

**Podsumowanie** Analizy Zagrożenia Agrofagiem (Ekspres PRA) dla 'Ca. Phytoplasma pyri'**Obszar PRA:** Rzeczpospolita Polska**Opis obszaru zagrożenia:** uprawy gruszy na obszarze całego kraju

## Główne wnioski

Prawdopodobieństwo wejścia i zasiedlenia jest wysokie. W najgorszym scenariuszu, bez podjęcia środków fitosanitarnych, istnieje wysokie ryzyko znaczących strat w plonie gruszek.

Najbardziej efektywnym środkiem fitosanitarnym będzie kontrola sadzonek drzew gruszy oraz podkładek do szczepienia, sprowadzanych z zagranicy oraz eksportowanych poza obszar PRA. Ponadto zalecane jest stosowanie w sadach i w szkółkach wyłącznie certyfikowanego materiału rozmnożeniowego, wliczając w to siewki drzew oraz podkładowki do szczepienia.

Nie jest konieczne podejmowanie natychmiastowych procedur fitosanitarnych wobec szkodnika na obszarze PRA.

**Ryzyko fitosanitarne dla zagrożonego obszaru**

*(indywidualna ranga prawdopodobieństwa wejścia, zadomowienia, rozprzestrzenienia oraz wpływu w tekście dokumentu)*

Wysokie

Średnie

Niskie

**Poziom niepewności oceny:**

*(uzasadnienie rangi w punkcie 18. Indywidualne rangi niepewności dla prawdopodobieństwa wejścia, zadomowienia, rozprzestrzenienia oraz wpływu w tekście)*

Wysoka

Średnia

Niska**Inne rekomendacje:** Nie są wymagane.

- **Brak**

## Ekspresowa Analiza Zagrożenia Agrofagiem: *Ca. Phytoplasma pyri*

Przygotowana przez: dr Krzysztof Krawczyk, dr Joanna Kamasa, mgr Magdalena Gawlak,  
mgr Daria Rzepecka, dr Tomasz Kałuski  
Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, W. Węgorka 20, 60-318 Poznań  
Data: 14.11.2019

Raport został wykonany w ramach Programu Wieloletniego 2016-2020: „Ochrona roślin uprawnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia strat w plonach i zagrożeń dla zdrowia ludzi, zwierząt domowych i środowiska”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

### **Etap 1 Wstęp**

#### **Powód wykonania PRA:**

Niniejszy raport PRA dla *Ca. Phytoplasma pyri*, wykonano ze względu na stwierdzenie obecności patogena na terenie PRA oraz na terenie Niemiec, Francji i Słowacji, czyli państw sąsiadujących z obszarem PRA. Ponadto, *Ca. Phytoplasma pyri* powodujący m.in. fitoplazmatyczne zamieranie gruszy ma cechy choroby epidemicznej, co oznacza, że w sprzyjających warunkach środowiskowych, patogen ten szybko poraża nowe rośliny żywicielskie. Co więcej, przenoszony przez wektory owadzie, co dodatkowo zwiększa obszar występowania choroby. Choroba ta prowadzi często do śmierci rośliny, co jest przyczyną strat w plonach.

**Obszar PRA:** Rzeczpospolita Polska

### **Etap 2 Ocena zagrożenia agrofagiem**

#### **1. Taksonomia:**

Klasyfikacja filogenetyczna *Ca. Phytoplasma pyri*, przedstawia się następująco:

Domena: Bacteria

Gromada: Firmicutes

Klasa: Mollicutes

Rząd: Acholeplasmatales

Rodzina: Acholeplasmataceae

Rodzaj: *Phytoplasma*

Gatunek: *Phytoplasma pyri*

Równolegle, obowiązuje klasyfikacja fitoplazm na tzw. grupy 16S rDNA, oparta o wyniki analizy restrykcyjnej operonu 16S rDNA. Narzędziem służącym temu celowi jest strona Rolniczej Służby Badawczej (ang. *Agricultural Research Service (ARS)*), działającej z ramienia Ministerstwa Rolnictwa USA (ang. *U.S. Department of Agriculture*) (Lee i in., 1998; Zhao i in., 2009). Link do strony:

<https://plantpathology.ba.ars.usda.gov/cgi-bin/resource/iphyclassifier.cgi>

*P. pyri* należy do grupy fitoplazm 16SrX. Seemüller & Schneider zaproponowali, by nadać im status ‘Candidatus’ (2004).

Nazwa powszechna:

Phytoplasma pyri, pear decline, pear decline phytoplasma, Parry's disease; peach yellow leaf roll; pear leaf curl; pear moria, decaimiento del peral. Fitoplazmą zamierania gruszy

## 2. Informacje ogólne o agrofagu:

### Informacje ogólne:

Fitoplazmy są organizmami nie dającymi się hodować na pożywkach mikrobiologicznych. Ich naturalnym środowiskiem życia są żywe komórki gospodarza. Dlatego dla celów badawczych organizmy te utrzymuje się, podobnie jak wirusy, w tkance gospodarza. Obecność fitoplazm w zainfekowanych tkankach może być potwierdzona poprzez techniki badawcze takie jak mikroskopia elektronowa i analizy molekularne, wykorzystujące specyficzne przeciwciała lub kwasy nukleinowe. Biologiczne i fenotypowe właściwości fitoplazm są niedostępne do badania w czystej kulturze, jak to ma miejsce u bakterii hodowalnych. Dlatego też do ich klasyfikacji stosuje się system oparty na analizie zmienności sekwencji genu 16S rRNA. Jest to główne i podstawowe narzędzie diagnostyczne.

### Cykl życiowy

Unikalną cechą fitoplazm jest fakt, że mogą one pasożytować na bardzo dużym zakresie żywicieli, wliczając w to zarówno rośliny (Królestwo: Rośliny), jak i zwierzęta (Królestwo: Zwierzęta). Fitoplazmy występują wewnątrz komórek roślinnych i owadów. W przypadku roślin ich występowanie ograniczone jest głównie do komórek łyka, natomiast w przypadku owadów może obejmować komórki różnych organów. W roślinach fitoplazmy rozwijają się w wiązkach sitowych. Przemieszczając się w roślinie wraz z asymilatami powodują zaburzenia ich transportu oraz wydzielają własne metabolity, co w praktyce prowadzi do deformacji roślin (Lepka i in., 1999). Działanie fitoplazm prowadzi również do przestawienia się rośliny trwale w formę wegetatywną, co może prowadzić do jej zbyt wczesnego zamierania.

Przenoszenie się fitoplazm z rośliny na roślinę uzależnione jest od wektorów owadów, którymi najczęściej są owady należące do rodzin takich jak skoczki, pluskwiaki oraz niektóre pchełki. W trakcie żerowania owadów, fitoplazmy, wraz z tkankami rośliny, dostają się do ich ciała. Następnie przez ścianę jelita do układu krwionośnego, gdzie namnażają się w hemolimfie, skąd transportowane są do ślinianek. Komórki fitoplazm są wprowadzane do kolejnych roślin podczas żerowania owada z jego śliną. Od momentu nabycia przez owada patogena do momentu zdolności jego przeniesienia na roślinę żywicielską zazwyczaj mijają ok. 2 – 4 tygodnie. Jest to tak zwany okres latencji. Dlatego, co ważne, owady nie infekują bezpośrednio roślin, na których żerują, ponieważ w ich ciele musi najpierw dojść do namnożenia się patogena (Weintraub i Beanland, 2006).

### Symptomy

Objawy chorobowe powodowane przez fitoplazmy na roślinach wynikają z zaburzenia ich rozwoju. Typowymi objawami są: miotlastość gałęzi (ang. *witches broom*), filodia (ang. *phylloidy*), czyli wsteczna metamorfoza organów generatywnych do stanu liści, wiwescencja – zielenienie części kwiatów, wydłużony wzrost łodyg, tworzenie się pęczkowych włóknistych korzeni wtórnych, zaczerwienienie liści i łodyg, żółtaczkę liści, spadek i zahamowanie wzrostu roślin oraz martwica łyka. Fitoplazmy, ogólnie nie wpływają negatywnie na sprawność ich owadów wektorów. Niekiedy wręcz zwiększają płodność i przeżywalność swych wektorów w środowisku naturalnym. Mogą również wpływać na zachowanie owadów w locie i ich preferencje odnośnie gospodarza roślinnego (Frost i in., 2013; Tomkins i in., 2018; Hogenhout i in., 2008; Sugio i in., 2011; MacLean i in., 2014)

W przypadku *Phytoplasma pyri*, pierwsze charakterystyczne objawy dla tej choroby pojawiają się latem. Dochodzi do przedwczesnego, jesiennego przebarwienia liści na porażonych drzewach, wraz

z jednoczesnym czerwienieniem obserwowanym u większości odmian. Pozostałe odmiany mogą się odbarwiać na kolor żółty. W przypadku typowego rozwoju choroby, dochodzi do wywijania się w górę krawędzi blaszki liściowej lub zwijania liści i ich przedwczesnego opadania. W kolejnym sezonie wegetacyjnym, porażone drzewa cechuje słabszy wzrost i jaśniejsze ulistnienie. Nasilenie wiosennych objawów może być zróżnicowane - od braku widocznych objawów, aż do śmierci rośliny. Charakterystycznym objawem jest pasmo nekrotycznej tkanki kory, w miejscu zrostu, pomiędzy zrazem a podkładką. Należy pamiętać, że objawy przedwczesnego jesiennego przebarwienia liści, obserwowane w przypadku porażenia fitoplazmą zamierania gruszy, mogą być spowodowane przez szereg innych czynników takich jak: podmakanie, zniszczenie systemu korzeniowego, zniszczenie tkanek spowodowane żerowaniem zwierząt, niektóre raki bakteryjne, niezgodność podkładki i odmiany. Najlepszą porą do detekcji patogena w roślinie jest późne lato, jesień oraz wczesna zima. P. pyri bytuje w dojrzałych rurkach sitowych floemu porażonych drzew (Schaper i Seemüller, 1982). O każdej porze roku, patogen ten może być wykryty z korzeni drzew porażonych lub szczepionych na podkładkach *Pyrus*. W przypadku bardziej rozpowszechnionych podkładek z pigwy, wyniki detekcji mogą być zafałszowane.

