

Ochrona zasobów wodnych i racjonalne gospodarowanie wodą w rolnictwie w kontekście zmian klimatu



„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”
Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich”
Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020.
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Publikacja opracowana przez Fundację na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.

**Ochrona zasobów wodnych
i racjonalne gospodarowanie
wodą w rolnictwie
w kontekście zmian klimatu**

Redaktor naukowy

➤ dr hab. inż. Tomasz Piechota

Zespół autorów

dr hab. Katarzyna Izydorczyk, dr inż. Agnieszka Kowalczyk, dr Wojciech Krawczyk,
dr hab. inż. Tomasz Piechota, mgr inż. Marek Rudziński

Publikacja bezpłatna przygotowana w ramach operacji **Ochrona zasobów wodnych i racjonalne gospodarowanie wodą w rolnictwie w kontekście zmian klimatu** współfinansowanej ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020.



Zostań Partnerem KSOW.
Odwiedź portal www.ksow.pl

Wersja pdf publikacji znajduje się na stronie: www.fdpa.org.pl/ochrona-zasobow-wodnych

ISBN: 978-83-956926-6-6



Publikacja opracowana przez

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa
ul. Gombrowicza 19, 01-682 Warszawa
telefon: +48 22 864 03 90
e-mail: fdpa@fdpa.org.pl
www.fdpa.org.pl
Publikacja opracowana przez

Za jej treść odpowiada wyłącznie Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.

Copyright © by Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA), Warszawa 2022

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tego opracowania nie może być kopiowana, powielana lub rozpowszechniana bez uprzedniej pisemnej zgody FDPA.

Spis treści

5 | Wstęp

7 CZĘŚĆ I ZMIANY KLIMATU

- 9 | 1.1 Zmiany klimatu a rolnictwo
- 15 | 1.2 Zasoby wodne i ich dostępność
- 21 | 1.3 Ochrona wód wobec nowych wyzwań klimatycznych
- 31 | 1.4 Rola rolnika w ochronie zasobów wodnych i różnorodności biologicznej

37 CZĘŚĆ II OGRANICZENIE ZANIECZYSZCZEŃ WÓD POCHODZĄCYCH ZE ŹRÓDEŁ ROLNICZYCH

- 39 | 2.1 Produkcja roślinna
- 50 | 2.2 Produkcja zwierzęca

59 CZĘŚĆ III GROMADZENIE I ZAGOSPODAROWANIE WÓD OPADOWYCH W GOSPODARSTWIE ROLNYM

- 61 | 3.1 Woda opadowa jako naturalny zasób wodny
- 64 | 3.2 Rozwiązania organizacyjne, administracyjne i inżynierskie w zakresie retencjonowania, oczyszczania i zagospodarowania wód opadowych
- 68 | 3.3 Przedsięwzięcia i inwestycje prowadzące do racjonalizacji wykorzystania zasobów wodnych
- 71 | 3.4 Dobre praktyki dla zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych

81	4.1	Jak uczyć o zrównoważonym rolnictwie w szkołach rolniczych?
83	4.2	W jakich zawodach uczyć o zrównoważonym rolnictwie
85	4.3	Na jakich przedmiotach i na jakim etapie wprowadzać elementy edukacji ekologicznej
87	4.4	Jakie metody nauczania – uczenia się można stosować
89		Literatura
92		O Fundacji



Wstęp

dr hab. inż. Tomasz Piechota

Redaktor naukowy

Woda jest nieodzownym elementem życia, bez niej żaden z organizmów nie mógłby istnieć, stanowi ona niezbędny składnik codziennego funkcjonowania naszego środowiska. Cywilizacje ludzkie od samego początku rozwijały się nad rzekami i jeziorami, które zapewniały nie tylko wodę pitną, lecz także stabilną produkcję żywności, transport, energię, potrzeby sanitarne. O zasoby wodne toczono wojny, a jej braki prowadziły do upadku imperiów.

Pomimo ogromnego postępu techniki nasze uzależnienie od zasobów naturalnych, w tym od wody, nie tylko się nie zmniejszyło, ale wręcz wzrosło. Nowoczesny przemysł, szczególnie przemysł energetyczny, zużywa ogromne ilości wody.

Powierzchnia ziemi w ponad 70% składa się z wody, a mimo to jej dostępność dla potrzeb ludzkich jest znacznie ograniczona. Jedynie 1% światowych zasobów wodnych to woda słodka – z tego większość niedostępna dla ludzi.

Ludzkość coraz intensywniej eksploatuje zasoby, sięga do coraz głębszych pokładów wodonośnych i narusza jej zapasy pochodzące z odległych epok geologicznych. Braki wody zmuszają nawet niektóre kraje do importu słodkiej wody lub jej produkcji przez odsalanie wód morskich. Są to działania kosztowne i energochłonne.

Rolnictwo to jeden z działów działalności ludzkiej o największej wodochłonności. W Unii Europejskiej odpowiada za jedną trzecią całkowitego zużycia wody w gospodarce. Jest to również sektor o największej wrażliwości na zaburzenia gospodarki wodnej. Okresy niedoborów opadów dotyczą przede wszystkim działalności rolniczej.

Rolnictwo wywiera również ogromny wpływ na ilość i jakość wód podziemnych i otwartych. Negatywne skutki są odczuwalne dla człowieka i przyrody. Poza zanieczyszczeniami pochodzącymi z rolnictwa, problemem jest zmniejszanie możliwości retencyjnych użytków rolnych i pośrednio – otaczających je terenów.

Bioróżnorodność jest jednym z najmniej docenianych skarbów. Również wśród rolników świadomość konieczności dbania o ten skarb jest niewielka. Niska jest również świadomość zagrożeń dla sektora rolnego, wynikających z jej zanikania.

Pogarszanie się jakości wody i gospodarki jej zasobami oraz utrata bioróżnorodności – to dwa niezmiernie ważne problemy, prawdopodobnie największe wyzwania stojące przed rolnictwem i całą cywilizacją ludzką. Są to również dwa zagadnienia, nierozzerwalnie ze sobą związane. Zmiany w środowisku wodnym wpływają na zbiorowiska organizmów żywych, a zmieniające się ekosystemy – na obieg wody, szczególnie jej retencję.

Zmiana klimatu powoduje coraz gwałtowniejsze zjawiska pogodowe, zaburzające dotychczas funkcjonujące cykle wodne. Adaptacja rolnictwa do tych w większości niekorzystnych zmian wymaga przede wszystkim zwiększenia odporności sektora na ich skutki. W pierwszej kolejności konieczne jest poprawienie gospodarki wodnej na taką, w której podstawą jest zdrowa gleba i bioróżnorodność.

Problem utraty bioróżnorodności i zasobów wodnych dotyczy praktycznie całego świata. Zajmują się nim zarówno poszczególne rządy, jak i organizacje ponadnarodowe, z Organizacją Narodów

Zjednoczonych na czele. Na szczęblu Unii Europejskiej znalazło to odzwierciedlenie w nowej edycji Wspólnej Polityki Rolnej, w której kładzie się nacisk na działania ograniczające negatywny wpływ na zasoby przyrody oraz sprzyjające ich odbudowie. Ma temu sprzyjać między innymi system zachęt premiujących rolników wprowadzających odpowiednie praktyki.

W tym opracowaniu omówiono podstawowe zagadnienia związane z gospodarką wodną terenów rolniczych, wpływem rolnictwa na ilość i jakość zasobów wodnych oraz powiązaniem z bioróżnorodnością użytków rolnych i otaczających je terenów.

Czytelnik z pewnością zauważy, że niektóre zagadnienia są poruszane wielokrotnie, i to w kilku rozdziałach o różnej tematyce. Przyroda jest całością, wszystkie jej elementy są powiązane ze sobą w gęstą sieć współzależności, każdy element spełnia wiele zadań i wpływa wielowymiarowo na pozostałe. Również działalność rolnicza wpływa w podobny sposób na zasoby przyrody. Uświadomienie silnego powiązania przyrody i rolnictwa daje podstawy do upowszechnienia praktyk rolniczych sprzyjających ochronie zasobów wody i bioróżnorodności z korzyścią dla przyrody, gospodarki i dobrostanu społeczeństwa.

1

ZMIANY KLIMATU



1.1

Zmiany klimatu a rolnictwo

dr Wojciech Krawczyk

Zakład Systemów i Środowiska Produkcji, Instytut Zootechniki
Państwowy Instytut Badawczy

Zadaniem współczesnego rolnictwa jest realizacja celów określonych we Wspólnej Polityce Rolnej. Najważniejsze spośród nich dotyczą zapewnienia bezpieczeństwa i jakości żywności, a także ochrony gleby, wody i powietrza, różnorodności biologicznej oraz łagodzenia i przystosowania się do zmian klimatu. Dążenie do ograniczenia zmian klimatu wynika z podpisania przez wszystkie kraje UE przyjętego w 2015 r. Porozumienia paryskiego, ograniczającego średni wzrost temperatury na naszej planecie i utrzymującego go na poziomie 1,5°C. W związku z tym UE wdrożyła strategię Europejskiego Zielonego Ładu, która ma dostosować europejską politykę klimatyczną, energetyczną i transportową do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 55% do 2030 r., a w 2050 r. osiągnąć tzw. neutralność klimatyczną, czyli zerową emisję netto tych gazów. To wyzwanie dotyczy wszystkich sektorów gospodarki, a wśród nich także rolnictwa, które w Polsce w 2020 r. odpowiadało za 9,1% emisji gazów cieplarnianych wpływających na globalne ocieplenie. Wśród nich największe znaczenie odgrywają metan i podtlenek azotu. Emisja pierwszego pochodzi przede wszystkim z fermentacji jelitowej bydła, natomiast podtlenek azotu uwalniany jest z gleb rolnych i nawozów naturalnych. Priorytetowe znaczenie w łagodzeniu i zapobieganiu zmianom klimatu w rolnictwie odgrywają trzy rodzaje działań: praktyki mitygacyjne, czyli redukujące emisję wspomnianych gazów cieplarnianych z produkcji zwierzęcej i roślinnej, praktyki sekwestracyjne, które pozwalają na zatrzymanie dwutlenku węgla w glebie, i zwiększenie zawartości materii organicznej, oraz praktyki adaptacyjne, które mają dostosować rolnictwo do zmian klimatu.

Praktyki mitygacyjne w produkcji zwierzęcej

Praktyki mitygacyjne w produkcji zwierzęcej to:

- praktyki hodowlane, dotyczące postępu hodowlanego bydła i innych przeżuwaczy, prowadzące m.in. do redukcji emisji metanu powsta-

jącego w żwaczu. Poprawa strawności paszy i szybsze przyrosty skutkują mniejszą emisją metanu z fermentacji jelitowej i depozycji odchodów. Stosowanie selekcji na długowieczność pozwala z kolei na dłuższe użytkowanie zwierząt i zmniejszenie remontu stada. Ta praktyka wymaga wydłużenia okresu użytkowania samic bez straty dla ich produktywności, a ograniczenie liczby zwierząt w stadzie wiąże się z mniejszą emisją metanu. Podobnie działa stosowanie seksowanego nasienia redukującego liczbę byczków kierowanych na opas w stadach mlecznych. Takie zmniejszenie populacji na skutek stuprocentowej inseminacji seksowanym nasieniem redukuje emisję tego gazu, pod warunkiem że jałówki nie są używane na opas. U świń i drobiu zastosowanie selekcji na lepsze wykorzystanie paszy prowadzi do redukcji innego gazu cieplarnianego, czyli podtlenku azotu. Mniej wydalonego w odchodach azotu skutkuje mniejszym jego rozpraszaniem, również w formie gazowej;

- praktyki żywieniowe mają zwiększyć udział pasz treściwych w dawce pokarmowej dla bydła. Pasje treściwe (kiszonka z kukurydzy, sruły zbożowe) posiadają wyższą strawność niż objętościowe, dlatego ich wykorzystanie skutkuje niższą emisją metanu. Natomiast precyzyjne przygotowanie dawek pokarmowych pod kątem poziomu białka ogólnego powoduje niższą koncentrację związków azotu w odchodach zwierząt i niższą emisję przede wszystkim amoniaku, który nie jest gazem cieplarnianym, a także gazów cieplarnianych, czyli metanu i podtlenku azotu. Stosowane do redukcji emisji amoniaku żywienie wielofazowe również obniża emisję podtlenku azotu u przeżuwaczy. Pozostałe metody żywieniowe polegają na uzupełnianiu dawek pokarmowych tłuszczami roślinnymi o wysokiej zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych. Dodatek 3–5% olejów: rzepakowego, lnianego czy słonecznikowego redukuje ilość powstającego w żwaczu wodoru, ograniczając w ten sposób

emisję metanu i promując rozwój mikroflory amylolicyjnej. Równowaga reakcji metabolicznych przesuwana jest tym samym ze strony octanów na związki propionowe. Taka modyfikacja paszy zwiększa młeczność krów i przysrosty opasów oraz redukuje emisję metanu. Paszowe dodatki kwasów organicznych, np. fumarowego, akrylowego czy benzoowego, mają podobne działanie w kierunku większej syntezy kwasu propionowego;



Fot. 1.1. Żywnienie bydła w systemie TMR (fot. W. Szymański)

- praktyki technologiczne związane są z modernizacją systemów utrzymania zwierząt gospodarskich. Tutaj największą redukcję gazów cieplarnianych przynosi stosowanie systemów bezściółkowych u świń. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych u krów mlecznych utrzymywanych w oborach wolnostanowiskowych można uzyskać poprzez niezaścielenie korytarza gnojowego. Stosowanie praktyk ograniczających emisję gazów cieplarnianych wymaga zrozumienia zależności pomiędzy ich emisją a emisją amoniaku, który – jak już wspomniano – nie jest gazem cieplarnianym. Tylko niektóre praktyki mitygacyjne pozwalają na równoczesną redukcję emisji tych wszystkich gazów, co jest spowodowane innymi warunkami środowiskowymi, w których one powstają. Dostępność tlenu, przewietrzanie, duża powierzchnia redukują emisję amoniaku i sprzyjają powstawaniu podtlenku azotu. Natomiast warunki beztlenowe prowadzą do powstawania metanu i amoniaku. Stosowanie przy redukcji emisji amoniaku częstszego usuwania odchodów w chowie bydła podwyższa emisję podtlenku azotu, nie wpływając znacząco na emisję meta-

- nu. Podobnie kształtują się emisje przy częstszym usuwaniu gnojowicy z kanałów podrusztowych (czyli zbiorników znajdujących się pod podłogami szczelinowymi, na których utrzymywane są zwierzęta), ograniczeniu powierzchni tego rodzaju podłóg i suszeniu pomiotu;
- praktyki przechowywania, aplikacji i przetwarzania nawozów naturalnych. Przykrywanie zbiorników na gnojowice w niewielkim stopniu redukuje emisję metanu i zwiększa emisję podtlenku azotu. Stosowanie metod aplikacji gnojowicy innych niż rozbryzgowe, np. węży wleczonych, ogranicza emisję amoniaku, ale niekoniecznie prowadzi do redukcji podtlenku azotu. Obecnie coraz częściej stosowaną praktyką jest separacja gnojowicy, polegająca na wykorzystaniu separatorów oddzielających fazę stałą od ciekłej w tym nawozie. Po rozdeleniu faz i zawartych w nich związków organicznych znacząco zmniejsza się tempo przemian biochemicznych materii organicznej, realizowanych przez mikroflorę, oraz ustaje aktywność ureazy zawartej w moczu, rozkładającej azot zawarty w fazie stałej. Taka praktyka skutkuje redukcją emisji gazów cieplarnianych i amoniaku pod warunkiem przykrycia zbiornika i przyzmy, na których odpowiednie fazy są przechowywane. Metodą stosowaną głównie pod kątem redukcji amoniaku jest zakwaszanie gnojowicy. Odbывается ono przy użyciu specjalnych instalacji do aplikacji 96-procentowego kwasu siarkowego i może być stosowane w budynkach, zbiornikach podczas aplikacji. Zakwaszanie gnojowicy w budynkach inwentarskich i zbiornikach prowadzi także do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Piroliza, czyli spalanie obornika lub pomiotu, polega na odgazowaniu nawozów w wysokiej temperaturze, a następnie ich spaleniu. W procesie energia cieplna jest generowana najczęściej w oparciu o współspalanie innych nośników, jak biomasa czy gaz. Podczas tego procesu dochodzi do całkowitej redukcji metanu i podtlenku azotu, ale w jego trakcie wytwarzany jest inny gaz cieplarniany – dwutlenek węgla. Wśród praktyk ograniczających emisję gazów cieplarnianych są również odnawialne źródła energii, do których należą biogazownie rolnicze. Jeśli taka instalacja jest odpowiednio zaprojektowana i szczelna, może zredukować emisję metanu o 90%, a podtlenku azotu – o 30%.



Fot. 1.2. Zadaszony zbiornik na gnojowicę z widocznym mieszadłem (fot. Ewa Witkowska Made In Media)



Fot. 1.3. Przyorywanie obornika (fot. T. Piechota)

Praktyki mitygacyjne i sekwestracyjne w produkcji roślinnej

W produkcji roślinnej poza praktykami mitygacyjnymi dużą rolę odgrywają też praktyki sekwestracyjne. Sekwestracja to naturalny proces, dzięki któremu dwutlenek węgla znajdujący się w powietrzu atmosferycznym jest pobierany przez rośliny i magazynowany także w glebie, przez co zwiększa się w niej zawartość materii organicznej. Stosowanie w uprawie praktyk sekwestracyjnych ma więc ogromne znaczenie nie tylko dla poprawy jakości gleby czy plonów, ale i dla zmniejszenia stężenia tego gazu cieplarnianego w powietrzu atmosferycznym. Poza rolnictwem główną rolę w sekwestracji dwutlenku węgla odgrywa leśnictwo. Lasy są bowiem ekosystemem o ogromnym potencjale pochłaniania dwutlenku węgla. Przedstawione poniżej praktyki stosowane w produkcji roślinnej, mające charakter mitygacyjny lub sekwestracyjny, zostały szczegółowo opisane w rozdziale Produkcja zwierzęca a zanieczyszczenie wód – przyczyny, skutki, ograniczenie poprzez dobre praktyki rolnicze.

Praktyki stosowane w produkcji roślinnej:

- zbilansowane nawożenie odpowiada ściśle określonym potrzebom pokarmowym roślin uprawnych i pozwala na wykorzystanie nawozów we właściwym terminie i dawce. Stosowanie efektywnego nawożenia opartego na planie nawozowym i analizie gleby ogranicza immobilizację azotu i jego straty w postaci emisji nie tylko amoniaku, ale także podtlenku azotu, który należy do gazów cieplarnianych. Redukcja emisji podtlenku azotu powoduje, że ta praktyka ma charakter mitygacyjny;

- stosowanie rozwiązań rolnictwa precyzyjnego wykorzystującego technologie GPS i kamery termowizyjne to praktyka umożliwiająca bardzo precyzyjną aplikację nawozów na wyznaczonej powierzchni upraw. Jest to możliwe poprzez zastosowanie maszyn rolniczych wyposażonych w czujniki przepływu masy ziarna, fotokomórki mierzące objętość ziarna oraz odbiornik sygnału GPS umożliwiający zapis bieżącego monitoringu plonu. Dzięki temu wykorzystanie nawozów ma charakter wysoce efektywny, mitygujący, czyli ograniczający emisję podtlenku azotu do najniższego poziomu;



Fot. 1.4. Interfejs do obsługi systemu GPS zamontowany w kabine ciągnika (fot. Ewa Witkowska Made In Media)

- wykorzystanie inhibitorów ureazy i nityfikacji w nawożeniu. Stosowanie inhibitorów ureazy jest obowiązkowe przy zastosowaniu mocznika granulowanego, nieotoczkowanego i redukuje przede wszystkim emisję amoniaku. Natomiast stosowanie inhibitorów nityfikacji ogranicza emisję gazu cieplarnianego, którym jest podtlenek azotu, i ma charakter mitygacyjny;
- uproszczone, bezorkowe systemy uprawy pozwalają na zastąpienie tradycyjnej płużnej uprawy roli prowadzącej do degradacji

środowiska glebowego. Ubytek glebowej materii organicznej wywiera negatywny wpływ na strukturę gleby. Zastąpienie orki uprawami uproszczonymi, w których zamiast pługa stosuje się np. bronę talerzową, zwiększa w niej zawartość substancji organicznej i zmniejsza straty azotu. Jest to praktyka sekwestracyjna i mitygacyjna;

- pozostawienie resztek poźniwnych w formie mulczu to praktyka sekwestracyjna, przyczyniająca się do zwiększenia poziomu zawartości materii organicznej. Poprawia zdolność retencyjną gleby i ułatwia wsiąkanie wód opadowych, co ogranicza spływy powierzchniowe oraz erozję;



Fot. 1.5. Resztki poźniwne na polu (fot. T. Piechota)

- utrzymanie trwałych użytków zielonych na stałym poziomie, zakaz ich przekształcania i przyorywania na obszarach cennych Natura 2000 oraz przekształcanie gruntów ornych w trwałe użytki zielone – te praktyki mają sekwestrować, czyli zatrzymać i magazynować, węgiel w glebie oraz w pokrywającej ją szacie roślinnej;
- praktyka sekwestracyjna polegająca na retencjonowaniu wody na trwałych użytkach zielonych ma chronić ten rodzaj użytków, charakteryzujących się znaczną zawartością węgla w glebie. Utrzymanie wody na tych terenach pozwoli przeciwdziałać utracie nagromadzonego węgla;
- stosowanie międzyplonów ozimych i wsiewek śródplonowych, które mają pokryć glebę roślinnością szczególnie w okresach newralgicznych, kiedy jest ona narażona na erozję, to praktyka mitygacyjna i sekwestracyjna. Ogranicza ona straty azotu i przyczynia się do zwiększenia poziomu substancji organicznej w glebie;



Fot. 1.6. Podmokła łąka (fot. W. Szymański)

- zróżnicowana struktura upraw, polegająca na zastosowaniu np. trzech różnych gatunków roślin, ma poprawić jakość gleby i odbudować materię organiczną poprzez wzbogacenie struktury upraw o gatunki roślin, które wpływają na dodatni bilans materii organicznej i na zwiększenie różnorodności biologicznej. To praktyka o charakterze sekwestracyjnym;
- system rolno-leśny to praktyka polegająca na współuprawie drzew i krzewów oraz użytków zielonych wraz z utrzymaniem zwierząt. Pozwala na uzyskanie plonu roślin uprawnych, masy drzewnej, a także produkcji zwierzęcej. Jest to więc rozwiązanie przyczyniające się do znacznej sekwestracji węgla nie tylko w glebie, ale i w masie drzewnej;
- ochrona gleb najbogatszych w węgiel poprzez ochronę torfowisk i terenów podmokłych. Ta praktyka sekwestracyjna ma chronić torfowiska z czynnym procesem akumulacji węgla oraz częściowo odwodnione gleby organiczne znajdujące się obecnie na użytkach rolnych i nieprzekształconych dotychczas w grunty orne. Torfowiska są naturalnymi ekosystemami magazynującymi węgiel, który jest w nich akumulowany na skutek rozkładania się w warunkach beztlenowych (zalanym wodą) materii organicznej;



Fot. 1.7. Torfowisko (fot. W. Szymański)

- zakaz wypalania gruntów rolnych z wyjątkiem punktowego wypalania roślin, części roślin lub resztek poźniwnych ze względu na zdrowie roślin jest praktyką sekwestracyjną chroniącą glebę i powietrze. Zakaz wypalania zapobiega emisji dwutlenku węgla i przyczynia się do ochrony materii organicznej w glebie;
- uprawa ekologiczna przyczynia się do mitygacji i sekwestracji gazów cieplarnianych. Całkowite wykluczenie mineralnego nawożenia azotowego w tego rodzaju uprawie skutkuje zerową emisją podtlenku azotu. Ponadto stosowanie płodozmianu i zabiegów chroniących glebę, np. poplonów lub międzyplonów, wśiewek, wiąże się ze zwiększeniem zasobów materii organicznej i sekwestracją węgla w glebie.

Stosowanie wyżej wymienionych praktyk mitygacyjnych i sekwestracyjnych w produkcji roślinnej i zwierzęcej może się okazać niewystarczające wobec niekorzystnych zjawisk klimatycznych regularnie dotykających rolnictwo. Występujące corocznie w naszym kraju susze, fale upałów, wichury, nawalne deszcze, podtopienia i powodzie wymagają wdrożenia szeregu działań adaptacyjnych, które przystosują produkcję roślinną i zwierzęcą do tych anomalii klimatycznych.

Adaptacja produkcji roślinnej i zwierzęcej do zmian klimatu

Zmiany klimatu wpływają na rolnictwo poprzez modyfikację warunków atmosferycznych, glebowych, częstość i intensywność zjawisk ekstremalnych (susze, ulewne deszcze, wichury), a czynniki te korygują pokrycie zapotrzebowania roślin i zwierząt poprzez zmiany okresu wegetacji, nawożenia, występowania szkodników czy nasilenia chorób oraz dostosowanie powierzchni pastwisk. Suma tych oddziaływań wymusza więc reorganizację strukturalną i technologiczną produkcji rolniczej. 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. Na jej podstawie określono problematykę wyzwań rolnictwa wobec zmian klimatu w Polsce w opracowanym przez Ministerstwo Środowiska w 2013 r. „Strategicznym planie adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030” (SPA 2020). Dokument ten określa

mechanizmy służące przygotowaniu i przystosowaniu najważniejszych sektorów gospodarki do skutków zmian klimatu w kontekście ich zrównoważonego rozwoju i efektywnego funkcjonowania, a wśród nich także rolnictwa. W jego ramach uwzględniono cele Białej Księgi oraz strategię UE dotyczącą adaptacji do zmian klimatu, w tym jak najlepsze przygotowanie poszczególnych sektorów do wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych. Od czasu przyjęcia strategii nadal zwiększa się liczba dowodów na to, że ekstremalne zjawiska pogodowe i klimatyczne w Europie stają się coraz częstsze i intensywniejsze. Z tego względu konieczne jest budowanie odporności UE na wstrząsy klimatyczne, aby ograniczyć krótko-, średnio- i długoterminowe koszty gospodarcze, społeczne i środowiskowe. Scenariusze zmian klimatu i ich wpływ na rolnictwo określone w SPA 2020 przewidują w kontekście produkcji roślinnej i zwierzęcej najważniejsze zmiany dwóch elementów klimatu: temperatury i opadów. Wzrost temperatury wpływa na wydłużenie okresu wegetacyjnego, przyczyni się m.in. do zmiany plonowania, co może wywołać braki pasz. Więcej dni upalnych spowoduje ryzyko wystąpienia stresu cieplnego zwierząt gospodarskich, a w konsekwencji spadek ich wyników produkcyjnych. Wyższa temperatura przyczyni się także do częstszego występowania susz i chorób zwierzęcych oraz szkodników roślinnych. Dodatkowo występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych w postaci nawalnych deszczów przyczyni się do zalewania i niszczenia powierzchni uprawowych.

Po uwzględnieniu opisanego wpływu zmian klimatu na produkcję roślinną i zwierzęcą, jej adaptacja wymaga m.in.:

- wyboru upraw i odmian lepiej dostosowanych do spodziewanej długości okresu wegetacyjnego i dostępności wody oraz bardziej odpornych na nowe warunki temperatury i wilgotności;
- adaptacji upraw przy wykorzystaniu istniejącej różnorodności genetycznej oraz hodowli nowych odmian odpornych na suszę;
- zwiększonej kontroli szkodników i chorób dzięki lepszemu monitorowaniu upraw i zintegrowanym metodom walki ze szkodnikami;
- efektywnego wykorzystania wody poprzez ograniczenie jej strat, stosowanie praktyk nawadniania, odzysk wody i jej magazynowanie w zbiornikach wodnych, a także poprawę użytkowania gleby poprzez zwiększoną retencję wody, aby zatrzymać ją w glebie, budowę lub przebudowę systemów melioracyjnych, nawadniających lub nawadniająco-odwadnia-

jących, zarządzanie wodami opadowymi z deszczów nawalnych w zlewniach rzecznych na terenach rolnych poprzez modernizację istniejących urządzeń wodnych i hydrotechnicznych;



Fot. 1.8. System nawadniający uprawę na polu (fot. T. Piechota)

- inwestycji w wyposażenie gospodarstw w stacje meteorologiczne oraz systemy wspomagania decyzji w ochronie roślin pozwalające na ograniczenie stosowania środków ochrony roślin;
- zagwarantowania i przystosowania infrastruktury technicznej chroniącej zwierzęta przed stresem termicznym, zapewniającej zastąpienie wentylacji grawitacyjnej wentylacją mechaniczną, zastosowanie systemów zraszania szczególnie w utrzymaniu drobiu i świń oraz wiat i zadrzewień na pastwiskach przeznaczonych dla przeżuwaczy;
- zapewnienia rozwiązań technologicznych gwarantujących zwierzętom stały dostęp do wody pitnej, jej oszczędność, możliwość

odzyskiwania i optymalne wykorzystanie w produkcji;

- wspierania technologii OZE (odnawialne źródła energii) pokrywających zapotrzebowanie na energię elektryczną w budynkach inwentarskich, np. mikroinstalacji produkujących energię z biogazu rolniczego lub promieniowania słonecznego wraz z jej magazynami oraz systemami zarządzania energią;



Fot. 1.9. Panele fotowoltaiczne na dachu budynku inwentarskiego (fot. Adobe Stock)

- monitoringu, profilaktyki i zapobiegania zagrożeniom zdrowia zwierząt gospodarskich spowodowanych nowymi chorobami związanymi ze zmianami klimatu;
- finansowania prac badawczych obejmujących problematykę zdrowia, dobrostanu i żywienia zwierząt gospodarskich w obliczu zmian klimatu;
- wspierania prac badawczych dotyczących selekcji i hodowli ras odpornych na wysoką temperaturę i stres termiczny.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Wyjaśnij pojęcia: mitygacja, sekwestracja i adaptacja rolnictwa do zmian klimatu.
2. Scharakteryzuj główne cele Porozumienia paryskiego.

Ćwiczenie dla ucznia

Na przykładzie wybranego gospodarstwa opisz zastosowane w nim praktyki adaptacyjne w produkcji roślinnej i zwierzęcej.

1.2

Zasoby wodne i ich dostępność

dr hab. Katarzyna Lzydorczyk

Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk

Cykl wodny i jego składowe

W procesie obiegu wody w przyrodzie można wyróżnić duży obieg wody (pomiędzy oceanami, atmosferą i kontynentami) oraz obieg mały (pomiędzy oceanami i atmosferą lub pomiędzy lądem i atmosferą). Obieg duży odbywa się w skali globalnej i wpływa na ogólny bilans wody. Z punktu widzenia użytkownika zasobów wodnych w produkcji rolnej bardziej interesujący jest mały obieg pomiędzy lądem a atmosferą.

Do głównych procesów przepływu wody, składających się na mały cykl wodny, zaliczamy (rys. 1.1):

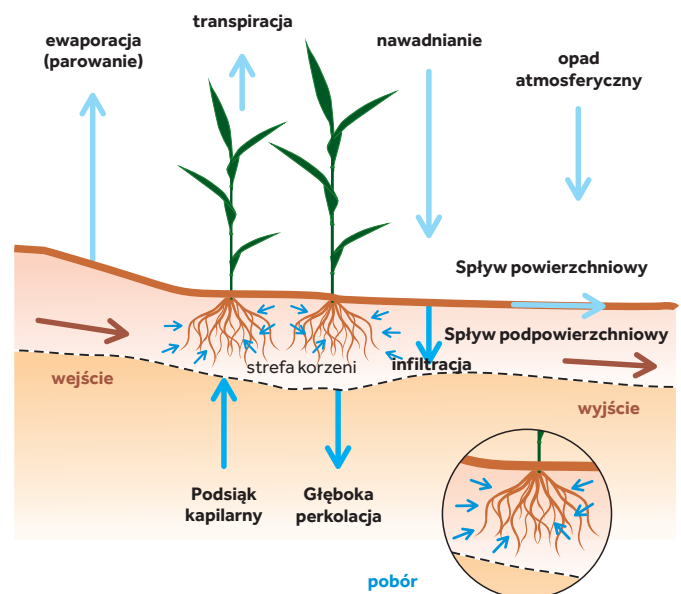
- 1) opad atmosferyczny, który jest wynikiem kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu atmosferycznym, opadający pod wpływem siły grawitacji na ziemię. W Polsce najczęściej występują opady deszczu i śniegu; ale opad może przyjąć również formę mżawki, śniegu ziarnistego czy gradu;
- 2) ewapotranspirację będącą sumą dwóch procesów: (a) parowania (ewaporacji) wody m.in. z powierzchni gleby i wody oraz (b) transpiracji przez rośliny, czyli przemieszczania się wody w roślinie i wydostawanie się jej w postaci pary wodnej przez aparaty szparkowe w liściach roślin naczyniowych;
- 3) spływ powierzchniowy – to przepływ wody występujący na powierzchni ziemi; woda odpływa do wód powierzchniowych, zasilając rowy, rzeki lub jeziora;
- 4) infiltrację, czyli proces przesiąkania wody z powierzchni ziemi do gleby i strefy ukorzenia roślin;
- 5) perkolację – to przemieszczanie wody w głąb przez profil glebowy, aby uzupełnić zasoby wód podziemnych,
6. podsiąkanie kapilarne (podsiąk), czyli transport wody w glebie ku górze za pomocą sił kapilarnych;

7) spływ podpowierzchniowy, czyli przepływ wody pod powierzchnią ziemi.

Oprócz wyżej wymienionych procesów naturalnych na cykl wodny na obszarach rolniczych wpływa ponadto działalność człowieka w postaci:

8) nawadniania, czyli sztucznego aplikowania kontrolowanych ilości wody;

9) drenażu, który ma sztucznie usuwać wodę z profilu glebowego.



Rys. 1.1. Cykl wodny

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: FAO.org, online: <https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e06.jpg> [dostęp: 6.10.2022]

Woda dostępna dla roślin

Gleba, dzięki zdolności do magazynowania wody, dostarcza ją roślinom pomiędzy opadami deszczu lub nawadnianiem. W Polsce głównymi źródłami wody w glebie są opady atmosferyczne, a w mniejszym stopniu sztuczne nawadnianie. Natomiast straty wilgotności w glebie wynikają głównie z parowania wody z powierzchni gleby oraz w okresie wegetacji, transpiracji przez rośliny, a także ze spływu powierzchniowego oraz infiltracji wody do głębszych warstw.

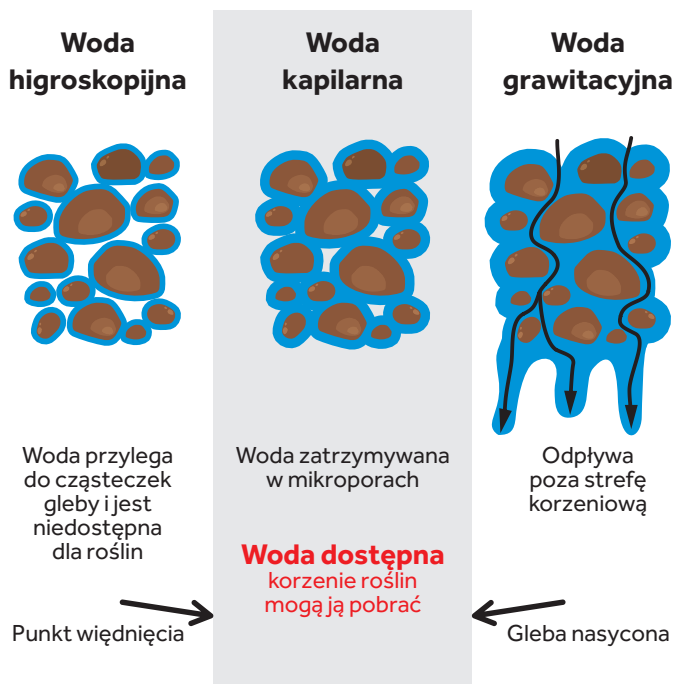
Ilość wody zatrzymanej w glebie i dostępnej dla roślin zależy głównie od właściwej struktury gleby, jej składu granulometrycznego oraz zawartości materii organicznej.

Jednak nie każda woda zatrzymana w glebie może być użyta przez rośliny (rys. 1.2).

Woda higroskopijna jest integralną częścią struktury molekularnej minerałów glebowych. Jest silnie związana siłami molekularnymi z powierzchnią kryształów gliny i innych minerałów oraz niedostępna dla roślin.

Woda kapilarna jest zatrzymywana w porach, czyli przestrzeniach między cząstkami gleby. Te przestrzenie są na tyle małe, że zatrzymują wodę wbrew grawitacji, ale nie na tyle mocno, aby korzenie nie mogły jej pobrać. Woda ta stanowi główne źródło wilgoci dla roślin. Pod wpływem siły ssącej może przemieszczać się we wszystkich kierunkach – w górę gleby nawet na odległość dwóch metrów.

Woda grawitacyjna jest zatrzymywana w dużych porach gleby i pod wpływem siły ciężkości szybko odpływa. Rośliny mogą więc korzystać z wody grawitacyjnej tylko przez kilka dni po deszczu.



