AQUANET RETENCJA

KATALOG I

KATALOG METOD ZAGOSPODAROWANIA WÓD OPADOWYCH DLA ZABUDOWY KUBATUROWEJ

SPIS TREŚCI

Wstęp
Planowanie rozwiązań ... 3
I. Błękitno-zielona infrastruktura ... 4
1. Ogród deszczowy ... 6
2. Niecka retencyjna ... 8
3. Mulda retencyjna ... 10
4. Pasaż roślinny ... 11
5. Staw sedymentacyjny ... 13
6. Zbiornik retencyjny hydrofitowy ... 14
7. Zbiornik retencyjny otwarty ... 15
8. Dachy zielone ... 17
8.1. Dachy zielone ekstensywne ... 17
8.2. Dachy zielone intensywne ... 18
II Podziemne rozwiązania retencyjne ... 20
1. Studnia chłonna ... 20
2. Skrzynki rozsączające ... 22
III Podziemny zbiornik detencyjny (szczelny) ... 23
IV Rozwiązania towarzyszące ... 25
1. Suchy strumień ... 25
2. Koryto spływowe ... 26
3. Odwodnienie liniowe ... 28
4. Nawierzchnie przepuszczalne ... 29
4.1. Nawierzchnie trawiaste lub żwirowe wzmocnione ... 30
4.2. Nawierzchnie ażurowe ... 32
4.3. Nawierzchnia mineralna typu ziemnego ... 34
4.4. Nawierzchnia mineralno-żywiczna ... 35
4.5. Nawierzchnia z betonu jamistego ... 37
Mapa drogowa dla inwestorów ... 38
Materiały źródłowe ... 38

Tytułem wstępu...

Miasta w obliczu pogłębiających się zmian klimatu mierzą się z ekstremalnymi problemami wynikającymi z okresowego braku i nadmiaru wody. Do głównych zagrożeń związanych z wodą w mieście należą powodzie i susze, których przyczyną jest destabilizacja warunków klimatycznych, wzrost antropopresji powodującej zwiększanie uszczelnienia gruntów i degradacja ekosystemów naturalnych oraz tych, które wytworzyły się w sposób swobodny w obrębie całych zlewni.

Odpowiedzią na obserwowane zjawiska są między innymi rozwiązania z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury (BZI), bazujące na procesach zachodzących w naturze. Dzięki tworzeniu w miastach seminaturalnych enklaw sprzyjających zwiększaniu retencji, podczyszczaniu wód opadowych i roztopowych oraz ich wielofunkcyjnemu zagospodarowaniu można zapobiegać powodziom miejskim, redukować efekt miejskiej wyspy ciepła, jednocześnie poprawiając mikroklimat i dostępność zasobów wodnych.

W niniejszym opracowaniu przedstawione zostaną metody zagospodarowania wód opadowych dedykowane budynkom mieszkalnym, przemysłowym i usługowym. Wyrażamy nadzieję, że ten praktyczny przewodnik po rozwiązaniach retencyjnych i detencyjnych pozwoli na postrzeganie wód opadowych i roztopowych jako szansy zarówno dla podniesienia jakości życia mieszkańców, jak i estetyki miasta.

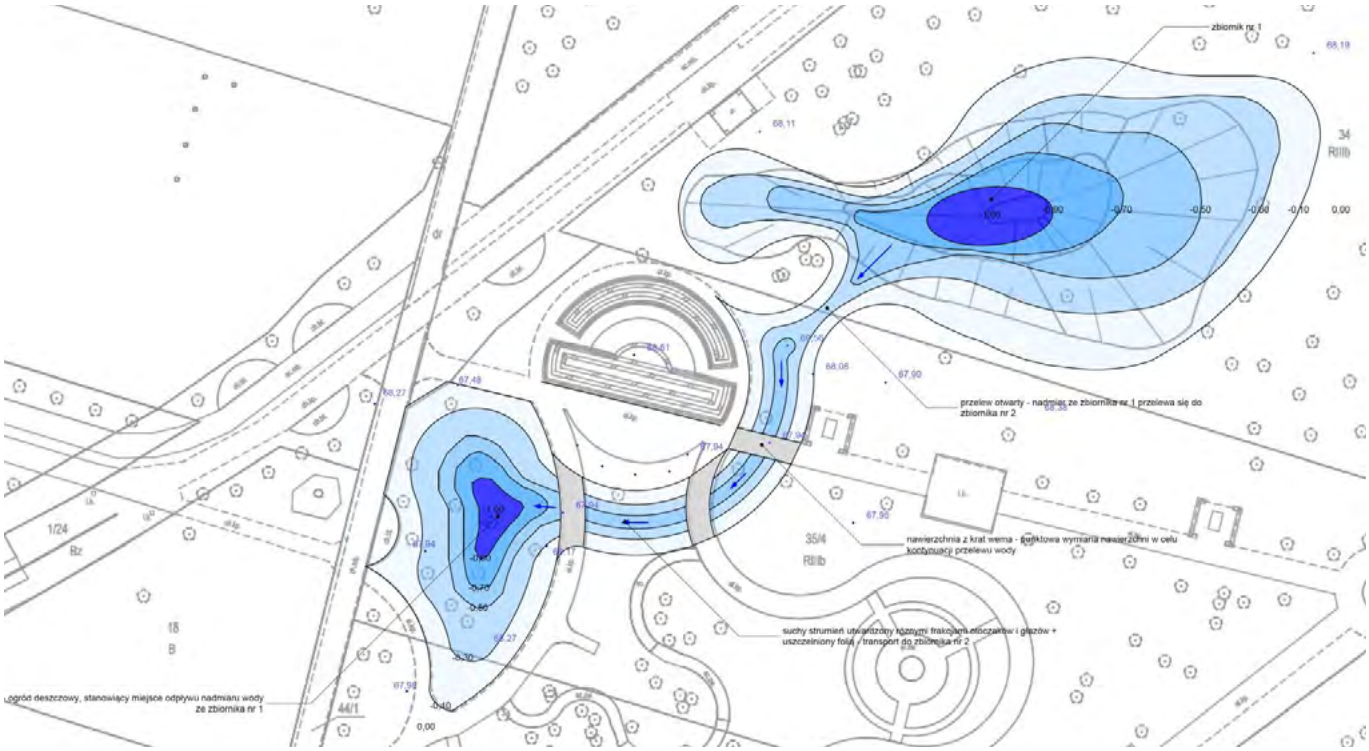
Zespół Aquanet Retencja

PLANOWANIE ROZWIĄZAŃ

Dobór właściwego rozwiązania umożliwiającego zagospodarowanie wód opadowych wymaga uwzględnienia szeregu kluczowych uwarunkowań technicznych i środowiskowych. W pierwszej kolejności należy przeanalizować **warunki wodne**, w tym poziom zwierciadła wód gruntowych, który determinuje możliwość infiltracji oraz bezpieczeństwo eksploatacji systemu. Równie istotne są **warunki glebowe** – w obszarach miejskich często spotykane są zdegradowane urbanoziemy, a także grunty o zróżnicowanej spoistości, co przekłada się na ich zdolność do szybkiego lub powolnego przyjmowania wód w głąb profilu glebowego.

Kolejnym elementem analizy jest **ukształtowanie terenu** oraz identyfikacja naturalnych ścieżek spływu powierzchniowego, które wskazują potencjalne miejsca akumulacji i kierunki odpływu wód. Niezbędne jest również uwzględnienie **przebiegu istniejącej infrastruktury podziemnej**, aby uniknąć kolizji projektowanych rozwiązań z sieciami technicznymi. Ważnym czynnikiem pozostaje także **rodzaj powierzchni, z której planowane jest przechwytywanie wód opadowych** – dachy, ścieżki, place czy ulice – wraz z oceną stopnia ich zanieczyszczenia, co wpływa na konieczność zastosowania odpowiednich systemów podczyszczania.

Dopiero kompleksowa analiza powyższych aspektów, uzupełniona o **diagnozę krajobrazową** oraz dobór adekwatnych technologii, umożliwia właściwe i zrównoważone zagospodarowanie wód opadowych i roztopowych. Takie podejście pozwala nie tylko na efektywne zarządzanie zasobami wodnymi w przestrzeni zurbanizowanej, lecz także na ograniczenie obciążenia systemów kanalizacyjnych, poprawę mikroklimatu oraz zwiększenie udziału błękitno-zielonej infrastruktury w miastach.



I BŁĘKITNO-ZIELONA INFRASTRUKTURA

Błękitno-zielona infrastruktura (BZI) – grupa wielofunkcyjnych rozwiązań łączących elementy inżynierskie z elementami naturalnymi, mająca na celu retencjonowanie, podczyszczenie oraz/lub infiltrację wód opadowych i roztopowych w grunt.

Rozwiązania błękitno-zielonej infrastruktury mogą być projektowane w trzech podstawowych wariantach: infiltracyjnym, szczelnym lub częściowo uszczelnionym. Dobór odpowiedniego typu zależy od warunków gruntowych występujących w miejscu ich realizacji, w szczególności od przepuszczalności gruntu oraz poziomu zwierciadła wód podziemnych.

W praktyce najbardziej rekomendowane są rozwiązania infiltracyjne, które umożliwiają bezpośrednie wsiąkanie wód opadowych w glebę. Dzięki temu wspierają naturalne procesy obiegu wody, zasilają wody podziemne i przyczyniają się do poprawy bilansu wodnego w przestrzeni zurbanizowanej.

W sytuacjach, gdy warunki gruntowe uniemożliwiają pełną infiltrację, stosuje się rozwiązania szczelne lub częściowo uszczelnione. W przypadku systemów szczelnych kluczowym elementem konstrukcyjnym jest przelew awaryjny, który zabezpiecza przed przelaniem BZI podczas intensywnych opadów.

Takie podejście umożliwia elastyczne dopasowanie infrastruktury błękitno-zielonej do lokalnych uwarunkowań hydrologicznych i geotechnicznych, zapewniając jej skuteczność oraz bezpieczeństwo eksploatacyjne.

