Racjonalne gospodarowanie wodą na terenach rolniczych.

Województwo śląskie

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa Inwestująca w obszary wiejskie”

Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 –Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Broszura opracowana przez Rafał Wawer na zlecenie Śląskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Częstochowie

Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020

ŚLĄSKI OŚRODEK DORADZTWA ROLNICZEGO W CZĘSTOCHOWIE
42-200 Częstochowa, ul. Ks. Kard. S. Wyszyńskiego 70/126,
34 377 01 00, 34 377 01 01, fax 34 362 04 89, sodr@odr.net.pl, www.czwa.odr.net.pl sodr_czestochowa

ŚODR, Oddział w Mikołowie
43-190 Mikołów, ul. Gliwicka 85
32 325 01 40, 32 325 01 50, fax 32 325 01 44, mikolow@odr.net.pl

ŚODR, Oddział w Bielsku-Białej
43-300 Bielsko-Biała, ul. Gen. M. Boruty Spiechowicza 24
33 814 45 41, 33 827 34 40, fax 33 814 45 27, bielsko@odr.net.pl

Autor: dr hab. inż. Rafał Wawer

Wydawca: Śląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Częstochowie

Materiał Opracowany przez: Dr hab. inż. Rafał Wawer, Profesor IUNG-PIB na zlecenie Śląskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Częstochowie

Druk: Czechodruk, ul. Piłsudskiego 8, 43-502 Czechowice-Dziedzice

Nakład: 700 egz.

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa Inwestująca w obszary wiejskie”

Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 –Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Broszura opracowana przez Rafał Wawer na zlecenie Śląskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Częstochowie

Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020

Spis treści

Wstęp 3
Aktualne i prognozowane występowanie deficytów wody w rolnictwie w Polsce 5
Warunki przyrodnicze funkcjonowania rolnictwa w województwie śląskim 9
Prognozy klimatu dla wybranych powiatów woj. śląskiego 16
Prognoza wpływu zmiany klimatu na klimatyczny bilans wodny w woj. śląskim 24
Dobre praktyki gospodarowania wodą w rolnictwie na poziomie gospodarstwa 26
Agrotechnika sprzyjająca zwiększaniu retencji gleb 26
Płodozmian 26
Nawożenie organiczne 27
Uprawa konserwująca 28
Nawadnianie 28
Aspekty formalno-prawne nawadniania w rolnictwie 33
Rolnictwo precyzyjne i inteligentne 34
Rolnictwo inteligentne w gospodarce wodnej 38
Mała retencja 38
Określenie właściwości podłoża na podstawie mapy glebowo-rolniczej. 42
Określenie zlewni zbiornika na podstawie mapy topograficznej 44
Gospodarowanie wodą na poziomie krajobrazu – Lokalne Partnerstwa Wodne 45
Literatura dostępna w Internecie: 47
Pozostała literatura: 47

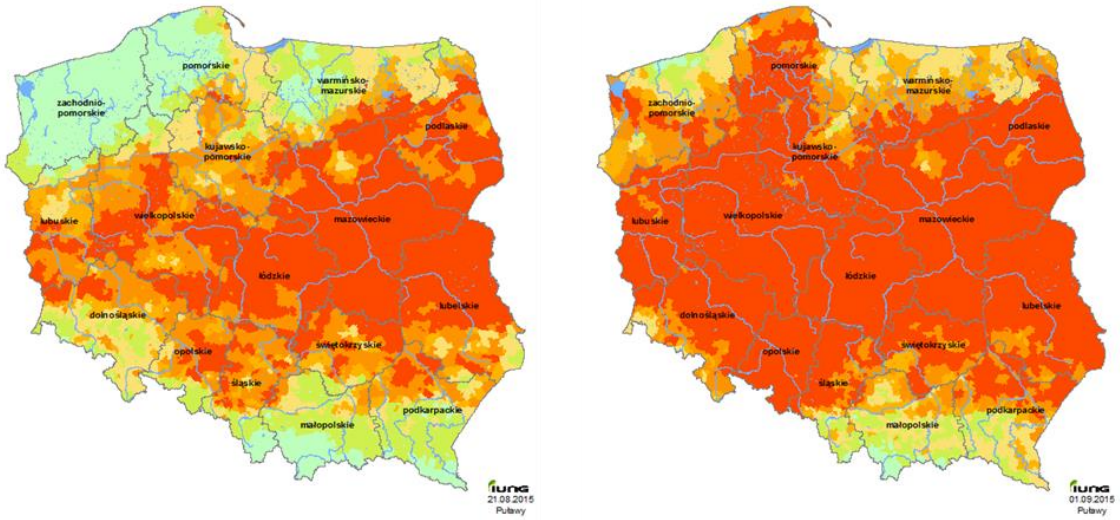
Wstęp

W ostatnich latach obserwujemy postępującą zmianę klimatu, która w Polsce objawia się nie tylko wzrostem średniej temperatury i zwiększeniem zmienności warunków termicznych, ale i dużymi zmianami w dystrybucji opadów w ciągu roku. Obserwuje się mało śnieżne zimy, które nie zapewniają odnowienia zasobów wody w glebie, co powoduje jej braki na już na początku okresu wegetacyjnego (rys. 1). Wcześniej zwykle po roztopach śniegowych gleba bywała wysycona wodą prawie do pełnej pojemności. Co nie zmieściło się w glebie, odpływało do rzek, powodując nierzadko powodzie roztopowe w wielu miejscach kraju. Pozostała w glebie woda częściowo odpływała powoli pod powierzchnią terenu do rzek i wód gruntowych, ale w znacznej części pozostawała na miejscu, stanowiąc zasób dla ruszających z wegetacją upraw ozimych lub sianych roślin jarych.

Rysunek 1. Kwiecień 2020. Pole uprawione po ziębli na klasie V i VI, wystawione na przesuszenie i erozję wietrzną (fot. R. Wawer)

Częstość występowania susz w okresach krytycznych dla roślin uprawnych znacznie się zwiększyła, miejscami przybierając rozmiary klęski żywiołowej (Monitoring Suszy, IUNG).

W latach 2014 – 2016 susze były tak silne, ze niekiedy objęta klęską suszy była większość obszaru kraju (rys. 2)



Rysunek 2. Susza rolnicza 08-09.2015 (Monitoring Suszy, 2015)

Według prognoz Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC) z roku 2007 częstość susz 100-letnich, a więc występujących w „poprzednim" klimacie raz na 100 lat, miała wzrosnąć do roku 2020 co najmniej 10-krotnie. Z obserwacji corocznych deficytów wody wynika, że prognozy sprawdziły się jeśli nie w pełnym zakresie, to przynajmniej w zakresie częstości występowania susz na tyle dotkliwych, że występowały w „poprzednim" klimacie rzeczywiście około raz na 100 lat.

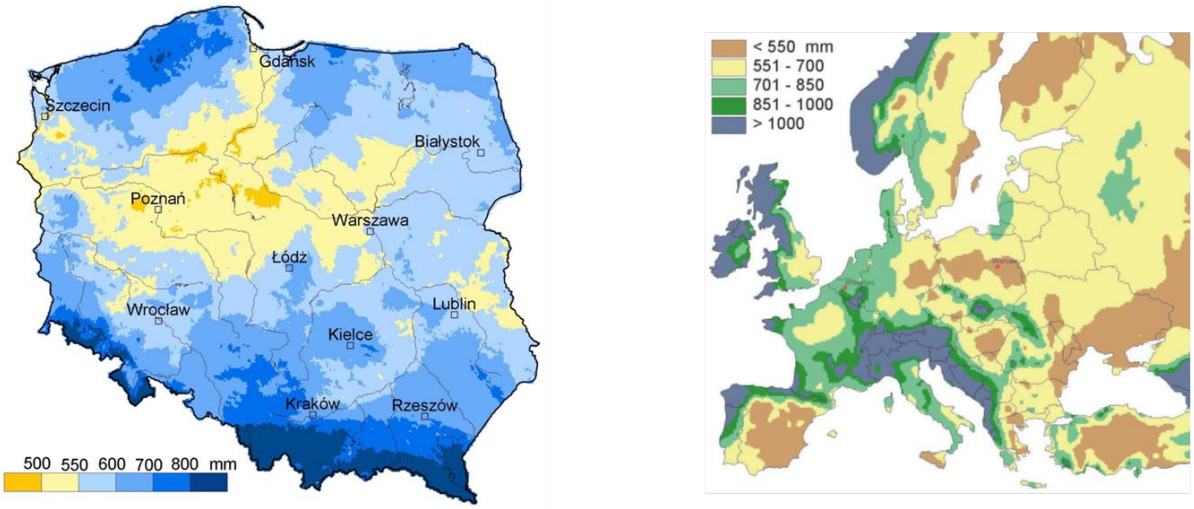
Dalsze scenariusze na lata 2050 i 2100 wskazują na znaczny wzrost temperatury, długości okresu wegetacyjnego i nieznaczny wzrost opadów. Opady będą się koncentrowały w miesiącach zimnych a w miesiącach ciepłych będą długie okresy bez deszczu z rzadkimi opadami nawalnymi. Doprowadzi to do dużych niedoborów wody, które teoretycznie moglibyśmy pokryć zwiększając retencję wodną w krajobrazie.

Podstawowym wyzwaniem staje się więc zgromadzenie nadmiarów opadów z miesięcy chłodnych na posuszne miesiące gorące. Niestety tempo wdrażania programów małej retencji, zainicjowanych w 1995 roku, jest tak małe, że horyzont uzyskania docelowej objętości zbiorników małej i dużej retencji równej 15% odpływu rocznego rzek, nie jest osiągalny w perspektywie najbliższych lat. Przyszły klimat stawia więc niestety pod znakiem zapytania bezpieczeństwo żywnościowe Polski.

Przygotowanie polskiego rolnictwa na nadchodzące zmiany jest zatem pilnie potrzebne i wymaga zaangażowania nie tylko administracji rządowej i samorządowej, ale przede wszystkim samych użytkowników wód, których decyzje bezpośrednio wpływają na ilość i jakość wody na obszarach wiejskich. Ramowa Dyrektywa Wodna UE (2000/60/WE), będąca nadrzędnym instrumentem prawnym obowiązującym wszystkie państwa członkowskie Unii, traktuje wodę jako dziedzictwo, które powinno podlegać ochronie: „Woda nie jest produktem handlowym takim jak każdy inny, ale raczej dziedzictwem, które musi być chronione, bronione i traktowane jako takie". Wobec przewidywanych susz i braków wody dla rolnictwa, woda powoli zaczyna być postrzegana jako dobro wspólne i to dobro o znaczeniu strategicznym i w tym kontekście jej zasoby rzeczywiście winniśmy traktować jak dziedzictwo, ponieważ od naszych działań w gospodarowaniu wodą będzie zależała jakość życia dzisiejszego i przyszłych pokoleń zamieszkujących polską wieś.

Aktualne i prognozowane występowanie deficytów wody w rolnictwie w Polsce

Obszar Polski położony jest w klimacie umiarkowanym, stanowiącym przejście między klimatem kontynentalnym na wschodzie i morskim na zachodzie. Roczna suma opadów jest jedną z najniższych w środkowej i północnej Europie, dorównując miejscami minimom notowanym w Europie południowej (rysunek 3).



Rysunek 3. Średnia (z wielolecia) roczna suma opadu dla Polski i Europy (IUNG-PIB, 2015)

Generalnie w okresie wegetacyjnym na obszarze Polski występuje ujemny bilans wodny, tj. parowanie przeważa nad opadem atmosferycznym (tabela 1), więc uprawy muszą bazować na zasobach wody zgromadzonych w glebie podczas chłodnego, dżdżystego okresu kilku miesięcy między jesienią a wiosną.

Tabela 1. Średni z wielolecia klimatyczny bilans wodny dla Polski dla okresu kwiecień-wrzesień (Kozyra, 2005)

m-c	IV	V	VI	VII	VIII	IX	suma
Opad	42	58	72	88	76	52	388
Parowanie	69	98	105	118	107	64	562
Bilans	-27	-40	-33	-30	-31	-12	-174

Wobec obserwowanych w pierwszej dekadzie XXI wieku okresów posusznych w sezonie letnim, rolnicy coraz częściej uciekają się do nawadniania upraw. Coraz częściej na obszarach dotykanych notorycznie suszami, rolnicy zmieniają profil produkcji, przechodząc ze zbóż do upraw, które opłaca się nawadniać: warzyw, krzewów jagodowych, sadów.

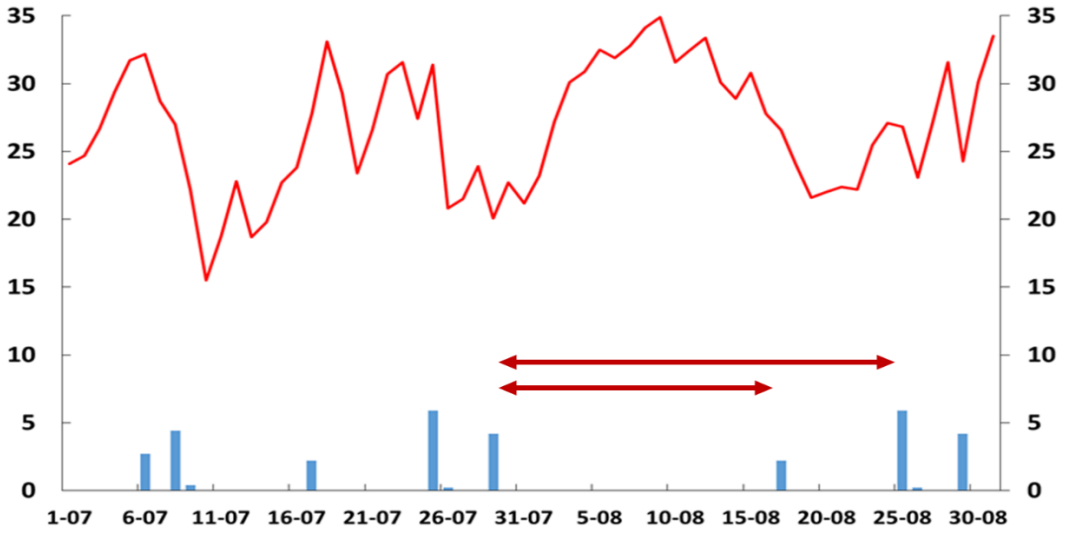
Niestety, większość z instalowanych systemów nawodnieniowych nie jest wyposażona w narzędzia wspomagania decyzji służące do optymalizacji zużycia wody. Niezrównoważone nawadnianie może doprowadzić do powstawania braków wody oraz jest związane z ryzykiem zwiększonego wymywania azotu do wód gruntowych w wyniku wzmożonego przepływu wody w głąb profilu glebowego. Łatwo

rozpuszczalne formy azotu wymyte poniżej strefy korzeniowej są stracone dla roślin i mogą się przyczyniać do zanieczyszczenia wód gruntowych. Ponadto przy braku powszechnego systemu oceny zasobów wodnych dostępnych dla rolnictwa, intensywne i niekontrolowane zużycie wód do nawodnień może doprowadzić do zaburzenia cyklu odnawiania zasobów (rys. 2), co miało już miejsce w Hiszpanii.

Aby zwiększyć odporność polskiego rolnictwa na niedobory wody, należy zadbać o zatrzymanie jak największej ilości wody na miejscu poprzez zmniejszenie odpływu powierzchniowego i gruntowego do cieków wodnych.

W drugiej dekadzie XXI wieku obserwujemy nasilenie susz. Według ciągłego monitoringu suszy rolniczej, prowadzonego przez IUNG-PIB, susze występują co roku, jednak ich przestrzenna lokalizacja i zasięg nieco się różni, dotykając w różnym stopniu różnych regionów kraju. W latach 2014 - – 2016 susze były tak rozległe, że niekiedy objęta klęską suszy była większość obszaru Polski (rys. 2).

Jak trudna jest sytuacja gospodarstw rolnych obrazuje rysunek 4, przedstawiający przebieg pogody przez 2 miesiące 2015 roku, w okresie wegetacyjnym w gospodarstwie nastawionym na produkcję maliny wczesnej i późnej oraz porzeczki deserowej.

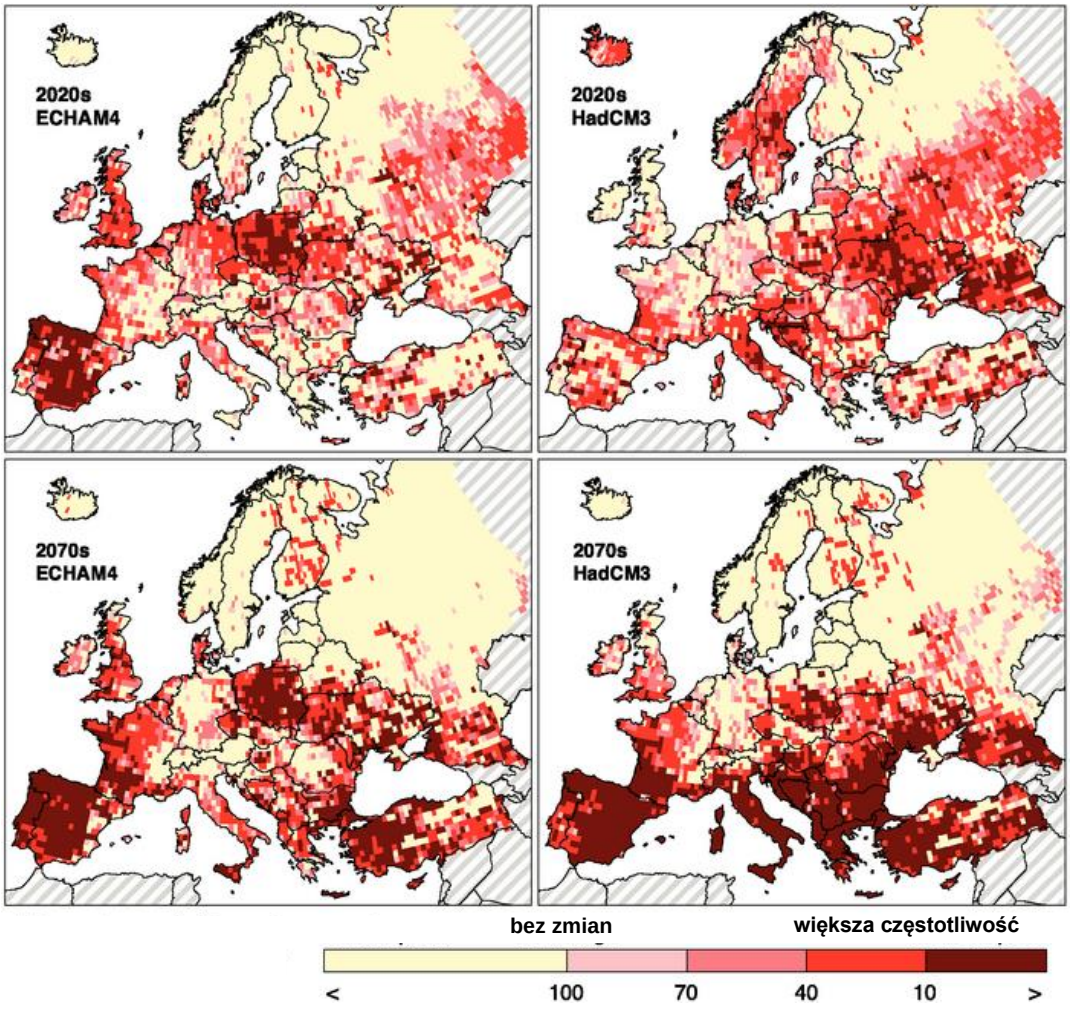


Rysunek 4. Przebieg temperatury i opadów w roku 2015 w gospodarstwie jagodowym w Kosiorowie (opracowanie IUNG)

W okresie od 1 lipca do końca sierpnia 2015 roku spadło na tym obszarze zaledwie 31,5mm deszczu przy czym temperatura powietrza przez większość tego okresu oscylowała wokół 25-30 stopni, co daje wartość dziennego parowania w granicach 4-7mm, w zależności od prędkości wiatru. W czasie pierwszych 25 dni sierpnia spadło tylko 3mm deszczu (czerwone strzałki na rysunku). Szacunkowy bilans wodny dla tego okresu wynosi więc średnio 31,5mm-305mm = -273.5mm. Gospodarstwo prowadzi uprawę na bardzo lekkich rędzinach, podścielonych miejscami cienką warstwą gliny, zalegającej na zeszczelinowanej skale marglowej. Gleby te mają niewielką pojemność wodną, ponadto woda dodatkowo dość szybko odcieka z nich przez zeszczelinowaną skałę podścielającą. Bez nawadniania uprawa na tym obszarze owoców miękkich nie byłaby możliwa, a bez zastosowania systemu wspierania decyzji kiedy i ile nawadniać w oparciu o pomiary wilgotności gleby, nawadnianie byłoby bardzo kosztowne. Dzięki wdrożeniu systemów wspierania decyzji w nawodnieniach Enorasis Aquastatus i zastosowaniu czujników wilgotności gleby, obniżono zużycie wody na tych polach aż dziesięciokrotnie (!).

