

Wpłynęło 19.11.2015 r.
Zrecenzowano 28.01.2016 r.
Zaakceptowano 17.02.2016 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

POTENCJALNE ZAGROŻENIE SUSZĄ ROLNICZĄ W PÓŁNOCNEJ CZĘŚCI WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO

Marek KOPACZ^{ABCDEF}, **Stanisław TWARDY**^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

Streszczenie

Zjawisko suszy jest złożonym procesem zachodzącym w środowisku przyrodniczym. Prowadzi do zmniejszenia zasobów wodnych i powolnego wyczerpywania się wód w zlewni. W następstwie suszy atmosferycznej pojawia się tzw. susza glebowa. Dalszy brak opadów prowadzi do suszy rolniczej, negatywnie wpływającej na produkcję roślinną. Od wielu lat IUNG-PIB w Puławach prowadzi system monitoringu suszy rolniczej (SMSR) w Polsce. Na podstawie klimatycznego bilansu wodnego *KBW* – wskazuje on na obszary, w których wystąpiło zagrożenie suszą w stosunku do konkretnych roślin uprawnych w warunkach określonej struktury gleb.

Celem pracy była ocena potencjalnego zagrożenia suszą rolniczą w wybranych obszarach administracyjnych województwa małopolskiego. Szczególnie przeanalizowane zostały powiaty olkuski, miechowski, proszowicki i dąbrowski, jako te, w których wielkość opadu na tle średniej dla województwa jest najmniejsza. Do analizy wykorzystano wspomniany wskaźnik *KBW* oraz wskaźnik glebowy *Wg*, opisujący strukturę gleb. Uzyskano w ten sposób progowe wartości *KBWg*, które uśredniono wagowo, uwzględniając strukturę upraw polowych. Tak otrzymano średnioważone progowe wartości klimatycznego bilansu wodnego *KBWs*, które podzielono na cztery kategorie zagrożenia suszą.

Z analizy wynika, że zagrożenie to nie jest znaczące, a tam, gdzie ono wystąpiło, znaczenie produkcji rolniczej jest stosunkowo niewielkie. Wykazano także, że potencjalne zagrożenie suszą w większym stopniu zależy od czynnika glebowego, niż od samej struktury uprawowej, chociaż nie jest ona oczywiście bez znaczenia.

Słowa kluczowe: klimatyczny bilans wodny, potencjalne zagrożenie suszą, struktura użytkowania rolniczego, wskaźnik glebowy

WSTĘP

Susza to złożony proces zachodzący w środowisku wodno-glebowym, którego konsekwencją jest zmniejszenie ilości wody w danym ekosystemie. Główną przyczyną tego zjawiska jest długotrwały brak opadów atmosferycznych, połączony często z wyższą temperaturą powietrza, a także cyrkulacją powietrza (wiatry), która znacząco zwiększa ewapotranspirację.

W takich warunkach pogodowych rozpoczyna się w pierwszej kolejności susza atmosferyczna [ŁABĘDZKI, BAŁ 2011; ŁABĘDZKI i in. 2008]. Jej nasilenie zależy także od pory jej wystąpienia w trakcie roku. Jeżeli podczas trwania suszy atmosferycznej w dalszym ciągu będzie brakowało opadu, rozpocznie się proces przesuszania profilu glebowego zwany suszą glebową. Stopniowo wyczerpują się zasoby wolnej wody występującej w profilu glebowym, a tym samym maleją zasoby wilgoci glebowej i rozpoczyna się proces wysychania gleby [ŁABĘDZKI 2004; 2006].

Nawet jednorazowe wystąpienie gwałtownego opadu atmosferycznego nie zawsze zniweluje zjawisko suszy. Opad o dużym natężeniu, skoncentrowany w krótkim okresie czasu (tzw. opad nawalny) powoduje, że nadmiar wody spływa po powierzchni gruntu, nie wsiąkając w jego profil [KOPEĆ 1990]. W wyniku tego zasoby wody gruntowej ciągle maleją. Zaczynają też wysychać źródła i małe ciekі, a w rzekach pojawiają się głębokie niżówki. W skrajnych sytuacjach mniejsze ciekі zasilające rzeki przestają prowadzić wody. Najlepiej, gdy wówczas wystąpią długotrwałe opady o przeciętnej intensywności, co pozwoli na uzupełnienie wilgoci glebowej oraz parowanie terenowe [KOPACZ, TWARDY 2012; SMOROŃ i in. 2011; TWARDY i in. 2001; 2007]. Dalszy brak opadu w trakcie trwania suszy glebowej prowadzi do suszy hydrologicznej, a w połączeniu z suszą glebową do tzw. suszy rolniczej.

Przesuszanie gleby, obniżenie poziomu wód gruntowych oraz zmniejszenie przepływów rzecznych stwarza bezpośrednie zagrożenia gospodarczo-społeczne i ekonomiczne dla człowieka. Szczególnie narażone jest rolnictwo, gdyż zmniejszają się plony roślin uprawnych a zwiększają straty ekonomiczne. Występuje wówczas tzw. susza „gospodarcza” [ŁABĘDZKI 1996; 2004].

Celem pracy była ocena potencjalnego zagrożenia suszą rolniczą w wybranych obszarach administracyjnych województwa małopolskiego, ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju gleb oraz struktury najbardziej popularnych upraw w obszarze badawczym. Wybrane obszary charakteryzują się mniejszą od średniej dla województwa sumą opadów atmosferycznych. Są to obszary rolnicze o silnie zróżnicowanych warunkach glebowych [KOPACZ 2011; MIODUSZEWSKI 1996; 1999; TWARDY 2009].

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Analizę przeprowadzono dla północnej części województwa małopolskiego, obejmującego powiaty: olkuski, miechowski, proszowski oraz dąbrowski (rys. 1) o łącznej powierzchni 2240 km², co stanowi 14,8% powierzchni całego województwa małopolskiego.



