Diagnoza adaptacji i mitygacji do zmian klimatu Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot

Data: 30.09.2021

Wykonawca: ekovert Łukasz Szkudlarek
Średzka 10/1B
54-017 Wrocław

Koordynator: Mariusz Sadłowski
Obszar Metropolitalny Gdańsk-Gdynia-Sopot

Opracowano na zlecenie Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot

Fundusze Europejskie Pomoc Techniczna | Rzeczpospolita Polska | Obszar Metropolitalny Gdańsk Gdynia Sopot | Unia Europejska Fundusz Spójności

ZAWARTOŚĆ DIAGNOZY

1 WPROWADZENIE 5

1.1 Cel i zakres opracowania 5
1.2 Zespół autorski 7
1.3 Metodyka prac 9

2 ROZPOZNANIE UWARUNKOWAŃ 18

2.1 Badanie ankietowe 18
2.1.1 Opis badania 18
2.1.2 Wyniki badania – statystyki podstawowe 19
2.2 Ocena występowania zjawisk będących efektem zmian klimatu 22
2.2.1 Silne porywy wiatru 22
2.2.1.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 23
2.2.1.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości 26
2.2.2 Intensywne burze 29
2.2.2.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 29
2.2.2.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości 31
2.2.3 Deszcze nawalne 34
2.2.3.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 34
2.2.3.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości 39
2.2.4 Fale upałów i dni gorących 46
2.2.4.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 46
2.2.4.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości (2050) 48
2.2.5 Fale chłodu 50
2.2.5.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 50
2.2.5.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości 51
2.2.6 Powodzie 51
2.2.6.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 52
2.2.6.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości 56
2.2.7 Podtopienia 59
2.2.7.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 59
2.2.7.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości 68
2.2.8 Susze 71
2.2.8.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 74
2.2.8.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości 78
2.2.9 Koncentracja zanieczyszczeń powietrza 81
2.2.9.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny 82
2.2.9.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości 95
2.3 Określenie zagrożeń priorytetowych 98
2.4 Sektory wrażliwe na zmiany klimatu 99

3 OCENA POTENCJAŁU ADAPTACYJNEGO 100

3.1 Zasoby finansowe 100
3.2 Zasoby ludzkie 101
3.3 Zasoby infrastrukturalne 103
3.4 Zasoby instytucjonalne 104
3.5 Wynikowy potencjał adaptacyjny 105

4 ANALIZA SEKTORÓW W KONTEKŚCIE ZMIAN KLIMATU 107

4.1 Populacja i warunki życia ludności 107
4.1.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu 107
4.1.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS 109
4.1.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050 119

4.1.4 Podsumowanie ... 126
4.2 Gospodarka wodna i ściekowa ... 127
4.2.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu ... 127
4.2.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS ... 128
4.2.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050 ... 147
4.2.4 Podsumowanie ... 149
4.3 Gospodarka odpadami ... 150
4.3.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu ... 150
4.3.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS ... 152
4.3.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050 ... 157
4.3.4 Podsumowanie ... 159
4.4 Zasoby przyrody ożywionej i ochrona środowiska ... 160
4.4.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu ... 162
4.4.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS ... 164
4.4.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050 ... 176
4.4.4 Podsumowanie ... 179
4.5 Transport ... 180
4.5.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu ... 180
4.5.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS ... 182
4.5.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050 ... 190
4.5.4 Podsumowanie ... 192
4.6 Energetyka ... 193
4.6.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu ... 193
4.6.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS ... 196
4.6.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050 ... 205
4.6.4 Podsumowanie ... 209
4.7 Produkcja rolna i leśna ... 211
4.7.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu ... 211
4.7.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS ... 211
4.7.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050 ... 223
4.7.4 Podsumowanie ... 225
4.8 Turystyka ... 226
4.8.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu ... 226
4.8.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS ... 227
4.8.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050 ... 231
4.8.4 Podsumowanie ... 234
5 PODSUMOWANIE ... 235
6 BIBLIOGRAFIA ... 236
7 SPIS RYCIN ... 240
8 SPIS TABEL ... 245

1 WPROWADZENIE

Klimat jest rozumiany powszechnie jako zbiór wielozmiennych cech oddziaływań w systemie, który obejmuje atmosferę, hydrosferę i powierzchnię lądów[1]. Jego cechy na danym obszarze ustalane są na podstawie wieloletnich obserwacji różnorodnych składników uśrednionych (zmiennych), najczęściej temperatury, opadów atmosferycznych i wiatru w skali miesiąca, roku lub wielolecia (np. 30-lecia)[2]. Klimat jest więc określany na podstawie długookresowych statystyk pogody dla danego regionu, a jego zmienność zależy od trzech podstawowych procesów: obiegu ciepła, obiegu wody oraz cyrkulacji powietrza. W domenie geograficznej, poza wydzielonymi procesami, na klimat wpływają także: układ lądów i oceanów i wysokość n.p.m.

Obserwowane od kilkudziesięciu lat zmiany klimatu przejawiają się jako element oddziaływujący na systemy wzajemnie powiązane (hydrosferę, biosferę czy antroposferę) prowadząc do skutków obserwowanych obecnie – globalny wzrost temperatury, ekstrema opadowe, zmiany w wirowości oraz w układach ciśnieniowych)[3]. Również na obszarze Europy Środkowej i Wschodniej notowane są negatywne skutki zmian klimatu, szczególnie widoczne w odniesieniu do obserwacji z połowy wieku XX[4]. W kontekście postępujących zmian analizowane i porównywane do okresów z przeszłości są częstość, częstotliwość oraz zmiany wartości zjawisk.

W wielu obszarach metropolitalnych Europy podejmowane są próby przystosowania się do spodziewanych skutków zmian klimatu. Jednakże, poza kwestiami związanymi z doborem rozwiązań, decydenci stoją przed wyzwaniami:

1. W jaki sposób najefektywniej rozpocząć proces adaptacyjny?
2. Jakich informacji potrzebuję i gdzie mogę je znaleźć?
3. Jakie konkretne środki i rozwiązania są przydatne dla mojego obszaru?

Poniższa Diagnoza skupia się na ujęciu „złożoności" procesu adaptacyjnego w formę przepływu sekwencyjnego działań wraz z towarzyszącymi im produktami, analizami oraz narzędziami. Zaprezentowana forma jest zgodna z pojęciem trzech faz adaptacji:

1. Stworzenie podstaw do adaptacji.
2. Identyfikacja ryzyka i rozwiązań.
3. Implementacja i monitoring adaptacji.

1.1 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest całościowa analiza Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot (OMGGS) w kontekście mitygacji i adaptacji do zmian klimatu, która dalej prowadzić będzie do wyznaczenia

[1] *Climate - Glossary of Meteorology*, glossary.ametsoc.org [dostęp 2021-05-04].
[2] Intergovernmental Panel on Climate Change: Appendix I: Glossary.
[3] IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
[4] Kundzewicz Z.W., Hov Ø., Okruszko T. (Eds.) (2017) Climate change and its impact on selected sectors in Poland, ISRL PAN, Poznań, pp. 255, ISBN: 978-83-8104-735-7.

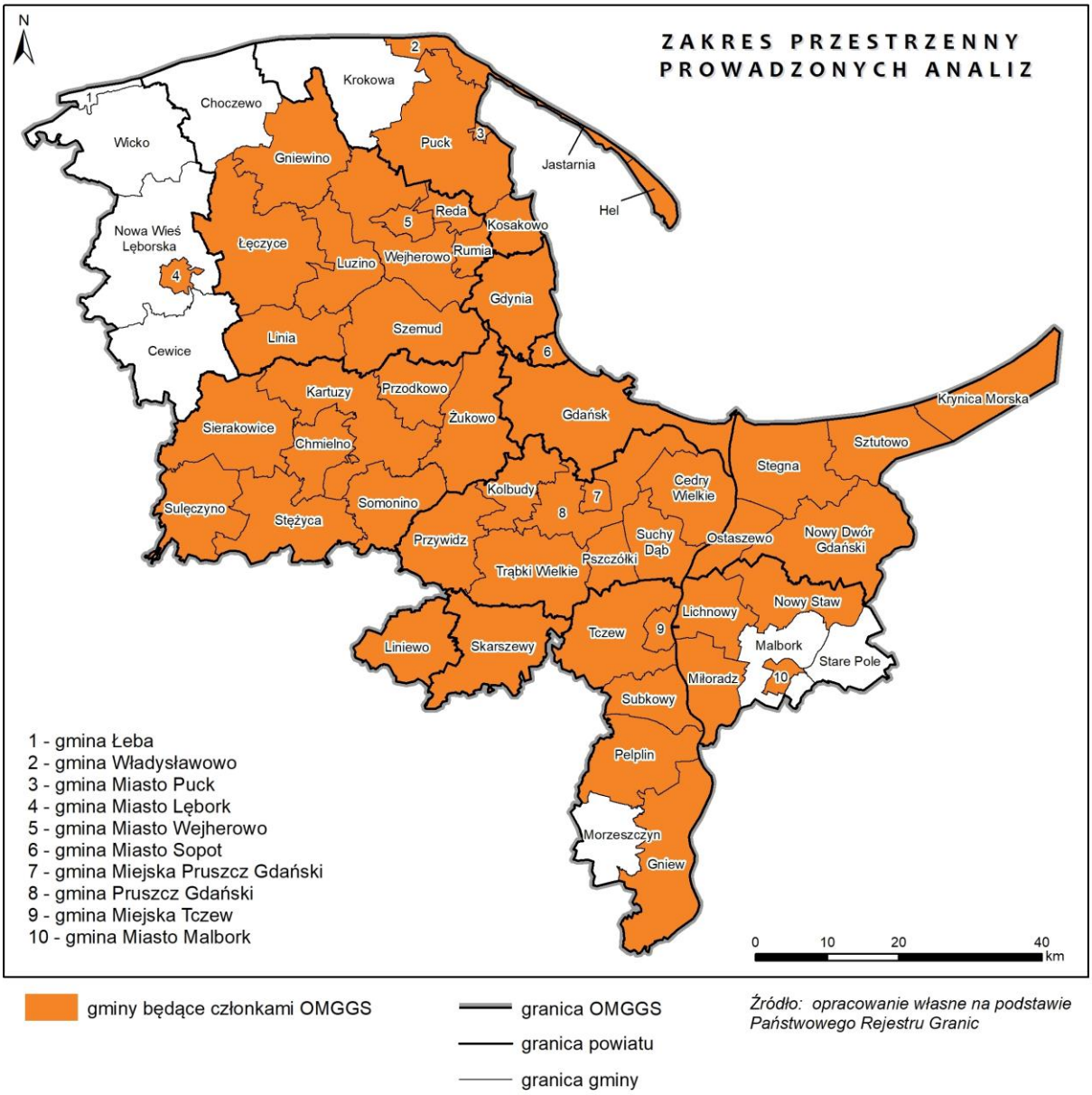
obszarów strategicznej interwencji i formułowania katalogu działań koniecznych do podjęcia na tych obszarach oraz na całym obszarze OMGGS. Analiza w swym zakresie obejmuje cztery etapy, do których zaliczają się:

- etap I – rozpoznanie uwarunkowań,
- etap II – analiza uwarunkowań,
- etap III – ocena ryzyka,
- etap IV – skonstruowanie katalogu adaptacji do zmian klimatu.

Diagnoza obejmuje następujące obszary funkcjonowania OMGGS:

- ochrona środowiska i klimatu;
- zagrożenia dla środowiska (m.in. odpady niebezpieczne, czy pozostałości po II Wojnie Światowej);
- energetyka, w tym OZE;
- gospodarka wodno-ściekowa;
- zmiany potrzeb wodnych gospodarki w skali metropolii na potrzeby przemysłu, rolnictwa i gosp. komunalnej.
- gospodarka odpadami;
- produkcja rolna;
- wdrożenie systemów ochrony terenów rolniczych i leśnych przed suszą poprzez ochronę gleb przed przesuszeniem i mała retencja;
- ochrona przeciwpowodziowa w tym ochrona przed powodzią obszarów już zidentyfikowanych;
- ochrona brzegów i obszarów portowych;
- jakość powietrza;
- stan jakości wód i gleb;
- bioróżnorodność (z uwagi na Naturę 2000 i inne obszary chronione)
- odziaływanie transportu;
- ekstremalne zjawiska klimatyczne;
- wpływ człowiek na zmiany klimatyczne i dostosowanie sektorów gospodarki do zmieniających się warunków klimatycznych.

Zakres przestrzenny opracowania obejmuje 60 gmin (w tym 51 będących członkami OMGGS) i 8 powiatów, stanowiących tło dla prowadzonych analiz. Zakres przedstawiony został na Ryc. 1.



Ryc. 1 Zakres przestrzenny prowadzonych analiz

1.2 Zespół autorski

Łukasz Szkudlarek – kierownik projektu oraz specjalista ds. analiz prawnych i strategicznych – wykształcenie wyższe w zakresie inżynierii środowiska. Laureat nagrody dla najlepszych absolwentów w dziedzinie ochrony środowiska im. Macieja Nowickiego 2004. Stypendysta Fundacji im. Nowickiego i Federalnej Niemieckiej Fundacji Ochrony Środowiska. Członek stowarzyszenia Środowisko dla Środowiska. Posiada wieloletnie doświadczenie w zakresie realizacji inwestycji ochrony środowiska. Ukończył studia podyplomowe w zakresie prawa ochrony środowiska oraz zarządzania kontraktami na inwestycje według międzynarodowych procedur UE, Bank Światowy – FIDIC. Wpisany do centralnego rejestru osób posiadających uprawnienia budowlane pod pozycją 1377/10/UC/C. Ma wieloletnie

doświadczenie zawodowe w zakresie przygotowania dokumentacji i analiz środowiskowych oraz w zakresie ewaluacji programów finansowanych ze środków Unii Europejskiej.

Katarzyna Chrobak – koordynator projektu, specjalista GIS, specjalista ds. planowania przestrzennego - magister inżynier, absolwentka Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej na kierunku Gospodarka Przestrzenna. Obecnie doktorantka w dyscyplinie Architektura i Urbanistyka na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej, gdzie realizuję pracę doktorską w zakresie badań nad przemianami zachodzącymi w strefach podmiejskich dużych miast przy wykorzystaniu modeli symulacyjnych. W pracy naukowej skupia się również nad zagadnieniami adaptacji do zmian klimatu obszarów zurbanizowanych oraz wpływie dokumentów planistycznych i strategicznych na możliwości ich implementacji. Posiada doświadczenie zawodowe w zakresie planowania przestrzennego i urbanistyki jako współautorka kilkudziesięciu opracowań planistycznych na terenie województwa dolnośląskiego, lubuskiego i wielkopolskiego. Obecnie jest członkiem Gminnej Komisji Urbanistyczno-Architektonicznej w Gminie Długołęka.

Grzegorz Chrobak – specjalista ds. analizy danych – absolwent Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu na kierunku gospodarka przestrzenna (specjalność: zarządzanie przestrzenią). Pracownik Instytutu Gospodarki Przestrzennej w roli „Data Scientist". Doktorat realizuje w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Specjalizuje się wykorzystaniu metod uczenia maszynowego oraz sztucznej inteligencji w ekologii stosowanej oraz badaniu wpływu zmian klimatu na środowisko i sektory gospodarki (m.in. transport). Zawodowo zajmuje się asymilacją danych z modeli klimatycznych do skali lokalnej i regionalnej (downscaling statystyczny). Rozwiązania implementuje w środowiskach R, MATLAB oraz Tableau.

Marcin Janik – specjalista w zakresie gospodarki wodno-ściekowej – doktor inżynier, ukończył studia na kierunku Inżynieria i ochrona środowiska na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej. Uzyskany tytuł doktora nauk technicznych w zakresie inżynierii środowiska, specjalności wodociągi i kanalizacje. Posiada prawie 20 letnie doświadczenie zawodowe związane z ochroną wód oraz gospodarką wodno-ściekową. W latach 2003-2015 prowadzona działalność naukowa i dydaktyczna, jako pracownik naukowy na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej, gdzie był autorem i współautorem ponad 30 publikacji i 8 prac naukowo-badawczych. Równolegle do dziś - konsultant i ekspert w obszarze zagadnień technicznych w zakresie: jakości i ochrony wód, oczyszczania ścieków, przeróbki osadów ściekowych i odpadów.

Anna Jarynowska – specjalista ds. planowania przestrzennego – absolwentka Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej na kierunku Gospodarka Przestrzenna. Tytuł magistra uzyskany na podstawie pracy pt.: „Zagrożenia i szanse walorów krajobrazowych Zakopanego". Obecnie zajmuje się tematyką wpływu zmian klimatu na funkcjonowanie ludności. Interesuje się zagadnieniami z zakresu społecznych i kulturowych uwarunkowań gospodarki przestrzennej, waloryzacji i ochrony krajobrazu oraz grafiki komputerowej.

Karolina Królikowska – specjalista ds. ochrony przyrody i turystyki – absolwentka ochrony środowiska na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Wrocławskiego, doktor Nauk o Ziemi, praca doktorska poruszała temat konfliktów społecznych w polskich parkach narodowych, obecnie adiunkt w Wyższej Szkole Bankowej we Wrocławiu. Autorka licznych dokumentów z zakresu zarządzania środowiskiem: wojewódzkich i miejskich programów ochrony środowiska i prognoz oddziaływania na środowisko. Praca naukowa dotyczy społecznych aspektów ochrony przyrody (konflikty, partycypacja) oraz turystyki

zrównoważonej na obszarach cennych przyrodniczo. Autorka ekspertyz z zakresu turystyki i udziału społecznego w ochronie przyrody dla parków narodowych i obszarów Natura 2000.

Paulina Taborska – specjalista GIS – absolwentka Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu na kierunku gospodarka przestrzenna w specjalności zarządzanie przestrzenią. Tytuł magistra uzyskany na podstawie pracy pt: „Analiza rewitalizowanych zespołów pofabrycznych w kontekście zagospodarowania przestrzennego na przykładzie Łodzi, Katowic oraz Poznania." Obecnie zajmuje się tematyką waloryzacji krajobrazów oraz ocen oddziaływania na środowisko. Interesuje się zagadnieniami z zakresu rewitalizacji, ochrony krajobrazu oraz analiz przestrzennych.

Krzysztof Wolski – specjalista w zakresie hydrologii i gospodarki wodnej – magister inżynier, absolwent kierunku inżynieria środowiska, specjalność inżynieria wodna na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Tam też realizuje pracę doktorską w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w tematyce związanej z modelowaniem wpływu roślinności na warunki przepływu w rzekach nizinnych. Autor i współautor ponad 25 publikacji naukowych z zakresu hydrauliki koryt otwartych, hydrologii i gospodarki wodnej. Jednocześnie współautor opracowań z zakresu modelowania hydraulicznego, opracowań hydrologicznych, przeciwpowodziowych, przeciwdziałania skutkom suszy oraz wpływu powodzi i suszy na funkcjonowanie gospodarki.

1.3 Metodyka prac

Posiadamy aktualne informacje o obszarze metropolitalnym, klimacie oraz o współistniejących uwarunkowaniach społeczno-ekonomicznych; jednak projekcje przyszłych zdarzeń – niezależnie od problemu – są zawsze związane z niepewnością. Dotyczy to zmian klimatycznych, a tym bardziej społeczno-ekonomicznych trendów w obszarach wzrostu gospodarczego, procesów demograficznych, kosztów energetycznych, a także zmian użytkowania gruntów. W proponowanej metodyce aspekty klimatyczne stoją w obliczu trzech podstawowych niepewności:

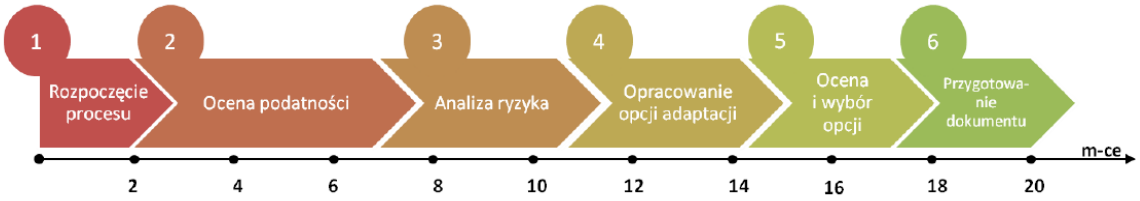
a) niepewność związana z wyborami dokonanymi w zakresie polityki klimatycznej, które będą miały istotny wpływ na przyszłą ewolucję klimatu. Ambitne środki łagodzące zmiany klimatu doprowadzą do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych; kontynuacja naszej obecnej ścieżki spowoduje wzrosty emisji;
b) niepewność wynikająca z charakterystyki modeli klimatycznych. Modele te przedstawiają najważniejsze cechy fizyczne w atmosferze, oceanach i na powierzchni ziemi (w tym ich interakcje) w bardzo uproszczony sposób. Podejście kompleksowe dotyczące niektórych zdarzeń (takich jak tworzenie się chmur) nie jest jednak odwzorowane w sposób jednoznaczny;
c) niepewność wynikająca z niedostatecznej wiedzy na temat interakcji i procesów sprzężenia zwrotnego zachodzących w systemie klimatycznym.

W odpowiedzi na identyfikowane niepewności proponujemy podejście minimalizujące problemy wynikające z niedostatecznej wiedzy:

Krok 1: Określenie stopnia narażenia analizowanego systemu na zmiany klimatyczne, poprzez zapoznanie się zakresem potencjalnych oddziaływań zawartych w scenariuszach zmian klimatu (IPCC RCP).
Krok 2: Stworzenie katalogu działań mitygujących, które wskazują luki w dotychczasowych propozycjach adaptacyjnych, oraz które posiadają zminimalizowane ryzyko oddziaływania niepewności. Wybrane zostaną działania o maksymalnej efektywności w stosunku do określonych w Kroku 1 poziomów ryzyka. Działania formułowane będą na poziomie koncepcyjnym – strategicznym i planistycznym, nie będą natomiast dotyczyły konkretnych przedsięwzięć zdefiniowanych w miejscu i czasie.

Krok 3: Uszczegółowienie wskazanych działań wraz z ich priorytetyzacją według istniejących potrzeb. Uwzględnienie kryteriów, które pomogą ocenić zarówno ekonomiczne (np. stosunek kosztów do korzyści), jak i pozaekonomiczne (np. wpływ na środowisko, akceptacja społeczna i wykonalność) wskaźniki, stanowiąc jednocześnie późniejsze miary monitoringu działań.

Badania w ramach prac nad Diagnozą prowadzone będę według usystematyzowanych algorytmów ideowych, co zapewni, że żaden z kluczowych elementów nie zostanie pominięty, a także możliwie zwiększy automatyzację prowadzonych analiz. Zaproponowana tutaj metodyka identyfikacji zmian klimatu klasyfikuje skutki zmian na kilku poziomach. Dzięki swojemu sekwencyjnemu podejściu ułatwia skupienie się na tych obszarach działalności, w których adaptacja uzasadniona jest analizami pobocznymi, bezpośrednio odnoszącymi się do systemu metropolitalnego obszaru wraz z ujęciem teraźniejszego i przewidywanego kontekstu środowiskowego i społeczno-ekonomicznego.
Metodyka przygotowana została w oparciu o „Podręcznik adaptacji dla miast – wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu”[5].



Ryc. 2 Schemat harmonogramu przygotowania miejskiego planu adaptacji
źródło: „Podręcznik adaptacji dla miast – wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu”[6]

W związku ze skalą analizowanego obszaru, obejmującego więcej niż jedną gminę, dla potrzeb wykonania Diagnozy przyjęto następujące założenia:

1. Ocena odbywa się na poziomie gminy, a poziom szczegółowości odpowiada powierzchni analizowanego obszaru oraz ilości ocenianych gmin.
2. Na każdym etapie oceniane jest 60 gmin (51 jest członkami OMGGS, a pozostałe 9 wchodzi w skład powiatów, będących członkami OMGGS).
3. W przypadku każdego wskaźnika gminy są oceniane względnie – względem siebie nawzajem w celu zidentyfikowania skali problemów w odniesieniu do obszaru OMGGS i wyłonienia gmin o najistotniejszych problemach w porównaniu do pozostałych gmin na obszarze. Ocena taka odbywa się poprzez ustalanie stałych przedziałów na podstawie wartości wejściowych.
4. Każdy sektor analizowany jest rozdzielnie, w podziale na każde zagrożenie priorytetowe, które mu zagraża; w przypadku gdy występuje taka konieczność – sektor dzielony jest na podsystemy, dla których prowadzona jest oddzielna ocena.

Sektory zidentyfikowane jako wrażliwe na zmiany klimatu są analizowane w oparciu o zagrożenia związane ze zmianami klimatycznymi, które na nie wpływają. Diagnoza odbywa się sekwencyjnie, opierając się kolejno o przyznanie każdej z gmin ocen:

[5] Ministerstwo Środowiska, 2015, „Podręcznik adaptacji dla miast – wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu”
[6] tamże

- wrażliwości na czynnik klimatyczny,
- zagrożenia pojawieniem się zjawiska na podstawie danych aktualnych i historycznych (ocena ekspozycji),
- wpływu zagrożenia na funkcjonowanie sektora,
- potencjału adaptacyjnego,
- podatności sektora na wystąpienie zagrożenia,
- krytyczności wystąpienia zagrożenia dla sektora,
- konsekwencji wystąpienia zagrożenia dla sektora,
- prawdopodobieństwa wystąpienia zjawiska w horyzoncie 2050,
- ryzyka wpływu zagrożenia na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050.

Na kolejnych stronach odniesiono się do sposobu wyliczenia oraz powiązań pomiędzy wymienionymi wyżej ocenami.

A. OCENA PODATNOŚCI

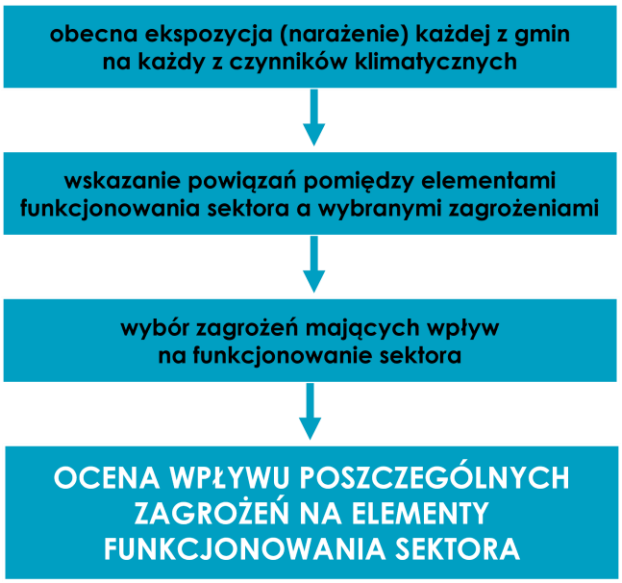
Na ocenę podatności składają się oceny:
1) wpływu zagrożeń klimatycznych na każdy z sektorów wrażliwych w każdej z gmin na obszarze OMGGS;
2) potencjału adaptacyjnego każdej z gmin na obszarze OMGGS.



Ryc. 3 Elementy niezbędne do określenia podatności danego terenu na czynnik klimatyczny
źródło: „Podręcznik adaptacji dla miast – wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu”[7]

OCENA WPŁYWU ZAGROŻEŃ KLIMATYCZNYCH NA KAŻDY Z SEKTORÓW WRAŻLIWYCH W KAŻDEJ Z GMIN NA OBSZARZE OMGGS

Ocenę wpływ poszczególnych zagrożeń klimatycznych wykonano w oparciu o czynniki wskazane poniżej.



Ryc. 4 Czynniki biorące udział w wyliczeniu oceny wpływu poszczególnych zagrożeń na elementy funkcjonowania sektora
źródło: opracowanie własne

[7] tamże

Obecna ekspozycja/narażenie każdej z gmin na każdy z czynników klimatycznych

Ocena obecnej ekspozycji na poszczególne zagrożenia klimatyczne wykonana została w oparciu o:

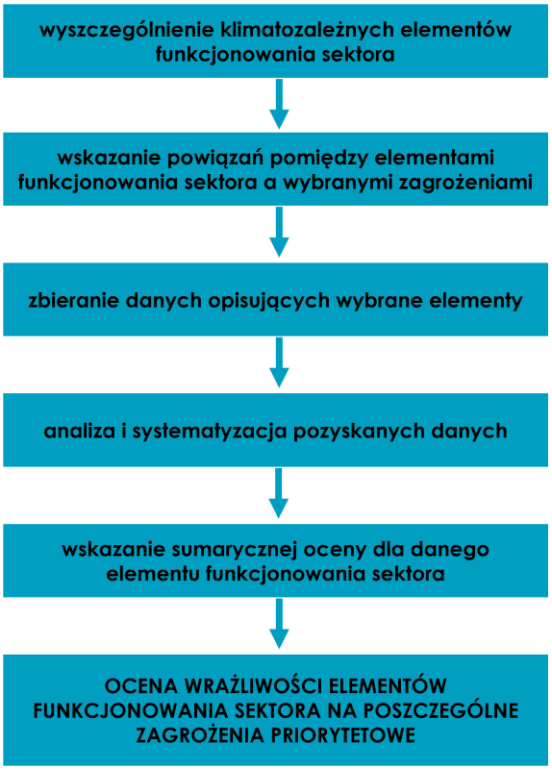
1) asymilację szeregów czasowych dla zamiennych klimatu została wykonana z użyciem wyników modelu Euro-CORDEX w oparciu o dane pochodzące z projektu E-OBS; weryfikacja wyników wykonana została z wykorzystaniem wyników projektu Klimada 2.0 poprzez porównanie zmienności między uzyskanymi i modelowymi szeregami; przedstawiane wyniki dotyczą scenariusza koncentracji zmian dwutlenku węgla RCP4.5;
2) mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego[8];
3) Numeryczny Model Terenu 30m[9];
4) *Corine Land Cover 2018*[10];
5) dane PIG-PIB – głębokość pierwszego poziomu wodonośnego, litologia, mapy glebowe;
6) „Roczną ocenę jakości powietrza w województwie pomorskim – raport za rok 2019";
7) bazę danych KOBiZE.

Badaniu poddano następujące skutki zmiany klimatu: fale upałów i dni gorących, deszcze nawalne, powodzie, podtopienia, susze, silne wiatry, burze, koncentracje zanieczyszczeń powietrza oraz fale chłodu.
Wynikowa ocena dla każdego zagrożenia klimatycznego usystematyzowana została poprzez ustalenie przedziałów dla wyników wejściowych (poszczególne oceny wraz z odpowiadającymi im przedziałami ujęte zostały w rozdziale 2).

Wybór zagrożeń mających wpływ na funkcjonowanie sektora oraz wskazanie powiązań pomiędzy elementami funkcjonowania sektora a wybranymi zagrożeniami

Wynikiem tego etapu jest ocena wrażliwości wybranego elementu funkcjonowania sektora na każde ze zidentyfikowanych i powiązanych z nim zagrożeń priorytetowych. Wskaźniki oceniane w każdym sektorze dalej sprowadzano do przedziałów 1–4. Zakres ujętych wskaźników w każdym sektorze opisany został w rozdziale 4. Ocena wrażliwości odbywa się zgodnie z Ryc. 5.

[8] https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/?gpmap=gpMZP
[9] https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem
[10] https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018



Ryc. 5 Czynniki biorące udział w wyliczeniu oceny wrażliwości elementów funkcjonowania sektora na poszczególne zagrożenia priorytetowe

źródło: opracowanie własne

Zgodnie z metodyką przedstawioną w „Podręczniku…"[11] ocena ekspozycji oraz ocena wrażliwości składają cię na wynikową ocenę wpływu poszczególnych zagrożeń na elementy funkcjonowania sektora. Wartość wynikowa powstaje w wyniku mnożenia obu składowych przez siebie. Dla każdego sektora wartość wynikowa sprowadzana jest do wskaźnika (1–4) w oparciu o homogeniczne przedziały, co umożliwia dalsze porównywanie sektorów oraz gmin między sobą:

- ocena 1 dla wartości poniżej 4,
- ocena 2 dla przedziału wartości >=4 i <8,
- ocena 3 dla przedziału wartości >=8 i <12,
- ocena 4 dla wartości >=12.

OCENA POTENCJAŁU ADAPTACYJNEGO GMIN NA OBSZARZE OMGGS

Ocena potencjału adaptacyjnego definiowana jest również jako lokalna zdolność do adaptacji. Zgodnie z „Podręcznikiem…", *w ramach przygotowywanej oceny podatności miasta należy oszacować również lokalną zdolność do adaptacji. W tej analizie bardzo przydatne będzie przeanalizowanie lokalnych fizycznych cech miast oraz warunków społeczno-gospodarczych w nich panujących (tj.: ludność,*

[11] Ministerstwo Środowiska, 2015, „Podręcznik…"

infrastruktura, gospodarka i zasoby naturalne). Tak przeprowadzona analiza jest konieczna aby przejść do kolejnego etapu przygotowywania MPA[12].

Do wyliczenia potencjału adaptacyjnego każdej z gmin na obszarze OMGGS przyjęto następujące założenia:

1) w ocenie potencjału adaptacyjnego każdej z gmin brano pod uwagę zasoby finansowe, zasoby ludzkie, zasoby infrastrukturalne oraz zasoby instytucjonalne,
2) ocena przeprowadzona została na podstawie szeregu wskaźników dla każdej kategorii.

Wskaźniki wraz z podziałem na kategorie, przypisanymi źródłami danych oraz metodą systematyzacji opisane zostały w rozdziale 3 Diagnozy.



Ryc. 6 Elementy funkcjonowania gminy mające wpływ na wynikowy potencjał adaptacyjny
źródło: opracowanie własne

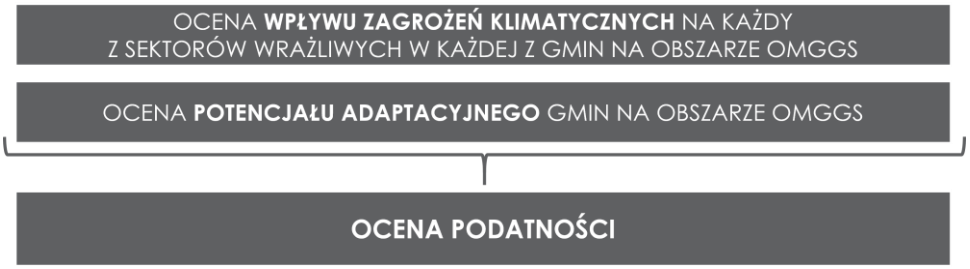
WYNIKOWA OCENA PODATNOŚCI

Wynikowa ocena podatności zależy od wpływu zagrożenia klimatycznego na wybrany element funkcjonowania sektora oraz od potencjału adaptacyjnego ocenianej jednostki w myśl zasady, wedle której wysoki potencjał adaptacyjny zmniejsza negatywny wpływ, natomiast niski prowadzi do zwiększenia podatności na analizowane zagrożenie. Wynikowa wartość dla podatności powstaje jako różnica oceny wpływu zagrożenia i potencjału adaptacyjnego. Dalej wartość ta jest sprowadzana do homogenicznych przedziałów:

- ocena 1 dla wartości poniżej -1,
- ocena 2 dla przedziału wartości >=-1 i <1,
- ocena 3 dla przedziału wartości >=1 i <3,

[12] tamże

– ocena 4 dla wartości >= 3.



Ryc. 7 Składowe do wyliczenia ostatecznej oceny podatności
źródło: opracowanie własne

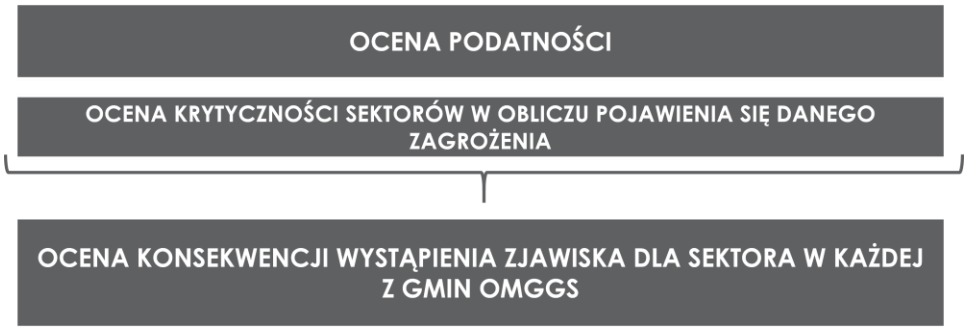
B. ANALIZA RYZYKA

Na ocenę ryzyka wpływu zagrożenia na funkcjonowania sektora w horyzoncie 2050 składają się:

1) ocena konsekwencji wystąpienia zjawiska,
2) prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń priorytetowych w horyzoncie 2050.

OCENA KONSEKWENCJI WYSTĄPIENIA ZJAWISKA DLA SEKTORA W KAŻDEJ Z GMIN OMGGS

Ocena krytyczności wraz z oceną podatności stanowi wynikową ocenę konsekwencji, zgodnie ze schematem poniżej.



Ryc. 8 Czynniki mające wpływ na wynikową ocenę konsekwencji
źródło: opracowanie własne

Krytyczność określana jest jako miara względnego znaczenia, która umożliwia identyfikację aktywów, systemów lub operacji, w przypadku których zakłócenie lub zniszczenie miałoby istotne niekorzystne skutki na dalsze funkcjonowanie obszaru. Do oceny krytyczności przyjęto 3-stopniową skalę, gdzie:

– 1 oznacza utrudnienie funkcjonowania sektora w obliczu analizowanego zagrożenia,
– 2 oznacza ograniczenie funkcjonowania sektora w obliczu analizowanego zagrożenia,
– 3 oznacza uniemożliwienie funkcjonowania sektora w obliczu analizowanego zagrożenia.

Ostateczna ocena konsekwencji powstała jako iloczyn oceny podatności i oceny krytyczności i dalej sprowadzona została do jednolitych przedziałów:

– ocena 1 dla wartości poniżej 4,
– ocena 2 dla przedziału wartości >=4 i <7,
– ocena 3 dla przedziału wartości >=7 i <10,

– ocena 4 dla wartości >=10.

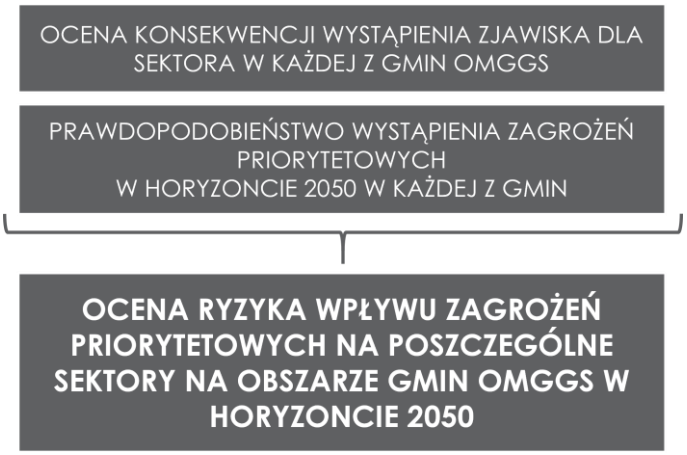
PRAWDOPODOBIEŃSTWO WYSTĄPIENIA ZAGROŻEŃ PRIORYTETOWYCH W HORYZONCIE 2050 W KAŻDEJ Z GMIN NA OBSZARZE GMIN OMGGS

Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń priorytetowych w przyszłości określone zostało na podstawie założeń analogicznych dla oceny obecnej ekspozycji. Wynikowa ocena prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych zagrożeń w gminach OMGGS opisana została w rozdziale 2.

OCENA RYZYKA

Ryzyka związane ze zmianami klimatu są iloczynem wielkości wpływu (konsekwencji) zjawiska i prawdopodobieństwa jego wystąpienia. Uzyskane wyniki zostały sprowadzone do homogenicznych przedziałów:

– ocena 1 dla wartości poniżej 4,
– ocena 2 dla przedziału wartości >=4 i <8,
– ocena 3 dla przedziału wartości >=8 i <12,
– ocena 4 dla wartości >=12.



Ryc. 9 Czynnik służące do wyliczenia oceny ryzyka
źródło: opracowanie własne

C. ROZPOZNANIE OBSZARÓW STRATEGICZNEJ INTERWENCJI W KAŻDYM Z SEKTORÓW

W celu wskazania obszarów strategicznej interwencji w każdym z sektorów przeprowadzono wynikową ocenę ryzyka wpływu wszystkich zagrożeń klimatycznych na cały sektor. Ocena odbyła się poprzez zliczenie ile razy w cząstkowych ocenach ryzyka pojawiła się ocena 3 – wysokie ryzyko lub 4 – bardzo wysokie ryzyko wpływu zagrożeń związanych ze zmianą klimatu na analizowany sektor oraz dalej odniesienie jaki to procent spośród analizowanych wskaźników w ramach sektora.

2 ROZPOZNANIE UWARUNKOWAŃ

2.1 Badanie ankietowe

2.1.1 Opis badania

Wstępne rozpoznanie uwarunkowań w zakresie skutków zmian klimatu występujących na terenie OMGGS zostało przeprowadzone w oparciu o badanie ankietowe. Ankietyzacji poddano 51 gmin oraz 8 powiatów, będących członkami OMGGS. Ankieta została przekazana do Samorządów w formie on-line. Kwestionariusz badania ankietowego przeznaczony dla gmin stanowi załącznik nr 1 do niniejszego opracowania, natomiast kwestionariusz badania ankietowego przeznaczony dla powiatów – załącznik nr 2.

W ankiecie zawarto 13 pytań z zakresu skutków zmian klimatu odczuwanych na terenie poszczególnych jednostek. Każdorazowo pytano o to, czy dane zjawisko zostało odnotowane na terenie JST. W tym wypadku respondenci zaznaczali odpowiedź TAK/NIE. Jeśli zjawisko zostało stwierdzone, pojawiało się pytanie o wskazanie skali problemu, w odniesieniu do wpływu skutków na wydatki Samorządu. W tym wypadku respondenci odpowiadali w 3-stopniowej skali, tj.:

- 1 – jeśli zjawisko miało nieistotny wpływ na wydatki Samorządu,
- 2 – jeśli zjawisko miało istotny wpływ na wydatki Samorządu,
- 3 – jeśli zjawisko miało wysoce istotny wpływ na wydatki Samorządu.

Kolejno pytano o wskazanie przybliżonej lokalizacji problemu. W tym wypadku proszono o wskazanie:

- w przypadku gminy wiejskiej, miejsko-wiejskiej – obrębu ewidencyjnego,
- w przypadku gminy miejskiej, małego miasta – obszaru ograniczonego ulicami,
- w przypadku dużego miasta – dzielnicy, osiedla,
- w przypadku powiatu – gminy, obrębu ewidencyjnego.

W ankiecie przeznaczonej dla gmin w przypadku pytania o niewydolność systemów kanalizacji powodowanej opadami deszczu, proszono również o wskazanie konkretnej ulicy.

Kolejno pojawiało się pytanie o to, czy podjęto działania zaradcze, by zjawisko nie wystąpiło w przyszłości lub wystąpiło w mniejszej skali. W tym wypadku respondenci zaznaczali odpowiedź TAK/NIE. W przypadku podania odpowiedzi twierdzącej proszono o wskazanie konkretnych działań.

Zakres pytań objął zjawiska związane:

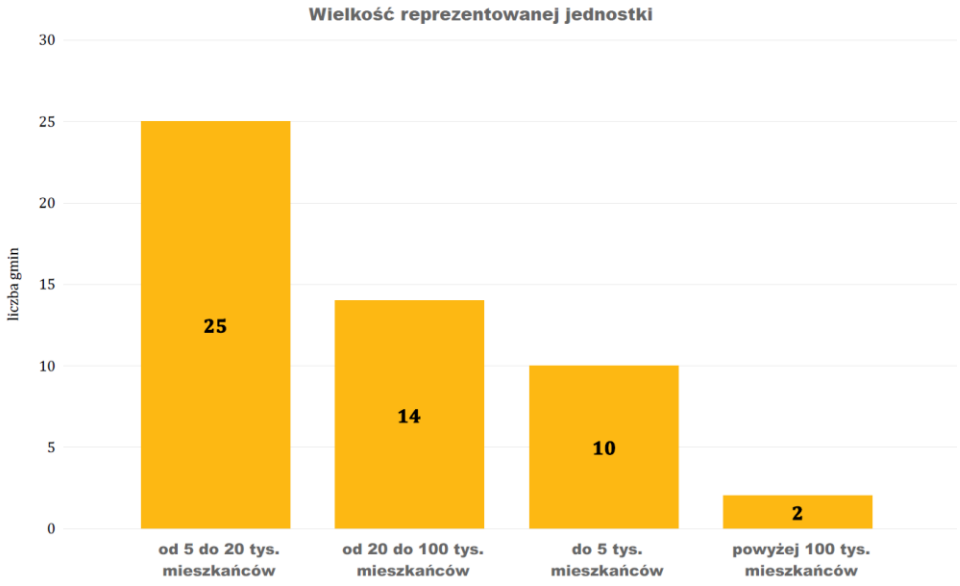
1) ze stratami rolniczymi powodowanymi suszą,
2) z wysychaniem zieleni publicznej,
3) z wysychaniem systemów melioracji,
4) z wysychaniem lub zanikiem terenów podmokłych,
5) ze wzrostem częstotliwości pożarów w miesiącach kwiecień–wrzesień,
6) z niewydolnością systemów kanalizacji powodowanej odpadami deszczu,
7) z podtopieniami na obszarach nieobjętych systemem kanalizacji,
8) ze zniszczeniami powodowanymi powodziami od strony rzek,
9) z utrudnieniami w funkcjonowaniu komunikacji powodowanymi zjawiskami pogodowymi,
10) z brakami w dostawie energii elektrycznej powodowanymi zjawiskami meteorologicznymi,

11) ze zniszczeniami powodowanymi zjawiskami meteorologicznymi,
12) z zabudowywaniem terenów zalewowych,
13) z naporem inwestycyjnym na tereny zieleni.

Wyniki badania ankietowego stanowiły jedną ze składowych oceny wrażliwości sektorów na poszczególne zjawiska będące efektem zmian klimatu.

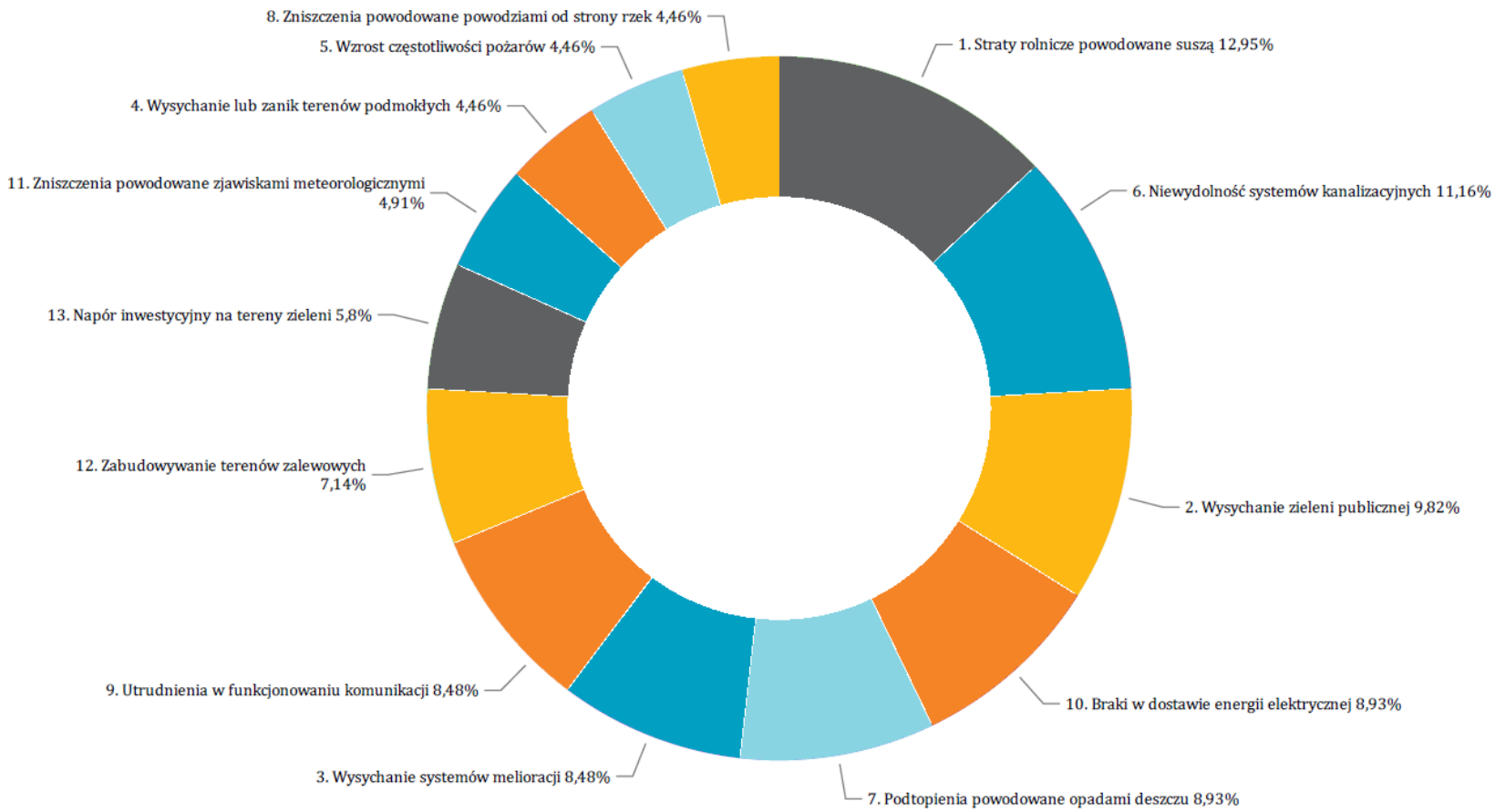
2.1.2 Wyniki badania – statystyki podstawowe

W ankietyzacji wzięło udział najwięcej gmin średnich – 25 posiadających od 5 do 20 tysięcy mieszkańców oraz 14 posiadających od 20 do 100 tysięcy. Kolejno były to gminy małe – do 5 tysięcy mieszkańców (10) oraz dwa miasta posiadające więcej niż 100 tysięcy mieszkańców (Gdańsk i Gdynia).

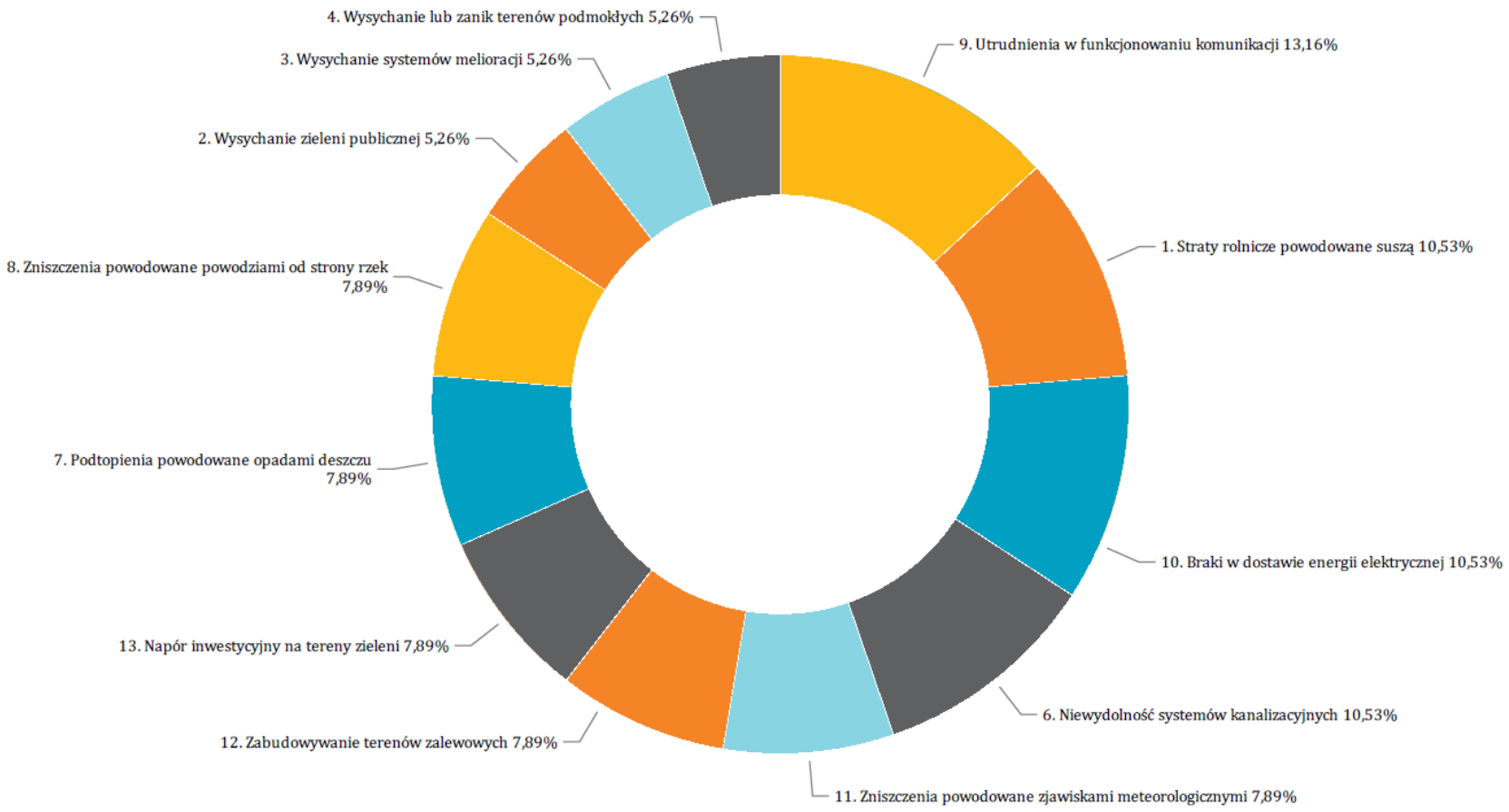


Ryc. 10 Badanie ankietowe - wielkość reprezentowanej jednostki

Wśród gmin, najczęściej odnotowywanym problemem były straty rolnicze powodowane suszą. Odpowiedź twierdzącą w tym zakresie udzieliła ponad połowa Samorządów (29). Kolejno była to niewydolność systemów kanalizacyjnych powodowana opadami deszczu, którą zidentyfikowało 25 gmin. Na problem związany z wysychaniem zieleni publicznej uwagę zwróciły 22 Samorządy, natomiast na braki w dostawie energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi oraz na podtopienia powodowane opadami deszczu – 20. Dalej było to wysychanie systemów melioracji oraz utrudnienia w funkcjonowaniu komunikacji (19 Samorządów), zabudowywanie terenów zalewowych (16 Samorządów), napór inwestycyjny na tereny zieleni (13 Samorządów), zniszczenia powodowane zjawiskami meteorologicznymi (11 Samorządów). Na zniszczenia powodowane powodziami od strony rzek, wzrost częstotliwości pożarów oraz zniszczenia powodowane powodziami od strony rzek zwróciło uwagę 10 Samorządów.



Ryc. 11 Badanie ankietowe – odpowiedź twierdząca w pytaniu związanym z identyfikacją problemu wśród gmin



Ryc. 12 Badanie ankietowe – odpowiedź twierdząca w pytaniu związanym z identyfikacją problemu wśród powiatów

Wśród powiatów, w ponad połowie z ankietowanych (5) zidentyfikowano utrudnienia w funkcjonowaniu komunikacji powodowane zjawiskami atmosferycznymi. Kolejno były to straty rolnicze powodowane suszą, braki w dostawie energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi czy niewydolność systemów kanalizacyjnych powodowana opadami deszczu, zidentyfikowane w połowie spośród ankietowanych powiatów. Pozostałe problemy zidentyfikowane zostały w mniej niż połowie powiatów.

Szczegółowe wyniki ankietyzacji w zakresie poszczególnych pytań zawarte zostały w opisach poszczególnych sektorów w rozdziale 4.

2.2 Ocena występowania zjawisk będących efektem zmian klimatu

2.2.1 Silne porywy wiatru

Wiatry uznawane w klimatologii za „silne" i „bardzo silne", to te osiągające prędkości od 10 do 30 m/s. W przypadku zdarzeń ekstremalnych wyróżnia się również występujące nieregularnie wiatry przekraczające prędkość 30 m/s. Takie zjawiska klasyfikowane są jako „gwałtowne" i „bardzo gwałtowne". W Polsce zarówno pierwszy jak i drugi typ wiatru prowadzi do zniszczeń i negatywnych konsekwencji, szczególnie na obszarach zabudowanych.

Wraz z obserwowanymi na obszarze całej Polski skutkami zmian klimatu, pojawiły się zjawiska związane z oddziaływaniem wiatru o prędkości przekraczającej 30 m/s (108 km/h)[13]. Ich występowanie jest powiązane ze zmieniającą się sytuacją klimatyczną, która dosięga również, z narastającą częstotliwością, obszaru niniejszej analizy. W szczególności na kształtowanie się warunków dla zjawisk huraganowych wpływają:

- przechodzenie tzw. głębokich niżów wtórnych nad południowym Bałtykiem, będących rezultatem zafalowań na froncie (najczęściej polarnym), co skutkuje działalnością cykloniczną odczuwalną na wybrzeżu i w głębi lądu, do Polski środkowej[14],
- oddziaływanie silnych i gwałtownych zjawisk atmosferycznych na obszarach intensywnej konwekcji (burze), której towarzyszą znaczące uskoki wiatru[15].

Trąby powietrzne w Polsce charakteryzuje stosunkowo wąski pas zniszczeń, który odpowiada, w przybliżeniu, rozmiarom poprzecznym wiru (około 200-250 metrów). Zjawisko to pojawia się średnio 8 do 14 razy w ciągu roku, najczęściej w okresie od maja do sierpnia[16]. W przypadku tego zjawiska wiatr osiąga prędkość od 30 do 120 m/s i powoduje znaczące szkody w skali lokalnej. W skali kraju, szczególnie w ciągu ostatnich trzech lat, obserwuje się wzrost częstotliwości występowania tego zjawiska.

[13] Łapcik, P., Ninard, K., Uchman, A., 2021. Extra-large grains in Late Glacial – Early Holocene aeolian inland dune deposits of cold climate, European Sand Belt, Poland: An evidence of hurricane-speed frontal winds. Sediment. Geol. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2020.105847

[14] Taszarek, M., Gromadzki, J., 2017. Deadly tornadoes in Poland from 1820 to 2015. Mon. Weather Rev. https://doi.org/10.1175/MWR-D-16-0146.1

[15] Taszarek, M., Kolendowicz, L., 2013. Sounding-derived parameters associated with tornado occurrence in Poland and Universal Tornadic Index. Atmos. Res. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.07.016

[16] Kolendowicz, L., Taszarek, M., 2014. Days with thunderstorms and tornadoes in Poland in 2011 and 2012. Int. J. Meteorol.

2.2.1.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

Coraz częstsze obserwacje zjawisk ekstremalnych związanych z silnymi porywami wiatru wyłoniły obszary szczególnie narażone na takie zdarzenia. Od roku 2010 rejestrowano na terenie kraju kilkanaście trąb powietrznych w roku, z czego w roku 2017 pięć trąb powietrznych wystąpiło w okresie od stycznia do lipca – wśród nich, w tzw. I strefie zagrożenia (wiatry przekraczające okresowo 30 m/s), znalazła się środkowa i wschodnia część Pobrzeża Słowińskiego, począwszy od Koszalina, przez Rozewie, po Hel[17].

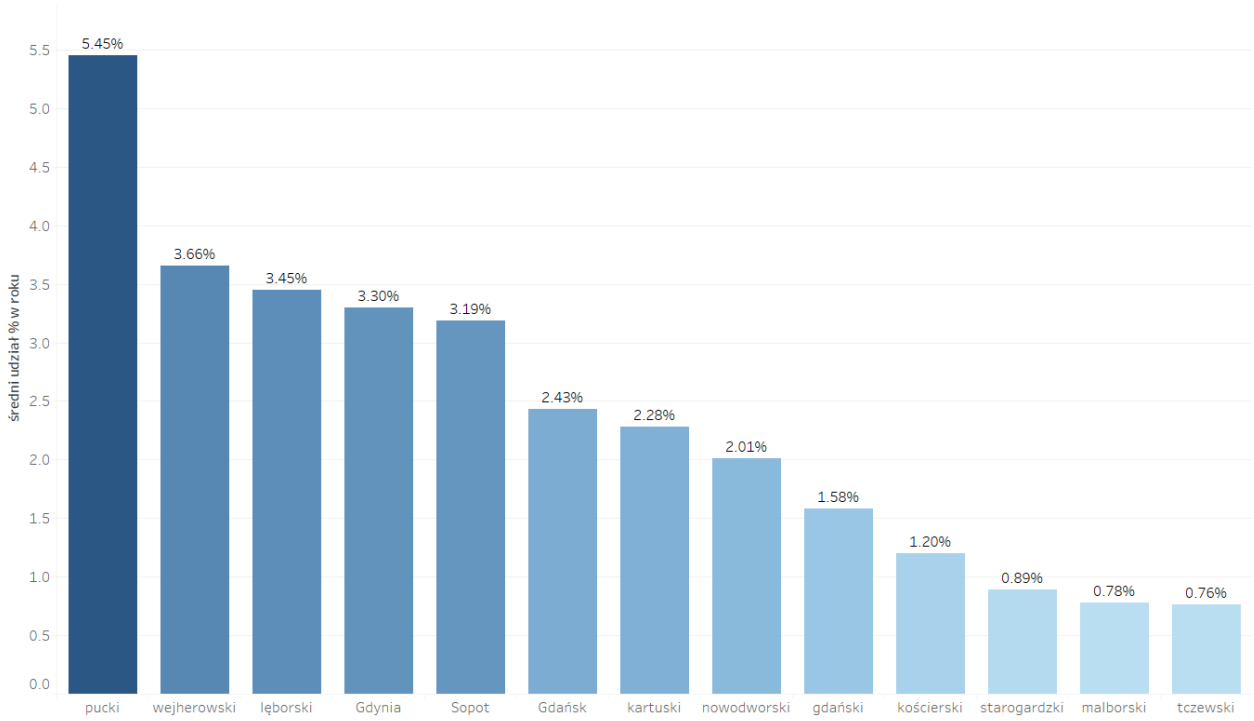
W przeszłości raporty dotyczące ekstremalnych zjawisk wietrznych były opracowywane dla okresów 1979-1988 oraz 1998-2010 przez Lorenc[18]. Dotychczas nie została jednak zaproponowana charakterystyka klimatologii wiatrów huraganowych dla obszaru Polski[19]. Jednakże przypadki zdarzeń ekstremalnych, które w dniach 15 sierpnia 2008 i 14 lipca 2012 doprowadziły do śmierci i poważnych zniszczeń, zwróciły uwagę na potrzebę rozpoznania zjawiska oraz jego kształtowania się w przeszłości. Zgodnie z danymi pochodzącymi z bazy *European Severe Weather Database* (ESWD) w latach 1899-2013 obserwowano na terenie Polski 429 wiatrów o charakterze tornada, z czego 161 zdarzeń miało miejsce w latach 1999-2013 (ok. 37%). Statystyka taka, pomijając fakt wzrostu skuteczności obserwacji oraz raportowania zjawisk, pozwoliła na stopniowe powiązanie rosnącej częstotliwości zdarzeń z doniesieniami dotyczącymi zmian w systemie klimatycznym.

OMGGS, ze względu na swoje usytuowanie, stanowił w przeszłości rejon kraju, w którym najczęściej w ciągu roku obserwowano zjawiska wietrzne o prędkości przekraczającej 100 km/h. Poniższy schemat przedstawia roczny udział procentowy wiatrów osiągających od 10 do 30 m/s, klasyfikowanych jako „silne" i „bardzo silne" w latach 2011-2020, w podziale na powiaty (Ryc. 13).

[17] Taszarek, M., Brooks, H.E., 2015. Tornado climatology of Poland. Mon. Weather Rev. https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00185.1

[18] Lorenc H., 2012b, Struktura maksymalnych prędkości wiatru w Polsce, [w:] Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, H. Lorenc (red.), IMGW-PIB, Warszawa, 33-59.

[19] Taszarek, M., Brooks, H.E., 2015. Tornado climatology…

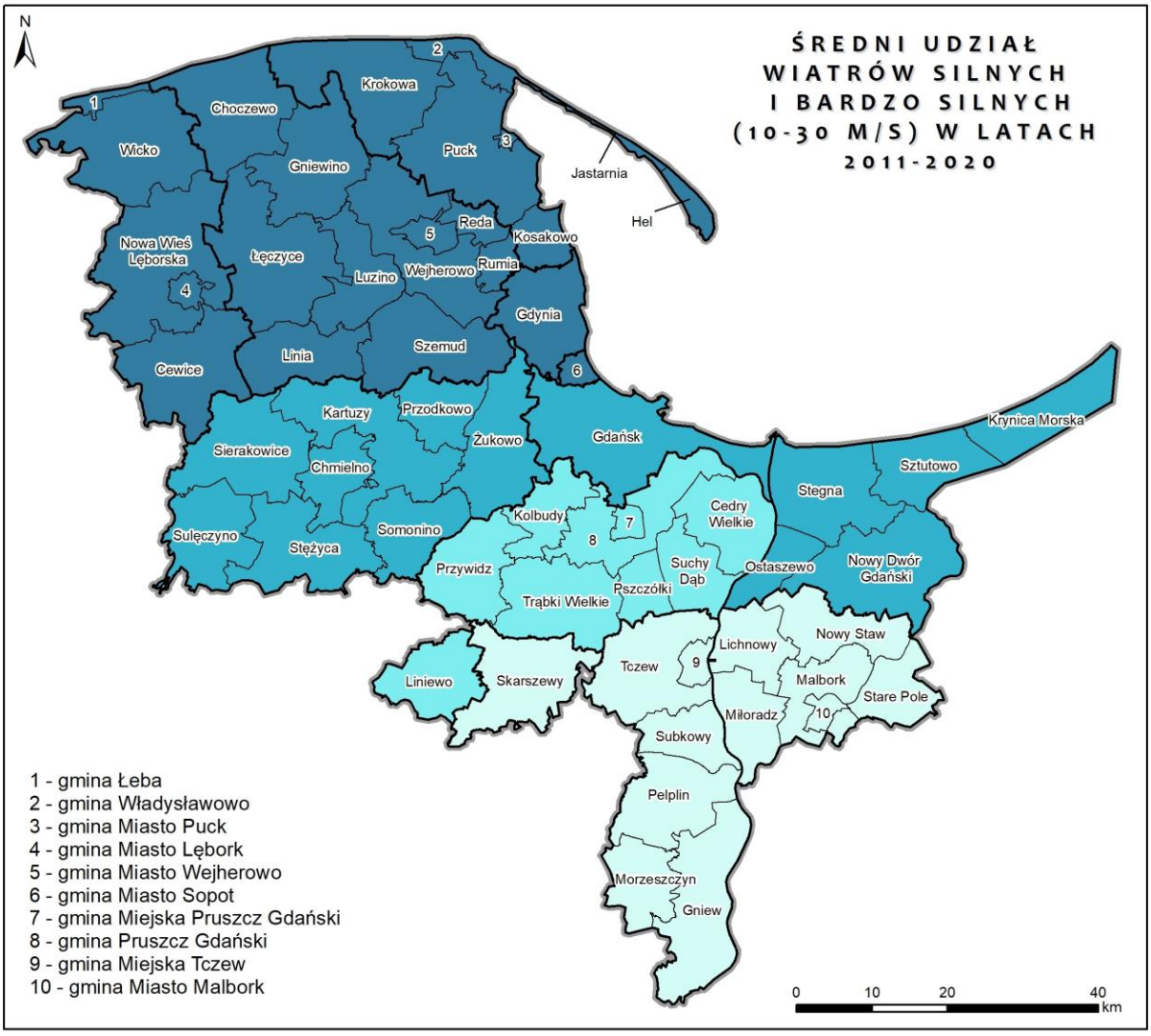


Ryc. 13 Udział procentowy w ciągu roku wiatrów silnych i bardzo silnych dla okresu 2011-2020 w poszczególnych powiatach OMGGS

źródło: opracowanie własne na podstawie EURO-CORDEX[20]

Przy wartości ok. 5,5% rocznego udziału, częstotliwość występowania wiatrów silnych dominuje w powiecie puckim – wynika to bezpośrednio z położenia obszaru, ze szczególnym uwzględnieniem gmin Półwyspu Helskiego. Wiatry silne dominują tam w miesiącach listopad-marzec. Od 3 do ok. 3,5 procent udziału odnotowywane jest w powiatach: wejherowskim, lęborskim, Gdyni, oraz Sopocie – wynika głównie to z nadmorskiej lokalizacji tych obszarów, która sprzyja oddziaływaniu wiatrów silnych. Powiaty sytuowane w głębi lądu, tj. kościerski, starogardzki, malborski, tczewski – charakteryzują się odpowiednio niższym udziałem procentowym wiatrów o prędkościach 10-30 m/s (około 1% udziału lub mniej). We wszystkich analizowanych powiatach zjawiska wietrzne o największej intensywności rejestrowane są w miesiącach jesienno-zimowych. Zdefiniowane wartości udziału procentowego wiatrów w ciągu roku zostały przypisane gminom biorącym udział w badaniu. Rozważano średnią dla lat 2011-2020 (Ryc. 14).

[20] Coordinated Downscaling Experiment - European Domain, euro-cordex.net [dostęp: 04.04.2021]

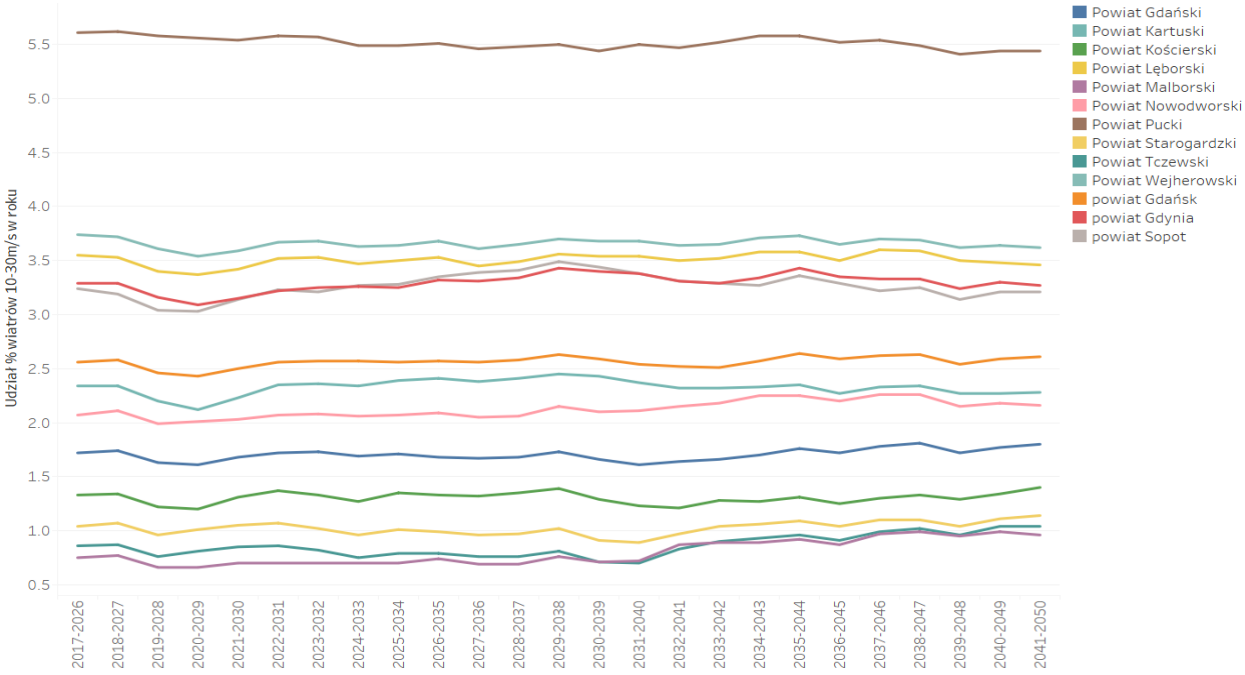


Ryc. 14 Średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych w ciągu roku dla okresu 2011-2020.

Na podstawie informacji o udziale procentowym wiatrów „silnych i bardzo silnych" – tj. osiągających od 10 do 30 m/s określono, dla każdej z gmin OMGGS, wskaźnik odpowiadający skali oddziaływania zjawiska. Przyjęto skalę 1-4, gdzie: 1 – 0% do 1,5%, 2 - >1,7% do 2,7%, 3 - >2,7% do 3,7 i 4 - >3,7% udziału wiatru w ciągu roku. Klasyfikacja wskazuje na gminy: gmina miasto Hel, Krokowa, Władysławowo, gminy miasta Jastarnia, Kosakowo, Puck (miasto i gmina) jako najbardziej narażone na negatywne oddziaływanie wiatrów o dużej sile w ciągu roku.

2.2.1.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości

W przypadku zmian w kształtowaniu się warunków wietrznych dla obszaru OMGGS modele klimatyczne opracowywane w ramach projektu CORDEX nie wykazują, w obrębie scenariusza emisji RCP4.5, istotnych tendencji[21]. Jednakże, w związku ze zmianami jakie zachodzą w systemach układów ciśnień oraz rozkładów temperatur maksymalnych, należy spodziewać się zwiększenia się częstotliwości występowania wiatrów oznaczanych jako silne w rocznym udziale procentowym ruchów powietrza, w perspektywie do roku 2050[22] (Ustrnul et al., 2015). Wykres poniżej przedstawia wartości średniej kroczącej (10-letniej) udziału wiatrów silnych i bardzo silnych w ciągu roku w poszczególnych powiatach objętych analizą (Ryc. 15).

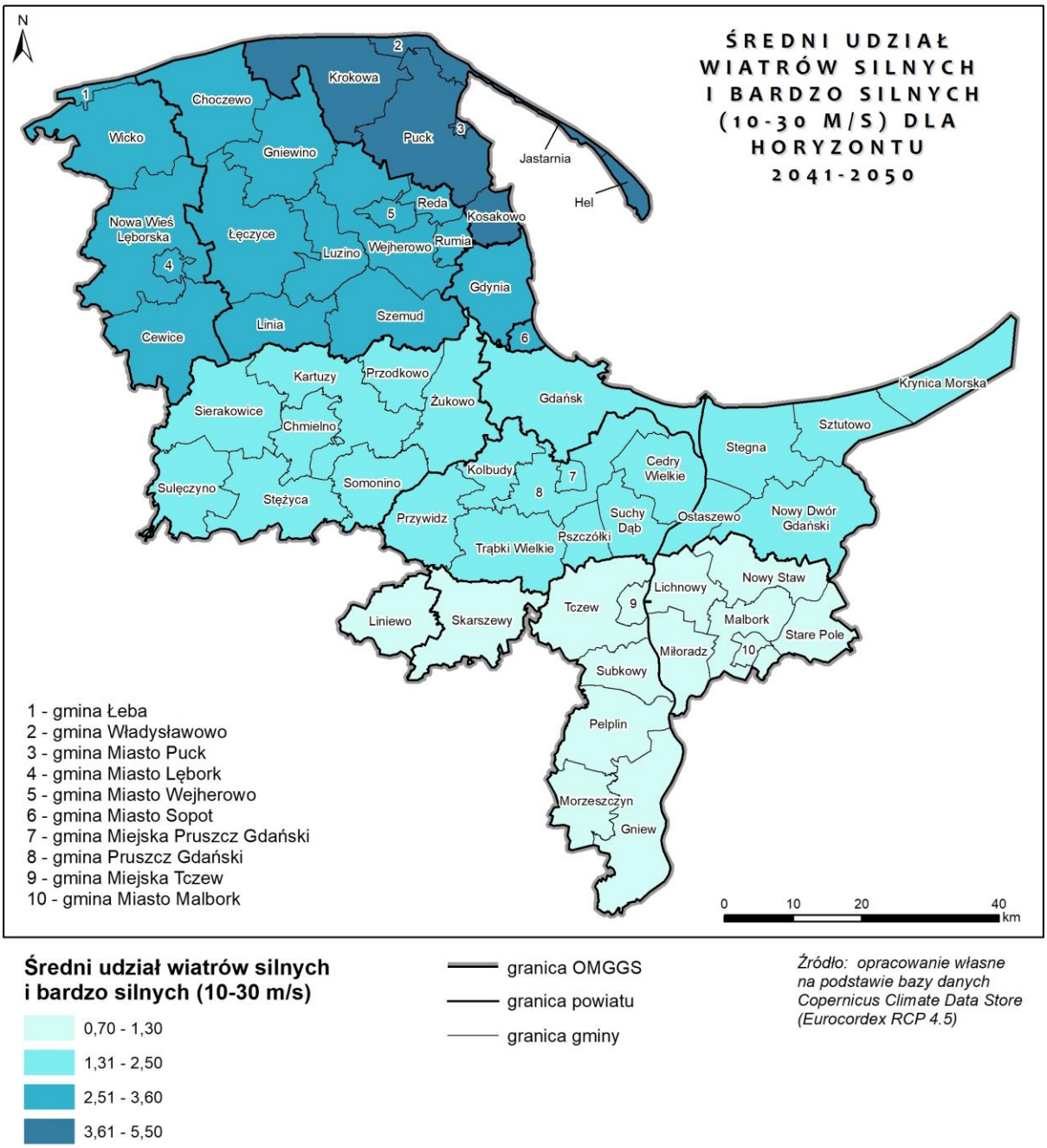


Ryc. 15 Średnia krocząca (10-letnia) udziału procentowego w ciągu roku wiatrów 10-30 m/s w perspektywie do 2050 r.
źródło: opracowanie własne na podstawie EURO-CORDEX[23]

[21] Teichmann, C., Jacob, D., Remedio, A.R., Remke, T., Buntemeyer, L., Hoffmann, P., Kriegsmann, A., Lierhammer, L., Bülow, K., Weber, T., Sieck, K., Rechid, D., Langendijk, G.S., Coppola, E., Giorgi, F., Ciarlo`, J.M., Raffaele, F., Giuliani, G., Xuejie, G., Sines, T.R., Torres-Alavez, J.A., Das, S., Di Sante, F., Pichelli, E., Glazer, R., Ashfaq, M., Bukovsky, M., Im, E.S., 2020. Assessing mean climate change signals in the global CORDEX-CORE ensemble. Clim. Dyn. https://doi.org/10.1007/s00382-020-05494-x

[22] Ustrnul, Z., Wypych, A., Henek, E., Maciejewski, M., Bochenek, B., 2015. Climatologically based warning system against meteorological hazards and weather extremes: the example for Poland. Nat. Hazards. https://doi.org/10.1007/s11069-015-1673-2

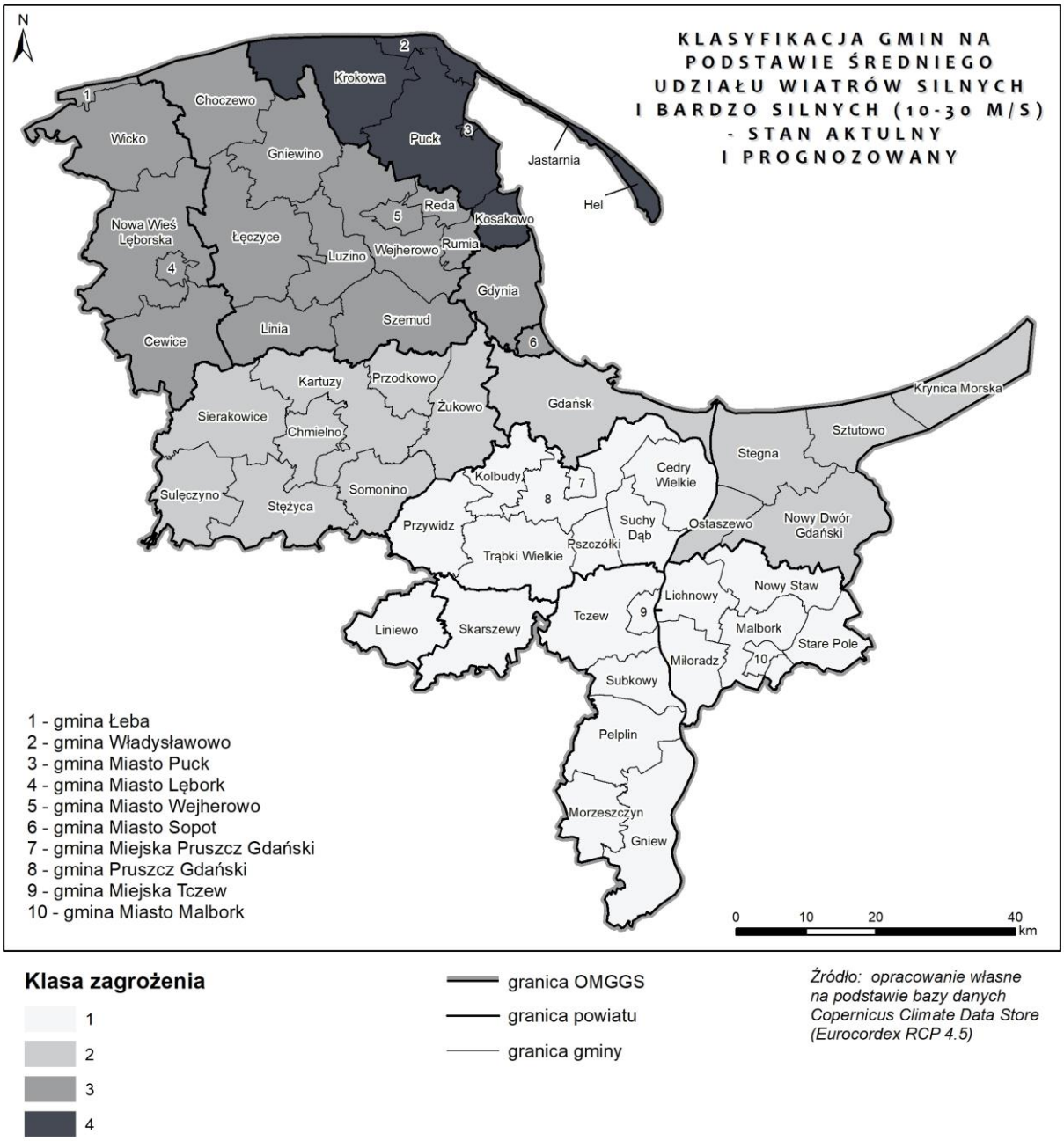
[23] Strona informacyjna KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/ [dostęp: 15.04.2021]



Ryc. 16 Średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych w ciągu roku dla horyzontu 2041-2050

Pomimo braku istotnych tendencji wzrostowych zauważyć można wyraźne trzy klastry dzielące obszar na zgrupowania pozwalające na odniesienie się prognozowanych przedziałów do tych obserwowanych w przeszłości. Ponad 5,5% średni udział jest prognozowany w przypadku powiatu puckiego, co pokrywa się z obserwowanymi już średnimi (patrz: poprzedni podrozdział). Kolejne widoczne zgrupowanie tworzą powiaty: wejherowski, lęborski, Gdynia oraz Sopot, z wartościami od ok. 3% do 3,7%, co również odpowiada sytuacji aktualnej. Ze względu na brak istnienia w modelu scenariusza klimatycznego zmian istotnych, zastosowana została skala pozwalająca zachować istniejące klastry również w podziale na gminy (Ryc. 16). Należy jednak zwrócić uwagę na odmienność w klasyfikowaniu wiatrów przekraczających

prędkość 30 m/s, którym zazwyczaj towarzyszą zdarzenia wybitnie ekstremalne, a których odzwierciedlenie w modelu jest nadzwyczaj trudne. Modele dopuszczają jednak zmiany w tym parametrze o około +0,2% jako prawdopodobne. Przyrost taki został uwzględniony w klasyfikacji na poziomie gmin, która przedstawiona jest poniżej. Wskaźnik na poziome 4 dotyczy więc siedmiu gmin, ocenę 3 otrzymało siedemnaście gmin, pozostałe gminy (sytuowane w głębi lądu) otrzymały oceny 1 lub 2 (Ryc. 17).



Ryc. 17 Klasyfikacja gmin ze względu na średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych – stan aktualny i prognozowany

2.2.2 Intensywne burze

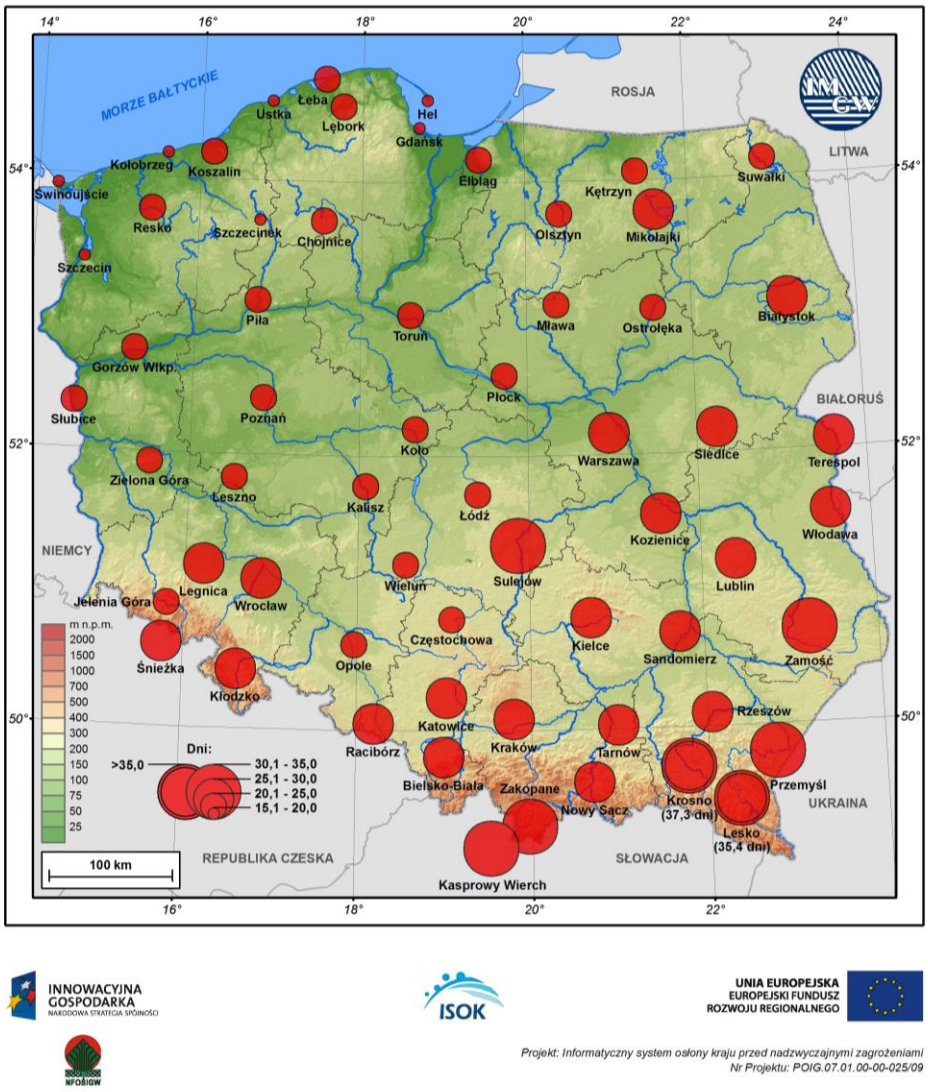
Występowanie burz często (choć nie w każdym przypadku) jest zaliczane do ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych (często w połączeniu z gradem)[24]. Na skalę oddziaływania zjawiska, a co za tym idzie, na jego skutki mają wpływ pogodowe czynniki towarzyszące wyładowaniom atmosferycznym, takie jak opady, kierunek i prędkość wiatru, wahania ciśnienia atmosferycznego, a także zmiany temperatury powietrza. Toteż definicja burzy jako zjawiska ekstremalnego według Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu wskazuje, iż jest to zjawisko ekstremalne, gdy „rzadko występuje w danym miejscu i porze roku"[25]. W Polsce burze są zjawiskami częstymi w okresie od mają do sierpnia (ok. 80% wszystkich burz w roku), przy wahaniach od 15 do 30 zdarzeń w zależności od rejonu kraju. Kiedy burza pojawia się poza „sezonem" może zostać określona jako zjawisko rzadkie. Wpływ na to, czy burze mogą stanowić zagrożenie zależy, oprócz intensywności zjawiska, od częstości występowania oraz zasięgu przestrzennego. Ze względu na gwałtowny charakter burz, każde ich wystąpienie należy tarkować jako potencjalnie groźne (niebezpieczeństwo dla transportu, łączności, rolnictwa oraz terenów zabudowanych).

2.2.2.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

Pewna część zjawisk burzowych występujących obecnie w Polsce może zostać uznana za zdarzenia ekstremalne (zgodnie z przyjętą powyżej definicją). Niektóre z odnotowywanych w przeszłości zdarzeń wiązały się z wyjątkowo dużą intensywnością zjawiska oraz niosły za sobą znaczne szkody materialne, często stanowiąc bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi. Według niektórych raportów, część z obserwowanych burz miało charakter klęsk żywiołowych. Intensyfikacja badań nad występowaniem burz w Polsce nastąpiła w latach 90 XX w., kiedy to zauważono wzrost częstotliwości zdarzeń w półroczu chłodnym, co stanowiło jedną z pierwszych przesłanek zmian w systemie klimatycznym nad obszarem kraju. Według badań przeprowadzonych w roku 2013 dla całej Polski, na Pomorzu w latach 1949-2006 obserwowano ujemną wartość tendencji (-0,1 dni na 10 lat) w przypadku ilości dni z wystąpieniem burzy w ciągu roku[26]. Jednakże trend ten nie traktował o zmianach w intensywności zjawiska. Dane na temat średniej ilości dni z burzą zostały opracowane również w ramach projektu Informatycznego Systemu Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK), gdzie dane dla stacji w rejonie OMGGS wskazywały na ilość od 16 do 25 dni burzowych w roku (Ryc. 18).

Na tle ilości zdarzeń obserwowanych w kraju, północ Polski (włącznie z obszarem OMGGS) nie należy do terenów szczególnie zagrożonych częstymi burzami. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku obszarów nadmorskich, częściej niż np. na terenie Polski nizinnej, burzom towarzyszy grad. Przyczyną jest ingerencja mas chłodnego powietrza z północy w okresie lata, przy jednoczesnym niskim poziomie zamarzania podczas wznoszenia się w pasie wzgórz nabrzeża. Czynnik jakim jest grad został w niniejszej analizie uznany za mający wpływ na wzrost negatywnych skutków występowania burz.

[24] Burze i grady w Polsce, 2013. . Burze i grady w Polsce. https://doi.org/10.4467/20833113PG.13.005.1095
[25] Bengtsson, L., Hodges, K.I., Roeckner, E., 2006. Storm tracks and climate change. J. Clim. https://doi.org/10.1175/JCLI3815.1
[26] Burze i grady w Polsce…

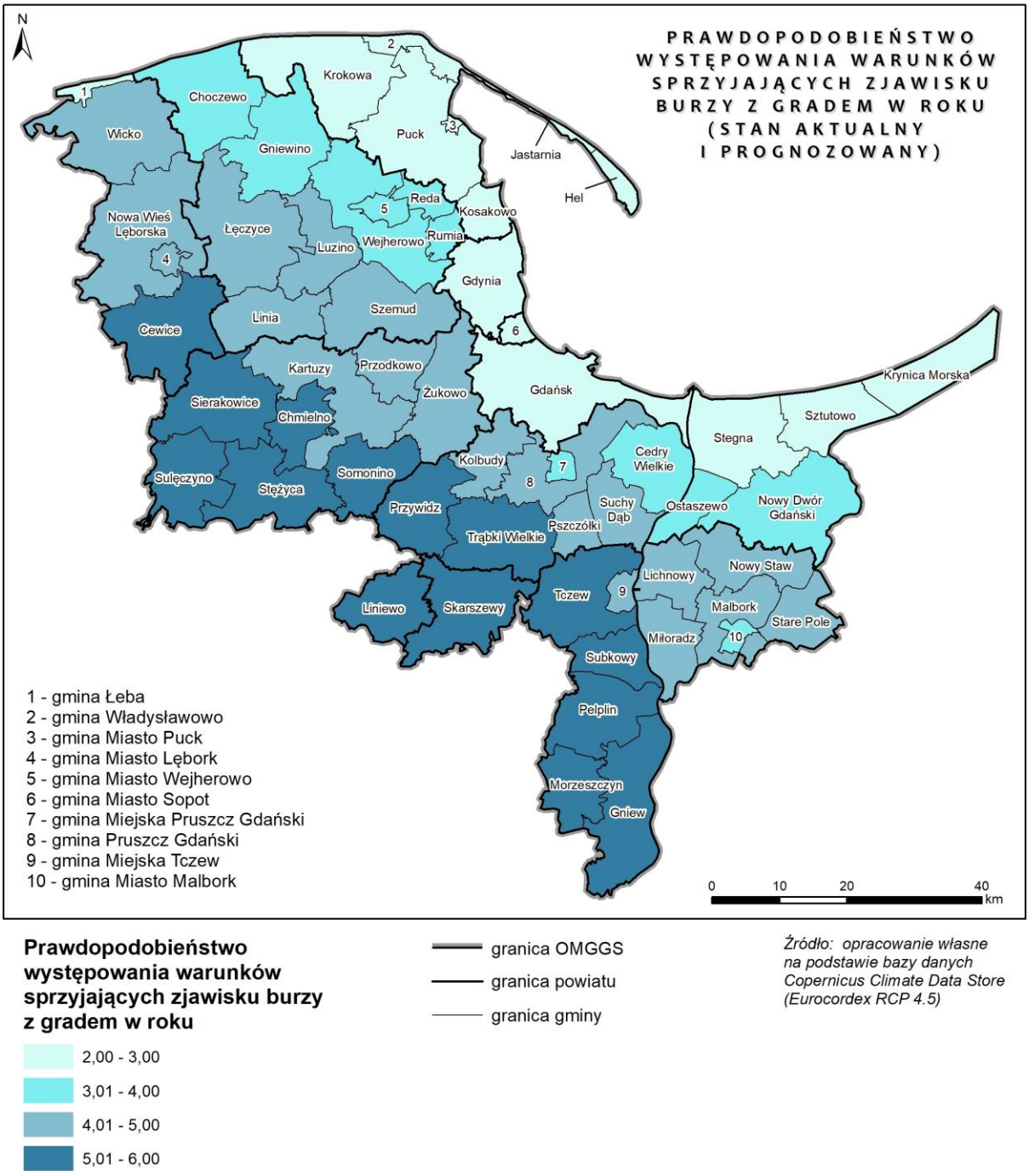


INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
ISOK
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO
Projekt: Informatyczny system osłony kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami
Nr Projektu: POIG.07.01.00-00-025/09

Ryc. 18 Średnia liczba dni z burzą w roku
źródło: https://imgw.isok.gov.pl/[27]

Ocena stanu aktualnego oparta została na danych mówiących o prawdopodobieństwie występowania warunków sprzyjających zjawisku burzy z gradem w ciągu roku Poniższa mapa przedstawia procentową wartość prawdopodobieństwa dla poszczególnych gmin wchodzących w skład OMGGS (Ryc. 19). Zauważalny jest pasowy układ wartości w miarę oddalania się od wybrzeża Morza Bałtyckiego. Gminy nadmorskie charakteryzują się wartościami prawdopodobieństwa w zakresie od 2% do 3%, natomiast w głębi lądu wartości wzrastają stopniowo do ok. 6% w gminach takich jak Liniewo, Tczew, Cewice czy mieście i gminie Pelplin. Następnie, w celu dostosowania się do analizy wskaźnikowej, wartości prawdopodobieństwa zostały przeliczone do skali 1 – 4 w sposób: 2-3% - 1, 4% - 2, 5% - 3 oraz 6% - 4.

[27] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy, https://imgw.isok.gov.pl/ [dostęp: 15.04.2021]



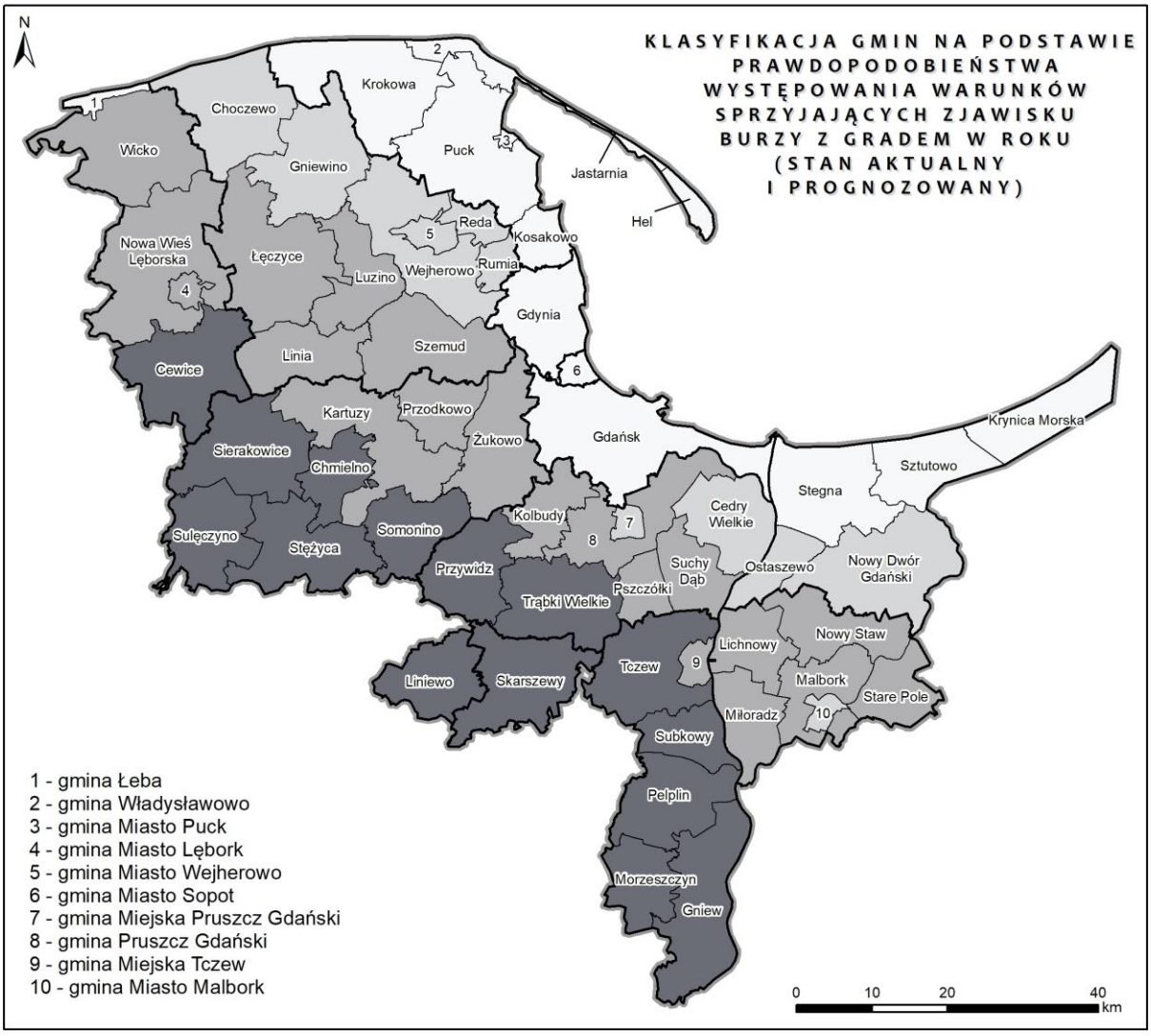
Ryc. 19 Prawdopodobieństwo występowania warunków sprzyjających zjawisku burzy z gradem w roku (stan aktualny i prognozowany dla dekad 2011-2020 oraz 2041-2050)

2.2.2.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości

Prognozowanie zjawisk burzowych (nawet w krótkiej perspektywie czasowej) stanowi wyzwanie w trakcie konstruowania modeli klimatu. Główna niepewność wynika z zależności zjawiska od kilku zmiennych klimatu (m.in. opadów, temperatury, cyrkulacji mas powietrza), które również obarczone są błędami

i niedokładnością predykcji. Dostępne modele nie wskazują jednoznacznie na intensyfikację zjawisk burzowych na obszarze analizy.
Jednakże, ze względu na wiedzę o powiązaniu zdarzeń burzowych ze zamiennymi klimatu, które na tym terenie wykazują tendencje wzrostowe (np. fale upałów), zdecydowano o pozostawieniu skali zjawiska w odniesieniu do przyszłości w stanie nienaruszonym, z zachowaniem skali uszczegółowionej w opisie stanu aktualnego (Ryc. 20). Wynika to z braku przekonywujących przesłanek o istotnej intensyfikacji lub degradacji zjawiska, zarówno pod względem częstotliwości, jak i intensywności.

Zdarzenia często powiązane z burzami, takie jak np. opady nawalne oraz fale upałów zostały odpowiednio ocenione we właściwych podrozdziałach tematycznych niniejszego opracowania. Dzięki temu możliwe było uchwycenie niektórych zjawisk pochodnych jako prognozowanych za pomocą modeli skutków zmienności w konwekcji mas powietrza.



Ryc. 20 Klasyfikacja gmin na podstawie prawdopodobieństwa występowania warunków sprzyjających zjawisku burzy z gradem w roku (stan aktualny i prognozowany dla dekad 2011-2020 oraz 2041-2050).

2.2.3 Deszcze nawalne

Zmienność w charakterystyce opadowej stanowi jedną z najistotniejszych przesłanek dla kształtowania się klimatu na danym obszarze[28]. Jednym z głównym parametrów służących do rozpoznania skutków oddziaływania opadów deszczu jest ilość zjawisk kwalifikowanych jako deszcze nawalne (ulewne). Opady wykazują duże zróżnicowanie w powiązaniu z ukształtowaniem powierzchni, ale powiązane są również z temperaturą powietrza (często wiążą się z burzami), a także, w przypadku obszarów zurbanizowanych, kształtują się w oparciu o lokalne oddziaływania miast (np. miejskich wysp ciepła)[29]. Deszcze uznawane za nawalne (>2 mm/min) występują w Polsce zwykle w okresie letnim (lipiec), choć są także prawdopodobne w szerszym okresie (kwiecień-wrzesień). Na negatywne oddziaływanie deszczu nawalnego wpływ mają przede wszystkim intensywność oraz rozkład przestrzenny zjawiska, gdzie na obszarach zabudowanych często dochodzi to zdarzeń skutkujących podtopieniami, zagrożeniem dla infrastruktury, ale również dla zdrowia i życia ludzi.

Na potrzeby badania zmienności w kształtowaniu się wystąpień opadów nawalnych określa się parametry:

- liczbę dni w roku z opadem dziennym >=10 mm,
- liczbę dni w roku z opadem dziennym >=20mm.

Deszcze nawalne w klimacie umiarkowanym trwają od kilku do kilkudziesięciu minut. W tym czasie suma opadu może przekroczyć 100 mm (szczególnie w okresie letnim). Tego typu zdarzenie w dobie obserwowanych zmian klimatu, występuje coraz częściej, a jego skutkiem jest zjawisko klasyfikowane w literaturze jako powódź błyskawiczna. Z czasem stała się ona symbolem połączenia oddziaływania nagłych, intensywnych zdarzeń opadowych na tereny zagospodarowane przez człowieka. Na całym świecie miasta i obszary związane z działalnością gospodarczą, w ramach swoich programów ograniczenia negatywnych skutków zmian klimatu, jako jedno z największych wyzwań wskazują zwiększenie odporności na oddziaływanie deszczów nawalnych[30].

2.2.3.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

Na większości obszaru Polski (w tym na terenie OMGGS) w ciągu ostatnich 20 lat nastąpiła zmiana w strukturze opadów skutkująca zwiększeniem się liczby dni z opadem dobowym o natężeniach przekraczających 10 mm oraz 20 mm, o odpowiednio 10 i 4 dni na dekadę. W przypadku opadów >30 mm, obszar opracowania był jednym z niewielu (wraz z północno-wschodnim krańcem Polski), gdzie nie odnotowano istotnego wzrostu. Jednakże w przypadku 5-dobowych sum opadów, odnotowano w pasie od Szczecina przez Świnoujście do Helu wzrost do 15 mm/5 dni w dekadzie.

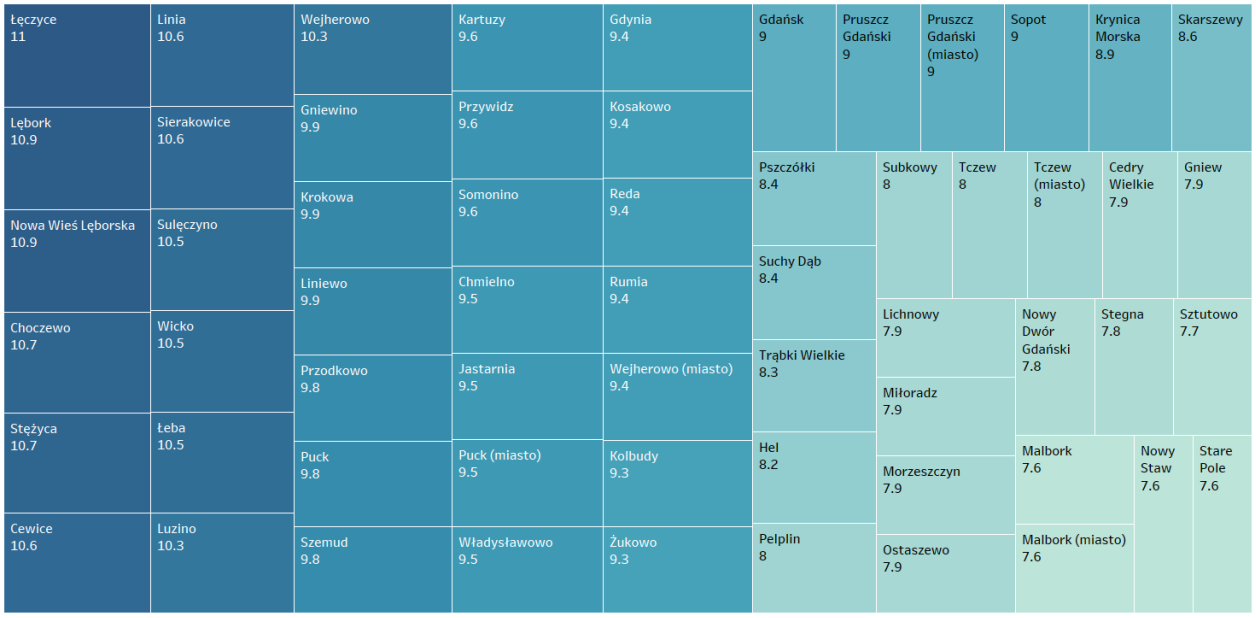
W latach 2011-2020 na całym obszarze OMGGS obserwowano średnio 9 dni w roku z opadem dobowym przekraczającym 10 mm. Wartości wahały się od 7-8 dni na obszarze Malborka (gmina i miasto), gmin: Stare Pole, Sztutowo, Miłoradz oraz miast i gmin Nowy Dwór Gdański i Nowy Staw do ok. 10-11 dni w gminie Łeba, gminie Miasta Wejherowa, gminie Wejherowo, gminie Sulęczyno, gminie Łęczyce, gminie

[28] Ziernicka-Wojtaszek, A., Kopcińska, J., 2020. Variation in atmospheric precipitation in Poland in the years 2001-2018. Atmosphere (Basel). https://doi.org/10.3390/ATMOS11080794

[29] Wartalska, K., Kaźmierczak, B., Nowakowska, M., Kotowski, A., 2020. Precipitation patterns for modeling land drainage in Poland. Urban Water J. https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1781907

[30] Gupta, K., 2020. Challenges in developing urban flood resilience in India. Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci. https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0211

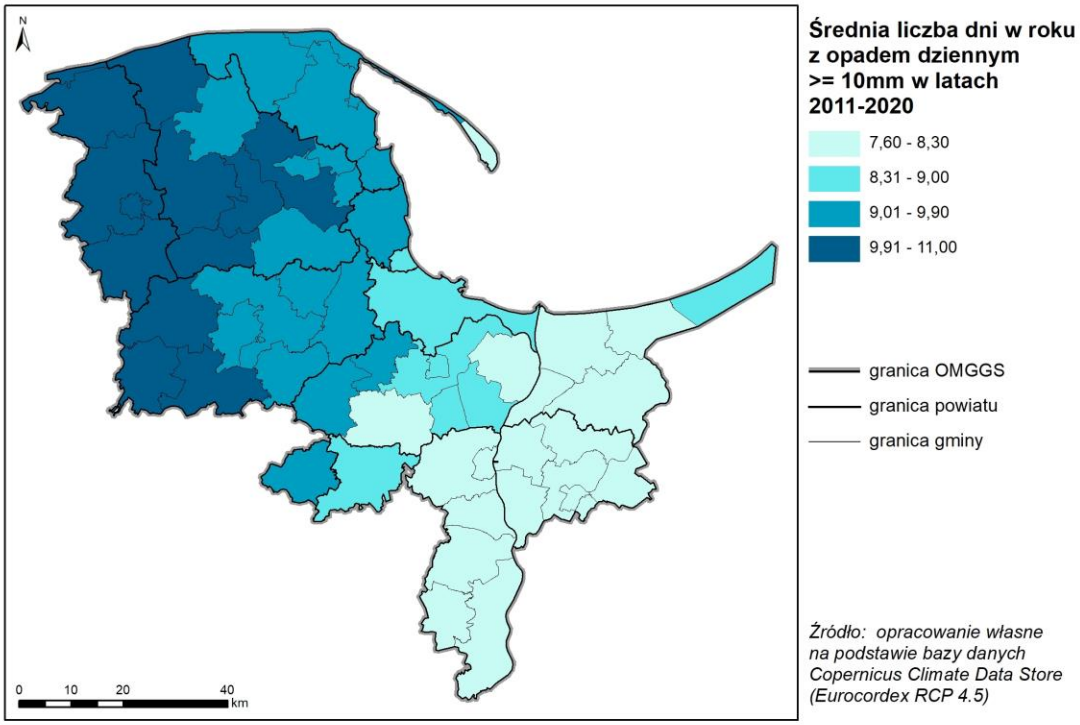
miasto Lębork czy gminie Choczewo. Zauważalna jest zmienność na osi wschód-zachód, co pozostaje w zgodzie z ogólnymi tendencjami obserwowanymi na obszarze całego kraju (Ryc. 21 i Ryc. 22).

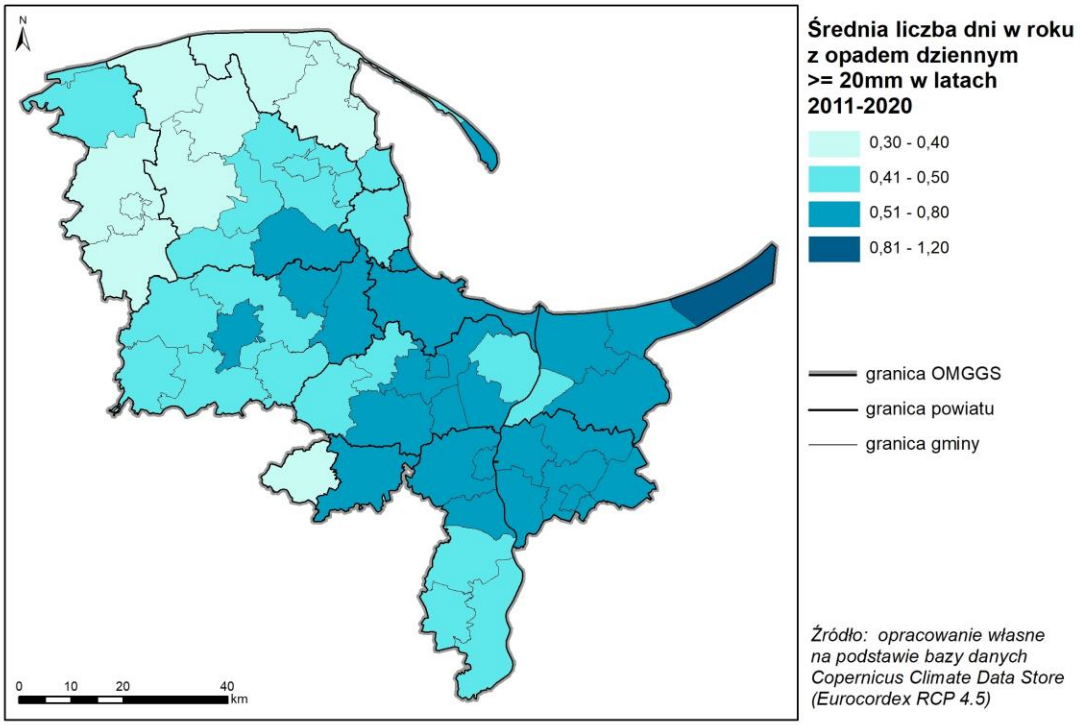


Ryc. 21 Dendrogram kształtowania się średniej ilości dni z sumą opadu >10 mm w latach 2011-2020 w gminch OMGGS.
źródło: opracowanie własne na podstawie danych E-OBS by Copernicus[31] (https://cds.climate.copernicus.eu)

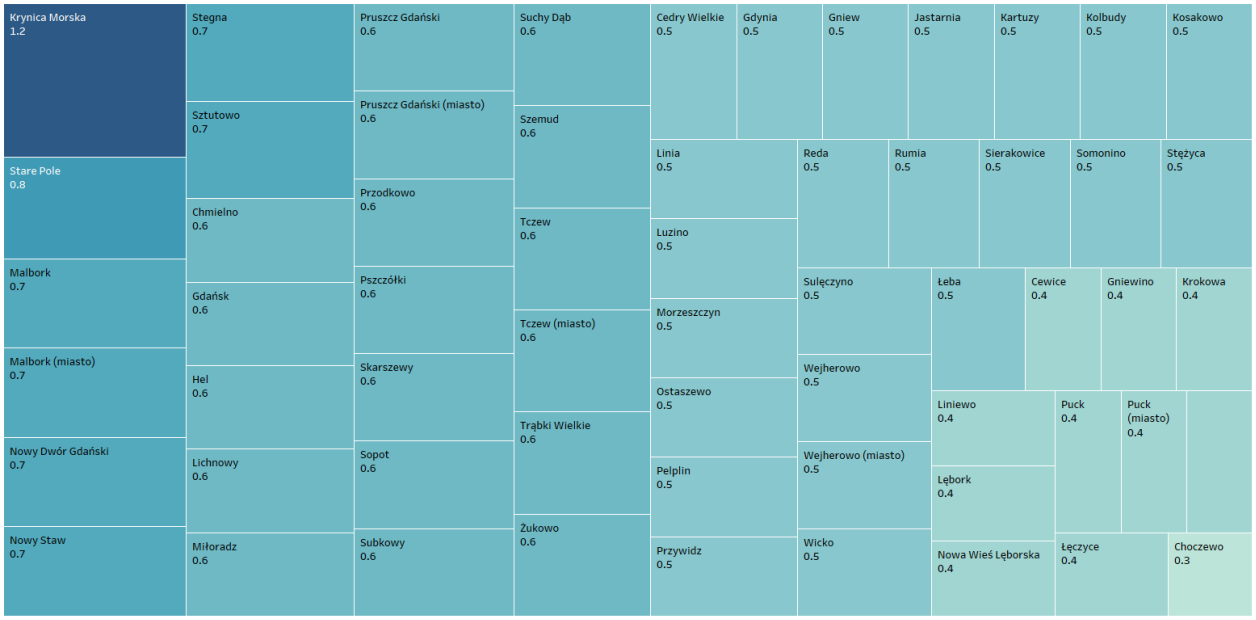
W przypadku ilości dni z opadami przekraczającymi 20 mm w ciągu dnia, obserwowano średnio 0,5 dnia dla dekady 2011-2020. Najmniej, bo średnio 0,3-0,4 dnia odnotowano m.in. w gminach Choczewo, Cewice, Władysławowo, Puck (gmina i miasto). Maksymalne średnie osiągające ok. 0,8-1,2 dni obserwowano m.in. w gminie miasto Krynica Morska, gminie Stare Pole oraz mieście i gminie Nowy Dwór Gdański (Ryc. 22 i Ryc. 23). W przypadku tych wartości opadu zróżnicowanie przestrzenne jest znaczne, jednakże można zauważyć zarys odwrotnej tendencji na linii wschód-zachód, gdyż w przypadku rzadszych, ale intensywniejszych opadów, większe wartości obserwowano we wschodniej części OMGGS.

