty.

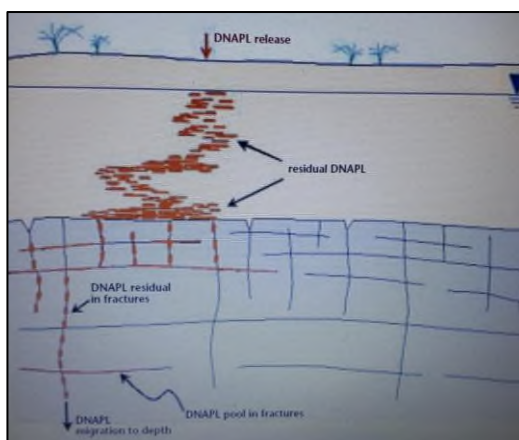
Iniekcję lub wlew roztworu rozpuszczalnik-detergent trzeba określić jako inwazyjną metodę odzyskiwania zanieczyszczeń z ziemi. Może ona usunąć znaczne ilości węglowodorów w stosunkowo krótkim czasie. Ale zastosowanie tej technologii stwarza jednocześnie ryzyko zwiększenia zanieczyszczenia przez niekontrolowane pionowe uruchomienie NAPL, krótkotrwałe zwiększenie stężenia zanieczyszczeń w wodzie gruntowej oraz wciąż problematyczną kwestię długotrwałego ograniczenia przepływu zanieczyszczeń, których nie zdołano rozpuścić. EPA podaje, że na podstawie weryfikacji już zakończonych 26 projektów w USA i Kanadzie nie stwierdzono oczyszczenia wód gruntowych tą metodą do stopnia odpowiadającego standardom wymaganym przez przepisy ochrony środowiska. Wśród tych projektów wymienia się dwie próby zastosowania do wypłukania oleju kreozotowego – obie w różnych warunkach litologicznych. W przypadku

iłów piaszczystych oraz glin pylastych w Fredricksburgu (stan Virginia) metoda nie sprawdziła się zupełnie, gdyż konieczna wielokrotna cyrkulacja cieczy ustawała na odcinku kilku metrów pomiędzy studniami technologicznymi.

W miejscowości Laramie w stanie Wyoming przeprowadzono dwie próby polowe w litologii piasków o różnej granulacji: jedną na poletku 3 m x 3 m oraz drugą na poletku 40 m x 40 m. Oba testy zakończyły się jedynie stwierdzeniem o wydobyciu określonej ilości zanieczyszczeń, ale jednocześnie o pozostawieniu części w środowisku.

Co warto podkreślić – małe rozmiary poletek testowych pozwalają na ekonomicznie uzasadnione pionowe uszczelnienie obszaru iniekcji i wypompowywania cieczy. Jest to warunek trudny do spełnienia w wielu przypadkach budowy geologicznej. Ewentualne tworzenie bariery hydraulicznej pociąga za sobą dodatkowe koszty energii oraz rodzi ryzyko utraty kontroli nad toksycznymi chemikaliami (np. alkohol metylowy) w razie awarii jakiegokolwiek pompy.

Konkluzje w przypadku stosowania mieszaniny rozpuszczalnik-detergent do usuwania oleju kreozotowego są ukierunkowane na konieczność dobrego rozpoznania geologii, w tym litologii osadów, ponieważ dystrybucja DNAPL może mieć charakter zawieszonych “kałuż”. Nieuważne działanie, np. zastosowanie złych proporcji mieszanki chemicznej, prowadzi do upłynnienia oleju i taka mieszanka jako ogólnie cięższa od wody, dalej opada ku spągowi warstwy wodonośnej (następuje tzw. kolaps DNAPL). Takim nieprawidłowym działaniem może być również poprzębijanie warstewek lub soczewek drobnoziarnistych lub ilastych, które jak zawieszony “półki” podtrzymują “kałużę” oleju, co również powoduje głębsze zapadanie się oleju i pociąganie innych “kałuż”. Prawdopodobnie jest to właśnie przypadek, który nastąpił w Ostrowi Mazowieckiej. EPA w swoim poradniku ostrzega też, że wszelkie spękania, szczeliny i nieciągłości w osadach nieprzepuszczalnych dla wody będą wykorzystane przez substancje DNAPL, które nawet w warstwie potencjalnie nieprzepuszczalnej mogą grawitacyjnie migrować na znaczne głębokości wypychając ze szczelin wodę. Podobne wnioski płyną z analizy innych publikacji (Kueper i in., 2003; Sale & Newell, 2010) - Ryc. 50.



Ryc. 50. Wnikanie DNAPL (np. kreozotu) w spękania i nieciągłości podłoża nieprzepuszczalnego warstwy wodonośnej (wg Kueper i in., 2003).



Podsumowanie metod (zalety, ich możliwości, ograniczenia)

Metody likwidacji lub raczej jedynie zmniejszania zagrożenia środowiska po wystąpieniu zanieczyszczenia warstwy wodonośnej ciężką niewodną fazą ciekłą (DNAPL), w tym wypadku olejem kreozotowym, można podzielić na pasywne oraz aktywne.

Przypadek terenu po nasycalni w Zernsdorf w Niemczech trzeba zaliczyć do działań pasywnych, a nawet tylko do utrzymania badań kontrolnych (aktualnie monitoring wód, brak informacji nt. monitorowania emisji i migracji węglowodorów lotnych). Jest to uzasadnione, ale wiąże się z opracowaniem i stosowaniem planu działania na wypadek utrzymywania się zanieczyszczeń, a nawet wzrostu stężeń w wodzie podziemnej. Na pewno proces zabudowy i częściowego zazielenienia tego obszaru sprzyja obniżeniu temperatury gruntu, minimalizuje wahania termiczne, co prowadzi do ustabilizowania równowagi woda-olej w głębokich partiach gruntu. Nie można wykluczyć jednak, że po jakimś czasie rozpoczną się i tu działania aktywne, polegające np. na pompowaniu i oczyszczaniu wód oraz utworzeniu bariery odcinającej tę część wybrzeża od wód powierzchniowych jeziora.

Przypadki z USA (dwie nasycalnie z Virginii i Wyoming) oraz zaprojektowana przez PIG-PIB remediacja dla Ostrowi Mazowieckiej to metody aktywne. Wymagają one jednak w skali polowej zabezpieczenia warstwy wodonośnej przed rozplywaniem się remobilizowanych zanieczyszczeń i wtłaczanych chemikaliów.

Do metod aktywnych in situ nie angażujących toksycznych chemikaliów, dotychczas będących wciąż w fazie testów, można zaliczyć metody termiczne, w tym tzw. lance grzewcze, które jednak mają bardzo mały obszar oddziaływania i można o tym myśleć przy niewielkich, dobrze zlokalizowanych „kałużach” DNAPL. Czynnikiem grzewczym mogą być grzałki elektryczne lub energia mikrofalowa. Na większych przestrzeniach lepiej sprawdzają się metody mobilizacji zanieczyszczeń przy pomocy iniekcji przegrzanej pary wodnej. Bardzo istotny jest jednak rodzaj osadów. Metody termiczne także wymagają wypompowywania i oczyszczania wód z uruchomionych węglowodorów (Hiester i in., 2012).

Wszystkie metody wydobywcze, w tym wiercenia wielkośrednicowe, to także metody aktywne. Ich skuteczność, także poniżej zwierciadła wód podziemnych jest duża, jednak i tu konieczne są: dobre wyizolowanie obszaru, zdepresjonowanie wód, unieszkodliwienie dużej masy wydobytego gruntu.

Zalety metod aktywnych:

Stosunkowo szybka interwencja i możliwość usunięcia znacznej ilości zanieczyszczeń, szczególnie jeśli występują w dużych stężeniach i skupieniach, zatem istotna skuteczność w usunięciu problemu.

Ograniczenia i wymagania:

Niewielki zasięg oddziaływania lub ingerencji.

Konieczność wyizolowania obszaru zanieczyszczonego i kontroli szczelności.

Wady:

Wysokie koszty interwencji.

Brak efektywności, gdy już doszło do rozplynięcia się zanieczyszczeń.

Duże ryzyko kolapsu DNAPL.

Niecałkowita skuteczność metod.

Konieczność wyłączenia z użytkowania terenu oczyszczanego.



Drugim typem metod są działania pasywne, zwykle wykorzystujące procesy naturalne, zatem z reguły jest to znacznie bardziej czasochłonne. W ciągu ostatnich lat wzrosło zainteresowanie metodami remediacji in situ, co w krajach o dobrze uregulowanej gospodarce odpadami jest powodowane głównie wzrostem kosztów wydobywania, transportu i składowania zanieczyszczonej ziemi. Także remediacja wód podziemnych w przypadku metod typu pump&treat (pompuj i oczyszczaj) generuje wysokie koszty zużycia energii, stałego serwisu, unieszkodliwiania odpadów oraz opłat za zrzut lub zatłaczanie uzdatnionych wód. Do tego w obu przypadkach (oczyszczanie gruntów i oczyszczanie wód) dochodzi problem dyspozycyjności i zajęcia terenu pod składowanie odpadów lub instalacje pompująco-oczyszczające. W sytuacji, gdy nie ma gwarancji całkowitego wykopania zanieczyszczeń, które rozpląnęły się wraz z wodami lub dotarły na znaczne głębokości, procesy ex situ także tracą sens, nie dając gwarancji bezpieczeństwa w przyszłym użytkowaniu terenu.

Do metod pasywnych, stosowanych in situ, można zaliczyć wszelkie metody ENA (Enhanced Natural Attenuation) – wspomaganego naturalnego samooczyszczania i rozpadu, a także metody sorpcyjne.

Do najbardziej powszechnych metod in situ należą metody biologiczne, których skuteczność została wielokrotnie udowodniona. Dotyczy to głównie związków organicznych, ale też niektórych metali, o ile występują w szczególnych formach chemicznych.

Zastosowana w czasie rekultywacji w Solcu Kujawskim metoda remediacji gruntu (w strefie aeracji) wciąż potwierdza swoją skuteczność w kolejnych badaniach kontrolnych. Trzeba jednak podkreślić, że przed zastosowaniem jej w skali polowej przeprowadzono testy laboratoryjne z tzw. mega próbkami gruntu i wody w niemieckim laboratorium firmy INOCRE Fritzmeier Umweltechnik GmbH (Irmiński, Dębicka, 2010). Także wdrażając opracowany projekt rekultywacji (Irmiński, 2011c) firma PROTE Technologie dla Środowiska Sp. z o.o. wykonywała zalecone w projekcie tzw. testy kubełkowe wraz z analizami kontroli postępu biodegradacji zanieczyszczeń. Także proces skuteczności biodegradacji części zanieczyszczeń wywodzących się z oleju kerozotowego, a zawartych w wodzie, był obserwowany w trakcie realizowanego w Solcu Kujawskim testu projektu TIMBRE w 2012 r. Procesy mikroorganizmiczne wobec szeregu substancji, nawet trwałych WWA, są dość skuteczne, jednak wymagają sporo czasu. Jako procesy naturalne, nawet wspomagane (ENA) – mogą zachodzić latami w strefie aeracji i w strefie saturacji, ale najczęściej nie ograniczają sposobu wykorzystania powierzchni terenu.

Problemem w zanieczyszczeniu migrującym w wodach podziemnych jest zatrzymanie go i „oddanie” do dyspozycji mikroorganizmom. Takie działanie wykonywane jest w sztucznie tworzonych stacjach filtrujących zawierających mieszaninę przepuszczalnego gruntu oraz granulowanego węgla aktywnego, który działa jako sorbent – pułapka na węglowodory. W warunkach naturalnych przy pomocy specjalnych frezów i techniki budowy tzw. ścian szczelinowych można wykonać barierę półprzepuszczalną złożoną z mieszanki piasku oraz granulatu węgla. Jednak taka ściana może mieć niezbyt dużą grubość i ma ograniczenia dotyczące głębokości. Mimo dużej powierzchni sorpcyjnej granulatu węgla aktywnego same granulki sorbujące są od siebie pooddalane i część zanieczyszczeń będzie przenikać przez taką barierę.



Syntetyczny przegląd stosowanych na świecie metod oczyszczania wody podziemnej z różnych zanieczyszczeń w kontekście substancji organicznych występujących w Solcu Kujawskim w rejonie obszaru dawnej nasycalni podkładów kolejowych przedstawiono w tabeli - Tabela 3.

Tabela 3. Różne rodzaje technologii remediacji wód podziemnych a rodzaje zanieczyszczeń na terenie GreenerSites w Solcu Kujawskim (na podstawie Khan i in., 2004, zmodyfikowane)

Rodzaj technologii	Rodzaj substancji *	Szacunkowy koszt na m ³ wody** [\$]	Efektywność	Konieczny czas działania [lat]	Wiarygodność metody *** [1-10]
System pompowo-oczyszczający (pump&treat)	LZO, PLZO, CZO, inne	2500-13000	50% - 90%	> 5	5-7
Półprzepuszczalna bariera pasywna	LZO, PLZO, CZO	Brak szacunków	75% - 90%	>5	5
Bariera reaktywna typu funnel&gate	LZO, PLZO, CZO, inne	Brak szacunków	75% - 90%	>5	5
System recyrkulacji wód	LZO, PLZO, CZO	2500-6500	75% - >90%	1-2	3-5
Szczerpywanie systemem studni horyzontalnych	LZO, PLZO, CZO, inne	2500-13000	75% - >90%	Brak danych	Brak danych
Przedmuchiwanie powietrzem (air sparging)	LZO, PLZO	13000-20000	75% - 90%	0,5	3
Bioslurping	PLZO, CZO	6500-20000	75% - >90%	1-2	3-5
Biosparging	LZO, PLZO, CZO	2500-20000	75% - >90%	1-2	3-5
Utlnianie i degradacja promieniowaniem ultrafioletowym	LZO, PLZO, CZO Inne (bez HM)	2500-13000	>90%	0,5-1	1
Naturalne samooczyszczanie i degradacja (Natural Attenuation)	LZO, PLZO, częściowo P	Duże źródnicowanie	75% - >90%	>5	3-5

Objaśnienia:

*) **LZO** – lotne związki organiczne (ang. VOCs), w tym wszystkie BTEX oraz naftalen i ich pochodne metylowe; **PLZO** – pół-lotne związki organiczne (ang. SVOCs), w tym acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren z grupy WWA; **CZO** – ciężkie związki organiczne (ang. HOCs), w tym pozostałe WWA oraz węglowodory chlorowane, pestycydy (**P**); **Inne** – inne substancje zanieczyszczające, które nie stanowią w Solcu Kujawskim istotnego problemu w terenie badań GreenerSites, w tym metale ciężkie (**HM**), związki nieorganiczne.

***) Oszacowanie kosztów według danych z projektów amerykańskich zrealizowanych do 2004 r.

****) Ocena na podstawie projektów w USA zrealizowanych do 2004 r., istotna zmiana stężenia zanieczyszczeń w skali 1 do 10.

Jednocześnie, obierając odpowiednią strategię działania dla przypadku zanieczyszczeń kreozotem w Solcu Kujawskim, należy zwrócić uwagę na strefę/strefy zanieczyszczenia, które można lub trzeba objąć interwencją remediacyjną. W przypadku zanieczyszczeń hydrofobowych, a do takich należy zanieczyszczenie olejem kreozotowym i jego składnikami, w warstwie wodonośnej wyróżnia się ognisko skażenia, zwane też strefą źródłową (może to być także tzw. wtórne ognisko skażenia tworzące „kałużę”), drogę migracji, czyli smugę (ang. plume), strefę fazy zasorbowanej na osadach słabo przepuszczalnych (iłach, glinach, pyłach lub piaskach drobnoziarnistych) oraz tzw. „chmurę” – strefę zanieczyszczoną fazą rozpuszczoną, migrującą w sposób zbliżony do przepływu wody (część tej fazy podlega sorpcji, część przechodzi w stan lotny i wnika do strefy aeracji, część ulega biodegradacji naturalnej i rozpadowi, a część dociera do



odbiornika, czyli np. do rzeki lub do ujęć wód). Chmura jest zjawiskiem częstym i typowym dla zanieczyszczeń hydrofilnych, o dużym potencjale rozpuszczalności w wodzie, jednak przy substancjach hydrofobowych, migrujących głównie w formie smugi, także powstaje na skutek dyfuzji bocznej strefa, którą można nazwać „chmurą”. Wszystkie wymienione tu strefy nie muszą następować kolejno po sobie, mogą się mieszać, stąd w inny nieco sposób szereguje to poniższa tabela (Tabela 4).

Tabela 4. Strefy zanieczyszczenia substancjami hydrofobowymi w warstwie wodonośnej i ich wzajemne relacje (wg Sale, Newell, 2010, zmodyfikowane). Strzałki oznaczają możliwe przejścia fazowe.

Faza związku/mieszanki organicznej	Ognisko skażenia (strefa źródłowa)		Smuga		Chmura
	Wodoprzepuszczalność osadów				
	niska	wysoka	wysoka	niska	wysoka
Lotna	☑	☑	☑	☑	☑
DNAPL	☑	☑	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy
Wodna (rozpuszczona)	☑	☑	☑	☑	☑
Zasorbowana	☑	☑	☑	☑	☑

Ostatecznie przed wyborem optymalnej metody oczyszczania wód, podejmując decyzję, którą strefę można poddać remediacji w sposób ekonomicznie uzasadniony i racjonalny, warto ustalić, jakie techniki remediacyjne są predysponowane dla danej strefy. W sposób uporządkowany przedstawia to kolejna tabela (Tabela 5).

Tabela 5. Cele, sposoby oraz techniki osiągnięcia celu w likwidacji zanieczyszczeń w warstwie zawodnionej (wg MacCarty, 2010, uzupełnione).

Cel	Strategia	Dostępne techniki
Powstrzymanie (zamknięcie) ogniska zanieczyszczenia	Bariera fizyczna	Ściana szczelinowa Ścianka szczelna
	Bariera hydrauliczna	System pompowo-zatłaczający
Usunięcie ogniska zanieczyszczenia	Usunięcie substancji zanieczyszczającej poprzez wydobycie	Usunięcie gruntu zanieczyszczonego
		Płukanie mieszkanką rozpuszczalnik-detergent
		Oczyszczanie parą wodną
		Desorpcja termalna in situ
Kontrola migracji smugi	Bariera przepuszczalna	Redukcja chemiczna w systemie funnel&gate Bariera pasywna, sorpcyjna Bioremediacja
	Kontrola hydrauliczna	Oczyszczanie ex situ
		Napowietrzanie in situ
Utlenianie chemiczne in situ Bioremediacja in situ		
Usunięcie smugi	Działanie fizyczne (mechaniczne)	pump&treat (wypompowywanie i oczyszczanie) Przedmuchiwanie (pionowe lub poziome)
	Działanie chemiczne	Reakcja z silnymi utleniaczami



	Działanie biologiczne	Bioremediacja in situ
		Bioremediacja samoistna (monitorowane samooczyszczanie)
Usunięcie chmury	Działanie biologiczne	Bioremediacja in situ
		Bioremediacja samoistna (monitorowane samooczyszczanie)

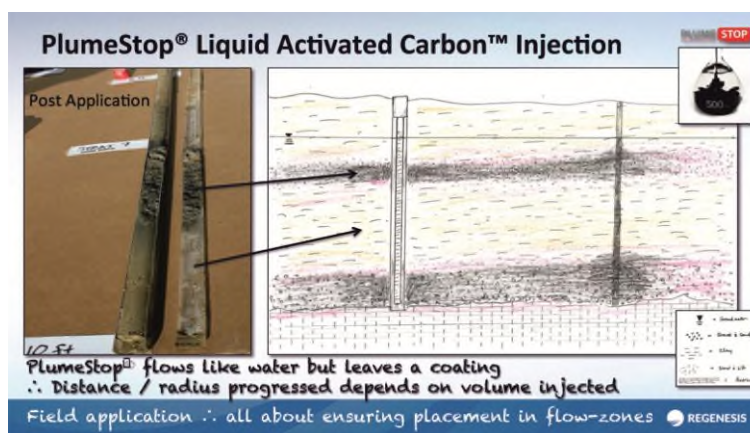
Reasumując dotychczasowe rozważania, można odnieść się całkowicie do przypadku zanieczyszczenia w Solcu Kujawskim (teren GreenerSites). Po pracach rekultywacyjnych przeprowadzonych w latach 2013-2016 przy zastosowaniu kombinacji metod (m.in. płukania oraz bioremediacji gruntu) obserwowana jest poprawa stanu środowiska gruntowego, a także wód, ponieważ zlikwidowano liczne ogniska, w tym aktywne ogniska zanieczyszczeń w strefie aeracji i częściowo w strefie saturacji. Jednak z racji istnienia przez dziesiątki lat nasycalni z typowymi problemami emisji kreozotu, a następnie dodatkowo silnej degradacji środowiska podczas płądrowania resztek po tym zakładzie (np. wylewanie do ziemi kreozotu z wydobywanych i ciętych zbiorników), na znaczne głębokości dostały się nieznanne ilości oleju kreozotowego tworząc jako ciężka niewodna faza ciekła (DNAPL) liczne „kałuże” – tak zawieszane w strefie saturacji na soczewkach litologicznych, jak i osiadłe na stropie nieprzepuszczalnych ilów trzeciorzędowych. W trakcie opadania DNAPL dochodzi już do tworzenia się smug i chmur zanieczyszczeń. W czasie badań od 2013 r. do 2018 r. zdiagnozowano co najmniej 3 takie smugi. Na skutek działania grawitacji i kierunku przepływu wód podziemnych zarówno DNAPL, jak i smugi częściowo opuściły już granice działki dawnej nasycalni. Migracja DNAPL jest zdefiniowana przez ukształtowanie stropu podłoża ilastego. Smugi oraz towarzyszące im chmury migrują w kierunku koryta Wisły. Migracja odbywa się częściowo pod terenami, które Miasto chce zagospodarować. Zatrzymanie, ograniczenie lub likwidacja smug doprowadzi także do stosunkowo szybkiej likwidacji chmur zanieczyszczeń. Jako dodatkowy aspekt zagrożenia należy wymienić parowanie i migrację szkodliwych lotnych związków organicznych z wód, szczególnie z miejsc, którymi migrują smugi zanieczyszczeń i z miejsc, gdzie znajduje się faza DNAPL.

Rozsądnym i ekonomicznie realnym rozwiązaniem dającym kompromis środowiskowo-urbanistyczny jest kontrola migracji smugi (Tabela 5) w strefie, która nie będzie podlegać zabudowie mieszkaniowej (grunty grupy I). Działania związane z usunięciem ogniska/ognisk są zbyt trudne i zbyt kosztowne oraz obarczone dużym ryzykiem braku efektu. Musiałyby jednocześnie towarzyszyć temu prace ukierunkowane na usuwanie poszczególnych smug. Usuwanie smug (działania fizyczne lub biologiczne) to procesy bardzo czasochłonne i generujące wysokie koszty. Działania chemiczne to dodatkowo znaczne ryzyko środowiskowe. Ze względu na składniki oleju kreozotowego należy skupić się na lotnych związkach organicznych (LZO) – zablokować ich migrację, w tym ewaporację, doprowadzić do biodegradacji, co jest możliwe i stosunkowo najmniej kosztowne. Proces ten jednak wymaga czasu. Jednocześnie możliwe jest kontrolowanie migracji pół-lotnych związków organicznych (PLZO) i ich biodegradacja. Z uwagi na koszty, efektywność oraz wielozadaniowość optymalną strategią dla kontrolowania smug jest bariera przepuszczalna z metodą pasywną oraz biodegradacją.

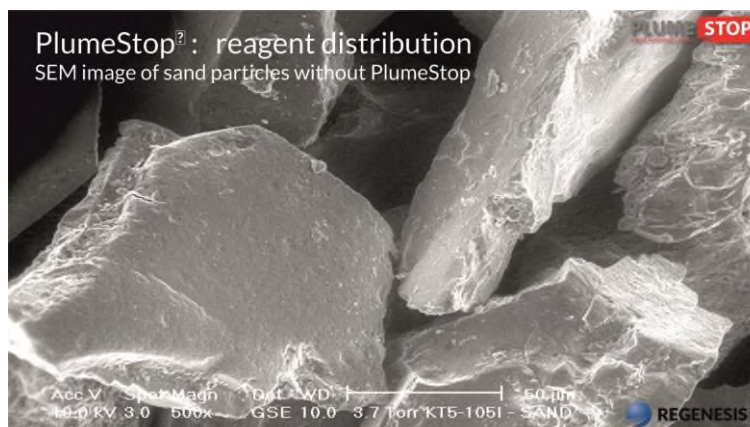
Rekomendowana metoda – pasywna bariera sorpcyjna z bioremediacją in situ

Funkcję pasywnej bariery sorpcyjnej i jednocześnie przestrzeni do bioremediacji spełnia bariera półprzepuszczalna z nanocząsteczkami węgla aktywnego.

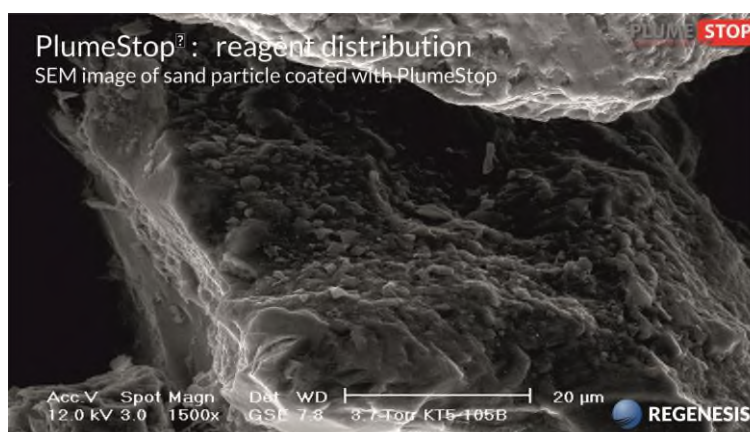
Amerykańsko-brytyjska firma REGENESIS w latach 2007-2013 opracowała unikatową metodę niskociśnieniowego, iniekcyjnego wtłaczania do gruntu specjalnie opatentowanej mieszanki koloidalnej zawierającej węgiel aktywny w formie nanocząsteczkowej (Ryc. 51). Technologia ta, nazwana PlumeStop®, pozwala uzyskać niezwykle dużą powierzchnię aktywną węgla w przestrzeni międzyziarnowej gruntu bez ograniczania wodoprzepuszczalności w warstwie wodonośnej. Określenie „bariera półprzepuszczalna” odnosi się zatem do utworzonej in situ w gruncie, w warstwie zawodnionej, pionowej strefy przesyconej nanocząsteczkowym węglem aktywnym, która przepuszcza wodę, ale nie przepuszcza wielu składników szkodliwych, ulegających sorpcji na powierzchni węgla aktywnego. Nie zmienia to zatem naturalnych kierunków przepływu wód, teoretycznie może istnieć nieskończenie długo i jako metoda pasywna nie wymaga dostawy energii. Jeśli ma być wspomagana dodatkowym natlenianiem, to konieczne są otwory napowietrzające zasilane okresowo sprężarkami. Dodatkowe i zbyt bliskie natlenianie nie jest jednak zbyt korzystne, bo może powodować stopniową inkrustację bariery związkami utlenionego żelaza.



Ryc. 51. Schemat i faktyczny efekt iniekcji nanocząsteczkowego preparatu PlumeStop® do warstwy wodonośnej w strefy o różnej wodoprzewodności (Birnstingl i in., 2016)

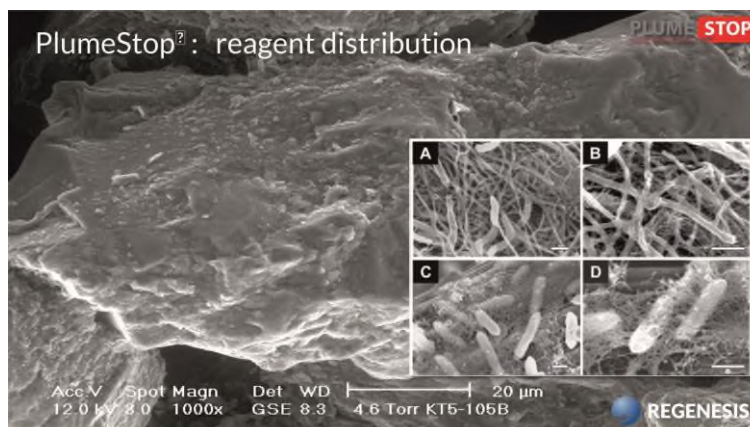


Ryc. 52. Skaningowy obraz ziaren piasku z warstwy wodonośnej przed zastosowaniem PlumeStop® (Birnstingl i in., 2016)



Ryc. 53. Skaningowy obraz ziaren piasku z warstwy wodonośnej pokryty nanocząsteczkami węgla w technologii PlumeStop® (Birnstingl i in., 2016)

Następnym czynnikiem wydłużającym żywotność bariery i poprawiającym jej skuteczność jest stworzenie naturalnego siedliska mikroorganizmów, które na tak wytworzonym filtrze mogą rozwijać się czerpiąc z zasobów węgla organicznego przechwyconego na węglu aktywnym. Tym samym, zwalnia się miejsce na powierzchni sorbującej na kolejne węglowodory, których cząsteczki przybędą z wodą do bariery.



Ryc. 54. Skaningowy obraz ziaren piasku z warstwy wodonośnej pokryty nanocząsteczkami węgla w technologii PlumeStop® oraz powiększenie fragmentów powierzchni z rozwiniętymi koloniami mikroorganizmów (Birstingl i in., 2016)

Co jest niezwykle istotne ze środowiskowego punktu widzenia, bariera nanowęglowa nie stanowi w ośrodku gruntowo-wodnym obcej substancji, ponieważ „rozpylony” pod ziemią węgiel nie stwarza żadnego zagrożenia i jest naturalnym składnikiem geosfery. Zastosowanie pasywnej bariery półprzepuszczalnej jest uzasadnione szczególnie wówczas, gdy nie sposób wydobyc wszystkich zanieczyszczeń rozproszonych na znacznym obszarze, a ich charakter (np. ciężar właściwy większy od wody i niska rozpuszczalność) powodują, że pozostałości chemikaliów będą latami wciąż degradować wody podziemne.

Według materiałów firmy REGENESIS (Birstingl i in., 2014; Birstingl i in., 2016) skuteczność oczyszczania wód z węglowodorów, także węglowodorów aromatycznych oraz chlorowanych, uzyskuje się po kilku tygodniach i wynosi ona 98-99,9 %. Jest to metoda nowa, ale już znalazła skuteczne zastosowanie w wielu stanach USA oraz w Kanadzie, Belgii, Wielkiej Brytanii, Szwecji i we Włoszech – ogółem w 84 miejscach do roku 2016 (Birstingl i in., 2016). Ostatnio także w Danii w 2018 r. W skali pilotażowej były to 34 przypadki, zaś w skali pełnej 54. Metoda jest popularyzowana w Europie i aktualnie przygotowywanych jest 28 projektów. W Polsce dotychczas nie zastosowano takiej technologii, ale Solec Kujawski był już wymieniony w trakcie rozmów i konsultacji oraz był celem studyjnej wizyty przedstawiciela REGENESIS w Polsce.

W nawiązaniu do podjętej współpracy z REGENESIS firma Geo-Logik Wojciech Irmiński w październiku 2018 r. wykonała specjalne opróbowanie i przekazała mega-próbki gruntu i wody z Solca Kujawskiego do badań laboratoryjnych w USA w San Clemente, gdzie w okresie listopad-grudzień 2018 wykonano testy sorpcji z zastosowaniem preparatu PlumeStop®. Na fotografii (Ryc. 55) pokazano jeden z pojemników zawierających próbki gruntu silnie zanieczyszczonego olejem kreozotowym hermetycznie zapakowane i przygotowane do transportu do USA.



Ryc. 55. Szczelny pojemnik zawierający zapakowane odrębnie próbki gruntu ze spągowych stref dwóch otworów wykonanych w X 2018 w Solcu Kujawskim.

Testy sorpcji

Testy sorpcji zanieczyszczeń z grup WWA i BTEX z gruntu i wody zanieczyszczonej olejem kreozotowym wykonano w Stanach Zjednoczonych w ośrodku badawczym firmy REGENESIS w San Clemente w Kalifornii.

Kopię amerykańskiego raportu z wykonanych testów w wersji skróconej (6 stron) zamieszczono w załączniku.

Warto zaznaczyć dwie kwestie:

- poza substancjami z grup WWA i BTEX w fazie I eksperymentu nie stwierdzono obecności innych składników, które działałyby konkurencyjnie i zmniejszały zdolność sorpcyjną zastosowanego roztworu;
- w wyniku eksperymentu (w fazie II) osiągnięto redukcję zanieczyszczenia (stężenie początkowe: naftalen 10 mg/L, benzen 1,5 mg/l oraz o-ksylen 1,5 mg/L) o 99,99% w ciągu 10 dni stosując 4000 mg/L preparatu PlumeStop®.

Mimo bardzo krótkiego czasu adsorbowania zanieczyszczeń, trzeba pamiętać, że testy odbywają się w warunkach laboratoryjnych, niemal idealnych (mieszanie, temperatura, homogeniczność itp.). Dlatego w warunkach polowych, w środowisku naturalnym należy liczyć się z wydłużeniem tego czasu do 2-3 tygodni.



Ryc. 56. Zbiorniki reakcyjne do testów w laboratorium REGENESIS w San Clemente w USA zawierające zanieczyszczony materiał z Solca Kujawskiego

Ponadto w warunkach laboratoryjnych występuje pełna ekspozycja nanocząsteczek na zanieczyszczoną wodę. W rzeczywistości zaś znaczna część sukcesu remediacyjnego zależy od lokalizacji bariery i jej prawidłowego wykonania.

Proponowane metody działania w celu unieszkodliwienia zanieczyszczeń migrujących w wodach podziemnych w obszarze badań projektu GreenerSites

Obszar projektu GreenerSites, jak wspomniano, posiada co najmniej trzy zdiagnozowane smugi zanieczyszczeń. Proponowane są działania wymienione poniżej, których pierwszym celem jest optymalizacja kosztów remediacji.

Smuga południowa (przykład w otworze P4). Jej źródło znajduje się poza obszarem zrehabilitowanym po nasycalni, na stosunkowo wąskim terenie pomiędzy torami kolejowymi linii Toruń-Bydgoszcz a ul. Garbary. Są to prawdopodobnie nieszczelne lub nadal wykorzystywane stare zbiorniki dawnej wytwórni past grzybobójczych „Dyfuzja”. Odpowiednie urzędy (Starostwo i RDOŚ) mogą wydać władającemu terenem lub sprawcy zanieczyszczenia decyzję nakazującą likwidację ogniska zanieczyszczenia. Po jego fizycznej likwidacji należy prowadzić monitoring tempa zaniku smugi i ewentualnie podjąć działania dodatkowe, np. bioremediację in situ w smudze. Są to zadania, które nie powinny angażować środków finansowych administracji lokalnej. Na tym etapie rozpoznania nie można wykluczyć, że część zanieczyszczeń diagnozowanych w P4 lub stwierdzanych organoleptycznie nawet znacznie dalej, tj. w rejonie stadionu miejskiego i centrum edukacyjno-rozrywkowego Park Jurajski (odpowiednio symbole ST i PJ na Ryc. 58, objaśnienia numerów i symboli użytych na mapach - Tabela 2) może pochodzić z migracji smugi od ogniska nr 7 (Ryc. 58), czyli dawnej strefy pracy suwnicy przeładowującej gotowe wyroby nasycalni. Wykonanie bariery pasywnej na drodze przepływu smugi znanej z piezometru P4 jest możliwe (jak na Ryc. 67), ale będzie bardzo kosztowne z uwagi na dużą



głębokość struktury wodonośnej wykazanej m.in. badaniami geofizycznymi w części południowo-zachodniej terenu.

Smuga wschodnia (przykład w otworze P12). Jej przyczyna nie jest rozpoznana. Podejrzenie wycieków z podziemnej infrastruktury dawnej wytwórni papy izolacyjnej lub migracja DNAPL i smuga z dawnego wylewiska ścieków, jakie istniało na terenie nasycalni. Należy rozpoznać stosując badania uzupełniające. Łatwa dostępność niezabudowanego terenu. Możliwość budowy bariery uzupełniającej pokazano w dalszej części opracowania (Ryc. 67). Podstawowym działaniem powinno być jednak fizyczne usunięcie ogniska zanieczyszczenia, a potem degradacja związków organicznych w smudze.

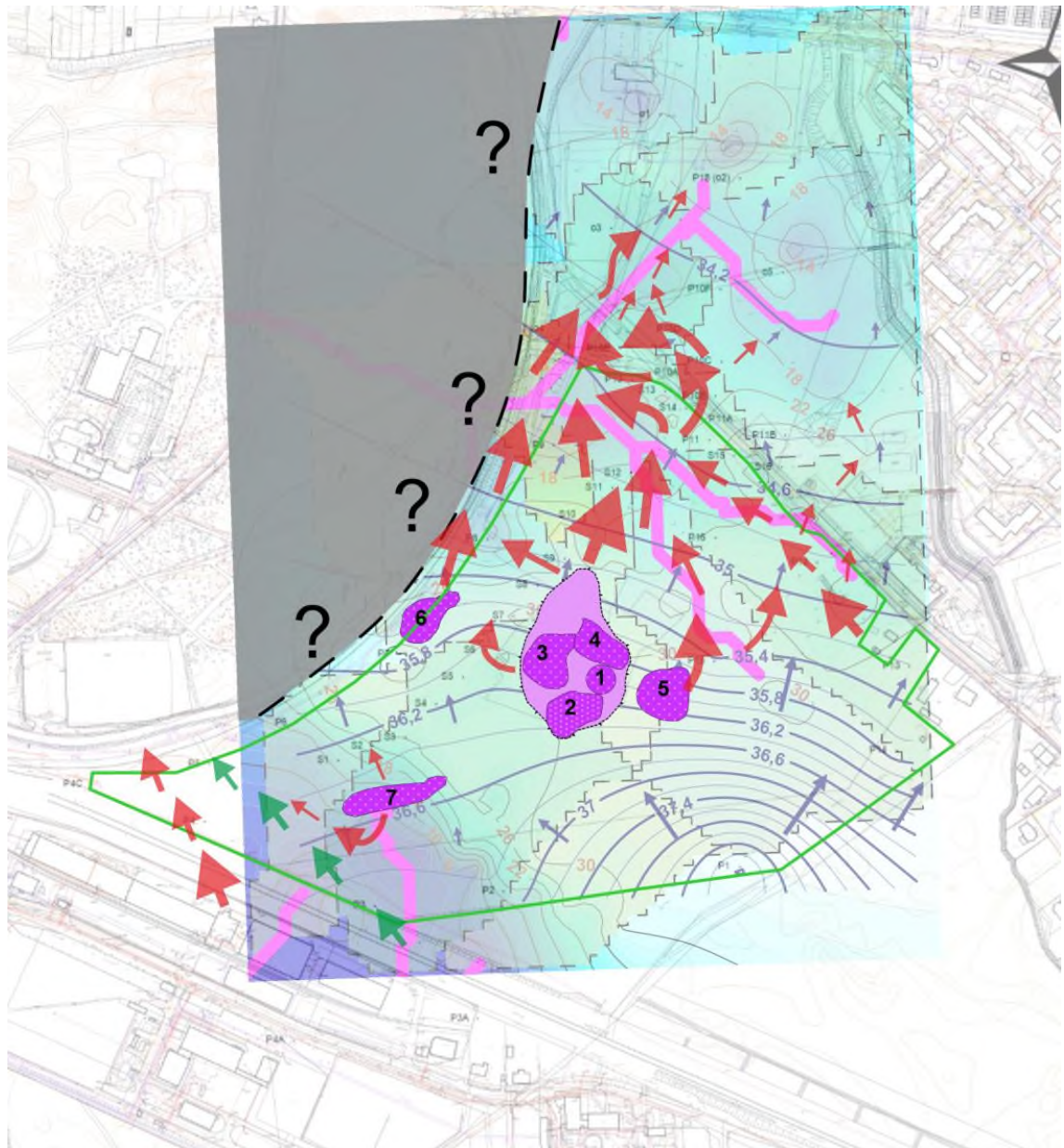
Smuga główna (liczne otwory przy ul. Kujawskiej 2). Jej przyczyną jest rozległa „kałuża” DNAPL lub rozdzielone ogniska zanieczyszczeń – oleju kreozotowego, które znajdują się na głębokości ok. 14-19 m ppt w części centralnej i północnej w obszarze dawnej nasycalni. Niestety brak jest dobrego rozpoznania skrzydła smugi od strony Parku Miejskiego. Badania uzupełniające możliwe byłyby w trakcie lokalizowania proponowanej pasywnej bariery sorpcyjnej. Bariere należy zlokalizować możliwie blisko terenu byłej nasycalni tak, by odciąć smugi migrujące w kierunku ul. Toruńskiej i do Wisły (Ryc. 59). Aktualnie istnieje dobra dostępność terenu do rozpoznania i budowy bariery.

Proponowana lokalizacja i wymiary bariery półprzepuszczalnej

W celu prawidłowego usytuowania bariery sorbującej zanieczyszczenia wykonano mapę analityczną (Ryc. 57) ujmującą następujące składniki:

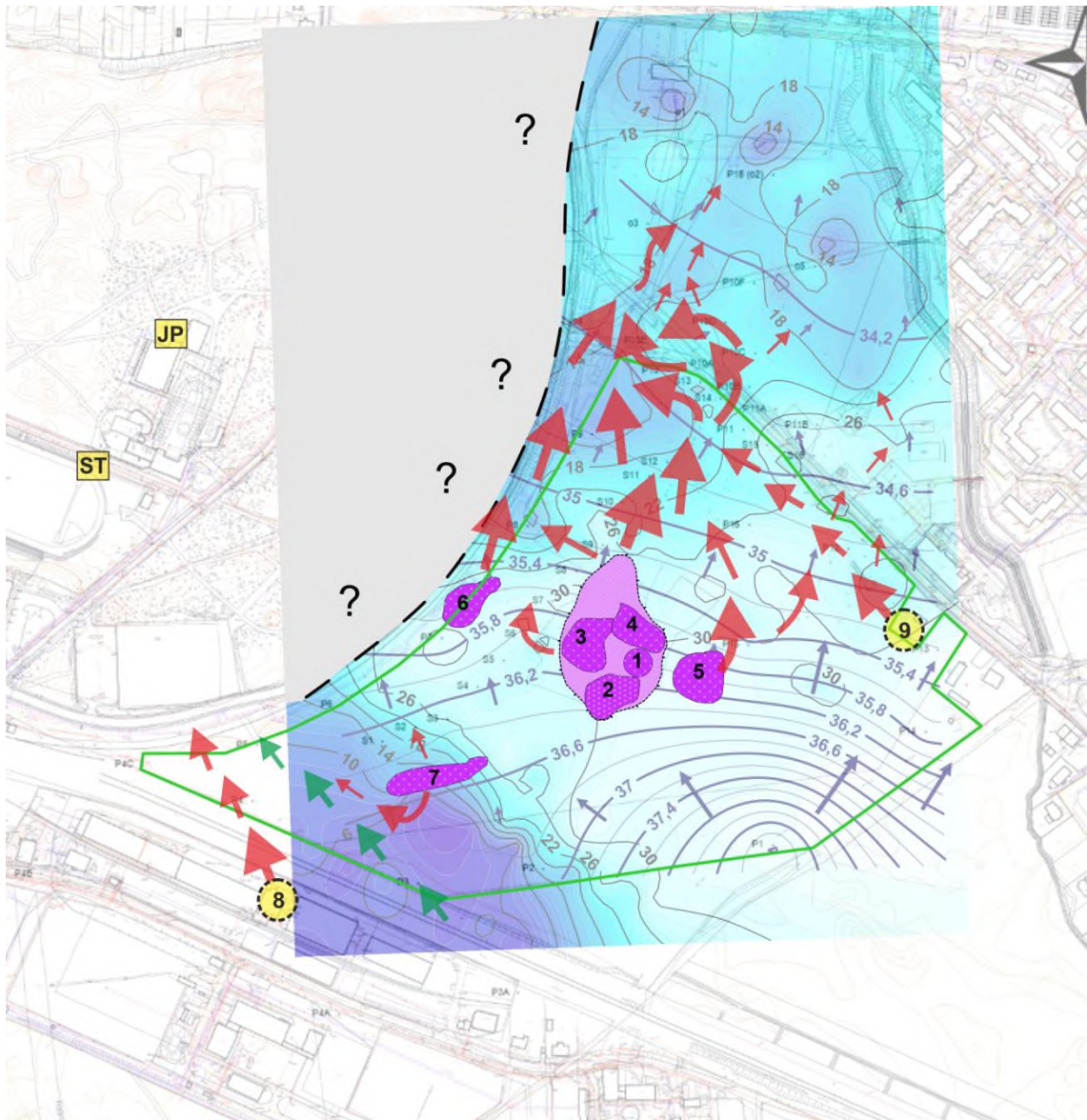
- dane na temat głębokości i ukształtowania stropu osadów nieprzepuszczalnych (iłóv trzeciorzędowych) wynikające z archiwalnych i celowych prac wiertniczych, z badań geofizycznych oraz zasad aktualizmu geologicznego;
- automatyczną wizualizację obszarów spływu (zlewni) wygenerowaną w oprogramowaniu Surfer na bazie danych o ukształtowaniu podłoża nieprzepuszczalnego. Wyimaginowane ciekę pokazują strefy uprzywilejowanego spływu i wskazują miejsca źródłowe (mogą to być np. ogniska zanieczyszczeń);
- dane historyczne oraz udokumentowane efekty prac rekultywacyjnych wskazujące na rodzaj i występowanie ognisk zanieczyszczeń na terenie dawnej nasycalni;
- ukształtowanie zwierciadła i ustalone kierunki przepływu wód podziemnych (na przykładzie stanu określonego pomiarami z 5 października 2018);
- brak dobrej informacji geologicznej w części północno-zachodniej, tj. w obszarze Parku Miejskim.

Trzeba wyjaśnić, że wygenerowane kierunki cieków zmierzających w stronę północno-zachodnią to jedynie wynik braku danych w obszarze pod Parkiem Miejskim. Założenie występowania tam np. elewacji podłoża nieprzepuszczalnego byłoby tylko założeniem. Omówiono tę kwestię nieco dalej, przy opisie przekroju IV-IV. Jednak z zasady aktualizmu geologicznego wynika, że wody i materiał z erozji osadów trzeciorzędowych musiały się przemieszczać zgodnie z grawitacją i spadkiem podłoża.



Ryc. 57. Mapa interpretacji kierunków przepływu zanieczyszczeń organicznych bazująca na funkcji automatycznego określania zlewni w programie Surfer. Czerwone strzałki oznaczają węglowodory, zielone strzałki oznaczają ściekowe związki azotu i fosforu. Wyjaśnienie numerów - Tabela 2.

Naniesiona na rycinie czerwonymi strzałkami interpretacja kierunków migracji zanieczyszczeń (kałuż DNAPL i smug) jest istotnym uzupełnieniem mapy typu zlewniowego generowanej w oprogramowaniu Surfer. Zlewnie i hipotetyczne ciekie wynikają jedynie z ukształtowania zadanej powierzchni (tu stropu ilów trzeciorzędu), nie uwzględniają zaś składowej kierunku przepływu wód w warstwie wodonośnej. Ta składowa jest istotna szczególnie dla smug, ale także częściowo dla fazy ciężkiej nim dotrze ona na dno wodonośca.



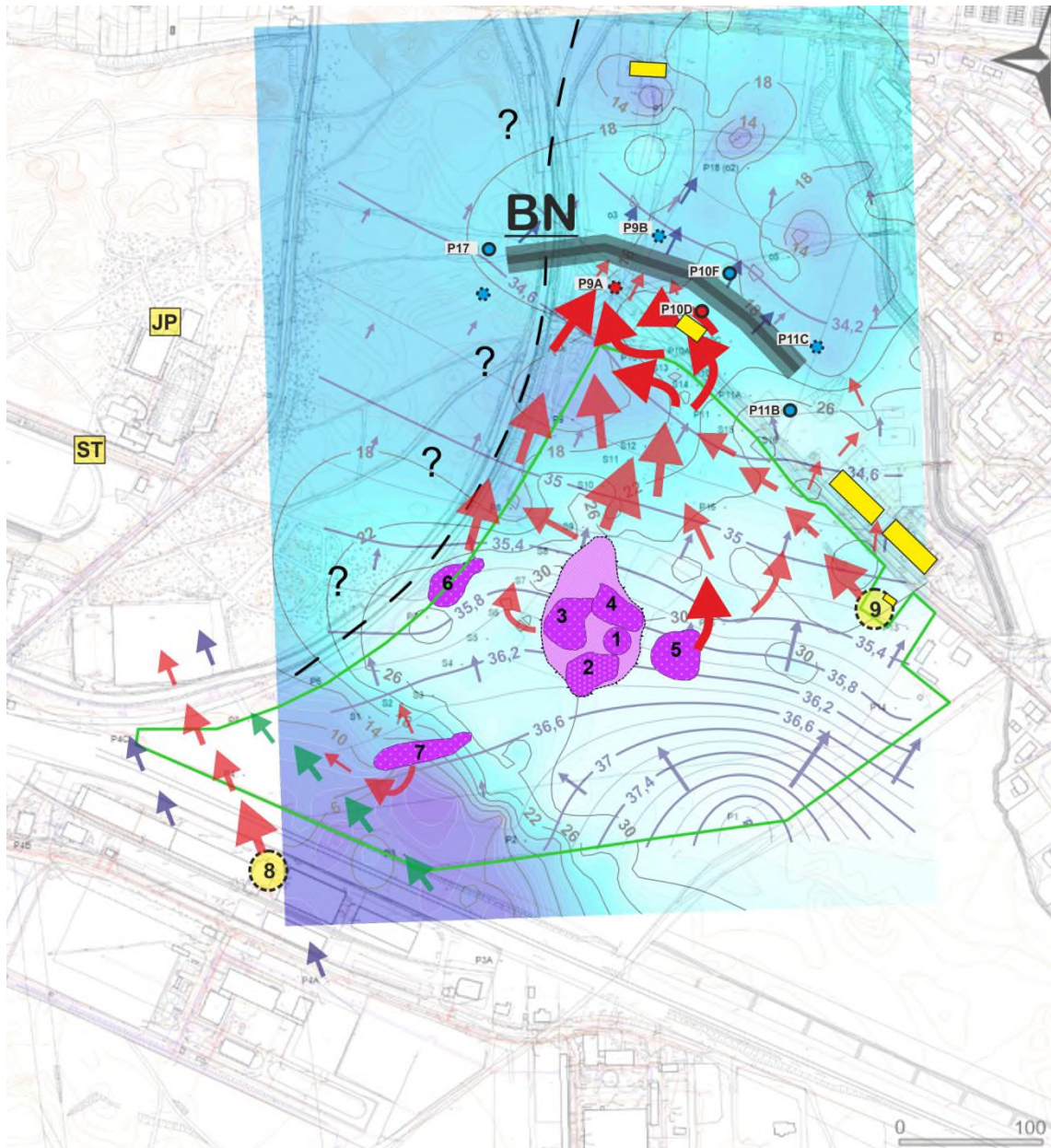
Ryc. 58. Mapa udokumentowanych i hipotetycznych ognisk generujących zanieczyszczenia organiczne w wodach podziemnych w terenie GreenerSites oraz kierunki migracji tych zanieczyszczeń. Wyjaśnienie numerów i symboli - Tabela 2.

Przedstawiony obraz migracji smug, chmur i/lub stagnacji kałuż fazy ciężkiej (DNAPL) (Ryc. 58) pozwala na wskazanie optymalnego miejsca do zlokalizowania sorpcyjnej bariery pasywnej (Ryc. 59) i ewentualnie barier uzupełniających (Ryc. 67). Najważniejsza bariera, tzw. bariera północna (BN) musi przecinać główną smugę zanieczyszczeń. W tym położeniu możliwe jest wykorzystanie specyficznej elewacji podłoża nieprzepuszczalnego, które w sposób naturalny zmniejsza, jak się wydaje, szerokość smugi wychodzącej z wtórnego, rozległego ogniska DNAPL z centrum pod otworami P9, P10 i S12. Elewację podłoża nieprzepuszczalnego można też zaobserwować na wykonanych przekrojach I-I (Ryc. 61) i II-II (Ryc. 62).



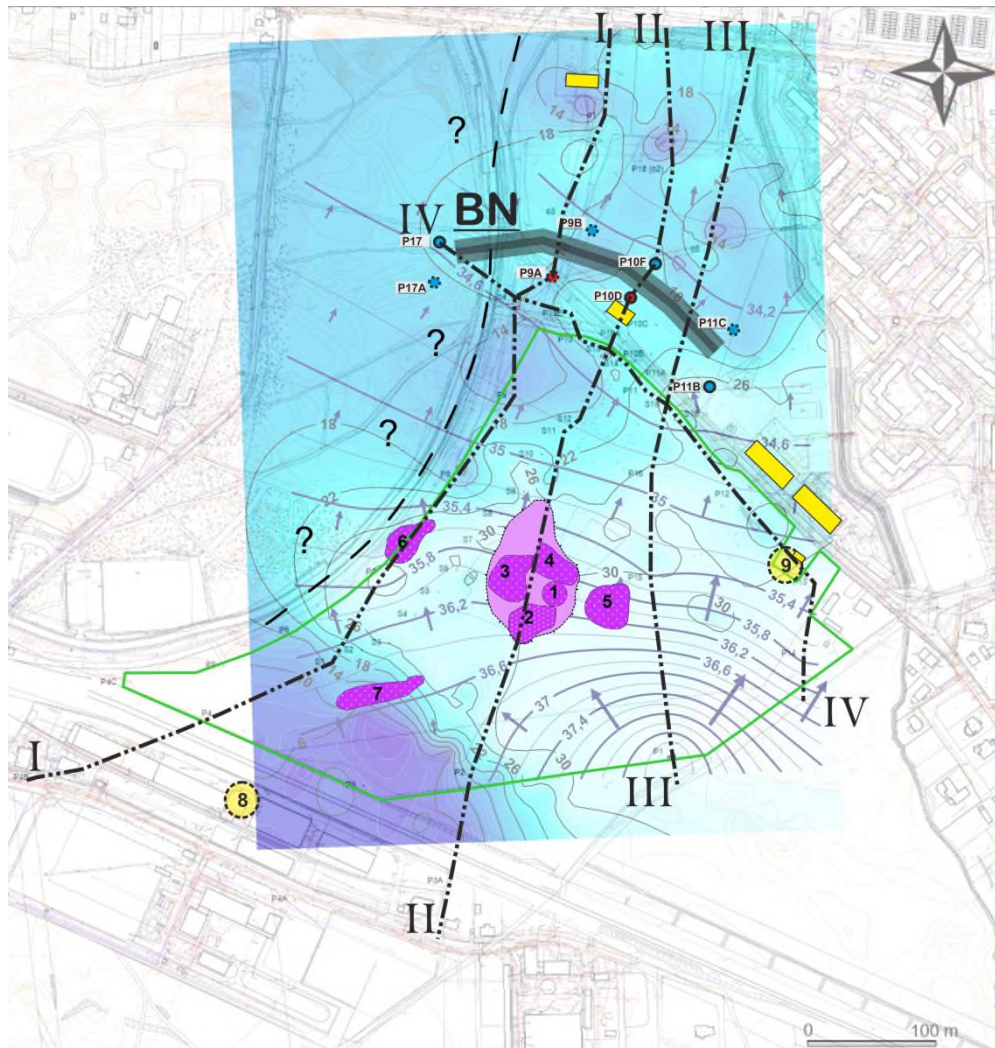
Boczny, niezbędny zasięg bariery jest efektem wyników dotychczasowego rozpoznania chemizmu wód podziemnych oraz interpretacji pomiarów geofizycznych. Rozpiętość, czyli długość bariery w przedstawionym rozwiązaniu szacuje się na 220-230 metrów. Jej wysokość (w warstwie zawodnionej) jest naturalnie zmienna, wynika bowiem z morfologii podłoża nieprzepuszczalnego pod zawodnionymi piaskami i wynosi od 7 do 16 metrów. Grubość bariery może być obliczona przez specjalistów od technologii PlumeStop® na podstawie kilku podstawowych danych, m.in. prędkości przepływu wody, ilości i miąższości warstw o konkretnych parametrach transmisji wody i iniekcji preparatu PlumeStop® oraz rodzaju i ładunku zanieczyszczeń, które bariera musi zasorbować. Na przedstawionych rycinach grubość bariery została naniesiona symbolicznie i nie oddaje rzeczywistego rozmiaru w tym kierunku.

Zaproponowano także lokalizację otworów (piezometrów) kontrolujących skuteczność bariery. Cztery z ośmiu proponowanych otworów już istnieją i bez dodatkowych kosztów mogłyby pełnić funkcję monitorującą. Są to otwory P10D, P10F, P11B i P17. Ze względu na ewentualną potrzebę oceny jakości wód na różnych poziomach w warstwie wodonośnej proponuje się stosowanie tzw. pełnego pakera do ustalenia miejsc (głębokości) zawieszenia pomp lub próbników.



Ryc. 59. Mapa proponowanej lokalizacji bariery pasywnej na drodze migracji głównej smugi zanieczyszczeń organicznych w terenie GreenerSites. Strzałki o intensywniejszej czerwonej barwie oznaczają miejsca wykrycia fazy olejowej w najbliższych otworach. Dodatkowe strzałki niebieskie oznaczają wody bez zanieczyszczeń.

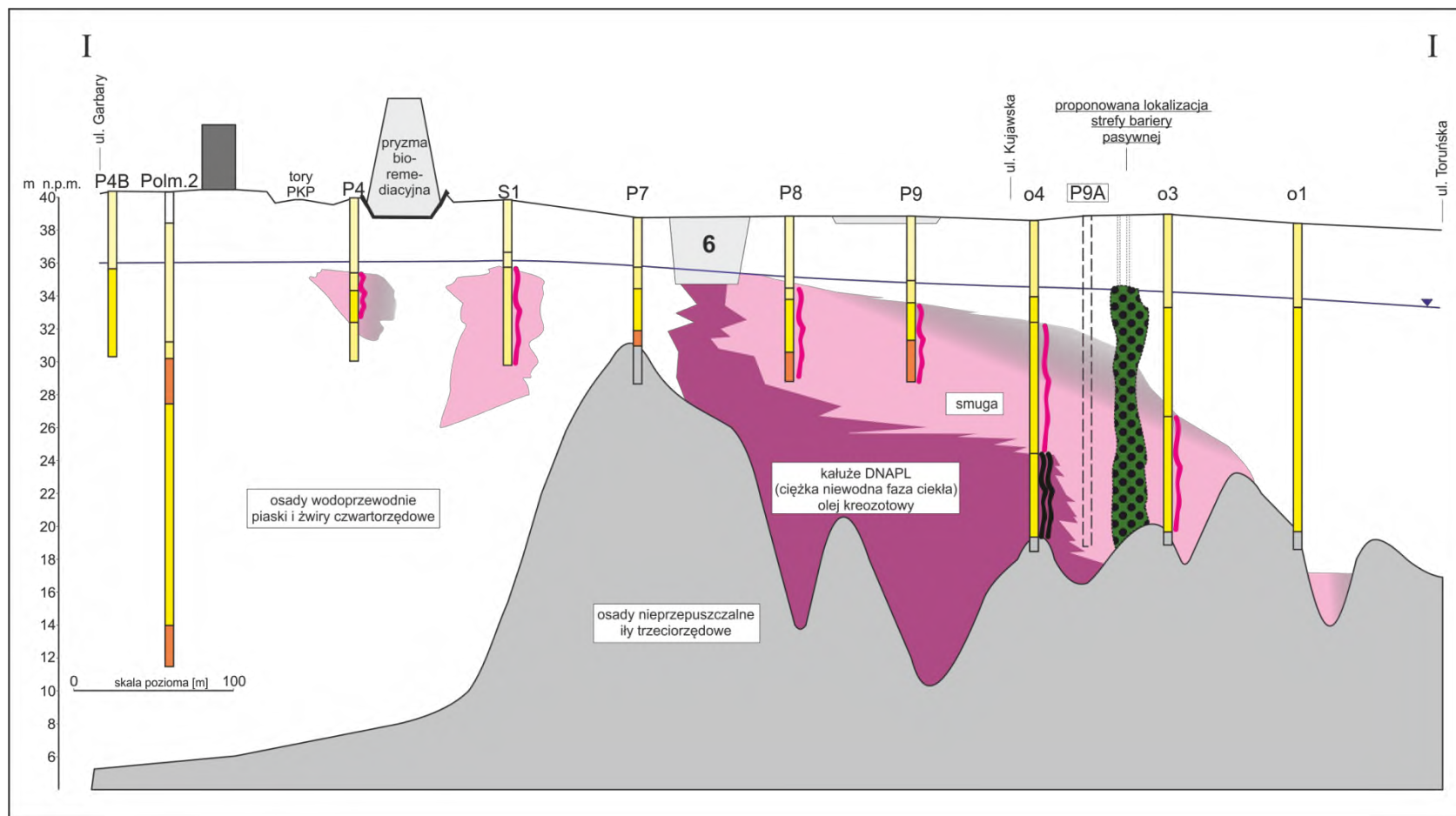
Dla zilustrowanego stanu rozpoznania struktur podłoża oraz zasięgu i dróg migracji zanieczyszczeń wykonano cztery przekroje geologiczno-sozologiczne. Ryc. 60 przedstawia mapę z lokalizacją linii przekrojów I-I, II-II, III-III oraz IV-IV.



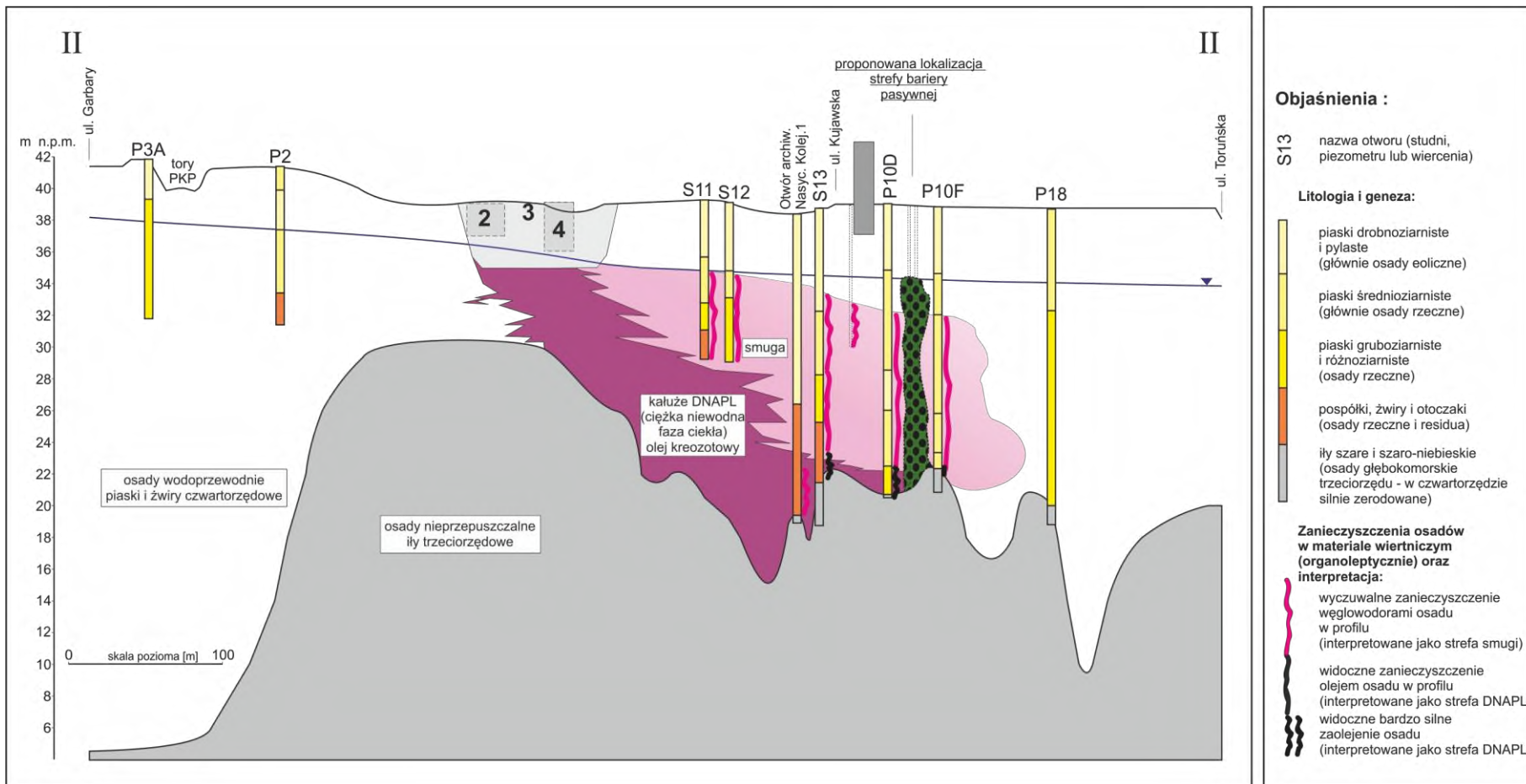
Ryc. 60. Linie przekrojów geologiczno-sozologicznych uwzględniających proponowane utworzenie pasywnej bariery BN

Na przekrojach zastosowano 10-krotne przewyższenie skali pionowej nad poziomą, co czyni pokazane obrazy w sposób przejawiony, ale pozwala łatwiej zrozumieć mechanizmy grawitacyjnej migracji fazy DNAPL oraz problem powstania pułapek w podłożu warstwy zanieczyszczonych piasków, gdzie olej kreozotowy będzie mógł pozostać i degradować wody przez setki lat. Wynika to z trzech przyczyn:

- wysokie stężenie składników toksycznych dla organizmów żywych czyni bioremediację oleju w fazie nierozpuszczonej niewykonalną;
- występuje tu zróżnicowana, ale ogólnie niezwykle niska rozpuszczalność w wodzie substancji hydrofobowych wchodzących w skład kreozotu;
- mała powierzchnia kontaktu fazy wodnej z fazą niewodną – w zagłębieniach morfologicznych podłoża – podobnie jak w głębiach oceanicznych – brak jest prądów i szybkiej wymiany wód, a powstała równowaga stężeń na granicy faz nie pozwala na intensywniejsze rozpuszczanie związków organicznych w wodzie.








Ryc. 61. Przekrój geologiczno-sozologiczny wzdłuż linii I-I. Objasnienia do profili i barw – Ryc. 62. Objasnienia ponumerowanych obiektów, np. 6 - Tabela 2.






