



# PORADNIK W ZAKRESIE IDENTYFIKACJI OBSZARÓW ZAGROŻONYCH WODAMI OPADOWYMI NA TERENACH ZURBANIZOWANYCH

Załącznik nr 2

Charakterystyka obszaru i wyniki analiz - miasto Nowy Sącz

# Spis treści

<b>1. Nowy Sącz – wprowadzenie</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Charakterystyka obszaru miasta Nowy Sącz</b> .....	<b>3</b>
2.1. Warunki fizyczne i geologiczne .....	3
2.2. Warunki klimatyczne .....	5
2.3. Charakterystyka meteorologiczna .....	6
2.4. Warunki hydrograficzne .....	9
2.5. Warunki hydrologiczne .....	9
2.6. Ocena zagrożenia i ryzyka powodziowego .....	12
2.7. Przewidywane zmiany sum i rozkładu opadów i przepływów w oparciu o dostępne modele klimatyczne .....	20
2.8. Charakterystyka zagospodarowania przestrzennego .....	23
2.9. Charakterystyka sieci kanalizacji deszczowej .....	26
2.10. Prowadzone działania adaptacyjne do zmian klimatu .....	30
<b>3. Obszary zagrożone wodami opadowymi – wyniki analiz</b> .....	<b>32</b>
3.1. Wariant 1 .....	32
3.2. Wariant 2 .....	41
3.3. Wariant 3 .....	47
<b>4. Analiza podatności i ryzyka na przykładzie Nowego Sącza</b> .....	<b>58</b>
4.1. Analiza ekspozycji .....	58
4.2. Analiza wrażliwości .....	58
4.3. Analiza potencjału adaptacyjnego .....	60
4.4. Analiza podatności .....	60
4.5. Ocena ryzyka .....	60
<b>Spis Tabel</b> .....	<b>61</b>
<b>Spis Rysunków</b> .....	<b>62</b>



# 1. Nowy Sącz – wprowadzenie

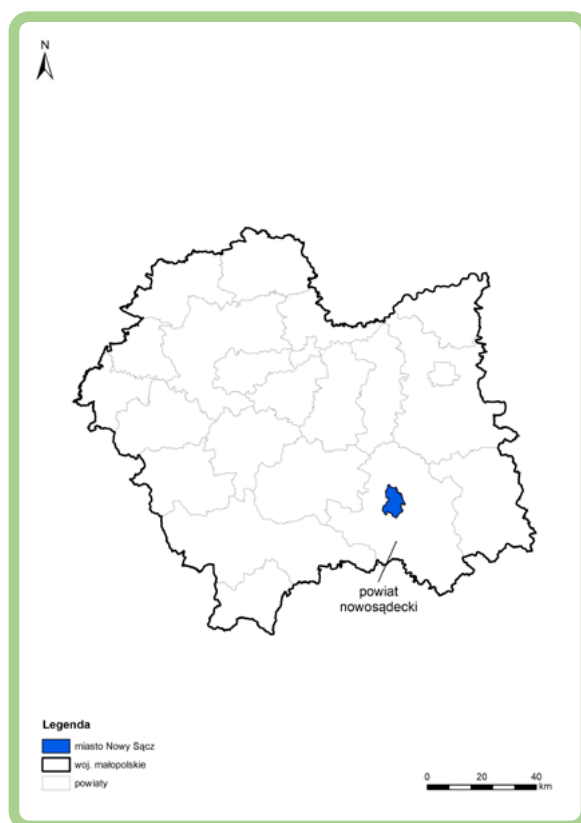
Nowy Sącz jest jednym z dwóch miast pilotażowych, które wybrano, aby przetestować podejście metodyczne dla analiz, mających na celu wyznaczenie obszarów zagrożonych wodami opadowymi. Zinventaryzowano niezbędne do wykonania analiz dane, a następnie przeprowadzono komplet prac analitycznych dla wszystkich 3 wariantów.

## 2. Charakterystyka obszaru miasta Nowy Sącz

### 2.1. Warunki fizyczne i geologiczne

Nowy Sącz, miasto o powierzchni 58 km<sup>2</sup>, położone jest w południowo-wschodniej części województwa małopolskiego ([Rysunek 1](#))<sup>1</sup>. Jest trzecim pod względem liczby mieszkańców miastem w województwie małopolskim<sup>2</sup>. Województwo małopolskie jest najbardziej zróżnicowane wysokościowo na tle ukształtowania powierzchni kraju, w większości występuje na obszarze wyżyn oraz gór<sup>3</sup>. Ponad 30% obszaru znajduje się powyżej 500 m n.p.m., a tylko 9% leży poniżej 200 m n.p.m.<sup>4</sup>. Nowy Sącz graniczy z gminami wiejskimi: Podegrodzie, Chełmiec, Kamionka Wielka, Nawojowa oraz gminą miejsko-wiejską Stary Sącz<sup>5</sup>.

Rysunek 1 Położenie Nowego Sącza na tle powiatu nowosądeckiego i województwa małopolskiego



źródło: opracowanie własne

1 Gryczko-Gostyrńska A., Olędzka D., 2016, Nowy Sącz, Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, dostępne na stronie: <https://www.pgi.gov.pl/psh/materialy-informacyjne-psh/informatory-psh/wody-podziemne-miast-polski/4165-nowy-sacz.html>

2 op. cit.

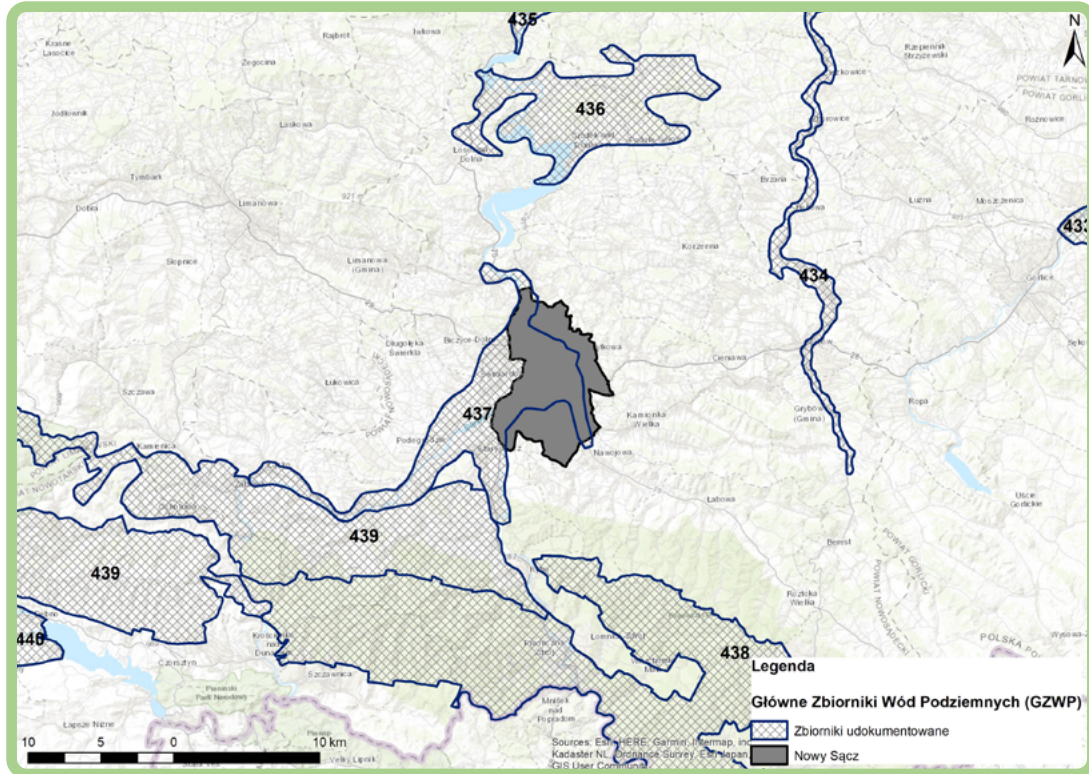
3 Sikorska-Maykowska M. (red.), Andrzejewska-Kubrak K., Bąk B., Bojakowska I., Grabowski D., Jureczka J., Lenik P., Pasieczna A., Wilk S., Wójcik A., 2014, Objąsnienia do mapy geosrodowiskowej Polski (II) 1 : 50 000, Województwo małopolskie, Państwowy Instytut Geologiczny - PIB, Warszawa

4 op. cit.

5 Eko-precyzja, Zakład Analiz Środowiskowych 2021, Program Ochrony Środowiska dla miasta Nowego Sącza na lata 2021 – 2024 z perspektywą na lata 2025 - 2030, Załącznik do uchwały nr XLV/505/2021 Rady miasta Nowego Sącza z dnia 11 maja 2021 r.

Pod względem hydrogeologicznym obszar Nowego Sącza położony jest w regionie karpackim (nr XIV)<sup>6</sup>. Miasto znajduje się w zasięgu głównego zbiornika wód podziemnych (GZWP) – Dolina rzeki Dunajec (Nowy Sącz) nr 437 (Rysunek 2). Nowy Sącz znajduje się w obrębie jednolitej części wód podziemnych (JCWPd) nr 166 (PLGW2000166).

Rysunek 2 Położenie Nowego Sącza i okolic na tle głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony<sup>7</sup>



źródło: opracowanie własne na podstawie Mapy głównych zbiorników wód podziemnych (wg stanu na grudzień 2021 r.), Państwowy Instytut Geologiczny<sup>8</sup>

W rejonie Kotliny Sądeckiej, na obszarze której leży Nowy Sącz, w przewadze występują gleby od II (gleby orne bardzo dobre), przez III (gleby orne średnio dobre) do IVa (gleby orne średnie) klasy bonitacyjnej. Na terenie dna kotliny przeważają gliniasto-pyłowe osady aluwialne (mady). W wyższych partiach występują gleby bardziej zwarte, pyłowo-ilaste płowe lub brunatne. Tworzą one kompleksy gleb ornych zbożowo-pastewnych, pszennych śródgórskich i podgórskich oraz zbożowych żytnich<sup>9</sup>. Tereny pod użytki rolne Nowego Sącza stanowią około 60 % całego obszaru<sup>10</sup>.

6 Paczyński B., 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski w skali 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa

7 Gryczko-Gostyńska A., Olędzka D., 2016, Nowy Sącz, Państwowy Instytut Geologiczny - PIB. dostępne na stronie: <https://www.pgi.gov.pl/psh/materiały-informacyjne-psh/informatory-psh/wody-podziemne-miast-polski/4165-nowy-sacz.html>

8 Gryczko-Gostyńska A., Olędzka D., 2016, Nowy Sącz, Państwowy Instytut Geologiczny - PIB. dostępne na stronie: <https://www.pgi.gov.pl/psh/materiały-informacyjne-psh/informatory-psh/wody-podziemne-miast-polski/4165-nowy-sacz.html>

9 Radwanek-Bąk B., Szelaąg A., Malata T., Bojakowska I., Lis J., Pasieczna A., Tomassi-Morawiec H., 2004, Objaśnienia do mapy geośrodowiskowej Polski 1 : 50 000, Arkusz NOWY SĄCZ (1035), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, <https://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/txt/mgsp1035.pdf>

10 Eko-precyzja, Zakład Analiz Środowiskowych 2021, Program Ochrony Środowiska dla miasta Nowego Sącza na lata 2021 – 2024 z perspektywą na lata 2025 - 2030, Załącznik do uchwały nr XLV/505/2021 Rady miasta Nowego Sącza z dnia 11 maja 2021 r.

## 2.2. Warunki klimatyczne

Według regionalizacji klimatycznej Polski przeprowadzonej na podstawie analizy częstości występowania różnych typów pogody, Nowy Sącz położony jest w Regionie Śląsko – Krakowskim (R - XXVI). Region ten obejmuje Pogórze Śląskie, Pogórze Wielickie, Wyżynę Śląską oraz południową część Wyżyny Krakowsko – Częstochowskiej. Region wytyczony jest przez wyraźne granice wschodnią i zachodnią, mniej wyraźną granicę północną oraz obszar górski na południu ([Rysunek 3](#)).

Rysunek 3 Regiony klimatyczne Polski; Granice regionów: 1 – bardzo wyraźne, 2 – wyraźne, 3 – mało wyraźne, 4 – obszary górskie



źródło: Bański J. (red.), 2016, Atlas obszarów wiejskich w Polsce, IGIPZ PAN, Warszawa, <https://www.igipz.pan.pl/atlas-obszarow-wiejskich-rozdzial1.html>

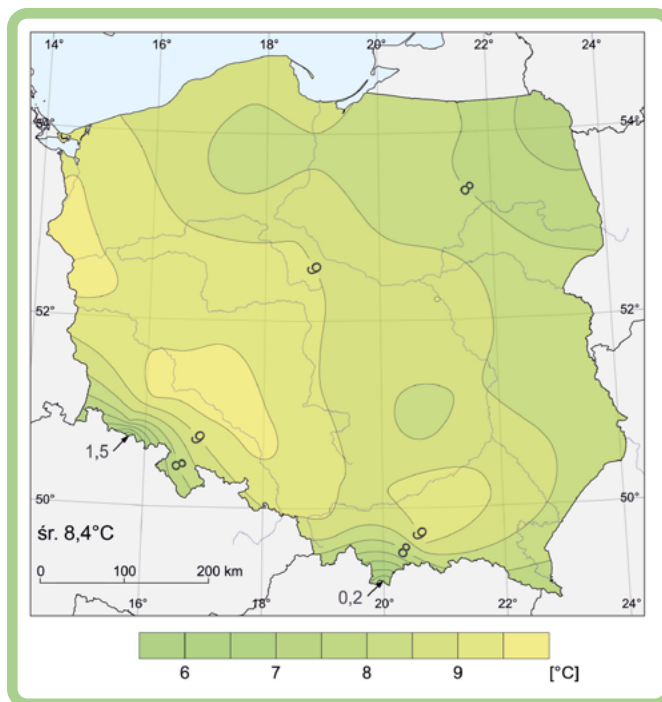
Region Śląsko - Krakowski wyróżnia się spośród innych stosunkowo największą liczbą dni z pogodą bardzo ciepłą z opadem. Dni takich w ciągu roku jest przeciętnie około 34. Wśród nich wyróżnia się 10.8 dnia z pogodą bardzo ciepłą, równocześnie z dużym zachmurzeniem (zśr.dob $\geq$ 80%) i opadem (dobowa suma opadów  $\geq$ 0,1 mm). W regionie tym również najwięcej jest dni z pogodą umiarkowanie ciepłą z dużym zachmurzeniem i opadem (37,7)<sup>11</sup>.



## 2.3. Charakterystyka meteorologiczna

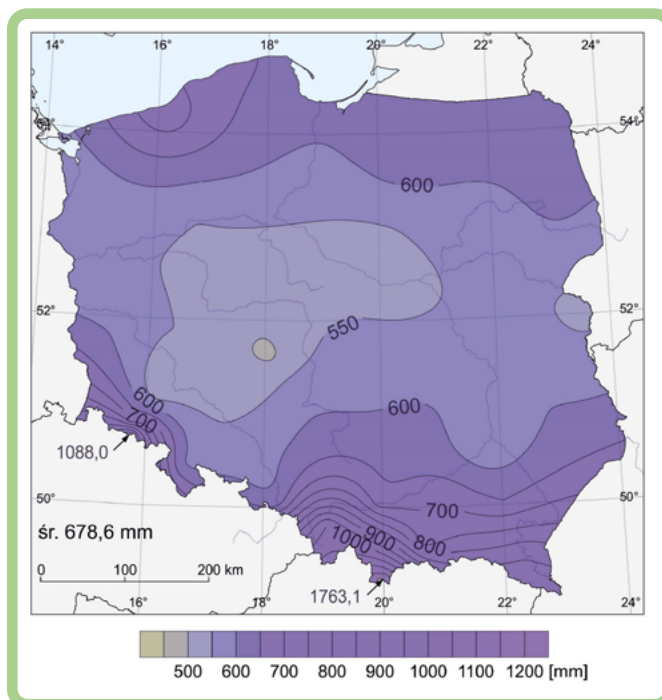
W zakresie kluczowych danych meteorologicznych, średnia roczna temperatura powietrza z wielolecia 1991 - 2020 w okolicach Nowego Sącza wynosi ok. 8 °C ([Rysunek 4](#)), natomiast średnia roczna suma opadów sięga ok. 1000 mm ([Rysunek 5](#))<sup>12</sup>.

Rysunek 4 Średnia roczna temperatura powietrza w Polsce w wieloleciu 1991-2020



źródło: Tomczyk A.M., Bednorz E., 2022, Atlas klimatu Polski (1991-2020), Bogucki WN, Poznań, <https://repozytorium.amu.edu.pl/handle/10593/26990>

Rysunek 5 Średnia roczna suma opadów w Polsce w wieloleciu 1991 - 2020



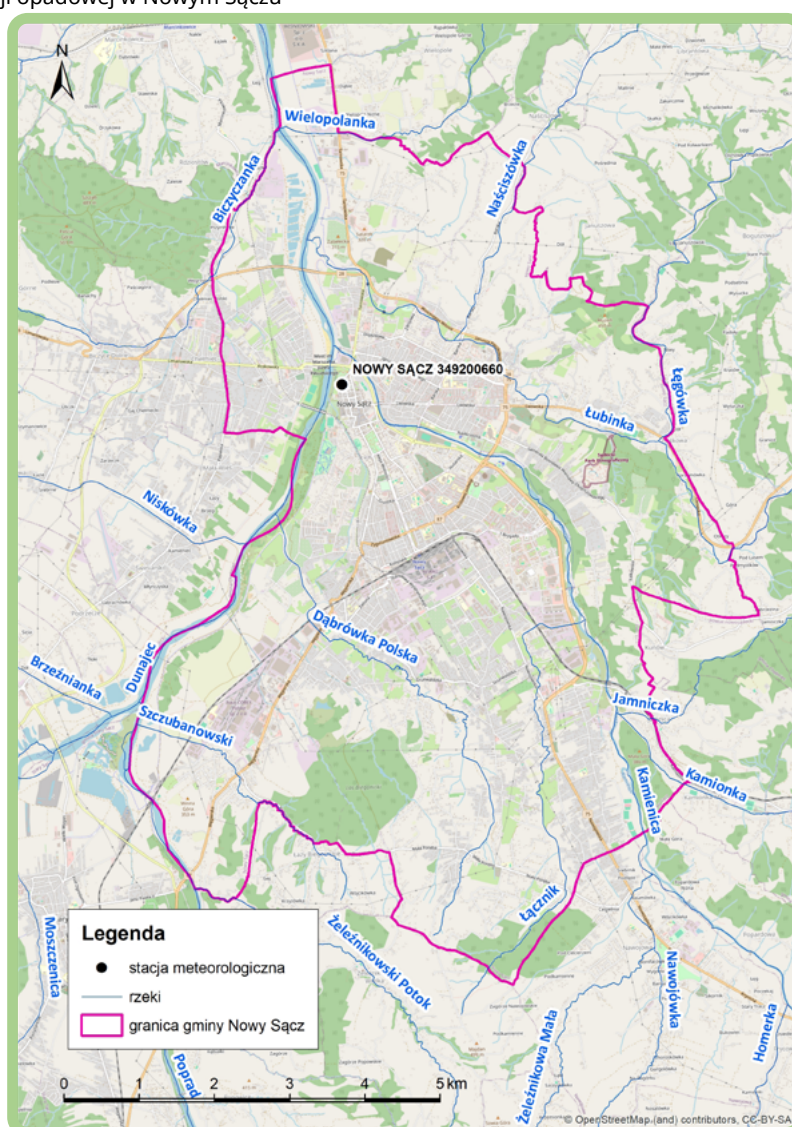
źródło: Tomczyk A.M., Bednorz E., 2022, Atlas klimatu Polski (1991-2020), Bogucki WN, Poznań, <https://repozytorium.amu.edu.pl/handle/10593/26990>

<sup>12</sup> Tomczyk A. M., Bednorz E., 2022, Atlas klimatu Polski (1991 - 2020), Bogucki WN, Poznań, <https://repozytorium.amu.edu.pl/handle/10593/26990>

W granicach Nowego Sącza znajduje się jedna stacja synoptyczna zlokalizowana na terenie miasta w okolicach ujścia rzeki Kamienicy do Dunajca. Znajduje się ona na wysokości 292 m n.p.m. Jak wskazuje raport zawartości bazy danych ze stacji synoptycznych IMGW<sup>13</sup> dla stacji synoptycznej w Nowym Sączu pełny zakres pomiaru prowadzony jest od roku 1965 (Rysunek 6). Dostęp do danych meteorologicznych jest niezwykle istotny dla przedmiotowych analiz, dlatego pomiary szczególnie długofalowe stanowią kompendium wiedzy na temat charakterystyki opadów w mieście.

Opady atmosferyczne w Nowym Sączu, położonym w płaskim dnie Kotliny Sądeckiej, w widłach rzek Dunajca i Kamienicy Nawojowskiej, różnią się w zależności od czasu i miejsca. Wysokości nad poziomem morza w tym obszarze wahają się od 272 m n.p.m. (Wielopole) do około 475 m n.p.m. (wzgórze Majdan). W Nowym Sączu roczne sumy opadów wahają się od około 330 mm do 1500 mm. Jednak na przestrzeni wielu lat nie obserwuje się wyraźnych trendów zmian w tej skali opadów. Oznacza to, że zarówno sumy opadów, jakich można oczekiwać w wybranych miesiącach na przestrzeni kolejnych lat, jak i ich zmienność w ciągu roku, są trudne do przewidzenia. Ten nieregularny rozkład opadów (w skali wieloletniej, sezonowej, miesięcznej i dobowej) będzie nadal się pogłębiał w najbliższym czasie<sup>14</sup>.

Rysunek 6 Lokalizacja stacji opadowej w Nowym Sączu



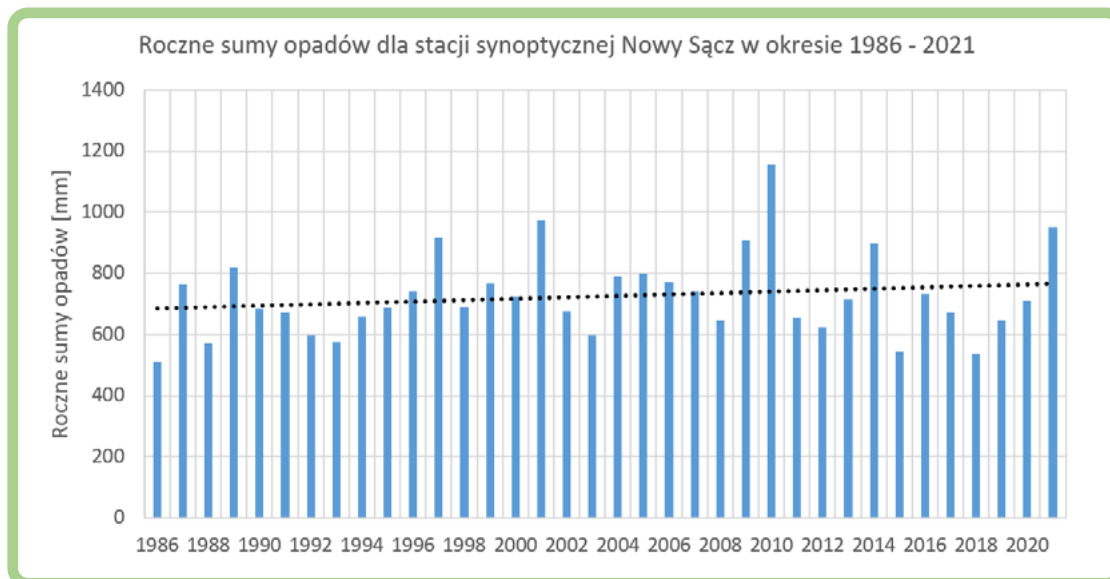
źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

<sup>13</sup> Raport zawartości bazy danych ze stacji synoptycznych IMGW, [mapa\\_zawartosci\\_synop.pdf](http://mapa_zawartosci_synop.pdf) (imgw.pl)

<sup>14</sup> Program Ochrony Środowiska dla miasta Nowego Sącza na lata 2021 – 2024 z perspektywą na lata 2025 – 2030, <https://www.nowysacz.pl/content/resources/WSR/program%20ochrony%20C5%9Arodowiska%20dla%20miasta%20nowego%20s%C4%85cza%20na%20lata%202021-2024%20z%20perspektyw%C4%85%20na%20lata%202025-2030.pdf>

Analiza dostępnych danych rocznych sum opadów atmosferycznych za lata 1986 – 2021 wykazywała statystycznie nieistotny ( $p>0,05$ ) lekki trend wzrostowy, o ponad 11% w skali całego okresu. Warto jednak podkreślić, że roczne sumy opadów wahały się od 512,4 mm w 1986 roku do 1154,7 mm w 2010 roku, a średnia roczna suma opadów dla tego okresu wyniosła 725,8 mm.