[31] Climate Data Store, https://cds.climate.copernicus.eu [dostęp: 13.04.2021]





Ryc. 22 Średnia liczba dni w roku z opadem dziennym >= 10 mm i >= 20mm dla okresu 2011-2020



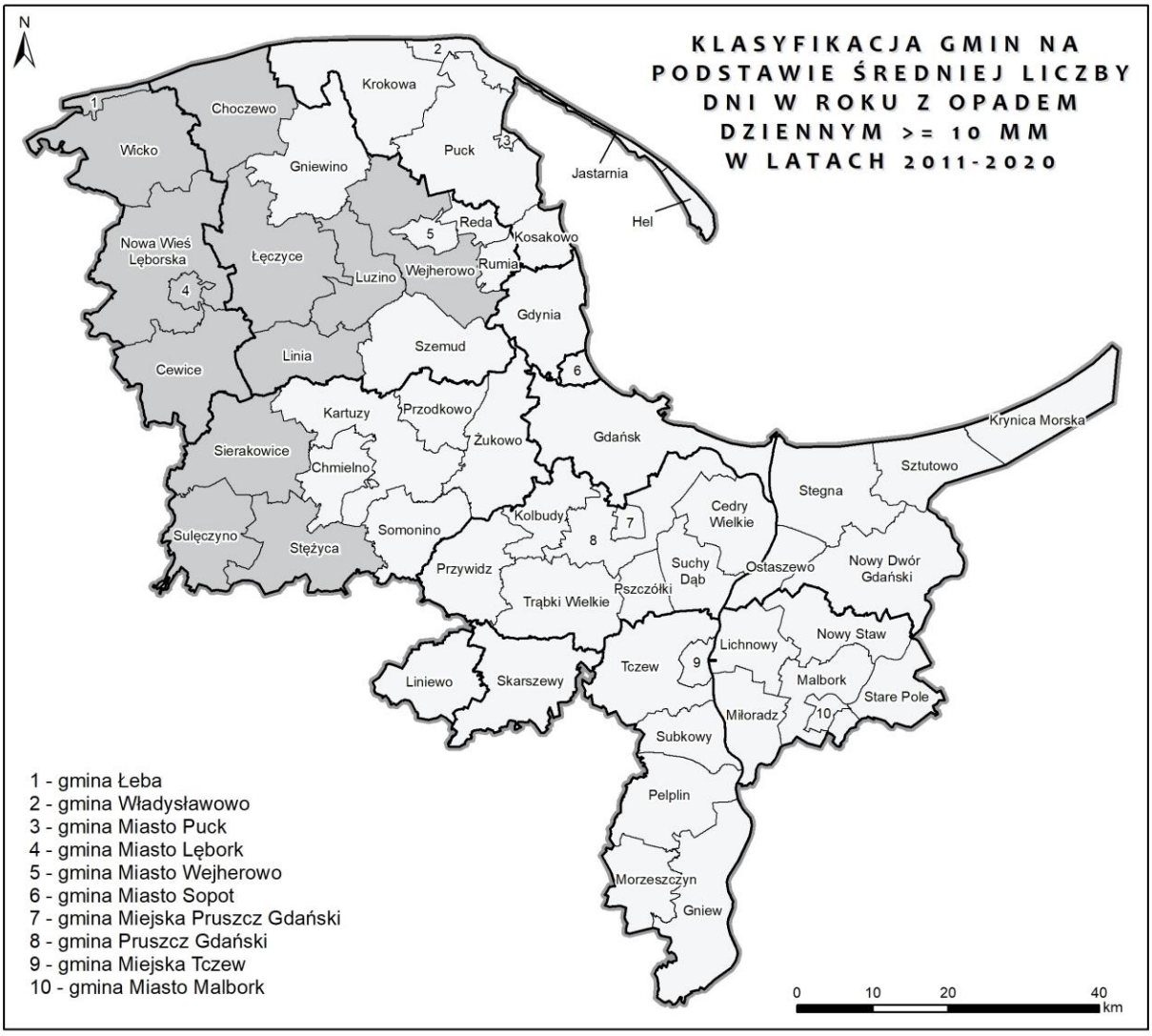
Ryc. 23 Dendrogram kształtowania się średniej ilości dni z sumą opadu >20 mm w latach 2011-2020 w gminach OMGGS.
źródło: opracowanie własne na podstawie danych E-OBS by Copernicus[32]

Dla analizowanych parametrów opracowano wartości wskaźnikowe z zakresie 1-4, gdzie:

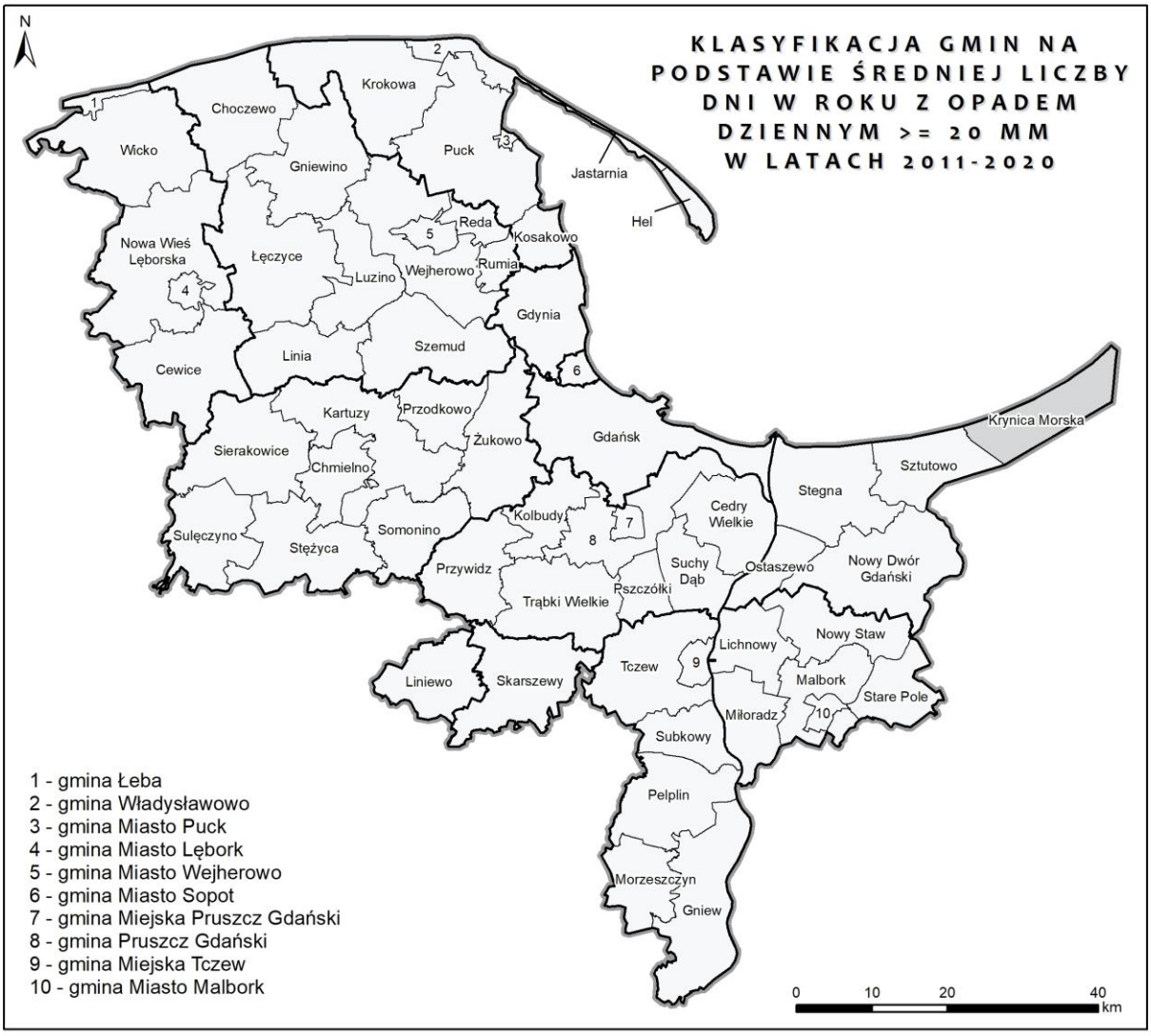
- dla ilości dni z sumą opadów >=10 mm: 1 – 7,6 do 10,3; 2 - >10,3 do 13; 3 - >13 do 15,7; 4 - >15,7 do 18,5 (Ryc. 24),
- dla ilości dni z sumą opadów >=20 mm: 1 – 0,3 do 1,1; 2 - >1,1 do 1,9; 3 - >1,9 do 2,7; 4 - >2,7 do 3,5 (Ryc. 25).

W zakresie ujęto wzrost związany z wynikami prognoz projektu CORDEX RCP4.5 tak, aby odzwierciedlały one wielkość zmian w obrębie jednolitych przedziałów (w konsekwencji, dla klasyfikacji ujmującej pełny zakres danych, w przypadku opadów >= 20 mm, nie wystąpiła wartość odpowiadająca klasie 3 w przyjętym podziale).

[32] tamże



Ryc. 24 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej ilości dni w roku z opadem >= 10 mm w okresie 2011-2020



Ryc. 25 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej ilości dni w roku z opadem >= 20 mm w okresie 2011-2020

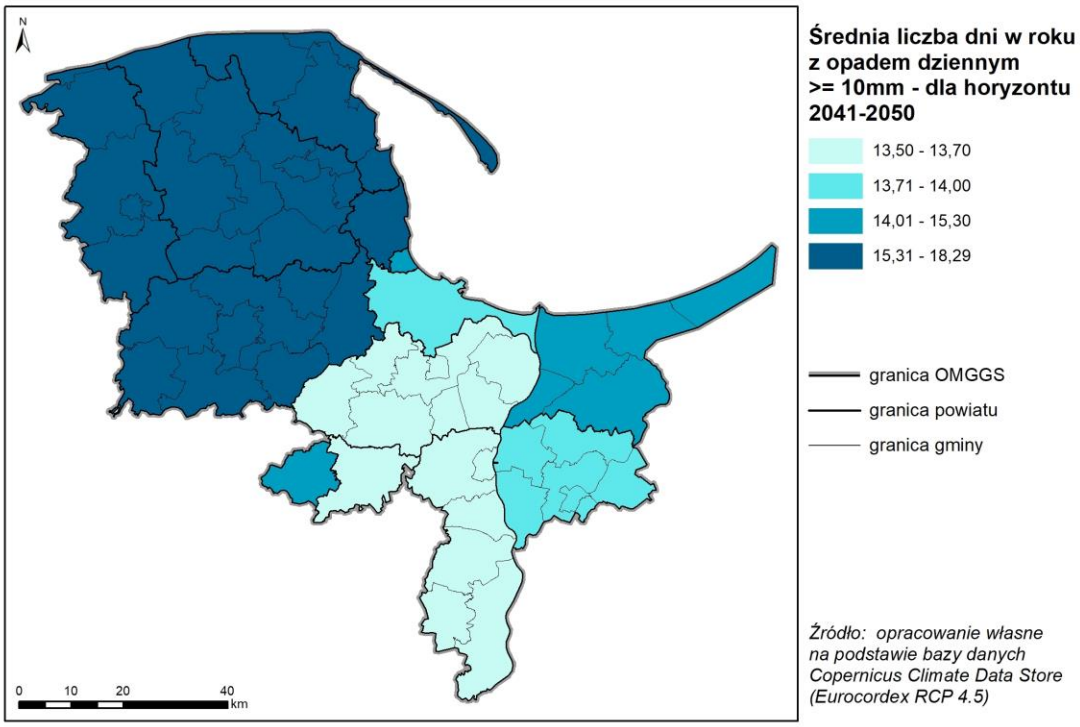
2.2.3.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości

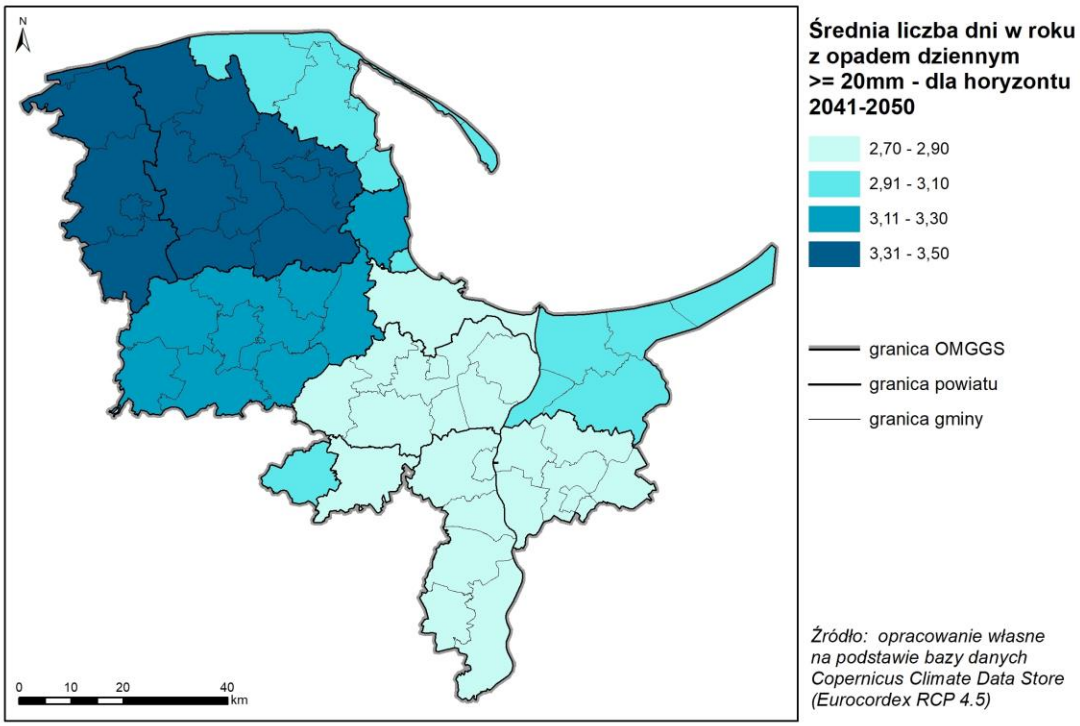
Analizowane modele zmian klimatu wskazują przede wszystkim na ponad 15% wzrost opadu zimowego w północnej części Polski w horyzoncie czasowym do 2050 roku. Spadków w sumach opadów OMGGS może doświadczyć w miesiącach jesiennych. Poza wspomnianymi powyżej prognozami brak jest jednoznacznych przesłanek traktujących o istotnych zmianach w rozkładzie przestrzennym zjawiska. Należy jednak spodziewać się wzrostu częstotliwości opadów klasyfikowanych jako nawalne. Prognozowane jest także „przesunięcie" się okna opadowego w kierunku miesięcy zimowych, kosztem opadów letnich. Jest to związane z występowaniem coraz częstszych i dłuższych okresów bezopadowych. Przewidywane zmiany w charakterystyce opadowej będą więc widocznie głównie w miarach częstotliwości i intensywności zdarzeń przy jednoczesnym zachowaniu rozkładów przestrzennych oraz

sum rocznych. W związku z takimi scenariuszami, należy zwrócić szczególną uwagę na przyrosty ilości dni z opadami nawalnymi na obszarze opracowania.

Dla ilości dni z opadem powyżej 10 mm modelowanie w ramach projektu CORDEX wskazuje na wzrost w całym OMGGS (Ryc. 26). Średnia osiągnęła dla całego obszaru 15,8 dni (przy 9 dniach w latach 2011-20). Minimalna prognozowana wartość to 13,5-14 dni dla 22 gmin z powiatów: gdańskiego, starogardzkiego, i tczewskiego. Maksymalna scenariuszowa ilość dni to 18,3 dla 15 gmin, wśród których są jednostki z powiatów: lęborskiego i wejherowskiego. Zróżnicowanie przestrzenne odpowiada układowi pasowemu, jak w przypadku danych dla stanu aktualnego. Wyższe wartości występują głownie na zachodzie, niższe na wschodzie obszaru. Wskazuje to na amplifikację obecnych trendów opadowych w przyszłości.

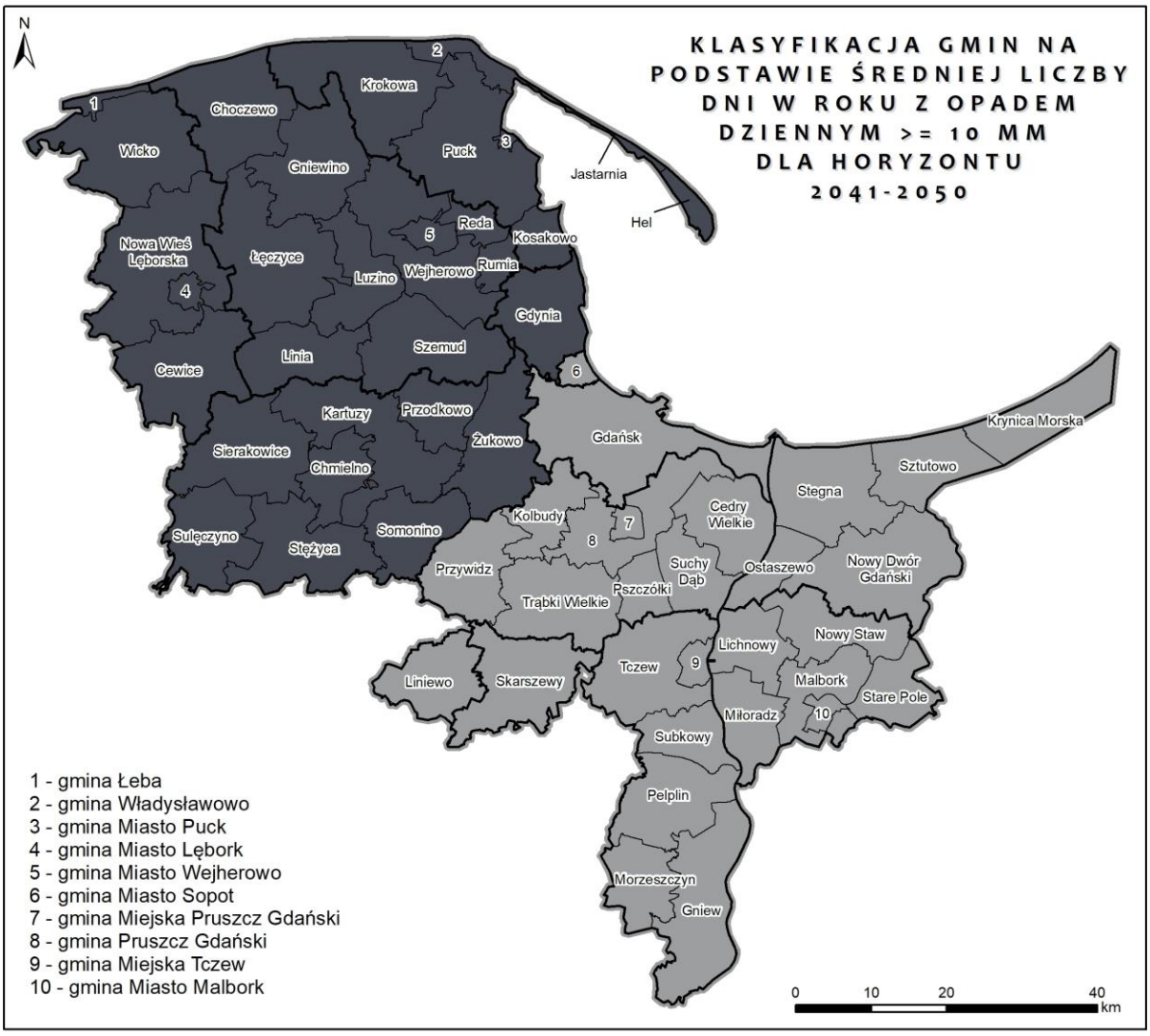
Opady nawalne o sumie przekraczającej 20 mm również osiągną trend wzrostowy na całym OMGGS. Średnia osiąga wartość 3 dni (więcej niż wartość maksymalna w latach 2011-20). Przewidywane minimum na obszarze to ok. 2,7 do 3,1 dni, w przypadku 36 gmin (powiaty: m. Gdańsk, gdański, tczewski, starogardzki. Od 3,2 do 3,5 dni obserwowane może być w przyszłości w 24 gminach, w powiatach: m. Gdynia, kartuskim i lęborskim. Struktura przestrzenna odpowiada układom teraźniejszym, za wyjątkiem gmin powiatu puckiego, dla których prognozowany jest wzrost ilości dni z ulewami do 3 w roku.



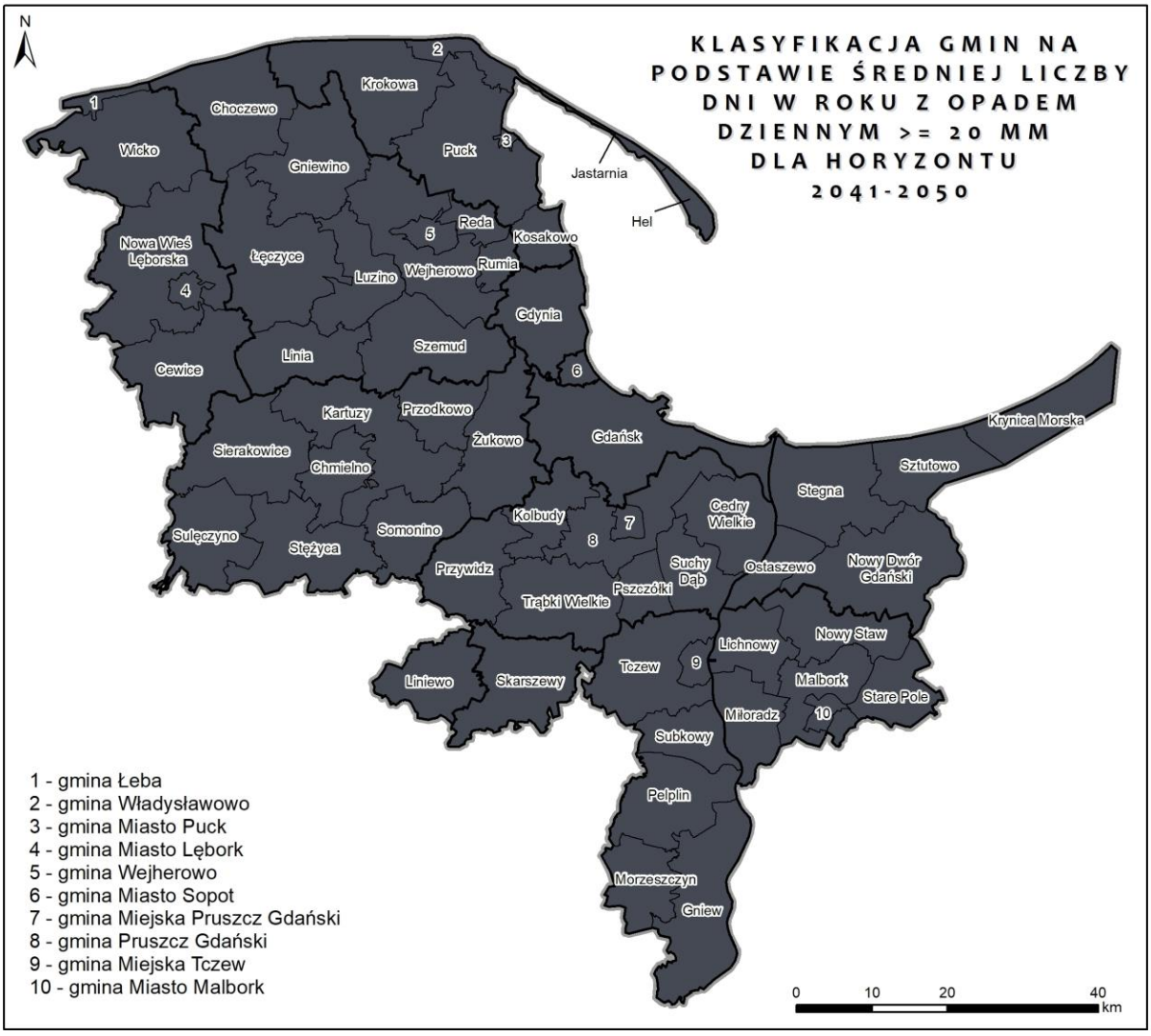


Ryc. 26 Średnia liczba dni w roku z opadem dziennym >= 10mm i >= 20mm w horyzoncie 2041-2050

Na podstawie danych z przeszłości oraz wyników pochodzących ze scenariuszy klimatycznych uzyskano, zgodnie z zaproponowaną powyżej skalą, klasyfikację gmin pod względem średniej liczby dni w roku z opadem przekraczającym 10 mm oraz 20 mm na dobę (Ryc. 27 i Ryc. 28). Za wartość referencyjną, która została uznana za wskaźnik służący do dalszych ocen, posłużyła klasyfikacja ilości dni z opadem nawalnym (>= 20 mm), ponieważ nosi ona w sobie także informację o zmianach w zakresie deszczów <= 10 mm.



Ryc. 27 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej liczby dni w roku z opadem dziennym >= 10mm w horyzoncie 2041-2050



Ryc. 28 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej liczby dni w roku z opadem dziennym >= 20mm w horyzoncie 2041-2050

Jednym ze skutków nawalnych deszczy jest również uruchamianie procesów osuwiskowych. Najbardziej niebezpieczne są okresowe, intensywne opady rozlewne, trwające kilka lub nawet kilkadziesiąt dni. Osuwiska uruchamiają się również w wyniku gwałtownych deszczy nawalnych, a nałożenie tych deszczy na wcześniejsze opady rozlewne, prowadzi do spotęgowania zjawiska[33]. Na obszarze OMGGS zagrożenie ruchami masowymi występuje przede wszystkim na wybrzeżu Bałtyku, co związane jest z rzeźbą strefy brzegowej oraz jej strukturą geologiczną. Rozwój osuwisk jest w tym przypadku powodowany erozją

[33] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna Ministerstwa Klimatu i Środowiska [WWW Document]. URL https://www.gov.pl/web/klimat/osuwiska

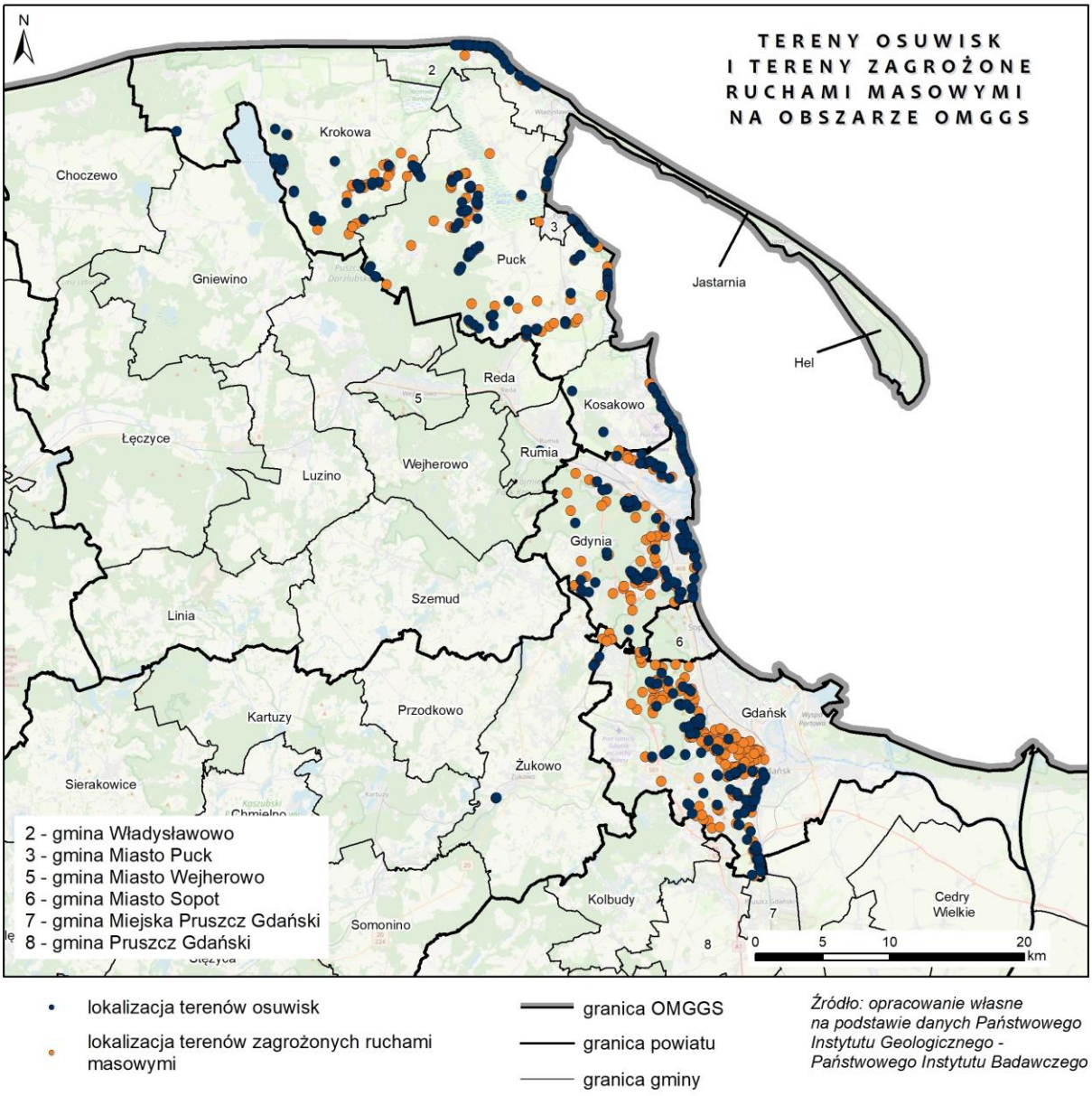
wybrzeża, zwiększoną częstotliwością występowania sztormów, a także cofaniem się klifów w głąb lądu[34]. W dalszej odległości od strefy brzegowej przyczyną pojawiania się lub odnawiania osuwisk na analizowanym obszarze była najprawdopodobniej działalność człowieka. Jest to m.in. zauważalne w Gdańsku, gdzie w wyniku zabudowy wysoczyzny morenowej Pojezierza Kaszubskiego, radykalnie zwiększono spływ powierzchniowy wód opadowych, prowadząc do występowania powodzi, a także zwiększonego nawadniania stoku wysoczyzny. W efekcie, doprowadziło to do wzrostu zagrożenia ze strony deszczy nawalnych. W Gdańsku w 2001 roku, w wyniku pojawienia się opadów tego typu, odnotowano uaktywnienie ruchów masowych[35]. Rozwój ruchów masowych w wyniku pojawienia się obfitych opadów deszczu narastać może nie tylko na obszarze osuwisk, ale także na obszarach zagrożonych osuwaniem się mas ziemnych[36]. Na Ryc. 29 przedstawiono lokalizację osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi na terenie OMGGS. Chociaż, w porównaniu do obszaru karpackiego – tereny te charakteryzują się niskimi wskaźnikami osuwiskowości[37], to w wyniku postępujących zmian klimatu, przejawiających się na analizowanym obszarze m.in. zwiększeniem częstotliwości deszczy nawalnych – zjawiska tego nie należy lekceważyć.

[34] tamże

[35] Leszek Jurys, Grzegorz Uścinowicz, Anna Małka, Tomasz Szarafin, Leszek Zaleszkiewicz, Urszula Pączek, Jerzy Frydel, P.P., 2014. Identyfikacja Zagrożeń Wywołanych Ruchami Masowymi W Przestrzeni Zurbanizowanej Na Przykładzie Map Osuwisk Gdańska I Gdyni. Górnictwo Odkryw. 55, 116–125.

[36] Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza w Gdańsku, 2011, Rejestr osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi dla terenu Gdańska.

[37] Identyfikacja Zagrożeń Wywołanych Ruchami Masowymi…



Ryc. 29 Tereny osuwisk oraz tereny zagrożone ruchami masowymi na terenie OMGGS

2.2.4 Fale upałów i dni gorących

Jednoznaczna definicja fali upałów nie istnieje w ujęciu globalnym. W różnych krajach przyjmowane są odrębne definicje, często zależne od typowych warunków temperaturowych, od których fala upałów ma być rozumiana jako anomalne odstępstwo. W Polsce najczęściej przyjmuje się definicję: „Fala upałów to ciąg przynajmniej trzech dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C w każdym dniu”[38]. Jest to zjawisko silnie związane z obserwowanymi na obszarach zurbanizowanych negatywnymi skutkami zmian klimatu, które zagrażają praktycznie każdemu aspektowi funkcjonowania ludzi, maszyn i procesów społeczno-gospodarczych.

Oprócz fal upałów wyróżnia się też, nie mniej istotne, tzw. dni gorące. W tym przypadku analizie poddaje się ilość dni w roku z temperaturą maksymalną >= 25° oraz >= 30°C. Nie bierze się jednak pod uwagę ciągu dni, lecz jedynie ich wystąpienie. Zestawienie każdej z tych trzech wartości pozwala na uzyskanie wystarczająco szerokiego zestawu informacji do oceny stanu aktualnego, a także próby szacowania możliwych zdarzeń prawdopodobnych w przyszłości. Najwięcej działań adaptacyjnych podejmowanych w Europie nawiązuje do problemów bezpośrednio lub pośrednio związanych z falami upałów lub dniami gorącymi.

2.2.4.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

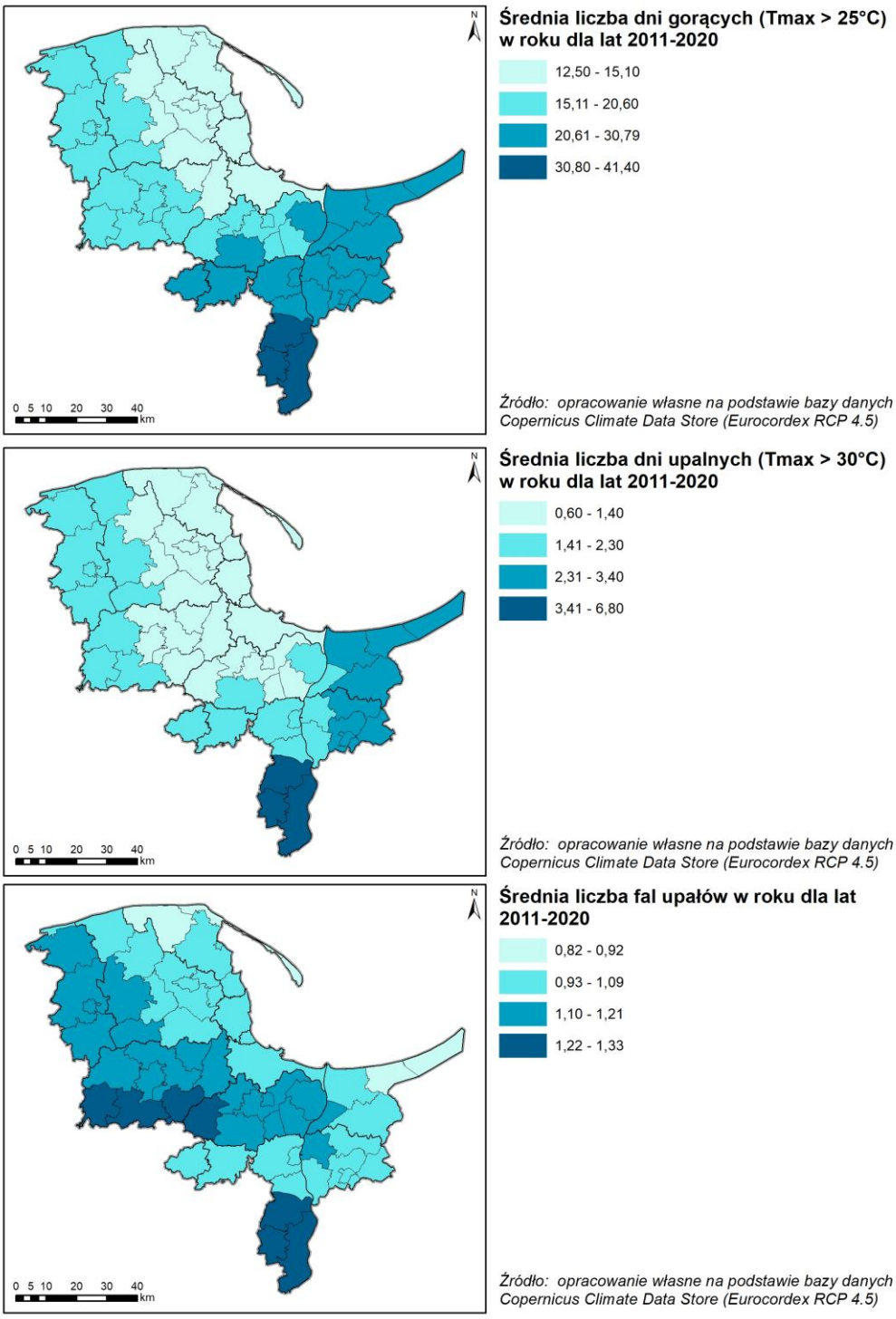
Polska, podobnie jak większość krajów Europy, zaczyna doświadczać negatywnych skutków zmian w systemie klimatycznym, co ma swoje szczególne odzwierciedlenie w klimatologii temperatury powietrza. Ostatnie 40 lat okazało się być najcieplejszym okresem w historii obserwacji klimatu w kraju. Temperatury średnie i maksymalne w ciągu roku rosną systematycznie od połowy XIX wieku. Wraz ze wzrostem wartości średnich i maksymalnych rośnie także częstotliwość i intensywność zdarzeń, które istotnie wpływają na dyskomfort termiczny odczuwalny już nie tylko w dużych ośrodkach miejskich.

W rejonie OMGGS ryzyko oddziaływanie fal upałów jest jednym z najniższych w Polsce. Nie oznacza to jednak braku występowania tego typu zjawisk, na które wpływ mają, oprócz czynników pogodowych, sprzężenia zwrotne pomiędzy klimatem regionu a charakterystyką lokalną mniejszych obszarów. Na potrzeby niniejszej Diagnozy poddano analizie miary średnich kroczących (10-letnich):

- liczba dni w roku z temperaturą maksymalną >=25°C,
- liczba dni w roku z temperatura maksymalna >=30°C,
- liczba fal upałów w roku.

Średnia liczba dni z temperaturą maksymalną >=25°C to około 20 dni dla lat 2011-2020. Najniższe dla obszaru maksima to od 12 do 15 dni w przypadku Pucka (miasto i gmina), gminy miasta Jastarnia, Władysławowa, gminy Miasta Wejherowa, gminy Wejherowo i gminy miasta Hel. Maksymalne ilości (od 30 do 40 dni) osiągały gminy Sztutowo i Morzeszczyn, miasto i gmina Nowy Staw, miasto i gmina Gniew, miasto i gmina Pelplin czy Malbork (miasto i gmina) (Ryc. 30). Obszar nadmorski w zachodniej części zakresu analiz charakteryzuje się najniższymi wartościami, podczas gdy w głębi lądu i na wschodzie, liczba dni gorących rośnie – co pozostaje w zgodzie z definiowanym od ok. 2006 roku wschodnim pasem obszarów narażonych na wzrost temperatury w Polsce.

[38] Kossowska-Cezak, U., 2010. Fale upałów i okresy upalne – metody ich wyróżniania i wyniki zastosowania. Pr. Geogr.



Ryc. 30 Rozkłady wartości dla średniej liczby dni gorących (Tmax>25°C), średniej liczby dni upalnych (Tmax>30°C) oraz średniej liczby fal upałów na obszarze OMGGS w latach 2011-2020.

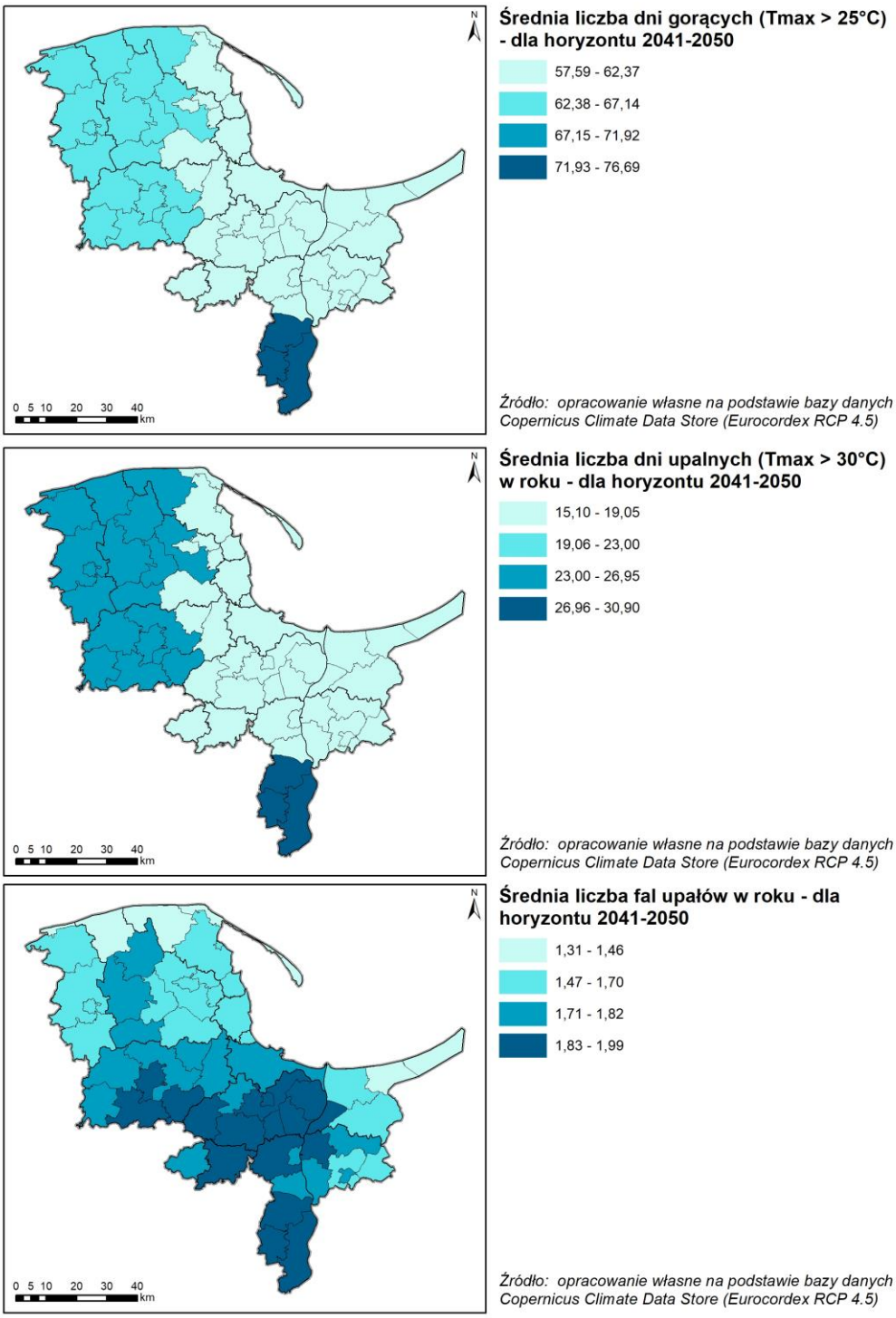
Dni definiowane jako upalne, w których maksymalna temperatura przekracza 30°C występowały średnio 1,9 razy w roku. Puck (miasto i gmina), gmina Władysławowo, gmina miasto Jastarnia, gmina Krokowa, gmina Gniewino, miasto Sopot, oraz gmina miasto Hel charakteryzowały się najmniejszymi wartościami, od 0,6 do 1 dnia. Maksymalne wartości od 3 do 7 dni odnotowano w gminie Morzeszczyn, gminie Sztutów, mieście i gminie Pelplin i gminie Stare Polek (Ryc. 30). Podobnie jak w przypadku poprzedniego

wskaźnika, uprzywilejowane są obszary nadmorskie. Maksymalne ilości dni upalnych dotykały gmin sytuowanych w głębi lądu, w szczególności na wschodzie obszaru opracowania.

Występowanie fal upałów na OMGGS w latach 2011-2020 charakteryzowało się średnią 1,09 zdarzeń. Najkorzystniej odznaczały się: gmina miasto Hel, gmina Władysławowo, gmina miasto Krynica Morska, gmina Sztutowo, gmina miasto Jastarnia, czy gmina Krokowa – osiągając średnio 0,8 fali upałów w dekadzie. Wartości maksymalne, czyli od 1 do 1,3 fal upałów dotyczyły 46 gmin, z czego najwyższe wartości obserwowano w gminach: Morzeszczyn, miasto i gmina Pelplin, miasto i gmina Gniew, Sulęczyno i Przywidz (Ryc. 30). W przypadku fal upałów jeszcze wyraźniej obserwować można łagodzące oddziaływanie sąsiedztwa Morza Bałtyckiego.

2.2.4.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości (2050)

W perspektywie do roku 2050 scenariusze zmian klimatu (EURO-CORDEX RCP4.5) wskazują na istotny wzrost temperatur maksymalnych w Polsce, również w OMGGS. Prognozy te wiążą się także ze wzrostem ilościowym każdego z rozważanych parametrów.
Średnia ilość dni z temperaturą maksymalną >=25^{o}C wzrośnie do około 61 dni do roku 2050. Najniższe dla obszaru maksima to od 57 do 66 dni w przypadku miasta Sopotu, gminy miasta Helu, gminy Liniewo, gminy Tczew i gminy Stegny. Maksymalne ilości (około 76 dni) osiągną gminy Morzeszczyn, miasto i gmina Gniew oraz miasto i gmina Pelplin. Rozkład przestrzenny dla prognozy zaznacza widziane wcześniej różnice, przy jednoczesnym podniesieniu maksimów w każdym przypadku.
Liczba dni definiowanych jako upalne występować może średnio 18,65 razy w roku. Miasto Sopot, gmina miasto Hel, gmina Liniewo, gmina miejska Tczew, gmina Lichnowy, gmina Stegna, gmina Pruszcz Gdański będą charakteryzowały się najmniejszymi wartościami, od 15,6 do 20 dni. Maksymalne wartości od 24 do 31 dni prognozuje się w gminie Morzeszczyn, gminie Gniewino, mieście i gminie Pelplin, gminie Luzino, gminie Łeba czy gminie Somonino. Tym razem obszary nadmorskie tracą uprzywilejowaną pozycję, lecz nadal maksymalne ilości dni upalnych dotykały gmin sytuowanych w głębi lądu.
Fale upałów osiągną średnią 1,74 zdarzeń na rok. Minimalne ciągi wzrosną do wartości 1,3–1,5 okresów, natomiast maksima będą wskazywały na średnią ilość 1,9–2 fal upałów w roku. Zgodnie z ogólnymi trendami dla kraju, obszary położone bezpośrednio nad Bałtykiem mogą spodziewać się najmniejszych negatywnych oddziaływań ciągów temperatur maksymalnych.
Za wartość referencyjną, która została uznana za wskaźnik służący do dalszych ocen posłużyła klasyfikacja średniej ilości fal upałów w ciągu roku, ponieważ nosi ona w sobie także informację o zmianach w zakresie ciągów dni z temperaturami >= 30^{o}C (Ryc. 31).



Ryc. 31 Rozkłady wartości dla średniej liczby dni gorących (Tmax>25°C), średniej liczby dni upalnych (Tmax>30°C) oraz średniej liczby fal upałów na obszarze OMGGS w horyzoncie 2041-2050

2.2.5 Fale chłodu

Podstawowym przejawem zmian klimatu w kontekście anomalii w przebiegach temperatury, które w scenariuszach kontrastują z okresami upalnymi i gorącymi, są tzw. fale chłodu[39]. Zjawisko to definiowane jest jako kilkudniowy (lub, w skrajnych przypadkach, kilkutygodniowy) okres z wyraźnym spadkiem temperatury, który może wystąpić zarówno zimą (fale mrozów), jak i latem (ochłodzenie)[40]. Precyzyjna definicja proponowana przez *National Weather Service* określa falę chłodu jako gwałtowny spadek temperatury w ciągu 24 godzin, wymagający zwiększenia intensywności ochrony rolnictwa, przemysłu handlu oraz działalności społecznej. Oznacza to, że skala oddziaływania zjawiska jest związana z historycznymi zdarzeniami dla danego regionu, którego funkcjonowanie może być w różny sposób uodpornione na falę chłodu o danej intensywności. Kryterium fizyczne opiera się na wskaźniku szybkości, z jaką temperatura spada do minimum. Wartość minimalna określna jest indywidualnie dla regionu geograficznego i pory roku przez lokalne służby meteorologiczne. W Polsce fale chłodu to ponad trzydniowe okresy z temperaturą minimalną określaną jako bardzo mroźna (<=-10 ^{o}C). Ponadto, wskaźnikami, które często towarzyszą danym o kształtowaniu się temperatur niskich w ciągu roku są: liczba dni przymrozkowych (Tmin < 0^{o}C), liczba dni mroźnych (Tmax<0^{o}C), oraz liczba dni z przejściem temperatury przez 0 ^{o}C).

2.2.5.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

W trakcie badań prowadzonych w okresie 1966-2017 w Polsce ciągi dni chłodnych występowały rzadziej niż fale upałów[41]. Na tle kraju, w OMGGS obserwowano stosunkowo mało dni (średnio 14) w roku, co tłumaczyć należy łagodzącym oddziaływaniem Bałtyku. W północnej Polsce notowano także najmniejsze wahania w zakresie liczby ciągów dni chłodnych w poszczególnych miesiącach, wskazując jednocześnie na wyraźną regularność. Roczne maksimum występowało latem (lipiec i sierpień), z kolei najmniejsza częstość przypadała na okres od listopada do lutego. Znaczący spadek w ilości dni chłodnych obserwowany był od drugiej połowy lat 80., a szczególnie po 2000 roku. Od początku XXI wieku do roku 2017 odnotowano jedynie 5 fal chłodu, z czego 3 klasyfikowano jako szczególnie krótkie (ciągi 2-5 dniowe). Tendencje te wynikają z obserwowanego wzrostu temperatury maksymalnej (patrz podrozdział 2.2.4 Fale upałów i dni gorących), szczególnie silnego w okresie wiosennym.

Na analizowanym obszarze w wieloleciu 2011-2020 średnia długość fali chłodu wynosiła od 4,9 dni (gminy: Linia, Szemud, Choczewo, gmina miasto Reda, Gniewino, Wejherowo, gmina miejska Rumia, Łęczyce, Luzino oraz gmina Miasta Wejherowa) do około 6,1 dni (gminy: Lichnowy, Stare Pole, Miłoradz, miasto i gmina Nowy Staw, Malbork – zarówno gmina, jak i miasto). Średnia długość wynosiła około 5,5 dnia.

[39] De Vries, H., Haarsma, R.J., Hazeleger, W., 2012. Western European cold spells in current and future climate. Geophys. Res. Lett. https://doi.org/10.1029/2011GL050665

[40] Lavaysse, C., Naumann, G., Alfieri, L., Salamon, P., Vogt, J., 2019. Predictability of the European heat and cold waves. Clim. Dyn. https://doi.org/10.1007/s00382-018-4273-5

[41] Tomczyk, A.M., Pólrolniczak, M., Kolendowicz, L., 2018. Cold Waves in Poznań (Poland) and thermal conditions in the city during selected cold waves. Atmosphere (Basel). https://doi.org/10.3390/atmos9060208

2.2.5.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości

W przypadku rozpatrywanego obszaru, podobnie jak dla tej części Europy, fale chłodu nie stanowią czynnika kształtującego klimatologię, ze względu na prognozowany zanik częstotliwości występowania w ciągu roku. Zanik zjawiska obserwowany będzie głównie na obszarach zurbanizowanych, które doświadczać będą przede wszystkim skutków związanych z podnoszącymi się temperaturami maksymalnymi.

Dla każdej z gmin OMGGS, model CORDEX dla scenariusza RCP4.5 na lata 2041-2050 prognozuje spadki w długości trwania fal chłodu, co jest zgodne z obserwowanymi aktualnie tendencjami na terenie Europy. Średnia długość trwania zjawiska obniży się do około 2,18 dni (spadek o 3,32 dni w stosunku do dekady 2011-2020). Największe obniżenie (do 3,9 dni) spodziewane jest dla gmin: gmina miasto Hel, Krokowa, Władysławowo, gmina miasto Jastarnia, Kosakowo, oraz Puck (miasto i gmina). Średnio najdłuższe okresy chłodu (5,5 dni) w perspektywie 2041-2050 są spodziewane dla gmin: Tczew, Lichnowy, miasta i gminy Pelplin, Stare Pole, Subkowy, Miłoradz, miasta i gminy Nowy Staw, Malbork (gmina i miasto), miasta i gminy Gniew, oraz Morzeszczyn. Mimo wartości przekraczających średnią z lat 2011-2020, każda z tych gmin osiągnie tendencję spadkową o średnio 0,6 dnia na dekadę.

2.2.6 Powodzie

Powódź to jedno z najczęściej występujących ekstremalnych zagrożeń naturalnych, najczęściej o gwałtownym charakterze, występującym nieregularnie. Zgodnie z art. 16 pkt 43 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. prawo wodne[42], powódź definiowana jest jako „czasowe pokrycie przez wodę terenu, który w normalnych warunkach nie jest pokryty wodą, w szczególności wywołane przez wezbrania wody w ciekach naturalnych, zbiornikach wodnych, kanałach oraz od strony morza, z wyłączeniem pokrycia przez wodę terenu wywołanego przez wezbranie wody w systemach kanalizacyjnych". Ze względu na źródło powodzie podzielić można na:

- rzeczne - związane z wezbraniem wód rzecznych, strumieni, potoków górskich, kanałów, jezior, w tym powódź wynikająca z topnienia śniegu,
- opadowe - związane z zalaniem terenu wodami pochodzącymi bezpośrednio z opadów deszczu lub z topnienia śniegu, może obejmować miejskie powodzie burzowe lub nadmiar wody na obszarach pozamiejskich,
- od wód gruntowych - związane z zalaniem terenu na skutek podniesienia się poziomu wód powyżej poziomu gruntu, może obejmować podniesienie się wód gruntowych i podziemnych wynikające z wysokiego poziomu wód powierzchniowych,
- od strony morza - związane z zalaniem terenu przez wody morskie, w tym ujściowe odcinki rzek i jeziora przybrzeżne,
- od urządzeń hydrotechnicznych - związane z zalaniem terenu przez wody na skutek awarii budowli piętrzących,
- inne - powódź wywołana innymi czynnikami oraz powódź o nieznanej genezie.

Ze względu na mechanizm powstania powodzie dzielone są na:

- naturalne wezbranie - zalanie terenu na skutek podniesienia się poziomu wody,

[42] Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 624 ze zm.)

- **przelanie się wody** przez budowle przeciwpowodziowe - zalanie terenu na skutek przelania się wód np. przez koronę wału przeciwpowodziowego,
- **awarię budowli przeciwpowodziowych lub infrastruktury technicznej** - zalanie terenu na skutek zniszczenia lub uszkodzenia naturalnych lub sztucznych zabezpieczeń przeciwpowodziowych lub infrastruktury technicznej, w tym awarii obiektów retencyjnych, wrót przeciwpowodziowych,
- **powódź zatorowa** - zalanie terenu na skutek powstania naturalnego lub sztucznego zatoru na cieku.

Ocena zagrożenia oraz zarządzanie ryzykiem powodziowym (ryzyko oznacza kombinację prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i prawdopodobieństwa wystąpienia związanych z powodzią potencjalnych negatywnych konsekwencji dla życia i zdrowia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego i działalności gospodarczej) w Polsce odbywa się w cyklu 6-letnim zdefiniowanym przez Dyrektywę 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (tzw. Dyrektywa Powodziowa). Kolejne elementy powtarzalnego cyklu stanowi:

- Wstępna Ocena Ryzyka Powodziowego (WORP),
- Mapy Zagrożenia Powodziowego i Ryzyka Powodziowego (MZPiRP),
- Plany Zarządzania Ryzykiem Powodziowym (PZRP).

2.2.6.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

W przypadku OMGGS identyfikacja zagrożenia powodzią wskazuje na 3 rodzaje powodzi rzecznych, które mogą wystąpić. W skali kraju jest to obszar ujściowy największej polskiej rzeki Wisły, charakterystyczny pod tym względem i niepowtarzalny, jednak zagrożony zarówno przez powodzie wynikające z naturalnego wezbrania, powodzie wywołane awarią urządzeń hydrotechnicznych (w szczególności wałów) jak i powodzie zatorowe. Dodatkowo obszar OMGGS narażony może być na tzw. *flash-flood*, czyli powódź błyskawiczną, występującą lokalnie na mniejszych rzekach i potokach w wyniku gwałtownego intensywnego nawalnego opadu, szczególnie na obszarze miejskim, gdzie ograniczone są możliwości retencji oraz filtracji wody i następuje szybki gwałtowny spływ powierzchniowy. Dodatkowo teren OMGGS i rzek Przymorza narażony jest na powódź od strony morza – powodzie tego typu związane są dla obszaru południowego Bałyku z występowaniem silnego sztormu, wiatru północnego wpychającego wody morskie do rzek i wynikającej z tego cofki w rzekach dopływających do morza. Skala wezbrania może być większa, jeżeli równocześnie z takimi warunki dojdą wysokie stany i przepływy w rzekach Przymorza wywołane warunkami pluwialnymi, gdzie wody rzeczne w wyniku braku możliwości odpływu będą wylewać. Układ ryzyka na obszarze OMGGS, można więc uznać za skomplikowany i wieloczynnikowy, co potwierdziły zdarzenia historyczne (m.in. powodzie w Gdańsku w 2001 i 2016r.)

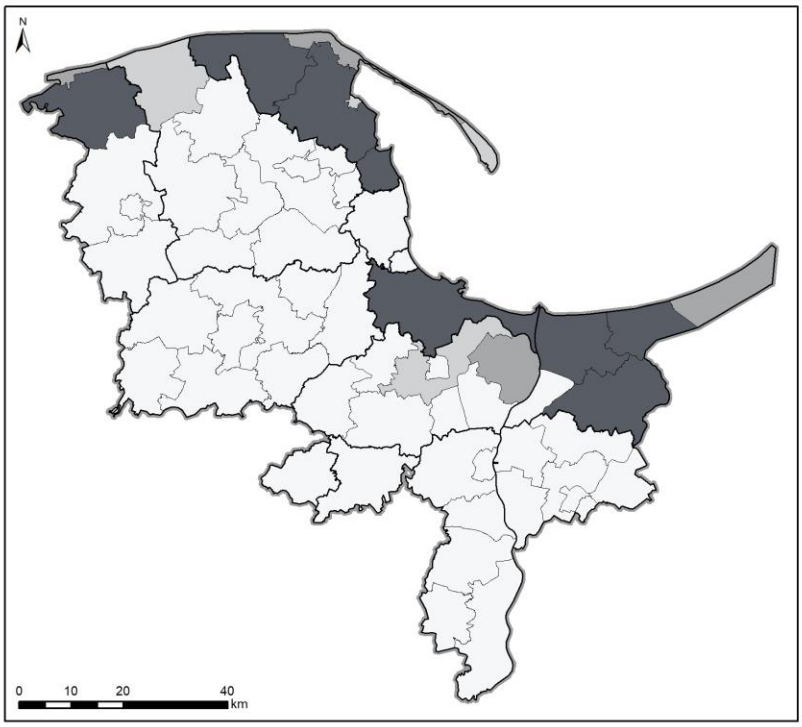
Analiza występowania zjawiska powodzi na terenie OMGGS opracowana została w oparciu o dane z Map Zagrożenia Powodziowego i Ryzyka Powodziowego (MZPiRP). Analizowane były szczególnie dwa typy powodzi: powodzie naturalne od strony rzek oraz powodzie od strony morza. W ramach opracowania MZPiRP określone zostały dla powodzi rzecznych zasięgi wody o prawdopodobieństwie wystąpienia p=10% (woda występująca raz na 10 lat), p=1% (woda występująca raz na 100 lat), p=0,2% (woda katastrofalna występująca raz na 500 lat), natomiast dla powodzi od strony morza p=1% oraz p=0,2%.

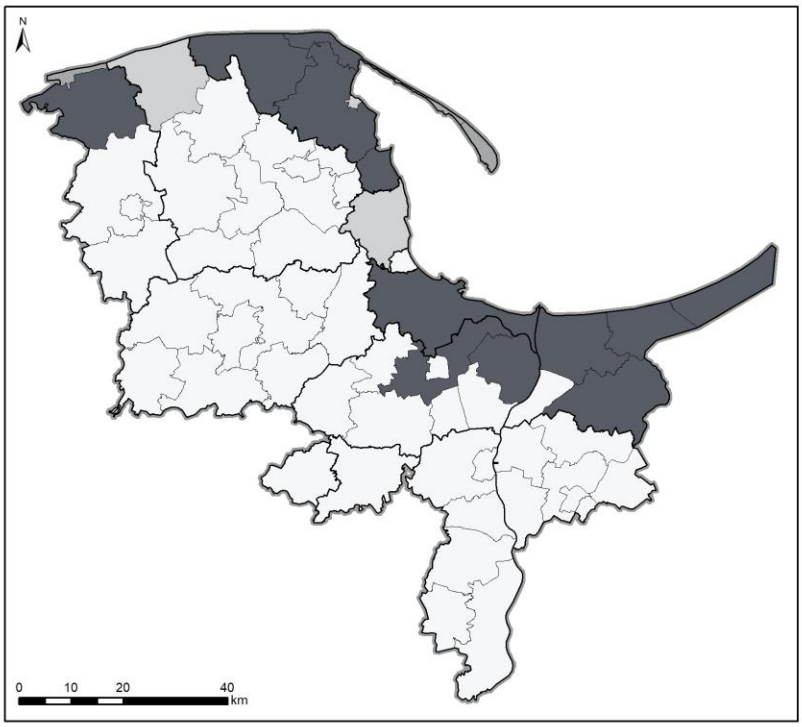
Na podstawie danych z hydroportalu prezentującego mapy zagrożenia powodziowego[43] określone zostały powierzchnie zagrożone zalaniem w każdej z gmin OMGGS dla każdego wspomnianego wyżej prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi. Przyjęcie takiej formy wykorzystania danych o różnym prawdopodobieństwie wystąpienia z jednej strony dla rzek obwałowanych (np. doliny rzeki Wisły) powiela te same obszary dla każdego prawdopodobieństwa, z drugiej jednak zostało uznane za zasadne z racji tego, że każde prawdopodobieństw wystąpienia wskazuje na inny charakter powodzi (powódź p=10% to powódź stosunkowo lekka – zdarzająca się dość często, jednak nie przynosząca aż tak wielu szkód, gdyż większość infrastruktury jest na nią przygotowana i zabezpieczona; powódź p=0,2% to powódź katastrofalna, której wystąpienie chodź bardzo rzadkie, oznacza ogromne straty; powódź p=1% jest pośrednim wariantem najczęściej interpretowanym dla celów inżynierskich, zagospodarowania przestrzennego i innych). Z uwagi na szerokie spektrum możliwych do wystąpienia typów powodzi przyjęto do analiz wszystkie dostępne prawdopodobieństwa wystąpienia dla wezbrań rzecznych oraz od strony morza.

Z obliczonych powierzchni zalewu wycięto obszary rzek i jezior, gdzie woda znajduje się stałe, otrzymując w ten sposób faktyczny obszar powodzi, czyli zgodnie z definicją – obszaru, który w normalnych warunkach nie jest pokryty wodą.

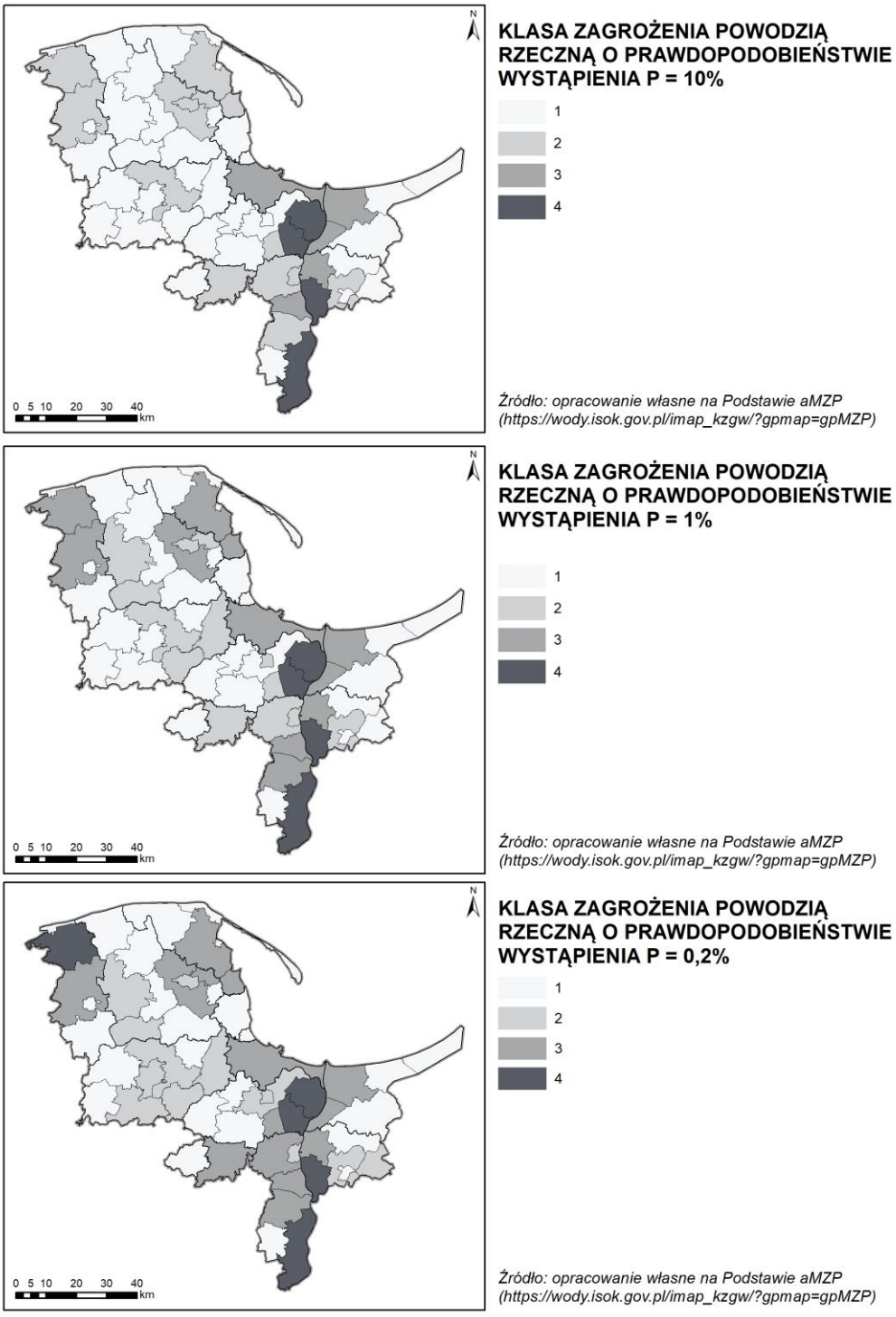
Klasyfikacja w gminach dla każdego prawdopodobieństwa została wykonana z uwzględnieniem jednakowych powierzchni tj. klasa 1 – do 50ha terenów zalanych na terenie gminy, klasa 2 – od 50 do 200 ha, klasa 3 – od 200 do 500 ha i klasa 4 – powyżej 500ha. Tak sklasyfikowane poszczególne powierzchnie zalewu w gminach zostały dwustopniowo przeliczone, aby uzyskać wypadkową klasę zagrożenia na całym terenie OMGGS. Najpierw policzono wypadkową dla zagrożenia od strony powodzi rzecznych wykonując średnią arytmetyczną z klas zagrożenia powodziowego dla prawdopodobieństw p=10%, 1% i 0,2%, zaokrąglając zawsze uzyskany wyniki do klasy w górę. Identyczne podejście zastosowano dla klas zagrożenia powodziowego ze strony morza, obliczając średnią dla prawdopodobieństw p=1% oraz 0,2%. Ostateczna wypadkowa klasa zagrożenia powodzią była średnią arytmetyczną zaokrągloną w górę dla zagrożenia ze strony rzek i ze strony morza.

[43] Hydroportal Informatycznego Systemu Ochrony Kraju ISOK, https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/?gpmap=gpMZP [dostęp: 17.05.2021]



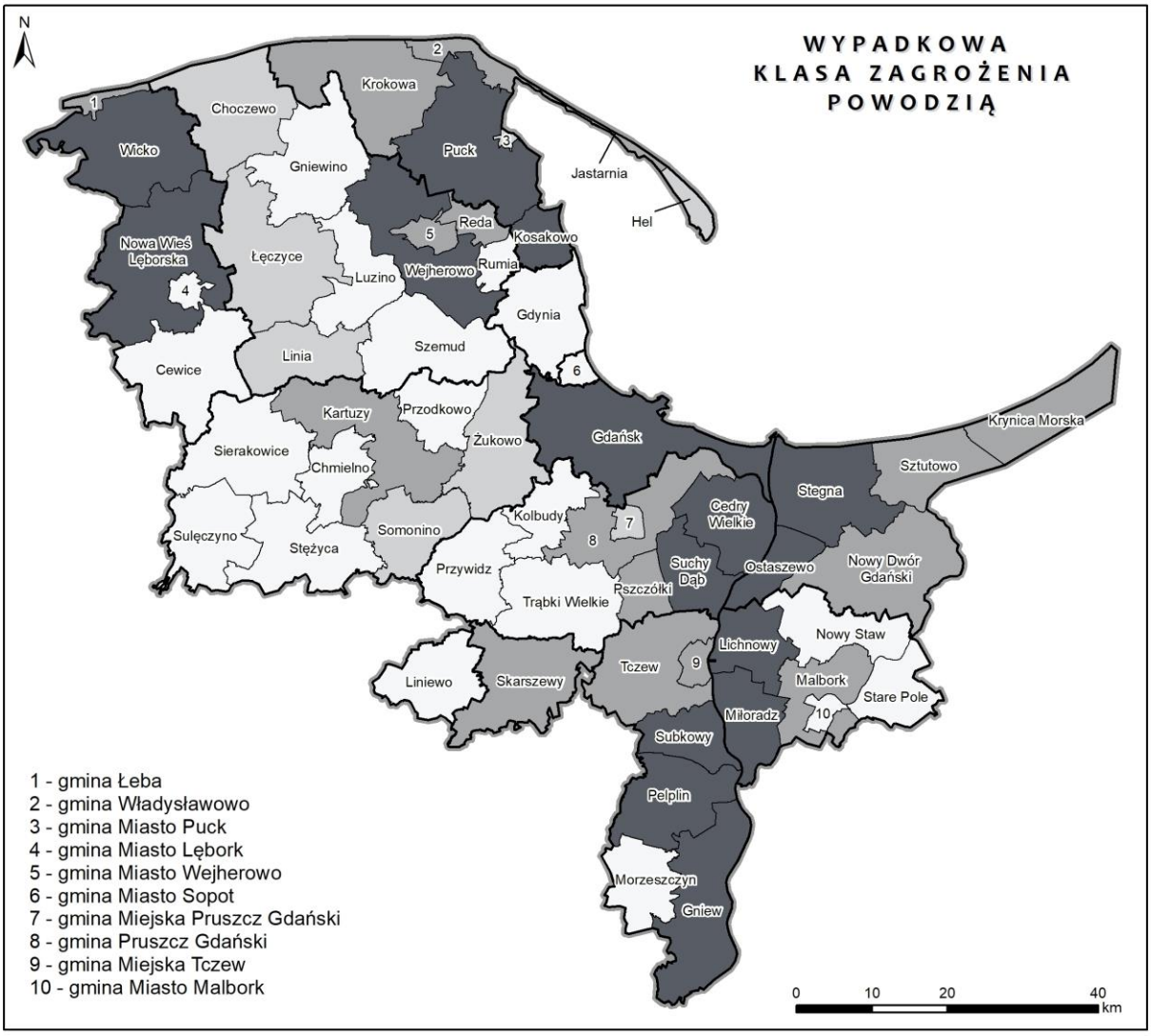


Ryc. 32 Klasyfikacja zagrożenia powodzią od strony morza w gminach OMGGS



Ryc. 33 Klasyfikacja zagrożenia powodzią rzeczną w gminach OMGGS

Ostateczna wypadkowa klasyfikacja zagrożenia powodzią na terenie OMGGS przedstawiona na Ryc. 34 wskazuje na obszary największego zagrożenia powodzią w gminach położonych w dolinie Wisły, pasie nadmorskim oraz w północnej części regionu, w dolinach rzek Łeby i Piaśnicy.

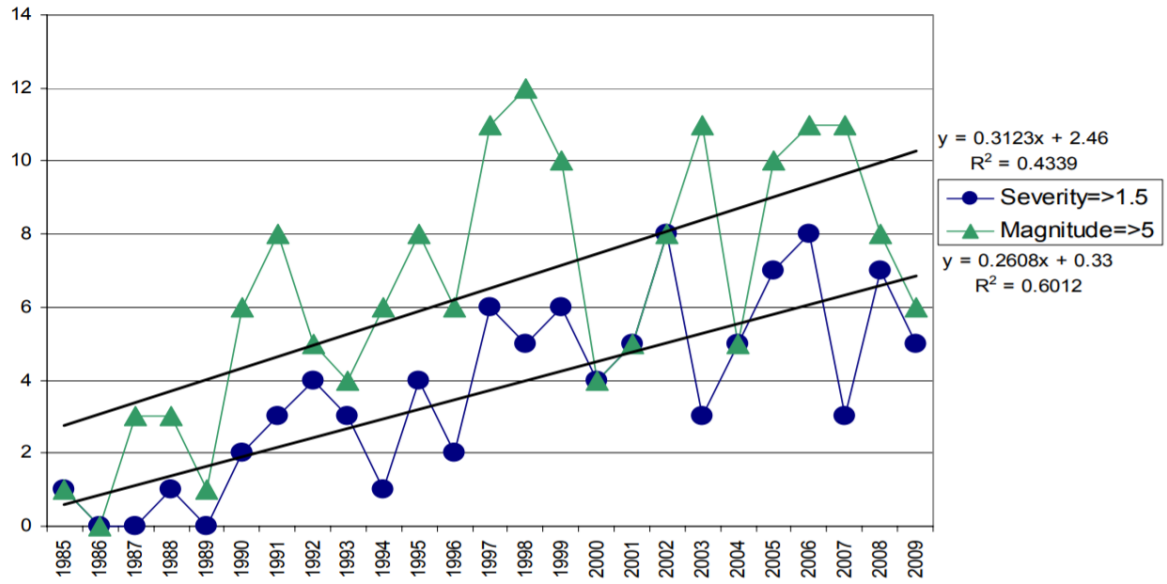


Ryc. 34 Wypadkowa klasa zagrożenia powodzią w gminach OMGGS

2.2.6.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości

Zjawisko powodzi jest zjawiskiem ekstremalnym i wywołane może być przez wiele czynników. Właściwa detekcja zmian wystąpienia zjawiska w przyszłości jest bardzo trudna lub właściwie niemożliwa z powodu silnej zmienności naturalnej, wysokiej niepewności i istnienia różnych czynników, odpowiadających za częstość i amplitudę powodzi. Świadectwo obserwacji pozwala na sformułowanie stwierdzenia, że straty spowodowane ekstremami klimatycznymi wyraźnie rosną. Straty spowodowane katastrofami

naturalnymi związanymi z wodą rosną szybciej niż liczba ludności, czy majątek[44]. Zgodnie z trendami rośnie też liczba wielkich powodzi zgodnie z poniższą ryciną.



Ryc. 35 Liczba wielkich powodzi w Europie w latach 1985-2009

źródło: Dane z Obserwatorium Powodzi. [za: KUNDZEWICZ Z. W, ZMIANY RYZYKA POWODZIOWEGO W EUROPIE, Sympozjum europejskie: WSPÓŁCZESNE PROBLEMY OCHRONY PRZECIWPOWODZIOWEJ. Paryż 2012]

Analizując jednak modele matematyczne interpretujące fizyczne właściwości obiegu wody w naturze, którego jedną ze składowych jest odpływ powierzchniowy, występuje następującą reguła: jeżeli [temperatura rośnie] i [intensywność opadu rośnie z ociepleniem] wówczas [prawdopodobieństwo powodzi rośnie]. Jednak weryfikacja tej reguły okazała się problematyczna. Scenariusze przyszłego klimatu wskazują prawdopodobieństwo wzrostu zagrożenia powodziowego w wielu obszarach[45], ale obserwacje nie potwierdzają tego przekonywująco[46]. Detekcja wpływu zmian klimatu na wysokie przepływy rzeczne nie jest łatwa, nawet w skali regionalnej. Stosunkowo słaby sygnał klimatyczny (jeśli w ogóle istnieje) jest nałożony na silną zmienność naturalną i poza-klimatyczne czynniki, np. zmiany użytkowania terenu. Być może, trzeba będzie poczekać jeszcze kilka dziesięcioleci na wykrycie trendów istotnych statystycznie.[47]

Trudności w opisaniu zagrożenia, a tym bardziej określenia skali zagrożenia i przestrzennego rozkładu lokalnego zagrożenia w skali OMGGS sprawiły, że postanowiono na potrzeby opracowania przyjąć zgodnie

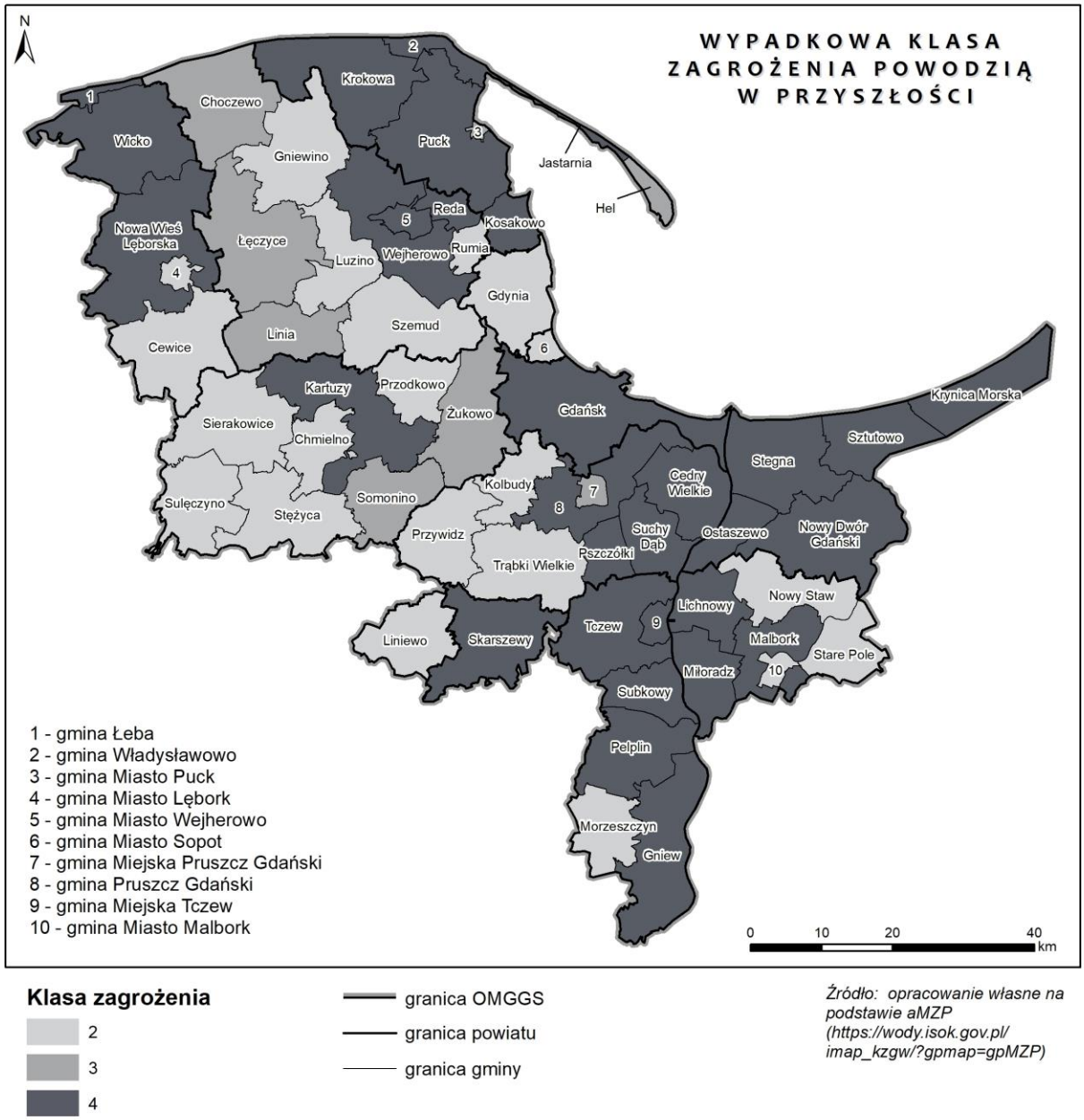
[44] Mills E., Insurance in a climate of change. Science 309, 1040–1044, 2005.

[45] Kundzewicz Z.W., Lugeri N., Dankers R., Hirabayashi Y., Döll P., Pińskwar I., Dysarz T., Hochrainer S., Matczak P., Assessing river flood risk and adaptation in Europe – review of projections for the future, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 15(7), 641–656, 2010.

[46] Kundzewicz Z.W., Graczyk D., Maurer T., Pińskwar I., Radziejewski M., Svensson C., Szwed M., Trend detection in river flow series: 1. Annual maximum flow, Hydrol. Sci. J. 50(5), 797–810, 2005.

[47] KUNDZEWICZ Z. W, ZMIANY RYZYKA POWODZIOWEGO W EUROPIE, Sympozjum europejskie: WSPÓŁCZESNE PROBLEMY OCHRONY PRZECIWPOWODZIOWEJ. Paryż 2012

z określonymi założeniami, iż zagrożenie generalnie rośnie w całym OMGGS proporcjonalnie do stanu istniejącego. Jako założenie analityczne przyjęto, że klasa stanu istniejącego dla warunków przyszłych zostaje zwiększona o 1 klasę (w przypadku zagrożenia istniejącego w klasie 4, przyjęto maksymalną możliwą klasę 4). Rozkład przestrzenny na obszarze OMGGS pozostał identyczny jak dla stanu istniejącego ze strefami największego zagrożenia w dolinie Wisły, Łeby i Piaśnicy oraz wzdłuż wybrzeża, co przedstawiono na poniższej rycinie.



Ryc. 36 Wypadkowa klasa zagrożenia powodzią w gminach OMGGS w przyszłości

2.2.7 Podtopienia

Zjawiska podtopień ujęte w opracowaniu rozumieć można jako lokalne wystąpienia wody od intensywnych deszczy, roztopów, także od systemów kanalizacyjnych i odwodnieniowych, awarii urządzeń wodnych, wodociągowych i kanalizacyjnych. Definicja podtopienia wskazuje, że jest to zjawisko ekstremalne i gwałtowne, mogące mieć więcej źródeł pochodzenia niż powódź, lecz najczęściej występujące lokalnie. W opracowaniu dokonano analizy potencjalnych terenów z możliwymi występującymi podtopieniami w skali całego OMGGS. Przyjęta skala pozwala na ocenę zagrożenia poszczególnych gmin między sobą, natomiast nie jest możliwa identyfikacja poszczególnych miejsc problemowych co do ulicy i punktu.

2.2.7.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

Identyfikacja podtopień na obszarze OMGGS została wykonana na podstawie poniższych czynników:

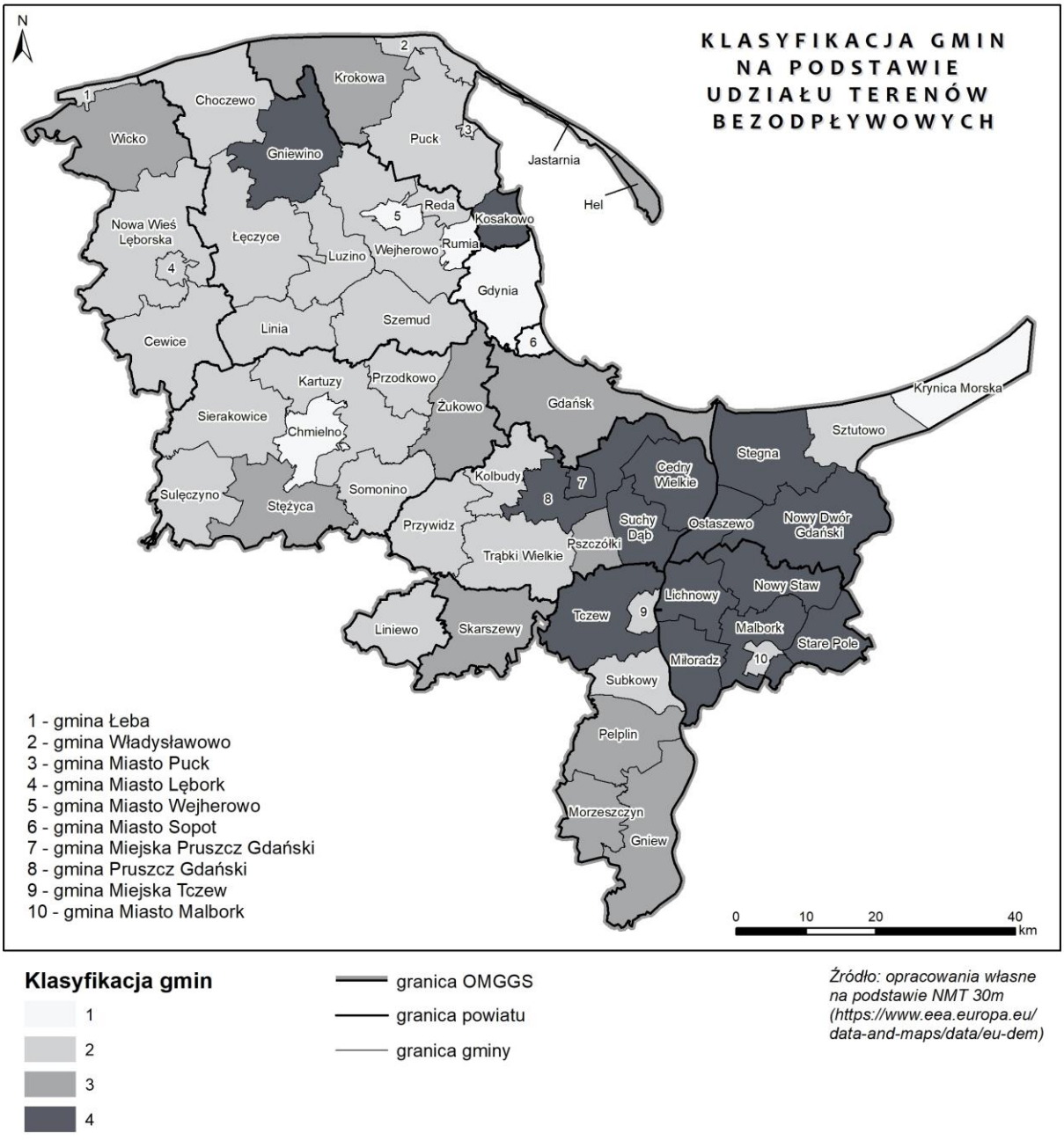
- obszary bezodpływowe,
- średnie nachylenie terenu w gminie,
- uszczelnienie terenu,
- występowanie opadów nawalnych,
- położenie zwierciadła wód gruntowych,
- przepuszczalność gleb.

Każdy z czynników został indywidulanie oceniony w skali od 1 do 4, a następnie ostateczna klasyfikacja zagrożenia wystąpienia podtopień dokonana została na podstawie klasyfikacji poszczególnych czynników.

Obszary bezodpływowe

Identyfikacja obszarów bezodpływowych została wykonana na podstawie analizy numerycznego modelu terenu NMT) dla obszaru OMGGS. Analizy wykonane zostały w narzędziu *ArcHydroTools* oprogramowania ArcGIS za pomocą funkcji *fill sinks*. Wykorzystany został NMT ASTER Global Digital Elevation Model o rozdzielczości ok. 30m. Wycięte zostały jeziora oraz powierzchnie szerokich rzek, a ostateczna klasyfikacja została opracowania jako udział powierzchni bezodpływowej w stosunku do całkowitej powierzchni gminy:

- klasa 1 – udział ob. bezodpływowych w gminie poniżej 0,5%,
- klasa 2 – udział ob. bezodpływowych w gminie pomiędzy 0,5 a 0,75%,
- Klasa 3 – udział ob. bezodpływowych w gminie pomiędzy 0,75 a 1 %,
- Klasa 4 – udział ob. bezodpływowych w gminie powyżej 1 %.



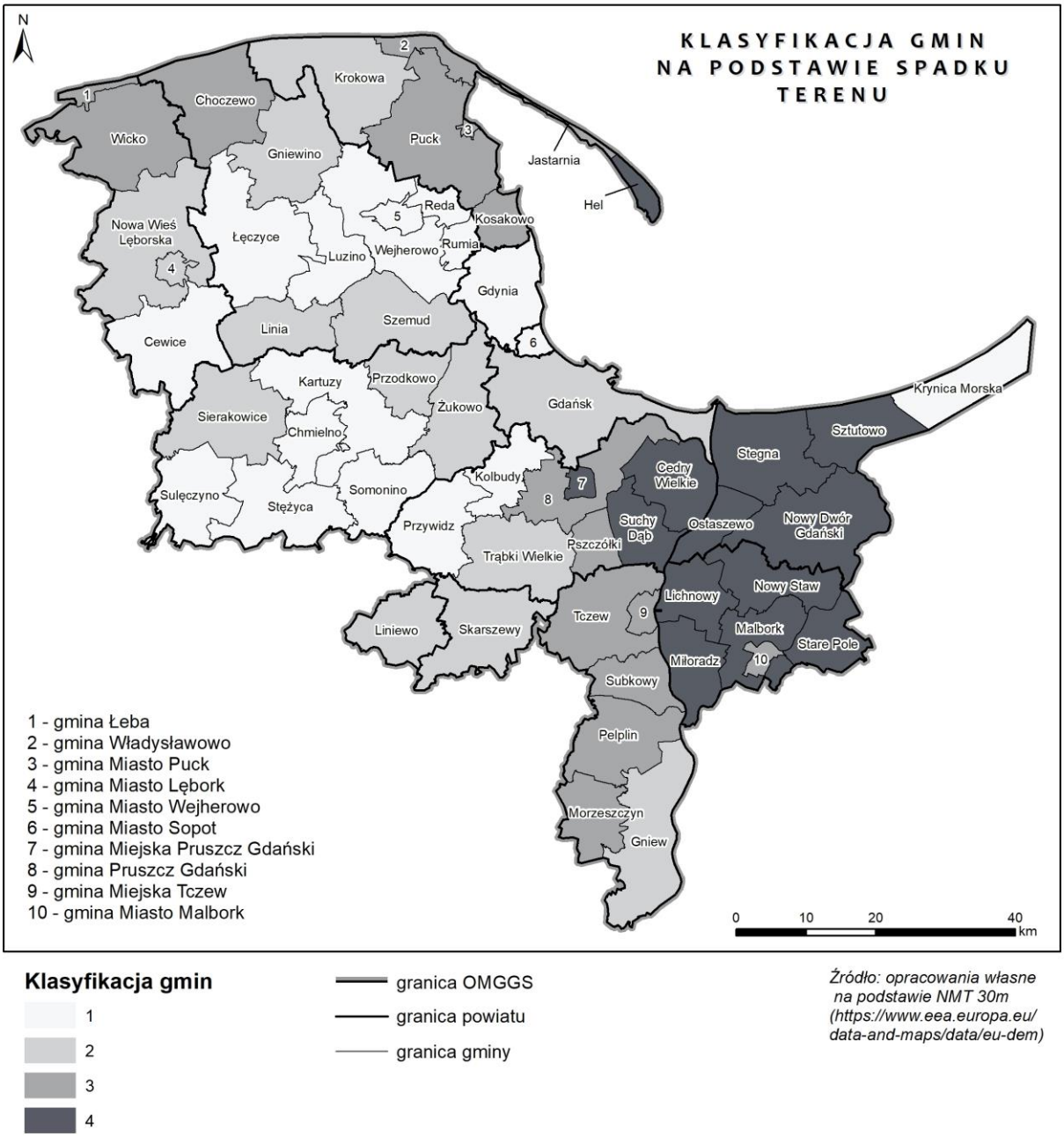
Ryc. 37 Klasyfikacja gmin na podstawie udziału terenów bezodpływowych

Średnie nachylenie terenu w gminie

Obliczenia średniego spadku terenu w gminach zostały wykonana podobnie jak w przypadku obszarów bezodpływowych na podstawie numerycznego modelu terenu *NMT ASTER Global Digital Elevation Model* o rozdzielczości ok. 30m. Podobnie też wycięto jeziora i rzeki z analiz, a same obliczenia wykonano za pomocą funkcji *slope* w narzędziu *ArcHydroTools* oraz dalszej reklasyfikacji i obliczenia średniej

w każdej gminie. Ostateczna klasyfikacja została opracowania jako średnie spadki terenu w gminie zgodnie z poniższym schematem:

- klasa 1 – średni spadek w gminie powyżej 5%,
- klasa 2 - średni spadek w gminie pomiędzy 3,5 a 5%,
- Klasa 3 - średni spadek w gminie pomiędzy 2 a 3,5 %,
- Klasa 4 - średni spadek w gminie poniżej 2 %.



Ryc. 38 Klasyfikacja gmin na podstawie średniego spadku terenu

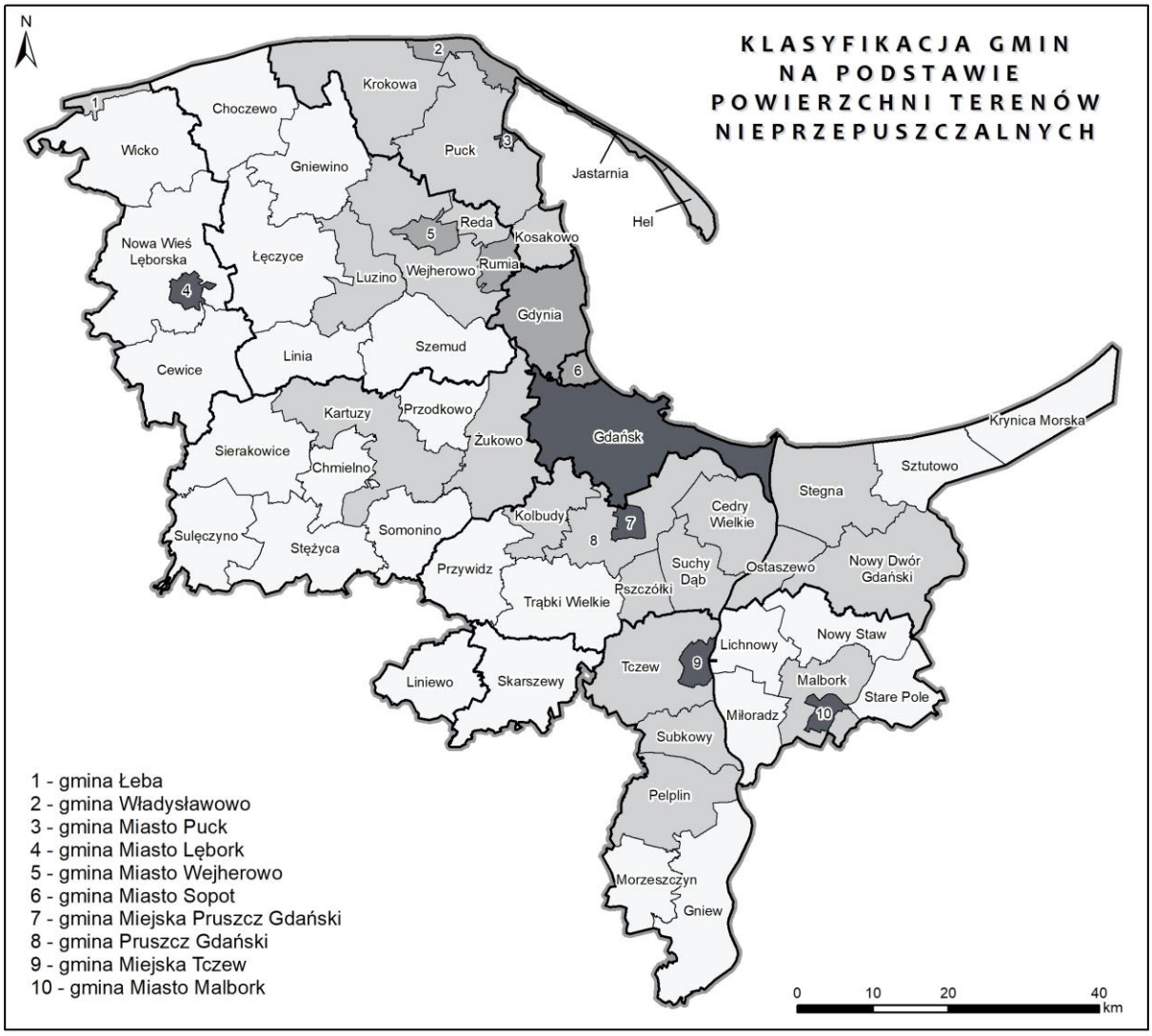
Uszczelnienie terenu

Identyfikacja obszarów o dużym uszczelnieniu terenu została wykonana na podstawie danych *Corine Land Cover 2018*. Na podstawie określonych grup użytkowania terenu określono ekspercko stopień uszczelnienia dla danej klasy CLC18.

- 111 Zabudowa miejska zwarta 70%,
- 112 Zabudowa miejska luźna 50%,
- 121 Tereny przemysłowe lub handlowe 80%,
- 122 Tereny komunikacyjne oraz tereny związane z komunikacją drogową i kolejową - 90%,
- 123 Porty - 90%,
- 133 Budowy - 80%.

Poddając stopień uszczelnienia dalszym przeliczeniom dla całych gmin obliczono wskaźnik (podany w % nieprzepuszczalności terenów zabudowanych) dla każdej gminy, który następnie poddano reklasyfikacji do 4 grup zgodnie z poniższym schematem:

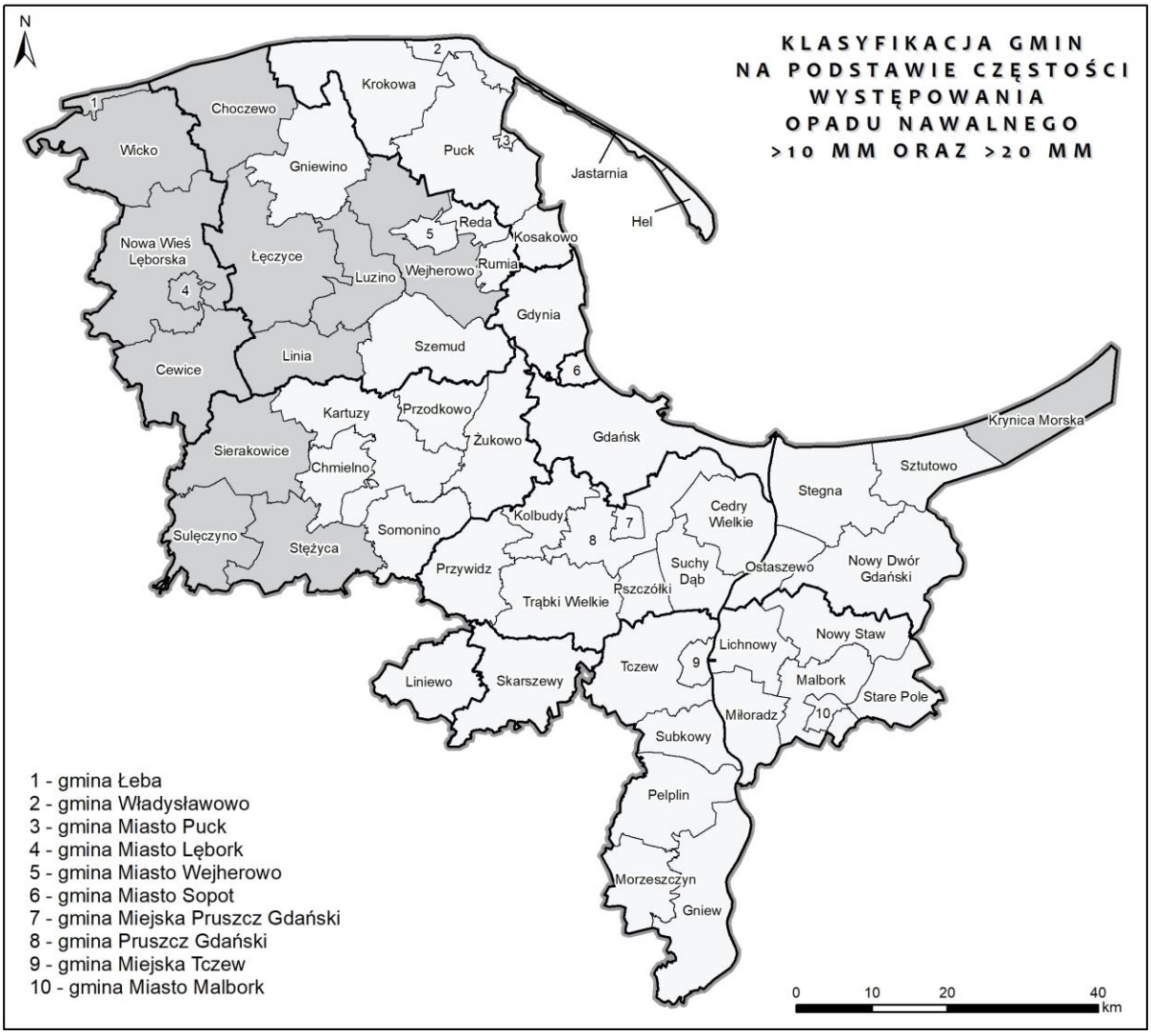
- klasa 1 – średnia nieprzepuszczalność terenów zabudowanych w gminie poniżej 2%,
- klasa 2 - średnia nieprzepuszczalność terenów zabudowanych w gminie pomiędzy 2 a 10%,
- Klasa 3 - średnia nieprzepuszczalność terenów zabudowanych w gminie pomiędzy 10 a 20%,
- Klasa 4 - średnia nieprzepuszczalność terenów zabudowanych w gminie powyżej 20%.



Ryc. 39 Klasyfikacja gmin na podstawie powierzchni nieprzepuszczalnych

Występowanie opadów nawalnych

Identyfikacja opadów nawalnych została przyjęta z rozdziału 2.2.3 niniejszego opracowania. Przyjęto do analiz zagrożenie wystąpienia opadu nawalnego >10mm oraz >20mm. Klasyfikacja przeprowadzona w rozdziale 2.2.3 identyfikowała zagrożenie dla obu opadów granicznych rozdzielnie, dlatego też do identyfikacji zagrożenia wystąpienia opadu nawalnego przyjęto średnią arytmetyczną klas zaokrągloną w górę.



Ryc. 40 Klasyfikacja gmin na podstawie częstości występowania opadu nawalnego

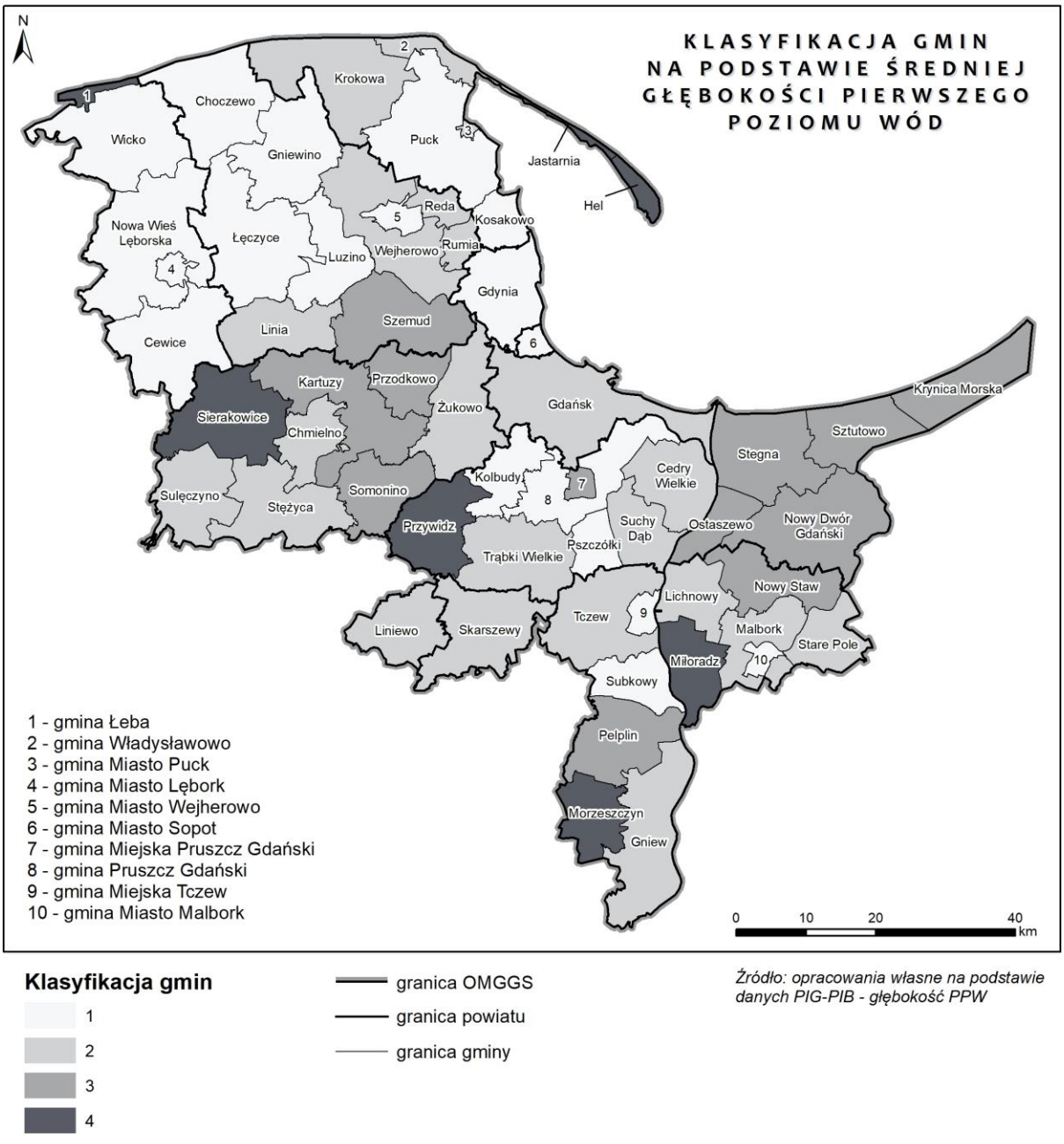
Położenie zwierciadła wód gruntowych

Identyfikacja i ocena położenia pierwszego zwierciadła wód gruntowych (PPW) została dokonana na podstawie danych pozyskanych z Państwowego Instytutu Geologicznego. Dane wektorowe pozyskane w arkuszach odnoszące się do pierwszego zwierciadła wód zostały połączone dla całego OMGGS i zreklasyfikowane do 4 ocen zgodnie z poniższym wzorem:

- ocena 1 – położenie PPW od 0 do 1m p.p.t.,
- ocena 2 - położenie PPW od 1 do 5m p.p.t.,
- ocena 3 - położenie PPW od 5 do 10m p.p.t.,
- ocena 4 - położenie PPW poniżej 10m p.p.t.

Tak przygotowane grupy głębokości odniesiono do gmin obliczając średnią w każdej gminie. Ostateczna klasyfikacja w gminach została dokonana zgodnie uzyskaną średnią grup głębokości:

- klasa 1 – grupa głębokości powyżej 3.0,
- klasa 2 – grupa głębokości od 3.0 do 2.5,
- klasa 3 – grupa głębokości od 2.5 do 2.2,
- klasa 4 - grupa głębokości poniżej 2.2.



Ryc. 41 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej głębokości pierwszego poziomu wód

Przepuszczalność gleb

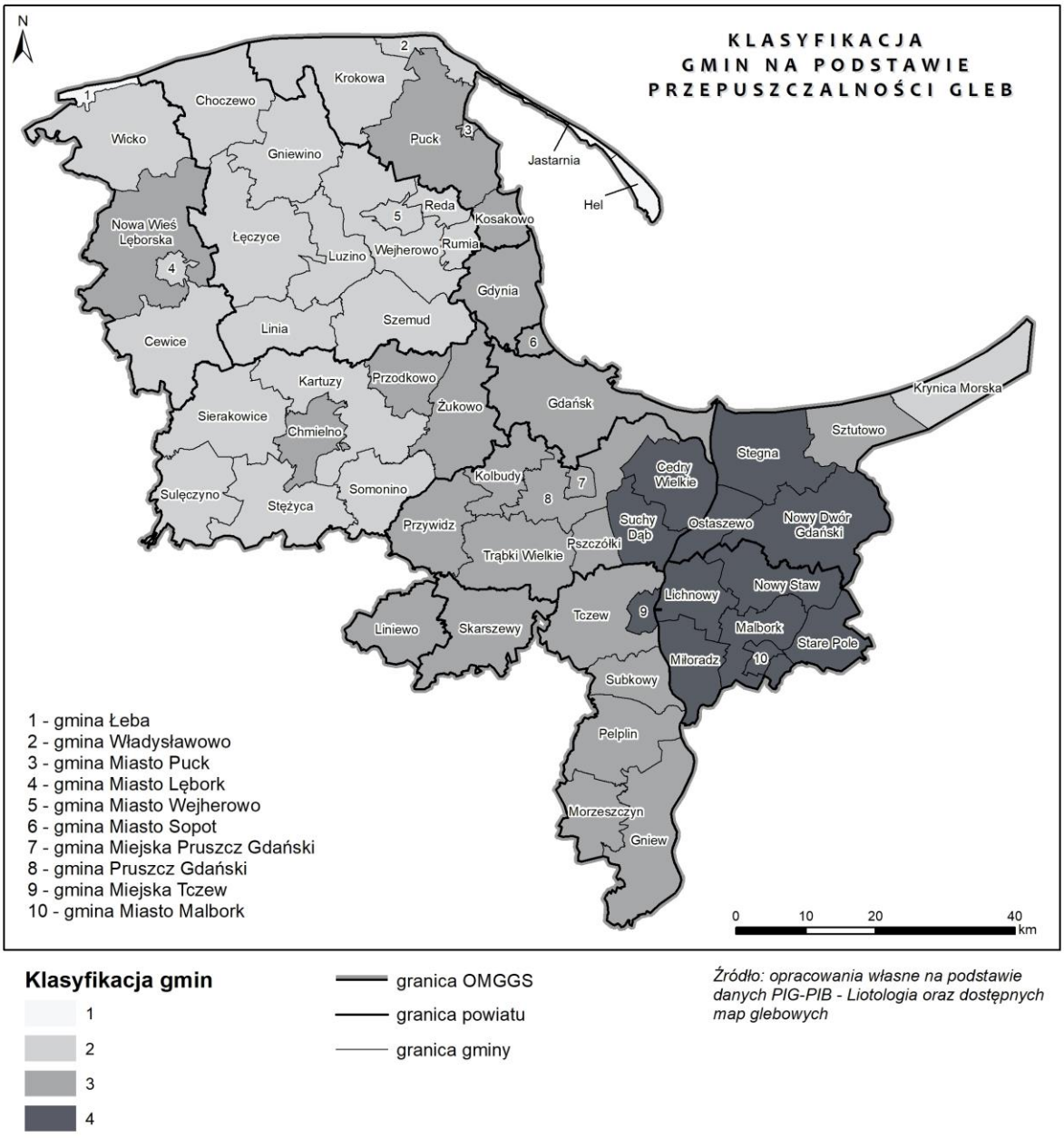
Analiza przepuszczalności gleb została wykonana w oparciu o dostępne mapy wielkoskalowe oraz charakterystykę kategorii glebowych, wydzielonych na podstawie map glebowo-rolniczych[48]. Na podstawie podziału na kategorie glebowe wydzielone zostały 4 kategorie:

- kategoria 1 – gleby luźne, piaszczyste, bardzo dobrze przepuszczalne, słabo podatne na podtopienia,
- kategoria 2 – gleby piaszczysto-gliniaste, stosunkowo przepuszczalne, średnio podatne na podtopienia,
- kategoria 3 – gleby gliniaste – stosunkowo słabo przepuszczalne, podatne na podtopienia,
- kategoria 4 – gleby ciężkie i bardzo ciężkie – bardzo słabo przepuszczalne i silnie podatne na tworzenie się podtopień.

Tak przygotowane kategorie glebowe odniesiono do gmin obliczając średnią w każdej gminie. Ostateczna klasyfikacja w gminach została dokonana zgodnie z uzyskaną średnią grup głębokości:

- klasa 1 – średnia kategoria poniżej 2,
- klasa 2 – średnia kategoria glebowe od 2 do 2,5,
- klasa 3 – średnia kategoria glebowe od 2,5 do 3.5,
- klasa 4 – średnia kategoria glebowa powyżej 3,5.

