

Tomasz Ciesielczuk

**RETENCJONOWANIE WÓD
DLA POTRZEB NAWODNIEŃ ROLNICZYCH**

Projekt zrealizowany w ramach operacji pn. „Zakładanie lokalnych partnerstw do spraw wody (LPW) - nowatorskie elementy racjonalnej gospodarki wodnej na obszarach wiejskich” w ramach realizacji planu operacyjnego KSOW na lata 2020-2021 w zakresie SIR



Opolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Łosowie
ul. Główna 1, 49-330 Łosów
www.oodr.pl, www.sir.oodr.pl
tel. 77 4437 111

Skład i druk:

Wydawnictwo i Drukarnia Świętego Krzyża
45-007 Opole, ul. Katedralna 8A
Tel. 77 44 17 140, e-mail: sekretariat@wydawnictwo.opole.pl
www.wydawnictwo.opole.pl
www.krzyz.opole.pl

Wstęp

Susza to nie tylko zjawisko dotyczące północnej Afryki lub środkowej części Azji. Jest problemem globalnym. Istnieją niepodważalne dowody naukowe na następujące cechy tego zjawiska:

- ziemia ulega szybkiemu ociepleniu - obecnie temperatura jest wyższa o 1°C (zakres 0,9-1,25°C), w stosunku do wartości sprzed 1850 roku czyli sprzed ery przemysłowej
- emisja gazów cieplarnianych powstałych w wyniku działalności człowieka jest głównym czynnikiem wywołującym zmiany klimatu
- wiele spowodowanych negatywnych zmian już w tej chwili wpływa na społeczeństwo pogłębiając problemy z jakimi się on o styka.
- w Polsce rok 2020 – to był drugi (po 2019) najcieplejszy rok w historii pomiarów

Emisje gazów cieplarnianych – głównie dwutlenku węgla i metanu – powodują gromadzenie się energii cieplnej w atmosferze, hydrosferze i litosferze Ziemskiej. Gwałtowne zmiany klimatyczne charakteryzujące się: niestabilnością przebiegu pogody, a w tym znacznymi skokami temperatur w krótkim czasie, gwałtownymi gradobiciami, długimi okresami susz, przerywanymi opadami nawałnymi oraz huraganowe wiatry połączone z tworzeniem się trąb powietrznych staną się pogłębiającą się normą. Zarówno susza jak i opady nawałne, są groźnymi zjawiskami z punktu widzenia upraw roślinnych i gospodarki rolnej rozpatrywanej jako całości. Erozja wietrzna i wodna gleb Polski będzie nasilać zjawisko pustynnienia, wyłączając kolejne obszary z produkcji w kształcie jaki znamy obecnie.

Straty suszowe w latach ubiegłych dotyczyły całego obszaru kraju i niemal wszystkich rodzajów upraw. Jedynie rok 2020 uznawany za hydrologicznie mokry (645mm opadu), mniej obfitował w zjawiska suszowe. Zatem przestawienie gospodarki na zerową emisję gazów cieplarnianych jest nie tylko koniecznością, ale to model wzrostu korzystnego dla wszystkich – przede wszystkim dla przyszłych pokoleń.

W 2005 r. Komisja Europejska zaczęła rozważać potrzebę przystosowania się do zmiany klimatu w Europie. W konsekwencji w 2009 r. przyjęto „Białą księgę”, a w 2013 r. – strategię adaptacyjną UE.

Od czasu przyjęcia strategii nadal zwiększa się liczba dowodów na to, że ekstremalne zjawiska pogodowe i klimatyczne (trąby powietrzne, opady nawałne, susze) w Europie stają się coraz częstsze i intensywniejsze.

Konsekwencje zmiany klimatu będą w znaczący sposób oddziaływać na znaczną część ludności UE. Zarówno organy publiczne, jak i prywatne zainteresowane strony (gospodarstwa domowe, przedsiębiorstwa, inwestorzy) będą musiały wziąć pod uwagę działania zapobiegawcze.

Dane zawarte w „The Lancet Countdown” (Watts i wsp. 2020), informują nie tylko o obecnym stanie klimatu, ale także analizują przyczyny i prognozują zmiany klimatu na najbliższe lata. Okazuje się, iż szybkie tempo zmian jest napędzane przede wszystkim przez spalanie paliw kopalnych w zawrotnym tempie. W Raporcie zwrócono szczególną uwagę na konieczność mitygacji emisji CO₂ do powietrza.

Jeśli tak się nie stanie, to w wieku 70 lat dzisiejszy noworodek będzie zmagał się z ziemskim klimatem cieplejszym o ok. 4°C, niż ten sprzed epoki przemysłowej, (sprzed 1850 r.). Funkcjonowanie w takim klimacie okaże się niemożliwe, co spowoduje masowe migracje ludzi z miejsc gdzie gospodarka rolna nie będzie w stanie wyżywić mieszkańców.

Także w Polsce przystąpiono do zmiany prawa, tak aby możliwe były realizacje inwestycji mających na celu minimalizowanie skutków suszy, co jest szczególnie istotne z punktu

widzenia produkcji rolniczej – zarówno roślinnej jak i zwierzęcej. W ubiegłym roku, w dniu 17 sierpnia rozpoczęły się konsultacje publiczne i uzgodnienia międzyresortowe projektu ustawy o inwestycjach w zakresie przeciwdziałania skutkom suszy.

Średnia temperatura powietrza w 2020 roku w Polsce wyniosła 9,9°C. To więcej o 1,6°C od średniej z lat 1981-2010. Destabilizacja klimatu objawiła się m.in. w formie dwóch fal ciepła w miesiącach styczeń i luty. Okresowe podwyższenie temperatury w historycznie najchłodniejszych miesiącach roku powinno niepokoić, gdyż nasila parowanie, a uprawy ozime zaczynają rozwijać się nadmiernie szybko. Średnia obszarowa suma opadów w Polsce w 2020 roku wynosiła 645,4 mm i była o 6 proc. wyższa od normy klimatologicznej (Klimat Polski 2020 IMGW).

W warunkach klimatycznych Polski okres wysokich temperatur (lipiec i sierpień) generuje znaczną dobową ewapotranspirację osiągającą 3,5mm słupa wody. Ekstremalnie wysokie temperatury oraz wiatr wzmagają proces, którego wartość może osiągnąć, a nawet przekroczyć 5,0mm. Są to straty wody, które są uzupełniane opadami deszczu. Jednak w okresach suszowych zastosowanie systemu nawadniania w znacznym stopniu chroni przed stratami, a w latach w których zjawisko suszy nie występowało, wzrost plonów upraw nawadnianych był wyższy nawet o 50% (Gospodarowanie wodą... 2020).

Pojemność wodną gleb kształtują przede wszystkim 3 główne czynniki: uziarnienie gleby, miąższość gleby oraz ilość substancji organicznej w glebie, w postaci związków próchnicznych. Należy jednak pamiętać, że nie całość wody glebowej jest dostępna dla roślin. W glebach ciężkich wilgotność gleby na poziomie 20% to warunki tzw. punktu trwałego wędnięcia, w których rośliny nie mogą pobrać już wody z gleby. W glebach lekkich punkt trwałego wędnięcia to 3-4%. Interpretacja wskazań przyrządów do pomiaru wilgotności zależy od typu gleby na której dokonywany jest pomiar. Drugim czynnikiem decydującym o zasobach wodnych w glebie jest miąższość warstwy ornej gleby. Im większa miąższość gleby, wzrasta ilość wody, która będzie zretencjonowana. Gleby inicjalne lub płytkie rędziny gdzie odległość od powierzchni gleby do skały macierzystej (miąższość gleby) wynosi kilka, lub kilkanaście centymetrów, mają bardzo małą pojemność, a w przypadku deszczy o znacznym natężeniu lub niewielkim, ale występujących jako opady ciągłe, bardzo szybko są podtapiane. Trzecim czynnikiem istotnym dla kształtowania się właściwości wodnych gleby jest zawartość próchnicy w glebie. Większa zawartość próchnicy w glebie ułatwia infiltrację wody w głąb profilu glebowego, jak i zwiększa zdolności gleby do magazynowania wody. Zawartość próchnicy należy zatem cały czas uzupełniać stosując nawożenie organiczne w postaci obornika, gnojowicy, nawozów zielonych, kwasów humusowych lub kompostu.

Należy pamiętać, iż Polska jest jednym z najuboższych w wodę krajów europejskich i zajmuje 26 miejsce w Europie pod kątem wielkości zasobów wodnych, które cechują się dużą zmiennością sezonową oraz – pomimo niewielkiego obszaru znaczną nierównomiernością rozmieszczenia terytorialnego.

W przeliczeniu na jednego mieszkańca zasoby wodne Polski wynoszą 1660 m³/rok, podczas gdy średnia europejska szacowana jest na poziomie 4560 m³/rok na mieszkańca (Stec i Słyś 2017). Zatem oszczędzanie zasobów nie jest w przypadku Polski opcją lecz koniecznością. Zasoby pozostające do dyspozycji to opady atmosferyczne mokre, ciekłe i zbiorniki wód powierzchniowych oraz podziemne warstwy wodonośne zwane zbiornikami wód podziemnych. Należy jednak pamiętać, iż wody podziemne stanowią jedyne źródło zasilania cieków, jezior oraz terenów podmokłych, stąd ich zasoby powinny być wykorzystywane racjonalnie, tak aby ich część służyła podtrzymaniu funkcjonowania tych ekosystemów.

W Polsce pobór wód podziemnych wraz z odwodnieniami kopalnianymi wynosi 7 milionów m³/24 h, co stanowi 20,7% zasobów dostępnych do zagospodarowania (Wody Polskie 2020).