Ze względu na fakt nierównomiernego rozmieszczenia patogena w obrębie drzewa, konieczne jest badanie próbek pobranych z różnych jego części. Zalecane jest przebadanie kory pochodzącej z 2-3 letnich gałęzi, z trzech różnych części drzewa wraz z jedną próbką pobraną z pnia (Davies, 2006)

#### Wykrywanie i identyfikacja

Jak wspomniano wcześniej wykrywanie fitoplazm prowadzi się głównie w oparciu o techniki molekularne. Pierwszym etapem badania jest izolacja genomowego DNA zakażonej rośliny, w którym zawarte jest DNA fitoplazmy. Istnieją techniki molekularne pozwalające na wyróżnienie frakcji DNA roślinnego zawierającego DNA fitoplazmy (Palmano, 2001; Liefting i Kirkpatrick, 2003; Jarausch i in., 2000). Po wyizolowaniu genomowego DNA z chorej rośliny, przy pomocy reakcji PCR ze starterami uniwersalnymi dla wszystkich fitoplazm, namnaża się fragment genu 16S rRNA o długości ok. 1200 pz, który potem poddaje się analizie restrykcyjnej przy pomocy enzymów restrykcyjnych. W oparciu o technikę RFLP opracowano system klasyfikacji fitoplazm (Lee i in., 1998; Zhao i in., 2009). Istnieją również narzędzia internetowe pozwalające na wykonanie wirtualnej analizy RFLP (<https://plantpathology.ba.ars.usda.gov/cgi-bin/resource/iphyclassifier.cgi>) (Zhao i in., 2009; Zhao i Davis, 2016).

Obecność fitoplazm w roślinie można również wykryć przy pomocy mikroskopu elektronowego (Honetslegrová i in., 1996). Opracowano także inne, mniej typowe techniki molekularne, pozwalające wykryć obecność tego patogena w roślinie, np. przy pomocy techniki LAMP (Nair i in., 2016), lub barwienie DAPI (Laimer i Bertaccini, 2008)

Uniwersalne sposoby wykrywania fitoplazm opisano w protokole EPPO PM 7/133 (EPPO Bulletin 2018). Istnieje również wiele dokładniejszych opracowań dla poszczególnych grup fitoplazm, jak np. dla fitoplazmy z grupy stolbur (Smith, 1996) oraz dla *Phytoplasma pyri* (EPPO Bulletin 2017)

Nie stwierdzono istnienia innego raportu PRA poświęconego *Phytoplasma pyri*. Jednakże, służby fitosanitarne mogłyby się posiłkować raportem PRA opracowanym dla *Ca. Phytoplasma solani* (Krawczyk i in., 2017), ponieważ podstawowe kwestie dotyczące biologii fitoplazm, są uniwersalne dla wszystkich grup tych patogenów. Ponadto istnieją publikacje naukowe poświęcone *P. pyri* w Polsce (Cieślińska i Morgaś, 2011) oraz innym fitoplazmom infekującym drzewa pestkowe na obszarze PRA (Cieślińska, 2011). Istnieje również raport EPPO poświęcony diagnostyce tego patogena (EPPO Bulletin 2017).

#### Korzyści socjoekonomiczne gatunku

*Phytoplasma pyri* występuje w wielu krajach Europy, głównie w krajach śródziemnomorskich, jednak również na obszarze PRA. Fitoplazmatyczne zamieranie gruszy ma cechy choroby epidemicznej, co oznacza, że w sprzyjających warunkach środowiskowych, patogen ten szybko poraża nowe rośliny żywicielskie, a ponadto jest przenoszony przez wektory owadzie, co dodatkowo

zwiększa obszar występowania choroby. Fitoplazma ta, przy znacznym nasileniu infekcji, powoduje często śmierć rośliny, co skutkuje znacznym ubytkiem plonów.

3. Czy agrofag jest wektorem?	Tak	<u>Nie X</u>
4. Czy do rozprzestrzenienia lub wejścia agrofaga potrzebny jest wektor?	Tak	<u>Nie X</u>

Choroba rozprzestrzeniana jest przez miodówkę gruszową żółtą (*Cacopsylla pyricola*) (Davies i in., 1992). Jest wielce prawdopodobne, że gatunki *C. pyri* oraz *C. pyrisuga* mogą również odgrywać rolę wektorów. Ponadto należy mieć świadomość, że wciąż odkrywane są nowe gatunki owadów wektorów fitoplazm (np. *Cacopsylla pyri* (Carraro i in., 1997)) oraz że wiele gatunków krzewów i roślin zielnych, oraz pospolicie występujących chwastów polnych, pełni rolę naturalnych rezerwarów wielu fitoplazm (Zwolińska i in., 2019). Dodatkowo, wszystkie typy fitoplazm przenoszą się mechanicznie, np. przez szczepienie, co ma szczególne znaczenie dla *P. pyri*, oraz poprzez rośliny pasożytnicze, jak np. kaniańka (*Cuscuta* sp.).

### 5. Status regulacji agrofaga

	Kraj	Lista	Rok dodania	
Africa	Morocco	Quarantine pest	2018	
America	Argentina	A1 list	1995	
	Canada	Quarantine pest	2019	
	Chile	A1 list	1992	
	Mexico	Quarantine pest	2018	
	Paraguay	A1 list	1992	
Uruguay	Uruguay	A1 list	1992	
	Asia	Bahrain	A1 list	2003
	Israel	Quarantine pest	2009	
	Jordan	A1 list	2013	
Kazakhstan	Kazakhstan	A1 list	2017	
	Europe	Norway	Quarantine pest	2012
	Turkey	A2 list	2016	
RPPO/EU	COSAVE	A1 list	1992	
	EAEU	A2 list	2016	
	EPPO	A2 list	1975	
	EU	Annex I/A2	1992	

### 6. Rozmieszczenie

Kontynent	Rozmieszczenie ( <i>lista krajów lub ogólne wskazanie – np. Zachodnia Afryka</i> )	Komentarz na temat statusu na obszarze występowania	Źródła

		( <i>np. szeroko rozpowszechniony, natywny etc.</i> )	
Afryka	Libia	Obecny	EPPO
	Tunezja	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
Ameryka Pd.	Argentyna	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Chile	Obecny, kilka wystąpień	EPPO
Ameryka Pn.	Kanada (Kolumbia brytyjska)	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Kanada (Ontario)	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	USA (Kalifornia)	Obecny	EPPO
	USA (Connecticut)	Obecny, rozpowszechniony	EPPO
	USA (Oregon)	Obecny	EPPO
	USA (Utah)	Obecny	EPPO
	USA (Waszyngton)	Obecny	EPPO
Azja	Iran	Obecny	EPPO
	Liban	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
Europa	Albania	Obecny	EPPO
	Azerbejdżan	Obecny	EPPO
	Białoruś	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Bośnia i Hercegowina	Obecny	EPPO
UE	Austria	Obecny, kilka wystąpień	EPPO
	Belgia	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Bułgaria	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Chorwacja	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Czechy	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO, (Fialová i in., 2004), (Navratil i in., 2001)
	Francja	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO, (Morvan, 1986)

	Grecja	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Hiszpania	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Holandia	Obecny, rozpowszechniony	EPPO
	Mołdawia	Obecny	EPPO
	Niemcy	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO,
	Norwegia	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Polska	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO, (Cieślińska i Morgaś, 2011)
	Portugalia	Obecny, wystąpień kilka	EPPO
	Serbia	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Słowacja	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Słowenia	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Szwajcaria	Obecny, rozpowszechniony	EPPO
	Turcja	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO
	Węgry	Obecny	EPPO
	Wielka Brytania	Obecny, ograniczone występowanie	EPPO, (Davies i Adams, 2001)
	Włochy	Obecny, rozpowszechniony	EPPO, (Lee i in., 1995)

