Raport z testu badawczego dotyczącego zagrożenia powodziowego poprzez modelowanie dla powiatu brzozowskiego

Nadzór merytoryczny:

Dr hab. Michał Habel

1. *Plan badawczy zawierający przebieg badań z podziałem na prace terenowe i laboratoryjne, wraz ze wskazaniem kolejny kroków przebiegu prac badawczych*

Prace terenowe

- identyfikacja obszarów dolinnych w terenie,
- identyfikacja stref obniżeń o genezie antropogenicznej w terenie,
- identyfikacja stref i punktów w przeszłości zalewanych podczas powodzi,
- określenie granic, w których zostanie przeprowadzona analiza powodziowa.

Prace laboratoryjne

- identyfikacja terenów zagrożonych podtopieniami na podstawie MZP ISOK, analiz geoprzestrzennych „Flow Direction" i „Flow Accumulation", z uwzględnieniem infiltracji i współczynników odpływu Curve Number (CN),
- wyznaczenie obszarów zagrożonych ze strony spływu powierzchniowego na podstawie numerycznego modelu terenu (NMT) o rozdzielczości ≤ 1 m (PL-EVRF2007-NH z 2004 i 2025 roku), użytkowania terenu BDOT10k oraz występowania gleb na bazie map IUNG, a także opadów maksymalnych Pmax według IMGW-PIB
- oszacowanie wartości opadu maksymalnego jako wartości referencyjnych na terenie powiatu,
- modelowanie odpływu efektywnego metodą SCS-CN,

- analiza kumulacji wód na powierzchni terenu i wyznacznie kierunków spływu powierzchniowego za pomocą narzędzi GIS (QuantumGIS v. 3.4.13) oraz algorytmów River Network, Watershed Basins i Flow Accumulation..
- wyznaczenie stref zagrożenia powodziowego z podziałem na klasy.

2. *Opis przebiegu prac badawczych z uwzględnianiem założeń teoretycznych, opisu metody, ewentualnego poboru prób w terenie i kolejnych kroków prac laboratoryjnych.*

Założenia teoretyczne

Przez zagrożenie powodziowe rozumie się prawdopodobieństwo wystąpienia procesów prowadzących do okresowego zalania terenów położonych w granicach analizowanego powiatu. W opracowaniu uwzględniono zarówno zagrożenie wynikające z wezbrań rzek i potoków przedstawionych na Mapach Zagrożenia Powodziowego (MZP) systemu ISOK (https://wody.isok.gov.pl), jak i lokalne podtopienia wywołane koncentracją spływu powierzchniowego po intensywnych opadach atmosferycznych. Analiza objęła również niewielkie zlewnie, doliny nieobjęte modelowaniem hydraulicznym oraz lokalne obniżenia terenu, w których może dochodzić do okresowej akumulacji wód opadowych.

Poziom zagrożenia określono jako udział powierzchni potencjalnie narażonej na zalanie wskutek:

- wystąpienia powodzi o prawdopodobieństwie 10%, 1% i 0,2%, zgodnie z Mapami Zagrożenia Powodziowego ISOK,
- koncentracji odpływu powierzchniowego wywołanej opadem projektowym **Pmax**,
- występowania lokalnych obniżeń bezodpływowych i stref koncentracji odpływu.

Wyniki przedstawiono jako powierzchnię terenów zagrożonych [ha] oraz ich udział procentowy w powierzchni powiatu [%].

Zgodnie z art. 16 pkt 43 ustawy *Prawo wodne* powódź oznacza czasowe zalanie terenów, które w normalnych warunkach nie są pokryte wodą, spowodowane przede wszystkim wezbraniem cieków, zbiorników wodnych, kanałów lub oddziaływaniem morza. Definicja ta nie obejmuje jednak zagrożeń wynikających z intensywnego spływu powierzchniowego po opadach nawalnych. Z tego względu analizę rozszerzono o identyfikację obszarów zagrożonych lokalnymi podtopieniami, co ma szczególne znaczenie na terenach górskich i podgórskich, gdzie dominującym mechanizmem powstawania zagrożenia są powodzie opadowe (flash floods), koncentracja odpływu w niewielkich dolinach oraz zalewanie lokalnych obniżeń terenowych. Oznacza to, że wykorzystanie wyłącznie map ISOK nie zapewnia pełnej identyfikacji obszarów zagrożonych powodzią.