Rezerwy wód podziemnych wynoszą zatem 79,3% zasobów dostępnych do zagospodarowania. Te zasoby głównie zasilane są opadami atmosferycznymi mokrymi i filtrowane przez warstwy przepuszczalne. W przypadku występowania warstw utworów skalnych nieprzepuszczalnych migracja wód do głębiej położonych poziomów wodonośnych jest możliwa przez tzw. okna hydrogeologiczne lub poprzez uskoki tektoniczne – czyli pęknięcia skał w efekcie pionowych ruchów tektonicznych.

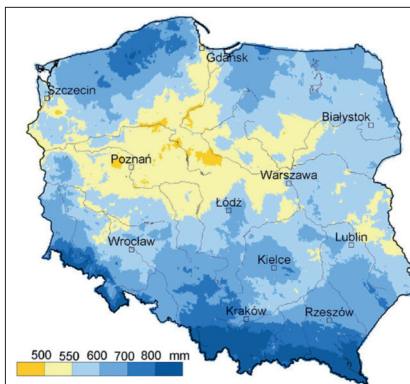
Poziom tych wód uzależniony jest głównie od częstotliwości i ilości opadów deszczu i śniegu oraz rozbioru wód na danym terenie. Należy sobie jednak zdawać sprawę, iż uzupełnianie wód podziemnych wymaga długiego okresu wynoszącego od 20-30 lat, nawet do kilkuset lat i nie należy mylić tych zasobów wód podziemnych z wodami glebowymi o zwierciadle swobodnym, zalegającymi tuż pod powierzchnią gleby (Wody Polskie 2020).

W związku z tym wprowadzono w życie programy mające na celu – z jednej strony – retencjonowanie wód (m.in. w postaci retencji korytovej), a z drugiej strony wsparcie dla działań zmierzających do zasilania poziomów wodonośnych, których zasoby będą wkrótce potrzebne do nawadniania upraw. W dniu 10 września 2019 roku Rada Ministrów przyjęła uchwałę w sprawie przyjęcia „Założeń do Programu przeciwdziałania niedoborowi wody na lata 2021-2027 z perspektywą do roku 2030”. Program ten (tzw. Program rozwoju retencji) pozwoli na rozwijanie sieci nawadniających, budowę rozproszonej sieci małych zbiorników do gromadzenia wód opadowych.

Odrębną sprawą jest jakość ujmowanych wód podziemnych. W wielu miejscach nawet głębsze warstwy wodonośne o zwierciadle napiętym wykazują podwyższone stężenia jonów azotanowych oraz fosforanowych. Nieco rzadziej notowane są zanieczyszczenia rozpuszczalną materią organiczną. W wyjątkowych przypadkach zdarzają się także zanieczyszczenia mikrobiologiczne oraz ropopochodne. Zanieczyszczenia te są najczęściej efektem działalności człowieka, a główne źródła zanieczyszczeń to rolnictwo, nieregulowana gospodarka wodno-ściekowa w obrębie miast i wsi oraz działalność przemysłowa (Głowacki 2003, Rosik-Dulewska i Karwaczyńska 2010, Sławińska i wsp. 2016).

W Polsce (Rys.1). w ciągu roku spada około 600 mm deszczu - czyli na każdy metr kwadratowy spada 600 litrów wody. Jednak pomimo niewielkiego obszaru kraju ilości te są znacznie różnicowane. W pewnych regionach spada znacznie poniżej 500mm, a gdzie indziej (głównie na terenach podgórskich i górskich) lokalnie nawet ponad 1000mm.

Obszar o najniższej wielkości opadów rozciąga się od Wielkopolski aż po Warszawę. Zatem średnio z dachu (lub innej powierzchni całkowicie uszczelnionej) o powierzchni 100m² rocznie odpływa 60 m³ wody. Nie można dopuścić, aby woda ta została odprowadzona do kanalizacji burzowej, bo jest ona wówczas stracona jeśli chodzi o wykorzystanie rolnicze, a z drugiej strony odprowadzenie do kanalizacji burzowej, której wyloty kierują wodę do odbiornika (najczęściej jest to rów lub mały potok) powodują podtopienia i powodzie. Co za tym idzie - gdyby każde gospodarstwo domowe zatrzymywało choć część wód opadowych,



Rys.1. Opady deszczu w Polsce. Źródło: IMGW-PIB

podtopienia i powodzie zdarzałyby się rzadziej. Jest to szczególnie ważne przy wzrastającym stopniu uszczelnienia powierzchni ziemi w efekcie zabudowywania terenów rolniczych, głównie przez budownictwo jednorodzinne.

Deszcze ulewne

Ogólna definicja mówi, iż deszcz ulewny lub nawalny, to deszcz o dużym natężeniu, wydajności i krótkim czasie trwania. **Wydajność opadu** jest to objętość opadu, jaka spada na jednostkę powierzchni w jednostce czasu, może być wyrażona w l/s * ha, lub w m³ /s * km². W Polsce klasyfikacja deszczów jest oparta na podstawie skali Chomicza (Rys.2). **Deszcz ulewny** – intensywny opad deszczu o współczynniku wydajności wynoszącym co najmniej 2. Polska jest krajem, w którym deszcze nie osiągają najwyższych natężeń. Najczęściej notowane kategorie deszczu to deszcze ulewne III i IV stopnia. Burze przynoszące opady ulewne dając chwilowe maksymalne natężenie opadów nawet w wysokości 41,8 mm/h (Polska, lipiec 2018), nie powodują zasilenia gleby w wodę, gdyż spływ powierzchniowy odprowadza znaczną ilość wód do rowów.

Stopień skali	Współczynnik wydajności opadu α	Kategoria deszczu	
		Określenie	Znak literowy
0	0.0 - 1.0	zwykły deszcz	
1	1.01 - 1.40	silny deszcz	A ₀
2	1.41 - 2.00	deszcz ulewny – I st	A ₁
3	2.01 - 2,82	deszcz ulewny – II st	A ₂
4	2.83 - 4.00	deszcz ulewny - III st	A ₃
5	4.01 - 5.65	deszcz ulewny - IV st	A ₄
6	5.66 - 8.00	deszcz nawalny - V st	B ₁
7	8.01 - 11.30	deszcz nawalny – VI st	B ₂
8	11.31 - 16.00	deszcz nawalny – VII st	B ₃
9	16.01 - 22.61	deszcz nawalny – VIII st	B ₄
10	22.62 - 32.00	deszcz nawalny – IX st	B ₅
11	32.01 - 45.23	deszcz nawalny – X st	B ₆
12	45.24 - 64.00	deszcz nawalny – XI st	B ₇

Rys.2. Skala Chomicza (Bodziony M. 2006)

W roku 2010 opad ulewny w zlewni rzeki Miedzianka w ciągu trzech godzin (8.00–11.00), podczas trwania najintensywniejszego opadu, przy dyrekcji KWB Turów spadło 43 mm opadu, a na stacji w Bogatyni – 66 mm. Na położonych w sąsiednich zlewniach stacjach Hejnice i Młynice było w tym czasie odpowiednio: 106 i 97 mm (Franczak i Listwan-Franczak 2016). Powódź w dorzeczu górnej Wisły w roku 2010 oceniana była jako największa w historii tej rzeki. Wskutek powodzi ucierpiało 19 232 gospodarstw rolnych, a 83 000 ha użytków rolnych zostało zniszczonych. Łączna wysokość strat w tych gospodarstwach została wyceniona na 347 825 254 PLN (Ziernicka-Wojtaszek i Kaczor 2013).

Wody opadowe odprowadzane systemami kanalizacji burzowej są podstawową przyczyną występowania podtopień i powodzi. Uszczelnianie powierzchni chodników, dróg, parkin-

gów, oraz coraz większe powierzchnie osiedli mieszkaniowych powstające na odrolnionych arealach, dodatkowo zmniejszają retencję nasilając problem. Podtapiane uprawy źle plonują lub plony są tracone w całości. Najbardziej wrażliwe na podtopienia są okopowe i warzywa. Jednak nawet bardziej odporne zboża mogą być uszkodzane przez stagnującą wodę.

W 2019 roku susza rolnicza dotknęła wszystkie 16 województw w kraju i prawie wszystkie uprawy. W przypadku wód powierzchniowych, aż 95 proc. powierzchni Polski jest zagrożonych suszą hydrologiczną. Szkodliwe prace utrzymaniowe na rzekach (pogłębianie koryt, odmulanie, wykaszanie roślinności, usuwanie tam bobrowych). W latach 2016-17 przepokano blisko 18 000 km koryt małych rzek i potoków, a w 2018 roku rozpisano przetargi na odmulenie i usuwanie roślin z dna (prace wykonywane najczęściej koparkami) na ponad 4 tys. km cieków wodnych. Woda odprowadzana do rzek, finalnie trafia do morza – tym samym jest tracona bezpowrotnie. Obowiązkiem każdego mieszkańca Europy i Świata jest oszczędne gospodarowanie wodą. Jednym z czynników ograniczających zużycie wody, jest podniesienie opłat za m3 wody wodociągowej.

Podsumowując ten rozdział, należy stwierdzić, iż pogłębiające się zmiany klimatyczne będą powodować coraz częstsze występowanie susz przerywanych deszczami ulewnymi. Dodatkowym czynnikiem wysuszającym i erodującym będą silne wiatry. Wyższa temperatura powietrza oraz wiatr spowodują zwiększone potrzeby wodne roślin (w tym roślin uprawnych) w efekcie nasilonej ewaporacji i transpiracji. Dodatkowym czynnikiem będzie erozja wietrzna i wodna która przyczyni się do spadku żyzności i produktywności gleb.

