



dr hab. inż. Bartłomiej Rzonca

Profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

HYDROLOG I HYDROGEOLOG

b.rzonca@uj.edu.pl
tel. +48-606-244-214

HydroGeologia Bartłomiej Rzonca
ul. Chłopska 4/4, 30-806 Kraków
NIP 677-180-72-29 REGON 369769482
konto 47 1140 2004 0000 3402 7754 4451

SPR/07/2024/1

**KONCEPCJA HYDROLOGICZNA
ODPROWADZANIA
I ZAGOSPODAROWANIA
WÓD OPADOWYCH
Z WYDZIELONEJ CZĘŚCI
OBSZARU WSI WRZĄSOWICE,
GMINA ŚWIĄTNIKI GÓRNE**

Kraków, 28.11.2024 r.

PODSTAWA FORMALNA SPORZĄDZENIA NINIEJSZEJ KONCEPCJI

Podstawę formalną wykonania niniejszego opracowania (*Koncepcji hydrologicznej...*) stanowi Umowa Nr **GPGS.272.6.2024** zawarta w dniu 14 marca 2024 r. w Świątnikach Górnych pomiędzy dr. hab. inż. Bartłomiejem Rzoncą, specjalistą w zakresie hydrologii, hydrogeologii i zmian stosunków wodnych, prowadzącym działalność gospodarczą pod nazwą *HydroGeologia Bartłomiej Rzonca*, NIP 677-180-72-29, jako Wykonawcą, a Gminą Świątniki Górne z siedzibą przy ul. Bruchnalskiego 36 w Świątnikach Górnych, reprezentowaną przez Panią Burmistrz Małgorzatę Duży, przy kontrasygnacie Skarbnika Gminy Pani mgr Eweliny Bieli, jako Zamawiającym.

CEL I SPOSÓB SPORZĄDZENIA NINIEJSZEJ KONCEPCJI

Celem sporządzenia niniejszego opracowania (zwanego dalej „*Konceptją*”) jest sformułowanie propozycji rozwiązania problemu bezpiecznego zagospodarowania i odprowadzania wód opadowych w północnej części wsi Wrzasowice, gmina Świątniki Górne, w granicach opracowania wyznaczonych przez Zamawiającego w Załączniku 1 (załącznik graficzny) do umowy GPGS.272.6.2024.

Niniejsza *Koncepcja* sporządzona została w formie propozycji rozwiązań poszczególnych lokalnych problemów; autor tam, gdzie było to możliwe przedstawił różne alternatywne warianty poszczególnych rozwiązań.

Szczegółowe cele realizowane podczas tworzenia niniejszej *Koncepcji*:

- rozpoznanie zagrożeń i problemów w skali lokalnej;
- opis działań naprawczych wraz z wariantami;
- modelowe obliczenie natężenia przepływu (przepustowości urządzeń) oraz odpływu (pojemności urządzeń) proponowanych w *Koncepcji* dla opadu miarodajnego („obliczeniowego”), zgodne z ogólnie przyjętymi standardami.

Podczas opracowywania poszczególnych proponowanych działań naprawczych („rozwiązań”) wykonano analizę spływu wód powierzchniowych w oprogramowaniu QGIS z wykorzystaniem pakietu narzędzi GRASS GIS. Podstawą wykonanych obliczeń był Numeryczny Model Terenu (NMT). Źródłem danych terenowych do stworzenia NMT było z kolei lotnicze skanowanie laserowe metodą LiDAR wykonane w 2023 roku. NMT został przez autora niniejszego opracowania poddany korekcji w oparciu o informacje pozyskane

w terenie. Procedura ta pozwoliła na wyznaczenie kierunków spływu na obszarze opracowania oraz delineację sieci hydrograficznej. Wynik tej pracy był podstawą do wykonania hydrologicznego modelu spływu wód opadowych.

Do obliczenia przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia wykorzystano model typu opad-odpływ (ang. *rainfall-runoff model*). Model ten został zbudowany w darmowym oprogramowaniu HEC-HMS 4.1.2. Parametryzację sieci hydrograficznej oparto o metody SCS-CN (ang. *Soil Conservation Science, Curve Number*) oraz SCS-UH (ang. *SCS Unit-Hydrograph*). Symulację wykonano dla dwóch zdarzeń opadowych o prawdopodobieństwie przewyższenia $P = 50\%$ (opad 2-letni, czyli taki, który co drugi rok może być przekroczony) oraz $P = 20\%$ (opad 5-letni, czyli taki, który co piąty rok może być przekroczony). Wysokość opadu wyznaczono korzystając ze standardowego wzoru Bogdanowicz–Stachy. Przyjęto rozkład Eulera Typu II oraz standardowy czas trwania opadu miarodajnego wynoszący 15 min.

WYKORZYSTANE DANE PRZESTRZENNE

Dla sporządzenia niniejszego opracowania autor pozyskał w państwowym Centralnym Zasobie Geodezyjnym i Kartograficznym (GUGiK) dane przestrzenne, w tym Numeryczne Modele Terenu (NMT) pochodzące ze skaningu laserowego LiDAR, ortofotomapy oraz mapy topograficzne. Wszystkie dane i materiały przestrzenne z zasobów GUGiK, pobrane poprzez serwis geoportal.gov.pl, zostały w niniejszej *Koncepcji* wykorzystane na zasadzie otwartej licencji do wszelkich zastosowań.

CZĘŚĆ I

OBSZAR OPRACOWANIA

GRANICE OBSZARU OPRACOWANIA

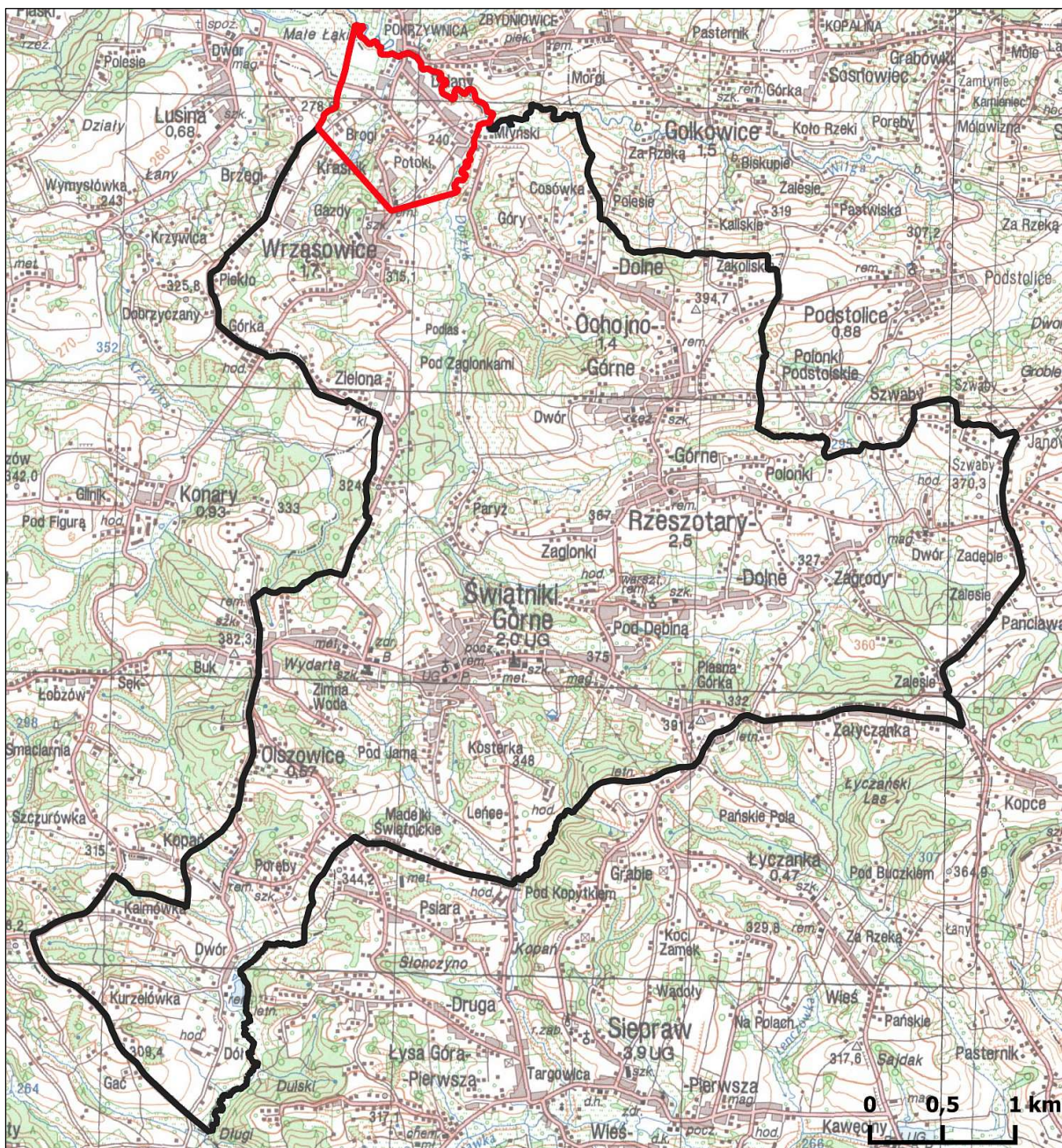
Obszar objęty niniejszą *Koncepcją* zajmuje w przybliżeniu 85 ha i obejmuje północną część sołectwa Wrząsowice, położonego w gminie Świątniki Górne, powiat krakowski, województwo małopolskie (Ryc. 1, Ryc. 2). Od zachodniej strony granica obszaru przebiega zgodnie z granicą gminy Świątniki Górne z sąsiednią jednostką administracyjną – gminą Mogilany, sołectwo Lusina. Północną granicę stanowi koryto rzeki Wilgi, będące jednocześnie granicą z Miastem Kraków, zaś wschodni kraniec omawianego terenu wyznacza koryto cieku Dorzyk. Od południowej strony charakterystycznym punktem terenowym zamykającym obszar badań jest skrzyżowanie ulic Wrzosowej i Uroczej we Wrząsowicach.

WARUNKI PRZYRODNICZE OBSZARU OPRACOWANIA

W ujęciu fizycznogeograficznym miejscowość Wrząsowice leży w północnej, marginalnej strefie Pogórza Karpackiego (Pogórza Wielickiego), na pograniczu jednostek różnych rzędów. Przeważający obszar sołectwa leży na terenie mezoregionu Pogórza Wielickiego, wchodzącego w skład makroregionu Pogórza Zachodniobeskidzkiego (Solon i in. 2018). Przez północno-zachodni, niewielki fragment miejscowości oraz obszaru omawianego w niniejszej *Koncepcji* przebiega umownie przyjęta granica mezoregionu Podgórze Krakowskiego, zaliczanego do makroregionu Kotliny Sandomierskiej (Solon i in. 2018).

Rzędne terenu omawianego w niniejszej *Koncepcji* zawierają się w przedziale od 228,32 m n.p.m. (na terasie rzeki Wilgi położonej w północnej granicy omawianego terenu) do 296,23 m n.p.m. w południowej części obszaru. Dominuje nachylenie w kierunku północnym i północno-wschodnim, ale oczywiście lokalnie uzależnione jest to od rzeźby terenu – występują tu liczne niewielkie doliny modyfikujące ekspozycję stoku.

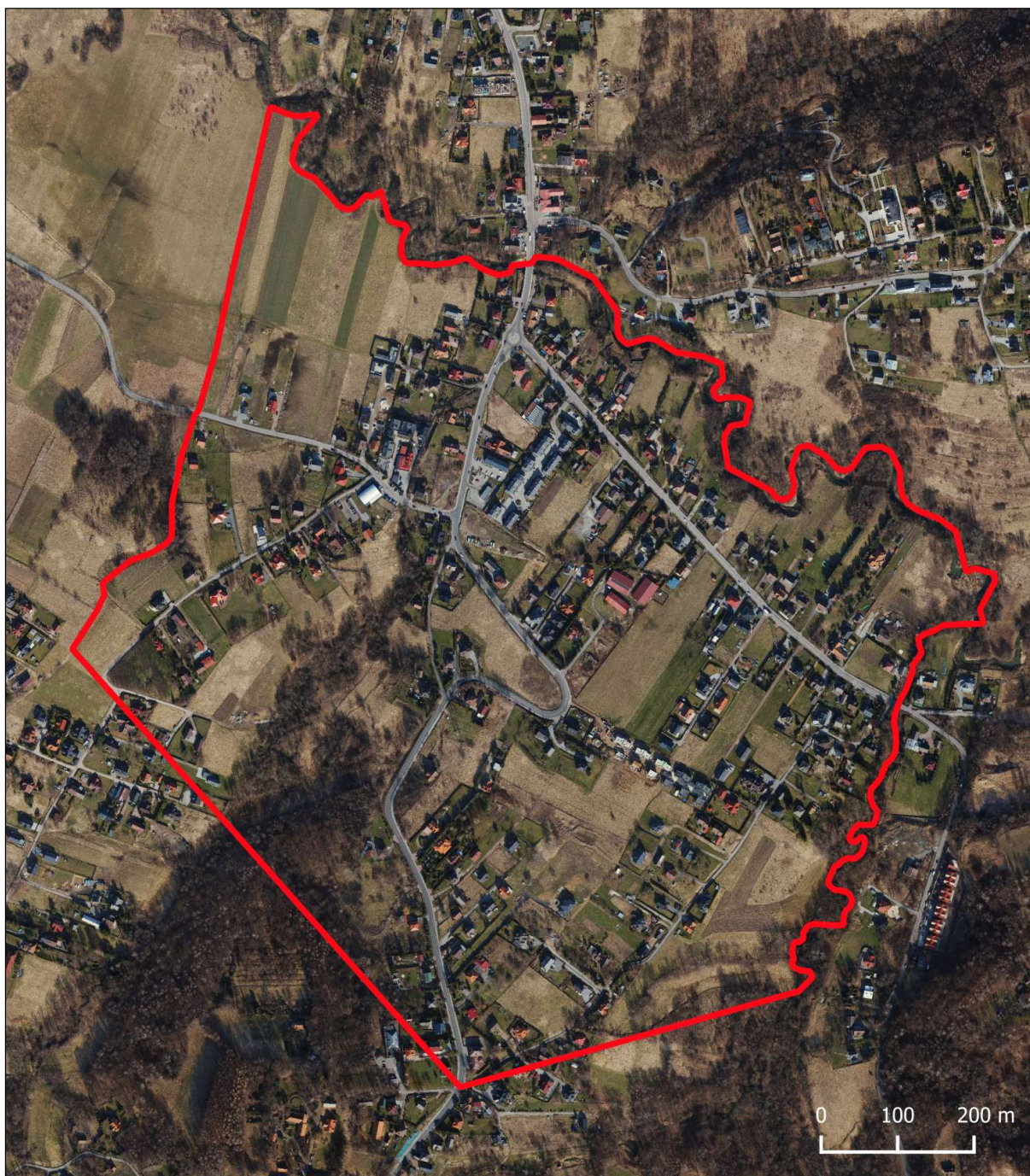
Teren, dla którego sporządzane jest opracowanie, cechuje się zróżnicowanym podłożem geologicznym. W północnej części obszaru poddanego analizie, na terasie Wilgi, w podłożu występują holoceni osady rzeczne – żwiry, piaski, gliny i ropy oraz mułki, gliny i piaski (mady) rzeczne tarasów nadzalewowych. Pozostała część obszaru zbudowana jest z utworów