Rys.1.2. Woda dostępna dla wzrostu roślin

Źródło: Soil water retention – pf curve, cdnmedia.eurofins.com, online: <https://cdnmedia.eurofins.com/apac/media/609708/06-soil-water-retention-pf-curve-leaflet-chon-edit-5sep2021.pdf> [dostęp: 6.10.2022]

Zasoby wodne to wszystkie wody nadające się do wykorzystania, występujące na danym obszarze stałe lub czasowo. Składają się na nie:

- wody opadowe (opady atmosferyczne) w formie deszczu, śniegu, gradu, rosy;
- wody powierzchniowe, zasilane wodami podziemnymi lub wodami opadowymi spływającymi po powierzchni ziemi w kierunku spadku terenu. Wyróżniamy wody płynące (w tym rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy, naturalnymi lub uregulowanymi korytami) oraz wody stojące (w tym stawy, jeziora i sztuczne zbiorniki);
- wody podziemne są zmagazynowane w warstwach wodonośnych, czyli w warstwach wypełnionych przez wodę we wszystkich porach glebowych i ograniczonych od spodu nieprzepuszczalnym podłożem (np. gliną, łtami). Wśród wód podziemnych wyróżniamy m.in. wody gruntowe (płytko położone) oraz głębinowe.

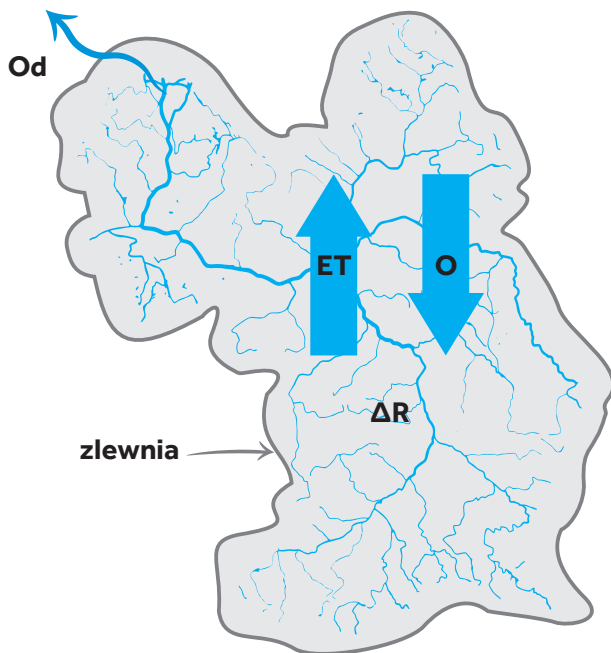
Analizę wielkości zasobów wodnych powinno się wykonywać w skali zlewni. Zlewnia to obszar łądu, z którego cały spływ powierzchniowy wód jest odprowadzany przez system strug, strumieni, potoków, rzek i kanałów do wybranego punktu biegu cieku (np. ujścia do rzeki wyższego rzędu). Pomiędzy dwoma zlewniami biegnie wododział.

O wielkości dostępnych zasobów wody na obszarze danej zlewni mówi nam jej bilans wodny (rys. 1.3). Bilans wodny zlewni opiera się na takich parametrach, jak: ilość opadów atmosferycznych (skrót: O) pomniejszona o wielkość ewapotranspiracji (ET) oraz ilość wody odpływającej (Od) ze zlewni poprzez spływ powierzchniowy i podpowierzchniowy. Bilans wodny zlewni może być dodatni lub ujemny. Ujemny występuje wówczas, gdy ilość opadów na danym obszarze jest mniejsza niż ubytek wody. Dodatni bilans występuje wtedy, gdy na dany obszar spadnie więcej opadów, niż odpłynie wody. W ten sposób możemy określić ilość wody zatrzymanej w zlewni, czyli retencję (ΔR). Retencja to magazynowanie wody w glebie, wodach powierzchniowych lub podłożu skalnym (wody gruntowe). Choć na ilość opadów atmosferycznych występujących na danym obszarze nie mamy wpływu, to jednak możemy kształtować bilans wodny. Regulowanie ilości retencjonowanej wody jest możliwe poprzez podejmowanie właściwych działań ograniczających odpływ wód oraz parowanie z gleby i powierzchni wody.

Bilans wodny w skali zlewni.
Czy możemy go regulować lokalnie?

$$O = ET + Od + \Delta R$$

- O – opad atmosferyczny w różnej formie,
- ET – ewapotranspiracja, na którą składa się parowanie z gleby i wody oraz transpiracja przez rośliny,
- Od – odpływ poprzez spływ powierzchniowy, infiltracja i perkolacja w głąb profilu glebowego oraz spływ podpowierzchniowy,
- ΔR – zmiany retencji, czyli magazynowania wody w glebie, wodach powierzchniowych i wodach gruntowych.



Rys. 1.3. Składowe bilansu wodnego zlewni

Niedobór wody a susza

Gospodarowanie zasobami wodnymi może prowadzić do wystąpienia niedoboru wody, czyli zjawiska, gdy zapotrzebowanie na wodę przekracza dostępne zasoby wodne. Niedobór wody definiuje się jako powtarzający się brak równowagi powstający na skutek nadużywania zasobów wodnych, spowodowany przez nadmierne zużycie zasobów w stosunku do naturalnych zdolności ich odnawiania się. Niska dostępność wody w stosunku do poziomu zapotrzebowania na nią może mieć przyczyny naturalne, takie jak niska suma opadów, ale częściej wiąże się z działalnością człowieka, np. ze zbyt dużą gęstością zaludnienia, intensywnym nawadnianiem lub działalnością przemysłową.

Niedobór wody należy odróżniać od suszy, określanej jako zauważalny brak wody, który powoduje szkody w środowisku i gospodarce, a także – wyraźną uciążliwość lub nawet zagrożenie dla ludności [susza – rodzaje]. Pod pojęciem suszy mieszczą się cztery jej typy: susza atmosferyczna, glebowa (rolnicza), hydrologiczna oraz hydrogeologiczna.

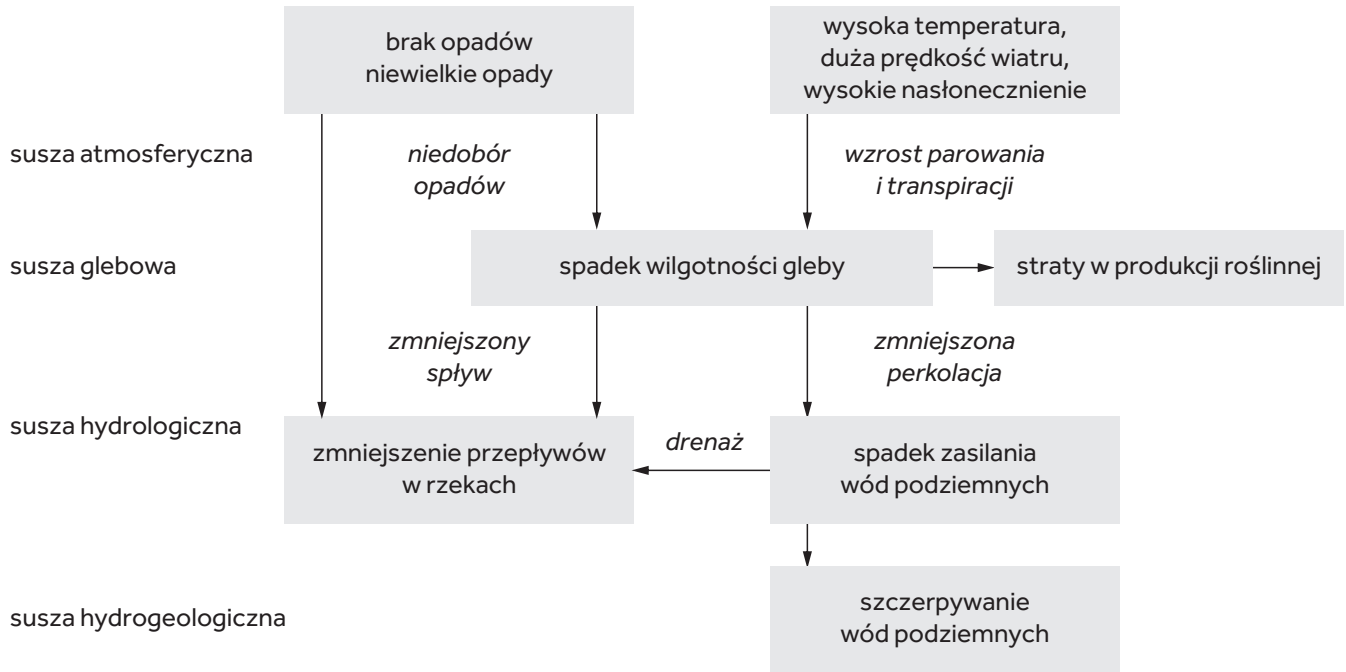
Susza atmosferyczna (zwana też meteorologiczną) jest zjawiskiem naturalnym powstającym w wyniku braku lub niewystarczających opadów w odniesieniu do średniej wielkości opadów w wieloletniu. Jest to pierwszy etap rozwoju zjawiska suszy, który może powodować jej dalszy rozwój i wystąpienie kolejnych jej rodzajów.

Susza rolnicza (zwana też glebową) pojawia się, gdy ilość opadów w określonym czasie jest mniejsza od zapotrzebowania danych gatunków lub grup roślin uprawnych. Wilgotność gleby jest wówczas niedostateczna do zaspokojenia potrzeb roślin w profilu glebowym i do prowadzenia normalnej gospodarki w rolnictwie. W ocenie suszy rolniczej, oprócz opadów i zapotrzebowania roślin na wodę (na określonym etapie ich rozwoju), pod uwagę bierze się także rodzaj gleby i jej właściwości retencyjne. Susza rolnicza przede wszystkim skutkuje stratami w produkcji rolnej i leśnej. Informacje o suszy rolniczej można uzyskać na stronie Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG), instytucji, która prowadzi system monitoringu tego typu suszy [SMSR – System Monitoringu Suszy Rolniczej].

Susza hydrologiczna (zwana również niżówką hydrologiczną) dotyczy wód powierzchniowych i przejawia się długotrwałym obniżeniem ilości wody w rzekach i jeziorach. Występuje, kiedy przepływ w rzekach spada poniżej przepływu średniej wartości wieloletniej.

Susza hydrogeologiczna obejmuje zasoby wód podziemnych. Wstępna faza objawia się m.in. wysychaniem studni. Ten typ suszy pojawia się przy długotrwałym okresie bez opadów lub po co najmniej kilku latach z deficytami opadów. Jej wystąpienie jest zazwyczaj poprzedzone wszystkimi wymienionymi typami suszy. Powstanie i ustąpienie suszy hydrogeologicznej wymaga czasu.

Niedostateczna wilgotność gleby może być nie tylko wynikiem braku lub niewielkiej ilości opadów (rys. 1.4). Wysoka temperatura powietrza z wysokim nasłonecznieniem i dużą prędkością wiatru powoduje wzmożone parowanie i transpirację wody. To przyczynia się do zmniejszenia wilgotności gleby, a ta wpływa na zmniejszenie produkcji roślinnej. Niedobór wody w glebie powoduje ograniczenie spływu powierzchniowego i perkolacji. Efektem jest



Rys. 1.4. Propagacja (rozprzestrzenianie się) suszy

Źródło: zmodyfikowane za: Tokarczyk, 2007

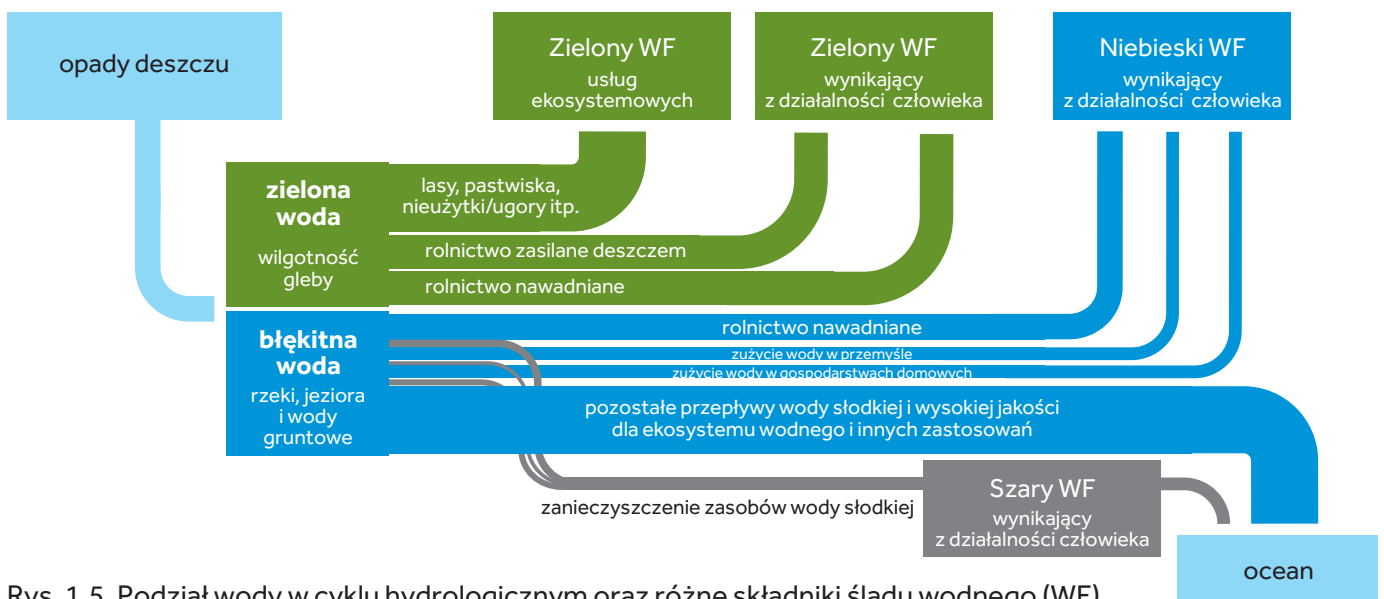
zmniejszenie przepływów w rzekach oraz brak zasilania płytkich wód podziemnych. W konsekwencji występuje drenaż wód podziemnych przez rzeki i szczyrpywanie wód podziemnych.

się nierównomiernie na obszarze kraju. Ponadto występuje duża zmienność pomiędzy poszczególnymi latami, co sprawia, że dostępność zasobów wodnych dla produkcji rolniczej jest zmienna w poszczególnych latach.

Szacuje się, że z obszaru Polski w ciągu roku odpływa rzekami ok. 30% wody pochodzącej z opadów. To tzw. woda niebieska stosowana do zaspokajania głównie potrzeb ludności i przemysłu (rys. 1.5). Pozostała ilość wody powraca do atmosfery poprzez ewapotranspirację. W wyniku parowania ubywa aż 70% wody, która trafiła na ziemię wraz z opadem atmosferycznym. Jest to tzw. woda zielona, z której korzysta roślinność, w tym rośliny uprawowe.

Ślad wodny, czyli jak zmierzyć i ograniczyć wykorzystanie zasobów wodnych

Bilans wodny Polski przedstawia się niekorzystnie na tle krajów europejskich. Pomimo położenia w strefie klimatu umiarkowanego wielkość opadów rozkłada



Rys. 1.5. Podział wody w cyklu hydrologicznym oraz różne składniki śladu wodnego (WF)

Źródło: Chapagain i Tickner, 2012

Wskaźnikiem, który pozwala oszacować wielkość wykorzystania wody, jest ślad wodny. Ślad wodny (WF, ang. *water footprint*) uwzględnia bezpośrednio i pośrednio zużycie wody przez konsumenta lub producenta, a także wielkość zanieczyszczenia wód. Ślad wodny wyrażony jest w ilości wody zużytej na tonę produktu wytworzonego w ciągu jednego roku. Ślad wodny możemy określić m.in. dla produkcji roślinnej. W produkcji zbóż w Polsce waha się on od 8,7 tys. m³ wody/ha dla pszenicy, przez 7,2 tys. m³/ha dla kukurydzy, do 4,8 tys. m³/ha dla żyta i owsa. Najbardziej wodochłonna jest uprawa dyni, cukini i kabaczków – oszacowano ją na 20,1 tys. m³/ha. Ślad wodny produkcji ziemniaka wynosi ok. 7,7 tys. m³/ha, co jest na podobnym poziomie jak uprawy sadownicze czereśni, wiśni i śliwy [Burszta-Adamiak i Fiałkiewicz, 2018].

Ślad wodny jest sumą trzech składników: zielonego, niebieskiego i szarego śladu wodnego [Vanham i Bidoglio, 2013] (rys. 1.6).

Zielony ślad wodny w produkcji roślinnej to objętość zużytej wody zielonej, czyli wody deszczowej wykorzystanej w produkcji. Jest on równy objętości wody utraconej przez ewapotranspirację podczas wzrostu upraw. Zielony ślad wodny jest także wskaźnikiem ilości wilgoci w glebie wykorzystywanej przez uprawy zasilane deszczem. Zielony ślad wodny

w produkcji roślinnej można zmniejszyć m.in. poprzez poprawę technik zarządzania glebą i wodą na polu.

Niebieski ślad wodny w produkcji roślinnej odnosi się do zużycia zasobów niebieskiej wody, czyli wody pobranej z rzek, jezior, stawów i wód gruntowych. Zazwyczaj niebieski ślad wodny obejmuje wodę używaną do nawadniania. Pobór tych wód zmniejsza zasoby wodne w zlewni. Aby zmniejszyć niebieski ślad wodny, warto zwiększyć wydajność nawadniania (np. nawadnianie kropelkowe zamiast zraszania) oraz stosować odpowiednie terminy i ilości dostarczanej wody.

Szary ślad wodny w produkcji roślinnej to hipotetyczna objętość wody niezbędna do rozcieńczenia zanieczyszczeń (np. azotu zawartego w nawozach) wprowadzanych do środowiska w wyniku produkcji w takim stopniu, aby jakość wody nie przekraczała ustalonej normy. Nie wszystkie wody szare pochodzą z wód niebieskich. Również wyłukiwanie zanieczyszczeń z gleby oznacza, że rolnictwo zasilane deszczem może mieć szary WF. Ograniczenie stosowania nawozów sztucznych i pestycydów, a przede wszystkim stosowanie precyzyjnego efektywnego nawożenia to działania mogące zmniejszyć szary ślad wodny w produkcji roślinnej. W tym miejscu należy podkreślić, że dla rolnictwa ekologicznego szary ślad wodny wynosi zero!

Ślad wodny (WF) = Zielony WF + Niebieski WF + Szary WF



Zielony ślad wodny

Ilość wykorzystanej wody deszczowej, o ile nie staje się spływem



Niebieski ślad wodny

Ilość pobranej wody z wód powierzchniowych (jezior i rzek) i podziemnych



Szary ślad wodny

Woda potrzebna do rozcieńczenia zanieczyszczeń do poziomu bezpiecznego stężenia



Rys. 1.6. Trzy składowe śladu wodnego w produkcji roślinnej

Źródło: R. Hogeboom, Promoting water sustainability of financial institutions, Green Recovery 24.11.2020; online: <https://www.greeneconomycoalition.org/news-and-resources/promoting-water-sustainability-of-financial-institutions> [dostęp 6.10.2022]

Tabela 1.1. Ślad wodny w województwie dolnośląskim

Uprawa	Ślad wodny w województwie dolnośląskim [m ³ /ha]
Burak cukrowy	10 739
Słonecznik	10 098
Rzepak	4 519
Soja	2 145
Gorczyca	2 809
Fasola	5 053
Ciecierzycyca	4 177
Koniczyna, łubin, lucerna,	2 674
Czereśnia, wiśnia	7 803
Śliwa	7 178
Grusza	5 624
Jabłoń	4 684
Porzeczka	3 409
Truskawka	3 101
Dynia pastewna	20 160
Burak pastewny	10 739
Dynia, cukinia, kabaczek	20 160
Ziemniak	7 693
Cebula	4 164
Kapusta	3 462
Ogórek	3 217
Pomidor	2 916
Pietruszka, marchew, por	1 731
Pszenica jara i ozima	8 696
Kukurydza	7 243
Jęczmień ozimy	6 401
Jęczmień jary	6 401
Żyto jare	4 818
Żyto ozime	4 818
Owies	4 428

Źródło: Burszta-Adamiak i Fiałkiewicz, 2018

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Wymień siedem naturalnych procesów przepływu wody w małym cyklu wodnym.
2. Wymień różnice pomiędzy wodą kapilarną i grawitacyjną.
3. Podaj definicję zlewni.
4. Wyjaśnij, kiedy bilans wodny zlewni jest dodatni.
5. Wymień cztery typy suszy i krótko je scharakteryzuj.

Ćwiczenie dla ucznia

Na podstawie tabeli wylicz ślad wodny dla produkcji roślinnej gospodarstwa o zasiewach: 17 ha – jęczmień, 11 ha – kukurydza, 5 ha – rzepak, 5 ha – burak cukrowy. Oblicz ślad wodny także dla produkcji roślinnej swojego gospodarstwa.

1.3

Ochrona wód wobec nowych wyzwań klimatycznych

dr hab. Katarzyna Izydorczyk

Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk

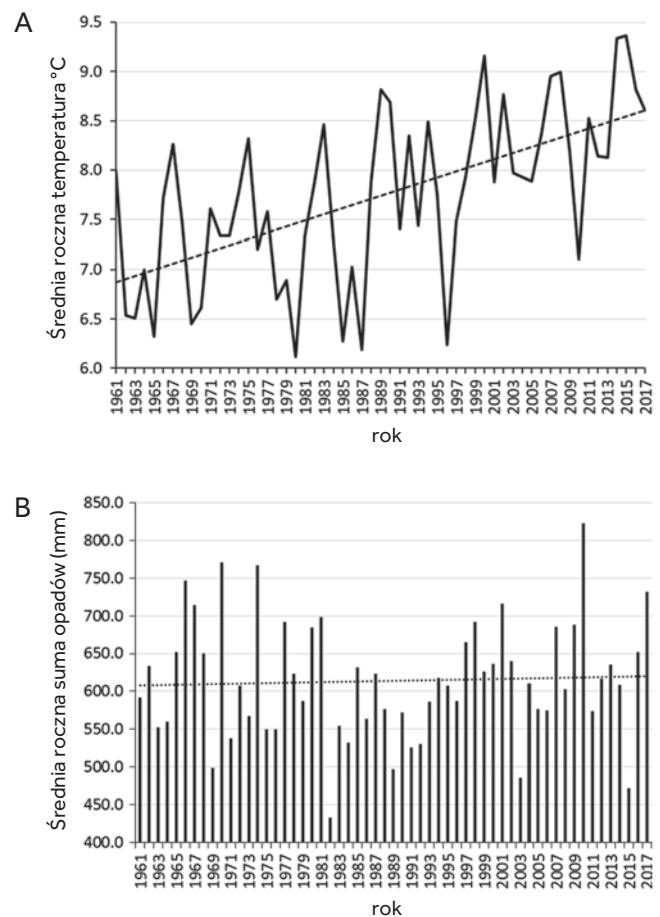
Obserwacje klimatyczne – fakty, nie mity

Klimat to całokształt zjawisk pogodowych stale utrzymujących się na danym obszarze. Podstawą do określenia klimatu są długotrwałe, prowadzone przez co najmniej 30 lat obserwacje. Najważniejsze do ustalenia klimatu są wieloletnie pomiary takich parametrów jak: temperatura, wielkość opadów czy wiatr. Obserwacje oraz analizy danych z wielu lat pozwalają również określić trendy zmian.

Pomiary temperatury powietrza w latach 1951–2017, prowadzone w 60 stacjach meteorologicznych na terenie Polski, wskazują, że tempo wzrostu temperatury jest coraz szybsze i wynosi już ponad $0,21^{\circ}\text{C}$ w ciągu roku. Na rys. 1.7A przedstawiono linię trendu wskazującą wzrost średniej rocznej temperatury powietrza. Widoczny jest wyraźny trend wzrostowy, pomimo że średnia roczna temperatura pokazuje wysokie wahania pomiędzy poszczególnymi latami. Wzrasta nie tylko średnia temperatura roczna, ale również takie parametry jak liczba dni upalnych ($\geq 30^{\circ}\text{C}$) czy liczba nocy tropikalnych ($\geq 20^{\circ}\text{C}$) w poszczególnych latach. Wzrost temperatury przekłada się również na występowanie cieplejszych zim. Zmniejsza się liczba dni bardzo chłodnych ($\leq -10^{\circ}\text{C}$) oraz ekstremalnie chłodnych ($\leq -15^{\circ}\text{C}$) [Kundzewicz i in., 2017].

Niepokojące są wyniki obserwacji z okresu 2011–2020, które pokazują, że wszystkie lata w tym czasie były cieplejsze niż średnia wieloletnia, przy czym aż pięć z nich można zaliczyć do ekstremalnie ciepłych. 2019 r. był najcieplejszym rokiem od 1951 r. Średnia roczna wartość temperatury powietrza wyniosła $10,2^{\circ}\text{C}$. Była ona o niemal 2°C wyższa od normy wieloletniej (1981–2010) [Warunki termiczne, 2011–2020].

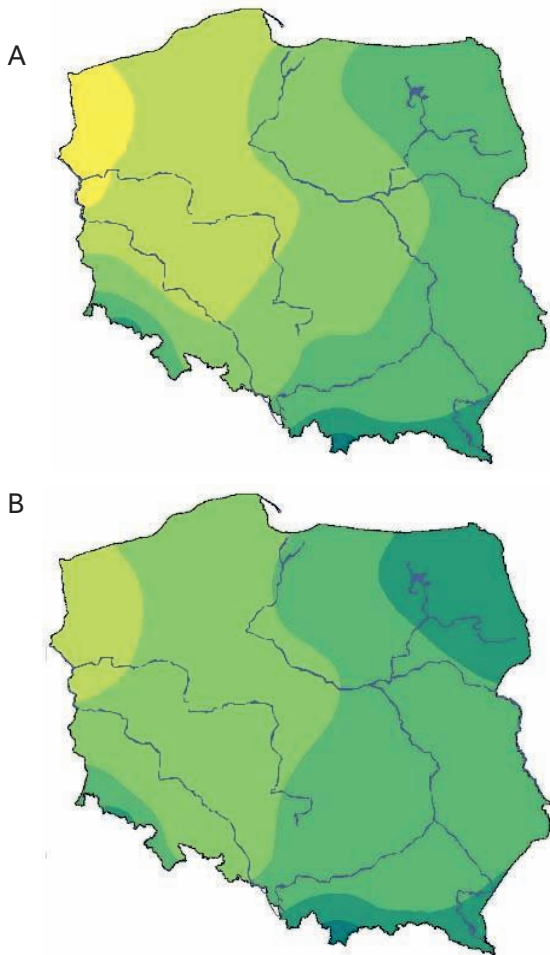
W ilości opadów atmosferycznych trend wzrostowy jest słaby (rys. 1.7b), co wynika z wysokiej zmienności średniej rocznej sumy opadów. Średnią roczną sumę opadów obliczono jako sumę dobowych zapisów opadów atmosferycznych z 45 stacji.



Rys. 1.7. (A) Średnia roczna temperatura powietrza (linia przerywana wskazuje trend wieloletni), (B) średnia roczna suma opadów w latach 1951–2017

Źródło: Kundzewicz i in., 2018

Zmiany temperatury powietrza wpływają również na zmniejszenie pokrywy śnieżnej poprzez zmniejszenie udziału opadów śniegu w całkowitym opadzie atmosferycznym oraz przyspieszenie tempa topnienia śniegu. Na mapach Polski jest wyraźnie widoczne zróżnicowanie przestrzenne średniej grubości pokrywy śnieżnej w zimie (rys. 1.8). W okresie 1952–1990 w Polsce (z wyjątkiem obszarów górskich) jej grubość wahała się od 2,5 do 12,9 cm, natomiast w okresie 1991–2013 była mniejsza i wynosiła od 1,7 do 9,7 cm. Zmniejsza się nie tylko grubość pokrywy śnieżnej, ale także liczba dni z pokrywą śnieżną. Średni czas zalegania pokrywy dla Polski w okresie 1991–2013 wynosił 44 dni i było to 5 dni mniej niż w latach 1952–1990 [Kundzewicz i in., 2017].



Rys. 1.8. Średnia liczba dni z pokrywą śnieżną zimą w Polsce w latach A 1952–1990 i B 1991–2013

Źródło: Kundzewicz i in., 2017

Scenariusze klimatyczne

Obserwowane w Polsce zmiany parametrów, takich jak temperatura powietrza czy ilość opadów, wpisują się w światowy trend zmian klimatycznych. Scenariusze klimatyczne, czyli modelowe symulacje zmian globalnej temperatury lub ilości opadów, są realizowane w oparciu o prognozy emisji gazów cieplarnianych. Obecnie rozpatruje się cztery scenariusze RCP, czyli reprezentatywne scenariusze stężenia dwutlenku węgla. Obrazują one cztery podejścia do polityki klimatycznej: RCP2.6 – scenariusz zakładający bardzo niski poziom emisji gazów cieplarnianych, RCP4.5 i RCP6 to dwa scenariusze stabilizacji, a także RCP8.5 – scenariusz zakładający bardzo wysoki poziom emisji gazów cieplarnianych. Ponadto modelowanie wykonuje się w dwóch horyzontach czasowych: bliższym (np. do 2050 r.) i dalszym (np. do 2100 r.).

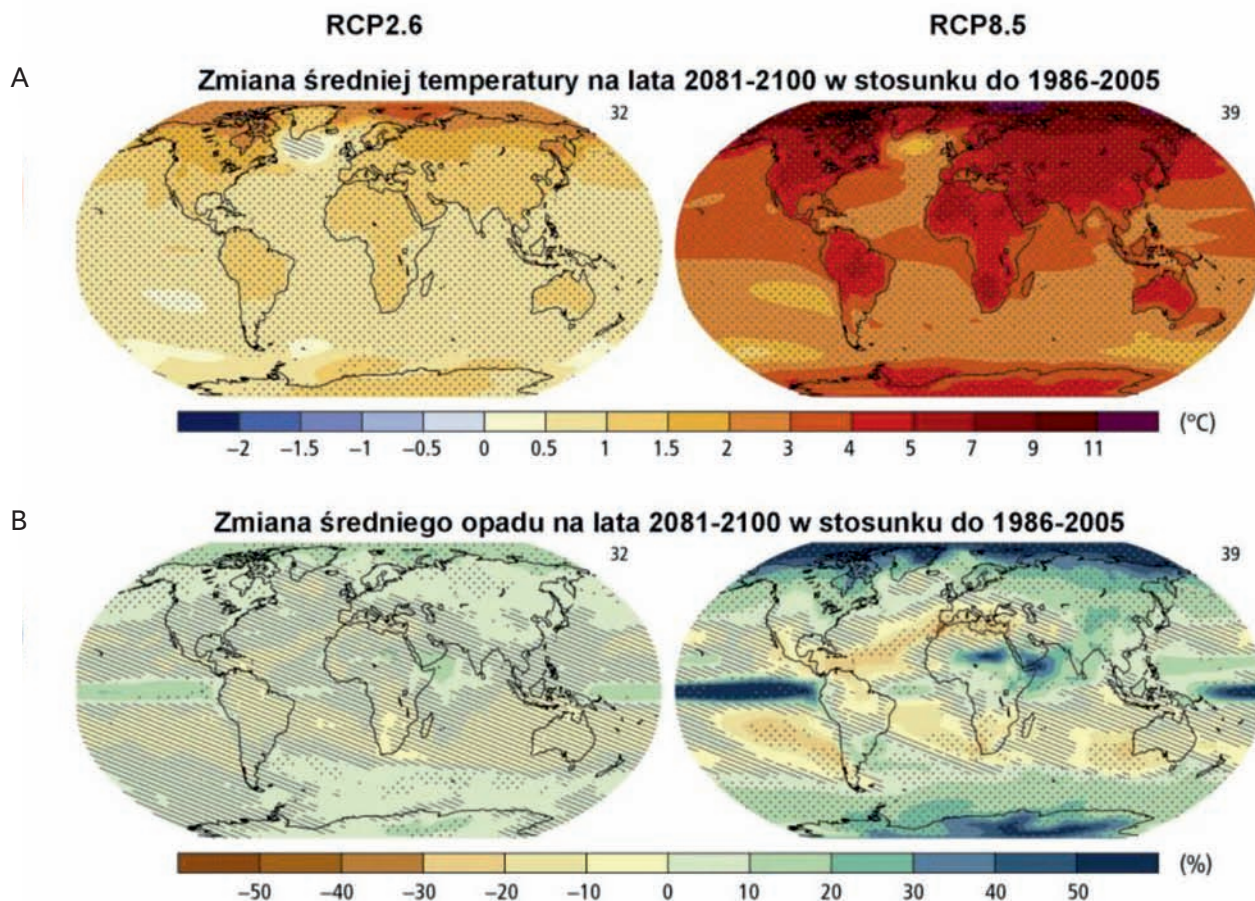
Średnia globalna temperatura w okresie 2016–2035 prawdopodobnie wzrośnie o 0,3–0,7°C w porównaniu z okresem 1986–2005. Z kolei dla okresu 2081–2100 przewiduje się, zależnie od przyjętego scenariusza RCP, że zmiany będą oscylować w granicach od 0,3–1,7°C przy scenariuszu RCP2.6, aż do 2,6–4,8°C dla RCP8.5 [IPCC, 2013, rys. 1.9A]. Dla Polski prognozuje się, że średnia roczna temperatura powietrza wzrośnie o ok. 1,1°C dla okresu 2021–2050 i ok. 2°C dla 2071–2100, przy założeniu scenariusza rozwoju RCP4.5. Przy założeniu scenariusza wysokiej emisji gazów cieplarnianych (RCP8.5) i przy rozważaniu dalekiego horyzontu czasowego (2070–2100) prognozuje się wzrost ocieplenia do prawie 4°C. W tym scenariuszu w sezonie zimowym jest spodziewany wzrost temperatury na terenie Polski nawet o 4,5°C [Kundzewicz i in., 2017].

Zmiany średniego rocznego opadu na świecie nie będą jednolite (rys. 1.9B). Przewiduje się, że różnice w wielkości opadów pomiędzy obszarami wilgotnymi i suchymi będą się powiększać. Przewiduje się także, że ekstremalne zjawiska opadowe staną się jeszcze bardziej intensywne i będą występować częściej. Przy prognozach dla Polski wyniki modelowania są niepewne, ale wskazują, że w przyszłości ilość opadów wzrośnie w skali rocznej i w poszczególnych porach roku. Jedną z prognoz wskazuje, że dla scenariusza emisji RCP4.5 przewidywany wzrost średnich opadów rocznych w Polsce wyniesie ok. 6% w bliskiej przyszłości i 10% w dalszej przyszłości. Najwyższy wzrost opadów sezonowych jest oczekiwany zimą (+8% w latach 2021–2050 i +18% w latach 2071–2100) i wiosną (+8% w latach 2021–2050 i +15% 2071–2100). Natomiast wzrost ten będzie niższy latem (+4% dla obu horyzontów czasowych) i jesienią (+6% dla okresu 2021–2050 i +7% dla 2071–2100) [Kundzewicz i in., 2017].

Wpływ zmian klimatu na ilość zasobów wodnych

Zmiany klimatu, wyrażone jako zmiany takich parametrów jak wysokość temperatury powietrza i ilość opadów atmosferycznych, wpływają znacząco na ilość zasobów wodnych.