Adaptacja do zmian klimatu

Rozpatrując produkcję rolniczą, możemy wyróżnić kilka istotnych elementów adaptacji do zmian klimatu. Są to: gromadzenie wody deszczowej, zmiana struktury użytków rolnych, zmiana agrotechniki, zmiana struktury upraw, oszczędne gospodarowanie wodą wykorzystywaną bezpośrednio we wszystkich gospodarstwach domowych oraz wodą do nawodnień rolniczych. Nawodnienia takie realizowane są zwykle w trzech systemach: deszczownianym (uprawy o znacznym zagęszczeniu roślin), punktowym (krzewy jagodowe i drzewa owocowe oraz podsiątkowym – na terenach wyposażonych w systemy rur drenarskich).

Woda stanowi podstawę produkcji rolniczej. Konieczne jest zatem zapewnienie jej wystarczających zasobów poprzez retencję w systemach scentralizowanych (zbiorniki retencyjne) oraz rozproszonych, a w szczególności w glebie i ściółce.

Możemy wyróżnić 3 typy zatrzymywania wód deszczowych:

Technogenne – zbiorniki wykonane przez człowieka (naziemne, naziemne i podziemne)

Pedogenne – gromadzenie wody w glebie i gruncie (zasilenie wód podziemnych)

Biogenne – zatrzymywanie wody w biomasie, w tym ściółce / mulczu

Gromadzenie jest szczególnie istotne na znacznych obszarach gruntów ornych. Areał gleb torfowych użytkowanych rolniczo wynosi 800 tys. ha. Ten areał może zgromadzić nawet 35mld m³ wody. To więcej niż wszystkie krajowe zbiorniki zaporowe razem wzięte. Zatem bardzo istotnym elementem cyklu hydrologicznego, są gleby torfowe i torfowiska. Ograniczanie zużycia torfu jest działaniem uzupełniającym gromadzenie wody – w tym wód opadów ulewnych.

Zmiany struktury użytków rolnych są także istotne z punktu widzenia zasilenia wód podziemnych, które będą niezwykle potrzebne do nawadniania upraw. Działania takie obejmują: zalesienia, zadrzewienia, zmiana wzajemnego układu sąsiadujących areałów rolniczych, przekształcenia terenu w celu utworzenia terenów powolnie infiltrujących, uprawa tarasowa

na stokach o znacznym nachyleniu, orkę równoległą do warstw, unikanie utrzymywania czarnego ugoru, zadarnianie, zakrzaczanie miejsc odpływu wód z arealu. Pokrywa roślinna nie tylko zatrzymuje więcej wody w okresie zimowym zapobiegając wywiewaniu śniegu, ale także zmniejszając prędkość wiatru nad powierzchnią gleby obniża ewaporację, co powoduje wydłużenie okresu dostępności wody dla roślin.

Zalecana jest uprawa roślin ozimych. Orka wiosenna wysusza glebę. Spośród zbóż jarych na niedostatki wody najmniej wrażliwy jest jęczmień, a najbardziej owies. Po zbiorze każdego przedplonu, niezależnie od stanu wilgotności gleby, należy natychmiast przerwać podsiąkanie i parowanie wody wykonując uprawki późniwe. Przy doborze roślin do uprawy wybrać gatunki odporne na niedostatki wody np. łubin żółty, lucerna, kukurydza. Nie należy pozostawiać czarnej ziemi na zimę, gdyż pole pokryte roślinnością lepiej zatrzymuje opady zimowe i nie dopuszcza do erozji gleby. Gleba niewyrodowana posiada więcej materii organicznej, która jest w stanie zatrzymać wody opadowe. Taka agrotechnika jest podyktowana warunkami występującymi w naturze – gleba nie jest odwracana, nigdy nie pozostaje odkryta – zawsze jest porośnięta roślinnością i przykryta ściółką powstałą z opadających części roślin.

Miasta jako źródło powodzi

Water Sensitive Urban Design (Projektowanie miast uwzględniając gospodarkę wodną). Zasoby wód podziemnych opierają się na tzw. warstwach wodonośnych. Występują one jako wielopoziomowe układy warstw skalnych zawierających znaczne ilości wody. Zasoby te są najczęściej wykorzystywane do zaopatrywania ludności w wodę pitną i na potrzeby gospodarcze. Jednocześnie zasoby te służą do nawadniania upraw rolnych. Przewiduje się, iż w krótkim okresie zainteresowanie wykorzystaniem tych wód w rolnictwie wzrośnie. Zatem najistotniejsze jest zapewnienie zasilania tych właśnie warstw wodonośnych nazywanych także zbiornikami wód podziemnych. Oczywiście zbiorniki te są ogromne i swoim zasięgiem obejmują wiele kilometrów kwadratowych, a woda w nich – w ciągłym ruchu – poziomym, ale także pionowym. Ten właśnie pionowy ruch wody umożliwia zasilanie tych wód poprzez racjonalne kierowanie wody deszczowej do miejsc gdzie powoli infiltrować ona w głąb profilu. Zatem właściwa gospodarka wodą opadową na terenach miejskich zasila warstwy wodonośne w nowe zasoby, co jest ważne nie tylko z punktu widzenia mieszkańców miasta ale także rolnika, który także zamierza korzystać z tych zasobów.

Co jest ważne z punktu widzenia filozofii „Water Sensitive Urban Design”? Należy zwrócić uwagę na: dostępność terenu, uwarunkowania gruntowo-wodne, zakładaną funkcję systemu gromadzącego wodę, potrzebę oczyszczania wód opadowych i roztopowych, trwałość rozwiązania, uwzględnienie zastosowania rozproszonych systemów gromadzących deszczówkę.

W zależności od lokalnych uwarunkowań urbanistycznych oraz gruntowo-wodnych można zastosować:

- mulda chłonna,
- ogród deszczowy,
- zielone dachy i zielone ściany,
- nadpowierzchniowe, powierzchniowe i podziemne zbiorniki retencyjne,
- studnie chłonne,
- żele chłone wodę,
- systemy retencjonujące – rozsączające.

Obowiązkiem każdego mieszkańca powinno być nie tylko czytanie książek, segregowanie odpadów, ale przede wszystkim gromadzenie wody deszczowej. Jest to działanie istotne

z punktu widzenia nie tylko obecnych potrzeb wodnych mieszkańców miast i wsi, ale także z punktu widzenia możliwości przetrwania przyszłych pokoleń na planecie.

Zbiornik w każdym domu

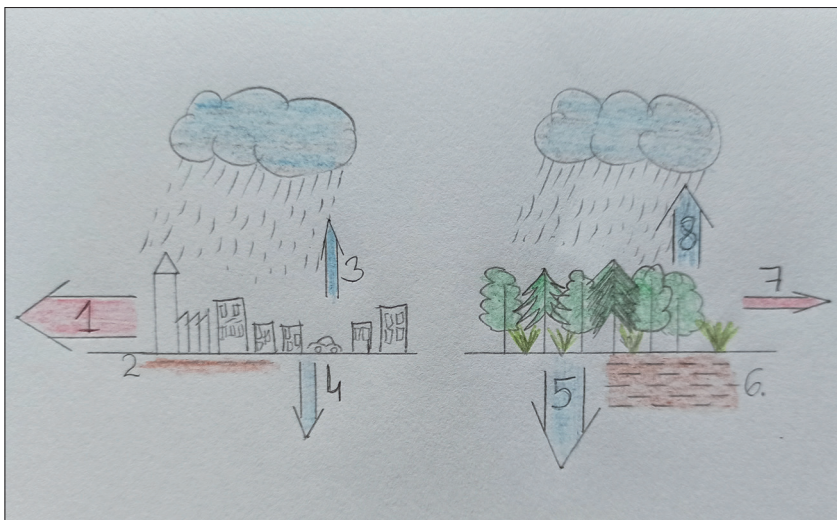
Nie tylko właściciele domów jednorodzinnych, ale także spółdzielnie mieszkaniowe lub inni zarządcy nieruchomości muszą wdrażać wszelkie metody, aby w jak największym stopniu retencjonować wodę deszczową. Jeśli będzie ona gromadzona w zbiornikach - wykorzystają ją później do podlewania ogrodów, a nawet zasilania instalacji obsługującej spłuczki toalet, aby nie używać w tym celu wody pitnej. Zmniejszy to rozbiór wody podziemnej, zaoszczędzając jej zasoby. Jeśli natomiast woda deszczowa za pomocą stawów infiltracyjnych, muld chłonnych lub studni będzie odprowadzana do gruntu, w sposób bezpośredni będziemy zasilać wody podziemne.

Marnujemy wodę odprowadzając ją do kanalizacji deszczowej, która kieruje ją do odbiorników (rowy, potoki, rzeki), a w razie opadu nawałnego woda ta powoduje podtopienia i powodzie. Zatem nie retencjonując wody przyczyniamy się do zwiększania ryzyka wystąpienia klęsk żywiołowych. System rozproszony to setki tysięcy małych zbiorników na deszczówkę - co najmniej jeden przy każdym domu. Najprostszym rozwiązaniem jest zbiornik budowlany typu „mauser” o pojemności 1m^3 zainstalowany na powierzchni ziemi, odbierający deszczówkę bezpośrednio z bednarki rynnowej. Takie używane zbiorniki można kupić nawet za 100-200PLN. Oczywiście taki system choć prosty, tani i niekłopotliwy w montażu ma wiele wad. Z dachu o powierzchni 100m^2 zbiornik taki teoretycznie zgromadzi opad w wysokości zaledwie 10mm. W rzeczywistości jednak nieco więcej, ponieważ zależy to także od materiału którym pokryty jest dach - należy uwzględnić tzw. współczynnik spływu. Nadal jednak zatrzymanie tylko opadu wielkości 10mm to mało. Ponadto, nie mamy możliwości gromadzenia wody zimą, gdyż grozi to zamarznięciem zbiornika oraz uszkodzeniem jego zaworu, co generuje dodatkowe koszty.