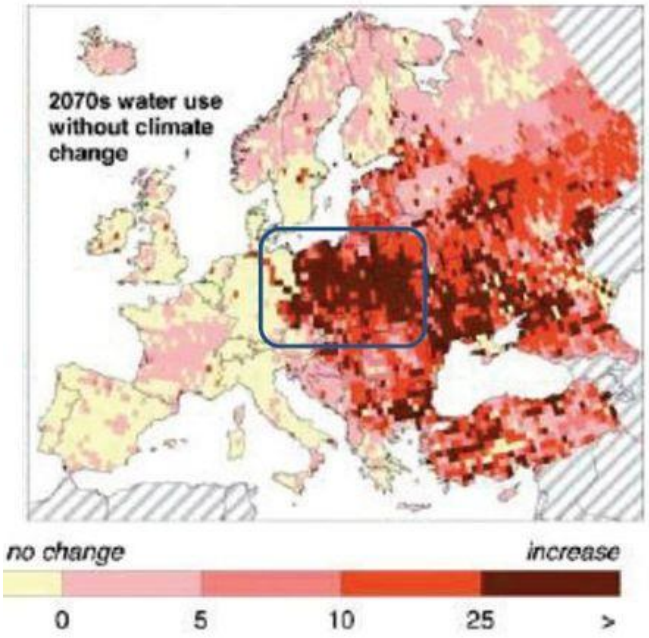
Ocieplający się klimat przyniesie dalsze zwiększenie parowania z powierzchni ziemi i spowoduje intensywniejsze zużycie wody przez rośliny. Wzrost średniej temperatury (bez uwzględnienia usłonecznienia, wiatru i innych czynników) o 1 stopień powoduje wzrost dziennego parowania o około 10% (o 0,3–0,4 mm). W kategoriach zapotrzebowania uprawy na wodę wynosi to 3–4 m3/ha dziennie. W skali tej części sezonu wegetacyjnego, kiedy występuje wysoka temperatura (np. przez 60 dni), zwiększenie zapotrzebowania na wodę do nawodnień wyniesie 180–240 m3 na ha. Pamiętać również należy, że ocieplenie wywoła przesunięcie dat wyznaczających początek i koniec okresu wegetacyjnego, co spowoduje jego wydłużenie, a więc i zwiększą się ogólne straty wody na parowanie.

Jak wspomniano we wstępie, większość scenariuszy zmian klimatu, opracowanych przez Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu, wskazuje na znaczne zwiększenie częstości występowania katastrofalnych susz 100-letnich na obszarze Polski. Termin susza 100-letnia określa suszę o natężeniu tak dużym, że pojawia się nie częściej niż raz na 100 lat. Jest to wartość, do której odnoszą się prognozy i pochodzi ona z „ubiegłego" klimatu, tj. okresu lat 1900–1990. Obecnie obserwowane corocznie okresy posuszne i lokalne klęski suszy wydają się potwierdzać prognozy IPCC dla roku 2020. Kolor czerwony w legendzie map prognoz IPCC (rys. 5 powyżej) oznacza zwiększenie częstości susz z dotychczasowych raz na 100 lat do częstszych niż raz na 10 lat. Kolor czerwony na rysunku 6 oznacza



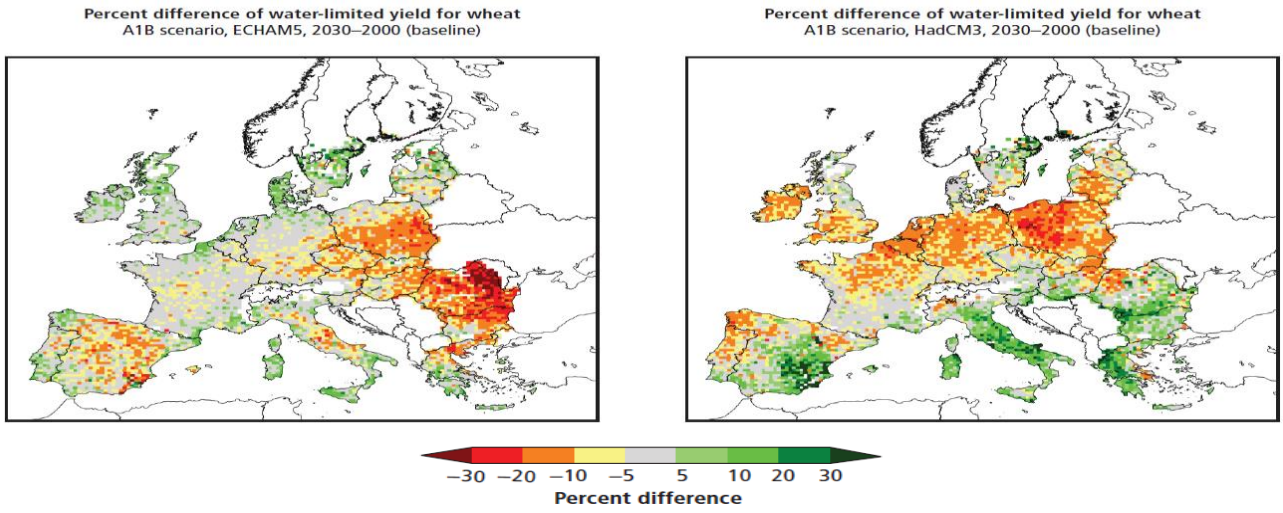
Rysunek 5. Prognozy częstości występowania susz stuletnich (wg klimatu 1900-1990) (IPCC, 2007)

zwiększenie intensywności susz stuletnich o cn. 10%.



Rysunek 6. Prognoza zwiększenia intensywności susz stuletnich (w procentach) (IPCC, 2007).

Nowsze opracowania IPCC z 2014 roku są daleko bardziej ostrożne w prognozowaniu susz, jednak z prognoz elementów bilansu hydrologicznego: opadu (od 0 do +10%), odpływu powierzchniowego (od -20 do ponad -30%) i odpływu do wód gruntowych (od -10 do 10%) wynika jasno, że brakujące od 20% do ponad 30% odpływu z terenu do rzek i morza bierze się ze zwiększonego parowania terenowego stymulowanego przez wzrost temperatury atmosfery. Może to powodować istotne straty w plonowaniu upraw (rys. 7). Rozważając niekorzystne scenariusze, które wydają się potwierdzać bieżące obserwacje susz, należy się zastanowić, czy polskie rolnictwo jest gotowe na nadchodzące potencjalne klęski. Zdaniem wielu hydrologów, klimatologów i agronomów, przy obecnym reżimie hydrologicznym, sprzyjającym szybkiemu odpływowi – nie.



Rysunek 7. Prognozy zmian plonowania pszenicy na rok 2030 wg dwóch scenariuszy w odniesieniu do roku 2000 (IPCC, 2014).

Podsumowując, obecnie obserwowane susze oraz ich przewidywane nasilenie w niedalekiej przyszłości stawiają pod znakiem zapytania bezpieczeństwo żywnościowe Polski.

Z racji dużych strat plonów w wyniku susz wielu rolników podejmuje strategiczne decyzje zmiany profilu produkcji z upraw bazujących na opadach atmosferycznych i naturalnej retencji glebowej na uprawy nawadniane.

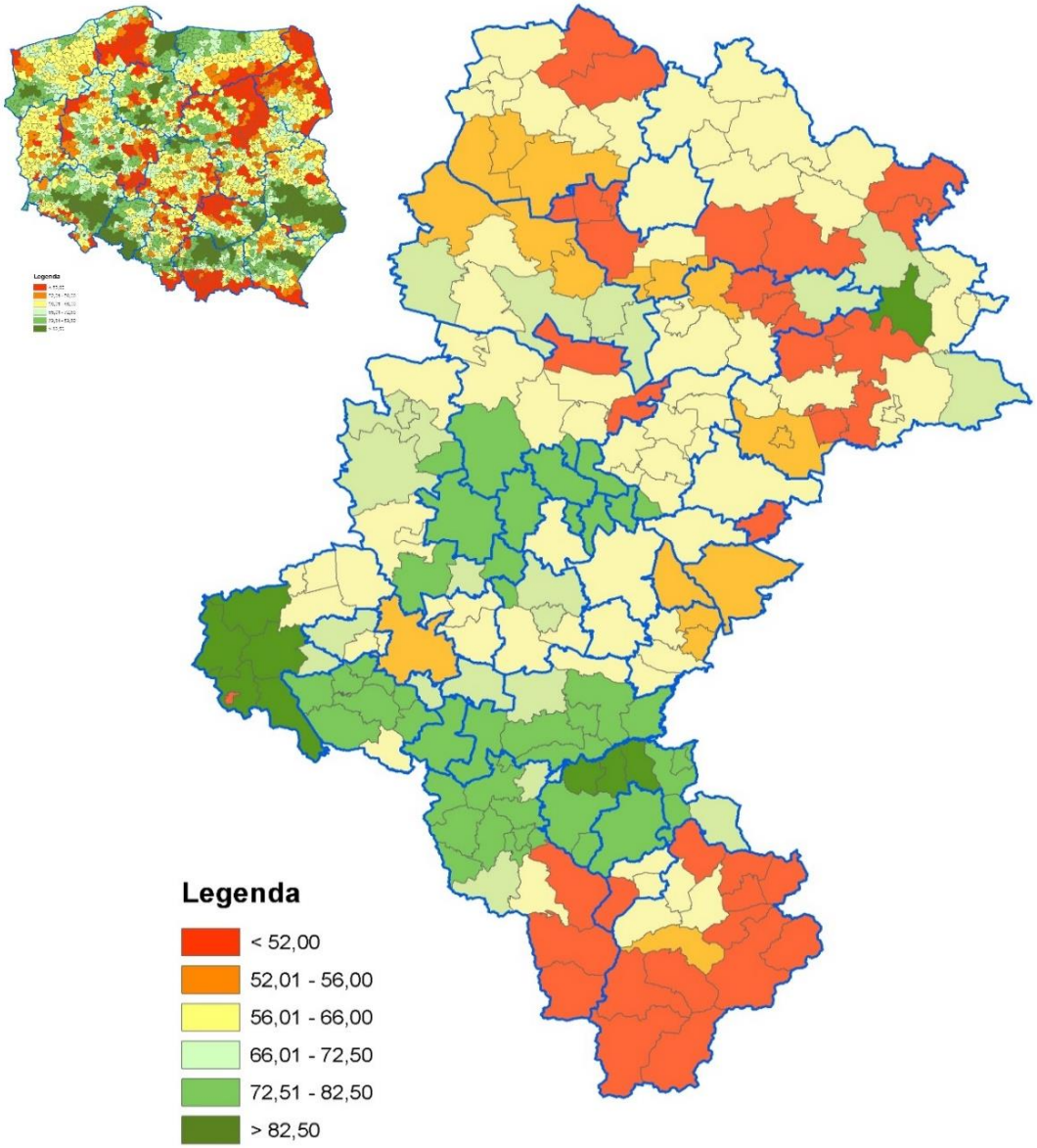
Scenariusze zmian klimatu sugerują na tyle dotkliwe niedobory opadów w przyszłości, że prognozuje się stopniowe przechodzenie w Polsce na rolnictwo nawadniane.

Warunki przyrodnicze funkcjonowania rolnictwa w województwie śląskim

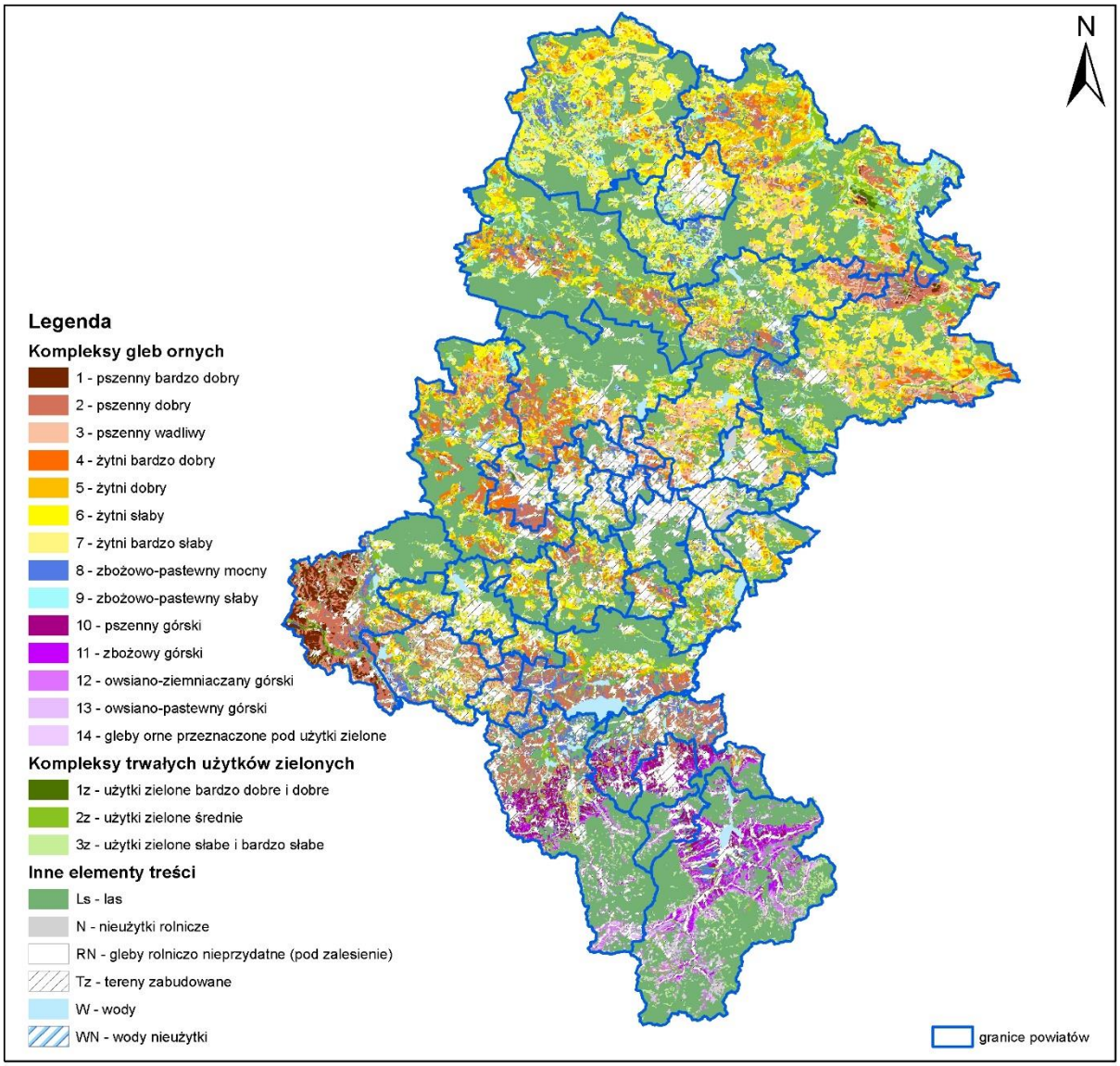
Różnice w warunkach przyrodniczych funkcjonowania rolnictwa przedstawia opracowany w IUNG wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (rys. 8). WWRPP opracowano na podstawie ilościowych zależności pomiędzy plonem, a jakością siedliska i klimatem.

Wycenę warunków glebowo-przyrodniczych, opracowaną metodami analizy statystycznej na podstawie mapy glebowo-rolniczej i map agroklimatu, zagregowano do poziomu gmin i obrębów ewidencyjnych, wyliczając ogólny wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej jako miarę potencjału produkcyjnego siedliska. W waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej największe znaczenie mają warunki glebowe, ponieważ w funkcji samego tylko wskaźnika jakości i przydatności gleb można wyjaśnić około 80% obserwowanej zmienności plonów. Średni wskaźnik WRPP dla Polski wynosi 66,6 punktu, podczas gdy dla woj. śląskiego 64,2 puntu. Najmniejszy wskaźnik WWRPP występuje w gminach: w.Ujsoły - 32,6, gmina m.Szczyrk - 34,2, gmina w.Rajcza - 34,2. Najwyższy: gmina w.Krzyżanowice - 100, gmina w. Pietrowice Wielkie - 101, gmina w.Krzanowice - 102.

Pokrywa glebowa województwa (rys. 9) to głównie kompleksy glebowo-rolnicze żytni słaby 6 (16,4% UR), użytków zielonych średni 2z (15.45%UR), pszenny dobry 2 (13,9%), żytni dobry 5 (9,73%), zbożowo-pastewny mocny 8 (8,1%), żytni bardzo słaby 7 (6,9%), użytków zielonych słaby 3z (6,32%), zbożowo-pastewny słaby 9 (4,29%) oraz 7,3% kompleksów górskich. Najważniejsze z punktu widzenia gospodarki wodnej są kompleksy okresowo i trwale za suche 6 i 7 oraz okresowo i trwale za wilgotne 8 i 9 (rys. 10 tab. 2).

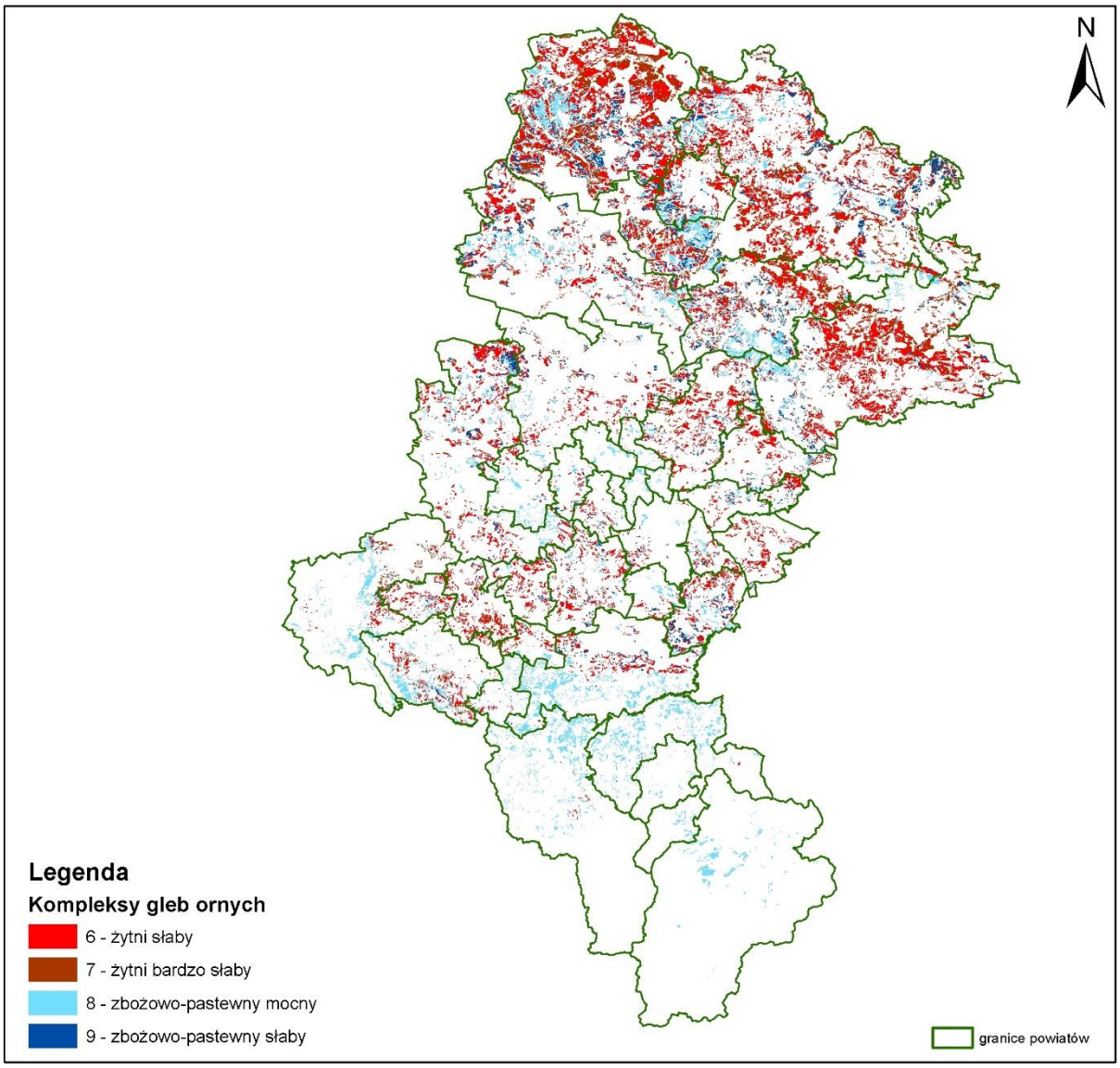


Rysunek 8. Wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej dla województwa śląskiego



Rysunek 9. Kompleksowy przydatności rolniczej gleb w województwie śląskim (IUNG)

Kompleksy 6 i 7 są bardzo podatne na susze, które wywołują bardzo duże deficyty wody glebowej i straty plonów. Są to przeważnie gleby wytworzone z piasków luźnych, słabogliniastych i gliniastych lekkich o szybkim odciekaniu wody wgłęb profilu glebowego. Szczególnie narażone na deficyty wody są obszary położone na lokalnych wododziałach, których w województwie śląskim, przez którego oś północ-południe biegnie duży wododział miedzy zlewnią Wisły a zlewnią Odry, jest dość dużo.



