

UCHWAŁA NR IV.31.2019
RADY MIASTA MIŃSK MAZOWIECKI

z dnia 21 stycznia 2019 r.

w sprawie przyjęcia „Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu dla Miasta Mińsk Mazowiecki do roku 2030 z perspektywą do roku 2090”

Na podstawie art. 18 ust. 2 pkt 6 ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (t. j. Dz. U. z 2018 r., poz. 994 z 2018 r. poz. 1000, z 2018 r. poz. 1349, z 2018 r. poz. 1432), uchwala się, co następuje:

§ 1. Przyjmuje się do realizacji „Miejski Plan Adaptacji do zmian klimatu dla Miasta Mińsk Mazowiecki do roku 2030 z perspektywą do roku 2090”, który stanowi załącznik do niniejszej uchwały.

§ 2. Wykonanie uchwały powierza się Burmistrzowi Miasta Mińsk Mazowiecki.

§ 3. Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Rady Miasta

mgr Dariusz Kulma

Załącznik do uchwały Nr IV.31.2019
Rady Miasta Mińsk Mazowiecki
z dnia 21 stycznia 2019 r.

**Miejski Plan Adaptacji do zmian klimatu dla Miasta Mińsk Mazowiecki
do roku 2030 z perspektywą do roku 2090**



Zespół autorski:

Dr Wojciech Szymalski (koord.)

Dr Aneta Afelt

Mgr Paweł Milewski

Prof. dr hab. Jarosław Chormański

Mgr inż. Gabriela Kuc

Dr Małgorzata Liszewska

Mgr Ewa Świerkula

Mgr Renata Filip

Mgr Katarzyna Sołdaczuk

Warszawa, 1.10.2018

Spis treści

1. Podstawy inicjatywy	3
2. Adaptacja do zmian klimatu – zarys problemu	4
3. Cel i priorytety opracowania – wizja Mińska Mazowieckiego jako miasta bezpiecznego	6
4. Ocena podatności miasta na zmiany klimatu	9
4.1. Klimat Mińska Mazowieckiego i jego przewidywane zmiany	9
4.1.1. Współczesny klimat regionu	9
4.1.2. Prognoza zmian klimatu	11
4.2. Diagnoza wrażliwości na zmiany klimatu	25
4.2.1. Warunki obiegu wody	25
4.2.2. Zróżnicowanie klimatu lokalnego i lokalnych warunków biotermicznych	37
4.3. Ryzyko klimatyczne miasta	52
4.3.1. Analiza narażenia na czynniki klimatyczne	52
4.3.1.1. Ocena narażenia na czynniki klimatyczne	52
4.3.1.2. Analiza wrażliwości oraz zdolności adaptacyjnych	54
4.3.1.3. Ocena odporności	77
4.3.1.4. Ocena podatności	80
4.3.1.5. Ocena ryzyka	83
5. Rekomendowane działania adaptacyjne	87
6. Współzależność Miejskiego Planu Adaptacji i dokumentów strategicznych Miasta	90
7. Wdrażanie MPA i źródła finansowania działań adaptacyjnych	99
8. Narzędzia monitoringu i oceny realizacji działań adaptacyjnych	121

1. Podstawy inicjatywy

„Miejski Plan Adaptacji do zmian klimatu dla Miasta Mińsk Mazowiecki” (MPA MM) jest dokumentem strategicznym, diagnozującym wrażliwość przestrzeni miejskiej na prognozowane zmiany klimatu oraz wskazującym optymalne kierunki działań obniżających presję klimatyczną. Inicjatywa wpisuje się w politykę klimatyczną kraju, podążając za wytycznymi rządowego programu „Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030” (SPA2020). Miasta wskazane są jako obszary priorytetowe, dla których należy zdrożyć priorytetowe działania adaptacyjne w najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu obszarach i sektorach. Strategia wchodzi w skład ramowej polityki Unii Europejskiej w zakresie adaptacji do zmian klimatu, której celem jest poprawa odporności państw członkowskich na aktualne i oczekiwane zmiany klimatu. Celem działań jest lepsze przygotowanie do ekstremalnych zjawisk klimatycznych i pogodowych oraz redukcję związanych z tym kosztów społeczno-ekonomicznych.

Opracowanie strategicznych dokumentów „Miejski Plan Adaptacji do zmian klimatu” jest realizacją 4. celu szczegółowego SPA2020: Zapewnienie zrównoważonego rozwoju regionalnego i lokalnego z uwzględnieniem zmian klimatu. Aktualnie realizowanym przedsięwzięciem, realizującym politykę państwa w tym zakresie, jest koordynowany przez Ministerstwo Środowiska projekt przygotowania ujednoliconych metodycznie miejskich planów adaptacji do zmian klimatu dla 44 największych miast w kraju (z liczbą mieszkańców pow. 100 tys.). Dokumenty te dedykowane są miastom-regionalnym liderom w strukturze zurbanizowanej. Ośrodki wchodzące w skład obszarów aglomeracyjnych – przestrzennie i funkcjonalnie powiązane strukturą miejską, miejsko-przemysłową, osadniczą zachęcane są do podążania i przygotowania własnych, ale przygotowanych zgodnie z ujednoliconą metodyką, zawartą w Podręczniku adaptacji miast – wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu (Ministerstwo Środowiska, 2015). Realizacja strategicznych działań adaptacyjnych jest wspierana przez Program Infrastruktura i Środowisko, POIŚ, działanie 2.1. Adaptacja do zmian klimatu wraz z zabezpieczeniem i zwiększeniem odporności na klęski żywiołowe w szczególności katastrofy naturalne oraz monitoring środowiska.

Dokument MPA MM przygotowany został w okresie kwiecień-listopad 2018 r., na zlecenie Burmistrza Miasta, zgodnie z Uchwałą Rady Miasta nr XXVII.254.2017 z dnia 6 marca 2017 r. Metodycznie, ze względu na położenie Mińska Mazowieckiego w Obszarze Metropolitalnym Warszawy, strategia przygotowana została z zastosowaniem narzędzi diagnostycznych zdefiniowanych w Podręczniku oraz „Strategii adaptacji do zmian klimatu dla m.st. Warszawy do roku 2030 z perspektywą do roku 2050”. Dzięki temu dokumenty są porównywalne w zakresie wyników danych wejściowych, co umożliwia współpracę między jednostkami i budowanie wspólnej spójnej polityki pro-klimatycznej regionu. Zmiany klimatu zachodzą relatywnie powoli w skali życia człowieka, choć już obecnie zauważono większą częstość występowania ekstremalnych zjawisk

atmosferycznych. Kształtowanie miasta – jego zabudowy, infrastruktury technicznej, zielonej oraz błękitnej to również długotrwały proces (tab. 1). W związku z tym dla dokumentu strategicznego MPA MM przyjęto **horyzont 2030 roku z perspektywą do 2090 roku.**

Strategia składa się z 3 części: (1) prognoza klimatu w 2 horyzontach – do 2030 oraz 2090 r, (2) diagnozy wrażliwości miasta oraz ryzyka klimatycznego, (3) rekomendacja działań adaptacyjnych. Częścią strategii adaptacji do zmian klimatu jest powiązanie dokumentu ze Strategią Rozwoju Miasta jako dokumentu nadrzędnego. Przyjęto, że realizacja strategii MPA MM wraz z programem ochrony środowiska oraz aktualnie realizowanymi programami – Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Mińsk Mazowiecki (studium), Rozwój i rewitalizacja terenów zieleni, Rozbudowa systemu gospodarowania wodami deszczowymi oraz Gminnego Programu Rewitalizacji dla Miasta Mińsk Mazowiecki będzie skutkować spójność działań dających możliwość skutecznego przeprowadzenia adaptacji do prognozowanych zmian klimatu.

2. Adaptacja do zmian klimatu – zarys problemu

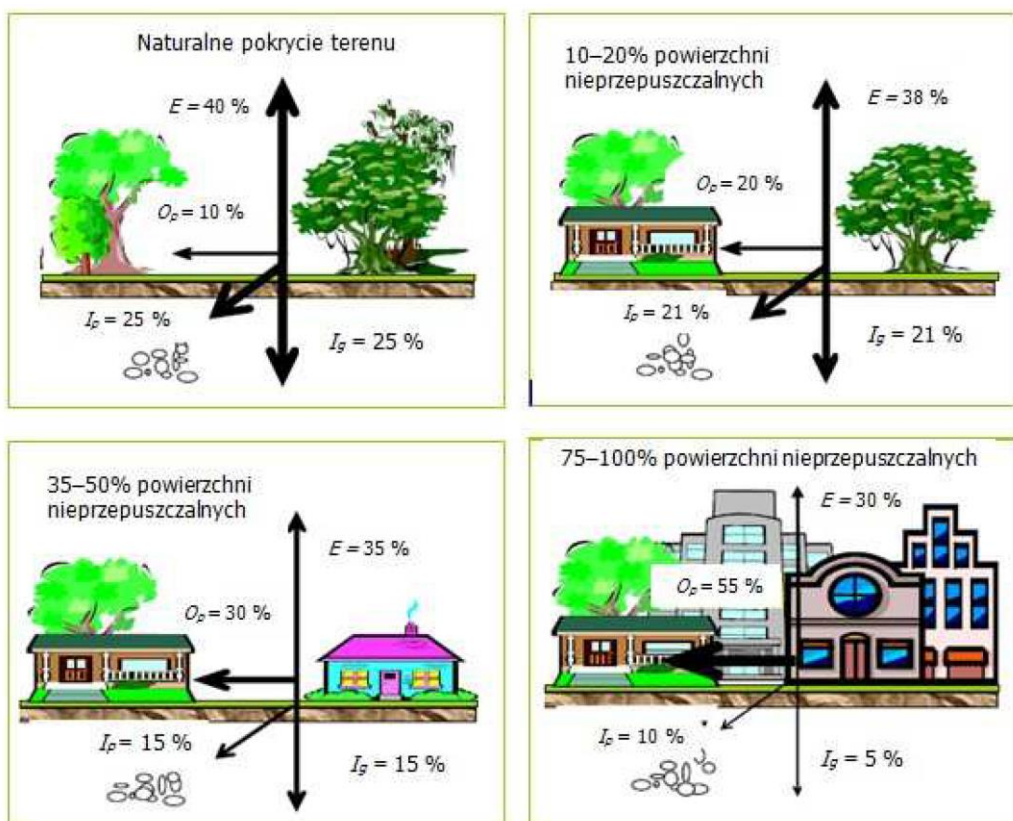
Wyniki pomiarów oraz badań nie pozostawiają wątpliwości co do postępującej szybko zmiany klimatu. Proces ten przejawia się generalnie przyrostem średniej temperatury na Ziemi, regionalnie zaś powoduje zmianę dotychczasowych warunków klimatycznych. Badania wskazują również, że zmiany klimatu postępują ze zróżnicowaną intensywnością w poszczególnych regionach Świata, ale mają charakter nieunikniony. Klimat, jako odpowiedź na zaburzenie bilansu energetycznego, w ujęciu globalnym i regionalnym jest odpowiedzią na jednocześnie naturalną i antropogeniczną emisję gazów cieplarnianych. Zdaniem klimatologów z Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC) „jest niezwykle prawdopodobne, że człowiek wpłynął w sposób dominujący na obserwowane od połowy XX wieku ocieplenie”. W języku IPCC „niezwykle prawdopodobne” oznacza prawdopodobieństwo powyżej 95%. Ze względu na naturalną bezwładność zachodzących w systemie planety procesów globalne wysiłki związane są z dwoma rodzajami działań – mitygacją: działaniami dążącymi do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, oraz adaptacją: działaniami zmierzającymi do jak najlepszego przygotowania społeczeństwa i warunków prowadzenia działalności gospodarczej do postępującej zmiany klimatu. Mitygacja realizowana jest poprzez programy i działania koncentrujące się na wyznaczaniu globalnych celów realizujących obniżenie presji klimatycznej cywilizacji na planetę, m.in. są to wdrażane w poszczególnych krajach porozumienia dotyczące redukcji freonów w zastosowaniach przemysłowych, zmiany technologii w kierunku rozwiązań typu *zero waste*, gdzie jednym z podstawowych celów na poziomie lokalnym jest wtórny odzysk surowców. Działania adaptacyjne z kolei są polityką niwelowania negatywnych oraz wykorzystywania pozytywnych skutków zmian klimatu, tzw. *polityka zagrożeń i szans*. Na poziomie lokalnym działania kierowane są głównie do społeczności lokalnych – ich celem jest optymalne przygotowanie środowiska funkcjonowania społeczeństw oraz gospodarki na postępujące szybko zmiany. Oba działania łączy zasada przezorności w polityce społeczno-ekonomicznej, czyli planowanie i wdrażanie działań prewencyjnych – nim pojawi się obowiązek naprawienia szkody

Zarówno mitygacja jak i adaptacja są składową polityki zrównoważonego rozwoju, co zgodnie z *Ustawą o ochronie środowiska* jest to rozwój społeczno-gospodarczy integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości procesów przyrodniczych, z zachowaniem zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń.

Realność problemu i konieczność podejmowania już współcześnie działań adaptacyjnych, t.j. planowanie i wdrażanie strategii adaptacji, wskazują wyniki badań. Przeprowadzone w ramach dwóch ogólnopolskich projektów SPA2020 (projekt prowadzony przez Ministerstwo Środowiska) oraz KLIMADA (projekt Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej) modelowania prognozowanych zmian klimatu przewidują jednoznacznie, iż należy spodziewać się nasilenia następujących zjawisk w pogodzie:

- zwiększenie się w roku liczby dni upalnych (z temperaturą powyżej +25⁰C) oraz fal upałów
- zwiększenie natężenia chwilowego opadów, co skutkuje lokalnymi podtopieniami
- przyrostu liczby dni i wydłużania się okresów bez opadów – czyli częstszego pojawiania się suszy
- występowanie gwałtownych opadów z silnymi porywami wiatru, co powoduje zagrożenie uszkodzeniami budynków, drzew, infrastruktury.

Mińsk Mazowiecki położony jest w strefie aglomeracji warszawskiej. Oznacza to większą koncentrację ludności, gęstość zabudowy, oddziaływanie na jakość i temperaturę powietrza ruchu samochodowego i infrastruktury grzewczej. Zwiększona gęstość zabudowy to również przyrost obszarów o powierzchni nieprzepuszczalnej, czyli uruchamianie bardzo szybkiego spływu powierzchniowego w trakcie opadów i roztopów. Zgodnie z wynikami badań modelowych – przyrost udziału powierzchni nieprzepuszczalnej jest bezpośrednią przyczyną koncentracji spływu powierzchniowego na obszarach zurbanizowanych: przyrost udziału powierzchni nieprzepuszczalnych jest wprost proporcjonalny do przyrostu odpływu powierzchniowego (Q_p) (Rys.2.1.). Ale zwarta zabudowa to również sytuacja sprzyjająca szybkiemu wzrostowi temperatury powietrza poprzez szybkie nagrzewanie się budynków i powierzchni drogowych. Obszar miejski – aglomeracja kształtuje swój własny – lokalny klimat, potęgujący lokalnie procesy globalnego ocieplenia.



Rys. 2.1. Wpływ wzrostu powierzchni nieprzepuszczalnych w zlewni na zmiany elementów bilansu wodnego (www.epa.gov/watertrain)

3. Cel i priorytety opracowania – wizja Mińska Mazowieckiego jako miasta bezpiecznego

Społeczność miasta Mińska Mazowieckiego dążyć będzie do spełnienia następującej wizji w obliczu zmian klimatu:

**Społeczność Mińska Mazowieckiego
sprawnie i odpowiedzialnie odpowiada na zmiany klimatu**

Realizację tej wizji zapewni *Miejski Plan Adaptacji Mińska Mazowieckiego do zmian klimatu*, w ramach którego zamierza się osiągnąć cel strategiczny i cele szczegółowe. Ich realizacja przyczyni się do przygotowania miasta jak i mieszkańców do zmieniającego się klimatu. Przyjmuje się następujący cel strategiczny:

Społeczność miasta jest przygotowana na nadchodzącą zmianę klimatu, sprawnie łagodzi jej skutki i zapobiega ich wystąpieniu przy akceptowalnych kosztach ekonomicznych, społecznych i przyrodniczych.

W związku z powyższym wdrożony zostanie Miejski Plan Adaptacji, który zrealizuje następujące cele szczegółowe:

1. Ochrona zdrowia mieszkańców przed skutkami ekstremalnych zjawisk pogodowych, w szczególności fal upałów (Program „W cieniu parasola”).

Istotą tego celu jest stworzenie systemu, który pozwoli ostrzegać mieszkańców przed zjawiskami ekstremalnymi, wyposażyć ich w narzędzia do ochrony przed tymi zjawiskami oraz wspomóc w sytuacji wystąpienia zagrożenia. Do realizacji celu przyczyni się z jednej strony prowadzenie działań edukacyjnych na temat charakteru i skali zagrożeń związanych z ekstremalnymi zjawiskami atmosferycznymi, a z drugiej strony wdrożenie systemu informacji dotyczącego zjawisk ekstremalnych, jak i postępowania w czasie ich występowania. Ponadto ważne jest budowanie zrozumienia potrzeby pomocy międzysąsiedzkiej i samoorganizowania w sytuacji zagrożenia lub klęski żywiołowej. Działania wpierające w postaci inwestycyjnej i nie inwestycyjnej powinny być realizowane przez miejską administrację.

2. Ochrona mienia prywatnego i publicznego oraz infrastruktury komunalnej przed nadmiarem wody w sytuacjach ekstremalnych opadów (Program „Sucha stopa”).

Realizacja tego celu to przede wszystkim stworzenie lub odtworzenie systemów gospodarowania wodą deszczową w mieście. To także uwzględnienie w procesie przygotowania, konsultowania oraz realizacji planów przestrzennego zagospodarowania konsekwencji zmian klimatu i to zarówno wynikających z długoletnich trendów, jak i coraz częstszych oraz o większej sile ekstremalnych zjawisk atmosferycznych związanych z wodą. Szczególnie ważnym jest zwrócenie uwagi na zagospodarowanie terenów zagrożonych powodzią, a także budowanie systemu pozwalającego kontrolować przepływy wody.

3. Tworzenie i wzmocnienie infrastruktury zielonej i błękitnej na terenie miasta (Program „Zielony parasol”).

Zwrócenie uwagi na konieczność równoprawnego traktowania infrastruktury zielonej i błękitnej w stosunku do infrastruktury technicznej oraz terenów zabudowanych. Infrastruktura zielona i błękitna z jednej strony jest instrumentem łagodzenia i adaptacji do zmiany klimatu, a z drugiej strony jest nimi zagrożona oraz wymaga ochrony przed ekstremalnymi zjawiskami atmosferycznymi, np. suszą lub porywistymi wiatrami czy nadmiernym opadem śniegu. Dokonująca się zmiana w podejściu do tej infrastruktury każe także zwrócić uwagę na konieczność zapewnienia usług ekosystemów. Dotyczy to takich usług jak: warunki do zaopatrzenia w żywność dobrej jakości, zaopatrzenie w wodę pitną i

drewno, regulacja klimatu i ochrona przed naturalnymi zagrożeniami, kontrola erozji gleb czy miejsce rekreacji.

W związku z tak postawionymi celami monitorowanie celów polityki proponuje się prowadzić za pomocą:

1. Badań świadomości zagrożenia i potrzeb w zakresie adaptacji wśród mieszkańców i decydentów Mińska Mazowieckiego, prowadzonych co najmniej co 5 lat.
2. Ciągłej ewidencji zapisów w planach zagospodarowania odnoszących się do potrzeb adaptacji i utrzymania systemu gospodarowania wodą deszczową.
3. Cyklicznej diagnozy odporności ekosystemu miasta na zmiany klimatu (np. prowadzonej w trakcie przygotowywania opracowania ekofizjograficznego do studium miasta), ale nie rzadziej niż co 5 lat.

4.1. Klimat Mińska Mazowieckiego i jego przewidywane zmiany

4.1.1. Współczesny klimat regionu

Klimat regionu

Pod względem fizycznogeograficznym Mińsk Mazowiecki położony jest na granicy trzech makroregionów: Równiny Garwolińskiej, Równiny Wołomińskiej i Wysoczyzny Kałuszyńskiej. Należą one do dwóch odrębnych makroregionów: Równina Garwolińska i Wołomińska do równiny Środkowomazowieckiej, a Wysoczyzna Kałuszyńska do Niziny Południowopolskiej. Ma to swoje konsekwencje w kształtowaniu naturalnych warunków klimatycznych. Według podziału Polski na dzielnice rolniczo-klimatyczne Mińsk Mazowiecki położony jest w Dzielnicy Środkowej, obejmującej wschodnią część Niziny Wielkopolskiej oraz Nizinę Mazowiecką.

Podstawowe parametry klimatu w regionie w wieloleciu charakteryzują następujące wielkości w parametrów:

- temperatura powietrza jest zmienna od $-4,8^{\circ}\text{C}$ w lutym do $18,0^{\circ}\text{C}$ w lipcu,
- średnia roczna temperatura powietrza zawiera się w przedziale $6,9-7,1^{\circ}\text{C}$
- liczba dni mroźnych wynosi od 30 do 50 w roku, a dni z przymrozkami od 100 do 110,
- obszar zaliczany do jednych z najniższym w Polsce opadzie rocznym 560-623 mm,
- czas trwania pokrywy śnieżnej przeciętnie wynosi 40-45 dni, ale w warunkach sprzyjających nawet do 60 dni w roku
- średnia prędkość wiatru nie przekracza 3 m/s, przeważający jest wiatr z kierunku zachodniego, w tym północno-zachodniego; częstość silnych wiatrów zmniejsza się od zachodu ku wschodowi, najrzadziej są notowane wiatry z sektora północno-wschodniego, co wynika również z wymuszonej cyrkulacji regionalnej towarzyszącej miejskiej wyspie ciepła Warszawy,
- okres wegetacyjny trwa od 200 do 220 dni.

Klimat miasta

Naturalne warunki kształtowania się klimatu podlegają lokalnemu przekształcaniu w warunkach obszarów zurbanizowanych. Zmiana użytkowania terenu, przyrost powierzchni nieprzepuszczalnej, wprowadzanie nowych elementów do krajobrazu (dla przykładu niska oraz średnio-wysoka zabudowa, sieć transportowa) oraz dodatkowego źródła ciepła (ogrzewanie, podgrzewanie wody, ruch kołowy) powoduje wytworzenie specyficznego klimatu lokalnego.

W odniesieniu do naturalnych warunków klimatycznych, dla obszarów zurbanizowanych typowe jest:

- mniejsze natężenie promieniowania całkowitego o ok. 10 -20%, co wynika z podwyższonej wilgotności oraz zawartości pyłów w powietrzu

- podwyższenie średniej temperatury powietrza o $0,5$ do $3,0^{\circ}\text{C}$ oraz zmniejszenie amplitudy dobowej i rocznej

- podwyższenie średniej temperatury minimalnej o 1,0 - 2,0°C
- większe zachmurzenie nieba, nawet to 10%, wynikające z intensywnego parowania oraz wymuszonej cyrkulacji konwekcyjnej powietrza
- częste występowanie zjawiska inwersji termicznej, czyli zalegania chłodnego powietrza tuż przy powierzchni gruntu, co wynika z ograniczonej wymiany powietrza w konsekwencji zwartej i wysokiej zabudowy miejskiej,
- zwiększenie rocznej sumy opadów, nawet o 15%, w tym typowe jest zwiększenie udziału opadów konwekcyjnych – czyli krótkotrwałych, ale o bardzo dużym natężeniu, często generujących lokalne podtopienia
- zwiększenie częstości występowania burz oraz przesunięcie terminu występowania burz już na okres wczesnowiosenny
- zwiększenie częstości występowania zamglenia, związane z dużą zawartością pyłów w powietrzu oraz małą lub ograniczoną możliwością wymiany powietrza, często są to tzw. mgły fotochemiczne, gdy dochodzi do niekorzystnych dla zdrowia reakcji chemicznych rozpuszczania substancji budujących pyły przez wodę zawieszoną w chmurze mgły; w szczególności okresy występowania mgieł przypadają na okres późnej jesieni i zimy, kiedy obszar miejski intensywnie generuje dodatkowe ilości energii cieplnej, pochodzącej z ogrzewania pomieszczeń oraz transportu
- mniejsza średnia prędkość wiatru, nawet o 30% oraz zwiększona liczba dni z ciszą atmosferyczną, tu nawet o 20%, co jest skutkiem ograniczonej wymiany powietrza w warunkach zwartej zabudowy miejskiej, bez uwzględnienia tzw. klinów wietrzenia miasta w planie rozwoju przestrzennego.

Jakość powietrza

Jednym z czynników odpowiedzialnych za kształtowanie specyfiki klimatu miejskiego jest lokalna jakość powietrza atmosferycznego – zawartość w powietrzu substancji lotnych (pyły) i gazowych, które naturalnie nie występują lub mają inny skład chemiczny i pochodzenie. Źródłem dominującym emisji zanieczyszczeń atmosferycznych są procesy grzewcze oraz komunikacja samochodowa. Generalnie, zanieczyszczenia charakterystyczne dla procesu urbanizacji to pyły i gazy: SO₂, NO_x, CO₂, CO, NH₃, węglowodory. Zanieczyszczenia komunikacyjne i przemysłowe różnią się składem chemicznym oraz ilościowym. W procesach spalania w energetyce przeważają: SO₂, NO_x, CO₂ i CO; w procesach spalania w przemyśle: CO, CO₂, SO₂, NO_x; w procesach produkcyjnych: węglowodory, NH₃, NO_x, SO₂; w dystrybucji paliw - węglowodory; w zagospodarowaniu i unieszkodliwianiu odpadów: węglowodory, NH₄, NO_x, CO, gdy dla komunikacji typowa jest emisja CO, NO_x (NO i NO₂), węglowodorów, CO₂, SO₂, sadzy, popiołów, pyłów zawierających toksyczne metale ciężkie: ołów, cynk, arsen, selen, mangan. Przy ograniczonej wymianie powietrza – spadek prędkości wiatru, duża liczba dni z ciszą atmosferyczną, obszar miejski jest niestety predystynowany do kumulowania zanieczyszczeń w strefie w ogólności niskiej części atmosfery – przeważająco na wysokości do kilku metrów od powierzchni gruntu.

Na terenie miasta Mińska Mazowieckiego największymi instalacjami wprowadzającymi zanieczyszczenia do powietrza są między innymi ciepłownie węglowe – zlokalizowana na terenie ZNTK Mińsk Mazowiecki SA. Przy ul. gen. Kazimierza Sosnkowskiego oraz należąca do PEC Sp. z o. o. przy ul. Jana Pawła II.

W dalszym ciągu niektóre paleniska indywidualne korzystają z węgla kamiennego i koksu. Dodatkowym źródłem zanieczyszczenia jest duże natężenie ruchu kołowego w obszarze o największym stopniu zurbanizowania. Wynika to pośrednio również z usytuowania głównych budynków administracyjnych (Urząd Miasta, Urząd Powiatowy), centrów usługowych w ścisłym centrum miasta – zatem interesanci korzystający z wymienionych podmiotów wprowadzają dodatkową presję zanieczyszczenia korzystając z własnych środków transportu samochodowego. Ruch samochodowy generuje wysokie stężenie zanieczyszczenia powietrza w pobliżu dróg, szczególnie na poziomie oddychania. Zanieczyszczenie powietrza może być wyjątkowo wysokie w strefach ruchliwych dróg (ul. Warszawska, ścisłe centrum miasta), obejmować obszary parkingowe wewnątrz miasta – szczególnie otoczone wysoką zabudową, w strefie dużych skrzyżowań. Z pewnością sytuację jakości powietrza poprawiło otworzenie obwodnicy i odciążenie miasta od transportu tranzytowego, ale w tym samym czasie przyrasta liczba aut użytkowanych indywidualnie i indywidualny ruch kołowy (dla przykładu dojazdu do pracy do Mińska oraz ruch między Mińskiem a strefą aglomeracyjną Warszawy).

4.1.2. Prognoza zmian klimatu

Przewidywane zmiany klimatu dla wieloleci 2031-2050 oraz 2071-2090

Prognozowane zmiany temperatury powietrza

W celu oszacowania przyszłych zmian klimatu przeprowadzono modelowanie z wykorzystaniem 10 modeli klimatycznych najlepiej dopasowanych do warunków klimatycznych Europy Środkowej. Szczegóły metodyki opracowania w tym zakresie oraz materiały źródłowe zestawiono w załączniku nr 1. Wyniki regionalnych symulacji klimatycznych jednoznacznie wskazują na postępujące z 21. wiekiem ocieplenie klimatu w regionie. Tą samą tendencję wskazują wyniki modelowania przyszłej temperatury powietrza dla Mińska Mazowieckiego. Modelowanie klimatu przeprowadzono dla dwóch scenariuszy emisji gazów cieplarnianych: niskoemisyjnego oraz wysokoemisyjnego. Gazy cieplarniane to te składniki atmosfery przyziemskiej (troposfery), które odpowiadają za zatrzymywanie ciepła Ziemi i bezpośrednio odpowiadają za efekt podgrzewania atmosfery, czyli za globalne ocieplenie. Do gazów tych zalicza się między innymi parę wodną, dwutlenek węgla, metan oraz drobne pyły zawieszone w powietrzu. Im większa jest koncentracja gazów cieplarnianych – tym szybciej wzrasta temperatura w troposferze i przyspieszają zmiany klimatu. Scenariusze emisji gazów cieplarnianych to przewidywana ich koncentracja w atmosferze przyziemskiej w najbliższej przyszłości; wielkość emisji jest uzależniona od czynników naturalnych (m.in. wybuchy wulkanów, rozkład materii organicznej w mokradłach) oraz od działalności człowieka – głównie przemysłu, transportu oraz rolnictwa. Scenariusz niskoemisyjny RCP4.5¹ to umiarkowany

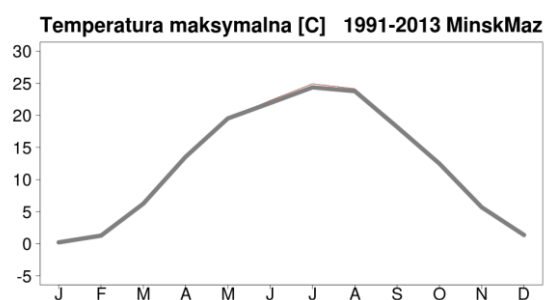
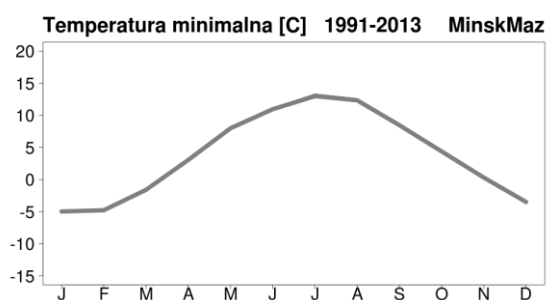
¹ RCP4.5 (scenariusz niskoemisyjny): oszacowana wielkość wymuszenia radiacyjnego przez gazy cieplarniane w roku 2100 wyniesie 4,5 W/m²

przyrost koncentracji gazów cieplarnianych i relatywnie powolne zmiany klimatu, zaś scenariusz wysokoemisyjny RCP8.5² to bardzo szybko przyrastająca koncentracja gazów cieplarnianych. W krótkim okresie czasu, tak jak w modelowaniach zmian klimatu, uważa się, że sprawcą szybkiego przyrostu gazów cieplarnianych jest działalność człowieka.

Na rysunku 4.1.1 przedstawiono odpowiednio przebiegi roczne temperatury minimalnej i maksymalnej miesięcznej (styczeń(J)-grudzień(D)³) w Mińsku Mazowieckim w trzech okresach w ciągu 20. i 21. wieku:

- obserwacje z okresu 1991-2013 (czyli dane rzeczywiste), linia szara na poniższym i wszystkich kolejnych wykresach w tej części opracowania
- obliczone w symulacjach wartości prognozowane dla 20-lecia 2031-2050
- obliczone w symulacjach wartości prognozowane dla 20-lecia 2071-2090.

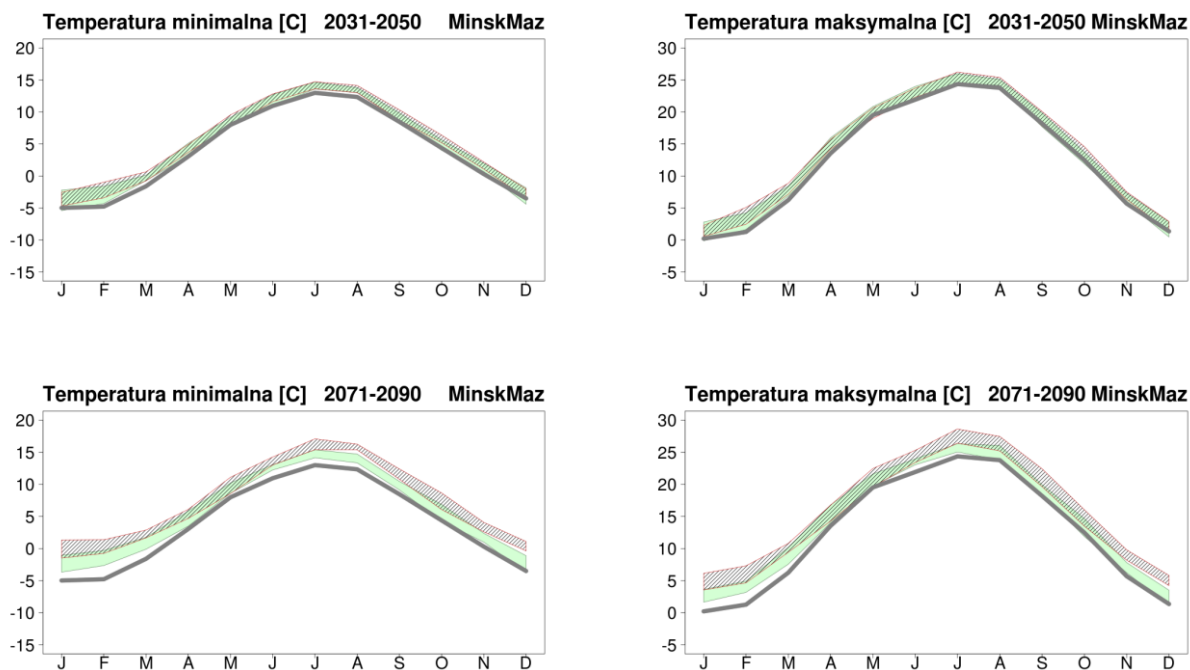
Zakresy wyników symulacji klimatu (tzw. wstęgi⁴: zielona i zakresowany na czerwono obszar na rysunku) wskazują na skrajne w danym terminie wyniki uzyskane spośród 10 wykorzystanych modeli. Szerokość wstęgi jest wizualnym zakresem rozbieżności wyników modelowanego elementu klimatu – im szersza jest wstęga, tym mniejszy brak zgodności wyników modelowania. Co istotne dla prognozowanych warunków klimatycznych do końca 21. wieku, symulacje zgodnie przewidują ocieplenie – są powyżej linii obserwacji z okresu 1991-2013. Trzeba zwrócić uwagę na to, że w połowie stulecia nie ma dużych różnic między scenariuszami niskoemisyjnym oraz wysokoemisyjnym, natomiast w dłuższej perspektywie – pod koniec stulecia scenariusz wysokoemisyjny wyraźnie wskazuje szybki przyrost ocieplenia.



² RCP8.5 (scenariusz wysokoemisyjny): oszacowana wielkość wymuszenia radiacyjnego przez gazy cieplarniane w roku 2100 wyniesie 8,5 W/m²

³ Na wszystkich opis miesięcy jest przedstawiony jako pierwsze litery miesięcy w języku angielskim: J – styczeń, F – luty, M – marzec, A – kwiecień, M – maj, J – czerwiec, J – lipiec, A – sierpień, S – wrzesień, O – październik, N – listopad, D - grudzień

⁴ Wstęga to zakres wartości np. temperatury, który jest przewidywany przez całą grupę analizowanych modeli; jeśli wstęga jest wąska – wówczas wszystkie modele pokazują prawie tą samą wartość, jeśli wstęga jest szeroka – wyniki modeli pokazują dużą rozbieżność danych. Technicznie, szerokość wstęgi jest również wyrazem niepewności w modelowaniu klimatu



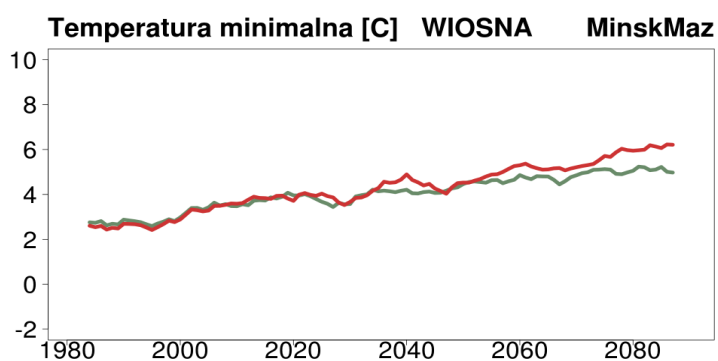
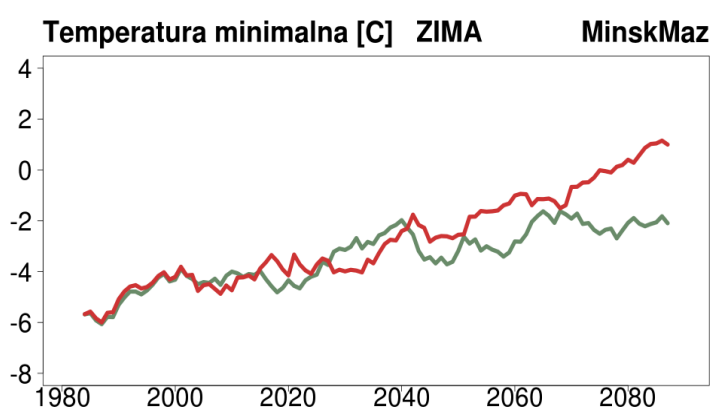
Rys. 4.1.1. Przebieg roczny temperatury powietrza minimalnej i maksymalnej dobowej w Mińsku Mazowieckim kolejno w okresach 1991-2013, 2031-2050 oraz 2071-2090, linia szara oznacza wartości obserwowane w okresie 1981-2013, wstęgi pokazują zakres zmienności temperatury wg modeli, obszar zielony – scenariusz niskoemisyjny, obszar zakreskowany – scenariusz wysokoemisyjny.

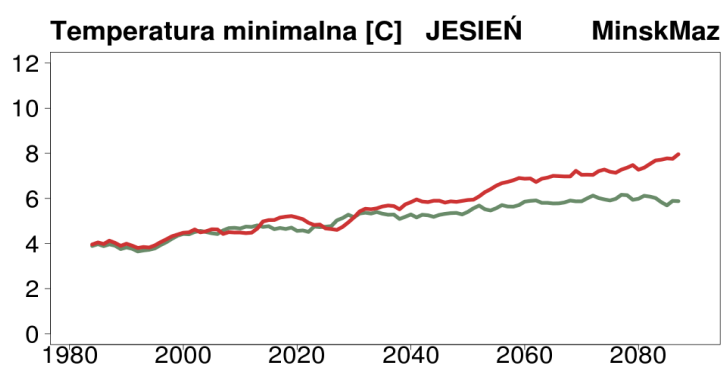
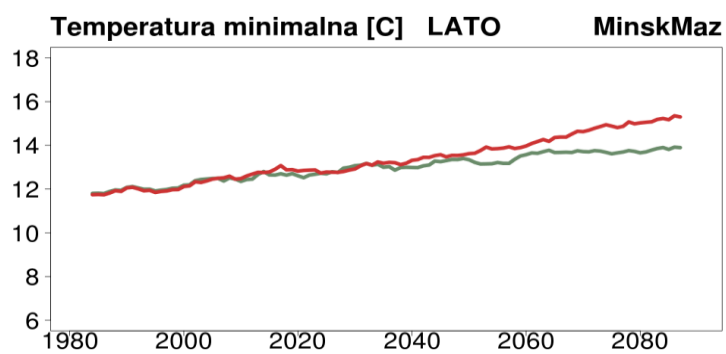
Wyniki wskazują wyraźne ocieplenie w szczególności okresu chłodnego. Z postępującym czasem wyniki modelowania sugerują zbliżanie się temperatury minimalnej do wartości 0°C dla miesięcy najchłodniejszych, co ma swoją konsekwencję w skracającym się sezonie śnieżnym. Z kolei analiza prognozowanych wartości temperatury maksymalnej wskazuje niestety wydłużanie się okresu występowania temperatury 25°C i wyższej. Period ten przypada w końcu 21. wieku już na przestrzeń od maja do nawet września. Jest to bardzo niekorzystna tendencja dla miasta w kontekście kształtowania warunków topoklimatycznych i bioklimatycznych, na które obszar zurbanizowany jest bardzo wrażliwy.

Z ekonomicznego punktu widzenia – prognozowane ocieplenie okresu chłodnego roku będzie skutkować mniejszym zapotrzebowaniem na energię ciepłą, ale prognozowane warunki przyrostu temperatury maksymalnej w okresie ciepłym będzie skutkować zwiększonym zapotrzebowaniem na energię elektryczną konsumowaną na potrzeby obsługi klimatyzacji.

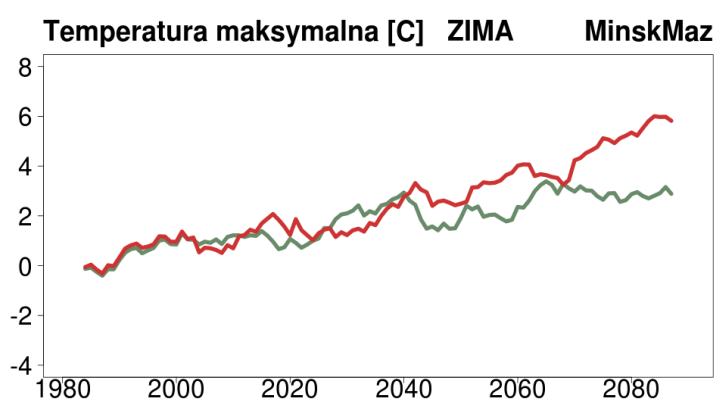
Tendencja stopniowego przyrostu temperatury minimalnej oraz maksymalnej (tzw. temperatury sezonowe) w ciągu całego wieku dla poszczególnych pór roku w Mińsku Mazowieckim przedstawiono na rysunkach 4.1.2-3. Wykresy prezentują mediany wiązek dla dwóch scenariuszy niskoemisyjnego i wysokoemisyjnego. Ocieplenie oraz jego fluktuacje są bardzo wyraźne. Największe

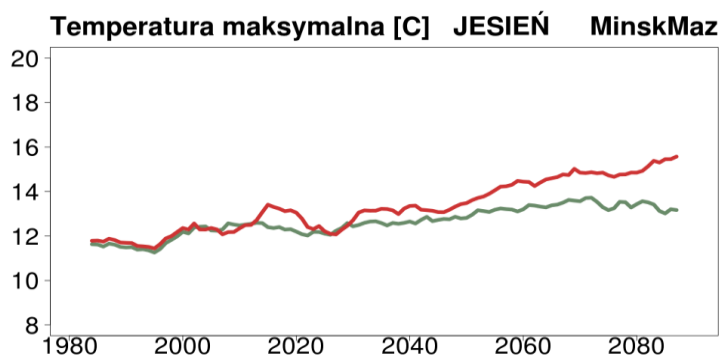
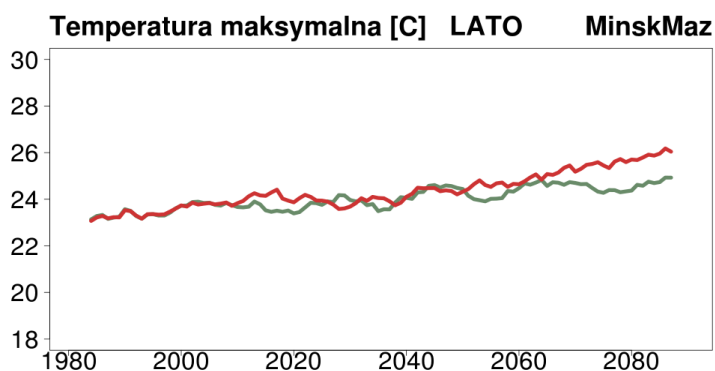
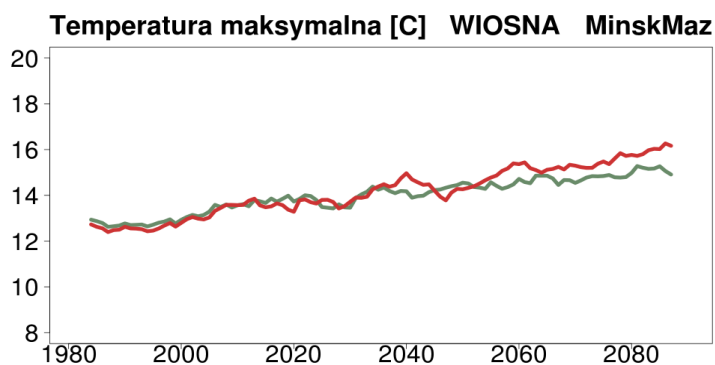
przyrosty temperatury, jak również największa różnica między scenariuszami są widoczne w przypadku temperatury zimowej. Należy też zwrócić uwagę na to, że znaczna rozbieżność prognozowanej temperatury wg scenariuszy zaczyna się dopiero w drugiej połowie stulecia. Sugeruje to, że z punktu widzenia stabilności klimatu należy oczekiwać, iż po krótkim okresie kilkunastu lat powolnie postępującego ocieplenia może nastąpić przejście do fazy szybkiego i dynamicznego w przebiegu przyrostu temperatury powietrza. W szczególności zwraca uwagę szybkie ocieplanie się w czasie sezonu chłodnego – w warunkach najmniej korzystnych prawdopodobne może być z końcem wieku występowanie zimą warunków termicznych umożliwiających w tym sezonie wegetację (temperatura dobowa powyżej $+5^{\circ}\text{C}$).





