Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Ogólnopolski Konkurs

ZRÓWNOWAŻONE ŚRODOWISKO

Przewodnik po edycji 22/23'

Zagospodarowanie wód opadowych

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Konkurs o indeks PW

„ZRÓWNOWAŻONE ŚRODOWISKO”

Edycja 22/23’ – Zagospodarowanie wód opadowych

Autorzy Przewodnika:

Łukasz Szarek

Łukasz Krysiak

Partner Konkursu

ARCADIS

Patronat Honorowy

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

GENERALNA DYREKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Izba Gospodarcza WODOCIĄGI POLSKIE

POLSKA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

PZITS

Sekcja Konstrukcji Hydrotechnicznych Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej Polska Akademia Nauk

SITWM

Patronat medialny

CIEPŁOWNICTWO OGRZEWNICTWO WENTYLACJA
DISTRICT HEATING, HEATING, VENTILATION

Cogito

Gaz, Woda i Technika Sanitarna
Gas, Water & Sanitary Engineering

GOSPODARKA WODNA

INSTAL

INSTAL REPORTER

Opinie Uczelniach

Perspektywy

POLSKI instalator

RI RYNEK INSTALACYJNY

uczelnie.info.pl
MATURA STUDIA KARIERA

WSZYSTKO DZIAŁA!
MAGAZYN NOWOCZESNEGO INSTALATORA

Temat Konkursu – omówienie w pigułce

Wasze zadanie rozpoczyna się od wyboru miejsca w Waszej miejscowości, które Waszym zdaniem potrzebuje zmiany. Może to być zabetonowany plac miejski, zaniedbany skwer, regularnie podtapiany parking, itp. Pamiętajcie, że to Wasz wybór, z reguły to mieszkańcy najlepiej wiedzą, czego brakuje w ich okolicy. Pierwszym krokiem ku poprawie tego miejsca jest dokładne rozpoznanie problemu, a więc analiza. W tej części dobrze gdybyście odwiedzili Wasze miejsce i krytycznie mu się przyjrzeli, a więc przeprowadzili tzw. wizję lokalną, może nawet porozmawiali ze spotkanymi tam ludźmi, czyli zebrali dane od użytkowników. Dzięki temu będziecie mogli sformułować problemy, które chcecie rozwiązać. Może to być zbyt mała ilość cienia i zieleni, zbyt duża ilość betonu, itp. Dzięki identyfikacji problemu będziecie w stanie zaproponować rozwiązania, które pozwolą na zmianę.

Planując zmiany dla Waszych miejsc pamiętajcie, że w miastach zawsze musimy myśleć o wodzie. Woda jest potrzebna nie tylko do picia czy mycia, ale też do zasilenia różnego rodzaju obiektów rekreacyjnych (np. jak fontanny), czy do utrzymania zieleni i czystości. Czasami musimy wodę zebrać, np. w przypadku deszczu, i coś z nią zrobić. Pozornie najłatwiej jest się jej pozbyć, np. za sprawą kanalizacji. Niestety takie podejście jest szalenie niepraktyczne i nie ekologiczne. Po pierwsze, tracimy słodką wodę, którą moglibyśmy wykorzystać, po drugie, nie pozwalamy tej wodzie wsiąknąć w grunt i zasilić wód podziemnych (których poziom niestety się obniża), po trzecie, w efekcie przeciążenia kanalizacji deszczowej (np. w wyniku deszczy nawalnych) może dojść do awarii, podtopień, a nawet bardziej poważnych problemów.

Dlatego myślenie o wodzie w mieście jest tak istotne.

Zadanie konkursowe – o co właściwie chodzi?

Chociaż tematyka Konkursu jest precyzyjnie określona (woda opadowa w mieście), to zadanie konkursowe jako takie nie jest ściśle zdefiniowane. Zamiast tego proponujemy szerokie ramy, w których wybór analizowanego terenu, zwrócenie uwagi na konkretne problemy, sposób ich rozwiązania, i wreszcie sposób zaprezentowania swojej koncepcji pozostawiamy Uczestnikom. Musimy jednak mieć pewne kryteria, według których będziemy oceniać prace konkursowe, a które szczegółowo podane są w **regulaminie**. W skrócie można je opisać następująco:

Regulamin Konkursu znajdziesz tutaj: https://is.pw.edu.pl/regulamin-i-formularze-2/

- Zadanie polega na stworzeniu koncepcji zmiany zagospodarowania terenu miejskiego.
- Obejmuje wybór lokalizacji, analizę stanu, opis istniejących problemów, dobór rozwiązania, opracowanie koncepcji, wyjaśnienie i podanie przesłanek za nią przemawiających.
- Pamiętajmy, by przy wyborze rozwiązania kierować się nie tylko kwestiami technicznymi i ekonomicznymi, ale również społecznymi i środowiskowymi, z dostosowaniem do lokalnych uwarunkowań i odpowiednio uargumentować swoją koncepcję.
- Forma opracowania powinna być „inżynierska”, czyli analizy, opisy i koncepcje powinny być przedstawione zrozumiale, precyzyjnie, wyczerpująco i merytorycznie. Można się w tym celu posłużyć różnymi formami, np. rysunkami, zdjęciami, opisami, obliczeniami, animacjami, filmami, prezentacjami, modelami, grafikami itp.
- Kryteria oceny prac konkursowych to: trafność diagnozy, twórcze spojrzenie na wybrany problem, zasadność proponowanych rozwiązań, jakość merytoryczna pracy, forma przedstawienia koncepcji, ocena strony formalnej pracy.

Woda w mieście – krok po kroku

Spróbujmy zastanowić się co jest ważne z punktu widzenia zagospodarowania wód opadowych w mieście.

a) Natężenie deszczu

Prawdopodobnie pierwsze co przychodzi Wam na myśl to, z jak silnym deszczem będziemy mieli do czynienia? „Siłę” deszczu nazywamy natężeniem i podajemy ją w milimetrach na minutę (ilość wody jaka spadła z deszczem nazywamy wysokością opadu i ze względów praktycznych przyjęło się podawać ją w milimetrach słupa wody (1 milimetr słupa wody odpowiada 1 litrowi wody, który spadł na 1m^2)).

Projektując musimy założyć jak silny deszcz będziemy w stanie zagospodarować. Tzn. że od razu na etapie projektowania rozwiązania bierzemy pod uwagę, że nie jesteśmy w stanie (np. ze względów finansowych, przestrzennych, itp.) zagospodarować każdej ilości deszczu, tylko ilość mniejszą lub równą tej, na którą liczymy nasze rozwiązanie, tzw. miarodajnej (jak wynika z obserwacji, intensywne deszcze trafiają się zdecydowanie rzadziej niż deszcze o niskiej intensywności), pozostała część może trafić np. do kanalizacji. Z kolei jeżeli sama kanalizacja jest zaprojektowana na deszcz o mniejszym natężeniu, to wyczerpią się jej możliwości i nieuniknione będą podtopienia.