Dla powiatu brzozowskiego obszary zagrożone podtopieniami wyznaczono na podstawie Map Zagrożenia Powodziowego ISOK oraz analiz geoprzzestrzennych **Flow Direction** i **Flow**

Accumulation, z uwzględnieniem infiltracji i współczynników odpływu **Curve Number (CN)**. Analizy przeprowadzono z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu (NMT) o rozdzielczości ≤1 m (PL-EVRF2007-NH; dane z lat 2004 i 2025), danych o użytkowaniu terenu BDOT10k, map gleb IUNG oraz opadów maksymalnych opracowanych przez IMGW-PIB.

Projektowe wartości opadów określono na podstawie modelu probabilistycznego **PMAXTP (Precipitation MAXimum Time Probability)** udostępnianego przez IMGW-PIB i opisanego przez Ozgę-Zielińskiego i in. (2022). Model umożliwia wyznaczenie maksymalnej wysokości opadu **Pmax(t,p)** dla zadanego czasu trwania (t) i prawdopodobieństwa przewyższenia (p), stanowiąc obecnie podstawowe narzędzie estymacji opadów ekstremalnych w Polsce. Wartości **Pmax** odpowiadają kwantylom rozkładu prawdopodobieństwa dopasowanego do wieloletnich obserwacji opadowych. Przykładowo opad o prawdopodobieństwie przewyższenia 10% występuje średnio raz na 10 lat, natomiast opad o prawdopodobieństwie 1% odpowiada zdarzeniu o okresie powtarzalności około 100 lat. W opracowaniu wykorzystano wyniki uzyskane metodą **Peak Over Threshold (POT)**, uwzględniającą wszystkie zdarzenia przekraczające określony próg opadowy. W porównaniu z metodą maksimów rocznych metoda POT zapewnia bardziej wiarygodne oszacowanie opadów ekstremalnych, szczególnie istotnych przy analizie powodzi błyskawicznych i intensywnego spływu powierzchniowego.

Do modelowania zagrożenia wykorzystano opady projektowe o czasie trwania **1, 6 i 24 godzin**, odpowiadające odpowiednio lokalnym opadom nawalnym, gwałtownemu odpływowi ze zlewni górskich oraz rozwojowi powodzi rzecznych w większych zlewniach. Dla każdego powiatu wyznaczono wartości opadów o prawdopodobieństwie przewyższenia **1% (T = 100 lat)** oraz **50% (T = 2 lata)**. Obliczone wartości **Pmax** wykorzystano jako dane wejściowe do modelowania spływu powierzchniowego oraz identyfikacji stref koncentracji odpływu, co umożliwiło rozszerzenie analizy poza obszary objęte mapami ISOK.

Retencję obliczano w sposób następujący:

$$S = \frac{254}{\mathrm{CN}} - 254$$

Obliczenie odpływu efektywnego:

$$Q = \frac{(P - 0{,}2S)^2}{P + 0{,}8S}$$

gdzie:

- P – opad projektowy,
- Q – odpływ efektywny.

Kluczowym elementem w końcowej fazie modelowania była kumulacji wód na powierzchni terenu. Kierunki spływu powierzchniowego wyznaczono za pomocą narzędzi GIS (QuantumGIS v. 3.4.13) oraz algorytmów River Network, Watershed Basins i Flow Accumulation. Model został oparty na wysokorozdzielczym numerycznym modelu terenu pochodzącym ze skaningu laserowego (NMT) – siatce o rozdzielczości ≤ 1,0 m , danych o użytkowaniu terenu (BDOT10k), mapach glebowo-rolniczych, sieci cieków wodnych MPHP oraz przepustów drogowych (BDOT10k). Powstałe na bazie modelowania naturalne linie drenażu oraz obszary kumulacji spływu powierzchniowego. Uzyskane wyniki umożliwiły identyfikację okresowych cieków, dolin koncentracji odpływu oraz lokalnych obniżeń terenowych.