[48] Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, System Monitoringu Suszy Rolniczej, https://susza.iung.pulawy.pl/kategorie/ [dostęp: 17.04.2021]

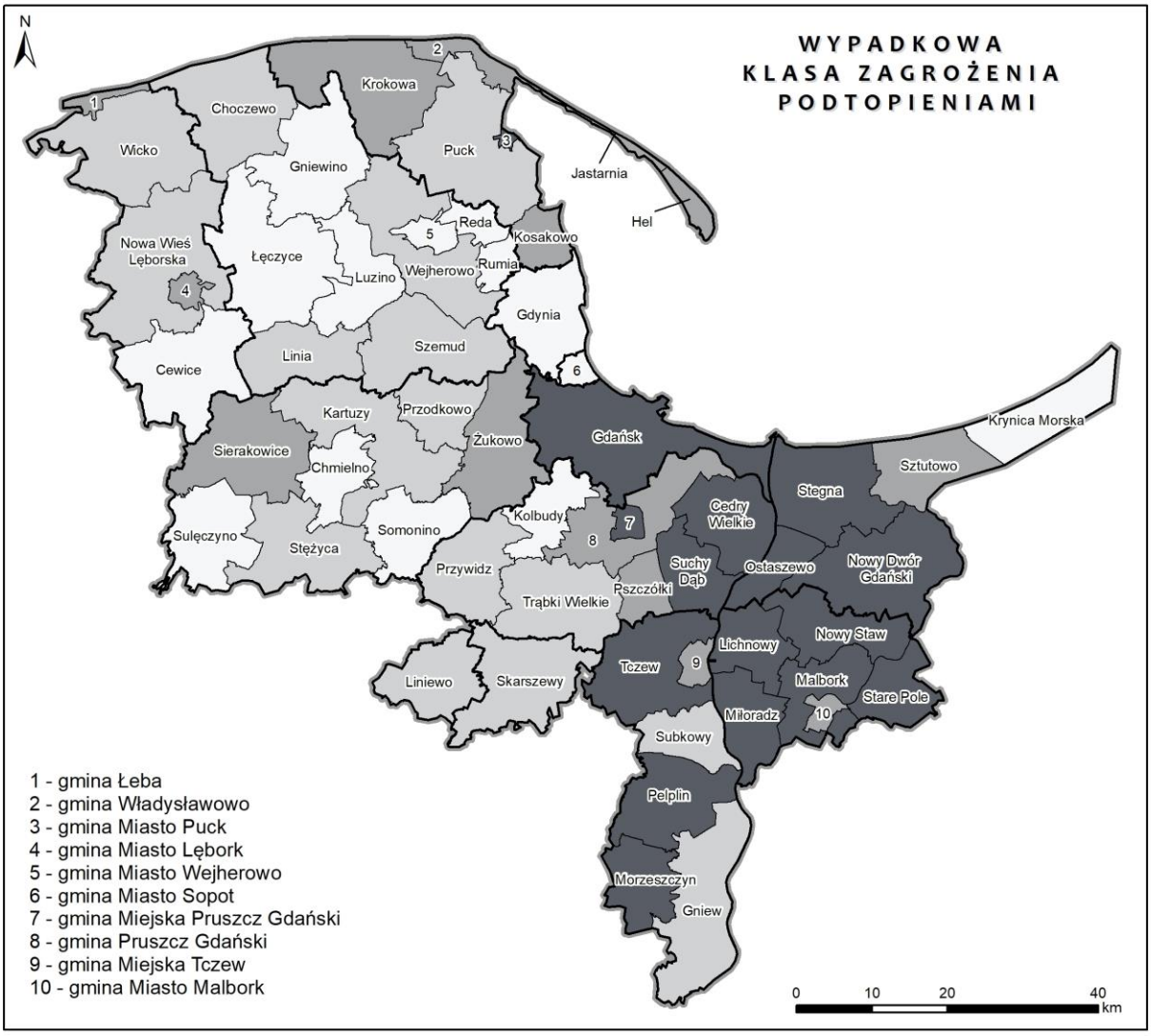


Ryc. 42 Klasyfikacja gmin na podstawie przepuszczalności gleb

Klasyfikacja zagrożenia podtopieniami

Ostateczna klasyfikacja zagrożenia wystąpienia podtopień dokonana została na podstawie klasyfikacji poszczególnych czynników. Dokonano tego jako reklasyfikację iloczynu wszystkich czynników w każdej gminie. Ostateczna klasyfikacja została wykonana w oparciu o poniższy schemat:

- klasa 1 – iloczyn czynników od 1 do 24,
- klasa 2 – iloczyn czynników od 25 do 48,
- klasa 3 – iloczyn czynników od 48 do 108,
- klasa 4 – iloczyn czynników powyżej 108.



Ryc. 43 Wypadkowa klasa zagrożenia podtopienia na obszarze OMGGS

Rozłożenie przestrzenne gmin w OMGGS o najwyższej klasie zagrożenia wystąpieniem podtopień wskazuje, że obszarami takimi są głównie tereny w dolinie Wisły, Żuławy Wiślane oraz miasta Gdańsk i Pruszcz Gdański.

2.2.7.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości

Ocena wystąpienia zjawiska w przyszłości wiązała się z dwoma głównymi czynnikami, które podlegać mogą zmianie tj. intensywności opadów nawalnych oraz zagospodarowaniu i uszczelnieniu terenu. Pozostałe czynniki nie podlegają większym zmianom, w związku z czym pominięto je z interpretacji stanu w przyszłości.

Ocena intensywności opadu nawalnego w przyszłości opracowana została analogicznie jak dla stanu istniejącego zgodnie z rozdziałem 2.2.3. Ocena tam poczyniona wskazywała na bardzo duże zagrożenie opadami nawalnymi w przyszłości – dla całego OMGGS wykonana klasyfikacja wskazywała na klasę 3 i 4, przy czym przestrzennie klasę 4 reprezentowały gminy szczególnie z części północno-zachodniej oraz północno-wschodniej.

Ocenę zagospodarowania terenu w przyszłości dokonano na podstawie planowanych kierunków rozwoju osadnictwa w metropolii[49]. Dokonano analizy zabudowy mieszkaniowej, usługowej i przemysłowej zgodnie ze wskazanym dokumentem i zestawiono to z obecną zabudową zdefiniowaną za pomocą danych BDOT10k. W ten sposób uzyskano przyrost planowanej zabudowy w poszczególnych gminach. Klasyfikację przyrostu zabudowy w poszczególnych gminach wykonano w oparciu o poniższy schemat:

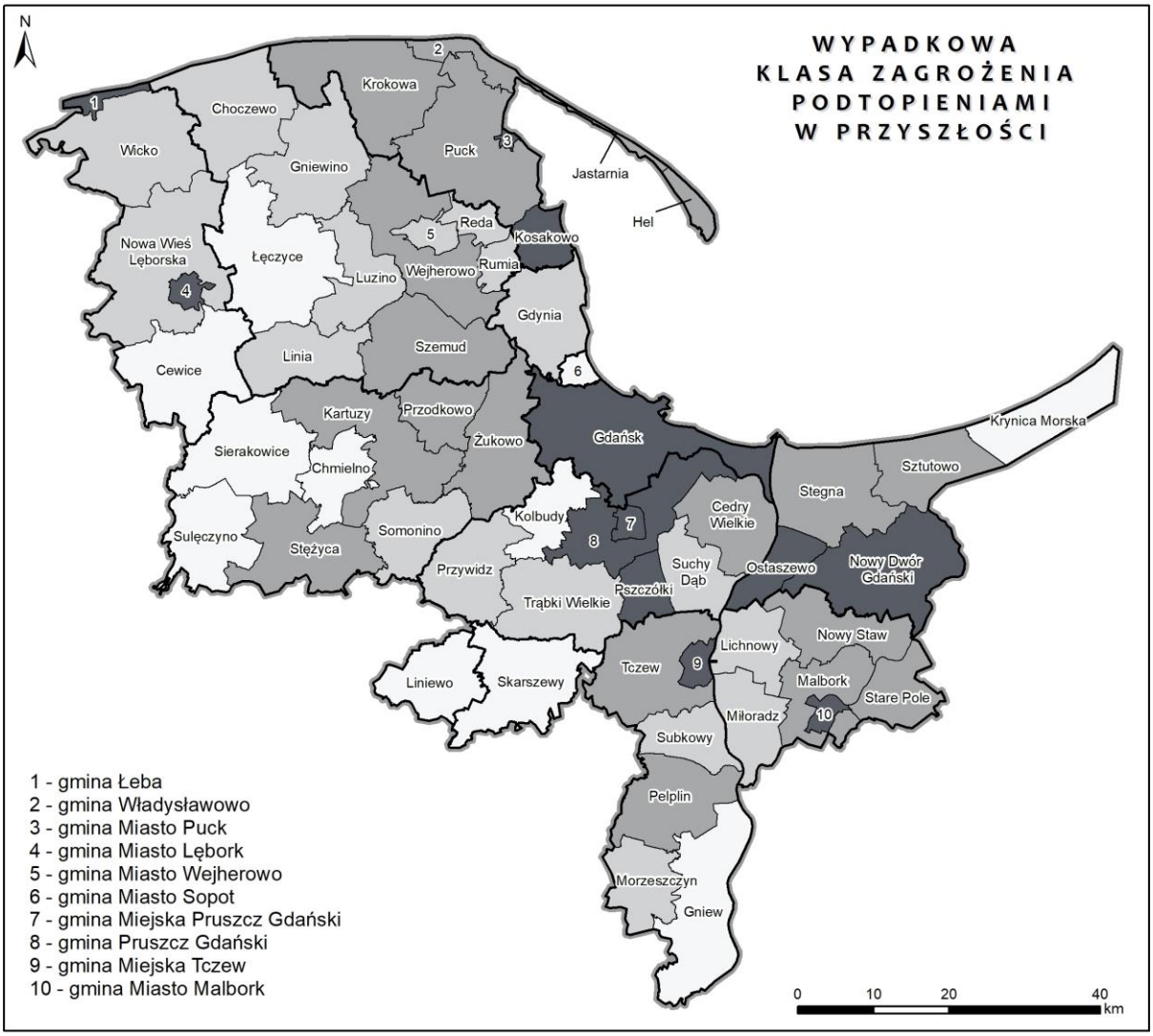
- klasa 1 – przyrost poniżej 5%
- klasa 2 – przyrost od 5 do 10%
- klasa 3 – przyrost od 10 do 20%
- klasa 4 – przyrost powyżej 20%.

Wypadkowa klasyfikacja zagrożenia podtopieniami w przyszłości powstała jako iloczyn klasyfikacji stanu aktualnego zagrożenia podtopieniami, klasyfikacji zagrożenia opadem nawalnym w przyszłości oraz klasyfikacji przyrostu zabudowy i terenów uszczelnionych. Ostateczna klasyfikacja została wykonana w oparciu o poniższy schemat:

- klasa 1 – iloczyn czynników od 1 do 8,
- klasa 2 – iloczyn czynników od 9 do 18 ,
- klasa 3 – iloczyn czynników od 19 do 32,
- klasa 4 – iloczyn czynników powyżej 33.

Ocena przestrzennego rozkładu zagrożenia podtopieniami w przyszłości wskazuje na istotne ryzyka przede wszystkim na terenie miast (Gdańsk, Lębork, Pruszcz Gdański, Tczew, Malbork) oraz niektórych gmin rozłożonych na całym obszarze OMGGS (gminy Łeba, Kosakowo, Pruszcz Gdański, Pszczółki, Ostaszewo oraz miasto i gmina Nowy Dwór Gdański).

[49] Biuro Rozwoju Gdańska, Synteza SUiKZP 58 gmin obszaru metropolitalnego, dostępne on-line: ttps://www.metropoliagdansk.pl/upload/files/4_%20Synteza%20SUiKZP%2058%20gmin_OM.pdf, Gdańsk 2013.



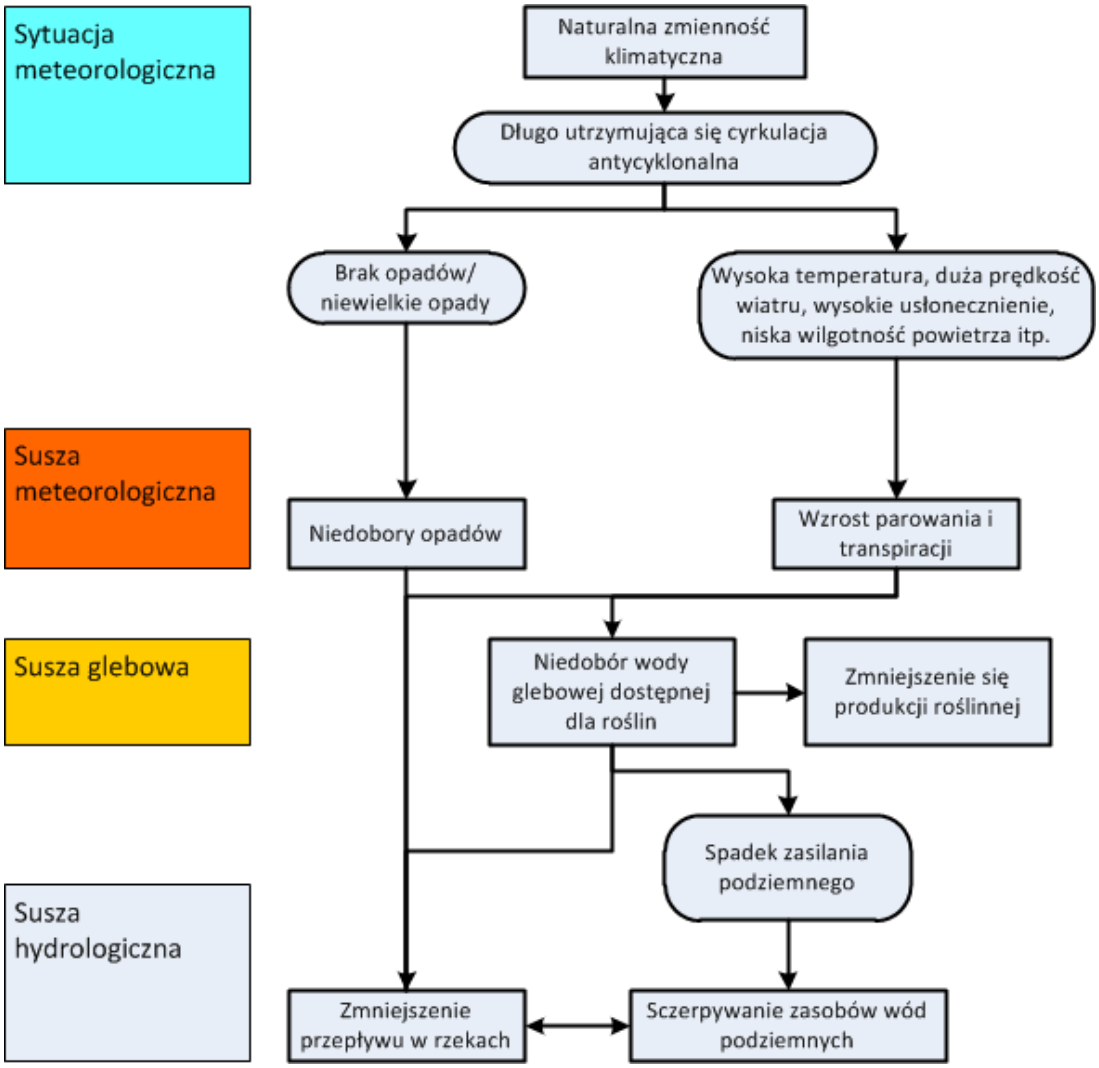
Ryc. 44 Wypadkowa klasa zagrożenia podtopienia w przyszłości na obszarze OMGGS

2.2.8 Susze

Susza rozumiana jako zjawisko atmosferyczne jest ściśle związana ze zmianą klimatu. Zgodnie z definicją przedstawioną w ramach Prognostyczno-operacyjnego systemu udostępniania charakterystyk suszy[50], susza jest zjawiskiem ciągłym o zasięgu regionalnym i oznacza dostępność wody poniżej średniej w określonych warunkach naturalnych. Suszą nazywa się nie tylko zjawiska ekstremalne, ale wszystkie, które występują w warunkach mniejszej dostępności wody dla danego regionu. Ze względu na warunki meteorologiczne i klimatyczne, problemy rolnicze, warunki hydrologiczne i skutki gospodarcze, wyróżnia się kolejne etapy rozwoju suszy (Ryc. 45):

- suszę meteorologiczną (atmosferyczną), określaną jako okres trwający na ogół od miesięcy do lat, w którym dopływ wilgoci do danego obszaru spada poniżej stanu normalnego w danych warunkach klimatycznych uwilgotnienia,
- suszę rolniczą, definiowaną jako okres, w którym wilgotność gleby jest niedostateczna do zaspokojenia potrzeb wodnych roślin i prowadzenia normalnej gospodarki w rolnictwie,
- suszę hydrologiczną, odnoszącą się do okresu, gdy przepływy w rzekach spadają poniżej przepływu średniego, a w przypadku przedłużającej się suszy hydrologicznej obserwuje się znaczne obniżenie poziomu zalegania wód podziemnych (susza hydrogeologiczna),
- suszę w sensie gospodarczym, będącą skutkiem wymienionych procesów fizycznych, odnoszącą się do zagadnień ekonomicznych w obszarze działalności człowieka dotkniętego suszą.

[50] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy, Prognostyczno-operacyjny system udostępniania charakterystyk suszy POSUCHA, dostępny on-line: www.posucha.imgw.pl [dostęp: 17.05.2021]



Ryc. 45 Zestawienie warunków powstawania oraz najważniejszych cech charakteryzujących poszczególne fazy rozwoju suszy ilustruje schemat blokowy propagacji suszy w cyklu hydrologicznym

źródło: http://posucha.imgw.pl/[51]

Z racji wspomnianej definicji suszy nie należy jej mylić z suchością, czyli naturalną cechą klimatu, ukierunkowaną poprzez małą ilość opadów i wysokie temperatury.

Szczegółowe określenie suszy mimo bardzo wielu wskaźników do tego przewidzianych bywa czasem trudne z racji na możliwe duże zróżnicowanie przestrzenne zjawiska wynikające z lokalnych uwarunkowań mikroklimatycznych, zmienności przestrzennej zjawiska opadów, wpływu warunków glebowych, a także działalności antropogenicznej. Na przełomie ostatnich lat wykonano wiele opracowań i systemów, których zadaniem jest identyfikacja i prognozowanie wystąpienia zjawiska suszy oraz wskazanie rozwiązań adaptacyjnych dla różnych elementów przyrodniczych i sektorów gospodarki. Wśród najistotniejszych systemów wymieniać można:

[51] tamże

- STOPSUSZY.pl[52] – serwis pogodowy, który prezentuje w czasie rzeczywistym aktualne mapy Polski w kontekście zasobów wodnych, prognoz hydro- i meteorologicznych oraz niezbędnych wartości dla różnych gałęzi gospodarki. Inicjatorami projektu są Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej, PGW Wody Polskie i Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB;
- Esusza.pl[53] (*Service 4 Drought Monitoring applying Satellite Data* (tłum. pol.: Serwis monitoringu suszy z zastosowaniem danych satelitarnych). Projekt realizowany od 2017 do 2020 roku przez dwóch głównych wykonawców: WIND-HYDRO (Lidera Projektu) oraz Instytut Geodezji i Kartografii (Centrum Teledetekcji), finansowany przez ESA (Europejską Agencję Kosmiczną). Celem projektu jest opracowanie kompleksowego i operacyjnego Systemu Monitorowania Zjawiska Suszy na podstawie danych satelitarnych oraz danych naziemnych. Projektowane rozwiązanie jest odpowiedzią na potrzeby zdefiniowane przez sektory gospodarki najbardziej zależne od zasobów wody, tj.: sektor energetyczny, rolniczy, leśny, środowisko rozumiane jako wody powierzchniowe, jak również organy zarządzające gospodarką wodną;
- SMSR - System Monitoringu Suszy Rolniczej[54] – projekt realizowany przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy. System ma za zadanie wskazać obszary, na których wystąpiły straty spowodowane suszą w uprawach uwzględnionych w "Ustawie o dopłatach do ubezpieczeń upraw rolnych i zwierząt gospodarskich w Polsce". O wystąpieniu suszy decyduje cały kompleks warunków meteorologicznych i glebowych. W Systemie Monitoringu Suszy warunki meteorologiczne powodujące suszę są określane za pomocą klimatycznego bilansu wodnego (KBW). KBW wyraża różnicę pomiędzy opadem atmosferycznym a ewapotranspiracją potencjalną;
- POSUCHA (PROGNOSTYCZNO-OPERACYJNY SYSTEM UDOSTĘPNIANIA CHARAKTERYSTYK SUSZY)[55] – projekt realizowany przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy od 2010 roku w ramach projektu „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo" akronim KLIMAT, podzadania "Doskonalenie metod prognoz hydrologicznych i ich wykorzystania do oceny zagrożeń w warunkach zmienności klimatu";
- KLIMADA 2.0[56] – projekt realizowany przez IOŚ-PIB pn. „Baza wiedzy o zmianach klimatu i adaptacji do ich skutków oraz kanałów jej upowszechniania w kontekście zwiększania odporności gospodarki, środowiska i społeczeństwa na zmiany klimatu oraz przeciwdziałania i minimalizowania skutków nadzwyczajnych zagrożeń";
- Opracowanie „Planów Przeciwdziałania skutkom suszy"[57] w dwóch etapach:
    - Opracowanie PPSS dla poszczególnych regionów wodnych – zadania wykonywane od 2012 do 2016 roku skupiające się na określeniu zjawisk historycznych na danym obszarze, aktualnych uwarunkowań w zakresie zagrożenia poszczególnym typem suszy na podstawie danych obserwacyjnych meteorologiczno-hydrologicznych, wrażliwości terenu na wystąpienia suszy oraz katalogu zadań adaptacyjnych dobranych do lokalnych uwarunkowań;

[52] https://stopsuszy.pl/ [dostęp: 30.07.2021]
[53] https://esusza.pl/ [dostęp: 30.07.2021]
[54] Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, System Monitoringu Suszy Rolniczej, https://susza.iung.pulawy.pl/kategorie/ [dostęp: 17.04.2021]
[55] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy, Prognostyczno-operacyjny system udostępniania charakterystyk suszy POSUCHA, dostępny on-line: www.posucha.imgw.pl [dostęp: 17.05.2021]
[56] Instytut Ochrony Środowiska https://klimada2.ios.gov.pl/ [dostęp: 30.07.2021]
[57] https://stopsuszy.pl/ [dostęp: 30.07.2021]

- Opracowanie PPSS dla całego kraju w postaci jednego spójnego dokumentu wykonywane od 2018 do 2020 roku na zlecenie Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie w ramach projektu stopsuszy.pl. Powstały dokument strategiczny określa w jaki sposób w najbliższych latach podejmowane będą działania dotyczące zarządzania zasobami wodnymi, zarządzania kryzysowego i szacowania strat spowodowanych suszą. Celem jest ograniczenie jej skutków, przez optymalne działania, zarówno techniczne – w tym inwestycyjne, jak i nietechniczne – w tym edukację społeczną. PPSS zawiera katalog 26 działań skupionych na przeciwdziałaniu skutkom suszy odwołujących się do wszystkich użytkowników wód, obszarów oraz typów susz. Ponadto w ramach PPSS wskazano ponad 590 konkretnych inwestycji mających za zadanie ograniczać suszę oraz minimalizować jej negatywne oddziaływania.

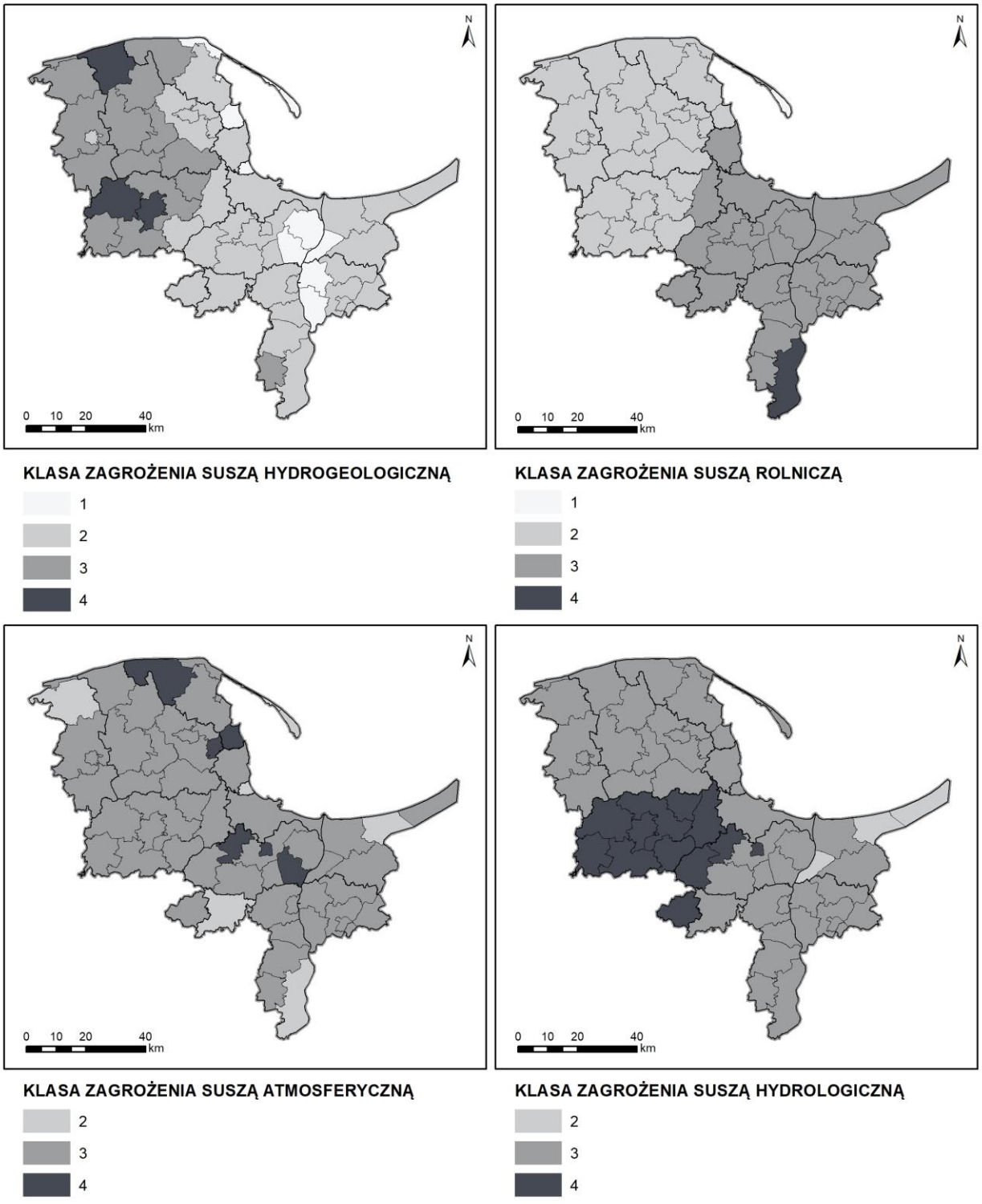
2.2.8.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

Do oceny występowania zjawiska suszy w OMGGS w przeszłości wraz z oceną stanu aktualnego wykorzystane zostały przygotowane w 2015 roku analizy z projektu pt. „Opracowanie projektu Planu przeciwdziałania skutkom suszy w regionie wodnym Dolnej Wisły wraz ze wskazaniem obszarów najbardziej narażonych na jej skutki”[58]. Dokument ten analizował zjawisko suszy w regionie Dolnej Wisły w podziale na suszę atmosferyczną, rolniczą, hydrologiczną oraz hydrogeologiczną w oparciu o wskaźniku zaproponowane w ogólnej metodyce dla całego kraju (susza atmosferyczna wskaźnik SPI, rolnicza KBW, hydrologiczna ThLM(Q70), hydrogeologiczna wskaźnik kn) dla wielolecia 1975-2011. Identyfikacja i hierarchizacja obszarów występowania zagrożenia poszczególnym typem suszy została wykonana dla poszczególnych rodzajów suszy w 4 klasach, między innymi także bezpośrednio w gminach, co pozwoliło na przyjęcie klas zagrożenia z ww. opracowania do oceny w niniejszym dokumencie. Przyjęte klasy reprezentowały następujące skale zagrożenia:

- klasa 1 – słabo zagrożone,
- klasa 2 – umiarkowanie zagrożone,
- klasa 3 – bardzo zagrożone,
- klasa 4 – silnie zagrożone.

Na Ryc. 46 przedstawiono klasyfikację zagrożenia poszczególnymi typami suszy w OMGGS. Ocena występowania i zagrożenia poszczególnych zjawisk w źródłowym dokumencie była realizowana przestrzennie, a wyniki klasyfikacji były następnie obliczane i przedstawiane w jednostkach administracyjnych i hydrograficznych.

[58] ECOGEM, „Opracowanie projektu Planu przeciwdziałania skutkom suszy w regionie wodnym Dolnej Wisły wraz ze wskazaniem obszarów najbardziej narażonych na jej skutki”, Mędłów 2015.



Źródło: opracowanie własne na podstawie „Opracowanie projektu Planu przeciwdziałania skutkom suszy w regionie wodnym Dolnej Wisły wraz ze wskazaniem obszarów najbardziej narażonych na jej skutki – 2015r."

Ryc. 46 Klasyfikacja zagrożenia suszą atmosferyczną, rolniczą, hydrologiczną oraz hydrogeologiczną w gminach

Zagrożenie suszą atmosferyczną w większości gmin OMGGS występuje jako 3 klasa, czyli obszar bardzo zagrożony wystąpieniem zjawiska. W sześciu gminach zagrożenie takie określone zostało na poziomie 4 jako silnie zagrożone (gminy: Krokowa, gmina miejska Pruszcz Gdański, Kosakowo, gmina miejska Rumia, Kolbudy oraz Suchy Dąb), natomiast w siedmiu zagrożenie zostało zdefiniowane na poziomie 2 jako umiarkowanie zagrożone (gminy: m. Sopot, gmina miasto Hel, Sztutowo, gmina miasto Jastarnia, Skarszewy, Wicko oraz miasto i gmina Gniew).

Zagrożenie suszą rolniczą na terenie OMGGS jest podzielone południkowo. Cześć zachodnia została zaklasyfikowana jako umiarkowanie zagrożona, natomiast część wschodnia jako bardzo zagrożona. Jako silnie zagrożona z maksymalną klasą 4 zaklasyfikowana została jedynie miasto i gmina Gniew, położona najbardziej na południe w OMGGS. Układ zagrożeń zdefiniowany na Półwyspie Helskim odbiega od układu południkowego, zagrożenie w gminie mieście Hel określone została w klasie 1 jako słabe, natomiast w gminie miasta Jastarnia już jako klasa 3 bardzo zagrożona.

W przypadku zagrożenia suszą hydrologiczną wyróżnia się część południowo-zachodnia obszaru z wyższym zagrożeniem wystąpienia niżówek w rzekach aniżeli w pozostałej części regionu. Dotyczy to gmin: gmina miejska Pruszcz Gdański, Liniewo, Sulęczyno, Żukowo, Stężyca, Chmielno, Kartuzy, Sierakowice, Przywidz, Somonino, Przodkowo i Kolbudy, dla których zdefiniowano silne zagrożenie. Dla pozostałej części regionu, bliżej pasa nadmorskiego oraz doliny Wisły zagrożenie zdefiniowano w klasie 3 jako obszary bardzo zagrożone. Jedynie dla trzech gmin położonych bardziej w części wschodniej (gmina miasto Krynica Morska, Sztutowo oraz Ostaszewo) zagrożenie określono jako umiarkowane w klasie 2.

Rozkład zagrożenia suszą hydrogeologiczną charakteryzuje się większym zagrożeniem w części zachodniej OMGGS w większości na poziomie 3 oraz mniejszym umiarkowanym w części wschodniej na poziomie 2. Wzdłuż doliny Wisły oraz w gminach leżących przy zachodniej części Zatoki Gdańskiej zagrożenie suszą hydrogeologiczną jest słabe, sklasyfikowane jako klasa 1 dla gmin: Sopot, gminy miasta Hel, Lichnowy, Władysławowo, Miłoradz, Ostaszewo, Cedry Wielkie, gminy miasta Jastarnia, Kosakowo, gminy Puck oraz Suchy Dąb. Ryzyko maksymalne na poziomie klasy 4 mają trzy gminy w części zachodniej: Chmielno, Choczewo oraz Sierakowice.

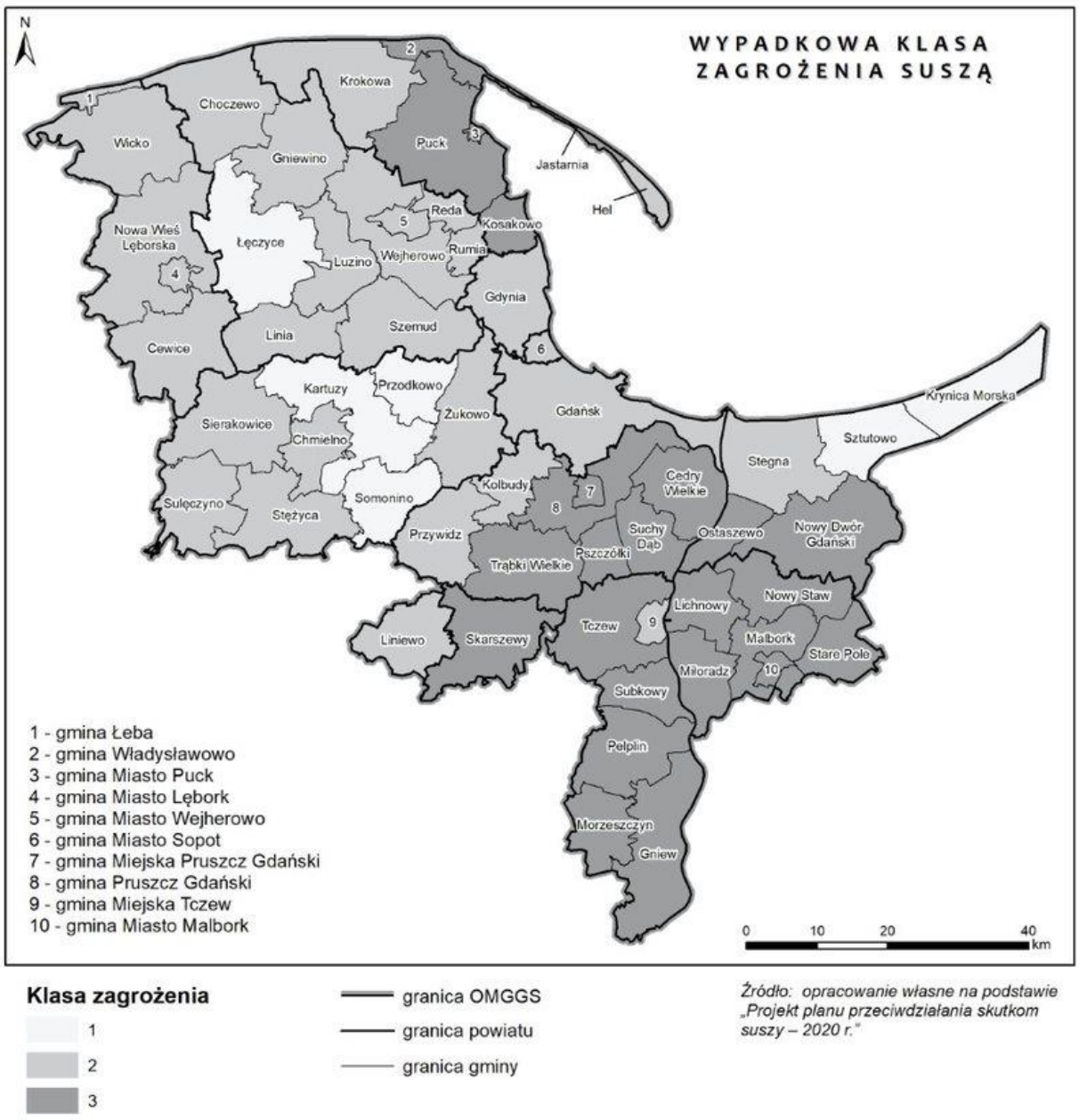
W opracowaniu szczegółowym dla Regionu Wodnego Dolnej Wisły brak było jednak wypadkowej zagrożenia poszczególnych typów suszy, która charakteryzowałaby kompleksowo za pomocną jednej wartości skalę tego zjawiska. Charakterystykę wypadkowego zagrożenia suszą opracowano więc na podstawie „Projektu planu przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS)”[59]. W dokumencie tym dokonano analizy łącznego zagrożenia suszą (na podstawie danych 1987-2018) jako sumy klas zagrożenia suszą rolniczą, hydrologiczną i hydrogeologiczną. Opracowanie to odbiegało nieco metodycznie od opracowania dla Regionu Wodnego Dolnej Wisły między innymi poprzez przyjęcie innych, bardziej aktualnych ciągów obserwacyjnych oraz przyjęcie częściowo innych wskaźników opisujących poszczególne typu suszy, stąd nie można bezpośrednio przekładać wskazanych powyżej zagrożeń poszczególnych typów suszy na zagrożenie wypadkowe. W PPSS wskazano wypadkową zagrożenia suszą, aktualną na rok 2020, rozłożoną przestrzennie na terenie całego kraju, którą następnie w niniejszym opracowaniu zreklasyfikowano dla gmin zgodnie z nazewnictwem wskazanym w PPSS:

– klasa 1 – słabo zagrożone,

[59] Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, „Projekt planu przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS)”, Warszawa 2020.

- klasa 2 – umiarkowanie zagrożone,
- klasa 3 – silnie zagrożone,
- klasa 4 – ekstremalnie zagrożone.

Na Ryc. 47 przedstawiono wypadkowe zagrożenie wystąpieniem suszy w gminach. Klasyfikacja zagrożenia suszą w OMGGS cechuje się pewnym układem przestrzennym. Najmniejsze zagrożenie (1 klasa – słabe) występuję w gminach przy Zalewie Wiślanym (Sztutowo i gmina miasto Krynica Morska) oraz w gminach Kartuzy, Przodkowo, Somonino i Łęczyce położonych bliżej zachodniej granicy OMGGS. W pozostałej części obszaru występują klasy 2 i 3, czyli umiarkowanego i silnego zagrożenia suszą z podziałem na 2 klasę w części zachodniej oraz wzdłuż południowej części zatoki Gdańskiej oraz w gminie miasta Hel oraz klasę 3 w zachodniej części Zatoki Gdańskiej oraz w części południowo-wschodniej w rozległej dolinie Wisły. W OMGGS nie występuje 4 klasa zagrożenia suszą (zagrożenie ekstremalne).



Ryc. 47 Klasyfikacja zagrożenia suszą na obszarze OMGGS

2.2.8.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości

Na zagrożenie wystąpienia w przyszłości zjawiska suszy wpływ ma kilka zasadniczych czynników, które można podzielić ze względu na genezę na klimatyczno-hydrologiczne (m. in. temperatura, wielkości i rozkład opadów w roku, parowanie, przepływy w rzekach) oraz antropogeniczne (m.in. struktura użytkowania terenu, struktura upraw, działania adaptacyjne w rozwój retencji i ograniczanie szybkiego odpływ wód w zlewniach). Ilość zmiennych dotyczących tego zjawiska jest bardzo duża i ocena zagrożenia suszą w przyszłości generalnie zależna jest pośrednio od synergicznych oddziaływań wielu z tych czynników. Niemal wszystkie modele określające prawdopodobieństwo występowania suszy w przyszłości

wskazują na obszarze Polski na zwiększenie się ryzyka wystąpienia susz – ich czasu trwania oraz intensywności.

Do oceny ryzyka zagrożenia suszą w przyszłości wykorzystano dane z modelu *CMIP Phase 5*, czyli *Coupled Model Inter-comparison Project Phase 5* z serwisu *Copernicus Climate Change*. Warunki modelu oparte są na projekcji socjoekonomicznej RCP4.5. Interpretacją wyników modelu jest zmiana procentowa w średniej długości trwania suszy z danego pięciolecia w porównaniu ze średnią z wielolecia 1971-2010. Wykorzystane zostały dane przestrzenne dla całego obszaru OMGGS w wieloleciu 2040-2050. Wielkość zmiany w poszczególnych gminach zmieniała się od przyrostu o 70% w części zachodniej obszaru do nawet 120% w części wschodniej. Wartości te zostały zreklasyfikowane do 4 grup i zakładały przedziały:

- klasa 1 – zagrożenia słabe – do 70% przyrostu czasu trwania susz (brak gmin w tym przedziale),
- klasa 2 – zagrożenie umiarkowane – od 51 do 80% przyrostu czasu trwania suszy (27 gmin),
- klasa 3 – zagrożenie silne – od 81 do 90% przyrostu czasu trwania suszy (14 gmin),
- klasa 4 – zagrożenie ekstremalne – powyżej 90% przyrostu czasu trwania suszy (19 gmin).

Z racji, że dane z *Copernicus Climat Change* obejmują wzrost procentowy od stanu istniejącego, w związku z czym konieczne do wyznaczenia zagrożenia suszą w przyszłości konieczne było przeliczenie klasy przyrostu względem klasy stanu istniejącego. Dokonano tego poprzez macierz ryzyka zgodnie z iloczynem klasy zagrożenia suszą w stanie aktualnym oraz zdefiniowanej klasy przyrostu zagrożenia w przyszłości przedstawioną w Tab. 1 Macierz ryzyka służąca wyznaczeniu klasy zagrożenia wystąpienia suszą w przyszłości do roku 2050Tab. 1.

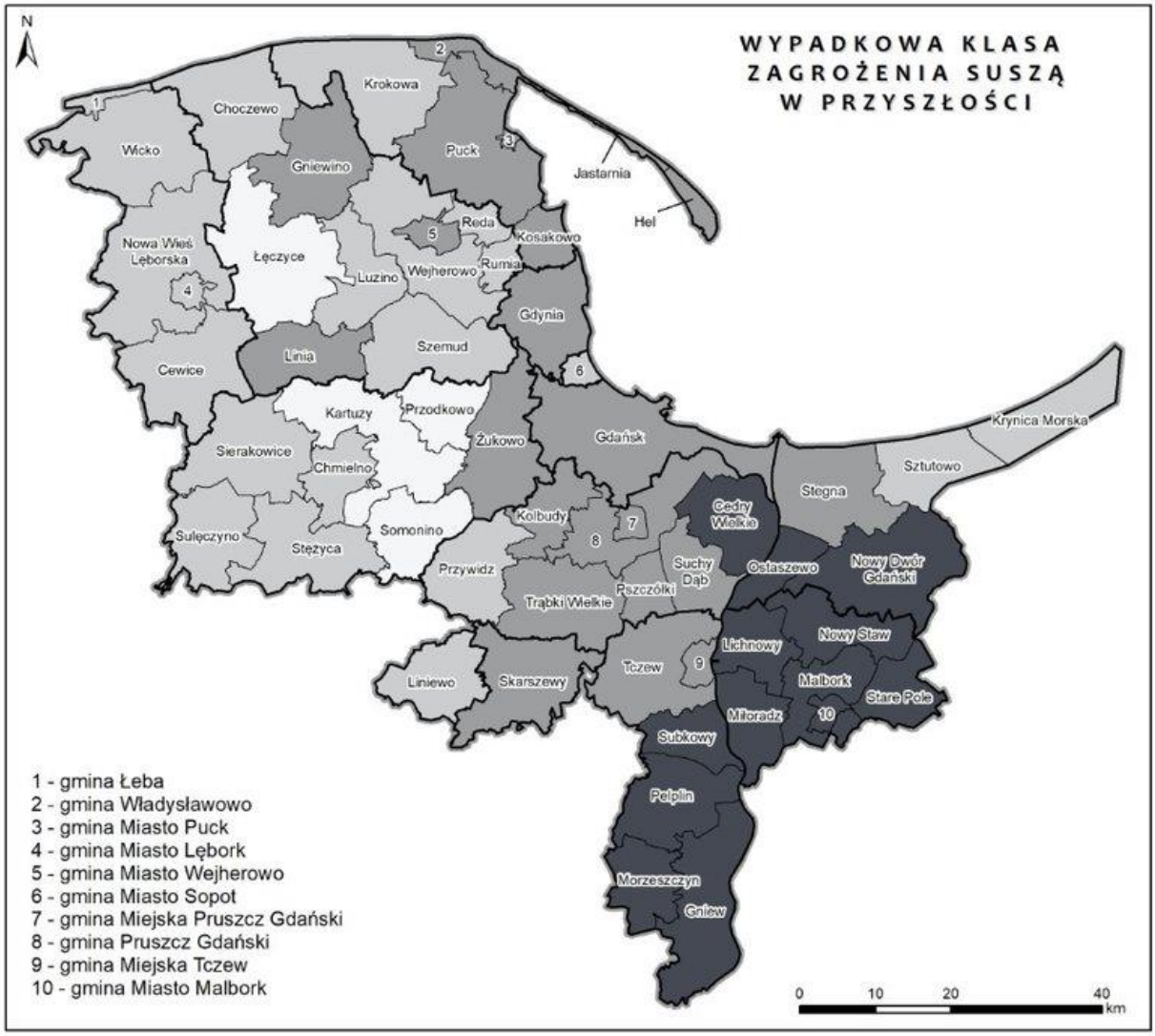
Tab. 1 Macierz ryzyka służąca wyznaczeniu klasy zagrożenia wystąpienia suszą w przyszłości do roku 2050

		Klasa zagrożenia suszą w stanie aktualnym			
		1	2	3	4
Klasa przyrostu zagrożenia w przyszłości	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
	4	4	8	12	16

Zagrożenie wystąpienia suszą w przyszłości
klasa 1 - zagrożenie słabe
klasa 2 - zagrożenie umiarkowane
klasa 3 - zagrożenie silne
klasa 4 - zagrożenie ekstremalne

źródło: opracowanie własne

Określone w ten sposób zagrożenie wystąpieniem zjawiska w przyszłości przedstawione zostało na Ryc. 48. Rozkład zagrożenia suszą w przyszłości jest względnie podobny do zagrożenia w stanie aktualnym i cechuje się generalnym podziałem na część wschodnią o większym zagrożeniu oraz część zachodnią o zagrożeniu mniejszym. Istnieją cztery gminy z klasą 1 o słabym zagrożeniu (gminy Kartuzy, Przodkowo, Somonino oraz Łęczyce), natomiast gmin o zagrożeniu ekstremalnym w klasie 4 jest 13 i znajdują się one w południowo-wschodniej części OMGGS.



Ryc. 48 Klasyfikacja zagrożenia suszą w przyszłości do roku 2050 na obszarze OMGGS

2.2.9 Koncentracja zanieczyszczeń powietrza

Korelacja pomiędzy zmianami klimatu i zanieczyszczeniem powietrza obserwowana jest przede wszystkim latem. Wzrost temperatury prowadzi do wzrostu PM 10 i ozonu w atmosferze[60]. Zmiany klimatu mają wpływ na jakość powietrza m.in. poprzez zmiany powodowane w wentylacji i rozrzedzaniu zanieczyszczeń powietrza, wskaźnikach reakcji fotochemicznych, wymianie ozonu pomiędzy stratosferą i troposferą oraz emisjach biogenicznych. Zmiany w zakresie tych procesów powodują latem wzrost poziomu ozonu, przede wszystkim na obszarach zurbanizowanych[61,62]. Jak wykazały modelowania, obserwowane w latach 1979–2001 zmiany klimatu doprowadziły do wzrostu koncentracji ozonu w rejonie Europy Centralnej i Południowej. Powodem tego były zmiany temperatury, nasilenia wiatru i zmiany w pokrywie chmur[63]. Modelowania oparte o scenariusz RCP8.5 wskazują, że w perspektywie do 2100 roku (w porównaniu do roku 2000) zmiany klimatu będą miały wpływ na 14% wzrost śmiertelności powodowanej wzrostem ozonu w atmosferze[64]. Niemniej jednak, nie wszystkie powiązania pomiędzy zmianami klimatu a jakością powietrza zostały już dobrze rozpoznane, co przede wszystkim związane jest ze skomplikowanymi interakcjami pomiędzy poszczególnymi procesami[65]. W Tab. 2 wskazano wpływ wybranych parametrów meteorologicznych na wzrost poziomu ozonu w atmosferze wraz ze wskazaniem stopnia pewności odnośnie tego wpływu.

Tab. 2 Wpływ wybranych parametrów meteorologicznych na wzrost poziomu ozonu w atmosferze (kolor pomarańczowy – dobrze rozpoznany wpływ; kolor żółty – umiarkowanie rozpoznany wpływ; kolor niebieski – słabo rozpoznany wpływ)

Wzrost:	Powoduje:	Wpływ na poziom ozonu:
temperatury	szybsze reakcje fotochemiczne	wzrost (gdy poziom NO_x jest wysoki) spadek (gdy poziom NO_x jest niski)
	wzrost emisji biogenicznych (VOC, NO)	wzrost
wilgotności powietrza	niszczenie ozonu	wzrost (gdy poziom NO_x jest wysoki) spadek (gdy poziom NO_x jest niski)
epizodów suszy	spadek wilgotności powietrza i wzrost temperatur	wzrost
	zaburzony wzrost roślinności	wzrost
	wzrost częstotliwości pożarów lasów	wzrost
zjawiska miejskiej wyspy ciepła	wzrost stagnacji powietrza	wzrost
	wzrost fali upałów	wzrost

źródło: opracowanie własne na podstawie[66]

[60] Füssel, H.-M., Jol, A., Kurnik, B., Hemming, D., 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012: an indicator-based report., EEA Report. https://doi.org/10.2800/66071

[61] Fiore, A.M., Naik, V., Leibensperger, E.M., 2015. Air quality and climate connections. J. Air Waste Manag. Assoc. https://doi.org/10.1080/10962247.2015.1040526

[62] Von Schneidemesser, E., Monks, P.S., Allan, J.D., Bruhwiler, L., Forster, P., Fowler, D., Lauer, A., Morgan, W.T., Paasonen, P., Righi, M., Sindelarova, K., Sutton, M.A., 2015. Chemistry and the Linkages between Air Quality and Climate Change. Chem. Rev. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00089

[63] Füssel, H.-M., Jol, A., Kurnik, B., Hemming, D., 2012. Climate change…

[64] Silva, R.A., West, J.J., Lamarque, J.F., Shindell, D.T., Collins, W.J., Faluvegi, G., Folberth, G.A., Horowitz, L.W., Nagashima, T., Naik, V., Rumbold, S.T., Sudo, K., Takemura, T., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Doherty, R.M., Josse, B., MacKenzie, I.A., Stevenson, D.S., Zeng, G., 2017. Future global mortality from changes in air pollution attributable to climate change. Nat. Clim. Chang. https://doi.org/10.1038/nclimate3354

[65] tamże

[66] Royal Society, 2008. Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications, October.

2.2.9.1 Występowanie zjawiska w przeszłości i stan aktualny

Ocena stanu przeszłego i aktualnego w zakresie koncentracji zanieczyszczeń powietrza wykonana została w oparciu o „Roczną ocenę jakości powietrza w województwie pomorskim – raport wojewódzki za rok 2019”[67] oraz dane pozyskane z Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE).
Klasyfikacja zawarta w „Rocznej ocenie…”[68] opiera się na podziale województwa na dwie strefy: pomorską i Aglomerację Trójmiejską. Pomiary realizowane są w ramach 16 stacji, z czego 13 znajduje się na obszarze OMGGS, a 10 na terenie Aglomeracji Trójmiejskiej. Ocena wykonywana jest rozdzielnie – ze względu na ochronę ludzi (w ramach 12 substancji) oraz ze względu na ochronę roślin (w ramach 3 substancji).
Dane przestrzenne pozyskane z KOBiZE w postaci siatki (o rozdzielczości 2.5 km x 2.5 km, a na obszarach najbardziej zurbanizowanych 0.5 km x 0.5 km) przygotowane zostały na potrzeby wykonania modelowania wspierającego ocenę jakości powietrza dla roku 2019, która została zakończona 30.04.2020 r. i objęła emisje SO_x, NO_x, PM10, PM2.5, B(a)P, NMVOC, NH_3, CO za 2018 rok. Na potrzeby niniejszej oceny dane z KOBiZE zagregowano do następujących kategorii w podziale na źródła emisji:

- punktowe,
- z sektora komunalno-bytowego,
- z transportu drogowego,
- inne (w tym: hałdy i wyrobiska, ciągniki, lotniska, składowiska, rolnictwo i grunty leśne).

Wielkości poszczególnych substancji agregowano do obszaru gminy, kolejno odnosząc je do powierzchni gminy w km^2 w podziale na poszczególne źródła.
Na potrzeby Diagnozy szczegółowej ocenie poddano przede wszystkim te z kryteriów oceny jakości powietrza, dla których stwierdzona została korelacja ze zmianami klimatu, tj. w zakresie substancji:

- ozon (O_3),
- pył PM10,
- tlenki azotu (NO_x).

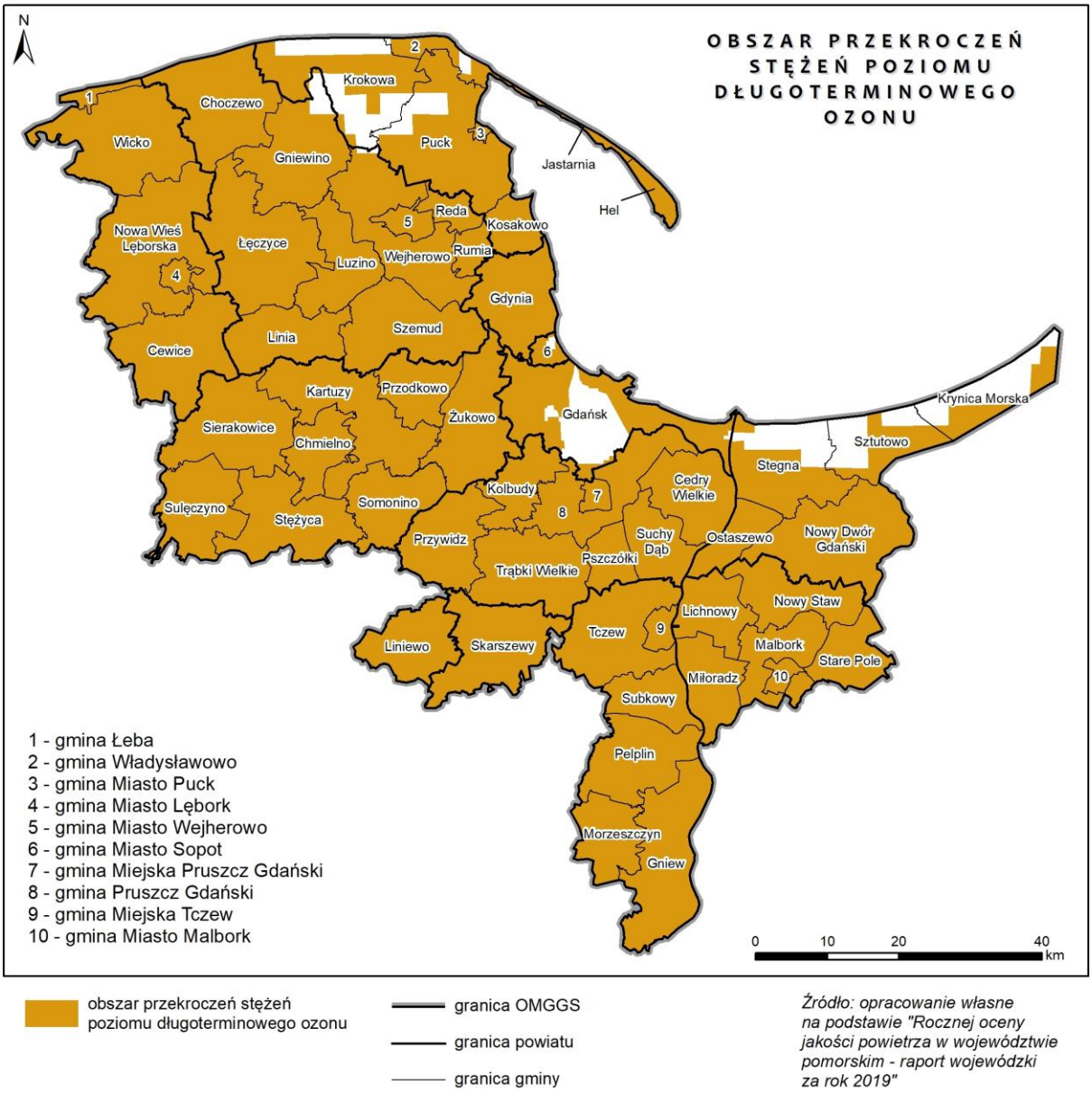
Niemniej, z uwagi na wciąż słabe rozpoznanie uwarunkowań i wzajemnych korelacji zmiany klimatu i koncentracji zanieczyszczeń powietrza, analizie poddano również pozostałe substancje, dla których obowiązek oceny wynika z rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu[69].

Ozon O_3

Klasyfikacji stężeń ozonu na obszarze OMGGS dokonano w oparciu o dane przedstawione w „Rocznej ocenie…”[70] w odniesieniu do kryteriów określonych w celu ochrony zdrowia ludzi. W roku 2019 na żadnej ze stacji nie wykazano przekroczeń poziomu docelowego. Zarówno strefa pomorska, jak i Aglomeracja Trójmiejska otrzymały klasę A.
Natomiast na wszystkich stacjach odnotowano przekroczenie poziomu 120 µg/m^3 maksymalnej średniej 8-godzinnej ozonu, co oznacza, że cel docelowy nie został osiągnięty. Zarówno strefa

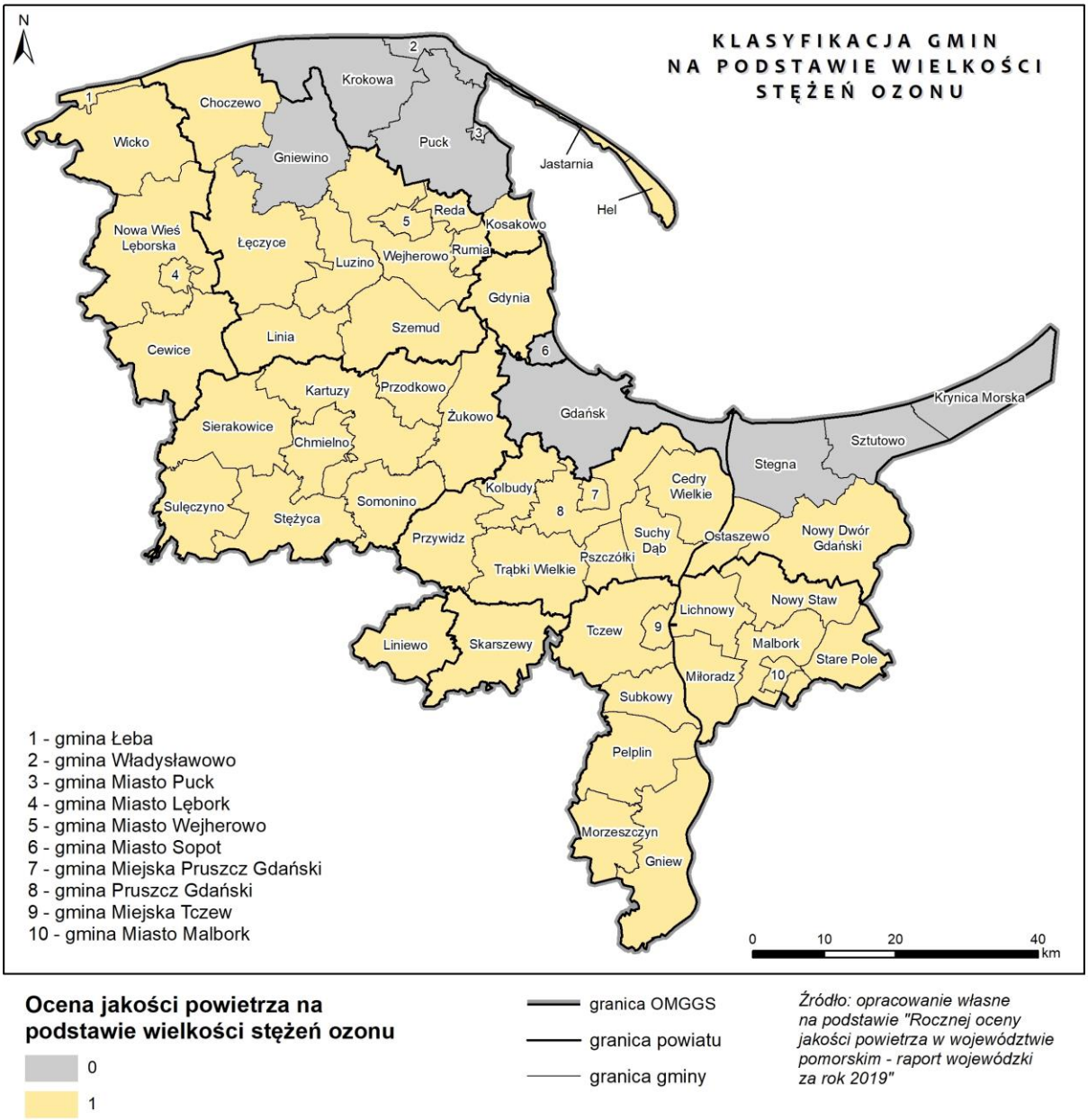
[67] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2020. Roczna ocena jakości powietrza w województwie pomorskim raport za rok 2019. Gdańsk.
[68] tamże
[69] Ministerstwo Środowiska, 2018. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 11 czerwca 2018 r. poz. 1119).
[70] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2020. Roczna ocena…

pomorska, jak i Aglomeracja Trójmiejska otrzymały klasę D2. Na Ryc. 49 przedstawiono obszar przekroczeń stężeń poziomu długoterminowego O_3 na terenie OMGGS. Przekroczenia wystąpiły w każdej z analizowanych gmin, przy czym w przypadku gmin: Władysławowo, Krokowa, Gniewino, Puck (gmina), Sopot, Gdańsk, Stegna, Sztutowo oraz gmina miasto Krynica Morska nie były to całe obszary gmin.



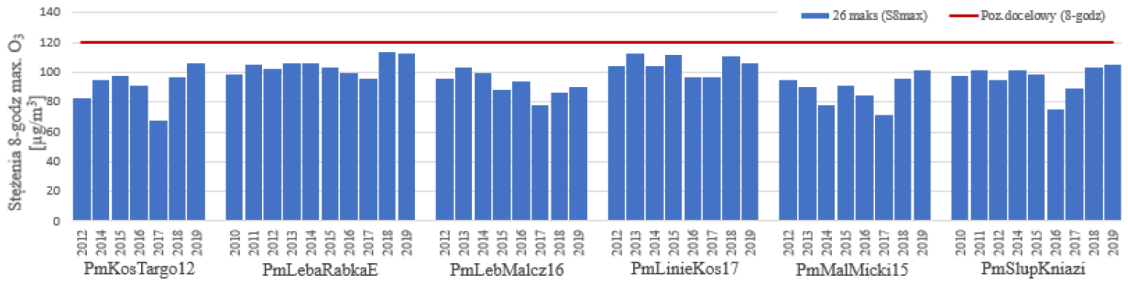
Ryc. 49 Obszar przekroczeń stężeń poziomu długoterminowego O_3

Na podstawie wskazanych na Ryc. 49 obszarów przekroczeń – poszczególnym gminom przypisane zostały oceny 0 – jeśli na terenie gminy nie odnotowano przekroczeń i 1 – jeśli odnotowano przekroczenia (Ryc. 50).

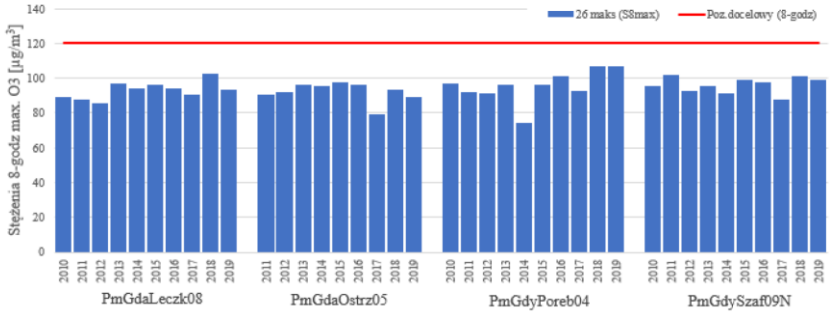


Ryc. 50 Klasyfikacja gmin na podstawie wielkości stężeń ozonu
źródło: opracowanie własne na podstawie (Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2020)

Jednocześnie analiza wyników pomiarów dokonywanych w latach 2010–2019 (Ryc. 51 i Ryc. 52) nie wskazuje wyraźnej linii trendu na żadnej z analizowanych stacji.



Ryc. 51 Maksymalne stężenie 8-godzinne na poszczególnych stanowiskach pomiarowych województwa pomorskiego w strefie pomorskiej na tle poziomu docelowego w latach 2010 – 2019 (przy czym na obszarze OMGGS znajdują się stacje: PmLebaRabkaE, PmLebMalcz16 oraz PmMalMicki15)
źródło: „Roczna ocena jakości powietrza w województwie pomorskim – raport wojewódzki za rok 2019"[71]



Ryc. 52 Maksymalne stężenie 8-godzinne na poszczególnych stanowiskach pomiarowych województwa pomorskiego w aglomeracji trójmiejskiej na tle poziomu docelowego w latach 2010 – 2019
źródło: „Roczna ocena jakości powietrza w województwie pomorskim – raport wojewódzki za rok 2019"[72]

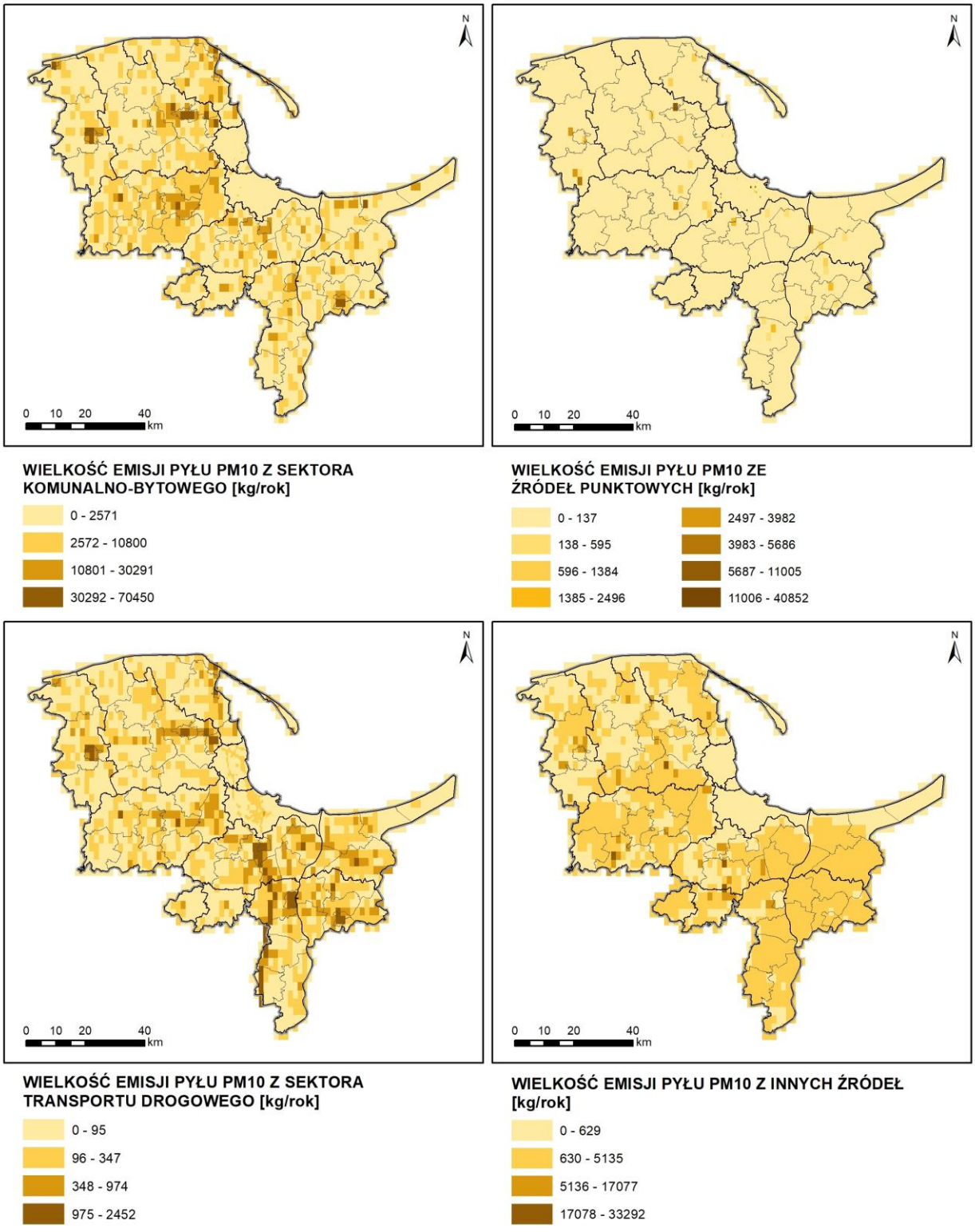
W przypadku oceny przeprowadzanej ze względu na ochronę roślin – również odnotowano przekroczenia poziomu docelowego ozonu (mierzonego współczynnikiem AOT40), w związku z czym strefa pomorska otrzymała klasę D2. Natomiast w ramach poziomu docelowego nie wykazano przekroczeń, co pozwoliło uzyskać strefie pomorskiej klasę A.

Pył PM10

Klasyfikacji stężeń pyłu PM10 na obszarze OMGGS dokonano w oparciu o dane przedstawione w „Rocznej ocenie…"[73] oraz dane KOBiZE.

W oparciu o dane KOBiZE, analizie poddano roczne stężenia pyłu PM10 [kg/rok] w podziale na poszczególne źródła emisji (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**).

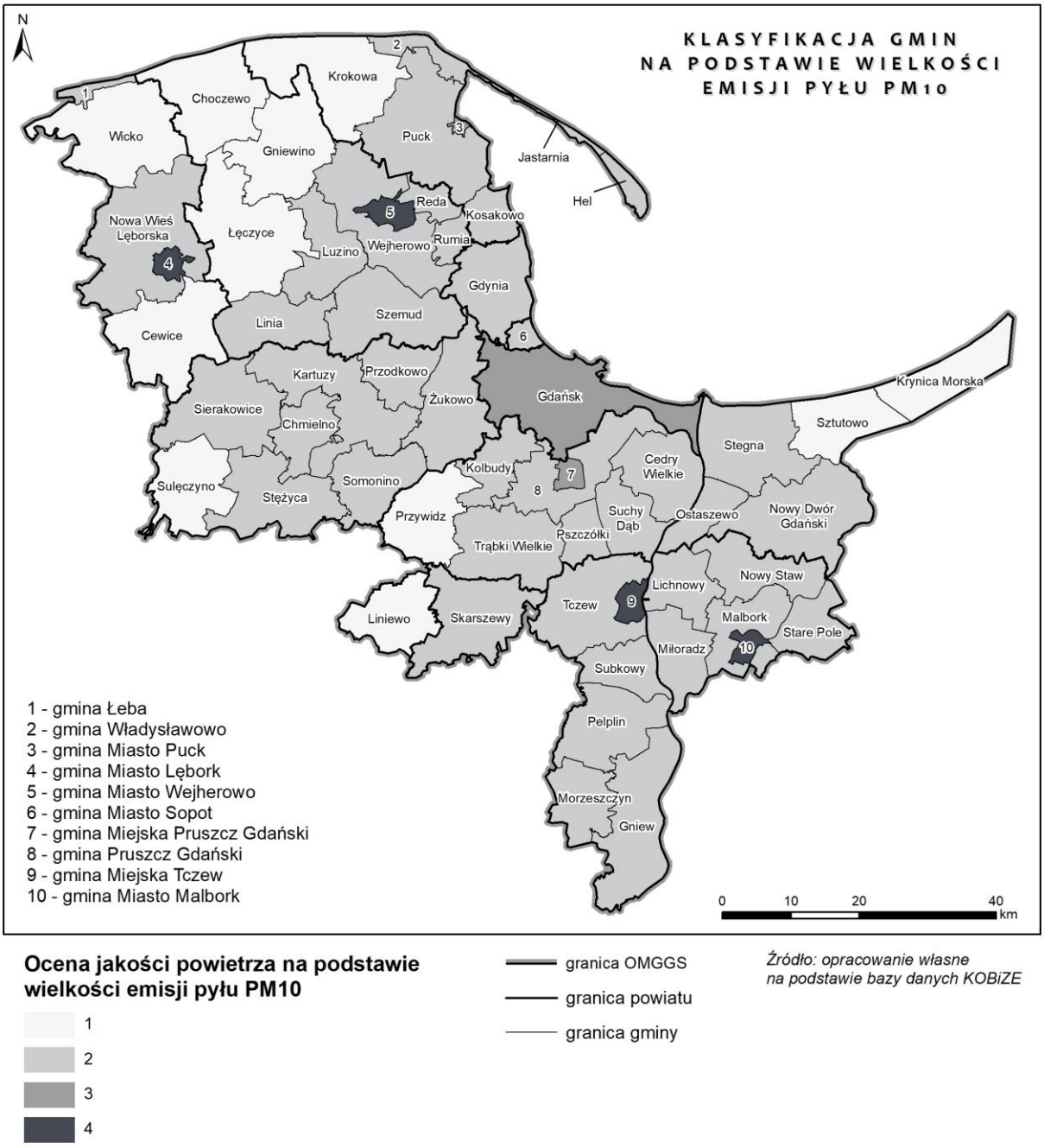
[71] tamże
[72] tamże
[73] tamże



Ryc. 53 Roczne stężenie pyłu PM10 [kg/rok] w podziale na poszczególne źródła emisji

Przedstawione stężenia agregowano do obszaru gminy, kolejno odnosząc je do powierzchni gminy w km^2 w podziale na poszczególne źródła. Pozwoliło to na wyróżnienie 4-stopniowej oceny w zależności od uzyskiwanych parametrów stężeń rocznych dla poszczególnych źródeł. W przypadku transportu drogowego najwyższe oceny uzyskały gminy: gmina miasto Lębork, gmina Miasta Wejherowa, gmina miejska Rumia, Gdańsk, Gdynia, Sopot, gmina miejska Tczew oraz gmina Miasta Malbork. Dla emisji punktowej największe poziomy zanieczyszczeń odnotowano w mieście Malborku, któremu przyznano ocenę 4, natomiast ocenę 3 przyznano gminom: gminie miasto Lębork, gminie Miasta Wejherowa, Gdynia, Gdańsk, gminie miejskiej Pruszcz Gdański oraz gminie miejskiej Tczew. Najwyższe oceny w zakresie emisji ze źródeł komunalno-bytowych odnotowano w miastach: Lębork, Wejherowo, Puck oraz Malbork, natomiast ze źródeł określonych jako inne – w miastach Lębork i Tczew oraz w gminach: Linia, Szemud, Stężyca, Pszczółki, Trąbki Wielkie i Skarszewy.

W kolejnym kroku oceny te zostały zagregowane do wspólnej oceny dla wielkości zanieczyszczenia pyłem PM10 dla każdej z gmin w 4-stopniowej skali (Ryc. 54). Najwyższą ocenę (4) otrzymały miasta: Lębork, Wejherowo, Tczew oraz Malbork. Ocenę 3 przyznano natomiast miastom: Puck, Gdańsk oraz Pruszcz Gdański.



Ryc. 54 Klasyfikacja gmin na podstawie wielkości emisji pyłu PM10

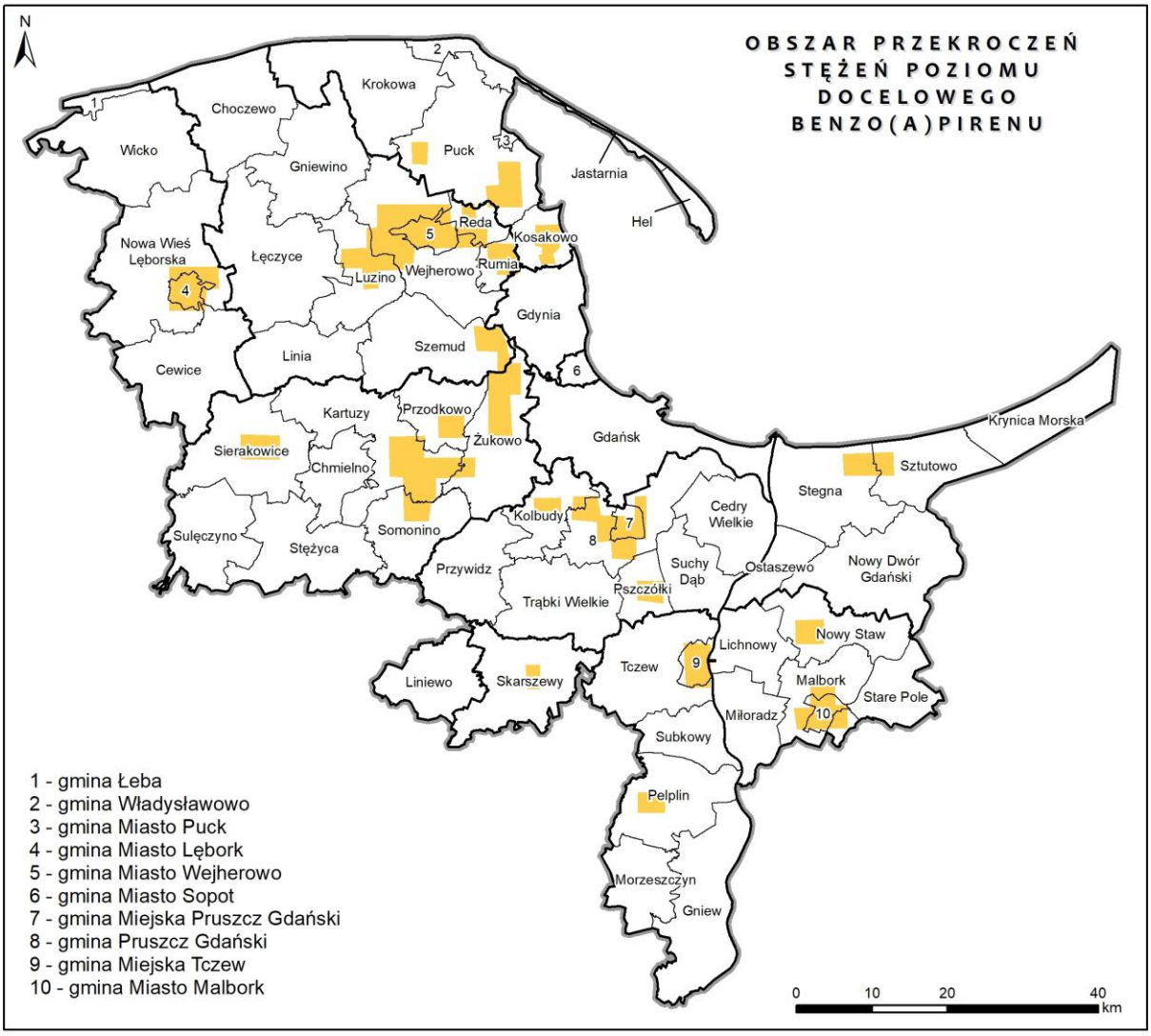
Jednocześnie, zgodnie z danymi przedstawionymi w „Rocznej ocenie…”[74] w 2019 roku nie odnotowano przekroczenia poziomów dopuszczalnych stężenia pyłu PM10, zarówno dla dopuszczalnej częstości przekroczeń średniodobowych stężeń i przekroczeń średniorocznych na całym obszarze województwa

[74] tamże

pomorskiego. Zarówno strefa pomorska, jak i Aglomeracja Trójmiejska otrzymały klasę A dla tych parametrów. Przy czym, brak przekroczeń dopuszczalnej ilości średniej dobowej w województwie pomorskim w strefie aglomeracji trójmiejskiej ostatnio odnotowano w 2017 roku, natomiast w strefie pomorskiej pierwszy raz od czasu prowadzenia pomiarów, co można uznać za pozytywny trend.

W „Rocznej ocenie…"[75] badano również obecność ołowiu, arsenu, kadmu, niklu i benzo(a)pirenu w pyle PM10. Dla czterech pierwszych spośród wymienionych substancji nie stwierdzono przekroczeń zarówno w Aglomeracji Trójmiejskiej jak i w strefie pomorskiej. Przekroczenie poziomu docelowego stężeń benzo(a)pirenu stwierdzono na jednej ze stacji w strefie pomorskiej – AM 12 Kościerzyna Targowa, znajdującej się poza obszarem OMGGS. Przekroczenie to spowodowało zakwalifikowanie strefy pomorskiej do klasy C. Natomiast w związku z brakiem przekroczeń w Aglomeracji Trójmiejskiej – otrzymała ona klasę A. Jednocześnie należy zauważyć, że w 2019 roku w strefie pomorskiej stężenie benzo(a)pirenu było najniższe od czasu prowadzenia pomiarów (od 2010 roku) i o połowę niższe niż w roku 2018. Na stacji, na której obecnie odnotowano przekroczenie – również uległo ono obniżeniu w stosunku do roku poprzedniego. Można to uznać za pozytywny trend. Na Ryc. 55 wskazane zostały obszary przekroczeń dla benzo(a)pirenu wyznaczone na podstawie obliczeń modelowych.

[75] tamże



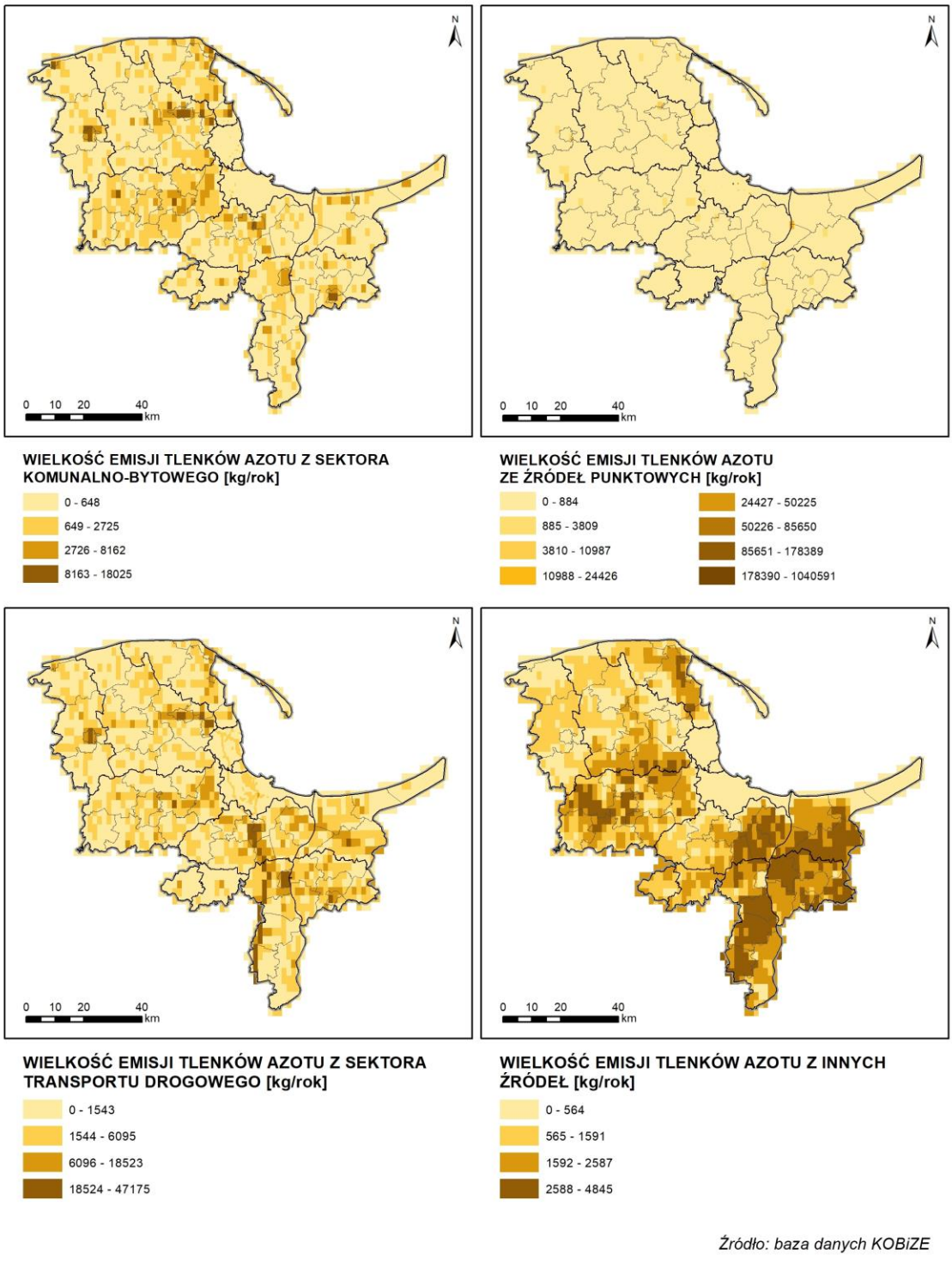
Ryc. 55 Obszary przekroczeń stężeń poziomu docelowego benzo(a)pirenu w strefie pomorskiej

Tlenki azotu NO_x

Klasyfikacji stężeń tlenków azotu na obszarze OMGGS dokonano w oparciu o dane przedstawione w „Rocznej ocenie…”[76] w zakresie emisji dwutlenku azotu oraz o dane KOBiZE.

W oparciu o dane KOBiZE, analizie poddano roczną wielkość tlenków azotu [kg/rok] w podziale na poszczególne źródła emisji (Ryc. 56).

[76] tamże



Ryc. 56 Roczne stężenia tlenków azotu [kg/rok] w podziale na poszczególne źródła emisji

Przedstawione stężenia agregowano do obszaru gminy, kolejno odnosząc je do powierzchni gminy w km^2 w podziale na poszczególne źródła. Pozwoliło to na wyróżnienie 4-stopniowej oceny w zależności od uzyskiwanych parametrów stężeń rocznych dla poszczególnych źródeł. W przypadku transportu drogowego najwyższe oceny uzyskały miasta: Gdańsk, Gdynia, Sopot oraz Tczew. Dla emisji punktowej

największe poziomy zanieczyszczeń tlenkami azotu również odnotowano w miastach: Lęborku, Wejherowie, Gdyni, Gdańsku, Tczewie oraz Malborku. Najwyższe oceny w zakresie emisji ze źródeł komunalno-bytowych odnotowano w miastach: Lębork, Wejherowo, Sopocie, Pruszczu Gdańskiem oraz Malborku, natomiast ze źródeł określonych jako inne – w gminach: Cedry Wielkie, Pszczółki, mieście i gminie Nowy Dwór Gdański, Lichnowy, Malbork, Stare Pole, Subkowy, mieście i gminie Pelplin oraz Morzeszczyn.

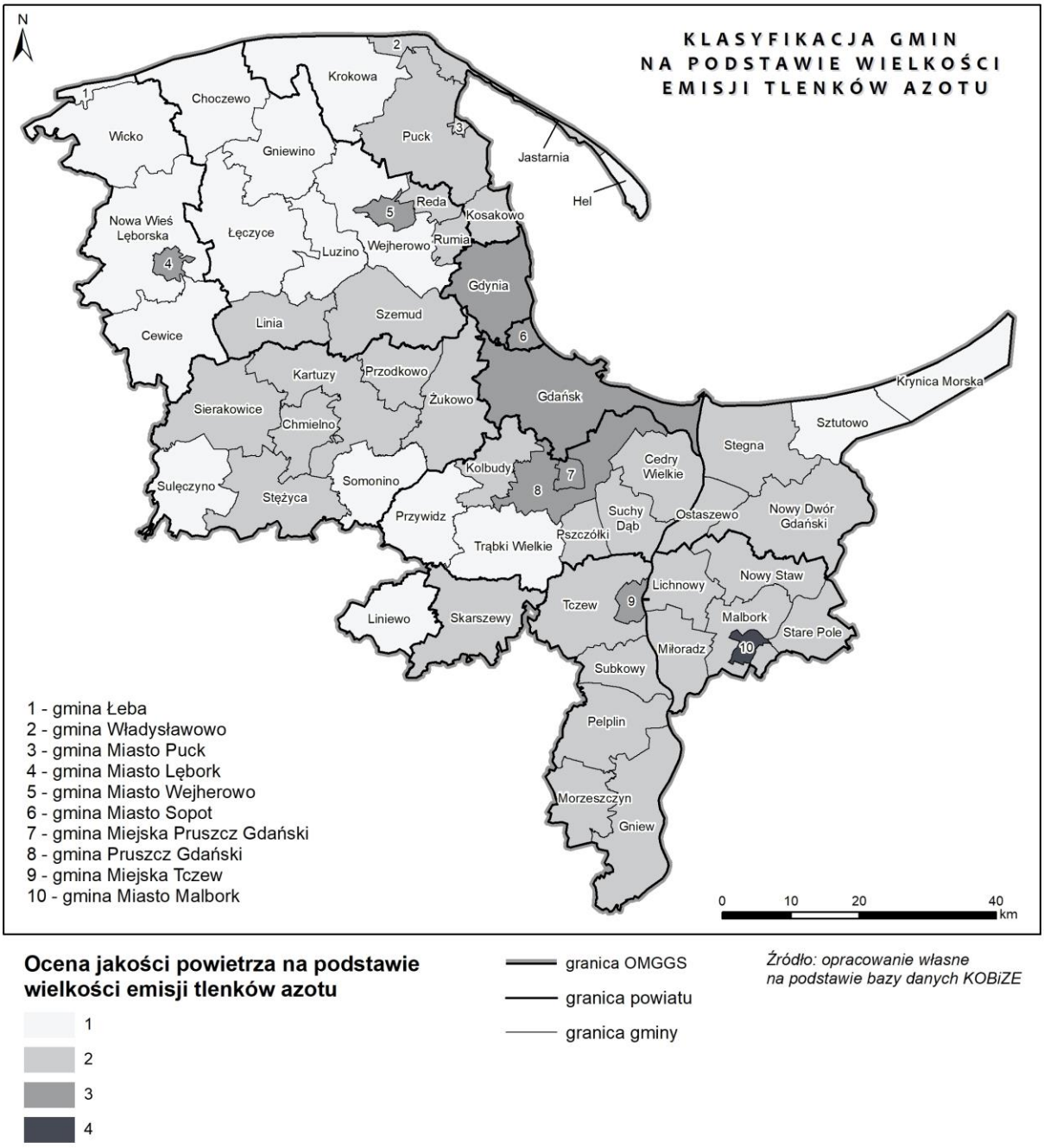
W kolejnym kroku oceny te zostały zagregowane do wspólnej oceny dla wielkości zanieczyszczenia pyłem PM10 dla każdej z gmin w 4-stopniowej skali (Ryc. 57). Najwyższą ocenę (4) otrzymało miasto Malbork, natomiast ocenę 3 przyznano miastom: Lębork, Wejherowo, Gdańsk, Gdynia, Sopot, Tczew, Pruszcz Gdański oraz gminie Pruszcz Gdański.

Niemniej, zgodnie z danymi przedstawionymi w „Rocznej ocenie…"[77] w 2019 roku nie odnotowano przekroczenia poziomów dopuszczalnych stężenia dwutlenku azotu, zarówno dla stężeń 1-godzinnych, jak i średniorocznych. Zarówno strefa pomorska, jak i Aglomeracja Trójmiejska otrzymały klasę A dla tych parametrów. Najwyższa średnia roczna, a także najwyższe 1-godzinne stężenie zostały odnotowane na stacji Gdynia-Śródmieście.
Poziom dwutlenku azotu od 2010 roku utrzymuje się na względnie stałym poziomie, chociaż zauważalny jest niewielki spadek w porównaniu do lat ubiegłych.
W przypadku oceny przeprowadzanej ze względu na ochronę roślin w zakresie stężeń tlenków azotu – nie odnotowano przekroczeń dopuszczalnych stężeń.

Pozostałe substancje

W „Rocznej ocenie…"[78] w przypadku oceny przeprowadzanej ze względu na ochronę zdrowia ludzi w zakresie pozostałych substancji, tj. dwutlenku siarki, tlenku węgla, benzenu oraz pyłu PM2,5 – nie odnotowano przekroczeń stężeń zarówno w strefie pomorskiej, jak i w Aglomeracji Trójmiejskiej. W przypadku oceny przeprowadzanej ze względu na ochronę roślin, poza stężeniem ozonu i tlenków azotu, analizie poddano jeszcze stężenie dwutlenku siarki, w przypadku którego nie odnotowano przekroczeń.

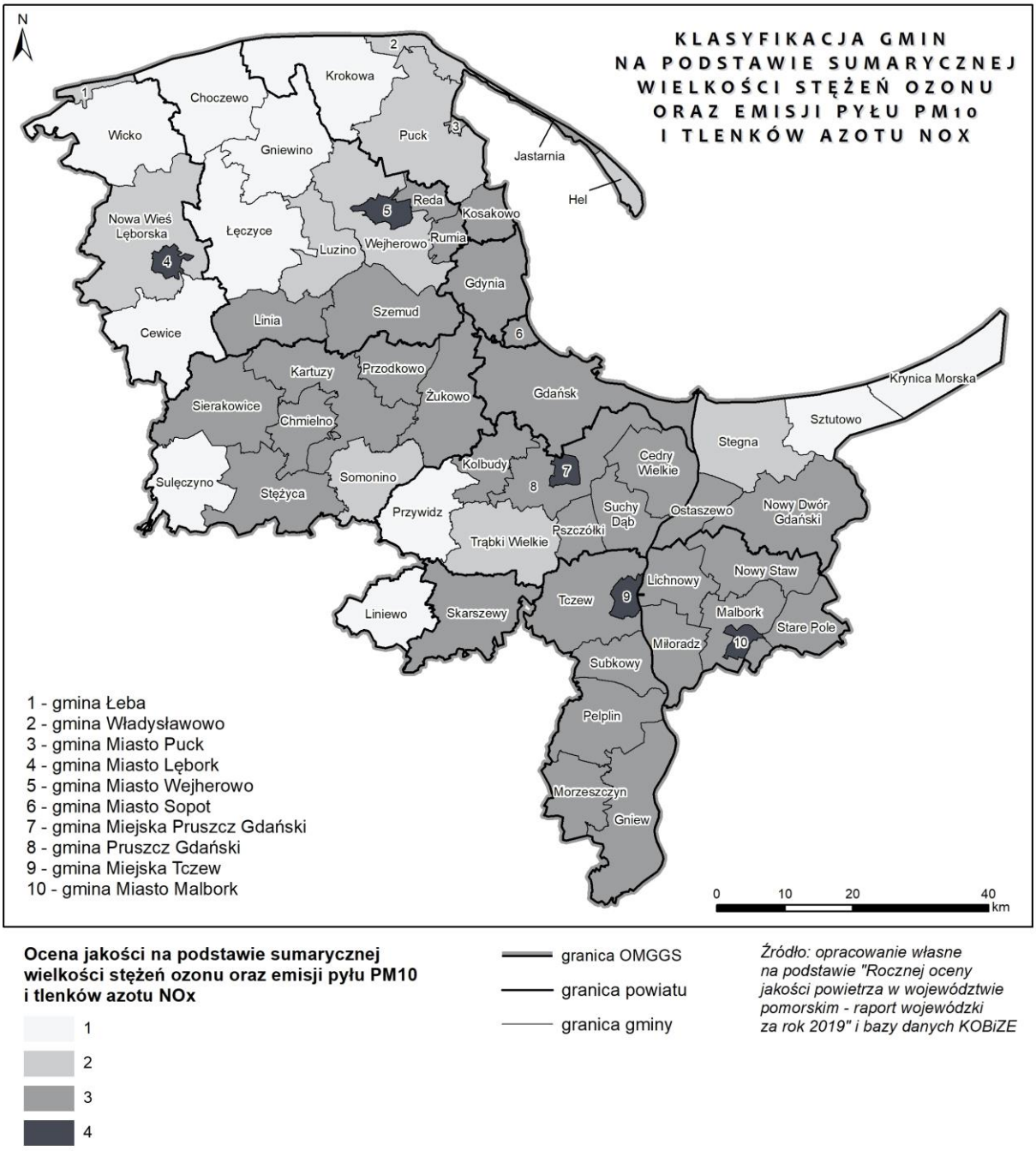
[77] tamże
[78] tamże



Ryc. 57 Klasyfikacja gmin na podstawie wielkości emisji tlenków azotu

Podsumowanie

Oceny w zakresie analizowanych szczegółowo wielkości emisji substancji, tj. pyłu PM10, ozonu i tlenków azotu ostatecznie zagregowane zostały do jednej oceny – jako średnia ocen cząstkowych. Wyniki przedstawione zostały na Ryc. 58.



Ryc. 58 Klasyfikacja gmin na podstawie sumarycznej wielkości stężeń ozonu oraz emisji pyłów PM10 i tlenków azotu

Najwyższą ocenę (4) otrzymały miasta: Lębork, Wejherowo, Pruszcz Gdański, Tczew oraz Malbork. Jak wykazała analiza – to właśnie w miastach w największym stopniu gromadzą się zanieczyszczenia powietrza, co jest spowodowane m.in. sposobem zagospodarowania, lokalnym mikroklimatem związanym ze wzrostem temperatur w strefie miejskiej oraz z niską emisją ze źródeł komunalno-bytowych.

Jednocześnie jednak należy wskazać, że w zakresie stężeń większości z analizowanych substancji – nie stwierdzono dopuszczalnych przekroczeń. Przekroczenia zostały zidentyfikowane tylko w zakresie

poziomu celu długoterminowego dla ozonu oraz poziomu docelowego benzo(a)pirenu w pyle PM10. Niemniej, pomimo przekroczeń, poziom stężenia benzo(a)pirenu był najniższy od 2010 roku. W przypadku pozostałych substancji również niejednokrotnie zaobserwowano trend związany ze zmniejszaniem się stężeń poszczególnych substancji w stosunku do lat ubiegłych.

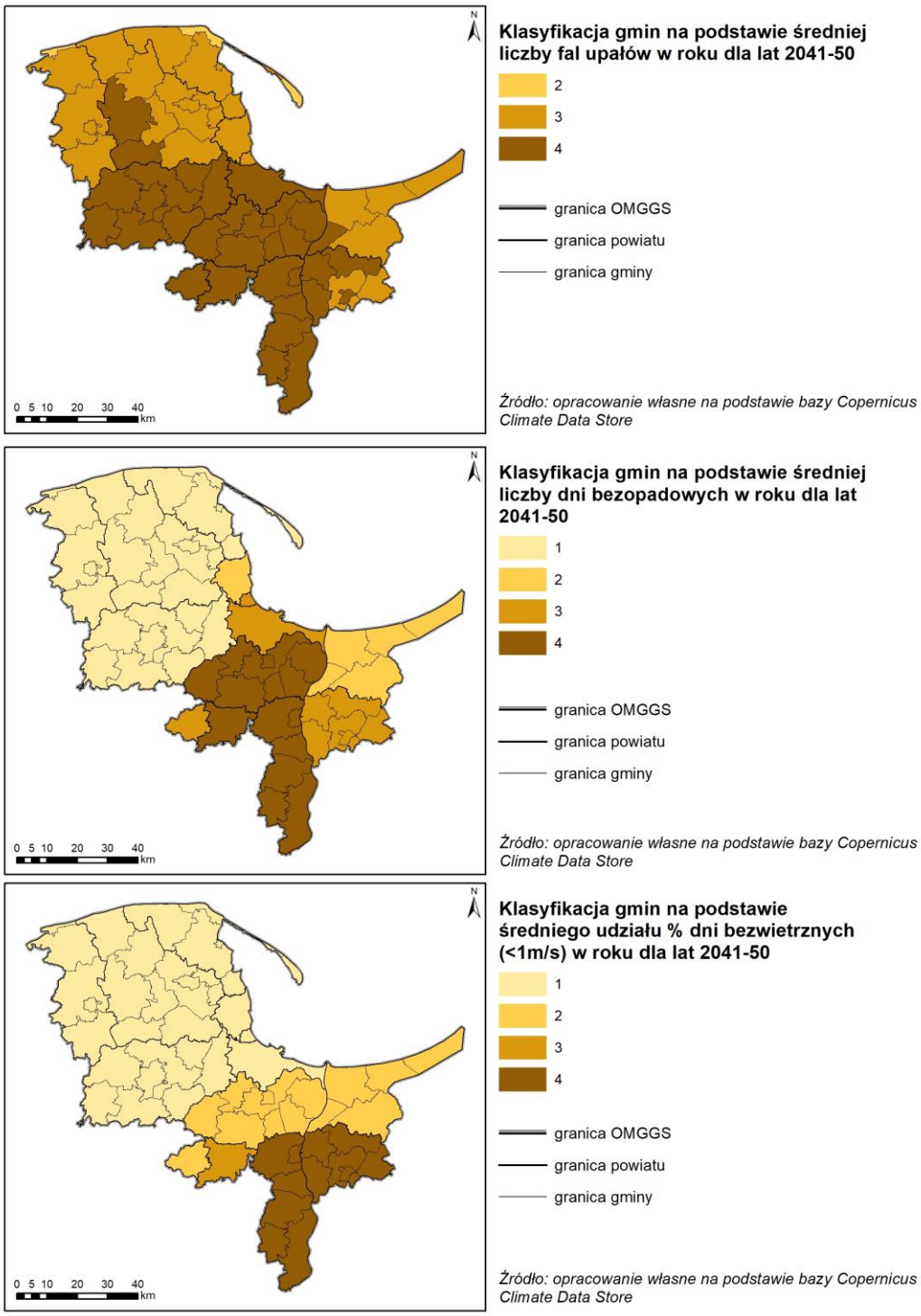
2.2.9.2 Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska w przyszłości

Na prawdopodobieństwo wystąpienia w przyszłości zjawiska związanego ze wzrostem zanieczyszczeń powietrza jako efektu zmian klimatu wpływ ma kilka czynników. Jak wskazano w początkowej części tego rozdziału – do formowania zanieczyszczeń wtórnych, w tym ozonu i pyłów PM10, w znacznej mierze prowadzi wzrost temperatury, przede wszystkim w okresie letnim na obszarach zurbanizowanych. Jedocześnie wzrost zanieczyszczeń powietrza jest również skorelowany z temperaturą powietrza, jego wilgotnością (co w przypadku stężeń ozonu jest również skorelowane z poziomem tlenków azotu – patrz: Tab. 2), występowaniem epizodów suszy, wzrostem częstotliwości fali upałów, czy prędkością wiatru. Wysoka temperatura powietrza w okresie letnim prowadzi do wzrostu intensywności reakcji fotochemicznych, zwiększając stężenie zanieczyszczeń powietrza. Wysoki opad atmosferyczny wspomaga wymywanie zanieczyszczeń, prowadząc do zmniejszenia ich stężenia w atmosferze. Występowanie długich okresów bezopadowych prowadzi natomiast do wzrostu zanieczyszczeń, co – jeśli skorelowane jest ze stagnacją powietrza oraz z wysokimi temperaturami w okresie letnim – prowadzić może do kumulowania się zanieczyszczeń. Jednocześnie długie okresy z niską temperaturą w okresie jesienno-zimowym wzmagają emisję ze źródeł komunalno-bytowych, jednak – jak wskazano w podrozdziale 2.2.5.2 – długość trwania fal chłodu ma zmaleć w perspektywie do 2050 roku na całym obszarze OMGGS.

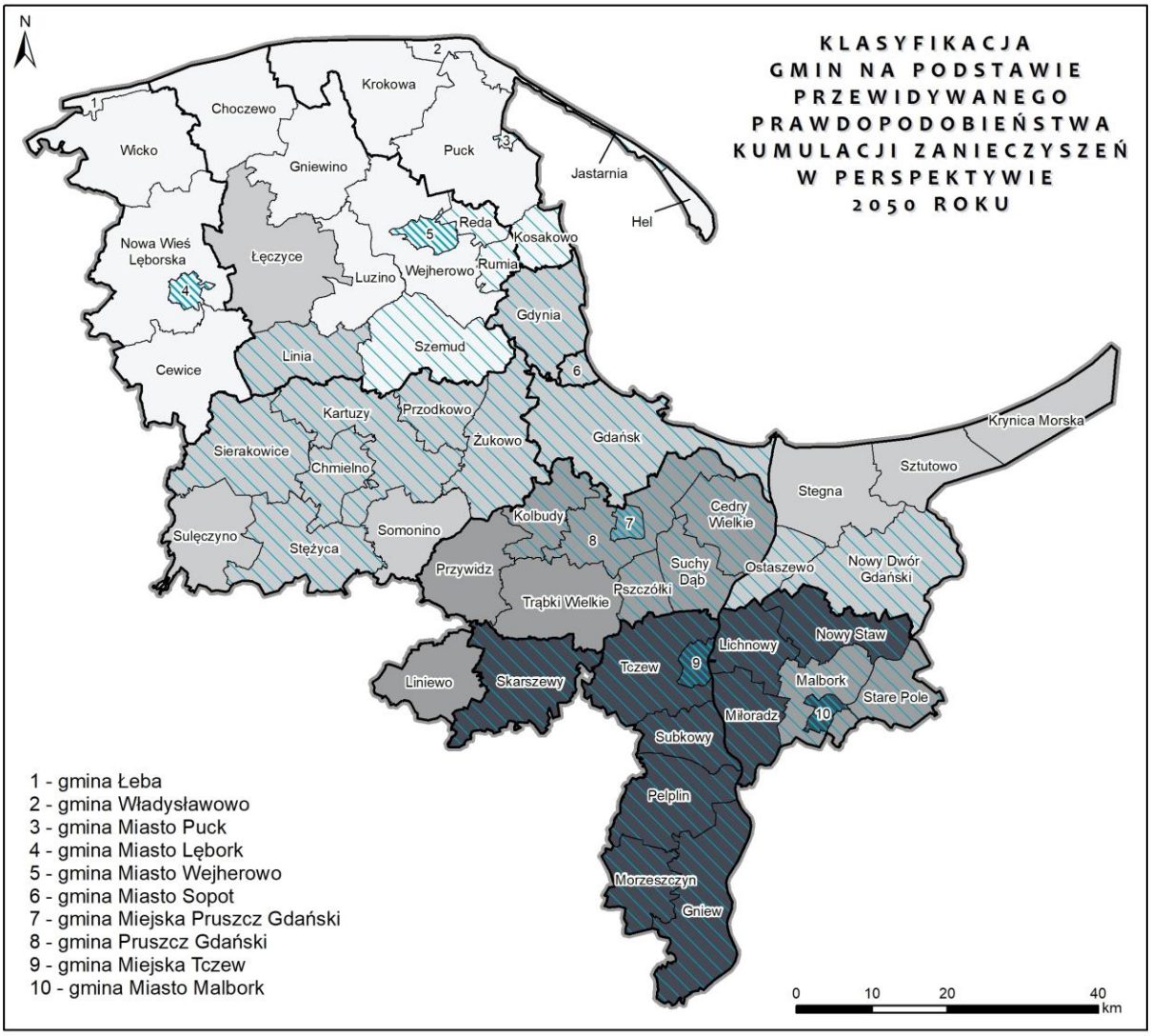
Stąd – do oceny gmin na podstawie przewidywanego prawdopodobieństwa kumulowania się zanieczyszczeń w perspektywie do 2050 roku, wzięto pod uwagę następujące czynniki (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**):

- klasyfikacja gmin na podstawie średniej liczby fal upałów w roku dla lat 2041-50,
- klasyfikacja gmin na podstawie średniej liczby dni bezopadowych w roku dla lat 2041-50 ,
- klasyfikacja gmin na podstawie średniego udziału % dni bezwietrznych (<1m/s) w roku dla lat 2041-50.

Ostateczną klasyfikację skonstruowano jako średnią z sumy ocen dla poszczególnych czynników (Ryc. 60).



Ryc. 59 Czynniki brane pod uwagę do oceny przewidywanego prawdopodobieństwa kumulowania się zanieczyszczeń w perspektywie do 2050 roku



Ryc. 60 Klasyfikacja gmin na podstawie przewidywanego prawdopodobieństwa kumulacji zanieczyszczeń w perspektywie 2050 roku

Jak wynika z analizy, potencjalnie najbardziej zagrożone kumulowaniem się zanieczyszczeń w założonym horyzoncie czasowym są gminy w południowej części OMGGS. Najwyższe oceny przyznano gminom: Tczew, Lichnowy, miastu i gminie Pelplin, Subkowy, Miłoradz, Skarszewy, miastu i gminie Nowy Staw oraz miastom – Malborkowi oraz Tczewowi. To właśnie miasta – z uwagi na wysoki stopień zurbanizowania, są najbardziej narażone na kumulowanie się zanieczyszczeń. W przypadku miast Malborka i Tczewa jest to szczególnie zauważalne już na etapie analizy stanu aktualnego, gdzie miasta te również otrzymały najwyższą ocenę. Pozostałe z wymienionych gmin w ocenie stanu aktualnego otrzymały również wysoką ocenę wynoszącą 3. Natomiast w zakresie potencjalnego zagrożenia kumulowania się zanieczyszczeń

w założonym horyzoncie czasowym – ocenę 3 otrzymały gminy: Liniewo, Pruszcz Gdański, Stare Pole, Cedry Wielkie, Trąbki Wielkie, Pszczółki, Przywidz, Malbork, Kolbudy i Suchy Dąb oraz miasto – Pruszcz Gdański, który w ocenie stanu aktualnego otrzymał najwyższą ocenę (4).

Jednocześnie, na terenie OMGGS podejmowane są działania mające na celu zapobieganie przyszłym koncentracjom zanieczyszczeń powietrza. Zaliczają się do nich m.in.:

- programy ochrony powietrza (*UCHWAŁA NR 414/XXXIV/21 Sejmiku Województwa Pomorskiego z dnia 28 czerwca 2021 roku zmieniająca uchwałę Sejmiku Województwa Pomorskiego w sprawie programu ochrony powietrza dla strefy pomorskiej, w której został przekroczony poziom dopuszczalny pyłu zawieszonego PM10 oraz poziom docelowy benzo(a)pirenu* oraz *UCHWAŁA NR 413/XXXIV/21 Sejmiku Województwa Pomorskiego z dnia 28 czerwca 2021 roku zmieniająca uchwałę Sejmiku Województwa Pomorskiego w sprawie programu ochrony powietrza dla strefy aglomeracji trójmiejskiej, w której został przekroczony poziom dopuszczalny pyłu zawieszonego PM10 oraz poziom docelowy benzo(a)pirenu,*
- „uchwały antysmogowe" (*UCHWAŁA NR 308/XXIV/20 SEJMIKU WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO z dnia 28 września 2020 roku w sprawie wprowadzenia na obszarze województwa pomorskiego, z wyłączeniem Gminy Miasta Sopotu i obszaru miast, ograniczeń i zakazów w zakresie eksploatacji instalacji , w których następuje spalanie paliw* oraz *UCHWAŁA NR 236/XIX/20 SEJMIKU WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO z dnia 24 lutego 2020 roku w sprawie wprowadzenia na obszarze Gminy Miasta Sopotu ograniczeń i zakazów w zakresie eksploatacji instalacji , w których następuje spalanie paliw*),
- plany gospodarki niskoemisyjnej dla poszczególnych gmin, w tym miast, dla których wskazano najwyższy stopień potencjalnego zagrożenia kumulowaniem się zanieczyszczeń tj. Tczew (*Uchwała Nr XXVII/223/2017 Rady Miejskiej w Tczewie z dnia 23 lutego 2017 r. zmieniająca uchwałę w sprawie przyjęcia Planu gospodarki niskoemisyjnej Gminy Miejskiej Tczew*), Malbork (*Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta Malborka z dnia 30 czerwca 2016 roku*) oraz Pruszcz Gdański (*UCHWAŁA Nr XXXI/296/2017 RADY MIASTA PRUSZCZ GDAŃSKI z dnia 13 marca 2017 r. w sprawie przyjęcia i wdrożenia „Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Miejskiej Pruszcz Gdański"*),
- program gospodarki niskoemisyjnej dla OMGGS (*Program Gospodarki Niskoemisyjnej dla Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot*).

Założyć można, że podejmowanie działań zawartych w wymienionych wyżej dokumentach, prowadzić może do zapobiegania koncentracji zanieczyszczeń powietrza, a tym samym poprawy jego jakości, przede wszystkim na obszarach najbardziej zagrożonych. Potwierdza to obserwowany obecnie pozytywny trend zmniejszania się stężeń poszczególnych substancji w stosunku do lat ubiegłych na obszarze OMGGS.

2.3 Określenie zagrożeń priorytetowych

Zawarta w rozdziałach 2.1 oraz 2.2 analiza występowania oraz prawdopodobieństwa wystąpienia w horyzoncie 2050 zjawisk będących skutkiem zmian klimatu, pozwoliła na wyodrębnienie zagrożeń, których wystąpienie lub intensyfikacja są przewidywane na obszarze OMGGS. Niemniej, złożoność zjawiska zmiany klimatu oraz związana z tym niepewność, skutkują brakiem możliwości jednoznacznego wskazania, które z tych zjawisk i w jakim stopniu dotkną analizowany obszar. W ostatnich dziesięcioleciach, niepewność, jako stały element prognozowania i planowania, stała się nieodłączną częścią wiedzy w dziedzinie badań globalnych zmian środowiskowych, włącznie z nauką o zmianach klimatu i ich konsekwencjach . Ocena niepewności zajmuje znaczną część raportów Międzynarodowego Zespołu do Spraw Zmian Klimatu (IPCC). Piąty raport określa niepewność jako brak pełnej informacji, niepełną wiedzę lub brak zgody co do tego, co jest wiadome i poznawalne . Niepewność w kontekście klimatu i jego zmian rozpatrywania jest na trzech podstawowych poziomach: 1. niepewność związana z danymi obserwowanymi, 2. niepewność w zrozumieniu procesu i modelowaniu oraz 3. niepewność

projekcji na przyszłość. Pomimo ciągłej poprawy wiedzy w zakresie symulacji procesów atmosferycznych i klimatycznych, niepewność pozostaje na wysokim poziomie w kolejnych generacjach modeli klimatu (oraz scenariuszy socjoekonomicznych). Projekcje za pomocą różnych modeli często różnią się w zależności od takich czynników jak położenie geograficzne, zmienna, i pora roku. Mapa średniej lub mediany zmian z kilku modeli nie zawiera w sobie informacji o rozpoznanej niepewności.

Główne problemy z niepewnością w zakresie modelowania i prognoz, również tych, na których opierają się wnioski i opisy przedstawione w tym rozdziale, wynikają ze skomplikowania i silnej nieliniowości systemu klimatycznego. Oprócz zmienności, która charakteryzuje czynniki w systemie klimatycznym funkcjonują wewnętrzne sprzężenia zwrotne, zmniejszające lub potęgujące skutki wzrostu stężenia gazów cieplarnianych i generujące dużą zmienność naturalną. Ze względu na brak możliwości rozpatrzenia wszystkich niezbędnych procesów w mniejszej skali, w numerycznych modelach klimatu, metody stochastyczne służą do parametryzacji zmiennych w ramach pojedynczego segmentu siatki obliczeniowej oraz do reprezentacji błędów modelu. Błędy systematyczne, które wynikają z rozpoznanych metod uśrednień modeli wielkoskalowych (np. regionalnych) mogą podlegać procesowi asymilacji do rozdzielczości skali lokalnej (tzw. *downscaling*). Jednakże procedury statystyczne, pomimo swych zalet, nie zawsze zmniejszają praktyczną niewiedzę. W przypadku przyszłych skutków zmian klimatu, niepewność w ustaleniach prognostów dotyczy w szczególności zjawisk ekstremalnych, w modelowaniu których istnieje duża rozbieżność między wynikami uzyskanymi przy użyciu odmiennych scenariuszy i różnych modeli . W niektórych przypadkach niepewność w ramach modelu (tzn. dla tego samego modelu i różnych scenariuszy społeczno-ekonomicznych i emisji) może być mniejsza niż ta między modelami (tzn. dla tego samego scenariusza i różnych modeli).

Z uwagi na powyższe, za zagrożenia priorytetowe dla obszaru OMGGS uznano większość spośród analizowanych, tj. deszcze nawalne, fale upałów i dni gorących, powodzie, podtopienia oraz susze. Za zagrożenia priorytetowe uznano również silne porywy wiatru i intensywne burze. Przeprowadzona analiza nie wskazała wyraźnej tendencji intensyfikacji tych zjawisk, jednak należą one do zjawisk o charakterze ekstremalnym, dla których niepewność prognozowania jest najwyższa, stąd konieczne jest każdorazowe uwzględnianie ich wpływu. Za zagrożenie priorytetowe nie uznano jedynie fal chłodu, dla których poza przeprowadzoną na potrzeby tej Diagnozy analizą, liczne przesłanki, również w zakresie modeli globalnych, wskazują na brak nasilenia, a nawet osłabienie się zjawiska, rozumiane jako skrócenie się fal chłodu we wskazanym horyzoncie.

