

Monitoring satelitarny w przeciwdziałaniu skutkom suszy rolniczej

1. Wprowadzenie

Polska Agencja Kosmiczna (POLSA) w celu promowania wykorzystania technik satelitarnych wychodzi naprzeciw oczekiwaniom sektora publicznego, a także działa na rzecz poszerzenia wiedzy użytkownika indywidualnego w obszarze nowych technologii i możliwości ich zastosowania w życiu codziennym. W 2022 roku, w ramach budowy Narodowego Systemu Informacji Satelitarnej w obszarze rolnictwa podjęła tematykę satelitarnego monitoringu suszy rolniczej.

Susza, obok powodzi, jest jednym z najbardziej dotkliwych zjawisk naturalnych oddziałujących na społeczeństwo, środowisko i gospodarkę. Brak optymalnego, w odpowiednim czasie nawodnienia roślinności prowadzi do znacznego pogorszenia wegetacji, co skutkuje zmniejszeniem plonów upraw. W ujęciu gospodarczym, istotną informacją obok stwierdzenia zmniejszenia ilości plonów jest faktyczne określenie wielkości tej zmiany.

Od wielu lat, w sposób cykliczny jest opracowywane studium zjawiska suszy w Polsce, którego wynikiem jest strategiczny dokument planistyczny Plan Przeciwdziałania Skutkom Suszy (PPSS). PPSS realizowany w latach 2016-2020 zawierał między innymi metodykę dot. wskaźnika identyfikacji satelitarnej suszy rolniczej (DISS). To właśnie na jego podstawie, przy wykorzystaniu połączenia danych pozyskanych z pułapu satelitów oraz danych pozyskanych metodami „tradycyjnymi” opracowane zostały mapy warunków wzrostu upraw oraz mapy oceny redukcji plonów wybranych grup upraw występujących w Polsce.

2. Metodyka

Na podstawie wieloletnich analiz warunków klimatycznych Polski stwierdzono, że co 5-6 lat występują lata suche, a co 10-11 lat – bardzo suche. Każdego roku obserwuje się także okresowe niedobory opadów. Czasowy brak wody wpływa bardzo niekorzystnie na rośliny, ogranicza przebieg fotosyntezy, pobieranie składników pokarmowych powodując zmniejszenie ilości i jakości plonu upraw. Skutki susz mogą ujawnić się z różnym nasileniem w zależności od gatunku roślin, rodzaju gleb czy regionu geograficznego, ponieważ zapotrzebowanie wodne roślin jest zróżnicowane w poszczególnych ich okresach życia.

Przeprowadzono analizę literatury dotyczącej określenia okresów największego zapotrzebowania na wodę poszczególnych grup roślin uprawnych będących przedmiotem analizy: zbóż ozimych, zbóż jarych, roślin okopowych, kukurydzy i rzepaku ozimego.

W wyniku tych prac stwierdzono, że zapotrzebowanie roślin na wodę jest związane z gatunkiem i fazą rozwojową. Wzrasta ono w miarę przyrostu masy i transpiracji. Największe zapotrzebowanie przypada zwykle na okres krytyczny w rozwoju rośliny, w którym jest ona wyjątkowo wrażliwa na określony czynnik rozwojowy. Przykładowo, w przypadku roślin zbożowych okres krytyczny przypada na fazy strzelania w źdźbło, kłoszenia i wykształcania ziaren; w przypadku roślin okopowych na fazy kwitnienia, formowania bulw i żółknięcia liści.

Okres wegetacyjny jest różny dla poszczególnych roślin lub grup roślin i może nieznacznie się zmieniać w zależności od warunków meteorologicznych w danym roku. Informacja o przedziałach czasowych nie jest wyrażona konkretnymi datami z uwagi na ich zmienną lokalizację w czasie w różnych latach, w zależności od warunków meteorologicznych. Tabela przedstawia średnie okresy szczególnego zapotrzebowania na wodę, wynikające z wieloletnich obserwacji agrometeorologicznych.

Nazwa uprawy	Kwiecień			Maj			Czerwiec			Lipiec			Sierpień			Wrzesień					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Zboża ozime				■																	
Zboża jare				■																	
Rośl. okopowe							■														
Kukurydza									■												
Rzepak ozimy		■			■																

Tabela 1. Okresy zapotrzebowania na wodę różnych typów roślin uprawnych

Istnieją różne sposoby i metodyki dotyczące analizy zjawiska suszy rolniczej, do których należą zarówno dane zbierane i publikowane przez Główny Urząd Statystyczny (GUS), jak i mapy zagrożenia suszą Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) bazujące na analizie Klimatycznego Bilansu Wodnego (KBW). Analizy warunków suszowych na podstawie danych satelitarnych, są kolejnym spojrzeniem na tę tematykę i z pewnością wartościowym uzupełnieniem dotychczas pozyskiwanych informacji. Pozwalają bowiem na pozyskiwanie informacji ze stałym interwałem czasowym 8 dni i w rozdzielczości przestrzennej 1km, co stanowi o wyjątkowości takich analiz..