W celu obliczania miarodajnego natężenia deszczu, w Waszych zadaniach skorzystajcie z metody Błaszczyka:

$$q = \frac{6{,}631 \cdot \sqrt[3]{H^2 \cdot C}}{t^{0{,}667}}$$

gdzie:

q – natężenie opadu deszczu [l/s · ha]

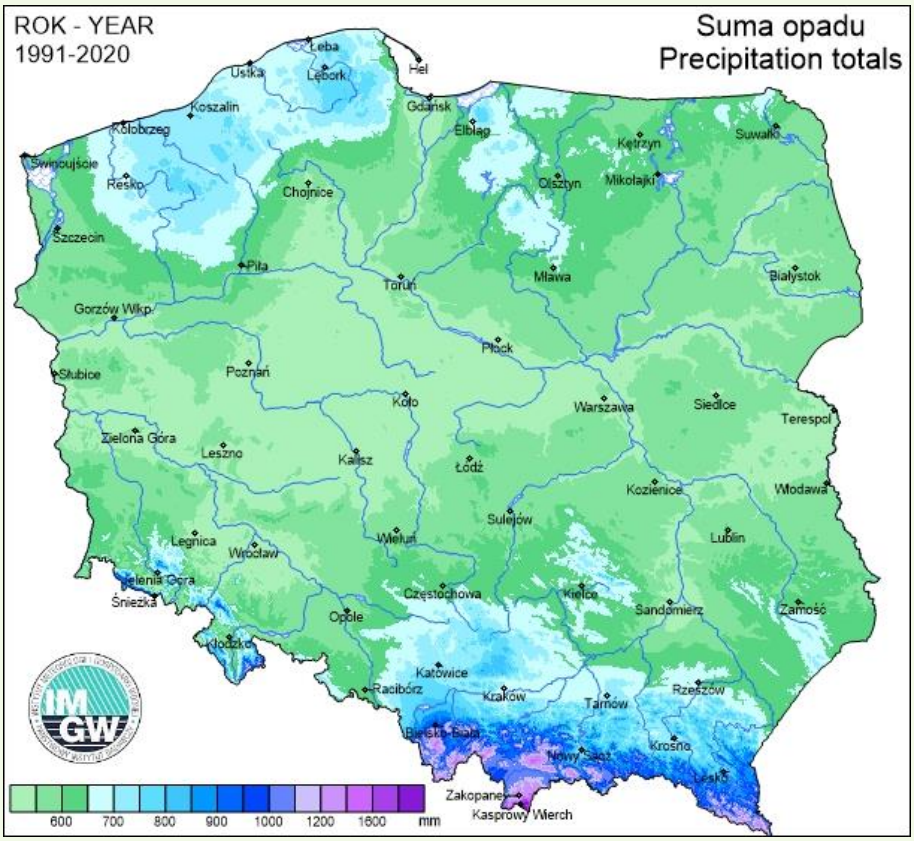
H – średnia roczna wartość opadu dla danego regionu Polski [mm/rok]

C – częstotliwość opadu deszczu, czyli okres (w latach), w którym może nastąpić jednorazowe przekroczenie deszczu o obliczanym natężeniu q

t – czas trwania deszczu [min.]

Wartość H przyjmujemy na podstawie mapy – rysunek 1.

Aby móc projektować infrastrukturę odpowiednią na spodziewaną pogodę potrzebne są historyczne dane klimatyczne. Ich zbieraniem zajmuje się Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej: Działalność IMGW; Komiks edukacyjny „Weatherman”



Rysunek 1. Rozkład rocznej sumy opadów na terenie Polski, średnia dla lat 1991-2020. Źródło: IMGW

Te i wiele innych danych klimatycznych dla Polski możesz znaleźć na: Statystyki IMGW

Częstotliwość deszczu, na który projektujecie możecie przyjąć arbitralnie, jednak zwykle w mieście przyjmujemy wartość z zakresu 2÷5, tzn. zakładamy, że w perspektywie 2 do 5 lat nastąpi jednorazowe przekroczenie natężenia deszczu, na które projektujemy nasze rozwiązanie.

Czas trwania deszczu przy projektowaniu odwodnienia przyjmuje się 15 minut, czyli bierzemy pod uwagę raczej krótkotrwały i intensywny opad. Natężenie deszczu jest zależne od czasu jego trwania, co pokazują dane statystyczne (por. rys. 4). W ogólności natężenie jest większe właśnie wtedy, kiedy czas trwania opadu jest krótszy oraz gdy prawdopodobieństwo jego wystąpienia i zasięg powierzchniowy są mniejsze.

b) Bilans wodny

Przeanalizowaliśmy już opad atmosferyczny, czyli jedyne źródło dostarczające „nową” wodę do ekosystemu lądowego. Musimy sobie odpowiedzieć na kolejne ważne pytanie - co dalej dzieje się z tą wodą? O tym mówi tzw. bilans wodny, który zestawia różne formy ubytku wody z danego terenu, czyli: parowanie, spływ powierzchniowy i odpływ podziemny. Może być też tak, że część wody pozostaje na danym terenie na dłużej (zwykle

Przypomnienie - na czym polega obieg wody w przyrodzie: Film o cyklu hydrologicznym

w formie wód podziemnych), zjawisko takie nazywamy retencją.

Bilans wodny silnie zależy od rodzaju powierzchni i ukształtowania terenu. Nie trudno więc zauważyć, że np. urbanizacja (a szczególnie nadmierne „zabetonowanie”) może go znacząco zaburzać w porównaniu do warunków naturalnych. W szczególności w miastach następuje intensyfikacja spływu powierzchniowego, który staje się istotnym zmartwieniem dla inżynierów (oraz mieszkańców). Również Wy musicie przyjrzeć się temu elementowi bilansu wodnego.

Więcej na temat bilansu wodnego w mieście: Klimat miasta

c) Spływ powierzchniowy

Wiemy już, że spływ deszczu będzie zależał od rodzaju powierzchni na jaki ten deszcz spadł. Dlatego też do obliczania spływu powierzchniowego konieczna jest znajomość rodzaju pokrycia terenu, ponieważ każdy rodzaj powierzchni charakteryzuje się innym współczynnikiem spływu (tabela 1), który mówi nam jaka część opadu spłynie po danym rodzaju powierzchni.

Film pokazujący wpływ rodzaju powierzchni na spływ wody: Powierzchnie przepuszczalne vs nieprzepuszczalne

Najbardziej podstawowy wzór na obliczanie spływów deszczowych ma postać:

$$Q = F \cdot \varphi \cdot q$$

gdzie:

Q – ilość spływu [dm^3/s]

F – powierzchnia zlewni [ha]

φ – współczynnik spływu [-]

q – natężenie deszczu [$dm^3/(ha \cdot s)$]

Iloczyny $F \cdot \varphi$ powinniście obliczyć oddzielnie dla każdego rodzaju powierzchni, a następnie je zsumować i sumę pomnożyć przez natężenie deszczu (zwróćcie uwagę na jednostki). W tym celu może Wam pomóc Geoportal albo Google Earth – dzięki nim będziecie w stanie określić rodzaj terenu oraz zmierzyć jego powierzchnię. Aby obliczyć sumaryczną objętość wody spływającą w czasie miarodajnego opadu wystarczy pomnożyć czas jego trwania przez Q (pamiętamy, że przyjęliśmy założenie o deszczu 15-minutowym).