Rycina 1. Położenie obszaru objętego *Koncepcją* na terenie gminy Świętniki Górne. Wykorzystano podkład Mapy topograficznej Polski 1:25 000.

różnego wieku i pochodzenia. Występują tutaj utwory czwartorzędowe – przede wszystkim plejstocenijskie lessy i mułki pyłowate oraz, miejscowo, ropy, gliny, piaski i gliny z rumoszeniami skalnymi, a także holocenijskie ropy, gliny, rumosze skalne oraz bloki (pakiety fliszu) koluwalne. W dnach dolin dopływów Wilgi wykształciły się holocenijskie namuły, piaski i żwiry den dolinnych. Zbocze, na którym położone są Wrząsowice, poza osadami czwartorzędowymi, zbudowane jest również ze starszych skał serii fliszowych, głównie wieku kredowego. Miejscowo występują łupki pstre, gezy i spongiolity z wkładkami margli i łupków oraz

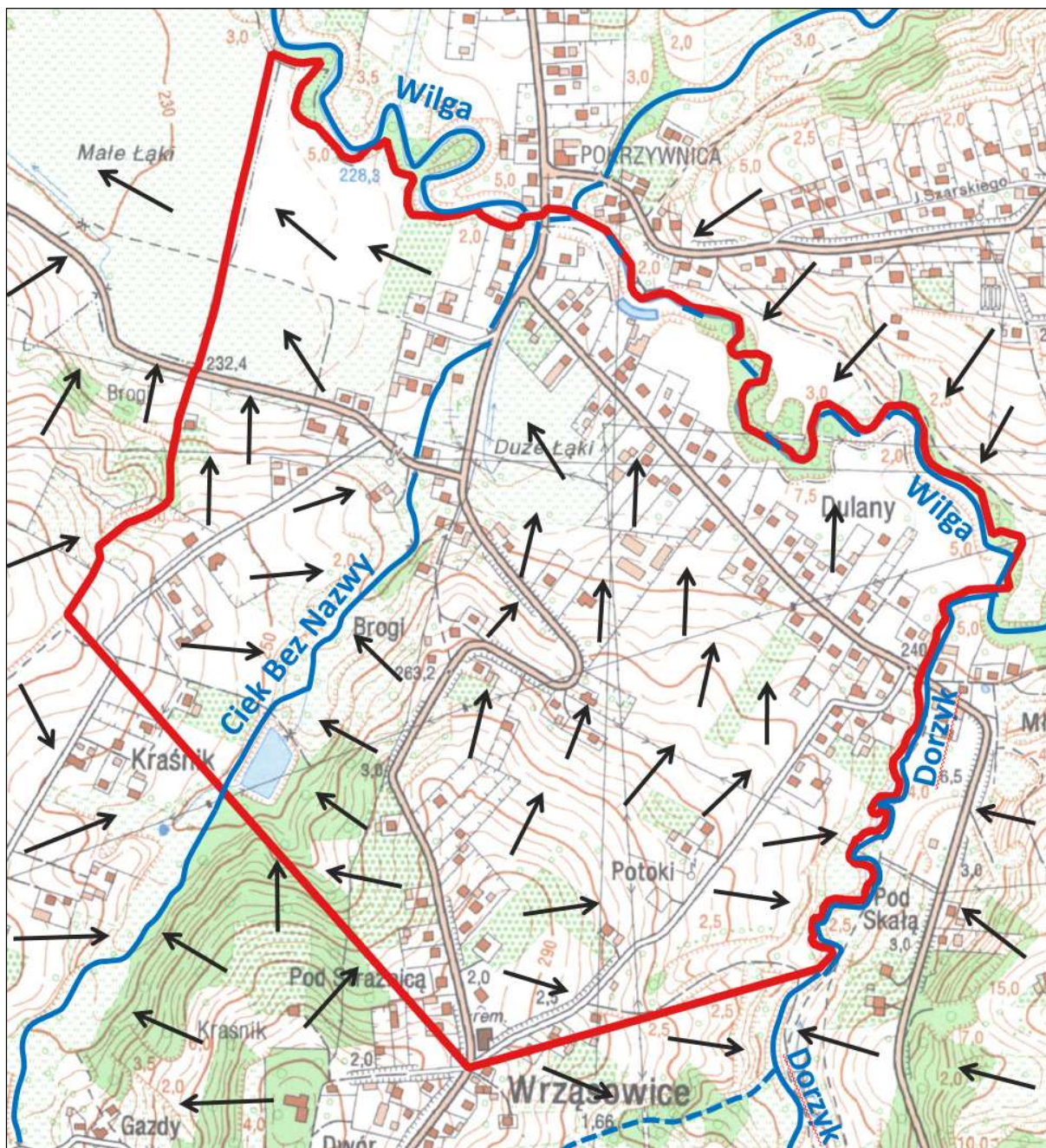
piaskowce z wkładkami łupków i zlepieńców, a także mioceneskie iłowce i mułowce z wkładkami margli dolomitycznych (Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, Arkusz 996 Myślenice).



Rycina 2. Zagospodarowanie terenu poddanego analizie przedstawione podkładzie ortofotomapy. Czerwoną linią zaznaczono granice obszaru, dla którego sporządzane jest opracowanie.

Ortofotomapa jest to zdjęcie lotnicze, które dzięki odpowiedniej obróbce geometrycznej ma wszystkie cechy mapy – nadano jej skalę, można na niej mierzyć odległości, kąty i powierzchnie.

Ortofotomapa pochodzi z zasobów serwisu geoportal.gov.pl (GUGiK) i została wykorzystana na zasadzie otwartej licencji.



Rycina 3. Uwarunkowania spływu powierzchniowego i podskórnego w omawianym obszarze na podkładzie Mapy topograficznej Polski 1:10 000 z 1995 roku

Oznaczenia dodane do podkładu mapowego:

czerwone linie – granice omawianego obszaru;

czarne strzałki – kierunek spływu powierzchniowego i podskórnego;

niebieskie linie – główne cieki powierzchniowe

Na tak zróżnicowanym podłożu geologicznym wykształciły się różne typy gleb. W dolinie Wilgi oraz dolinach jej dopływów występują mady oraz gleby brunatne deluwialne. Na podłożu czwartorzędowym wykształciły się gleby o składzie mechanicznym lessu zwykłego

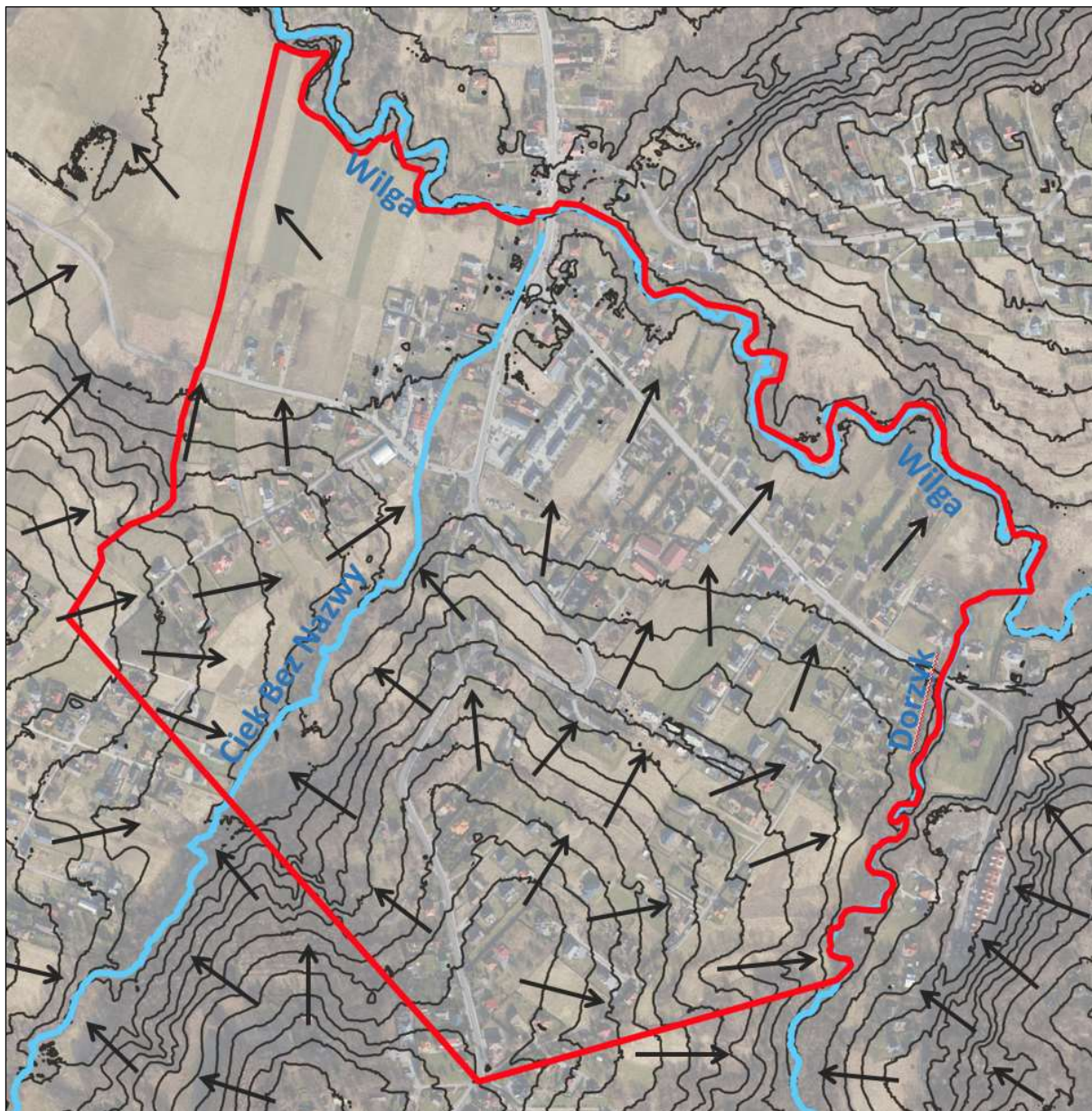
– gleby biellicowe i pseudobiellicowe oraz gleby brunatne wyługowane i brunatne kwaśne. W środkowej części terenu omawianego w niniejszej *Koncepcji* istnieje również duży obszar pokryty glebami brunatnymi wyługowanymi i brunatnymi kwaśnymi o składzie mechanicznym gliny pylastej i gliny ciężkiej (Mapa glebowo-rolnicza, *Małopolska Infrastruktura Informacji Przestrzennej*).

Region Pogórza Wielickiego cechuje się powszechnie występującymi osuwiskami i terenami zagrożonymi ruchami masowymi. Południowa część obszaru omawianego w *Koncepcji*, pokryta glebami o składzie mechanicznym gliny pylastej i gliny ciężkiej, obejmuje fragment terenu zagrożonego ruchami masowymi (nr identyfikacyjny 6934) z wchodzącymi w niego skład dwoma osuwiskami nieaktywnymi oraz dwoma aktywnymi okresowo. Dodatkowo na zachodnim zboczu doliny cieku Dorzyk znajdują się dwa nieaktywne osuwiska (System Ochrony Przeciwoświsiskowej SOPO PIG-PIB; <https://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO/Wyszukaj3>, dostęp 22.05.2024 r.).