## 7. Rośliny żywicielskie i ich rozmieszczenie na obszarze PRA.

Nazwa naukowa rośliny żywicielskiej (nazwa potoczna)	Występowanie na obszarze PRA ( <i>Tak/Nie</i> )	Komentarz (np. główne/poboczne siedliska)	Źródła (dotyczy występowania agrofaga na roślinie)
<i>Pyrus communis</i> (grusza pospolita)	Tak	Roślina uprawna i roślina dziko rosnąca na obszarze PRA.	(Cieślińska i Morgaś, 2011)
<i>Prunus persica</i> (brzoskwinia zwyczajna)	Tak	Gatunek uprawiany na obszarze PRA, głównie w uprawach	(Cieślińska i Morgaś, 2011)

		amatorskich. Owoce sprowadzane do celów spożywczych. Wiele odmian źle znosi warunki klimatyczne panujące na obszarze PRA i może przemarzać.	
<i>Prunus armeniaca</i> (morela pospolita)	Tak	Gatunek uprawiany w sadach głównie w uprawie amatorskiej w cieplejszych rejonach obszaru PRA.	(Cieślińska i Morgaś, 2011)
<i>Prunus domestica</i> (śliwa domowa)	Tak	Roślina uprawiana na całym obszarze PRA.	(Cieślińska i Morgaś, 2011)
<i>Cydonia oblonga</i> (pigwa pospolita)	Tak	Roślina uprawiana na obszarze PRA. Wykorzystywana m.in. jako podkładka dla drzew owocowych z rodziny Rosaceae.	EPPO
<i>Pyrus betulifolia</i> (Grusza brzoźolistna)	Tak	Roślina uprawiana na obszarze PRA jako ozdobna, oraz wykorzystywana jako podkładka dla innych odmian grusz. Gatunek nie jest w pełni mrozoodporny.	EPPO
<i>Pyrus calleryana</i> (Grusza drobnoowocowa)	Tak	Roślina uprawiana na obszarze PRA jako ozdobna, oraz wykorzystywana jako podkładka dla innych odmian grusz.	EPPO
<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i> (Nakai)	Tak?	<i>P. pyrifolia</i> jest uprawiana na obszarze PRA jako gatunek ozdobny. Nie udało się znaleźć informacji czy uprawiana jest ta konkretna odmiana.	EPPO
<i>Pyrus ussuriensis</i> (Grusza ussuryjska)	Tak	Rzadko uprawiany na obszarze PRA gatunek gruszy spotykany głównie w ogrodach botanicznych i kolekcjach.	EPPO



<i>Catharanthus roseus</i> (Katarantus różowy, Barwinek różowy)	Tak	Roślina ozdobna nie zimująca na obszarze PRA. Uprawiana głównie jako roślina pokojowa.	EPPO
---	-----	--	------

## 8. Drogi przenikania

Możliwa droga przenikania	Droga przenikania: rośliny do sadzenia		
Krótki opis, dlaczego jest rozważana jako droga przenikania	Rośliny do sadzenia, w szczególności sadzonki drzew i podkładki do szczepienia		
Czy droga przenikania jest zamknięta na obszarze PRA?	Nie, możliwy jest import z państw trzecich roślin, przeznaczonych do sadzenia uszponionych pozbawionych liści, kwiatów i owoców.		
Czy agrofag był już przechwycony tą drogą przenikania?	Tak. W roku 2007 na roślinach do sadzenia z gatunku <i>Pyrus communis</i> z Serbii.		
Jakie stadium jest najbardziej prawdopodobnie związane z tą drogą przenikania?	Fitoplazma jest bakterią nieprzetwarzalną. Nie tworzy stadiów rozwojowych.		
Jakie są ważne czynniki do powiązania z tą drogą przenikania?	Owadzie wektory, które mogą towarzyszyć transportowi roślin i rozprzestrzenić się po przybyciu do obszaru PRA.		
Czy agrofag może przeżyć transport i składowanie w tej drodze przenikania?	P. pyri występuje w łyku porażonych drzew (sadzonych), wliczając w to podkładki do szczepienia z rodzaju <i>Pyrus</i> i z bardziej powszechnie, z rodzaju <i>Cydonia</i> (Pigwa). Dlatego zakładając, że warunki transportu żywych drzew umożliwiają przeżycie roślin, patogen z pewnością jest w stanie przeżyć transport. Unieszkodliwić by go mogły jedynie bardzo wysokie lub niskie temperatury i silne środki dezynfekcyjne. Jednakże użycie któregośkolwiek z tych środków na sadzonki drzew jest wykluczone z powodu działania destrukcyjnego.		
Czy agrofag może zostać przeniesiony z tej drogi przenikania na odpowiednie siedlisko?	Tak. Po wysadzeniu sadzonki porażonych drzew, o ile się przyjmą, stanowią potencjalne źródło inokulum dla wektorów owadzych.		
Czy wielkość przemieszczana tą drogą przenikania sprzyja wejściu agrofaga?	Brak danych		
Czy częstotliwość przemieszczania tą drogą przenikania sprzyja wejściu agrofaga?	Tak. Obecnie sprowadza się szereg odmian gruszy, z których wszystkie teoretycznie podatne są na agrofaga.		
Ocena prawdopodobieństwa wejścia	Niskie	Średnie	<b><u>Wysokie X</u></b>
Ocena niepewności	<b><u>Niska X</u></b>	Średnia	Wysoka

## 9. Prawdopodobieństwo zasiedlenia w warunkach zewnętrznych (środowisko naturalne i zarządzane oraz uprawy) na obszarze PRA

Ocena prawdopodobieństwa zadomowienia w warunkach zewnętrznych	Niskie	Średnie	<u>Wysokie X</u>
Ocena niepewności	<u>Niska X</u>	Średnia	Wysoka

Obecność patogena stwierdzono na obszarze Niemiec, Czech, Słowacji i Białorusi, czyli krajów bezpośrednio graniczących z obszarem PRA. Ponadto obecność patogena odnotowano w krajach o zdecydowanie chłodniejszym klimacie, jak Norwegia oraz w krajach o cieplejszym klimacie jak Francja czy Włochy. Z kolei na obszarze PRA wykazano, że drzewa pestkowe mogą być i są zainfekowane przez różne grupy fitoplazm (Cieślińska, 2011; Cieślińska i Morgaś, 2011). Dlatego też nie ma powodów, dla których patogen ten nie mógłby się zadomowić w warunkach zewnętrznych, w obszarze PRA.

## 10. Prawdopodobieństwo zasiedlenia w uprawach pod osłonami na obszarze PRA

Ocena prawdopodobieństwa zasiedlenia w uprawach chronionych	Niskie	Średnie	Wysokie
Ocena niepewności	Niska	Średnia	Wysoka

W warunkach polskich roślin żywicielskich nie uprawia się pod osłonami.

## 11. Rozprzestrzenienie na obszarze PRA

Ocena wielkości rozprzestrzenienia na obszarze PRA	Niska	Średnia	<u>Wysoka X</u>
Ocena niepewności	<u>Niska X</u>	Średnia	Wysoka

W warunkach naturalnych *P. pyri*, rozprzestrzenia się głównie za pośrednictwem swoich owadziach wektorów. Głównym wektorem patogena jest miodówka gruszowa żółta (*Cacopsylla pyricola*) (Davies i in., 1992) oraz *C. pyri* (Carraro i in., 1997). Najprawdopodobniej również *C. pyrisuga* może odgrywać rolę wektora, jednak nie jest to informacja potwierdzona. Gatunek *C. pyricola* pochodzi z Europy, jednak został zawleczony do wschodniej części USA z materiałem szkółkarskim już około roku 1800. Do roku 1900 gatunek ten rozprzestrzenił się do wszystkich regionów USA gdzie hodowalne są owoce pestkowe. Może on mieć aż do sześciu pokoleń każdego roku, przez co liczba osobników tego owada w sprzyjających warunkach może szybko wzrosnąć. (Horton, 2008). Z kolei duża liczba osobników wektora *P. pyri* znacząco zwiększa ryzyko rozprzestrzenienia się patogena na obszarze PRA. Gatunek *Cacopsylla pyricola* jest sam w sobie uważany za jednego z najważniejszych szkodników gruszy, który dodatkowo jest wektorem fitoplazmy powodującej zamieranie gruszy.

## 12. Wpływ na obecnym obszarze zasięgu

### 12.01 Wpływ na bioróżnorodność

Ocena wielkości wpływu na bioróżnorodność na obecnym obszarze zasięgu	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka

Pomimo wykrycia obecności *P. pyri* na obszarze PRA, nie prowadzono badań poświęconych oszacowaniu wielkości strat powodowanych przez tą fitoplazmę na uprawach gruszy i w ogóle dla drzew pestkowych. Świadczy to pośrednio o tym, że na chwilę obecną starty powodowane przez ten patogen nie są znaczące. Jednakże należy podkreślić, że w sprzyjających warunkach środowiskowych, szczególnie w obecności miodówek, owadzich wektorów tego patogena, istnieje ryzyko nagłego pojawu choroby i jej szybkiego rozprzestrzenienia. Skutki dla upraw gruszy mogą być znaczące w wieloletniej perspektywie, ponieważ fitoplazmą bytując w łyku drzew, pozostaje w porażonych roślinach, uspiona w korzeniach, do następnego sezonu wegetacyjnego, ponieważ drzewa owocowe są z definicji roślinami wieloletnimi. Z kolei pozostawienie porażonych roślin będzie skutkowało gromadzeniu się inokulum patogena i rozprzestrzenianiu się patogena. Na chwilę obecną, warunki klimatyczne na obszarze PRA nie są optymalne dla *P. pyri*, choć umożliwiają jej funkcjonowanie w środowisku. Potencjalne ocieplenie się klimatu na obszarze PRA, może skutkować nasileniem występowania *P. pyri*.