2.4 Sektory wrażliwe na zmiany klimatu

Określone w poprzednim podrozdziale zagrożenia priorytetowe najprawdopodobniej oddziaływać będą na cały obszar OMGGS, chociaż w zróżnicowanym stopniu. W różnym stopniu będą również wpływać na funkcjonowanie obszaru w sferze środowiskowej oraz społeczno-gospodarczej.

Sektory warunkujące funkcjonowanie metropolii w różnym stopniu narażone są na oddziaływanie zmian klimatu. Wśród tych, które wymienia się jako najbardziej wrażliwe na wpływ zmian klimatu, wymienia się:

- **populację i warunki życia ludności**, w tym przede wszystkim wpływ na zdrowie i życie ludności,
- **gospodarkę wodną i ściekową**, w tym wpływ na zasoby wodne i infrastrukturę techniczną związaną z tym sektorem oraz zmiany potrzeb wodnych gospodarki w skali metropolii na potrzeby przemysłu, rolnictwa i gospodarki komunalnej,
- **gospodarkę odpadami**,
- **zasoby przyrody ożywionej**, w tym wpływ na różnorodność biologiczną, ochronę środowiska oraz leśnictwo,

- **transport**, zwłaszcza w zakresie funkcjonowania infrastruktury komunikacyjnej,
- **energetykę**, w tym w zakresie wpływu na bezpieczeństwo energetyczne obszaru,
- **rolnictwo**, w tym w zakresie wpływu na produkcję rolną,
- **turystykę**, w tym zakresie wpływu na funkcjonowanie obszarów uzdrowiskowych[79].

Wymienione powyżej sektory szczególnie wrażliwe na zmiany klimatu poddane zostały dalszej ocenie w zakresie ich funkcjonowania w odniesieniu do zmian klimatu na obszarze OMGGS w Rozdziale 4 niniejszej Diagnozy.

3 OCENA POTENCJAŁU ADAPTACYJNEGO

Ocena potencjału adaptacyjnego została określona po przeanalizowaniu zasobów jakimi dysponuje dana gmina w razie potrzeby dostosowania do zmian klimatu i związanych z nimi zjawisk.

Ocena ta określa zdolność do zmniejszenia wrażliwości na skutki zmian klimatu każdej z gmin na podstawie przyjętej skali:

- 1 – bardzo niska zdolność do adaptacji – gmina nie jest przygotowana do adaptacji do zmian klimatu, a każda zmiana albo próba adaptacji będzie się wiązała ze znacznymi kosztami i wysiłkiem,
- 2 – niska zdolność do adaptacji – gmina jest tylko częściowo przygotowana do adaptacji,
- 3 – wysoka zdolność do adaptacji – gmina jest przygotowana do działań zmniejszających negatywne skutki zmian klimatu,
- 4 – bardzo wysoka zdolność do adaptacji.

3.1 Zasoby finansowe

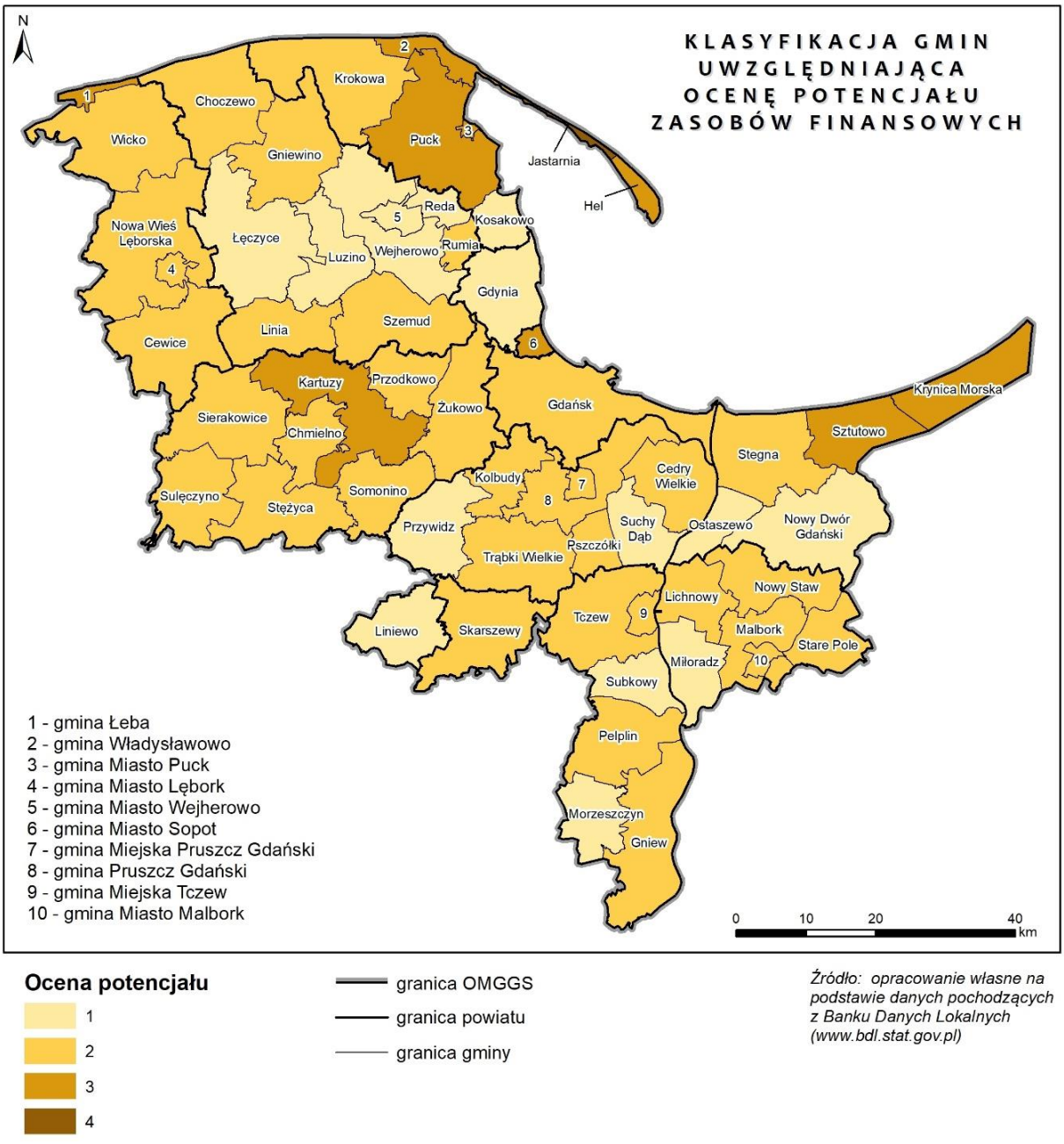
Zasoby finansowe to możliwość finansowego reagowania na potrzeby dostosowania się do zmian klimatu. W znacznej mierze zależą one od budżetu danej gminy, ale także od tendencji w zakresie dysponowania środkami. W tym przypadku szczególnie istotne jest jaka część budżetu obecnie wydatkowana jest m.in. na ochronę środowiska, ponieważ w obliczu adaptowania się do zmian klimatu, konieczne jest zapewnienie na ten cel znacznej części budżetu. W kontekście potencjału zasobów finansowych, istotna jest również skuteczność w pozyskiwaniu środków ze źródeł zewnętrznych na adaptację i łagodzenie zmian klimatu.
Z uwagi na powyższe oraz w związku z dostępnością danych, ocena zasobów finansowych w każdej z gmin została dokonana na podstawie trzech wartości :

- różnicy między dochodami a wydatkami na jednego mieszkańca,
- wartości wydatków na ochronę środowiska na mieszkańca
- udziału ilości zawartych umów lub decyzji o dofinasowanie do liczby wniosków o dofinasowanie w ramach funduszy unijnych.

Każda z wartości została oceniona w skali 1 – 4 , następnie na podstawie tych ocen wyliczono średnią ocenę dla każdej gminy. Najwyższy potencjał zasobów finansowych zidentyfikowano w jednej gminie – gminie miasta Jastarni, natomiast wysoki potencjał w gminach: gminie mieście Krynica Morska, Sztutowo, Kartuzy, Puck, Władysławowo oraz w miastach: Sopot oraz Puck. Najniższy potencjał zidentyfikowano w ¼

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

spośród ocenianych gmin. Klasyfikacja gmin na podstawie potencjału zasobów finansowych została przedstawiona na rycinie poniżej.



Ryc. 61 Klasyfikacja gmina na podstawie potencjału zasobów finansowych

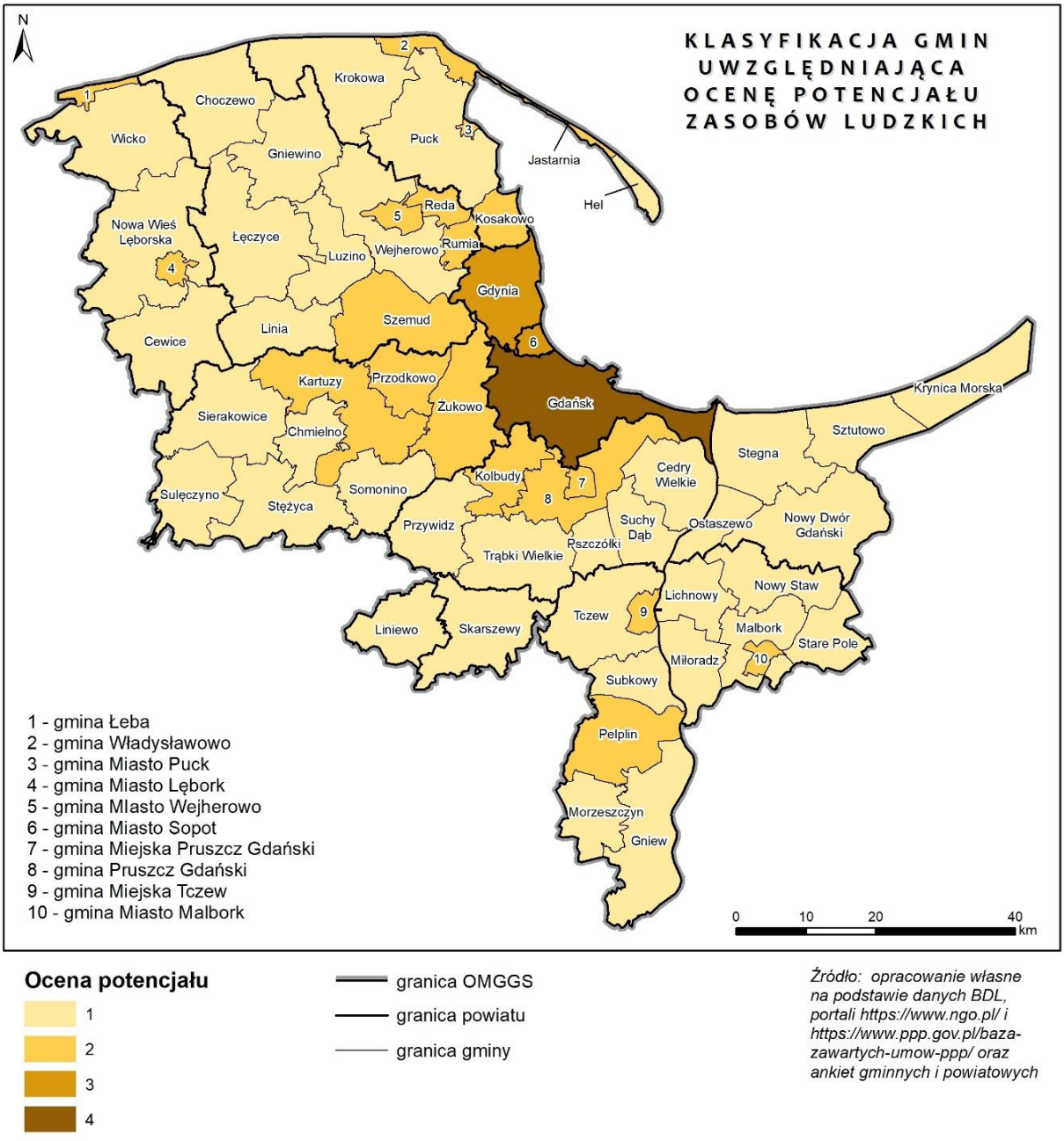
3.2 Zasoby ludzkie

Zasoby ludzkie to zdolność społecznej adaptacji do skutków zmian klimatu. W tym przypadku równie istotny jak kapitał ludzki, mierzony m.in. gęstością zaludnienia, jest kapitał społeczny, czyli zdolność współpracy i wspólnego działania. Stąd, na ocenę potencjału zasobów ludzkich wpłynęły trzy składowe :

- liczba organizacji pozarządowych w kategorii ekologia,
- liczba umów zawartych w ramach Partnerstwa Publiczno–Prywatnego,

– gęstość zaludnienia.

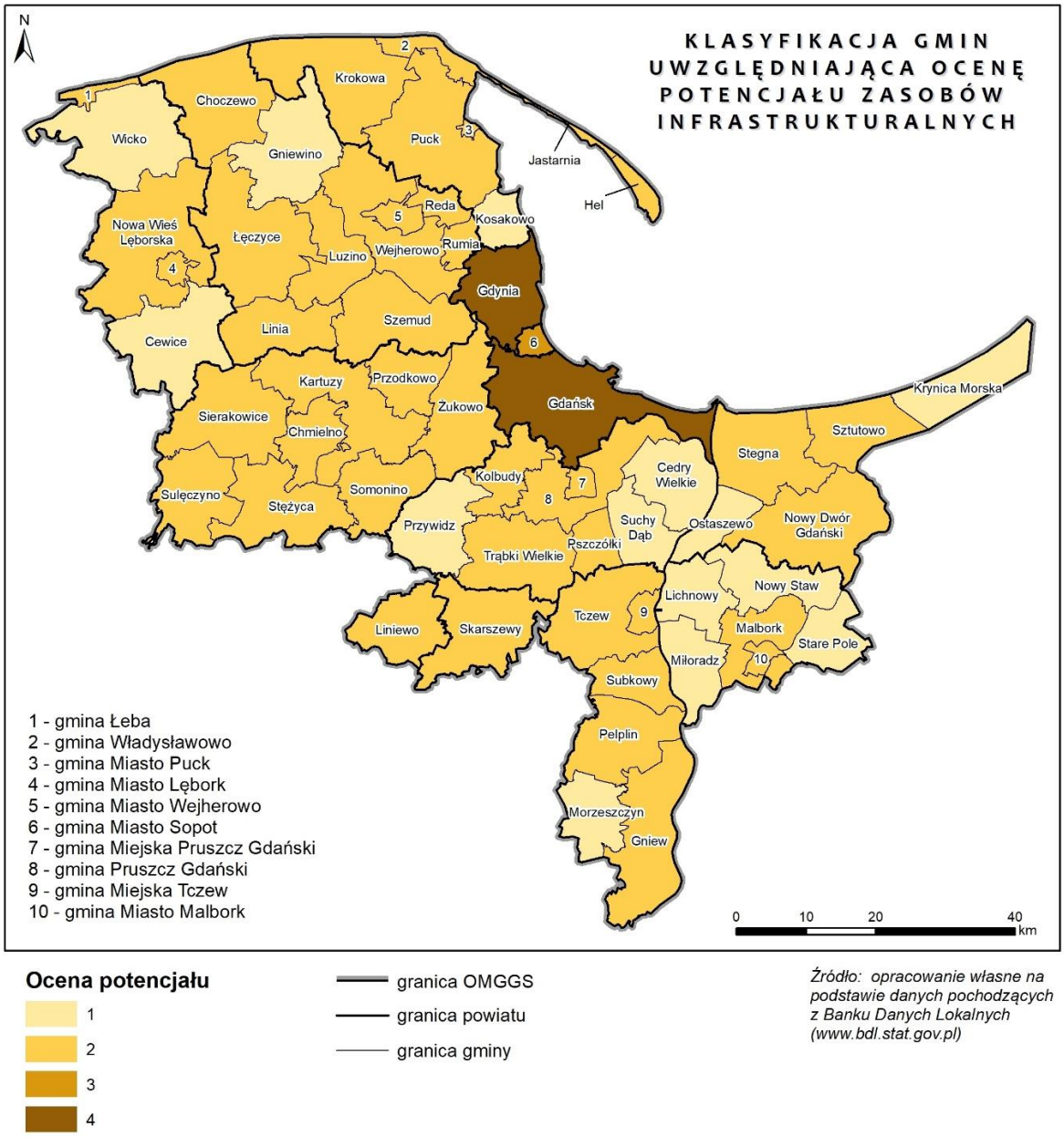
Każda z wartości została oceniona w skali 1–4 , następnie na podstawie tych ocen wyliczono średnią ocenę dla każdej gminy. Najwyższe oceny w tym przypadku przyznano Trójmiastu. Bardzo wysoki potencjał uzyskało tylko miasto Gdańsk. Natomiast wysoki – miasta Sopot oraz Gdynia.
Najniższą ocenę uzyskała niemal połowa ocenianych gmin. Klasyfikacja gmin na podstawie potencjału zasobów ludzkich została przedstawiona na rycinie poniżej.



Ryc. 62Klasyfikacja gmina na podstawie potencjału zasobów ludzkich

3.3 Zasoby infrastrukturalne

Zasoby infrastrukturalne to infrastruktura, jaką dysponuje gmina w sytuacji zagrożenia. W tym wypadku, w związku z ograniczoną dostępnością danych, odniesiono się do dwóch parametrów najistotniejszych z punktu widzenia reagowania na zdarzenia ekstremalne związane ze zmianami klimatu:
wydatków na ochronę przeciwpożarową oraz udziału liczby zdarzeń wg czasu dojazdu służb ratunkowych do 10min do ilości wszystkich wezwań. Każda z wartości została oceniona w skali 1–4 , następnie na podstawie tych ocen wyliczono średnią ocenę dla każdej gminy. Najwyższy potencjał zidentyfikowano w Trójmieście – bardzo wysoki w miastach Gdańsk oraz Gdynia, natomiast wysoki w mieście Sopot. Większość gmin uzyskała niski potencjał zasobów infrastrukturalnych.



Ryc. 63Klasyfikacja gmina na podstawie potencjału zasobów infrastrukturalnych

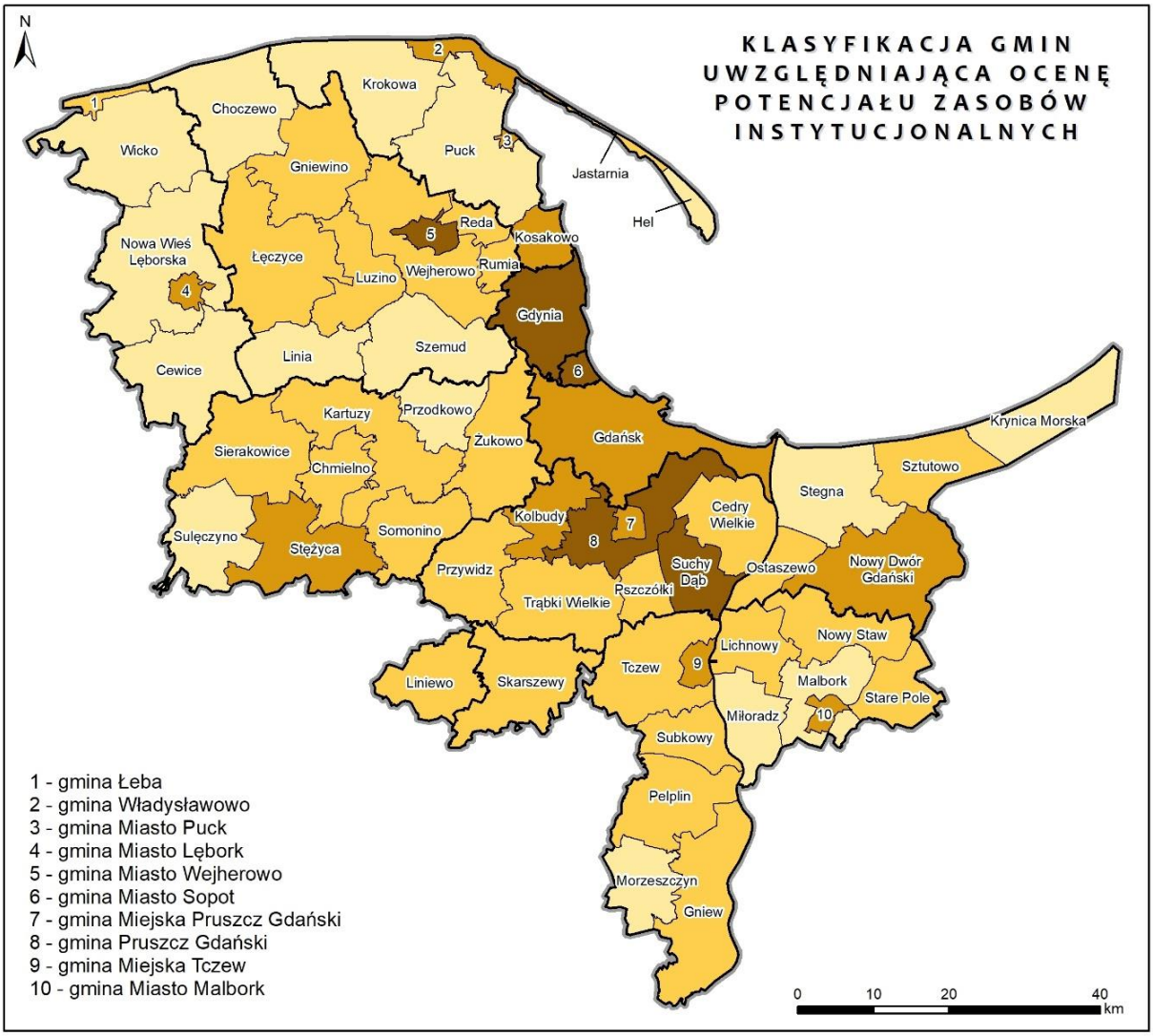
3.4 Zasoby instytucjonalne

Zasoby instytucjonalne to zdolność reagowania na skutki zmian klimatu na poziomie instytucji i dokumentów planistycznych.

Na ocenę zasobów instytucjonalnych złożyły się trzy wartości:

- udział powierzchni objętej obowiązującymi miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego w powierzchni gminy ogółem,
- liczba wdrożonych działań zaradczych wymienionych podczas badań ankietowych (jeżeli problem został zidentyfikowany w danej gminie; w przeciwnym przypadku wskaźnik ten nie był brany pod uwagę),
- liczba dokumentów jakie sporządziła dana gmina – pod uwagę były brane: Plan Gospodarki Niskoemisyjnej, Projekt założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe, Gminny/ Miejski Plan Adaptacji, Strategia Rozwoju, Plan Ochrony Środowiska i Gminny Program Rewitalizacji.

Każda z wartości została oceniona w skali 0–4 , następnie na podstawie tych ocen wyliczono średnią ocenę dla każdej gminy. Najwyższy potencjał zidentyfikowano w przypadku 5 gmin: miasta Sopot oraz Gdynia, gminy Miasta Wejherowa oraz gminy Pruszcz Gdański i gminy Suchy Dąb. Najniższy potencjał zidentyfikowano w ok. ¼ spośród ocenianych gmin.

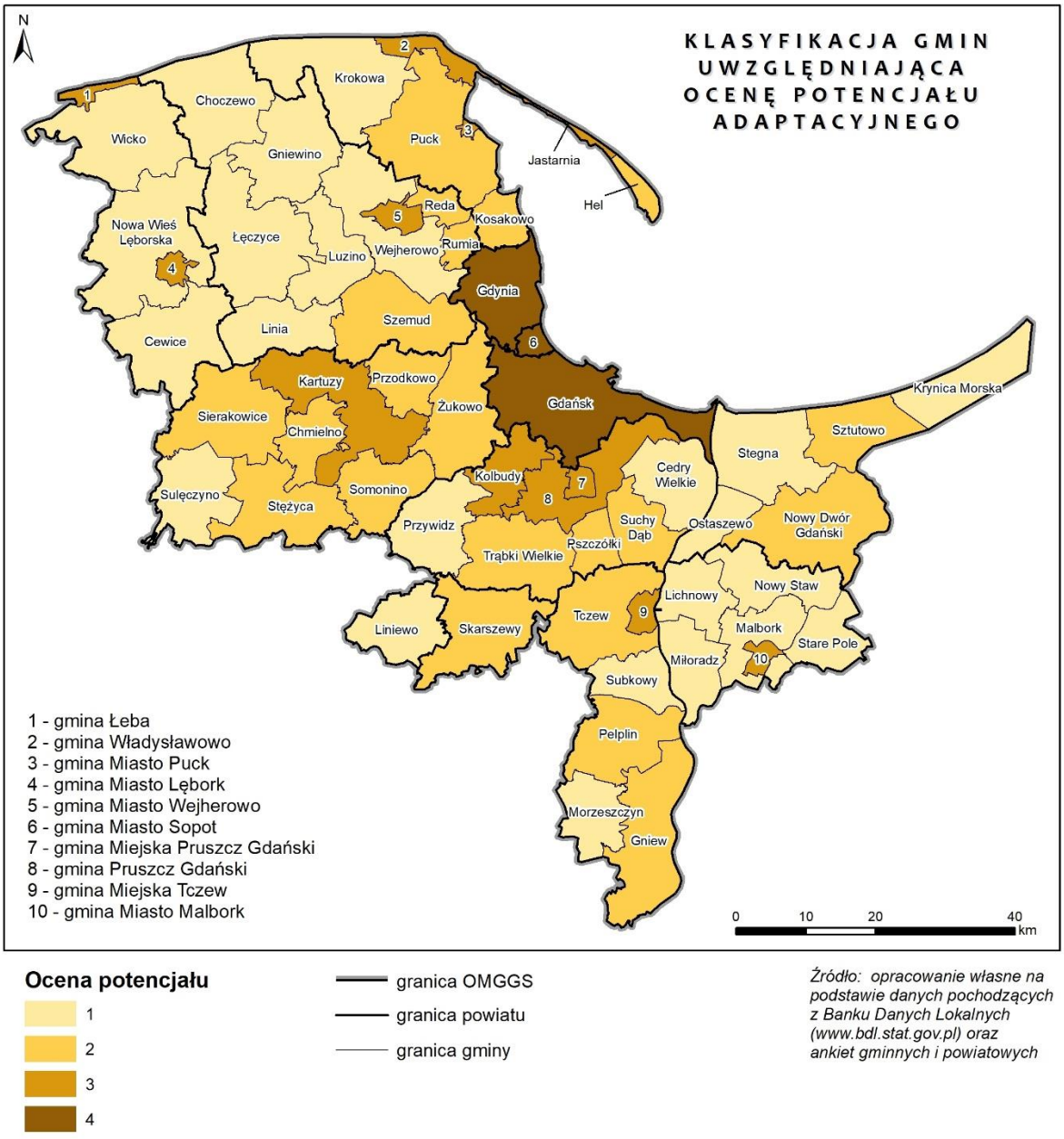


Ryc. 64Klasyfikacja gmina na podstawie potencjału zasobów instytucjonalnych

3.5 Wynikowy potencjał adaptacyjny

Na wynikowy potencjał adaptacyjny każdej z gmin składają się poszczególne oceny zasobów finansowych, zasobów ludzkich, zasobów infrastrukturalnych oraz zasobów instytucjonalnych. Wynikowy potencjał wyliczony zostało jako średnia arytmetyczna ocen pośrednich. Dla wyliczonych wartości wg przyjętych przydziałów przypisano wartości od 1 do 4 (ocena 1 dla wartości mniejszej od 1,75, ocena 2 dla wartości równej bądź większej od 1,75 i mniejszej od 2,25, ocena 3 dla wartości równej bądź większej od 2,25 i mniejszej od 3, ocena 4 dla wartości równej bądź większej od 3). Najwyższy potencjał adaptacyjny

dostrzegalny jest w miasta OMGGS. Bardzo wysoki potencjał zidentyfikowano w Trójmieście, wysoki natomiast w miastach: Puck, Lębork, Pruszcz Gdański, Tczew, czy Malbork, ale także w gminach: Łeba, Władysławowo, Kartuzy, Kolbudy, czy Pruszcz Gdański. Niski potencjał występuje przede wszystkim w gminach wiejskich, gdzie większa powierzchnia nie sprzyja szybkiemu reagowaniu na zdarzenia, zasoby finansowe są mniejsze niż w miastach, co skutkuje również mniejszym potencjałem instytucjonalnym. W gminach tych działa również mniej organizacji pozarządowych mogących wspierać instytucje w adaptacji i szybkim reagowaniu na skutki zmian klimatu. Wynikowa klasyfikacja gmin w zakresie potencjału adaptacyjnego została wskazana na rycinie poniżej.



Ryc. 65 Klasyfikacja gmina na podstawie wynikowego potencjału adaptacyjnego

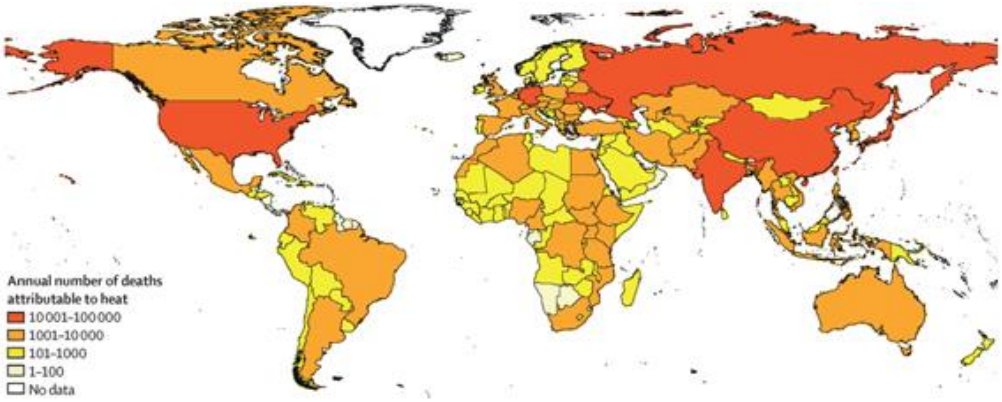
4 ANALIZA SEKTORÓW W KONTEKŚCIE ZMIAN KLIMATU

4.1 Populacja i warunki życia ludności

4.1.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu

Zmiany klimatu wpływają na populację i warunki życia ludności w sposób wielowymiarowy. Jesteśmy na nie narażeni w sposób bezpośredni oraz pośredni poprzez zmiany stanu i zasobów wodnych, jakości i ilości żywności, jakości powietrza, zmiany w ekosystemach, rolnictwie i infrastrukturze.

Jednym z najważniejszych aspektów jest zdrowie. Bezpośrednio ze zmianami klimatu wiążą się choroby klimatozależne. Pod tym pojęciem należy rozumieć takie choroby, które są wywołane bezpośrednio przez czynniki pogodowe; choroby, które nasilają się w wyniku występowania konkretnych sytuacji pogodowych oraz choroby rozprzestrzeniające się jako efekt działania czynników pogodowych na bezpośrednie źródło choroby[80]. Do tych chorób należą choroby układu krążenia, choroby układu oddechowego, choroby wektorowe (w Polsce głównie boleriоza), salmonella i zatrucia pokarmowe, choroby wodo zależne, udary cieplne i nowotwory skóry. Największe oddziaływanie na organizm człowieka mają warunki skrajne, do których organizm nie jest zaadaptowany, np. bardzo wysoka lub bardzo niska temperatura powietrza utrzymująca się przez dłuższy czas. W ocenie wrażliwości sektora skupiono się jedynie na falach upałów, gdyż coraz rzadziej obserwowane są tzw. fale chłodu, które również wpływają negatywnie na zdrowie i warunki życia. Spodziewane jest zmniejszenie się skali i częstotliwości oddziaływania temperatur minimalnych na obszarze opracowania (patrz: podrozdział 2.2.5.2).



Ryc. 66 Roczna liczba zgonów spowodowanych upałami

źródło: raport The Lancet 2020, https://www.eea.europa.eu/pl/sygna142y/sygnaly-2015/wywiad/zmiany-klimatu-a-zdrowie-czlowieka

Do grup szczególnie wrażliwych na oddziaływanie fal upałów i dni gorących należą kobiety w ciąży, osoby powyżej 65 r.ż., małe dzieci, osoby przewlekle chore (głównie na choroby układu oddechowego i sercowo-naczyniowego) oraz osoby z chorobami psychicznymi i osoby niepełnosprawne[81].

[80] Ministerstwo Środowiska, Opracowanie i wdrożenie Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zamiany klimatu, Adaptacja wrażliwych sektorów i obszarów Polski do zmian klimatu do roku 2070, Warszawa 2013.

[81] HEAL Polska, Wpływ zmian klimatu na zdrowie, Warszawa 2018, http://healpolska.pl/wplyw-zmiany-klimatu-na-zdrowie-raport/, [dostęp: 22.06.2021]

Podczas wysokich temperatur znacznie utrudniona jest praca układu krążenia. Fale gorąca trwające kilka dni prowadzą do podwyższenia ciśnienia skurczowego i rozkurczowego krwi. Pojawiają się ostre i przewlekłe choroby związane z niewydolności układu krążenia[82]. Podnoszenie się temperatury powietrza w Polsce ma także związek ze wzrostem zachorowań na choroby układu oddechowego. Upały trwające kilka dni prowadzą do zmniejszenia ilości hemoglobiny, która przenosi tlen i wzrostu częstości oddechów, czyli przewietrzania płuc – groźnego dla osób chorujących na choroby układu oddechowego[83]. Zauważa się także wzrost występowania chorób alergicznych. Ocieplenie klimatu powoduje, że wydłuża się okres pylenia roślin, co prowadzi do wzrostu ryzyka wystąpienia alergii, a chorzy bardziej dotkliwie odczuwają jej objawy. W dostępnych opracowaniach zaznacza się także wpływ suszy na zdrowie w postaci nasilenia objawów astmy i alergii[84]. Bardzo mocno uzależnione od temperatury i wilgotności powietrza jest rozpowszechnianie się chorób wektorowych przenoszonych przez owady. Obecnie najszybciej rozprzestrzeniającym się wektorem jest kleszcz pospolity, który wywołuje m.in. boleriozę, kleszczowe zapalenie mózgu oraz babeszjozę. Choroby te mają bardzo szkodliwe działanie na zdrowie i wywołują reakcje ogólnoustrojowe. Wpływ na rozpowszechnianie się chorób wektorowych mają także podtopienia, które wiążą się ze wzrostem wilgotności powietrza. Podczas podwyższonych temperatur w miesiącach letnich wzrasta zagrożenie zatruciem pokarmowym. Najpowszechniejszą chorobą przenoszoną drogą pokarmową jest salmonelloza. Wysokie temperatury sprzyjają namnażaniu się bakterii i dlatego w Polsce wyraźny wzrost zachorowań obserwuje się w miesiącach letnich. W okresie zimowym liczba chorych nie przekracza 1000 przypadków miesięcznie, latem osiąga aż ok. 2500 przypadków na miesiąc[85].

Dyskomfort termiczny obniża natomiast wysoki udział terenów zieleni. Zieleń w mieście - zadrzewienia, parki, alejki, zielone trawniki, przepuszczalne parkingi i chodniki, zielone dachy i zielone ściany itp., określana jako zielona infrastruktura łagodzi dyskomfort termiczny powodowany miejską wyspą ciepła. Zielone tereny przepuszczalne umożliwiają przepływ powietrza i wody, zmniejszając przy tym problem z odpływem. Tereny zieleni produkują tlen, obniżają temperaturę, nawilżają i oczyszczają powietrze, a także ułatwiają retencjonowanie wody. Są ważny miejscem rekreacji i pozytywnie wpływają samopoczucie mieszkańców.

Zanieczyszczenie powietrza wywołuje szereg dolegliwości i zmian chorobowych, a Polska znajduje się w czołówce krajów, które charakteryzuje najgorsza jakość powietrza w Europie[86]. Choroby wywołane zanieczyszczeniem powietrza klasyfikuje się jako choroby klimatozależne. Zaliczamy do nich dolegliwości związane z układem oddechowym (astma, nieżyt nosa, gardła i oskrzeli, zapalenie płuc i oskrzeli, przewlekła i obturacyjna choroba płuc), układem krążenia (m.in. nasilenie objawów choroby niedokrwiennej serca, podwyższenie częstości zawałów mięśnia sercowego, wahania ciśnienia tętniczego krwi), nerwowym i trawiennym[87]. Podobnie jak w przypadku fal upałów i dni gorących, najbardziej narażone na negatywne skutki zanieczyszczenia powietrza są dzieci i osoby starsze.

---

[82] Ministerstwo Środowiska, Opracowanie i wdrożenia Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zamiany klimatu, Adaptacja wrażliwych sektorów i obszarów Polski do zmian klimatu do roku 2070, Warszawa 2013.
[83] tamże
[84] Zmiany klimatyczne a alergia i astma, ALERGIA, http://alergia.org.pl/wp-content/uploads/2020/01/3-2019-CALOSC-7.pdf, [dostęp 28.07.2021]
[85] K. Błażejczyk, J. Baranowski, A. Błażejczyk, Wpływ klimatu na stan zdrowia w Polsce: stan aktualny oraz prognoza do 2100 roku, SEDNO Wydawnictwo Akademickie, Warszawa 2015.
[86] HEAL Polska, Wpływ zmian klimatu na zdrowie, Warszawa 2018, http://healpolska.pl/wplyw-zmiany-klimatu-na-zdrowie-raport/, [dostęp: 22.06.2021]
[87] tamże

Niewątpliwie zmiany klimatu mają również wpływ na zdrowie psychiczne. Tragiczne zdarzenia wywołane nagłymi załamaniami pogody powodują zwiększenie poziomu stresu, zaburzenia pamięci, snu, trawienia i odporności. Przyczyniają się też do obniżenia odporności psychicznej oraz wpływają negatywnie na stosunki międzyludzkie. Utrata dorobku czy nawet bliskich w wyniku działania ekstremalnych zjawisk pogodowych, może prowadzić do depresji i załamań nerwowych. Na stan psychiczny ludności ma także wpływ stres cieplny związany z falami upałów i pogorszeniem komfortu termicznego.

Odczuć można także ekonomiczne skutki zmian klimatu, co znacznie wpływa na warunki życia ludności. Ekstremalne warunki pogodowe, takie jak silne wiatry, intensywne deszcze, podtopienia, czy powodzie, generują duże straty materialne poprzez uszkodzenie albo zniszczenie mienia. Łączną wartość strat spowodowanych przez niekorzystne zjawiska pogodowe i klimatyczne w latach 2001-2011 w Polsce oszacowano na ok. 56 mld zł, natomiast łączne straty wywołane przez zjawiska atmosferyczne w Polsce w tym czasie wyniosły ok. 90 mld zł[88]. Duży spadek produkcji rolniczej powodowany suszami także znacznie wpływa na sytuację materialną ludności. Wzrost zachorowań spowodowanych zmianami klimatu oraz urazy spowodowane ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi dodatkowo obciążają służbę zdrowia, co wpływa na spore koszty jej utrzymania.

Ze wszystkich gwałtownych zjawisk pogodowych powodzie powodują najwięcej szkód w Polsce. Utrata i uszkodzenia mienia, śmierć, problemy ze zdrowiem psychicznym a także choroby transmitowane przez wodę to główne skutki powodzi wpływające na populację i warunki życia ludności. W perspektywie dalszych lat istnieje zagrożenie migracji z obszarów zalewowych. Należy też brać pod uwagę ryzyko ograniczenia zasobów wody pitnej i żywności[89].

4.1.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS

Obszar OMGGS zamieszkuje ponad 1,6 mln ludzi. Według Strategii OMGGS[90] wysoka jakość życia na terenie OMGGS przekłada się na najwyższe w kraju wskaźniki zadowolenia mieszkańców.

Mocną stroną obszaru jest nadmorskie położenie oraz wysokie walory rekreacyjne i turystyczne. Takie położenie sprzyja zróżnicowanym formom rekreacji, a także umożliwia mieszkańcom odpoczynek z dala od oddziaływania miejskiej wyspy ciepła w niewielkiej odległości czasowej od miast. W obliczu ocieplającego się klimatu ma to znaczny wpływ na łagodzenie dyskomfortu termicznego i poprawę jakości życia mieszkańców. Zmiana globalnych trendów w turystyce, rozkładu ruchu turystycznego oraz ocieplający się akwen Morza Bałtyckiego mają szansę wpłynąć pozytywnie na rozwój turystyki na obszarach nadmorskich oraz przyczynić się do wzrostu dochodów mieszkańców.

Do słabych stron zaliczyć należy postępujący proces starzenia się społeczeństwa (przede wszystkim w miastach), zwłaszcza gdy osoby starsze, podobnie jak dzieci, są najbardziej narażone na negatywny wpływ chorób klimatozależnych na zdrowie, a nawet życie. Kolejną słabą stroną jest występowanie zjawiska miejskiej wysypy ciepła, która ma bardzo niekorzystny wpływ na komfort termiczny mieszkańców. Wzrost temperatury powietrza będzie silniej odczuwalny w miastach, gdzie jest duży poziom uszczelnienia powierzchni oraz mniejszy udział powierzchni zielonych, mniejsza wilgotność powietrza i ograniczone możliwości przewietrzania. W związku z dużą ekspozycją na słońce - zwłaszcza

[88] tamże
[89] tamże
[90] Obszar Metropolitalny Gdańsk-Gdynia-Sopot, Strategia Obszaru Metropolitalnego Gdańsk–Gdynia–Sopot do roku 2030, Gdańsk 2015.

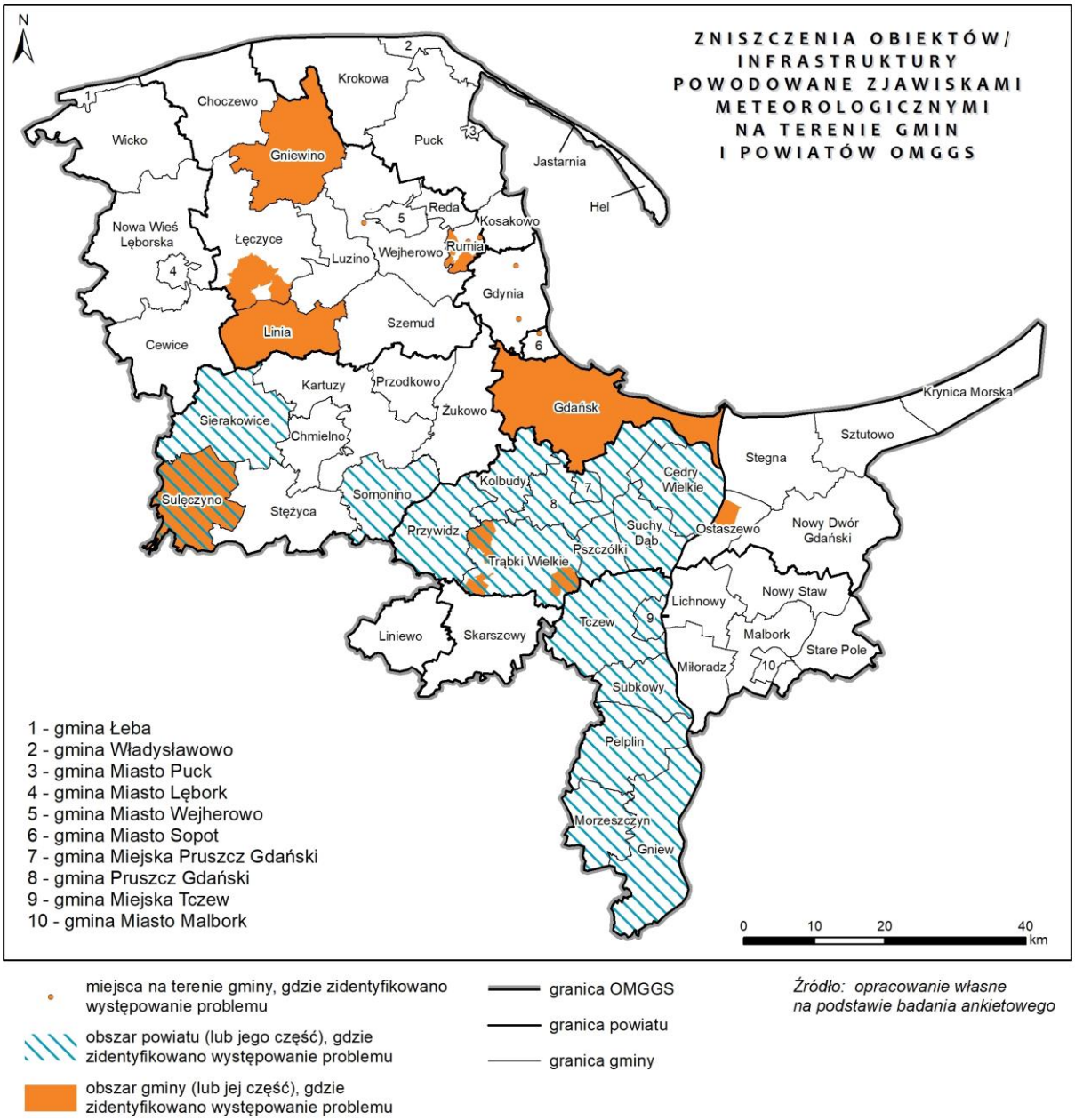
na terenach nadmorskich, wzrasta ryzyko zachorowań na udary cieplne oraz nowotwory skóry i inne choroby spowodowane nadmiernym promieniowaniem UV-C. Kolejną słabą stroną jest położenie w strefie zalewowej (Żuławy Wiślane) i duże zagrożenie powodzią. W związku z ograniczeniem dostępu do podstawowych potrzeb oraz negatywnym wpływem ekstremalnych warunków pogodowych, można spodziewać się problemów ze zdrowiem psychicznym mieszkańców i pogorszeniem stosunków międzyludzkich.

Jak wskazano w poprzednim podrozdziale, również zjawiska ekstremalne mają negatywny wpływ na funkcjonowanie mieszkańców. Podczas badania ankietowego Samorządy nie wskazały problemów ze zniszczeniami powodowanymi zjawiskami meteorologicznymi za mocno uciążliwe. Niemniej, z uwagi na wysoką niepewność w zakresie ryzyka ich wystąpienia w przyszłości, należy zakładać prawdopodobieństwo ich nasilenia, co może prowadzić do wzrostu uciążliwości w perspektywie kolejnych lat. Poniższa mapa (Ryc. 67) przedstawia wskazane przez Samorządy lokalizacje tych problemów:

- Gdańsk: (zgłoszono 4 zdarzenia),
- Gdynia: Karwiny - ul.Nałkowskiej, ul.Wiśniewskiego,
- Sopot: Staw Obodrzyców, kanał otwarty przed Stawem Obodrzyców, Potok Babidolski od torów do hotelu, Potok Grodowy przed piaskownikiem, Potok Bezimienny, Potok Sweliny od filtra do morza,
- gmina Trąbki Wielkie: Cząstkowo, Pawłowo, Mierzeszyn, Sobowidz,
- gmina Sulęczyno: infrastruktura drogowa na terenie całej gminy,
- Rumia: ul. Starowiejska, ul. Rajska oraz tereny leśne,
- gmina Łęczyce: Rozłazino, Łówcz Górny, Dzięcielec,
- gmina Wejherowo: obręb Gościcino ul. Jana Pawła II, obręb Bolszewo ArtPark,
- gmina Gniewino: Połamane, powalone drzewa na terenie całej gminy,
- gmina Ostaszewo: Ostaszewo 0005,
- gmina Linia: teren całej gminy;

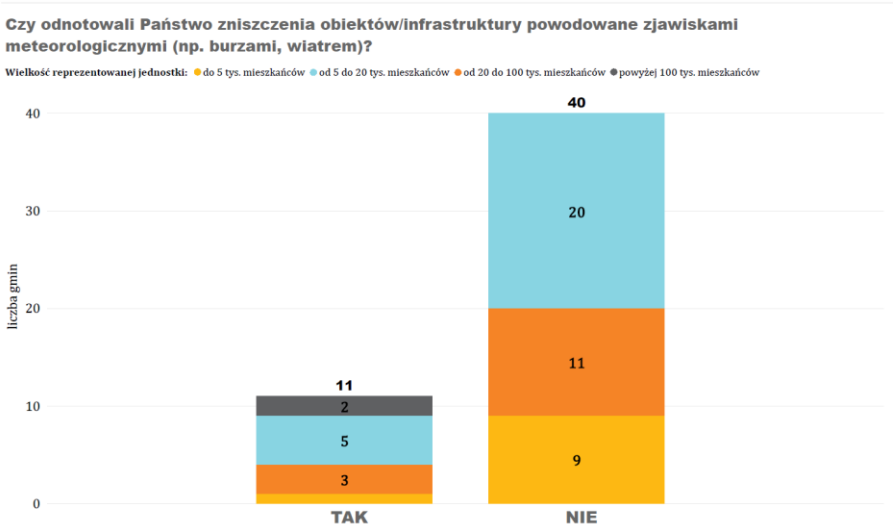
oraz

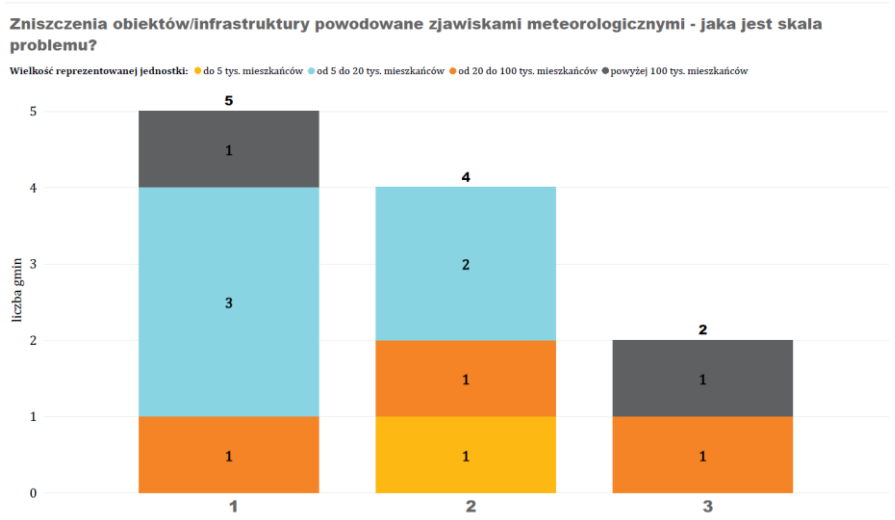
- powiat gdański: lokalnie na terenie całego powiatu,
- powiat kartuski: głównie gminy Sulęczyno, Sierakowice, Somonino,
- powiat tczewski: : lokalnie na terenie całego powiatu.

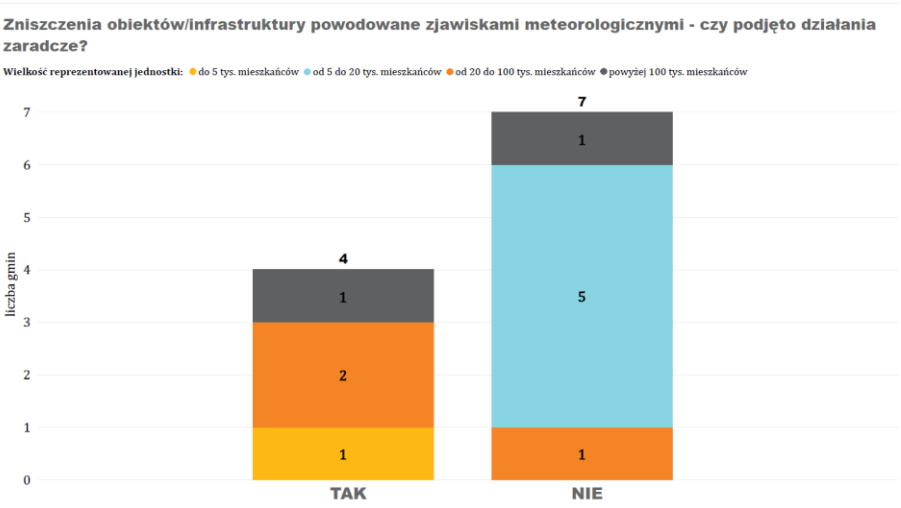


Ryc. 67 Lokalizacja odnotwanych przez Samorządy zniszczeń obiektów/ infrastruktury powodowanych zjawiskami meteorologicznymi na obszarze OMGGS

Jedynie w 11 gminach odnotowano zniszczenia obiektów lub infrastruktury powodowane zjawiskami meteorologicznymi (np. burzami, wiatrem). Spośród nich, w przypadku 5 uznano skalę problemu za mało istotną dla wydatków gminy, w przypadku czterech jako istotną, a 2 – jako wysoce istotną. Cztery gminy podjęły działania zaradcze (gmina Ostaszewo, miasto Gdynia, miasto Sopot, gmina Wejherowo) – przede wszystkim skoncentrowane na usuwaniu zniszczeń i odbudowie uszkodzonej infrastruktury. Ponadto w mieście Gdynia infrastrukturę odbudowano z zastosowaniem rozwiązań technicznych zapewniających większe bezpieczeństwo, a w gminie Wejherowo skupiono się na realizowaniu nowej infrastruktury drogowej przystosowanej do zmian klimatu.

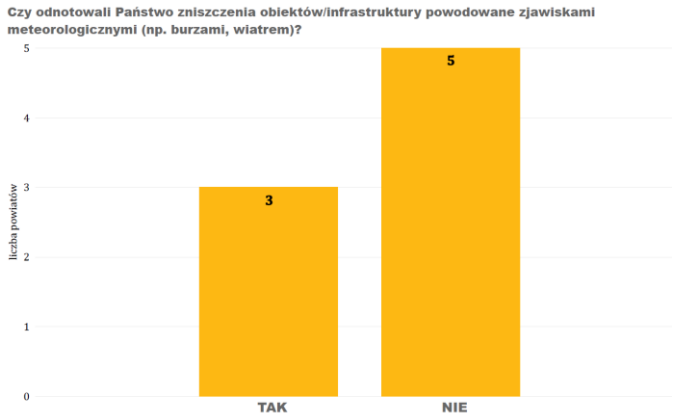


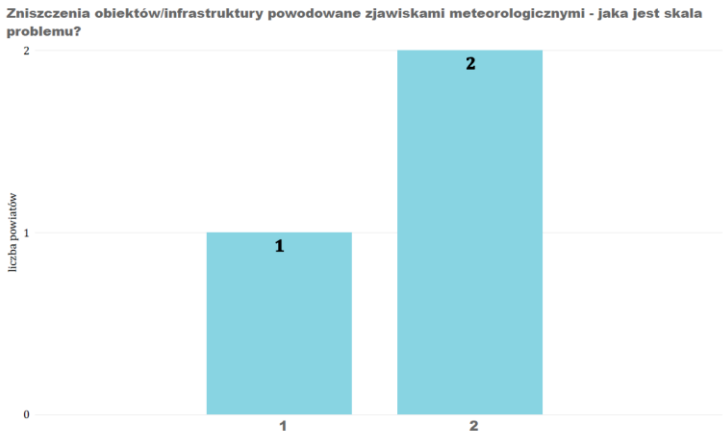


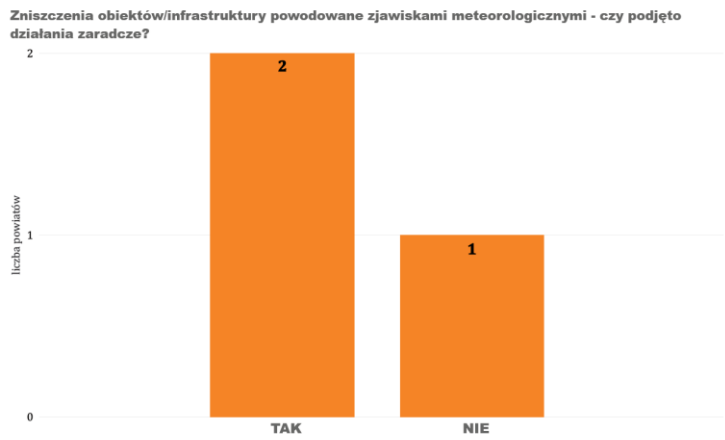


Ryc. 68 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – zniszczenia obiektów/infrastruktury powodowane zjawiskami meteorologicznymi

Zniszczenia powodowane zjawiskami meteorologicznymi odnotowano w 3 powiatach. W jednym z nich skalę określono jako mało istotną dla wydatków Samorządu, w dwóch natomiast jako istotną. W dwóch powiatach podjęto działania zaradcze. W powiecie gdańskim skupiono się na analizie drzewostanu i dalszej wycince starych drzew oraz podcince suchych gałęzi, natomiast w powiecie kartuskim zwrócono się o pomoc finansową na likwidację i uprzątnięcie zniszczeń w lasach.







Ryc. 69 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród powiatów OMGGS – zniszczenia obiektów/infrastruktury powodowane zjawiskami meteorologicznymi

Podstawę do zidentyfikowania wrażliwości sektora populacji i warunków życia ludności na zmiany klimatu stanowiły zależności wskazane w macierzy poniżej. W przedstawionej macierzy przedstawiono też krytyczność, jaką przyznano dla każdego z zagrożeń.

- największą wartość przypisano powodziom, w przypadku których występuję chwilowe lub długotrwałe uniemożliwienie funkcjonowania na danym obszarze (+++),
- ograniczenia w codziennym życiu określono dla fal upałów i dni gorących, susz i koncentracji zanieczyszczeń powietrza (++),
- pozostałe zagrożenia: silne porywy wiatru, intensywne burze, deszcze nawalne i podtopienia uznano za utrudniające warunki życia ludności (+).

Tab. 3 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wrażliwości sektora populacji i warunków życia ludności na zmiany klimatu na obszarze OMGGS

		SILNE WIATRY	INTENSYWNE BURZE	DESZCZE NAWALNE	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYC	POWODZIE	PODTOPIENIA	SUSZE	KONCENTRACJA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA
CHOROBY KLIMATOZALEŻNE	ZGONY Z PRZYCZYN UKŁADU KRĄŻENIA	+			++				++
	CHOROBY Z PRZYCZYN UKŁADU ODDECHOWEGO	+			++			++	++
	CHOROBY WEKTOROWE (GŁÓWNIE BOLERIOZA)				++		+		
	CHOROBY UKŁADU POKARMOWEGO (GŁÓWNIE SALMONELLA)				++				
USZKODZENIA MIENIA		+	+	+		+++	++		
UDZIAŁ DZIECI W WIEKU 0-14 LAT					++				++
UDZIAŁ OSÓB STARSZYCH					++				++
KOMFORT ŻYCIA LUDNOŚĆI		+	+	+	++	+++	+	++	++

źródło: opracowanie własne

Do wyliczenia wrażliwości sektora populacji i warunki życia ludności na fale upałów i dni gorących wykorzystano wskaźniki:

- liczba zgonów osób z powodu chorób układu krążenia na 100 tys. ludności,
- liczba chorób układu oddechowego ogółem,

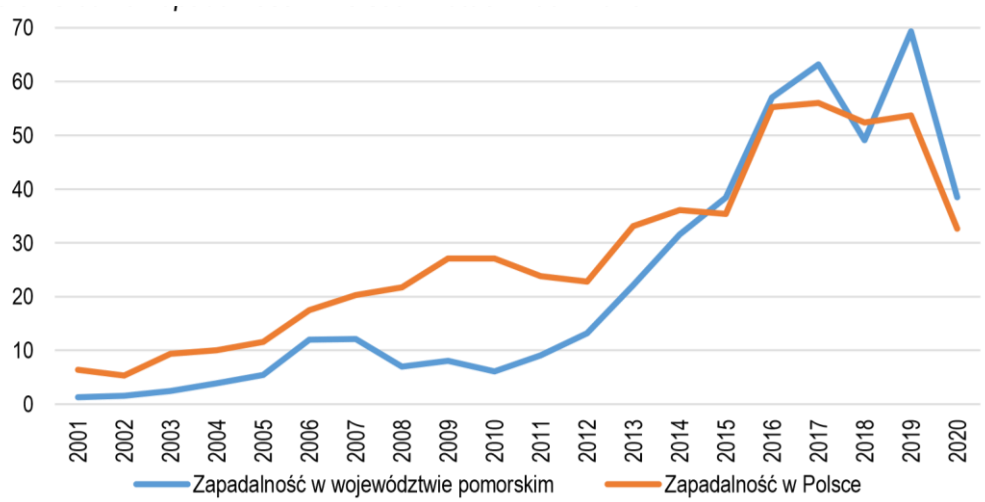
- zapadalność na 100 tys. osób na boreliozę w poszczególnych powiatach województwa pomorskiego w 2020 roku,
- zapadalność na 100 tys. osób na salmonellozowe zakażenia pokarmowe w poszczególnych powiatach województwa pomorskiego w 2020 roku,
- liczba dzieci w wieku 0-14 lat ,
- liczba ludności w wieku 70 i więcej,
- udział parków, zieleńców i terenów zieleni osiedlowej w powierzchni ogółem (wskaźnikiem obniżający wrażliwość).

Przy wyliczeniu wrażliwości sektora populacji i warunki życia ludności na koncentrację zanieczyszczeń powietrza użyto wskaźników:

- liczba zgonów osób z powodu chorób układu krążenia na 100 tys. ludności,
- liczba chorób układu oddechowego ogółem,
- liczba dzieci w wieku 0-14 lat ,
- liczba ludności w wieku 70 i więcej,
- udział parków, zieleńców i terenów zieleni osiedlowej w powierzchni ogółem (wskaźnikiem obniżający wrażliwości).

Najwięcej zgonów z przyczyn układu krążenia odnotowano w gminach powiatu malborskiego oraz w Trójmieście, a najwięcej zachorowań na choroby układu oddechowego odnotowano w Gdańsku, Sopocie oraz gminach powiatu tczewskiego. W województwie pomorskim. zgłaszalność boreliozy stale rośnie. W 2019 roku zanotowano rekordową liczbę zachorowań tj. 1615. W 2020 roku liczba zgłoszonych przypadków zachorowań spadła (900), co należy wiązać z wprowadzonymi obostrzeniami przeciwepidemicznymi, w tym m. in. okresowym zakazem wstępu do lasów, ale także ograniczoną diagnostyką w kierunku boreliozy[91]. Skalę problemu przedstawia wykres (Ryc. 70). Na obszarze OMGGS najwięcej przypadków zachorowań na boreliozę odnotowano w gminie Liniewo oraz w gminach powiatu wejherowskiego, kwidzyńskiego i gdańskiego.

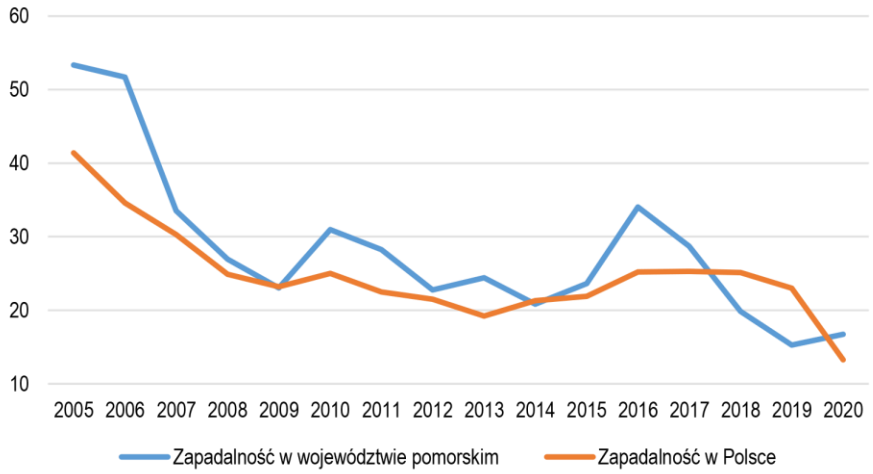
[91] Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Gdańsku, Raport o stanie sanitarnym woj. pomorskiego za 2020 rok, Gdańsk 2021, https://www.gov.pl/attachment/c724e834-fbfe-49f6-9c5d-2710f98f9e8c, [dostęp: 27.05.2021]



Ryc. 70 Zapadalność na 100 tys. na boleriozę w województwie pomorskim oraz średnia zapadalność w Polsce w latach 2001 - 2020

źródło: Raport o stanie sanitarnym woj. pomorskiego za 2020 rok[92]

W przypadku zakażeń pokarmowych bakteriami Salmonelli zapadalność na salmonellozowe zakażenia pokarmowe w województwie pomorskim ma charakter spadkowy (Ryc. 71), choć w 2020 roku wyniosła 17 na 100 tys. osób i była nieco większa niż w 2019 roku. Na obszarze OMGGS najwięcej zachorowań na salmonellę odnotowano w powiecie kartuskim.



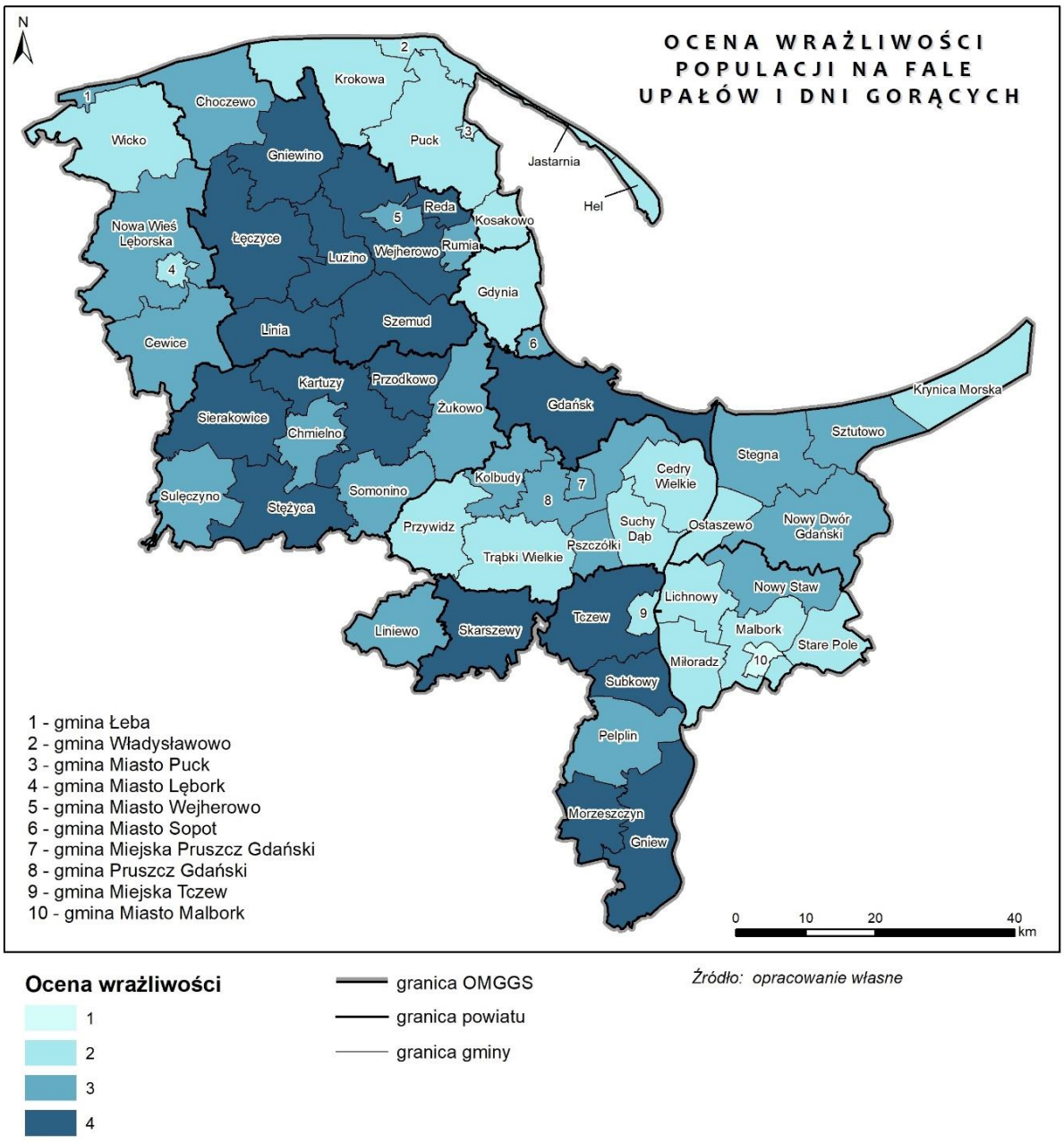
Ryc. 71 Zapadalność na 100 tys. osób na salmonellozowe zakażenia pokarmowe w województwie pomorskim oraz średnia zapadalność w Polsce w latach 2005-2020,

źródło: Raport o stanie sanitarnym woj. pomorskiego za 2020 rok[93]

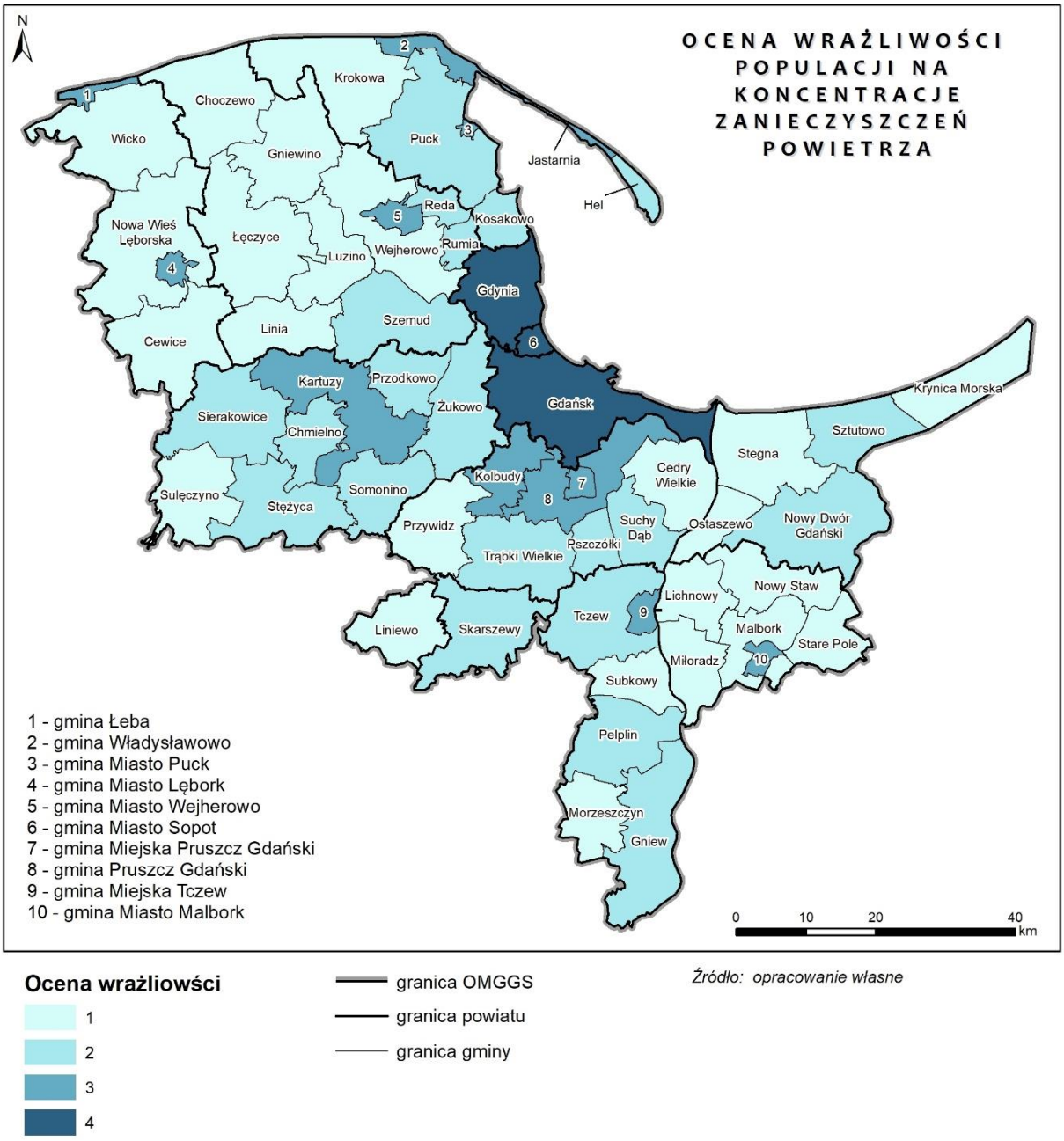
Wysoki i bardzo wysoki (19–25% ludności obszaru OMGGS) udział dzieci w populacji gmin OMGGS w wieku 0-14 lat odnotowano w połowie gmin obszaru OMGGS, zwłaszcza na wsiach. Natomiast największy (19-12% ludności obszaru OMGGS) udział osób w wieku 70 lat i więcej w ogólnej liczbie

[92] tamże
[93] tamże

ludności obszaru OMGGS wskazano w 5 nadmorskich miastach obszaru: Sopot, Gdańsk, Puck, Gdynia, Hel i w gminie Łeba. Jeżeli chodzi o udział terenów zielonych w powierzchni gminy ogółem, aż w 47 gminach OMGGS obszary zielone - parki, zieleńce i tereny zieleni osiedlowej zajmuję bardzo niewielki obszar gminy, wyliczony na 0-1% powierzchni gminy. Wynikową wrażliwość na wyżej opisane zagrożenia przedstawiają Ryc. 72 i Ryc. 73.



Ryc. 72 Ocena wrażliwości populacji na fale upałów i dni gorących



Ryc. 73 Ocena wrażliwości populacji na koncentrację zanieczyszczeń powietrza

Do wyliczenia wrażliwości sektora populacji i warunki życia ludności na silne wiatry użyto wskaźników odnoszących się do zdrowia oraz do szkód powstałych w czasie ich występowania, w tym:

- zapadalność na ostre infekcje górnych dróg oddechowych w tym na grypę i zachorowania na 100 tys. osób,
- choroby układu oddechowego ogółem,
- liczba zgonów z powodu chorób układu krążenia na 100 tys. ludności
- liczba wezwań jednostek ochrony przeciwpożarowej do silnych wiatrów.

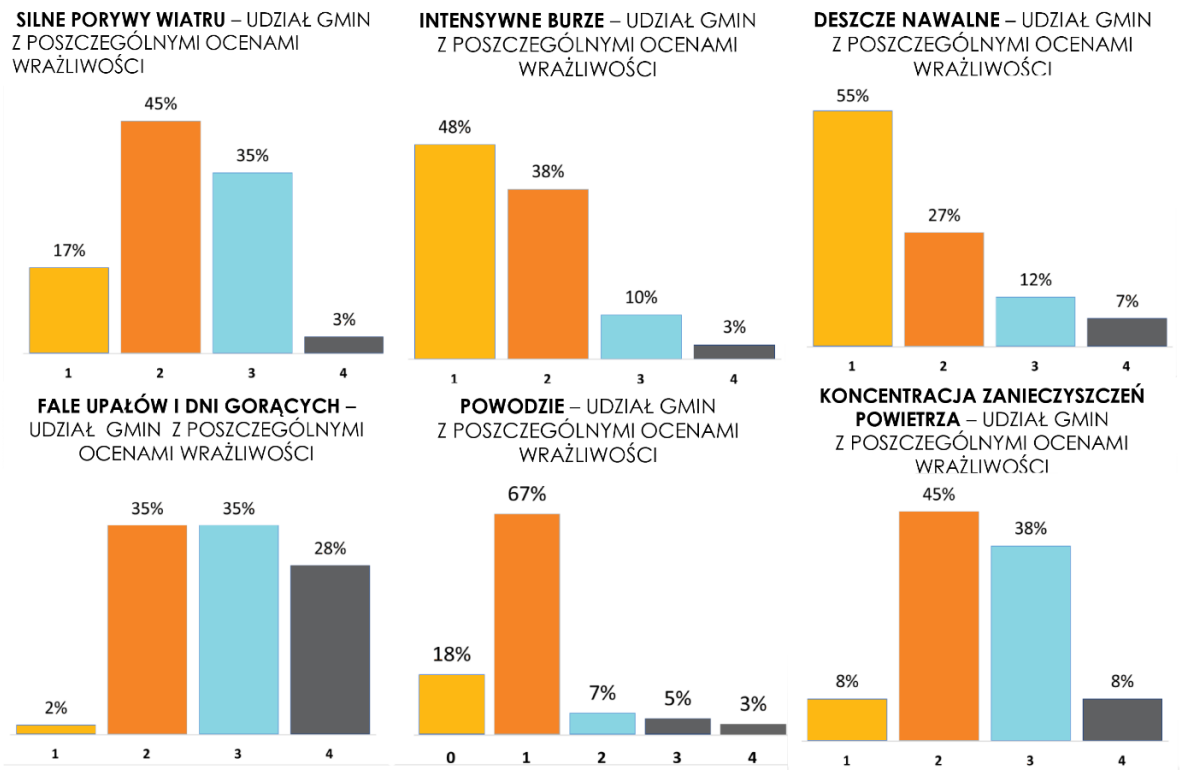
Podczas wyliczania wrażliwości na intensywne burze użyto wskaźników :

– liczba wezwań jednostek ochrony przeciwpożarowej do silnych wiatrów,
– liczba wezwań jednostek ochrony przeciwpożarowej do opadów deszczu.

Wrażliwość omawianego sektora na deszcze nawalne wyliczono posługując się liczbą wezwań jednostek ochrony przeciwpożarowej do opadów deszczu. Najwięcej wezwań do silnych wiatrów odnotowano w północnej i środkowej części obszaru OMGGS, zwłaszcza w linii brzegowej Morza Bałtyckiego i w dużych miastach: Gdańsk, Gdynia, Sopot. W przypadku wezwań do opadów deszczu podobnie – najwięcej wezwań dotyczy gmin w centralnej części OMGGS, zwłaszcza w miastach: Gdańsku, Gdyni, Malborku oraz w gminie Żukowo. Podczas analizowania wrażliwości populacji i warunków życia ludności na powodzie brano pod uwagę tylko te gminy, w których obszar zabudowy mieszkaniowej znajduje się na terenach zalewowych. Największy udział takich terenów odnotowano w miastach - Jastarni, Pucku, Gdańsku, Pruszczu Gdańskim oraz w gminie Łeba. Według zależności opisanych w poprzednim rozdziale, podczas wyliczenia wrażliwości sektora na podtopienia wykorzystano wskaźnik zapadalności na 100 tys. osób na boreliozę w poszczególnych powiatach województwa pomorskiego w 2020 roku. Aby wyliczyć wrażliwość pierwotną populacji na susze posłużono się liczbą chorób układu oddechowego ogółem.

4.1.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050

Na podstawie analizy ocen wrażliwości można stwierdzić że największy wpływ na sektor populacji i warunków życia ludności mają fale upałów i dni gorących, koncentracja zanieczyszczeń powietrza oraz silne wiatry. Wrażliwość dla tych zagrożeń charakteryzuje się największym udziałem ocen 3 (wysoka wrażliwość) i 4 (bardzo wysoka wrażliwość) (Ryc. 74).



Ryc. 74 Rozkład ocen wrażliwości dla poszczególnych zagrożeń zmian klimatu

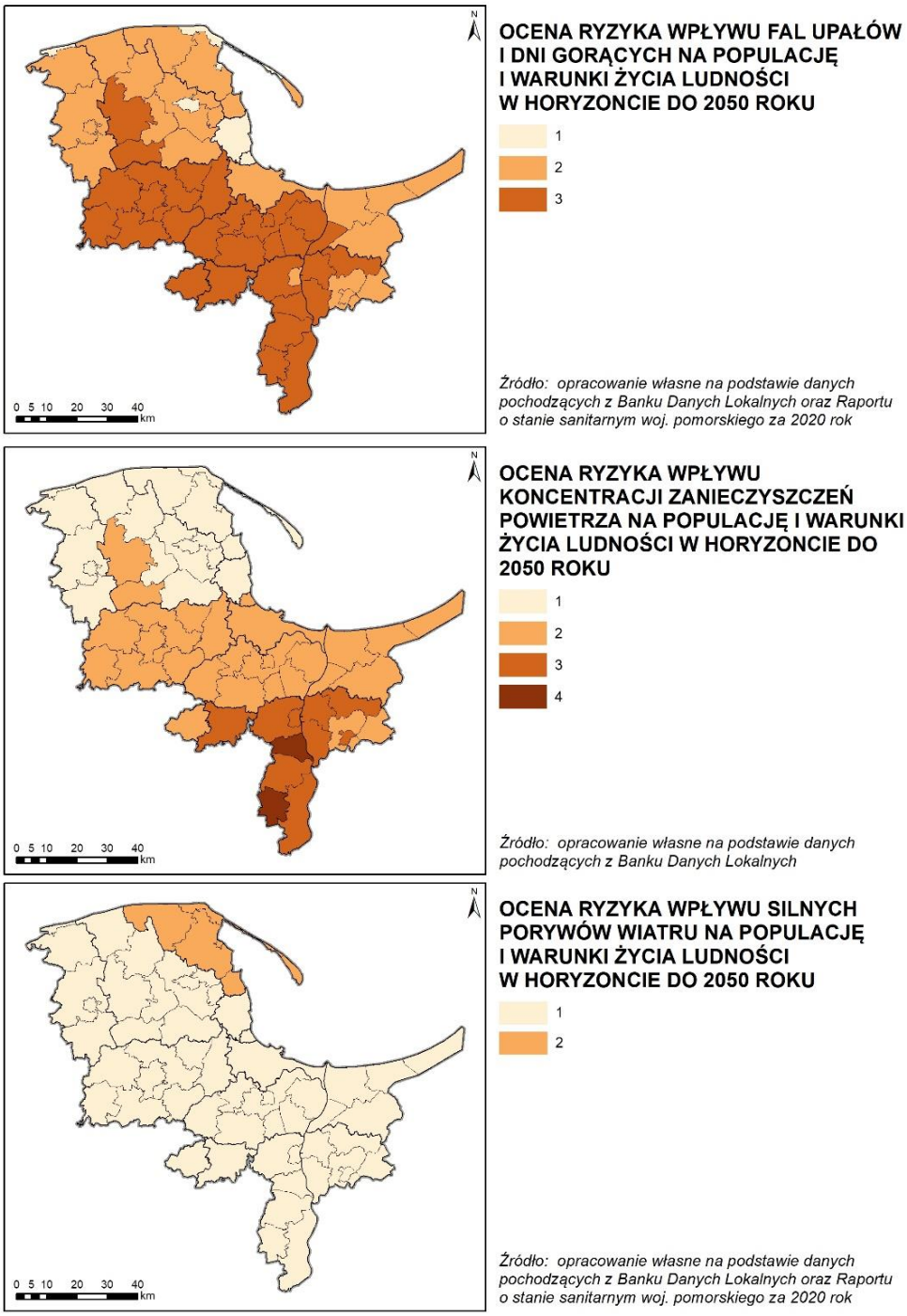
Określenie wpływu poszczególnych zagrożeń klimatycznych na funkcjonowanie omawianego sektora nastąpiło poprzez zestawienie oceny wrażliwości ze stanem aktualnym. Największy wpływ fal upałów i dni

gorących na warunki życia ludności odnotowany został w gminach oddalonych od wybrzeża Morza Bałtyckiego. Są to gminy powiatu wejherowskiego (Łęczyce, Linia), kartuskiego (Kartuzy, Przodkowo, Sierakowice, Stężyca) oraz powiatu tczewskiego – Morzeszczyn oraz miasto i gmina Gniew. Najwyższa ocena wpływu tego zagrożenia to 3, żadna gmina nie otrzymała oceny 4. W przypadku wpływu zanieczyszczeń powietrza najwyższe oceny przyznano gminom powiatu tczewskiego: Tczew, Subkowy, Morzeszczyn, Miasto i gmina Gniew oraz gminie Skarszewy i gminie miejskiej Pruszcz Gdański. Wiąże się to z wysoką oceną wskaźnika chorób klimatozależnych oraz w przypadku gminy miejskiej Pruszcz Gdański, z wysoką oceną stanu aktualnego poziomu zanieczyszczenia powietrza w tej gminie. W przypadku silnych wiatrów bardzo wysoki wpływ odnotowano jedynie w Sopocie. Jest to związane z bardzo wysoką wrażliwością na to zagrożenia.

W kolejnym kroku uwzględniano potencjał adaptacyjny gmin (patrz rozdział 3), wskazując ocenę podatności podsektora na wskazane zagrożenia. W przypadku fal upałów i dni gorących w żadnej gminie nie odnotowano bardzo wysokiej podatności na to zagrożenie. Wysoką podatność odnotowano przede wszystkim w gminach położonych w zachodniej części obszaru – w powiatach lęborskim, kartuskim, wejherowskim oraz w południowej części obszaru – miasto i gmina Gniew, gminy: Morzeszczyn, Subkowy, Lichnowy, Ostaszewo, Cedry Wielkie i Przywidz. Bardzo wysoką podatność na koncentracje zanieczyszczeń powietrza odnotowano w gminach Morzeszczyn oraz Subkowy. Wysoką podatność odnotowano w 22 gminach obszaru, zwłaszcza w gminach miejskich. Są to gminy w powiecie gdańskim: gmina miejska Pruszcz Gdański, powiecie kartuskim: gminy Przodkowo, Sierakowice, Stężyca, w powiecie lęborskim: gmina Nowa Wieś Lęborska, w powiecie malborskim: m. Malbork, miasto i gmina Nowy Staw gmina Lichnowy, gmina Miłoradz i gmina Stare Pole, w powiecie nowodworskim: miasto i gmina Nowy Dwór Gdański, gmina Ostaszewo, gmina Stegna, w powiecie tczewskim: miasto i gmina Pelplin, gmina Subkowy, gmina Tczew, w powiecie wejherowskim: gmina miasto Reda, gmina miejska Rumia, gmina Linia, gmina Luzino, gmina Szemud, gmina Wejherowo oraz w powiecie starogardzkim gmina Skarszewy. W przypadku silnych wiatrów w żadnej gminie nie odnotowano bardzo wysokiej podatności na to zagrożenie. Wysoką podatność odnotowano głównie w gminach powiatu wejherowskiego, lęborskiego oraz puckiego. Następnie oceniano konsekwencje wystąpienia danych zagrożeń uwzględniając przy tej ocenie parametr krytyczności wskazany w macierzy (Tab. 3). W żadnej z gmin nie odnotowano wysokich i bardzo wysokich ocen konsekwencji wystąpienia fal upałów i dni gorących. W przypadku koncentracji zanieczyszczeń powietrza wysokie konsekwencje odnotowano w gminie Subkowy i Morzeszczyn. Konsekwencje dla silnych wiatrów we wszystkich gminach odnotowano na najniższym poziomie, na co ma wpływ krytyczność oceniona na poziomie 1.

Ostateczna ocena ryzyka wpływu zagrożeń została wyliczona po przemnożeniu przez parametr związany z prawdopodobieństwem ich wystąpienia w horyzoncie 2050. W przypadku fal upałów i dni gorących w żadnej z gmin nie odnotowano najwyższej oceny ryzyka wpływu tego zagrożenia w horyzoncie 2050 roku. Gminy, w których zidentyfikowano prawdopodobieństwo wystąpienia fal upałów i dni gorących na najwyższym poziomie otrzymały ocenę 3 – wysokie ryzyko wystąpienia zagrożenia w horyzoncie 2050. Są to gminy w południowej części OMGGS, oddalone od linii brzegowej Morza Bałtyckiego. Ryzyko wpływu koncentracji zanieczyszczeń na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 na bardzo wysokim poziomie wyliczono, jak przy konsekwencjach, dla gmin Subkowy i Morzeszczyn. Wysokie ryzyko przypisano gminom w południowej części analizowanego obszaru, głównie w powiecie tczewskim (miasto Malbork, gmina miejska Tczew, gmina Tczew, miasto i gmina Pelplin, miasto i gmina Gniew, miasto i gmina Nowy Staw oraz gminy: Lichnowy, Miłoradz, Skarszewy). W przypadku ryzyka wpływu silnych wiatrów w horyzoncie 2050 żadna gmina nie otrzymała oceny wysokiej lub bardzo wysokiej, większość gmin, jak w przypadku konsekwencji uzyskało najniższą ocenę. Ryzyko wpływu silnych wiatrów na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 na poziomie 2 zidentyfikowano dla 7 gmin

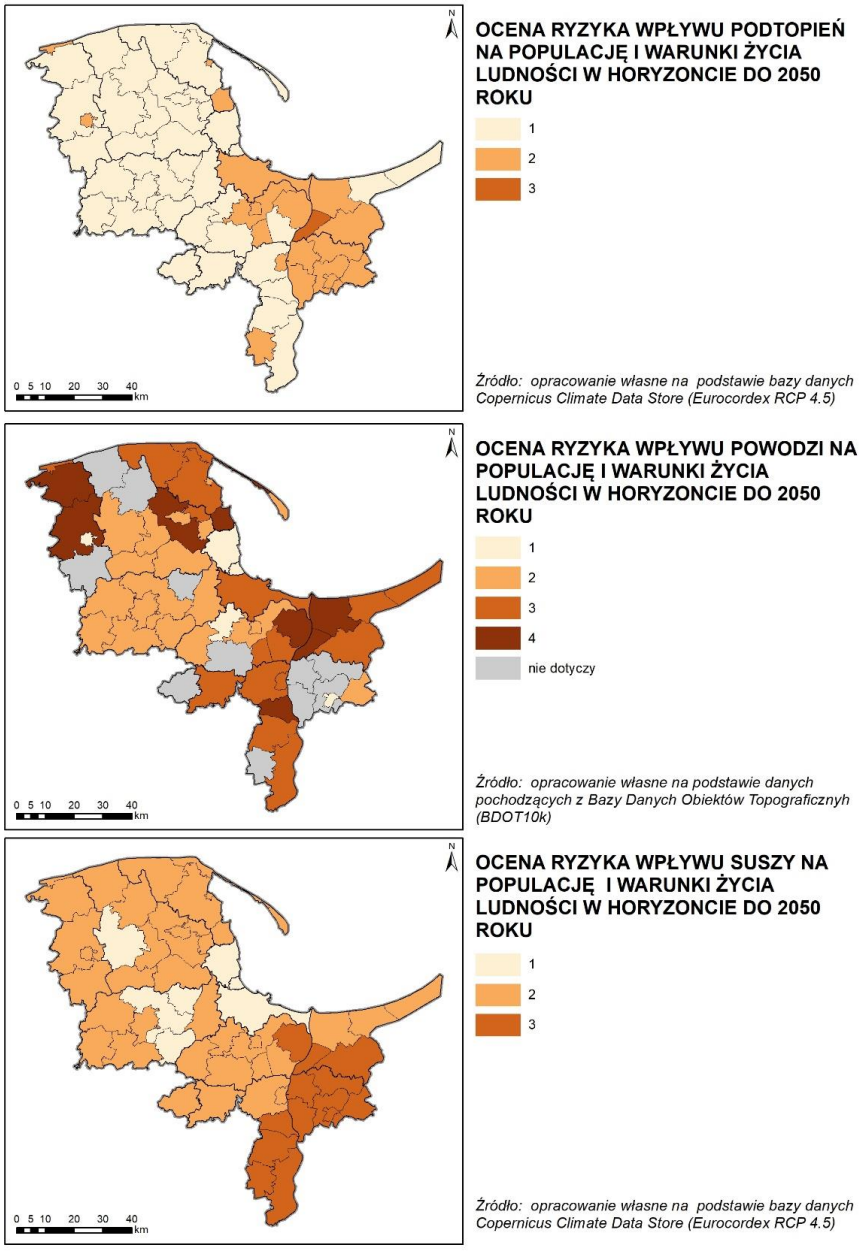
w bezpośrednim sąsiedztwie Morza Bałtyckiego: gmina miasto Hel, gmina miasto Jastarnia, miasto Puck, gmina Puck, gmina Kosakowo, gmina Władysławowo oraz gmina Krokowa. Opisane ryzyko wpływu fal upałów i dni gorących, koncentracji zanieczyszczeń powietrza i silnych wiatrów na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 przedstawiono na mapach poniżej (Ryc. 75).



Ryc. 75 Ocena ryzyka wpływu fal upałów i dni gorących, koncentracji zanieczyszczeń powietrza i silnych porywów wiatrów na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 roku

Mimo, że dla tych trzech zagrożeń podczas analizy wrażliwości omawianego sektora udział ocen 3 i 4 był najwyższy, oceny ryzyka dla dwóch z nich nie wskazały większych zagrożeń – dla silnych wiatrów ryzyko wpływu zagrożenia obliczono na poziomie 1 i 2, dla fal upałów i dni gorących najwyższa ocena ryzyka to 3. W przypadku oceny ryzyka wpływu fal upałów i dni gorących wynika to z niskich ocen konsekwencji i krytyczności na poziomie 2, a w przypadku ryzyka wpływu silnych wiatrów wpływ na taki wynik ma

podatność na poziomie 1 i 2 oraz krytyczność oceniona na najniższym poziomie. W przypadku oceniania ryzyka wyjściowego, uwzględniano także oceny ryzyka wpływu pozostałych zagrożeń, gdzie zanotowano oceny 3 i 4. Są to: ocena wpływu ryzyka powodzi na populację i warunki ludności w horyzoncie 2050, ocena wpływu podtopień na populację i warunki ludności w horyzoncie 2050 oraz ocena wpływu suszy na populację i warunki ludności w horyzoncie 2050. Wyniki przedstawiono na mapach poniżej (Ryc. 76).



Ryc. 76 Ocena ryzyka wpływu podtopień, powodzi i susz na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 roku

Ryzyko wpływu powodzi na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 oceniono na bardzo wysokim poziomie dla 9 gmin, w których stan aktualny zagrożenia powodzią oceniono na wysokim i bardzo wysokim poziomie, są to gminy: Wicko, Nowa Wieś Lęborska, Wejherowo, Kosakowo, Stegna, Ostaszewo, Cedry Wielkie, Subkowy i gmina miasto Jastarnia. Na taki wynik wpływa też wysoka krytyczność dla wystąpienia powodzi. Ocenę ryzyka wpływu podtopień na poziomie wysokim

(3) otrzymała gmina Ostaszewo. Wpływ ryzyka suszy na wysokim poziomie wskazano dla 12 gmin znajdujących się w południowej części OMGGS.

Zgodnie z przyjętą metodyką (patrz rozdział 1.3), dla określenia wynikowej oceny ryzyka, zliczano udział wskaźników, dla których zidentyfikowano wysokie lub bardzo wysokie zagrożenie wpływem czynników klimatycznych w horyzoncie 2050. Wynikową ocenę ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na populację i warunki życia ludności przedstawia mapa poniżej (Ryc. 77).

Bardzo wysoki udział ocen 3 i 4 (pow. 50% ocenianych wskaźników) otrzymały miasto i gmina Gniew, miasto i gmina Pelplin, miasto i gmina Nowy Staw, gmina Subkowy, Morzeszczyn, Miłoradz oraz gmina Lichnowy. Na taką ocena ma wpływ:

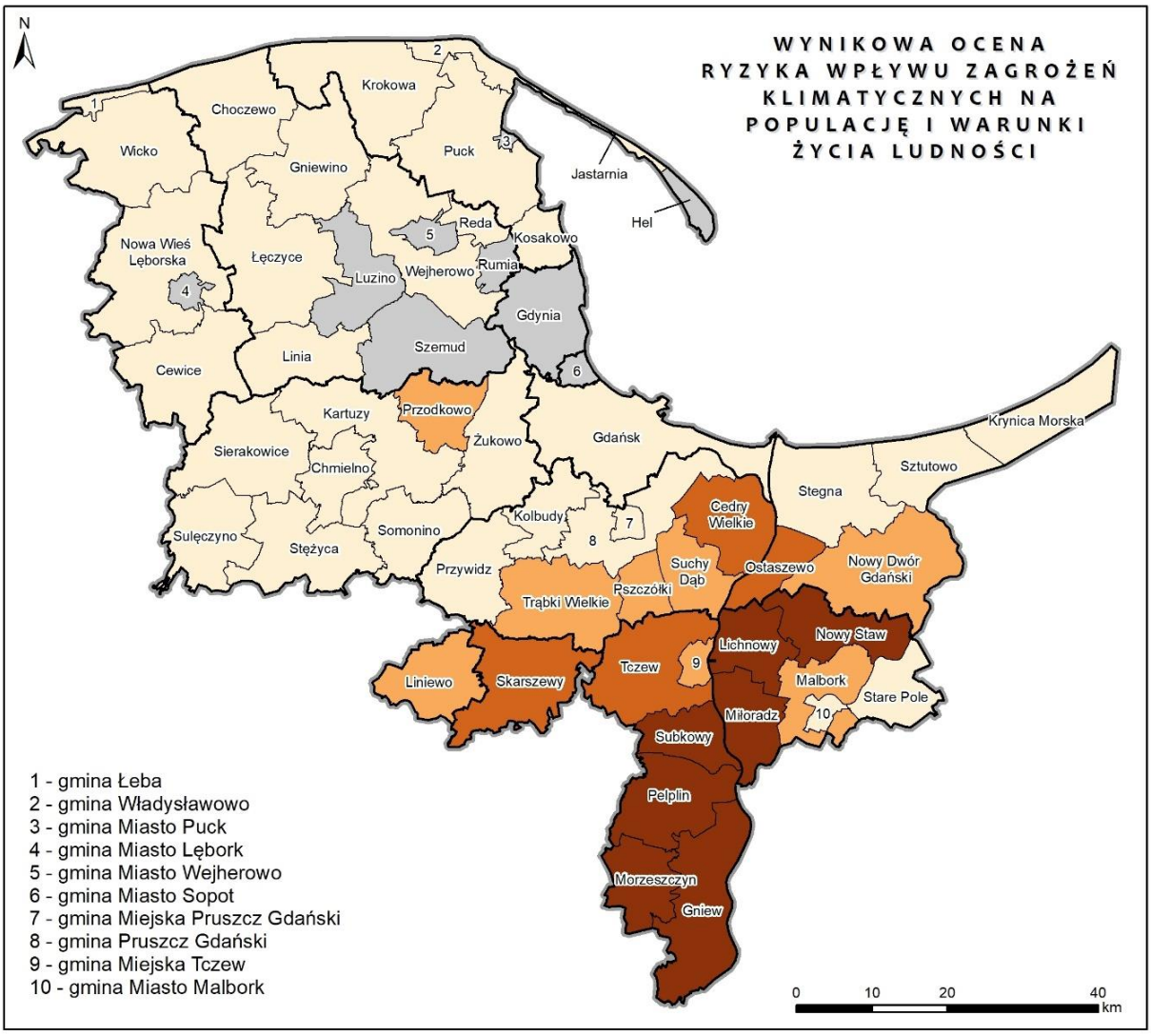
- wysokie ryzyko wpływu fal upałów i dni gorących na populację i warunki życia ludności w związku z dużą ilością zachorowań na choroby klimatozależne,

- wysokie lub bardzo wysokie (gmina Subkowy) ryzyko wpływu powodzi na populację i warunki życia ludności w związku z bardzo wysoką ocena stanu aktualnego odnoszącego się do powodzi oraz bardzo wysoką oceną prawdopodobieństwa powodzi w przyszłości,

- wysokie lub bardzo wysokie (gminy Morzeszczyn i Subkowy) ryzyko wpływu koncentracji zanieczyszczeń powietrza na populację i warunki życia ludności w związku z dużą ilością zachorowań na choroby klimatozależne,

- niski potencjał adaptacyjny gmin: Morzeszczyn, Subkowy, Ostaszewo, Miłoradz, Lichnowy miasta i gminy Nowy Staw oceniany na poziomie 1 oraz miasta i gminy Gniew i miasta i gminy Pelplin oceniany na poziomie 2.

Zgodnie z ocenami ryzyka dla poszczególnych zagrożeń, obszar strategicznej interwencji wyznaczony poprzez wynikową ocenę ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na populację i warunki życia ludności znajduje się w południowej części obszaru OMGGS.



Ryc. 77 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na populację i warunki życia ludności – obszary strategicznej interwencji

4.1.4 Podsumowanie

Analiza wpływu zmian klimatu na sektor populacji i warunków życia ludności wykazała, że najważniejsze skutki zmian klimatu w kontekście warunków życia, mieszkańcy obszaru OMGGS mogą odczuwać poprzez pogorszenie stanu zdrowia oraz w wyniku strat materialnych powodowanych uszkodzeniem lub utratą mienia.

Rozpoznane ryzyko wpływu zagrożeń klimatycznych na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 roku, wskazuje obszar szczegółowej interwencji w południowej części obszaru OMGGS (Ryc. 77).

Na zdrowie, a przede wszystkim na występowanie chorób układu krążenia i układu oddechowego oraz chorób wektorowych największy wpływ mają fale upałów i dni gorących oraz koncentracja zanieczyszczeń powietrza. Takie zagrożenia są charakterystyczne dla miast, gdzie występuje zjawisko miejskiej wyspy ciepła. Dla większości gmin (95%) określono prawdopodobieństwo fal upałów i dni gorących w przyszłości na wysokim (42%) lub bardzo wysokim (53%) poziomie. Pozytywniej przewiduje się prawdopodobieństwo koncentracji zanieczyszczeń powietrza w przyszłości - na poziomie wysokim - 18% i bardzo wysokim - także 18% gmin OMGGS zagrożonych jest tym skutkiem zmian klimatu. Są to gminy w południowej części obszaru OMGGS (gminy powiatu tczewskiego, część gmin powiatu malborskiego i gmina Skarszewy). Zgodnie z prawdopodobieństwem opisanym w rozdziale 2.2.4, obszary położone bezpośrednio nad Bałtykiem mogą spodziewać się najmniejszych negatywnych oddziaływań fal upałów i dni gorących.

W odpowiedzi na zagrożenia zdrowia publicznego związane ze zmianami klimatu bardzo ważną rolę odgrywa podstawowa opieka zdrowotna. WHO zauważa, że świadomość zmiany klimatu jest na wysokim poziomie, ale jest ona niższa w przypadku jej skutków zdrowotnych. Monitorowanie stanu zdrowia publicznego i aktualnych problemów zdrowotnych, szczególnie z uwzględnieniem chorób klimatozależnych oraz informowanie i edukowanie społeczeństwa o zagrożeniach zdrowia związanych ze zmianami klimatu i dostępnej profilaktyce, powinno być pierwszym krokiem w celu ochrony zdrowa przed dalszymi skutkami tego zjawiska. Biorąc pod uwagę, że już teraz służba zdrowa ma znaczne problemy w funkcjonowaniu, należy się przygotować na dodatkowe obciążenie związane z chorobami powstającymi na skutek zmian klimatu.

Obok zdrowia, kolejnym problemem spowodowanym zmianami klimatu jest utrata lub uszkodzenie mienia. Najwięcej szkód w Polsce powodują powodzie, na które najbardziej narażony jest rejon Żuław Wiślanych oraz w kontekście zagrożenia dla populacji i warunków życia ludności, obszary gdzie zabudowa mieszkaniowa znajduje się na terenach zalewowych. Problemy oraz sposoby interwencji w zakresie tego zagrożenia zostały szerzej opisane w rozdziale 2.2.6. W tym przypadku sposobem na zmniejszenie zagrożenia jest ograniczenie naporu inwestycyjnego na tereny zalewowe oraz zwiększenie profilaktyki chorób wodo zależnych. Na uszkodzenie mienia maja też wpływ nagłe i intensywne zjawiska pogodowe, takie jak intensywne burze, deszcze nawalne i silne wiatry. W tej kwestii ważny jest sprawny system monitorowania oraz ostrzegania przed ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi oraz budowa infrastruktury odpornej na wymienione zagrożenia.

4.2 Gospodarka wodna i ściekowa

4.2.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu

Gospodarka wodna jest sektorem ściśle powiązanym ze środowiskiem poprzez korzystanie z zasobów wodnych i ich kształtowanie. Woda jest podstawowym medium warunkującym możliwości funkcjonowania i rozwoju we wszystkich aspektach działalności człowieka, a także otaczającego go środowiska przyrodniczego. Ogólnie całą dziedzinę podzielić można na dwie zasadnicze grupy obejmujące:

- gospodarkę wodną, obejmującą układ hydrograficzny, systemy i obiekty hydrotechniczne oraz urządzenia wodne kształtujące zasoby wodne, a także zagadnienia związane z gospodarowaniem wodami opadowymi;
- korzystanie z wód związane z jej poborem, obejmujące aspekty zaopatrzenia w wodę i gospodarkę ściekową.

Sektor gospodarki wodnej ze względu na silne powiązanie z elementami środowiska jest szczególnie narażony na niekorzystne oddziaływania zmian klimatu, w odniesieniu do szeregu czynników kształtujących jego stan. Zmiany klimatu kształtują zjawiska atmosferyczne i powiązane z nimi hydrologiczne warunki obiegu wody, co przekłada się długookresowo na bilans wód w zlewniach rzek, a lokalnie na nagłe zjawiska, których skutkiem są zalania i powodzie. Woda stanowi żywioł o znaczącym potencjale niszczącym, zarówno jako niekontrolowany przepływ, ale też w postaci rozlewisk i podtopień terenu. Z drugiej strony brak wody w okresie suszy generuje również znaczące straty dla wielu dziedzin gospodarki. Występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych wiąże się ze znacznym wzrostem ryzyka ograniczenia funkcjonowania obiektów gospodarki wodnej i zaopatrzenia w wodę. Konsekwencją tego są zarówno wymierne straty materialne, jak i trudne do szacowania konsekwencje środowiskowe, często o odległej perspektywie czasowej.

Zmiany klimatu wpływają również na stan wód, powodując okresowe ograniczanie dostępnych zasobów. Dotyczy to zarówno ilościowego stanu wód powierzchniowych i gruntowych, jak też stanu jakościowego, który bezpośrednio ogranicza możliwość poboru i wykorzystania wód.

Wpływ zjawisk klimatycznych dotyczy oddziaływania na infrastrukturę służącą gospodarowaniu wodą. W przypadku obiektów hydrotechnicznych i budowli wodnych mamy do czynienia głównie z negatywnymi skutkami przepływu wód, w tym podnoszenia lub wahania ich poziomu. W tym aspekcie straty warunkowane są przede wszystkim wielkością zjawisk hydrologicznych w skali zlewni rzek i cieków. Gospodarka wodami opadowymi rozpatrywana jest w skali lokalnej i dotyczy zapewnienia bezpieczeństwa odprowadzania spływu wód oraz ograniczenia zalewania odwadnianych terenów. Wody opadowe odprowadzane są za pomocą systemów zaprojektowanych na określone parametry hydrauliczne, a bezpieczeństwo ich działania może być poprawione poprzez stosowanie rozwiązań retencji wód. Spowolnienie odpływu uzyskiwane dzięki retencji wód powinno również pełnić funkcję poprawiającą lokalne stosunki wodne w zlewni. Pod tym względem udział obszarów retencji i ich rozproszenie powiązane będzie zarówno z bezpieczeństwem powodziowym, jak i odpornością na susze.

Zjawiska związane z zalewaniem i podtapianiem terenu, powodowane przez intensywne opady oraz powodzie skutkują zniszczeniami w infrastrukturze służącej gospodarowaniu wodą, a także w efekcie stratami materialnymi na terenach zurbanizowanych znajdujących się na obszarach zalewowych. Wzrost skali i dynamiki zdarzeń pogodowych wskazuje, iż istniejąca infrastruktura techniczna w ocenianej perspektywie jest niedostosowana do wielkości i intensywności zjawisk klimatycznych.

Systemy wodociągowo-kanalizacyjne obejmują infrastrukturę obejmującą obiekty i sieci umożliwiające:

- pobór i uzdatnianie wody,
- dystrybucję wody,
- odbiór ścieków,
- oczyszczanie i odprowadzenie do środowiska.

Infrastruktura wodociągowa i kanalizacyjna obejmuje indywidualne i zbiorowe układy zaopatrzenia w wodę, jak również instalacje przemysłowe. Bezpieczeństwo ich funkcjonowania jest zależne od wielkości oraz wymaganej niezawodności systemu. W każdym przypadku warunkiem prawidłowej pracy jest zapewnienie wody w wymaganej ilości oraz odpowiedniej jakości, a dalej zapewnienie możliwości odprowadzenia ścieków, które po oczyszczeniu mogą być bezpiecznie wprowadzone do wód. Systemy wodociągowo-kanalizacyjne są rozległymi strukturami, wymagającymi sprawnej pracy na całym obszarze ich działania. Z tego też powodu są bardzo podatne na czynniki klimatyczne wpływające zarówno na stan infrastruktury technicznej i jej awaryjność, ale też wielkość zapotrzebowania na wodę i ilość odprowadzanych ścieków. W efekcie wpływa to na koszty funkcjonowania systemów, które ostatecznie ponoszą mieszkańcy. Wraz z rozwojem gospodarczym i wzrostem liczby mieszkańców rośnie zapotrzebowanie na wodę, a tym samym zagrożenia związane z oddziaływaniem zmian klimatu. Awaryjność rozproszonej infrastruktury związana jest z bezpośrednimi uszkodzeniami powodowanymi przez podtopienia, powodzie, intensywne opady i wiatr, ale również pośrednio w okresie upałów i suszy - w wyniku zwiększenia zapotrzebowania na wodę i obciążenia systemu.

Istotnym zagadnieniem w funkcjonowaniu systemów wodociągowo-kanalizacyjnych są parametry jakościowe i sanitarne ujmowanych wód oraz wpływ na uzdatnianie wód, a także sprawność biologicznych procesów oczyszczania ścieków. Na warunki pracy układów technologicznych uzdatniania wody i oczyszczania ścieków wpływa brak stabilnych warunków pogodowych lub istotne i gwałtowne zmiany ilości i parametrów jakościowych pobieranych wód lub oczyszczanych ścieków.

Oddziaływanie zmian klimatu należy oceniać pod kątem ogólnego bezpieczeństwa systemów gospodarki wodnej w następujących aspektach:

- bezpieczeństwa funkcjonowania i ryzyka zniszczeń infrastruktury gospodarki wodnej oraz wodno-ściekowej,
- działania i awaryjności systemów dystrybucji wody oraz odprowadzania ścieków,
- oddziaływania zagrożeń związanych ze zmianami klimatu na stan wód,
- potencjału retencji wód oraz odporności na zagrożenie występowaniem suszy,
- wzrostu zapotrzebowania na wodę oraz ilości wytwarzanych ścieków.

4.2.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS

Gospodarka wodna jest sektorem o rozbudowanym zasięgu przestrzennym, powiązanym w skali całego regionu w ramach obiegu wód w obrębie struktur zlewni wód, a także w zasięgu oddziaływania wód morskich. Dodatkowo na całym obszarze OMGGS wskazuje się silną zależność sektora z funkcjonowaniem pozostałych dziedzin gospodarki. Prognozowane zmiany klimatu wiążą się ze zintensyfikowaniem występowania problemów, takich jak:

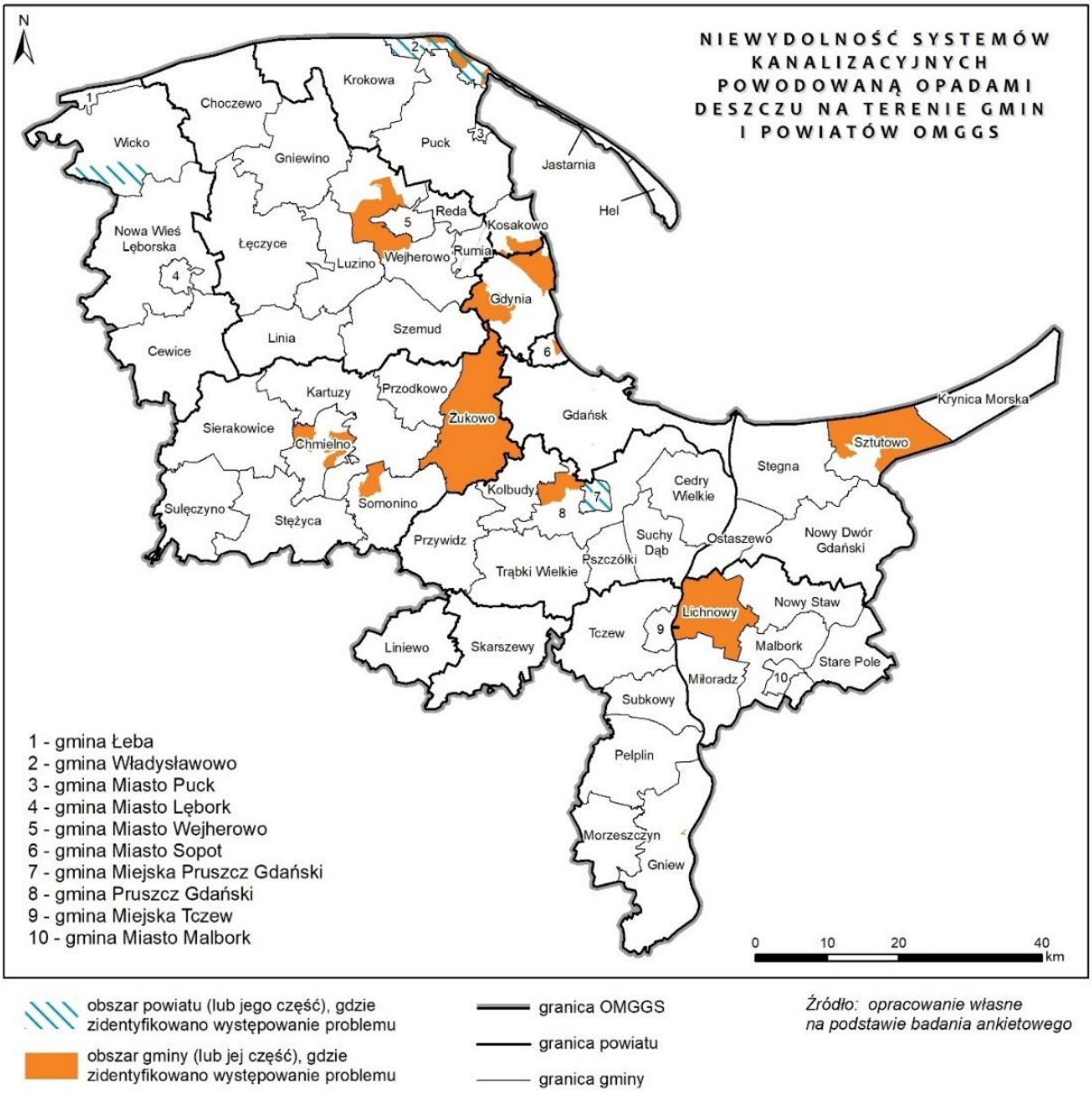
- niedostateczny stan w zakresie wyposażenia infrastruktury i jej dostosowania do skali zjawisk,
- zwiększenie wrażliwości sektora związane z rozwojem zagospodarowania terenów, szczególnie w obszarach narażonych na występowanie zjawisk ekstremalnych,

– stopniowy spadek odporności istniejących rozwiązań technicznych związany z wiekiem infrastruktury.

Rozwój gospodarczy na obszarze OMGGS skutkuje wzrostem zapotrzebowania na wodę oraz systemy wodociągowo-kanalizacyjne. Zagospodarowanie i zainwestowanie terenów, w szczególności obszarów zurbanizowanych, wymaga zwiększenia bezpieczeństwa użytkowania poprzez rozwój i modernizację obiektów gospodarki wodnej. Wyzwanie stanowi konieczność planowania i budowy infrastruktury uwzględniającej zjawiska o znacznie większej skali, aniżeli określają to aktualne standardy techniczne i przepisy budowlane.