Nieco bardziej zaawansowanym rozwiązaniem są zbiorniki podziemne zaopatrzone we wstępny filtr zanieczyszczeń. Z reguły mają one kilka, a nawet kilkanaście m^3 pojemności, a ich obecność nie psuje wyglądu otoczenia. Opady występują także zimą - wówczas gromadzenie wody także jest możliwe - zbiornik podziemny nigdy nie zamarza. W chwili obecnej wystarczy zainstalowanie zbiornika 60-80cm ppt, aby zapobiec jego zamarznięciu. Niestety zazwyczaj wymaga on fundamentowania oraz co najmniej zgłoszenia budowy - pozwolenie na budowę najczęściej nie jest potrzebne. Minusem takiego rozwiązania są także wysokie koszty inwestycyjne. Mały zbiornik o pojemności kilku m^3 może kosztować nawet kilka, a duży - nawet kilkanaście tysięcy złotych.

Najbardziej zaawansowany jest zbiornik podłączony do instalacji zasilającej nie tylko nawadnianie ogrodu, ale także toalety w domu.

Uszczelnianie powierzchni generuje znaczne objętości wody deszczowej do zagospodarowania. Uszczelniona powierzchnia parkingu przy centrum handlowym jest tego przykładem. Jeśli na taki parking o powierzchni 1 ha spadnie niewielki bo 10mm deszcz, to ilość odprowadzonej wody, nawet przy uwzględnieniu współczynnika spływu wyniesie 50-75 m^3 w zależności od stopnia kolmatacji spoin kostki brukowej oraz natężenia zjawiska. W przypadku powierzchni asfaltowej, będzie to objętość 75-85 m^3 . Dla większości odbiorników (otrzymujących wodę także z innych obszarów skanalizowanych), będzie to ilość przewyższająca możliwości techniczne odprowadzenia, a co za tym idzie woda nie będzie odbierana, co spowoduje podtopienie. Odwrótnością takiego układu są tereny leśne, gdzie zasilenie wód podziemnych jest silne, a spływ powierzchniowy niemal zerowy (Rys.3).



Rys.3. Wpływ uszczelniania powierzchni ziemi na wielkość spływu wody do odbiorników. Duże strzałki – znaczna ilość, małe strzałki – niewielka ilość. Legenda: 1, 7 – spływ powierzchniowy; 2, 6 – retencja glebowa; 3, 8 – parowanie; 4, 5 – infiltracja do wód podziemnych

Współczynnik spływu (Tab.1 i Tab.2) wyraża stosunek między ilością wody deszczowej, która spłynie z danej powierzchni, a całkowitą ilością, która spadła na tę powierzchnię. Współczynnik może być różny w zależności np. od nachylenia dachu/terenu – im jest ono większe tym więcej wody odpłynie.

Tab.1. współczynniki spływu dla różnych nawierzchni

Lp	Rodzaj nawierzchni	Wartość
1.	Szczelne nawierzchnie asfaltowe lub betonowe	0,75-0,85
2.	Nawierzchnie dróg i chodników z kostki betonowej, bruki kamienne niespoinowane	0,5-0,75
3.	Nawierzchnie z płyt betonowych	0,6-0,8
4.	Nawierzchnia z płyt ażurowych	0,4
5.	Nawierzchnie nieutwardzone	0,1
6.	Połacie dachowe	0,85-1,00
7.	Lasy	0,01-0,15
8.	Nieutwardzone aleje spacerowe	0,2-0,4
9.	Parki, ogrody	0,0-0,1

Tab.2. Współczynniki spływu w zależności od nachylenia terenu (Królikowska i Królikowski 2009)

Rodzaj zabudowy i użytków	Spadek terenu, %					
	0,5	1,0	2,5	5,0	7,0	10,0
Dzielnice miejskie – zabudowa częściowo zwarta, a częściowo luźna	0,60	0,62	0,65	0,70	0,75	0,80
Dzielnice willowe	0,40	0,42	0,45	0,50	0,55	0,60
Parki i ogrody	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
Grunty orne	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25
Lasy	0,01	0,02	0,04	0,06	0,10	0,15

Zwiększona objętość wody odprowadzanej do odbiornika, to nie tylko zagrożenie podtopieniami, ale wiąże się z brakiem zasilania naturalnych zbiorników wód podziemnych, które służą do nawadniania upraw, czy zaopatrzenia mieszkańców w wodę. Jak poważny jest to problem przekonali się mieszkańcy Skierniewic, gdzie w czerwcu 2019 roku zabrakło wody wodociągowej. Na tym obszarze czerwiec jest newralgicznym miesiącem gdzie zużycie wzrasta o około 50 tys. m³/m-c z powodu konieczności nawadniania upraw owoców jagodowych.

W efekcie zmian klimatycznych dochodzi znaczna nieregularność ich występowania. Opadów nie będzie mniej, ale będą występowały w formie opadów ulewnych, przepłatanych długookresowymi suszami. Zapotrzebowanie na wodę wzrośnie, ponieważ w efekcie wyższych średnich temperatur powietrza, a co za tym idzie gleby, nasilone będzie parowanie z gleb i roślin (ewaporację i transpirację). Spowoduje to spadek plonowania, co potwierdza raport „The Lancet Countdown” opublikowany w styczniu 2020 roku.

Bioretencja

Wszystkie zielone powierzchnie (lasy, parki, trawniki, pola, trwałe użytki zielone, ugory, nieużytki) gromadzą wodę deszczową. Zmniejsza to ryzyko powodzi, a zasilanie wód podziemnych następuje bez zakłóceń. Oczywiście gromadzenie odbywa się tylko przejściowo, bowiem woda grawitacyjnie migruje w głąb profilu do warstw wodonośnych. Wylesianie to prosty sposób na zwiększenie poziomu wody w rzekach, a co za tym idzie zwiększanie erozji wodnej oraz podtopień i powodzi. Akumulacja wody w lasach jest wyższa niż w przypadku jakichkolwiek innych rodzajów upraw. Nawet niewielki opad wielkości 10mm, dostarcza 100 ton wody na hektar. Zgromadzenie takich ilości wody w zbiornikach jest bardzo trudne i wymaga znacznych kosztów inwestycyjnych. W przypadku konieczności nawadniania znacznych areałów, retencja w zbiornikach może mieć marginalne znaczenie. Zatem znaczne możliwości retencyjne gleby oraz intensyfikacja zasilania wód podziemnych powinny być głównymi metodami zapewnienia uprawom wody potrzebnej do wzrostu.

Zalesione powierzchnie są idealne do tego celu. Przyjmuje się, że arealty leśne przy uwzględnieniu pokrywy roślinnej oraz ściółki, mogą zgromadzić jednorazowo nawet do 100 mm opadu. Opady ulewne nie trwają długo, ale natężenie opadu jest wysokie. Zatem istotne jest zatrzymanie znacznej ilości wody, ale w bardzo krótkim czasie. Ściółka ma takie właściwości, co sprawia iż spływ powierzchniowy na terenach leśnych praktycznie nie występuje. Zgromadzona woda będzie powoli infiltrować w głąb profilu co pozytywnie

wpłyne na poziom wód podziemnych w pierwszym poziomie wodonośnym, a ten będzie zasiliał kolejne – położone głębiej.

Podobne działanie ma materia organiczna w glebach poza terenami leśnymi. Nawozy organiczne (obornik, gnojowica, kompost, nawozy zielone, podłoże popieczarkowe, kwasy humusowe), zwiększają pojemność wodną gleb nawet o kilkanaście % (Sądej i Mazur 2005). Dodatkowo – zabieg niekoniecznie lubiany przez rolników - mulczowanie gleby także zapobiega szybkiemu wysychaniu gleby. Zabieg ten jest rzadko stosowany z uwagi na panującą opinię, iż zwiększa to ilość szkód powodowanych przez gryzonie (myszy). Kompost na dużą skalę jest wytwarzany na składowiskach odpadów gdzie dostarczana jest frakcja bioodpadów zbieranych selektywnie. W chwili obecnej coraz trudniej o obornik i rolnicy zmuszeni są do zagospodarowywania znacznych ilości gnojowicy oraz stosowania kwasów humusowych. Kwasy humusowe wytwarzane są z węgla brunatnego lub leonardytu, których wydobycie powoduje powstanie lejów depresyjnych o znacznym zasięgu. Lej powoduje obniżenie nie tylko zwierciadła wód gruntowych, ale przede wszystkim głębiej zalegających warstw wodonośnych, co naraża uprawy na brak zasilania w wodę w wyniku naturalnego podsiąku, zjawiska niezwykle istotnego, szczególnie w przypadku gleb lekkich np. wytworzonych z piasku luźnego drobnoziarnistego zaliczanych do gleb o opadowo-retencyjnym typie zasilania wodą (Tołoczko 2019).