Głównym elementem sieci hydrograficznej na obszarze badań jest Wilga, prawobrzeżny dopływ Wisły. Wilga płynie w północnej granicy omawianego obszaru. Na terenie Wrząsowic uchodzą do niej dwa lewobrzeżne dopływy: (1) ciek Dorzyk, stanowiący wschodnią granicę terenu omawianego w *Koncepcji*, oraz (2) Ciek Bez Nazwy płynący w zachodniej części obszaru. Poza naturalną siecią rzeczną, część terenu Wrząsowic odwadniana jest rowami prowadzącymi wzdłuż dróg, zarówno powiatowych jak i gminnych; w wielu obszarach odwodnienia te są niewystarczające. Na terenie omawianym w *Koncepcji* zgodnie z Mapą Podziału Hydrograficznego Polski (MPHP) wyróżnia się cztery zlewnie elementarne, są to: obejmująca większą część obszaru *zlewnia Wilgi od dopływu spod Lasowic do Krzywicy*, położona na wschód od niej *zlewnia Dorzyka*, a także *zlewnia Wilgi od Dorzyka do dopływu spod Lasowic* zbierająca wody z terasy zalewowej Wilgi oraz *zlewnia Krzywicy od Łażnika do ujścia* odbierająca spływ z północno-zachodniej części terenu objętego *Konceptcją*.

W warunkach naturalnych woda po opadach lub roztopach częściowo wsiąka, a przy większej intensywności opadu spływa po powierzchni terenu w sposób rozproszony (Ryc. 3). Na omawianym obszarze, ze względu na urozmaiconą rzeźbę terenu najczęściej dochodzi do zjawiska spływu powierzchniowego mającego kierunek zgodny z nachyleniem i ukształtowaniem terenu (Ryc. 4). Nachylenie terenu na obszarze omawianym w *Konceptcji* prowadzi w kierunku północno-wschodnim, co determinuje ogólny kierunek rozproszonego spływu wód opadowych. Prowadzi on od szczytu wzniesienia, położonego na południe od obszaru badań w stronę głównego odbiornika, czyli koryta Wilgi. W szczegółowej skali spływ ten uzależniony jest od urozmaiconej rzeźby terenu, jak również wielowiekowej działalności

człowieka. Antropogeniczne obiekty, takie jak budynki, nasypy ziemne, betonowe ogrodzenia, drogi czy systemy odwodnieniowe obecnie w największym stopniu modyfikują kierunki spływu wód opadowych i roztopowych.



Rycina 4. Rysunek poziomicowy prezentujący warunki spływu wody i topografię terenu w 2023 r. naniesiony na ortofotomapę.

Rysunek poziomicowy wygenerowano na podstawie NMT pochodzącego ze skanowania lotniczego metodą LiDAR w 2023 r. NMT i ortofotomapa pochodzą z zasobów serwisu geoportal.gov.pl (GUGiK) i zostały wykorzystane na zasadzie otwartej licencji.

Oznaczenia:

- czarne strzałki – kierunek spływu powierzchniowego i podskórnego;
- czerwona linia – granice omawianego obszaru;
- czarne linie – poziomicę; cięcie poziomicowe 5 m;
- niebieskie linie – ciek wodne.

ZAGOSPODAROWANIE OBSZARU OPRACOWANIA

Zgodnie z klasyfikacją *Bazy danych obiektów topograficznych* (BDOT10k) większość obszaru omawianego w niniejszej *Koncepcji* stanowią tereny porośnięte roślinnością trawiastą lub uprawiane rolniczo, natomiast ponad 30% udziału w pokryciu terenu przypada na zabudowę, przede wszystkim domy jednorodzinne. Przez teren, dla którego sporządzane jest opracowanie, przebiegają dwa główne ciągi komunikacyjne, łączące miasto Kraków z miejscowościami gminy Świątniki Górne – droga powiatowa nr 2239K o południkowym przebiegu, oraz droga powiatowa nr 2167K, przebiegająca równoleżnikowo wzdłuż koryta rzeki Wilgi. Analiza ortofotomapy pozwala na stwierdzenie, że w ostatnich latach nasila się zjawisko dogęszczania istniejącej zabudowy domów jednorodzinnych poprzez budowę nowych budynków mieszkalnych; część nowej zabudowy powstaje w formie niedużych zwartych osiedli (Ryc. 2).

ZLEWNIE OBSZARU OPRACOWANIA

Według Mapy Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000, zdecydowana większość obszaru opracowania położona jest w zlewni ciek bez nazwy, którego koryto zaczyna się w okolicach przystanku Lusina Górka na ulicy Brzegi we Wrząsowicach (Ryc. 3). Z powodu braku nazwy własnej, w dalszych częściach niniejszego opracowania przyjęto nazwę „Ciek Bez Nazwy”. Niewielka, wschodnia część obszaru opracowania znajduje się zaś w zlewni niewielkiego ciek Dorzyk (Ryc. 3). Cieki te są lewobrzeżnymi dopływami Wilgi, która z kolei wpada do Wisły w Krakowie.

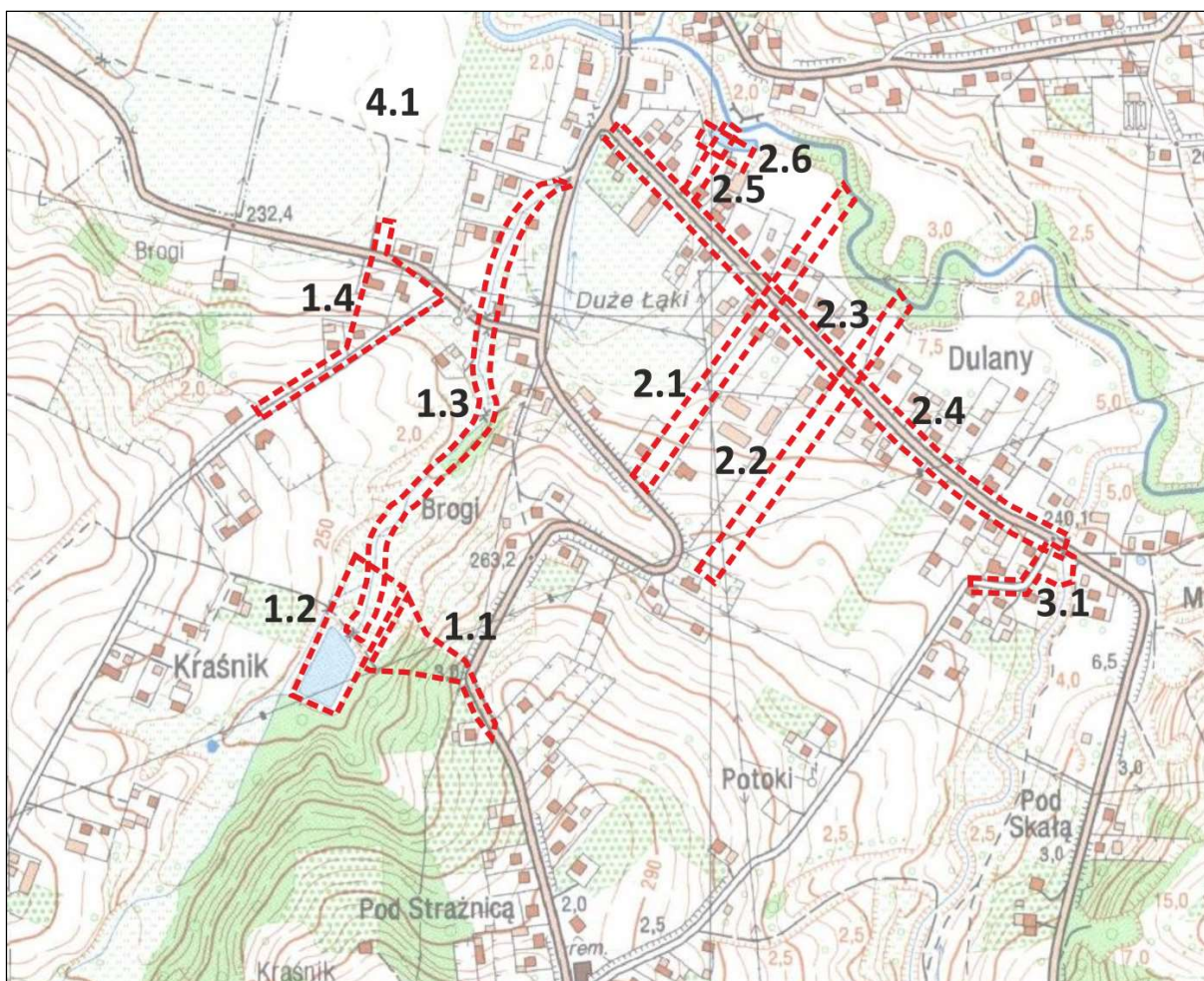
Dorzyk ma długość ok. 3700 m i zlewnię o powierzchni 6,23 km², z kolei Ciek Bez Nazwy ma długość ok. 1800 m i zlewnię o powierzchni 1,54 km². Obie te zlewnie są zurbanizowane w niewielkim stopniu, aczkolwiek bliżej dna doliny Wilgi zabudowa jest bardziej zagęszczona (zarazem obszar podlega w ostatnim czasie dość intensywnej zabudowie, w tym w postaci tzw. osiedli deweloperskich). Dominuje rozproszona zabudowa złożona z domów jednorodzinnych z niewielkim udziałem powierzchni nieprzepuszczalnej. W obu zlewniach ponad 60% powierzchni pokrywają lasy oraz obszary trawiaste rosnące głównie na lessach oraz lessach ilastych. Gleby położone w dnach dolin stanowią głównie gliny. Cieki te charakteryzują znaczne nachylenia powierzchni terenowej, co nadaje im charakter przejściowy na pograniczu zlewni podgórskiej oraz górskiej (Radecki Pawlik A., 2006, *Podstawy hydrogeomorfologii cieków górskich*. Wyd. Bel Studio).

Najbardziej na północ wysunięta część obszaru objętego niniejszą *Koncepcją* jest odwadniana bezpośrednio do koryta Wilgi, bez pośrednictwa Cieku Bez Nazwy czy Dorzyka. Są to głównie fragmenty dawnej terasy zalewowej Wilgi, obecnie najprawdopodobniej tworzącej terasę nadzalewową. Obecnie bezpośrednio do Wilgi odwadniane są obszary położone na północ od ulic Nad Wilgą oraz Spacerowej, które stanowią blokadę dla spływu wód. Obszary te stanowią głównie wilgotne łąki (obszar na północ od ul. Spacerowej) lub posesje zabudowy rozproszonej (obszar na północ od ul. Nad Wilgą).

CZĘŚĆ II

PROBLEMY I PROPONOWANE ROZWIĄZANIA

Ta część opracowania powstała na podstawie przeprowadzonych wywiadów i konsultacji z Mieszkańcami, wielokrotnych obserwacji terenowych (w tym prowadzonych podczas występowania opadów) oraz analiz topograficznych i hydrologicznych. Stanowi najważniejszą część opracowania, w której zawarte są diagnozy problemów oraz opis szczegółowych rozwiązań. Lokalizacja proponowanych rozwiązań pokazana została na zbiorczej mapie przeglądowej (Ryc. 5), a szczegóły lokalizacyjne na odrębnych mapach. Podane są też wyniki modelowania natężenia przepływu, które określają wymaganą przepustowość urządzeń oraz wyniki modelowania objętości odpływu określające pojemność urządzeń. Część ta nie zawiera natomiast szczegółowej metodyki obliczenia tych wartości (modelowania); metodyka ta zawarta jest w *Części III*.



Rycina 5. Zbiorcza mapa przeglądowa proponowanych rozwiązań (zadań) na podkładzie mapy topograficznej. Wszystkie zaznaczenia przestrzenne mają charakter przybliżony, orientacyjny.

1. Zlewnia Cieku Bez Nazwy biegnącego wzdłuż zachodniej części obszaru

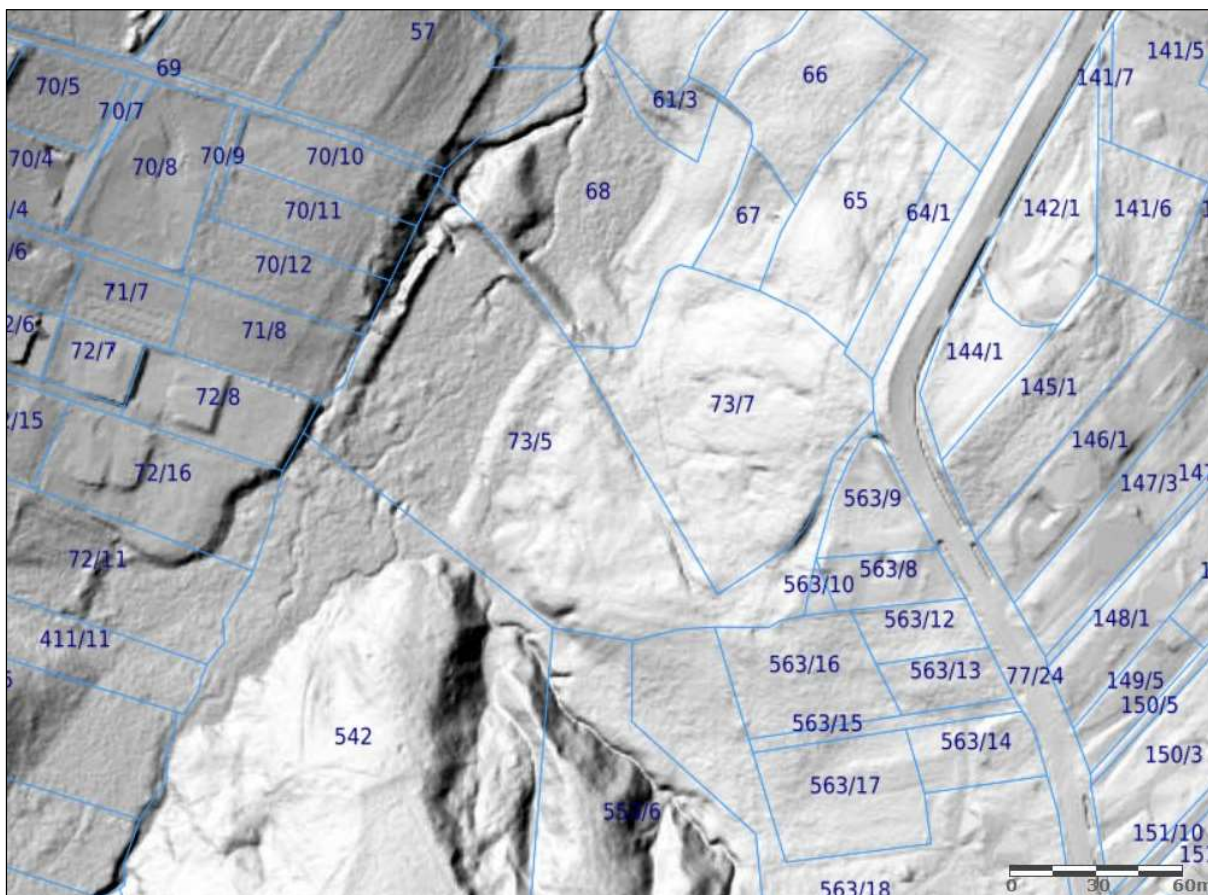
Problem nieuregulowanego odprowadzenia wód z ulicy Wrzosowej