Rys. 4.1.2. Przebieg temperatury minimalnej powietrza w Mińsku Mazowieckim w kolejnych sezonach w okresie 1981-2090, mediany wiązek symulacji, linia zielona oznacza scenariusz niskoemisyjny, czerwona - scenariusz wysokoemisyjny.





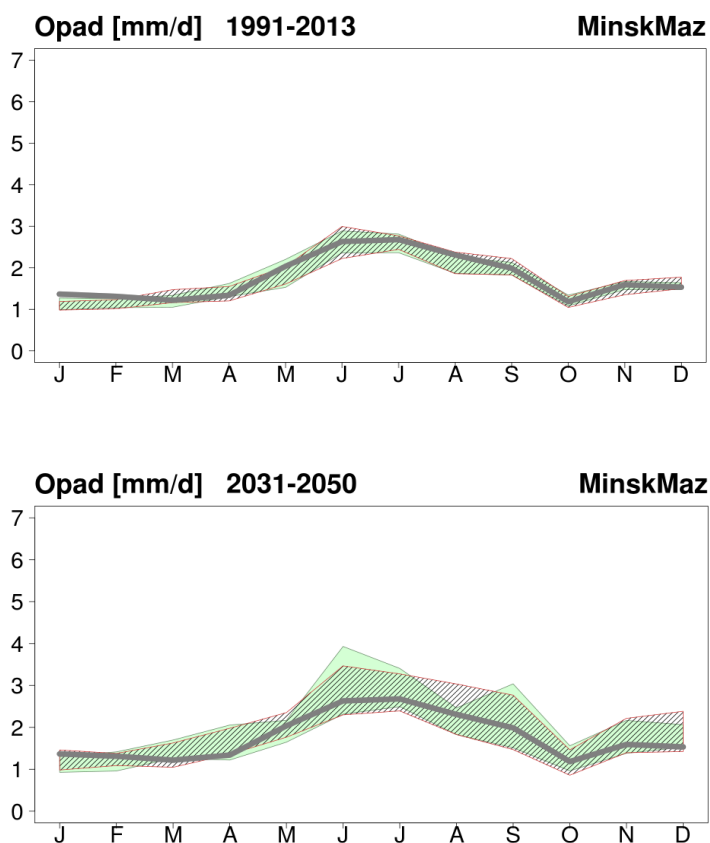
Rys. 4.1.3. Przebieg temperatury maksymalnej powietrza w Mińsku Mazowieckim w kolejnych sezonach w okresie 1981-2090, mediany wyników modelowania ze wszystkich 10 modeli, linia zielona oznacza scenariusz niskoemisyjny, czerwona - scenariusz wysokoemisyjny.

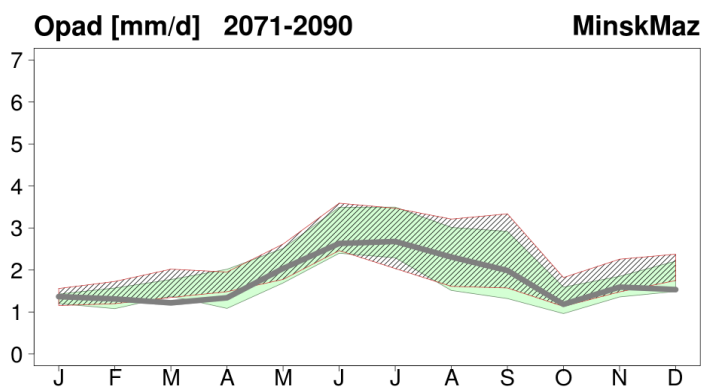
Z punktu widzenia procesów kształtujących lokalne warunki klimatyczne, prognozowany przyrost temperatury maksymalnej w okresie ciepłym będzie sprzyjał pogłębianiu predyspozycji do wyostrażaniu się cech topoklimatów charakterystycznych dla obszarów zwartej zabudowy. Wysoka temperatura sprzyja również intensywnym procesom parowania i konwekcji powietrza, co sprzyja występowaniu opadów konwekcyjnych – krótkich, ale o dużym natężeniu.

Prognozowane zmiany opadu

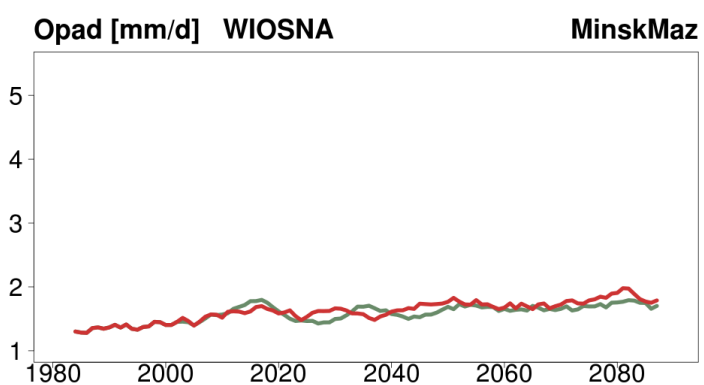
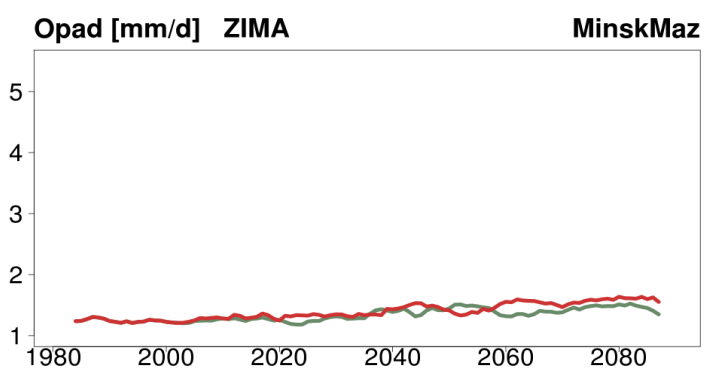
W przypadku opadu tendencje nie są tak oczywiste. Widoczny jest wzrost intensywności opadów, zarówno średniego opadu w dniach z opadem, jak i opadów maksymalnych. Można zauważyć również zwiększenie liczby dni opadowych oraz dni z opadem powyżej 10 i 20 mm (lokalnie skutkujących intensywnym spływem powierzchniowym i możliwością wystąpienia podtopień). Z drugiej strony symulacje nie wskazują na duże zmiany w przypadku okresów suchych bez opadu. Zwiększenie opadu jest bardziej widoczne pod koniec stulecia, nieco wyższe w przypadku scenariusza 8.5, ale nie we wszystkich przypadkach te różnice są wyraźne (Rys. 4.1.4-5).

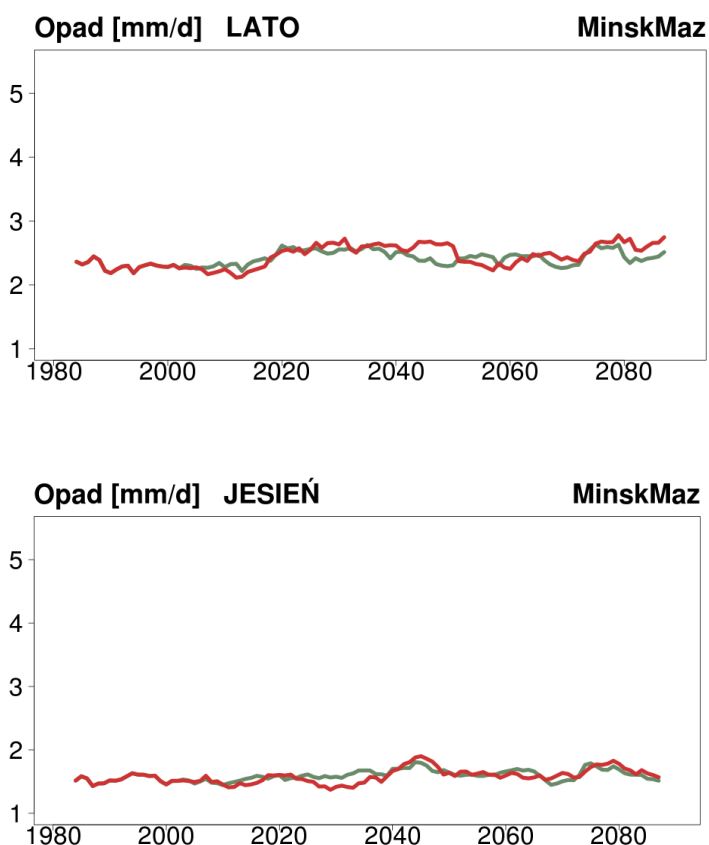
Analiza przebiegów rocznych (Rys. 4.1.4) nie wykazuje znaczących różnic między opadem dla różnych scenariuszy. Warto zwrócić jednak uwagę na dużą niepewność w symulacjach opadu zwłaszcza pod koniec wieku, na co wskazują szerokie zakresy (tzw. wstęgi) prawdopodobnych przebiegów dla obu scenariuszy niskoemisyjnego i wysokoemisyjnego.





Rys. 4.1.4. Przebieg roczny opadu dobowego w Mińsku Mazowieckim kolejno w okresach 1991-2013, 2031-2050 oraz 2071-2090, linia szara oznacza wartości obserwowane w okresie 1981-2013, wstęgi pokazują zakres zmienności opadów wg modeli, obszar zielony – scenariusz niskoemisyjny, obszar zakreskowany – scenariusz wysokoemisyjny.





Rys. 4.1.5. Przebieg opadu dobowego w Mińsku Mazowieckim w kolejnych sezonach w okresie 1981-2090, median wyników modelowania dla 10 modeli, linia zielona oznacza scenariusz niskoemisyjny, czerwona - scenariusz wysokoemisyjny.

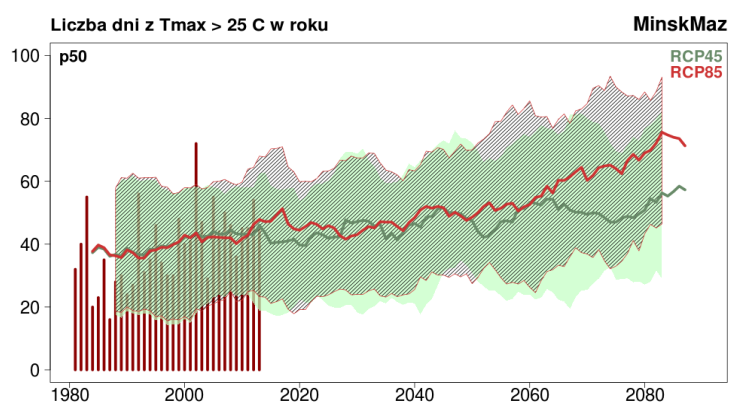
Biorąc pod uwagę powiązanie między temperaturą a typem opadów, wzrost temperatury minimalnej w okresie zimowym prawdopodobnie będzie skutkował nie tylko skróceniem okresu z pokrywą śnieżną, ale również możliwość występowania opadów deszczu zamiast śniegu. Tendencja do występowania opadów deszczu w sezonie zimowym już się zaznaczyła w ostatnim 20-leciu w trakcie tzw. ciepłych zim. Z punktu widzenia warunków obiegu wody w mieście, prognozowana tendencja do przyrostu natężenia dobowego opadów niestety będzie sprzyjała szybkiemu odpływowi z powierzchni uszczelnionych i przeciążeniu systemów kanalizacji opadowej, okresowa retencja powierzchniowa w obniżeniach terenu, w tym generowanie podtopień. Dalszą konsekwencją jest ograniczenie zasilania wód podziemnych i zabezpieczenia retencji wód glebowych na okresy bezopadowe.

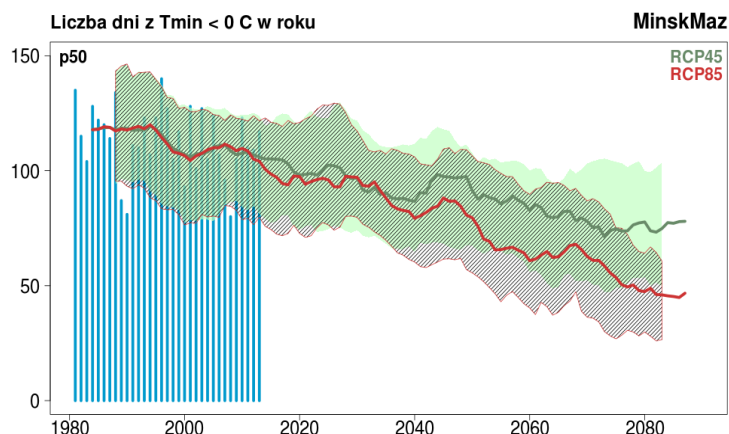
Konsekwencje ekonomiczne prognozowanych zmian w strukturze sezonowej opadów, ich natężeniu oraz prognozowane niestety stabilne w czasie warunki bezopadowe będą związane z koniecznością uszczelnienia systemu zarządzania wodami opadowymi. W skład systemu zarządzania

wodami opadowymi sugerowane są działania związane z podniesieniem retencyjności powierzchni zurbanizowanej (dla przykładu poprzez budowę tzw. zielono-niebieskiej infrastruktury) oraz budowania systemu odprowadzania okresowo nadmiarowej objętości wód opadowych wysokosprawnym systemem kanalizacyjnym.

Wskaźniki klimatyczne prognozowanych zmian klimatu

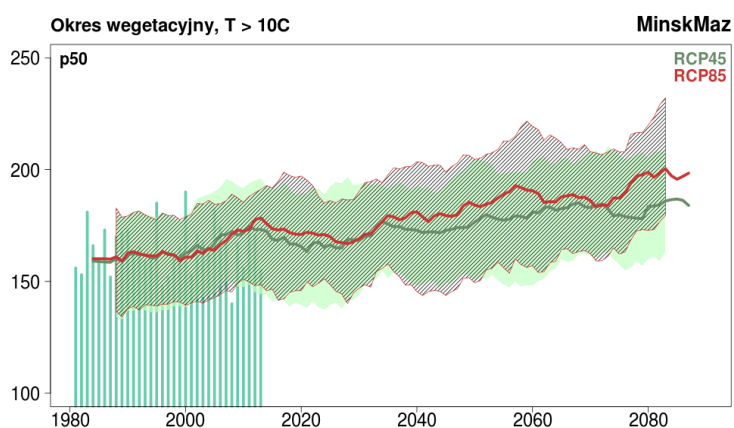
W badaniach zmian klimatu często analizuje się wskaźniki klimatyczne, opisujące ilościowo cechy klimatu. Na rys. 4.1.6-10 zaprezentowano kilka wybranych charakterystyk klimatu przyszłości. Przede wszystkim wskaźniki termiczne klimatu, takie jak liczba dni w roku z temperaturą maksymalną powyżej 25 °C czy liczba dni w roku z ujemną temperaturą minimalną potwierdzają obserwowane w okresie referencyjnym i symulowane sukcesywne ocieplanie się klimatu w ciągu całego wieku. Przede wszystkim bardzo wyraźnie przyrasta liczba dni gorących w roku, tendencja ta jest zauważalna już od końca lat 80-tych 20. wieku. Znacząco bardziej gwałtownie spada jednak liczba dni z temperaturą niższą niż 0°C. Konsekwencją będzie prawdopodobnie zmiana długości trwania poszczególnych pór roku - wzrośnie liczba dni letnich, a zimowych będzie maleć.

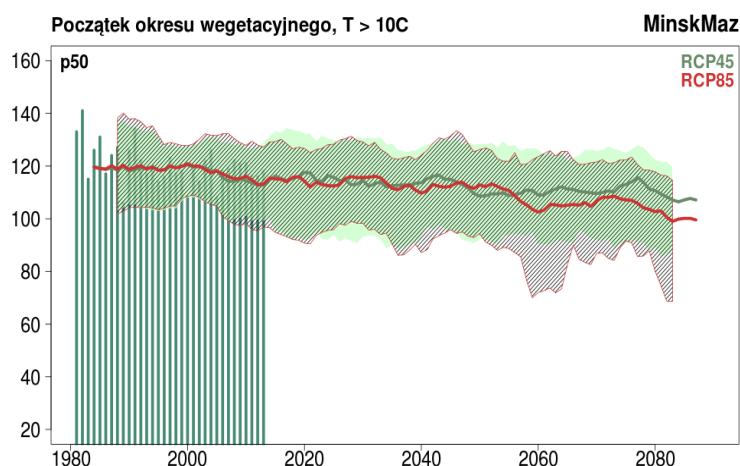




Rys. 4.1.6. Liczba dni w roku z temperaturą maksymalną powyżej 25 °C i liczba dni w roku z temperaturą minimalną niższą od 0°C w Mińsku Mazowieckim w okresie 1981-2009, linia zielona (mediana) i obszar zielony (między percentylem p10 i p90) oznacza scenariusz niskoemisyjny, czerwona i obszar zakresowany - scenariusz wysokoemisyjny, słupki – wartości referencyjne (obserwowane).

Ważnym zagadnieniem jest analiza okresu wegetacyjnego, zarówno jego długości, jak i daty rozpoczęcia. Długość okresu wegetacyjnego dla $T > T_{\text{progowa}}$ została zdefiniowana jako liczba dni między pierwszym wystąpieniem przynajmniej 6 kolejnych dni z $T > T_{\text{progowa}}$ a pierwszym wystąpieniem przynajmniej 6 kolejnych dni z $T < T_{\text{progowa}}$. Wskaźnik został obliczony dla kolejnych lat kalendarzowych, dodatkowo określany jest pierwszy dzień okresu wegetacyjnego. Rys. 4.1.7 prezentuje parametry okresu wegetacyjnego dla progu 10°C (długość i początek) dla Mińska Mazowieckiego. Zauważalne jest zarówno wydłużenie sezonu temperatury wegetacyjnie korzystnej, jak i wcześniejsza data rozpoczęcia okresu wegetacyjnego.

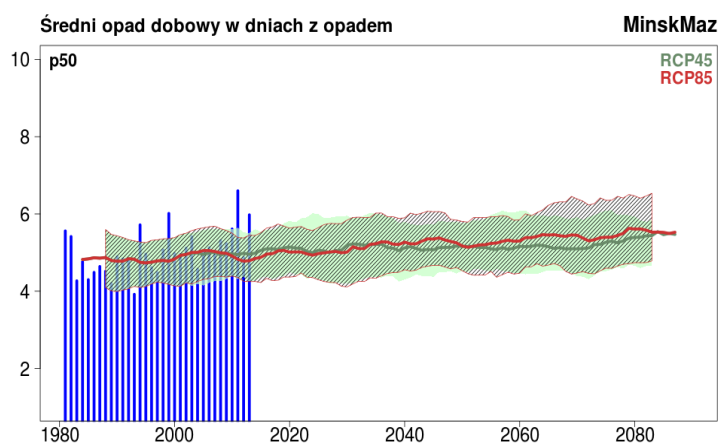
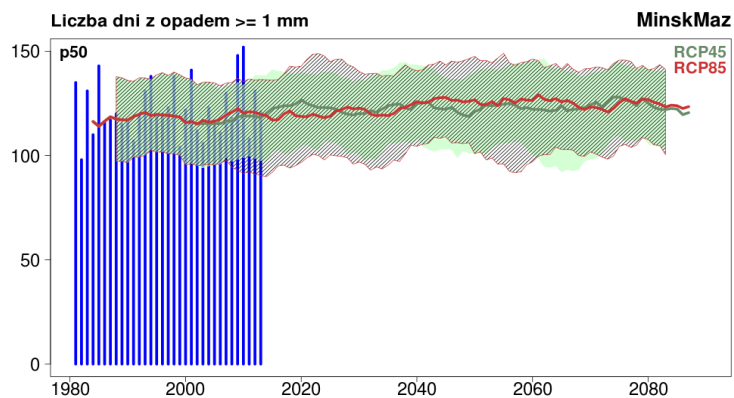




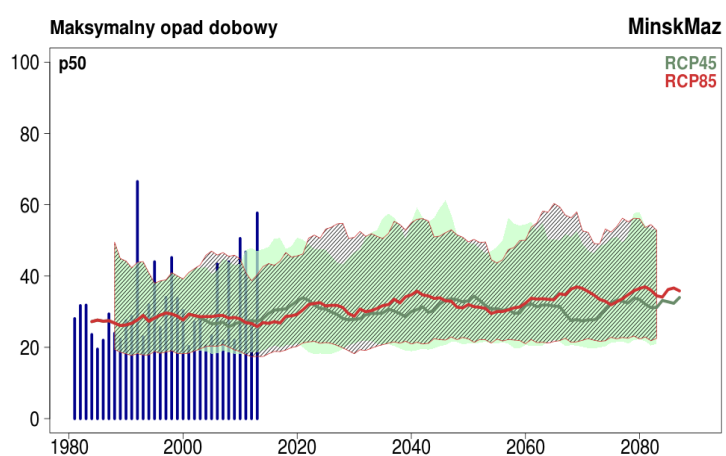
Rys. 4.1.7. Długość i początek (liczba dni począwszy od 1 stycznia) okresu wegetacyjnego ($T > 10^{\circ}\text{C}$) w Mińsku Mazowieckim w okresie 1981-2090, linia zielona (mediana wyników dla 10 modeli) i obszar zielony (wstęga) oznacza scenariusz niskoemisyjny, czerwona i obszar zakresowany - scenariusz wysokoemisyjny, słupki – wartości obserwowane.

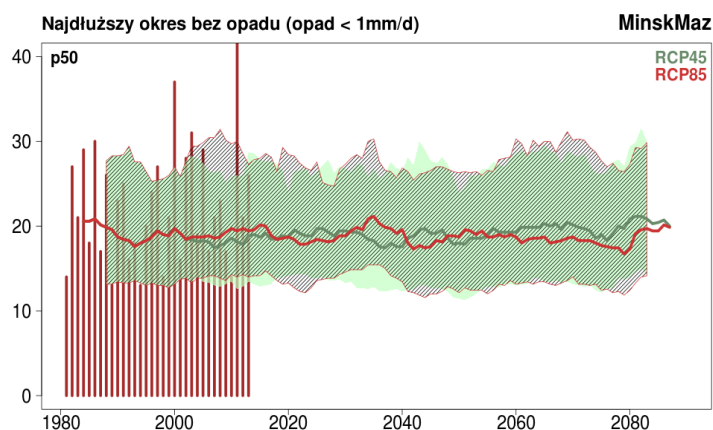
Wydłużanie się okresu wegetacji jest procesem przeważająco korzystnym zmian klimatu. Dla przykładu korzyścią jest utrzymanie wydłużonej w roku pokrywy roślinnej sprzyjającej spowolnieniu spływu powierzchniowego i zwiększenie retencji glebowej. Możliwe jest również wprowadzanie do przestrzeni zurbanizowanej ciepłolubnych gatunków szybko przyrastających gatunków drzew liściastych, które bardzo korzystnie wpływają na łagodzenie stresu termicznego w warunkach występowania wysokiej temperatury. Niestety, wydłużenie okresu wegetacyjnego sprzyja również zwiększeniu produkcji biomasy (w konsekwencji następuje przyrost żyzności środowiska wodnego) oraz bakterii, glonów - generalnie flory związanej z warunkami wilgotnymi. Procesy te powodują spadek drożności systemów odpływu powierzchniowego i podziemnego.

Z kolei na rysunkach 4.1.8-10 przedstawiono wskaźniki wilgotnościowe. Wykresy wskazują na pewien wzrost zarówno liczby dni z opadem, jak i średniego opadu w dniach z opadem (Rys. 4.1.8). Dobrze widoczny jest również wzrost liczby dni z opadem powyżej 10 mm i 20 mm (Rys. 4.1.10) oraz maksymalny opad dobowy (Rys. 4.1.9). Dla tego samego przedziału czasu symulacje nie wskazują na żadne tendencje w przypadku okresów bezopadowych (Rys. 4.1.9). Tym co wyróżnia wyniki symulacji opadów jest duża niepewność (szeroka wstęga wiązki symulacji), jak również bardzo dużą zmienność tego wskaźnika w okresie obserwacji (słupki na wykresie).

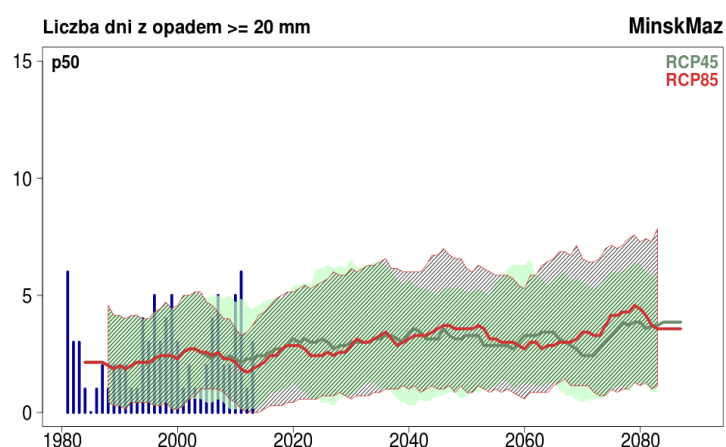
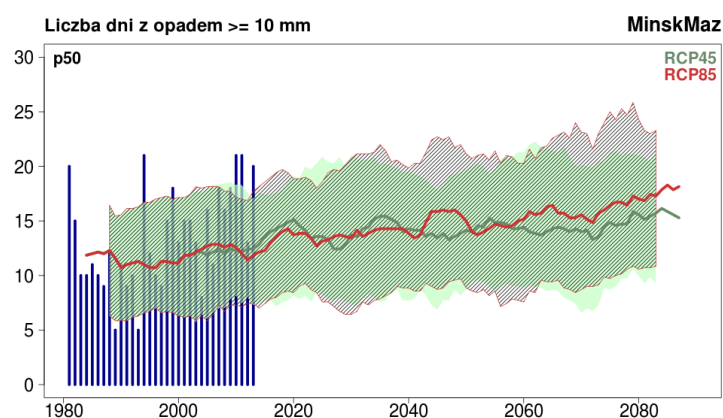


Rys. 4.1.8. Liczba dni w roku z opadem i opad średni w dniach z opadem w Mińsku Mazowieckim w okresie 1981-2090, linia zielona (mediana dla wyników modelowania 10 modeli) i obszar zielony (wstęga) oznacza scenariusz niskoemisyjny, czerwona i obszar zakresowany - scenariusz wysokoemisyjny, słupki – wartości obserwowane.





Rys. 4.1.9. Maksymalny opad dobowy w roku i najdłuższy okres bezopadowy w roku w Mińsku Mazowieckim w okresie 1981-2090, linia zielona (mediana z wyników modelowania dla 10 modeli) i obszar zielony (wstęga) oznacza scenariusz niskoemisyjny, czerwona i obszar zakreskowy - scenariusz wysokoemisyjny, słupki – wartości obserwowane.



Rys. 4.1.10. Liczba dni w roku z opadem większym lub równym od 10 mm i 20 mm w Mińsku Mazowieckim w okresie 1981-2090, linia zielona i obszar zielony (wstęga) oznacza scenariusz niskoemisyjny, czerwona i obszar zakreskowy - scenariusz wysokoemisyjny, słupki – wartości obserwowane.

Opad jest bardzo trudnym elementem klimatu w modelowaniu z uwagi na złożoność procesów kształtujących kondensację oraz nieciągłość obszaru występowania i natężenia opadu w przestrzeni. Oznacza to, że jest możliwe jedynie przybliżenie generalnych tendencji, stąd wyniki symulacji obciążone są dużą niepewnością. Niemniej, poczynając od lat 80-tych 20. wieku obserwuje się tendencję do zwiększonego występowania typowo lokalnych, intensywnych i krótkotrwałych opadów uykających tradycyjnemu systemowi pomiaru na posterunkach opadowych. Proces różnicowania przestrzennego pola opadu i jego intensywności wynika często z regionalnie i lokalnie występujących kontrastów termicznych związanych z przestrzennymi kontrastującymi topoklimatami.

Biorąc pod uwagę położenie Mińska Mazowieckiego w strefie oddziaływania wymuszonej cyrkulacji miejskiej wyspy ciepła aglomeracji Warszawy oraz struktury obszaru zurbanizowanego miasta (zwarta zabudowa sąsiadująca z obszarami typu rolniczego) należy przewidywać występowanie zwiększonej częstości opadów typu konwekcyjnego, o wysokim natężeniu. Ten typ opadów został zdiagnozowany w opracowaniu adaptacji do zmian klimatu dla miasta Warszawy (projekt AdaptCity).

4.2. Diagnoza wrażliwości na zmiany klimatu

4.2.1. Warunki obiegu wody

4.2.1.1. Gospodarka wodna w Mińsku Mazowieckim

Ogólna sytuacja hydrologiczna

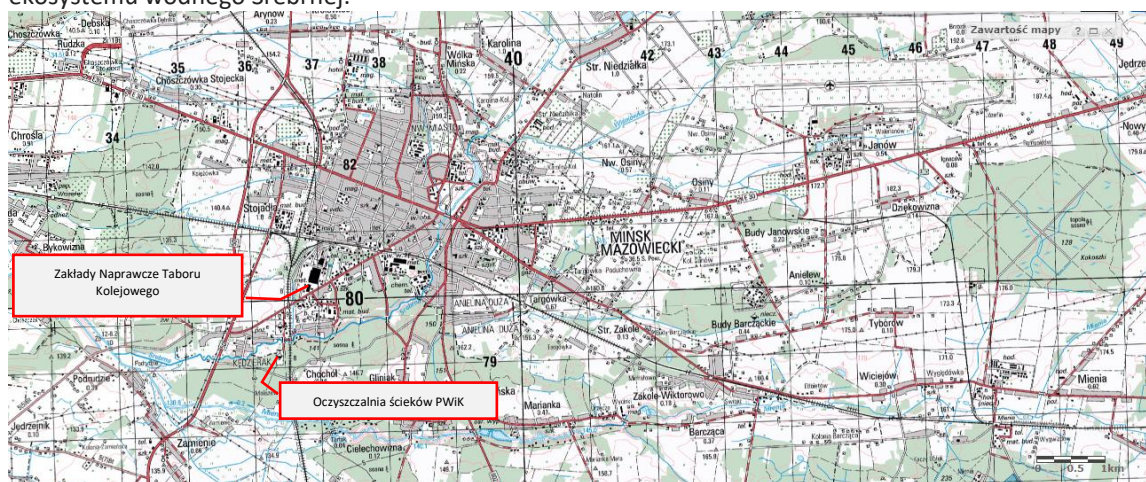
Mińsk Mazowiecki położony jest w obrębie zlewni Srebrnej, największego dopływu Mieni (która z kolei jest lewym dopływem Świdra). Całkowita długość rzeki wynosi 13,86 km, źródła znajdują się na północno-wschód od miasta. Zlewnia Srebrnej ma typowo nizinny charakter, charakterystyczny dla tej części kraju. Na obszar miasta przypada środkowy bieg Srebrnej i jej zlewni (Rys. 4.2.1.), na tym odcinku rzeka ma charakter uregulowanego cieku miejskiego o umocnionych brzegach. Dodatkowo przekształcono koryto oraz ujęto wody rzeki na 2 odcinkach: (1) zbiornika retencyjnego bezpośrednio przed Parkiem Dernałowiczów oraz (2) na odcinku Parku. Urządzenia wodne – stawy, kanały, są zasilane częściowo z wód gruntowych, częściowo z cieku, co jest cennym zasobem retencyjnym. Dodatkowym niewielkim źródłem zasilania systemu wodnego Parku Dernałowiczów jest niewielki prawobrzeżny dopływ Srebrnej, w całości położony w obrębie miasta, silnie przekształcony w wyniku urbanizacji, o przebiegu dostosowanym do przebiegu granic poszczególnych działek (dla przykładu wzdłuż zachodniej granicy Ogrodów Działkowych) oraz przebiegu systemu odwadniającego drogi (np. ul. Krótka). Zbiornik retencyjny pozwala na wyrównanie pracy cieku, szczególnie w warunkach intensywnego opadu i spływu wód powierzchniowych z obszaru miasta. Tuż przed granicami miasta, na granicy między górnym a środkowym biegiem, w północno-wschodniej części miasta (rejon ul. Przemysłowej) Srebrna zasilana jest wodami lewego dopływu – Wiśniówki, której wody również są ujęte w postaci zbiorników retencyjnych (poza obszarem miasta). W odcinku ujściowym Srebrna ponownie jest naturalną meandrującą rzeką niziną.

Stan zachowania doliny rzecznej na obszarze miasta uległ w ostatnich latach znaczącej poprawie; zagospodarowano obszary nadrzeczne, przede wszystkim porządkując je i podnosząc ich estetykę. Dolina Srebrnej stanowi ważną na funkcjonowanie systemu urbanistyczno-przyrodniczego miasta wstęgę zielono-

niebieskiej infrastruktury, która może stanowić naturalną oś rozbudowy systemu w celu zwiększenia retencyjności przestrzeni miejskiej.

W relacji do powierzchni miasta, Srebrna przecina Mińsk Mazowiecki z północnego wschodu na południowy zachód, dzieląc miasto nieproporcjonalnie: 2/3 powierzchni znajduje się w prawym przyrzeczcu, zaś 1/3 w lewym. Dodatkowo, północno-zachodnia część miasta jest odwadniana przez niewielki dopływ Srebrnej. W północnej i zachodniej części miasta elementem powierzchniowego odwodnienia są antropogeniczne ciekł nacinające horyzont wód gruntowych. Elementy te tworzą samodzielne zlewnie bezodpływowe, również o charakter nizinny.

Rzeka nie podlega kontroli hydrometrycznej, stanowi jednocześnie odbiornik zarówno ścieków oczyszczonych, jak i wód opadowych z obszaru Mińska Mazowieckiego. Na rysunku 4.1.1. przedstawiono 2 punkty monitoringowe WIOŚ, przy czym na terenie oczyszczalni monitoring prowadzony jest odrębnie dla ścieków oraz wód opadowych z oczyszczalni. Wyniki wskazują, iż dawki dostarczanych przez oczyszczalnię wód w procesie technologicznym oczyszczenia nie stanowią zagrożenia dla pogorszenia jakości środowiska ekosystemu wodnego Srebrnej.



Rys. 4.2.1. Hydrografia Mińska, za Geoportal (08.07, 2018)

System gospodarowania wodą na cele komunalne

Miasto zaopatrywane jest w wodę z regionalnych zasobów wód podziemnych. Zasoby wód powierzchniowych nie spełniają warunku wystarczających zasobów w celu gwarancji ilości oraz jakości wody na potrzeby miasta.

Pod względem warunków występowania wód podziemnych, obszar miasta położony jest dość typowo. Przypowierzchniowo występują płytkie wody gruntowe, o przeważająco swobodnym zwierciadle wody, zasilane z wód opadowych i roztopowych – a więc podlegające dużym wahaniom zależnym od warunków atmosferycznych. Dodatkowo, warunki zasilania są kształtowane przez wprowadzenie obszarów uszczelnionych w wyniku postępującej urbanizacji. Największa izolacja powierzchniowa przypada generalnie na obszar zwartej zabudowy centrum miasta. Wody gruntowe są narażone na potencjalne zanieczyszczenie w wyniku spływu wód z obszarów nieprzepuszczalnych miasta. W szczególności dotyczy to spływu z dróg, terenów parkingowych i indywidualnych posesji nie podłączonych do sieci kanalizacji opadowej.

Głębiej występują 2 użytkowe poziomy wodonośne – trzeciorzędowy i czwartorzędowy, dobrze izolowane od wpływu warunków powierzchniowych, w tym zanieczyszczeń. Zwierciadło wody na z reguły charakter napięty. W obrębie poziomu czwartorzędowego ujmowane są w Mińsku Mazowieckim wody podziemne za pomocą studni wierconych. Trzeciorzędowy poziom wodonośny występuje w głębszych strukturach, do -130 m p.p.t.

Pod względem zasobów użytkowych wód podziemnych, położenie miasta jest bardzo korzystne. Moduły zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zawierają się w przedziale od 245 do 110 m³/24h/1 km², przy module zasobów odnawialnych 280-165 110 m³/24h/1 km². Wydajności studni szanowane są na 10-50

m³/h. łączna wydajność dla ujęć horyzontów czwartorzędowego i trzeciorzędowego w rejonie miasta szacowana jest na 1206 m³/h. Oznacza to brak zagrożenia w dostępie do zasobów w celu zaopatrzenia w wodę mieszkańców miasta. Wysokie zasoby dyspozycyjne i znakomita odnawialność jest gwarancją spełnienia zapotrzebowania na wodę nawet przy scenariuszu szybkiego przyrostu liczby mieszkańców w horyzoncie do końca 21.w.

Aktualnie, zaopatrzenie w wodę mieszkańców miasta oraz zainteresowanych przedsiębiorców realizowane jest przez PWiK Sp. z o.o. bazując na 9 ujęciach o Q_{max} 290 m³/h. Całkowita długość sieci wodociągowej wynosi 115,1 km (dane PWiK, 2018). Niezależne ujęcia wody posiadają Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego S.A. – budownictwo wielorodzinne przy ul. Sosnkowskiego oraz Fabryka Urządzeń Dźwigowych S.A. - budynki przy ul. Stankowizna. Mieszkańcy wciąż korzystają ze studni gruntowych, szczególnie w obszarach o rozproszonej zabudowie jednorodzinnej.

System odbioru i oczyszczania ścieków w Mińsku Mazowieckim jest zorganizowany w oparciu o sieć kanalizacji sanitarnej, rozdzielnej z kanalizacją deszczową oraz mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków (rys. 4.1.1.). Przepustowość oczyszczalni wynosi 66500 RLM obsługując teren aglomeracji wielkości 57722 RLM. Długość ogółem sieci kanalizacji wynosi ok. 186 km, przy czym należy zwrócić uwagę na szybki rozwój przyłączy do sieci kanalizacji sanitarnej oraz konieczność rozwoju sieci kanalizacji deszczowej.

4.2.1.2. Warunki powierzchniowego obiegu wody w mieście w trakcie intensywnych opadów

Jednym z najpoważniejszych zagrożeń związanych ze zmianami klimatu prognozowanymi dla obszaru kraju jest wzrost natężenia opadu, przy jednoczesnym skróceniu czasu jego trwania. Oznacza to, że należy się spodziewać wzrostu intensywności już występujących opadów nawaalnych. Dolegliwość występowania intensywnych opadów jest szczególnie mocno odczuwalna na obszarach zurbanizowanych, którą charakteryzuje duże uszczelnienie powierzchni (drogi, chodniki, parkingi, dachy budynków), sprzyjające formowaniu się szybkiego spływu powierzchniowego. Problem ten dotyka w szczególności miasta o znaczącym udziale powierzchni nieprzepuszczalnych oraz braku lub niewystarczająco rozwiniętej kanalizacji deszczowej lub zbiorczej.

W przypadku Mińska Mazowieckiego sytuacja jest złożona: miasto usytuowane jest w obrębie zlewni niewielkiej rzeki nizinnej, w jej środkowym biegu, zaś zabudowa o zmiennej przestrzennie zwartości zajmuje środkową część jej przyrzecza. Miasto, intensywnie rozwijające się, dysponuje siecią kanalizacji deszczowej, zasadniczo rozdzielnej z kanalizacją komunalną. Rozwój sieci kanalizacji deszczowej w czasie był bardzo zróżnicowany, co jest powodem jej niejednorodnej na terenie miasta gęstości, różnych parametrów technicznych przepustowości oraz – z uwagi na liczne przyłącza, zróżnicowanej sprawności w odprowadzaniu wód deszczowych i roztopowych.

W celu przeprowadzenia diagnozy wrażliwości miasta na prognozowany przyrost natężenia opadów przeprowadzono analizę warunków powierzchniowego obiegu wody w Mińsku Mazowieckim oraz modelowanie hydrologiczne wskazujące potencjalną możliwość oraz zasięg wystąpienia podtopień w efekcie wystąpienia opadów o natężeniu 10 mm/doba oraz 20 mm/doba.

Warunki obiegu powierzchniowego wody w Mińsku Mazowieckim

Problem zagrożenia podtopieniami w Mińsku Mazowieckim został przeanalizowany z wykorzystaniem modelowania hydrologicznego, zastosowano model Wetspa-Urban dedykowany jest ocenie procesów hydrologicznych zachodzących w zlewniach zurbanizowanych. Szczegóły dotyczące modelu oraz wykorzystane w modelowaniu materiały zestawiono w załączniku nr 2.

Mińsk Mazowiecki charakteryzuje dość typowa dla miast średniej wielkości struktura użytkowania terenu. Według danych z bazy CORINE Land Cover dla 2012 roku (Tabela 4.2.1.1.), największy procent obszaru miasta stanowi zabudowa miejska luźna (prawie 60% terenów Mińska Mazowieckiego). Na drugim miejscu plasują się tereny przemysłowe i handlowe, a także grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających. Najmniejszy udział w użytkowaniu terenu stanowią lasy iglaste i lasy mieszane (poniżej 1%). Najmniej liczną

klasą w kontekście zajmowanej powierzchni na terenie Mińska Mazowieckiego są tereny komunikacyjne i związane z komunikacją drogową i kolejową.

Tabela 4.2.1.1. Struktura użytkowania terenu w Mińsku Mazowieckim wg CORINE Land Cover, 2012 r.

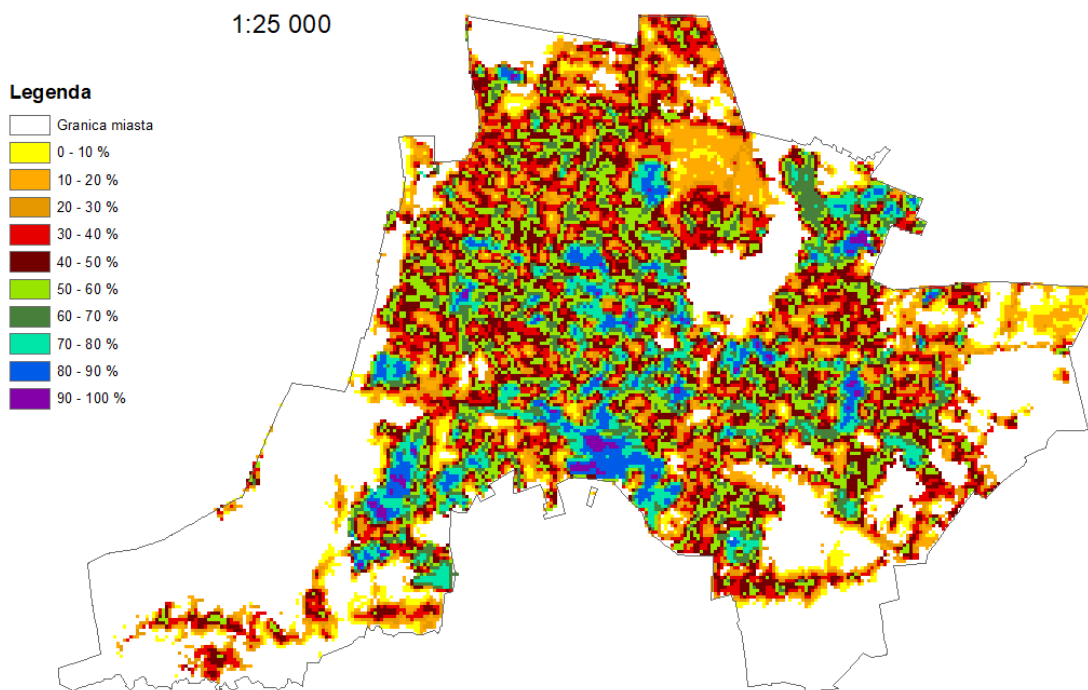
Kod CLC	Klasa	Powierzchnia [km2]	Procentowy udział [%]
112	Zabudowa miejska luźna	7.83	59.34
121	Tereny przemysłowe lub handlowe	1.58	11.97
122	Tereny komunikacyjne i związane z komunikacją drogową i kolejową	0.01	0.09
141	Tereny zielone	0.72	5.44
211	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	1.61	12.23
231	Łąki, pastwiska	0.13	1.02
243	Tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej	0.84	6.39
312	Lasy iglaste	0.13	0.97
313	Lasy mieszane	0.07	0.56
324	Lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian	0.26	1.98

Użytkowanie terenu jest bezpośrednio powiązane w problemem występowania obszarów nieprzepuszczalnych, które uwrażliwiają przestrzeń miejską na opady o dużym natężeniu. Na potrzeby oceny warunków obiegu wody w Mińsku Mazowieckim przeanalizowano gęstość obszarów nieprzepuszczalnych w jednostce podstawowej siatki obliczeń. Na tej podstawie stwierdzono, że największy udział w skali miasta mają tereny nieprzepuszczalne o gęstości pomiędzy 30–60% (tab. 4.2.1.2.). Najmniejszy udział stanowią tereny o bardzo małym udziale powierzchni nieprzepuszczalnych (0–10%), a także tereny o największym udziale powierzchni nieprzepuszczalnych (90–100%). Jest to również dość typowy wynik dla miast średniej wielkości w kraju.