Rys. 1. Obszar badań – powiaty północnej części województwa małopolskiego;
źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Studied areas – districts of the Northern part of the Małopolska voivodeship;
source: own elaboration

W strukturze użytkowania ziemi dominują użytki rolne. Ich łączna powierzchnia wynosi 169 907 ha, co stanowi blisko 76% ogólnej powierzchni wszystkich czterech powiatów.

Między poszczególnymi powiatami występują różnicowania strukturalne. W powiecie olkuskim powierzchni użytkowanych rolniczo jest najmniej (53,1% powierzchni całkowitej powiatu), natomiast jest w nim stosunkowo dużo lasów (37,6%). Niektóre gminy powiatu są mocno zalesione, jak np. Bukowno, Klucze, Bolesław, czy okolice Olkusza. Oprócz większych miast, jak Olkusz i Wolbrom, występują tereny przemysłowe, szczególnie w gminach Bukowno i Bolesław (tab. 1).

Tabela 1. Struktura użytkowania w analizowanych gminach i powiatach województwa małopolskiego**Table 1.** Land use structure in the analysed commune and districts of the Małopolska voivodeship

Powiat/gmina District/commune	Użytki rolne Agricultural lands						Lasy i grunty leśne Forests and forest lands	Tereny zabudowane Built-up areas	Pozostałe grunty Other lands
	razem total	w tym in this							
		grunty orne arable lands	sady orchards	łąki meadows	pastwiska pastures	pozostałe others			
% powierzchni całkowitej per cent of the total area									
Powiat olkuski District of Olkusz	53,1	45,8	0,6	1,9	2,3	2,5	37,6	6,5	2,9
Bolesław	38,9	27,5	0,5	6,3	2,9	1,7	43,3	11,4	6,4
Bukowno	13,1	9,2	0,4	1,3	1,6	0,5	74,5	9,4	3,1
Klucze	36,8	28,2	0,4	2,8	3,7	1,8	48,9	5,4	8,9
Olkusz	44,0	39,1	0,2	0,6	1,9	2,2	46,8	8,5	0,8
Trzyciąż	80,8	74,1	0,9	0,8	1,4	3,6	16,9	2,0	0,4
Wolbrom	79,1	69,9	1,0	2,2	2,2	3,8	14,7	5,5	0,7
Powiat miechowski District of Miechów	83,2	75,1	1,4	2,7	1,7	2,4	12,3	3,8	0,6
Charsznica	89,1	77,2	2,6	4,1	1,1	4,0	5,5	5,2	0,3
Golcza	89,2	81,5	2,5	0,8	1,7	2,7	7,5	2,8	0,5
Kozłów	84,6	70,6	1,8	6,5	2,6	3,0	10,5	4,3	0,6
Książ Wielki	67,9	65,2	0,0	1,2	1,4	0,1	28,3	3,0	0,8
Miechów	89,6	82,2	1,3	1,6	1,7	2,8	5,0	4,9	0,5
Raławice	78,5	72,2	1,5	1,2	1,1	2,5	18,3	2,6	0,6
Słaboszów	87,7	77,0	1,0	4,7	2,1	2,9	7,8	3,4	1,2
Powiat proszowicki District of Proszowice	93,2	76,3	2,1	9,6	1,5	3,8	1,9	3,5	1,4
Koniusza	94,2	79,0	2,1	8,3	1,0	3,8	1,8	3,4	0,6
Koszyce	89,4	66,9	2,3	14,0	2,4	3,8	3,3	3,3	4,1
Nowe Brzesko	92,2	70,0	2,2	11,2	3,3	5,5	2,0	3,4	2,3
Palecznica	96,1	84,2	2,9	5,0	0,9	3,0	1,0	2,7	0,3
Proszowice	92,4	73,6	1,9	12,3	0,7	3,9	2,1	4,7	0,8
Radziemice	96,0	86,7	1,8	4,0	1,3	2,3	0,9	2,6	0,6
Powiat dąbrowski District of Dąbrowa Tarnowska	79,5	64,1	1,3	6,1	3,6	4,3	14,6	3,8	2,2
Bolesław	84,9	76,9	0,8	1,2	0,8	5,2	6,1	3,7	5,4
Dąbrowa Tarnowska	77,1	61,6	0,8	6,6	3,6	4,5	17,3	5,3	0,4
Gręboszów	86,9	79,2	1,1	0,5	1,4	4,7	6,2	3,2	3,7
Mędrzechów	75,6	58,8	2,1	5,1	4,5	5,2	17,7	3,2	3,5
Olesno	84,6	71,4	1,4	4,1	3,4	4,2	10,6	3,3	1,5
Radgoszcz	78,6	65,9	0,6	4,8	3,4	3,9	18,4	2,5	0,5
Szczucin	75,9	52,5	2,3	12,1	5,1	4,0	16,3	4,0	3,8
Razem Total	75,9	64,7	1,3	4,5	2,2	3,1	17,9	4,5	1,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Banku danych lokalnych [GUS niedatowane].

Source: the own studies on the base of the Local Data Bank [GUS niedatowane].

Wysoki poziom lesistości w tych gminach, to efekt między innymi zalesień wokół terenów przemysłowych i górniczych w ramach kompensacji zmian środowiskowych związanych z działalnością górniczo-przemysłową na tym terenie [KOPACZ, PUSZKARZ 1997].

Powiatem o największym udziale użytków rolnych (93,2% powierzchni całkowitej), jest powiat proszowicki, zaś w obrębie użytków rolnych dominują grunty orne, zajmujące ok. 75% powierzchni powiatu. Obszary te, podobnie jak tereny rolnicze powiatu miechowskiego, są zapleczem rolno-warzywnym dla mieszkańców aglomeracji krakowskiej. Są to więc obszary, gdzie rolnicy i mieszkańcy miast są najbardziej zainteresowani ochroną przed zjawiskiem suszy, która potencjalnie stwarza największe zagrożenie związane ze stratami materialnymi [SMOROŃ i in. 2009].