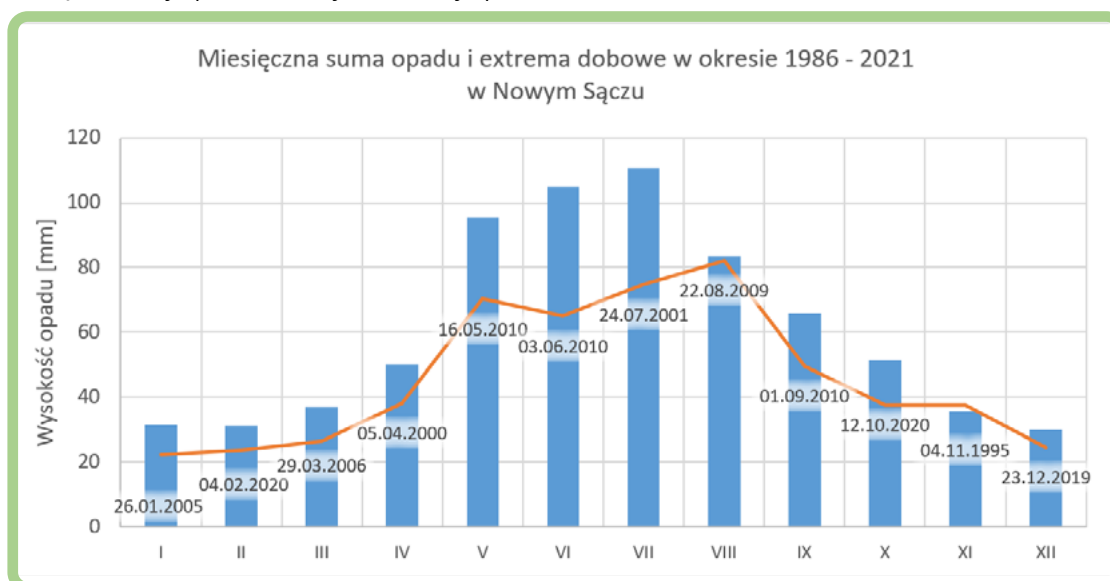
Rysunek 7 Roczne sumy opadów atmosferycznych dla stacji synoptycznej Nowy Sącz w latach 1986 - 2021



źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Analiza miesięcznych sum oraz średniorocznych opadów wykazała, iż najmniej opadów występuje w lutym – średnio 30,05 mm, a najwięcej w lipcu – średnio 108,69 mm. Miesiącem o największej liczbie dni bez opadu jest październik (średnio 18,4 dnia), najmniej dni suchych występuje w lutym (średnio 13,8 dnia). Miesiącami o najwyższej sumie opadów są miesiące maj-sierpień i również w tych miesiącach zauważalne są najwyższe ekstrema opadowe. Niewątpliwie najbardziej ekstremalnym w analizowanym okresie był rok 2010 r., jednakże lata 2020 i 2021 wykazują znacznie więcej dni, w których suma opadów przekraczała 20 mm w podziale na lata, co potwierdza widoczne bardzo wyraźnie w ostatnich kilku latach na obszarze całego kraju zwiększone występowanie ekstremalnych zdarzeń pogodowych wraz z intensywnymi opadami.

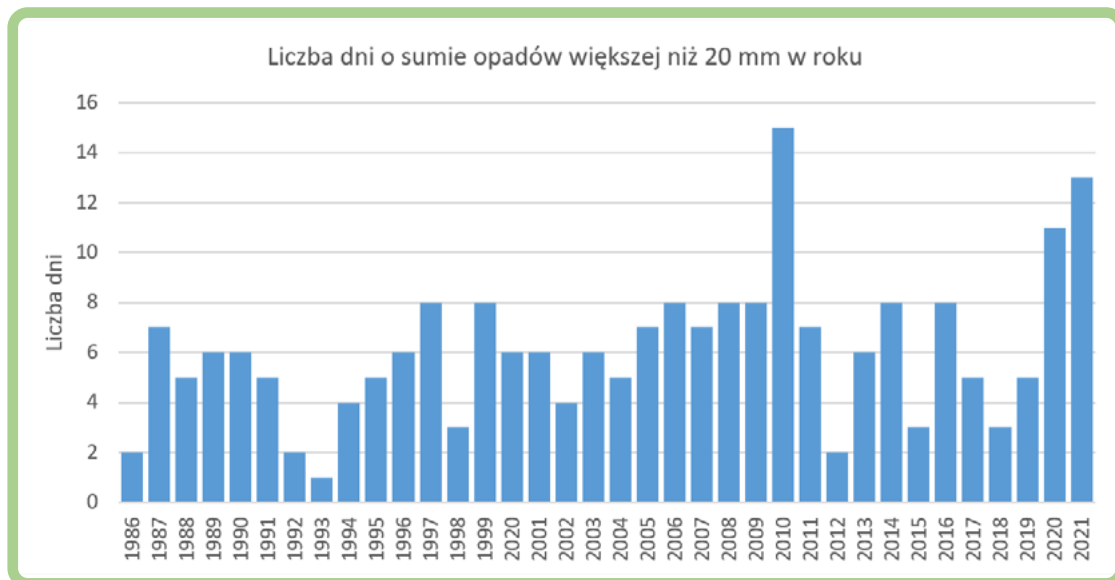
Rysunek 8 Miesięczne sumy opadów i maksymalne sumy opadów wraz z datami w latach 1986 – 2021



źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IMGW - PIB



Rysunek 9 Liczba dni z wielolecia 1986-2021, dla których suma opadów przekraczała 20mm w podziale na lata



źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW - PIB

W ramach prac analitycznych nad poszczególnymi wariantami, przygotowano dla Nowego Sącza informację o opadach w postaci wysokości deszczu miarodajnego oraz wysokości redukcji opadu dla poszczególnych prawdopodobieństw. Szczegóły przedstawiono w tabeli poniżej (Tabela 1).

Tabela 1 Wysokość deszczu miarodajnego oraz wysokość redukcji opadu

Nazwa miasta	Opad o prawdopodobieństwie	$h_{mn}$ [mm]	$h_{mp}$ [mm]	$A_n$ [km <sup>2</sup> ]	$A_p$ [km <sup>2</sup> ]	Redukcja opadu [%]	Wysokość opadu miarodajnego o czasie trwania 120 min [mm]
Nowy Sącz	1%	54,54	51,94	21,17	39,09	3,09	52,85
	10%	37,52	34,92	21,17	39,09	4,49	35,83

źródło: opracowanie własne

## 2.4. Warunki hydrograficzne

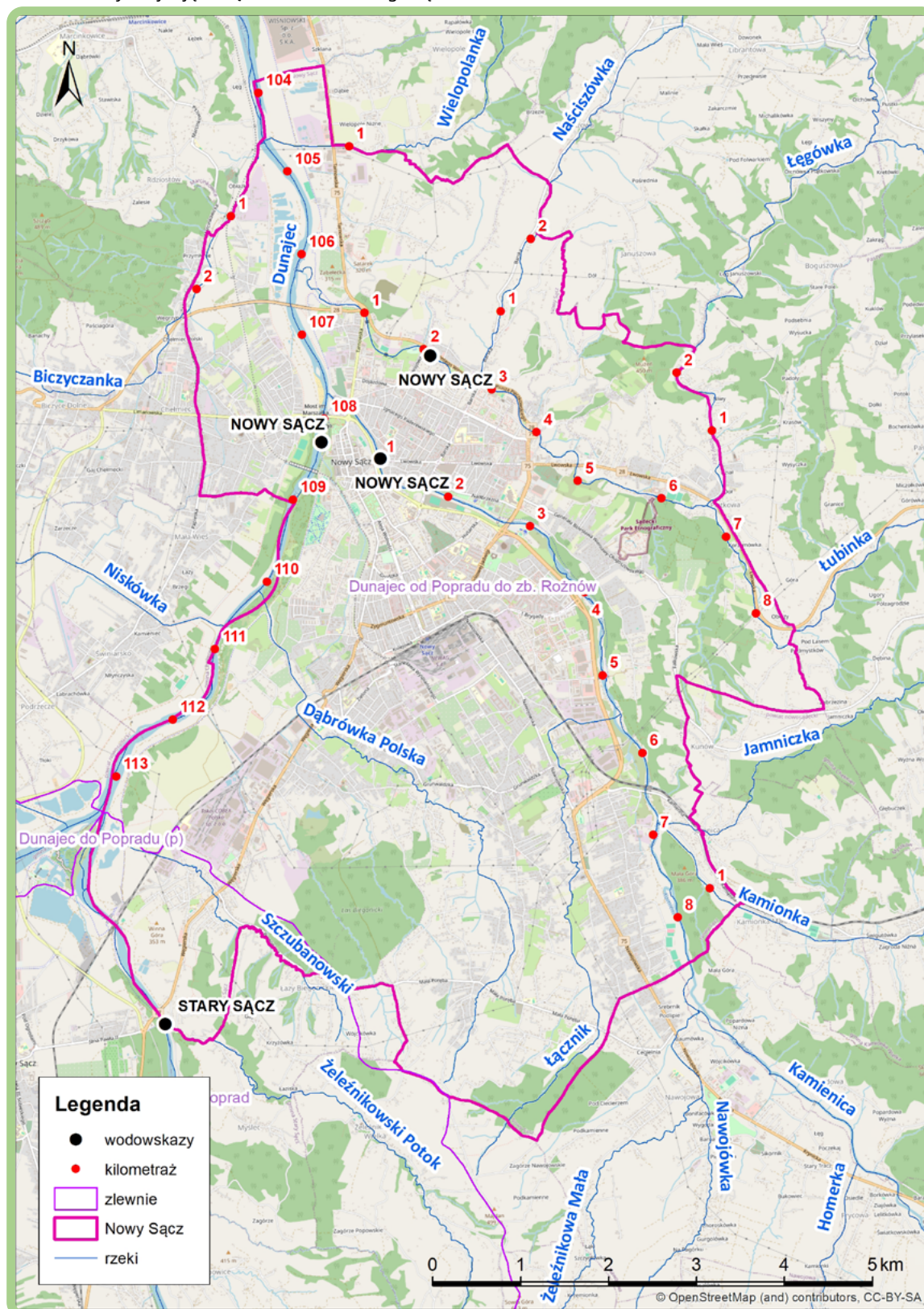
Warunki hydrograficzne Nowego Sącza wynikają z położenia miasta w środkowej części Kotliny Sądeckiej w rozwidleniu Dunajca i Kamienicy, które wchodzi w skład dorzecza Wisły. Wody powierzchniowe zajmują ok. 2,19 ha tj. 3,8% powierzchni ogólnej miasta. Pod względem wielkości przepływów największą rzeką jest Dunajec ze średnim rocznym przepływem 63,5 m<sup>3</sup>/s, następnie Poprad – 24,5 m<sup>3</sup>/s, Kamienica – 3,67 m<sup>3</sup>/s. Są to rzeki o charakterze górskim i odznaczają się dużymi wahaniami stanów (10–100-krotnymi), co stanowi istotne zagrożenie powodziowe. Najwyższe stany rzek obserwuje się po wiosennych roztopach oraz po gwałtownych nawalnych ulewach letnich, natomiast niżówki występują głównie zimą i spowodowane są długim zaleganiem pokrywy śnieżnej. Sporadycznie pojawiają się niżówki jesienne, a nawet letnie. W granicach Nowego Sącza, Dunajec jest obwałowany przeciwpowodziowo, natomiast pozostałe ciek na znacznych odcinkach są uregulowane i częściowo mają brzegi podwyższone groblami ziemnymi. Generalnie rzeki sądeckie cechują się znaczną zmiennością przepływów i stanów wody, które głównie wynikają z: częstych i obfitych opadów, szybkich spływów powierzchniowych, koncentrycznym układzie rzek i niewielkiej przepuszczalności podłoża.

## 2.5. Warunki hydrologiczne

Na obszarze Nowego Sącza znajdują się cztery wodowskazy. Trzy z nich położone są w centralnopółnocnej części miasta i noszą nazwę „Nowy Sącz”. Są one umieszczone na rzekach: Dunajec, Kamienica, Łubinka. Czwarty wodowskaz położony jest w południowozachodniej części gminy przy samej granicy i nosi nazwę „Stary Sącz” na rzece Poprad. Przedstawiono je na (Rysunek 10).

Charakterystyki istniejących stacji wodowskazowych, w tym km położenia, powierzchnię zlewni oraz rzędną zera wodowskazu zestawiono w Tabeli 2.

Rysunek 10 Wodowskazy znajdujące się w obszarze Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne

Tabela 2 Charakterystyka stacji wodowskazowych na obszarze miasta Nowy Sącz

Rzeka	Nazwa stacji	Kod SH	Km położenia	Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	Rzędna zera wodowskazu [m n.Kr.]	Rok założenia
DUNAJEC	NOWY SĄCZ	149200240	108,23	4337,46	275,67	1867
POPRAD	STARY SĄCZ	149200220	2,63	2075,02	295,33	1887
KAMIENICA	NOWY SĄCZ	149200250	0,98	237,03	278,82	1898
ŁUBINKA	NOWY SĄCZ	149200260	2,16	66,60	281,33	1961

źródło: opracowanie własne

Przepływy charakterystyczne dla stacji wodowskazowych zlokalizowanych na obszarze Nowego Sącza:

- przepływ średni z niskich SNQ,
- przepływ średni ze średnich SSQ,
- przepływ średni z wysokich SWQ,
- przepływ najwyższy z wysokich WWQ,

obliczone zostały w układzie lat hydrologicznych na podstawie danych IMGW-PIB dla wielolecia 1987-2021 (z wyłączeniem lat 2010, 2011, 2015, 2016 i 2017 dla stacji wodowskazowej Nowy Sącz na rzece Łubinka oraz w 2014 roku dla stacji wodowskazowej Nowy Sącz na rzece Kamienica, ze względu na braki danych). Do wyznaczenia przepływów charakterystycznych wykorzystano dane o ekstremach (minimum i maksimum) oraz średniej rocznej, udostępniane na stronie [https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane\\_pomiarowo\\_obserwacyjne/dane\\_hydrologiczne/polroczne\\_i\\_roczne/](https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/dane_hydrologiczne/polroczne_i_roczne/)

Tabela 3 Przepływy z wielolecia 1987-2021 dla wodowskazów zlokalizowanych na obszarze Nowego Sącza

Rzeka	Stacja	Kod SH	SNQ [m <sup>3</sup> /s]	SSQ [m <sup>3</sup> /s]	SWQ [m <sup>3</sup> /s]	WWQ [m <sup>3</sup> /s]	Data wystąpienia WWQ
DUNAJEC	NOWY SĄCZ	149200240	17,1	67,2	946	2610	09.07.1993 r.
POPRAD	STARY SĄCZ	149200220	6,28	25,6	316	1110	04.06.2010 r.
KAMIENICA	NOWY SĄCZ	149200250	0,50	3,54	149	400	25.07.2001 r.
ŁUBINKA	NOWY SĄCZ	149200260	0,09	0,64	32,3	115	25.07.2001 r.

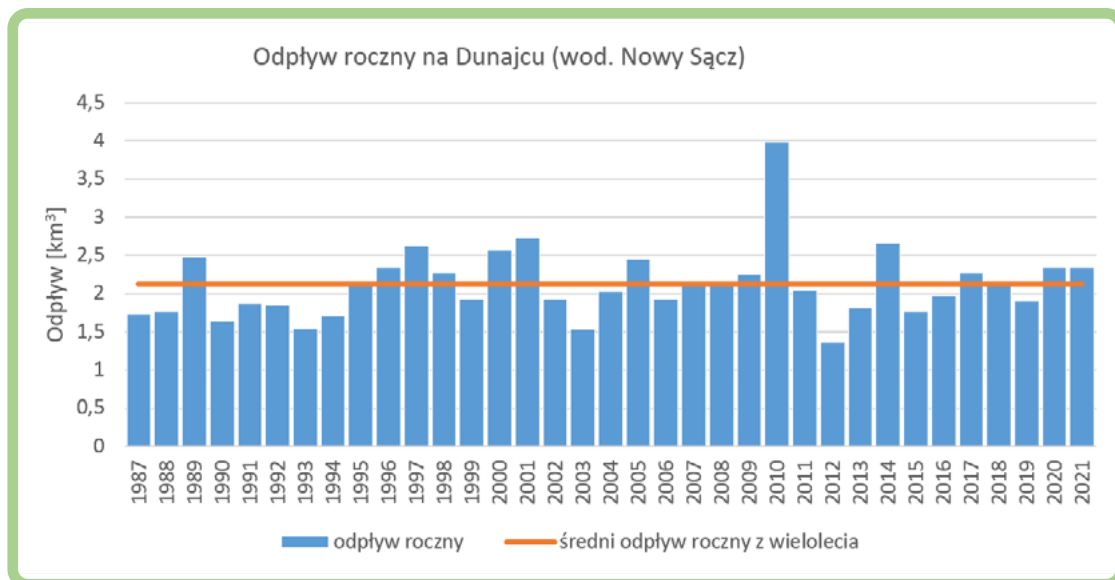
źródło: opracowanie własne

Na obszarze Nowego Sącza najwyższe przepływy, na poszczególnych rzekach, odnotowane zostały w latach: 1993 (rzeka Dunajec), 2010 (Poprad) oraz 2001 (Kamienica i Łubinka).

Odptyw rzeczny na obszarze Nowego Sącza, charakteryzuje się podobną zmiennością na wszystkich 4 ciekach tj.: Dunajcu, Kamienicy, Łubince i Popradzie ([Rysunek 11](#) - Dunajec). Charakterystyczne są lata o odptywie powyżej średniej z wielolecia, w których zdarzały się powodzie tj. 1997, 2001, 2010 i 2014. Wyjątkowo wysoki odptyw roczny na Dunajcu, Łubince, Kamienicy i Popradzie w 2010 roku wyraźnie wyróżnia się na tle innych lat oraz ze względu na wielkość wpływa na zwiększenie średniej dla wielolecia 1987-2021.



Rysunek 11 Odpływ roczny na rzece Dunajec dla wodowskazu Nowy Sącz w latach 1987-2021



źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

## 2.6. Ocena zagrożenia i ryzyka powodziowego

Miasto Nowy Sącz leży nad Dunajcem, prawym dopływem Wisły. Spośród rzek przepływających przez Nowy Sącz, Dunajec stanowi potencjalne największe zagrożenie powodziowe dla miasta. W przypadku wystąpienia nieoczekiwanych warunków atmosferycznych, tj. nawałnych opadów deszczu czy wzmożonych roztopów śniegu istnieje ryzyko podniesienia poziomu wody w Dunajcu, wystąpienia wody z koryta, a w konsekwencji uszkodzenia lub zniszczenia wałów przeciwpowodziowych i w następstwie zalania terenów miejskich, w tym obszarów zabudowanych. Zagrożenie stanowią również Kamienica i Łubinka, prawobrzeżne dopływy Dunajca. Szczególnie mniejsze cieki są narażone na wystąpienie tzw. powodzi błyskawicznych w obszarach podgórskich. Ze względu na realne ryzyko powodziowe oraz dotkliwe doświadczenia wcześniejszych powodzi miasto jest uwzględnione w dokumentach planistycznych dotyczących zarządzania ryzykiem powodziowym. Równocześnie istotnym, problemem miasta są powodzie wywołane przez opady deszczu o czym świadczą ilość interwencji państwowej straży pożarnej oraz informacji prasowych z ostatnich lat.

W obrębie miasta Nowy Sącz od dawna oraz z dużą regularnością występują powodzie. Centralna część miasta jest położona stosunkowo wysoko, dzięki czemu zagrożenia powodzią rzeczną nie występują w tym obszarze. Natomiast niektóre dzielnice oraz przedmieścia regularnie doświadczają podtopień i zalewania głównie na skutek wystąpienia wody z koryta rzek Kamienicy, Łubinki i Dunajca.

Jedną z największych powodzi minionego wieku była powódź w 1934 roku, wskutek której zalane zostały osiedla m.in.: Święta Helena, Piekło, Załubińcze i Wólki, a woda na budynku elektrowni przy Barbackiego sięgnęła 1,5 metra wysokości. Po wojnie wody rzek jeszcze wielokrotnie wylewały, powodując liczne zniszczenia oraz pozbawiając mieszkańców niejednokrotnie części lub całości posiadanego mienia. Wymienić należy przede wszystkim następujące lata: 1948, 1955, 1958, 1960, 1973, 1983, 1997. XXI w. jak dotąd także przyniósł już kilka zdarzeń powodziowych, w tym katastrofalną na obszarze wielu regionów krajów, powódź w 2010 r.

Na podstawie wstępnej oceny ryzyka powodziowego (WORP) z 2018 r. zidentyfikowano na terenie miasta Nowy Sącz osiem historycznych powodzi rzecznych, które zostały przedstawione krótko poniżej ([Tabela 4](#)).

Tabela 4 Podstawowe informacje o rzecznych powodziach historycznych w mieście Nowy Sącz

Lp.	Nazwa rzeki	Data	Czas trwania (doby)
1	Brak danych	07.07.1903 r.	4
2	Potok Łubinka	09.07.1997 r.	2
3	Dunajec i Kamienica	27.07.2001 r.	bd
4	Łubinka, Naściszówka, Szymanowianka, Biczyczanka, Łącznik, Dąbrówka i Szczubanowskim	16.05.2010 r.	5
5	Dunajec, Wielopolanka, Niskówka, Biczyczanka, Potok w Marcinkowicach, Potok Kraśnianka i Szymanowia	20.06.2010 r.	6
6	Brak danych	28.07.2010 r.	2
7	Potok Żeleźnikowski, Potok Łącznik, Potok Łubinka i Potok Januszowianka	15.07.2011 r.	bd
8	Dunajec, Wielopolanka, Niskówka, Biczyczanka, Potok w Marcinkowicach, Potok Kraśnianka i Szymanowia	07.08.2014 r.	2

źródło: opracowanie własne

W 2020 roku przeprowadzono aktualizację map zagrożenia powodziowego i jest to obowiązująca wersja, w ramach której opracowano dla analizowanego obszaru mapy zagrożenia powodziowego z głębokością wody i mapy ryzyka powodziowego z potencjalnymi negatywnymi skutkami dla życia i zdrowia ludzi, a także wartości potencjalnych strat powodziowych dla następujących prawdopodobieństw: 1% - raz na 100 lat, 0,2% - raz na 500 lat oraz 10% - raz na 10 lat zostały przeanalizowane poniżej.

Obszary szczególnego zagrożenia powodzią, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1% (raz na 100 lat) oraz przedziały głębokości wody w metrach na terenie miasta Nowy Sącz przedstawia [Rysunek 12](#). Wyznaczone na mapach jw. obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1% (raz na 100 lat) oraz prawdopodobieństwo to jest niskie i wynosi 0,2% (raz na 500 lat) określone od rzeki Dunajec oraz jej dopływów Kamienica i Łubinka dotyczą terenów nadrzecznych położonych wzdłuż zachodniej granicy miasta oraz w jego centralno-wschodniej części miasta. Natomiast tereny zagrożone zalaniem w przypadku wystąpienia scenariusza całkowitego zniszczenia wału przeciwpowodziowego w sytuacji wystąpienia zdarzenia ekstremalnego, przy wyznaczeniu, którego uwzględniono przepływ o prawdopodobieństwie wystąpienia  $p=1\%$  obejmuje obszar zachodniej części miasta, gdzie najbardziej narażone są osiedla Świętej Heleny oraz Wólki.

W obrębie miasta Nowy Sącz dla średniego prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi raz na 100 lat – 1% obliczono szacunkową liczbę mieszkańców zagrożonych powodzią, która wynosi 1151. Natomiast dla poszczególnych części miasta kształtuje się to odpowiednio: Kochanowskiego – 423, Stare Miasto – 6, Gołąbkowice – 64, Pod Podołami – 3, Murowaniec – 27, Falkowa – 92, Gorzków – 12, Jamnica – 51, Zawada – 33, Przetakówka – 437 oraz Święta Helena – 3.