Woda spływająca ulicą Wrzosową od centrum Wrząsowic w kierunku doliny Wilgi odbierana jest z powierzchni jezdni za pomocą kanalizacji burzowej. Po zachodniej stronie drogi zamknięta kanalizacja opadowa prowadzi od centrum miejscowości do granicy z działką 563/14, gdzie kończy się, przechodząc w otwarty rów biegnący równolegle do jezdni, zakończony w rejonie działki 73/5. Weryfikacja terenowa wykazała, że woda wypływająca z rowu spływa w sposób nieuregulowany do doliny Cieku Bez Nazwy położonej na zachód od ulicy Wrzosowej. Spływ ten odbywa się w kierunku południowo-zachodnim po terenie działki 73/5. Skutkiem tego jest silna erozja wgłębna na terenie działki 73/5 w jej części przylegającej do ul. Wrzosowej, dobrze widoczna na cieniowanym modelu terenu (Ryc. 6). Nieuregulowany spływ i związana z nim erozja stanowią zagrożenie dla otaczających gruntów. Spływ ten zwiększa też dostawę wód opadowych do koryta Cieku Bez Nazwy. W trakcie wizji terenowej stwierdzono również, że odwodnienie poprowadzone po zachodniej stronie ulicy Wrzosowej zasilane jest dodatkowo spływem z terenu brukowanego podjazdu znajdującego się po przeciwnej stronie jezdni, na działkach 151/9 i 151/10. Z powodu nachylenia podjazdu oraz wyprofilowania nawierzchni, woda spływająca z uszczelnionej powierzchni przedostaje się na przeciwną, zachodnią stronę drogi i w konsekwencji także zasila spływ do koryta Cieku Bez Nazwy.

Dodatkowo wody spływające ulicą Wrzosową oraz obecnym rowem po jej zachodniej stronie mogą przedostawać się na obszar działek 563/8, 563/9 i 563/12.

Rozwiązania

1.1. W celu uporządkowania spływu wód odbieranych przez kanalizację deszczową po zachodniej stronie ul. Wrzosowej autor niniejszej *Koncepcji* proponuje utrwalenie oraz sformalizowanie istniejącego obecnie odprowadzenia wody bezpośrednio do Cieku Bez Nazwy. Oznacza to wykonanie urządzonego rowu na terenie działki 73/5 po obecnym śladzie spływu. Rów powinien być obudowany murami oporowymi i zabudowany kaskadowo (z korekcją progową podłużnego spadku) tak, aby okoliczne tereny były zabezpieczone przed erozją. Do tego odprowadzenia powinny być skierowane wody z ul. Wrzosowej, to jest wody z jezdni oraz z istniejącej obecnie kanalizacji biegnącej po zachodniej stronie drogi (Ryc. 7).



Rycina 6. Cieniowana rzeźba terenu z Numerycznego Modelu Terenu wykonanego na podstawie skanowania lotniczego metodą LiDAR z narzuconymi granicami i numerami działek; obraz wyeksportowano z serwisu *geoportal.gov.pl* czyli dane pochodzą z zasobów GUGiK i zostały wykorzystane na zasadzie otwartej licencji do wszelkich zastosowań, w tym także komercyjnych.

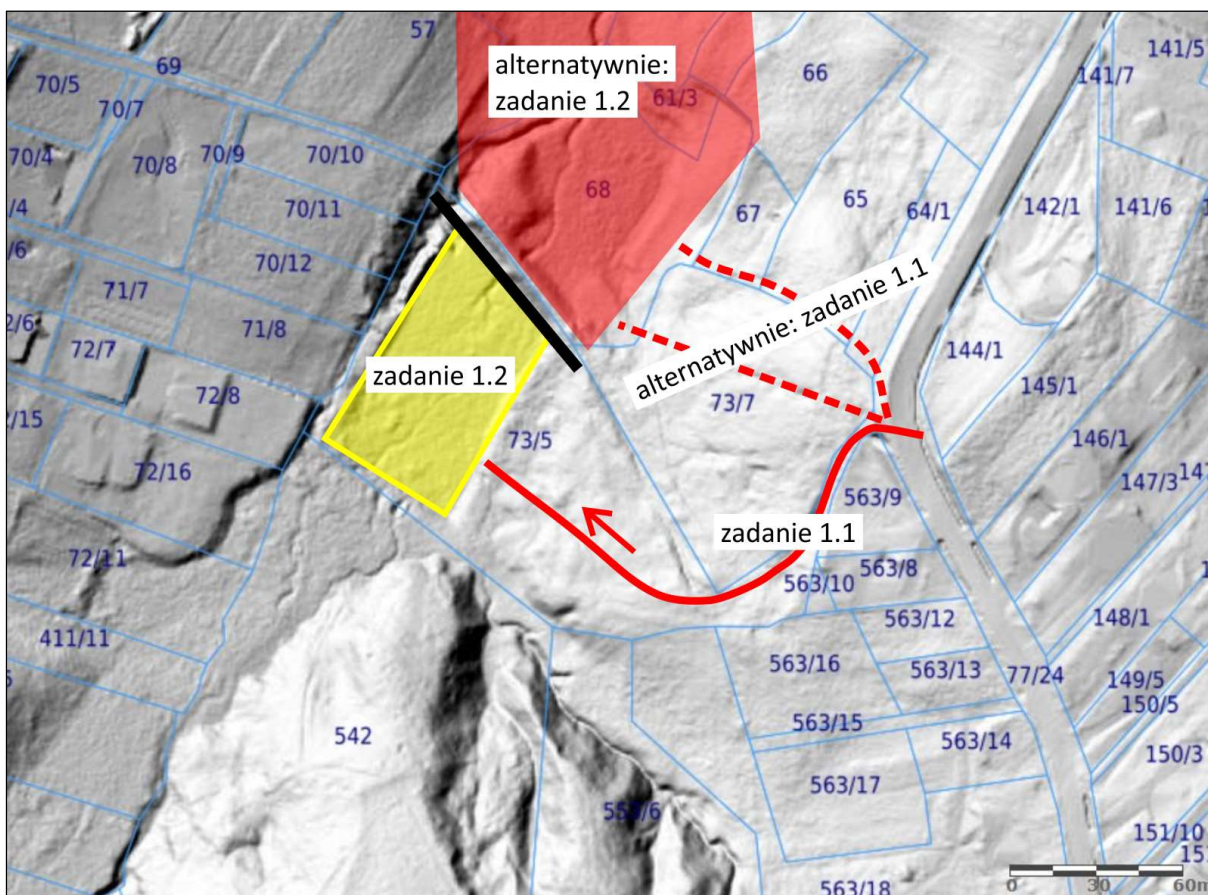
Widoczne są ślady erozji wodnej w postaci zagłębień na wschodniej części działki 73/5, obręb Wrząsowice, przy granicy z ulicą Wrzosową czyli działką 77/24, obręb Wrząsowice.

Na działce 73/5, obręb Wrząsowice, w jej zachodniej części, widoczny jest kontur dawnego stawu.

Autor niniejszej *Koncepcji* uważa za celowe i bardzo korzystne przekierowanie do tworzonego rowu na działce 73/5 także podziemnej kanalizacji burzowej w ciągu ulicy Wrzosowej biegnącej po wschodniej stronie tej ulicy. Istotnie odciążąłoby to spływ na niżej położoną serpentynę ulicy Wrzosowej oraz w kierunku ulicy Nad Wilgą. Realizację tej części zadania (przekierowanie kanalizacji burzowej po wschodniej stronie ulicy Wrzosowej) można jednak odłożyć w czasie lub w ogóle z niej zrezygnować – do decyzji Inwestora. Zwłaszcza w przypadku skutecznego wykonania zadania 2.1 może się to okazać zbędne.

Obliczone metodą modelowania (patrz *Część III*) przepływy maksymalne w rowie na działce 73/5 wynoszą odpowiednio 0,02 m³/s oraz 0,04 m³/s dla opadu 50% oraz 20%; te

wartości uwzględniają przyłączenie do rowu spływu z kanalizacji burzowej po wschodniej stronie ulicy Wrzosowej (ale jej wpływ jest niewielki).



Rycina 7. Szkiec sytuacyjny zadań w rejonie Cieku Bez Nazwy na podkładzie cieniowanej rzeźby terenu na podstawie LiDAR z granicami i numerami działek z zasobów serwisu geoportal.gov.pl (GUGiK) wykorzystanej na zasadzie otwartej licencji do wszelkich zastosowań, w tym także komercyjnych.

Wszystkie zaznaczenia mają charakter orientacyjny – nie służą do dokładnej lokalizacji inwestycji.

Oznaczenia:

- czarna linia ciągła – proponowane odprowadzenie wód z ulicy Wrzosowej po obszarze działki 73/5, obręb Wrząsowice (zadanie 1.1);
- czzerwone linie przerywane – alternatywne możliwości odprowadzenia wód z ulicy Wrzosowej (zadanie 1.1);
- żółty kontur – proponowana lokalizacja suchego zbiornika przeciwpowodziowego na Cieku Bez Nazwy na działce 73/5, obręb Wrząsowice w konturze dawnego stawu (zadanie 1.2);
- czarna linia – proponowana lokalizacja zapory przeciwpowodziowej na obszarze działki 73/5, obręb Wrząsowice; zapora ta ma być konstrukcyjną podstawą proponowanego zbiornika suchego (zadanie 1.2);
- czzerwony kontur półprzepuszczalny – alternatywne możliwości lokalizacji suchego zbiornika przeciwpowodziowego na Cieku Bez Nazwy (zadanie 1.2).

Opcjonalnie można zaproponować skierowanie omawianego odpływu (rowu) w stronę północno-zachodnią, prowadząc go wzdłuż północnej granicy działki 73/7. Takie wytyczenie

odpływu pozwoli na wyprostowanie przebiegu odwodnienia oraz stanowi dobrą alternatywę na przykład w przypadku trudności z zakupem działki 73/5 (Ryc. 7).

Problem powodziowości Cieku Bez Nazwy w północnej części obszaru opracowania

Obecnie koryto Cieku Bez Nazwy w dolnym odcinku, w rejonie ul. Spacerowej oraz niżej (rejon ul. Wrzosowej i Ronda Pokrzywnica), cechuje się niewystarczającą przepustowością generując problem z przepływem wody podczas większych opadów. Skutkuje to lokalnymi podtopieniami i zalewaniem działek i nieruchomości położonych w sąsiedztwie koryta Cieku, w tym zlokalizowanego w pobliżu przedszkola. W trakcie wizji terenowej stwierdzone zostało także, że wały ziemne zabezpieczające obecnie koryto na odcinku od działki 26/1 do działki 24/13 są utworzone z przypadkowego, łatwo namakającego, raczej słabo związanego materiału, przez co istnieje wysokie ryzyko ich przerwania przy wyższym stanie wody. Nagłe przerwanie wału ziemnego stanowi dodatkowe ryzyko wystąpienia powodzi na większej powierzchni, niż by to nastąpiło w przypadku braku obwałowania.

Dodatkowo autorowi niniejszej *Koncepcji* sygnalizowano także blokadę przepływu wód opadowych korytem Cieku Bez Nazwy (przy wyższych stanach) na przepuszczenie w ciągu ulicy Spacerowej.

Nie jest też skutecznie rozwiązana kwestia odprowadzania wód opadowych z terenu ulicy Kraśnik. Wody spływające z tej ulicy w dolnym odcinku ujęte są jedynie w betonowe korytko i za pomocą przepustu w pobliżu skrzyżowania z ul. Spacerową odprowadzone do przydrożnego rowu o niewystarczającej przepustowości. W efekcie wody mogą częściowo ciężać do dolnego odcinka Cieku Bez Nazwy i do infrastruktury przy Rondzie Pokrzywnica, chociaż teoretycznie powinny być odprowadzane w kierunku zachodnim.