Rysunek 10. Występowanie kompleksów gleb suchych (6, 7) i wilgotnych (8, 9) w województwie śląskim

Tabela 2. Powierzchnia [ha] gleb suchych i wilgotnych w powiatach województwa śląskiego

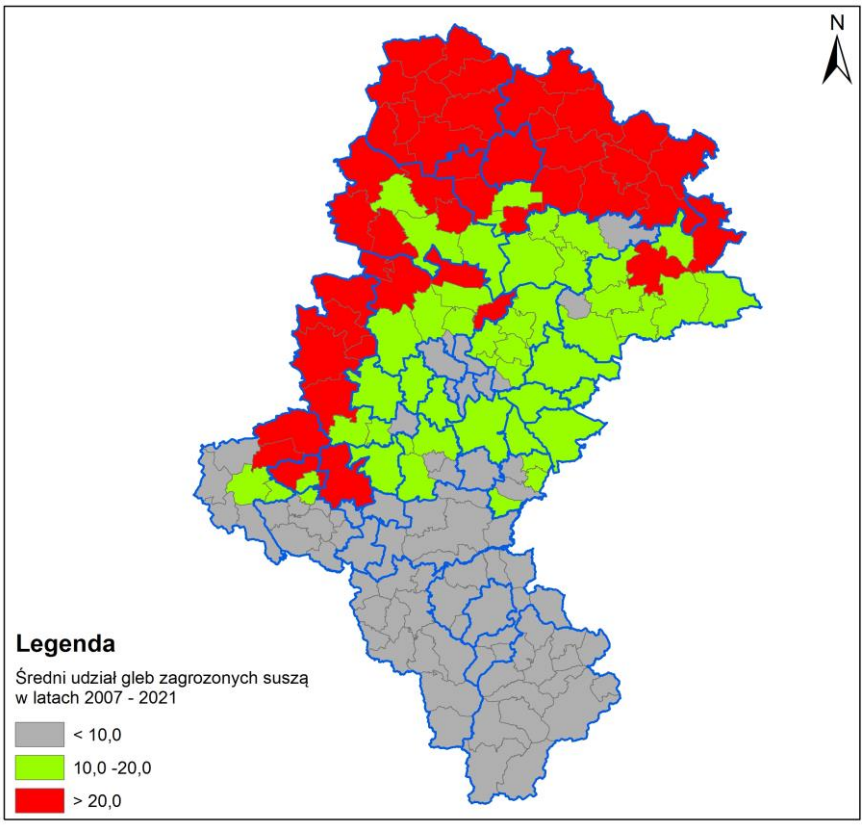
powiat	Kompleksy gl-rol			
	6	7	8	9
1. m Bielsko-Biała	0		4	
2. m. Bytom	53		324	6
3. m. Chorzow	0		273	7
4. m. Częstochowa	2180	858	799	934
5. m. Dąbrowa Górnicza	1715	363	335	337
6. m. Gliwice	462	9	822	49
7. m. Jastrzebie-Zdrój	190	65	587	12
8. m. Jaworzno	1329	304	4	64
9. m. Katowice	426	38	176	128
10. m. Mysłowice	5	5	5	4
11. m. Piekary Śląskie	5	0	6	2
12. m. Ruda Śląska	377	76	105	124
13. m. Rybnik	1813	552	78	173

powiat	Kompleksy gl-rol			
	6	7	8	9
14. m. Siemianowice Śląskie	60	13	109	
15. m. Sosnowiec	377	104	250	198
16.m. Świętochłowice	12		46	2
17. m. Tychy	342	88	313	81
18. m. Zabrze	268	33	199	173
19. m. Żory	484	196	217	39
20. powiat będziński	1897	470	745	1021
21. powiat bielski	65		3741	10
22. powiat bieruńsko-lędziński	1897	470	745	1021
23. powiat cieszyński	106		3465	17
24. powiat częstochowski	21246	10470	6050	6646
25. powiat gliwicki	6049	637	2512	1518
26. powiat kłobucki	17234	11146	4531	4554
27. powiat lubliniecki	6063	1563	3436	2057
28. powiat mikołowski	2146	326	549	466
29. powiat myszkowski	5768	3683	3197	1869
30. powiat pszczyński	1852	150	4386	620
31. powiat raciborski	916	667	2566	184
32. powiat rybnicki	2895	350	376	303
33. powiat tarnogórski	2984	798	926	969
34. powiat wodzisławski	1566	526	2260	222
35. powiat zawierciański	14406	6826	2204	1576
36. powiat żywiecki			1482	

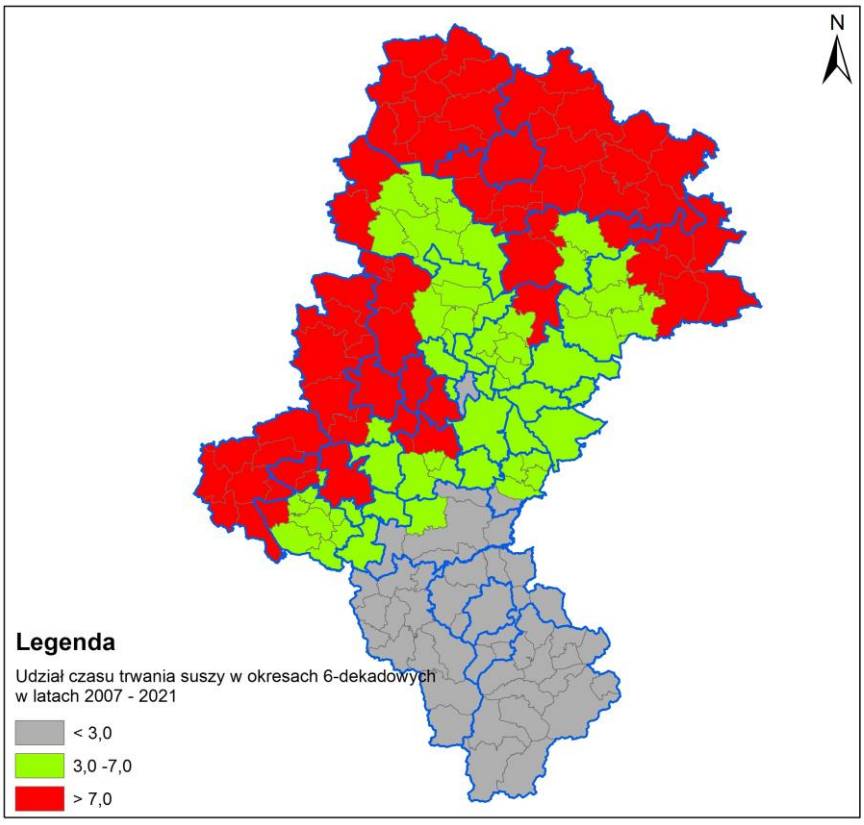
Gleby te można przeznaczać pod zalesienia lub uprawy nawadniane, o ile pozwala na to dostępność wód. Na obszarach, gdzie nie występują deficyty klimatyczne opadów (dodatni klimatyczny bilans wodny) np. na obszarach górskich i podgórskich, deficyty wodne na tych glebach mogą nie występować, pomimo bardzo lekkiego uziarnienia.

Po drugiej stronie spektrum uwilgotnienia gleb znajdują się kompleksy 8 (okresowo nadmiernie uwilgotniony) i 9 (trwale nadmiernie uwilgotniony). Naturalna retencja wodna na tych obszarach wynika albo z budowy profilu glebowego, gdzie w podglebiu występują warstwy słabo przepuszczalne albo z położenia terenu w lokalnych zagłębieniach bezodpływowych lub dolinkach śródzboczowych, koncentrujących spływ z okolicznych zboczy. Gleby te – głównie czarne ziemie; bardzo często poddawano melioracji ze względu na ich potencjalną żyzność i głęboki poziom próchniczny. W miejscach, gdzie ich uprawa jest trudna lub nieopłacalna, stanowią one obszary o wysokim naturalnym potencjale retencji i dobrze rokują na zbiorniki małej retencji. Na kompleksach tych można zebrać skutecznie wodę oraz ją przed dłuższy czas utrzymać.

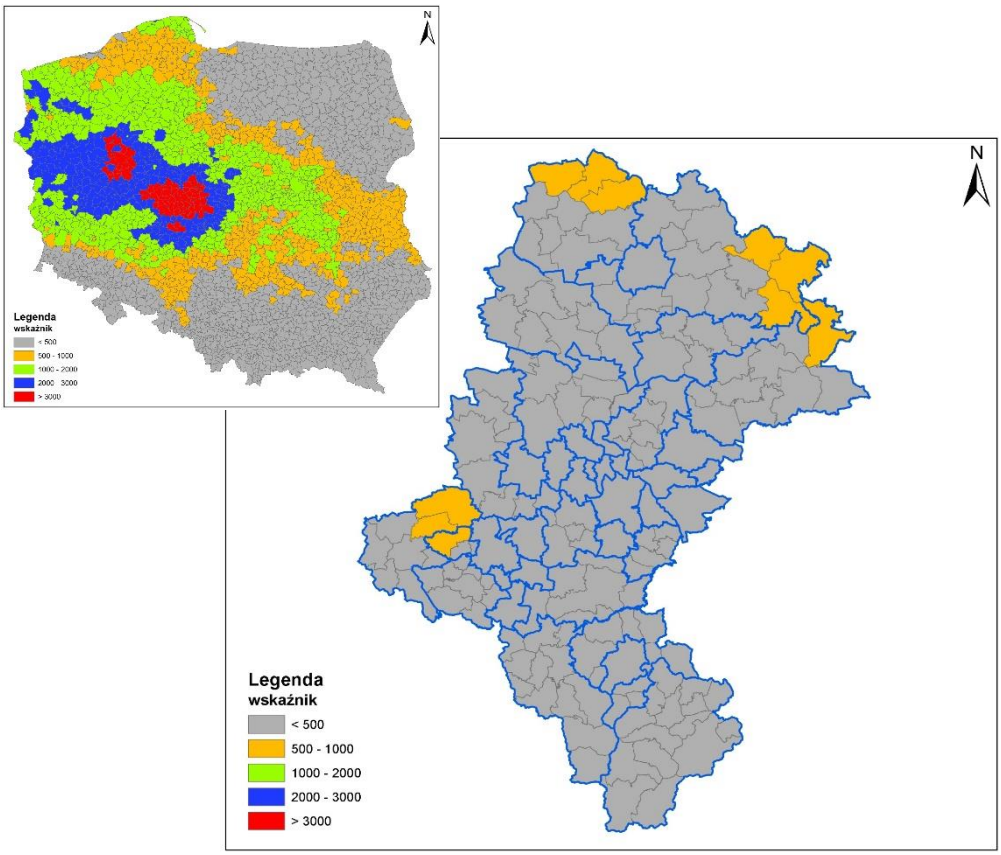
Występowanie gleb kompleksów 6 i 7 oraz oddalenia od terenów podgórskich o wysokim klimatycznym bilansie wodnym, sprawia, że na terenie województwa śląskiego susza rolnicza występuje najczęściej na północy województwa. Poniższe mapy (rys. 11 - 14) występowania suszy w województwie śląskim w latach 2007-2021 potwierdzają to przypuszczenie. W porównaniu z obszarem Polski województwo plasuje się jednak wśród regionów o małym natężeniu intensywności susz ze wskaźnikiem intensywności w przedziale 500-1000 tylko w 10 gminach. Wskaźnik intensywności łączy w sobie średni % powierzchni UR objętych suszą oraz częstość pojawiania się suszy w latach 2007-2021.



Rysunek 11. Średni udział [%] gleb zagrożonych suszą w powierzchni UR województwa śląskiego w latach 2007-2021

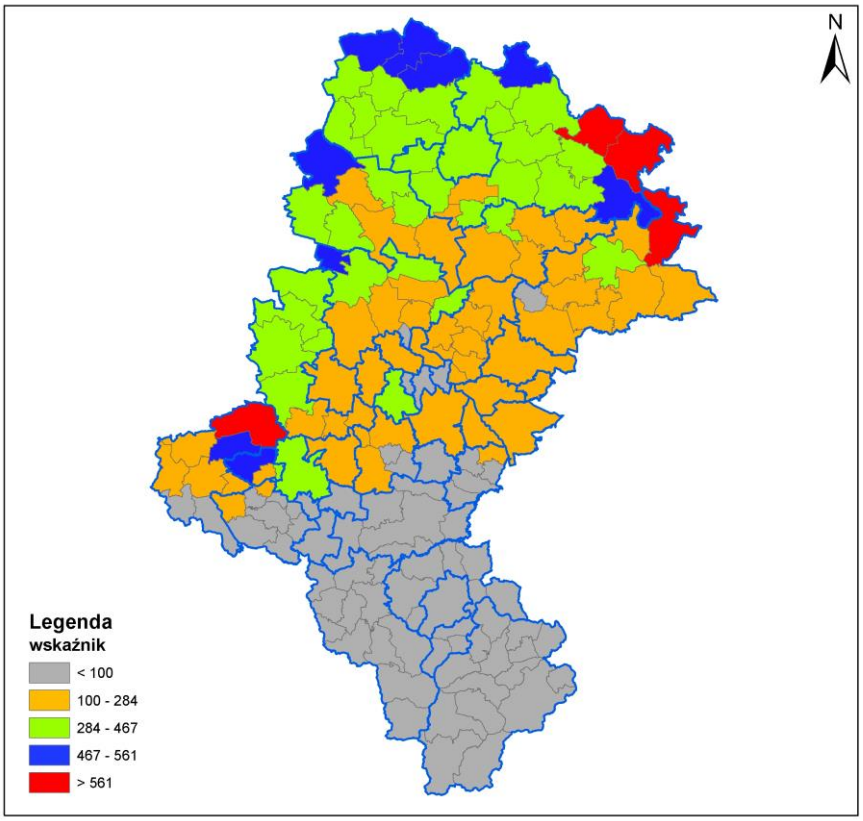


Rysunek 12. Udział czasu trwania suszy w okresach 6-dekadowych w latach 2007-2021



Rysunek 13. Wskaźnik intensywności susz w latach 2007-2021 w województwie śląskim na tle Polski

Po dostosowaniu legendy mapy do zakresu wskaźnika intensywności występowania susz zaobserwowanych w województwie widać wyraźnie, że im dalej na północ tj. dalej od gór i pogórzy, tym częściej i na większym obszarze susze występowały w ciągu ostatnich 14 lat.



Rysunek 14. Wskaźnik intensywności suszy dla województwa śląskiego, uwzględniając zakres zmierzony dla województwa

Prognozy klimatu dla wybranych powiatów woj. śląskiego

Do oceny zmiany parametrów klimatu istotnych dla rolnictwa wykorzystano wykresy pobrane ze strony KLIMADA 2[1] . Portal Klimada zawiera wyniki symulacji zmiany klimatu dla różnych scenariuszy emisyjnych RCP tj. scenariuszy emisji gazów cieplarnianych, od średniego RCP 4.5 po najbardziej niekorzystny RCP8.5, zakładający ciągły intensywny wzrost emisji wynikający ze spalania paliw kopalnych, zwłaszcza na obszarach Azji i Ameryki Południowej, które będą się intensywnie rozwijać. Dane nie zostały dopasowane w pełni do obserwacji pogodowych, więc należałoby je czytać wyłącznie jako różnice miedzy stanem z lewej strony wykresu a wybranym rokiem w przyszłości.

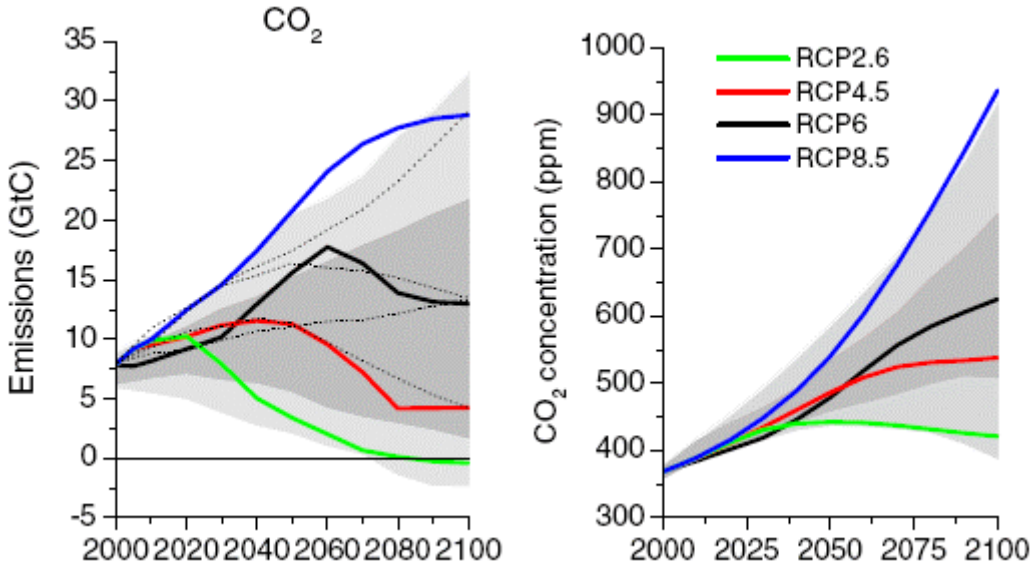
Nazwy poszczególnych RCP pochodzą od przypisanych im wartości globalnego wymuszenia radiacyjnego w górnych warstwach atmosfery, prognozowanego na koniec XXI w. (aktualnie 3 W/m²). Wielkość ta jest zależna od zawartości gazów cieplarnianych w atmosferze (410 ppm CO2 w 2020 r.).

- RCP 2.6 – redukcja wymuszenia radiacyjnego do wartości 2.6 [W/m2] w roku 2100 i wyhamowanie globalnego ocieplenia w połowie stulecia. Zakładana jest stabilizacja ilości CO2 na poziomie 400 ppm pod koniec stulecia i utrzymanie wzrostu średniej temperatury o 1.5 ° względem epoki przedindustrialnej. Biorąc pod uwagę, że poziom 400 ppm został już przekroczony uznaje się RCP2.6 za mało realistyczny.
- RCP 4.5 – wprowadzanie nowych technologii w celu uzyskania wyższej niż obecnie redukcji emisji gazów cieplarnianych. Zakładany jest wyraźny spadek zawartości GHG w atmosferze w połowie stulecia oraz osiągnięcie w roku 2100 stężeń CO2 ok. 540 ppm i wymuszenia radiacyjnego 4.5 [W/m2]. Wzrost średniej temperatury globalnej wyniesie ok. 2.5° pod koniec XXI w.

[1] https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

- RCP 6.0 – stopniowy wzrost emisji GHG. Zakłada się osiągnięcie poziomu stężeń CO2 ok. 650 ppm i wymuszenia radiacyjnego 6.0 [W/m2]. Średnia temperatura globalna wzrośnie o ok. 3° pod koniec XXI w.
- RCP 8.5 – utrzymanie aktualnego tempa wzrostu emisji gazów cieplarnianych, w formule „działania jak zwykle". Pod koniec wieku zakłada się osiągniecie poziomu stężeń CO2 ok. 940 ppm oraz wymuszenia radiacyjnego 8.5 [W/m2]. Średnia temperatura Ziemi wzrośnie o 4.5° względem epoki przedindustrialnej. Scenariusz ten z 95% prawdopodobieństwem oznacza nieodwracalną destabilizację klimatu Ziemi.[2]

Różnice projekcji emisji CO2 (lewy panel) i prognozowanych stężeń CO2 (prawy panel) pomiędzy różnymi scenariuszami RCP przedstawia Rysunek 15 (Klimada2).