Rysunek 12 Obszar Nowego Sącza, mapa zagrożenia powodziowego z głębokością wody obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1% (raz na 100 lat)



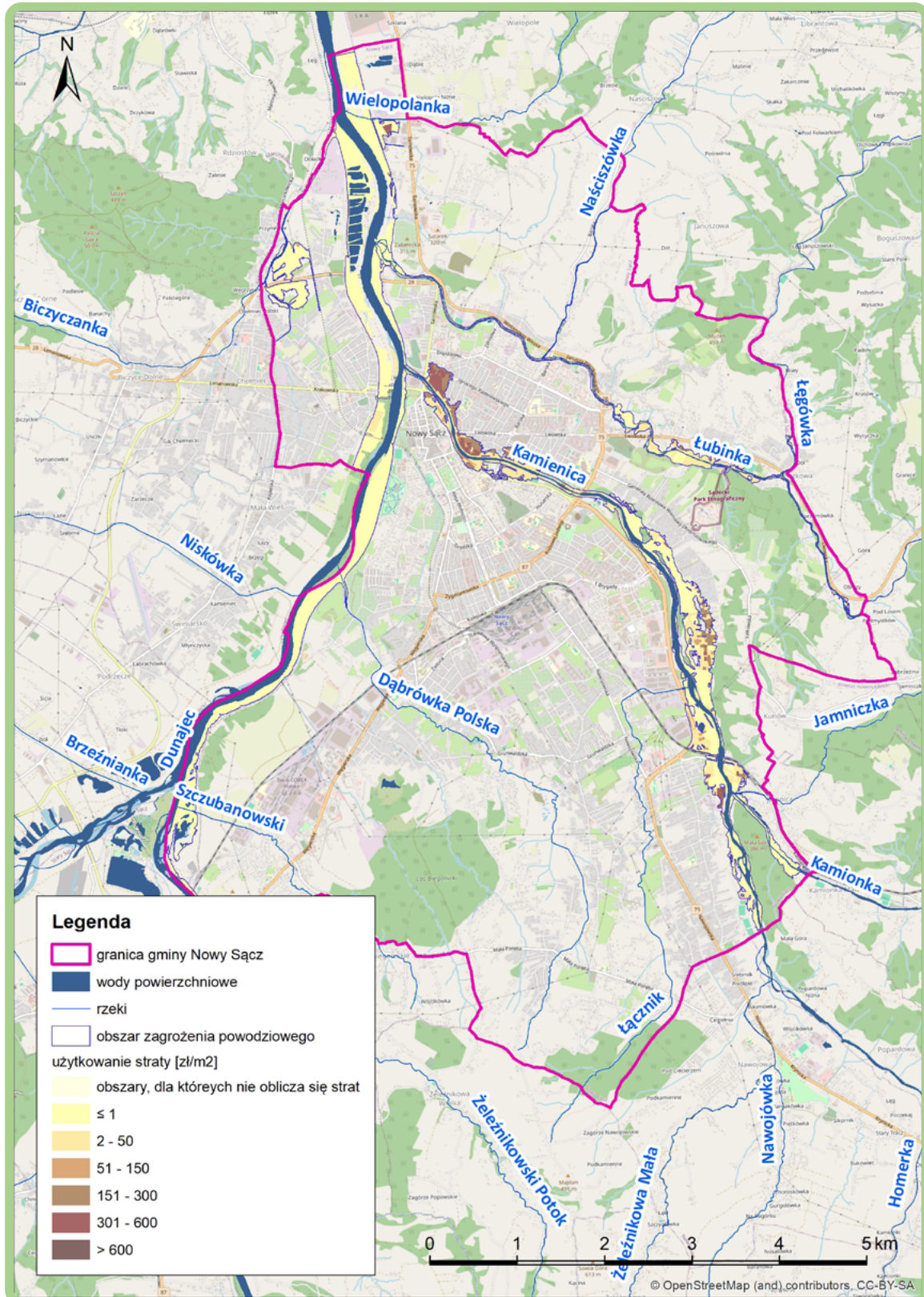
źródło: opracowanie własne na podstawie produktów aMZPiMRP



W mapach ryzyka powodziowego należy zwrócić szczególną uwagę na budynki mieszkalne oraz budynki o znaczeniu społecznym objęte obszarem szczególnego zagrożenia powodziowego, jak i wartości potencjalnych strat powodziowych. Budynki mieszkalne oraz budynki o znaczeniu społecznym zostały określone na podstawie obszaru zagrożenia powodziowego z głębokością wody mierzoną w metrach, natomiast wartości potencjalnych strat powodziowych zostały określone na podstawie klas użytkowania terenu, które można zobaczyć na mapach ryzyka powodziowego z potencjalnie negatywnymi skutkami dla środowiska w zakresie dziedzictwa kulturowego i działalności gospodarczej.

Obszar szczególnego zagrożenia powodzią (raz na 100 lat – 1%) oraz wartości strat powodziowych dla miasta Nowy Sącz przedstawia [Rysunek 13](#).

Rysunek 13 Obszar Nowego Sącza, mapa ryzyka powodziowego w zakresie potencjalnie negatywnych skutków dla życia i zdrowia ludzi oraz wartości potencjalnych strat powodziowych. Obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1% (raz na 100 lat)



źródło: opracowanie własne na podstawie produktów aMZPiMRP

Podsumowując dane oraz informacje, które zostały przedstawione na mapach zagrożenia powodziowego (MZP) i mapach ryzyka powodziowego (MRP), w Nowym Sączu znajduje się 25 osiedli mieszkaniowych, z czego obszarami najbardziej zagrożonymi powodzią są części miasta takie jak Kochanowskiego oraz Przetakówka. Są one zagrożone od strony rzeki Kamienicy.

W uzupełnieniu warto dodać, iż Nowy Sącz znajduje się w strefie zagrożenia powodziowego, wynikającego z awarii urządzenia hydrotechnicznego. W ramach projektu „Przegląd i aktualizacja map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego” (aMZPiMRP) analizowano scenariusz uszkodzenia lub zniszczenia budowli piętrzącej zbiornika Czorsztyń (na rzece Dunajec). Scenariusz zakładał przelanie się wody przez korpus zapory, w warunkach przejścia fali kontrolnej o prawdopodobieństwie wystąpienia 0,02%, w połączeniu ze zniszczeniem trzech sekcji przelewowych zapory w Rożnowie. Mapy wykazały, że Nowy Sącz znajdzie się częściowo w strefie zalania wskutek takiego zdarzenia. Wówczas zagrożonych powodzią oraz objętych ewakuacją może być nawet 12 852 mieszkańców. Najbardziej zagrożonymi osiedlami Nowego Sącza dla tego scenariusza są Wólki – 3918 mieszkańców, Przetakówka – 2212 mieszkańców oraz Kochanowskiego – 2014 mieszkańców. Dodatkowo zagrożeniem objęte są budynki o znaczeniu społecznym takie jak szkoły i przedszkola

W opracowanym przez Urząd Miasta w Nowym Sączu dokumencie pt. „Ocena zagrożeń, charakterystyka miasta Nowego Sącza”, uwzględniono między innymi zagrożenie powodziowe. Jak wskazuje dokument, z dokonanej analizy oraz prognozowanych wyliczeń, obserwacji i doświadczeń (powodzie z 1997, 2001 i 2010 roku) wynika, że Nowy Sącz jest miastem bardzo zagrożonym powodzią. Rejonami miasta najbardziej zagrożonymi powodzią są osiedla: Piątkowa, Chruślice, Westerplatte, Barskie, Grabowa, Przetakówka, Naściszowa, Zabełcze, co odpowiada około 20% ogólnej powierzchni miasta. Dodatkowo wskazano, iż niezwykle niebezpiecznym zjawiskiem dla miasta może być opad burzowy o wysokiej wartości, zlokalizowany punktowo nad zlewnią Kamienicy lub Łubinki powyżej miasta. W opracowaniu wskazano, że najczęściej place i drogi dojazdowe do miasta są wyposażone w mało sprawne wpusty uliczne do kanalizacji burzowej. W efekcie podczas opadu nawalnego zamieniają się one w rwące potoki, zaś woda gromadzi się w nisko położonych obszarach miejskich. Ten fakt znacząco utrudnia ruch drogowy, jest przyczyną utrudnień dla mieszkańców i przynosi znaczne straty materialne. Dodatkowy wysoki stopień zagrożenia wynika przede wszystkim z dużych prędkości wody i związanego z tym krótkiego czasu, jaki pozostaje między wydaniem ostrzeżenia a możliwością reakcji mieszkańców.<sup>15</sup>

W celu identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi na terenie miasta dokonano analizy danych o interwencjach straży pożarnej związanych z intensywnymi opadami. Dane pozyskano z Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Nowym Sączu. W okresie od 2015 do 2022 roku KM PSP w Nowym Sączu odnotowała 222 interwencje, dotyczące przede wszystkim:

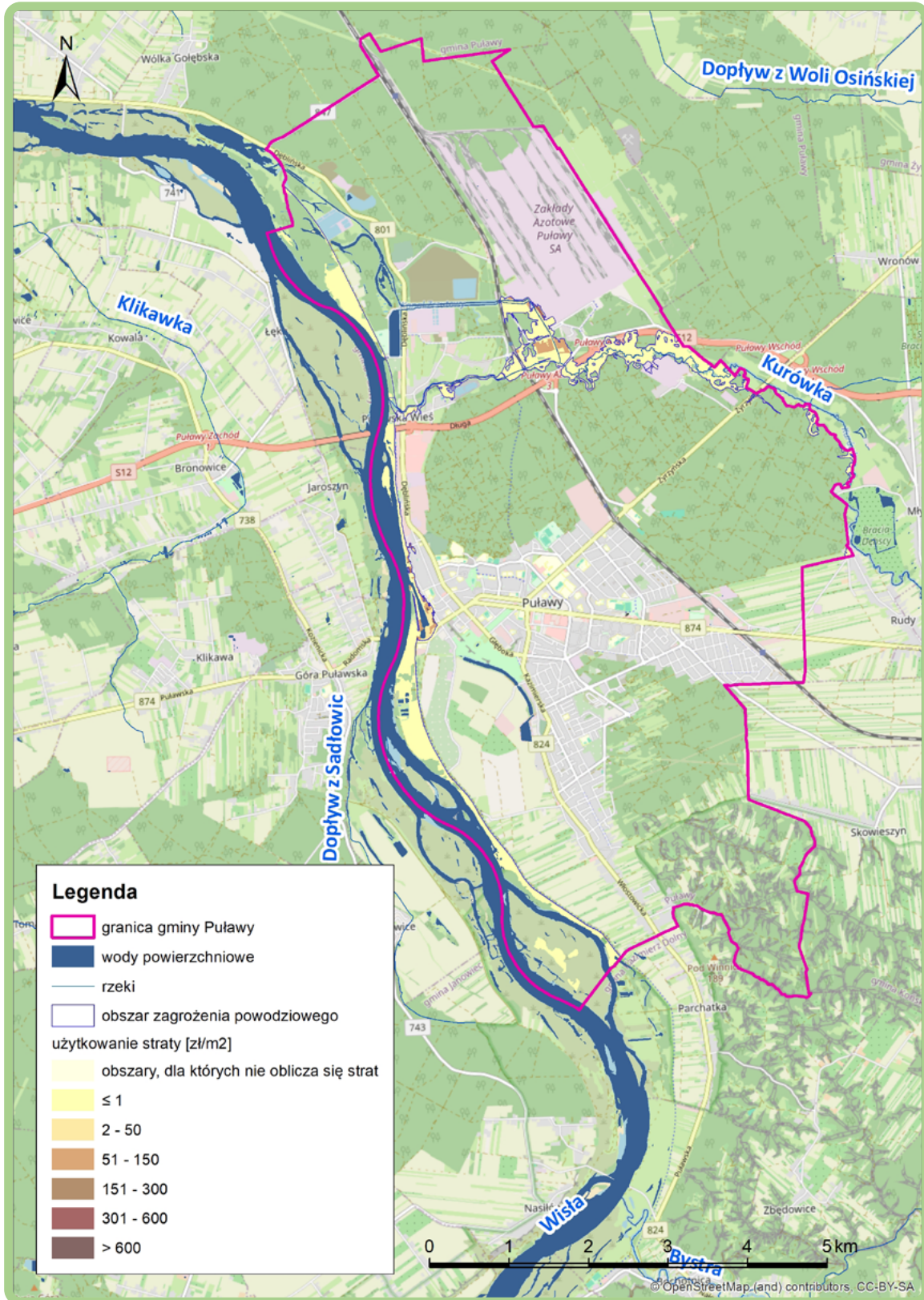
- wypompowania wody z zalanych piwnic należących do różnego rodzaju obiektów,
- wypompowania wody z zanieczyszczonych studni,
- udrażniania studzienek kanalizacyjnych i przepustów.

Lokalizacje interwencji i zdarzeń związanych z gwałtownymi opadami deszczu przedstawia [Rysunek 14](#).

<sup>15</sup> Ocena zagrożeń - Nowy Sącz, [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fnowysacz.pl%2Fcontent%2Fresources%2Furzad%2Furzad\\_miasta%2Ffunkcjonowanie\\_um%2Fwydzialy%2Fwzk%2Focena\\_zagro%25C5%25BCen.doc&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fnowysacz.pl%2Fcontent%2Fresources%2Furzad%2Furzad_miasta%2Ffunkcjonowanie_um%2Fwydzialy%2Fwzk%2Focena_zagro%25C5%25BCen.doc&wdOrigin=BROWSELINK), data wejścia: 27.02.2024



Rysunek 14 Lokalizacje interwencji KM PSP oraz zdarzeń związanych z gwałtownymi opadami deszczu na terenie Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne na podstawie danych KM PSP w Nowym Sączu i doniesień prasowych

W okresie od 2015 do 2022 roku najwięcej interwencji PSP w Nowym Sączu zarejestrowała w dniach:

- 19.06.2020 r. – 14 interwencji, m.in. w rejonie ulic: Wita Stwosza, Jana Pawła II, Nawojowskiej,
- 10.07 - 19.07.2021 r. – łącznie 50 interwencji, m. in. w rejonie ulicy Lwowskiej,
- 27.07.2021 r. – 44 interwencje, m. in. w rejonie osiedla „Kaduk”, także ulic Węgierskiej i Elektrodowej.

Fotografia poniżej ([Rysunek 15](#)) przedstawia zalane skrzyżowanie ulic Nawojowskiej i Kolejowej po opadach burzowych w dniu 19.06.2020 roku.

Rysunek 15 Skrzyżowanie ulic Nawojowskiej i Kolejowej w Nowym Sączu



źródło: Gazeta i portal informacyjny miasta Nowy Sącz, <https://miastons.pl/nowy-sacz/wylal-potok-dabrowka-zalewa-okoliczne-domu-i-dzialki-zdjecia-interwencja/>

Szkody spowodowane powodzią błyskawiczną w dniach 16 - 17.07.2021 r. obrazuje [Rysunek 16](#).

Rysunek 16 Zniszczenia spowodowane powodzią błyskawiczną w dniach 16-17 lipca 2021 r. w okolicach osiedla Kochanowskiego w Nowym Sączu



źródło: <https://wiadomosci.onet.pl/krakow/chelmiec-rzeka-lubinka-wystapila-z-koryta-w-nocy-z-czwartku-na-piatek/1q0xrgl>



[Rysunek 17](#) przedstawia zalaną w dniu 27.07.2021 r. ulicę Nawojowską w Nowym Sączu.

Rysunek 17 Zalana ulica Nawojowska po intensywnych opadach w dniu 27.07.2021 r.



źródło: <https://nowysacz.naszemiasto.pl/nowy-sacz-oberwanie-chmury-nad-miastem-woda-zalala-ul/ga/c9-8385834/zd/63927318>

Biorąc pod uwagę opracowane dokumenty planistyczne, można stwierdzić, że Nowy Sącz charakteryzuje się wysokim zagrożeniem i ryzykiem powodziowym od strony rzek oraz z pewnością na jego obszarze występuje ryzyko związane z powodziami miejskimi, co potwierdzają liczne interwencje straży pożarnej w miesiącach letnich.

## 2.7. Przewidywane zmiany sum i rozkładu opadów i przepływów w oparciu o dostępne modele klimatyczne

W ramach projektu Klimada 2.0 opracowane zostały scenariusze klimatyczne, mające na celu prognozę zmian temperatury i opadu dla Polski w perspektywie do 2100 r. oraz stworzony został portal interaktywny dedykowany prezentacji opracowanych scenariuszy.

Na portalu udostępniane są dane dla dwóch scenariuszy koncentracji gazów cieplarnianych:

- RCP 4.5 - scenariusz zakładający wprowadzanie nowych technologii dla uzyskania wyższej niż obecnie redukcji emisji gazów cieplarnianych – osiągnięcie w 2100 r. koncentracji CO<sub>2</sub> nieprzekraczającej 580 ppm (względem 410 ppm w 2020 r.) oraz wymuszenia radiacyjnego 4.5 W/m<sup>2</sup>,
- RCP 8.5 - scenariusz zakładający utrzymanie aktualnego tempa wzrostu emisji gazów cieplarnianych – osiągnięcie w 2100 r. koncentracji CO<sub>2</sub> na poziomie 1 230 ppm (względem 410 ppm w 2020 r.) oraz wymuszenia radiacyjnego 8.5 W/m<sup>2</sup>.

Projekcje klimatyczne opracowane zostały w podziale na dekady od 2011 do 2050. Wyznaczono parametry związane z temperaturą, promieniowaniem, opadem i wiatrem, jako średnie lub sumy roczne, sezonowe oraz miesięczne.

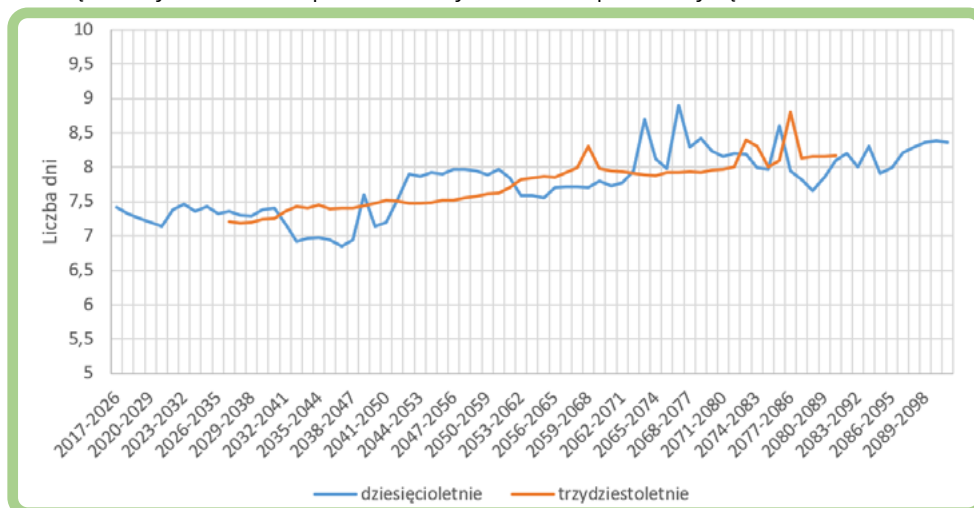
W odniesieniu do opadów ekstremalnych > 20 mm/dobę w obu scenariuszach wystąpi trend wzrostowy. W scenariuszu RCP8.5 ([Rysunek 19](#)) wzrost jest wyższy o około 1 dzień w porównaniu do RCP4.5 ([Rysunek 18](#)). Dane wskazują na pewne przyspieszenie tempa wzrostu średniej kroczącej liczby dni z opadem większym lub równym 0 mm w przyszłości. W początkowym okresie wzrost jest umiarkowany, ale w latach 2047-2076 przewiduje się, że tempo wzrostu przyspieszy nieznacznie, a wartości wzrosną szybciej. To sugeruje, że zmiany klimatyczne będą miały coraz większy wpływ na częstość występowania intensywnych opadów. Jak wskazują autorzy opracowania „Analiza zmian klimatu diagnoza stanu aktualnego”, który powstał na potrzeby aktualizacji regionalnego planu działań dla klimatu i energii dla województwa małopolskiego w dekadzie 2021-2030 można spodziewać się zarówno wysokich, jak i niskich sum opadów, co może prowadzić do powodzi i suszy. Bardzo prawdopodobne jest występowanie gwałtownych opadów o zasięgu lokalnym na całym obszarze województwa małopolskiego. Jednocześnie długotrwałe opady, trwające kilka dni bez przerwy



i obejmujące znaczną część województwa, są również możliwe. Największe szkody mogą wystąpić w południowej i północnej części województwa małopolskiego, gdzie teren jest zróżnicowany, ale również w centrach miast, gdzie powodzie błyskawiczne mogą występować coraz częściej.

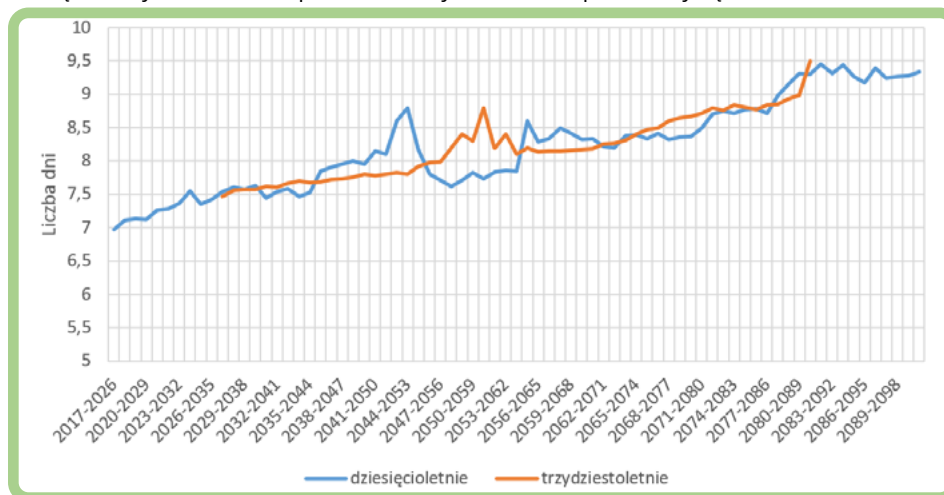
Należy pamiętać, że tereny górskie w województwie małopolskim mają najwyższe sumy opadów. Dlatego obszar położony na przedpolu Karpat jest narażony na fale powodziowe, które mogą dotrzeć do części badanego obszaru, nawet jeśli opady tam nie występują. Jeśli chodzi o suszę, najbardziej uciążliwa będzie w obszarach poniżej 600-800 m n.p.m., mogąca występować nie tylko latem, ale również wiosną i/lub jesienią. Jednym z powodów suszy w okresie wiosennym jest wyraźny spadek liczby dni z pokrywą śnieżną<sup>16</sup>.