Objaśnienia :

S13 nazwa otworu (studni, piezometru lub wiercenia)

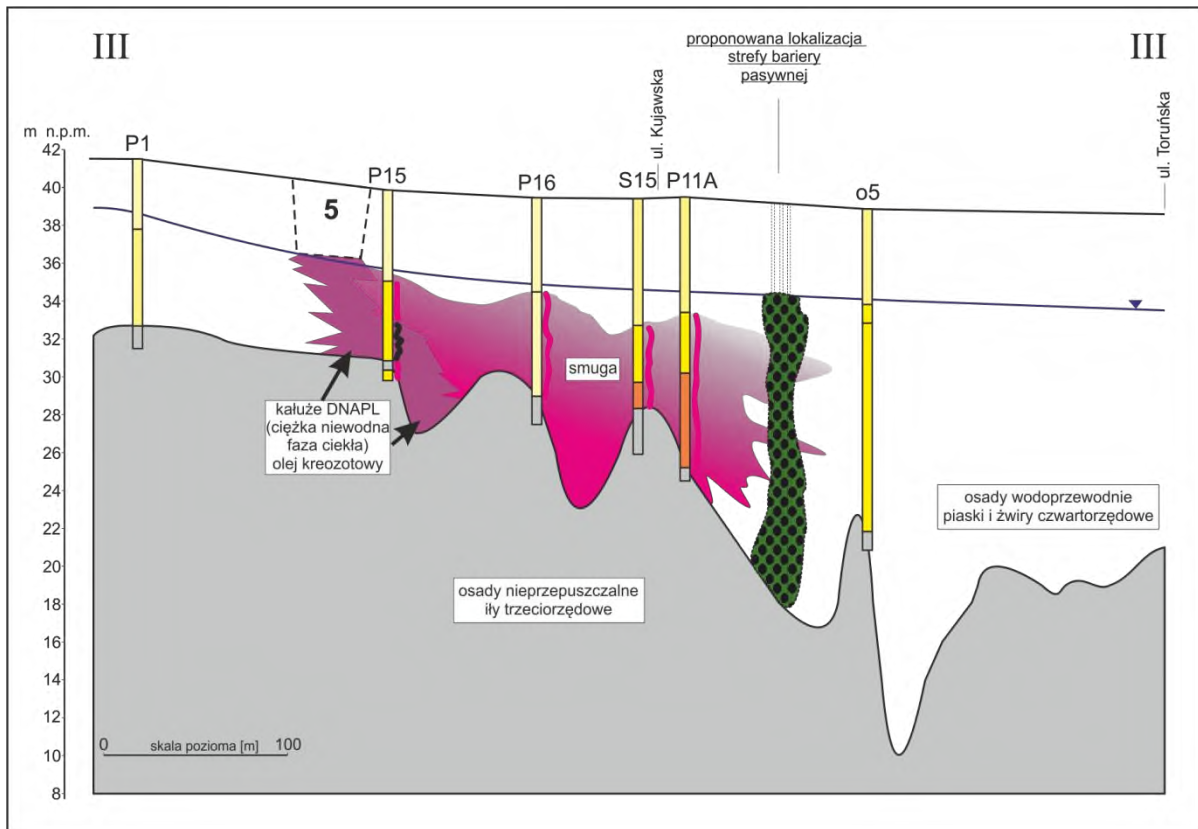
Litologia i geneza:

-  piaski drobnoziarniste i pylaste (głównie osady eoliczne)
-  piaski średnioziarniste (głównie osady rzeczne)
-  piaski gruboziarniste i różnoziarniste (osady rzeczne)
-  pospółki, żwiry i otoczaki (osady rzeczne i residua)
-  iły szare i szaro-niebieskie (osady głębokomorskie trzeciorzędu - w czwartorzędzie silnie zerodowane)

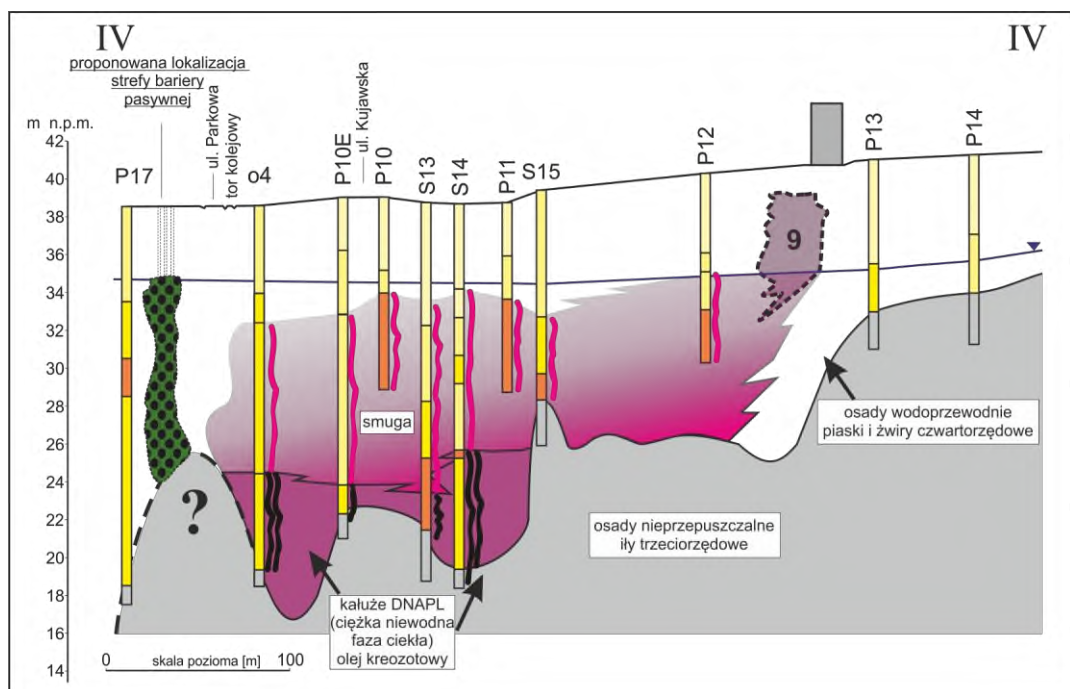
Zanieczyszczenia osadów w materiale wiertniczym (organoleptycznie) oraz interpretacja:

-  wyczuwalne zanieczyszczenie węglowodorami osadu w profilu (interpretowane jako strefa smugi)
-  widoczne zanieczyszczenie olejem osadu w profilu (interpretowane jako strefa DNAPL)
-  widoczne bardzo silne zaoilejenie osadu (interpretowane jako strefa DNAPL)

Ryc. 62. Przekrój geologiczno-sozologiczny wzdłuż linii II-II. Objasnienia ponumerowanych obiektów, np. 2 - Tabela 2.

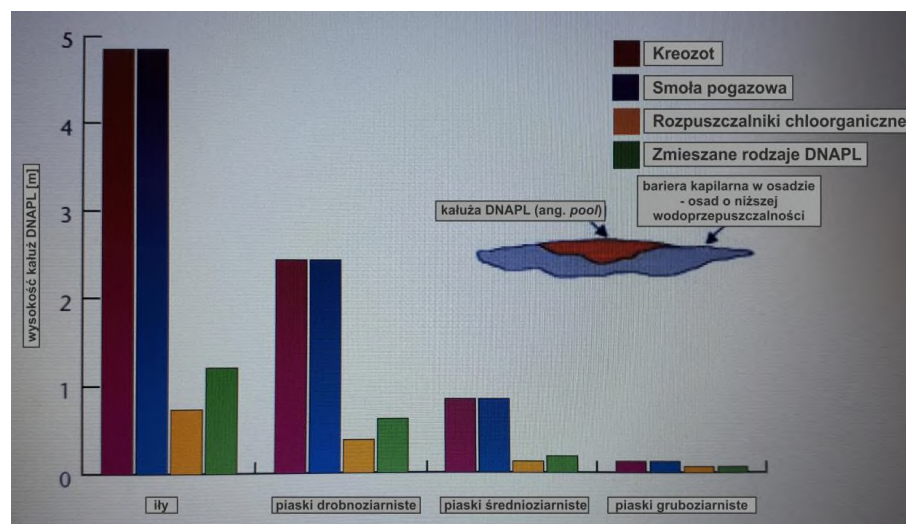


Ryc. 63. Przekrój geologiczno-sozologiczny wzdłuż linii III-III. Objasnienia do profili i barw – Ryc. 62. Objasnienia ponumerowanych obiektów, np. 5 - Tabela 2.



Ryc. 64. Przekrój geologiczno-sozologiczny wzdłuż linii IV-IV. Objasnienia do profili i barw – Ryc. 62. Objasnienia ponumerowanych obiektów, np. 9 - Tabela 2.

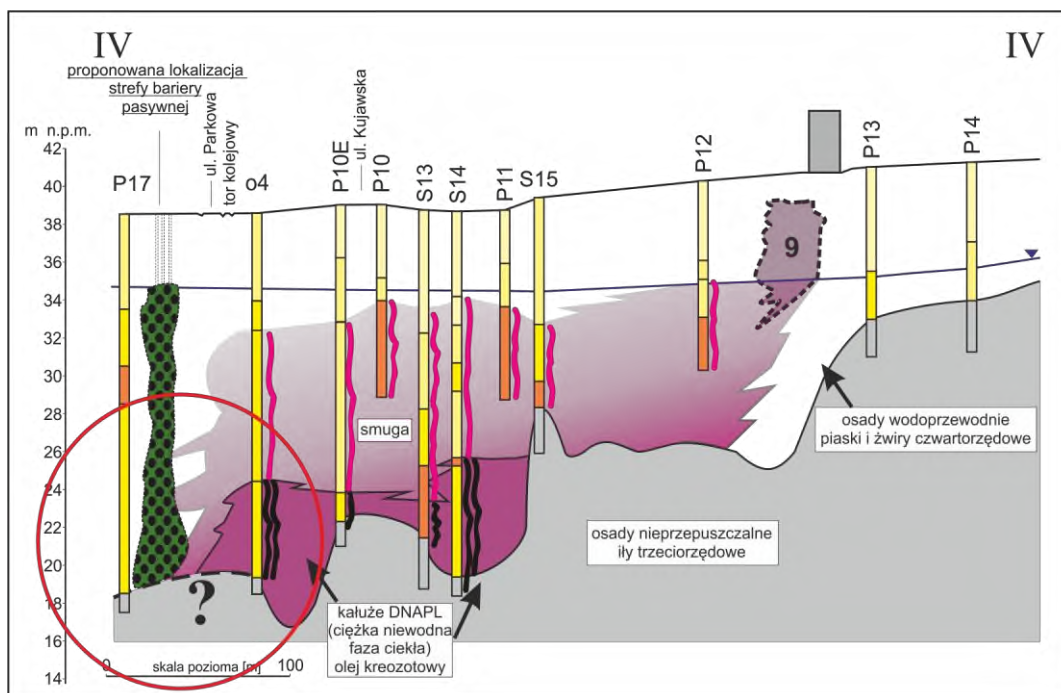
Pokazany na przekroju IV-IV (Ryc. 64) obszar pomiędzy otworami P17 oraz o4, gdzie brak jest rozpoznania geofizycznego, a interpolacja przebiegu granicy iłłów i piasków jest sporym uogólnieniem, można interpretować na dwa sposoby, by wyjaśnić obecność bardzo dużej ilości oleju kreozotowego w rejonie otworu o4 (5 metrów osadu zaolejonego bezpośrednio nad iłłami). Druga możliwość zakłada bowiem, że strop nieprzepuszczalnego podłoża piasków wodonośnych opada łagodnie od o4 ku P17, zaś faza DNAPL utrzymuje się w formie „pryzmy” na skutek niezwykle wysokiej lepkości kreozotu i przy niekorzystnych dla migracji kreozotu zmianach w litologii (zmiana granulacji piasków). Utrzymywanie się znaczącej wysokości kałuż kreozotu na litologicznych „półkach” (przewarstwieniach, soczewkach) lub podłożu o niskiej wodoprzepuszczalności jest opisywane w literaturze naukowej i należy do wartości skrajnie wysokich, co pokazano w porównaniu do innych rodzajów DNAPL - Ryc. 65.



Ryc. 65. Wysokość kałuż DNAPL ponad różnego rodzaju poziomymi barierami kapilarnymi (wg Kueper 2003)

Ryc. 66 pokazuje zatem inny wariant interpretacji powierzchni stropu iłłów. Przedstawione rozwiązanie rodzi jednak pewne konsekwencje. W takiej sytuacji, mimo utworzenia bariery nanowęglowej wciąż istnieje ryzyko przemieszczania się kałuży DNAPL w stronę północno-zachodnią, tj. w kierunku Parku Miejskiego (tu m.in. JuraPark) oraz w kierunku centrum miasta. Jak napisano wcześniej, nanocząsteczki węgla mogą sorbować węglowodory rozpuszczone migrujące w postaci chmury, jednak nie są w stanie zablokować migracji fazy olejowej. Migrację taką można powstrzymać jedynie budując ściankę szczelinową (np. typu ściany Larssena) lub budując ścianę szczelną (np. przegrodę bentonitowo-cementową). Na tym etapie rozpoznania rozmiary takiej struktury nie są w tej chwili możliwe do oszacowania. Ponadto w przypadku prawdopodobnego „zawieszenia” lub „sprzymowania” oleju kreozotowego na osadach piaszczystych o różnej granulacji należy wykonywać prac ziemnych powodujących wibracje (wbijanie Larsenów, wiercenia udarowe itp.), bowiem spowoduje to dalszą, szybszą migrację DNAPL.

Niezbędne jest zatem dodatkowe rozpoznanie geofizyczne i wiertnicze opisanego obszaru.

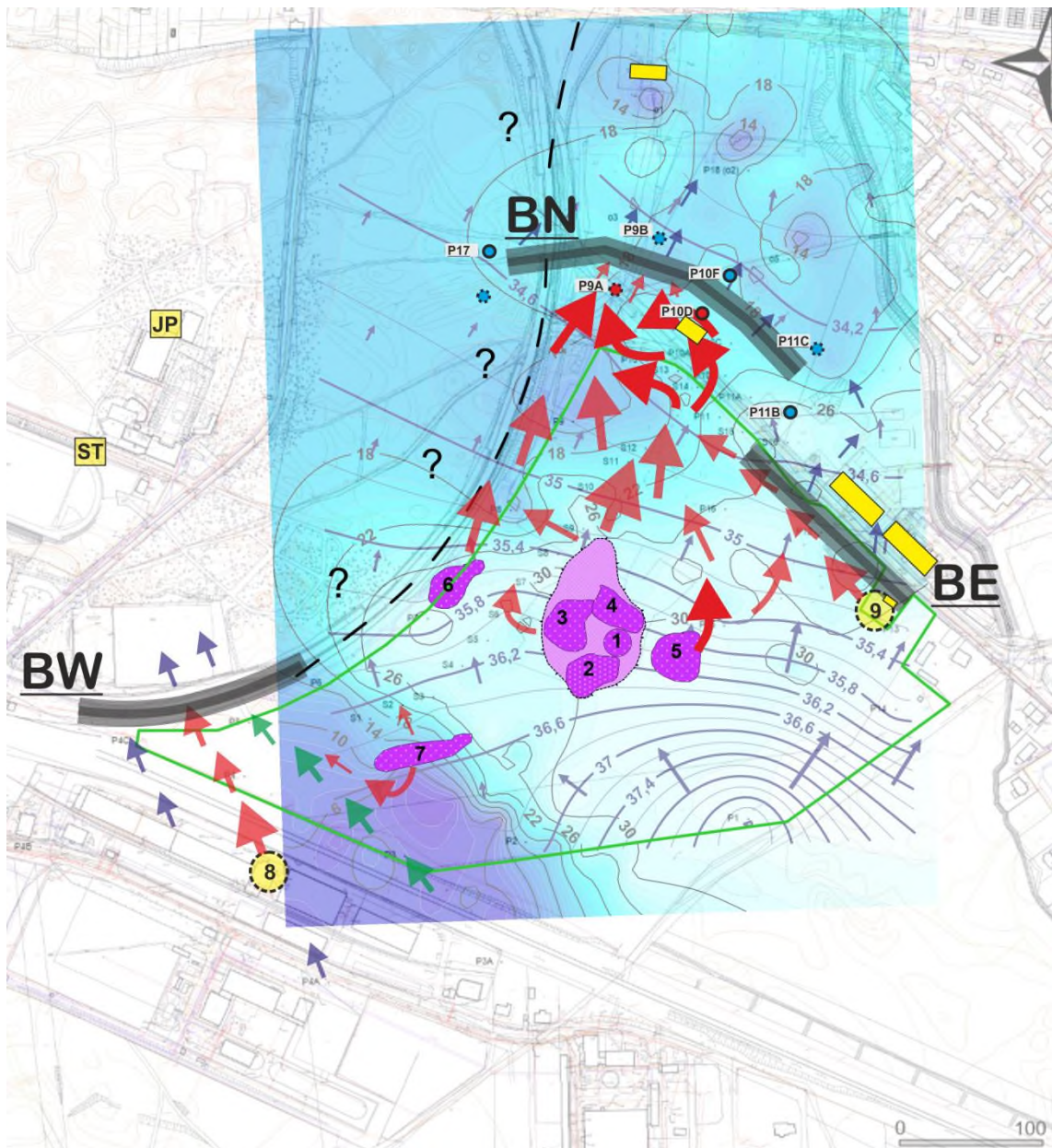


Ryc. 66. Wariantowa interpretacja stropu łąw pomiędzy otworami P17 i o4 na przekroju w linii IV-IV.

Inne lokalizacje – przewidywane korzyści i skutki

Poniżej rozważono uwarunkowania wykonania barier pasywnych (w technologii PlumeStop®) w innych lokalizacjach.

Na temat zaproponowanej bariery BN należy dodać, że jej położenie wykorzystuje nie tylko elewację stropu łąw w podłożu zanieczyszczonej warstwy wodonośnej, ale także uwzględnia aktualny zasięg zanieczyszczeń w fazie DNAPL. Ze względów środowiskowych i planistycznych korzystne byłoby przesunięcie linii tej bariery bardziej na południowy-zachód, tj. ku ulicy Kujawskiej, jednak wówczas bariera byłaby osadzona w osadach silnie zanieczyszczonych DNAPL i w zasadzie nie byłaby skuteczna. Linia przebiegu bariery pokrywałaby się z linią przekroju IV-IV i jej wariantem (Ryc. 64, Ryc. 66), gdzie wyraźnie pokazano strefę zinterpretowaną jako całkowicie zajęta przez DNAPL. Obecna lokalizacja musi być zatem uznane jako optymalne, kompromisowe rozwiązanie.



Ryc. 67. Mapa lokalizacji barier uzupełniających proponowanych w dalszych etapach po stwierdzeniu skuteczności bariery północnej (BN). Strzałki o intensywniejszej czerwonej barwie oznaczają miejsca wykrycia fazy olejowej w najbliższych otworach.

Bariera BE (bariera wschodnia) to wariant uzupełniający ochronę wód (oraz powietrza gruntowego) przed skutkami migracji BTEX i WWA z obszaru ognisk zanieczyszczeń nr 5 (dawne wylewisko) i nr 9 (prawdopodobna, dawna wytwórnia papy, obecnie teren przy wolnostojącym domu z czasów powstawania nasycalni). Jej lokalizacja (długość, kształt i położenie) jest kompromisem zmierzającym do zablokowania migracji chmury (lub także smugi) związków organicznych przy uwzględnieniu istnienia ciągu ulicy Kujawskiej i dwóch nowopowstałych bloków mieszkalnych. Bariera BE nie blokuje migracji ciężkich



związków WWA, które prawdopodobnie suną z SE ku NW obniżeniem w stropie ilów niemal poprzecznym do obecnego kierunku przepływu wód podziemnych (według układu zwierciadła wód). Najważniejszym zadaniem tej bariery byłaby osłona terenów powstającego osiedla. Brak jednak otworów i danych nt. rzeczywistego zanieczyszczenia wód i powietrza gruntowego z rejonu wybudowanych bloków. Wykonanie bariery BE byłoby ekonomicznie najbardziej uzasadnionym przedsięwzięciem, gdyż jej długość szacuje się na ok. 130 metrów, zaś miąższość warstwy zawodnionej to zaledwie od 4 do 6 metrów (odpowiednio pomiędzy otworami P13 i S16).

Bariera BW (bariera zachodnia) została zaplanowana w celu przecięcia smugi wykrytej w piezometrze P4, której przyczyna znajduje się za torami kolejowymi linii Toruń-Bydgoszcz. Jej głównym zadaniem byłaby ochrona jakości wód migrujących w stronę ośrodka sportowego (są tam dwa ujęcia wody służącej do podlewania trawy na boiskach piłkarskich) oraz dalej w stronę terenów centrum edukacyjno-rozrywkowego „JuraPark”. Bariera mogłaby być wykonana pod ziemią poza granicami dawnej nasycalni na obszarze styku ulicy Parkowej oraz bocznic kolejowej biegnącej do wytwórni Sol-Bet. Jej wadą byłby zapewne problem z miąższością osadów zawodnionych w obszarze głębokiej, rozległej doliny kopalnej (ponad 30 metrów). Niewątpliwą zaletą zaś poprawienie aktywności mikroorganizmów odnawiających barierę dzięki dopływającym związkom azotu i fosforu (na mapie oznaczono to symbolicznie zielonymi strzałkami). Wymiary tej bariery to: rozpiętość ok. 140 metrów, wysokość w warstwie zawodnionej – powyżej 32 metrów (wynika z mapy miąższości opartej na pomiarach geofizycznych - Ryc. 41). Jak już wcześniej napisano, kluczem do sukcesu remediacyjnego w tym obszarze byłoby jednak odnalezienie podziemnych zbiorników kreozotu – prawdopodobnej przyczyny emisji WWA, BTEX i fenoli – i najpierw ich fizyczne usunięcie wraz z aureolą zanieczyszczonej ziemi.

Kwestie wymagające dodatkowej diagnozy przed projektem technicznym i instalacją bariery

Wykonane dotychczas badania wykazały, że w rejonie otworów P8, P9 i o4 strop osadów nieprzepuszczalnych (iłów trzeciorzędowych) zapada na głębokość ok. 24 metrów, na poziom ok. 14 m n.p.m. Kluczowa jest zatem informacja, czy zanieczyszczenia (zarówno organiczna faza ciężka, jak i smugi) mogą migrować stąd w kierunku Parku Miejskiego, czy też jedyną drogą migracji jest swoista „brama północna”, gdzie zaproponowano lokalizację bariery BN. Informacje te mogą być uzupełnione przez dodatkowy zestaw pomiarów geofizycznych oraz 2-3 wiercenia.

Otwory piezometryczne P8, P9 i P10 założono w 2013 r. w otworach o głębokości zaledwie 10 metrów, które nie osiągnęły osadów nieprzepuszczalnych. Nie można wykluczyć zatem, że piezometry te są w swoisty sposób zawieszane nad głównym obszarem zanieczyszczonym, nawet nad smugami zanieczyszczeń. Taka hipoteza mogłaby wyjaśniać zmienne stężenia w otworze P8 oraz stosunkowo niskie stężenia w P9 i P10, przy wysokich stężeniach na głębokości 8 i 14 metrów w otworze P10E, który dogłębiono do stropu ilów.



Nadal także warto prowadzić monitoring jakości wód podziemnych w utworzonej sieci (wraz z nowymi otworami P17 i P18) pod kątem zawartości WWA i BTEX.

Przed ewentualną interwencją remediacyjną w rejonie oznaczonym nr 9 (dawna wytwórnia papy izolacyjnej) na mapach hipotetycznych ognisk zanieczyszczeń (np. Ryc. 58, Ryc. 67) warto ustalić wierceniem kontrolnym, czy zagłębienie stropu iłów zlokalizowane obok tego obszaru – wynikające z interpretacji wyników pomiarów geoelektrycznych, nie jest przypadkiem nagromadzeniem zanieczyszczeń olejowych, co zaburzałoby obraz geofizyczny (obszar między otworami P12 i P13 - Ryc. 66).

Metoda wykonania bariery półprzepuszczalnej

Wykonanie pasywnej bariery półprzepuszczalnej w technologii PlumeStop® wiąże się z opracowaniem przez ewentualnego wykonawcę szczegółowego projektu technicznego oraz prac terenowych i działań kontrolujących jakość i skuteczność bariery.

Szczegółowy projekt techniczny do technologii PlumeStop® opracowywany jest przez doświadczonych specjalistów z firmy Regenesi z udziałem wsparcia eksperckiego na miejscu. Pomoc lokalna jest konieczna i dotyczy ustalenia niektórych szczegółów budowy geologicznej, kwestii własnościowych na wyznaczonych do prac działkach geodezyjnych, przebiegu infrastruktury, logistyki itp. W ramach projektu technicznego firma Regenesi może wykonywać jeszcze dodatkowe badania specjalistyczne, jak np. testy szczegółowego rozpoznawania tylko pozornie homogenicznych warstw wodoprzepuszczalnych, by ustalić bardziej uprzywilejowane strefy przepływu, ich położenie i miąższość. Kolejnymi istotnymi czynnikami są porowatość czynna (porowatość efektywna) i granulacja w/w stref przepuszczalnych. Te parametry, nie tak istotne przy badaniach geochemicznych, współdecydują m.in. o głębokości wprowadzenia zestawu iniekcyjnego oraz ilości i czasu iniekcji preparatu nanowęglowego. Projekt przewiduje także logistykę samej operacji w terenie: kolejność iniekcji, szacowany czas prac, sposób ominięcia barier infrastrukturalnych.

Prace terenowe polegają na wykonaniu w ustalonej siatce małosrednicowych wierceń, którymi dokonuje się wprowadzenia lancy do iniekcji preparatu. Iniekcja odbywa się metodą niskociśnieniową – pozwala na to emulsyjna forma i skład preparatu: są to nanocząsteczkowy węgiel aktywny (cząsteczki o wielkości 1-2 nanometra) oraz dyspersant – polimer organiczny ulegający w warstwie wodonośnej rozpadowi po kilku dniach od zastosowania (podobnie jak płuczki stosowane do płuczkowych wierceń w celu wykonywania ujęć wód pitnych). Oba związki nie są toksyczne, jednak szczególnie nanocząsteczkowy węgiel dostarczany w formie suchej wymaga zachowania określonych zasad bezpieczeństwa oraz specjalnej techniki obróbki i dozowania. Powierzchnia terenu prac po wykonaniu wierceń i iniekcji jest uporządkowywana i niemal natychmiast nadaje się do zagospodarowania. Trzeba jednak jeszcze dokonać sprawdzenia jakości bariery, bowiem istnieje niekiedy konieczność dodatkowej iniekcji we niektórych miejscach.

Działania kontrolujące jakość i skuteczność bariery można podzielić na metody bezpośrednie – mechaniczne (polegające na wykonaniu rdzeniowanych odwiertów w celu



makroskopowej oceny dystrybucji nanowęgla w rdzeniu pobranym z całego profilu warstwy zawodnionej) oraz pośrednie – geochemiczne (polegające na kontroli jakości wody przed i za barierą). Otwory te są zamieniane w małosrednicowe piezometry i włączane zwykle do sieci monitoringu geochemicznego. Kontrola jakości i skuteczności może być rozpoczęta dopiero po kilku dniach z powodu potrzebnego czasu do zaniku (rozkładu) polimeru dyspergującego nanowęgiel.

Optymalnym sezonem w roku do wykonania bariery są okresy najwyższych stanów wód podziemnych – marzec-maj, co ustalono według kilkuletnich pomiarów (porównaj Ryc. 13), ponieważ przy iniekcji preparatu nanowęglowego warstwa osadu musi być maksymalnie zawodniona.

Sieć kontrolna i zakres koniecznych badań

Element kontroli, opisany w poprzednim rozdziale, należy rozumieć dwojako: kontrola powykonawcza oraz monitoring środowiska wodnego. Jest zrozumiałe, że oba rodzaje kontroli są prowadzone przez różne podmioty. Dla Solca Kujawskiego kluczowe będzie utrzymanie monitoringu przez okres ustalony z wykonawcą bariery. Trzeba założyć, że z uwagi na różnorodne zjawiska zachodzące w warstwie zawodnionej i zmiany sezonowe, monitoring środowiska wodnego powinien być zaplanowany na minimum 3 lata po wykonaniu bariery.

Sieć kontrolna – piezometry położone przed i za strefą bariery – musi uwzględniać zarówno linie przepływu w warstwie wodonośnej, jak i pionowy profil osadów. Badania należy wykonywać w podwarstwie (strefie) o najlepszej przepuszczalności, która kontynuuje się po obu stronach bariery. W ustaleniu tej prawidłowości mogą być pomocne testy barwnikowe (np. z użyciem uraniny lub fluoresceiny) i badania fotometryczne.

Zaplanowany (proponowany) zasięg bariery wymaga wykonania minimum dwóch otworów na napływie wód i dwóch na odpływie. Jednak ze względu na niepełny (w sensie lateralnym) zasięg bariery w proponowanym koncepcją etapie wdrożenia, przydatne byłoby wykonanie dodatkowych dwóch par piezometrów na końcu każdego skrzydła, by możliwa była ocena jakości wód omijających barierę z jej lewej i prawej strony. Zatem ogółem należy wykonać 8 piezometrów kontrolnych o pełnym zafiltrowaniu w warstwie wodonośnej. Ewentualne badania podwarstwy uprzywilejowanej mogą być wykonywane przy wykorzystaniu stałego lub montowanego okresowo pakera, czyli blokady przepływu pionowego wody w rurze filtrowej piezometru.

Pobór próbek wód powinien odbywać się wyłącznie metodą wolnego przepływu lub metodą pasywną, by wykluczyć pobór cząstek nierozpuszczonych oraz ograniczyć do minimum ucieczkę fazy gazowej LZO (lotnych związków organicznych). Z myślą o dłuższym niż 3 lata okresie monitorowania warto od początku badań kontrolnych wdrożyć monitoring pasywny z wykorzystaniem kumulatywnych próbników pasywnych.

Zakres badań kontrolnych należy dostosować do występowania w wodzie napływającej głównych kontaminantów. Bazując na wynikach badań projektu GreenerSites będą to związki z grupy BTEX oraz związki z grupy WWA, czyli główne składniki oleju



kreozotowego. Na początku monitoringu zasadne jest jednak wykonanie pełnych badań wody (skład anionów i kationów, parametry fizyko-chemiczne) oraz prócz WWA i BTEX zbadanie także obecności (metylo-)fenoli.

W razie potrzeby istniejące otwory na napływie wód w stronę bariery (tzn. nie tylko otwory opisanej powyżej sieci kontrolnej) można wykorzystać do następujących procesów:

- napowietrzania wód zanieczyszczonych w celu zwiększenia dostępności tlenu dla mikroorganizmów biodegradujących węglowodory,
- ozonowania wód w celu destrukcji części węglowodorów wielopierścieniowych w warstwie wodonośnej na przedpolu bariery,
- inokulowania poprzez iniekcje (wlewy) dodatkowych biopreparatów, które mogą wspomagać biodegradację węglowodorów na przedpolu bariery i w samej barierze pasywnej.

Przewidywana skuteczność

Pasywna bariera nanowęglowa nie jest barierą skutecznie powstrzymującą grawitacyjną migrację fazy ciężkiej (DNAPL). Optymalizacja uwzględniająca planistyczne potrzeby Miasta wymagała zaproponowania lokalizacji bariery stosunkowo blisko terenu dawnej nasycalni i znajdujących się tam w warstwie wodonośnej wtórnych ognisk zanieczyszczeń. Z biegiem czasu może dojść zatem do nadmiernego zbliżenia się DNAPL do strefy sorbującej i zaolejenia spągowego fragmentu tej strefy. Perspektywa ta może być liczona raczej w dziesiątkach lat, zważywszy na trzy czynniki:

- radykalne spowolnienie migracji kałuż DNAPL po przemieszczeniu się do części płaskiego dna dolin kopalnych istniejących w podłożu ilastym,
- stopniowe rozciągnięcie się kałuż DNAPL przy braku zasilania z pierwotnych, usuniętych podczas rekultywacji ognisk zanieczyszczenia, a związany z tym spadek masy będzie ograniczał dalszą migrację,
- dotychczas prędkość migracji była niewielka, co jest spowodowane dużą gęstością i lepkością kreozotu. Oszacowano tu, że DNAPL przemieściła się maksymalnie o 200 metrów w czasie minimum 50 lat (przyjęto lata 70. XX w. jako apogeum produkcji podkładów i powstawania odpadów, awarii instalacji itp., przyjęto, że głównym miejscem wnikania oleju do ziemi było otoczenie budynku hali nasycień).

Zakładając zatem, że kałuże DNAPL pozostaną w bezpiecznym dystansie od strefy bariery, a jedynie migrujące smugi i towarzyszące im chmury zanieczyszczeń na swej drodze trafią na półprzepuszczalną barierę nanowęglową, to wymagany stopień likwidacji stężenia zanieczyszczeń musi być taki, aby wody podziemne osiągały co najmniej III klasę jakości (licząc od klasy V do I) ze względu na węglowodory aromatyczne, jak BTEX i WWA.

Aktualne wymagania dla III klasy jakości wód podziemnych, określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych [Dz.U.2016, poz.85], podają, że dla III klasy jakości wód suma WWA nie może przekroczyć wartości 0,0002 mg/L (0,2 µg/L). Dyskusyjną kwestią jest jednak przyjęcie w niniejszym Rozporządzeniu WWA jako sumy



następujących związków: benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(g,h,i)perylene, indeno(1,2,3-cd)piren. Grupa ta nie zawiera lżejszych WWA, a szczególnie dwupierścieniowego naftalenu, który jest najpoważniejszym kontaminantem w wodach podziemnych na terenie GreenerSites w Solcu Kujawskim. Przykładowo: w badaniach pasywnych w najbardziej wysuniętym ku barierze i badanym tą metodą otworze P10E stwierdzono na głębokości 14 metrów zawartość sumy 17 związków WWA na poziomie 3446 µg/L, w tym naftalenu i jego metylowych pochodnych na poziomie 2669 µg/L (ponad 77% całości). Sumując jedynie związki wymienione w Rozporządzeniu stwierdzamy, że nie przekracza to wartości 1,5 µg/L, bowiem każdy z nich nie osiągnął dolnej granicy detekcji metody analitycznej na poziomie 0,3 µg/L. Zatem wartość ta (1,5 µg/L) to najwyżej 7-krotne przekroczenie dopuszczalnej zawartości przy III klasie jakości wód. Jest to podejście nieprawidłowe, gdyż sam naftalen (nieobjęty normą w stosowanym tu rozporządzeniu) całkowicie degradowuje jakość wód.

Głównym celem do zlikwidowania staje się zatem znacznie trwalszy od jednopierścieniowych BTEX dwupierścieniowy naftalen z grupy WWA. Prezentowane w materiałach promocyjnych firmy Regenesi przykłady dotyczą redukcji związków z grupy BTEX, np. o-ksylenu, co nie jest w przypadku Solca Kujawskiego całkowicie dobrym odzwierciedleniem problemu. Dlatego w ramach projektu GreenerSites przeprowadzono specjalne testy sorpcji oparte na próbkach silnie zanieczyszczonego gruntu i wody z dużą zawartością naftalenu i BTEX (naftalen 10 mg/L, benzen 1,5 mg/l oraz o-ksylen 1,5 mg/L). Wyniki testu opisano w odrębnym rozdziale „Testy sorpcji”, a w załącznikach zamieszczono raport z testów w laboratorium Regenesi w San Clemente w USA.

Warto zatem przypomnieć, że w wyniku testów w ciągu 10 dni zredukowano zanieczyszczenia w 99,99% stosując 4000 mg/L preparatu PlumeStop®.

Niezwykle istotne z punktu widzenia migracji zanieczyszczeń występujących w Solcu Kujawskim w fazie lotnej (przechodzenie z wody do powietrza gruntowego i do atmosfery) jest zjawisko zatrzymania procesu uwalniania się lotnych związków organicznych podczas sorpcji na węglu aktywnym. Oznacza to, że w samej strefie bariery pasywnej, mimo stopniowego dopływu zanieczyszczeń organicznych, nie dochodzi do uwalniania się cząstek i migracji węglowodorów ponad wodę w formie gazowej.

Odnawialność bariery w technologii PlumeStop®

Nanocząsteczki węgla aktywnego po wprowadzeniu do ośrodka gruntowo-wodnego powlekają ziarna mineralne tworząc na nich powłokę o grubości nanometrów, co nie zmniejsza w znaczący sposób przestrzeni międzyziarnowych ani współczynnika filtracji. Powoduje natomiast ogromny wzrost powierzchni, na której na skutek sorpcji mogą zostać zatrzymane wszelkie związki organiczne. Jednocześnie w strefie „napylonej” tworzy się dogodne środowisko do kolonizacji przestrzeni przez bakterie rozkładające zanieczyszczenia. Mikroorganizmy kolonijne w warunkach warstwy zawodnionej, ale pozbawionej sorbentu zatrzymującego węglowodory, nie są w stanie migrować z wodą przepływającą przez szkielet mineralny. To powoduje zarówno minimalną skuteczność kolonii, często jej zamieranie oraz eliminuje część grup bakterii wyspecjalizowanych



w konkretnym, enzymatycznym niszczeniu powiązań w pierścieniach i łańcuchach węglowodorowych.

Zatrzymywanie się cząsteczek WWA i BTEX (w przypadku terenu GreenerSites w Solcu Kujawskim) w strefie o ziarnach mineralnych obciążonych nanocząsteczkami węgla umożliwia zatem trwałą, samoistną kolonizację przez mikroorganizmy autochtoniczne, ale również, w razie potrzeby, przy użyciu innej mikroflory poprzez inokulacje biopreparatów. Dotychczasowa skuteczność biopreparatów wykonanych na bazie mikroorganizmów autochtonicznych i zastosowanych w projekcie rekultywacji w latach 2013-2016 pokazuje, że ta grupa organizmów jest wystarczająco skuteczna. Ponadto wyniki testów przeprowadzonych w laboratorium mikrobiologicznym firmy INOCRE w Niemczech (Irmiński, Dębicka 2010) z udziałem specjalnych kompozycji mieszanek oraz autochtonicznej mikroflory pobranej z próbek z Solca Kujawskiego wykazały znacznie wyższą skuteczność biodegradacji w wykonaniu grupy organizmów z doboru naturalnego (mikroflora z Solca). Jednocześnie w czasie prac rekultywacyjnych w odślonięciach sięgających 4-5 metrów, gdzie pojawiały się zastoiska silnie zanieczyszczonej wody gruntowej, obserwowano zjawiska zakwitnięcia glonów, rozwoju kolonii mikroorganizmów i procesu samooczyszczania się wody w ciągu około 2 tygodni (w tym czasie nie było opadów atmosferycznych). Innym, soleckim przykładem skuteczności miejscowych mikroorganizmów degradujących w wodach podziemnych węglowodory pierścieniowe w niezamierzonym procesie wspomaganego samooczyszczania naturalnego (ENA – Enhanced Natural Attenuation) jest przypadek strefy piezometrów P3, P4, P4a i P5. W piezometrze P4 od początku jego istnienia (2013) wykrywano zmienne, niekiedy bardzo wysokie zawartości BTEX, a także WWA – są to związki pochodzące z domniemanych starych zbiorników podziemnych danej fabryki past grzybobójczych zwanej „Dyfuzją” przy ul. Garbary. Jednocześnie, równoległe do tej smugi migrowały związki azotowe i fosforowe typowe dla ścieków bytowych lub niektórych rodzajów przemysłu pochodzące prawdopodobnie ze zbiornika ścieków w dawnej fabryce obuwia „Kobra” (wcześniej była tu garbarnia). Te zanieczyszczenia nieorganiczne, będące jednocześnie nutrientami dla organizmów, wspomagają działanie bakterii w rejonie styku smug na tyle, że w piezometrze P5, na wypływie obserwowane były wyraźnie zmniejszone stężenia azotanów i fosforanów, zaś wykonane w wodach badania parametru TOC ujawniły lokalny wzrost ilości węgla organicznego bez równoległego wykazania wyższych stężeń węglowodorów pierścieniowych. TOC mógł zatem wykazać zwiększoną ilość materii organicznej wytworzonej przez bakterie degradujące węglowodory. Strefa ta nie została dostatecznie zamknięta otworami umożliwiającymi dokładniejsze rozpoznanie, jednak pewna poszlaka procesu ENA istnieje.

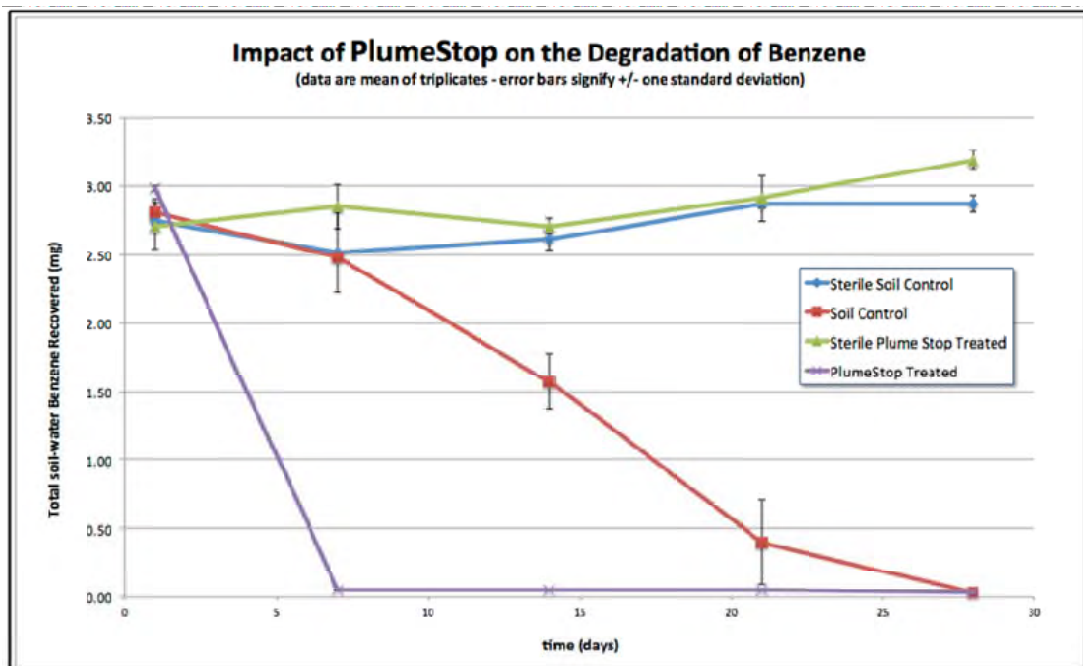
Jest zatem kilka przesłanek, by sądzić, że inokulacje biopreparatów stosowane na poletkach remediacyjnych dotarły do wód podziemnych I poziomu wodonośnego i tam spowodowały poprawę jakości wód. Poprawy tak generowanej nie można się spodziewać w badanych w czasie projektu GreenerSites smugach najsilniejszych zanieczyszczeń WWA, gdyż zagęszczenie biopreparatów było zbyt małe i czas ich kontaktu z przepływającymi zanieczyszczeniami był zbyt krótki. Ponadto szansa na dotarcie stosunkowo dużych mikroorganizmów (kilka do kilkunastu mikronów średnicy) na głębokość 8 m (skąd głównie



pobierano próbki wody) przy znacznej prędkości przepływu wód (współczynniki filtracji na obszarze dawnej nasycalni rzędu $10^{-3} - 10^{-4}$ m/s, gradient hydrauliczny ponad 4 metry pomiędzy poziomami wody w P1 i P10E) jest niewielka.

Bariera z nanowęgla w technologii PlumeStop®, jak gęsta sieć wychwytyjąca cząsteczki rozpuszczonych w wodzie węglowodorów, niejako „oddaje” je do dyspozycji mikroorganizmom kolonizującym tą strefę. Zachodzące tu procesy degradacyjne zmniejszają masę zanieczyszczeń i jest to zdecydowanie większa efektywność biodegradacji niż ta przebiegająca w fazie roztworu. Pojawia się zatem wartość dodana skuteczności bariery pasywnej poza zwykłą funkcją sorbującą.

Jak wynika z materiałów opisujących testy wykonane na przykładzie wysokiej dawki benzenu w laboratorium firmy Regenesys w Calle Sombra w Kalifornii, skuteczność biodegradacji po wstępnym zasorbowaniu kontaminanta są wyjątkowo dobre. Testy wykonano trzykrotnie badając cztery rodzaje próbek zawodnionego gruntu zanieczyszczonego 3 mg benzenu każda. Dwie próbki (jedna naturalna, druga z dodatkiem preparatu PlumeStop®) były wyjątkowo, by nie dochodziło do samooczyszczania na skutek biodegradacji. Pozostałe dwie próbki (jedna naturalna z autochtoniczną mikroflorą, druga dodatkowo wzbogacona o PlumeStop®) wykazały biodegradację benzenu, z tym, że sorpcja węglowodoru na cząsteczkach nanowęgla umożliwiła spadek stężenia o 90% w ciągu 7 dni, zaś brak sorpcji wymagał minimum 28 dni, by osiągnąć ten sam poziom spadku zanieczyszczenia.



Ryc. 68. Wykres zaniku benzenu w próbkach gruntowo-wodnych na podstawie testu w laboratorium firmy Regenesis. Linia niebieska – próbka wyjąłowiona, linia czerwona – próbka bez sterylizacji, linia szara - próbka wyjąłowiona zawierająca dodatek PlumeStop®, linia fioletowa – próbka bez sterylizacji i zawierająca dodatek PlumeStop® (wg PlumeStop® Technical Bulletin 3.1).

Warto zaznaczyć, że biodegradacja substancji z grupy WWA zachodzi wolniej niż substancji BTEX, stąd eksperyment oparto na benzenie, by lepiej uwidocznić dynamikę procesu. Na opisany test trzeba jednak spojrzeć przez pryzmat skali oraz fakt, że działano w systemie zamkniętym. To umożliwiło bakteriom znajdującym się w próbce naturalnej i bez dodatku preparatu nanowęgła skolonizowanie przestrzeni, gdzie w wodzie i w szkielecie mineralnym znajdowały się węglowodory, choć trwało to 4-krotnie dłużej niż w próbce z preparatem sorpcyjnym. W skali polowej proces taki nie mógłby nastąpić, bowiem woda z zanieczyszczeniami przepłynęłaby dalej i nie stagnowałaby w strefie, gdzie bakterie miałyby szansę trafić na cząsteczki benzenu. Zjawisko biodegradacji w naturze (jako część procesu Natural Attenuation) wymaga zatem nie tylko wielokrotnie więcej czasu, ale również znacznie większej przestrzeni, by procesy zdążyły zajść.

Ostatecznie ubytek masy zaadsorbowanych węglowodorów na powłoce z nanocząstek węgla uwalnia w pasywnej barierze PlumeStop® nowe miejsca na sorpcję i bariera stale odnawia swój potencjał do degradacji. Jest to wynik synergii procesów sorpcji i biodegradacji.



Oszacowanie kosztów wdrożenia bariery testowej

Proponowane w wyniku badań projektu GreenerSites wdrożenie pasywnej bariery nanowęglowej w technologii PlumeStop® firmy Regenesiis jako podstawowej metody oczyszczenia wód podziemnych z substancji organicznych pochodzących z zanieczyszczenia środowiska olejem krezotowym dotyczy jedynie odcinka w objętej badaniami strefie północnej. Nie jest to zatem pełne i kompleksowe filtrowanie barierą półprzepuszczalną wód wypływających z terenu dawnej nasycalni.

Proste przeliczenie podanego poniżej kosztu na kolejne metry bieżące bariery nie jest możliwe choćby z powodu zróżnicowanych warunków geologicznych, np. głębokości do podłoża nieprzepuszczalnego, ale też komplikacji wynikających z prac wiertniczo-iniekcyjnych przy takiej infrastrukturze jak drogi, tory kolejowe, czy budynki.

Według wskaźników miąższości warstwy wodonośnej, prostej budowy geologicznej, współczynników filtracji dla piaszczystych osadów rzecznych oraz prędkości przepływu wód i stwierdzonego spektrum zanieczyszczeń o stężeniach uśrednionych z badanego okresu oszacowano koszt wykonania 100 metrów bariery na kwotę 450-500 tysięcy złotych.

Głównym czynnikiem kosztotwórczym są prace wiertniczo-iniekcyjne oraz wartość preparatu nanowęglowego. Prace kontrolne (sprawdzenie jakości „wysycenia” strefy oraz monitoring krótkoterminowy jakości wody w celu oceny skuteczności zainstalowania bariery), a także dodatkowe badania wstępne firmy Regenesiis stanowią dalsze koszty ujęte w wycenie.

Biorąc zatem pod uwagę uzyskane wyniki badań zasięgu fazy DNAPL, co wymusza minimalny zasięg i obszar objęty barierą, koszt wdrożenia przedstawionej wersji BN (bariery północnej) o rozpiętości 230 metrów wyniósłby około 1035 – 1150 tysięcy złotych (1,035 – 1,15 mln złotych).

Efekty środowiskowe i skutki w planowaniu przestrzennym Miasta

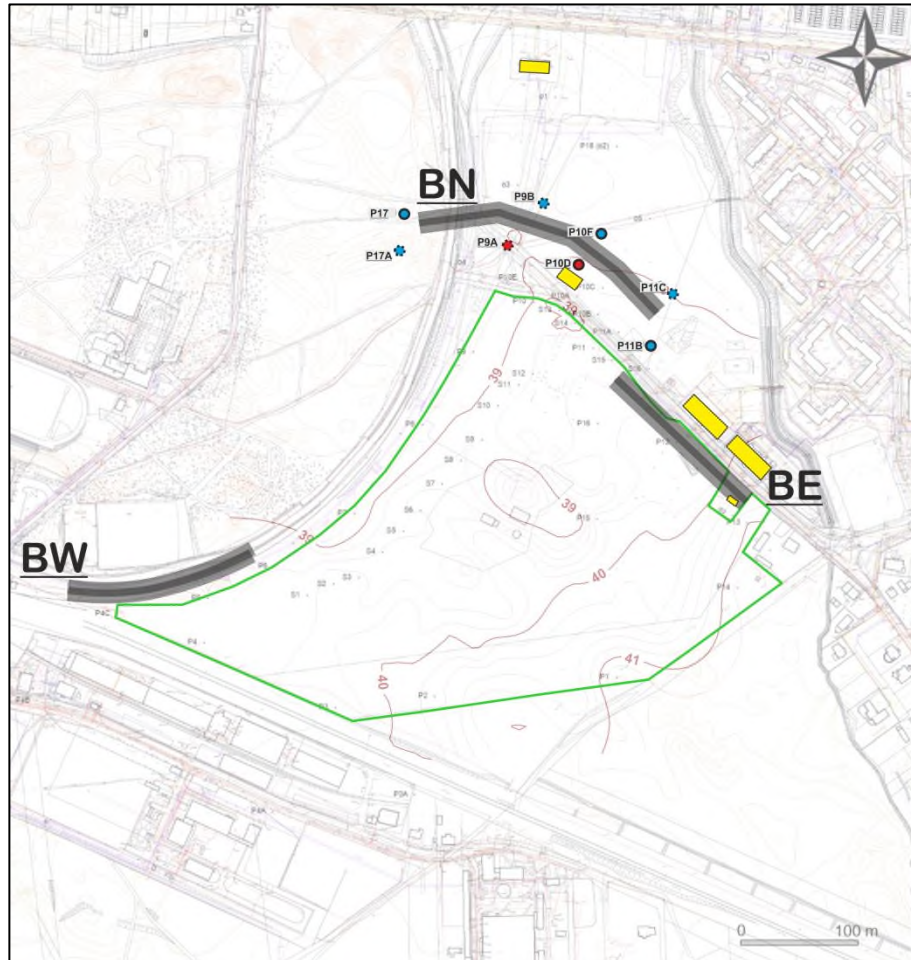
Z punktu widzenia ochrony środowiska utworzenie bariery pasywnej na wypływie zanieczyszczeń z terenu brownfield ochroni tereny położone w otoczeniu poprzez znaczną redukcję stężeń składników szkodliwych w wodzie podziemnej. Poprawa jakości wody pod ziemią, to również poprawa jakości powietrza gruntowego i zmniejszenie ryzyka zdrowotnego dla ludzi korzystających stale lub okresowo z takich terenów, szczególnie w okresie letnim, gdy temperatury powietrza są wyższe i wzrasta parowanie lotnych związków organicznych z gruntu.

Rozwiązanie to nie likwiduje jednak zanieczyszczeń skondensowanych w formie ciężkiej niewodnej fazy ciekłej (DNAPL), czyli kałuż oleju krezotowego zlokalizowanych w głębokich strefach warstwy wodonośnej lub całkowicie na stropie podłoża nieprzepuszczalnego (tu ilów trzeciorzędowych). Zasięg DNAPL został oszacowany na podstawie wyników analiz chemicznych uzyskanych z określonej liczby otworów usytuowanych i wykonanych zgodnie z najlepszą wiedzą i umiejętnościami ekspertów. Zatem wszelkie zanieczyszczenia w warstwie wodonośnej powyżej bariery pasywnej nie są



likwidowane zastosowaną technologią. Nie wyklucza to jednak stopniowego zaniku smug i chmur zanieczyszczeń w tym obszarze (na napływie do bariery) na skutek dokonanych prac remedacyjnych w trakcie rekultywacji terenu brownfield, w wyniku naturalnych procesów samooczyszczania oraz zmian sezonowych i wieloletnich w poziomie zwierciadła wód. Na szczególną uwagę zasługuje tu zjawisko zlikwidowania głównych ognisk zanieczyszczeń krezotem w czasie realizacji prac rekultywacyjnych (2013-2016) i inokulacja do środowiska gruntowo-wodnego dużej ilości wyprodukowanego in situ biopreparatu stopniowo degradującego węglowodory.

Sam proces sorpcji płynących z wodą zanieczyszczeń w barierze nanowęglowej powoduje swoiste kondensowanie się zanieczyszczeń w tej strefie (z założeniem pominięcia podanych powyżej informacji na temat możliwości samooczyszczania się bariery na skutek biodegradacji in situ). Nie stoi to w sprzeczności z obowiązującym w Polsce prawem (Ustawa prawo ochrony środowiska), które dopuszcza zastosowanie metod remedacji innych niż wydobywanie i wywiezienie zanieczyszczonych gruntów, o ile polega to na ograniczeniu możliwości rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń i kontrolowaniu jakości środowiska poprzez okresowe prowadzenie badań zanieczyszczenia ziemi w określonym czasie, co jest dopuszczalne w świetle zapisów Ustawy poś art. 101q ust.1 pkt 2b. Wobec wymogu uzasadnienia takiego wyboru (art. 101q ust.3) trzeba zaznaczyć, że głębokie występowanie zanieczyszczeń (nawet do 19 m metrów ppt i 15 m poniżej zwierciadła wody gruntowej) oraz stosunkowo duży obszar występowania ognisk wtórnych w warstwie zawadnionej wymagałyby szeroko prowadzonych i kosztownych prac ziemnych połączonych z pełnym odwodnieniem terenu, co z uwagi na bliskie sąsiedztwo Wisły wydaje się być zadaniem technicznie bardzo trudnym. Tym samym koszty oczyszczania byłyby nieproporcjonalnie wysokie w stosunku do oczyszczenia terenu.



Ryc. 69. Mapa hipsometryczna terenu GreenerSites z lokalizacją proponowanych barier pasywnych w warstwie wodonośnej

Warto jeszcze podkreślić, że wykonanie pasywnej bariery sorbującej i biodegradującej węglowodory idealnie wpisuje się w aktualną politykę środowiskową Polski, która zmierza do redukcji CO₂ w atmosferze. Ponadto, jak większość procesów remediacyjnych wykonywanych in situ, działanie takie zmniejsza ilość spalin na skutek braku zapotrzebowania energii (brak wykopów i przemieszczania ziemi, brak pracy pomp, usuwania i spalania odseparowanych zanieczyszczeń).

Odrębnym aspektem proponowanego rozwiązania jest jego wpływ na proces planowania przestrzennego w Solcu Kujawskim. Po wykonaniu dodatkowych badań atmogeochemicznych i przeprowadzeniu ewentualnej oceny ryzyka zdrowotnego (o ile będzie to konieczne), na terenach sąsiadujących od północno-wschodu z terenem dawnej nasycalni możliwe będzie zagospodarowanie mieszkaniowe (budynki wielorodzinne), o ile efekty oceny będą zadowalające. Niniejsza koncepcja wskazuje metodę pasywną jako ekonomicznie i naukowo optymalną dla długoterminowej likwidacji skutków emisji zanieczyszczeń z wtórnych, trudnodostępnych ognisk zanieczyszczeń. Taki scenariusz (działanie na smudze zanieczyszczeń) zakłada poświęcenie pewnego obszaru jako strefy



wciąż stwarzającej zagrożenie, wymagającej regularnego monitorowania. W zamian uzyskuje się znacznie większy obszar o minimalnym ryzyku środowiskowym i zdrowotnym, co pozwala na swobodne planowanie i urbanizację miasta. Sam przebieg podziemnej bariery pasywnej nie ma wpływu (po jej utworzeniu) na planowaną infrastrukturę na powierzchni. Należy jedynie ustanowić ochronę i dostęp do wykonanych otworów kontrolno-pomiarowych wykonanych powyżej i poniżej bariery (patrzac w kierunku przepływu wód podziemnych). W razie potrzeby wykonanie otworu zastępczego i kontynuacja badań w nowej sieci pomiarowej nie niweczy wyników wcześniejszego monitoringu, jeśli będzie to działanie odpowiednio wcześniej zaplanowane i zatwierdzone przez właściwe służby ochrony środowiska.

Podsumowanie

Prace wiertnicze i geofizyczne ujawniły znaczne zróżnicowanie morfologiczne powierzchni nieprzepuszczalnej stanowiącej podłoże warstwy zawodnionych piasków czwartorzędowych, w których rozprzestrzenia się zanieczyszczenie związkami organicznymi (głównie WWA i BTEX). Udokumentowana niewodna faza ciężka (DNAPL) fizycznie od dawna znajduje się na stropie iłów i tworzy wtórne ogniska zanieczyszczenia wód. Można jednak wnioskować, że migracja pozioma tej fazy jest już bardzo spowolniona lub nastąpiła stagnacja plamy zanieczyszczenia. Wynika to z dotarcia fazy ciężkiej w najniższe, pogrzebane doliny, których dno ma już niewielki spadek oraz z powodu braku alimentacji, czyli ustania wycieków kreozotu na powierzchni terenu i usunięcia ognisk wykrytych w strefie aeracji.

Obecnie należy zatem skoncentrować się na ograniczeniu migracji smug i chmur zanieczyszczeń. Wskazano obszary tworzenia się zanieczyszczeń w formie rozpuszczonej. Na głównej ze smug zaproponowano usytuowanie pasywnej bariery sorbującej zanieczyszczenia organiczne na cząsteczkach węgla aktywnego, co ma zagwarantować na dziesięciolecia blokowanie i biodegradowanie migrującej organicznej fazy rozpuszczonej.

Lokalizacja bariery została wybrana tak, by chronić możliwie największy obszar położony pomiędzy ulicą Kujawską a ulicą Toruńską, gdzie Miasto posiada rezerwę terenów budowlanych. Konieczne są jednak dodatkowe badania atmogeochemiczne w celu ustalenia obecnego poziomu emisji lotnych związków organicznych w powietrzu gruntowym. Badania te należy wykonywać w okresie najwyższych temperatur rocznych, czyli np. w drugiej połowie okresu letniego.

Pod względem geologicznym proponowaną barierę pasywną można utworzyć na lokalnej elewacji stropu iłów (jak pokazano w niniejszej koncepcji), co zmniejszy koszt inwestycji i zagwarantuje większą szczelność oraz skuteczność bariery. Niemniej w okresie gwarancyjnym konieczne jest kontrolowanie zanikania zanieczyszczeń w wodzie za barierą, a w zaplanowanym, 3-letnim okresie monitoringu badanie zmian długoterminowych i kontrolowanie kierunków przepływu wód podziemnych.

Technologia iniekcji preparatu nanowęglowego wymaga, by przedmiotowa warstwa była maksymalnie zawodniona, zatem optymalnym sezonem do wykonania bariery są okresy



najwyższych stanów wód podziemnych – marzec-maj, co ustalono według kilkuletnich pomiarów (porównaj Ryc. 13).

Niezależnie od planów dotyczących wdrożenia sugerowanej metody pasywnej proponuje się zdiagnozowanie i fizyczne usunięcie przyczyn mniejszych smug zanieczyszczeń. Do lokalnych ognisk generujących mniejsze, boczne smugi zaliczono tu prawdopodobne wycieki kreozotu ze starych podziemnych zbiorników dawnej wytwórni past grzybobójczych „Dyfuzja” zlokalizowanej przy ul. Garbary oraz równie prawdopodobne podziemne pozostałości dawnej wytwórni papy izolacyjnej, która istniała według informacji historycznych z Muzeum Miejskiego im. Księcia Przemysła w rejonie adresu ul. Kujawska 4.



Literatura

- Andrzejewski W., Dłużewski W., Szpakowski K., 2001 – Wyniki badania stopnia skażenia podłoża nasycalni drewna w Solcu Kujawskim. GEOPROGRAM, Bydgoszcz, sierpień 2001,
- Bieszczad B., Leszman J., 1985 – Sprawozdanie z badań wielkości i zasięgu skażenia środowiska gruntowo-wodnego przez Zakład Produkcji i Nasycania podkładów Kolejowych w Solcu Kujawski, woj. Bydgoskie. GEOPROJEKT – Przed. Geolog.-Fizjograf. i Geodezyjne Budownictwa, Gdańsk, sierpień 1985,
- Birnstingl J., Sandefur C., Thoreson K., 2016 – Biodegradation of Groundwater Contaminants Using PlumeStop Liquid Activated Carbon™. REGENESIS Webinar, XI 2016.
- Birnstingl J., Sandefur C., Thoreson K., Rittenhouse S., Mork B., 2014 – PlumeStop™ Colloidal Biomatrix – Securing rapid contaminant reduction and accelerated bioremediation using a dispersive injectable reagent. REGENESIS Bioremediation Products, San Clemente, USA.
- Hiestler U., Müller M., Koschitzky H.-P., Trötschler O., Roland U., Holzer F., Edel H.-G., 2012 – Leitfaden: Thermische in situ-Sanierungsverfahren (TISS) zur Entfernung von Schadensherden aus Boden und Grundwasser. Bundesministerium f.Bildung und Forschung, UFZ Lipsk, 2012.
- Irmiński W., 2011a - Raport z badań monitoringowych gruntu na terenie dawnej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, woj. kujawsko-pomorskie (Pomiar 1 – maj 2011 r.). Geo-Logik Wojciech Irmiński, Komorów, maj 2011.
- Irmiński W., 2011b - Raport z badań monitoringowych gruntu na terenie dawnej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, woj. kujawsko-pomorskie (Pomiar 2 – październik 2011 r.). Geo-Logik Wojciech Irmiński, Komorów, październik 2011.
- Irmiński W., 2011c – Projekt rekultywacji terenu dawnej Nasycalni Drewna w Solcu Kujawskim. Geo-Logik, Komorów, grudzień 2011.
- Irmiński W., 2018 – Raport z badań, VI seria pomiarowa – wrzesień 2018. Projekt UE GreenerSites w Solcu Kujawskim. Geo-Logik Wojciech Irmiński. Solec Kujawski, listopad 2018.
- Irmiński W., Dębicka K., 2010 - Projekt prac rekultywacyjnych dla terenu po byłej Nasycalni Drewna w Solcu Kujawskim. Omegatech Polska Sp. z o.o. Ramboll Group. Arch. UMiG w Solcu Kuj.
- KEMI, 2007 – Creosote (PT8). Evaluation Report (Draft) for Work Programme for Review of Active Substances in Biocidal Products Pursuant to Council Directive 98/8/EC. Kemikalieinspektionen, Swedish Chemicals Agency. Oct. 2007.
- Khan F., Husain T., Hejazi R., 2004 – An overview and analysis of site remediation technologies. Journal of Environ. Management 71 (2004) p. 95-122.
- Kueper B.H., Wealthall G.P., Smith J.W.N., Leharne S.A., Lerner D.N., 2003 – An illustrated handbook of DNAPL transport and fate in the subsurface. R&D Publication of Environmental Agency, Bristol, UK, 2003.
- Kumor M. [kier.zesp.], 2001 – Raport oddziaływania na środowisko Zakładu Nasycania Drewna (w likwidacji) położonego przy ul. Kujawskiej w Solcu Kujawskim. GEOPROGRAM, Bydgoszcz, wrzesień 2001,
- Łukaczyński I., 2016 – Dokumentacja z wykonania piezometrów oraz studni czerpalnych na terenie położonym przy ul. Kujawskiej 2 w Solcu Kujawskim (dz. nr ew. 678/5 oraz 678/10), pow. bydgoski, woj. kujawsko-pomorskie. PROTE Technologie dla Środowiska Sp. z o.o., lipiec 2016.
- Machowiak W., Śliwiński M., Michalczyk D., 2009a – Ocena stanu środowiska gruntowo-wodnego na terenie byłej nasycalni drewna w Solcu Kujawskim. EKOLAB Sp. z o.o., Swarzędz, lipiec 2009,
- Machowiak W., Śliwiński M., Michalczyk D., 2009b – Uzupełnienie do oceny stanu środowiska gruntowo-wodnego na terenie byłej nasycalni drewna w Solcu Kujawskim. EKOLAB Sp. z o.o., Swarzędz, sierpień 2009,
- McCarty P.L., 2010 – Groundwater Contamination by Chlorinated Solvents: History, Remediation Technologies and Strategies. In: Stroo H.F. [red.] In Situ Remediation of Chlorinated Solvent Plumes. Springer. 2010, p. 37-64.
- Melber C., Kielhorn J., Mangelsdorf I., 2004 – Coal Tar Creosote. Concise International Chemical Assessment Document 62. WHO, Genewa, 2004.



- Mieszkowski R., 2018 – Raport z wykonania badań geofizycznych metodą tomografii elektrooporowej na terenie dawnej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim. RM TERRA Radosław Mieszkowski. Warszawa, wrzesień 2018.
- PlumeStop® Technical Bulletin 3.1: Post-Sorption Contaminant Biodegradation. <https://regeneration.com/eur/remediation-products/plumestop-liquid-activated-carbon/>
- Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych [Dz.U.2016, poz.85]
- Sale T., Newell C.J., 2010 – Impacts of Source Management on Chlorinated Solvent Plumes. In: Stroo H.F. [red.] In Situ Remediation of Chlorinated Solvent Plumes. Springer. 2010, p.185-216.
- Schaefer C.E., Towne R.M., Lippincott D.R., Lazouskaya V., Fischer T.B., Bishop M.E., Dong H., 2013 – Coupled Diffusion and Abiotic Reaction of Trichlorethene in Minimally Disturbed Rock Matrices. In: Partial Source Removal – Backdiffusion (Grathwohl P. red.). Center of Applied Geoscience – Hydrogeochemistry. Eberhard Karls Universitaet Tuebingen, Niemcy.
- Werner W., Arens J., Gruner G., 2010 – Revitalisierung des ehemaligen Reichsbahn-Schwellenwerks Zernsdorf. 11. Karlsruher Altlastenseminar 09-10.06.10, Karlsruhe, Niemcy.



Załącznik. Raport z testów sorpcji wykonanych na materiale z Solca Kujawskiego

Regenesis

1011 Calle Sombra,
San Clemente, CA 92673
Phone: 949-366-8000



Sorption Treatability Study Report: Solec

December 18, 2018

To: Dr. Wojciech Irminski
Geo-Logik
Solec
Poland

From: Victor David
Regenesis
1011 Calle Sombra
San Clemente, CA 92673

INTRODUCTION

Regenesis has performed laboratory testing to demonstrate the effects of PlumeStop® as an *in situ* treatment technology for benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (BTEX), polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs), total petroleum hydrocarbon diesel range organic (TPH-DRO), and total petroleum hydrocarbon gasoline range organics (TPH-GRO) in soil and groundwater from Solec Kujawski. Specifically, the intent of the testing was to determine if the characteristics of the site matrix were amenable to the sorption of BTEX, PAHs, TPH-DRO and TPH-GRO contaminants by PlumeStop. While PlumeStop has been demonstrated to effectively bind these species in a range of conditions, it is possible that groundwater at the subject site contains other organic molecules that could impact the contaminants binding to PlumeStop due to competitive sorption with other organics present.

PlumeStop® Liquid Activated Carbon is a colloidal activated carbon *in situ* technology that can distribute widely in groundwater, quickly sorb contaminants, and accelerate biodegradation for groundwater remediation. The goal of this laboratory test is to demonstrate the ability of PlumeStop® to provide rapid and sustained sorption of contaminants from site groundwater.



Regenesis

1011 Calle Sombra,
San Clemente, CA 92673
Phone: 949-366-8000

EXPERIMENTAL SECTION

Soil Samples

The soil used in this study was sampled from the site and shipped by Geo-Logik to Regenesis. Samples were received by Regenesis Lab on 10/11/18.

Approximately 6 kg of site soil was received on ice in one container with two bags and labeled with the following sample name: Project Solec.

Groundwater Samples

The groundwater used in this study was sampled from the site and shipped by Geo-Logik to Regenesis. Samples were received by Regenesis Lab on 10/11/18.

Approximately 20 L of site groundwater was provided on ice in one container. The container was labeled: Project GEO-LOGIK. The groundwater sample was stored in its original sampling container at 5°C prior to and in between sampling events.

Analytical Methodology

Throughout the treatability study, contaminant concentrations were measured in groundwater Advanced Technology Laboratories (ATL) (Signal Hill, CA USA), a certified laboratory, utilizing US EPA methodologies. The raw analytical data can be found under 'Appendix A.'

Treatability Study Procedure

To determine the baseline concentration of contaminants present in the shipped soil and groundwater, three total samples of soil and groundwater were prepared in 2.5 L amber borosilicate glass bottles with a 9:1 w/w groundwater-to-site soil ratio. The contents were manually mixed and then allowed to equilibrate for approximately 18 hours. Groundwater was removed from the amber bottles and sent to ATL for EPA 8260, 8015B, and 8270C analyses. The results of these analyses are shown in Table 3.