Na funkcjonowanie systemu gospodarki wodnej obszaru OMGGS istotny wpływ mają zarówno krótkotrwałe i dynamiczne zdarzenia pogodowe o charakterze ekstremalnym, ale też trudne do zaobserwowania skutki powolnych i długotrwałych zmian warunków hydrologicznych, takich jak obniżenie poziomu wód powodowane suszą, okresami bezdeszczowymi, czy bezśnieżnymi zimami. Dodatkowym czynnikiem intensyfikującym negatywny wpływ zmian klimatu są działania człowieka pogarszające warunki funkcjonowania gospodarki wodnej. Przede wszystkim dotyczy to nadmiernego uszczelnienia powierzchni terenu, ograniczania naturalnej pojemności retencyjnej gruntów, czy w końcu intensywnej zabudowy i ograniczania swobodnego spływu i retencji wód w dolinach rzecznych. Do największych zagrożeń na całym obszarze OMGGS zalicza się inwestycje na terenach niezagospodarowanych, stanowiących wcześniej naturalne obszary retencji wód dla istniejącej zabudowy. Wysokie koszty związane z budową infrastruktury wodnej powodują, iż zagospodarowywane tereny nie są dostatecznie doposażone w systemy odwodnień i retencji wód.

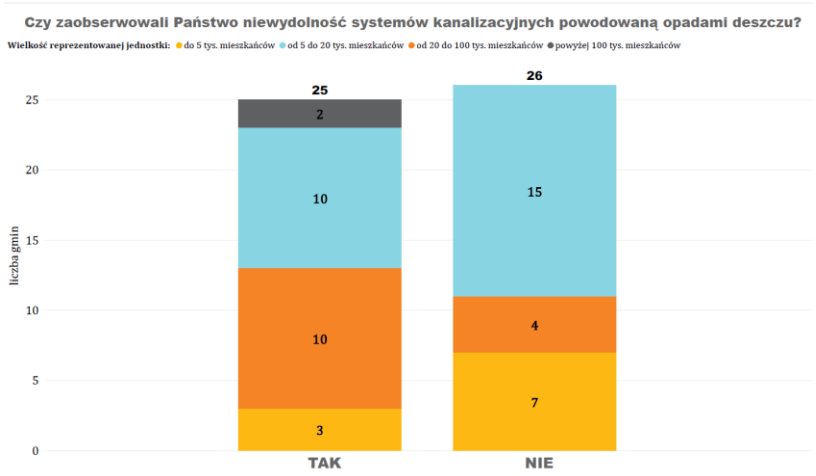
Wykonane badanie ankietowe wśród samorządów wykazało, że zjawiska meteorologiczne miały istotny wpływ na lokalne zagrożenia związane z podtopieniami i funkcjonowaniem infrastruktury gospodarki wodnej. Poniższa mapa wskazuje lokalizacje występowania utrudnień zgłoszone przez samorządy.

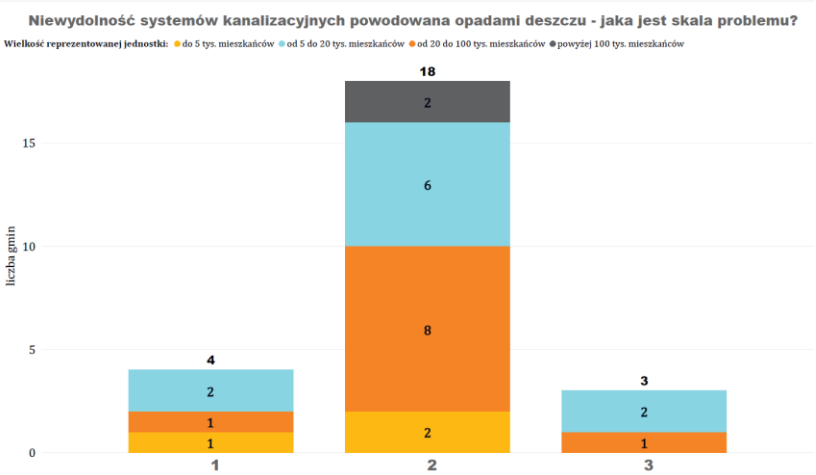


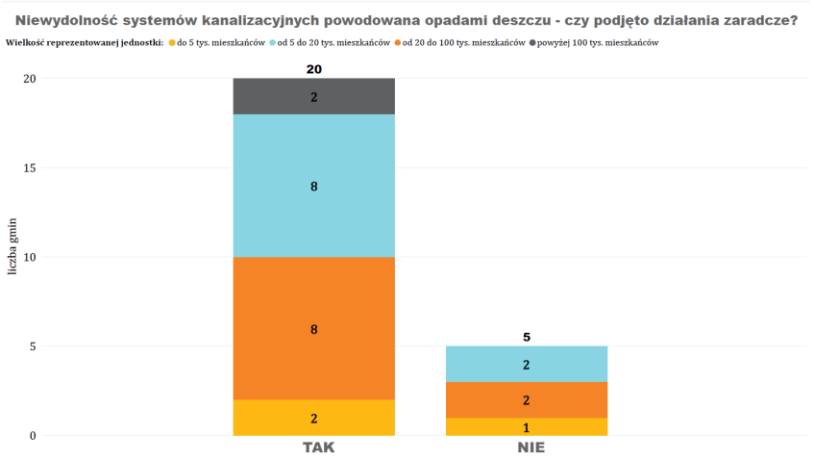
Ryc. 78 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – niewydolność systemów kanalizacji powodowana opadami deszczu

Niewydolność systemów kanalizacji powodowana opadami deszczu odnotowano w niemal połowie ankietowanych gmin. W większości z nich (18) skalę problemu określono jako istotną dla wydatków Samorządów, a w przypadku 3 jako wysoce istotną. W 20 gminach podjęto lub planuje się podjąć działania zaradcze. Najczęściej jest to wprowadzanie urządzeń retencji, w tym zbiorników retencyjnych (gmina miasta Wejherowa, gmina miejska Pruszcz Gdański, miasto Gdynia, miasto Sopot, gmina Żukowo, gmina Kosakowo, gmina miejska Rumia, gmina Wejherowo), budowa urządzeń infrastruktury technicznej (miasto i gmina Nowy Dwór Gdański, gmina Władysławowo, miasto Gdynia, gmina miejska Rumia, miasto Gdańsk), przebudowa lub modernizacja kanalizacji (gmina Miasta Wejherowa, gmina Pszczółki, gmina Somonino, gmina miasto Lębork), czy rozbudowa kanalizacji deszczowej (gmina Żukowo, gmina Kosakowo, gmina Chmielno) lub rozdzielenie kanalizacji ogólnospławnej (miasto i gmina Pelplin). Gminy

podejmują również działania związane z udrażnianiem kanalizacji (gmina Pszczółki, gmina Lichnowy, gmina Pruszcz Gdański, miasto gmina Gniew). W gminie Subkowy podjęto działania związane z przygotowaniem dokumentacji projektowej odprowadzania wód opadowych dla jednego osiedla.

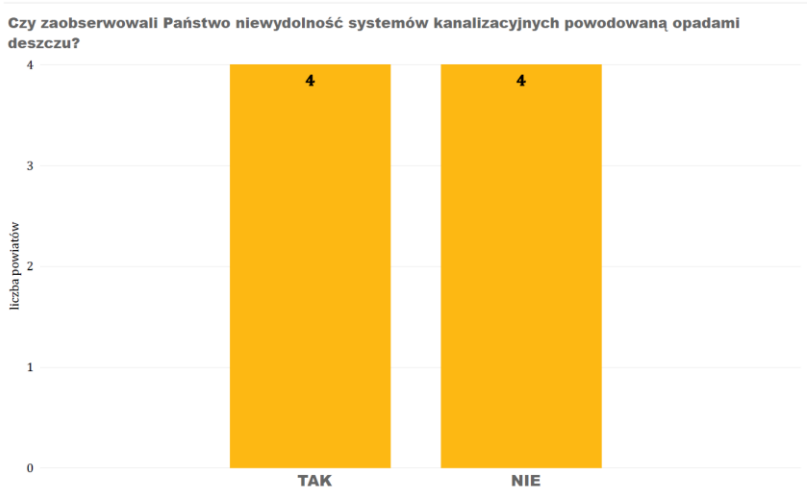


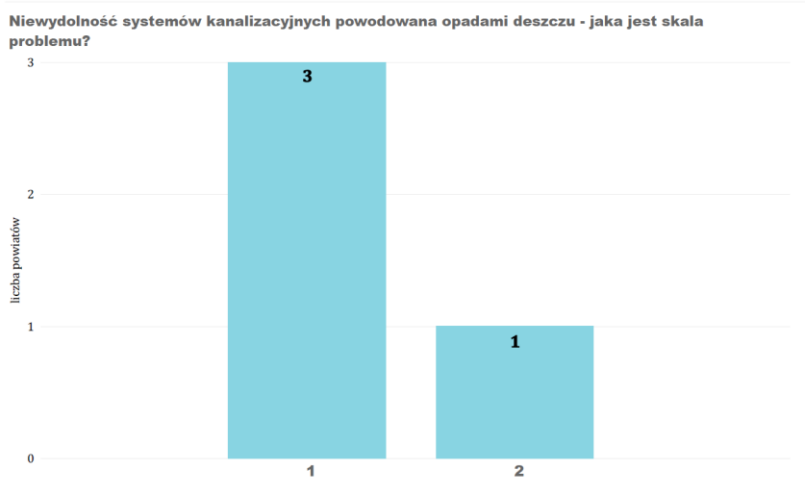


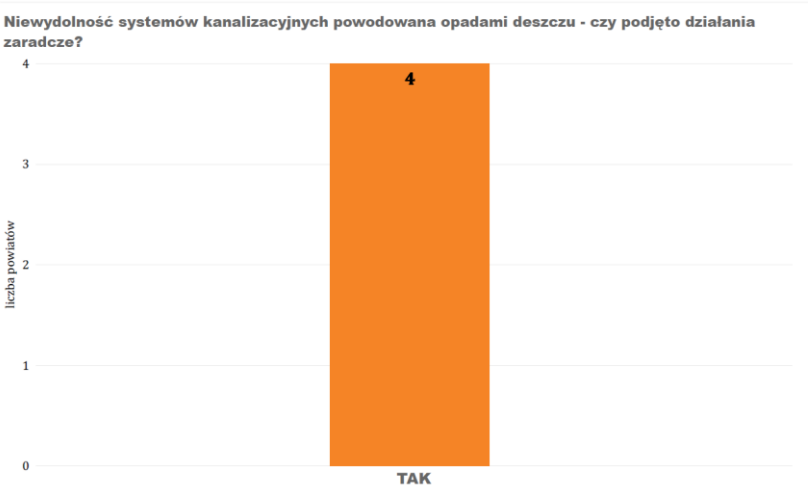


Zjawisko związane z niewydolnością systemów kanalizacyjnych odnotowano w przypadku 4 powiatów, przy czym tylko w przypadku jednego z nich wskazano na istotną skalę problemu. W każdym z powiatów,

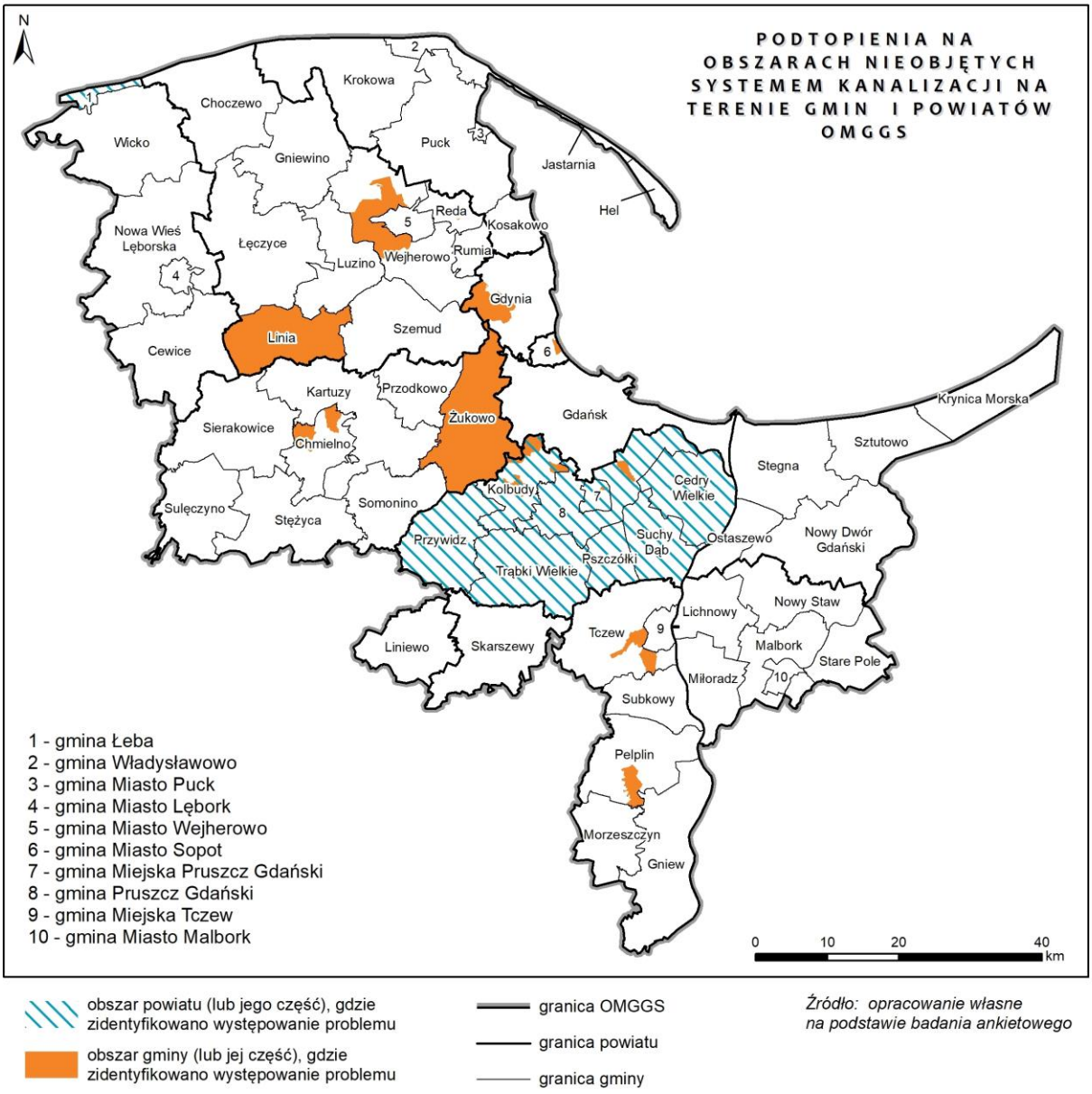
w którym odnotowano problem – podjęto również działania zaradcze związane przede wszystkim z rozbudową lub modernizacją istniejącej sieci kanalizacji (powiat gdański, lęborski, pucki), ale także budową zbiornika retencyjnego (powiat tczewski).







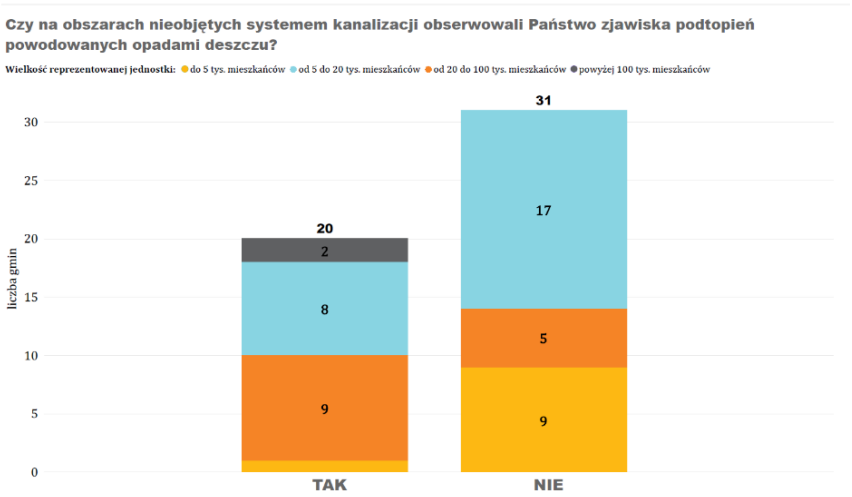
Podtopienia na obszarach nieobjętych systemem kanalizacji odnotowano na obszarze 20 gmin. W większości (13) określono je jako istotne dla wydatków Samorządu, natomiast w jednej (gmina miejska Pruszcz Gdański) jako wysoce istotne.

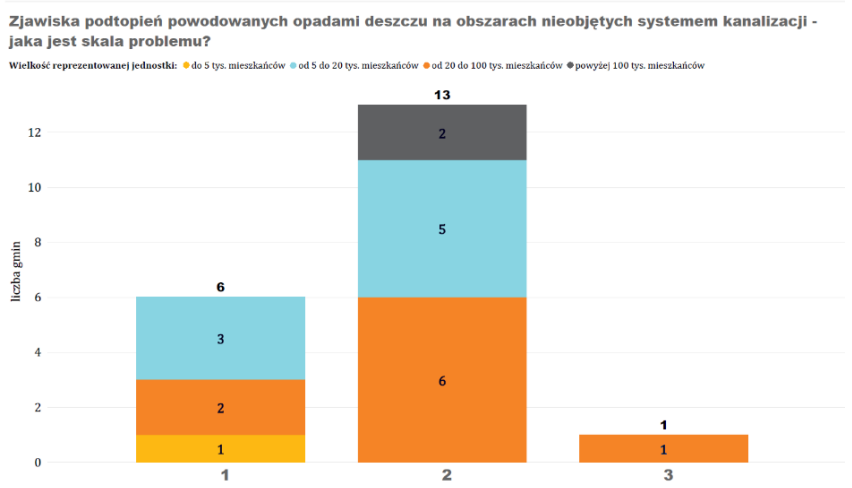


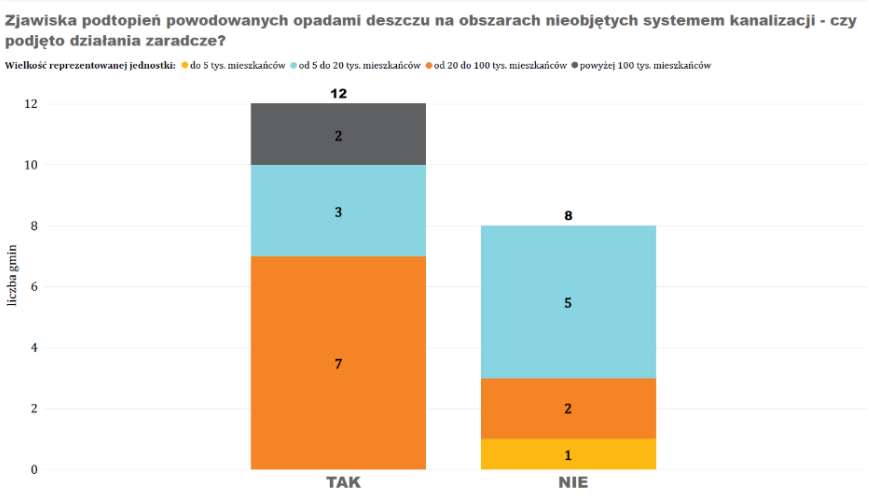
Ryc. 79 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – podtopienia na obszarach nieobjętych systemem kanalizacji

W większości gmin, w których odnotowano problem, podjęto działania zaradcze. Najczęściej jest to budowa zbiorników retencyjnych (gmina miejska Pruszcz Gdański, gmina Żukowo, gmina Wejherowo), ale także wprowadzanie urządzeń infrastruktury (gmina Kolbudy, miasto Gdynia), w tym urządzeń małej retencji w zakresie rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury (gmina miejska Rumia, miasto Sopot). W gminach podjęto również plany rozbudowy sieci kanalizacyjnej (miasto Sopot, gmina Żukowo, gmina Kosakowo, miasto i gmina Pelplin), czy konserwacji istniejącej (gmina Pruszcz Gdański). Podjęto również

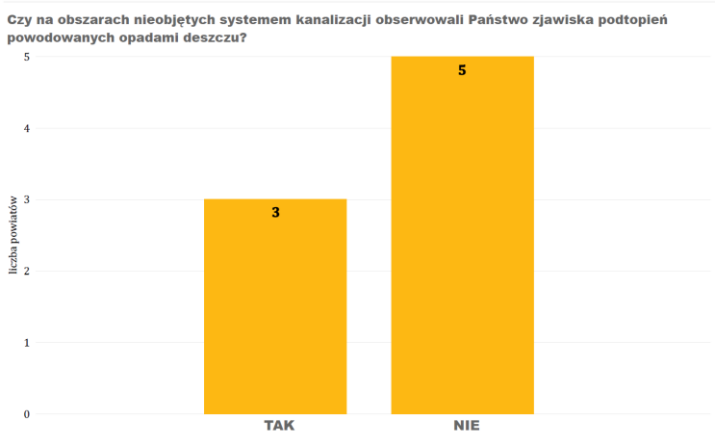
działania planistyczne m.in. w zakresie wprowadzania zapisów do planów miejscowych, mających na celu ochronę terenu przed zabudowaniem (gmina Miasta Wejherowa), a także działania w zakresie monitorowania systemów mogących zmniejszyć stopień podtopienia (miasto Sopot).



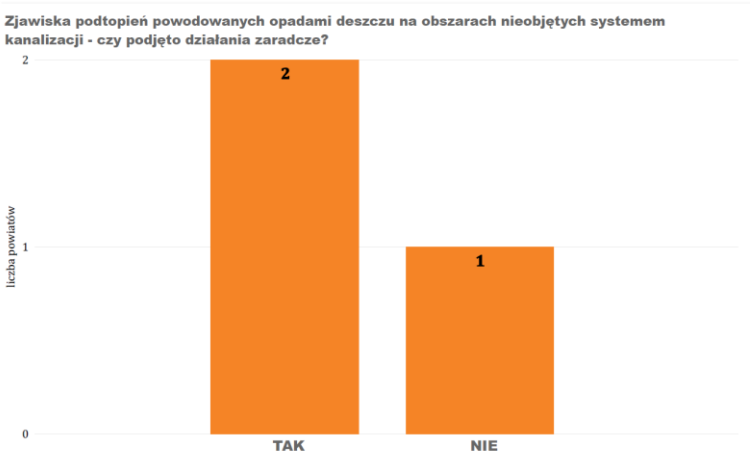




Zjawisko podtopień powodowanych opadami deszczu na terenach nieobjętych systemem kanalizacji odnotowano w trzech powiatach. W dwóch z nich wskazano na istotną skalę problemu, w jednym jako mało istotną. We dwóch powiatach, które odnotowały problem, podjęto działania zaradcze. W powiecie gdańskim był to montaż ścieków, studzienek i kratek kanalizacji deszczowej oraz studni chłonnych, udrażnianie rowów drogowych, zlecanie projektów budowy kanalizacji deszczowej, natomiast w powiecie kartuskim działania o charakterze bezpośrednim, takie jak pomoc udzielna przez jednostki ratownicze straży pożarnej.





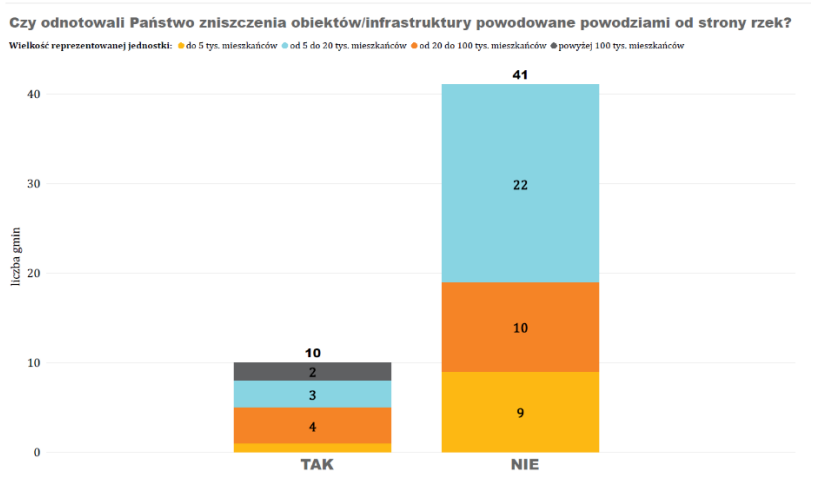


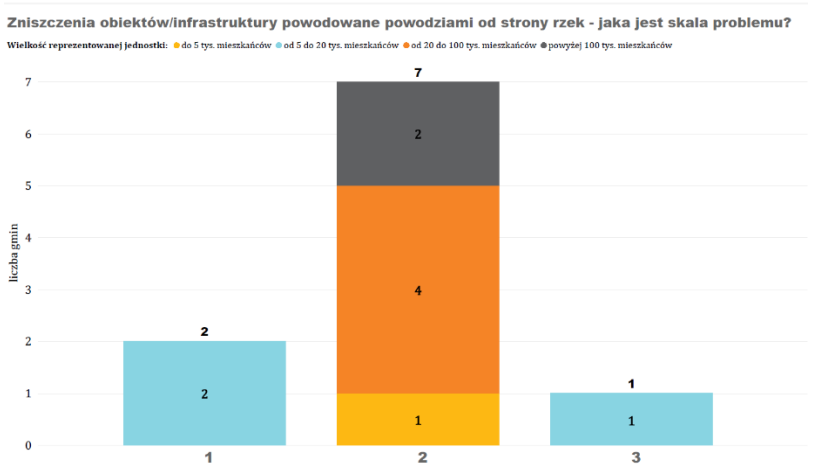
Zniszczenia obiektów lub infrastruktury powodowane powodziami od strony rzek odnotowano w przypadku 10 gmin. W większości z nich (7) problem uznano za istotny dla wydatków Samorządu. W przypadku miasta i gminy Nowy Dwór Gdański wskazano, że problem jest wysoce istotny.

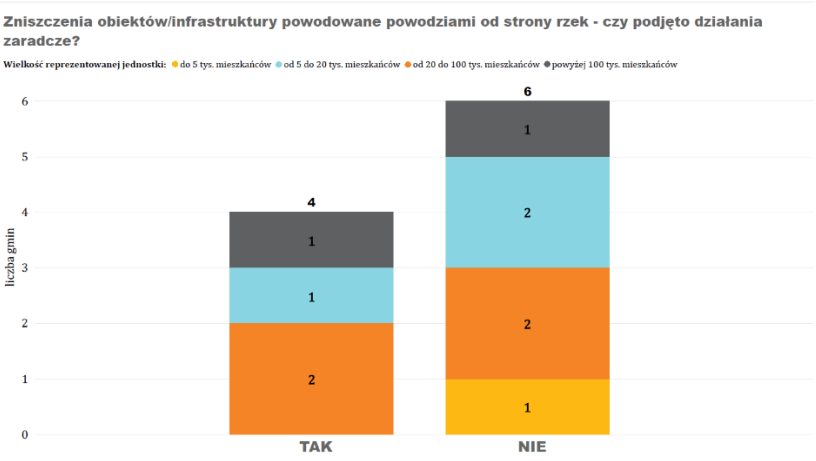


Ryc. 80 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – zniszczenia obiektów lub infrastruktury powodowane powodziami od strony rzek

Na obszarze czterech gmin podjęto działania zaradcze. W gminie miejskiej Pruszcz Gdański było to podwyższenie wału przeciwpowodziowego, w gminie Łęczyce wykonano nasypy ziemne oraz zabezpieczono tereny zabudowane i zamieszkałe, w gminie Wejherowo przeprowadzono modernizację mostu oraz wybudowano nowy, natomiast w mieście Gdynia podjęto działanie bezpośrednie – opracowano projekty napraw.

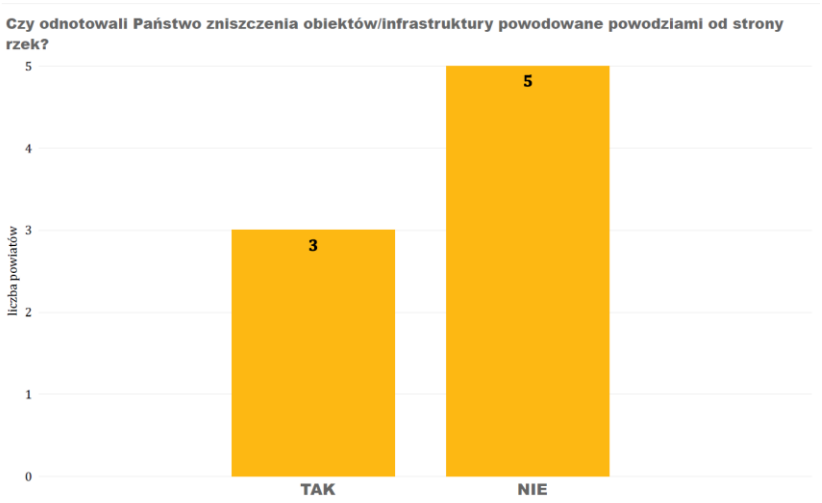


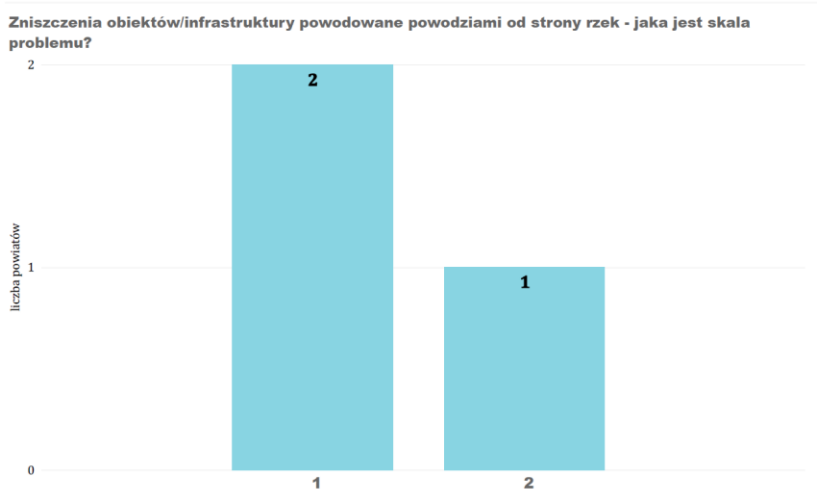


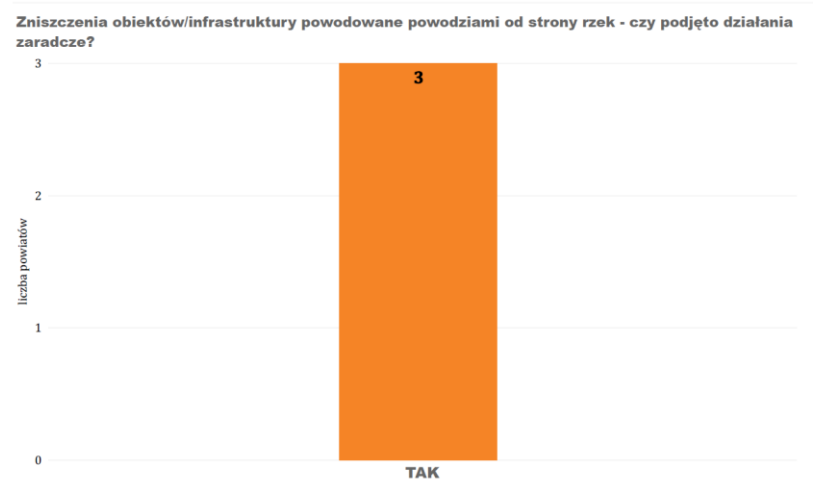


Zniszczenia obiektów lub infrastruktury powodowane powodziami od strony rzek odnotowano w trzech powiatach. W powiecie tczewskim określono skalę problemu jako istotną, natomiast w pozostałych dwóch powiatach – jako mało istotną dla wydatków Samorządu. We wszystkich powiatach podjęto działania zaradcze. W powiecie lęborskim była to kontrola i naprawa wałów przeciwpowodziowych,

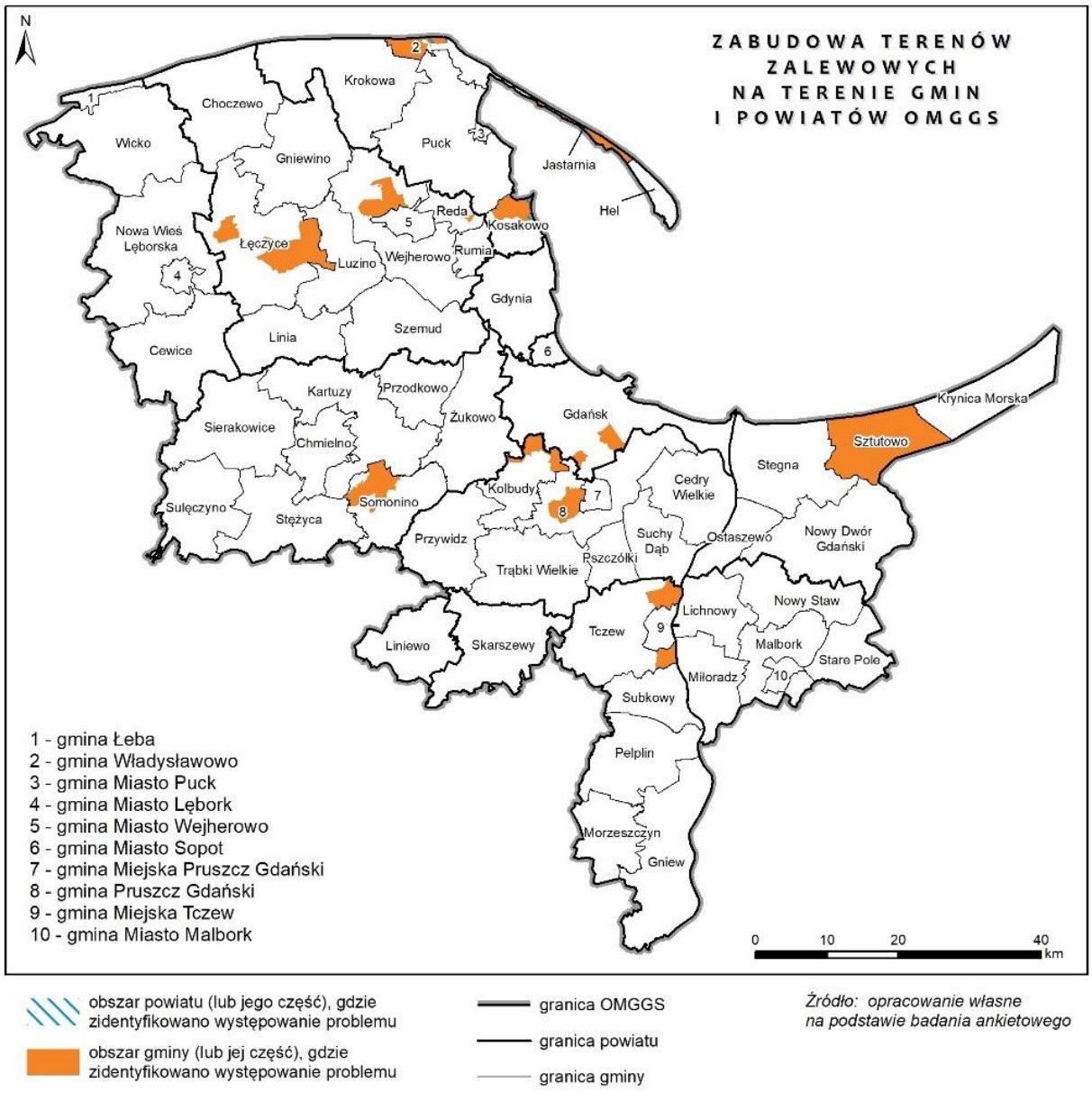
w powiecie Nowy Dwór Gdański – naprawa dróg. W przypadku powiatu tczewskiego, w ankiecie nie wskazano jakie działania podjęto.







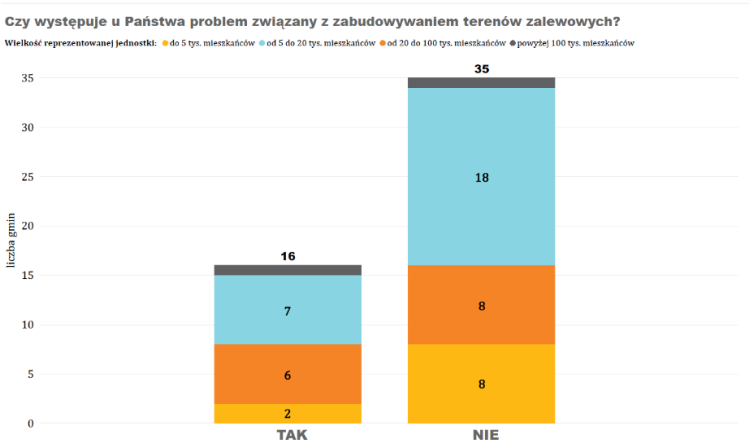
Zabudowywanie terenów zalewowych zidentyfikowane zostało w przypadku 16 gmin. Siedem z nich określiło problem jako mało istotny dla wydatków Samorządu, dziewięć zaś jako istotny.

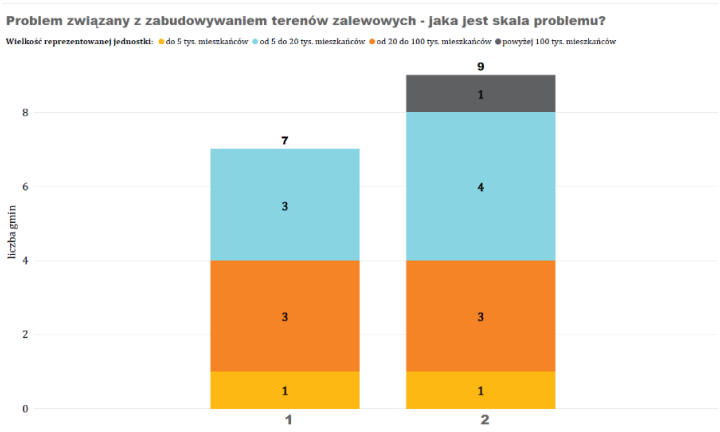


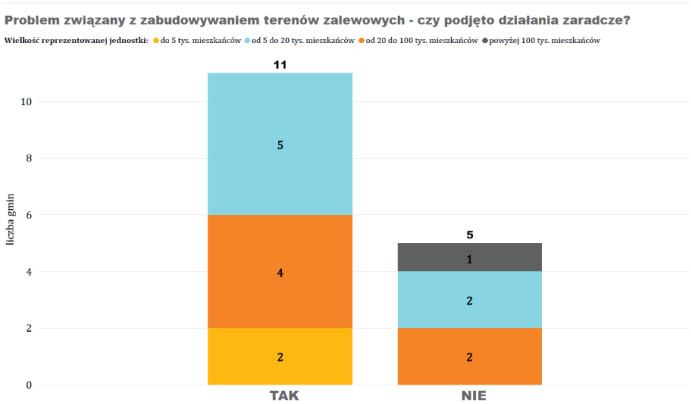
Ryc. 81 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – zabudowa terenów zalewowych na obszarach gmin

Większość gmin spośród tych, które odnotowały problem (11) – podjęła również działania zaradcze. W większości były to działania planistyczne takie jak ograniczanie lokalizowania na nich zabudowy w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego (gmina Miasto Wejherowo, gmina miejska Tczew, gmina Kosakowo, gmina Wejherowo), czy ograniczenia w wydawaniu decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu (gmina Tczew, gmina Somonino). Gminy podjęły również działania związane z budową lub modernizacją urządzeń infrastruktury np. wałów przeciwpowodziowych (gmina Kolbudy, gmina miejska Pruszcz Gdański). Gmina Władysławowo podjęła działania bezpośrednie związane

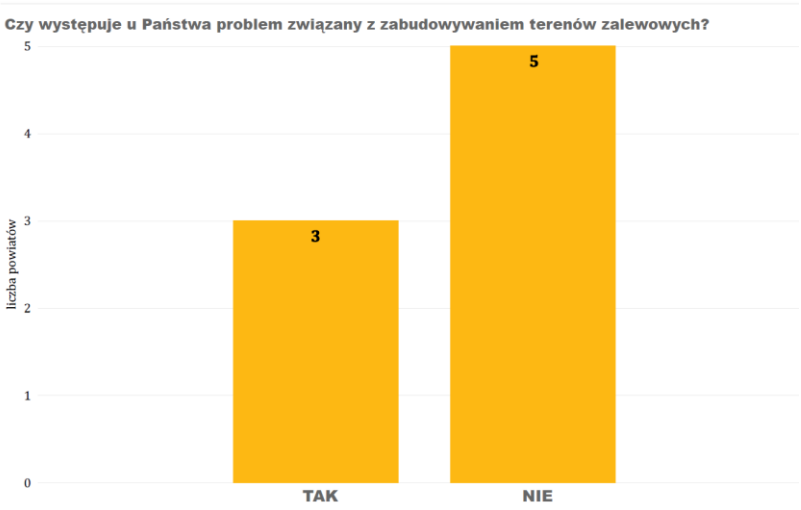
ze zgłaszaniem nielegalnej zabudowy, natomiast gmina Kosakowo podjęła postępowanie administracyjne zmierzające do przywrócenia stanu pierwotnego nielegalnie zasypanych terenów. W mieście Wejherowo skoncentrowano się również na wykupowaniu gruntów przez gminę. Gmina Sztutowo odniosła się do działań związanych z projektem *Kompleksowe zabezpieczenie przeciwpowodziowe Żuław - Etap II - Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gdańsku, Program „Kompleksowe zabezpieczenie przeciwpowodziowe Żuław – do roku 2030 (z uwzględnieniem etapu 2015)”* zwany *„Programem Żuławskim – 2030”*, jednak z punktu widzenia gminy – działania te były niewystarczające.

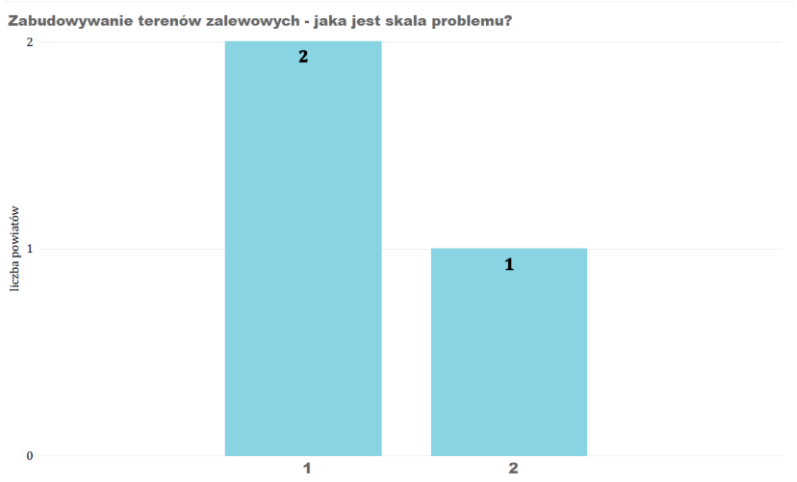


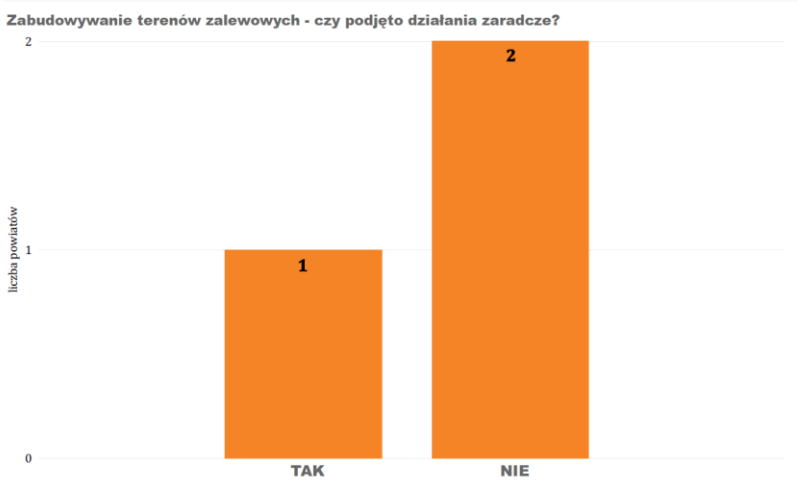




Problem związany z zabudowywaniem terenów zalewowych został dostrzeżony w 3 powiatach. Dwa powiaty uznały go za mało istotny, jeden natomiast za istotny. Tylko jeden powiat podjął działania zaradcze zgłaszając sprawę odpowiednim organom (powiat pucki).







Zebrane dane charakteryzujące sektor na obszarze poszczególnych gmin umożliwiły określenie jego wrażliwości na wpływ zmian czynników klimatycznych. Ocenę wykonano według procedury przedstawionej poniżej. Analizie poddano wskaźniki charakteryzujące elementy klimatozależne sektora w podziale na:

- gospodarkę wodną, w tym bezpieczeństwo powodziowe i gospodarowanie wodami opadowymi,
- zaopatrzenie w wodę i gospodarkę ściekową.

Przestrzenny rozkład wrażliwości wykonano na podstawie dostępnych i jednorodnych w skali całego obszaru danych statystycznych oraz informacji przestrzennych. W ocenie wrażliwości sektora brano pod uwagę wskaźniki podzielone na grupy:

1) bezpieczeństwo powodziowe i gospodarowanie wodami opadowymi:
   - zagrożenie powodziowe na obszarach zabudowy:
     - występowanie powodzi od strony lądu,
     - występowanie powodzi od strony morza,
   - obszary zagrożone zalewaniem – tereny o niewielkim spadku, niecki terenowe, utrudniony odpływ,
   - częstotliwość interwencji straży pożarnej,
   - udział terenów osuwisk w obszarach zagrożonych podtapianiem i powodziami,
   - występowanie na obszarach zalewowych infrastruktury związanej z bezpieczeństwem powodziowym,
   - dostępność terenów, które mogą wspomagać retencję.
2) zaopatrzenie w wodę i gospodarka ściekowa:
   - lokalizacja ujęć wód i zrzutów ścieków na obszarach zagrożonych zalewaniem,
   - wielkość zapotrzebowania na wodę oraz ilości odprowadzanych ścieków w odniesieniu do powierzchni obszarów zabudowanych na obszarze gmin,
   - gęstość infrastruktury – długość sieci i przyłączy w odniesieniu do powierzchni obszarów zabudowanych na obszarze gmin,
   - gęstość występowania awarii w odniesieniu do powierzchni obszarów zabudowanych na obszarze gmin,
   - udział terenów osuwiskowych w obszarach zabudowy,
   - liczba oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych w gminach.

Wskaźniki zestawiono ze zmiennymi klimatycznymi, które na nie oddziałują, określając jednocześnie krytyczność wpływu danego zagrożenia na oceniany element.

Tab. 4 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu dla bezpieczeństwa powodziowego i gospodarowania wodami opadowymi na obszarze OMGGS (skala krytyczności:: „+" utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" ograniczenie funkcjonowania, „+++" znaczące ograniczenie lub uniemożliwienie funkcjonowania)

Bezpieczeństwo powodziowe i gospodarowanie wodami opadowymi	SILNE WIATRY	INTENSYWNE BURZE	DESZCZE NAWALNE	POWODZIE	PODTOPIENIA	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	SUSZE
Udział obszarów zagrożonych powodzią (rzeki) do powierzchni obszarów antropogenicznych		+++	+++	+++	+++		
Udział obszarów zagrożonych powodzią (morza) do powierzchni obszarów antropogenicznych	+++			+++	+++		
Występowanie interwencji straży pożarnej związanych z opadami		+++	+++	+++	+++		
Obszary bezodpływowe do powierzchni obszarów antropogenicznych		+++	+++	+++	+++		
Udział obszarów zagrożonych osuwiskami na obszarach zagrożonych zalewaniem				+++	+++		
Potencjał pojemności retencyjnej - udział obszarów do powierzchni gminy		+++	+++	+++	+++	+	+
Infrastruktura hydrotechniczna na obszarach zagrożonych zalewaniem		+++	+++	+++	+++		

źródło: opracowanie własne

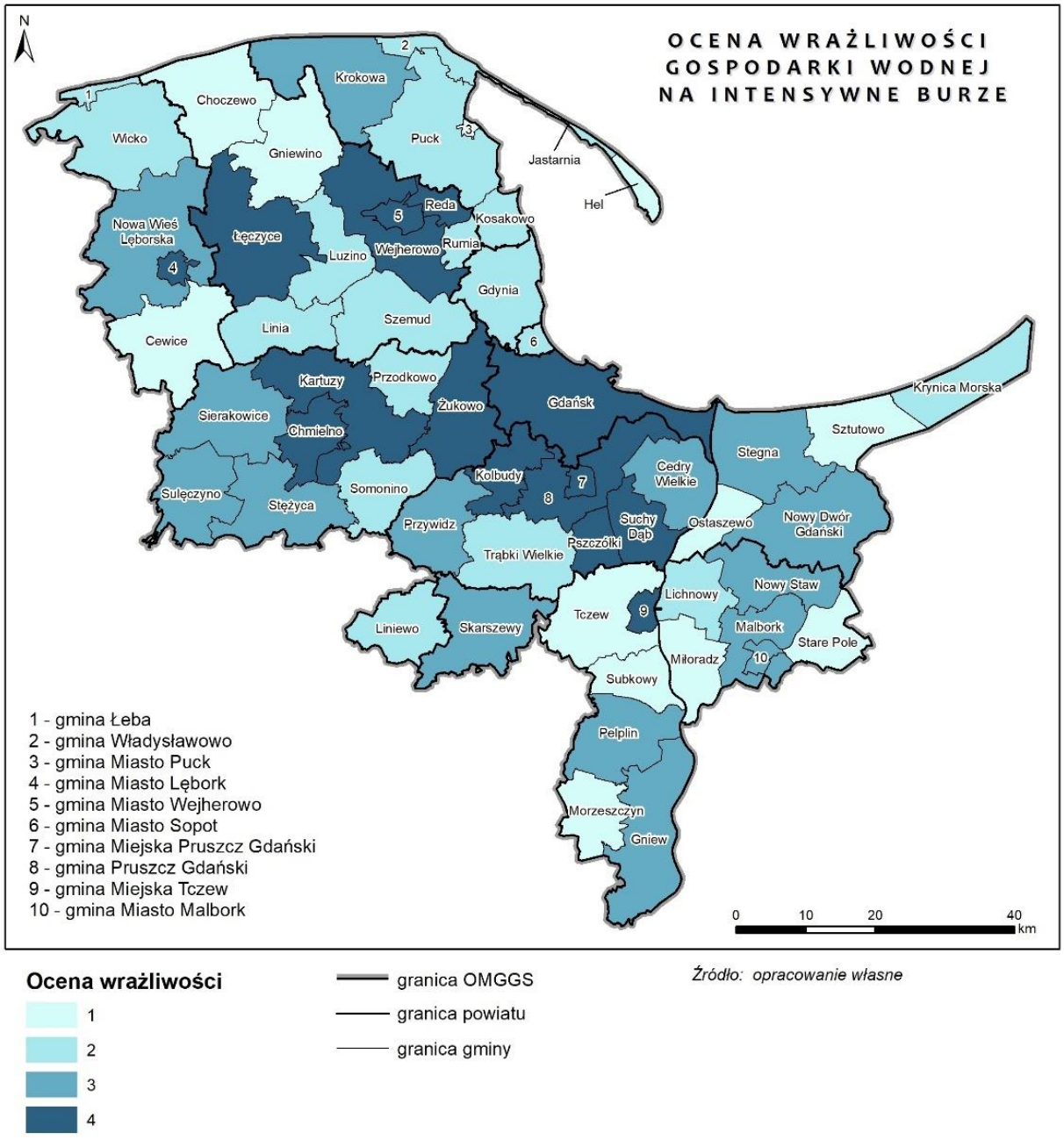
Tab. 5 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu dla zaopatrzenia w wodę i gospodarki ściekowej na obszarze OMGGS (skala krytyczności:: „+" utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" ograniczenie funkcjonowania, „+++" znaczące ograniczenie lub uniemożliwienie funkcjonowania)

Zaopatrzenie w wodę i gospodarka ściekowa	SILNE WIATRY	INTENSYWNE BURZE	DESZCZE NAWALNE	POWODZIE	PODTOPIENIA	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	SUSZE
Liczba ujęć wody i zrzutów ścieków na obszarach zagrożonych zalewaniem	+	+	+	+	+		
Zaopatrzenie w wodę: - Pobór wody ogółem na pow. obsz. zabudowanych - Pobór wody przez przemysł na pow. obsz. zabudowanych - Woda dystrybuowana na pow. obsz. zabudowanych						+++	+++
Ścieki oczyszczane na pow. obsz. antropogenicznych		+	+			+++	+++
Liczba oczyszczalni ścieków na terenie gminy	+	+	+	+	+	+++	+++
Podatność infrastruktury wodociągowej na awarie: - Gęstość sieci wodociągowej na pow. obsz. zabudowy - Gęstość przyłączy na pow. obsz. zabudowanych - Liczba awarii na pow. obsz. zabudowanych	+	+	+	+	+	+++	+++
Podatność infrastruktury kanalizacyjnej na awarie: - Gęstość sieci kanalizacyjnej na pow. obsz. zabudowanych - Gęstość przyłączy na pow. obsz. zabudowanych - Liczba awarii na pow. obsz. zabudowanych	+	+	+	+	+	+++	+++
Udział terenów zagrożonych osuwiskami na pow. obsz. zabudowanych			+	+	+		

źródło: opracowanie własne

Zestaw jednostkowych wskaźników sektorowych dla każdego z zagrożeń klimatycznych ma przyporządkowane wagi. Na tej podstawie określono dalej uśrednione wartości wskaźnika wrażliwości i nadano klasy.

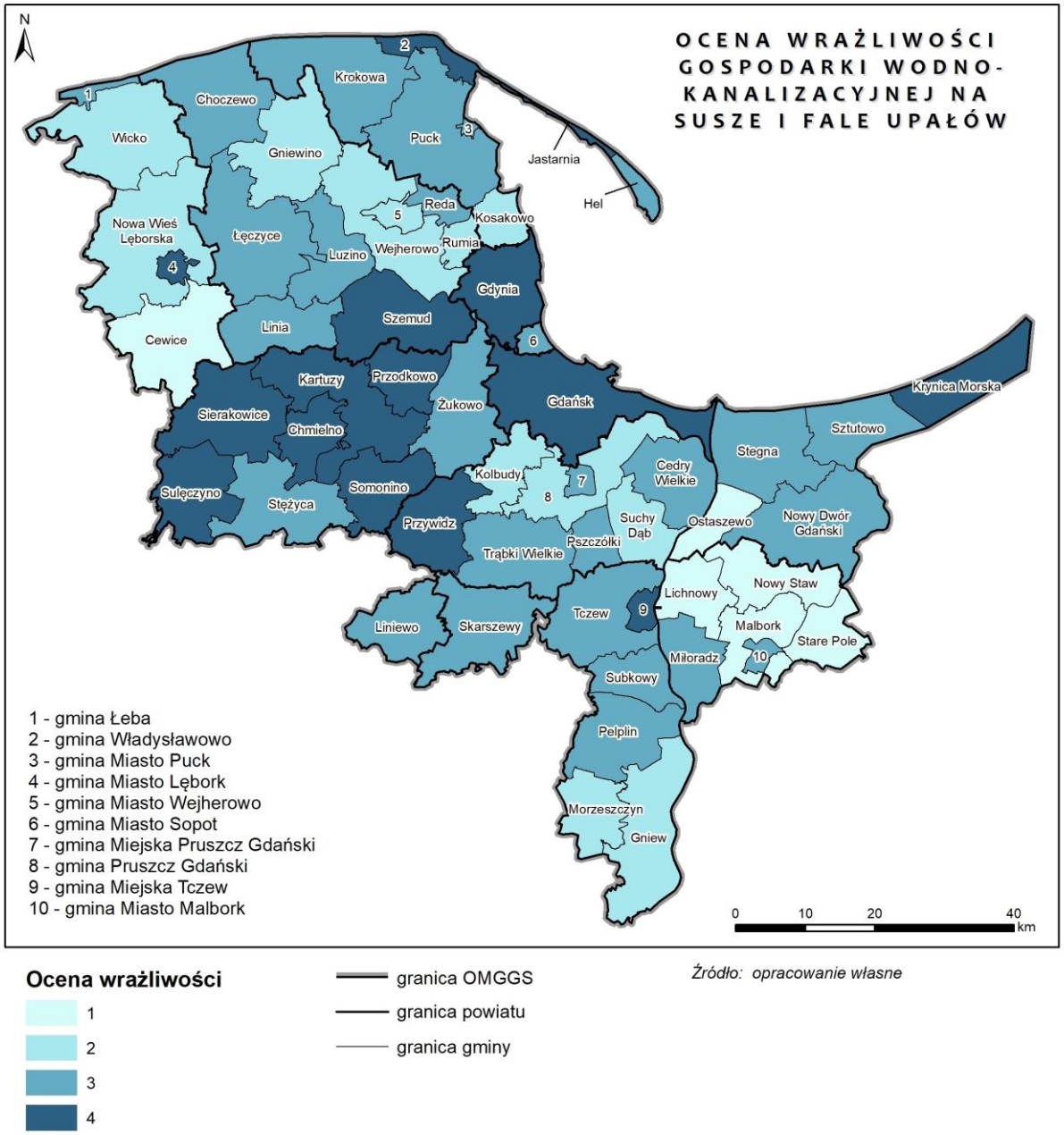
W przypadku zagrożenia powodziowego i gospodarki wodami, spośród analizowanych elementów klimatu najczęstsze występowanie co najmniej wysokich ocen stwierdzono dla intensywnych burz (30 gmin) i deszczy nawalnych (29 gmin). Są to jednocześnie zagrożenia, które w istotny sposób mogą zaburzać funkcjonowanie gospodarki wodnej. Na wynik wpłynęła w tym przypadku bliskość terenów zabudowanych i obszarów zalewowych lub o utrudnionym odpływie wód, często z wysoką wartością wskaźnika liczby interwencji straży pożarnej (związanych z opadami) odniesionej do powierzchni zabudowy. Dodatkowo w przypadku deszczy nawalnych istotnym kryterium oceny był odsetek terenów osuwiskowych zlokalizowanych na obszarach zalewowych i terenach zagospodarowanych. Gminy ze zidentyfikowaną niską wrażliwością charakteryzowały się mniejszym udziałem lub brakiem występowania obszarów narażonych na zalania, przy odpowiednio wysokim odsetku powierzchni terenów zielonych i niezagospodarowanych, które stanowią potencjał retencyjny na obszarze gminy. Przestrzenny rozkład ocen wrażliwości dla gospodarki wodnej na intensywne burze przedstawia Ryc. 82.



Ryc. 82 Ocena wrażliwości bezpieczeństwa powodziowego i gospodarowania wodami opadowymi na oddziaływanie intensywnych burz dla obszaru OMGGS

Gospodarka wodno-ściekowa narażona jest na wpływ zagrożeń, które skutkują wzrostem zapotrzebowania na wodę i ilości wytwarzanych ścieków. Są nimi fale upałów i występowanie zjawiska suszy, których negatywny wpływ stwierdzono dla największej liczby gmin (42 gminy). Wysoka wrażliwość w tym przypadku zależy od wielkości aktualnego zapotrzebowania na wodę oraz gęstości sieci i liczby awarii na sieci wodociągowej i kanalizacyjnej. W celu umożliwienia zestawienia wszystkich gmin odniesiono podane wielkości do powierzchni zabudowanej, co dało możliwość porównania skali problemu na terenach zagospodarowanych bez względu na rozległość sieci. Zagrożenie powodowane przez

powodzie i podtopienia zidentyfikowano w 30 gminach. W tym przypadku na wysoką wrażliwość, poza wskaźnikami gęstości sieci i występowania awarii, wpływała lokalizacja obiektów wodociągowo-kanalizacyjnych na obszarach narażonych na zalewanie. Stwierdzono również wysoki udział liczby gmin narażonych na deszcze nawalne (28 gmin) i intensywne burze (34 gminy). Dla oceny wrażliwości, oprócz podanych wyżej wskaźników, znaczenie miała lokalizacja w gminie oczyszczalni ścieków. Obiekty te, wraz z całą siecią kanalizacyjną, są szczególnie narażone na zaburzenia pracy powodowane intensywnymi deszczami. Rozkład ocen wrażliwości na obszarze OMGGS dla podatności gospodarki wodociągowo-kanalizacyjnej na wysokie temperatury i suszę przedstawia mapa. Widać, jak przestrzenny rozkład wrażliwości koresponduje ze wskaźnikami zużycia wody i gęstości sieci oraz awarii w obszarach zurbanizowanych.



Ryc. 83 Ocena wrażliwości gospodarki wodociągowo-kanalizacyjnej na oddziaływanie fal upałów i dni gorących

4.2.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050

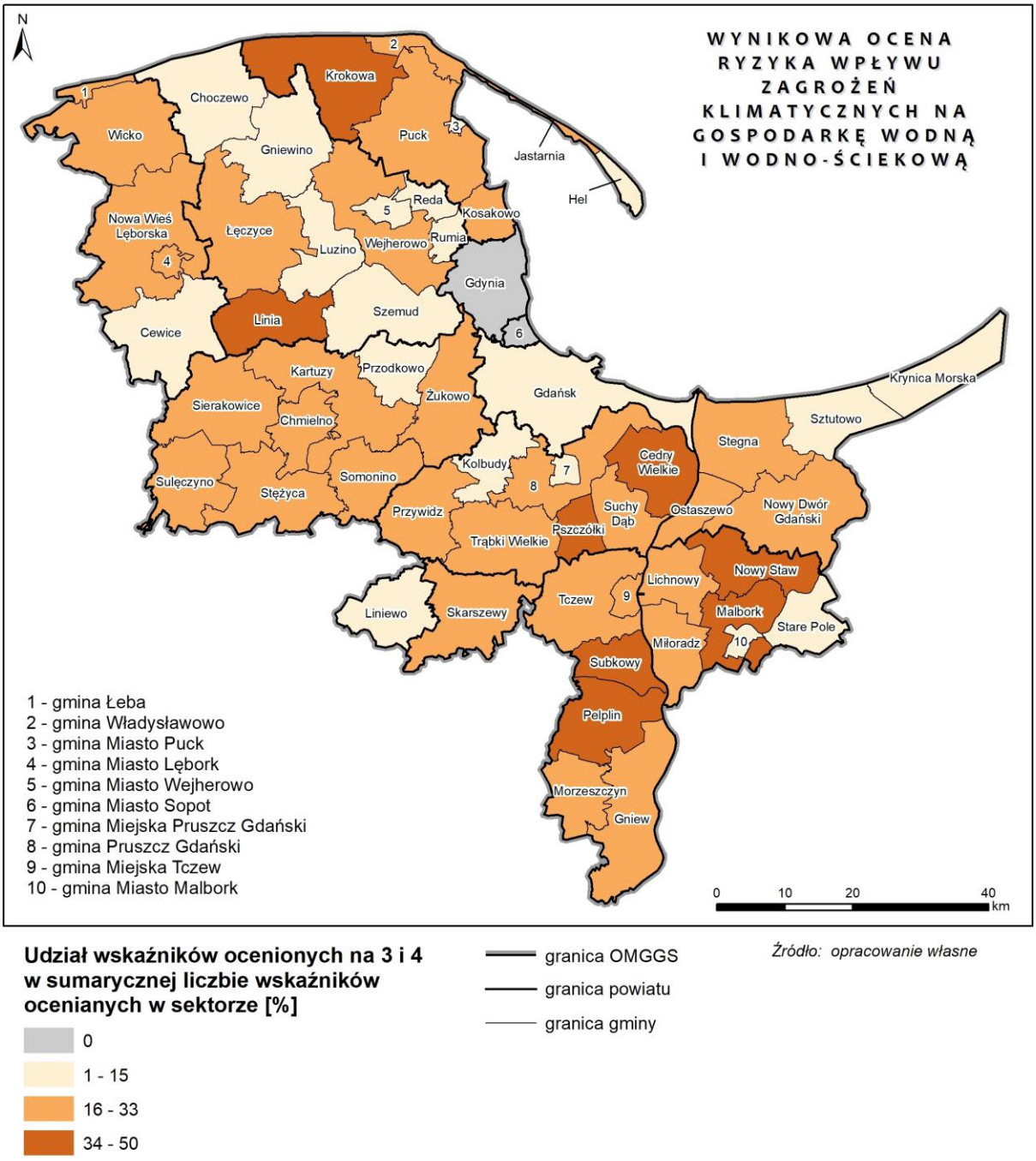
Ryzyko dla funkcjonowania gospodarki wodnej oraz gospodarki wodno-ściekowej oceniono niezależnie dla wskazanych istotnych zagrożeń klimatycznych. Dla sektora wskazano zależność występowania zagrożeń w odniesieniu do wszystkich zidentyfikowanym parametrów klimatu, poza stanem zanieczyszczeń powietrza. Najistotniejszym zagrożeniom nadano wysoką wartość oceny krytyczności, która stanowi równocześnie wagę istotności wpływu czynnika na sektor, rozumianą jako ograniczenie lub uniemożliwienie funkcjonowania ocenianego systemu. Dlatego też w analizie ryzyka skupia się w przypadku gospodarki wodnej na negatywnym wpływie opadów i zagrożenia powodziowego, natomiast w przypadku gospodarki wodno-ściekowej na krytycznym wpływie wysokich temperatur i suszy na zapotrzebowanie na wodę.

Wpływ zagrożeń na gospodarkę wodną przeanalizowano poprzez zestawienie wrażliwości sektora z obecnym potencjałem wpływu zjawiska. Dla gospodarki wodnej na obszarze OMGGS w przypadku opadów nawalnych, które stanowią najczęściej występujące zagrożenie, stwierdzono aktualne występowanie bardzo wysokiego wpływu dla 15 gmin, głównie położonych w południowo-wschodniej części obszaru na terenie Pojezierza Kaszubskiego (powiaty: kartuski, kościerski, starogardzki). Następnie ocena rozszerzona została o informacje na temat potencjału adaptacyjnego gmin, aby uzyskać ocenę podatności sektora w jednostkach. Pod względem potencjału adaptacyjnego, gminy narażone aktualnie w największym stopniu na zagrożenia powodowane opadami, charakteryzują się jednocześnie niskim i bardzo niskim potencjałem adaptacyjnym. Dalej określono konsekwencje wystąpienia zjawisk z uwzględnieniem nadanej miary krytyczności. Ustalenie ostatecznego ryzyka oddziaływania intensywnych opadów na podsektor gospodarki wodnej, możliwe było po uwzględnieniu prawdopodobieństwa wystąpienia ekstremów burzowych w horyzoncie 2050. Zagrożenie to nie zmienia ocen dla gmin po osiągnięciu wyznaczonej perspektywy. W efekcie uzyskano wynik oceny ryzyka, która przyjmuje najwyższe wartości w przypadku 15 gmin Pojezierza Kaszubskiego oraz wysokie dla kolejnych 16 gmin w pasie obejmującym powiaty lęborski, kartuski, gdański i tczewski.

Fale upałów i dni gorących oraz susze, które stanowią główne czynniki zagrażające funkcjonowaniu gospodarki wodociągowo-kanalizacyjnej, podobnie przeanalizowano z uwzględnieniem wrażliwości sektora z obecnym wpływem zjawiska. Aktualnie wpływ tych czynników nie stanowi zagrożenia na obszarze OMGGS. Jednakże ze względu na istotny poziom krytyczności wpływu temperatury i suszy na sektor, będzie mieć on wpływ na końcową ocenę. Dalej określono podatność z uwzględnieniem informacji na temat potencjału adaptacyjnego gmin. Pod względem potencjału adaptacyjnego w zakresie odporności sektora na wpływ zagrożeń klimatycznych, bardzo wysoki potencjał ma Trójmiasto, natomiast w większości gmin jest on niski. Ustalenie ostatecznego ryzyka oddziaływania na podsektor, możliwe było po uwzględnieniu krytyczności oraz prawdopodobieństwa wystąpienia ekstremów w horyzoncie 2050. Wtedy to prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia upałami wzrośnie na całym obszarze OMGGS poza terenem gminy miasta Hel, gminy Łeba i gminy Władysławowo. W efekcie uzyskano wynik oceny ryzyka, który przyjmuje wysokie i najwyższe wartości w przypadku 33 gmin, głównie powiatów: wejherowskiego, kartuskiego i gdańskiego .

Końcowa ocena ryzyka, obejmująca całość zagrożeń priorytetowych w zestawieniu ze wskaźnikami przyjętymi jako istotne dla sektora gospodarki wodnej i wodno-ściekowej przedstawiona jest mapie poniżej. Pokazano przestrzenny rozkład występowania wysokich i bardzo wysokich ocen ryzyka na obszarze OMGGS. Bardzo wysoki stopień ryzyka wynikowego występuje w południowej i wschodniej części regionu, a także w rejonie Zatoki Puckiej. Wynik sięgający 50% występowania wskaźników ocenionych na 3 lub 4 - dotyczy 8 gmin. Obszary te charakteryzuje wysoka wrażliwość na zagrożenia

klimatyczne, która często nie może być zniwelowana ze względu na brak odpowiedniego potencjału adaptacyjnego w gminach. Wysoka wartość oceny ryzyka sięgająca 33% udziału wskaźników o ocenie 3 lub 4 – dotyczy kolejnych 31 gmin. Charakterystyczna jest bardzo niska ocena wynikowa występowania ryzyka dla Trójmiasta, gdzie znacząca koncentracja infrastruktury gospodarki wodnej jest jednocześnie kompensowana wysokim potencjałem adaptacyjnym.



Ryc. 84 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na gospodarkę wodną oraz wodociągowo-kanalizacyjną – obszary strategicznej interwencji

4.2.4 Podsumowanie

Gospodarka wodna stanowi istotny sektor dla funkcjonowania całego obszaru OMGGS. Silny związek całego regionu i większości dziedzin gospodarki z wykorzystaniem zasobów wodnych rzek oraz morza decyduje o jego potencjale.

Analiza sektora wykazała jego silne powiązanie z wieloma rodzajami zagrożeń klimatycznych oraz specyficzne parametry krytyczności w odniesieniu do gospodarowania wodami i funkcjonowania systemów wodociągowo-kanalizacyjnych. Ocena wrażliwości wskazała gminy, gdzie funkcjonowanie infrastruktury gospodarki wodnej nakłada się z obszarami problemowymi i zagrożeniami związanymi z podtopieniami, osuwiskami, czy też interwencjami służb ratowniczych. Wyróżnione zostały gminy charakteryzujące się wysokimi wskaźnikami gęstości sieci oraz intensywności występowania awarii infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej. Rozkład występowania wysokiego ryzyka zagrożenia dla ocenianych parametrów klimatycznych wskazuje, iż problem dotyczy w większym stopniu gmin o mniejszej koncentracji infrastruktury, gdzie rozproszona zabudowa częściej przecina się z obszarami występowania zagrożeń naturalnych. Nasilenie newralgicznych zagrożeń dla gospodarki wodnej w perspektywie 2050 dotyczy w największym stopniu południowej i wschodniej części obszaru OMGGS. Zagrożenie koncentruje się na terenach obejmujących:

- Żuławy Wiślane - powiaty tczewski, malborski, nowodworski i gdański,
- Pojezierze Kaszubskie – w pasie powiatów lęborskiego, wejherowskiego i kartuskiego,
- Wybrzeże Bałtyku i Zatokę Pucką – powiat pucki.

Prognozowane długofalowe zmiany klimatyczne istotnie wpłyną na zasoby wodne oraz bezpieczeństwo związane z zaopatrzeniem w wodę. Dodatkowo niedostateczny potencjał adaptacyjny gmin wskazuje na konieczność jak najszybszego podjęcia działań poprawiających odporność sektora na zagrożenia związane z brakiem wody. Z kolei występowanie intensywnych zjawisk ekstremalnych, których charakter coraz bardziej odbiega od poziomu dostosowania i zabezpieczeń istniejącej infrastruktury technicznej, wymaga zmian w strategii rozwoju gmin i całego regionu. Zakres niezbędnych do wprowadzenia regulacji i nowego podejścia w planowaniu przestrzennym, jak również ilość wymaganych inwestycji w bezpieczeństwo wodne, osiągnie niespotykaną dotąd skalę.

Poprawa odporności systemów gospodarki wodnej jest możliwa poprzez zmiany w planowaniu przestrzennym oraz znaczące inwestycje w nową infrastrukturę, jak też unowocześnienie istniejących zasobów. Proponowane działania powinny uwzględniać:

- efektywne planowanie i gospodarowanie wodą na poziomie zlewni elementarnych i jednolitych części wód,
- rozwój i modernizację infrastruktury przeciwpowodziowej z uwzględnieniem dynamiki zmian klimatu,
- rozwój zielono-błękitnej infrastruktury na obszarach zurbanizowanych,
- rozwój infrastruktury retencyjnej i wykorzystanie istniejącego potencjału retencji – zarówno pod kątem bezpieczeństwa powodziowego, jak i przeciwdziałania suszy,
- obowiązek wykorzystania wód opadowych na obszarach zabudowanych,
- rozwój rozwiązań technologicznych w gospodarce wodociągowo-kanalizacyjnej.

4.3 Gospodarka odpadami

4.3.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu

Gospodarka odpadami to ważny sektor ze względu na bezpieczeństwo sanitarne mieszkańców i funkcjonowanie gmin oraz przedsiębiorstw. Odpady powstają na końcu cyklu życia każdego produktu oraz wytwarzane są w ramach każdej działalności produkcyjnej i usługowej, dlatego też są związane ze środowiskiem i oddziałują na jego zasoby. W gospodarowaniu odpadami realizuje się zasadę, iż w pierwszej kolejności wymaga się zapobiegania powstawaniu odpadów, a następnie, zgodnie z przyjętą hierarchią, ich zagospodarowanie. Podstawę systemu stanowi infrastruktura służąca zapobieganiu powstawaniu odpadów (ponownego użycia) oraz ich selektywnemu zbieraniu (punkty selektywnego zbierania odpadów komunalnych, sortownie odpadów selektywnie zbieranych). Uzupełnieniem systemu jest przekształcanie termiczne oraz mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów.

Sektor zalicza się do narażonych na niekorzystne zmiany klimatu w odniesieniu do całego szeregu kształtujących go czynników. Nasilenie niekorzystnych zjawisk atmosferycznych wpływa na możliwości zagospodarowania odpadów na wszystkich etapach obejmujących:

- magazynowanie przez wytwarzającego odpady,
- zbieranie i transport,
- przygotowanie do ponownego użycia;
- recykling i procesy odzysku
- unieszkodliwianie.

Zgodnie z zasadami określonymi w Krajowym planie gospodarki odpadami 2022[94] oraz biorąc pod uwagę prognozowane zmiany klimatu, istotne jest odpowiednie dostosowanie i lokalizacja infrastruktury, w szczególności:

- lokalizacja zakładów gospodarki odpadami, składowisk i spalarni odpadów na terenach niezagrożonych osuwiskami, podtopieniami i zalaniem przez wody powodziowe,
- odporność i przystosowanie konstrukcji zakładów na wystąpienia ekstremalnych i niszczących zjawisk pogodowych,
- zabezpieczenie miejsc magazynowania, przetwarzania i składowania odpadów przed:
    - rozwiewaniem odpadów oraz generowanych przez te obiekty gazów i pyłów,
    - niekontrolowaną migracją odcieków do wód i gruntu,
    - erozją i rozmywaniem skarp i nasypów,
    - niekontrolowaną produkcją gazów składowiskowych w warunkach wysokich temperatur,
- zapobieganie samozapłonom składowisk i przegrzaniu układów w spalarniach,
- zabezpieczenia odpowiednich warunków sanitarnych i biologicznych w wysokich temperaturach i przy zalewaniu obiektów wodami opadowymi,
- wykorzystanie odpadów pozostałych po odzysku z nich surowców wtórnych oraz gazów składowiskowych do odzysku energii, najlepiej w kogeneracji energii cieplnej i elektrycznej, jako

[94] *Uchwała nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022 (M.P. z 2016r., poz. 784)*

sposób na ograniczenie zużycia surowców naturalnych i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych – a co za tym idzie łagodzenia zmian klimatu.

Gospodarowanie odpadami jest sektorem zależnym od stanu środowiska i warunków klimatycznych, ale też w drugą stronę, silnie powiązanym z wpływem na jakość wszystkich elementów środowiska, w tym kondycję ekosystemów oraz zdrowie i jakość życia ludzi. Zmiany w środowisku będą skutkować wzajemnym wzmożonym oddziaływaniem sektora i otoczenia, które musi być kompensowane odpowiednio zaplanowanymi i zrealizowanymi rozwiązaniami technicznymi i organizacyjnymi.

Gwałtowny rozwój przemysłu i usług, a także migracja i rosnące zagęszczenie ludności w aglomeracjach miejskich wpływają na generowanie znaczących ilości odpadów. Zjawiska te dodatkowo potęgowane są konsumpcyjnym stylem życia i oczekiwaniem coraz wyższych standardów cywilizacyjnych – nie zawsze spełniającymi kryteria zrównoważonego rozwoju i idei ponownego wykorzystania produktów. Należy zatem oczekiwać, że pogorszenie warunków klimatycznych będzie skutkować wzrostem ilości wytwarzanych odpadów i w efekcie kumulacją problemów z ich zagospodarowaniem. W skali regionu i kraju prognozuje się przede wszystkim stały wzrost ilości odbieranych odpadów komunalnych. Zmieszane odpady komunalne trafiają do regionalnych instalacji przetwarzania odpadów komunalnych, których budowa i funkcjonowanie są konieczne dla możliwości zrealizowania obowiązków wynikających z dyrektyw unijnych, tj. osiągnięcia odpowiednich poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji kierowanych do składowania. Do ustalonych progów gminy dochodzą stopniowo, odpowiednio organizując proces zbiórki i przetwarzania odpadów. W przypadku segregowanych odpadów opakowaniowych ze szkła, metali, tworzyw sztucznych, papieru i tektury, recykling prowadzony jest w hutach szkła, hutach metali żelaznych i nieżelaznych, instalacjach do recyklingu tworzyw sztucznych oraz papierniach. Jednak często, ze względu na niewystarczający stopień segregacji, odpady te wymagają zagospodarowywania jako opakowania zmieszane lub wielomateriałowe, w szczególności z przewagą tworzyw sztucznych, w tym również z pozostałościami po środkach niebezpiecznych. Wydajność i moce przerobowe tego typu instalacji są niewystarczające w stosunku do wymaganych poziomów odzysku i recyklingu odpadów, pomimo stopniowego wzrostu zainteresowania prowadzeniem takich instalacji.

Z punktu widzenia funkcjonowania systemu zasadnicze obciążenie obowiązkami dotyczy gmin, na których spoczywają zadania w zakresie odbierania i zagospodarowania odpadów komunalnych, polegające na:

- objęciu zbiórki odpadów systemem gminnym, wraz z podjęciem odpowiednich aktów prawa miejscowego, gospodarowaniu środkami z opłat pobieranych od właścicieli nieruchomości,
- prowadzeniu selektywnego zbierania odpadów komunalnych,
- uzyskiwaniu poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia oraz odzysku niektórych frakcji odpadów komunalnych oraz ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania,
- prowadzeniu działań informacyjnych i edukacyjnych w zakresie prawidłowego postępowania z odpadami komunalnymi,
- nadzorze i dokonywaniu corocznej analizy stanu gospodarki odpadami komunalnymi, w celu weryfikacji możliwości technicznych i organizacyjnych gminy w zakresie gospodarowania odpadami komunalnymi.

Oddziaływanie zmian klimatu należy oceniać pod kątem ogólnego bezpieczeństwa systemów gospodarki odpadami w następujących aspektach:

- bezpieczeństwa funkcjonowania i ryzyka zniszczeń infrastruktury gospodarki odpadami,

- awaryjności systemów i obiektów zagospodarowania odpadów,
- wzrostu produkcji odpadów powodowanym efektem zmian klimatu (powstałych wskutek zniszczeń powodowanych zjawiskami atmosferycznymi lub w wyniku wzrostu temperatury),
- wzrostu negatywnego oddziaływania infrastruktury gospodarowania odpadami wskutek zjawisk pogodowych – emisje gazów, odcieków, skażenie wód, itp.

Zidentyfikowane zagrożenia dla funkcjonowania sektora:

- występowanie zjawisk ekstremalnych, w szczególności o dużej dynamice zmian,
- znaczny wzrost ilości odpadów w miejscowościach wypoczynkowych,
- uciążliwość gospodarowania odpadami w okresie letnim, potęgowana występowaniem w tym okresie intensywnych zjawisk pogodowych,
- problem z rosnącą ilością komunalnych osadów ściekowych,
- duże zapotrzebowanie na infrastrukturę na obszarach gmin i rosnące koszty utylizacji odpadów,
- niedostateczne finasowanie sektora.

4.3.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS

Jednostki samorządowe na obszarze OMGGS realizują powierzone im zadania w zakresie kształtowania systemów gospodarowania odpadami. Gminy organizują odbiór zmieszanych odpadów komunalnych oraz selektywne odbieranie frakcji materiałowej, w celu osiągnięcia wyznaczonych poziomów recyklingu i odzysku niektórych frakcji odpadów komunalnych, takich jak papier, szkło, tworzywa sztuczne, metale, opakowania wielomateriałowe i zmieszane odpady opakowaniowe. Spośród odpadów wytwarzanych w znaczących ilościach odbierane są również odpady zielone i inne bioodpady oraz popiół pochodzący z gospodarstw domowych. Pozostałe odpady komunalne, są selektywnie zbierane w utworzonych przez gminy punktach selektywnego zbierania odpadów komunalnych.

Podstawowym założeniem funkcjonowania gospodarki odpadami komunalnymi jest system rozwiązań regionalnych. W całym województwie działa 13 czynnych składowisk odpadów, na których unieszkodliwiane są odpady komunalne (GUS, 2020), a także 5 składowisk odpadów przemysłowych i składowisko odpadów obojętnych. W województwie pomorskim wyznaczono 4 regiony gospodarki odpadami komunalnymi obsługiwane przez regionalne instalacje do przetwarzania odpadów komunalnych (RIPOK), zapewniające:

- mechaniczno-biologiczne przetwarzanie zmieszanych odpadów komunalnych, zagospodarowanie selektywnie zbieranych odpadów zielonych i innych bioodpadów oraz składowanie pozostałości po mechaniczno-biologicznym przetwarzaniu zmieszanych odpadów komunalnych oraz sortowaniu odpadów komunalnych,
- zagospodarowanie selektywnie zbieranych odpadów zielonych i innych bioodpadów,
- składowanie pozostałości po mechaniczno-biologicznym przetwarzaniu zmieszanych odpadów komunalnych oraz sortowaniu odpadów komunalnych.

W województwie funkcjonują niezbędne instalacje regionalne, a ich przerób zapewnia możliwość przetworzenia wytwarzanych na terenie województwa pomorskiego odpadów komunalnych.

Roczna łączna ilość wytwarzanych odpadów komunalnych przez gminy obszaru OMGGS wyniosła[95]:

- odpady komunalne - ogółem: 610,9 tys. t /r
- odpady selektywnie zbierane - ogółem: 180,6 tys. t /r

Dodatkowo w 45 gminach oczyszczalnie ścieków komunalnych wytwarzają osady ściekowe, których ilość jest znacząca w skali całego regionu i wynosi 26,3 tys. t/r, wymagając zapewnienia sprawnego systemu ich zagospodarowania – głównie na cele przyrodnicze.

Dopełnieniem systemu gospodarki odpadami jest budowana w regionie instalacja termicznego przekształcania wysokoenergetycznej frakcji odpadów. Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów (ZTPO) to instalacja umożliwiająca odzyskiwanie energii z odpadów w procesie wysokosprawnej kogeneracji. Inwestycja zapewni realizację celu wyznaczonego w regionalnym planie gospodarki odpadami, jakim jest osiągnięcie wymaganego poziomu recyklingu. Instalacja przetworzy 160 tys. ton odpadów z 35 pomorskich gmin, a wyprodukowane w zakładzie ciepło trafi do miejskiej sieci ciepłowniczej, z kolei energia elektryczna do sieci elektroenergetycznej.

Oprócz systemu gospodarowania odpadami komunalnymi istnieje jeszcze cały podsektor gospodarki odpadami, głównie przemysłowymi. Zgodnie z danymi GUS w latach 2017-2019, na obszarze OMGGS powstaje rocznie 917 tys. t/r odpadów. Dodatkowo na koniec 2019 r. wykazano 2 346 tys. t odpadów nagromadzonych na składowiskach, obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (w tym hałdach, stawach osadowych).

Rozwój gospodarczy na obszarze OMGGS skutkuje wzrostem zapotrzebowania usługi w zakresie odbioru i utylizacji odpadów. Gospodarka odpadami jest sektorem o rozproszonym zasięgu przestrzennym, funkcjonującym w skali całego regionu i obsługującym zarówno sektor komunalny, jak i przemysł. Na całym obszarze OMGGS wskazuje się jego silną zależność z funkcjonowaniem pozostałych dziedzin gospodarki. Prognozowane zmiany klimatu wiążą się ze zintensyfikowaniem występowania problemów, takich jak:

- niedostateczny stan w zakresie technicznego wyposażenia infrastruktury i jej dostosowania do skali zjawisk,
- wzrost wrażliwości sektora wraz z postępującym zagospodarowaniem terenów, szczególnie w obszarach narażonych na występowanie zjawisk ekstremalnych,
- spadek odporności na zmiany klimatu istniejących rozwiązań technicznych w wyniku starzenia się infrastruktury.

Zidentyfikowane problemy gospodarki odpadami w regionie:

- brak efektywnych działań zmierzających do zapobiegania powstawaniu odpadów,
- wysoki poziom produkcji odpadów komunalnych,
- niezadowalający poziom segregacji odpadów oraz duża masa pozostałości po przetwarzaniu zmieszanych odpadów komunalnych kierowana na składowiska odpadów,
- znaczące ilości wytwarzanych odpadów przemysłowych (w wybranych gminach) oraz odpady zdeponowane wymagające utylizacji,

[95] *Bank Danych Lokalnych GUS: Stan i ochrona środowiska – dane za lata 2017-2019*

- ograniczenia i trudności związane z zagospodarowaniem osadów ściekowych,
- niski stopień wykorzystania odpadów w celu odzysku energii,
- ograniczone możliwości w zakresie zagospodarowania odpadów niebezpiecznych,
- wzrost ilości odpadów z grupy 17, związany z realizacją projektów infrastrukturalnych i nowych inwestycji budowlanych,
- szybko rosnące koszty gospodarowania odpadami.

W wybranych gminach stwierdza się dodatkowe istotne zagrożenia:

- obiekty gospodarki odpadami i zakłady zlokalizowane na obszarach zalewowych – takie jak: składowiska, zakłady przemysłowe (w tym: miejsca wytwarzania i magazynowania odpadów), zakłady przetwarzania odpadów,
- istotna w skali obszaru gminy powierzchnia składowisk komunalnych.

Na funkcjonowanie sektora na obszarze OMGGS istotny wpływ będą mieć zarówno krótkotrwałe ekstremalne zjawiska, jak i trwałe zmiany elementów klimatu.

Dane opisujące sektor na obszarze poszczególnych gmin umożliwiły określenie jego wrażliwości na wpływ zmian czynników klimatycznych. Analizie poddano wskaźniki charakteryzujące funkcjonowanie systemu gospodarowania odpadami, takie jak:

- lokalizacja zakładów na obszarach zagrożenia powodzią:
    - zakłady związane z gospodarką odpadami,
    - inne zakłady wytwarzające i magazynujące odpady,
- ilość wytwarzanych odpadów ogółem oraz odpadów komunalnych,
- odpady nagromadzone na terenie zakładów – dla których nie rozwiązano problemu ich zagospodarowania,
- komunalne osady ściekowe – odpad wytwarzany w znaczących ilościach w każdej oczyszczalni ścieków, najczęściej zagospodarowywany przyrodniczo.

Rozkład wrażliwości wykonano na podstawie danych statystycznych oraz informacji przestrzennych. W ocenie wrażliwości sektora brano pod uwagę wskaźniki [96] [97]:

- obiekty gospodarki odpadami i zakłady zlokalizowane na obszarach zalewowych - składowiska, zakłady przemysłowe (miejsca wytwarzania i magazynowania odpadów), zakłady przetwarzania odpadów (dane: Antropopresja PIG),
- powierzchnia składowisk komunalnych na terenie gm. (dane GUS, 2019),
- odpady wytwarzane (ogółem; średnia 2017-2019; dane GUS) na powierzchnię zabudowy,
- odpady nagromadzone (dane GUS, 2019) na powierzchnię zabudowy,
- odpady komunalne (ogółem; średnia 2017-2019; dane GUS) na powierzchnię zabudowy,
- odpady zbierane selektywnie (ogółem; średnia 2017-2019; dane GUS) na powierzchnię zabudowy,
- komunalne osady ściekowe (ogółem; średnia 2017-2019; dane GUS) wytwarzane na powierzchnię zabudowy.

[96] *Bank Danych Lokalnych GUS: Stan i ochrona środowiska – dane za lata 2017-2019*
[97] Portal: Antropopresja PIG-PIB; http://antropopresja.pgi.gov.pl/

Wskaźniki zestawiono ze zmiennymi klimatycznymi, uwzględniając krytyczność wpływu danego zagrożenia na oceniany element.

Tab. 6. Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu dla gospodarki odpadami na obszarze OMGGS (skala krytyczności: „+" utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" ograniczenie funkcjonowania, „+++" znaczące ograniczenie lub uniemożliwienie funkcjonowania)

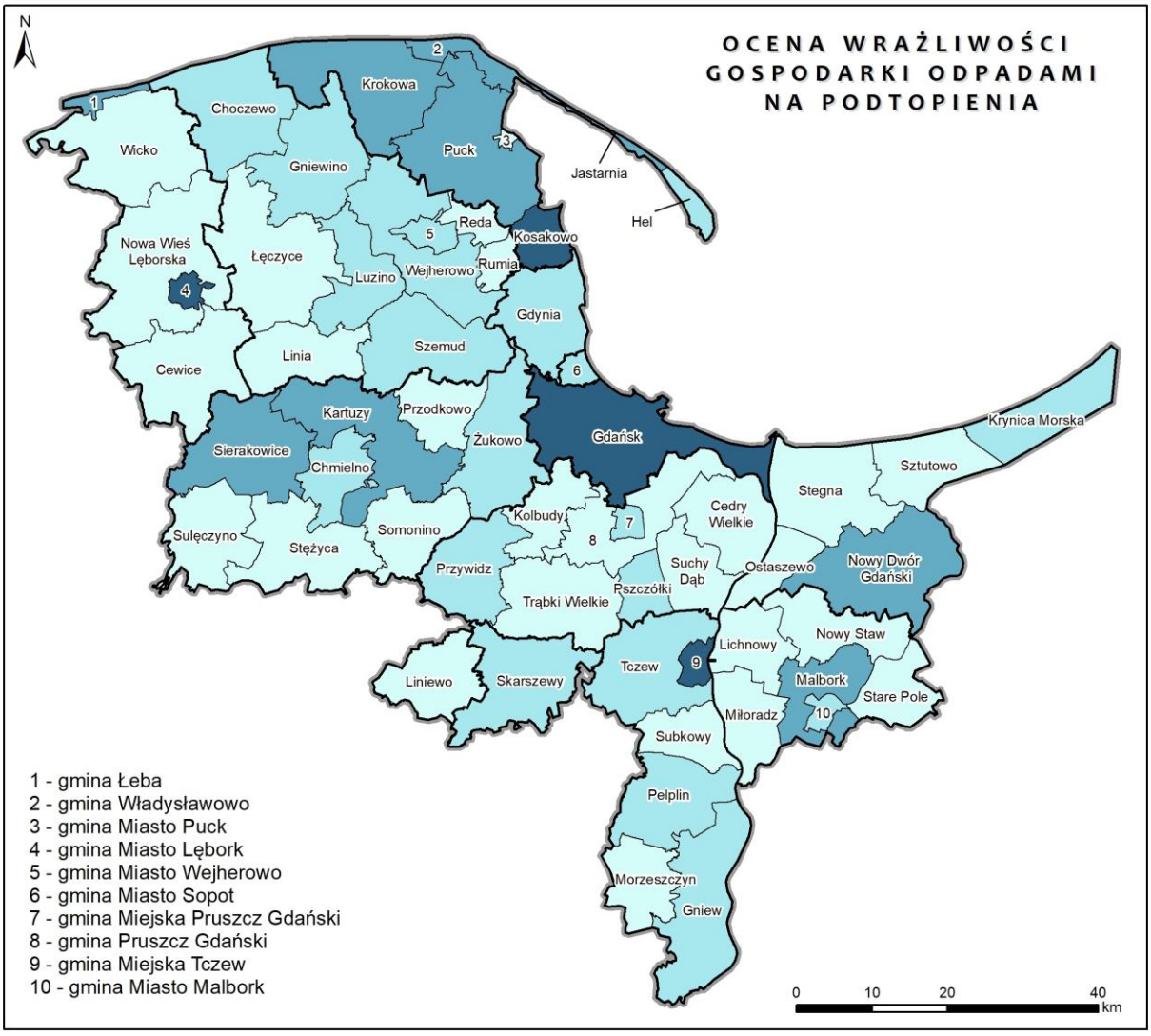
Gospodarka odpadami	SILNE WIATRY	INTENSYWNE BURZE	DESZCZE NAWALNE	POWODZIE	PODTOPIENIA	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	SUSZE
Obiekty gospodarki odpadami i zakłady magazynujące odpady zlokalizowane na obszarach zalewowych	++	++	++	++			
Powierzchnia składowisk komunalnych na terenie gminy	++	++	++			+	+
Odpady wytwarzane (ogółem) na powierzchnię zabudowy	++	++	++	++	++	+	+
Odpady nagromadzone (2019) na powierzchnię zabudowy	++	++	++				
Odpady komunalne (ogółem) na powierzchnię zabudowy	++	++	++	++	++	+	+
Odpady zbierane selektywnie (ogółem) na powierzchnię zabudowy	++	++	++	++	++	+	+
Komunalne osady ściekowe (ogółem) na powierzchnię zabudowy	++	++	++	++	++	+	+

źródło: opracowanie własne

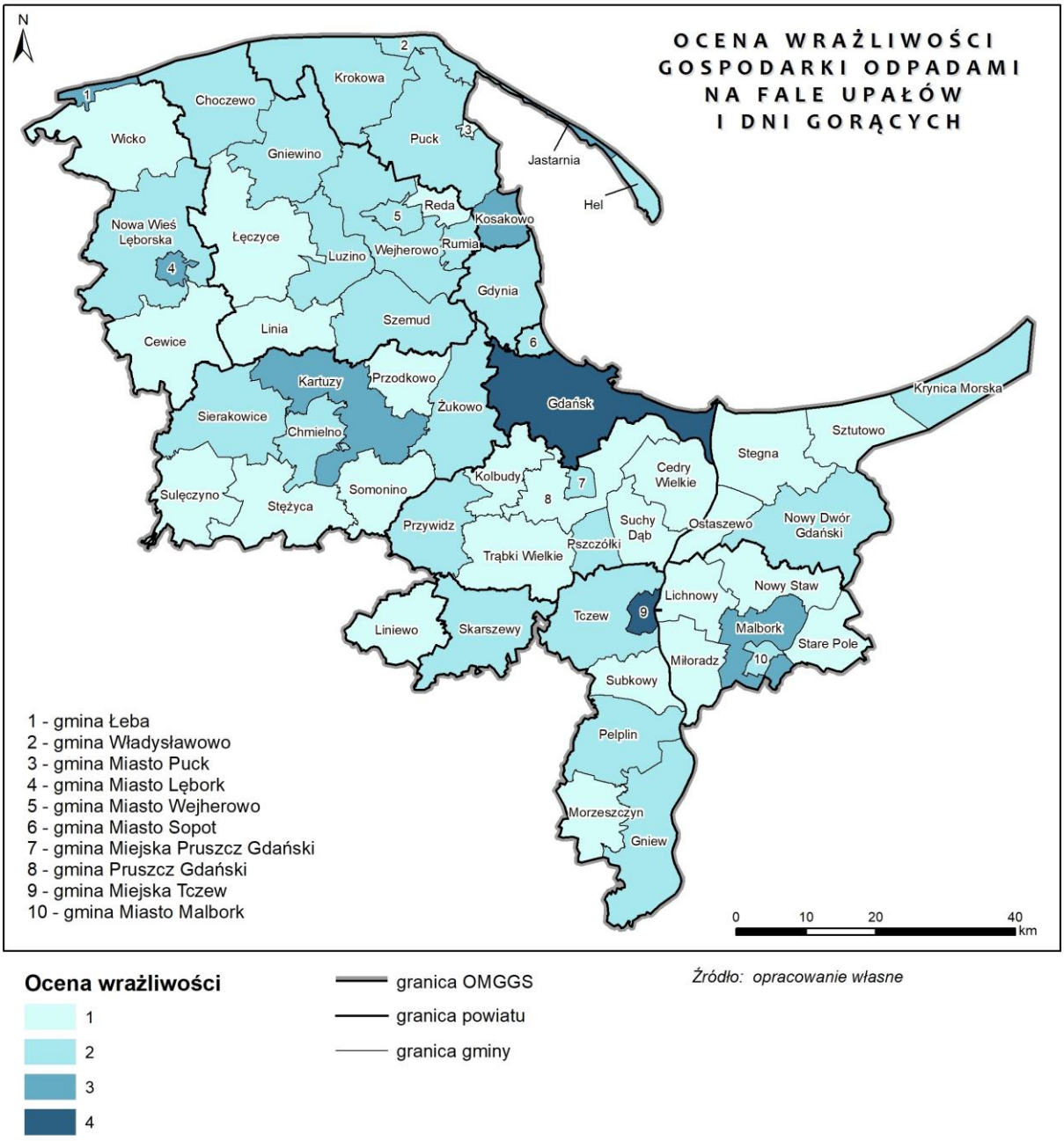
Zestaw jednostkowych wskaźników sektorowych dla każdego z zagrożeń klimatycznych ma przyporządkowane wagi. Na tej podstawie określono dalej uśrednione wartości wskaźnika wrażliwości i nadano klasy.

Istotne zagrożenie dla funkcjonowania gospodarki odpadami, przez występowanie co najmniej wysokich ocen stwierdzono dla podtopień (13 gmin) oraz fal upałów (7 gmin). Są to jednocześnie zagrożenia, które w istotny sposób mogą zaburzać lokalne funkcjonowanie systemów gospodarki odpadami. Na wynik wpłynęła w tym przypadku wielkość wskaźnika ilości wytwarzanych odpadów i osadów ściekowych w odniesieniu do zurbanizowanej powierzchni gmin. Wynikowe mapy wrażliwości zostały przedstawione na Ryc. 85 i Ryc. 86.

Rozkład wysokich ocen wrażliwości na obszarze OMGGS dla podatności sektora na podtopienia wskazuje na występowanie problemu w miastach: Gdańsk, Lębork, Tczew oraz w pasie gmin nadmorskich: gminie miasta Jastarnia, Krokowa, Kosakowo, Łeba, gminie Puck i Władysławowo. Natomiast w przypadku oddziaływania wysokich temperatur podobnie dotyczy to w większości miast – głównie: Gdańsk, Lębork, Tczew.



Ryc. 85 Ocena wrażliwości gospodarki odpadami na podtopienia



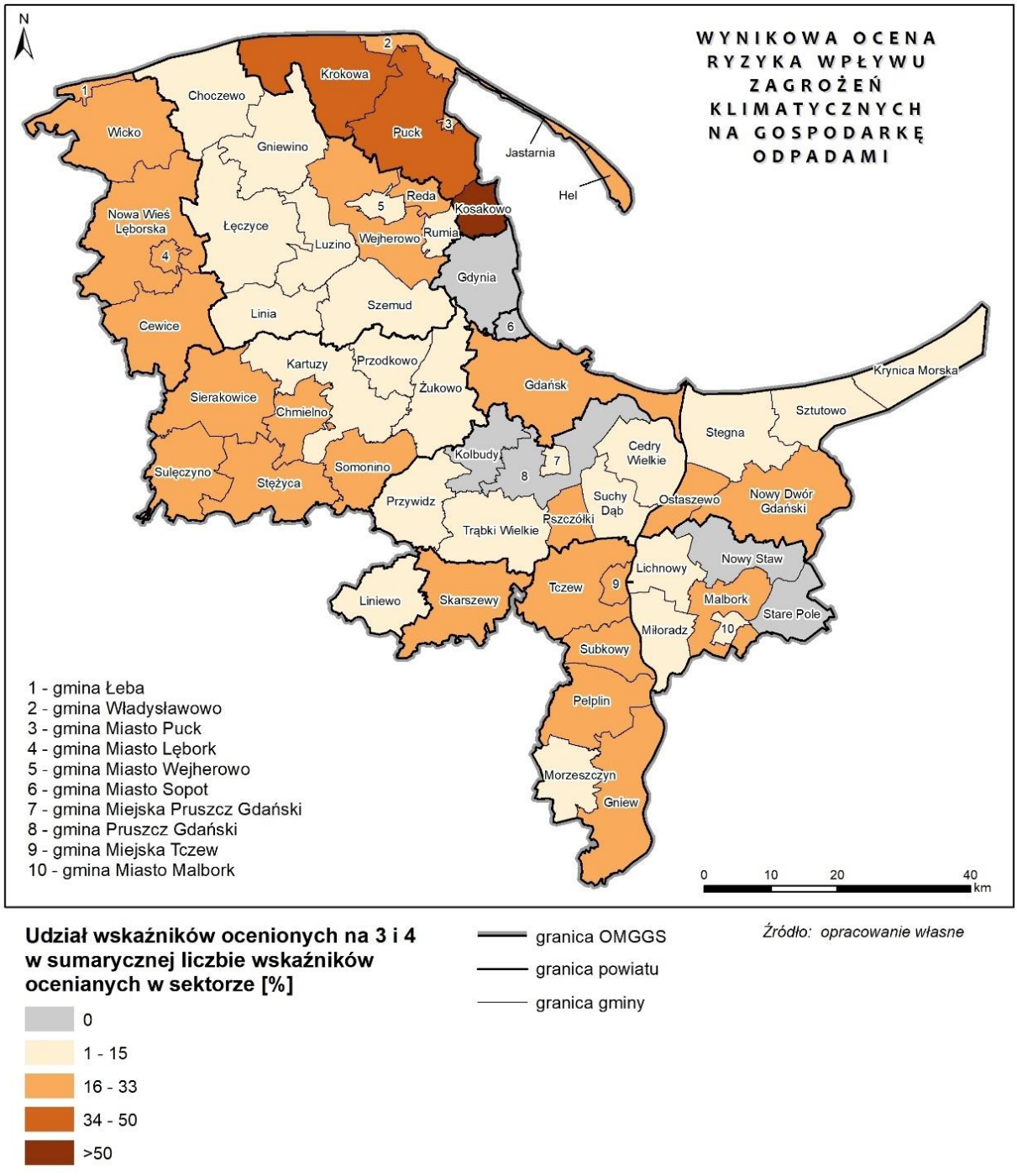
Ryc. 86 Ocena wrażliwości gospodarki odpadami na fale upałów i dni gorących

4.3.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050

Ryzyko dla funkcjonowania sektora oceniono dla wskazanych zagrożeń klimatycznych. Stwierdzono zależność występowania zagrożeń w odniesieniu do wszystkich zidentyfikowanych parametrów klimatu, poza stanem zanieczyszczeń powietrza. Zagrożeniom nadano wartości oceny krytyczności, dla których możliwe jest utrudnienie w funkcjonowaniu lub jego ograniczenie. Krytyczność stanowi jednocześnie wagę istotności wpływu czynnika na sektor. Analiza ryzyka skupia się w przypadku gospodarki odpadami na negatywnym wpływie podtopień i występowania wysokich temperatur.

Oddziaływanie zidentyfikowanych zagrożeń na gospodarkę odpadami przeanalizowano poprzez zestawienie wrażliwości sektora z obecnym potencjałem wpływu zjawiska. W przypadku podtopień, które stanowią najczęściej występujące zagrożenie, stwierdzono aktualne występowanie bardzo wysokiego wpływu dla 16 gmin. Dla potencjalnego zagrożenia powodowanego przez upały, aktualna ocena stanu wskazuje na brak oddziaływania. Dalej ocena rozszerzona została o informacje na temat potencjału adaptacyjnego gmin, który może obniżać istniejący obecnie stopień zagrożenia. Następnie określono konsekwencje wystąpienia zjawisk z uwzględnieniem nadanej miary krytyczności. Ustalenie ostatecznego ryzyka oddziaływania zagrożeń na sektor gospodarki odpadami, możliwe było po uwzględnieniu prawdopodobieństwa wystąpienia negatywnych zmian w horyzoncie 2050. W efekcie, uwzględniając potencjał adaptacyjny gmin, uzyskano wynik oceny ryzyka, która przyjmuje wysokie wartości w przypadku 12 gmin. Natomiast dla zagrożeń związanych z występowaniem upałów, wskazuje się na znaczny wzrost prawdopodobieństwa występowania zagrożenia w horyzoncie 2050, obejmującym aż 57 gmin. Jednakże, ze względu na krytyczność na poziomie wyłącznie utrudniającym funkcjonowanie obiektów, końcowe ryzyko nie uzyskało w żadnym przypadku wysokich ocen.

Końcowa ocena ryzyka, obejmująca całość zagrożeń priorytetowych w zestawieniu ze wskaźnikami przyjętymi jako istotne dla sektora gospodarki odpadami przedstawiona jest na mapie poniżej. Bardzo wysoki stopień ryzyka wynikowego, przekraczający 50% występowania wskaźników ocenionych na 3 lub 4 – dotyczy gminy Kosakowo. Znaczący, przekraczający 33% odsetek udziału wskaźników o ocenie 3 lub 4 – dotyczy kolejnych 2 gmin na terenie powiatu puckiego. Obszary te charakteryzuje wysoka wrażliwość na zagrożenia klimatyczne, która często nie może być zniwelowana ze względu na brak odpowiedniego potencjału adaptacyjnego w gminach. Wartości oceny ryzyka sięgające 33% obejmują cały powiat lęborski oraz większość gmin powiatu tczewskiego i kartuskiego, a także Gdańsk.



Ryc. 87 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na gospodarkę odpadami – obszary strategicznej interwencji

4.3.4 Podsumowanie

Analiza gospodarki odpadami wykazała powiązanie z wieloma rodzajami zagrożeń klimatycznych o znaczących parametrach krytyczności w odniesieniu do zagrożeń generowanych przez opady i powodzie. Wyróżnione zostały gminy charakteryzujące się wysokimi wskaźnikami wytwarzania odpadów komunalnych i specyficznymi problemami z innymi odpadami, w tym zdeponowanymi znaczącymi

ilościami odpadów przemysłowych. Zagrożenie stwierdzono również na obszarach zagrożonych powodzią oraz podtopieniami.

Rozkład występowania wysokiego ryzyka zagrożenia dla ocenianych parametrów klimatycznych wskazuje, iż problem dotyczy w większym stopniu gmin zurbanizowanych, a często całych powiatów.

Wykazany niedostateczny potencjał adaptacyjny gmin w tym sektorze wskazuje na konieczność podjęcia działań poprawiających odporność na zagrożenia ograniczające jego bezpieczne funkcjonowanie. Sektor ten, podobnie jak gospodarka wodna, wymaga odpowiedniego doinwestowania, odpowiadającego skali potrzeb. Poprawa odporności systemu będzie możliwa poprzez nowoczesne zarządzanie i organizację struktur odpowiedzialnych za gospodarkę odpadami oraz wsparcie tych działań odpowiednimi regulacjami prawnymi. Niezbędne jest unowocześnianie istniejących zasobów, wykorzystujące najnowsze technologie w gospodarce odpadami.

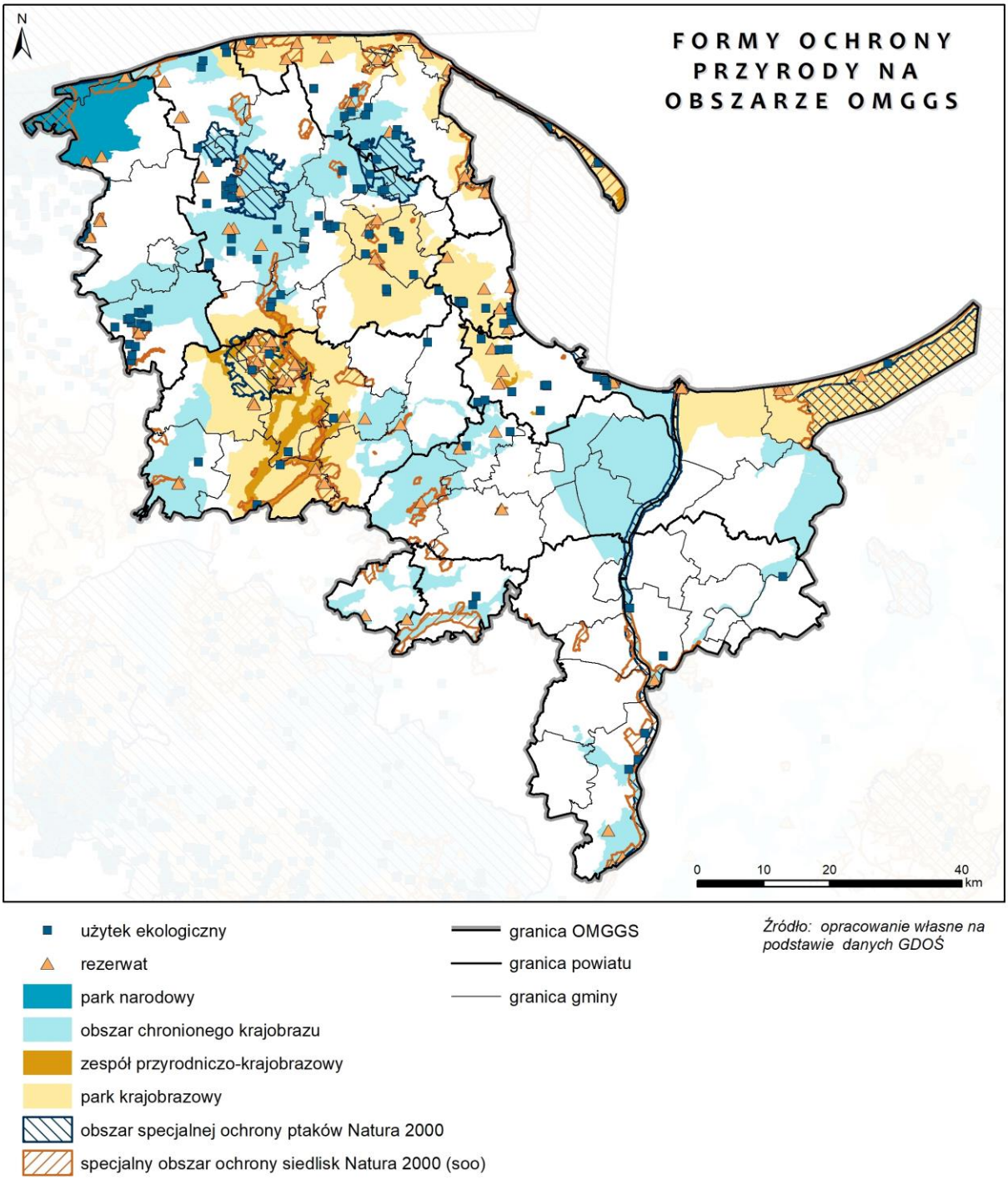
Proponowane działania powinny uwzględniać:

- rozwój i modernizację infrastruktury gospodarki odpadami,
- możliwości odzysku odpadów,
- stosowanie technologii bezodpadowych w zakładach produkcyjnych,
- dostępność technologii w gospodarce odpadami.

4.4 Zasoby przyrody ożywionej i ochrona środowiska

Walory przyrodnicze i krajobrazowe są jednym z najważniejszych atutów omawianego obszaru i zgodnie z Diagnozą sektorową przyjętą dla Strategii 2030 stanowią silną stronę OMGGS. Odtworzenie spójnej sieci ekologicznej, spełniającej funkcje biologiczne, społeczne i klimatyczne zostało w tym dokumencie uznane za jedną z najważniejszych szans na rozwój społeczno-gospodarczy. Na obszarze OMGGS objęto ochroną prawną wiele różnorodnych form przyrodniczych i krajobrazowych, które stanowią funkcjonalny system ekologiczny wraz z innymi obszarami chronionymi województwa pomorskiego. Formy ochrony prawnej stanowią 2 parki narodowe (Słowiński PN położony w obrębie OMGGS i Tucholski PN w jego stosunkowo niedalekim sąsiedztwie), obszary NATURA 2000, ponad 60 rezerwatów przyrody, parki krajobrazowe (Kaszubski Park Krajobrazowy, Park Krajobrazowy Mierzeja Wiślana, Nadmorski Park Krajobrazowy, Trójmiejski Park Krajobrazowy) oraz obszary chronionego krajobrazu, jak również obiekty i obszary ustanawiane przez gminy, tj. pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne i zespoły przyrodniczo-krajobrazowe. Obszary te obejmują cenne siedliska przyrodnicze związane z krajobrazem wybrzeża i pojezierza wraz z zamieszkującymi je gatunkami, z czego do najcenniejszych należą kluczowe dla tego rejonu siedliska morskie i nadmorskie oraz wodne i nadwodne. Zmiany klimatu będą wywierać wpływ przede wszystkim właśnie na te najcenniejsze siedliska i związaną z nimi bioróżnorodność[98].

[98] Marek Degórski, Bożena Degórska, Anna Błażewicz-Stasiak, 2014, Opracowanie strategii rozwoju Gdańskiego Obszaru Metropolitalnego do 2030 roku, Diagnoza sektorowa, Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko przyrodnicze, Gdańsk.



Ryc. 88 Formy ochrony przyrody na obszarze OMGGS
źródło: Geoserwis GDOŚ[99]

[99] Geoserwis GDOŚ, http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/ [dostęp: 13.04.2021]

4.4.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu

Wpływ zmian klimatu na ekosystemy i bioróżnorodność

Różne gatunki i siedliska odmiennie reagują na zmiany klimatyczne, a większość prognozowanych zmian opiera się o zmiany wartości przeciętnych parametrów klimatycznych: opadów, temperatury i kierunków wiatrów. W naszych warunkach szczególnie istotne dla przyrody są obserwowane i przewidywane zmiany w reżimie hydrologicznym, które będą w bezpośredni sposób oddziaływać na różnorodność biologiczną poprzez zmianę struktury opadów w okresie wegetacyjnym oraz zanik pokrywy śnieżnej w zimie, co oznacza częstsze susze letnie i wiosenne. Ponadto wzrośnie liczba wpływających na ekosystemy zjawisk ekstremalnych.

Wpływ zmian klimatu na ekosystemy i bioróżnorodność przejawia się w: a) zmianach zasięgów występowania gatunków i ekosystemów, b) wymieraniu gatunków o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej, c) zmianach cech biotopu (np. przesuszenie, eutrofizacja), c) zmianach cyklów rozrodczych i okresów wegetacyjnych, d) zmianach interakcji międzygatunkowych oraz organizmów ze środowiskiem, e) zaburzeniach stabilności i produktywności ekosystemów, a w przypadku dużych zmian przejściu do nowych stanów równowagi (np. lasu w step), f) zmianach składu gatunkowego, struktury i funkcji ekosystemów[100].