METODY BADAŃ

Analiza zagrożeń związanych ze zjawiskiem suszy dla północnego obszaru województwa małopolskiego została przeprowadzona na podstawie dwóch wybranych wskaźników, które bezpośrednio odnoszą się do obszarów użytkowanych rolniczo. W analizach posłużono się wskaźnikiem *KBW*, jako zalecanym i stosowanym w ocenie zagrożeń suszą przez IUNG-PIB w Puławach [DOROSZEWSKI, MARCINKOWSKA 1995], a także odniesiono go do struktury zasiewów na danym obszarze oraz charakterystyki gleb wyrażonej wskaźnikiem glebowym *Wg*.

Wskaźnik *Wg* wyznaczono na podstawie zróżnicowania kategorii agronomicznych gleb występujących w danej gminie (powiecie).

Kategorie te zależą od zmienności granulometrii gleby użytkowanej płuźnie, a tym samym od połowej pojemności wodnej (*PPW*). Gleby te zróżnicowano na cztery kategorie; od bardzo lekkich (kat. I), aż do ciężkich (kat. IV). Zakres *PPW* dla różnego typu gleb jest silnie zróżnicowany. Wartości *PPW* w profilu glebowym od 0 do 100 cm przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zakres połowej pojemności wodnej gleb

Table 2. The range of field water capacity of soils

Zakres połowej pojemności wodnej (mm) w warstwie gleby 0–100 cm			
The range of field water capacity (mm) in soil layer 0–100 cm			
gleba bardzo lekka (kategoria I) very light soil (category I)	gleba lekka (kategoria II) light soil (category II)	gleba średnia (kategoria III) medium soil (category III)	gleba ciężka (kategoria IV) heavy soil (category IV)
110–145	146–210	211–270	271–460

Źródło: Rozporządzenie MŚ [2002].

Source: Ordinance of Ministry of Environment [Rozporządzenie MŚ... 2002].

Kategorie agronomiczne gleb decydują o ich różnej podatności na zjawisko suszy. Gleby bardzo lekkie (kat. I) są najbardziej wrażliwe na zjawisko suszy, a uprawiana na nich roślinność jest najszybciej na nią narażona. Gleby lekkie (kat. II) oceniane są jako podatne na suszę, gleby średnie (kat. III) – jako średnio podatne, a gleby ciężkie (kat. IV) – jako mało podatne, co związane jest z ich największą połową pojemnością wodną.

Wskaźnik Wg został więc obliczony jako średnia ważona procentowego udziału poszczególnych kategorii agronomicznych gleb. Wagi zostały wyznaczone empirycznie na podstawie wieloletnich danych pozyskanych z systemu monitoringu suszy rolniczej (SMSR) prowadzonego przez IUNG-PIB Puławy, w wyniku analizy zmian na większym obszarze badawczym. Wyższe wagi odpowiadały glebom lżejszym, a więc bardziej podatnym na zjawisko suszy. Wzrastająca wartość wskaźnika Wg oznaczała więc większą podatność gleby na zjawisko suszy.

Dla wskaźnika Wg ustalono następujące stopnie zagrożenia suszą:

- poziom 1 – brak zagrożenia lub zagrożenie nieistotne ($Wg < 15$),
- poziom 2 – umiarkowane ($15 < Wg < 25$),
- poziom 3 – znaczące ($25 < Wg < 35$),
- poziom 4 – bardzo znaczące ($Wg > 35$).

Wskaźnik glebowy Wg jest zatem specyficznym identyfikatorem, wskazującym na zróżnicowaną wrażliwość tych gleb na zjawisko suszy [KOPACZ, TWARDY 2015]. Drugim wskaźnikiem służącym ocenie potencjalnego zagrożenia suszą jest klimatyczny bilans wodny KBW .

Od wielu lat IUNG-PIB w Puławach prowadzi system monitoringu suszy rolniczej (SMSR) w Polsce. W celu określenia potencjalnego zagrożenia suszą wykorzystano w prezentowanej pracy stosowane w SMSR wartości progowe KBW dla poszczególnych roślin uprawnych w zależności od typów gleb oraz okresu wegetacyjnego [DOROSZEWSKI 2010; DOROSZEWSKI i in. 2012]. Na ich podstawie wyznaczono indywidualne wartości progowe KBW dla poszczególnych gmin, uwzględniając strukturę gleb w każdej z nich. Określono je symbolem $KBWg$. Podobnie jak przy wskaźniku glebowym Wg dokonano uśrednienia KBW progowych wyznaczonych przez IUNG-PIB dla poszczególnych roślin uprawnych i okresów wegetacyjnych. Uśrednienia dokonano za pomocą średniej ważonej, gdzie wagami były procentowe udziały poszczególnych typów gleb w danej gminie.

Uzyskane progowe wartości $KBWg$ dla każdej z gmin ponownie uśredniono wagowo, uwzględniając strukturę upraw polowych, na podstawie danych z Powszechnego spisu rolnego [GUS niedatowane]. W tym przypadku za wagi posłużyły udziały procentowe powierzchni zasiewów w ogólnej powierzchni gruntów ornych dla poszczególnych roślin uprawnych. Uzyskano w ten sposób skwantyfikowany indywidualny wskaźnik dla każdej z gmin, uwzględniający zarówno strukturę gleb (wskaźniki Wg i $KBWg$), jak i upraw polowych. Określono go jako średnioważone progowe wartości klimatycznego bilansu wodnego $KBWs$.

Dla $KBWs$ przyjęto podział na cztery kategorie zagrożenia suszą – analogicznie, jak dla wskaźnika glebowego Wg w zakresie wartości [KOPACZ, TWARDY 2015]:

- poziom 1 – brak zagrożenia lub zagrożenie nieistotne ($KBWs < -230$),
- poziom 2 – umiarkowane ($-230 < KBWs < -200$),
- poziom 3 – znaczące ($-200 < KBWs < -170$),
- poziom 4 – bardzo znaczące ($KBWs > -170$).