Ilość opadów atmosferycznych decyduje m.in. o zasilaniu deszczowym wód powierzchniowych, co przekłada się na stan wód w rzekach i jeziorach, a także na wielkość przepływu wód płynących. Prognozowana zmiana ilości opadów wskazuje, że będą one wzrastać głównie w okresie zimowo-wiosen-



Rys. 1.9. Prognozowane zmiany A średniej temperatury oraz B średniego rocznego opadu dla okresu 2081–2100 wg scenariusza RCP2.6 (po lewej) i RCP8.5 (po prawej stronie)

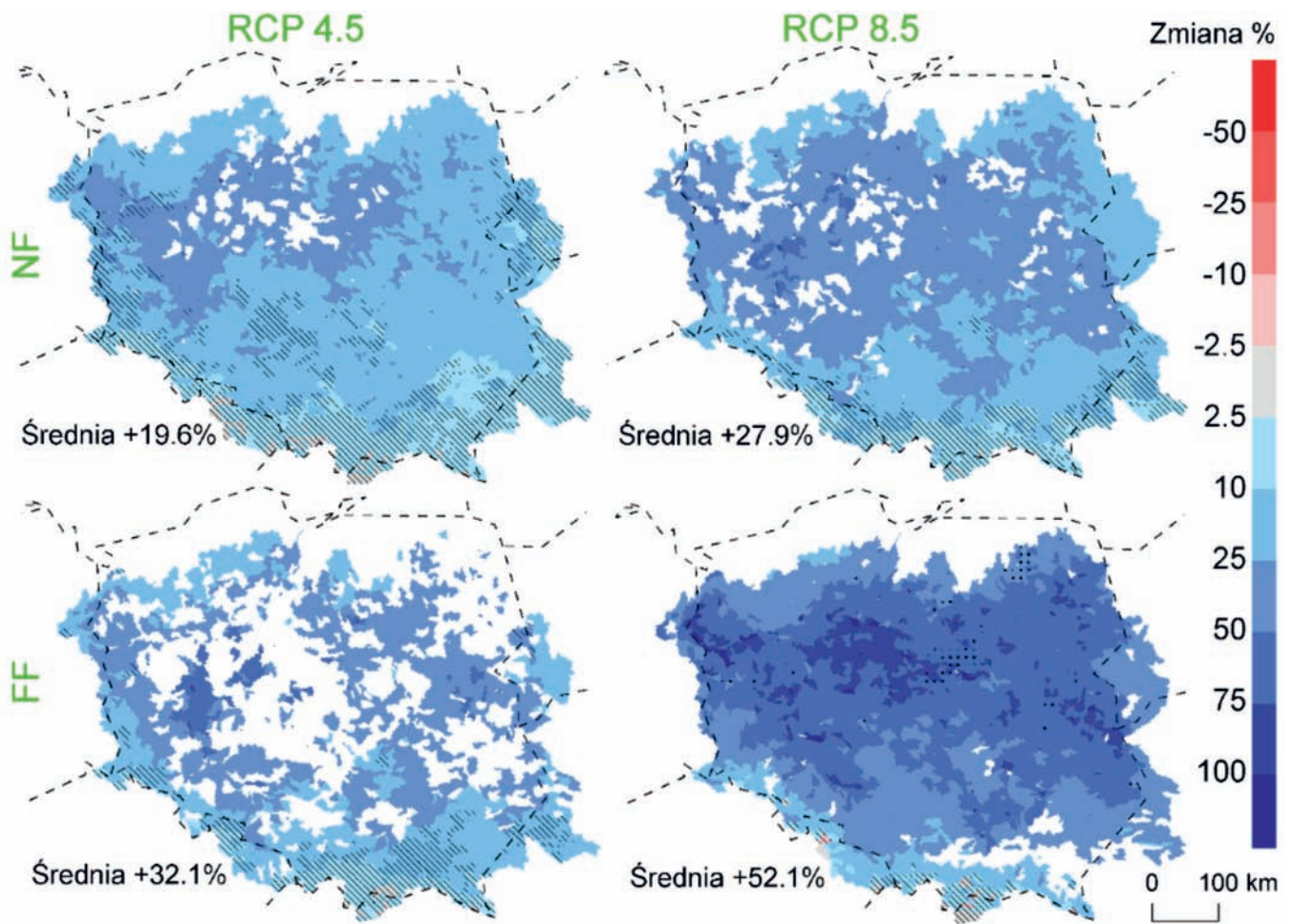
Źródło: Kundzewicz i in., 2017 za IPCC, 2013; Climate Change, 2013, „The Physical Science Basis”, online: https://www.undp.org/turkiye/publications/climate-change-2013-physical-science-basis?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=CjwKCAjw6raYBhB7EiwABge5KvZObo4VBqbezeNYH7zxZwdvSY1jl1vEf8JMfK1cE-UBhmbZcGXbABoC81lQAvD_BwE [dostęp 6.10.2022]

nym, co przy wyższej temperaturze może oznaczać zwiększenie ilości deszczu kosztem opadów śniegu. Jest to niekorzystne zjawisko, gdyż pokrywa śnieżna jest okresowym magazynem wody, który podczas roztopów zasila gleby i rzeki w wodę. Skrócenie czasu zalegania pokrywy śnieżnej powoduje wcześniejsze wysychanie gruntu, a przez to – zwiększające się prawdopodobieństwo wystąpienia w lecie suszy. Natomiast występowanie deszczu zimą przy zmarzniętej glebie, czyli w warunkach ograniczonej infiltracji przez profil glebowy, generuje szybki spływ powierzchniowy wody. Również zwiększenie częstotliwości występowania opadów deszczu o charakterze nawalnym będzie sprzyjać szybkiemu odpływowi wód do rzek. W efekcie tych zmian może nastąpić zwiększenie odpływu wód z obszaru Polski.

Potwierdzają to prognozy sezonowego odpływu wód, czyli ilości wody, która w ciągu sezonu przepływa przez wyznaczony na rzece profil. Prognozy przewidują największy wzrost odpływu wód zimą, najniższy – wiosną, a umiarkowany – latem i jesienią.

Mapy prognozowanych zmian średniego rocznego odpływu wód pokazują wzrost dla obu analizowanych RCP i w obu horyzontach czasowych (rys. 1.10). Najwyższy wzrost odpływu wód z terenu Polski, wynoszący aż 52,1%, prognozowany jest dla dalekiej przyszłości w scenariuszu RCP8.5, kiedy spodziewany jest największy wzrost temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych. Szczególnie niekorzystnie przedstawia się na mapach zróżnicowanie przestrzenne zmian w odpływie. Najwyższy wzrost odpływu wód prognozowany jest dla nizinnej części Polski charakteryzującej się już teraz deficytami wody.

Wzrost temperatury powietrza będzie natomiast przekładał się na zwiększenie parowania z powierzchni wód i ziemi. Prognozy ewapotranspiracji potencjalnej, czyli wskaźnika klimatycznego mówiącego o tym, jak szybko mogłoby zachodzić parowanie, gdyby dostępność wody była wystarczająca, wskazują na jej zwiększenie. Prognozuje się, że jego wzrost może wahać się od 2,9% dla RCP4,5 w bliskiej przyszłości do 8,8% dla RCP8,5 w dalekiej przyszłości.



Rys. 1.10. Mapy zmian średniego rocznego odpływu, będące wynikiem kombinacji dwóch horyzontów czasowych (2024–2050 oznaczanej jako NF i 2074–2100 – FF) oraz dwóch scenariuszy RCP (4.5 i 8.5)

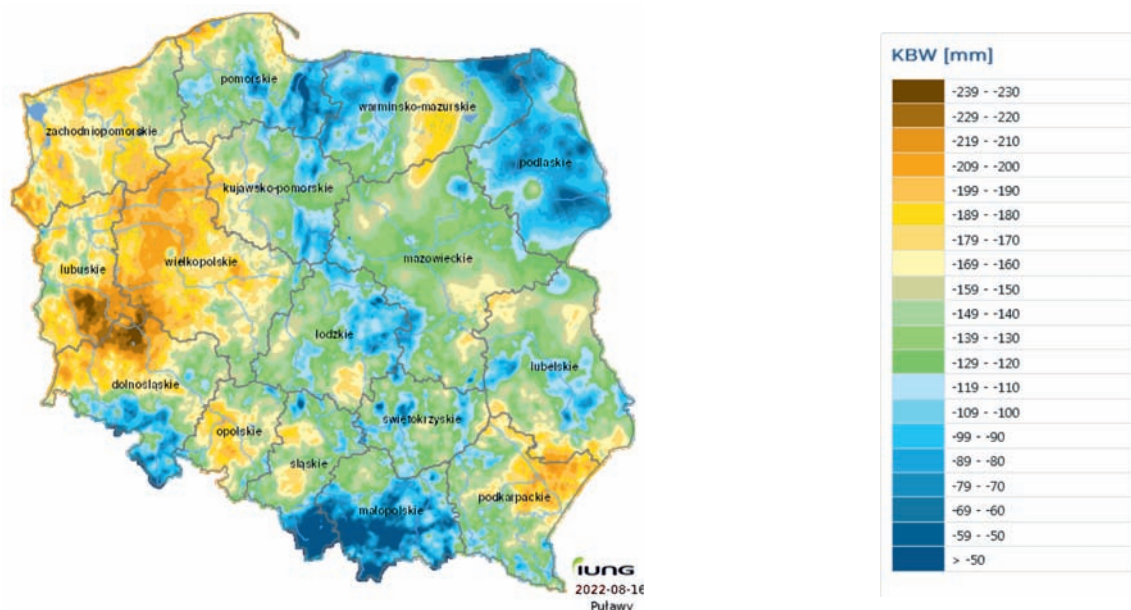
Źródło: Kundzewicz i in., 2017

ści. Te prognozy należy analizować, pamiętając, że wzrost średniej temperatury o 1°C powoduje wzrost dziennego parowania o 0,3 mm–0,4 mm. Przy temperaturze 25°C wzrost o 1°C zwiększa zapotrzebowanie upraw na wodę przeciętnie o 10%, co przekłada się na wzrost o 3–4 m³/ha dziennie [Wawer i Kolasinska, 2021]. Wzrastające parowanie przy deficytach wody opadowej może prowadzić do zwiększenia częstotliwości i intensywności suszy.

Parowanie (ewapotranspiracja) to ważny element oddziałujący na ilość dostępnych zasobów wodnych. To znalazło odzwierciedlenie we wskaźniku, jakim jest klimatyczny bilans wodny (KBW). To różnica między opadem atmosferycznym a stratami wody spowodowanymi parowaniem. Gdy wielkość parowania przewyższa ilość opadów, mówimy o ujemnym klimatycznym bilansie wodnym, a zatem o potencjalnym zagrożeniu niedoborem wody opadowej. Mapy przedstawiające klimatyczny bilans wodny dla obszaru Polski są publikowane na stronie Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej [SMSR] (rys. 1.11).

Dostarczają cennych informacji o warunkach wilgotnościowych w glebie i dostępności wody dla roślin. Są także używane do wyznaczania obszarów suszy meteorologicznej i rolniczej oraz prognozowania plonów roślin uprawnych.

Średni roczny klimatyczny bilans wodny dla obszaru Polski jest ujemny i wynosi –145 mm. Szczególnie niekorzystne jest występowanie ujemnego bilansu w okresie wegetacyjnym. Największy niedobór opadów w lecie występuje na Pobrzeżu Szczecińskim (–220 mm) oraz Pojezierzu Wielkopolskim (–240 mm). W okresie zimowym średni dla całego obszaru Polski KBW wynosi +102 mm. Oznacza to, że w Polsce w zimie występuje potencjalnie nadmiar wody opadowej w stosunku do parowania [Klimatyczny bilans wodny]. Zmiany klimatyczne będą pogarszać wartość wskaźnika KBW. Prognozuje się, że roczny klimatyczny bilans wodny obniży się nawet o 100 mm w stosunku do obecnego poziomu, co zwiększy zagrożenie występowania suszy rolniczej.



Rys. 1.11. Mapa klimatycznego bilansu wodnego dla obszaru Polski w okresie 11.06.2022–10.08.2022

Źródło: Klimatyczny Bilans Wodny (KBW), susza.iung.pulawy.pl, online: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/2022,09/> [dostęp 6.10.2022]

Wpływ zmian klimatu na jakość wód

Zmiany wielkości opadów atmosferycznych oraz temperatury powietrza uruchamiają w środowisku ciąg procesów, które będą prawdopodobnie skutkowały zwiększeniem strat substancji biogenicznych do wód powierzchniowych.

Wymywanie azotu, występującego w środowisku m.in. w formie dobrze rozpuszczalnych azotanów, jest szczególnie wrażliwe na zmiany ilości opadów. Główną drogą niekorzystnego odpływu azotanów z obszarów rolniczych jest ich wymywanie poprzez infiltrację w głąb profilu glebowego do wód podziemnych, a także poprzez spływ powierzchniowy do rowów i rzek (tabela 1.2). Prognozowany wzrost opadów w zimie, a zatem w okresie pozawegetacyjnym, kiedy azot nie jest przyswajany przez rośliny, może zwiększyć ich wymywanie. Przy jednoczesnym zwiększeniu ilości opadów i podwyższeniu temperatury w zimie może dochodzić do wzrostu infiltracji w profilu glebowym ze względu na brak pokrywy śnieżnej.

Straty fosforu wiążą się głównie z występowaniem erozji wodnej. Fosfor jest pierwiastkiem tworzącym kompleksy z cząstkami gleby. Porwany przez spływające wody materiał glebowy jest wynoszony poza pole i przedostaje się do wód powierzchniowych, zanieczyszczając je m.in. fosforem. Wymywa-

nie fosforu poprzez uformowany spływ powierzchniowy może się w przyszłości nasilać zwłaszcza w okresie zimowo-wiosennym w okresach nawalnych deszczy, których częstotliwość i intensywność będą się zwiększać.

Z drugiej strony prognozowane występowanie głębokiej i długotrwałej suszy w lecie może się przyczyniać do degradacji materii organicznej w glebach, a tym samym do utraty przez gleby właściwości retencji fosforu, azotu i wody.

Retencja wód – adaptacja gospodarowania wodami i rolnictwa do zmian klimatu

Omawiane wyzwania klimatyczne w postaci: wzrostu temperatury, zmian rozkładu i ilości opadów oraz wzrostu częstotliwości i intensywności ekstremalnych zjawisk pogodowych – będą skutkować deficytami wody w okresie wegetacyjnym oraz jej nadmiarem w zimie. Zmiany w ilości zasobów wodnych przełożą się także na wzrost strat substancji biogenicznych z terenów rolniczych, co negatywnie wpłynie na jakość wód. Odpowiedzią na prognozowane zmiany klimatyczne w ochronie wód jest, oprócz prowadzenia dobrych praktyk rolniczych, zwiększenie retencji wody, czyli zwiększenie zdolności do gromadzenia wody i przetrzymywania jej przez dłuższy czas.

Tabela 1.2. Drogi obiegu azotu i fosforu na terenach rolniczych i związane z nimi zagrożenia dla jakości wód

Składnik pokarmowy	Źródła składników pokarmowych na gruntach rolnych (dopływ)	Drogi odpływu składników pokarmowych z terenów rolniczych (odpływ)	Zagrożenia dla wód
Azot (N)	<ul style="list-style-type: none"> • nawozy naturalne • nawozy mineralne • resztki poźniwne • materia organiczna gleby • opady atmosferyczne • asymilacja przez bakterie 	<ul style="list-style-type: none"> • zbiory plonów • infiltracja • spływ powierzchniowy • denitryfikacja • emisja amoniaku i tlenków azotu do atmosfery 	bardzo dobra rozpuszczalność w wodzie: ulega łatwemu wypłukiwaniu z gleby do wód gruntowych lub systemów melioracyjnych; nadmierny odpływ powoduje zanieczyszczenie wód
Fosfor (P)	<ul style="list-style-type: none"> • nawozy naturalne • nawozy mineralne • fosfor w skałach (apatyt) • resztki poźniwne • materia organiczna gleby 	<ul style="list-style-type: none"> • zbiory plonów • spływ powierzchniowy połączony z erozją gleby • infiltracja (ograniczona) 	tworzy kompleksy z glebą: przemieszcza się wraz z cząsteczkami gleby ze spływem powierzchniowym do wód powierzchniowych i przyczynia się do ich eutrofizacji; mało mobilny: może powodować lokalną akumulację w glebie. Przy nasyceniu kompleksów glebowych fosforem może nastąpić uwolnienie do wód

Źródło: opracowanie własne

Retencja krajobrazowa

Zwiększenie retencji wody rozpoczyna się od troski o krajobraz, o jego mozaikowość. Poprzez właściwe kształtowanie krajobrazu możliwy jest wpływ na lokalne warunki klimatyczne, a tym samym – zwiększenie lokalnych zdolności do magazynowania wody opadowej i roztopowej poprzez spowolnienie jej odpływu. Działania z zakresu retencji krajobrazowej przyczyniają się także do wzmocnienia procesów samooczyszczania się wód, co prowadzi do poprawy ich jakości oraz stanowi ostoję dla różnorodności biologicznej.

Równowaga w układzie pól uprawnych, użytków zielonych, lasów może spowalniać odpływ wód oraz zwiększać ilość retencionowanej wody. Występowanie zadrzewień i zakrzaczeń śródpolnych (w postaci szpalerów drzew) wpływa lokalnie na mikroklimat i utrzymuje wyższą wilgotność poprzez ograniczenie

siły wiatru i wielkość parowania. Szczególnie ważnymi elementami krajobrazu są różnego rodzaju tereny podmokłe (m.in. torfowiska, starorzecza, mokradła, oczka śródpolne), które, magazynując wodę, wpływają na poziom wód gruntowych również na sąsiadujących obszarach.

Utrzymywanie lub odtwarzanie takich elementów krajobrazu rolniczego jak: nadbrzeżne strefy buforowe, miedze śródpolne, zadrzewienia śródpolne, oczka i stawy śródpolne, starorzecza i mokradła (fot. 1.10) wpisuje się w europejskie podejście do promowania i stosowania rozwiązań bliskich przyrodzie (ang. *nature-based solutions*, NBS). NBS są definiowane jako rozwiązania, które powstały z inspiracji przyrodą lub są przez nią wspomagane, a ponadto są opłacalne i zapewniają jednocześnie korzyści środowiskowe, społeczne i ekonomiczne oraz pomagają w zwiększaniu odporności na zmiany klimatu i presję człowieka (KE, 2015).

A



B



C



Fot. 1.10. Działania z zakresu retencji krajobrazowej, czyli ochrona lub odtwarzanie zadrzewień śródpolnych, oczek śródpolnych lub starorzeczy (fot. A, C, K. Izydorczyk, fot. B A. Guziak)

Retencja glebowa

Ilość wody zatrzymanej w glebie i dostępnej dla roślin zależy od właściwej struktury gleby, jej składu granulometrycznego oraz zawartości materii organicznej. Dbłość o jej strukturę, np. wapnowanie, czy poprzez zwiększanie zawartości materii organicznej w glebie prowadzą do zwiększenia pojemności sorpcyjnej gleby, a tym samym do wzrostu zatrzymanej wody w glebie. Konieczne jest również dostosowanie produkcji roślinnej w taki sposób, aby zwiększać infiltrację wody w głąb profilu glebowego, a tym samym ograniczać spływ powierzchniowy i erozję wodną. Troska o odpowiednią przepuszczalność gleby przełoży się na odbudowanie poziomu wód gruntowych [Siebielec, 2019].

Retencja przy wykorzystaniu systemów melioracyjnych

Wybudowane w Polsce w latach 60–70. XX w. systemy melioracyjne były w głównej mierze drenujące i miały za zadanie szybkie odprowadzenie nadmiaru wód z pól i łąk. W dobie deficytów zasobów wodnych zwraca się uwagę na ich potencjał do zatrzymywania wody. Szacuje się, że podniesienie poziomu wód gruntowych o 10 cm na obszarze trwałych użytków zielonych na terenie kraju dałoby przyrost retencji wody o ok. 1 mld m³ wody [Gospodarowanie wodą w rolnictwie w obliczu susz, 2020].

Odbudowa, modernizacja i budowa nowych urządzeń piętrzących w postaci zastawek, mniczków, stopni, progów piętrzących kamiennych i drewnianych na ciekach zlokalizowanych na zmeliorowanych użytkach zielonych i ornych jest najważniejsza dla regulowania odpływu wód z systemów melioracyjnych. Pozwoli m.in. na zatrzymywanie wód poprzez ich piętrzenie w okresach zimowych (fot. 1.11).

Odbudowa urządzeń piętrzących, ale także modernizacja studzienek drenarskich umożliwią kontrolowanie poziomu piętrzenia wody i dostosowanie go do panujących warunków atmosferycznych. Oba sposoby umożliwiają kontrolowanie poziomu wody w systemach melioracyjnych. Ma to zoptymalizować te systemy pod kątem odnawiania zasobów wód gruntowych i wymagań roślin uprawnych.

Należy jednak pamiętać, że system melioracyjny to złożony organizm, dlatego działania inwestycyjne i modernizacyjne powinny być poprzedzone opracowaniem koncepcji wskazującej optymalną lokalizację urządzeń piętrzących oraz poziom i czas piętrzenia wody. Ma to być rozpatrywane w skali zlewni. Wykonanie analizy możliwości regulacji odpływu wód drenarskich przez biuro projektowe powinno się odbywać w ścisłej współpracy z instytucją zarządzającą wodą oraz spółką wodną i samorządem lokalnym reprezentującym właścicieli gruntów.



Fot. 1.11. Działania z zakresu retencji z wykorzystaniem systemów melioracyjnych – piętrzenie wody za pomocą zastawek (fot. K. Izydorczyk)

Retencja wód powierzchniowych

Ostatnim etapem zatrzymania wód opadowych jest spowolnienie odpływu wód w korytach rzek oraz magazynowanie jej w małych zbiornikach wodnych, czyli mała retencja. Mała retencja to zatrzymywanie lub spowalnianie spływu wód w obrębie małych zlewni przy jednoczesnym zachowaniu i wspieraniu rozwoju krajobrazu naturalnego [Mioduszeński i Okruszko, 2016].

Termin małej retencji jest jednak najczęściej ograniczany do prowadzenia działań z zakresu budowy małych zbiorników wodnych (o pojemności do 5 mln m³). W warunkach ograniczonej dostępności wody wskazuje się coraz mocniej na straty wody związane z parowaniem z powierzchni wody zbiornika oraz na infiltrację wód. Ponadto w okresach niżówek zbiornik będzie drenował przyległe obszary, powodując obniżenie się poziomu wód gruntowych. Warto, aby małe zbiorniki wodne służące zatrzymaniu wiosennych wód roztopowych i opadowych były zbiornikami lateralnymi, czyli zlokalizowanymi poza ciekim, w bezpośrednim jego sąsiedztwie, i zasilanymi wodą z ciek. Taka lokalizacja zbiornika w stosunku do ciek nie zaburza ciągłości przepływu wody i organizmów w rzece. Alternatywą może być budowa suchych polderów wypełniających się wodą tylko przy wystąpieniu nawalnych opadów i umożliwiających ich powolne opróżnianie po ustąpieniu opadów.

Ponadto przy planowaniu płytkich, pozbawionych stref buforowych rozległych zbiorników położonych na terenach rolniczych należy uwzględnić możliwość pojawienia się problemów eksploatacyjnych. Szybkie nagrzewanie się wód bogatych w związki biogeniczne może prowadzić do szybkiego zarastania zbiornika lub do pojawienia się zakwitów wody. Inwestycje w budowę oraz renowacja małych zbiorników wodnych powinny zatem uwzględniać takie elementy zbiornika i jego otoczenia jak:

- wyznaczenie płytkiej podmokłej strefy porośniętej roślinnością bądź budowę sekwencyjnego systemu sedymetacyjno-biofiltracyjnego – wielokomorowego systemu z komorą wychytującą zawieszinę oraz strefą porośniętą roślinnością, których zadaniem będzie oczyszczenie wód zasilających zbiornik;
- pozostawianie istniejących lub zaplanowanie nowych roślinnych stref buforowych wokół linii brzegowej zbiornika; rośliny strefy buforowej będą konkurencją dla glonów i sinic; konieczne jest okresowe wykaszanie roślin i wywożenie skoszonego materiału poza zbiornik i jego otoczenie;

- zaplanowanie nadbrzeżnych zadrzewień pozwalających na kontrolę naświetlenia zbiornika zapobiegającą szybkiemu nagrzewaniu się wody i stabilizującą brzegi;
- budowę przepławki lub kanału ulgi pozwalającego na migrację organizmów wodnych w zbiornikach skonstruowanych na cieku.

Innym sposobem na spowolnienie odpływu wód i przeznaczenie jej do rolniczego wykorzystania jest program Retencji korytowej realizowany od 2020 r. przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie. Retencja korytowa polega na czasowym podpiętrzaniu wód za pomocą jazów, przepustów-zastawek i innych urządzeń piętrzących, a następnie przekierowywaniu podpiętrzonych wód z koryta rzeki do systemów rowów melioracyjnych. Wykorzystanie urządzeń piętrzących (m.in. jazów) na rzekach budzi obawy, ponieważ zakłócają one ciągłość rzeki, m.in. ograniczają możliwość migracji ryb. Postuluje się, aby w trakcie modernizacji jazów wykonywane były przepławki.

Działania na rzecz spowolnienia odpływu wód powierzchniowych to także właściwe prowadzenie prac utrzymaniowych na rzekach. Prace przyczyniające się do uformowania kształtu koryta ciek w formie równoramiennego trapezu, powodują przyspieszony odpływ wód oraz drenaż wód podziemnych z sąsiadujących obszarów w okresie niskich przepływów w rzekach (tzw. niżówek). Gdy dodatkowo koryto ciek zostanie całkowicie pozbawione roślinności oraz elementów wymuszających zmianę prędkości przepływu (takich jak kamienie, gałęzie), nastąpi ograniczenie samooczyszczania rzeki oraz zniszczenie habitatów i spadek bioróżnorodności. Dlatego też prowadzenie prac utrzymaniowych powinno być wykonywane zgodnie z zapisami zawartymi w „Katalogu dobrych praktyk w zakresie robót hydrotechnicznych i prac utrzymaniowych wraz z ustaleniem zasad ich wdrażania” opracowanym przez Ministerstwo Środowiska w 2018 r. i dostępnym na stronie: www.gov.pl/web/klimat/katalog-dobrych-praktyk-w-zakresie-robot-hydrotechnicznych. Odpowiednio zaplanowane prace utrzymaniowe mogą być działaniami wspomagającymi renaturyzację cieków. Nie zawsze musi się ona wiązać z przebudową rzeki. Zaniechanie, ograniczenie lub modyfikacja niektórych prac utrzymaniowych może przyczynić się do lepszego funkcjonowania rzeki, w tym do zwiększenia retencji wody w jej korycie oraz wzmocnienia procesu samooczyszczania.

Retencja wód to działania, które pozwolą na dostosowanie się do obserwowanych i prognozowanych zmian klimatu, tak aby:

- uchronić przed zdarzeniami ekstremalnymi, takimi jak powódzie, ponieważ one spowalniają odpływ wód opadowych do rzek;
- łagodzić ich skutki, np. przeciwdziałać niedoborom wody i ograniczać skutki suszy poprzez gromadzenie wody w wybranych elementach krajobrazu;
- chronić ekosystemy, które dostarczają naj-

ważniejszych korzyści środowiskowych, m.in. poprzez odtwarzanie terenów podmokłych; stosować pojawiające się korzystne możliwości, np. rozwój społeczno-gospodarczy obszarów przeznaczonych na retencję krajobrazową (np. agroturystyka).

Retencjonowanie wód jest zatem najważniejszym działaniem adaptacyjnym w dobie wyzwań klimatycznych w kwestii ochrony ilości i jakości zasobów wodnych.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Omów trend wieloletni zmian temperatury powietrza obserwowany dla obszaru Polski.
2. Wyjaśnij pojęcie scenariuszy klimatycznych.
3. Podaj, o ile wzrośnie temperatura powietrza w Polsce według scenariuszy RCP4,5 oraz RCP8,5 w perspektywie lat 2010–2050.
4. Omów konsekwencje prognozowanych zmian pokrywy śnieżnej na ilość dostępnych wód.
5. Wyjaśnij, jak prognozowane zamiany klimatu mogą przyczynić się do wzrostu strat fosforu z obszarów rolniczych.
6. Wymień trzy działania z zakresu retencji krajobrazowej.
7. Omów potencjalne problemy w eksploatacji małych zbiorników wodnych oraz sposoby ich przeciwdziałania.

Ćwiczenie dla ucznia

Prześledź mapy klimatycznego bilansu wodnego (KBW) dla twojego województwa pod kątem zmienności dostępności wody. Porównaj mapy od maja do lipca dla lat 2012, 2019 i 2021. Mapy dostępne są na stronie: susza.iung.pulawy.pl/kbw/2022,11/.

1.4

Rola rolnika w ochronie zasobów wodnych i różnorodności biologicznej

dr hab. inż. Tomasz Piechota

Katedra Agronomii, Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Cywilizacja ludzka wywiera ogromny niszczący wpływ na zasoby przyrody: bioróżnorodność i zasoby wodne – to dwa najbardziej zagrożone dobra. Skala zagrożeń – w skali światowej i w poszczególnych, lokalnych ekosystemach – jest ogromna. Szacuje się, że w najbliższych kilkudziesięciu latach zagrożonych wyginięciem jest ok. 1 mln gatunków na 8 mln gatunków istniejących na Ziemi (*Intergovernmental Science-Policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services – IPBES, 2019*)! Tempo wymierania na skutek działalności ludzkiej wzrosło z jednego do kilkudziesięciu tysięcy gatunków rocznie.

Różnorodność biologiczna (bioróżnorodność) to zróżnicowanie wszystkich żywych organizmów występujących na Ziemi w ekosystemach lądowych, morskich i słodkowodnych oraz w zespołach ekologicznych, których są częścią. Dotyczy to różnorodności w obrębie gatunku, pomiędzy gatunkami oraz różnorodności ekosystemów (Konwencja 2002).

W świadomości społecznej najbardziej rozpoznawalna jest różnorodność gatunkowa, szczególnie różne formy ochrony zagrożonych gatunków zwierząt kręgowych (bielik, żubr, wilk, ryś itp.) oraz roślin (krokus, cis). Tymczasem na 57 000 gatunków występujących w Polsce tylko 540 to ptaki i ssaki, a nieco ponad 2 400 gatunków stanowią rośliny nasienne. Znacznie liczniejsze są organizmy z innych grup systematycznych, np. glony czy stawonogi, zazwyczaj znacznie mniejsze i przez to mniej dostrzegane w świadomości społecznej.

Utrata różnorodności gatunkowej dotyczy również roślin i zwierząt udomowionych. Następuje stały wzrost udziału w produkcji rolnej najwydajniejszych gatunków, najlepiej przystosowanych do intensywnej produkcji. W Polsce dominuje uprawa pięciu gatunków zbóż, które razem stanowią ok. 70% powierzchni zasiewów. Takie gatunki jak proso czy gryka są uprawiane sporadycznie. Wśród roślin oleistych dominuje rzepak uprawiany na powierzchni ok. 1 mln ha. Prawie nie uprawia się lnianki siewnej, lnu oleistego i konopi, które w przeszłości stanowiły znaczny udział w zasiewach roślin oleistych. Krajowe rośliny włókniste zostały prawie zupełnie wyparte przez produkty z bawełny. Bardzo dobrze odzwierciedla to globalny zasięg specjalizacji produkcji i idące za tym utraty bioróżnorodności.

Wśród zwierząt utrzymywanych w naszym kraju dla produkcji mleka duże znaczenie gospodarcze ma tylko krowa domowa. Inne gatunki (koza, owca) stanowią margines. W produkcji mięsa również dominują tylko dwa gatunki ssaków (bydło i trzoda chlewna) i dwa gatunki ptaków (kura domowa i indyk). W produkcji jaj kura domowa jest monopolistą. Jaja innych gatunków (przepiórka, struś) to w handlu rzadkość.

Różnorodność genetyczna (wewnątrzgatunkowa) to zróżnicowanie genów w pulach genowych populacji danego gatunku. Zróżnicowanie na tym poziomie umożliwia dostosowanie się do zmieniających się warunków siedliska, np. pod wpływem zmian klimatu, oraz do zasiedlania nowych siedlisk. Różnorodność genetyczna zmniejsza się, gdy giną populacje zamieszkujące poszczególne siedliska oraz gdy zmniejsza się liczebność osobników w poszczególnych populacjach. Dochodzi do coraz bliższego spokrewnienia poszczególnych osobników podobnych do siebie genetycznie. Następuje zjawisko erozji genetycznej, czyli zawężenia puli genowej i utraty części cech, szczególnie tych rzadziej występujących. To potęguje ryzyko wyginięcia całej populacji, np. na skutek infekcji lub po wystąpieniu zmian w siedlisku.

U roślin i zwierząt hodowlanych, pomimo ich dużej liczebności i powszechności występowania, również dochodzi do utraty różnorodności genetycznej. W masowej produkcji promowane są rasy zwierząt i odmiany roślin najbardziej pożądane w aktualnych warunkach produkcyjnych. Również wewnątrz odmiany czy rasy do rozrodu dobierane są nieliczne osobniki o cechach cennych dla bieżących potrzeb. Przykładowo u bydła, dzięki stosowaniu sztucznej inseminacji, jeden buhaj może zostać ojcem kilkudziesięciu tysięcy cieląt. Wśród roślin rozmnażanych wegetatywnie często wszystkie osobniki danej odmiany to klony jednej rośliny, identyczne pod względem genetycznym. Zjawisko erozji genetycznej występuje więc powszechnie również wśród gatunków udomowionych. Również tutaj stanowi ryzyko utraty genów potencjalnie cennych w zmieniających się warunkach siedliskowych, np. do hodowli nowych odmian.

Różnorodność ekosystemowa (ponadgatunkowa) dotyczy całych zbiorowisk organizmów żywych, których podstawą są zbiorowiska roślinne (fot. 1.12). Rośliny stanowią podstawę tworzenia warunków rozwoju pozostałych gatunków, zapewniając produkcję pierwotną biomasy (fotosynteza) na potrzeby żywieniowe organizmów heterotroficznych oraz kryjówek i mikroklimat. Są przez to podstawą sieci powiązań pomiędzy gatunkami, tworzącymi dany ekosystem. Zróżnicowanie pomiędzy ekosystemami wynika w dużej mierze ze zmieniających się warunków siedliska. Duże znaczenie mają warunki glebowe i wilgotnościowe. Zbiorowiska terenów wilgotnych, szczególnie mokradeł, znacznie się różnią od zbiorowisk mniej uwilgotnionych. Powszechne osuszanie terenu, również na terenach rolniczych, prowadzi do częstego zaniku tego typu ekosystemów.

Zmniejszanie się zróżnicowania ekosystemów sprawia, że zmniejsza się ilość ekotonów – stref przejściowych pomiędzy ekosystemami (fot. 1.12). Ekotony są bogate w gatunki żyjące w stykających się ekosystemach oraz stwarzają unikalne warunki dla wielu gatunków, żyjących tylko w tych strefach. Z tego względu są jednym z najwartościowszych elementów różnorodności ponadgatunkowej. Często spotykane strefy ekotonowe to np. brzegi zbiorników wodnych, brzegi lasów graniczące z polami uprawnymi, granice łąki i pola uprawnego.



Fot. 1.12. Duże zróżnicowanie siedlisk w krajobrazie zapewnia również dużą ilość stref przejściowych (ekotonów) i wzbogaca bioróżnorodność na poziomie gatunkowym (fot. T. Piechota)

Działalność rolnicza jest jednym z najważniejszych czynników prowadzących do zaniku bioróżnorodności, ale również jedną z tych gałęzi działalności ludzkiej, które najwięcej korzystają z dobrodziejstw natury i są najbardziej narażone na skutki zachwiania jej stabilności.

Usługi ekosystemowe, czyli wszelkie korzyści, które ludzie czerpią z ekosystemów, można podzielić na wiele kategorii. Podstawowe z nich obejmują:

- zaopatrzenie w żywność, paliwo i włókna,
- dostarczenie schronienia oraz materiału budulcowego,
- oczyszczanie powietrza i wody oraz wpływ na rozkład odpadów,
- stabilizację klimatu i mitygowanie powodzi,
- susz, skrajnych temperatur itp.,
- zapylenie roślin, włączając wiele gatunków uprawnych,
- regulację liczebności szkodników i chorób (fot. 1.13),
- zachowanie zasobów genetycznych,
- korzyści kulturowe i estetyczne,
- zdolność ekosystemów do dostosowania się do zmian.

Jak wynika z powyższego, usługi ekosystemowe są odpowiedzialne za podstawy bytu ludzkiego. Są również podstawą produkcji rolnej. Najbliższym rolnikowi ekosystemem jest pole uprawne oraz użytki zielone. Jednak tereny rolnicze są silnie powiązane z terenami przyległymi, od których bioróżnorodności zależy również efektywność produkcji rolniczej. Z tych terenów pochodzi np. znaczna część zapylaczy odpowiedzialnych za zawiązywanie owoców roślin owadopylnych.

Utrata bioróżnorodności może mieć charakter lokalny, występujący w bardzo małej skali, np. pojedynczej działki rolnej, stawu, zadrzewienia śródpolnego, stada krów mlecznych, gdzie następuje miejscowe zubożenie w gatunki czy obniżenie zmienności genetycznej wewnątrz populacji. Skutki takich zmian są niekiedy łatwo odwracalne dzięki zasobom zachowanym w innych siedliskach. Jednak wiele zmian ma charakter trwały i powszechny, np. osuszanie terenów podmokłych, których skutki są trudne do odwrócenia.

Najpowszechniejsze przyczyny utraty bioróżnorodności to:

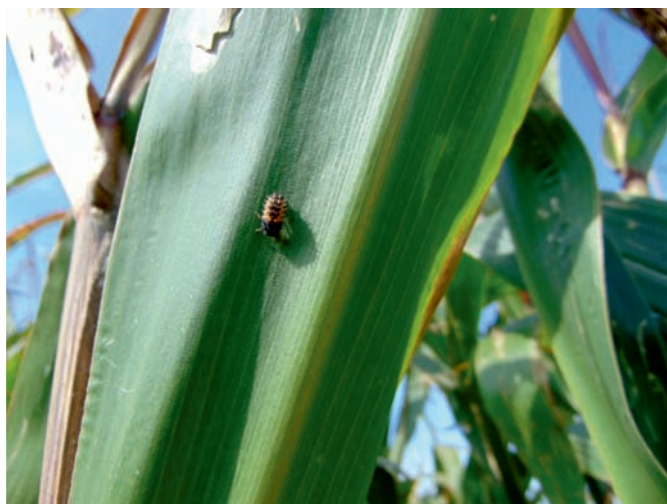
- zmiana sposobu użytkowania gruntów, np. wylesianie, intensywna gospodarka rolna, urbanizacja,
- bezpośrednia eksploatacja, np. polowania i przełowienie,
- zmiana klimatu,
- zanieczyszczenie środowiska,
- inwazyjne gatunki obce.