FOT. nr 1

1. OGRÓD DESZCZOWY

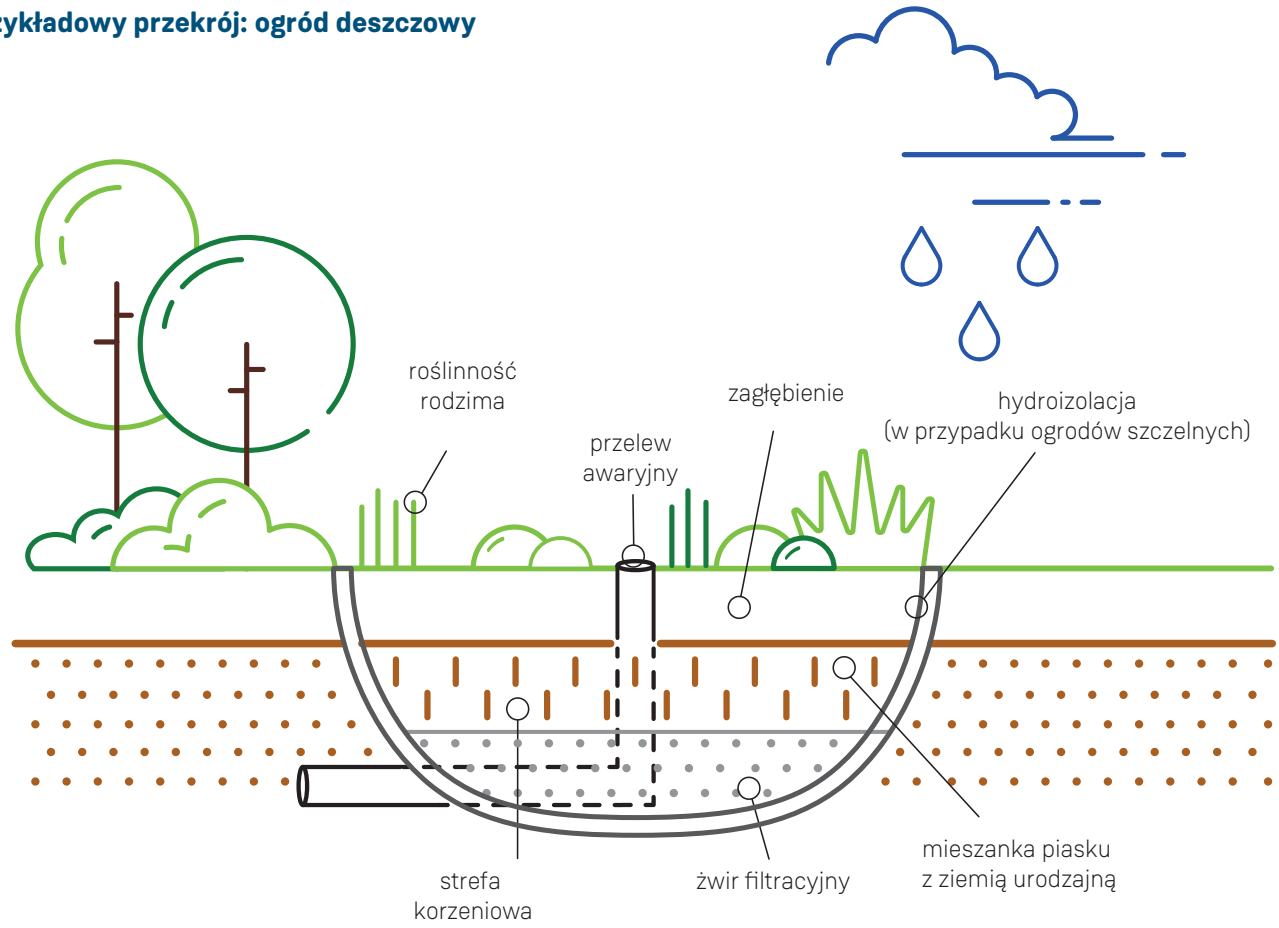
Specyfikacja

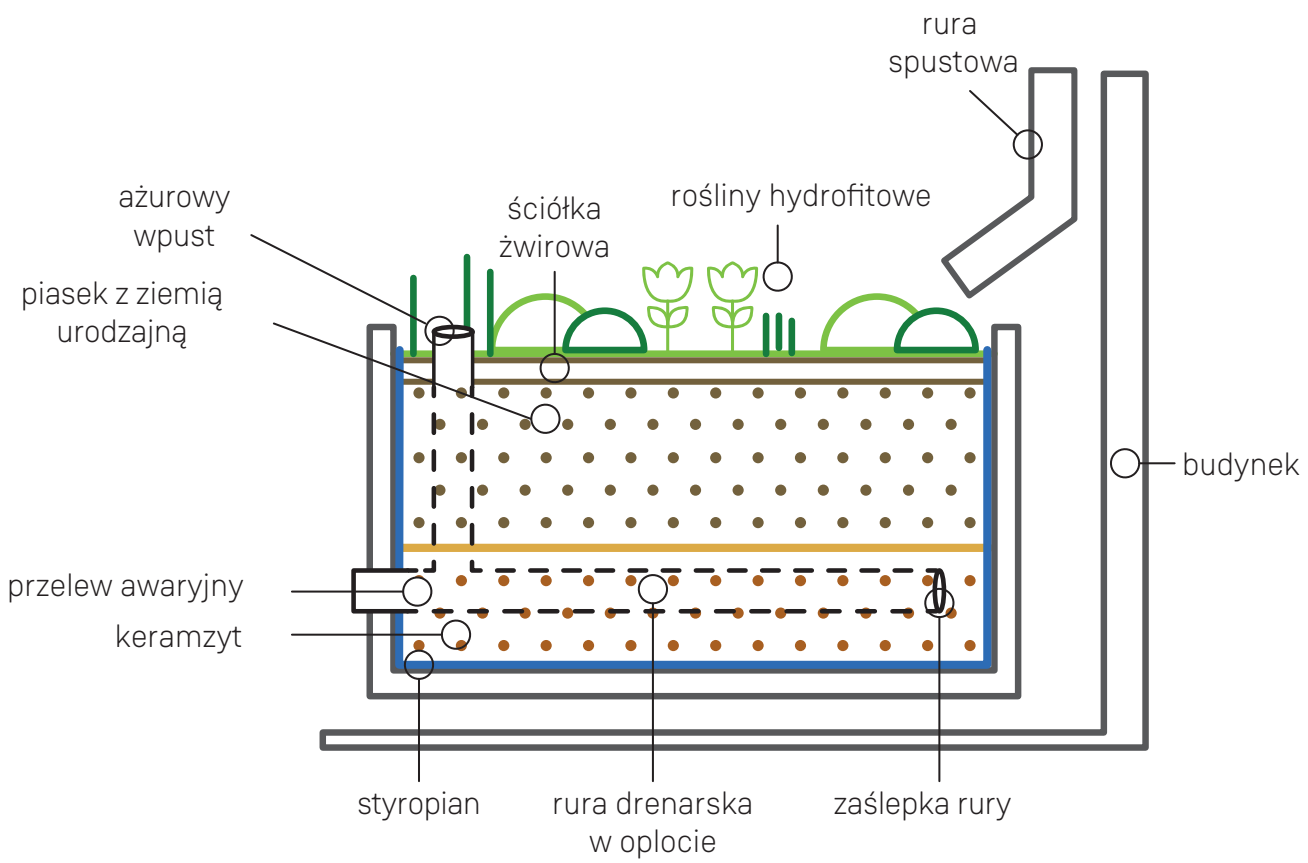
Ogrody deszczowe są kompozycjami roślinnymi posadzonymi na odpowiednio przygotowanym podłożu, filtrującymi i zatrzymującymi wodę. Dzięki nim woda deszczowa – zamiast spływać do kanalizacji – jest stopniowo wchłaniana i wykorzystywana przez rośliny. Systemy korzeniowe i odpowiednio dobrane podłoże ogrodu (kruszywo, piasek) oczyszczają deszczówkę m.in. z metali ciężkich i pyłów. Można je zakładać w gruncie lub pojemnikach na powierzchni gruntu.

Ogród deszczowy w gruncie może być wykonany bez uszczelnienia, z uszczelnieniem dna lub z częściowym jego uszczelnieniem, tak aby woda mogła odpowiednio wsiąkać w glebę, zachowując funkcję retencji czasowej. Z kolei ogród tworzony w pojemnikach pełni głównie funkcję retencyjną. W tym przypadku warto pamiętać, aby pojemnik był trwały i wytrzymały na napór materiału wypełniającego oraz warunki atmosferyczne. W ogrodach deszczowych najlepiej sprawdzają się rodzime gatunki bylin i krzewów, które tolerują zarówno wilgoć, jak i okresowe przesuszenie. Przykładowe gatunki roślin dedykowane do ogrodów deszczowych można znaleźć w Katalogu roślin.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: ogród deszczowy





Utrzymanie

Ogrody deszczowe nie wymają skomplikowanych zabiegów pielęgnacyjnych. W celu utrzymania zdolności retencyjnej tego rozwiązania konieczne jest: prowadzenie cyklicznych kontroli poprawności działania układu (zalecenia: co najmniej raz na 6 miesięcy), uzupełnienie roślin oraz usuwanie chwastów, usuwanie obumarłych części naziemnych roślin, rozpulchnianie, usuwanie namułu.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 2/3

2. NIECKA RETENCYJNA

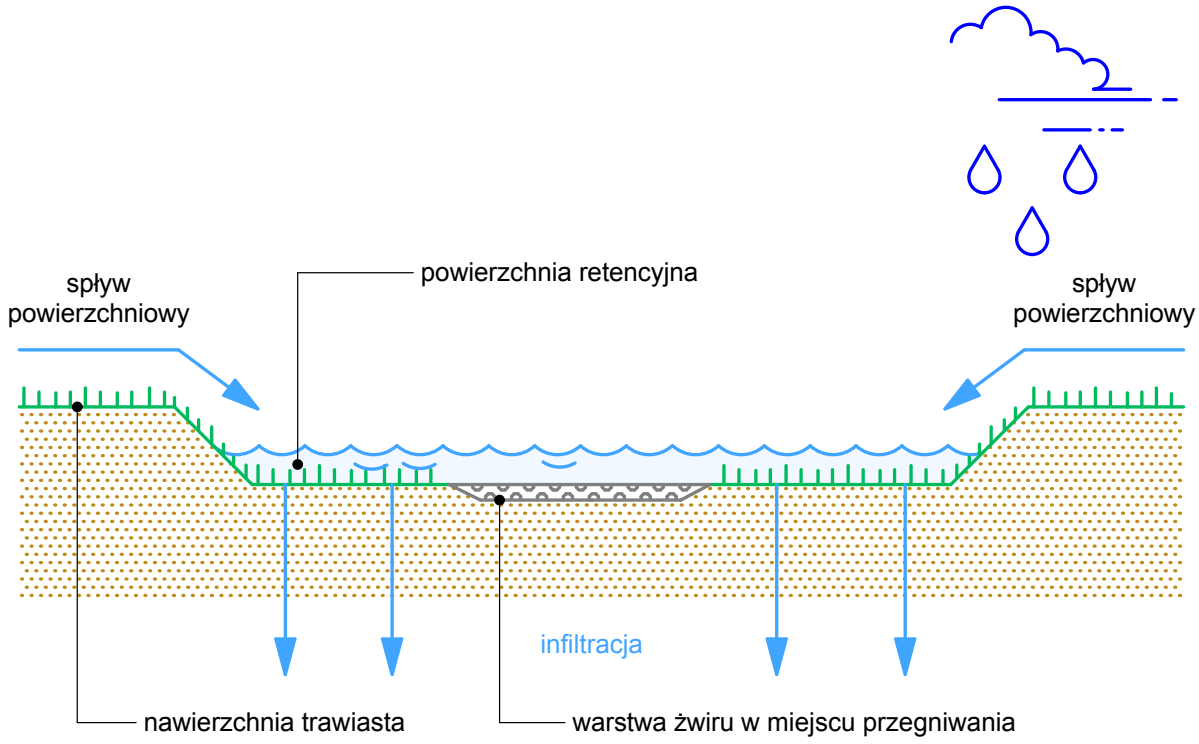
Specyfikacja

Niecka retencyjna jest rozwiązaniem błękitno-zielonej infrastruktury wykonywanym w formie wykopu gruntowego infiltracyjnego lub szczelnego. Konstrukcja niecki charakteryzuje się brakiem ustalonych krawędzi dna – w przekroju poprzecznym przyjmuje ono kształt rozległego półkola lub wycinka półkola. Stosunek długości do szerokości niecki, powinien zapewniać równomierny rozkład przepływu. Maksymalny poziom zalania wodą w niecce nie powinien przekraczać h ≤ 0,5 m, co gwarantuje bezpieczeństwo eksploatacyjne. Zaleca się, aby każda niecka była wyposażona w przelew awaryjny, który zabezpiecza przed przepełnieniem w przypadku intensywnych opadów i umożliwia kontrolowany odpływ nadmiaru wód.

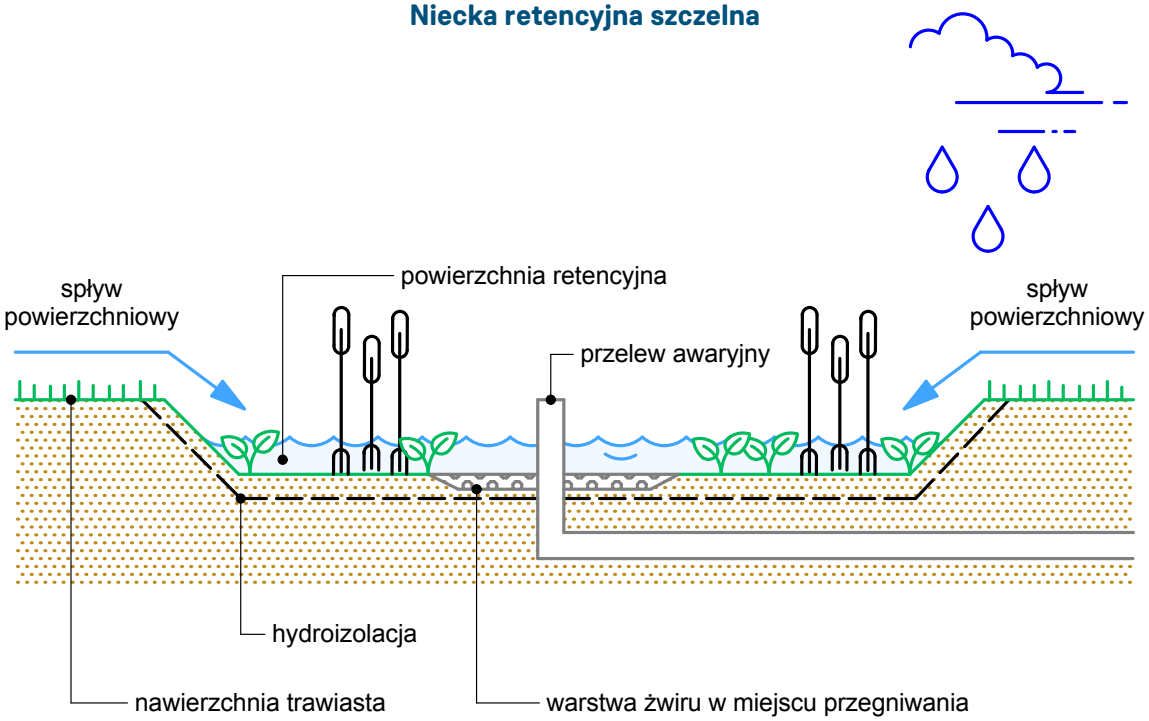
Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: niecka infiltracyjna oraz szczelna

Niecka retencyjna infiltracyjna



Niecka retencyjna szczelna



Utrzymanie

Podstawowym zabiegiem jest regularna kontrola stanu roślinności – należy usuwać chwasty, przycinać nadmiernie rozrastające się gatunki oraz dosadzać rośliny w miejscach, gdzie uległy one przerzedzeniu. Ważne jest również utrzymywanie powierzchni dna w czystości poprzez okresowe usuwanie naniesionych osadów, liści czy zanieczyszczeń, które mogą ograniczać zdolność infiltracyjną gruntu. Konieczna jest systematyczna kontrola przelewu awaryjnego i elementów odprowadzających wodę, aby zapewnić ich drożność i uniknąć ryzyka przepełnienia w czasie intensywnych opadów. Istotne jest także okresowe sprawdzanie stabilności skarp oraz ukształtowania dna, aby nie dochodziło do erozji czy deformacji profilu.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 4/5

3. MULDA RETENCYJNA

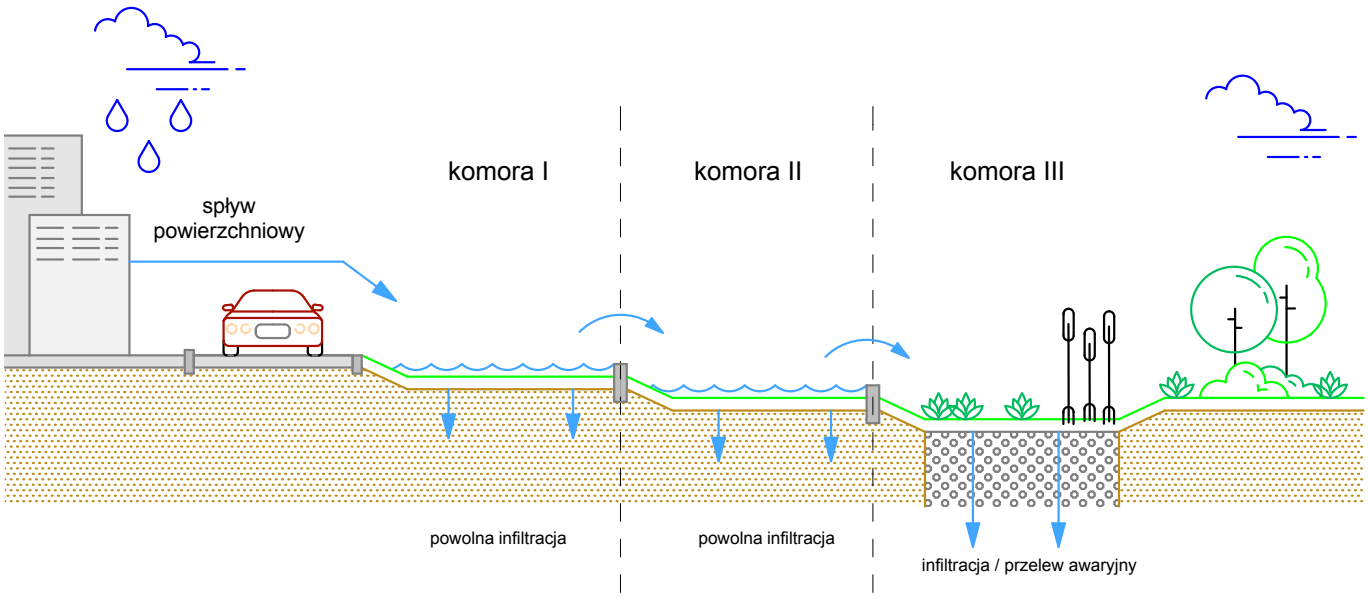
Specyfikacja

Muldy retencyjne, ze względu na ich znaczne długości, są dzielone na komory za pomocą przegród, które pozwalają na stopniowe napełnianie każdej z nich przed przepływem wody do następnej. Dzięki zastosowaniu kaskadowego spływu oraz nawierzchni trawiastej spowalniają spływ powierzchniowy, redukując tym samym duży zrzut w przypadku deszczów nawalnych powodujących lokalne podtopienia. Wydłużanie biegu muld retencyjnych poprzez meandrujące kształty dodatkowo wydłuża spływ oraz poprawia walory krajobrazowe. Niewielka liczba nasadzeń hydrofitowych w tym rozwiązaniu, dzięki właściwościom fitoremediacyjnym, zwiększy szorstkość powierzchni, przez co poprawi filtrację zanieczyszczonych wód. Należy jednak zachować przejrzystość w utrzymaniu, by nie stracić przepływu oraz właściwości retencyjnych.