Wykorzystując wspomniany system oraz uwzględniając wartości wskaźnika glebowego Wg dokonano także analizy realnych zagrożeń suszą, jakie wystąpiły w latach 2009–2015, wykorzystując do tego celu wyniki SMSR [DOROSZEWSKI i in. 2012].

WYNIKI BADAŃ

Pod względem granulometrycznym w powiatach położonych w północnej części województwa małopolskiego najczęściej występuje gleb średnich i ciężkich. Stanowią one łącznie blisko 79% wszystkich gruntów użytkowanych płuźnie. Natomiast gleby lekkie i bardzo lekkie zajmują 21,3% powierzchni gruntów ornych.

Istnieje zróżnicowanie między poszczególnymi powiatami i gminami. W powiatach miechowskim i proszowickim struktura gleb jest nieco bardziej odporna na ewentualne niedobory wodne. Gleby bardzo lekkie i lekkie występują w nich na małej powierzchni (kilka procent powierzchni gruntów ornych). Najgorsza sytuacja dotyczy gminy Kozłów (powiat miechowski), gdzie gleby mniej odporne na suszę zajmują 34% powierzchni upraw płuźnych (tab. 3).

Na tym tle średni wskaźnik glebowy Wg dla wszystkich czterech powiatów charakteryzuje gleby uprawne tego terenu, jako umiarkowanie narażone na zjawisko suszy. W powiatach miechowskim i proszowickim różnice są niewielkie, a średnia wartość Wg wynosi odpowiednio 14,5 i 16,6, a więc na granicy między kategoriami I oraz II. We wszystkich gminach obu powiatów nie ma zagrożenia suszą lub jest ono umiarkowane. Większe zróżnicowanie wskaźnika stwierdza się w powiatach olkuskim i dąbrowskim. Występują tam gminy, w których nie ma praktycznie potencjalnego zagrożenia suszą ze względu na typy gleby. Do nich należą gminy Bolesław i Gręboszów w powiecie dąbrowskim lub Trzyciąż w powiecie olkuskim. Są jednak gminy, gdzie zagrożenie jest bardzo znaczące, na przykład Bukowno w powiecie olkuskim, czy znaczące, jak np. w Kluczach, Olkuszu, Bolesławiu (olkuskim), Dąbrowie Tarnowskiej czy Radgoszczy (tab. 4).

W przypadku średnioważonych wartości progowych $KBWs$ sytuacja jest znacznie lepsza. Potencjalne zagrożenie suszą, w warunkach aktualnej struktury upraw w omawianych gminach i powiatach jest niewielkie. Jedyne znaczący poziom zagrożenia odnotowano w gminie Bukowno, w której stwierdzono najwyższy stopień zagrożenia suszą ze względu na typy gleb. Jest to gmina silnie zalesiona

Tabela 3. Udział gruntów ornych w kategorii agronomicznych gleb**Table 3.** Contribution of arable lands of the agronomic soil categories

Powiat / gmina District / commune	Kategorie agronomiczne gleb The agronomic soil categories							
	powierzchnia gruntów ornych, ha arable land areas, ha				udział gruntów ornych, % arable land contribution, %			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Powiat olkuski District of Olkusz	8 681,0	3 713,9	6 103,4	10 878,0	29,6	12,6	20,8	37,0
Bolesław	489,8	292,3	445,7	90,1	37,2	22,2	33,8	6,8
Bukowno	612,3	129,3	11,6	0,0	81,3	17,2	1,5	0,0
Klucze	2 226,1	469,8	230,4	612,6	62,9	13,3	6,5	17,3
Olkusz	3 360,8	1 213,0	829,9	857,6	53,7	19,4	13,3	13,7
Trzyciąż	507,7	519,0	1 712,3	4 446,6	7,1	7,2	23,8	61,9
Wolbrom	1 484,3	1 090,5	2 873,6	4 871,2	14,4	10,6	27,8	47,2
Powiat miechowski District of Miechów	1 041,2	2 939,1	25 015,2	22 678,5	2,0	5,7	48,4	43,9
Charsznica	78,0	236,2	2 745,0	2 843,0	1,3	4,0	46,5	48,2
Gołcza	127,2	189,4	2 727,4	4 491,6	1,7	2,5	36,2	59,6
Kozłów	596,6	1 527,6	1 258,6	2 913,7	9,5	24,3	20,0	46,3
Książ Wielki	167,8	545,5	3 854,4	4 383,1	1,9	6,1	43,1	49,0
Miechów	38,9	241,7	7 115,1	4 944,2	0,3	2,0	57,7	40,1
Raławice	26,0	49,5	3 294,9	1 071,4	0,6	1,1	74,2	24,1
Słaboszów	6,7	149,2	4 019,8	2 031,5	0,1	2,4	64,8	32,7
Powiat proszowicki District of Proszowice	14,0	165,3	24 883,3	7 602,6	0,0	0,5	76,2	23,3
Koniusza	5,1	11,3	5 086,4	1 999,8	0,1	0,2	71,6	28,2
Koszyce	7,0	31,2	4 054,5	652,2	0,2	0,7	85,5	13,7
Nowe Brzesko	0,0	75,8	2 900,8	890,4	0,0	2,0	75,0	23,0
Pałecznicza	0,0	5,7	3 271,6	889,5	0,0	0,1	78,5	21,4
Proszowice	0,0	24,2	6 018,7	1 514,9	0,0	0,3	79,6	20,0
Radziemice	2,0	17,2	3 551,5	1 655,8	0,0	0,3	68,0	31,7
Powiat dąbrowski District of Dąbrowa Tarnowska	6 243,3	9 307,4	5 695,2	15 473,1	17,0	25,3	15,5	42,1
Bolesław	11,9	278,2	138,5	2 438,6	0,4	9,7	4,8	85,1
Dąbrowa Tarnowska	1 952,1	2 571,3	1 388,3	1 769,9	25,4	33,5	18,1	23,0
Gręboszów	17,9	120,5	309,8	3 451,8	0,5	3,1	7,9	88,5
Mędrzechów	606,3	801,7	854,7	734,8	20,2	26,8	28,5	24,5
Olesno	832,1	1 692,6	1 126,8	2 315,6	14,0	28,4	18,9	38,8
Radgoszcz	1 733,9	1 912,3	905,7	1 556,2	28,4	31,3	14,8	25,5
Szczucin	1 089,0	1 930,8	971,4	3 206,3	15,1	26,8	13,5	44,6
Łącznie 4 powiaty Total 4 districts	15 979,4	16 125,6	61 697,1	56 632,2	10,6	10,7	41,0	37,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych SMSR IUNG-PIB Puławy.