Jeśli ilość trwałej materii organicznej (tzw. próchnica glebowa składająca się z kwasów humusowych) w glebie wzrośnie o 1%, to zdolność gleby do magazynowania wody wzrośnie 150m³/ha. Wpływ materii organicznej na magazynowanie wody jest większy na glebach lekkich. Zatem nawożenie organiczne realizowane nie w sposób tradycyjny – co 4 lata pełna dawka obornika, ale częstsze stosowanie wszelkich dostępnych nawozów organicznych, w tym także tych opartych na biomasie odpadowej (Rys.4), polepsza strukturę gleby, ale także przyczynia się do zwiększania glebowej retencji wody.

W przypadku niektórych grup odpadów, które są czasem wykorzystywane do celów nawozowych, zaleca się szczególną ostrożność. Osady ściekowe zawierają znaczne ilości substancji organicznej oraz biogenów w formie przyswajalnej, jednak zwykle obciążone są ponadnormatywnymi ilościami metali ciężkich, co może stanowić zagrożenie dla jakości plonu. Poziomy stężenie tych metali powinny być każdorazowo analizowane, gdyż nawet osad pochodzący z tej samej oczyszczalni nie ma cały czas takiego samego składu chemicznego. Dodatkowym czynnikiem na który należy zwracać uwagę są jaja pasożytów jelitowych czyli wartość wskaźnika ATT.

Uzupełnieniem nawożenia organicznego będą uprawki chroniące przerywające podsiąkanie wody, co chroni glebę przed stratami wody. Po zbiorze należy zatem wykonać uprawę kultywatorem ze sztywnymi zębami zagregowanym z wałem strunowym lub broną talerzową, a nawet samą broną talerzową. Uprawki powinny być agregowane, a agrotechnika upraszczana aby minimalizować ubijanie gleby. Tam gdzie to możliwe, należy rozważyć przejście na uprawę pasową (strip-till). Nie należy lekceważyć słomy jako źródła materii organicznej. Rozdrobniona i wymieszana z nawozem azotowym szybko rozłoży się w glebie przyczyniając się do podwyższenia poziomu próchnicy glebowej. Jest to bardzo istotne ponieważ spadek zawartości próchnicy zaledwie o 1% powoduje zmniejszenie pojemności wodnej gleby nawet o 30%.

Gleby lekkie są szczególnie wrażliwe na brak wody, ale paradoksalnie wody deszczowe najszybciej w nich infiltrują. To korzystne z punktu widzenia zasilania wód podziemnych koniecznych do nawadniania. Z kolei gleby ciężkie są w stanie zgromadzić więcej wody, ale w przypadku opadu ulewnego generują znaczne ilości spływu powierzchniowego. Woda



Rys. 4. Eksperymentalny granulowany nawóz organiczny z odpadów, o zawartości substancji organicznej powyżej 90%. Fot. T. Ciesielczuk

w postaci spływu powierzchniowego dostająca się do rowów melioracyjnych, lub innych cieków powierzchniowych jest niemal stracona jeśli chodzi o wykorzystanie rolnicze.

Retencja korytowa

Działania mające na celu nawodnienia rolnicze zmierzają do wykorzystania retencji korytowej. Zakłada się wykorzystanie już istniejącego systemu rowów melioracyjnych i istniejących systemów rur drenarskich do nawodnień. Szacuje się, że pojemność rowów melioracyjnych w Polsce wynosi 500 mln m³. Taka ilość wody stanowić może istotne uzupełnienie wody potrzebnej do wzrostu i plonowania roślin. W czasie wyższych stanów wód płynących (rzek), woda wpływa do rowów melioracyjnych i drenażu na polach. Woda podsiąka do strefy korzeniowej roślin uprawnych siłą wzniosu kapilarnego. Następuje jej magazynowanie w glebie. Odpływ wody zostaje odcięty za pomocą systemu zastawek obsługiwanych przez rolników należących do spółek wodnych. W przypadku braku zastawek (czasem są one zniszczone lub nie funkcjonują należycie) odpływ może być realizowany nawet za pomocą przenośnych progów piętrzących wykonanych z tworzyw sztucznych. Woda zostaje zgromadzona w glebie i gruncie na czas suszy.

Problemem jest jednak stan techniczny zastawek/jazów oraz zniszczone systemy rurek drenarskich. Ponadto w istniejącym systemie prawnym rowy należą do kilku zarządców, co utrudnia synchronizację prac zastawek. Ponadto aby dokonać naprawy zastawki, która nie działa (odbudowa zniszczonej), lub wybudować nową należy uzyskać pozwolenie wodnoprawne.

Wykorzystanie istniejących sieci rowów szczegółowych oraz systemów drenarskich jest szczególnie istotne w przypadku gleb lekkich, które silniej się odwadniają. Napełnione rowy spowodują poprawę uwilgotnienia gruntów w ich pobliżu. Retencja korytowa to jedno

z zadań realizowanych przez Wody polskie. Finalnie, zakładany jest wzrost wskaźnika retencji wód w Polsce o ok. 1%. Obecnie krajowa retencja utrzymuje się na poziomie ok. 6,5%. Aby zapewnić właściwe funkcjonowanie ekosystemów (a nie tylko produkcji rolniczej), konieczne jest podwojenie tego wskaźnika.

Zasilamy wody podziemne

Gospodarowanie wodą bez jej odprowadzania, czyli wykorzystanie powierzchni biologicznie aktywnych poprzez zastosowanie geokraty z wytrzymałego tworzywa sztucznego wypełnioną kruszywem lub nawet trawą. Geokrata (Rys.5) ma niewielki współczynnik spływu i jeśli podłoże jest przepuszczalne, zasilanie wód podziemnych będzie zachodziło podczas każdego (ulewnego lub nie) opadu deszczu. W szczególności istotne są opady zdarzające się w czasie burz, gdy często wielkość opadu przekracza pojemność wodną gruntu. Znaczna nośność (ponad 100t/m²) takiego rozwiązania oraz trwałość przekraczająca 20 lat to zalety które stanowią o atrakcyjności rozwiązania. Dodatkowym atutem jest niska cena oraz środki, które zaoszczędzimy z uwagi na brak obciążenia podatkiem za deszczówkę odprowadzaną do kanalizacji burzowej z powierzchni utwardzonych.

Spływ powierzchniowy nie będzie występował (powierzchnia biologicznie aktywna przekracza w tym przypadku 90%), a co za tym idzie kanalizacja deszczowa zostanie odciążona. Taki pasywny system z geokraty może być zainstalowany niemal wszędzie. Jednak podstawową zasadą będzie tu zachowanie przepuszczalności podłoża na którym ułożona jest geokrata. Kolmatacja zbyt zagęszczonego i drobnoziarnistego podłoża może przyczynić się do wydatnego zmniejszenia zdolności retencyjnej powierzchni. W związku z tym należy zwracać uwagę na niewnoszenie gruntów spoistych na kołach pojazdów.

Przeszkodą może być zagrożenie zanieczyszczeniem infiltrujących wód przez związki ropopochodne (lub wycieki innych płynów eksploatacyjnych z samochodów). W takim przypadku dobrym rozwiązaniem wydaje się system kanalizacji wyposażony w piaskownik i separator ropopochodnych. Wody opadowe po opuszczeniu separatora powinny być kierowane do systemu rozsączającego. Zasoby płytko zalegających wód podziemnych są istotne nie tylko z punktu widzenia łatwości ich odnawiania, ale także są źródłem zasilającym wody w głębie.



Rys.5. Geokrata wypełniona kruszywem na placu manewrowym Fot. T. Ciesielczuk



Rys.6. Płyta ażurowa na miejscu postoju samochodów. Widoczna kolmatacja gruntu. W tym miejscu wystąpiła ona już po 3 latach od budowy Fot. T. Ciesielczuk

Drugim rozwiązaniem są żelbetonowe płyty ażurowe (Rys.6). Jest to rozwiązanie o niezwyklej trwałości, jednak w zależności od zaleceń producenta, parametry nośności mogą się zmieniać i nie każda płyta ażurowa powinna być wykorzystywana na nawierzchniach często użytkowanych przez pojazdy przekraczające 3,5 tony. Parkingi centrów handlowych wykonane z takich płyt na lekkim gruncie nie powodują podtopień. Wypełnienie kruszywem jest skuteczniejsze w gromadzeniu wody, jednak wiele firm przestwory w płytach wypełnia ziemią mineralną, co powoduje szybką kolmatację i tym samym znaczne pogorszenie współczynnika spływu. Zazwyczaj przyjmuje się współczynnik spływu 0,70-0,80, ponieważ kolmatacja płyt ażurowych w takim przypadku zachodzi dość szybko i tylko w początkowym okresie eksploatacji nie obserwuje się znacznego spływu powierzchniowego i wówczas współczynnik wynosi 0,4. Wydłużeniem efektywnej pracy betonowych płyt ażurowych, jest ułożenie ich na zagęszczonym kruszywie o granulacji 2,0-10mm oraz wypełnienie ze żwiru. Jednak wiele firm, aby zachować trwałość rozwiązania silnie zagęszcza podłoże wykonywane z drobnego piasku uzupełniając ostatnią warstwę cementem, co powoduje wiązanie mieszanki znacznie utrudniając przenikanie wody opadowej.

Osobnym problemem jest przepuszczalność gruntu rodzimego. W przypadku gleb i gruntów gliniastych, ilastych lub znacznej miąższości niespękanych skał, woda będzie się gromadzić w zagęszczonej warstwie kruszywa, co w przypadku długotrwałych opadów może spowodować podtopienia powierzchni zbudowanej zgodnie ze sztuką budowlaną.