Rozwiązanie należy stosować na terenach oddalonych od zabudowy o min. 5 m oraz na gruntach przepuszczalnych. Pozwoli to zabezpieczyć konstrukcję zabudowy zlokalizowanej w sąsiedztwie tego rozwiązania przed oddziaływaniem wód w nim gromadzonych oraz umożliwi swobodną filtrację deszczówki w głębsze warstwy ziemi. W przypadku nachylenia terenu powyżej 5% należy zastosować elementy piętrzące w formie zastawek z kamienia naturalnego (np. gabiony) lub prefabrykatów betonowych.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: mulda retencyjna



Utrzymanie

Konieczne jest utrzymywanie drożności muldy chłonnej poprzez koszenie roślinności ją porastającej; zalecana nawierzchnia trawiasta z niewielkim udziałem hydrofitów. Należy przeprowadzać regularne kontrole stanu technicznego skarp i elementów piętrzących. Po deszczach nawalnych konieczne odmulenie muldy i elementów piętrzących oraz oczyszczenie z namułów i zanieczyszczeń mechanicznych.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 6/7

4. PASAŻ ROŚLINNY

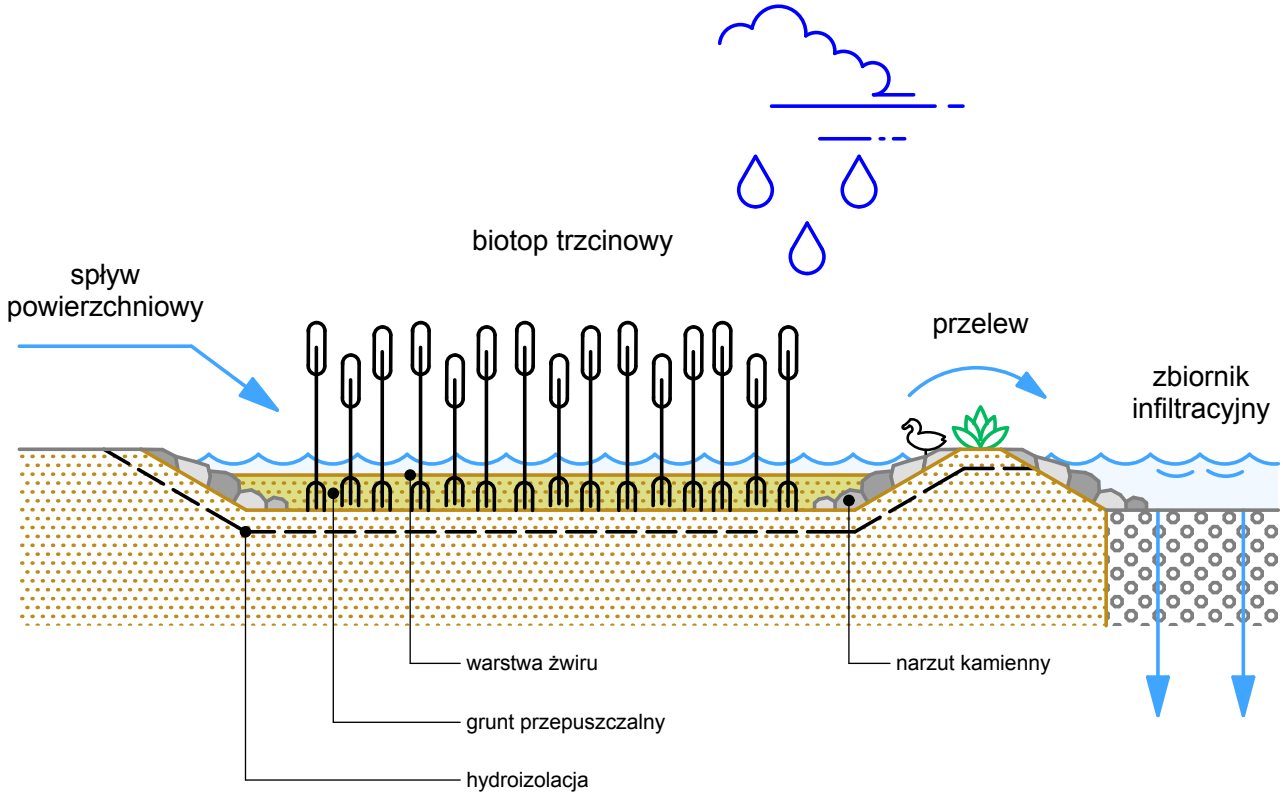
Specyfikacja

Pasaż roślinny stanowi liniowe rozwiązanie retencyjne, które oczyszcza wody opadowe oraz – w zależności od warunków gruntowych – infiltruje wodę w głąb profilu glebowego.

Charakterystyczną cechą pasażu roślinnego są ustalone krawędzie dna, które mogą być ukształtowane w formie jednego poziomu lub kilku tarasów, co umożliwia stopniowe rozprowadzanie wód i zwiększa efektywność retencji. Skarpy mogą pozostawać nieumocnione, przy stałym nachyleniu 1:3, lub być umocnione w przypadku bardziej stromych profili, co pozwala na dostosowanie rozwiązania do lokalnych warunków przestrzennych i technicznych. Jest to rozwiązanie liniowe, dlatego najłatwiej zastosować je wzdłuż ciągów komunikacyjnych.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: pasaż roślinny



Utrzymanie

Pielęgnacja pasażu roślinnego polega na regularnych przeglądach (kilka razy w roku), usuwaniu zatorów, zanieczyszczeń komunalnych i nadmiaru osadów. Roślinność ścina się zwykle 1–2 razy w roku, usuwa gatunki inwazyjne i uzupełnia ubytki roślin.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 8/9

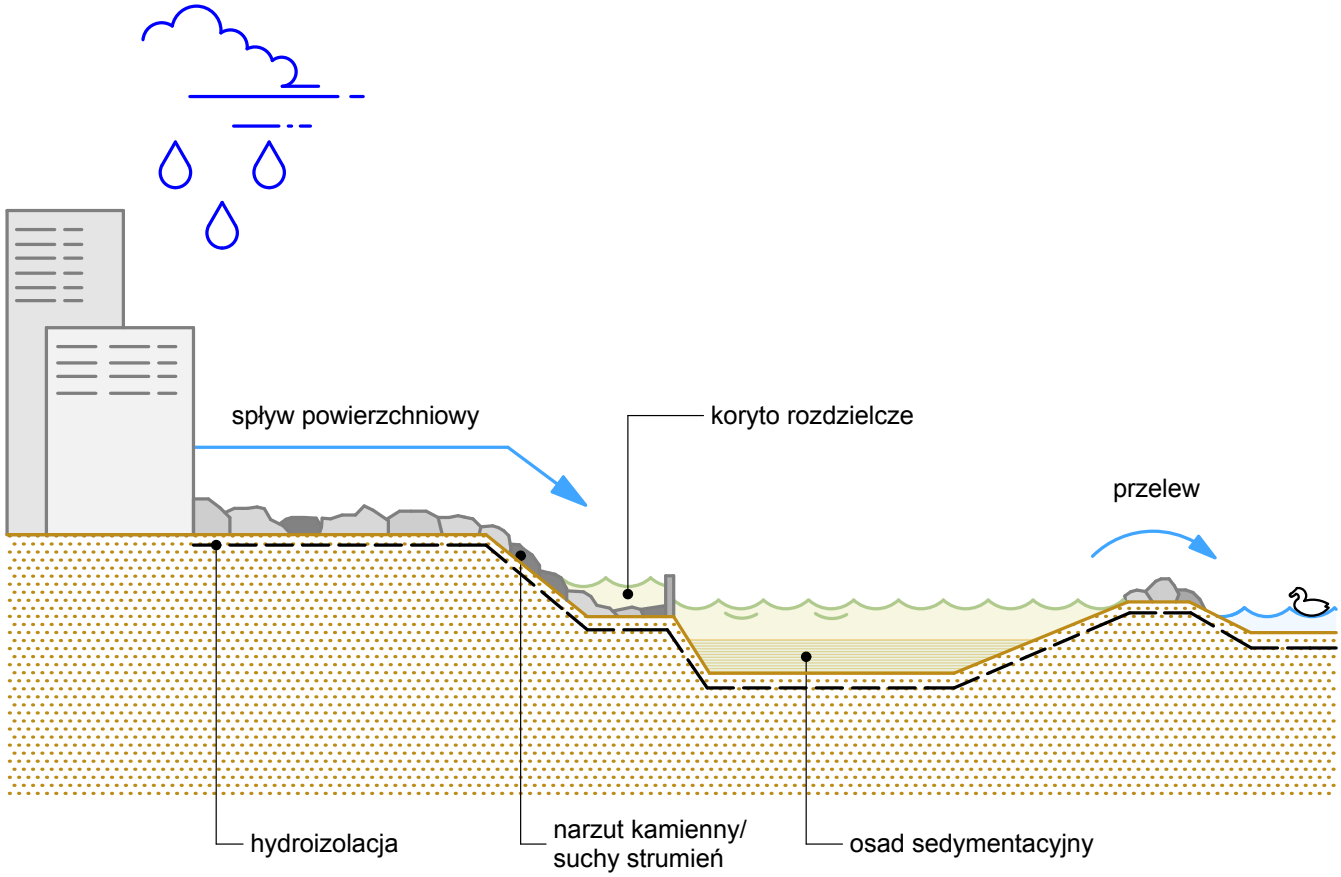
5. STAW SEDYMENTACYJNY

Specyfikacja

Staw sedymentacyjny to rozwiązanie przeznaczone do oczyszczania za pomocą sedymentacji ciał stałych. Zjawisko to polega na gromadzeniu się szkodliwych substancji na cząstkach zawiesin. Ponadto, przy opadaniu zawiesin, wiązane zostają również substancje rozpuszczone i w ten sposób podlegają zatrzymaniu. Koniecznym warunkiem do osiągnięcia miarodajnej sedymentacji jest niska burzliwość (turbulencja) wody. Aby osiągnąć powyższy cel, konieczne jest odpowiednie zaprojektowanie dopływów i odpływów w sposób niepowodujący mącenia wody. Staw sedymentacyjny to zbiornik uszczelniony względem gruntu.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: staw sedymentacyjny



Utrzymanie

Staw sedymentacyjny: wymaga regularnych przeglądów dopływów i odpływów oraz usuwania zanieczyszczeń mechanicznych. Konieczny pomiar głębokości przy zakładaniu stawu; gdy osad nawarstwi się do ¼ głębokości zalegania, wymagane jest odmulenie stawu. W przypadku wystąpienia glonów przy odpływie należy je usunąć.

6. ZBIORNIK RETENCYJNY HYDROFITOWY

Specyfikacja

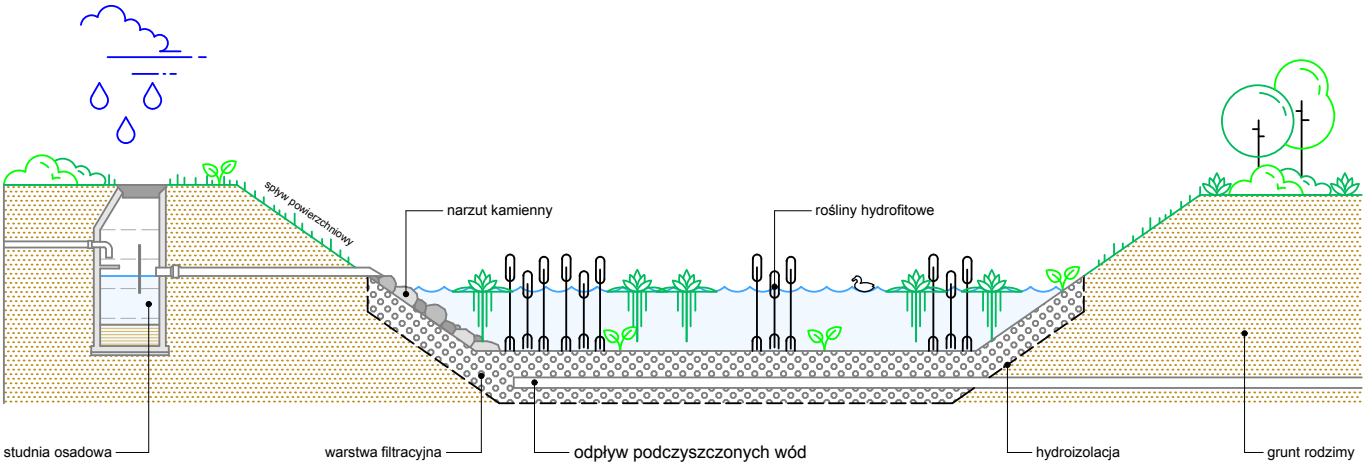
Zbiornik retencyjny hydrofitowy to naturalistyczne, naziemne urządzenie wodne, które pełni nie tylko funkcję retencyjną, ale również wspiera procesy podczyszczania wód poprzez mechanizmy biologiczne i fizykochemiczne zachodzące w strefie korzeniowej roślin.

Charakterystyczną cechą tego rozwiązania jest udział roślinności wodnej, zapewniający odpowiednią efektywność procesów samooczyszczania i stabilizujący ekosystem wodny. Rośliny hydrofitowe pełnią rolę naturalnych biofiltrów, wspierając rozkład zanieczyszczeń organicznych, wychwytując biogeny oraz poprawiając jakość zgromadzonej wody.

Konstrukcja zbiornika opiera się na łagodnym nachyleniu skarp, które ułatwia dostęp do strefy przybrzeżnej, zwiększa bezpieczeństwo użytkowania oraz sprzyja rozwojowi roślinności wodnej i błotnej. Naturalistyczna forma zbiornika pozwala na harmonijne wpisanie go w krajobraz, podnosząc walory estetyczne przestrzeni i wspierając bioróżnorodność.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: zbiornik retencyjny hydrofitowy



Utrzymanie

Systematyczne kontrole stanu technicznego dopływu i odpływu oraz skarp, a także czyszczenie w przypadku stwierdzenia nadmiernej ilości osadów, stanowią podstawowe działania utrzymaniowe. Obejmują one również zbieranie tzw. kożucha z tafli wody zbiornika, czyli warstwy zawierającej tłuszcze i oleje. Dodatkowo prowadzi się zabiegi pielęgnacyjne o charakterze ogrodniczym, polegające na wymianie martwego materiału roślinnego, usuwaniu przegniłych pędów oraz ścinaniu hydrofitów w okresie zimowym lub wczesną wiosną, po zakończeniu sezonu lęgowego ptaków i płazów, czyli po 15 października.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 10 – Tanner Springs Park, Portland, USA

7. ZBIORNIK RETENCYJNY OTWARTY

Specyfikacja

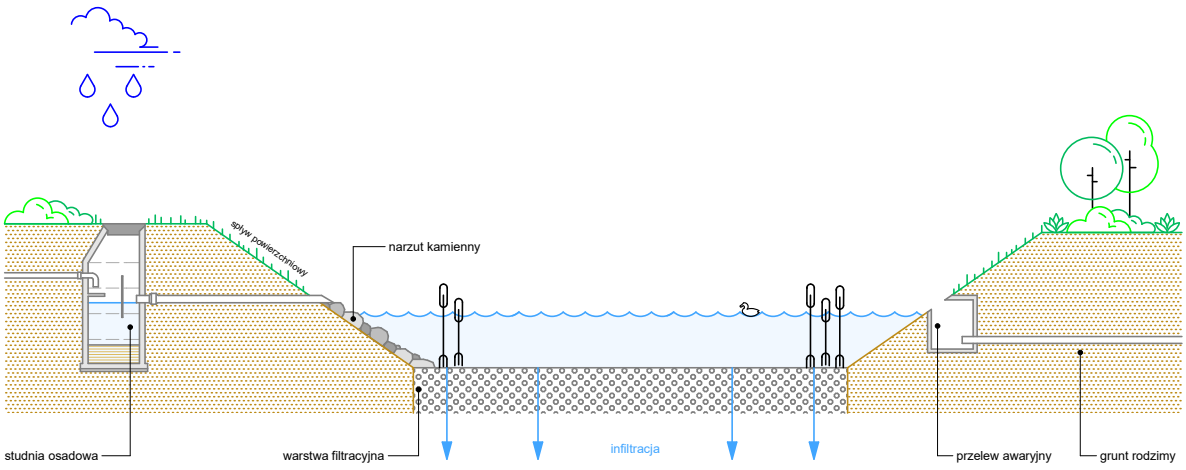
Zbiorniki retencyjne otwarte, dzielimy na rozwiązania szczelne i infiltracyjne.