Samouczki opisujące oba portale znajdziecie na stronie Konkursu: Materiały pomocnicze

Tabela 1. Wartości współczynnika spływu dla powierzchni różnego rodzaju i o różnym spadku. Źródło: A. Ciepielowski, Sz. L. Dąbkowski, Metody obliczeń przepływów maksymalnych w małych zlewniach rzecznych, Bydgoszcz 2006

Rodzaj powierzchni	Współczynnik spływu dla powierzchni danego rodzaju w zależności od średniego spadku terenu wyrażonego w %					
	do 0,5	1,0	2,5	5,0	7,5	10,0
dachy (blacha, papa)	0,85	0,90	0,96	0,98	0,99	1,00
bruki szczelne	0,70	0,72	0,75	0,80	0,85	0,90
bruki zwykle	0,4-0,5	0,52	0,55	0,60	0,65	0,70
aleje spacerowe, drogi żwirowe	0,20	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40
parki i ogrody	0,0-0,1	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
grunty orne, pola uprawne	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25
pastwiska, łąki	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
łąki z siecią rowów	0,20	0,22	0,25	0,30	0,40	0,45
tereny miejskie z luźną zabudową	0,40	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60
zabudowa zwarta	0,70	0,75	0,85	0,90	0,95	0,98
zabudowa osiedlowa z siecią rowów	0,60	0,62	0,65	0,70	0,75	0,80
zabudowa willowa, wiejska	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60
drogi tłuczniowe	0,25	0,28	0,33	0,42	0,52	0,60
drogi bitumiczne	0,80	0,82	0,85	0,90	0,92	0,95
bruki z kostki Bauma	0,50	0,52	0,55	0,62	0,65	0,70
lasy	0,01	0,02	0,04	0,06	0,10	0,15
dzielnice śródmiejskie o luźnej zabudowie	0,60	0,62	0,65	0,70	0,76	0,80
dzielnice staromiejskie o zwartej zabudowie	0,80	0,82	0,85	0,90	0,96	1,00

d) Rozwiązanie problemu

Oczywiście nie chcemy narzucać Wam pomysłów, w jaki sposób powinniście zmienić swoje wybrane miejsce – liczba możliwych rozwiązań jest praktycznie nieskończona, a te szeroko stosowane niekoniecznie optymalne. Natomiast wymienimy niektóre techniczne sposoby radzenia sobie z problemem opadów na terenie miejskim.

Typowy sposób postępowania jest następujący: najpierw musimy wodę bezpiecznie przechwycić, nie dopuszczając do jej gromadzenia w obniżeniach terenu i podtopień.

W tym celu możemy używać różnego rodzaju wpustów ulicznych, studzienek, itp. Zazwyczaj pierwsze partie wody, które spływają po terenie są zanieczyszczone (zmywają z niego pozostałości olei silnikowych, śmieci, itp.), dlatego zawsze musimy podczyścić wodę przy wykorzystaniu np. osadników i separatorów ropopochodnych. Następnie, gdy nasza woda jest już wstępnie oczyszczona musimy się zastanowić, gdzie tę wodę przekierować (np. do rzeki). Jeżeli to możliwie, staramy się tę wodę przetrzymać (retencjonować), często wykorzystujemy do tego różnego rodzaju zbiorniki (najważniejszym parametrem takiego zbiornika będzie jego pojemność).

Oprócz opisanego powyżej podejścia, istnieją inne narzędzia kształtowania miejskiego bilansu wodnego, takie jak:

- nawierzchnie przepuszczalne,
- ogrody deszczowe,
- pasaże roślinne,
- rowy, muldy i niecki chłonne,
- zbiorniki infiltracyjne,
- podziemne zbiorniki retencyjne,
- studnie chłonne,
- skrzynki i tunele rozsączające,
- dachy zielone (już na istniejących lub nowo projektowanych elementach infrastruktury miejskiej),
- przekierowanie wody z miejsc o dużym spływie (nadmiarze wody) do miejsc o większych możliwościach retencjonowania,
- i inne...

Przykładowe rozwiązania wraz z ilustracjami znajdziesz tutaj: Katalog rozwiązań

A co zrobić dalej z wodą opadową retencjonowaną? Jest to bardzo ważne pytanie, szczególnie w kontekście tego, że Polska jest krajem ubogim w zasoby wody pitnej i regularnie nawiedzanym przez susze. W takiej sytuacji wody opadowe odprowadzone bezpośrednio do rzek są zmarnowanym, cennym zasobem. Nie nadają się one do picia, ale po zretencjonowaniu mogłyby zostać wykorzystane np. do utrzymania czystości w miastach (zmywanie pyłu i drobnych śmieci z ulic) i nawadniania terenów zielonych, które to czynności są szczególnie potrzebne w trakcie długich okresów bez opadów. Z kolei użycie takiej wody np. do spłukiwania toalety jest świetnym sposobem na ograniczenie marnowania w tym celu wody oczyszczonej (pitnej) – zobacz tabelę 2.

Jak wspomnieliśmy, kwestie radzenia sobie z opadami oraz zagospodarowania wody w mieście można rozwiązywać na wiele sposobów, które należy dobrać odpowiednio do lokalnych warunków i potrzeb. Ciekawe, przykładowe rozwiązania znajdziecie w podrozdziale „Dobre praktyki”.

O suszy w Polsce: Jak szybko wysycha nam Polska?

Tabela 2. Struktura zużycia wody w budynkach mieszkalnych. Podkreślono kategorie, w których woda deszczowa może być wykorzystywana

Struktura zużycia - mieszkalnictwo	Zużycie wody na cele bytowo gospodarcze [dm³ / doba · osoba]
Picie i gotowanie	8
Mycie naczyń	12
Higiena osobista	20
Kąpiel	40
Pranie	15
Spłukiwanie toalety	30
Sprzątanie i inne potrzeby	5
Razem	130
Struktura zużycia - pozostałe	**Zużycie wody na inne cele [dm³ / doba · osoba]**
Mycie pojazdów komunikacji zbiorowej i indywidualnej	4
Utrzymanie czystości ulic i placów	5
Polewanie zieleni miejskiej	10
Razem	19

Więcej szczegółów oraz źródła danych w tabeli: Zużycie wody w budynkach mieszkalnych; Obliczanie zapotrzebowania na wodę