3. *Wyniki badań w postaci obliczeniowej wraz z niezbędną dokumentacją w postaci tabel, wykresów i rysunków*

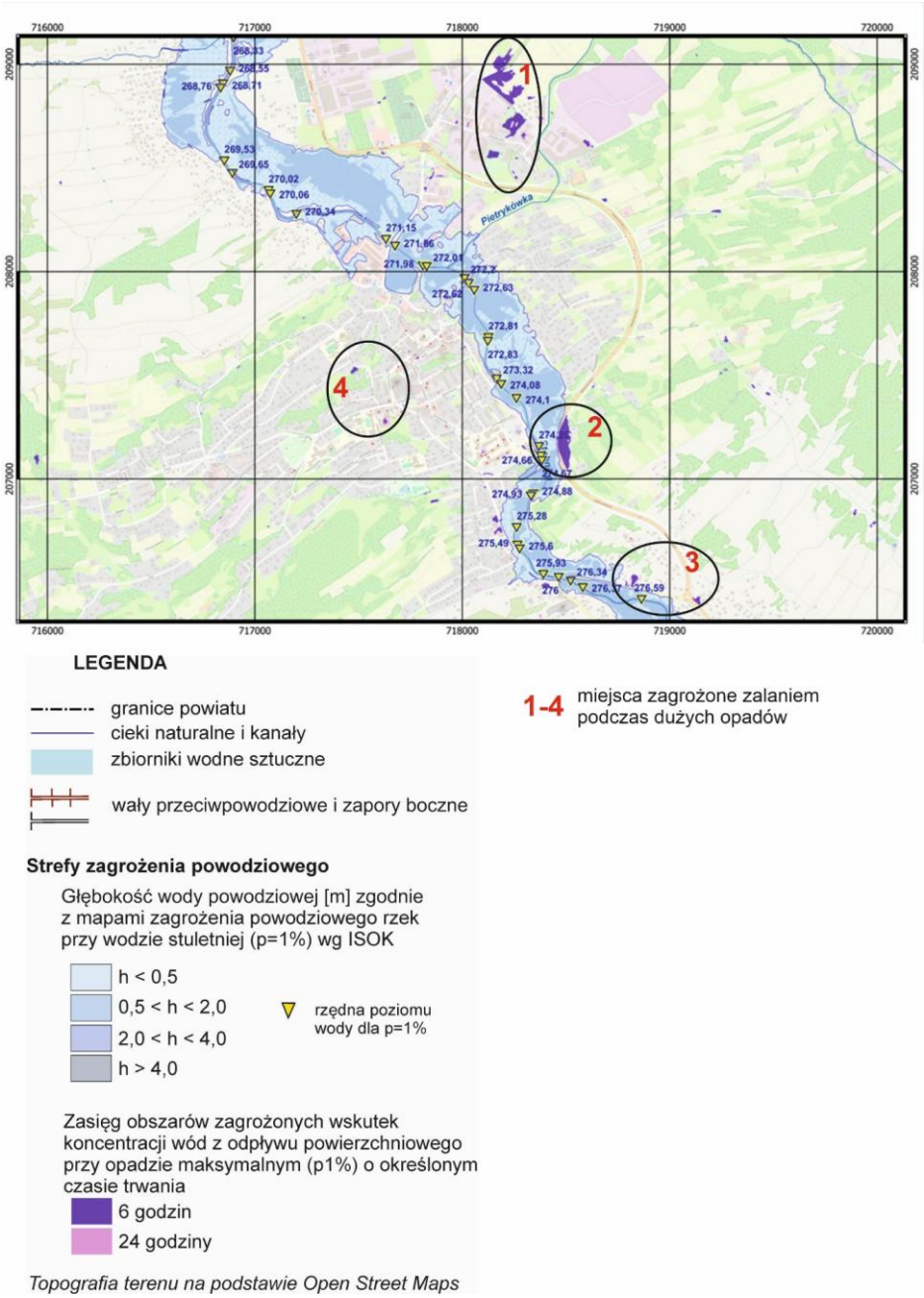
Na analizowanych mapach oznaczono obszary zagrożone zalanie podczas intensywnych opadów. **Obszary te nie obejmuje jedynie terenów zagrożonych powodzią rzeczną, wyznaczonych na podstawie map ISOK, lecz stanowią ich uzupełnienie poprzez wskazanie obszarów narażonych na lokalne podtopienia poza dolinami głównych cieków**. W powiecie brzozowskim analizowano podtopienia występujące w trakcie intensywnych opadów trwających 6 i 24 godziny.