Rysunek 18 Średnia krocząca liczby dni w roku z opadem dziennym  $\geq 20$  mm - pow. Nowy Sącz dla scenariusza RCP4.5



źródło: opracowanie własne na podstawie Klimat scenariusze – Klimada 2.0 ([ios.gov.pl](https://ios.gov.pl))

Rysunek 19 Średnia krocząca liczby dni w roku z opadem dziennym  $\geq 20$  mm - pow. Nowy Sącz dla scenariusza RCP8.5



źródło: opracowanie własne na podstawie Klimat scenariusze – Klimada 2.0 ([ios.gov.pl](https://ios.gov.pl))

Modele klimatyczne dla obszaru Polski przewidują ocieplenie klimatu i wzrost sumy opadów atmosferycznych, zwłaszcza w okresie zimy i wiosny. W ramach projektu CHASE-PL do oceny stanu ilościowego zasobów wodnych w horyzontach czasowych 2021-2050 oraz 2071-2100 wykorzystano model hydrologiczny SWAT opracowany dla obszaru dorzeczy Wisły i Odry w 2633 zlewniach cząstkowych. Prezentowane w tabelach (Tabela 5 i Tabela 6) wyniki obejmują zmiany w okresie 2021-2050 w porównaniu do okresu 1971-2000 i zaprezentowane są osobno dla dwóch scenariuszy zmian klimatu RCP4.5 i RCP8.5. W celu oceny wpływu zmian klimatycznych na niskie i wysokie przepływy zostały zbadane dwa wskaźniki: wskaźnik niskiego przepływu (QL), obliczony jako wieloletnia średnia 10 percentyla z przepływów dobowych w ciągu roku oraz analogiczny wskaźnik wysokiego przepływu (QH), obliczony dla 90 percentyla<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> Opracowanie-ANALIZA-ZMIAN-KLIMATU-DIAGNOZA-STANU-AKTUALNEGO22.pdf ([ekomalopolska.pl](https://ekomalopolska.pl)), dostęp z dnia 24.05.2023

<sup>17</sup> Zmiany-klimatu-i-ich-wplyw-na-wybrane-sektory-w-Polsce-Redaktorzy.pdf ([researchgate.net](https://researchgate.net))

Tabela 5 Zmiana średniego przepływu na Dunajcu i Kamienicy w granicach Nowego Sącza dla scenariusza RCP4.5

RCP 4.5	Zmiana przepływu niskiego Q10 [%]		Zmiana przepływu średniego [%]		Zmiana przepływu wysokiego Q90 [%]	
	Dunajec	Kamienica	Dunajec	Kamienica	Dunajec	Kamienica
Rzeka						
Rok	-6,51	17,47	3,58	8,88	11,11	16,95
Zima	19,74	33,38	36,39	54,19	72,35	141,22
Wiosna	-7,75	-27,01	-0,73	-4,58	10,18	16,27
Lato	-16,03	-12,09	-10,63	-10,32	15,63	30,65
Jesień	-20,48	-8,64	-5,04	-4,24	18,55	43,42

źródło: opracowanie własne na podstawie wyników projektu CHASE-PL <https://wpływklimatu.sggw.pl/map/impact/>

Tabela 6 Zmiana średniego przepływu na Dunajcu i Kamienicy w granicach Nowego Sącza dla scenariusza RCP8.5

RCP 8.5	Zmiana przepływu niskiego Q10 [%]		Zmiana przepływu średniego [%]		Zmiana przepływu wysokiego Q90 [%]	
	Dunajec	Kamienica	Dunajec	Kamienica	Dunajec	Kamienica
Rzeka						
Rok	-2,79	-2,75	6,05	5,77	14,07	17,47
Zima	26,31	33,38	55,86	88,54	26,31	33,38
Wiosna	-13,21	-27,01	-3,54	-14,42	-13,21	-27,01
Lato	-7,43	-12,09	0,44	7,26	-7,43	-12,09
Jesień	-12,49	-8,64	2,31	18,55	-12,49	-8,64

źródło: opracowanie własne na podstawie wyników projektu CHASE-PL <https://wpływklimatu.sggw.pl/map/impact/>

W świetle uzyskanych wyników dla Dunajca i Kamienicy w obszarze Nowego Sącza, spodziewany jest niewielki wzrost wielkości średniego przepływu rocznego (zwłaszcza w miesiącach zimowych). W okresie wiosennym na obu rzekach prognozowany jest spadek przepływu średniego dla obu scenariuszy klimatycznych. W skali roku przewidywane zmiany wskaźnika wysokiego przepływu (QH) dla obu scenariuszy RCP mieszczą się w zakresie od 10% do 20%.

Przy analizie ww. przewidywanych zmian procentowych przepływu wysokiego na uwagę trzeba mieć niepewność projekcji zmian klimatu, w tym również w odniesieniu do ich potencjalnego wpływu na zasoby wodne. Przyjmuje się, że niepewność w ustaleniach co do przyszłych skutków zmian klimatu dotyczy w szczególności zjawisk ekstremalnych, m.in. powodzi.

## 2.8. Charakterystyka zagospodarowania przestrzennego

Nowy Sącz rozwijał się w oparciu o kontinuum kulturowe, co zaowocowało stosunkowo przejrzystą strukturą funkcjonalno-przestrzenną miasta. Struktura ta jest wynikiem nakładania się trzech podstawowych elementów: struktury genetycznej (związanej z etapami rozwoju miasta), struktury funkcjonalnej oraz fizjonomii, które razem tworzą obecny model miasta. W przestrzeni miasta, mimo pewnych zakłóceń wynikających zarówno z okresów stagnacji, jak i spontanicznego rozwoju, można wyróżnić obszary związane z kolejnymi fazami rozwoju oraz dominującą funkcją. Są nimi m.in.<sup>18</sup>:

- Centrum, które stanowi pierwotny obszar miasta - miasto lokacyjne. Znajduje się na wzniesieniu, pomiędzy rzekami Dunajcem i Kamienicą, ograniczone ulicami Szwedzką i Wałową. W obrębie historycznego układu urbanistycznego centrum, zachowane są zespoły i obiekty o najwyższej wartości kulturowej w mieście. Historyczny układ urbanistyczny centrum Nowego Sącza jest wpisany do rejestru zabytków decyzją Nr OzKr/NS/KM+BS/4141-A/1/07 z 31.01.2007 r., KS A-72/M. Dzięki dominującym wieżom i zielonej skarpie, centrum posiada wysokie walory krajobrazowe. Koncentracja usług ogólnomiejskich nadaje temu obszarowi rangę reprezentacyjnego centrum,
- Obszary historycznych przedmieść, skupione wokół ulic Lwowskiej, Jagiellońskiej, Długosza oraz zespołu Kolonii Kolejowej. Rozwijały się intensywnie w XIX i XX wieku i zostały wyposażone w obiekty użyteczności publicznej, tworząc harmonijną kontynuację funkcji i formy centrum. Różnią się od centrum większym udziałem zabudowy mieszkaniowej, w tym zorganizowanej. Zespół „Kolonii Kolejowej” składający się z około stu budynków mieszkalnych dwu i wielorodzinnych, posiada obiekty użyteczności publicznej i zaplecze administracyjne kolei. To unikatowe w skali kraju założenie urbanistyczno-architektoniczne, cechujące się jednorodną stylistyką. Osiedle nadal pełni swoją pierwotną funkcję, a dokonywane modyfikacje wynikają głównie z konieczności dostosowania obiektów do współczesnych potrzeb i standardów,
- Obszary nowoczesnych osiedli mieszkaniowych wielorodzinnych, zajmujące tereny dawnych kompleksów rolnych. Osiedla te powstały w ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat i charakteryzują się jednolitymi formami architektonicznymi, które dominują w krajobrazie miasta, ale obniżają jego wartość estetyczną,
- Obszary aktywności gospodarczej, rozwijane od końca XIX wieku, skoncentrowane wzdłuż linii kolejowej i głównych dróg wylotowych. Pierwotnie umiejscowione w strefie zewnętrznej miasta, obecnie tworzą wewnętrzny pierścień, oddzielając tereny mieszkaniowe. Te obszary wpływają na funkcjonowanie struktury miasta i mogą powodować uciążliwości dla mieszkańców. W okresie transformacji gospodarczej, zagospodarowanie tych obszarów było niejednolite i chaotyczne,
- Obszary obrzeży miasta, w tym tereny przyłączonych do niego sąsiednich wsi, które głównie składają się z gruntów rolnych i posiadają duże walory krajobrazowe związane ze wzgórzami. Stopniowo są zabudowywane obiektami mieszkalnymi. Ze względu na atrakcyjność dla funkcji mieszkaniowych, intensyfikuje się zabudowa tych obszarów, co prowadzi do rozszerzenia zabudowy na stoki,
- Obszary różnych form zabudowy mieszkalnej i usługowej, które nie wpływają na tożsamość miasta, oraz niezabudowane tereny w obrębie doliny, które można zagospodarować. Część tych terenów, które zostały zagospodarowane zgodnie z kompleksowymi rozwiązaniami przestrzennymi, charakteryzuje się porządkiem urbanistycznym i architektonicznym,
- Tereny zielone wzdłuż rzek, które mają duże walory krajobrazowe i stanowią zasób do wykorzystania dla celów rekreacyjnych. Jednak są one w niewielkim stopniu zagospodarowane do tego celu i w niektórych miejscach zostały zdegradowane przez wprowadzenie funkcji gospodarczych.

**Tabela 7** przedstawia rozkład użytkowania terenu w mieście, uwzględniając kod obiektu, procentowy udział w całości obszaru miasta oraz obszar w kilometrach kwadratowych. Niniejsza analiza została przeprowadzona na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k). Dane te są publikowane przez CZGiK na Geoportalu Krajowym. Wykorzystane do analizy dane zostały udostępnione w roku 2020 (brak nowszych danych dla terenu miasta Nowy Sącz).

18 Strategia Rozwoju Miasta Nowego Sącza na lata 2022-2030

[https://www.nowysacz.pl/content/resources/urząd/urząd\\_miasta/dokumenty\\_strategiczne\\_miasta/strategia\\_rozwoju\\_2020\\_2030/2022/zal\\_tj\\_687\\_DO\\_DRUKU.pdf](https://www.nowysacz.pl/content/resources/urząd/urząd_miasta/dokumenty_strategiczne_miasta/strategia_rozwoju_2020_2030/2022/zal_tj_687_DO_DRUKU.pdf), 25.05.2023 r.

Tabela 7 Rozkład użytkowania terenu w mieście Nowy Sącz

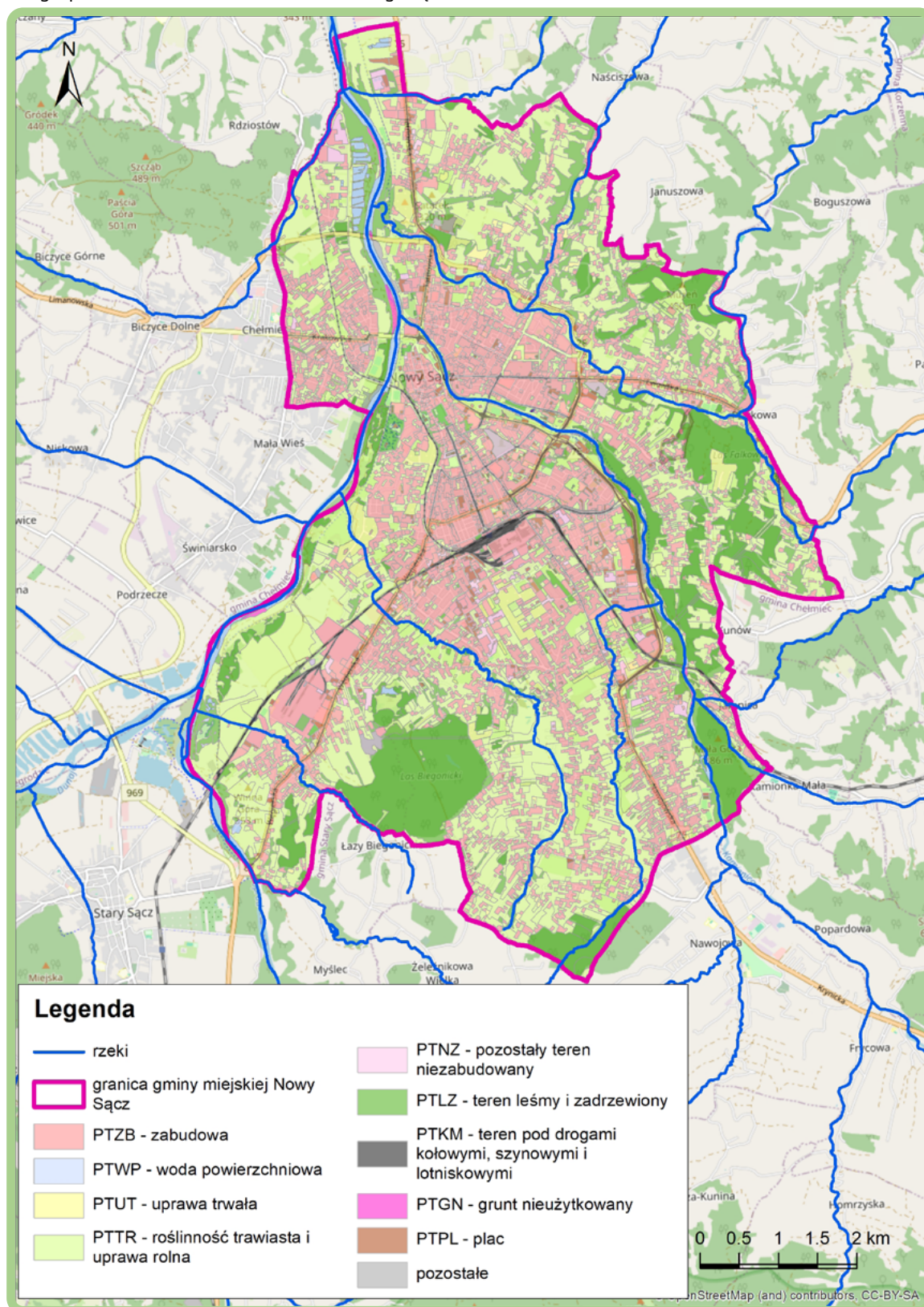
Kod obiektu	Użytkowanie terenu	Procent w całości obszaru miasta [%]	Obszar [km <sup>2</sup> ]
PTZB	Zabudowa	29,64	17,06
PTWP	Woda powierzchniowa	2,29	1,32
PTUT	Uprawa trwała	2,39	1,37
PTTR	Roślinność trawiasta i uprawa rolna	41,51	23,90
PTRK	Roślinność krzewiasta	0,23	0,13
PTNZ	Pozostały teren niezabudowany	1,10	0,63
PTLZ	Teren leśny i zadrzewiony	18,66	10,74
PTKM	Teren pod drogami kołowymi, szynowymi i lotniskowymi	2,14	1,23
PTGN	Grunt nieużytkowany	0,31	0,17
PTPL	Plac	1,50	0,86
-	Pozostałe	0,24	0,14
	<b>SUMA</b>		<b>57,59</b>

źródło: opracowanie własne

Mapę obrazującą zagospodarowanie terenu na obszarze Nowego Sącza przedstawiono na poniższym rysunku ([Rysunek 20](#)).



Rysunek 20 Zagospodarowanie terenu na obszarze Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne na podstawie BDOT10k

Analiza możliwości rozwoju i potrzeb miasta pozwala na ustalenie pożądanej struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta oraz kierunków zmian<sup>19</sup>. Główne cele polityki przestrzennej to:

- podniesienie jakości przestrzeni publicznej i przeciwdziałanie tworzeniu barier architektonicznych,
- wyznaczenie stref budownictwa mieszkalnego jednorodzinnego i willowego,
- wyznaczenie stref budownictwa wielorodzinnego z infrastrukturą techniczną i komunikacyjną,
- wyznaczenie stref przemysłowo-produkcyjnych poza centrum, z dobrym dostępem do komunikacji,
- wyznaczenie stref aktywności mieszkańców poprzez rozbudowę i modernizację kompleksów sportowych i rekreacyjnych,
- rewitalizacja i modernizacja parków i obiektów rekreacyjnych,
- budowa wybiegów dla psów na terenie miasta,
- dbałość o estetykę i ład przestrzenny, w tym uporządkowanie przestrzeni publicznej i kreowanie nośników informacji wizualnej.

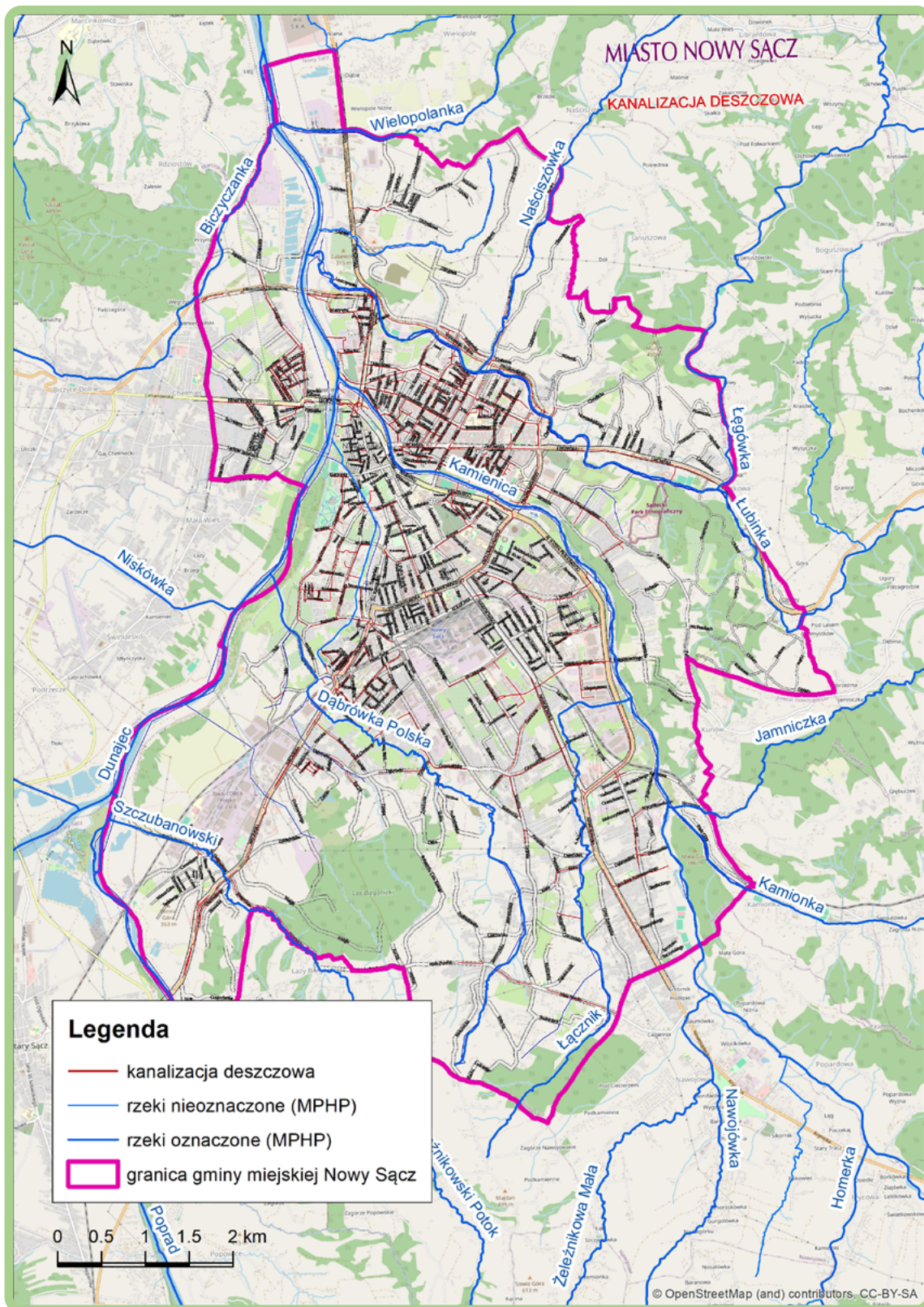
## 2.9. Charakterystyka sieci kanalizacji deszczowej

Właścicielem kanalizacji deszczowej w Nowym Sączu jest Miasto Nowy Sącz. Długość istniejącej sieci kanalizacji deszczowej wynosi 96 458 m. Składa się ona z kanałów o średnicach od Ø160 do Ø1600 mm. Sieć kanalizacji deszczowej najsilniej rozwinięta jest w centrum miasta na terenach z zabudową wielorodzinną, usługową i jednorodziną. Na terenie Nowego Sącza widać wyraźną dysproporcję pomiędzy ilością sieci kanalizacji deszczowej na północ od rzeki Kamienica oraz na południe od niej. Na północ kanalizacja deszczowa jest zdecydowanie bardziej rozbudowana i niewiele jest ulic, w których brak jest odwodnienia. Na południe od rzeki Kamienica sieć kanalizacji deszczowej jest bardziej rozproszona i skupia się głównie wzdłuż najważniejszych ciągów komunikacyjnych. Uzupełnieniem kanalizacji deszczowej są nieliczne rowy melioracyjne. Ostatecznym odbiornikiem wszystkich wód opadowych zbieranych systemem kanalizacji deszczowej w Nowym Sączu jest rzeka Dunajec.

Poniżej przedstawiono mapę kanalizacji deszczowej w Nowym Sączu ([Rysunek 21](#)).



Rysunek 21 Mapa kanalizacji deszczowej w Nowym Sączu



źródło: opracowanie własne na podstawie <https://www.nowysacz.pl/Mapa-deszczowki> (aktualność danych o kanalizacji deszczowej - 2022 r.)

W działaniu systemu kanalizacji deszczowej zidentyfikowano wiele problemów, prowadzących do występowania lokalnych podtopień związanych z niewydolnością kanalizacji lub jej brakiem.

W najstarszej części miasta istotnym problemem jest brak pełnego rozdziału kanalizacji sanitarnej i kanalizacji deszczowej. Ta część miasta posiada kanalizację ogólnospławną wspólnie odprowadzającą wody opadowe oraz ścieki bytowo-gospodarcze. Zarejestrowane interwencje KM PSP w Nowym Sączu świadczą o tym, że istniejąca kanalizacja ogólnospławną nie ma wystarczającej przepustowości do odprowadzania wód opadowych w trakcie intensywnych opadów deszczu, co często skutkuje podtopieniami ulic.

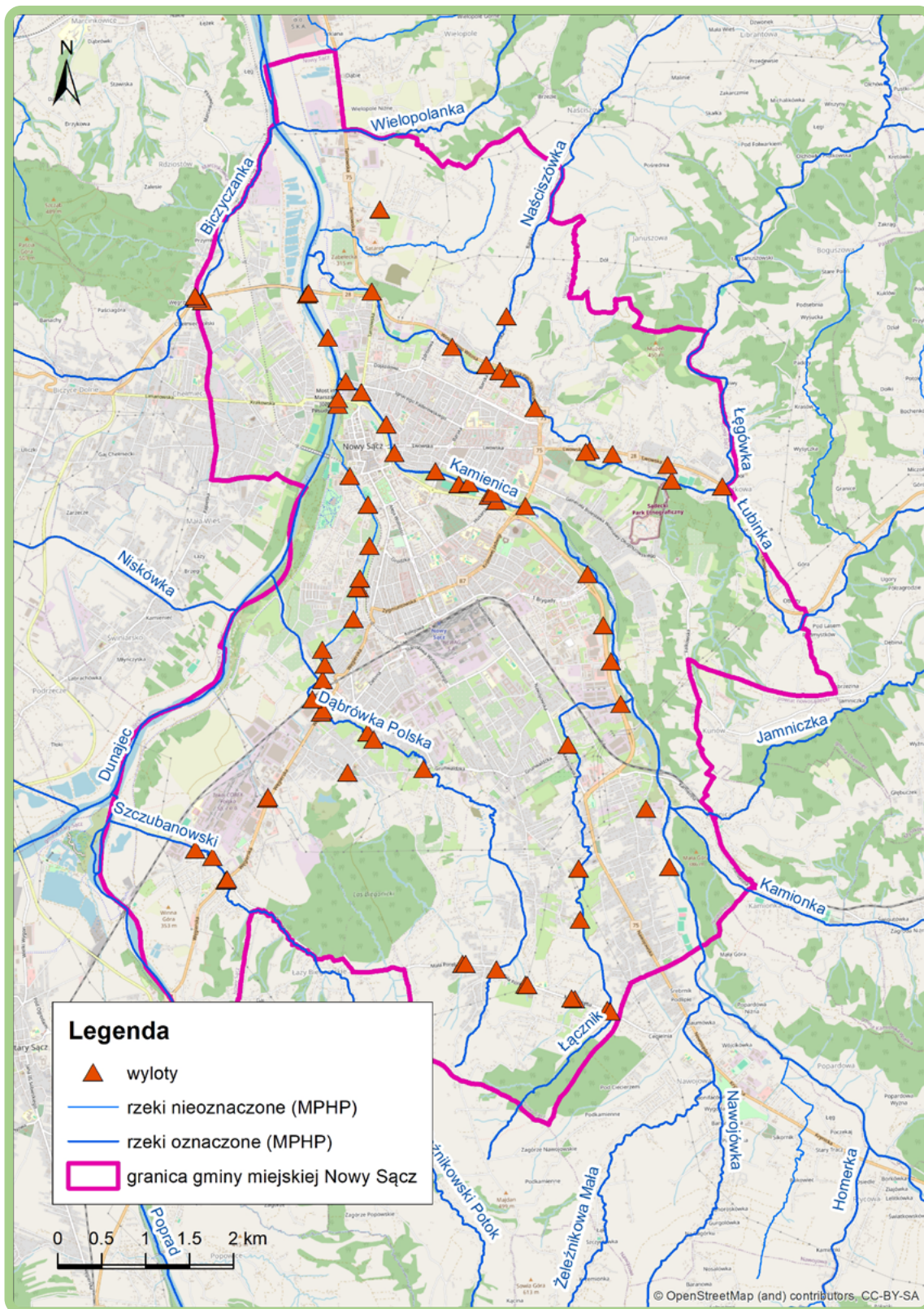
Na południe od rzeki Kamienica sieć kanalizacji deszczowej jest bardziej rozproszona i skupiona głównie wzdłuż najważniejszych ciągów komunikacyjnych. Niedostateczna ilość kanalizacji deszczowej powoduje, że w wielu miejscach wody opadowe nie są zbierane, tylko poprzez spływ powierzchniowy trafiają do lokalnych obniżzeń terenu powodując często podtopienia. Fakt ten potwierdzają liczne interwencje KM PSP w Nowym Sączu na terenach, gdzie nie występuje kanalizacja deszczowa. Na południe od rzeki Kamienicy liczne interwencje prowadzone były także na terenach, na którym istnieje kanalizacja deszczowa, co świadczy o jej niedostatecznej przepustowości.