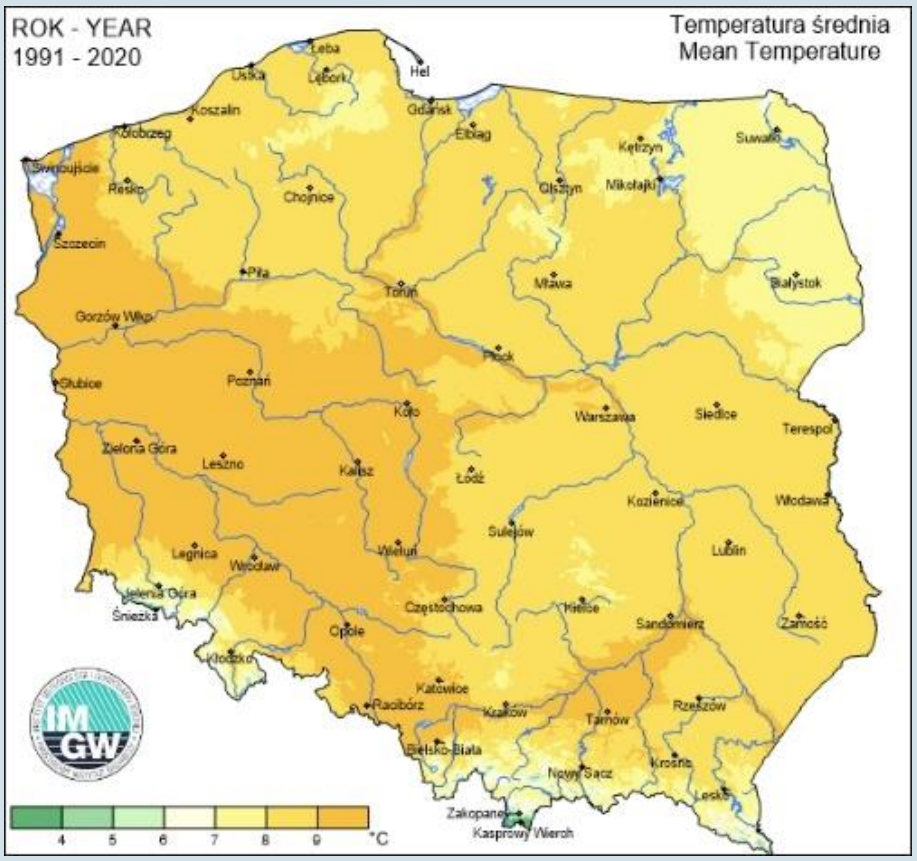
Dla zainteresowanych

Klimat w Polsce – ogólna charakterystyka

Klimat to charakterystyczny dla danego obszaru (np. kraju) zespół zjawisk i procesów zachodzących w atmosferze, hydrosferze i na powierzchni lądów. Ustalamy go na podstawie wieloletnich obserwacji pogodowych, które uśredniamy w interesującej nas skali czasowej.

Specjaliści klasyfikują klimat Polski jako umiarkowany ciepły przejściowy, co oznacza, że na terenie naszego kraju możemy doświadczyć dużej zmienności pogody (stanu atmosfery w danym miejscu i czasie), jak i zróżnicowanego przebiegu pór roku w następujących po sobie latach (np. temperatury zim w następujących po sobie latach mogą się od siebie znacząco różnić). Średnie wartości rocznej temperatury powietrza (por. rysunek 2) wahają się od powyżej 5˚C do blisko 9˚C, przy czym średnie amplitudy temperatur od 19˚C do 23˚C w zależności od regionu.

Zobacz na filmie jak zmieniała się temperatura w Polsce od 1951 do 2021 r.



Rysunek 2. Średnia temperatura powietrza na obszarze Polski w latach 1991-2020. Źródło: IMGW

Dane klimatyczne dla Polski: Statystyki IMGW

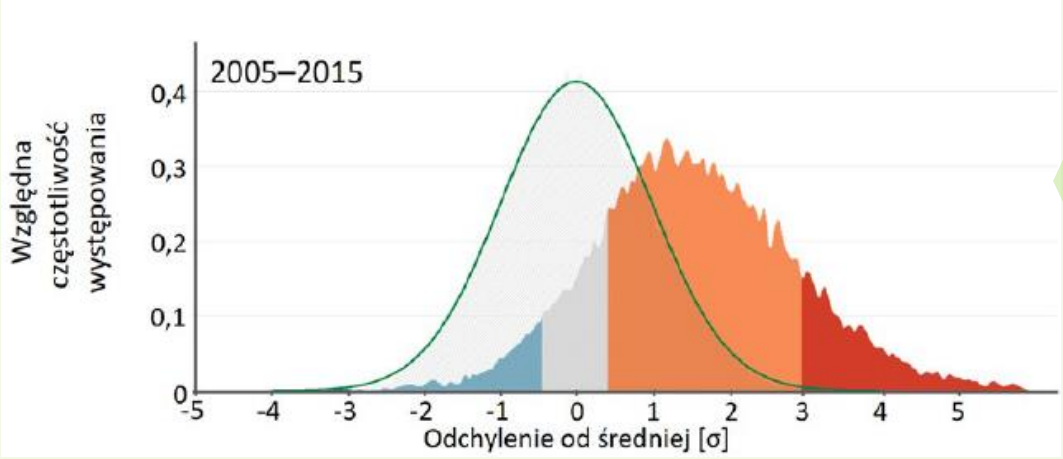
Średnia suma opadów dla całej Polski wynosi ok. 600 mm (tzn., że na każdy metr kwadratowy powierzchni naszego kraju średnio co roku spada 600 dm^3 wody w postaci deszczu lub śniegu), najwięcej opadów występuje w Tatrach, najmniej w środkowej części Polski (rysunek 1). Najwyższe sumy opadów przypadają na miesiące letnie.

Zmiany klimatu

Niestety klimat na świecie, a w konsekwencji również w Polsce ulega zmianom. Zmiany te spowodowane są w głównej mierze przez spalanie paliw kopalnianych. W wielkim skrócie zmiany klimatu w Polsce będą postępować w stronę m.in.:

- zwiększenia średniej temperatury,
- zmniejszenia liczby dni z temperaturą niższą od obecnej średniej,
- zwiększenia dni z temperaturą wyższą od obecnej średniej (rys. 3),
- zwiększenia liczby dni bez opadów,
- zwiększenia intensywności opadów przy nieznacznym wzroście sumy opadów,
- zmniejszenia liczby dni z pokrywą śnieżną,
- zwiększenia częstotliwości występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych.