The treatability study using PlumeStop® was conducted in two phases to test sorption of contaminants. To prepare the samples in each phase, groundwater and site soil were chilled to 5°C and then added into the reaction vessels (4 L amber borosilicate glass bottles with PTFE-lined caps, see Figure 1) at a 9:1 groundwater-to-site soil ratio. The control and treated samples were prepared in duplicates.

In the first phase of the study, the treated samples were dosed with two loadings of PlumeStop: 1,000 mg/L and 4,000 mg/L. In order to keep the total volume in the control samples identical to the treated samples, deionized water was added to the control samples. The reaction vessels were sealed, the contents manually mixed, and the samples left at room temperature for 14 days. After 14 days, calcium chloride was added to the samples to destabilize the PlumeStop® so that water free of PlumeStop could be sampled and sent for analysis. Calcium chloride was also added to the control samples for consistency. After 20 days, aliquots of the groundwater were removed from the reaction vessels and sent to ATL for 8015B and 8270C analyses. The results of this first phase of the study are shown in Table 3.



Regeneration

1011 Calle Sombra,
San Clemente, CA 92673
Phone: 949-366-8000

Because the results of the first phase of the study were inconclusive (see results below), a second phase was then set-up. In this phase, the control and treated sample bottles were first spiked with naphthalene, benzene, and o-xylene in order to increase the concentrations to be more representative of those observed at the site (see Table 2 for spike concentrations). Additionally, the control samples were sterilized with 200 mg/L sodium azide to prevent biodegradation of the contaminants. The treated samples were dosed with 4,000 mg/L PlumeStop. A summary of the sample compositions is provided under Table 1. The reaction vessels were sealed, the contents manually mixed, and the samples left at room temperature for 7 days. After 7 days, calcium chloride was added to the samples to destabilize the PlumeStop® for reasons described above. Calcium chloride was also added to the control samples for consistency. After 10 days, aliquots of the groundwater were removed from the reaction vessels and sent to ATL for 8260, 8015B and 8270 SIM analyses. The results of this second phase of the study are shown in Table 4.



Figure 1. Reaction vessels for the treatability test

Table 1: Summary of Sample Compositions

Sample ID	PlumeStop (mg/L)	Sodium Azide (mg/L)	Contaminant spiked? (Y/N)
Baseline	0	0	No
Control – Phase 1	0	0	No
Treated 1-2– Phase 1	1,000	0	No
Treated 3-4– Phase 1	4,000	0	No
Control – Phase 2	0	200	Yes
Treated – Phase 2	4,000	0	Yes

The target and measured contaminant concentrations from the Spiked groundwater samples are summarized in Table 2.



Regenesis

1011 Calle Sombra,
San Clemente, CA 92673
Phone: 949-366-8000

Table 2: Contaminants spiked in Phase 2 of the Treatability Study

Contaminant spiked	Target Concentration (mg/L)
Naphthalene	10
Benzene	1.5
o-xylene	1.5

RESULTS AND DISCUSSION

Treatability Study Results

Tables 3 summarize contaminant concentrations of Phase 1 after 10 days of treatment. Tables 4-5 summarize the concentrations for Phase 2.

Table 3: Summary of Phase 1 Results. PAH, TPH-DRO and TPH-GRO Concentrations in Groundwater Samples. All values are reported in units of $\mu\text{g/L}$.

Sample ID	Analyte ($\mu\text{g/L}$)	Baseline	10 days				
			Control 1	Control 2	Treated 1	Treated 2	Treated 3
2-Methylnaphthalene	65.6	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Acenaphthene	86.1	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Acenaphthylene	< 0.20	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Anthracene	2.32	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Benzo(a)anthracene	0.365	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Benzo(a)pyrene	0.499	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Benzo(b)fluoranthene	0.382	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Benzo(g,h,i)perylene	< 0.20	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Benzo(k)fluoranthene	0.168	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Chrysene	0.218	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Dibenz(a,h)anthracene	< 0.20	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Fluoranthene	11.3	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Fluorene	24.5	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	< 0.20	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Naphthalene	< 0.20	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Phenanthrene	8.76	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
Pyrene	7.63	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0
TPH-DRO	15,000	1,900	8,700	< 670	< 800	< 620	< 470
TPH-GRO	220	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200
Total Contaminants	15,427	1,900	8,700	ND	ND	ND	ND
Averages	---	5,300		ND		ND	



Regeneration

1011 Calle Sombra,
 San Clemente, CA 92673
 Phone: 949-366-8000

Table 4: Summary of Phase 2 PAH and TPH-GRO Concentrations in Groundwater Samples. All values are reported in units of µg/L.

Sample ID Analyte (µg/L)	10 days			
	Control 1	Control 2	Treated 1	Treated 2
PAHs				
2-Methylnaphthalene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Acenaphthene	5.4	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Acenaphthylene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Anthracene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Benzo(a)anthracene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Benzo(a)pyrene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Benzo(b)fluoranthene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Benzo(g,h,i)perylene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Benzo(k)fluoranthene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Chrysene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Dibenz(a,h)anthracene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Fluoranthene	3.5	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Fluorene	2.8	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	< 1.0	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Naphthalene	1,800	2,200	0.20	< 0.20
Phenanthrene	1.4	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Pyrene	1.7	< 20.0	< 0.20	< 0.20
Total PAH Concentration	1,815	2,200	0.20	< 0.20
Avg PAH	2,007		0.20	
% PAH Removal	--		99.99+%	
BTEX				
Benzene	830	270	< 0.50	< 0.50
o-Xylene	870	390	< 0.50	< 0.50
m,p-Xylene	< 20	5.5	< 1.0	< 1.0
Toluene	< 10	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Ethylbenzene	< 10	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Total BTEX Concentration	1,700	665.5	< 1.0	< 1.0
Avg BTEX	1,182.75		< 1.0	
% BTEX Removal	---		99.9+%	
TPH-GRO				
TPH-GRO	2,800	1,900	< 0.20	< 0.20
Avg TPH-GRO	2,350		< 0.20	
% TPH Removed	--		99.99+%	



Regenesis

1011 Calle Sombra,
San Clemente, CA 92673
Phone: 949-366-8000

Table 5: Summary of Phase 2 spiked contaminant Naphthalene Concentrations in Groundwater Samples. All values are reported in units of $\mu\text{g/L}$.

Sample ID	Baseline	Control	Treated
Analyte ($\mu\text{g/L}$)			
Naphthalene	< 0.20	2,000	0.10
Benzene	---	550	< 1.0
o-xylene	---	630	< 1.0
% Contaminant Removed (vs Control)	---	---	99.97%

Based on experimental observations and the data in Tables 3-5, the following observations are made:

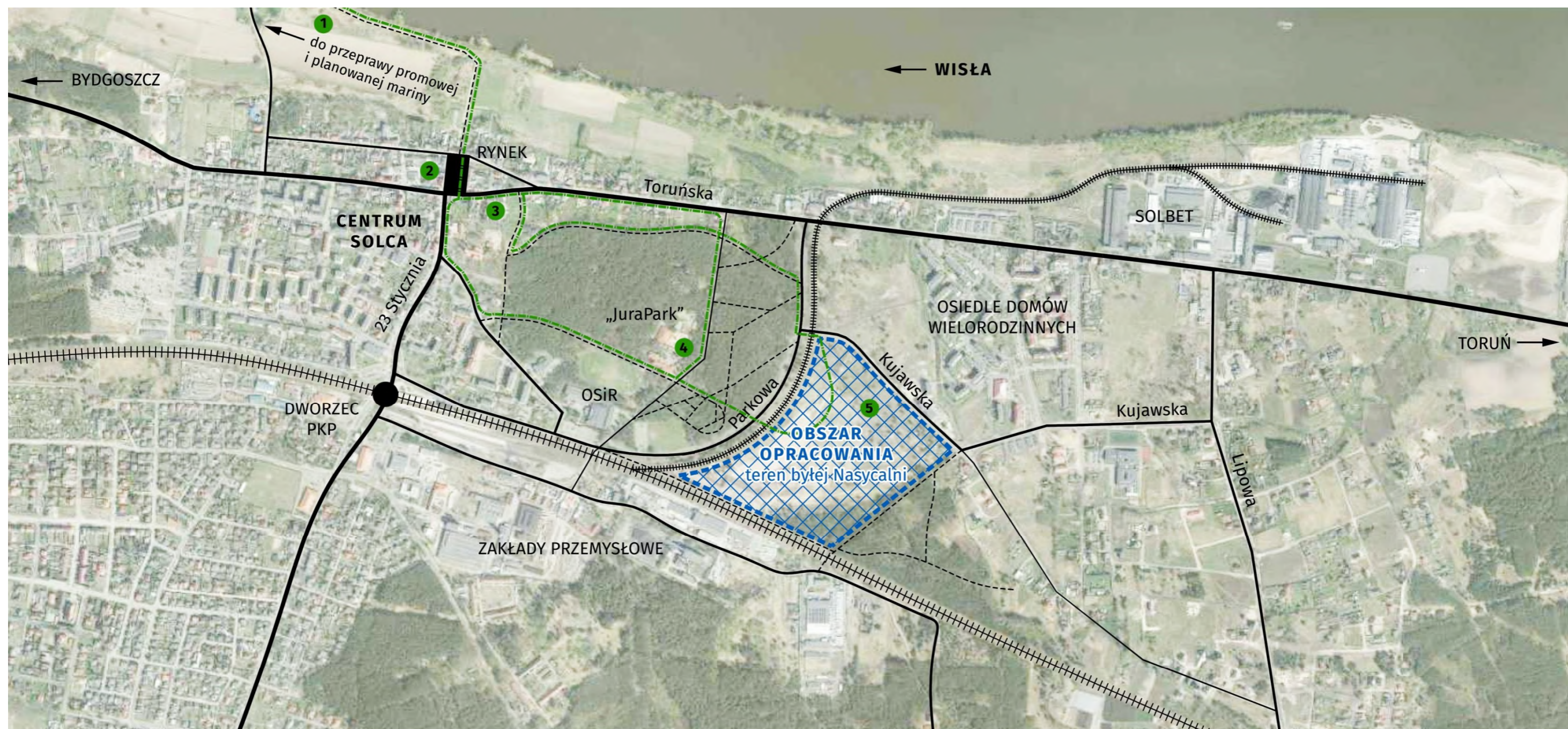
- The results from Phase 1 of the treatability test are inconclusive because the control samples all had non-detect contaminant concentration at the conclusion of the treatment period. It is assumed that the low-level contaminants biodegraded during the experiment.
- Naphthalene, benzene and o-xylene were successfully spiked into the samples during Phase 2 of the experiment.
- Results from Phase 2 of the treatability test demonstrated the ability of 4,000 mg/L PlumeStop[®] to adsorb all the target contaminants to below detection limits after 10 days. This corresponds to at least 99.99% removal of the contaminants from the groundwater.

SUMMARY

In this study, PlumeStop[®] demonstrated the ability to adsorb all the target contaminants from groundwater to below the detection limits of the analysis, corresponding to 99.99%+ removal of the contaminants within 10 days. These results confirm the ability of PlumeStop to adsorb the contaminants and that there is no significant interfering species present in the soil and groundwater matrix that limits the performance of PlumeStop. Therefore PlumeStop[®] is capable of quickly removing and retaining multiple contaminants from the aqueous phase at the site. This information, in combination with other site-specific parameters can be used to estimate performance of PlumeStop[®] in various potential treatment areas of the site. Actual field dosing should be developed for each scenario in combination with estimates of contaminant concentration, flux, and treatment goals.

STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM

Warszawa, 12 marca 2019 r.



+++++ tory kolejowe

== drogi

----- połączenia piesze, rowerowe

--- ważniejsze połączenia piesze i rowerowe między punktami „Osi rekreacyjno-turystycznej”:

1

1. brzeg Wisły, 2. Rynek, 3. Muzeum Solca, 4. „JuraPark”, 5. była Nasycalnia

skala 1:10 000

Lokalizacja

Zakres opracowania obejmuje tereny położone w centralnej części Solca Kujawskiego.

W sąsiedztwie byłej Nasycalni znajdują się obiekty OSiR (aquapark, hala widowiskowa oraz stadion sportowy), park edukacyjno-rozrywkowy „JuraPark”, park leśny ze szkółką rowerową, parkiem linowym, a także osiedle domów wielorodzinnych.



STAN ISTNIEJĄCY – INWENTARYZACJA TERENU

Stan istniejący

Od zachodu teren otacza ul. Parkowa i bocznicą kolejową, od południa – linia kolejowa Toruń-Bydgoszcz, od wschodu – kompleks leśny, a od północy – ul. Kujawska. W bezpośrednim sąsiedztwie granicy obszaru opracowania, przy ul. Kujawskiej, znajduje się kilka niewielkich zabudowań mieszkalnych i gospodarczych z czerwonej cegły.

Wjazd na teren zlokalizowany jest przy ul. Kujawskiej. W południowej części obszaru znajduje się przyzma bioremediacyjna o wys. 7-8 m, usytuowana równolegle do torów kolejowych. Pozostała część terenu jest stosunkowo płaska, położona na rzędnych 39,0 m n.p.m. (przy ul. Kujawskiej) – 42 m n.p.m. (w części leśnej), z miejscowymi zagłębieniami.

Teren jest porośnięty głównie roślinnością niską. Zadrzewienia występują na jego obrzeżach. Południowo-wschodni narożnik obszaru porośnięty jest młodym lasem sosnowym.

Obszar jest niezabudowany, z wyjątkiem niewielkiego budynku po trafostacji. Brak oświetlenia, utwardzeń terenu. We wschodniej części terenu przebiega napowietrzna sieć elektroenergetyczna. W granicach obszaru opracowania znajdują się ponadto instalacja elektroenergetyczna zasilająca piezometry. Istnieje możliwość wykonania przyłączy do sieci znajdujących się w ul. Kujawskiej (prąd, woda, kanalizacja sanitarna i deszczowa).

Dokumentacja fotograficzna

1. Widok z lotu ptaka na teren byłej Nasycalni, na pierwszym planie przyzma bioremediacyjna.
2. Istniejący wjazd na teren otoczony szpalerem drzew.
3. Istniejący budynek – dawna trafostacja.
4. Widok na wschodnią część obszaru opracowania od strony ul. Kujawskiej.
5. Widok na zachodnią część obszaru opracowania od strony ul. Kujawskiej.
6. Widok na przyzma bioremediacyjną.
7. Ul. Kujawska.
8. Bocznicą kolejową do Solbetu okalająca teren od strony zachodniej, biegnąca równoległe do ul. Parkowej.
9. Linia kolejowa stanowiąca południową granicę opracowania i piesze przejście przez tory.
10. Las w południowo-wschodniej części opracowania.



STAN ISTNIEJĄCY – INWENTARYZACJA TERENU



WOJEWÓDZTWO KULIŃSKO-POMORSKIE
POWIAT BYDGOSKI
GMINA SOLEC KULIŃSKI
INWENTARYZACJA POWYKONAWCZA
REKULTYWACJI TERENU NASYCALNI PODKLADÓW KOLEJOWYCH
SOLEC KULIŃSKI UL. KUJAWSKA dz. 678/12, 678/5
Skala 1:500
OBRĘB: W. SOLEC KULIŃSKI
ARKUSZ MAPY 11963/1 354244.002.104
ID: 6643.569.206

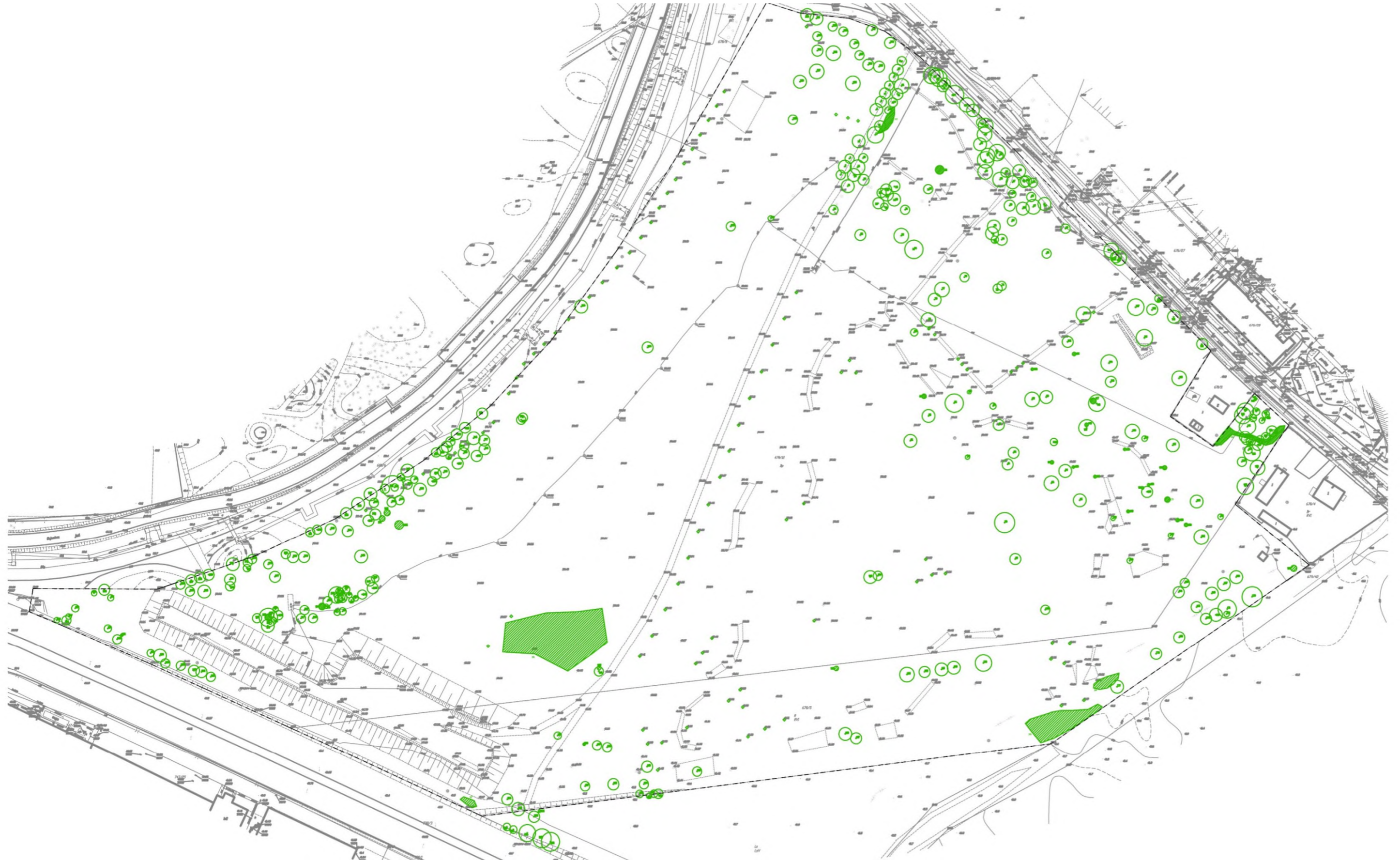
UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH PROSTOKĄTNYCH PŁASKICH '2000/10'
UKŁAD WYSOKOŚCI 'KROKSIET ADT 67'

2016 Kujawski 016 082.206

INWENTARYZACJA POWYKONAWCZA WYKONANA PO REKULTYWACJI TERENU BYŁEJ NASYCALNI (CZTEROKROTNE POMNIEJSZENIE) NAŁOŻONA NA ORTOFOTOMAPĘ
AKTUALNA MAPA DO CELÓW PROJEKTOWYCH ZAWIERAJĄCA INWENTARYZACJĘ INFRASTRUKTURY PODZIEMNEJ ZNAJDUJE SIĘ W ZAŁĄCZNIKU 2 DO STUDIUM



STAN ISTNIEJĄCY – INWENTARYZACJA ZIELENI



INWENTARYZACJA ZIELENI WRAZ Z GOSPODARKĄ DRZEWOSTANEM (CZTEROKROTNE POMNIEJSZENIE) – INWENTARYZACJA W SKALI 1:500 ZNAJDUJE SIĘ W ZAŁĄCZNIKU 3 DO STUDIUM



OPRACOWANIE STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYŁEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAŃSKIM

Kalendarium:

- 1861** – budowa kolei warszawsko-bydgoskiej
- lata 60. i 70. XIX w.** – rozwój przemysłu związanego z przeladunkiem drewna w Solcu Kujawskim
- 1879** – założenie zakładu impregnacji i nasycania podkładów kolejowych i słupów telegraficznych przez przemysłowca z Drezna Juliusa Rüttgersa
- 1879 – 1918** – nieprzerwana działalność zakładu, należącego wówczas do Pruskich Kolei Państwowych
- 1899 – w pożarze w Nasycalni płonie 30 tys. Podkładów
- lata 20. i 30.** – Nasycalnia działa jako Zakłady Impregnacyjne S.A., a następnie jako oddział Związku Koksowni Sp. z o.o. Katowice; dyrektorem jest Waclaw Czaczka-Ruciński
- lata 20. i 30.** – bieda i bezrobocie panujące w Solcu Kujawskim sprawiają, że chętnych do pracy w Nasycalni nie brakuje
- 1928** – strajk robotników w Nasycalni, spowodowany ciężkimi warunkami pracy i niskimi zarobkami, zostaje stłumiony przez policję
- 1930** – przerwa w pracy zakładu spowodowana recesją gospodarczą
- 1931** – ponowne uruchomienie Nasycalni m.in. dzięki staraniom władz Solca Kujawskiego
- 1939 – 1945** – w Nasycalni będącej w czasie okupacji pod zarządem niemieckich kolei przymusowo pracują Rosjanki i Ukrainki, jeńcy angielscy i rosyjscy; niektórzy pracownicy prowadzą akcje sabotażu
- 1945** – upaństwowienie zakładu i objęcie go w zarząd przez koleje państwowe
- 1945 – 1993** – zakład kontynuuje działalność jako Nasycalnia Materiałów Drzewnych PKP w Solcu Kujawskim; kolejnymi dyrektorami są: Władysław Kamieniarz (lata 1945-62), Marian Śrutek (1962-67), Bogumił Kamowski (1967-81) i Janusz Lewandowski (1981-93)
- 1963-68** – modernizacja Nasycalni i mechanizacja pracy wykonywanej dotychczas prawie wyłącznie siłą ludzkich mięśni; w zakładzie pojawia się pierwsza suwnica
- lata 70. i 80.** – solecka Nasycalnia największym tego typu zakładem w kraju, produkcja sięga 130 tys. m³ rocznie
- lata 70.** – Nasycalnia staje się zakładem wzorcowym, gdzie próbuje się wdrażać nowe technologie
- 1976** – Solecka Rada Narodowa podejmuje decyzję o likwidacji zakładu, motywując ją szkodliwym działaniem dla środowiska i okolicznych mieszkańców
- 1979** – obchody stulecia Nasycalni
- lata 90.** – stopniowe ograniczanie działalności zakładu
- 1993** – zakład przekształcony w cywilne przedsiębiorstwo, podlegające wojewodzie bydgoskiemu

lata 2000. – wszystkie zabudowania Nasycalni (poza niewielką trafostacją) zostają rozebrane

2001 – likwidacja Nasycalni na mocy decyzji sądu gospodarczego w Bydgoszczy

2001 – 2008 – terenem Nasycalni zarządza syndyk masy upadłościowej, a następnie prywatny właściciel; obszar jest niestrzeżony, dochodzi do aktów wandalizmu, kradzieży i degradacji środowiska; w wyniku działalności „złomiarzy” do gruntu dostają się niebezpieczne substancje

2006 – uszkodzenie zbiornika – do gleby dostaje się 30 ton substancji chemicznej wykorzystywanej do nasycania drewna – kreozotu

2008 – odkupienie terenu przez miasto

2010 – powstaje koncepcja rekultywacji nowatorską terenu metodą bioremediacji z wykorzystaniem mikroorganizmów autochtonicznych rozkładających szkodliwe substancje

2013 – 2016 – przeprowadzenie prac ziemnych związanych z rekultywacją terenu Nasycalni

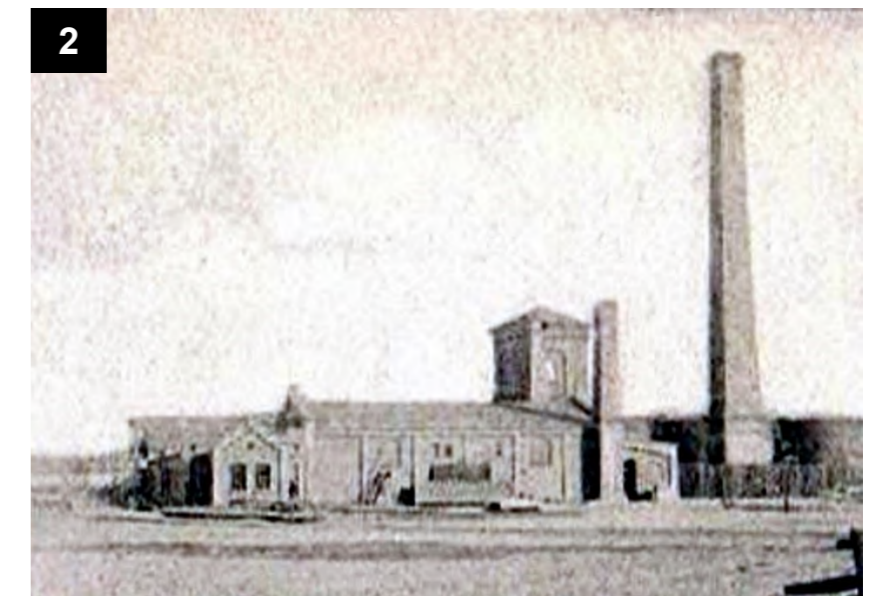
Na podstawie:

- J. Krzyżanowski, „Nasycalnia Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim (1879-2001)” [w:] „Rocznik Solecki” IV, Solec Kujawski 2013, s. 61-74
- materiały Urzędu Miasta

Uwaga: Zdjęcia na str. 9, 10, 11 – dzięki uprzejmości Muzeum Solca. Kopiowanie możliwe tylko za zgodą Muzeum.

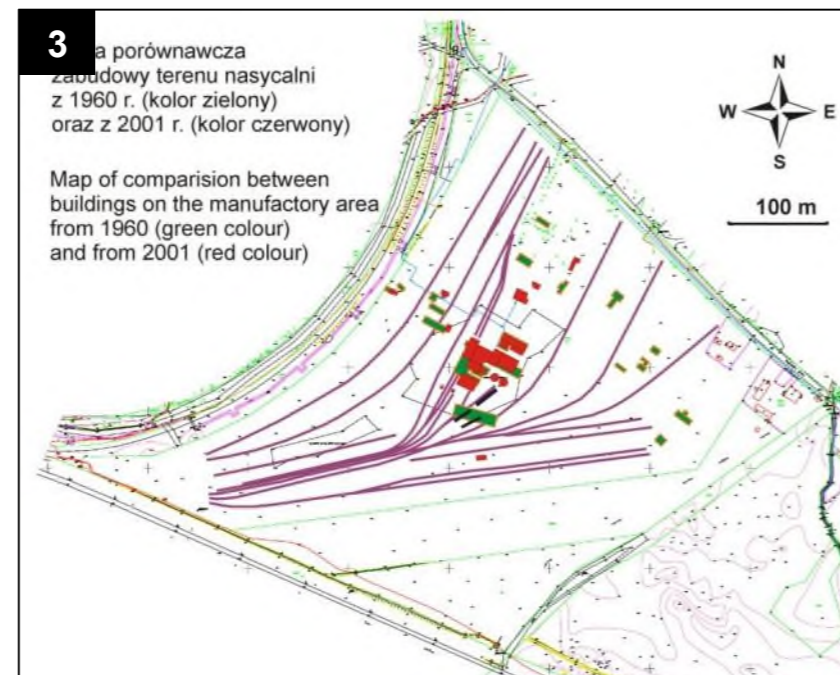
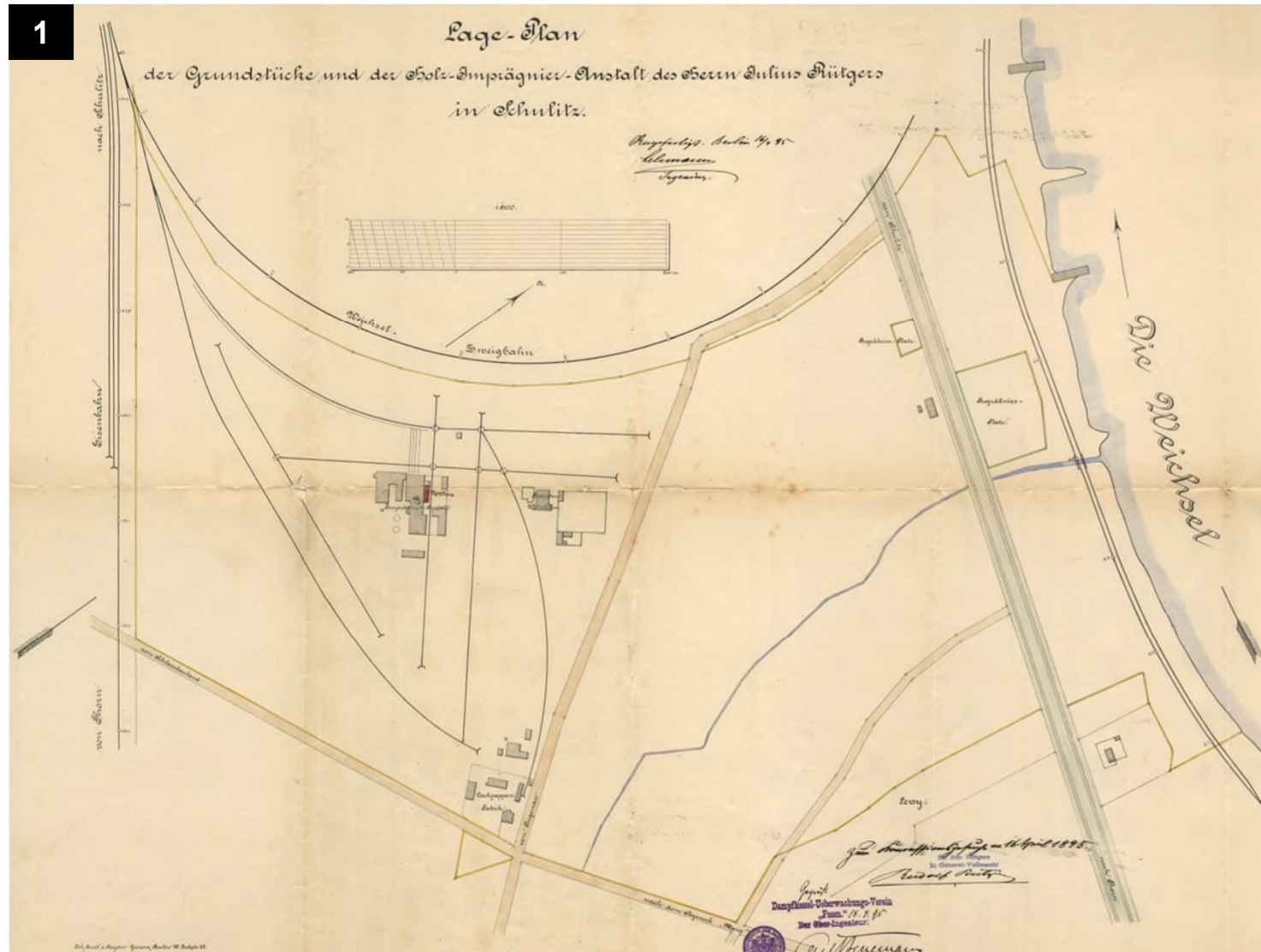


← Po lewej:
Pracownicy i
pracowniczki
soleckiej Nasycalni.
Zdjęcia z okresu
dwudziestolecia
międzywojennego.



1. Płukanie podkładów w Wiśle – pocztówka z pocz. XIX w. , 2., 3. – archiwalne zdjęcia zabudowań Nasycalni, pochodzących z XIX w.

HISTORIA NASYCALNI – ZABUDOWANIA



Zabudowania dawnej Nasycalni

1. Mapa Nasycalni z 1895 r. wykonana dla zakładu Juliusa Rüttgersa (czterokrotne pomniejszenie). Widoczna sieć bocznic kolejowych obsługujących Nasycalnię.
2. Powiększenie fragmentu mapy, widoczny budynek główny (z kominem) i okrągłe zbiorniki na olej smołowy do nasycania podkładów.
3. Mapa porównawcza zabudowy z 1960 r. i 2001 r. (z materiałów Urzędu Miasta).
4. – 7. Archiwalne zdjęcia przedstawiające niezachowane zabudowania Nasycalni.
8. Siedziba Ochotniczej Straży Pożarnej Nasycalni.
9. – 10. Jedne z ostatnich zdjęć zabudowań Nasycalni przed ich rozbiórką w latach 2000.

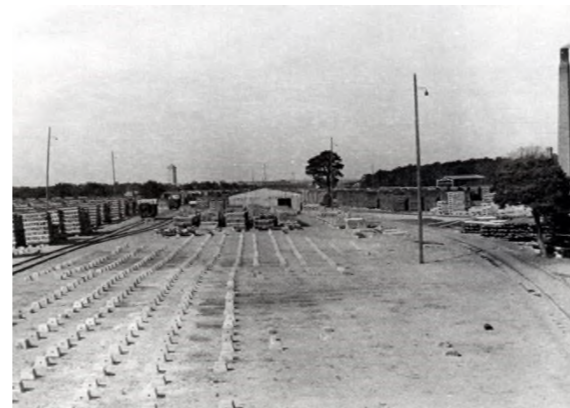


HISTORIA NASYCALNI – PRACA W NASYCALNI



Praca w Nasycalni

„Praca w nasycalni była brudna i ciężka. Drewno układano w stopy ręcznie. Aby zmniejszyć urazy przy załadunku podkładów kolejowych, robotnicy wykorzystywali przygotowane przez siebie (najczęściej z poduszek) ochraniacze na ramiona. Z powodu wielkiego bezrobocia, chętnych do pracy nie brakowało. Codziennie przed główną bramą zakładu stały grupy mężczyzn, spośród których placowy selekcjonował do pracy najbardziej muskularnych i krzepkich. Wybrańcy wyrażali swoją wdzięczność wobec placowego, przekazując mu butelkę wódki”.

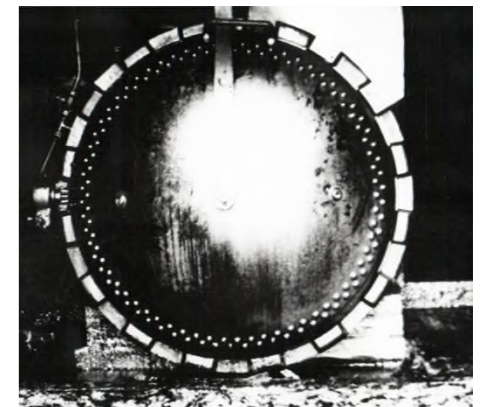


O pracy w Nasycalni w latach 20. Za: J. Krzyżanowski, „Nasycalnia Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim (1879-2001)” [w:] „Rocznik Solec” IV, Solec Kujawski 2013, s. 64.

Zdjęcia pochodzą kolejno:

- z czasów dwudziestolecia międzywojennego (rząd pierwszy)
- z okresu okupacji (rząd drugi)
- z czasów PRL (rząd trzeci i czwarty)

Ostatnie zdjęcie pochodzi z wizji lokalnej na terenie Nasycalni po likwidacji zakładu w latach 90.



KONCEPCJA I NASYCALNIA SPORTU



KONCEPCJA I – NASYCALNIA SPORTU
 PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU



OZNACZENIA

- DOJAZDY UTWARDZONE/GRUNTOWI [Symbol]
- ŚCIEŻKI PIESZE - ISTNIEJĄCE I PROPONOWANE [Symbol]
- BUDYNKI, WIATY [Symbol]
- NAWIERZCHNIE PIESZOJEZDNE: UTWARDZONE/PRZEPUSZCZALNE [Symbol]
- NAWIERZCHNIE PIESZE: MINERALNE LUB INNE/SYPKIE AMORTYZUJĄCE [Symbol]
- OGRODZENIA NISKIE/WYSOKIE [Symbol]
- OSIE WIDOKOWE [Symbol]
- GÓRKI DREWNIANE, WAŻNIEJSZE SIEDZISKA, POIDEŁKO [Symbol]
- LOKALIZACJE WIZUALIZACJI [Symbol]
- ROŚL. ISTNIEJĄCA Z DOMIESZKĄ GAT. ŁĄKOWYCH - KOSZENIE 1/ROK, ŁĄKI KWIATOWE, KOSZENIE 2/ROK [Symbol]
- TRAWNIKI REKREACYJNE/UŻYTKOWE; NASADZENIA ROŚLIN OKRYWOWYCH, WYSOKOŚĆ DO 0,5 M [Symbol]
- TRAWY OZDOBNE; NASADZENIA KRZEWÓW NISKICH, WYSOKOŚĆ DO 1,5 M [Symbol]
- NASADZENIA KRZEWÓW WYSOKICH, WYS. 2-4M [Symbol]
- DRZEWA ISTNIEJĄCE; NASADZENIA DRZEW LIŚCIĄSTYCH MAŁE/DUŻE; NASADZENIA DRZEW LIŚCIĄSTYCH MAŁE/DUŻE [Symbol]





Idea:

„Nasycalnia sportu” to wielofunkcyjny park, położony na terenie dawnej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim. Wokół centralnej polany otoczonej siecią alejek rozmieszczone są dwie główne strefy: rekreacyjna – z dużym placem zabaw, oraz sportowa – z kompleksem boisk i urządzeniami do ćwiczeń na świeżym powietrzu. Dominującą nad Nasycalnią pryzmę bioremediacyjną przekształcono tak, aby nabrała bardziej krajobrazowego charakteru. U jej podnóża znajduje się duży pumptrack z torem do nauki. Znakiem rozpoznawczym parku jest nowoczesny design, przy jednoczesnym nawiązaniu do przemysłowego dziedzictwa tego miejsca.

Funkcje:

SPORT

- 1 boisko piłkarskie z nawierzchnią ze sztucznej trawy 100 x 50 m, wraz z bieżnią okrężną, ogrodzone
- 1 boisko wielofunkcyjne (koszykówka, piłka typu futsal)
- 1 boisko do siatkówki
- 1 kort tenisowy, ogrodzony, z możliwością lekkiego zadaszania
- 2 boiska do badmintonu
- 2 stoły do tenisa stołowego
- ścieżka sprawnościowa – parkour, elementy treningów profesjonalnych
- siłownia zewnętrzna – 20 stanowisk do ćwiczeń
- pumptrack z wydzieloną strefą do nauki
- skatepark
- wyizolowany wybieg do psich sportów

REKREACJA

- alejki spacerowe, bulwar do jazdy na rolkach i rowerze
- plac z fontanną, zadaszaniem, elementami małej architektury
- polana rekreacyjna
- plac zabaw dla dzieci młodszych z elementami wody, ogrodzony
- plac zabaw dla dzieci starszych sprawnościowy, z „pająkiem” linowym
- plac zabaw dla dzieci starszych – krajobraz przygód

- punkt widokowy w dawnej trafostacji
- miejsca na ognisko i grilla
- wyizolowany wybieg do psich spacerów
- górka saneczkowa
- możliwość budowy lodowiska na polanie rekreacyjnej w sezonie zimowym

KULTURA I EDUKACJA

- możliwość organizacji imprez plenerowych do ok. 3000 osób przy wykorzystaniu dodatkowej infrastruktury tymczasowej (toalety, scena)
- możliwość organizacji niewielkich wydarzeń na placu (jarmark, koncert, piknik)
- program edukacyjny na temat historii Nasycalni z ekspozycją w dawnej trafostacji
- mini obserwatorium astronomiczne w dawnej trafostacji

INFRASTRUKTURA TOWARZYSZĄCA

- pawilon obsługujący strefę sportową (szatnie sportowe, magazyn sprzętu sportowego, toalety publiczne)
- zadaszanie na placu – miejsce na mobilną gastronomię w formie stoisk, toalety publiczne
- parking na 52 samochody osobowe i 3 autokary, dodatkowy parking przy boisku – 36 samochodów osobowych
- miejsce postojowe dla 5 kamperów, wyposażone w media

Obsługa komunikacyjna:

- trzy projektowane wjazdy na teren z ul. Kujawskiej
- projektowane przejście dla pieszych i przejazd rowerowy przez ul. Parkową
- dojazd techniczny do stref sportowej i rekreacyjnej, możliwość przejazdu po głównym bulwarze
- liczne dojścia piesze z każdej strony terenu

Planowany budżet: 29 mln



NOWOCZESNY PRZESTRONNY PARK



ELEMENTY DREWNIANE NAWIĄZUJĄCE DO LOKALNEJ HISTORII

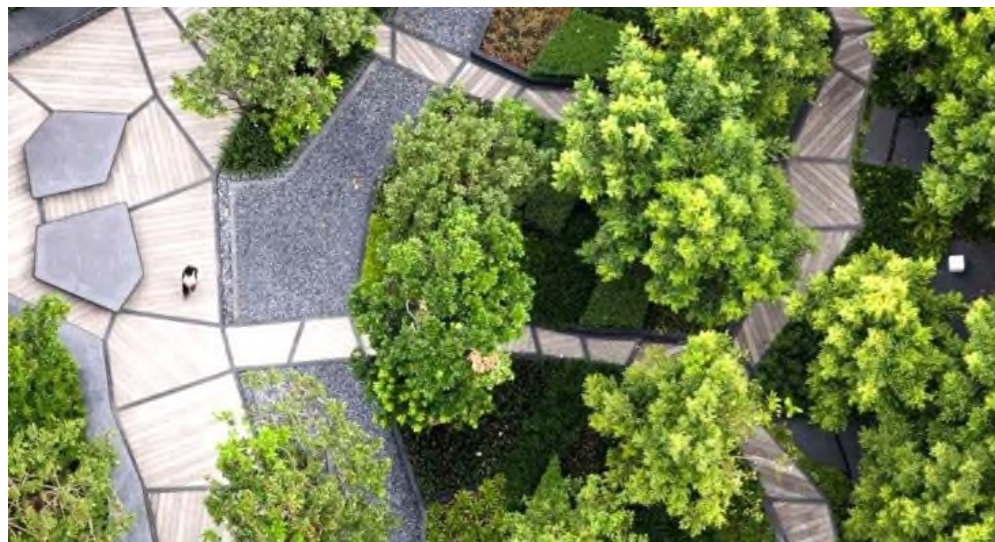


ROZBUDOWANA STREFA SPORTU I REKREACJI: M.IN. KOMPLEKS BOISK, ŚCIEŻKA SPRAWNOŚCIOWA, PUMPTRACK, KORTY TENISOWE

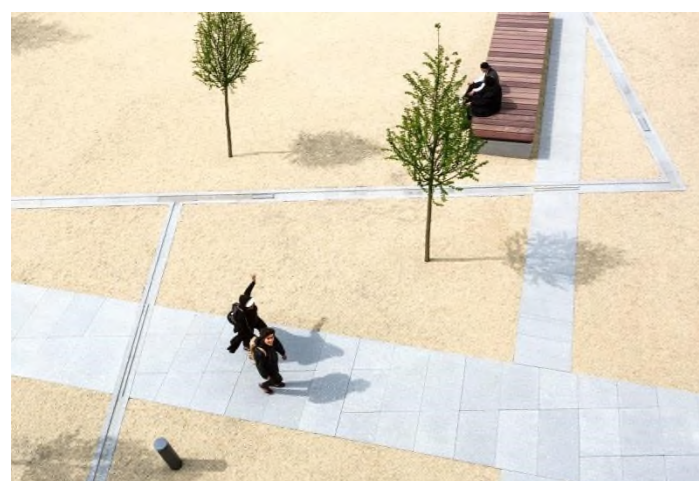


RÓŻNORODNE ATRAKCJE DLA DZIECI: ZABAWA Z WODĄ, PRZYGODOWY PLAC ZABAW, WSPINACZKA

WYBIEG DLA PSÓW PRZYSTOSOWANY DO UPRAWNIANIA SPORTÓW DOGFRISBEE, AGILITY, FLYBALL

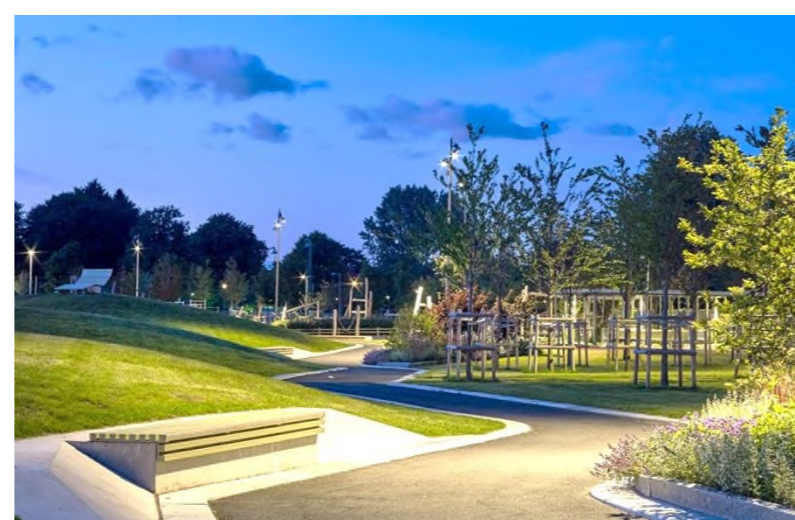


KOMPOZYCJA ZAŁOŻENIA OPARTA NA **GEOMETRYCZNYCH FORMACH**



PLAC I POSZERZENIA ALEJEK – MIEJSCA ODPOCZYNKU

ELEMENT WODNY NA PLACU W CZĘŚCI CENTRALNEJ



GEOMETRYCZNE CIĄGI KOMUNIKACYJNE RAMOWANE ZIELENIĄ
(NASADZENIA DRZEW I WYŻSZYCH KRZEWÓW)

LOKALNE **SPIĘTRZENIA TERENU** –
ROZRZEŻBIENIE TERENU W CELU
PODNIESIENIA WALORÓW KRAJOBRAZOWYCH

ŚCIEŻKA Z PŁYT „ZATOPIONYCH” W TRAWNIKU



WIDOK A – POLANA REKREACYJNA

WIDOK ZE ŚCIEŻKI BIEGĄCEJ NA PRZEŁAJ POLANY REKREACYJNEJ W KIERUNKU POŁUDNIOWYM. PO LEWEJ STRONIE WIATY PIKNIKOWE. W TLE CHARAKTERYSTYCZNA BRYŁA PAWILONU SPORTU, STANOWIĄCEGO WEJŚCIE NA OGRODZONY TEREN BOISKA PIŁKARSKIEGO.





WIDOK B – PLAC

WIDOK Z POŁUDNIOWEJ CZĘŚCI PLACU W KIERUNKU PÓŁNOCNO-ZACHODNIM. GŁÓWNĄ ATRAKCJĘ PLACU STANOWI FONTANNA Z DYSZAMI WODNYMI I MGŁOWYMI. PO LEWEJ STRONIE WIDOCZNY SKRAJ POLANY REKREACYJNEJ. W TLE WIDOWNIA W FORMIE DREWNIANYCH „GÓREK”.



WIDOK C – PUMPTRACK I BOISKA

WIDOK Z PLACYKU U PODNÓŻA PUMPTRACKU. NA PIERWSZYM PLANIE MIEJSCE ODPOCZYNKU, ZA NIM – STREFA NAUKI PUMPTRACKU. W TLE POLANA REKREACYJNA I KOMPLEKS BOISK. UROZMAICONE UKSZTAŁTOWANIE TERENU, SZEROKIE OTWARCIA WIDOKOWE.

Istniejący układ komunikacyjny

Istniejący układ komunikacyjny zapewnia dostępność pieszą terenu od północy (historyczne centrum Solca Kujawskiego, tereny rekreacyjne nad Wisłą), północnego wschodu oraz wschodu (osiedle wielorodzinne przy ul. Toruńskiej, a także od południa. Utrudniony jest dostęp od zachodu, tj. ul. Parkowej, przez bocznice kolejową prowadzącą do zakładów produkcyjnych nad Wisłą (Solbet). Wzdłuż tej ulicy brak także chodników. Obecnie dojazd możliwy jest od północy lub północnego wschodu, z ul. Kujawskiej przez istniejący wjazd.

Ul. Kujawska – stan istniejący:

- jezdnia o nawierzchni asfaltowej, szer. ok. 6 m
- wzdłuż jezdni znajdują się istniejące przejścia dla pieszych z azylami
- dwustronny ciąg pieszy, na wysokości zjazdu w kierunku ul. Parkowej ciąg przechodzi w jednostronny
- jednostronna ścieżka rowerowa
- oznakowanie poziome oraz pionowe
- droga przecina tory kolejowe
- dwie przeciwległe zatoki przystanków autobusowych

Założenia dla przyjętych rozwiązań projektowych

- parking dla odwiedzających centrum, zarówno dla samochodów osobowych (2,5x5,0m), jak i autokarów (15,0x3,5m)
- dodatkowy parking dla samochodów osobowych przy boisku (2,5x5,0m)
- komunikacja wewnętrzna – wg schematu:
 - ciągi główne utwardzone – DMC 10 ton (obsługa imprez, możliwość montażu sezonowego lodowiska, itp.)
 - wybrane ścieżki – DMC 3,5 tony – dostęp samochodami technicznymi do obsługi terenu (utrzymanie zieleni, wywóz odpadów, itp.)

Rozwiązania projektowe

Zaprojektowano:

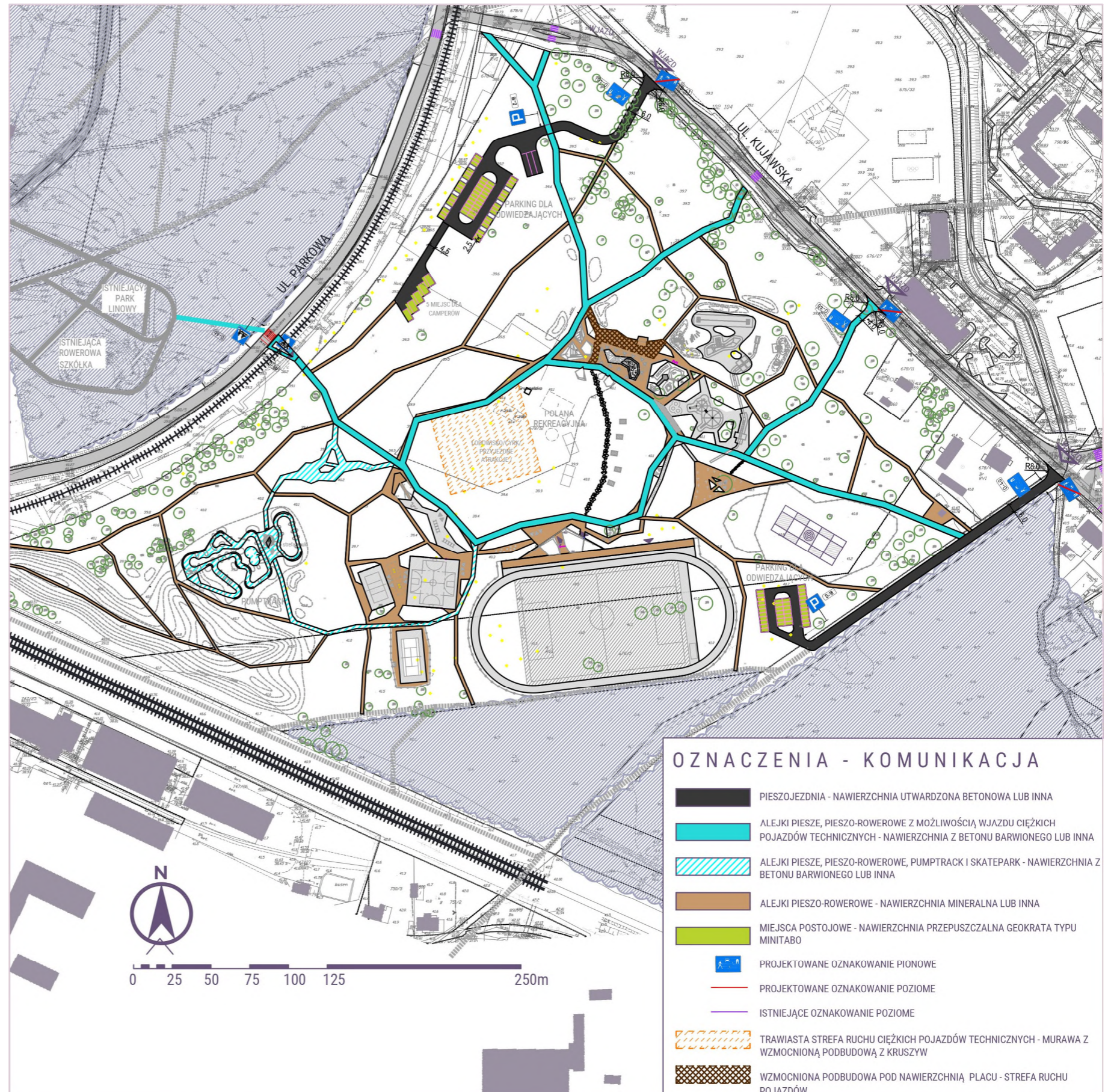
- jezdnię o nawierzchni utwardzonej (nawierzchnia betonowa, asfaltowa, z kostki lub inna)
- główne alejki pieszo-jezdne o nawierzchni z betonu asfaltowego barwionego lub inna
- alejki piesze, pieszo-rowerowe – glinkowo-mineralne lub inne
- miejsca postojowe o nawierzchni przepuszczalnej z geokraty typu Minitabo

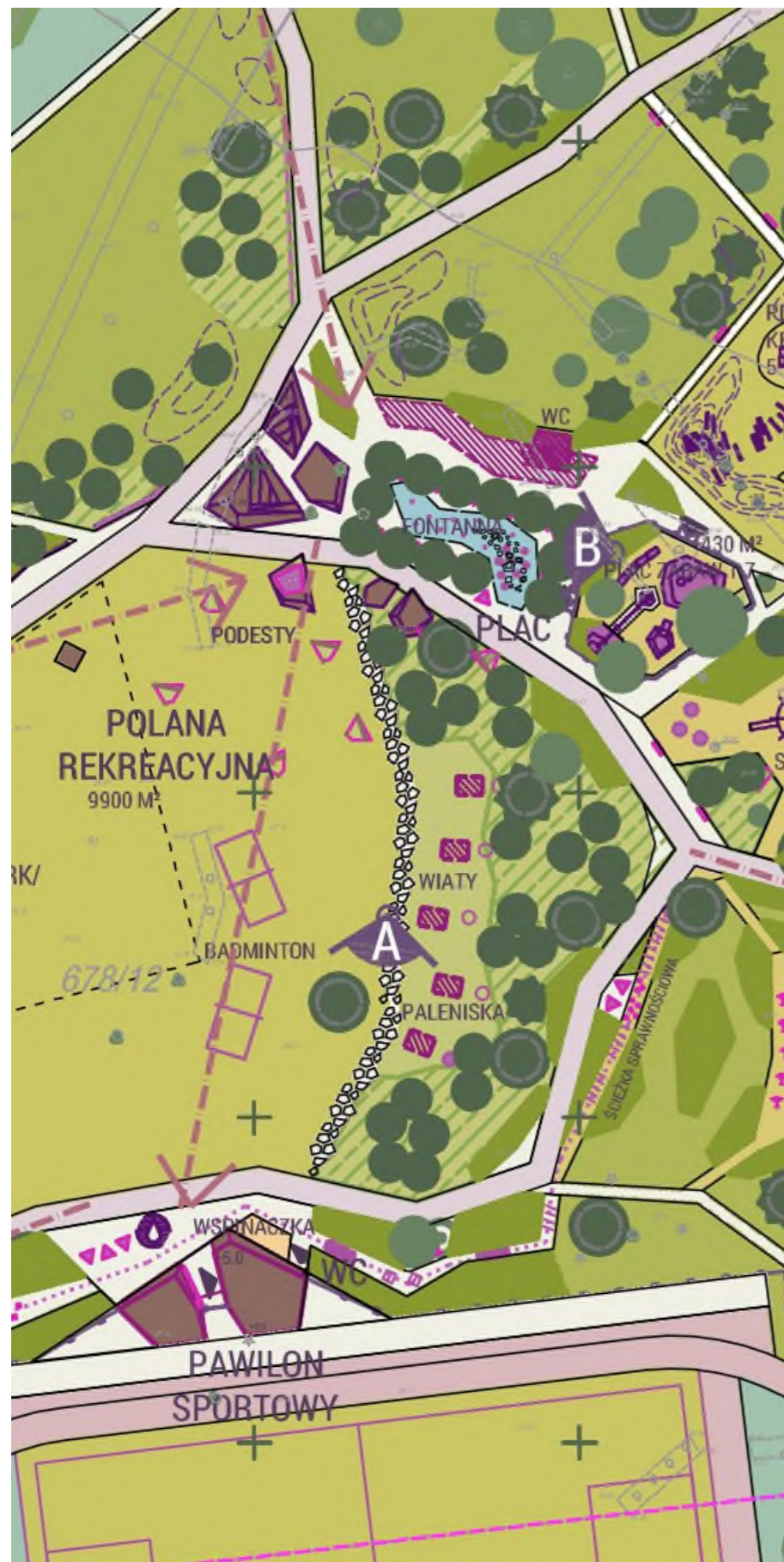
Zjazdy projektowane:

- budowa dwóch nowych zjazdów z ul. Kujawskiej
- rozbudowa zjazdu istniejącego z ul. Kujawskiej
- zjazdy o szerokości jezdni – 4-6 m
- promień wyokrąglenia 8 m

Rozwiązania organizacji ruchu

- przy wjazdach i wyjazdach z działki ustawienie znaków strefy zamieszkania D-40 oraz D-41 (pierwszeństwo pieszych)
- oznakowanie parkingów znakami D-18
- przejście dla pieszych wraz z przejazdem dla rowerzystów od zachodu, w kierunku centrum rozrywkowego, OSiR i centrum miasta, oznakowanie poziome liniami P-10, P-11 oznakowanie pionowe D-6b
- oznakowanie projektowanego przejścia dla pieszych wraz z przejazdem rowerowym na ul. Parkowej znakami poziomymi P-11, P-10
- oświetlenie projektowanego przejścia dla pieszych wraz z przejazdem rowerowym





Proponuje się następujące większe obiekty budowlane:

- A. pawilon sportu
- B. zadaszenie na placu z toaletą publiczną
- C. wieżę ekspozycyjną z tarasem widokowym i obserwatorium astronomicznym (przebudowa dawnej trafostacji)

Obiekty te opisano szczegółowo na kolejnych stronach.

Uzupełnieniem planowanej zabudowy będą:

1. scena, widownia i siedziska w formie „górek”
2. wiaty na polanie rekreacyjnej

1. **Scena, widownia i siedziska w formie „górek”**, zlokalizowane w zachodniej części placu oraz wzdłuż jego południowej krawędzi. Ścięte, kanciaste bryły nawiązujące do architektury pawilonu sportu.

Należy wykonać:

- 1 górkę – widownię z górnym tarasem na poziomie 0,85 m nad posadzką placu, pow. ok. 51 m²,
- 1 górkę – widownię z tarasem na poziomie 1,35 m, pow. ok. 101 m²,
- 1 górkę – scenę lekko wznoszącą się na poziom placu, nachylenie ok. 6%, pow. ok. 54 m².

Przy południowej krawędzi placu należy wykonać:

- 1 górkę – podest z otworem zamocowania siatki do leżenia, nachylenie ok. 15%, pow. ok. 36 m²,
- 2 górki – podesty do siedzenia o nachyleniu ok. 6%, pow. ok. 28 i 15 m².

Fundamenty żelbetowe, podkonstrukcja ze stali ocynkowanej. Okładziny z drewna wybarwionego na ciemny kolor, zabezpieczonego przed działaniem czynników atmosferycznych. Mocowania stalowe. Miejsca do siedzenia w formie stopni. Balustrady będące przedłużeniem pochyłych ścian „górek”, w całości obudowane drewnem. Pochylnia umożliwiająca wejście na widownię, o nachyleniu ok. 15%, z rowkami lub prostokątnymi listwami zapewniającymi antypoślizgowość. Dekoracyjne podświetlenie wybranych górek.

Łączna powierzchnia zabudowy: ok. 285 m²

2. **Wiaty** na polanie rekreacyjnej. Orientacyjne wymiary 3,5 x 3,5 m, wys. 3,65 m. Konstrukcja drewniana ze ściankami pełnymi i ażurowymi przepierzeniami. Dach dwuspadowy nieregularny. Okładziny ścian, dachy, przepierzenia drewniane, z drewna wybarwionego na ciemny kolor, zabezpieczonego przed działaniem czynników atmosferycznych. Wewnątrz stół z obustronnymi ławkami dla czterech osób. Wiaty nieoświetlone, brak posadzki – naturalne podłoże.
Ilość: 5 sztuk

Należy zadbać o możliwe najlepsze dostosowanie obiektów do potrzeb osób niepełnosprawnych. Część „górek” nie będzie dostępna dla osób poruszających się na wózku – w przypadku organizacji wydarzeń zostanie dla nich zapewnione dogodne miejsce do oglądania sceny z poziomu terenu.

Aktywności całoroczne:

toaleta publiczna | zaplecze sanitarne boisk | toaleta publiczna | zwiedzanie ekspozycji | taras widokowy | obserwatorium astronomiczne

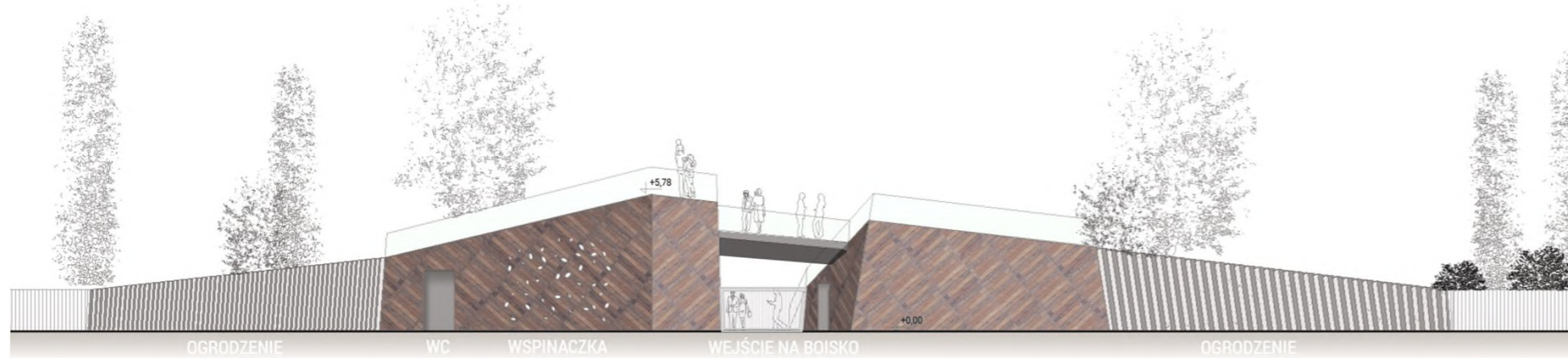
Aktywności sezonowe

gastronomia sezonowa | odpoczynek | obserwowanie placu | koncert, przedstawienie | piknik

Towarzyszące urządzenia:

poidełko | polana rekreacyjna | kompleks boisk | korty tenisowe | place zabaw

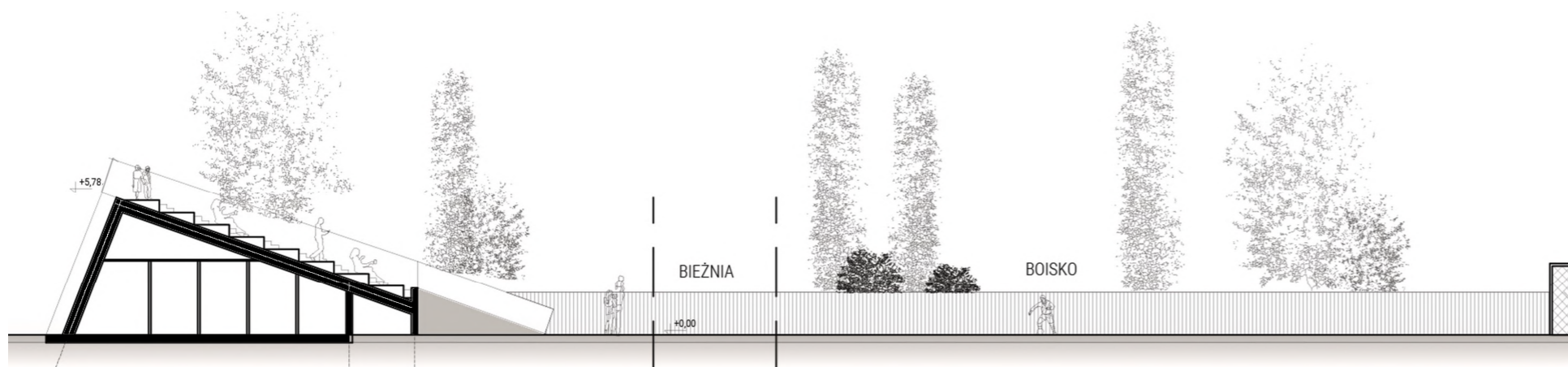
ELEWACJA PAWILONU SPORTU OD STRONY POLANY REKREACYJNEJ,
 SKALA 1:250



RZUT PAWILONU SPORTU, SKALA 1:250



PRZEKRÓJ PRZEZ PAWILON, BIEŻNIĘ I BOISKO, SKALA 1:250



Między bulwarem a boiskiem piłkarskim zaprojektowano **pawilon sportu**, składający się z zaplecza szatniowego i magazynów dla kompleksu boisk, a także toalety publicznej dostępnej osobnym wejściem. Obiekt jest służą między parkiem a ogrodzonym terenem boiska, a jego dach służy jako widownia dla oglądających mecz. Na części elewacji frontowej proponujemy urządzenie rekreacyjnej ścianki wspinaczkowej. Przedłużeniem elewacji jest nietypowe ogrodzenie z nachylonych słupów drewnianych. Kanciasta bryła budynku i jego pochyłe ściany wyłożone ciemnym drewnem wpisują się w nowoczesny charakter parku.

Proponowany układ funkcjonalny:

- bezobsługowa toaleta, np. na monetę, dostosowana do potrzeb osób niepełnosprawnych,
- przedsiónek, toaleta, szatnia, prysznice damskie i męskie,
- 2 magazyny sportowe.