Wylesianie gruntu pod tereny rolne w Polsce już praktycznie nie ma miejsca, jednak w niektórych

rejonach świata wciąż jest zjawiskiem powszechnym. W naszych warunkach gospodarczych większe znaczenie ma intensyfikacja produkcji, prowadząca do niekorzystnych zmian w siedlisku oraz pośrednio lub bezpośrednio powodująca obniżenie różnorodności biologicznej.

Tereny rolnicze, które stanowią około połowy powierzchni Polski, są nie tylko siedliskiem roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych, lecz również tworzą ekosystemy zamieszkiwane przez liczne gatunki dzikie. Są to organizmy szkodliwe dla produkcji rolnej (szkodniki, chwasty, sprawcy chorób) i pożyteczne (zapylacze, drapieżniki itp.) (fot. 1.13). Każda stosowana praktyka rolnicza, element agrotechniki, zabieg pielęgnacyjny wywierają wpływ na te organizmy i zachodzące pomiędzy nimi zależności.

A



B



Fot. 1.13. Naturalni wrogowie szkodników roślin uprawnych: (A) larwa biedronki – drapieżnik żywiący się mszycami, (B) bocian polujący na gryzonie (fot. T. Piechota)

Wraz z intensyfikacją produkcji następuje specjalizacja, a w efekcie zmniejszenie ilości gatunków roślin towarowych i pastewnych. Zwiększa się również powierzchnia poszczególnych plantacji, tworząc wielohektarowe monokultury.

Łączenie pól w większe kompleksy powoduje zanikanie elementów krajobrazu, takich jak: miedze, drzewa wolnostojące, zadrzewienia liniowe, zagajniki śródpolne, oczka wodne, rowy. Wiele gatunków związanych z terenami otwartymi traci przez to miejsce schronienia i wychowywania młodych. Brakuje również czatowni dla gatunków drapieżnych. Typowym przykładem są myszołowy, ptaki drapieżne wyspecjalizowane w polowaniu na drobne gryzonie, szczególnie nornika polnego. Do polowań używają wysokich obiektów, np. drzew, z których wypatrują zdobyczy. Przy braku takich miejsc ich zasięg polowań ogranicza się do brzegów pola uprawnego.

Narastającym problemem, powiązany ze zmianami w użytkowaniu gruntów, jest fragmentacja ekosystemów naturalnych. Ich podział na małe fragmenty niemające ze sobą połączenia utrudnia utrzymanie stabilności każdego z nich, wymianę genetyczną pomiędzy populacjami oraz wędrówki. Wyginięcie lub drastyczne zmniejszenie populacji jakiegoś gatunku w jednym fragmencie nie może być zrekompensowane napływem osobników z innych siedlisk. Fragmentacja siedlisk szczególnie dotyka gatunków, które w swoim rozwoju migrują pomiędzy różnymi siedliskami. Przykładowo płazy na okres godowy przemieszczają się do środowiska wodnego, gdzie również odbywa się rozwój kijanek. Następnie dorosłe osobniki muszą powrócić do swoich siedlisk na lądzie.

Ogromne szkody wyrządza wypalanie roślinności stosowane do „oczyszczania” terenu pod kolejne uprawy lub adaptowania nowych działek pod uprawy rolne. Giną w ten sposób wszystkie żywe organizmy mieszkające tam powyżej poziomu gruntu, a nawet żywe stworzenia pod ziemią. Cierpi również sama gleba, z której ubywa część materii organicznej oraz mikroorganizmów odpowiedzialnych za jej prawidłowe funkcjonowanie.

Gospodarka żarowa nadal jest powszechnie stosowana w wielu rejonach świata. W Polsce jest to na szczęście zanikająca praktyka, stosowana jeszcze niekiedy na użytkach zielonych przed wiosennym ruszeniem wegetacji. Przepisy prawa jednoznacznie zakazują takich praktyk i nakładają na sprawców odpowiednie kary.

Działania chroniące bioróżnorodność w ramach działalności rolnej

Obszary proekologiczne to m.in. wszelkie elementy krajobrazu urozmaicające tereny rolne. Są to: żywoploty i pasy zadrzewione, drzewa wolnostojące, zadrzewienia liniowe wzdłuż dróg, rowów itp., zagajniki śródpolne obejmujące drzewa krzewy, kamienie, martwe kłody itp., oczka wodne, rowy, miedze śródpolne. Nadal powszechnie występują w krajobrazie rolniczym. W pierwszej kolejności należy zachować te nadal istniejące. W drugiej kolejności – wprowadzać nowe tam, gdzie ich wyraźnie brakuje.

A



B



Fot. 1.14. Przykładowe elementy agroleśnictwa: (A) aleja dębowa wzdłuż polnej drogi; (B) plantacja wierzby energetycznej (fot. T. Piechota)

Wprowadzanie elementów zadrzewień można połączyć z produkcją drewna oraz innych, wartościowych surowców (agroleśnictwo), np.: zagajniki o krótkiej rotacji dla pozyskania biomasy energetycznej (wierzba, topola itp.), surowce zielarskie i spożywcze (czarny bez, róża pomarszczona, aronia itd.).

Ważnymi użytkami proekologicznymi są trwałe użytki zielone (TUZ). Najlepszym sposobem ich ochrony jest prawidłowe użytkowanie rolnicze, zgodne z ich specyfiką. Siedlisko użytków zielonych jest kształtowane w dużej mierze przez stosunki wodne. Podstawą jest więc zaniechanie nadmiernego osuszania. Dla zachowania bioróżnorodności tych terenów ważne jest też systematyczne wykaszanie lub wypasanie. Bez tego dochodzi do zakrzaczenia, zadrzewienia i utraty specyficznych walorów. Dotyczy to również użytków znajdujących się na terenach objętych różnymi formami ochrony przyrody. Możliwe jest również gospodarcze użytkowanie TUZ na tych terenach. Trzeba jedynie dopasować sposób i intensywność użytkowania do potrzeb siedliska. Najbardziej znanym przykładem jest ochrona na halach tatrzańskich szafranu spiskiego (krokusa), który po zaniechaniu wypasu wyginąłby zagłuszony przez inne rośliny.

Zwiększanie różnorodności roślin uprawnych jest możliwe przez wprowadzenie lub przywrócenie do uprawy większej ilości gatunków roślin. Bogatszy płodozmian wpływa również pośrednio na bioróżnorodność gatunków dzikich, np. sprzyja kuropatwom i przepiórkom.

Uprawa roślin w mieszankach, wprowadza jednocześnie więcej niż jeden gatunek na poszczególne działki.

Uprawa międzyplonów pozwala dodatkowo zwiększyć ilość występujących w gospodarstwie gatunków, szczególnie cenne są mieszanki wielogatunkowe.

Mieszana produkcja roślinna i zwierzęca

Utrzymanie różnych gatunków zwierząt zwiększa ich różnorodność, ale również promuje zwiększenie różnorodności upraw przez produkcję pasz.

Przy stosowaniu zasad integrowanej ochrony roślin i integrowanej produkcji podstawową zasadą jest stosowanie przemysłowych środków produkcji tylko w razie wyraźnej konieczności, tylko w dawkach i terminach niezbędnych do uzyskania zadowalających efektów i w miarę możliwości zastępowanie środków chemicznych przez inne metody. W ochro-

nie roślin zabiegi powinny być wykonywane dopiero po przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości przez organizmy szkodliwe, czyli takiej ilości lub nasilenia występowania, przy której wyrządzone szkody będą większe niż koszt zabiegu ochrony. Dawki nawozów oblicza się na podstawie rzeczywistego zapotrzebowania roślin uprawnych i zasobności gleb.

Użytkowanie pastwiskowe zwierząt pozwala utrzymać w dobrej kondycji nawet użytki zielone o niewielkiej wartości, np. przez wypas krów mamek, owiec, kóz czy gęsi, których wymagania są mniejsze niż bydła mlecznego.

Użytkowanie starych odmian roślin uprawnych i ras zwierząt pomaga zachować bioróżnorodność wewnątrzgatunkową. Ponieważ są to zazwyczaj genotypy o mniejszej wydajności, należy korzystać z ich innych wartościowych cech, np. większej odporności na trudne warunki siedliska (fot. 1.15), wyjątkową jakość (stare odmiany jabłek, świnia złotnicka pstra, krowa czerwona polska itp.).

A



B



Fot. 1.15. Polskie, lokalne rasy: (A) owca wielkopolska; (B) koza karpacka (fot. T. Piechota)

Ochrona organizmów pożytecznych przez celowe działania polega przede wszystkim na zapewnieniu tym organizmom siedliska do bytowania oraz bazy pokarmowej. Są to specjalnie zakładane pożytki pszczele, zagajniki, żywopłoty, budki lęgowe, przymy kamieni itp., zależne w formie od lokalnych potrzeb.

Korytarze ekologiczne to zapewnienie ciągłości elementów krajobrazu, umożliwiających migrację gatunków. Są to różne formy liniowe: żywopłoty, aleje drzew, szerokie miedze, rowy, zadrzewienia śródpolne itp.

Konserwująca uprawa roli i rolnictwo konserwujące (opisane szerzej w rozdziale poświęconym produkcji roślinnej) zapobiegają degradacji gleby, zapewniają dużą bioróżnorodność i efektywne wykorzystanie środków produkcji, czyli niewielkie zanieczyszczenie środowiska. Widocznym objawem wzrostu poziomu biologicznej aktywności gleb jest liczne pojawienie się dżdżownic, które są oznaką i skutecznym „budowniczym” zdrowej gleby.

Rolnictwo ekologiczne całkowicie wyklucza stosowanie przemysłowych środków produkcji. W zamian opiera się na naturalnych zależnościach i procesach, których podstawą jest bioróżnorodność. Z założenia jest to więc system rolnictwa sprzyjający zachowaniu bioróżnorodności wśród gatunków uprawnych i dzikich.

W związku z poważnym obciążeniem środowiska przez działalność rolniczą i wynikającym z tego zagrożeniem dla bioróżnorodności na rolnikach spoczywa ogromna odpowiedzialność. Dbłość o stan bioróżnorodności jest również działaniem dla dobra mieszkańców wsi, ponieważ jej ubytek negatywnie odbija się na produkcji rolniczej ze względu na niższy poziom usług ekosystemowych.

Rolnik jest nie tylko użytkownikiem terenów rolnych, ale również ich mieszkańcem korzystającym wraz ze swoją rodziną z dobrodziejstw użytków rolnych oraz dzikiej przyrody. Takie usługi ekosystemowe, jak: czyste powietrze i woda, możliwość rekreacji (spacery, kąpiele, grzybobranie, turystyka itp.), walory estetyczne krajobrazu, są dla mieszkańców wsi ogromną wartością dodaną. Działalność rolnicza w zgodzie z naturą niesie więc korzyści dla przyrody i dla rolnika.

2

OGRANICZENIE ZANIECZYSZCZEŃ WÓD POCHODZĄCYCH ZE ŹRÓDEŁ ROLNICZYCH



2.1

Produkcja roślinna

dr hab. inż. Tomasz Piechota

Katedra Agronomii, Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Produkcja roślinna jest podstawowym działem produkcji rolnej. W Polsce w ponad 55% gospodarstw rolnych jest to jedyny kierunek produkcji, w ok. 44% gospodarstw prowadzi się produkcję roślinną i zwierzęcą. Jedynie 0,6% gospodarstw nie zajmuje się tym działem produkcji. Powierzchnia, na której prowadzi się produkcję roślinną pozostająca w kulturze rolnej wynosi ok. 14,4 mln ha, w tym prawie 3,2 mln ha trwałych użytków zielonych. To stanowi prawie połowę ogólnej powierzchni kraju, czyli również połowę powierzchni zlewni wszelkich zbiorników i cieków wodnych. Obieg wody w środowisku, od opadu atmosferycznego do zasilenia wód gruntowych i powierzchniowych, odbywa się w znacznej części przez gleby pól uprawnych, łąk i pastwisk. Wszelkie praktyki rolnicze, ze względu na skalę produkcji polowej, w znacznym stopniu wpływają na jakość wód, są potencjalnym i faktycznym źródłem ich zanieczyszczenia.

Biogeny

Produkcja roślinna w aspekcie zanieczyszczenia wód jest przede wszystkim źródłem nadmiernych ilości biogenów – składników pokarmowych prowadzących do wzrostu żyzności (eutrofizacji) wód otwartych.



Najważniejsze biogeny, pochodzące z działalności ludzkiej, w tym z rolnictwa, to azot i fosfor. Z punktu widzenia produkcji roślinnej są to makroelementy niezbędne do wzrostu roślin uprawnych. Powszechnie stosowane nawozy sztuczne oraz nawozy pochodzące od zwierząt gospodarskich (nawozy naturalne) są głównymi źródłami tych składników dla roślin uprawnych, dostępnymi za pośrednictwem gleby pola uprawnego. Zwiększenie w glebie ilości ich przyswajalnych form zwiększa tempo przemieszczania azotu i fosforu w środowisku, a w konsekwencji – ilości biogenów dostających się do wód podziemnych i powierzchniowych.

Azot występuje w glebie w wielu formach, które można ogólnie podzielić na organiczne i mineralne.

Forma organiczna to N wbudowany w organizmy żywe, ich martwe szczątki oraz w próchnicę glebową. Największym magazynem N w glebie jest próchnica zawierająca go ok. 5% N w swojej masie. Azot organiczny jest praktycznie niedostępny dla roślin do momentu, kiedy ulegnie mineralizacji. Proces mineralizacji w glebie odbywa się na drodze przemian mikrobiologicznych, w których uczestniczy kompleks bakterii, promieniowców, grzybów i innych mikroorganizmów. Podstawowym związkem użytym w tym procesie jest amoniak (NH_3), który w glebie ulega rozpuszczeniu w wodzie do jonu amonowego (NH_4^+). W tej formie jest dostępny dla roślin uprawnych. Forma amonowa podlega zatrzymywa-



Fot. 2.1. Tereny rolnicze zajmują znaczną część zlewni wód otwartych, przez co stanowią znaczące źródło zanieczyszczeń (fot. T. Piechota)

niu (sorpcji) w glebie i przez to ryzyko jej wymywania do głębszych warstw jest niewielkie. Azot w formie amonowej jest również używany przez mikroorganizmy glebowe do procesu nitryfikacji – utlenienia do formy azotanów (NO_3^-). Anion azotanowy jest również formą dostępną dla roślin, jednak – w przeciwieństwie do formy amonowej – nie podlega w glebie sorpcji, tylko przemieszcza się wraz z ruchem wody, w której jest rozpuszczony. W ten sposób azotany dostają się do wód podziemnych, które są zasilane głównie z przesączających się przez wierzchnie warstwy wód opadowych, a następnie do wód powierzchniowych.

Nadmierna ilość azotanów jest coraz większym problemem, ponieważ obniża jakość wód pobieranych na potrzeby komunalne i przemysłowe. Uzdatnienie wody zawierającej zbyt wysokie stężenie azotanów, szczególnie do jakości wody pitnej, jest wieloetapowym, skomplikowanym i kosztownym procesem. W pierwszej kolejności azotany dostają się do płytszych warstw wodonośnych, zasilających lokalne studnie przydomowe i gospodarskie.

Na większości typów gleb zwiększenie dostępności azotu powoduje intensyfikację procesów nitryfikacji, które są odpowiedzialne za zwiększone wymywanie N do wód gruntowych. Zwiększenie dostępności tego pierwiastka zachodzi na skutek zwiększenia korzystania z nawozów azotowych i zmiany praktyk skutkujących mineralizacją glebowego azotu organicznego.

Źródła mineralnych form azotu w glebie:

- stosowanie syntetycznych nawozów azotowych,
- stosowanie nawozów naturalnych (obornik, gnojowica, pomiot),
- stosowanie kompostów,
- deponowanie moczu i odchodów zwierząt na pastwiskach przez wypasanie zwierząt,
- uwalnianie azotu z resztek roślin uprawnych,
- mineralizacja N po utracie glebowej materii organicznej wskutek zmiany użytkowania gruntu lub sposobu użytkowania,
- osuszanie lub melioracja gleb organicznych (De Klein i in., 2020).

Syntetyczne nawozy azotowe i nawozy wieloskładnikowe z udziałem azotu najczęściej zawierają azot w formach bezpośrednio dostępnych dla roślin jonów amonowych (woda amoniakalna, fosforan amonu, siarczan amonu itp.), anionu azotanowego (saletra wapniowa, saletra sodowa, saletra potasowa) oraz obu tych form jednocześnie (saletra amonowa). Często stosuje się również formę amidową

(mocznik), która w glebie podlega amonifikacji, czyli rozkładowi do amoniaku i dwutlenku węgla, pod wpływem enzymu – ureazy. Enzym pochodzi w większości od mikroorganizmów glebowych, a reakcja rozkładu zachodzi najszybciej w ciepłej i wilgotnej glebie.

Azot z nawozów saletrzanych jest bezpośrednio narażony na wymywanie. Azot amonowy podlega częściowo nitryfikacji, podobnie jak amoniak pochodzący ze źródeł naturalnych (rozkład materii organicznej) czy z amonifikacji mocznika.

Nawozy naturalne składają się z odchodów zwierząt i ewentualnie ściółki (słoma, trociny itp.). Azot w tych surowcach występuje głównie w formie związków organicznych, jednak w trakcie przechowywania oraz po zaaplikowaniu do gleby zachodzi intensywny rozkład mikrobiologiczny uwalniający N w formie amonowej. Tempo i stopień rozkładu zależą od rodzaju nawozu. W gnojowicy i gnojówce już w trakcie rozlewania na pole większość azotu występuje w formie mineralnej. W oborniku procesy rozkładu przebiegają znacznie wolniej. Część N uwalnia się dopiero w drugim lub nawet w trzecim roku od zastosowania.

Komposty zawierają głównie organiczne formy azotu. Dzięki temu są znacznie ograniczane straty tego składnika w trakcie aplikacji na pole, w postaci gazowej. Uwalnianie N w formie amoniaku przebiega podobnie jak z obornika – powoli, trwa kilka lat.

Mocz i odchody zwierząt deponowane na pastwiskach w szybkim tempie ulegają rozkładowi mikrobiologicznemu. Szczególnie szybko następuje mineralizacja moczu. Zawiera on azot w postaci amidowej (mocznik), który, podobnie jak mocznik syntetyczny, ulega amonifikacji.

Azot w resztkach roślin uprawnych uwalnia się w trakcie ich mineralizacji, podobnie jak z rozkładu każdej innej materii organicznej, głównie w formie amoniaku. Ilość uwalnianego azotu zależy od ilości resztek roślinnych, zawartości azotu oraz stopnia mineralizacji. Część materii organicznej ulega humifikacji – przekształceniu w próchnicę. Zawarty w niej azot pozostaje niedostępny w formach organicznych.

Mineralizacja N zachodzi wskutek utraty glebowej materii organicznej. W glebie równolegle odbywają się procesy mineralizacji części próchnicy i tworzenie jej nowych zasobów z różnych materiałów organicznych. Zabiegi uprawy roli przez intensywne napowietrzanie gleby znacznie przyspieszają mineralizację, dlatego w glebach uprawnych powszechnie zachodzi proces odpróchniczania. Zachwianie równowagi mineralizacji i humifikacji powoduje uwalnianie azotu w formie amonowej. Jest to

ok. 50 kg N z każdej tony ubytku próchnicy. Mineralizacja ma najszybsze tempo w pierwszych latach po przekształceniu w pole uprawne i na glebach o wysokiej początkowej zawartości próchnicy. Szczególnie duże ilości azotu zostają uruchomione na zaoranych glebach organicznych. Trwałe przekształcenie gleb organicznych w pola uprawne prowadzi do ubytku ogromnych ilości próchnicy i wieloletniego uwalniania dużych ilości azotu, jednak nawet jednorazowe zaoranie użytku zielonego na glebie organicznej powoduje uwolnienie kilkuset kg N/ha. Przekracza to kilkakrotnie potrzeby nawet najbardziej intensywnych upraw, duża część zmineralizowanego azotu ulega więc wymyciu.

Osuszanie lub melioracja gleb organicznych zmienia kierunek procesów mikrobiologicznych z tworzenia materii organicznej na jej mineralizację. Obniżenie poziomu wody zwiększa dostępność tlenu, co sprzyja mineralizacji. Szczególnie groźne dla tego typu gleb jest połączenie osuszenia z przekształceniem w pole uprawne i wprowadzeniem uprawy mechanicznej. Poza uwalnianiem mineralnych form azotu następuje również znaczna emisja CO₂ do atmosfery, potęgując efekt cieplarniany.

Fosfor w glebie występuje w wielu formach organicznych i mineralnych. Fosfor organiczny, podobnie jak organiczny azot, występuje w organizmach żywych, ich martwych resztkach i próchnicy glebowej. Po rozkładzie materii organicznej uwalniają się jony fosforanowe (PO₄³⁻, HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻) które stanowią główną formę dostępną dla roślin. W przeciwieństwie do azotanów fosforany słabo przemieszczają się w glebie, dotyczy to również innych form fosforu. Wypłukiwanie tego pierwiastka do głębszych warstw gleby może zachodzić dopiero wtedy, gdy zasobność jego form przyswajalnych dla roślin w wierzchnich warstwach gleby osiągnie bardzo wysokie wartości.

Praktyki, które zwiększają ilość fosforu dostępnego dla roślin, to podobnie jak przy azocie, głównie stosowanie nawozów mineralnych, nawozów naturalnych, kompostów, rozkład resztek roślinnych i próchnicy glebowej. Jednak one, w przeciwieństwie do azotu, nie zwiększają bezpośrednio zanieczyszczenia wód tym składnikiem, tylko zwiększają jego zasoby w glebie. Dopiero przedostanie się cząstek gleby wraz z zawartym w niej fosforem do wody otwartej staje się źródłem tego składnika dla organizmów wodnych.

Chemiczna metoda ochrony roślin jest powszechnie stosowana w produkcji rolniczej. Chemiczne środki ochrony roślin z założenia są przeznaczone do stosowania przeciw żywym organizmom, dlatego w razie dostania się do wody mogą być bardzo niebezpieczne dla organizmów wodnych. Etykiety poszczególnych preparatów zawierają informacje o ich negatywnym wpływie na środowisko wodne oraz zalecenia ich stosowania.

Transport zanieczyszczeń do wód

Zanieczyszczenia pochodzące z produkcji roślinnej mogą dostawać się do wody w sposób punktowy lub jako zanieczyszczenia obszarowe.

Zanieczyszczenia punktowe następują w trakcie magazynowania nawozów i środków ochrony roślin, napełniania, opróżniania, mycia rozsiewaczy nawozów i opryskiwaczy oraz w trakcie transportu, najczęściej załadunku lub wyładunku.

Zanieczyszczenia obszarowe powstają na skutek przemieszczania się do wód zanieczyszczeń z powierzchni użytków rolnych. Biogeny, szczególnie azotany, przedostają się do wód na skutek naturalnych procesów przemiany związków mineralnych i organicznych oraz ich ruchu w glebie. Problemem jest wywołany przez człowieka wzrost wielkości tych zjawisk, prowadzący do eutrofizacji wód powierzchniowych oraz podniesienia zawartości azotanów w wodach podziemnych. Ze względu na powszechność ich występowania, szczególnie duży udział gruntów rolnych w powierzchni kraju, zanieczyszczenia obszarowe są głównym źródłem zanieczyszczeń z produkcji roślinnej. Ogromna powierzchnia gruntów rolnych utrudnia również stosowanie działań zaradczych.

Drogi przemieszczania się biogenów do wód

Wymywanie (infiltracja) polega na transporcie zanieczyszczeń wraz z wodą wsiąkającą w głąb gleby, a następnie zasilającą wody podziemne i w dalszym etapie – otwarte zbiorniki wodne. Ten sposób transportu dotyczy przede wszystkim azotu w formie azotanowej ze względu na jego mobilność w glebie, o czym wspomniano wcześniej.

Środki ochrony roślin

Ilość wymywanego azotu zależy od jego stężenia w infiltrującej wodzie oraz od ilości wody przemieszczającej się w dół. Największe zagrożenie wymywaniem następuje w okresach tuż po dostarczeniu do gleby dużych dawek dostępnego azotu, po intensywnych opadach deszczu oraz od późnej jesieni do wczesnej wiosny.

Wymywanie fosforu następuje dopiero po osiągnięciu bardzo wysokiej zawartości w glebie, ale wieloletnie nadmierne nawożenie tym składnikiem może do takiej sytuacji doprowadzić.

Ważną rolę w infiltracji odgrywa pojemność wodna gleby. To zjawisko przebiega najintensywniej na glebach piaszczystych, charakteryzujących się małą pojemnością wodną i dużą przesiąkliwością. Gleby gliniaste mają dużo większą pojemność wodną i przez to mniejszą skłonność do infiltracji biogenów.

Pojemność wodna gleb zależy również od zawartości próchnicy. Ze wzrostem zawartości materii organicznej rośnie także pojemność wodna gleby.

A



B



Fot. 2.2. Skutki erozji wodnej (A) i erozji wietrznej (B) na gruntach ornych (fot. T. Piechota)

Spływ powierzchniowy zanieczyszczeń następuje zazwyczaj ze spływem powierzchniowym wody. Płynąca woda zabiera cząstki gleby ze wszystkimi jej składnikami, w tym związkami azotu, fosforu, środkami ochrony roślin. Jest to główna droga dostawiania się fosforu do wód powierzchniowych (fot. 2.2A).

Spływ powierzchniowy zazwyczaj następuje po intensywnych opadach atmosferycznych lub w trakcie roztopów. Jest jednym z głównych składowych erozji wodnej gleb. Bezpośrednią przyczyną spływów jest mniejsza zdolność gleby do infiltracji niż ilość dostarczanej wody.

Ilość wynoszonych w ten sposób biogenów zależy od ilości płynącej wody i skłonności gleby do rozmycia (erozji). Na oba te procesy silnie wpływa działalność rolnicza, co zostanie omówione w dalszej części rozdziału.

Erozja wietrzna powoduje przemieszczanie się biogenów i środków ochrony roślin, podobnie jak przy wymywaniu, z cząstkami gleby. Coraz częstsze okresy suszy i wzrastające rozpylanie gleby przez zabiegi agrotechniczne sprawiają, że erozja wietrzna jest coraz ważniejszą drogą transportu zanieczyszczeń do otwartych zbiorników wodnych (fot. 2.2B).

Praktyki rolnicze wpływające na ograniczenie zanieczyszczeń wód pochodzących z produkcji roślinnej

Zwiększenie efektywności nawożenia azotem

W Polsce efektywność wykorzystania azotu z nawozów przekroczyła zaledwie poziom 60%, co oznacza, że na każde 100 kg zastosowanego N traci się jest 40 kg, które m.in. zwiększają pulę azotanów wymywanych z gleby.

Podstawowym czynnikiem zwiększającym efektywność wykorzystania azotu jest regulacja odczynu gleby.

Wapnowanie jest zabiegiem mającym podnieść odczyn gleby do pożądanej wartości. Równocześnie w sposób pośredni zwiększa ono efektywność stosowania nawozów, na skutek tworzenia odpowiednich warunków do wzrostu roślin, rozwoju mikroorganizmów glebowych czy budowania glebowej materii organicznej poprzez uregulowanie pH.

W Polsce dominują gleby kwaśne i bardzo kwaśne, stanowią prawie połowę gruntów ornych. To powo-

duje, że nie można prowadzić racjonalnej gospodarki nawozami. Dopiero po osiągnięciu odczynu lekko kwaśnego jest możliwe efektywne gospodarowanie składnikami pokarmowymi i ograniczenie ich strat.

Proces odkwaszania gleby jest długotrwały i powolny, wymaga długofalowego, systematycznego działania. Dlatego podstawowym i niezbędnym warunkiem prowadzenia racjonalnej gospodarki polowej w dłuższym okresie jest utrzymanie prawidłowego odczynu roli przez systematyczne wapnowanie, zgodnie z aktualnymi potrzebami.

Kolejnym warunkiem jest poprawa zbilansowania podstawowych makroskładników N:P:K. Zgodnie z prawem minimum, o wielkości plonu decyduje ten składnik, który występuje w największym niedoborze. Stosowanie azotu przy niedoborze fosforu i potasu prowadzi do zmniejszenia efektywności jego wykorzystania. Stosowanie wszystkich makroskładników w odpowiednich proporcjach ogranicza więc straty azotu.

Do ustalenia odpowiednich dawek P i K niezbędna jest znajomość zasobności gleb w przyswajalne formy tych składników. Przy średniej zasobności stosuje się dawki odpowiadające zapotrzebowaniu roślin na wytworzenie spodziewanego plonu, przy niższej należy zwiększyć dawkę. Wysoka i bardzo wysoka zasobność zwiększa straty składników z gleby. Najkorzystniej jest więc utrzymywać zasobność na poziomie średnim.

Kolejnym narzędziem, bezpośrednio pozwalającym na optymalizację stosowania nawozów azotowych, jest bilansowanie nawożenia tym składnikiem.

Uproszczony bilans azotu dla potrzeb ustalania dawek N w nawozach mineralnych jest obowiązkowym działaniem dla większości rolników, w związku z Programem działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie ich dalszemu zanieczyszczeniu. Ma on charakter powszechny. Dla jego skuteczności ważne jest przyjmowanie do obliczeń jak najdokładniejszych danych. Wiele z nich przyjmuje się szacunkowo, np. ilość N wnoszona w nawozach naturalnych. Jeśli jednak istnieje możliwość pozyskania danych rzeczywistych, np. wyników analiz zawartości N w gnojowicy, to zwiększa się precyzja obliczeń.

Test N_{\min} – badanie gleby na zawartość azotu

Precyzyjne określenie dawki nawożenia jest możliwe tylko wtedy, gdy znana jest zasobność gleb w przyswajalny azot. To jest możliwe dzięki wykonaniu testu

N_{\min} określającego zawartość dostępnych dla roślin form azotu w warstwie gleby 0–60 cm.

Analizę wykonuje się wczesną wiosną, jeszcze przed ruszeniem wegetacji roślin. Badanie gleby na zawartość azotu mineralnego wykonują Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze. Oznacza się zawartość azotu w formie amonowej i azotanowej, na tej podstawie oblicza się ilość azotu mineralnego w glebie. Próbkę gleby pobiera się przed zastosowaniem nawozów i do czasu oznaczenia przechowuje się ją w chłodnym miejscu.

Dzielenie dawek nawozów mineralnych na kilka części, stosowanych przed okresami dużego zapotrzebowania roślin na azot, zmniejsza stężenie i czas przebywania mineralnych form N w glebie. Poza większą efektywnością wykorzystania azotu jest to również ograniczenie ryzyka wymywania oraz spływu powierzchniowego.

Oznaczanie stanu odżywienia i potrzeb nawożenia roślin w trakcie wegetacji jest przydatne do ustalenia wielkości pogłównych dawek azotu. Umożliwia korektę zaplanowanych dawek ze względu na zmienne warunki wegetacji wpływające na aktualne zapotrzebowanie roślin. Największe zastosowanie będzie więc miało w roślinach, w których uprawie dzielenie dawek N jest standardową metodą nawożenia.

Stosowanie inhibitorów nityfikacji i ureazy

Zadaniem inhibitorów nityfikacji jest zahamowanie utleniania jonów amonowych (NH_4) do jonów azotanowych i ograniczenie ich ilości w glebie. Tego typu inhibitory są skuteczne, gdy nawożenie N następuje w formie amonowej lub w formie mocznika. Można więc oczekiwać wysokiej skuteczności po nawożeniu mocznikiem, siarczanem amonu, RSM (roztwór saletrzano-mocznikowy), gnojowicą, obornikiem, gnojówką i pomiotem ptasim. Mniejszą skuteczność tego typu inhibitorów osiąga się po zastosowaniu saletry amonowej, gdzie połowa N występuje w formie azotanów. Inhibitory są całkowicie nieskuteczne wobec nawozów saletrzanych (saletra wapniowa, potasowa, sodowa).

Inhibitory ureazy blokują enzym ureazę, która katalizuje hydrolizę mocznika w glebie. Dotyczy to etapu rozkładu mocznika w glebie, w której zachodzi przekształcanie formy amidowej w formę amonową. Ich efektywność wynika ze spowalniania rozkładu nawozu, co ogranicza podaż formy amonowej do dalszej nityfikacji, szczególnie gdy nawóz jest podany przedsięwzię, w okresie niewielkiego zapotrzebowania roślin. Drugi aspekt to ograniczenie

strat amoniaku do atmosfery pozwalające na zmniejszenie ogólnej dawki azotu. Ponieważ inhibitory ureazy są skuteczne jedynie wobec mocznika, ich zastosowanie jest ograniczone jedynie do nawozów zawierających N w tej postaci – mocznika i RSM. Stosowanie inhibitorów ureazy jest szczególnie wskazane, gdy nawóz jest aplikowany bez wymieszania z glebą.

Zlokalizowana wgłębna aplikacja nawozów azotowych zwiększa efektywność wykorzystania tego składnika. Powszechnie dostępne rozwiązania techniczne umożliwiają zlokalizowaną aplikację azotu w trakcie siewu. Dotyczy to głównie siewników punktowych do buraków, rzepaku, a także kukurydzy, wyposażonych w aplikatory do nawożenia startowego. Z założenia aplikują one niewielką dawkę azotu. Stosowanie w ten sposób całej dawki N blisko rzędu roślin, zwłaszcza w formie mocznika, grozi uszkodzeniem siewek. Siewniki zbożowe ze zlokalizowaną aplikacją pomiędzy rzędami nasion są rzadziej dostępne. Również tutaj dawka N jest ograniczona, jednak głównie ze względu na zalecane niewielkie dawki przedsiewne.

A



B



Fot. 2.3. Możliwości zlokalizowanego, wgłębego aplikowania nawozów: (A) przedsiewnie i (B) poszchodowo (fot. T. Piechota)

Nowe możliwości pojawiają się dzięki upowszechnieniu technologii pasowej uprawy roli (fot. 2.3A) – można stosować duże dawki nawozów azotowych na dużą głębokość bez ryzyka uszkodzeń siewek. Trzeba jednak zwrócić uwagę na zwiększone ryzyko wymywania azotanów, zwłaszcza na początku wegetacji, i ograniczyć je poprzez stosowanie inhibitorów ureazy i nityfikacji oraz ograniczenie formy azotowej w nawożeniu.

Nawożenie pogłównie, realizowane w sposób wgłębny i zlokalizowany, również ogranicza straty i zwiększa wykorzystanie N z nawozów. Zmniejsza także bezpośrednio ryzyko zmywu powierzchniowego. Jednak w praktyce rzadko się to stosuje. Ten sposób aplikacji najczęściej stosuje się w uprawie warzyw w połączeniu z pieleniem międzyrzędzi (fot. 2.3B), rzadziej w kukurydzy i burakach. Odpowiednie rozwiązania techniczne, łącznie z systemami automatycznego naprowadzania pielnika na rząd roślin są dostępne w ofercie wielu firm maszynowych. Również opcja podsiewu nawozów jest oferowana do większości produkowanych modeli pielników. Zlokalizowane, wgłębne nawożenie w łanie roślin, wykonywane jako osobny zabieg, jest jeszcze rzadko stosowane w Polsce.

Nawadnianie i fertygacja

Efektywne wykorzystanie nawożenia azotowego jest możliwe jedynie w warunkach optymalnego zaopatrzenia roślin w wodę. Powierzchnia upraw nawadnianych w Polsce wynosi poniżej 1% i jest jedną z najmniejszych na świecie. Zmiany klimatu i związane z tym zwiększenie zmienności warunków pogodowych, wydłużenie okresów bezdeszczowych i okresów suszy zwiększa zainteresowanie tym zabiegiem.

Najczęściej stosowanymi rozwiązaniami są deszczownie szpulowe. Są dość tanie i proste w obsłudze, ale mają kilka negatywnych cech. Zwiększają erozję gleby, powodują wymywanie składników pokarmowych, a duża część wody bezproduktywnie wyparowuje w trakcie samego nawadniania. Lepszym rozwiązaniem jest system nawadniania zlokalizowanego. Polega on na rozprowadzeniu w glebie lub na jej powierzchni węży z umieszczonymi co pewien odcinek otworami o małej średnicy, z których bezpośrednio w sąsiedztwo systemu korzeniowego aplikuje się wodę (fot. 2.4). Efektywność wykorzystania wody jest wówczas znacznie większa. Jednocześnie z nawadnianiem można podawać rozpuszczone w wodzie nawozy mineralne (fertygacja) – w wielu małych dawkach poprawiających ich wykorzystanie i w sposób ograniczający straty.



Fot. 2.4. Zlokalizowane nawadnianie połączone z nawożeniem (fot. T. Piechota)

Nawadnianie połączone z nawożeniem azotem rozpuszczonym w wodzie zwiększa efektywność wykorzystania tego składnika. Te praktyki są jednak kosztowne i technicznie trudne do wprowadzenia. Większość obszarów nawadnianych w ten sposób to sady i jagodniki, a w mniejszym stopniu – uprawy warzyw. W uprawach polowych w Polsce prawie nie są stosowane, choć doświadczenia dały pozytywny wynik wykorzystania takiego systemu w produkcji np. ziemniaków.