W temacie zmian klimatu dla ciekawych:
Dlaczego można panikować, czyli kilka słów o mechanizmach klimatycznych;
Klimada 2.0: Trudna lekcja o globalnym ociepleniu i zmianach klimatu;
Scenariusze zmian klimatycznych dla Polski



Wykres pochodzi z dostępnego w sieci podręcznika poruszającego wiele aspektów zmian klimatu:
Klimatyczne ABC. Interdyscyplinarne podstawy współczesnej wiedzy o zmianie klimatu

Rysunek 3. Zmiana częstotliwości występowania różnych temperatur powietrza nad lądami półkuli północnej dla dekady 2005-2015 w porównaniu do lat 1951-1980. Kolor niebieski – temperatury niższe od średniej z lat 1951-1980. Kolor szary – temperatura średnia z lat 1951-1980. Kolor pomarańczowy - temperatura średnia z lat 2005-2015, będąca temperaturą wyższą od średniej z lat 1951-1980. Kolor czerwony – temperatury wyższe od średniej z lat 2005-2015

Deszcz

Deszcz to opad atmosferyczny, który dosięga powierzchni Ziemi w postaci kropel wody. Powstaje w wyniku kondensacji pary wodnej w atmosferze.

Krótki film o obiegu wody w przyrodzie: Nad Wodą – Woda wokół nas (Odc. 1)

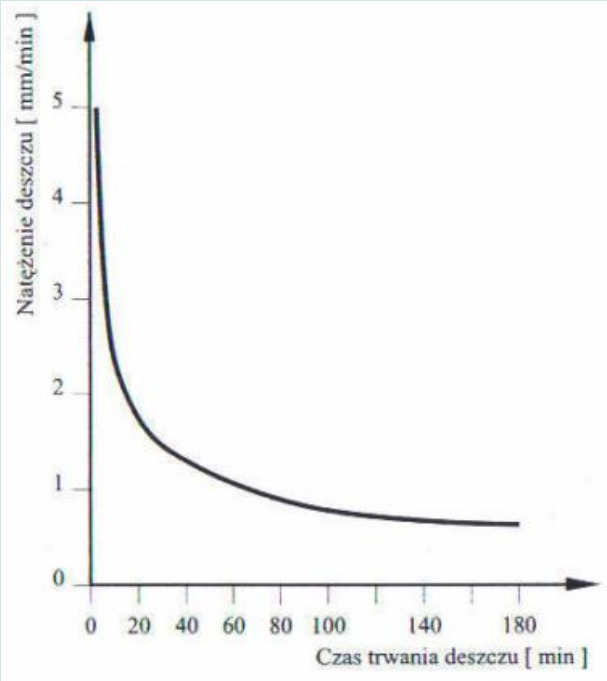
Każdy deszcz charakteryzuje:

- Czas trwania t [min.];
- Zasięg, obszar na jakim występuje opad, F [ha];
- Wysokość opadu h [mm] (tzn. wielkość opadu w danym miejscu i czasie wyrażona jako wysokość warstwy wody w mm na danej powierzchni, wysokość opadu równa 1 mm odpowiada 1 litrowi deszczu, który spadnie na 1m^2 powierzchni);
- Natężenie/intensywność, czyli wielkość opadu do czasu jego trwania J = h/t [mm/min.]. Rysunek 4 przedstawia zależność między natężeniem deszczu a czasem jego trwania. Natężenie, jak wynika z obserwacji, jest tym większe im czas trwania opadu jest krótszy oraz im prawdopodobieństwo wystąpienia i zasięg deszczu są mniejsze;
- Częstotliwość występowania:
  - raz na c-lat, c = 100/p
  - p-razy w stuleciu, p = 100/c [%].

Prawdopodobieństwo pojawienia się deszczu p określa nam (w procentach) ile razy w przeciągu stulecia nawiedzi nas deszcz o danym lub wyższym natężeniu. Generalnie im bardziej intensywny deszcz tym rzadziej się pojawia, a więc prawdopodobieństwo jego wystąpienia będzie mniejsze.

Wartość prawdopodobieństwa pojawienia się deszczu można przedstawić jako częstotliwość występowania deszczu c, którą określamy w latach. Oznacza ona, że w c-letnim cyklu zdarzy się przynajmniej raz deszcz o natężeniu równym lub większym od przyjętego natężenia deszczu (np. deszcz 5-letni cechuje prawdopodobieństwie wystąpienia 20%).

Więcej na temat charakterystyk deszczu i projektowania odwodnienia: Jak wyznaczyć miarodajne natężenie deszczu?; Projektowanie sieci kanalizacji deszczowej



Rysunek 4. Zależność natężenia deszczu od czasu jego trwania. Źródło: Edel, R. (2009). Odwodnienie dróg. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności

Spływ powierzchniowy

Deszcz na powierzchni ziemi ma możliwość wsiąknięcia, wyparowania lub (gdy zostanie wypełniona retencja gruntowa bądź powierzchnia terenu jest trudno przepuszczalna) przemieszczania się (pod wpływem siły grawitacji) po powierzchni terenu w kierunku zagłębień lub koryt cieków. Wielkość spływu powierzchniowego zależy od:

- prawdopodobieństwa pojawiania się deszczu,
- czasu trwania deszczu,
- natężenia deszczu,
- powierzchni zlewni,
- współczynnika spływu dla rodzaju powierzchni, na który pada deszcz.

Współczynnik spływu mówi nam jaka część wody, która spadnie na daną powierzchnię z niej spłynie. W przypadku lasu, w zależności od nachylenia powierzchni gruntu wsp. spływu może wynieść od 0,01 do 0,15, tzn. że na 100 litrów opadu jedynie 1 do 15 litrów spłynie po powierzchni w kierunku odbiornika, natomiast w przypadku dachu pokrytego blachą wsp. spływu wynosi 1,0 (cały opad spłynie z powierzchni dachu).

Prezentacja dotycząca czynników wpływających na spływ i infiltrację: Obieg wody – spływ a infiltracja

Woda w mieście

Duże miasta potrzebują wody, dlatego też wiele z nich zlokalizowane jest na wybrzeżach lub nad rzekami. Takie umiejscowienie pozwala na wykorzystanie potencjału wody – w transporcie towarów, do zapewnienia wody pitnej, wykorzystania jej do wytwarzania energii, itp. Wodę w każdym mieście wykorzystujemy do celów sanitarno-gospodarczych poprzez sieć wodociągową i kanalizacyjną i do rekreacji np. w parkach.

Woda w mieście może również stanowić zagrożenie, mamy na myśli tutaj powodzie o różnej genezie. Z uwagi na charakter miasta sposób gospodarowania wód opadowych w jego obrębie niestety wpływa negatywnie na naturalny obieg wody w przyrodzie. Szczególnie niebezpieczne w miastach są powodzie błyskawiczne (tzw. flash floods). Z uwagi na szczelną powierzchnię terenu, niepozwalającą wodzie na wsiąknięcie w grunt (beton i asfalt) oraz ograniczoną wydajność systemu kanalizacji duże objętości spadającej wody mogą powodować powstawanie rwących potoków, których korytem są drogi i chodniki, co może prowadzić do znacznych szkód.

Dla ciekawych, na przykładzie Łodzi – jak ważne są sieci wod-kan dla miasta: 95 lat Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Łodzi

Kilka słów o zjawisku powodzi: Jak powstają powodzie?