Każdy organizm charakteryzuje się określonymi granicami tolerancji ekologicznej na zmiany poszczególnych czynników środowiska, takich jak temperatura czy wilgotność. Gatunki o szerokim zakresie tolerancji mogą opanowywać nowe środowiska i elastycznie zmieniać swoje zasięgi, adaptując się w ten sposób do zmian klimatycznych. Należy jednak pamiętać, że dokonując tego muszą mierzyć się one z różnymi trudnościami, jak zastane zależności międzygatunkowe, zwiększona konkurencja o pokarm, nowe choroby czy wrogowie. Natomiast gatunki o wąskim zakresie tolerancji i specyficznych wymaganiach zasiedlają środowiska o przewidywalnych warunkach klimatycznych i mogą nie nadążyć za szybkimi tych warunków zmianami. W warunkach strefy klimatycznej umiarkowanej, w której leży Polska, najważniejsze zmiany będą zachodziły wśród gatunków ciepłolubnych (ekspansja w kierunku północnym) i zimnolubnych (wycofywanie się z obszarów refugiów na terenie całego kraju). Zmiany zasięgów populacji gatunków spowodują migracje, w tym obcych inwazyjnych, głównie z Europy Południowej, Afryki Północnej i Azji. Równocześnie będą się z naszych terenów wycofywać gatunki, które nie są przystosowane do wysokich temperatur i suszy latem, a dobrze znoszą ostre mrozy. Utrudnieniem w tych migracjach, będących formą ich adaptacji do zmian klimatu, będzie brak ciągłości korytarzy ekologicznych[101,102].

Drugim istotnym czynnikiem wpływającym na zmiany w zasięgu i wielkości populacji, oraz parametrach rozrodu są zmiany częstotliwości i amplitudy zjawisk ekstremalnych, takich jak pożary, powodzie, wichury i ulewy. Zjawiska te (w warunkach Polski są to przede wszystkim powodzie) mogą znacząco wpływać na parametry biologiczne populacji, a także stan siedlisk[103].

---

[100] Sârbu, A., Janauer, G., Profft, I., Kaligarič, M., & Doroftei, M. (2014). Potential impacts of climate change on protected habitats. In Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change (pp. 45-60). Springer, Dordrecht.

[101] Ministerstwo Środowiska, Strategiczny Plan Adaptacji dla Sektorów i Obszarów Wrażliwych na Zmiany Klimatu do Roku 2020, Scenariusze Zmian Klimatu Do 2030 R. I Wpływ na Sektory i Obszary Wrażliwe, Warszawa 2013.

[102] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna KLIMADA, http://klimada.mos.gov.pl/blog/2013/04/15/roznorodnosc-biologiczna/

[103] tamże

Na podstawie literatury naukowej można zidentyfikować siedem potencjalnych klas oddziaływania zmian klimatu na siedliska cenne przyrodniczo w Europie Środkowej, szczególnie na obszarach chronionych: sezonowość (zmiany średniej i maksymalnej temperatury, dni opadów, mrozów i śniegu), hydrologia (spadek opadów w okresie wegetacji, zmiana intensywności i zmienności opadów), gleba (zmiana struktury gleby, składników odżywczych i chemii), podnoszenie się poziomu morza (lokalne powodzie przybrzeżne), zjawiska ekstremalne (ulewne deszcze, powodzie, susza, pożary, burze), stężenie CO_2 (rosnące stężenie) i skutki skumulowane (zmiana składu gatunkowego i liczebności, inwazja gatunków obcych, rozwój szkodników, zmiany użytkowania gruntów).

Na stan ekosystemów morskich Bałtyku wpływają zmiany struktury termohalinowej podlegającej w sposób istotny zmianom klimatycznym i hydrologicznym. Z kolei masowe zakwity glonów i cyjanobakterii w morzu świadczą o pogorszeniu się jakości wód, a w wyniku silnej eutrofizacji środowiska oraz ocieplenia się klimatu, częstotliwość oraz intensywność tego zjawiska systematycznie wzrasta[104].

W przypadku obszarów nadmorskich kluczowym czynnikiem wpływającym na stan siedlisk będzie podnoszenie się poziomu morza powodujące, poza dosłownym zanikiem przybrzeżnych habitatów wskutek zalania, również wzmożenie procesów erozyjnych i zwiększone zasolenie stref przybrzeżnych. Zwiększona prędkość wiatru i zasolenie gruntu wpłyną pośrednio na siedliska na wydmach nadmorskich i śródlądowych[105]. Siedliskom wydmowym zagraża też obniżenie poziomu wód gruntowych i zmiana struktury gleb. Biorąc pod uwagę nieuniknione podnoszenia się poziomu mórz, możemy wnioskować, że halofity i siedliska przybrzeżne mogą zostać w niedalekiej przyszłości zupełnie utracone. Takie typy siedlisk częściej znajdują się w pobliżu obszarów miejskich, przemysłowych lub turystycznych, co jeszcze bardziej zmniejsza prawdopodobieństwo uniknięcia skutków podnoszenia się poziomu morza poprzez migrację do innych obszarów. Zniszczenie siedlisk przybrzeżnych będzie szczególnie problematyczne tam, gdzie istnieją ograniczone możliwości migracji na ląd, a siedliska przybrzeżne i związane z nimi gatunki są już i tak często zagrożone i mają niekorzystny stan ochrony[106]. Dodatkowo same działania adaptacyjne mogą zaburzyć funkcjonowanie ekosystemów nadbrzeżnych. Utrzymanie linii brzegowej poprzez budowę wałów i umocnień oznacza zniszczenie miejsc bytowania licznych gatunków, w tym ptaków i fok. Za przykład szczególnie zagrożonego tym procesem terenu uważa się Półwysep Helski. Próby obudowania go wałami przerwą proces osadzania się piasku nanoszonego przez prądy morskie i tworzącego półwysep oraz doprowadzą do zniszczenia cennych siedlisk[107].

Zmiany w reżimie hydrologicznym dotyczą również wód słodkich, płynących lub stojących. Obszary te są narażone na zmiany wskutek wzrostu opadów nawalnych, okresów suchych, procesów eutrofizacji i zaburzeń przepływu wód w zbiornikach. Dużym zagrożeniem dla bioróżnorodności, a także możliwości retencyjnych i adaptacyjnych obszaru będzie zanik małych powierzchniowych zbiorników wodnych (bagien, stawów, oczek wodnych, małych płytkich jezior, a także potoków i małych rzek). Stanowi to zagrożenie dla licznych gatunków bytujących w takim środowisku lub korzystających z niego, jako rezerwuaru wody pitnej. Siedliska typowe dla strefy pojezierzy, czyli związane ze zbiornikami wodnymi,

[104] Wibig, J., & Jakusik, E. (2012). Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku Południowym: spodziewane zmiany i wytyczne do opracowania strategii adaptacyjnych w gospodarce krajowej (No. 1). Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej-Państwowy Instytut Badawczy.
[105] Ministerstwo Środowiska, Strategiczny Plan Adaptacji…
[106] Sârbu, A., Janauer, G., Profft, I., Kaligarič, M., & Doroftei, M. (2014). Potential impacts…
[107] Popkiewicz, M., Kardaś, A., & Malinowski, S. (2018). *Nauka o klimacie*. Sonia Draga Sp. z oo.

lecz także naturalne i półnaturalne formacje łąkowe i murawy, torfowiska oraz inne obszary wodno-błotne będą ulegać degradacji wskutek obniżania się poziomu wód gruntowych i nasilonej eutrofizacji[108].

Na terenach leśnych nastąpi zmiana składu gatunkowego drzewostanów, lasy będą ulegać zniszczeniom wskutek nasilonych zjawisk ekstremalnych, głównie silnych wiatrów i pożarów. Lasy bagienne będą wysychać, natomiast lasy aluwialne i nadrzeczne być może zwiększą swój zasięg wskutek zwiększonej siły i częstotliwości powodzi[109]. Zakres i tempo zmian klimatycznych narażają ekosystemy leśne na wysokie ryzyko, a leśnictwo generalnie napotyka szczególne trudności, takie jak silna zależność od istniejących warunków siedliskowych, których nie można modyfikować oraz wielorakie wymagania i oczekiwania ze strony społeczeństwa, które mają bezpośredni wpływ na strategie gospodarowania. Można oczekiwać pozytywnego wpływu na wzrost lasu w perspektywie krótko- i średnioterminowej ze względu na zmiany średnich zmiennych klimatycznych i wzrost dwutlenku węgla w atmosferze (niektóre gatunki drzew mogą skorzystać na cieplejszych warunkach i dłuższym okresie wegetacji), ale w dłuższej perspektywie nasilająca się susza i ekstremalne zjawiska pogodowe staną się głównymi czynnikami ryzyka dla trwałości lasów[110].

Na wpływy klimatyczne nakładają się inne rodzaje antropopresji na ekosystemy, obniżając ich zdolności adaptacyjne. Na omawianym obszarze są to przede wszystkim presja inwestycyjna, a zwłaszcza rozlewanie i rozpraszanie zabudowy (suburbanizacja, drugie domy, *urban sprawl*, zabudowa nabrzeży infrastrukturą turystyczną) oraz rozwój infrastruktury komunikacyjnej. Prowadzi to do uszczuplenia i fragmentacji ekosystemów i związanego z tym przerwania ciągłości oraz spójności korytarzy ekologicznych[111]. Kumulacja substancji biogennych w środowisku, a przede wszystkim spływ biogenów rzekami do Bałtyku zwiększa i tak wzmożoną w warunkach ocieplania się klimatu eutrofizację. Należy podkreślić, że również działania z zakresu adaptacji do zmian klimatu mogą wpływać negatywnie na bioróżnorodność np. umacnianie nabrzeży.

4.4.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS

Na omawianym obszarze do najbardziej zagrożonych siedlisk przyrodniczych należą siedliska nadbrzeżne i słonawe, siedliska wód słodkich płynących i stojących, torfowiska, trzęsawiska i źródliska śródlądowe oraz siedliska lasów bagiennych[112.] Część tych siedlisk jest objęta ochroną w ramach krajowego systemu obszarów chronionych, oraz unijnego systemu Natura 2000. Część nie jest objęta ochroną, ale nadal dostarcza licznych usług ekosystemowych oraz wzmacnia bioróżnorodność. Obie kwestie zostały uwzględnione w wyborze wskaźników sektorowych[113].

Wpływ zmian klimatu na cenne przyrodniczo siedliska na obszarach Natura 2000 i innych obszarach chronionych

W celu przeanalizowania wpływu zmian klimatu na najcenniejsze przyrodniczo, a jednocześnie najbardziej wrażliwe siedliska OMGGS przyjęto wskaźniki sektorowe na podstawie występowania danych siedlisk na obszarach Natura 2000. Większość cennych przyrodniczo terenów kraju objęta jest siecią Natura 2000,

[108] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna KLIMADA…
[109] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna KLIMADA…
[110] Sârbu, A., Janauer, G., Profft, I., Kaligarič, M., & Doroftei, M. (2014). Potential impacts…
[111] Marek Degórski, Bożena Degórska, Anna Błażewicz-Stasiak, 2014, Opracowanie strategii rozwoju Gdańskiego Obszaru Metropolitalnego do 2030 roku, Diagnoza sektorowa, Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko przyrodnicze, Gdańsk.
[112] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna KLIMADA…
[113] Sârbu, A., Janauer, G., Profft, I., Kaligarič, M., & Doroftei, M. (2014). Potential impacts…

która obejmuje również krajowe formy ochrony przyrody. W związku z brakiem aktualnej inwentaryzacji przyrodniczej gmin uznano takie wskaźniki za adekwatne do problemu.
Ogólny podział siedlisk przyjęto na podstawie monitoringu przyrodniczego GIOŚ[114], a liczbę obszarów naturowych w poszczególnych gminach, na których występują te siedliska, określono na podstawie bazy danych GDOŚ[115]. Listę siedlisk uwzględnionych w analizie przedstawiono poniżej.

Siedliska morskie i nadmorskie – liczba obszarów Natura 2000, na których występuje dany przedmiot ochrony:

- 001 — 1110 — piaszczyste ławice podmorskie trwale przykryte wodą o niewielkiej głębokości
- 003 — 1130 — estuaria, ujścia rzek
- 005 — 1150 — laguny przybrzeżne, zalewy i jeziora przymorskie
- 006 — 1160 — duże płytkie zatoki
- 007 — 1170 — skaliste i kamieniste dno morskie, rafy
- 009 — 1210 — kidzina na brzegu morskim
- 011 — 1230 — klify na wybrzeżu Bałtyku
- 014 — 1310 — śródlądowe błotniste solniska z solirodkiem (All. Salicornion ramosissimae)
- 016 — 1330 — solniska nadmorskie (O. Glauco-Puccinellietalia część - zbiorowiska nadmorskie)
- 017 — 1340 — śródlądowe słone łąki, pastwiska i szuwary (O. Glauco-Puccinellietalia część - zbiorowiska śródlądowe)
- 029 — 2110 — inicjalne stadia nadmorskich wydm białych
- 030 — 2120 — nadmorskie wydmy białe (Ass. Elymo-Ammophiletum)
- 031 — 2130 — nadmorskie wydmy szare
- 032 — 2140 — nadmorskie wrzosowiska bażynowe (All. Empetrion nigri)
- 034 — 2160 — nadmorskie wydmy z zaroślami rokitnika [rokitnik zwyczajny (Hippophae rhamnoides)]
- 035 — 2170 — nadmorskie wydmy z zaroślami wierzby piaskowej [wierzba płożąca typowa odmiana piaskowa (Salix repens ssp. repens var. arenaria)]
- 036 — 2180 — lasy mieszane i bory na wydmach nadmorskich
- 037 — 2190 — wilgotne zagłębienia międzywydmowe
- 048 — 2330 — wydmy śródlądowe z murawami napiaskowymi (szczotlicha siwa (Corynephorus canescens), mietlica (Agrostis))

Siedliska wodne i nadwodne – liczba obszarów Natura 2000, na których występuje dany przedmiot ochrony:

- 050 — 3110 — jeziora lobeliowe [lobelia jeziorna (Lobelia dortmanna)]
- 052 — 3130 — brzegi lub osuszane dna zbiorników wodnych ze zbiorowiskami z Cl. Littorelletea uniflorae, Cl. Isoeto-Nanojuncetea
- 053 — 3140 — twardowodne oligo- i mezotroficzne zbiorniki wodne z podwodnymi łąkami ramienic Charetea ssp.
- 054 — 3150 — starorzecza i naturalne eutroficzne zbiorniki wodne ze zbiorowiskami z All. Nymphaeion, All. Potamion
- 055 — 3160 — naturalne, dystroficzne zbiorniki wodne

[114] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Monitoring gatunków i siedlisk przyrodniczych, http://siedliska.gios.gov.pl/pl/monitoring/zakres/2020-2021 [dostęp: 15.05.2021]
[115] Serwis NATURA 2000, https://natura2000.gdos.gov.pl/wyszukiwarka-n2k [dostęp: 15.05.2021]

- 065 — 3260 — nizinne i podgórskie rzeki ze zbiorowiskami włosieniczników All. Ranunculion fluitantis
- 066 — 3270 — zalewane muliste brzegi rzek z roślinnością Chenopodion rubri p.p. i All. Bidention tripartiti p.p.

Siedliska torfowiskowe i źródliskowe – liczba obszarów Natura 2000, na których występuje dany przedmiot ochrony:

- 125 — 7110 — torfowiska wysokie z roślinnością torfotwórczą (żywe)
- 126 — 7120 — torfowiska wysokie zdegradowane, lecz zdolne do naturalnej i stymulowanej regeneracji
- 128 — 7140 — torfowiska przejściowe i trzęsawiska (przeważnie z roślinnością z Cl. Scheuchzerio-Caricetea nigrae)
- 129 — 7150 — obniżenia na podłożu torfowym z roślinnością ze związku All. Rhynchosporion albae
- 131 — 7210 — torfowiska nakredowe (Ass. Cladietum marisci, Ass. Caricetum buxbaumii, Ass. Schoenetum nigricantis)
- 132 — 7220 — źródliska wapienne ze zbiorowiskami All. Cratoneurion commutati
- 133 — 7230 — górskie i nizinne torfowiska zasadowe o charakterze młak, turzycowisk i mechowisk

Siedliska trawiaste i zaroślowe (murawy, łąki, ziołorośla, wrzosowiska, zarośla) – liczba obszarów Natura 2000, na których występuje dany przedmiot ochrony:

- 069 — 4010 — wilgotne wrzosowiska z wrzoścem bagiennym (All. Ericion tetralicis)
- 071 — 4030 — suche wrzosowiska (All. Calluno-Genistion, All. Pohlio-Callunion, All. Calluno-Arctostaphylion)
- 084 — 5130 — formacje z jałowiec pospolity (Juniperus communis) na wrzosowiskach lub nawapiennych murawach
- 095 — 6120 — ciepłolubne, śródlądowe murawy napiaskowe (All. Koelerion glaucae)
- 103 — 6210 — murawy kserotermiczne (Cl. Festuco-Brometea i ciepłolubne murawy z Asplenion septentrionalis-Festucion pallentis) - priorytetowe są tylko murawy z ważnymi stanowiskami storczyków
- 105 — 6230 — górskie i niżowe murawy bliźniczkowe (All. Nardion - płaty bogate florystycznie)
- 116 — 6410 — zmiennowilgotne łąki trzęślicowe (All. Molinion caeruleae)
- 118 — 6430 — ziołorośla górskie (All. Adenostylion alliariae) i ziołorośla nadrzeczne (O. Convolvuletalia sepium)
- 119 — 6440 — łąki selernicowe (All. Cnidion dubii)
- 122 — 6510 — niżowe i górskie świeże łąki użytkowane ekstensywnie (All. Arrhenatherion elatioris)
- 123 — 6520 — górskie łąki konietlicowe użytkowane ekstensywnie (All. Polygono-Trisetion)

Siedliska leśne – liczba obszarów Natura 2000, na których występuje dany przedmiot ochrony:

- 159 — 9110 — kwaśne buczyny (SubAll. Luzulo-Fagenion)
- 161 — 9130 — żyzne buczyny (SubAll. Dentario glandulosae-Fagenion, SubAll. Galio odorati-Fagenion)
- 162 — 9140 — górskie jaworzyny ziołoroślowe (Ass. Aceri-Fagetum)
- 163 — 9150 — ciepłolubne buczyny storczykowe (SubAll. Cephalanthero-Fagenion)
- 164 — 9160 — grąd subatlantycki (Ass. Stellario holosteae-Carpinetum betuli)

- 165 — 9170 — grąd środkowoeuropejski i subkontynentalny (Ass. Galio sylvatici-Carpinetum betuli, Ass. Tilio cordatae-Carpinetum betuli)
- 166 — 9180 — jaworzyny i lasy klonowo-lipowe na stokach i zboczach (All. Tilio platyphyllis-Acerion pseudoplatani)
- 167 — 9190 — kwaśne dąbrowy (All. Quercion robori-petraeae)
- 171 — 91D0 — bory i lasy bagienne (Ass. Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis, Ass. Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris, Ass. Pino mugo-Sphagnetum, Ass. Sphagno girgensohnii-Piceetum I brzozowo-sosnowe bagienne lasy borealne)
- 172 — 91E0 — łęgi wierzbowe, topolowe, olszowe i jesionowe (Ass. Salicetum albo-fragilis, Ass. Populetum albae, SubAll. Alnenion glutinoso-incanae, olsy źródliskowe)
- 173 — 91F0 — łęgowe lasy dębowo-wiązowo-jesionowe (Ass. Ficario-Ulmetum minoris)
- 176 — 91I0 — ciepłolubne dąbrowy (O. Quercetalia pubescenti-petraeae)
- 182 — 91P0 — wyżynny jodłowy bór mieszany (Ass. Abietetum polonicum)
- 186 — 91T0 — sosnowy bór chrobotkowy (Ass. Cladonio-Pinetum i chrobotkowa postać Ass. Peucedano-Pinetum)

W przypadku, gdy w danej gminie występują tylko obszary ptasie posłużono się poniższą klasyfikacją siedlisk odnoszącą się do pokrycia terenu. Wynika to z różnic w wypełnianiu SDF w przypadku obszarów PLB i PLH[116].

- N01 – Obszary morskie, w tym przesmyki wód morskich;
- N02 – Odcinki rzek w strefie pływów, estuaria, muliste i piaszczyste płycizny przybrzeżne, laguny (w tym wyrobiska po wydobyciu soli);
- N03 – Słone błota (marsze, solniska), słone pastwiska i stepy;
- N04 – Piaszczyste wydmy nadmorskie, piaszczyste plaże, machair;
- N05 – Kamieniste wybrzeża, morskie wybrzeża klifowe, wysepki;
- N06 – Wody śródlądowe (stojące i płynące);
- N07 – Torfowiska, mokradła, bagna, roślinność graniczącą z wodami;
- N08 – Wrzosowiska, zarośla, makia i garig, frygana;
- N09 – Suche murawy, stepy;
- N10 – Łąki wilgotne, łąki świeże;
- N11 – Wysokogórskie murawy i górskie łąki;
- N12 – Ekstensywne uprawy zbóż (w tym z zastosowaniem ugorowania w płodozmianie);
- N13 – Pola ryżowe;
- N14 – Intensywnie użytkowane użytki zielone;
- N15 – Pozostałe grunty orne;
- N16 – Lasy liściaste zrzucające liście na zimę;
- N17 – Lasy iglaste;
- N18 – Lasy wiecznie zielone;
- N19 – Lasy mieszane;
- N20 – Sztuczne monokultury leśne (np. plantacje topoli lub drzew egzotycznych);
- N21 – Tereny nieleśne z uprawami roślin drzewiastych (w tym sady, gaje, winnice);
- N22 – Śródlądowe skały, piargi, piaski, lodowce;

[116] Instrukcja wypełniania Standardowego Formularza Danych obszaru Natura 2000, GDOŚ, 2012.

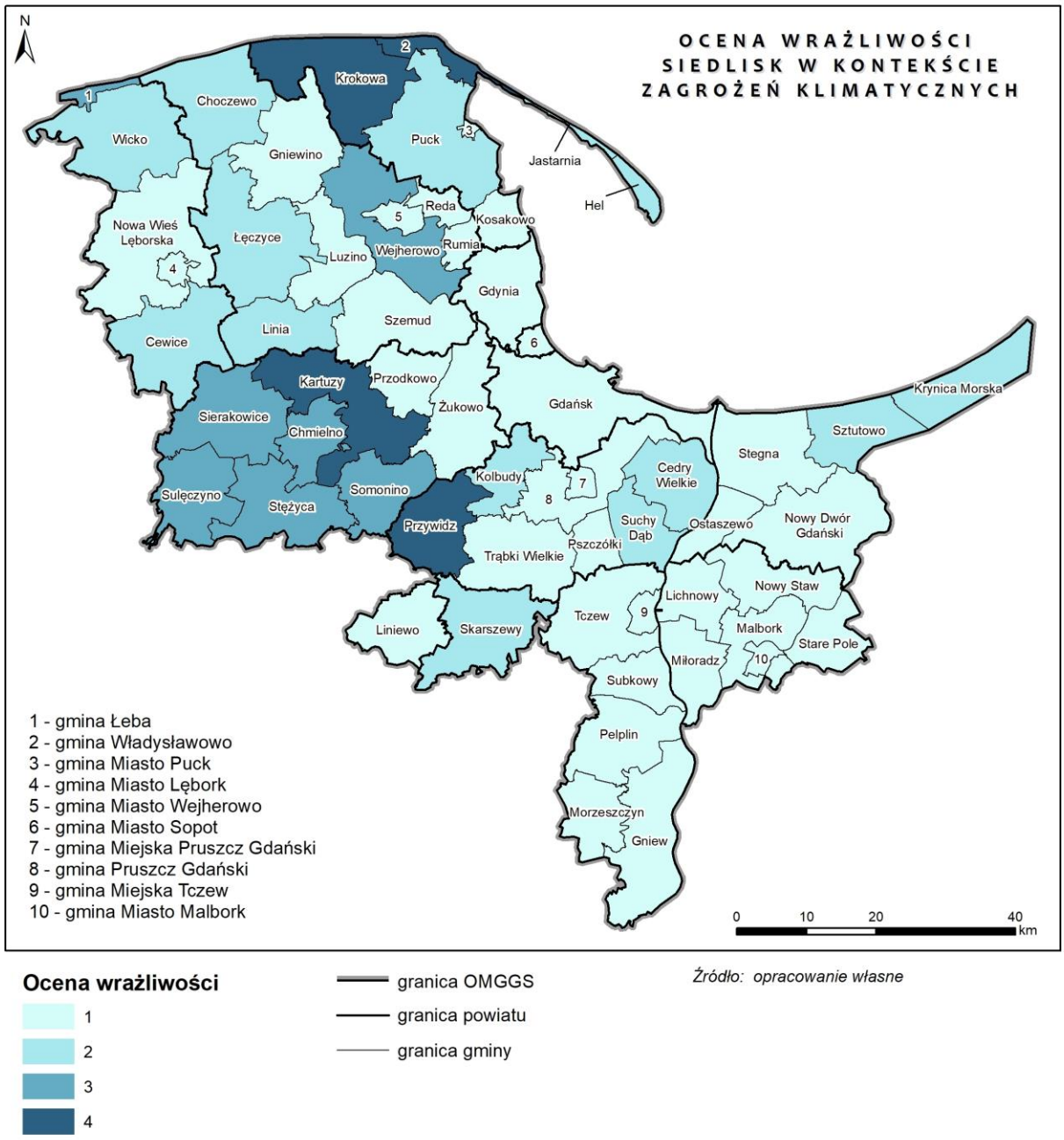
- N23 – Pozostałe tereny (w tym miasta, wsie, drogi, wysypiska śmieci, kopalnie, tereny przemysłowe);
- N24 – Siedliska morskie i przybrzeżne (ogólnie);
- N25 – Siedliska trawiaste i zarośla (ogólne);
- N26 – Siedliska leśne (ogólne);
- N27 – Siedliska rolnicze (ogólnie).

Tab. 7 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na siedliska i obszary chronione na obszarze OMGGS (liczba „+" oznacza krytyczność:„+" umiarkowany wpływ, „++" – znaczący wpływ i „+++" – bardzo znaczący wpływ)

WSKAŹNIK	SILNE PORYWY WIATRU	INTENSYWNE BURZE	DESZCZE NAWALNE	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	MROZY	POWODZIE	PODTOPIENIA	SUSZE	KONCENTRACJA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA	SKUTKI
Siedliska leśne liczba obszarów Natura 2000, na których występują typy siedlisk wymienione w załączniku I Dyrektywy Siedliskowej (PLH) lub klasy siedlisk przyrodniczych (PLB)	++	ND	++	+		++	++	+++	+	Zmiany zasięgu, składu gatunkowego i struktury drzewostanów, wysychanie lasów na terenach podmokłych, zniszczenia wskutek zjawisk ekstremalnych
Siedliska morskie i nadmorskie liczba obszarów Natura 2000, na których występują typy siedlisk wymienione w załączniku I Dyrektywy Siedliskowej (PLH) lub klasy siedlisk przyrodniczych (PLB)	++	ND	++	+		++	++	+++	+	Zanik siedlisk wskutek podnoszenia się poziomu morza, eutrofizacja i zakwity sinic, wzmożenie procesów erozyjnych, zwiększone zasolenie stref przybrzeżnych, obniżenie poziomu wód gruntowych i zmiana struktury gleb na wydmach nadmorskich
Siedliska wodne i nadwodne liczba obszarów Natura 2000, na których występują typy siedlisk wymienione w załączniku I Dyrektywy Siedliskowej (PLH) lub klasy siedlisk przyrodniczych (PLB)	ND	ND	++	+		++	++	+++	+	Zmiany w reżimie hydrologicznym i zanik zdolności retencyjnych, obniżenie się przepływów w rzekach poniżej przepływów minimalnych wymaganych dla ekosystemów zależnych od wody, nasilona eutrofizacja, zanik małych powierzchniowych zbiorników wodnych i związany z tym spadek liczebności zależnych od nich gatunków
Siedliska torfowiskowe i źródliskowe liczba obszarów Natura 2000, na których występują typy siedlisk wymienione w załączniku I Dyrektywy Siedliskowej (PLH) lub klasy siedlisk przyrodniczych (PLB)	ND	ND	++	+		++	++	+++	+	Degradacja wskutek obniżania się poziomu wód gruntowych i nasilonej eutrofizacji, przesuszenie i pożary torfowisk
Siedliska trawiaste i zaroślowe (murawy, łąki, ziołorośla, wrzosowiska, zarośla) liczba obszarów Natura 2000, na których występują typy siedlisk wymienione w załączniku I Dyrektywy Siedliskowej (PLH) lub klasy siedlisk przyrodniczych (PLB)	ND	ND	++	+		++	++	+++	+	Degradacja wskutek obniżania się poziomu wód gruntowych i przesuszenia

źródło: opracowanie własne

Największą wrażliwością na zagrożenia klimatyczne w zakresie siedlisk i obszarów chronionych charakteryzują się gminy: Przywidz, Kartuzy, Krokowa, Władysławowo, gmina miasta Jastarnia. Są to gminy w znacznym stopniu pokryte różnymi formami ochrony obszarowej oraz charakteryzujące się dużą bioróżnorodnością na poziomie siedliskowym (duża liczba obszarów Natura 2000 w połączeniu ze znaczną liczbą zróżnicowanych typów siedlisk).



Ryc. 89 Ocena wrażliwości usług ekosystemowych w kontekście zagrożeń klimatycznych

Wpływ zmian klimatu na elementy środowiska przyrodniczego wzmacniające bioróżnorodność i pełniące inne kluczowe funkcje ekosystemowe

Kolejny zestaw wskaźników odnosi się do typów ekosystemów, które niekoniecznie podlegają ochronie, ale pełnią kluczowe funkcje z punktu widzenia podtrzymywania bioróżnorodności i usług środowiska, również na obszarach użytkowanych gospodarczo i zamieszkanych (tereny lasów gospodarczych w zarządzie LP oraz gminnych i prywatnych, tereny wiejskie i użytkowane rolniczo, doliny rzeczne w zarządzie Wód Polskich). Tereny takie pełnią ważną rolę, jako korytarze ekologiczne oraz „wyspy"

bioróżnorodności na obszarach zagospodarowanych. Ponadto pełnią one liczne funkcje ekosystemowe (wspierające, regulacyjne, zasobowe i kulturowe) niezbędne dla rozwoju społeczno-gospodarczego regionu. Uwzględniono tutaj istotne z punktu widzenia bioróżnorodności pomniki przyrody o charakterze starych drzew i ich skupień bądź alei przydrożnych, a także użytki ekologiczne, którymi zgodnie z Ustawą o ochronie przyrody są „zasługujące na ochronę pozostałości ekosystemów, mających znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej – naturalne zbiorniki wodne, śródpolne i śródleśne oczka wodne, kępy drzew i krzewów, bagna, torfowiska, wydmy, płaty nieużytkowanej roślinności, starorzecza, wychodnie skalne, skarpy, kamieńce, siedliska przyrodnicze oraz stanowiska rzadkich lub chronionych gatunków roślin, zwierząt, i grzybów, ich ostoje oraz miejsca rozmnażania lub miejsca sezonowego przebywania”[117].

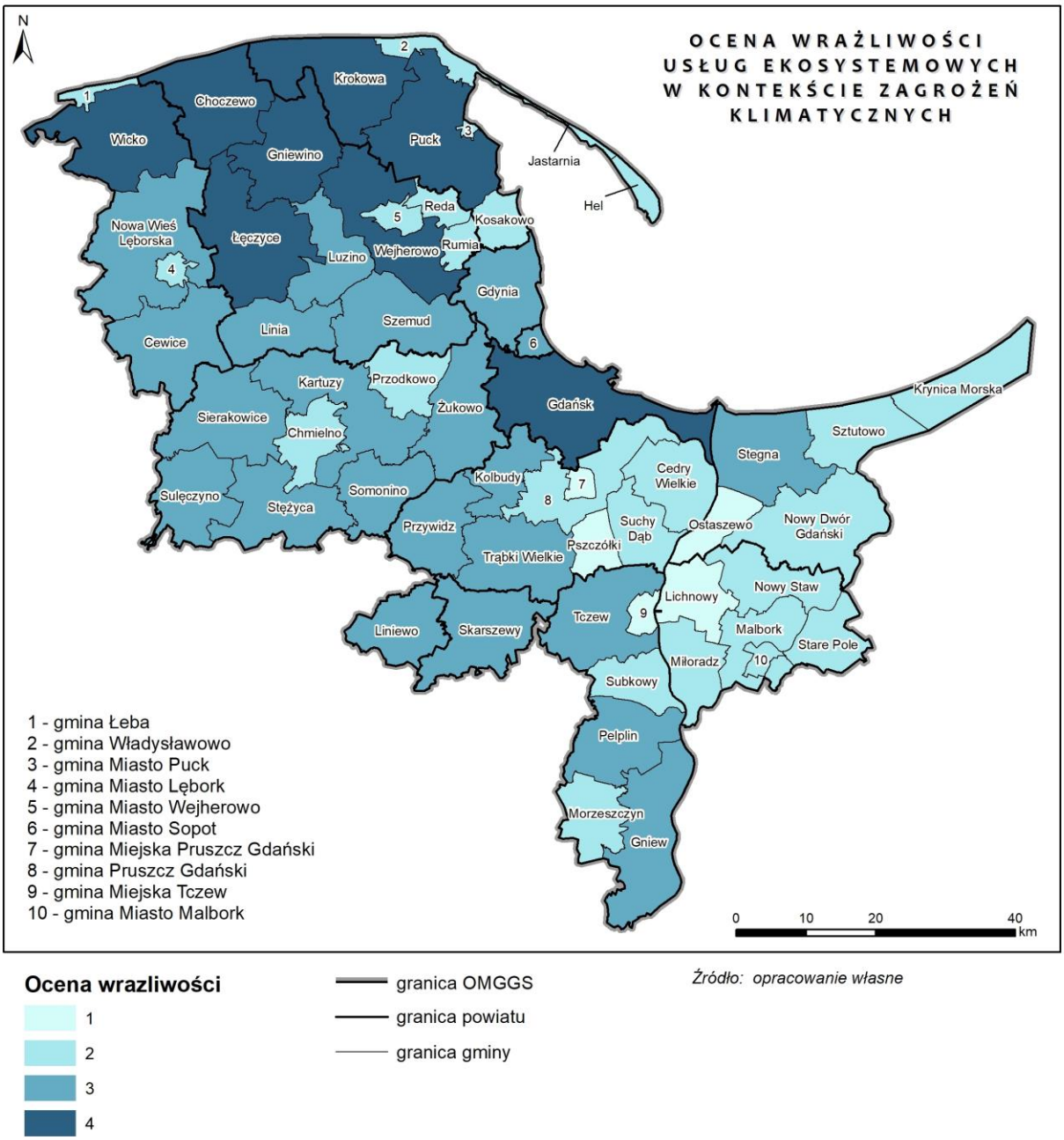
[117] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 1098.)

Tab. 8 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na usługi ekosystemowe na obszarze OMGGS

WSKAŹNIK	SILNE PORYWY WIATRU	DESZCZE NAWALNE	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	POWODZIE	PODTOPIENIA	SUSZE	KONCENTRACJA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA	SKUTKI
Powierzchnia lasów sumarycznie w powierzchni gminy	++	++	+	++	++	+++	+	Zmiany zasięgu, składu gatunkowego i struktury drzewostanów, wysychanie lasów na terenach podmokłych, zniszczenia wskutek zjawisk ekstremalnych, osłabienie wskutek zanieczyszczeń powietrza i niekorzystnych warunków klimatycznych oraz związane z tym gradacje szkodników
Liczba użytków ekologicznych	++	++	+	++	++	+++	+	Zmiany w reżimie hydrologicznym i zanik zdolności retencyjnych, nasilona eutrofizacja, zanik małych powierzchniowych zbiorników wodnych i związany z tym spadek liczebności zależnych od nich gatunków
Powierzchnia korytarzy ekologicznych w powierzchni gminy	++	++	+	++	++	+++	+	Zniszczenia obszarów leśnych wskutek zjawisk ekstremalnych i przerwanie ciągłości ekologicznej, zmiany w reżimie hydrologicznym rzek i brak przepływów minimalnych
Ekosystemy dolin rzecznych jako korytarze ekologiczne – długość cieków wodnych w gminie	++	++	+	++	++	+++	+	Zmiany w reżimie hydrologicznym i zanik zdolności retencyjnych, nasilona eutrofizacja, zanik małych powierzchniowych zbiorników wodnych i związany z tym spadek liczebności zależnych od nich gatunków
Liczba pomników przyrody – stare drzewa i aleje przydrożne	++	++	+	++	++	+++	+	Zniszczenia wskutek zjawisk ekstremalnych, osłabienie wskutek zanieczyszczeń powietrza i niekorzystnych warunków klimatycznych
Tradycyjny mozaikowy krajobraz wiejski w powierzchni gminy	++	++	+	++	++	+++	+	Degradacja wskutek obniżania się poziomu wód gruntowych i nasilonej eutrofizacji
Liczba obiektów małej retencji	++	++	+	++	++	+++	+	Zmiany w reżimie hydrologicznym i zanik zdolności retencyjnych, nasilona eutrofizacja, zanik małych powierzchniowych zbiorników wodnych
Liczba zbiorników wodnych zagrożonych eutrofizacją	++	++	+	++	++	+++	+	Nasilona eutrofizacja, zakwity sinic
Wody przybrzeżne zagrożone zakwitami sinic – długość linii brzegowej	++	++	+	++	++	+++	+	Nasilona eutrofizacja, zakwity sinic

źródło: opracowanie własne

Największą wrażliwością na zagrożenia klimatyczne w zakresie usług ekosystemowych charakteryzują się gminy: Wicko, Choczewo, Krokowa, Puck, Gdańsk, Łęczyce, Gniewino, Wejherowo. Są to gminy położone na samym wybrzeżu lub blisko wybrzeża, w których występuje znaczna ilość ekosystemów dolin rzecznych oraz korytarzy ekologicznych.

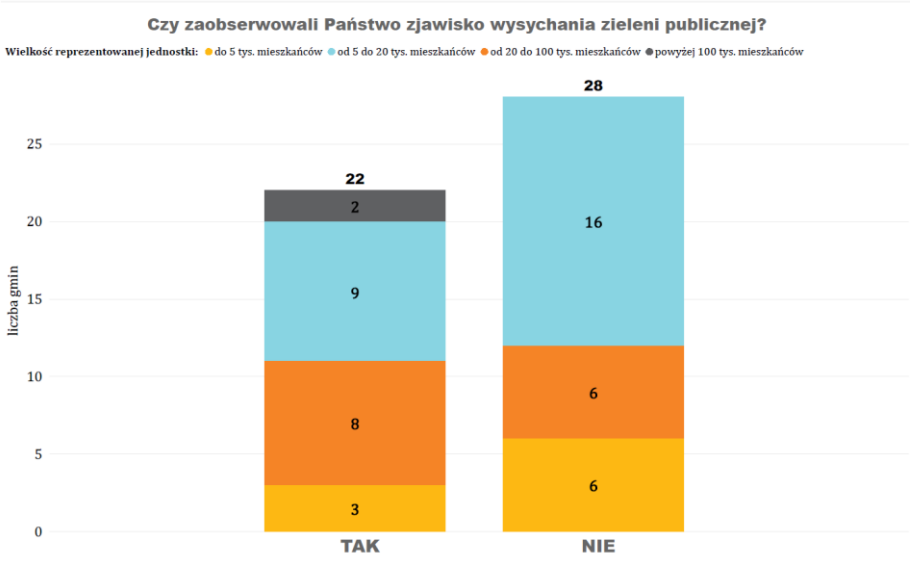


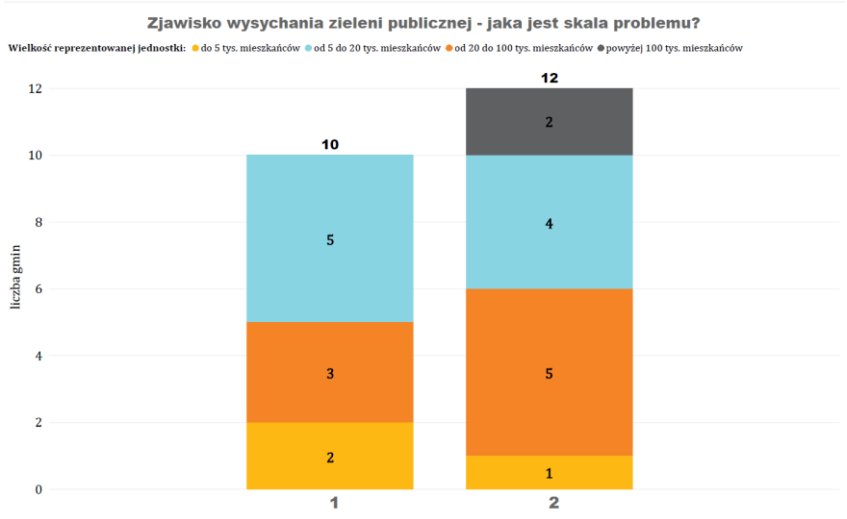
Ryc. 90 Ocena wrażliwości usług ekosystemowych w kontekście zagrożeń klimatycznych

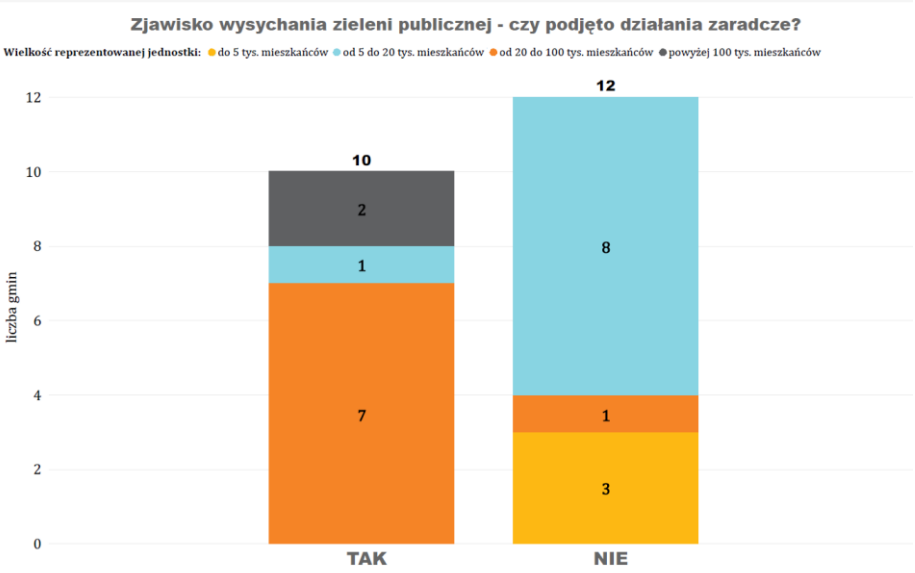
Pod względem krytyczności przyjęto, że bardzo znaczący wpływ w zakresie zarówno siedlisk, jak i usług ekosystemowych, występuje w przypadku suszy, która prowadzi do obniżania się poziomu wód w jeziorach i rzekach, zanikania małych powierzchniowych zbiorników wodnych i związanego z tym spadku liczebności zależnych od nich gatunków, zmiany reżimu hydrologicznego, w tym istotnych dla bioróżnorodności przepływów w rzekach, poniżej przepływów minimalnych, zaniku zdolności retencyjnych, nasilenia eutrofizacji. Susze w lasach oznaczają zwiększone zagrożenie pożarowe i wysychanie lasów bagiennych. Przesuszone torfowiska ulegają degradacji i również są zagrożone pożarami. Wpływ umiarkowany przyjęto dla fał upałów, aczkolwiek należy pamiętać, że mogą chwilowo sprzyjać zakwitom sinic. Wpływ umiarkowany przyjęto też dla koncentracji zanieczyszczeń w powietrzu. Wpływ burz pominięto. Dla pozostałych zagrożeń klimatycznych przyjęto znaczący wpływ na przyrodę.

Zagrożenia terenów zieleni

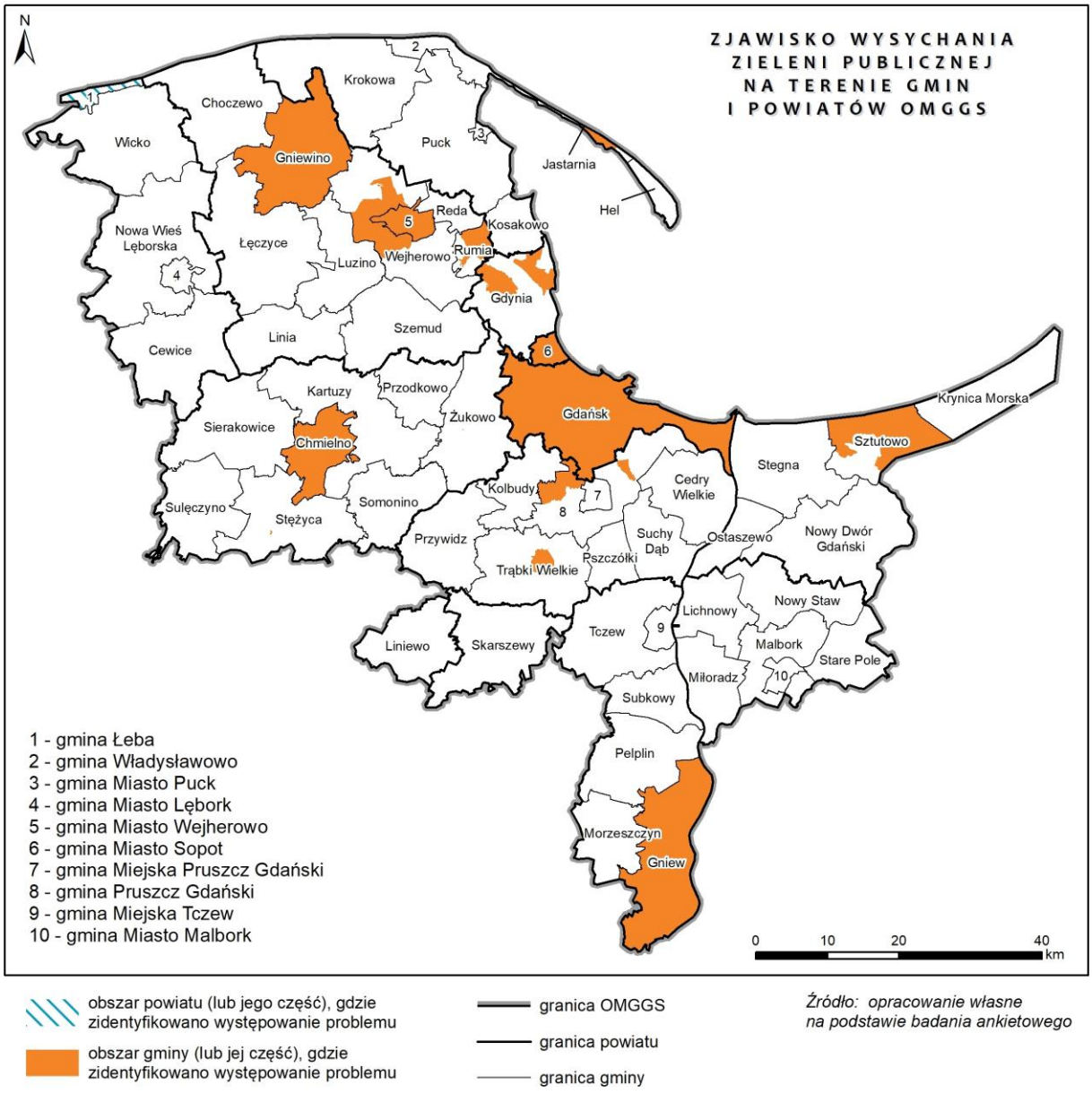
Tereny zieleni pełnią kluczową rolę w adaptacji do zmian klimatu, szczególnie w miastach, zatem zagrożenia dla tych terenów powinny być potraktowane bardzo poważnie. Do najważniejszych zagrożeń należy wysychanie oraz napór inwestycyjny i tzw. "betonoza", czyli rewitalizacje polegające na zabetonowaniu przestrzeni i usunięciu z niej zieleni.







Zjawisko wysychania zieleni publicznej odnotowano w 22 gminach. Większość z nich (12) wskazało, że problem miał istotny wpływ na wydatki Samorządu. Oceny 3 w zakresie skali problemu nie wskazano. Niemal w połowie gmin (10), w których odnotowano problem – podjęto również działania zaradcze. Wymieniano wśród nich przede wszystkim zwiększenie podlewania (gmina Miasta Wejherowa, Miasto Gdynia, Miasto Sopot, gmina miejska Rumia), instalowanie systemów nawadniających (Gmina Pruszcz Gdański, Gmina Gniewino, gmina miejska Rumia), ograniczenie koszenia trawników (gmina Miasta Wejherowa, Miasto Gdańsk), lokalizowanie lub planowanie urządzeń retencji (gmina Sierakowice, gmina Wejherowo), zmiana składu gatunkowego nowych nasadzeń na rośliny bardziej odporne na niedobór wody, odchodzenie od wykonywania kwietników z roślin sezonowych na rzecz bylin i traw, które wymagają mniejszego podlewania (gmina Wejherowo, miasto Gdańsk), budowę ujęć wody z sieci wodociągowej miejskiej w newralgicznych miejscach (gmina miasta Lębork), stosowanie worków nawadniających przy nasadzeniach drzew (miasto Gdynia), czy planowanie zielonych terenów retencyjnych (gmina Wejherowo).

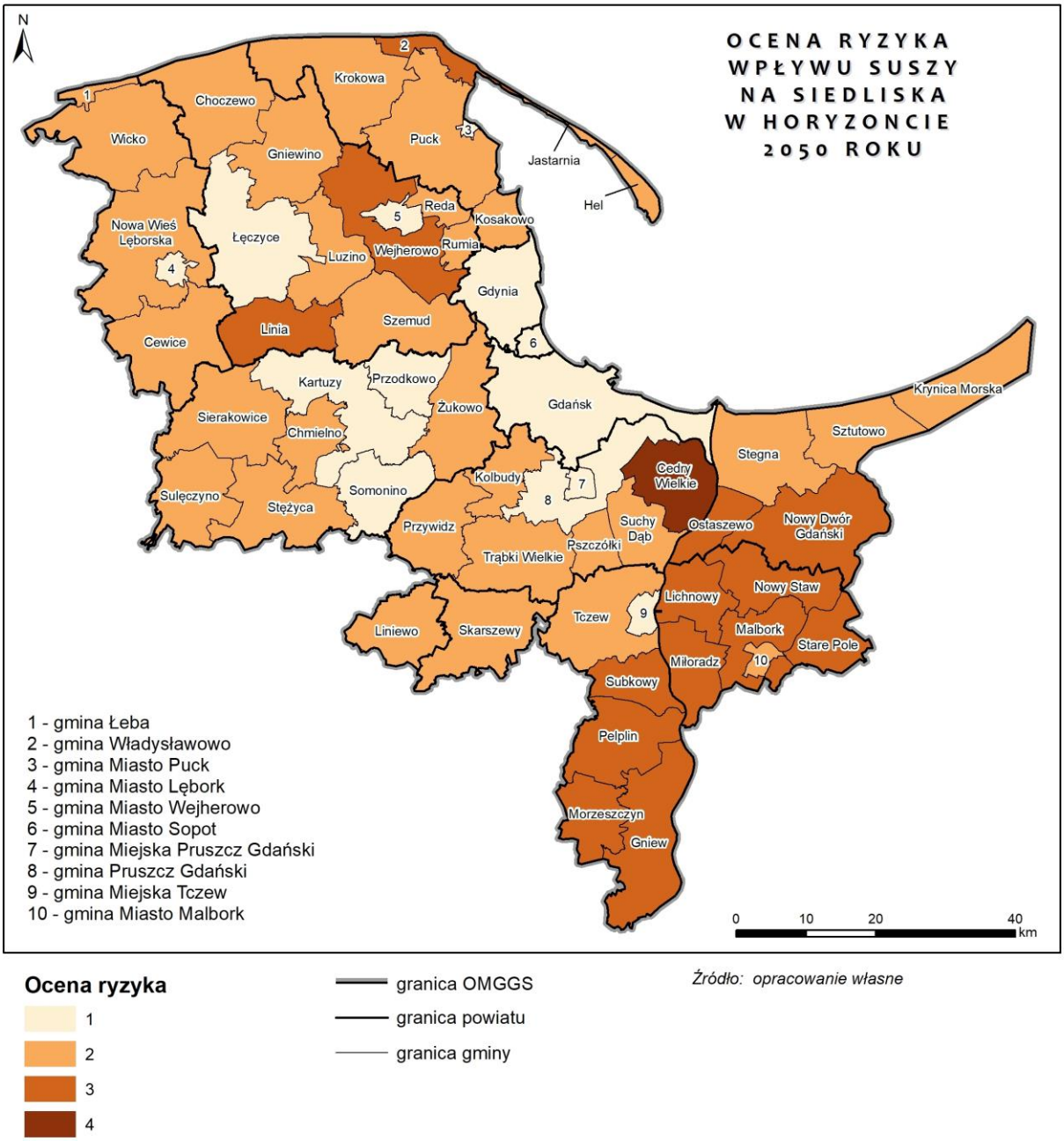


Ryc. 91 Lokalizacja wskazanych przez Samorządy problemów w zakresie zjawiska wysychania zieleni publicznej na terenie OMGGS

4.4.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050

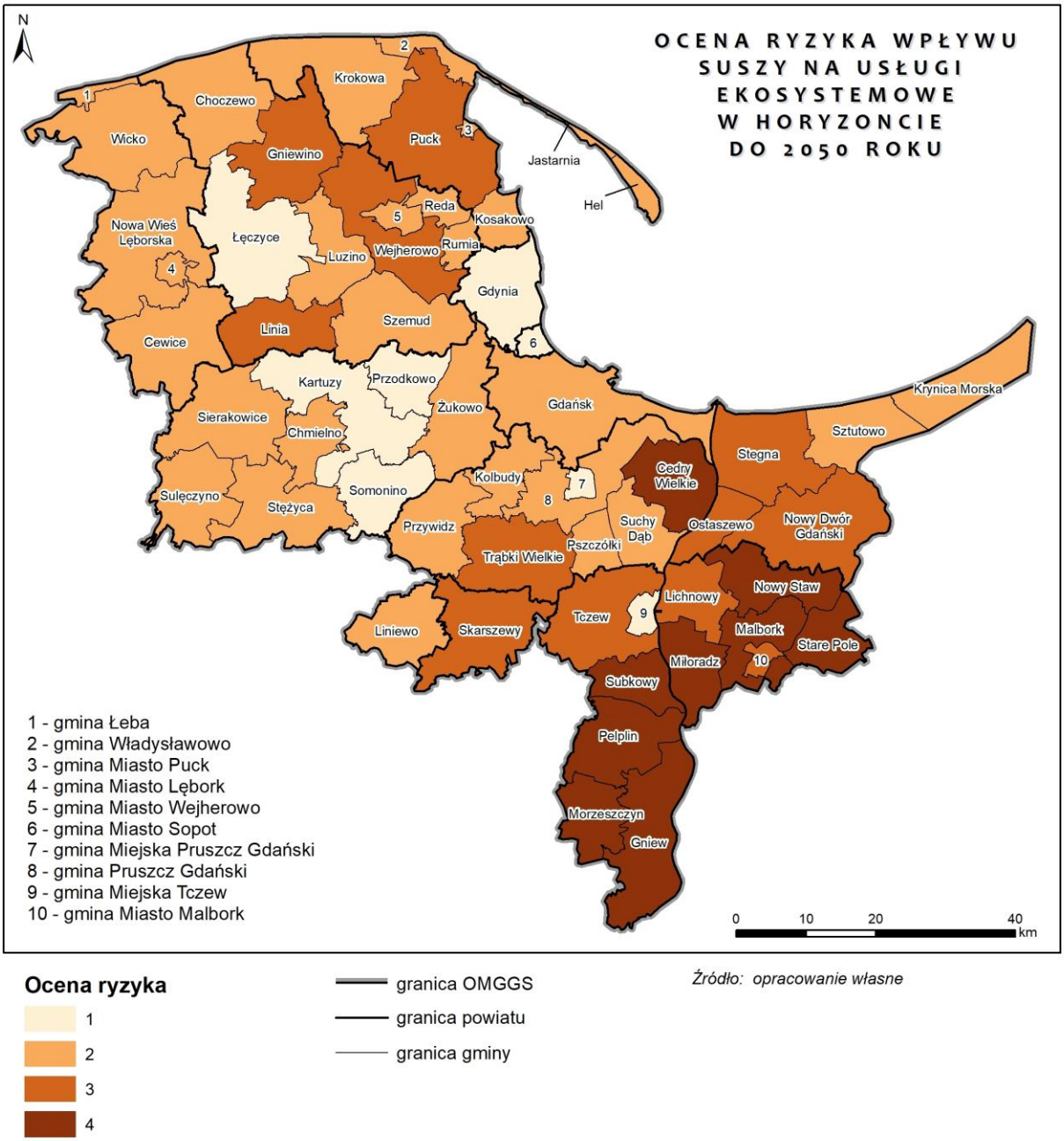
Określenie wpływu poszczególnych zagrożeń klimatycznych na funkcjonowanie bioróżnorodności i usług ekosystemowych nastąpiło poprzez zestawienie oceny wrażliwości z aktualnym zagrożeniem występowania silnych wiatrów, nawalnych deszczy, fal upałów, powodzi, podtopień, susz i koncentracji zanieczyszczeń powietrza. Podobnie jak w przypadku oceny wrażliwości, ocena ryzyka była rozpatrywana rozdzielnie dla podsektorów „siedliska i obszary chronione" oraz „usługi ekosystemowe". Najistotniejszym zagrożeniem dla zasobów przyrodniczych są w obu przypadkach częste i długie susze.

Najwyższy wpływ susz na siedliska stwierdzono w mieście i gminie Pelplin. Po uwzględnieniu potencjału adaptacyjnego, w przypadku wpływu suszy, wysokiej podatności nie stwierdzono w żadnej z gmin. Kolejno oceniano konsekwencje wystąpienia zagrożeń klimatycznych, uwzględniając przy tej ocenie parametr krytyczności wskazany w macierzy (Tab. 7). Dla żadnej z gmin nie zidentyfikowano bardzo wysokich konsekwencji wystąpienia zjawiska suszy. Natomiast w Horyzoncie 2050 ryzyko wpływu suszy na siedliska jest bardzo wysokie w gminie Cedry Wielkie, co wynika z dużego prawdopodobieństwa jego wystąpienia w tej gminie, w połączeniu z dość wysokimi konsekwencjami suszy dla siedlisk (Ryc. 92). Ponadto o ryzyko związane z wpływem suszy na siedliska jest wysokie w gminach powiatów tczewskiego i malborskiego.



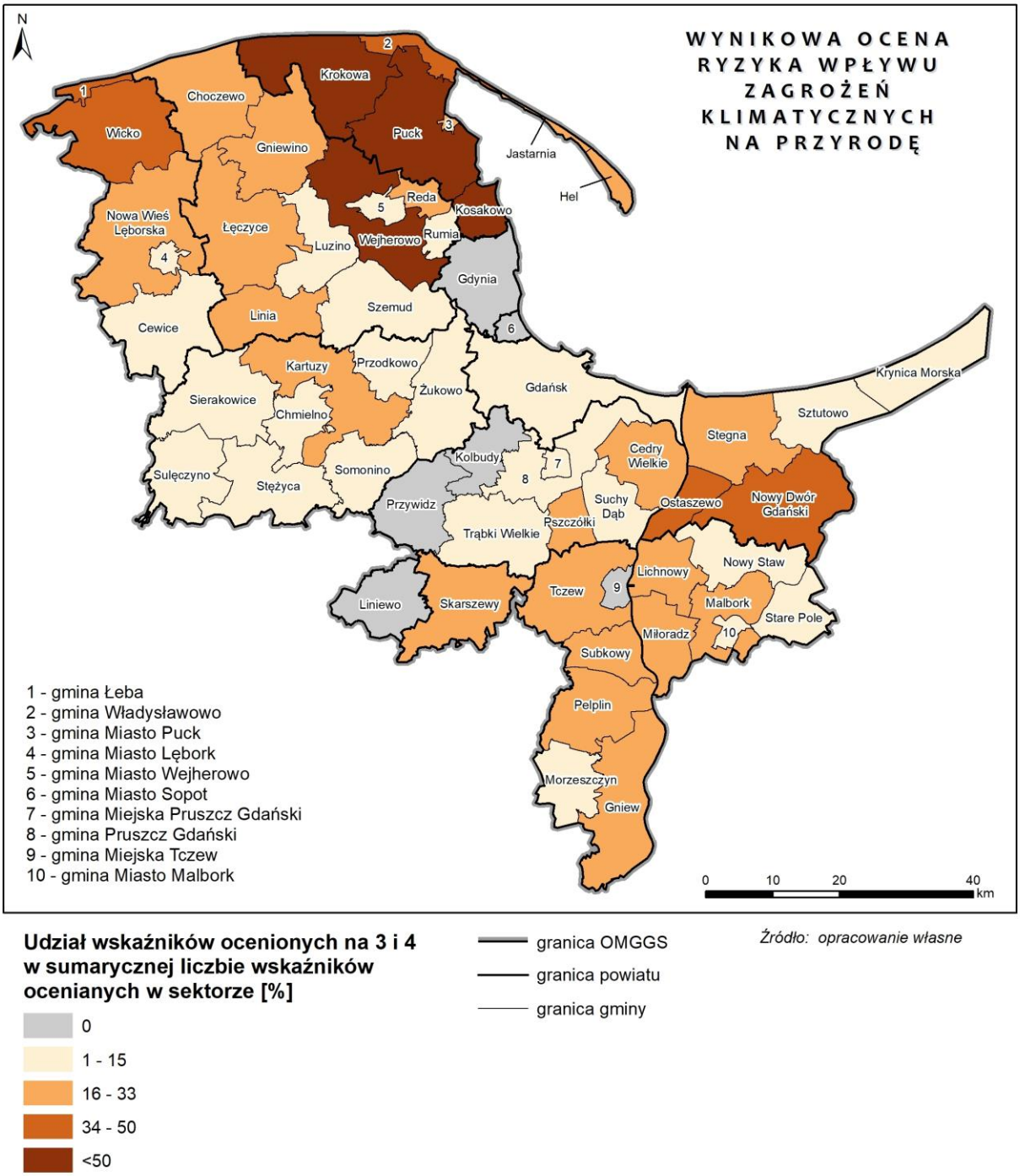
Ryc. 92 Ocena ryzyka wpływu suszy na siedliska w horyzoncie 2050

Najwyższy wpływ susz na usługi ekosystemowe stwierdzono w gminie Puck. Po uwzględnieniu potencjału adaptacyjnego, wysokiej podatności usług ekosystemowych na susze nie stwierdzono w żadnej z gmin. Kolejno oceniano konsekwencje wystąpienia zagrożeń klimatycznych, uwzględniając przy tej ocenie parametr krytyczności wskazany w macierzy (Tab. 8). W przypadku susz dla żadnej z gmin nie zidentyfikowano bardzo wysokich konsekwencji wystąpienia tego zjawiska. Natomiast w Horyzoncie 2050 ryzyko wpływu suszy na usługi ekosystemowe jest bardzo znaczące w gminach: Cedry Wielkie, Malbork, Miłoradz, mieście i gminie Nowy Staw, Stare Pole, Morzeszczyn, mieście i gminie Gniew, mieście i gminie Pelplin oraz gminie Subkowy. Wynika to z dużego prawdopodobieństwa wystąpienia susz na tych obszarach w przyszłości (Ryc. 93).



Ryc. 93 Ocena ryzyka wpływu suszy na siedliska w horyzoncie 2050

Wynikowa ocena ryzyka uwzględniająca wszystkie zagrożenia została przedstawiona na Ryc. 94. Bardzo wysokie ryzyko wynikowe występuje w gminach: Krokowa, Puck, Wejherowo, Kosakowo. W gminie Wejherowo występuje znaczna ilość elementów przyrody ożywionej wrażliwych na zmiany klimatu, szczególnie lasów, drzew i dolin rzek oraz znaczny udział obszarów chronionych (bardzo wysoka wrażliwość), a jednocześnie potencjał adaptacyjny gminy jest bardzo niski. W gminie Puck występuje znaczna ilość elementów przyrody ożywionej wrażliwych na zmiany klimatu, szczególnie terenów podmokłych wrażliwych na susze, na które podatność tej gminy jest wysoka oraz fragmentów wybrzeża zagrożonych zakwitami sinic. Gmina Krokowa charakteryzuje się wysoką wrażliwością pod kątem zasobów przyrodniczych (dużo terenów podmokłych, fragmenty wybrzeża, udział obszarów chronionych), a jednocześnie ma bardzo niski potencjał adaptacyjny. Gmina Kosakowo charakteryzuje się umiarkowanymi walorami przyrodniczymi, ale dużym zagrożeniem ze strony czynników klimatycznych (susze, powodzie).



Ryc. 94 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na przyrodę

4.4.4 Podsumowanie

Na omawianym obszarze do najbardziej zagrożonych siedlisk przyrodniczych należą siedliska nadbrzeżne i słonawe, siedliska wód słodkich płynących i stojących, torfowiska, trzęsawiska i źródliska śródlądowe oraz siedliska lasów bagiennych. Największym zagrożeniem dla przyrody w rejonie wybrzeża i pojezierza są susze, gdyż występuje tu wiele ekosystemów zależnych od wody. Skutkiem ich wystąpienia będzie obniżenie się poziomu wód gruntowych i związana z tym degradacja siedlisk, wysychanie lasów na terenach podmokłych, wysychanie i pożary torfowisk, zmiany w reżimie hydrologicznym i zanik zdolności retencyjnych, zanik małych powierzchniowych zbiorników wodnych i związany z tym spadek liczebności zależnych od nich gatunków, obniżenie przepływów w rzekach poniżej przepływów minimalnych.

W horyzoncie 2050 zagrożenie suszami jest wysokie lub bardzo wysokie dla 60% gmin OMGGS. Na występowanie suszy narażone są w największym stopniu gminy powiatu tczewskiego, malborskiego oraz nowodworskiego, a także gmina Cedry Wielkie, co jest widoczne w wynikowej ocenie ryzyka dla przyrody.

Walory przyrodnicze są bardzo istotnym zasobem rejonu OMGGS wpływającym na jakość życia mieszkańców, atrakcyjność turystyczną regionu oraz możliwości adaptacyjne w obliczu zmian klimatu, dzięki pełnionym przez przyrodę usługom ekosystemowym w zakresie retencji, czy łagodzenia zjawisk ekstremalnych (np., powodzi i fal upałów). W związku z tym, w interesie wszystkich gmin i miast OMGGS leży ochrona i utrzymanie stabilności ekosystemów, w szczególności terenów podmokłych, naturalnych odcinków dolin rzecznych oraz wybrzeża i lasów.

4.5 Transport

4.5.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu

Transport jest jednym z głównych sektorów gospodarczych, na które wpływ mają skutki zmian klimatu. Ponadto, poprzez swoją emisyjność, wpływa on również na kształtowanie się (najczęściej poprzez wzmocnienie) efektów oddziaływania klimatu. W podstawowych kategoriach, sektor dzieli się na drogowy, kolejowy, lotniczy oraz wodny (żegluga). W każdym z tych elementów, skutki zmian klimatu oddziałują na infrastrukturę, środki transportu, a także komfort socjalny uczestników podróży. Oddziaływanie klimatu na poszczególne podsystemy sieci transportowej jest podobne, jednakże różnice występują w przypadku obiektów infrastruktury transportowej ze względu na ich powiązanie z właściwym dla danych rozwiązań prawem budowlanym. W przypadku transportu drogowego, elementy wrażliwe to, w kontekście infrastruktury, drogi i obiekty inżynierskie (mosty, wiadukty, tunele) oraz zaplecze techniczne wraz z infrastrukturą towarzyszącą. Dla transportu kolejowego elementy podstawowe stanowią linie i sieci kolejowe. Transport lotniczy dysponuje aktywami w postaci lotnisk, pasów kołowania i placów postojowych, z kolei żegluga jest obsługiwana przez nabrzeża, porty i drogi wodne. Podobnie jak w przypadku transportu drogowego, każdy z podsektorów posiada własne zaplecze techniczne oraz infrastrukturę obsługującą procesy (wieże kontrolne, śluzy, jazy). Środki transportu w ramach podsektora drogowego to przede wszystkim samochody osobowe, następnie autobusy, pojazdy ciężarowe oraz tramwaje. Głównym środkiem transportu kolejowego są pociągi z uzupełnieniem o urządzenia przeładunkowe. W transporcie lotniczym wrażliwość dotyczy obsługi statków powietrznych, natomiast dla żeglugi są to statki wodne. W obszarze komfortu socjalnego dla każdego z podsektorów wykazuje się wrażliwość wynikającą z warunków pracy personelu, podróży pasażerskich oraz przewozu towarów.

Ważnym aspektem funkcjonowania sektora jest jego wewnętrzne zróżnicowanie zakresu elastyczności na prognozowane skutki zmian klimatu. Biorąc pod uwagę zdolności adaptacyjne rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, materiałów eksploatacyjnych czy stosowanego paliwa, określanych jako urządzenia transportowe, możliwe (i praktykowane) jest ciągłe dostosowywanie rozwiązań do zmieniających się uwarunkowań. Podobnie jest w przypadku działań dotyczących warunków realizacji usług, terminowości, bezpieczeństwa, niezawodności funkcjonowania sektora. Jednakże w przypadku infrastruktury transportowej, która realizowana jest na relatywnie długi okres operacyjności (>50 lat), właściwe określenie wrażliwości oraz możliwych zabiegów adaptacyjnych obarczone jest niepewnością i koniecznością planowania z dużym wyprzedzeniem. Większość obserwowanych czynników klimatycznych ma wpływ na wszystkie rodzaje transportu, jednakże niektóre oddziaływania są szczególnie ważne w kontekście danego podsektora. Z prowadzonych badań oraz wyników monitoringu wynika, iż największą wrażliwością charakteryzuje się infrastruktura transportu drogowego i kolejowego.

Transport drogowy jest najbardziej usieciowionym rodzajem transportu, korzystającym z największej liczby obiektów inżynierskich. To jego przestrzenna rozległość i zagęszczenie sprawiają, że jest on szczególnie wrażliwy na niektóre zjawiska klimatyczne. Pośród tych o największym wpływie znajdują się opady, temperatura (zarówno upały jak i tzw. przejścia przez 0^{o}C) oraz wiatr. Deszcze nawalne, które często prowadzą do występowania podtopień lub powodzi miejskich (ang. *flash floods*) utrudniają

funkcjonowanie transportu poprzez wyłączenie tras komunikacyjnych z ruchu, uszkodzenia infrastruktury technicznej, podmycie terenu (np. skarp). Szczególnie niebezpiecznym zjawiskiem są gwałtowne podtopienia mogące prowadzić do poważnego uszkodzenia środków transportu, awarie urządzeń odwadniających, podtapiania tuneli, obniżonych fragmentów ulic, parkingów i zajezdni. Często powiązane z opadami zdarzenia ekstremalne w postaci burz z wyładowaniami mogą powodować utrudnienia w przejezdności dróg (powalone drzewa), a także przyczyniają się do pogorszenia warunków jezdnych (wypadki, opóźnienia). Oddziaływanie silnego wiatru jako zjawiska osobnego lub towarzyszącego burzom powoduje tarasowanie dróg przez powalone drzewa lub słupy trakcyjne, prowadzi do czasowego zamknięcia dróg, a poprzez wpływ na stan techniczny pojazdów i budynków, zagraża zdrowiu i bezpieczeństwu uczestników ruchu. Notowane są również zdarzenia wietrzne o negatywnym wpływie na procesy załadunkowe towarów. Oddziaływanie temperatury na transport drogowy jest dwojakie. Pierwszym, obecnym od wielu lat problemem są wahania temperatury i ich wpływ na infrastrukturę podsektora. Wzrost temperatury niekorzystnie wpływa na działanie silników i urządzeń technicznych, powoduje osłabienie jakości nawierzchni bitumicznych dróg, co z kolei prowadzi do czasowego ograniczenia w ruchu pojazdów ciężarowych. W połączeniu ze wzrostem wilgotności po okresach upalnych, następuje również intensyfikacja procesów korozji. Drugim problemem, obserwowanym regularnie od początku XXI w., jest zjawisko fal upałów, które mają istotnie negatywny wpływ na socjalny wymiar transportu drogowego. Powodują znaczne obniżenie komfortu termicznego podróżujących, kierowców, a także obsługi technicznej. Na terenach zurbanizowanych zjawisko to jest powiązane z występowaniem tzw. miejskich wysp ciepła, co, w skrajnych przypadkach, może prowadzić do zagrożenia zdrowia i życia uczestników ruchu drogowego. Coraz rzadziej obserwowane są tzw. fale chłodu, które również potencjalnie wpływają negatywnie na infrastrukturę drogową oraz komfort podróżujących. Spodziewane jest zmniejszenie się skali i częstotliwości oddziaływania temperatur minimalnych na obszarze opracowania (patrz: podrozdział 2.2.5.2).

Transport kolejowy, podobnie jak drogowy, odznacza się wrażliwością infrastruktury technicznej na oddziaływanie klimatu. Wpływ deszczy nawalnych skutkuje podtopieniem dróg kolejowych, bocznic, tuneli i nasypów. Wiąże się to często z poważnym uszkodzeniem infrastruktury kolejowej, w tym obsługujących ją urządzeń i rowów odwadniających. Z kolei burze powodują uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń sterowania ruchem kolejowym, uszkodzenia lub zakłócenia w pracy urządzeń energetycznych, urządzeń łączności i uszkodzeń sieci trakcyjnej. Silne wiatry prowadzą to strat w postaci uszkodzonych sieci trakcyjnych, zerwanych linii energetycznych, zatarasowanych dróg kolejowych oraz uszkodzonych budynków zaplecza technicznego. Wysoka temperatura wpływa nie tylko na infrastrukturę poprzez deformację torów (w wyniku wydłużania się szyn) i pożary, ale przede wszystkim oddziałuje na warunki pracy (stres termiczny), a także przyczynia się do obniżenia komfortu podróży.

Specyfika transportu lotniczego sprawia, że jest to podsektor zależny głównie od chwilowych warunków pogodowych, aniżeli od długotrwałego oddziaływania zmiennych klimatu. Jego zależność od aktualnej sytuacji meteorologicznej największe znaczenie ma w momencie startu i lądowania maszyn. Infrastruktura lotnicza podlega takim samym wpływom klimatu, jak każda infrastruktura budowlana i techniczna wskazana powyżej. Dla samolotów pozostających na terenie lotniska podstawowe zagrożenie stanowi silny wiatr oraz oblodzenie. Pozostałe zjawiska, jak ulewne deszcze lub opady śniegu, mogą opóźniać operacje i wpływać negatywnie na regularność transportu, jednak nie stanowią bezpośredniego zagrożenia. Stały rozwój technologii lotniczej pozwala obecnie na zachowanie operacyjności w trudnych warunkach pogodowych.

Rodzaj transportu jakim jest żegluga uzależniony jest przede wszystkim od warunków hydrologicznych na ciekach. Podsektor jest wrażliwy na wysokie i powodziowe stany rzek, oraz stany niskie, powiązane z okresami suszy. Podobnie jak w przypadku pozostałych rodzajów systemu transportowego, skutki zmian klimatu ujawniają się poprzez wpływ temperatury i opadów nawalnych na infrastrukturę techniczną oraz płynność funkcjonowania dróg wodnych.

Sektor transportowy jest jednym z najszybciej rozwijających się działów gospodarki w Polsce. Ze względu na ciągły przyrost potrzeb mobilności wzrasta ilość i gęstość połączeń, a także udział samochodowego

transportu indywidualnego. Prowadzi to do wzrostu wrażliwości systemu na oddziaływanie zmieniającego się klimatu przy jednoczesnym brak istotnych redukcji w emisyjności sektora. Elementem transportu wymagającym szczególnej uwagi jest infrastruktura techniczna, której obiekty są projektowane na okres użytkowania 50-150 lat. Z tego względu dzisiaj podejmowane działania muszą uwzględniać zmiany klimatu jakie mogą wystąpić za 20 lub 70 lat. Wraz z rozwojem systemu transportowego w Polsce należy spodziewać się wzrostu wrażliwości każdego z omawianych podsektorów, szczególnie na zdarzenia ekstremalne. Ponadto, biorąc pod uwagę rosnące wskaźniki częstości i odległości przemieszczeń, znacznie większą rolę odgrywać będzie społeczny aspekt komfortu i skuteczności podróży.

4.5.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS

Transport, jako sektor silnie usieciowiony, pozostaje we współzależności z każdym z aspektów funkcjonowania gospodarki na obszarze OMGGS, będąc jednocześnie elementem szlaków komunikacyjnych o europejskim znaczeniu. Cecha ta sprawia, że obserwowane i prognozowane skutki zmian klimatu będą miały wpływ na pogłębianie się zidentyfikowanych problemów poprzez dwojakie powiązanie:

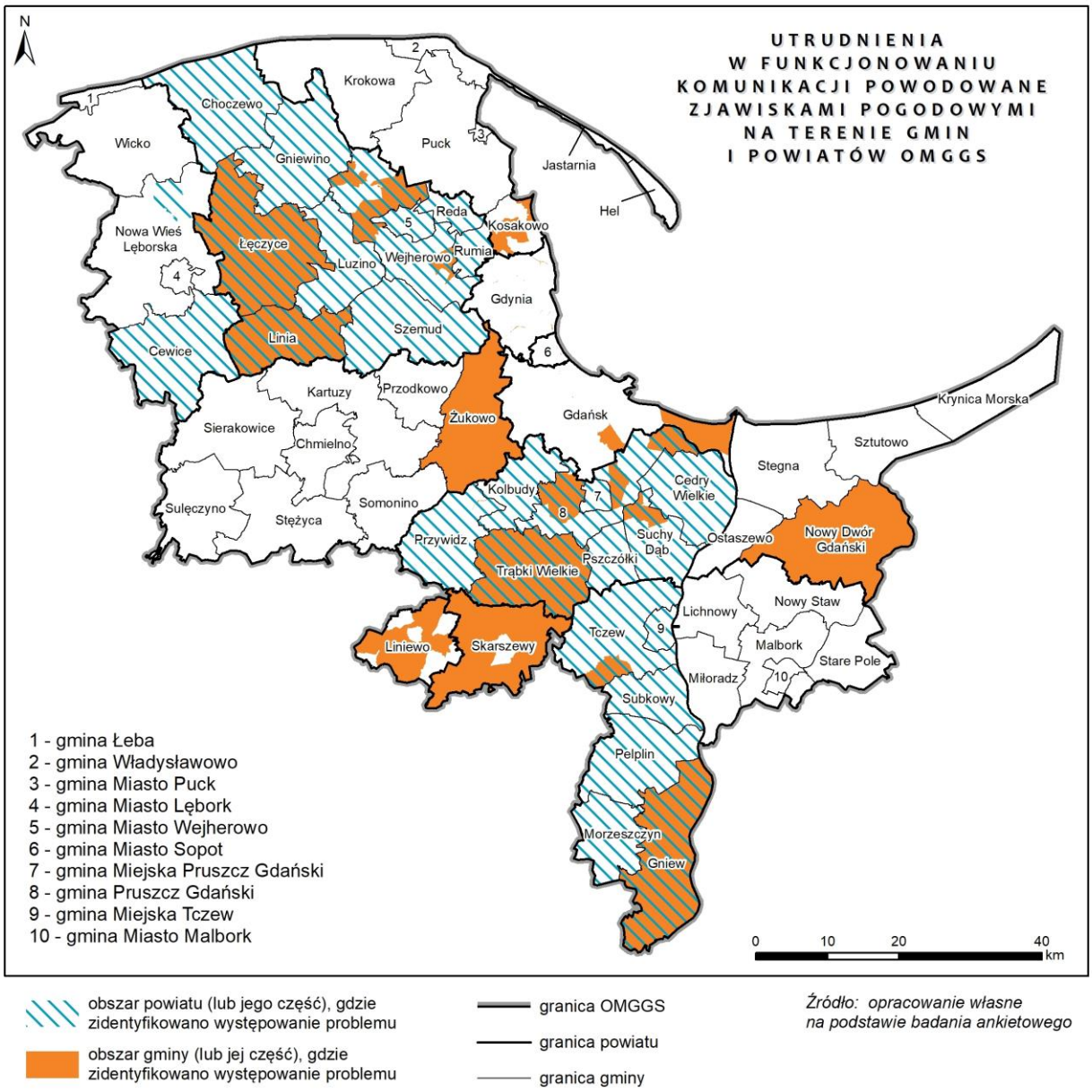
1. wzrost wrażliwości sektora powodowany jego rozwojem przestrzennym i intensyfikacją przemieszczeń,

2. spadek odporności aktualnych rozwiązań transportowych powodowany wiekiem infrastruktury lub lukami w logistyce.

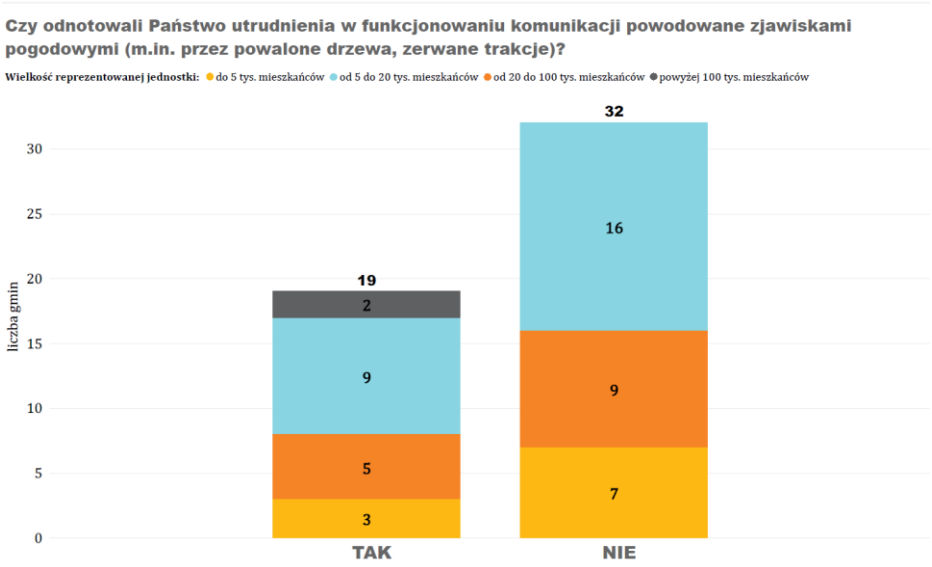
Wskazane problemy są powiązane z tendencjami notowanymi na obszarze OMGGS. Obserwuje się stały wzrost zapotrzebowania na podróże, których głównym kierunkiem jest rdzeń obszaru (Gdańsk-Gdynia-Sopot), przy jednoczesnym wyczerpywaniu się możliwości dostosowania zaplecza technicznego, ekonomicznego i logistycznego do potrzeb podróżujących. Pomimo zauważalnych ograniczeń, wskaźniki dostępności drogowej, kolejowej i transportu publicznego wykazują wzrost dla większości obszaru OMGGS. Wrażliwość na oddziaływanie klimatu w przypadku dostępności jest mierzona skalą potencjału infrastrukturalnego, w której skład wchodzi gęstość infrastruktury liniowej oraz punktowej w stosunku do wielkości obszaru (w tym przypadku: gminy). Jednostki o największym zagęszczeniu sieci drogowej to, oprócz Trójmiasta, gmina i miasto Puck, gmina i miasto Pruszcz Gdański oraz gmina Wejherowo. W przypadku sieci kolejowej są to powiat miasto Gdynia, powiat miasto Gdańsk oraz powiat malborski. Newralgiczność infrastruktury transportowej wzmacnia także rosnąca koncentracja miejsc pracy i usług w ośrodkach wyższego rzędu. Przyczynia się to do intensyfikacji podróży do tych ośrodków i powoduje wzrost wrażliwości sektora, która ujawnia się w zagrożeniu dużymi wahaniami dostępności czasowej w obrębie obszaru. Wrażliwość związana z wysokim stopniem powiązania komunikacyjnego dotyczy: gmin powiatu lęborskiego i kartuskiego, miasta i gminy Malbork oraz ośrodka Trójmiejskiego.

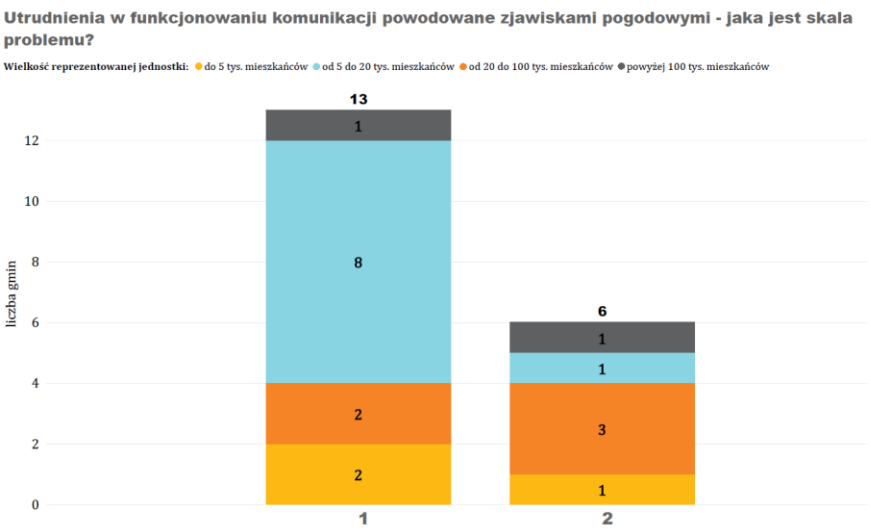
Na funkcjonowanie sieci transportowej obszaru OMGGS istotny wpływ mają zdarzenia pogodowe o charakterze ekstremalnym. Podobnie jak w przypadku analizy dostępności i przemieszczeń, na stopień wrażliwości sektora wpływ mają: gęstość usieciowienia, intensywność przemieszczeń (w tym liczba kursów międzygminnych transportu zbiorowego), a także rozmieszczenie punktowych elementów eksploatacyjnych ruchu pasażerskiego (przystanki, stacje kolejowe, węzły przesiadkowe). Badanie ankietowe przeprowadzone wśród samorządów wykazało, że zjawiska meteorologiczne miały dotychczas wpływ na sprawność infrastruktury i bezpieczeństwo użytkowników transportu. Na terenie 19 gmin odnotowano utrudnienia w funkcjonowaniu komunikacji powodowane zjawiskami pogodowymi (m.in. przez powalone drzewa czy zerwane trakcje). W przypadku większości z nich (13) wskazano, że utrudnienia te nie miały istotnego wpływu na wydatki Samorządu. Wysoce istotnego wpływu nie odnotowano w żadnej z gmin. W większości gmin, na terenie których odnotowano problem, podjęto działania zaradcze. Najczęściej wskazywano działania związane z przeglądem drzewostanu i w razie potrzeby – koniecznymi cięciami sanitarno-pielęgnacyjnymi (gmina Ostaszewo, gmina Skarszewy, gmina Trąbki Wielkie, gmina Kosakowo, gmina Łęczyce, gmina Pruszcz Gdański, gmina Linia). W gminie Mieście Wejherowa wskazano również na budowę zbiornika retencyjnego przy projektowaniu drogi, natomiast w gminie Wejherowo – budowę alternatywnych połączeń drogowych. Podejmowano również działania

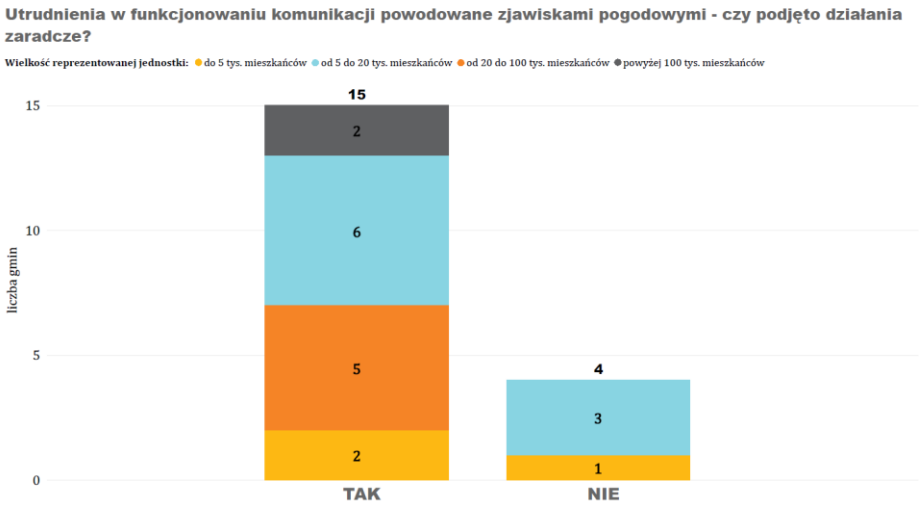
bezpośrednie, takie jak zapewnienie obsługi komunikacyjnej na liniach objętych utrudnieniami do czasu usunięcia awarii (miasto Gdynia), usunięcie powalonego drzewa (gmina Przywidz), czy powiadamianie koniecznych do usunięcia awarii służb (miasto Gdańsk). W mieście Sopot podjęto działania związane z monitorowaniem w trakcie większych opadów, natomiast w gminie Żukowo podejmuje się działania w zakresie bieżącego utrzymania dróg.



Ryc. 95 Lokalizacja odnotwanych przez Samorządy utrudnień w funkcjonowaniu komunikacji powodowanych zjawiskami pogodowymi na obszarze OMGGS

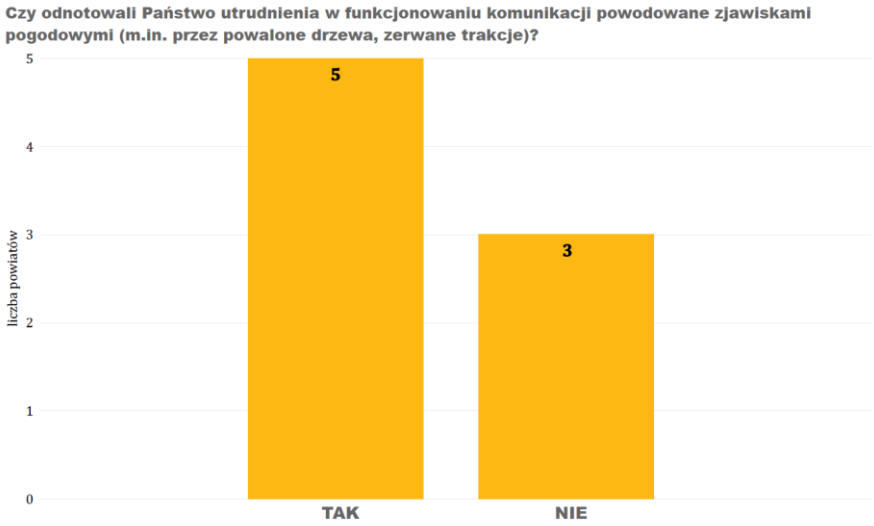






Ryc. 96 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – utrudnienia w funkcjonowaniu komunikacji powodowane zjawiskami meteorologicznymi

Utrudnienia w funkcjonowaniu komunikacji powodowane zjawiskami pogodowymi odnotowano w pięciu powiatach. W trzech z nich skalę problemu określono jako istotną, w przypadku pozostałych – jako mało istotną. W większości powiatów (4) podjęto działania zaradcze. Podobnie jak w przypadku gmin – była to przede wszystkim analiza drzewostanu i przeprowadzanie koniecznej wycinki (powiat gdański, powiat kartuski). W powicie lęborskim podjęto działanie bezpośrednie związane z powiadomieniem odpowiednich służb. Natomiast powiat tczewski nie wskazał jakie działania podjęto.







Ryc. 97 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród powiatów OMGGS – utrudnienia w funkcjonowaniu komunikacji powodowane zjawiskami meteorologicznymi

Korzystając z pozyskanych informacji o sektorze, z uwzględnieniem wpływu zmian klimatu na funkcjonowanie systemu transportowego OMGGS, przeprowadzono ocenę jego wrażliwości zgodnie z metodyką przedstawioną poniżej. Analizowano wskaźniki odpowiadające najistotniejszym elementom sektora w kontekście jego czterech rodzajów: drogowego, kolejowego, lotniczego, oraz wodnego. Wykorzystanie danych przestrzennych pozwoliło na ujęcie zarówno charakterystyki sieci w rozumieniu dostępności geograficznej (liniowo i punktowo), jak również pod kątem parametrów przemieszczeń (ruchliwości uczestników podróży oraz ilości kursów). W ocenie wrażliwości sektora brano pod uwagę wskaźniki:

- gęstość sieci drogowej wyrażoną w stosunku długości dróg do powierzchni gminy,
- gęstość sieci kolejowej wyrażoną w stosunku długości czynnych linii kolejowych do powierzchni gminy,
- gęstość sieci dróg rowerowych wyrażoną w stosunku długości dróg rowerowych do powierzchni gminy,
- liczbę czynnych punktów eksploatacyjnych ruchu pasażerskiego (przystanki, stacje kolejowe, węzły przesiadkowe),
- liczbę portów i przystani morskich w rozumieniu określonych prawem miejsc nad morzem lub nad wodami wewnętrznymi przystosowanych dla jednostek pływających,
- liczbę regionalnych międzygminnych kursów autobusowych w dobie dnia powszedniego określoną za pomocą przedziałów wartości dla gmin,
- liczbę lotnisk z uwzględnieniem cywilnych, wojskowych i rejestrowanych,
- współczynnik przemieszczeń mieszkańców OMGGS uzyskany na podstawie badań przeprowadzonych w ramach Strategii Transportu i Mobilności OMGGS do 2030 r.[118].

Wskaźniki zostały zestawione z poszczególnymi zagrożeniami klimatycznymi, które na nie oddziałują, zgodnie z macierzą przedstawioną poniżej. Jednocześnie określano krytyczność wpływu danego zagrożenia na funkcjonowanie elementu, gdzie „+" oznacza utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" – ograniczenie funkcjonowania i „+++" – uniemożliwienie funkcjonowania.

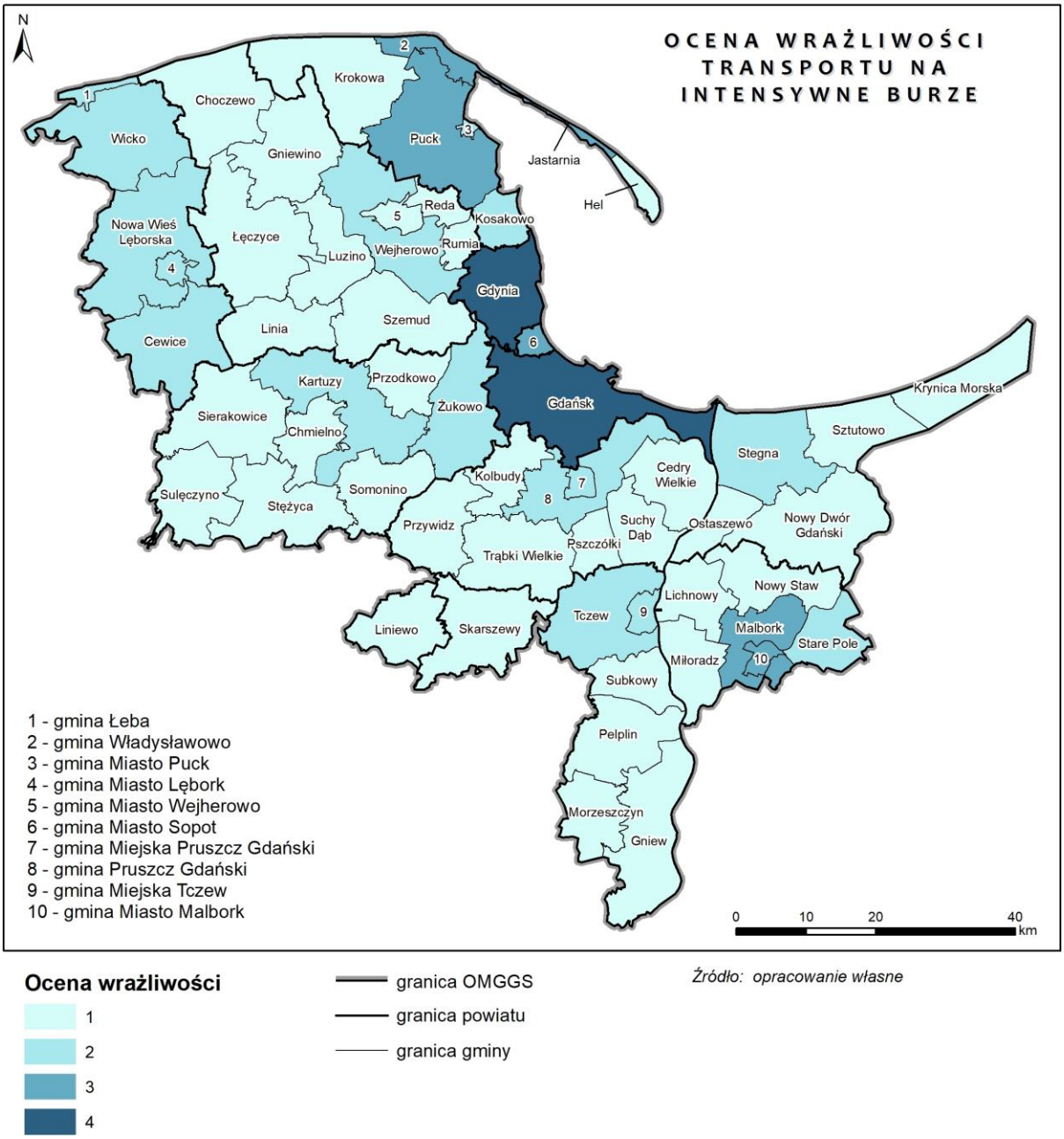
Tab. 9 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na sektor transportu na obszarze OMGGS

	INTENSYWNE BURZE	SILNE WIATRY	DESZCZE NAWALNE	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	PODTOPIENIA	POWODZIE
SIEĆ DROGOWA	++	+++	++	++	++	+++
SIEĆ KOLEJOWA	++	+++	++	++	++	+++
DROGI ROWEROWE				++	++	+++

[118] Obszar Metropolitalny Gdańsk-Gdynia-Sopot, 2015. Strategia Transportu i Mobilności Obszaru Metropolitalnego Do Roku 2030 (zał. 2).

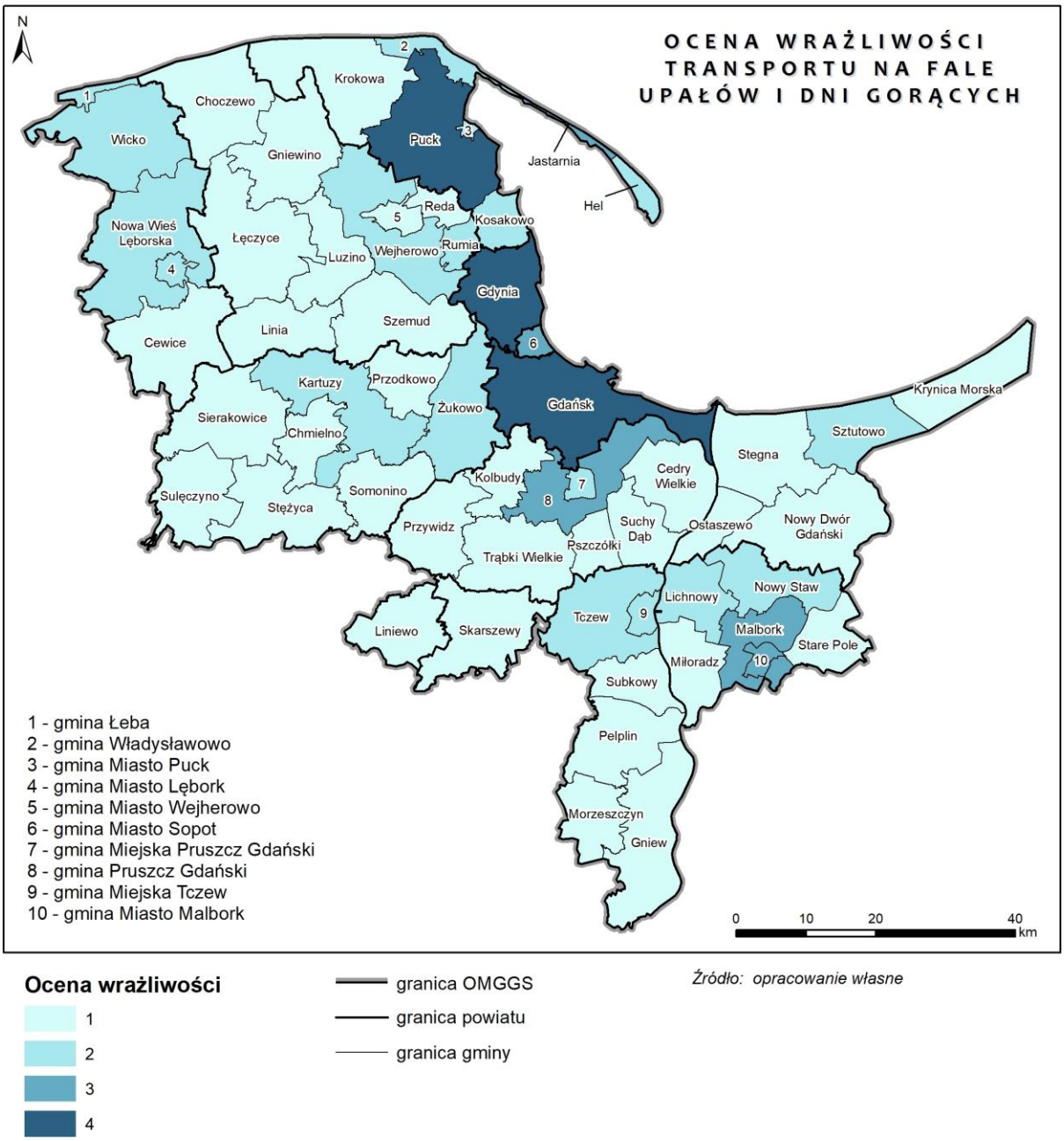
PUNKTY RUCHU PASAŻERSKIEGO	++	+++		++		
PORTY I PRZYSTANIE	++	+++		++		+++
KURSY KOMUNIKACJI ZBIOROWEJ (AUTOBUSOWE)	++		++	++	++	+++
LOTNISKA	++	+++				
PRZEMIESZCZENIA MIESZKAŃCÓW	++		++	++	++	+++

Zestawienie wskaźników sektorowych pozwoliło na określenie wrażliwości elementów systemu na zagrażające im czynniki klimatyczne. Miarę wrażliwości sektora w poszczególnych gminach wyznaczano na podstawie zestawienia w jeden wskaźnik poszczególnych wskaźników pośrednich, dobieranych w zestawy, w zależności od specyfiki czynnika klimatycznego. W analizie, jednemu parametrowi klimatu odpowiada jeden wskaźnik wrażliwości sektora transportu, przyjmujący odpowiednie wartości dla każdej z gmin OMGGS. Wskaźnik ten ujmuje informacje dotyczące każdego z rodzajów transportu rozpoznanych w ramach opracowania. Rozpoznana wrażliwość ma szczególne znaczenie w przypadku dwóch zagrożeń klimatycznych: fal upałów z dniami gorącymi oraz intensywnych burz. Zagrożenia te, będąc silnie powiązanymi z obserwowanymi w Polsce skutkami zmian klimatu, uznano za newralgiczne dla funkcjonowania transportu. Zwrócenie uwagi na wrażliwość na temperaturę ma również związek z nowym, dotąd mniej uciążliwym aspektem zaburzenia w komforcie termicznym podróżujących. Drugim, istotnie wpływającym na wzrost wrażliwości sektora zjawiskiem są intensywne burze. Tego typu ekstrema pogodowe, indukowane przez zmiany w układach ciśnień, są często powiązane z występowaniem silnych porywów wiatru, deszczy nawalnych oraz wyładowań atmosferycznych. Poprzez skalę zjawiska oraz jego potencjalny, niszczący wpływ na infrastrukturę, skutki oddziaływania są trudne do przewidzenia. Ponadto, następnikami zdarzeń burzowych są zwykle kolejne utrudnienia, wynikające z nich nie wprost (np. podtopienia). W przypadku oceny wrażliwości sektora na oddziaływanie intensywnych burz pod uwagę brano wskaźnik stworzony z danych o gęstości sieci drogowych i kolejowych, liczby punktowych obiektów obsługi pasażerów, liczba przystani i portów, lotnisk, oraz danych na temat intensywności przemieszczeń mieszkańców obszaru, co skutkowało rezultatem dla każdej z gmin widocznym na Ryc. 98. Obszary o wykazanej bardzo wysokiej wrażliwości to miasta Gdynia i Gdańsk. Wpłynął na to przede wszystkim ich stopień zagęszczenia sieci komunikacyjnej (w tym z komunikacji zbiorowej) w powiązaniu z relatywnie dużą ilości punktów eksploatacji ruchu pasażerskiego, a także intensywnością przemieszczeń. Wysoki stopień wrażliwości zidentyfikowano dla gmin: m. Sopot, Puck, Władysławowo gminy i miasta Jastarnia, a także dla miasta i gminy Malbork. Wynikało to ze względnie dużego zagęszczenia sieci transportowej obszarów oraz silnej zależności komunikacyjnej z Trójmiastem (w trzech pierwszych przypadkach) lub wysokiej zależności wewnętrznej gmina-miasto (w przypadku Malborka). Gminy ze zidentyfikowaną wrażliwością niską lub bardzo niską charakteryzowały się względnie niższym stopniem zagęszczenia sieci transportowej i klasyfikowane były pomiędzy tymi dwiema kategoriami głównie na postawie międzygminnej zależności w kursowaniu komunikacji publicznej oraz współczynnika przemieszczeń.



Ryc. 98 Ocena wrażliwości transportu na oddziaływanie intensywnych burz dla obszaru OMGGS

Analizując wrażliwość sektora na wpływ fal upałów i dni gorących do konstrukcji wskaźnika posłużono się szerokim zakresem danych, pomijając jedynie aspekty dotyczące ruchu lotniczego. Rozszerzone podejście do konstrukcji wskaźnika wynikało z połączenia technologicznej i społecznej wrażliwości obszaru. Rozkład wyników uzyskanych w gminach przedstawiony jest na Ryc. 99. Podobnie jak w przypadku oceny wrażliwości dla burzowych zjawisk ekstremalnych, miasta Gdańsk i Gdynia charakteryzują się bardzo wysokim wskaźnikiem wrażliwości. Do tych ośrodków miejskich dołączyła w zestawieniu gmina Puck poprzez zidentyfikowane cechy gęstości sieci komunikacyjnej, a także za sprawą strategicznego położenia w kontekście obsługi ruchu pasażerskiego. Wrażliwość określana jako wysoka dotyczy w tej analizie gmin o względnie wysokim stopniu zależności komunikacyjnej z rdzeniem obszaru (Trójmiasto).



Ryc. 99 Ocena wrażliwości transportu na oddziaływanie fal upałów i dni gorących dla obszaru OMGGS

Ocena wrażliwości dla późniejszego zestawienia z oddziaływaniem silnych wiatrów obejmowała zbiór danych wejściowych tożsamy z zestawem zaproponowanym dla wrażliwości sektora na burze, za wyjątkiem ujęcia informacji przemieszczeń w obrębie wskaźnika. Wysoka wrażliwość dotyczyła Gdyni i Gdańska, gdzie poziom usieciowienia i newralgiczność infrastruktury są największe na obszarze OMGGS. Wrażliwość w kontekście deszczy nawalnych została oceniona zarówno w wymiarze infrastrukturalnym (sieci) jak i społecznym (przemieszczenia), mając na uwadze specyfikę oddziaływania krótkotrwałych, intensywnych zdarzeń opadowych na transport. W przypadku tego zagrożenia klimatycznego bardzo wysoka wrażliwość dotyczy usieciowionych w dużym stopniu obszarów Gdyni, Gdańska, miasta i gminy Malbork, oraz gminy Puck. Wrażliwość transportu w stosunku do potencjalnego oddziaływania podtopień oraz powodzi w ujęciu wskaźnikowym opierała się na wskazaniu gmin o względnie wysokim zagęszczeniu sieci oraz dużej intensywności przemieszczeń. Podejście takie wynikało z powiązania obszarów silnie powiązanych komunikacyjnie, które posiadają newralgiczną infrastrukturę lub dogodne tranzytowo położenie, z odpowiadającym im wzrostem wrażliwości. Wskazano tym samym gminy, w których wysoki stopień usieciowienia ma swoje odzwierciedlenie w potencjalnej wrażliwości na zagrożenia związane

ze skutkami zmian klimatu. Wrażliwość na oddziaływanie podtopień jest tożsama z zagrożeniem analizowanym dla deszczy nawalnych jeśli chodzi o obszary z wskazanym bardzo wysokim wynikiem wskaźnika. Natomiast w przypadku zjawiska powodzi do grupy o najwyższym poziomie wrażliwości zaliczono także gminę Lichnowy położoną na obszarze Wielkich Żuław Malborskich.

4.5.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050

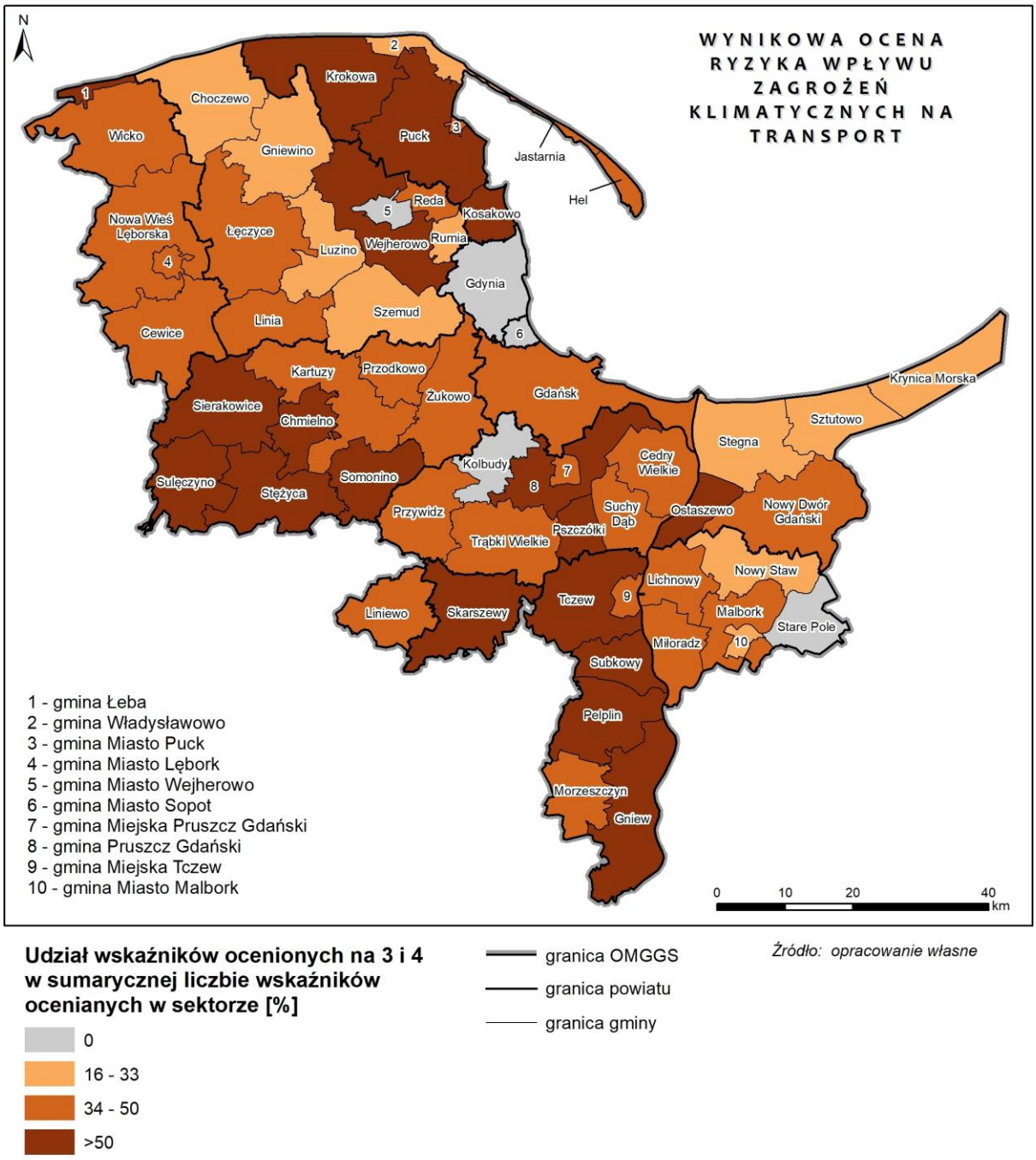
Analogicznie do metodyki oceny wrażliwości, ocena ryzyka była rozpatrywana łącznie dla sektora transportu z zachowaniem zestawów wskaźników opowiadających poszczególnym zagrożeniom klimatycznym. Ryzyko badano w kontekście wskazanych zagrożeń klimatycznych, tj. intensywnych burz, silnych wiatrów, deszczy nawalnych, fal upałów i dni gorących, podtopień, oraz powodzi. Jako najistotniejsze wskazano zagrożenia mające szeroki wpływ na sektor, w rozumieniu oddziaływania na każdy z jego podsektorów przy jednocześnie wykazanej krytyczności z zakresu ograniczenia lub uniemożliwienia funkcjonowania systemu transportowego. Stąd, skupino się na zagrożeniach wynikających z oddziaływania intensywnych burz oraz fal upałów i dni gorących.

Skala wpływu intensywnych burz na transport została wskazana poprzez zestawienie oceny wrażliwości sektora z obecnym zagrożeniem występowania zjawiska. Na obszarze OMGGS nie stwierdzono wpływu bardzo wysokiego. Natomiast miara wpływu o stopniu wysokim dotyczy gmin Cewice, Malbork oraz Tczew, w których zidentyfikowane zagrożenie oddziaływaniem ekstremów burzowych jest oceniane jako wysokie (gmina Malbork) i bardzo wysokie (gminy Cewice i Tczew). Wpływ niski wykazano dla 26 gmin, natomiast bardzo niski dla 31 samorządów. Wynikało to ze względnie niskiej wrażliwości obszarów na zagrożenie intensywnymi burzami. Następnie ocena rozszerzona została o informacje na temat potencjału adaptacyjnego gmin, aby uzyskać ocenę podatności sektora transportu w jednostkach. Podobnie jak w przypadku wpływu, nie wykazano bardzo wysokiej podatności. Z kolei ocena wysoka została przyznana 12 gminom. Trzy z nich (gminy Cewice, Malbork i Tczew) posiadały wysoki współczynnik wpływu burz na sektor przy jednocześnie wykazanym niskim (gmina Tczew) lub bardzo niskim (gminy Cewice i Malbork) potencjalne adaptacyjnym. Pozostałe 9 gmin (Przywidz, Sulęczyno, Nowa Wieś Lęborska, Wicko, Stare Pole, Subkowy, Morzeszczyn, gmina Wejherowo, oraz Liniewo) charakteryzują się bardzo niskim wskaźnikiem potencjału adaptacyjnego, co wpłynęło na ocenę podatności tych obszarów. W kolejnym kroku określono konsekwencje wystąpienia zjawisk burzowych z uwzględnieniem miary krytyczności wskazanej w podrozdziale 4.5.2. Ocena konsekwencji osiągnęła na obszarze OMGGS jedynie wartości z zakresu niskich (51 gmin) oraz bardzo niskich (9 gmin). Wynika to przede wszystkim z braku wykazanej bardzo wysokiej podatności wśród jednostek oraz z miary krytyczności określonej jako powodującej głównie lokalne utrudnienia w operacyjności sektora. Aby możliwe było określenie ostatecznego ryzyka oddziaływania intensywnych burz na transport posłużono się parametrem oceniającym prawdopodobieństwo wystąpienia ekstremów burzowych w horyzoncie 2050. W porównaniu z obecnym zagrożeniem, brak jest zmian w zestawieniu gmin po uwzględnieniu miary prawdopodobieństwa. Nie odnotowano ryzyka o stopniu bardzo wysokim. Ryzyko wysokie dotyczy 15 gmin: Cewice, Chmielno, Liniewo, Morzeszczyn, Przywidz, Sierakowice, Skarszewy, Somonino, Stężyca, Subkowy, Sulęczyno, Tczew (gmina), Trąbki Wielkie, miasto i gmina Gniew, miasto i gmina Pelplin. Jest to związane przede wszystkim z prognozowanym bardzo wysokim i wysokim prawdopodobieństwem negatywnego oddziaływania intensywnych burz w jednostkach, które charakteryzują się niskim lub bardzo niskim potencjałem adaptacyjnym.