Tabela 4.2.1.2. Udział terenów nieprzepuszczalnych w skali miasta, opracowanie własne

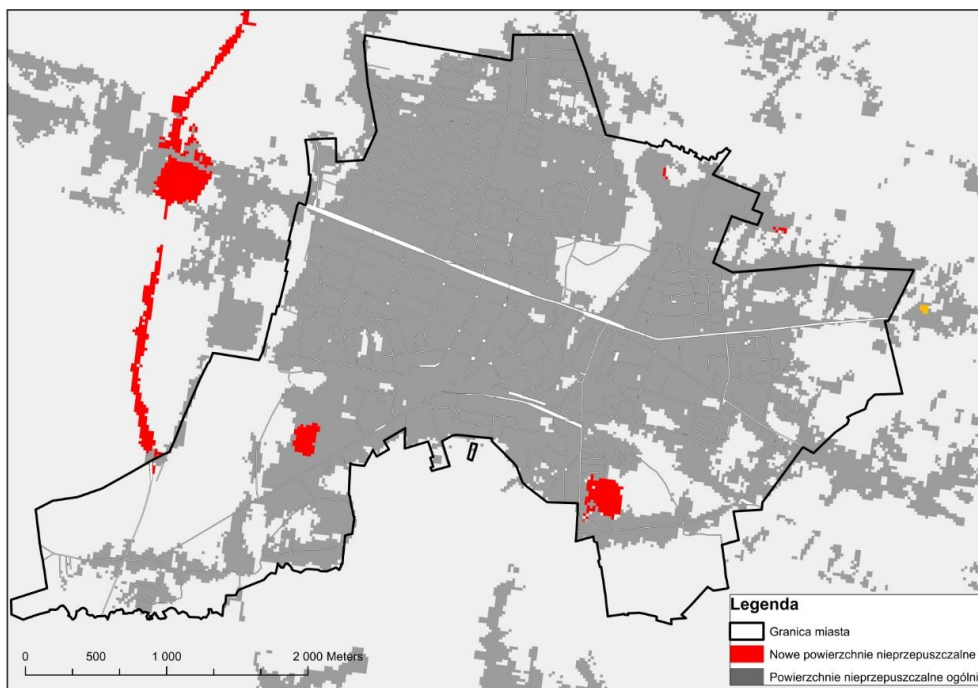
Gęstość terenów nieprzepuszczalnych [%]	Powierzchnia [km2]	Udział w skali miasta [%]
0 - 10	0.48	3.67
10 - 20	0.92	6.98
20 - 30	1.13	8.57
30 - 40	1.54	11.69
40 - 50	1.68	12.76
50 - 60	1.35	10.25
60 - 70	0.87	6.58
70 - 80	0.61	4.61
80 - 90	0.36	2.76
90 - 100	0.06	0.44

Przestrzennie, według danych pozyskanych z Programu Copernicus (Rys. 4.2.2.), największy udział powierzchni nieprzepuszczalnych znajduje się w środkowej oraz południowo-środkowej części miasta. Niemal 25% powierzchni miasta to obszar o gęstości powierzchni nieprzepuszczalnej powyżej 50%. Oznacza to znaczące zaburzenie w bilansie wodnym, skutkujące ponad 3-krotnym zwiększeniem w udziale w bilansie wodnym spływu powierzchniowego. Dla Mińska Mazowieckiego niekorzystne jest skumulowanie obszarów o bardzo dużej nieprzepuszczalności. W szczególności są to części miasta charakteryzujące się zabudową wielorodzinną, obszary dedykowane usługom i handlowi.



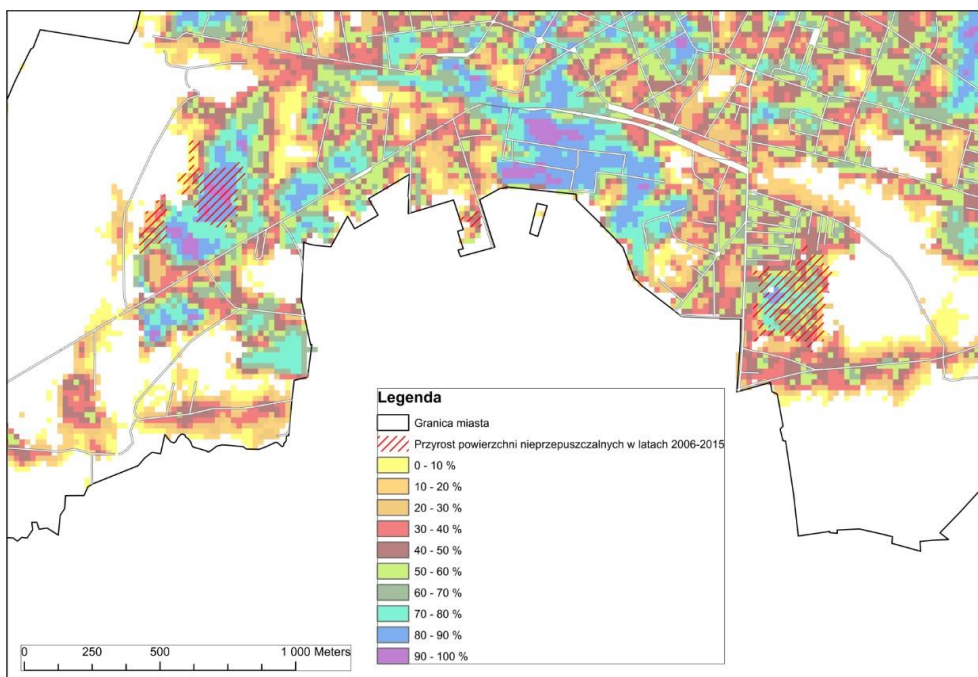
Rys. 4.2.2. Gęstość powierzchni nieprzepuszczalnych w Mińsku Mazowieckim, opracowanie własne.

Przeprowadzono również analizę przyrostu powierzchni nieprzepuszczalnych w okresie 2006-2015, za który są dobrej jakości dane satelitarne. Generalnie, zauważalne jest intensywne zwiększanie się powierzchni nieprzepuszczalnych poza granicami administracyjnymi Mińska Mazowieckiego (rys. 4.2.3.). Niemniej, biorąc pod uwagę dynamikę rozwoju przestrzennego regionu – wyraźna migracja ludności w obrębie aglomeracji warszawskiej w kierunku obszarów o niskiej presji antropogenicznej i dobrej jakości środowiska przyrodniczego, oraz limit granic administracyjnych miasta – gdzie jasne jest, iż w bliskiej przyszłości konieczne będzie powiększenie obszaru przynależnego do miasta, szybki przyrost powierzchni nieprzepuszczalnej w obszarze bezpośrednio przyległym do Mińska Mazowieckiego nie jest korzystny.



Rys. 4.2.3. Przyrost powierzchni nieprzepuszczalnych w regionie Mińska Mazowieckiego, okres 2006-2015, opracowanie własne

Jednocześnie, jak wynika z rysunku 4.2.3., również na obszarze samego miasta zauważalny jest przyrost obszarów nieprzepuszczalnych. Bardzo niekorzystne jest to, iż proces ten następuje na terenach o największym zagęszczeniu powierzchni nieprzepuszczalnych (rys. 4.2.4). Terenom tym powinno poświęcić się szczególną uwagę przy wydawaniu rekomendacji związanych z dalszym dogęszczaniem powierzchni oraz rekomendować tu wdrażanie działań zwiększających retencję powierzchniową. Obszary te są szczególnie wrażliwe na formowanie spływu powierzchniowego podczas intensywnych opadów deszczu oraz roztopów, zaś odprowadzana z nich woda stanowi potencjalne zagrożenie podtopieniami na sąsiadujących terenach.

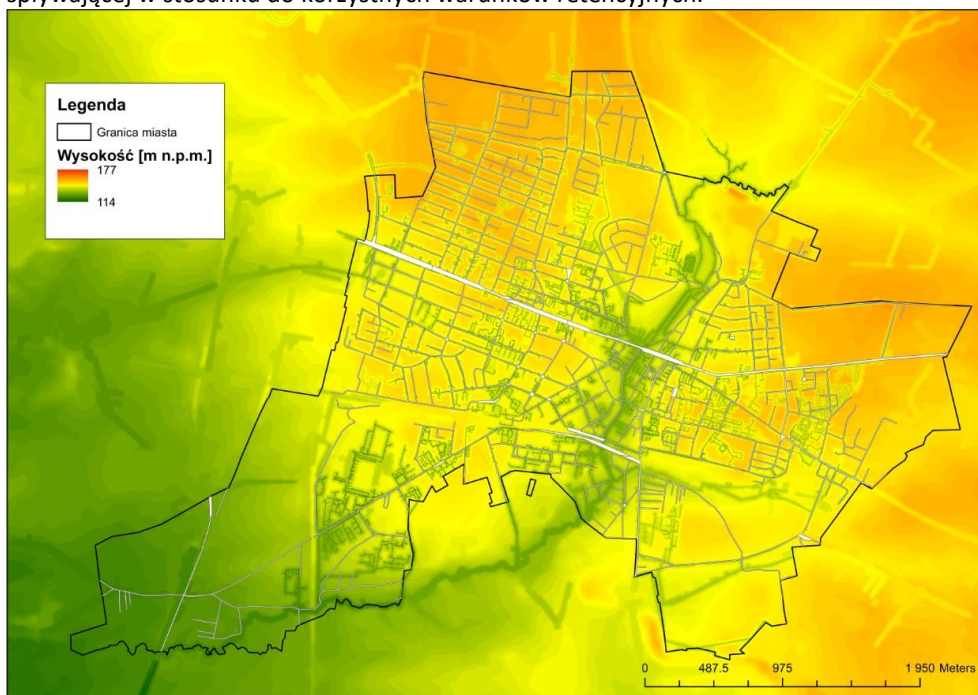


Rys. 4.2.4. Przyrost powierzchni nieprzepuszczalnych w Mińsku Mazowieckim, okres 2006-2015, opracowanie własne.

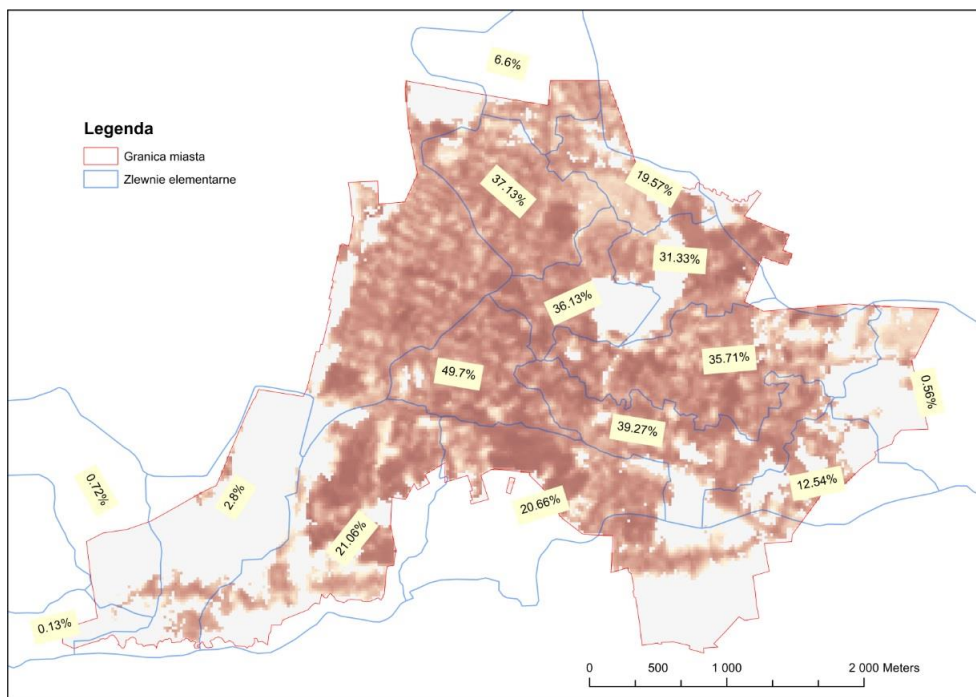
Lokalne warunki obiegu wody w Mińsku Mazowieckim są zatem wypadkową: (1) uwarunkowań naturalnych (struktura hydrograficzna, ukształtowanie powierzchni) oraz (2) użytkowania terenu (gdzie

przepuszczalność powierzchni jest jednym z kluczowych parametrów) i (3) celowej gospodarki wodnej (sterowanie retencją i odpływem wód opadowych oraz roztopowych).

Porównanie rozkładu przestrzennego gęstości obszarów nieprzepuszczalnych (rys. 4.2.2.) z generalnym ukształtowaniem terenu na obszarze miasta (rys. 4.2.5.) niestety wskazuje na bardzo niekorzystne warunki kształtowania obiegu wody. Główną osią hydrograficzną miasta jest rzeka Srebrna, której dolina jest dominującym obniżeniem. Na obszar o największych deniwelacjach w mieście – między obszarami wyniesionymi a doliną Srebrnej przypada największa koncentracja obszarów o powierzchni uszczelnionej i niestety – gęstość powierzchni nieprzepuszczalnej w środkowej części miasta przyrasta w kierunku zgodnym ze spadkiem terenu. Oznacza to w praktyce, iż naturalne procesy spływu powierzchniowego zgodnie z nachyleniem stoków są dodatkowo przyspieszane przez uszczelnienie powierzchni nachylonej. Jak niekorzystna jest sytuacja najlepiej ilustruje udział powierzchni nieprzepuszczalnych w zlewniach elementarnych Srebrnej (Rys. 4.2.6.). Nieprzepuszczalność na poziomie powyżej 50% to ponad 3-krotne zwiększenie objętości wody spływającej w stosunku do korzystnych warunków retencyjnych.

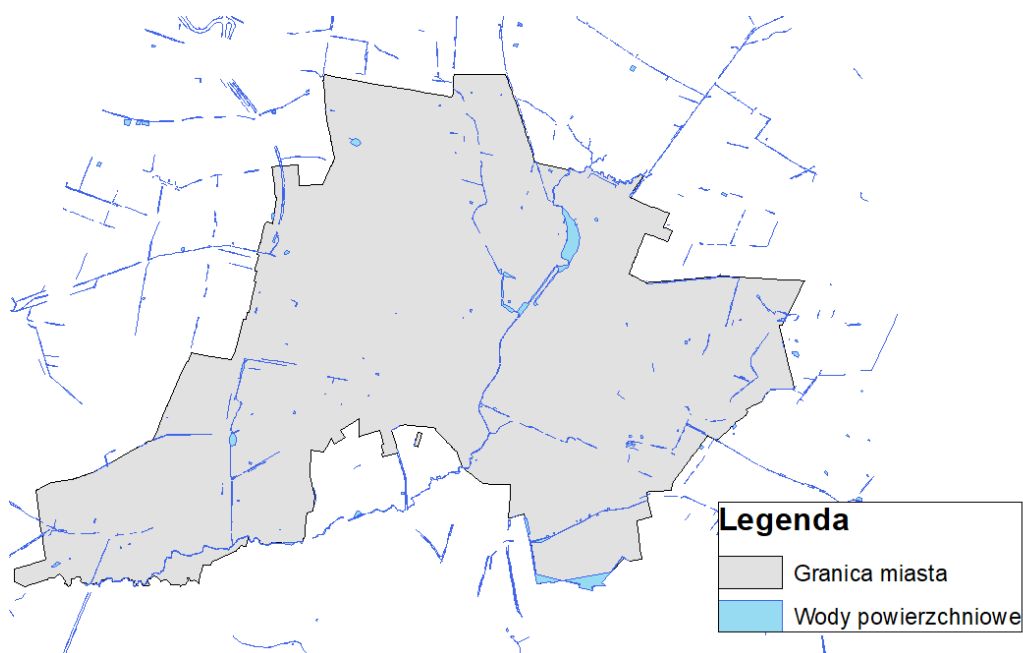


Rys. 4.2.5. Rzeźba powierzchni na obszarze Mińska Mazowieckiego, opracowanie własne na podstawie danych GUGiK.



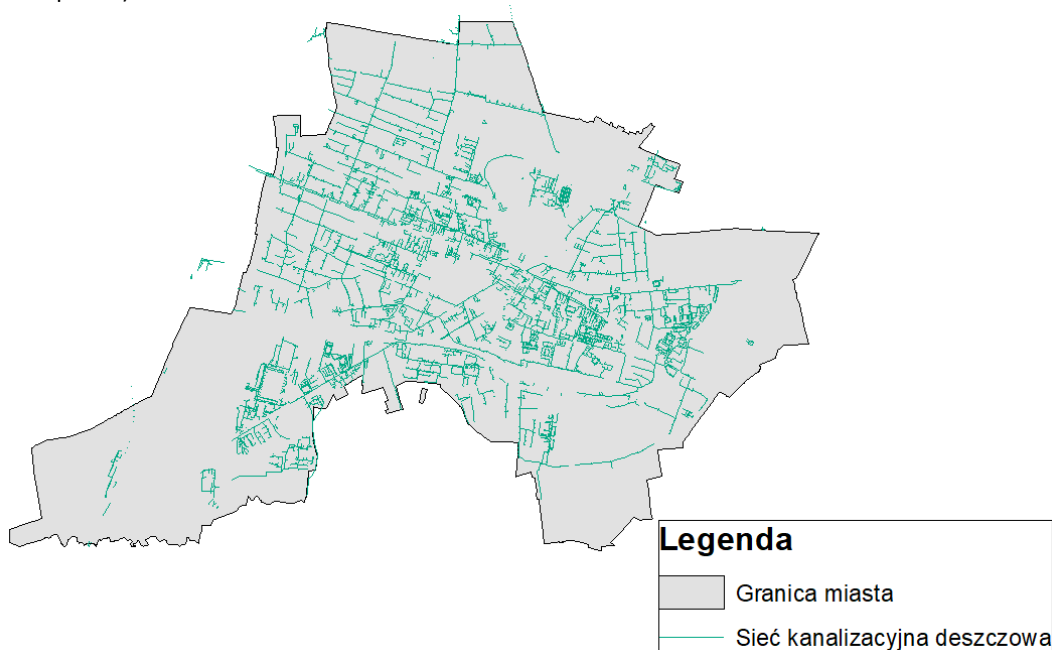
Rys. 4.2.6. Udział powierzchni nieprzepuszczalnych w poszczególnych zlewniach elementarnych, opracowanie własne.

Rozładowanie presji wynikającej z typowo miejskiego użytkowania terenu dla warunków obiegu powierzchniowego wody zostało przeprowadzone jako dwa rodzaje inwestycji: (1) regulację i rozbudowę sieci drenażu powierzchniowego oraz (2) budowę sieci kanalizacji deszczowej. Oba działania służą głównie przejmowaniu nadmiaru wód w warunkach intensywnych opadów i roztopów. Sieć odpływu powierzchniowego w obrębie regionu i miasta (rys. 4.2.7.) charakteryzuje niewielka gęstość oraz słabe powiązanie strukturalne cieków naturalnych i antropogenicznych. Łączna długość sieci cieków naturalnych oraz rowów to ok. 62 km. Jest to typowa dla obszarów nizinnych sytuacja, gdy konieczne jest odwodnienie obszarów o płytko występujących, szybko reagujących na opady wodach gruntowych oraz w sytuacji często występujących podtopień związanych z występowaniem rozległych obszarów bezodpływowych o małej deniwelacji. Rysunek 4.2.7. wyraźnie wskazuje na dwoistość prowadzonych działań odwadniających w obszarze samego miasta: w strefie o dużej gęstości zabudowy i udziale obszarów nieprzepuszczalnych sieć odpływu powierzchniowego praktycznie nie istnieje ponad naturalnie występujące cieki (oczywiście o uregulowanym biegu). W obszarach miasta o większym udziale podłoża przepuszczalnego typowe jest wprowadzanie sieci drenażu powierzchniowego – najczęściej rowów, o charakterze odwadniającym. Celem jest wówczas przejęcie nadmiaru wód opadowych lub roztopowych i ich odprowadzenie grawitacyjne.



Rys. 4.2.7. Sieć odpływu powierzchniowego w Mińsku Mazowieckim, opracowanie własne na podstawie danych PWiK sp. z o.o. w Mińsku Mazowieckim

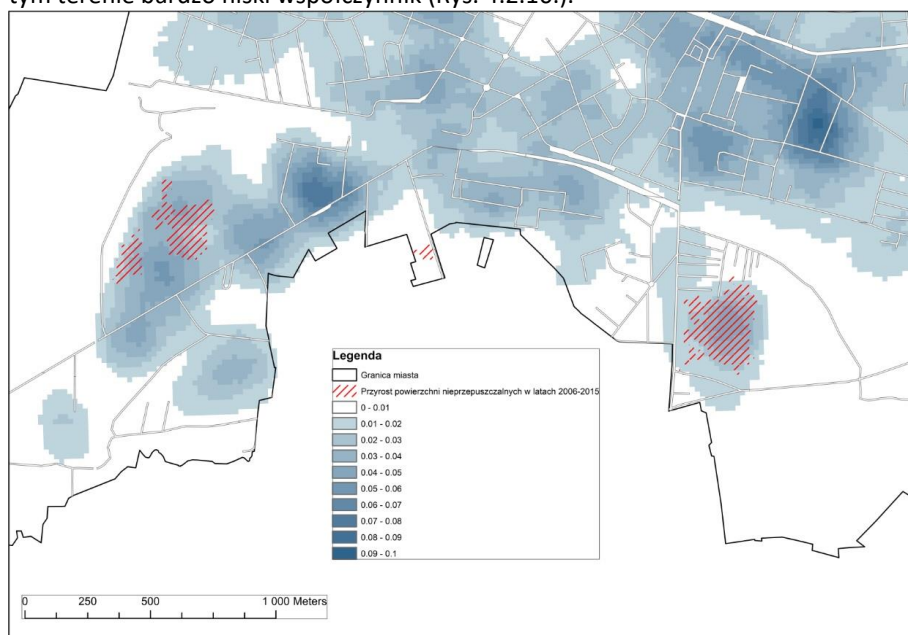
Drugą składową kształtującą odpływ powierzchniowy jest kanalizacja deszczowa (rys. 4.2.8.). Łączna długość sieci kanalizacyjnej na terenie Mińska Mazowieckiego wynosi ok. 186 km. Typowe jest wprowadzanie sieci kanalizacji deszczowej w obszarach o zwartej zabudowie, dużej gęstości powierzchni nieprzepuszczalnej (zgodnie z danymi PWiK sp. z o.o. system kanalizacji deszczowej jest rozdzielony od kanalizacji sanitarnej). Sieć odpływu powierzchniowego w zurbanizowanej części miasta jest realizowana tylko w oparciu o system kanalizacji deszczowej. Wszędzie tam, gdzie system ten jest niewystarczający, przy braku sieci odpływu otwartego (na powierzchni terenu: rowy, ciekły) następuje tworzenie się retencji powierzchniowej (występują podtopienia).



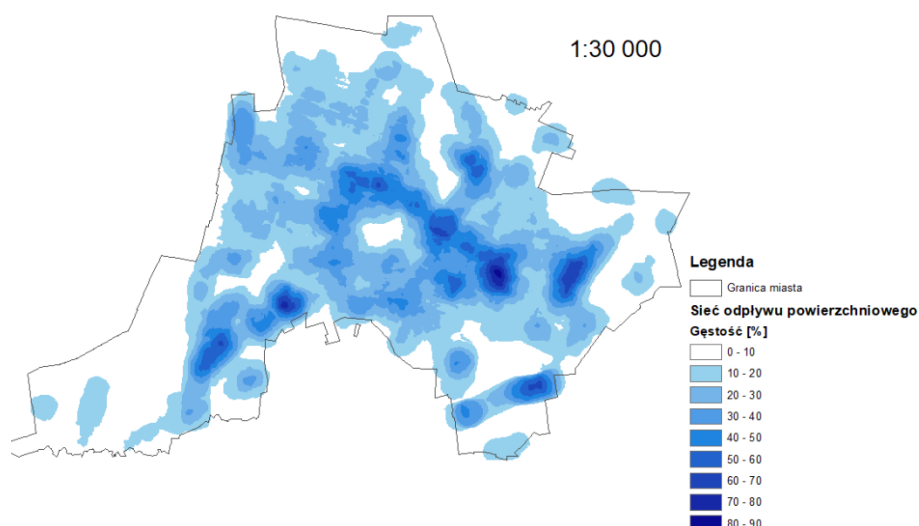
Rys. 4.2.8. Sieć kanalizacji deszczowej w Mińsku Mazowieckim, opracowanie własne na podstawie danych PWiK sp. z o.o. w Mińsku Mazowieckim.

Gęstość sieci kanalizacyjnej deszczowej na tle miasta pokazuje, że jej największe zagęszczenie odnotowuje się w środkowej części Mińska Mazowieckiego oraz w niewielkiej części w południowo-zachodnim obszarze (rys. 4.2.9.). W porównaniu z gęstością obszarów nieprzepuszczalnych, istotne jest dość dobre skorelowanie sieci kanalizacyjnej deszczowej z obszarami o największej gęstości powierzchni

Biorąc pod uwagę rozmieszczenie sieci kanalizacji deszczowej w Mińsku Mazowieckim, szczególna uwaga powinna zostać zwrócona na tereny położone w zachodniej części miasta, gdzie odnotowano przyrost powierzchni nieprzepuszczalnych w latach 2006 – 2015, natomiast gęstość sieci kanalizacji deszczowej ma na tym terenie bardzo niski współczynnik (Rys. 4.2.10.).



Strona 34



Rys. 4.2.11. Gęstość całkowitej sieci odpływu powierzchniowego w Mińsku Mazowieckim, opracowanie własne.

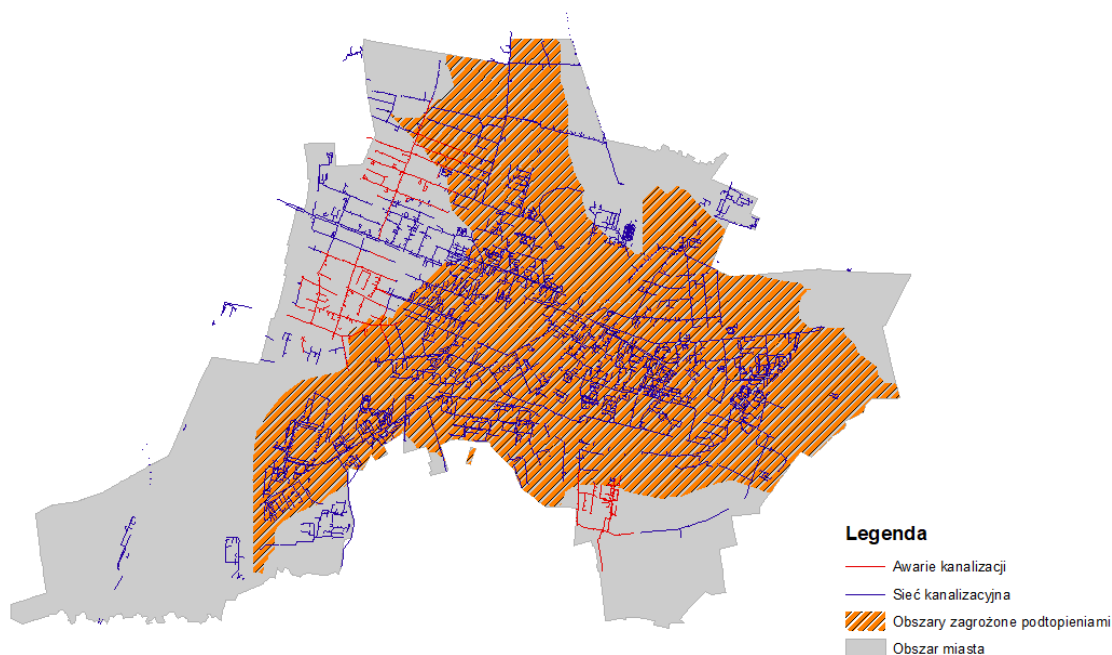
Zagrożenie podtopieniami w warunkach prognozowanego przyrostu natężenia opadów

Przeprowadzona analiza warunków powierzchniowego obiegu wody w Mińsku Mazowieckim wskazuje przede wszystkim silne przekształcenie warunków obiegu wody. Duży udział obszarów nieprzepuszczalnych i uszczelnionych w ścisłym centrum miasta skutkuje przede wszystkim podatnością na formowanie się spływu powierzchniowego, którego odbiornikiem jest przede wszystkim kanalizacja deszczowa. Uboga sieć kanałów otwartych (cieków) oraz izolacja doliny Srebrnej od zabudowy miejskiej powoduje, że presja wynikająca z opadów o dużym natężeniu przejmowana jest przez sieć kanalizacji deszczowej oraz powierzchnię terenu miejskiego (okresowe akumulowanie wody w lokalnych obniżeniach). Szczególną rolę w odpływie powierzchniowym – jego kształtowaniu i kierunkach odgrywają ciągi transportowe w mieście. Z przeprowadzonej analizy wynika, że kierunki spływu powierzchniowego w Mińsku Mazowieckim są niezgodne w stosunku do ukształtowania terenu, co jest konsekwencją daleko posuniętego przekształcenia powierzchni w wyniku procesu urbanizacji. Zmiana kierunków odpływu powierzchniowego w ścisłym centrum miasta jest generowana przez dwa główne czynniki: sieć kanalizacji deszczowej oraz sieć transportową, która stanowi uprzywilejowaną drogę formowania się skoncentrowanego spływu powierzchniowego. Tam, gdzie zainwestowanie techniczne w kanalizację deszczową oraz przepuszczalność powierzchni terenu są niższe, kierunek odpływu powierzchniowego jest bardziej naturalny (dla przykładu zachodnia część miasta).

Konsekwencją sumarycznego naturalnego i wymuszonego kierunku odpływu wód opadowych i roztopowych na tle wydzielonych zlewni elementarnych jest wyznaczenie obszaru predystynowanego do występowania okresowych podtopień (rys. 4.2.12.). Obraz generowany przez model WetSpa-Urban został zestawiony z tłem hydrograficznym (sieć odpływu powierzchniowego: cieki i kanalizacja deszczowa). Celem tego zabiegu jest porównanie quasi-naturalnych warunków obiegu wody z rzeczywistymi wystąpieniami awarii sieci kanalizacji deszczowej. Awarię kanalizacji deszczowej należy rozumieć jako zgłoszenie przyjęte przez administratora sieci kanalizacji deszczowej – PWiK oraz straż pożarną. Odcinki, dla których takie awarie były zgłoszone wg rejestru za okres 2012-2016 zestawiono na rysunku 4.2.12.

Z uzyskanego obrazu wyraźnie wynika bardzo daleko idące zagrożenie podtopieniami w wyniku intensywnego opadu również poza predystynowanym obszarem. Przede wszystkim nieadekwatność wyników modelowania i warunków rzeczywistych dotyczy obszaru północno-zachodniej oraz południowej części miasta. Bezpośrednim powodem jest szybki przyrost w tych częściach miasta liczby użytkowników sieci kanalizacji deszczowej. Rozwój zabudowy wielorodzinnej (jej dogęszczanie) oraz jednorodzinnej (szybki przyrost liczby domostw w analizowanych częściach miasta) powoduje wzrost objętości wód odprowadzanych z uszczelnionych posesji.

Dodatkowo, analizowane usytuowania zgłoszonych awarii topograficznie położone są na stokach naturalnie odprowadzających wody do doliny Srebrnej. Zatem mamy tu do czynienia z akumulowaniem się czynników naturalnych i antropogenicznych. Sytuacje takie są wyjątkowo niekorzystne z uwagi na szybko przyrastające natężenie spływu powierzchniowego, który jest wprowadzany do sieci kanalizacyjnej o technicznie ograniczonej przepustowości.



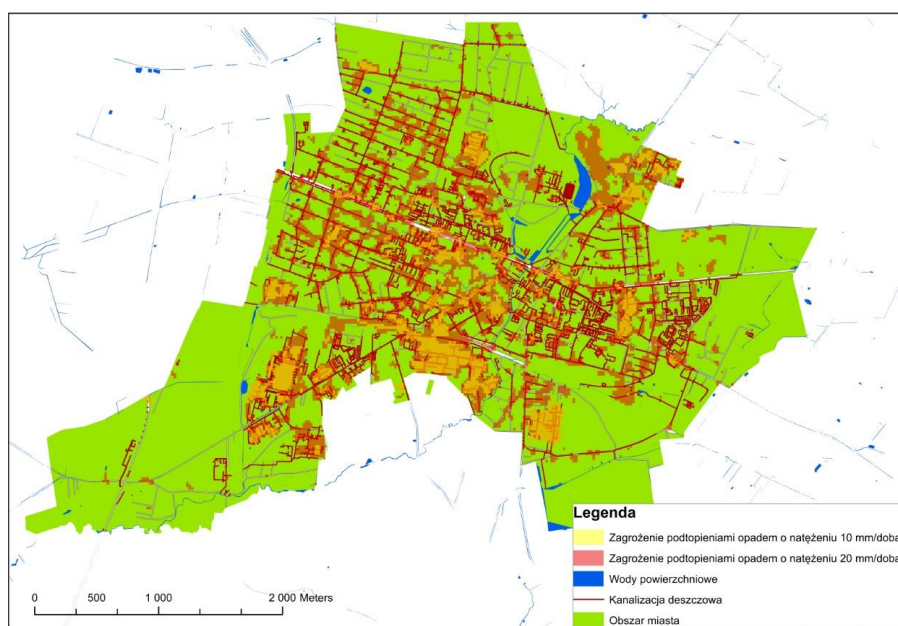
Rys. 4.2.12. Obszary zagrożone podtopieniami na obszarze Mińska Mazowieckiego, generalny obszar predystynowany do wystąpienia podtopień na podstawie warunków obiegu wody wg modelu WetSpa-Urban, opracowanie własne.

Obraz wysokiej wrażliwości obszaru miasta na podtopienia w wyniku intensywnych opadów generowany w wyniku modelowania WetSpa-Urban ujawnia się z pełną ostrością, kiedy przeanalizujemy konkretne parametry opadu. Obszary zurbanizowane, o dużej gęstości powierzchni nieprzepuszczalnych są szczególnie wrażliwe na krótkotrwałe intensywne opady, które nie mogą być nawet w naturalnych warunkach w całości zakumulowane jako retencja (powierzchniowa lub/i podziemna). W warunkach tych następuje gwałtowne kumulowanie odpływu/spływu powierzchniowego, co jest przyspieszone przez udział powierzchni nieprzepuszczalnych miasta. Nadmiar wód w przypadku wystąpienia tak intensywnego opadu powinien być przejmowany przez sieć odpływu powierzchniowego (cieki, kanalizacja deszczowa). W szczególności system kanalizacji deszczowej pełni tu rolę zapewnienia właściwego funkcjonowania miasta. Przy niedostatecznej gęstości sieci kanalizacyjnej lub jej przepustowości wzrasta zagrożenie występowania podtopień powodujących znaczne straty materialne (uszkodzenia dróg, parkingów, ścian budynków, podtopienia piwnic, etc.). Wrażliwość przestrzeni zurbanizowanej na opady jest zróżnicowana, w zależności od jej parametrów oraz typu infrastruktury.

W przypadku Mińska Mazowieckiego przeanalizowano:

- strukturę zlewni jednostkowych Srebrnej (powierzchnia, warunki obiegu wody)
- udział powierzchni nieprzepuszczalnych w poszczególnych zlewniach jednostkowych
- strukturę odpływu powierzchniowego w poszczególnych zlewniach jednostkowych
- wrażliwość na opad dobowy o zadanym natężeniu (zgodnie ze scenariuszami zmian klimatu przeprowadzono modelowanie dla opadu o natężeniu 10 mm/doba oraz 20 mm/doba).

Przeprowadzone symulacje wskazują przede wszystkim dużą wrażliwość przestrzeni miejskiej Mińska Mazowieckiego na opad dobowy o natężeniu już od 10 mm/doba (rys. 4.2.13.). Jest to opad, który już współcześnie występuje z dużą częstością w wieloleciu (średnio do 12 dni w roku). Co istotne, obszary zagrożone wystąpieniem podtopień przy tej sumie opadu charakteryzuje w mieście duża oraz zwięzła powierzchnia występowania powiązana bezpośrednio z obszarami o gęstości uszczelnienia powyżej 60%. Są to zarówno zwarte obszary dotychczasowej zwartej zabudowy wysokiej w centrum miasta, ale pojawiły się również nowe tereny wrażliwe na zadany opad – południe miasta, gdzie dogęszczanie zabudowy jest intensywne w ostatnich latach.



Rys. 4.2.13. Obszary zagrożone podtopieniami: kolor żółty – opad o natężeniu 10 mm/doba, kolor czerwony – opad o natężeniu 20 mm/doba, opracowanie własne na podstawie wyników modelowania WetSpa-Urban.

Zakładając aktualny stan infrastruktury technicznej (brak rozwoju sieci kanalizacji deszczowej) oraz zatrzymanie przyrostu gęstości obszarów nieprzepuszczalnych, przeprowadzono modelowanie zagrożenia obszaru miasta podtopieniami związanymi z prognozowanym wzrostem natężenia opadu – do 20 mm/doba, co jest realnym scenariuszem warunków klimatycznych końca wieku. Wynik, prezentowany na rysunku 4.2.13, należy rozumieć jako powierzchnię zagrożonej podtopieniami w wyniku opadu o natężeniu 10 mm/doba (kolor żółty) oraz powierzchni dodatkowo wskazanych jako zagrożone – kolor czerwony (opad 20 mm/doba).

Niestety, należy jasno stwierdzić, że w warunkach opadu o natężeniu 20 mm/doba następuje gwałtowny przyrost obszarów zagrożonych podtopieniami w mieście. Ogólna powierzchnia wrażliwa obejmuje niemal ¼ powierzchni miasta. Co więcej – skumulowana jest na obszarach o gęstości powierzchni nieprzepuszczalnych od przedziału 50% i więcej. Również istnienie sieci kanalizacji deszczowej przy jej obecnych parametrach nie obniża wrażliwości miasta na podtopienia. Wrażliwość dotyczy zarówno obszarów zwartej wysokiej zabudowy jak i obszarów zajętych przez zabudowę jednorodzinną. W szczególności należy jednak zwrócić uwagę na zwarte obszary na południu miasta – targowisko, obszary handlowe, przemysłowe, usługowe.

Wyniki modelowania niepodważalnie wskazują na konieczność intensyfikacji działań w zakresie gospodarki wodami opadowymi. Dwoma rekomendowanymi kierunkami jest (1) rozbudowa sieci kanalizacji deszczowej i sieci drenażu powierzchniowego oraz (2) konieczność działań zwiększających możliwości retencyjne przestrzeni miejskiej (wprowadzanie zieloni-niebieskiej infrastruktury, ograniczanie przyrostu gęstości powierzchni nieprzepuszczalnych, wprowadzanie technologii zwiększających lokalną retencję – dla przykładu retencjonowanie wody dachowej na cele nawodnieniowe, zielone dachy, przepuszczalne tereny parkingowe etc.).

4.2.2. Zróżnicowanie klimatu lokalnego i lokalnych warunków biotermicznych

Zróżnicowanie klimatu lokalnego Mińska Mazowieckiego

Jednorodne jednostki topoklimatyczne (syntetyczna mapa topoklimatyczna)

Na podstawie przeprowadzonego modelowania, zgodnie z metodyką zawartą w załączniku nr 3, na obszarze Mińska Mazowieckiego wyróżniono 17 typów topoklimatu wchodzących w skład 6 grup (Rys. 4.2.2.1) (tab. 4.2.2.1).

Największą powierzchnię (38% obszaru badań) zajmuje topoklimat zaliczony do grupy „21”, o zmniejszonym dopływie promieniowania słonecznego do powierzchni czynnej i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego (Rys. 4.2.2.1) (tab. 4.2.2.1). Zdecydowana większość terenów zaliczonych do tej grupy charakteryzuje się warunkami ciepłymi i zaciśnymi (typ „21_31”) – grupa ta jest charakterystyczna dla terenów miejskich i obejmuje najbardziej zurbanizowane części Mińska Mazowieckiego.

Drugi pod względem zajmowanej powierzchni (18% analizowanego obszaru) jest topoklimat zaliczony do grupy „11” (o zmniejszonym dopływie promieniowania słonecznego do powierzchni czynnej i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego), chłodny i zaciśny (typ „11_11”) (Rys. 4.2.2.1). Typ ten charakteryzuje obszary z wysoką roślinnością (las, parki), a na analizowanym obszarze występuje głównie na południowych obrzeżach miasta oraz w Parku Dernałowiczów.

Dalej wyróżniono topoklimat grupy „22”, o przeciętnym dopływie promieniowania słonecznego do powierzchni czynnej i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, typ umiarkowanie ciepły i umiarkowanie wietrzny („22_22”). Ten typ topoklimatu charakteryzuje warunki standardowe, typowe dla stacji meteorologicznej. Topoklimat z grupy „32” o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zwiększonych wartościach promieniowania odbitego, zaliczony do typu „32_12” z warunkami chłodnymi i umiarkowanie wietrznymi zajmuje 10% analizowanego obszaru. Obie grupy topoklimatów charakterystyczne są dla obszarów odsłoniętych miasta, o niskim zurbanizowaniu i przeważająco rolniczym charakterze z rozproszoną zabudową (Rys. 4.2.2.1).

Pozostałe topoklimaty zajmują mniejsze powierzchnie, tworząc mozaikę 13 wydzieleni. Większość z nich występuje na obszarach bardzo małych, a typ „12_32” oraz „21_21” zaledwie w dwóch polach. Łącznie zajmują mniej niż 20% obszaru opracowania (Rys. 4.2.2.1).

Pośród wielu możliwych kombinacji specyficznych właściwości klimatu lokalnego na analizowanym obszarze wyróżniono 9 klas topoklimatu (Rys. 4.2.2.2). Największą powierzchnię (45% obszaru) zajmują tereny o cechach kształtujących się pod wpływem lokalnych zanieczyszczeń atmosfery i ciepła antropogenicznego („00110”). 18% powierzchni obejmuje topoklimat odznaczający się występowaniem w powietrzu fitoncydów („00001”). 16% stanowią obszary pozbawione specyficznych właściwości klimatu („00000”). Brak specyfiki mikroklimatycznej jest charakterystyczny dla stref przejściowych między wyrazistymi cechami mikroklimatycznymi; tu jest to strefa przejścia między zwartą typowo miejską zabudową miasta a jego częścią o charakterze rolniczym (południowo-zachodnia część miasta) oraz w części wschodniej.

Topoklimaty ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania mgieł radiacyjnych („01000”) zajmują 12% analizowanego terenu (Rys. 4.2.2.2). Są to obszary o niskim skoncentrowaniu przestrzennym, występują na granicy między gęstą zabudową miejską a obszarami o gwałtownej zmianie użytkowania terenu.

Połączenie grup, typów i klas topoklimatu daje jednorodne jednostki klimatyczne. Na badanym terenie wyróżniono 25 takich jednostek (Rys. 4.2.2.3). Największą powierzchnię (38% obszaru) zajmuje topoklimat oznaczony symbolem „21_31_00110” (Rys. 4.2.2.3), a więc o zmniejszonym dopływie promieniowania słonecznego do powierzchni czynnej i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i zaciśny, ze zwiększonymi predyspozycjami występowania lokalnych zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego. Jest to obszar miasta, w którym ze względu na gęstą zabudowę typowe są ograniczone

ruchy powietrza – stąd zacisza topoklimatu. Jednocześnie skoncentrowanie zabudowy i ewidentnie brak możliwości przewietrzania powoduje wzrost podatności na kumulowanie lokalnych zanieczyszczeń powietrza. Dodatkowo, ten typ topoklimatu sprzyja również akumulowaniu się wysokiej temperatury powietrza o niskiej wilgotności.

Drugim pod względem częstości (18%) jest topoklimat oznaczony jako „11_11_00000” (Rys. 4.2.2.3), a więc o zmniejszonym dopływie promieniowania słonecznego do powierzchni czynnej i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, chłodny i zaciszny, z występowaniem w powietrzu fitoncydów. Jest to bardzo korzystna bioklimatycznie jednostka z uwagi na predyspozycję do występowania korzystnej jakości powietrza - lotnych substancji roślinnych o działaniu bakteriobójczym (fitoncydów). Obszar występowania powiązany jest w ogólności z rozległymi terenami zielonymi, rolniczymi, o rozproszonej zabudowie, z naturalną pokrywą roślinną. Typowe jest również występowanie korzystnych mikroklimatycznie warunków wilgotnościowych powietrza i podłoża.

Okolo 13% powierzchni zajmuje topoklimat „22_22_00000”, o przeciętnym dopływie promieniowania słonecznego i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i umiarkowanie wietrzny, pozbawiony specyficznych cech klimatu lokalnego. Jest to topoklimat występujący w strefie przejściowej pomiędzy warunkami kształtowanymi przez gęstą zabudowę a obszarami o dużej przepuszczalności podłoża, dużym udziale roślinności naturalnej (11_11_00000) (Rys. 4.2.2.3).

Pozostałe topoklimaty zajmują w większości (14 jednostek) mniej niż 1% obszaru badań. Mają one łączną powierzchnię 0,65 km² (Rys. 4.2.2.3). Jest to naturalny proces różnicowania się topoklimatów w warunkach występowania dla przykładu większych powierzchni nieprzepuszczalnych (np. centrów handlowych z dużymi powierzchniami parkingowymi) czy stref przejściowych między skrajnymi topoklimatycznie zwartymi przestrzennie jednostkami. Przy polu podstawowym analizy 100x100 m tego rodzaju stricte lokalne zróżnicowanie topoklimatu jest typowe dla miejskich jednostek przestrzennych, nie kształtują jednak generalnych warunków mikroklimatycznych.

W odniesieniu do wpływu czynników lokalnych na kształtowanie się obciążeń cieplnych warunkami gorąca, należy zauważyć, że topoklimaty z typu „GG_31” (czyli **typ topoklimatu 31**, występujący w każdej z grup mikroklimatu, **w którym występują warunki podwyższonej temperatury i obniżonej prędkości wiatru**), mogą prowadzić do występowania zwiększonych obciążeń cieplnych, **zajmują niemal połowę analizowanego obszaru**. Znajduje to odzwierciedlenie w łącznej powierzchni klas „00110”, „10110”, „00010” (46% obszaru) związanych z występowaniem ciepła antropogenicznego.