Rysunek 15. Wykresy scenariuszy emisji gazów cieplarnianych RCP oraz wywołane przez nie stężenie CO2 w atmosferze (wg Van Vuuren, 2011)

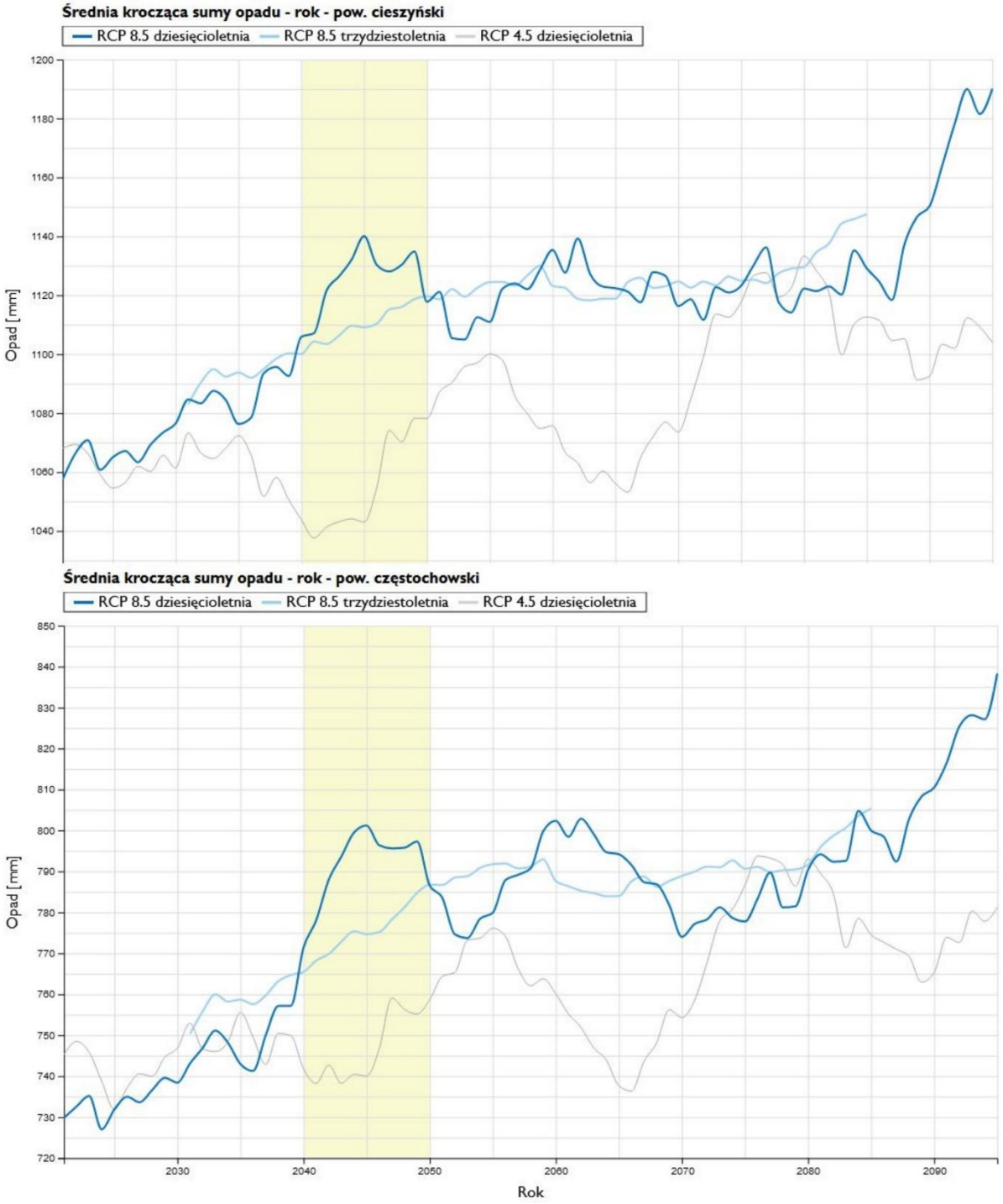
Aby odzwierciedlić zmienność warunków klimatycznych województwa do analizy scenariuszy zmian klimatu wybrano 2 powiaty:

- Położony na południu województwa powiat cieszyński o znacznym udziale gleb kompleksów górskich i najwyższej rocznej sumie opadów. Powiat położony jest na obszarze Pogórza Śląskiego, Beskidu Śląskiego i Kotliny Oświęcimskiej
- Położony w północno-wschodniej części województwa powiat częstochowski.

Prognozy parametrów klimatu do roku 2100 przedstawiono na rysunkach 16-21. Z wykresów prognozy średniej rocznej sum opadu wynika, ze generalnie we wszystkich rozważanych powiatach roczna suma opadów będzie systematycznie rosnąć dla scenariusza RCP 8.5, zaś dla scenariusza RCP 4.5 wzrost sumy opadu będzie mniejszy i a zarazem zmienność w czasie fluktuacji opadów będzie znacznie większa. Dla zaznaczonego okresu 2040-2050 maksimum opadów przypadnie w obydwu przypadkach na rok 2045, przy czym wzrost opadów wyniesie 140mm (14%!) w powiecie cieszyńskim i 70mm w powiecie częstochowskim (nieco poniżej 10%) w przypadku scenariusza RCP 8.5. W przypadku RCP 4.5 maksimum wystąpi pod koniec tego okresu i będzie znacznie niższe, odpowiednio 40mm i 48mm przy znacznie wyższej zmienności w czasie. Prognozy wydają się być optymistyczne z punktu widzenia

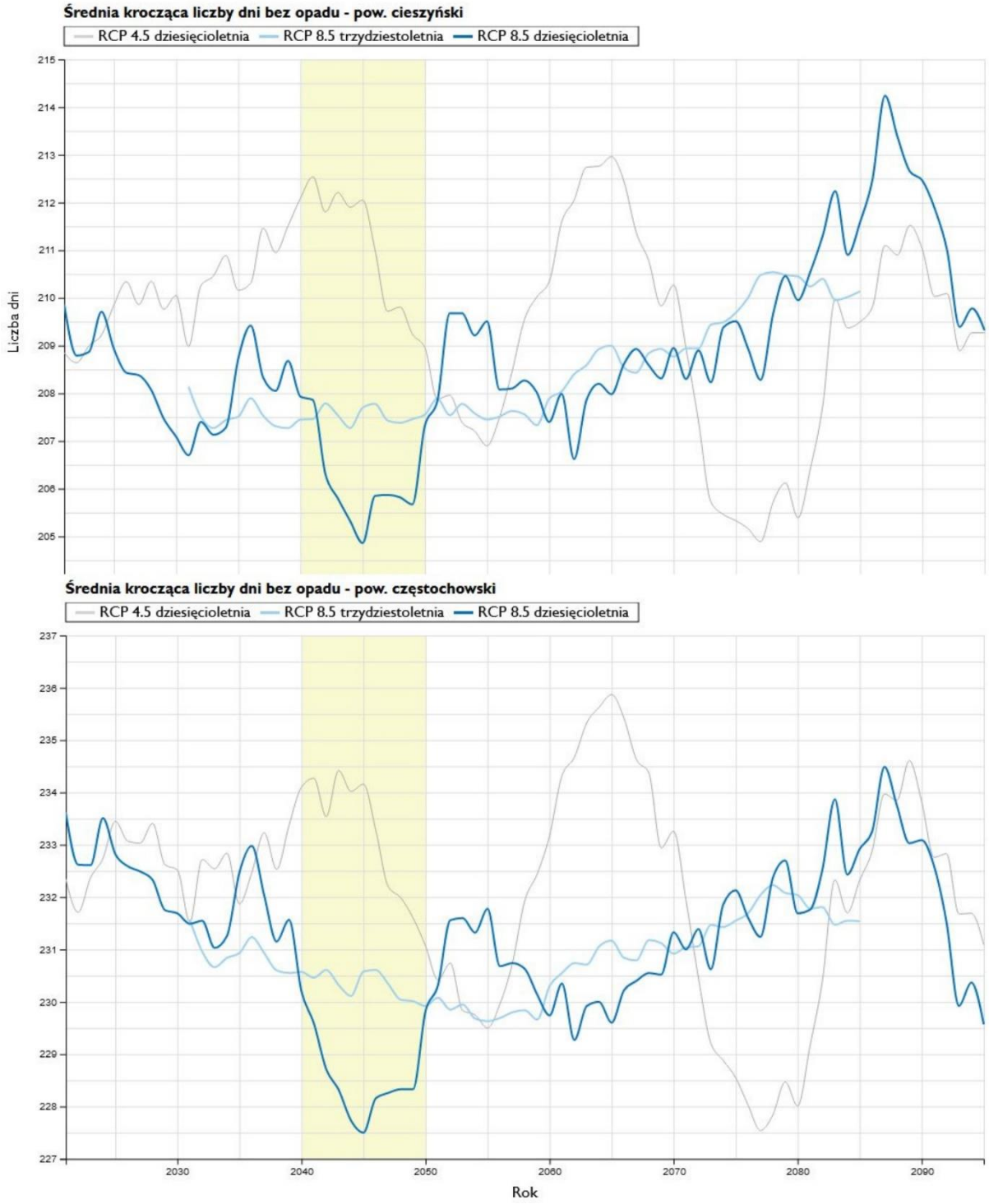
[2] https://klimada2.ios.gov.pl/o-rcp/

dostępności wody dla rolnictwa, jednak znacznemu zwiększeniu podlegać będą również pozostałe składowe bilansu wodnego: ewapotranspiracja (parowanie terenowe) i odpływ.



Rysunek 16. Prognoza zmiany średniej kroczącej sumy opadu w zmieniającym się klimacie dla powiatów: cieszyńskiego, gliwickiego i częstochowskiego. Scenariusze emisyjne RCP 4.5 oraz RCP 8.5. (Źródło KLIMADA 2, bez kalibracji)

Liczba dni bez opadu wzrośnie w rozpatrywanym okresie w scenariuszu RCP 4.5 i zmaleje w RCP 8.5, jednak w przypadku powiatu cieszyńskiego zmiana będzie się wahać od +3 do -5 dni na rok, w powiecie częstochowskim +2 do -5 dni, co stanowi wahania na poziomie max. zaledwie 2%.



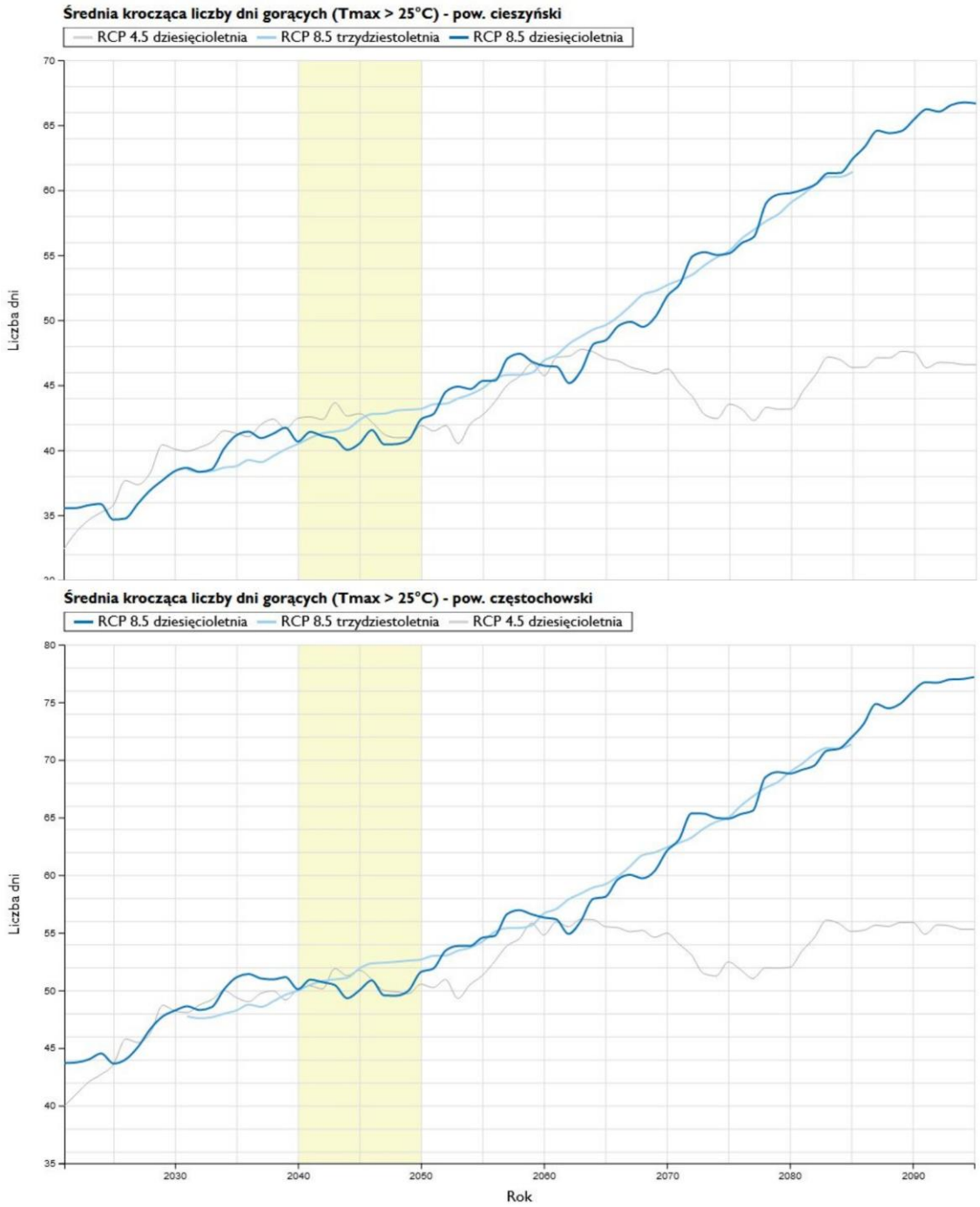
Rysunek 17. Prognoza średniej kroczącej liczby dni bez opadu w zmieniającym się klimacie dla powiatów: cieszyńskiego, gliwickiego i częstochowskiego. Scenariusze emisyjne RCP 4.5 oraz RCP 8.5. (Źródło KLIMADA 2, bez kalibracji)

Liczba dni z opadem dziennym przekraczającym 10mm wzrośnie nieznacznie do roku 2050 tj. o około 2 dni (ok. 10%) w powiecie cieszyńskim i 1,5 dnia (ok. 9%) w powiecie częstochowskim .

Rysunek 18. Prognoza zmiany średniej kroczącej liczby dni w roku z opadem dziennym >10mm w zmieniającym się klimacie dla powiatów: cieszyńskiego, gliwickiego i częstochowskiego. Scenariusze emisyjne RCP 4.5 oraz RCP 8.5. (Źródło KLIMADA 2, bez kalibracji)

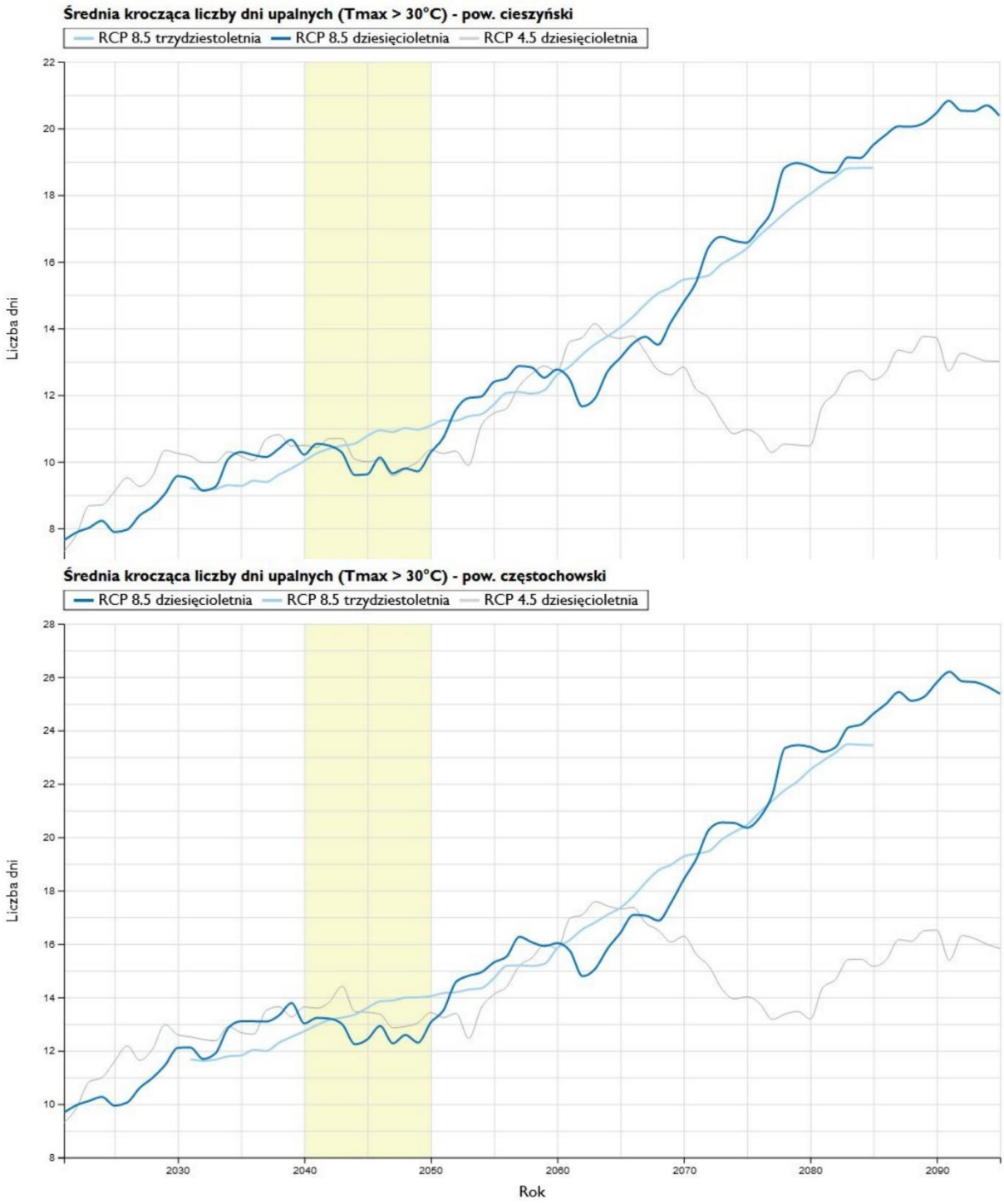
Poprawienie wskaźników związanych z opadem: wyższa suma roczna, wyższa liczba dni z opadem powyżej 10mm oraz niższa liczna dni bez opadu; będzie przeciwstawione wyższym wskaźnikom

związanym z temperatura powietrza, stanowiącym podstawowy składnik parowania. Liczba dni gorących z temperaturą powyżej 25 stopni Celsjusza wzrośnie w powiecie cieszyńskim do 2050 roku o 6 dni (ok. 17%) i o 6-8 dni w powiecie częstochowskim (14-18%).