Prawo

Niedawno wprowadzone zmiany w ustawie Prawo wodne (Dz. U. 2017 poz. 1566 z późn. zm.) zmieniły przepisy dotyczące opłat za tzw. usługi wodne. W obecnym brzmieniu: Art.268.1. Opłaty za usługi wodne uiszcza się za:

- 1) pobór wód podziemnych lub wód powierzchniowych;
- 2) wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi;

3) odprowadzanie do wód:

a) wód opadowych lub roztopowych ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacji deszczowej służące do odprowadzania opadów atmosferycznych albo systemy kanalizacji zbiorczej w granicach administracyjnych miast, (...).

Mowa tutaj o podatku „od deszczu” czyli opłacie z tytułu utraconej retencji. Po wejściu w życie ustawy o inwestycjach w zakresie przeciwdziałania skutkom suszy podatek deszczowy ma obowiązywać także właściciele domów jednorodzinnych, wspólnot, spółdzielni mieszkaniowych, szkół, firm i zakładów pracy. Projekt ustawy zakłada, że rozszerzona opłata deszczowa obejmie działki o powierzchni powyżej 600 mkw., które dodatkowo zostały w więcej niż 50 proc. wyłączone z naturalnej retencji wodnej (np. zajęte przez budynki lub pokryte kostką brukową). Finalnie odpłatą na zostać objęte ponad 1,3 mln działek. Wysokość podatku od trzeba będzie oddzielnie wyciszyć dla każdej nieruchomości, ponieważ jego wysokość będzie zależała od wielkości nieruchomości oraz stopnia zabudowy. Na działce 1000 m² i powierzchni zabudowy na poziomie 51% podatek wyniesie:

- jeżeli właściciel nie zatrzyma wody na posesji (współczynnik zatrzymania - 0 %) – ok. 255 zł
- jeżeli właściciel zatrzyma wodę opadową (np. w zbiornikach, kontenerach, beczkach) – osiągając współczynnik zatrzymania powyżej 30% - opłata roczna wyniesie nie więcej niż – 25,50 zł czyli 10 razy mniej.

Zatem im mniej wód odprowadzimy do kanalizacji burzowej, tym mniejsze opłaty będziemy uiszczać. Ponadto zasiliły wody podziemne. Wysznięte studnie znów napełnią się wodą. Nawadnianie upraw będzie możliwe.

Dodatkowo, w wielu przypadkach osoba zainteresowana wykonaniem instalacji służącej do nawodnień rolnych będzie zmuszona ubiegać się o tzw. pozwolenie wodnoprawne. Szczegółowe informacje dotyczące tej procedury znajdują się w poradniku dostępnym na stronie „Wód polskich” (Pobór wód... 2019).

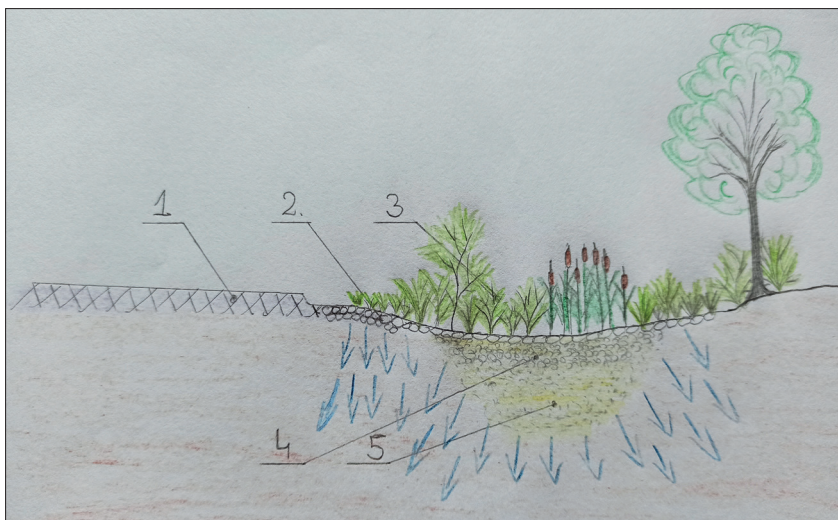
Program przeciwdziałania niedoborowi wody

Program ten jest częścią „Planu przeciwdziałania skutkom suszy” (PPSS), który jest strategicznym dokumentem planistycznym z 50-letnią perspektywą. Podstawa prawna: Uchwała Nr 92 Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przyjęcia „Założeń do Programu przeciwdziałania niedoborowi wody na lata 2021–2027zperspektywą do roku 2030”. Efektami programu będą: wzrost objętości retencjonowanej wody, wzrost pojemności obiektów małej retencji, łagodzenie skutków suszy ze szczególnym uwzględnieniem terenów wiejskich i obszarów leśnych, zmniejszenie ryzyka powodziowego, w tym związanego z tzw. powodziami błyskawicznymi na terenach zurbanizowanych, przywrócenie lub poprawa warunków energetycznego wykorzystania wód, zwiększenie udziału lokalnych i regionalnych przedsięwzięć dotyczących tworzenia retencji wodnej, zwiększenie społecznej świadomości problemu zmniejszających się zasobów wód i potrzeby ich retencjonowania, poprawa warunków rolniczego wykorzystania wód, wzmocnienie ekosystemów powstałych lub utrzymanych w wyniku stosowania retencjonowania wód, poprawa klasy i stabilności warunków żeglugowych na śródlądowych drogach wodnych oraz poprawa walorów krajobrazowych obszarów związanych z wodami (www.gov.pl).

Mulda chłonna

Jest to znakomite rozwiązanie w przypadku gruntów niespoistych, gdzie infiltracja wód opadowych przebiega bez długotrwałego stagnowania na powierzchni. Rozwiązanie to wymaga jedynie prac ziemnych w niewielkim zakresie: umieszczenie kruszywa poniżej

pierwotnego poziomu terenu oraz ukształtowanie lekkiego zagłębienia (Rys.7). Kora na powierzchni muldy powinna być gruba, ponieważ wiatr może rozwiewać drobne, lekkie kawałki. Ważne jest zakrzewienie oraz wprowadzenie roślin błotnych. Ważne jest tu zastosowanie rodzimych gatunków – trzcina pospolita, pałka wodna, krwawnica pospolita itp. Roślinność ta (z wyj. trwałe np. krzewów i drzew), powinna być wykaszana co 2-3 lata w celu uniknięcia kolmatacji powierzchni muldy. Po opadach należy także kontrolować czy woda nie stagnuje zbyt długo, co by mogło wskazywać na konieczność przeprowadzenia płukania wierzchniej warstwy podłoża.



Rys.7. Mulda chłonna. 1. Powierzchnia uszczelniona (np. droga), 2. Strefa podczyszczania - warstwa żwirowa (frakcja 1,0-2,5cm), 3. Rośliny na powierzchni muldy (przeciwdziałanie rozwiewaniu podłoża), 4. warstwa gleby lekkiej, 5. warstwa piaszczysto-żwirowa lub kruszywo.

Zasilanie wód podziemnych będzie następowało podczas każdego deszczu. Wody zaskórne zasilą wody wgłębne. Niestety, występują także ograniczenia jeśli chodzi o możliwości zastosowania muldy chłonnej. Są to najczęściej zbyt niska przepuszczalność gruntu rodzimego oraz zbyt wysoki poziom zwierciadła wody gruntowej. Koszty eksploatacyjne są niewielkie. Okresowo tylko konieczna jest pielęgnacja systemu – usuwanie piasku z rynien doprowadzających oraz kontrola drożności strefy podczyszczania. Strefa ta to jeden z ważniejszych elementów systemu, jednak czasem pomijany w projektach. Ponadto okresowo konieczne będzie usuwanie nadmiaru porostu roślinnego oraz w okresie zimowym zalecane jest ograniczenie stosowania chemicznych środków do usuwania śliskości.

Ogród deszczowy

Stawy infiltracyjne połączone w tarasowy system wodny są definiowane jako hydrofitowe ogrody deszczowe. Obiekty takie można zlokalizować zarówno na terenach otwartych

z zabudową rozproszoną, jak i na dużym stopniu zabudowy (osiedla mieszkaniowe), gdzie jako element architektury krajobrazu będą pełniły funkcje retencyjno-infiltracyjną oraz bardzo często - dekoracyjną. Ich konstrukcja jest bardzo zbliżona do muldy chłonnej jednak z uwagi na tarasową konstrukcję i większą powierzchnię są w stanie bezpiecznie retencjonować wodę spływającą nawet z powierzchni utwardzonej o znacznych areałach. Na każde 100 m² nawierzchni utwardzonej należy zaplanować 6 m² powierzchni ogrodu deszczowego o średniej głębokości 0,5 m.

Bezpośrednio pod dnem znajduje się warstwa przepuszczalnego gruntu lub żwiru na głębokości ok. 0,5–0,6 m. Co jest bardzo istotne, gdyż rowy i zbiorniki nie posiadają połączenia z rowami lub ciekami naturalnymi odprowadzającymi wodę. Rozwiązanie takie sprzyja retencji, jednak grunt rodzimy na którym jest budowany taki obiekt musi zachowywać przepuszczalność przez wiele lat. Ponadto, ważnym elementem – podobnie jak w przypadku muldy chłonnej jest roślinność. Nasadzenia powinny obejmować gatunki tolerancyjne na znaczne wahania ilości wody. Zaleca się zastosowanie następujących gatunków: trzcina pospolita, sit rozpierzchły, krwawnica pospolita, mozga trzciniowata, kosaciec syberyjski, tojeść rozესłana, mięta wodna, żywokost lekarski, sadzic konopiasty, wierzbówka błotna, śmiełek darniowy, kozłek lekarski. Jeśli w grę mogą wchodzić drzewa, to polecane są: olsza czarna, wierzby: iwa, szara, wiciowa, pięciopęcikowa, purpurowa. Ciekawym gatunkiem będą cyprysyki błotne wytwarzające korzenie powietrzne rosnące do góry. Niezwykle ważna - podobnie jak w przypadku muldy chłonnej - jest strefa podczyszczania wstępnego z tzw. rumowiska wleczonego oraz organicznego debrisu, który rozkładając się potrafi zatkać najbardziej przepuszczalne gleby. Rowy lub stawy gromadzące wodę, muszą mieć łagodne brzegi, tak aby małe zwierzęta (np. jeże) mogły się łatwo wydostać. Wskazane okresowe usuwanie rumowiska nagromadzonego w strefie podczyszczania.