### 12.02 Wpływ na usługi ekosystemowe

Usługa ekosystemowa	Czy szkodnik ma wpływ na tę usługę? <i>Tak/nie</i>	Krótki opis wpływu	Źródła
Zabezpieczająca	Tak	W sprzyjających warunkach, duże nasilenie choroby spowoduje straty w zbiorach gruszek oraz potencjalnie innych owoców pestkowych.	(Cieślińska, 2011)
Regulująca	Nie		
Wspomagająca	Nie		
Kulturowa	Tak	Grusze są ważnymi składnikami sadów i bywają też sadzone jako drzewa ozdobne w przestrzeni publicznej. zamieranie drzew może spowodować obniżenie ich wartości estetycznej i wypadanie z krajobrazu kulturowego..	

Ocena wielkości wpływu na usługi ekosystemowe na obecnym obszarze zasięgu	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka

### 12.03 Wpływ socjoekonomiczny

Ocena wielkości wpływu socjoekonomicznego na obecnym obszarze zasięgu	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	Średnia	<u>Wysoka X</u>

Brak precyzyjnych danych na temat szkodliwości patogena na obecnym obszarze występowania. Można się jednakże spodziewać większej liczby doniesień na ten temat przy wysokim wpływie na gospodarkę.

### 13. Potencjalny wpływ na obszarze PRA

#### 13.01 Potencjalny wpływ na bioróżnorodność na obszarze PRA

Jeśli Nie

Ocena wielkości wpływu na bioróżnorodność na potencjalnym obszarze zasiedlenia	<u>Niska X</u>	Średnia	Wysoka
Ocena niepewności	<u>Niska X</u>	Średnia	Wysoka

Na obszarze PRA lista żywicieli występujących w środowisku naturalnym jest ograniczona jedynie do gruszy.

#### 13.02 Potencjalny wpływ na usługi ekosystemowe na obszarze PRA

Taki sam jak na obecnym obszarze.

Ocena wielkości wpływu na usługi ekosystemowe na potencjalnym obszarze zasiedlenia	Niska	Średnia	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	Średnia	Wysoka

#### 13.03 Potencjalny wpływ socjoekonomiczny na obszarze PRA

Jeśli Nie

Ocena wielkości wpływu socjoekonomiczny na potencjalnym obszarze zasiedlenia	Niska	Średnia	<u>Wysoka X</u>
Ocena niepewności	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka

Obecnie realnym zagrożeniem ze strony *P. pyri*, na obszarze PRA jest ograniczenie zbiorów gruszek, brzoskwiń, moreli, śliwek, co jest przesłanką do wywarcia znaczącego wpływu socjoekonomicznego na obszarze PRA. Oczywiście wymierne straty poniosą hodowcy i przetwórcy tych owoców. Grusze bywają także częstym składnikami zadrzewień śródpolnych i są sadzone wzdłuż dróg a także niekiedy w przestrzeni miejskiej i ich zamieranie spowoduje wypadanie uszkodzonych drzew z krajobrazu.

#### 14. Identyfikacja zagrożonego obszaru

Obszarem zagrożonym infekcją *P. pyri* jest cały obszar uprawy i naturalnego występowania gruszy, śliw, moreli i brzoskwiń. Główny wektor *P. pyri* (*Cacopsylla pyricola*) również bytuje głównie na roślinie gruszy.

#### 15. Zmiana klimatu

Każdy ze scenariuszy zmian klimatu (Załącznik 1) zakłada wzrost temperatury w stosunku do wartości z okresu referencyjnego w latach 1986–2015. Najbardziej optymistyczny, RCP 2.6, prognozuje przyrost o około 1,3°C w perspektywie każdej z pór roku. Według optymistycznego scenariusza RCP 4.5, nastąpi ocieplenie o 1,6-1,7°C w latach 2036–2065 i o około 2,3°C w okresie 2071–2100, w sezonie zimowym i letnim. Prawdopodobny scenariusz RCP 6.0 zakłada wzrost temperatury latem (marzec-sierpień) oraz zimą (wrzesień-luty) o 1,7°C dla 2036–2065 i 2,7°C dla 2071–2100. Pesymistyczna, ale prawdopodobna prognoza – RCP 8.5, spowoduje podwyższenie temperatury w okresie zimowym o około 2,3°C w przedziale 2036–2065 i o około 4,3°C dla lat 2071–2100. W porze letniej wzrost ten będzie zbliżony. Największe wzrosty opadów prognozowane są w zimie (2036-2065 od 13,8% do 18,4%, 2071-2100 od 18% do 33,9%), natomiast najmniejsze w lecie (2036-2065 od -1,3% do 2,1%, 2071-2100 od - 7,8% do 0,1%).

Ocieplenie się klimatu na obszarze PRA i jego zmiana szczególnie w kierunku klimatu śródziemnomorskiego spowoduje zwiększenie zasięgu występowania patogena na obszarze PRA oraz nasili tempo rozwoju objawów choroby.

##### 15.01 Który scenariusz zmiany klimatu jest uwzględniony na lata 2050 do 2100\*

Scenariusz zmiany klimatu: RCP 4.5, 6.0, 8.5 (patrz załącznik 1) (IPPC 2014).

**15.02 Rozważyć wpływ projektowanej zmiany klimatu na agrofaga. W szczególności rozważyć wpływ zmiany klimatu na wejście, zasiedlenie, rozprzestrzenienie oraz wpływ na obszarze PRA. W szczególności rozważyć poniższe aspekty:**

Czy jest prawdopodobne, że drogi przenikania mogą się zmienić na skutek zmian klimatu? (Jeśli tak, podać nową ocenę prawdopodobieństwa i niepewności)	Źródła
Nie. Zakres gospodarzy i wektorów tego patogena jest dość ograniczony.	Ocena ekspercka
Czy prawdopodobieństwo zasiedlenia może się zmienić wraz ze zmianą klimatu? (Jeśli tak, podać nową ocenę prawdopodobieństwa i niepewności)	Źródła
Nie. W dalszym ciągu obszarem zagrożonym pozostanie obszar uprawy gruszy.	Ocena ekspercka

Czy wielkość rozprzestrzenienia może się zmienić wraz ze zmianą klimatu? (Jeśli tak, podać nową ocenę wielkości rozprzestrzenienia i niepewności)	Źródła
Tak. W sprzyjających warunkach, główny wektor owadzi P. pyri ( <i>C. pyricola</i> ), może mieć aż do sześciu pokoleń każdego roku, przez co liczba osobników tego owada w sprzyjających warunkach może szybko wzrosnąć.	(Horton, 2008)
Czy wpływ na obszarze PRA może się zmienić wraz ze zmianą klimatu? (Jeśli tak, podać nową ocenę wpływu i niepewności)	Źródła
Nie. Nadal będzie zagrożona tylko uprawa gruszy	Ocena ekspercka

## 16. Ogólna ocena ryzyka

Prawdopodobieństwo wejścia i zasiedlenia jest wysokie. W najgorszym wypadku, bez podjęcia środków fitosanitarnych, istnieje wysokie ryzyko znaczących strat w plonie gruszek.

Najbardziej efektywnym środkiem fitosanitarnym będzie drobiazgowa kontrola sadzonek drzew gruszy oraz podkładek do szczepienia, sprowadzanych z zagranicy oraz eksportowanych poza obszar PRA. Ponadto zalecane jest stosowanie w sadach i w szkółkach wyłącznie certyfikowanego materiału rozmnożeniowego, wliczając w to siewki drzew oraz podkładki do szczepienia.

Występowanie patogena stwierdzono w kilku krajach bezpośrednio graniczących z obszarem PRA i posiadających zbliżone warunki glebowo-klimatyczne. Dlatego uzasadnione wydaje się być założenie, że przed masowym pojawem patogena chroni nas jedynie różnica klimatyczna pomiędzy Polską a strefą śródziemnomorską z której wywodzi się *P. pyri*.

### Etap 3. Zarządzanie ryzykiem zagrożenia agrofagiem

#### 17. Środki fitosanitarne

**17.01 Opisać potencjalne środki dla odpowiednich dróg przenikania i ich oczekiwaną efektywność na zapobieganie wprowadzenia (wejście i zasiedlenie) oraz/lub na rozprzestrzenienie.**

Możliwe drogi przenikania (w kolejności od najważniejszej)	Możliwe środki
Import sadzonek drzew (wraz z podkładkami do szczepienia)	Kontrole fitosanitarne
Przenoszenie przez owadziego wektora	Wektor należy do miodówek, czyli szkodników drzew pestkowych dobrze znanych sadownikom. Istnieją preparaty (insektycydy) dedykowane kontroli tej grupy szkodników.