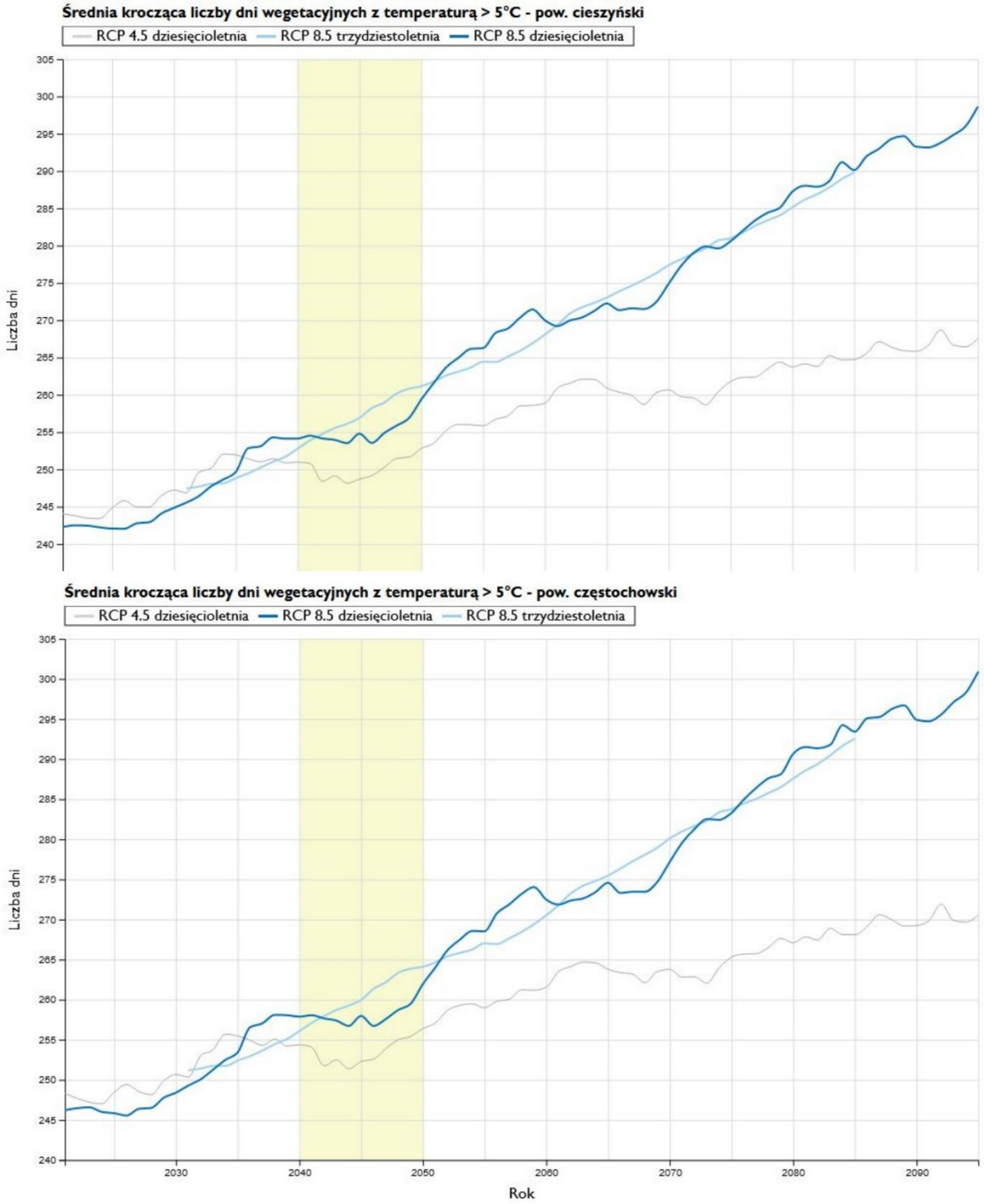
Rysunek 19 Prognoza zmiany średniej kroczącej liczby dni gorących Tmax>25C w zmieniającym się klimacie dla powiatów: cieszyńskiego i częstochowskiego. Scenariusze emisyjne RCP 4.5 oraz RCP 8.5. (Źródło KLIMADA 2, bez kalibracji)

Natomiast liczba dni upalnych ma wzrosnąć w powiecie cieszyńskim średnio o 2 dni (25%) w powiecie cieszyńskim i średnio o 3-4 dni (30-40%) w powiecie częstochowskim.



Rysunek 20. Prognoza zmiany średniej kroczącej liczby dni gorących Tmax>30C w zmieniającym się klimacie dla powiatów: cieszyńskiego, gliwickiego i częstochowskiego. Scenariusze emisyjne RCP 4.5 oraz RCP 8.5. (Źródło KLIMADA 2, bez kalibracji)

Znacznemu wydłużeniu ulegnie okres wegetacyjny, reprezentowany pośrednio przez liczbę dni z temperaturą powyżej +5 stopni Celsjusza. W powiecie cieszyńskim liczba tych dni wzrośnie o 17 (7%) dla scenariusza RCP 8.5 i 8dni (3%) dla scenariusza RCP 4.5. W powiecie częstochowskim z kolei wzrost ten wyniesie 18 dni (7%) dla scenariusza RCP 8.5 i 10 dni (4% dla scenariusza RCP 4.5).



Rysunek 21.Prognoza zmiany średniej kroczącej liczby dni wegetacyjnych z t>5C w zmieniającym się klimacie dla powiatów: cieszyńskiego, gliwickiego i częstochowskiego. Scenariusze emisyjne RCP 4.5 oraz RCP 8.5. (Źródło KLIMADA 2, bez kalibracji)

Wpływ wskaźników dotyczących opadu i temperatury otrzymanych w wyniku symulacji zmiany klimatu dla scenariuszy emisyjnych RCP 4.5 oraz RCP 8.5 na klimatyczny bilans wodny przedstawiono w następnym rozdziale.

Prognoza wpływu zmiany klimatu na klimatyczny bilans wodny w woj. śląskim

Modelowanie symulacyjne, zlecono przez IUNG-PIB w ramach dotacji celowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w zadaniu nr 2.0/2021 „Kształtowanie retencji gleb jako elementu przeciwdziałania suszy rolniczej i racjonalnej gospodarki wodnej". Symulację dla obszarów zlewni rzek Odry i Wisły wykonał Pan mgr inż. Damian Badora w oparciu o dane udostępnione przez GUGiK, IUNG-PIB oraz GIOŚ. Modelowanie zostało wykonano w programie SWAT (Soil and Water Assessment Tool), używanym na całym świecie do symulowanie wpływu zmian w zlewniach: użytkowanie terenu, uprawy, zbiorniki, praktyki rolnicze itd. oraz zmiany klimatu na hydrologię, plonowanie i jakość środowiska. Poniższe dane stanowią wycinek otrzymanych wyników dla zlewni położonych na obszarze województwa śląskiego: górnej Wisły (nr 6) i Pilicy (nr 4) oraz Odry (nr 21) i Warty (nr 15) (rys. 22).

Rysunek 22. Zarys granic hydrograficznych na obszarze województwa śląskiego

Zmienić się ma rozkład opadów w ciągu roku, z kumulacją opadów w okresie zimnym i silnymi okresowymi niedoborami w okresie szczytu okresu wegetacyjnego, co widać szczególnie dla zlewni Warty (15) i Pilicy (4). Przy tym dla zlewni położonych na terenie górskim i podgórskim niedobory są znacznie mniejsze, za to zwiększenie KBW na płytkich górskich glebach może oznaczać zwiększenie częstości występowania szybkich powodzi a nawet powodzi błyskawicznych tzw. flash floods. Nadmierne nasycenie gleby wodą może także prowadzić do występowania ruchów masowych, zwłaszcza osuwisk.

Jeśli chodzi o zagrożenie suszą (tab. 3) to symulacja wskazuje na zlewnię Pilicy (nr 4) jako najbardziej zagrożoną z deficytami wody na poziomie od 441mm (RCP8.5) do 619mm (RCP 4.5) co odpowiada

dzisiejszej rocznej sumie opadów w okresie marzec-sierpień. Bilans będzie najprawdopodobniej rekompensowany nadmiarem opadów w okresie zimowym. Dużym wyzwaniem pozostaje więc na tym obszarze zadbanie o retencję wodną – zarówno zbiorniki małej retencji, jak i regulacja istniejących melioracji wodnych w kierunku działania nawadniająco-odwadniającego; zmiany praktyk rolniczych ukierunkowanych na zwiększanie zawartości próchnicy, wyłączenia z produkcji rolnej pod zalesienia gleb kompleksów 6 i 7 najbardziej narażonych na suszę.

Tabela 3. Symulacja klimatycznego bilansu wodnego [mm] podzlewni Wisły i Odry na obszarze woj. śląskiego dla dekady 2040-2050

Projekcja klimatyczna	Zlewnia 6		Zlewnia 21		Zlewnia 4		Zlewnia 15	
	2013-2018	2040-2050	2013-2018	2040-2050	2013-2018	2040-2050	2013-2018	2040-2050
Scenariusz emisyjny	**RCP 4.5**							
MKM (wiosna)	**104**	**141**	**60**	**107**	**-9**	**-196**	**60**	**107**
		+37		+47		-187		+47
CLS (lato)	**43**	**131**	**14**	**76**	**-51**	**-483**	**14**	**76**
		+68		+62		-432		+62
WPL (jesień)	**215**	**194**	**180**	**149**	**21**	**52**	**180**	**149**
		-21		-31		+31		-31
Scenariusz emisyjny	**RCP 8.5**							
MKM (wiosna)	**104**	**177**	**60**	**126**	**-9**	**-122**	**60**	**126**
		+73		+66		-113		+66
CLS (lato)	**43**	**141**	**40**	**84**	**-51**	**-379**	**14**	**84**
		+98		+44		-328		+70
WPL (jesień)	**215**	**266**	**180**	**220**	**21**	**226**	**180**	**220**
		+51		+40		+205		+40

Należałoby na tym obszarze położyć duży nacisk na planowanie przestrzenne, w którym stawia się gospodarkę wodną na pierwszym planie. Analizy: hydrologiczna, hydrogeologiczna, występowania susz; powinny być obowiązkową częścią studium uwarunkowań kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin z priorytetem zwiększania retencji wodnej krajobrazu oraz zaleceniami do scaleń gruntów umożliwiających skuteczne przekształcenie krajobrazu w celu umożliwienia budowania dużej retencji wodnej. Ważnym elementem powinno też być zagadnienie renaturalizacji bagien i mokradeł oraz torfowisk, jako naturalnych rezerwuarów wody w krajobrazie.

Dobre praktyki gospodarowania wodą w rolnictwie na poziomie gospodarstwa

Agrotechnika sprzyjająca zwiększaniu retencji gleb

Głównym czynnikiem wpływającym na retencyjność gleb, który może być kształtowany przez rolnika jest zawartość próchnicy. Głównymi elementami praktyk rolniczych zwiększających zawartość próchnicy w glebie są **nawożenie organiczne, płodozmian oraz uprawa**. Oprócz dążenia do zwiększania zawartości próchnicy należy również zapobiegać jej utracie, która następuje w wyniku: erozji wodnej i wietrznej oraz przesuszenia gleb[3].

Płodozmian

W zakresie planowania płodozmianu, który ma na celu zwiększanie zawartości próchnicy w glebie należy kierować się dodatnim bilansem materii organicznej w glebie tj. różnicą między materią organiczną na początku okresu wegetacyjnego pod daną roślina a materią organiczną po jej zbiorze. W tabeli 4 przedstawiono charakterystyki głównych roślin uprawnych pod względem ich oddziaływania na bilans materii organicznej w glebach.

Tabela 4 Współczynniki reprodukcji i degradacji glebowej materii organicznej (wg Eicha i Kundlera)[3]

Roślina lub nawóz organiczny	**Współczynnik reprodukcji (+) lub degradacji (-) w t substancji organicznej na ha dla gleb**		
	lekkich	**średnich**	**ciężkich**
Okopowe, warzywa korzeń, 1 ha	-1,26	-1,40	-1,54
Zboża, oleiste, włókniste, 1ha	-0,49	-0,53	-0,56
Strączkowe 1 ha	+0,32	+0,35	+0,38
Trawy 1 ha	+0,95	+1,05	+1,16
Motylkowe, mieszanki 1 ha	+1,89	+1,96	+2,10
Międzyplony na ziel. nawóz 1 ha	+0,63	+0,70	+0,77
Obornik 1 t suchej masy *	+0,35		
Gnojowica 1 t suchej masy **	+0,28		
Słoma 1 t suchej masy	+0,21		

**/ przeciętna dawka obornika 40t/ha o zawartości s.m.- 25%*

***/ przeciętna dawka gnojowicy 40 t/ha o zawartości s.m. około 6-8%*

Źródło: Chemia rolna. Fotyma .M., Mercik S. Wyd. PWN 1992

Jeśli w bilansie bieżącego płodozmianu wartość końcowa cyklu jest ujemna, należy wprowadzić bądź rośliny z dodatnim współczynnikiem reprodukcji MO, nawożenie organiczne, płytkie przyorywanie słomy i resztek pożniwnych (tabela 5) lub mulczowanie. Bardzo wskazane jest wprowadzenie międzyplonów, które mają dwojakie pozytywne działanie:[4]

1. Produkcja dodatkowej biomasy na przyoranie przed siewem;
2. Ochrona gleby przed bezpośrednim oddziaływaniem deszczu i wiatru.

Tabela 5 Sucha masa (t/ha) resztek pożniwnych (wg Kvech) Źródło:Tyburski, 2004[4]

[3] Wawer R., Kolasińska K., (red) 2022. Kodeks Dobrych Praktyk Wodnych w Rolnictwie

[4] Wawer R., Kolasińska K. (red), 2022. Kodeks Dobrych Praktyk Wodnych w Rolnictwie.

Gatunek roślin	Resztki pożniwne (t na ha)
Pszenica ozima	**3,31**
Żyto ozime	**3,22**
Jęczmień jary	**2,54**
Owies	**2,86**
Bobik na nasiona	**3,14**
Ziemniak	**0,91**
Lucerna	**8,22**
Koniczyna czerwona	**5,23**
Międzyplon z gorczycy	**1,42**
Międzyplon z facelii	**1,57**
Wsiewka koniczyny białej	**3,65**

Na obszarach,, gdzie wysypują susze, zapotrzebowanie roślin upranych na wodę jest jednym w najważniejszych kryteriów przy projektowaniu płodozmianu (tabela 6).

Tabela 6. Zapotrzebowanie na wodę w trakcie sezonu wegetacyjnego wybranych roślin uprawnych [FAO 2012]

Gatunek rośliny uprawnej	**Zapotrzebowanie na wodę w trakcie sezonu wegetacyjnego [mm na sezon wegetacyjny]**
Fasola C3	300 - 500
Kapusta C3	350 - 500
Cebula C3	350 - 500
Groch C3	350 - 500
Pomidor C3	400 - 800
Jęczmień C3	450 - 650
Owies C3	450 - 650
Pszenica C3	450 - 650
Ziemniak C3	500 - 700
Kukurydza C4	500 - 800
Burak cukrowy C3	550 - 750
Słonecznik C3	600 - 1000

Nawożenie organiczne

Zaleca się stosowanie nawożenia organicznego w połączeniu z wapnowaniem na polach, wymagających korekty pH. Wpływ różnych wariantów nawożenia na poprawę właściwości

retencyjnych gleb obrazuje tabela 4. Po szczegóły właściwego prowadzenia nawożenia organicznego w gospodarstwie polecam odpowiedni rozdział Kodeksu Dobrych Praktyk Wodnych w Rolnictwie, dostępny za darmo na stronie internetowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi: https://www.gov.pl/web/rolnictwo/kodeks-dobrych-praktyk-wodnych-w-rolnictwie

Tabela 7 Wpływ długotrwałego stosowania zróżnicowanego nawożenia na zawartość węgla organicznego i zdolność retencyjną wody. Źródło: Korchens, 2010

Nawożenie	**Zawartość węgla organicznego (%)**	**Polowa pojemność wodna gleby (%)**	**Woda dostępna dla roślin (%)**
Bez nawożenia	0,42	21,6	17,8
NPK+Ca	0,48	22,6	18,8
Obornik (10 t·ha^{-1}·rok)	0,57	**23,5**	19,3
Obornik (10 t·ha^{-1}·rok) + NPK i Ca	**0,72**	**25,5**	**20,5**

Uprawa konserwująca

Uprawa konserwująca to taki system uprawy, który w porównaniu do konwencjonalnej, płużnej uprawy roli pozostawia na powierzchni gleby przynajmniej 30% resztek pożniwnych. Po szczegóły wdrażania uprawy konserwującej w gospodarstwie polecam rozdział Kodeksu Dobrych Praktyk Wodnych w Rolnictwie, dostępny za darmo na stronie internetowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi: https://www.gov.pl/web/rolnictwo/kodeks-dobrych-praktyk-wodnych-w-rolnictwie

Nawadnianie

Rolnictwo zużywa obecnie w skali świata 70% zasobów wód słodkich. Przy szacowanym wzroście popytu na żywność o 60% w 2050 roku, wzrost powierzchni upraw nawadnianych ma się zwiększyć o więcej niż 50% (FAO). Znaczna część gleb Polski charakteryzuje się dużą przepuszczalnością oraz zmiennym poziomem wody gruntowej. W efekcie jedynym źródłem dostępnej wody jest często opad atmosferyczny. Zmiany klimatyczne, skutkujące zwiększeniem stresu cieplnego roślin i zagrożenia suszą, pogłębiają deficyt wody w uprawach (np. obserwowany wzrost deficytu dla kukurydzy[5]), które wymagają uzupełnienia niedoborów wody opadowej poprzez zastosowanie nawodnień. W takich warunkach, jednym z priorytetów rozwoju polskiego rolnictwa staje się racjonalizacja wykorzystania wód w nawodnieniach.

Najczęściej stosowaną przez rolników metodą określania potrzeb nawodnień pozostaje metoda organoleptyczna, oparta albo o obserwację stanu uwilgotnienia gleby (dotyk), albo wzrokową ocenę stanu rośliny. Organoleptycznie rolnik jest w stanie, na podstawie własnego doświadczenia, ocenić w bardzo dużym przybliżeniu, kiedy nawadniać. Decyzja, ile nawadniać, zwykle opiera się na założeniu dotyczącym wysycenia gleby wodą, tj. nawadnianiu do pełnej pojemności wodnej gleby, osiąganej wtedy, kiedy na powierzchni gleby pojawi się zastoisko wody – widomy znak, ze więcej wody już się w glebie nie zmieści. Z oczywistych względów metoda organoleptyczna jest dalece niedoskonała. Po pierwsze rolnik decyduje na podstawie własnego doświadczenia, które nie jest poparte jakimkolwiek pomiarem bezwzględnej wilgotności w glebie, po drugie często po okresie posusznym (okres bezopadowy lub z bardzo małymi opadami) opady deszczu zwilżają tylko wierzchnią część poziomu orno-próchnicznego. Wtedy ocena uwilgotnienia powierzchni gleby może sugerować dostatek wody, podczas gdy 5cm poniżej warstwy uwilgotnionej występuje przesuszenie profilu glebowego.

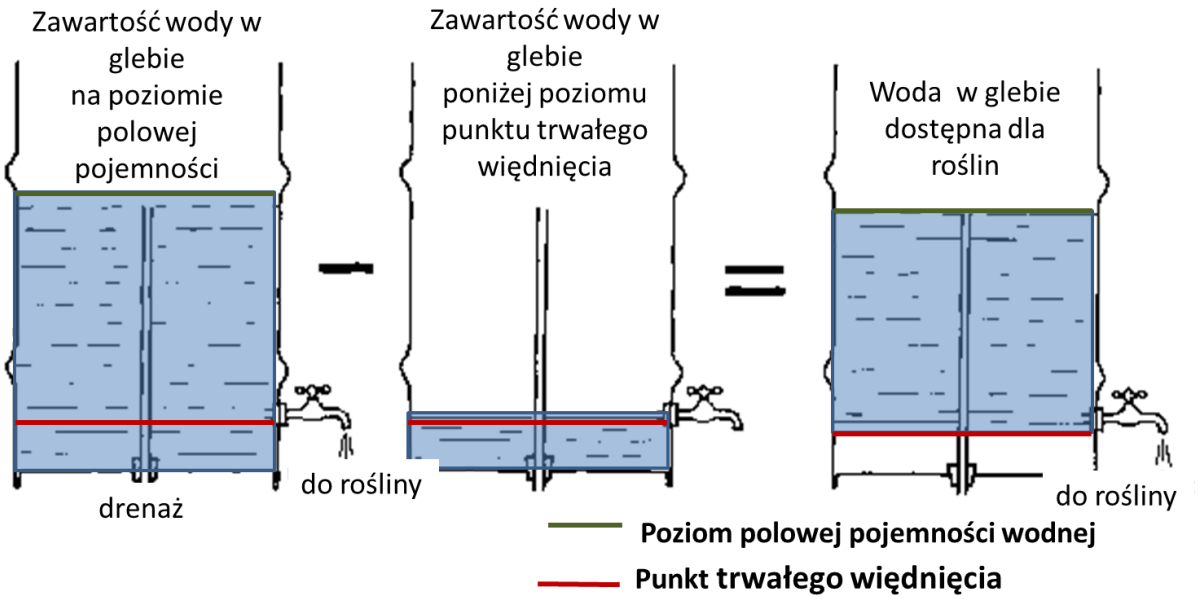
[5] https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/trend-in-crop-water-deficit

Podlewanie uprawy do osiągnięcia nasycenia gleby jest zarówno nieekonomiczne jak i szkodliwe dla środowiska. Woda z gleby nasyconej (wszystkie kapilary i pory nasycone wodą) odcieknie zwykle w ciągu 1 doby do zawartości wilgoci odpowiadającej polowej pojemności wodnej - wilgotności, która ustabilizuje się po 1-2 dniach od całkowitego zalania gleby. Rolnik traci całą nadmiarową objętość wody wraz z łatwo rozpuszczalnymi nawozami, takimi jak potas i azot, które trafiają do wód gruntowych i je zanieczyszczają.