Rozwiązania

1.2. Kluczowym elementem niniejszej *Koncepcji* ograniczającym ryzyko występowania zalań i podtopień w rejonie ulic Spacerowej i Wrzosowej jest utworzenie zbiornika retencyjnego w dolinie Cieku Bez Nazwy. Trzeba podkreślić, że głównym zadaniem proponowanego zbiornika byłoby retencjonowanie nadwyżek spływu korytem Cieku Bez Nazwy. Proponowane jest utworzenie suchego zbiornika. Zbiornik ten zbierałby i retencjonował nadwyżki odpływu korytem Cieku Bez Nazwy, tym samym przeciwdziałając nadmiarowym wzrostom przepływu na niższym odcinku Cieku. Do zbiornika odprowadzane byłyby dodatkowo wody z ulicy Wrzosowej, co opisano w punkcie 1.1. Autor niniejszej

Koncepcji proponuje wykorzystanie w tym celu nadal istniejącego w terenie śladu po dawnym stawie, położonego na działce 73/5 (obręb Wrzasowice). Ślad ten ma formę prostokątnego zagłębienia o powierzchni około 5400 m² (według NMT uzyskanego metodą LiDAR, *vide* Ryc. 6). Można byłoby wykorzystać nadal istniejącą dawną groblę ograniczającą ten staw od dołu (od północy) przekształcając ją w zaporę przedzielającą dolinę (Ryc. 7). Zapora powinna być wyposażona w urządzenie spustowe o regulowanej przepustowości, co pozwalałoby na kontrolowanie przepływu Cieku na niższym odcinku w okresach wezbrań, oraz w awaryjny przelew stokowy zapobiegający niekontrolowanemu przelaniu się wody przez koronę zapory. Niniejsza *Koncepcja* zakłada zatem utworzenie nowoczesnego zbiornika retencyjnego w dolinie Cieku Bez Nazwy, chroniącego cały dolny odcinek zlewni. Inwestycja taka wiąże się z koniecznością zakupu terenu, np. działki 73/5, co byłoby także bardzo korzystne dla realizacji zadania *I.1*.

Autor niniejszej *Koncepcji* uważa, że budując zbiornik na śladzie dawnego stawu można uzyskać obiekt o pojemności około 5000 m³ na każdy metr piętrzenia (ok. 5000 m³ przy 1 m wysokości słupa wody, ok. 10 000 m³ przy 2 m wysokości słupa wody, itd.). Im większy zbiornik tym korzystniejszy w przypadku awaryjnych sytuacji powodziowych, ale tym droższy do utworzenia i utrzymania oraz trudniejszy do sterowania.

Obliczony metodą modelowania (patrz *Część III*) maksymalny przepływ, jaki musiałby przyjąć proponowany obiekt, dla opadów 50% oraz 20% wynosi odpowiednio 0,17 m³/s oraz 0,35 m³/s. Całkowita objętość fali wezbraniowej obliczonych z modelu dla tych zdarzeń opadowych wyniosłaby z kolei 957 m³ oraz 1916 m³. Widać więc, że taki zbiornik, nawet przy założeniu piętrzenia tylko o jeden metr (co daje pojemność ok. 5000 m³), dysponowałby znaczącą rezerwą w stosunku do obliczonych metodą modelową wartości odpływu.

Alternatywnie zbiornik retencyjny można w analizowanym terenie wykonać na innej działce niż 73/5. Najkorzystniejsza w takim przypadku byłaby działka 68 (obręb Wrzasowice) położona też w dnie doliny Cieku Bez Nazwy, poniżej działki 73/5. Ewentualnie można też rozważyć działki 58 i 61/1 (obręb Wrzasowice). Gdyby realizować ten alternatywny wariant, należałoby także zadanie *I.1* zrealizować wariantem alternatywnym i poprowadzić odwodnienie z ulicy Wrzosowej wzdłuż północnej granicy działki 73/7 (Ryc. 7)

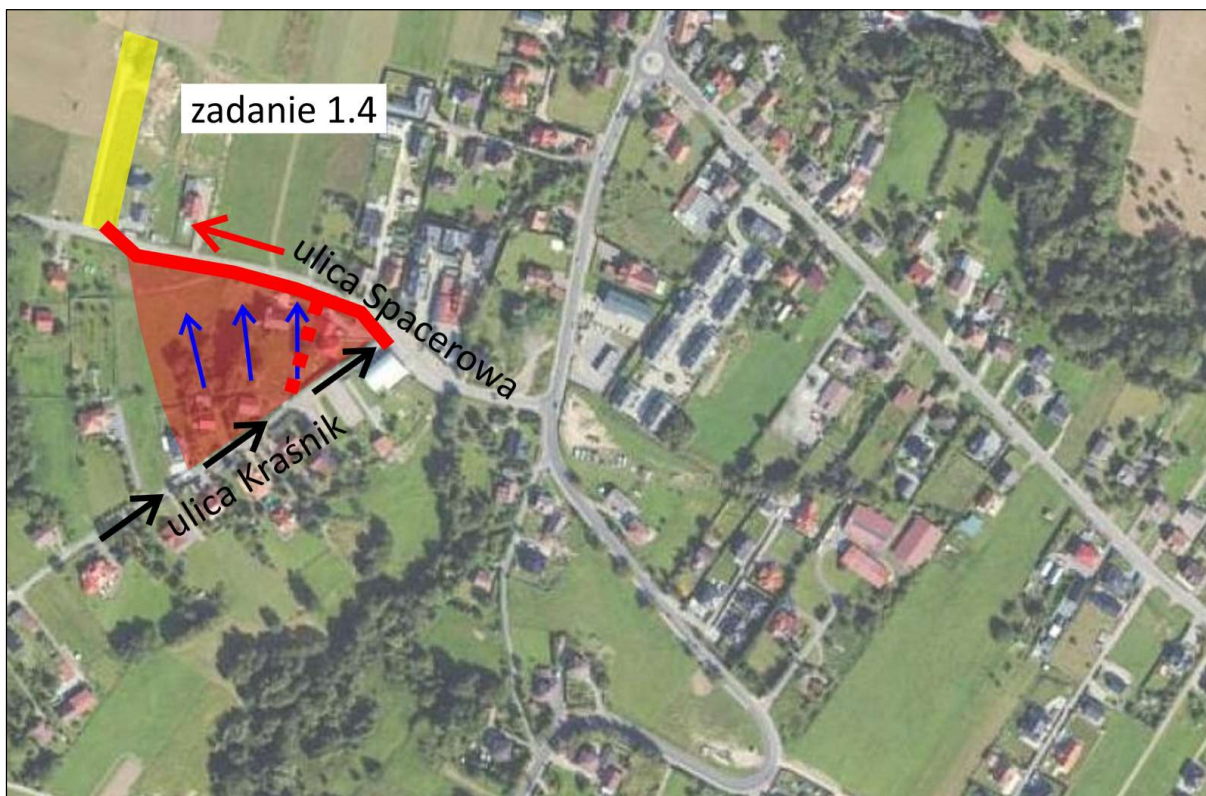
1.3. Dodatkowo konieczna jest modernizacja koryta Cieku Bez Nazwy w jego dolnym odcinku, poczynając od działki 48/1 w stronę koryta Wilgi, aż do ujścia do istniejącego kolektora burzowego. Działanie to musi obejmować umocnienie koryta, a na pewnych

odcinkach prawdopodobnie także jego poszerzenie. Na odcinku poniżej ul. Spacerowej (przy działkach 24/18, 24/16, 24/15 i 24/12) niezbędne jest również, zdaniem autora niniejszej *Koncepcji*, wzmocnienie obwałowań, na przykład przez zastosowanie okładziny koryta z prefabrykowanych korytek betonowych o przekroju trapezowym lub prostokątnym. Dodatkowo sprawdzenia wymaga obecna przepustowość przepustu na Cieku w ciągu ul. Spacerowej. Docelowa przepustowość całego koryta Cieku wraz z przepustem musi korespondować z założonym w projekcie wielkością planowanych zrzutów z proponowanego zbiornika retencyjnego położonego powyżej. Zdaniem autora byłoby idealnie ustalić tę przepustowość na poziomie **0,39 m³/s**, czyli maksymalnego natężenia przepływu¹ obliczonego modelowo dla opadu o $P = 20\%$ (a więc opadu pięcioletniego), ale nie jest to konieczne i pozostaje do decyzji Inwestora. Przepływ na tym odcinku i tak będzie regulowany urządzeniem spustowym ze zbiornika retencyjnego.

Modernizacja koryta Cieku Bez Nazwy są to działania drugorzędne względem punktu 1.2 w tym sensie, że z całą pewnością nie jest możliwe istotne zmniejszenie zagrożenia powodziowego w opisywanym rejonie przez samą przebudowę koryta Cieku jeśli nie zostanie utworzony zbiornik retencyjny (opisany w punkcie 1.2). Bez zbiornika zagrożenie to pozostanie wysokie.

1.4. Wody spływające wzdłuż ulicy Kraśnik oraz po samej drodze powinny być odprowadzane w kierunku zachodnim zmodernizowanym rowem wzdłuż ulicy Spacerowej (Ryc. 8). Będzie to kolejny element odciążający węzeł hydrologiczny w rejonie Ronda Pokrzywnica, gdyż obecnie wody z ulicy Kraśnik co najmniej w pewnym stopniu ciążą do Cieku Bez Nazwy, przez co mogą zwiększać zagrożenie powodziowe na jego dolnym odcinku. Przebudowy wymaga miejsce odbioru wód z ulicy Kraśnik przy jej połączeniu z ulicą Spacerową. Wody spływające po powierzchni jezdni (po ulicy Kraśnik) powinny być odbierane dużym odwodnieniem liniowym (akodrenem) o szerokości minimum 30 cm i głębokości minimum 30 cm, z zachowaniem spadku podłużnego dna minimum 5 promili oraz

¹ Przepływ obliczony na modelu na wysokości grobli zamykającej planowany zbiornik na działce 73/5 dla opadu 20% wynosi **0,35 m³/s**, natomiast dla przepustu pod ulicą Spacerową już **0,39 m³/s**. Są to przepływy wyliczone **przy założeniu braku zbiornika na działce 73/5**, a więc zbliżone do obecnej sytuacji. Przepływy te są bardzo duże (350 i 390 litr/s, odpowiednio). Autor niniejszej koncepcji proponuje te wartości jako wyjściowe do projektowania przepustowości i modernizacji koryta Cieku Bez Nazwy, ale pozostawia to do decyzji Inwestora. Niezależnie, przepustowość koryta Cieku musi docelowo współgrać z mechanizmem spustowym planowanego zbiornika na działce 73/5.



Rycina 8. Szkic sytuacyjny zadania 1.4 w rejonie ulicy Kraśnik i ulicy Spacerowej na podkładzie ortofotomapy z zasobów serwisu geoportal.gov.pl (GUGiK) wykorzystanej na zasadzie otwartej licencji do wszelkich zastosowań, w tym także komercyjnych.

Wszystkie zaznaczenia mają charakter orientacyjny – nie służą do dokładnej lokalizacji inwestycji.

Oznaczenia:

- czerwona linia ciągła – odprowadzenie wód spływających z ulicy Kraśnik wzdłuż ulicy Spacerowej na działkę 17 (obręb Wrząsowice) otwartym rowem, proponowana modernizacja rowu i przekierowanie wód jak pokazano na rycinie;
- czerwona linia przerywana – alternatywny proponowany przebieg odprowadzenia wód, po zachodniej stronie działki 29 (obręb Wrząsowice);
- czerwony kontur półprzezroczysty – obszar, z którego wody opadowe ciążą do ulicy Spacerowej;
- niebieskie strzałki – kierunek rozproszonego spływu powierzchniowego i podskórnego do rowu wzdłuż ulicy Spacerowej;
- czarne strzałki – skoncentrowany spływ ulicą Kraśnik;
- żółty wielobok – proponowana lokalizacja zbiornika rozsączająco-odparowującego na wody opadowe w rejonie działki 17 (obręb Wrząsowice).

z odpowiednio przepustowym odbiorem z akodrenu. Rów biegnący wzdłuż ulicy Spacerowej powinien dodatkowo odbierać wody opadowe z obszaru pomiędzy ulicą Spacerową a ulicą Kraśnik (po jej zachodniej stronie), co zaznaczono na Ryc. 8. Na terasie zalewowej Wilgi, na przykład na działce 17, obręb Wrząsowice, powinno się wykonać otwarty zbiornik na wody opadowe (Ryc. 8). W tym wypadku autor niniejszej *Koncepcji* proponuje utworzenie zbiornika rozsączająco-odparowującego, na wzór zbiorników budowanych przy autostradach. W dniu

zbiornika powinien znajdować się grunt przepuszczalny dla wody; jeśli grunt rodzimy okazałby się nisko przepuszczalny (pylasty bądź ilasty) to podłoże pod dnem zbiornika powinno się wymienić na głębokość ok. 2 m na otoczaki lub żwir filtracyjny. W miarę możliwości finansowych warto byłoby także wybudować kanał odprowadzający nadmiar wód z proponowanego zbiornika do koryta Wilgi, ale jest to dodatkowe, opcjonalne urządzenie.

Zbiornik otwarty na wody opadowe mógłby w sytuacjach awaryjnych przejąć wody wydostające się z przepompowni ścieków, znajdującej się na tej samej działce. Byłoby to awaryjne rozwiązanie o stosunkowo małym szkodliwym wpływie na środowisko wodno-gruntowe.