Z kolei topoklimaty z typu „GG_13” – chłodnego i wietrznego, które mogą dawać wytchnienie w warunkach gorąca, występują jedynie w 4 polach, jednak wraz z topoklimatami z grupy „GG_11” i „GG_12”, które też mogą skutecznie łagodzić obciążające warunki, stanowią one razem niemal 30% obszaru badań.

Niestety, niekorzystne dla Mińska Mazowieckiego jest skumulowanie topoklimatów GG_31 w centrum miasta, o największej gęstości zabudowy, zaludnienia i największej aktywności zawodowej mieszkańców.

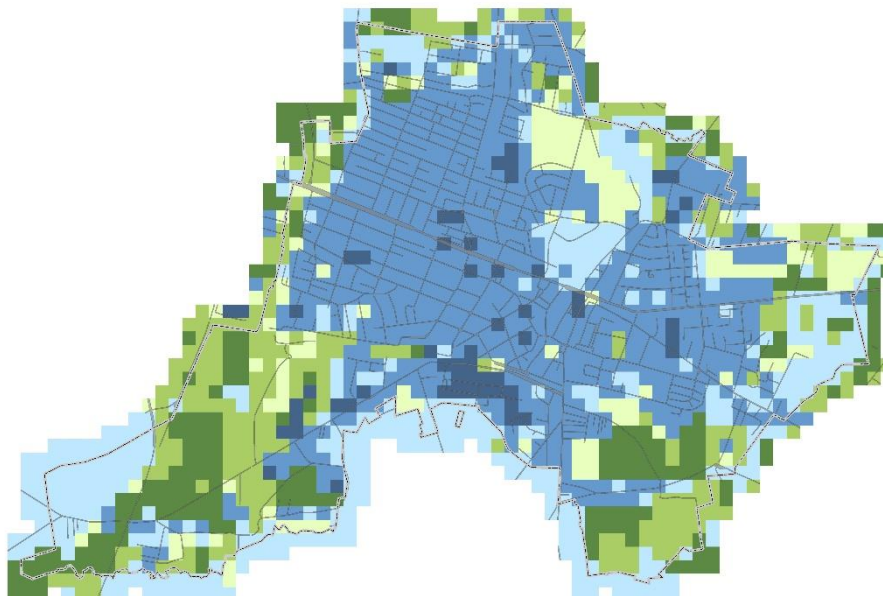
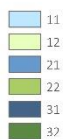
Tabela 4.2.2.1 Procentowy udział poszczególnych grup topoklimatu, typów topoklimatu i jednorodnych jednostek topoklimatycznych na obszarze Mińska Mazowieckiego

Grupa	%	Typ	%	Topoklimat	%	Opis topoklimatu*
11	23,4	11_11	18,0	11_11_00001	18,0	Topoklimat o zmniejszonych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, chłodny i zaciśny, z możliwością występowania w powietrzu fitoncydów
		11_21	2,4	11_21_00000	0,1	Topoklimat o zmniejszonych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i zaciśny bez specyficznych cech klimatu lokalnego
				11_21_00100	2,4	Topoklimat o zmniejszonych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i zaciśny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza
		11_31	3,0	11_31_00110	3,0	Topoklimat o zmniejszonych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i zaciśny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
12	8,3	12_12	0,4	12_12_00000	0,4	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, chłodny i umiarkowanie wietrzny bez specyficznych cech klimatu lokalnego
		12_13	0,2	12_13_11000	0,2	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, chłodny i wietrzny ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania mgieł radiacyjnych i przygruntowych inwersji temperatury
		12_21	3,4	12_21_00000	0,1	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i zaciśny bez specyficznych cech klimatu lokalnego
				12_21_00100	3,3	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i zaciśny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza
		12_22	3,1	12_22_00000	2,5	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i umiarkowanie wietrzny bez specyficznych cech klimatu lokalnego
				12_22_10100	0,7	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonymi

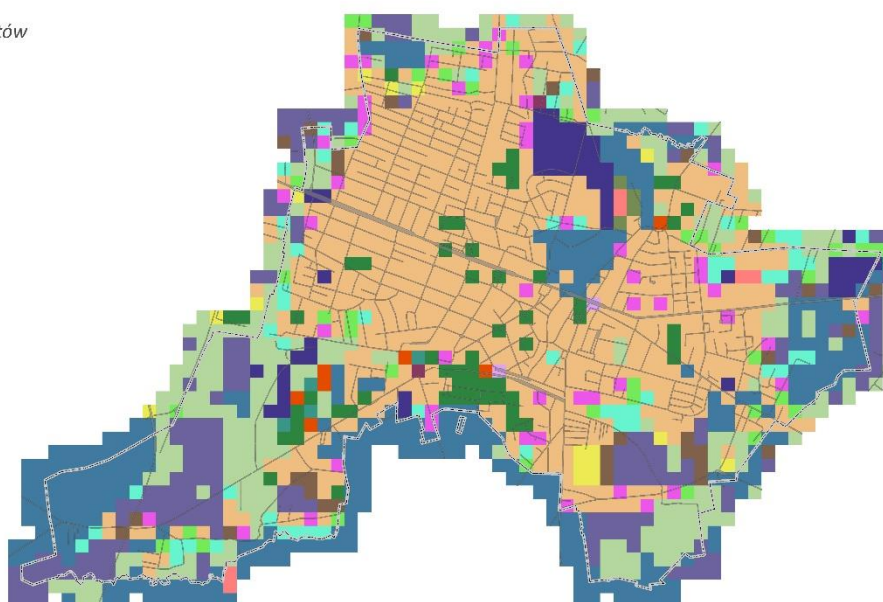
						predyspozycjami do występowania przygruntowych inwersji temperatury i zanieczyszczeń powietrza
		12_31	1,0	12_31_00010	0,6	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i zaciśny ze zwiększonym ryzykiem występowania ciepła antropogenicznego
				12_31_00110	0,4	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i zaciśny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
		12_32	0,1	12_32_10110	0,1	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zmniejszonych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania przygruntowych inwersji temperatury, zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
21	38,2	21_21	0,1	21_21_00100	0,1	Topoklimat o zmniejszonych wartościach promieniowania całkowitego i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i zaciśny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza
		21_31	38,1	21_31_00110	38,1	Topoklimat o zmniejszonych wartościach promieniowania całkowitego i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i zaciśny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
22	14,4	22_22	14,0	22_22_00000	12,8	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i umiarkowanie wietrzny bez specyficznych cech klimatu lokalnego
				22_22_00100	0,3	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza
				22_22_10100	1,0	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania przygruntowych inwersji temperatury i zanieczyszczeń powietrza
		22_32	0,4	22_32_00110	0,1	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
				22_32_10110	0,4	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i przeciętnych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania przygruntowych

						inwersji temperatury, zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
31	3,4	31_31	3,4	31_31_00110	3,1	Topoklimat o zmniejszonych wartościach promieniowania całkowitego i zwiększonych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i zaciśny ze zwiększonym ryzykiem występowania zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
				31_31_10110	0,3	Topoklimat o zmniejszonych wartościach promieniowania całkowitego i zwiększonych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i zaciśny ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania przygruntowych inwersji temperatury, zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
32	12,3	32_12	10,2	32_12_01000	10,2	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zwiększonych wartościach promieniowania odbitego, chłodny i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania mgieł radiacyjnych
		32_22	1,9	32_22_01000	1,9	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zwiększonych wartościach promieniowania odbitego, umiarkowanie ciepły i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania mgieł radiacyjnych
		32_32	0,2	32_32_10110	0,2	Topoklimat o przeciętnych wartościach promieniowania całkowitego i zwiększonych wartościach promieniowania odbitego, ciepły i umiarkowanie wietrzny ze zwiększonymi predyspozycjami do występowania przygruntowych inwersji temperatury, zanieczyszczeń powietrza i ciepła antropogenicznego
*Uwaga, porównania w opisach topoklimatów odnoszą się do wartości parametrów w warunkach standardowych, obserwowanych na lokalnej stacji meteorologicznej.						

Grupy topoklimatów



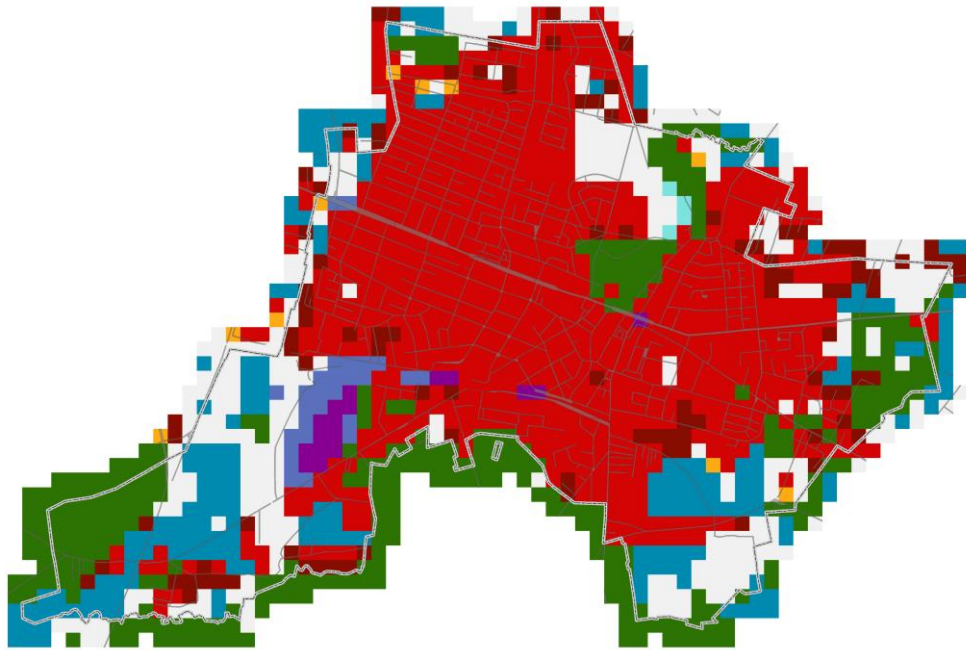
typy topoklimatów



Rysunek 4.2.2.1 Typy i grupy topoklimatów, klasyfikacja zgodnie z tabelą 4.2.2.1

Klasy topoklimatów

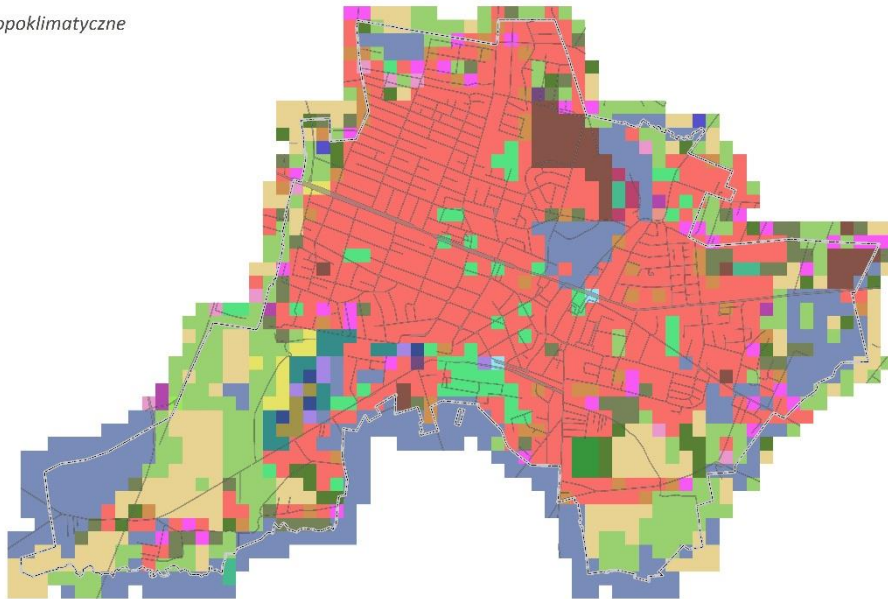
- 00000
- 00001
- 00010
- 00100
- 00110
- 01000
- 10100
- 10110
- 11000



Rys. 4.2.2.2 Klasy topoklimatów

Jednorodne jednostki topoklimatyczne

- 11_11_00000
- 11_21_00000
- 11_21_00100
- 11_31_00110
- 12_12_00000
- 12_13_11000
- 12_21_00000
- 12_21_00100
- 12_22_00000
- 12_22_10100
- 12_31_00010
- 12_31_00110
- 12_32_10110
- 21_21_00100
- 21_31_00110
- 22_22_00000
- 22_22_00100
- 22_22_10100
- 22_32_00110
- 22_32_10110
- 31_31_00110
- 31_31_10110
- 32_12_01000
- 32_22_01000
- 32_32_10110



Rys. 4.2.2.3 Jednorodne jednostki topoklimatyczne

Warunki biotermiczne

W I typie pogody (tzw. pogoda przeciętna, 20⁰C) średnia wartość *UTCI* (w uogólnieniu odczuwalnych warunków klimatycznych) utrzymuje się na analizowanym obszarze w klasie pełnej neutralności termicznej i wynosi 19,2°C. W tej klasie znajduje się też zdecydowana większość obszaru badań – niemal 70% powierzchni, przy czym prawie cały obszar miasta pozbawiony jest obciążeń cieplnych (tab. 2) (Rys. 4.2.2.4.). Wartości skrajne sięgają od 12,1°C do 27,7°C (Rys. 4.2.2.5.). Maksymalna modelowana wartość *UTCI* wskazuje, że pewne części obszaru miasta mogą być dotknięte umiarkowanym stresem ciepła. Obszary te skupione są głównie na południe od ul. Mrozowskiej, w rejonie przemysłowych terenów wzdłuż ul. Dźwigowej i ul. K. Rudzkiego – łącznie zajmują ok 2% powierzchni analizowanego terenu (Rys. 4.2.2.5.). Panujące warunki nie wymagają szczególnej ostrożności, jednak w obszarach z niewielkim stresem ciepła wskazane może być okresowe uzupełnianie płynów w ilości 0,25 l/godz. nawet w warunkach pogody przeciętnej.

W II typie pogody (pogoda ciepła, tmp. 25⁰C) - rosnąca temperatura powietrza oraz zmniejszające się zachmurzenie wpływają na to, że zwiększa się udział terenów objętych stresem ciepła. Jak podano w tab. 4.2.2.2 obszar analizy objęty jest już trzema klasami stresu ciepła, co wskazuje na dynamiczne zwiększanie obciążeń cieplnych przy relatywnie niewielkim wzroście temperatury. Zróżnicowanie możliwych obciążeń cieplnych w tym typie pogody jest największe (Rys. 4.2.2.6.). Średnia wartość *UTCI* wynosi 28,8°C i charakteryzuje klasę umiarkowanego stresu ciepła, w której znajduje się połowa analizowanego obszaru. Skrajne wartości sięgają od 20,1°C (warunki termoneutralne) do 38,2°C (bardzo silny stres ciepła) (Rys. 4.2.2.6.).

Warunki najbardziej stresowe obejmują obszary cechujące się najwyższym w mieście udziałem powierzchni nieprzepuszczalnych – rejon ul. Dźwigowej i ul. K. Rudzkiego (Rys. 4.2.2.7.). Nieco mniej obciążające warunki związane z silnym stresem ciepła obejmują słabo przewietrzane obszary wewnątrz zabudowy miejskiej w centralnych częściach Mińska Mazowieckiego (Rys. 4.2.2.7.).

Osoby przebywające w tych rejonach powinny okresowo uzupełniać płyny w ilości przynajmniej 0,25 l/godz., a także ograniczyć wysiłek fizyczny i ekspozycję na promieniowanie słoneczne. W rejonach bardzo silnego stresu ciepła konieczne jest dodatkowe korzystanie z pomieszczeń klimatyzowanych (tab. 4.2.2.3). Osoby starsze oraz dzieci powinny unikać obecności w tych obszarach. Wytchnienie od warunków stresu termicznego znaleźć można w dobrze przewietrzanych, odsłoniętych obszarach na obrzeżach miasta oraz w terenach parkowych i na obszarze ogrodów działkowych. Zmniejszona prędkość wiatru i słabsze przewietrzanie sprawiają, że obszary leśne nie łagodzą obciążeń cieplnych tak skutecznie, jak tereny odsłonięte w ich okolicy (w tych warunkach pogodowych) (Rys. 4.2.2.7.).

W warunkach pogody upalnej (pogoda typu III) średnia wartość *UTCI* wynosi 40,1°C (bardzo silny stres ciepła) (Rys. 4.2.2.8.). Obciążenia cieplne obejmują klasy od silnego stresu ciepła ($UTCI_{min} = 32,6^{\circ}C$, 30% obszaru) do nieznosnego stresu ciepła ($UTCI_{max} = 50,3^{\circ}C$, 6% obszaru) (Rys. 4.2.2.9.). Skrajnie obciążające warunki charakteryzują tereny ze zwartą zabudową lub dużym udziałem powierzchni nieprzepuszczalnych – rejon ul. Dźwigowej i ul. K. Rudzkiego, rejon ul. Przemysłowej i ul. J. Huberta, rejon Targowiska Miejskiego i zwartej zabudowy mieszkaniowej w jego okolicy, obszar między ul. Szczecińską i ul. Dębową, tereny przemysłowo magazynowej przy ul. Kolejowej i ul. Kołbielskiej oraz inne mniejsze powierzchnie (Rys. 4.2.2.9.).

W takich warunkach niezbędne jest okresowe schładzanie organizmu i uzupełnianie płynów w ilości przynajmniej 0,5 l/godz. Należy również unikać dużego wysiłku fizycznego, a osoby z niewydolnym układem termoregulacyjnym nie powinny przebywać w tych obszarach. Pewne wytchnienie dla organizmu znaleźć można na terenach zacienionych, z wysoką roślinnością (lasy, parki, tereny nad wodami), jednak przeprowadzone modelowanie wskazuje, że w rozpatrywanych warunkach pogodowych uniknięcie stresu ciepła jest niemożliwe (Rys. 4.2.2.9.).

W czasie pogody skrajnie upalnej (pogoda typu IV), z temperaturą powietrza równą 35°C i słabym wiatrem, znacznie zwiększa się udział terenów objętych nieznosnym stresem ciepła (Rys. 4.2.2.11.). W tych warunkach pogodowych obejmują one wszelkie typy zabudowy znajdujące się w obrębie miasta – ponad połowę analizowanego obszaru (Rys. 4.2.2.11.). Najłagodniejsze warunki dla tej sytuacji pogodowej obserwowane są w terenach leśnych na obrzeżach miasta i reprezentują klasę silnego stresu ciepła (Rys. 4.2.2.11.).

Średnia wartość $UTCI$ w trakcie pogody skrajnie upalnej to 45,8°C ($UTCI_{min} = 37,3^{\circ}C$, $UTCI_{max} = 57,7^{\circ}C$) (Rys. 4.2.2.10.). Duże znaczenie w tych warunkach pogodowych ma wysoka zwarta roślinność typu parkowego i leśnego. Te obszary na mapie miasta są „punktami chłodu”, przy czym jest to chłód względny, gdy różnica między obszarem zwartej zabudowy a obszarem w zwartej wysokiej roślinności może wynosić do 4°C (Rys. 4.2.2.10.).

Wyniki modelowania rozkładu przestrzennego wskaźnika $UTCI$ dla Mińska Mazowieckiego pokazują, że w czasie trwania warunków pogodowych, które powodują obciążenie ciepłem, szczególną rolę w ich łagodzeniu odgrywają obszary zwartej zieleni wysokiej oraz łatwo przewietrzane tereny niezabudowane. Skuteczniejsze łagodzenie obciążających warunków termicznych jest możliwe dzięki wprowadzaniu nowej zieleni miejskiej w formie parków oraz zadrzewień przyulicznych, które stanowią naturalne zacienienie chodników. Udział terenów zieleni można zwiększać również przez sadzenie drzew na nieużytkach. Zacienianie zielenią placów miejskich, skwerów i placów zabaw pozwala na lokalne obniżenie temperatury w sąsiedztwie zabudowy i umożliwia regenerację przeciążonych ciepłem organizmów mieszkańców miasta. Zachowanie powierzchni niezabudowanych jest konieczne dla łagodzenia procesów nagrzewania się przestrzeni miejskiej, a przez ułatwiony ruch powietrza umożliwia jej szybsze wychładzanie (Kuchcik et al. 2013).

Tabela 4.2.2.1 Procentowy udział obszarów reprezentujących różne klasy obciążeń cieplnych wg $UTCI$ na obszarze Mińska Mazowieckiego w poszczególnych typach pogody

		Brak obciążeń cieplnych	Strefa termoneutralna	Umiarkowany stres ciepła	Silny stres ciepła	Bardzo silny stres ciepła	Nieznosny stres ciepła
I	Pogoda przeciętna	28,3	69,3	2,4	·	·	·
II	Pogoda ciepła	·	17,3	55,2	27,3	0,3	·

III	Pogoda upalna	.	.	.	29,6	64,4	6,0
IV	Pogoda skrajnie upalna	.	.	.	13,1	33,0	54,0

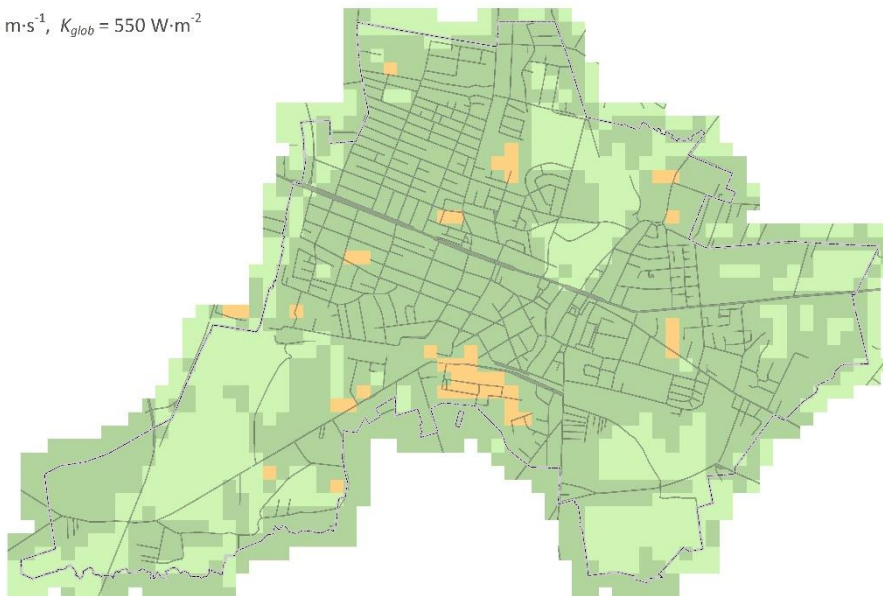
Tabela 4.2.2.2 Krytyczne poziomy reakcji fizjologicznych organizmu obserwowane dla wartości UTCI powyżej 12°C (Błażejczyk et al. 2010)

UTCI [°C]	Reakcje fizjologiczne
48	Zwiększenie tempa wzrostu temperatury rektalnej. Stopniowa utrata zdolności oddawania ciepła do otoczenia.
46	Wzrastające wydzielanie potu do > 650 g/godz.
40	Zmniejszenie w ciągu 30 min gradientu temperatury pomiędzy wnętrzem i powierzchnią ciała do < 1°C.
38	Wzrost temperatury rektalnej po 30 min ekspozycji.
36	Dynamiczne odczucie ciepłe po 2 godz.: „bardzo gorąco”.
33	Średnie wydzielanie potu > 200 g/godz. Wzrost temperatury rektalnej po 2 godz. ekspozycji.
32	Straty ciepła na parowanie po 30 min > 40W. Stopniowy wzrost temperatury skóry
30	Zmiana tempa wzrostu wydzielania potu, temperatury skóry, temperatury rektalnej oraz temperatury twarzy i dłoni. Pojawienie się pocenia po 30 min ekspozycji. Stopniowy wzrost uwilgotnienia skóry.
26	Średnie wydzielanie potu > 100 g/godz. Dynamiczne odczucie ciepła: „ciepło”.
18	Dynamiczne odczucie ciepła: „komfortowo”. Straty ciepła na parowanie średnio > 40W.
14	Brak zmian temperatury rektalnej w czasie 2 godz. ekspozycji.
13	Dynamiczne odczucie ciepła po 2 godz. ekspozycji: „komfortowo”.
12	Straty ciepła na parowanie > 40W po 2 godz. ekspozycji.

$t = 20^{\circ}\text{C}$, $f = 50\%$, $v = 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $K_{glob} = 550 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

Klasy obciążeń cieplnych

- Nieznosny stres ciepła
- Bardzo silny stres ciepła
- Silny stres ciepła
- Umiarkowany stres ciepła
- Strefa termoneutralna
- Brak obciążeń cieplnych

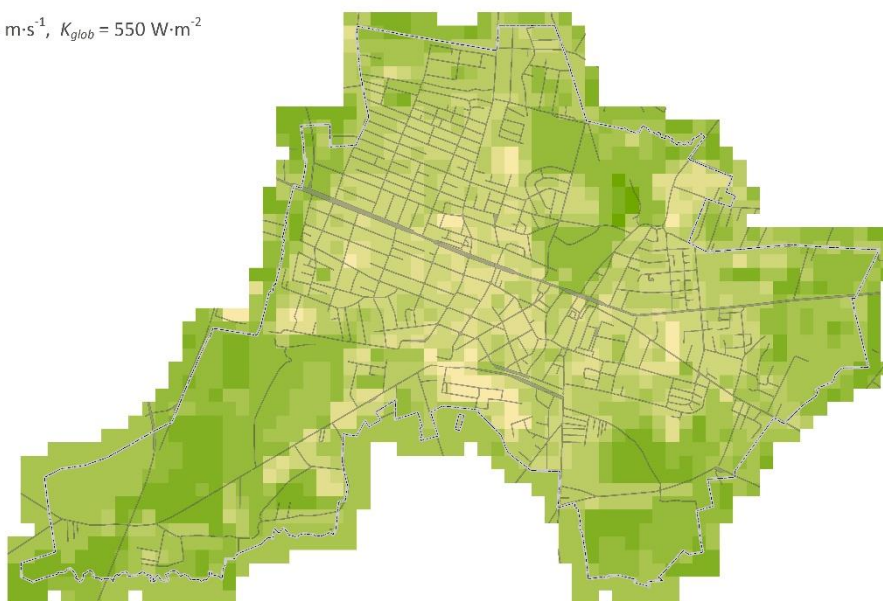


Rys. 4.2.2.4. Klasy obciążeń cieplnych dla pogody przeciętnej

$t = 20^{\circ}\text{C}$, $f = 50\%$, $v = 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $K_{glob} = 550 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

UTCI [$^{\circ}\text{C}$]

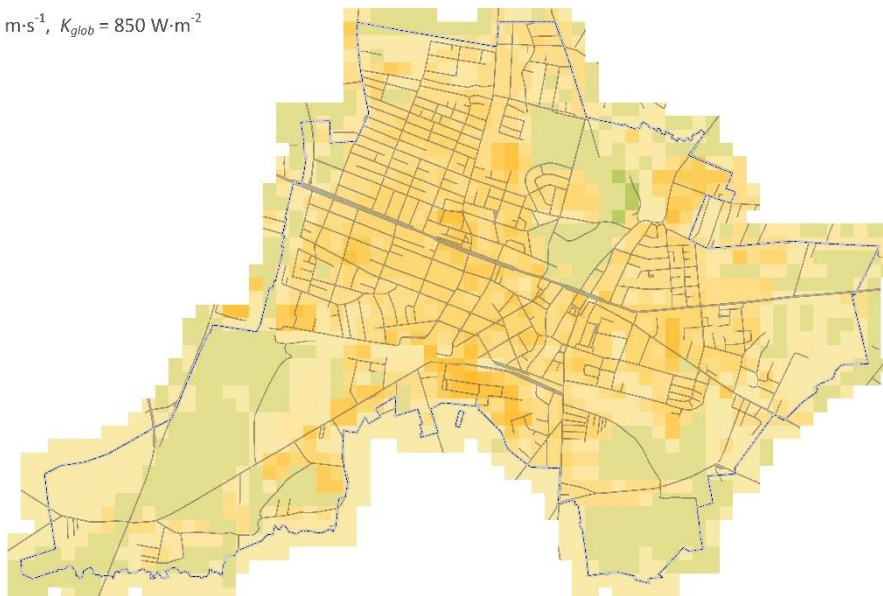
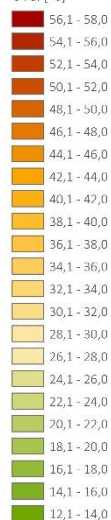
56,1 - 58,0
54,1 - 56,0
52,1 - 54,0
50,1 - 52,0
48,1 - 50,0
46,1 - 48,0
44,1 - 46,0
42,1 - 44,0
40,1 - 42,0
38,1 - 40,0
36,1 - 38,0
34,1 - 36,0
32,1 - 34,0
30,1 - 32,0
28,1 - 30,0
26,1 - 28,0
24,1 - 26,0
22,1 - 24,0
20,1 - 22,0
18,1 - 20,0
16,1 - 18,0
14,1 - 16,0
12,1 - 14,0



Rys. 4.2.2.5. Temperatura odczuwalna dla pogody przeciętnej

$t = 25^{\circ}\text{C}$, $f = 50\%$, $v = 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $K_{glob} = 850 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

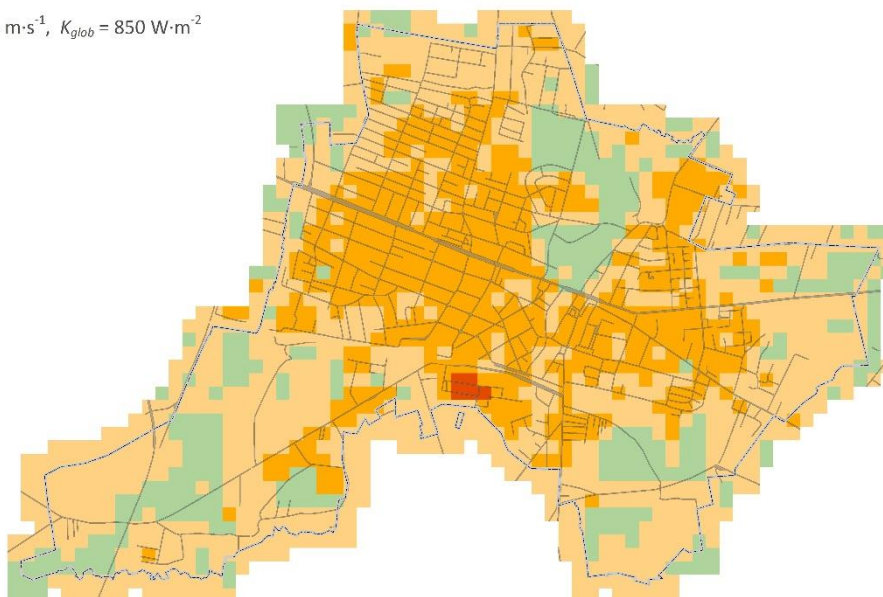
UTCI [$^{\circ}\text{C}$]



Rys. 4.2.2.6. Temperatura odczuwalna dla pogody ciepłej

$t = 25^{\circ}\text{C}$, $f = 50\%$, $v = 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $K_{glob} = 850 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

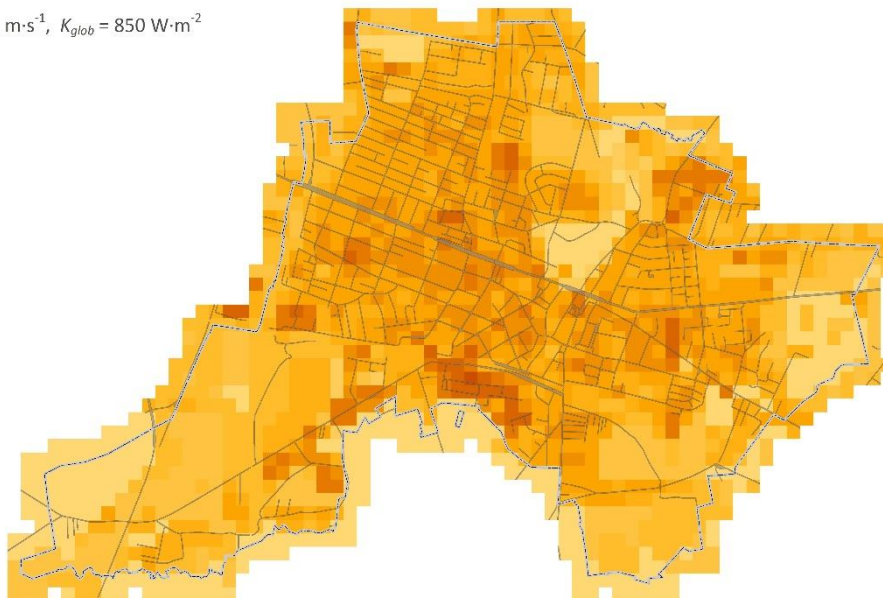
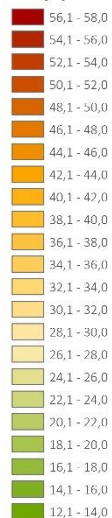
Klasy obciążeń cieplnych



Rys. 4.2.2.7. Klasy obciążeń cieplnych dla pogody ciepłej

$t = 30^{\circ}\text{C}$, $f = 40\%$, $v = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $K_{glob} = 850 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

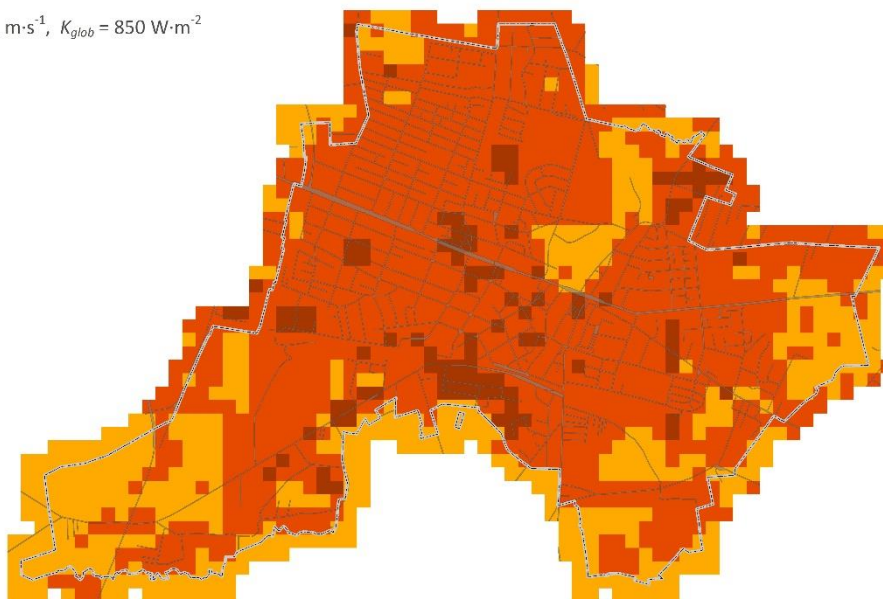
UTCI [$^{\circ}\text{C}$]



Rys. 4.2.2.8. Temperatura odczuwalna dla pogody upalnej

$t = 30^{\circ}\text{C}$, $f = 40\%$, $v = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $K_{glob} = 850 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

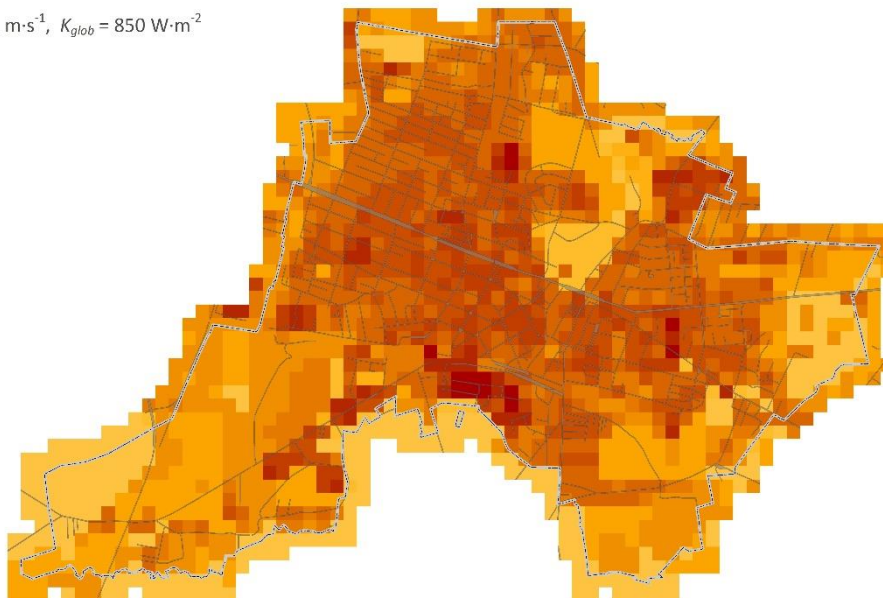
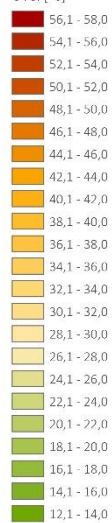
Klasy obciążeń cieplnych



Rys. 4.2.2.9. Klasy obciążeń cieplnych dla pogody upalnej

$t = 35^{\circ}\text{C}$, $f = 30\%$, $v = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $K_{glob} = 850 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

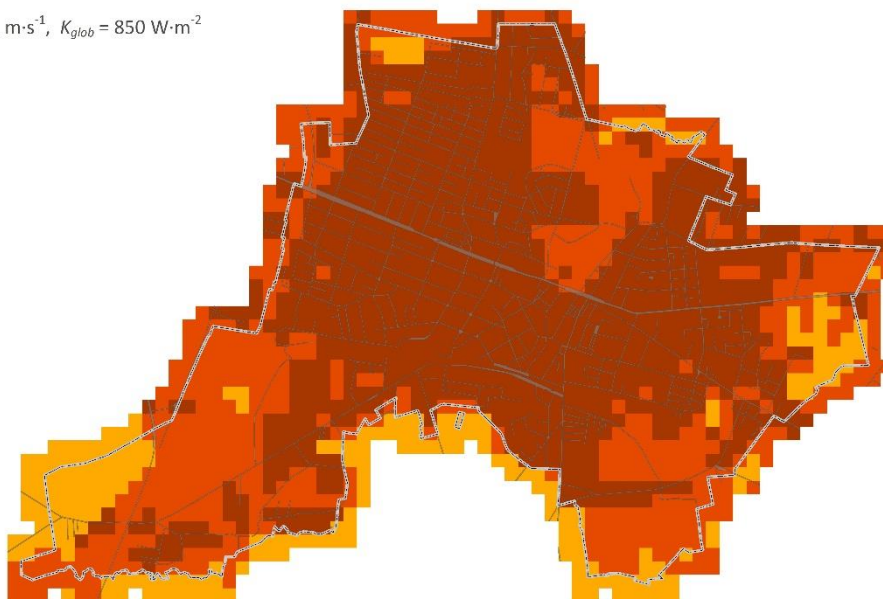
UTCI [$^{\circ}\text{C}$]



Rys. 4.2.2.10. Temperatura odczuwalna dla pogody skrajnie upalnej

$t = 35^{\circ}\text{C}$, $f = 30\%$, $v = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $K_{glob} = 850 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

Klasy obciążeń cieplnych



Rys. 4.2.2.11. Klasy obciążeń cieplnych dla pogody skrajnie upalnej

4.3. Ryzyko klimatyczne miasta

4.3.1. Analiza narażenia na czynniki klimatyczne

4.3.1.1. Ocena narażenia na czynniki klimatyczne

Analizując narażenie miasta wzięto pod uwagę szereg czynników klimatycznych przeanalizowanych na podstawie dostępnych danych klimatologicznych oraz meteorologicznych z okresu 1981-2014. Przeanalizowano ich dotychczasowy przebieg oceniając stan klimatu oraz związane z tym narażenie w trzystopniowej skali: wysokie, średnie, niskie. Narażenie wysokie oznaczało, że w dane zjawisko pogodowe występowało w mieście dotychczas często w dużym (nawet ekstremalnym) natężeniu. Narażenie średnie oznaczało, że dane zjawisko występowało dość często, ale rzadko osiągało wartości ekstremalne. Narażenie niskie zaś oznaczało, że zjawisko pojawiało się rzadko i w zasadzie nie osiągało wartości ekstremalnych.

W następnym kroku przeanalizowano możliwe kierunki zmian tych czynników klimatycznych, biorąc pod uwagę analizę scenariuszy zmian klimatu dla regionu miasta. Zmiany przeanalizowano w dwóch okresach – do roku 2050 oraz 2090. Po analizie uzyskanych wyników ponownie przeprowadzono procedurę oceny stopnia narażenia na czynniki klimatyczne. W zależności od siły i kierunku określonego trendu zmian klimatu odpowiednio obniżając lub podwyższając stopień narażenia w porównaniu do aktualnie panujących warunków klimatycznych. Wyniki tak wykonanej analizy przedstawiono w poniższej tabeli.

Wyniki analizy narażenia wskazują, że:

a. Występuje i utrzyma się narażenie co najmniej średnie dla następujących czynników klimatycznych:

- Susza (okresy suche) – długość okresów bezopadowych pozostanie taka sama, ale dotkliwość suszy może zwiększać się ze względu na rosnące średnie i maksymalne temperatury powietrza oraz zmienność charakterystyki opadów.

- Silny wiatr – epizody silnego wiatru przynosiły dotychczas okresowe problemy z funkcjonowaniu miasta, co zasadniczo nie powinno się zmienić, podobnie jak i siła oraz liczebność okresów występowania silnego wiatru.

b. Narażenie wysokie dla następujących czynników klimatycznych:

- Ekstremalna temperatura dodatnia – okres występowania takiej temperatury może znacznie się wydłużyć potęgując ilość takich zjawisk jak dni upalne, noce gorące i związane z tym negatywne skutki zdrowotne dla społeczeństwa.

- Opady nawalne – zwiększeniu może ulec zarówno wysokość pojedynczego opadu, jak i liczebność dni z wysokimi sumami opadów, które dotychczas przynosiły straty i utrudniały funkcjonowanie miasta w związku z podtopieniami.

Tabela 4.3.2.1.

Czynnik	Skala zjawiska	Prawdopodobieństwo wystąpienia w ciągu roku - dotychczasowe	Narażenie dotychczasowe	Zmiany klimatu do roku 2050	Narażenie przyszłe, do 2050 r.	Zmiany klimatu do roku 2090	Narażenie przyszłe, do 2090 r.
Średnia temperatura powietrza	8,6-8,8 st. C	nd, charakterystyka dla całego roku	Niskie	Wzrost o 1-2 st. C	Niskie	Wzrost o 2-5 st. C	Niskie
Amplituda roczna temperatury powietrza okresu ciepłego	12 st. C	nd, charakterystyka dla całego roku	Średnie	Spadek o 5 st. C	Niskie	Przyrost o 10 st. C	Niskie
Amplituda roczna temperatury powietrza okresu chłodnego	5 st. C	nd, charakterystyka dla całego roku	Niskie	Przyrost o 2 st. C	Niskie	Przyrost o 9 st. C	Niskie
Suma roczna opadów	520-540mm	nd, charakterystyka dla całego roku	Niskie	Wzrost o 3-5%	Niskie	Wzrost o 5-7%	Niskie
Średnia prędkość wiatru	4,3-4,4 m/s	nd, charakterystyka dla całego roku	Niskie	Spadek średniej prędkości	Niskie	Spadek średniej prędkości	Niskie
Promieniowanie słoneczne	1600-1700 godzin	18-19%	Niskie	Brak zmian lub spadek	Niskie	Brak zmian lub spadek	Niskie
Tornada i trąby powietrzne	0	<1%	Niskie	Brak zmian	Niskie	Brak zmian	Niskie
Sezon wegetacyjny, tmp. >10 st. C	160 dni	nd, charakterystyka dla całego roku	Niskie	Wydłużenie o 10-20 dni	Niskie	Wydłużenie o 15-35 dni (40% roku)	Niskie
Ekstremalna temperatura dodatnia	>25 st. C ok. 30 dni w roku	8-9%	Średnie	40-50 dni (10-15%)	Wysokie	55-75 dni (15-20%)	Wysokie
Temperatura ujemna	<0 st. C, 120 dni w roku	25-30%	Średnie	Spadek do 70-90 dni (poniżej 25% dni w roku)	Niskie	Spadek do 45-75 dni (poniżej 20% w roku)	Niskie
Liczba dni z opadem w roku	Ok. 115-120	Ok. 30%	Średnie	Wzrost do 125-130 dni	Średnie	Spadek do 115-120 dni	Średnie
Średni opad dobowy	Ok. 4,8 mm/doba	Nd	Średnie	5,3 mm/doba	Średnie	5,8 mm/doba	Wysokie
Opady nawalne	Pow. 10 mm/doba: 11-12 dni/rok	15-20%	Średnie	Przyrost do 14-14 dni/rok	Wysokie	Przyrost do 15-18 dni	Wysokie
	Pow. 20mm/doba: 2-3 dni/rok	5-7%	Średnie	Przyrost do 3,5-4 dni/rok	wysokie	Przyrost do 4-4,5 dni/rok	wysokie
Opady i zaleganie śniegu	Od 50 do 60 dni rocznie z zaleganiem śniegu	15% (zaleganie śniegu)	Średnie	Spadek liczby dni zalegania śniegu	Niskie	Spadek liczby dni zalegania śniegu, możliwy brak pokrywy śnieżnej	Niskie
Powodzie	Powódź 100, 500 lub 1000-letnia	Poniżej 1%	Niskie	Brak zagrożenia powodziowego	niskie	Brak zagrożenia powodziowego	Niskie
Susza	Okresy suche powyżej 20 dni - 2 razy w roku	10-11%	Średnie	Brak zmian w liczbie dni	Średnie	Prawdopodobny przyrost liczby dni, duża niepewność wyniku	Średnie

Maksymalna prędkość wiatru	Wiatr o prędkości >10m/s	do 30%	Średnie	Brak zmian lub nieznaczny spadek	Średnie	Brak zmian lub nieznaczny spadek	Średnie
Burze (wyładowania atmosferyczne)	Ilość burz rocznie - ok. 30	8%	Niskie	Wzrost liczby i siły	Niskie	Wzrost liczby i siły	Niskie

Jednocześnie warto odnotować, że dla następujących czynników klimatycznych narażenie spadnie do poziomu niskiego:

- ekstremalne temperatury ujemne – obecny średni poziom narażenia miasta w tym zakresie zastąpiono poziomem niskim, ponieważ liczba takich dni może spaść nawet o połowę do roku 2090, poniżej liczby dni z ekstremalną temperaturą dodatnią.
- opady i zaleganie śniegu – obecny średni poziom narażenia miasta w tym zakresie zastąpiono poziomem niskim, ponieważ wraz ze spadkiem ilości dni z niską temperaturą, spadnie liczb opadów śniegu i okres zalegania pokrywy śnieżnej z kilkudziesięciu nawet do kilku dni w roku.