Ilość dostępnej w glebie wody opisywana jest trzema poziomami wilgotności:

1. Punkt trwałego więdnięcia[6];
2. Punkt polowej pojemności wodnej[7];
3. Punkt pełnego nasycenia wodą;

Zależności między tymi poziomami pokazuje rysunek 23:

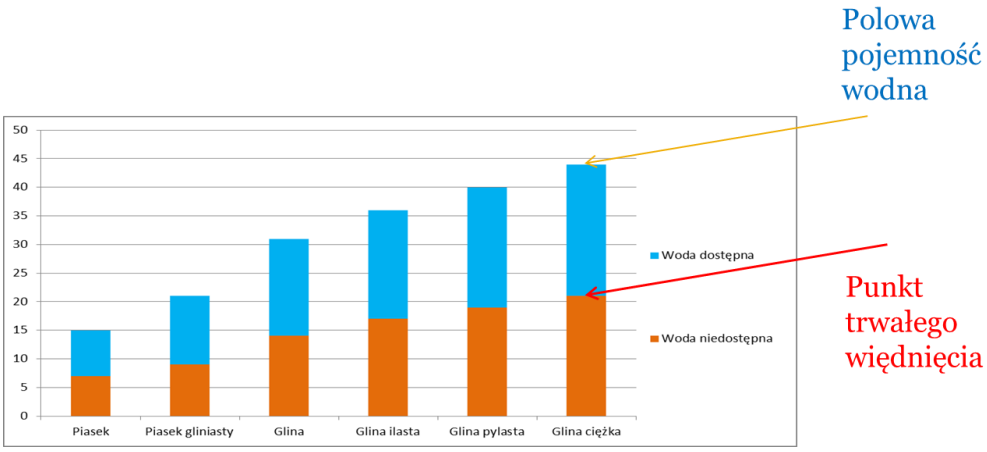


Rysunek 23. Woda dostępna w glebie. Źródło: FAO

Każdy rodzaj gleby (piasek, glina, pył lub ił) ma swoją charakterystykę układu progów wilgotności (rys. 24).

[6] Punkt trwałego więdnięcia to taka wilgotność gleby, poniżej której roślina nie jest w stanie pobierać wody przez system korzeniowy

[7] Polowa pojemność wodna to ilość wody, która ustabilizuje się po 48h od całkowitego zalania woda (Dyrektywa Komisji Europejskiej 2004/73/WE z 29 kwietnia 2004)



Rysunek 24. Poglądowe wartości wody dostępnej dla roślin w różnych glebach. Źródło: USDA

Jak widać, wilgotność na poziomie 15% oznacza w przypadku piasku polową pojemność wodną, zaś w przypadku cięższych glin jest poniżej punktu trwałego więdnięcia.

O wiele bardziej racjonalną **metodą stosowaną w ocenie, kiedy i ile nawadniać, jest obliczanie dziennego parowania, czyli ewapotranspiracji**. Opiera się ona na skomplikowanych równaniach, które biorą pod uwagę z jednej strony parametry fizykochemiczne gleby i gatunek (a nawet odmianę) roślin (a także fazę wzrostu), a z drugiej pomiary meteorologiczne. Metoda ta pozwala oszacować dzienną dawkę strat wody przez parowanie, którą można uzupełnić dzięki nawodnieniu. Jej wadą jest uproszczenie oceny strat wody wnikającej w głąb gleby. Wiąże się to z pewnym ryzykiem jej przesuszenia. W Internecie dostępne są kalkulatory on-line[8] udostępnione przez Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach, które umożliwiają wyliczenie dawek nawodnień na podstawie parowania.

Następną metodą określenia terminu i dawki nawodnieniowej jest **bezpośredni pomiar wilgotności gleby w strefie korzeniowej roślin**, umożliwiający jednoznaczną ocenę bieżącej wilgotności gleby oraz określenie deficytu wody w podłożu. Metoda ta umożliwia utrzymywanie wilgotności ściśle w zakresie optymalnym dla danego gatunku i odmiany rośliny uprawnej. Ponadto pozwala na automatyzację nawadniania na zadaną wilgotność docelową. Dawkę potrzebnej do nawadniania wody można precyzyjnie wyliczyć lub nastawić system na wyłączenie, gdy wilgotność gleby osiągnie zadaną wartość. W nowoczesnych systemach wspomagania nawodnień w obrębie systemu korzeniowego instalowane są na stałe czujniki. Pomiar wykonywany jest w odstępach godzinowych, wartości liczbowe z kolei odczytuje się w smartfonach, które na bieżąco przeliczają wilgotność na optymalną dla danego stanowiska dawkę nawadniania. Obecnie systemy oparte o bezprzewodowe sieci czujników rozwijają się bardzo dynamicznie, także w Polsce[9]. IUNG w latach 2012-2014 zbudował i z sukcesem przetestował system ENORASIS, potem powstał system Aquastatus. Obecnie tworzone są systemy oparte o Internet Rzeczy (sieć urządzeń, np. telefonów komórkowych, czujników, rejestratorów, które pozyskują, udostępniają i przetwarzają dane bez interwencji człowieka) jak system Agreus czy SensorAI.

Niezależnie od metody wyznaczania terminu i dawki optymalizacja nawadnianie jest pełna, gdy oparta jest o strefowanie upraw. Nazywana jest wówczas nawadnianiem precyzyjnym. Precyzyjne nawadnianie to dokładne określenie terminu i dawki nawodnieniowej. Ponieważ dawki te najsilniej zależą od uziarnienia (rodzaju i gatunku) gleby, najważniejsze jest dobre rozpoznanie gleb w danym

[8] Taki kalkulator można znaleźć np. tutaj: http://www.nawadnianie.inhort.pl/

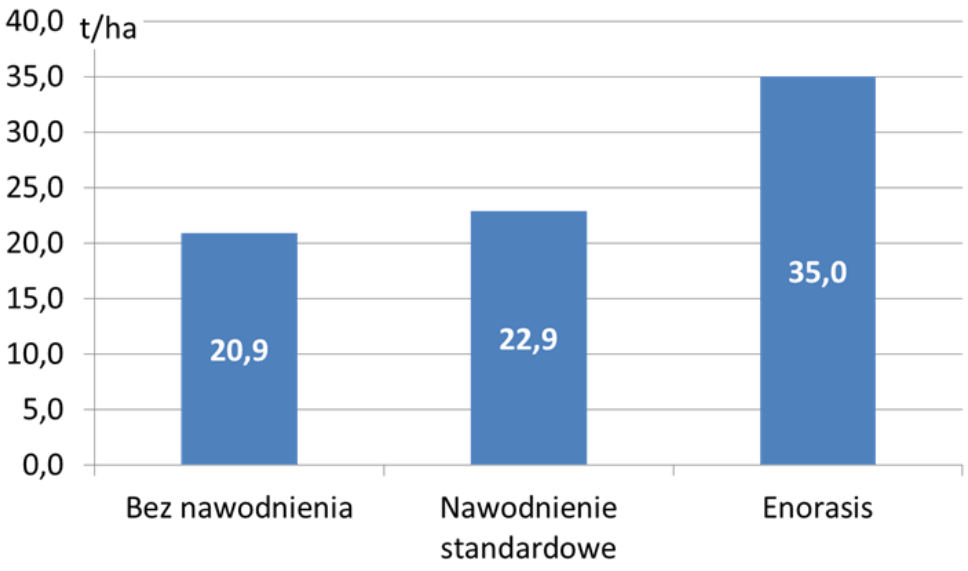
[9] Przykładowo SensorAI, Agreus, Aquastatus.

gospodarstwie, wyznaczenie stref nawodnieniowych zależnych od gleby i przestrzenne zróżnicowanie dawek i terminów nawadniania dla każdej strefy.

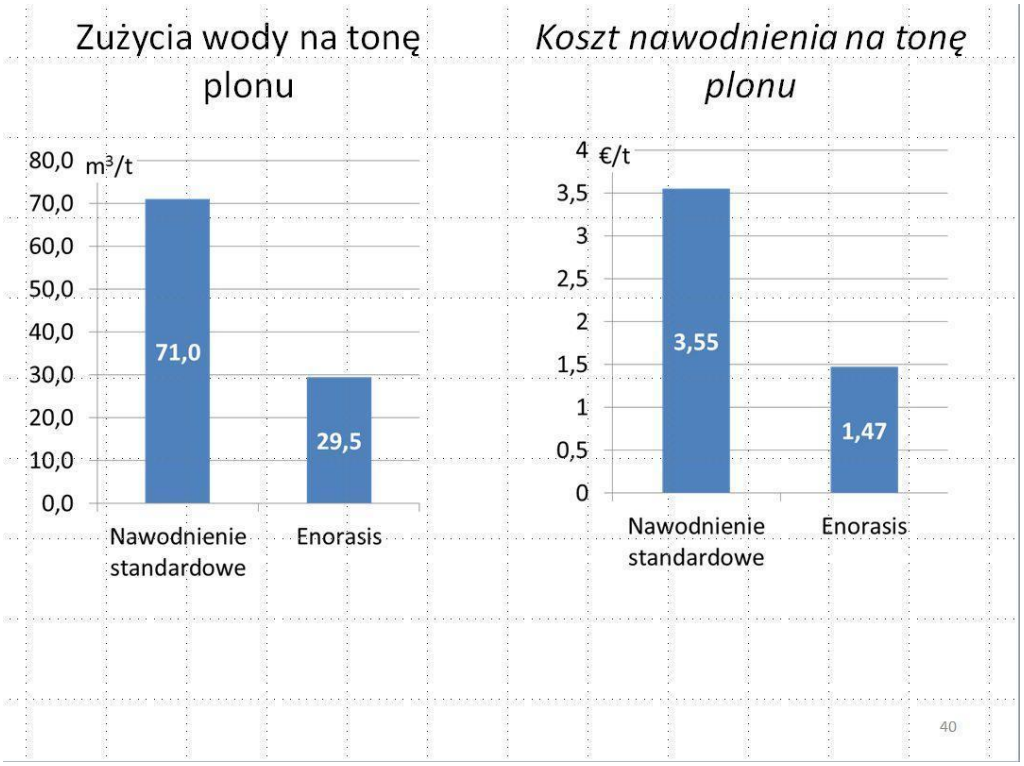
W warunkach Polski mamy wiele obszarów polodowcowych z mozaiką gleb, gdzie nierzadko spotyka się wiele klas bonitacyjnych gleby w obrębie jednego pola, nawet klasę VI przy IIIa. Wyznaczanie stref dla nawodnień jest przydatne również w planowaniu nawożenia i płodozmianu. Strefy glebowe w zasadzie wyznacza się raz, najczęściej na podstawie metod rolnictwa precyzyjnego: teledetekcji oraz uzupełniających pomiarów terenowych i analiz laboratoryjnych.

Najprostsze, jednak niestety tylko zgrubne strefowanie to podzielenie pola według granic klas bonitacyjnych z mapy ewidencyjnej. Po wydzieleniu stref należy pobrać próby glebowe (uśredniona próba z poziomu orno-próchnicznego i jedną próbę na 60cm) z obszaru około 20m^2 w okolicach środka strefy (na terenie płaskim, a na spadku należy uwzględnić położenie na stoku – u podnóża, w połowie i na wierzchowinie) i przebadać np. w okręgowej stacji chemiczno-rolniczej, pod kątem: składu granulometrycznego oraz zawartości próchnicy. Można też zlecić analizę parametrów hydrologicznych gleby: polowej pojemności wodnej i punktu trwałego więdnięcia, dzięki którym można precyzyjnie sterować nawadnianiem w oparciu o pomiar wilgotności gleby. Dla celów nawozowych należy również dodać analizy zasobności w azot, fosfor, potas, magnez, siarkę i ewentualnie mikroelementy kluczowe dla poszczególnych upraw. Tak wyróżnione strefy należy zaopatrzyć w zawór dedykowany tylko do niej i sterowany według zaleceń nawodnieniowych dla danego gatunku gleb lub kategorii agronomicznej, najlepiej w oparciu o pomiaru wilgotności gleby. Pomiar wilgotności z zastosowaniem czujników w glebie pozwala obliczyć aktualny stres wodny i dobrać najlepszą dawkę dla danej gleby i rośliny uprawnej.

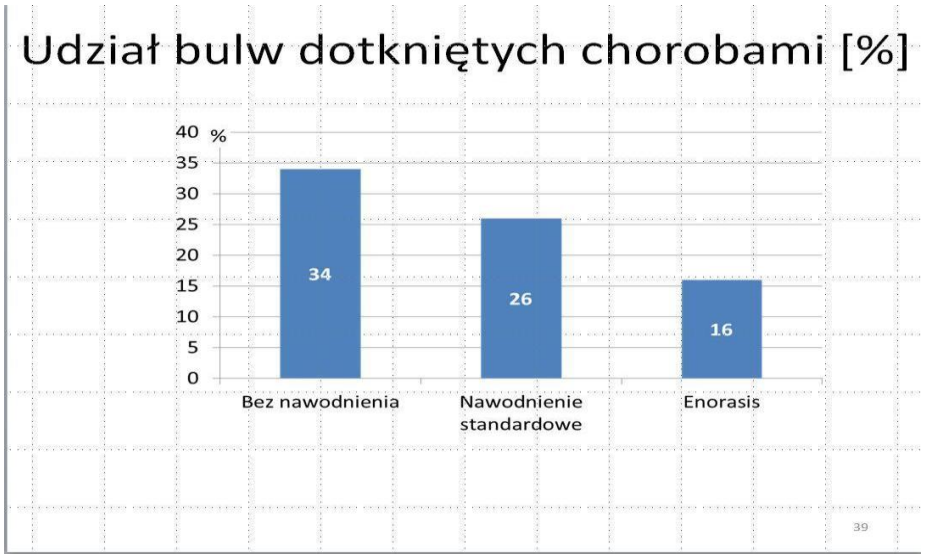
Optymalizacja zużycia wody dopasowana do potrzeb rośliny i gatunku gleby pozwala utrzymać najkorzystniejszy dla danej rośliny poziom wilgotności. Dzięki temu można nie tylko radykalnie zmniejszyć zużycie wody i koszty z tym związane, ale również zwiększyć wielkość i jakość plonu w porównaniu z niezrównoważonym nawadnianiem, jak w przypadku systemu ENORASIS w uprawie ziemniaka na piasku gliniastym mocnym pylastym w niekorzystnym roku 2014 (rys. 25-28). Nawadnianie standardowe to w tym przypadku maksymalne parowanie dzienne wg zaleceń systemu NEPTUN tj. około 7mm na dobę.



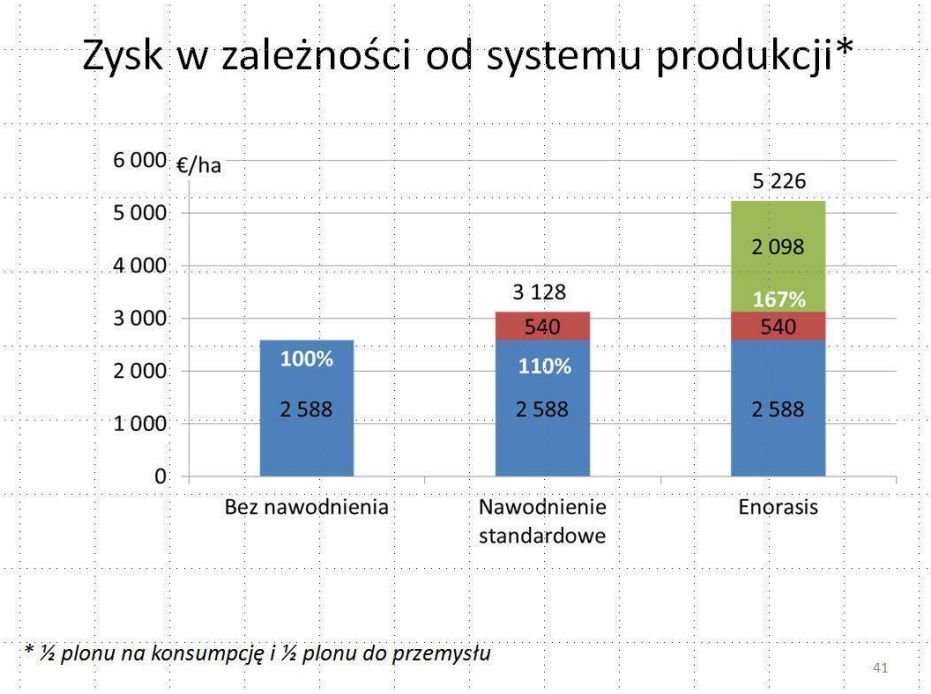
Rysunek 25. Plon ziemniaka w roku 2014 (IUNG, 2014)



Rysunek 26. Zużycie wody na plantacji badawczej ziemniaka w roku 2014 (IUNG, 2014)



Rysunek 27. % bulw dotkniętych chorobami przy różnych wariantach nawadniania



Rysunek 28. Analiza ekonomiczna zastosowania nawodnienia precyzyjnego na plantacji badawczej ziemniaka w roku 2014 (% dotyczący plonu, liczby zysku w €) (IUNG, 2014)

Alternatywą dla inwestycji w czujniki i systemy wspierania decyzji oparte o bezpośredni pomiar wilgotności i precyzyjnie wyznaczających ilość wody do nawodnień są kalkulatory ewapotranspiracji (parowania z gleby i roślin), na przykład te dostępne na stronie Instytutu Ogrodnictwa. Internetowa Platforma Wspomagania Decyzji Nawodnieniowych zawiera pomocne aplikacje:

- szacowania parowania z powierzchni roślin i gleby (ewapotranspiracji) : http://www.nawadnianie.inhort.pl/eto.
- szacowania potrzeb wodnych: http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs.

  http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-wodne-rw.
- szacowania zawartości wody łatwo dostępnej: http://www.nawadnianie.inhort.pl/zapas-wody-glebowej.

Strefowanie przyda się również i w tym przypadku.

Aspekty formalno-prawne nawadniania w rolnictwie

Wodę do nawadniania należy pobierać z dopuszczalnego źródła i w dopuszczalnych ilościach. Szczegółowe zasady pobierania wody do nawadniania reguluje ustawa Prawo Wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz. U. 2017 poz. 1566).

Według przepisów ustawy nawadnianie gruntów lub upraw wodami w ilości większej niż średniorocznie 5 m^3 na dobę należy do kategorii szczególnego korzystania z wód i wymaga uzyskania pozwolenia wodnoprawnego. O uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego należy zwrócić się do jednego z (właściwego miejscowo) Regionalnych Biur Państwowego Gospodarstwa Wody Polskie (PGWP), które od 1 stycznia 2018 roku jest głównym podmiotem odpowiedzialnym za krajową gospodarkę wodną.

Adresy siedzib jednostek organizacyjnych znajdują się na stronie https://www.wody.gov.pl w zakładce “Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej”.

Wzór wniosku o uzyskanie pozwolenia można pobrać pod adresem: https://wody.gov.pl/index.php/pozwolenie-wodnoprawne.

Pozwolenie wodnoprawne należy uzyskać przed przystąpieniem do wykonania urządzeń wodnych. Zasady wnioskowania o uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego opisuje broszura umieszczona pod adresem:
https://www.wody.gov.pl/images/Pliki_do_pobrania/Pobor%20wod_broszura.pdf

Rolnictwo precyzyjne i inteligentne

Rolnictwo precyzyjne to dopasowanie terminów i dawek wysiewu nawozów, aplikacji środków ochrony roślin oraz wody do pola na podstawie map i pomiarów. Powstało w latach ’70. Typowym narzędziem jest mapa zasobności gleby w NPK i dopasowanie do niej dawek nawozów.
Pojęcie **rolnictwa inteligentnego** (Smart Farming), używane zamiennie z **Rolnictwem 4.0** , obejmuje oprócz elementów rolnictwa precyzyjnego również automatyzację procesów w gospodarstwie, w szczególności wprowadzenie autonomicznych systemów monitoringu i sterowania, dających rolnikowi możliwość obsługiwania procesów w gospodarstwie z poziomu swojego smartfonu lub komputera (rys. 29).