Szczegółową analizę zagrożenia powodziowego przeprowadzono dla dwóch obszarów. Pierwszy z nich obejmuje miasto Brzozów oraz jego bezpośrednie otoczenie (Rysunek 1), natomiast drugi położony jest w dolinie Sanu i obejmuje między innymi miejscowości Wołodź, Gdyczynę oraz Niewistkę (Rysunek 2).

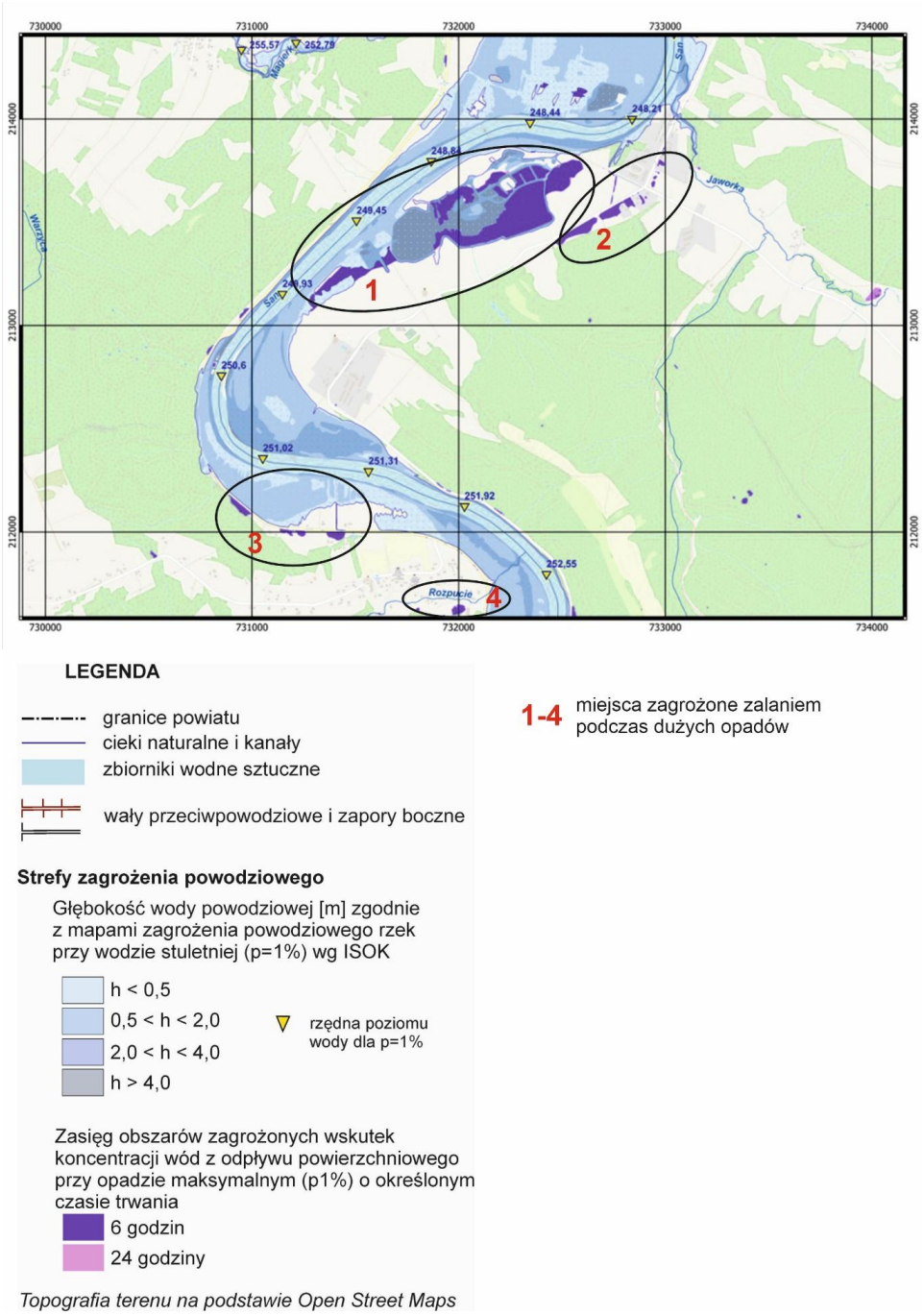
Analiza pierwszego z obszarów pozwoliła na wyznaczenie czterech stref szczególnie narażonych na podtopienia podczas intensywnych opadów (Rysunek 1). Dwie z nich zlokalizowane są w dolinie rzeki Stobnicy przepływającej przez Brzozów, natomiast pozostałe dwie znajdują się poza główną doliną rzeczną, w obrębie terenów zurbanizowanych. Pierwszy z analizowanych obszarów położony jest na północ od potoku Pietrykówka (Rysunek 1 – obszar 1). Podczas opadów o dużym natężeniu podtopieniu mogą ulec rozległe tereny zabudowy mieszkaniowej, dlatego strefę tę należy uznać za jedną z najbardziej zagrożonych w granicach miasta. Drugi obszar zlokalizowany jest w dolinie Stobnicy, w rejonie obwodnicy Brzozowa (Rysunek 1 – obszar 2). W czasie intensywnych opadów zalaniu może ulec odcinek obwodnicy przylegający do ulicy Traugutta, co może doprowadzić do czasowego wstrzymania ruchu. Nie można również wykluczyć podmycia konstrukcji drogi i jej lokalnych uszkodzeń. Trzeci obszar zagrożenia znajduje się w rejonie skrzyżowania dróg wojewódzkich nr 886 i 887 (Rysunek 1 – obszar 3). Występują tu niewielkie strefy potencjalnych podtopień zlokalizowane w obrębie zwartej zabudowy miejskiej. Ostatni z analizowanych obszarów (Rysunek 1 – obszar 4) położony jest w centralnej części Brzozowa. Zidentyfikowano tam niewielkie powierzchnie, na których podczas intensywnych opadów może dochodzić do okresowych podtopień.