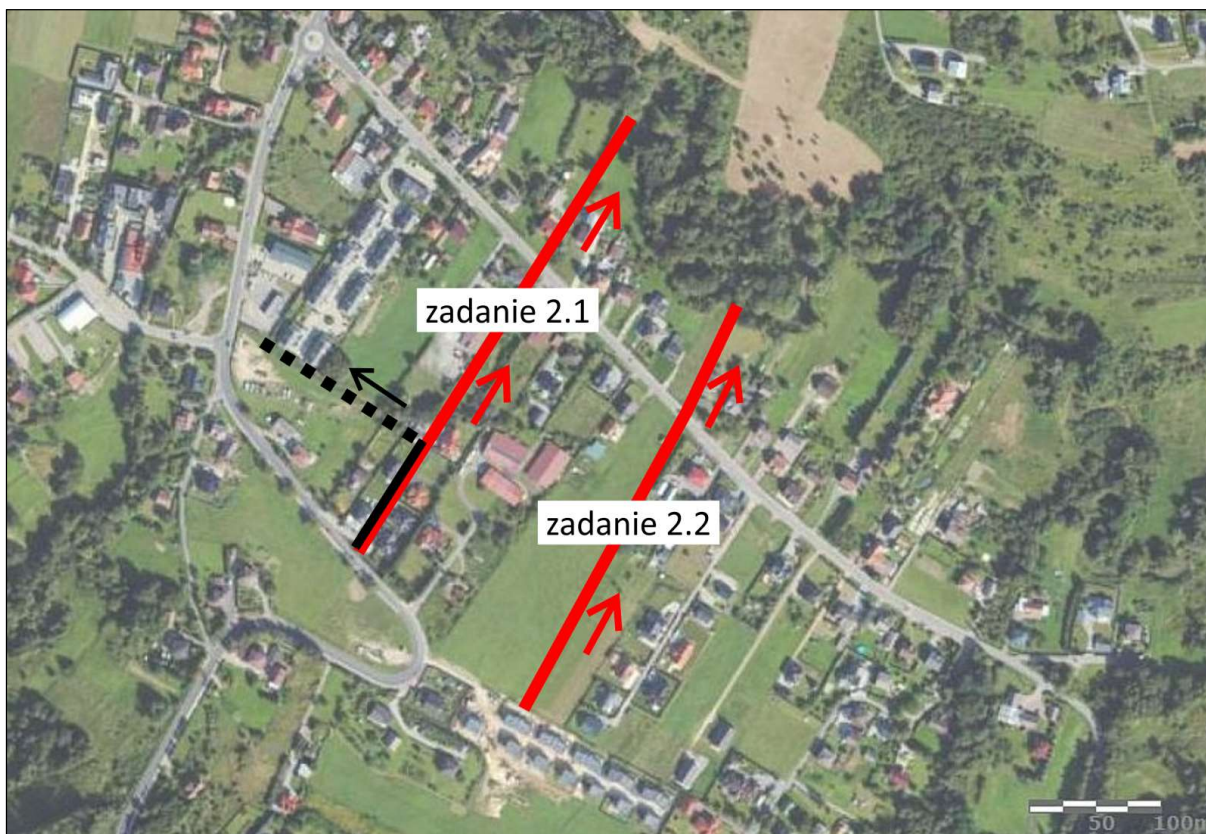
Alternatywnie możliwe jest też skierowanie strumienia wód wzdłuż zachodniej granicy działki 29 (obręb Wrząsowice), przez co zmniejszyłoby się ciśnienie tych wód w kierunku styku ulic Kraśnik i Spacerowej oraz w kierunku koryta Cieku Bez Nazwy (Ryc. 8).

Obliczony metodą modelowania (patrz *Część III*) przepływ maksymalny z ulicy Kraśnik oraz fragmentu ulicy Spacerowej wraz z wodami opadowymi ciężącymi do ulicy Spacerowej wynosi dla opadów 50% oraz 20% odpowiednio 0,01 m³/s oraz 0,02 m³/s. Całkowita objętość fali wezbraniowej dla tych zdarzeń opadowych wyniosłaby z kolei 31 m³ oraz 54 m³.

2. Rejon ulicy Nad Wilgą

Problem spływu z serpentyny w ciągu ul. Wrzosowej w kierunku północnym

Woda spływająca ulicą Wrzosową od centrum Wrząsowic w kierunku doliny Wilgi odbierana jest z powierzchni jezdni za pomocą kanalizacji burzowej. Po wschodniej stronie drogi przebiega kanalizacja opadowa w formie zamkniętego przewodu rurowego, prowadzącego od centrum miejscowości do zakrętu ul. Wrzosowej w rejonie działki 116/19 (obręb Wrząsowice). Następnie kanalizacja na odcinku około 30 m poprowadzona jest równoległe do drogi w postaci otwartego betonowego koryta. W rejonie działki 116/17 (obręb Wrząsowice) woda odprowadzana jest do kanału podziemnego prowadzącego w osi spadku stoku, to jest w kierunku północnym, niemal prostopadle do drogi (Ryc. 9). Kanał ten wyprowadza wodę do biegnącego niemal pod kątem prostym do niego rowu melioracyjnego (Ryc. 9). Rów ten biegnie równoleżnikowo po terenie działki 111/1 (obręb Wrząsowice) i odprowadza wody do kolektora w rejonie ulicy Wrzosowej. Niestety rów ten jest przeciążony; jest także źle utrzymany. Stanowi zagrożenie dla obszaru leżącego na północ od niego, co jest jedną z przyczyn zalewania posesji położonych pomiędzy ul. Wrzosową a ul. Nad Wilgą.



Rycina 9. Szkic sytuacyjny zadań w rejonie ulicy Nad Wilgą na podkładzie ortofotomapy z zasobów serwisu geoportal.gov.pl (GUGiK) wykorzystanej na zasadzie otwartej licencji do wszelkich zastosowań, w tym także komercyjnych.

Wszystkie zaznaczenia mają charakter orientacyjny – nie służą do dokładnej lokalizacji inwestycji.

Oznaczenia:

czarna linia ciągła – istniejący kanał podziemny;

czarna linia przerywana – otwarty rów melioracyjny, proponowane jest utrzymanie tego urządzenia, a w przypadku jego zasypania – odtworzenie;

czerwona linia ciągła – proponowane kanały podziemne odprowadzające wody opadowe: z pasa drogowego ulicy Wrzosowej (zadanie 2.1) oraz z proponowanego zbiornika retencyjnego na *Osiedlu Odkrywców* (zadanie 2.2).

Rozwiązanie

2.1. Autor niniejszej *Koncepcji* proponuje wybudowanie kanału burzowego odprowadzającego wody z rejonu pobocza ulicy Wrzosowej przy działce 116/17 (tj. tak, jak obecnie) bezpośrednio do Wilgi (Ryc. 9). Urządzenie to, w formie zamkniętego kanału (przewodu rurowego) prowadziłoby wody opadowe w kierunku północno-wschodnim, równoległe do granic działek do koryta rzeki. Obciążenie tego kanału nie będzie duże po uruchomieniu odprowadzenia wód z ulicy Wrzosowej powyżej serpentyny (punkt 1.1) oraz po uregulowaniu odwodnienia *Osiedla Odkrywców* (o czym poniżej w punkcie 2.2). Dlatego autor

niniejszej *Koncepcji* uważa za dopuszczalne zaprojektowanie zrzutu wód z tego kanału bezpośrednio do koryta Wilgi bez dodatkowego zbiornika retencyjnego (po przejściu pod pasem drogowym ulicy Nad Wilgą).

Obliczony metodą modelowania (patrz *Część III*) przepływ maksymalny w proponowanym kanale wynosi dla opadów 50% oraz 20% odpowiednio 0,01 m³/s oraz 0,02 m³/s.

Obecny rów melioracyjny w rejonie działki 111/1 i na wschód od niej powinien pozostać w istniejącym śladzie, ale powinien zostać wyczyszczony lub zmodernizowany (Ryc. 9). Należy przypomnieć, że dbałość o stan urządzeń wodnych, zgodnie z Prawem wodnym (art. 205 Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne, Dz.U. 2017, poz. 1566), należy do właścicieli terenów, na których te urządzenia się znajdują. Leży to zresztą w Ich bezpośrednim interesie, gdyż sprawne odprowadzanie wód zabezpiecza ich posesje oraz posesje sąsiednie przed stratami powodziowymi.

Problemy „Osiedla Odkrywców”

Teren „Osiedla Odkrywców” jest obecnie terenem w znacznej mierze uszczelnionym, co powoduje ograniczenie możliwości infiltracyjnych i silnie zwiększa spływ powierzchniowy wód opadowych. W trakcie wizji lokalnej stwierdzono, że woda opadowa spływająca z terenu osiedla odprowadzana jest wzdłuż północnej granicy działki 1124/17 (obręb Wrząsowice) w kierunku zachodnim, poprzez otwarty rów poprowadzony równoległe do wjazdu do osiedla. W rejonie zakrętu ulicy Wrzosowej rów ten wpięty jest do odwodnienia drogi powiatowej, co jest rozwiązaniem całkowicie nieformalnym (być może wręcz nielegalnym).

Dodatkowym, odrębnym problemem jest to, że położone na nasypach ziemnych „Osiedle Odkrywców” od południowej strony otoczone jest szczelnym murem oporowym. Takie ukształtowanie i zagospodarowanie terenu uniemożliwia spływ powierzchniowy i podskórny z terenów położonych powyżej, czyli części stoku leżących na południe od osiedla. Skutkuje to zawilgacaniem gruntów położonych na południe od osiedla oraz zwiększonym spływem powierzchniowym po terenie działek sąsiednich położonych w linii muru oporowego. Ten problem był rozpatrywany w postępowaniu o zmianę stosunków wodnych prowadzonym przez Burmistrza Miasta i Gminy Świątniki Górne, w którym autor niniejszej *Koncepcji* występował w roli biegłego (*vide* postępowanie sygnatura GPGS.6331.1.2022).

Rozwiązanie

2.2. Autor niniejszej *Konceptji* proponuje budowę osobnego odprowadzenia wód opadowych z „Osiedla Odkrywców”, w postaci przewodu rurowego przechodzącego pod pasem drogowym ulicy Nad Wilgą i wpiętego bezpośrednio do koryta Wilgi (Ryc. 9). Urządzenie to powinno zostać wykonane w sposób podobny, jak istniejące już odprowadzenie wody z osiedla położonego przy ul. Nad Wilgą, które funkcjonuje już od kilku lat i spełnia swoją rolę oraz stanowi przykład dobrej praktyki (ul. Nad Wilgą, numery 10–12). Niezbędnym elementem takiego systemu powinien być zbiornik retencyjny utworzony na terenie Osiedla, pozwalający na kontrolowanie i w razie potrzeby regulację odpływu tak, aby uniknąć przeciążenia głównego odbiornika, jakim jest Wilga. Planowany system powinien odbierać również wody spływające z działek położonych na południe od osiedla, czyli leżących powyżej niego względem ogólnego spadku terenu. W szczególności odbierany powinien być spływ z powierzchni działek 1023/10, 138/3 i sąsiednich, w aktualnej sytuacji terenowej blokowanego przez zabudowę „Osiedla Odkrywców”.

Obliczony metodą modelowania (patrz *Część III*) przepływ maksymalny, jaki musiałby przyjąć proponowany obiekt (kanał) wynosi dla opadów 50% oraz 20% odpowiednio 0,03 m³/s oraz 0,07 m³/s. Całkowita objętość fali wezbraniowej dla tych zdarzeń opadowych wynosi z kolei 69 m³ oraz 145 m³.

Problem wód opadowych na stoku – obszar poniżej serpentyny ulicy Wrzosowej oraz poniżej „Osiedla Odkrywców”

Omawiany tu obszar (Ryc. 10) jest oczywiście zasilany bezpośrednio spadającymi na niego wodami opadowymi, a dodatkowo jest zagrożony spływem wód z wyżej położonych części stoku. Powyżej opisane zostały zadania mające ograniczyć nadmierne obciążenie spływem z wyższych części stoku. Tym niemniej obszar musi być skutecznie odwadniany, przede wszystkim z „własnych” wód opadowych. Zgodnie z ogólnym ukształtowaniem terenu, w warunkach naturalnych spływ wód opadowych i roztopowych przebiegał tutaj w kierunku północno-wschodnim, prowadząc po powierzchni stoku i po dnie doliny do głównego odbiornika, jakim jest koryto Wilgi. Uzupełnieniem spływu powierzchniowego była migracja wód w przypowierzchniowej warstwie gleby, czyli spływ podskórny (spływ hipodermiczny, czyli spływ śródpokrywowy, ang. *interflow*). Spływ wód opadowych odbywał się w sposób rozproszony ze zbocza na terasę zalewową Wilgi i dalej do koryta rzeki. Obecnie teren terasy zalewowej przecina ulica Nad Wilgą, wraz z otwartym rowem biegnącym po jej południowej

stronie (na krótkim odcinku w części wschodniej wpuszczonym do kanału podziemnego). Pas drogowy jest nieco wyniesiony – w różnym stopniu na różnych odcinkach – ponad powierzchnię terenu leżącego po jego południowej stronie. Takie ukształtowanie terenu stanowi zaburzenie istniejących naturalnie stosunków wodnych, gdyż pas drogi tworzy obecnie barierę dla naturalnego spływu powierzchniowego oraz podskórnego wód opadowych do Wilgi. Szczególnie w rejonie północno-zachodniego odcinka ul. Nad Wilgą mają miejsce znaczące podtopienia działek położonych na południe od pasa drogi. Zgodnie z relacjami i dokumentacjami przedstawionymi przez Mieszkańców dochodzi do zalewania posesji wodą spływającą z górnych partii stoku oraz powstawania podmokłości. Proces ten został także zaobserwowany podczas terenowej wizji lokalnej. Przyczyną tych zjawisk jest oczywiście – z jednej strony – dostawa wód opadowych ze stoku, w pewnym stopniu obecnie powiększona (co wzmiankowano już punktach poprzednich), ale w znacznym stopniu pozostająca jednak procesem naturalnym. Z drugiej strony podtopienia te, czyli stagnowanie wód na powierzchni terenu, są skutkiem przegrodzenia naturalnej drogi ewakuacji tych wód przez ulicę Nad Wilgą.