Fale upałów i dni gorących odznaczyły się niskim (11 gmin) lub bardzo niskim (49 gmin) wpływem na sektor. Wynika to w dużym stopniu z dotychczasowego braku realnego zagrożenia dla systemu transportowego ze strony wzrostu temperatur. Jednakże, biorąc pod uwagę wyniki oceny potencjału adaptacyjnego jednostek OMGGS wysoka podatność została określona dla gmin Lichnowy, Nowa Wieś Lęborska oraz Wicko, dla których wykazano bardzo niski wskaźnik potencjału. W wynikach oceny konsekwencji (ujmując do wskaźnika miarę krytyczności) odnotowano 49 gmin z niskim i 11 gmin z bardzo niskim współczynnikiem. Miała na to wpływ krytyczność określona w tym przypadku jako generująca utrudnienia w transporcie. Prawdopodobieństwo wystąpienia zjawisk związanych z falami upałów i dni gorących wykazało bardzo wysoką ocenę dla 32 gmin, natomiast wysoką dla 25 jednostek. W perspektywie

2050 ekstremami temperaturowymi w stopniu wysokim lub bardzo wysokim jest objęty praktycznie cały obszar OMGGS (za wyjątkiem gminy miasta Hel oraz gmin Łeba i Władysławowo). Wpłynęło to na wynikową ocenę ryzyka, które, po uwzględnieniu prawdopodobieństwa, dotyczyło w stopniu wysokim 28 gmin obszaru OMGGS.

Ostateczna ocena ryzyka, obejmująca każde z zagrożeń priorytetowych w zestawieniu ze wskaźnikami opracowanymi dla sektora transportu przedstawiona jest na mapie poniżej. Bardzo wysoki stopień ryzyka wynikowego (>50% wskaźników ocenionych na 3 lub 4 dla wszystkich wskaźników ocenianych w sektorze) dotyczy 19 gmin. Są to obszary wykazujące się wysoką wrażliwością, która nie została skompensowana miarą potencjału adaptacyjnego. Ponadto, zależność komunikacyjna tych jednostek od rdzenia transportowego obszaru (Trójmiasto) generuje potencjalne negatywne skutki oddziaływania zagrożeń priorytetowych na intensywność przemieszczeń. Podobnymi zależnościami związane są gminy, które uzyskały wysoką ocenę ryzyka. W przypadku tych jednostek decydujące znaczenie miały: międzygminna więźba transportowa oraz względnie wysokie współczynniki usieciowienia (kolej i drogi). Wysoki lub bardzo wysoki potencjał adaptacyjny wpłynął na obniżenie wynikowej oceny ryzyka w gminach: Gdynia, Sopot, Kolbudy, gmina Miasta Wejherowa.



Ryc. 100 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na transport – obszary strategicznej interwencji

4.5.4 Podsumowanie

Analiza sektora transportowego dla obszaru OMGGS wykazała jego wielopoziomowe powiązanie ze wskazanymi zagrożeniami klimatycznymi. Do pewnego stopnia, każdy z analizowanych objawów zmian klimatu oddziałuje z podsektorami poddanymi analizie. Ocena wrażliwości wyłoniła gminy charakteryzujące się wysokimi wskaźnikami gęstości sieci, punktów infrastruktury pasażerskiej oraz względnie dużym natężeniem komunikacyjnej wymiany wewnątrz obszaru. Są to zurbanizowane obszary Trójmiasta oraz miasta: Puck, Władysławowo i Malbork. Finalna ocena ryzyka biorąca pod uwagę wielkości udziału ocen wskaźnikowych wykazała aż 45 gmin, które oceniane były wysoko lub bardzo wysoko. Podstawowym czynnikiem, który wpłynął na wzrost ryzyka sektorowego było powiązanie przyszłych, negatywnych zagrożeń (ocena prawdopodobieństwa) z niedostatkami w potencjale adaptacyjnym obszaru. Na magnitudę wskaźnika wynikowego miała także wpływ wskazana krytyczność

oddziaływania zagrożenia na elementy sektora. Należy jednak mieć na uwadze, że w miarę wzrostu usieciowienia systemu transportowego (również w zakresie trendów w mobilności) miara krytyczności może, w lokalnie analizowanych przypadkach, ulec zwiększeniu.

Transport na obszarze OMGGS będzie musiał sprostać zarówno znanym skutkom zmian klimatu, które już obserwuje się w części gmin (podtopienia, deszcze nawalne), jak i tym, które prognozowane są jako przyszłe istotne ekstrema (fale upałów). W trakcie diagnozy sektora identyfikowano oddziaływanie zagrożeń pod kątem funkcjonowania infrastruktury technicznej, ale także brano pod uwagę socjalny aspekt przemieszczeń. Wobec obserwowanych trendów w mobilności skorelowanych z rosnącym zagęszczaniem się sieci transportowej OMGGS, zwraca się szczególną uwagę na wpływ ekstremalnych temperatur na sektor. W przypadku 28 gmin wykazano wysokie prawdopodobieństwo zaistnienia zagrożenia w przyszłości, podczas gdy dotychczasowe zagrożenie było identyfikowane jako niskie lub bardzo niskie. W miarę osiągania horyzontu 2050, negatywne oddziaływanie ze strony tych zjawisk będzie stale rosło. Ponadto, dodatkowym aspektem utrudniającym wprowadzanie skutecznych rozwiązań jest ponadlokalny wymiar zagrożenia oraz trudny do oszacowania czas jego trwania. Z drugiej strony, ekstrema nagłe i lokalne, takie jak intensywne burze, mogą mieć paraliżujące oddziaływanie nawet na zaawansowane technologicznie elementy transportu.

Szansą na poprawę odporności transportu są działania podejmowane w zakresie unowocześnienia infrastruktury technicznej, zarówno drogowej, jak i kolejowej. W dużych miastach obszaru, modernizacji ulega tabor komunikacji zbiorowej. Wprowadzane i testowane są także inteligentne rozwiązania w kierowaniu ruchem i logistyką transportu towarowego. Duży nacisk kładzie się więc na część infrastrukturalną sektora. Wobec tego, działania prowadzone na obszarze opracowania, które mają na celu unowocześnienie sektora, są przede wszystkim odpowiedzią na rozpoznane, długofalowo oddziałujące skutki zmian klimatu. Jednocześnie nadal odczuwalne są problemy z przepustowością newralgicznych węzłów przeładunkowych na styku transportu kołowego i kolejowego, a także obsługi komunikacyjnej portów morskich. Rosnący stale udział pojazdów motoryzacji indywidualnej generuje uciążliwości wewnątrz miast oraz na drogach obsługujących je z gmin ościennych. W połączeniu z wymienionymi problemami wzrasta zagrożenie od strony zdarzeń ekstremalnych. Przykładem są analizowane w niniejszej diagnozie burze, których następnikami są często nagłe ekstremalne zdarzenia wietrzne i opadowe, generujące kaskadowo kolejne komplikacje oddziałujące na długo po ustaniu zjawiska. Brak istotnych zmian w perspektywie 2050 pod względem zdarzeń burzowych jest związany głównie z trudnościami jakie napotykają modele w ramach tak skomplikowanych zjawisk pogodowych. Niebagatelne znaczenie dla wzrostu odporności transportu na całości obszaru będzie miało sukcesywne zwiększanie potencjału adaptacyjnego gmin, który pozwoli na bardziej elastyczną reakcję (ang. *bounce-back reaction*) systemu komunikacji wobec ekstremów klimatycznych.

4.6 Energetyka

4.6.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu

Sektor energetyki z jednej strony odpowiedzialny jest za większą część światowej emisji gazów cieplarnianych, z drugiej natomiast – zarówno podaż, jak i popyt na energię są w znacznym stopniu wrażliwe na skutki zmian klimatu[119]. Wpływ zmian klimatu na ten sektor jest wielowymiarowy i powinien być analizowany w kilku aspektach:

- wpływu zmian klimatu na dystrybucję energii elektrycznej,
- oddziaływania poszczególnych zagrożeń związanych ze zmianami klimatu na możliwości wytwarzania energii zarówno ze źródeł konwencjonalnych, jak i odnawialnych,
- zmian w zakresie zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło.

[119] Füssel, H.-M., Jol, A., Kurnik, B., Hemming, D., 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012: an indicator-based report., EEA Report. https://doi.org/10.2800/66071

Wszystkie z wymienionych aspektów wpływają w dalszej perspektywie na możliwości zachowania bezpieczeństwa energetycznego, czyli zapewnienia ciągłości dostaw energii na analizowanym obszarze.

Dystrybucja energii elektrycznej zazwyczaj odbywa się na odcinku wielu kilometrów, stąd w znacznym stopniu narażona jest na ekstremalne zjawiska powiązane ze zmianą klimatu. W przypadku tego podsystemu sektora energetyki, do głównych zagrożeń zalicza się silne wiatry, burze oraz towarzyszące im wyładowania atmosferyczne, a także oblodzenie sieci przesyłowych[120,121]. Przy czym, na zagrożenia te narażone są jedynie linie napowietrzne – sieci skablowane pozostają odporne na warunki atmosferyczne. Podobnie jest w przypadku sieci ciepłowniczych, które nie są wrażliwe na zmiany klimatu. Zerwanie sieci energetycznych wywołanych zjawiskami ekstremalnymi (bezpośrednio lub m.in. przez powalone drzewa) prowadzić może do przerw w dostawie energii elektrycznej, zwiększając awaryjność sieci i wpływając tym samym pośrednio na zachwianie bilansu energetycznego. Awaryjność sieci zwiększa również ich słaby stan techniczny, związany przede wszystkim z ich wiekiem. W przypadku oblodzenia sieci, najbardziej niebezpieczne jest wahanie temperatury około 0°C przy jednoczesnym występowaniu opadu. Przewiduje się, że wraz ze wzrostem średniej temperatury zimą, przejścia ta będą występować częściej, narażając sieci na zerwanie[122].

Poszczególne zagrożenia klimatyczne wpływają również na funkcjonowanie elektrowni, zarówno konwencjonalnych, jak i odnawialnych. W przypadku technologii wytwarzania ciepła – wpływ warunków klimatycznych jest pomijalny.
W przypadku elektrowni zasilanych paliwami kopalnymi, wpływ zmian klimatu warunkowany jest rodzajem stosowanej technologii. W Polsce ponad 90% energii elektrycznej wytwarzana jest w blokach parowych zasilanych węglem. Pozostałe to układy gazowo-parowe zasilane gazem. W obu przypadkach szczególnie istotna jest dostępność wody do chłodzenia, która w warunkach zmiany klimatu może być zakłócana w wyniku dużej zmienności opadów i związanych z tym suszy i powodzi, prowadzących do pojawiania się skrajnych stanów wody na rzekach. Jednocześnie wzrost temperatury wody do chłodzenia może warunkować konieczność obniżenia sprawności elektrowni. Podobna sytuacja występuje w przypadku elektrowni jądrowych. Wpływ zmiany klimatu jest również zróżnicowany w zależności od technologii chłodzenia. W przypadku chłodzenia w obiegu otwartym (wodą z rzeki lub z zespołu jezior), woda zużyta na chłodzenie odprowadzana jest ponownie do rzeki lub jeziora. Gdy stan wody w nich jest niski – konieczne jest obniżenie mocy siłowni, by nie przekraczać dopuszczalnej temperatury wody w zbiorniku (zużyta woda traktowana jest jako „zanieczyszczenie termiczne"). W przypadku układu gazowo-parowego sprawność zależy dodatkowo od temperatury powietrza, które jest wykorzystywane do spalania paliwa. Gdy temperatura rośnie, następuje wzrost pracy potrzebnej do sprężenia powietrza, co dalej prowadzi do obniżenia sprawności elektrowni[123].

W przypadku energetyki odnawialnej, wpływ poszczególnych zagrożeń związanych ze zmianą klimatu uzależniony jest od rozważanego rodzaju energetyki OZE. Wyróżnia się:

- energetykę słoneczną cieplną,
- energetykę fotowoltaiczną,
- energetykę wiatrową,
- energetykę związaną z wytwarzaniem biomasy,
- energetykę związaną z wykorzystaniem energii zawartej w otoczeniu zewnętrznym za pośrednictwem pomp ciepła,
- energetykę geotermalną.

---

[120] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna Ministerstwa Klimatu i Środowiska [WWW Document]. URL https://www.gov.pl/web/klimat/osuwiska

[121] Schaeffer, R., Szklo, A.S., Pereira de Lucena, A.F., Moreira Cesar Borba, B.S., Pupo Nogueira, L.P., Fleming, F.P., Troccoli, A., Harrison, M., Boulahya, M.S., 2012. Energy sector vulnerability to climate change: A review. Energy. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.056

[122] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna…

[123] tamże

Zmiany klimatu wpływają na dostępność danego rodzaju OZE, jego wydajność energetyczną, a także na jego niezawodność i trwałość.
W przypadku energetyki słonecznej cieplnej, wpływ zmian klimatu jest raczej korzystny. Wzrost temperatury oraz długotrwałe nasłonecznienie wpływają pozytywnie na możliwości wytwarzania energii. Jednak w przypadku dużych instalacji wolnostojących, długotrwałe fale upałów mogą skutkować technicznym zużyciem systemu, podobnie jak duże nasłonecznienie, mogące prowadzić do przegrzania się instalacji, ostatecznie skutkując zmniejszeniem wydajności energetycznej. Negatywny wpływ będą miały również długotrwałe opady deszczu, czy śniegu, których konsekwencją jest długotrwałe zachmurzenie. Jedynie opady krótkotrwałe wpływają pozytywnie poprzez oczyszczanie odbiornika energii. W przypadku dużych instalacji wiatr o dużej prędkości wpływa negatywnie, prowadząc do wzrostu strat ciepła na powierzchni odbiornika.

W przypadku instalacji fotowoltaicznych, wpływ rosnącej temperatury jest odmienny niż w przypadku energetyki słonecznej cieplnej. Wzrost temperatury prowadzi do zmniejszenia sprawności ogniw. Jednocześnie wiatr, nawet ten silny i długotrwały, będzie miał wpływ pozytywny, zwiększając konwekcyjne chłodzenie. Krótkotrwały deszcz, podobnie jak w przypadku instalacji energetyki słonecznej cieplnej, pełni funkcje czyszczące, natomiast długotrwały, wiążący się z dużym zachmurzeniem, ogranicza wydajność ogniw fotowoltaicznych.
W przypadku energetyki wiatrowej, najistotniejszym czynnikiem jest prędkość wiatru oraz czas jego występowania. Wiatraki swoją maksymalną moc uzyskują przy prędkości wiatru około 12 m/s. Dolna granica prędkości wiatru, przy której są w stanie pracować, wynosi około 3/5 m/s, natomiast górna około 15 m/s. Największym zagrożeniem związanym ze zmianą klimatu jest stagnacja powietrza i długotrwałe okresy bezwietrzne, przy których praca elektrowni wiatrowych nie jest możliwa. Negatywny wpływ na turbiny wiatrowe mają również długotrwałe mrozy, a także opady deszczu przechłodzonego (przy temperaturze powietrza około 0°C), prowadzące do ich oblodzenia.
Energetyka wodna uzależniona jest od funkcjonowania całego systemu gospodarki wodnej. Długotrwałe okresy bezopadowe, prowadzące do zmniejszenia poziomu wody w rzekach, prowadzą do ograniczenia lub nawet uniemożliwienia funkcjonowania elektrowni. Podobnie negatywny wpływ mają długotrwałe deszcze powodujące powodzie.
Energetyka związana z wytwarzaniem biomasy jest przede wszystkim uzależniona od okresu wegetacyjnego, który wraz ze wzrostem temperatury ma się wydłużać, stąd zmiana klimatu w tym przypadku może przynieść potencjalnie korzystny skutek.
Energetyka geotermalna głęboka jest niezależna od warunków klimatycznych. Na energetykę geotermalną płytką wpływa mają takie czynniki jak: temperatura zewnętrzna, temperatura gruntu oraz wody. Wysoka temperatura i duże nasłonecznienie mają wpływ pozytywny na jakość cieplną gruntu, natomiast wzrost wilgotności gruntu poprawia warunki odbioru ciepła. Na funkcjonowanie energetyki geotermalnej płytkiej negatywny wpływ ma jedynie ujemna temperatura powietrza, a przede wszystkim długotrwałe mrozy, prowadzące do przemarzania gruntu[124].

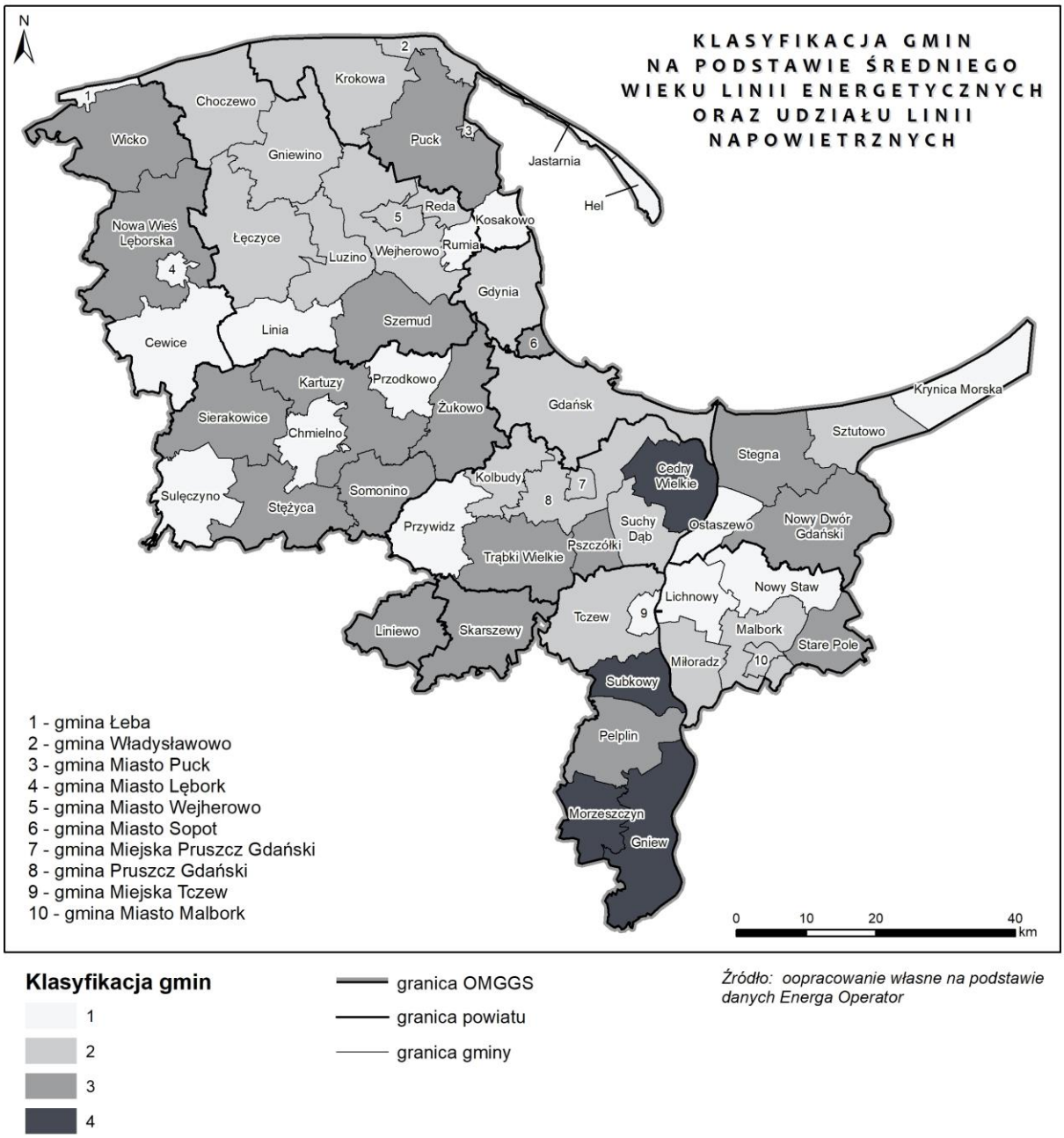
Wraz ze zmianą klimatu zmienia się również zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepło. W Polsce w ostatnich latach obserwuje się stopniowy wzrost zapotrzebowania na moc i energię elektryczną w ciągu roku, a także zmniejszanie się różnic w zapotrzebowaniu na energię elektryczną latem i zimą. Jest to związane w znacznej mierze ze wzrostem zamożności społeczeństwa skutkującym większym zapotrzebowaniem na utrzymanie komfortu termicznego latem. Założyć można, że wraz ze wzrostem temperatury latem, zapotrzebowanie na energię elektryczną będzie rosło. Jednocześnie w przypadku zapotrzebowania na ciepło – spodziewać się można jego utrzymania lub spadku. W perspektywie do 2070 r. przewiduje się, że dla Polski zapotrzebowanie na ciepło wymiarowane liczbą stopniodni będzie się zmniejszać. Będzie to przede wszystkim korzystne dla scentralizowanych systemów ciepłowniczych

[124] tamże

w związku ze zmniejszeniem dysproporcji w zapotrzebowaniu na ciepło latem i zimą. Z drugiej strony, z roku na rok wzrasta powierzchnia mieszkań, stąd powierzchnia konieczna do ogrzania również rośnie.

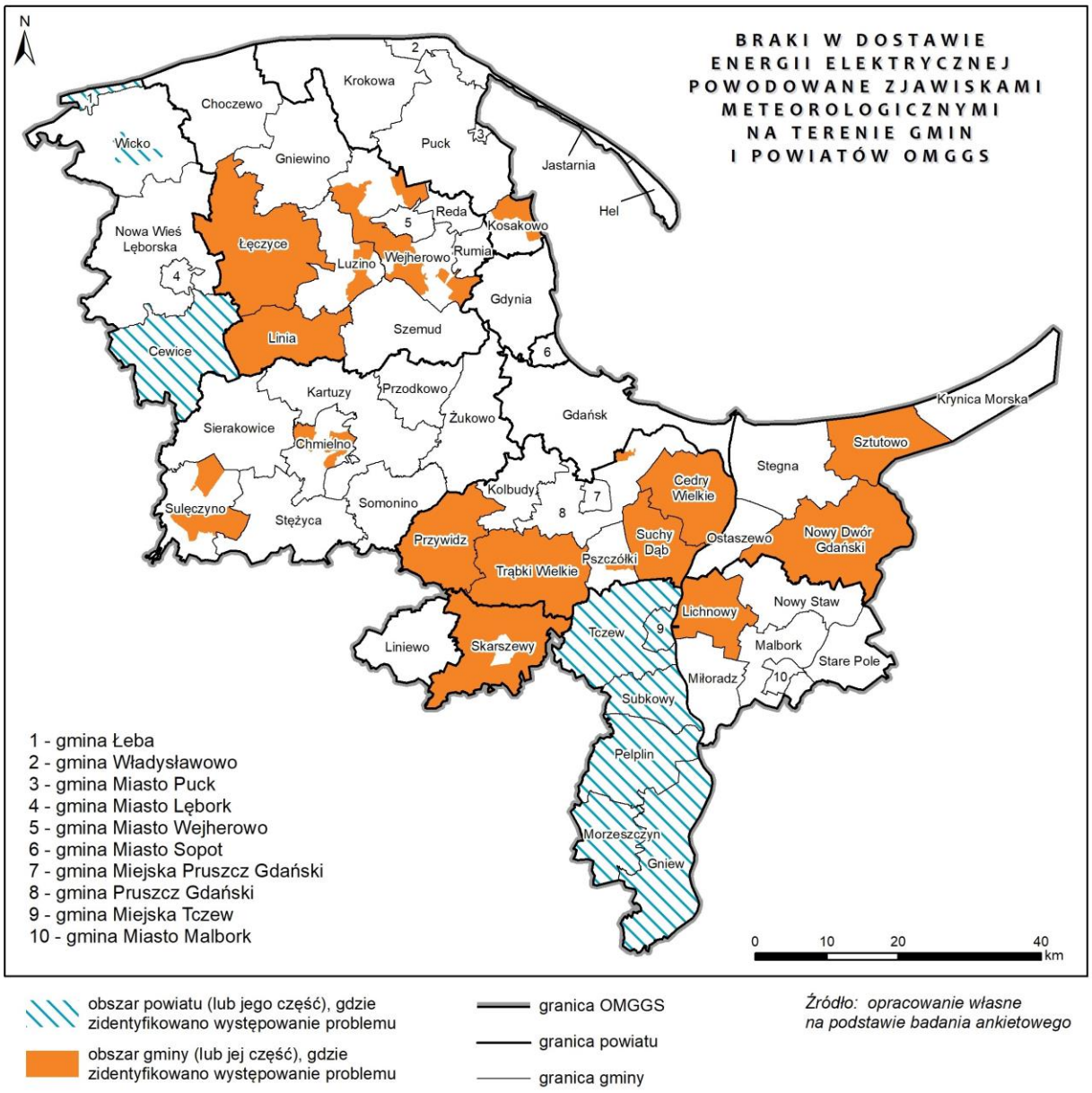
4.6.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS

W przypadku sektora energetyki, najważniejsza jest ocena, czy prognozowane zmiany klimatu mogą doprowadzić do przerwania ciągłości dostaw energii, a dalej do zachwiania bezpieczeństwa energetycznego analizowanego obszaru. W przypadku OMGGS jednym z głównych problemów w tym kontekście jest brak dużych, systemowych źródeł energii elektrycznej, co warunkuje konieczność pozyskiwania energii ze źródeł zewnętrznych. Jest to szczególnie niebezpieczne, gdy wraz ze zmianami klimatu, wydajność niektórych ze źródeł energii, zwłaszcza tych niestabilnych, może maleć (patrz rozdział 4.6.1). Kolejnym są zagrożenia związane ze stratami energii elektrycznej podczas jej przesyłu oraz w związku z awaryjnością sieci. Na obszarze OMGGS stan techniczny linii określa się jako dobry, jednak wiele z nich charakteryzuje się znaczną leciwością. Na Ryc. 101 przedstawiono klasyfikację gmin na podstawie średniego wieku linii napowietrznych oraz ich udziału w całkowitej długości linii, gdzie liczbą 1 oznaczono gminy o najmniejszej wrażliwości w tym zakresie, natomiast 4 – gminy o największym narażeniu związanym z leciwością i długością sieci napowietrznych. Największą wrażliwością w tym zakresie charakteryzują się gminy powiatu tczewskiego: Subkowy, Morzeszczyn, miasto i gmina Gniew oraz gmina Cedry Wielkie.



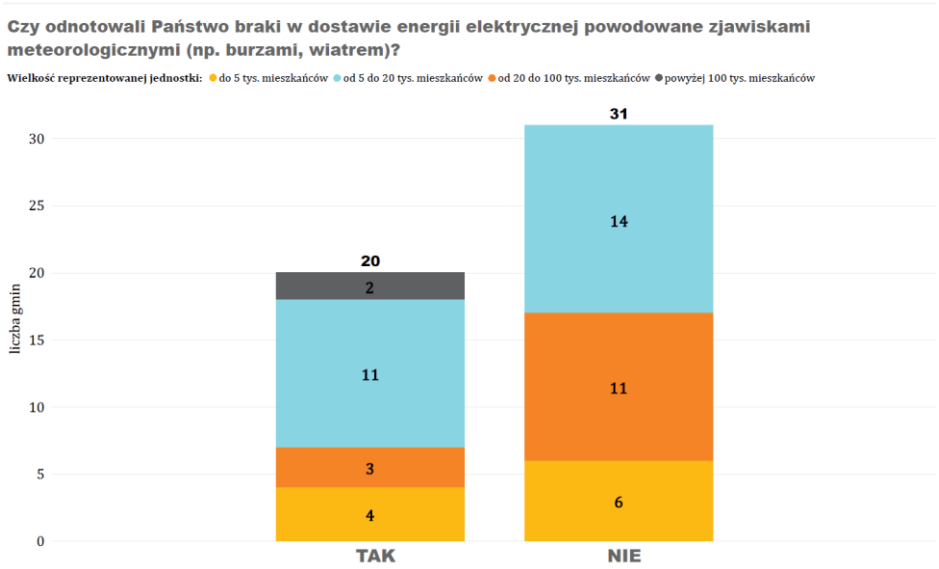
Ryc. 101 Klasyfikacja gmin na podstawie średniego wieku linii energetycznych oraz udziału linii napowietrznych

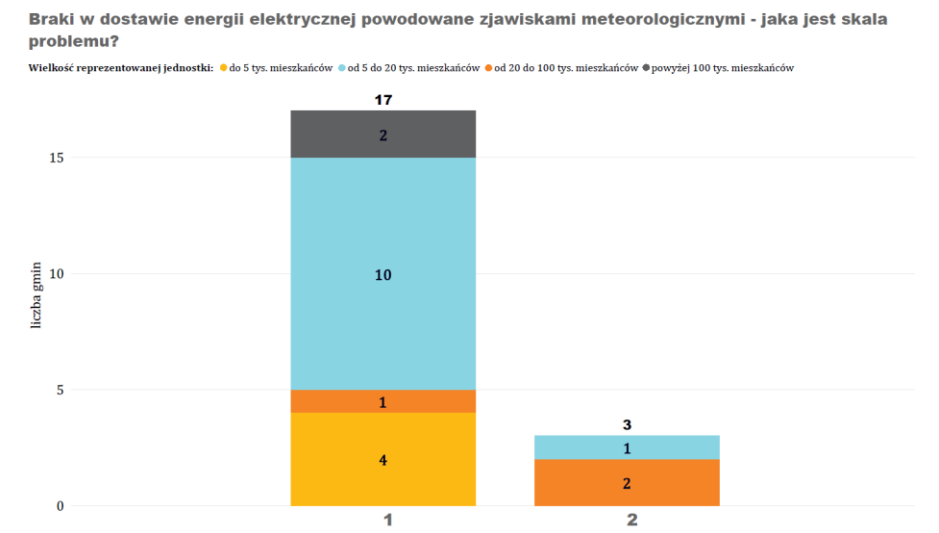
Kolejnym zagrożeniem jest promienisty układ sieci oraz długie ciągi linii 110 kV, gdzie ryzyko awarii wzrasta. Jednocześnie, na obszarze OMGGS występuje wysoki udział sieci napowietrznych, które narażone są na zerwanie w wyniku nasilenia zjawisk ekstremalnych. Jednocześnie znaczna część tych linii przebiega przez tereny leśne, gdzie ryzyko uszkodzenia sieci rośnie m.in. podczas występowania silnych wiatrów czy burz i towarzyszących im wyładowań atmosferycznych. Zgodnie z wynikami badania ankietowego przeprowadzonego na potrzeby niniejszego opracowania, braki w dostawie energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi odnotowane zostały w części powiatów i gmin wchodzących w skład OMGGS (Ryc. 102). Poniższa mapa przedstawia lokalizacje tych utrudnień wskazane przez poszczególne Samorządy.

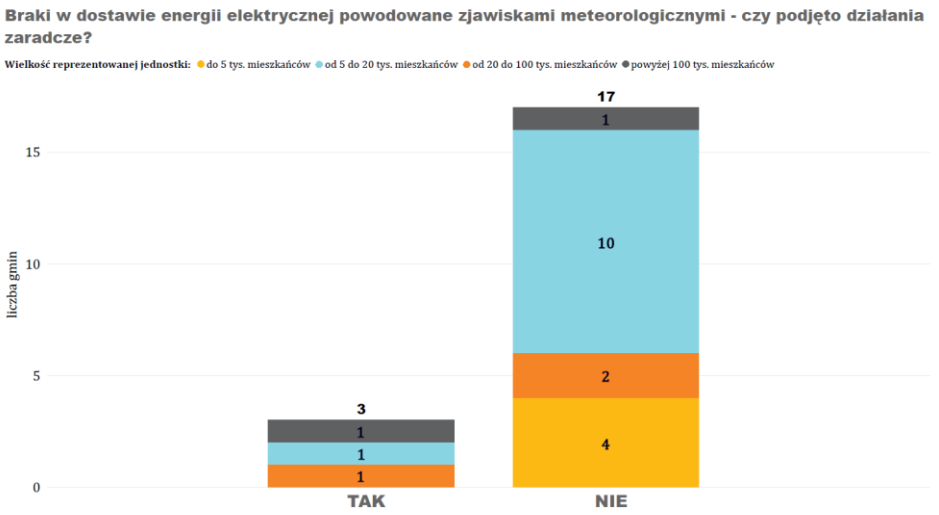


Ryc. 102 Lokalizacja odnotwanych przez Samorządy braków w dostawie energii elektrycznej na obszarze OMGGS

Braki w dostawie energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi, takimi jak m.in. burze czy wiatry, odnotowano w 20 gminach. Większość z nich (17) stwierdziła jednak, że problem ten nie miał istotnego wpływu na wydatki Samorządu, a tylko 3 gminy uznały ten problem za istotny. Jedynie w trzech gminach podjęto działania zaradcze. W gminie Wejherowo podjęto działania zakrojone na szeroką skalę, obejmujące: zwrócenie się do firmy Energa o przesyłanie informacji o wyłączeniach energii elektrycznej na terenie Gminy, modernizację sieci energetycznych, ograniczenie linii napowietrznych, budowa radiowych rozłączników, zakup alternatywnych źródeł energii, urządzeń automatycznego uruchamiania agregatów prądotwórczych dla zasilania ujęć wody, budowę przyłączy do podłączania obiektów gminnych – szkoły, i urzędu; budowa stacji uzdatniania wody i przepompowni do zewnętrznego zasilania z przewoźnych agregatów prądotwórczych oraz budowę elektrowni fotowoltaicznych na dachach szkół (Orle, Gościcino) oraz urzędu Gminy Wejherowo. W gminie Kosakowo podjęto rozmowy oraz złożono wnioski o skablowanie linii przesyłowych, natomiast w mieście Gdynia opracowano i wdrożono procedurę informowania o awariach.



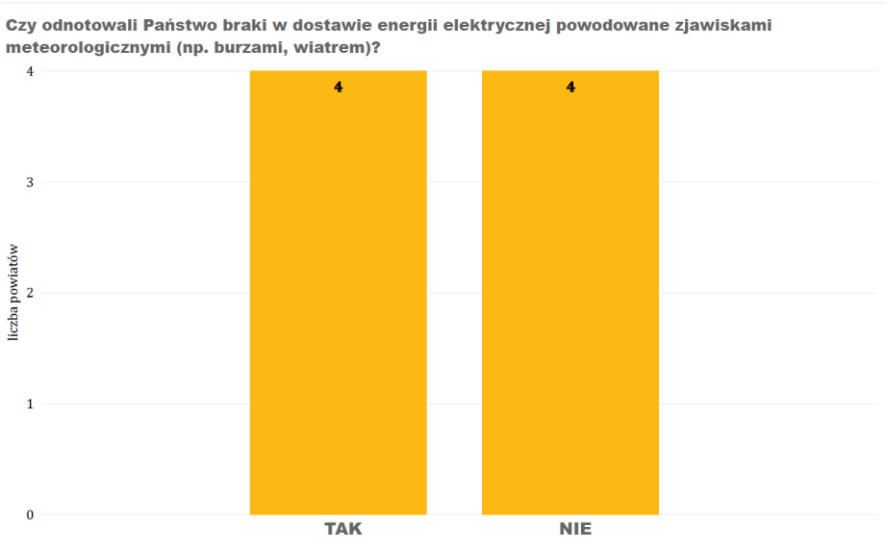


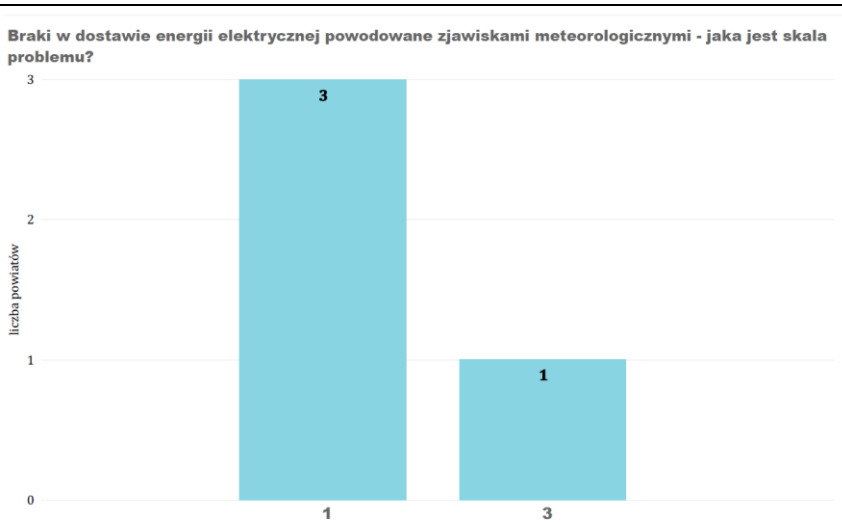


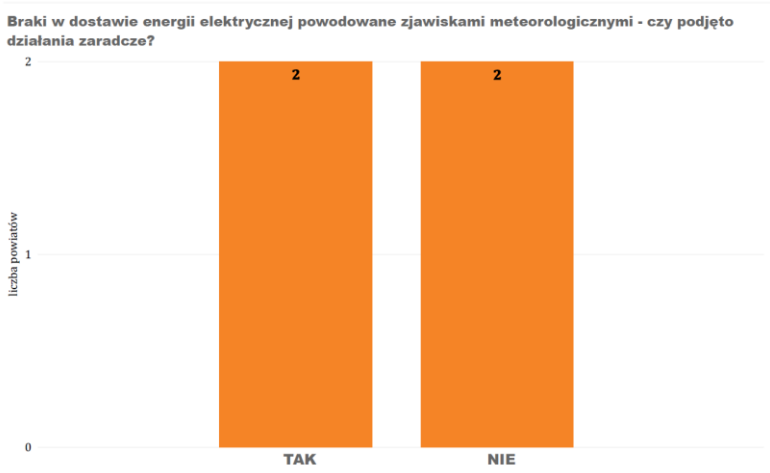
Ryc. 103 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – braki w dostawie energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi

Wśród ankietowanych powiatów, braki dostawy energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi odnotowano w 4 z nich. W 3 uznano skalę problemu za nieistotną dla wydatków

Samorządu, w jednym natomiast – powiecie kartuskim – jako wysoce istotną. W dwóch powiatach zdecydowano się podjąć działania zaradcze. W powiecie lęborskim podjęto działania bezpośrednie związane z poinformowaniem podmiotu odpowiedzialnego za dostawę energii, natomiast w powiecie nowodworskim skoncentrowano się na pomocy gminom w zgłaszaniu awarii.

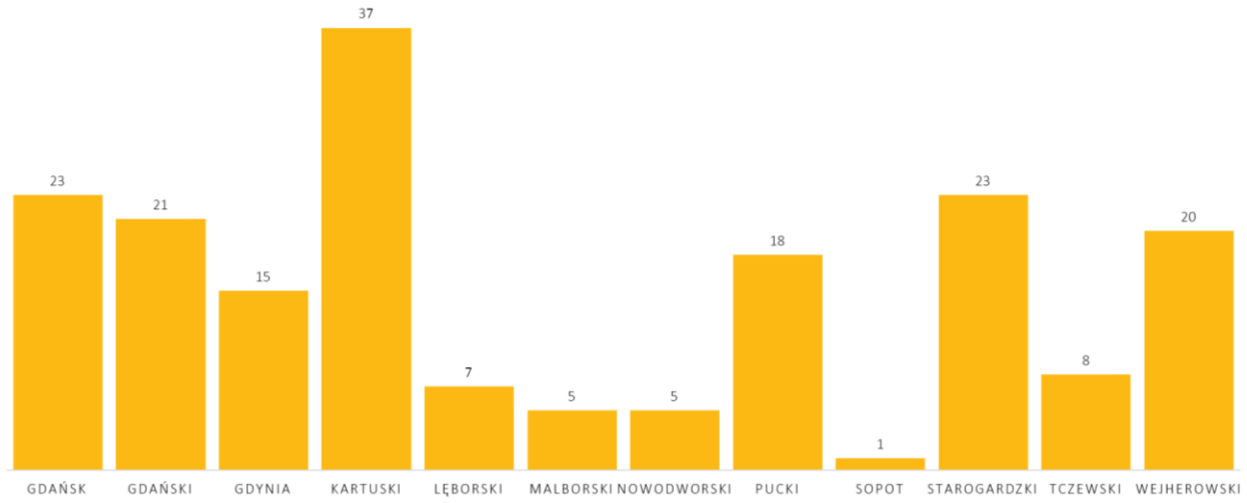




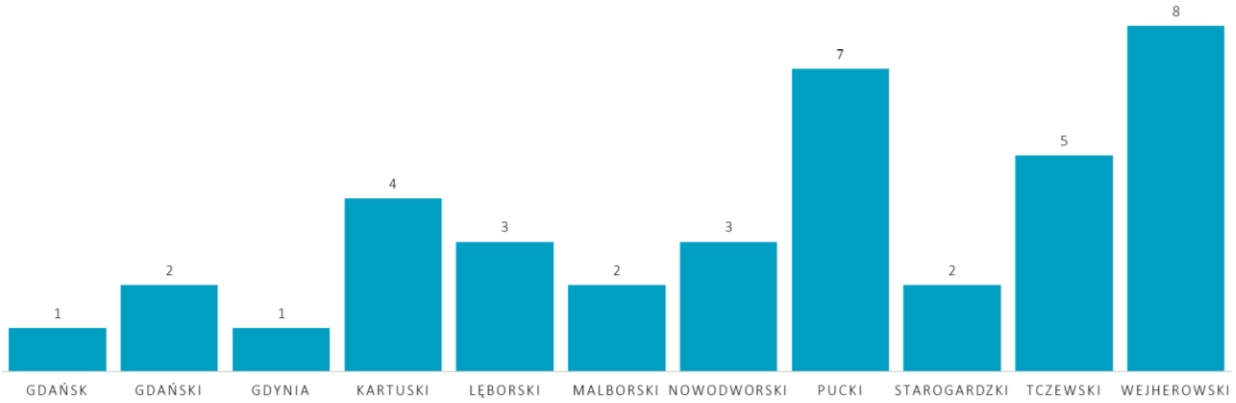


Ryc. 104 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród powiatów OMGGS – braki w dostawie energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi

Jednocześnie na obszarze OMGGS pojawia się coraz więcej źródeł energii odnawialnej. W tym wypadku nie bez znaczenia jest fakt, że na terenie województwa pomorskiego identyfikuje się wysoki potencjał dla rozwoju energetyki wiatrowej[125]; zauważa się również potencjał do rozwoju energetyki opartej o biomasę[126]. Na poniższych wykresach przedstawiono liczbę poszczególnych rodzajów elektrowni OZE w powiatach wchodzących w skład OMGGS.

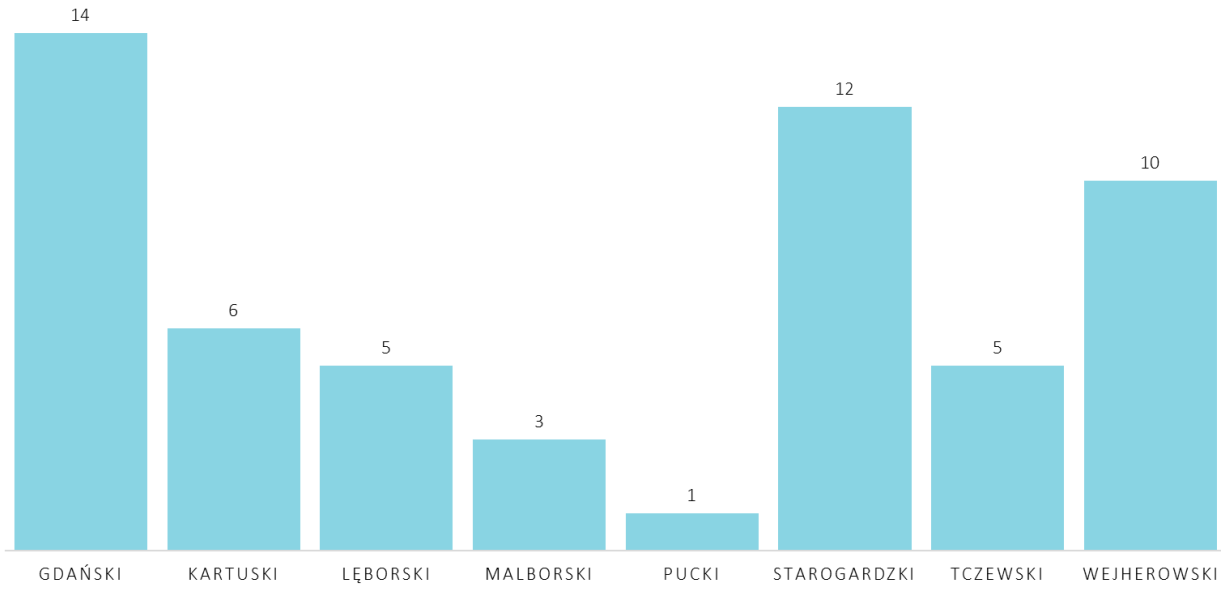


Ryc. 105 Liczba elektrowni słonecznych w powiatach będących członkami OMGGS
źródło: opracowanie własne na podstawie danych OSD Energa

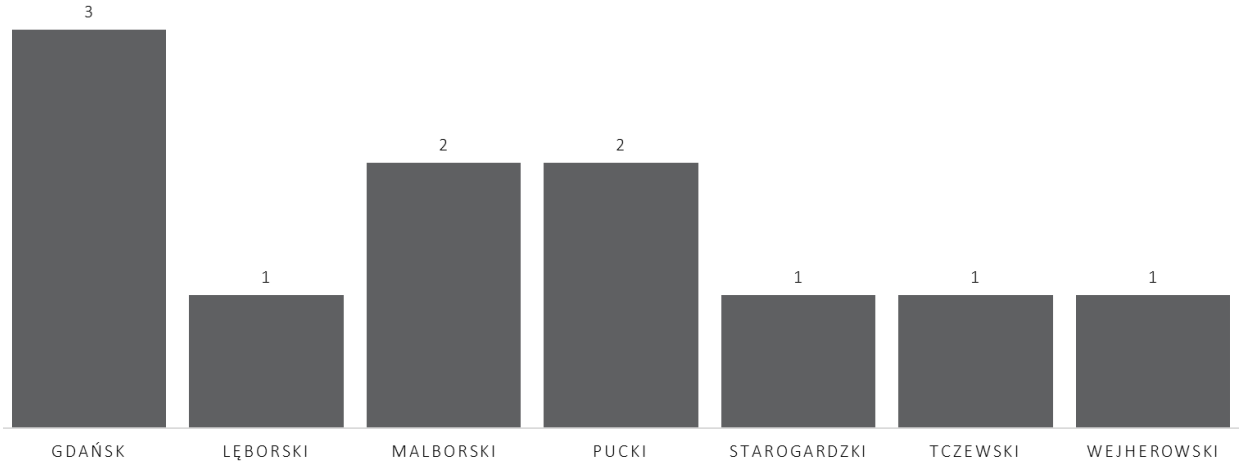


Ryc. 106 Liczba elektrowni wiatrowych w powiatach będących członkami OMGGS
źródło: opracowanie własne na podstawie danych OSD Energa

[125] Wiśniewski G., Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie odnawialnych źródeł energii - wnioski dla Regionalnych Programów Operacyjnych na okres programowania 2014-2020, Warszawa 2011.
[126] Gasidło K. (red.), Obszary metropolitalne i wielkie miasta a problem rozwoju i wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE), Katowice 2013.



Ryc. 107 Liczba elektrowni wodnych w powiatach będących członkami OMGGS
źródło: opracowanie własne na podstawie danych OSD Energa



Ryc. 108 Liczba biogazowni w powiatach będących członkami OMGGS
źródło: opracowanie własne na podstawie danych OSD Energa

Jeśli chodzi o energetykę cieplną to, jak wskazano w poprzednim podrozdziale, nie jest ona wysoce wrażliwa na zmiany klimatu. Jednocześnie wraz z prognozowaną zmianą klimatu, zapotrzebowanie na ciepło ma maleć lub utrzymać się na obecnym poziomie. Uwarunkowania te, wraz z obserwowaną rosnącą sprawnością wytwarzania energii cieplnej, powodują, że nie zakłada się znaczącego wpływu prognozowanych zmian klimatu na funkcjonowanie energetyki cieplnej na obszarze OMGGS.

Mając na uwadze powyższe uwarunkowania, a także wpływ zmian klimatu na funkcjonowanie sektora energetyki, przeprowadzono ocenę jego wrażliwości zgodnie z przyjętą metodyką.
Ocenę prowadzono rozdzielnie dla podsystemu sektora „dystrybucja energii" oraz „funkcjonowanie elektrowni". W przypadku podsystemu „dystrybucja energii" pod uwagę brano takie wskaźniki, jak:

- udział linii napowietrznych wysokiego, średniego i niskiego napięcia w całkowitej długości linii poszczególnych kategorii w gminie (w tym wypadku ocena była wagowana, przyjmując najwyższą wagę dla linii wysokiego, a najniższą dla linii niskiego napięcia),
- średni wiek linii napowietrznych wysokiego, średniego i niskiego napięcia (ocena wagowana, gdzie najwyższa waga została przyjęta dla linii wysokiego, a najniższa dla linii niskiego napięcia),

- awaryjność na podstawie wskaźników SAIDI i SAIFI w roku 2020 (w związku z tym, że nie każda przerwa w dostawie energii powodowana jest awarią sieci o charakterze katastrofalnym, waga tego wskaźnika została obniżona do 0,25),
- wynik badania ankietowego w zakresie skali problemu dla wskazanych braków w dostawie energii elektrycznej w związku ze zdarzeniami meteorologicznymi (w związku z niższą oceną wiarygodności dla wyników badania ankietowego – waga wskaźnika została obniżona do 0,5).

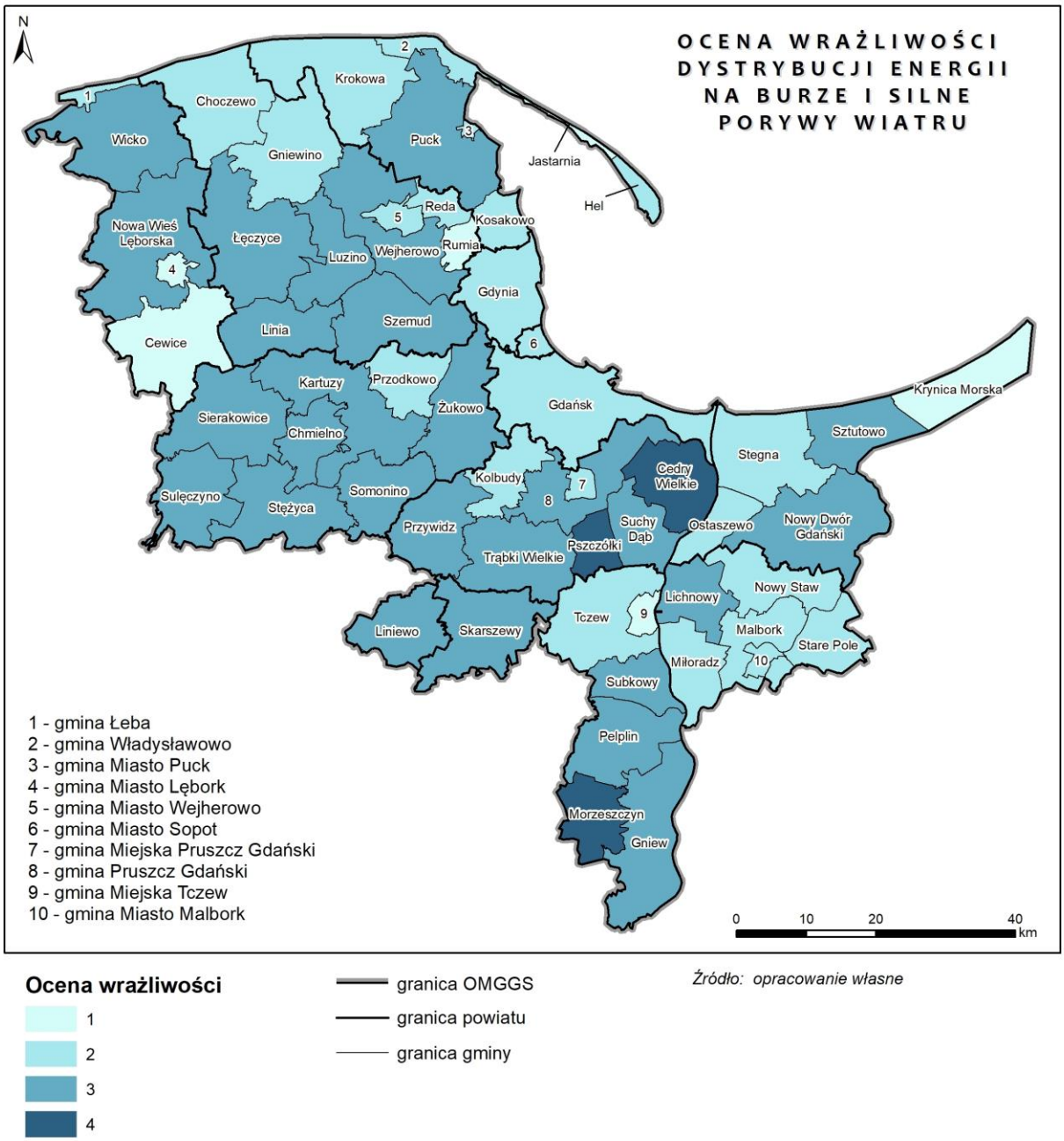
Wskaźniki dla obu podsektorów zestawione zostały z poszczególnymi zagrożeniami klimatycznymi, które mają na nie wpływ, zgodnie z macierzą przedstawioną poniżej. Jednocześnie określano krytyczność wpływu danego zagrożenia na funkcjonowanie podsystemu, gdzie „+" oznacza utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" – ograniczenie funkcjonowania i „+++" – uniemożliwienie funkcjonowania.

Tab. 10 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na sektor energetyki na obszarze OMGGS

		INTENSYWNE BURZE	SILNE WIATRY	DŁUGIE OKRESY BEZWIETRZNE	ZACHMURZENIE	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	SUSZE	POWODZIE
DYSTRYBUCJA ENERGII		++	++					
FUNKCJONOWANIE ELEKTROWNI	FUNKCJONOWANIE ELEKTROWNI SŁONECZNYCH				++			
	FUNKCJONOWANIE ELEKTROWNI WIATROWYCH			+++				
	FUNKCJONOWANIE ELEKTROWNI WODNYCH						++	++
	FUNKCJONOWANIE ELEKTROWNI KONWENCJONALNYCH					++	++	

źródło: opracowanie własne

Zestawienie wskaźników sektorowych pozwoliło na określenie wrażliwości podsektorów na zagrażające im czynniki klimatyczne. Na Ryc. 109 przedstawiono wynik oceny wrażliwości dla podsektora „dystrybucja energii".



Ryc. 109 Ocena wrażliwości podsektora „dystrybucja energii" na burze i silne porywy wiatru

W przypadku podsektora „funkcjonowanie elektrowni", z uwagi na ograniczoną dostępność danych, w przypadku elektrowni OZE brano pod uwagę liczbę elektrowni w poszczególnych powiatach (Ryc. 105 - Ryc. 108), która została oceniona względnie (gdzie wraz ze wzrostem liczby elektrowni wrażliwość wzrasta), a dalej ocena ta została przeniesiona na poszczególne gminy wchodzące w skład ocenianych powiatów.

W przypadku elektrowni konwencjonalnych brano pod uwagę ich dokładne lokalizacje, dodatkowo przyjmując wyższą wagę dla elektrowni określanych jako duże, w przypadku których ewentualna awaria niosłaby za sobą bardziej katastrofalne skutki niż w przypadku elektrowni małych i średnich. W związku z tym, że możliwość funkcjonowania elektrowni (zwłaszcza OZE) jest wysoce uzależnione od czynników klimatycznych, a w mniejszym stopniu od diagnozy wrażliwości sektora samego w sobie – w tym wypadku za istotniejszą niż ocena wrażliwości, uznaje się ocenę wpływu zagrożeń klimatycznych na funkcjonowanie poszczególnych rodzajów elektrowni, która została omówiona w kolejnym podrozdziale.

4.6.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050

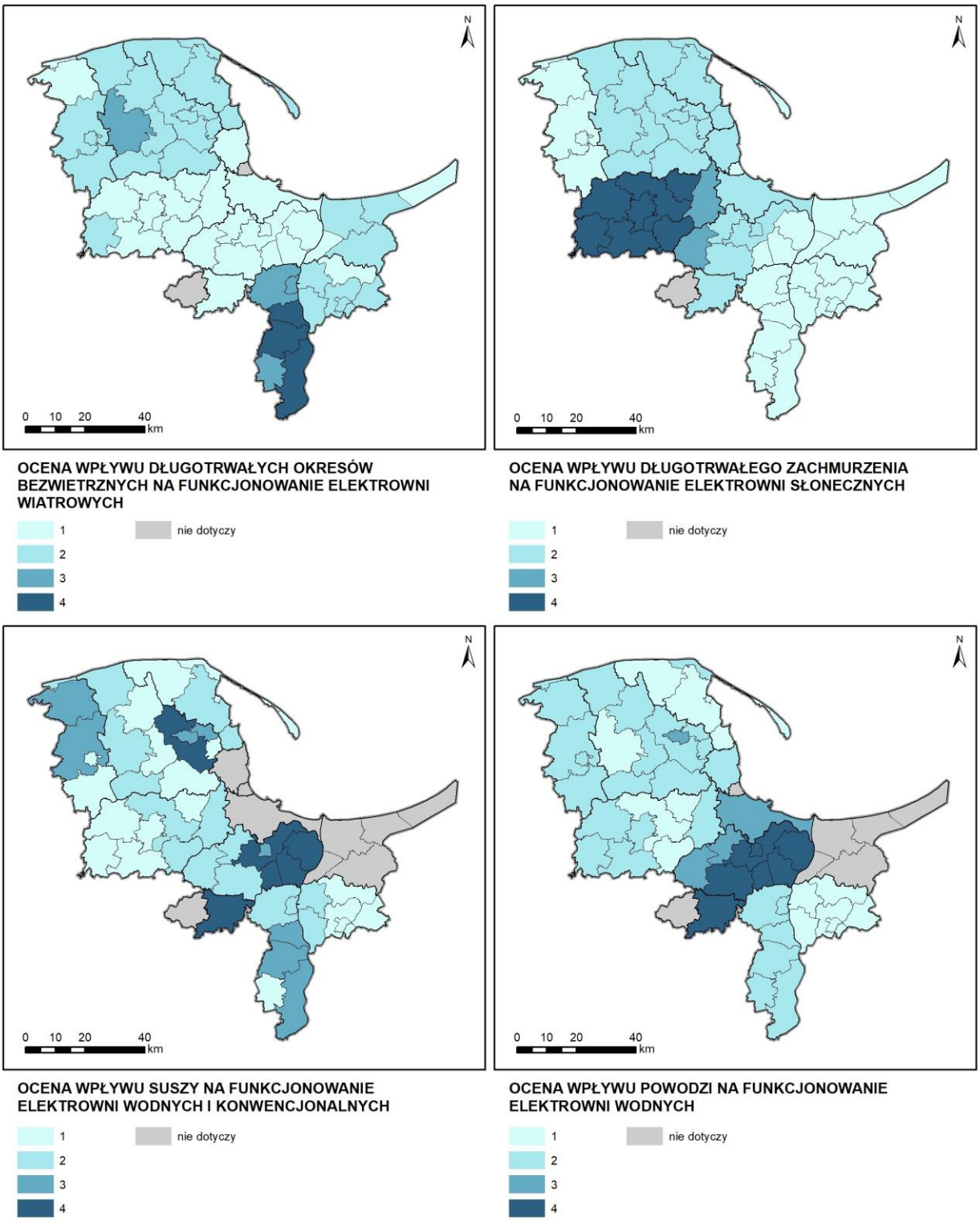
Podobnie jak w przypadku oceny wrażliwości, ocena ryzyka była rozpatrywana rozdzielnie dla podsektorów „dystrybucja energii" oraz „funkcjonowanie elektrowni".

Dystrybucja energii

Określenie wpływu poszczególnych zagrożeń klimatycznych na funkcjonowanie podsektora „dystrybucja energii" nastąpiło poprzez zestawienie oceny wrażliwości z aktualnym zagrożeniem występowania silnych wiatrów i burz. Najwyższy wpływ burz na dystrybucję energii elektrycznej odnotowany został w gminach położonych na południu oraz zachodzie obszaru. Są to m.in. gminy powiatu tczewskiego (Morzeszczyn, miasto i gmina Pelplin, Subkowy, miasto i gmina Gniew), gminy powiatu gdańskiego (Przywidz, Trąbki Wielkie, Pszczółki), a także gminy powiatu kartuskiego (Sierakowice, Somonino, Sulęczyno, Chmielno, Stężyca), a także gminy Liniewo i Skarszewy. Jest to przede wszystkim związane z bardzo wysokim aktualnym zagrożeniem burzami na tym obszarze, przy jednoczesnej wysokiej lub bardzo wysokiej (np. w przypadku gminy Morzeszczyn) wrażliwości podsektora „dystrybucja energii". W przypadku silnych wiatrów, bardzo wysoki wpływ odnotowano jedynie w gminie Puck. Jest to związane z bardzo wysokim zagrożeniem występowania silnych wiatrów w tej gminie oraz wysoką wrażliwością podsektora dystrybucji. Wysoki wpływ odnotowano w części gmin położonych na północy obszaru – w powiatach: lęborskim, wejherowskim oraz puckim.
W kolejnym kroku uwzględniano potencjał adaptacyjny gmin, dalej wskazując ocenę podatności podsektora na wskazane zagrożenia. Wysoką podatność na burze odnotowano w większości gmin OMGGS. Natomiast najwyższą w gminach, dla których uprzednio wskazano wysoki wpływ burz na dystrybucję energii, a które jednocześnie charakteryzują się najniższym potencjałem adaptacyjnym. Są to gminy: Sulęczyno, Przywidz, Liniewo, Subkowy oraz Morzeszczyn. W przypadku silnych wiatrów, w żadnej z gmin nie odnotowano bardzo wysokiej podatności na to zagrożenie. Wysoką podatność odnotowano przede wszystkim w gminach położonych na północy obszaru – w powiatach wejherowskim, puckim oraz lęborskim, a także w gminach: Stegna, Cedry Wielkie, Ostaszewo, Sulęczyno oraz Morzeszczyn.
Kolejno oceniano konsekwencje wystąpienia burz, uwzględniając przy tej ocenie parametr krytyczności wskazany w macierzy (Tab. 10). Podobnie jak w przypadku oceny podatności – w żadnej z gmin nie odnotowano bardzo wysokich konsekwencji wystąpienia burz. Wysokie konsekwencje wskazano w tych samych gminach, dla których określono wysoką podatność. W przypadku silnych wiatrów – dla żadnej z gmin nie zidentyfikowano wysokich, albo bardzo wysokich konsekwencji wystąpienia tego zjawiska.
Na ostateczną ocenę ryzyka wpływu zagrożeń na dystrybucję energii wpłynął parametr związany z prawdopodobieństwem ich wystąpienia w horyzoncie 2050. W przypadku burz, po uwzględnieniu oceny prawdopodobieństwa, zakres gmin najbardziej narażonych nie zmienił się. Bardzo wysokie ryzyko odnotowano w gminach: Sulęczyno, Przywidz, Liniewo, Subkowy oraz Morzeszczyn. Są to gminy, w których również prawdopodobieństwo wystąpienia burz określono jako bardzo wysokie. W przypadku silnych wiatrów, w żadnej z gmin nie zidentyfikowano bardzo wysokiego ryzyka, natomiast wysokie ryzyko zidentyfikowano w gminach: Kosakowo, Puck, Władysławowo i Krokowa oraz miastach: Hel, Jastarnia i Puck. Są to gminy o bardzo wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia tego zjawiska w perspektywie 2050 roku.

Funkcjonowanie elektrowni

Określenie wpływu poszczególnych zagrożeń klimatycznych na podsektor „funkcjonowanie elektrowni" nastąpiło poprzez zestawienie oceny wrażliwości z aktualnym zagrożeniem występowania poszczególnych zjawisk wskazanych w macierzy (Tab. 10). Na mapie poniżej wskazane zostały wynikowe oceny dla poszczególnych rodzajów elektrowni i zagrażających im zjawisk.



Źródło: opracowanie własne

Ryc. 110 Ocena wpływu poszczególnych zagrożeń na funkcjonowanie elektrowni

W przypadku energetyki wiatrowej, najwyższy negatywny wpływ długotrwałych okresów bezwietrznych odnotowano w gminach powiatu tczewskiego: Subkowy, mieście i gminie Pelplin oraz mieście i gminie Gniew. W powiecie tczewskim zlokalizowane jest 5 elektrowni wiatrowych, co plasuje ten powiat na 3. miejscu na obszarze OMGGS. Jednocześnie jednak, w wymienionych gminach odnotowuje się aktualnie największe zagrożenie długimi okresami bezwietrznymi w porównaniu do reszty analizowanego obszaru, co w znaczącym stopniu może utrudniać lub nawet uniemożliwiać funkcjonowanie elektrowni wiatrowych. Po uwzględnieniu potencjału adaptacyjnego gmin (rozdział 2) oraz parametru krytyczności, najwyższą

ocenę podatności na okresy bezwietrzne oraz bardzo wysokie konsekwencje wystąpienia tego zjawiska odnotowano jedynie w gminie Subkowy. Ostatecznie, bardzo wysoką ocenę ryzyka wpływu długotrwałych okresów bezwietrznych na funkcjonowanie elektrowni wiatrowych w perspektywie 2050 roku zidentyfikowano w gminach: mieście i gminie Gniew, Subkowy, mieście i gminie Pelplin, Miłoradz, Malbork, Lichnowy oraz Stare Pole. Są to jednocześnie gminy, w których zidentyfikowano bardzo wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia długotrwałych okresów bezwietrznych w horyzoncie 2050.

W przypadku elektrowni słonecznych, najwyższą ocenę wpływu długotrwałego zachmurzenia na ich funkcjonowanie zidentyfikowano we wszystkich gminach powiatu kartuskiego, poza gminą Żukowo. W powiecie kartuskim zlokalizowana jest największa liczba elektrowni słonecznych spośród całego obszaru OMGGS. Jednocześnie we wskazanych gminach zidentyfikowano największe zagrożenie występowania długotrwałego zachmurzenia dla stanu aktualnego. Po uwzględnieniu potencjału adaptacyjnego gmin oraz parametru krytyczności, jedynie w gminie Sulęczyno odnotowano wysoką podatność elektrowni słonecznych na występowanie długotrwałego zachmurzenia oraz wysokie konsekwencje wystąpienia tego zjawiska. Ocena ta utrzymała się przy określaniu ryzyka wpływu długotrwałego zachmurzenia na funkcjonowanie elektrowni słonecznych w perspektywie 2050 roku, gdzie dla gminy Sulęczyno zidentyfikowano bardzo wysokie ryzyko, na co wpływ ma również wskazane bardzo wysokie prawdopodobieństwo występowania długotrwałego zachmurzenia w horyzoncie 2050.

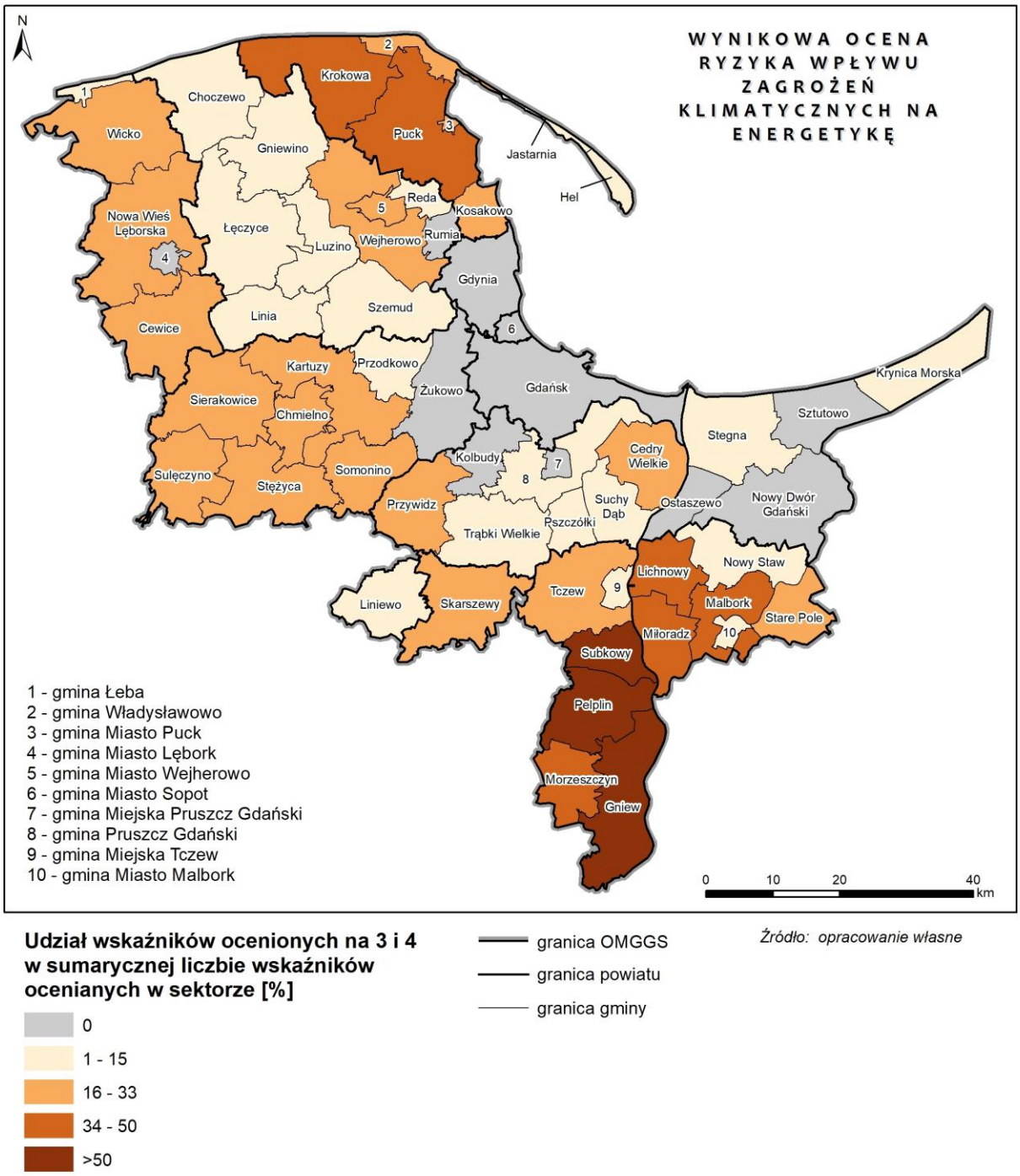
Ocenę wpływu suszy określano dla dwóch rodzajów elektrowni – wodnych oraz konwencjonalnych. Najwyższy negatywny wpływ odnotowano w gminach powiatu gdańskiego, w mieście Gdańsk, w gminie Skarszewy oraz w gminie Miasta Wejherowa. W powiecie gdańskim oraz w powiecie starogardzkim zlokalizowana jest największa liczba elektrowni wodnych wśród powiatów wchodzących w skład OMGGS. W Gdańsku natomiast zlokalizowane są 3 elektrownie konwencjonalne, w tym jedna klasyfikowana jako duża. Jednocześnie dla wymienionych gmin zidentyfikowano wysokie zagrożenie suszą, która może prowadzić do utrudnienia, a nawet uniemożliwienia funkcjonowania obu rodzajów elektrowni. Po uwzględnieniu oceny potencjału adaptacyjnego, jedynie w gminie Cedry Wielkie określono podatność jako bardzo wysoką, natomiast po uwzględnieniu parametru krytyczności – konsekwencje wystąpienia suszy dla funkcjonowania elektrowni wodnych w tej gminie określono jako wysokie. W ostatecznej ocenie ryzyka również jedynie w gminie Cedry Wielkie określono je jako bardzo wysokie. Wiąże się to m.in. z bardzo wysokim prawdopodobieństwem wystąpienia w tej gminie suszy w perspektywie do 2050 roku.

Poza zjawiskiem suszy, na funkcjonowanie elektrowni wodnych negatywny wpływ mają również powodzie. W wyniku przeprowadzonej oceny, bardzo wysoki wpływ zidentyfikowano w gminach powiatu gdańskiego: Pruszcz Gdański, Cedry Wielkie, Suchy Dąb oraz Pszczółki, a także w gminie Wejherowo i gminie Skarszewy. Są to gminy znajdujące się w powiatach o największej liczbie elektrowni wodnych w OMGGS, w których jednocześnie zidentyfikowano wysokie lub bardzo wysokie zagrożenie powodzią. Po uwzględnieniu potencjału adaptacyjnego, bardzo wysoką podatność zidentyfikowano w gminie Cedry Wielkie oraz gminie Wejherowo. Dla obu gmin potencjał adaptacyjny określony został jako bardzo niski. Ostatecznie konsekwencje dla obu gmin określono jako wysokie, natomiast po uwzględnieniu prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi w horyzoncie 2050, ryzyko negatywnego wpływu powodzi na funkcjonowanie elektrowni wodnych w perspektywie do 2050 roku w obu gminach sklasyfikowano jako bardzo wysokie.

W kontekście fal upałów i dni gorących, oceniano jedynie wpływ tego zjawiska na funkcjonowanie elektrowni konwencjonalnych. Podwyższone ryzyko negatywnego wpływu tego zjawiska zidentyfikowano przede wszystkim w mieście Gdańsk, gdzie zlokalizowane są 3 elektrownie, w tym jedna kwalifikowana jako duża, a w którym również zagrożenie wystąpienia fal upałów i dni gorących w perspektywie 2050 roku określono jako bardzo wysokie. Na ryzyko w tym zakresie narażone są również pozostałe miasta, w których zlokalizowane są elektrownie, w tym: Gdynia, Lębork oraz Wejherowo, a także gmina Władysławowo. W każdym z wymienionych, poza gminą Władysławowo, prawdopodobieństwo wystąpienia fal upałów i dni gorących określono jako wysokie.

Wynikowa ocena ryzyka dla sektora energetyki

Łącznie w sektorze energetyki oceniano ryzyko w ramach siedmiu wskaźników. Zgodnie z przyjętą metodyką (patrz rozdział 1), dla określenia wynikowej oceny ryzyka, zliczano udział wskaźników, dla których zidentyfikowano wysokie lub bardzo wysokie zagrożenie wpływem czynników klimatycznych w horyzoncie 2050. Najwięcej takich ocen (dla 4 z 7 ocenianych zagrożeń) przyznano w gminach powiatu tczewskiego: Subkowy, mieście i gminie Pelplin oraz mieście i gminie Gniew. W każdej z tych gmin bardzo wysokie ryzyko zidentyfikowano w przypadku wpływu okresów bezwietrznych na funkcjonowanie elektrowni wiatrowych. W gminie Subkowy dodatkowo bardzo wysokie ryzyko zidentyfikowano w przypadku wpływu burzy na dystrybucję energii elektrycznej. W miastach i gminach Pelplin i Gniew ryzyko w tym przypadku określono jako wysokie. Zarówno w gminie Subkowy, jak i miastach i gminach Pelplin i Gniew wysokim ryzykiem oznaczono wpływ powodzi na funkcjonowanie elektrowni wodnych oraz wpływ suszy na funkcjonowanie elektrowni wodnych i konwencjonalnych.



Ryc. 111 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na energetykę – obszary strategicznej interwencji

4.6.4 Podsumowanie

Przeprowadzona diagnoza wpływu zmian klimatu na podsektor dystrybucji energii na obszarze OMGGS wykazała, że dla jego funkcjonowania w obliczu występowania zjawisk ekstremalnych, najbardziej newralgiczną jest wrażliwość systemu. W połowie ocenianych gmin odnotowano wrażliwość wysoką lub bardzo wysoką. Wiąże się to przede wszystkim ze znaczącą długością linii napowietrznych, które dodatkowo niejednokrotnie charakteryzują się znaczną leciwością. Dodatkowo wiele z nich przebiega przez tereny leśne, gdzie ryzyko awarii rośnie. Nie bez znaczenia w tym przypadku jest również promienisty układ sieci. Pomimo, że analiza danych klimatycznych nie wykazała istotnych tendencji wzrostowych w horyzoncie 2050 w przypadku występowania burz i silnych porywów wiatrów na analizowanym obszarze, nie należy zjawisk tych marginalizować. Prognozowanie występowania zjawisk

o charakterze ekstremalnym charakteryzuje się wysoką niepewnością, stąd każdorazowo powinny być one uwzględniane w przypadku projektowania nowych sieci, a także modernizacji istniejących. W obu przypadkach powinno się dążyć do skablowania sieci, znacząco zmniejszając tym samym ich wrażliwość na postępujące zmiany klimatu.

Diagnoza podsektora „funkcjonowanie elektrowni" w przypadku elektrowni konwencjonalnych wskazała na największy wpływ fal upałów na ich możliwości wytwórcze. Szczególnie narażone są miasta, w których znajdują się elektrownie, a dla których w horyzoncie 2050 prognozuje się bardzo wysokie lub wysokie zagrożenie falami upałów i dni gorących. Na obszarze OMGGS są to miasta: Gdańsk (zagrożenie bardzo wysokie) oraz Gdynia, Lębork i Wejherowo (zagrożenie wysokie). W przypadku elektrowni konwencjonalnych kolejnym zagrażającym czynnikiem jest brak wody do chłodzenia. Wysokie zagrożenie suszą zidentyfikowano w miastach: Gdańsk, Gdynia, gmina Miasta Wejherowa, a także w gminie Władysławowo. Jednocześnie na obszarze OMGGS występuje niedobór dużych, systemowych źródeł energii, a obszar nie jest samowystarczalny w zakresie zapewnienia dostaw energii elektrycznej. Wszystkie te czynniki wpływają na możliwości zachowania bezpieczeństwa energetycznego. Jednocześnie należy pamiętać, że decyzja lokalizacyjna dla nowych źródeł energii powinna być poprzedzona analizą zmian klimatycznych zagrażających ich funkcjonowaniu w dalszej perspektywie. Zwłaszcza w przypadku rozważanej lokalizacji elektrowni jądrowej, należy mieć na uwadze negatywny wpływ wysokiej temperatury na jej możliwości wytwórcze. Szansą dla wzrostu bezpieczeństwa energetycznego na obszarze OMGGS jest również dywersyfikacja źródeł pozyskiwania energii. Szczególnie istotny jest w tym wypadku zidentyfikowany potencjał obszaru do rozwoju wybranych rodzajów energetyki odnawialnej. Jednak wpływ zmian klimatu na funkcjonowanie źródeł OZE również jest bardzo wysoki. W przypadku energetyki wiatrowej szczególnie niebezpieczne jest występowanie długotrwałych okresów bezwietrznych. W horyzoncie 2050 najbardziej narażone na to zjawisko są gminy powiatu tczewskiego oraz malborskiego. Funkcjonowaniu energetyki słonecznej w największym stopniu zagraża długotrwałe zachmurzenie, powiązane z występowaniem długotrwałych opadów. W horyzoncie 2050 na występowanie tego zjawiska w stopniu wysokim lub bardzo wysokim narażony jest niemal cały OMGGS (95% spośród analizowanych gmin). Bardzo wysokim prawdopodobieństwem występowania długotrwałego zachmurzenia zagrożone są przede wszystkim powiaty: wejherowski, lęborski, pucki, kartuski oraz miasta: Gdynia, Sopot i Krynica Morska, a także gminy Przywidz oraz Liniewo. Funkcjonowaniu energetyki wodnej w największym stopniu zagrażają susze prowadzące do niskich przepływów w rzekach. W horyzoncie 2050 wysokie lub bardzo wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tego zjawiska zidentyfikowano w 60% gmin OMGGS. Na występowanie suszy narażone są w największym stopniu gminy powiatu tczewskiego, malborskiego oraz nowodworskiego, a także gmina Cedry Wielkie. W przypadku lokalizowania biogazowni zmieniający się klimat, a tym samym wydłużający się okres wegetacyjny stanowią niewątpliwie szansę, zwłaszcza gdy na analizowanym obszarze wskazano wysoki potencjał dla rozwoju tego rodzaju energetyki OZE. W przypadku OZE szansę stanowi również rozwój społeczności energetycznych, zgodnie z dyrektywą w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (tzw. dyrektywa RED II). Jednym z jej najważniejszych założeń jest priorytetowy rozwój energetyki obywatelskiej (rozproszonej) w państwach członkowskich UE. W związku z przewidywanym zmniejszeniem lub utrzymaniem zapotrzebowania na ciepło, szansą jest również jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i cieplnej w ramach kogeneracji, które charakteryzuje się wysoką efektywnością, a które jest również bardziej korzystne pod względem ekologicznym niż wytwarzanie energii oraz ciepła rozdzielnie ze źródeł konwencjonalnych. Może się ono odbywać np. w wyniku odzysku energii z odpadów w spalarniach. Zasilanie lokalnych sieci w ramach kogeneracji ze źródeł tego typu zapewnia niski koszt i dostęp do zrównoważonej energii[127].

Ostateczna ocena ryzyka funkcjonowania sektora energetyki w horyzoncie 2050 wykazała największe ryzyko wpływu długotrwałego zachmurzenia na elektrownie słoneczne (ryzyko wysokie lub bardzo wysokie zidentyfikowane w 40% gmin), dalej jest to ryzyko wpływu powodzi na elektrownie wodne (ryzyko wysokie

[127] Gurin M., Niemyjski O., Spalarnie resztkowych odpadów komunalnych jako źródła ciepła – uwarunkowania i ograniczenia dostawy ciepła do systemu ciepłowniczego, Instal 7-8/2015, Warszawa.

lub bardzo wysokie zidentyfikowane w 38% gmin) oraz ryzyko wpływu silnych wiatrów na dystrybucję energii elektrycznej (ryzyko wysokie lub bardzo wysokie zidentyfikowane w 25% gmin). Dla pozostałych zagrożeń ryzyko wysokie lub bardzo wysokie zidentyfikowano w mniej niż w ¼ spośród analizowanych gmin.

Przeprowadzona na potrzeby niniejszego opracowania analiza funkcjonowania sektora energetyki wskazuje na obszary szczególnej interwencji w zakresie analizowanych podsystemów jego funkcjonowania na poziomie szczegółowości całego OMGGS. W przypadku podejmowania konkretnych decyzji lokalizacyjnych konieczne jest przeprowadzenie szczegółowej analizy zmiennych klimatycznych w dalekim horyzoncie czasowym w skali lokalnej. Jednocześnie należy mieć na uwadze, że sektor energetyki jest wysoce wrażliwy na postępujące zmiany klimatu, a zachowanie bezpieczeństwa energetycznego stanowi jeden z najważniejszych aspektów funkcjonowania gospodarki.

4.7 Produkcja rolna i leśna

4.7.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu

Rolnictwo jest sektorem gospodarki, który w kontekście zmian klimatycznych jest szczególnie narażony na niekorzystne oddziaływania. Jak wskazują eksperci (m.in. w projekcie KLIMADA) przewidywane zmiany klimatu wpłyną na wielkość i jakość zbiorów, gospodarkę hodowlaną oraz lokalizację produkcji. Rosnące prawdopodobieństwo wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz ich dotkliwość spowoduje znaczny wzrost ryzyka zniszczenia plonów. Zmiany klimatu wpłyną również na glebę powodując zmniejszenie zawartości materii organicznej, będącej głównym czynnikiem zapewniającym jej żyzność oraz wpłyną na stosunki wodne, co przełoży się lokalnie na niedobory wód dla roślin, a lokalnie na zalania i ich zniszczenia. Zmiany klimatu będą stanowić zagrożenie dla dobrostanu zwierząt, a także wpływać na zdrowie roślin, poprzez stwarzanie sprzyjających warunków dla nowych lub migrujących organizmów szkodliwych. Może to negatywnie wpłynąć na handel zwierzętami, roślinami i pochodzącymi od nich produktami[128]. Z drugiej strony, część oddziaływań klimatycznych może być pozytywna w kontekście wydłużenia sezonu wegetacyjnego, szczególnie o okres wiosenny, dzięki czemu możliwe będzie wprowadzania nowych roślin lub odmian o dłuższym okresie wegetacji i zwiększonym plonie.

W przypadku leśnictwa skutki zmian klimatu w skali globalnej obejmą zmiany w zakresie stanu i produktywności lasów oraz zasięgu geograficznego niektórych gatunków drzew. Dodatkowo zaburzenia w powierzchni obszarów leśnych mogą być spowodowane przez pożary i szkodniki oraz zmiany stosunków wodnych (KLIMADA). W skali kraju największym ryzykiem dla produkcji leśnej wynikającym ze zmian klimatu wydaje się wzrost zjawisk ekstremalnych, szczególnie związanych z silnym wiatrem, powodziami i suszą.

4.7.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS

Obszar OMGGS charakteryzuje się zróżnicowanymi warunkami do rozwoju rolnictwa. W części wschodniej w dolinie Wisły i przede wszystkim na Żuławach Wiślanych występują bardzo dobre klasy gleb, zasobne w wodę. Dodatkowo teren jest płaski co ułatwia zabiegi agrotechniczne. Decyduje to o tym, że w tej części OMGGS tereny rolne zajmują bardzo dużą część ogólnej powierzchni (nawet do 80-90% w poszczególnych gminach). Cześć zachodnia natomiast jest bardziej zróżnicowana, przede wszystkim bardziej pofałdowana, o glebach mozaikowatych, żyznych, jednak lokalnie podmokłych, a czasem piaszczystych. Warunki do rozwoju rolnictwa są dobre w skali całego kraju, jednak odbiegają od znakomitych warunków Żuław Wiślanych, szczególnie w południowo-zachodniej części OMGGS.

[128] Strona informacyjna Dolnośląskiego Ośrodka Doradztwa Ekologicznego we Wrocławiu, https://www.dodr.pl/srodowisko/ochrona-srodowiska/zmiany-klimatu-a-rolnictwo [dostęp: 05.06.2021]

Dobre warunki glebowo-wodne przyczyniają się też do tego, że rolnictwo na terenie OMGGS jest mocno rozwinięte i zaawanasowane technologicznie. Gospodarstwa w zależności od posiadanych gleb posiadają sprecyzowane kierunki rozwoju oparte o uprawy dające najlepsze zyski (rzepak/pszenica, ziemniaki, buraki cukrowe).

Taki obecny stan rolnictwa pozwala na dalszy perspektywiczny rozwój. Zasoby glebowe oraz możliwość wykorzystania nawodnień na potrzeby rolnictwa sprawiają, że w skali kraju obszar OMGGS jest mniej wrażliwy na potencjalne niekorzystne oddziaływania ze strony zmian klimatu.

Wśród największych zagrożeń dla rolnictwa wymienić można napór inwestycyjny na tereny rolnicze, zastępowanie gruntów rolnych terenami zabudowy oraz ich uszczelnienie, co skutkuje utratą właściwości retencyjnych i zaburzeniem stosunków wodnych, często na większych obszarach.

Przestrzenne występowanie lasów na obszarze OMGGS jest niemal odwrotnością występowania rolnictwa. W części wschodniej znajdują się nieliczne lasy (w niektórych gminach lasy nie występują w ogóle). W części zachodniej zalesienie jest znacząco większe (w niektórych gminach nawet powyżej 50%). Lasy na tym obszarze cechują się dużym zróżnicowaniem gatunkowym. W skali kraju, gdzie przeważają lasy jednogatunkowe (sosna na nizinach, świerk/jodła/buk w terenie górskim i podgórskim), większość lasów w OMGGS jest lasami mieszanymi, których odporność zarówno na szkodniki jak i ekstremalne zjawiska pogodowe jest większa.

W zakresie OMGGS pewne zmiany globalne w sektorze rolnictwa i leśnictwa występują w sposób marginalny, szczególnie w zakresie hodowli zwierząt, zmiany w pogłowiu poszczególnych zwierząt wynikają wyłącznie z sytuacji ekonomicznej, decyzji gospodarskich i sanitarnych związanych z występowaniem chorób, natomiast oddziaływanie zmian klimatycznych jest tutaj pomijalne. Podobnie zmiany lokalizacyjne roślin, w przypadku OMGGS są niewielkie, a przy tym trudno mierzalne. Pojawianie się szkodników dla roślin i zwierząt jest kolejnym elementem niemierzalnym, gdzie zmiany klimatu są tylko jednym z elementów całego systemu, którego centralnym punktem są zmiany w systemie nawożenia i ochrony roślin i zwierząt. Wynikają one ze zmian w składach oprysków i nawozów, które następując w wyniku wycofywania poszczególnych substancji czynnych jako niebezpieczne. Jeżeli doliczyć do tego cały system decyzji gospodarskich i ekonomicznych o jakości ochrony roślin, wynikający też w dużej mierze z cen oprysków i nawozów zmiany klimatu pełnią w tym systemie rolę nieznaczącą.

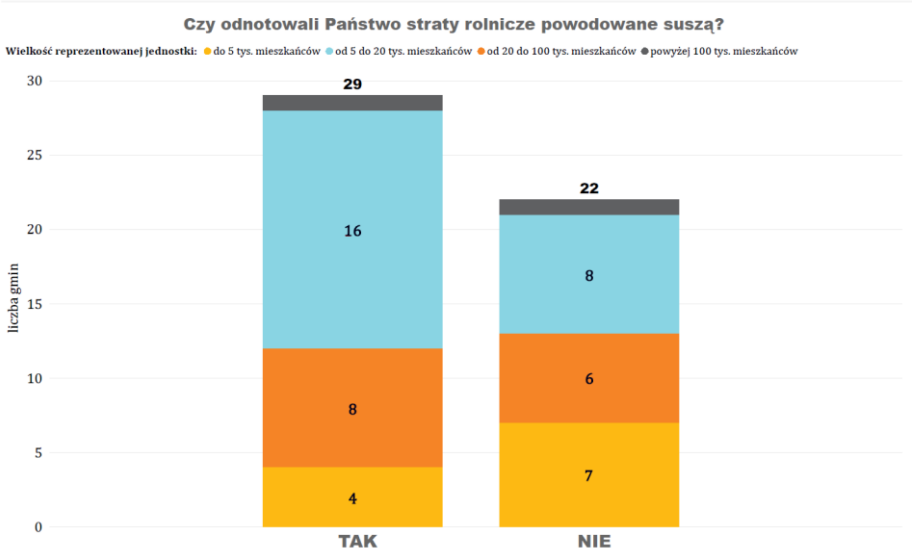
W przypadku sektora rolnictwo największe znaczenie i mierzalny wpływ zmian klimatu obserwować można w przypadku wielkości zbiorów rolnych. Ale także i tutaj wielkość bezwzględna plonów i zbiorów podlega pod inne procesy w szczególności jakość dostępnych na danym obszarze gleb oraz decyzje gospodarskie i ekonomiczne. Oceniany wpływ zmian klimatu można podzielić na dwie kategorie: straty wywołane przez zjawiska ekstremalne oraz zmiana stosunków wodnych i długotrwałe zubożenie gleb w materię organiczną.

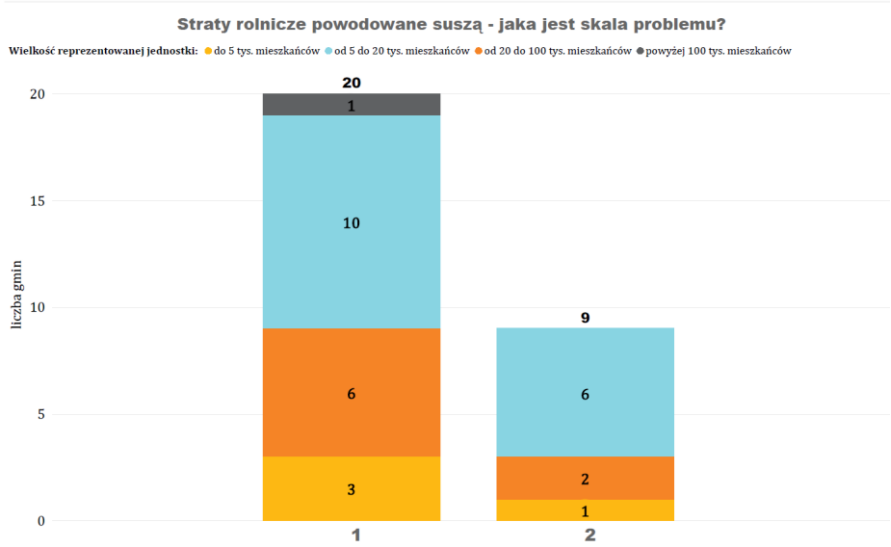
W przypadku leśnictwa głównym ocenianą kategorią w kontekście wpływu zmian klimatu w skali OMGGS są straty w drzewostanach wywołane przez zjawiska ekstremalne, szkodniki i pożary.

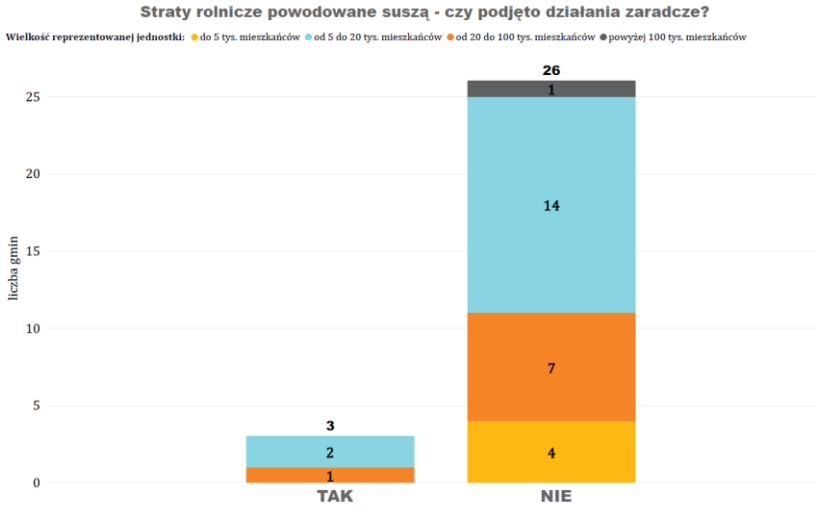
Wpływ poszczególnych czynników klimatycznych (zagrożeń) na poszczególne wskaźniki sektorowe przedstawiony został w poniższej tabelach, rozdzielnie dla rolnictwa i leśnictwa. W przypadku rolnictwa wśród ocenianych zagrożeń najwięcej wskaźników opisujących oraz największą krytyczność mają susze, które oprócz samego udziału powierzchni użytkowanej rolniczo mają dodatkowe wskaźniki w postaci poboru wód na cele nawodnień rolniczych oraz oceny z ankiet przeprowadzonych wśród gmin, wskazujące na problemy z suszą i z systemami melioracyjnymi. Najniższą wartością krytyczności spośród wszystkich zagrożeń dla rolnictwa cechują się silne wiatry. Pozostałe zagrożenia cechują się średnim stopniem krytyczności.

Analiza przeprowadzonej w gminach ankietyzacji w stosunku do sektora rolnictwo opierała się na 3 głównych kierunkach: straty rolnicze spowodowane suszą, pożary w miesiącach letnich oraz wysychanie systemów melioracji. W toku analiz stwierdzono że do obliczeń wrażliwości sektora wzięte pod uwagę

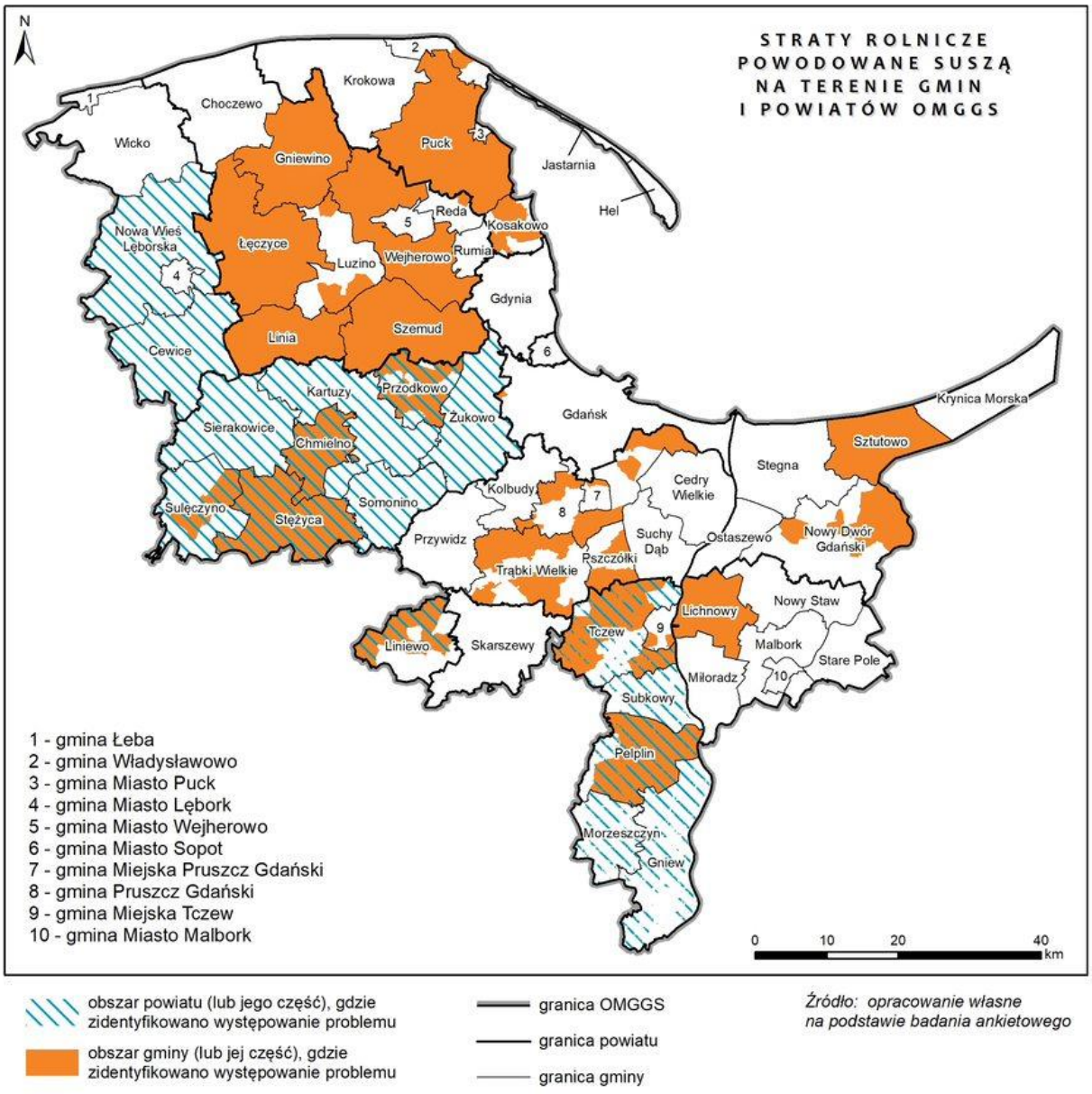
zostaną wyniki dla dwóch pytań: odnośnie strat z powodu suszy w rolnictwie oraz wysychania systemów melioracyjnych. Pożary mają bardzo zróżnicowaną genezę, natomiast w zdecydowanej większości powstają wskutek świadomej lub nieświadomej działalności człowieka. Warunki klimatyczne mogą podnosić ryzyka wystąpienia pożaru, jednak same w sobie ich nie powodują (poza wyładowaniami atmosferycznymi, ale to pomijalnie mała liczba pożarów).





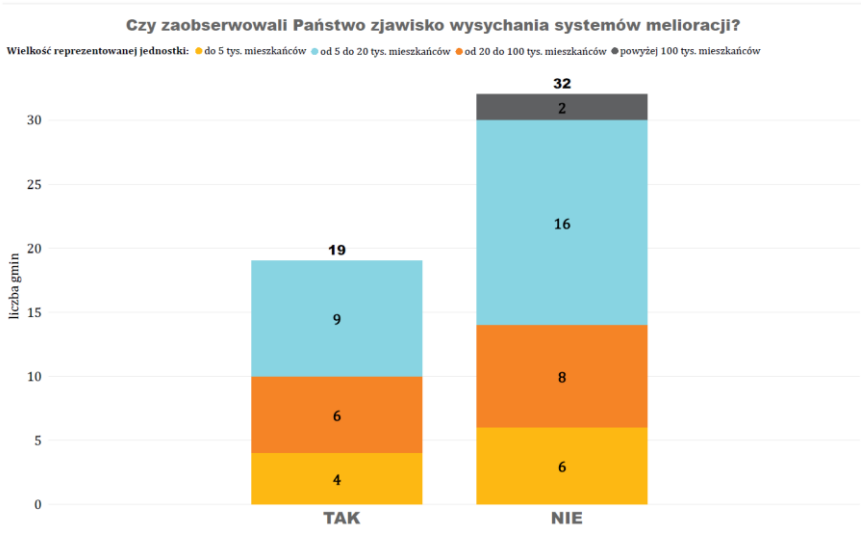


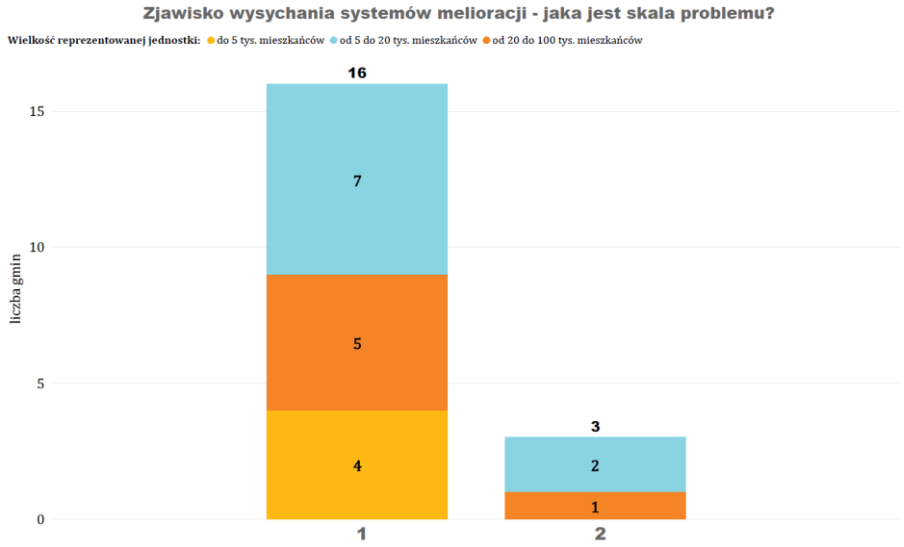
Straty rolnicze powodowane suszą odnotowano w 29 gminach, przy czym większość Samorządów wskazało, że problem nie miał znaczącego wpływu na wydatki jednostki, przyznając skalę problemu wynoszącą 1. Najwyższej skali problemu nie odnotowano w żadnej z gmin. Działania zaradcze podjęto jedynie w 3 Samorządach gmin średnich. Wśród działań wymieniano m.in. uchwalenie Programu Ochrony Środowiska, czy rozpropagowanie wśród mieszkańców informacji nt. małej retencji wodnej - retencja na obszarach wiejskich (miasto i gmina Pelplin), remont zastawek na rowach melioracyjnych (gmina Pruszcz Gdański) lub rozmowy i plany dotyczące wyeliminowania problemu na przyszłość po suszy w 2018 roku (gmina Gniewino).

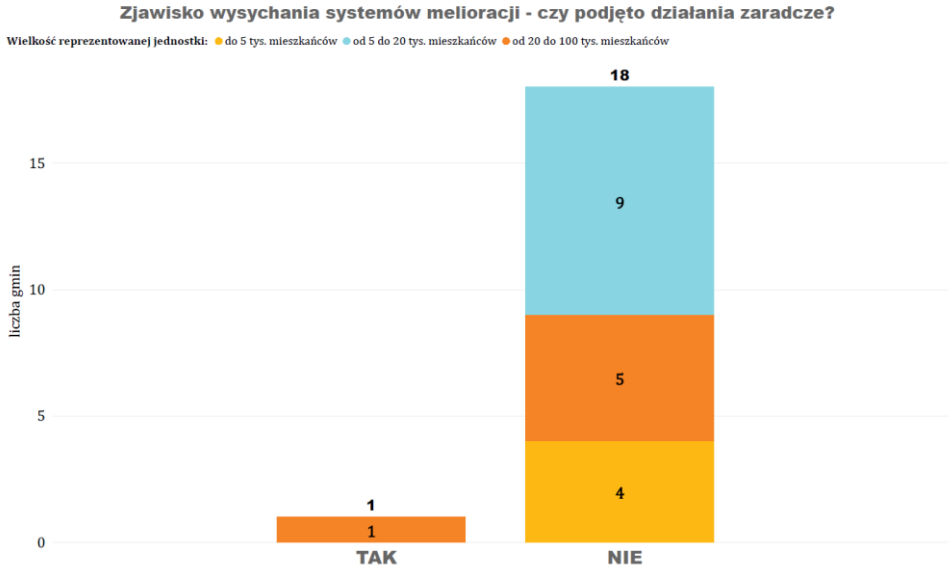


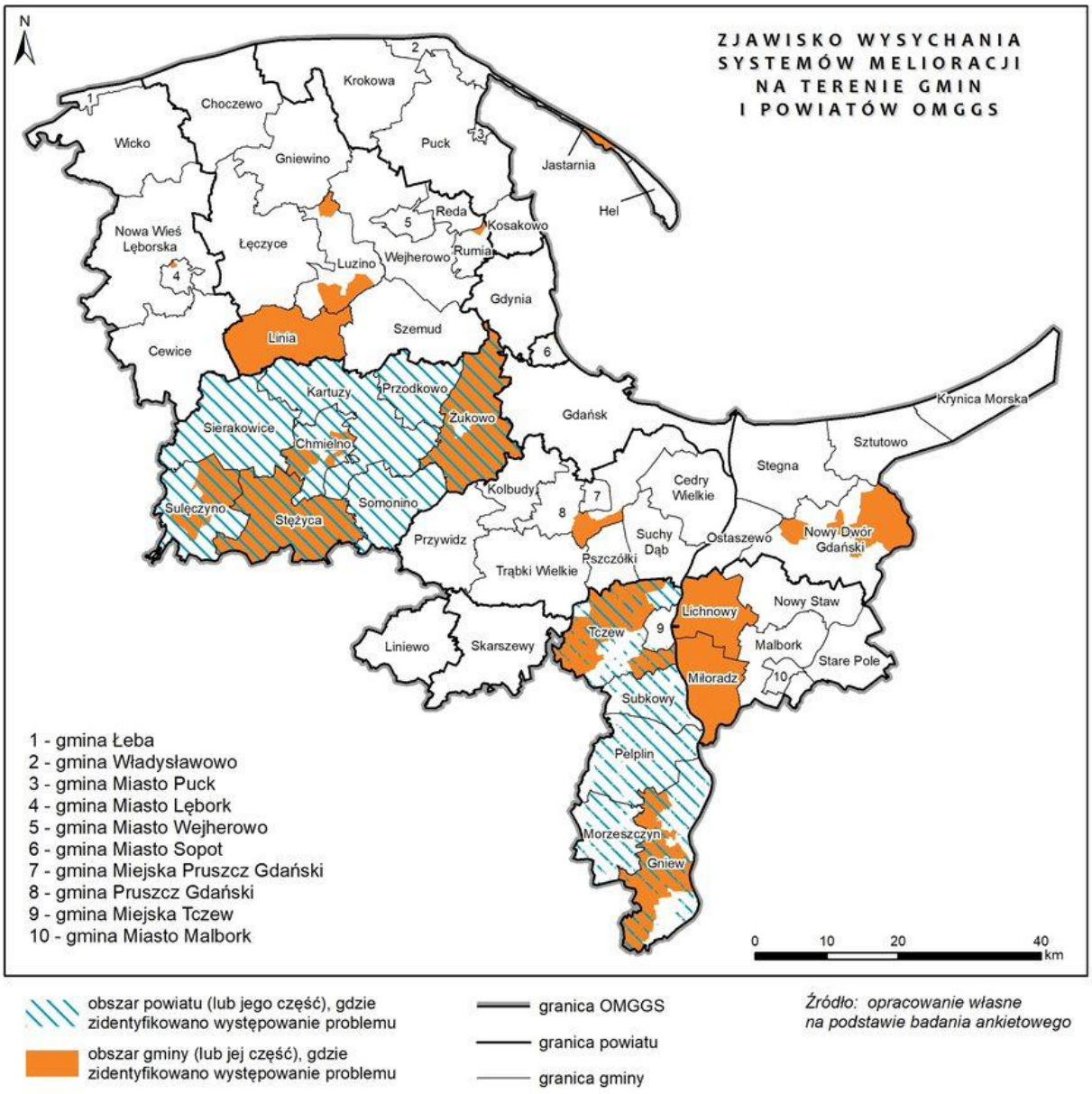
Ryc. 112 Wyniki ankiety w pytanie o straty rolnicze powodowane suszą w gminach i powiatach OMGGS

Zjawisko wysychania systemów melioracji odnotowano w 19 gminach. W większości z nich (16) wskazano, że problem ten nie miał istotnego problemu na wydatki Samorządu. W trzech wskazano, że problem jest istotny. W tylko jednej gminie podjęto działania zaradcze – remont zastawek piętrzących na rowach melioracyjnych (gmina Pruszcz Gdański).