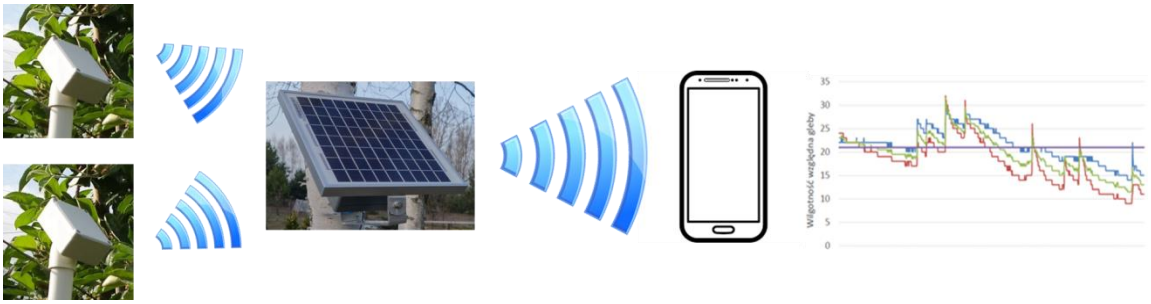
Rysunek 29. Rolnictwo inteligentne oparte o technologię Internetu Rzeczy (IoT). „Cyfrowe technologie mogą wspierać rolników w produkcji więcej za pomocą mniej i znaleźć zrównoważone rozwiązania dla wyzwań dnia dzisiejszego i jutra”: Źródło: EIP-AGRI

Wśród wielu systemów kompleksowego zarządzania gospodarstwem oferowanych na rynku światowym raport Garner Insights (2019) wskazał 8 liderów rynkowych: Agrivi (obecne również w Polsce), Granular, Trimble, FarmERP, FarmLogs, AgWold, AgriWebb oraz Conservis. Produkty te posiadają przeważnie szerokie spektrum modułów, poczynając od inwentarza maszyn, środków produkcji, pól, zwierząt itd., poprzez dane dotyczące produkcyjności pól wraz z monitoringiem stanu upraw prowadzonym satelitarnie, bądź z użyciem czujników zamontowanych na maszynach rolniczych (np. czujniki EC, czujniki NDVI) (rys. 30) po systemy księgowe i funkcje pomocne w raportowaniu.

Systemy kompleksowe umożliwiają również automatyzację niektórych operacji w gospodarstwie np. nawadniania i fertygacji, jak również stanowią podstawę systemową dla rozwiązań autonomicznych, w tym robotów, które wykorzystują dane z sensorów i mapy terenu. Nie ma jednak jeszcze na rynku światowym systemów oferujących kompleksowo wszystkie elementy Smart Farming, tj. monitoring, wspieranie decyzji i wykonanie działania całościowo dla danego profilu gospodarstwa.

Rysunek 30. Czujnik wilgotności gleby zintegrowany ze stację meteorologiczną eAgronom. (fot. R. Wawer)

Oprócz rozwiązań kompleksowych systemów zarządzania gospodarstwem istnieje niezliczona liczba rozwiązań specjalistycznych, oferujących realizowanie elementów Smart Farming np. doradztwo nawodnieniowe (Aquastatus – Polska (rys. 31), SIDSS-Hiszpania, FIGARO – Włochy i Izrael), narzędzia teledetekcyjne do strefowania pól pod rolnictwo precyzyjne (AgroAPI – UK, SQAPP – Holandia) po aplikacje związane z zarządzaniem flotą maszyn i optymalizacją zużycia nawozów, pestycydów i paliwa. Istotną częścią oferty rynkowej są nieautonomiczne selektywne siewniki nasion i aplikatory nawozów (np. wysiewacze polskie Unia MXL premium).



Rysunek 31. Przykład polskiego systemu wspierania decyzji dla nawodnień rolniczych Aquastatus opartego o bezprzewodową sieć cuzjników wilgotnosci gleby i apke Android (R. Wawer)

Istotną częścią rynku są drony (rys. 32), gdzie dokonał się duży postęp w technologii sterowania i napędów, co obniżyło zarówno koszty, jak i próg know-how ich wykorzystania w praktyce. Malejące ceny rozwiązań multispektralnych (np. Parrot Sequoia – Francja) przyczyniły się do znacznego wzrostu tego segmentu rynku w roku 2015 i 2016 (Deloitte, 2018). Postęp w dziedzinie sensorów hiperspektralnych może jeszcze bardziej upowszechnić zastosowanie tych platform w rolnictwie oraz

szerokie wykorzystanie dronów jako elementów zwiadowczych platform autonomicznych robotów obsługujących funkcje rozpoznania lokalizacji wymagających interwencji w obrębie pól gospodarstwa.

Rysunek 32. Dron z kamerą multispektralną (EIP-AGRI)

Dynamika inwestycji w rolnictwie wskazuje na gwałtowny wzrost zainteresowania inwestorów tym sektorem na przełomie lat 2013 i 2014, z załamaniem szybkiego trendu wzrostowego 2 lata później, wynikającego szczególnie z nasycenia rynku rozwiązaniami UAV oferowanych na różnych poziomach cenowych. Pomimo spadku, wielkość inwestycji typu venture capital w roku 2016 wyniosła 3,2 miliarda $, tj. ponad 3 razy więcej niż w roku 2013.

Na rynku istnieje duża mnogość aplikacji cyfrowych dla rolników. Niestety większość z nich, budowana przez informatyków bez konsultacji ze specjalistami od agronomii, nie nadaje się do praktycznego wykorzystania. Wielu rolników testowało różne apki pisane pod systemy iOS i Android, nabierając przekonania o bezużyteczności nowych technologii co pokutuje w obiegowej opinii, że apki są tylko zabawkami. Rolnictwo to jedno z najbardziej ryzykownych działalności, więc rolnicy z natury rzeczy podchodzą z dużą nieufnością do niesprawdzonych nowinek technicznych. Jest to jedna z podstawowych barier zidentyfikowana przez EIP-AGRI (2018), potwierdzona w raporcie Wawra (2019). Niestety w ogólnodostępnym dla rolników obiegu informacji brakuje poradników związanych z technologiami cyfrowymi.

Wyzwania związane ze zmianami demograficznymi i klimatycznymi stawiają rolnika przed koniecznością inwestycji w nowe technologie, optymalizujące zużycie wody, nawozów, paliw i pracy ludzkiej oraz ułatwiające sprzedaż, zamawianie i świadczenie usług, współpracę czy wreszcie marketing własnych produktów. Ze względu na duże potencjalne straty spowodowane błędami w nowoczesnych narzędziach informatycznych lub nieumiejętnym ich zastosowaniem, należy jak najszybciej podnieść wiedzę rolników w zakresie korzyści i wad różnych rozwiązań jak i zadbać o rzetelny opis i certyfikację nowych produktów. Obecnie rolnik styka się najczęściej tylko z informację handlową, która z zasady nie zawiera nie tylko granic stosowalności urządzeń, ale nawet ukrywa szczegóły techniczne rozwiązań np. metodę pomiaru wilgotności gleby.

Szacuje się, ze około 70% gospodarstw w USA korzysta z technologii cyfrowych w zarządzaniu gospodarstwem, podczas gdy w EU to zaledwie około 20%. Z raportu Wawra (2019) wynika, ze należy się spodziewać szybkiego rozwoju produktów rolnictwa inteligentnego polskich producentów. Aby te produkty znalazły rynek zbytu należy przygotować ów rynek i świadomego użytkownika nadchodzących innowacji Smart Farming aby umiał on dokonać świadomego wyboru i zwiększył dzięki temu konkurencyjność swojego gospodarstwa.

Ponadto w świetle najnowszych strategii Komisji Europejskiej, opublikowanych 20 maja 2020, mianowicie strategii Farm to Fork (F2F) i strategii bioróżnorodności, narzędzia Smart Farming będą kluczowe w zapewnieniu odpowiedniego raportowania i przepływu informacji wzdłuż łańcucha dostaw produktów żywnościowych od pola do widelca.

Najchętniej obecnie kupowanym rozwiązaniem Smart Farming w Polsce są rozwiązania do nawigacji i sterowania via GPS. Rosnącą popularnością cieszą się rozsiewacze, opryskiwacze i siewniki z funkcją różnicowania dawki, dając oszczędności środków produkcji od 5-15%. Mapowanie plonu jest używane dość często, dzięki wbudowanym w nowe maszyny układom, jednak funkcje oceny jakości plonu nie są już tka powszechnie używane a wykorzystanie tych danych w zarzadzaniu gospodarstwem jest dalekie od możliwości i potrzeb. Usługi oceny zasobności gleb i mapowania ich zmienności są oferowane na polskim rynku od co najmniej 15 lat, przy czym nowe technologie nie przyjmują się w firmach zbyt szybko. Kilka firm oferuje pomiary konduktometryczne oraz mapy gleb i upraw pozyskane z teledetekcji. Niestety najmniejsze gospodarstwa rzadko prowadzą monitoring jakości gleb i planowaną gospodarkę środkami produkcji. Tylko największe gospodarstwa mogą sobie pozwolić na zakup i używania nowoczesnych urządzeń aplikujących zmienne dawki czy sterowane przez nawigację satelitarną. Rolnictwo precyzyjne jest nauczane na uniwersytetach przyrodniczych oraz od niedawna w szkołach średnich o profilu rolniczym.

Powstaje coraz więcej rozwiązań roboczych i cobotycznych (roboty współpracujące z człowiekiem) , przeważnie w stadium prototypu. Nieliczne rozwiązania seryjne trafiły już na rynek polski. W IUNG-PIB drugi sezon jest używany robot uprawowy, operujący automatycznie na zadanych mapach z dopasowaną do gatunku gleby normą wysiewu (rys. 33).

Rysunek 33. Robot rolniczy używany do siewu w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB "Kępa" w Puławach. (fot. R. Wawer)

Rolnictwo inteligentne w gospodarce wodnej

Czujniki i powiązane z nimi systemy wspierania decyzji mają wielorakie zastosowanie w optymalizacji zużycia wody w rolnictwie i ochrony jej jakości. Niektóre narzędzia do nawodnień już są dostępne (Agreus), niektóre wejdą na rynek w tym roku (SensorAI). Ponadto opracowywane są narzędzia do automatycznie regulacji sieci melioracyjnych, automatycznego sterowania zastawkami stawów i zbiorników wraz z monitoringiem ilości i jakości wody.

Należy zwrócić uwagę, że narzędzia, które podają informacje wyłącznie o wilgotności gleby są nieprzydatne w praktyce, ponieważ każdy gatunek gleby ma inną charakterystykę pojemności wodnej. 12% dla piasków słabogliniastych na przykład oznacza optymalne wysycenie wodą, o tyle ta sama wartość dla glin oznaczałaby trwałe więdniecie roślin. Szczegółowo omówiono to zagadnienie w rozdziale dotyczącym nawadniania.

Obecnie w IUNG prowadzony jest Living Lab (żywe laboratorium) ukierunkowane na ocenę praktyk poprawiających wykorzystanie wody w rolnictwie. Szczegóły na wciąż rozwijającej się stronie https://aquadavida.mendixcloud.com

Mała retencja

Mała retencja to zatrzymywanie lub spowalnianie spływu wód w obrębie małych zlewni przy jednoczesnym zachowaniu i wspieraniu rozwoju krajobrazu naturalnego.

W Polsce umownie przyjęta została wartość graniczna między małą a dużą retencją, określona w Porozumieniu z dnia 21 grudnia 1995 roku między Ministrem Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej a Ministrem Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa dotyczącym współpracy w zakresie

małej retencji, zwanym Programem Rozwoju Małej Retencji. Porozumienie to przyjmuje wielkość graniczną pojemności małych zbiorników wodnych równą 5 mln m3.

Małą retencję wodną można podzielić na (Mioduszewski, 2003):

- krajobrazową, wynikającą z ukształtowania terenu zlewni rzecznej oraz jej zagospodarowania i użytkowania,
- glebową, wynikającą z magazynowania wody w strefie nienasyconej profilu glebowego,
- wód podziemnych, która wynika z magazynowania wody w warstwach wodonośnych pierwszego i dalszych poziomów,
- wód powierzchniowych, polegającą na gromadzeniu wody w zbiornikach wodnych i ciekach, na których wykonano budowle umożliwiające regulację poziomów i odpływów wody.

Obecny porządek prawny w dziedzinie gospodarki wodnej reguluje Ustawa Prawo Wodne (Dz. U. 2017 poz. 1566), w którym artykuł 394.1 Ustęp 9 stanowi:

Zgłoszenia wodnoprawnego wymaga:

wykonanie stawów, które nie są napełniane w ramach usług wodnych, ale wyłącznie wodami opadowymi lub roztopowymi, lub wodami gruntowymi o powierzchni nieprzekraczającej 5000 m2 oraz głębokości nieprzekraczającej 3 m od naturalnej powierzchni terenu, o zasięgu oddziaływania niewykraczającym poza granice terenu, którego zakład jest właścicielem, lub terenu znajdującego się w zasięgu oddziaływania, gdy zakład posiada uprzednią pisemną zgodę właścicieli gruntów objętych oddziaływaniem na wykonanie stawu. Stawy o większych gabarytach wymagają już pozwolenia wodno-prawnego.

Budowa zbiorników małej retencji jest na poziomie gospodarstwa utrudniona o tyle, że nie zawsze w obrębie występujących na nim gruntów są miejsca sprzyjające zbieraniu i utrzymywaniu się wód. Ponadto wielkość zbiorników limitowana jest rozmiarami działek. W związku z tym rolą gminy powinno być strategiczne planowanie gospodarki wodnej uwzględnione w planach zagospodarowania przestrzennego, sprzyjające większym inwestycjom.

Zakładanie zbiorników małej retencji na obszarach wiejskich nie tylko sprzyja ograniczaniu strat wody poprzez spływy powierzchniowe, ale przyczynia się również do poprawy mikroklimatu. Gdzie jest to możliwe, zaleca się budowanie zbiorników małej retencji jako źródła wody do nawodnień.

Pozytywy oczek wodnych i stawów to wg prof. Bielakowskiej:

- zwiększenie retencji wodnej gleb, wyższy poziom zalegania wód gruntowych i uwilgotnienie gleb obszarów sąsiadujących,
- zmiany poziomu wód gruntowych na obszarach przyległych, co jest wynikiem:
  - podsiąku na tereny przyległe,
  - zahamowania odpływu wód gruntowych,
- zahamowanie procesu obniżania się poziomu wód gruntowych w latach normalnych i suchych,
- poprawa walorów krajobrazowych i mikroklimatu,
- wspomaganie procesu samooczyszczania się wód powierzchniowych,
- unikalne siedliska dla roślin i zwierząt z gatunków chronionych, będące równocześnie miejscem rekreacji (wędkarstwo, niektóre sporty wodne itp.) dla ludzi.

Priorytetowe kierunki działań z zakresu małej retencji, w które mogą włączyć się społeczności lokalne i rolnicy są następujące:

- odbudowa, modernizacja i budowa urządzeń piętrzących: jazów, zastawek, mnichów,
- stopni – na ciekach melioracyjnych, zlokalizowanych na zmeliorowanych użytkach zielonych i ornych

- odbudowa, modernizacja i budowa budowli piętrzących i stopni przeciwerozyjnych (Rysunek 28);
- zatrzymywanie wód wiosennych roztopowych i opadowych w sadzawkach, potorfiach, oczkach wodnych i zaniżeniach terenowych, wyrobiskach żwiru, gliny i pospółki;
- odbudowa i modernizacja oraz budowa nowych sztucznych zbiorników wodnych o pojemności do 5 mln m3 (Rysunek 29 i 30);
- odbudowa, modernizacja i budowa nowych stawów rybnych;
- piętrzenie istniejących małych jezior i magazynowanie dodatkowych zasobów wody w ilości do 5 mln m

Rysunek 34. Przegroda w wąwozie dolinowym w Wólce Gieraszowskiej. (fot. R. Wawer)

Rysunek 35. Nowo założony zbiornik wodny w zlewni rowu śródstokowego na Wyżynie Lubelskiej (fot. R. Wawer)

Rysunek 36. Spiętrzenie rzeki Bystrej na użytek przyległego młyna i stawów rybnych (fot. R. Wawer)

Budowa małych zbiorników wymaga zaangażowania specjalistów i projektantów oraz niekiedy przyrodników. Zbiorniki małej retencji ze względu na małą pojemność i straty na filtrację w dno i brzegi oraz parowanie z powierzchni lustra wody są mało przydatne do magazynowania wody w dłuższym okresie czasu, np. w czasie suszy. Praktycznie nie jest możliwe utrzymanie zapasu wody zgromadzonego np. w marcu w celu wykorzystania go w miesiącach letnich, jeśli już od kwietnia lub maja wystąpiła susza. Badania prowadzone w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym (ITP) pokazały

natomiast, że skuteczność w wyrównywaniu odpływu rzecznego można zwiększyć, budując systemy (kaskady) od kilku do kilkunastu małych zbiorników w jednej zlewni.

Ciekawym rozwiązaniem może być np. opracowany i przetestowany w ITP przenośny próg piętrzący, którym można wielokrotnie przez krótkie okresy czasu piętrzyć wodę w rowie, ułatwiając jej pobór do nawodnień bez konieczności uzyskiwania pozwolenia wodnoprawnego na budowę urządzenia wodnego (https://www.itp.edu.pl/old/).

Zagadnienie lokalizacji i wybór technicznych rozwiązań w budowie zbiorników małej retencji jest bardzo złożone. Kluczowe jest tu:

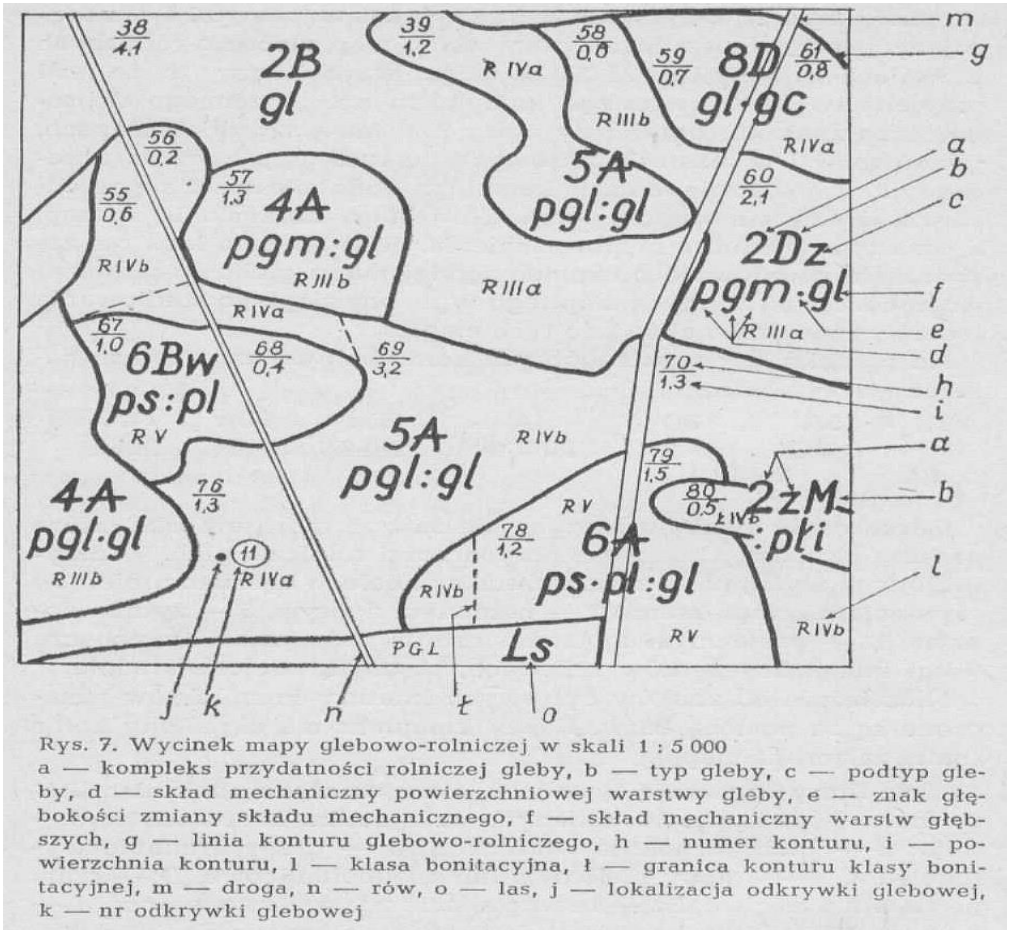
- rozpoznanie zdolności zatrzymywania wody na danym obszarze. Zdolność zatrzymywania wody zależy od układu poziomów w glebie i podścielających ją warstwach geologicznych. Gwarantem zatrzymania odpływu wody ze zbiornika jest obecność warstw nieprzepuszczalnych lub mało-przepuszczalnych. W razie braku istnienia takich utworów można zastosować sztuczne uszczelnienie misy zbiornika nawiezioną warstwą iłu bądź geomembraną o odpowiedniej wytrzymałości na uszkodzenia mechaniczne, jednak opłacalność wprowadzania takich rozwiązań dla większych zbiorników jest wątpliwa.
- oszacowanie zlewni zbierającej wody z przyległego terenu tak, by do zbiornika docierała wystarczająca ilość wód opadowych lub płytkich wód gruntowych.