#### 17.02 Środki zarządzania eradykacją, powstrzymywaniem i kontrolą

Potencjalnie, najbardziej efektywne środki fitosanitarne do walki z *P. pyri*, to chemiczna kontrola liczebności populacji wektorów owadziech (zabiegi insektycydowe) oraz bieżące usuwanie (eradykacja) porażonych drzew. Ze względów ekonomicznych porażone drzewa mogą nie być na bieżąco usuwane z sadów.

#### 18. Niepewność

Głównym źródłem niepewności w niniejszym raporcie PRA są warunki klimatyczne panujące w danym sezonie wegetacyjnym, które determinują intensywność rozwoju samego patogena (*P. pyri*) i intensywność wywoływanych przez niego objawów, jak również liczebność osobników populacji wektorów owadziech *P. pyri*. Prawdopodobny jest wzrost znaczenia *P. pyri* dla obszaru PRA w przypadku zmian klimatu polegających na upodobnieniu się obecnego klimatu do klimatu śródziemnomorskiego.

#### 19. Uwagi

Brak

#### 20. Źródła

Carraro, L., Loi, N., Ermacora, P., Gregoris, A., and Osler, R. 1997. Transmission of pear decline by using naturally infected *Cacopsylla pyri* L. In *XVII International Symposium Virus and Virus-Like Diseases of Temperate Fruit Crops 472*, , p. 665–668.

Cieślińska, M. 2011. Less common phytoplasmas infecting stone fruit trees. *J. Plant Prot. Res.* 51:435–440.

Cieślińska, M., and Morgaś, H. 2011. Detection and Identification of “*Candidatus Phytoplasma prunorum*”, “*Candidatus Phytoplasma mali*” and “*Candidatus Phytoplasma pyri*” in Stone Fruit Trees in Poland. *J. Phytopathol.* 159:217–222.

Davies, D. L. 2006. *Candidatus Phytoplasma pyri*. *EPPO Bull.* 36:127–128.

- Davies, D. L., and Adams, A. N. 2001. European stone fruit yellows phytoplasmas in Southern England. *Acta Hort.* 550:389–393.
- Davies, D. L., Guise, C. M., Clarck, M. F., and Adams, A. N. 1992. Parry's disease of pears is similar to pear decline and is associated with mycoplasma-like organisms transmitted by *Cacopsylla pyricola*. *Plant Pathol.* 41:195–203.
- EPPO Bulletin. 2018. PM 7/133 (1) Generic detection of phytoplasmas. *EPPO Bull.* 48:414–424.
- EPPO Bulletin. 2017. PM 7/62 (2) 'Candidatus Phytoplasma mali', 'Ca. P. pyri' and 'Ca. P. prunorum.' *EPPO Bull.* 47:146–163.
- Fialová, R., Navrátil, M., Válová, P., Kocourek, F., Poncarová-Voráčková, Z., and Lauterer, P. 2004. Epidemiology of European stone fruit yellows phytoplasma in the Czech Republic. In *Acta Horticulturae*, International Society for Horticultural Science, p. 483–487.
- Frost, K. E., Esker, P. D., Haren, R. Van, Kotolski, L., and Groves, A. R. L. 2013. Factors Influencing Aster Leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) Abundance and Aster Yellows Phytoplasma Infectivity in Wisconsin Carrot Fields. *Environ. Entomol.* 42:477–490 Available at: <http://dx.doi.org/10.1603/EN12239>.
- Hogenhout, S. A., Oshima, K., Ammar, E. D., Kakizawa, S., Kingdom, H. N., and Namba, S. 2008. Phytoplasmas: Bacteria that manipulate plants and insects. *Mol. Plant Pathol.* 9:403–423.
- Honetšlegrová, J. F., Vibio, M., and Bertaccini, A. 1996. Electron microscopy and molecular identification of phytoplasmas associated with strawberry green petals in the Czech Republic. *Eur. J. Plant Pathol.* 102:831–835.
- Horton, D. 2008. Pear Psylla, *Cacopsylla pyricola* (Foerster) (Hemiptera: Psyllidae). In *Encyclopedia of Entomology*, ed. John L Capinera. Dordrecht: Springer Netherlands, p. 2772–2775. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6\\_2818](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_2818).
- Jarausch, W., Saillard, C., Broquaire, J. M., Garnier, M., and Dosba, F. 2000. PCR-RFLP and sequence analysis of a non-ribosomal fragment for genetic characterization of European stone fruit yellows phytoplasmas infecting various *Prunus* species. *Mol. Cell. Probes.* 14:171–179.
- Laimer, and Bertaccini. 2008. European stone fruit yellows. *Charact. diagnosis Manag. phytoplasmas.* :73–92 Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0434.1996.tb00298.x/abstract>.
- Lee, I.-M., Gundersen-Rindal, D. E., Davis, R. E., and Bartoszyk, I. M. 1998. Revised Classification Scheme of Phytoplasmas based on RFLP Analyses of 16S rRNA and Ribosomal Protein Gene Sequences. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 48:1153–1169.
- Lee, I. M., Bertaccini, A., Vibio, M., and Gundersen, D. E. 1995. Detection of multiple phytoplasmas in perennial fruit trees with decline symptoms in Italy. *Phytopathology.* 85:728–735.
- Lepka, P., Stitt, M., Moll, E., and Seemüller, E. 1999. Effect of phytoplasma infection on concentration and translocation of carbohydrates and amino acids in periwinkle and tobacco. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 55:59–68.
- Liefting, L. W., and Kirkpatrick, B. C. 2003. Cosmid cloning and sample sequencing of the genome of the uncultivable mollicute, Western X-disease phytoplasma, using DNA purified by pulsed-field gel electrophoresis. *FEMS Microbiol. Lett.* 221:203–211.
- MacLean, A. M., Orlovskis, Z., Kowitzanich, K., Zdziarska, A. M., Angenent, G. C., Immink, R. G. H., i in., 2014. Phytoplasma Effector SAP54 Hijacks Plant Reproduction by Degrading MADS-box Proteins and Promotes Insect Colonization in a RAD23-Dependent Manner. *PLoS Biol.* 12.
- Morvan, G. 1986. Present status of apricot chlorotic leaf roll in France and surrounding countries. In *II International Workshop on Apricot Culture and Decline, XXII IHC 209*, , p. 169–174.
- Nair, S., Manimekalai, R., and Ganga, P. 2016. Loop mediated isothermal amplification ( LAMP ) assay for detection of coconut root wilt disease and arecanut yellow leaf disease phytoplasma. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 32:1–7.
- Navratil, M., Válová, P., Fialová, R., Petrová, K., Poncarová-Voráčková, Z., Fránová, J., i in., 2001. Survey for stone fruit phytoplasmas in the Czech Republic. *Acta Hort.* 1:377–382.
- Palmano, S. 2001. A comparison of different phytoplasma DNA extraction methods using competitive PCR. *Phytopathol. Mediterr.* 40:99–107.



- Schaper, U., and Seemüller, E. 1982. Condition of the Phloem and the Persistence of Mycoplasma-like Organisms Associated with Apple Proliferation and Pear Decline. *Phytopathology*. 72:736–742.
- Smith, I. M. 1996. Potato stolbur phytoplasma. *Potato Res.*
- Sugio, A., Kingdom, H. N., MacLean, A. M., Grieve, V. M., and Hogenhout, S. A. 2011. Phytoplasma protein effector SAP11 enhances insect vector reproduction by manipulating plant development and defense hormone biosynthesis. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108:E1254–E1263 Available at: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1105664108>.
- Tomkins, M., Kliot, A., Marée, A. F., and Hogenhout, S. A. 2018. A multi-layered mechanistic modelling approach to understand how effector genes extend beyond phytoplasma to modulate plant hosts, insect vectors and the environment. *Curr. Opin. Plant Biol.* 44:39–48.
- Weintraub, P. G., and Beanland, L. 2006. Insect Vectors of Phytoplasmas. *Annu. Rev. Entomol.* 51:91–111 Available at: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.ento.51.110104.151039>.
- Zhao, Y., and Davis, R. E. 2016. Criteria for phytoplasma 16Sr group/subgroup delineation and the need of a platform for proper registration of new groups and subgroups. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 66:2121–2123.
- Zhao, Y., Wei, W., Lee, I. M., Shao, J., Suo, X., and Davis, R. E. 2009. Construction of an interactive online phytoplasma classification tool, iPhyClassifier, and its application in analysis of the peach X-disease phytoplasma group (16SrIII). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 59:2582–2593.
- Zwolińska, A., Krawczyk, K., Borodynko-Filas, N., and Pospieszny, H. 2019. Non-crop sources of Rapeseed Phyllody phytoplasma ('Candidatus Phytoplasma asteris': 16SrI-B and 16SrI-(B/L)L), and closely related strains. *Crop Prot.* 119:59–68 Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261219418303466>.

Inne źródła:

EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/PHYPPY/distribution>)

## Załącznik 1

Tabela 1. Modele zmiany temperatury w okresie zimowym wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0 i 8.5. Wartości 5% i 95% oznaczają odpowiedni percentyl.