Rolnictwo precyzyjne

Ten system pozwala na zróżnicowanie stosowania środków na powierzchni pola, dzięki wykorzystaniu wysoko rozwiniętych systemów komputerowych, wspierających decyzje. Zmienne dawkowanie nawozów prowadzi do zmniejszenia ilości wysiewania nawozów w porównaniu do tradycyjnego sposobu aplikacji. Nawóz jest stosowany w takiej ilości, jaką będą mogły wykorzystać rośliny, w danym fragmencie pola. Tę technologię można również zastosować do pogłównego nawożenia azotem, w tym także przy użyciu systemów oceny stanu odżywienia azotem. Unika się w ten sposób miejscowej nadpodaży tego składnika i ostatecznie ogranicza emisję azotanów.

Technologia precyzyjnego nawadniania wpływa w dwojaki sposób na ograniczenie zanieczyszczenia wód. Dawkowanie tylko takich ilości wody, jakie są niezbędne w danym miejscu, ogranicza przemywanie w głąb i spływy powierzchniowe. Drugim aspektem jest optymalne uwilgotnienie gleby, które poprawia efektywność nawozów azotowych.

Dzięki zastosowaniu zmiennej ilości wysiewu uzyskuje się optymalną ilość roślin na jednostce powierzchni, co prowadzi do zwiększenia produktyw-

ności oraz ogranicza zapotrzebowanie na nasiona. To prowadzi do optymalizacji rozwoju roślin i otrzymanego plonu roślin, co przekłada się na lepsze wykorzystanie środków produkcji, w tym nawozów azotowych.

Uprawa roli

Ponad 95% gruntów w Polsce uprawia się w tradycyjnym systemie uprawy płużnej. Mechaniczna uprawa roli jest jednym z najważniejszych czynników obniżających zawartość próchnicy w glebie. W pierwszych kilkudziesięciu latach od przekształcenia w grunt orny następuje ubytek około połowy pierwotnej ilości próchnicy, aż do osiągnięcia nowego stanu równowagi pomiędzy dopływem materii organicznej a jej mineralizacją. W ostatnich 30 latach nastąpiło znaczne zwiększenie intensywności uprawy roli, pomimo stosowania pozornie tego samego systemu płużnego. W efekcie wprowadzania większych ciągników o dużych mocach, wzrosła częstotliwość głębokich orek. Pogłębieniu uległa również uprawa poźniwna. Upowszechniły się narzędzia aktywne, bardzo intensywnie ingerujące w glebę, a także wzrosła prędkość jazdy w trakcie wykonywania zabiegów. W efekcie następuje dalsze obniżenie zawartości próchnicy w glebie.

Zmniejszenie zasobów próchnicy prowadzi do pogorszenia struktury roli i w konsekwencji wszystkich właściwości gleby. Najważniejsze dla ochrony wód jest:

- **obniżenie pojemności wodnej** – zwiększone wymywanie azotanów,
- **zmniejszenie tempa infiltracji** – wzrost wielkości spływu wody,
- **większa podatność na rozmywanie** – wzrost spływu biogenów,
- **większa podatność na rozpylanie** – wzrost wywiewania biogenów.

Obniżająca się zawartość próchnicy i pogorszenie struktury gleby wpływają również pośrednio na zanieczyszczenia wód poprzez pogorszenie warunków wzrostu roślin i w efekcie gorsze wykorzystanie składników pokarmowych z nawozów. To zwiększa ilość mineralnych form, zwłaszcza azotu, podatnych na wymywanie.

Uprawa bezorkowa lub uprawa konserwująca

Zastosowanie uprawy bezorkowej niesie wiele korzyści dla zrównoważonego gospodarowania ziemią.

Poprawia strukturę gleby, ogranicza erozję, zwiększa wilgotność gleby i magazynowanie węgla w postaci próchnicy, ogranicza więc te czynniki i zjawiska, które powodują zanieczyszczanie wody.

Siew bezpośredni, czyli całkowite zaniechanie mechanicznej uprawy roli, jest na świecie powszechnie rekomendowanym sposobem na ochronę gleby przez erozję. Trwałe stosowanie siewu bezpośredniego sprzyja również odbudowie zasobów materii organicznej i struktury gleby, zniszczonych przez intensywną uprawę roli. Rezygnacja z uprawy roli prowadzi jednak często do obniżenia poziomu plonowania roślin [Pittelkow i in., 2015]. Wśród czynników decydujących o powodzeniu siewu bezpośredniego jako najważniejsze wskazuje się: dobór gatunków do uprawy, warunki wilgotnościowe i sposób postępowania z resztkami roślinnymi. W warunkach klimatu suchego bez dodatkowego nawadniania plony po siewie bezpośrednim dorównują, a często nawet przekraczają te uzyskane po uprawie tradycyjnej. Dla większości grup roślin plony uzyskane po siewie bezpośrednim w pierwszych latach od rezygnacji z uprawy roli są niższe niż w uprawie tradycyjnej, po ok. 5 latach wyrównują się, a później często nawet przewyższają uzyskane po pełnej uprawie roli.

Jednym z najczęstszych problemów tej technologii i jedną z głównych przyczyn gorszego plonowania jest obniżenie obsady roślin. Siew bezpośredni wymaga zastosowania specjalnie konstruowanych siewników. Brak zainteresowania rolników wynika również z wysokiej ceny siewników i ich niewielkiej dostępności na rynku.

Technologie bezorkowej uprawy roli, zwane również uproszczonymi, są łatwiejsze do zastosowania niż siew bezpośredni. Polegają one najczęściej na płytkiej uprawie całej powierzchni roli za pomocą ciężkich kultywatorów lub bron talerzowych i jej doprowadzeniu. Popularność tych sposobów uprawy wynika z dostępności odpowiedniego sprzętu rolniczego. Poza wspomnianymi kultywatorami i bronami talerzowymi popularne stają się także siewniki wyposażone w redlice talerzowe, sprawniej pracujące na polu, na którym nie wykonano orki.

Poza płytką uprawą uproszczoną są też dostępne i stosowane w praktyce technologie bezorkowe z głębokim spulchnianiem roli rozwiązujące wiele problemów uprawy płytkiej. Przede wszystkim spulchniają nadmiernie zagęszczoną glebę, ułatwiają rozwój korzeni roślin, które lepiej pobierają wodę i składniki pokarmowe z głębszych warstw, ograniczając wymywanie azotu.

Uprawa konserwująca opiera się na pokryciu powierzchni pola przez ściółkę (mulcz). Za graniczną,

najmniejszą wartość pokrycia gleby przyjmuje się powszechnie 30% powierzchni, już po wykonaniu wszystkich zabiegów uprawowych i siewu [Reycosky, 2015]. Dla gleby i roślin jest korzystne zwiększanie ilości mulczu, możliwe nawet do pełnego pokrycia gleby. Ściółkę najczęściej stanowią resztki pozbiorowe roślin, ścierr, słoma. Dodatkowo można „produkować” mulcz przez uprawę międzyplonów na zielony nawóz.

Stosowanie uprawy konserwującej wymaga umiejętnego zagospodarowywania ściółki pozostającej na powierzchni, głównie ze względu na ewentualne problemy z wykonywaniem zabiegów agrotechnicznych, przede wszystkim siewu. Ilość i rodzaj ściółki muszą więc współgrać ze sprzętem w gospodarstwie. Dotyczy to nie tylko maszyn do uprawy roli, ale i szarpaczy słomy na kombajnach, rozrzutników plew, sieczkarni mulczujących itp.

Pokrycie gleby ściółką w pierwszej kolejności chroni glebę przed erozją, ogranicza więc spływy i wywiewanie gleby do wód powierzchniowych. W dłuższym okresie sprzyja odbudowie zasobów próchnicy, struktury roli, zwiększeniu tempa infiltracji i pojemności wodnej. Ogranicza w ten sposób spływy i przesiąkanie biogenów.

Duże znaczenie ma uprawa konserwująca w okresach braku roślin na polu, w początkach wegetacji, kiedy małe siewki nie okrywają jeszcze wystarczająco pola, oraz w roślinach słabo okrywających glebę: kukurydzy, okopowych, warzywach.

Struktura zasiewów. Płodozmian

Płodozmian jest jednym z czynników agrotechnicznych wpływających na plonowanie roślin. Właściwy dobór roślin wysiewanych po sobie zapewnia większą tolerancję na suszę.

Pomimo powszechnie znanych zalet prawidłowego zmianowania w strukturze zasiewów nadal dominują zboża, przekraczając – razem z kukurydzą wysiewaną z przeznaczeniem na ziarno – 70% powierzchni zasiewów. Tak duże wysycenie uniemożliwia powszechne stosowanie prawidłowego następstwa. Cenne dla płodozmianu rośliny występują praktycznie marginalnie. Strączkowe stanowią ok. 2,5%, a pastewne (bez kukurydzy) poniżej 3,5% powierzchni zasiewów. Dominujące w praktyce, niekorzystne następstwa upraw zwiększają podatność roślin na choroby, szczególnie powszechne choroby podsuszkowe zbóż. Pośrednio przyczyniają się do zwiększenia wrażliwości roślin na stresy abiotyczne, zwłaszcza susze glebowe. W konsekwencji następuje pogorszenie wykorzystania N i obniżenie efektywności nawożenia tym składnikiem.

Płodozmian również jest ważnym narzędziem zarządzania glebową materią organiczną. Uprawiane rośliny mogą zwiększać ilość próchnicy w glebie (trawy, lucerna, koniczyny, strączkowe, międzyplony) lub ją obniżać (okopowe, kukurydza, warzywa). Niestety w uprawie dominują rośliny o niewielkim ujemnym wpływie na zawartość próchnicy (zboża, rzepak).

Ujemne saldo bilansu materii organicznej, powszechnie występujące na terenie kraju, oznacza przewagę procesów mineralizacji nad gromadzeniem substancji organicznej w glebie i przekłada się na wzrost zagrożenia sptywami i pogarszanie wykorzystania azotu. Szczególnie duże zagrożenie wiąże się ze specjalizacją w uprawie warzyw, kukurydzy czy roślin okopowych. Są to rośliny o dużych wymaganiach wodnych i glebowych, często więc uprawia się je w pobliżu zbiorników wodnych. Specyfika ich uprawy prowadzi do szybkiego odpróchniczenia gleb, stosowanie wysokich dawek nawozów zwiększa koncentrację składników w glebie, a uprawa w szerokich międzyrzędziach zwiększa ryzyko erozji i sptywu biogenów.

Uprawa roślin bobowatych

Rośliny bobowate żyją w symbiozie z bakteriami brodawkowymi, które mają zdolność do asymilowania azotu atmosferycznego. Azot powstały w wyniku biologicznego wiązania przez symbiotyczne bakterie brodawkowe jest niedostępny dla procesów nityfikacyjnych, a w konsekwencji zabezpieczony przed przedostaniem do wód w czasie wzrostu rośliny.

Pomimo wysokich potrzeb pokarmowych roślin bobowawych względem azotu nawożenie tym składnikiem jest najczęściej zbędne. To zapotrzebowanie jest w większości zaspokajane przez azot pochodzący z innych źródeł, głównie z wiązania symbiotycznego. Brak nawożenia mineralnego azotem wprost przekłada się na zmniejszenie emisji azotu do środowiska.

Bobowate są bardzo dobrym elementem zmianowania, poprawiającym warunki wzrostu innych roślin i wykorzystanie przez nie nawozów azotowych. Uzyskane wzrosty plonów roślin następczych znacznie przewyższają bezpośredni wpływ N działającego, pochodzącego z resztek pozbiorowych roślin bobowatych.

Międzyplony. Nawóz zielony

Jedną z praktyk mającą wpływ na zwiększenie poziomu glebowej materii organicznej jest stosowanie międzyplonów. Uprawa roślin w międzyplonie zmniejsza również wymywanie azotu.

Ze względu na uprawiane gatunki międzyplony możemy podzielić na dwie główne kategorie. Pierwsza to rośliny bobowate, zdolne do wiązania azotu atmosferycznego i zwiększania poziomu materii organicznej. Używane są jako zielony nawóz i zwiększają ilość związków pokarmowych dostępnych dla roślin następczych. Druga grupa to rośliny niemotylikowe, które pobierają z gleby azot pozostały po uprawie plonu głównego, azot wprowadzony wraz z nawozami naturalnymi i formy mineralne azotu z rozkładu próchnicy. Gatunki o głębokim systemie korzeniowym są też w stanie pobierać azotany wymyte z warstwy ornej do podglebia.

Rośliny okrywowe

Jednym ze zjawisk, zwiększających poziom wymywania N, jest gromadzenie się azotanów w glebie poza okresem wegetacji roślin uprawnych. Prostem, a jednocześnie skutecznym rozwiązaniem jest utrzymanie okrywy roślinnej również w tym okresie. Wprowadzanie do zmianowania roślin ozimych uprawianych w plonie głównym, międzyplonów ozimych i upraw wieloletnich (trawy, lucerny, koniczyny) skutecznie zmniejsza ilość azotanów i chroni glebę przed erozją i sptywami powierzchniowymi.

Rolnictwo konserwujące

To system gospodarowania nastawiony na wysoki stopień ochrony gleby i ciągłe podnoszenie jej jakości. W rolnictwie konserwującym muszą być zrealizowane jednocześnie trzy zasady:

- stałe utrzymanie pokrycia powierzchni roli przez mulcz (martwy lub żywy)
- całkowita rezygnacja z intensywnych zabiegów uprawy roli,
- zachowanie bioróżnorodności pola uprawnego (fot. 2.5).



Fot. 2.5. Pole, na którym są spełniane wszystkie kryteria rolnictwa konserwującego, dzięki uprawie wielogatunkowego międzyplonu w ścierni po zbiorze plonu głównego (fot. T. Piechota)

Preferowany jest siew bezpośredni z pełnym pokryciem powierzchni przez mulcz, a dopiero w drugiej kolejności wszelkie metody zminimalizowanej uprawy roli.

Bioróżnorodność to przede wszystkim stosowanie zmianowania, uprawy mieszane i międzyplony, które powinny być uprawiane w każdym możliwym stanowisku, najlepiej jako mieszanki wielogatunkowe.

Stosowanie zasad rolnictwa konserwującego pozwala na odbudowę podstawowego warsztatu produkcji roślinnej – gleby, stabilizację plonów i wzrost odporności agroekosystemu na niesprzyjające warunki. Wzrasta przez to efektywność wykorzystania środków produkcji, w tym nawożenia azotowego.

Systemy rolno-leśne

Agroleśnictwo to sposób gospodarowania, z wykorzystaniem zależności zachodzącej pomiędzy roślinami zielnymi, drzewami i zwierzętami.

Systemy rolno-leśne nie oznaczają dosłownie prowadzenia upraw rolnych w lesie, lecz różnego typu połączenia upraw typowo polowych lub użytków zielonych z wieloletnimi gatunkami drzewiastymi, np. owocowymi, niekiedy również krzewami.

Elementy systemów rolno-leśnych występują powszechnie w krajobrazie rolniczym. Są to różnego rodzaju elementy krajobrazu: żywopłoty i pasy zadrzewione, drzewa wolnostojące, zadrzewienia liniowe, zagajniki śródpolne obejmujące drzewa i krzewy, miedze. W pierwszej kolejności należy zachować i pielęgnować te już istniejące; w drugiej kolejności – wprowadzać nowe tam, gdzie to potrzebne.



Fot. 2.6. Zadrzewienie na granicy pola uprawnego i cieku wodnego pełni wiele zadań w ochronie wód przed zanieczyszczeniami (fot. T. Piechota)

Wymienione elementy krajobrazu spowalniają spływ wody i prędkość wiatru. Ograniczają spływy powierzchniowe i erozję wietrzną. Jeśli występują na granicy użytków rolnych i wód otwartych, stanowią strefę ochronną (fot. 2.6).

Rolnictwo ekologiczne

W rolnictwie ekologicznym powszechnie stosuje się praktyki zmniejszające omówione zanieczyszczenie wód z produkcji roślinnej, w szczególności: uprawę roślin strączkowych i bobowatych wieloletnich, międzyplonów, zachowanie bioróżnorodności oraz całkowity brak stosowania nawozów azotowych.

Aktualnie stosowane praktyki w produkcji roślinnej wiążą się z dużą ilością zanieczyszczeń docierających do wód podziemnych i powierzchniowych. Rozpowszechnienie praktyk ograniczających te zanieczyszczenia jest niewielkie, potencjalnie więc można osiągnąć bardzo duże efekty w ich upowszechnianiu. Większość z tych praktyk sprzyja równocześnie racjonalizacji i wzrostowi efektywności ekonomicznej produkcji roślinnej. Wydaje się, że powinny się szybko i łatwo rozpowszechnić wśród rolników. Powolny postęp we wprowadzaniu ich do praktyki można częściowo tłumaczyć brakiem odpowiedniej wiedzy. Brakiem wiedzy należy również tłumaczyć niewielkie rozpowszechnienie niektórych, wydawałoby się oczywistych praktyk, jak np. wapnowania gleb zakwaszonych, bez czego nie można w ogóle mówić o racjonalnej produkcji polowej.

W wielu łatwych do wprowadzenia praktykach, takich jak wspomniane wapnowanie pól czy uprawa międzyplonów, rolnicy widzą łatwe do wyliczenia koszty, nie widzą natomiast korzyści, które nie są tak wyraźnie i natychmiastowo widoczne.

Ważne jest zrozumienie, że wprowadzenie praktyk ograniczających zanieczyszczenia wód jest działaniem na zasadzie „wygrany-wygrany” – korzysta środowisko i rolnik.

2.2

Produkcja zwierzęca

dr Wojciech Krawczyk

Zakład Systemów i Środowiska Produkcji, Instytut Zootechniki
Państwowy Instytut Badawczy

W dobie postępującego rozwoju gospodarczego i zachodzących gwałtownie zmian klimatu Unia Europejska wdrożyła w 2019 r. strategię Europejskiego Zielonego Ładu, która ma wpłynąć na osiągnięcie w 2050 r. neutralności klimatycznej. Realizacja tego wyzwania jest możliwa m.in. dzięki działaniom z zakresu ochrony środowiska i bioróżnorodności, stosowanym nie tylko w rolnictwie, ale i w pozostałych sektorach gospodarczych krajów UE. Zachowanie dobrej jakości wody, powietrza i gleby wymaga, aby każde gospodarstwo rolne w Polsce przestrzegało obowiązujących przepisów prawnych i stosowało dobre praktyki rolnicze ograniczające zanieczyszczenia środowiska. Zachowanie odpowiedniej jakości wody poprzez utrzymanie jej dobrego stanu chemicznego i ekologicznego ma ogromne znaczenie dla środowiska i zachowania bioróżnorodności oraz dla zdrowia ludzi.

Jednym z największych zagrożeń dla czystości wód jest w rolnictwie produkcja zwierzęca i towarzyszące jej straty związków azotu w postaci azotanów wymywanych z niewłaściwie przechowywanych lub aplikowanych nawozów naturalnych. Duże znaczenie mają także straty azotu w postaci emisji amoniaku z przechowywanego obornika i rozbryzgowej aplikacji gnojowicy na gruntach ornych. Wyemitowany do powietrza amoniak ma zdolność do tworzenia pyłów, które mogą być przenoszone na znaczne odległości, a następnie deponowane w słodko- i słonowodnych zbiornikach, przyczyniając się do ich eutrofizacji. Dlatego praktyki ograniczające zanieczyszczenie wód z produkcji zwierzęcej powinny uwzględniać też metody zapobiegające emisji amoniaku do powietrza atmosferycznego.

Praktyki stosowane w żywieniu zwierząt

Gospodarstwa utrzymujące zwierzęta produkują nie tylko znaczne ilości mięsa, mleka czy jaj, ale również gnojowicę i obornik używane jako nawóz naturalny

bezpośrednio na gruntach rolnych. Zawartość azotu w tych nawozach zależy od gatunku i grupy technologicznej zwierząt, od których one pochodzą, oraz od rodzaju paszy i systemów żywienia. Zwierzęta pobierają azot pod postacią białka zawartego w paszy. Następnie w charakterze aminokwasów jest on wbudowywany w białkowe struktury tkanek ich organizmów. Warto jednak pamiętać, że w ten sposób jedynie ok. 30% azotu jest wykorzystane, a większość tego pierwiastka, czyli ok. 70%, wydalają w odchodach. Aby zredukować zawartość azotu w odchodach wszystkich gatunków zwierząt gospodarskich, należy zastosować odpowiednie praktyki żywieniowe. Pozwolą one na zmniejszenie strat azotu podczas przechowywania oraz aplikacji obornika i gnojowicy. Pierwsza z nich polega na precyzyjnym bilansowaniu dawek pokarmowych dla bydła, świń czy drobiu. Dokładne zbilansowanie i przygotowanie porcji paszy w oparciu o białko strawne oraz dodatki paszowe zwiększające jego strawność ogranicza zawartość azotu w odchodach i jego straty na etapie przechowywania gnojowicy i obornika. Precyzyjne bilansowanie dawek ang. *Total Mixed Ration* – całkowicie wymieszana dawka) i PMR (ang. *Partially Mixed Ration* – częściowo wymieszana dawka), co pozwala na 10–25% redukcji emisji amoniaku pod warunkiem precyzyjnego zbilansowania dawki pokarmowej i obniżenia koncentracji białka ogólnego w przedziale 10–15%. Ogromne znaczenie mają jakość białka zawartego w paszy i udział białka nieulegającego rozkładowi w żwaczu, który w tym przypadku powinien wynosić 35–40%. Dla wysokowydajnych krów kiszonki i śruty zbożowe nie zagwarantują wspomnianego poziomu białka, dlatego konieczne jest zastosowanie wysokobiałkowych pasz treściwych, poddanych odpowiedniej preparacji. Białko chronione przed rozkładem w żwaczu ma zwiększyć ilość aminokwasów egzogennych wchłanianych bezpośrednio w jelicie cienkim. Do pasz zawierających białko chronione należą: ekstrudowane i ekspandowane formy poekstrakcyjnej śruty sojowej, rzepakowej i makuchu rzepakowego, ekstrudowana śruta słonecznikowa, suszony wywar gorzelniany

(DDGS), ekstrudowany len pełnotłusty oraz suszone młóto browarniane.

Podobny efekt przynosi zastosowanie paszy o obniżonym poziomie białka ogólnego, które jednocześnie zapewnia zwierzętom odpowiednie potrzeby bytowe oraz produktywność. Obniżenie poziomu białka ogólnego w paszy wszystkich gatunków zapewnia pokrycie potrzeb żywieniowych poszczególnych grup technologicznych każdego z nich. Metoda ta, podobnie jak precyzyjne bilansowanie dawek, jest związana ze zmianą składu paszy oraz jej strawności.



Fot. 2.7. Żywnienie bydła w systemie TMR (fot. W. Szymański)

Zalecana zawartość białka w paszy np. świń, powodująca redukcję emisji amoniaku o 10–20%, wynosi 19–21% dla prosiąt, 15–19% dla warchlaków. Dla loch prośnych jest to 13–15%, a loch karmiących – 15–17%. Do precyzyjnego bilansowania dawki wykorzystuje się: metioninę, lizynę, treoninę, argininę i tryptofan, czyli aminokwasy tzw. egzogenne, niesyntetyzowane w organizmie świń. Stosuje się także dodatki enzymów rozkładających niedostępne zazwyczaj dla świń związki białkowe paszy.

Trzecią praktyką jest stosowanie żywienia wielofazowego polegającego na podziale dawek paszowych i ich dostosowaniu do aktualnego zapotrzebowania zwierząt w poszczególnych fazach wzrostu lub etapach cyklu produkcyjnego. U bydła polega ona na zmniejszeniu dawki białka ogólnego w diecie, która zazwyczaj jest ustalana jednorazowo na cały czas opasu. W uproszczonej metodzie żywienia wielofazowego bydła mięsnego zwierzęta żywi się dwoma rodzajami dawek TMR podawanych dwa razy w ciągu dnia. Pierwsza dawka zawierająca 13% białka ogólnego zadawana jest przez 120–180 dni opasu, natomiast druga w ostatnich 28–56 dniach, zawiera 9–11% białka ogólnego.

Kolejną praktyką ograniczającą emisję amoniaku i stosowaną w żywieniu bydła jest wydłużenie pastwiskowania. Polega ona na wypasie tych zwierząt wydłużonym do 8, 12, a nawet 24 godz. Wydalany przez krowy na pastwisku mocz jest szybko wchłaniany przez glebę. Dzięki temu czas emisji amoniaku do powietrza jest ograniczony. Utrzymanie pastwiskowe wyklucza ponadto możliwość defekacji bydła w budynkach inwentarskich, co zapobiega emisji amoniaku w tych pomieszczeniach, a także na etapie przechowywania nawozów naturalnych. Wydłużenie pastwiskowania jest możliwe tylko na odpowiednim areale przeznaczonym do wypasu, przy optymalizacji zarządzania jakością pastwisk, polegającej m.in. na prowadzeniu wypasu kwaterowego, określeniu jakości i wydajności pastwiska czy dostosowaniu obsady zwierząt do jego wydajności.



Fot. 2.8. Krowy na pastwisku (fot. W. Szymański)

Praktyki stosowane w technologiach utrzymania zwierząt

Emisja amoniaku w budynkach inwentarskich jest związana przede wszystkim z miejscami zanieczyszczenia i depozycji odchodów oraz czasowego przechowywania gnojowicy i obornika. Przepływ wentylowanego powietrza w oborach, chlewniach i kurnikach powoduje większe ułatwienie się amoniaku z odchodów w miejscach ich występowania. Ograniczenie ruchu powietrza nad tymi powierzchniami przyczynia się do ograniczenia emisji tego gazu w pomieszczeniach ze zwierzętami gospodarskimi.

Częste usuwanie odchodów z korytarza gnojowego jest praktyką ograniczającą emisję amoniaku z pomieszczeń inwentarskich, stosowaną dla wszystkich gatunków zwierząt gospodarskich. Warunkiem zapewniającym odpowiedni poziom redukcji tego

gazu jest trzy- lub czterokrotne przeprowadzenie tego zabiegu w ciągu dnia, co gwarantuje redukcję emisji amoniaku o 20%. Do oczyszczania powierzchni podłóg rusztowych, czyli szczelinowych, używane są specjalne tzw. odkurzacze-roboty stosowane przy zwykłych zgarniakach oraz przenośnikach podkłatkowych w utrzymaniu niosek.



Fot. 2.9. Zgarniak usuwający odchody z korytarza gnojowego (fot. J. Zieliński)

W utrzymaniu bydła stosuje się także tzw. podłogi separujące, czyli oddzielające kał od moczu. Dzięki temu na powierzchni podłogi nie dochodzi do kontaktu tych dwóch rodzajów odchodów, co zapobiega zwiększonej emisji amoniaku. W tego rodzaju podłogach separujących zastosowano dwa warianty technologiczne. Pierwszy wykorzystuje maty wykonane z tworzywa sztucznego, przez które mocz przecieka do znajdującego się pod nimi zbiornika. Drugi polega na zastosowaniu tzw. ryfli, czyli odpowiednio ukształtowanych na powierzchni podłogi rowków, do których najpierw mocz ścieka, a następnie dostaje się do zbiornika. Ta praktyka umożliwia również stosowanie zębatych zgarniaczy czyszczących rowki i pozostały na powierzchni kał. Metoda pozwala na redukcję emisji amoniaku o 40%.

Kolejną praktyką stosowaną przy utrzymaniu na tzw. podłogach rusztowych jest obniżanie temperatury gnojowicy w kanale znajdującym się pod tym rodzajem podłogi. Schładzanie tej frakcji odchodów jest możliwe dzięki zamontowaniu wymiennika ciepła w kanale gnojowym i wymiany ciepła np. z wodą użytkową lub systemem ogrzewania. Pozyskane w ten sposób ciepło można zastosować do poduszania siana albo ziarna. Obniżenie temperatury gnojowicy powoduje zahamowanie aktywności ureazy i redukcję emisji amoniaku.

Redukcję emisji amoniaku można też osiągnąć, zwiększając objętość ściółki. U bydła utrzymywanego

w systemie wolnostanowiskowym na głębokiej ściółce dwukrotne zwiększenie objętości ściółki skutkuje redukcją emisji amoniaku w oborze i na etapie przechowywania obornika o 50%.

Odpowiednio zaprojektowane kojce dla świń z podziałem na strefy bytowe też mogą przyczynić się do redukcji amoniaku w ich chowie. Podział stref w kojcach powinien uwzględniać wydzielone miejsca do odpoczynku, pobierania paszy, ruchu i defekacji. Umożliwia to eliminację defekacji na pełnej części podłogi przy zachowaniu odpowiedniej temperatury kojca. Obserwacje behawioralne wykazały, że wysoka temperatura sprzyja wyborowi powierzchni szczelinowej podłogi jako strefy legowiskowej, a wyższa wilgotność i niższa temperatura wpływają na wybór tej części podłogi do defekacji.

W ściółowych systemach utrzymania świń objętość ściółki powinna być wystarczająca do całkowitego wchłonięcia moczu. Ściółkę trzeba regularnie wymieniać, a w chowie na głębokiej ściółce – także uzupełniać. Jeżeli całkowite wchłanianie moczu nie jest możliwe, należy stosować podłogi pochyle, które umożliwiają jego szybki odpływ.



Fot. 2.10. Bydło utrzymywane na głębokiej ściółce (fot. Adobe Stock)

Praktyki redukujące emisję amoniaku w utrzymaniu świń dotyczą przede wszystkim modyfikacji powierzchni stosowanych w utrzymaniu tych zwierząt, podłóg rusztowych (szczelinowych) oraz profilu kanałów służących do magazynowania odchodów pod tymi podłogami. Zmniejszenie powierzchni tego rodzaju podłogi o 50% przynosi efekt w postaci redukcji emisji amoniaku o 15–20%. Materiał, z którego wykonano podłogę szczelinową, powinien ułatwiać przedostawanie się frakcji stałej i płynnej odchodów do kanałów pod tym rodzajem podłogi. Te kanały należy regularnie opróżniać do zbiorników znajdujących się poza budynkiem, używając zgarniaczy lub systemów podciśnieniowych.

Ograniczenie powierzchni kontaktu odchodów z powietrzem pod podłogą szczelinową jest możliwe poprzez zastosowanie nachylonych kanałów w kształcie litery „V”. Ściany tych kanałów powinny być wykonane z materiału utrudniającego przywieranie frakcji stałej odchodów. Zastosowanie w ten sposób zmodyfikowanej powierzchni kanałów powoduje zmniejszenie emisji amoniaku o 20%.

Redukcja emisji amoniaku z kurników dla niosek osiąga największy poziom, gdy zawartość suchej masy w pomiole wynosi 60%. Przy takim poziomie suchej masy nie dochodzi do rozpadu kwasu moczowego i uwalniania się amoniaku. Suszenie wilgotnego pomiotu, w którym zawartość suchej masy jest niższa od 60%, powoduje zwiększenie emisji tego gazu. Metody ograniczania emisji amoniaku z pomiotu polegają więc na zwiększeniu zawartości suchej masy za pośrednictwem wykorzystania odpowiednich technologii, np. podsuszania pomiotu w wielopoziomowych tunelach suszarniczych z perforowanymi taśmami wykorzystującymi powietrze z kurnika. W chowie baterijnym niosek suszy się również pomiot na przenośnikach taśmowych pod bateriami. Szacowana redukcja emisji amoniaku towarzysząca temu rozwiązaniu sięga 70%.

Duże znaczenie dla ograniczania emisji amoniaku ma oczyszczanie wentylowanego w budynkach inwentarskich powietrza wylotowego. Najczęściej stosowanymi technologiami pozwalającymi na pozbycie się związków azotu w tego rodzaju powietrzu są biofiltry i płuczki. W płuczkiach biologicznych czynnikiem wchłaniającym rozpuszczone zanieczyszczenia jest aktywne złożo mikrobiologiczne. W płuczkiach chemicznych do wody są dodawane związki chemiczne, np.: ług sodowy czy kwas siarkowy. Z kolei w płuczkiach węglowych stosuje się węgiel aktywny. Natomiast najpowszechniej stosowanym w biofiltrach złożem filtrującym są – ze względu na swoje właściwości sorpcyjne – dodatki organiczne, np. torf i słoma. Złożo zastosowane w biofiltrze musi się charakteryzować odpowiednimi właściwościami sorpcyjno-filtrującymi i odpowiednim stosunkiem C:N. Efekt redukcji emisji amoniaku po zastosowaniu biofiltra wynosi 70–90%.

Praktyki przechowywania nawozów naturalnych

Obornik na terenie gospodarstwa powinien być składowany na betonowej płycie lub nieprzepuszczalnym podłożu z systemem odprowadzania i zbiorni-

kiem na wodę gnojową. Zastosowanie bocznych ścian oporowych stanowi dodatkowe zabezpieczenie przed wyciekami z przyzmy. Zgodnie z założeniami Programu azotanowego powierzchnia płyty powinna umożliwiać przechowywanie obornika przez 5 miesięcy. Natomiast obornik na przyzmy tymczasowej na gruncie może być składowany przez pół roku. Nie dopuszcza się ponownego składowania obornika na gruncie w tym samym miejscu przez 3 lata od dnia zakończenia uprzedniego składowania obornika. Przyzmy tymczasowe muszą być formowane poza zagłębieniami, na płaskim terenie (o spadku do 3%) w miejscu niepiaszczystym i niepodmokłym. Dodatkowo ich lokalizacja musi być zaznaczana na planie działki. Aby ograniczyć emisję amoniaku z przyzmy obornika przechowywanego na płycie, zaleca się jego uformowanie w taki sposób, aby górna część miała jak najmniejszą powierzchnię (trapezoid) i wysokość nieprzekraczającą 2 m. Przykrywanie przyzmy obornika, np. folią z tworzywa sztucznego nie jest obowiązkowe, ale redukuje emisję amoniaku o 60–80%. Folia powinna być zabezpieczona przed unoszeniem przez wiatr np. przez obciążenie jej powierzchni. Przykrywanie obornika folią można stosować po zakończeniu formowania przyzmy i w trakcie jej układania. Przyzmy powinny być usytuowane z dala od cieków powierzchniowych i podziemnych ze względu na ryzyko ich zanieczyszczenia przez spływającą wodę. Odległość tymczasowych i stałych miejsc przechowywania obornika, a także kiszzonek od cieków, ujęć i brzegów wód w Programie azotanowym określono na 25 m.



Fot. 2.11. Przyzma obornika przechowywanego na betonowej płycie ze ścianami bocznymi (fot. E. Stygienko)

Przechowywanie gnojowicy wymaga odpowiednio zaprojektowanych, szczelnych zbiorników. Przepisy Programu azotanowego nakazują przykrywanie zbiorników na płynne nawozy naturalne za pośrednictwem osłon: sztywnych, elastycznych lub

plywających. Pokrywy sztywne redukują emisję amoniaku o 80%, elastyczna, pływająca na powierzchni lustra gnojowicy folia – o 60%, pływające elementy plastikowe – o 60%, granulaty ceramiczne lub plastikowe stosowane w gnojowicy o zawartości suchej masy poniżej 7% – o 60%, natomiast naturalnie wytwarzający się na gnojowicy „kożuch” o zawartości suchej masy powyżej 7% (bydlęca) ogranicza emisję amoniaku o 40%. Materiały pływające, pokrywające powierzchnię gnojowicy muszą być odpowiednio zabezpieczone przed wiatrem i umożliwiać właściwe napełnianie zbiornika. Natomiast najefektywniejszą, ale i najmniej powszechną metodą przechowywania gnojowicy, która redukuje emisję amoniaku o 100%, jest jej magazynowanie w elastycznych zbiornikach wykonanych z tkanin technicznych, tzw. torbach. Pozwalają one na przechowywanie od stu do kilku tysięcy metrów tego nawozu. Aby ograniczyć emisję z gnojowicy do gleby i wody należy stosować zbiorniki charakteryzujące się odpowiednią wytrzymałością i jakością materiałową oraz odpowiednią pojemnością. Zgodnie z wymogami Programu azotanowego, zbiorniki na płynne nawozy naturalne powinny mieć: pojemność pozwalającą na ich przechowywanie przez 6 miesięcy, być szczelne, odporne na wycieki o nieprzepuszczalnym dnie i ścianach, posiadać system wykrywania wycieków, np. składający się z geomembrany, warstwy odwadniającej oraz drenów odwadniających. Stan konstrukcji zbiorników należy kontrolować co najmniej raz w roku.

Opracowanie planu nawożenia

To praktyka, która powinna być stosowana w każdym gospodarstwie. Pozwala na racjonalne wykorzystanie nawozów naturalnych i mineralnych, uwzględniających zapotrzebowanie pokarmowe roślin. Takie nawożenie gwarantuje zastosowanie co najwyżej 170 kg N/ha/rok i zapobiega aplikacji nadmiernych dawek nawozów, ograniczając straty związków azotu poprzez ich wymywanie do wód powierzchniowych, w głąb profilu gleby oraz emisję amoniaku i tlenków azotu do atmosfery. Plan nawożenia azotem należy opracować zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej na podstawie składu chemicznego nawozów oraz potrzeb pokarmowych roślin i zasobności gleb, z uwzględnieniem sposobu obliczania dawki nawozów azotowych mineralnych na podstawie uproszczonego bilansu azotu określonego w Programie

azotowym. W dużych gospodarstwach, posiadających tzw. pozwolenie zintegrowane, należy uzyskać pozytywną opinię okręgowej stacji chemiczno-rolniczej nie później niż do dnia rozpoczęcia stosowania nawozu naturalnego lub produktu pofermentacyjnego, którą wraz z kopią planu należy doręczyć wójtowi (burmistrzowi, prezydentowi miasta) oraz wojewódzkiemu inspektorowi ochrony środowiska nie później niż do dnia rozpoczęcia stosowania nawozu naturalnego lub produktu pofermentacyjnego. Plan nawożenia azotem powinien być przygotowany dla każdej działki rolnej i przechowywany w gospodarstwie rolnym przez 3 lata od dnia zakończenia nawożenia wykonanego na podstawie tego planu.