Otwarty zbiornik retencyjny infiltracyjny to obiekt służący do gromadzenia wód opadowych i stopniowego wprowadzania ich do gruntu. Jego dno oraz skarpy są wykonane z materiałów przepuszczalnych, najczęściej z gruntu rodzimego lub warstw filtracyjnych z piasku i żwiru. Zbiornik taki może być dodatkowo obsadzony roślinnością hydrofitową, dzięki czemu pełni funkcję bioretencyjną i wspiera naturalne procesy oczyszczania. Zbiornik infiltracyjny wymaga odpowiednich warunków gruntowo-wodnych, przede wszystkim wysokiej przepuszczalności gruntu i niskiego poziomu wód gruntowych.

Z kolei otwarty zbiornik retencyjny szczelny służy do magazynowania wód opadowych bez możliwości ich infiltracji do gruntu. Dno i skarpy są w nim uszczelnione, co pozwala na pełne wykorzystanie objętości retencyjnej i przewidywalne sterowanie odpływem. Woda odprowadzana jest z takiego zbiornika w sposób kontrolowany, najczęściej poprzez regulator przepływu. Zbiorniki szczelne mogą być stosowane w dowolnych warunkach gruntowych.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: zbiornik retencyjny otwarty



Utrzymanie

Utrzymanie zbiorników infiltracyjnych polega na regularnym usuwania osadów z dna, które ograniczają przepuszczalność, pielęgnacji roślinności i koszeniu, aby zapobiegać zarastaniu, kontroli erozji skarp oraz czyszczeniu urządzeń wlotowych. W przypadku zbiorników szczelnych utrzymanie polega przede wszystkim na zapewnieniu drożności i sprawności urządzeń odpływowych oraz kontroli szczelności konstrukcji. Regularnie czyści się regulatory odpływu oraz kontroluje stan materiałów uszczelniających. Konieczne jest również utrzymanie skarp i zieleni oraz czyszczenie osadników i separatorów zlokalizowanych przed zbiornikiem. Monitoring poziomu wody podczas intensywnych opadów pozwala ocenić działanie układu odpływowego. Przeglądy wykonuje się zazwyczaj dwa razy w roku.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 11/12/13/14

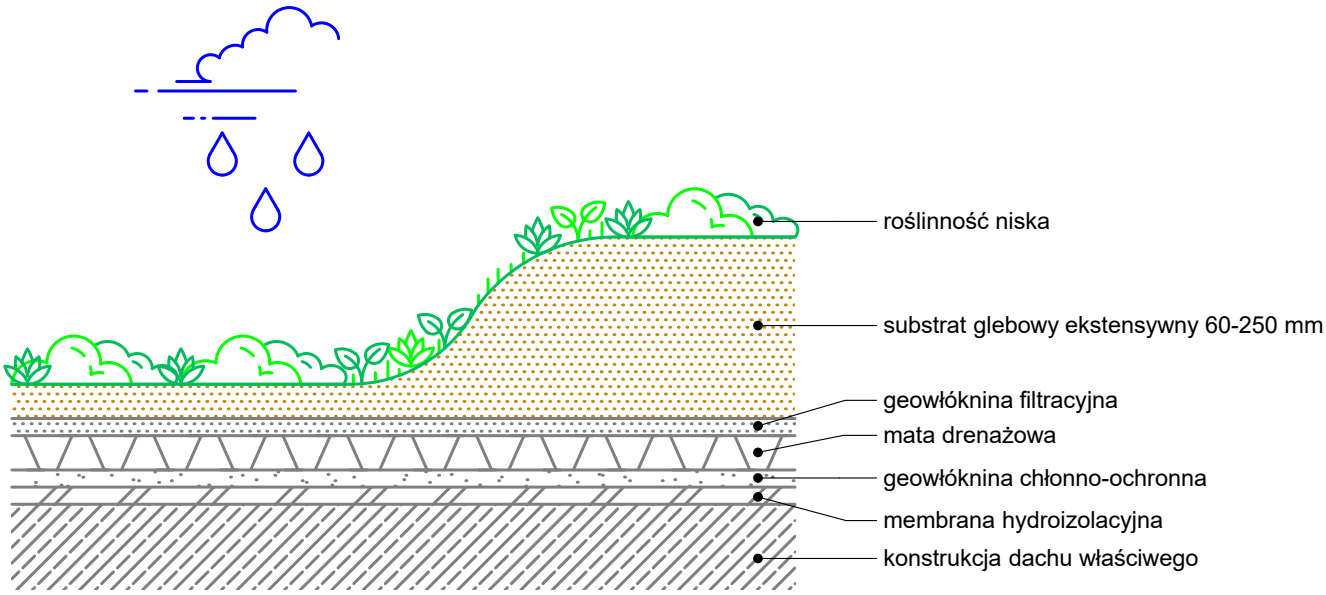
8. DACHY ZIELONE

FOT. nr 15

Zielony dach to pokrycie dachowe, którego konstrukcja umożliwia uprawę roślinności (niską, średnią lub wysoką w zależności od wybranego rozwiązania) na powierzchni dachu budynku. **W ten sposób zajęta pod zabudowę obiektu część powierzchni działki budowlanej zostaje zwrócona naturze w formie powierzchni biologicznie czynnej.** Wprowadzanie zielonych dachów do przestrzeni zurbanizowanej ma bardzo korzystny wpływ na polepszenie warunków ekologicznych, społecznych, urbanistycznych, technicznych, a także ekonomicznych.

8.1. DACHY ZIELONE EKSTENSYWNE – zazwyczaj nieużytkowe, charakteryzują się dużą wartością ekologiczną i łatwością wykonania. Do ich założenia wystarczy 60–250 mm głębokości podłoża (substratu ekstensywnego), co daje dobre wyniki w stosunku do uzyskanej wagi (ok. 40–150 kg/m^2). Na powierzchni dachów ekstensywnych znakomicie sprawdzi się roślinność niska, charakterystyczna dla muraw kserotermicznych, taka jak trawy, rośliny zielne czy rozchodniki. **Przy zastosowaniu dachu ekstensywnego objętość wody opadowej odprowadzanej przez kanalizację deszczową może zmniejszyć się aż o 50%.**

Przykładowy przekrój: układ warstw na dachu ekstensywnym

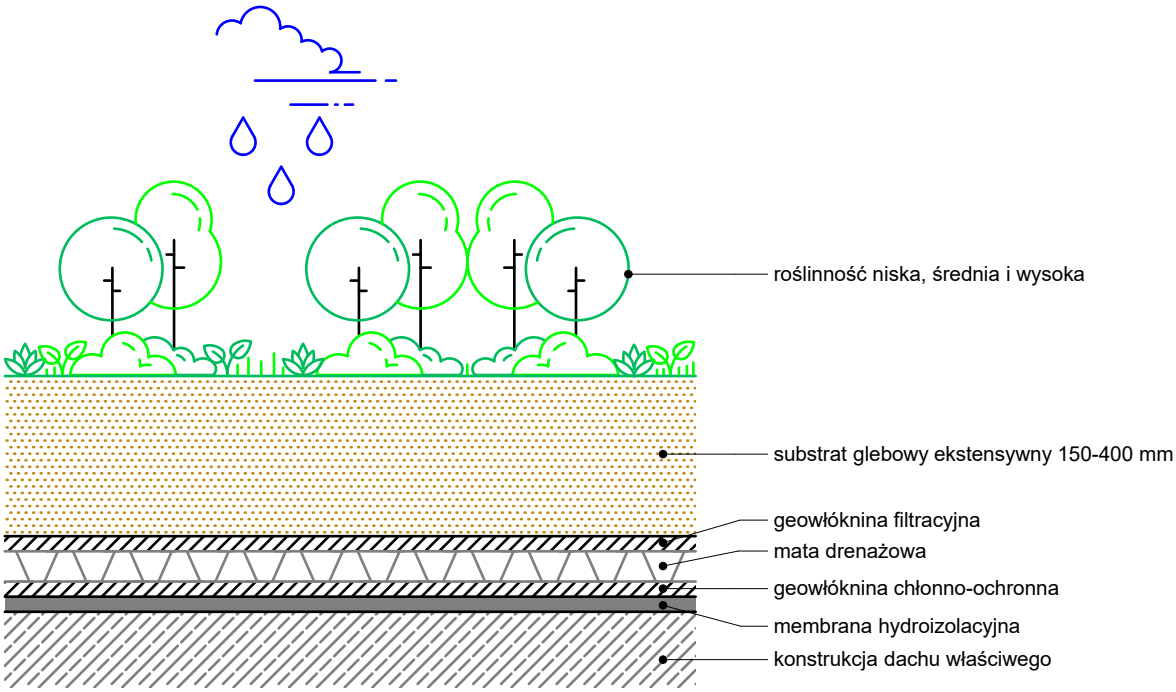


Utrzymanie

Są to rozwiązania praktycznie bezobsługowe, a ich prawidłowe wykonanie gwarantuje samoistne funkcjonowanie oraz samoregulację ekosystemu. Wystarczy przeprowadzać prace pielęgnacyjne dwa razy w roku, obejmujące uzupełnianie substratu glebowego w przypadku erozji, dosadzanie roślin w miejscach powstałych braków, usuwanie samosiewów gatunków niepożądanych oraz udrażnianie i oczyszczanie instalacji, aby zapewnić właściwy drenaż i odpływ nadmiaru wód opadowych.

8.2. DACHY ZIELONE INTENSYWNE – dzięki zastosowaniu warstwy o głębokości podłoża 150–400 mm dają duże możliwości dla projektowania tych przestrzeni w sposób użytkowy jako skwery, zieleńce, parki czy place rekreacyjne. Dachy intensywne oferują pełen wachlarz wprowadzanej roślinności (niska, średnia, wysoka) oraz innych rozwiązań stosowanych w terenach zieleni, takich jak nawierzchnie, elementy małej architektury czy urządzenia rekreacyjne. Znaczne obciążenie dachów – ich waga to 180–500 kg/m^2 – wiąże się z koniecznością zastosowania bardziej niż w przypadku dachów ekstensywnych skomplikowanych konstrukcji, które umożliwią odpowiednią nośność.

Przykładowy przekrój: układ warstw na dachu intensywnym



Utrzymanie

Znaczne zróżnicowanie gatunkowe wprowadzane na dachach intensywnych wymaga zdecydowanie większych nakładów pracy związanych z ich pielęgnacją. Wszelkie zabiegi powinny być stosowane zgodnie ze sztuką ogrodniczą oraz w wyznaczonych terminach. W celu dopasowania odpowiedniego harmonogramu pielęgnacyjnego konieczne jest sporządzenie operatu przewidującego wszelkie prace, które należy wykonać przez cały sezon wegetacyjny. Pamiętać również należy, że substrat glebowy stosowany na dachach intensywnych ma znacznie większą przepuszczalność niż grunt rodzimy, co powoduje szybsze odprowadzanie wody wraz ze składnikami mineralnymi.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 16 – Politechnika Nanyang, Singapur

FOT. nr 17 – Biblioteka Uniwersytetu Warszawskiego

II PODZIEMNE ROZWIĄZANIA RETENCYJNE

W warunkach intensywnej urbanizacji, gdzie dominują powierzchnie nieprzepuszczalne i ograniczona jest przestrzeń na rozwiązania błękitno-zielonej infrastruktury, mają zastosowanie rozwiązania podziemne.

Pełnią one ważną funkcję w systemie gospodarowania wodami opadowymi, pozwalając na skuteczne redukowanie spływu powierzchniowego oraz zmniejszanie obciążenia kanalizacji deszczowej.

W praktyce podziemne rozwiązania służące gospodarowaniu wodami opadowymi i roztopowymi, dzielimy na rozwiązania retencyjne - infiltracyjne, oraz zbiorniki szczelne - detencyjne, których działanie polega na krótkotrwałym gromadzeniu nadmiaru wód deszczowych i kontrolowanym, opóźnionym odprowadzaniu ich do systemu kanalizacyjnego, co pozwala odciążyć sieć podczas intensywnych opadów.

W przeciwieństwie do zbiorników detencyjnych, systemy infiltracyjne aktywnie wspierają zasilanie wód gruntowych i przyczyniają się do poprawy mikroklimatu. Ich największą wartością jest zdolność do odtwarzania naturalnych procesów wsiąkania wody, co w środowisku miejskim ma szczególne znaczenie dla przeciwdziałania suszy, stabilizacji poziomu wód gruntowych oraz ograniczania efektu miejskiej wyspy ciepła. Decydując się na zastosowanie tego typu rozwiązań, podobnie jak w przypadku wszystkich technologii infiltracyjnych, kluczowe jest rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych. Parametry takie jak przepuszczalność gruntu czy poziom wód gruntowych determinują zarówno dobór urządzeń, jak i ich efektywność i działania zgodnie z założeniami hydraulicznymi.