POLSA w porozumieniu z Krajowym Ośrodkiem Wsparcia Rolnictwa (KOWR), który buduje system satelitarnego monitorowania upraw rolnych, opracowała mapy warunków wzrostu upraw dla warunków bieżących panujących w roku 2022 oraz powstałe na ich podstawie mapy oceny redukcji plonów grup upraw.

Do wytworzenia omawianych map, dających informację o suszy rolniczej wykorzystane zostały takie źródła danych jak:

- satelita Terra (sensor MODIS - Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer), produkt MOD11A2;
- produkty usługi Copernicus Climate Change (o rozdzielczości przestrzennej 9km i 30 km), ERA5 ECMWF;
- projekt CORINE Land Cover 2018 (CLC);
- pomiary meteorologiczne PSHM IMGW-PIB: dobową sumę opadów, średnią temperaturę dobową, temperaturę maksymalną dobową oraz temperaturę minimalną dobową;
- podział administracyjny Polski pozyskany z zasobów GUGiK (granice Polski, województw, powiatów oraz gmin).

Zgodnie z obserwowanym trendem na świecie, większą liczbę użytecznych informacji można uzyskać poprzez połączenie danych pochodzących z różnych źródeł, które wykorzystują różne technologie. Łączenie danych (kompatybilność) lub zastępowanie danych pozyskiwanych techniką „tradycyjną” jak

i danymi pozyskiwanymi technikami satelitarnymi musi być poprzedzone dokładnymi analizami w procesie walidacji danych. Na ten przykład, w wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, iż różnica pomiędzy opadami i temperaturą uzyskaną z rozpatrywanych dwóch źródeł (PSHM IMGW-PIB, ERA5 ECMWF) jest niewielka i może być ignorowana w pewnych przetworzeniach, a wartością dodaną związaną z wyborem danych satelitarnych jest ich przestrzenny charakter.

3. Wykonane mapy

Wykonane zostały dwa rodzaje map, mapy warunków wzrostu upraw oraz mapy oceny redukcji plonów.

Mapy warunków wzrostu upraw

Mapy prezentują warunki wzrostu upraw w podziale na pięć kategorii:

- warunki wysokiego uwilgotnienia;
- warunki uwilgotnienia dobrego;
- warunki uwilgotnienia przeciętnego;
- warunki suszy;
- warunki suszy ekstremalnej.

Mapy warunków wzrostu upraw zostały przygotowane dla obszaru kraju, a także dla każdego województwa, powiatu i gminy osobno, w 8 dniowych okresach monitorowania (od 1 kwietnia do 30 września 2022 r.)

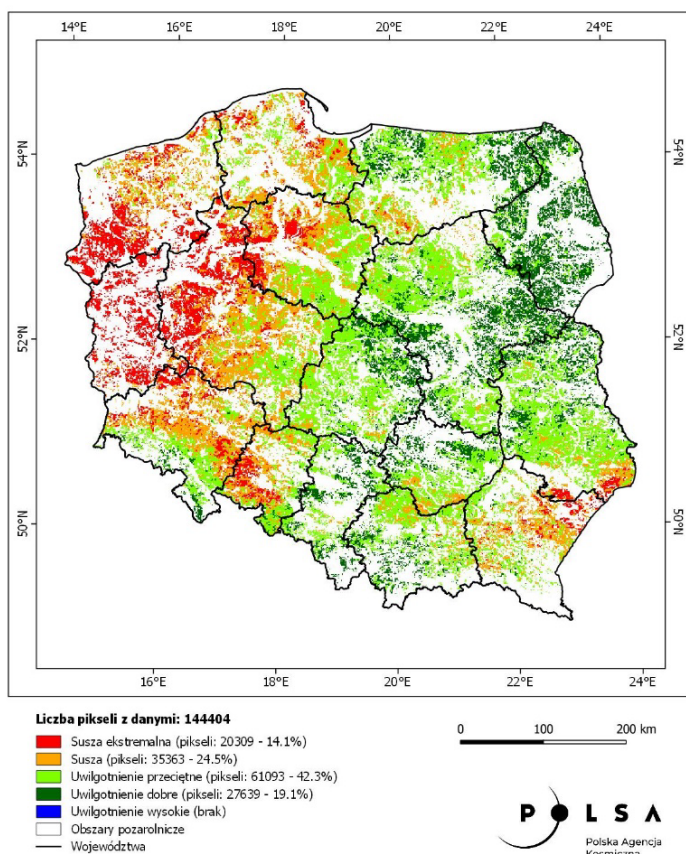
Mapy zostały wygenerowane i zwizualizowane w formatach rastrowych TIFF oraz JPEG, a najmniejszą jednostką przestrzenną mapy jest piksel o powierzchni 1 km², natomiast zastosowany układ współrzędnych to PUWG 1992, EPSG:2180. Przedstawiona tabela prezentuje powiązanie pomiędzy wartością współczynnika DISS a kategoriami warunków wzrostu upraw.