Odbiornikami zbieranych wód opadowych są rzeki: Dunajec, Kamienica, Łubinka, Naściszówka, Dąbrówka Polska, Szczubanowski, Biczyczanka, Łącznik (Nawojowska Rzeka), Łęgówka oraz cieki bez nazwy. Ostatecznym odbiornikiem wszystkich wód opadowych zbieranych systemem kanalizacji deszczowej w Nowym Sączu jest rzeka Dunajec.

Lokalizację wylotów kanalizacji deszczowej względem cieków przedstawiono na poniższej mapie ([Rysunek 22](#)).



Rysunek 22 Mapa z lokalizacją wylotów kanalizacji deszczowej w Nowym Sączu



źródło: opracowanie własne

Gospodarka wodami opadowymi w Nowym Sączu opiera się o rozwiązania klasyczne tj. zebranie wód opadowych w zamknięty system kanalizacji deszczowej i odprowadzenie ich do cieku/rowu/kanalu. W miarę możliwości finansowych sieć ta jest modernizowana i rozbudowywana. Jednym z ważniejszych projektów zrealizowanych w ostatnich latach był „Rozdział kanalizacji ogólnospławnej poprzez budowę odcinka kanalizacji sanitarnej i budowę odcinka kanalizacji deszczowej wraz z wylotem wód deszczowych do rzeki Kamienica w rejonie ul. I Brygady i Al. Piłsudskiego w Nowym Sączu – etap I”. W mieście nie obserwuje się na dużą skalę wdrożeń nowoczesnego gospodarowania wodami opadowymi z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury. Niestety niewiele też planuje się w tym kierunku zrobić. Zgodnie z „Programem Ochrony Środowiska dla miasta Nowego Sącza na lata 2021 – 2024 z perspektywą na lata 2025 – 2030”<sup>20</sup> planowane jest zadanie, które dotyczy nowoczesnego gospodarowania wodami opadowymi. Zadanie to zakłada wykorzystanie wód opadowych do celów gospodarczych. W programie tym znajduje się również inne zadanie dotyczące kanalizacji deszczowej, które ma polegać na modernizacji kanalizacji deszczowej, w celu usunięcia problemów z odprowadzaniem wód opadowych.

## 2.10. Prowadzone działania adaptacyjne do zmian klimatu

Na obszarze miasta nie obowiązuje Miejsowy Plan Adaptacji do zmian klimatu. W 2017 r. opracowano natomiast Strategię adaptacji do zmian klimatu miasta Nowego Sącza do roku 2025 z perspektywą do 2030<sup>21</sup> pod nadzorem Instytutu Ochrony Środowiska - Państwowego Instytutu Badawczego w ramach projektu Climcities, współfinansowanego w ramach tzw. Funduszy Norweskich. Na potrzeby strategii dokonano szczegółowej analizy, w której oceniono warunki klimatyczne miasta, wrażliwość miasta na zmiany klimatu oraz potencjał adaptacyjny miasta do reagowania na zagrożenia związane ze zmianami klimatu. Z przeprowadzonej w ramach strategii analizy wynika, że powódzie i podtopienia są poważnym problemem miasta Nowy Sącz. Ich przyczyną są głównie intensywne opady deszczu. Dodatkowo prognozowany jest dalszy wzrost zarówno liczby dni z opadem, jak i wysokości sumy rocznej opadu, zwłaszcza w chłodnej porze roku. Nieznacznie wzrośnie również narażenie na opad ekstremalny. Na podstawie diagnozy przyjęto cele i działania adaptacyjne, które służyć będą podniesieniu potencjału adaptacyjnego Nowego Sącza do zmian klimatu dla efektywnego funkcjonowania gospodarki i zapewnienia bezpieczeństwa jego mieszkańców. Cel 2 to ochrona mieszkańców, gospodarki i sektorów wrażliwych przed powodzią i podtopieniami. W ramach tego celu zaproponowano działania związane z wzmocnieniem miejscowej retencji wód opadowych na terenie miasta poprzez uwzględnienie rozwiązań z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury zwiększających miejscową retencję wody opadowej na terenach zieleni miejskiej oraz wprowadzanie elementów błękitno-zielonej infrastruktury na terenach uszczelnionych, poprzez stosowanie takich rozwiązań jak: zielone dachy, zielone ściany retencyjne, niecki chłonne, nawierzchnie przepuszczalne, ogrody deszczowe i inne<sup>22</sup>.

Warto także przywołać zapisy innych dokumentów. W obowiązującym w mieście Programie Ochrony Środowiska na lata 2021 – 2024 z perspektywą na lata 2025 – 2030<sup>23</sup> znajduje się szereg planowanych działań dotyczących zmian klimatu takich jak: zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych poprzez przejście na gospodarkę niskoemisyjną, rozwój i modernizacja transportu zbiorowego w kierunku transportu przyjaznego dla środowiska, rozwój rozproszonych odnawialnych źródeł energii i edukacja ekologiczna. Żadne z tych działań nie dotyczy jednak bezpośrednio gromadzenia wód opadowych i zwiększania odporności Nowego Sącza na powódzie miejskie. Zadania, które w jakikolwiek sposób łączą się z wodami opadowymi to inwestycje budowy, rozbudowy i modernizacji budowli przeciwpowodziowych.

20 Program Ochrony Środowiska dla miasta Nowego Sącza na lata 2021 – 2024 z perspektywą na lata 2025 – 2030, <https://www.nowysacz.pl/content/resources/WSR/program%20ochrony%20C5%9Arodowiska%20dla%20miasta%20nowego%20s%20C4%85cza%20na%20lata%202021-2024%20z%20perspektyw%C4%85%20na%20lata%202025-2030.pdf>

21 Nowy Sącz – Urząd Miasta, <https://www.nowysacz.pl/komunikaty-biura-prasowego/17740>, data wejścia: 25.05.2023

22 I. Wagner, M. Ziółkowska, A. Wójcikiewicz, Strategia adaptacji do zmian klimatu miasta Nowego Sącza do roku 2025 z perspektywą do 2030, Warszawa, 2017

23 Program Ochrony Środowiska dla miasta Nowego Sącza na lata 2021 – 2024 z perspektywą na lata 2025 – 2030, <https://www.nowysacz.pl/content/resources/WSR/program%20ochrony%20C5%9Arodowiska%20dla%20miasta%20nowego%20s%20C4%85cza%20na%20lata%202021-2024%20z%20perspektyw%C4%85%20na%20lata%202025-2030.pdf>



W opracowanej w 2022 r. Strategii Rozwoju Miasta Nowego Sącza na lata 2022-2030<sup>24</sup> temat adaptacji do zmian klimatu również został przeanalizowany i zaproponowane zostały konkretne cele strategiczne i operacyjne związane z adaptacją do zmian klimatu. Oprócz działań związanych z poprawą jakości powietrza takich jak instalowanie odnawialnych źródeł energii czy niskoemisyjne źródła ogrzewania w Strategii pojawiły się dwa cele operacyjne, które bezpośrednio dotyczą wód opadowych: działania w kierunku małej retencji oraz instalowanie urządzeń do retencjonowania wód opadowych na istniejących i nowych budynkach.

---

24 Strategia Rozwoju Miasta Nowego Sącza na lata 2022-2030

[https://www.nowysacz.pl/content/resources/urząd/urząd\\_miasta/dokumenty\\_strategiczne\\_miasta/strategia\\_rozwoju\\_2020\\_2030/2022/zal\\_tj\\_687\\_DO\\_DRUKU.pdf](https://www.nowysacz.pl/content/resources/urząd/urząd_miasta/dokumenty_strategiczne_miasta/strategia_rozwoju_2020_2030/2022/zal_tj_687_DO_DRUKU.pdf), 25.05.2023 r.

### 3. Obszary zagrożone wodami opadowymi – wyniki analiz

#### 3.1. Wariant 1

**Obszary zagrożone wodami opadowymi** wyznaczono dla dwóch prawdopodobieństw wystąpienia opadu: **p = 1% oraz p = 10%**. Dla p = 1% zidentyfikowano 78 obszarów zagrożonych wodami opadowymi natomiast dla p = 10% zidentyfikowano tych obszarów 72. Dla każdego z tych obszarów wyznaczono średnią głębokość wody, lokalizację i wartość maksymalnej głębokości wody, powierzchnię zalania, objętość wody, liczbę zagrożonych obiektów oraz długość zalanych ciągów komunikacyjnych.

Dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu p=1% łączna powierzchnia wszystkich obszarów zagrożonych wodami opadowymi wynosi 447 119 m<sup>2</sup>, a łączna objętość zgromadzonej w tych obszarach wody to 296 602 m<sup>3</sup>. Szczegółowe informacje zostały przedstawione w poniższej tabeli ([Tabela 8](#)).

Dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu p=10% łączna powierzchnia wszystkich obszarów zagrożonych wodami opadowymi wynosi 197 418 m<sup>2</sup>, a łączna objętość zgromadzonej w tych obszarach wody to 102 716 m<sup>3</sup>. Szczegółowe informacje zostały przedstawione w poniższej tabeli ([Tabela 8](#)).

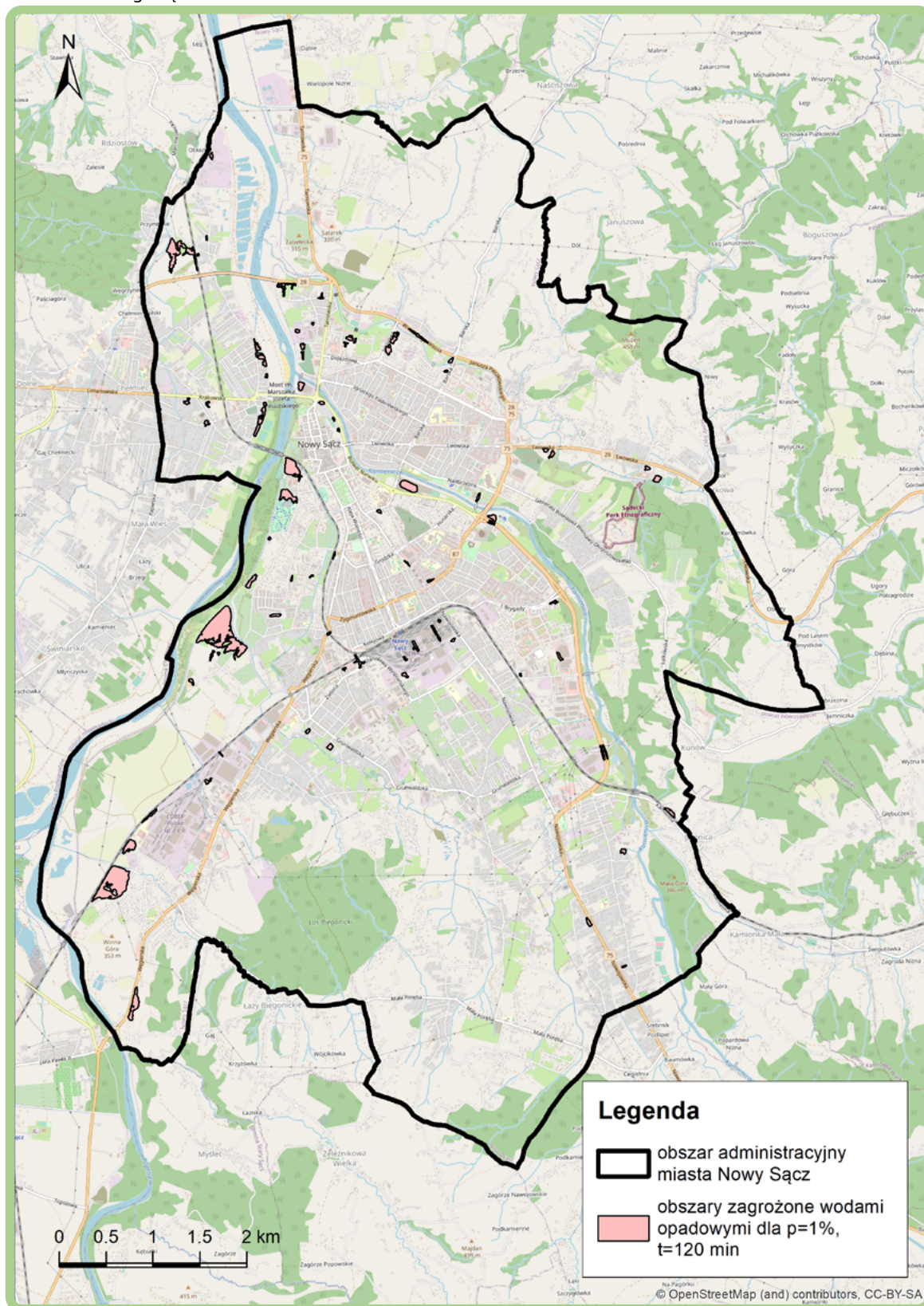
Tabela 8 Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza

Informacja	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu p=1%	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu p=10%
Ilość wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi	78	72
Łączna powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	447 119	197 418
Łączna objętość zgromadzonej wody [m <sup>3</sup> ]	296 602	102 716
Maksymalna głębokość wody [m]	3,20	3,20
Średnia głębokość wody [m]	0,49	0,47
Łączna liczba obiektów zagrożonych zalaniem	120	89
Łączna długość zalanych ciągów komunikacyjnych [m]	7 725	4 482

źródło: opracowanie własne

Na poniższych rysunkach przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla p = 1% ([Rysunek 23](#)) oraz p = 10% ([Rysunek 24](#)).

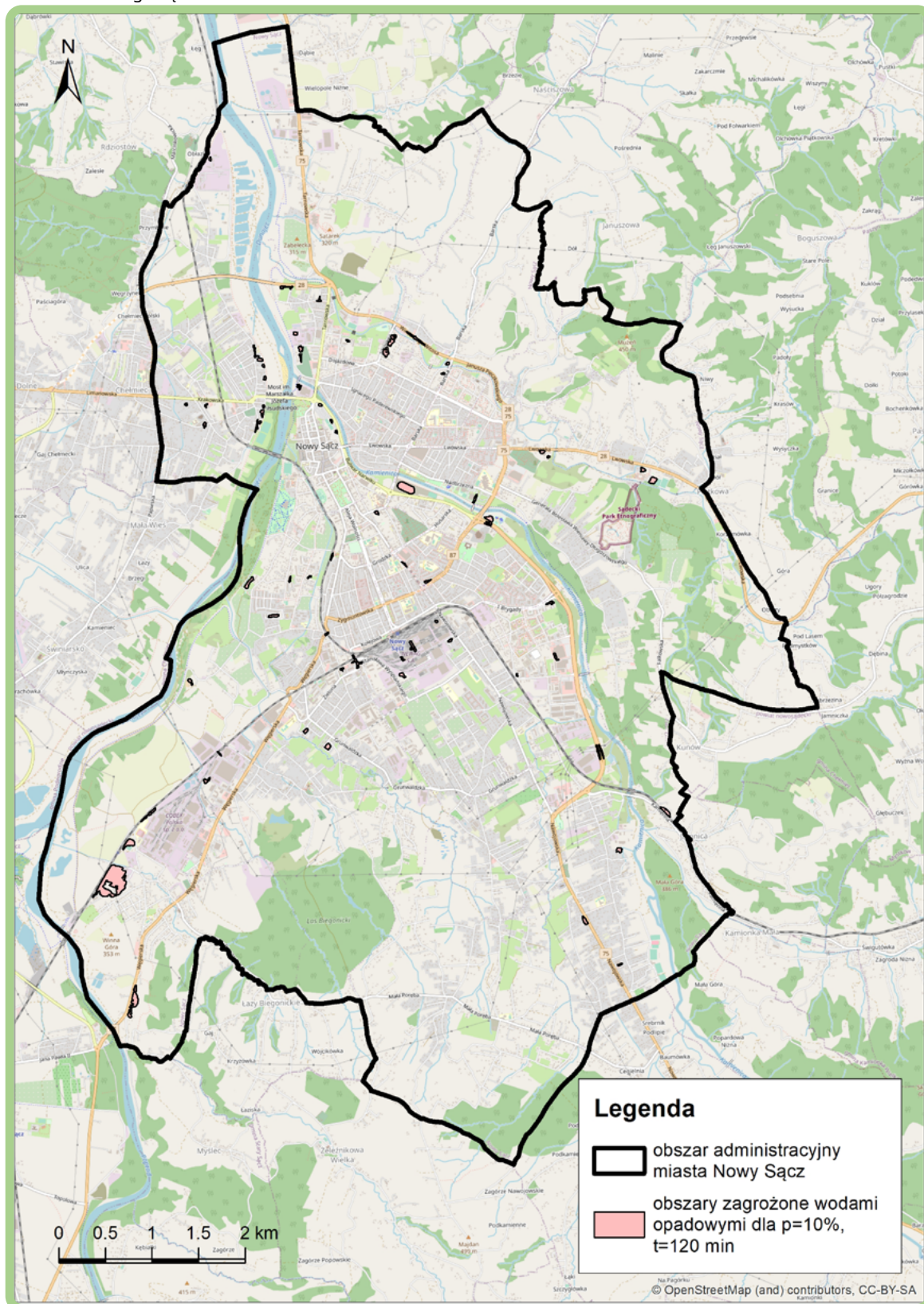
Rysunek 23 Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne



Rysunek 24 Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne

**Obszary potencjalnej retencji** wyznaczono dla opadu o prawdopodobieństwie wystąpienia  $p=10\%$  i czasie trwania  $t=120$  min. Dla Wariantu 1 w Nowym Sączu zidentyfikowano 37 obszarów potencjalnej retencji, wyniki identyfikacji tych obszarów przedstawiono w poniższej tabeli ([Tabela 9](#)).

Tabela 9 Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów potencjalnej retencji w Nowym Sączu dla Wariantu 1

Informacja	Opad o prawdopodobieństwie wystąpienia 10% i czasie trwania 120 min
Ilość wyznaczonych obszarów potencjalnej retencji	37
Łączna powierzchnia [ $m^2$ ]	197 181
Łączna objętość zgromadzonej wody [ $m^3$ ]	141 390
Maksymalna głębokość wody [m]	3,19
Średnia głębokość wody [m]	0,56

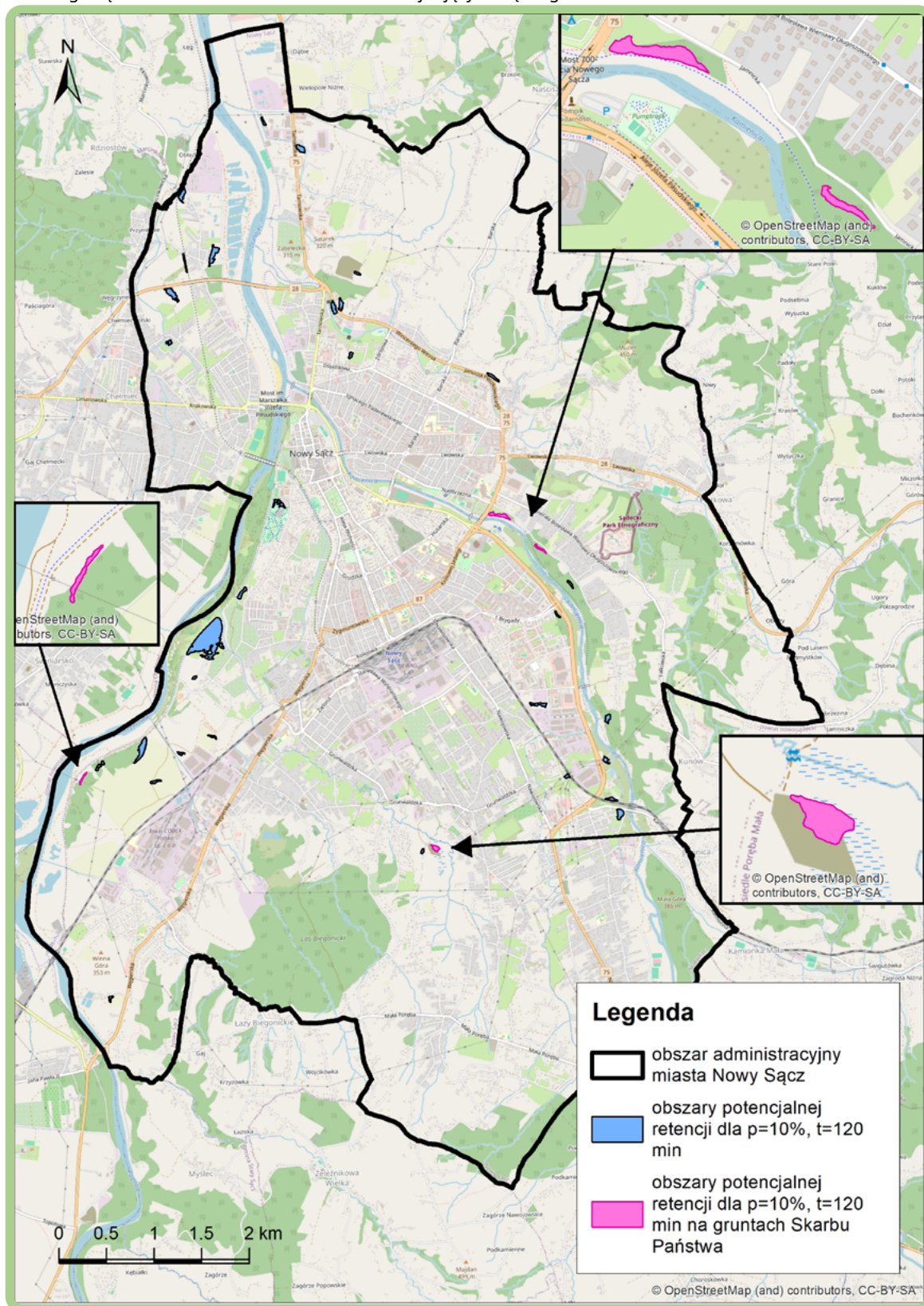
źródło: opracowanie własne

Dla wyznaczonych obszarów potencjalnej retencji przeprowadzono wstępną analizę własności gruntu. Zidentyfikowano 4 obszary położone na gruntach, których właścicielem jest Skarb Państwa. Utworzenie w tych miejscach obszarów retencji będzie zdecydowanie łatwiejsze i mniej kosztowne niż w przypadku gruntów należących do właścicieli prywatnych.

Na poniższym rysunku przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów potencjalnej retencji ([Rysunek 25](#)).



