

RETENCJA

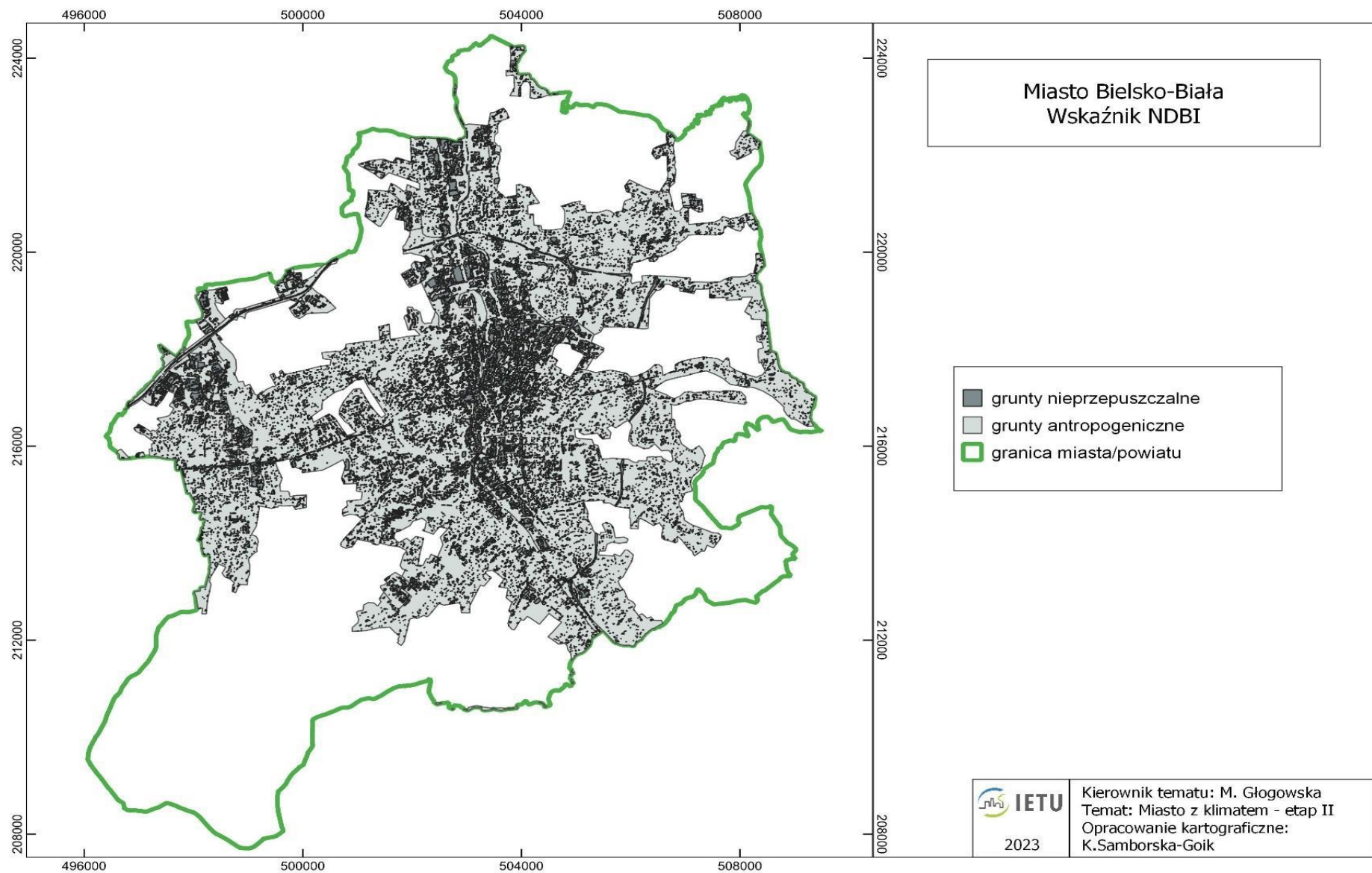
KATALOG DOBRYCH PRAKTYK DLA WYKONAWCÓW INWESTYCJI

Gospodarowanie zasobami wód w miastach w obliczu zmian klimatycznych napotyka wiele trudności. Infrastruktura, obiekty hydrotechniczne, które były używane przez długi czas, niszczej. Natomiast postępująca antropopresja, która uszczelnia powierzchnię, usuwa drzewa, łąki i tereny podmokłe, całkowicie zmienia cykl hydrologiczny w mieście. Do niedawna celem gospodarki wodnej na terenie miasta było jak najszybsze odprowadzenie wód opadowych z terenów zurbanizowanych.