Wartość	DISS	Prawdopodobieństwo wystąpienia deficytu opadów atmosferycznych dla obszarów rolniczych
	Klasa uwilgotnienia powierzchni czynnej	
poniżej 0,5	susza ekstremalna	82,5%
<0,5; 0,8)	susza	70,0%
<0,8; 1,3)	uwilgotnienie przeciętne	49,0%
<1,3; 2,0)	uwilgotnienie dobre	29,6%
powyżej 2,0	uwilgotnienie wysokie	17,0%

Tabela 2. Zakresy wartości DISS odpowiadające poszczególnym stopniom uwilgotnieni

Warunki wzrostu roślin
DISS: 05.08 – 12.08.2022

PL



Ryc. 1 Przykładowa mapa warunków wzrostu upraw

Mapy oceny redukcji plonów

Mapy, które prezentują ocenę redukcji plonów bazują na wcześniej przygotowanych mapach warunków wzrostu roślin w połączeniu ze znajomością okresów zapotrzebowania na wodę różnych typów roślin uprawnych (Tabela 1. Okresy zapotrzebowania na wodę różnych typów roślin uprawnych).

Wykorzystane zostały dane sprzed końca okresów największego zapotrzebowania na wodę, które dla poszczególnych grup upraw przedstawiają się następująco:

- dla rzepaku ozimego – 5 czerwca 2022 r.;
- dla zbóż ozimych – 20 czerwca 2022 r.;
- dla zbóż jarych – 15 lipca 2022 r.;
- dla roślin okopowych – 31 sierpnia 2022 r.;
- dla kukurydzy – 31 sierpnia 2022 r.

Mapy stanowią predykcję redukcji plonów w podziale na trzy kategorie:

- niska redukcja plonów;
- umiarkowana redukcja plonów;

- wysoka redukcja plonów.

Mapy oceny redukcji plonów zostały przygotowane dla obszaru kraju oraz dla każdego województwa, powiatu i gminy osobno.

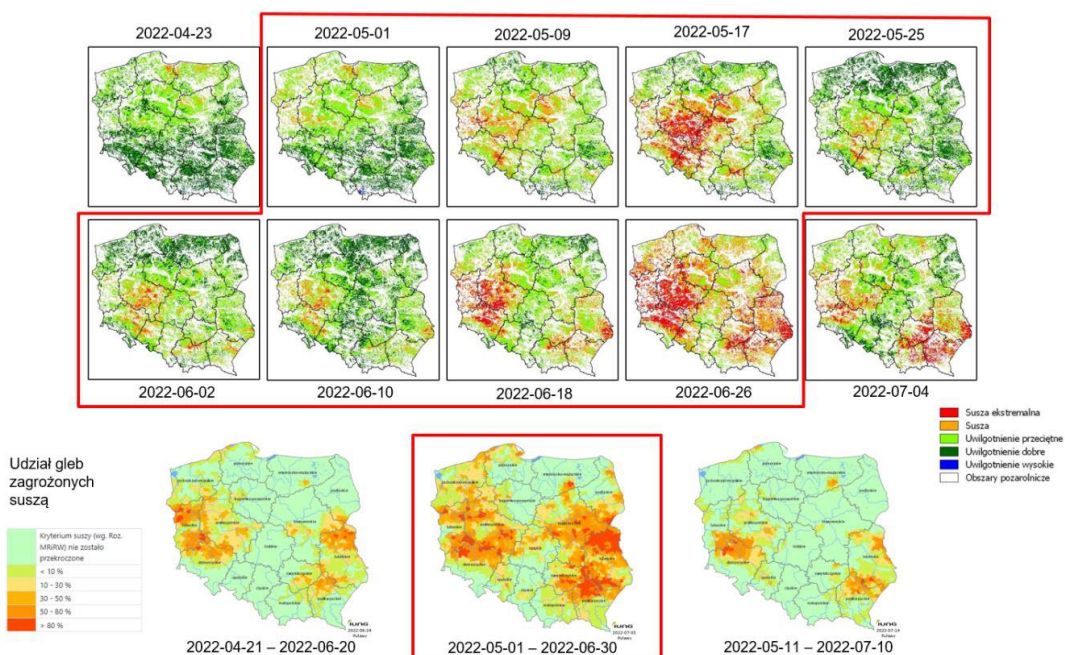
Mapy zostały wygenerowane jednokrotnie w roku 2022 po zakończeniu okresu największego zapotrzebowania tej uprawy (tych upraw) na wodę i zwizualizowane w formatach rastrowych TIFF oraz JPEG, a najmniejszą jednostką przestrzenną mapy jest piksel o powierzchni 1 km², natomiast zastosowany układ współrzędnych to PUWG 1992, EPSG:2180.

4. Zalety wykorzystania danych satelitarnych

W ostatnich latach zjawisko suszy rolniczej stało się stałym czynnikiem wpływającym na wysokości zbiorów i plonów, w związku z tym ciągły monitoring warunków suszowych powinien być istotnym elementem pomagającym szacować ich wpływ na kondycję sektora rolniczego oraz podejmować celowe działania mające ograniczyć skutki występowania niekorzystnych warunków.