Parametry budynku:

Pow. użytkowa: ok. 130 m²

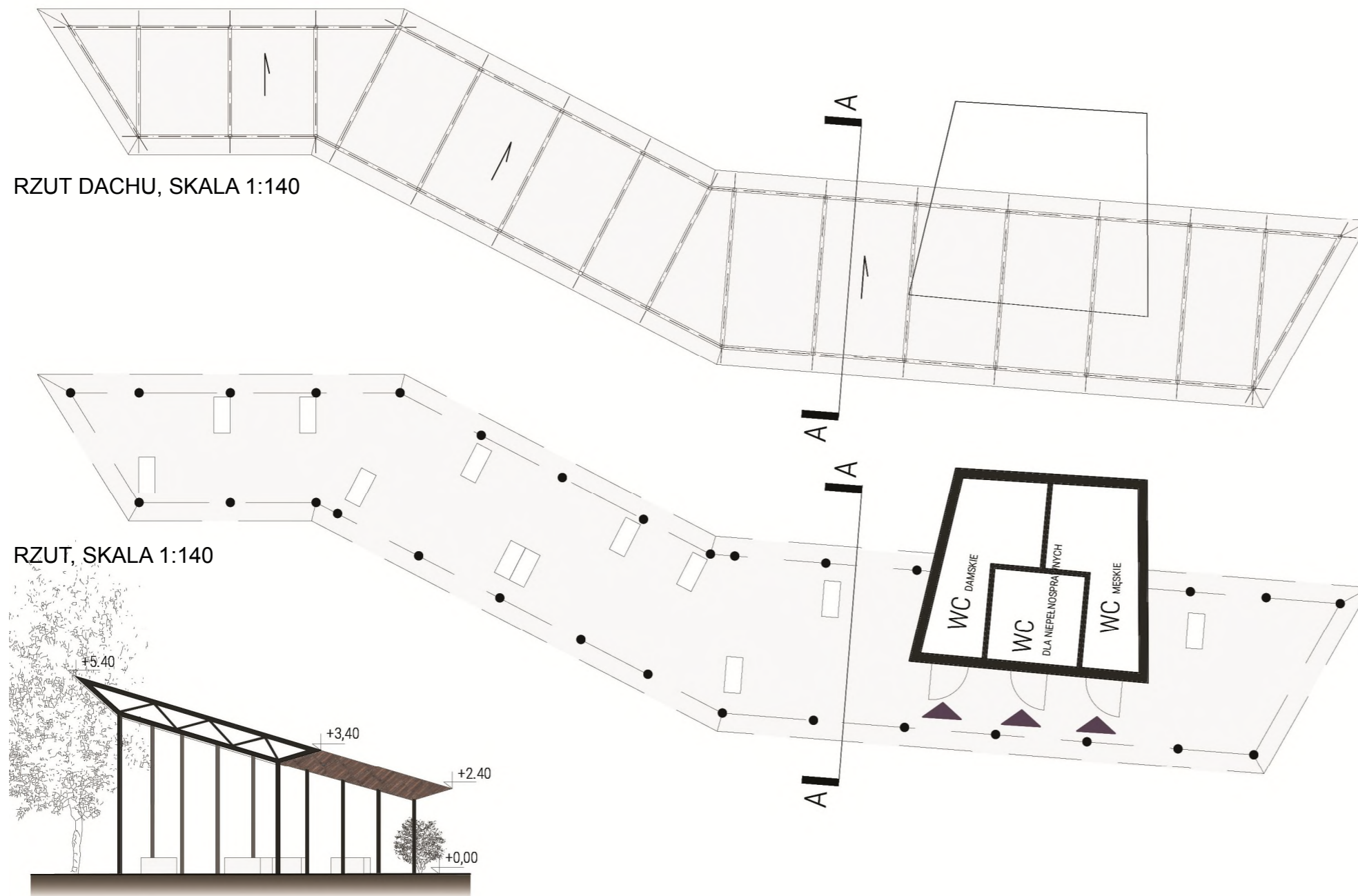
Pow. zabudowy: ok. 190 m²

Wysokość: do 5,78 m (z wyłączeniem balustrad)

Budynek wykonany w lekkiej konstrukcji drewnianej. Fundamenty żelbetowe. Stropodach o konstrukcji drewnianej z tarasem – widownią dostępną po schodkach od strony boiska. Elewacje i taras wykończone naturalnym drewnem. Balustrady tarasu szklane samonośne. Ślusarka aluminiowa. Ściany wewnętrzne i posadzki trwale wykończone, odporne na działanie wody.

Cały budynek ocieplony, część wschodnia ogrzewana. Proponuje się ogrzewanie elektryczne, pozwalające na stosunkowo szybkie ogrzanie pomieszczeń szatni do odpowiedniej temperatury bezpośrednio przed meczem. Budynek zaopatrzone w media: woda, prąd, przyłączy kanalizacji sanitarnej.

Należy zadbać o dostosowanie obiektu do potrzeb osób niepełnosprawnych. Nie przewiduje się użytkowania tarasu przez osoby poruszające się na wózku – zostanie dla nich przewidziane miejsce do oglądania meczu z poziomego terenu.



RZUT DACHU, SKALA 1:140

RZUT, SKALA 1:140

PRZEKRÓJ, SKALA 1:140



ELEVACJA OD STRONY PLACU, SKALA 1:140

Zadaszenie na placu z wkomponowaną **toaletą publiczną**. Oslona od deszczu i słońca stanowiąca zarazem zamknięcie placu od strony północnej.

Proponowany układ funkcjonalny:

- wolna przestrzeń pod zadaszeniem (możliwość ustawienia stoisk, straganów, sezonowej gastronomii), wyposażona w ławki
- bezobsługowe toalety, np. na monetę – toaleta damska, męska i dla osób niepełnosprawnych

Parametry zadaszenia:

Pow. użytkowa (budynek toalet): ok. 22 m²

Łączna pow. zabudowy: ok. 183 m²

Pow. zabudowy budynku toalet: 32 m²

Wysokość: 2,4 – 5,4 m

Fundamenty żelbetowe. Konstrukcja zadaszenia stalowa, dach jednospadowy, wznoszący się w kierunku placu. Podbitka z naturalnego drewna wybarwionego na ciemny kolor. Pokrycie dachowe z blachy płaskiej. Słupy stalowe okrągłe, o możliwie niewielkim przekroju, malowane na kolor czarny. Oświetlenie podkreślające architekturę.

Budynek toalet publicznych murowany. Ściany trójwarstwowe licowane czerwoną cegłą pełną. Elewacje powinny nawiązywać do budynku trafostacji pod względem koloru i sposobu ułożenia cegły. Stropodach o konstrukcji stalowej lub drewnianej, pokrycie dachowe bitumiczne. Ślusarka aluminiowa. Ściany wewnętrzne i posadzki trwale wykończone, odporne na działanie wody.

Budynek ocieplony, nieogrzewany. Zaopatrzony w media: woda, prąd, przyłącze kanalizacji sanitarnej i deszczowej. Należy rozważyć instalację fotowoltaiczną do przygotowania ciepłej wody użytkowej.

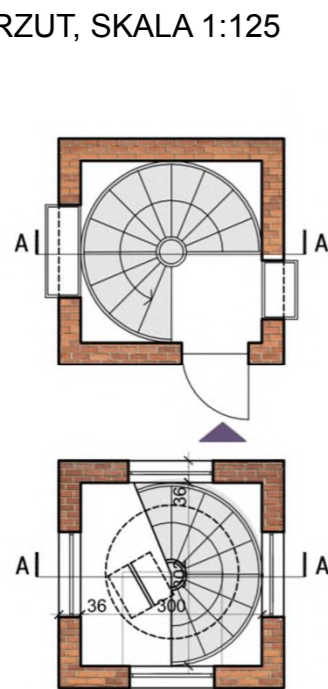
Należy zadbać o dostosowanie obiektu do potrzeb osób niepełnosprawnych.

PRZEKRÓJ, SKALA 1:125

ELEWACJE, SKALA 1:125



RZUT, SKALA 1:125



Dawna trafostacja zostanie zaadaptowana na **obiekt wielofunkcyjny**. Na poziomie +6,7 m urządzony zostanie **taras widokowy**, dostępny dzięki nowym kręconym schodom zamontowanym w wieży. Klatka schodowa stanie się **przestrzenią ekspozycyjną**. Tematem wystawy będzie historia soleckiej Nasycalni opowiedziana za pomocą tekstów, archiwalnych zdjęć i przedmiotów. Część eksponatów będzie widoczna także z zewnątrz dzięki szklanym gablotom wypełniającym otwory okienne. Na nowym dachu budynku ustawiona zostanie ponadto kopuła astronomiczna chroniąca teleskop, dostępna po drabinie. **Mini obserwatorium astronomiczne** będzie mogło być użytkowane przez uczniów soleckich szkół.

Wnętrze wieży może być udostępniane dla odwiedzających np. podczas wybranych letnich weekendów, natomiast obserwatorium – po wcześniejszym umówieniu się.

Budynek należy poddać gruntownemu remontowi (naprawa fundamentów, elewacji, izolacje przeciwwodne, wymiana konstrukcji dachu, budowa schodów i stropu). Elewacje należy przebudować zgodnie z projektem, wybijając lub powiększając część otworów i montując gabloty ekspozycyjne.

Nowy strop i stropodach w konstrukcji stalowej lub innej zaleconej przez konstruktora. Schody stalowe. Dach z pokryciem bitumicznym. Gabloty ze szkła hartowanego. Drzwi zewnętrzne aluminiowe przeszklone, antywłamaniowe, zabezpieczone dodatkowo estetyczną kratą wykonaną wg specjalnego projektu, umożliwiającą zagłębienie do wnętrza budynku. Obróbki blacharskie z blachy ocynkowanej. Elewacja zabezpieczona powłoką antygraffiti do wys. 2,5 m. Podświetlenie elewacji oprawami do iluminacji architektury zamontowanymi w posadzce, oświetlenie dekoracyjne gablot.

Parametry budynku po adaptacji:

Pow. użytkowa: 18,12 m²

Pow. zabudowy: 13,91 m² (bez zmian)

Wysokość: 11,85 m



NAWIERZCHNIE

Projektuje się następujące nawierzchnie:

- główny bulwar i wybrane alejki dojazdowe:

Nawierzchnia jezdna, odpowiednia dla pojazdów do 10 t.
Nawierzchnia gładka – możliwość jazdy na rolkach, deskorolce itp.

Zalecana nawierzchnia:

Beton lub asfalt barwiony w masie, gładki. Obrzeża betonowe. Woda opadowa odprowadzana na przyległe tereny zielone, z ewentualną opaską z kruszywa. Szerokość bulwaru 5 m. Kolorystyka: piaskowożółty.

Dopuszcza się zastosowanie innego rodzaju nawierzchni.



- plac, alejki piesze i pieszo-rowerowe:

Zalecana nawierzchnia:

Nawierzchnia przepuszczalna, glinkowo-mineralna. Obrzeża betonowe. Szerokość alejek 2 m. Kolorystyka: ciepła szarość.

Dopuszcza się zastosowanie innego rodzaju nawierzchni.



- parking:

Nawierzchnia jezdna oraz miejsca postojowe dla autokarów utwardzone, wykonane z **betonu lub asfaltu**. Obrzeża betonowe. Kolorystyka: naturalna (szary, czarny).

Dopuszcza się także wykonanie jezdni z kostki betonowej, kamiennej lub zastosowanie innego rodzaju nawierzchni.

Miejsca postojowe dla samochodów osobowych z **geokraty** poprzerastanej trawą.



- place zabaw, fontanna, boiska:

Nawierzchnie specjalne wg szczegółowych opisów tych stref.

Ponadto zakłada się wykonanie dodatkowych ścieżek, np. na polanie rekreacyjnej, w formie naturalnej (wykoszony pas roślinności, bez budowy nawierzchni).

MAŁA ARCHITEKTURA

Teren należy wyposażyć w:

- **ławki z oparciem i podłokietnikami**, stalowo-drewniane, rozmieszczone przy głównych ciągach pieszych i rowerowych.



Siedziska z dwóch połączonych krawędziaków. Szerokość siedzisk 0,48 m, długość każdego z ramion mierzona od środka – 1,34 m. Szerokość części z oparciem 0,58 m. Wysokość 0,85 m. Część leżanki podniesiona – mocowanie ukryte w korpusie. Wykonanie siedziska, kolorystyka analogicznie do ławki.

Uwaga: Możliwość zastosowania różnorodnych typów siedzisk poprzez wprowadzenie kilku wariantów przedstawionej ławki i siedziska – przy zachowaniu spójnej estetyki.

- **kosze na śmieci** stalowo-drewniane, rozmieszczone przy głównych ciągach pieszych i rowerowych.



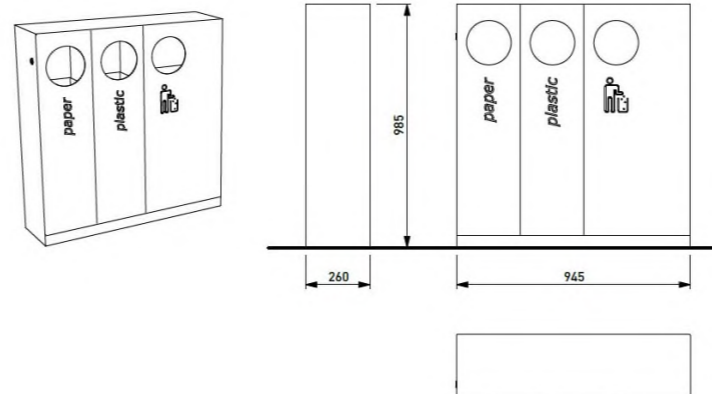
Ławka o wym. 2,78 x 0,58, wys. 0,85 m. Korpus z czterech połączonych krawędziaków o przekroju 24 x 15 cm, nawiązujących do formy podkładu kolejowego. Oparcie z jednej lub dwóch grubych desek. Drewno impregnowane, wybarwione na ciemny kolor. Łączenia, nóżki, podłokietnik z płaskowników stalowych ocynkowanych, malowanych proszkowo na kolor czarny.

- **siedziska wieloboczne z oparciem, podłokietnikiem i leżanką**, rozmieszczone we wskazanych na planie miejscach. Konstrukcja stalowo-drewniana.



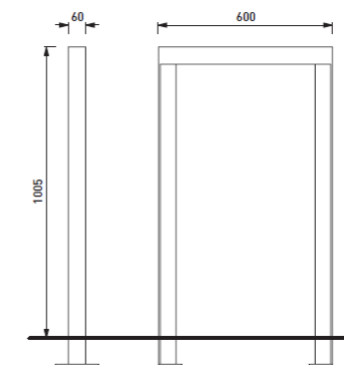
SIEDZISKA Z KRAWĘDZIAKÓW –
W –
PODKŁADÓW
ŁĄCZENIE BELEK POD KĄTEM 120°

STALOWE NÓŻKI Z PŁASKOWNIKÓW



Korpus stalowy, trzy pojemniki (32 l, 32 l, 55 l). Okrągłe otwory wrzutowe. Otwierane drzwiczki do opróżniania kosza. Kosz bez popielnika. Stal ocynkowana, malowana proszkowo na kolor czarny, matowe wykończenie.

- **stojaki rowerowe** typu „U”, stalowe



Stojaki o konstrukcji stalowej, ocynkowane, malowane proszkowo na kolor czarny, matowe wykończenie. Kotwienie do posadzki niewidocznymi śrubami.

- **elementy informacji przestrzennej** – drogowskazy, oznaczenia stref, regulaminy korzystania z urządzeń – wg specjalnego projektu graficznego
- **elementy programu edukacyjnego** – elementy informacyjne, ekspozycja plenerowa na temat historii Nasycalni. Wykonane wg specjalnego projektu graficznego, spójnego z informacją przestrzenną.
- wyposażenie nietypowe – wg szczegółowych opisów stref

OŚWIETLENIE

Oświetlenie całego terenu **latarniami parkowymi wys. 4-5 m**, rozmieszczonymi na ważniejszych ciągach pieszych i rowerowych, przy parkingu, boiskach, co ok. 25 m. Tam, gdzie jest to wskazane, dopuszcza się stosowanie dwóch opraw na jednym słupie lub stosowanie wyższych słupów (np. przy boiskach).

Proste oprawy o industrialnym charakterze. Oświetlenie energooszczędne typu LED, inteligentne – z czujką ruchu. Kontrolowana charakterystyka rozsyłu – jak dla latarni parkowych. Kolorystyka słupów i opraw: czerń.



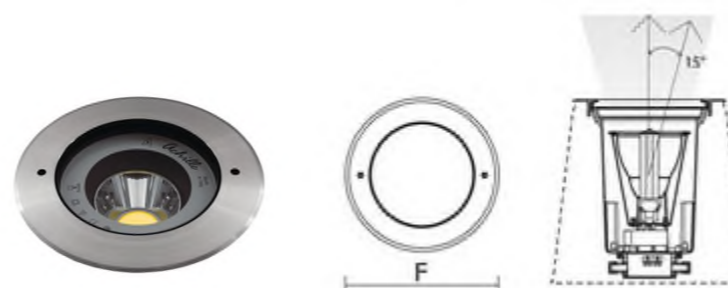
Boisko piłkarskie oświetlone zgodnie z wytycznymi do oświetlania obiektów sportowych. Projekторы LED mocowane na 6 masztach o wys. 12-16 m.



Dysze i niecka fontanny dekoracyjnie podświetlone specjalistycznymi oprawami. Oprawy typu LED. Barwa światła: ciepłe, białe.



Elewacje budynków, „górkę” i wybrane drzewa podświetlone oprawami dekoracyjnymi w posadzce. Oprawy typu LED. Barwa światła: ciepłe, białe.



MONITORING

Na etapie projektowania zaleca się rozważenie instalacji monitoringu wizyjnego na terenie parku, w jego wybranych strefach.



PRZYKŁADOWE LATARNIE DO OŚWIETLENIA TERENU



Geometryczne układy nawierzchni z towarzyszącymi układami zieleni wysokiej. Kompozycja zieleni uparta na gradacji nasadzeń – koncentryczna intensyfikacja projektowanej zieleni. W centrum terenu zlokalizowany trawnik rekreacyjny ramowany układem zieleni – kompozycją drzew i krzewów ozdobnych. Część centralna (intensywnie zagospodarowana) ramowana rozległymi terenami łąk kwietnych. Tereny zewnętrzne w ramach obszaru opracowania w formie istniejących zespołów roślinnych z domieszką gatunków łąkowych – koszone raz w roku.



TRAWNIK REKREACYJNY



ROŚLINNOŚĆ OKRYWOWA (GŁÓWNIE POD KORONAMI DRZEW ZLOKALIZOWANYCH W GRUPACH)

Wysunięcia stref użytkowych za pomocą grup drzew – mające jednocześnie na celu wzbogacenie struktury krajobrazowej (m.in. poprzez wprowadzenie otwarć widokowych etc.). W części centralnej przewidziano liczne grupy krzewów ozdobnych, roślin okrywowych pod grupami drzew oraz dodatkowo trawy ozdobne (nasadzenia o charakterze liniowym, towarzyszące ciągom komunikacyjnym). Wysokie krzewy wprowadzone w celu wysunięcia poszczególnych stref. Pozostałą zielenią w strefie zewnętrznej obszaru opracowania stanowią tereny o charakterze łąkowym/ ziółorośla - o składzie gatunkowym opartym na gatunkach istniejących z dodatkowo wprowadzonymi gatunkami roślin zielnych – koszone jeden raz w roku.



PROJEKTOWANE GRUPY DRZEW LIŚCIASTYCH I IGLASTYCH



DUŻA POWIERZCHNIA PRZEZNACZONA POD ŁĄKI KWIETNE / ZBIOROWISKA NATURALNE (ISTNIEJĄCE) UZUPEŁNIONE GATUNKAMI ŁAKOWYMI

Dobór gatunkowy oparty na gatunkach cechujących się równomiernym wzrostem, wysokimi walorami krajobrazowymi oraz przeważnie niewielkimi wymaganiami (dot. zarówno siedliska jak i pielęgnacji)



GRUPY WYSOKICH KRZEWÓW O FUNKCJI OSŁONOWEJ



GRUPY NISKICH KRZEWÓW OZDOBNYCH (1-1,5 M WYS.) – NIE STANOWIĄCE BARIERY WIDOKOWEJ



TRAWY OZDOBNE TOWARZYSZĄCE CIĄGOWI KOMUNIKACYJNEMU



SOSNA POSPOLITA



SOSNA CZARNA



WIERZBA KRUCHA „BULLATA”



BRZOZA BRODAWKOWATA, BRZOZA POŻYTECZNA



KLON POSPOLITY



KLON POLNY



GRUSZA DROBNOOWOCOWA



PLATAN KLONOLISTNY



JARZĄB SZWEDZKI

KONCEPCJA I – NASYCALNIA SPORTU
KRZEWY, ROŚLINY OKRYWOWE – WYBRANE GATUNKI



LESZCZYNA POSPOLITA



TARNINA



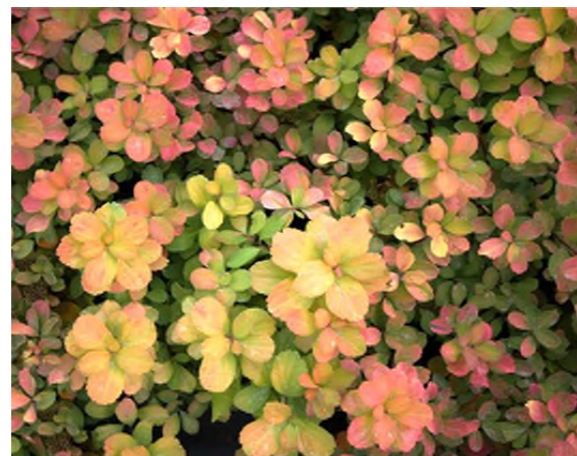
WIERZBA PURPUROWA



LILAK POSPOLITY



TAWUŁA BRZOZLISTNA



TAWUŁA BILLARDA



TAWULEC POGIĘTY



ŚNIEGULICZKA CHENAULTA
„HANCOCK”



PIĘCIORNIK KRZEWIASTY



DEREŃ ROZŁOGOWY „KELSEY”

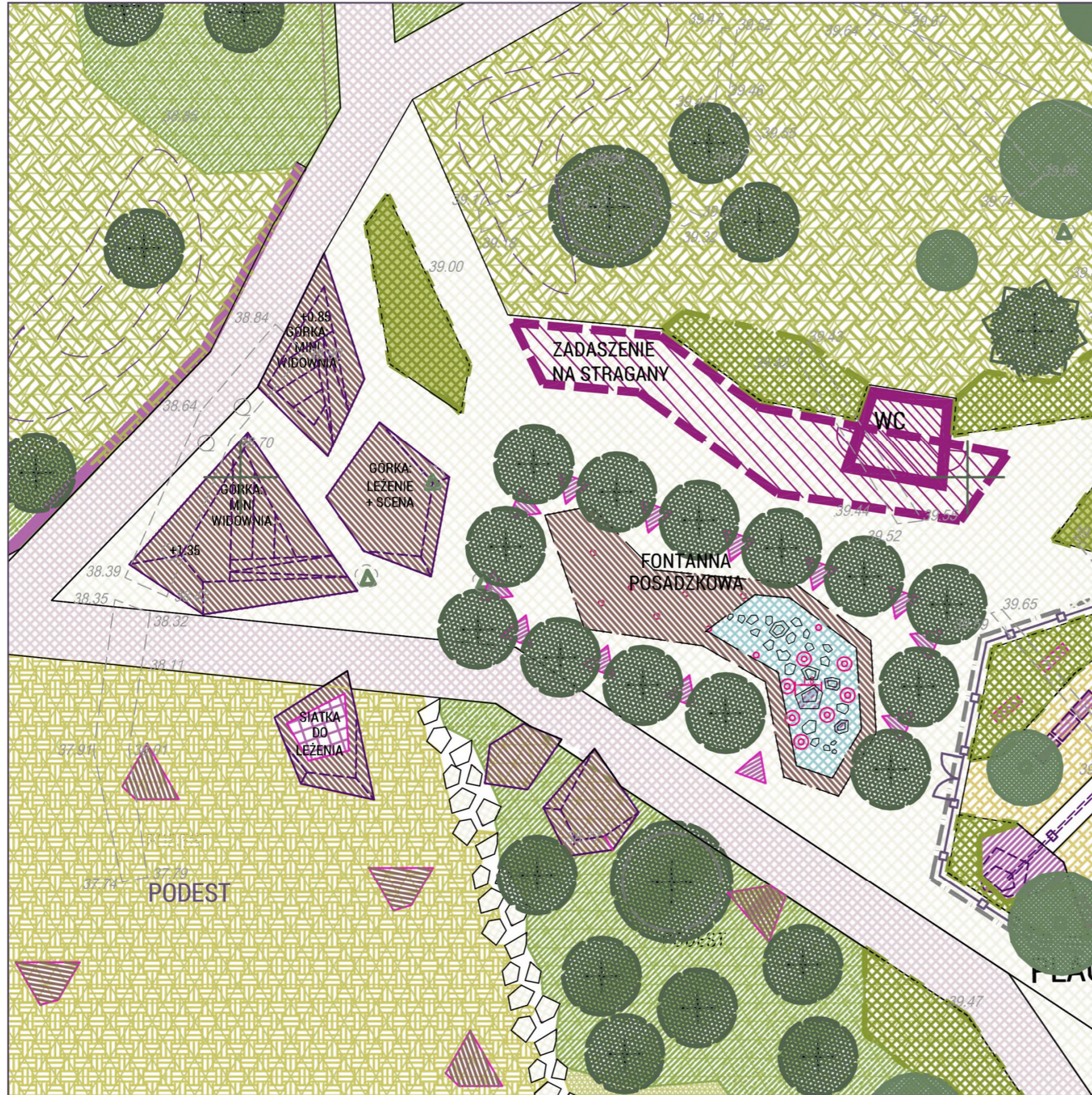


JANOWIEC SP.



ŁĄKA KWIETNA – MIESZANKA (M.IN. ZŁOCIEŃ, JASKIER,
KOMONICA, CHABER)





←
PZT PLACU
1:250

Plac stanowiący wejście na polanę rekreacyjną, a zarazem centralny punkt parku. Obszar o powierzchni ok. 1500 m². Granice placu tworzą: od północy – zadaszenie, od zachodu – drewniane „górkę” (miejsce do siedzenia, widownia), od południa – skraj polany rekreacyjnej, a od południowego wschodu – plac zabaw dla najmłodszych.

Główną atrakcją stanowi **fontanna** z dyszami wodnymi i mgłowymi. W centrum placu fontanna ma formę posadzkową, w części południowo-zachodniej utworzono płytkie zagłębienie, w którym zatrzymuje się woda. Ponad taflę wody wystają kamienie o nieregularnych formach, między którymi znajdują się dysze mgłowe. Posadzka fontanny z ciemnoszarego kamienia (np. bazalt, łupek). Kamień naturalny, nieoszlifowany, co zapewni ciekawy efekt wizualny i zmniejszy ryzyko poślizgnięcia się. Pomieszczenie techniczne fontanny znajdzie się pod posadzką placu, dostępne za pomocą wjazdu.

Fontanna otoczona jest drzewami, zapewniającymi niezbędny cień. Dzięki widowni w formie drewnianych „górek” plac może być atrakcyjnym miejscem organizacji kameralnych imprez. Pod zadaszeniem przewidziano miejsce dla stoisk czy straganów z sezonową gastronomią. Znajdzie się tam też toaleta publiczna. Elementy placu takie jak widownia i zadaszenie opisano szczegółowo w części dotyczącej architektury.

Plac wyposażony w małą architekturę, oświetlony. Do placu należy doprowadzić przyłącza wody, kanalizacji sanitarnej i deszczowej. Przy scenie wykonać gniazdo elektryczne typu floorbox.

Dekoracyjne podświetlenie fontanny. Iluminacja w posadzce podświetlająca drzewa i „górkę”. Oświetlenie zadaszenia. Nawierzchnia glinkowo-mineralna, taka jak na otaczających plac alejkach.

Aktywności sezonowe:

- zabawa w fontannie | ochłoda | odpoczynek | piknik | sezonowa gastronomia | opalanie się | koncert, spektakl, jarmark | toaleta publiczna

Aktywności całoroczne:

- spacery | odpoczynek

Towarzyszące urządzenia:

- polana rekreacyjna | place zabaw | poidelko



Duża piknikowa polana, częściowo chroniona od porywistych wiatrów dzięki zadrzewieniom. Trawnik użytkowy przeplatany geometrycznymi polami z wysokich traw, ziół, itp. Ścieżka z płyt betonowych imitujących porzucane kamienie prowadzi na przełaj polany, od placu z fontanną do pawilonu sportowego. W północnej części polany wykonany zostanie specjalny fragment nawierzchni w miejscu dawnego komina Nasycalni – np. ekspozycja pod szkłem w posadzce.

Polana wyposażona w wiaty piknikowe i elementy małej architektury. W obrębie polany znajdują się dwa trawiaste boiska do badmintona.

Możliwość organizacji plenerowych imprez miejskich, a nawet dużych wydarzeń ponadlokalnych. Na fragmencie polany należy wykonać wzmocnioną podbudowę mineralną murawy, umożliwiającą dojazd i manewrowanie ciężkimi pojazdami.

Wyposażenie polany w małą architekturę (poza wyposażeniem standardowym):

- nietypowe siedziska, podesty – ok. 20 szt.
- paleniska – 3 szt.
- grille plenerowe – 3 szt.

Wyposażenie w media:

- poidło z wodą pitną (na bulwarze wokół polany)
- terenowe przyłącze wody
- terenowe przyłącze prądu

W przypadku organizacji festiwalu i organizacji tymczasowego pola namiotowego należy przewidzieć:

- mobilne sanitariaty, prysznice, zlewy gospodarcze
- demontowalne ogrodzenie pola namiotowego
- nadzór 24h, np. zapewniany przez organizatora imprezy

Aktywności sezonowe:

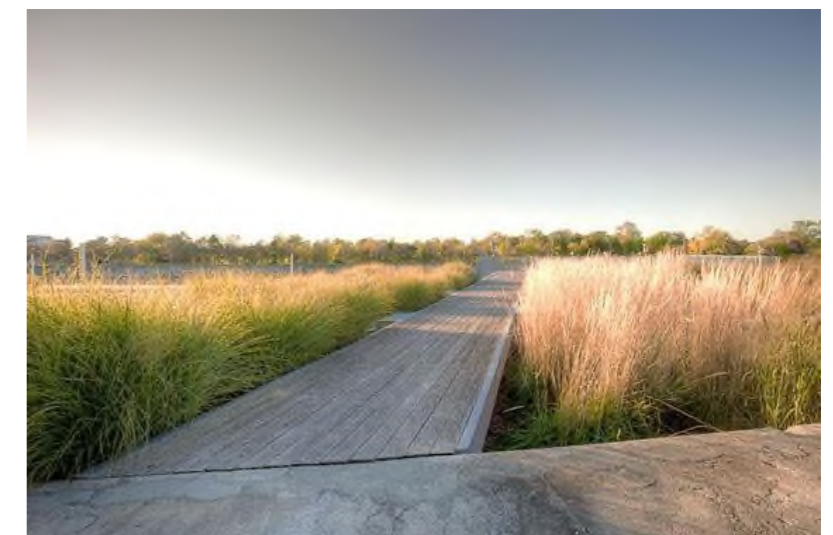
pikniki, biesiady | grillowanie, ogniska | opalanie się | sporty towarzyskie | frisbee, kometka | duże imprezy ponadlokalne (do kilku tys. osób jednocześnie)

Aktywności całoroczne:

spacery | bieganie

Towarzyszące urządzenia:

plac | toaleta publiczna | sezonowa gastronomia (foodtrucki) | plac zabaw



POLANA REKREACYJNA – INSPIRACJE



Różnorodny teren zabaw dziecięcych złożony z trzech stref:

- **placu dla najmłodszych** o pow. ok. 430 m²,
- **placu sprawnościowego** dla starszych dzieci o pow. ok. 1910 m²,
- **krajobrazowego placu przygodowego** dla starszych dzieci o pow. ok. 3260 m².

Powierzchnie placów podano wraz z otaczającym terenem zielonym.

Plac dla najmłodszych ogrodzony niskim płotem, pozostałe place otwarte. Integralną częścią placów dla starszych dzieci jest „ciuchcia” – ścieżka imitująca tory kolejowe, w którą wkomponowano urządzenia do zabawy. Motyw ciuchci powraca też na placu dla najmłodszych w postaci drewnianych zabawek. We wszystkich strefach stosowane będą naturalne nawierzchnie amortyzujące: piasek, żwir, nawierzchnia trawiasta.

Plac zabaw dla najmłodszych z elementem do zabaw wodnych: kaskadą z płyt betonowych, pompą i rynną zakończoną płytkim zbiornikiem. Rynna i jej otoczenie wyłożone drobnym kamykami spajanymi cementem, wyposażona w zabawki: kołowrotek i tamę. Pozostałe wyposażenie placu stanowią:

- duża piaskownica obudowana drewnianym siedziskiem – podestem,
- drewniana górnica do wspinania ze zjeżdżalnią,
- „ciuchcia” – drewniane figury wagoników i lokomotywy.

Nawierzchnia wokół urządzeń z drobnego żwiru.

Plac sprawnościowy, położony na południe od placu dla dzieci, jest miejscem lubianych przez dzieci aktywności, takich jak wspinanie czy skakanie. Wyposażenie placu stanowią:

- 3 trampoliny posadzkowe,
- podwójny pajak linowy o wys. 7 m,
- fragment trasy „ciuchci” z huśtawką „bocianie gniazdo” i dwoma hamakami.

Nawierzchnia bezpieczna z drobnego żwiru.

Krajobrazowy plac przygodowy, zajmujący teren na północ od pozostałych placów. Naturalistyczne zagospodarowanie placu, zróżnicowana rzeźba terenu z pagórkami i ograniczona ilość typowych zabawek sprawiają, że plac może stać się polem przygodowych zabaw fabularnych, niezbędnych do rozwijania wyobraźni, samodzielności i umiejętności współpracy. Wyposażenie placu stanowią:

- duża karuzela-dysk,
- „sztuczna skała” ze ścianką wspinaczkową, linami i tunelami,
- stopnie, siedziska i podesty z krawędziaków drewnianych – podkładów kolejowych,
- wyciąg linowy – tyrolka o dł. 34 m
- zjeżdżalnia stalowa z jednego z pagórków
- fragment trasy „ciuchci” z huśtawką „bocianie gniazdo”, 2 huśtawkami, 2 platformami wiozącymi podkłady kolejowe i lokomotywę.

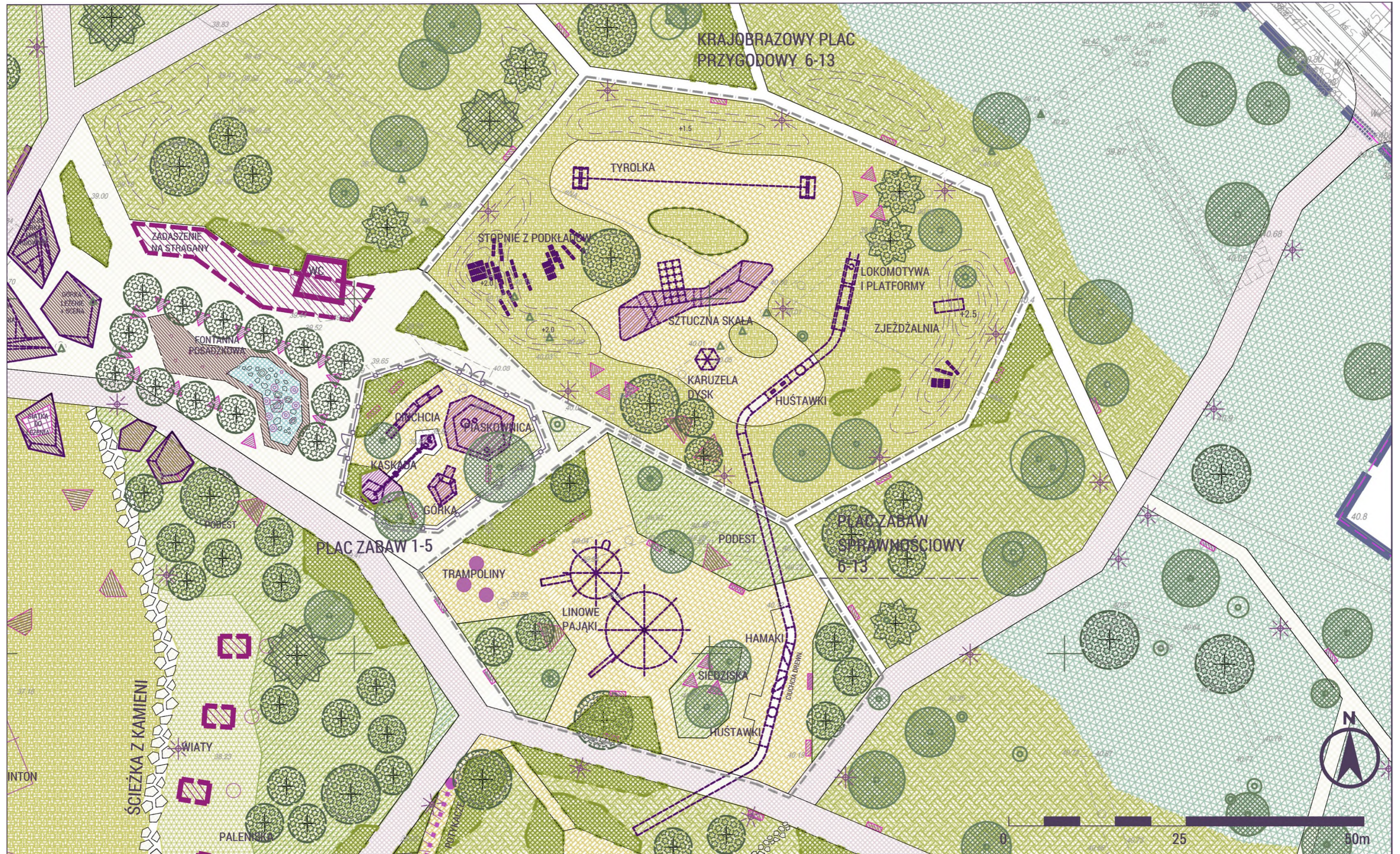
Nawierzchnia bezpieczna piaskowa.

Aktywności całoroczne:

zabawy ruchowe | zabawy fabularne, przygodowe | gry edukacyjne | ochłoda w lecie

Towarzyszące urządzenia:

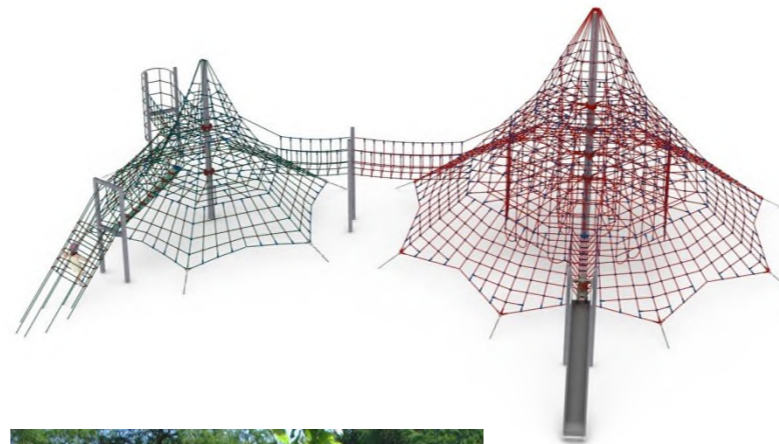
toaleta publiczna | poidelko | plac z fontanną | pumprack | polana rekreacyjna



PLAC DLA NAJMŁODSZYCH – INSPIRACJE



PLAC SPRAWNOŚCIOWY – INSPIRACJE



KRAJOBRAZOWY PLAC PRZYGODOWY – INSPIRACJE



W ramach funkcji sportowych należy przewidzieć:

1. 1 boisko piłkarskie z nawierzchnią ze sztucznej trawy 100 x 50 m, wraz z bieżnią okrężną, ogrodzone
2. 1 boisko wielofunkcyjne (koszykówka, piłka typu futsal)
3. 1 boisko do siatkówki
4. 1 kort tenisowy, ogrodzony, z możliwością lekkiego zadaszenia
5. 2 boiska do badmintona
6. 2 stoły do tenisa stołowego

1. Boisko piłkarskie całoroczne. Treningowe boisko piłkarskie pełnowymiarowe. Nawierzchnia ze sztucznej trawy. Piłkochwyty zintegrowane z ogrodzeniem.

Sztuczna nawierzchnia pozwala na intensywne użytkowanie boiska oraz umożliwia grę w różnych warunkach atmosferycznych.

Orientacyjny koszt usług utrzymania murawy wynosi 5-10 tys. / rok. Prawidłowo ułożona nawierzchnia ze sztucznej trawy może być wykorzystywana przez ok. 15 lat – po tym okresie trzeba ją wymienić.

Wokół boiska zaprojektowano **bieżnię lekkoatletyczną okrężną i tor do skoku w dal**. Nawierzchnia sportowa syntetyczna w kolorze pomarańczowym.

Boisko i bieżnia oświetlone. Ogrodzenie panelowe z siatki o wys. 2 m, w części przy pawilonie ogrodzenie ze słupów drewnianych.

Zaplecze dla boiska i bieżni będzie znajdowało się w pawilonie sportu.



2. Boisko wielofunkcyjne do koszykówki i minifutbolu, umożliwiające jednoczesną grę drużynową w jednej z dyscyplin wraz z ćwiczeniami drugiej (rzuty, strzelanie). Wymiary: 32 x 32 m.

Boisko w otwartej strefie sportowej, wyposażonej w małą architekturę. Nawierzchnia sportowa syntetyczna w kolorze turkusowym. Pełne wyposażenie typu kosze, bramki, piłkochwyty. Oświetlenie.

3. Boisko do siatkówki o wymiarach 16 x 26 m.

Boisko w otwartej strefie sportowej, wyposażonej w małą architekturę. Nawierzchnia sportowa syntetyczna z wzorami graficznymi wielokolorowymi w kolorystyce żółto-pomarańczowo-turkusowo-szarej. Pełne wyposażenie typu siatka, piłkochwyty. Oświetlenie.



INSPIRACJA KOLORYSTYCZNA DO OPRACOWANIA NAWIERZCHNI SPORTOWYCH (BIEŻNIA, BOISKA)

4. Kort tenisowy o wysokim standardzie z nawierzchnią z maczki ceglanej, ogrodzony. Wyposażenie sportowe, niewielki schowek na sprzęt o konstrukcji drewnianej. Oświetlenie. Ogrodzenie panelowe z siatki o wys. 2 m.

Istnieje możliwość wykonania lekkiego zadaszenia nad kortem, co pozwoli na grę od wczesnej wiosny do późnej jesieni, także przy niesprzyjających warunkach pogodowych. Proponowane zadaszenie o konstrukcji stalowej lub drewnianej, membranowe. Kort może być wykonany w partnerstwie publiczno-prywatnym / wykonane i zarządzane przez firmę zewnętrzną – udostępniany za opłatą.



5. Boiska do badmintona o wymiarach 13 x 6 m, zlokalizowane na polanie rekreacyjnej. Nawierzchnia naturalna, trawiasta. Boisko wyposażone w siatkę i znaczniki boiskowe uzupełniane sezonowo taśmami. Nieoświetlone.

6. Stoły do tenisa stołowego do zamontowania w strefie sportowej, między boiskiem do siatkówki a wielofunkcyjnym. Trwała konstrukcja betonowa, siatka stalowa. Fundamentowane.

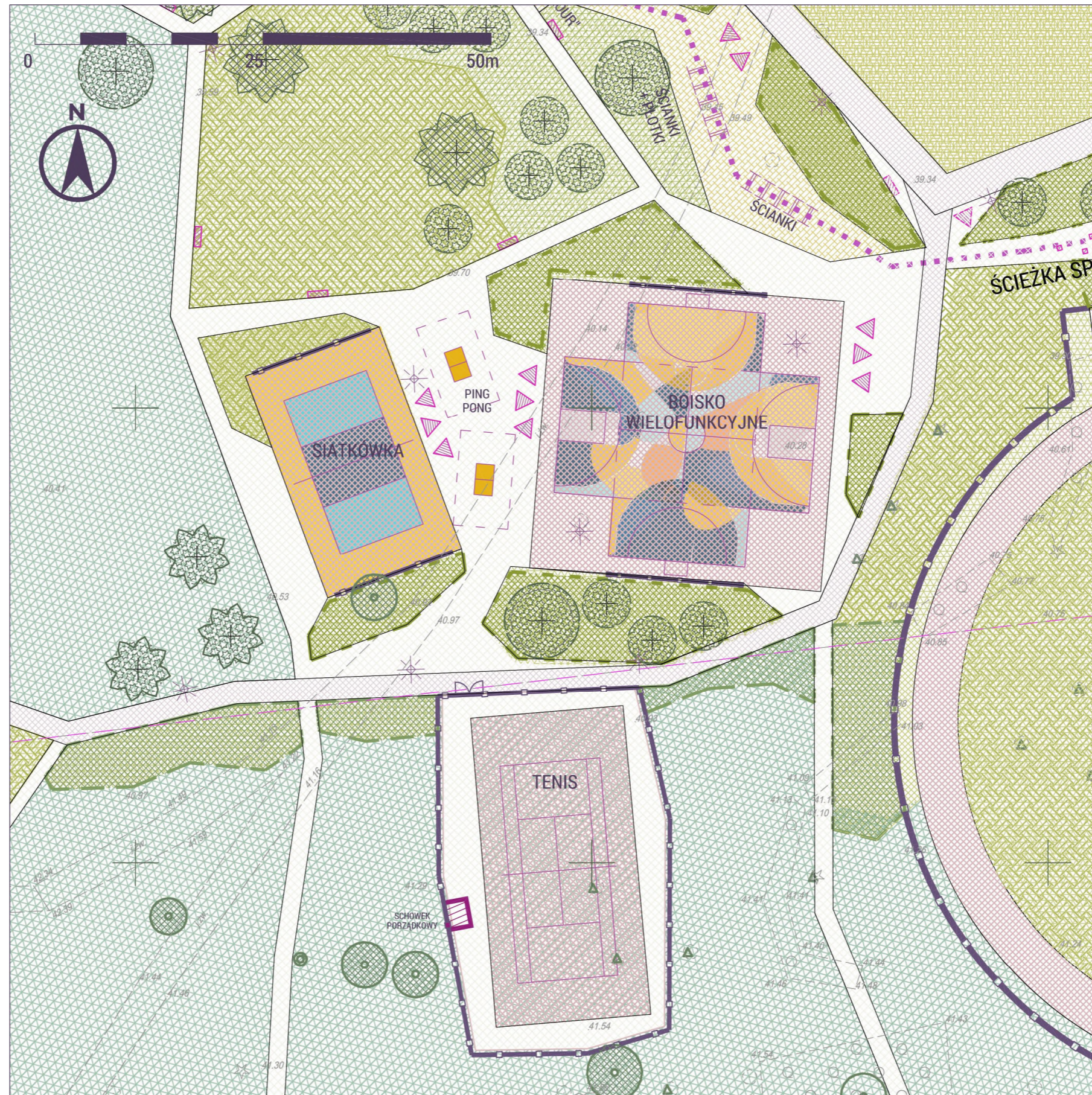


Aktywności całoroczne:

piłka nożna | lekkoatletyka | bieganie | koszykówka | minifutbol | siatkówka | gra w tenisa | badminton | ping-pong | siedzenie w towarzystwie

Towarzyszące urządzenia:

toaleta publiczna | poidelko | pawilon sportu | pumtrack | street workout | ścieżka sprawnościowa



←
**PLAN OGÓLNODOSTĘPNEJ
STREFY SPORTOWEJ**
Z BOISKIEM DO SIATKÓWKI I
BOISKIEM WIELOFUNKCYJNYM;
PONIŻEJ KORTY TENISOWE
1:500

Ścieżka sprawnościowa

Ścieżka sprawnościowa poprowadzona wokół fragmentu polany rekreacyjnej – od jej wschodniego krańca, następnie obok pawilonu sportu, do skrzyżowania z alejką biegnącą od ul. Parkowej. Ścieżka służy ćwiczeniom sprawnościowym, poprzedzonych prawidłową rozgrzewką. Jej program zakłada stopniowe zwiększanie stopnia trudności ćwiczeń. Program ścieżki inspirowany ćwiczeniami typu crossfit i profesjonalnymi treningami sprawnościowymi.

Elementami ścieżki są kolejno:

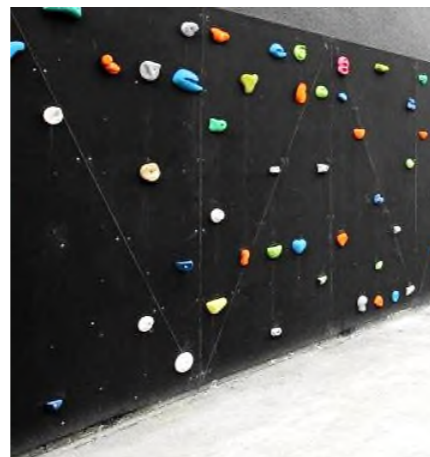
1. potykacze – ćwiczenie biegu
2. płotki niskie do przeskakiwania
3. płotki średnie do przeskakiwania
4. kozły do pokonania z pomocą liny
5. kłody do przeskakiwania
6. ścianka wspinaczkowa na elewacji pawilonu sportu
7. słupki crossfit do wskakiwania
8. ścianki pionowe do pokonywania, o zróżnicowanej wysokości
9. ścianki i płotki do pokonywania górą i dołem, o zróżnicowanej wysokości
10. parkour – skakanie po podestach
11. kanion – górka drewniana

Nietypowe urządzenia wykonane z drewna, by zachować naturalną estetykę, do 5 m wysokości, uzupełnione o elementy stalowe, liny syntetyczne, itp.

Ścianka wspinaczkowa ogólnodostępna, przeznaczona do wspinania bez asekuracji. Zabezpieczenia przed nieprawidłowym korzystaniem.

Początkowy odcinek ścieżki o nawierzchni glinkowo-mineralnej (takiej jak na pozostałych alejkach), fragment na północ od kompleksu boisk o nawierzchni amortyzującej żwirowej. Pod ścianką wspinaczkową fragment nawierzchni żwirowej.

Uzupełnieniem urządzeń będą tablice informacyjne spójne z pozostałymi elementami informacji przestrzennej parku. W ramach elementów informacyjnych należy zaprojektować „tablicę rekordów” z możliwością dopisywania nowych danych.



ŚCIEŻKA SPRAWNOŚCIOWA – INSPIRACJE
OD GÓRY PRZYKŁADOWE: POTYKACZE, KOZŁY,
ŚCIANKA WSPINACZKOWA, ŚCIANKI, PARKOUR,
KANION

Siłownia zewnętrzna

Siłownia zlokalizowana między polaną rekreacyjną a wybiegiem dla psów. Złożona z 16 urządzeń z 20 stanowiskami do ćwiczeń. Urządzenia stalowe lub stalowo-drewniane, malowane na skomponowane z otoczeniem kolory, proste i eleganckie. Siłownia z nawierzchnią żwirową, oświetlona, nieogrodzona.

Tablice informacyjne wg specjalnego projektu, spójne z informacją przestrzenną parku.

Wyposażenie:

- urządzenia siłowni zewnętrznej – 16 szt.
- elementy informacji przestrzennej – tablice informacyjne dla ćwiczących

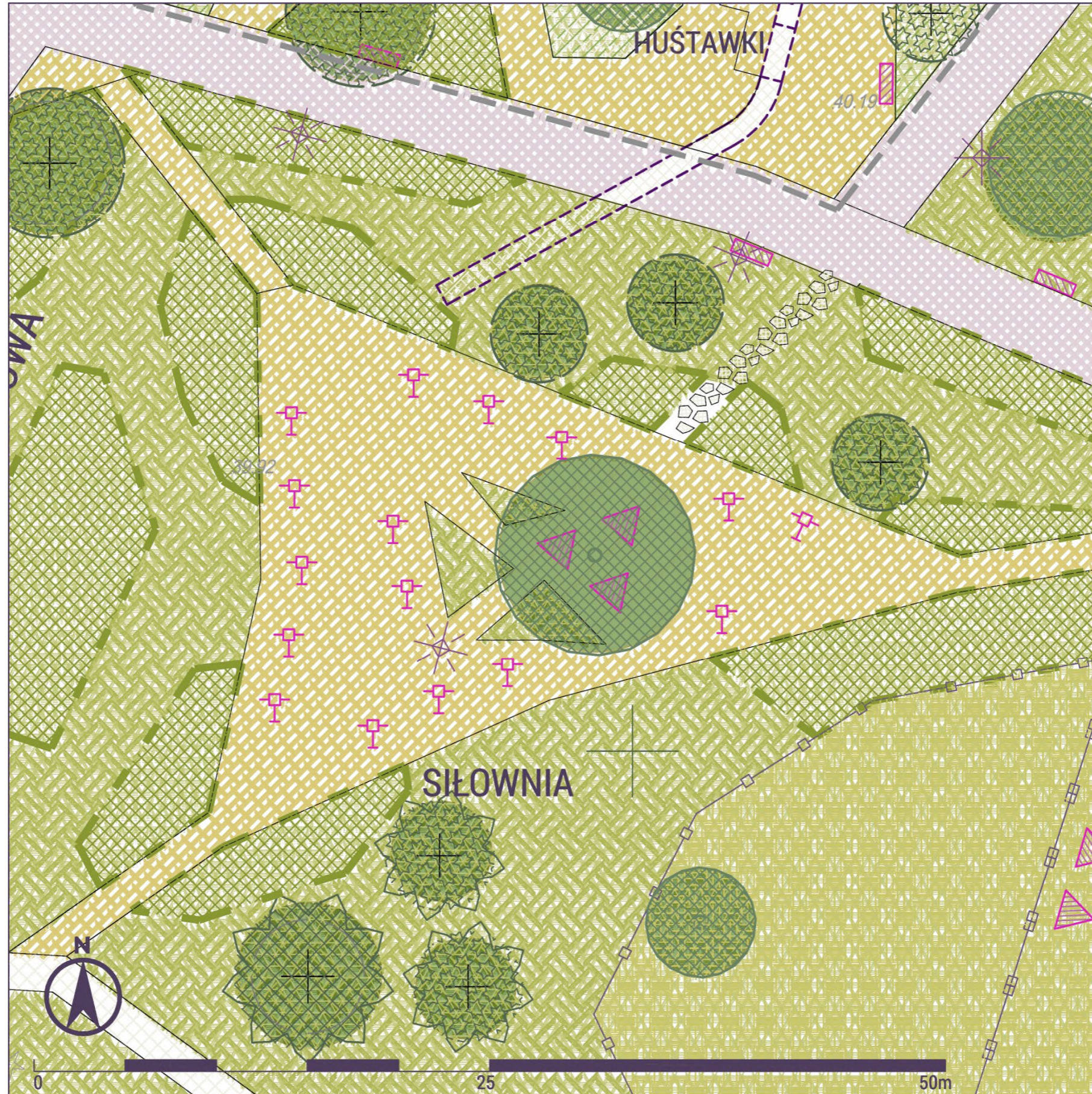


Aktywności całoroczne:

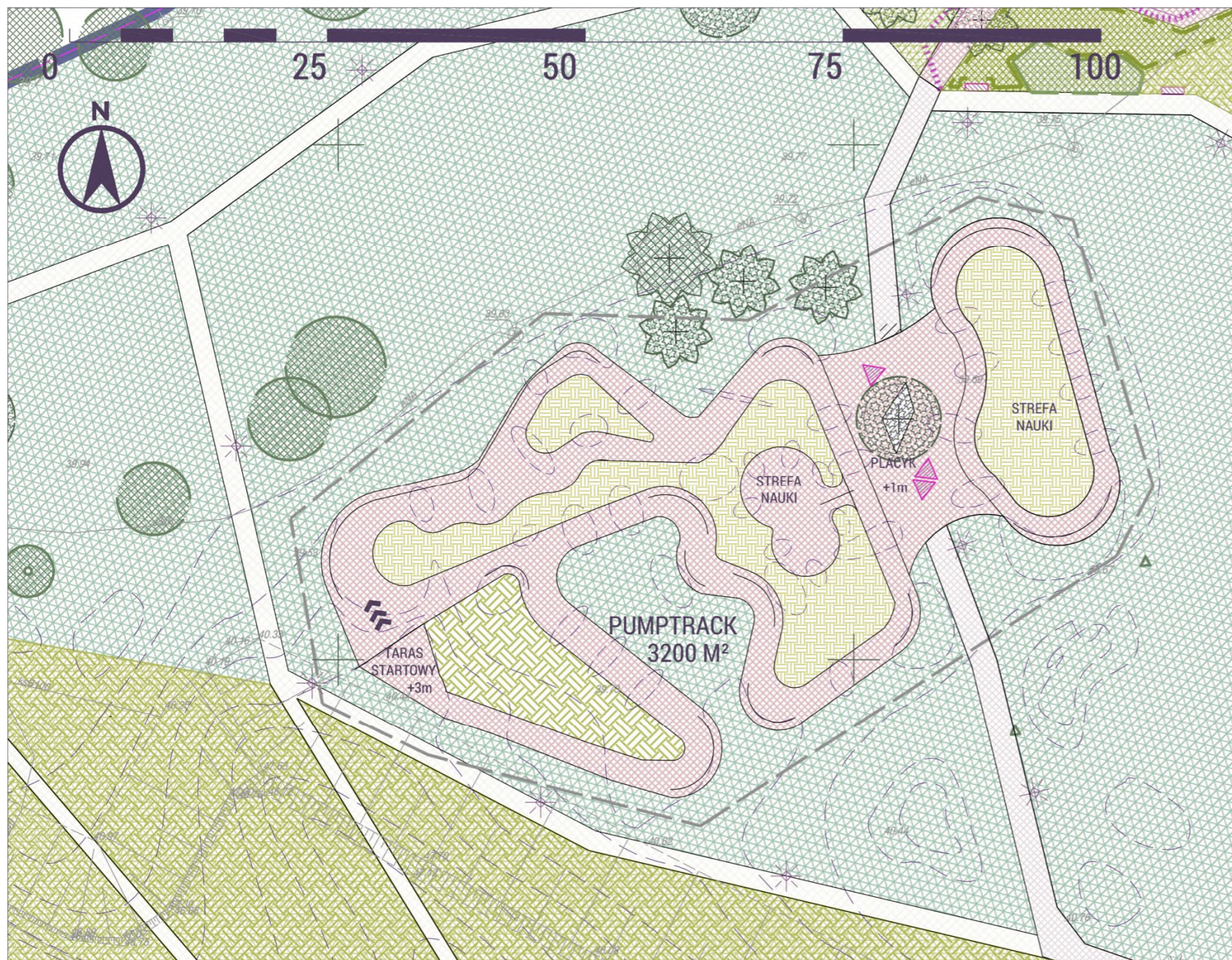
rogrzewka przed ćwiczeniami | podstawowy trening siłowy | ćwiczenia sprawnościowe | crossfit | wspinaczka |

Towarzyszące urządzenia:

toaleta publiczna | polana rekreacyjna | kompleks boisk | pumprack | poidelko



←
PZT SIŁOWNI ZEWNĘTRZNEJ
1:250



Duży pumptrack w formie nasypów ziemnych z warstwą jezdnią utwardzoną (z betonu / asfaltu lub inną).

Pumptrack wykorzystujący różnice poziomów przy przekształcanie przysięgi bioremediacyjnej. Proponowane jest urządzenie minimum dwóch pętli – dużej dla średniozaawansowanych użytkowników i mniejszej, bezkolizyjnej do nauki, połączonych placykiem służącym odpoczynkowi i obserwacji. Proponowane jest także urządzenie wyniesionego tarasu startowego z oznaczeniem startu i mety.

Zaleca się wykonanie nawierzchni jak na głównym bulwarze, z betonu lub asfaltu barwionego w masie, gładkiego, w kolorze piaskowożółtym, z oznaczeniami i grafiką malowaną kolorowymi powłokami. Trwała asfaltowa nawierzchnia umożliwi korzystanie z pumptracku zarówno na rowerach, jak i rolkach, deskorolkach i hulajnogach, bez względu na warunki atmosferyczne (także po deszczu). Malowane oznaczenia minimalizujące ryzyko kolizji, oraz dekoracyjne elementy graficzne. Pola wewnątrz toru – trawnik użytkowy. Doprowadzona ścieżka asfaltowa dla rolkarzy itd.

Dopuszcza się zastosowanie innego rodzaju nawierzchni np. mineralnej (głina z kruszywami), lub kompozytowej (prefabrykowana konstrukcja szkieletowa modułowa).

Pumptrack asfaltowy, betonowy lub mineralny nie wymaga ogrodzenia. Oświetlenie placyku z miejscami do siedzenia.

Wyposażenie uzupełniające pumptracku:

- stacja naprawy rowerów

Aktywności sezonowe:

jazda i akrobacje na rowerze | jazda i akrobacje na rowerze, rolkach, hulajnodze, deskorolce

←
PLAN

PUMPTRACKU Towarzyszące urządzenia:

1:500

skatepark | alejki do jazdy na rowerze, rolkach | ścieżka sprawnościowa | kompleks boisk | poidelko | toaleta publiczna



KONCEPCJA I – NASYCALNIA SPORTU SKATEPARK



Wkomponowany w krajobraz **skatepark** o nieregularnym planie zapewniającym płynną jazdę z możliwością ewolucji (tzw. flowpark). Przystosowany do jazdy na deskorolce, rolkach, hulajnogach. Usytuowany w bezpośrednim sąsiedztwie strefy nauki pumtracku, co pozwoli na dogodne korzystanie z obu tych przestrzeni.

Ukształtowanie terenu skateparku z niewielkimi wzniesieniami od strony północnej i południowej, tworzącymi jednocześnie konstrukcję ziemną ramp ograniczających plac. Płdstawowe elementy: **bowl, bump, half pipe, walk box, grind, rail** – zgodnie z rysunkiem planu. Geometria nawierzchni i przeszkód będzie przeanalizowana pod kątem i uszczegółowiona na etapie projektu budowlanego.

Skatepark o nawierzchni utwardzonej z betonu / asfaltu. Zaleca się wykonanie nawierzchni jak na głównym bulwarze, z betonu lub asfaltu barwionego w masie, gładkiego, w kolorze piaskowożółtym.

Skatepark nieogrodzony, zieleń ukształtowana w sposób zapewniający łączność widokową z otoczeniem (bezpieczeństwo przez nadzór nieformalny). Elementy dekoracyjnego podświetlenia wkomponowane w posadzkę. Wyposażenie w standardową małą architekturę.

Aktywności sezonowe:

jazda i akrobacje na rowerze, rolkach, hulajnodze, deskorolce | siedzenie w towarzystwie

Towarzyszące urządzenia:

pumtrack | alejki do jazdy na rowerze, rolkach | ścieżka sprawnościowa | kompleks boisk | poidelko | toaleta publiczna

←
**PLAN
SKATEPARKU**
1:500





Proponujemy budowę wybiegu umożliwiające uprawianie psich sportów takich jak **agility, dogfrisbee, flyball**. Oprócz placu do psich sportów zaproponowano **klasyczny wybieg dla psów do spacerowania**. Wybiegi są położone obok siebie i oddzielone ogrodzeniem z siatki. W przypadku konfliktu między psami jeden z nich może zostać wyprowadzony na sąsiedni plac, zamiast iść do domu jak dzieje się na pojedynczych wybiegach. Wyizolowanie wybiegu od sąsiadujących funkcji ułatwia zabawę początkującym psom i właścicielom, dla których problemem jest skupienie uwagi na wykonaniu zadania.

Wybieg o pow. ok. 3000 m², ogrodzony.

Wyposażenie:

- płaskie pole gry o wymiarach min . 20 x 50 m bez drzew i przeszkód terenowych, z sektorami wyznaczonymi malowanymi na trawie liniami oraz kolorowymi znacznikami boiskowymi umożliwiającymi łatwe odtworzenie linii po skoszeniu trawy.
- przeszkody stałe utwierdzone w gruncie – estetyczny standard podstawowy: drewno impregnowane próżniowo, malowane, malowane elementy betonowe, itp.
- przeszkody ruchome udostępnione użytkownikom na placu wykonane w technologii o niskich kosztach (rurki PCV łączone na rzepy). Zakłada się, że przeszkody ruchome będą uzupełniane co kilka miesięcy w ramach prac konserwacyjnych.
- 2 maszyny do wyrzutu piłki (flyball)
- ogrodzenie panelowe z siatki o wysokości 1,5 m ze słuzami na wejściach
- altana

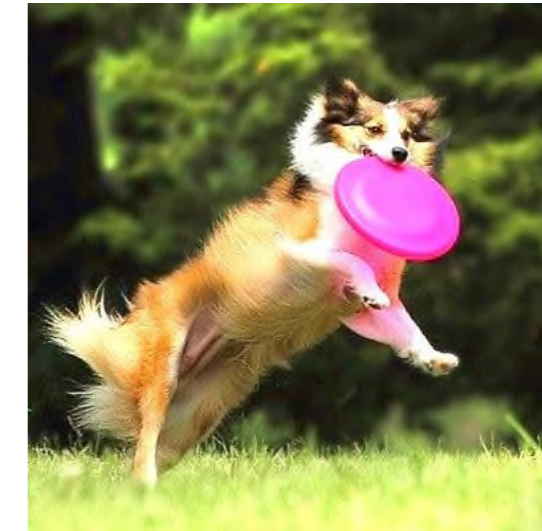
Ponadto teren wybiegu należy wyposażyć w elementy małej architektury, elementy informacji przestrzennej i oświetlenie takie, jak w całym parku.

Aktywności całoroczne:

spacery i zabawa z psem | tresura psów | wypoczynek

Towarzyszące urządzenia:

alejki spacerowe | toaleta publiczna | gastronomia sezonowa (foodtrucki) | poidelko



WYBIEG DLA PSÓW – INSPIRACJE

KONCEPCJA 1

NASYCARNIA SPORTU



STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU
PO BYLEJ NASYCARNI PODKLADÓW KOLEJOWYCH
W SOLCU KUJAWSKIM





5.3.

„Projekt rekultywacji terenu dawnej Nasycalni
Drewna w Solcu Kujawskim”

Projekt rekultywacji terenu dawnej Nasycalni Drewna w Solcu Kujawskim

Dr Wojciech Irmiński
upr. geol. III – 0480

Geo-Logik
Wojciech Irmiński
05-806 Komorów, ul. Owocowa 10
tel. +48 603 180 600
NIP 534-144-62-83 REGON 011914326

Komorów, grudzień 2011

SPIS TREŚCI

Wstęp	4
Charakterystyka terenu badań.....	4
Położenie administracyjne i geograficzne	4
Morfologia terenu i jego zagospodarowanie	5
Geologia i hydrogeologia obszaru po nasycalni.....	8
Rozpoznanie historyczne	9
Wykorzystanie terenu w przeszłości	9
Wykorzystanie otoczenia w przeszłości i obecne zagospodarowanie.....	14
Udokumentowane i przypuszczalne przyczyny oraz rodzaj zanieczyszczeń emitowanych do środowiska - analiza i ocena istniejących dokumentacji archiwalnych.....	18
Wstępne rozpoznanie techniczne	25
Badania geochemiczne gruntu	25
Opróbowanie gruntu.....	25
Analiza laboratoryjna próbek.....	29
Badania geochemiczne wody podziemnej.....	33
Opróbowanie	33
Analiza laboratoryjna	34
Rozpoznanie szczegółowe	35
Cel rozpoznania szczegółowego.....	35
Badania odpadów budowlanych i istniejącej infrastruktury.....	36
Opróbowanie	36
Analiza chemiczna odpadów budowlanych	37
Mikrobiologiczne badania gruntów i wody gruntowej	41
Opróbowanie	41
Testy biologiczne	41
Wyniki	43
Prognoza skuteczności biopreparatów	47
Bezpieczeństwo i higiena.....	49
Metoda fizyczno-chemicznego płukania gruntu (przemywania gruntu).....	50
Rozważane koncepcje rekultywacji	54

Koncepcja I - wariant „zerowy”, czyli zaniechanie realizacji przedsięwzięcia	54
Koncepcja II - oczyszczenie terenu, czyli jego powierzchniowe uporządkowanie	54
Koncepcja III - oczyszczanie gruntu metodą ex situ	54
Koncepcja IV - oczyszczanie gruntu na terenie metodą in situ.....	55
Koncepcja V - oczyszczanie gruntu na terenie metodą in situ on side	55
Projekt rekultywacji.....	57
Założenia techniczne.....	57
Oszacowanie kosztów	63
Prace ziemne	63
Koszty preparatu	63
Koszty wynajmu fermentatora oraz stacji elektrolizy wody	64
Inne koszty	64
Uzasadnienie preferowanego wariantu oczyszczania terenu.....	65
Wymagania formalne do przeprowadzenia prac rekultywacyjnych.....	65
Wymagania i warunki zachowania bezpieczeństwa w trakcie prac remediacyjnych....	65
Wybrany wariant a plany zagospodarowania terenu.....	65
Wykorzystane materiały źródłowe.....	67
Bibliografia	67
Dokumentacje archiwalne.....	67

Wstęp

Opracowanie wykonano na podstawie umowy pomiędzy Urzędem Miasta i Gminy w Solcu Kujawskim oraz firmą Geo-Logik Wojciech Irmiński, Komorów.

Przedmiotem opracowania jest przedstawienie i rozwinięcie do poziomu projektu optymalnej koncepcji oczyszczenia terenu po Przedsiębiorstwie Państwowym Nasycalnia Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim na podstawie wykonanych dotąd badań, dokumentacji i opracowań.

Projekt prac rekultywacyjnych dotyczy terenu zlokalizowanego w Solcu Kujawskim przy ul. Kujawskiej 2. Są to działki nr 678/10 i 678/5, obręb M. Solec Kujawski, o łącznej powierzchni 16,44 ha.