Source: the own studies on the base of SMSR IUNG-PIB Puławy.

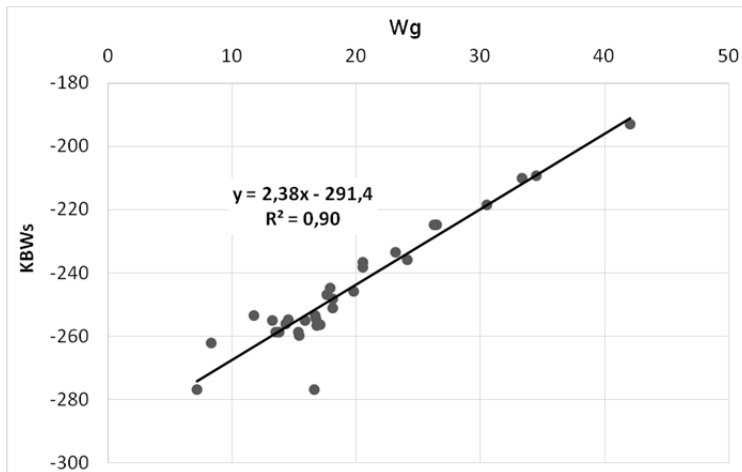
Tabela 4. Wskaźniki glebowe (Wg), średnioważone wartości progowe klimatycznego bilansu wodnego ($KBWs$) oraz stopień zagrożenia zjawiskiem suszy**Table 4.** Soil indicators (Wg), weighted average threshold values of climatic water balance ($KBWs$) and the degree of hazard occurrence of drought

Powiat / gmina Country / commune	Wg	Stopień zagrożenia suszą ze względu na Wg The degree of risk of drought due to Wg	$KBWs$	Stopień zagrożenia suszą ze względu na $KBWs$ The degree of risk of drought due to $KBWs$
Powiat olkuski District of Olkusz	23,1	2	-233,4	1
Bolesław	30,5	3	-218,4	2
Bukowno	42,0	4	-193,0	3
Klucze	34,5	3	-209,1	2
Olkusz	33,3	3	-209,9	2
Trzyciąż	13,2	1	-255,0	1
Wolbrom	17,6	2	-246,8	1
Powiat miechowski District of Miechów	14,5	1	-254,7	1
Charsznica	13,5	1	-258,7	1
Gołcza	11,7	1	-253,4	1
Kozłów	17,9	2	-244,6	1
Książ Wielki	13,7	1	-258,6	1
Miechów	14,3	1	-256,0	1
Raclawice	16,6	2	-253,4	1
Słaboszów	15,4	2	-259,7	1
Powiat proszowski District of Proszowice	16,6	2	-276,7	1
Koniusza	15,8	2	-254,9	1
Koszyce	18,0	2	-250,9	1
Nowe Brzesko	16,7	2	-254,4	1
Pałecznicza	16,8	2	-256,5	1
Proszowice	17,0	2	-256,4	1
Radziemice	15,3	2	-258,7	1
Powiat dąbrowski District of Dąbrowa Tarnowska	20,5	2	-238,1	1
Bolesław	8,3	1	-262,0	1
Dąbrowa Tarnowska	26,2	3	-224,7	2
Gręboszów	7,1	1	-276,7	1
Mędrzechów	24,1	2	-235,8	1
Olesno	20,5	2	-236,5	1
Radgoszcz	26,4	3	-224,6	2
Szczucin	19,8	2	-245,7	1
Łącznie 4 powiaty Total 4 districts	18,1	2	-248,1	1

Źródło: opracowanie własne na podstawie SMSR IUNG-PIB Puławy.
Source: the own studies on the base of SMSR IUNG-PIB Puławy.

z udziałem terenów przemysłowych i zabudowanych, a użytki rolne zajmują tylko 13,1% powierzchni gminy (tab. 1). Stąd w praktyce zagrożenie suszą w kontekście produkcji rolniczej i tak jest niewielkie.

Zależność między wyznaczonymi wskaźnikami Wg i $KBWs$ przedstawiono na rysunku 2. Stwierdzono, że istnieje istotna zależność statystyczna ($R^2 = 0,90$). Rozrzut punktów nie jest duży, co oznacza, że czynnik uprawowy w stosunku do czynnika glebowego nie powoduje dużych zmian w poziomie zagrożenia suszą. Można zatem wnioskować, że struktura upraw w analizowanych gminach jest z jednej strony na tyle mało zróżnicowana, że nie wpływa znacząco na poziom zagrożenia związanego z suszą. Z drugiej strony można wnioskować, że nawet większe zmiany w strukturze upraw polowych nie są najważniejszym czynnikiem decydującym o zagrożeniu niedoborem wody dla roślin. Stąd czynnikiem decydującym o poziomie zagrożenia suszą (pomijając inne istotne parametry, np. klimatyczno-meteorologiczne) jest występująca na danym obszarze struktura gleb.