Monitoring satelitarny suszy rolniczej jest zatem serwisem o charakterze horyzontalnym i może stanowić kluczowe źródło danych dla różnych zastosowań. Na skalę globalną czy regionalną przy zachowaniu wysokiej częstotliwości obserwacji może być realizowany wyłącznie za pomocą teledetekcji satelitarnej. Przykładowo przedstawiona na ryc. 2, mapa IUNG (oznaczona czerwoną ramką) wskazuje na rozległe obszary stwierdzonego występowania zagrożenia suszą rolniczą dla upraw zbóż jarych obejmujące duże fragmenty zachodnich (woj. wielkopolskie, lubuskie, dolnośląskie i zachodniopomorskie) oraz wschodnich/południowo-wschodnich (woj. lubelskie, część woj. mazowieckiego, świętokrzyskiego oraz podkarpackiego) rejonów Polski.

Obserwując 8, odpowiadających mapie IUNG, map warunków wzrostu upraw, także wyraźnie można zaobserwować okresy, kiedy te same rejony kraju poddane były warunkom suszy rolniczej. Główną różnicą jest fakt, że w przeciwieństwie do map IUNG, które agregują zjawisko do skali poszczególnych gmin, w przypadku map warunków wzrostu upraw widzimy rozwój warunków suszowych w wyższej, 8-dniowej rozdzielczości czasowej oraz 1km rozdzielczości przestrzennej, a cały produkt przycięty jest maską terenów rolnych, co lepiej obrazuje faktyczny wpływ warunków suszowych na rolnictwo.