Otrzymany wynik jest podstawą w analizie wrażliwości i zdolności adaptacyjnej miasta, prowadząc do wniosków końcowych – podatności miasta na zmiany klimatu. Przy czym do dalszych analiz wzięto pod uwagę jedynie te czynniki klimatyczne, dla których narażenie w przyszłości określono jako co najmniej średnie w okresie przyszłym, tj. do roku 2050 i 2090.

4.3.1.2. Analiza wrażliwości oraz zdolności adaptacyjnych

Przeprowadzona poniżej ocena dotyczy charakterystyki miasta z punktu widzenia zmian klimatu. Na charakterystykę miasta składa się, w myśl Podręcznika adaptacji dla miast, jego wrażliwość oraz zdolność adaptacyjna. Wrażliwość to zestaw słabych stron miasta. Zdolności adaptacyjne to silne strony miasta. Ich ocena prowadzona jest względem pożądanego stanu w przypadku wystąpienia konkretnych zagrożeń zidentyfikowanych w wyniku przeprowadzenia analizy narażenia.

Na wrażliwość miasta na zmiany klimatu oraz jego zdolności adaptacyjne ma wpływ wiele jego właściwości. Począwszy od jego położenia, które determinuje czynniki naturalne m.in. ukształtowanie powierzchni, charakter występującej naturalnej roślinności, jakość gleb czy utworów geologicznych występujących w podłożu, jakość sieci hydrograficznej (rzecznej), po czynniki ukształtowane przez człowieka, m.in. gęstość, wysokość i inne właściwości zabudowy, dostępność infrastruktury komunalnej, modyfikacje ukształtowania terenu, szaty roślinnej, sieci hydrograficznej i inne. Także sam człowiek, a właściwie charakterystyka populacji zamieszkującej dane miasto, jest elementem wrażliwości miasta. Może to być społeczność dobrze poinformowana, świadoma zagrożeń i odpowiedzialna w obliczu zagrożenia, lub – w opozycji: nieświadoma, bez umiejętności radzenia sobie w sytuacjach kryzysowych.

Aby zatem ocenić te dwa elementy, składające się na własności miasta w obliczu zmian klimatu, tj. wrażliwość i zdolność adaptacyjną, przeanalizowano dane dostarczone przez Urząd Miasta Mińsk Mazowiecki bezpośrednio lub pośrednio, oraz z instytucji znajdujących się w mieście i odpowiadających za gromadzenie danych na temat różnych skutków zjawisk pogodowych, np. Straży Pożarnej, Stacji Sanitarно-Epidemiologicznej itp. Wykonano także własne analizy, pozwalające określić właściwości miasta związane z jego charakterystyką fizyczno-geograficzną, tj. rodzajem podłoża, pokryciem terenu, warunkami hydrologicznymi i bioklimatycznymi. W wyniku tych analiz w zbiorczej tabeli zebrano

najistotniejsze fakty dotyczące miasta, które uporządkowano w silne strony (świadczące o zdolności adaptacyjnej) oraz słabe strony (świadczące o wrażliwości).

Ocenę wrażliwości klimatycznej Mińska Mazowieckiego oraz zdolności adaptacyjnych miasta względem prognozowanej zmiany klimatu zestawiono w formie tabelarycznej. Wejściem jest analiza narażenia na czynniki klimatyczne. Przeprowadzona analiza wskazuje, że spośród ogółu stwierdzonych i zhierarchizowanych czynników klimatycznych 2 spośród nich są krytyczne i w największym stopniu będą oddziaływały na obszar miejski i jego mieszkańców:

1. przyrost liczby dni upalnych i bardzo upalnych (temperatura powietrza pow. 25°C)
2. przyrost liczby dni z opadem o natężeniu krytycznym – wywołującym w podtopienia w przestrzeni miasta

Ponadto dwa czynniki mają istotne, choć nie krytyczne, oddziaływanie na obszar Mińska Mazowieckiego.

3. przyrost epizodów występowania silnego wiatru towarzyszącego gwałtownym opadom i burzom
4. wydłużanie się okresów suchych, o liczbie dni z opadem mniejszym niż 1 mm/doba.

Silne i słabe strony zostały zanalizowane w układzie sektorowym, zalecanym przez podręcznik adaptacji dla miast. Przy czym podział na sektory został zastosowany w większości zgodnie z materiałami promowanym przez Porozumienie Burmistrzów na rzecz zmian klimatu (narzędzie iSEAP to SECAP) z niewielkimi autorskimi modyfikacjami. W stosunku do zaleceń Porozumienia Burmistrzów podzielono zarządzanie kryzysowe i obronę cywilną (civil protection & emergency) na dwa odrębne obszary: zarządzanie kryzysowe oraz świadomość społeczna. Nie uwzględniono osobno, uznawanego za sektor, planowania przestrzennego, ponieważ jego elementy uwzględniane są w obrębie innych sektorów w sposób wyczerpujący. Ostateczny zestaw analizowanych sektorów był następujący:

- zdrowie ludzi i system jego ochrony
- system zarządzania kryzysowego
- świadomość społeczna
- transport i komunikacja
- budynki i inne obiekty kubaturowe
- rolnictwo i leśnictwo
- system przyrodniczy miasta
- energetyka (sieci przesyłowe oraz produkcja energii)
- gospodarka wodna (sieci oraz produkcja i oczyszczanie wody)
- gospodarka odpadami

Cztery tabele wynikowe – adekwatne dla zdiagnozowanych zagrożeń klimatycznych jako analizy w układzie zdolności adaptacyjnych oraz zagrożeń w poszczególnych sektorach przedstawiono poniżej.

Tabela 4.3.2.2. Ocena wrażliwości i zdolności adaptacyjnej miasta na fale upałów

Sektory	Silne strony (jak miasto jest przygotowane)	Słabe strony (jak miasto jest wrażliwe)
Zdrowie ludzi i system jego ochrony	Duża liczba publicznych i w służbie publicznej miejsc, gdzie możliwy jest dostęp do wody pitnej w celu uzupełnienia nawodnienia: - 40 różnego rodzaju placówek służby zdrowia, w tym przychodnie publiczne oraz prywatne, Szpital Powiatowy, ambulatoria - 30 aptek - 61 placówek oświatowych wszystkich rzędów (37 żłobków i przedszkoli, 7 szkół podstawowych, 7 szkół średnich i zespołów szkół zawodowych, 6 innych) - 6 kompleksów budynków administracji (odpowiednio urzędy miasta, gminy, powiatu, pracy, stanu cywilnego, pomocy społecznej) - Jednostka Straży Miejskiej Duży kompleks parkowy związany z doliną rzeki Srebrna wraz z kompleksem pałacowo-parkowym Park Dernałowiczów, gdzie występują również dodatkowo obiekty hydrologiczne korzystnie wpływające na obniżenie stresu wysokiej temperatury przez wzrost wilgotności powietrza. Duża liczba wysokich drzew liściastych wzdłuż dróg lokalnych w strefie gęstej zabudowy miejskiej Mińska Mazowieckiego. Peryferia miasta i jego otoczenie zostały zdiagnozowane jako strefa o korzystniejszych warunkach bioklimatycznych gdzie jest możliwe	- informowanie i edukowanie o zagrożeniach wynikających z ekspozycji na wysoką temperaturę są realizowane (są w planie zarządzania kryzysowego), ale w niewystarczającym stopniu, np. brak bezpośrednich działań skierowanych do grupy najbardziej zarażonej (osoby starsze). - Monitoring warunków meteorologicznych odbywa się, ale za pośrednictwem systemu krajowego i stacji lokalnej, ale lokalna stacja meteo nie spełnia kryteriów reprezentatywności dla miasta. - w mieście brak informacji o zgonach lub liczbie chorych w związku z pogodą gorącą i upalną. - konieczność stworzenia dedykowanej strony internetowej, gdzie publikowane powinny być: a) aktualne dane o temperaturze powietrza b) aktualne dane o temperaturze odczuwalnej c) prognozy kilkudniowe zmian termiki d) wydawanie ostrzeżeń o niekorzystnych warunkach biotermicznych w postaci map dla poszczególnych obszarów miasta e) publikowanie instrukcji postępowania w warunkach występowania stresu termicznego f) przekazywanie informacji o warunkach prognozowanych i występujących wysokiego stresu termicznego do placówek ochrony zdrowia, jednostki straży miejskiej,

	wytchnienie od niekorzystnych warunków występujących w obszarze silnie zurbanizowanym. Miasto jest stosunkowo małe i mieszkańcy mogą do tej strefy dość szybko dotrzeć. Władze miasta podejmują działania związane ze zwiększeniem udziału zieleni w strukturze przestrzennej miasta (Projekt "Rozwój i rewaloryzacja terenów zieleni w centrum Mińska Mazowieckiego"). W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz system ostrzegania i alarmowania ludności o zagrożeniach – informacje przekazywane są mieszkańcom na stronie internetowej oraz przez komunikaty głosowe oraz za pomocą aplikacji mobilnej. Nie odnotowano w mieście w latach 2007-2017 zachorowań na choroby tropikalne, ani zgonów w wyniku chorób odkleszczowych.	urzędów publicznych oraz placówek oświatowych Na ul. Bulwarnej jest źródło uliczny (tzw.: pijka). Niewystarczająca ilość źródeł ulicznych w mieście. Liczba zachorowań na choroby odkleszczowe w latach 2007-2017 ma tendencję wzrostową. Wyraźnie rośnie w mieście ilość osób w wieku poprodukcyjnym (>60 lat), które są bardziej wrażliwe na zmienną pogodę oraz przypadki pogody upalnej lub mroźnej. Tereny zieleni publicznej urządzonej i nieurządzonej zajmują jedynie ok. 23% powierzchni miasta. Kolejne 5% to tereny leśne⁵. Daje to stosunkowo niewielką powierzchnię terenów, które mogą dać wytchnienie mieszkańcom w trakcie upałów (za optymalną uznaje się wartości 40-50% pow. miasta). Istniejące tereny zieleni miejskiej dają wytchnienie od stresu cieplnego jedynie w okresie pogody ciepłej, natomiast już nie w przypadku pogody upalnej i bardzo upalnej (lepszą charakterystykę mają tereny położone pod miastem). Stres cieplny w okresach ciepłej pogody na terenach w śródmieściu miasta (gęsta zabudowa) oraz przemysłowych jest wyraźnie większy, niż na pozostałych terenach miasta.
System zarządzania kryzysowego	W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz system ostrzegania i alarmowania ludności o zagrożeniach – system wykorzystuje liczne kanały dotarcia do mieszkańców oraz obejmują liczne rodzaje zagrożeń, w tym meteorologiczne. Przygotowano Plan Zarządzania Kryzysowego (rok	- brak wyraźnego wskazania warunków stresu termicznego wysokiej temperatury powietrza jako zagrożenia - w mieście nie ma stacji pogodowej, która mogłaby kontrolować stan pogody w sposób reprezentatywny dla

⁵ Dane według informacji ze Starosta Powiatowego na dzień 1.01.2018 (powierzchnia geodezyjna gruntów leśnych oraz terenów zielonych według planu zagospodarowania miasta). Dane różnią się od wyników analiz Corine Land Cover z roku 2018 (str. 30).

	2017), a w nim działania z zakresu zagrożeń sytuacją wystąpienia fal gorąca. W Urzędzie Miasta funkcjonują komórki uczestniczące zarządzaniu sytuacjami kryzysowymi, m.in.: a) Straż Miejska c) Zespół Zarządzania Kryzysowego i Spraw Obronnych. Oraz powołano Miejski Zespół Zarządzania Kryzysowego składający się z wyznaczonych pracowników UM, przedstawicieli służb ratowniczych i jednostek porządkowych. Do zadań straży miejskiej należy: informowanie społeczności lokalnej o stanie i rodzajach zagrożeń, a także inicjowanie i uczestnictwo w działaniach mających na celu zapobieganie popełnianiu przestępstw i wykroczeń oraz zjawiskom kryminogennym i współdziałanie w tym zakresie z organami państwowymi, samorządowymi i organizacjami społecznymi; Do zadań Zespołu Zarządzania Kryzysowego Urzędu Miasta należą: - monitorowanie, planowanie, reagowanie i usuwanie skutków zagrożeń; - planowanie cywilne; - przygotowanie i zapewnienie działania systemu wykrywania i alarmowania oraz wczesnego ostrzegania o zagrożeniach; - prowadzenie szkoleń, ćwiczeń i treningów obrony cywilnej i zarządzania kryzysowego; - zapewnienie gotowości bojowej straży pożarnych w mieście;	całego miasta (lokalna stacja przy Urzędzie Miasta nie spełnia kryteriów reprezentatywności) – dane o pogodzie pobierane są z sieci IMGW lub innych dostawców prognoz pogody.
--	---	--

	- współpraca z jednostkami administracji, przedsiębiorcami, organizacjami pozarządowymi i innymi instytucjami w zakresie zarządzania kryzysowego; - wykonywanie innych zadań wynikających z ustaw i planów lub programów obronnych; (wypis z Regulaminu Organizacyjnego Miasta Mińsk Mazowiecki z roku 2017)	
Świadomość i gotowość społeczna (w tym edukacja, oświata)	Duża liczba placówek edukacyjnych, gdzie jest nieograniczony dostęp do wody pitnej dla dzieci i młodzieży. W miejscach publicznych oraz punktach opieki zdrowotnej jest możliwość dostępu do wody pitnej dla mieszkańców. Publiczne, tzw. poidelko jest jedno w mieście. Służby Straży Pożarnej są regularnie szkolone i podnoszą swoje kwalifikacje (wg raportów komendanta Straży Pożarnej w Mińsku Maz.). W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz ostrzegania i alarmowania ludności o zagrożeniach.	Informacja publiczna na temat warunków termicznych i biotermicznych w mieście jest podana, ale bez odniesienia przestrzennego. Materiały edukacyjne o zasadach postępowania w warunkach upału są jedynie na stronie internetowej. Ludzie niewiele wiedzą o oddziaływaniu upału na organizm ludzki, nie znają metod zabezpieczenia się przed przegrzewaniem ciała i mieszkania w upale, np. wietrzenie mieszkania w czasie upału, konieczności uzupełniania płynów, przypominania osobom w wieku podeszłym o uzupełnianiu płynów. Mieszkańcy preferują rozwiązania indywidualne w zakresie klimatyzacji i wentylacji (we własnym mieszkaniu), niż wspólnotowe (na terenie wspólnoty mieszkaniowej, spółdzielni). W strukturze demograficznej będzie rosła grupa ludności w wieku poprodukcyjnym, która jest szczególnie wrażliwa na wpływ wysokiej temperatury powietrza.

Transport i komunikacja	Funkcjonuje transport publiczny, sprzyjając zmniejszeniu ruchu samochodów prywatnych, co korzystnie wpływa na nieakcelerowanie niekorzystnych warunków termicznych dodatkową emisją zanieczyszczeń powietrza. Układ głównych ulic miasta: Warszawska, Siennicka, Sosnkowskiego ma charakter koncentryczny-gwieździsty, co jest korzystne dla wymiany powietrza w mieście w cyklu dobowym ułatwiając jego ruch (tzw. kliny wietrzeniowe)	Duża liczba dróg o dużej powierzchni nawierzchni, nawierzchnie przeważająco zbudowane ze standardowych materiałów o niskiej odporności na wysoką temperaturę. Duża liczba parkingów i miejsc parkingowych wzdłuż większych ulic oraz duże kompleksy usługowo-handlowe o nawierzchniach utwardzonych, asfaltowych szybko akumulujących energię słoneczną, wpływają na podwyższenie lokalne temperatury powietrza. Uszkodzenia nawierzchni ulic w wyniku podatności na zmianę stanu skupienia pod wpływem wysokiej temperatury.
Budynki i obiekty, tzw. infrastruktura (publiczne, wysokie, niskie, usługowe, firmowe, przemysłowe, w tym sieciowe)	Klimatyzacja jako element infrastruktury technicznej budynków administracyjnych, kompleksów handlowych i usługowych. Część budynków publicznych, głównie szkolnych zostało w ostatnich latach poddanych termomodernizacji oraz wyposażonych m.in. w systemy wentylacji. Dwa budynki wyposażono w klimatyzację.	Brak programu wprowadzania budownictwa energooszczędnego, o dobrej izolacji przed nadmiarem ciepła. Obszar zwartej wysokiej zabudowy mieszkaniowej centrum miasta z lat 1960-1980 niską efektywność energetyczną (budynki dopuszczają ciepło do wnętrza). Przeważająca powierzchnia dachowa w mieście charakteryzuje się ciemną barwą, co absorbuje promienie słoneczne (albedo < 50-60%). Istnieją powierzchnie w mieście (głównie przemysłowe), które w upale osiągają temperaturę ponad 40 st. C.
Rolnictwo i leśnictwo	Bezpośrednio z miastem od południa graniczy kompleks leśny. W niewielkiej odległości na zachód od miasta znajduje się drugi pod względem	Obszar o przeważającej funkcji rolniczej, z rozproszoną zabudową ulokowany jest w południowo-zachodniej części miasta. Pozostała

	powierzchni kompleks leśny w bezpośrednim sąsiedztwie miasta. Obszar miejski graniczy bezpośrednio z terenami rolniczymi, o rozproszonej zabudowie oraz rolniczo-leśnymi, co sprzyja występowaniu kontrastu termicznego między przestrzenią miasta oraz otoczeniem powodując wymuszony ruch powietrza korzystnie wpływający na obniżenie temperatury powietrza w warunkach wysokiej temperatury.	część miasta charakteryzuje nierolnicze użytkowanie terenu. Tereny lasów, gruntów zalesionych i grunty rolne zajmują ogółem ok. 24% powierzchni miasta⁶. Tereny rolne przekształcane są na tereny mieszkaniowe i mieszkaniowo-usługowe – następuje ich ubytek w mieście.
System przyrodniczy miasta	Istnieje coraz szersze zrozumienie potrzeby istnienia terenów zielonych i wodnych jako elementu łagodzenia klimatu miasta i zapewnienia warunków do rekreacji. Przykładem jest projekt "Rozwój i rewaloryzacja terenów zieleni w centrum Mińska Mazowieckiego" oraz wykonywane co roku nasadzenia. Szczególnie cennym przyrodniczo obiektem jest dolina Srebrnej z zachowaniem pasu terenu zielonego, z zadrzewieniami. Zabudowa miejska została odsunięta od obniżenia doliny rzecznej. Drugim cennym obiektem przyrodniczym jest zespół pałacowo-parkowy Park Dernałowiczów. Rzeka Srebrna została w tym kompleksie wykorzystana do zasilenia w wodę urządzeń stawowych i sztucznych kanałów. Ważną rolę obszarów o wysokich walorach przyrodniczych jest wpływ zieleni na obniżenie temperatury odczuwalnej w warunkach upalnych.	Z analizy wynika jasno ubytek powierzchni biologicznie czynnej w mieście jest kontynuowany z roku na rok. Nie są rezerwowane nowe duże tereny pod zielen publiczną. Właściciele posesji dążą do zminimalizowania obszaru przepuszczalnego na powierzchni działek oraz jak najszybszego odprowadzenia wód opadowych i roztopowych. Dodatkowo wprowadzane są do środowiska gatunki roślin naturalnie nie występujących w regionie. Z reguły wprowadzanie zabudowy jednorodzinnej skutkuje usunięciem wiekowego drzewostanu na rzecz nowego urządzenia zieleni. Usuwanie zdrowego wysokiego zadrzewienia niekorzystnie wpływa na nasilenie efektu przyrostu wysokiej temperatury w warunkach upalnych. Tereny zieleni publicznej urządzonej oraz nieurządzonej zajmują jedynie ok.

⁶ Według informacji Starostwa Powiatowego na dzień 1.01.2018

		23% powierzchni miasta. Kolejne 5% to tereny leśne⁷. Tereny zieleni w śródmieściu poddane są większemu stresowi cieplnemu podczas pogody cieplej i upalnej, niż tereny pod miastem. Znaczną część miasta zajmują tereny o potencjalnie dużej nieprzepuszczalności gruntów, tj. mieszkaniowe, przemysłowe, transportowe, to 52% powierzchni miasta – tereny te stanowią zwarty obszar o niskiej przepuszczalności gruntów, gdzie łatwo dochodzi do przegrzewania się powierzchni.
Energia (zaopatrzenie w energię)	Jak dotychczas nie stwierdzono niedoborów ani zagrożenia niedoborów zaopatrzenia w energię elektryczną w okresach wystąpienia fal upałów. Zasilanie w ciepłą wodę dla znaczącej części miasta jest realizowane przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o. o. (ciepłownie węglowe i gazowe). Sieć zaopatrzenia w energię ciepłą jest systematycznie rozbudowywana, co korzystnie wpływa na likwidację rozproszonych indywidualnych źródeł zaopatrzenia w ciepłą wodę w sezonie letnim.	Zdiagnozowana oraz już doświadczana w ostatnich latach częstość występowania i dotkliwość fal upałów powoduje wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną użytkowaną na potrzeby wentylacji i klimatyzacji. W ciągu roku w mieście odnotowywanych jest kilkadziesiąt przerw w dostawie prądu (o czym informuje się w systemie ostrzegania).
Gospodarka wodna (zaopatrzenie w wodę i odprowadzenie ścieków)	Zaopatrzeniem w wodę oraz odprowadzaniem ścieków komunalnych i deszczowych zajmuje się Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji sp. z o.o.. Przedsiębiorstwo jest precyzyjnie zdefiniowany przedmiot	Brak nawyku oszczędzania wody. Brak dyscypliny społecznej (oszczędzania wody) w okresach zagrożenia jej niedoborem (podlewanie ogródków itp.).

⁷ Według danych Starostwa Powiatowego na dzień 1.01.2018.

	działalności, gdzie najważniejsze są: - Pobór, uzdatnianie i dostarczanie wody - Odprowadzanie i oczyszczanie ścieków - Wykonanie instalacji wodno – kanalizacyjnych; Zaburzenia dostaw wody siecią wodociągową mogą być awaryjnie zabezpieczane przez beczkowozy oraz woreczki z wodą zdatną do picia wyprodukowane siłami własnymi za pomocą paczkarki będącej w zasobach spółki. Na stronie internetowej Przedsiębiorstwa prowadzony jest rejestr awarii zaopatrzenia w wodę i odprowadzania zanieczyszczeń. Przedsiębiorstwo dostarcza dla mieszkańców bezpieczną, wysokiej jakości wodę pitną. Zasoby ujęć wód podziemnych nie stwarzają zagrożenia niesprostania zapotrzebowania na wodę komunalną przy prognozowanym rozwoju demograficznym miasta.	Część budynków posiada instalację sanitarną w postaci szamb – w dni gorące mogą one być narażone na uciążliwości, np. przykry zapach. Konieczna jest dalsza rozbudowa systemu odbioru wód opadowych. Zarówno w wyniku niskich, jak i wysokich temperatur mogą się zdarzać awarie sieci wodociągowej. Szczególnie liczne były awarie sieci wodociągowej w okresie upalnym 2015 roku.
Gospodarka odpadami	Za gospodarowanie odpadami odpowiada Miasto Mińsk Mazowiecki. System odbioru śmieci jest ściśle określony w harmonogramie zamieszczonym na stronie internetowej Urzędu Miasta. Śmietniki i kosze w strefie publicznej są zabezpieczone przed ogrzewaniem się odpadów (umieszczane są w pomieszczeniach lub pod zadaszeniem), a system odbioru odpadów jest sprawny i dobrze zorganizowany. Miejsca zagospodarowania odpadów komunalnych odebranych z terenu Mińska Mazowieckiego są położone poza granicami miasta.	Mogą wystąpić pojedyncze przypadki powstania odorów lub zagrożenia epidemiologicznego w miejscach, gdzie pojemniki na śmieci nie są osłonięte przed upałem lub źle zabezpieczone.

Tabela 4.3.2.3. Ocena wrażliwości i zdolności adaptacyjnej miasta na opady o dużym natężeniu

Sektory	Silne strony (jak miasto jest przygotowane)	Słabe strony (jak miasto jest wrażliwe)
Zdrowie ludzi i system jego ochrony	Nie są znane przypadki ofiar śmiertelnych w wyniku podtopień w Mińsku Mazowieckim. System opieki zdrowotnej jest przygotowany na przyjmowanie pacjentów z ewentualnymi obrażeniami powstałymi w wyniku nawalnych opadów/podtopień (sieć przychodni, ambulatoriów, SOR przy Szpitalu Powiatowym, oddział chirurgii ogólnej w Szpitalu Powiatowym, sieć pracowni diagnostycznych w leczeniu). W mieście funkcjonuje ostrzegania i alarmowania ludności o zagrożeniach – w tym opadach.	Nie zidentyfikowano
System zarządzania kryzysowego	Zadania Straży miejskiej oraz Zespołu Zarządzania Kryzysowego i Spraw Obronnych zawierają ogólnie sformułowane zadania w zakresie zarządzania i zapobiegania związane z reagowaniem na zagrożenia naturalne. Zadania zostały przydzielone w zakresie silnych opadów i podtopień. Likwidacją szkód wywołanych ulewnymi deszczami zajmuje się straż pożarna, która najczęściej osusza obszary podtopione w wyniku opadu lub niewydolności kanalizacji	Występowanie silnych opadów jest wciąż trudne do przewidzenia i zlokalizowania. Brak w mieście mapy obszarów wrażliwych na występowanie intensywnego spływu powierzchniowego i występowanie podtopień. Wyraźnie wzrosła w latach 1990-2017 liczba interwencji Straży Pożarnej w wyniku tzw. zdarzeń miejscowych (w

	odprowadzającej wody deszczowe. Miasto zapewnia gotowość bojową ochotniczych straży pożarnych, zapewnia umundurowanie, ubezpieczenie, badania lekarskie i szkolenie uzupełniające dla strażaków, zabezpiecza jednostki w samochody pożarnicze, motopompy i inny sprzęt ratowniczy. Za utrzymanie stanu technicznego, drożności i przepustowości odpowiedzialne jest Miasto Mińsk Mazowiecki W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz ostrzegania i alarmowania mieszkańców o zagrożeniach – system wykorzystuje liczne kanały dotarcia do mieszkańców oraz obejmują liczne rodzaje zagrożeń, w tym meteorologiczne - opady.	tym wywołanych zjawiskami pogodowymi) – dotyczy całego powiatu mińskiego. W większości zdarzenia występują w wyniku silnego wiatru lub opadów.
Świadomość i gotowość społeczna (w tym edukacja, oświata)	Rozwiązania związane z kształtowaniem zieleni miejskiej w sposób sprzyjający większej retencji wody są raczej pozytywnie odbierane przez mieszkańców (z badań opinii publicznej). Gwałtowne burze, ulewy są identyfikowane przez 32% mieszkańców miasta (1 miejsce) jako największe zagrożenie dla bezpieczeństwa w związku ze zmianami klimatu. Mieszkańcy dobrze identyfikują zależności między lokalnymi warunkami przyrodniczymi a warunkami zabudowy jednorodzinnej. Służby Straży Pożarnej są regularnie	Mieszkańcy mają dostęp do materiałów edukacyjnych oraz informacji o wystąpieniu i natężeniu opadu, w tym jego potencjalnych skutkach w mieście (występowanie podtopień), jednak w niewielkim stopniu z tych informacji korzystają. Rozwój działalności edukacyjnej w tym zakresie jest nadal wskazany. Właściciele działek dążą do jak najszybszego odprowadzenia powierzchniowego wody opadowej poza obszar własności, najczęściej przez uszczelnienie powierzchni terenu. Wpływa to na przyrost ogólnej powierzchni nieprzepuszczalnej obszaru zurbanizowanego prowadząc do wzrostu zagrożenia podtopieniami.

	szkolone i podnoszą swoje kwalifikacje (wg raportów komendanta Straży Pożarnej w Mińsku Maz.).	Właściciele działek koncentrują swoje działania gospodarowania wodą opadową głównie na jej odprowadzeniu przez przyłącze do sieci kanalizacji deszczowej. Buduje się także na terenach okresowo podmakających, podnosząc grunt. Przy intensywnej urbanizacji w dzielnicy domów jednorodzinnych i dogęszczaniu zabudowy wielorodzinnej w ścisłym centrum miasta, istniejąca kanalizacja deszczowa jest zdecydowanie niewystarczająca w zakresie przepustowości do prowadzenia efektywnego przejęcia nadmiaru wody opadowej. Konieczny jest intensywny rozwój sieci podążający za przyrostem powierzchni obszaru nieprzepuszczalnego miasta i prognozowanego przyrostu natężenia opadów. Należy tu jednocześnie podkreślić, iż konieczne jest również prowadzenie działań prewencyjnych – przeciwdziałania uszczelnianiu powierzchni zabudowy jednorodzinnej, obszarów koncentracji usług i handlu. Celem powinno być tak zaplanowane zarządzanie wodami opadowymi, aby zwiększyć warunki ich retencyjności. Bardzo słabo rozwinięte są inwestycje zawierające nowoczesne rozwiązania wodooszczędne.
Transport i	Nie są znane przypadki zalewania infrastruktury kolejowej w wyniku	Z uwagi na rozwój miasta, obecny system kanalizacji opadowej nie jest

komunikacja	dużych opadów. Przy nowych drogach i centrach handlowo-usługowych powstają obiekty odwodnieniowe (rowy chłonne itp.) lub kanalizacja deszczowa. Kanalizacja deszczowa jest rozdzielona od kanalizacji prowadzącej ścieki komunalne. Sieć odprowadzająca wody deszczowe jest sukcesywnie rozbudowywana, ale nie jest to etap zapewniający już współczesne potrzeby w tym zakresie.	dostosowany do odprowadzania nadmiaru wód w okresach intensywnych opadów deszczu. Sieć kanalizacyjna, jej aktualna przepustowość jest niewystarczająca do sprostania współcześnie występującym epizodom opadu nawalnego, a prognozowany jest przyrost natężenia opadu. W wyniku niskiej sprawności kanalizacji oraz jej niedostatecznego rozwoju na terenie miasta podtapianych jest wiele dróg, w tym skrzyżowania ważnych lokalnych ulic oraz przejścia dla pieszych. Podtopienia występują również na obszarach o dużej gęstości zaludnienia, w obrębie naturalnych obniżen terenu tam, gdzie skanalizowania jeszcze nie wprowadzono. Nie wszystkie istotne komunikacyjne ulice w mieście posiadają system odwadniania, dla przykładu ul. Dąbrówki we wschodniej części, przedłużenie ul. Szpitalna. Mapa obszarów narażonych na podtopienia została opracowana w ramach niniejszej diagnozy.
Budynki i obiekty, tzw. infrastruktura (publiczne, wysokie, niskie, usługowe, firmowe, przemysłowe, w tym sieciowe)	Istniejąca i odbudowywana infrastruktura melioracyjna jest istotnym elementem zarządzania wodami opadowymi w mieście – nadmiar wody odprowadzany jest do zbiorników powierzchniowych oraz do rzeki Srebrna. Systemy melioracyjne pełnią jednak przede wszystkim funkcję retencyjną. Przy nowych drogach/ osiedlach/ centrach usługowych powstają obiekty odwodnieniowe lub kanalizacja deszczowa, a także doraźnie rozwiązania	System gospodarowania wodą ulega przebudowie. Zgodnie z ustawą Prawo Wodne wymaga się od właścicieli zagospodarowania wody deszczowej na posesji w maksymalnym możliwym stopniu – stosowane są rozwiązania doraźne tam, gdzie nie ma możliwości podłączenia do kanalizacji. Jednak znacząca większość miasta została zbudowana w sytuacji, kiedy takich wymagań nie było i woda deszczowa oddawana jest do systemów kanalizacyjnych w nadmiarze.

	wstrzymujące spływ wody. W nowym budownictwie budynki są sytuowane zgodnie z warunkami występowania płytkich wód gruntowych i możliwości ich szybkiego wzniosu podczas opadów – czyli wystąpienia podtopień. Zatem albo są to budynki nagruntowe o podniesionym podłożu, albo na najniższym poziomie lokalizowane są parkingi – wówczas wystąpienie podtopienia nie przynosi dużych szkód materialnych. W okresie 2007-2017 nie występowały na terenie miasta uszkodzenia budynków i infrastruktury publicznej w wyniku gwałtownych zjawisk pogodowych (wiatr, deszcz).	Rozwój urbanizacyjny i przyrost powierzchni nieprzepuszczalnej w mieście nie jest skoordynowany z działaniami podnoszącymi retencyjność wód opadowych oraz rozwojem systemu kanalizacji opadowej. Większość miejscowych zdarzeń będących przyczyną interwencji straży pożarnej dotyczy budynków mieszkalnych oraz innych obiektów infrastruktury. W dniu 15 lipca 2011 doszło do licznych podtopień posesji prywatnych w mieście przy ul. Jaśminowej, Wiejskiej, Wierzbowej. Podobne zdarzenia w mieście miały miejsce w roku 2009.
Rolnictwo i leśnictwo	Istniejące tereny rolnicze i parkowe mogą być wykorzystane jako ważny element retencji, dla przykładu przez kierowanie dodatkowej wody opadowej na tereny rolnicze lub leśne (kompleks lasów przylegających od południa do miasta). Tym sposobem można dodatkowo zasilać wody gruntowe, co rekompensuje straty wywołane obniżaniem się poziomu wód gruntowych spowodowane m.in. uszczelnianiem terenu centrum miasta.	System kanałów otwartych tworzący sieć melioracyjną odprowadzającą wodę jest słabo rozwinięty i o zróżnicowanym stopniu utrzymania technicznego. Szybko postępuje zajmowanie terenów rolniczych pod zabudowę jednorodzinną oraz wielkopowierzchniowe centra usługowo-handlowe, co zwiększa wrażliwość obszaru na podtopienia.
System przyrodniczy miasta	Istniejący system przyrodniczy może stanowić ważny element czasowego retencionowania wody w sytuacji wystąpienia podtopień. Szczególnie dużą pojemnością retencyjną charakteryzuje się dolina Srebrnej na odcinku nieprzekształconej parkowo doliny.	Zablokowanie odpływu wód opadowych oraz ich gromadzenie w naturalnych obniżeniach terenu bez dostępu do systemu kanalizacji stanowi zagrożenie dla warunków wegetacyjnych roślinności.

	Kierowanie dodatkowej wody opadowej na tereny przyrodnicze sprzyja odnawianiu zasobów wód podziemnych, co może rekompensować w systemie przyrodniczym straty wywołane obniżaniem się poziomu wód gruntowych pod obszarami uszczelnionymi miasta Większość problemów z podtopieniami dotyczy terenów zabudowanych lub o wysokiej wartości ekonomicznej (np. cenne uprawy) – Straż Pożarna nie interweniuje w wyniku podtopień na terenach przyrodniczych. Systemy przyrodnicze charakteryzuje naturalna odporność na występowanie okresowego nadmiaru wody, szczególnie, że warunki występowania wód gruntowych na obszarze miasta charakteryzuje ich naglinowy, płytki charakter. To procesy urbanizacyjne doprowadziły do obniżenia lustra wód gruntowych w wyniku odwodnień lub utraty powierzchniowego zasilania.	Tereny zieleni publicznej urządzonej i nieurządzonej zajmują jedynie ok. 23% powierzchni miasta. Kolejne ok. 5% to tereny leśne⁸. Daje to stosunkowo niewielką powierzchnię terenów, które mogą pochłaniać wodę opadową zapobiegając podtopieniom (za optymalną uznaje się wartości 40-50% pow. miasta).
Energia (zaopatrzenie w energię)	Elektrownie i elementy systemu zaopatrzenia w energię nie są bezpośrednio zagrożone podtopieniem – nie stwierdzono dotychczas wyłączenia prądu spowodowane podtopieniami w wyniku deszczu.	Nie zidentyfikowano.
Gospodarka wodna (zaopatrzenie w wodę i odprowadzenie ścieków)	Awarie sieci wodociągowej są usuwane na bieżąco – nie było awarii rozległych o długim czasie trwania. Jak dotychczas, występowanie opadów nawaalnych i podtopień nie miało wpływu na jakość i dostęp do wody pitnej.	Sieć kanalizacji deszczowej jest rozproszona pomiędzy wielu właścicieli (gestorów), co utrudnia zarządzanie siecią i reagowanie w sytuacjach awaryjnych. Następuje szybki przyrost liczby przyłączy do kanalizacji opadowej z

⁸ Według danych Starostwa Powiatowego na dzień 1.01.2018.

	Sieć kanalizacji deszczowej w mieście jest oddzielona od kanalizacji sanitarnej.	posesji prywatnych oraz nowych inwestycji budowlanych, co powoduje jej przeciążenie i w warunkach opadów nawaalnych jest powodem podtopień. Konieczna jest modernizacja sieci kanalizacyjnej oraz wprowadzenie działań zwiększających retencję powierzchniową w celu ograniczenia spływu powierzchniowego i awarie sieci kanalizacyjnej. Według straży pożarnej rośnie ilość podtopień związane z nieprawidłowym utrzymaniem rowów melioracyjnych i kanalizacji deszczowej (dotyczy powiatu mińskiego).
Gospodarka odpadami	Na obszarze miasta nie występuje składowanie odpadów komunalnych nie ma zagrożenia wpływu odcieków z wysypiska na jakość warunków bytowych miasta. Gospodarowanie odpadami na osiedlach wielorodzinnych jest zorganizowane jako budynki typu altanowego, są zamykane i zabezpieczone przed podtopieniami. Podobnie wiele koszy na śmieci jest przytwierdzonych do podłoża lub są one masywne i zabezpieczone przed podtopieniami.	Zalanie nawet lokalnych miejsc składowania odpadów, jeżeli nie są one dostatecznie zabezpieczone, stwarza zagrożenie bakteriologicznego i fizycznego zanieczyszczenia systemu odprowadzania wód deszczowych, a w przypadku podtopień – stanowić lokalne zagrożenie bakteriologiczne (nawalne opady występują głównie latem, podczas występowania wysokiej temperatury powietrza). Analizując dotychczas występujące awarie i prognozowany obszar miasta wrażliwy na podtopienia, zagrożenie należy uznać za istotne.

Tabela 4.3.2.4. Ocena wrażliwości i zdolności adaptacyjnej miasta na silny wiatr

Sektory	Silne strony (jak miasto jest przygotowane)	Słabe strony (jak miasto jest wrażliwe)
Zdrowie ludzi i system jego ochrony	W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz system alarmowania i ostrzegania ludności o zagrożeniach.	Tereny zieleni publicznej urządzonej i nieurządzonej zajmują ok. 23% powierzchni miasta. Kolejne ok. 5% to tereny leśne ⁹ . Obszary o wysokim drzewostanie stanowią największe zagrożenie dla zdrowia i życia

⁹ Według danych Starostwa Powiatowego na dzień 1.01.2018

	Nie odnotowano dotychczas wypadku śmiertelnego związanego z występowaniem silnych wiatrów. System opieki zdrowotnej jest przygotowany na przyjmowanie pacjentów z ewentualnymi obrażeniami powstałymi w silnych wiatrów (sieć przychodni, ambulatoriów, SOR przy Szpitalu Powiatowym, oddział chirurgii ogólnej w Szpitalu Powiatowym, sieć pracowni diagnostycznych w leczeniu).	mieszkańców w warunkach wystąpienia silnych wiatrów – łamanie drzewostanu. Starsze osoby, których jest coraz więcej mają mniejszą szansę na uchronienie się przed skutkami silnych wiatrów. Dotyczy to także dzieci. Brak jest informacji, gdzie w sytuacji silnych wiatrów nie należy przebywać (np. Cmentarz Parafialny, Park Dernałowiczów) czy też, na których ulicach zadrzewionych nie należy parkować w sytuacji zagrożenia silnym wiatrem.
System zarządzania kryzysowego	W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz system alarmowania i ostrzegania ludności o zagrożeniach – system wykorzystuje liczne kanały dotarcia do mieszkańców oraz obejmują liczne rodzaje zagrożeń, w tym meteorologiczne. Służbą odpowiedzialną za usuwanie zwalonych drzew w wyniku silnych wiatrów jest Straż pożarna. Interwencje są skuteczne i są rejestrowane. Miasto zapewnia gotowość bojową ochotniczych straży pożarnych, zapewnia umundurowanie, ubezpieczenie, badania lekarskie i szkolenie uzupełniające (np. dla pilarzy) dla strażaków, zabezpiecza jednostki w pojazdy bojowe, piły i inny sprzęt ratowniczy	Wyraźnie wzrosła w latach 1990-2017 liczba interwencji Straży Pożarnej w wyniku tzw. zdarzeń miejscowych (w tym wywołanych zjawiskami pogodowymi) – dotyczy całego powiatu mińskiego. W większości zdarzenia występują w wyniku silnego wiatru lub opadów. W mieście została zainstalowana stacja pogodowa, ale jej wyniki nie są reprezentatywne. Dane o pogodzie pobierane są z sieci IMGW lub innych dostawców prognoz pogody. Zaś silny wiatr, który najczęściej towarzyszy lokalnym burzom, ma charakter przeważająco regionalny i lokalny, czego nie obejmuje system ogólnokrajowy.
Świadomość i gotowość społeczna (w tym edukacja, oświata)	Służby Straży Pożarnej są regularnie szkolone i podnoszą swoje kwalifikacje (wg raportów komendanta Straży Pożarnej w Mińsku Maz.).	Stary drzewostan na obszarze miasta może stanowić zagrożenie bezpieczeństwa dla ludzi i mienia. (konary głównie łamią się w trakcie silnego wiatru). Ponadto starodrzewie

	W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz system informacji dla mieszkańców o sytuacjach kryzysowych. Silny wiatr jest identyfikowany jako istotne zagrożenie dla bezpieczeństwa.	zastępowane jest niską roślinnością. Powyższe wpływa na lokalne zwiększenie prędkości wiatru w mieście. W obrębie zabudowy wielorodzinnej zdarzają się sytuacje składowania na balkonach przedmiotów, które w trakcie wystąpienia silnych wiatrów mogą zostać wywiane i stanowić zagrożenie dla ludzi i mienia.
Transport i komunikacja oraz budynki i obiekty, tzw. infrastruktura (publiczne, wysokie, niskie, usługowe, firmowe, przemysłowe, w tym sieciowe)	W okresie 2007-2017 nie występowały na terenie miasta uszkodzenia budynków i infrastruktury publicznej w wyniku gwałtownych zjawisk pogodowych (wiatr, deszcz, upał). Nie odnotowano na terenie miasta katastrof budowlanych związanych ze zjawiskami pogodowymi.	Większość miejscowych zdarzeń będących przyczyną interwencji straży pożarnej dotyczy usuwania drzew i ich fragmentów. Istnieje zagrożenie uszkodzenia lub zerwania trakcji linii kolejowej. Poza ścisłym centrum miasta, linie energetyczne prowadzone są na słupach, co stwarza zagrożenie ich uszkodzenia bądź zerwania w trakcie występowania silnych wiatrów. Kubatura mieszkaniowa miasta jest zróżnicowana – od budynków wielorodzinnych, do 4 pięter wysokości, przez niższą zabudowę i domy jednorodzinne. Część budynków wykonana jest w technologii z lat 70-tych XX. i starszych - miasto nie posiada oceny stanu technicznego dachów tych budynków i ich odporności na wiatr o dużych prędkościach. W obrębie granic miejskich położone są tereny Ogrodów Działkowych z luźną, niską zabudową o niższej odporności technicznej konstrukcji na działanie dużych sił wiatru. Obszary te narażone są na wystąpienie szkód.