RCP 2.6	2036-2065 IX-	2071-2100 IX-	2036-2065 XII-	2071-2100 XII-
	XI	XI	II	II
CanESM2	9,85	9,80	0,54	0,65
CNRM-CM5	9,69	9,82	1,03	0,93
GISS-E2-H	8,95	8,67	1,04	0,30
GISS-E2-R	8,71	8,54	-0,26	-0,88
HadGEM2- AO	10,28	10,01	0,92	0,54
HadGEM2-ES	10,58	10,49	0,58	1,06
IPSL-CM5A- LR	10,24	10,08	2,24	1,73
IPSL-CM5A- MR	9,99	9,71	0,52	-0,08
MIROC5	10,38	10,52	0,69	1,28
MIROC-ESM	10,58	10,83	1,39	1,76
MPI-ESM-LR	9,08	8,75	-0,49	-0,14
MPI-ESM-MR	8,89	9,12	0,37	0,43
MRI-CGCM3	8,79	9,06	-0,63	0,20
NorESM1-M	9,69	9,84	0,65	0,31
NorESM1-ME	9,75	10,10	0,24	0,62
ŚREDNIA:	9,70	9,69	0,59	0,58
5,00%	8,77	8,63	-0,53	-0,36
95,00%	10,58	10,61	1,65	1,74
RCP4.5	2036-2065 IX-	2071-2100 IX-	2036-2065 XII-	2071-2100 XII-
	XI	XI	II	II
ACCESS1-0	10,11	11,01	0,08	1,43
ACCESS1-3	10,52	11,14	1,31	1,79
CanESM2	9,84	10,44	1,04	1,59
CCSM4	9,65	10,20	0,17	-0,15
CMCC-CM	10,79	11,92	3,07	4,43
CMCC-CMS	10,14	11,27	2,72	2,99
CNRM-CM5	9,85	10,53	1,15	2,68
GISS-E2-H	9,38	10,22	1,31	2,70
GISS-E2-H- CC	9,41	9,64	0,73	0,79
GISS-E2-R	9,49	9,77	0,65	0,67
GISS-E2-R- CC	9,34	9,62	0,30	0,69
HadGEM2- AO	10,60	11,65	1,48	2,55
HadGEM2-CC	10,26	11,40	1,70	3,28
HadGEM2-ES	10,93	11,86	2,00	2,19
inmcm4	8,64	9,00	-0,12	1,07
IPSL-CM5A- LR	10,54	11,15	2,74	3,11
IPSL-CM5A- MR	10,38	11,10	1,25	1,91

IPSL-CM5B-LR	10,29	10,47	0,55	2,74
MIROC5	11,00	11,54	1,34	2,52
MIROC-ESM	10,89	11,44	1,58	2,24
MPI-ESM-LR	9,22	9,52	-0,40	0,18
MPI-ESM-MR	9,52	9,56	1,12	1,04
MRI-CGCM3	9,19	9,90	-0,67	0,78
NorESM1-M	9,90	10,45	1,02	1,43
NorESM1-ME	9,61	10,21	0,43	1,52
ŚREDNIA:	9,98	10,60	1,06	1,85
5,00%	9,20	9,53	-0,34	0,28
95,00%	10,92	11,82	2,74	3,25
	<b>2036-2065 IX-</b>	<b>2071-2100 IX-</b>	<b>2036-2065 XII-</b>	<b>2071-2100 XII-</b>
<b>RCP6.0</b>	<b>XI</b>	<b>XI</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
CCSM4	9,65	10,27	0,28	0,57
GISS-E2-H	9,79	10,41	1,54	1,66
GISS-E2-R	9,48	9,87	0,99	0,96
HadGEM2-AO	10,13	11,52	0,99	1,54
HadGEM2-ES	10,40	12,95	1,66	2,32
IPSL-CM5A-LR	10,47	11,55	2,42	3,20
IPSL-CM5A-MR	10,29	11,83	0,55	1,94
MIROC5	10,65	11,84	0,71	2,74
MIROC-ESM	10,76	12,26	1,55	2,80
MRI-CGCM3	9,25	10,05	-0,14	1,01
NorESM1-M	9,57	10,92	0,78	2,01
NorESM1-ME	9,59	11,22	0,12	1,88
ŚREDNIA:	10,00	11,22	0,95	1,89
5,00%	9,38	9,97	0,00	0,78
95,00%	10,70	12,57	2,00	2,98
	<b>2036-2065 IX-</b>	<b>2071-2100 IX-</b>	<b>2036-2065 XII-</b>	<b>2071-2100 XII-</b>
<b>RCP 8.5</b>	<b>XI</b>	<b>XI</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
ACCESS1-0	10,38	13,39	1,93	4,04
ACCESS1-3	10,85	13,19	1,61	3,66
CanESM2	10,62	13,05	1,39	2,99
CCSM4	9,91	11,83	0,40	1,96
CMCC-CESM	11,06	12,78	3,55	6,50
CMCC-CM	11,33	14,06	3,45	6,83
CMCC-CMS	10,82	13,73	2,69	5,96
CNRM-CM5	10,58	11,79	2,21	4,41
GISS-E2-H	10,02	11,82	1,40	3,63
GISS-E2-H-CC	10,15	11,38	1,23	2,91
GISS-E2-R	9,80	11,33	1,32	3,17
GISS-E2-R-CC	10,27	11,23	1,90	2,42
HadGEM2-AO	10,92	13,59	1,87	4,34
HadGEM2-CC	11,51	14,29	3,76	5,87
HadGEM2-ES	11,89	14,48	2,13	4,54

inmcm4	9,00	10,12	0,70	2,19
IPSL-CM5A-LR	11,25	13,83	3,29	5,85
IPSL-CM5A-MR	11,25	13,12	1,13	3,52
IPSL-CM5B-LR	10,93	13,00	3,23	5,84
MIROC5	11,47	13,48	1,99	4,46
MIROC-ESM	11,67	13,97	2,36	4,55
MPI-ESM-LR	9,99	11,95	0,33	2,47
MPI-ESM-MR	10,02	11,69	1,02	2,80
MRI-CGCM3	10,12	11,28	0,48	2,34
MRI-ESM1	9,85	11,61	0,63	2,83
NorESM1-M	10,40	12,00	1,11	2,63
NorESM1-ME	10,25	11,77	1,55	2,96
ŚREDNIA:	10,60	12,58	1,80	3,91
5,00%	9,82	11,25	0,42	2,24
95,00%	11,62	14,22	3,52	6,34

Tabela 2. Modele zmiany temperatury w okresie letnim wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0 i 8.5. Wartości 5% i 95% oznaczają odpowiedni percentyl.

<b>RCP 2.6</b>	<b>2036-2065 III- V</b>	<b>2071-2100 III- V</b>	<b>2036-2065 VI- VIII</b>	<b>2071-2100 VI- VIII</b>
CanESM2	9,11	9,20	18,69	18,77
CNRM-CM5	9,26	9,14	18,05	18,35
GISS-E2-H	9,12	8,08	18,12	17,88
GISS-E2-R	8,95	7,80	17,90	17,28
HadGEM2-AO	9,61	9,74	20,84	20,41
HadGEM2-ES	10,00	9,87	20,38	20,66
IPSL-CM5A-LR	10,00	9,51	19,34	19,17
IPSL-CM5A-MR	9,31	8,89	19,13	18,63
MIROC5	10,91	11,14	19,71	19,53
MIROC-ESM	10,27	9,98	19,65	20,22
MPI-ESM-LR	8,52	8,61	17,82	17,99
MPI-ESM-MR	8,24	8,40	18,12	18,07
MRI-CGCM3	8,25	8,91	17,65	17,57
NorESM1-M	9,63	9,81	18,85	18,97
NorESM1-ME	9,26	9,72	18,85	19,00
ŚREDNIA:	9,36	9,25	18,87	18,83
5,00%	8,25	8,00	17,78	17,50
95,00%	10,46	10,33	20,50	20,47
<b>RCP4.5</b>	<b>2036-2065 III- V</b>	<b>2071-2100 III- V</b>	<b>2036-2065 VI- VIII</b>	<b>2071-2100 VI- VIII</b>
ACCESS1-0	9,34	10,14	19,96	20,91
ACCESS1-3	9,37	10,64	20,53	21,36
CanESM2	9,44	9,75	19,30	19,68
CCSM4	9,35	9,79	19,63	20,25
CMCC-CM	10,18	11,18	18,87	19,48
CMCC-CMS	9,42	9,89	18,99	19,68