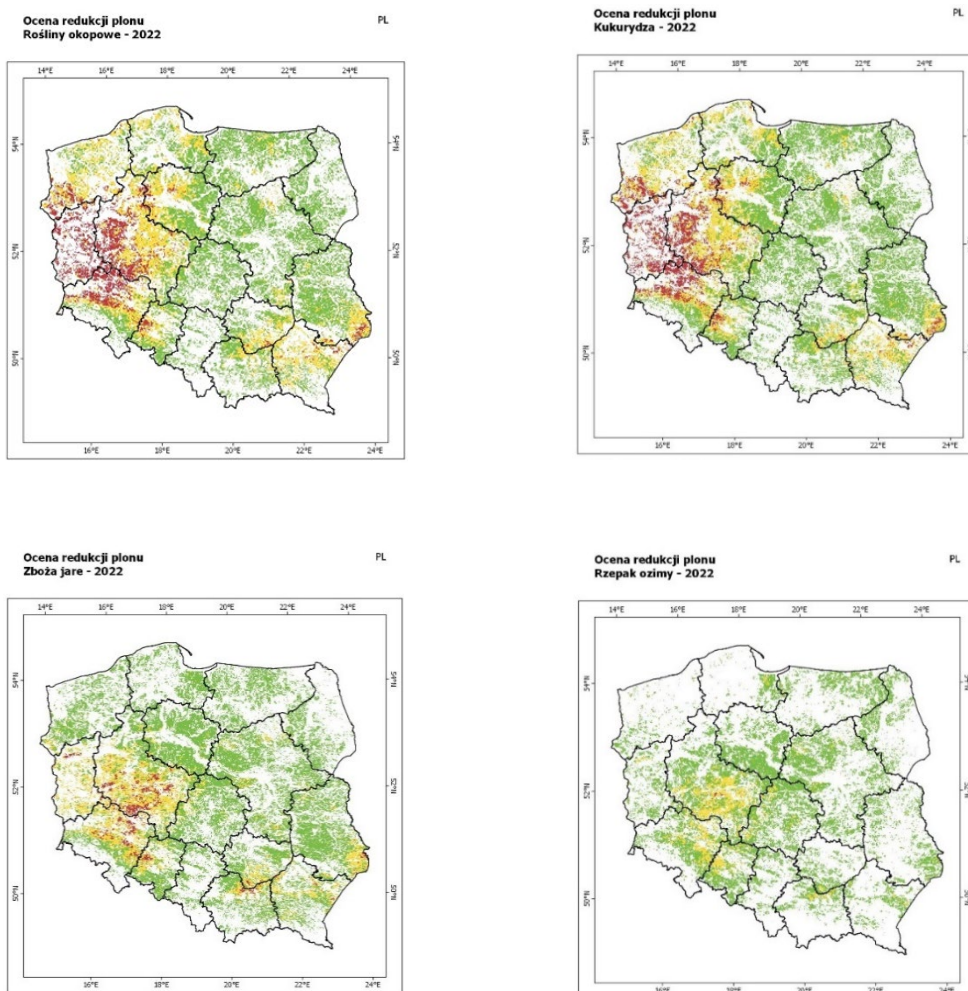


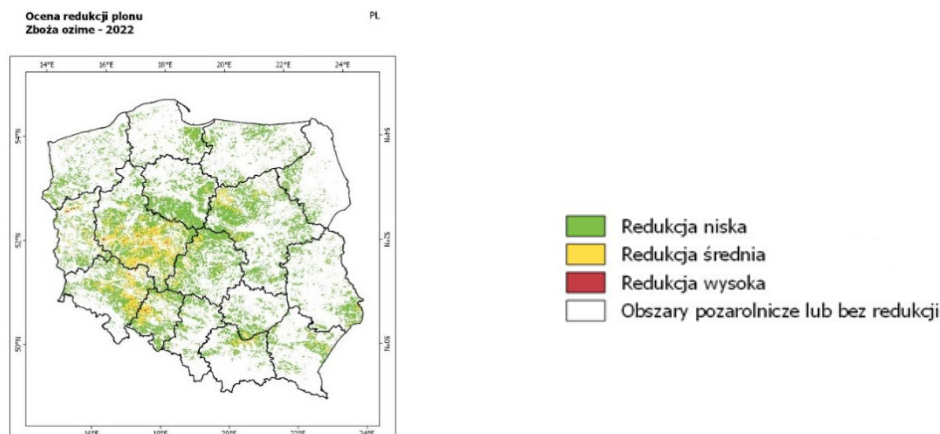
Ryc. 2 Zestawienie map zagrożenia suszą IUNG dla zbóż jarych dla wybranych okresów monitorowania (dół; źródło: susza.iung.pulawy.pl) z odpowiadającymi im czasowo mapami warunków wzrostu upraw (górze).

5. Analiza map wynikowych i spostrzeżenia

Poprzez przetworzenie danych do postaci map uzyskuje się informację, którą nie tylko można ale należy poddać analizie np. mając na względzie próbę przewidzenia przyszłości w kontekście ewentualnych strat plonów rolnych oraz wpływu tych strat w ujęciu społecznym i gospodarczym.

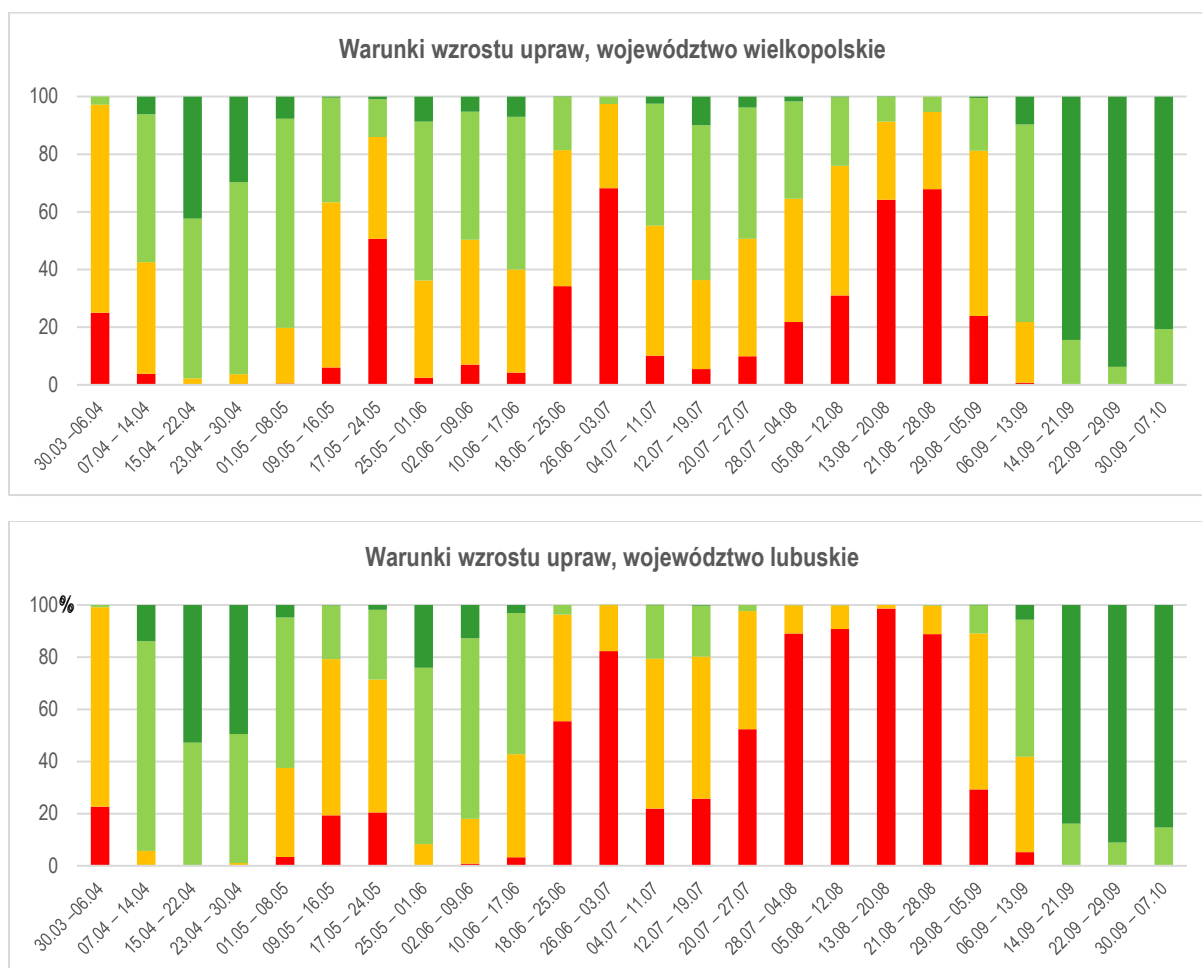
Analizując mapy oceny redukcji plonów w 2022 roku, można zauważyć, że słabsze warunki wilgotnościowe miały większy wpływ na kukurydzę i rośliny okopowe niż pozostałe uprawy (Ryc. 3). Sytuacja ta dotyczyła głównie województw Polski zachodniej, w szczególności województwa lubuskiego.