Rolnictwo i leśnictwo	Obszary zalesione i zadrzewione (5%) oraz rolnicze (29%) zajmują ograniczoną przestrzeń ¹⁰ . Tereny rolne przekształcane są na tereny mieszkaniowe i mieszkaniowo-usługowe – następuje ich ubytek w mieście zatem należy spodziewać się obniżania się wrażliwości.	Nie zdiagnozowano.
System przyrodniczy miasta	Przecinająca miasto dolina Srebrnej stanowi naturalny korytarz ekologiczny, a jej podwyższona wilgotność pozytywnie oddziałuje na łagodzenie kontrastów termicznych sprzyjających tworzeniu silnych podmuchów wiatru.	W wyniku silnych wiatrów wiele interwencji straży pożarnej dotyczy połamanych drzew, które spadają na samochody, posesje lub budynki. Tereny zieleni publicznej urządzonej i nieurządzonej zajmują jedynie ok. 23% powierzchni miasta. Kolejne 5% to tereny leśne ¹¹ . Mały udział zieleni powoduje wzmaganie kontrastów termicznych prowadzących do powstawania regionalnej i lokalnej cyrkulacji o wzmożonej prędkości wiatru.
Energia (zaopatrzenie w energię)	Nie zdiagnozowano.	W ciągu roku odnotowywane są w mieście przerwy w dostawie prądu (o czym informuje się w systemie ostrzegania). Przerwy spowodowane są remontem, modernizacją lub rozbudową sieci energetycznej. Szczególnie niekorzystne jest prowadzenie zaopatrzenia w energię elektryczną na powierzchni terenu, co jest dominującą formą w mieście – w warunkach silnego wiatru istnieje duże ryzyko uszkodzenia lub zerwania instalacji przez powalone drzewa lub ich konary.
Gospodarka wodna (zaopatrzenie w wodę i odprowadzenie ścieków)	Nie odnotowano problemów z zaopatrzeniem w wodę lub odprowadzania ścieków w wyniku oddziaływania wiatru o dużej prędkości.	Powalenia drzew, konary, porwane przez wiatr przedmioty mogą zatykać wloty do kanalizacji deszczowej, co może skutkować podtopieniami.

¹⁰ Według danych Starostwa Powiatowego na dzień 1.01.2018.

¹¹ Według danych Starostwa Powiatowego na dzień 1.01.2018

		Podobnie, przemieszczane przez wiatr przedmioty i powalone drzewa lub ich konary mogą tamować lub zmniejszać drożność sieci melioracyjnej. To zagrożenie jest szczególnie ważne, ponieważ interwencje straży pożarnej dotyczą głównie posesji i zabudowy, zaś sieć odpływu powierzchniowego jest położona częściowo poza obszarem gęstej zabudowy.
Gospodarka odpadami	Dbłość o zabezpieczenie śmietników ogranicza rozprzestrzenianie się odpadów. Także kosze na śmieci, które są masywne albo przytwierdzone do podłoża stanowią zabezpieczenie przed porwaniem przez wiatr odpadów.	Niezabezpieczone śmietniki oraz przepełnione kosze mogą w sytuacji silnych wiatrów przyczynić się do rozprzestrzeniania się odpadów.

Tabela 4.3.2.5. Ocena wrażliwości i zdolności adaptacyjnej miasta na suszę

Sektory	Silne strony (jak miasto jest przygotowane)	Słabe strony (jak miasto jest wrażliwe)
Zdrowie ludzi i system jego ochrony	W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz system ostrzegania i alarmowania ludności o zagrożeniach Susza jako samodzielne zjawisko nie ma bezpośredniego negatywnego wpływu na zdrowie ludności. Negatywne konsekwencje są powiązane z niską wilgotnością powietrza i jego szybkim ogrzewaniem się	Susza jest statystycznie powiązana z letnim brakiem opadów – zatem z często współwystępuje z okresami występowania wysokiej temperatury. Długotrwała susza potęguje wzrost lokalnej temperatury powietrza sprzyjając zwiększeniu stresu termicznego.
System zarządzania kryzysowego	W mieście funkcjonuje system zarządzania kryzysowego oraz system ostrzegania i alarmowania ludności o zagrożeniach Najważniejszym zagrożeniem w warunkach suszy jest podatność do wystąpienia pożarów. Monitoring jest prowadzony przez straż pożarną.	Miasto nie posiada własnego w pełni reprezentatywnego systemu monitoringu pogody, korzysta z systemów ogólnokrajowych, które mają niższą wiarygodność dla obszaru miasta.

Świadomość i gotowość społeczna (w tym edukacja, oświata)	Susza jest społecznie identyfikowana jako zagrożenie dla bezpieczeństwa w związku ze zmianami klimatu. Z badań społecznych wynika, iż jest postrzegana jako trzecie najwyższe zagrożenie.	Niska świadomość metod pielęgnacji roślinności z wykorzystaniem wodooszczędnych systemów nawodnień w warunkach suszy wśród właścicieli prywatnych posesji.
Transport i komunikacja	Budynki oraz obiekty transportowe nie są posadowione na gruntach, które przy przesuszeniu zmieniają znacznie objętość wywołując odkształcenia, pęknięcia lub inne problem konstrukcyjne. Obiekty te nie wymagają wody do prawidłowego funkcjonowania. Jeden zbiornik przy ul. Kolberga zbiera wodę deszczową do ponownego wykorzystania np. podlewania zieleni miejskiej.	Susza powoduje deficyt wilgotności powietrza, co wzmacnia podatność na koncentrację pyłu zawieszonego w powietrzu o pochodzeniu komunikacyjnym, negatywnie wpływając na warunki respiracyjne w mieście. Niedostateczna ilość systemów gromadzenia wody deszczowej na okresy suche do celów ogrodniczych. umożliwiające oszczędzanie wysokiej jakości wody wodociągowej.
Budynki i obiekty, tzw. infrastruktura (publiczne, wysokie, niskie, usługowe, firmowe, przemysłowe, w tym sieciowe)		
Rolnictwo i leśnictwo	Obszary rolnicze zajmują 29% powierzchni miasta ¹² , są skoncentrowane głównie w jego zachodnich granicach. W obrębie miasta położone są również Ogrody Działkowe. Dostęp do wody wodociągowej umożliwia korzystanie z tych zasobów do celów nawodnieniowych. Korzystnie – płytko, występują wody gruntowe które mogą być ujmowane do celów nawodnieniowych w trakcie okresu wegetacyjnego.	Tereny lasów, gruntów zadrzewionych i grunty rolne zajmują ok. 34% powierzchni miasta ¹³ . Ryzyko utraty plonów, czy też usychania drzew, a także pożarów należy wskazać jako wysokie. W warunkach dużego uszczelnienia terenu miasta, obniża się poziom wód gruntowych co pogłębia zjawisko suszy dla rolnictwa i leśnictwa. W warunkach prognozowanej tendencji do przedłużania się okresów suchych należy zaplanować kolejne działania retencyjne wód opadowych w celu uzupełnienia niedoborów i oszczędzanie wysokiej jakości i kosztownej wody wodociągowej.

¹² Według danych Starostwa Powiatowego na dzień 1.01.2018

¹³ J.w.

System przyrodniczy miasta	Zasoby rzeki Srebrna mogą być zagospodarowane jako retencja na okresy występowania deficytu wody w okresach suszy. Dobrym przykładem możliwych rozwiązań są urządzenia wodne w Parku Dernałowiczów czy powstały zbiornik retencyjny przechwytyjący wody deszczowe.	Część terenów zielonych położona jest na glebach o dużej przepuszczalności, podatnych na przesuszenie. Na tych obszarach należy zaplanować dodatkowe działania retencyjne i nawadniające. Zieleń miejska, głównie przydrożna, np. drzewa przy chodnikach, trawniki jest dodatkowo narażona na zanieczyszczenia lub sole zawarte w środkach odśnieżających (solenie zimowe), co zwiększa także jej wrażliwość na suszę. Zieleń ta ma także często niewielką ilość gruntu dostępną do czerpania wody lub grunt ten jest odcięty od zasobów wód gruntowych.
Energia (zaopatrzenie w energię)	System zaopatrzenia w wodę ciepłą oparty jest o zasoby wód podziemnych i jej podgrzanie – poprzez system ogólny Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o. o. oraz indywidualne systemy podgrzewania. Susza nie wpływa na warunki zaopatrzenia w energię elektryczną.	W warunkach miejskich wpływ suszy na zaopatrzenie w energię elektryczną nie został zdiagnozowany z uwagi na jej zewnętrzną dostawę. Kryzys energetyczny może wynikać z warunków zewnętrznych w przypadku wpływu suszy na funkcjonowanie elektrowni, z których następuje zaopatrzenie Mińska Mazowieckiego.
Gospodarka wodna (zaopatrzenie w wodę i odprowadzenie ścieków)	Zaopatrzenie w wodę nie jest zagrożone podczas występowania suszy – zaopatrzenie jest realizowane z zasobów wód podziemnych. Odbiór ścieków komunalnych jest realizowany odrębnym od deszczowego systemem sieciowym, zatem susza nie wpływa na funkcjonowanie gospodarki komunalnej.	Woda wodociągowa jest wykorzystywana do nawodnień przez właścicieli indywidualnych posesji. Podczas przedłużających się okresów suchych oraz prognozowanego przyrostu obszaru zurbanizowanego i liczby mieszkańców, ten typ niewodooszczędnego użytkowania zasobów może spowodować konieczność wprowadzenia ograniczeń w dostępie do wody.
Gospodarka odpadami	Nie stwierdzono wpływu.	Nie stwierdzono wpływu.

Najwięcej słabych stron (największą wrażliwość) zidentyfikowano dla następujących sektorów w obliczu istniejących zagrożeń:

1. Dla zdrowia w przypadku występowania upałów oraz wiatru.
2. Dla świadomości społecznej oraz budownictwa, w przypadku występowania upałów oraz silnych opadów.
3. Dla systemu przyrodniczego w przypadku występowania upałów oraz suszy i wiatru.
4. Dla transportu i komunikacji w przypadku silnych opadów oraz gwałtownego wiatru.
5. Dla rolnictwa i leśnictwa w przypadku suszy.
6. Dla zdrowia ludzi w przypadku fal upałów.

Najwięcej mocnych stron (największa zdolność adaptacyjna) zidentyfikowano dla następujących sektorów w obliczu istniejących zagrożeń:

1. Dla gospodarki odpadami w przypadku upałów, suszy oraz opadów.
2. Dla zdrowia ludzi w przypadku podtopień, wiatru i suszy.
3. Dla rolnictwa i leśnictwa, systemu przyrodniczego miasta w przypadku podtopień.
4. Dla transportu i komunikacji oraz budownictwa w przypadku suszy.

Na podstawie ilości oraz jakości zidentyfikowanych silnych i słabych stron oceniono wrażliwość i zdolność adaptacyjną miasta w skali czterostopniowej. Ocena ta posłużyła do przeprowadzenia dalszych analiz polegających na sprawdzeniu zależności pomiędzy poszczególnymi wrażliwością i zdolnością adaptacyjną, tzw. analizy odporności.

4.3.1.3 Ocena odporności

Odporność to różnica pomiędzy oceną wrażliwości i zdolności adaptacyjnej. Sposób przeprowadzenia tego zbiegu wraz z oceną wynikową przedstawiono w tabeli

Oceny przydzielono według trzystopniowej skali oznaczonej kolorami. Zarówno w przypadku zdolności adaptacyjnej, jak i wrażliwości oceny mogły być następujące:

Kolor czerwony – Niska zdolność adaptacyjna lub wrażliwość

Kolor żółty – Średnia zdolność adaptacyjna lub wrażliwość

Kolor zielony – Wysoka zdolność adaptacyjna lub wrażliwość

Następnie ocena odporności była wynikiem odejmowania oceny wrażliwości, od oceny zdolności adaptacyjnej. Wynik odejmowania, czyli tzw.: ocena odporności, mógł przyjmować także trzy zakresy oznaczone kolorami:

Kolor czerwony – Niska odporność

Kolor żółty – Średnia odporność

Kolor zielony – Wysoka odporność

Wynik tej oceny jest składnikiem przeprowadzonej w dalszej części postępowania oceny podatności, zgodnie ze wskazaniem Podręcznika adaptacji dla miast.

Odporność na zmiany klimatu należy uważać za niską, jeśli wysoka wrażliwość wiązała się z niskimi lub średnimi zdolnościami adaptacyjnymi miasta. Odporność średnia to adekwatnie sytuacja, gdy wrażliwość i zdolności adaptacyjne były na podobnym poziomie. Odporność została oceniona jako wysoka, jeśli zdolności adaptacyjne znacznie przewyższały wrażliwość na analizowany czynnik klimatyczny. Szczegóły analizy odporności przedstawiono poniżej w układzie poszczególnych zagrożeń dla miasta, odpowiednio dla fal upałów, zdiagnozowanego zagrożenia podtopieniami w wyniku opadów o wysokim natężeniu, wiatru o dużych prędkościach oraz wystąpienia suszy. Szczegóły oceny w poszczególnych sektorach zestawiono poniżej w tabelach.

Tabela 4.3.2.6. Fale upałów - odporność

Wzrost temperatury	Zdolność adaptacyjna	Wrażliwość	Odporność
Zdrowie	Średnia	Wysoka	Średnia
Zarządzanie kryzysowe	Średnia	Średnia	Średnia
Świadomość	Średnia	Wysoka	Niska
Transport i komunikacja	Średnia	Średnia	Średnia
Budownictwo	Średnia	Wysoka	Niska
Rolnictwo i leśnictwo	Średnia	Średnia	Średnia
System przyrodniczy	Średnia	Wysoka	Niska
Energetyka	Średnia	Średnia	Średnia
Gospodarka wodna	Średnia	Średnia	Średnia
Gospodarka odpadami	Wysoka	Średnia	Wysoka

Tabela 4.3.2.7. Zagrożenie podtopieniami - odporność

Wzrost opadów	Zdolność adaptacyjna	Wrażliwość	Odporność
Zdrowie	Wysoka	Niska	Wysoka
Zarządzanie kryzysowe	Średnia	Średnia	Średnia
Świadomość	Średnia	Wysoka	Niska
Transport i komunikacja	Średnia	Wysoka	Niska
Budownictwo	Średnia	Wysoka	Średnia
Rolnictwo i leśnictwo	Wysoka	Średnia	Wysoka
System przyrodniczy	Wysoka	Średnia	Wysoka

Energetyka	Średnia	Niska	Wysoka
Gospodarka wodna	Średnia	Średnia	Średnia
Gospodarka odpadami	Wysoka	Średnia	Średnia

Tabela 4.3.2.8. Gwałtowny wiatr - odporność

Silny wiatr	Zdolność adaptacyjna	Wrażliwość	Odporność
Zdrowie	Wysoka	Średnia	Wysoka
Zarządzanie kryzysowe	Średnia	Średnia	Średnia
Świadomość	Średnia	Średnia	Średnia
Transport i komunikacja	Średnia	Średnia	Średnia
Budownictwo	Średnia	Wysoka	Niska
Rolnictwo i leśnictwo	Średnia	Niska	Wysoka
System przyrodniczy	Średnia	Wysoka	Niska
Energetyka	Niska	Wysoka	Niska
Gospodarka wodna	Niska	Średnia	Średnia
Gospodarka odpadami	Średnia	Średnia	Średnia

Tabela 4.3.2.9. Susza - odporność

Susza	Zdolność adaptacyjna	Wrażliwość	Odporność
Zdrowie	Wysoka	Średnia	Wysoka
Zarządzanie kryzysowe	Średnia	Średnia	Średnia
Świadomość	Średnia	Średnia	Średnia
Transport i komunikacja	Wysoka	Średnia	Wysoka
Budownictwo	Wysoka	Średnia	Wysoka
Rolnictwo i leśnictwo	Średnia	Wysoka	Niska
System przyrodniczy	Średnia	Wysoka	Niska
Energetyka	Niska	Średnia	Średnia
Gospodarka wodna	Średnia	Średnia	Średnia
Gospodarka odpadami	Wysoka	Niska	Wysoka

Aby skutecznie adaptować się do zmian klimatu, należy podwyższać zdolności adaptacyjne oraz zmniejszać wrażliwość miasta na wskazane zagrożenia w sektorach, gdzie zdiagnozowano niską odporność. Diagnoza wskazała jednoznacznie niską odporność dla następujących sektorów:

1. dla świadomości mieszkańców miasta w zakresie wysokich temperatur i opadów deszczu
2. dla budownictwa w przypadku fal upałów
3. dla transportu w przypadku silnych opadów
4. dla systemu przyrodniczego oraz rolnictwa i leśnictwa w przypadku suszy
5. dla energetyki w przypadku silnego wiatru.

Nie jest to jednak ostateczny wynik analiz związanych z przygotowaniem miasta do zmian klimatu. Działania we wskazanych w tym miejscu sektorach nie muszą być bowiem realizowane, jeśli sektory te nie są narażone na konkretne zagrożenia. Ciąg dalszy stanowi zatem analiza podatności, która przybliży te zależności.

4.3.1.4 Ocena podatności

Ocena podatności jest analizą powiązań pomiędzy narażeniem miasta na zmiany klimatu (zagrożeniami) a odpornością (silnymi i słabymi stronami) dla poszczególnych sektorów. Ocena podatności jest wypadkową oceny odporności oraz oceny narażenia. Podatność jest wysoka tam, gdzie wysoki poziom zagrożenia zderza się z niskim lub średnim poziomem odporności na dane zagrożenie. Podatność jest średnia, jeśli poziom zagrożenia jest średni, a odporność średnia lub wysoka. Podatność jest niska, jeśli poziom zagrożenia jest niski, a odporność wysoka. Szczegóły oceny podatności przedstawiono poniżej w tabelach. Podsumowanie oceny podatności Mińska Mazowieckiego na zmiany klimatu zestawiono szczegółowo w poniższych tabelach, ponownie agregując podatność wokół zdiagnozowanego narażenia na skutki zmian klimatu: wzrost temperatury powietrza, wzrost natężenia opadów, wzrost liczby dni z wiatrem o dużej prędkości i sile, występowanie suszy. Wynik oceny podatności ponownie oznaczony został kolorami:

Kolor czerwony – Wysoka podatność

Kolor żółty – Średnia podatność

Kolor zielony – Niska podatność

Tabela 4.3.2.10. Fale gorąca – podatność miasta

Wzrost temperatury	Odporność	Zagrożenie	Podatność
Zdrowie	Średnia	Wysokie	wysoka
Zarządzanie kryzysowe	Średnia	Wysokie	Wysoka
Świadomość	Niska	Wysokie	Wysoka
Transport i komunikacja	Średnia	Wysokie	Wysoka
Budownictwo	Niska	Wysokie	Wysoka

Rolnictwo i leśnictwo	Średnia	Wysokie	Wysoka
System przyrodniczy	Niska	Wysokie	Wysoka
Energetyka	Średnia	Wysokie	Wysoka
Gospodarka wodna	Średnia	Wysokie	Wysoka
Gospodarka odpadami	Wysoka	Wysokie	Średnia

Tabela 4.3.2.11. Zagrożenie podtopieniami – podatność miasta

Wzrost opadów	Odporność	Zagrożenie	Podatność
Zdrowie	Wysoka	Wysokie	Średnia
Zarządzanie kryzysowe	Średnia	Wysokie	Wysoka
Świadomość	Niska	Wysokie	Wysoka
Transport i komunikacja	Niska	Wysokie	Wysoka
Budownictwo	Średnia	Wysokie	Wysoka
Rolnictwo i leśnictwo	Wysoka	Wysokie	Średnia
System przyrodniczy	Wysoka	Wysokie	Średnia
Energetyka	Wysoka	Wysokie	Średnia
Gospodarka wodna	Średnia	Wysokie	Wysoka
Gospodarka odpadami	Średnia	Wysokie	Wysoka

Tabela 4.3.2.12. Silny wiatr – podatność miasta

Silny wiatr	odporność	Zagrożenie	Podatność
Zdrowie	Wysoka	Średnie	Średnia
Zarządzanie kryzysowe	Średnia	Średnie	Średnia
Świadomość	Średnia	Średnie	Średnia
Transport i komunikacja	Średnia	Średnie	Średnia
Budownictwo	Niska	Średnie	Wysoka
Rolnictwo i leśnictwo	Wysoka	Średnie	Wysoka
System przyrodniczy	Niska	Średnie	Średnia
Energetyka	Niska	Średnie	Wysoka
Gospodarka wodna	Średnia	Średnie	Średnia

Gospodarka odpadami	Średnia	średnie	Średnia
---------------------	---------	---------	---------

Tabela 4.3.2.12. Susza – podatność miasta

Susza	Odporność	Narażenie	Podatność
Zdrowie	Wysoka	średnie	Średnia
Zarządzanie kryzysowe	Średnia	średnie	Średnia
Świadomość	Średnia	średnie	Średnia
Transport i komunikacja	Wysoka	średnie	Średnia
Budownictwo	Wysoka	średnie	Średnia
Rolnictwo i leśnictwo	Niska	średnie	Wysoka
System przyrodniczy	Niska	średnie	Wysoka
Energetyka	Średnia	średnie	Średnia
Gospodarka wodna	Średnia	średnie	Średnia
Gospodarka odpadami	Wysoka	średnie	Średnia

Zgodnie z przeprowadzoną kompleksowo analizą, aby adaptować się do postępujących zmian klimatu, należy zmniejszać podatność miasta w tych sektorach, dla których podatność na dane zagrożenie zdiagnozowano jako wysoką. Taką wysoką diagnozę podatności postawiono dla następujących sektorów, w powiązaniu z następującymi zagrożeniami:

1. Dla zarządzania kryzysowego, świadomości mieszkańców, transportu i komunikacji oraz budownictwa i gospodarki wodnej miasta w zakresie wysokich temperatur i gwałtownych opadów deszczu
2. Dla systemu przyrodniczego oraz rolnictwa i leśnictwa w zakresie wysokiej temperatury oraz suszy
3. Dla energetyki w przypadku fal upałów i silnego wiatru
4. Dla zdrowia ludzi w zakresie wysokiej temperatury
5. Dla gospodarki odpadami w przypadku opadów.
6. Dla budownictwa oraz systemu przyrodniczego także w przypadku silnego wiatru.

Dla tych sektorów należy budować odporność na zidentyfikowane zagrożenia. Aby jednak odporność mogła być kształtowana w sposób odpowiedzialny potrzebna jest analiza ryzyka. Analiza ta pozwoli określić skalę negatywnych skutków, które zidentyfikowane zagrożenia mogą przynieść i prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Działania adaptacyjne należy zaplanować i wdrażać tak, aby w pierwszej kolejności unikać tych skutków, które wystąpią z największym prawdopodobieństwem.

4.3.1.5 Ocena ryzyka

W dniu 4 października 2018 roku zespół autorski MPA wraz z zespołem ds. adaptacji do zmian klimatu w Urzędzie Miasta Mińsk Mazowiecki przeprowadził warsztaty oceny ryzyka. Warsztaty te mają na celu z jednej strony określenie ryzyka wystąpienia określonych strat na terenie miasta w przypadku wystąpienia zagrożenia o określonej sile w przyszłości. Z drugiej strony służą także weryfikacji dotychczas otrzymanych wyników w zakresie oceny odporności i podatności.

Ocena ryzyka została określona dla czterech zagrożeń zidentyfikowanych dla miasta w ocenie narażenia. Przy czym dla każdego narażenia określono maksymalne prawdopodobne zjawisko pogodowe, które może wystąpić w ciągu najbliższych 30 lat w mieście zgodnie z prognozami zmian klimatu. Wzięto pod uwagę następujące zdarzenia:

- Dla ekstremalnej temperatury dodatniej, wystąpienie 2 miesięcznego okresu z temperaturą dzienną powyżej 30 st. C (analogicznie do sierpnia roku 2015, ale założono okres dłuższy, niż wtedy);
- Dla opadów, wystąpienie pojedynczego epizodu opadowego o wielkości 90mm/m.kw. w ciągu kilku godzin (analogicznie do opadu w Warszawie w roku 2011 lub Mińsku w roku 2003, ale o jeszcze wyższym natężeniu).
- Dla suszy, wystąpienie miesięcznego okresu bez opadów, z silnym parowaniem, czyli przy ciepłej pogodzie (sytuacja analogiczna do sierpnia 2015 roku).
- Dla silnego wiatru, wystąpienie jednodniowego epizodu silnego wiatru o sile huraganu lub orkanu (analogicznie do wichury w woj. kujawsko-pomorskim w roku 2017) albo zjawiska typu trąba powietrzna.

Skala strat została zdefiniowana dla każdego sektora, dla którego oceniano ryzyko przez zespół autorski. W ocenie ryzyka wzięto pod uwagę tylko te sektory, które okazały się najbardziej podatne w wyniku analizy podatności. Zajmowano się także tylko tymi zagrożeniami dla tych sektorów, dla których stwierdzono taką wysoką podatność.

Skala użyta do oceny ryzyka była zgodna ze skalą wypracowaną przez IPCC do oceny ryzyka związanego ze zmianą klimatu na potrzeby globalnych raportów o zmianie klimatu. Skale tę reprodukowano poniżej.

NP.	Niemal pewne 99-100%
BP	Bardzo prawdopodobne 90-100%
PR	Prawdopodobne 66-100%
ŚP	Średnio prawdopodobne 33-66%
MP	Mało prawdopodobne 0-33%

BMP

Bardzo mało prawdopodobne 0-10%

W wyniku wspólnych prac otrzymano tabelę oceny ryzyka, którą przedstawiono poniżej.

Podczas prac nad oceną ryzyka wspólnie stwierdzono, że w ocenie podatności nie doszacowano zagrożenia związanego z silnym wiatrem. W związku z tym dodano, w stosunku do wyników oceny podatności ocenę ryzyka dla silnego wiatru dla sektorów: budownictwa, systemu przyrodniczego miasta, rolnictwa i leśnictwa, zarządzania kryzysowego oraz świadomości mieszkańców.

Z jakim prawdopodobieństwem wystąpią straty o danej skali w Mińsku w ciągu najbliższych 30 lat w wyniku wybranych ekstremalnych zjawisk pogodowych?

Element ryzyka	Narażenie	Upały	Susze	Wiatr
Zdrowie i życie ludzi	Opady	MP		
Bezpośrednia śmierć wielu osób, liczni poszkodowani		MP		
Podwyższona śmiertelność, uszczerbek na zdrowiu wielu osób		ŚP		
Pojedyncze zgony, osoby poszkodowane		NP.		
Nieliczne osoby poszkodowane		BP		
Brak poszkodowanych		BMP		
Energetyka				
Całkowity blackout i długotrwałe wyłączenie prądu i ciepła (woda) i gazu w mieście		PR		MP
Przerwa w dostawie mediów energetycznych do części miasta na dłuższy czas		SP		SP
Uszkodzenia sieci NN i brak dostaw mediów energetycznych do pojedynczych posesji, obiektów na kilka godzin		SP		NP.
Niewielkie punktowe uszkodzenia bez długich przerw w dostawie prądu, gazu, ciepła (wody)		PR		NP.
Brak zakłóceń		BMP		MP
Transport i komunikacja	Opady	Upał		
Całkowity paraliż funkcjonowania sieci transportu i komunikacji	MP	BMP		
Obszarowy paraliż infrastruktury transportowej i komunikacyjnej	ŚP	BMP		
Punktowe zakłócenia w funkcjonowaniu sieci transportowej i komunikacyjnej	BP	SP		
Drobne usterki sieci transportowej i komunikacyjnej	NP.	PR		
Brak zakłóceń	BMP	BP		
Budynki (obiekty)	Opady	Upał		Wiatr
Utrata (zburzenie) większości obiektów budowlanych na terenie miasta	BMP	BMP		BMP
Poważne uszkodzenia obiektów na większości terenu lub całkowita ich utrata w kilku miejscach	BMP	BMP		SP
Uszkodzenia obiektów budowlanych w kilku miejscach w mieście	PR	SP		PR
Drobne usterki w budynkach w kilku miejscach miasta	BP	SP		NP.
Brak zakłóceń	MP	BMP		BMP
Gospodarka wodna	Odpady	Upały		
Całkowity paraliż funkcjonowania sieci kanalizacji sanitarnej lub deszczowej lub sieci wodociągowej	PR	ŚP		
Obszarowy paraliż infrastruktury kanalizacyjnej i/lub wodociągowej	PR	PR		
Punktowe zakłócenia w funkcjonowaniu sieci kanalizacyjnej i/lub wodociągowej	BP	BP		
Drobne usterki sieci kanalizacyjnej i/lub wodociągowej	NP.	BP		
Brak zakłóceń	BMP	BMP		
Gospodarka odpadami	Opady			
Zaprzestanie odbioru odpadów i ich przetwarzania w całym mieście na dłuższy czas	MP			
Zaprzestanie odbioru odpadów i ich przetwarzania w części miasta na dłuższy czas	MP			
Brak możliwości odbioru odpadów z wybranych posesji w krótkim okresie	BP			
Utrudnienia w odbiorze odpadów lub ich przetwarzaniu	NP.			
Brak zakłóceń	BMP			
System przyrodniczy miasta		Upał	Susza	Wiatr
Całkowita utrata funkcji ekologicznych drzew, krzewów, rzek		MP	MP	BMP
Utrata zielonej infrastruktury na pewnym obszarze miasta		ŚP	ŚP	MP
Punktowe zniszczenie zielonej infrastruktury lub niewielkie zniszczenia na całym obszarze miasta		BP	BP	PR
Niewielkie punktowe uszkodzenia		NP.	NP.	BP
Brak zakłóceń		BMP	BMP	BMP
Rolnictwo oraz leśnictwo (bardzo mały udział w mieście!)		Upał	Susza	Wiatr
Całkowita utrata plonów chowu i środków produkcji w rolnictwie lub lasu w leśnictwie		MP	MP	BMP
Utrata plonów, chowu lub lasu i środków produkcji u znacznej części właścicieli		ŚP	ŚP	MP
Obniżenie plonowania, wzrostu lasu lub zwierząt bez uszkodzeń środków produkcji		BP	BP	PR
Brak zakłóceń i zmian w prowadzeniu gospodarki rolnej lub leśnej		NP.	NP.	BP
Poprawa warunków prowadzenia gospodarki rolnej i leśnej		BMP	BMP	BMP
Zarządzanie kryzysowe	Opady	Upał		Wiatr
Brak możliwości reakcji służb kryzysowych na zagrożenie	ŚP	PR		MP
Reakcja służb kryzysowych napotyka na duże problemy na większości terenu miasta	MP	ŚP		MP
Służby kryzysowe reagują, ale część interwencji muszą realizować z opóźnieniem	BP	BP		BP
Służby kryzysowe obsługują wszystkie interwencje, ale pojedyncze sprawiają problemy	NP.	NP.		NP.
Służby reagują bezzwłocznie	NP.	NP.		NP.
Świadomość mieszkańców	Opady	Upał		Wiatr
Mieszkańcy nie reagują samodzielnie na zagrożenie i jego skutki (panika, depresja, zagubienie)	MP	SP		SP
Większość mieszkańców nie reaguje prawidłowo na zagrożenie	MP	SP		SP
Pewna część mieszkańców nie jest w stanie zareagować prawidłowo na zagrożenie	PR	BP		BP
Niewielka grupa mieszkańców nie zareaguje prawidłowo na zagrożenie, mimo instrukcji	BP	NP.		NP.
Mieszkańcy są przygotowani na zagrożenie i prawidłową reakcję	MP	MP		MP

Jak wynika z tabeli oceny ryzyka największym prawdopodobieństwem wystąpienia charakteryzują się straty o stosunkowo niewielkim lub ograniczonych charakterze, np. drobne usterki sieci transportowej i komunikacyjnej w przypadku opadów, drobne uszkodzenia budynków w przypadku wiatru, niewielkie punktowe uszkodzenia w systemie przyrodniczym miasta w przypadku upału lub suszy. Z najbardziej prawdopodobne skutki wielkoskalowe uznano możliwość sparaliżowania infrastruktury kanalizacyjnej (deszczowej i sanitarnej) w przypadku wystąpienia silnych opadów deszczu – takie skutki uznano za prawdopodobne. Ponadto wysoko oceniono prawdopodobieństwo wystąpienia blackoutu, wyłączenia sieci wodociągowej lub brak możliwości reakcji służb kryzysowych - wszystkie te zdarzenia uznano za prawdopodobne w przypadku upałów.

Wszystkie te skutki, dla których stwierdzono prawdopodobieństwo wyższe niż kategoria prawdopodobne (66-100%), wymagają podjęcia intensywnych działań przez władze miasta, aby obniżyć ryzyko do poziomu co najmniej średnio prawdopodobne (33-66%). Są to:

Dla zagrożenia silnymi opadami:

- Wszystkie kategorie strat w przypadku gospodarki wodnej – jest to najbardziej zagrożony sektor w mieście;
- Punktowe zakłócenia oraz drobne usterki na sieci transportowej i komunikacyjnej;
- Uszkodzenia lub drobne usterki obiektów budowlanych dla sektora budownictwa;
- Brak możliwości odbioru odpadów lub utrudnienia w ich odbiorze dla gospodarki odpadami;
- Reakcja służb kryzysowych z opóźnieniem lub problemami dla zarządzania kryzysowego;
- Nieprawidłowa reakcja części mieszkańców lub niewielkich grup w przypadku świadomości społecznej;

Dla zagrożenia ekstremalną temperaturą dodatnią:

- Wszystkie kategorie strat oprócz całkowitego paraliżu systemu w przypadku gospodarki wodnej – jest to najbardziej zagrożony sektor w mieście;
- Brak możliwości reakcji na zagrożenie, reakcja z opóźnieniem lub utrudniona dla zarządzania kryzysowego;
- Pojedyncze zgony i osoby poszkodowane w przypadku zdrowia ludności;
- Całkowity blackout lub nieliczne punktowe uszkodzenia i wyłączenia mediów w energetyce;
- Drobne usterki na sieci transportowej i komunikacyjnej w transporcie;
- Punktowe zniszczenia lub niewielkie uszkodzenia systemu przyrodniczego miasta;

- Nieprawidłowa reakcja części mieszkańców lub niewielkich grup w przypadku świadomości społecznej;

Dla suszy:

- Punktowe zniszczenia lub niewielkie uszkodzenia systemu przyrodniczego miasta;

Dla wiatru:

- Uszkodzenia sieci energetycznych lub dostawy mediów z wyłączeniem lub bez wyłączenia prądu w przypadku energetyki;

- - Uszkodzenia lub drobne usterki obiektów budowlanych dla sektora budownictwa;

- Punktowe zniszczenia lub niewielkie uszkodzenia systemu przyrodniczego miasta;

- Nieprawidłowa reakcja części mieszkańców lub niewielkich grup w przypadku świadomości społecznej;

- Reakcja z opóźnieniem lub utrudniona reakcja dla zarządzania kryzysowego;

Na tej podstawie skonstruowana została lista rekomendowanych działań adaptacyjnych.

5. Rekomendowane działania adaptacyjne

Na podstawie wykonanych analiz i warsztatów z przedstawicielami miasta Miński Mazowiecki zrzeszonych w miejskim zespole ds. przygotowania MPA zidentyfikowano działania adaptacyjne do realizacji przez administrację miejską w horyzoncie MPA. Przedsięwzięcia podzielono na dwa okresy realizacji. Pierwszy okres, do roku 2022, obejmuje horyzont czasowy prognozy finansowej miasta i zawiera inwestycje, które są szczegółowo przeanalizowane przez administrację miasta, opisane i podjęto już decyzję o ich realizacji. Drugi, okres, po roku 2022, obejmuje inwestycje, które miasto chciałoby realizować w późniejszym okresie, dlatego też inwestycje te nie są szczegółowo opisane a podane koszty są szacunkowe.

Zaproponowane do realizacji przedsięwzięcia zostały także zebrane w osobnej tabeli pt.: „Lista przedsięwzięć inwestycyjnych.xls”.

Przedsięwzięcia do realizacji/rozpoczęcia w okresie do 2022 roku		Podmiot realizujący	Okres realizacji		Łączne nakłady finansowe	Źródło finansowania
			od	do	w zł	
Cel I. Ochrona zdrowia mieszkańców przed skutkami ekstremalnych zjawisk pogodowych, w szczególności fal upałów						
1	Budowa elektrociepłowni gazowej o mocy 12MW- kogeneracyjnego źródła wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej	Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej sp z o.o.	2019	2021	26 mln	
2	Budowa ciepłowni na biomasę o mocy 40 MW	Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej sp z o.o.	2025	2030	39 mln	
3	Budowa basenu odkrytego wraz z wodnym placem zabaw i terenem rekreacji	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2022	4 mln	
4	Ograniczenie zanieczyszczeń powietrza poprzez wymianę kotłów na terenie Miasta Mińsk Mazowiecki	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2030	3mln	
5	Budowa ścieżek rowerowych wraz z zakupem rowerów miejskich	Miasto Mińsk Mazowiecki	2020	2030	3 mln	
6	Poprawa mikroklimatu poprzez montaż nawilzaczy powietrza w Mińsku Mazowieckim	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2030	1 mln	
7	Zabezpieczenie logistyczne akcji ratowniczych	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2030	4 mln	
8	Działania edukacyjno-informacyjne z zakresu zagrożeń oraz sposobów prawidłowego przygotowania i reagowania na ekstremalne zjawiska pogodowe	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2030	0,2 mln	
Łącznie cel I					80,2 mln	
Cel II. Ochrona mienia prywatnego i publicznego oraz infrastruktury komunalnej przed nadmiarem wody w sytuacjach						
9	Przebudowa rowu wraz z przebudową zbiorników wodnych na terenie parku miejskiego	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2022	1 mln	
10	Budowa kanalizacji deszczowej w ul. por. Ludwika Wolańskiego i ul. Królewieckiej od ul. Wolańskiego do ul. Klimaszewskiego w Mińsku Mazowieckim.	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2022	4 mln	
11	Budowa kanalizacji deszczowej ul. gen. Władysława Sikorskiego	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2022	2,2 mln	
12	Budowa sieci kanalizacji deszczowej	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2030	5 mln	
13	Opomiarowanie systemu kanalizacji deszczowej	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2030	1 mln	
14	Budowa urządzeń do podczyszczania ścieków wód opadowych	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2030	1 mln	
15	Przebudowa oczyszczalni ścieków	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji sp z o.o.	2018	2022	14,4 mln	
16	Modernizacja/renowacja/otworzenie rowów stanowiących system odwodnienia wraz z regulacją stanu prawnego.	Miasto Mińsk Mazowiecki	2020	2030	3 mln	
17	Zabezpieczenie logistyczne akcji ratowniczych	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2022	4,2 mln	
18	Działania edukacyjno- informacyjne z zakresu zagrożeń oraz sposobów prawidłowego przygotowania i reagowania na ekstremalne zjawiska pogodowe.	Miasto Mińsk Mazowiecki	2020	2030	3 mln zł	
Łącznie cel II					38,8 mln zł	
Cel III. Tworzenie i wzmocnienie infrastruktury zielonej i błękitnej na terenie miasta						
19	Poprawa mikroklimatu poprzez wykonanie nowych nasadzeń w Mińsku Mazowieckim	Miasto Mińsk Mazowiecki	2019	2030	1 mln	
Łącznie cel III					1 mln	
Łącznie cel I, II i III do 2020 roku					121 mln zł	

	Przedsięwzięcia do realizacji/rozpoczęcia w okresie po 2022 roku		Okres realizacji		Przybliżone nakłady finansowe do 2030 roku	Planowane źródła finansowania
		Jednostka odpowiedzialna	od	do		
Cel I. Ochrona zdrowia mieszkańców przed skutkami ekstremalnych zjawisk pogodowych, w szczególności fal upałów						
20	Termomodernizacja budynków wraz z dostosowaniem do gospodarki ciepłem w okresach upalnych	Miasto Mińsk Mazowiecki	po 2022 roku		1 mln	
21	Wprowadzenie do komunikacji miejskiej autobusów elektrycznych wraz z niezbędną infrastrukturą techniczną	Miasto Mińsk Mazowiecki	po 2022 roku		5 mln	
22	Budowa parkingu parkuj i jedź	Miasto Mińsk Mazowiecki	po 2022 roku		1 mln	
Łącznie cel I					7 mln	
Cel II. Ochrona mienia prywatnego i publicznego oraz infrastruktury komunalnej przed nadmiarem wody w sytuacjach ekstremalnych opadów						
23	Budowa systemu odwodnienia na osiedlu "Poligon"	Miasto Mińsk Mazowiecki	po 2022 roku		10 mln	
24	Budowa systemu wód opadowych osiedla "Anielina Wschód"	Miasto Mińsk Mazowiecki	po 2022 roku		5 mln	
25	Edukacja mieszkańców na temat gospodarowania wodą deszczową na prywatnych posesjach	Miasto Mińsk Mazowiecki oraz Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji	po 2022 roku		0,5 mln	
26	Budowa zbiorników retencyjnych wraz z systemem kanalizacji deszczowej w Mińsku Mazowieckim	Miasto Mińsk Mazowiecki	po 2022 roku		10 mln	
Łącznie cel II					25,5 mln	
Cel III. Tworzenie i wzmocnienie infrastruktury zielonej i błękitnej na terenie miasta						
27	Wykonanie zielonych dachów na nowych i modernizowanych budynkach publicznych	Miasto Mińsk Mazowiecki	po 2022 roku		1 mln	
28	Przygotowanie planów zagospodarowania z uwzględnieniem rozwiązań adaptacyjnych do zmian klimatu	Miasto Mińsk Mazowiecki	po 2022 roku		1 mln	
Łącznie cel III					2 mln	
Łącznie cel I, II i III po 2020 roku					34,5 mln	
Łącznie dla całego MPA					155,5 mln	

6. Współzależność Miejskiego Planu Adaptacji i dokumentów strategicznych Miasta

Obszary powiązań Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu dla miasta Mińsk Mazowiecki (MPA MM) z innymi dokumentami programującymi rozwój miasta.

Dokumenty programowania ważne dla działań adaptacyjnych	Obszary powiązań z MPA MM
Strategia Rozwoju Miasta Mińsk Mazowiecki do roku 2025	Strategia wyznacza pięć pól szczególnego zainteresowania – obszarów strategicznych – w ramach których mieszczą się najważniejsze zdiagnozowane problemy oraz elementy określone w ramach analizy SWOT. Jednym z nich jest obszar III. Otoczenie społeczne. Dla niego wyznaczono cel strategiczny C. Wysokiej jakości otoczenie społeczne. Cel ten dotyczy szeroko rozumianego otoczenia dla funkcjonowania społeczności lokalnej – instytucjonalnego, infrastrukturalnego i przestrzennego. Cel ma być osiągnięty poprzez realizację jedenastu kierunków działań, w tym: C8. Estetyzacja i poprawa dostępności przestrzeni publicznej miasta – przedsięwzięcia m.in. z zakresu ograniczania obecności reklam, <u>uzupełniania zieleni miejskiej, wyposażenie w małą infrastrukturę (spójną dla przestrzeni miasta).</u> (...) W realizacji tego kierunku szczególną rolę w zakresie doradczym powinna pełnić Miejska Komisja Urbanistyczno-Architektoniczna. C10. Uzupełnianie i unowocześnianie infrastruktury technicznej – dążenie do wysokiego poziomu pokrycia sieciami komunalnymi (włącznie z zagospodarowaniem pozostałych terenów inwestycyjnych): <u>wodociagowymi</u>, ciepłowniczymi

	i <u>kanalizacyjnymi, w tym kanalizacji deszczowej</u>. Kierunek obejmuje budowę, rozbudowę i modernizację sieci przesyłu oraz ich technicznego zaplecza, w tym dywersyfikację (np. stacji uzdatniania) na potrzeby zapewnienia wydajności, jakości i bezpieczeństwa systemów. (...) C11. Wprowadzanie rozwiązań ekologicznych i wykorzystania OZE – w infrastrukturze i budownictwie. Realizacja nowych inwestycji publicznych z myślą o wpisywaniu się w koncepcję miasta ekologicznego – o minimalnym oddziaływaniu na środowisko naturalne (na przykład poprzez <u>maksymalizację powierzchni chłonnych</u>, wykorzystanie energii słonecznej, modernizację indywidualnych źródeł ciepła). Dla obszaru strategicznego V. Współpraca wyznaczony jest pojedynczy cel horyzontalny E. Rozwinięte sieci współpracy. Realizacja Strategii powinna być wsparta partnerstwami i sieciami współpracy. Wymaga to zarówno zaangażowania samorządu miasta, jak i innych mińskich organizacji. Sieci rozumiane są zarówno jako formalne partnerstwa, porozumienia, fora etc., jak i <u>współpracę niesformalizowaną</u>. W diagnozie dot. Infrastruktury twardej stwierdzono: „Mimo względnie dobrego poziomu rozbudowania infrastruktury komunalnej istnieją dalsze potrzeby inwestycyjne, m.in. w zakresie rozwoju i modernizacji urządzeń wodociągowych i urządzeń kanalizacyjnych. <u>Jednym z pól wymagających</u>
--	---

	dalszych działań jest kwestia kanalizacji deszczowej.” dot. zanieczyszczeń: „Jeśli chodzi o zanieczyszczenie wód, głównym problem są ścieki deszczowe, często zmieszane z komunalnymi (pomimo istnienia kanalizacji rozdzielczej).”
Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Mińsk Mazowiecki	I. Na wszystkich terenach opisanych w studium zezwala się na: - powstanie obiektów towarzyszących podstawowym obiektom budowlanym, takich jak obiekty małej architektury, (...) obiekty budowlane i urządzenia budowlane służące (...) wodociągom, kanalizacji (w tym deszczowej), (...); - adaptację i remonty istniejących urządzeń melioracji wodnych oraz urządzeń wodnych nieoznaczonych na rysunku studium oraz powstanie dodatkowych w/w urządzeń; - przekrycie („poprowadzenie w drenach”) istniejących rowów oraz odtworzenie rowów zniszczonych; - powstanie dodatkowych terenów zieleni publicznej, nie oznaczonych na rysunku studium; II. Dokument określa m.in. Strefę zieleni i wód, obejmującą m.in. tereny zieleni urządzonej (na których mogą istnieć obiekty zabezpieczające przed skutkami ewentualnych podtopień), tereny ogrodów działkowych, lasy oraz tereny wód powierzchniowych i rowów. Na terenie zieleni urządzona wzdłuż rzeki Srebrnej i rowów (ZP2) zabrania się budowy budynków, garaży i

	parkingów. III. Parametry i wskaźniki urbanistyczne, uwzględniające wymagania ładu przestrzennego, w tym urbanistyki i architektury oraz zrównoważonego rozwoju obejmują m.in. poziomy minimalnej powierzchni biologicznie czynnej dla poszczególnych stref miasta. IV. Kierunki zmian w strukturze przestrzennej: - zmiana przeznaczenia terenów dotychczas niezabudowanych, zgodnie z wnioskami właścicieli i innych zainteresowanych, na tereny mieszkaniowo – usługowe (głównie tereny byłej wsi Kędzierak, tereny na północy miasta). - ograniczeniu gruntów rolnych i leśnych (zmiana przeznaczenia gruntów rolnych i leśnych na cele nierolnicze i nieleśne);
Program Ochrony Środowiska dla miasta Mińsk Mazowiecki na lata 2015 – 2018 z perspektywą na lata 2019 - 2022	Misja programu Rozwój Miasta Mińsk Mazowiecki przyjazny środowisku będzie realizowana poprzez cele (szczegółowe i operacyjne) i przypisane im działania, m.in.: Cel szczegółowy: Ograniczenie emisji substancji i energii Cel operacyjny 1: Osiągnięcie lepszej jakości wód Cel szczegółowy: Ochrona zasobów środowiska i krajobrazu Cel operacyjny 6: Ochrona przyrody i krajobrazu Cel operacyjny 7: Zwiększanie lesistości miasta Cel szczegółowy: Racjonalne gospodarowanie środowiskiem

	Cel operacyjny 11: Usprawnienie zarządzania środowiskiem Cel szczegółowy: Zwiększenie aktywności obywatelskiej i wyższy stan świadomości ekologicznej społeczeństwa Cel operacyjny 12: Zwiększanie aktywności społeczeństwa na rzecz ochrony środowiska Cel operacyjny 13: Rozszerzanie świadomości ekologicznej społeczeństwa
Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Mińsk Mazowiecki	Celem opracowania jest analiza zakresu możliwych do realizacji przedsięwzięć, skutkujących zmianą struktury używanych nośników energetycznych oraz zmniejszeniem zużycia energii, a w konsekwencji stopniowym obniżaniem emisji gazów cieplarnianych (CO₂) na terenie miasta. Efektem działań ograniczających emisje z sektora transportu jest poprawa jakości powietrza w mieście. Ograniczenie transportu drogowego w mieście ma szczególne znaczenie w miesiącach letnich w okresach upalnych. W czasie silnego nasłonecznienia, głównie w wyniku fotochemicznych przemian składników spalin powstają związki szkodliwe dla ludzi, zwierząt i roślin. W dużych aglomeracjach tworzy się smog fotochemiczny.
Planu Rozwoju i Modernizacji Urzędzeń Wodociągowych i Urzędzeń Kanalizacyjnych Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Mińsku Mazowieckim na lata 2014-2020	Przedmiotem działalności Spółki jest świadczenie usług w zakresie gospodarki wodnościekowej na rzecz osób fizycznych, prawnych oraz jednostek organizacyjnych nie posiadających osobowości prawnej.