Praktyki aplikacji nawozów naturalnych

Podstawą bezpiecznej, ograniczającej zanieczyszczenie wód aplikacji nawozów naturalnych jest przestrzeganie terminów nawożenia oraz warunków ich stosowania w pobliżu zbiorników wodnych, a także na gruntach o dużym nachyleniu, zalanych wodą i zamrzniętych, określonych w Programie azotanowym. Praktyki ograniczające straty azotu podczas aplikacji płynnych nawozów naturalnych to te, które pozwalają na stosowanie urządzeń aplikujących je bezpośrednio do gleby, takich jak: redlice lub węże wleczone. Zastosowanie innych niż rozbryzgowa metod aplikacji gnojowicy znacznie ogranicza straty azotu z tego nawozu naturalnego w postaci emisji amoniaku do atmosfery oraz wymywania związków azotu do wód powierzchniowych i w głąb profilu gleby. Przy aplikacji dogłębowej gnojowicy stosuje się wozy asenizacyjne wyposażone w różne typy aplikatorów. Aplikatory szczelinowe są wyposażone w noże lub redlice tarczowe wycinające szczelinę na głębokość 4–10 cm i w rozstawie 25–30 cm. Wycięte w glebie szczeliny mogą być otwarte lub zamknięte. Dogłębowa aplikacja gnojowicy redukuje emisję amoniaku o 90%. Natomiast do aplikacji dogłębowej stosuje się wozy asenizacyjne z przystawkami do pasmowego rozlewania płynnych nawozów naturalnych. Węże wleczone rozprowadzają płynne nawozy naturalne na gruncie lub nieco ponad poziomem gruntu przez elastyczne węże ciągnięte po powierzchni gleby. Ten sposób aplikacji ogranicza emisję amoniaku o 30%. Możliwa jest również aplikacja między rzędami uprawianych roślin. Rozstaw między wężami wynosi zazwyczaj 25–35 cm. Węże zakończone płozami aplikują płynne nawozy

naturalne bezpośrednio na powierzchnię gleby. Mogą także nacinać w glebie płytkie bruzdy poprawiające wsiąkanie nawozu. Praktyka ograniczająca emisję amoniaku z obornika polega na jak najszybszym jego przyoraniu po aplikacji na polu. Jest to działanie zmniejszające również ryzyko wymycia związków azotu i spływu powierzchniowego do wód i zbiorników. Szybkie wprowadzenie obornika do gleby umożliwia ograniczenie emisji amoniaku od 60% w uprawie bezorkowej do 90% dla orki. Szacuje się, że przy wymieszaniu z glebą w ciągu 4 godz. redukcja strat gazowych azotu osiąga 45–65%, 12 godz. – 50%, 24 godz. – 30%. Dodatkowe straty azotu towarzyszą także przechowywaniu obornika na przyzmach tymczasowych. Jeśli nie zostaną one szybko rozrzucone i przyorane na polu, zaleca się ich przykrywanie.



Fot. 2.12. Aplikacja płynnych nawozów naturalnych za pomocą aplikatorów doglebowych (fot. T. Piechota)

Praktyki przetwarzania nawozów naturalnych

Rozcieńczanie gnojowicy to praktyka zalecana do stosowania w systemach nawadniających. Wypompowana ze zbiornika gnojowica jest wtryskiwana do rurociągu wodnego układu nawadniania i doprowadzana do zraszacza niskiego ciśnienia lub mobilnego urządzenia nawadniającego aplikującego mieszankę na gruncie. Wodę i gnojowicę można rozcieńczać nawet w stosunku 50:1, jednak co najmniej 1:1, aby osiągnąć redukcję emisji na poziomie 30%.

Separacja gnojowicy to praktyka polegająca na rozdzieleniu frakcji ciekłej od stałej gnojowicy świńskiej lub bydlęcej. Skutkuje ona redukcją emisji amoniaku o 15–20%.

Technicznie proces jest realizowany w oparciu o separatory o zmiennej wydajności i zróżnicowanej zasadzie działania. Po rozdzieleniu frakcji i zawartych w nich związków organicznych znacząco zmniejsza się tempo przemian biochemicznych realizowanych przez mikroflorę oraz ustaje aktywność ureazy zawartej w moczu, rozkładającej azot zawarty w fazie stałej. Odseparowana frakcja stała może być stosowana jako ściółka dla zwierząt lub poddana peletowaniu i sprzedawana jako nawóz ogrodniczy lub pelet do kotłów centralnego ogrzewania.



Fot. 2.13. Separator gnojowicy

Zakwaszanie gnojowicy polega na dodawaniu do gromadzonej w zbiorniku lub kanałach gnojowych gnojowicy świńskiej lub bydlęcej, kwasów mineralnych bądź organicznych (np. kwasu siarkowego). Znaczne obniżenie pH roztworu hamuje rozwój mikroflory odpowiedzialnej za emisję amoniaku. Gnojowicę można zakwaszać także w systemie „na polu”, który składa się z wozu asenizacyjnego wyposażonego w zbiornik kwasu, pompę oraz zestaw węży włączonych do aplikacji. 96% kwas siarkowy jest dodawany do gnojowicy, aby obniżyć pH poniżej 6, co pozwala na dezaktywację ureazy odpowiedzialnej za proces amonifikacji. Zakwaszanie gnojowicy to praktyka, która redukuje emisję amoniaku o 60%.

Spalanie i piroliza obornika oraz pomiotu to praktyka polegająca na odgazowaniu (brak dostępu tlenu) obornika bądź pomiotu w wysokiej temperaturze, a następnie spalaniu w specjalnie skonstruowanych kotłach. W tym procesie energia cieplna jest generowana najczęściej ze współspalania innych nośników, jak biomasa czy gaz. Uzyskany biowęgiel może zostać użyty m.in. jako nawóz. Z 600 kg pomiotu uzyskuje się ok. 200 kg biowęgla. W wyniku pirolizy emisja amoniaku zostaje zredukowana o 100%.

Biogazownie rolnicze

Biogazownie rolnicze to instalacje, dzięki którym ogranicza się emisję gazów cieplarnianych, czyli metanu i podtlenku azotu z produkcji zwierzęcej, o 60% w przeliczeniu na tzw. ekwiwalent dwutlenku węgla oraz o 15% emisję amoniaku.



Fot. 2.14. Biogazownia rolnicza (fot. Adobe Stock)

Eutrofizacja wód śródlądowych i morskich

Konsekwencją zanieczyszczenia wód związkami azotu i fosforu, pochodzącymi m.in. z produkcji zwierzęcej, jest eutrofizacja. W warunkach naturalnych, kiedy wody powierzchniowe nie są zanieczyszczone, stężenie w nich azotanów jest niewielkie. Wynika to z tego, że ich większa część jest pobierana przez organizmy roślinne (mikroorganizmy, fitoplankton, glony, rośliny naczyniowe) stosujące je jako składniki odżywcze. Jeśli zasobność składników biogennych: azotu i fosforu w środowisku wodnym nie zaburzy się, to pozostaje ono w równowadze troficznej pozwalającej na naturalny, niezaburzony rozwój organizmów żywych. Problem pojawia się w momencie stwierdzenia nadmiernego stężenia związków azotu i fosforu w wodzie. Powodem jest spływ z pól azotanów pochodzących z nawozów naturalnych i mineralnych oraz spływy powierzchniowe związane z opadami atmosferycznymi i erozją gleb. Duże znaczenie mają też ścieki miejskie i przemysłowe, które wnoszą do wód duży ładunek

azotu i fosforu. Nagromadzone w ten sposób w wodzie substancje odżywcze charakteryzują się wysokim stężeniem wspomnianych pierwiastków biogennych i prowadzą do nadmiernej produkcji biomasy roślinnej (rośliny naczyniowe, glony, sinice). Szybki i obfity wzrost biomasy wiąże się także z odpowiednio wydatnym wykorzystaniem i zużyciem tlenu w tym środowisku. Ponadto deficyt tlenu w wodzie pogłębiony jest jeszcze rozkładem materii organicznej. Konsekwencją tych przemian, powodujących zaburzenia równowagi i liczebności organizmów żyjących w wodzie, jest eutrofizacja. Prowadzi ona do degradacji ekosystemów wodnych, bioróżnorodności i obumierania gatunków. Eutrofizacja dotyka nie tylko wód śródlądowych, ale i morskich. Na przykład w Morzu Bałtyckim zaburzenie i podwyższenie trofii, czyli zawartości składników pokarmowych, skutkujące nadmiarem azotu i fosforu przy temperaturze wody przekraczającej 20°C, powoduje charakterystyczny „zakwit” sinic z rodzaju: *Anabaena lemmermannii*, *Aphanizomenon flos-aquae* i *Nodularia spumigena*. Te organizmy wytwarzają kilka rodzajów toksyn, tj. hepatotoksyny (mikrocystyny, nodularyna i cylindrospermopsyna); neurotoksyny (anatoksyna-a, anatoksyna-a(s) i saksytoksyna); dermatotoksyny (lyngbyatoksyna-a, aplysiatoksyna i debromoaplysiatoksyna). Niektóre z nich, np. nodularyna, uszkadzają wątrobę człowieka i działają rakotwórczo na pozostałe gatunki zwierząt. Kolejną konsekwencją takiego stanu rzeczy jest deficyt tlenu lub całkowity jego brak w pewnych obszarach tego małego i zamkniętego wąskimi cieśninami akwenu. Wszystko to sprawia, że 97% Morza Bałtyckiego uległo eutrofizacji.



Fot. 2.14. Eutrofizacja zbiornika wodnego (fot. W. Szymański)

3

GROMADZENIE I ZAGOSPODAROWANIE WÓD OPADOWYCH W GOSPODARSTWIE ROLNYM



3.1

Woda opadowa jako naturalny zasób wodny

dr inż. Agnieszka Kowalczyk

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Państwowy Instytut Badawczy

Zasoby wodne tworzone są przede wszystkim przez opady atmosferyczne, które występują w różnej formie, głównie jako deszcz, śnieg lub mgła. Ich kumulacja w środowisku przyrodniczym zależy od wielu różnorodnych czynników występujących w zlewni, przyspieszających lub spowalniających wielkość odpływu. Najważniejszymi z nich są czynniki związane z urzeźbieniem terenu i użytkowaniem gruntów oraz uwarunkowania geologiczne i glebowe, które w perspektywie długofalowej kształtują układy hydrograficzne. W obrębie użytkowania ziemi duże znaczenie odgrywa szata roślinna i okrywa glebowa. Lasy, zadrzewienia i zakrzewienia, a także roślinność trawiasta na ogół spowalniają odpływy powierzchniowe, zamieniając je na podpowierzchniowe lub śródpokrywowe, co poprawia retencję wodną. Z kolei powierzchnie pól uprawnych, głównie podczas odkrycia wierzchniej warstwy gleby, przyspieszają odpływ, a na terenach nachylonych powodują dodatkowo nasilenie zjawisk erozyjnych. Odkryta okrywa glebowa, szczególnie ta z dużą ilością części mineralnych i frakcji piaszczystych, sprzyja przesiąkaniu wód opadowych w głąb i nie zatrzymuje ich na powierzchni. W profilu glebowym o charakterze gliniastym lub ilastym migracja wody jest spowolniona.

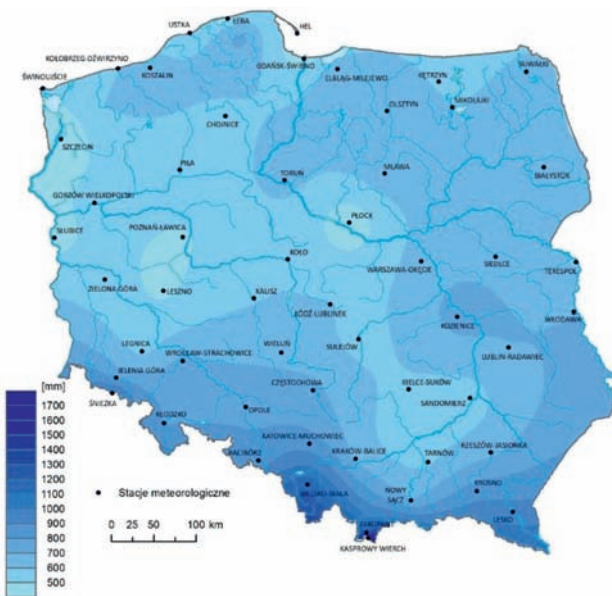
Zasoby wodne naszego kraju są w dużej mierze naturalne, ale w porównaniu z innymi krajami europejskimi – dość skromne. Wielkość odpływu jednostkowego z terytorium Polski wynosi $5,4 \text{ dm}^3 \times \text{s}^{-1} \times \text{km}^2$, co w porównaniu do średniej europejskiej stanowi zaledwie ok. 56% ($9,6 \text{ dm}^3 \times \text{s}^{-1} \times \text{km}^2$). Według Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) średnie roczne odpływy z powierzchni Polski w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynoszą ok. 1580 m^3 , podczas gdy dla obszaru europejskiego są one prawie trzykrotnie wyższe i wynoszą 4560 m^3 [Michna, 1998]. Polska ma jedno z najniższych zasobów wodnych w Europie. Według Europejskiego Urzędu Statystycznego w roku 2017 na jednego mieszkańca Polski przypadało 1607 m^3 wody. W Unii Europejskiej niższe wartości od Polski uzyskały cztery państwa: Czechy (1371 m^3 wody w przeliczeniu na jednego mieszkańca), Cypr (229 m^3), Malta (150 m^3) i Rumunia (1487 m^3).

W wielu krajach, w tym również w Polsce, podejmuje się inicjatywy, które mają wspomagać wykorzystanie opadów i przeciwdziałać skutkom suszy powodowanej zmianami klimatycznymi. Przykładem takich działań może być zagospodarowanie wód opadowych i ich infiltracja do wód gruntowych w miejscu opadu za pomocą tzw. błękitno-zielonej infrastruktury lub zrównoważonych systemów drenażu. Błękitno-zielona infrastruktura to przedsięwzięcie, którego celem jest rozpowszechnienie rozwiązań i zabiegów przyrodniczych w miastach (NBS, ang. *nature-based solutions*). Zabiegi zgodne z wytycznymi inicjatywy błękitno-zielonej podjęto w wielu krajach na całym świecie, np. Wielkiej Brytanii, Stanach Zjednoczonych Ameryki, Australii, Chinach.

W Polsce, zgodnie z przyjętą przez rząd w 2019 r. Polityką ekologiczną państwa, niezbędne jest rozwijanie błękitno-zielonej infrastruktury, w tym także systemów małej retencji z wykorzystaniem rozwiązań opartych na przyrodzie. Zabiegi podejmowane w ramach błękitno-zielonej infrastruktury, takie jak tworzenie parków „kieszonkowych”, ogrodów deszczowych w pojemnikach oraz zastosowanie nasadzeń traw, roślin, kwiatów w sieciach komunikacyjnych, są oparte na sposobach naturalnych. Sprawdzają się szczególnie w warunkach miejskich, gdzie z powodzeniem mogą uzupełniać lub zastępować tradycyjne rozwiązania. Wprowadzanie tych naturalnych rozwiązań umożliwia regulację temperatury powietrza, magazynowanie i oczyszczanie wody deszczowej.

Elementy błękitno-zielonej infrastruktury można wkomponować w istniejący krajobraz, np. w ramach sieci komunikacyjnej, drogowej lub pieszej. W przeciwieństwie do swoich tradycyjnych odpowiedników jej elementy mogą pełnić wiele funkcji jednocześnie. Jest to szczególnie ważne w kontekście łagodzenia i adaptacji do zmian klimatu w terenach zagospodarowanych. Głównym zadaniem błękitno-zielonej infrastruktury jest zatrzymanie wody deszczowej w miejscu opadu. Równocześnie możliwe jest pochłanianie dwutlenku węgla lub zmniejszanie zanieczyszczenia powietrza [Iwaszuk i in., 2019].

Szacuje się, że w Polsce wielkość dyspozycyjnych zasobów wody w przeliczeniu na jednego mieszkańca w ciągu roku wynosi ok. 250 m^3 , co stanowi poniżej $0,7 \text{ m}^3 \times \text{doba}^{-1}$. Równocześnie należy podkreślić, że na terenie naszego kraju występują duże ilościowe zróżnicowania zasobów wodnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca [Mioduszewski, 2003]. Najbardziej ubogie w opady atmosferyczne są obszary położone w pasie środkowej Polski (woj. wielkopolskie, kujawsko-pomorskie, lubuskie), gdzie roczne opady kształtują się w granicach 500–600 mm, a niekiedy są jeszcze niższe, gdyż mieszczą się w przedziale 450–500 mm. Suma opadów w 2020 r. w Polsce wyniosła 104,4% średniej z wielolecia 1981–2010. Największą sumę opadów zanotowano na Kasprowym Wierchu – 1810 mm. Duże wartości wystąpiły również w Bielsku-Białej (1182 mm) oraz w Zakopanem (1128 mm). Dużo mniej opadów dotyczyło północnej Polski w okolicach Szczecina – od 410 mm, w Płocku – 421 mm, oraz w Gdańsku – 430 mm (rys. 3.1).



Rys. 3.1. Suma opadów atmosferycznych w Polsce w roku 2020

Źródło: IMGW, 2020

Jeżeli jednak uwzględnimy liczbę ludności, wówczas najmniejszy jednostkowy roczny zasób własnych wód rejestruje się w województwach: mazowieckim ($165 \text{ m}^3 \times \text{osoba}^{-1}$) i łódzkim ($190 \text{ m}^3 \times \text{osoba}^{-1}$), a w dalszej kolejności w woj. wielkopolskim oraz dolnośląskim, niewiele przekraczających $500 \text{ m}^3 \times \text{osoba}^{-1}$ [Michna, 1998].



Rys. 3.2. Najmniejsze roczne zasoby własnych wód według województw

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Michna, 1998

Przy takiej ilości opadów bardzo ważny jest ich równomierny rozkład w okresie wegetacyjnym. Niestety od co najmniej dekady obserwujemy zjawiska nasilonych opadów przeplatane długimi okresami suszy. Intensywne opady nawalne są szkodliwe i niepożądane. To uwidacznia się szczególnie w ostatnich latach. Zauważalne zmiany klimatyczne charakteryzują się właśnie wzrostem opadów atmosferycznych o właściwościach burzowych. Pomiędzy tymi pojavami opadowymi występują dłuższe okresy posuszne, przy których rejestruje się też wydłużoną insolację słoneczną i zwiększoną ewapotranspirację, a równocześnie zmniejszone uwilgotnienie powietrza. Na wspomniane zjawiska pogodowe nakładają się zmiany strukturalne gleby, związane np. z nasileniem procesów erozyjnych, oraz zmienna szata roślinna, które łącznie wyraźnie oddziałują na możliwości retencyjne danego obszaru.

Można bardzo prosto sprawdzić, ile wody tracimy rocznie z powierzchni uszczelnionych, wykorzystując wzór: $Q_{\text{max}} = H \times \Psi \times F$ [m^3/rok], gdzie:

H – suma rocznych opadów [m/rok], np. 500 [mm/rok] tj. 0,5 [m/rok],

Ψ – współczynnik spływu:

- $\Psi = 0,90\text{--}0,95$ dla dachów krytych blachą lub łupkiem,
- $\Psi = 0,85\text{--}0,90$ dla nawierzchni asfaltowej lub betonowej,
- $\Psi = 0,80\text{--}0,90$ dla dachów krytych dachówką ceramiczną,
- $\Psi = 0,75\text{--}0,85$ dla nawierzchni brukowych,
- $\Psi = 0,50\text{--}0,70$ dla dachów płaskich i elementów drewnianych,

f) $\Psi = 0,25-0,60$ dla parkingów trawiasto-betonowych (kratki trawnikowe i luźne kostki rzędowe i kamienne, nawierzchnie tłuczniowe),

F – powierzchnia uszczelniona trwale związana z gruntem [m^2].

Zachodzące zmiany klimatyczne zmierzające w kierunku ocieplenia wpływają negatywnie na dostępność zasobów wodnych. Wzrasta zużycie wody na parowanie z wolnych powierzchni gleb i wód przy jednoczesnym obniżaniu się poziomu wód gruntowych. Wody gruntowe stają się trudno dostępne dla roślin uprawnych. Występuje też zagrożenie dla trwałego utrzymania nienaruszalnych zasobów wód przepływowych, decydujących o życiu biologicznym w ciekach.

Dlatego w całych zlewniach są potrzebne komplementarne działania zmierzające do zatrzymania jak największych ilości wód opadowych i spowolnienia ich odpływu.

Jednym ze sposobów, uznawanych niekiedy za innowacyjny, jest tworzenie sieci małych zbiorników wodnych: oczek, sadzawek, stawków itp. Poprawiają one uwilgotnienie profilu glebowego, a przez to poszerzają różnorodność gatunkową występujących roślin (od wodnych i wodno-błotnych, przez nadbrzeżne, aż po rośliny suchych stanowisk). Podobnie poprawia się różnorodność gatunkowa zwierząt. Małe zbiorniki wodne stwarzają dla nich nowe miejsca życia. Wody zbiornika, strefa nabrzeżna i tafla wody są zasiedlane powoli. Zostają stworzone warunki do utrzymania lub odtworzenia bioróżnorodności tak bardzo ważnej z ekologicznego punktu widzenia.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie znasz metody retencji wodnej w zlewniach zurbanizowanych?
2. Jak zatrzymywać wodę na obszarach rolniczych?
3. Jak zmiany klimatyczne wpływają na bilans wodny?
4. Jakie czynniki potęgują negatywne zjawisko szybkiego odpływu wody?

Ćwiczenie dla ucznia

Na podstawie zdjęć satelitarnych (np. ze strony geoportal.gov.pl lub mapy Google) wybierz dowolny teren o nieprzepuszczalnej powierzchni. Może to być np. parking, dach hipermarketu itp. Oblicz jego powierzchnię, uwzględnij jeden współczynnik spływu i na podstawie zaprezentowanej powyżej mapy opadów (rys. 3.1) oceń, jaka średnia objętość wody w skali roku „ucieka” z powierzchni w danym obszarze. Spróbuj porównać te straty z przykładowym zużyciem wody w naszych gospodarstwach domowych.

3.2

Rozwiązania organizacyjne, administracyjne i inżynierskie w zakresie retencjonowania, oczyszczania i zagospodarowania wód opadowych

dr inż. Agnieszka Kowalczyk

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy

Państwowy Instytut Badawczy

Ważnym krokiem na drodze do powszechnego stosowania rozwiązań retencyjnych była nowelizacja Prawa wodnego w 2017 r., zgodnie z którą wody opadowe przestały być traktowane jak ścieki. Za odprowadzanie wód opadowych do kanalizacji deszczowej i zbiorczej jest pobierana opłata, zgodnie z art. 269 Prawa wodnego: za zmniejszenie naturalnej retencji terenowej na skutek wykonywania na nieruchomości o powierzchni powyżej 3500 m² robót lub obiektów budowlanych trwale związanych z gruntem, mających wpływ na zmniejszenie tej retencji przez wyłączenie więcej niż 70% powierzchni nieruchomości z powierzchni biologicznie czynnej na obszarach nieujętych w systemy kanalizacji otwartej lub zamkniętej, której składnik zmiennej zależy od urzędzeń do retencjonowania wody [Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2021 poz. 2233)].

W sposób pośredni do tego zagadnienia odnosi się także Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627) – ostatnia nowelizacja z dnia 9 czerwca 2022 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw 1260 (Dz.U. 2022 poz. 1260).

W dziale II „Instalacje, urządzenia, substancje oraz produkty”, rozdziale 1 „Instalacje i urządzenia”, art. 143 odnosi się m.in. do technologii stosowanych w nowo uruchamianych lub zmienianych w poważny sposób instalacjach i urządzeniach, w których należy uwzględnić w szczególności zapewnienie racjonalnego zużycia wody i innych surowców oraz materiałów i paliw.

Z kolei w rozdziale 4 „Finansowanie ochrony środowiska i gospodarki wodnej” w art. 400a pkt 15 ustawa wymaga wspomaganie m.in. systemów pomiarowych zużycia wody i ciepła, co koresponduje z koniecznością oszczędzania wody, a tym samym retencjonowania.

Na podstawie art. 43 ustawy z dnia 8 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie

środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko w lipcu 2021 r. minister infrastruktury ogłosił proces konsultacji społecznych projektu dokumentu „Program przeciwdziałania niedoborowi wody na lata 2021–2027 z perspektywą do roku 2030” [Ministerstwo Infrastruktury, 2021]. Ma on dwukrotnie zwiększyć powierzchnię retencyjną w Polsce, co ma prowadzić do zwiększania zasobów wodnych i poprawy ich dostępności oraz zapobiegania poważnym skutkom zmian klimatycznych – suszom i powodziom. Przeprowadzono analizę kosztów i korzyści, która miała ocenić całościowy wpływ inwestycji na ekonomiczny dobrobyt środowiska poprzez określenie jej efektów społecznych i ekonomicznych. Przeprowadzone wyliczenia wskazują, iż średnioroczny efekt unikniętych strat w rolnictwie wynosi ok. 2,9 mld zł rocznie (średnio w latach 2021–2030). Po włączeniu innych branż (współpracujących lub wynikających z pracy rolnictwa) efekt unikniętych strat przekroczy 4,4 mld zł rocznie.

Zmniejszeniu w dużym stopniu ulegnie też średnia wartość straty na 1 ha upraw. W wyniku przeprowadzonych kalkulacji średnia strata na 1 ha pól uprawnych zmniejszyła się w ujęciu rocznym o 366 zł/ha w perspektywie 10-letniej i 415 zł/ha w perspektywie 30-letniej.

Kolejne duże zmiany mają nastąpić za sprawą tzw. specustawy suszowej – ustawy o inwestycjach w zakresie przeciwdziałania skutkom susz [Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2020]. Projektowaną ustawę przygotowuje Ministerstwo Klimatu i Środowiska, została zgłoszona do Wykazu Prac Rady Ministrów z numerem UD101. Na portalu Rządowego Centrum Legislacji można znaleźć opis aktualnego stanu zaawansowania prac. Obecnie trwają konsultacje społeczne. Jednym z głównych celów przedmiotowego projektu ustawy jest wprowadzenie do systemu prawnego rozwiązań, które pozwolą na uproszczenie oraz przyspieszenie prac związanych z przygotowaniem do realizacji zadań mających przeciwdziałać zjawisku suszy.

Wspomniana ustawa będzie dotyczyła obszarów:

- zatrzymania wody oraz zwiększenia obszarów zielonych,
- zmiany w planowaniu przestrzennym,
- naturalnej retencji,
- propozycji dla rolników,
- inwestycji hydrotechnicznych na rzecz retencji i ograniczania skutków suszy,
- przyspieszenia procedur realizujących przedsięwzięcia retencyjne,
- usprawnienia systemu urządzeń melioracji wodnych zapewniających wodę na potrzeby rolnictwa.

Jest przewidziany szereg uproszczeń w procedurze przygotowania i realizacji inwestycji. Jednym z nich jest ustalenie specjalnego trybu uzyskiwania pozwolenia na realizację inwestycji związanej z przeciwdziałaniem skutkom suszy przez:

- skrócenie terminów na dokonanie przewidzianych prawem uzgodnień i opinii, a także na wydawanie niezbędnych prawem decyzji, w tym zgód wodnoprawnych i decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach (np. decyzja środowiskowa według nowych przepisów ma być wydawana w terminie 45 dni od dnia złożenia wniosku, a zgoda wodnoprawna – w terminie 21 dni);
- wprowadzenie zasady, zgodnie z którą uzyskanie decyzji o pozwoleniu na realizację inwestycji na przeciwdziałanie skutkom suszy będzie równoznaczne z uzyskaniem decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego – w rozumieniu przepisów ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym oraz pozwolenia na budowę – w rozumieniu przepisów Prawa budowlanego (zob. art. 5 ust. 3 projektu ustawy);
- wprowadzenie ułatwień proceduralnych przy wydawaniu decyzji na podstawie ustawy w kwestii ustalania stron postępowania, w szczególności w odniesieniu do właścicieli nieruchomości o nieuregulowanym stanie prawnym; wprowadzenie możliwości zawiadomienia stron o wydanej decyzji w formie obwieszczenia (właścicielom i użytkownikom wieczystych nieruchomości objętych wnioskiem zawiadomienie o wszczęciu postępowania w sprawie o wydanie decyzji o pozwoleniu na realizację inwestycji na przeciwdziałanie skutkom suszy ma być wysłane na adres określony w ewidencji gruntów i budynków ze skutkiem doręczenia); w odniesieniu do pozostałych stron i właścicieli nieruchomości o nieure-

gulowanym stanie prawnym zawiadomienie o wszczęciu takiego postępowania będzie dokonywane na drodze obwieszczenia w urzędzie wojewódzkim i urzędach gmin właściwych ze względu na lokalizację inwestycji na przeciwdziałanie skutkom suszy, w Biuletynie Informacji Publicznej na stronach podmiotowych organów obsługiwanych przez te urzędy, a także w prasie o zasięgu ogólnopolskim);

- likwidację wymogu uzyskiwania dodatkowych decyzji niezbędnych do realizacji inwestycji o podziale nieruchomości, nabywania niezbędnych nieruchomości, aby zrealizować inwestycję, wyciąć drzewa i krzewy (np. zgodnie z art. 25 ust. 1 projektu podział nieruchomości zatwierdza się decyzją o pozwoleniu na realizację inwestycji na przeciwdziałanie skutkom suszy, z kolei w myśl art. 17 ust. 1 projektu w pozwoleniu na realizację inwestycji na przeciwdziałanie skutkom suszy wojewoda zezwala, w zakresie niezbędnym do realizacji inwestycji, na usunięcie drzew lub krzewów znajdujących się na nieruchomościach objętych tą decyzją);
- zapewnienie możliwości wejścia na teren nieruchomości, aby podjąć działania przygotowawcze niezbędne do realizacji inwestycji, takich jak przeprowadzenie pomiarów, badań lub innych niezbędnych prac (zob. art. 21 projektu).

Przewidziano rozwiązania, zgodnie z którymi uzyskanie przez inwestora pozwolenia na realizację inwestycji będzie się wiązało z obowiązkiem ograniczenia przez wojewodę – za odszkodowaniem – sposobu korzystania z nieruchomości przez udzielenie zezwolenia na zakładanie, przeprowadzanie i korzystanie z niezbędnych na nieruchomości podziemnych, naziemnych lub nadziemnych obiektów i urządzeń. Zgodnie z zamierzeniem projektodawcy: „Wprowadzenie przepisu ma na celu zagwarantowanie inwestorowi uzyskania prawa do nieruchomości, pozwalającego mu na prowadzenie inwestycji, a także zapewnienie jej prawidłowego funkcjonowania, z jednoczesnym poszanowaniem prawa własności oraz praw przysługujących właścicielom czy użytkownikom wieczystym”.

Oprócz uproszczenia procesu inwestycyjnego projektowane przepisy wprowadzają katalog różnych rozwiązań – doraźnych i stałych – które będą sprzyjać zatrzymaniu wody w środowisku – w lasach i w parkach, na terenach rolniczych oraz w gospodarstwach.

Wśród zmian ważnych z punktu widzenia projektowania rozwiązań instalacyjno-budowlanych dla retencji wód najważniejsze są: podwyższenie tzw. podatku od deszczu (opłaty za zmniejszenie naturalnej retencji terenu przez zabudowanie), konieczność planowania rozwiązań do retencji i określonej powierzchni biologicznie czynnej oraz wyłączenie z obowiązku uzyskania pozwolenia na budowę zbiorników retencyjnych o pojemności do 10 m³.

Opłata za zmniejszenie naturalnej retencji terenu przez jego zabudowanie, która jest zapisana w Prawie wodnym, ma być wyższa, a przede wszystkim ma objąć nawet 20-krotnie większą liczbę nieruchomości (magazynów, parkingów, sklepów i budynków mieszkalnych).

Jako powierzchnie zabudowane traktuje się dachy, tarasy, powierzchnie pokryte nawierzchnią nieprzepuszczalną – asfaltem, betonem, kostką brukową [Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2020]. Po zmianie opłata ma dotyczyć nieruchomości o powierzchni powyżej 600 m², z której więcej niż 50% wyłączono z powierzchni biologicznie czynnej. Zniknął także warunek, że obszar nie jest objęty siecią kanalizacyjną. Opłata ma zależeć od powierzchni „uszczelnionej” i wyniesie rocznie od 0,45 zł (nieruchomości wyposażone w rozwiązania do retencjonowania wody o pojemności 10–30% odpływu rocznego) do 1,50 zł (brak urządzeń do retencji) za każdy m² [Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2020].

Zmiany nastąpią również przy planowaniu inwestycji. Ma to związek z zapisaną w specustawie suszowej nowelizacją ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, która została już wprowadzona w życie dzięki Obwieszczeniu Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 28 stycznia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [Dz.U. 2022 poz. 503].

Zapisało w niej między innymi, że każdy projekt budowy lub rozbudowy będzie musiał uwzględnić, np. zagospodarowanie wód opadowych i roztopowych w obrębie działki budowlanej oraz zapewnienie udziału powierzchni biologicznie czynnej, wynoszącej co najmniej 30% ogólnej powierzchni działki budowlanej (w tym gleby – co najmniej 15% ogólnej powierzchni działki budowlanej). Powierzchnia biologicznie czynna jest definiowana jako teren zapewniający naturalną vegetację roślin i retencję wód opadowych i roztopowych, teren pokryty wodami powierzchniowymi, a także 50% powierzchni tarasów i stropodachów oraz innych powierzchni zapewniających naturalną vegetację roślin, o powierzchni nie mniejszej niż 10 m² [Dz.U. 2022 poz. 503].

W specustawie zawarto też zapis dotyczący zmiany art. 29 Prawa budowlanego (Ustawa Prawo budowlane, Dz.U. 2020, poz. 1333). Zgodnie z nim w katalogu rozwiązań, które nie wymagają pozwolenia na budowę, są zbiorniki bezodpływowe na wody opadowe lub wody roztopowe o pojemności do 10 m³.

Jest też planowane uproszczenie procedur administracyjnych dla rolników pod kątem Prawa wodnego – wykonanie stawu o powierzchni do 5000 m² nie będzie wymagało pozwolenia wodnoprawnego, tylko zgłoszenia wodnoprawnego, a stawu mniejszego (do 1000 m²) – jedynie powiadomienia Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie.

Nowe przepisy umożliwiają każdemu, bez pozwolenia wodnoprawnego, wykopanie stawu, który będzie mógł pomieścić potencjalnie do 15 mln litrów wody. Budowa zbiornika małej retencji to inwestycja na długie lata, która nie tylko się zwróci, ale i przyniesie korzyści. Działając lokalnie, w ramach małej retencji, wspieramy ochronę zasobów wodnych w całym kraju [Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2020].

Kolejne zmiany dotyczą wspólnej polityki rolnej (WPR) na lata 2023–2027, która będzie się opierać na 10 najważniejszych celach. Dotyczą one spraw społecznych, środowiskowych i gospodarczych. Będą stanowić podstawę opracowywania przez kraje UE planów strategicznych WPR.

W ramach tych planów poprawa gospodarki wodą w produkcji rolniczej będzie realizowana w ramach:

- a) celu 4. „Przyczynianie się do łagodzenia zmiany klimatu i przystosowywania się do niej, a także wykorzystanie zrównoważonej energii”, a zwłaszcza:
 - w punkcie 2. „Adaptacja rolnictwa i leśnictwa do zmian klimatu, w tym ograniczenie oddziaływania niekorzystnych warunków pogodowych lub zagrożeń chorobowych;
 - w punkcie 6. „Podnoszenie wiedzy w zakresie łagodzenia zmian klimatu i adaptacji do nich”.

Niska efektywność wykorzystania wody wynika z faktu, że ok. 10–30% wody pobieranej z ujęć zostaje utracone z powodu nieszczelności instalacji wodociągowych lub też nawadniania bez wodooszczędnych metod. Przeciwdziałanie niedoborom wody wymaga więc ochrony gleb przed przesuszeniem (np. poprzez zwiększenie retencji wodnej), zachowania mokradł i torfowisk i dostosowania agrotechniki i technologii uprawy roślin oraz właściwego doboru gatunków i odmian roślin do uprawy na danym obszarze.

W ramach tego celu planuje się wdrożenie systemów na rzecz środowiska i klimatu (ekoschematy), mających wspierać praktyki przyczyniające się m.in. do ograniczenia strat wody w glebie. Będą również realizowane inwestycje sprzyjające poprawie zarządzania zasobami wodnymi na poziomie gospodarstw rolnych. Dotyczy to głównie wyposażenia w małe zbiorniki gromadzące wody opadowe czy roztopowe, instalacje do pozyskiwania i zagospodarowania wody deszczowej oraz do powtórnego obiegu wody. Działaniem uzupełniającym powyższe zadania będzie wsparcie przebudowy istniejących urządzeń melioracyjnych z funkcji odwadniających na nawadniająco-odwadniające (zastawki, jazy, przepusty). Urządzenia wodne piętrzące wodę będą mogły być wyposażone w instalacje do pozyskiwania energii z OZE (mikroinstalacje wodne).