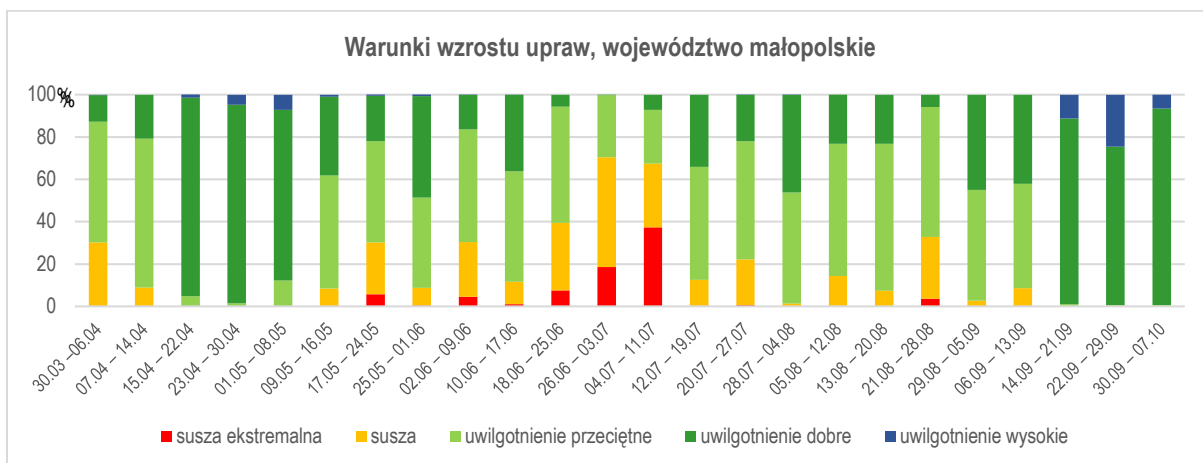




Ryc. 3 Mapy oceny redukcji plonów dla wybranych upraw w Polsce w 2022 roku.

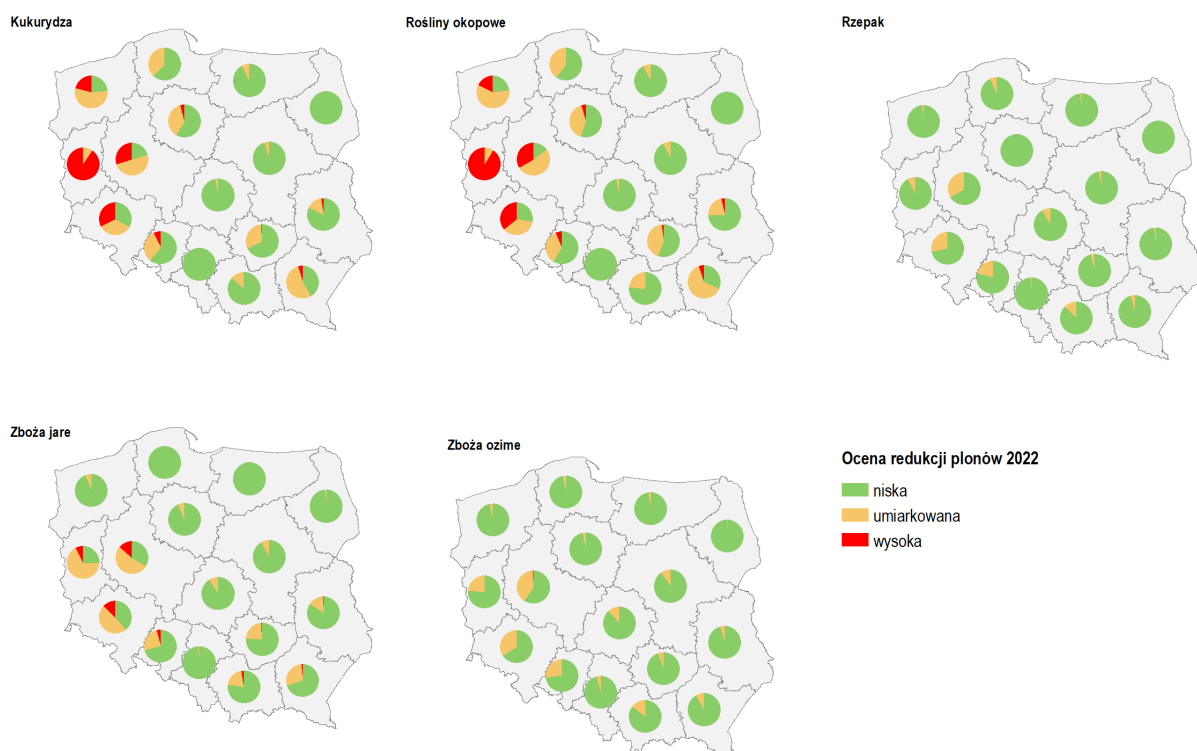
Obraz ten pokrywa się z wykresem warunków wzrostu upraw dla tego województwa (Ryc. 4).