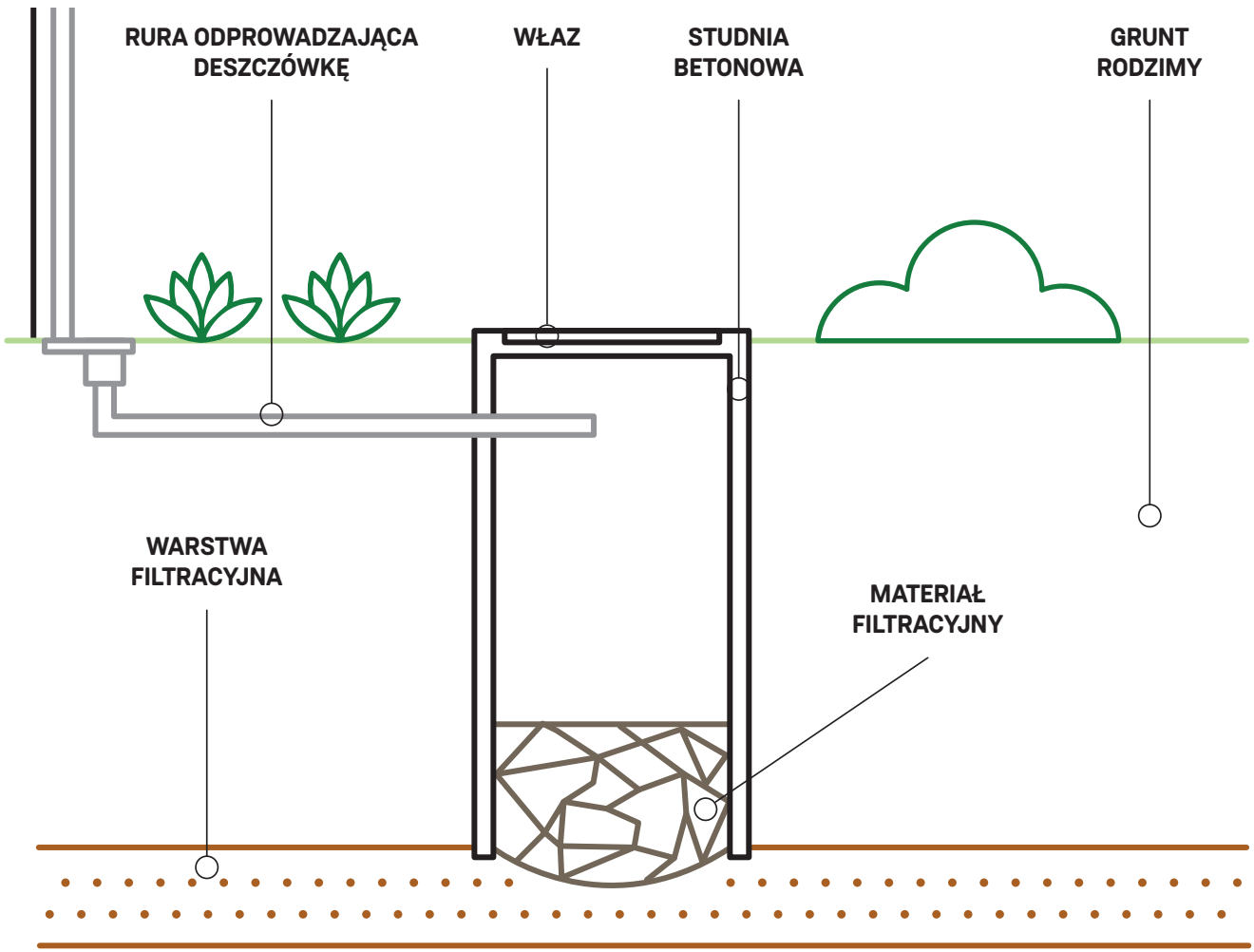
1. STUDNIA CHŁONNA

Specyfikacja

Studnie chłonne to punktowe urządzenia infiltracyjne służące do odprowadzania wód opadowych do gruntu. Konstrukcyjnie przypominają tradycyjne studnie, jednak na ich dnie znajduje się warstwa filtracyjna ze żwiru lub tłucznia. Wykonuje się je najczęściej z kręgów betonowych lub prefabrykatów z tworzyw, co pozwala na stosowanie ich również w gęstej zabudowie. Stosuje się je przede wszystkim tam, gdzie warunki gruntowe sprzyjają infiltracji.
W celu zwiększenia efektywności infiltracji i pojemności retencyjnej możliwe jest łączenie studni w systemy. Takie rozwiązania pozwalają na skuteczne odwodnienie większych powierzchni uszczelnionych.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: studnia chłonna



Utrzymanie

Podstawowym działaniem utrzymaniowym jest okresowe usuwanie nagromadzonych osadów mineralnych i zanieczyszczeń organicznych, które mogą prowadzić do kolmatacji warstw infiltracyjnych i znaczącego spadku przepuszczalności. W ramach rutynowej obsługi należy kontrolować drożność przewodów dopływowych i szczelność połączeń. Zaleca się również okresowe płukanie studni wodą pod ciśnieniem, wykonywane w sposób nienaruszający struktury warstw filtracyjnych, a także monitorowanie poziomu wód gruntowych, aby ocenić, czy warunki hydrogeologiczne nie uległy zmianie pod wpływem efektywność działania obiektu. W przypadku stwierdzenia spadku chłonności konieczne może być częściowe lub całkowite odtworzenie warstwy żwirowej. Działania utrzymaniowe obejmują również kontrolę stabilności konstrukcji i pokryw, zwłaszcza w obszarach narażonych na obciążenia ruchem kołowym.

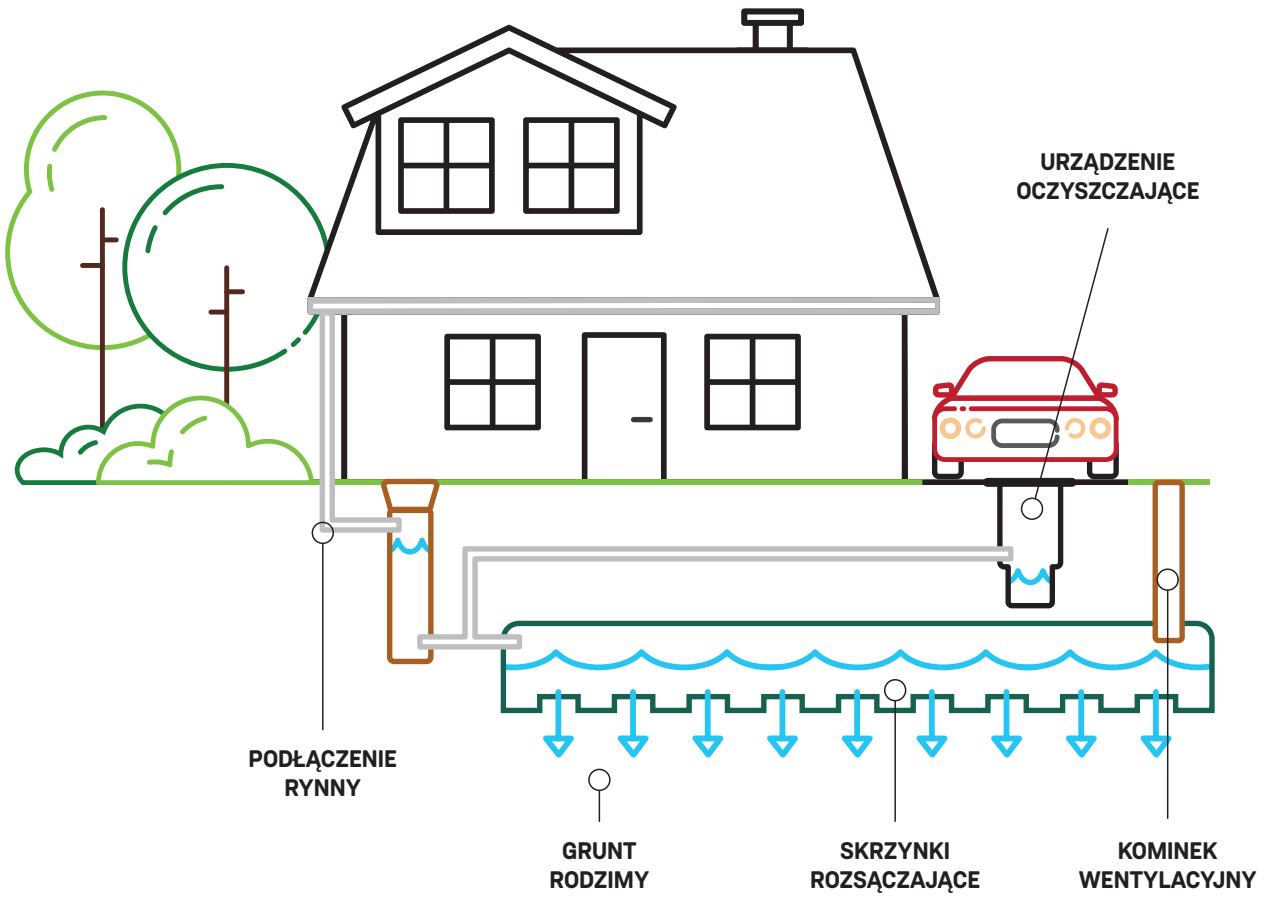
2. SKRZYNKI ROZSĄCZAJĄCE

Specyfikacja

Skrzynki rozsączające są modułowymi elementami podziemnych systemów infiltracyjnych, których podstawowym zadaniem jest czasowe magazynowanie wód opadowych oraz ich stopniowe wprowadzanie do gruntu. Działają na zasadzie gromadzenia wody w przestrzeni retencyjnej utworzonej przez ażurową konstrukcję skrzynek, a następnie przekazywania jej do otaczającego gruntu poprzez powierzchnie boczne i dolne, zabezpieczone geowłókniną filtracyjną. Ich efektywność zależy jednak w dużej mierze od warunków gruntowo-wodnych oraz jakości wody doprowadzanej do systemu.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: skrzynki rozsączające



Utrzymanie

Utrzymanie tego typu instalacji koncentruje się przede wszystkim na kontroli i usuwaniu zanieczyszczeń, które mogą prowadzić do kolmatacji warstw filtracyjnych oraz samej przestrzeni magazynowej skrzynek. W ramach utrzymania należy również monitorować drożność przewodów dopływowych i odpływowych oraz oceniać, czy nie doszło do jej zamulenia lub uszkodzenia.

III PODZIEMNY ZBIORNIK DETENCYJNY SZCZELNY

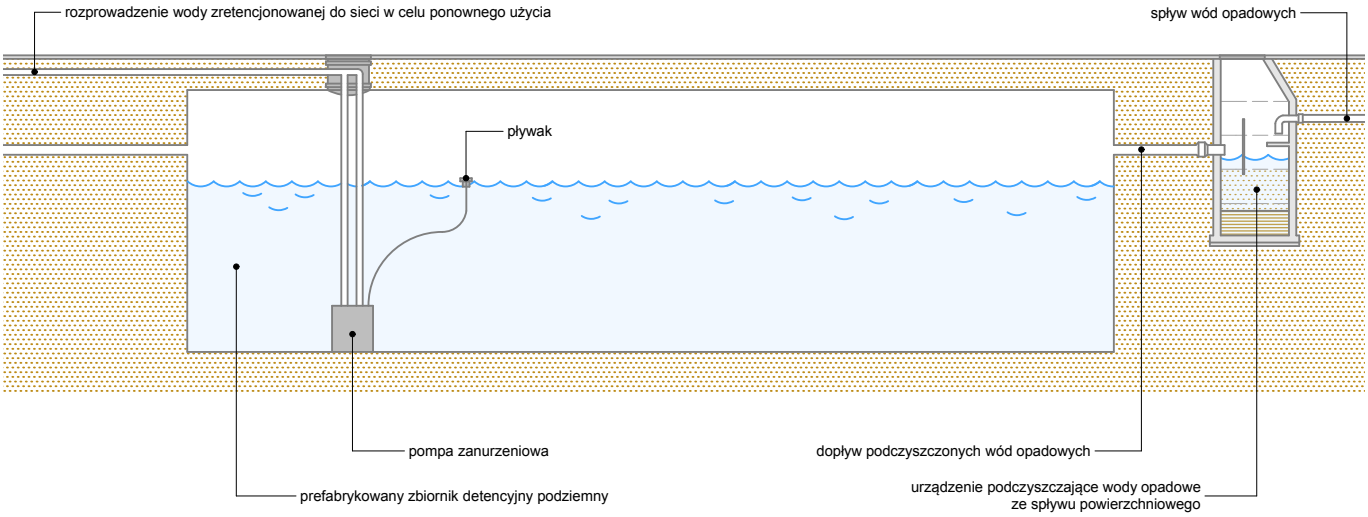
Specyfikacja

Podziemne zbiorniki detencyjne stanowią rozwiązanie dedykowane do gromadzenia wód opadowych i roztopowych w celu opóźnienia ich odpływu do odbiornika lub kanalizacji deszczowej. Są to konstrukcje wykonywane najczęściej z prefabrykowanych elementów betonowych lub tworzyw sztucznych o wysokiej wytrzymałości, które instalowane są poniżej poziomu terenu, co pozwala na ich stosowanie w gęsto zabudowanych obszarach miejskich. Zasadniczą funkcją zbiorników podziemnych jest przejęcie nadmiaru wód w okresie intensywnych opadów, ich czasowe zmagazynowanie oraz kontrolowane oddanie do systemu kanalizacyjnego lub odbiornika naturalnego, co ogranicza ryzyko przeciążenia sieci i lokalnych podtopień.

Charakterystyczną cechą podziemnych zbiorników detencyjnych jest możliwość ich skalowania i dostosowania do warunków lokalnych – zarówno pod względem pojemności, jak i układu hydraulicznego. Wyposażane są w systemy regulacji odpływu, takie jak przepustnice, zasuwy lub przelewy awaryjne, które zapewniają kontrolę nad ilością i tempem odprowadzanej wody. Zbiorniki podziemne szczelne charakteryzują się dużą pojemnością retencyjną pozwalającą na podczyszczenie, zmagazynowanie i ponowne wykorzystanie wód opadowych i roztopowych w celach np. nawadniania roślinności lub mycia nawierzchni. Powtórne wykorzystanie wód opadowych i roztopowych ze spływu powierzchniowego, ze względu na dużą zawartość substancji ropopochodnych i metali ciężkich, wymaga wcześniejszego podczyszczenia mechanicznego. Do tego celu można wykorzystać studnię osadową, filtr mechaniczny lub separator.