Nie stosować tego rozwiązania w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań oraz gdy występują grunty słabo lub nieprzepuszczalne, przy wysokim poziomie wód gruntowych (dno ogrodu deszczowego powinno znajdować się co najmniej 1,5 m nad sezonowo występującym najwyższym poziomem wody gruntowej), jeśli w niedalekiej odległości posadzone są drzewa, których opadające liście mogą zmniejszać pojemność ogrodów (kolmatacja podłoża) i z czasem zapoczątkować procesy gnicia.

Jeśli stosowane są środki do likwidacji śliskości, nasadzenia powinny składać się z gatunków tolerujących znaczne zasolenie podłoża. Należą do nich: bluszcz pospolity, dęby, jesiony amerykańskie: niebieski i zielony, klon tatarski, k. ginnala, klon polny, tamaryszek, róża pomarszczona, karagana syberyjska, platan klonolistny oraz wiąz górski.

Zielone dachy i ściany

Zielone dachy (Rys.8) i ściany oprócz swoich zdolności retencyjnych posiadają wiele innych pozytywnych cech, wpływających korzystnie na zdrowie ludzi. Zielona ściana w efekcie zacieniania oraz transpiracji obniża temperaturę w swoim otoczeniu o 2-11°C, a ponadto powoduje dwukrotne wydłużenie trwałości elewacji budynku.

Podstawowym czynnikiem warunkującym założenie zielonego dachu jest nośność więźby dachowej/stropu, która musi uwzględniać dodatkowe obciążenie substratu oraz wody która może zgromadzić w przypadku długotrwałego deszczu.

Retencjonowanie wody deszczowej (opady ulewne) zmniejsza oraz opóźnia odpływ, co wypłaszczą falę powodziową. Deszcz o natężeniu 0,4mm/min, będzie retencjonowany w ilości 62%, 43% i 39% całkowitej pojemności wodnej dachu odpowiednio dla powierzchni o nachyleniu 2°, 8° i 14°. W przypadku natężenia opadu 0,8mm/min wartości te wyniosą:



Rys.8. Nowe budynki wyposażone w retencyjno-izolacyjne zielone dachy. Fot. T. Ciesielczuk

54%, 30% i 21%. Nawet w przypadku wystąpienia opadu wielkości 10-15mm do kanalizacji burzowej nie zostanie odprowadzona woda z rynien. Drzewa na powierzchni dachu (Rys.9) to samosiejki.

Obciążenie dodatkowe wynikające z masy retencionowanej wody może osiągać w przypadku dachów intensywnych nawet $1,5 \text{ tony/m}^2$. W związku z tym konieczna jest konsultacja z inżynierem budownictwa, architektem oraz firmą wykonującą dach. Woda zgromadzona w substracie zielonego dachu nie zasila wód podziemnych. Gromadzenie jej służy jedynie ograniczeniu ilości wody odprowadzanej do kanalizacji burzowej, co ogranicza lub całkowicie eliminuje ryzyko podtopień.



Rys.9. Semi-intensywny zielony dach pokrywający garaże w centrum dużego miasta Fot. T. Ciesielczuk.

Zbiorniki

Zbiorniki nadpowierzchniowe

Najprostszym i tanim rozwiązaniem jest zbiornik „budowlany” typu mauser o pojemności 1000 dm³ (Rys. 10). Zalety zbiorników montowanych na powierzchni ziemi to: łatwość i szybkość montażu, prace ziemne konieczne jedynie w niewielkim zakresie (fundamentowanie), wizualna kontrola szczelności, woda szybko się ogrzewa, możliwość rozbudowy systemu. System taki posiada także znaczące wady: szpecenie otoczenia, zamarzanie, co powoduje konieczność opróżniania na zimę oraz – co ważne brak możliwości gromadzenia wód opadowych w tym okresie.



Rys.10. Zbiornik nadpowierzchniowy o pojemności 1m³. Fot. T. Ciesielczuk

Zbiorniki wód powierzchniowych

Zbiorniki takie w postaci relatywnie niewielkich niecek gromadzących wodę są niezwykle użyteczne szczególnie na terenach ubogich w wodę. Wykonanie takiego zbiornika to oprócz podstawowych prac ziemnych konieczność zastosowania właściwego uszczelnienia dna. W większości przypadków stosuje się folię EPDM ze względu na jej trwałość oraz odporność na czynniki atmosferyczne – wysoką i niską temperaturę oraz promieniowanie UV. W ostateczności można wykorzystać folię HDPE o grubości 2mm używanej do uszczelniania niecek składowisk odpadów. Zastosowanie wody z takiego zbiornika do nawodnień zwykle wymaga przynajmniej podstawowej filtracji w celu uniknięcia zatkania dysz zraszaczy czy też systemów kropłowych. Filtracja dwustopniowa (filtr piaskowy i filtr dyskowy lub filtr siatkowy i filtr dyskowy) w pełni zabezpiecza system przed awarią.

Odrębnym tematem jest dyskusja dotycząca wykorzystania wód zgromadzonych w już istniejących dużych zbiornikach zaporowych, takich jak zbiornik Otmuchowski, Nyski czy

Turawski. Ich obecna rola sprowadza się tylko do gromadzenia wód ze zlewni (funkcja przeciwpowodziowa), jednak właściwie nie prowadzi się prac umożliwiających rolnicze wykorzystanie już zgromadzonej wody. Wybudowanie niewielkiej instalacji umożliwiającej grawitacyjne napełnianie beczkowozów rolniczych, mogłoby stanowić element wspomagający uprawy w najbliższym otoczeniu takiego zbiornika.

Zbiorniki podziemne

Zwykle są to zbiorniki z tworzywa sztucznego, rzadziej stalowe czy betonowe. Spotyka się zarówno konstrukcje poziome (przystosowane do ruchu pojazdów) i pionowe. Znaczne rozpiętości oferowanych parametrów (szczególnie pojemność) powoduje, iż każdy znajdzie zbiornik odpowiedni do powierzchni z której ujmowana jest woda. Najczęściej spotykane pojemności to 1 do 60m³. W ekstremalnych przypadkach stalowe i betonowe konstrukcje mogą mieć nawet 100m³ pojemności. W celu zapewnienia długotrwałej bezawaryjnej i wygodnej pracy konieczne będzie zastosowanie kosza filtrującego i pompy. Filtrowanie wody na wlocie do zbiornika (filtr żwirowy plus tkaninowy) w istotny sposób zmniejszają podatność na zagniwanie wody oraz częstotliwość odmulania. Pompa umożliwi napełnienie wodą opryskiwacza, lub napełnienie zbiorników służących w gospodarstwie jako źródło wody do mycia urządzeń, czy maszyn.

Zalety takich zbiorników: nie zajmują miejsca, nie szpecą, nie zamarzają, łatwość i szybkość montażu, woda o stałej temperaturze, nie rozwijają się glony. Całoroczne gromadzenie wody jest istotne z punktu widzenia nieregularności występowania opadów oraz znacznych ilości wody opadowej (także w postaci śniegu), który pojawia się poza okresem wegetacyjnym.

Wady takiego rozwiązania: konieczne zaawansowane prace ziemne, niemal brak możliwości rozbudowy, niemożliwa wizualna kontrola szczelności, wysoka cena (zbiornik o objętości 15m³ kosztuje 5-8 tys. PLN). Obecnie minusem są właśnie wysokie ceny gotowych zbiorników, które są m.in. wynikiem reakcji rynku na uruchomienie dotacji państwowych (np. program Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej „Moja woda”). Programy te cieszą się znacznym zainteresowaniem wśród społeczeństwa.

Wykorzystanie starego zbiornika wybieralnego (tzw. szambo) jako zbiornika na deszczówkę. Po podłączeniu budynku mieszkalnego do kanalizacji sanitarnej, znakomitym sposobem na gromadzenie deszczówki jest niepotrzebny już bezodpływowy zbiornik wybieralny (tzw. szambo). Po wypompowaniu i koniecznej dezynfekcji, należy podłączyć bednarkę rynnową (konieczne jest wyposażenie w kosze filtrujące lub filtry workowe wykonane z tworzywa sztucznego) do zbiornika. Pompa zatapialna pozwoli na wykorzystanie tej wody do spłukiwania toalet, napełnienia opryskiwacza ew. do nawadniania ogrodu. Zbiorniki te są szczelne, niewidoczne, i zwykle na tyle duże (około 7-10m³) że można w nich zgromadzić znaczne ilości wody zapewniając wodę potrzebną do opryskiwania lub nawet interwencyjnego nawadniania. W przypadku mniejszych zbiorników (5-7m³) konieczne jest wykonanie przelewu do systemu rozsączającego, co zapobiegnie wybiciu deszczówki w przypadku przepełnienia. Podobnie jak w przypadku zbiorników wód powierzchniowych, konieczne jest filtrowanie gdy woda ma zasilać systemy kroplowe, lub ma być dozowana z opryskiwacza rolniczego.