W południowo-wschodnim odcinku ul. Nad Wilgą, bliżej skrzyżowania z ul. Uroczą, woda spływająca zgodnie z ogólnym ukształtowaniem terenu bocznymi drogami oraz wypływająca z poszczególnych posesji, przelewa się po zjazdach nad rowem i wpływa na powierzchnię ulicy Nad Wilgą. Stąd w skoncentrowany sposób przedostaje się na obszar niektórych posesji położonych po północnej stronie drogi, przyczyniając się do strat na tych posesjach.

W trakcie spotkań Mieszkańcy podnosili również kwestię istnienia starych drenów na stokach opadających od centrum miejscowości w kierunku doliny Wilgi. Dreny te w przeszłości odwadniały obszar stoku. Zgodnie z relacjami, urządzenia te zostały poprzerywane i nie spełniają już dawnej roli. Obecnie ich pozostałości modyfikują spływ wody. W wielu punktach na przykład tworzą się okresowe „źródła” – według niektórych Mieszkańców w miejscach niekontrolowanych wypływów z poprzerywanych starych drenów. Niestety z tą sprawą niewiele można obecnie zrobić. Nie ma dokumentacji, więc nie wiadomo gdzie te dreny biegły, z jakich miejsc są zasilane, ani gdzie zostały ew. uszkodzone czy zamulone. Można żałować, ale obecnie z całą pewnością nie ma możliwości, ani technicznych ani prawnych, odtworzenia dawnego systemu melioracji opartego na tych starych drenach. Taki system musiałby być po prostu zaprojektowany i utworzony od podstaw, co nie wydaje się możliwe.

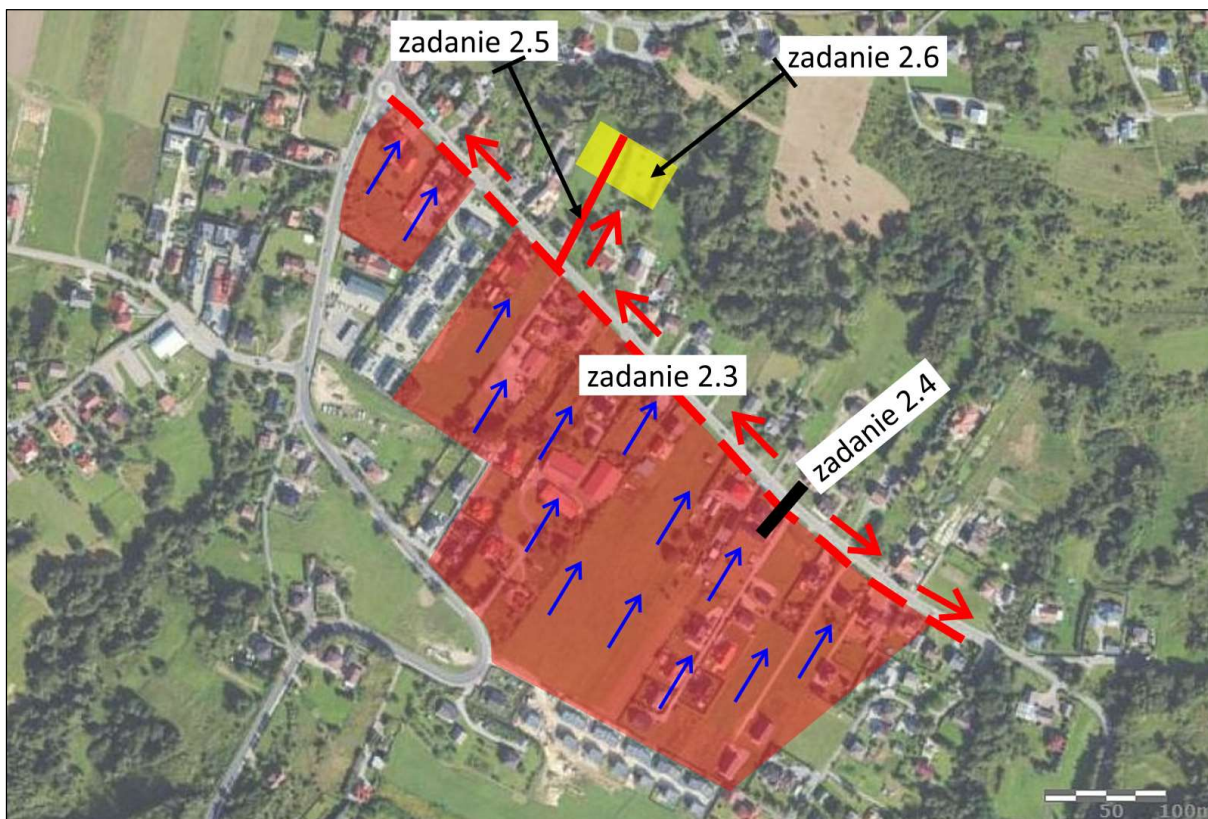
Aktualnie spływ całości wód rowem i kanalizacją wzdłuż ulicy Nad Wilgą, z odcinka od skrzyżowania z ul. Uroczą aż do Ronda Pokrzywnica prowadzi w kierunku zachodnim, do jednego odbiornika, jakim jest kolektor w rejonie ulicy Wrzosowej. Ze względu na brak

alternatywnego odprowadzenia wody urządzenie to odbiera spływ z odcinka drogi o długości około 670 metrów. Na niżej położonym, zachodnim odcinku drogi urządzenia odbierające wodę nie spełniają swojej roli ze względu na znaczne obciążenie, a dodatkowym problemem jest niska przepustowość u wylotu, w rejonie Ronda Pokrzywnica, gdzie dochodzi do podparcia hydraulicznego przez wody Cieku Bez Nazwy i inne wody ciężące do tego cieku. Dodatkowo, przy wysokim stanie Wilgi odpływ zostaje silnie przyhamowany przez dodatkowe podparcie hydrauliczne wodami w samym korycie rzeki. W takich okresach nadmiar wód z rowu przy ul. Nad Wilgą staje się dodatkowym zagrożeniem dla okolicznych posesji.

Rozwiązania

Rozwiązanie tego problemu jest kluczowe z punktu widzenia niniejszej *Konceptji*. Sytuacja posesji leżących po południowej stronie ulicy Nad Wilgą jest obecnie bardzo trudna, i każda zmiana terenowa będzie tu odczuwalna. Dwa opisane poniżej zadania (2.3 oraz 2.4) są niezbędne do wykonania i stanowią „plan minimum”, którego realizacja przyniesie zauważalną poprawę sytuacji, wysoce zalecana jest także realizacja zadania 2.5, natomiast pełna realizacja planu wymaga wykonania także zadania 2.6.

2.3. Rów biegnący po południowej stronie ulicy Nad Wilgą (Ryc. 10) powinien zostać uznany za główny kolektor wód opadowych pochodzących nie tylko z pasa drogi, ale przede wszystkim wód napływających od strony południowej, z wyżej położonych terenów. W obecnej sytuacji terenowej ulica Nad Wilgą odcina te tereny od możliwości ich naturalnego odwadniania się w kierunku koryta Wilgi, dlatego rów w pasie tej drogi musi przejąć tę funkcję. Będzie to wprost działanie naprawcze względem zmiany stanu wody na gruncie wynikającej z zablokowania spływu wód przez drogę powiatową, co wzmiankowano powyżej. Jest to w praktyce działanie niezbędne, które powinno być przeprowadzone w porozumieniu z zarządcą drogi. Zresztą, w rzeczywistości rów już obecnie w znacznym stopniu spełnia taką funkcję, bo w wielu miejscach następuje dopływ do niego wód od strony południowej (Ryc. 10). Jeśli nie będzie możliwa zmiana funkcji tego rowu, to hipotetycznie rozwiązaniem byłaby budowa obok drugiego rowu, przyległego, równoległego, z funkcją odbierania wód ze stoku. Można jeszcze wymyślić w tej funkcji podziemny kolektor. Tylko że dublowanie istniejącego rowu byłoby działaniem absurdalnym i marnotrawstwem środków, nie mówiąc o tym, że w analizowanym miejscu nie ma miejsca ani na dodatkowy rów, ani na kolektor podziemny.



Rycina 10. Szkic sytuacyjny zadań w rejonie ulicy Nad Wilgą na podkładzie ortofotomapy z zasobów serwisu geoportal.gov.pl (GUGiK) wykorzystanej na zasadzie otwartej licencji do wszelkich zastosowań, w tym także komercyjnych.

Wszystkie zaznaczenia mają charakter orientacyjny – nie służą do dokładnej lokalizacji inwestycji.

Oznaczenia:

czerwona linia przerywana – rów po południowej stronie ulicy Nad Wilgą, do modernizacji i częściowej zmiany funkcji (zadanie 2.3);

czarna linia – proponowany punkt rozdziału wód w rowie po południowej stronie ulicy Nad Wilgą w rejonie działek 124/7 i 125/1 (zadanie 2.4);

czerwona linia ciągła – proponowany podziemny kanał odprowadzający wody z rowu po południowej stronie ulicy Nad Wilgą do koryta Wilgi zlokalizowane w rejonie działki 82/1 (zadanie 2.5);

czerwony kontur półprzezroczysty – obszar, z którego wody opadowe ciążą do rowu po południowej stronie ulicy Nad Wilgą;

niebieskie strzałki – kierunek rozproszonego spływu powierzchniowego i podskórnego do rowu po południowej stronie ulicy Nad Wilgą;

żółty wielobok – obszar do lokalizacji proponowanego zbiornika retencyjnego (zadanie 2.6).

Autor niniejszej *Koncepcji* uważa, że tej proponowanej formalnej zmianie funkcji rowu biegnącego po południowej stronie ulicy Nad Wilgą musi towarzyszyć zwiększenie jego przepustowości oraz jego możliwe pogłębienie i obniżenie. Rów powinien być posadowiony możliwie nisko (dno rowu jak najniżej), aby możliwy był grawitacyjny spływ do tego rowu wód z jak największej części obszaru położonego na południe od rowu. Rów powinien być poszerzony i umocniony prefabrykowanymi elementami betonowymi („korytkami”)

o trapezowym lub prostokątnym profilu. Jego dno powinno mieć podłużny profil schodkowy – korekcja progowa powinna zmniejszać nachylenie podłużne dna wynikające z nachylenia podłużnego ulicy Nad Wilgą.

Niezbędna jest przy tym przebudowa wjazdów na posesje i boczne drogi w kierunku południowym od ulicy Nad Wilgą. Powinny być one podniesione i zaopatrzone zarazem w akodreny zapobiegające przedostawaniu się wód na jezdnię. Można byłoby tu rozważyć dopasowane do zastosowanych elementów okładziny rowu („korytek”) stalowe kraty o odpowiedniej wytrzymałości na obciążenie – tworzyłyby one płaskie „mostki” wysoko zawieszane nad rowem i nieograniczające przepływu, a zarazem uniemożliwiony byłby spływ wody po ich powierzchni – wody z wjazdów na posesje i drogi boczne trafiłyby bezpośrednio do obudowanego rowu. Niezależnie od sposobu finansowania (przypuszczalnie zapłacić musieliby Mieszkańcy) kraty te można byłoby zamówić zbiorczo dla wszystkich posesji, co umożliwiłoby lepszą kontrolę ich jakości (głównie wytrzymałości).

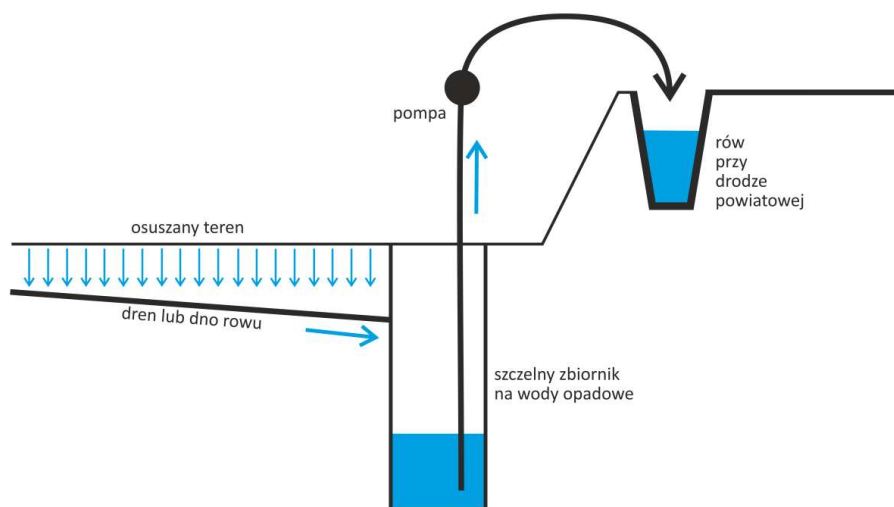
Jednocześnie wykluczone się wydaje zabudowanie rowu biegnącego po południowej stronie ulicy Nad Wilgą i utworzenie na jego śladzie chodnika dla pieszych czy innego ciągu komunikacyjnego. Bez tego kolektora – i to pozostawionego właśnie w formie otwartego rowu – cała okolica ulicy Nad Wilgą znajdzie się w bardzo trudnej, wręcz nierozwiązywalnej sytuacji ciągłego zagrożenia powodziowego. Zabudowanie obecnego rowu chodnikiem byłoby związane z silnym zwiększeniem tego zagrożenia, które w już w stanie obecnym stanowi ciągły problem.