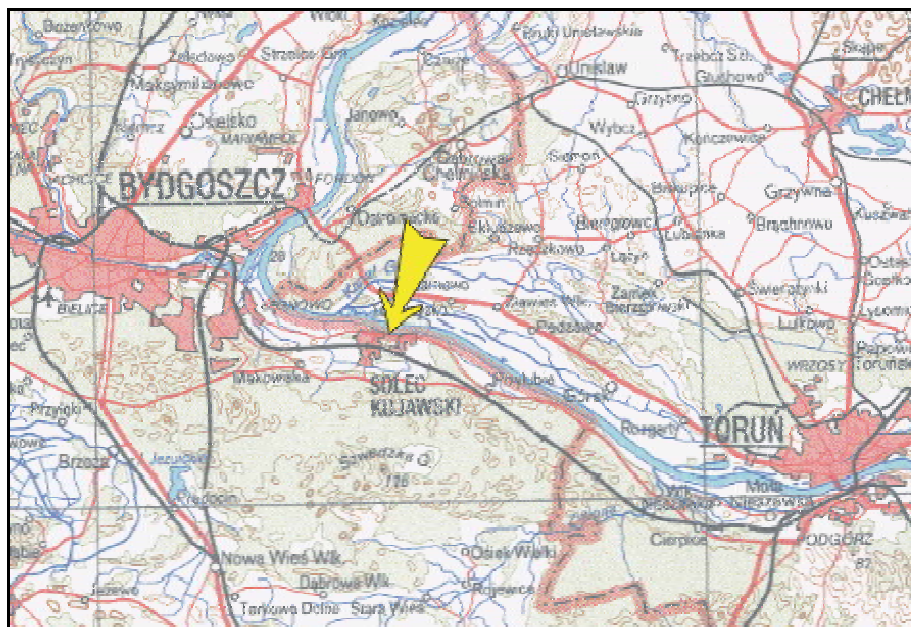
Główną ideą koncepcji i projektu jest sanacja obszaru przemysłowego skażonego organicznymi składnikami oleju impregnacyjnego, polegająca głównie na oczyszczeniu powierzchni ziemi z gruzu, odpadów, pozostałości technologicznych oraz przeprowadzeniu kompleksowych zabiegów fizykochemicznych i biologicznych, które mają za zadanie oczyszczenie środowiska gruntowo-wodnego do stopnia umożliwiającego bezpieczne dla ludzi i środowiska powtórne zagospodarowanie przestrzeni.

Projekt bazuje w swej znacznej części na wcześniejszym projekcie wykonanym w 2010 r. (Irmiński i Dębicka, 2010).

Charakterystyka terenu badań

Położenie administracyjne i geograficzne

Obszar po zlikwidowanym zakładzie „Przedsiębiorstwo Państwowe Nasycalnia Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”, zwane w dalszej części nasycalnią, zlokalizowany jest we wschodniej części Solca Kujawskiego przy ul. Kujawskiej 2. Administracyjnie należy do Powiatu Bydgoskiego w województwie kujawsko-pomorskim.



Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań pomiędzy Bydgoszczą a Toruniem.

Pod względem geograficznym teren znajduje się na lewym brzegu Wisły, na równinie zalewowej utworzonej z pola sandrowo-wydmowego. Odległość do Wisły wynosi ok. 750 m od środka terenu. Pod względem geomorfologicznym zaś jest to obszar w obrębie Kotliny Toruńskiej w makroregionie Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka.

Hydrograficznie teren należy do zlewni Wisły i jest wyniesiony ok. 15 metrów ponad średni poziom rzeki Wisły. Nie zalicza się do obszarów wysokiej ochrony w sensie potencjalnego zagrożenia dla wód podziemnych.

Morfologia terenu i jego zagospodarowanie

Teren po zlikwidowanej nasycalni ma kształt zbliżony do trójkąta równobocznego o długości boków ok. 500 m i powierzchni nieco ponad 16 ha. Jako przemysłowy, zdegradowany obszar posiada powierzchnię całkowicie zaburzoną przez liczne ślady różnych prac rozbiórkowych i ziemnych w postaci hałd ziemno-gruzowych (Fot. 5, Fot. 7) oraz bruzd i wykopów po likwidowanych instalacjach podziemnych. Już w trakcie zamykania zakładu nasycania podkładów, jego powierzchnia była silnie przekształcona antropogenicznie przez liczne prace ziemne związane m.in. z lokowaniem budynków, zbiorników i przebudową torowisk. Pierwotnie teren posiadał lekkie nachylenie w kierunku północnym, ku dolinie Wisły.

Obecnie obszar nie jest użytkowany i nie posiada ogrodzenia, zaś ogólna jego dostępność sprzyja dalszemu zaśmiecaniu (Fot. 4, Fot. 6) i podnosi ryzyko zdrowotne dla przebywających tu osób postronnych. Po ostatniej formie zagospodarowania pozostały jedynie ślady – w centralnej części po nasycalni dominują hałdy gruzu (Fot. 1). Ponadto istnieją dwa odkryte zbiorniki – jeden cylindryczny nadziemny o konstrukcji stalowej (górną część odcięta) na podmurówce (Fot. 2), drugi prostokątny murowany podziemny (Fot. 3), jeden zdewastowany budynek byłej stacji transformatorowej (we wschodnim narożniku terenu) (Fot. 5) oraz założenia zieleni – stary drzewostan przy ul. Kujawskiej i wewnątrzzakładowa aleja drzew.



Fot. 1. W wielu miejscach znajduje się gruz, który po przekruszeniu może być ponownie wykorzystany jako materiał (kruszywo) budowlane.



Fot. 2. Obcięty od góry stalowy zbiornik cylindryczny na ceglanym fundamencie jest wypełniony szlamem kreoizotowym i stale wycieka z niego płynna frakcja oleju impregnacyjnego. Stan na 18 X 2011 r.



Fot. 3. Widok odsoniętego „basenu”, czyli dawnego podziemnego zbiornika, do którego trafiał kreoizot w razie tzw. zrzutu awaryjnego w czasach, gdy działała nasycalnia.



Fot. 4. Podrzucone, nielegalne odpady, w tym odpady niebezpieczne (np. eternit), blisko wjazdu na teren od strony ul. Kujawskiej.



Fot. 5. Pusta wieża na wschodnim krańcu terenu to zdewastowany budynek po dawnym transformatorze.



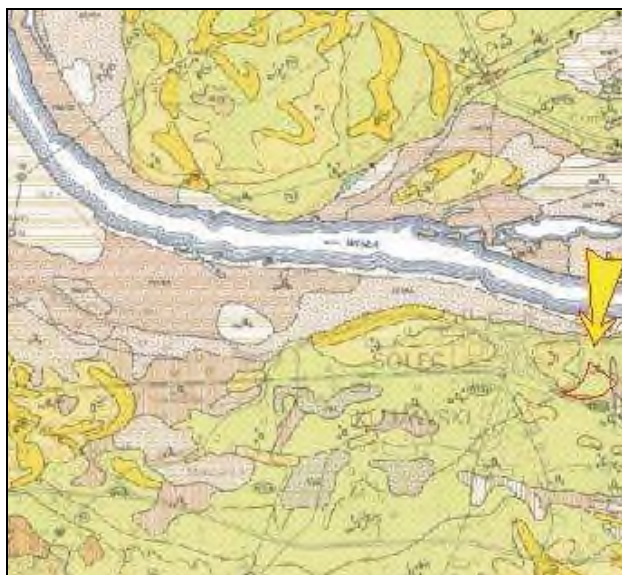
Fot. 6. Stopniowo wzrasta ogólne zaśmiecenie terenu na skutek pełnej dostępności dla osób postronnych i utrudnionego nadzoru.



Fot. 7. Jedna z wielu hałd ziemno-gruzowych pozostawionych na terenie po nasycalni przez ostatniego prywatnego właściciela, który „oczyszczał” ten obszar.

Geologia i hydrogeologia obszaru po nasycalni

Według danych z arkusza Bydgoszcz Wschód Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000 na tym obszarze miasta dominują piaski różnoziarniste wieku plejstoceńskiego. Sam teren po nasycalni rozpoznano w trakcie ostatnich kilku lat kilkudziesięcioma sondowaniami i otworami badawczymi do głębokości średnio 6 m i stwierdzono głównie piaski drobne i średnie, miejscami żwirki. Litologicznie płytkie podłoże jest homogeniczne, co sprzyjało równomiernej migracji wód, w tym także zanieczyszczeń. W trakcie badań z 2010 r. (Irmiński i Dębicka, 2010) wykonano koparką dwie znaczne odkrywki do głębokości ok. 5 m, w których było wyraźnie widać, że piaski do głębokości ok. 2 m mają warstwowania poziome (równina przekształcona eolicznie i fluwialnie) i są to piaski drobne, miejscami pylaste, zaś głębiej położone piaski średnie, pylaste i piaski ze żwirkami mają warstwowania skośne, charakterystyczne dla budowy sandru. Pierwotna obecność innych domieszek poza piaskami kwarcowymi nie była duża (dobre wysortowanie fluwialno-eoliczne), jednak w okresie ostatnich 100 lat np. udział materii organicznej uległ znacznemu podwyższeniu na skutek działalności gospodarczej i skażeniu podłoża gruntowo-wodnego.

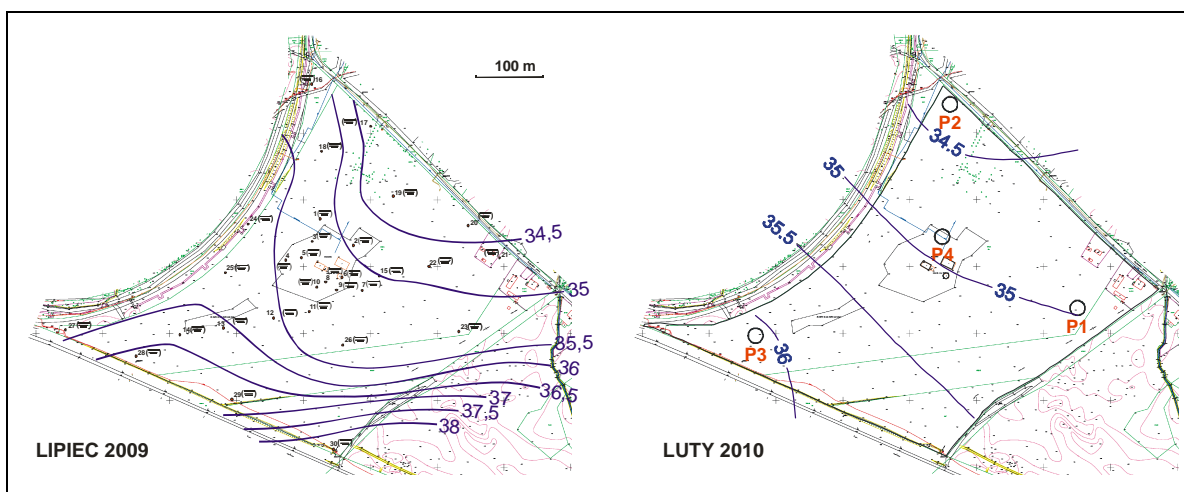


Ryc. 2. Wycinek arkusza Bydgoszcz Wschód SMGP 1:50 000 z zaznaczonym terenem dawnej nasycalni w Solcu Kujawskim

Występują tu też proste warunki hydrogeologiczne – zwierciadło wód znajduje się na głębokości 4-5 m ppt., ma charakter swobodny, a jego wahania mają silny związek z intensywnością opadów oraz poziomem wody w Wiśle. Nachylenie zwierciadła w stronę Wisły (baza drenażu) wynosi od 0,5 do 0,75 % na odcinku ok. 400 m rozpiętości terenu SW-NE - wynika to z różnic pomiarowych dokonanych w lipcu 2009 i lutym 2010 roku (Irmiński i Dębicka, 2010) w tymczasowych otworach badawczych.

Podobnie różnią się nieco kierunki przepływu wód podziemnych – od kierunków S-N (wyniki z lipca 2009 roku) po SW – NE (wynik z lutego 2010). Mimo generalnego kierunku odpływu wód w stronę Wisły ma to znaczenie dla sposobu, prędkości i kierunku rozchodzenia się z wodami podziemnymi zanieczyszczeń rozpuszczalnych i ciekłych niewodnych słabo rozpuszczalnych.

Współczynnik filtracji w dotychczas wykonanych badaniach mieści się w przedziale od 6×10^{-3} m/s do 4×10^{-4} m/s, co jest typowe dla piasków średnich z domieszką żwirików (Machowiak i in., 2009a).



Ryc. 3. Porównanie układu zwierciadła wód podziemnych I poziomu wodonośnego z lipca 2009 oraz lutego 2010. Pomiary oparte są na różnych sieciach pomiarowych, jednak kierunek przepływu mógł ulec zmianie na skutek wpływu opadów i stanu poziomu Wisły (Irmiński i Dębicka, 2010).

Rozpoznanie historyczne

Wykorzystanie terenu w przeszłości

Prawdopodobnie przed okresem, w którym funkcjonowała tu nasycalnia drewna, teren nie był przemysłowo wykorzystany, zaś na piaszczystym podłożu rósł las sosnowy, podobnie jak obecnie na obszarze parku miejskiego.

Nasycalnię drewna wybudowano pod koniec XIX wieku (w roku 1876¹) i przez ponad sto lat zakład produkował głównie nasycone podkłady kolejowe i słupy. Co najmniej dwa razy nastąpiła gruntowna przebudowa zakładu. Najpierw zmieniono ponemiecki jeszcze układ torów – istnieje archiwalna mapa (rok nieznany) ilustrująca plany budowy tzw. „nowej Nasycalni Materiałów Drzewnych w Solcu Kujawskim”. Następnie w latach 1965-68 dokonano przeróbek w samych budynkach przemysłowych, co wynikało z potrzeby zwiększenia produkcji i ulepszenia technologii – zainstalowano nowsze autoklawy o większym ciśnieniu. Sześć starych, małych cylindrów zastąpiono dwoma dużymi i dłuższymi cylindrami (po 27 m długości i pojemności 95 m³ każdy), co umożliwiało np. nasywanie słupów, elementów oraz większych składów na wózkach. Obok autoklawów w budynku produkcyjnym znajdowały się dwa tzw. podgrzewacze oleju, każdy po 65 m³.

Do nasywania drewna stosowano kreozot, tj. oleistą mieszaninę ciekłych i łatwo lotnych związków organicznych pochodzących głównie z zakładów gazowniczych i koksowni, gdzie takie składniki kreozotu jak benzen, etylobenzen, toluen, ksyleny, fenole oraz pirydyny i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne były produktami ubocznymi procesu beztlenowej destylacji węgla kamiennego. Do mieszaniny tych węglowodorów węglowodory alifatyczne w postaci ropy naftowej i odpadowych olejów w celu zwiększenia płynności kreozotu. Mieszanina ta posiadała wszelkie

¹ Większość wykorzystanych w niniejszym opracowaniu danych nt. historii zakładu pochodzi z informacji pana Janusza Lewandowskiego, ostatniego dyrektora nasycalni, zamieszkałego w Solcu Kujawskim. Kontakt dzięki uprzejmości pracowników Wydziału Utrzymania Miasta.

cechy, by długotrwale chronić drewno przed wodą, owadami, grzybami i innymi szkodliwymi wpływami. Składniki kreozotu oznaczają się wysoką toksycznością i większość z nich ma obecnie udowodnione działanie kancerogenne. Z biegiem lat, na skutek zaostrzenia przepisów ochrony środowiska i BHP oraz wzrostu świadomości na temat szkodliwości związków stosowanych do nasycania drewna, zakład modernizowano pod kątem ograniczenia przenikania preparatów impregnujących do gruntu i wód podziemnych. W roku 1975 wykonano m.in. betonową płytę ociekową dla obsuszania podkładów świeżo wysuniętych z autoklawów po nasyceniu. Chociaż pierwotnie kreozot magazynowano w dwóch nadpoziomowych cylindrycznych zbiornikach stalowych (po ok. 250 m³ każdy) – Fot. 8, to ze wzrostem produkcji i zapotrzebowania na olej impregnacyjny do magazynowania kreozotu zastosowano też dodatkowo (od 1975 roku) metalowe (jednopłaszczyznowe) zbiorniki podziemne o pojemności 2x40 m³ oraz 2x60 m³. Były one napełniane z cysterny kolejowej wprost z bocznic, przy której zostały zakopane. Pod budynkiem stanowiącym część hali nasycień znajdował się jako piwnica duży prostokątny (i istniejący do dziś w formie odkrytego „basenu”) podziemny zbiornik murowany z cegieł i wyprawiony gładzią cementową o pojemności ok. 450 m³ (Fot. 3). Służył on do tzw. zrzutów awaryjnych oleju z całej instalacji, wraz ze zbiornikami nadpoziomowymi w przypadku rozszczelnienia instalacji lub pożaru w zakładzie.



Fot. 8. Dwa zbiorniki cylindryczne na kreozot. Zdjęcie z czasów wyburzania zakładu w 2003-2004 roku. Bliższy zbiornik pozostał ucięty i do dziś zawiera resztki kreozotu, dalszy już nie istnieje, został ze złomowany.

Pożary na terenie nasycalni były dość częste (np. w latach 1976-78 zdarzyło się 13 znaczących pożarów) i, według informacji b. dyrektora zakładu, p. Janusza Lewandowskiego, wynikały głównie z podpaień. Oddaje to skalę problemu, który współistniał z wysokim zagrożeniem pożarowym (łatwopalne drewno oraz łatwopalny impregnat) i przejawiał się w momencie akcji gaszenia pożaru (gaszono wodą i piaskiem), gdy do gruntu i wód trafiały oleje impregnacyjne.

Skutkiem kolejnych, pozytywnych zmian prośrodowiskowych w zakładzie oraz licznych działań kontrolnych ze strony służb ochrony środowiska w 1981 r. zmniejszono emisję zanieczyszczeń do atmosfery oraz uregulowano gospodarkę ściekową. Wcześniej ścieki i popłuczyny technologiczne wsiąkały w piaszczysty grunt na terenie tzw. stawu, który był zwykłym rozlewiskiem ścieków. Dalszym przejawem troski o stan środowiska było wykonanie w roku 1985 tzw. badań krzyżowych (zwanym „gwiazdą”), które polegały na odwierceniu, opróbowaniu i ocenie składu głównych zanieczyszczeń gruntów i wód w liniach

przecinających się na terenie nasycalni. Zasięg badania wykraczał poza teren zakładu i obejmował także znaczną część miasta. Wyciągnięte wówczas wnioski (Bieszczad i Leszman, 1985) nie wskazywały na jakąkolwiek prawidłowość w rozprzestrzenianiu się skażeń. Był to jednak pierwszy udokumentowany dowód silnego miejscami skażenia gruntów i wód takimi substancjami jak fenol, pirydyna i naftalen.

W czasie maksymalnego rozwoju zakładu zatrudniano w nim ok. 150 osób, a wielkość produkcji sięgała 1 mln podkładów rocznie (ponad 100 m³ drewna).

W latach 1989-2001 stosowano także nasączenie elementów drewnianych (belki, deski itp.) solami miedziowymi w celu uzupełnienia wachlarza produktów oferowanych na rynku. Technologia ta jednak była stosunkowo nowoczesna, mało uciążliwa dla środowiska i trwała dość krótko.

W roku 2001 zakończono produkcję i zarządzono likwidację zakładu, co trwało do 2005 roku. W tym czasie syndyk masy upadłościowej Przedsiębiorstwa Produkcyjnego Nasycalnia Drewna PPHU usiłując zbyć teren zlecił wykonanie m.in. badań stopnia skażenia podłoża (Andrzejewski i in. 2001) oraz raportu oddziaływania na środowisko (Kumor i zespół, 2001). W międzyczasie na terenie niestrzeżonej nieruchomości dochodziło do aktów kradzieży oraz działań kompletnie lekceważących środowisko naturalne. Do takich należy zaliczyć wydobywanie stalowych zbiorników i opróżnianie ich zawartości – kreozotu i szlamów wprost do dołów po zbiornikach (Fot. 9, Fot. 10, Fot. 11, Fot. 12). Wywoływano także pożary w celu pozbycia się resztek kreozotu. W takich sprawach kilkakrotnie w roku 2004 dochodziło do interwencji urzędowych (urząd gminy, WIOŚ, prokuratura).

W kwietniu 2004 r. otwarty i dostępny teren nabyła od PKP prywatna firmę Conex, co jednak nie zatrzymało szkodliwego procesu niszczenia infrastruktury i środowiska, a nawet poskutkowało wyburzeniem istniejących budynków, likwidacją części instalacji podziemnych, które stanowiły jeszcze jakąkolwiek wartość (zbiorniki, rury, przewody). Z gruzów niekompletnie wyburzonych budynków wybrano także mniej zanieczyszczone materiały, jak belki i cegły. Zmiana właściciela terenu w 2006 roku nie odmieniła sytuacji i nadal konieczne były interwencje policji i inspektoratu WIOŚ w przypadkach rozmyślnego, nielegalnego deponowania tu odpadów i dewastacji środowiska.



Fot. 9. Zdjęcie archiwalne stanu z lat 2004-2006. Widok od strony południowej na wyburzone budynki nasycalni (w tle). Na pierwszym planie zasypywane wylewisko ścieków technologicznych, a za nim odkopany i wyjęty zbiornik stalowy 60 m³.



Fot. 10. Zastoiska krezotuz po wylaniu go ze starego, wykopanego zbiornika do wyrobiska. Zdjęcie archiwalne wykopu z lat 2004-2006.



Fot. 11. Fragment wykopanego zbiornika 60 m³. Widok od strony północnej. Wyraźnie widać, że teren przy zbiorniku był pierwotnie czysty i dopiero wylanie olejów ze zbiornika silnie zanieczyściło podłoże. Zdjęcie archiwalne z lat 2004-2006



Fot. 12. Zdjęcie archiwalne z lat 2004-2006. Rów wypełniony krezotem po wykopanym zbiorniku. Obok w gruncie widać jeszcze kolejny zbiornik 60 m³. W tle znajduje się nadziemny zbiornik stalowy. Ten zbiornik zlikwidowano zupełnie, zaś niższy, ucięty, pozostaje do dziś ze smolą krezotową.



Fot. 13. Tak zasypywano zagłębienie, do którego trafiały zbędne oleje i szlamy z wykopywanych zbiorników. Zdjęcie archiwalne z lat 2004-2006.

Ostatecznie w roku 2008 Miasto i Gmina Solec Kujawski nabyła zdewastowany teren po nasycalni. W roku 2009 wykonano badania mające ustalić aktualny stan, rodzaj i zasięg skażenia na tym obszarze (Machowiak i in., 2009a; Machowiak i in., 2009b). Na skutek wcześniejszych doświadczeń i wykonanych badań Urząd podjął starania w celu określenia metod i sposobów regeneracji działek po dawnej nasycalni planując tu w przyszłości usytuowanie komunalnych terenów sportowo-rekreacyjnych.

W roku 2010 na podstawie dodatkowych badań geochemicznych oraz wykonanych tu po raz pierwszy badań mikrobiologicznych zaproponowano koncepcję i projekt oczyszczenia gruntów i części wód podziemnych metodą bioremediacji w wykorzystaniem namnażania i inokulacji (zaszczepiania) mikroorganizmów autochtonicznych zdolnych do rozkładu i redukcji stężeń szeregu związków z grupy węglowodorów aromatycznych (Irmiński i Dębicka, 2010).

Od maja 2011 roku Miasto i Gmina Solec Kujawski wykonuje okresowo (dwa razy w roku) badania monitorujące poziom zanieczyszczenia gleby związkami WWA.

Koncepcja rekultywacyjna z roku 2010 została obecnie rozwinięta i wzbogacona o element wstępnego oczyszczania (płukania) gruntu, co ma w znaczącym stopniu zmniejszyć stężenia składników kreozotu w gruncie i ułatwić proces bioremediacji.

Wykorzystanie otoczenia w przeszłości i obecne zagospodarowanie

Tereny otaczające dawną nasycalnię miały różne przeznaczenie. Dla ich opisu dokonano oznaczeń na załączonym zdjęciu satelitarnym (obraz z 2004 r.).



Ryc. 4. Zdjęcie satelitarne z 2004 roku z terenem dawnej nasycalni w Solcu Kujawskim oraz terenami otaczającymi. Objaśnienia liter w tekście.

A – teren dawnej nasycalni (linia czerwona obwiedni) przy ul. Kujawskiej;

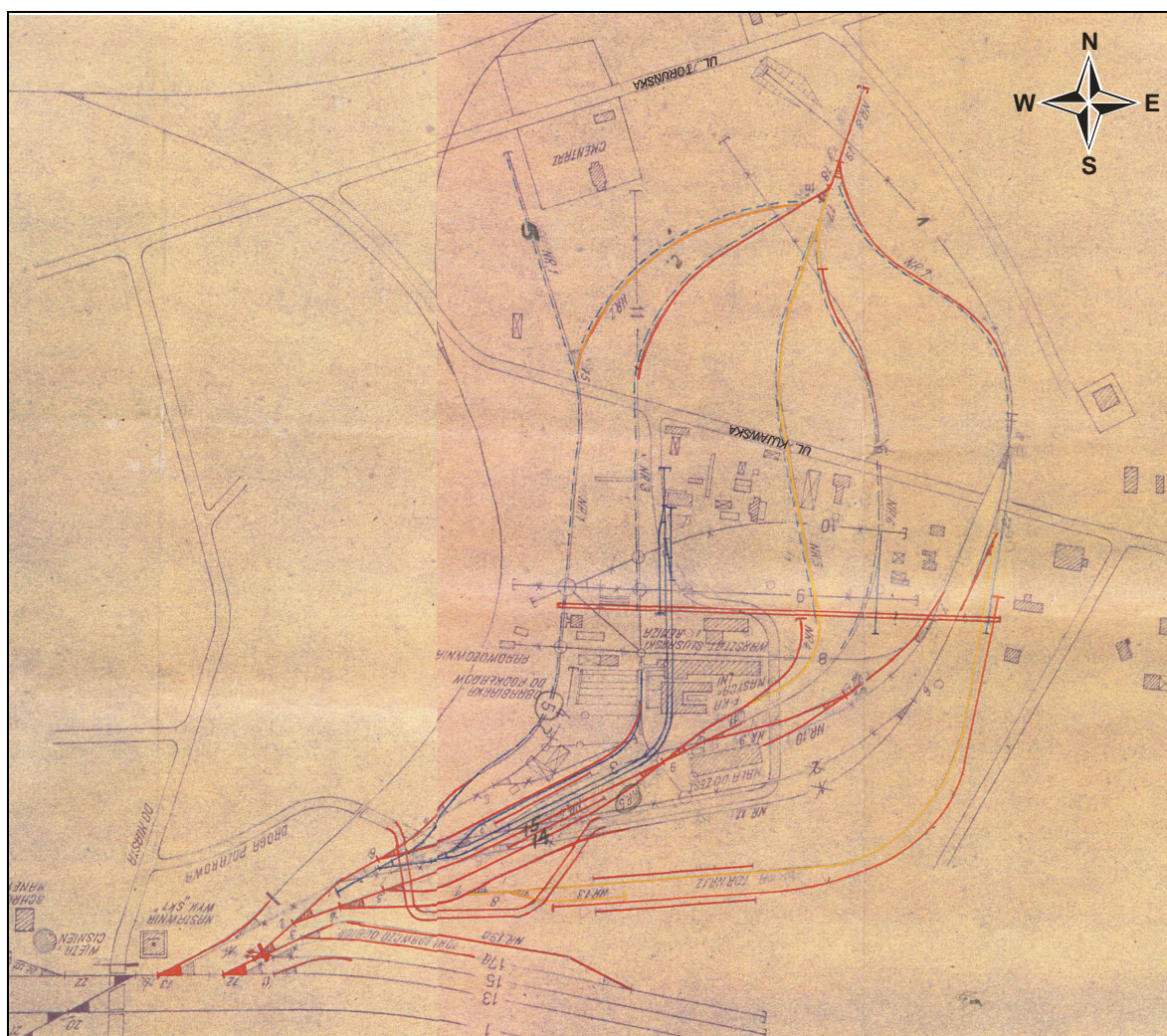
B – pierwotna ostoja lasu w postaci tzw. parku miejskiego z przyciągającym obecnie liczne wycieczki Parkiem Jurajskim, znajduje się na północny-zachód za linią magistrali ciepłowniczej oraz asfaltowej jezdni (dawniej był tu jedynie tor kolejowy prowadzący o fabryki ZREMB) łukiem odgraniczającymi oba tereny. Las ten już obecnie jest oraz w planach miasta będzie nadal przeznaczony na cele rekreacyjno-sportowe. Na zdjęciu wyraźnie widoczne są: boisko sportowe, kompleks hali sportowej oraz basen i towarzyszące parkingi. W samym lesie zlokalizowane są ekspozycje paleontologiczne dla zwiedzających i place zabaw dla dzieci.

C – teren między ulicami Kujawską (nowa nawierzchnia z kostki betonowej) oraz Toruńską, gdzie do 1976 roku znajdowała się część nasycalni. Był to plac składowania i sezonowania drewnianych słupów przed ich zaimpregnowaniem. Nie składowano tu żadnych wyrobów po nasyceniu. Obecnie przy tym obszarze znajduje się osiedle mieszkaniowe z blokami mieszkalnymi.

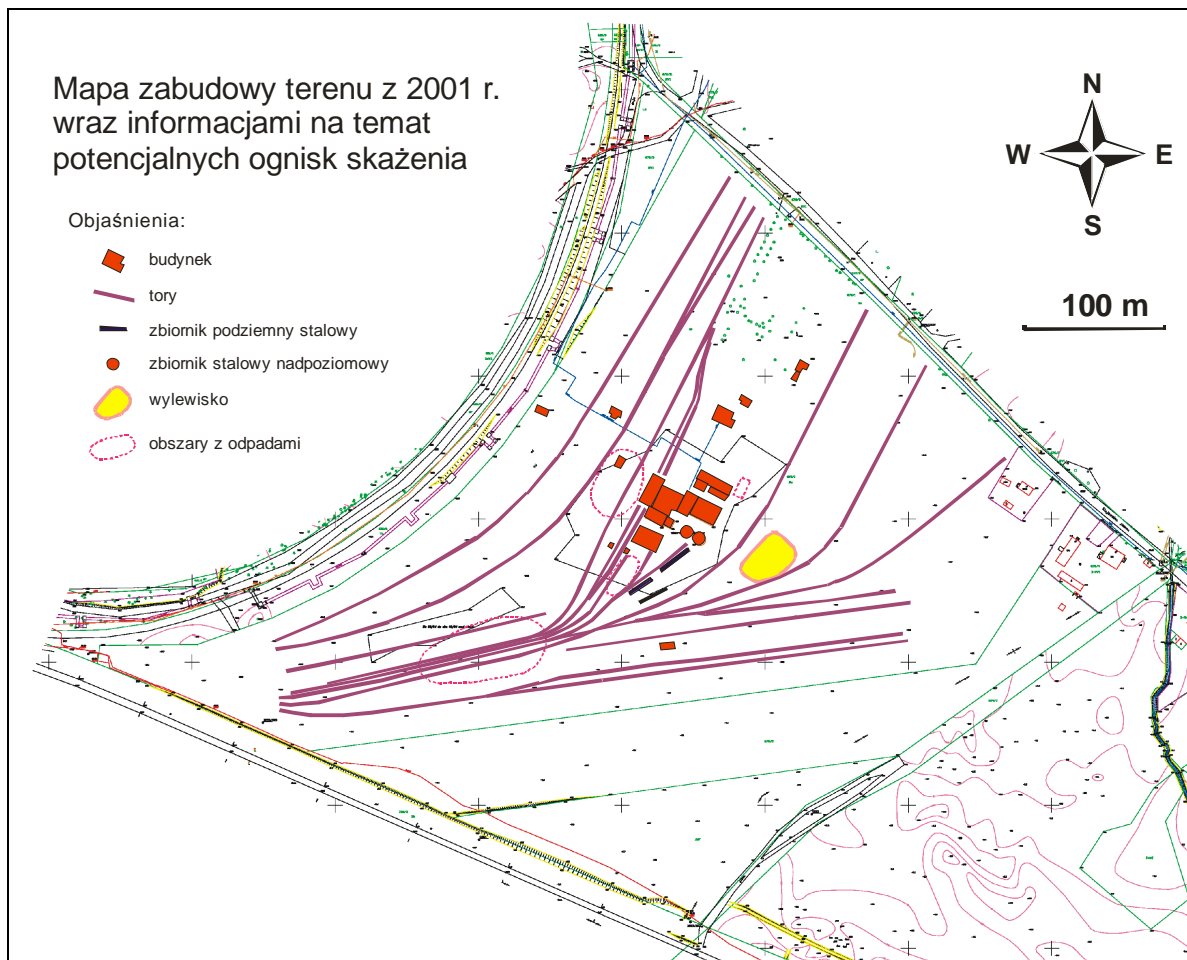
D – zalesiony, zróżnicowany morfologicznie teren, który nie był wykorzystywany gospodarczo, niewielki ciek powierzchniowy przepływa w kierunku ul. Kujawskiej i dalej do Wisły.

E – rejon zakładów przemysłu skórzanego „Kobra”, obejmuje sam zakład oraz fragment przyległego obszaru leśnego, gdzie naoczni świadkowie pamiętają istnienie wylewiska ścieków z zakładów garbarskich, które były wcześniej w tym miejscu, gdzie obecna fabryka butów.

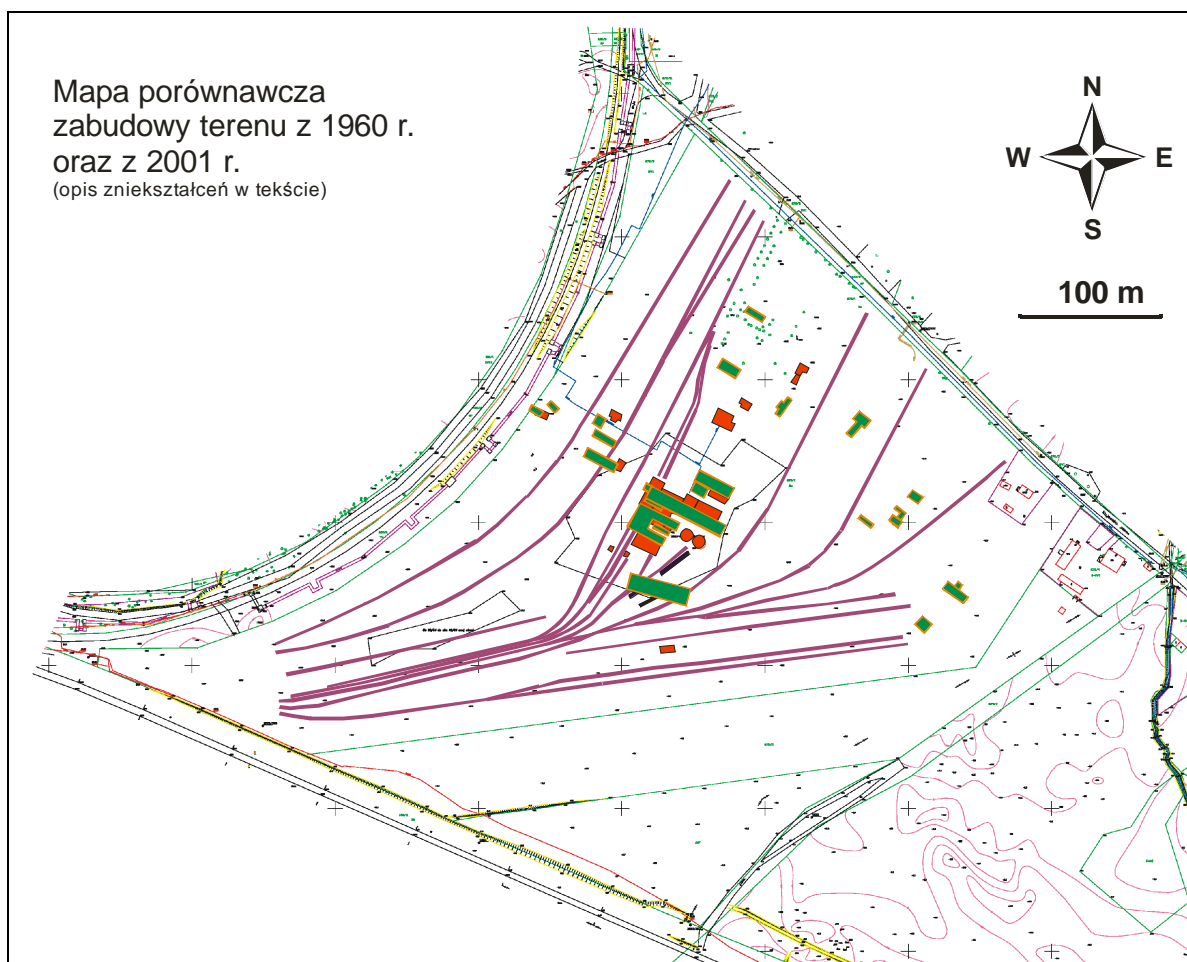
F – oddzielona od obszaru nasycalni zelektryfikowaną wielotorową linią kolejową część dzielnicy przemysłowej miasta, gdzie zlokalizowane są obecnie różne firmy i instalacje, m.in. ciepłownia. Dawniej istniała tu część zakładów należących do nasycalni produkująca tzw. pasty impregnujące i grzybobójcze. W ziemi przy torach kolejowych znajdowały się zbiorniki (nieznana ilość) na związki organiczne (podobne do smół kreozotowych), które napełniano bezpośrednio z cystern kolejowych. Prawdopodobnie zbiorniki te mogą tam istnieć do dziś. Ta stara część nasycalni (wydział produkcji pasty grzybobójczej) istniała do roku 1968 (lub do 1970), kiedy powstał tu Polmozbyt (przy ulicy Garbary). Od strony południowej, w obszarze obecnie zajęтым przez ogródki działkowe (miejsce po dawnym wyrobisku), wg świadków jeszcze w latach 70-tych istniało wylewisko ścieków i półpłynnych szlamów z zakładów naprawczych samochodów. Mogły być to zarówno przepracowane oleje silnikowe, kwasy z akumulatorów, zużyte płyny hamulcowe jak też oleje chłodzące z obrabiarek.



Ryc. 5. Archiwalna mapa z 1960 roku ilustrująca ówczesny zasięg terenu nasycalni. Widoczne są torowiska na placu do składowania słupów przed impregnacją pomiędzy ulicami Kujawską i Toruńską. Mapa stanowi także wartościowy dokument nt. lokalizacji i przeznaczenia budynków i pozostałej infrastruktury nasycalni.

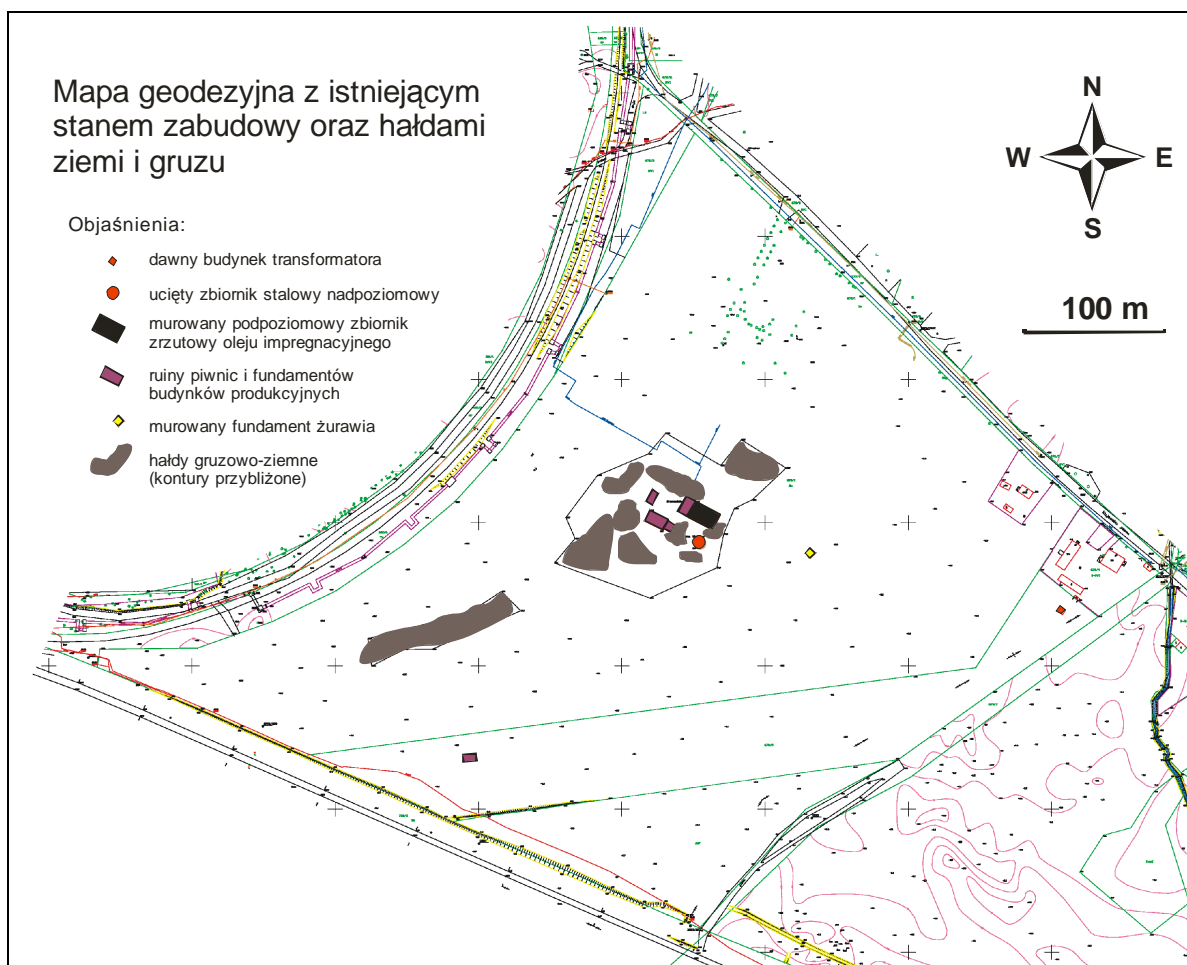


Ryc. 6. Mapa zabudowy terenu z roku 2001. Informacje na temat potencjalnych ognisk skażenia na podstawie mapy z opracowania wyników badań firmy GEOPROGRAM, sierpień 2001.



Ryc. 7. Mapa porównująca dane map z lat 1960 (kontury z wypełnieniem zielonym) oraz 2001 (kontury z wypełnieniem czerwonym). Wyraźnie widoczne niezgodności w lokalizacji głównych budynków. Podkład topograficzny współczesny. (Irmiński i Dębicka, 2010).

Mapa zilustrowana na ryc. 7 przedstawia porównanie konturów (głównie zabudowań) zawartych na archiwalnych mapach z roku 1960 (ryc. 5) oraz 2001 (ryc. 6.). Istotne różnice w lokalizacji ważniejszych budynków wynikają głównie z faktu silnego zniekształcenia starych map, co było spowodowane jakością urządzeń powielających (fotokopiearek) oraz przede wszystkim świadomym fałszowaniem współrzędnych. To nieodwracalne niemal rozciąganie i zniekształcanie mapy w latach tzw. zimnej wojny, było wynikiem zabiegów mających na celu dezorientowanie wroga w kwestii właściwej lokalizacji ważnych zakładów i budynków produkcyjnych (nasycalnie, jak cała kolej, miały znaczenie militarne). Rycina ta pokazuje, że porównywanie danych nie jest możliwe „wprost” poprzez ich nałożenie i musi się odbywać raczej na zasadzie zrozumienia funkcji i lokalizacji obiektu np. względem drogi. Na mapie z 1960 roku zbiorniki cylindryczne (pokazane na czerwono wśród zabudowań z 2001 r.) nie były ujawniane jako dane strategiczne – np. łatwy i wrażliwy cel dla artylerii przeciwnika. Widać jednak wyraźnie, że niektóre budynki lub wiaty zostały zlikwidowane zupełnie, zaś główne budynki produkcyjne rozbudowano.



Ryc. 8. Współczesna mapa geodezyjna z naniesionym stanem zabudowy oraz z przybliżoną lokalizacją hałd gruzowo-ziemnych (Irmiński i Dębicka, 2010).

Ryc. 8 przedstawia obecny stan terenu po kilku latach od wyburzenia niemal wszystkich budynków i konstrukcji (poza zbiornikiem podziemnym, częściowo zachowanym zbiornikiem cylindrycznym nadziemnym oraz zdewastowanym budynkiem dawnego transformatora). Wskazano także zauważalne w trakcie wizji terenowych resztki piwnic i fundamentów kilku wyburzonych budynków. Naniesione kontury hałd odpowiadają w przybliżeniu ich lokalizacji (bez domiarów geodezyjnych), ale wysokość hałd jest zróżnicowana. Na mapie nie zaznaczono całej siatki wykopów i rowów, które powstały w trakcie kilku lat podczas rabowania z terenu resztek złomu, zakopanych instalacji wodnych i energetycznych oraz odzyskiwania z fundamentów cegieł do celów budowlanych.

Udokumentowane i przypuszczalne przyczyny oraz rodzaj zanieczyszczeń emitowanych do środowiska - analiza i ocena istniejących dokumentacji archiwalnych

Jak wspomniano, wykonane w 1985 roku tzw. badania krzyżowe wykazały istnienie silnych skażeń gruntów i wody gruntowej związkami organicznymi. Wówczas analizami objęto 79 próbek gruntu z 33 otworów oraz 16 próbek wody. Analizowano zawartość związków organicznych ekstrahowanych chloroformem, zawartość fenolu, pirydyny oraz naftalenu. Podano także wynik analizy tych związków w

wodzie pobranej z Wisły (jako obszar odniesienia – odbiornik wód). Największe zawartości fenolu w wodzie (240 mg/l) stwierdzono w studni p-pożarowej położonej przy bramie wjazdowej na teren nasycalni przy ul. Kujawskiej. Najsilniej zanieczyszczone grunty (także fenolem, do 407 mg/kg) stwierdzono na obszarze pomiędzy komorami impregnacyjnymi (autoklawami) oraz lasem miejskim (obszar „B”). Stwierdzenie sumarycznie niewielkich ilości takich związków lotnych jak naftalen obecnie nie oznacza braku wówczas tej substancji w środowisku. Należy bowiem pamiętać o niedoskonałości metod próbkobiorczych oraz analitycznych w latach 80-tych. Bardzo ważne jest jednak stwierdzenie autorów ówczesnego badania, że przyczyną skażeń jest olej impregnacyjny i zalecenie szeregu działań zapobiegających przenikaniu kreozotu do podłoża.

Wysokie zawartości w próbkach gruntu substancji ekstrahujących się chloroformem wskazują, że mogą to być związki z grup WWA i BTEX, których wówczas jeszcze nie umiano dokładnie rozdzielać i mierzyć (lub było to nieoptymalne dla tych badań).

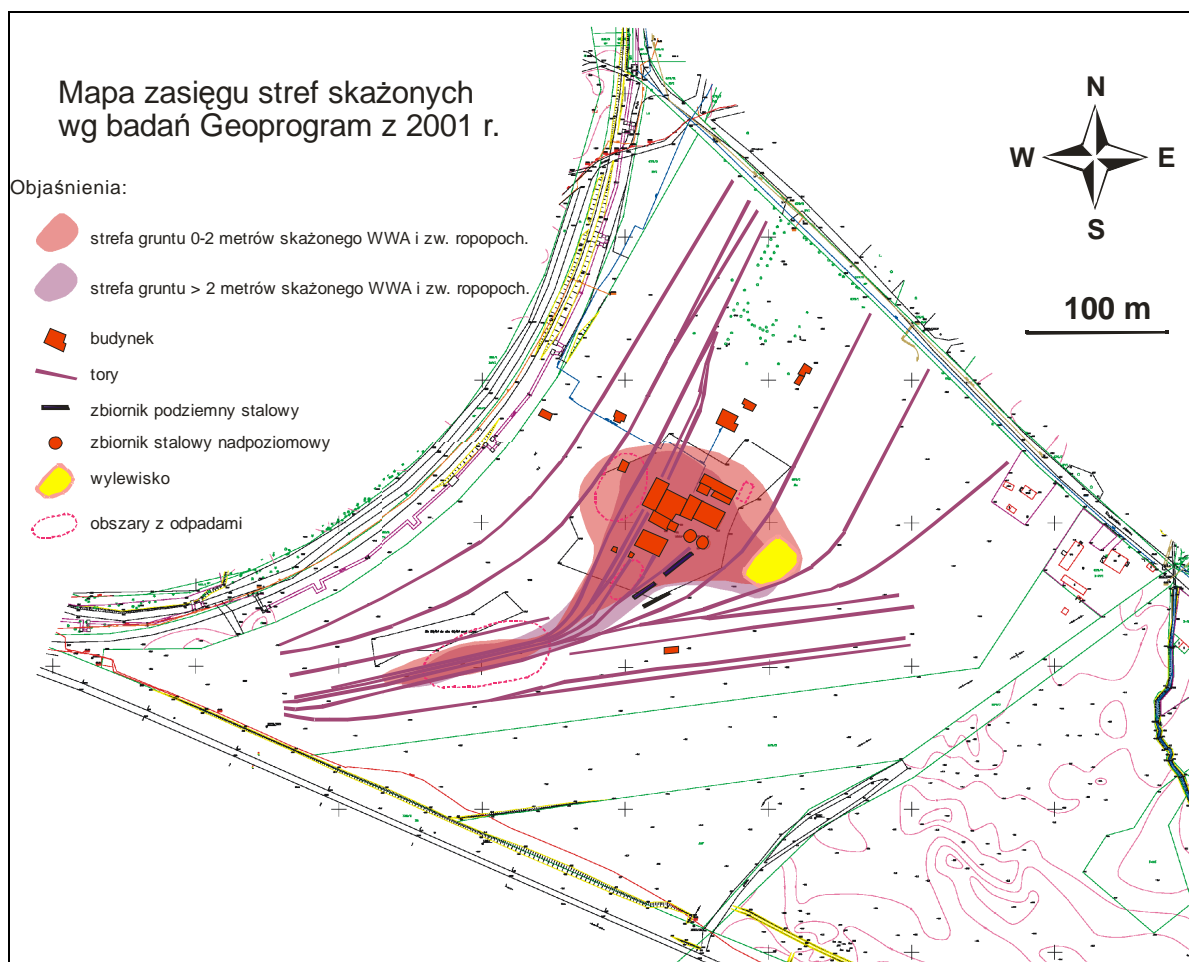
Niezwykle interesujący jest przy tym fakt podobnej, wysokiej zawartości tych substancji w próbkach wody ze wspomnianej studni p-pożarowej (14,2 mg/l) oraz studni zakładów skórzanych „Kobra” (10 mg/l), która położona jest na napływie wód w kierunku terenu nasycalni i dalej do Wisły. Może to oznaczać (choć przy skali istniejącego skażenia na terenie nasycalni nie ma to dużego znaczenia), że wody napływające na ten obszar od południa i południowego zachodu są już zanieczyszczone związkami organicznymi, a ich ogniskiem są tereny zakładów naprawczych samochodów, zakłady skórzane (dawniej garbarnia) i opisywane wcześniej wylewiska ścieków. Może to mieć jednak bardzo istotne znaczenie przy projektowaniu sieci monitoringu i przy ocenie efektywności podjętych działań remediacyjnych, szczególnie dla wód podziemnych.

Jak wskazano w Sprawozdaniu z 1985 roku głównym źródłem kreozotu i jego składników w gruncie były place ociekowe i podłoża torowisk po tzw. „stronie czarnej” nasycalni, gdzie kapał impregnat ze świeżo nasączonych podkładów. Nie wspomniano tam jednak o wylewisku ścieków, które istniało zapewne do 1981-82 roku (pracujący od 1973 r. p. J. Lewandowski pamięta je od początku swej obecności w nasycalni). Charakterystyczną cechą (wadą, ale i zaletą) badań z okresu aktywnej działalności nasycalni było szerokie objęcie badaniami terenu miasta, a w mniejszym stopniu dokumentowanie skażenia na terenie samej nasycalni.

Badania wykonywane przez zespół z firmy GEOPROGRAM w roku 2001 zostały z założenia zaplanowane tak, by pod względem lokalizacji trafić w najbardziej zanieczyszczone miejsca z terenu likwidowanej nasycalni, a pod względem zakresu analiz, by wyznaczyć najbardziej groźne i dominujące substancje. Dla badanych gruntów w strefie głębokości do 2 m wykazano istnienie próbek o zawartości sumy WWA do 3800 mg/kg, jednocześnie substancji ropopochodnych do 12 gramów na kilogram. W strefie głębszej – ok. 3,5 m, niektóre próbki wykazywały ponad 6300 mg/kg sumy WWA i tyleż związków ropopochodnych, a nawet stężenia tych ostatnich do 24 gramów na kilogram. Badania skażenia próbek wód (trzy próbki – napływ wód, największe makroskopowo skażenie, odpływ wód) wykazały, że w składzie zanieczyszczeń organicznych dominuje naftalen – odpowiednio 222,85 µg/l; 1873,15 µg/l; 1288,5 µg/l. Oznacza to, że związki łatwo lotne z grupy WWA i podobnie BTEX najłatwiej i najdalej migrują z wodą gruntową. Ponadto, w świetle badań obecnych (szurf badawczy Ramboll) niefortunnie wówczas w 2001 r. wybrano otwór „na napływie”, gdyż w tym rejonie w lutym 2010 roku stwierdzono niezwykle silne skażenia gruntu i wody, co jest wynikiem przeładowywania w tym miejscu suwnicą ociekających

podkładów. Wynik nie jest zatem miarodajny dla wód napływających i oddaje chemizm lokalnego ogniska skażenia.

Badania gruntu i wód wykonane w 2001 r. przez GEOPROGRAM na zlecenie syndyka masy upadłościowej nasycalni stały się podstawą do sporządzenia oceny oddziaływania na środowisko i wskazywały bezpośrednio na bardzo poważne zagrożenie ze strony niezwykle szkodliwych związków organicznych dla gruntów i wód podziemnych migrujących poza teren zakładu.



Ryc. 9. Kompilacja wyników badań firmy Geoprogram z 2001 r. Dla gruntu, w kontekście istniejących wytycznych, wyznaczono dwie strefy – 0-2 m oraz >2 m - o różnym zasięgu poziomym i stopniu skażenia wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) oraz związkami ropopochodnymi.

Badania Geoprogram słusznie wykazały istnienie dwóch nierównoważnych wielkością i stężeniami WWA w gruncie ognisk skażenia terenu – centralnie położonej owalnej części z budynkami technologicznymi nasycania podkładów oraz wąskiej części wysuniętej w stronę południowo-zachodnią, gdzie funkcjonowała suwnica i odbywał się przetładunek świeżo nasyconych podkładów z wózków technologicznych na wagony.

Na podstawie informacji naocznych świadków oraz dostępnej dokumentacji zdjęciowej można stwierdzić, że w latach 2004 – 2008, kiedy teren znajdował się w rękach prywatnych doszło do znacznego zanieczyszczenia środowiska kreozotem i odpadami (część tej dokumentacji zdjęciowej, udostępnionej

Wykonawcy przez Wydział Utrzymania Miasta, przedstawiono na fotografiach we wcześniejszej części). Odrębną kwestią jest brak możliwości wyegzekwowania rekultywacji nabytego terenu, ale w niektórych pismach urzędowych (np. pismo gminy skierowane do Wojewody Kujawsko-Pomorskiego z dnia 8.04.2008 r. zawiadamia o zdarzeniach polegających na nielegalnym wydobywaniu piasku, zakopywaniu odpadów i równaniu terenu). Oznacza to, że w trakcie planowanych prac rekultywacyjnych należy się liczyć z możliwością występowania niespodziewanych złazisk w ziemi. Zakopywanie odpadów w badaniach historycznych i technicznym rozpoznaniu zdevastowanych terenów przemysłowych (tzw. brownfields) jest najtrudniejszym do wytropienia elementem. Zjawiska te bowiem są przypadkowe w czasie i w przestrzeni oraz nie rządzą się takimi prawami stałości jak wieloletnie nawet procesy technologiczne, które skutkowały zanieczyszczeniem gruntu i wód.

Starania Referatu Ochrony Środowiska i Rolnictwa Wydziału Utrzymania Miasta w celu określenia aktualnego stanu skażenia na przedmiotowym terenie doprowadziły do sporządzenia przez firmę EKOLAB sp. z o.o. oceny stanu środowiska gruntowo-wodnego (Machowiak i in., 2009a, Machowiak i in., 2009b). W wyniku badań opartych na 30 sondowaniach sozotechnicznych (23 do głębokości 5 m, pozostałe od 5,5 do 7 m) z analizą 60 próbek gruntów i analizą próbek wód (w wybranych 5 otworach) i 300 pomiarami atmogeochemicznymi sporządzono mapy z konturami ognisk skażenia i oszacowano objętość zanieczyszczonych gruntów.

Zakres analiz wykonanych przez EKOLAB był znaczący i miał istotny wpływ na planowanie dalszych badań, m.in. prac wykonanych przez firmę Omegatech Polska Sp. z o.o. (Irmiński i Dębicka, 2010). I tak, w wyniku analizy zawartości metali ciężkich w badaniach EKOLAB-u nie stwierdzono przekroczeń dla standardów przyjętych w Polsce dla gruntów na terenach grup C i B.

Większość analizowanych próbek gruntów wykazała podwyższoną zawartość substancji organicznych, w tym pochodzących bezpośrednio z oleju impregnacyjnego (kreozotu). Przebadano takie wskaźniki jak: zawartość lotnych węglowodorów aromatycznych BTEX, sumę chlorofenoli, sumę polichlorowanych bifenyli (PCB), zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), zawartości olejów mineralnych (węglowodory $C_{12} - C_{35}$). W zakresie wszystkich wymienionych wskaźników w większości próbek zanotowano znaczne przekroczenia wartości dopuszczalnych stężeń, zarówno dla gruntów grupy B, jak nawet grupy C.

Przykładowo BTEX występowały w zakresie od 0,860 do 76,590 mg/kg s.m. Wartość stężenia dopuszczalnego dla BTEX wynosi 1 mg/kg s.m. dla gruntów grupy B.

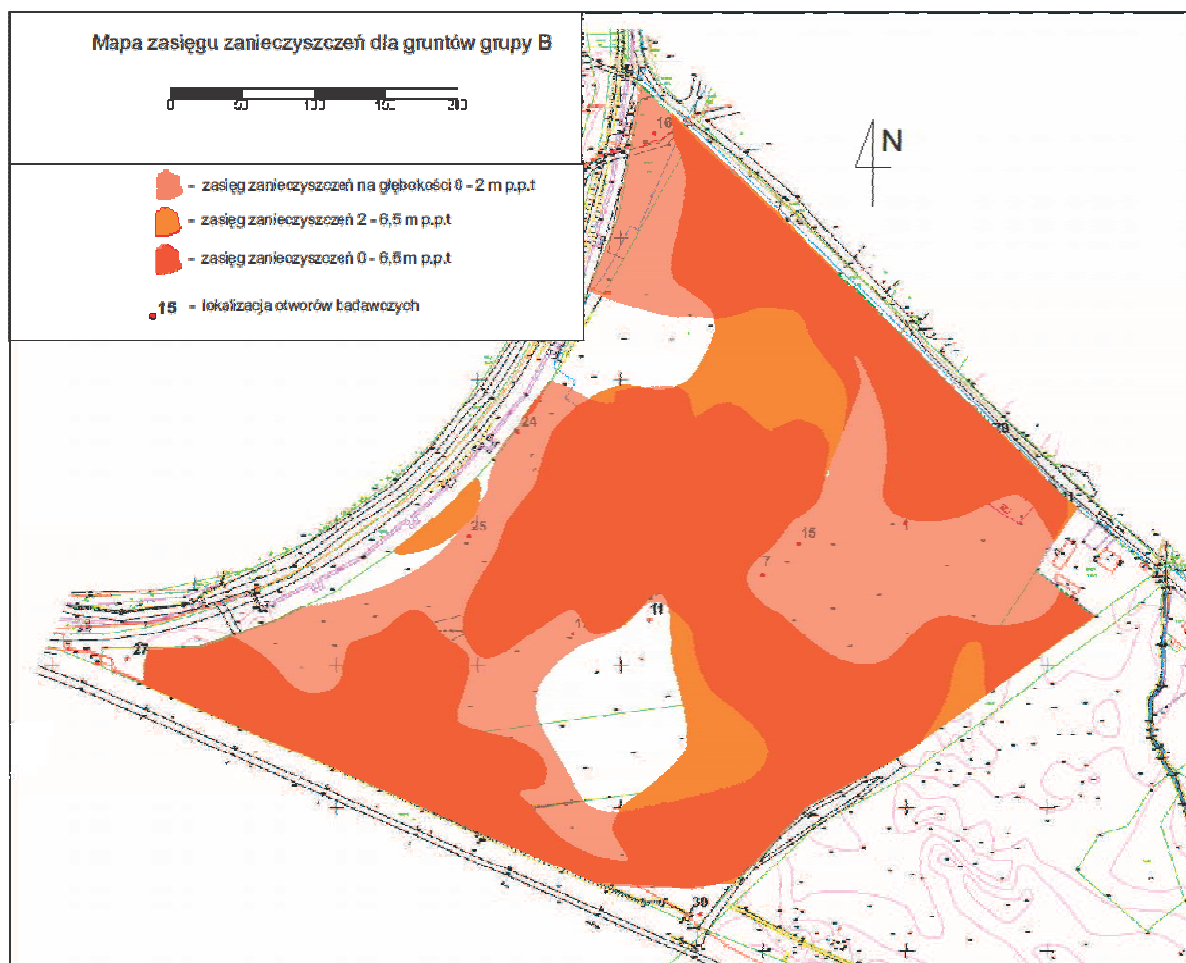
Stwierdzone zawartości chlorofenoli były zróżnicowane od 3,020 do 9156,520 mg/kg s.m. Wartość stężenia dopuszczalnego wynosi dla nich 0,001 mg/kg s.m. dla gruntów grupy B. Są to więc bardzo istotne przekroczenia standardów dla gleby i ziemi.

Zawartość olejów mineralnych (węglowodory $C_{12} - C_{35}$) w badanych próbkach wynosiła od 4,144 do 42754,000 mg/kg s.m. Wartość stężenia dopuszczalnego tego parametru wynosi 200 mg/kg s.m. dla gruntów grupy B.

Zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oznaczono w szerokim zakresie od < 2,00 do 231914,00 mg/kg s.m. Wartość stężenia dopuszczalnego WWA w gruntach wynosi 20 mg/kg s.m. (a nie 20 000 mg/kg s.m., jak podano zapewne omyłkowo w opracowaniu EKOLAB) dla gruntów grupy B.

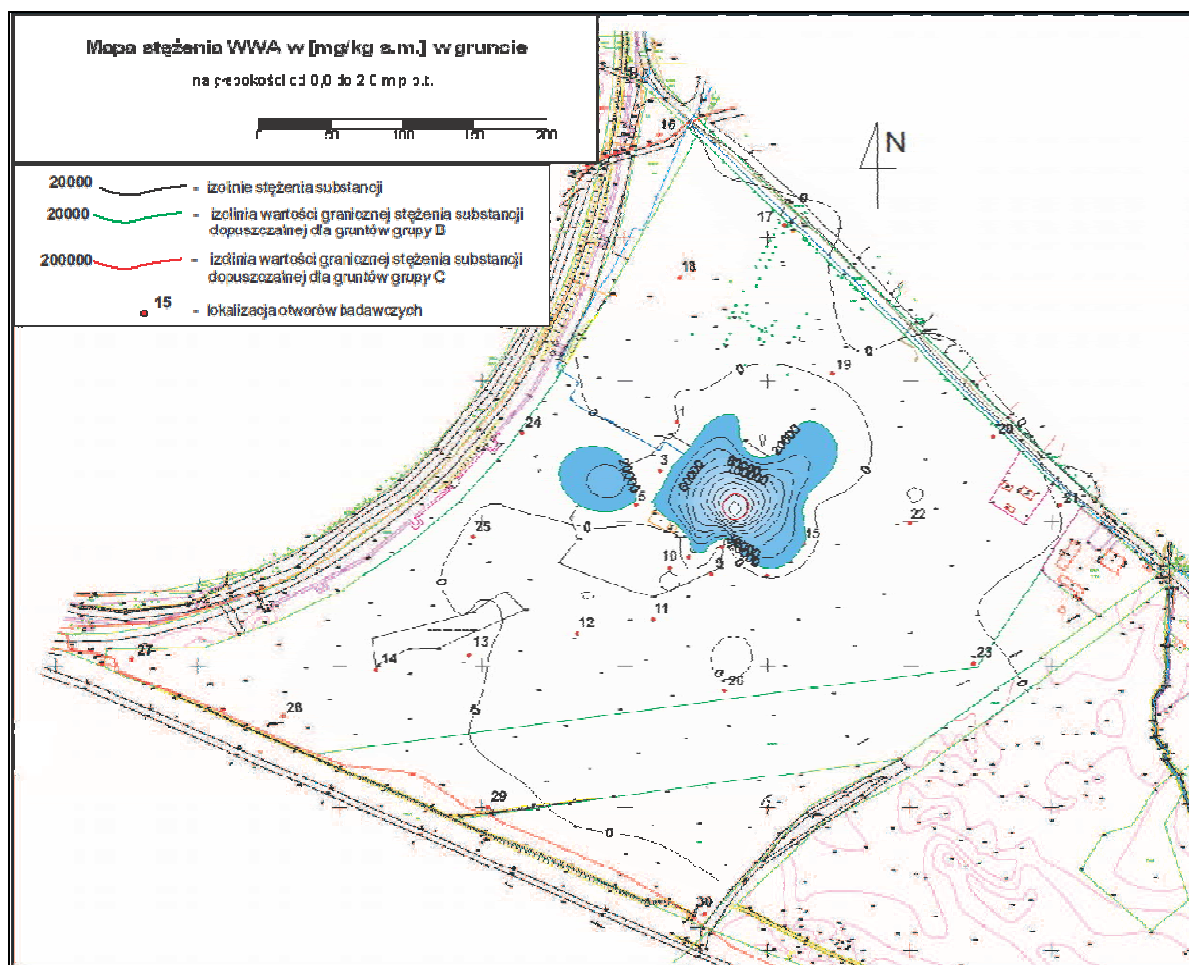
Zawartość węglowodorów chlorowanych jako parametr PCB zbadano w 15 próbkach gruntu z głębokości od 0,0 do 2,0 m p.p.t. Stwierdzono zawartości od 0,02 do 28,38 mg/kg s.m., zaś stężenie dopuszczalne wynosi 0,1 mg/kg s.m. dla gruntów grupy B.

Pomimo, że opracowanie EKOLAB zostało wykonane dość starannie i zapewne dużym nakładem środków, to określone zastrzeżenia budzą metody wyznaczania konturów stref zanieczyszczonych, co prowadzi następnie do zbyt pesymistycznych szacunków związanych z objętością skażonych gruntów (przeszacowanie). Programy komputerowe wykreślające izoliny (w tym izoliny stężeń) dokonują zrozumiałych uśrednień, zaś podłoże gruntowe, mimo budowy piaszczystej nie jest tak homogeniczne jak woda lub powietrze. W związku z tym istniejące ogniska zanieczyszczeń nie „rozpływają się” tak, by wszystko mogło się uśrednić. Mapy wykonane przez EKOLAB sugerują, że niemal cały grunt na przedmiotowym terenie należałoby wymienić, bo jest ponadnormatywnie skażony.