System przyszości

W zaawansowanych systemach wody opadowe powinny być gromadzone w ogromnych podziemnych zbiornikach (rozwiązania takie stosowano w przeszłości w krajach półpustynnych i pustynnych) o pojemności 200-300m³ i za pomocą pomp i systemu rur woda powinna

być doprowadzana w miejsce gdzie jest potrzebna. Zbiornik taki nie szpeci, nie zamarza, gromadzi wodę przez cały rok, a co najistotniejsze umożliwia przechwyt i zatrzymanie wody z opadów ulewnych. Znaczna pojemność zbiornika zapewni wodę do interwencyjnych nawodnień rolniczych. Jednak na chwilę obecną, są to systemy niezwykle drogie, które mogą być zastępowane zbiornikami wód powierzchniowych zasilanych za pomocą systemu bednarki rynnowej.

Systemy retencyjno – rozsączające

Zabudowa miast sprzyja odprowadzaniu dużych ilości wody deszczowej. Aby temu zapobiec budowane są duże zbiorniki retencjonująco-rozsączające. Rozwiązanie zbliżone do studni chłonnych, jednak o większej zdolności retencyjnej. Skrzynie służące do przechwytywania wód opadowych składane z pojedynczych modułów, tworzą pod ziemią rodzaj przestrzeni wypełniającej się wodą w czasie opadu. System przejmuje wodę opadową tylko okresowo, jednak jego konstrukcja kieruje ją do systemu rur perforowanych lub woda wprost ze skrzynek rozsączających, odprowadzana jest grawitacyjnie do gruntu.

Ogromna powierzchnia rozsączająca może przejmować znaczne ilości wody (np. dachy centrów handlowych), jednak system jest relatywnie drogi z uwagi na znaczny zakres prac ziemnych. Podczas montażu takiego systemu, należy zwracać szczególną uwagę na filtrację wody aby uniknąć szybkiego zamulania i kolmatacji dna zbiornika. Niestety, wykorzystanie tych konstrukcji do nawodnień nie jest powszechne, gdyż z jednej strony zgodnie z przepisami wody te są ściekami, a z drugiej – wody są tam gromadzone tylko przejściowo – to czasu ich grawitacyjnej infiltracji w grunt. Podobna sytuacja prawna ma miejsce z wodami pochodzącymi z odwadniania kopalń odkrywkowych – które z jednej strony generują powstanie leja depresji (obniżanie poziomu wód gruntowych), a z drugiej strony generują ścieki (woda odpompowywana z kopalń także (w myśl przepisów prawa) jest ściekiem, choć może być niezanieczyszczona.

Podsumowanie

Ocieplenie klimatu niesie ze sobą wiele niekorzystnych zmian, które już w chwili obecnej stają się coraz bardziej widoczne. Podwyższająca się temperatura globu, silne, huraganowe wiatry oraz niestabilna pogoda skutkująca opadami gradu, będą skutkować obniżaniem plonów. Opady będą pojawiać się w formie ulewnej (natężeniu > 2mm/min). Opady te, będą się pojawiać po długookresowych suszach. Zatem pomimo tego iż sumarycznie ilość opadów się nie zmniejszy, to ich rozkład w ciągu roku będzie zdecydowanie gorszy z punktu widzenia upraw. Dodatkowo zjawiska atmosferyczne takie jak silne wiatry (łącznie z tworzeniem się trąb powietrznych) oraz wzrastająca liczba dni bezchmurnych będą generowały dalsze problemy w produkcji rolniczej.

W tej sytuacji wody opadowe muszą być ujmowane i retencjonowane, co umożliwi ich wykorzystanie do nawodnień rolniczych i zapobiegnie podtopieniom i powodziom. Walka z suszą poprzez gromadzenie wody w zbiornikach oraz poprzez umożliwienie w jak największym stopniu zasilania wód podziemnych poprzez odprowadzenie ich do gruntu, może być skutecznym sposobem na walkę ze skutkami suszy.

Tworzenie systemów rozproszonych (wiele małych zbiorników na spływające wody deszczowe z każdej powierzchni uszczelnionej). Polityka ta realizowana w miastach zmniejszy pobór wód podziemnych do celów wodociągowych, co zapewni zasób wody dla rolnictwa. W niedługim czasie posiadanie studni blisko pola uprawnego nie będzie opcją lecz koniecznością. Małe

zbiorniki z tworzyw sztucznych są trwałe, tanie, a występując w znacznej ilości np. na terenach miejskich, znacznie odciążają kanalizację burzową i minimalizują ryzyko powodzi, a co za tym idzie ryzyko znacznych strat materialnych, a także zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi.

W warunkach krajowych, najbardziej uzasadnione działania dla terenów wiejskich to instalowanie podziemnych zbiorników retencyjnych oraz zapewnienie infiltracji wód do warstw wodonośnych. Na terenach miejskich należy przede wszystkim intensyfikować inwestycje zmierzające do odprowadzania wód do gruntu oraz maksymalizację retencjonowania wód przez każdego mieszkańca.

Jednym z kroków który już został wykonany. Jest to, ciesząc się znacznym zainteresowaniem program Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej pn. „Moja woda”, który dzięki wsparciu funduszy europejskich umożliwia otrzymanie dotacji na działania służące retencjonowaniu wody deszczowej.

Piśmiennictwo

1. Bodziony M. 2006. Hydrologia. Materiały pomocnicze. Politechnika Krakowska 2006.
2. Branicki R. Projektowanie systemów odwodnieniowych na terenie gminy Gdańsk
3. Burszta-Adamiak E., Lejcuś K., Dąbrowska J., Wróblewska K., Orzeszyna H., Szpitalniak M., Misiewicz J. 2017. Katalog dobrych praktyk –zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni pasów drogowych. Wrocław
4. Department of Public Works and Environmental Services, Maintenance and Stormwater Management Division, 10635 West Drive, Fairfax
5. Franczak P. , Listwan-Franczak K. 2016. Powódź w zlewni Miedzianki (zlewnia Nysy Łużyckiej) w sierpniu 2010 roku. Dobra praktyka w redukcji ryzyka powodziowego w małych zlewniach górskich, w których wystąpiła powódź błyskawiczna. Współczesne problemy i kierunki badawcze w geografii tom 4 Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ Kraków 2016, 55 – 84
6. Głowacki M. 2003. Zagrożenie działalnością rolniczą jakości wód podziemnych „Triasu Opolskiego”. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Inżynieria Środowiska 24, 7-13
7. Gospodarowanie wodą w rolnictwie w obliczu susz 2020. (red.: Dobrzyńska N., Dembek W.) Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.
8. Klimat Polski 2020 IMGW PIB Warszawa, 15.02.2021r.
9. Królikowska J, Królikowski A., 2009. Ocena wpływu współczynników spływu i opóźnienia na przepływy obliczeniowe w sieci kanalizacji deszczowej. Rocznik Ochrona Środowiska 11, 163-172
10. Królikowska J, Królikowski A., Tutak P. 2011. Analiza wpływu wartości współczynnika spływu na przepływy obliczeniowe w kanałach deszczowych. Rocznik Ochrona Środowiska 13, 597-606
11. Marciniaak E. Program gromadzenia wody w gospodarstwie – propozycja PZPRZ. agrofakt.pl
12. Pobór wód na potrzeby prowadzenia działalności rolniczej. 2019. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie. Warszawa.
13. Rosik-Dulewska Cz., Karwaczyńska U. 2010. Wpływ lokalnych punktowych źródeł zanieczyszczeń na stan jakości wód podziemnych. Prace i Studia Geograficzne 44, 217-232
14. Sądej W., Mazur Z. 2005. Wpływ różnych systemów nawożenia na kształtowanie się niektórych właściwości fizycznych gleby płowej. Roczniki Gleboznawcze LVI Nr 1/2 Warszawa 2005: 147-153

15. Sławińska I., Poluszyńska J., Ślęzak E. 2016. Zmiany zawartości ogólnego węgla organicznego w wodach podziemnych wokół składowiska odpadów komunalnych. *Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych* 26, 141-150
16. Stec A., Słyś D. 2017. Analiza możliwości wykorzystania wody deszczowej na terenie miasteczka akademickiego w Polsce. DOI: 10.2429/proc.2017.11(1)031
17. Tołoczko W. 2019. Ocena gleb piaszczystych o opadowo-retencyjnym typie zasilania wodą na podstawie badania eksperymentalnego dotyczącego podsiąku kapilarnego. *Folia Geographica Physica* 18, 2019: 67–75, <http://dx.doi.org/10.18778/1427-9711.18.05>
18. Watts. N., Amann M., Arnell N., Ayeb-Karlson S., Beagley J., Belesova K. et al. (2020). The 2020 report of The *Lancet* Countdown on health and climate change: responding to converging crises. December 02, 2020 DOI:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32290-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290-X)
19. Wody Polskie 2020. Wody pitnej nam nie braknie. STOP SUSZY 2020 PGW Wody Polskie <https://wody.gov.pl/aktualnosci/1017-wody-pitnej-nam-nie-braknie>. Dostęp on-line: 7.05.2021.
20. www.gov.pl/web/infrastruktura/program-przeciwdzialania-niedoborowi-wody (dostęp: 16.05.2021).
21. Ziernicka-Wojtaszek A., i Kaczor G. 2013. Wysokość i natężenie opadów atmosferycznych w Krakowie i okolicach podczas powodzi w okresie maj-czerwiec 2010. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus* 12 (2) 2013, 133–145