Rysunek 25 Wyniki identyfikacji obszarów potencjalnej retencji dla opadu o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza wraz ze wskazaniem obszarów znajdujących się na gruntach Skarbu Państwa



źródło: opracowanie własne

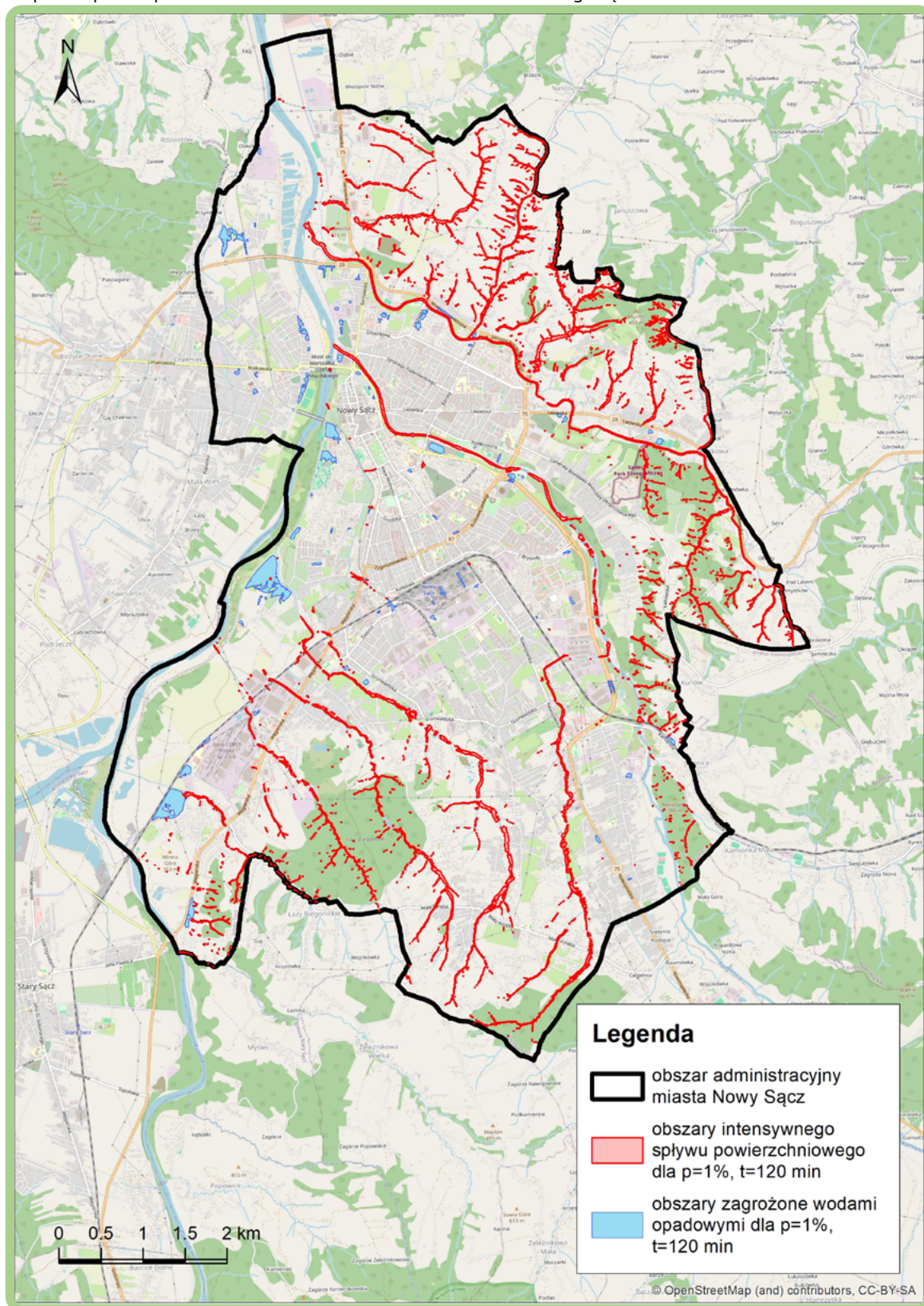


Analiza wykazała 1866 obszarów intensywnego spływu powierzchniowego dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu  $p=1\%$  i 1737 obszary intensywnego spływu powierzchniowego dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu  $p=10\%$ . Są to głównie miejsca na terenach zielonych o dużych spadkach powierzchni terenu. Istnieje jednak kilkanaście obszarów intensywnego spływu powierzchniowego, które swoim obszarem obejmują tereny zabudowane. Miejsca te wymagają uważnej analizy, szczególnie na etapie planowania odwodnienia, gdyż w przypadku niedostosowania jego parametrów do specyficznych warunków, sieć odwodnieniowa może nie być efektywna.

Obszary intensywnego spływu powierzchniowego nie pokrywają się z obszarami zagrożonymi wodami opadowymi wyznaczonymi na podstawie zidentyfikowanych miejsc bezodpływowych. Obszary intensywnego spływu dostarczają zatem dodatkowej informacji o potencjalnych problemach związanych z wodami opadowymi.

Na poniższych rysunkach przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów intensywnego spływu powierzchniowego dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu  $p=1\%$  ([Rysunek 26](#)) oraz  $p=10\%$  ([Rysunek 27](#)).

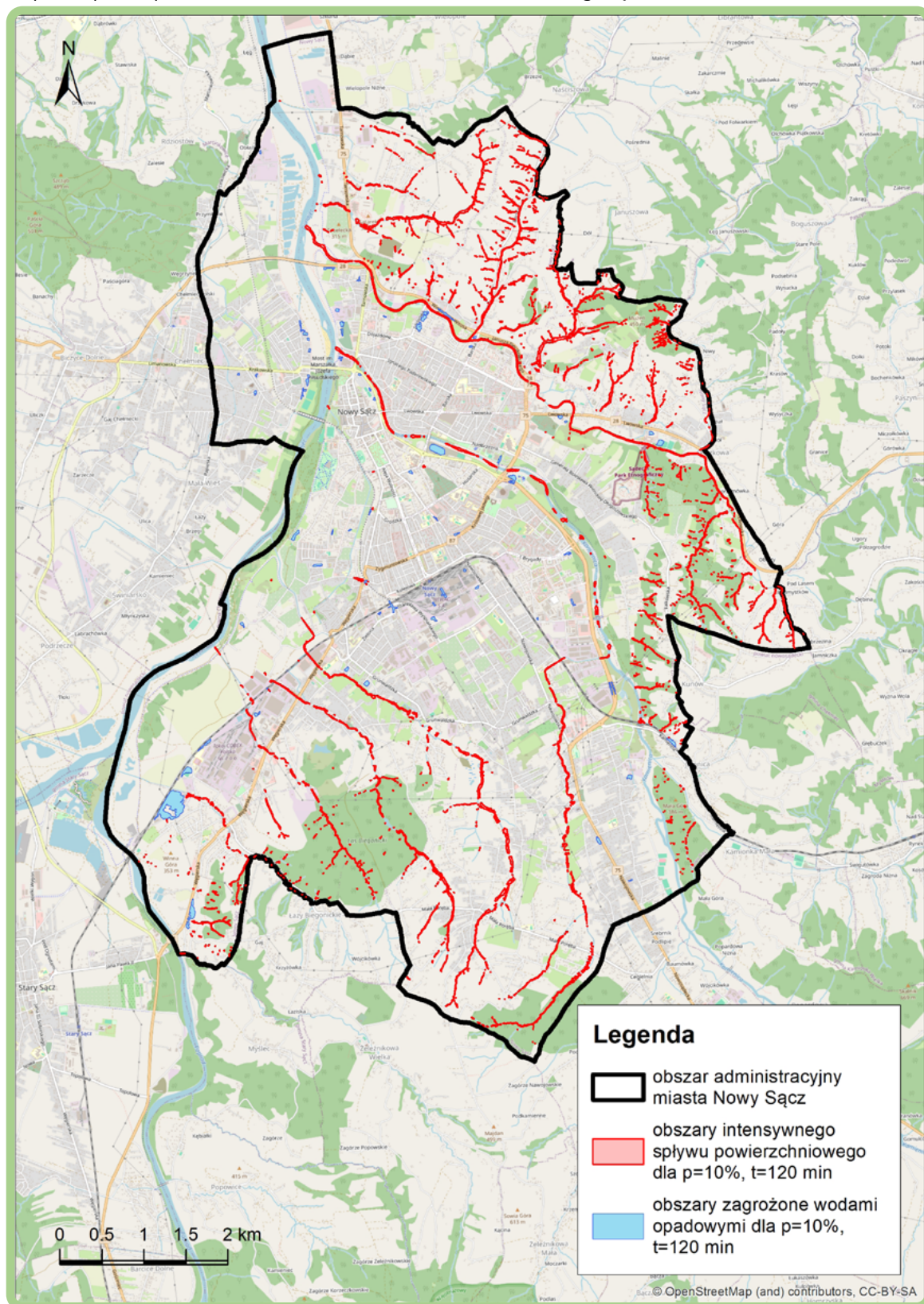
Rysunek 26 Wyniki identyfikacji obszarów intensywnego spływu powierzchniowego oraz obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne



Rysunek 27 Wyniki identyfikacji obszarów intensywnego spływu powierzchniowego oraz obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne



Zidentyfikowane obszary zagrożone wodami opadowymi poddano analizie z wykorzystaniem danych o zdarzeniach powodziowych z Urzędu Miasta Nowy Sącz, danych o interwencjach Państwowej Straży Pożarnej oraz doniesień prasowych dotyczących zalanych obszarów. Dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu 1% z wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi, 15 obszarów pokrywa się z miejscami, w których w przeszłości doszło do zalania, co stanowi ponad 19% wszystkich zidentyfikowanych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla tego prawdopodobieństwa. Dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu  $p=10\%$  z wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi, 14 obszarów pokrywa się z miejscami, w których w przeszłości doszło do zalania, co również stanowi ponad 19% wszystkich zidentyfikowanych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla tego prawdopodobieństwa. W przypadku wyznaczonych obszarów intensywnego spływu powierzchniowego, 66 z nich pokrywa się z danymi historycznymi dotyczącymi zalanych obszarów zarówno dla  $p = 1\%$ , jak i  $p = 10\%$ , co stanowi niecałe 4% zidentyfikowanych obszarów intensywnego spływu powierzchniowego dla każdego prawdopodobieństwa.

Biorąc pod uwagę fakt, iż wyznaczenie obszarów zagrożonych wodami opadowymi oparte było o uproszczoną analizę obszarów bezodpływowych bez uwzględnienia sieci kanalizacji deszczowej, obliczony stopień zgodności wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi ze zdarzeniami historycznymi nie należy traktować jako stopień dokładności modelu. Zapewne w przypadku części zidentyfikowanych obszarów w rzeczywistości wody opadowe odprowadzane są za pomocą kanalizacji deszczowej. Gdyby kanalizacja została uwzględniona w niniejszej analizie, uzyskano by zapewne mniejszą liczbę obszarów zagrożonych wodami opadowymi, co wpłynęłoby na większą procentową zgodność otrzymanych wyników w stosunku do zdarzeń historycznych. Należy podkreślić, iż analiza ta ma charakter dość teoretyczny, zakładający wystąpienie danego opadu w danym miejscu. Natomiast zdarzenia historyczne nie musiały mieć takiej intensywności, jak zakładane scenariusze, mogły wystąpić bardzo lokalnie, problem szybko został rozwiązany (samoistnie woda spłynęła do sieci lub innego odbiornika, właściciele posesji sami uporządkowali zalanie), więc służby nie musiały interweniować, a w konsekwencji wytypowane obszary różnią się od zarejestrowanych zdarzeń. Dodatkowo sam fakt wystąpienia w przeszłości zalania na danym obszarze nie określa jednoznacznie, że zalanie to było wynikiem spływu powierzchniowego wód opadowych. W Polsce wiele miast boryka się z problemem niewystarczającej przepustowości istniejącej sieci kanalizacji deszczowej. Skutkiem takiego stanu rzeczy może być nie tylko powstawanie podtopień w miejscach, gdzie kanalizacja deszczowa nie jest w stanie odebrać wód opadowych, ale też powstawanie wylewów ze studni na obszarach, gdzie problem gromadzenia się wód opadowych spływających po powierzchni terenu nie występuje. Problem ten także występuje w Nowym Sączu.

Reasumując, niniejsza analiza, ze względu na zastosowane uproszczenia może wskazywać obszary, na których w rzeczywistości nie występuje zagrożenie wodami opadowymi, bo odprowadzane są one kanalizacją deszczową oraz nie będzie wskazywać obszarów, w których teren zalewany jest wodami wydostającymi się z przepełnionej kanalizacji deszczowej. Dlatego analiza powinna być wykorzystana do działań wstępnych, rozpoznawczych, na potrzeby kreowania ogólnych planów i strategii, nie wskazywać jednak na tym etapie konkretnych miejsc do podjęcia działań.

W przypadku obszarów intensywnego spływu korelacja jest zdecydowanie gorsza. Nie oznacza to jednak, że wyniki modelowania są niepoprawne. Intensywny spływ powierzchniowy zazwyczaj spowodowany jest dużymi spadkami terenu. W takich obszarach woda zazwyczaj spływa zagłębieniami terenu w przypadku terenów niezagospodarowanych lub drogami w przypadku terenów zurbanizowanych, nie gromadząc się. Dopiero w miejscach bezodpływowych następuje jej nagromadzenie i powodowane podtopień. Często zatem nie ma bezpośredniej korelacji intensywnego spływu powierzchniowego z zagrożeniem wodami opadowymi i tym samym występowaniem zdarzeń historycznych związanych z podtopieniami. Nowy Sącz ma specyficzne ukształtowanie terenu. Obszary o dużym spadku terenu często kończą się lub graniczą z obszarami bezodpływowymi. W związku z tym część zdarzeń historycznych dotyczących podtopień pokrywa się z obszarami intensywnego spływu powierzchniowego. Korelacja ta będzie jednak uwarunkowana ukształtowaniem terenu na analizowanym obszarze. Nie należy zatem traktować jej jako wyznacznik prawidłowości obliczeń bez szerszej analizy ukształtowania terenu.

### 3.2. Wariant 2

W Wariancie 2 **obszary zagrożone wodami opadowymi** wyznaczono dla dwóch podwariantów (Podwariant 2.1 i 2.2) dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu 1%, 10%, 20%, 1%CC i 10%CC oraz dla czasu trwania opadu 15 min i 120 min. Dla każdego z wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi określono średnią głębokość wody, lokalizację i wartość maksymalnej głębokości wody, powierzchnię zalania, objętość wody, liczbę zagrożonych obiektów oraz długość zalanych ciągów komunikacyjnych. W poniższych tabelach przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Nowym Sączu dla Podwariantu 2.1 ([Tabela 10](#)) oraz dla Podwariantu 2.2 ([Tabela 11](#)).

Tabela 10 Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza dla Podwariantu 2.1

Informacja	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 1%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 10%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 20%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 1%CC		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 10%CC	
	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min
Ilość wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi	104	175	46	89	29	63	187	235	70	128
Łączna powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	319 899	496 072	179 123	226 741	144 342	172 383	613 169	737 774	232 569	337 757
Łączna objętość zgromadzonej wody [m <sup>3</sup> ]	183 936	269 623	112 912	128 558	94 831	101 306	337 453	402 038	139 887	185 709
Maksymalna głębokość wody [m]	2,15	2,58	2,14	2,07	2,14	2,04	2,19	2,63	2,15	2,48
Średnia głębokość wody [m]	0,46	0,45	0,46	0,46	0,47	0,46	0,45	0,45	0,46	0,46
Łączna liczba obiektów zagrożonych zalaniem	148	327	57	124	29	83	348	509	96	202
Łączna długość zalanych ciągów komunikacyjnych [m]	8 108	13 558	3 726	6 799	2 733	5 114	14 864	21 599	5 557	9 484

źródło: opracowanie własne

Tabela 11 Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza dla Podwariantu 2.2

Informacja	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 1%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 10%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 20%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 1%CC		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 10%CC	
	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min
Ilość wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi	79	129	35	51	25	34	116	188	50	83
Łączna powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	256 420	385 954	163 263	201 583	138 808	163 957	346 265	572 105	204 185	269 852
Łączna objętość zgromadzonej wody [m <sup>3</sup> ]	153 989	221 492	105 741	126 174	92 132	106 796	198 416	321 919	126 831	161 994
Maksymalna głębokość wody [m]	2,15	2,56	2,14	2,15	2,14	2,14	2,15	2,62	2,15	2,21
Średnia głębokość wody [m]	0,46	0,46	0,47	0,47	0,48	0,48	0,45	0,45	0,47	0,47
Łączna liczba obiektów zagrożonych zalaniem	111	210	36	71	23	36	182	340	70	123
Łączna długość zalanych ciągów komunikacyjnych [m]	6 245	9 093	2 746	3 557	2 210	2 526	8 480	15 127	4 328	6 051

źródło: opracowanie własne



**Obszary potencjalnej retencji** wyznaczono dla opadu o prawdopodobieństwie wystąpienia  $p=10\%$  i czasie trwania  $t=120$  min. W Nowym Sączu dla Podwariantu 2.1 zidentyfikowano 50 obszarów potencjalnej retencji, natomiast dla Podwariantu 2.2 wyznaczono 18 obszarów. W poniższej tabeli przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów potencjalnej retencji w Nowym Sączu dla Podwariantu 2.1 i 2.2 ([Tabela 12](#)).

Tabela 12 Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów potencjalnej retencji w Nowym Sączu dla Podwariantu 2.1 i 2.2

Informacja	Opad o prawdopodobieństwie wystąpienia 10% i czasie trwania 120 min	
	W2.1	W2.2
Ilość wyznaczonych obszarów potencjalnej retencji	50	18
Łączna powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	62 048	20 955
Łączna objętość zgromadzonej wody [m <sup>3</sup> ]	32 736	9 882
Maksymalna głębokość wody [m]	2,59	1,83
Średnia głębokość wody [m]	0,48	0,47

źródło: opracowanie własne

Zidentyfikowane obszary zagrożone wodami opadowymi poddano analizie z wykorzystaniem danych o zdarzeniach powodziowych z Urzędu Miasta Nowy Sącz, danych o interwencjach Państwowej Straży Pożarnej oraz doniesień prasowych dotyczących zalanych obszarów. W poniższej tabeli ([Tabela 13](#)) przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Nowym Sączu potwierdzone zdarzeniami historycznymi.

Tabela 13 Zestawienie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Nowym Sączu potwierdzone zdarzeniami i historycznymi

Podwariant	Rodzaj	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 1%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 10%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 20%		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 1%CC		Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 10%CC	
		czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min	czas trwania opadu 15 min	czas trwania opadu 120 min
2.1	wyniki identyfikacji [szt.]	104	175	46	89	29	63	187	235	70	128
	wyniki identyfikacji potwierdzone zdarzeniami historycznymi [szt.]	13	19	10	14	10	10	24	25	12	16
	wyniki identyfikacji potwierdzone zdarzeniami historycznymi [%]	12,5	10,9	21,7	15,7	34,5	15,9	12,8	10,6	17,1	12,5
2.2	wyniki identyfikacji [szt.]	79	129	35	51	25	34	116	188	50	83
	wyniki identyfikacji potwierdzone zdarzeniami historycznymi [szt.]	12	15	10	12	8	8	14	20	12	12
	wyniki identyfikacji potwierdzone zdarzeniami historycznymi [%]	15,2	11,6	28,6	23,5	32,0	23,5	12,1	10,6	24,0	14,5

źródło: opracowanie własne

W zależności od podwariantu, prawdopodobieństwa wystąpienia opadu czy czasu jego trwania otrzymano różną liczbę obszarów zagrożonych wodami opadowymi potwierdzonych zdarzeniami historycznymi. Procentowa zgodność wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi ze zdarzeniami historycznymi waha się od ok. 11% do ok. 35%.

W Wariantcie 2 w sposób uproszczony uwzględniona została kanalizacja deszczowa. W Podwariantcie 2.1 wprowadzono ujemne punkty źródłowe, które odzwierciedlają wpusty kanalizacji deszczowej. W Podwariantcie 2.2 wpływ kanalizacji deszczowej został uwzględniony poprzez zmniejszenie opadu w zasięgu spływu wód opadowych do kanalizacji deszczowej. Oba przypadki uwzględniają jedynie odpływ wód opadowych do kanalizacji, ale nie uwzględniają ewentualnego wypływu wód opadowych na powierzchnię terenu z przeciążonych odcinków kanalizacji deszczowej. W związku z powyższym, niniejsza analiza nie wykaże obszarów, w których zagrożenie wodami opadowymi jest związane z niedostateczną przepustowością i retencyjnością kanalizacji deszczowej. Zebrane dane historyczne nie określają źródła wystąpienia podtopienia, dlatego obliczony stopień zgodności wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi ze zdarzeniami historycznymi nie należy traktować jako stopień dokładności modelu.

### **Problemy napotkane w trakcie analizy**

Na etapie prowadzenia analiz na potrzeby Wariantu 2 zidentyfikowano kilka kwestii problematycznych, które w istotny sposób wpłynęły na czas i nakład pracy wymagany do przeprowadzenia wszystkich analiz. W skrajnych przypadkach problemy te mogą doprowadzić do niemożliwości przeprowadzenia analiz.

Istotną kwestią jest ilość podwariantów i założonych scenariuszy obliczeniowych. Dla Wariantu 2 założono 2 podwarianty, dla każdego z nich 2 czasy trwania, dla każdego czasu trwania 5 prawdopodobieństw wystąpienia opadu. Zasięg opracowania dla każdego z analizowanych miast był na tyle duży, że konieczne było podzielenie siatek obliczeniowych na 2 części dla każdego miasta. Konieczne było zatem zbudowanie łącznie 80 modeli. Dla każdego modelu wymagane było przygotowanie danych wsadowych. Sam proces budowy modeli był zatem niezwykle czasochłonny. Mnogość scenariuszy obliczeniowych wpłynęła także na czas potrzebny na przeprowadzenie symulacji. Czas obliczeń dla jednego scenariusza na specjalnie do tego typu obliczeń przygotowanych maszynach obliczeniowych to średnio około 12 h. Komputery do obliczeń muszą posiadać kompatybilne z oprogramowaniem MIKE+ karty graficzne o bardzo wysokiej mocy obliczeniowej. Brak odpowiedniego sprzętu może uniemożliwić przeprowadzenie obliczeń a tym samym pozostałych analiz.

Z perspektywy czasu wymaganego na przeprowadzenie obliczeń również bardzo istotne jest odpowiednie dobranie kroku obliczeniowego. Zbyt mały krok obliczeniowy będzie powodował znaczne wydłużenie czasu symulacji, natomiast zbyt duży krok czasowy może powodować niestabilności w trakcie obliczeń. Krok ten dobiera się indywidualnie dla analizowanego obszaru i jest on w dużej mierze uzależniony od ilości elementów siatki obliczeniowej, ilości wprowadzonych przepustów czy warunków brzegowych.

Duża liczba scenariuszy obliczeniowych wpływa także na nakład pracy potrzebny na wygenerowanie wyników obliczeń do warstw przestrzennych oraz konieczne do przeprowadzenia na nich analizy GIS. Również wykonanie prezentacji kartograficznych dla takiej ilości scenariuszy obliczeniowych wiązało się z dużym nakładem pracy. Często problematyczną kwestią jest inwentaryzacja wpustów. Nowy Sącz nie posiada inwentaryzacji sieci kanalizacji deszczowej ani mapy zasadniczej w wersji elektronicznej. Inwentaryzacja wpustów opierała się zatem na ich digitalizacji na podstawie mapy zasadniczej przekazanej w formie zeskanowanych arkuszy papierowych map. Wpłynęło to na znaczne wydłużenie potrzebnego czasu na przygotowanie informacji o lokalizacji wpustów do importu do MIKE+.



### 3.3. Wariant 3

Wariant 3, z uwagi na bardzo dużą ilość wymaganych danych oraz pilotażowy charakter prowadzonych analiz, zrealizowany został dla wybranej zlewni na obszarze Nowego Sącza. Wariant ten obejmuje zatem jedynie część miasta (inaczej niż dwa pozostałe warianty). W Wariacie 3 obszary zagrożone wodami opadowymi wyznaczono dla prawdopodobieństwa wystąpienia opadu 1%, 10% i 20% oraz dla czasu trwania opadu 120 min. Dla każdego z wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi określono średnią głębokość wody, lokalizację i wartość maksymalnej głębokości wody, powierzchnię zalania, objętość wody, liczbę zagrożonych obiektów oraz długość zalanych ciągów komunikacyjnych. W poniższej tabeli przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Nowym Sączu ([Tabela 14](#)).