Ryc. 10. Syntetyczna mapa zasięgu zanieczyszczeń dla gruntów grupy B – wg Ekolab 2009

Ponieważ przedstawiona mapa syntetyczna wykonana przez Ekolab obejmuje szereg różnych zbadanych związków, a część z nich ma charakter lotny (BTEX) lub jest uznawane za stosunkowo łatwo biodegradowalne w normalnych warunkach środowiska gruntowego, to warto przyjrzeć się jak, wg badań Ekolab, wygląda mapa stężeń najtrwalszych związków wchodzących w skład kreozotu, czyli WWA – wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

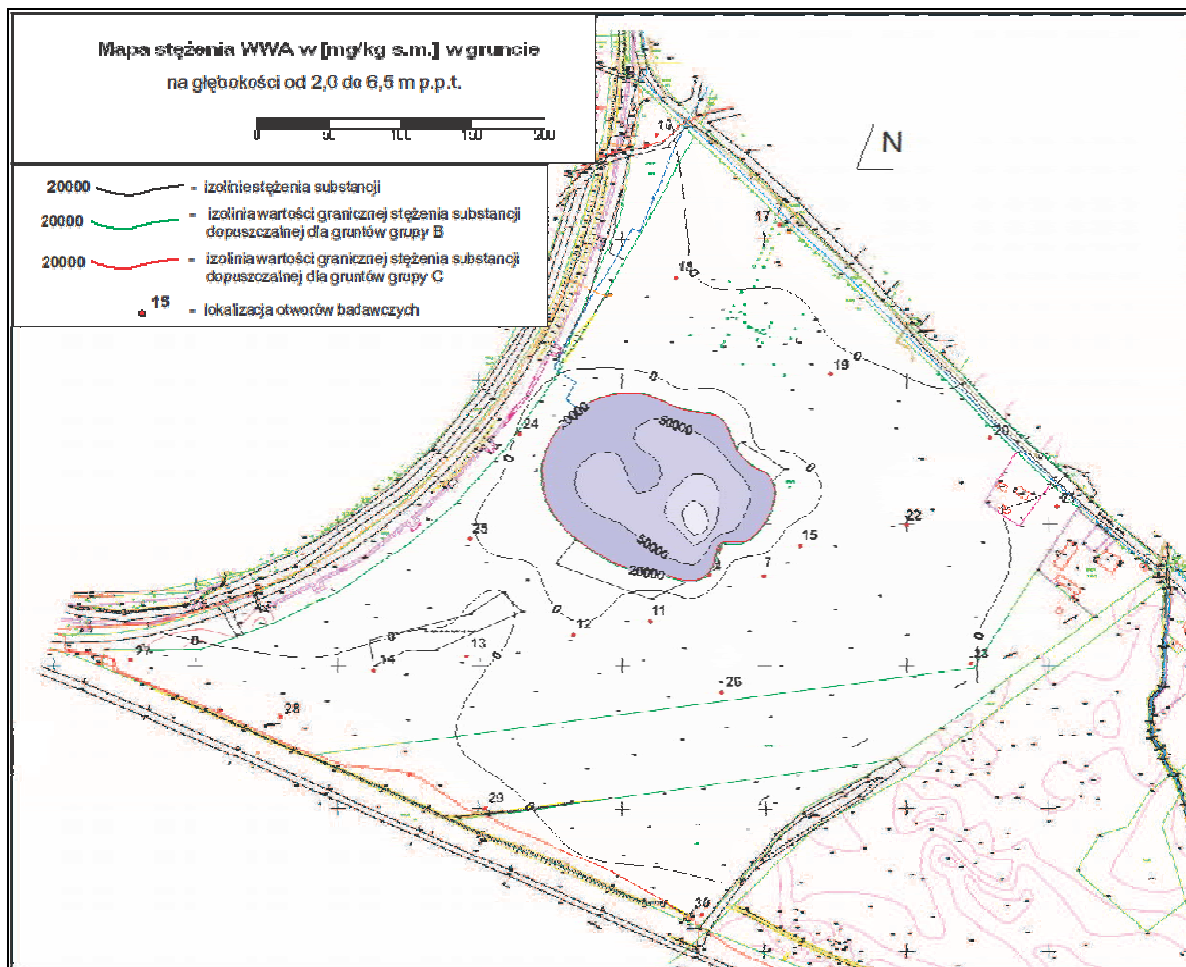


Ryc. 11. Wynik badania zawartości WWA w gruncie w strefie 0-2 m – według raportu Ekolab 2009.

W odróżnieniu od badań wykonanych przez Geoprogram w 2001 roku przedstawione mapy ilustrują inny kształt głównej plamy zanieczyszczeń. W strefie płytszej - 0-2 m – ulega one niejako rozdzieleniu. Nie ma natomiast żadnych śladów (mimo 2-3 otworów badawczych oraz analiz) wąsko kształtnej plamy w rejonie dawnej suwnicy. Jest to zjawisko zaskakujące, gdyż WWA uznawane za najbardziej odporne i stabilne w środowisku skażenia powinny być także i tu mierzalne.

W konkluzji dokonanych analiz historycznych oraz przeglądu wyników dotychczasowych badań nasuwa się ważne spostrzeżenie z zestawienia wyników badań z roku 2001 (GEOPROGRAM) oraz roku 2009 (EKOLAB) – odbywająca się w latach 2004-2008 rabunkowa gospodarka mienia po nasycalni (np. bezpośrednie wylewanie do gruntu krezotu z wykopywanych zbiorników – co widać na fotografiach 5-9) wywołała w środowisku gruntowo-wodnym dewastację porównywalną ze 100-letnim okresem „normalnej” działalności nasycalni.

Z map zawartych w opracowaniu z 2009 roku wynika, że w centralnej części badanego terenu stężenia sumy WWA w gruntach w strefie głębokości od 2 do 6,5 m sięgają od 20 000 mg/kg s.m. do 100 000 mg/kg s.m., zaś stężenia olejów mineralnych sięgają 50 000 mg/kg s.m. i więcej, a w badaniach próbek gruntu z tej strefy w 2001 roku wykazano maksymalnie sumę stężeń WWA o wartości 6362 mg/kg s.m. i niemal 9000 mg/kg s.m. dla związków ropopochodnych.



Ryc. 12. Wynik badania zawartości WWA w gruncie w strefie 2-6,5 m – według raportu Ekolab 2009.

Porównanie tych danych nasuwa jednak szereg wątpliwości, bowiem tak gwałtowny wzrost stężeń wydaje się wręcz nieprawdopodobny. Z metodyki badań gruntów z terenów przemysłowych i zanieczyszczonych wynika, że nie jest możliwe i zasadne porównanie dokładnie tych samych miejsc w badaniach gruntu (próbka pobrana nie może zostać po raz drugi pobrana z tego samego miejsca, co wyklucza powtarzalność wyników w ośrodku niehomogenicznym), ale można to uczynić dla wód podziemnych.

W 2001 roku makroskopowo wskazana do badań najbardziej zanieczyszczona próbka wody podziemnej (otwór badawczy GEOPROGRAM o-8) zawierała 1873,95 $\mu\text{g/l}$ sumy WWA, a dominował w niej naftalen - 1873,15 $\mu\text{g/l}$. W roku 2009 badania najsilniej zanieczyszczonych próbek wód wykazały stężenia WWA o wartości 186,1 $\mu\text{g/l}$ (ale nie 186,1 mg/l, jak podano mylnie w tekście opracowania EKOLAB !!! W załączonych tam sprawozdaniach z analiz laboratoryjnych użyto jednostek mikrogramów a nie miligramów). Oznacza to zatem 10-krotny spadek stężenia sumy WWA w wodzie w ciągu 8 lat.

Ten proces można zapewne znacząco przyspieszyć stosując na przykład remediację gruntów i wód z zastosowaniem biopreparatów.

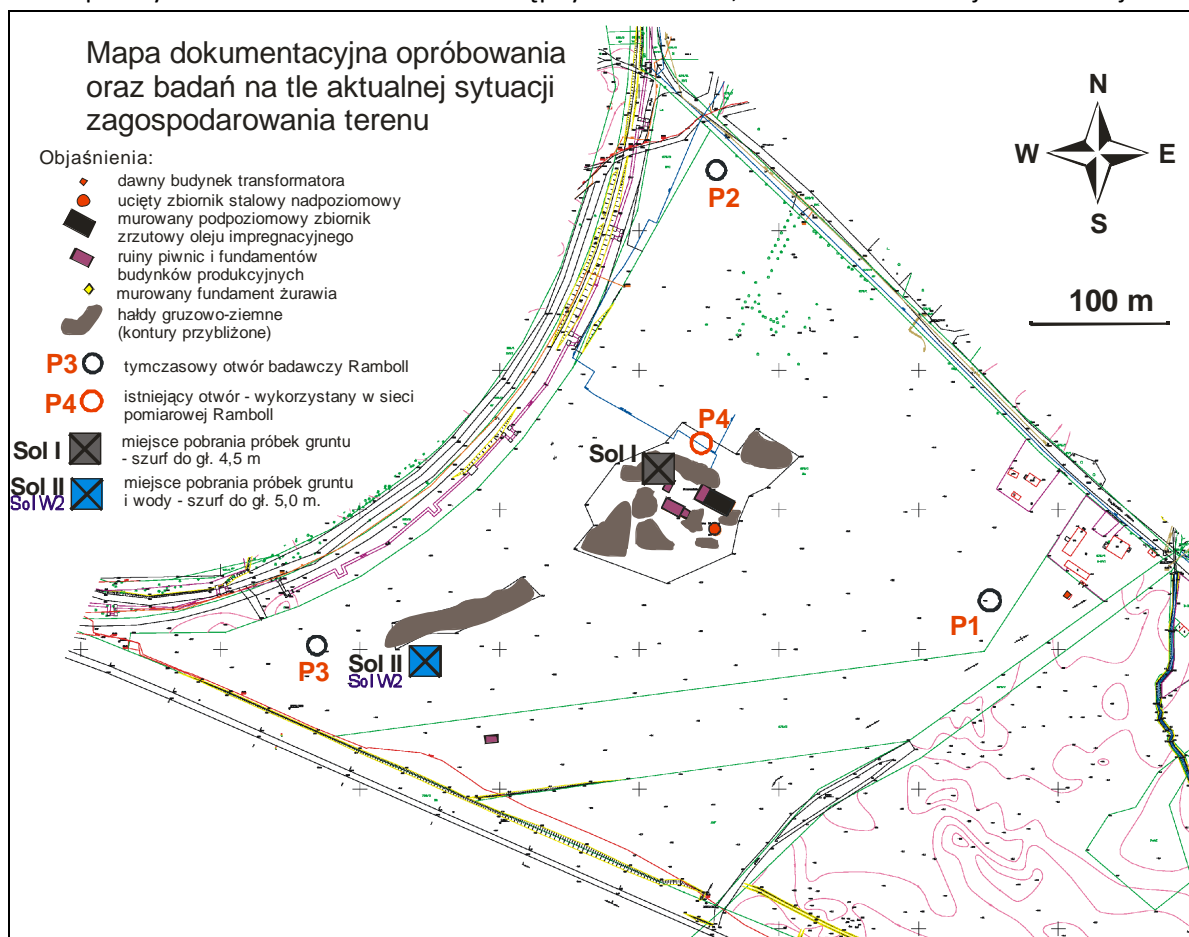
Wstępne rozpoznanie techniczne

Badania geochemiczne gruntu

Dość bogaty materiał badawczy, w tym liczne próbki przebadane pod kątem zawartości różnych składników, głównie organicznych, pozwoliły ukierunkować niezbędne na tym etapie badania jedynie na substancje, które są dominujące, a zatem też prawdopodobnie najtrudniej podlegają procesom naturalnego rozkładu i samooczyszczania w środowisku (tzw. procesy NA - Natural Attenuation). Zaplanowane badania miały za zadanie zweryfikować wrywkowo badania poprzedników, dokonać badania gruntu przed przewidzianymi testami biologicznymi oraz przeanalizować wyniki badania mikroorganizmów zdolnych do intensyfikacji procesu bioremediacji zanieczyszczeń związkami WWA (Irmiński i Dębicka, 2010).

Opróbowanie gruntu

Trzeba zaznaczyć, że prace próbkobiorcze zaplanowano i przeprowadzono w okresie zimowym, by zminimalizować ucieczkę związków lotnych z pobieranego materiału (niska prężność par w niskiej temperaturze). W celu określenia zawartości mikroorganizmów w strefie przewidywanego tzw. "średniego skażenia" wytypowano miejsce położone przed wylotem dawnych komór impregnacyjnych, jednak w pewnym oddaleniu – szurf Sol I. Następny szurf – Sol II, zlokalizowano w rejonie dawnej suwnicy.



Ryc. 13. Mapa miejsc opróbowania gruntu do badań chemicznych i mikrobiologicznych, a także miejsc pobrania próbek oraz badania zwierciadła wody gruntowej (Irmiński i Dębicka, 2010).

Wykonany w dniu 7.01.2010 przy pomocy koparki szurf Sol I wykazał znaczne zróżnicowanie poziome skażeń (widocznych makroskopowo) i umożliwił rozważne pobranie próbek do analiz chemicznych z wybranych stref głębokości. W szurfie I pobrano 4 próbki, z czego jedną jako duplikat do kontroli jakości i powtarzalności badań oraz zróżnicowania (braku homogeniczności) skażeń o charakterze hydrofobowym i znacznej lepkości (np. WWA). W szurfie II pobrano 7 próbek, z czego zdublowano 3 próbki. Szurf II został zlokalizowany na obszarze oddalonym od centrum terenu dawnej nasycalni, ale w strefie, którą w roku 2001 zespół badawczy firmy GEOPROGRAM wskazał jako wysoce zanieczyszczoną na skutek przeładunku suwnicowego nasyconych podkładów. Wyrobisko utworzone w wyniku pracy koparki w tym drugim miejscu dobitnie wykazało, że nie może być mowy o uśrednianiu skażeń w podłożu i oceny wynikające z map EKOLAB-u są nieprawidłowe. Ujawniają to załączone fotografie, gdzie widać wyraźne zróżnicowanie oboczne gruntów silnie skażonych oraz piasków bez zanieczyszczeń.



Fot. 14. Prace przy wykonywaniu szurfu nr I. Wokół istniejące od 2006 roku hałdy ziemno-gruzowe.



Fot. 15. Szurf nr I - pionowo przebiegająca strefa kontaktu pomiędzy osadami bez zanieczyszczeń oraz osadami zanieczyszczonymi olejem impregnacyjnym wnikającym i migrującym pionowo w strefie niezawodnionej. Widać, że ta reguła jest zachwiana, gdy olej dociera do głębokości, na której występują piaski średnioziarniste warstwowane skośnie – tu substancje oleiste wykorzystują naturalną, większą przepuszczalność wzdłuż warstwowania. U góry zdjęcia widoczna jest ok. 40 cm miąższości warstwa zanieczyszczonego nasypu antropogenicznego.



Fot. 16 Operator koparki kończy zasypywanie szurfu nr I urobkiem i wyrównuje teren.



Fot. 17 Faza inicjalna wykonywania szurfu nr II ujawnia, że strefy zanieczyszczone znajdowały się najczęściej po obu stronach torowiska w miejscu przeladunku suwnicowego. Jest to prawdopodobnie wynik skapywania oleju impregnacyjnego z krawędzi wagonów i wózków transportowych.



Fot. 18. Ściana szurfu nr II – analogicznie jak w szurcie nr I występują tu pionowe granice stref skażonych. Widać jednak, że impregnat rozplywała się w poprzek, według warstwowania poziomego, szczególnie nad mniej porowatymi soczewkami piasków z orsztyłem (zażelazionych).



Fot. 19 Sposób pobierania próbki z określonej głębokości z silnie skażonego gruntu odsłoniętego w szurfie – łopatką stalową służy do nabierania osadu oraz jego względnie dużej homogenizacji w wiaderku w celu uśrednienia stężenia w pobieranej partii gruntu.



Fot. 20 Po uśrednieniu próbka gruntu jest pobierana do zakręcanego pojemnika z ciemnego szkła, opisywana i pakowana do pojemnika izotermicznego, w którym pojedzie do laboratorium.

Poniżej przedstawiono listę próbek gruntu pobranych do badań (oznaczono numer szurfu, głębokość pobrania oraz rozróżniono ewentualny duplikat):

1. Sol I/2 m
2. Sol I/3,5 m
3. Sol I/4,5 m A
4. Sol I/4,5 m B
5. Sol II/1 m A
6. Sol II/1 m B
7. Sol II/3,5 m
8. Sol II/3,5 m bis A
9. Sol II/3,5 m bis B
10. Sol II/5 m A
11. Sol II/5 m B

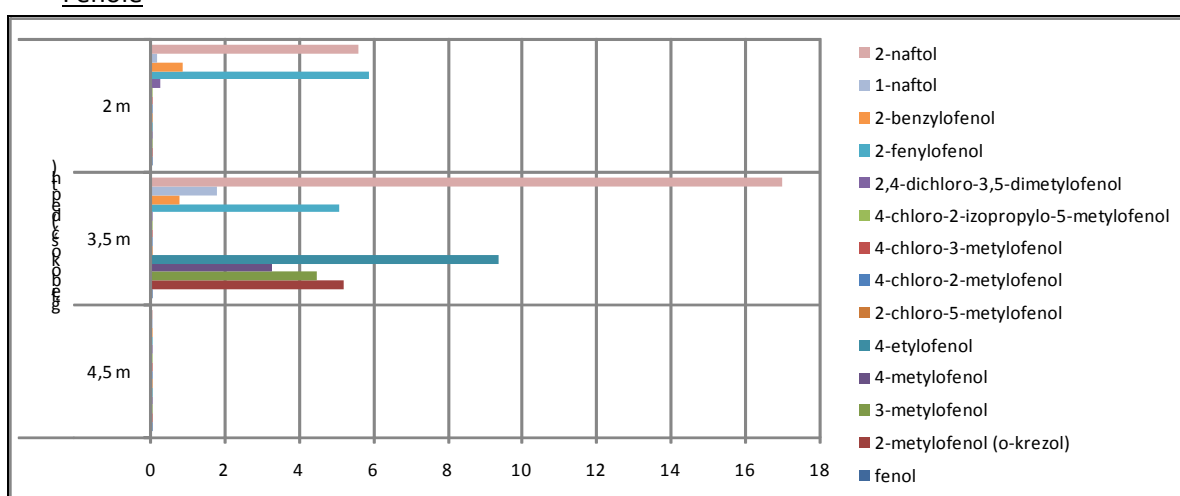
Analiza laboratoryjna próbek

W certyfikowanym laboratorium Wessling Laboratoria GmbH pobrane próbki gruntu poddano badaniom na zawartość następujących związków:

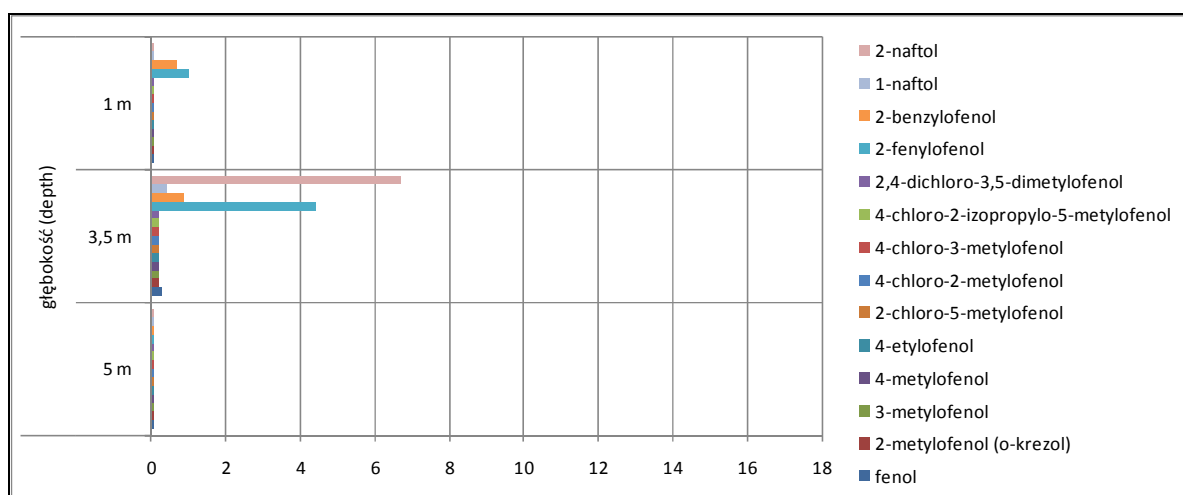
- Alkilofenole (z podziałem na poszczególne związki),
- Węglowodory aromatyczne – BTEX
- Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne – WWA
- Metale ciężkie

W opracowaniu sporządzonym przez Omegatech Polska Sp. z o.o. (Irmiński i Dębicka, 2010) zamieszczono szczegółowe wyniki analiz laboratoryjnych firmy Wessling wykonane na pobranych wówczas próbkach. Na załączonych poniżej rycinach zilustrowano graficznie stężenia poszczególnych badanych składników w trzech poziomach głębokościowych, w których wykonano pobór próbek. Warto zaznaczyć, że próbka położona najniżej została wzięta ze strefy saturacji.

Fenole



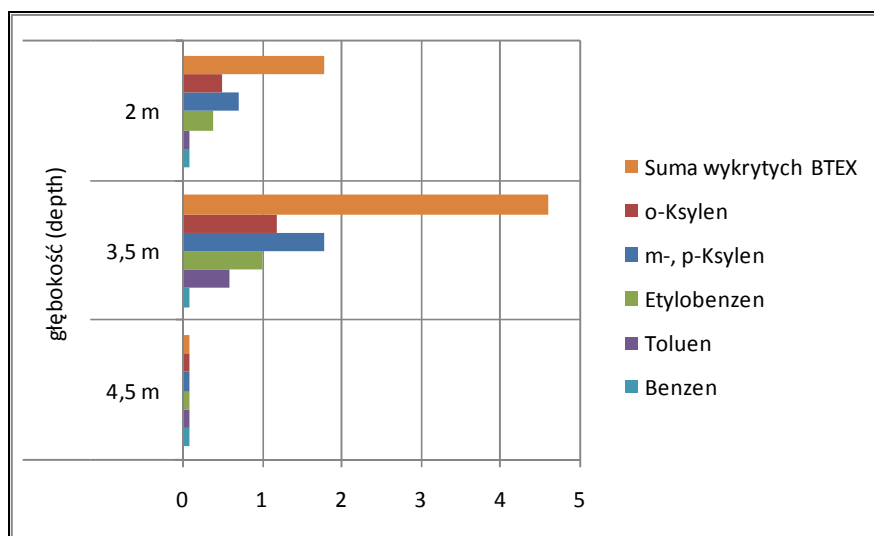
Ryc. 14. Wyniki analizy zawartości poszczególnych alkilofenoli w próbkach gruntu z trzech poziomów głębokości w szurfiu Sol I. Na osi poziomej zawartości w mg/kg s.m.



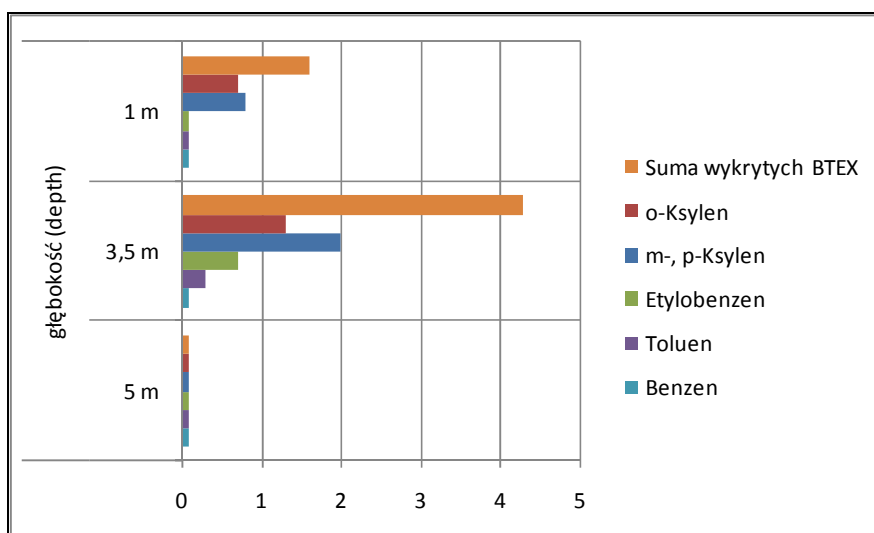
Ryc. 15. Wyniki analizy zawartości poszczególnych alkilofenoli w próbkach gruntu z trzech poziomów głębokości w szurfiu Sol II. Na osi poziomej zawartości w mg/kg s.m.

W porównaniu Sol I i Sol II łatwo zauważyć generalnie mniejsze stężenia fenoli w drugim szurfiu. Przy czym w obu przypadkach profil pionowy wygląda dość podobnie: od powierzchni rosnące stężenia ku strefie środkowej (ok. 3,5 m), a następnie niewielkie ilości alkilofenoli w strefie saturacji (zawodnionej), co potwierdza ich stosunkowo łatwe rozpuszczanie i migrację z płynącymi wodami podziemnymi. Ponadto istotna różnica tkwi w spektrum składu, co można zaobserwować szczególnie w strefach o najwyższych stężeniach w obu szurfach: w centrum dawnej nasycalni można, poza dominującym naftolem oraz fenylofenolem, zaobserwować także inne rodzaje alkilofenoli o większych masach cząsteczek (głównie metylofenole). To zjawisko potwierdza, że w strefie suwnicy mamy do czynienia z mieszaniną alkilofenoli, które były jeszcze dostatecznie długo ciekłe, by skapywać z nasyconych podkładów i platform wózków transportowych. Zasadniczo w Sol II brak jest metylofenoli.

BTEX



Ryc. 16. Wyniki analizy zawartości poszczególnych węglowodorów aromatycznych (BTEX) oraz ich sumy w próbkach gruntu z trzech poziomów głębokości w szurfiu Sol I. Na osi poziomej zawartości w mg/kg s.m.

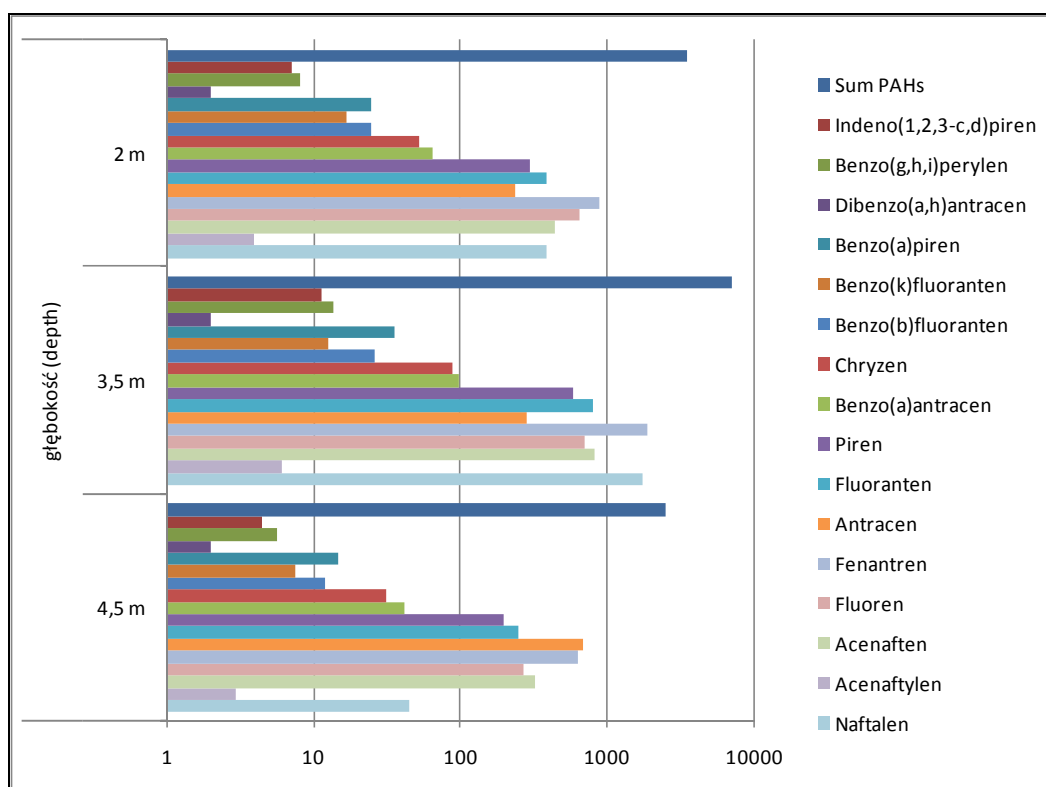


Ryc. 17. Wyniki analizy zawartości poszczególnych węglowodorów aromatycznych (BTEX) oraz ich sumy w próbkach gruntu z trzech poziomów głębokości w szurfiu Sol II. Na osi poziomej zawartości w mg/kg s.m.

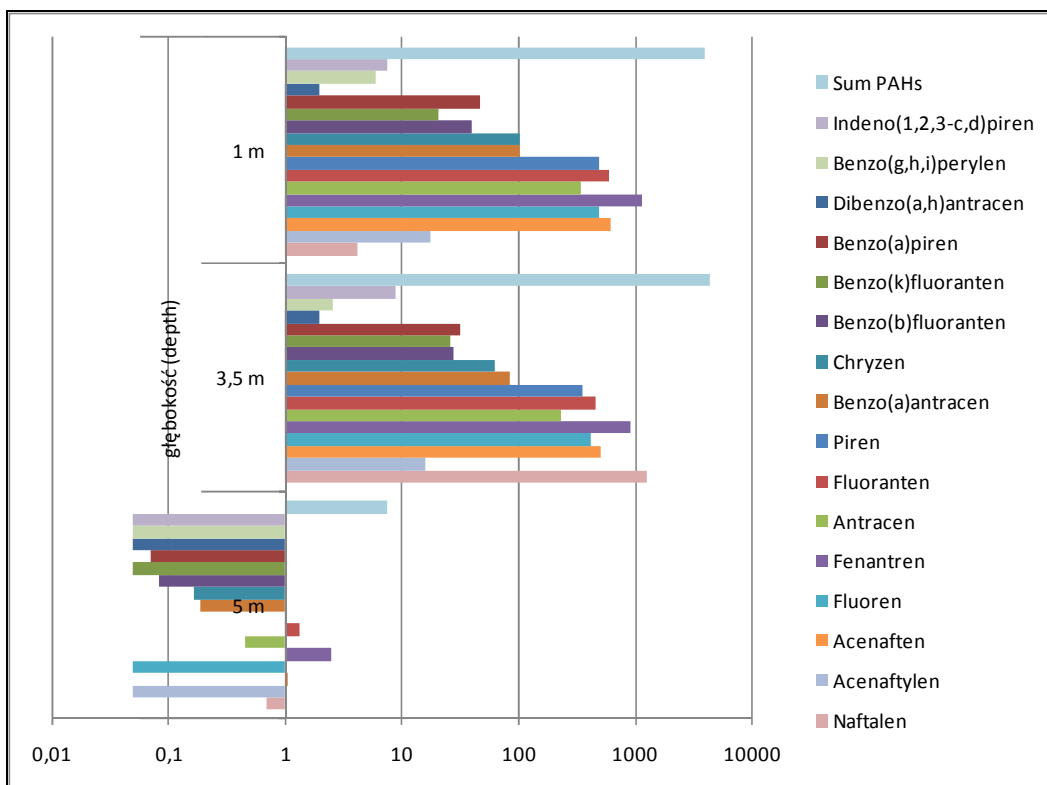
Spektra BTEX w dwóch oddalonych szurfach i na odpowiadających sobie poziomach są dość podobne. Ponadto dominuje ksylen. To może potwierdzać, że związki lotne dość równomiernie migrowały/migrują w gruncie w strefie aeracji, przy czym strefa ok. 3,5 metra jest wyraźnie mocniej zanieczyszczona.

Podobnie jak przy alkilofenolach, również BTEX są znacząco mniej stężone w próbkach ze strefy saturacji (4,5 m i 5 m).

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne – WWA



Ryc. 18. Wyniki analizy zawartości poszczególnych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oraz ich sumy w próbkach gruntu z trzech poziomów głębokości w szurfie Sol I. Na osi poziomej zaznaczono zawartości w mg/kg s.m. w skali logarytmicznej.



Ryc. 19. Wyniki analizy zawartości poszczególnych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oraz ich sumy w próbkach gruntu z trzech poziomów głębokości w szurfie Sol II. Na osi poziomej zaznaczono zawartości w mg/kg s.m. w skali logarytmicznej.

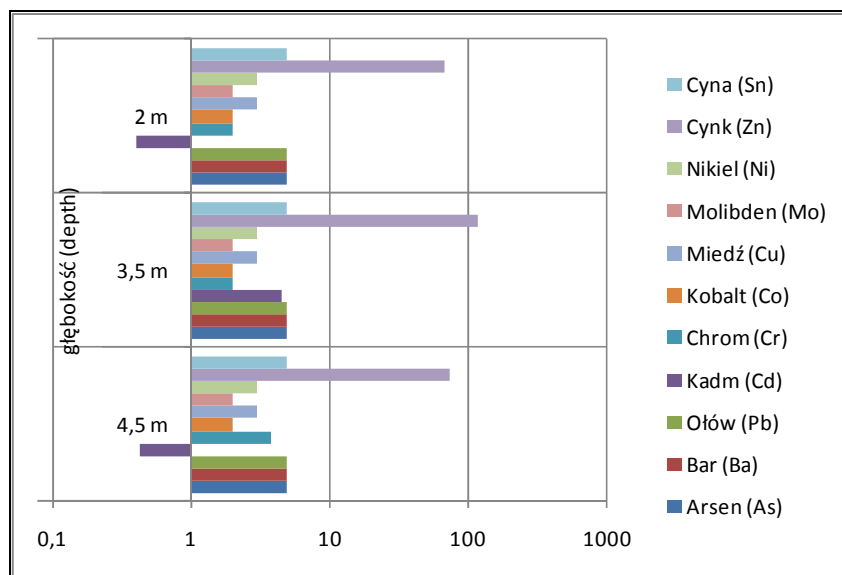
Analiza spektrów WWA wskazuje, że związki te, z natury o większych cząsteczkach, nie migrują tak łatwo ze środowiska gruntowego. Wyjątek stanowi łatwo lotny naftalen, który podobnie jak BTEX i alkilofenole w największych ilościach występuje w strefie środkowej, zaś w warstwie przypowierzchniowej ma tendencję do ulatniania się (porównać można stężenia naftalenu na głębokości 1 metra w Sol II oraz 2 metrów w Sol I).

Natomiast wyraźnie widoczna jest dominacja WWA nad innymi składnikami krezotu.

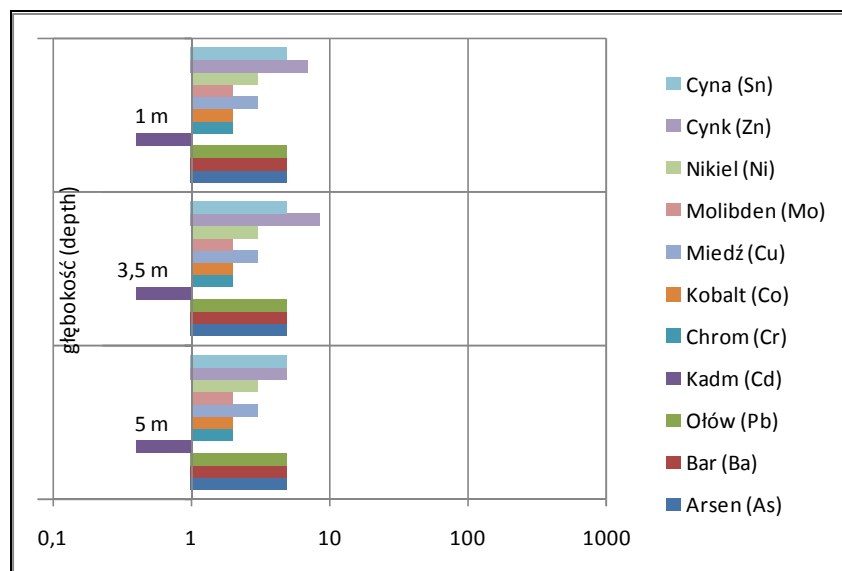
Metale ciężkie

Zamieszczone poniżej graficznie badanie zawartości metali ciężkich miało odpowiedzieć na pytanie, czy któryś z metali nie będzie stanowił problemu toksykologicznego szczególnie dla mikroorganizmów glebowych. Wynik jest jednoznaczny – jedynie cynk w części centralnej terenu pojawia się w ilościach zauważalnych (ale niskich) i pochodzi ze standardowej korozji takich elementów budynków jak rynny, rury spustowe, obróbki i parapety z blach ocynkowanych. Utleniony cynk dostawał się wraz z wodą deszczową z rynien do gleby.

W otoczeniu szurfu Sol II nie było natomiast zabudowań, stąd brak wyrazistej zawartości cynku w próbkach gleby.



Ryc. 20. Wyniki analizy zawartości poszczególnych metali ciężkich w próbkach gruntu z trzech poziomów głębokości w szurfie Sol I. Na osi poziomej zaznaczono zawartości w mg/kg s.m.



Ryc. 21. Wyniki analizy zawartości poszczególnych metali ciężkich w próbkach gruntu z trzech poziomów głębokości w szurfie Sol II. Na osi poziomej zaznaczono zawartości w mg/kg s.m.

Badania geochemiczne wody podziemnej

Woda jako medium mobilne i dość homogeniczne została pobrana jedynie w szurfie drugim (Sol II), gdyż tu koparka mogła obniżyć swoją pozycję i wykopać głębszy otwór. Analizę wody w tym zanieczyszczonym terenie zaplanowano, by określić wzajemną relację pomiędzy stężeniami w gruncie i w wodzie oraz by móc stwierdzić, czy istnieją jakiegokolwiek wyraźne wpływy geochemiczne pochodzące spoza ognisk skażenia.

Opróbowanie

Jak wspomniano, w szurfie Sol II koparka umożliwiła uzyskanie dużej ilości wody podziemnej (co było głównym zapotrzebowaniem do testów mikrobiologicznych). Woda grawitacyjnie wciekała do

czerpaka-łyżki wciśniętej w zawodniony grunt. Ubytek związków lotnych nie miał tu dużego znaczenia. Panował silny mróz i prężność par była dość niska. Należy jednak uwzględnić fakt, że próbki nie były pobierane pompą z otworu nafiltrowanego lecz wiaderkiem z czerpaka koparki, co ilustruje fotografia.

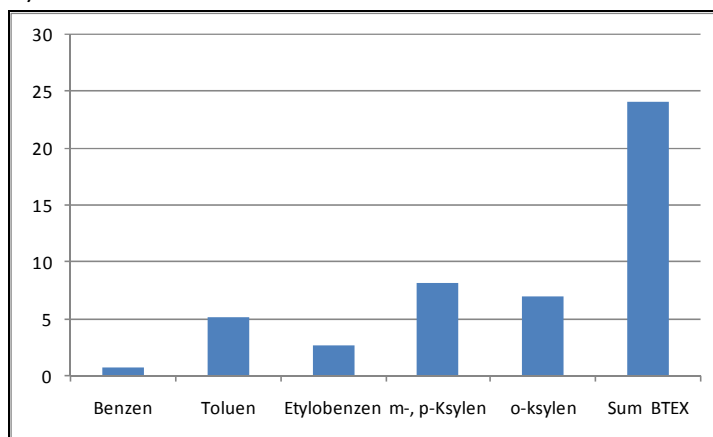


Fot. 21. Pobór próbki wody do badań z szurfu Sol II w dniu 7.01.2010. W wykopie wyraźnie widoczna jest wąska, pionowo przebiegająca strefa zanieczyszczeń.

Próbki wody z czerpaka pobierano wiaderem, a następnie z niego napełniano butelki laboratoryjne z ciemnego szkła z zakrętkami. Po opisaniu (jako Sol W2) zestawu butelek próbki wody przechowywano do czasu wysyłki w chłodzonym izotermicznym pojemniku. Na czas podróży do laboratorium do pojemnika włożono wkłady chłodzące.

Analiza laboratoryjna

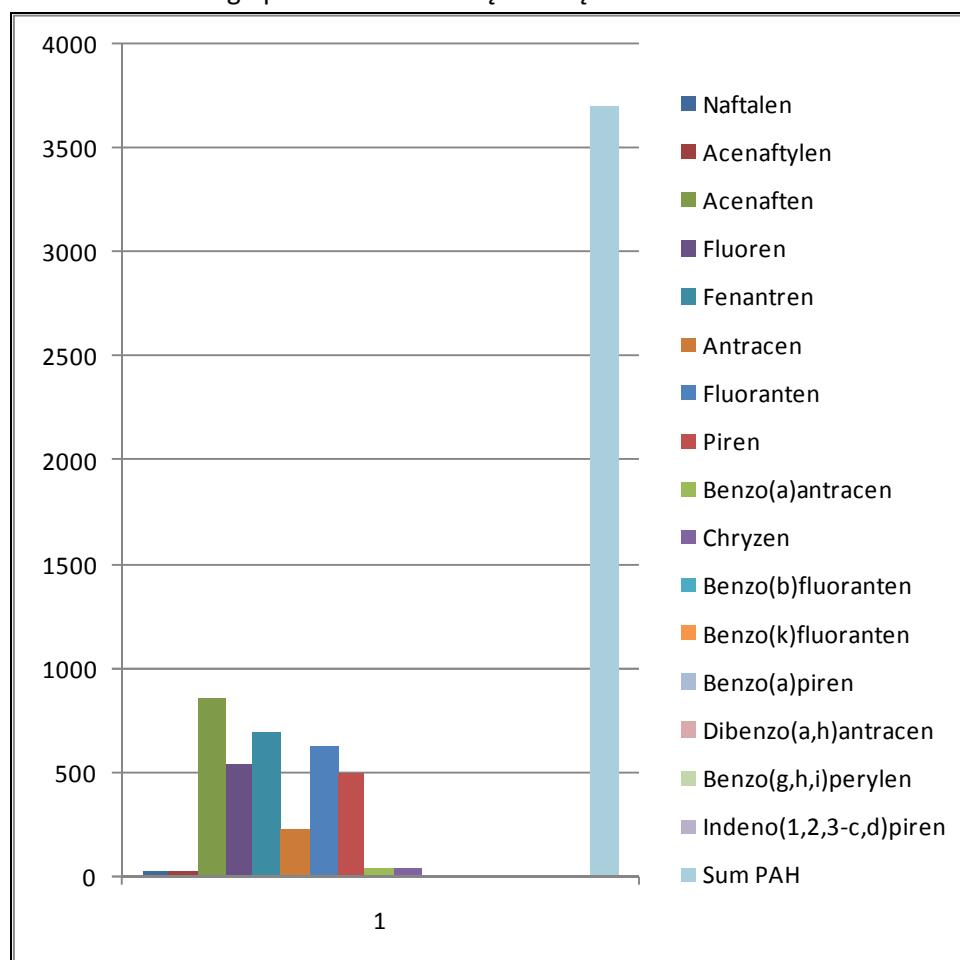
Próbki wody, podobnie jak gruntu przebadano pod względem zawartości fenoli (indeks fenolowy), BTEX, WWA oraz metali ciężkich. Szczegółowe wyniki analiz były załączone do opracowania z 2010 r. (Irmiński i Dębicka, 2010).



Ryc. 22. Stężenia BTEX w próbce wody Sol W2 z szurfu Sol II. Wartości na osi pionowej w mikrogramach na litr.

Jak widać, wśród BTEX dominują izomery ksylenu, co potwierdza wcześniej i opisane obserwacje stężeń BTEX w gruntach. Wśród pokazanych poniżej WWA dominującą rolę odgrywiają acenaften, fluoren, fenantren oraz fluoranten i piren. Najlżejszy pośród WWA – naftalen, nie występuje tu w przewodzie –

może z powodu metody pobierania próbki (otwarty wykop), a może z powodu największej jego mobilności i stosunkowo łatwego przemieszczania się z wodą.



Ryc. 23. Stężenia WWA w próbce wody Sol W2 z szurfu Sol II. Wartości na osi pionowej w mikrogramach na liter.

Zbadane zawartości metali ciężkich nie budzą niepokoju, w niewielkich ilościach występują jedynie miedź (9,6 µg/l) oraz cynk (23 µg/l), pozostałe badane metale poniżej granicy wykrywalności. Indeks fenolowy wynosi 6100 µg/l, co jest oczywiście wartością bardzo wysoką.

Rozpoznanie szczegółowe

Cel rozpoznania szczegółowego

Dotychczasowy stan rozpoznania (badania z 2001 – Geoprogram, z 2009 roku – EKOLAB oraz z 2010 roku – Omegatech Polska) w sposób istotny wpływają na wiedzę o rodzaju, charakterze i wielkości skażenia środowiska gruntowo wodnego. W opracowaniu z 2010 r. uznano, że dalszy proces bardziej szczegółowego badania oraz monitorowania skażeń nie ma sensu, a w kontekście obowiązującego prawa oraz planów miasta Solca Kujawskiego związanych z zagospodarowaniem tego miejsca konieczne staje się podjęcie działań stricte remediacyjnych. Mimo to RDOŚ nałożyła na właściciela terenu obowiązek prowadzenia monitoringu gleby pod kątem zawartości związków z grupy WWA, co zaczęto realizować zgodnie z decyzją od maja 2011 roku.

Ponieważ jednak początkowe działania oczyszczające na tym obszarze muszą polegać w pierwszej fazie głównie na uprzątnięciu odpadów z powierzchni i jej uporządkowaniu oraz wskazaniu obszarów gruntu, który musi być wydobyty lub nad którym konieczne będzie wykonanie poletka bioremediacyjnego.

Jako najlepsze metody (akceptowalne w kontekście prawa ochrony środowiska i uzasadnione ekonomicznie) przyjęto wspomnianą bioremediację na poletkach (czuli in situ) oraz na przyzmacz technologicznych (czyli on side). Dlatego znaczną wagę przyłożono do przeprowadzenia testów mikrobiologicznych i oceny skażeń odpadów budowlanych oraz pozostałej w ziemi infrastruktury. Żadne z tych badań nie były wcześniej wykonywane.

Dalsze okonturowanie domniemanych oraz sygnalizowanych wcześniejszymi badaniami ognisk skażenia uznano za nieracjonalne i kosztochłonne. W przypadku wyboru metod rekultywacji dalsze badania szczegółowe mogą być zbędne (metoda bioremediacji) lub zostaną włączone w proces mechaniczno-chemicznego płukania gruntu.

Badania odpadów budowlanych i istniejącej infrastruktury

Jak wspomniano w poprzednich rozdziałach, na zdewastowanym terenie występuje znaczna ilość odpadów po wyburzonych budynkach. Prace wyburzeniowe zostały wykonane w latach 2005-2006 metodą rabunkową, a hałdy gruzu i ziemi pokrywają istniejące w ziemi resztki fundamentów. Część budynków i konstrukcji nie miała kontaktu z olejem impregnacyjnym i makroskopowo widać, że materiał budowlany nie jest zanieczyszczony – w związku z tym może być przetworzony i wykorzystany jako odpad inny niż niebezpieczny, a konkretnie odpad mineralny. Tego typu odpad po skruszeniu do pożądanej frakcji może służyć jako materiał na podbudowy podjazdów i parkingów. W zasadzie nie ma potrzeby usuwania odpadów poza teren objęty remediacją.

Jednak znaczna część odpadów, które już występują w postaci gruzu zmieszanego z ziemią oraz tych, które powstaną przy wyburzaniu resztek fundamentów, posadzek, podmurówki zbiornika cylindrycznego oraz zbiornika prostokątnego, jest makroskopowo zanieczyszczona.

Opróbowanie

W celu określenia stopnia zanieczyszczenia materiałów budowlanych, które mogą stać się odpadami, w styczniu 2010 r. przeprowadzono opróbowanie następujących obiektów i materiałów:

1. Punkt 1 opróbowywania masywny ceglany fundament dawnego żurawia
SOL/M1 – próbka cegły z warstwy przypowierzchniowej muru, ściany, próbka „czysta” bez oznak zanieczyszczenia kreozotem
SOL/M2 – próbka zaprawy wapiennej z warstwy przypowierzchniowej, materiał porowaty, brak oznak zanieczyszczenia kreozotem
2. Punkt 2 opróbowywania podstawy pozostałego zbiornika z kreozotem
SOL/M3 – próbka cegły z warstwy przypowierzchniowej u podstawy pozostałego zbiornika z kreozotem, warstwa zabarwiona na czarno, intensywny zapach kreozotu
SOL/M4 – próbka cegły z głębszej strefy podstawy zbiornika z kreozotem, cegła bez zmian koloru, brak wyczuwalnego zapachu, próbka „czysta”
3. Punkt 3 opróbowywania – pozostałości budynku użytkowego na północ od zbiornika z kreozotem

SOL/M6 – próbka cegły pobrana z pozostałych ruin budynku użytkowego na północ od zbiornika z krezotem, próbka cegły z czarnym nalotem krezotem, zapach wyczuwalny
 SOL/M7 – próbka cegły i zaprawy betonowej z pozostałości po ścianach budynku użytkowego, próbka „czysta”

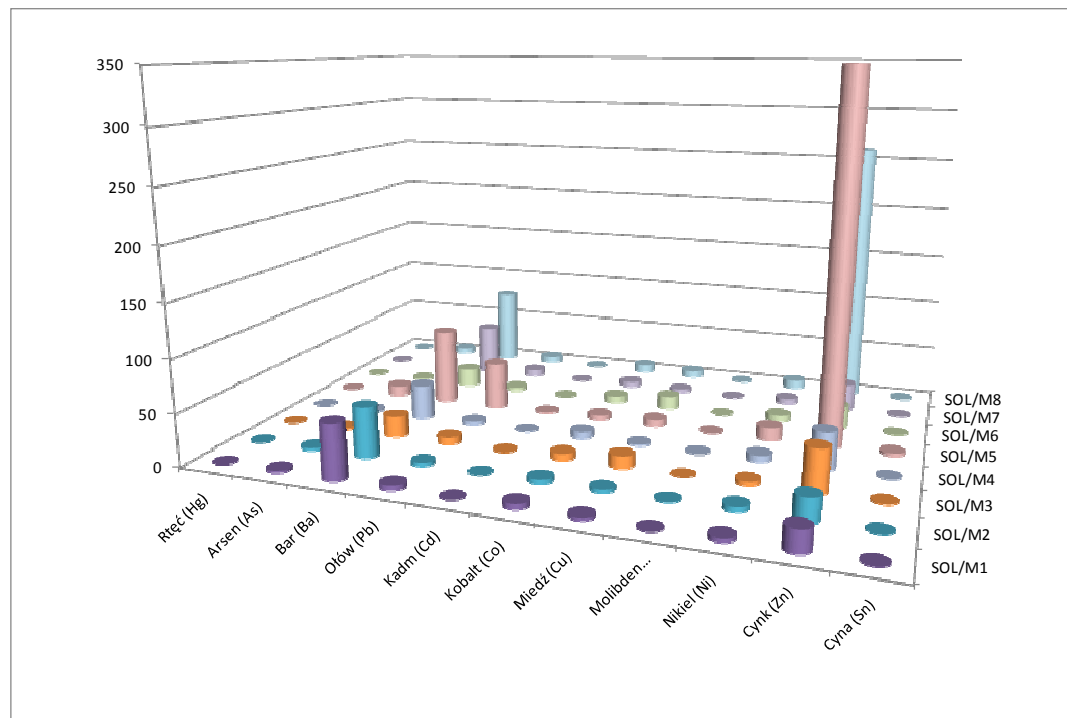
4. Punkt 4 opróbowywania ścian zbiornika podpoziomowego - magazynu oleju zrzutowego .
 SOL/M5 – próbka zaprawy betonowej z warstwy przypowierzchniowej południowo-zachodniej ściany zbiornika, zewnętrzna warstwa zaprawy bez oznak zanieczyszczenia – makroskopowo szary, wyblakły beton, po odłupaniu próby wyczuwalny zapach krezotem, intensywna czarna barwa zaprawy
 SOL/M8 – próbka zaprawy betonowej z warstwy przypowierzchniowej północno-wschodniej ściany zbiornika, zewnętrzna warstwa zaprawy bez oznak zanieczyszczenia, po odłupaniu próby wyczuwalny zapach krezotem, barwa czarna.

Próbki pobierano stalowym dłutem i młotkiem, by uniknąć wzrostu temperatury, co występuje np. przy wierceniu diamentowym próbnikiem cylindrycznym. Próbki po skruszeniu na mniejsze fragmenty zamknięto w szczelnych, opisanych naczyniach szklanych i w pojemniku izotermicznym wysłano kurierem do laboratorium chemicznego.

Analiza chemiczna odpadów budowlanych

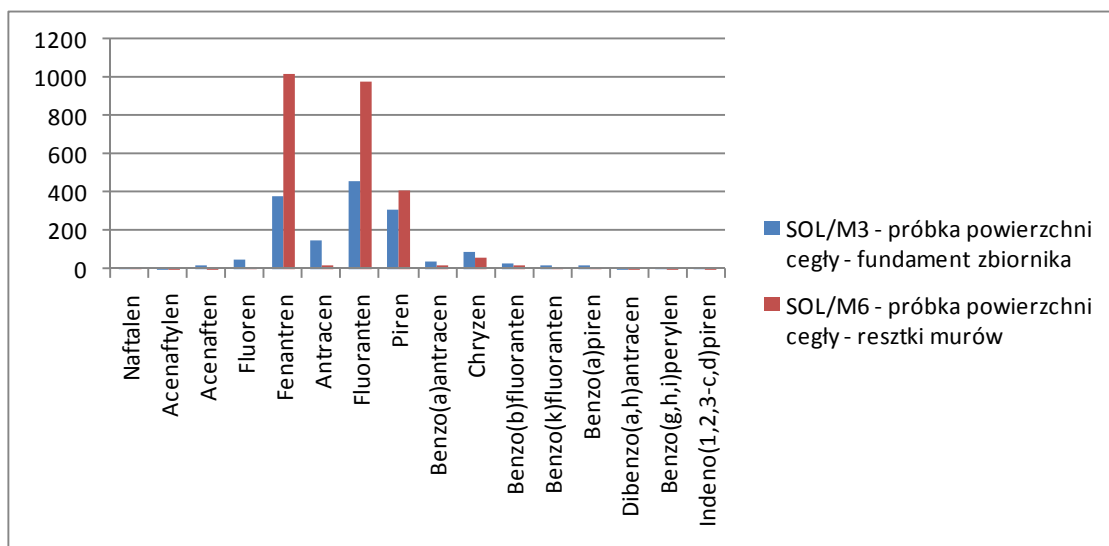
W 2010 r. zlecono wykonanie następującego zakresu badań: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, węglowodory alifatyczne C₁₂ – C₃₅ oraz wybrane metale ciężkie (As, Ba, Cd, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn).

Wyniki analiz przedstawiono poniżej graficznie. Właściwe wyniki laboratoryjne w postaci sprawozdania z laboratorium Wessling Laboratoria GmbH zamieszczono w opracowaniu Omegatech Polska Sp. z o.o. z 2010 r.



Ryc. 24. Zawartość wybranych metali ciężkich w próbkach materiałów. Stężenia w mg/kg s.m.

Stężenia metali ciężkich są ogólnie bardzo niskie, a wyraźne podwyższenia stężeń cynku w próbkach SOL/M5 oraz SOL/M8, które pochodzą ze ścian murowanego zbiornika, mogą być wynikiem pierwotnego kontaktu ścian z prawdopodobnie ocynkowaną pokrywą lub konstrukcją nośną zadaszenia (stropu piwnicy). Ponadto obecne standardy zawartości cynku w środowisku są dość tolerancyjne i np. dla gleby i ziemi wynoszą na terenach grupy B [Rozporządzenie...] nawet 350 mg/kg s.m.



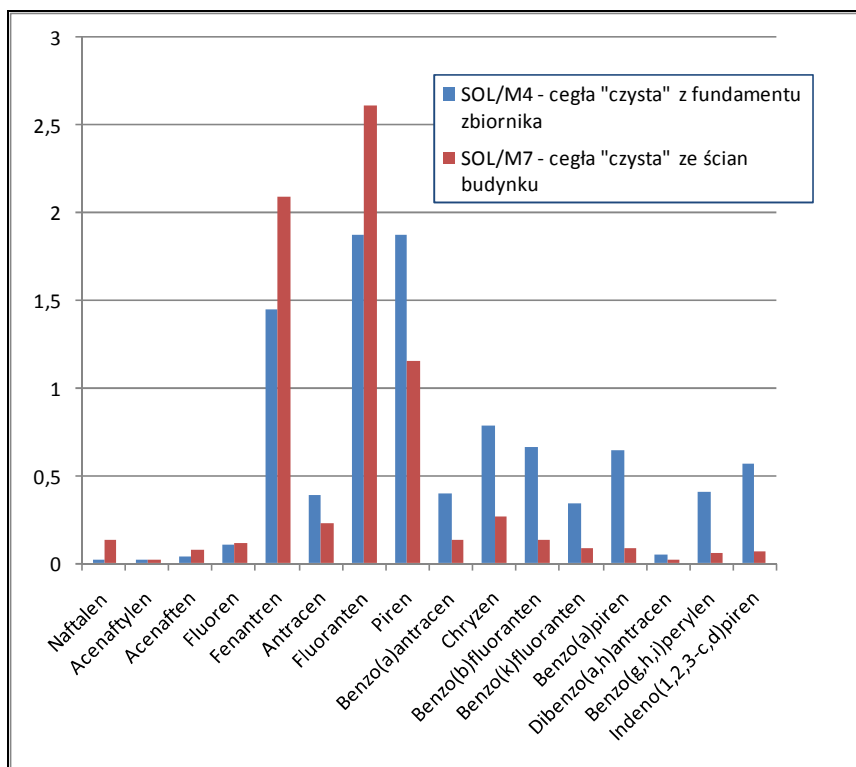
Ryc. 25. Wyniki badania na zawartość WWA makroskopowo zanieczyszczonych próbek z fundamentu cylindrycznego zbiornika nadpoziomowego oraz resztek murów budynku produkcyjnego. Wartości w mg/kg s.m.

Z zamieszczonego wykresu wyraźnie można zauważyć, że czarne naskorupienia na fundamencie i ścianach składają się w zakresie badanych WWA, głównie ze związków WWA o średniej liczbie pierścieni (fenantren – piren). Prawdopodobnie jest to wynik przelewania się krezotolu ze zbiornika i ucieczki do atmosfery związków bardziej lotnych (naftalen, acenaften). Cięższe frakcje nie biorą w tym udziału, ponieważ grawitacyjnie, bez mieszania, osiadają w dolnej części zbiornika. Same naskorupienia nie tworzą też głęboko wnikających struktur, co ilustrują zdjęcia.

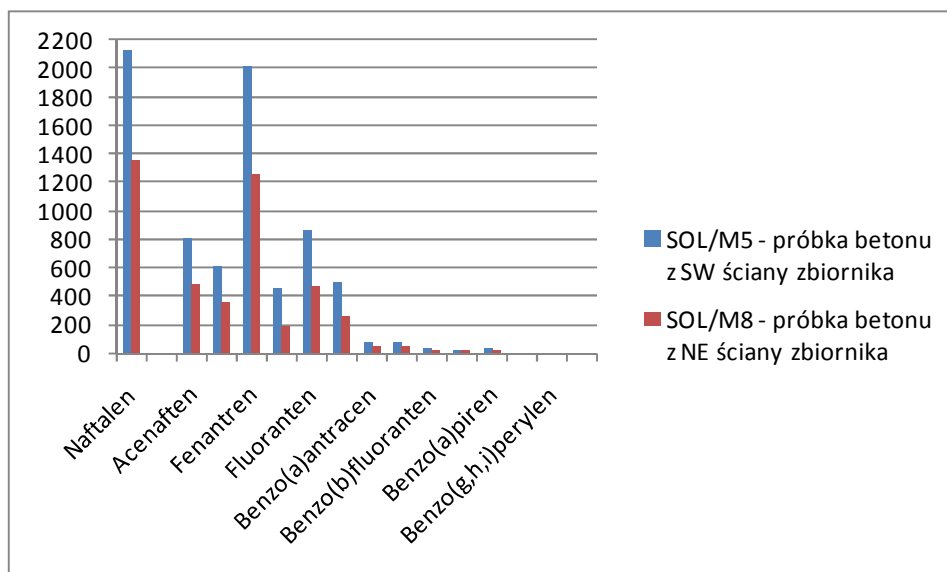
Fot. 22. Fragmenty cegieł z zaskorupieniami smołowymi utworzonymi z wysychającego krezotolu. Na przekroju poprzecznym cegły widać niewielką, wąską strefę, w którą zdołały wnikać związki organiczne.



Fot. 23. Odstonięta w wykopie podmurówka cylindrycznego zbiornika na krezot. Po odłupaniu naskorupienia z cegieł fundamentu widoczne są niezanieczyszczone cegły.



Ryc. 26. Niewielki stopień wnikania cząstek WWA w strukturę ceramiczną cegieł. Stężenia [w mg/kg s.m.] nie przekraczają zasadniczo 2-2,5 mg/kg s.m.



Ryc. 27. Wyniki badania próbek ścian zbiornika podziemnego na zawartość WWA. Wartości w mg/kg s.m.

Można zaobserwować, jak stopień nasłonecznienia (głównie nagrzania) powierzchni zbiornika wyraźnie wpływa na ilość WWA zachowanych w materiałach (wyprawa z gładzi cementowej). Ściana północno-wschodnia (o wystawie południowo-zachodniej) jest w ciągu dnia silniej ogrzewana niż ściana południowa, co skutkuje odparowaniem części związków wielopierścieniowych. Cięższe frakcje nie wnikają w struktury porowe gładzi cementowej oraz ceramikę cegieł z uwagi na wielkość cząsteczek (ilość pierścieni benzenowych).



Fot. 24. Prostokątny zbiornik podziemny jest obecnie tylko w części wypełniony wodą opadową. Ściany są murowane i wyprawione gładzią cementową. W tle widoczny las – park miejski.



Fot. 25. Zdjęcie wykonane od góry po ścianie zbiornika (w czasie śnieżnej zimy 2009/2010) ujawnia, że gładź cementowa pokrywająca murowane z cegieł ściany jest w całej swej objętości przesiąknięta kreozotem, co potwierdzają wyniki analiz chemicznych.

Mikrobiologiczne badania gruntów i wody gruntowej

W celu zbadania możliwości zastosowania biologicznych metod remediacji środowiska gruntowo-wodnego pobrano próbki gruntu z mikroorganizmami (głównie bakterie tlenowe oraz grzybnie). Próbki do tych celów muszą być dostatecznie duże, by wystarczyły do wszystkich faz eksperymentu. Dlatego zrezygnowano z metod wiertniczych i sondowań, a użyto koparki samojezdnej o zasięgu ramienia do 4,5 m.

Opróbowanie

Grunt do badań pobrano ze strefy aeracji z głębokości, do której nie dociera średnie przemarzanie gruntu. Pobrano ogółem ok. 200 kg ziemi z obu wykonanych szurfów, nie mieszając próbek wzajemnie tak, by możliwe było odróżnienie intensywności i ewentualnie ilości kolonii bakteryjnych w różnych częściach terenu badań. Próbki pakowano do jednorazowych wiader wyścielanych workami i po zaklejeniu worka zamykano szczelnym, hermetycznym kapslem wiaderko. Po oznaczeniu numeru próbki wiadra ustawione na palecie zostały wysłane kurierem do laboratorium, gdzie dotarły w ciągu dwóch dni w warunkach stosunkowo niskiej i stabilnej temperatury.

W laboratorium próbki z wiader zostały dodatkowo poddane badaniom chemicznym (w laboratorium firmy Wessling w Monachium) dla oznaczenia stężeń początkowych dla każdej z partii opróbowanego gruntu.

Testy biologiczne

Wzrost antropogenicznego zanieczyszczenia środowiska naturalnego obliguje do eliminacji skażeń wywołujących niejednokrotnie zakłócenie równowagi biologicznej. Unieszkodliwianie skoncentrowanych substancji, niespotykanych naturalnie, obcych przyrodzie tzw. ksenobiotyków metodą biologiczną wiąże się bezpośrednio z likwidacją zagrożenia za pomocą żywych kultur bakterii. Mikroorganizmy glebowe występujące w środowisku przyrodniczym posiadają zdolność degradacji prawie wszystkich, naturalnie występujących związków, niemniej jednak poznanie biochemicznych mechanizmów rozkładu konkretnego typu zanieczyszczeń organicznych pozwala wyodrębnić odpowiedni szczep bakterii o pożądanej aktywności oraz najkorzystniejsze warunki środowiskowe sprzyjające efektywnej kinetyce biodegradacji.

Zatem wybór biologicznego kierunku remediacji zmusza do dokonania drobiazgowej oceny stanu środowiska gruntowo-wodnego skażonego terenu, łącznie z możliwością osiągnięcia zamierzonego celu, czemu służą testy biologiczne.

Badania biodegradacji kreozotu, znajdującego się w naturalnym środowisku gruntowo-wodnym na obszarze po dawnej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim zostały przeprowadzane w trzech etapach na reprezentatywnych próbkach gruntu i wód podziemnych pobranych w granicach byłego przedsiębiorstwa z miejsc o średnim stopniu skażenia olejem impregnacyjnym.

Pierwszy etap badań polegał na ocenie charakteru chemicznego rozkładanego ksenobiotyku, ładunku zanieczyszczeń oraz ich toksyczności w stosunku do mikrofauny. Charakterystykę skażeń pod względem ilościowym i jakościowym dokonano w akredytowanym laboratorium Wessling GmbH. Znaczne podwyższenie stężenia substancji szkodliwych wydatnie pogarsza właściwości gleby, powodując toksyfikację mikroorganizmów, spowalniając tym samym rozwój życia biologicznego i naturalną rekultywację gruntu, niemniej jednak mikrobiologiczny potencjał próbek gleby i wody został dowiedziony na podstawie testu zahamowania. Stężenie biomasy, aktywność enzymów, a także zdolność mobilizacji istniejących autochtonicznych kultur bakterii do tworzenia kolonii zweryfikowano laboratoryjnie na bazie uprzednio sporządzonych próbek testowych poddanych 48 godzinnej inkubacji w temperaturze 30⁰ C na bazie CASO Agar (Casein-peptone Soymeal-peptone Agar).

Druga faza badań miała na celu wykazanie poprzez aktywność biologiczną rodzimych organizmów żywych ich wrażliwości na czynniki toksyczne i podatność substancji zanieczyszczających do ich dekompozycji. W oparciu o uzyskane próbki gleby i wody wyizolowano czyste szczepy bakterii, które na bazie jednego ze składników kreozotu uległy namnożeniu w ilości pozwalającej na dalszy efektywny rozwój mikrofauny, przywracając właściwą mineralizację podłoża. Dalszy etap testów opierał się na starannym dobraniu odpowiedniej kompozycji zespołu współdziałających mikroorganizmów. Szczepy biologiczne poddano adaptacji do środowiska zanieczyszczeń, sprawdzając tym samym ostatecznie żywotność mikrofauny oraz jej aktywność o charakterze synergistycznym, a przede wszystkim biochemiczne dostosowywanie się drobnoustrojów w procesach wykorzystywania skażenia jako źródła węgla i energii.

Trzeci etap doświadczeń testował kinetykę biodegradacji, czyli czasowy przebieg bioremediacji kreozotu. Szczególną uwagę zwrócono na wydajność przebiegu reakcji biochemicznych oraz ich jakość, łącznie ze zdefiniowaniem ich mechanizmów, w tym zapotrzebowania drobnoustrojów na makroelementy (tlen, węgiel, fosfor, azot) oraz ewentualnej ingerencji mikrobiologicznej.

W celu intensyfikacji zabiegu oczyszczenia ośrodka wodno-gruntowego z uciążliwej substancji zastosowano kombinację biopreparatu sporządzonego w oparciu o wcześniej wyizolowane mikroorganizmy autochtoniczne oraz roztwór reacre[®], będący mieszaniną konkretnych gatunków bakterii obecnych w środowisku naturalnym.

Strategia biochemicznego rozkładu skażenia, znajomość jego koncentracji i stopnia toksyczności pozwolił stworzyć sprzyjające warunki środowiskowe optymalizujące zjawisko biorekultywacji gleby z możliwością zwiększenia efektywności przedsięwzięcia poprzez proces elektrolityczny wody.

W obecnym opracowaniu proces elektrolitycznego oczyszczania wód uznano za proces wspomagający, który może być zastosowany jedynie w przypadku wystarczających zasobów finansowych, ponieważ koszty wypożyczenia i utrzymania instalacji elektrolitycznej są znaczne. Wynika to z zastosowanych elektrod diamentowych oraz dużego zużycia energii elektrycznej. \

Natomiast znacznym polepszeniem warunków do bioremediacji może skutkować wprowadzenie etapu płukania gruntu (przemycania fizyczno-chemicznego), czemu poświęcono odrębny rozdział.

Wyniki

Szczegółowa analiza chemiczna podstawowego zakresu składników wykazała, iż skażenie badanego ośrodka osiąga bardzo wysoki poziom, przekraczający wielokrotnie dopuszczalne normy dla grupy „C” terenów przemysłowych i komunikacyjnych. Największe niebezpieczeństwo stanowią związki z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, a przede wszystkim naftalen, antracen, fenantren, których ogólna koncentracja w glebie sięga wartości 8800 mg/kg suchej masy. Ich zdolność do rozpuszczania w wodzie, a przez to mobilność jest niewielka, niemniej jednak dodatkowa obecność węglowodorów aromatycznych (benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny) w dość znaczącym stężeniu ułatwia im migrację. Należy również zwrócić uwagę na wysoką zawartość fenolu, który wpływa negatywnie na fizyczne, chemiczne i biologiczne właściwości gleby, prowadząc do zmiany składu, ilości substancji organicznych, obniżenia wilgotności naturalnej, zakwaszenia gleby i zaburzenia wymiany gazowej i jonowej. W trakcie wstępnych testów mikrobiologiczny potencjał gleby dał wynik zadowalający, dając tym samym nadzieję na sprawny proces likwidacji skażenia metodą biologiczną.