CNRM-CM5	9,36	10,48	18,24	19,43
GISS-E2-H	9,27	10,01	18,63	19,48
GISS-E2-H- CC	10,47	10,95	19,00	19,32
GISS-E2-R	8,81	9,38	18,29	18,52
GISS-E2-R- CC	9,09	9,43	18,45	18,46
HadGEM2- AO	9,85	10,50	21,97	22,00
HadGEM2-CC	9,84	10,73	20,26	20,64
HadGEM2-ES	10,58	10,97	21,20	21,93
inmcm4	8,38	8,80	17,94	18,26
IPSL-CM5A- LR	9,96	10,85	19,56	20,00
IPSL-CM5A- MR	9,63	9,93	19,58	20,39
IPSL-CM5B- LR	9,77	10,19	19,03	19,97
MIROC5	11,59	11,88	19,54	20,30
MIROC-ESM	10,50	10,66	20,23	21,24
MPI-ESM-LR	8,79	9,17	18,58	18,90
MPI-ESM-MR	9,09	9,33	18,88	19,17
MRI-CGCM3	8,46	9,00	17,89	18,07
NorESM1-M	10,02	10,29	19,49	19,96
NorESM1-ME	9,43	10,46	18,79	19,89
ŚREDNIA:	9,60	10,18	19,31	19,89
5,00%	8,53	9,03	18,00	18,30
95,00%	10,56	11,14	21,07	21,82
<b>RCP6.0</b>	<b>2036-2065 III- V</b>	<b>2071-2100 III- V</b>	<b>2036-2065 VI- VIII</b>	<b>2071-2100 VI- VIII</b>
CCSM4	9,06	9,59	19,21	20,03
GISS-E2-H	9,41	10,07	18,84	19,61
GISS-E2-R	8,86	9,53	18,41	19,02
HadGEM2- AO	9,30	10,54	20,61	22,90
HadGEM2-ES	10,05	11,25	20,62	22,83
IPSL-CM5A- LR	10,11	11,10	19,41	20,46
IPSL-CM5A- MR	9,37	10,58	19,15	20,67
MIROC5	10,99	12,75	19,58	20,42
MIROC-ESM	10,11	11,39	19,83	21,80
MRI-CGCM3	8,57	8,96	17,64	18,49
NorESM1-M	9,43	10,78	18,80	20,31
NorESM1-ME	9,19	10,47	18,73	20,21
ŚREDNIA:	9,54	10,58	19,24	20,56
5,00%	8,73	9,27	18,06	18,78
95,00%	10,51	12,00	20,61	22,86
<b>RCP 8.5</b>	<b>2036-2065 III- V</b>	<b>2071-2100 III- V</b>	<b>2036-2065 VI- VIII</b>	<b>2071-2100 VI- VIII</b>
ACCESS1-0	10,25	12,42	21,62	24,39
ACCESS1-3	10,26	11,55	21,48	23,92

CanESM2	9,43	11,26	20,12	23,17
CCSM4	9,96	10,77	20,02	21,56
CMCC-CESM	10,34	11,89	18,76	20,17
CMCC-CM	10,24	13,20	18,89	21,40
CMCC-CMS	9,48	11,44	19,25	21,66
CNRM-CM5	9,79	10,99	19,07	20,76
GISS-E2-H	9,63	11,51	19,30	20,88
GISS-E2-H- CC	10,62	12,43	19,27	21,05
GISS-E2-R	10,23	11,11	18,97	19,88
GISS-E2-R- CC	9,86	11,39	18,87	20,35
HadGEM2- AO	10,49	12,31	22,44	25,87
HadGEM2-CC	11,36	12,65	21,41	24,62
HadGEM2-ES	10,80	12,63	22,08	25,74
inmcm4	8,52	9,71	18,23	19,96
IPSL-CM5A- LR	10,70	13,23	20,11	22,81
IPSL-CM5A- MR	9,97	11,78	20,10	22,71
IPSL-CM5B- LR	10,45	11,98	19,87	22,07
MIROC5	11,76	14,07	20,43	22,37
MIROC-ESM	10,84	12,46	21,01	23,90
MPI-ESM-LR	9,32	10,66	18,86	20,85
MPI-ESM-MR	8,63	10,11	19,15	20,94
MRI-CGCM3	9,09	10,20	18,49	19,77
MRI-ESM1	8,53	10,39	18,47	20,39
NorESM1-M	9,97	11,62	19,65	22,23
NorESM1-ME	9,75	11,32	19,36	21,54
ŚREDNIA:	10,01	11,67	19,83	22,04
5,00%	8,56	10,14	18,48	19,90
95,00%	11,20	13,22	21,94	25,40

Tabela 3. Modele zmiany opadu w okresie zimowym wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0 i 8.5. Wartości 5% i 95% oznaczają odpowiedni percentyl.

<b>RCP 2.6</b>	<b>2036-2065 IX- XI</b>	<b>2071-2100 IX- XI</b>	<b>2036-2065 XII- II</b>	<b>2071-2100 XII- II</b>
CNRM-CM5	149,2	142,3	116,2	112,6
GISS-E2-H	137,9	137,1	119,5	108,2
GISS-E2-R	149,5	140,8	110,6	98,0
HadGEM2- AO	122,7	121,7	101,7	89,7
HadGEM2-ES	133,7	123,3	107,1	98,9
IPSL-CM5A- LR	140,7	148,7	109,5	119,3
IPSL-CM5A- MR	128,2	143,3	105,0	116,2
MIROC5	147,7	154,2	103,7	111,2
MIROC-ESM	166,9	180,7	146,0	166,7
MPI-ESM-LR	128,3	142,1	101,9	100,3

MPI-ESM-MR	125,6	145,3	96,6	109,0
MRI-CGCM3	111,4	122,3	90,8	107,4
NorESM1-M	144,4	139,6	110,7	109,1
NorESM1-ME	135,0	136,1	120,8	103,4
ŚREDNIA:	137,2	141,2	110,0	110,7
ZMIANA (%):	2,4	5,4	11,0	11,7
5,00%	118,745	122,09	113,62	114,675
95,00%	155,59	163,475	153,01	158,885
<b>RCP 4.5</b>	<b>2036-2065 IX- XI</b>	<b>2071-2100 IX- XI</b>	<b>2036-2065 XII- II</b>	<b>2071-2100 XII- II</b>
ACCESS1-0	140,9	127,2	111,3	119,0
ACCESS1-3	137,9	135,9	116,3	122,9
CCSM4	158,0	155,3	101,7	107,1
CMCC-CM	128,2	121,1	124,7	128,3
CMCC-CMS	131,5	152,1	119,0	127,5
CNRM-CM5	157,2	157,1	110,5	121,3
GISS-E2-H	148,5	146,4	113,4	114,8
GISS-E2-H- CC	134,4	145,4	106,7	116,9
GISS-E2-R	138,8	142,9	107,2	95,4
GISS-E2-R- CC	143,3	140,2	110,7	99,8
HadGEM2- AO	120,3	117,4	103,2	113,3
HadGEM2-CC	129,8	125,0	130,1	129,4
HadGEM2-ES	119,1	138,2	115,4	116,4
inmcm4	157,3	146,3	99,4	114,5
IPSL-CM5A- LR	133,5	152,0	107,6	111,6
IPSL-CM5A- MR	136,7	121,8	113,6	115,7
IPSL-CM5B- LR	153,2	159,1	108,4	118,1
MIROC5	160,6	156,6	102,8	120,5
MIROC-ESM	165,4	175,6	159,6	174,0
MPI-ESM-LR	148,7	136,2	101,6	96,9
MPI-ESM-MR	146,7	153,7	102,1	101,3
MRI-CGCM3	120,0	136,2	109,4	100,6
NorESM1-M	140,0	144,5	113,4	114,4
NorESM1-ME	144,5	140,6	119,0	125,3
ŚREDNIA:	141,4	142,8	112,8	116,9
ZMIANA (%):	5,5	6,6	13,8	18,0
5,00%	120,045	121,205	101,615	97,335
95,00%	160,21	158,8	129,29	129,235
<b>RCP 6.0</b>	<b>2036-2065 IX- XI</b>	<b>2071-2100 IX- XI</b>	<b>2036-2065 XII- II</b>	<b>2071-2100 XII- II</b>
CCSM4	145,2	151,7	106,2	110,2
GISS-E2-H	138,5	145,2	100,3	121,2
GISS-E2-R	161,1	147,1	116,7	102,5
HadGEM2- AO	120,0	130,4	104,8	100,0
HadGEM2-ES	138,9	119,8	119,5	115,4