Metoda obliczeniowa: Metoda obliczeniowa zawarta w Wytycznych Aquanet Retencja

Przykładowy przekrój: podziemny zbiornik detencyjny



Utrzymanie

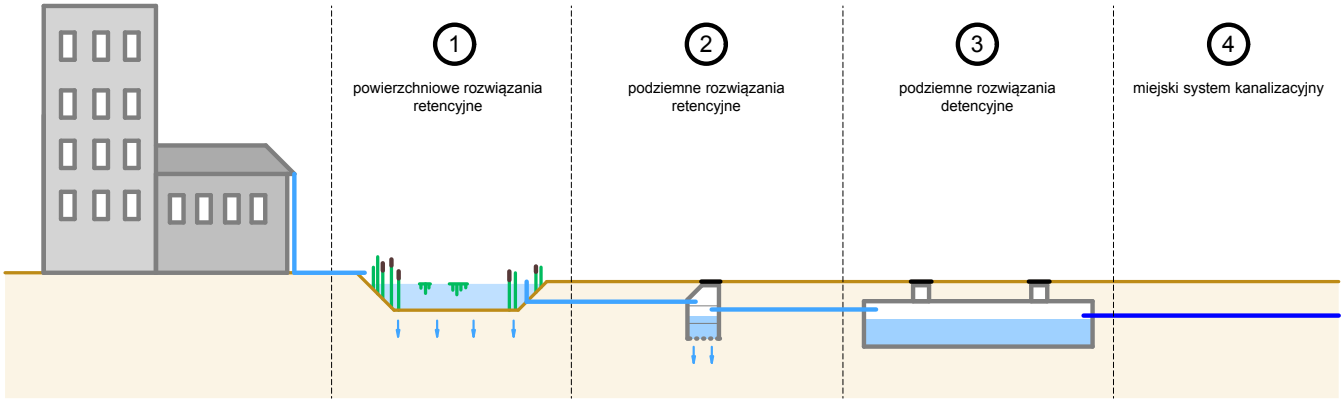
Eksploatacja podziemnych zbiorników detencyjnych wymaga prowadzenia systematycznych działań utrzymaniowych, obejmujących regularną inspekcję elementów dopływowych i odpływowych oraz bieżące czyszczenie urządzeń wstępnego podczyszczania, takich jak separatory, w celu usuwania nagromadzonych osadów. W przypadku zastosowania filtrów mechanicznych na wlocie do zbiornika konieczne jest ich okresowe oczyszczanie, zapewniające prawidłowy przepływ i ochronę komory retencyjnej. Sam zbiornik powinien być poddawany czyszczeniu z osadów, w zależności od intensywności dopływu zanieczyszczeń.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 18/19

Wody opadowe gromadzone w podziemnych zbiornikach detencyjnych mogą być wykorzystywane w celach gospodarczych oraz bytowych. Istnieje możliwość połączenia tego typu rozwiązania z systemem nawadniającym. Deszczówka idealnie sprawdzi się przy nawadnianiu zieleni.

Priorytet dla BZI



Priorytetem w doborze rozwiązań służących zagospodarowaniu lub gromadzeniu wód opadowych powinny być elementy błękitno-zielonej infrastruktury, które umożliwiają naturalne retencjonowanie, infiltrację oraz spowolnienie odpływu, wspierając jednocześnie poprawę jakości środowiska i odporność przestrzeni zurbanizowanych na zmiany klimatu.

IV ROZWIĄZANIA TOWARZYSZĄCE

Skuteczne zarządzanie wodami opadowymi wymaga nie tylko stosowania podstawowych elementów retencji i detencji, lecz także szeregu rozwiązań uzupełniających, które zwiększają funkcjonalność, trwałość i estetykę całego systemu. Rozwiązania towarzyszące pełnią kluczową rolę w integrowaniu infrastruktury umożliwiającej zagospodarowanie wód opadowych z przestrzenią zurbanizowaną, wspierając zarówno procesy hydrologiczne, jak i użytkowe.

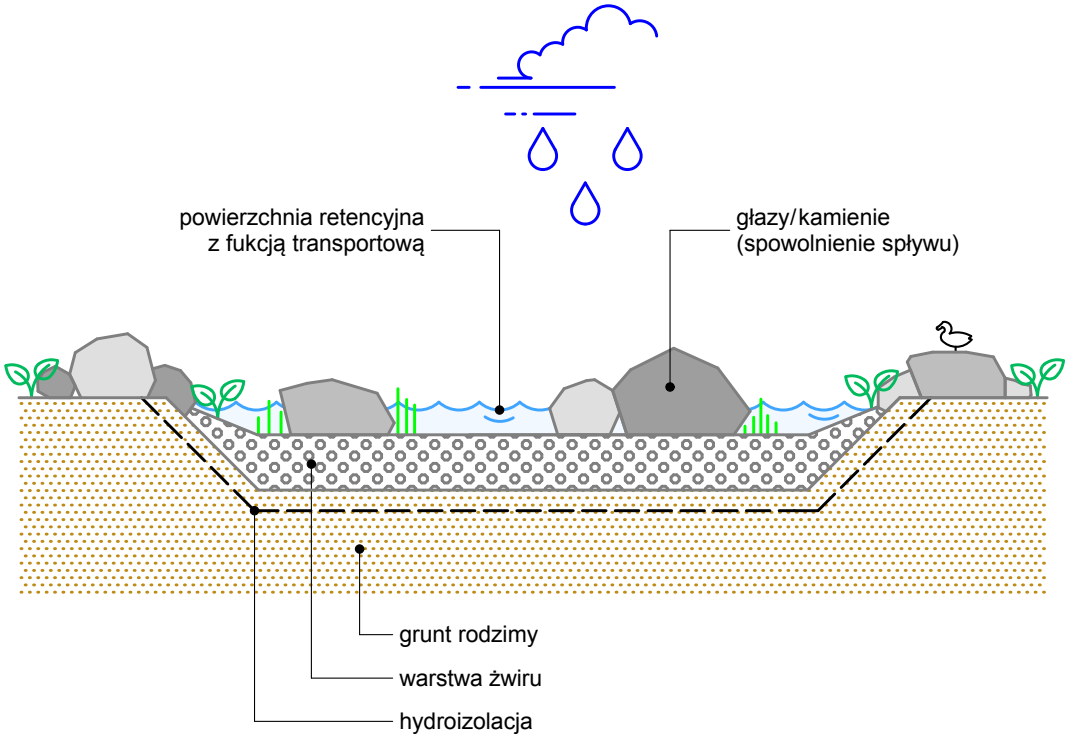
Każde z tych rozwiązań może funkcjonować samodzielnie, ale największą wartość przynosi ich świadome łączenie w spójne układy, które odpowiadają na lokalne potrzeby hydrologiczne, przestrzenne i środowiskowe.

1. SUCHY STRUMIEŃ

Specyfikacja

Suchy strumień to założenie krajobrazowe mające swoje początki w japońskiej sztuce ogrodowej, która w naturalistyczny sposób miała odzwierciedlać i kontynuować naturalny krajobraz, wprowadzając do ogrodu ład i harmonię. Rozwiązanie ma na celu ukształtowanie koryta strumienia/cieku z nadanym odpowiednim spadkiem, które wykorzystywane będzie jako otwarta rynna do transportu wód opadowych i roztopowych. Naturalistyczna i meandrująca forma podczas opadów lub roztopów wypełni się i zatrzyma na dłużej wodę w krajobrazie, spowolni jej spływ oraz w kontrolowany sposób dostarczy ją do większego odbiornika.

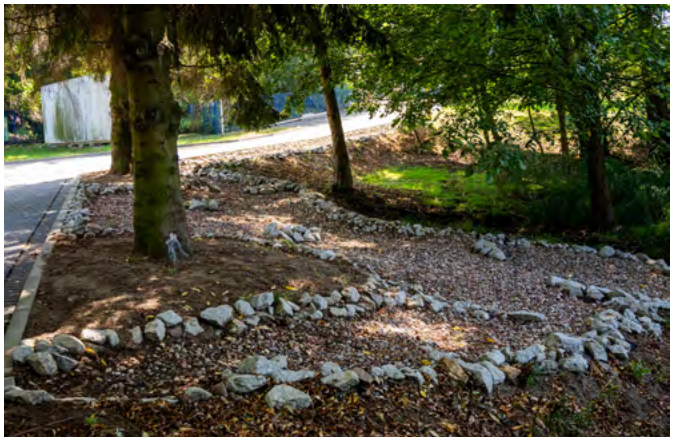
Przykładowy przekrój: suchy strumień



Utrzymanie

Suchy strumień nie wymaga szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych. Wystarczy dwa razy w roku sprawdzić stan ogólny. Warto mieć też na uwadze, że podczas nawalnych deszczy możliwe jest podmycie kamieni lub spływ żwiru wraz z biegiem suchego strumienia. W przypadku mechanicznych uszkodzeń konieczne będzie rozplantowanie żwiru oraz ułożenie mniejszych kamieni w pierwotnym miejscu. Zabezpieczenie suchego strumienia hydroizolacją oraz warstwa żwiru powodują brak wegetacji roślin ruderalnych w tym miejscu.

Przykłady rozwiązań



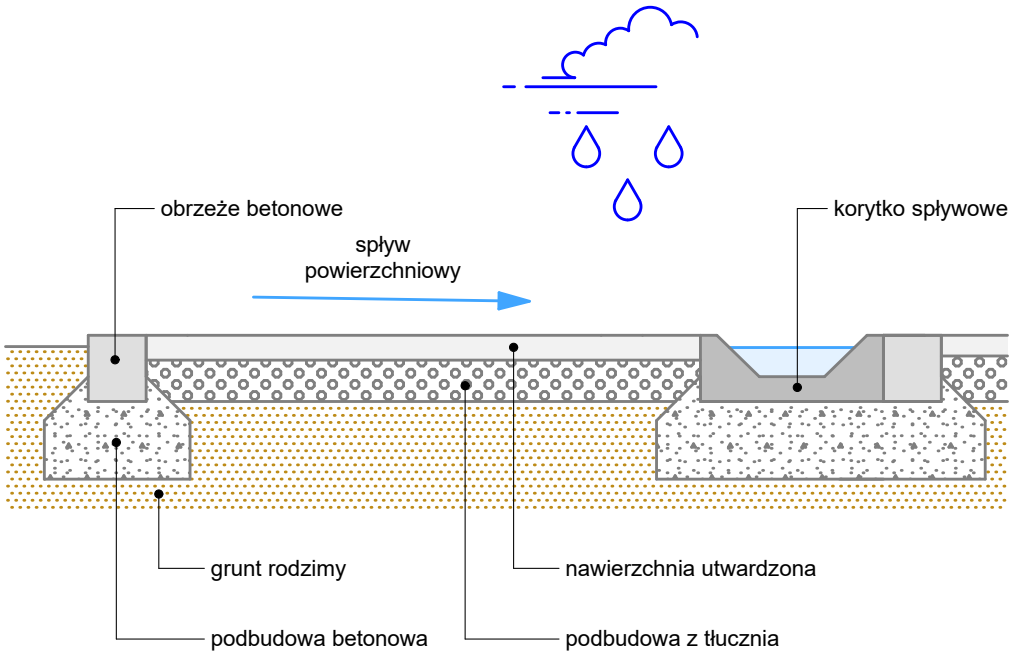
FOT. nr 20/21/22/23/24

2. KORYTO SPŁYWOWE

Specyfikacja

Koryta spływowe stanowią alternatywę dla rur podziemnych. Głównym miejscem wykorzystania rozwiązania są przestrzenie towarzyszące zabudowie wielorodzinnej oraz usługowej. Otwarte koryta mają na celu odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z nawierzchni utwardzonych do odbiornika, jakim może być teren zielony. Wykonanie układu koryt spływowych musi być opracowane zgodnie ze spadkami podłużnymi i poprzecznymi projektowanej przestrzeni/układu drogowego.

Przykładowy przekrój: koryto spływowe



Utrzymanie

Przez odkrycie wód opadowych i roztopowych płynących otwartymi korytami spływowymi nie występują w zasadzie potrzeby utrzymaniowe danego rozwiązania. Wystarczy regularne oczyszczanie koryt z zanieczyszczeń komunalnych oraz namułu płynącego wraz ze spływem wód. W przypadku uszkodzeń mechanicznych konieczna jest wymiana prefabrykatu betonowego lub kamienia naturalnego będącego budulcem koryta spływowego.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 25/26

Zastosowanie koryt spływowych na obiektach technologicznych Aquanet S.A. – odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z nawierzchni utwardzonej z możliwością częściowego rozsączenia na pobliskim terenie zieleni

3. ODWODNIENIE LINIOWE

Specyfikacja

Odwodnienie liniowe przeznaczone jest do przechwytywania, odprowadzania i kontrolowanego kierowania wód opadowych oraz roztopowych z nawierzchni utwardzonych.

System składa się z korytek wykonanych z betonu, tworzyw sztucznych lub stali nierdzewnej, a także z rusztów żeliwnych, stalowych lub kompozytowych oraz elementów łączeniowych. Dobór materiału z jakiego będzie wykonane odwodnienie zależy od klasy obciążanie i środowiska pracy. Parametry hydrauliczne systemu wynikają z przekroju korytek, ich profilu oraz spadku podłużnego. Montaż odwodnienia wymaga przygotowania nośnego podłoża oraz zachowania minimalnego spadku 0,5%.

Utrzymanie

Utrzymanie odwodnienia liniowego obejmuje regularne inspekcje wizualne, czyszczenie korytek i rusztów z liści, piasku i osadów, kontrolę drożności odpływów oraz okresowe czyszczenie wodą pod ciśnieniem. W ramach konserwacji sprawdza się stan elementów mocujących oraz powłok antykorozyjnych, a w okresie zimowym usuwa się śnieg i lód z rusztów.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 27/28

4. NAWIERZCHNIE PRZEPUSZCZALNE

Zastosowanie nawierzchni przepuszczalnych pozwoli utwardzić podłoże przy jednoczesnym nieograniczaniu przenikania wód opadowych i roztopowych do głębszych warstw ziemi. Scharakteryzowane poniżej rozwiązania posiadają zróżnicowaną zdolność chłonną, a ich dobór zależy od warunków glebowych oraz funkcji, jaką mają pełnić. **Istotne jest, aby tego typu nawierzchnie stosować na gruntach przepuszczalnych.**

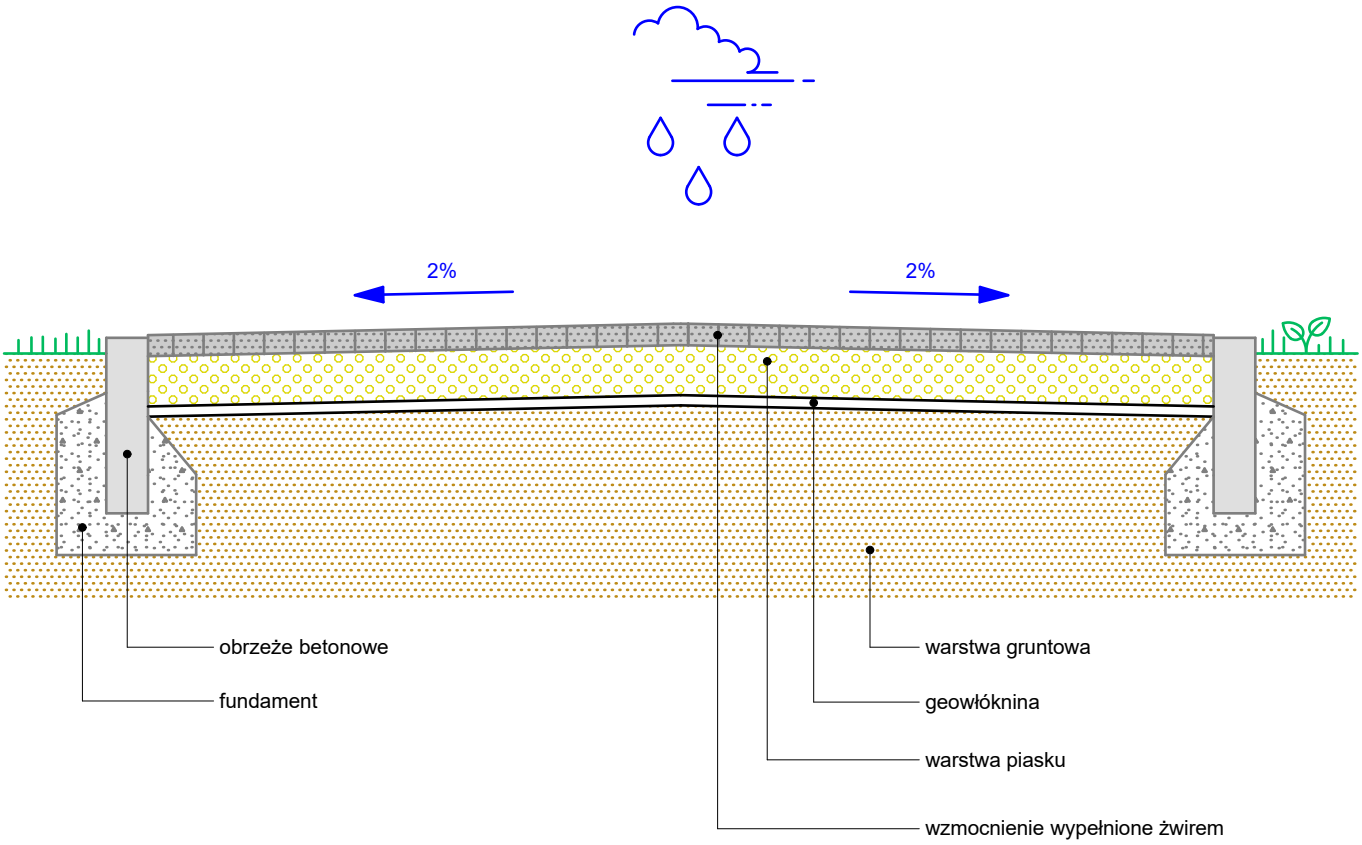
4.1. NAWIERZCHNIE TRAWIASTE LUB ŻWIROWE WZMOCNIONE