To poprawi efektywność wykorzystania dostępnych zasobów wodnych w produkcji energii i produkcji rolnej. Ważnym elementem wsparcia będzie transfer wiedzy poprzez odpowiednie doradztwo i szkolenia z racjonalnego gospodarowania wodą na poziomie gospodarstwa [Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2020].

Poprawa gospodarki wodą w produkcji rolniczej zostanie wdrożona także poprzez realizację celu 5. „Wspieranie zrównoważonego rozwoju i wydajnego gospodarowania zasobami naturalnymi, takimi jak woda, gleba i powietrze”. Dotyczy on następujących punktów:

- 1) Ochrona zasobów i poprawa jakości gleby.
- 2) Poprawa gospodarki wodnej na obszarach wiejskich.
- 3) Poprawa jakości wód.
- 4) Ograniczanie zanieczyszczeń powietrza.
- 5) Zapobieganie porzucaniu gruntów.

- 6) Podnoszenie wiedzy o racjonalnym wykorzystaniu zasobów naturalnych – wody, gleby, powietrza.

Powyższe założenia planu wynikają m.in. z tego, że gleba jako jeden z najważniejszych zasobów naturalnych dostarcza niezbędnych składników odżywczych, wody, tlenu oraz wspiera właściwy rozwój i wzrost roślin.

Zostanie wdrożone wsparcie w ramach wspomnianych wcześniej ekoschematów. Rolnicy, którzy zastosują na swoich gruntach praktyki rolnicze chroniące gleby, ograniczające presję rolnictwa na jakość wody oraz powietrza, będą mogli skorzystać z dodatkowej płatności. Będzie kontynuowane wsparcie dla gospodarstw położonych na obszarach z ograniczeniami naturalnymi i innymi szczególnymi ograniczeniami (tzw. obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania – ONW). Proponuje się też wsparcie rolników prowadzących gospodarstwa ekologiczne lub produkcję w ramach systemu integrowanej produkcji roślin, aby zachęcić do prowadzenia tego typu produkcji. Dodatkowe płatności zaplanowano również w ramach zobowiązań rolno-środowiskowych. Komplementarnie będzie realizowane wsparcie inwestycyjne gospodarstw rolnych co do niskoemisyjnych technologii (np. doglebowej aplikacji nawozów mineralnych lub naturalnych, uprawy bezorkowej, biofiltrów, urządzeń do przechowywania nawozów, opryskiwaczy z urządzeniami antyznosiennymi). Zostaną też wdrożone instrumenty z zakresu wsparcia zalesiania, zadrzewień i systemów rolno-leśnych oraz stref buforowych wzdłuż cieków wodnych, chroniących wody przed zanieczyszczeniem środkami ochrony roślin i nawozami. Realizacja tego celu będzie wymagała zapewnienia odpowiednich usług doradczych i szkoleniowych dla rolników [Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2020].

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie regulacje prawne w Polsce odnoszą się bezpośrednio lub pośrednio do retencjonowania wody w obszarach rolniczych?
2. Jakie zmiany prawne są planowane, aby poprawić retencyjność wód opadowych?
3. Czy proponowane zmiany legislacyjne wystarczą, aby skutecznie przeciwdziałać negatywnym skutkom niedoboru wody na terenach wiejskich?
4. Jakie są inne, poza prawnymi, możliwości zabezpieczenia wody przed nadmiernym odpływem?

Ćwiczenie dla ucznia

Wyszukaj w internecie w różnych aktach legislacyjnych najważniejsze zapisy związane z ochroną wód, a szczególnie z jej retencjonowaniem i oszczędzaniem. Zacytuj poszczególne paragrafy i opisz, według swojej opinii, na ile będą one skuteczne w praktyce.

3.3

Przedsięwzięcia i inwestycje prowadzące do racjonalizacji wykorzystania zasobów wodnych

dr inż. Agnieszka Kowalczyk

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Państwowy Instytut Badawczy

Program przeciwdziałania niedoborowi wody [Ministerstwo Infrastruktury, 2021] zakłada działania, inwestycje mające zwiększać retencję wodną w perspektywie do 2030 r. Retencja obejmuje szereg aspektów związanych z gospodarowaniem wodami. W związku z tym jej kształtowanie powinno obejmować różnokierunkowe, kompleksowe działania, które podzielono na 14 typów:

- 1) renaturyzacja ekosystemów mokradłowych;
- 2) renaturyzacja rzek;
- 3) realizacja i odtwarzanie obiektów małej retencji i mikroretencji na terenach leśnych;
- 4) zalesianie, zadrzewianie oraz przebudowa drzewostanów;
- 5) realizacja i odtwarzanie obiektów małej retencji i mikroretencji na terenach rolniczych;
- 6) promowanie i wdrażanie zabiegów agrotechnicznych zwiększających retencję glebową;
- 7) realizacja i odtwarzanie stawów hodowlanych;
- 8) realizacja nowych oraz przebudowa istniejących systemów melioracyjnych w celu zapewnienia funkcji nawadniająco-odwadniających;
- 9) tworzenie i odtwarzanie zadrzewień śródpolnych, przydrożnych i przywodnych;
- 10) realizacja obiektów retencionujących wodę;
- 11) realizacja innych działań służących poprawie retencji wód;
- 12) przekształcanie wybranych suchych zbiorników przeciwpowodziowych w zbiorniki retencyjne wielofunkcyjne;
- 13) rekultywacja wyrobisk pogórnich w celu wykorzystania jako wielofunkcyjne zbiorniki retencyjne;
- 14) realizacja miejskich planów adaptacji oraz inne działania mające na celu zwiększenie retencji w miastach (m.in. błękitno-zielona infrastruktura, retencja wód opadowych i zwiększanie udziału powierzchni biologicznie czynnej).

Każdy z typów działań został przeanalizowany pod kątem powiązania działania z zapisami dokumentów planistycznych na szczeblach krajowym, regionalnym oraz lokalnym.

Wszystkie inwestycje są niezbędne, aby kompleksowo podejść do przeciwdziałania niedoborom wodnym. Działania związane z renaturyzacją, tj. działaniem wspomagającym odtworzenie stanu ekosystemu lub procesów przyrodniczych zachodzących w ekosystemie, który został zdegradowany, uszkodzony lub zniszczony [Gann i in., 2019] wpływają pośrednio na obszary przyległe. Renaturyzacja ekosystemów wodnych jest działaniem złożonym. Jej sukces jest mierzony odpowiednio dobranymi wskaźnikami stanu środowiska, przyrody ożywionej oraz nieożywionej i zależy od wielu czynników.

Wody powierzchniowe o złym stanie ekologicznym przestają pełnić swe funkcje gospodarcze, społeczne czy środowiskowe. Pogłębiają także postępujące ograniczanie zasobów wodnych poprzez przyspieszenie odpływu ze zlewni, zwiększając przy tym ryzyko powodziowe obszarów położonych w dolnych odcinkach biegów rzek [Biedroń i in., 2020].

Przykładem może być odtworzenie koryta rzecznoego (działanie 2) poprzez niezabudowywanie niecki zalewowej czy też naturalnego pokrycia krzewami i drzewami. Stworzenie takich warunków przepływu rzeki tworzy stabilny krajobraz, a samoutrzymujący się element obiegu wody w środowisku pozwala na zatrzymanie wody w okresach suszy. Poprawia też jakość wody w rzekach, co zwiększa możliwości samooczyszczania się cieku.

W obszarach intensywnego rolnictwa, które używa coraz większej ilości nawozów, odtworzenie czy zachowanie naturalnych terenów nadrzecznych, bagiennych, mokradeł czy stref buforowych (działanie 1) pozwala na zatrzymanie wód opadowych oraz zmniejszenie eutrofizacji zbiorników wodnych.

Odpowiednie zabiegi agrotechniczne (działanie 6: „Promowanie i wdrażanie zabiegów agrotechnicznych zwiększających retencję glebową”), to np.:

- wprowadzenie w glebę rozdrobnionej słomy, która dostarcza wielu składników pokarmowych oraz bierze udział w tworzeniu substancji organicznej (próchnicy), uczestniczy w tworzeniu struktury gruzełkowatej gleby, zwiększa jej pojemność wodną oraz aktywność biolo-

- giczną i powoduje, że gleba jest łatwiejsza w uprawie oraz stanowi źródło azotu;
- wsiewanie większej ilości roślin ozimych, które lepiej wykorzystują wodę zatrzymaną w glebie podczas zimy;
- unikanie pozostawiania zaoranego (odkrytego) pola na zimę – gleba pokryta roślinnością czy resztkami poplonów lepiej magazynuje wodę i nie chroni przed erozją wodną i wietrzną;
- odpowiednie nawożenie obornikiem, fosforem i potasem powinno odbyć się jesienią, należy unikać nawożenia obornikiem wiosną, ponieważ powoduje to opóźnienie siewu roślin jarych i przesuszenie gleby;
- odpowiedni odczyn gleby, który możemy regulować poprzez wapnowanie.

Działania związane z tematem: „Zalesianie, zarzewianie oraz przebudowa drzewostanów” (działanie 4) najczęściej wiąże się z gruntami już nieużytkowanymi rolniczo, zdegradowanymi przez przemysł i nieużytkami. Wprowadzanie lasu na takie powierzchnie może się odbywać przez siew lub sadzenie sadzonek. Powyższe działania oraz „Realizacja i odtwarzanie obiektów małej retencji i mikroretencji na terenach leśnych” (działanie 3) powodują zminimalizowanie negatywnych skutków zjawisk naturalnych w postaci: powodzi, niszczącego działania wód wezbraniowych czy suszy. Jest bogactwem różnorodnych gatunków roślin i zwierząt, powoduje ochronę klimatu, wodochronność itp. Działanie to jest szczególnie ważne w początkowym biegu rzek i strumieni, zwłaszcza w zlewniach górskich.

Wszystkie bezpośrednie lub pośrednie wprowadzane działania związane z zatrzymaniem wody wpływają na poprawę stanu środowiska nie tylko w miejscu działań, ale również w całym rejonie, województwie czy kraju.

Dla rolnictwa bardzo ważne jest działanie 5: „Realizacja i odtwarzanie obiektów małej retencji i mikroretencji na terenach rolniczych”, składające się z podtypów:

- wspieranie mikroretencji poprzez tworzenie przydomowych zbiorników wodnych, które obejmuje działania dot. zakupu, montażu, budowy i uruchomienia instalacji pozwalających na zbieranie, retencjonowanie i używanie wód opadowych oraz roztopowych;
- ochrona obszarów okresowo zalewanych, polegająca na wprowadzaniu działań mających kształtować retencję na obszarach użytkowanych rolniczo poprzez ochronę terenów okresowo zalewanych;

- gospodarowanie rolnicze na obszarach podmokłych poprzez wskazanie zapotrzebowania na zmianę sposobu prowadzenia gospodarki rolnej na obszarach okresowo zalewanych (paludikultura);
- ochrona istniejących obiektów mikroretencji obejmująca ochronę obszarów retencjonujących wodę powstałych na skutek działalności bobra (*Castor fiber*);
- wspieranie mikroretencji poprzez tworzenie śródpolnych zbiorników wodnych w naturalnych zagłębieniach terenu [Ministerstwo Infrastruktury, 2021].

Jednym z przedsięwzięć, dofinansowanym przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), jest program Moja woda, który ma chronić zasoby wody poprzez zwiększenie retencji na terenie posesji przy budynkach jednorodzinnych oraz używanie zgromadzonej wody opadowej i roztopowej, m.in. dzięki rozwojowi zielononiebieskiej infrastruktury. Celem strategicznym jest poprawa ochrony przed skutkami zmian klimatu i zagrożeń naturalnych.

Finansowanie obejmuje zakup, montaż, budowę i uruchomienie instalacji, pozwalających na zagospodarowanie wód opadowych i roztopowych na terenie nieruchomości objętej przedsięwzięciem. Są to:

- przewody odprowadzające wody opadowe zebrane z rynien, wpustów do zbiornika nadziemnego, podziemnego, otwartego lub zamkniętego, szczelnego lub infiltracyjnego;
- instalacja rozsączająca;
- zbiornik retencyjny szczelny lub infiltracyjny – nadziemny otwarty od 2 m³ pojemności, nadziemny zamknięty od 1 m³ pojemności (przy zbiornikach o pojemności mniejszej niż 2 m³ wymaga się, aby w ramach dofinansowania zostały zakupione co najmniej 2 szt.), podziemny zamknięty od 2 m³ pojemności;
- elementy do nawadniania lub innego wykorzystania zatrzymanej wody.

Dofinansowanie ma postać dotacji w wysokości do 80% kosztów kwalifikowanych, ale nie więcej niż 5 000 zł. Nabór wniosków ma charakter ciągły od 1 lipca 2020 r. do 31 maja 2024 r. lub do czasu rozdysonowania puli środków. Okres realizacji zadania nie może przekraczać 12 miesięcy od dnia złożenia wniosku i zadanie nie może być zakończone przed dniem złożenia wniosku.

O dofinansowanie zbiorników na deszczówkę można się również ubiegać z programów samorząd-

dów. Działanie zmierzające do zwiększenia retencji i wykorzystania wody opadowej jest wspierane przez wiele miast, m.in.: Kraków, Warszawa, Gdańsk czy Wrocław.

Nie tylko wielkie miasta wspierają przeciwdziałanie zjawiskom suszy. Każda osoba, która posiada przydomowy ogródek, może przyczynić się do zwiększenia retencji tzw. deszczówki, a następnie wykorzystać ją do podlewania roślin w okresie bezdeszczowym. Można to zrobić za pomocą wykonanych samodzielnie prostych zbiorników na wody opadowe lub bardziej zaawansowanych instalacji, np. za pomocą zbiorników podziemnych pozwalających na retencjonowanie wody spływającej z dachu lub innych utwardzonych powierzchni czy instalacji roz-

sączających. Instalacja zbiorników na wody opadowe na prywatnych posesjach jest coraz częściej dofinansowana ze środków publicznych poprzez różnego rodzaju programy dotacyjne oferowane przez niektóre samorządy lokalne.

Wsparcie finansowe na działania związane z retencją mogą uzyskać także rolnicy. W ramach programu Modernizacja gospodarstw rolnych przyznaje się dotacje na inwestycje związane z nawadnianiem gospodarstw, takie jak na przykład zakup urządzeń do magazynowania, odzyskiwania i rozprowadzania wody. Rolnicy mogą ubiegać się o dofinansowanie w wysokości 50% poniesionych kosztów, co najwyżej 100 tys. zł.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Wymień elementy działania 5. dotyczącego realizacji i odtwarzania obiektów małej retencji i mikroretencji na terenach rolniczych?
2. Jakie dofinansowanie może uzyskać rolnik w programie Moja woda, finansowanym przez NFOŚiGW?
3. Na jakie działania można dostać dofinansowanie w programie Moja woda, finansowanym przez NFOŚiGW?

Ćwiczenie dla ucznia

Na podstawie danych internetowych zorientuj się, czy w twojej gminie jest dofinansowanie na zwiększenie retencji i wykorzystania wody opadowej.

3.4

Dobre praktyki dla zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych

dr inż. Agnieszka Kowalczyk

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy

Państwowy Instytut Badawczy

Działania z zakresu retencji wodnej mają zmniejszyć oraz spowolnić odpływ ze zlewni. Na wielkość i prędkość odpływu wpływa wiele czynników: warunki hydrologiczno-meteorologiczne, zasilanie (opadem lub wodą z topniejącej pokrywy śnieżnej), warunki topograficzne i geologiczne, rodzaj i sposób uprawy gleby, pokrycie terenu roślinnością, zabudowa i zagospodarowanie terenu zlewni. W wyniku urbanizacji, postępującej zabudowy terenów nadrzecznych, eksploatacji kopalni oraz niewłaściwie prowadzonej gospodarki rolnej następuje zmiana stosunków wodnych w zlewni. Zwiększanie udziału powierzchni nieprzepuszczalnych w zlewni (przez zabudowę, rozwój infrastruktury drogowej itd.) powoduje wzrost i przyspieszenie spływu powierzchniowego, zmniejszenie parowania przez roślinność i powierzchnię gruntu, a także – w wyniku zmniejszonej infiltracji wód opadowych – obniżanie się poziomu wód gruntowych i ograniczanie odbudowy ich zasobów. Dlatego należy zatrzymać wodę w miejscu jej powstania, ograniczyć odpływ powierzchniowy i zwiększyć wilgotność gleby.

Ogrody deszczowe

Elementem pozwalającym na wykorzystanie wody opadowej są ogrody deszczowe (rys. 3.3) jako rodzaj ogrodu założonego na powierzchni gruntu (lub w niewielkim zagłębieniu) i zaprojektowanego w taki sposób, aby mógł korzystać z wody opadowej pochodzącej z sąsiadujących nieprzepuszczalnych powierzchni. Takie ogrody są estetyczne i funkcjonalne.

Działanie ogrodu deszczowego polega na kierowaniu wody z dachów, dróg, parkingów czy placów za pomocą rynien, rur i spadków terenu na specjalnie przygotowany obszar roślinny, gdzie jest gromadzona, a następnie powoli infiltrowana do gleby oraz pobierana przez rosnące rośliny. W ten sposób ogrody spowalniają spływ powierzchniowy i zwiększają retencję w krajobrazie, zmniejszając tym samym ilość wody spływającej do kanałów, rowów oraz siłę wymywania i erozji.



Rys. 3.3. Schemat ogrodu deszczowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie Stec, Dziopak, 2017

Ogród deszczowy w glebie

W zależności od uwarunkowań lokalnych ogród deszczowy w gruncie może być wykonany w dwóch wariantach: jako ogród infiltracyjny (bez uszczelnienia dna, tak aby woda mogła wsiąkać w głąb) oraz ogród w wersji szczelnej pełniący głównie funkcję retencyjną (fot. 3.1).

Ogród deszczowy w pojemniku

Warto pamiętać, aby ogród deszczowy wykonany w pojemniku był trwały i wytrzymały na napór materiału wypełniającego oraz warunki atmosferyczne. Nie musi być wodoszczelny, ponieważ można go wyścielić folią PVC lub geomembraną. Dobrze jest zachować odstęp pojemnika od budynku (co najmniej 0,3 m), aby zapewnić swobodny przepływ powietrza pomiędzy nimi i nie spowodować zawilgocenia budynku (fot. 3.2).



Fot. 3.1. Przykład ogrodu deszczowego w glebie (fot. A. Kowalczyk)



Fot. 3.2. Ogród deszczowy w pojemniku

Źródło: Stec, Dziopak, 2017

Zalecenia:

- minimalna odległość od budynku: dla ogrodu deszczowego w pojemniku – 0,3 m, dla ogrodu deszczowego w gruncie wyścielonego folią – 0,5 m, dla ogrodu typu infiltracyjnego – 5 m;
- zlokalizowanie ogrodu blisko miejsc wypoczynku dla mieszkańców, np. tarasów;
- zachowane nachylenie przyległego terenu (kierunek spływu) w stronę ogrodu deszczowego;
- teren, na którym przewidziany jest ogród deszczowy, powinien być mało zróżnicowany pod względem wysokościowym [Lejcuś i in., 2021].

Przydomowe zbiorniki na deszczówkę

Zbiorniki do magazynowania wód opadowych stanowią jedno z najprostszych rozwiązań wpisujących się w racjonalną gospodarkę wodami opadowymi. Zgromadzoną deszczówkę można stosować do celów gospodarczych, w tym prac porządkowych. Szeroki wachlarz dostępnych zbiorników pozwala na ich dobranie tak, aby spełniały walory dekoracyjne i wpisywały się w lokalny krajobraz.

Beczka na wody opadowe

Zbiorniki przeznaczone do gromadzenia wody opadowej mogą mieć formę tradycyjnej beczki (fot. 3.3), którą należy umieścić na stabilnym podłożu bezpośrednio przy budynku.

A



B



C



Fot. 3.3. Zbiorniki do gromadzenia wody opadowej: (A) tradycyjna beczka (fot. A. Kowalczyk), (B) beczka z dekoracyjną obudową, (C) zbiornik zewnętrzny przy budynku AGH w Krakowie (fot. M. Kopacz)

Doprowadzenie wody do beczki odbywa się przez system rur spustowych (rynien) odprowadzających wodę z dachu budynku tak, aby mogła wpływać bezpośrednio do zbiornika. Zanim deszczówka zostanie odprowadzona do zbiornika, powinna być oczyszczona z zanieczyszczeń zgromadzonych na dachu, np. liści, gałęzi. Zaleca się stosowanie separatorów lub specjalnych koszy na grubsze zanieczyszczenia, które są montowane na rurach spustowych. Przy wlocie do zbiornika sprawdzają się również sita.

Zbiorniki dekoracyjne

Zbiorniki dekoracyjne (fot. 3.4) są przeznaczone do magazynowania wody, aby ją później wykorzystać. Zasada działania oraz sposób podłączenia tego typu zbiorników są dokładnie takie same jak w tradycyjnej beczce. Zbiorniki dekoracyjne są najczęściej wykonywane z wysokiej jakości materiałów, odpornych na działanie promieniowania UV, zapobiegających powstawaniu zanieczyszczeń w zgromadzonej wodzie.



Fot. 3.4. Przykładowe zbiorniki dekoracyjne na wodę (fot. A. Kowalczyk)

Powierzchnie przepuszczalne

Powierzchnia przepuszczalna to taka, która umożliwia swobodne odprowadzanie wód opadowych i roztopowych do gruntu. Powierzchnie przepuszczalne pozwalają na swobodną infiltrację (wsiąkanie) wód opadowych w glebę, ograniczając intensywny spływ powierzchniowy (część opadu, która spływa po powierzchni). Gleba działa jak naturalny filtr, rozkładając i usuwając zanieczyszczenia, które mogą być obecne w spływach opadowych. Obecność

nawierzchni przepuszczalnych pozytywnie wpływa na stan wód gruntowych, stanowi naturalne źródło nawodnienia, ograniczając zużycie wody.

Dobór nawierzchni przepuszczalnych zależy od przeznaczenia, rodzaju oraz natężenia ruchu, typu podłoża, spadku terenu i estetyki. Do powszechnie stosowanych nawierzchni przepuszczalnych można zaliczyć nawierzchnie: trawiaste, żwirowe oraz kamienne, a także kraty ażurowe, tzw. ekokraty, mieszanki mineralno-żywiczne, beton porowaty czy też asfalt porowaty (fot. 3.5).

A



B



Fot. 3.5. Przykłady nawierzchni przepuszczalnych: (A) kraty ażurowe, (B) mieszanki mineralno-żywiczne

Źródło: Jansz, Brukuj z Nami, online: <http://www.fajnyplac.pl/nawierzchnie-ekologiczne/> [dostęp 5.10.2022]

Dachy zielone

Zielone dachy kojarzą nam się z terenami zurbanizowanymi, ale mogą powstawać również na wsi. Na terenach wiejskich, gdzie występuje wiele pomieszczeń gospodarczych, także można zastosować ten system (fot. 3.6). Część wody dostającej się na zazielenioną połać dachu zostaje zatrzymana w substracie dachowym i w warstwie drenażowej, a następnie wykorzystana przez rośliny. Część wody jest oddawana do atmosfery w procesie ewaporacji z powierzchni dachu i transpiracji z powierzchni roślin. Odpływ wody z zielonego dachu do odbiornika następuje po wyczerpaniu zdolności do przyjęcia wody przez warstwy konstrukcyjne.

Zielone dachy redukują objętości odpływu (retencja wodna), zmniejszają szczyt fali odpływu oraz opóźniają spływ z dachu. W monografii „Zielone dachy jako element zrównoważonych systemów odwadniających na terenach zurbanizowanych” autorka przywołuje prezentowane w literaturze badania, które wykazują spłaszczenie szczytowej fali odpływu na poziomie 60–90%, a opóźnienie odpływu w granicach od 5 min do ponad 2 godz. [Burszta-Adamiak, 2014].

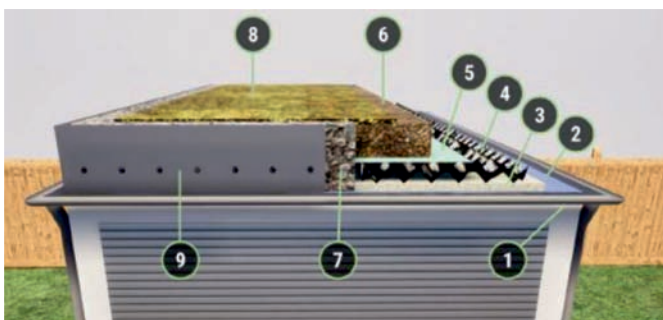
Najczęściej stosowany układ zielonego dachu składa się z następujących warstw (fot. 3.6, rys. 3.4):

- warstwa izolacji wodochronnej zabezpieczająca strop, a tym samym obiekt przed przenikaniem wilgoci z zewnątrz;
- warstwa termoizolacji odpowiadająca za izolację cieplną obiektu;
- warstwa drenażowa odpowiadająca za gromadzenie i odprowadzanie nadmiaru wody opadowej dostającej się na powierzchnię dachu;
- warstwa filtracyjna zabezpieczająca warstwę drenażu przed zanieczyszczeniami;
- warstwa substratu umożliwiająca prawidłowy rozwój roślin;
- roślinność.



Fot. 3.6. Przykłady zielonych dachów

Źródło: K. Wrona, Zielony dach – rodzaje. Galeria zdjęć dachów zielonych, Murator Plus 26.03.2018, online: <https://www.muratorplus.pl/technika/dachy/zielony-dach-rodzaje-galeria-zdjec-dachow-zielonych-aa-gKFA-xuHq-QEn3.html>

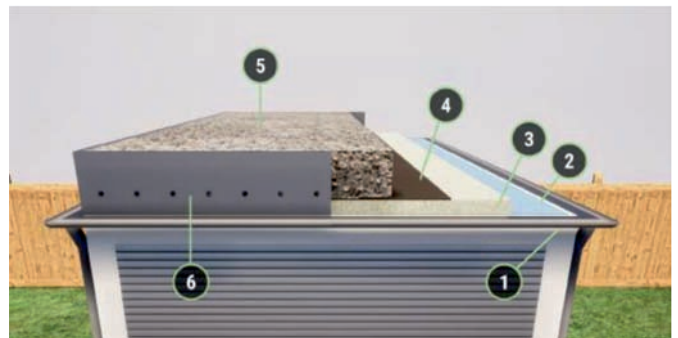


Rys. 3.4. Przykłady zielonych dachów: 1 – strop budynku, 2 – warstwa izolacji wodochronnej, 3 – warstwa termoizolacji, 4 – warstwa drenażowa, 5 – geowłóknina, 6 – substrat dachowy, 7 – opaska żwirowa, 8 – roślinność, 9 – perforowane obrzeża metalowe wypełnione żwirem

Źródło: Lejcuś i in., 2021

Dachy żwirowe

Dach żwirowy (rys. 3.5) jest jednym z rodzajów dachów balastowych. Wykonuje się go na dachach płaskich. Balastem w tego typu rozwiązaniu jest żwir płukany o frakcji 16/32 mm (ewentualnie o większym uziarnieniu). Poszczególne warstwy stropodachu układa się w sposób luźny (bez zakotwiczenia do stropu ani łączenia ze sobą), a ich utrzymanie w danym miejscu na dachu gwarantuje dociążenie powierzchni tzw. balastem [Lejcuś i in., 2021].



Rys. 3.5. Przykład dachu żwirowego: 1 – strop budynku, 2 – warstwa paroizolacyjna, 3 – warstwa termoizolacyjna, 4 – warstwa izolacji wodochronnej, 5 – żwir płukany o frakcji 16/32, 6 – perforowane obrzeża metalowe

Źródło: Lejcuś i in., 2021

Dachy balastowe stosuje się tam, gdzie nie chce się naruszyć warstwy izolacyjnej. Jej uszkodzenie przyczynia się do uciekania ciepła. Natomiast uszkodzenie warstwy izolacji wodochronnej powoduje nieuszczelnności i gorzej chroni dach przed wilgocią. Obciążenie warstw stropodachu balastem eliminuje konieczność przytwierdzenia i przyczynia się do poprawy parametrów obiektu, takich jak:

- poprawa warunków akustycznych w obiekcie – balast jest w stanie skutecznie chłonać dźwięki i ograniczać rozprzestrzenianie się w budynku;
- poprawa termiki dachu – warstwa balastu zatrzymuje promieniowanie podczerwone i w ten sposób pomaga utrzymać w budynku niską temperaturę;
- ognioodporność – balast pod postacią gleby czy kamieni jest całkowicie ognioodporny;
- ochrona izolacji przed czynnikami mogącymi wpływać na jej właściwości, m.in. promieniowaniem UV czy uszkodzeniami mechanicznymi;
- wykorzystanie przestrzeni, np. rekreacyjnie, poprzez obsianie go trawą czy krzewami.

Geokompozyty sorbujące wodę

Geokompozyt sorbujący wodę służy do zatrzymywania wody w glebie, tak aby była ona później dostępna dla roślin. Składa się z włókniny osłonowej przepuszczającej wodę, materiału zatrzymującego wodę (hydrożelu lub superabsorbentu) oraz wewnętrznego szkieletu umożliwiającego jego swobodne pęcznienie (fot. 3.7). Wewnętrzny szkielet stanowi mata o strukturze przestrzennej, natomiast geokompozyt ma wymiary dostosowane do wielkości bryły korzeniowej sadzonej rośliny i może czasowo zatrzymywać wodę, która później jest swobodnie pobierana przez korzenie roślin. Taki geokompozyt umieszcza się pod bryłą korzeniową roślin lub dokoła bryły korzeniowej drzew, na głębokości 15–30 cm. Powinien być on instalowany wraz z nasadzeniem rośliny. Tę metodę stosuje się w nasadzeniach drzew alejowych, krzewów, kwiatów i bylin; w konstrukcjach dachów zielonych jako element zatrzymujący wodę, w donicach ozdobnych i wiszących przy nasadzeniach kwiatów, krzewów i bylin oraz na skarpach, gdzie wspomagają rozwój traw i krzewów.



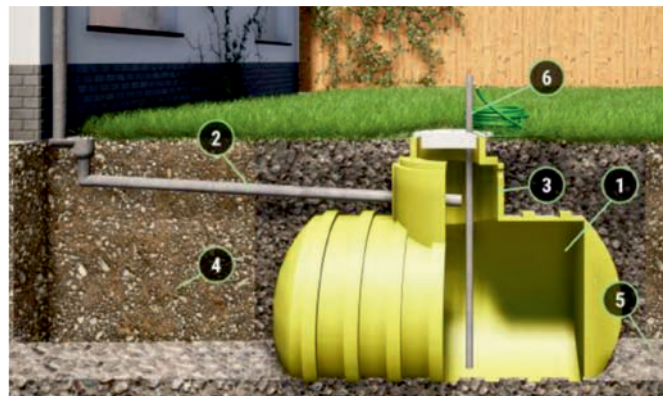
Fot. 3.7. Przykład geokompozytu wypełnionego hydrożelem

Źródło: Smart Watering System, Hydrobox, online: profi.hydrobox.pl/home-en/ [dostęp 5.10.2022]

Podziemne zbiorniki retencyjne

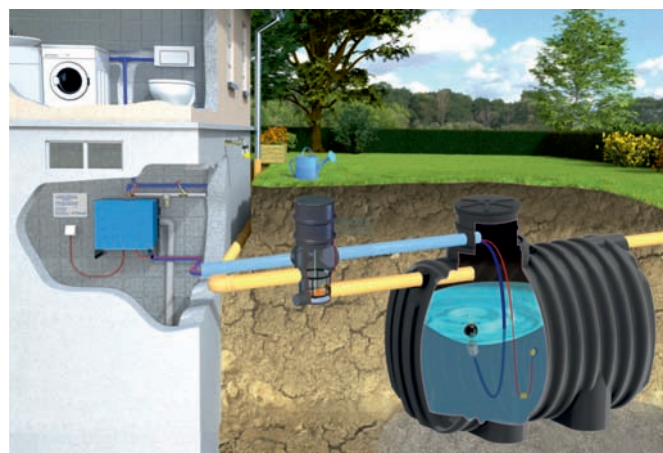
Zbiorniki podziemne mają za zadanie gromadzić wodę opadową odprowadzaną z dachu rurami spustowymi. W zależności od przeznaczenia zgromadzonej deszczówki wyróżnia się systemy: ogrodowy (rys. 3.6) lub domowo-ogrodowy. Wszystkie zbiorniki są wyposażone w filtr do zatrzymywania zanieczyszczenia i poprawy jakości wody. Na rynku jest dostępna szeroka gama zbiorników podziemnych o różnych kształtach oraz technice wykonania – żelbetowe, z tworzywa sztucznego oraz prefabrykowane. Po-

jemność może być dobierana indywidualnie w zależności od potrzeb, standardowo wynosi 1500–50 000 litrów z możliwością łączenia w moduły. Podziemne zbiorniki są idealnym rozwiązaniem dla ograniczonych powierzchni użytkowych lub gdy zbiornik naziemny nie pasuje do aranżacji ogrodu [Lejcuś i in., 2021].



Rys. 3.6. Podziemny zbiornik retencyjny w systemie ogrodowym: 1 – podziemny zbiornik retencyjny, 2 – rura doprowadzająca deszczówkę, 3 – szyb z nakładką teleskopową, 4 – grunt rodzimy, 5 – podłoże zagęszczone, 6 – rura umożliwiająca pobór wody

Źródło: Lejcuś i in., 2021



Rys. 3.7. Podziemny zbiornik retencyjny w systemie domowo-ogrodowym

<https://mpi.com.pl/blog/2019/09/18/zestaw-domowo-ogrodowy-standard/>

W systemie domowo-ogrodowym wody używa się nie tylko do prac ogrodowych, ale i do prac porządkowych, prania czy spłukiwania toalet. Ten system wymaga dodatkowej instalacji wodociągowej, aby woda pitna nie mieszała się z wodą opadową (rys. 3.7). Rozwiązanie ogranicza zużycie wody wodociągowej, co stanowi dużą oszczędność pieniędzy oraz zasobów. Woda zgromadzona w zbiorniku nie posiada substancji chemicznych obecnych w wodzie

wodociągowej, dlatego jest zalecana przy prowadzeniu nawodnień.

Inne obiekty zatrzymujące wody opadowe i roztopowe

Obiekty hydrofitowe to sztucznie utworzone tereny wodne lub bagienne, uważane za filtry biologiczne, zapewniające ochronę zasobów wodnych (fot. 3.8). Te obiekty – niezależnie od sposobu przepływu wody – można podzielić na dwie grupy: z przepływem powierzchniowym lub podpowierzchniowym (pionowym i poziomym). Są zaprojektowane tak, aby naśladować prace naturalnych mokradeł, a ich konstrukcja ma stanowić siedliska lokalnej flory i fauny.



Fot. 3.8. Przykład obiektu hydrofitowego (fot. A. Kowalczyk)

Najchętniej stosowanymi do zasiedlenia tego typu obiektów roślinami są: trzcina (*Phragmites australis*) i wiklina (*Salix viminalis*) [Gajewska i in., 2010]. Trzciny używa się ze względu na rozbudowany system kłaczki i korzeni, natomiast wiklina to roślina wodolubna, używana ze względu na szybki przyrost biomasy

związany z intensywnym poborem związków biogennych. Do zalet systemów hydrofitowych należą: łatwa i prosta obsługa, odporność na nierównomierny dopływ wody oraz konkurencyjny koszt w porównaniu z urządzeniami konwencjonalnymi. Naturalny wygląd umożliwia łatwe wkomponowanie obiektów w istniejący krajobraz. Te obiekty powodują również zwiększenie wilgotności i rozdysponowanie wody.

Powierzchniowe zbiorniki retencyjne służą do magazynowania wody opadowej i roztopowej (fot. 3.9). Zbiornik może być zlokalizowany w naturalnie lub sztucznie stworzonym zagłębieniu terenu z uszczelnionym dnem i ścianami, tak aby zgromadzona woda nie infiltrowała do gruntu. Może stanowić siedliska lokalnej flory i fauny.



Fot. 3.9. Powierzchniowy zbiornik retencyjny (fot. A. Kowalczyk)

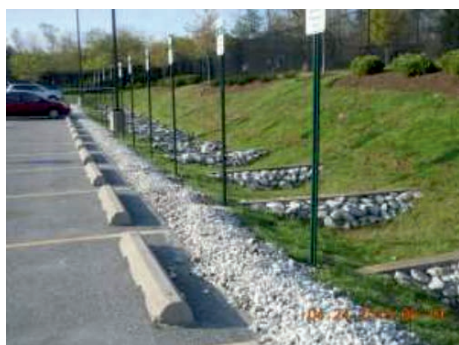
Mulda retencyjna to zazwyczaj liniowe zagłębienie o szerokości co najmniej 1,5 m terenu, przypominające rów odwadniający. Najczęściej jest porośnięta roślinnością, w tym trawami, co powoduje spowolnienie spływającej wody. Konstrukcja muldy chłonnej umożliwia infiltrację (wsiąkanie) wód opadowych do gruntu lub ich magazynowanie. Stosowane jest najczęściej wzdłuż dróg, chodników, placów czy parkingów.