O powodziach błyskawicznych: Wikipedia – flash flood; SA - What is a flash flood?

Rysunek 5. Obieg wody w mieście. Źródło: OEES Water City Index

W terenie niezurbanizowanym znaczna część opadu wsiąka w grunt zasilając wody podziemne. Reszta spływa do zagłębień w gruncie (następnie odparowuje i wsiąka w głąb gruntu) lub spływa do odbiorników, jak rowy, strumyki, rzeki, stawy, itp.

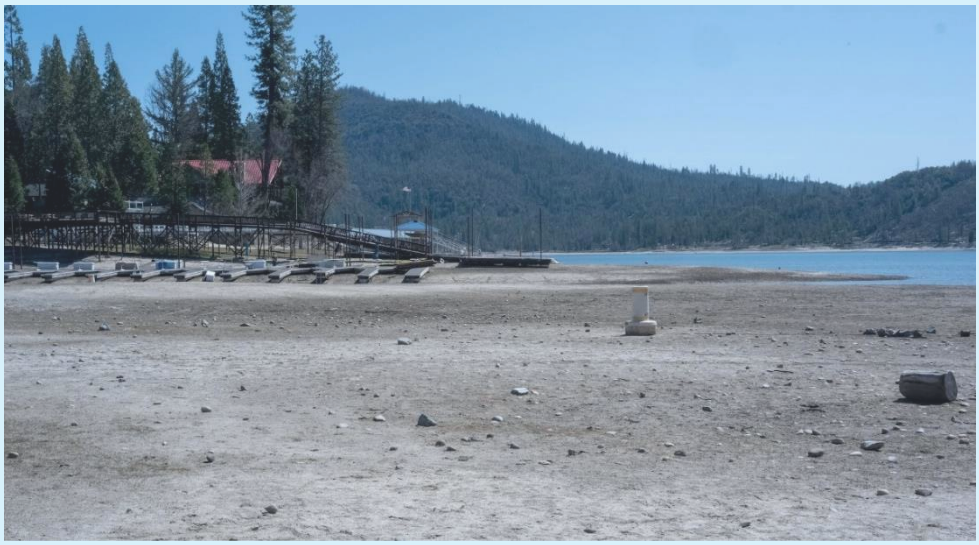
W terenie zurbanizowanym o znacznym stopniu pokrycia terenu powierzchnią nieprzepuszczalną (np. dachy, drogi asfaltowe, chodniki, itp.) opad w większości spływa do kanalizacji (deszczowej lub ogólnospławnej) i po podczyszczeniu (woda deszczowa spływając po chodnikach zabiera ze sobą piach, ropopochodne, itp.) trafia do odbiornika, np. rzeki. W wyniku tego procesu wody gruntowe nie są zasilane, co wpływa na obniżenie ich poziomu w gruncie (można to rozumieć jako w pewnym sensie wysychanie wód gruntowych), słodka woda deszczowa w dużej mierze jest tracona i niewykorzystana. Jest to bardzo niekorzystne zjawisko z punktu widzenia postępującej suszy oraz zmian klimatu.

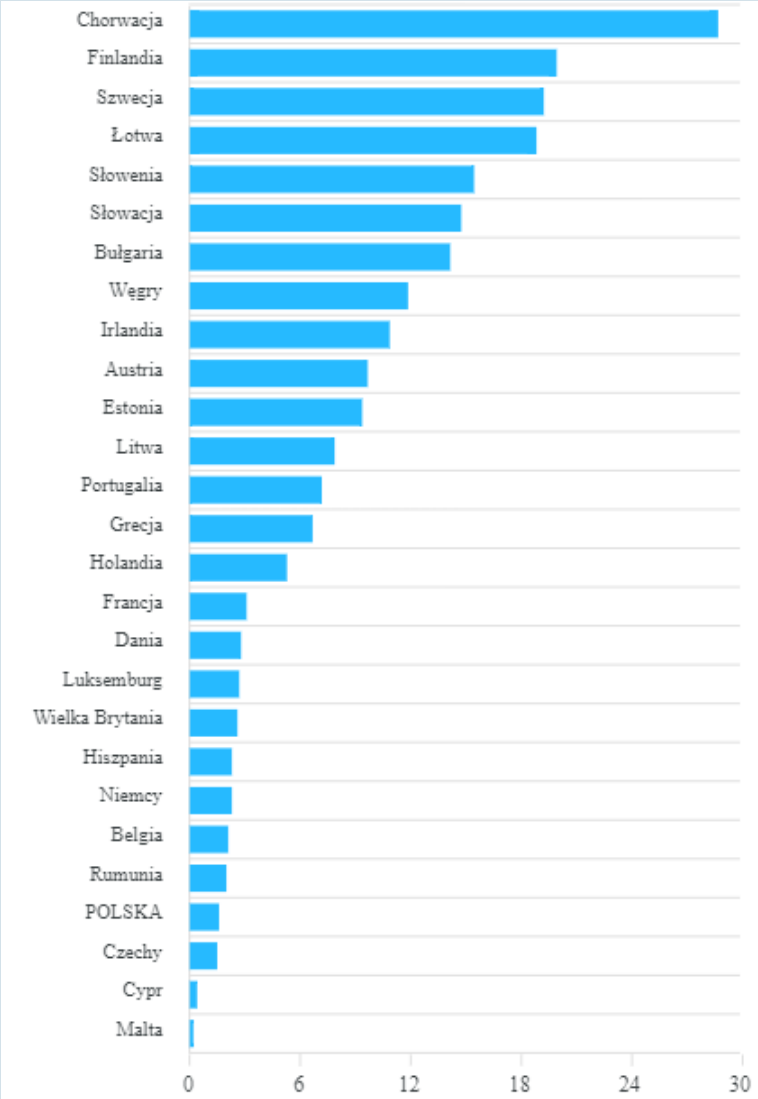
Susza w Polsce

Susza w Polsce (a przynajmniej w jej regionach) jest zjawiskiem permanentnym od kilkudziesięciu lat. Choć może trudno w to uwierzyć, to pod względem odnawialnych zasobów słodkiej wody przypadającej na jednego mieszkańca jesteśmy na 24. miejscu w Unii Europejskiej. Wyprzedzają nas takie kraje jak Hiszpania i Grecja.

Niedostatek opadów, zmiany klimatu, brak retencji, zmiany sposobu zagospodarowania gruntów oraz wiele innych nieodpowiedzialnych działań sprawiają, że zjawisko suszy w Polsce będzie się w najbliższej przyszłości nasilało.