	Dokument określa kierunek planowanych przedsięwzięć inwestycyjno – modernizacyjnych urządzeń wodociągowych i urządzeń kanalizacyjnych. Przedsięwzięcia dot. wody polegają na poprawie zaopatrzenia w wodę poprzez zwiększenie ilości wody wydobytej (nowe ujęcie wody) i jej uzdatnianie, budowa wodociągu oraz utrzymanie na odpowiednim poziomie techniczno-technologicznym posiadanych urządzeń.
Wieloletnia Prognoza Finansowa Miasta Mińsk Mazowiecki na lata 2018-2026:	Wykaz przedsięwzięć: W ramach wydatków bieżących: Rozwój i rewaloryzacja terenów zielonych w centrum Mińska Mazowieckiego - projekt realizowany z udziałem środków Funduszu Spójności – Cel: Kompleksowe zagospodarowanie terenów zieleni miejskiej Rozbudowa gospodarowania systemu gospodarowania wodami opadowymi w Mińsku Mazowieckim - I etap – Cel: Poprawa infrastruktury drogowej oraz gospodarowanie wodami opadowymi na terenie Miasta Mińsk Mazowiecki W ramach wydatków majątkowych: Rozbudowa ul .Osiedlowej w ramach projektu pn. "Rozbudowa systemu gospodarowania wodami opadowymi w Mińsku Mazowieckim" – Cel: Poprawa infrastruktury drogowej oraz gospodarowanie wodami opadowymi na terenie Miasta Rozbudowa ul M. Grochowskiej i H. Konopki, Budowa ul. J. Paderewskiego

Gminny Program Rewitalizacji dla Miasta Mińsk Mazowiecki do roku 2025	Wyłoniony obszar rewitalizacji zajmuje znaczną część kluczowych dla miasta Mińsk Mazowiecki terenów zielonych wraz z rzeką Srebrną, która stanowi oś kompozycyjną historycznego układu urbanistycznego. PODSTAWOWE PRZEDSIĘWZIĘCIA REWITALIZACYJNE 9.1. Park Dernałowiczów – najlepsze miejsce spotkań Miejsce realizacji: Zespół pałacowo-parkowy im. Dernałowiczów – ul. Warszawska 173 Zakres: Działanie B) Rozwój i rewaloryzacja terenów zieleni w centrum Mińska Mazowieckiego – prace obejmą rewaloryzację szaty roślinnej parku z uwzględnieniem warunków przyrodniczych i przy jak największym wykorzystaniu gatunków rodzimych, co pozwoli odtworzyć krajobrazowy charakter założenia. Roślinność skomponowana będzie tak by ograniczała niekontrolowany ruch pieszy, izolowała wnętrze parku od zanieczyszczeń i ruchu ulicznego, uzupełniała istniejące elementy i wraz z nimi tworzyła malownicze widoki. Przeprowadzony zostanie remont i przebudowa alei parkowych, rozbiórka oczyszczalni ścieków położonej w parku oraz prace prowadzące do odbudowy zieleni na odzyskanym terenie po oczyszczalni. Układ przestrzenny nasadzeń zostanie tak skomponowany, aby oczom spacerowiczów użytkujących park ukazywały się atrakcyjne widoki, zmieniające się w miarę zmiany miejsca obserwacji. Prace obejmą także odmulenie koryta i zabezpieczenie przed
--	--

	rozmywaniem oraz erozją obu brzegów rzeki Srebrnej. 9.2 Zagospodarowanie brzegów rzeki Srebrnej i stawu „Łazienki” Miejsce realizacji: Wschodni brzeg rzeki Srebrnej od strony ul. Nadrzecznej, teren przy stadionie MOSiR ul. Budowlana, północny odcinek rzeki Srebrnej. Powiązany funkcjonalnie z obszarem rewitalizacji południowy odcinek rzeki Srebrnej – od ul. Mireckiego do granic miasta – poza obszarem rewitalizacji. Zakres: Przedsięwzięcie będzie polegało na realizacji ciągu pieszo-rowerowego wzdłuż rzeki Srebrnej i stawu "Łazienki" jako miejskiego odcinka gminnej trasy turystycznej (kontynuacja na terenie Gminy Mińsk Mazowiecki) wraz z wyznaczeniem miejsca organizacji rodzinnych imprez, biwaków i ognisk na świeżym powietrzu. W ramach przedsięwzięcia nastąpi m.in. modernizacja wschodniego brzegu rzeki Srebrnej z przeznaczeniem na teren wypoczynku i rekreacji o naturalnym, łąkowym charakterze, wykonany zostanie chodnik, ścieżka rowerowa, oświetlenie, ustawione zostaną ławki dla mieszkańców, kosze na śmieci. Nastąpi również przebudowa wylotów deszczowych wraz z montażem separatorów na rzece Srebrnej, renowacja rowów i czyszczenie pozostałych stawów parkowych. Przedsięwzięcie „Zagospodarowanie brzegów rzeki Srebrnej i stawu „Łazienki” jest komplementarne z przedsięwzięciem „Park
--	--

	Dernałowiczów – najlepsze miejsce spotkań”, gdyż tereny te stanowią funkcjonalną całość. Park wraz z rzeką Srebrną i stawem stanowią strategiczne dla miasta tereny zielone stanowiące ciągłość. 9.3. Rozwój funkcji miejskich na terenie byłego poligonu Lokalizacja: Obszar rewitalizacji – Podobszar B Działanie: Budowa osiedla domów socjalnych z infrastrukturą techniczną wraz z rozwojem infrastruktury drogowej i sieci komunikacji miejskiej na terenie byłego poligonu Obejmuje m.in: - zagospodarowanie zieleni i małą architekturą terenów sąsiadujących z zabudowaniami, - społeczną akcję sadzenia roślinności i porządkowania terenu tuż po zamieszkaniu w nowych lokalach. 9.10. Bezpieczne przestrzenie do wypoczynku i rekreacji Lokalizacja: Obszar rewitalizacji – Podobszar A i Podobszar B Działania: B) Renowację i organizację placów zabaw i wypoczynku – w tym przy szkołach, np. przy Zespole Szkolno-Przedszkolnym nr 1 oraz przy budynku komunalnym przy ul. Chełmońskiego 75; C) Renowację zieleni wokół bloków; D) Budowę ogólnodostępnego miejsca rekreacji w okolicach ul. Warszawskiej 250
--	---

7. Wdrażanie MPA i źródła finansowania działań adaptacyjnych

Plan adaptacji obejmuje bardzo szeroki wachlarz działań, zarówno miękkich (edukacyjnych, informacyjnych), jak i twardych (inwestycyjnych), dotyczących praktycznie wszystkich obszarów funkcjonowania miasta. Dlatego niezbędnym jest zapewnienie właściwej koordynacji, tak aby nie następowało powielanie się działań, czy też powstawanie luk, a cały proces winien być efektywny kosztowo i społecznie. W trakcie przygotowywania strategii zidentyfikowano bowiem, że najważniejszymi Wydziałami z punktu widzenia wdrażania działań dotyczących adaptacji do zmian klimatu są:

- Zespół Zarządzania Kryzysowego i Spraw Obronnych;
- Wydział Gospodarki Komunalnej oraz współpracujące z nim jednostki m.in.:
 - Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o.;
 - Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o.
- Wydział Gospodarki Przestrzennej i Nieruchomości
- Wydział Inwestycji i Rozwoju Gospodarczego Miasta

Skoordynowanie działań tych jednostek zespół przygotowujący strategię uznaje za niezbędne minimum w zakresie wdrażania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu Mińska Mazowieckiego.

Aby zapewnić pełną koordynację działań w ramach wdrażania Miejskiego Planu Adaptacji działający w mieście Zespół ds. Miejskiego Planu Adaptacji zostanie przekształcony w zespół ds. adaptacji miasta do zmian klimatu, którego zadaniem będzie:

- Gromadzenie informacji o zachodzącej zmianie klimatu w mieście.
- Nadzór nad realizacją planu adaptacji (m.in. śledzenie wskaźników realizacji Miejskiego Planu Adaptacji);
- Przygotowanie sprawozdań we współpracy z innymi jednostkami urzędu z realizacji planu adaptacji w formie raportów raz na trzy lata;
- Nawiązywanie współpracy i wymiana informacji w zakresie adaptacji do zmian klimatu z innymi miastami w Polsce i zagranicą.
- Wykonywanie zadań w ramach MPA, a dotyczących:

- gromadzenia informacji na temat potrzeb adaptacji;
- systemu informowania społeczeństwa o nadchodzących ekstremach pogodowych;
- prowadzenie działań edukacyjnych w zakresie adaptacji zarówno w ramach urzędu jak i poza nim;
- współdziałania z sąsiednimi gminami na rzecz adaptacji;
- współpraca i pomoc mieszkańcom oraz organizacjom społecznym w podejmowaniu inicjatyw obywatelskich na rzecz adaptacji.

Zespół ds. adaptacji miasta do zmian klimatu jest jednostką podległą bezpośrednio burmistrzowi miasta Mińsk Mazowiecki.

Potencjalne źródła dofinansowania proponowanych działań

Środki krajowe Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie

W ramach poniższej tabeli zaprezentowano kluczowe informacje dotyczące Programu Priorytetowego pn. „Przeciwdziałanie zagrożeniom środowiska z likwidacją ich skutków”, realizowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie przy wykorzystaniu środków krajowych Funduszu.

Nazwa Programu	Przeciwdziałanie zagrożeniom środowiska z likwidacją ich skutków Część 1) Dostosowanie do zmian klimatu
Instytucja zarządzająca Programem	Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie
Okres realizacji Programu	2015 - 2023
Typ beneficjenta	1) państwowe jednostki budżetowe oraz jednostki samorządu terytorialnego i ich związki; 2) jednostki naukowe w rozumieniu ustawy z dnia 30 kwietnia 2010 r. o zasadach finansowania nauki; 3) państwowe osoby prawne, w tym Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie (jedynie w przypadku dofinansowania w formie pożyczki);

	4) spółki prawa handlowego, osoby fizyczne prowadzące działalność gospodarczą, przedsiębiorstwa państwowe (jedynie w przypadku dofinansowania w formie pożyczki)
Typy przedsięwzięć	W ramach przedmiotowej części programu finansowane są działania o charakterze prewencyjnym, służące adaptacji do zmian klimatu, zgodnie z założeniami „Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030” (w szczególności wskazane poniżej) oraz działania wspierające rozwój ekologicznego transportu wodnego w Polsce: 1) działania infrastrukturalne (obwałowania przeciwpowodziowe, zbiorniki wodne, poldery, systemy retencjonowania wody deszczowej - w tym na obszarach miejskich); 2) działania dotyczące opracowania i wdrożenia systemu monitoringu zagrożeń i systemu wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami, w tym budowa systemów monitoringu i ostrzegania przed nadzwyczajnymi zjawiskami klimatycznymi; 3) realizacja przedsięwzięć w zakresie metod i narzędzi do analizowania zagrożeń spowodowanych zmianami klimatu, w tym lokalne i regionalne plany i strategie w zakresie działań adaptacyjnych; 4) działania wspierające rozwój ekologicznego transportu wodnego w Polsce, realizowane przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie – wsparcie NFOŚiGW w formie pożyczki; 5) przedsięwzięcia realizowane ze środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 oraz nowej perspektywy EOG i funduszy norweskich – wsparcie NFOŚiGW w formie pożyczki
Formy dofinansowania	1) dotacja; 2) pożyczka; 3) przekazanie środków
Intensywność	1) dofinansowanie w formie dotacji do 100 % kosztów

dofinansowania	kwalifikowanych; 2) dofinansowanie w formie pożyczki do 100 % kosztów kwalifikowanych; 3) dofinansowanie w formie przekazania środków na realizację zadań państwowych jednostek budżetowych do 100% kosztów kwalifikowanych
Warunki dofinansowania	1) dofinansowanie w formie dotacji oraz przekazania środków: a) minimalny koszt przedsięwzięcia inwestycyjnego na etapie składania wniosku wynosi 1 mln zł, b) przedsięwzięcie winno mieć odzwierciedlenie w rządowych dokumentach, w tym w planach gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy lub planach zarządzania ryzykiem powodziowym lub regionalnych dokumentach strategicznych; 2) dofinansowanie w formie pożyczek: a) przedsięwzięcie winno mieć odzwierciedlenie w rządowych dokumentach, w tym w planach gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy lub planach zarządzania ryzykiem powodziowym lub innych dokumentach strategicznych, b) kwota pożyczki: od 100 tys. zł, c) oprocentowanie: WIBOR 3M lecz nie mniej niż 1 % w skali roku. Odsetki z tytułu oprocentowania spłacane są na bieżąco w okresach kwartalnych. Pierwsza spłata na koniec kwartału kalendarzowego, następującego po kwartale, w którym wypłacono pierwszą transzę środków, d) okres finansowania: pożyczka może być udzielona na okres nie dłuższy niż 15 lat. Okres finansowania jest liczony od daty pierwszej planowanej wypłaty transzy pożyczki do daty spłaty ostatniej raty, e) okres karencji: przy udzielaniu pożyczki może być stosowana karencja w spłacie rat kapitałowych liczona od daty wypłaty ostatniej transzy pożyczki do daty spłaty pierwszej raty kapitałowej, lecz nie

	dłuższa niż 6 miesięcy od daty zakończenia realizacji przedsięwzięcia, f) pożyczka podlega częściowemu umorzeniu na warunkach określonych w „Zasadach udzielania dofinansowania ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej”; 3) sposób przekazania środków państwowym jednostkom budżetowym określa rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie gospodarki finansowej Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej i wojewódzkich funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej, a w zakresie tam nieuregulowanym, stosuje się odpowiednio Zasady udzielania dofinansowania ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, z wyłączeniem §2 ust. 3 pkt 1 oraz kryteria wyboru przedsięwzięć finansowanych ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej; 4) w przypadkach, gdy dofinansowanie stanowi pomoc publiczną, jest ono udzielane zgodnie z regulacjami dotyczącymi pomocy publicznej; 5) zabezpieczeniem pożyczek udzielanych państwowym osobom prawnym, w tym Państwowemu Gospodarstwu Wodnemu Wody Polskie jest weksel własny „in blanco”, opatrzony klauzulą „bez protestu” wraz z deklaracją wekslową
--	--

Ponadto w NFOŚiGW dostępne są następujące programy (stan na 5.10.2018):

I. Ochrona i zrównoważone gospodarowanie zasobami wodnymi. Gospodarka wodno-ściekowa w aglomeracjach Część 1) Gospodarka ściekowa w ramach Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych Część 2) Współfinansowanie projektów Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko

1. budowa, rozbudowa lub modernizacja oczyszczalni ścieków komunalnych (także w zakresie dotyczącym przetwarzania osadów ściekowych);
- 2) budowa, rozbudowa lub modernizacja zbiorczych systemów kanalizacji sanitarnej (zakres przedsięwzięć zgodny z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie sposobu wyznaczania obszaru

i granic aglomeracji) wraz z budową przyłączy budynków do kanalizacji sanitarnej realizowanej w ramach przedsięwzięcia będącego przedmiotem wniosku.

2. Beneficjenci

1) jednostki samorządu terytorialnego i ich związki;

2) podmioty świadczące usługi publiczne w ramach realizacji zadań własnych jednostek samorządu terytorialnego.

3. Dofinansowanie w formie pożyczki do 100 % kosztów kwalifikowanych.

4. Nabór ciągły do 2018-12-20 lub do wyczerpania alokacji środków

5. link <http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/gospodarka-wodno-sciekowa-w-aglomeracjach/>
<http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/gospodarka-wodno-sciekowa-w-aglomeracjach/>

II. Ochrona atmosfery, Poprawa jakości powietrza

Część 1) Energetyczne wykorzystanie zasobów geotermalnych

Typy projektów:

1) budowa nowej, rozbudowa lub modernizacja istniejącej ciepłowni/elektrociepłowni geotermalnej;

2) modernizacja lub rozbudowa istniejących źródeł wytwarzania energii o ciepłownię/elektrociepłownię geotermalną;

3) wykonanie lub rekonstrukcja otworu, z zastrzeżeniem, że nie kwalifikuje się wykonania otworu badawczego

1. Rodzaje przedsięwzięć

1) budowa nowej, rozbudowa lub modernizacja istniejącej ciepłowni/elektrociepłowni/elektrowni geotermalnej;

2) modernizacja lub rozbudowa istniejących źródeł wytwarzania energii o ciepłownię/elektrociepłownię/elektrownię geotermalną;

3) wykonanie lub rekonstrukcja otworu, z zastrzeżeniem, że nie kwalifikuje się wykonania otworu badawczego.

2. Przedsiębiorcy w rozumieniu obowiązującej ustawy z dnia 2 lipca 2004 r. o swobodzie działalności gospodarczej, prowadzący działalność gospodarczą w formie przedsiębiorstwa w rozumieniu art. 551 obowiązującej ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks Cywilny.

3. Formy dofinansowania 1) pożyczka 2) inwestycja kapitałowa 3) dotacja 7.2 Intensywność dofinansowania 1) dofinansowanie w formie pożyczki do 75% kosztów kwalifikowanych, 2) dofinansowanie w formie inwestycji kapitałowej do 85% kosztów kwalifikowanych z wyjątkiem projektów realizowanych w formule project finance, w których wysokość udzielonego dofinansowania wynosi do 40% kosztów kwalifikowanych, 3) dofinansowanie w formie dotacji do 50% kosztów kwalifikowanych.

4. Nabór do 2018-12-28

5.link <http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/poprawa-jakosci-powietrza-energetyczne/energetyczne-wykorzystanie-zasobow-geotermalnych/>

III. Ochrona atmosfery System zielonych inwestycji (GIS – Green Investment Scheme) - GEPARD - Bezemisyjny transport publiczny

1. Uniknięcie emisji zanieczyszczeń powietrza poprzez dofinansowanie przedsięwzięć polegających na obniżeniu zużycia energii i paliw w transporcie publicznym.

2. - jednostki samorządu terytorialnego liczące do 100 tys. mieszkańców;

- spółki komunalne, które działają w celu wykonania zadań jednostek samorządu terytorialnego liczące do 100 tys. mieszkańców związanych z publicznym transportem zbiorowym;

- inne podmioty świadczące usługi w zakresie publicznego transportu zbiorowego na podstawie umowy zawartej z jednostką samorządu terytorialnego liczącej do 100 tys. mieszkańców.

3. - Dofinansowanie w formie dotacji w wysokości do 60 % kosztów kwalifikowanych przedsięwzięcia;

- Dofinansowanie w formie pożyczki w wysokości do 100% różnicy pomiędzy wartością kosztów kwalifikowanych przedsięwzięcia a dotacją.

4. Wnioski o dofinansowanie w formie pożyczki w terminie od 10.09.2018 r. do 17.12.2018 r., do godz. 15.30.

5. link <http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/system-zielonych-inwestycji---gis/konkursy/czesc-2-gepard---bezemisyjny-transport-publiczny/>

V. Międzydziedzinowe Wsparcie przedsięwzięć w zakresie niskoemisyjnej i zasobooszczędnej gospodarki Część 2) Współfinansowanie projektów Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisk w ramach I osi priorytetowej POIiŚ 2014-2020 - Zmniejszenie emisyjności gospodarki

1. Do wsparcia nie kwalifikują się przedsięwzięcia wykazane w „Obwieszczeniu Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowego wykazu przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej”.

2. Przedsiębiorcy w rozumieniu obowiązującej ustawy z dnia 2 lipca 2004 r. o swobodzie działalności gospodarczej, prowadzący działalność gospodarczą w formie przedsiębiorstwa w rozumieniu art. 551 obowiązującej ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks Cywilny.

3. Dofinansowanie w formie pożyczki do 75% kosztów kwalifikowanych.

4. Nabór do 2018-12-20 lub do wyczerpania alokacji środków

5. <http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/wsparcie-przedswiezec/e-kumulator---ekologiczny-akumulator-dla-przemyslu/>

VI. Międzydziedzinowe Wsparcie przedsięwzięć w zakresie niskoemisyjnej i zasobooszczędnej gospodarki Część 3) Efektywne systemy ciepłownicze i chłodnicze

1. Wsparcie przedsięwzięć realizowanych w istniejącym przedsiębiorstwie/zakładzie dotyczących budowy lub przebudowy jednostek wytwórczych wraz z podłączeniem ich do sieci dystrybucyjnej/przesyłowej mających na celu doprowadzenie systemu ciepłowniczego, w którym funkcjonują, do spełnienia definicji *efektywnego systemu ciepłowniczego*, w którym do produkcji ciepła lub chłodu wykorzystuje się w co najmniej:

- 50 % energię ze źródeł odnawialnych, lub 50 % ciepło odpadowe, lub 75 % ciepło pochodzące z kogeneracji, lub w 50 % wykorzystuje się połączenie takiej energii i ciepła.

2. Przedsiębiorcy w rozumieniu ustawy z dnia 2 lipca 2004 r. o swobodzie działalności gospodarczej (t.j.: Dz. U. z 2015 r., poz. 584 z późn. zm.), prowadzący działalność gospodarczą w formie przedsiębiorstwa w rozumieniu art. 55¹ ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks Cywilny (t.j.: Dz. U. z 2016 r., poz. 380), której głównym celem jest produkcja energii cieplnej na cele komunalno – bytowe (co najmniej 30 % strumienia wytwarzanego ciepła).

3. Dofinansowanie w formie pożyczki do 85% kosztów kwalifikowanych.

4. Nabór do 20.12.2018 r.

5. <http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/wsparcie-przedswiezec/czesc-3-efektywne-systemy-cieplownicze-i-chlodnicze/>

Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014-2020

W ramach poniższej tabeli zaprezentowano kluczowe informacje dotyczące możliwości pozyskania dofinansowania ze środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 w zakresie przedsięwzięć związanych z adaptacją do zmian klimatu.

Nazwa Programu	Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014-2020
Nazwa Osi priorytetowej	Oś priorytetowa II Ochrona środowiska, w tym adaptacja do zmian klimatu
Nazwa Działania	Działanie 2.1 Adaptacja do zmian klimatu wraz z zabezpieczeniem i zwiększeniem odporności na klęski żywiołowe, w szczególności katastrofy naturalne oraz monitoring środowiska
Okres realizacji Programu	2014-2020
Typ beneficjenta	1) Państwowe Gospodarstwo Wodne „Wody Polskie” – PGW Wody Polskie (forma prawna - kod 439) dla typów projektów 1a, 2, 4, 10, 11, 12; jednostki samorządu terytorialnego i ich związki, działające w ich imieniu jednostki organizacyjne (forma prawna - kod 403, kod 429, kod 430, kod 431) dla typów projektów 4, 5, 12;

	2) podmioty świadczące usługi publiczne w ramach realizacji obowiązków własnych jednostek samorządu terytorialnego (forma prawna - kod 019, kod 023, kod 115, kod 116, kod 117, kod 118, kod 120, kod 121, kod 124) dla typów projektów 4, 5, 12; 3) jednostki organizacyjne Lasów Państwowych (forma prawna - kod 428) dla typu projektu 3, 7c; 4) urzędy morskie (forma prawna - kod 401) dla typu projektu: 1a, 6; 5) Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMiGW) (forma prawna - kod 165) dla typów projektów 7a; 6) Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej (KG PSP) (forma prawna - kod 401) dla typów projektów 7a, 7b; 7) Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy (forma prawna - kod 165) dla typu projektu 7a; 8) Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ) (forma prawna - kod 401) dla typu projektu 8; 9) Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (WIOŚ) (forma prawna - kod 401) dla typu projektu 8; 10) Ministerstwo Środowiska (forma prawna - kod 401) dla typu projektów 1b; 11) Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) (forma prawna – kod 165) dla typu projektów 7a, 8, 9; 12) Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej (forma prawna – kod 401) dla typu projektu 1a; 13) Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB) (forma prawna – kod 165) dla typu projektów 9
Typy przedsięwzięć	1. Opracowanie i aktualizacja dokumentów strategicznych/planistycznych a. opracowanie lub aktualizacja dokumentów strategicznych i

	planistycznych z zakresu gospodarowania wodami. Opracowane lub zaktualizowane mogą zostać następujące dokumenty: - wstępna ocena ryzyka powodziowego; - mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego; - plany przeciwdziałania skutkom suszy w regionach wodnych i na obszarach dorzeczy; - plany zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszarów dorzeczy i regionów wodnych; - plany gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy; - program wodno-środowiskowy kraju. b. przygotowanie lub aktualizacja planów adaptacji do zmian klimatu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, z uwzględnieniem komponentu informacyjno-edukacyjnego. Wsparcie będzie dotyczyło również miast o wielkości zbliżonej do 100 tys. mieszkańców, jednak nie mniej niż 90 tys. mieszkańców (Grudziądz, Jaworzno, Słupsk), wykazujących dużą podatność na zmiany klimatu oraz identyfikujących istotne problemy i potrzeby w zakresie zagospodarowania wód opadowych oraz miast o wielkości poniżej 90 tys. Mieszkańców leżących na obszarze Aglomeracji Górnośląskiej (Mysłowice, Czeladź, Siemianowice Śląskie) oraz Trójmiasta (Sopot), które są powiązane funkcjonalnie z miastami o wielkości powyżej 100 tys. mieszkańców, wykazują dużą podatność na zmiany klimatu, oraz identyfikują istotne problemy i potrzeby w zakresie zagospodarowania wód opadowych. 2. Realizacja zadań służących osiągnięciu dobrego stanu wód Wspierane będą projekty, których zakres, charakter oraz lokalizacja zapewni kompleksowe podejście do realizacji zadań służących osiągnięciu dobrego stanu/potencjału jednolitej części wód powierzchniowych. Preferowane będą projekty, które wynikają z Programu wodno-środowiskowego kraju lub jego aktualizacji.
--	---

	Dofinansowane będą w szczególności następujące elementy: - renaturyzacja przekształconych cieków wodnych i obszarów od wód zależnych (w tym odtwarzanie mokradeł i poprawa warunków wodnych torfowisk) oraz przywracanie zdolności wód do samooczyszczania; - przywracanie ciągłości ekologicznej cieków; - tam, gdzie uzasadnione, rozbiórka wałów przeciwpowodziowych; - zwiększenie retencji dolinowej cieków; - realizacja zadań zmierzających do osiągnięcia dobrego stanu wód zbiorników wodnych, położonych na cieku objętym kompleksowym projektem poprawy stanu wód; - poprawa stanu wód jezior przepływowych i bezodpływowych zasilanych ciekiem - warunek jak wyżej oraz poprawa stanu wód pozostałych typów jezior. 3. Wsparcie ponadregionalnych systemów małej retencji Wsparcie zostanie skierowane na realizację kompleksowych projektów z zakresu budowy ponadregionalnych systemów małej retencji. Wsparcie ponadregionalnych systemów małej retencji stanowi kontynuację projektów z zakresu małej retencji realizowanych w ramach POIiŚ 2007-2013. Przykładowe elementy projektów będą dotyczyły m.in.: - odbudowy, modernizacji i budowy małych urządzeń piętrzących w celu wykorzystania wody do nawodnień, spowolnienia odpływu wód powierzchniowych oraz ochrony gleb torfowych (w przypadku obiektów na ciekach wodnych z zapewnieniem drożności cieków dla ryb); - renaturyzacji siedlisk podmokłych; - adaptacji istniejących systemów melioracyjnych do pełnienia funkcji retencyjnych z zachowaniem drożności cieków dla ryb;
--	---

	- odbudowy, modernizacji stopni przeciwoerozyjnych dla podniesienia poziomu wody gruntowej na obszarach przyległych (progi, brody, zastawki, małe zbiorniki, jazy, groble, etc.), pod warunkiem zapewnienia drożności cieku dla ryb i z wyłączeniem piętrzeń dla małych elektrowni wodnych. 4. Budowa, przebudowa lub remont urządzeń wodnych przyczyniających się do zmniejszenia skutków powodzi i suszy Realizacja projektów związanych z budową, przebudową i remontem urządzeń wodnych będzie dopuszczona pod warunkiem spełnienia wymogów wynikających z zapisów prawodawstwa unijnego w szczególności Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) i tzw. Dyrektywy Powodziowej. W zakresie działań dotyczących budowy lub modernizacji urządzeń wodnych współfinansowane będą mogły być tylko projekty wskazane w załącznikach do Master Planów dla obszarów dorzeczy Odry i Wisły, które nie wpływają negatywnie na osiągnięcie dobrego stanu wód lub nie pogarszają stanu wód. Współfinansowanie projektów, wskazanych w załącznikach do Master Planów, jako mogące spowodować nieosiągnięcie dobrego stanu wód lub pogorszenie stanu/potencjału jednolitych części wód, nie będzie dozwolone do czasu przedstawienia wystarczających dowodów na spełnienie warunków określonych w art. 4.7 Ramowej Dyrektywy Wodnej w aktualizacji Planów Gospodarowania Wodami na Obszarach Dorzeczy. Wypełnienie warunku będzie uzależnione od potwierdzenia przez Komisję Europejską zgodności przygotowanych aktualizacji Planów Gospodarowania Wodami w Dorzeczach z wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej. Wybór projektów dotyczących poprawy bezpieczeństwa powodziowego uzależniony będzie również od ich zgodności z planami zarządzania ryzykiem powodziowym. Dopuszczalne będzie realizowanie inwestycji przede wszystkim w zakresie następujących urządzeń wodnych: - zbiorniki suche służące redukcji fali powodziowej pracujące w reżimie chroniącym tereny zurbanizowane i jednocześnie
--	---

	ekosystemy od wody zależne; - kanały ulgi; - poldery przeciwpowodziowe (rozumiane jako obwałowane przestrzenie na terenie zalewowym rzeki, z przepompowniami do ich opróżniania po powodzi); - wały przeciwpowodziowe w przypadku braku możliwości zastosowania innych rozwiązań alternatywnych (tam, gdzie uzasadnione, rozbiórka wałów przeciwpowodziowych, zmiana rozstawu wałów w celu likwidacji przewężeń koryta przepływu wód - poszerzenie terenu międzywała); - wrota przeciwsztormowe i przeciwpowodziowe; - kierownice, ostrogi, opaski brzegowe i inne budowle służące realizacji ochrony przed powodzią, wyłącznie jako elementy kompleksowego projektu. W ramach tego typu projektów przewidziano również możliwość zakupu i montażu mobilnych barier przeciwpowodziowych. Nie przewiduje się wsparcia w zakresie zbiorników wielofunkcyjnych. W ramach działania dopuszczalne jest wyodrębnienie alokacji dedykowanej średnim miastom, w tym tracącym funkcje społeczno-gospodarcze. 5. Systemy gospodarowania wodami opadowymi na terenach miejskich Projekty dotyczyć będą m.in.: - budowy, rozbudowy lub remontu sieci kanalizacji deszczowej oraz infrastruktury towarzyszącej, która przyczynia się do odprowadzania, zatrzymania, retencjonowania, wykorzystania wód opadowych i/lub oczyszczania (w razie potrzeby) wód opadowych, przy czym dla tej infrastruktury preferowane będzie użycie metod naturalnych lub bazujących na naturalnych. Metody naturalne lub bazujące na naturalnych to działania, wykorzystujące naturalną zdolność retencji,
--	---

	zagospodarowania, samooczyszczania oraz odprowadzania wód opadowych z danego terenu np. rowy odwadniające, muldy, zbiorniki odparowujące, obsadzone roślinnością stawy sedimentacyjne, obiekty hydrofitowe oczyszczania wód opadowych; - budowy, rozbudowy lub remontu zbiorników wód opadowych wraz z infrastrukturą towarzyszącą (w tym m.in. urządzenia podczyszczające i instalacje rozprowadzania zebranej wody); - likwidacji zasklepienia lub uszczelnienia gruntu poprzez stosowanie wzmocnień przepuszczalnych dla wody np.: ażurowych lub żwirowych; - dla miast nieujętych w projekcie pozakonkursowym realizowanym w ramach typu projektu 2.1.1b, które wpisują się w zakres interwencji POIiŚ, możliwe jest również ujęcie w projekcie zadań związanych z przygotowaniem lub aktualizacją planów adaptacji do zmian klimatu. Co do zasady wsparcie będzie kierowane do obszarów miast ujętych w projekcie 1b polegającym na opracowaniu lub aktualizacji planów adaptacji do zmian klimatu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców. Ponadto, możliwa będzie również realizacja projektów na obszarach miast, których gęstość zaludnienia jest wyższa niż 1200 mieszkańców/km² oraz na obszarach gmin miejskich ujętych w kontrakcie terytorialnym dla danego województwa wg stanu na dzień 31 października 2016. Warunkiem dopuszczenia możliwości współfinansowania ze środków POIiŚ dla miast nieujętych w projekcie 1b jest potwierdzenie posiadania planu adaptacji do zmian klimatu zgodnie z przygotowanym przez Ministerstwo Środowiska „Podręcznikiem adaptacji dla miast – wytycznymi do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu” lub przynajmniej potwierdzenie przystąpienia do przygotowania planu adaptacji poprzez dysponowanie odpowiednią uchwałą rady gminy. 6. Zabezpieczenie brzegów morskich zagrożonych erozją W pierwszej kolejności będą realizowane prace z zakresu ochrony
--	---

	biotechnicznej (ochrona lekka) oraz inwestycje zintegrowane, w których wykonywane z materiałów pochodzenia naturalnego budowle hydrotechniczne (ochrona ciężka) wspierane będą działaniami wykorzystującymi metody z zakresu ochrony biotechnicznej. Projekty będą dotyczyć przede wszystkim: - odtwarzanie wydmy nadmorskich i wałów plażowowydmych; - sztuczne zasilania (refulacja). W zakresie umocnień i stabilizacji brzegów wspierane będzie m.in.: - wykorzystanie materiału pochodzenia organicznego do stabilizowania wydmy i stoków klifowych (np. faszynada); - prowadzenie nasadzeń roślinnością właściwą dla danego ekosystemu; - obsiewy mieszką traw na podkładzie z biowłókniny. W przypadku braku możliwości zapewnienia skuteczności podejmowanych działań przy wykorzystaniu wyłącznie metod biologicznych i biotechnicznych, dopuszczalne będzie stosowanie metod hydrotechnicznych np.: - opaski i okładziny brzegowe; - ostrogi; - gabiony; - progi podwodne. Uzupełniając, w ramach kompleksowych projektów, możliwe będzie realizowanie działań zmniejszających presję turystyczną na wybrzeże tj.: budowa/przebudowa zejść na plażę jako lekkich konstrukcji ponad podłożem oraz łatwe do rozbiórki i odbudowy: pomosty, kładki, ścieżki. 7. Zapobieganie, przeciwdziałanie oraz ograniczanie skutków
--	---

	zagrożeń a. Rozwój systemów wczesnego ostrzegania i prognozowania zagrożeń Budowanie i doskonalenie stanowisk do analizowania i prognozowania zagrożeń naturalnych i stwarzanych poważnymi awariami, w tym: zakup i montaż sprzętu komputerowego wyposażonego w specjalistyczne oprogramowanie do wykonywania analiz, prognozowania i modelowania zagrożeń oraz prawdopodobnych skutków ich oddziaływania, budowa radarów meteorologicznych w celu ostrzegania i prognozowania zagrożeń; b. Wsparcie systemu ratowniczo-gaśniczego Wsparcie techniczne krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego na wypadek wystąpienia zjawisk katastrofalnych lub poważnych awarii, w tym: zakupy specjalistycznego sprzętu niezbędnego do skutecznego prowadzenia akcji ratowniczych oraz usuwania skutków zagrożeń naturalnych i poważnych awarii (np. samochody ratownictwa chemicznego, ratownictwa ekologicznego, samochody ratowniczo-gaśnicze, pompy, łodzie, sprzęt zaplecza socjalnego dla ewakuowanych, nośniki kontenerów z innym sprzętem specjalistycznym); c. Wsparcie w zakresie adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu Rozwój systemów wczesnego ostrzegania i prognozowania zagrożeń związanych z pożarami lasów oraz wsparciem systemów szybkiego reagowania na tego rodzaju zagrożenia (np. rozwój i doskonalenie stanowisk do monitorowania, analizowania i prognozowania zagrożeń, w tym: modernizacja wyposażenia punktów alarmowo-dyspozycyjnych, zakup nowoczesnego sprzętu umożliwiającego identyfikację pożarów; budowa i modernizacja wież pożarowych; modernizacja systemu łączności związanego z identyfikacją pożarów i prowadzeniem akcji gaśniczych; zakup samochodów patrolowo-gaśniczych i modułów gaśniczych) w ramach projektu o zasięgu
--	---

	ogólnopolskim. Modernizacja wyposażenia punktów alarmowo-dyspozycyjnych będzie obejmowała zakup specjalistycznego sprzętu oraz oprogramowania umożliwiającego monitorowanie terenów leśnych pod kątem wystąpienia pożarów oraz sprzętu i oprogramowania umożliwiającego szybkie powiadamianie służb ratunkowych i ludności oraz łączność. 8. Wdrażanie metod obserwacji i zakupy sprzętu w celu usprawnienia systemu monitoringu środowiska W ramach projektów w zakresie wzmocnienia monitoringu wód wsparcie obejmie: - zakup specjalistycznych urządzeń pomiarowych i badawczych zapewniających zwiększenie zakresu i poprawę jakości pomiarów oraz zakup sprzętu informatycznego i warstw geoinformatycznych do analiz przestrzennych na potrzeby weryfikacji sieci pomiarowych i wykonywania ocen stanu wód; - prace eksperckie i analityczne: dla potrzeb planowania i aktualizowania sieci pomiarowych, w zakresie wskaźników jakości dla ocen stanu ekologicznego i chemicznego, dla potrzeb zapewnienia jakości systemu klasyfikacji i ocen stanu wód (w tym wytyczne, procedury, metodyki i poradniki, badania porównawcze elementów jakości wód, warsztaty); - opracowanie koncepcji rozszerzenia zakresu działania Krajowego Laboratorium Referencyjnego o problematykę monitoringu wód; - rozwój systemu gromadzenia i prezentacji danych pomiarowych (w tym portal prezentujący dane o stanie wód) dla potrzeb przetwarzania i udostępniania danych monitoringu wód. W zakresie wzmocnienia monitoringu powietrza wspierane będzie: - unowocześnienie i rozbudowa infrastruktury kalibracyjnej i wzorcującej Krajowego Laboratorium Referencyjnego i Wzorcującego ds. badań powietrza atmosferycznego, poprzez zakup ławy
--	---

	kalibracyjnej i linii kalibracyjnych dla potrzeb wzorcowań analizatorów referencyjnych oraz badań porównawczych analizatorów zanieczyszczeń gazowych w powietrzu, zakup wyposażenia specjalistycznego do pokoju wagowego a także wykonanie projektów technicznych dla potrzeb rozbudowy infrastruktury badawczej KLRiW; - modernizacja infrastruktury sieci monitoringu jakości powietrza oraz zakup specjalistycznych urządzeń i sprzętu do pomiarów i analiz zanieczyszczeń powietrza oraz prezentacji wyników; - monitoring hałasu w zakresie jakości pomiarów i ocen stanu klimatu akustycznego oraz infrastruktury pomiarowej i informatycznej. W zakresie wzmocnienia monitoringu pól elektromagnetycznych wspierane będą następujące zadania: - zakup sprzętu pomiarowego wykorzystującego w pomiarach poziomów pola elektromagnetycznego metody badań selektywnych z możliwością identyfikacji operatorów systemów; - prace eksperckie i analityczne dla potrzeb planowania i wykonania pomiarów kontrolnych oraz prezentacji danych pomiarowych (m.in. wytyczne, procedury, metodyki i poradniki), - modernizacja infrastruktury laboratoryjnej służącej do pomiarów pola elektromagnetycznego, w tym m.in. zakup sprzętu informatycznego dla potrzeb przetwarzania danych z pomiarów. 9. Tworzenie bazy wiedzy i kompetencji w zakresie zmian klimatu i adaptacji do zmian klimatu W ramach działania tworzone i rozbudowywane będą bazy wiedzy i kompetencji, obejmujące zagadnienia związane m.in. z polityką klimatyczną, zmianami klimatu, adaptacją do zmian klimatu oraz mitygacją skutków tych zmian, np. w aspekcie realizacji inwestycji, planowania przestrzennego, zmniejszania ryzyka powodziowego i innych obszarów powiązanych merytorycznie lub funkcjonalnie. W celu ułatwienia korzystania z powstałej w ramach projektów bazy
--	--

	wiedzy w praktyce, do wsparcia będą kwalifikowały się również działania o charakterze informacyjno- szkoleniowym, stanowiące dopełnienie zadań związanych z tworzeniem bazy wiedzy i jednocześnie będące integralną częścią projektu dotyczącego bazy wiedzy. Katalog wspieranych zadań obejmuje m.in. szkolenia, warsztaty, konferencje skierowane do potencjalnych grup docelowych przygotowywanych baz wiedzy oraz opracowanie materiałów promocyjnych. 10.Działania informacyjno – edukacyjne w zakresie zmian klimatu i adaptacji do nich Projekty o charakterze informacyjno-edukacyjnym realizowane w ramach działania będą w sposób kompleksowy obejmować tematykę zmian klimatu i adaptacji do nich, jak również przeciwdziałania i minimalizacji skutków klęsk żywiołowych poważnych awarii. Działanie będzie miało na celu zwiększenie świadomości ludności szczególnie narażonej na ww. zagrożenia oraz zwiększenie potencjału służb odpowiedzialnych za planowanie i zarządzanie kryzysowe. 11. Budowa specjalistycznych jednostek pływających do prowadzenia czynnej osłony przeciwwzatorowej Wsparciem objęte zostaną projekty polegające na zakupie specjalistycznych jednostek do łamania pokrywy lodowej (lodołamaczy). 12. Prace przygotowawcze dla inwestycji w ramach typu projektów 4 Wsparciem objęte zostanie przygotowanie lub aktualizacja dokumentacji niezbędnej do wnioskowania i realizacji projektów (m.in. studium wykonalności, dokumentacja w zakresie oceny oddziaływania na środowisko, dokumentacja projektowa, dokumentacja techniczna, mapy lub szkice sytuujące projekt). Współfinansowana będzie mogła być tylko dokumentacja dla projektów wskazanych w załącznikach do Master Planów dla obszarów dorzeczy Odry i Wisły, które nie wpływają negatywnie na
--	---

	osiągnięcie dobrego stanu wód lub nie pogarszają stanu wód
Formy dofinansowania	dotacja
Intensywność dofinansowania	85% (z zastrzeżeniem przepisów dotyczących pomocy publicznej)

Ponadto w ramach PO IiŚ realizowane są następujące programy (stan na 5.10.2018):

I. Oś priorytetowa I Zmniejszenie emisyjności gospodarki
działanie 1.1 Wsparcie wytwarzania i dystrybucji energii pochodzącej ze źródeł
odnawialnych_poddziałanie 1.1.1 Wsparcie inwestycji dotyczących wytwarzania energii
z odnawialnych źródeł wraz z podłączeniem tych źródeł do sieci dystrybucji/przesyłowej

1. Budowa nowych lub przebudowa instalacji skutkującej zwiększeniem mocy zainstalowanej jednostek wytwarzania energii z OZE związanej z budową nowych lub przebudową jednostek wytwarzania energii (elektrycznej lub elektrycznej i cieplnej w skojarzeniu) wykorzystujących energię wiatru (powyżej 5 MWe), biomasę (powyżej 5 MWth/MWe), biogaz (powyżej 1 MWe), wodę (powyżej 5 MWe), energię promieniowania słonecznego (powyżej 2 MWe/MWth).