Rys. 2. Relacja między wskaźnikiem glebowym (Wg) i średnim progowym klimatycznym bilansem wodnym ($KBWs$) w północnej części województwa małopolskiego; źródło: opracowanie własne na podstawie danych SMSR IUNG-PIB Puławy

Fig. 2. Relation between soil indicator (Wg) and the average threshold balance climatic water ($KBWs$) in the Northern part of the Małopolska voivodeship; source: own studies on the base of SMSR IUNG-PIB Puławy

Powyższa analiza wskaźników opracowana na podstawie znajomości struktury gleb oraz informacji o strukturze upraw identyfikuje te obszary, które ze względu na wspomniane parametry mogą być potencjalnie narażone na zjawisko suszy pod kątem produkcji rolniczej. Nie uwzględnia ona zarówno innych czynników o charakterze pozarolniczym, jak i samej sytuacji klimatycznej w poszczególnych fragmentach badanego obszaru. Aby ocenić realne zagrożenia suszą zachodzące w wy-

odrębnionym obszarze badawczym, dokonano także rozpoznania w tym zakresie na podstawie rzeczywistych zmierzonych wartości *KBW* dla poszczególnych okresów wegetacyjnych z lat 2009–2015.

Wybrane okresy raportowania przez SMSR, w których wystąpiło zagrożenie suszą dla omawianych gmin przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Wybrane okresy (z lat 2009–2015), w których wystąpiło zagrożenie suszą na podstawie zmierzonego wskaźnika *KBW* (mm) na tle wskaźnika *KBW*s

Table 5. The selected periods (from the years 2009–2015), in which the threat of drought is occurred on the base measure indicator *KBW* (mm) against indicator *KBW*s

Gmina Commune	Powiat District	Wartości <i>KBW</i> z okresu raportowania <i>KBW</i> in reporting period						Najmniejsze wartości <i>KBW</i> z okresu 2009–2015 The least values of <i>KBW</i> from the period 2009–2015	<i>KBW</i> s
		2009		2013		2015			
		1 IV– 31 V	1 VII– 31 VIII	11 VII– 10 IX	21 VI– 20 VIII	1 VII– 31 VIII	11 VII– 10 IX		
Bolesław	olkuski	-127,8	-148,5	-138,8	-183,9	-206,8	-156,3	-206,8	-218,4
Bukowno		-126,4	-144,6	-135,3	-182,2	-205,5	-153,9	-205,5	-193,0
Klucze		-121,9	-147,5	-136,2	-180,1	-201,3	-152,6	-201,3	-209,1
Olkusz		-117,5	-143,3	-131,9	-177,7	-198,6	-148,3	-198,6	-209,9
Trzyciąż		-114,7	-143,8	-130,3	-176,9	-194,4	-145,0	-194,4	-255,0
Wolbrom		-122,5	-151,1	-136,3	-179,4	-197,5	-148,7	-197,5	-246,8
Charsznica	miechowski	-132,6	-163,7	-145,9	-186,0	-203,1	-154,9	-203,1	-258,7
Golcza		-123,7	-157,4	-140,3	-182,5	-199,2	-150,4	-199,2	-253,4
Kozłów		-138,3	-173,2	-152,8	-188,4	-207,1	-159,6	-207,1	-244,6
Książ Wielki		133,7	-175,2	-153,4	-187,3	-205,8	-158,7	-205,8	-258,6
Miechów		-124,7	-162,0	-142,8	-182,6	-199,5	-151,4	-199,5	-256,0
Raławice		-124,8	-170,7	-147,7	-188,2	-205,0	-157,6	-205,0	-253,4
Słaboszów	-129,4	-176,7	-153,5	-188,7	-205,9	-159,1	-205,9	-276,7	
Koniusza	proszowicki	-119,9	-160,5	-138,6	-184,4	-201,2	-154,1	-201,2	-254,9
Koszyce		-118,6	-178,8	-151,4	-189,6	-205,1	-165,2	-205,1	-250,9
Nowe Brzesko		-120,1	-170,4	-145,1	-187,7	-204,0	-159,6	-204,0	-254,4
Pałecznicza		-122,1	-171,6	-146,6	-187,4	-204,2	-157,0	-204,2	-256,5
Proszowice		-120,0	-167,4	-142,9	-185,6	-202,6	-156,1	-202,6	-256,4
Radziemice		-120,9	-165,5	-142,8	-185,8	-202,8	-155,3	-202,8	-238,1
Bolesław	dąbrowski	-119,1	-192,2	-164,1	-196,5	-211,7	-174,6	-211,7	-262,0
Dąbrowa Tarnowska		-108,7	-186,8	-159,3	-192,2	-207,2	-170,7	-207,2	-224,7
Gręboszów		-119,8	-187,7	-159,0	-194,6	-209,6	-172,3	-209,6	-276,7
Mędrzechów		-118,1	-194,5	-166,2	-197,7	-212,8	-175,9	-212,8	-235,8
Olesno		-114,7	-188,0	-160,6	-195,3	-210,7	-173,2	-210,7	-236,5
Radgoszcz		-110,8	-191,7	-163,6	-193,0	-208,0	-172,0	-208,0	-224,6
Szczucin	-118,6	-198,7	-170,0	-198,9	-213,0	-177,7	-213,0	-245,7	

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych SMSR IUNG-PIB Puławy.

Source: own study on the base of SMSR IUNG-PIB Puławy.

W ciągu 7 lat monitorowania zjawiska suszy, na 13 okresów raportowania, dla każdego roku, tj. łącznie na 91 okresów raportowania, jedynie w 6 przypadkach odnotowano w gminach omawianych powiatów zagrożenie suszą ze względu na wartość *KBW*. Jest to więc niecałe 7% przypadków dla tego terenu, z czego połowa przypadła na 2015 r. w okresie od końca czerwca do początku września.