Więcej na temat suszy w Polsce: Sucha Polska; Susza, kranówka i betonoza, czyli wszystko o wodzie w Polsce | UNFOLD





Te dane oraz więcej statystyk dotyczących wody słodkiej: Polska na drodze zrównoważonego rozwoju

Rysunek 6. Odnawialne zasoby słodkiej wody (w tys. m3 na 1 mieszkańca, średnie roczne z wielolecia). Źródło: GUS

Zagrożenia dla miast związane ze zmianami klimatu

Ocieplenie klimatu może sprawić, że życie w mieście będzie szczególnie uciążliwe, nie tylko ze względu na bardzo wysokie temperatury powietrza i długotrwałe okresy bez deszczu, ale również z uwagi na zmianę rozkładu opadów.

Najprościej mówiąc deszcz będzie padał rzadziej, ale za to bardziej intensywnie. W bilansie opadów wzrośnie udział deszczy nawalnych (przez deszcze nawalne rozumiemy krótkotrwałe opady o natężeniu >2 mm/min, tzn. gdy na 1 metr kwadratowy powierzchni spada więcej niż 2 litry deszczu na minutę), za sprawą których występują powodzie błyskawiczne.

Miasta w obliczu zmian kilmatu wg: Polskiej Akademii Nauk; Europejskiej Agencji Środowiska

Powódź w Waszyngtonie w 2016 r. Zwróć uwagę na czas trwania opadu: Flash flood in Washington, DC

Dobre praktyki

Poniżej przedstawiono garść pomysłów na kształtowanie przestrzeni miejskich oraz gospodarowanie wodami opadowymi, które mogą pomóc w łagodzeniu skutków zmian klimatu w miastach.

a) Katalog zielono-niebieskiej infrastruktury – bogato ilustrowany przewodnik;
b) Odpowiednie kształtowanie przestrzeni miejskiej w Wiedniu – zmiana ulicy na zielony skwer z alejkami dla pieszych i ścieżkami dla rowerzystów, dzięki prostym rozwiązaniom pozwoliła na obniżenie temperatury otoczenia o kilka stopni;
c) Pozytywny wpływ drzew w przestrzeni miejskiej na obniżenie temperatury otoczenia (po angielsku);
d) Inteligentne sterowanie retencją w Rzeszowie;
e) W Krakowie oszczędzamy wodę;
f) Zbiorniki retencyjne, retencyjno-infiltracyjne;
g) Zastosowanie urządzeń mikroretencyjnych w systemach odwodnienia miast;
h) Czas na wodę (Broszura dotycząca różnych rozwiązań sprzyjających retencji wody opadowej);
i) Wybrane aspekty zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na terenie zurbanizowanym – mini-podręcznik;
j) Przegroda filtracyjna (grodza) jako element odwodnienia dróg;
k) W Krasnymstawie łąki kwietne wesprą małą retencję;
l) Poradnik budowy ogrodów deszczowych;
m) Skawina chwyta wodę;
n) Zarządzanie zasobami wodnymi w mieście Jiaozhou (po angielsku);
o) 5 lekcji z wdrażania niebiesko-zielonej infrastruktury (po angielsku);
p) Water sensitive urban design (po angielsku);
q) „Miasta Gąbki” (po angielsku);
r) Zielona Infrastruktura w miastach – kompendium wiedzy i przykłady z USA (po angielsku).

Dla bardzo zainteresowanych

Zasoby wodne w miastach to... temat rzeka. Wszystkie materiały cytowane w tekście poradnika i więcej znajdziecie na stronie internetowej Konkursu w zakładce Materiały pomocnicze.

Ilustracje

1 str. – autor: Mitchel Lensink. Źródło: https://unsplash.com/photos/bH5b8o59vlI

2 str. – autor: DLKR. Źródło: https://unsplash.com/photos/9I-QUENf3c0

9 str. – autor: Danist Soh. Źródło: https://unsplash.com/photos/dqXiw7nCb9Q

16 str. – autor: Chanelle. Źródło: https://unsplash.com/photos/9p24TqO96q8

Źródła @

Str. 4:

- Regulamin Konkursu: https://is.pw.edu.pl/regulamin-i-formularze-2/. Dostęp: 15.09.2022

Str. 5:

- Działalność IMGW: https://www.youtube.com/watch?v=FL-Xu657ScI. Dostęp: 15.09.2022
- Komiks edukacyjny „Weatherman”: https://imgw.pl/sites/default/files/weatherman/weatherman-2020/IMGW_WEATHERMAN_2020_1.html#p=1. Dostęp: 15.09.2022

Str. 6:

- Statystyki IMGW: https://klimat.imgw.pl/pl/climate-maps/#Precipitation/Yearly/1991-2020/1/Winter. Dostęp: 15.09.2022
- Film o cyklu hydrologicznym: https://www.youtube.com/watch?v=0JBW8Q8pJ_A. Dostęp: 15.09.2022

Str. 7:

- Klimat miasta: https://open.uj.edu.pl/mod/page/view.php?id=1282. Dostęp: 15.09.2022
- Powierzchnie przepuszczalne vs nieprzepuszczalne: https://www.youtube.com/watch?v=68F_TQtldrA. Dostęp: 15.09.2022
- Materiały pomocnicze: https://is.pw.edu.pl/materialy-pomocnicze-2/. Dostęp: 15.09.2022

Str. 9:

- Katalog rozwiązań: https://mwik.bydgoszcz.pl/wp-content/uploads/2021/05/Katalog-zielono-niebieskiej-infrastruktury-small-print-version.pdf. Dostęp: 15.09.2022

Str. 10:

- Jak szybko wysycha nam Polska?: https://www.youtube.com/watch?v=Gjb_WgCAbko. Dostęp: 15.09.2022
- Zużycie wody w budynkach mieszkalnych: https://www.rynekinstalacyjny.pl/artykul/projektowanie-wod-kan/9628,zuzycie-wody-wodociagowej-w-budynkach-mieszkalnych. Dostęp: 15.09.2022
- Obliczanie zapotrzebowania na wodę: https://instsani.pl/technik-inzynierii-sanitarnej/materialy-do-zajec/projektowanie-instalacji-i-sieci/projektowanie-sieci-wodociagowych-i-przeciwpozarowych /obliczanie-zapotrzebowania-na-wode/. Dostęp: 15.09.2022

Str. 11:

- Jak zmieniała się temperatura w Polsce od 1951 do 2021 r.: https://www.youtube.com/watch?v=bt0yjuM37Jo&t=24s. Dostęp: 15.09.2022
- Statystyki IMGW: https://klimat.imgw.pl/pl/climate-maps/#Mean_Temperature/Yearly/1991-2020/1/Winter. Dostęp: 15.09.2022

Str. 12:

- Dlaczego można panikować, czyli kilka słów o mechanizmach klimatycznych: https://www.youtube.com/watch?v=WZWzJa5Xlrk. Dostęp: 15.09.2022
- Klimada 2.0: Trudna lekcja o globalnym ociepleniu i zmianach klimatu: https://www.youtube.com/watch?v=AOOvglXJPr4&t=26s. Dostęp: 15.09.2022
- Scenariusze zmian klimatycznych dla Polski: https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze/. Dostęp: 15.09.2022
- Klimatyczne ABC. Interdyscyplinarne podstawy współczesnej wiedzy o zmianie klimatu: https://klimatyczneabc.uw.edu.pl/strona-g%C5%82%C3%B3wna. Dostęp: 15.09.2022