Testy mikrobiologiczne potwierdziły obecność autochtonicznych form drobnoustrojów. Okresowa inkubacja opróbowanego materiału na hodowlanym agarze (CASO Agar) przy stałych warunkach termicznych pozwoliła wyizolować szczep bakterii o pożądanej aktywności enzymatycznej i zdolności do tworzenia kolonii. Rozwój życia biologicznego tolerującego środowisko zanieczyszczeń określono w granicach $10^4 - 10^5$ komórek/g suchej masy gruntu. Większą populację rodzimych mikroorganizmów, na poziomie $5,6 \times 10^5$ komórek/ml zmierzono w próbniku testującym biologiczne własności skażonej wody. Zakłada się, iż minimalna liczebność mikroorganizmów dla obu ośrodków, konieczna dla efektywnej biorekultywacji wynosi odpowiednio 10^5 komórek/g s.m. gruntu oraz 10^3 komórek/ml wody. Powyższe wyniki wskazują na umiarkowane zdolności fizjologiczne naturalnej fauny bakteryjnej do formowania kolonii na bazie skażonego kreatora środowiska. Toksyczne oddziaływanie związków wchodzących w skład zanieczyszczenia zaburzyło właściwą gospodarkę jonową, rozwój biomasy degradującej zanieczyszczenie, a przez to naturalny proces samooczyszczenia (NA - natural attenuation process).

Większość metod biologicznego oczyszczania skażonych gruntów i wód oparta jest na wykorzystaniu odpowiednio dobranych i przygotowanych zespołów intensywnie współdziałających, autochtonicznych mikroorganizmów glebowych, wyspecjalizowanych w rozkładzie konkretnego typu zagrożenia. Celem skonstruowania najefektywniejszego biopreparatu przetestowano w kilku wariantach zdolność trawienia najmniej podatnych na degradację związków WWA (fenantren, antracen) uprzednio

wyzolowanym szczepem bakteryjnym oraz zbalansowaną wielogatunkową zawiesiną bakteryjną, nazwaną preparatem *reacre*[®].

Biodostępność skażenia we wszystkich próbkach testowych wykazała nadspodziewanie dobry rezultat. Oznaczenie ilościowe pięciodniowej stymulacji wzrostu populacji wykonano odrębnie dla gruntu z szurfu w centrum terenu – SOL I oraz dla gruntu z szurfu w strefie dawnej suwnicy – Sol II, gdzie – jak wskazano wcześniej – występuje nieco inna – łatwiejsza do bioremediacji kombinacja związków WWA oraz innych związków organicznych. Wyniki testu namnażania przedstawia poniższa tabela.

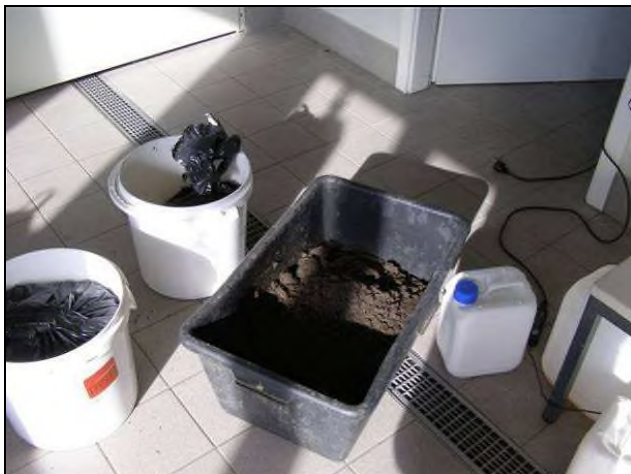
Tabela 1. Wyniki testu namnażania bakterii w teście 5-dniowym na mieszance zawierającej fenantren i antracen.

minimalna ilość medium <i>reacre</i> [®]	komórka/g suchej masy	
	t = 0	t = 5 dni
+ 1 ml roztworu	1,25E+07	4,40E+07
+ 1 g gruntu I	2,00E+05	6,80E+06
+ 1 g gruntu II	4,10E+04	7,60E+07

Zaprezentowane wyniki świadczą o biochemicznej zdolności żywych organizmów do metabolizowania zanieczyszczeń pochodzenia organicznego. Cykl rozwojowy rodzimej mikrofauny opiera się o proces rozpadu zanieczyszczenia, w tym przypadku fenantrenu i antracenu, kosztem uzyskania niezbędnego do życia węgla. W efekcie mikroorganizmy zwalczając jeden typ związków toksycznych dostarczają szereg składników utleniająco-redukcyjnych, wykorzystywanych w procesie redukcji drugiej substancji, przywracając środowisku jego fizykochemiczny, a zarazem biologiczny charakter.

Największy wzrost stężenia biomasy obserwuje się w dwóch próbkach testowych z zaadaptowanymi szczepami bakterii autochtonicznych. Ich aktywność jest dużo większa od biopreparatu *reacre*[®], który wykazuje sporą tolerancję w stosunku do zanieczyszczenia. Niemniej jednak należy zauważyć, iż autochtoniczna mieszanka szczepów została wprowadzona z większą koncentracją, o co najmniej dwa rzędy wielkości, zatem jej zdolność do wzrostu jest generalnie bardziej dynamiczna.

Bardzo dobry rozwój naturalnej mikrofauny bakteryjnej pozwolił scharakteryzować jej właściwości, osobliwe zachowanie, mechanizm namnażania, a przede wszystkim wyselekcjonowano skoncentrowane szczepy drobnoustrojów o dużej żywotności i zdolnościach adaptacyjnych do środowiska zanieczyszczonego związkami WWA. Efekty oddziaływania biopreparatów uzyskano podczas badania, czasowego przebiegu biodegradacji skażenia. Testowano dwie różne kombinacje biopreparatów. Pierwszy wariant stanowił ściśle określony gatunkowo swoisty zestaw mikroorganizmów przystosowanych do zanieczyszczenia (roztwór *reacre*[®]). Drugą wersję biopreparatu stworzono na bazie starannie dobranych autochtonicznych szczepów bakterii. Obie wysoce skoncentrowane mieszaniny wprowadzono do dwóch z trzech lizymetrów (Ryc. 29), wypełnionych reprezentatywnym materiałem w ilości 10 kg gruntu, przelewano codziennie przez kolejne 4 tygodnie wodą w objętości 500 ml. Stały odciek wody dodatkowo został podczyszczony w procesie elektrolitycznym przy użyciu elektrod diamentowych. Gruntu wypełniającego trzeci lizymetr nie poddano żadnym zabiegom.

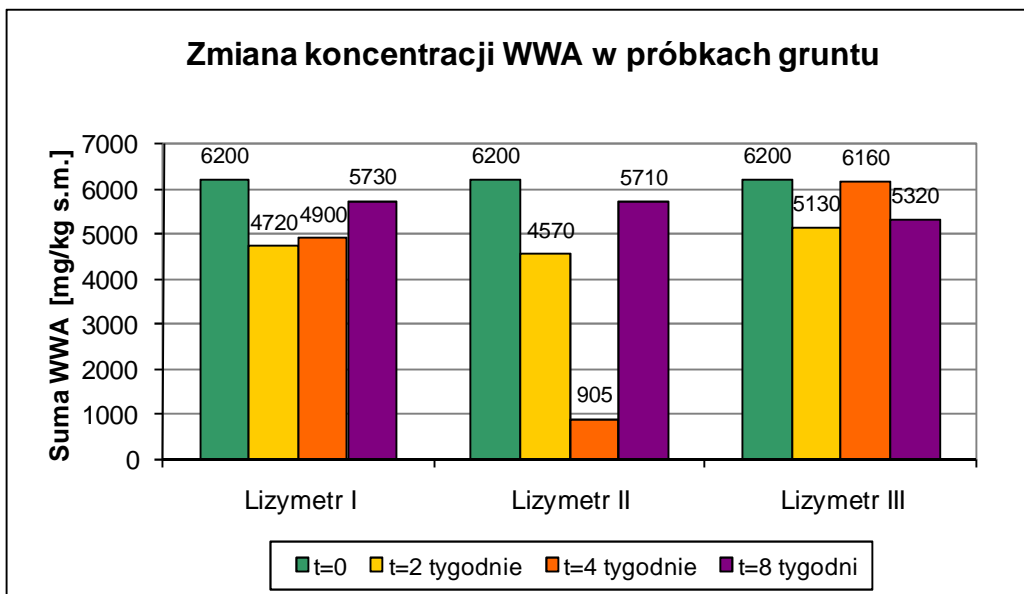


Ryc. 28. Mieszanie gruntu w celu jego homogenizacji w laboratorium mikrobiologicznym.

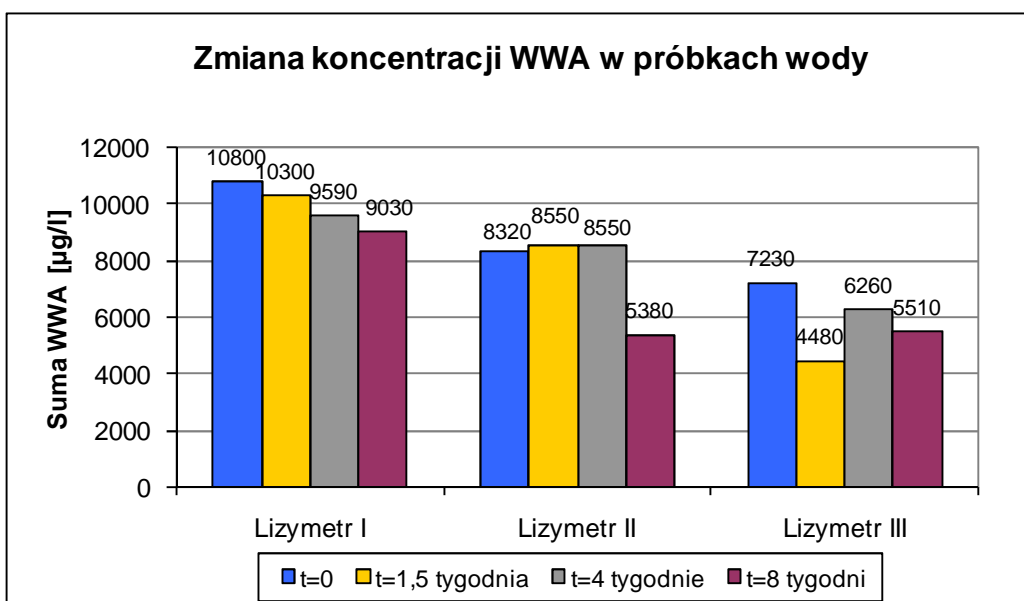


Ryc. 29. Zestaw trzech napędzonych lizymetrów w laboratorium mikrobiologicznym.

Bioremediacja gruntu metodą on site w połączeniu z nowoczesną technologią oczyszczalnia wody dała zadowalające wyniki. Poniższe wykresy obrazują wydajność procesu degradacji związków WWA na przestrzeni ośmiu tygodni.



Ryc. 30. Zmiany koncentracji sumy WWA w gruncie w lizymetrach w czasie. W lizymetrze I wprowadzono roztwór reacre®, w lizymetrze II wprowadzono wyizolowaną mieszkankę mikroorganizmów autochtonicznych, lizymetr III bez inokulacji bakterii.



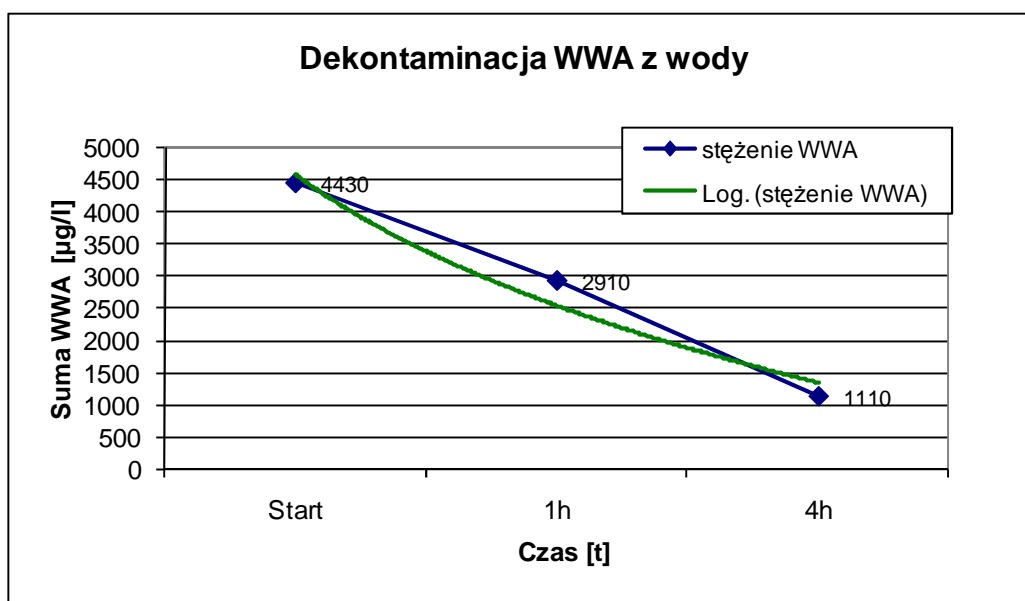
Ryc. 31. Zmiany koncentracji sumy WWA w wodzie pobieranej z odcieku po przelaniu gruntu w lizymetrach w czasie. W lizymetrze I wprowadzono roztwór reacre®, w lizymetrze II wprowadzono wyizolowaną mieszkankę mikroorganizmów autochtonicznych, lizymetr III bez inokulacji bakterii.

Efektywność bioremediacji gruntów i wód podziemnych z wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zależy od tempa rozkładu tego typu związku w wyniku oddziaływania adaptowalnego biopreparatu. Pierwotna koncentracja zanieczyszczenia wynosiła 6200 mg/kg s. m. gruntu. Wprowadzenie obu zawiesin bakteryjnych do środowiska glebowego wzbudziło aktywność enzymatyczną mikrofauny. Po okresie dwóch tygodni zanotowano spadek stężenia WWA we wszystkich lizymetrach. Początkowy okres najszybszej degradacji został zachowany jedynie w glebie zawierającej biopreparat na bazie reacre®. Następnie największy spadek stężenia WWA odnotowano po 4 tygodniach w lizymetrze II z

mikroorganizmami autochtonicznymi. Uznaje się, iż wzrost zawartości WWA w pierwszym i trzecim lizymetrze utrzymuje się w wyniku rozpuszczania związków przez migrującą wodę. Zbyt krótki, niewystarczalny okres czasu realizacji zadania nie wykazał jednoznacznej tendencji do biologicznej degradacji zanieczyszczenia w ośrodku wodnym.

W związku z powyższym w laboratorium mikrobiologicznym wykorzystano nowoczesną technologię oczyszczania wody metodą elektrolityczną. Fizyczna dekontaminacja zanieczyszczenia przy użyciu elektrod diamentowych jest również sposobem efektywnej likwidacji związków WWA z wody. Na poniższym wykresie zaznacza się liniowy trend rozpadu skażenia.

Połączenie obu metod może jedynie znacznie usprawnić proces neutralizacji środowiska naturalnego.



Ryc. 32. Wykres spadku stężenia WWA w zanieczyszczonej wodzie przy wykorzystaniu metody elektrolitycznej opartej na elektrodach diamentowych.

Charakterystyka jakościowa i ilościowa skażenia potwierdziła obecność heterogenicznych substancji toksycznych różniących się również podatnością na atak katalityczny mikroorganizmów. W efekcie kinetykę biodegradacji komplikuje mnogość i skład chemiczny kreozotu. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) to grupa związków najbardziej odporna na wszelkie przemiany prowadzące do ich rozpadu, zatem całkowity proces bioremediacji ośrodka gruntowo-wodnego będzie miał skomplikowany i wieloetapowy charakter, niemniej jednak osiągnięcie zamierzonego celu jest możliwe, co umiejętnie wykazały testy biologiczne.

Prognoza skuteczności biopreparatów

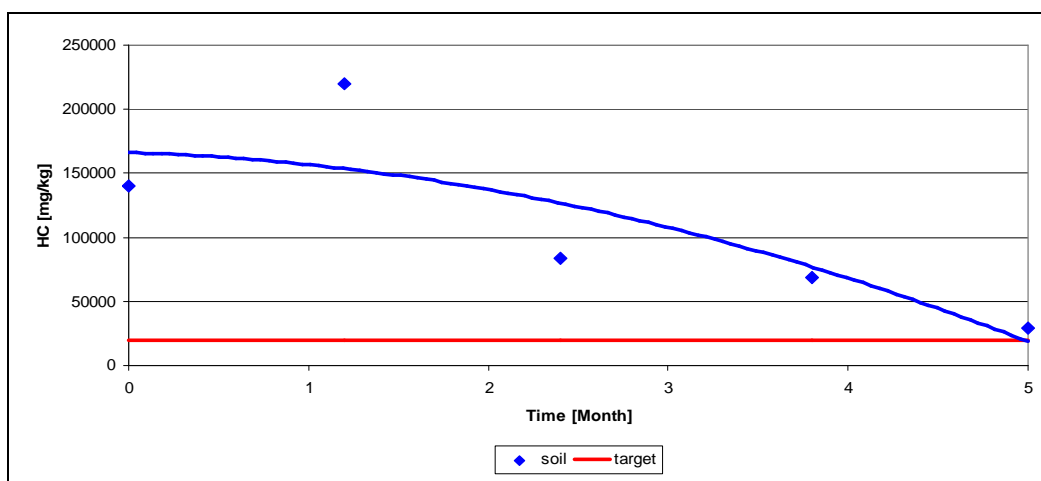
Właściwości i cechy środowiska naturalnego w przeważającym stopniu decydują o możliwości przeprowadzenia bioremediacji in situ i on side na danym terenie. Znajomość mikrobiologicznych i fizykochemicznych parametrów skażonego środowiska oraz ilościowa i jakościowa charakterystyka

ksenobiotyku wpływa na poznanie szczegółowego mechanizmu reakcji biochemicznych warunkujących skuteczność przedsięwzięcia. Przeprowadzenie szeregu testów biologicznych potwierdziło zdolność do wzrostu rodzimej populacji drobnoustrojów, a tym samym pożądanej aktywności biopreparatu podczas degradacji kreozotu. Dowiedziano także, iż sprawny proces rozkładu konkretnego typu zanieczyszczeń uwarunkowany jest szeregiem sprzyjających czynników środowiskowych skażonego terenu, począwszy od rodzimej mikrofauny, fizykochemicznych parametrów zanieczyszczonego ośrodka (wilgotność, temperatura, pH, przewodność elektrolityczna itp.) po materiał toksyczny, którego rozkład jest źródłem węgla i energii.

Powyższe fakty dowodzą, że mikrobiologiczna dekompozycja kreozotu jest procesem złożonym i nieliniowym, a skuteczność działań remediacyjnych uzależniona jest od szeregu elementów składowych. Stwarza to konieczność monitoringu i kontroli przebiegu rekultywacji ośrodka gruntowo-wodnego celem ewentualnej optymalizacji procesu.

Bazując na dokonanych testach można określić, że pierwszy – stosunkowo dynamiczny – etap procesu bioremediacji przy zastosowaniu skoncentrowanych szczepów autochtonicznych może trwać ok. 4-6 tygodni. W tym okresie możliwe będzie zaobserwowanie około 6-krotnego spadku stężeń (bazując na tzw. „stężeniach średnich” w znaczeniu przyjętym w opracowaniu z 2010 r.) – porównaj ryc. 30, lizymetr II z fauną autochtoniczną.

Następnie jednak mikroorganizmy doprowadzą do destrukcji bardziej złożonych związków wielopierścieniowych, co prowadzi do czasowego wzrostu stężeń związków o małej liczbie pierścieni. W okresie badań, który był niestety stosunkowo krótki, stwierdzono, że w odciekach z lizymetrów nastąpił wzrost stężeń sumy WWA, gdyż z przepływającą wodą mogły być uruchomione mniejsze cząsteczki, niejako nowoutworzone w wyniku działania drobnoustrojów. Ten wzrost jest ok. 5-krotny, jednak tempo likwidacji WWA zaobserwowane w fazie pierwszej pozwala mieć nadzieję, że ta nowa porcja „prostych” WWA zostanie zlikwidowana przez mikroorganizmy w ciągu kolejnych 4-8 miesięcy. Ogółem należy pamiętać, że proces nie jest prostoliniowy i stężenia będą malały wolniej wraz z upływem czasu, jednak będzie to proces permanentny.



Ryc. 33. Przykład zastosowania bioremediacji gruntu zanieczyszczonego węglowodorami opartej na preparatach reacre[®] w Panonii w Austrii. Wyraźnie widać tendencję spadkową stężeń węglowodorów aż do osiągnięcia wymaganego poziomu (czerwona linia) po ok. 5 miesiącach. Po miesiącu nastąpił wzrost stężeń, by potem już stopniowo maleć.

Przyjęte wymogi zmniejszenia stężeń sumy WWA do poziomu co najwyżej 20 mg/kg s.m. (grunty terenów grupy B wg standardów jakości gleby i ziemi - Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U.02.165.1359)) mogą zostać osiągnięte na tym silnie skażonym terenie po około 16-18 miesiącach. Uwzględniając spowolnienie procesów, a nawet konieczność wstrzymania akcji nawadniania terenu w okresie ewentualnej mroźnej zimy, to proces bioremediacji do oczekiwanego poziomu może zająć ok. 24 miesiące.

Trzeba jednak liczyć się z koniecznością stałego monitorowania kondycji mikroorganizmów oraz okresowej dostawy makroelementów (nutrientów), czyli nawożenia terenu. Z jednej strony bowiem piaszczysty charakter gruntu daje większą możliwość wyptukiwania skażeń i migracji mikroorganizmów, zaś jednocześnie jest to teren dość jałowy z punktu widzenia agrotechnicznego i przebiegu naturalnych procesów glebowych.

Bezpieczeństwo i higiena

Biologiczna metoda remediacji gruntów i wód skażonych związkami pochodzenia organicznego wykorzystuje proces naturalnej biodegradacji zanieczyszczenia. Obecność skażenia w ponadnormatywnej koncentracji zaburza strukturę i właściwości gleby, zahamowując rozwój życia biologicznego, a tym samym zdolność samooczyszczenia ośrodka gruntowo-wodnego. Mikrobiologiczny rozkład kreozotu uwarunkowany jest szeregiem współdziałających elementów budujących środowisko naturalne, przez co przebieg reakcji w czasie i przestrzeni już z definicji nie może stwarzać zagrożenia dla otoczenia.

Obwarowanie procesu biologicznej degradacji zanieczyszczeń kilkoma technicznymi ograniczeniami ma na celu zachowanie dodatkowych środków bezpieczeństwa. Likwidacja skażeń wymaga uwzględnienia geologii podłoża, topografii, specyfikacji hydrogeologicznej oraz ewentualnego ekranowania stanowiska, aby zablokować kierunek migracji odcieku i rozmycia adaptowalnego biopreparatu. Taki rodzaj zabezpieczenia gwarantuje stworzenie zamkniętego dynamicznego układu skoncentrowanego na ognisku zanieczyszczeń i terenów do niego przyległych, wykazujących przekroczenie zawartości konkretnych substancji, dopuszczalnych dla określonego obszaru zoologiczno-urbanistycznego. Ponadto integralnym elementem technologii są rutynowe, systematycznie prowadzone, kontrolne badania monitoringowe środowiska w i poza wygradzoną enklawą, mające dosłownie zapewnić bezpieczeństwo prowadzonych działań.

Zastosowanie biopreparatów opartych na mikroorganizmach autochtonicznych nie powoduje zagrożenia dla środowiska naturalnego, jedynie okresowy wzrost obecności wyspecjalizowanych bakterii, które po okresie wzmożonej aktywności i zlikwidowaniu skażeń powrócą stopniowo do liczebności pierwotnej.

Dla osób pracujących przy procesach bioremediacji przewidziane są rutynowe środki ochrony osobistej (odzież robocza, buty gumowe, rękawice przy bezpośredniej styczności z preparatami) oraz wymóg zachowania standardowych zasad higieny osobistej. Zaś kontakt osób postronnych z preparatami oraz świeżo inokulowanym gruntem nie jest wskazany. Zasadniczo teren objęty pracami remediacyjnymi powinien być ogrodzony i niedostępny dla osób trzecich, szczególnie w momencie dozowania preparatu oraz ewentualnego nawożenia.

Natomiast zastosowanie mieszanki zawierającej biopreparat na bazie reacre®, która także wykazuje dobrą skuteczność (porównaj lizymetr I) może nastąpić po uzyskaniu certyfikacji preparatu dokonanej przez uprawnioną stację sanepid.

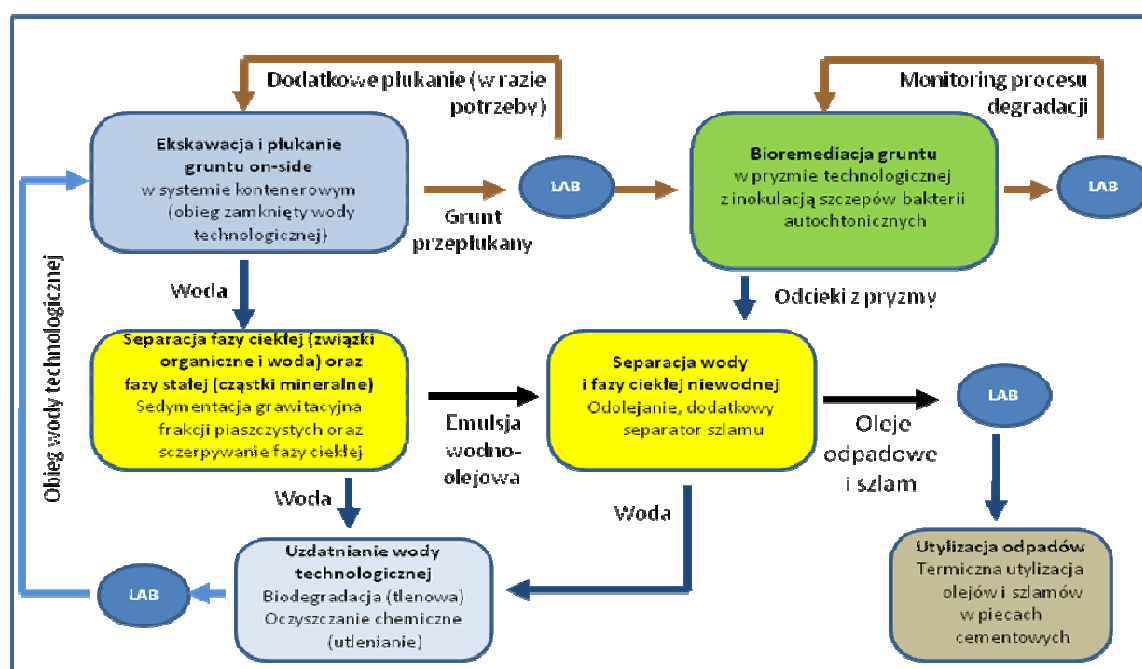
Metoda fizyczno-chemicznego płukania gruntu (przemycania gruntu)

Po dokonaniu badań w 2010 r. (Irmiński i Dębicka, 2010) i dalszej analizie dostępnych technologii uzgodniono z inwestorem (Urząd Miasta i Gminy w Solcu Kujawskim) rozważenie uzupełnienia całej technologii oczyszczania dodatkowym elementem fizycznego lub fizyczno-chemicznego płukania gruntu.

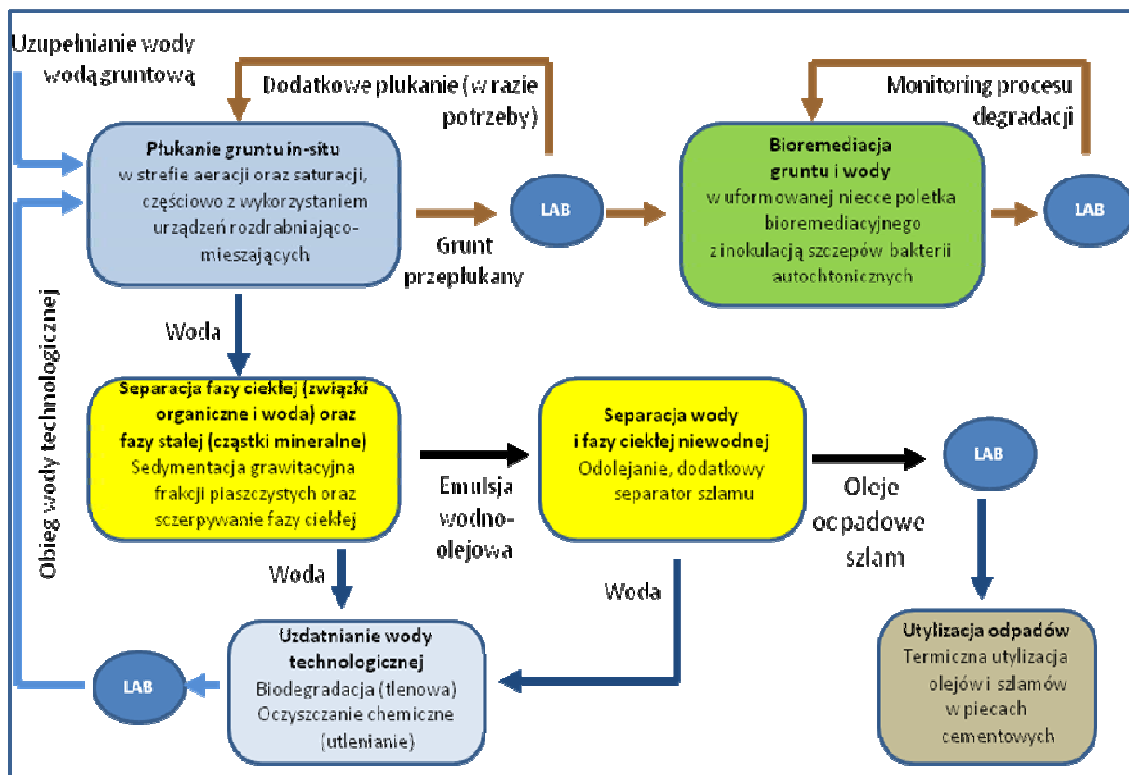
Proces ten może się odbywać w warunkach otwartych (in situ), czyli bezpośrednio w gruncie – wówczas można stosować jedynie wersję płukania fizycznego, albo w warunkach zamkniętych (on side), czyli w systemie kontenerowym – wówczas możliwe jest stosowanie wersji płukania fizyczno-chemicznego (tu zastosowane dodatki chemiczne znajdują się w układzie zamkniętym, nie uciekają do otoczenia, mogą być wielokrotnie użyte, a po zakończeniu prac zutylizowane).

Płukanie gruntu powinno być wykonywane zarówno przed przemieszczeniem silnie skażonego gruntu na przyrządy technologiczne (tu warto zastosować bardziej wydajną metodę kontenerową), jak też na miejscu, tj. w stosunku do gruntu średnio skażonego, który nie musi być wydobywany, a jego główne oczyszczanie odbywać się będzie później poprzez oddziaływanie preparatów mikrobiologicznych ze stawów bioremediacyjnych.

Poniższe schematy przedstawiają obie wersje płukania gruntu.

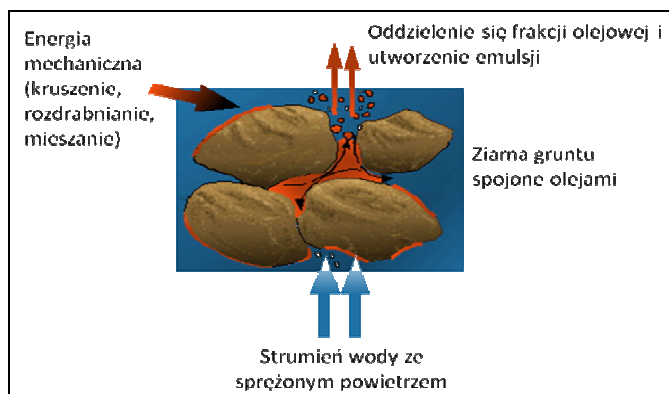


Ryc. 34. Blokowy schemat płukania gruntu w wersji on-side, czyli po wydobyciu i systemie kontenerowym z zamkniętym obiegiem wody technologicznej.



Ryc. 35. Blokowy schemat płukania gruntu w wersji in-situ, czyli bez wydobycia z otwartym obiegiem wody technologicznej.

Sam proces oddzielenia ziaren mineralnych i oleistych zanieczyszczeń zachodzi głównie na skutek działań mechanicznych, do których zaliczyć można kruszenie, rozdrabnianie, mieszanie i działanie strumienia wody ze sprężonym powietrzem. Związki organiczne tworzą na powierzchni rodzaj emulsji lub piany, które dają się następnie przepompować do wydzielonego zbiornika – separatora oleju i szlamu.



Ryc. 36. Proces oddzielenia frakcji olejowej od składników mineralnych stałych.

Istnieje możliwość intensyfikacji procesu oddzielenia frakcji olejowej poprzez zastosowanie dodatków chemicznych do wody technologicznej powodujących zmniejszenie napięcia powierzchniowego związków hydrofobowych. Ten wariant jest wykonalny jedynie w wersji kontenerowej, czyli z zamkniętym obiegiem wody technologicznej.

Bez względu na powyższe sam proces oddzielenia fazy ciekłej niewodnej od ziaren mineralnych powoduje zwiększenie biodostępności degradowanych związków organicznych poprzez rozcieńczenie, zwiększenie powierzchni czynnej i ewentualnie, wariantowo, zmniejszenie napięcia powierzchniowego.

Do procesów płukania gruntu najlepiej kwalifikują się grubo-, średnio- i drobnoziarniste piaski z domieszką najwyżej 10% frakcji ilastej. Zwiększenie udziału frakcji ilastej znacznie zmniejsza skuteczność procesu na skutek wzrostu adsorpcji na łąkach i zwiększonej ilości szlamów.

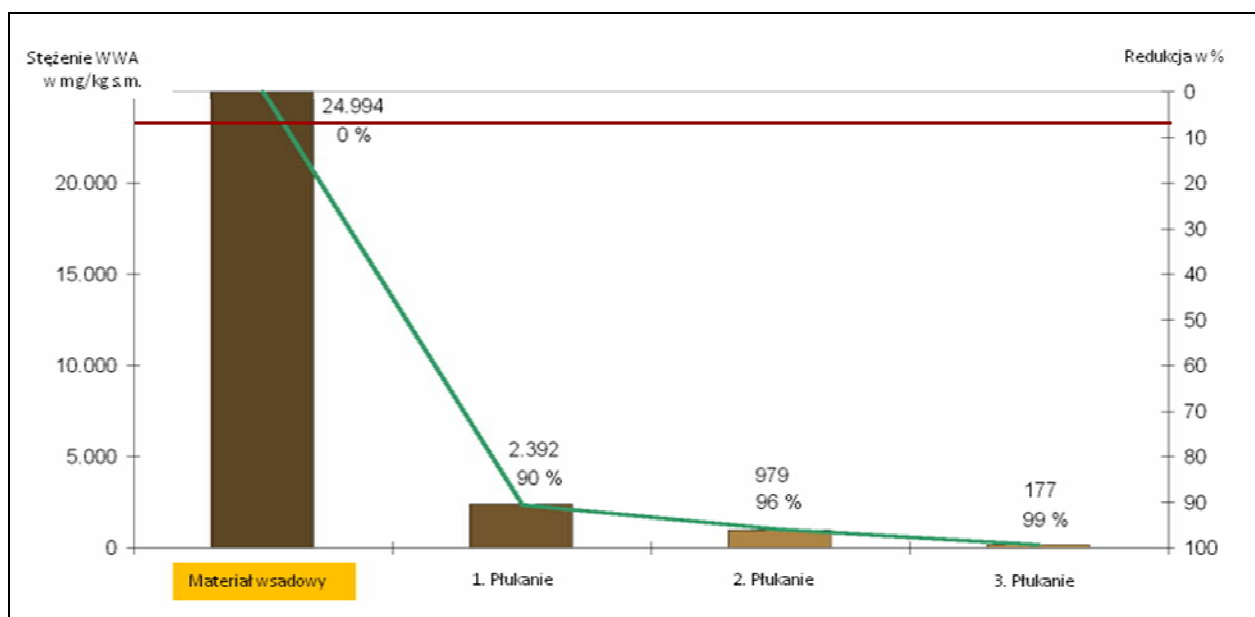
Poglądowa ilustracja skuteczności tej technologii zilustrowana została poniżej – Ryc. 37.



Ryc. 37. Ilustracja skuteczności procesu płukania gruntu widocznej makroskopowo w terenie – na podstawie materiałów reklamowych firm realizujących tego rodzaju technologię w Europie Zachodniej.



Fot. 26. Kontenerowa metoda płukania gruntu. Zdjęcie na podstawie materiałów reklamowych.



Ryc. 38. Redukcja stężeń wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w procesach płukania gruntu. Przykład z jednej z inwestycji w Niemczech (Werner i in., 2010).

Wydaje się, że zastosowanie metody płukania gruntu w warunkach występujących w Solcu Kujawskim jest w pełni uzasadnione z następujących powodów:

- sprzyjająca litologia (piaski różnoziarniste równiny wydmowo-sandrowej z małym udziałem frakcji ilastej),
- zanieczyszczenie gruntu mieszaniną związków organicznych, w których dominującą rolę dogrywiają związki z grupy WWA,
- występowanie licznych zlepów i naskorupień zbudowanych z piasku i suchego impregnatu, które mogą być mechanicznie pokruszone i poddane oczyszczeniu,
- wykorzystanie wody z zaprojektowanych studni czerpalnych (depresjonujących) do technologii prania gruntu (wersji z obiegiem otwartym i obiegiem zamkniętym wody technologicznej),
- znaczna rezerwa terenu do ustawienia instalacji kontenerowej lub wykorzystanie istniejącej infrastruktury podziemnej, tj. „basenu”, czyli dawnego zbiornika awaryjnego na olej impregnacyjny,
- zwiększenie biodostępności przepłukanego materiału, który będzie następnie dalej poddawany zabiegom bioremediacyjnym w przyrządach technologicznych lub na miejscu bez wydobycia.

Rozważane koncepcje rekultywacji

Koncepcja I - wariant „zerowy”, czyli zaniechanie realizacji przedsięwzięcia

Niepodejmowanie żadnych działań będzie prowadzić w dalszych latach do zwiększania się negatywnego wpływu skumulowanych w tym terenie zanieczyszczeń na obszary sąsiednie – szczególnie na tereny zamieszkałe oraz często odwiedzane przez mieszkańców i gości Solca Kujawskiego (np. rejon Parku Jurajskiego). Wynika to z postępującego z roku na rok rozmywania hałd silnie zanieczyszczonej ziemi i odpadów usypanych kilka lat temu przez prywatnego właściciela usiłującego usunąć mechanicznie problemy uniemożliwiające sprzedaż tego terenu na działki inwestycyjne (budowlane).

Związki organiczne zawarte w gruncie, wodach podziemnych, a następnie migrujące także z powietrzem gruntowym niszczą niektóre rodzaje roślin powodując ubożenie szaty roślinnej w otoczeniu. Brak warstwy glebowej zawierającej naturalne związki humusowe sprzyja intensyfikacji niekontrolowanego wypłukiwania z gleby i ziemi zanieczyszczeń (głównie WWA, BTEX i fenoli). Zmniejsza to radykalnie szanse środowiska na stworzenie naturalnej bioróżnorodności w tej strefie miasta i doliny Wisły.

Ten wariant spowoduje dalsze występowanie sytuacji zagrażającej zdrowiu i życiu okolicznych mieszkańców, szczególnie dzieci, które w niekontrolowany sposób mogą przebywać i bawić się na tym silnie skażonym terenie. Zagrożenie niosą ze sobą nadal znajdujące się tu resztki smół kreozotowych, które nawet w krótkim zetknięciu ze skórą dają skutki alergiczne lub nawet ostre efekty parzące i toksyczne.

Z punktu widzenia interesu miasta i gospodarki przestrzennej pozostawienie w centralnej części Solca Kujawskiego tak silnie zanieczyszczonego i zdegradowanego terenu, stanowi poważny problem, który kiedyś musi być rozwiązany.

Koncepcja II - oczyszczenie terenu, czyli jego powierzchniowe uporządkowanie

Ten wariant eliminuje szereg wymienionych wcześniej zagrożeń. Przede wszystkim zmniejsza ryzyko wypadku i bezpośredniego kontaktu z toksycznymi substancjami oraz poprawia wygląd tego obszaru, który obecnie usiany jest hałdami zanieczyszczonej ziemi i odpadami. Prace ograniczają się do usunięcia odpadów niebezpiecznych (np. pozostałości kreozotu w uciętym zbiorniku), likwidacji hałd i usunięciu z ziemi pozostałości infrastruktury, a następnie uporządkowaniu i zniwelowaniu terenu.

Niestety, jest to działanie krótkowzroczne, ponieważ obszar po nasycalni nadal nie będzie nadawał się do powtórnego zagospodarowania z powodu ponadstandardowych zanieczyszczeń gleby i ziemi. Ponadto wciąż będzie odbywać się migracja szkodliwych dla zdrowia ludzi i środowiska związków organicznych (głównie związków z grupy BTEX, fenoli i naftalenu).

Koncepcja III - oczyszczanie gruntu metodą ex situ

Pomysł oczyszczania terenów zanieczyszczonych poprzez wywożenie poza przedmiotowy teren (ex situ) skażeń, a w tym skażonej ziemi oraz zastępowanie jej czystym gruntem jest metodą nadal dość popularną, szczególnie dla zanieczyszczeń o niewielkim zasięgu przestrzennym oraz pilnej konieczności

likwidacji zagrożenia. W przypadku małych objętości gruntu jest to stosunkowo mały problem z transportem oraz składowaniem tak powstałego odpadu. Należy bowiem pamiętać, że w chwili wydobycia i próby wywiezienia zanieczyszczonego gruntu staje się on odpadem, nawet odpadem niebezpiecznym, jeśli zawiera ponadnormatywne ilości niebezpiecznych związków chemicznych. Podlega wówczas przepisom dotyczącym transportu i składowania odpadów niebezpiecznych.

Koncepcja ex situ nawiązuje do wyników ekspertyzy wykonanej przez firmę Ekolab z lipca 2009 r., gdzie na podstawie wyznaczenia obszarów o ponadnormatywnym dla terenów grupy „B” stężeniu większości badanych substancji oszacowano ilość gruntu niezbędnego do wymiany. Zalecono tam wymianę 603 800 m³ gruntu z powierzchni 151 200 m², co daje wykonanie wyrobiska o głębokości 4 m, czyli średnio do poziomu zwierciadła wód podziemnych. Ta metoda nie umożliwia jednak skutecznego usunięcia zanieczyszczeń, które już znajdują się w warstwie saturacji i migrują z wodami. W tego typu przypadkach zakłada się, że naturalne procesy rozpadu substancji stopniowo zlikwidują zagrożenie.

Należy założyć, że poza centralną częścią terenu, gdzie naocznie można stwierdzić obecność kreozotu w glebie wokół dawnych budynków, istnieją jeszcze miejsca, gdzie konieczne będzie podobna technologia. Dotyczy to na pewno kilku istniejących hałd – gdzie grunt nie jest już możliwy do selektywnego urabiania oraz takich miejsc, jak rejon dawnej suwnicy i rejon dawnego wylewiska.

Wyszacowana w wyniku badań Ekolab powierzchnia to owal o promieniu ok. 220 m, co daje w podwojeniu niemal pełną rozpiętość terenu badań.

Koncepcja opróżnienia terenu łączy się także z koniecznością ustabilizowania strefy magistrali cieplnej oraz drogi na czas prac ziemnych. Konieczne byłoby także całkowite usunięcie drzewostanu z terenu inwestycji.

Koncepcja IV - oczyszczanie gruntu na terenie metodą in situ

Koncepcja oczyszczania in situ zakłada w tym wypadku aktywny udział mikroorganizmów. Jedynie technologia bioremediacji z zastosowaniem skoncentrowanych preparatów bakteryjnych może gwarantować stopniowe, ale skuteczne zlikwidowanie ognisk zanieczyszczeń zarówno w gruncie w strefie aeracji, jak też w strefie saturacji. Metoda ta zakłada jednak stosunkowo „równe” traktowanie całości terenu, co spowoduje zwiększenie różnic w stopniu skażenia w strefach o silnej koncentracji związków szkodliwych oraz w strefach o tzw. średnim skażeniu i w strefach czystych. Nie daje to zatem zadowalającego efektu, jeśli chodzi o plany związane z zagospodarowaniem całości działki po dawnej nasycalni. Ponadto użycie biopreparatów oraz ewentualnych nawozów na tak dużej powierzchni czyni całą akcję remediacyjną inwestycją bardzo kosztowną.

Zaletą tej metody jest stosunkowo mała konieczność ingerencji: nie ma potrzeby dokonywania prac ziemnych – poza usunięciem hałd ziemno-gruzowych, ruin budynków oraz pozostałych instalacji (np. zbiornik ze smołami). W czasie prac remediacyjnych nie powinny ucierpieć także ważniejsze drzewa i grupy drzew.

Koncepcja V - oczyszczanie gruntu na terenie metodą in situ on side

Jest to koncepcja zastosowania szeregu technologii fizyko-chemiczno-biologicznych. Początek stanowi usunięcie odpadów niebezpiecznych w postaci smoły kreozotowej, zeżłomowanie resztek

zbiornika, a następnie uporządkowanie hałd ziemno-gruzowych. Ich selekcja polegać ma na oddzieleniu mechaniczno-sitowym frakcji grubego gruzu i innych odpadów. Zanieczyszczona ziemia z segregacji hałd może być już poddana płukaniu, co jest możliwe jedynie w instalacji kontenerowej lub po przystosowaniu istniejącego zbiornika podziemnego – „basenu”.

Po usunięciu resztek infrastruktury – fundamentów i gruzu (oddzielając część zanieczyszczonego materiału do odrębnego postępowania) odpady te będą skruszone mechanicznie z oddzieleniem złomu. Mogą przy tym powstać dwie odrębne przyzmy przekruszonego gruzu – odpady „czyste” mogą być następnie wykorzystane do prac budowlanych (kruszywo zastępcze, materiał na podsypki itp.), zaś odpady zanieczyszczone jako przekruszone mogą stanowić wewnętrzny materiał przyzmy technologicznej do bioremediacji zanieczyszczonej ziemi.

Kolejną fazą będzie prowadzenie płukania gruntu metodą on side. Do tego przeznaczony będzie głównie grunt najsilniej zanieczyszczony, który zostanie wydobyty koparką do głębokości zwierciadła wody gruntowej (ok. 4,5-5 m), a już jako podczyszczony materiał zostanie wbudowany w tworzoną przyzmę technologiczną do bioremediacji.

Strefy gruntu o średnim zanieczyszczeniu będą poddane najpierw remediacji poprzez płukanie gruntu in situ (z maszynowym kruszeniem i mieszaniem warstwy powierzchniowej gruntu), a następnie nad każdym większym obszarem zostanie uformowany lekko zagłębiony teren, czyli poletko bioremediacyjne. Na powierzchnię każdego poletka, jak też na powierzchnię przyzmy technologicznej dozowany będzie rozcieńczony wodą biopreparat wyprodukowany na bazie glebowych mikroorganizmów autochtonicznych. Po kilku pomiarach kontrolnych monitorujących rozwój mikrofauny i przebieg całego procesu może nastąpić konieczność dostarczenia dodatkowych nawozów (głównie NPK), po czym poletka będą zasypane, a teren wyrównany, bądź uformowany zgodnie z projektowanym przyszłym zagospodarowaniem tej przestrzeni.

Taka koncepcja wymaga wprawdzie bardziej starannej opieki badawczej (dodatkowe rozpoznanie i monitoring), ale umożliwi oszczędniejsze zastosowanie preparatów bakteryjnych i nawozów.

Gruz ceglany i betonowy (bez konieczności separacji – choć taka byłaby możliwa, czego dowiodły przeprowadzone badania odpadów budowlanych) będzie poddany skruszeniu i w różnej frakcji stanowić będzie wypełnienie rdzeniowych części hałd bioremediacyjnych, by zwiększyć w środku migrację powietrza i zaktywizować mikroorganizmy tlenowe.

Dodatkowo koncepcja ta przewiduje moduł remediacji wód podziemnych. Staje się on nawet konieczny w przypadku zastosowania biopreparatów, których szczepy bakteryjne wywołują okresowy wzrost stężenia kontaminantów w odciekach.

W dalszej części rozwijana będzie właśnie ta koncepcja.

Projekt rekultywacji

Projekt zawiera rozwinięcie opisanej koncepcji oczyszczania gruntu metodą in situ on side, czyli kombinację szeregu nowoczesnych technologii remediacyjnych stosowanych na terenie zanieczyszczonym z ograniczeniem do minimum wywozu odpadów i tylko tych, które mogą być poddane recyklingowi lub koniecznej utylizacji termicznej jako paliwo alternatywne.

Założenia techniczne

Stwierdzona w trakcie wykonanych testów mikrobiologicznych skuteczność biopreparatu produkowanego z mikroorganizmów autochtonicznych zachęca do zastosowania bakterii rodzimych. Zmniejsza to znacznie możliwość wystąpienia ewentualnych zakłóceń i interakcji w biocenozie. W celu zmniejszenia kosztów produkcji (testy odbywały się w laboratorium w Niemczech) proponuje się wynajęcie i uruchomienie w Solcu niewielkiej instalacji fermentującej. Pozwoli to na wyprodukowanie wymaganej ilości biopreparatu (ewentualne nadwyżki produkcji można będzie, po przeprowadzeniu testów, stosować do oczyszczania gruntów w niektórych podobnych przypadkach skażenia gruntów mieszaninami WWA, BTEX i fenoli).

Z odpadów budowlanych, po ich skruszeniu na miejscu w mobilnej instalacji kruszącej, oraz z istniejących hałd ziemno-gruzowych i z najbardziej skażonego gruntu po ich selekcji i przepłukaniu zostaną wykonane wydłużone przyzmy technologiczne do bioremediacji gruntu. Kształt takich pagórków może być uzgodniony ze specjalistami od planowania i zagospodarowania przestrzeni, a szczególnie z projektantami planowanych tu terenów rekreacji i sportu.

Rekultywacja metodą in situ on side będzie się składać z następujących etapów:

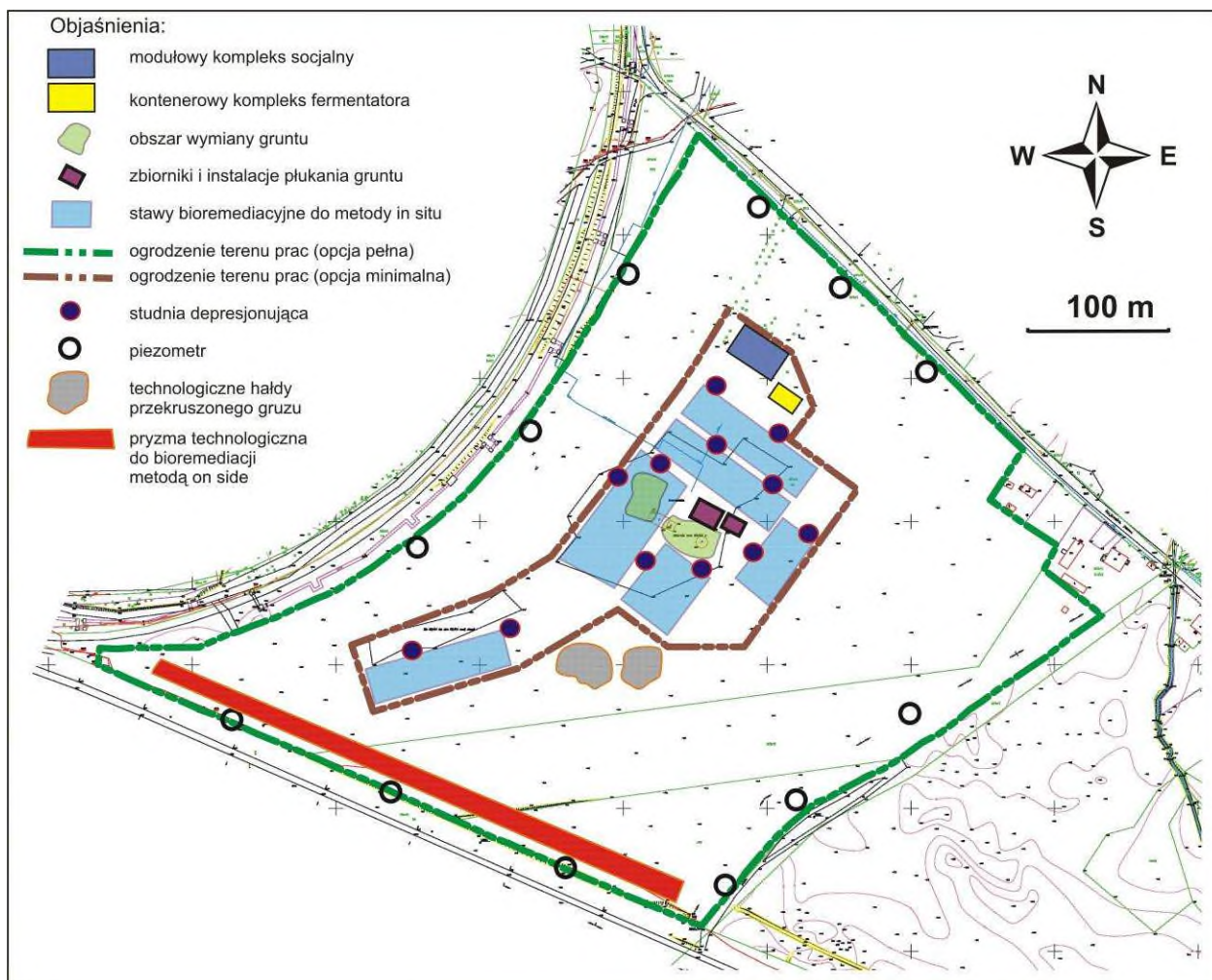
1. Ogrodzenie terenu – siatka tymczasowa, słupki metalowe, stabilizowane chudym betonem. Planuje się 3-4 bramy wjazdowe – materiał prowizoryczny, na czas trwania głównych prac ziemnych i bezpośredniego stosowania biopreparatu. Na mapie projektowej (Ryc. 39) zaznaczono dwie opcje ogrodzenia – pełną, która prowadzi po granicy własności terenu oraz – minimalną, która obejmuje jedynie ogrodzenie najważniejszych obiektów i instalacji.
2. Doprowadzenie instalacji energetycznej i wodnej do terenu w miejsce założenia socjalnej bazy kontenerowej i kompleksu fermentatora. Przyłącza wodne i kanalizacyjne od strony ulicy Kujawskiej.
3. Zainstalowanie na obrzeżach terenu co najmniej po 4 piezometry o minimalnej średnicy 50 mm na każdym z trzech boków terenu w celu prowadzenia monitoringu przed, w trakcie oraz po zakończeniu działań naprawczych. Lokalizację otworów trzeba dostosować do kierunków przepływu wód oraz lokalizacji głównych ognisk zanieczyszczenia. Wyloty rur piezometrów muszą być trwale osłonięte i chronione obudowami zlicowanymi z powierzchnią terenu tak, by nie stanowiły przeszkody w poruszaniu się pojazdów po terenie w trakcie planowanych prac ziemnych. By nie doszło do ich uszkodzenia, miejsca te powinny być wyraźnie oznakowane.
4. Usunięcie zawartości uciętego zbiornika ponadpoziomowego. W zbiorniku znajduje się około 100 m³ smoły kreoizotowej – smoły mogą być spalone w piecu cementowni, jeśli temperatura procesu przekracza 1200⁰ C. Do transportu smół konieczny jest tabor samochodowy posiadający dopuszczenie do przewozu odpadów niebezpiecznych – certyfikat ADR. Resztki metalowego

- zbiornika, po umyciu gorącą wodą pod ciśnieniem, mogą być przeznaczone na złom – np. najbliższa składnica w Solcu Kujawskim przy stacji PKP. Odcieki z mycia w postaci szlamu i emulsji najlepiej byłoby dołączyć do transportu smół do cementowni lub skierować do zbiornika instalacji płukania gruntu.
5. Usunięcie fundamentów zbiornika, żurawia, prostokątnego zbiornika zrzutowego (o ile nie będzie potrzebny w instalacji płukania gruntu). Stal zbrojeniowa jako złom do odzysku. Gruz przewozić i formować w jedną lub w dwie hałdy w celu zorganizowania pracy dla kruszarki.
 6. Przy pomocy spychaczy i równiarek wyrównać piaszczysty teren pod przyszłe przyzmy bioremediacyjne (lokalizację ustalić z projektantem zagospodarowania przyszłego ośrodka sportowo-rekreacyjnego). W formie niecek/niecki o szerokości ok. 20 m ułożyć folię HDPE pod przyzmy. Spadek odwodnienia w kierunku piaskowników i studzienek zbiorczych po obu stronach przyszłej przyzmy. Do uszczelnienia podłoża przyzmy/pryzmy konieczne jest zakupienie 8000 m² foli HDPE o grubości 2-3 mm.
 7. Przyzmy o przekroju trapezu formować następująco: podstawa z gruntu z przemieszczania hałd ziemno-gruzowych (przy ich stopniowej rozbiórce możliwy do wyreparowania gruz, szczególnie tzw. betonowe „trapezy” gromadzić przy kruszarce do przeróbki na kruszywo „czyste” – potem może być użyte na miejscu jako podbudowa pod ścieżki, parkingi i drogi), następnie rdzeń przyzmy z kruszywa ceglano-betonowego „zanieczyszczonego” – w tym należy umieścić poziomo rurę PVC perforowaną o średnicy 120 mm z możliwością dołączania modułowo kolejnych odcinków w celu stałego grawitacyjnego napowietrzania wnętrza przyzmy. Szczyt i brzegi przyzmy kształtować z gruntu wydobytego sukcesywnie z najbardziej skażonej strefy terenu i poddanego procesowi płukania – przy dawnych zbiornikach nadpoziomowych, przed i pod budynkiem nasycalni – hali a autoklawami. Stopniowo materiał podczyszczony w procesie prania przemieszczać i wbudowywać w przyzmy technologiczną. Obszar do wydobycia określa mapa - Ryc. 39.
 8. Wstępnie proponuje się lokalizację bioremediacyjnej przyzmy technologicznej wzdłuż linii kolejowej Toruń-Bydgoszcz, gdzie będzie spełniała dodatkową funkcję w przyszłości – ekranu akustycznego. Takie położenie i rekultywacja przyzmy na skrajnym fragmencie terenu inwestycyjnego nie będzie też utrudniać prac inwestycyjnych na głównej części terenu.
 9. Zakłada się następujące wymiary przyzmy technologicznej: długość około 400 m, szerokość podstawy 12 m, wysokość 3 m, szerokość wierzchołki 2 m. Daje to kubaturę 8400 m³, która może być wykorzystana dla zdeponowania zanieczyszczonego gruntu oraz gruzu. Planowane nachylenie zboczy ok. 30° zagwarantuje ich stabilność, ponieważ muszą być polewane biopreparatem i nawozem. W późniejszej fazie, po ustabilizowaniu się gruntu i stwierdzeniu skuteczności zastosowanych zabiegów rekultywacyjnych możliwe będzie zadarnienie powierzchni przyzmy z wysiewu lub trawą z rolki, a potem posadzenie krzewów według doboru dokonanego przez architekta zieleni.
 10. W miejsce wykonanego wykopu w centralnej części terenu konieczne będzie przemieszczenie czystego gruntu, którego współczynnik przewodności hydraulicznej (k) może być niższy od otaczających piasków rodzimych. Grunt najlepiej będzie poddawać warstwowemu zagęszczaniu, np. walcem wibracyjnym, by zmniejszyć w przyszłości osiadanie po zagospodarowaniu tej części

- działki. Granice wyrobiska, rodzaj i stopień zagęszczenia udokumentować w celu wykorzystania w przyszłości tej informacji, jeśli byłby tu projektowany budynek.
11. Do częściowego zasypania wykopu można użyć ziemię zepchniętą w trakcie formowania terenu i niecek pod bioremediacyjne przyzmy technologiczne. Podobnie nadmiar gruntu powstanie w trakcie wyrównywania zdewastowanego terenu. Ważne jest przy tym to, by spychając warstwę wierzchnią, na bieżąco decydować, czy dana partia zepchniętego gruntu powinna trafić do wykopu (czysta i makroskopowo względnie czysta), czy na przyzmy technologiczną (ziemia zanieczyszczona). Wymagany jest tu nadzór geologa. Z tej zdjętej piaszczystej quasi-glebowej nawierzchni można dodatkowo układać warstwę górną i zbocową, co przyspieszy procesy glebotwórcze oraz zwiększy oczekiwaną „materiałochłonność” przyzmy.
 12. Wyrównywanie powierzchni poprzez „zdzieranie” warstwy gruntu o grubości ok. 15-30 cm umożliwi jednoczesne wykartowanie plam i stref zanieczyszczonych kreozotem (spowoduje też odkrycie innych niespodziewanych odpadów). Napotkane odpady, szczególnie odpady niebezpieczne, których nie można będzie poddać skutecznej bioremediacji, np. płyty eternitowe, trzeba będzie wywieźć na składowisko odpadów niebezpiecznych. Dotychczas stwierdzono obecność na badanym terenie ok. 3 m³ tego typu odpadów. Nie dopuszcza się mieszania gruzu eternitowego lub innych odpadów zawierających włókna azbestu z gruzem betonowym i ceglanym przeznaczonym do kruszenia.
 13. Na wyrównanym terenie w strefie tzw. średniego skażenia przewiduje się wykonanie około 4-6 poletek bioremediacyjnych o powierzchni 100 x 30 m = 3000 m². Na każdym poletku wciętym około 20-30 cm poniżej powierzchni otoczenia ułożona zostanie geomata, by ustabilizować powierzchnię i ułatwić równomierną dystrybucję preparatu mikrobiologicznego wraz z wodą, który musi okresowo cyrkulować przez poletka do gruntu. Daje to ogółem zapotrzebowanie na maksymalnie 18 000 m² geomaty. Geomata powinna spełniać warunek pełnej degradowalności po ok. 2-3 latach leżenia w gruncie.
 14. W strefie odpływu wód podziemnych z poletek muszą być wykonane studnie czerpalne – jest to niezbędny element ochrony wód podziemnych oraz wspomaganie biodegradacji skażeń w gruncie poprzez zintensyfikowane przemywanie. Studnie, a szczególnie ich strefa filtrowa, nie powinny ujmować głębszej warstwy saturacji niż ok. 3-4 m poniżej poziomu zwierciadła – chodzi o depresjonowanie i spompowywanie najsilniej zanieczyszczonej wody. Ilość i średnica studni muszą być tak dobrane, aby można było stwarzać lokalny lej, tj. depresjonować wody w stopniu zmniejszającym do minimum odpływ powstających odcieków. Ponieważ zapotrzebowanie na wodę gruntową może być zmienne (pora roku itp.), to system szczyptywania, oczyszczania i rozsączkowania ruchomą elastyczną rurą drenacyjną po powierzchni poletek musi posiadać możliwość regulacji wydajności (poprzez regulację wydajności pomp lub ich cykliczne załączanie). Kontrola skuteczności leja depresji może być wykonywana dzięki pomiarom zwierciadła wody w sieci piezometrów na obwodzie terenu. Zabudowa studni powinna być wykonana trwale, oznakowana i zlicowana z powierzchnią terenu, by umożliwić ruch pojazdów, a przyszłości nie kolidować z planowanym zagospodarowaniem terenu.
 15. W systemie krążenia wód ujmowanych i rozsączanych muszą być dodatkowe dwa zbiorniki: jeden do dozowania i mieszania biopreparatów oraz ewentualnych nawozów (np. rozcieńczania

- gnojowicy lub obornika kurzego) oraz (opcjonalnie) położony wcześniej zbiornik instalacji elektrolitycznego oczyszczania wody metodą elektrod diamentowych. Podczyszczanie wody przed jej rozsączkowaniem umożliwi efektywniejsze działanie mikroorganizmom oraz zmniejszy wydatnie uciążliwości zapachowe, z jakimi trzeba się liczyć na terenie inwestycji w trakcie nawadniania poletek, szczególnie w okresach wysokiej temperatury powietrza.
16. Koszt wspomnianej, opcjonalnej instalacji elektrolitycznej o wydajności ok. 1-10 m³ na dobę jest znaczny, ale wydaje się być najskuteczniejszą metodą oczyszczenia wód. Zamiast elektrod diamentowych możliwe jest zastosowanie kombinacji innych, tańszych elektrod, jednak ich żywotność jest znacząco krótsza.
 17. Wymagania zasilania w energię instalacji elektrolitycznej wynoszą ok. 88 W/h/l (~ 18 kW/h/m³). Ponadto energii elektrycznej potrzebować będą stale pompy w studniach depresjonujących, instalacja fermentatora, oświetlenie i okresowo ogrzewanie pomieszczeń obsługi i nadzoru inwestycji.
 18. Przewiduje się, że wystarczy jednorazowe zasilenie (inokulacja) mieszkanką bakteryjną gruntu. Według wykonanych w laboratorium testów potrzeba ok. 1-1,5 litra preparatu na 1 m³ zanieczyszczonego gruntu. Do obliczeń przyjęto warstwę gruntu znajdującego się pod poletkami oraz objętość gruntu ze wspomnianej przyzmy bioremediacyjnej. Oznacza to, że konieczne będzie użycie co najmniej 80000 litrów preparatu (są to około 4 cysterny-naczepy). Przy tej objętości jedyną opłacalną drogą jego uzyskania jest fermentacja na miejscu, co pozwoli, wg szacunków, zmniejszyć koszty o połowę. Ponadto możliwe będzie stałe dozowanie świeżo wyprodukowanego preparatu na poletka, co zdecydowanie podniesie skuteczność bakterii.
 19. W przypadku niestosowania procesu elektrolitycznego i obiegu wód skażonych oraz emitujących silny zapach związków organicznych – co może być uciążliwe dla otoczenia – możliwy jest wariant ułożenia rozbudowanego drenażu w poletkach i zasypania drenażu ziemią do wyrównania z terenem otaczającym. Taki drenaż musi posiadać napowietrzanie i odpowietrzenie zakończone wymiennym filtrem z węglem aktywnym. Przebieg rur drenażowych powinien być oznakowany, by możliwe było późniejsze wprowadzenie maszyn do użyznienia gleby. Poletka w każdej wersji muszą być oznakowane taśmą ostrzegawczą i niedostępne dla pojazdów.
 20. Po zadaniu (inokulacji) biopreparatu i stwierdzeniu po kilku miesiącach potrzeby dostarczenia makroelementów do użyznienia gruntu możliwe będzie dokonanie tej czynności poprzez drenaż na poletka lub, jeśli drenaż będzie zasypany, poprzez rozrzucenie np. obornika rolniczym roztrząsaczem i zabronowanie poletek.
 21. Po fazie dozowania i po stwierdzeniu rozwinięcia się procesu bioremediacji całą instalację można będzie zdemontować. O ustabilizowaniu się procesu rozkładu zanieczyszczeń można mówić wówczas, gdy do wód gruntowych nie będą docierały odcieki o ładunkach przekraczających IV klasę czystości wód.
 22. Studnie powinny pozostać, o ile nie koliduje to z planowaną zabudową rekreacyjno-sportową (np. urządzeniem boisk o nawierzchni gruntowej), w celu prowadzenia okresowego monitoringu wód i oceny skuteczności przeprowadzonych działań bioremediacyjnych. Podobnie postępować z piezometrami na obwodzie terenu.