Pomimo wspomnianych zagrożeń jedynie w przypadku jednej gminy – Bukowno (powiat olkuski) – nastąpiło przekroczenie zmierzonego *KBW* dla lipca i sierpnia 2015 r. w stosunku do średnioważonej wartości progowego klimatycznego bilansu wodnego *KBWs*. W gminie tej dominującą rośliną uprawną jest pszenica ozima, ale jak wspomniano wcześniej w gminie tej użytki rolne stanowią jedynie 13% ogólnej powierzchni.

Wyniki monitoringu potwierdzają więc wcześniejsze analizy, wskazujące na małe potencjalne zagrożenie suszą rolniczą obszarów rolniczych omawianych powiatów. Z innych badań wynika, że pozostałe tereny województwa małopolskiego, chociażby z racji występowania na nich większych opadów atmosferycznych, są również w niewielkim stopniu zagrożone tym zjawiskiem [KOPACZ, TWARDY 2015].

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Północna część województwa małopolskiego, obejmująca swym obszarem 4 powiaty, charakteryzuje się zróżnicowaną strukturą użytkową i rolno-produkcyjną. W powiatach proszowickim oraz miechowskim przeważają gleby średnie i ciężkie – mniej podatne na zjawisko suszy. Występują tam także gleby dość żyzne, charakteryzujące się wysokimi klasami bonitacyjnymi i wskaźnikami waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Są to obszary rolnicze, z przewagą gruntów ornych i wieloletnią tradycją wytwarzania na potrzeby zaopatrzenia w żywność aglomeracji krakowskiej i śląskiej. Podobny rolniczy charakter wykazuje też powiat dąbrowski, choć występujący tam skład granulometryczny gleb jest już mniej korzystny z punktu widzenia zagrożenia suszą. Z kolei powiat olkuski różni się od poprzednich – ma bardziej charakter przemysłowy, choć cechuje się dużym zalesieniem. Stąd też rolnictwo ma tutaj mniejsze znaczenie.

Cały wymieniony obszar charakteryzuje się mniejszymi opadami atmosferycznymi na tle średniej dla województwa, jest on więc bardziej narażony na niedobory wodne niż pozostałe fragmenty Małopolski.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można sformułować kilka najważniejszych wniosków:

1. Rozpatrywany obszar nie jest istotnie zagrożony zjawiskiem suszy rolniczej, a o potencjalnych zagrożeniach bardziej decydują czynniki glebowe, niż opadowe, a także niewłaściwy dobór roślin uprawnych do lokalnych warunków siedliskowych.

2. Nieliczne przypadki wystąpienia suszy rolniczej w odniesieniu do konkretnych gatunków roślin świadczą o właściwym dostosowaniu struktury uprawowej na tym terenie do warunków klimatyczno-glebowych.

3. Jedynie w gminie Bukowno (powiat olkuski) w ciągu ostatnich 7 lat wykazano minimalne przekroczenie średnioważonego progowego *KBW*s w stosunku do najgorszego *KBW* z tego okresu.

4. Mimo że w północnej części województwa małopolskiego nie stwierdzono istotnych zagrożeń suszą, przeciwdziałanie temu zjawisku poprzez działania o charakterze technicznym oraz strukturalnym ma istotne znaczenie. Są one pożądane zarówno z punktu widzenia produkcji rolnej, jak i ochrony środowiska przyrodniczego. Kształtowanie przestrzeni użytkowej tego regionu odgrywa istotną rolę w implementacji strategii zrównoważonego i trwałego rozwoju.

BIBLIOGRAFIA

- DOROSZEWSKI A. 2010. Susza rolnicza monitorowana [Drought agricultural monitored]. *Lubelskie Aktualności Rolnicze*. Nr 12 (244) s. 16–17.
- DOROSZEWSKI A., JADCZYSZYN J., KOZYRA J., PUDEŁKO R., STUCZYŃSKI T., MIZAK K., ŁOPATKA A., KOZA P., GÓRSKI T., WRÓBLEWSKA E. 2012. Podstawy systemu monitoringu suszy rolniczej [Fundamentals of the agricultural drought monitoring system]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 2(38) s. 77–91.
- DOROSZEWSKI A., MARCINKOWSKA I. 1995. Klimatyczny bilans wodny sezonów wegetacyjnych 1921–1993 w Puławach [Climatic water balance growing seasons 1921–1993 in Puławy]. W: Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny. Gleby i klimat Lubelszczyzny. Cz. II. Klimat. Red. J. Kołodziej, R. Turski. Materiały z Konferencji Naukowej. Lublin, 25 kwietnia 1994 r. Lublin s. 193–197.
- GUS niedatowane. Bank danych lokalnych [Bank of local data] [online]. [Dostęp: 15.10.2015]. Dostępny w Internecie: http://stat.gov.pl/bdl/app/dane_podgrup.hier?p_id=7990&p_token=1560113653
- KOPACZ M. 2011. Zmienność obciążenia składnikami nawozowymi rolniczych obszarów karpaccich w kontekście przeobrażeń strukturalno-przestrzennych [The variability of the nutrient loads of Carpathian agricultural areas in the context of structural and spatial transformations]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie*. Nr 31. ISBN 978-83-62416-32-5 ss. 122.
- KOPACZ M., PUSZKARZ A. 1997. Środowisko glebowe w konfrontacji z wielkimi pożarami lasów [The soil environment in confrontation with large forest fires]. *Inżynieria Środowiska*. T. 2 s. 111–117.
- KOPACZ M., TWARDY S. 2012. A spatial analysis of biogenic load differentiation of an agricultural origin in the Carpathian basin. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 21. No. 5A s. 196–200.
- KOPACZ M., TWARDY S. 2015. Charakterystyka glebowo-rolnicza regionu górnej Wisły w aspekcie niedoborów wodnych roślin uprawnych z uwzględnieniem badań realizowanych w zlewni górnego Dunajca oraz Raby [The soil and agricultural characteristic of the upper Vistula region river in terms of water deficit for crops with regard to studies carried out in the upper Dunajec and Raba catchments]. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-62416-96-7 ss. 119.