Obecnie, w obliczu suszy i pogłębiającego się deficytu wód dobrej jakości oraz wzmożonego spływu w trakcie deszczy nawalnych, zagospodarowanie wód opadowych i wprowadzenie błękitno-zielonej infrastruktury, która redukuje zagrożenia i adaptuje do zmian klimatycznych, jest koniecznością.

Antropopresja niesie za sobą większe ryzyko wystąpienia ekstremalnych zjawisk atmosferycznych i hydrologicznych. Działalność człowieka ma wpływ na częstotliwość występowania niszczących susz i powodzi. Wycinanie i niszczenie zieleni, uszczelnianie podłoża, regulowanie rzek i postępująca urbanizacja odbija się negatywnie na bilansie wodnym i jakości wód.

Gęsta zabudowa mieszkaniowa i usługowo-przemysłowa koreluje się z wysokim poziomem uszczelnienia gruntu i wysokimi wartościami spływu powierzchniowego. Uszczelnienie gruntu jest definiowane jako zniszczenie albo przykrycie powierzchniowej warstwy gruntu przez materiał słabo- lub nieprzepuszczalny.



Remedium na zmieniającą się częstotliwość i intensywność opadów oraz przepływów rzecznych jest retencjonowanie wody, czyli gromadzenie i oddawanie, kiedy panuje susza.



W ostatnich dekadach bilans hydrologiczny uległ znacznemu przekształceniu. Zwiększa się ilość wody spływającej i znacząco zmniejsza potencjał retencyjny w zlewniach. Uproszczenie schematu hydrograficznego, sieć melioracyjna, waty i regulowanie rzek przyczyniają się do zmniejszenia potencjału retencjonowania. Dodatkowo powracające okresy suszy uszczuplają zasoby wilgoci glebowej i wód gruntowych.



W ramach usługi eksperckiej w zakresie retencji w mieście Bielsko-Biała wykonano prace studialne dotyczące rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury, ich skuteczności i optymalnego zastosowania. Efektem jest zestawienie rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury.




Celem tego zestawienia jest wskazanie istniejących na rynku rozwiązań wraz z zaleceniami zastosowania, ale także ograniczeniami. W poniższej tabeli określono, gdzie dana implementacja będzie najkorzystniejsza biorąc pod uwagę zagospodarowanie terenu i warunki spływu. Należy podkreślić, że katalog jest podstawą do rekomendacji pod przyszłe inwestycje miasta w rozwój błękitno-zielonej infrastruktury, ale rekomendacje nie są jeszcze projektem prac, a jedynie propozycją co może zostać wykonane. Przyszłe prace muszą uszczegóławiać warunki techniczne i ekonomiczne realizacji danego rozwiązania. Poniższy katalog oparto na informacjach zawartych w katalogach dla miast: Katowice (Gorgoń i in., 2020), Bydgoszczy (Adamowski i in., 2017), Wrocławia (Lejcuś i in., 2017, 2021), Łodzi (Klosse i in., 2022), oraz dokumentu przygotowanego przez fundację Sendzimira (Iwaszuk i in., 2019).



Zestawienie rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury przygotowane przez IETU w ramach usługi diagnostycznej dla projektu „Doradztwo strategiczne w ramach projektu Miasto z Klimatem – etap II”


| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zielone dachy ekstensywne | Dachy w uprawie ekstensywnej charakteryzują się niewielkim ciężarem oraz nakładem pracy potrzebnej do ich pielęgnacji. Są to układy cienkowarstwowe. Do obsadzeń stosuje się przede wszystkim rośliny z rodziny Sedum (rozchodniki), a także mszaki i trawy. |  | 11–30% rocznego opadu dla klimatu chłodnego (Johannessen i in., 2018). 25% - 100% (Baryła i in., 2017) - warunki polskie. Uwaga: 100% skuteczności dla miesiąca suchego 34 - 59%. (Wang i in., 2021). | Płaskie dachy powinny zapewniać minimalny spadek, konstrukcja powinna brać pod uwagę ciężar gruntu, wody i roślin. Możliwość wycieków, nie powinno się umieszczać nad infrastrukturą krytyczną. Dodatkowe koszty związane nie tylko z budową, ale i utrzymaniem zieleni. Dachy te wymagają od 5 do 15 cm gruntu. | W miejscach występowania miejskiej wyspy ciepła, magazyny, garaże, budynki istniejące i niskobudżetowe. |
| Zielone dachy typu intensywnego | Dachy intensywne, znane jako ogrody dachowe lub tarasy zielone, to przeniesienie tradycyjnych ogrodów na dach. Dachy zielone intensywne charakteryzują się wysokim układem warstw, od 20 cm do nawet 2-3 m wysokości i dużą różnorodnością biologiczną. Są dostosowane do funkcji rekreacyjnej. |  | Średnia retencja 65,7% (Speak i in., 2013), średnia retencja 88.6% (Razzaghmanesh, I Beecham 2014) 90% (FLL, 2002). | Płaskie tarasy, które są w stanie utrzymać ciężką konstrukcję (powyżej 15 cm gruntu), rośliny, w tym drzewa, wodę w gruncie. | W miejscach występowania miejskiej wyspy ciepła, raczej miejsca komercyjne, użyteczności publicznej, gdzie ludzie mogą mieć stały dostęp. |



| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maty drenażowe | <p>Mata retencyjno-drenażowa to uniwersalny element błękitno-zielonej infrastruktury, który magazynuje, filtruje, i rozdziela wodę deszczową.</p> |  | <p>50–60% (Baryła 2019)</p> | <p>-</p> | <p>Na zwykłe i zielone dachy. Polecana na dachy bezspadkowe. Do drenażu chodników, dróg jezdnych, wałów przeciwpowodziowych, ścian oporowych, przęseł mostów i fundamentów, skarp, wałów przeciwpowodziowych, konstrukcji inżynierskich wymagających skutecznego odprowadzania wód.</p> |
| Systemy rozsączające | <p>Skrzynki rozsączające umieszczone pod ziemią pozwalają na zebranie nadmiaru wody deszczowej powierzchni utwardzonych, a następnie stopniowym rozprowadzeniu jej w otaczającym gruncie. Istnieją dwa systemy, podstawowy, który umożliwia tylko rozsączanie wody deszczowej oraz system retencyjno-rozsączający z podziemnych zbiornikiem na deszczówkę.</p> |  | <p>Pojemność retencyjna zależy od modelu (od 200 do 500 l). Zdolność akumulacyjna systemów skrzynkowych wynosi aż 950 litrów/m².</p> | <p>Przy projektowaniu należy wziąć pod uwagę intensywność opadów, współczynnik filtracji gruntu, powierzchnię itp. Odległość systemu od budynków, które nie posiadają izolacji musi wynosić minimum 6 m. Należy zachować bezpieczny odstęp od drzewostanu (średnica korony drzew). Dolna powierzchnia skrzynek powinna zaś znajdować się min. 1 m poniżej poziomu wody gruntowej, 2 metry od granicy z sąsiednią działką lub drogą publiczną, 30 metrów od studni dostarczającej wodę</p> | <p>Takie rozwiązanie sprawdzi się zarówno przy budynkach w zabudowie rozproszonej, jak również w terenach dróg (ścieżki rowerowe, drogi o małym i umiarkowanym natężeniu ruchu). Najczęściej powierzchnia, którą można przeznaczyć do rozsączania jest mała. Kombinację takich rozwiązań z filtrem glebowym można stosować zarówno poza pasami drogowymi, jak również z powodzeniem mogą one zastąpić wysepki spowalniające ruch.</p> |



| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Przepuszczalne nawierzchnie – kostka brukowa</p> | <p>Wszystkie tego typu rozwiązania składają się z zewnętrznej, porowatej konstrukcji nośnej i podłoża, które magazynuje infiltrującą wodę. PICP (permeable interlocking concrete pavements) - kostka brukowa, to rozwiązanie, które polega na układaniu kamieni, kostek kamiennych, betonowych lub ceramicznych, tak aby pozostawały między nimi wolne przestrzenie, które wypełnia się wysoko przepuszczalnym materiałem. Kostkę brukową układa się na podsypce, podbudowie i warstwie odsączającej.</p> |  | <p>Infiltracja wynosi od 14 mm/h do 198 mm/h w zależności od wieku materiału - (Borgwardt 2015).</p> | <p>spożywaną przez ludzi jeśli rozsączone są ścieki.</p> <p>PICP charakteryzuje się wyższymi kosztami związanymi z instalacją, uzupełnianiem materiału przepuszczalnego i oczyszczaniem z roślin przestrzeni pomiędzy kostkami.</p> | <p>PICP odpowiedni do placów, patio, małych parkingów, rynków, ulic. Łatwiej utrzymać jego powierzchnię w dobrym stanie w porównaniu do cementu i jest prościej czyścić kiedy powierzchnie pomiędzy kostkami ulegają kolmatacji.</p> |
| <p>Powierzchnie przepuszczalne – przepuszczalny beton</p> | <p>PC – przepuszczalny beton to mieszanina pozbawiona frakcji najdrobniejszej. PC posiada dodatkowe puste przestrzenie, którymi woda infiltrująca może migrować. Beton przepuszczalny ma fakturę gruboziarnistą, aczkolwiek istnieje możliwość wytworzenia mieszaniny, której powierzchnia jest gładka.</p> |  | <p>Przepuszczalność wynosi 80-720 l/m²/min – (Obla, 2010).</p> | <p>Mieszanie produktu i jego instalacja wymagają szczególnej kontroli. Powierzchnia może podlegać szybkiej degradacji, eroduje pod wpływem soli. Utrzymanie przepuszczalnej powierzchni jest kluczowe dla właściwej eksploatacji tej nawierzchni. Jeśli przepuszczalność taka</p> | <p>PC nie jest tak odporny i wytrzymały jak zwykły cement, ale może być stosowany na parkingach i ulicach wewnątrz miast.</p> |


| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | zostanie utracona materiał powinien być wymieniony. | |
| Powierzchnie przepuszczalne – przepuszczalny asfalt | PA – przepuszczalny asfalt to mieszanka bez frakcji najdrobniejszej, w związku z tym jest bardziej porowaty i charakteryzuje się lepszą przepuszczalnością. Asfalt przepuszczalny ma fakturę gruboziarnistą. |  | 39 do 118 mm/min (Knappenberger i in., 2017). | Produkcja i instalacja musi być prowadzona pod kontrolą, użytkownicy usługi powinni być poinformowani, że nie jest to zwykły asfalt. Materiału nie należy okrywać dodatkowymi warstwami i stosować uszczelniaczy. | Parkingi, drogi. |
| Powierzchnie przepuszczalne – ażurowe | CGP – powierzchnie ażurowe, można nazwać prototypem kostki brukowej, rozwiązanie składa się z modułów o dużych otwartych przestrzeniach, wypełnionych kruszywem, piaskiem, gruntem lub trawą. |  | 0.8 mm/min do 1.4 mm/min (Bean i in., 2007). | Ograniczony ruch samochodowy. | Dodatkowe, tymczasowe parkingi, pasy pożarowe, skrzyżowania, nasypy. |
| Suche zbiorniki retencyjne | Zasada działania suchych zbiorników przeciwpowodziowych polega na przechwyceniu w czaszy zapory fali powodziowej o danym prawdopodobieństwie wysokości oraz umożliwieniu ciągłego odpływu wody o ilości nieprzekraczającej określonego przepływu. |  | Pojemność retencyjna jest ściśle uzależniona od projektu, w Polsce w Sudetach mieści się w zakresie od 0,5 do 16,74 mln m3 (Lenar-Matyas i in., 2009). | Jego wielkość określana jest indywidualnie w zależności od terenu. Przyrodniccy postulują o użytkowanie zbiornika przy dużych przepływach, natomiast projektanci, kierując się obliczeniami hydrotechnicznymi, proponują zwykle rozpoczynanie piętrzenia już przy mniejszych wezbraniach. | Zmiany w obrębie czaszy suchych zbiorników przeciwpowodziowych są wielokrotnie mniejsze niż w obrębie zbiorników wielofunkcyjnych. Powierzchnia zbiornika może być użytkowana jako łąki, pastwiska, mogą być zachowane starorzecza, zarośla i zadrzewienia wzdłuż koryta rzeki. Nie ma tu potrzeby trwałego zatopienia gruntu, jak |