2. Dofinansowanie może być udzielone przedsiębiorcy – wytwórcy energii z odnawialnych źródeł energii (forma prawna – kod 115, kod 116, kod 117, kod 118, kod 019, kod 120, kod 121, kod 023, kod 124).

3. **200 mln PLN, w tym:** 50 mln PLN dla projektów realizowanych przez członków klastrów energii posiadających Certyfikat Klastra Energii wydany przez Ministra Energii oraz 150 mln PLN dla pozostałych projektów.

4. Wnioski o dofinansowanie należy składać w terminie od 03.09.2018 r. do 31.10.2018 r.:

5. link <http://poiis.nfosigw.gov.pl/skorzystaj-z-programu/zobacz-ogloszenia-i-wyniki-naborow-wnioskow/wspieranie-inwestycji-dotyczacych-wytwarzania-energii//>

II. Oś priorytetowa I Zmniejszenie emisyjności gospodarki działanie 1.6 Promowanie
wykorzystywania wysokosprawnej kogeneracji ciepła i energii elektrycznej w oparciu o
zapotrzebowanie na ciepło użytkowe poddziałanie 1.6.1 Źródła wysokosprawnej kogeneracji

1. **Typ projektów podlegających dofinansowaniu w ramach Działania 1.6 Poddziałania 1.6.1:**

Budowa nowych lub zwiększenie mocy (w wyniku rozbudowy lub przebudowy) istniejących jednostek wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w technologii wysokosprawnej kogeneracji.

2. Rodzaj podmiotów, które mogą ubiegać się o dofinansowanie w ramach konkursu:

- przedsiębiorcy (forma prawna – kod 019, kod 023, kod 115, kod 116, kod 117, kod 118, kod 120, kod 121, kod 124, kod 140),
- jednostki samorządu terytorialnego oraz działające w ich imieniu jednostki organizacyjne (forma prawna – kod 403, kod 429, kod 430, kod 431),
- podmioty świadczące usługi publiczne w ramach realizacji obowiązków własnych jednostek samorządu terytorialnego nie będące przedsiębiorcami (forma prawna – kod 115),
- spółdzielnie mieszkaniowe (forma prawna – kod 140).

Dofinansowanie może być udzielone na Projekty realizowane na terenie całego kraju za wyjątkiem projektów zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego, dla których przewidziano wsparcie w ramach działania 1.7.3 POIiŚ.

3. Maksymalny udział dofinansowania w wydatkach kwalifikowalnych na poziomie projektu jest ustalany zgodnie z przepisami pomocy publicznej, nie więcej niż 85%

4. Nabór do 2018-11-26

5. link <http://poiis.nfosigw.gov.pl/skorzystaj-z-programu/zobacz-ogloszenia-i-wyniki-naborow-wnioskow/zrodla-wysokosprawnej-kogeneracji--iv-konkurs/art,1,zrodla-wysokosprawnej-kogeneracji-iv-konkurs.html>

III edycja Funduszu Norweskiego i Europejskiego Obszaru Gospodarczego (Fundusze Norweskie i EOG) na lata 2014-2021

W dniu 20 grudnia 2017 r. została podpisana międzyrządowa umowa (en. *Memorandum of Understanding*) pozwalająca na uruchomienie III edycji Funduszu Norweskiego i Europejskiego Obszaru Gospodarczego (Fundusze Norweskie i EOG) w Polsce na lata 2014-2021.

Łącznie na III edycję Funduszy norweskich i EOG państwa-darczyńcy, czyli Norwegia, Islandia i Liechtenstein, przeznaczyły kwotę ponad 2,8 mld euro. Wsparcie przyznano 15 państwom Europy Środkowej i Południowej oraz krajom bałtyckim. Polska z alokacją 809,3 mln euro, podobnie jak w poprzednich latach, pozostanie największym beneficjentem tych środków.

Na program Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu przewidziano alokację w wysokości 140 mln euro (współfinansowanie krajowe – 24,7 mln euro). Pierwsze nabory w ramach III edycji przewidziane są na II połowę 2018 r.

8. Narzędzia monitoringu i oceny realizacji działań adaptacyjnych

Prawidłowe wdrażanie planu adaptacji i jego aktualizacja wymaga monitorowania oraz ewaluacji całego procesu. Ma to służyć:

- identyfikacji zagrożeń w realizacji poszczególnych działań
- bieżącemu dostosowaniu się do zmieniających się warunków klimatycznych;
- dostosowaniu się do otoczenia formalno-prawnego oraz możliwości finansowych.

Monitorowaniu będzie służyć zestaw wskaźników monitorowania , które stanowią będą podstawę do przygotowywania raportów. Obok kontroli realizacji poszczególnych działań w nawiązaniu do planu adaptacji tworzy się dwa zestawy wskaźników. Każdy z nich służy monitorowaniu innego aspektu adaptacji do zmian klimatu.

Pierwszy zestaw służy monitoringowi zmian klimatu. Są to te same wskaźniki, które zostały użyte do scharakteryzowania klimatu miasta w trakcie przeprowadzania analizy narażenia. Ich monitorowanie powinno odbywać się co pięć lat i być oceniane zarówno względem wartości z wcześniejszych okresów monitorowania (okres referencyjny 1981-2010) oraz wartości wynikających ze scenariuszy zmian klimatu (pod warunkiem, że porównywalne wartości są w scenariuszach dostępne). Pierwszy okres monitorowania powinien objąć lata 1986-2015, a następne okresy to 1991-2020, 1996-2025, 2001-2030 itd.

Drugi zestaw służy monitoringowi zmian odporności miasta na zmiany klimatu. Składa się on ze wskaźników, które w większości zostały użyte do przygotowania analizy wrażliwości i zdolności adaptacyjnych na potrzeby Strategii Adaptacji. Do regularnego monitoringu proponuje się wybrać następujące:

- Wielkość powierzchni nieprzepuszczalnej w mieście (w ha) oraz ich udział w powierzchni miasta (w %);
- Wielkość powierzchni biologicznie czynnej w mieście (w ha) oraz jej udział w powierzchni miasta (w %);
- Liczba osób zamieszkujących tereny zagrożone podtopieniami;
- Kubatura budynków zagrożonych podtopieniami;

- Liczba osób zamieszkujących a obszarze wyspy ciepła (silnego stresu ciepła);
- Średnioroczna wielkość strat w wyniku podtopień w mln zł
- Średnioroczna wielkość strat w wyniku silnego wiatru w mln zł
- Średnioroczna liczba interwencji straży pożarnej w związku z opadami;
- Średnioroczna liczba interwencji straży pożarnej w wyniku wystąpienia silnego wiatru;
- Średnioroczne zakłócenia w transporcie wynikające z ekstremalnych zjawisk (liczba)
- Średnioroczne zaburzenia w dostawach wody pitnej wynikające z ekstremalnych zjawisk (liczba)
- Średnioroczne zaburzenia w odprowadzaniu ścieków wynikające z ekstremalnych zjawisk (liczba)
- Średnioroczne zaniki zasilania w energię elektryczną wynikające z ekstremalnych zjawisk (liczba minut)
- Średnioroczna podwyższona śmiertelność wynikająca z fal gorąca i tropikalnych temperatur (dla całego miasta)

Monitorowanie tych wskaźników powinno odbywać się co 5 lat przy założeniu, że pierwszym okresem monitoringu był okres 2007-2017 służący ocenie wrażliwości oraz zdolności adaptacyjnych na potrzeby Strategii i Planu Adaptacji. Niektóre wskaźniki należy monitorować biorąc pod uwagę średnie z okresu pięcioletniego (wskaźniki średnioroczne), a niektóre biorąc pod uwagę jedynie wartość z ostatniego roku (wskaźniki w wartościach rzeczywistych). Kolejne okresy sprawozdawcze w przypadku tych wskaźników to: 2018-2022, 2023-2027, 2028-2032, 2033-2037, itd.

Komfort cieplny człowieka to inaczej zrównoważony bilans cieplny – czyli organizm nie odczuwa ani ciepła ani zimna generalnie oraz w odniesieniu do poszczególnych części ciała (dłonie, stopy, kark, uszy etc.), komfort cieplny jest odczuciem indywidualnym

Stres cieplny człowieka – to zaburzenie równowagi bilansu cieplnego, czyli odczuwanie braku komfortu termicznego: wrażenie przegrzania (za wysokiej temperatury odczuwalnej całego ciała lub jego części) lub wrażenie wychłodzenia (za niskiej temperatury odczuwalnej całego ciała lub jego części); stres cieplny jest odczuciem indywidualnym

Stres termiczny to indywidualna reakcja organizmu żywego (najczęściej człowieka, ale również zwierząt i roślin) na warunki pogodowe, np. łączne występowanie wysokiej temperatury powietrza przez całą dobę, brak opadów i niską wilgotność powietrza; stres termiczny prowadzi do wzrostu reaktywności organizmu – np. w reakcji na przegrzanie występuje spadek ciśnienia krwi, pocenie się, złe samopoczucie, spadek wydolności fizycznej (szybkie męczenie się) oraz psychicznej (drażliwość, ospałość)

Zarządzanie kryzysowe – zgodnie z ustawą z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym, to to działalność organów administracji publicznej będąca elementem kierowania bezpieczeństwem narodowym, która polega na zapobieganiu sytuacjom kryzysowym, przygotowaniu do przejmowania nad nimi kontroli w drodze zaplanowanych działań, reagowaniu w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych, usuwaniu ich skutków oraz odtwarzaniu zasobów i infrastruktury krytycznej.

System zarządzania kryzysowego to ogół procedur i wykaz przedsięwzięć w zakresie zarządzania kryzysowego wskazanych przez Prezesa Rady Ministrów w drodze rozporządzenia

Załącznik nr 1. Prognoza zmian klimatu: metodyka opracowania oraz materiały źródłowe

Obserwacje parametrów meteorologicznych i hydrologicznych, jak również wyniki symulacji klimatycznych wyraźnie wskazują na ocieplenie klimatu i związane z tym różne konsekwencje środowiskowe rzutujące na warunki życia społecznego oraz prowadzenia działalności gospodarczej.

Do badań klimatu i jego ewolucji wykorzystuje się numeryczne hydrodynamiczne trójwymiarowe modele ogólnej cyrkulacji atmosfery i oceanu (ang. *numerical general circulation models*). Do zadań modelowania przyszłego klimatu dla skali lokalnej – istotnej z punktu widzenia warunków życia społeczności, używane są odpowiednio regionalne modele klimatu pobierające warunki początkowe i brzegowe z modeli globalnych. Oszacowania lokalne (ang. *downscaling*) ze względu na specyfikę regionalnych (w dużej skali) warunków kształtujących klimat wymagają zastosowania dodatkowych technik przetwarzania, najczęściej statystycznego. Rozwój wiedzy w zakresie procesów kształtujących klimat powoduje, że modele są regularnie uaktualniane – ulepszone są zarówno parametryzacje procesów fizycznych w atmosferze, jak też wprowadza się bardziej efektywne schematy numeryczne pozwalające na wykorzystanie nowych technologii obliczeniowych.

Numeryczne modele klimatu, dając spójny i prawdopodobny opis świata - są aktualnie najlepszym dostępnym narzędziem do symulacji systemu klimatycznego. Niemniej jednak należy pamiętać, że modele stanowią tylko pewną idealizację rzeczywistości przy określonych założeniach i niezbędnych uproszczeniach systemu naturalnego. Ponieważ nie istnieje model doskonały, a modele zawierają dużo niepewności – dlatego aby uzyskać zakres możliwych dróg rozwoju warunków klimatycznych w przyszłości, konieczna jest analiza tzw. wiązki symulacji. Wiązka symulacji to zestaw kombinacji wyników modelowania kilku (nawet kilkunastu) modeli regionalnych pobierających warunki brzegowe i początkowe z modeli globalnych (zarówno modele globalne jak i podstawy teoretyczne opisu procesów klimatycznych są jedną z dziedzin, gdzie następuje najszybszy rozwój poznawczy). W celu podniesienia wiarygodności wyników modelowania przyszłego klimatu – przede wszystkim w celu usunięcia błędów systematycznych i dopasowania wyników modeli numerycznych do klimatu obserwowanego (czyli aktualnych warunków klimatycznych), konieczne jest stosowanie dodatkowych procedur korygujących. W pracowaniu zastosowano w tym celu tzw. statystyczny postprocesing (ang. *downscaling*) bezpośrednich wyników modeli.

Obecnie, przy przygotowywaniu planów strategicznych i adaptacyjnych do zmian klimatu, rekomendowane jest prowadzenie analiz i oszacowań na podstawie wiązek najnowszych dostępnych symulacji klimatycznych dla warunków opisywanych przez scenariusze koncentracji gazów cieplarnianych RCP4.5 oraz RCP8.5 (zgodnie z raportem IPCC, 2014). Scenariusze RCP4.5 i RCP8.5 (ang.

Representative Concentration Pathways, RCPs), opisują dwa potencjalne „**klimaty przyszłości**” zależne od ilości wyemitowanych gazów cieplarnianych, nazwy są związane z wartościami wymuszenia radiacyjnego w roku 2100 w stosunku do okresu preindustrialnego: +4.5, i +8.5 W/m². Oznacza to, że scenariusz RCP4.5 zakłada przyrost efektu cieplarnianego w ogólności „**umiarkowany**” – zakładający powolny przyrost ilości gazów cieplarnianych w atmosferze przyziemskiej. Wówczas zmiany klimatu odzwierciedlające tę porcję zatrzymanej energii nie następowałyby drastycznie, ale z zachowaniem tendencji przyrostu temperatury. Zaś w przypadku nie wyhamowania tempa przyrostu ilości gazów cieplarnianych w atmosferze – a więc zatrzymania niemal 2-krotnie większej porcji energii (RCP8.5) – globalne zmiany klimatu przybiorą na sile, co znajdzie swoje silne odzwierciedlenie w warunkach regionalnych. Tabela 4.1.1. pokazuje wzrost średniej temperatury globalnej na Ziemi w środku i na końcu 21. wieku dla obu scenariuszy. Wyniki te pochodzą z najnowszego 5. Raportu IPCC (IPCC, 2014). Bardzo wyraźnie zaznacza się bezpośrednia zależność – im wyższa jest koncentracja gazów cieplarnianych, tym szybszy jest przyrost średniej temperatury na Ziemi w czasie. Regionalną konsekwencją naruszenia równowagi globalnej jest podążanie lokalnego klimatu za globalnymi zmianami.

Tab. 4.1.1. Globalne ocieplenie według 5. Raportu IPCC [°C].

	2046-2065	2081-2100
Scenariusz	Średnia (prawdopodobny zakres)	Średnia (prawdopodobny zakres)
	1.4	1.8
RCP4.5	(0.9 - 2.0)	(1.1 - 2.6)
	2.0	3.7
RCP8.5	(1.4 - 2.6)	(2.6 - 4.8)

Obliczenia dotyczące zmian klimatu dla Mińska Mazowieckiego zostały przeprowadzone przy wykorzystaniu dwóch wiązek regionalnych symulacji klimatycznych o wysokiej rozdzielczości 0.11 deg (ok. 12 km) dla domeny europejskiej dostępnych z programu EURO-CORDEX (Tab. 4.1.2) dla dwóch scenariuszy koncentracji gazów cieplarnianych (*Representative Concentration Pathways, RCPs*), RCP4.5 i RCP8.5 (Tab. 4.1.1.).

Wyniki symulacji EURO-CORDEX zostały przetworzone dla Mińska Mazowieckiego przy użyciu metod dopasowania kwantylowego (Gudmundsson i in., 2012). Jako dane referencyjne zastosowano

wartości temperatury i opadu ze zbioru interpolowanych danych historycznych CPLFD-GDPT5 (Berezowski i in., 2016). Wykorzystanie danych interpolowanych wynika z braku bezpośrednich danych pomiarowych parametrów meteorologicznych dla Mińska lub jego najbliższej okolicy tak, aby reprezentowały obszar opracowania. Znajdująca się na terenie lotniska wojskowego stacja pomiarowa nie spełnia warunku referencyjnego – jednorodności danych pomiarowych. W wyniku przeprowadzonej procedury modelowania przyszłego klimatu, obliczono skorygowane szeregi wartości dobowych temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej oraz opadu dla dwóch scenariuszy RCP4.5 i RCP8.5 dla okresu 1981-2090. Następnie obliczono wybrane wskaźniki klimatyczne (Tab. 4.1.3.), służące do scharakteryzowania specyfiki zmieniającego się klimatu. Na podstawie obliczonych statystyk wiążkowych zestawionych w tabeli 4.1.4 przeprowadzona została agregacja czasowa przejścia z danych dobowych na dane dla miesięcy, sezonów i dwudziestolecia.

Tab. 4.1.2. Nazwy modeli globalnych i regionalnych tworzących wiązki symulacji klimatycznych dla dwóch scenariuszy RCP4.5 i RCP8.5 wykorzystane w opracowaniu.

	Modele globalne	Modele regionalne
1	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CLMcom-CCLM4-8-17_
2	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	SMHI-RCA4_
3	ICHEC-EC-EARTH	CLMcom-CCLM4-8-17_
4	ICHEC-EC-EARTH	SMHI-RCA4_
5	ICHEC-EC-EARTH	KNMI-RACMO22E_
6	IPSL-IPSL-CM5A-MR	IPSL-INERIS-WRF331F_
7	IPSL-IPSL-CM5A-MR	SMHI-RCA4_
8	MOHC-HadGEM2-ES	SMHI-RCA4_
9	MPI-M-MPI-ESM-LR	CLMcom-CCLM4-8-17_
10	MPI-M-MPI-ESM-LR	SMHI-RCA4_

Tab. 4.1.3. Wskaźniki klimatyczne, termiczne i opadowe.

TERMICZNE	OPADOWE
Najdłuższy okres z $T_{max} > 25^{\circ}C$	Najdłuższy okres bez opadu (opad $< 1mm/d$)
Liczba okresów dłuższych od 5 dni z $T_{max} > 25^{\circ}C$	Liczba okresów bez opadu dłuższych od 5 dni w roku

<i>Liczba dni z $T_{max} < 0^{\circ}C$ w roku</i>	<i>Najdłuższy okres z opadem $> 1\text{ mm/d}$</i>
<i>Liczba dni z $T_{max} > 25^{\circ}C$ w roku</i>	<i>Liczba okresów z opadem dłuższych od 5 dni w roku</i>
<i>Najdłuższy okres z $T_{min} < 0^{\circ}C$</i>	<i>Maksymalny opad dobowy</i>
<i>Liczba okresów dłuższych od 5 dni z $T_{min} < 0^{\circ}C$</i>	<i>Liczba dni z opadem $\geq 10\text{ mm}$, 20 mm, 30 mm</i>
<i>Liczba dni z $T_{min} < 0^{\circ}C$ w roku</i>	<i>Średni opad dobowy w dniach z opadem</i>
<i>Stopniodni*, $17^{\circ}C$, $20^{\circ}C$</i>	
<i>Okres wegetacyjny, $T > 5^{\circ}C$, $T > 10^{\circ}C$,</i>	
<i>Początek okresu wegetacyjnego, $T > 5^{\circ}C$, $T > 10^{\circ}C$</i>	

Gdzie: * - stopniodni są zdefiniowane jako $\sum(T_{progowa} - T)$, dla $T < T_{progowa}$

Tab. 4.1.4. Statystyki wiążkowe

Statystyka	Oznaczenie
minimum	emin
percentyl 5	ep05
percentyl 10	ep10
mediana	ep50
percentyl 90	ep90
percentyl 95	ep95
maximum	emax
średnia	emean

Obliczenia zestawione w opracowaniu wykonano korzystając z następującego oprogramowania:

ferret (Data Visualization and Analysis, <http://www.ferret.noaa.gov>),

R (The R Project for Statistical Computing, <http://www.r-project.org>),

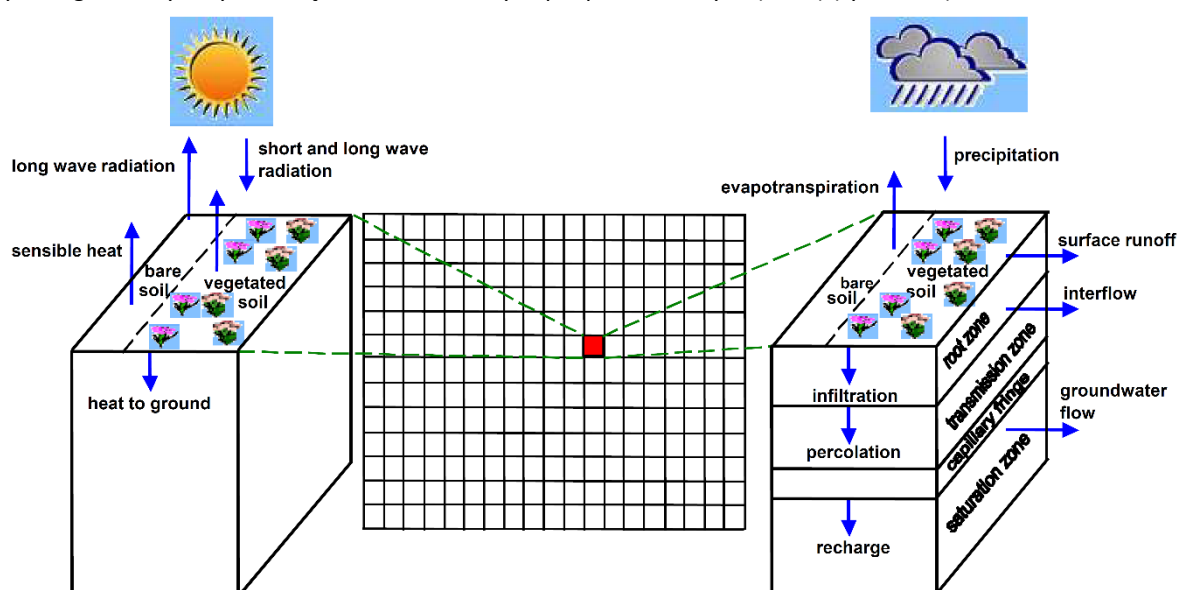
cdo (Climate Data Operators, <https://code.zmav.de/projects/cdo>).

Bibliografia

- Berezowski, T.; Szcześniak, M.; Kardel, I.; Michałowski, R.; Okruszko, T.; Mezghani, A. and Piniewski, M.: CPLFD-GDPT5: high-resolution gridded daily precipitation and temperature data set for two largest Polish river basins, *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 127-139, 2016, doi:10.5194/essd-8-127-2016
- Gudmundsson, L., Bremnes, J. B., Haugen, J. E. & Engen-Skaugen, 2012, T. Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations - a comparison of methods. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 3383-3390, doi:10.5194/hess-16-3383-2012.
- CDO, Climate Data Operators, oprogramowanie udostępnione przez Instytut Maxa-Plancka, <https://code.zmaw.de/projects/cdo>
- R, The R Project for Statistical Computing, <https://www.r-project.org/>

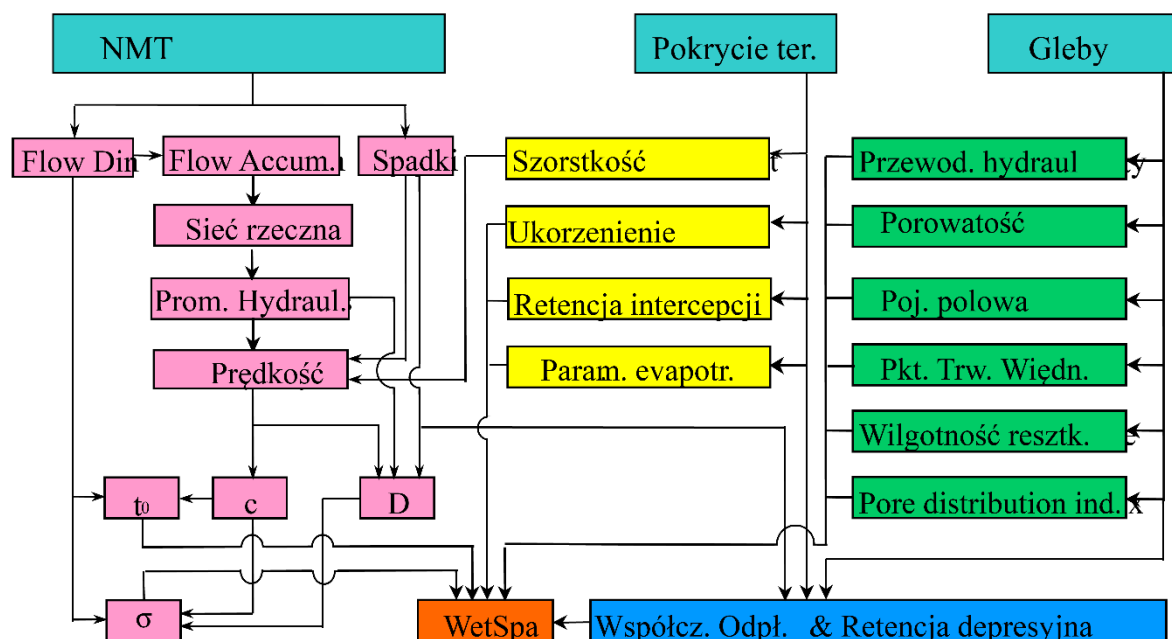
Załącznik nr 2. Warunki powierzchniowego obiegu wody: metodyka opracowania oraz materiały źródłowe

Problem zagrożenia podtopieniami w Mińsku Mazowieckim został przeanalizowany z wykorzystaniem modelowania hydrologicznego. Model Wetspa-Urban dedykowany jest ocenie procesów hydrologicznych zachodzących w zlewniach zurbanizowanych. Narzędzie to integruje dwa modele hydrologiczne: WetSpa (model o parametrach rozłożonych bazujący na danych przestrzennych) oraz SWMM (precyzyjny model hydrodynamiczny) (Larm 2000, Chen i Adams 2007, Park i in. 2009, Skotnicki i Sowiński 2009). Główną zaletą modelu jest prognozowanie zjawisk powodziowych w zlewniach zurbanizowanych wraz z możliwością modelowania redukcji ich negatywnych skutków. Jednym z elementów modelu jest moduł dotyczący Low Impact Development – nowatorskiego podejścia do gospodarki wodami opadowymi w zlewniach miejskich. Celem tego modułu i generalnie podejścia merytorycznego jest analiza udziału powierzchni nieprzepuszczalnych na obszarach miejskich w udziale formowania spływu powierzchniowego. Model w tej wersji był już wykorzystywany do badania w zlewniach zurbanizowanych struktury odpływu ze zlewni (Chormański, i in. 2012). W modelu WetSpa obliczenia hydrologiczne wykonywane są w siatce rastrowych pól podstawowych (GRID) (rys. 4.2.2.).



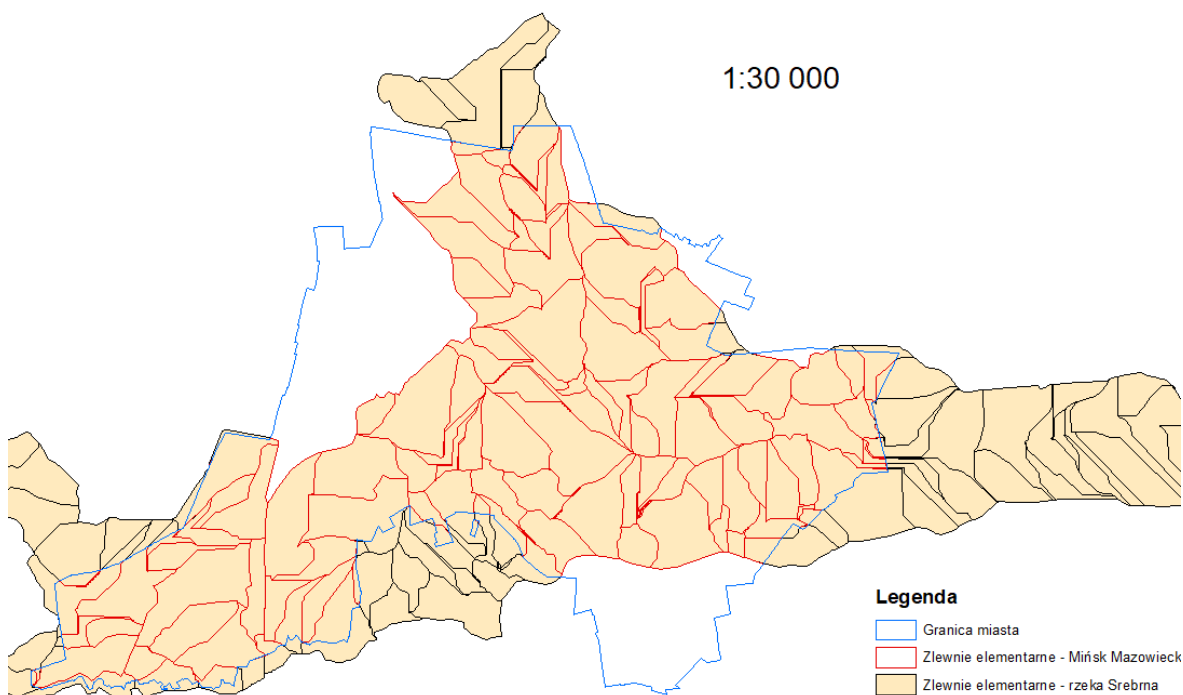
Rys. 4.2.2. Koncepcja modelu hydrologicznego zlewni o parametrach przestrzennie rozłożonych – siatka GRID

Na występowanie podtopień składa się wiele czynników, stąd przeprowadzona została analiza wielokryterialna formowania się spływu powierzchniowego. Wynik końcowy jest oparty na wielu parametrach, jak użytkowanie terenu, typy gleb, numeryczny model terenu, sieć rzeczna, sieć kanalizacji deszczowej oraz wygenerowane zlewne elementarne (jednostkowe). Do analiz zostały włączone również przetworzone obrazy satelitarne służące do wyznaczenia powierzchni nieprzepuszczalnych (gęstość powierzchni nieprzepuszczalnej w komórce piksela, rozdzielczość 20m), kierunki odpływu (wygenerowane na podstawie numerycznego modelu terenu), symulowana akumulacja odpływu. Sieć kanalizacyjna, szczególnie jej gęstość, została zestawiana z charakterystyką ilościową szczelności podłoża. Schemat conceptualny obliczeń prezentuje rysunek 4.2.3.

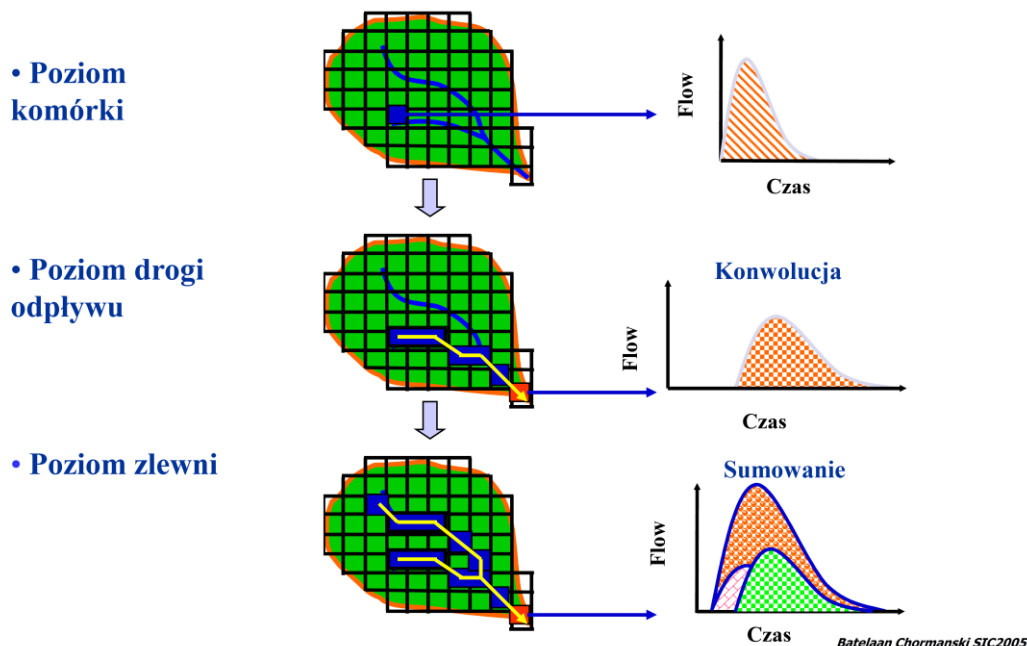


Rys. 4.2.3. Schemat obliczeń rozkładu przestrzennego parametrów fizycznych zlewni na podstawie map cyfrowych, za Chormański 2008.

W zadaniu przewidzianym dla Mińska Mazowieckiego model wykorzystywany jest do oceny zagrożenia występowania lokalnych podtopień w wyniku wystąpienia opadów o natężeniu 10 mm/doba oraz 20 mm/doba, zgodnie z prognozą zmian klimatu o wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia i zwiększaniem się w czasie częstotliwości ich występowania. Dane opadowe oraz temperatura, niezbędna w pracy modelu do obliczenia ewapotranspiracji, pochodziły z modelowania klimatycznego. Na potrzeby modelowania obszar zlewni Srebrnej został podzielony na zlewnie elementarne (Rys. 4.2.4), w obrębie których prowadzone są analizy bilansowania warunków odpływu w zadanej charakterystyce przestrzeni zgodnie z ujęciem koncepcyjnym prezentowanym na rysunku 4.2.5. Na potrzeby modelowania hydrologicznego wydzielono 158 zlewni elementarnych o różnej powierzchni, bazując na kierunkach odpływu powierzchniowego, które zostały wygenerowane na podstawie sieci rzecznej. Najmniejsza wydzielona zlewnia ma powierzchnię ok. 16 m², największa ok. 337700 m². Na obszar Mińska Mazowieckiego przypada w mniej lub większej części 127 zlewni elementarnych o łącznej powierzchni ok 10 km², co stanowi ok. 75% obszaru miasta.



Rys. 4.2.4. Zlewnie elementarne w zlewni Srebrnej na obszarze Mińska Mazowieckiego.



Rys. 4.2.5. Koncepcja obliczania odpływu w modelu WetSpa

Przestrzenne dane wejściowe dedykowane w modelu dla Mińska Mazowieckiego to:

- użytkowanie terenu: Corine Land Cover 2012 (CLC2012),
- obszary nieprzepuszczalne: Copernicus GIO Land Monitoring, 2015
- numeryczny model terenu: dane LIDAR, 2012
- pokrywa glebowa: IUNG
- wyniki modelowania zmian klimatu
- struktura sieci odpływu powierzchniowego, dane udostępnione przez Urząd Miasta
- struktura kanalizacji deszczowej, dane udostępnione przez Urząd Miasta

Bibliografia

- CHEN J., ADAMS B.J. 2007: A derived probability distribution approach to stormwater quality modelling. Adv. Water Resour. 30: 80–100.
- CHORMAŃSKI J., KARDEL I., MIROŚŁAW-ŚWIĄTEK D., OKRUSZKO T., PUŚŁOWSKA-TYSZEWSKA D., 2012, Model zlewni o parametrach przestrzennych dyskretnie rozłożonych w obszarze zurbanizowanym Semi-distributed model of basin in urban area, Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 55, str. 3–17
- LARM T. 2000: Stormwater quantity and quality in a multiple pond-wetland system: Flemingsbergsviken case stud. Ecol. Eng. 15: 57–75.
- PARK M.-H., SWAMIKANNU X., STENSTROM M.K. 2009: Accuracy and precision of the volume-concentration method for urban stormwater modeling. Water Res. 43: 2773–2786.
- SKOTNICKI M., SOWIŃSKI M. 2009: Comparative Study of Approaches for Hydraulic Width Determination of Sub-Catchments in Urban Stormwater Model. International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering. Ohrid/Macedonia, 1–5 September 2009. Paper A-07.

Załącznik 3. Zróżnicowanie klimatu lokalnego i lokalnych warunków biotermicznych: materiały źródłowe i metodyka opracowania

Opracowanie zawiera charakterystykę klimatu lokalnego i lokalnych warunków biotermicznych Mińska Mazowieckiego (gmina miejska – TERC: 1412011). Podstawą charakterystyki są wyniki analiz przestrzennych wykonanych z wykorzystaniem oprogramowania GIS – QGIS 2.18.15. Przeprowadzone analizy wykorzystują metodykę K. Błażejczyka, zmodyfikowaną przez P. Milewskiego (Krawczyk, Błażejczyk 1999; Błażejczyk 2001, 2002; Kunert 2010; Milewski 2011, 2013; Kuchcik et al. 2013). Wejściowe dane przestrzenne pozyskane zostały z ogólnodostępnych zbiorów danych – głównie z usługi *Land Monitoring Service* realizowanej w ramach programu *Copernicus*. Z ww. bazy pozyskano dane o pokryciu i użytkowaniu terenu – *Urban Atlas 2012*, *Corine Land Cover 2012* oraz inne warstwy danych umożliwiające określenie cech fizycznych powierzchni czynnej, które wpływają na kształtowanie warunków klimatu lokalnego – obszary nieprzepuszczalne, lasy, łąki, tereny podmokłe i obszary wodne. W analizie wykorzystano również numeryczny model terenu *EU-DEM* w wersji 1.1, będący hybrydą modeli *SRTM* i *ASTER GDEM*.

Analizy przestrzenne przeprowadzono z wykorzystaniem siatki kwadratowych pól podstawowych (*grid*) o terenowych wymiarach 100 m x 100 m. Do obszaru analizy włączono dodatkowo tereny znajdujące się w odległości 200 m od granic miasta, jako że atmosfera ziemską nie jest powłoką nieruchomą, a zatem na warunki klimatu lokalnego wpływają nie tylko cechy fizyczne badanej powierzchni, ale również jej najbliższego otoczenia. Łącznie analizie poddano obszar 1 684 pól podstawowych, czyli 16,84 km².

Zastosowana w diagnozie metoda opiera się na analizie równania bilansu cieplnego powierzchni czynnej. Polega ona na przetworzeniu i interpretacji tych informacji o cechach środowiska naturalnego, które mają wpływ na klimat lokalny:

- (1) pokryciu i użytkowaniu terenu,
- (2) rzeźbie terenu
- (3) wilgotności podłoża (pomocniczo).

Tak zgromadzone dane o środowisku geograficznym pozwoliły na uzyskanie informacji o warunkach klimatu lokalnego (tzw. mapa topoklimatów), kształtujących się pod wpływem miejscowych cech środowiska. Informacje te przedstawione są jako względne wartości natężenia całkowitego i odbitego promieniowania słonecznego, temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru, odniesione do warunków panujących na standardowej stacji meteorologicznej - płaski, otwarty teren, porośnięty trawą o wysokości około 10 cm (Kozłowska-Szczęsna et al. 1997).

Rolą syntetycznej mapy topoklimatycznej jest pokazanie zasięgu odmiennych jednostek topoklimatycznych i wskazanie obszarów jednorodnych pod względem warunków klimatu lokalnego. Wykonanie jej z wykorzystaniem technik GIS opiera się na zastosowaniu sformalizowanych procedur algebraicznych i rekasyfikacyjnych w celu przekształcenia uzyskanych wcześniej map względnych wartości poszczególnych elementów meteorologicznych oraz map rozkładu specyficznych cech badanego terenu. Typologia topoklimatów w zastosowanej metodzie jest trójstopniowa. Składa się z podziału na grupy, typy i klasy topoklimatu. Grupy topoklimatu wydziela się na podstawie względnych wartości całkowitego promieniowania słonecznego oraz promieniowania odbitego. W każdej z grup topoklimatu wydzielić można ich typy, uwzględniając przy tym lokalne

stosunki termiczne i wietrzne. Ostatnim stopniem typologii są klasy topoklimatu. Wskazują one na przeciętne (0) lub zwiększone (1) predyspozycje do występowania na badanym obszarze specyficznych właściwości klimatu lokalnego: przygruntowych inwersji temperatury powietrza, mgieł radiacyjnych, lokalnych zanieczyszczeń powietrza, ciepła antropogenicznego, fitoncydów – lotnych substancji roślinnych o działaniu bakteriobójczym.

W dalszej kolejności pozwoliły one uzyskać informacje o przewidywanych wartościach elementów pogody w poszczególnych punktach obszaru analizy, z założeniem jej konkretnego, uwarunkowanego cyrkulacyjnie stanu, obserwowanego w warunkach standardowych. Tak uzyskane dane posłużyły do określenia wartości uniwersalnego wskaźnika obciążeń cieplnych – *UTCI* [°C], który umożliwił ocenę bodźców biotermicznych na analizowanym obszarze. Wskaźnik *UTCI* dostarcza informacji na temat rzeczywistych, obiektywnie zachodzących procesów regulacji temperatury ciała, uzależnionych od panujących warunków meteorologicznych. W przeciwieństwie do większości wcześniej stosowanych wskaźników, skala oceny dla *UTCI* opiera się na obiektywnych zmianach parametrów fizjologicznych, dlatego wartości *UTCI* są miarą obciążeń cieplnych organizmu, a nie subiektywnych odczuć cieplnych (Błażejczyk et al. 2009, 2010; Bröde et al. 2012; Kuchcik et al. 2013).

Modelowania wartości wskaźnika *UTCI* dokonano dla czterech typów pogody letniej, panującej na lokalnej stacji meteorologicznej:

5. „pogoda przeciętna” – typ I: $K_{glob} = 550 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ($N = 50\%$), $t = 20^\circ\text{C}$, $f = 50\%$, $v_{10} = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
6. „pogoda ciepła” – typ II: $K_{glob} = 850 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ($N = 10\%$), $t = 25^\circ\text{C}$, $f = 50\%$, $v_{10} = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
7. „pogoda upalna” – typ III: $K_{glob} = 850 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ($N = 10\%$), $t = 30^\circ\text{C}$, $f = 40\%$, $v_{10} = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
8. „pogoda skrajnie upalna” – typ IV: $K_{glob} = 850 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ($N = 10\%$), $t = 35^\circ\text{C}$, $f = 30\%$, $v_{10} = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Do obliczenia wartości wskaźnika *UTCI* zastosowano uproszczoną formułę, umożliwiającą wykorzystanie jej w oprogramowaniu GIS (Błażejczyk 2011):

$$UTCI = 3,21 + 0,872 \cdot t + 0,2459 \cdot Mrt - 2,5078 \cdot v_{10} - 0,0176 \cdot f$$

gdzie:

t – temperatura powietrza [°C],

Mrt – średnia temperatura promieniowania [°C],

v_{10} – prędkość wiatru na wysokość 10 m n.p.g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

f – wilgotność względna powietrza [%]

oraz

K_{glob} – natężenie całkowitego promieniowania słonecznego [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$],

N – zachmurzenie ogólne nieba [%].

Bibliografia

- Błażejczyk K., 2001, *Koncepcja przeglądowej mapy topoklimatycznej Polski*, [w:] Kuchcik M. (red.), *Współczesne badania topoklimatyczne*, Dokumentacja Geograficzna, 23, s. 131–142.
- Błażejczyk K., 2002, *Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej*, Dokumentacja Geograficzna, 26.
- Błażejczyk K., 2011, *Mapping of UTCI in local scale (the case of Warsaw)*, *Prace i Studia Geograficzne WGSR UW*, t. 47, s. 275–283.
- Błażejczyk K., Bröde P., Fiala D., Havenith G., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., Kunert A., 2009, *Nowy wskaźnik oceny warunków klimatoterapii uzdrowiskowej (UTCI)*, *Balneologia Polska*, LI, 4, s. 313–321.
- Błażejczyk K., Bröde P., Fiala D., Havenith G., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., 2010, *UTCI – Nowy wskaźnik oceny obciążeń cieplnych człowieka*, *Przegląd Geograficzny*, 82, 1, s. 49–71.
- Bröde P., Fiala D., Błażejczyk K., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., Tinz B., Havenith G., 2012, *Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI)*, *International Journal of Biometeorology*, 56, 3, s. 481–494.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski*, Monografie IGiPZ PAN, 1, Warszawa.
- Krawczyk B., Błażejczyk K., 1999, *Klimatyczna i bioklimatyczna charakterystyka Polski północno-wschodniej*, Zeszyty IGiPZ PAN, 58.
- Kuchcik M., Błażejczyk K., Szmyd J., Milewski P., Błażejczyk A., Baranowski J., 2013, *Potencjał leczniczy klimatu Polski*, Wydawnictwo Akademickie Sedno, Warszawa.
- Kunert A., 2010, *Modeling of UTCI index in various type of landscape*, *Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology*, *Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs Universität Freiburg*, 20, Freiburg, s. 302–307.
- Milewski P., 2011, *Możliwość wykorzystania GIS w kartowaniu topoklimatycznym*, *Prace i Studia Geograficzne WGSR UW*, 47, s. 521–528.
- Milewski P., 2013, *Application of the UTCI to the local bioclimate of Poland's Ziemia Kłodzka region*, *Geographia Polonica*, 86, 1, s. 47–54.