23. Pozostałą część terenu można stopniowo zagospodarowywać już w trakcie istnienia instalacji nawadniania (i oczyszczania elektrolitycznego). W razie stwierdzenia na terenie dodatkowych obszarów zanieczyszczonych – niektóre z nich można inokulować oraz zasilić z opryskiwacza lub beczkowozu (typowe maszyny rolnicze).
24. Podobnie należy prowadzić rekultywację przyzmy z polaniem ich biopreparatem oraz nawozem.
25. Monitorowanie procesu remediacji można prowadzić w oparciu o wykonywane raz na pół roku opróbowanie gruntów, przy czym w gruntach pod poletkami próbki należy pobierać próbnikiem z głębokości ok. 3 m, gdzie dotychczas stwierdzano najwyższe koncentracje związków kreozotu. Grunt z przyzmy pobierać próbnikiem z głębokości ok. 0,5 – 1 m. Ilość próbek do badań monitoringowych powinna wynosić po 4 z każdego poletka (max. 24 próbki z 6 poletek) oraz z przyzmy 8 próbek (po 4 na każdym boku przyzmy w dolnej części zbocza). Zakres oznaczeń powinien być analogiczny do wykonanego obecnie z pominięciem badań metali ciężkich, bo jest to bezzasadne. Muszą być przeanalizowane zawartości poszczególnych WWA, BTEX oraz alkilofenole. Z każdego cyklu badawczego należy sporządzić krótki raport, by móc prześledzić zmiany stężeń.
26. Ponieważ monitoring gruntów jest sprawą trudną, szczególnie w sensie powtarzalności próbek wywołanej niehomogenicznością ośrodka gruntowego, dlatego głównym wskaźnikiem postępu procesu bioremediacji może być medium ciekłe, czyli woda gruntowa. W tym celu ze studni przy poletkach (po jednej wybranej studni na poletko) należy raz na kwartał pobrać próbki wody (z systemu doprowadzającego wodę do instalacji elektrolitycznej, a w razie jej braku, przed zbiornikiem mieszającym) i poddać je analizie na zawartość poszczególnych WWA, BTEX oraz alkilofenoli. Podobnie raz na kwartał poddać analizie wody z piezometrów (12 próbek). Z badań sporządzać okresowy raport.
27. Remediację gruntu można będzie uznać za zakończoną, gdy w studniach kontrolnych oraz piezometrach jakość wód gruntowych będzie co najmniej w III klasie czystości.
28. Docelowa rekultywacja terenu zostanie osiągnięta po spełnieniu warunku zawartego powyżej, dotyczącego jakości wód i gruntu, oraz zagospodarowaniu ukształtowanej powierzchni i przestrzeni zielenią, to znaczy utworzeniu warstwy glebowej, wysianiu dobranej mieszanki traw i jej pielęgnacji do pierwszego pokosu oraz obsadzeniu zielenią niską (krzewy i drzewka ozdobne) skrajnych części terenu w strefach buforowych z ciągami komunikacyjnymi (tory kolejowe i ulice). Aranżacja przestrzeni z wykorzystaniem roślin wysokopiennych, tj. obsadzenie drzewami, jest sugerowana dopiero po zakończeniu rekultywacji, by nie utrudniać ewentualnych zmechanizowanych prac związanych z nawożeniem i koszeniem trawy. Ponadto zasadne byłoby skorelowanie założeń projektu zieleni z docelowym projektem zagospodarowania przestrzennego, który stanie się realny dopiero po sukcesie prac remediacyjnych.



Ryc. 39. Mapa projektowa do rekultywacji terenu metodami in situ i on side (płukanie gruntu i bioremediacja).

Oszacowanie kosztów

Przedstawiona propozycja rekultywacji gruntu i remediacji terenu po dawnej nasycalni może być jedynie zgrubnie oszacowana zakresie kosztów wykonawstwa. Jako znaczące czynniki kosztotwórcze przyjęto prace ziemne (przemieszczanie, uzupełnianie gruntu, prace rozbiórkowe, formowanie bioremediacyjnej przyzmy technologicznej i poletek) oraz produkcję biopreparatu (w tym wynajęcie i obsługę fermentatora) i oczyszczanie wód gruntowych. Inne koszty oszacowano zgrubnie.

Koszty procesu płukania gruntu są w trakcie opracowywania – konieczne są do tego dane wskaźnikowe od usługodawców.

Koszty utylizacji pozostałości pasty kreozotowej znajdującej się w zbiorniku na przedmiotowym terenie są w trakcie opracowania.

Po uzyskaniu tych danych niniejszy projekt zostanie uzupełniony aneksem nt. wyceny prac rekultywacyjnych (sanacji).

Prace ziemne

Poniżej przedstawiono orientacyjne wskaźniki cenowe do realizacji prac ziemnych. Należy podkreślić, że przed zaakceptowaniem przez Zleceniodawcę proponowanej koncepcji rekultywacji trudno jest określić dokładniejsze koszty wszystkich przewidzianych prac, w tym robót ziemnych.

Koszt wydobycia urobku 1 m^3 z transportem do 1 km - 16,00 zł, za każdy następny kilometr 0,80 zł

Koszt rozbiórki budynku – 50,00 zł/ m^3 , przekruszenia odpadów budowlanych 29,00 zł/ m^3

Przelicznik 1 m^3 – 1,8 t

Koszt formowania przyzmy do 70 m – 7 zł/ m^3 , 0-250 m – 20,00 zł/ m^3

Koszt zasypiania wyrobisk gruntem 20,00 zł/ m^3 (w cenę wliczono pozyskanie materiału zewnętrznego)

Koszt pracy spychacza 1,7 zł/ m^2

Sprzęt (ładowarka lub spycharka) – czas pracy 1 godz. 100,00 zł + 20,00 zł praca operatora

Koszt układania geowłókniny i folii HDPE 3,50 zł/ m^2

Koszty preparatu

Jak wspomniano, wytwarzanie preparatu z przygotowanych, wyizolowanych specjalnie szczepów mikroorganizmów autochtonicznych może odbywać się opcjonalnie w laboratorium za granicą (co wydłuży proces, ponieważ potrzebną ilość preparatu trzeba będzie produkować niejako godząc to z usługami mikrobiologicznymi dla innych, niekiedy stałych klientów) lub na miejscu w Solcu, najlepiej w stacji kontenerowej bezpośrednio na terenie inwestycji.

Przy fermentacji za granicą – 9-13 euro za liter (na 1 m^3 gruntu), co daje ok. 28-52 zł/litr.

Przy fermentacji na miejscu – ok. 16-20 zł/litr.

Przy minimalnej szacowanej kubaturze 72000 m³ pod poletkami oraz 8400 m³ w przyzmi daje to ogółem 80400 m³, co wymaga tyleż litrów preparatu. Daje to koszt minimum 1 286 400 zł zaś maksymalnie (dla tej objętości) – 4 180 800 zł.

Koszty wynajmu fermentatora oraz stacji elektrolizy wody

Koszt stacji elektrolitycznej z elektrodami diamentowymi – ok. 400 000 zł.

Fermentator (wymagania przestrzeni – ok. 3 m³) – wynajem, transport, złożenie i uruchomienie oraz nadzór - 80 000 zł.

Inne koszty

W tej grupie znajdują się :

Koszty materiałowe:

ogrodzenie i ok. roczny nadzór terenu (do czasu zlikwidowania kontenerowej stacji fermentatora i elektrolitycznego oczyszczania wody) – na mapie dokumentacyjnej (ryc. 34) wyznaczono opcje ogrodzenia – pełną oraz minimalną,

zakupienie ok. 8000 m² geomembrany HDPE 2-3 mm, 18 000 m geowłókniny,

zakupienie trawy w rolce do ustabilizowania przyzmy bioremediacyjnej – 6000 m²

Koszty prac specjalnych:

Wykonanie projektu prac geologicznych oraz posadowienie 12 piezometrów oraz ok. 12-18 studni ujęciowych o głębokości ok. 8 m.

Wykonanie operatu wodno-prawnego dla uzyskania pozwolenia wodno-prawnego,

Wykonanie inwentaryzacji zieleni oraz usunięcie niektórych drzew, które będą kolidowały z przyszłym planem zagospodarowania terenu.

Koszty prowadzenia okresowego monitoringu gruntów (pobór i analiza chemiczna 32 próbek gruntów raz na pół roku) oraz monitoringu wód gruntowych (pobór i analiza 18 próbek wody raz na kwartał).

Istotną pozycję kosztową stanowią będą także płace personelu oraz ekspertów. Obecnie brak jest możliwości dobrego oszacowania tych kwot, ponieważ trudno jest ustalić czasochłonność szeregu prac. Szacunek taki można wykonać jedynie z naddatkiem, gdyż nie wiadomo, ile ostatecznie zostanie wykartowanych ognisk zanieczyszczeń, ile w związku z tym powstanie poletek, ile czasu zajmie formowanie przyzmy i nadzór nad procesami.

Reasumując, szacunkowe koszty wykonania rekultywacji terenu dawnej nasycalni w Solcu Kujawskim mogą wynieść ok. 20 milionów złotych.

Dla porównania z koncepcją remediacji metodą ex situ samo wydobywanie i przewiezienie skażonego gruntu na odległość ok. 20 km kosztowałoby niemal 20 milionów złotych.

Uzasadnienie preferowanego wariantu oczyszczania terenu

Wymagania formalne do przeprowadzenia prac rekultywacyjnych

Projekt rekultywacji po zaakceptowaniu przez właściwe miejscowo starostwo w zakresie remediacji wód oraz zatwierdzeniu przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w zakresie oczyszczania skażonych gruntów musi uzyskać finansowanie. Po przeprowadzeniu procedury wyboru wykonawcy konieczne będzie sporządzenie przez Wykonawcę na podstawie niniejszego projektu szczegółowego planu ruchu na terenie prac.

Wszystkie jednostki nadzoru, stosownie do swojej właściwości, mają prawo kontroli terenu prac. Należą do nich: Starostwo, RDOŚ, inspekcja budowlana, sanepid, straż pożarna, nadzór górniczy (wiercenia), inspekcja BHP.

Wskazane jest uzgodnienie przez Inwestora i wybranego wykonawcę opracowanego przezeń planu ruchu z wyżej wymienionymi instytucjami nadzoru oraz pisemne zgłoszenie rozpoczęcia prac z dochowaniem obowiązujących terminów.

Wymagania i warunki zachowania bezpieczeństwa w trakcie prac remediacyjnych

Głównym problemem, z którym należy się liczyć w trakcie wykonywania prac, szczególnie robót ziemnych, jest narażenie pracowników na kontakt z łatwo lotnymi i ciekłymi składnikami krezotolu. Niewłaściwe zabezpieczenie pracowników, w tym zbyt długa ekspozycja oddechowa mogą powodować zatrucia objawiające się bólami głowy, mdłościami, alergiami skóry i górnych dróg oddechowych. W celu uniknięcia i zminimalizowania tego zagrożenia należy zastrzec, by firma realizująca prace ziemne, gdzie kontakt ze skażonym gruntem będzie najbardziej intensywny, posiadała maszyny i sprzęt należytej jakości, poczynawszy od hermetycznych kabin w maszynach budowlanych, a na odzieży ochronnej skończywszy. Pracownicy muszą mieć specjalny węzeł sanitarno-socjalny zawierający szatnię „czystą”, prysznic i szatnię „brudną” oraz inne pomieszczenia (przerwy). Punkt pierwszej pomocy medycznej musi być oznakowany i łatwo dostępny.

Pracownicy zajmujący się nadzorem procesu bioremediacji muszą być szczegółowo przeszkoleni w zakresie zasad postępowania z biopreparatami. Muszą mieć analogicznie odpowiednie szatnie i węzeł sanitarny.

Dostęp osób postronnych nieuprawnionych jest wykluczony, zaś ewentualne osoby trzecie mogą przebywać na terenie jedynie w obecności przeszkolonych pracowników firmy wykonującej prace rekultywacyjne i na podstawie specjalnej zgody (przepustka rejestrowana).

Wybrany wariant a plany zagospodarowania terenu

Bez wątplenia warunkiem pierwszym i koniecznym do realizacji procesu oczyszczania środowiska, w tym wód podziemnych jest usunięcie ogniska skażenia – takim działaniem jest remediacja gruntu na terenie po nasycalni. Wskazany wariant rekultywacji metodą in situ on side jest obecnie najlepszym kierunkiem postępowania, ponieważ:



- jest zgodny z zapisami aktów prawnych w zakresie ochrony środowiska, a w szczególności z przepisem o utylizacji odpadów miejscu ich powstawania. Zmniejsza to zagrożenie dla otoczenia, nie powoduje zapewniania składowisk odpadów i tworzenia nowych składowisk, zmniejsza do minimum uciążliwy i kosztowny transport odpadów,

- umożliwia inwestorowi jednoczesne, sukcesywne w czasie rozwiązanie problemu skażenia gruntów oraz wód, w tym wód zanieczyszczonych, które już wydostały się poza teren przedmiotowego opracowania (bakterie będą, choć nieco wolniej, migrowały za „pożywieniem”, które zostało przeniesione przez wody podziemne w inne strefy gruntu),

- umożliwia stosunkowo szybkie podjęcie prac budowlanych dla docelowej inwestycji, przy czym odpowiednie skorelowanie obu inwestycji (rekultywacji i budowlanej) może przyczynić się do obniżenia kosztów, np. prac ziemnych.

- technologia bioremediacji promuje nowoczesny sposób postępowania ze skażeniami przy wykorzystaniu metod naturalnych oraz wspieranych metod naturalnych.

Geo-Logik
Wojciech Irmiński
05-806 Komorów, ul. Owocowa 10
tel. +48 603 180 600
NIP 534-144-62-83 REG. 011914326



Wykorzystane materiały źródłowe

Bibliografia

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dziennik Ustaw z 2002 r. Nr 165 poz. 1359),

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dziennik Ustaw z 2008 r. Nr 143 poz. 896, Dz. U. z dnia 6 sierpnia 2008 r.).

Dokumentacje archiwalne

Andrzejewski W., Dłużewski W., Szpakowski K., 2001 – Wyniki badania stopnia skażenia podłoża nasycalni drewna w Solcu Kujawskim. GEOPROGRAM, Bydgoszcz, sierpień 2001,

Bieszczad B., Leszman J., 1985 – Sprawozdanie z badań wielkości i zasięgu skażenia środowiska gruntowo-wodnego przez Zakład Produkcji i Nasycania podkładów Kolejowych w Solcu Kujawski, woj. Bydgoskie. GEOPROJEKT – Przed. Geolog.-Fizjograf. i Geodezyjne Budownictwa, Gdańsk, sierpień 1985,

Irmiński W., Dębicka K., 2010 - Projektu prac rekultywacyjnych dla terenu po byłej Nasycalni Drewna w Solcu Kujawskim. Omegatech Polska Sp. z o.o. Ramboll Group. Arch. UMiG w Solcu Kuj.

Kumor M. [kier.zesp.], 2001 – Raport oddziaływania na środowisko Zakładu Nasycania Drewna (w likwidacji) położonego przy ul. Kujawskiej w Solcu Kujawskim. GEOPROGRAM, Bydgoszcz, wrzesień 2001,

Machowiak W., Śliwiński M., Michalczyk D., 2009a – Ocena stanu środowiska gruntowo-wodnego na terenie byłej nasycalni drewna w Solcu Kujawskim. EKOLAB Sp. z o.o., Swarzędz, lipiec 2009,

Machowiak W., Śliwiński M., Michalczyk D., 2009b – Uzupełnienie do oceny stanu środowiska gruntowo-wodnego na terenie byłej nasycalni drewna w Solcu Kujawskim. EKOLAB Sp. z o.o., Swarzędz, sierpień 2009,

Werner W., Arens J., Gruner G., 2010 - Revitalisierung des ehemaligen Reichsbahn-Schwellenwerks Zernsdorf. 11. Karlsruher Altlastenseminar 09-10.06.10, Karlsruhe, Niemcy.

Mapa sytuacyjno-wysokościowa dostarczona w formacie AutoCad przez zleceniodawcę

6.2.

„Inwentaryzacja zieleni wraz z gospodarką drzewostanem”
sporządzona na potrzeby „Studium zagospodarowania terenu
po byłej Nasycałni Podkładów Kolejowych w Solcu Kujawskim”

Załącznik 3

Inwentaryzacja zieleni wraz z gospodarką drzewostanem

STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYŁEJ NASYCAŁNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM

Nazwa i adres Zamawiającego:

Gmina Solec Kujawski

Ul. 23 Stycznia 7

86-050 Solec Kujawski



Lokalizacja inwestycji:

Solec Kujawski, dz. ew. 678/12 i 678/5

Jednostka projektowa:

Studium sp. z o.o. sp. k.

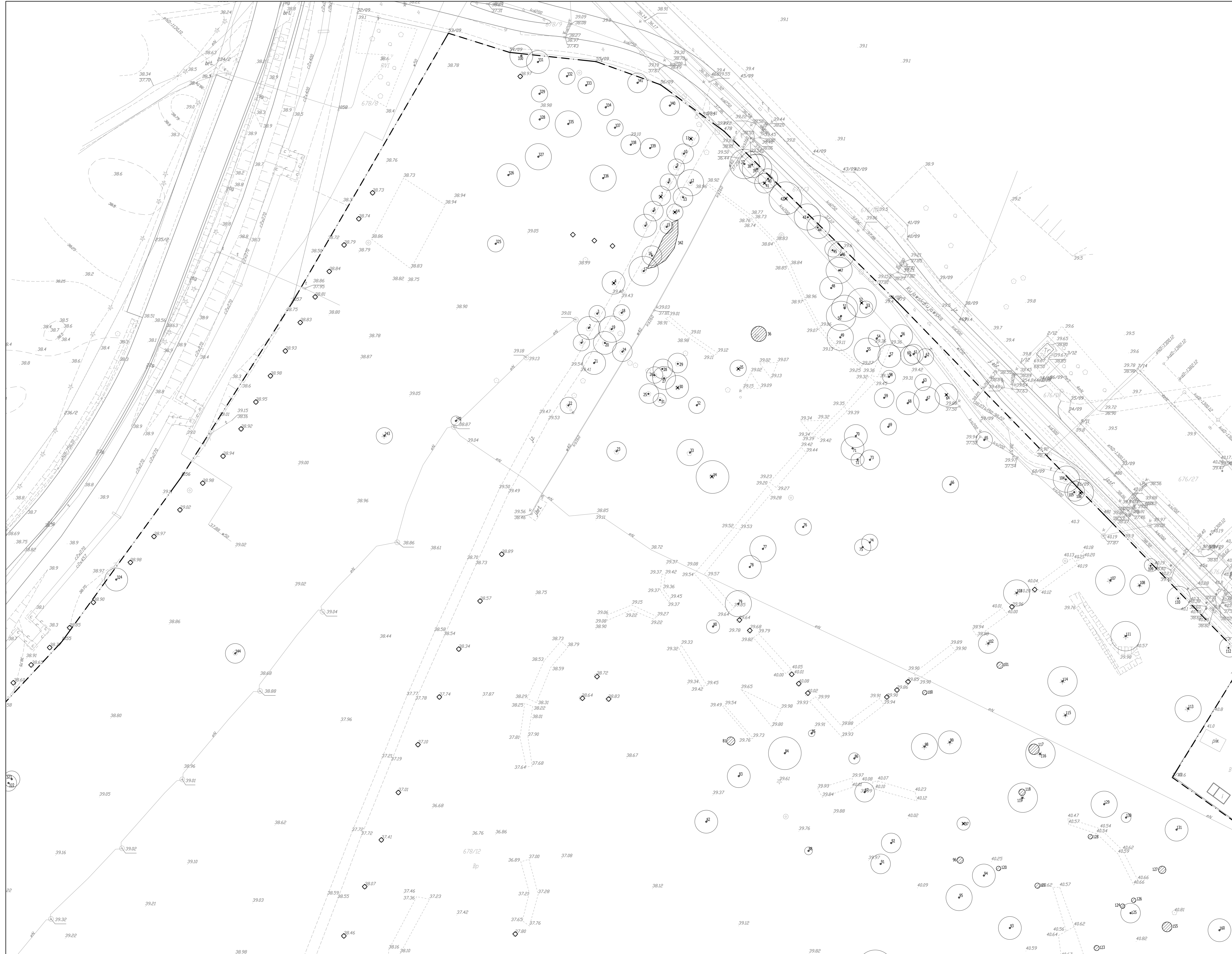
ul. Noakowskiego 12/99

00-666 Warszawa

Opracowanie:

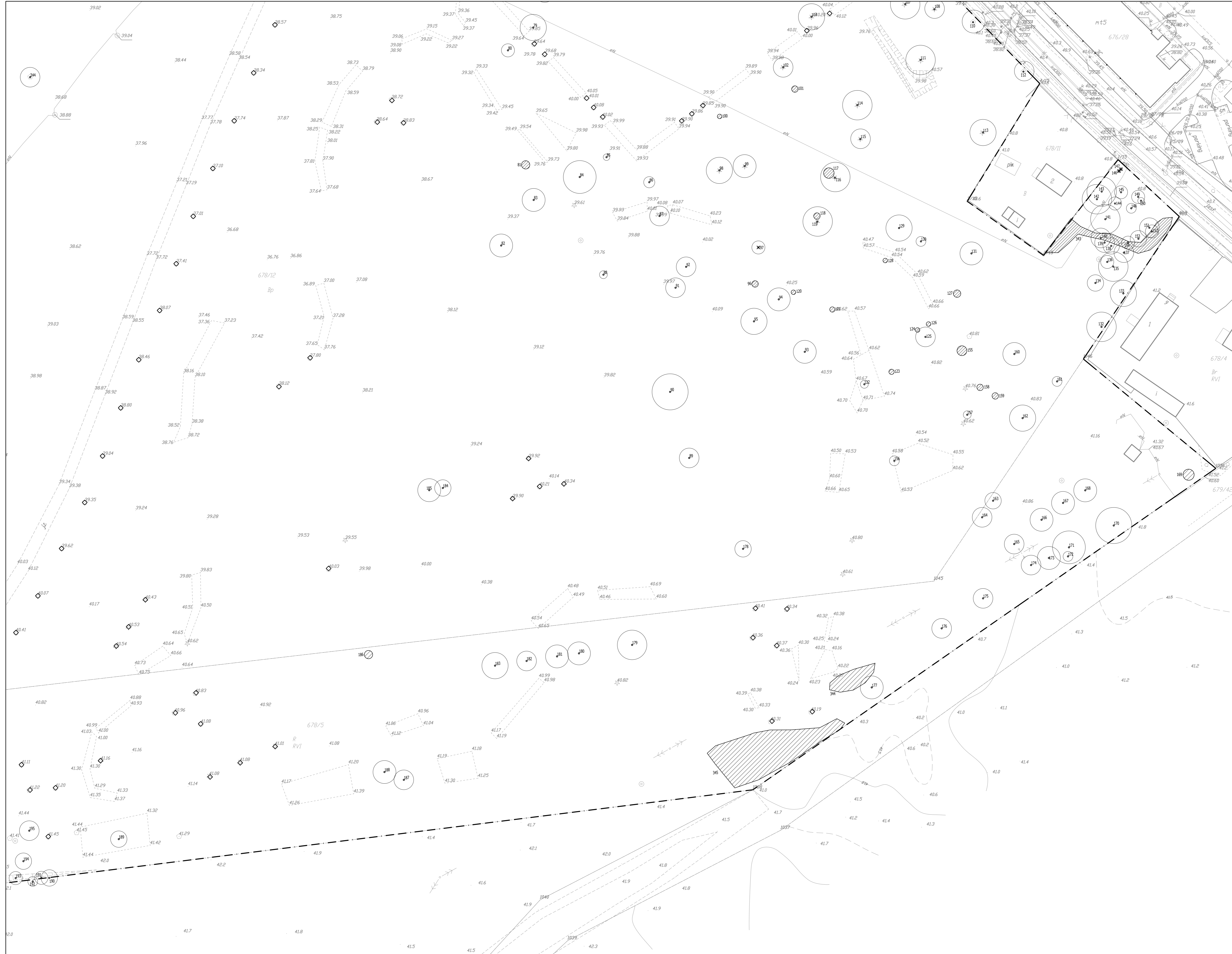
arch. kraj Maciej Kolendowicz

Warszawa, luty 2019 r.



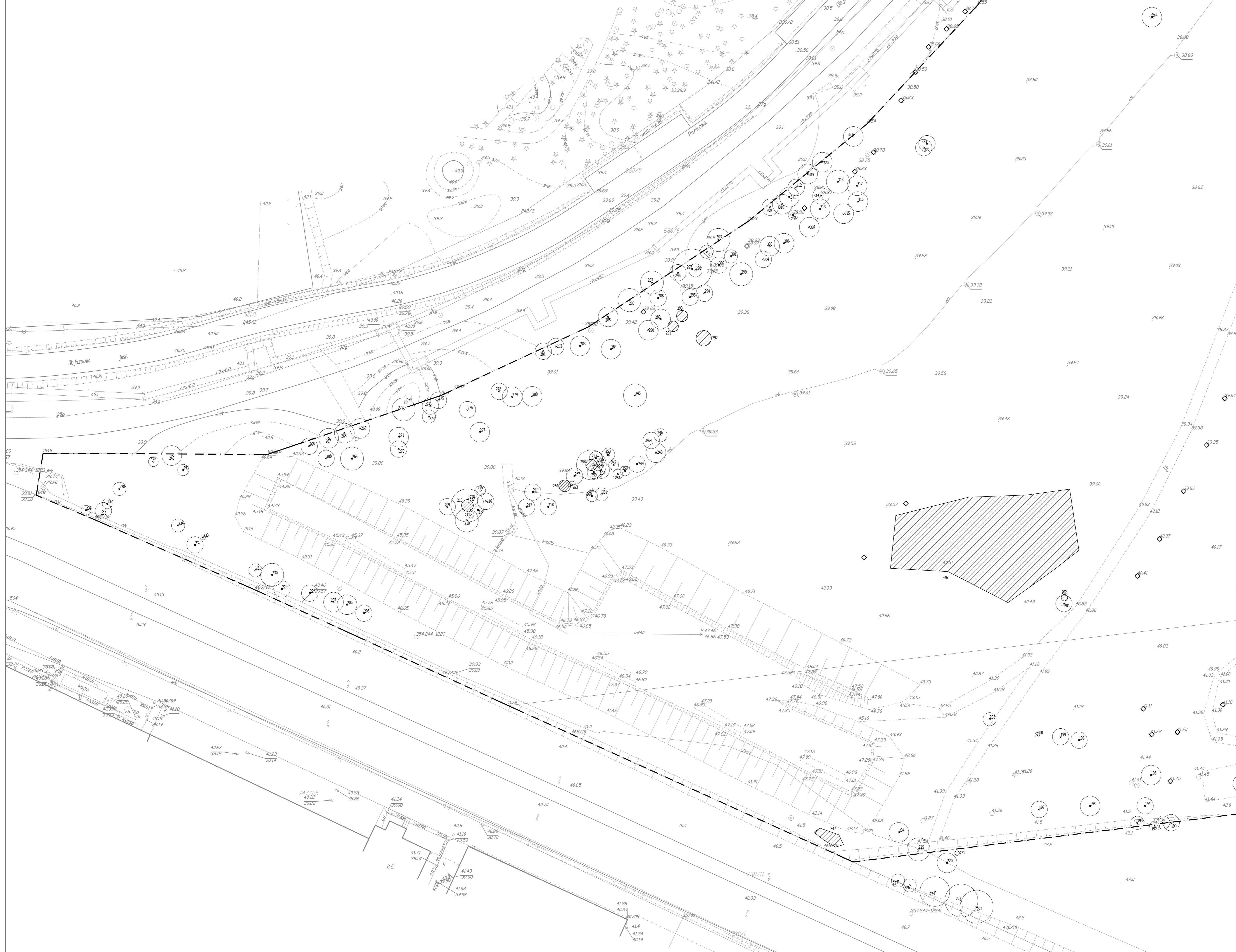
- Legenda:
- Zakres opracowania
 - Istniejące drzewa
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące krzewy/ grupy krzewów/ grupy podroszl/ żywopłoty
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące nowe nasadzenia drzew (niskie parametry)
 - Istniejące drzewa przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny statykę
 - Istniejące krzewy/ grupy krzewów przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny statykę

Investor: Gmina Solec Kujawski Ul. 23 Stycznia 7, 86-050 Solec Kujawski	
Jednostka projektowa: STUDIUM Sp. z o.o., STUDIUM Sp. z o.o. sp.k. ul. Noskowskiego 12/99, 00-666 Warszawa www.studium.waw.pl	
Tytuł opracowania: STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYLEJ NASYCALNI PODKLADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM	
Branża: Architektura krajobrazu	
Nazwa rysunku: Inwentaryzacja zieleni istniejącej wraz z gospodarką drzewostanem	
Opracowanie: arch. kraj. Maciej Kolendowicz	Podpis:
Nr rysunku: 01	Skala: 1:500
Data opracowania: styczeń 2019	Revizja:



- Legenda:**
- Zakres opracowania
 - Istniejące drzewa
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące krzewy/grupy krzewów/podrosli żywopłoty
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące nowe nasadzenia drzew (niskie parametry)
 - Istniejące drzewa przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny/słaby
 - Istniejące krzewy/grupy krzewów przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny/słaby

Investor: Gmina Solec Kujawski Ul. 23 Sycznia 7, 86-050 Solec Kujawski	
Jednostka projektowa: STUDIUM Sp. z o.o., STUDIUM Sp. z o.o. sp.k. ul. Noskowskiego 12/99, 00-666 Warszawa www.studium.waw.pl	
Tytuł opracowania: STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYLEJ NASYCALNI PODKLADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM	
Branża: Architektura krajobrazu	
Nazwa rysunku: Inwentaryzacja zieleni istniejącej wraz z gospodarką drzewostanem	
Opracowanie: arch. kraj. Maciej Kolendowicz	Podpis:
Nr rysunku: 02	Skala: 1:500
Data opracowania: styczeń 2019	Revizja:



- Legenda:
- Zakres opracowania
 - Istniejące drzewa
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące krzewy/grupy krzewów/grupy podrosli żywopłoty
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące nowe nasadzenia drzew (niskie parametry)
 - Istniejące drzewa przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny statykę
 - Istniejące krzewy/grupy krzewów przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny statykę

Investor:
Gmina Solec Kujawski
Ul. 23 Sycznia 7, 86-050 Solec Kujawski

Jednostka projektowa:
STUDIUM Sp. z o.o., STUDIUM Sp. z o.o. sp.k.
ul. Noskowskiego 12/99, 00-666 Warszawa
www.studium.waw.pl

Tytuł opracowania:
STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU
PO BYLEJ NASYCALNI PODKLADÓW
KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM

Branża:
Architektura krajobrazu

Nazwa rysunku:
Inwentaryzacja zieleni istniejącej
wraz z gospodarką drzewostanem

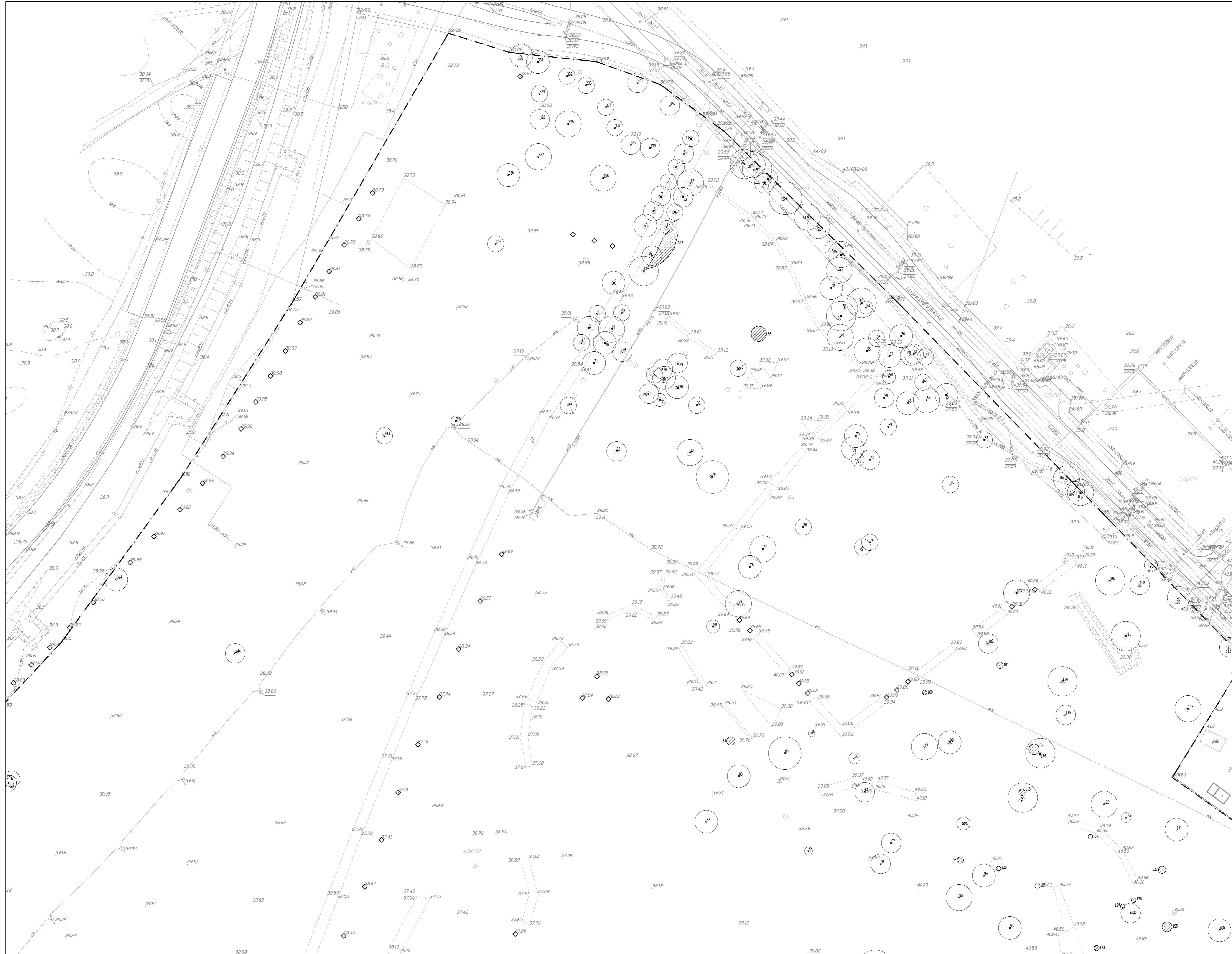
Opracowanie:
arch. kraj. Maciej Kolendowicz

Nr rysunku:
03

Data opracowania:
styczeń 2019

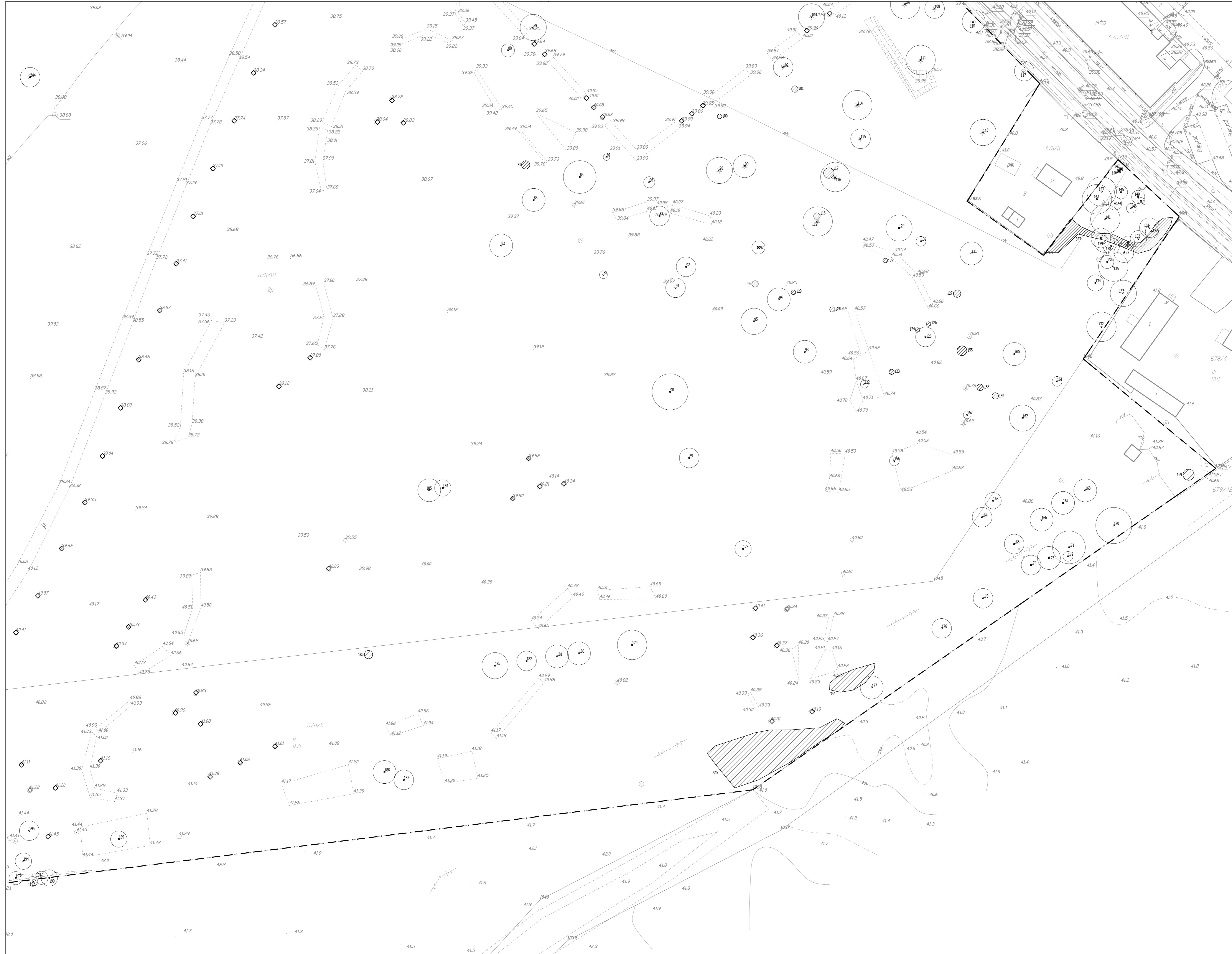
Skala:
1:500

Revizja:



- Legenda:
- Zakres opracowania
 - Istniejące drzewa
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące krzewy/ grupy krzewów/ grupy podrosli/ żywopłoty
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące nowe nasadzenia drzew (niskie parametry)
 - Istniejące drzewa przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny/ statykę
 - Istniejące krzewy/ grupy krzewów przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny/ statykę

Investor: Gmina Solec Kujawski Ul. 23 Stycznia 7, 86-050 Solec Kujawski	
Jednostka projektowa: STUDIUM Sp. z o.o., STUDIUM Sp. z o.o. sp.k. ul. Noskowskiego 12/99, 00-666 Warszawa www.studium.waw.pl	
Tytuł opracowania: STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYLEJ NASYCALNI PODKLADÓW KOLEJOWYCH W SOLECU KUJAWSKIM	
Branża: Architektura krajobrazu	
Nazwa rysunku: Inwentaryzacja zieleni istniejącej wraz z gospodarką drzewostanem	
Opracowanie: arch. kraj. Maciej Kolendowicz	Podpis:
Nr rysunku: 01	Skala: 1:500
Data opracowania: styczeń 2019	Revizja:



- Legenda:**
- Zakres opracowania
 - 0 Istniejące drzewa 50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - / Istniejące krzewy/grupy krzewów/podrosła żywopłoty 50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - ◊ Istniejące nowe nasadzenia drzew (niskie parametry)
 - ⊗ Istniejące drzewa przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny/słabły
 - / ⊗ Istniejące krzewy/grupy krzewów przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny/słabły

Investor: Gmina Sołec Kujawski Ul. 23 Sycznia 7, 86-050 Sołec Kujawski	
Jednostka projektowa: STUDIUM Sp. z o.o., STUDIUM Sp. z o.o. sp.k. ul. Noskowskiego 12/99, 00-666 Warszawa www.studium.waw.pl	
Tytuł opracowania: STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU PO BYŁEJ NASYCALNI PODKLADÓW KOLEJOWYCH W SOŁCJU KUJAWSKIM	
Branża: Architektura krajobrazu	
Nazwa rysunku: Inwentaryzacja zieleni istniejącej wraz z gospodarką drzewostanem	
Opracowanie: arch. kraj. Maciej Kolendowicz	Podpis:
Nr rysunku: 02	Skala: 1:500
Data opracowania: styczeń 2019	Revizja:



- Legenda:
- Zakres opracowania
 - Istniejące drzewa
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące krzewy/grupy krzewów/grupy podrosli żywopłoty
50 - numer zgodny z zestawieniem tabelarycznym
 - Istniejące nowe nasadzenia drzew (niskie parametry)
 - Istniejące drzewa przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny/słaby
 - Istniejące krzewy/grupy krzewów przeznaczone do usunięcia ze względu na stan zachowania/ stan fitosanitarny/słaby

Investor:
Gmina Solec Kujawski
Ul. 23 Sycznia 7, 86-050 Solec Kujawski

Jednostka projektowa:
STUDIUM Sp. z o.o., STUDIUM Sp. z o.o. sp.k.
ul. Noskowskiego 12/99, 00-666 Warszawa
www.studium.waw.pl

Tytuł opracowania:
STUDIUM ZAGOSPODAROWANIA TERENU
PO BYLEJ NASYCALNI PODKLADÓW
KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM

Branża:
Architektura krajobrazu

Nazwa rysunku:
Inwentaryzacja zieleni istniejącej
wraz z gospodarką drzewostanem

Opracowanie:
arch. kraj. Maciej Kolendowicz

Nr rysunku:
03

Data opracowania:
styczeń 2019

Skala:
1:500

Revizja:

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

Nr	Nazwa łacińska	Nazwa polska	Obwód na wys. 130 cm	Pow. krzewów [m ²]	Wys. [m]	Średn. korony [m]	Stan	Posusz [%]	Opis fitosanitarny	Zalecenia
1	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	121		7	5	średni	10	ubytek wgłębny u podstawy, rozwidlenie na wysokości dwóch metrów, jeden przewodnik ucięty tuż nad rozwidleniem, asymetryczna korona, jemiola, ślady po rozłamaniach	
2	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	134		9	7	średni	10	ubytki po uciętych konarach, jemiola, suche gałęzie w koronie	
3	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	126		9	5	średni	10	asymetryczny pokrój, ślady po cięciach dużych konarów, jeden z przewodników rozłamany, jemiola, suche gałęzie w koronie, deformacja korony	
4	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	157		10	7	zły	30	liczne suche gałęzie w koronie ślady po złamaniach mocno zaatakowane przez jemiola asymetryczna korona	do usunięcia
5	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	136		8	7	średni	10	ubytki powierzchniowe po uciętych konarach, asymetryczna korona, jemiola suche gałęzie w koronie	
6	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	141		10	6	średni	10	jemiola z dużej ilości suche gałęzie w koronie	
7	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	120		10	6	zły	50	zamiera, suche gałęzie i konary w koronie, martwy wierzchołek drzewa, ubytki powierzchniowe, ubytek wgłębny na wysokości 2,5 m	do usunięcia
8	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	107		8	5	średni	20	pochył 10 stopni, odrosty korzeniowe u podstawy, suche gałęzie w koronie	
9	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	131		9	5	średni	20	asymetryczna korona, suche gałęzie w koronie, jemiola, ślady po cięciach, ubytki powierzchniowe	
10	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	137		9	6	średni	20	asymetryczna korona, ślad po uciętym przewodniku w rozwidleniu, jemiola, suche gałęzie w koronie, pojedyncze ubytki na pniu	
11	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	107		9	5	zły	40	zamiera, rozległy ubytek wgłębny kominowy po uciętym przewodniku, suche gałęzie i konary w koronie, jemiola, zaburzona statyka	do usunięcia
12	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	149		11	8	średni	15	asymetryczna korona, zgrubienie u podstawy, ślad po uciętym przewodniku, jemiola	
13	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	144		12	6	średni	10	jemiola, odrosty korzeniowe, gniazdo, asymetryczna korona	
14	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	135		10	5	zły	20	zamierający wierzchołek korony, ślad po uciętym przewodniku, odrosty korzeniowe	do usunięcia
15	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	144		7	4	średni	15	mocno zredukowana korona, rozłamany wierzchołek przewodnika, ubytek wgłębny na pniu, pęknięcie podłużne pnia, rozległy ślad po uciętym konarze	
16	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	138		8	6	średni	15		

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

17	<i>Quercus robur</i>	dąb szypułkowy	264		16	9	średni	10	asymetryczna korona, pojedyncze suche gałęzie w koronie, ślady po złamaniach, rozległy ubytek powierzchniowy po usunięciu konarze, częściowo zabliźnione	
18	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	103		7	5	średni	10	zdeformowany pokrój, ubytek kominowy na wysokości 160 cm, asymetryczna korona	
19	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	126		11	8	średni	10	ubytek wgłębny na wysokości jednego metra, suche gałęzie w koronie	
20	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	126		10	7	średni	10	asymetryczna korona, narośla na pniu, ślad po uciętym przewodniku, ubytek powierzchniowy w górnej partii korony	
21	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	116		10	7	średni	10	jemiola, liczne ślady po cięciach, zgrubienia i deformacje na pniu, zdeformowana korona	
22	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	109		6	5	średni	10	odrosty u podstawy, zdeformowana korona na skutek cięć	
23	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	146		8	6	dobry	5	nieznacznie zredukowana lekko zdeformowana korona, odrosty u podstawy i ślady po cięciach	
24	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	59		10	6	dobry	10		
25	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	84		6	6	dobry	10	deformacje w koronie	
26	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	103		12	5	średni	10	asymetryczna korona, zdeformowany pokrój, ślady po cięciach konarów	
27	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	124		16	7	dobry	10	asymetryczna korona, jemiola	
28	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	134		15	6	średni	10	jemiola asymetryczna korona, ślad po uciętym częściowo złamanym konarze, pochył 10 stopni	
29	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	127		10	6	dobry	5		
30	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	172		17	7	zły	20	ślady po cięciach, asymetryczna korona, główny przewodnik pęknięty w rozwidleniu na wysokości około 6 m, jemiola, zamiera, zaburzona statyka grozi rozłamaniem	do usunięcia
31	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	136		5	4	średni	5	asymetryczna korona, ubytek wgłębny u podstawy, zdeformowany pokrój, ślady po cięciach, ubytki powierzchniowe na pniu	
32	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	65		8	5	dobry	5		
33	<i>Aesculus hippocastanum</i>	kasztanowiec zwyczajny	162		12	8	dobry	5		
34	<i>Acer negundo</i>	klon jesionolistny	282		8	10	zły	30	zamiera, zdeformowany pokrój, owocniki grzybów, suche gałęzie i konary w koronie, wypróchnienie, zaburzona statyka	do usunięcia
35	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	117		16	5	martwe	100		do usunięcia

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

36	<i>Syrnga vulgaris</i>	lilak pospolity	-	17	3		dobry	10		
37	<i>Quercus robur</i>	dąb szypułkowy	107		10	9	średni	10	pochył 20 stopni, symetryczna korona, ubytek na wysokości 80 cm	
38	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	94		13	8	dobry	10	asymetryczna korona	
39	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	117		12	9	dobry	15		
40	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	84		10	6	średni	10	rozległy ubytek powierzchniowy u podstawy	
41	<i>Prunus sp.</i>	śliwa sp.	87		9	6	zły	20	zamierające konary, suche gałęzie, jemiola pochył 20 stopni, rozległy ubytek powierzchniowy u podstawy, podłużne pęknięcie pnia, zaburzona statyka	do usunięcia
42	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	157		17	10	zły	15	śląd po złamanym przewodniku, suchych gałęzie i konary w koronie, jemiola, rozległy ubytek powierzchniowy po uciętym przewodniku u podstawy, wypróchnienie u podstawy, zaburzona statyka, grozi rozłamaniem	do usunięcia
43	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	84		13	8	średni	5		
44	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	108		13	7	średni	10	rozległy ubytek powierzchniowy u podstawy	
45	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacja	89		13	5	średni	15	ubytek powierzchniowy u podstawy, asymetryczna korona	
46	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	113		16	8	średni	10	ubytek powierzchniowy u podstawy	
47	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	72		13	8	dobry	5		
48	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	97		14	7	średni	10		
49	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	84		14	8	dobry	5		
50	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	83		16	9	dobry	5		
51	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	80+84		16	8	dobry	5	pojedyncze ubytki u podstawy, rozwidlenie u podstawy	
52	<i>Acer negundo</i>	klon jesionolistny	97		13	9	zły	40	zamiera, odrosty u podstawy, deformacja u podstawy	do usunięcia
53	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	68		15	4	średni	15	asymetryczna korona, jemiola	
54	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacja	72		15	5	średni	10		
55	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacja	70		14	8	średni	10		
56	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	58		9	7	dobry	5		
57	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacja	77		15	7	średni	15		
58	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacja	58		14	4	średni	15		
59	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacja	80		15	6	średni	15		
60	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	62		15	6	dobry	5		
61	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	76		15	6	dobry	5	asymetryczna korona	

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

62	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjaowa	66		16	5	dobry	10		
63	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjaowa	60		13	5	średni	15		
64	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjaowa	79		12	7	zły	40	zamiera, zaburzona statyka	do usunięcia
65	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjaowa	28+30+16		4	5	średni	10	rozwidlenie u podstawy	
66	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjaowa	31+26+25		5	5	dobry	5		
67	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjaowa	87		12	8	średni	10	ubytek wgłębnny u podstawy	
68	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	77		10	7	dobry	5		
69	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	86		5	5	dobry	5		
70	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	114		15	7	dobry	5		
71	<i>Tilia cordata</i>	lipa drobnolistna	87		15	7	dobry	5	odrosty u podstawy	
72	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	67		9	4	dobry	5	asymetryczna korona, niewielki ubytek powierzchniowy	
73	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	64		10	6	dobry	0		
74	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	127		15	5	dobry	10	pochył 10 stopni	
75	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	98		15	5	dobry	10	pochył 10 stopni	
76	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	65		13	5	dobry	0		
77	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	111		15	8	dobry	0		
78	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	85		13	7	dobry	5		
79	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	94		14	8	dobry	10		
80	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	23+22+14		5	4	dobry	0		
81	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	-	5	5		średni	10		
82	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	105		15	7	dobry	5		
83	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	77+24+18		15	7	średni	15		

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

84	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	99		16	10	dobry	5		
85	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	23+16+15		4	2	średni	5		
86	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	32		6	3,5	dobry	0		
87	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	88		6	6	dobry	0		
88	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	35		6	2,5	dobry	5		
89	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	92		13	6	dobry	5	ubytki wgłębne u podstawy	
90	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	109		16	11	dobry	5	ubytki u podstawy	
91	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	114		8	6	dobry	5		
92	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	106		13	6	dobry	5	ubytek wgłębny u podstawy	
93	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	104		11	7	średni	5		
94	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	103		12	7	dobry	5		
95	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	129		10	8	dobry	5	ubytki wgłębne na pniu	
96	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	-	3	3		dobry	0		
97	<i>Acer platanooides</i>	klon pospolity	65		10	4	zły	80	zamiera	do usunięcia
98	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	91		8	8	dobry	5	nieregularny pokrój, pochył 10 stopni	
99	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	97		8	7	dobry	5		
100	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	1,5	1,5		dobry	5	krzew	
101	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	3	2,5		dobry	5		
102	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	82		6	6	dobry	5		
103	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	103		6	8	dobry	10		
104	<i>Acer negundo</i>	klon jesionolistny	108		11	8	średni	10	pochył 20 stopni nad ścieżką rowerową	
105	<i>Quercus robur</i>	dąb szypułkowy	103		13	6	średni	10	asymetryczna korona	
106	<i>Acer negundo</i>	klon jesionolistny	79+87		13	8	zły	15	rozwidlenie na wysokości 50 cm, jeden z przewodników rozłamany, korona pochylona nad ścieżką rowerową, rozległy ubytek u podstawy pod rozwidleniem, zaburzona statyka, grozi rozłamaniem	do usunięcia
107	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	152		8	9	dobry	5	deska przybita do pnia	
108	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	98		8	6	średni	10	ślady po uciętych przewodnikach u podstawy	
109	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	76		10	4	dobry	5	asymetryczna korona	

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

110	<i>Quercus robur</i>	dąb szypułkowy	92		7	7	średni	10	zdeformowany pokrój, liczne ślady po cięciach u podstawy, pochyl 30 stopni
111	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	148		9	9	dobry	5	rozwidlenie na wysokości 180 cm
112	<i>Prunus sp</i>	śliwa sp.	56+65		5	6	dobry	5	
113	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	85+47+45 +42		6	8	dobry	0	
114	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	130		9	9	dobry	5	
115	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	95		7	6	dobry	5	
116	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	116		7	9	dobry	5	
117	<i>Acer negundo</i>	klon jesionolistny	-	8	3		średni	5	odrosty po usuniętym drzewie
118	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	-	3	2		dobry	5	
119	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	120		10	9	średni	10	
120	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	1,5	1,5		dobry	5	
121	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	2	2		dobry	0	
122	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	24		3	2,5	dobry	5	
123	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	2	2		dobry	0	
124	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	1,5	1,5		dobry	5	
125	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	80		5	6	dobry	5	
126	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	2	2		dobry	10	
127	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	4	3		dobry	0	
128	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	2	2		dobry	10	
129	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	101		10	8	dobry	5	
130	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	21		2,5	3	dobry	0	
131	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	85		9	7	dobry	5	
132	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	91+92+91		13	9	średni	10	rozwidlenie u podstawy
133	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	36+38+29 +26+25+3 6+30+25+ 34+13+31 +20		10	8	dobry	0	
134	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	29+32+23 +16+14		11	5	dobry	5	
135	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	114		16	9	średni	10	
136	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	40		10	4	dobry	5	asymetryczna korona

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

137	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	81		12	6	dobry	10		
138	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	51		12	5	dobry	10		
139	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	79		12	6	dobry	5		
140	<i>Prunus cerasifera</i>	śliwa ałycza	31+50+42		7	6	dobry	10		
141	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	88+39		13	9	dobry	5		
142	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	85		13	9	dobry	5	gniazdo	
143	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	83		14	9	dobry	5		
144	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	33		5	4	średni	15		
145	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacyjowa	20+24		6	4	dobry	15		
146	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacyjowa	72		2	1	zły	15	zdeformowany pokrój, ucięta wysokości dwóch metrów	do usunięcia
147	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacyjowa	86		1,6	1	zły	5	pień ucięty na wysokości 160 cm	do usunięcia
148	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	38		12	3	dobry	5		
149	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacyjowa	25+13		7	4	dobry	5		
150	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacyjowa	17+13		5	2	dobry	5		
151	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	56		13	6	dobry	5		
152	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	39		11	4	dobry	5		
153	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	55		12	5	dobry	5		
154	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	jesion pensylwański	40+20		9	4	dobry	10		
155	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	7	2		dobry	10		
156	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	55		7	3	dobry	0		
157	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	17+20+17		2,5	2,5	dobry	5	okazały egzemplarz, istotna deformacja korony, ubytki wgłębne u podstawy ślady, po cięciach, gniazdo, suche konary w koronie, ślady po złamaniach	
158	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	3	2		dobry	5		

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

159	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	3	2		dobry	5	
160	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	116		8	7	dobry	5	
161	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	29		4	3	dobry	5	
162	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	106		8	8	średni	10	
163	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	69		5	5	dobry	5	
164	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	84		6	6	dobry	5	
165	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	85		7	6	średni	5	asymetryczna korona, ślady po cięciach z uwagi na kolizję z linią napowietrzną
166	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	96		9	7	dobry	15	asymetryczna korona, ślady po cięciach z uwagi na kolizję z linią napowietrzną
167	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	120		11	7	dobry	5	
168	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	95		7	7	dobry	10	
169	<i>Syrnga vulgaris</i>	lilak pospolity	-	9	2		średni	15	
170	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	230		12	11	średni	15	okazały egzemplarz, ubytki powierzchniowe na pniu, zdeformowana, asymetryczna korona ze względu na cięcia od strony północno-zachodniej z uwagi na potencjalną kolizję z linią napowietrzną, ubytek wgłębny na pniu
171	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	215		10	10	średni	15	okazały egzemplarz, ubytki powierzchniowe wgłębne na pniu - w dolnej części pnia, zdeformowany pokrój, ślady po cięciach w koronie od strony północno zachodniej, ślady po złamaniach
172	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	26		4	3	dobry	5	
173	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	71		7	7	średni	10	ślady po cięciach, asymetryczna korona
174	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	83		7	6	średni	15	ślady po cięciach, asymetryczna korona
175	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	94		7	6	średni	10	
176	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	75		7	6	średni	15	
177	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	206		6	7	średni	15	okazały egzemplarz, istotna deformacja korony, ubytki wgłębne u podstawy, ślady po cięciach, gniazdo, suche konary w koronie, ślady po złamaniach
178	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	110		13	5	dobry	5	
179	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	139		11	9	dobry	5	pochył 15 stopni
180	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	115		10	7	dobry	5	
181	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	89		10	7	średni	10	
182	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	107		10	6	dobry	5	

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

183	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	146		12	8	dobry	5		
184	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	67		5	5	dobry	5	asymetryczna korona	
185	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	82+92+44		11	7	dobry	5	rozwidlenie u podstawy	
186	<i>Acer negundo</i>	klon jesionolistny	-	5	3		dobry	0	forma krzewiasta	
187	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	107		8	6	dobry	5		
188	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	101		7	7	dobry	5		
189	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	82		6	5	dobry	5		
190	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	81		10	5	dobry	5		
191	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	49		8	4	dobry	5		
192	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	56		8	3	średni	20	asymetryczna korona	
193	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	71		9	4	dobry	5		
194	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	102		7	5	dobry	5	ślady po cięciach	
195	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	124		8	6	średni	5	ślady po cięciach	
196	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	97		7	6	dobry	5		
197	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	87		7	5	dobry	10		
198	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	91		6	5	dobry	5		
199	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	86		7	5	dobry	0		
200	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	18		2	1,5	dobry	10		
201	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	85		8	5	dobry	0		
202	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	3	2		średni	5	zdeformowany pokrój	
203	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	28+22		6	4	dobry	5		
204	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	92		7	6	dobry	5		
205	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	70		6	5	średni	5	ślady po cięciach	
206	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	91		7	6	dobry	10	ślady po cięciach	
207	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	94		7	6	średni	15	asymetryczny pokrój, ślady po cięciach	
208	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	99		7	5	dobry	10		
209	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	95		9	5	dobry	5		
210	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	103		7	7	średni	10	ślady po cięciach	
211	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	18+17+16		4	2	dobry	0	rozwidlenie u podstawy	

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

212	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	18+17+21		4	2,5	dobry	0	rozwidlenie u podstawy
213	<i>Salix fragilis</i>	wierzba krucha	-	10	4		średni	10	odrosty po uciętym drzewie
214	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	41		5	3	średni	10	
215	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	42		5	3	dobry	10	
216	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	73		10	5	dobry	10	
217	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	68		5	5	dobry	5	ubytki wgłębne na pniu na wysokości 150 cm
218	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	60+20		5	5	dobry	5	
219	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	67		6	5	dobry	10	
220	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	78		10	6	dobry	5	
221	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	1,5	1,7		dobry	5	
222	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	160		12	10	średni	20	asymetryczna korona, jemiola, liczne suche gałęzie w koronie
223	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	162		12	10	średni	20	liczne suche gałęzie w koronie, jemiola, ślady po złamaniach
224	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	148		11	9	średni	20	suche gałęzie w koronie, ślady po cięciach konarów
225	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	107		7	7	dobry	5	
226	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	44		8	4	średni	20	
227	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	56		8	4	średni	15	
228	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	66		5	5	dobry	10	
229	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	64		5	5	dobry	5	
230	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	98		6	7	dobry	10	
231	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	70		6	4	dobry	5	deformacja pnia u podstawy, ślady po cięciach
232	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	83+15		6	5	średni	15	ślady po cięciach, asymetryczna korona, pochył 15 stopni
233	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	16		2	1,5	dobry	5	
234	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	42+52		5	4	dobry	5	
235	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	51		4	3	dobry	10	
236	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	56		6	5	dobry	5	
237	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	45		5	3	dobry	10	
238	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	60		4	4	średni	10	zdeformowany pokrój
239	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	49		4	3	dobry	5	
240	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	67		7	6	dobry	5	
241	<i>Malus domestica</i>	jabłoń domowa	46		3,5	3,5	dobry	0	

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

242	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacja	22		4	3	dobry	5		
243	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	106		5	5	dobry	5		
244	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	128		14	6	średni	15	rozległy ubytek powierzchniowy na pniu	
245	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	112		8	7	dobry	5		
246	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	81		4	4	dobry	5		
247	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	83		6	5	dobry	5		
248	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	103		8	6	dobry	5		
249	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	97		8	5	dobry	5		
250	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	53		6	3	średni	15		
251	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	54		6	3	średni	15		
252	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	45		6	3	średni	30		
253	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	64+23+26		6	4	zły	30	ubytek u podstawy po uciętym przewodniku	do usunięcia
254	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	62+22+21		11	5	średni	15	ubytek u podstawy po uciętym przewodniku	
255	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	41		4	3	średni	15		
256	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	41		5	3	średni	15		
257	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	56		7	4	dobry	10	asymetryczna korona	
258	<i>Salix sp.</i>	wierzba sp.	-	9	5		średni	10	krzew, samosiew	
259	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	67		9	4	dobry	5		
260	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	56		4	3,5	dobry	5		
261	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	62		4	4	dobry	5	ubytek powierzchniowy u podstawy, pochył 10 stopni	
262	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	82		10	5	dobry	5		
263	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	26+15		4	2,5	dobry	5		
264	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	-	10	4		średni	10	odrosty po wyciętych drzewach	
265	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	108		8	7	dobry	5		
266	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	80		6	5	dobry	5		
267	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	100		7	6	dobry	5		
268	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	86		7	6	dobry	5		
269	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	69		7	6	dobry	5		
270	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	111		7	5	średni	5	ubytek u podstawy, ślady po cięciach, asymetryczna korona	
271	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	90		7	6	dobry	5		
272	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	105		8	7	dobry	5		

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

273	<i>Pyrus communis</i>	grusza pospolita	47		4	4	dobry	5		
274	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	124		8	5	dobry	5	asymetryczna korona, ślady po cięciach	
275	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	81		7	5	dobry	5		
276	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	86		6	5	dobry	5		
277	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	93		5	6	dobry	5		
278	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	81		7	5	dobry	5	gniazdo	
279	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	87		7	6	dobry	5		
280	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	84		7	6	dobry	5		
281	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	81		7	5	dobry	5		
282	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	85		7	5	dobry	5		
283	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	98		7	6	dobry	5		
284	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	125		14	6	dobry	5		
285	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	75		7	6	dobry	5		
286	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	101		8	7	dobry	5		
287	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	88		8	7	dobry	5		
288	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	68		6	5	średni	10		
289	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	90		7	6	średni	10		
290	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	96		7	6	dobry	5		
291	<i>Salix sp.</i>	wierzba sp.	-	8	4		średni	5	odrosty, samosiew	
292	<i>Salix sp.</i>	wierzba sp.	-	17	4		średni	5	samosiew	
293	<i>Salix sp., Betula pendula</i>	wierzba sp. 60%, brzoza brodawkowata 40%	-	9	4		średni	5	samosiew	
294	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	64		7	5	dobry	5		
295	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	104		14	5	dobry	5		
296	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	174		20	5	średni	15		
297	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	209+198		20	12	średni	15	rozwidlenie u podstawy, asymetryczna korona, suche konary w koronie, ślady po cięciach, ślady po złamaniach	
298	<i>Quercus robur</i>	dąb szypułkowy	36		5	4	dobry	5		
299	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	117		9	7	dobry	10		
300	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	74		7	5	dobry	10		
301	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	81		13	4	średni	20		
302	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	80		14	4	średni	20		

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

303	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	99		9	7	dobry	5		
304	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	118		14	5	dobry	10		
305	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	76		7	6	dobry	10		
306	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	131		15	6	dobry	10		
307	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	88		9	6	dobry	10		
308	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	68		14	3	średni	30		
309	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	69		7	5	średni	10		
310	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	79		8	6	dobry	10		
311	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	80		9	6	średni	20		
312	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	96		14	5	średni	20		
313	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	77		8	6	dobry	15		
314	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	61		6	5	dobry	15		
315	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	91		8	6	dobry	15		
316	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	82		6	6	dobry	10		
317	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	89		7	6	dobry	10		
318	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	99		8	7	dobry	10		
319	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	94		9	6	dobry	5		
320	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	98		9	6	dobry	5		
321	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	91		9	6	dobry	5		
322	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	74		5	5	dobry	10		
323	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	71		5	5	dobry	5		
324	<i>Aesculus hippocastanum</i>	kasztanowiec zwyczajny	128		7	7	dobry	5		
325	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	85		10	5	średni	5	asymetryczna korona, jemioła, ślad po cięciu u podstawy, podrost robinii akacjowej	
326	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	146		14	7	średni	15	jemioła, ubytki i ślady po cięciach u podstawy, pochyl 20 stopni, gniazdo	
327	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	99		13	8	średni	15	odrosty u podstawy, jemioła	
328	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	96		9	6	dobry	10		
329	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacjowa	70		12	5	dobry	10		
330	<i>Prunus sp.</i>	Śliwa sp.	97		9	7	dobry	5		
331	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	78		8	7	dobry	5	gniazdo	
332	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	72		8	5	dobry	5		
333	<i>Acer platanoides</i>	klon pospolity	62		8	5	średni	5	rozległy ubytek powierzchniowy na pniu	

Inwentaryzacja zieleni istniejącej na terenie po byłej nasycalni podkładów kolejowych w Solcu Kujawskim, styczeń 2019

334	<i>Populus tremula</i>	topola osika	64		10	5	dobry	5		
335	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	189		18	8	średni	15	pochył 10 stopni, ślady po złamaniach, suche gałęzie w koronie	
336	<i>Populus canadensis</i>	topola kanadyjska	199		18	8	średni	10	ubytek powierzchniowy u podstawy pnia	
337	<i>Populus tremula</i>	topola osika	73		13	5	średni	15	liczne ubytki na pniu, suche gałęzie w koronie, asymetryczna korona	
338	<i>Betula pendula</i>	brzoza brodawkowata	73		13	6	dobry	5	ubytek powierzchniowy na pniu	
339	<i>Quercus robur</i>	dąb szypułkowy	57		8	6	dobry	5		
340	<i>Quercus robur</i>	dąb szypułkowy	85		9	6	dobry	0		
341	<i>Quercus robur</i>	dąb szypułkowy	74		8	6	dobry	5		
342	<i>Syrnga vulgaris</i>	lilak pospolity	-	50	2,5		dobry	5	grupa krzewów	
343	<i>Malus domestica,</i> <i>Prunus domestica,</i> <i>Prunus cerasifera</i>	jabłoń, śliwa domowa, ałycza	-	140	do 5		średni	5	grupa drzew owocowych rosnąca przy w prywatnych posesjach	
344	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	65	5		dobry	10	jednogatunkowa zwarta grupa drzew, drzewo o największym obwodzie 65 cm	
345	<i>Pinus sylvestris</i>	sosna pospolita	-	380	6		dobry	5	jednogatunkowa zwarta grupa drzew	
346	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacyjowa	-	1300	do 5		średni	10	grupa podrostu robinii akacyjowej	
347	<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia akacyjowa	-	10	4		średni	10	grupa podrostu robinii akacyjowej	



6.3. „Mapa rozkładu podwyższonych oporności gruntów poniżej poziomu wody podziemnej”

N53°04'55"

4'2.4"

E 18°14'28.32"

4P1141.30
II. 4.3m

N53°04'29.7"
Image © 2018 CNES

OBJAŚNIENIA

● P108/39.47 II. 15.4 m piezometry (39.47 rzędna m.n.p.m.; 18.4 - rzędna stropu iltów mio-pliceńskich)

● S9/39.03 II. 9.5 m studnia (39.47 rzędna m.n.p.m.; 18.4 - rzędna stropu iltów mio-pliceńskich)

▨ obszar podwyższonych oporności gruntów poniżej poziomu wody podziemnej - prawdopodobne miejsce podwyższonej koncentracji zanieczyszczeń (substancji nasycających)

Skala 1:2500
0 100m

Zamawiający:	WOJCIECH IRMIŃSKI Geo-Logik, ul. Owocowa 10, 05-800 Komorów
Temat:	BADANIA GEOFIZYCZNE NA TERENIE DAWNEJ NASYCALNI PODKŁADÓW KOLEJOWYCH W SOLCU KUJAWSKIM
Wykonawca:	Radosław Mieszkowski RMTERRA, konsultacje geotechniczne i geofizyczne, ul. Kossaka 20, 05-820 Piastów
Zał. 5.2	MAPA ROZKŁADU PODWYŻSZONYCH OPORNOŚCI GRUNTÓW PONIŻEJ POZIOMU WODY PODZIEMNEJ VIII.2018 r.