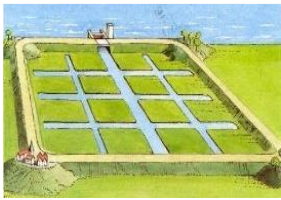
| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | Dyskusyjne jest też usuwanie lub zachowanie drzew w obrębie czaszy suchych zbiorników. | w przypadku klasycznych zbiorników retencyjnych. |
| Powierzchniowy zbiornik retencyjny | <p>Zbiornik retencyjny to sztuczny zbiornik wodny, który powstaje zazwyczaj na rzece dzięki zaporze tamującej odpływ wody. Zadaniem zbiornika retencyjnego jest magazynowanie wody w okresach jej nadmiaru i umożliwienie wykorzystania w czasie jej niedoboru. Zbiorniki retencyjne powstają także w ramach tzw. małej retencji (pojemność do 5 mln m³). Należą do nich obiekty różnego typu i wielkości – od zbiorników na deszczówkę, oczka wodne, po podpiętrzenia cieków z wykształconymi zalewami, niekiedy dość rozległymi.</p> |  | <p>Obecnie całkowita ilość zmagazynowanej wody w istniejących zbiornikach retencyjnych w Polsce wynosi ok. 4 mld m³, co stanowi tylko nieco ponad 6,5% objętości średniorocznego odpływu rzeczno-egzogenicznego. Tymczasem średnia w UE to 20%, a w Hiszpanii nawet 45%.</p> | <p>Ograniczenia wynikają ze specyfiki terenu i projektu . Duże zbiorniki wielofunkcyjne przegradzają koryta rzeki, na większości z nich brak jest przepławek lub kanałów obiegowych dla ryb co prowadzi to do zaniku wielu ich populacji w danych ciekach. Niektóre zbiorniki, zwłaszcza nieduże i dłużej funkcjonujące w warunkach znacznego doływu zanieczyszczeń, mogą wpływać negatywnie na jakość wody cieków zasilającego.</p> | <p>Duże zbiorniki retencyjne powinny powstawać na największych rzekach, - w terenach górskich. W większości przypadków po wybudowaniu zaporowego zbiornika małej retencji wzrasta znaczenie rekreacyjne terenów sąsiadujących. Zbiorniki małej retencji powinny powstawać przy drogach ekspresowych, ulicach zbiorczych i lokalnych, na terenach zielonych, nieużytkach i wyznaczonych parcelach.</p> |
| Ogród deszczowy | <p>Ogród deszczowy to niewielkie obniżenie terenu z roślinnością o zróżnicowanym składzie gatunkowym. Ogrody deszczowe lokalizowane są najczęściej na</p> |  | <p>Retencja ściśle zależy od przepuszczalności gruntu, częste intensywne deszcze mogą transportować drobniejszą frakcję gruntu, która zatyka pory i znacząco zmniejsza infiltrację wody. Średnia infiltracja 2.37 m/d,</p> | <p>W przypadku ogrodu typu donica nie dopuszcza się lokalizacji w strefach nad sieciami podziemnej infrastruktury technicznej, z uwagi na utrudnione prowadzenie prac remontowych. Nie jest</p> | <p>Pomiędzy jezdnią a chodnikiem/drogą rowerową lub pomiędzy chodnikami/drogami rowerowymi. Do stosowania na gruntach przepuszczalnych, półprzepuszczalnych.</p> |



| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>krótszych niż muldy fragmentach ulic. Ich forma jest zróżnicowana: od naturalnej organicznej, po geometryczną, czy zagłębioną w gruncie donicę.</p> | | <p>redukcja spływu od 77 do 94 % - (Tang i in., 2016). Retencja 32 do 100% (Hou i in., 2020).</p> | <p>rekomendowane lokalizowanie ogrodów na obszarach o dużym spadku terenu (1 - 5 %).</p> | |
| <p>Niecka</p> | <p>Niecka retencyjna to łagodne zagłębienie w terenie, w którym czasowo gromadzi się woda opadowa (maksymalnie na do 2 dni). Może być ona porośnięta trawą lub roślinami znoszącymi czasowe zalewanie i odpornymi na suszę.</p> |  | | <p>Niecka powinna znajdować się co najmniej 5 m od budynków. Jeśli wody gruntowe są płytko, nie jest zalecana budowa niecki. Jeżeli niecka nie zostanie uszczelniona folią, podczyszczona woda będzie przesiąkać w głębsze warstwy gruntu, zamiast gromadzić się w zbiorniku. Samodzielna budowa takiej niecki wymaga wykonania podziemnej instalacji rur łączących studzienkę gromadzącą wodę i podłoże pod niecką.</p> | <p>Idealną nieckę cechuje niewielkie nachylenie terenu, wysoki wskaźnik przenikania przepuszczalności gleby. Niecki retencyjne warto budować przy terenach utwardzonych takich jak droga dojazdowa, parking, dach czy taras. Najłatwiej stworzyć ją na działce o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu poprzez nasadzenie kompozycji roślinnych w istniejącym lub nowo utworzonym zagłębieniu. Najlepiej nieckę zaplanować w miejscu, do którego woda będzie naturalnie spływać.</p> |

| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zielona ściana | Zielona ściana odnosi się do każdej formy roślinności rosnących na ścianie, zieleni nie zajmuje przez to wiele powierzchni, co ma znaczenie na obszarach zurbanizowanych. Ściana jako ożywiona forma przestrzenna może być rozpatrywana w formie struktury biologicznie czynnej, użytkowej |  | Zdolność retencyjna 45-75% (Webb, 2010). 4–8 L/day/m ² (Pirouz i in., 2020). | Zielone ściany wymagają pielęgnacji, nawodnienia, wymiany, przycinania. Istnieje ryzyko zalania, należy rozpatrzyć zastosowanie na budynkach zabytkowych. Elementy roślin mogą także powodować zniszczenia na elewacji i strukturze budynku. Każdy system musi być odizolowany od ściany materiałem wodoodpornym typu membrana. Następnym bardzo ważnym elementem jest zachowanie kilkucentymetrowej przerwy wentylacyjnej. | Obiekty nowopowstałe, użytkowe po rozpatrzeniu projektu. |
| Pasy buforowe | Pasy buforowe to obszary pokryte naturalną roślinnością na skraju pól, na gruntach ornych, przy infrastrukturze transportowej i ciekach wodnych. Pasy buforowe i żywopłoty dają dobre warunki infiltracji wody i spowalniania przepływów. Mogą one również znacznie zredukować ilość zawiesin, azotanów i fosforanów pochodzących ze spływów rolniczych. |  | Skuteczność pasów buforowych zależy od szerokości pasa, nachylenia i rodzaju gleby, warunków klimatycznych. Pasy buforowe ograniczają spływy o 50 do 78% (https://straznicy.wwf.pl/wp-content/uploads/2020/09/Przewodnik-zatrzymywanie-wody-EU.pdf). Zdolność do retencji od 9% do 100% (Helmerts i in., 2008). | Nachylenie powinno wynosić od 1 do 5%, spływ powinien być równomierny, a minimalna szerokość powinna wynosić 6 m. Nie należy stosować ciągłych nasadzeń drzew, powodujących nadmierne ocienienie zwierciadła wody (za właściwe uważa się wykonanie pasów na 2/3 długości brzegów). Niedopuszczalne jest stosowanie gatunków obcych. | Wzdłuż potoków, kanałów, w pobliżu pól i dróg. Pasy brzegowe powinny mieć wielogatunkowy skład, obejmujący gatunki rodzime. |

| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muldy chłonne | <p>Mulda chłonna to szerokie zagłębienie terenu z łagodnie nachylonymi skarpami, porośnięte najczęściej roślinnością zielną. Mulda chłonna projektowana jest najczęściej na dłuższych, odcinkach ulicy. Może być przerywana z uwagi na konieczność lokalizacji studni np. studni kanalizacji sanitarnej lub wodociągowej.</p> |  | <p>40 to 75% (Shafique i in., 2018), 15%–82% - (Ekka i in., 2021).</p> | <p>W przypadku braku możliwości połączenia z warstwą przepuszczalną niezbędna jest konieczność odprowadzenia nadmiaru wód do kanalizacji burzowej, zbiornika retencyjnego itp. W przypadku gruntów przepuszczalnych – najwyższy przewidywalny poziom wód gruntowych poniżej dna wykopu. W przypadku gruntów spoistych – w podłożu niezbędna częściowa wymiana gruntów i zapewnienie możliwości odprowadzenia nadmiaru wód do odbiornika.</p> | <p>Szerokość od 1,0 do 2,5 m, głębokość minimalna 0,2 m; przy czym głębokość muldy nie powinna przekraczać 20% jej szerokości. W celu zabezpieczenia przed erozją zaleca się umocnienia dna muldy. Lokalizacja w pasie drogowym: pomiędzy jezdnią a chodnikiem/drogą rowerową lub pomiędzy chodnikami/drogami rowerowymi. Nad sieciami wodociągowymi i sanitarnymi.</p> |
| Rowy chłonne | <p>Rów chłonny to liniowe rozwiązanie odwadniające towarzyszące trasom komunikacyjnym. Zaprojektowane w celu zatrzymania wody i spowolnienia jej splywu. Infiltracja wód opadowych następuje przez wsad żwirowy. W warstwie infiltracyjnej – jeśli istnieje taka potrzeba – umieszcza się rurę perforowaną, przez</p> |  | <p>60% w długim okresie użytkowania – (Bergman i in., 2011).</p> | <p>Rowy należy budować na glebach przepuszczalnych o niskiej zawartości gliny. Rów najlepiej zlokalizować na stosunkowo płaskim terenie. Dno rowu powinno znajdować się co najmniej 1 m powyżej maksymalnego poziomu wód gruntowych. Rowów nie można budować w pobliżu budynków i gdy wody gruntowe są zanieczyszczone. Rowy nie</p> | <p>Jego głębokość powinna wynosić około 1–2 m, szerokość 1–2,5 m i głębokość do 1,8 m. Rowy stosowane są głównie do odwadniania małych powierzchni, ciągów komunikacyjnych o małym natężeniu ruchu, parkingów, ciągów pieszych, ulic lokalnych, dróg dojazdowych i wewnętrznych, dróg</p> |

| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | którą nadmiar wody kierowany jest do kolejnych elementów systemu. | | | spełnią swojej funkcji na stromych zboczach i w miejscach, gdzie podłoże jest luźne i niestabilne. | rowerowych. W pobliżu boisk, terenów rekreacyjnych. |
| Fioletowe dachy | Jest zbudowany w 100% z materiałów naturalnych zapewnia retencję i detencję, to znaczy, że zatrzymuje wodę, która może odparować lub odpłynąć. Jest skuteczniejszy od dachu zielonego. |  | Redukcja spływu od 70 do 95% (https://www.sempergreen.com/us/solutions/green-roofs/frequently-asked-questions-green-roof/stormwater-management), pojemność retencyjna od 7 do 88% - (Alim i in., 2023). | Prawdopodobnie ograniczenia konstrukcyjne jak w przypadku dachów zielonych ekstensywnych. | Zalecenia, takie jak w przypadku zielonych dachów, ze względu na dodatkową warstwę mogącą chłonąć wodę doskonale sprawdzą się w miejscach o częstych i intensywnych opadach. |
| Zbiorniki antykompresyjne dla drzew | Pojedyncze drzewa zasadzone w specjalnie przygotowanych zbiornikach retencyjnych lub retencyjno-infiltracyjnych, do których odprowadzane są wody deszczowe i roztopowe. Połączenie kilku drzew podziemnym systemem drenów zwiększa efektywność rozwiązania. Woda powoli infiltruje do warstwy drenażowej lub gruntu. |  | Zdolność retencyjna pojedynczej konstrukcji z drzewem jest niewielka (rozwiązanie punktowe dla małych zlewni). Konstrukcje magazynujące wodę wokół drzew sprawdzają się w przypadku dość częstych opadów o małym nasileniu, mediana retencji 60% (Grey i in., 2018). | Ograniczenia stosowania dotyczą ściślej miejskiej zabudowy i miejsc, gdzie drzewa ograniczają widoczność. Teren wokół konstrukcji powinien opadać pod kątem 1–3%, kierując wody opadowe pod drzewo. System musi mieć połączenie z siecią kanalizacyjną w celu zapewnienia odpływu nadmiaru wód opadowych. Rozwiązanie wymaga przestrzeni ponad poziomem gruntu (ograniczonej przez budynki, elementy oświetlenia i oznakowania) oraz miejsca | Wszystkie rodzaje dróg, parkingi, place. Pojedyncze drzewa są wykorzystywane dla małych zlewni, połączenie w systemy zwiększa efektywność rozwiązania. Aby zapewnić efektywność systemu i ograniczyć negatywny wpływ na otaczającą infrastrukturę, należy zwrócić szczególną uwagę na właściwy dobór gatunków drzew. |

| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Korytka sphywowe | Łatwe w utrzymaniu liniowe odprowadzenie powierzchniowe wód opadowych z dróg wewnętrznych i powierzchni wokół domów. Rozwiązanie to pozostawia przestrzeń na kreatywność. |  | | dla korzeni pod poziomem gruntu. Korytka, wykonane w podłożu z gruntu rodzimego lub nasypowego, powinny być wyprofilowane zgodnie z projektowanymi spadkami podłużnymi i poprzecznymi, przy minimalnym nachyleniu 0,2%. | Warto o nich pomyśleć, gdy budowa kanalizacji jest zbyt kosztowna lub utrudniona. Korytka sphywowe można budować z gotowych elementów lub za pomocą bruku klinkierowego lub kamiennego, nadając im dowolne meandrujące kształty. Parki, parkingi, osiedla, domy jednorodzinne. |
| Fontanna z retencją | Takie rozwiązanie umożliwia połączenie „przyjemnego z pożytecznym”, dzięki wprowadzeniu elementu małej architektury w postaci fontanny podnosi się jakość przestrzeni publicznej; zaś fontanna wyposażona jest w zbiornik do gromadzenia wody opadowej, przelewy i instalacje obiegowe. |  | Skuteczność jest taka sama jak zbiornika retencyjnego, na którym zainstalowana jest fontanna. Natomiast fontanna zwiększa napowietrzenie wody, w związku z tym w zbiorniku występują lepsze warunki do życia roślin i ryb. | Ograniczenia stosowania takie same jak w przypadku powierzchniowych zbiorników retencyjnych. | Parki, skwery, obszary użyteczności publicznej. |
| Zbiorniki detencyjne/ polder przeciwpowodziowy | Polder to obszar depresyjny, otoczony przez zabezpieczenia przeciwpowodziowe. Poziom wody w polderze jest niższy niż w okolicy i może być sztucznie regulowany. Poldery są przecinane przez kanały, |  | Skuteczność i pojemność ściśle zależna od projektu i wielkości. W Polsce zbiornik Kańczuga – 62,4 ha i rezerwa powodziowa 3,09 mln m ³ , polder Żelaza 400 ha, 10 mln m ³ , zbiornik Racibórz Dolny 26,3km ² i pomieści 185 mln m ³ . | Zbiornik powinien być lokalizowany na obszarach o niskiej wartości przyrodniczej, w szczególności budowa zbiornika nie może odbywać się kosztem cennych gatunków oraz siedlisk przyrodniczych. | Budowa w naturalnych zagłębieniach, czasza zbiornika powinna zachowywać naturalną morfologię doliny rzeki. Należy zapewnić warunki rozwoju roślinności typowej dla terenów zalewowych. |

| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>gdyż konieczne jest, aby woda z rowów melioracyjnych dobrze przepływała. Polder może być wykorzystany jako pastwiska oraz pola uprawne.</p> | | | | |
| Zbiorniki na deszczówkę | <p>Naziemne zbiorniki do magazynowania wód opadowych to jedno z najprostszych rozwiązań gospodarowania wodami opadowymi. Znajdują zastosowanie na prywatnych posesjach.</p> |  | <p>Pojemność od kilkuset litrów do 75 tys. l, skuteczność w sezonie można zebrać około 60% opadów – (https://kwietnik.pl/zbiorniki-na-deszczowke).</p> | <p>Konieczność systematycznego oczyszczania filtrów, rynien oraz dachów, szczególnie w przypadku płaskich konstrukcji; zbiorniki o dużych pojemnościach zajmują dużą powierzchnię.</p> | <p>W przypadku tradycyjnej beczki należy lokalizować zbiornik w zacienionym miejscu, aby uniknąć namnażania się bakterii i glonów. Budynki mieszkalne ogródki działkowe.</p> |
| Renaturyzacja rzek i mokradł | <p>Renaturyzacja to przywrócenie rzece, uprzednio uregulowanej, stanu zbliżonego do naturalnego. Renaturyzacja jest na ogół procesem długotrwałym, w skład którego wchodzi różnego rodzaju przedsięwzięcia techniczne oraz samoistne tzn. realizowane przez samą naturę.</p> |  | <p>Pojemność retencyjna zwiększona o 28% (Lüderitz i in., 2004). Projekt renaturyzacji polskich rzek ma dać objętość 1149,2 milionów m³ – (https://www.gov.pl/web/rencja/materialy-drukowane---do-pobrania).</p> | <p>Przygotowanie samej koncepcji działań renaturyzacyjnych wymaga przeprowadzenia szerokich i wnikliwych badań hydrologicznych, hydraulicznych etc. Renaturyzacja rzek należy do przedsięwzięć, których realizacja napotyka na różne i liczne trudności i ograniczenia. Ich identyfikacja na etapie przygotowania inwestycji jest niezbędna, gdyż mogą wykluczyć realizację renaturyzacji.</p> | <p>Działania renaturyzacyjne mogą być realizowane w korycie rzeki, w strefie brzegowej na obszarze doliny oraz na doptywach. Zamiana stopni hamujących erozję na pochylnie umożliwiające komunikację organizmów wodnych, likwidacja szczelnych umocnień). Prace, które po zakończeniu nie tworzą gotowego elementu zrenaturyzowanej wody, lecz zapoczątkują proces przyrodniczy,</p> |

| Nazwa | Opis | Zdjęcie/Rysunek | Informacje o skuteczności | Ograniczenia | Zalecenia |
|-------|------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | <p>Jako najważniejsze ograniczenia renaturyzacji rzek można wskazać:</p> <ul style="list-style-type: none"> - powiązanie gospodarcze aktualnego stanu rzeki, - możliwości techniczne, - względy ekonomiczne, - względy przyrodnicze, - uwarunkowania własnościowe. Osoby zaangażowane w renaturyzację rzeki muszą być świadome, iż projekt nie zakończy się wraz z oficjalnym oddaniem do użytkowania. | <p>który ma przywrócić naturalność, np. poprzez nasadzenia roślin; uzupełnianie wypadłych drzew i krzewów; zaniechanie niektórych działań (obcych środowisku) z zakresu utrzymania wód i pozostawienie ich samym tylko oddziaływaniom przyrody.</p> |