IPSL-CM5A-LR	141,3	135,4	113,6	123,3
IPSL-CM5A-MR	123,2	133,0	113,0	124,6
MIROC5	160,6	181,9	109,0	119,4
MIROC-ESM	158,3	170,6	162,3	170,0
MRI-CGCM3	126,8	131,7	113,7	113,4
NorESM1-M	135,6	129,3	113,9	131,4
NorESM1-ME	137,3	127,1	119,5	121,4
ŚREDNIA:	140,6	141,9	116,0	121,1
ZMIANA (%):	4,9	5,9	17,1	22,2
5,00%	121,76	123,815	102,775	101,375
95,00%	160,825	175,685	138,76	148,77
	<b>2036-2065 IX-</b>	<b>2071-2100 IX-</b>	<b>2036-2065 XII-</b>	<b>2071-2100 XII-</b>
<b>RCP 8.5</b>	<b>XI</b>	<b>XI</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
ACCESS1-0	132,2	125,1	111,9	129,5
ACCESS1-3	139,5	137,1	129,6	142,1
CCSM4	170,6	150,0	115,4	130,5
CMCC-CESM	145,8	185,1	148,7	185,7
CMCC-CM	133,9	133,6	123,2	136,4
CMCC-CMS	140,6	145,6	114,2	142,9
CNRM-CM5	169,3	171,9	120,0	131,9
GISS-E2-H	154,4	158,5	99,6	119,0
GISS-E2-H-CC	133,8	144,9	107,8	112,2
GISS-E2-R	148,5	140,0	111,6	106,2
GISS-E2-R-CC	147,9	136,4	107,8	109,4
HadGEM2-AO	114,6	125,8	106,0	117,9
HadGEM2-CC	125,9	117,6	121,0	144,0
HadGEM2-ES	121,4	121,6	120,2	141,6
inmcm4	146,0	153,5	99,6	130,9
IPSL-CM5A-LR	150,4	144,3	108,8	118,4
IPSL-CM5A-MR	119,4	145,3	130,7	134,5
IPSL-CM5B-LR	150,0	162,1	114,1	130,9
MIROC5	157,1	173,5	119,5	129,7
MIROC-ESM	167,7	182,5	163,9	195,1
MPI-ESM-LR	129,8	123,4	107,0	118,0
MPI-ESM-MR	125,8	150,6	129,2	133,1
MRI-CGCM3	133,9	128,8	102,7	135,0
MRI-ESM1	142,7	146,8	97,0	111,7
NorESM1-M	140,5	151,3	114,8	128,9
NorESM1-ME	136,2	150,1	126,1	135,6
ŚREDNIA:	141,5	146,4	117,3	132,7
ZMIANA (%):	5,6	9,3	18,4	33,9
5,00%	119,9	122,05	99,6	109,975
95,00%	168,9	180,25	144,2	175,275



Tabela 4. Modele zmiany opadu w okresie letnim wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0 i 8.5. Wartości 5% i 95% oznaczają odpowiedni percentyl.

<b>RCP 2.6</b>	<b>2036-2065 III- V</b>	<b>2071-2100 III- V</b>	<b>2036-2065 VI- VIII</b>	<b>2071-2100 VI- VIII</b>
CNRM-CM5	148,0	143,2	245,0	239,9
GISS-E2-H	111,5	102,8	219,1	224,3
GISS-E2-R	140,1	127,8	248,3	244,2
HadGEM2-AO	118,2	118,4	140,0	173,4
HadGEM2-ES	125,3	141,0	186,6	172,8
IPSL-CM5A-LR	129,3	126,9	238,0	243,0
IPSL-CM5A-MR	122,4	132,0	212,0	229,4
MIROC5	135,8	134,1	218,7	216,9
MIROC-ESM	142,6	145,4	242,0	257,1
MPI-ESM-LR	144,3	141,4	201,4	191,9
MPI-ESM-MR	127,8	130,1	199,5	181,1
MRI-CGCM3	112,4	117,4	214,6	227,8
NorESM1-M	118,8	120,2	214,0	227,7
NorESM1-ME	131,7	135,0	206,2	195,2
ŚREDNIA:	129,2	129,7	213,2	216,1
ZMIANA (%):	7,3	7,7	2,7	4,1
5,00%	112,085	112,29	170,29	173,19
95,00%	145,595	143,97	246,155	248,715
<b>RCP 4.5</b>	<b>2036-2065 III- V</b>	<b>2071-2100 III- V</b>	<b>2036-2065 VI- VIII</b>	<b>2071-2100 VI- VIII</b>
ACCESS1-0	146,2	152,3	186,7	159,9
ACCESS1-3	154,0	157,1	172,1	174,4
CCSM4	116,9	127,8	193,9	187,7
CMCC-CM	127,9	127,2	199,1	195,3
CMCC-CMS	135,7	159,2	214,3	216
CNRM-CM5	141,7	160,1	239,4	235,2
GISS-E2-H	113,5	113,1	225,9	212,3
GISS-E2-H-CC	130,5	146,8	223,7	202,3
GISS-E2-R	141,2	134,1	234,1	222,2
GISS-E2-R-CC	125,7	132,3	209,3	241,1
HadGEM2-AO	122,9	135,2	141	140,5
HadGEM2-CC	159,1	147,0	158,3	173
HadGEM2-ES	135,9	146,2	160,9	162,6
inmcm4	100,4	109,8	204	184,1
IPSL-CM5A-LR	129,9	131,9	247,4	237
IPSL-CM5A-MR	126,2	127,6	208,2	206,6
IPSL-CM5B-LR	114,3	129,0	232,5	226
MIROC5	134,8	150,5	237,8	225,8
MIROC-ESM	147,4	154,1	256,5	236,9
MPI-ESM-LR	145,9	140,0	182,8	171,3
MPI-ESM-MR	120,8	128,4	172,8	181,1
MRI-CGCM3	116,0	123,6	223,2	231,3
NorESM1-M	120,9	127,8	195,4	190,7

NorESM1-ME	140,1	135,2	208,7	188,4
ŚREDNIA:	131,2	137,3	205,3	200,1
ZMIANA (%):	9,0	14,0	-1,1	-3,6
5,00%	113,62	114,675	158,69	160,305
95,00%	153,01	158,885	246,2	236,985
<b>RCP 6.0</b>	<b>2036-2065 III- V</b>	<b>2071-2100 III- V</b>	<b>2036-2065 VI- VIII</b>	<b>2071-2100 VI- VIII</b>
CCSM4	135,1	126,9	199,1	210,6
GISS-E2-H	101,7	105,9	208,5	208,6
GISS-E2-R	136,1	143,2	212,3	224,0
HadGEM2-AO	134,6	124,3	158,1	124,0
HadGEM2-ES	132,3	135,7	177,9	159,7
IPSL-CM5A-LR	132,3	129,9	231,4	239,7
IPSL-CM5A-MR	120,2	116,9	230,0	191,5
MIROC5	141,4	145,4	217,8	236,3
MIROC-ESM	154,5	159,9	264,9	265,0
MRI-CGCM3	107,8	122,4	237,3	240,3
NorESM1-M	129,6	125,3	202,5	201,5
NorESM1-ME	128,7	126,1	204,4	193,4
ŚREDNIA:	129,5	130,2	212,0	207,9
ZMIANA (%):	7,6	8,1	2,1	0,1
5,00%	105,055	111,95	168,99	143,635
95,00%	147,295	151,925	249,72	251,415
<b>RCP 8.5</b>	<b>2036-2065 III- V</b>	<b>2071-2100 III- V</b>	<b>2036-2065 VI- VIII</b>	<b>2071-2100 VI- VIII</b>
ACCESS1-0	152,4	139,4	152,2	133,6
ACCESS1-3	145,4	176,8	160,9	151,8
CCSM4	123,2	133,4	197,0	176,6
CMCC-CESM	165,4	169,6	230,6	228,9
CMCC-CM	148,0	130,3	208,4	181,8
CMCC-CMS	150,3	161,7	211,2	188,4
CNRM-CM5	158,5	171,7	241,1	246,8
GISS-E2-H	124,4	117,7	203,8	206,6
GISS-E2-H-CC	145,9	133,5	250,2	215,3
GISS-E2-R	146,0	138,4	253,7	220,3
GISS-E2-R-CC	128,6	132,0	226,1	216,9
HadGEM2-AO	122,0	128,3	134,0	93,9
HadGEM2-CC	144,6	175,4	158,0	133,5
HadGEM2-ES	137,4	142,3	156,1	132,4
inmcm4	119,9	117,3	177,2	163,0
IPSL-CM5A-LR	121,4	120,4	233,1	213,0
IPSL-CM5A-MR	126,8	136,3	194,8	175,2
IPSL-CM5B-LR	130,3	142,0	220,0	220,0
MIROC5	154,4	145,0	214,3	232,2
MIROC-ESM	148,2	178,3	263,4	264,2
MPI-ESM-LR	139,0	147,4	182,5	152,4
MPI-ESM-MR	150,1	151,0	182,2	151,0

MRI-CGCM3	125,9	152,5	229,5	246,9
MRI-ESM1	140,5	160,7	224,5	235,6
NorESM1-M	127,6	129,7	205,6	192,8
NorESM1-ME	131,7	147,7	213,4	204,5
ŚREDNIA:	138,8	145,3	204,8	191,4
ZMIANA (%):	15,3	20,7	-1,3	-7,8
5,00%	121,55	118,375	153,175	132,675
95,00%	157,475	176,45	252,825	246,875

Tabela 5 Wartości referencyjne (okres 1986-2015) i zmiany w stosunku do przewidywanej wartości temperatury wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5

		IX-XI	XII-II	III-VI	VII-X
1986-2015 à		8,5	-0,7	8,1	17,6
RCP 2.6	2036-2065	1,2	1,29	1,26	1,27
	2071-2100	1,19	1,28	1,15	1,23
RCP 4.5	2036-2065	1,48	1,76	1,5	1,71
	2071-2100	2,1	2,55	2,08	2,29
RCP 6.0	2036-2065	1,5	1,65	1,44	1,64
	2071-2100	2,72	2,59	2,48	2,96
RCP 8.5	2036-2065	2,1	2,5	1,91	2,23
	2071-2100	4,08	4,61	3,57	4,44