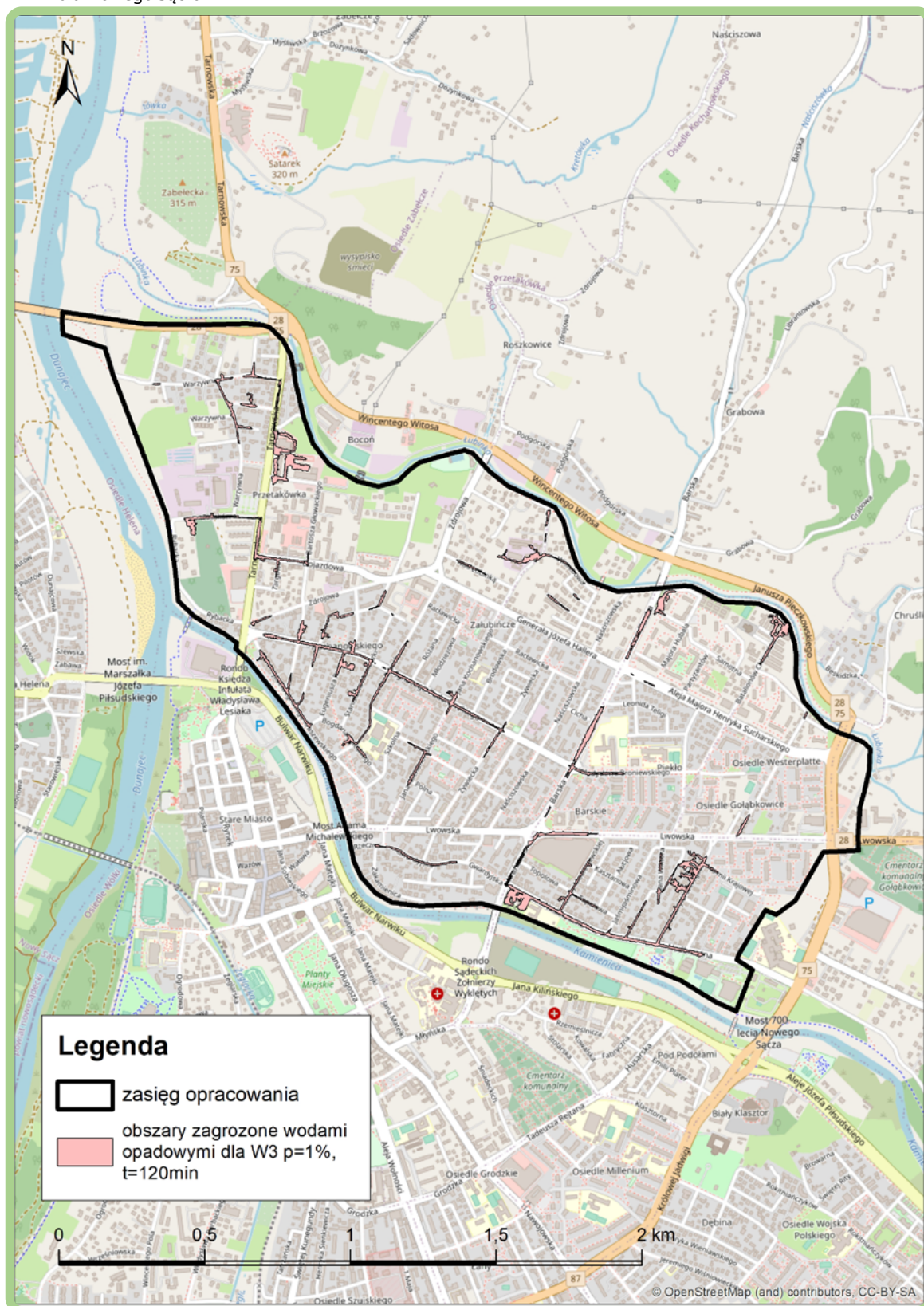
Tabela 14 Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza

Informacja	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 1%	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 10%	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 20%
Ilość wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi	39	29	23
Łączna powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	77 889	38 901	27 133
Łączna objętość zgromadzonej wody [m <sup>3</sup> ]	6 346	2 545	1 487
Maksymalna głębokość wody [m]	0,48	0,36	0,32
Średnia głębokość wody [m]	0,07	0,06	0,05
Łączna liczba obiektów zagrożonych zalaniem	62	29	16
Łączna długość zalanych ciągów komunikacyjnych [m]	8 402	4 884	3 716

źródło: opracowanie własne

Na poniższych rysunkach przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla  $p = 1\%$  ([Rysunek 28](#)),  $p = 10\%$  ([Rysunek 29](#)) oraz  $p = 20\%$  ([Rysunek 30](#)).

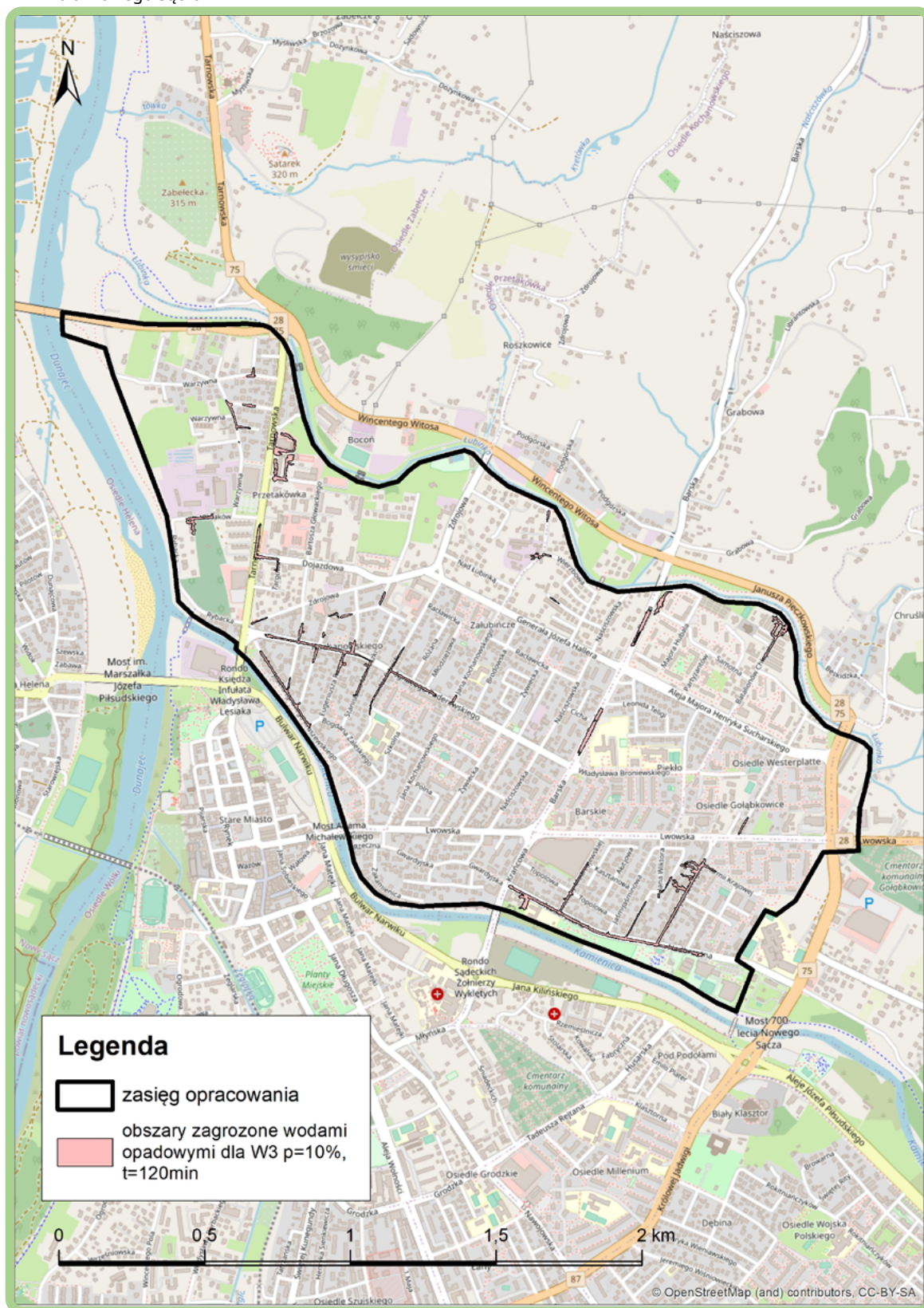
Rysunek 28 Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza



źródło opracowanie własne



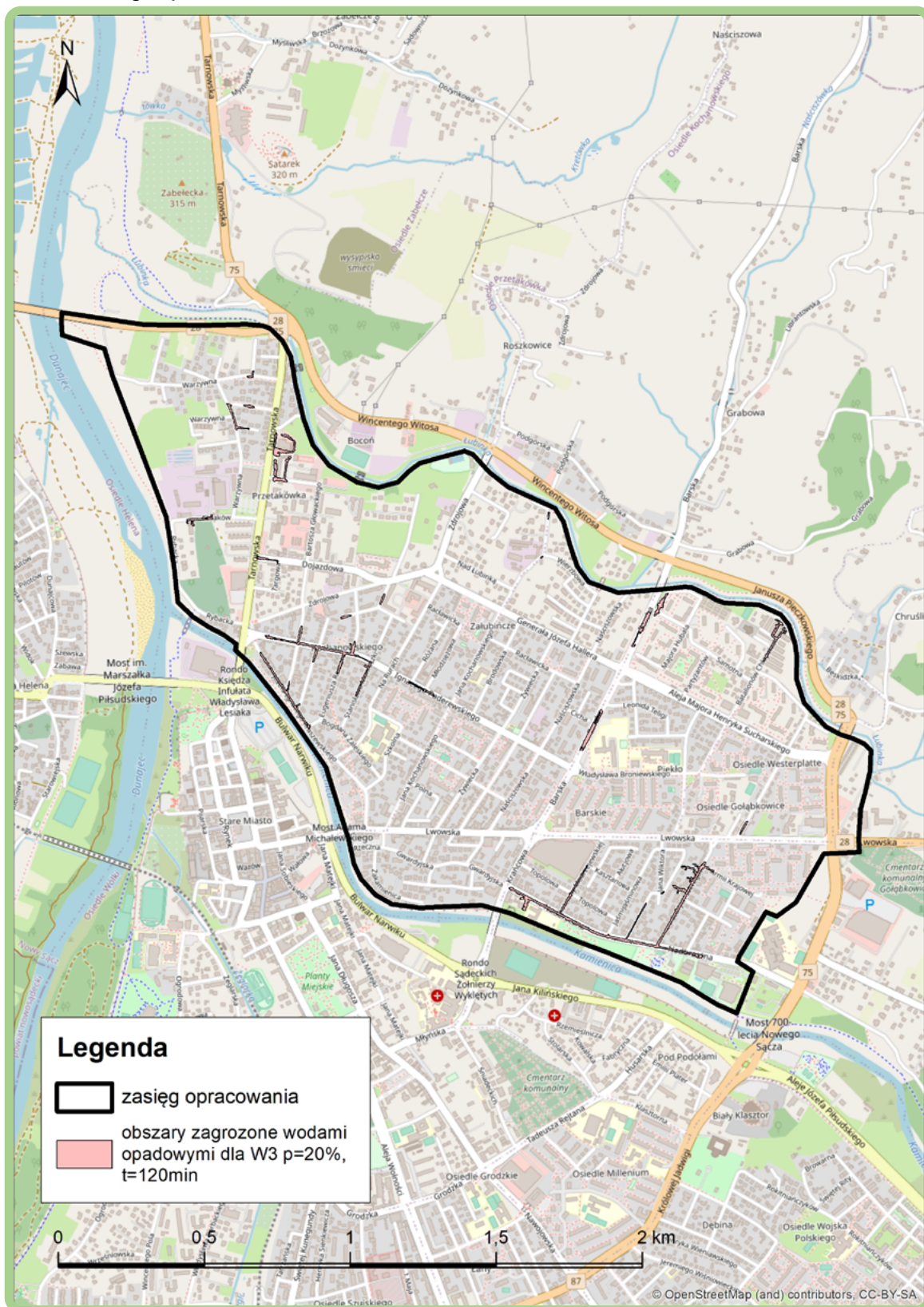
Rysunek 29 Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne

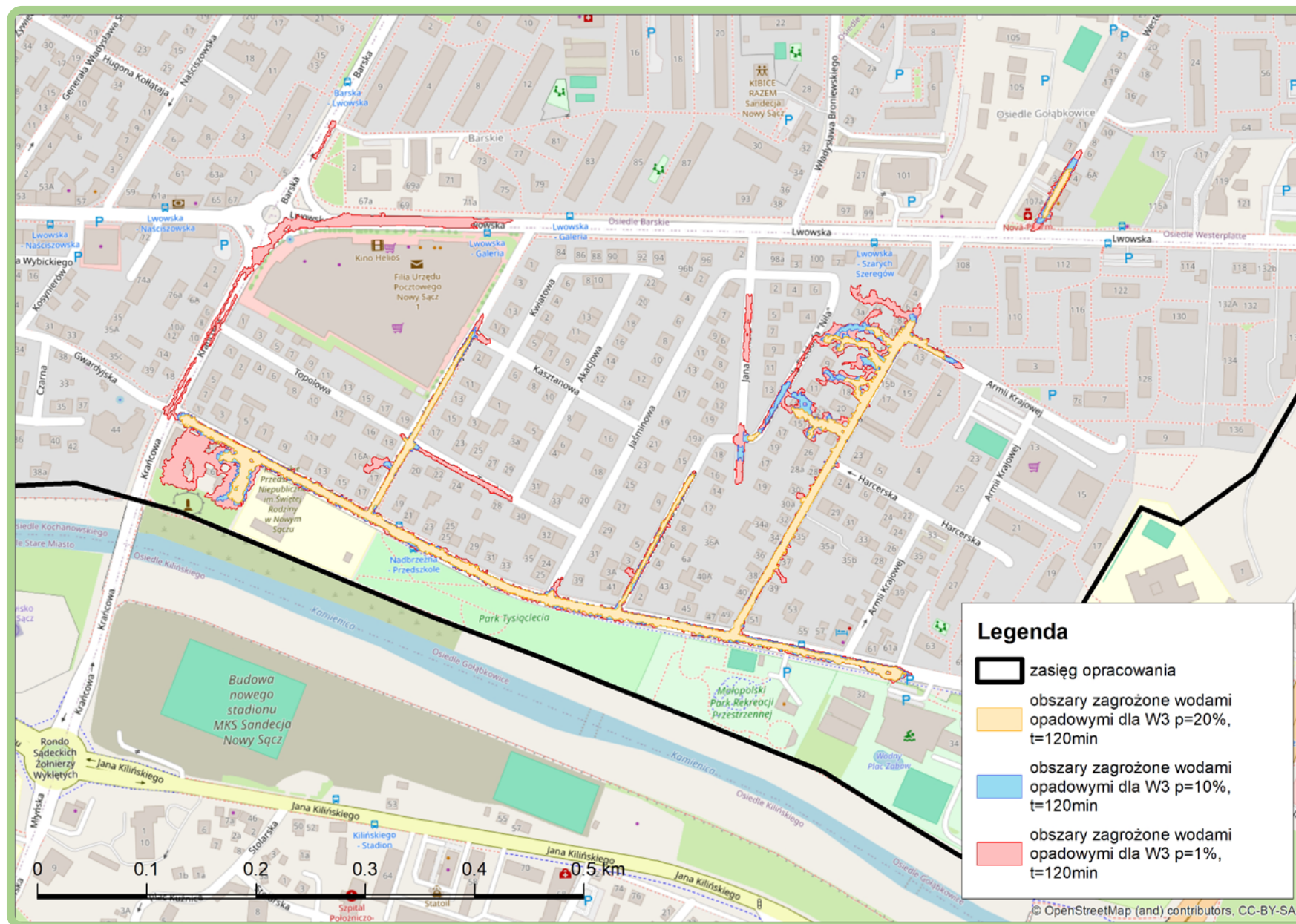


Rysunek 30 Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza



źródło: opracowanie własne

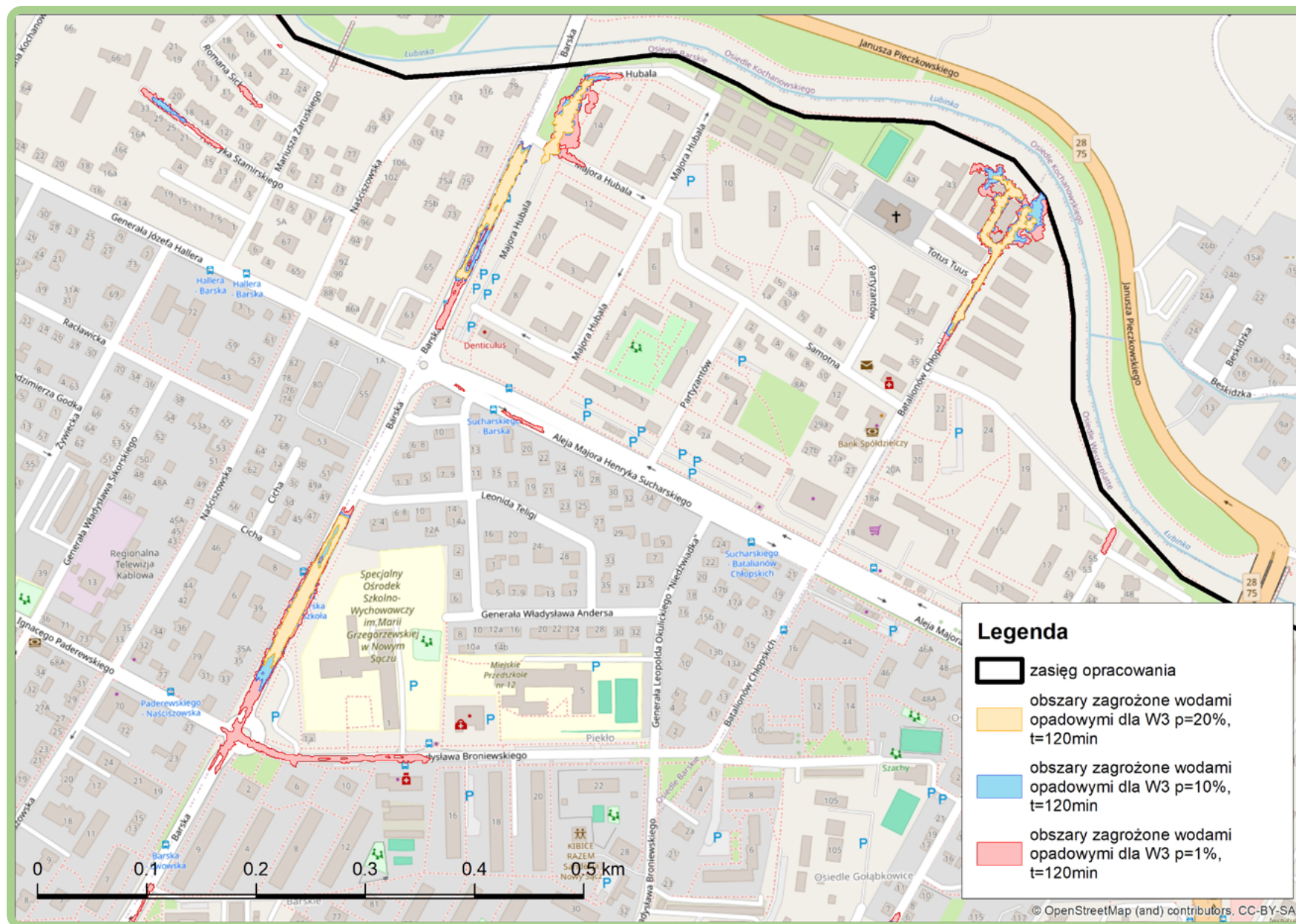
Rysunek 31 Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 1



źródło: opracowanie własne



Rysunek 32 Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 2



źródło: opracowanie własne

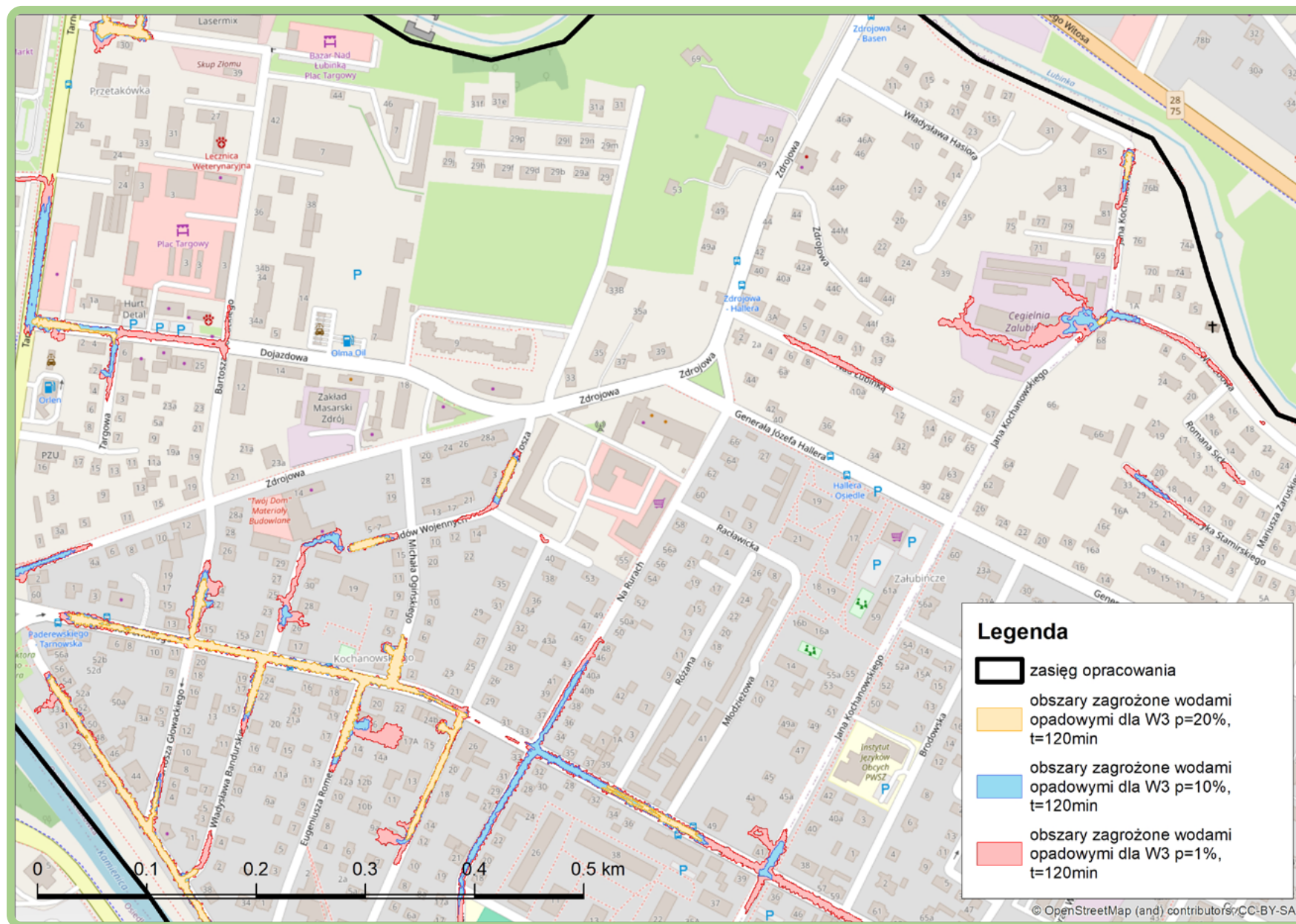


Rysunek 33 Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 3



źródło: opracowanie własne

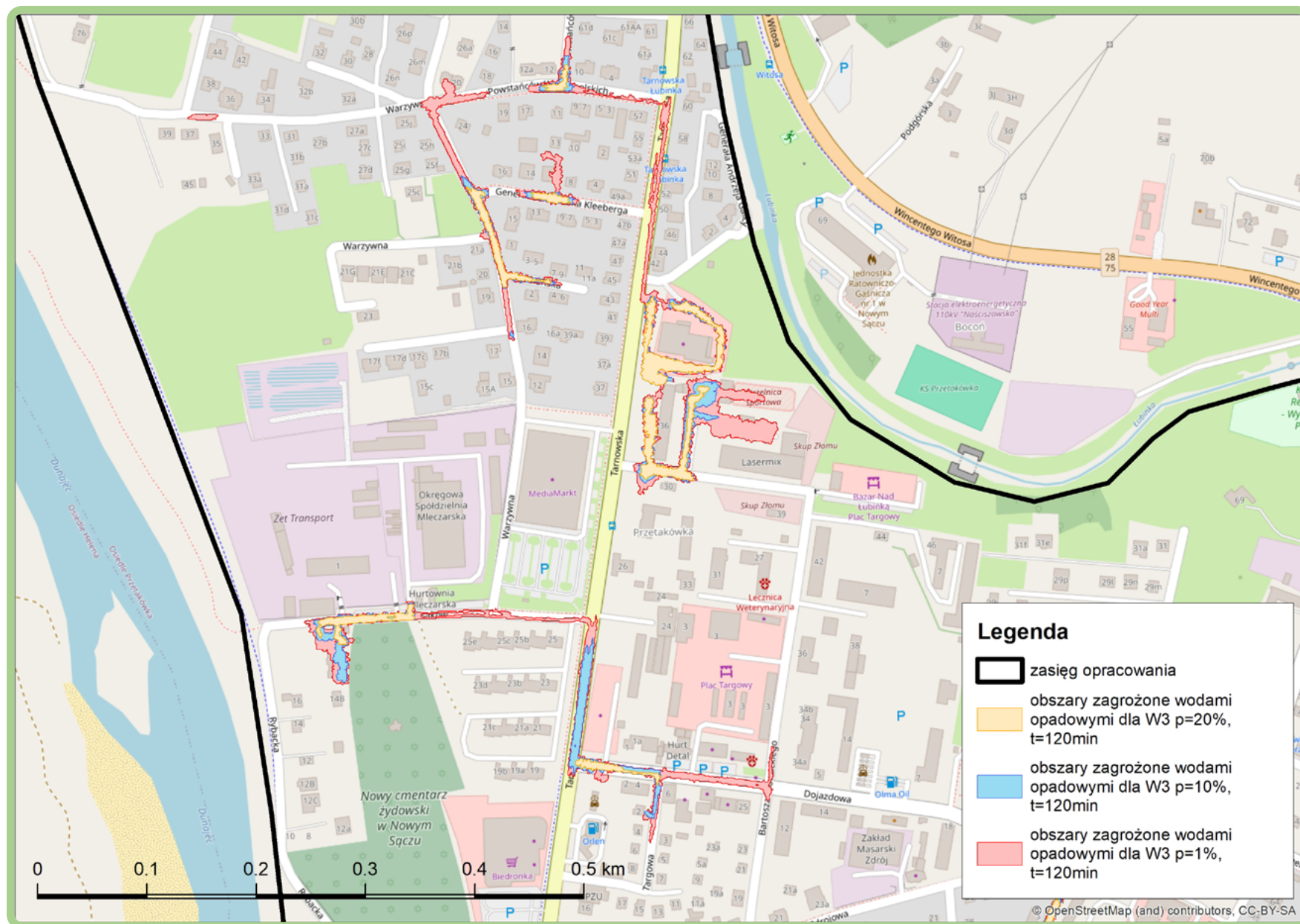
Rysunek 34 Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 4



źródło: opracowanie własne



Rysunek 35 Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 5



źródło: opracowanie własne



Zidentyfikowane obszary zagrożone wodami opadowymi poddano analizie z wykorzystaniem danych od zarządców dróg i jednostek organizacyjnych miasta Nowy Sącz o zdarzeniach powodziowych, danych o interwencjach Państwowej Straży Pożarnej oraz doniesień prasowych dotyczących zalanych obszarów. W poniższej tabeli (Tabela 15) przedstawiono wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Nowym Sączu potwierdzone zdarzeniami historycznymi.