Specyfikacja

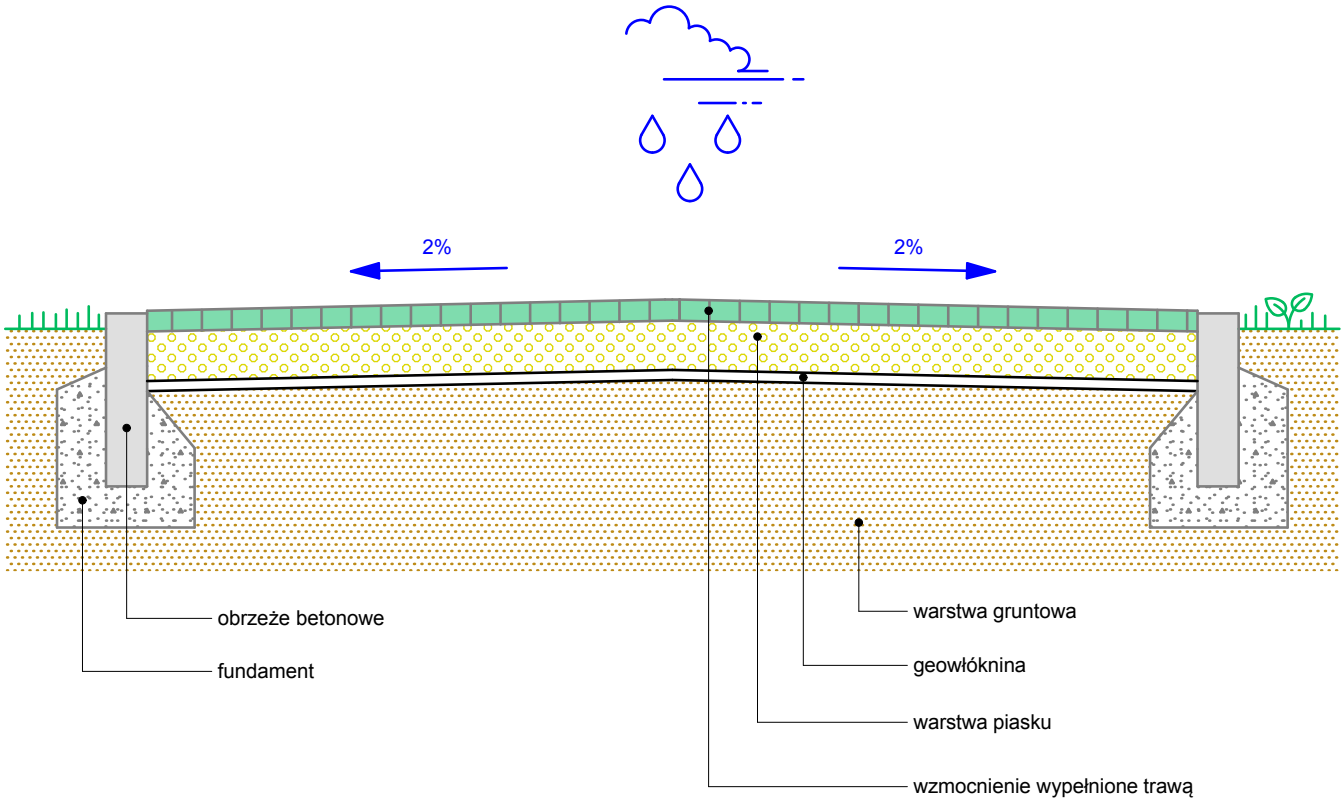
Wzmocniona nawierzchnia trawiasta lub żwirowa to rozwiązanie umacniające i stabilizujące grunt na trasach komunikacyjnych lub rzadko uczęszczanych drogach jezdnych, jak np. drogi ewakuacyjne lub dojazdy techniczne. Rozwiązanie umożliwia bezpieczny transport pojazdów i pieszych przy jednoczesnym braku wpływu na uszczelnienie gruntu. Nawierzchnia trawiasta lub żwirowa wzmocniona jest modułową kratą wykonaną z plastiku lub stali albo za pomocą dedykowanych siatek (sztywna geowłóknina posiadająca kieszenie, które można wypełnić) i umożliwia maksymalne wsiąkanie wód opadowych w miejscu opadu.

Przykładowy przekrój: nawierzchnia trawiasta i żwirowa wzmocniona

Nawierzchnia żwirowa wzmocniona



Nawierzchnia trawiasta wzmocniona



Utrzymanie

Nawierzchnia trawiasta umocniona wymaga wszelkich zabiegów pielęgnacyjnych dotyczących trawnika z wyjątkiem wygrabiania lub wertykulacji, które to są niemożliwe z powodu występowania krat lub siatki stanowiących wzmocnienie nawierzchni. Trawnik należy odpowiednio nawozić, kosić i nawadniać. W przypadku nawierzchni żwirowej wzmocnionej co jakiś czas należy zagęścić i przegrabić żwir stanowiący warstwę wierzchnią lub dosypać w przypadku ubicia gruntu rodzimego.

Przykłady rozwiązań

Siatka wzmacniająca

FOT. nr 29/30

Nawierzchnia trawiasta wzmocniona

Nawierzchnia żwirowa wzmocniona

FOT. nr 31/32

4.2. NAWIERZCHNIE AŻUROWE

Specyfikacja

Nawierzchnia z krat pomostowych

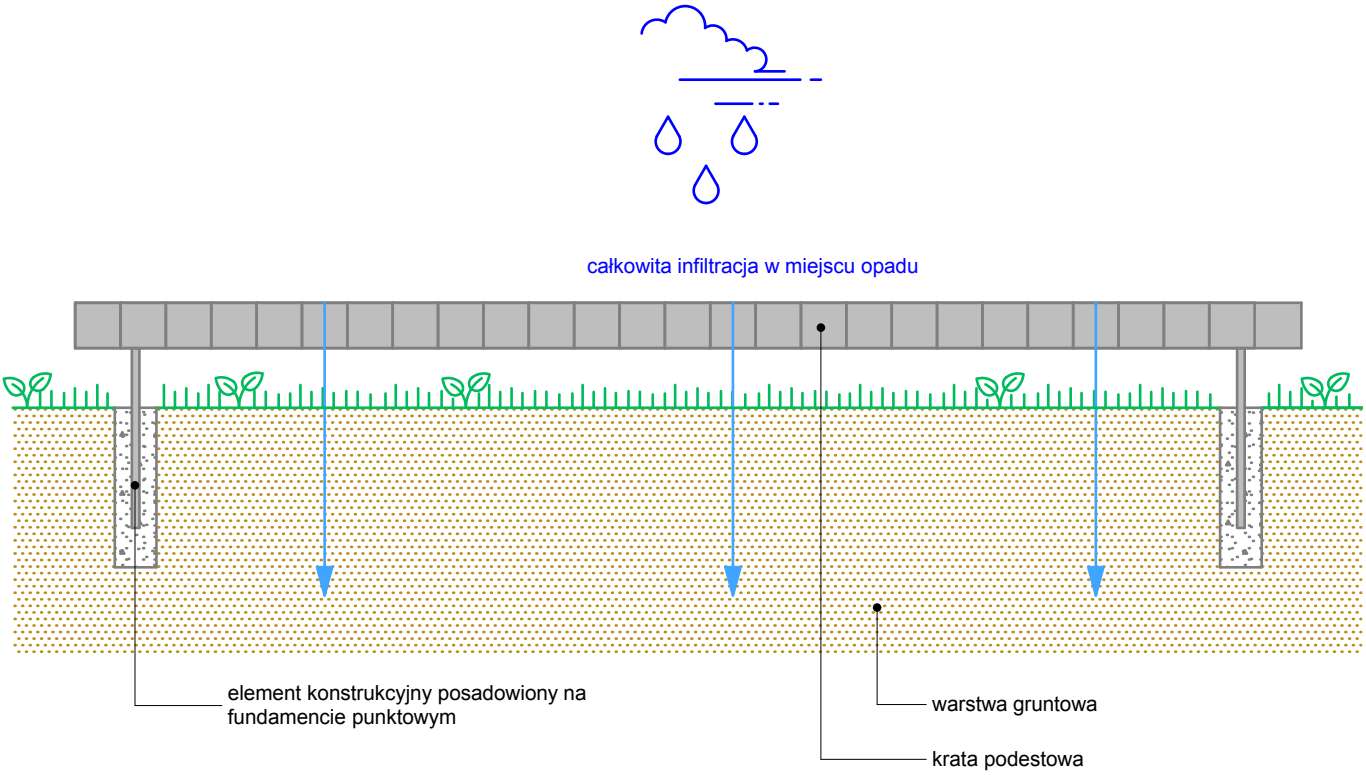
Kraty pomostowe to modułowe rozwiązanie dla budowy infrastruktury technicznej szczególnie często wykorzystywane w przemyśle. Kraty wykonane mogą być ze stali lub wysokiej jakości kompozytów. Dzięki całkowitej przepuszczalności, odporności na warunki atmosferyczne i uszkodzenia mechaniczne rozwiązanie to sprawdza się doskonale również jako materiał do budowy wyniesionych przejść, mostków, pomostów, pochylni i innych rozwiązań stosowanych w infrastrukturze pieszej i jezdnej. Kraty montowane mogą być do profili stalowych posadowionych na fundamencie lub szpilek montażowych. Na rynku dostępne są różnego rodzaju wersje krat pomostowych, z większymi lub mniejszymi oczkami czy podstopnicami ułatwiającymi chodzenie w obuwiu na szpilkach.

Nawierzchnia z kraty betonowej / kostki betonowej / kamienia naturalnego

Rozwiązania zakładają montaż umocnienia gruntu w celu uregulowania i umożliwienia transportu pieszego i jezdnego przy jednoczesnym braku uszczelniania gruntu. Nawierzchnie z kraty betonowej, kostki betonowej lub kamienia naturalnego ułożone w sposób ażurowy umożliwiający infiltrację wody w głąb poziomu glebowego sprawdzą się jako utwardzenie ścieżek pieszych, parkingów lub placów. Przestrzenie w tego typu nawierzchniach umożliwiają wprowadzenie m.in. traw oraz bylin.

Przykładowy przekrój: nawierzchnia ażurowa

Nawierzchnia ażurowa z krat pomostowych



Utrzymanie

Nawierzchnie ażurowe nie wymagają znacznych nakładów związanych z utrzymaniem. Rozwiązania te są bardzo wytrzymałe na warunki atmosferyczne i praktycznie bezobsługowe. W przypadku wypełnienia nawierzchni ażurowych trawą lub roślinnością zielną należy wykonywać wyłącznie podstawowe prace pielęgnacyjne związane z utrzymaniem trawnika, takie jak podlewanie, nawożenie, koszenie. W przypadku nawierzchni ażurowych wypełnionych żwirem należy co jakiś czas zagęścić żwir lub dosypać w miejscach ubytków.

Przykłady rozwiązań

Nawierzchnia z krat pomostowych

FOT. nr 33/34/35

Nawierzchnia z kraty betonowej / kostki betonowej / kamienia naturalnego

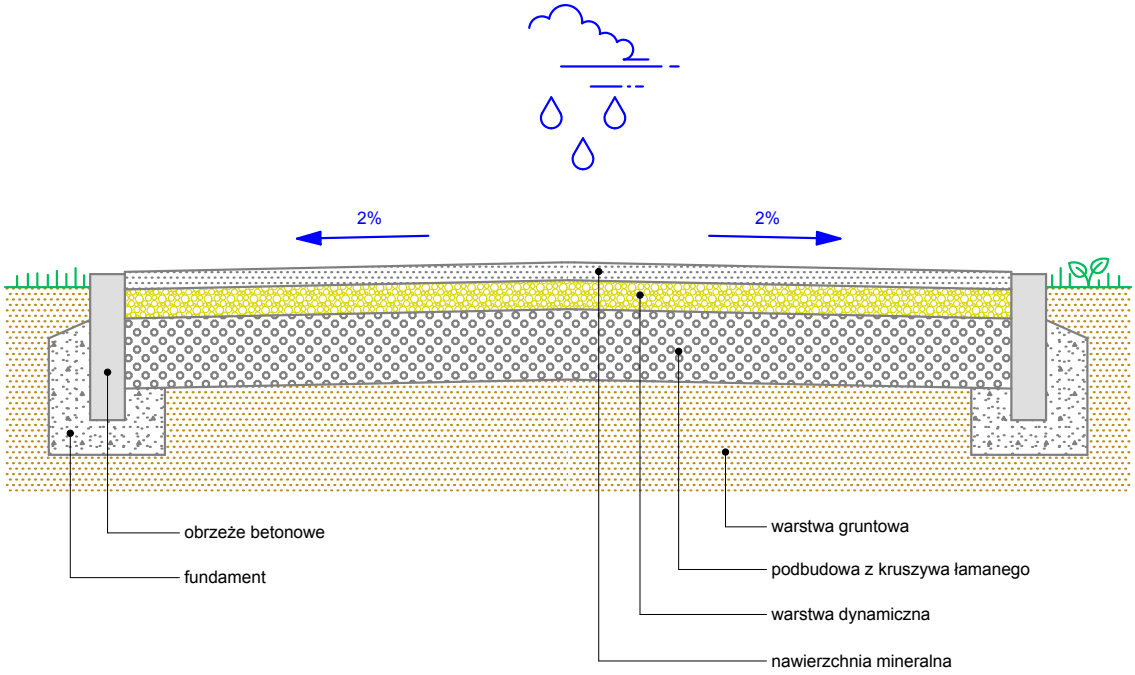
FOT. nr 36/37/38

4.3. NAWIERZCHNIA MINERALNA TYPU ZIEMNEGO

Specyfikacja

Nawierzchnie mineralne typu ziemnego wykonane są z odpowiednio zagęszczonych warstw podbudowy, warstwy dynamicznej oraz warstwy wierzchniej. Kolejne różnią się od siebie wielkością frakcji, co pozwala na zaklinowanie poszczególnych warstw bez ich mieszania. **Nawierzchnia jest całkowicie przepuszczalna oraz umożliwia oddychanie gruntu.** Rozwiązanie wykorzystuje wyłącznie naturalne materiały, przez co nie wpływa negatywnie na środowisko. W celu uzyskania pełnej funkcjonalności podłoża konieczne jest odpowiednie zagęszczenie warstw oraz stabilizacja w pierwszych miesiącach po założeniu. W razie wystąpienia ruchów warstwy wierzchniej można ją w łatwy sposób rozplantować i ponownie zagęścić.