Str. 13:

- Nad Wodą – Woda wokół nas (Odc. 1): https://www.youtube.com/watch?v=cvSu7yuNXYY&list=PLp66O7_pb0csPKhAKgYC_kB76O1WQxrR8&index=3. Dostęp: 15.09.2022
- Jak wyznaczyć miarodajne natężenie deszczu?: https://poradnikprojektanta.pl/jak-wyznaczyc-miarodajne-natezenie-deszczu-dane-opadowe-w-polsce/. Dostęp: 15.09.2022
- Projektowanie sieci kanalizacji deszczowej: https://instsani.pl/technik-inzynierii-sanitarnej/materialy-do-zajec/projektowanie-instalacji-i-sieci/projektowanie-sieci-kanalizacji-deszczowej/. Dostęp: 15.09.2022

Str. 14:

- Obieg wody – spływ a infiltracja: https://www.youtube.com/watch?v=7RizIpzL8T8. Dostęp: 15.09.2022

Str. 15:

- 95 lat Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Łodzi: https://www.youtube.com/watch?v =rFGZuIlhesI. Dostęp: 15.09.2022
- Jak powstają powodzie?: https://www.youtube.com/watch?v=1aoa5BKXjbs. Dostęp: 15.09.2022
- Wikipedia – flash flood: https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_flood. Dostęp: 15.09.2022
- SA - What is a flash flood?: https://www.scientificamerican.com/article/what-is-a-flash-flood/. Dostęp: 15.09.2022
- OEES Water City Index: https://oees.pl/water-city-index-2021/?doing_wp_cron=1656084429.3362920284271240234375. Dostęp: 15.09.2022

Str. 16:

- Sucha Polska: https://uwr.edu.pl/naukowcy/czym-sie-zajmujemy/sucha-polska/. Dostęp: 15.09.2022
- Susza, kranówka i betonoza, czyli wszystko o wodzie w Polsce | UNFOLD: https://www.youtube.com/watch?v=idOcJ48KfqA. Dostęp: 15.09.2022

Str. 17:

- Polska na drodze zrównoważonego rozwoju: https://raportsdg.stat.gov.pl/2020/cel6.html. Dostęp: 15.09.2022
- Polskiej Akademii Nauk: https://informacje.pan.pl/polecamy/3465-zmiana-klimatu-w-miescie. Dostęp: 15.09.2022
- Europejskiej Agencji Środowiska: https://www.eea.europa.eu/pl/sygna142y/sygnaly-2015/wywiad/miasta-w-obliczu-zmian-klimatu. Dostęp: 15.09.2022
- Flash flood in Washington, DC: https://www.youtube.com/watch?v=Uf9OhNoJTnw. Dostęp: 15.09.2022

Str. 18:

- Katalog zielono-niebieskiej infrastruktury: https://mwik.bydgoszcz.pl/wp-content/uploads/2021/05/Katalog-zielono-niebieskiej-infrastruktury-small-print-version.pdf. Dostęp: 15.09.2022
- Odpowiednie kształtowanie przestrzeni miejskiej w Wiedniu: https://www.whitemad.pl/wieden-przebudowali-skwer-by-dawal-chlod-w-upalne-dni-efekt-roznica-6-stopni/. Dostęp: 15.09.2022
- Pozytywny wpływ drzew w przestrzeni miejskiej na obniżenie temperatury otoczenia: https://www.sciencedaily.com/releases/2019/03/190325173305.htm. Dostęp: 15.09.2022
- Inteligentne sterowanie retencją w Rzeszowie: https://www.youtube.com/watch?v= l3HI0AyZRYY. Dostęp: 15.09.2022
- W Krakowie oszczędzamy wodę: https://www.krakow.pl/aktualnosci/261910,26,komunikat,w_krakowie_oszczedzamy_wode_.html?_ga=2.137102196.556707912.1657114070-742598040.1651242490. Dostęp: 15.09.2022
- Zbiorniki retencyjne, retencyjno-infiltracyjne: https://poradnikprojektanta.pl/zbiorniki-retencyjne-retencyjno-infiltracyjne/. Dostęp: 15.09.2022
- Zastosowanie urządzeń mikroretencyjnych w systemach odwodnienia miast: https://inzynierbudownictwa.pl/zastosowanie-urzadzen-mikroretencyjnych-w-systemach-odwodnienia-miast/. Dostęp: 15.09.2022
- Czas na wodę: https://sendzimir.org.pl/projekty/wspolna-przestrzen-partycypacyjne-planowanie-przestrzenne-w-gminach/czas-na-wode/. Dostęp: 15.09.2022
- Wybrane aspekty zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na terenie zurbanizowanym: https://wilis.pg.edu.pl/documents/10683/e44e0438-e5ea-4a69-b997-bd3f45e280e7. Dostęp: 15.09.2022

Str. 18 c.d.:

- Przegroda filtracyjna (grodza) jako element odwodnienia dróg: https://poradnik projektanta.pl/przegroda-filtracyjna-grodza-jako-element-odwodnienia-drog/. Dostęp: 15.09.2022
- W Krasnymstawie łąki kwietne wesprą małą retencję: https://inzynieria.com/wodyopadowe /wiadomosci/61481,w-krasnymstawie-laki-kwietne-wespra-mala-retencje. Dostęp: 15.09.2022
- Poradnik budowy ogrodów deszczowych: https://sendzimir.org.pl/projekty/ogrody-deszczowe-dobrze-nawodnione-miasto/poradnik-budowy-ogrodow-deszczowych/. Dostęp: 15.09.2022
- Skawina chwyta wodę: https://www.youtube.com/watch?v=Rc6SYKJpTus. Dostęp: 15.09.2022
- Zarządzanie zasobami wodnymi w mieście Jiaozhou: https://reliefweb.int/report/china/case-study-strengthening-citys-water-resources-and-flood-management-capacity. Dostęp: 15.09.2022
- 5 lekcji z wdrażania niebiesko-zielonej infrastruktury: https://www.ice.org.uk/news-insight/news-and-blogs/ice-blogs/the-civil-engineer-blog/5-lessons-learned-from-blue-green-infrastructure-delivery/. Dostęp: 15.09.2022
- Water sensitive urban design: https://www.youtube.com/watch?v=b_DTnOzYTR4. Dostęp: 15.09.2022
- „Miasta Gąbki”: https://www.youtube.com/watch?v=k4dl5rNH4Tg. Dostęp: 15.09.2022
- Zielona Infrastruktura w miastach – kompendium wiedzy i przykłady z USA (po angielsku): https:// www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure. Dostęp: 15.09.2022
- Materiały pomocnicze: https://is.pw.edu.pl/materialy-pomocnicze-2/. Dostęp: 15.09.2022