- KOPEĆ S. 1990. Wpływ sposobu użytkowania gruntu na wielkość spływu powierzchniowego po stoku i stężenia unoszonych składników [The influence of land use on the surface runoff down the slope and the concentration of chemical components]. W: Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych. Materiały Seminaryjne. Nr 26. Falenty. IMUZ s. 61–68.
- ŁABĘDZKI L. 1996. Potrzeby wodne i redukcja plonu roślin przy ograniczonych zasobach wody do nawodnień [Water requirements and reduce of crop with limited water resources for irrigation]. Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW. Z. 10 s. 311–318.
- ŁABĘDZKI L. 2004. Problematyka susz w Polsce [Drought problems in Poland]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 4. Z. 1 s. 47–66.
- ŁABĘDZKI L. 2006. Susze rolnicze – zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji [Agricultural droughts – an outline of problems and methods of monitoring and classification]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie. Nr 17. ISBN 83-88763-63-6 ss. 107.
- ŁABĘDZKI L., BĄK B. 2011. Prognozowanie suszy meteorologicznej i rolniczej w systemie monitorowania suszy na Kujawach i w dolinie górnej Noteci [The forecasting of meteorological and agricultural drought in monitoring system in Kujawy and in the upper Noteć valley]. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. Nr 5. PAN Oddział w Krakowie s. 19–28.
- ŁABĘDZKI L., BĄK B., KANECKA-GESZKE E., KASPERSKA-WOŁOWICZ W., SMARZYŃSKA K. 2008. Związek między suszą meteorologiczną i rolniczą w różnych regionach agroklimatycznych Polski [Relationship between meteorological and agricultural drought in different agroclimatic regions in Poland]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie. Nr 25. ISBN 978-83-61875-03-1 ss. 137.
- MIODUSZEWSKI W. 1996. Kształtowanie retencji wodnej w krajobrazie rolniczym [The management of water retention in the agricultural landscape]. W: Potrzeby i możliwości zwiększenia retencji wodnej na obszarach wiejskich. Materiały Seminaryjne. Nr 37. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 7–11.
- MIODUSZEWSKI W. 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym [Protection and management of water resources in the agricultural landscape]. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISBN 83-85735-79-8 ss. 126.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych [Regulation of the Minister of the Environment of 23 December 2002 on the detailed requirements to be met by action programs aimed at reducing the outflow of nitrogen from agricultural sources]. Dz.U. 2002. Nr 4 poz. 44.
- SMOROŃ S., KOPACZ M., TWARDY S., KUŹNIAR A. 2011. Protective significance of meadows and pastures for the natural environment of the Western Carpathians (as an example of the Upper Dunajec River basin). Journal of Water and Land Development. No. 15 s. 73–82.
- SMOROŃ S., KOWALCZYK A., KOSTUCH M. 2009. Użytkowanie gruntów zlewni Szreniawy w kontekście ochrony gleby i wody w latach 1995–2005 [Land use in the Szreniawa catchment area in the context of soil and water protection in the years 1995–2005]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 9. Z. 27 s. 167–179.
- TWARDY S. 2009. Tendencje zmian użytkowania przestrzeni rolniczej obszarów karpaccich [Trends in the use of agricultural areas of the Carpathian]. Studia i Raporty IUNG-PIB. Z. 17 s. 49–58.
- TWARDY S., KUŹNIAR A., KOPACZ M. 2001. Charakterystyka rolnictwa w Karpatach Polskich [The characteristic of agriculture in the Polish Carpathians]. W: Trwała okrywa roślinna jako podstawa zrównoważonego rozwoju rolnictwa w zlewniach karpaccich. Red. S. Twardy. Konferencja. 9–11 października 2001 r. Jaworki, Falenty–Kraków. IMUZ s. 230–237.
- TWARDY S., KUŹNIAR A., KOPACZ M. 2007. An impact of mountain meadow utilization on the yield and the soil-water environment. Ekologia travneho porastu VII [Grassland Ecology VII]. Banská Bystrica SARC Nitra&GMARI s. 297–300.

Marek KOPACZ, Stanisław TWARDY

**POTENTIAL RISK OF AGRICULTURAL DROUGHT
IN THE NORTHERN PART OF MAŁOPOLSKA VOIVODESHIP**

Key words: *climatic water balance, potential threat of drought, soil type, structure of agricultural use*

S u m m a r y

The drought is a complex process that occurs in the natural environment. Drought reduces water resources and causes slow depletion of water in river basin. As the consequence, such called soil drought occurs after meteorological drought. Continued lack of rainfall leads to agricultural drought, adversely affecting crop production. For many years IUNG-PIB in Puławy has been operating system of monitoring agricultural drought (SMSR) in Poland. On the basis of climatic water balance (*CWB*) – it indicates the areas in which there's been a threat of drought in relation to specific crops in conditions of specific soil structure.

The aim of the study was to evaluate the potential risk of agricultural drought in selected, administrative areas of Lesser Poland Voivodeship. Districts of Olkusz, Miechów, Proszowice and Dąbrowa Tarnowska have been analyzed in details as those in which the amount of precipitation compared with average precipitation for the voivodeship is the smallest. The mentioned *CWB* index as well as soil classification were used to characterize the soil structure. This resulted in threshold values *CWBs* that were weight-averaged in relation to structure of the field crops. The threshold values were divided into four categories of drought risk.

The analysis shows that the risk is not significant, and where it occurred, the importance of agricultural production is relatively small. It was also shown that the potential risks of drought are more dependent on the soil factor than the structure of cultivation, although it is not, of course, irrelevant.

Adres do korespondencji: dr hab. Marek Kopacz, prof. nadzw., Małopolski Ośrodek Badawczy ITP w Krakowie, ul. Ułanów 21B, 31-450 Kraków; tel. +48 12 411-81-46 w. 21, e-mail: m.kopacz@itp.edu.pl