Przykładowy przekrój: nawierzchnia mineralna



Utrzymanie

Nawierzchnia nie wymaga szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych. W przypadku erozji spowodowanej przez czynniki zewnętrzne mechaniczne należy dosypać lub wymienić część nawierzchni i zagęścić.

Przykłady rozwiązań

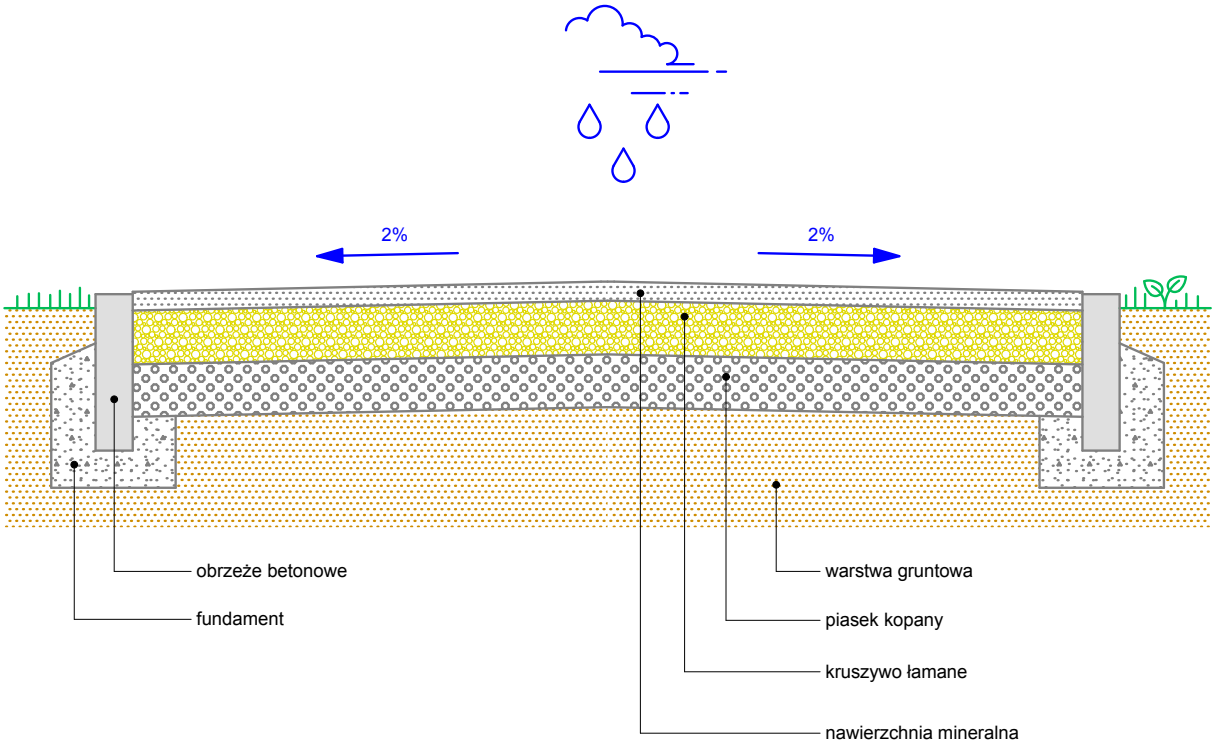
FOT. nr 39

4.4. NAWIERZCHNIA MINERALNO-ŻYWICZNA

Specyfikacja

Nawierzchnia mineralno-żywiczna jest całkowicie przepuszczalna i zbudowana z mieszanki materiału mineralnego (żwir albo grys) oraz niewielkiej ilości żywicy, która na stykach frakcji mineralnej łączy ze sobą drobne kruszywo, pozostawiając pomiędzy nimi puste przestrzenie tworzące strukturę porowatą. Rozwiązanie to może być stosowane jako umocnienie dróg pieszych i jezdnych, parkingów czy placów bez całkowitego uszczelniania tych przestrzeni. Ten typ nawierzchni znajduje swoje zastosowanie również przy budowie kompleksów sportowych. Nawierzchnia mineralno-żywiczna jest odporna na ekstremalne warunki pogodowe. Jej porowata struktura spowalniająca spływ powierzchniowy oraz możliwość odprowadzania wód opadowych i roztopowych bezpośrednio do gruntu w miejscu opadu czynią ją idealnym rozwiązaniem w miejscach, które wymagają konkretnego wzmocnienia.

Przykładowy przekrój: nawierzchnia mineralno-żywiczna



Utrzymanie

Nawierzchnia mineralno-żywiczna wymaga okresowego mycia wodą przy użyciu myjki ciśnieniowej. Zabieg ten jest konieczny, gdyż z czasem porowata struktura nawierzchni zapycha się i potrzebne jest jej przepchanie za pomocą wody pod dużym ciśnieniem. W trakcie eksploatacji rozwiązanie nie wymaga innych zabiegów pielęgnacyjnych.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 40/41

5. NAWIERZCHNIA Z BETONU JAMISTEGO

Specyfikacja

Mieszanka betonowa charakteryzująca się użyciem grubszej frakcji żwiru umożliwia osiągnięcie struktury przepuszczalnej o dużej porowatości. Uzyskany efekt przestworów między frakcjami żwiru związanymi zaczynem cementowym pozwala na swobodną filtrację wód opadowych i roztopowych z nawierzchni w głąb profilu glebowego. W przypadku gruntów przepuszczalnych nawierzchnia nie wymaga warstwy filtracyjnej, natomiast w razie wystąpienia gruntów spoistych lub mniej przepuszczalnych konieczne będzie zastosowanie ok. 15 cm warstwy filtracyjnej. Rozwiązanie można wykorzystać na trasach komunikacji pieszej i kołowej o niedużym natężeniu, na terenach rekreacyjnych czy na terenach zieleni. Nawierzchnia z racji użytego materiału, jakim jest beton, nie powinna być nadużywana w miejscach, w których nie jest konieczna.

Utrzymanie

W trakcie użytkowania nawierzchni, drobne frakcje żwiru oraz inne zanieczyszczenia mechaniczne wraz z transportem wody w głąb gruntu mogą spowodować zatkanie się porowatej struktury nawierzchni. W celu zachowania właściwej przepuszczalności betonu jamistego konieczne jest wykonywanie zabiegu konserwacyjnego polegającego na jednoczesnym myciu i odkurzaniu nawierzchni specjalistycznym sprzętem czyszcząco-ssącym. Dwukrotne wykonanie tego zabiegu (na wiosnę i jesień) zapewni odpowiednie właściwości chłonne nawierzchni z betonu jamistego.

Przykłady rozwiązań

FOT. nr 42/43

MAPA DROGOWA DLA INWESTORÓW

REALIZACJA INWESTYCJI Z ZAKRESU METOD ZAGOSPODAROWANIA WÓD OPADOWYCH

1 KROK **Weryfikacja przebiegu kanalizacji deszczowej na ogólnodostępnych portalach mapowych.**

2 KROK **Obliczenie powierzchni nieprzepuszczalnych (dachów i nawierzchni uszczelnionych i ilości wód opadowych na terenie inwestycji).**

3 KROK **Przeprowadzenie badań gruntowych.**

4 KROK **Wybór rozwiązań retencyjnych z uwzględnieniem warunków gruntowo-wodnych oraz zagospodarowania terenu.**

5 KROK **Projektowanie wybranych rozwiązań.**

6 KROK **Uzyskanie wymaganych decyzji/uzgodnień (jeżeli istnieje taka konieczność).**

7 KROK **Wybór wykonawcy.**

8 KROK **Realizacja inwestycji i nadzór nad jej przebiegiem.**

9 KROK **Zgłoszenie zrealizowanej inwestycji do Aquanet S.A.**

10 KROK **Brak/zmniejszenie opłat za odprowadzanie wód opadowych do kanalizacji.**

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Poniżej przedstawiono wykaz przepisów prawa, norm oraz publikacji naukowych, które stanowiły podstawę przy opracowywaniu niniejszych wytycznych.

- Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.
- Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków.
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych.
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie.

Normy

- PN-EN12201-2+A1:2013-12 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania wody oraz do ciśnieniowej kanalizacji deszczowej i sanitarnej – Polietylen (PE) – Część 2: Rury.
- PN-EN 752:2017-06 Zewnętrzne systemy odwadniające i kanalizacyjne – Zarządzanie systemem kanalizacyjnym.
- PN-EN 1610:2015-10 Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych.
- PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe – Roboty ziemne – Wymagania i badania.
- PN-EN 12056-2:2002 Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków – Część 2: Kanalizacja sanitarna – Projektowanie układu i obliczenia.
- ATV-A-117. ATV-Regelwerk Abwasser. Wytyczne wymiarowania, ukształtowania i eksploatacji zbiorników retencyjnych.
- ATV-A-127. ATV-Regelwerk Abwasser. Wytyczne dla obliczeń statycznych kanałów i sieci odwadniających.
- Standardy Aquanet S.A. „Projektowanie, wykonawstwo sieci wodociągowych i kanalizacyjnych oraz przyłączy – wymagania ogólne".

Literatura naukowa

- Baranowski T., 2013, Problem suszy w mieście, „Zieleń Miejska", z. 1, s. 18-19.
- Geiger W., Dreiseitl H., 1999, Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych, J. Brzeski (tłum.), s. 334.
- Gromiec M., Sadurski A., Zalewski M., Rowiński P., 2014, Zagrożenia związane z jakością wody, „Nauka", nr 1, s. 99-122.

- Januchta-Szostak A., 2008, Błękitna krew miasta. Woda jako ożywcza siła przestrzeni publicznych, „Czasopismo Techniczne. Architektura", R. 105, z. 3-A, s. 21-28.
- Januchta-Szostak A., 2012, Usługi ekosystemów wodnych w miastach, „Zrównoważony rozwój. Zastosowania", nr 3, s. 91-110.
- Romanowicz R.J., Nachalik E., Januchta-Szostak A. i in., 2014, Zagrożenia związane z nadmiarem wody, „Nauka", nr 1, s. 123-148.
- Kędziora A., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczyk P. i in, 2014, Zagrożenia związane z niedoborem wody, „Nauka", nr 1, s. 148-172.
- Kundzewicz Z.W., Zalewski M., Kędziora A., Pierzgalski E., 2010, Zagrożenia związane z wodą, „Nauka", nr 4, s. 87-96.

Fotografie

FOT. nr 1-5, 8, 9, 11-15, 20-28, 42 – zasoby Aquanet Retencja

FOT. nr 6 - http://www.dreiseitl.com/en/portfolio#holalokka (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 7 - http://www.dreiseitl.com/en/portfolio#jeg-eco-garden (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 10 - https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5ae7afd3b105982d79d627e8/1529693892672-D45N7MRJMHF4JE480V4G/image-asset.jpeg?format=1000w (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 16 - http://zielonainfrastruktura.pl/wp-content/uploads/2015/08/BUW_2.jpg (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 17 - http://zielonainfrastruktura.pl/wp-content/uploads/2015/08/BUW_2.jpg (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 18 – https://www.szary-beton.pl/wp-content/uploads/budowa-domu/zbiorniki-bezodplywowe.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 19 - https://viacon.pl/assets/photo/upload/content/Realizacje/Zbiornik%20retencyjny%20)Pozna%C5%84/zbiornik-retencyjny-poznan-pkp-viacon-4-scale-0-800.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 29 –https://sklep.sotex.net.pl/wp-content/uploads/2018/07/gp-flex1.jpg (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 30 - http://novmax.pl/wp-content/uploads/2021/10/Siatki-plastikowe-siatka-wzmacniajaca-podloze-RO2.jpg (dostęp 04.02.2022)

FOT. nr 31 - https://cdn.architekturaibiznes.pl/upload/cms_aktualnosci/2059/images/kadr12/fit/730x480/droga-pozarowa-z-kratki-geosystem-gmax-49453.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 32 - https://cdn.architekturaibiznes.pl/upload/cms_aktualnosci/2058/images/kadr12/fit/730x480/parking-wykonany-z-kratki-geosystem-g-max-49451.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 33 - https://www.quarrymagazine.com/wp-content/uploads/2020/10/P1010086-1024x768.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 34 - https://landezine.com/farum-midtpunkt-by-ramboll-architecture-and-urban-development/ (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 35 - https://landezine.com/farum-midtpunkt-by-ramboll-architecture-and-urban-development/ (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 36 - https://budownictwob2b.pl/i/images/7/1/3/dz05OTcmaD02NjQ=_src_197713-polbruk_azurowe.jpg (dostęp 28.01.2022)

FOT. nr 37 - https://common.v-manager.pl/uploads/images/articles/70748/fotnovatordiagonaleco-077442001639391283.webp (dostęp 28.01.2022)
FOT. nr 38 - https://budownictwob2b.pl/i/images/7/2/0/dz0xNjAwJmg9MjE1MQ==_src_197720-405821-f9e3-1600x0_polbruk-petra2.jpg (dostęp 28.01.2022)
FOT. nr 39 - https://cdn.galleries.smcloud.net/t/galleries/gf-YK7j-o6FM-2Tx2_zwirowe-sciezki-w-ogrodzie-1008x442.jpg (dostęp 28.01.2022)
FOT. nr 40 - https://solidstet.com/images/mineralno-zywiczne/mineralno-zywiczna_g1.png (dostęp 28.01.2022)
FOT. nr 41 - https://www.eurogoma.pl/wp-content/uploads/2017/02/Podkowa-Lesna-zdj02.jpg (dostęp 28.01.2022)
FOT. nr 43 - https://budujemydom.pl/i/2020/10/07/396438-4128-1100x0-sc1x5_cemex-beton-pervia1-budujemydompl.jpg (dostęp 28.01.2022)

ZESPÓŁ AUTORSKI:
Jakub Smykowski
Justyna Walczak
Maciej Wudarski

ZESPÓŁ REDAKTORSKI:
Dominik Kalemba
Anna Mierzwa
Krzysztof Piątkowski

AQUANET RETENCJA