Tabela 15 Zestawienie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Nowym Sączu potwierdzone zdarzeniami historycznymi

Informacja	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 1%	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 10%	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu 20%
Ilość wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi [szt.]	39	29	23
Ilość wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi potwierdzone zdarzeniami historycznymi [szt.]	7	5	5
Ilość wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi potwierdzone zdarzeniami historycznymi [%]	17,9%	17,2%	21,7%

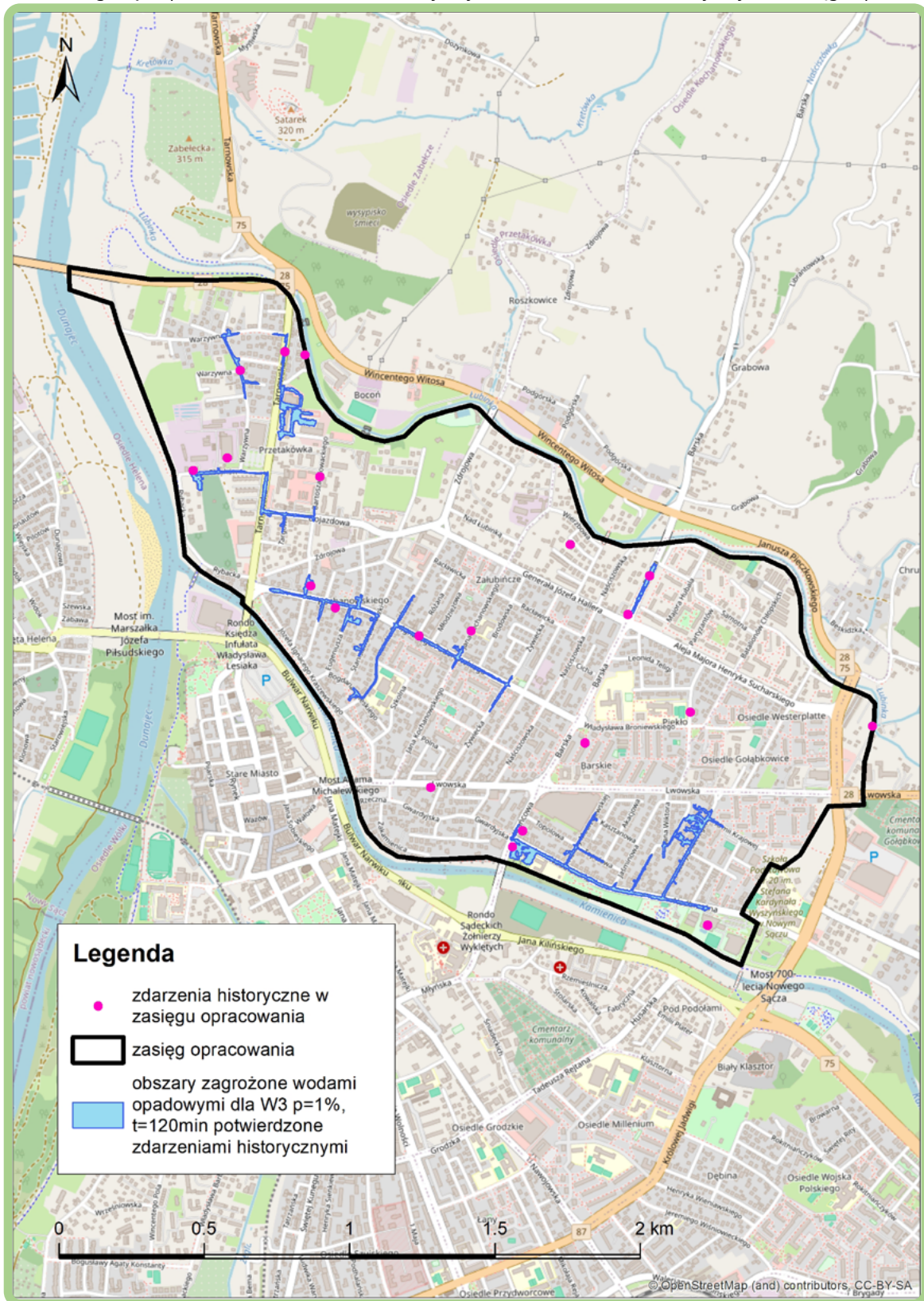
źródło: opracowanie własne

W zależności od prawdopodobieństwa wystąpienia opadu otrzymano różną liczbę obszarów zagrożonych wodami opadowymi potwierdzonych zdarzeniami historycznymi. Procentowa zgodność wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi ze zdarzeniami historycznymi waha się od ok. 18% do ok. 22%.

Wyznaczenie obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Wariancie 3 oparte było o modelowanie 1D+2D, w którym opad nie jest warunkiem brzegowym dla siatki obliczeniowej, tylko dla wyznaczonych zlewni hydrologicznych ciężących do kanalizacji deszczowej. Opad ten z wykorzystaniem modelu fali kinematycznej (przy uwzględnieniu powierzchni zlewni, jej uszczelnienia, spadku, infiltracji z wykorzystaniem wzoru Hortona) przeliczany jest na ilość wód opadowych trafiających do kanalizacji deszczowej, bez symulacji spływu wód opadowych po terenie (opad nie trafia na siatkę). Po terenie rozpluwają się jedynie wody opadowe, które wydostały się ze studni kanalizacyjnych na przeciążonych odcinkach sieci. Konsekwencją takiego rodzaju modelowania jest fakt, że wyznaczone obszary zagrożone wodami opadowymi dotyczą wyłącznie zagrożenia od wód wydostających się z przeciążonej kanalizacji. Zebrane dane historyczne nie określają źródła wystąpienia podtopienia, dlatego obliczony stopień zgodności wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi ze zdarzeniami historycznymi nie należy traktować jako stopień dokładności modelu.

Poniżej przedstawiono mapę obrazującą pokrywanie się obszarów zagrożonych wodami opadowymi z danymi historycznymi dla wybranego scenariusza (Rysunek 36).

Rysunek 36 Wyznaczone obszary zagrożone wodami opadowymi dla W3 dla opadu o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza potwierdzone zdarzeniami historycznymi wraz z zdarzeniami historycznymi w zasięgu opracowania



źródło: opracowanie własne

## 4. Analiza podatności i ryzyka na przykładzie Nowego Sącza

Na potrzeby przygotowania metodyki w zakresie analizy podatności i ryzyka, przeprowadzono prace analityczne z wykorzystaniem uzyskanych wyników w zakresie obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza.

### 4.1. Analiza ekspozycji

Wskaźniki składowe ekspozycji, określone na podstawie danych IMGW PIB dla stacji Nowy Sącz wynoszą odpowiednio:

- roczna suma opadu – 727.6 mm, punktacja 5,
- maksymalna dobową sumą opadu dla półrocza letniego – 82,2 mm, punktacja 3,
- maksymalna dobową sumą opadu dla półrocza zimowego – 38,2 mm, punktacja 4,
- liczba dni w roku z opadem  $\geq 10$  mm – 20,46, punktacja 5,
- liczba dni w roku z opadem  $\geq 50$  mm – 0,43, punktacja 5.

Średnia wskaźników składowych – 4,4 = bardzo wysoka ekspozycja.

### 4.2. Analiza wrażliwości

Dla poszczególnych wskaźników składowych wrażliwości dla PJA przyjęto następującą klasyfikację:

1. Szacunkowa liczba mieszkańców – granice klas wyznaczono metodą naturalnych przerw, na podstawie łącznej szacunkowej liczby zagrożonych mieszkańców dla każdego PJA na obszarze Nowego Sącza:
  - bardzo wysoka wrażliwość (punktacja 5) –  $> 682$  os./km<sup>2</sup>,
  - wysoka wrażliwość (punktacja 4) – 336-682 os./km<sup>2</sup>,
  - średnia wrażliwość (punktacja 3) – 164-336 os./km<sup>2</sup>,
  - niska wrażliwość (punktacja 2) – 47-164 os./km<sup>2</sup>,
  - bardzo niska wrażliwość (punktacja 1) –  $< 7$  os./km<sup>2</sup>.
2. Obiekty o szczególnym znaczeniu społecznym - ze względu na bardzo małą liczbę zagrożonych obiektów o szczególnym znaczeniu społecznym na obszarze Nowego Sącza, granice klas przyjęto metodą ekspercką:
  - bardzo wysoka wrażliwość (punktacja 5) – liczba zagrożonych obiektów  $> 3$  szt./km<sup>2</sup>,
  - wysoka wrażliwość (punktacja 4) – liczba zagrożonych obiektów 3 szt./km<sup>2</sup>,
  - średnia wrażliwość (punktacja 3) – liczba zagrożonych obiektów 2 szt./km<sup>2</sup>,
  - niska wrażliwość (punktacja 2) – liczba zagrożonych obiektów 1 szt./ km<sup>2</sup>,
  - bardzo niska wrażliwość (punktacja 1) – brak zagrożonych obiektów.
3. Pozostałe zagrożone obiekty - granice klas wyznaczono metodą naturalnych przerw, na podstawie łącznej ilości pozostałych zagrożonych budynków wyznaczonej dla każdego PJA:
  - bardzo wysoka wrażliwość (punktacja 5) –  $> 8,02$  szt./km<sup>2</sup>,
  - wysoka wrażliwość (punktacja 4) – 5,30-8,02 szt./km<sup>2</sup>,
  - średnia wrażliwość (punktacja 3) – 2,45-5,30 szt./km<sup>2</sup>,
  - niska wrażliwość (punktacja 2) –  $< 2,45$  szt./km<sup>2</sup>,
  - bardzo niska wrażliwość (punktacja 1) – brak zagrożonych pozostałych budynków.

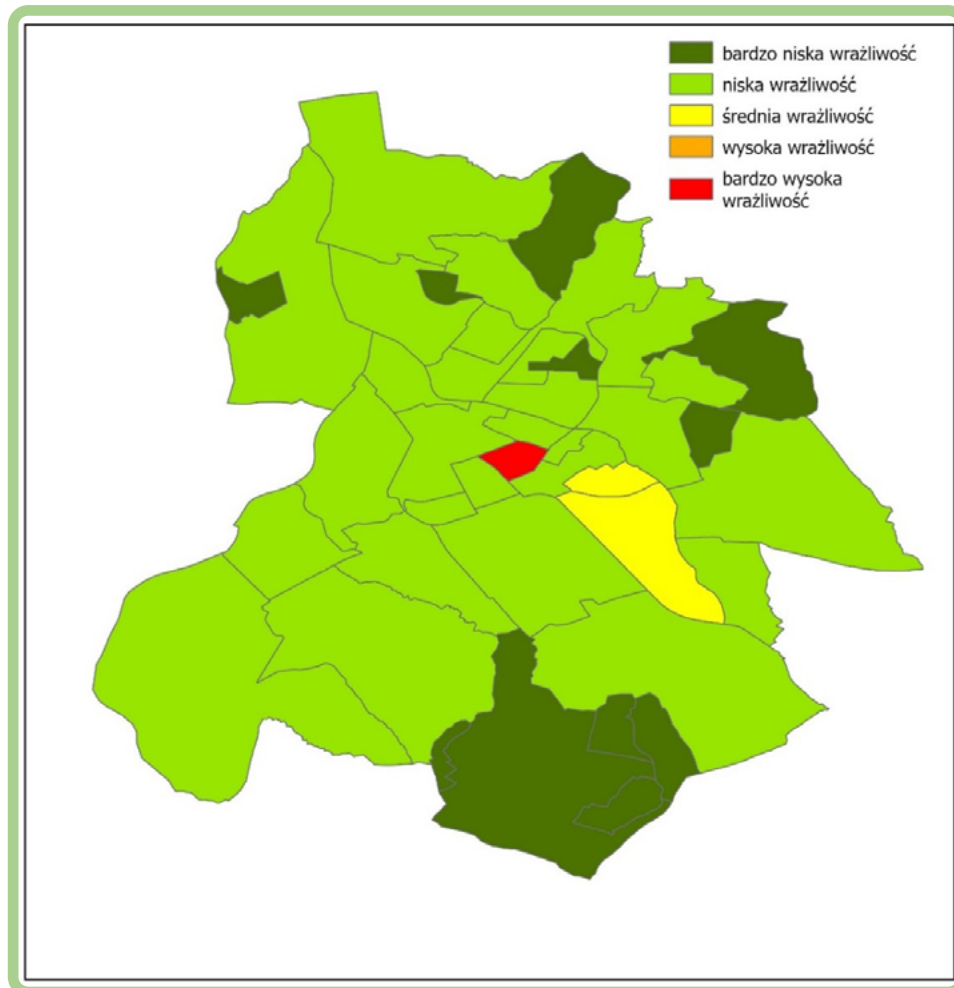


4. Ciągi komunikacyjne - dla wszystkich grup dróg przyjęto klasyfikację metodą ekspercką:

- bardzo wysoka wrażliwość (punktacja 5) – ≥ 5% zagrożonych odcinków dróg,
- wysoka wrażliwość (punktacja 4) – 2-5% zagrożonych odcinków dróg,
- średnia wrażliwość (punktacja 3) – 1-2% zagrożonych odcinków dróg,
- niska wrażliwość (punktacja 2) – <1% zagrożonych odcinków dróg,
- bardzo niska wrażliwość (punktacja 1) – brak zagrożonych odcinków dróg.

Wynikowa ocena wrażliwości dla każdego PJA na obszarze Nowego Sącza, obliczona jako średnia arytmetyczna z ocen wskaźników składowych, zobrazowana została na rysunku poniżej.

Rysunek 37 Przestrzenny rozkład wrażliwości dla Nowego Sącza



źródło: Opracowanie własne

Ilości PJA w poszczególnych klasach wrażliwości i odpowiadające im wagi dla Nowego Sącza wynoszą:

- Klasa 5 – 1 (waga 0,02),
- Klasa 4 – 0 (waga 0),
- Klasa 3 – 2 (waga 0,05),
- Klasa 2 – 27 (waga 0,66),
- Klasa 1 – 11 (waga 0,27).

Na podstawie zaproponowanego wzoru na wrażliwość dla miasta:

$$\text{Wrażliwość} = 0,02 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,66 \cdot 2 + 0,27 \cdot 1 = 1,84$$

wrażliwość Nowego Sącza na zagrożenia od wód opadowych można określić jako niską.

### 4.3. Analiza potencjału adaptacyjnego

Przyjęte wskaźniki składowe potencjału adaptacyjnego dla Nowego Sącza wynoszą odpowiednio:

1. potencjał finansowy – 0,99, punktacja 2,
2. kapitał społeczny – punktacja 1 (na potrzeby przykładu założono występowanie pozarządowych organizacji pomocy społecznej w mieście),
3. przygotowanie służb miejskich – 0,11, punktacja 1,
4. mechanizmy informowania i ostrzegania o zagrożeniach – punktacja 1 (na potrzeby przykładu założono, że dla Nowego Sącza zidentyfikowano występowanie podmiotów odpowiedzialnych za informowanie i ostrzeganie przed nadzwyczajnymi zagrożeniami, planów zarządzania kryzysowego, procedur w zakresie koordynacji wszystkich działań związanych z wystąpieniem zagrożeń oraz ostrzegania i alarmowania ludności na terenie miasta),
5. sieci infrastrukturalne społeczne i ochrony zdrowia – 0,06, punktacja 1,
6. współpraca z sąsiednimi gminami w zakresie zarządzania kryzysowego oraz istniejącego zaplecza innowacyjnego – punktacja 0 (na potrzeby przykładu założono brak współpracy z sąsiednimi gminami w zakresie zarządzania kryzysowego oraz istniejącego zaplecza innowacyjnego).

Średnia wskaźników składowych – 1,17 = niski potencjał adaptacyjny

### 4.4. Analiza podatności

Na podstawie przyjętego wzoru na podatność:

$$\text{Podatność} = 0,4 \cdot 4,4 + 0,6 \cdot 1,84 - 1,17 = 1,69$$

podatność Nowego Sącza na zagrożenia od wód opadowych można ocenić jako niską.

### 4.5. Ocena ryzyka

Wskaźniki składowe oceny wpływu zmian klimatu, określone na podstawie danych csv ze strony <https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/> dla punktu o współrzędnych x=76 i y=62, zlokalizowanego na obszarze miasta Nowy Sącz wynoszą odpowiednio:

- roczna suma opadu – 950 mm, punktacja 5,
- maksymalna miesięczna suma opadu dla półrocza letniego – 107.3 mm, punktacja 5,
- maksymalna miesięczna suma opadu dla półrocza zimowego – 81.6 mm, punktacja 5,
- liczba dni w roku z opadem  $\geq 10$  mm – 24,06, punktacja 5,
- liczba dni w roku z opadem  $\geq 20$  mm – 7,47, punktacja 5.

**Średnia wskaźników składowych – 5 = bardzo wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska.**

**Podatność Nowego Sącza na zagrożenia od wód opadowych oceniona została jako niska, jednak ze względu na bardzo wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska, poziom ryzyka dla całego miasta można określić jako wysoki.**

## Spis Tabel

Tabela 1	Wysokość deszczu miarodajnego oraz wysokość redukcji opadu.....	9
Tabela 2	Charakterystyka stacji wodowskazowych na obszarze miasta Nowy Sącz.....	11
Tabela 3	Przepływy z wielolecia 1987-2021 dla wodowskazów zlokalizowanych na obszarze Nowego Sącza.....	11
Tabela 4	Podstawowe informacje o rzecznych powodziach historycznych w mieście Nowy Sącz.....	13
Tabela 5	Zmiana średniego przepływu na Dunajcu i Kamienicy w granicach Nowego Sącza dla scenariusza RCP4.5.....	22
Tabela 6	Zmiana średniego przepływu na Dunajcu i Kamienicy w granicach Nowego Sącza dla scenariusza RCP8.5.....	22
Tabela 7	Rozkład użytkowania terenu w mieście Nowy Sącz.....	24
Tabela 8	Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza.....	32
Tabela 9	Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów potencjalnej retencji w Nowym Sączu dla Wariantu 1.....	35
Tabela 10	Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza dla Podwariantu 2.1.....	42
Tabela 11	Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza dla Podwariantu 2.2.....	43
Tabela 12	Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów potencjalnej retencji w Nowym Sączu dla Podwariantu 2.1. i 2.2.....	44
Tabela 13	Zestawienie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Nowym Sączu potwierdzone zdarzeniami i historycznymi.....	45
Tabela 14	Zestawienie podstawowych informacji dla wyznaczonych obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla Nowego Sącza.....	47
Tabela 15	Zestawienie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi w Nowym Sączu potwierdzone zdarzeniami historycznymi.....	56



## Spis Rysunków

Rysunek 1	Położenie Nowego Sącza na tle powiatu nowosądeckiego i województwa małopolskiego .....	3
Rysunek 2	Położenie Nowego Sącza i okolic na tle głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony.....	4
Rysunek 3	Regiony klimatyczne Polski; Granice regionów: 1 – bardzo wyraźne, 2 – wyraźne, 3 – mało wyraźne, 4 – obszary górskie.....	5
Rysunek 4	Średnia roczna temperatura powietrza w Polsce w wieloleciu 1991-2020.....	6
Rysunek 5	Średnia roczna suma opadów w Polsce w wieloleciu 1991 - 2020.....	6
Rysunek 6	Lokalizacja stacji opadowej w Nowym Sączu.....	7
Rysunek 7	Roczne sumy opadów atmosferycznych dla stacji synoptycznej Nowy Sącz w latach 1986 - 2021.....	8
Rysunek 8	Miesięczne sumy opadów i maksymalne sumy opadów wraz z datami w latach 1986 – 2021.....	8
Rysunek 9	Liczba dni z wielolecia 1986-2021, dla których suma opadów przekraczała 20mm w podziale na lata.....	9
Rysunek 10	Wodowskazy znajdujące się w obszarze Nowego Sącza.....	10
Rysunek 11	Odptyw roczny na rzece Dunajec dla wodowskazu Nowy Sącz w latach 1987-2021.....	12
Rysunek 12	Obszar Nowego Sącza, mapa zagrożenia powodziowego z głębokością wody obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1% (raz na 100 lat).....	14
Rysunek 13	Obszar Nowego Sącza, mapa ryzyka powodziowego w zakresie potencjalnie negatywnych skutków dla życia i zdrowia ludzi oraz wartości potencjalnych strat powodziowych. Obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1% (raz na 100 lat).....	16
Rysunek 14	Lokalizacje interwencji KM PSP oraz zdarzeń związanych z gwałtownymi opadami deszczu na terenie Nowego Sącza.....	18
Rysunek 15	Skrzyżowanie ulic Nawojowskiej i Kolejowej w Nowym Sączu.....	19
Rysunek 16	Zniszczenia spowodowane powodzią błyskawiczną w dniach 16-17 lipca 2021 r. w okolicach osiedla Kochanowskiego w Nowym Sączu.....	19
Rysunek 17	Zalana ulica Nawojowska po intensywnych opadach w dniu 27.07.2021 r.....	20
Rysunek 18	Średnia krocząca liczby dni w roku z opadem dziennym $\geq 20$ mm - pow. Nowy Sącz dla scenariusza RCP4.5.....	21
Rysunek 19	Średnia krocząca liczby dni w roku z opadem dziennym $\geq 20$ mm - pow. Nowy Sącz dla scenariusza RCP8.5.....	21
Rysunek 20	Zagospodarowanie terenu na obszarze Nowego Sącza.....	25
Rysunek 21	Mapa kanalizacji deszczowej w Nowym Sączu.....	27
Rysunek 22	Mapa z lokalizacją wylotów kanalizacji deszczowej w Nowym Sączu.....	29
Rysunek 23	Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza.....	33
Rysunek 24	Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza.....	34
Rysunek 25	Wyniki identyfikacji obszarów potencjalnej retencji dla opadu o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza wraz ze wskazaniem obszarów znajdujących się na gruntach Skarbu Państwa.....	36
Rysunek 26	Wyniki identyfikacji obszarów intensywnego spływu powierzchniowego oraz obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza.....	38
Rysunek 27	Wyniki identyfikacji obszarów intensywnego spływu powierzchniowego oraz obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza.....	39
Rysunek 28	Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza.....	48
Rysunek 29	Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza.....	49

Rysunek 30	Wyniki identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza.....	50
Rysunek 31	Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 1.....	51
Rysunek 32	Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 2.....	52
Rysunek 33	Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 3.....	53
Rysunek 34	Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 4.....	54
Rysunek 35	Porównanie wyników identyfikacji obszarów zagrożonych wodami opadowymi dla opadu o prawdopodobieństwie 1%, 10% i 20% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza część 5.....	55
Rysunek 36	Wyznaczone obszary zagrożone wodami opadowymi dla W3 dla opadu o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania 120 min dla Nowego Sącza potwierdzone zdarzeniami historycznymi wraz z zdarzeniami historycznymi w zasięgu opracowania....	57
Rysunek 37	Przestrzenny rozkład wrażliwości dla Nowego Sącza.....	59



**Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie**

**Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej**

**ul. Żelazna 59a**

**00-848 Warszawa**



**[www.gov.pl/web/wody-polskie](http://www.gov.pl/web/wody-polskie)**