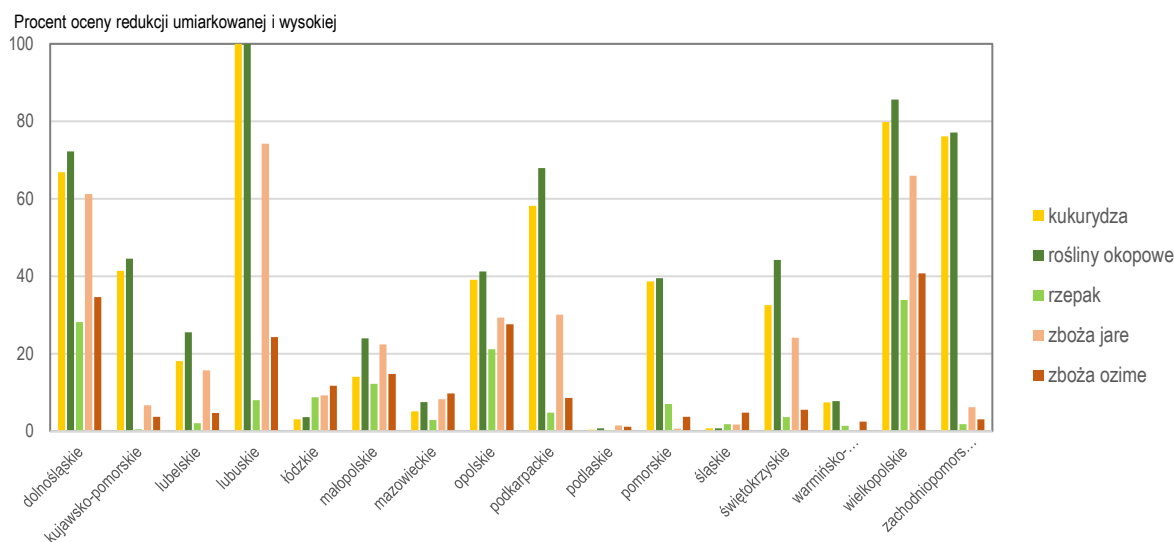
Ryc. 4 Warunki wzrostu upraw w czasie okresu wegetacyjnego 2022 roku dla wybranych województw.

Przeprowadzając szczegółową analizę oceny redukcji plonów w poszczególnych województwach zauważono, że dla większości województw udział niskiej redukcji jest najwyższy, często przekracza on 50% (Ryc. 5), co jest pozytywną tendencją. Wysoka redukcja plonów zaznacza się w województwach zachodniej Polski dla kukurydzy, roślin okopowych i w mniejszym stopniu zbóż jarych. Najmniejszą redukcję plonów odnotowano dla rzepaku.



Ryc. 5 Mapy oceny redukcji plonów dla wybranych upraw w Polsce w 2022 roku – podejście ilościowe.

Szczegółowa analiza procentu oceny redukcji plonów umiarkowanej i wysokiej wskazała, że poza województwem lubuskim, należy zwrócić szczególną większą uwagę na województwa wielkopolskie, zachodniopomorskie, dolnośląskie oraz podkarpackie (Ryc. 6).



Ryc. 6. Procent oceny redukcji umiarkowanej i wysokiej

Porównując województwa między sobą można zauważyć dość wysoką ocenę redukcji plonów dla rzepaku w województwie opolskim w porównaniu z innymi województwami oraz w porównaniu z innymi uprawami tego województwa. Należy zwrócić uwagę na województwa dolnośląskie, lubuskie, podkarpackie oraz świętokrzyskie, w których ocena redukcji plonów dla zbóż jarych była stosunkowo wysoka w porównaniu ze zbożami ozimymi.