Drugi analizowany obszar obejmuje fragment doliny Sanu (Rysunek 2). Również tutaj wyznaczono cztery strefy potencjalnie zagrożone zalaniem podczas opadów o dużym natężeniu.

Pierwsza z nich położona jest w bezpośrednim sąsiedztwie koryta Sanu, na północ od miejscowości Wołodź (Rysunek 2 – obszar 1). Jest to rozległy teren obejmujący częściowo obszary okresowo podmokłe. W czasie intensywnych opadów zalaniu może ulec droga biegnąca wzdłuż Sanu oraz część zabudowy położonej w miejscowości Gdyczyna. W niewielkiej odległości od tej strefy znajduje się drugi obszar zagrożenia (Rysunek 2 – obszar 2), również zlokalizowany w Gdyczynie, w kierunku miejscowości Siedliska. Strefa potencjalnych podtopień przebiega wzdłuż drogi i obejmuje przylegające do niej budynki mieszkalne. Trzeci obszar (Rysunek 2 – obszar 3) położony jest na południe od koryta Sanu, na północ od miejscowości Niewistka. Pomimo możliwości okresowego zalewania teren ten nie stwarza istotnego zagrożenia dla infrastruktury, ponieważ nie występuje tam zabudowa. Ostatni z analizowanych obszarów (Rysunek 2 – obszar 4) znajduje się również w miejscowości Niewistka, na południe od potoku Rozpucie. W przypadku wystąpienia intensywnych opadów zalaniu może ulec niewielki fragment terenu położony w obrębie zabudowy.