Czy zaobserwowali Państwo zjawisko wysychania systemów melioracji?
Wielkość reprezentowanej jednostki: do 5 tys. mieszkańców od 5 do 20 tys. mieszkańców od 20 do 100 tys. mieszkańców powyżej 100 tys. mieszkańców
liczba gmin
0
5
10
15
20
25
30
19
9
6
4
32
2
16
8
6
TAK
NIE

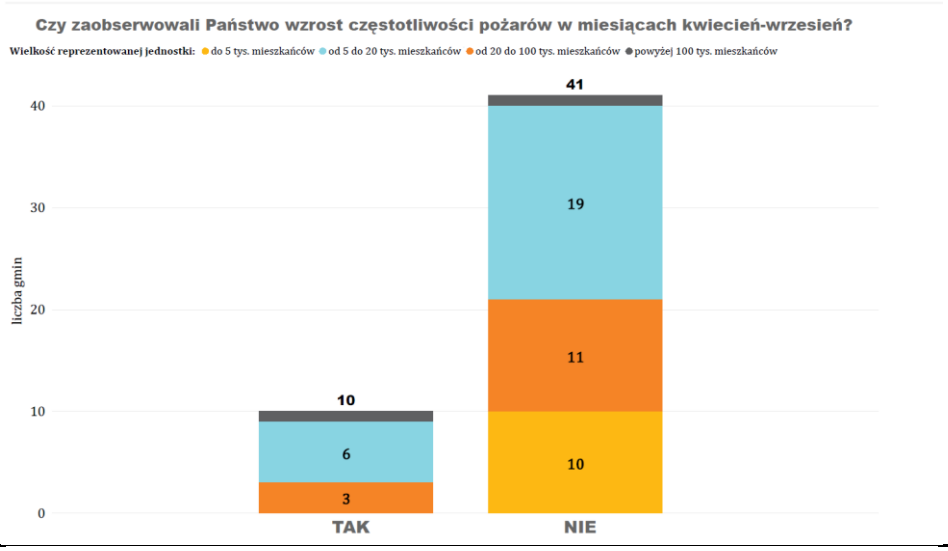

Zjawisko wysychania systemów melioracji - jaka jest skala problemu?
Wielkość reprezentowanej jednostki: do 5 tys. mieszkańców od 5 do 20 tys. mieszkańców od 20 do 100 tys. mieszkańców
liczba gmin
0
5
10
15
16
7
5
4
3
2
1
1
2

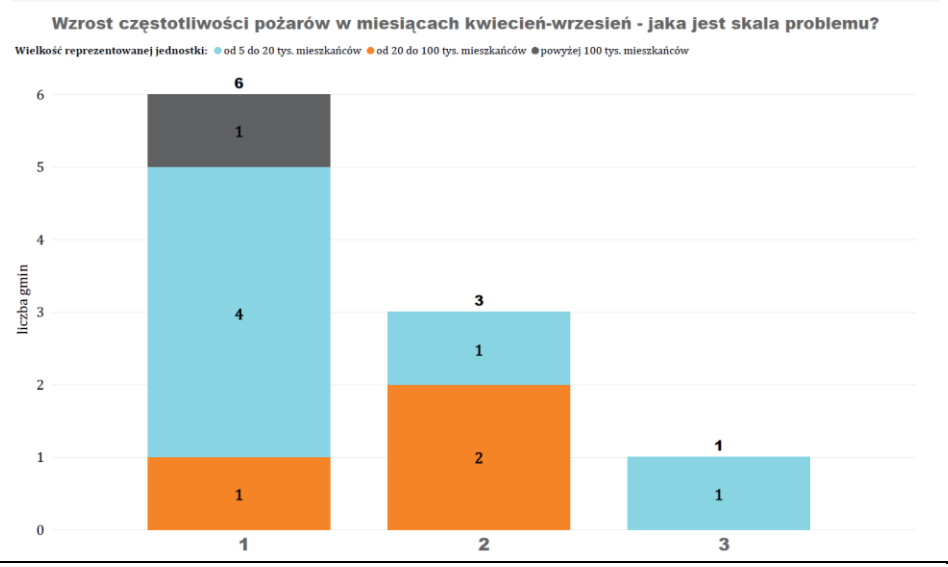

Zjawisko wysychania systemów melioracji - czy podjęto działania zaradcze?
Wielkość reprezentowanej jednostki: do 5 tys. mieszkańców od 5 do 20 tys. mieszkańców od 20 do 100 tys. mieszkańców
liczba gmin
0
5
10
15
1
1
18
9
5
4
TAK
NIE

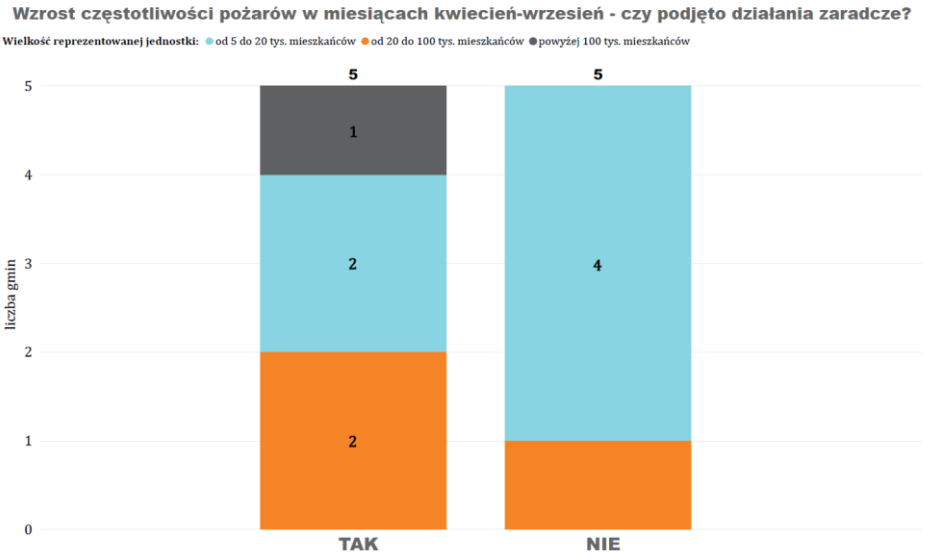


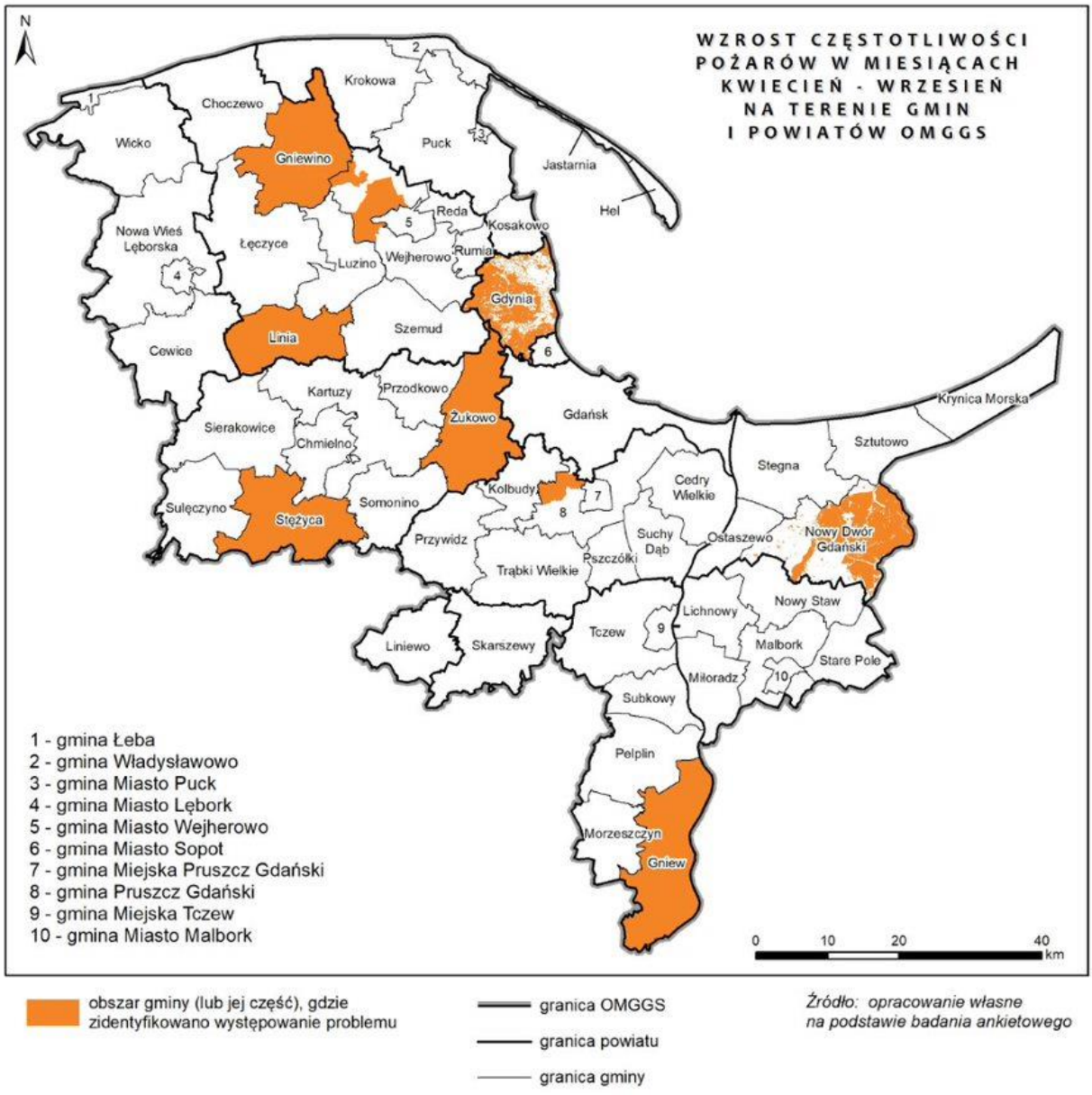
Ryc. 113 Wyniki ankiety w pytanie o wysychanie systemów melioracji w gminach i powiatach OMGGS

W przypadku 10 gmin odnotowano wzrost częstotliwości pożarów w miesiącach kwiecień–wrzesień. W większości z nich (6) uznano skalę problemu jako mało istotną dla wydatków Samorządu, natomiast w jednej – gminie Skarszewy, jako wysoce istotną. W połowie gmin podjęto działania zaradcze w tym zakresie. Należały do nich przede wszystkim działania o charakterze miękkim m.in. edukacyjne i informacyjne w celu uświadamiania społeczeństwa w zakresie zagrożenia pożarowego (gmina Skarszewy, gmina Żukowo, miasto i gmina Gniew), podejmowanie działań prewencyjnych – zamieszczanie na portalu informacyjny miasta ostrzeżeń meteorologicznych, ostrzegających o suszy, upałach, zakazie wypalania traw (miasto Gdynia), czy wskazywanie miejsc zagrożeń na mapie bezpieczeństwa Policji Powiatowej w Wejherowie (gmina Wejherowo), ale także zakup sprzętu dla jednostek OSP (gmina Skarszewy).


Czy zaobserwowali Państwo wzrost częstotliwości pożarów w miesiącach kwiecień-wrzesień?
Wielkość reprezentowanej jednostki: do 5 tys. mieszkańców od 5 do 20 tys. mieszkańców od 20 do 100 tys. mieszkańców powyżej 100 tys. mieszkańców
liczba gmin
0
10
20
30
40
10
6
3
41
19
11
10
TAK
NIE


Wzrost częstotliwości pożarów w miesiącach kwiecień-wrzesień - jaka jest skala problemu?
Wielkość reprezentowanej jednostki: od 5 do 20 tys. mieszkańców od 20 do 100 tys. mieszkańców powyżej 100 tys. mieszkańców
liczba gmin
0
1
2
3
4
5
6
6
1
4
1
3
1
2
1
1
1
2
3


Wzrost częstotliwości pożarów w miesiącach kwiecień-wrzesień - czy podjęto działania zaradcze?
Wielkość reprezentowanej jednostki: od 5 do 20 tys. mieszkańców od 20 do 100 tys. mieszkańców powyżej 100 tys. mieszkańców
liczba gmin
0
1
2
3
4
5
5
1
2
2
5
4
TAK
NIE



Ryc. 114 Wyniki ankiety w pytanie o wzrost częstości pożarów w miesiącach kwiecień – wrzesień w gminach i powiatach OMGGS

Część analizowanych wskaźników powtarza się dla wielu zagrożeń. Wskaźniki te najczęściej mają charakter ogólny i związane są z powierzchnią gruntów ornych lub gruntów użytkowanych rolniczo na terenie każdej gminy. W przypadku deszczy nawalnych dodatkowym ocenianym wskaźnikiem jest udział terenów powyżej 10% w ogólnej powierzchni terenów rolniczych, który ma przełożenie na procesy erozyjne i degradację gleby. W przypadku podtopień wskaźnikiem dodatkowym była informacja z gmin odnośnie problemów z utrzymaniem systemów melioracyjnych istotnych z punktu widzenia podtopień w terenie rolniczym.

Tab. 11 Macierz zależności pomiędzy wskaźnikami sektorowymi a poszczególnymi zagrożeniami w sektorze rolnictwa (liczba „+" oznacza krytyczność:„+" oznacza utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" – ograniczenie funkcjonowania i „+++" – uniemożliwienie funkcjonowania).

	SILNE WIATRY	INTESYWNE BURZE	DESZCZE NAWALNE	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	POWODZIE	PODTOPIENIA	SUSZE
Udział powierzchni gruntów ornych w powierzchni gminy	+	++					
Udział powierzchni gruntów użytkowanych rolniczo w powierzchni gminy (grunty orne, łąki, pastwiska)			++	++	++	++	+++
Udział terenu o spadku powyżej 10% w ogólnej powierzchni terenów rolniczych w gminie			++				
Udział poboru wody na cele rolnictwa w ogólnym poborze w gminie							+++
Ankietyzacja						++	+++

źródło: opracowanie własne

W przypadku zagrożeń istotnych z punktu widzenia leśnictwa wskazano silne wiatry, intensywne burze, podtopienia i susze, przy czym silnym wiatrom oraz suszom przyznano najwyższy stopień krytyczności, natomiast intensywnym burzom i podtopieniom średni stopień krytyczności. Praktycznie wszystkie przyjęte wskaźniki sektorowe w przypadku leśnictwa opisują każde z zagrożeń (jedynie uznano, że średni wiek lasu nie jest istotny w przypadku podtopień). Wskaźniki przyjęte dla sektora leśnictwa to procentowy udział powierzchni lasu w gminie, średni wiek lasu (gatunku panującego w konkretnym wydzieleniu leśnym) oraz procent powierzchni lasu uszkodzonego wskutek czynników klimatycznych i wodnych w stosunku do całkowitej powierzchni lasu (czynniki klimatyczne i wodne rozumiane jako wiatry, susze i podtopienia).

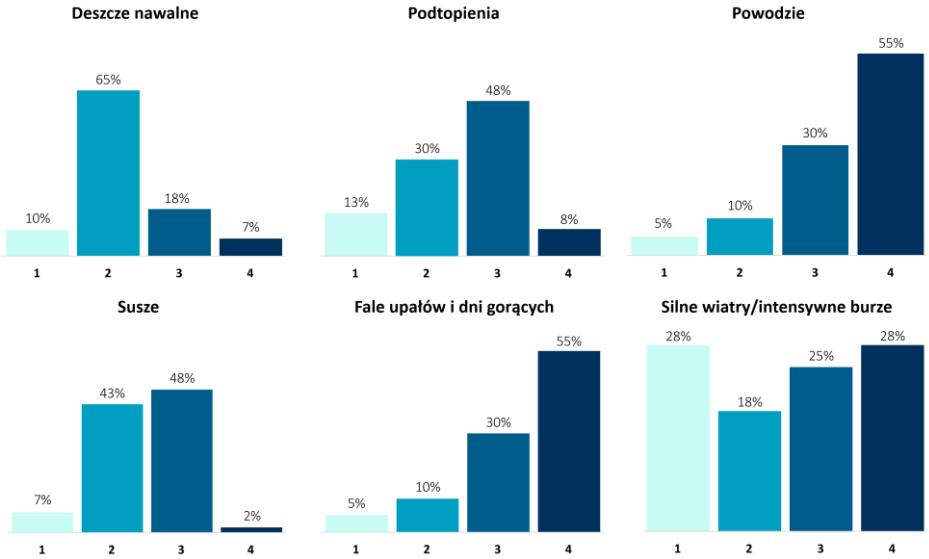
Tab. 12 Macierz zależności pomiędzy wskaźnikami sektorowymi a poszczególnymi zagrożeniami w sektorze leśnictwa (liczba „+" oznacza krytyczność:„+" oznacza utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" – ograniczenie funkcjonowania i „+++" – uniemożliwienie funkcjonowania)

	SILNE WIATRY	INTESYWNE BURZE	PODTOPIENIA	SUSZE
Procentowy udział powierzchni lasu w gminie (zalesienie)	+++	++	++	+++
Średni wiek lasu (gatunku panującego w wydzieleniu)	+++	++		+++
Procent powierzchni lasu uszkodzonego wskutek czynników klimatycznych i wodnych w stosunku do całkowitej powierzchni lasu	+++	++	++	+++

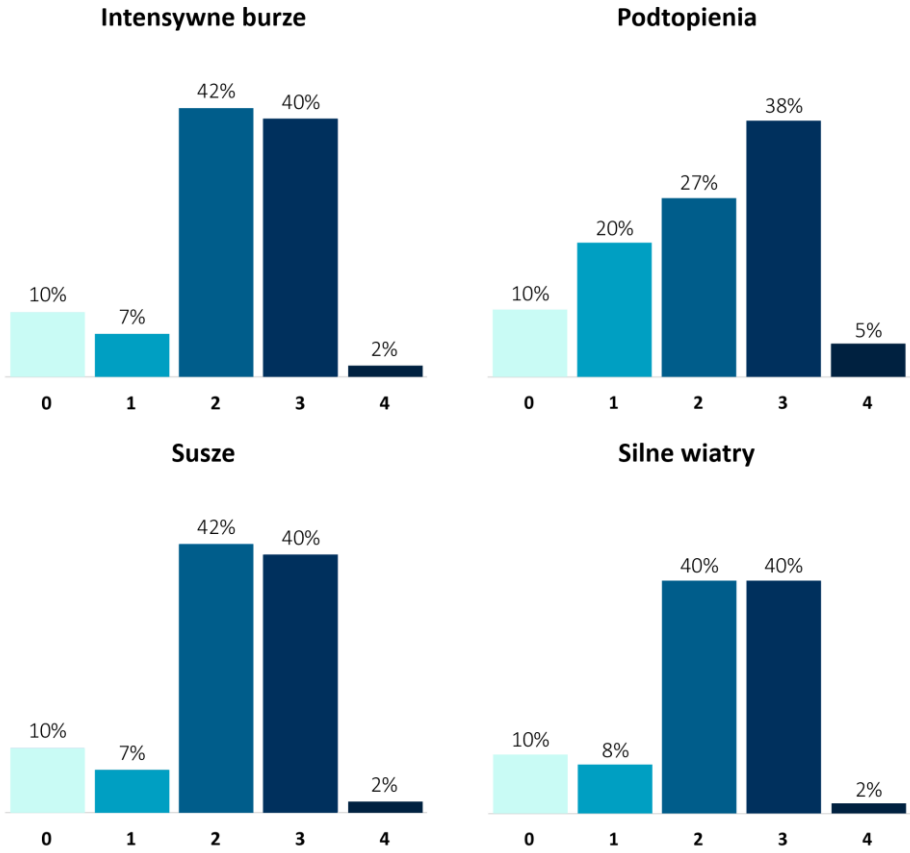
źródło: opracowanie własne

Wrażliwość sektora rolnictwo i leśnictwo została obliczona dla każdego zagrożenia klimatycznego zgodnie z powyżej wskazanymi w tabelach wskaźnikami sektorowymi. Dla poszczególnych zagrożeń udział gmin z poszczególną klasą wrażliwości przedstawiał się zgodnie z poniższymi wykresami. Dla rolnictwa wysokie wrażliwości w największej liczbie gmin uzyskano dla fal upałów oraz powodzi. W mniejszym stopniu dla silnych wiatrów/intensywnych burz, suszy, podtopień i deszczy nawalnych. W przypadku leśnictwa uzyskano bardzo podobne wartości wrażliwości dla wszystkich zagrożeń z uwagi na przyjęte podobne wskaźniki sektorowe. Liczba gmin z poszczególnymi klasami wrażliwości w większości mieści się w przedziale średnio niskim i średnio wysokim, z niewielką liczbą gmin o bardzo wysokiej i bardzo niskiej

wrażliwości. W przypadku lasów w 10% ocenianych gmin nie została nadana klasa wrażliwości, z uwagi na brak występowania lasów na terenie danej gminy.

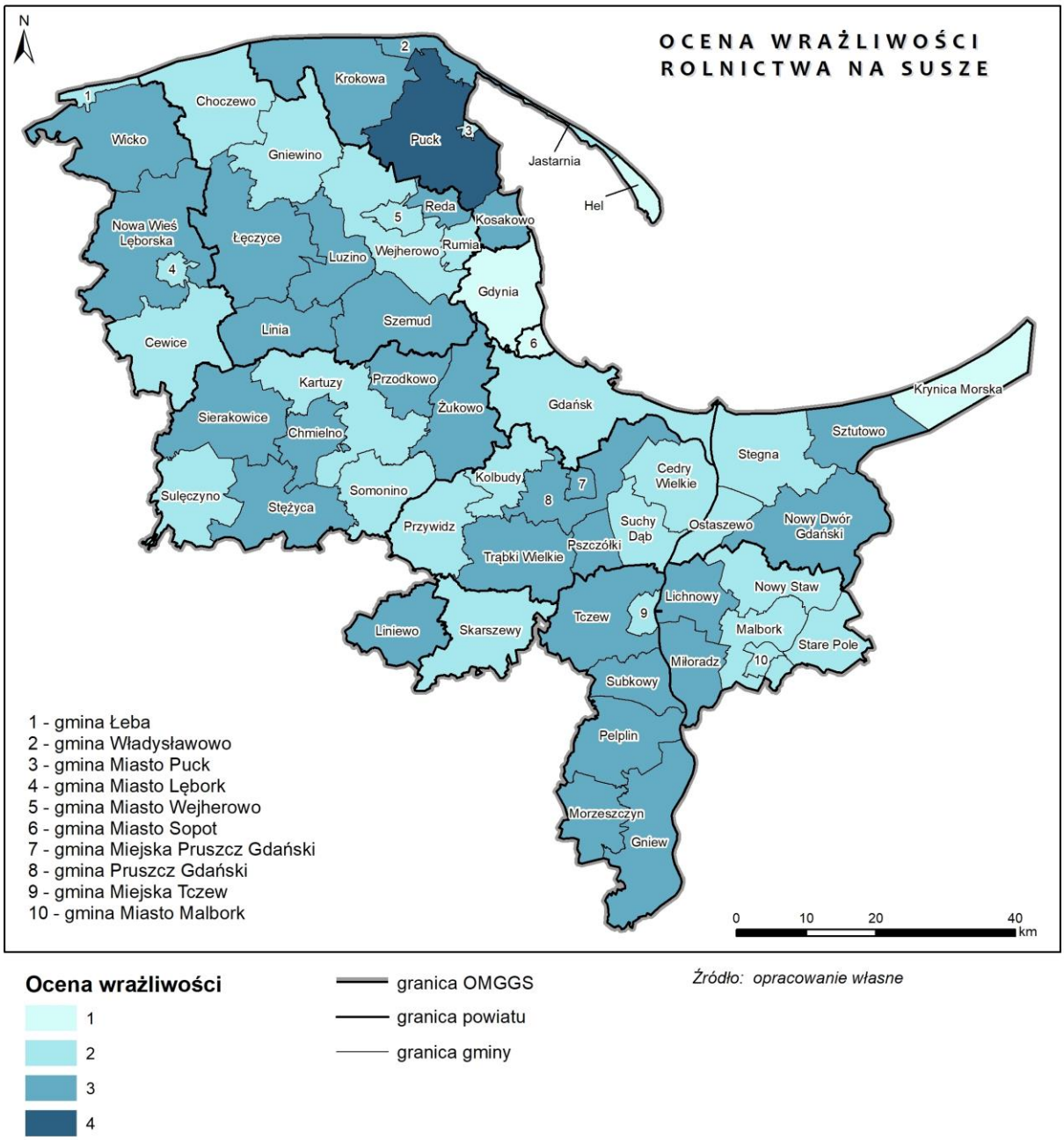


Ryc. 115 Udział gmin z poszczególnymi klasami wrażliwości w obszarze OMGGS dla sektora rolnictwo



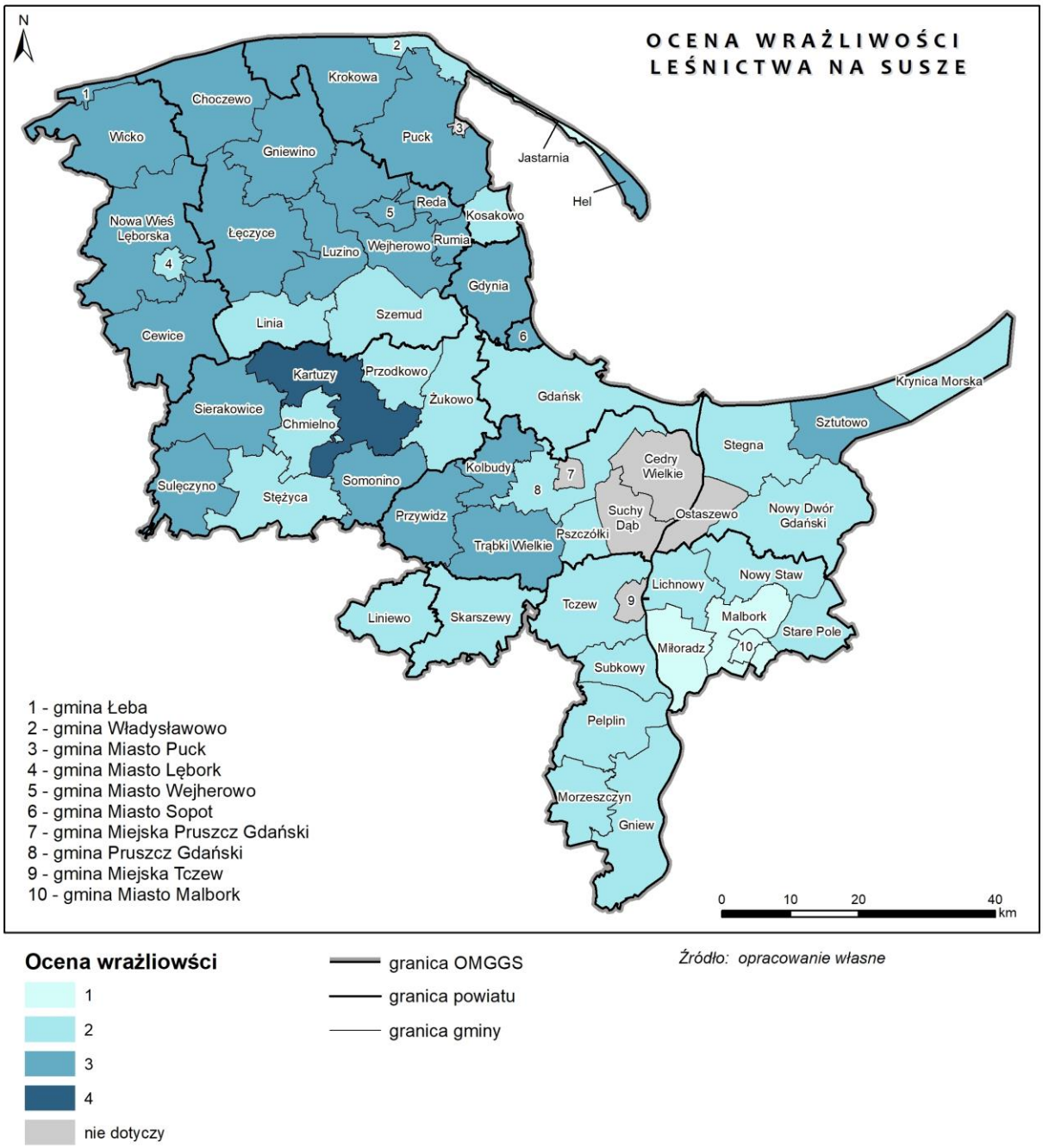
Ryc. 116 Udział gmin z poszczególnymi klasami wrażliwości w obszarze OMGGS dla sektora leśnictwo

Z uwagi na przyjętą krytyczność wpływu suszy na sektor rolnictwa i leśnictwa, uznano wrażliwość na to zagrożenie jako najistotniejsze w kontekście jego funkcjonowania.



Ryc. 117 Ocena wrażliwości rolnictwa na suszę w poszczególnych gminach OMGGS

Ocena wrażliwości rolnictwa na suszę przedstawiona na powyższej mapie pokazuje duże zróżnicowanie przestrzenne. Najniższą ocenę wrażliwości mają gminy o bardzo małym udziale powierzchni rolniczych tj. gminy miasta Hel, gminy miasta Krynica Morska oraz m. Gdynia i m. Sopot. Z kolei gminą o wrażliwości największej jest gmina Puck. Klasy wrażliwości pośrednich 2 i 3 rozłożone są na obszarze OMGGS bez znaczących trendów, gdzie główną rolę odgrywają uwarunkowania lokalne.



Ryc. 118 Ocena wrażliwości leśnictwa na suszę w poszczególnych gminach OMGGS

Rozkład przestrzenny ocen wrażliwości leśnictwa na suszę cechuje się większym uporządkowaniem niż w przypadku rolnictwa. Jak wspomniano już wcześniej, w przypadku 10% gmin z obszaru OMGGS nie dokonywano ocen dla leśnictwa z uwagi na brak występowania lasów w gminie. Gminami tymi są: Cedry Wielkie, gmina miejska Pruszcz Gdański, Suchy Dąb, Ostaszewo, miasto Puck i miasto Tczew. Najwyższą klasą wrażliwości na suszę cechuje się jedna gmina Kartuzy, z kolei gminami o klasie najniższej są: Miłoradz, Malbork oraz miasto Malbork. Układ klasy wrażliwości 2 i 3 poza niewielkimi odchyleniami, skorelowany jest w układ południkowy tj. w części wschodniej przeważają gminy o niskim poziomie wrażliwości, natomiast w części zachodniej gminy o wysokim poziomie wrażliwości na suszę.

4.7.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050

Poszczególne zagrożenia klimatyczne w obszarze OMGGS w perspektywie 2050 mają różny przebieg zmian i zróżnicowane występowanie przestrzenne. Wpływ na to ma charakterystyka danej gminy i jej wrażliwość na zagrożenie klimatyczne, intensywność występowania danego zjawiska w gminie i potencjał adaptacyjny, będący odpowiedzią i stopniem przystosowania gminy do poradzenie sobie z zagrożeniem. Gminy o wysokim potencjale adaptacyjnym z reguły dla poszczególnych zagrożeń minimalizowały swą podatność na wystąpienie zagrożenia i docelowo w funkcji ryzyka wypadały lepiej aniżeli gminy o słabym potencjale adaptacyjnym. Uzyskane podatności dla poszczególnych zagrożeń wskazywały że gminy miejskie, dzięki mniejszej wrażliwości na poszczególne zagrożenia (mniej gruntów rolniczych od gmin wiejskich i wiejsko-miejskich) oraz zazwyczaj większemu potencjałowi adaptacyjnemu charakteryzowały się zawsze mniejszą podatnością dla wszystkich zagrożeń. Wśród zagrożeń ze względu na najwyższą krytyczność za najważniejsze uznane zostało zagrożenie suszą. Ponadto duże końcowe ryzyka uzyskano dla powodzi ze względu na wysokie i bardzo wysokie prawdopodobieństwo występowania ich w przyszłości w horyzoncie 2050. Poniżej przedstawiono, jak prezentują się dla poszczególnych zagrożeń liczby gmin o wysokim i bardzo wysokim stopniu ryzyka.

W przypadku zagrożenia ze strony wiatru dla rolnictwa nie ma zdiagnozowanych gmin o klasach wysokiego i bardzo wysokiego ryzyka. W przypadku leśnictwa bardzo wysokie zagrożenie występuję w gminie miasto Hel, gmina Kosakowo, gmina Puck, gmina Krokowa, natomiast w 13 innych gminach zagrożenie jest wysokie.

Ryzyko ze strony intensywnych burz na poziomie bardzo wysokim zdiagnozowano dla rolnictwa w gminie Subkowy, gminie Morzeszczyn i gminie Liniewo, natomiast na poziomie wysokim dla 17 gmin. W przypadku leśnictwa bardzo wysokie zagrożenie jest w gminach Przywidz, Sulęczyno i Cewice, a zagrożenie wysokie występuje w 12 innych gminach.

Ryzyko ze strony deszczy nawalnych dla rolnictwa nie występuje na poziomie bardzo wysokim poziomie w żadnej z gmin, natomiast w aż 24 gminach jest ono na poziomie wysokim.

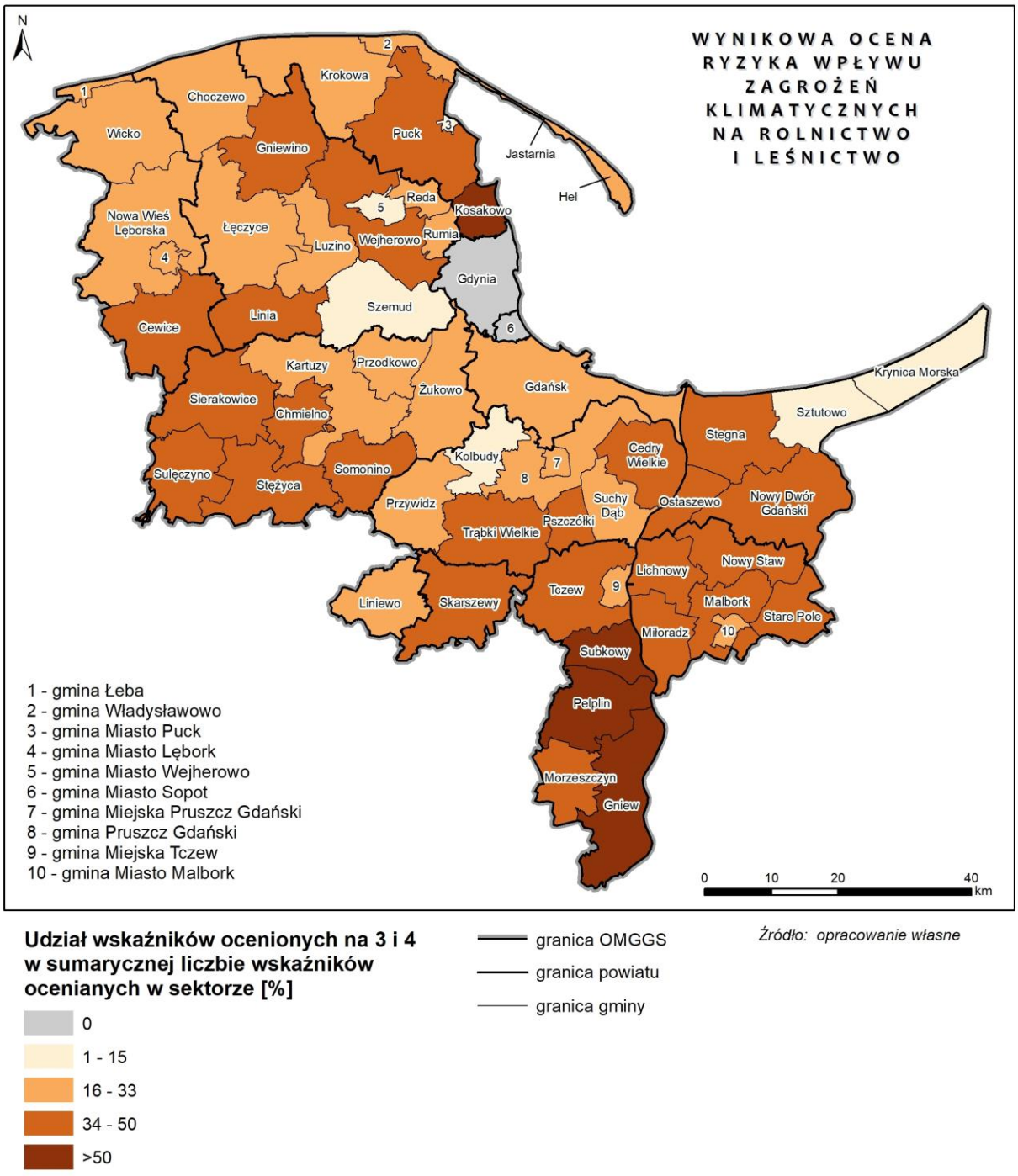
Podobnie wygląda sytuacja z ryzykiem ze strony fal upałów i dni gorących dla rolnictwa, gdzie żadna gmina nie charakteryzuje się bardzo wysokim poziomem ryzyka, natomiast w przypadku 29 gmin to ryzyko jest wysokie.

W przypadku ryzyka powodzi dla rolnictwa 10 gmin charakteryzuje się bardzo wysokim ryzykiem i są to: gmina Cedry Wielkie, gmina Nowa Wieś Lęborska, gmina Wicko, gmina Lichnowy, gmina Miłoradz, gmina Malbork, gmina Ostaszewo, gmina Stegna, gmina Krokowa i gmina Subkowy, natomiast 21 gmin cechuje się ryzykiem wysokim.

Dla zagrożenia podtopieniami dla rolnictwa jedna gmina charakteryzuje się ryzkiem bardzo wysokim - gmina Ostaszewo, natomiast wynika to z ogólnego niskiego poziomu potencjału adaptacyjnego gminy w stosunku do gmin sąsiednich. W przypadku 15 gmin poziom ryzyka jest oceniony na wysoki. W sektorze leśnictwo żadna gmina nie posiada bardzo wysokiego zagrożenia podtopieniami, natomiast dla 6 gmin ocenione zostało to ryzyko na wysokie.

Zagrożenie suszą dla rolnictwa występuję na poziomie bardzo wysokim w 12 gminach: gmina Cedry Wielkie, gmina Lichnowy, gmina Miłoradz, miasto i gmina Nowy Staw, gmina Stare Pole, gmina Malbork, miasto i gmina Nowy Dwór Gdański, gmina Ostaszewo, miasto i gmina Gniew, miasto i gmina Pelplin, gmina Subkowy oraz gmina Morzeszczyn. Dziesięć kolejnych gmin charakteryzuje się zagrożeniem wysokim. Dla leśnictwa zagrożenie bardzo wysokie zdiagnozowano w 5 gminach: gmina Lichnowy, miasto i gmina Nowy Staw, gmina Stare Pole, gmina Subkowy oraz gmina Morzeszczyn, natomiast wysokie w 11 gminach.

Poniżej przedstawiono zbiorczą wynikową ocenę ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na rolnictwo i leśnictwo jako udział ocen ryzyka 3 i 4 w całej liczbie ocenianych zagrożeń w poszczególnych gminach. Takie zestawienie zbiorcze pozwala ocenić całościowo poziom ryzyka w gminie poprzez liczbę zagrożeń.



Ryc. 119 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na rolnictwo i leśnictwo

Ocena sektora dotyczącego rolnictwa i leśnictwa dla obszaru OMGGS liczonego łącznie zarówno dla produkcji leśnej jak i rolnej jest metodycznie ograniczona pod tym względem, że obszary leśne i rolne częściowo się wykluczają. Maksymalną możliwą liczbę zagrożeń dla całego sektora uzyskać będą mogły tereny o dużym udziale zarówno terenów rolnych, jak i leśnych.

Na obszarze OMGGS dwie gminy cechują się brakiem dużych i bardzo dużych ryzyk. M. Gdynia i m. Sopot są specyficzne dla sektora rolnictwo i leśnictwo, z uwagi na fakt, że udział powierzchni rolnych i leśnych w tych miastach jest niewielki. Kilka gmin (m. Puck, Szemud, Kolbudy, Sztutowo oraz gmina miasto Krynica

Morska) cechuje się niewielkim udziałem ryzyka (do 15%). Z kolei bardzo wysoki udział (powyżej 50%) ocen wysokiego i bardzo wysokiego ryzyka posiadają 4 gminy: gmina Kosakowo, miasto i gmina Pelplin, gmina Subkowy, miasto i gmina Gniew.

Przyczyny wysokich klas ryzyka dla tych gmin są zróżnicowane, natomiast łączy je wszystkie stosunkowo niski poziom potencjału adaptacyjnego (gmina Subkowy 1, miasto i gmina Gniew, miasto i gmina Pelplin, Kosakowo oceniany na poziomie 2). W przypadku gminy Kosakowo dla leśnictwa najwyższe oceny ryzyka pochodzą od silnych porywów wiatru oraz podtopień, z kolei w rolnictwie od podtopień, powodzi, suszy, intensywnych burz oraz deszczy nawalnych. Dla 3 pozostałych gmin położonych na południu obszaru OMGGS (miasto i gmina Pelpin, gmina Subkowy, miasto i gmina Gniew) z największymi ocenami ryzyka wiążą się zagrożenia skoncentrowane wokół intensywnych burz i suszy na leśnictwo oraz powodzi, suszy, fal upałów i dni gorących oraz intensywnych burz na rolnictwo.

4.7.4 Podsumowanie

Sektor rolnictwa i leśnictwa zajmuje w OMGGS szczególne miejsce. Rolnictwo na tym terenie było od wieków kluczowym elementem gospodarki. Dzisiaj wyspecjalizowane gospodarstwa rolne bazując na doskonałych warunkach glebowych zajmują znaczącą ogólną powierzchnię OMGGS. Wpływ zagrożeń wynikających ze zmian klimatu stał się jednak dużą barierą w rozwoju tego sektora. Zmiany długofalowe w postaci pogorszenia warunków glebowych i wodnych stanowią wyzwania, przed którymi stoją włodarze tych ziem. Z drugiej strony pojawią się nasilające się zjawiska ekstremalne, przed którymi często nie ma możliwości ochrony, a straty w produkcji przez nie wywołane, muszą być niejako wpisane w koszt sektora. Oceniona w opracowaniu wrażliwość sektora na poszczególne zagrożenia wskazała, że dla większości obszaru OMGGS niemal wszystkie zagrożenia występują i mogą niekorzystnie oddziaływać na sektor rolnictwa i leśnictwa, zróżnicowanie w skali ryzyka i przestrzeni OMGGS. Gminy, dla których wskazano najwyższe ryzyko, powinny szczególnie przeciwdziałać negatywnym oddziaływaniom i zwiększać potencjał adaptacji do zmian klimaty zarówno dla leśnictwa jak i rolnictwa.

Poszczególne zagrożenia klimatyczne w obszarze OMGGS w perspektywie 2050 mają różny przebieg zmian i zróżnicowane występowanie przestrzenne. W przypadku najistotniejszego analizowanego zagrożenia suszą wyraźny jest podział na część wschodnią o większym zagrożeniu oraz część zachodnią o zagrożeniu mniejszym. 13 gmin o zagrożeniu bardzo wysokim w klasie 4 znajduje się one w południowo-wschodniej części OMGGS.

Jak wskazano w rozdziale 4.7.3 poszczególne zagrożenia rozkładały się zróżnicowanie co do skali i przestrzeni. Zagrożeniami obejmującymi największą liczbę gmin o bardzo wysokim ryzyku są susza oraz powódź. W przypadku suszy duży wpływ ma na to ocena krytyczności tego zjawiska, natomiast w przypadku powodzi rozległy jest dla obszaru OMGGS zasięg oddziaływania tego zjawiska szczególnie dla gmin pasa nadmorskiego oraz doliny Wisły.

W przypadku powodzi 10 gmin charakteryzuje się bardzo wysokim ryzykiem i są to: gmina Cedry Wielkie, gmina Nowa Wieś Lęborska, gmina Wicko, gmina Lichnowy, gmina Miłoradz, gmina Malbork, gmina Ostaszewo, gmina Stegna, gmina Krokowa i gmina Subkowy, natomiast zagrożenie suszą dla rolnictwa występuję na poziomie bardzo wysokim w 12 gminach: gmina Cedry Wielkie, gmina Lichnowy, gmina Miłoradz, miasto i gmina Nowy Staw, gmina Stare Pole, gmina Malbork, miasto i gmina Nowy Dwór Gdański, gmina Ostaszewo, miasto i gmina Gniew, miasto i gmina Pelplin, gmina Subkowy oraz gmina Morzeszczyn a dla leśnictwa w 5 gminach: gmina Lichnowy, miasto i gmina Nowy Staw, gmina Stare Pole, gmina Subkowy oraz gmina Morzeszczyn.

Jednak w przypadku wszystkich zagrożeń znacząca jest także liczba gmin o wysokim poziomie ryzyka. Co ciekawe gminy dla których stwierdzono wysoki udział (powyżej 50%) ocen wysokiego i bardzo wysokiego ryzyka wcale nie występują w większości zagrożeń jako ryzyko bardzo wysokie. Gmina Kosakowo, miasto i gmina Pelpin oraz miasto i gmina Gniew mają tylko w przypadku jednego zagrożenia klasę ryzyka bardzo wysoką, natomiast aż dla 5 innych klasę wysokiego ryzyka. Dla gminy Subkowy ryzyka 4 zagrożeń są sklasyfikowane jako bardzo wysokie, a 2 jako wysokie.

Działania adaptacyjne powinny jednak podejmować wszystkie gminy z obszaru OMGGS. Działania dla sektora rolnictwa i leśnictwa skorelowane mogą być z innymi sektorami, co w sposób ogólny przyczyni się do lepszej adaptacji regionu. Wśród największych szans regionu w stosunku do reszty kraju, wymienić można znaczący potencjał zasobów wodnych i wynikające z tego możliwości nawodnień gruntów rolnych, szczególnie w części wschodniej obszaru. Przebudowa i późniejsza właściwa eksploatacja systemów odwodnieniowo-nawodnieniowych pozwolić może na znaczące minimalizowanie skutków suszy. Zasoby wód uzyskane w ten sposób mogą przyczynić się do wzrostu plonów bądź minimalizacji strat w przypadku wystąpienia niekorzystnych oddziaływań w postaci suszy. Właściwa eksploatacja i utrzymanie może też być przydatne w przypadku podtopień, gdzie układy dwustronne będę mogły odprowadzić część wód w przypadku ich nadmiaru, a w miarę możliwości zretencjonować je w odpowiednim miejscu. Redukcja niepewności uzyskanych plonów pozwolić może na dobry stan ekonomiczny gospodarstw, ich dalszą specjalizację i rozwój technologiczny.

4.8 Turystyka

4.8.1 Ocena wrażliwości sektora na zmiany klimatu

Zmiany klimatu w zakresie turystyki oddziałują na infrastrukturę i walory turystyczne oraz globalne i lokalne trendy w zakresie ruchu turystycznego. **Infrastrukturę turystyczną**, czyli bazę materialną turystyki dzielimy na bazę gastronomiczną, noclegową, komunikacyjną i towarzyszącą (np. obiekty sportowe, infrastruktura na szlakach turystycznych, wypożyczalnie sprzętu). Podlega ona tym samym zagrożeniom klimatycznym, co każdy inny rodzaj infrastruktury, czyli ryzyku zniszczenia przez zjawiska ekstremalne, jak powodzie i podtopienia, silne wiatry, czy nawalne deszcze i ich skutki np. osuwiska. Infrastruktura turystyczna znajdująca się na wybrzeżach dodatkowo jest zagrożona przez sztormy i zalanie wskutek podnoszenia się poziomu morza.

Zmiany klimatyczne wywierają również znaczący wpływ na **walory turystyczne**, czyli walory wypoczynkowe, krajoznawcze (przyrodnicze i kulturowe) oraz specjalistyczne (umożliwiające uprawianie np. wędkarstwa, myślistwa, jeździectwa, kajakarstwa i tym podobnych form turystyki kwalifikowanej). W rejonach nadmorskich najistotniejsze dla gospodarki turystycznej są **walory wypoczynkowe** związane z pobytem na wybrzeżu. Kluczowy w tym przypadku jest stan kąpielisk, które mogą zostać nieodwracalnie utracone zarówno wskutek podnoszenia się poziomu morza i zalania, jak i związanych z tym działań adaptacyjnych. Budowanie umocnień powstrzymujących wody morskie wpływa bezpośrednio na plaże poprzez zajmowanie przestrzeni i ich fizyczną likwidację, oraz pośrednio poprzez zmianę dynamiki osadzania się piasku. W związku z tym plaże będzie trzeba sztucznie zasilać piaskiem i odgradzać betonowymi murami, jak to już obecnie robi się w Holandii, co oczywiście znacząco zmniejsza walory krajobrazowe. Drugim ważnym zagrożeniem dla stanu kąpielisk, z którym w przypadku Morza Bałtyckiego już się mierzymy, są zakwity sinic, często będące powodem wprowadzania zakazu kąpieli ze względu na szkodliwe dla zdrowia toksyny. Podnoszenie się średnich temperatur, w połączeniu z dopływem do akwenów morskich dużych ilości biogenów, spowoduje nasilenie się tego problemu.

Walory krajoznawcze mogą zostać utracone wskutek degradacji ekosystemów będących bazą dla **walorów przyrodniczych** oraz wskutek fizycznego zniszczenia dziedzictwa materialnego stanowiącego **walor kulturowy**. W rejonach nadmorskich będą to zmiany ukształtowania linii brzegowej i charakteru wybrzeża np. przekształcenie się półwyspów w wyspy, utrata plaż, klifów i jezior przybrzeżnych, a także zasolenie ujściowych odcinków rzek i zmiana charakteru siedlisk. Ponadto starówki miast nadmorskich oraz liczne zabytki mogą zostać zalane. **Walory specjalistyczne** są zależne od stanu ekosystemów, głównie rzek i jezior, lasów oraz wybrzeża.

W wyniku zmian klimatycznych zmieni się globalny rozkład **ruchu turystycznego** zarówno w wymiarze czasowym, jak i przestrzennym. Południowe wybrzeże Bałtyku może czasowo na tym zyskać, gdyż w związku z letnimi falami upałów turyści zaczną wybierać destynacje turystyczne położone bardziej na północy, czyli Europę Centralną i Skandynawię, zamiast Europy Południowej, a zatem Morze Bałtyckie zamiast Śródziemnego. Trudno powiedzieć, jak długo taki trend się utrzyma, gdyż przy znacznym nasileniu

zjawisk ekstremalnych, w połączeniu z utratą walorów wypoczynkowych, również turystyka nad Bałtykiem może być w pewnym momencie utrudniona.

4.8.2 Ocena wrażliwości sektora na obszarze OMGGS

Wykorzystanie potencjału przyrodniczo-krajobrazowego dla rozwoju turystyki i rekreacji stanowi istotny dział gospodarki regionu OMGGS. Znaczne walory przyrodnicze i krajobrazowe oraz nadmorska lokalizacja stanowią podstawę turystyki wypoczynkowej, krajoznawczej i kwalifikowanej. Znana marka turystyczna regionu, dobra dostępność oraz rozwinięta infrastruktura turystyczna to szansa na dalszy rozwój społeczno-gospodarczy[129]. Niemniej, liczne zagrożenia dla turystyki związane ze zmianami klimatycznymi dotyczą infrastruktury, ruchu turystycznego oraz walorów turystycznych.

Największym zagrożeniem dla infrastruktury w rejonie wybrzeża jest podnoszenie się poziomu morza i tzw. *overtopping*, czyli przelewanie się mórz przez nabrzeża wskutek podnoszenia się poziomu wody w oceanach, coraz częstszych sztormów oraz zwiększania wysokości fal. Dane uzyskane w projekcie *Baltic SEAL* pokazują, że w latach 1995-2019 poziom Bałtyku wzdłuż polskiego wybrzeża podnosił się w tempie ok. 4-5mm rocznie[130,131]. Zgodnie z komunikatem PAN w przypadku polskiego wybrzeża prognozy wzrostu rzeczywistego poziomu morza są również zbliżone do globalnych prognoz, jednakże należy do tego dodać jeszcze wpływ pionowych ruchów skorupy ziemskiej. Są one nadal niedostatecznie zbadane dla polskiego wybrzeża, ale wstępne wyniki wskazują na obniżanie się o około 1 mm/rok wybrzeża w rejonie Zatoki Gdańskiej i nawet 2 mm/rok w rejonie Żuław. Może to spowodować przyspieszenie wzrostu względnego średniego poziomu morza w tym rejonie o dodatkowe ok. 10-20 cm na stulecie, skutkując zwiększeniem zagrożeń związanych ze wzrostem poziomu morza i obejmowaniem przez te zagrożenia coraz większych obszarów, w tym w tak ważnych dla kraju miejscach, jak historyczna część Gdańska, Żuławy czy Półwysep Helski[132].

Natomiast najnowsze badania nad zjawiskiem *overtopping* wskazały, że wzrosło ono o prawie 50% w ciągu ostatnich dwóch dekad i będzie nadal przyspieszać osiągając szybsze tempo niż globalny wzrost średniego poziomu morza. Dostrzegalny wzrost nastąpi około połowy stulecia, niezależnie od scenariusza klimatycznego. Naukowcy wyznaczyli regiony, gdzie *overtopping* ma najwyższe tempo wzrostu, a jednym z nich jest Europa Wschodnia, czyli Morze Bałtyckie[133].

Do końca wieku poziom Bałtyku może się podnieść nawet o 100 cm. Liczne scenariusze klimatyczne pokazują utratę wybrzeża w rejonach nadmorskich całego świata i związane z tym straty finansowe. Poza podnoszeniem się poziomu morza straty mogą być powodowane przez sztormy, silne wiatry, osuwiska (na klifach), podtopienia i powodzie. Straty związane ze zjawiskami ekstremalnymi są tym większe im więcej znajduje się infrastruktury na terenach dotkniętych tymi zjawiskami. Jest to szczególnie istotne w warunkach przeinwestowania miejscowości nadmorskich w kierunku tzw. betonowych wybrzeży, a należy pamiętać, że za kilkadziesiąt lat miasta na wybrzeżu będą regularnie podtapiane podczas sztormów. Warto przytoczyć w tym miejscu wypowiedź prof. Jacek Piskozuba, oceanologa z Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie: *"Przelania przez nabrzeża zdarzają się coraz częściej w miejscowościach takich jak Świnoujście, Kołobrzeg czy Ustka. Nie mam na myśli efektu samego spiętrzenia sztormowego, tzw. cofki w głębi rzek wpadających do morza, czyli np. na Martwej Wiśle w Gdańsku, na rzekach żuławskich itp., ale podtopień, których by nie było gdyby nie przelewanie się fal przez nabrzeże. A ponieważ w miastach*

[129] Marek Degórski, Bożena Degórska, Anna Błażewicz-Stasiak, 2014, Opracowanie strategii rozwoju Gdańskiego Obszaru Metropolitalnego do 2030 roku, Diagnoza sektorowa, Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko przyrodnicze, Gdańsk.
[130] Baltic Sea Multi-mission Sea Level Products, http://balticseal.eu/ [dostęp: 07.06.2021]
[131] Passaro, M. i in. (2021). Absolute Baltic Sea Level Trends in the Satellite Altimetry Era: A Revisit. Frontiers in Marine Science. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.647607/full
[132] Komunikat 02/2021 interdyscyplinarnego Zespołu doradczego do spraw kryzysu klimatycznego przy prezesie PAN na temat zmiany klimatu i wzrostu poziomu morza.
[133] Almar, R., Ranasinghe, R., Bergsma, E. W., Diaz, H., Melet, A., Papa, F., ... & Kestenare, E. (2021). A global analysis of extreme coastal water levels with implications for potential coastal overtopping. Nature Communications, 12(1), 1-9.

powoduje to znacznie większe straty finansowe niż gdzie indziej, problem nie jest trywialny. (...) [w Gdańsku] W pierwszej kolejności podtopienia będą dotyczyły znajdującego się na wschodnim brzegu Motławy tzw. dolnego miasta, które jest najniżej położoną częścią Gdańska. Bałtyk będzie podtapiać też inne nadmorskie, nisko położone fragmenty miasta, w tym Park Reagana. Przykładowo, we wspomnianym Parku Reagana znajdują się ujęcia, z których Gdańsk pobiera 30 proc. swojej wody pitnej. Regularnie zalewane oznacza niebezpieczeństwo ich zasolenia. Z kolei okresowe zalewanie niektórych dzielnic mogłoby doprowadzić do sytuacji znanej choćby z tych rejonów Wenecji, w których po prostu nikt już nie mieszka na parterze. (...) To oczywiście scenariusz ekstremalny dla obecnego stulecia, ale nie niemożliwy. To by oznaczało w zasadzie trwałe zalanie całej historycznej części Gdańska, a także jego głównej części. (...) *Będziemy musieli zdecydować, które fragmenty lądu bronimy, a które zdecydujemy się oddać morzu. Takie pytanie z pewnością będziemy musieli sobie postawić w przypadku Helu. Być może sensowniej będzie pozwolić Helowi zostać wyspą i zamiast w wały zainwestować w kilka promów, które będą wozić mieszkańców i turystów na ląd."*[134]

Podnoszenie się poziomu morza wpływa również na walory wypoczynkowe rejonu OMGGS, do jakich należy dostępność i stan kąpielisk. W Morzu Bałtyckim toksyczne zakwity tworzy gatunek *Nodularia spumigena*, którego masowe zakwity są notowane w Zatoce Gdańskiej. Ich zasięg zależny jest od kierunku i siły wiatru, który może przesuwać powierzchniowy zakwit w ciągu kilku godzin. Gdy zakwit sinicowy rozwija się i trwa, wpływa on niekorzystnie na wygląd, jakość i użyteczność zbiornika wodnego, nawet jeśli nie jest związany z wytwarzaniem się toksyn. W związku z tym zakwity sinic obniżają walory rekreacyjne kąpielisk[135,136]. Walory krajoznawcze i specjalistyczne na omawianym obszarze to w znacznym stopniu walory przyrodnicze, których zagrożenia omówiono w rozdziale poświęconym ochronie przyrody.

Biorąc pod uwagę opisane powyżej zagrożenia dla turystyki oraz dostępność danych, wybrano wskaźniki sektorowe będące podstawą oceny wrażliwości sektora turystyki na zmiany klimatu w rejonie OMGGS. Znaczna część tych wskaźników odnosi się do walorów przyrodniczych będących w tym regionie podstawą dla różnych form turystyki:

- udział powierzchni lasów sumarycznie w powierzchni gminy (walor wypoczynkowy i krajoznawczy),
- długość cieków wodnych w gminie, jako wskaźnik obecności ekosystemów dolin rzecznych (walor dla turystyki wodnej wraz z towarzyszącą infrastrukturą),
- liczba zbiorników wodnych oraz udział pokrycia wodami w powierzchni gminy (walor wypoczynkowy, walor dla turystyki wodnej, kąpieliska słodkowodne zagrożone eutrofizacją),
- długość linii brzegowej, jako wskaźnik występowania wód przybrzeżnych, które są zagrożone zakwitami sinic (walor wypoczynkowy, kąpieliska morskie zagrożone eutrofizacją).

Pozostałe wskaźniki dotyczą infrastruktury komunikacyjnej i bazy towarzyszącej. Niestety w tym przypadku dostępność odpowiednich danych była mocno ograniczona i włączono do oceny tylko długość szlaków rowerowych oraz wszystkich dróg w gminach. Ponadto uwzględniono, czy dany obszar ma status uzdrowiska.

Pod względem krytyczności przyjęto, że bardzo znaczący wpływ występuje w przypadku suszy, która prowadzi do obniżania się poziomu wód w jeziorach i rzekach oraz zanikania zbiorników wodnych będących istotnym elementem atrakcyjności turystycznej regionu. Susze w lasach będą ograniczać ich walory wypoczynkowe wskutek zagrożenia pożarowego. Bardzo znaczący wpływ przyjęto również dla powodzi, które będą w istotnym stopniu niszczyć infrastrukturę, szczególnie na wybrzeżu. Wpływ znaczący przyjęto dla koncentracji zanieczyszczeń powietrza (szczególnie istotne dla uzdrowisk, jakość środowiska jest składową atrakcyjności turystycznej), podtopień, deszczy nawalnych i silnych porywów

[134] https://oko.press/podnosi-sie-poziom-baltyku-i-zagraza-miastom-na-wybrzezu/ [dostęp: 07.06.2021]
[135] Główny Inspektorat Sanitarny, Stan sanitarny kraju w 2019 roku, https://sk.gis.gov.pl/raporty/Stan_sanitany_2019_-_kapieliska.pdf [dostęp: 07.06.2021]
[136] Główny Inspektorat Sanitarny, https://sk.gis.gov.pl/index.php/informacje [dostęp: 07.06.2021]

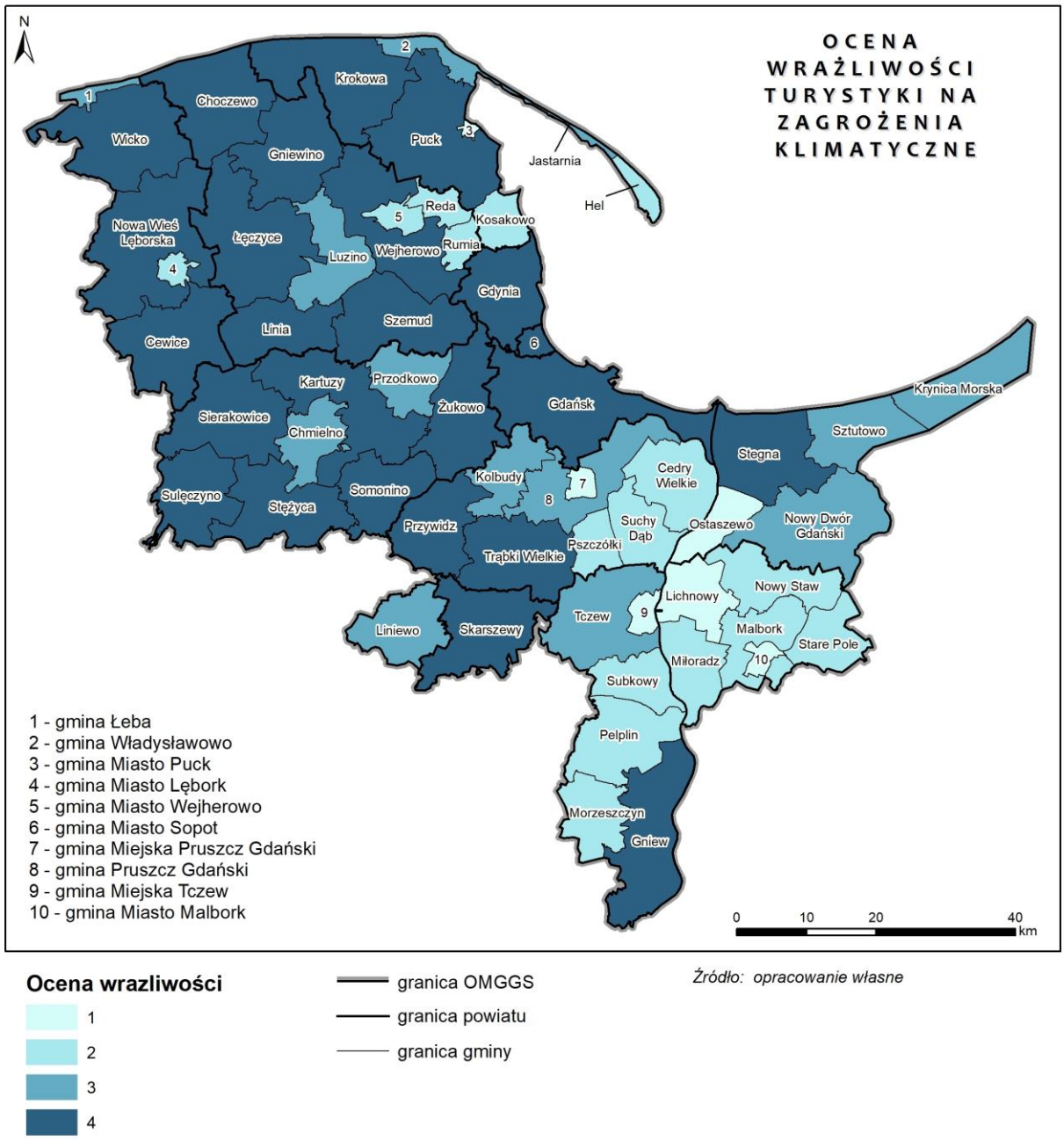
wiatru (mogą ograniczać korzystanie z infrastruktury, czasami ją uszkadzać, a także powodować pewne straty w ekosystemach leśnych). Wpływ umiarkowany przyjęto dla fał upałów, aczkolwiek należy pamiętać, że mogą chwilowo sprzyjać zakwitom sinic, natomiast wpływ burz i mrozów pominięto.

Zestawienie wskaźników sektorowych dla turystyki przedstawiono w Tab. 13.

Tab. 13 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na sektor turystyki na obszarze OMGGS

WSKAŹNIK	SILNE PORYWY WIATRU	DESZCZE NAWALNE	FALE UPAŁÓW I DNI GORĄCYCH	POWODZIE	PODTOPIENIA	SUSZE	KONCENTRACJA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA	SKUTKI
Udział powierzchnia lasów sumarycznie w powierzchni gminy	++	++	+	+++	++	+++	++	utrata walorów turystycznych
Długość cieków wodnych w gminie, jako wskaźnik obecności ekosystemów dolin rzecznych	++	++	+	+++	++	+++	++	utrata walorów turystycznych
Liczba zbiorników wodnych	++	++	+	+++	++	+++	++	utrata walorów turystycznych
Udział pokrycia wodami w powierzchni gminy	++	++	+	+++	++	+++	++	utrata walorów turystycznych
Długość linii brzegowej, jako wskaźnik występowania wód przybrzeżnych, które są zagrożone zakwitami sinic	++	++	+	+++	++	+++	++	utrata walorów turystycznych
Długość szlaków rowerowych	++	++	+	+++	++	+++	++	utrata walorów turystycznych oraz zniszczenia infrastruktury turystycznej
Długość infrastruktury komunikacyjnej	++	++	+	+++	++	+++	++	utrata walorów turystycznych oraz zniszczenia infrastruktury turystycznej
Występowanie uzdrowiska	++	++	+	+++	++	+++	++	utrata walorów turystycznych oraz zniszczenia infrastruktury turystycznej

Analiza wrażliwości sektora wykazała, że większość gmin rejonu OMGGS charakteryzuje się wysoką wrażliwością na zmiany klimatu w zakresie turystyki. Wynika to z uwarunkowań geograficznych i obecności ważnych dla turystyki walorów przyrodniczych w pasie pojezierza i wybrzeża (zbiorniki i cieki wodne, pas linii brzegowej Bałtyku, lasy). Ponadto, większość gmin tego regionu pełni funkcję turystyczną i posiada rozbudowaną infrastrukturę komunikacyjną i turystyczną. Rozkład przestrzenny wrażliwości sektora turystyki na zmiany klimatu przedstawiono na Ryc. 120.

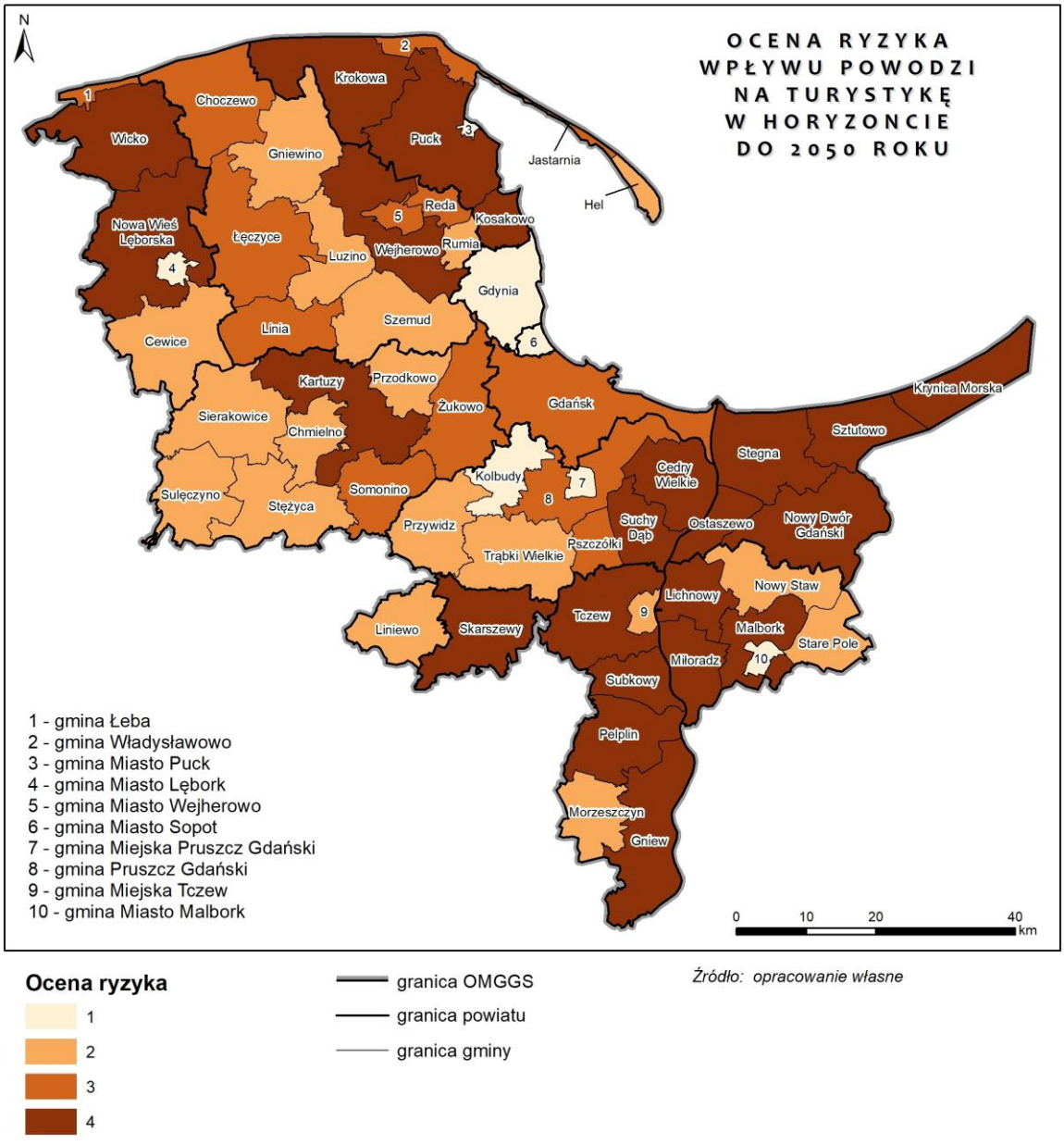


Ryc. 120 Ocena wrażliwości sektora turystyki na zagrożenia klimatyczne

4.8.3 Ocena ryzyka wpływu zagrożeń priorytetowych na funkcjonowanie sektora w horyzoncie 2050

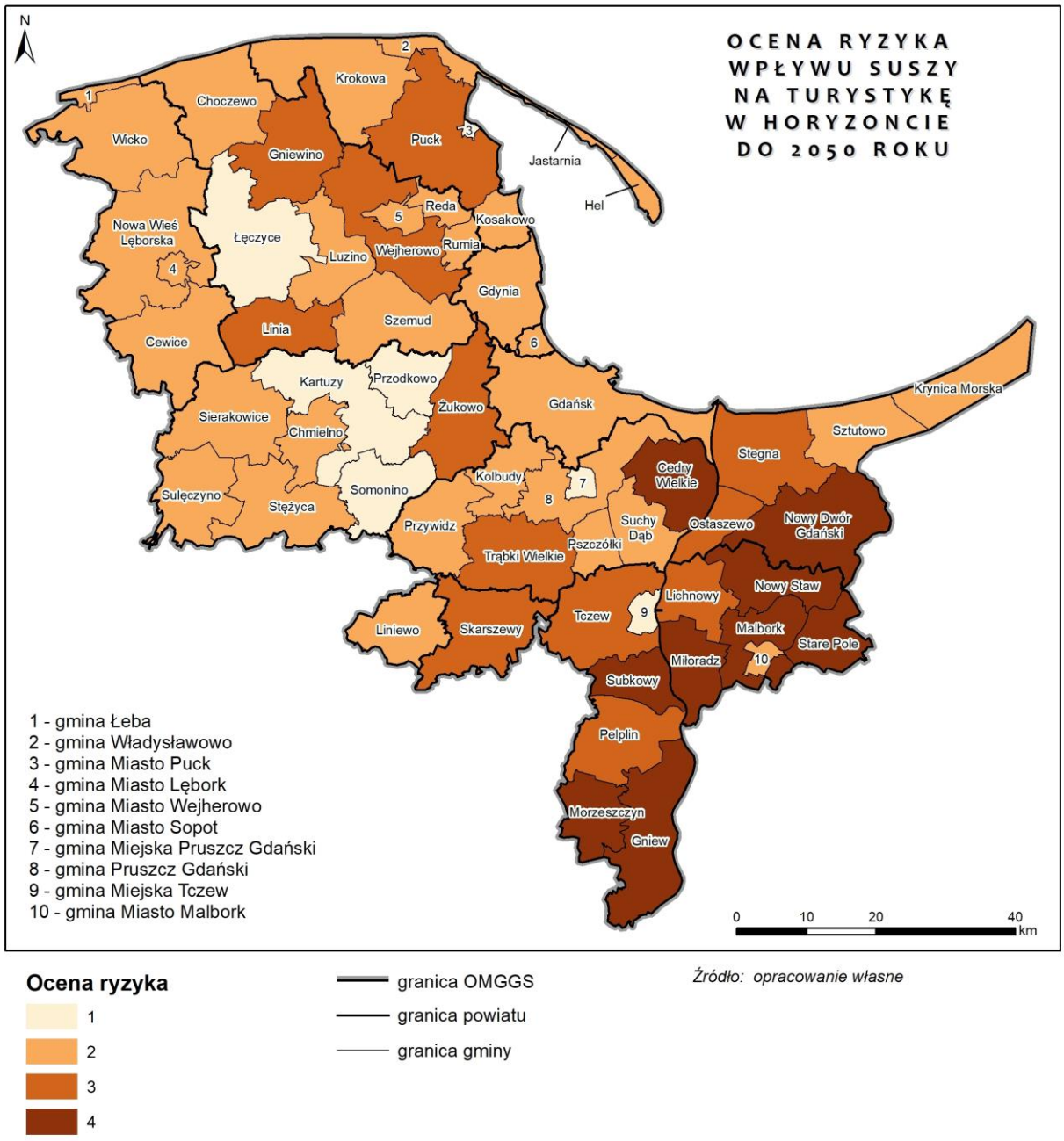
Określenie wpływu poszczególnych zagrożeń klimatycznych na funkcjonowanie turystyki nastąpiło poprzez zestawienie oceny wrażliwości z aktualnym zagrożeniem występowania silnych wiatrów, nawalnych deszczy, fal upałów, powodzi, podtopień, susz i koncentracji zanieczyszczeń. Kluczowe z punktu widzenia turystyki są powodzie i susze. Najwyższy wpływ powodzi na turystykę stwierdzono w Gdańsku, mieście i gminie Gniew oraz gminach: Kartuzy, Nowa Wieś Lęborska, Wicko, Stegny, Puck, Krokowa, Wejherowo, Skarszewy. Najwyższy wpływ susz na turystykę odnotowano w gminach: Trąbki Wielkie, Puck, Krokowa,

Skarszewy oraz mieście i gminie Gniew. W kolejnym kroku uwzględniano potencjał adaptacyjny gmin, dalej wskazując ocenę podatności podsektora na wskazane zagrożenia. Wysoką podatność na powodzie odnotowano w gminach Nowa Wieś Lęborska, Wicko, Stegna, Krokowa, Wejherowo. Są to gminy dla których wskazano wysoki wpływ powodzi na turystykę, a które jednocześnie charakteryzują się niskim potencjałem adaptacyjnym. W przypadku susz wysokiej podatności nie stwierdzono w żadnej z gmin. Kolejno oceniano konsekwencje wystąpienia zagrożeń klimatycznych, uwzględniając przy tej ocenie parametr krytyczności wskazany w macierzy (Tab. 13). Wysokie konsekwencje powodzi wskazano w tych samych gminach, dla których określono wysoką podatność. W przypadku susz dla żadnej z gmin nie zidentyfikowano bardzo wysokich konsekwencji wystąpienia tego zjawiska. Na ostateczną ocenę ryzyka wpływu zagrożeń na turystykę wpłynął parametr związany z prawdopodobieństwem ich wystąpienia w horyzoncie 2050. W przypadku powodzi, po uwzględnieniu oceny prawdopodobieństwa, zakres gmin najbardziej narażonych znacząco się zwiększył. Bardzo wysokie ryzyko odnotowano w 22 gminach, co jest zgodne z globalnym scenariuszami klimatycznymi dla turystyki na obszarach nadmorskich (Ryc. 121 Ocena ryzyka wpływu powodzi na turystykę w horyzoncie 2050Ryc. 121).



Ryc. 121 Ocena ryzyka wpływu powodzi na turystykę w horyzoncie 2050

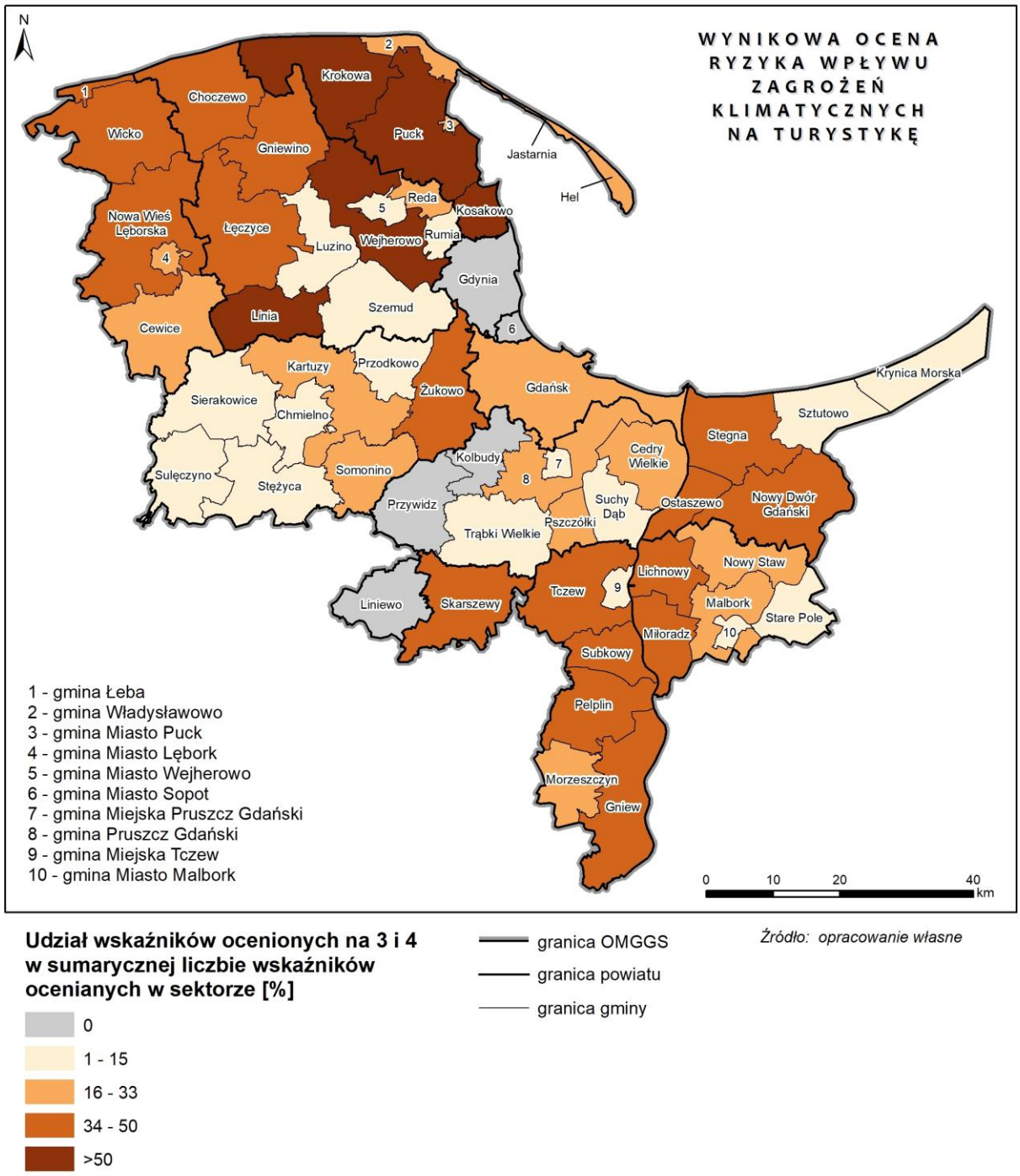
W przypadku suszy bardzo wysokie ryzyko stwierdzono w gminach: Cedry Wielkie, Miłoradz, mieście i gminie Nowy Staw, Stare Pole, Malbork, mieście i gminie Nowy Dwór Gdański, mieście i gminie Gniew, Subkowy oraz gminie Morzeszczyn (Ryc. 122).



Ryc. 122 Ocena ryzyka wpływu suszy na turystykę w horyzoncie 2050

Wynikowa ocena ryzyka uwzględniająca wszystkie zagrożenia i wskazująca obszary strategicznej interwencji w sektorze turystyka, została przedstawiona na Ryc. 123. Bardzo wysoki udział ocen 3 i 4 (pow. 50% ocenianych wskaźników) występuje w gminach Krokowa, Puck, Wejherowo, Kosakowo, Linia. W przypadku gminy Wejherowo mamy do czynienia z dużymi walorami przyrodniczymi, a jednocześnie potencjał adaptacyjny gminy jest niski (1). Ponadto gmina charakteryzuje się dobrze rozwiniętą infrastrukturą komunikacyjną i turystyczną zagrożoną zjawiskami ekstremalnymi (np. powodziami). W gminie Puck występuje znaczna długość linii brzegowej zagrożonej zakwitami sinic, a także dobrze rozwinięta infrastruktura komunikacyjna i turystyczna zagrożona zjawiskami ekstremalnymi. Gmina

Krokowa charakteryzuje się wysokimi walorami przyrodniczymi (fragmenty wybrzeża, udział obszarów chronionych), a jednocześnie ma niski potencjał adaptacyjny (1). Gmina Kosakowo charakteryzuje się dużym zagrożeniem ze strony czynników klimatycznych zagrażających infrastrukturze (powodzie). Gmina Linia ma niski potencjał adaptacyjny przy względnie rozwiniętej infrastrukturze turystycznej.



Ryc. 123 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na turystykę – obszary strategicznej interwencji

4.8.4 Podsumowanie

Największym zagrożeniem dla infrastruktury w rejonie wybrzeża jest podnoszenie się poziomu morza i tzw. *overtopping*, czyli przelewanie się mórz przez nabrzeża wskutek podnoszenia się poziomu wody w oceanach, coraz częstszych sztormów oraz zwiększania wysokości fal. Poza podnoszeniem się poziomu morza straty mogą być powodowane przez sztormy, silne wiatry, osuwiska (na klifach), podtopienia i powodzie, a będą one tym większe, im więcej będzie się znajdować infrastruktury na terenach

dotkniętych tymi zjawiskami. Jest to szczególnie istotne w warunkach przeinwestowania miejscowości nadmorskich w kierunku tzw. betonowych wybrzeży. Należy pamiętać, że za kilkadziesiąt lat miasta i porty na wybrzeżu będą regularnie podtapiane podczas sztormów. W horyzoncie 2050 zagrożenie powodziami jest wysokie lub bardzo wysokie dla większości gmin OMGGS, w szczególności dla wszystkich w Dolinie Wisły oraz większości na wybrzeżu, w tym dla najbardziej atrakcyjnych turystycznie Łeby, Władysławowa, Pucka, Gdańska oraz Krynicy Morskiej. Funkcjonowaniu turystyki w znacznym stopniu zagrażają też susze będące zagrożeniem dla ekosystemów wodnych, prowadzące do niskich przepływów w rzekach oraz zaniku zbiorników wodnych. W horyzoncie 2050 wysokie lub bardzo wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tego zjawiska zidentyfikowano w 60% gmin OMGGS. Na występowanie suszy narażone są w największym stopniu gminy powiatu tczewskiego, malborskiego oraz nowodworskiego, a także gmina Cedry Wielkie.

Turystyka jest kluczowym sektorem gospodarki dla regionu, mocno zależnym od walorów przyrodniczych wrażliwych na zmiany klimatyczne, a jednocześnie skutkującym przeinwestowaniem i nadmierną zabudową w rejonie wybrzeża. Sektor musi być przygotowany na znaczne straty w infrastrukturze nadmorskiej oraz w zakresie walorów wypoczynkowych i już teraz przygotowywać się do zapobiegania tym negatywnym zjawiskom poprzez rozważne zagospodarowanie przestrzenne, rozważenie modyfikacji oferty turystycznej oraz ochronę najcenniejszych, zagrożonych walorów kulturowych.

5 PODSUMOWANIE

Przeprowadzona w powyższych rozdziałach Diagnoza wykazała, że funkcjonowanie OMGGS w ramach wszystkich spośród analizowanych sektorów, jest zagrożone przewidywanymi skutkami zmian klimatu. Pomimo, że każdy z sektorów odznacza się zróżnicowaną wrażliwością na poszczególne identyfikowane zagrożenia, podobnie jak narażenie poszczególnych gmin również różni się między sobą, to podjęcie działań adaptacyjnych oraz łagodzących do obserwowanych i prognozowanych zmian klimatu jest niezbędne w przypadku całego obszaru oraz w ramach każdego z sektorów. Diagnoza zagrożeń priorytetowych oraz możliwości funkcjonowania sektorów wrażliwych w obliczu tych zjawisk, jest pierwszym i niezbędnym krokiem do podejmowania działań w zakresie formułowania opcji adaptacji. Zidentyfikowana wrażliwość sektorów na terenie OMGGS wraz z prawdopodobieństwem wystąpienia zjawisk najbardziej im zagrażających w perspektywie 2050 roku oraz ostatecznie wyznaczone ryzyko wynikowe identyfikujące strategiczne obszary interwencji w każdym z nich, stanowią podstawę do ustalenia kierunku oraz priorytetyzacji koniecznych do podjęcia działań. Podstawą ustalania harmonogramu działań jest promowanie opcji adaptacji „korzystnych dla wszystkich" (przynoszących korzyści niezależnie od wystąpienia zmian klimatu), „bez żalu" (niepociągających ze sobą żadnych negatywnych skutków w razie niewystąpienia przewidywanych zmian) oraz „wielokrotnie korzystnych" (łagodzących bądź adaptujących jednocześnie do różnych zagrożeń lub w ramach różnych sektorów).

Załącznik do niniejszej Diagnozy stanowi plan adaptacji w postaci katalogu zawierającego kierunki i odpowiadające im zestawy działań mitygujących i adaptujących do zmian klimatu, z których poszczególne Samorządy, a także cały OMGGS mogą wybrać opcje najbardziej dostosowane do ich możliwości i potrzeb m.in. odpowiadające na zidentyfikowane w Diagnozie obszary strategicznej interwencji w poszczególnych sektorach, ale także w zakresie nakładu środków koniecznych do poniesienia czy priorytetu ich realizacji. Zawarte w planie zestawy działań realizują cele w zakresie adaptacji do zmian klimatu zawarte w kluczowych dokumentach strategicznych na poziomie globalnym, unijnym, krajowym oraz regionalnym. Działania uwzględniają lokalną specyfikę obszaru, bazując na wyborze przykładów dobrych praktyk z obszarów o podobnej fizjonomii. Każdorazowo wskazywana jest również skala koniecznych do poniesienia kosztów wraz z potencjalnymi źródłami finansowania. Wskazywany jest również sposób monitorowania skutków podejmowanych działań. Plan stanowi kompletną bazę kierunków działań adaptacyjnych dla wszystkich sektorów wrażliwych w ramach zagrożeń priorytetowych zidentyfikowanych w części diagnostycznej. Jednocześnie nakreśla uwarunkowania towarzyszące wyborowi poszczególnych działań, umożliwiając OMGGS i Samorządom elastyczny wybór opcji adaptacji w zależności od zmieniających się uwarunkowań, stanowiąc jednocześnie podstawę do opracowania strategii ponadlokalnej oraz planów adaptacji na poziomie gminnym.

6 BIBLIOGRAFIA

1. Almar, R., Ranasinghe, R., Bergsma, E. W., Diaz, H., Melet, A., Papa, F., ... & Kestenare, E. (2021). A global analysis of extreme coastal water levels with implications for potential coastal overtopping. Nature Communications, 12(1), 1-9.

2. Baltic Sea Multi-mission Sea Level Products, http://balticseal.eu/ [dostęp: 07.06.2021]

3. Bank Danych Lokalnych GUS: Stan i ochrona środowiska – dane za lata 2017-2019

4. Bengtsson, L., Hodges, K.I., Roeckner, E., 2006. Storm tracks and climate change. J. Clim. https://doi.org/10.1175/JCLI3815.1

5. Biuro Rozwoju Gdańska, Synteza SUiKZP 58 gmin obszaru metropolitalnego, dostępne on-line: ttps://www.metropoliagdansk.pl/upload/files/4_%20Synteza%20SUiKZP%2058%20gmin_OM.pdf, Gdańsk 2013.

6. Burze i grady w Polsce, 2013. Burze i grady w Polsce. https://doi.org/10.4467/20833113PG.13.005.1095

7. Climate Data Store, https://cds.climate.copernicus.eu [dostęp: 13.04.2021]

8. Climate - Glossary of Meteorology, glossary.ametsoc.org [dostęp 2021-05-04].

9. Coordinated Downscaling Experiment - European Domain, euro-cordex.net [dostęp: 04.04.2021]

10. De Vries, H., Haarsma, R.J., Hazeleger, W., 2012. Western European cold spells in current and future climate. Geophys. Res. Lett. https://doi.org/10.1029/2011GL050665

11. ECOGEM, „Opracowanie projektu Planu przeciwdziałania skutkom suszy w regionie wodnym Dolnej Wisły wraz ze wskazaniem obszarów najbardziej narażonych na jej skutki", Mędłów 2015.

12. Fiore, A.M., Naik, V., Leibensperger, E.M., 2015. Air quality and climate connections. J. Air Waste Manag. Assoc. https://doi.org/10.1080/10962247.2015.1040526

13. Füssel, H.-M., Jol, A., Kurnik, B., Hemming, D., 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012: an indicator-based report., EEA Report. https://doi.org/10.2800/66071

14. Gasidło K. (red.), Obszary metropolitalne i wielkie miasta a problem rozwoju i wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE), Katowice 2013.

15. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Monitoring gatunków i siedlisk przyrodniczych, http://siedliska.gios.gov.pl/pl/monitoring/zakres/2020-2021 [dostęp: 15.05.2021]

16. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2020. Roczna ocena jakości powietrza w województwie pomorskim raport za rok 2019. Gdańsk.

17. Główny Inspektorat Sanitarny, Stan sanitarny kraju w 2019 roku, https://sk.gis.gov.pl/raporty/Stan_sanitany_2019_-_kapieliska.pdf [dostęp: 07.06.2021]

18. Główny Inspektorat Sanitarny, https://sk.gis.gov.pl/index.php/informacje [dostęp: 07.06.2021]

19. Gupta, K., 2020. Challenges in developing urban flood resilience in India. Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci. https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0211

20. Gurin M., Niemyjski O., Spalarnie resztkowych odpadów komunalnych jako źródła ciepła – uwarunkowania i ograniczenia dostawy ciepła do systemu ciepłowniczego, Instal 7-8/2015, Warszawa.

21. HEAL Polska, Wpływ zmian klimatu na zdrowie, Warszawa 2018, http://healpolska.pl/wplyw-zmiany-klimatu-na-zdrowie-raport/, [dostęp: 22.06.2021]

22. https://esusza.pl/ [dostęp: 30.07.2021]

23. https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018

24. https://oko.press/podnosi-sie-poziom-baltyku-i-zagraza-miastom-na-wybrzezu/ [dostęp: 07.06.2021]

25. https://stopsuszy.pl/ [dostęp: 30.07.2021]

26. https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/?gpmap=gpMZP

27. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem

28. Geoserwis GDOŚ, http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/ [dostęp: 13.04.2021]

29. Hydroportal Informatycznego Systemu Ochrony Kraju ISOK, https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/?gpmap=gpMZP [dostęp: 17.05.2021]

30. Mills E., Insurance in a climate of change. Science 309, 1040–1044, 2005.

31. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy, https://imgw.isok.gov.pl/ [dostęp: 15.04.2021]

32. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy, Prognostyczno-operacyjny system udostępniania charakterystyk suszy POSUCHA, dostępny on-line: www.posucha.imgw.pl [dostęp: 17.05.2021]

33. Instytut Ochrony Środowiska https://klimada2.ios.gov.pl/ [dostęp: 30.07.2021]

34. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, System Monitoringu Suszy Rolniczej, https://susza.iung.pulawy.pl/kategorie/ [dostęp: 17.04.2021]

35. Instrukcja wypełniania Standardowego Formularza Danych obszaru Natura 2000, GDOŚ, 2012.

36. Intergovernmental Panel on Climate Change: Appendix I: Glossary.

37.

38. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

39. K. Błażejczyk, J. Baranowski, A. Błażejczyk, Wpływ klimatu na stan zdrowia w Polsce: stan aktualny oraz prognoza do 2100 roku, SEDNO Wydawnictwo Akademickie, Warszawa 2015.

40. Kolendowicz, L., Taszarek, M., 2014. Days with thunderstorms and tornadoes in Poland in 2011 and 2012. Int. J. Meteorol.

41. Komunikat 02/2021 interdyscyplinarnego Zespołu doradczego do spraw kryzysu klimatycznego przy prezesie PAN na temat zmiany klimatu i wzrostu poziomu morza.

42. Kossowska-Cezak, U., 2010. Fale upałów i okresy upalne – metody ich wyróżniania i wyniki zastosowania. Pr. Geogr.

43. KUNDZEWICZ Z. W, ZMIANY RYZYKA POWODZIOWEGO W EUROPIE, Sympozjum europejskie: WSPÓŁCZESNE PROBLEMY OCHRONY PRZECIWPOWODZIOWEJ. Paryż 2012

44. Kundzewicz Z.W., Graczyk D., Maurer T., Pińskwar I., Radziejewski M., Svensson C., Szwed M., Trend detection in river flow series: 1. Annual maximum flow, Hydrol. Sci. J. 50(5), 797–810, 2005.

45. Kundzewicz Z.W., Hov Ø., Okruszko T. (Eds.) (2017) Climate change and its impact on selected sectors in Poland, ISRL PAN, Poznań, pp. 255, ISBN: 978-83-8104-735-7.

46. Kundzewicz Z.W., Lugeri N., Dankers R., Hirabayashi Y., Döll P., Pińskwar I., Dysarz T., Hochrainer S., Matczak P., Assessing river flood risk and adaptation in Europe – review of projections for the future, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 15(7), 641–656, 2010.

47. Lavaysse, C., Naumann, G., Alfieri, L., Salamon, P., Vogt, J., 2019. Predictability of the European heat and cold waves. Clim. Dyn. https://doi.org/10.1007/s00382-018-4273-5

48. Leszek Jurys, Grzegorz Uścinowicz, Anna Małka, Tomasz Szarafin, Leszek Zaleszkiewicz, Urszula Pączek, Jerzy Frydel, P.P., 2014. Identyfikacja Zagrożeń Wywołanych Ruchami Masowymi W Przestrzeni Zurbanizowanej Na Przykładzie Map Osuwisk Gdańska I Gdyni. Górnictwo Odkryw. 55, 116–125.

49. Lorenc H., 2012b, Struktura maksymalnych prędkości wiatru w Polsce, [w:] Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, H. Lorenc (red.), IMGW-PIB, Warszawa, 33-59.

50. Łapcik, P., Ninard, K., Uchman, A., 2021. Extra-large grains in Late Glacial – Early Holocene aeolian inland dune deposits of cold climate, European Sand Belt, Poland: An evidence of hurricane-speed frontal winds. Sediment. Geol. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2020.105847

51. Marek Degórski, Bożena Degórska, Anna Błażewicz-Stasiak, 2014, Opracowanie strategii rozwoju Gdańskiego Obszaru Metropolitalnego do 2030 roku, Diagnoza sektorowa, Bezpieczeństwo energetyczne i środowisko przyrodnicze, Gdańsk.

52. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna KLIMADA, http://klimada.mos.gov.pl/blog/2013/04/15/roznorodnosc-biologiczna/

53. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2019. Strona informacyjna Ministerstwa Klimatu i Środowiska [WWW Document]. URL https://www.gov.pl/web/klimat/osuwiska

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

55. Ministerstwo Środowiska, Opracowanie i wdrożenie Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zamiany klimatu, Adaptacja wrażliwych sektorów i obszarów Polski do zmian klimatu do roku 2070, Warszawa 2013.

56. Ministerstwo Środowiska, 2015, „Podręcznik adaptacji dla miast – wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu"

57. Ministerstwo Środowiska, 2018. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2018 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 11 czerwca 2018 r. poz. 1119).

58. Obszar Metropolitalny Gdańsk-Gdynia-Sopot, 2015. Strategia Transportu i Mobilności Obszaru Metropolitalnego Do Roku 2030 (zał. 2).

59. Obszar Metropolitalny Gdańsk-Gdynia-Sopot, Strategia Obszaru Metropolitalnego Gdańsk–Gdynia–Sopot do roku 2030, Gdańsk 2015.

60. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, „Projekt planu przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS)", Warszawa 2020.

61. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza w Gdańsku, 2011, Rejestr osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi dla terenu Gdańska.

62. Passaro, M. i in. (2021). Absolute Baltic Sea Level Trends in the Satellite Altimetry Era: A Revisit. Frontiers in Marine Science. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.647607/full

63. Popkiewicz, M., Kardaś, A., & Malinowski, S. (2018). Nauka o klimacie. Sonia Draga Sp. z oo.

64. Portal: Antropopresja PIG-PIB; http://antropopresja.pgi.gov.pl/

65. Royal Society, 2008. Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications, October.

66. Sârbu, A., Janauer, G., Profft, I., Kaligarič, M., & Doroftei, M. (2014). Potential impacts of climate change on protected habitats. In Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change (pp. 45-60). Springer, Dordrecht.

67. Schaeffer, R., Szklo, A.S., Pereira de Lucena, A.F., Moreira Cesar Borba, B.S., Pupo Nogueira, L.P., Fleming, F.P., Troccoli, A., Harrison, M., Boulahya, M.S., 2012. Energy sector vulnerability to climate change: A review. Energy. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.056

68. Serwis NATURA 2000, https://natura2000.gdos.gov.pl/wyszukiwarka-n2k [dostęp: 15.05.2021]

69. Silva, R.A., West, J.J., Lamarque, J.F., Shindell, D.T., Collins, W.J., Faluvegi, G., Folberth, G.A., Horowitz, L.W., Nagashima, T., Naik, V., Rumbold, S.T., Sudo, K., Takemura, T., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Doherty, R.M., Josse, B., MacKenzie, I.A., Stevenson, D.S., Zeng, G., 2017. Future global mortality from changes in air pollution attributable to climate change. Nat. Clim. Chang. https://doi.org/10.1038/nclimate3354

70. Strona informacyjna Dolnośląskiego Ośrodka Doradztwa Ekologicznego we Wrocławiu, https://www.dodr.pl/srodowisko/ochrona-srodowiska/zmiany-klimatu-a-rolnictwo [dostęp: 05.06.2021]

71. Strona informacyjna KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/ [dostęp: 15.04.2021]

72. Tomczyk, A.M., Pólrolniczak, M., Kolendowicz, L., 2018. Cold Waves in Poznań (Poland) and thermal conditions in the city during selected cold waves. Atmosphere (Basel). https://doi.org/10.3390/atmos9060208

73. Taszarek, M., Brooks, H.E., 2015. Tornado climatology of Poland. Mon. Weather Rev. https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00185.1

74. Taszarek, M., Gromadzki, J., 2017. Deadly tornadoes in Poland from 1820 to 2015. Mon. Weather Rev. https://doi.org/10.1175/MWR-D-16-0146.1

75. Taszarek, M., Kolendowicz, L., 2013. Sounding-derived parameters associated with tornado occurrence in Poland and Universal Tornadic Index. Atmos. Res. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.07.016

76. Teichmann, C., Jacob, D., Remedio, A.R., Remke, T., Buntemeyer, L., Hoffmann, P., Kriegsmann, A., Lierhammer, L., Bülow, K., Weber, T., Sieck, K., Rechid, D., Langendijk, G.S., Coppola, E., Giorgi, F., Ciarlo`, J.M., Raffaele, F., Giuliani, G., Xuejie, G., Sines, T.R., Torres-Alavez, J.A., Das, S., Di Sante, F., Pichelli, E., Glazer, R., Ashfaq, M., Bukovsky, M., Im, E.S., 2020. Assessing mean climate change signals in the global CORDEX-CORE ensemble. Clim. Dyn. https://doi.org/10.1007/s00382-020-05494-x

77. Uchwała nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022 (M.P. z 2016r., poz. 784)

78. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 1098.)

79. Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 624 ze zm.)

80. Ustrnul, Z., Wypych, A., Henek, E., Maciejewski, M., Bochenek, B., 2015. Climatologically based warning system against meteorological hazards and weather extremes: the example for Poland. Nat. Hazards. https://doi.org/10.1007/s11069-015-1673-2

81. Von Schneidemesser, E., Monks, P.S., Allan, J.D., Bruhwiler, L., Forster, P., Fowler, D., Lauer, A., Morgan, W.T., Paasonen, P., Righi, M., Sindelarova, K., Sutton, M.A., 2015. Chemistry and the Linkages between Air Quality and Climate Change. Chem. Rev. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00089

82. Wartalska, K., Kaźmierczak, B., Nowakowska, M., Kotowski, A., 2020. Precipitation patterns for modeling land drainage in Poland. Urban Water J. https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1781907

83. Wibig, J., & Jakusik, E. (2012). Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku Południowym: spodziewane zmiany i wytyczne do opracowania strategii adaptacyjnych w gospodarce krajowej (No. 1). Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej-Państwowy Instytut Badawczy.

84. Wiśniewski G., Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie odnawialnych źródeł energii - wnioski dla Regionalnych Programów Operacyjnych na okres programowania 2014-2020, Warszawa 2011.

85. Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Gdańsku, Raport o stanie sanitarnym woj. pomorskiego za 2020 rok, Gdańsk 2021, https://www.gov.pl/attachment/c724e834-fbfe-49f6-9c5d-2710f98f9e8c, [dostęp: 27.05.2021]

86. Ziernicka-Wojtaszek, A., Kopcińska, J., 2020. Variation in atmospheric precipitation in Poland in the years 2001-2018. Atmosphere (Basel). https://doi.org/10.3390/ATMOS11080794

87. Zmiany klimatyczne a alergia i astma, ALERGIA, http://alergia.org.pl/wp-content/uploads/2020/01/3-2019-CALOSC-7.pdf, [dostęp 28.07.2021]

7 SPIS RYCIN

Ryc. 1 Zakres przestrzenny prowadzonych analiz 7

Ryc. 2 Schemat harmonogramu przygotowania miejskiego planu adaptacji 10

Ryc. 3 Elementy niezbędne do określenia podatności danego terenu na czynnik klimatyczny 12

Ryc. 4 Czynniki biorące udział w wyliczeniu oceny wpływu poszczególnych zagrożeń na elementy funkcjonowania sektora 12

Ryc. 5 Czynniki biorące udział w wyliczeniu oceny wrażliwości elementów funkcjonowania sektora na poszczególne zagrożenia priorytetowe 14

Ryc. 6 Elementy funkcjonowania gminy mające wpływ na wynikowy potencjał adaptacyjny 15

Ryc. 7 Składowe do wyliczenia ostatecznej oceny podatności 16

Ryc. 8 Czynniki mające wpływ na wynikową ocenę konsekwencji 16

Ryc. 9 Czynnik służące do wyliczenia oceny ryzyka 17

Ryc. 10 Badanie ankietowe - wielkość reprezentowanej jednostki 19

Ryc. 11 Badanie ankietowe – odpowiedź twierdząca w pytaniu związanym z identyfikacją problemu wśród gmin 20

Ryc. 12 Badanie ankietowe – odpowiedź twierdząca w pytaniu związanym z identyfikacją problemu wśród powiatów 21

Ryc. 13 Udział procentowy w ciągu roku wiatrów silnych i bardzo silnych dla okresu 2011-2020 w poszczególnych powiatach OMGGS 24

Ryc. 14 Średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych w ciągu roku dla okresu 2011-2020. 25

Ryc. 15 Średnia krocząca (10-letnia) udziału procentowego w ciągu roku wiatrów 10-30 m/s w perspektywie do 2050 r. 26

Ryc. 16 Średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych w ciągu roku dla horyzontu 2041-2050 27

Ryc. 17 Klasyfikacja gmin ze względu na średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych – stan aktualny i prognozowany 28

Ryc. 18 Średnia liczba dni z burzą w roku 30

Ryc. 19 Prawdopodobieństwo występowania warunków sprzyjających zjawisku burzy z gradem w roku (stan aktualny i prognozowany dla dekad 2011-2020 oraz 2041-2050) 31

Ryc. 20 Klasyfikacja gmin na podstawie prawdopodobieństwa występowania warunków sprzyjających zjawisku burzy z gradem w roku (stan aktualny i prognozowany dla dekad 2011-2020 oraz 2041-2050)... 33

Ryc. 21 Dendrogram kształtowania się średniej ilości dni z sumą opadu >10 mm w latach 2011-2020 w gminch OMGGS 35

Ryc. 22 Średnia liczba dni w roku z opadem dziennym >= 10 mm i >= 20mm dla okresu 2011-2020 36

Ryc. 23 Dendrogram kształtowania się średniej ilości dni z sumą opadu >20 mm w latach 2011-2020 w gminach OMGGS..... 37

Ryc. 24 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej ilości dni w roku z opadem >= 10 mm w okresie 2011-2020 38

Ryc. 25 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej ilości dni w roku z opadem >= 20 mm w okresie 2011-2020 39

Ryc. 26 Średnia liczba dni w roku z opadem dziennym >= 10mm i >= 20mm w horyzoncie 2041-2050 41

Ryc. 27 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej liczby dni w roku z opadem dziennym >= 10mm w horyzoncie 2041-2050 42

Ryc. 28 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej liczby dni w roku z opadem dziennym >= 20mm w horyzoncie 2041-2050 43

Ryc. 29 Tereny osuwisk oraz tereny zagrożone ruchami masowymi na terenie OMGGS 45

Ryc. 30 Rozkłady wartości dla średniej liczby dni gorących (Tmax>25°C), średniej liczby dni upalnych (Tmax>30°C) oraz średniej liczby fal upałów na obszarze OMGGS w latach 2011-2020..... 47

Ryc. 31 Rozkłady wartości dla średniej liczby dni gorących (Tmax>25°C), średniej liczby dni upalnych (Tmax>30°C) oraz średniej liczby fal upałów na obszarze OMGGS w horyzoncie 2041-2050..... 49

Ryc. 32 Klasyfikacja zagrożenia powodzią od strony morza w gminach OMGGS 54

Ryc. 33 Klasyfikacja zagrożenia powodzią rzeczną w gminach OMGGS 55

Ryc. 34 Wypadkowa klasa zagrożenia powodzią w gminach OMGGS..... 56

Ryc. 35 Liczba wielkich powodzi w Europie w latach 1985-2009 57

Ryc. 36 Wypadkowa klasa zagrożenia powodzią w gminach OMGGS w przyszłości 58

Ryc. 37 Klasyfikacja gmin na podstawie udziału terenów bezodpływowych..... 60

Ryc. 38 Klasyfikacja gmin na podstawie średniego spadku terenu 61

Ryc. 39 Klasyfikacja gmin na podstawie powierzchni nieprzepuszczalnych 63

Ryc. 40 Klasyfikacja gmin na podstawie częstości występowania opadu nawalnego..... 64

Ryc. 41 Klasyfikacja gmin na podstawie średniej głębokości pierwszego poziomu wód 65

Ryc. 42 Klasyfikacja gmin na podstawie przepuszczalności gleb 67

Ryc. 43 Wypadkowa klasa zagrożenia podtopienia na obszarze OMGGS 68

Ryc. 44 Wypadkowa klasa zagrożenia podtopienia w przyszłości na obszarze OMGGS..... 70

Ryc. 45 Zestawienie warunków powstawania oraz najważniejszych cech charakteryzujących poszczególne fazy rozwoju suszy ilustruje schemat blokowy propagacji suszy w cyklu hydrologicznym..... 72

Ryc. 46 Klasyfikacja zagrożenia suszą atmosferyczną, rolniczą, hydrologiczną oraz hydrogeologiczną w gminach 75

Ryc. 47 Klasyfikacja zagrożenia suszą na obszarze OMGGS 78

Ryc. 48 Klasyfikacja zagrożenia suszą w przyszłości do roku 2050 na obszarze OMGGS 80

Ryc. 49 Obszar przekroczeń stężeń poziomu długoterminowego O_3..... 83

Ryc. 50 Klasyfikacja gmin na podstawie wielkości stężeń ozonu..... 84

Ryc. 51 Maksymalne stężenie 8-godzinne na poszczególnych stanowiskach pomiarowych województwa pomorskiego w strefie pomorskiej na tle poziomu docelowego w latach 2010 – 2019 (przy czym na obszarze OMGGS znajdują się stacje: PmLebaRabkaE, PmLebMalcz16 oraz PmMalMicki15) 85

Ryc. 52 Maksymalne stężenie 8-godzinne na poszczególnych stanowiskach pomiarowych województwa pomorskiego w aglomeracji trójmiejskiej na tle poziomu docelowego w latach 2010 – 2019 85

Ryc. 53 Roczne stężenie pyłu PM10 [kg/rok] w podziale na poszczególne źródła emisji 86

Ryc. 54 Klasyfikacja gmin na podstawie wielkości emisji pyłu PM10 88

Ryc. 55 Obszary przekroczeń stężeń poziomu docelowego benzo(a)pirenu w strefie pomorskiej 90

Ryc. 56 Roczne stężenia tlenków azotu [kg/rok] w podziale na poszczególne źródła emisji..... 91

Ryc. 57 Klasyfikacja gmin na podstawie wielkości emisji tlenków azotu 93

Ryc. 58 Klasyfikacja gmin na podstawie sumarycznej wielkości stężeń ozonu oraz emisji pyłów PM10 i tlenków azotu 94

Ryc. 59 Czynniki brane pod uwagę do oceny przewidywanego prawdopodobieństwa kumulowania się zanieczyszczeń w perspektywie do 2050 roku..... 96

Ryc. 60 Klasyfikacja gmin na podstawie przewidywanego prawdopodobieństwa 97

Ryc. 61 Klasyfikacja gmina na podstawie potencjału zasobów finansowych 101

Ryc. 62Klasyfikacja gmina na podstawie potencjału zasobów ludzkich 102

Ryc. 63Klasyfikacja gmina na podstawie potencjału zasobów infrastrukturalnych..... 103

Ryc. 64Klasyfikacja gmina na podstawie potencjału zasobów instytucjonalnych 105

Ryc. 65 Klasyfikacja gmina na podstawie wynikowego potencjału adaptacyjnego..... 106

Ryc. 66 Roczna liczba zgonów spowodowanych upałami 107

Ryc. 67 Lokalizacja odnotwanych przez Samorządy zniszczeń obiektów/ infrastruktury powodowanych zjawiskami meteorologicznymi na obszarze OMGGS..... 111

Ryc. 68 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – zniszczenia obiektów/infrastruktury powodowane zjawiskami meteorologicznymi 112

Ryc. 69 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród powiatów OMGGS – zniszczenia obiektów/infrastruktury powodowane zjawiskami meteorologicznymi 113

Ryc. 70 Zapadalność na 100 tys. na boleriozę w województwie pomorskim oraz średnia zapadalność w Polsce w latach 2001 - 2020 116

Ryc. 71 Zapadalność na 100 tys. osób na salmonellozowe zakażenia pokarmowe w województwie pomorskim oraz średnia zapadalność w Polsce w latach 2005-2020, ... 116

Ryc. 72 Ocena wrażliwości populacji na fale upałów i dni gorących 117

Ryc. 73 Ocena wrażliwości populacji na koncentrację zanieczyszczeń powietrza 118

Ryc. 74 Rozkład ocen wrażliwości dla poszczególnych zagrożeń zmian klimatu 119

Ryc. 75 Ocena ryzyka wpływu fal upałów i dni gorących, koncentracji zanieczyszczeń powietrza i silnych porywów wiatrów na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 roku 122

Ryc. 76 Ocena ryzyka wpływu podtopień, powodzi i susz na populację i warunki życia ludności w horyzoncie 2050 roku 123

Ryc. 77 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na populację i warunki życia ludności – obszary strategicznej interwencji 125

Ryc. 78 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – niewydolność systemów kanalizacji powodowana opadami deszczu 130

Ryc. 79 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – podtopienia na obszarach nieobjętych systemem kanalizacji 133

Ryc. 80 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – zniszczenia obiektów lub infrastruktury powodowane powodziami od strony rzek 136

Ryc. 81 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – zabudowa terenów zalewowych na obszarach gmin 139

Ryc. 82 Ocena wrażliwości bezpieczeństwa powodziowego i gospodarowania wodami opadowymi na oddziaływanie intensywnych burz dla obszaru OMGGS 145

Ryc. 83 Ocena wrażliwości gospodarki wodociągowo-kanalizacyjnej na oddziaływanie fal upałów i dni gorących 146

Ryc. 84 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na gospodarkę wodną oraz wodociągowo-kanalizacyjną – obszary strategicznej interwencji 148

Ryc. 85 Ocena wrażliwości gospodarki odpadami na podtopienia 156

Ryc. 86 Ocena wrażliwości gospodarki odpadami na fale upałów i dni gorących 157

Ryc. 87 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na gospodarkę odpadami – obszary strategicznej interwencji 159

Ryc. 88 Formy ochrony przyrody na obszarze OMGGS 161

Ryc. 89 Ocena wrażliwości usług ekosystemowych w kontekście zagrożeń klimatycznych 170

Ryc. 90 Ocena wrażliwości usług ekosystemowych w kontekście zagrożeń klimatycznych 173

Ryc. 91 Lokalizacja wskazanych przez Samorządy problemów w zakresie zjawiska wysychania zieleni publicznej na terenie OMGGS 175

Ryc. 92 Ocena ryzyka wpływu suszy na siedliska w horyzoncie 2050 177

Ryc. 93 Ocena ryzyka wpływu suszy na siedliska w horyzoncie 2050 178

Ryc. 94 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na przyrodę 179

Ryc. 95 Lokalizacja odnotwanych przez Samorządy utrudnień w funkcjonowaniu komunikacji powodowanych zjawiskami pogodowymi na obszarze OMGGS 183

Ryc. 96 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – utrudnienia w funkcjonowaniu komunikacji powodowane zjawiskami meteorologicznymi 184

Ryc. 97 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród powiatów OMGGS – utrudnienia w funkcjonowaniu komunikacji powodowane zjawiskami meteorologicznymi 185

Ryc. 98 Ocena wrażliwości transportu na oddziaływanie intensywnych burz dla obszaru OMGGS..... 188

Ryc. 99 Ocena wrażliwości transportu na oddziaływanie fal upałów i dni gorących dla obszaru OMGGS . 189

Ryc. 100 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na transport – obszary strategicznej interwencji 192

Ryc. 101 Klasyfikacja gmin na podstawie średniego wieku linii energetycznych oraz udziału linii napowietrznych 197

Ryc. 102 Lokalizacja odnotwanych przez Samorządy braków w dostawie energii elektrycznej na obszarze OMGGS 198

Ryc. 103 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród gmin OMGGS – braki w dostawie energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi 199

Ryc. 104 Wyniki ankiety przeprowadzonej wśród powiatów OMGGS – braki w dostawie energii elektrycznej powodowane zjawiskami meteorologicznymi 200

Ryc. 105 Liczba elektrowni słonecznych w powiatach będących członkami OMGGS 201

Ryc. 106 Liczba elektrowni wiatrowych w powiatach będących członkami OMGGS 201

Ryc. 107 Liczba elektrowni wodnych w powiatach będących członkami OMGGS 202

Ryc. 108 Liczba biogazowni w powiatach będących członkami OMGGS..... 202

Ryc. 109 Ocena wrażliwości podsektora „dystrybucja energii" na burze i silne porywy wiatru..... 204

Ryc. 110 Ocena wpływu poszczególnych zagrożeń na funkcjonowanie elektrowni..... 206

Ryc. 111 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na energetykę – obszary strategicznej interwencji 209

Ryc. 112 Wyniki ankiety w pytanie o straty rolnicze powodowane suszą w gminach i powiatach OMGGS214

Ryc. 113 Wyniki ankiety w pytanie o wysychanie systemów melioracji w gminach i powiatach OMGGS . 216

Ryc. 114 Wyniki ankiety w pytanie o wzrost częstości pożarów w miesiącach kwiecień – wrzesień w gminach i powiatach OMGGS 218

Ryc. 115 Udział gmin z poszczególnymi klasami wrażliwości w obszarze OMGGS dla sektora rolnictwo .. 220

Ryc. 116 Udział gmin z poszczególnymi klasami wrażliwości w obszarze OMGGS dla sektora leśnictwo .. 220

Ryc. 117 Ocena wrażliwości rolnictwa na suszę w poszczególnych gminach OMGGS 221

Ryc. 118 Ocena wrażliwości leśnictwa na suszę w poszczególnych gminach OMGGS 222

Ryc. 119 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na rolnictwo i leśnictwo 224

Ryc. 120 Ocena wrażliwości sektora turystyki na zagrożenia klimatyczne 231

Ryc. 121 Ocena ryzyka wpływu powodzi na turystykę w horyzoncie 2050..... 233

Ryc. 122 Ocena ryzyka wpływu suszy na turystykę w horyzoncie 2050 233

Ryc. 123 Wynikowa ocena ryzyka wpływu zagrożeń klimatycznych na turystykę – obszary strategicznej interwencji 234

8 SPIS TABEL

Tab. 1 Macierz ryzyka służąca wyznaczeniu klasy zagrożenia wystąpienia suszą w przyszłości do roku 2050 79

Tab. 2 Wpływ wybranych parametrów meteorologicznych na wzrost poziomu ozonu w atmosferze (kolor pomarańczowy – dobrze rozpoznany wpływ; kolor żółty – umiarkowanie rozpoznany wpływ; kolor niebieski – słabo rozpoznany wpływ) 81

Tab. 3 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wrażliwości sektora populacji i warunków życia ludności na zmiany klimatu na obszarze OMGGS 114

Tab. 4 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu dla bezpieczeństwa powodziowego i gospodarowania wodami opadowymi na obszarze OMGGS (skala krytyczności:: „+" utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" ograniczenie funkcjonowania, „+++" znaczące ograniczenie lub uniemożliwienie funkcjonowania) 143

Tab. 5 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu dla zaopatrzenia w wodę i gospodarki ściekowej na obszarze OMGGS (skala krytyczności:: „+" utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" ograniczenie funkcjonowania, „+++" znaczące ograniczenie lub uniemożliwienie funkcjonowania) 144

Tab. 6. Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu dla gospodarki odpadami na obszarze OMGGS (skala krytyczności: „+" utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" ograniczenie funkcjonowania, „+++" znaczące ograniczenie lub uniemożliwienie funkcjonowania) 155

Tab. 7 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na siedliska i obszary chronione na obszarze OMGGS (liczba „+" oznacza krytyczność:„+" umiarkowany wpływ, „++" – znaczący wpływ i „+++" – bardzo znaczący wpływ) 169

Tab. 8 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na usługi ekosystemowe na obszarze OMGGS 172

Tab. 9 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na sektor transportu na obszarze OMGGS 186

Tab. 10 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na sektor energetyki na obszarze OMGGS 203

Tab. 11 Macierz zależności pomiędzy wskaźnikami sektorowymi a poszczególnymi zagrożeniami w sektorze rolnictwa (liczba „+" oznacza krytyczność:„+" oznacza utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" – ograniczenie funkcjonowania i „+++" – uniemożliwienie funkcjonowania). 219

Tab. 12 Macierz zależności pomiędzy wskaźnikami sektorowymi a poszczególnymi zagrożeniami w sektorze leśnictwa (liczba „+" oznacza krytyczność:„+" oznacza utrudnienie w funkcjonowaniu, „++" – ograniczenie funkcjonowania i „+++" – uniemożliwienie funkcjonowania) 219

Tab. 13 Macierz zależności pomiędzy zagrożeniami klimatycznymi i wskaźnikami sektorowymi przyjęta do obliczenia wpływu zmian klimatu na sektor turystyki na obszarze OMGGS 230