6. Interesariusze i użytkownicy

Powstałe mapy cyfrowe oraz raporty mogą być wsparciem dla instytucji przy wykonywaniu ich zadań ustawowych jak np. określanie wielkości strat rolniczych spowodowanych suszą. Efektywne wykorzystanie produktów będzie zapewnione poprzez szybki dostęp do danych z dowolnego miejsca w Polsce poprzez elektroniczną platformę umożliwiającą przeglądanie map oraz wykonywanie standardowych analiz. Serwis powstał w porozumieniu z Krajowym Ośrodkiem Wsparcia Rolnictwa, który buduje system satelitarne monitorowania upraw rolnych. Prezentowane mapy zasilą zasób platformy Narodowego Systemu Informacji Satelitarnej.

Jako głównych interesariuszy i użytkowników opracowywanego Systemu należy uznać:

- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi;
- ośrodki wsparcia rolnictwa - na poziomie krajowym oraz regionalnym;
- Główny Urząd Statystyczny wraz z oddziałami terenowymi;
- Komisja Europejska (programy rolnicze);
- ośrodki badawcze - naukowe zajmujące się tematyką rolniczą, np. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego;
- osoby prywatne (rolnicy)

7. Udostępnienie map suszy rolniczej

Sama informacja to jednak nie wszystko, ważne, aby była ona łatwo i powszechnie dostępna dla każdego. W tym celu powstał przyjazny użytkownikowi geoserwis z podstawowymi funkcjami analitycznymi, na którym zostały zamieszczone opracowane mapy i informacje dotyczące suszy rolniczej w 2022 roku. Dane te są także udostępniane w formie WMS i mogą zostać podłączone do dowolnych innych geoserwisów lub oprogramowania GIS.

Ze względów praktycznych usługa WMS została udostępniona dla wszystkich map przygotowanych w skali całego kraju (bez osobnych warstw WMS dla map w skalach województw, powiatów i gmin), czyli 24 map warunków wzrostu upraw i 5 map oceny redukcji plonów.

Powstały w ramach projektu geoserwis jest wartościowym narzędziem analiz dla szerokiej grupy odbiorców, nie tylko dla pracowników szeroko pojętej administracji publicznej, ale także dla osób prywatnych. Niewątpliwą korzyścią udostępnienia map jest wartość edukacyjna związana z propagowaniem i przybliżaniem technologii kosmicznych jak również możliwość analizy problemu (w tym wypadku suszy rolniczej) z dodatkowej perspektywy.

Portal jest dostępny dla wszystkich zainteresowanych osób pod linkiem: <https://suszarolnicza.polsa.gov.pl/>

POLSA zachęca do zapoznania się z przedstawionym serwisem suszy rolniczej, a także zaprasza każdego do podzielenia się opinią lub wyrażeniem zapotrzebowania na dane oraz produkty, które potencjalnie może być zaspokojone przy wykorzystaniu danych satelitarnych. Dane kontaktowe można znaleźć na wspomnianym portalu, w sekcji „dane kontaktowe”.

Informacja zwrotna z Państwa strony stanowi nieocenioną pomoc w kształtowaniu działań propagatorskich, mających na celu rozpowszechnienie wiedzy o danych satelitarnych i możliwości ich wykorzystania.

Źródła i linki:

1. Drupka S., 1976. *Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni*. Warszawa: PWRiL ss. 310
2. Dzieżyc J., Nowak L., Panek K., 1987, *Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 314, s. 11–33
3. Dzieżyc J., Badura U., Nowak L., Panek K., 1990, *Zarys rejonizacji potrzeb deszczowania podstawowych roślin uprawnych w Polsce*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 387, s. 103–115.
4. Ostrowski J., Łabędzki L., Kowalik W., Kanecka-Geszke E., Kasperska-Wołowicz W., Smarzyńska, K., Tusiński E., 2008, *Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce*. Falenty–Warszawa, Wyd. IMUZ,, s. 19–32
5. Chmura K., Chylińska E., Dmowski Z., Nowak L., 2009. *Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, Nr 9/2009 s. 33-44
6. *Metodyka: Opracowanie materiałów merytorycznych do sporządzania projektów planów przeciwdziałania skutkom suszy na obszarach dorzeczy 2017, Etap II – Aktualizacja opracowania „Ochrona przed suszą w planowaniu gospodarowania wodami*
7. Dabrowska-Zielinska K., Malinska A., Bochenek Z., Bartold M., Gurdak R., Paradowski K., Lagiewska M., 2020, *Drought Model DISS Based on the Fusion of Satellite and Meteorological Data under Variable Climatic Conditions, Remote Sensing*, Vol. 12 (18), 2944. doi:10.3390/rs12182944
8. IGIK: *Wykorzystanie teledetekcji satelitarnej do monitorowania warunków wzrostu upraw, w tym identyfikacji suszy rolniczej jak również do oceny redukcji plonów upraw w wyniku wystąpienia niekorzystnych warunków wzrostu w 2020 r.*, Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa
9. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land?tab=overview>

10. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>
11. <https://e4ftl01.cr.usgs.gov/MOLT/MOD11A2.006/>
12. <https://esa-worldcover.org/en>
13. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
14. <https://susza.iung.pulawy.pl/>
15. <https://www.wodr.poznan.pl/doradztwo/srodowisko/znaczenie-wody-dla-funkcjonowania-roslin>