Rysunek 1. Obszary zagrożone zalaniem na terenie powiatu brzozowskiego (obszar Brzozowa).



Rysunek 2. Obszary zagrożone zalaniem na terenie powiatu brzozowskiego (obszar położony w strefie miejscowości Niewistka i Wołodź).

4. *Wnioski z przeprowadzonych badań w formie opracowania zawierającego szczegółowe analizy wraz z szacunkiem dotyczącym zagrożenia występującego w testowanym terenie (osuwiskowego, powodziowego, związanego z zanieczyszczeniem powietrza zależnie od typu testu badawczego)*

Na analizowanych mapach wyznaczono obszary potencjalnie zagrożone zalaniem podczas intensywnych opadów atmosferycznych powiacie brzozowskim. Stanowią one uzupełnienie map zagrożenia powodziowego ISOK, obejmując strefy narażone na lokalne podtopienia poza dolinami głównych cieków. W powiecie brzozowskim analizę przeprowadzono dla opadów projektowych o czasie trwania 6 i 24 godzin. Szczegółową oceną objęto dwa obszary: miasto Brzozów wraz z jego otoczeniem oraz fragment doliny Sanu obejmujący miejscowości Wołodź, Gdyczynę i Niewistkę. W rejonie Brzozowa wyznaczono cztery strefy szczególnie narażone na podtopienia. Największe zagrożenie występuje na północ od potoku Pietrykówka, gdzie intensywne opady mogą powodować zalewanie rozległych terenów zabudowy mieszkaniowej. Istotnym problemem jest również możliwość zalania odcinka obwodnicy Brzozowa w rejonie ulicy Traugutta, co może prowadzić do czasowego wyłączenia drogi z użytkowania oraz lokalnych uszkodzeń jej konstrukcji. Pozostałe strefy zagrożenia w Brzozowie obejmują obszary zwartej zabudowy miejskiej, gdzie mogą występować lokalne podtopienia o mniejszym zasięgu. W dolinie Sanu również zidentyfikowano cztery obszary potencjalnie zagrożone zalaniem. Największa z tych stref położona jest w sąsiedztwie koryta Sanu i obejmuje drogę oraz zabudowę w rejonie miejscowości Gdyczyna. Kolejna strefa zagrożenia zlokalizowana jest wzdłuż drogi prowadzącej w kierunku Siedlisk i obejmuje budynki mieszkalne. W rejonie Niewistki wyznaczono dwa kolejne obszary zagrożenia, z których jeden obejmuje tereny niezabudowane, natomiast drugi niewielki fragment zabudowy położonej na południe od potoku Rozpucie. Wyniki wskazują, że największe zagrożenie dotyczy infrastruktury drogowej oraz zabudowy zlokalizowanej w dolinach rzecznych i strefach koncentracji odpływu powierzchniowego. Analiza potwierdza, że lokalne podtopienia mogą występować również poza obszarami wyznaczonymi na mapach zagrożenia powodziowego ISOK. Uwzględnienie modelowania spływu powierzchniowego pozwala zatem na bardziej kompleksową identyfikację terenów zagrożonych oraz dostarcza cennych informacji wspierających planowanie przestrzenne i działania z zakresu ochrony przeciwpowodziowej.

Interreg

Współfinansowany przez UNIĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Katowice, 31.08.2026

PREZES ZARZĄDU
Oddział Górnośląski, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk
dr hab. Jerzy Cabała

dr hab. Jerzy Cabała

Uniwersytet Śląski w Katowicach
40-007 Katowice, ul. Bankowa 12
http://www.us.edu.pl