W dalszej części rozdziału skupimy się na przykładach wykorzystania dostępnych map w szacunkowej ocenie możliwości założenia zbiorników małej retencji na danej działce.

Określenie właściwości podłoża na podstawie mapy glebowo-rolniczej.

Podstawowym źródłem informacji o pokrywie glebowej jest w Polsce mapa glebowo-rolnicza. Występuje ona w skalach od 1:500, poprzez 1:5000, 1:25.000, 1:100.000 oraz 1:500.000 oraz mniejszych. Mapy w skali 1:500 są dostępne tylko dla wybranych lokalizacji. Powszechnie dostępne są mapy w skali 1:5.000. Można je uzyskać w powiatowych ośrodkach dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej za odpowiednią kwotę. Mapa stanowi skan mapy papierowej i zawiera wszystkie oznaczenia charakterystyczne dla tej mapy:

- kompleks przydatności rolniczej gleb – pierwsza cyfra w oznaczeniu gleby;
- typ gleby – pierwsza litera duża po kompleksie, czasem z literą małą;
- gatunek gleby, oznaczony małymi literami w nowej linii, wraz ze wskazaniem na jakiej głębokości ów gatunek zalega (za pomocą kropek oddzielających poszczególne gatunki),



Rys. 7. Wycinek mapy glebowo-rolniczej w skali 1 : 5 000
a — kompleks przydatności rolniczej gleby, b — typ gleby, c — podtyp gleby, d — skład mechaniczny powierzchniowej warstwy gleby, e — znak głębokości zmiany składu mechanicznego, f — skład mechaniczny warstw głębszych, g — linia konturu glebowo-rolniczego, h — numer konturu, i — powierzchnia konturu, l — klasa bonitacyjna, ł — granica konturu klasy bonitacyjnej, m — droga, n — rów, o — las, j — lokalizacja odkrywki glebowej, k — nr odkrywki glebowej

Rysunek 37. Treść mapy glebowo-rolniczej (Witek, 1973)

Oznaczenie miąższości gleb i rodzaju podłoża (gdzie występuje zmiana składu mechanicznego):

bardzo płytko (do25 cm)

. płytko (25-50 cm)

: średnio głęboko (50-100 cm)

:. głęboko (100-150 cm)

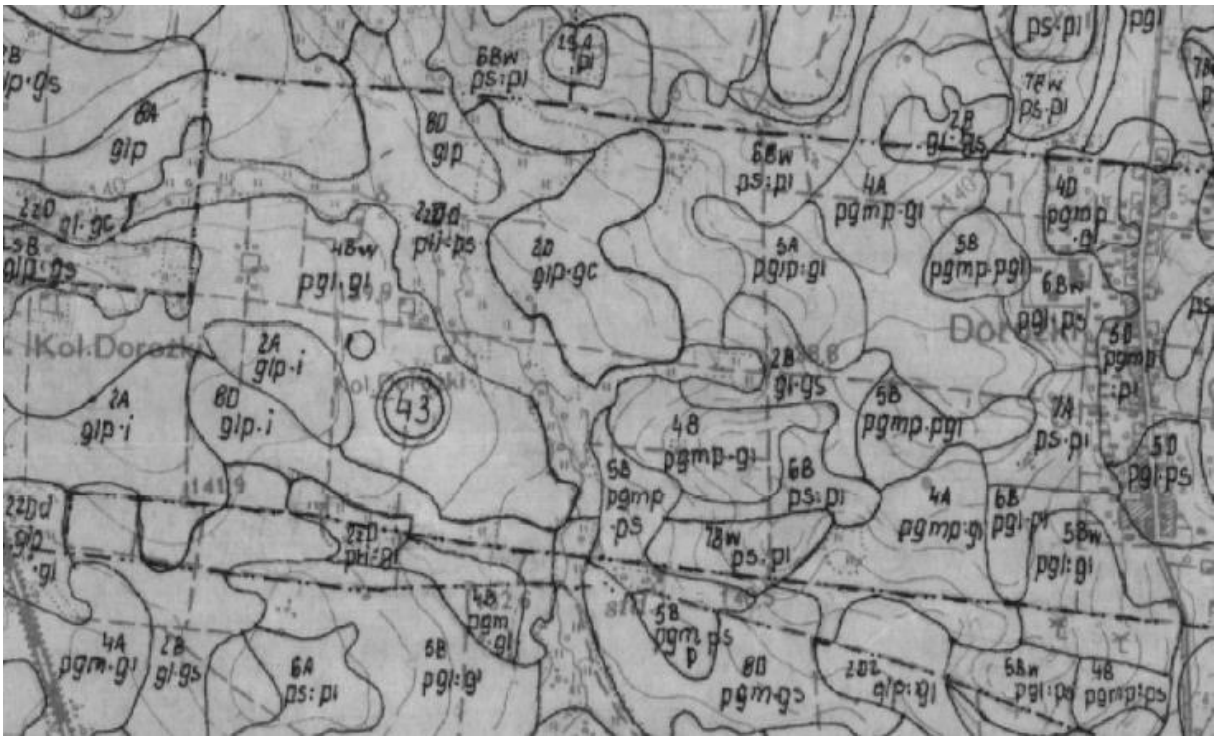
Na mapie glebowo-rolniczej należy odszukać następujące elementy:

- Kompleksy przydatności rolniczej (oznaczone cyfrą arabską) 8 (okresowo nadmiernie uwilgotnione) i 9 (stale nadmiernie uwilgotnione). Zwykle na tych obszarach woda ma tendencję do zbierania się w sposób naturalny i również w sposób naturalny jej poziom może się tam utrzymywać samoistnie;
- Gatunki gleb ciężkich: glina średnia (gs), glina średnia pylasta (gsp), glina ciężka(gc), glina ciężka pylasta (gcp), ił (i) oraz ił pylasty (ip). Gleby te powinny znajdować się na głębokości dna i dolnej części niecki zbiornika. Ich bardzo mała przepuszczalność sprzyja utrzymywaniu się wody;
- Typy gleb oznaczonych dużymi literami T (torfy), M (mursze), E (mułowo –trofowe i torfowo-mułowe) oraz G (gleby glejowe) i FG (glejowe aluwialne). Gleby te powstają w obecności stałej wysokiej wilgotności lub zalania, dlatego należy się spodziewać, że znajdziemy je w naturalnych zagłębieniach terenu, nierzadko zmeliorowanych, które można tanio przystosować do zalania. Gleby o oznaczeniu D (czarne ziemie) stanowią przeważnie bardzo wartościowe grunty orne o wysokiej żywności i są również najczęściej zmeliorowane – są to gleby zbyt żyzne na przeznaczenie nierolnicze;

- Wodne nieużytki WN oznaczające występowanie różnych wód powierzchniowych. W tych miejscach można poszukiwać możliwości założenia zbiornika po dogłębnej wizji terenowej.

Dla przykładu oznaczenie jednego z konturów glebowych, które potencjalnie nadają się na lokalizację zbiornika małej retencji z mapy glebowo-rolniczej poniżej (rys. 32):

- 8D glp.i – kompleks 8, typ: czarna ziemia właściwa, glina lekka pylasta, podścielona płytko (25-50cm) iłem, który sięga już do spągu (dna) profilu tj. cn. do 150cm.
- 2A glp.i – kompleks 2, typ: gleba płowa, glina lekka pylasta, podścielona płytko (25-50cm) iłem, który sięga już do spągu (dna) profilu tj. cn. do 150cm.



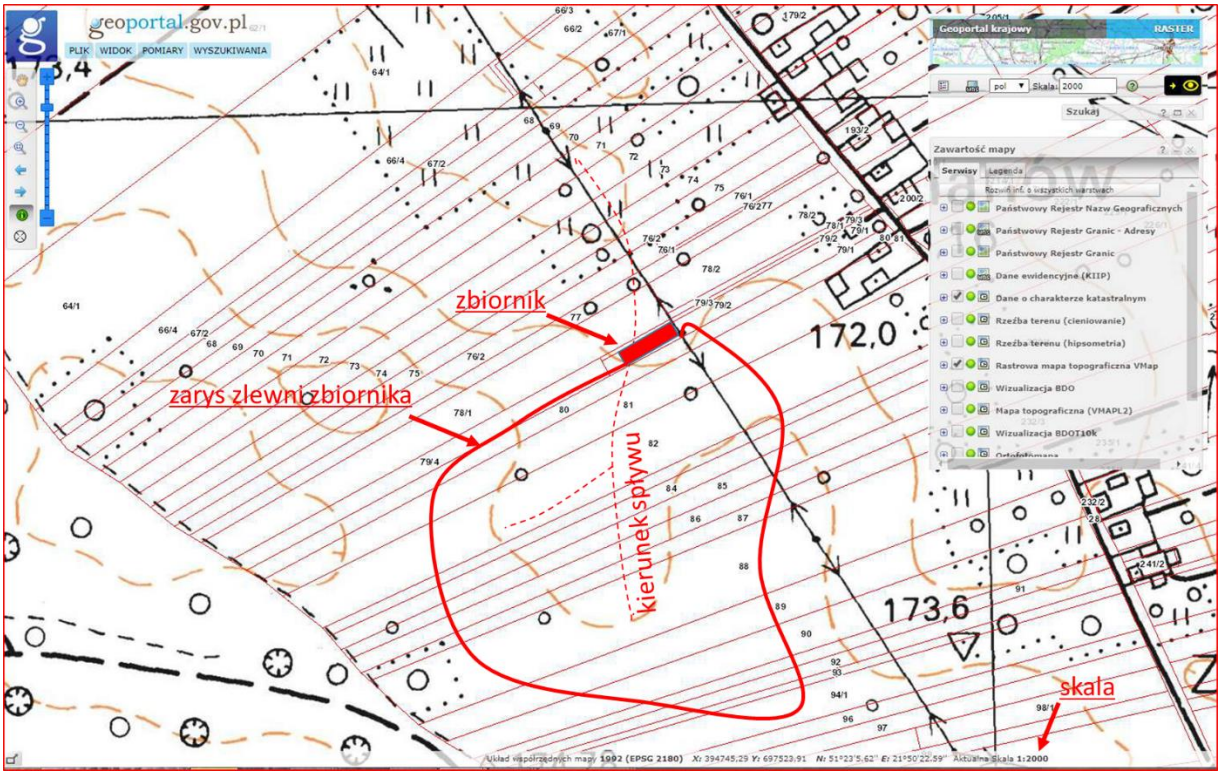
Rysunek 38. Przykładowa mapa glebowo-rolnicza (IUNG-PIB)

Określenie zlewni zbiornika na podstawie mapy topograficznej

Gdy znaleźliśmy już lokalizacje korzystne ze względu na obecność ciężkich gleb słabo przepuszczalnych, należy sprawdzić jaką zlewnię mają te lokalizacje. Dla kompleksów 8 i 9 najprawdopodobniej zlewnie są duże, ponieważ naturalnie te obszary są okresowo lub ciągłe podmokłe. Przykładową procedurę wyznaczania zlewni zbiornika przedstawiono na przykładzie poniżej.

Zbiornik zlokalizowano w obrębie lokalnego skłonu terenu w kształcie szerokiej płytkiej dolinki o niewielkim spadku, zbierającej wodę z przyległych pół i kierującej ją w podmokłe tereny poniżej zbiornika, zakończone rowem. Wykorzystano mapę topograficzną ze strony www.geoportal.gov.pl, która umożliwia również liczenie powierzchni i odległości. Na podstawie warstwic określono w przybliżeniu obrys zlewni, prowadząc linie od zbiornika w kierunku prostopadłym do wyższych warstwic. Następnie policzono powierzchnię zlewni w geoportalu i oszacowano na 5ha (Rysunek 39). Badania glebowe wskazały na utwór 8D ps:.i tj. kompleks 8, czarna ziemia wytworzona z piasku słabogliniastego, podścielonego na 130cm iłem. Ponieważ 130m od poziomu gruntu zalega bardzo przepuszczalny piasek, aby spowolnić odpływ wód ze zbiornika w dół terenu zaprojektowano ściankę szczelną z gliny ciężkiej w poprzek profilu skłonu terenu wzdłuż północnej granicy działki i zbiornika. Ścianka ma długość o 5m większą po każdej stronie zbiornika, grubość 30cm i wysokość 150cm to

znaczy, ze jest 20cm zagłębiona w ilaste nieprzepuszczalne podłoże. W ten sposób otrzymano rodzaj przegrodzenia dla odpływu wód gruntowych, który w tak przepuszczanych glebach jak piasek słaobogliniasty, dość szybko doprowadziłby do obniżenia poziomu wody w zbiorniku.



Rysunek 39. Mapa poglądowa wyznaczania optymalnej lokalizacji zbiornika na działce w oparciu o mapę topograficzną ze strony www.geoportal.gov.pl

Powyższe metody mają charakter wyłącznie szacunkowy. Mapa glebowo-rolnicza może nie być na danym obszarze aktualna a oznaczenia kompleksów po melioracjach wodnych mogły się zmienić. Aby mieć całkowita pewność co do właściwej lokalizacji zbiornika warto zlecić jeśli nie pełny projekt zbiornika to przynajmniej studium obejmujące rodzaj podłoża i wielkość zlewni.

Gospodarowanie wodą na poziomie krajobrazu – Lokalne Partnerstwa Wodne

5 marca 2020 roku w Puławach odbyła się konferencja naukowa pt. „Adaptacja gospodarki wodnej w rolnictwie do zmieniającego się klimatu”, którą zorganizowały na prośbę Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi instytuty badawcze: IUNG i ITP.

Na konferencji przedstawiono spodziewane zagrożenia związane ze zmianami klimatu, stan wiedzy o obecnym wpływie zmieniającego się klimatu na rolnictwo, stan badań naukowych mających na celu adaptację polskiego rolnictwa do zmieniającego się klimatu oraz przykłady rozwiązań w Hiszpanii i Izraelu.

Dyskusje podejmowane w trakcie konferencji skłoniły MRiRW do podjęcia kroków organizacyjnych zmierzających do uprzedzenia nadchodzących problemów i umożliwienia poprawy gospodarki wodnej

w rolnictwie na poziomie społeczności lokalnych. Opracowano założenia Lokalnych Partnerst ds. Wody na poziomie powiatu, z ośrodkami doradztwa rolniczego jako liderami. Partnerstwa mają skupiać użytkowników wód (w tym rolników), samorządy, instytucje zarządzające wodą i infrastrukturą (jednostki Wód Polskich, spółki wodne) i przestrzenią (Lasy Państwowe, RDOŚ), uniwersytety, organizacje pozarządowe oraz inne podmioty zainteresowane współpracą na poziomie lokalnym.

Członkami LPW mogą być wszelkie osoby/podmioty zaangażowane w gospodarkę wodną na terenie danego powiatu – w szczególności: rolnicy, przedstawiciele spółek wodnych, samorządu (gminnego, powiatowego, wojewódzkiego), przedstawiciele terenowych organów PGW WP, Lasów Państwowych, organizacji pozarządowych. Preferowaną formą zawiązywania się Lokalnych Partnerstw ds. Wody jest list intencyjny bądź wewnętrzny regulamin.

Głównym celem funkcjonowania LPW jest poprawa gospodarki wodnej na terenie powiatu. Sprawnie funkcjonujące LPW może identyfikować problemy i podejmować inicjatywy prawne w zakresie niezbędnych zmian – zgłaszać do ministra właściwego ds. gospodarki wodnej; oraz wspierać aktywizowanie i umacnianie współpracy pomiędzy wszystkimi podmiotami.

Partnerstwa powinny zajmować się także diagnozowaniem sytuacji w zakresie zarządzania zasobami wody, wypracowaniem wspólnych rozwiązań (współdecydowanie) na rzecz poprawy szeroko pojętej gospodarki wodnej, opiniowaniem i wypracowaniem planów inwestycyjnych (wskazywanie priorytetów), a także działaniami promocyjnymi i edukacyjnymi na rzecz racjonalnej gospodarki wodą wśród mieszkańców danego powiatu.[10]

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi przewidziało w KPO budżet dla LPW, mający umożliwiać zlecanie ekspertyz firmom lub ośrodkom naukowym w zakresie hydrologii wód powierzchniowych i podziemnych, retencji glebowej, wpływu zmian klimatu na dostępność wody i inne. Środki mają być przyznawane według zapotrzebowani zgłaszanych przez ośrodki doradztwa rolniczego - koordynatorów LPW.

Pilotaż, przeprowadzony w 2020 roku w 16 województwach w 18 powiatach (w tym w woj. śląskim LPW powiatu cieszyńskiego) wykazał dużą przydatność tej inicjatywy: opracowano raporty dotyczące dostępności wód podziemnych, stanu sieci melioracyjnych, wyznaczono najbardziej palące społeczność problemy z wodą, co umożliwiło opracowanie strategii gospodarki wodnej wskazujących co i w jakiej kolejności powinno być zrobione, by poprawić stan dostępności i jakości wód na obszarze danego LPW. W roku 2021 zwiększono liczbę działających LPW do około 330. Chęć założenia LPW lub przystąpienia do już istniejącego można zgłosić do właściwego dla miejsca zamieszkania ODR lub Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie.

[10] https://www.gov.pl/web/rolnictwo/lokalne-partnerstwa-ds-wody2

O tym jak założyć LPW i jak je prowadzić można przeczytać w opracowaniu pod redakcją Ryszarda Zarudzkiego pt.: „O Lokalnych Partnerstwach Wodnych (LPW) – dzisiaj i jutro”. Link do wersji PDF w Internecie jest w spisie literatury poniżej.

Literatura dostępna w Internecie:

1. Wawer R., Łysoń P., (red.), 2020. ADAPTACJA GOSPODARKI WODNEJ W ROLNICTWIE DO ZMIENIAJĄCEGO SIĘ KLIMATU. https://esklep.iung.pl/pl/p/file/9c3aad2c4d59f91f4e8f27a3c88fddd5/Konferencja_woda_broszura_wersja_elektroniczna1.pdf
2. Wawer R., Kolasińska K., (red), 2022. Kodeks Dobrych Praktyk Wodnych w Rolnictwie. https://www.gov.pl/attachment/1879733c-e280-4a09-956a-f085ec015bf5
3. Treder W., 2022. Kodeks Dobrych Praktyk Wodnych w Ogrodnictwie. https://www.gov.pl/attachment/1879733c-e280-4a09-956a-f085ec015bf5
4. Wawer R., Kozyra J., (red.), 2017. Metody ochrony i racjonalnej gospodarki wodnej w rolnictwie i na obszarach wiejskich. https://www.fdpa.org.pl/metody-ochrony-i-racjonalnej-gospodarki-wodnej-w-rolnictwie-i-na-obszarach-wiejskich-1
5. Materiały edukacyjne na stronie Fundacji na Rzecz Wspierania Polskiego Rolnictwa: https://www.fdpa.org.pl/107,materialy-edukacyjne
6. Wawer R., 2020. Gospodarowanie wodą w rolnictwie w zmieniającym się klimacie. Perspektywa przejścia na rolnictwo nawadniane a sprawiedliwe i zrównoważone korzystanie z wód w świetle rozwiązań hiszpańskich i postępu w informatyce, Polish Jurnal of Agronomy, Nr 41: https://redakcjapja.iung.pl/index.php/pja/article/view/17
7. Zarudzki R., Lewandowski Z., Kołacz M., Serafin R., 2023. O Lokalnych Partnerstwach Wodnych (LPW) – dzisiaj i jutro. http://technologia.kpodr.pl/wp-content/uploads/2023/01/Wydawnictwo-Wody-cale-3.01-2023-.pdf

Pozostała literatura:

1. Wawer R., 2019. Mapa rozwoju rynków i technologii dla obszaru rolnictwa inteligentnego (Smart Farming). PARP, pp: 104
2. Garner Insights, 2019. Global Farm Software Management Solution Market Growth (Status and Outlook) 2019-2024., pp: 118;