Zastosowanie takiego rozwiązania w gospodarstwach spowoduje zatrzymanie spływów deszczowych i roztopowych (pod względem ilości i ograniczenia dopływu zanieczyszczeń), które charakteryzują się dużą zmiennością ze względu na nieregularność zjawiska. Opad atmosferyczny może nieść ze sobą zanieczyszczenia zgromadzone w powietrzu atmosferycznym oraz z powierzchni spływu. W ciągach komunikacyjnych spływy opadowe i roztopowe mogą zawierać znaczne ilości zanieczyszczeń. Zastosowanie muld retencyjnych umożliwia podczyszczanie gromadzonych wód i zatrzymuje przedostawanie się wód w inne części gospodarstwa,

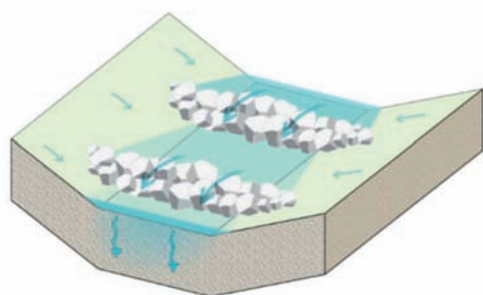
np. wykorzystane dla celów konsumpcyjnych czy produkcyjnych. Podczyszczanie zachodzi na powierzchni gruntów o uziarnieniu odpowiadającym piaskom i na cząstkach minerałów ilastych czy ogólnie w kompleksie sorpcyjnym gleby [Lejcuś i in., 2017].

Podobnym rozwiązaniem są rowy infiltracyjne przeznaczone do liniowego odprowadzania wody opadowej w głąb gruntu. Po wystąpieniu opadu woda doprowadzona do rowu infiltracyjnego zostaje rozsączona w gruncie dzięki dużej przepuszczalności podłoża. Woda może być doprowadzana powierzchniowo lub wpustem umieszczonym pod wierzchnią warstwą gleby. Proces rozsączania wody opadowej z rowu infiltracyjnego do gruntu może trwać od kilku do kilkudziesięciu godzin. Woda skierowana do rowu infiltracyjnego, który został całkowicie napełniony, powinna wsiąknąć w grunt w czasie nie dłuższym niż 2 dni. To rozwiązanie może być stosowane przy budynkach mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych czy parkingach, przy zachowaniu minimalnej odległość 4 m od budynku [Lejcuś i in., 2021; Stec, Dziopak, 2017], a zastosowane w gospodarstwie – zatrzymuje ilościowo i jakościowo wody opadowe i powoduje utrzymanie prawidłowej wilgotności gleby niezbędnej do prawidłowego rozwoju roślin.

A



B



Fot. 3.10. Rów infiltracyjny: (A) przykład zastosowania, (B) zasada działania

Źródło: Stec, Dziopak, 2017

Zbiornikami, które gromadzą wodę opadową tymczasowo, są powierzchniowe zbiorniki: retencyjno-infiltracyjne i infiltracyjno-odparowujące. Oba rodzaje posiadają dno i ściany umożliwiające infiltra-

cję wody. Po wystąpieniu opadu woda doprowadzona do otwartego zbiornika zostaje rozsączona w głąb profilu glebowego. Ten proces może trwać od kilku do kilkudziesięciu godzin. Ze zbiornika retencyjno-infiltracyjnego nadmiar wody jest odprowadzany do innego odbiornika grawitacyjnie lub za pomocą przepompowni wód deszczowych. Ze zbiornika infiltracyjno-odparowującego jest dodatkowo projektowany przelew awaryjny odprowadzający niebezpieczny nadmiar wody.

Można stosować także inne zbiorniki przeznaczone do ograniczenia odpływu wody deszczowej.

Studnia chłonna jest pionowym zbiornikiem stosowanym samodzielnie do punktowej infiltracji wody opadowej lub jako element złożonego systemu, np. przydomowej oczyszczalni ścieków. Rozwiązanie to umożliwia szybkie zebranie deszczówki oraz równomierne odprowadzanie jej do gruntu. Zastosowanie takiego rozwiązania w gospodarstwie również pozwala na zatrzymanie wody opadowej, poprawienie wilgotności gleby, bez zajmowania zbędnej przestrzeni, tak jak przy innych zbiornikach otwartych gromadzących wodę opadową.



Fot. 3.11. Przykład studni chłonnej

Źródło: A. Kazimierowicz, Studnia chłonna na deszczówkę lub ścieki z oczyszczalni biologicznej, Murator.pl 22.03.2022, online: <https://murator.com.pl/instalacje/instalacja-wodna/studnia-chlonna-czyli-jak-zagospodarowac-deszczowke-lub-scieki-z-oczyszczalni-biologicznej-aa-LfSv-j6BJ-kG1H.html> [dostęp 5.10.2022]

Skrzynki retencyjno-rozsączające to podziemne zbiorniki wykonane z tworzyw sztucznych w kształcie prostopadłościanów o ażurowych ścianach. Są przeznaczone do ujęcia wstępnie podczyszczonych wód opadowych. Zgromadzone wody są następnie rozsączane i ulegają infiltracji (wsiąkaniu) do gruntu lub są zretencjonowane (zmagazynowane), aby później odprowadzić je do odbiornika lub do powtórnego wykorzystania, np. do podlewania przydomowego ogrodu. Takie rozwiązanie w gospodarstwie nie zajmuje dużo miejsca, ale dodatkowo pozwala na wtórne wykorzystanie zgromadzonej wody.



Fot. 3.12. Przykład montowanej skrzyni retencyjno-rozsączającej

Źródło: I. Bortniczuk, Systemy retencyjno-rozsączające: potrzebne czy nie?, Fachowy Instalator, online: <https://www.fachowyinstalator.pl/systemy-retencyjno-rozsaczajace-potrzebne-czy-nie/> [dostęp 5.10.2022]

Komory drenażowe, podobnie jak studnie chłonne czy skrzynki retencyjno-rozsączające, służą do czasowego zatrzymania wody w systemie. Następnie woda jest rozsączona do gruntu lub odprowadzona do odbiornika (np. rowów, cieków wodnych). Innym przeznaczeniem zgromadzonej wody jest jej wykorzystanie na cele gospodarcze, np. do podlewania ogrodu czy prac porządkowych.

Urządzenie ma kształt odwróconej litery U. Posiada otwarte dno, ze szczelinami w dolnych częściach ścian bocznych, wykonane jest z wysoko wytrzymałego tworzywa sztucznego. Może się składać z jednego lub kilku elementów modułowych. Da się je rozbudować w zależności od potrzeb.



Fot. 3.13. Przykład komór drenażowych

Źródło: Komory drenażowe OKSY-SC, Wodkaneko.pl, online: <https://www.wodkaneko.pl/produkty/komory-drenazowe-oksy-sc-82024-2> [dostęp 5.10.2022]

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie rozwiązania można zastosować, aby zatrzymać wodę opadową w gospodarstwie?
2. Które z podanych rozwiązań są najprostsze i nie wymagają dużych nakładów pieniężnych?
3. Które z rozwiązań można zastosować do zatrzymania wody opadowej tak, aby zaproponowane rozwiązanie nie zajmowało miejsca w gospodarstwie?

Ćwiczenie dla ucznia

Zaproponuj co najmniej dwa rozwiązania, które można zastosować w gospodarstwie tak, aby nakłady inwestycyjne były jak najmniejsze.

4

NAUCZANIE W SZKOŁACH ROLNICZYCH O ZMIANACH KLIMATU I RACJONALNYM GOSPODAROWANIU ZASOBAMI WODNYMI



4.1

Jak uczyć o zrównoważonym rolnictwie w szkołach rolniczych?

mgr inż. Marek Rudziński

Krajowe Centrum Edukacji Rolniczej w Brwinowie

Współczesne rolnictwo, w szczególności produkcja rolnicza, spotyka nowe wyzwania. Ciągłe dąży się do maksymalizacji zysków, zmniejszania nakładów pracy ręcznej i środków finansowych. Scalanie gospodarstw, wynikające z ich zmniejszającej się liczby, powoduje zwiększanie powierzchni pól poszczególnych upraw. To z kolei wymaga stosowania bardziej wydajnych agregatów uprawowych. Wzrost cen środków produkcji narzuca konieczność redukcji nakładów pracy człowieka, a zwiększania udziału pracy maszyn o coraz większych szerokościach roboczych, z większymi prędkościami.

Od początku tego wieku do rolnictwa polskiego zaczęła intensywnie wkraczać elektronika, ale ze względu na wysokie koszty nie było dynamicznego wdrożenia rozwiązań agrotechnicznych. Dopiero w ostatnim dziesięcioleciu (2010–2020), ze względu na zwiększenie dostępności rozwiązań z rolnictwa precyzyjnego, koszty wdrożenia sprzętu technicznego z zakresu agrotechniki do praktyki rolniczej stały się niższe i realne do wdrożenia w gospodarstwach o coraz mniejszych powierzchniach. To skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania na środki produkcji (nawozy mineralne, środki ochrony roślin), co nie jest zgodne z oczekiwaniami i interesem ich producentów.

Uwzględniając wymagania bioróżnorodności, działania proekologiczne, które sprzyjają jej zachowaniu i zredukowaniu negatywnego oddziaływania na środowisko, można zauważyć pozytywny wpływ wprowadzania zasad rolnictwa precyzyjnego do produkcji rolniczej. Pozwala to również „oszczędniej” gospodarować zasobami środowiska, optymalnie stosować mniejsze dawki środków produkcji, co zmniejsza ich nadmierną emisję do środowiska.

Działalność rolnicza dotycząca produkcji roślinnej i zwierzęcej odbywa się w określonym środowisku przyrodniczym, co ma duży wpływ na zachodzące w nim zmiany. Zwiększone zapotrzebowanie na żywność, zwiększanie wydajności wywiera coraz większy i destrukcyjny wpływ na to środowisko.

Producenci środków do produkcji rolniczej (nawozów, środków ochrony roślin) najczęściej nie są zainteresowani zmniejszaniem ich aplikacji do gleby czy

na rośliny, gdyż jest to sprzeczne z ich interesem ekonomicznym (zwiększaniem produkcji, poszukiwania i wskazywania nowych rynków zbytu) czy zastosowań ich produktów jako sposobów i metod do zwiększenia intensywności produkcji rolniczej (roślinnej i zwierzęcej). Takie podejście zostało zaprezentowane m.in. w podstawach programowych, często dominuje w ekonomii produkcji. Z dbałości o przyszłość świata takie podejście producentów należy równoważyć działaniami ochraniającymi środowisko przyrodnicze. Często są to oczekiwania przeciwstawne, ale dysponując określoną wiedzą merytoryczną i wrażliwością na problemy otaczającego środowiska, można tak prowadzić produkcyjną działalność rolniczą, aby zredukować jej wpływ na niszczenie i degradację gleby, zasobów wodnych, a także całego bogactwa bioróżnorodności otaczającej nas przyrody.

Stan środowiska, poczynając od gleby pola uprawnego, przez zasoby wody, po bioróżnorodne tereny użytków rolnych i ich otoczenia, wpływa w znacznym stopniu na efektywność wykorzystania przemysłowych środków produkcji. Dbalność o jego stan – podstawowego warsztatu produkcji rolnej – jest podstawowym zadaniem rolnika jako przedsiębiorcy. Ekonomia w gospodarstwie rolnym musi wychodzić poza jeden sezon wegetacyjny i obejmować również przyszłe skutki działań. Na tym opiera się model zrównoważonej gospodarki, w tym zrównoważonego rolnictwa. Krótkoterminowy zysk może być bowiem okupiony długofalowym obniżeniem efektywności przedsiębiorstwa – gospodarstwa rolnego.

W procesie kształcenia uczniów szkół rolniczych – przyszłych producentów rolnych – należy wygospodarować czas na przybliżenie uczniom zagadnień związanych z elementami nowej polityki Unii Europejskiej. Zmierzając do osiągnięcia neutralności klimatycznej w 2050 r., chce ona przestawić na zrównoważone tory wszystkie sektory gospodarki, w tym rolnictwo.

Dlatego aspekty środowiskowe i klimatyczne zdominowały nową Wspólną Politykę Rolną (WPR) krajów członkowskich Unii Europejskiej na lata

4.2

W jakich zawodach uczyć o zrównoważonym rolnictwie

mgr inż. Marek Rudziński

Krajowe Centrum Edukacji Rolniczej w Brwinowie

Kształcenie zawodowe w szkołach ponadpodstawowych czy ponadgimnazjalnych, a od 1 września 2019 r. – kształcenie branżowe jest ukierunkowane głównie na aspekty produkcyjne, ekonomiczne, czyli jak produkować intensywniej. Dotyczy to również zawodów rolniczych, z branży rolno-hodowlanej czy ogrodniczej. Na potrzeby niniejszej publikacji dokonano analizy zapisów w podstawach programowych szkolnictwa branżowego, które obowiązują w szkołach kształcących w zawodach rolniczych [Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 16 maja 2019 r. w sprawie podstaw programowych kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz dodatkowych umiejętności zawodowych w zakresie wybranych zawodów szkolnictwa branżowego – Dz.U. z 2019 poz. 991 ze zm.]. Z przeprowadzonej analizy zapisów wynika, że zaprezentowane w niniejszym opracowaniu zagadnienia w wielu miejscach i w wielu zawodach są zbieżne z oczekiwaniami tego formalnego dokumentu. Niniejsze opracowanie jest w pierwszej kolejności dla nauczycieli kształcenia zawodowego źródłem wiedzy dotyczącej problematyki oszczędnego gospodarowania zasobami wodnymi, aby zagadnienia te wprowadzali do swoich zajęć edukacyjnych z zakresu kształcenia rolniczego, ogrodniczego, techników architektury krajobrazu czy też w innych zawodach.

Minister rolnictwa i rozwoju wsi, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 15 lutego 2019 r. w sprawie ogólnych celów i zadań kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz klasyfikacji zawodów szkolnictwa branżowego [Dz.U. 2019 poz. 316] jest odpowiedzialny za kształcenie w zawodach i kwalifikacjach. W tym zestawieniu da się wyodrębnić zawody o charakterze przetwórczym, co może się wydawać zbędne, ale działalność produkcyjna tych zawodów również wpływa na środowisko przyrodnicze (pobór wody, odprowadzanie wód opadowych, odpady poprodukcyjne, ścieki, opakowania po półproduktach czy wyrobach). Niektóre z zaprezentowanych zagadnień przydadzą się, aby organizując i prowadząc proces produkcji, producenci rolni mieli świadomość ich wpływu na środowisko przyrodnicze.

Szkoły rolnicze kształcą łącznie w 27 zawodach określonych Rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 15 lutego 2019 r. w sprawie ogólnych celów i zadań kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz klasyfikacji zawodów szkolnictwa branżowego [Dz.U. z 2019 r. poz. 316 z późn. zm.]. Na poziomie branżowej szkoły I stopnia jest ich 12, a w technikum 15.

W zawodach zajmujących się zagadnieniami o prowadzeniu produkcji roślinnej, oprócz kwestii ochrony roślin, występują także te dotyczące problemów nawożenia organicznego, mineralnego, które nie pozostaje bez wpływu na glebę czy szerzej rozumiane środowisko przyrodnicze. Tematyka niniejszego opracowania dla przyszłych producentów rolnych jest szczególnie ważna i powinna być przedmiotem analizy w procesie kształcenia. W procesie kształcenia rolniczego należy zwrócić uwagę na racjonalne korzystanie z zasobów środowiska przyrodniczego i dbałość o utrzymanie go w jak najmniej zmienionej formie.

W podstawach programowych zwraca się uwagę na bezpieczne i higieniczne warunki pracy z uwzględnieniem zasad ochrony środowiska, zwłaszcza podczas stosowania środków ochrony roślin. Te środki występują we wszystkich zawodach dotyczących produkcji roślinnej – również jako paszy dla zwierząt (np. technik hodowca koni, pszczelarz) – czy roślin ozdobnych (np. ogrodnik, technik architektury krajobrazu).

Odpowiednie warunki pracy należy uwzględniać szczególnie w zawodach obsługujących środki techniczne. Można też wykonać zabiegi agrotechniczne: ich planowanie, ustalanie terminu wykonania, dawek, regulacji parametrów roboczych maszyn czy urządzeń. Jest to bardzo ważne podczas kształcenia operatora pojazdów, maszyn i urządzeń rolniczych czy technika mechanizacji i agrotroiki. Świadome stosowanie właściwej agrotechniki uprawy czy agrotroiki, a także umiejętne stosowanie i wprowadzanie zasad rolnictwa precyzyjnego wymaga dużej wiedzy rolniczej (technologicznej, biologicznej). Bezwzględnie należy ją dopełnić wiadomościami o wpływie stosowanej techniki na środowisko

4.3

Na jakich przedmiotach i na jakim etapie wprowadzać elementy edukacji ekologicznej

mgr inż. Marek Rudziński

Krajowe Centrum Edukacji Rolniczej w Brwinowie

W procesie kształcenia każdy nauczyciel kształcenia zawodowego posiada pełną autonomię w doborze realizowanych zajęć dydaktycznych, treści i materiału nauczania. Od ponad 10 lat nie ma już jedynego i obowiązującego programu nauczania, zatwierdzonego przez ministra edukacji narodowej.

Opracowanie czy modyfikowanie programu zostało scedowane na nauczycieli, a dopuszczanie określonego programu nauczania w szkole – na jej dyrektora, który może zasięgać opinii doradców, rady pedagogicznej czy specjalistów w tym zakresie. Szkoły uzyskały pełną autonomię w opracowywaniu programów nauczania, wyodrębnianiu poszczególnych przedmiotów, ich wzajemnych korelacji czy nazw oraz przydzielaniu treści kształcenia (materiału nauczania).

Odrębnym zagadnieniem jest to, czy nauczyciele są przygotowani do tak dużej autonomii w tym zakresie. Podczas studiów merytorycznych najczęściej nie uczono ich konstruowania programów nauczania. Przykładowe programy nauczania zawsze były dostępne, i tak jest do tej pory. Nauczyciele kształcenia zawodowego mają prawo je modyfikować, modernizować, a także mają obowiązek dostosowywać do lokalnych warunków i środowiska, w którym funkcjonuje placówka edukacyjna. Do ich obowiązków należy dobór programu nauczania, zmodyfikowanie jego układu, zawartości merytorycznej czy jego autonomiczne opracowanie (w zespole). Nauczyciele mają zupełną swobodę w doborze materiału nauczania, aby zapewnić pełną realizację podstawy programowej do kształcenia w zawodzie. Nie muszą się ograniczać wyłącznie do zapisów podstawy programowej, ale również mogą wykraczać poza nie. Da się to zrobić w ramach ustalonej liczby godzin i po uwzględnieniu korelacji w całym kształceniu w określonym typie szkoły (branżowa, technikum). Należy brać pod uwagę także kształcenie ogólne, będące podstawą do kształcenia zawodowego (np. biologia, geografia czy fizyka).

Pomiędzy kształceniem ogólnym i zawodowym jest pewna różnica. W ramach kształcenia ogólnego każdy przedmiot ma odrębną podstawę programową. W kształceniu zawodowym jest jedna podstawa

programowa dla kwalifikacji określonej w klasyfikacji zawodów. Zagadnienia dotyczące edukacji ekologicznej, bioróżnorodności można wprowadzać w ramach kształcenia ogólnego i zawodowego. Materiał zaprezentowany w opracowaniu, w zależności od jego zakresu merytorycznego, można wprowadzić jako gotowe jednostki lekcyjne w kształceniu teoretycznym i podczas zajęć praktycznych. Należy tak realizować dające podbudowę merytoryczną zajęcia teoretyczne, aby uzupełnić je zajęciami praktycznymi o charakterze pomiarowym czy ćwiczeniowym, jeśli szkoła będzie dysponować przyrządami pomiarowymi.

Zespół przygotowujący te materiały wskazał jednoznacznie, że we wszystkich podstawach programowych pojawiają się zapisy efektów kształcenia bezpośrednio korespondujące z poruszonymi w opracowaniu zagadnieniami. Można uznać, że niniejsze opracowanie formalnie jest zgodne z niektórymi zapisami podstaw programowych kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego. Te zagadnienia można włączyć do programów nauczania w ramach godzin przeznaczonych na kształcenie zawodowe.

To stwierdzenie jest poparte przykładami zapisów z podstaw programowych. W kilku kwalifikacjach wprowadzono jednostkę efektów kształcenia: „Dobieranie metod i środków ochrony roślin zgodnie z zasadami integrowanej ochrony roślin”. W efektach kształcenia wielu zawodów, przy bezpieczeństwie i higienie pracy znajdują się zapisy: „stosuje zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz przestrzega przepisów prawa dotyczących ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska w rolnictwie” czy „rozdziela zadania i uprawnienia instytucji oraz służb działających w zakresie ochrony pracy i ochrony środowiska” albo „określa skutki oddziaływania czynników wpływających negatywnie na organizm człowieka”.

W efektach kształcenia, w podstawach rolnictwa wielu zawodów pojawiają się zapisy: „rozdziela czynniki siedliska i zabiegi uprawowe”, „rozpoznaje gleby i ocenia ich wartość rolniczą”, „ocenia wpływ nawozów na glebę i rośliny”, „rozpoznaje gatunki roślin i zwierząt”.

4.4

Jakie metody nauczania – uczenia się można stosować

mgr inż. Marek Rudziński

Krajowe Centrum Edukacji Rolniczej w Brwinowie

Proces kształcenia zawodowego może być realizowany w różnych formach kształcenia. Najpopularniejsze są formy szkolne, w tym kształcenie w:

- technikum;
- szkole branżowej I stopnia;
- szkole branżowej II stopnia;
- szkole policealnej.

Istnieje też możliwość kształcenia na kwalifikacyjnych kursach zawodowych (KKZ) czy kursach umiejętności zawodowych.

Dobór metod nauczania musi być dostosowany do poziomu odbiorcy, jego wieku, możliwości edukacyjnych, percepcyjnych. W doborze metod ważny jest rodzaj zajęć, ponieważ zagadnienia te mogą być realizowane podczas:

- zajęć teoretycznych (klasowo-lekcyjnych);
- zajęć praktycznych (grupowych zajęć praktycznych);
- praktyk zawodowych (indywidualnych, grupowych);
- wycieczek dydaktycznych.

W literaturze z zakresu dydaktyki można znaleźć przykłady potwierdzające dominację metod aktywizujących (zwłaszcza problemowych, praktycznych) nad podającymi. Najwyższą skutecznością w osiągnięciu założonych celów cechują się metody samodzielnego dochodzenia do wiedzy, potwierdzania jej praktycznymi doświadczeniami, pomiarami czy obserwacjami. To może wymagać posiadania lub zorganizowania (np. pożyczania) sprzętu technicznego do wykonania określonych pomiarów czy ćwiczeń terenowych podczas wycieczki dydaktycznej. Najlepszym rozwiązaniem będzie realizacja takich zajęć w urozmaiconym terenie, odpowiednim do wykonywania takich badań, pomiarów czy obserwacji, optymalnie dobranym do zaprezentowania określonych zjawisk występujących w środowisku.

W procesie kształcenia najczęściej będą stosowane zajęcia teoretyczne, które powinny być jednak realizowane głównie metodami aktywizującymi, z wykorzystaniem dyskusji dydaktycznej, podczas której uczniowie będą wyszukiwać problemy i sugerować

czy generować ich rozwiązanie (np. ochrona wód, zmniejszenie ich zanieczyszczenia, zmniejszenie degradacji środowiska, zmniejszenie aplikacji środków chemicznych itp.). Już samo dostrzeżenie problemu, zidentyfikowanie i określenie go jest ważnym elementem dydaktycznym. Zasugerowanie działań naprawczych czy ograniczających niszczenie środowiska w odniesieniu do zdiagnozowanego i określonego problemu produkcyjnego będzie działaniem w kierunku poszukiwania rozwiązań problemów dydaktycznych.

Oprócz różnych metod dyskusji dydaktycznej można polecić zastosowanie metody przypadków czy klasycznej metody problemowej. Pozwala ona skoncentrować się na złożonym problemie i wypracowaniu rozwiązania. Bardzo przydatna jest też metoda projektów edukacyjnych, w której poszczególne zagadnienia mogą być realizowane przez „konkurencyjne” grupy uczniów, aby wypracować najlepsze rozwiązania lub różne warianty do wyjaśnienia tego samego problemu.

Ważne są również obserwacje określonych zjawisk w terenie, które mogą zainspirować uczniów do podejmowania dynamicznego działania w obronie środowiska przyrodniczego czy pokazać, jak można je zdegradować poprzez nieumiejętne i niszczące korzystanie z jego zasobów.

Poszczególne części niniejszego opracowania można wykorzystać we fragmentach, odpowiednio ogniskując się w kwestii produkcji zwierzęcej, roślinnej, architektury krajobrazu. Oczywiście osoby prowadzące zajęcia powinny dokonać wyboru treści kształcenia z tego opracowania, przygotować odpowiednie fragmenty materiałów, a w razie potrzeby je zmodyfikować i dostosować do możliwości szkoły, posiadanej bazy, sprzętu kontrolno-pomiarowego. Pod rozdziałami są zamieszczone pytania sprawdzające przyswojoną wiedzę i propozycje ćwiczeń, które pozwolą czytelnikowi (uczniowi) przeanalizować stopień opanowania treści materiału z przeczytanego rozdziału i dokonać samooceny poziomu przyswojenia wiadomości. Bardzo duża ilość materiału informacyjnego w rozdziałach powinna uwrażliwić ucznia – przyszłego producenta rolnego – na

Literatura

- Biedroń I., Brzóska P., Dondajewska-Pielka R., Furdyna A. i in., 2020, *Renaturyzacja wód, Podręcznik dobrych praktyk renaturyzacji wód powierzchniowych*, Kraków, s. 364.
- Brondizio E.S., Settele J., Díaz S., Ngo H.T. (eds.), IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2019. The Global Assessment report on Biodiversity and Ecosystem Services, s. 1148.
- Burszta-Adamiak E., 2014, *Zielone dachy jako element zrównoważonych systemów odwadniających na terenach zurbanizowanych*, „Monografie” nr 175, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Burszta-Adamiak E., Fiałkiewicz W., 2018, *Ślad wodny jako wskaźnik zużycia zasobów wodnych w produkcji roślinnej na terenie województwa dolnośląskiego*, „Inżynieria Ekologiczna” nr 19, s. 71–79.
- Bykowski J (red.), Fiedler M., Kozłowski M., Napierała M. i in., 2021, *Współczesne uwarunkowania i wyzwania gospodarowania wodą w rolniczej przestrzeni produkcyjnej Wielkopolski*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, s. 1–227.
- Chapagain A.K., Tickner D., 2012, *Water footprint: Help or hindrance?*, „Water Alternatives” nr 5, z. 3, s. 563–581.
- Climate Change*, 2013, „The Physical Science Basis”, www.undp.org, online: https://www.undp.org/turkiye/publications/climate-change-2013-physical-science-basis?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=CjwKCAjw6raYBhB7EiwABge5KvZObo4VBqbezeNYH7zxZwvSY1jl1vEf8JMfK1cE-UBhmbZcGXbABoC81QAvD_BwE [dostęp: 6.10.2022]
- Dyrektywa 91/676/EWG z 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniem powodowanym przez azotany pochodzące ze źródeł rolniczych, tzw. dyrektywa azotanowa (Dz.U UE L 1991.375.1).
- EEA, 2019a, *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*, nr 04/2019.
- Gajewska M., Obarska-Pempkowiak H., Wojciechowska E., 2010, *Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków*, PWN, Warszawa.
- Gann G.D., McDonald T., Walder B., Aronson J. i in., 2019, *International Principles & Standards for the Practice of Ecological Restoration*, wyd. 2., Society for Ecological Restoration, Washington, D.C., USA, s. 101.
- Susza – rodzaje*, naukowiec.org, online: https://www.naukowiec.org/wiedza/geografia/susza_3251.html [dostęp: 6.10.2022].
- IMGW – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy, 2020, *Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej* nr 13, z. 228.
- IPCC, 2013, *Summary for Policymakers*, [w:] Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., i in. (red.), „Climate Change” 2013, *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IUNG-PIB Puławy, luty 2019, *Zbiór zaleceń dobrej praktyki rolniczej mający na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniem azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych*, Warszawa.

Iwaszuk E., Rudik G., Duin L., Mederake L. i in., 2019, *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – katalog techniczny*, Fundacja Sendzimira, Berlin–Kraków, s. 104.

Kardel I., Kupczyk P., Mioduszewski W., Mitraszewska-Ostapowicz A. i in., 2011, *Mała retencja. Planowanie – Realizacja – Eksploatacja*, Wyd. BIOGRAF, s. 86.

Klimatyczny bilans wodny w skali świata, kontynentu, Polski (opady, susze, woda), cdr.gov.pl, online: https://woda.cdr.gov.pl/images/aktualnosci/Klimatyczny_bilans_wodny.pdf [dostęp: 6.10.2022]

Kodeks doradcy dobrej praktyki rolniczej dotyczący ograniczenia emisji amoniaku, 2019, Redakcja ITP. Falenty, Warszawa.

Konwencja o różnorodności biologicznej (Dz. U. 2022 nr 184 poz. 1532).

Kozyra J., Mizak K. (red.), 2012, *Nowe wyzwania dla rolnictwa w dobie zmian klimatu*, Wyd. Fundacja na rzecz Zrównoważonego Rozwoju, współpraca z IUNG, s. 150.

Kundzewicz Z., Hoy O., Okruszko T. (red.), 2017, *Zmiany klimatu i ich wpływ na wybrane sektory w Polsce*, Poznań.

Kundzewicz Z.W., Piniewski M., Mezghani A., Okruszko T. i in., 2018, *Assessment of climate change and associated impact on selected sectors in Poland*, „Acta Geophysica” nr 66, s. 1509–1523.

Lal. R., 2015, *Restoring soil quality to mitigate soil degradation*, Sustainability nr 7, s. 5875–5895.

Lejcuś K., Burszta-Adamiak E., Dobrzańska J., Wróblewska W. i in., 2017, *Katalog dobrych praktyk – zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni pasów drogowych*, Urząd Miejski Wrocławia.

Lejcuś K., Burszta-Adamiak E., Wróblewska W., Orzeszyna H. i in., 2021, *Katalog dobrych praktyk, cz. 2. Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi na obszarze zabudowanym*, Urząd Miejski Wrocławia.

Michna W., 1998, *Program proekologicznego rozwoju wsi, rolnictwa i gospodarki żywnościowej do 2015 roku – synteza*, MRiGŻ, NOŚiGW, Warszawa, s. 285.

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2020, *Gospodarowanie wodą w rolnictwie w obliczu susz*.

Ministerstwo Infrastruktury, lipiec 2021, Program przeciwdziałania niedoborowi wody (Retencja. Zatrzymaj wodę!) – projekt, Warszawa.

Ministerstwo Infrastruktury, grudzień 2021, Program przeciwdziałania niedoborowi wody (Retencja. Zatrzymaj wodę!), Warszawa.

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2020, Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej. Projekt ustawy o inwestycjach w zakresie przeciwdziałania skutkom suszy, online: <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12337151/katalog/12709767> [dostęp: lipiec 2022].

Ministerstwo Środowiska, 2013, Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030, Warszawa.

Mioduszewski W., Okruszko T. (red.), 2016, *Naturalna, mała retencja wodna. Metoda łagodzenia skutków suszy, ograniczania ryzyka powodziowego i ochrona różnorodności biologicznej. Podstawy metodyczne*, Globalne Partnerstwo dla Wody, Polska.

Mioduszewski W., 2003, *Mała retencja. Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego*, Poradnik, Falenty. Wyd. MUZ, s. 49.

Obalum S.E., Chibuike G., Peth S., Ouyang Y., 2017, *Soil organic matter as sole indicator of soil degradation*, „Environmental Monitoring and Assessment” nr 189, z. 176, s. 1–19.

Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027, wersja z 15.07.2022.

Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 16 maja 2019 r. w sprawie podstaw programowych kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz dodatkowych umiejętności zawodowych w zakresie wybranych zawodów szkolnictwa branżowego (Dz.U. z 2019 poz. 991 ze zm.).

Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 15 lutego 2019 r. w sprawie ogólnych celów i zadań kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz klasyfikacji zawodów szkolnictwa branżowego (Dz.U. 2019 poz. 316).

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. z 2018 r., poz. 1339).

Siebielec G., 2019, *Dobre praktyki rolnicze w zarządzaniu strukturą gleby i rodzajem uprawy w celu ograniczenia strat substancji nawozowych*, [w:] H. Andrzejewski, W. Frątczak, A. Góralczyk i in., *Zrównoważone rolnictwo w służbie bioróżnorodności. Poradnik dla doradców rolnych*, FDPA Warszawa.

Skowrońska M., Filipek T., 2017, *Możliwości ograniczenia emisji N₂O z gleb nawożonych azotem mineralnym*, [w:] *Wyznaczenie uzupełniających i nowych obszarów badawczych w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa*, Kraków, s. 48–67.

SMSR – System Monitoringu Suszy Rolniczej, online: <https://susza.iung.pulawy.pl/> [dostęp: 6.10.2022].

Stec A., Dziopak J., 2017, *Woda deszczowa w architekturze krajobrazu nowoczesnych miast*, „Journal of civil engineering, environment and architecture” t. 34, z. 64 (3/II17), s. 315–333.

Tokarczyk T., 2007, *Wskaźniki oceny suszy stosowane w Polsce i na świecie*, Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich nr 7, s. 167–182.

Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (t.j. Dz.U. 2020, poz. 2233).

Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2021, poz. 741).

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. 2020, poz. 1333).

Vanham D., Bidoglio G., 2013, *A review on the indicator water footprint for the EU28*, „Ecological Indicators” nr 26, s. 61–75.

Wawer R., Kolasińska K. (red.), 2021, *Kodeks dobrych praktyk wodnych w rolnictwie*, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Warunki termiczne w Polsce 2011–2020 – najcieplejsza dekada od 70 lat, raport.togetair.eu, <https://raport.togetair.eu/czlowiek/ludzie-swiat-klimat/warunki-termiczne-w-polsce-2011-2020-najcieplejsza-dekada-od-70-lat> [dostęp: 6.10.2022].

O fundacji

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA) jest organizacją pozarządową z ponad trzydziestoletnią tradycją. Naszą misją jest: wspieranie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, a w szczególności przedsiębiorczości; tworzenie pozarolniczych miejsc pracy; zapewnienie równych szans kobietom, osobom bezrobotnym i młodzieży. Realizujemy tę misję przez działalność pożyczkową oraz usługi wspomagające tworzenie i rozwój małych przedsiębiorstw na terenach wiejskich. Jesteśmy jednym z największych i najbardziej aktywnych funduszy pożyczkowych w Polsce.

Angażujemy się w programy rozwoju lokalnego, inicjatywy środowiskowe oraz działania informacyjne i edukacyjne. Jesteśmy wydawcą uznanych opracowań i specjalistycznych raportów, np. ukazującego się co dwa lata „Raportu o stanie wsi. Polska wieś” oraz licznych publikacji promujących zrównoważony rozwój obszarów wiejskich.

Zrealizowaliśmy kilkadziesiąt projektów międzynarodowych, krajowych i lokalnych. Od wielu lat organizujemy szkolenia, warsztaty, konferencje i seminaria z zakresu m.in.: wpływu rolnictwa na zmiany klimatu, konieczność adaptacji do tych zmian, efektywnej gospodarki zasobami, ochrony wód, odnawialnych źródeł energii. Adresujemy naszą działalność przede wszystkim do: rolników, doradców rolnych, uczniów szkół rolniczych, pracowników jednostek samorządu terytorialnego, środowisk naukowych, ale też do innych podmiotów.

W ostatnich latach podjęliśmy bliższą współpracę ze szkołami rolniczymi. Prowadzimy szkolenia i warsztaty dla uczniów i nauczycieli z zakresu dobrych praktyk rolniczych. Wraz z partnerami wyprodukowaliśmy multimedialne materiały do nauki terminów branżowych m.in. z: rolnictwa, ogrodnictwa, leśnictwa, weterynarii. Opracowaliśmy też grę BioSmartFarm, promującą zrównoważone rolnictwo, a także materiały w tradycyjnych formach, jak: poradnik, scenariusze zajęć czy tablice edukacyjne.

Kontynuujemy działania przeznaczone dla uczniów i nauczycieli szkół rolniczych w ramach operacji Ochrona zasobów wodnych i racjonalne gospodarowanie wodą w rolnictwie w kontekście zmian klimatu, współfinansowanej ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020, dzięki której powstała niniejsza publikacja.

Zachęcamy do odwiedzenia strony Fundacji na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa: www.fdpa.org.pl, gdzie znajdują Państwo materiały i narzędzia do wykorzystania w edukacji, w promowaniu zrównoważonego rolnictwa, gospodarowaniu i ochronie wód.

W szczególności zapraszamy na stronę internetową projektu:
www.fdpa.org.pl/ochrona-zasobow-wodnych



**Fundacja na rzecz Rozwoju
Polskiego Rolnictwa**