Trzeba zwrócić uwagę, że po modernizacji analizowany rów stanie się, oprócz urządzenia sprawnie przepuszczającego znaczny przepływ, jednocześnie urządzeniem (zbiornikiem) retencyjnym o znacznej objętości – jego długość wynosi przecież ponad 670 m.

Istotne jest, że ul. Nad Wilgą stanowi odcinek drogi powiatowej K-2167. Dlatego odprowadzenie wód ze zbiorników zlokalizowanych na prywatnych posesjach do rowu w ciągu tej ulicy będzie możliwe jedynie w przypadku wyrażenia zgody przez zarządcę drogi, czyli Zarząd Dróg Powiatu Krakowskiego.

Należy też wspomnieć, że wody z poszczególnych posesji bezpośrednio przylegających do ulicy Nad Wilgą (na południe od tej ulicy) powinny być zrzucane do zmodernizowanego rowu za pośrednictwem lokalnych systemów drenażu (odbierających wody z powierzchni działek oraz z połąci dachowych) każdorazowo za pośrednictwem lokalnego, indywidualnego zbiornika retencyjnego (Ryc. 11). Dla domów jednorodzinnych zwykle przyjmuje się

wymaganą objętość takiego zbiornika około 3 m³, ale autor niniejszej *Konceptji* proponuje zwiększenie tej wymaganej pojemności do **5 m³ dla każdej posesji**², niezależnie od rozmiarów tej posesji oraz jej zagospodarowania. Ze zbiornika retencyjnego wody opadowe byłyby przepompowywane (wystarczy do tego tania pompa elektryczna o małej mocy) do rowu przy ulicy Nad Wilgą (Ryc. 11). Takie rozwiązanie z jednej strony zwiększy retencję w omawianym obszarze oraz pozwoli na wolniejszy dopływ wód opadowych do rowu, a z drugiej strony poprawi efektywność odbierania wód z posesji, zwłaszcza tych leżących poniżej poziomu rowu.



Rycina. 11. Schemat odprowadzania wód opadowych z działek położonych po południowej stronie ulicy Nad Wilgą do rowu przy tej ulicy (proponycja)
Schemat sporządzony bez zachowania skali ani proporcji.

W efekcie proponowanego rozwiązania Mieszkańcy uzyskają możliwość efektywnego odwodnienia swoich posesji, co zdecydowanie poprawi im komfort życia i ułatwi gospodarowanie na działkach. Zostaną jednak obciążeni koniecznością wykonania zbiorników na wody opadowe. Docelowo powinno być łącznie minimum 5 m³ objętości zbiorników na każdej posesji. Jeśli na danej posesji są już takie zbiorniki, to trzeba jedynie uzgodnić z zarządcą drogi sposób odprowadzania z nich wody do rowu. Na Właścicielach posesji będzie też ciążył obowiązek utrzymania tych zbiorników. Zbiorniki odbierające wody z powierzchni terenu będą ulegać dość szybkiemu zapełnianiu osadami (zamulaniu), dlatego muszą być systematycznie czyszczone. Nic nie stoi także na przeszkodzie, aby wykonać zbiorniki większe niż wymagane

² Posesja rozumiana jako pewna całość osadnicza obejmująca obszar działki lub działek plus budynek mieszkalny plus zabudowania gospodarcze.

5 m³, wtedy można je rzadziej czyścić (bo zawsze wymagane jest minimum 5 m³ objętości czynnej).

Właściciele posesji powinni dbać także o drożność przepustów na rowie przy ul. Nad Wilgą, i czyścić te przepusty na własny koszt (obowiązek ten wprost wynika z art. 30 Ustawy o drogach publicznych, Dz.U. 2024, poz. 320). Postulowana w niniejszej *Koncepcji* przebudowa rowu i zmiana wjazdów na posesję na kraty zasadniczo ułatwi utrzymanie całego systemu w drożności.

2.4. Autor niniejszej *Koncepcji* uważa, że istotne odciążenie zachodniej części rowu biegnącego po południowej stronie ulicy Nad Wilgą, i przez to odciążenie węzła hydrologicznego przy Rondzie Pokrzywnica, może być uzyskane przez rozdzielenie tego rowu na dwa kierunki odprowadzania wód opadowych: na zachód i na wschód (Ryc. 10). Realizację tego postulatu można bezpośrednio połączyć z realizacją modernizacji rowu (zadanie 2.3).

Granica, czyli najwyższy punkt rowu, powinien być urządzony w rejonie działek 124/7 oraz 125/1, obręb Wrzasowice (Ryc. 10). Odcinek biegnący od tego punktu ku wschodowi miałby nachylenie ku wschodowi, a biegnący ku zachodowi – ku zachodowi. Tym samym strumień wód kierowanych rowem ku zachodowi, w kierunku Ronda Pokrzywnica, zostałby istotnie zmniejszony.

Realizacja tego zadania wymaga, oprócz modernizacji samego rowu, modernizacji zrzutu wód z tego rowu do koryta Dorzyka. Zrzut ten powinien być urządzony na nowo, bez połączenia z wodami odprowadzanymi z ulicy Uroczej. Obecnie połączenie tych strumieni wód (z rowu przy ulicy Nad Wilgą oraz z ulicy Uroczej) następuje w studziencie zbiorczej zlokalizowanej przy działce 132/5, co jest z dużą szkodą dla przepustowości i efektywności odbioru wód z każdego z tych dwóch strumieni.

Obliczony metodą modelowania (patrz *Część III*) przepływ maksymalny w rowie przy ulicy Nad Wilgą w kierunku zachodnim dla opadów 50% oraz 20% wynosi odpowiednio 0,08 m³/s oraz 0,16 m³/s. W kierunku wschodnim zaś wynosi on odpowiednio 0,02 m³/s oraz 0,05 m³/s.

2.5. Kolektor w rejonie Ronda Pokrzywnica jest wyraźnie przeciążony podczas opadów nawałnych, co skutkuje poważnym zagrożeniem powodziowym w tym rejonie. Dlatego autor niniejszej *Koncepcji* uważa za wysoce wskazane wykonanie dodatkowego odprowadzenia wód z rowu biegnącego po południowej stronie ulicy Nad Wilgą bezpośrednio do koryta Wilgi podziemnym kanałem rurowym (Ryc. 10). Kanał taki powinien odprowadzać całość wód

z rowu, na przykład gdzieś na wysokości działki 82/1. Wlot do kanału odpływowego powinien być jednak tak urządzony, aby w razie czasowej niewydolności kanału nadwyżka wód z rowu mogła przemieszczać się w obecnym kierunku, to jest w stronę Ronda Pokrzywnica. Odcinek rowu na zachód od wlotu do kanału podziemnego i tak musi zostać zachowany aby po modernizacji spełniać swoją obecną funkcję, czyli odbierać wody z pasa drogi ulicy Nad Wilgą (oraz z posesji położonych po południowej stronie rowu) na odcinku pomiędzy wlotem do kanału podziemnego a Rondem Pokrzywnica.

Metodą modelowania (patrz *Część III*) obliczono, że wprowadzenie takiego rozwiązania zmniejszyłoby przepływy maksymalne spływające do Ronda Pokrzywnica rowem przy ulicy Nad Wilgą, dla opadów 50% oraz 20% odpowiednio, o 0,05 m³/s oraz 0,11 m³/s. Wartości te oznaczają zarazem przepustowości proponowanego kanału.

2.6. Niniejszy punkt stanowi zadanie dodatkowe, opcjonalne. Jego realizacja istotnie poprawi funkcjonowanie proponowanego systemu. Autor niniejszej *Konceptji* proponuje, żeby odprowadzenie wody z rowu biegnącego po południowej stronie ulicy Nad Wilgą podziemnym kanałem do koryta Wilgi (rozwiązanie opisane w poprzednim punkcie 2.5) odbywało się za pośrednictwem zbiornika retencyjnego, zlokalizowanego w rejonie północnych części działek 82/1, 83/4, 84/9 czy 85/13, obręb Wrzasowice (Ryc. 10). Autor zwraca uwagę, że konieczne jest zastosowanie różnych form retencji opóźniających dostawę wody do Wilgi, i to zadanie będzie realizował proponowany zbiornik. Drugą zaletą tego rozwiązania jest to, że utworzony zbiornik retencyjny zapewni odbiór wody z rowu nawet wtedy, gdy Wilga nie będzie przyjmować wody z powodu wysokiego stanu. Dodatkowo utworzenie zbiornika retencyjnego będzie istotnym argumentem świadczącym o zastosowaniu na analizowanym terenie dobrych praktyk przeciwpowodziowych.

Obliczona metodą modelowania (patrz *Część III*) objętość fali wezbraniowej, jaką musiałby przyjąć zbiornik, dla opadów 50% oraz 20% wynosi odpowiednio 192 m³ oraz 385 m³.

Jeśli zbiornik byłby wykonywany, to warto byłoby rozważyć wpięcie do niego przewodu rurowego (kanału) odprowadzającego wody z serpentyny ul. Wrzosowej (zadanie 2.1). W przypadku takiego rozwiązania, zbiornik musiałby przyjąć **dodatkową** objętość wynoszącą, dla opadu 50% oraz 20% odpowiednio, 74 m³ oraz 134 m³ (wynik obliczenia metodą modelowania, patrz *Część III*).

3. Spływ wzdłuż ulicy Uroczej

Ulica Urocza jest obecnie obciążona znacznym strumieniem wód, służy bowiem za odwodnienie wielu położonych przy niej posesji. Odprowadzanie wód z rowu prowadzącego po zachodniej stronie ul. Uroczej do koryta Dorzyka jest wysoce nieefektywne, gdyż odbywa się za pośrednictwem niewielkiej studzienki zbiorczej położonej pod chodnikiem przy skrzyżowaniu z ul. Nad Wilgą (obok działki 132/5).

Rozwiązanie

3.1. Autor niniejszej *Konceptji* proponuje utrzymanie spływu ulicą Uroczą w obecnym kształcie przy jednoczesnej modernizacji i rozbudowie rowów biegnących wzdłuż tej drogi. Rowy te powinny nie tylko odwadniać samą drogę, ale też odbierać wody opadowe ciężące do tej drogi i bezpiecznie odprowadzać je do koryta Dorzyka. Odprowadzenie wód do koryta Dorzyka wymaga całkowitej zmiany: nie może odbywać się poprzez studzienkę, jak obecnie.

Obliczony metodą modelowania (patrz *Część III*) przepływ maksymalny z ulicy Uroczej wynosi dla opadu 50% oraz 20% odpowiednio 0,03 m³/s oraz 0,05 m³/s.

4. Łąki w rejonie na północ od ulicy Spacerowej

Kolejnym obszarem problemowym jest teren terasy zalewowej położony na północ od ulicy Spacerowej. W trakcie spotkania konsultacyjnego mieszkańcy informowali o stagnującej na powierzchni gruntu wodzie, zawilgoceniach oraz niewydolnej (a nawet „wybijającej”) kanalizacji. Poruszona została również kwestia wylewania się ścieków z przepompowni zlokalizowanej na działce 17 (obręb Wrząsowice). W trakcie wizji terenowych zostały stwierdzone podmokłości na terenie sąsiadującym z ulicą Spacerową. Rów odwadniający poprowadzony po południowej stronie ul. Spacerowej (do którego uchodzi m.in. spływ z ul. Kraśnik) posiada niewystarczające parametry oraz jest niedrożny.

Rozwiązanie 4.1.

4.1. Teren położony na północ od ul. Spacerowej wchodzi w skład terasy zalewowej Wilgi, a więc obszaru naturalnie zalewanego przez wodę w okresach wezbrań. Jest to więc miejsce z natury silnie narażone na występowanie podtopień i pod względem hydrologicznym cechuje się niekorzystnymi warunkami do rozwoju zabudowy. Autor niniejszej *Konceptji* jest zdania, że działania techniczne mające na celu odprowadzanie wody z obszaru takiej terasy są możliwe za pomocą systemu melioracyjnego, jednak wymagają znacznych nakładów

finansowych. Autor uważa taki pomysł za obecnie nieefektywny, szczególnie w kontekście ekonomicznym. Istniejące już na działkach przy ul. Spacerowej przykłady radzenia sobie z podmokłością terenu w postaci tworzenia nasypów stanowi zwiększenie ryzyka negatywnego wpływu na grunty sąsiednie, a w szerszej skali – na całą zlewnię Wilgi. Istnienie niezabudowanej terasy zalewowej jest bowiem przede wszystkim kluczowym czynnikiem ochrony przeciwpowodziowej, pozwalającym na czasową retencję wody oraz w efekcie spłaszczanie fal powodziowych. Jest to zatem teren istotny dla ochrony przeciwpowodziowej południowych dzielnic Krakowa z uwagi na możliwość retencjonowania wód wezbraniowych Wilgi. Dlatego autor niniejszej *Konceptji* uważa, że na tym terenie nie powinno się dopuszczać zabudowy w jakiegokolwiek formie, oraz bezwzględnie powinno się zwalczać próby osuszania terenu dokonywane przez tworzenie nasypów ziemnych czy gruzowych, które niszczą naturalną retencyjną funkcję tego obszaru.

Na działce 17 autor niniejszej *Konceptji* proponuje utworzenie zbiornika rozsączająco-odparowującego przeznaczonego do gromadzenia i utylizacji wód opadowych odbieranych z ulicy Kraśnik (*vide* zadanie 1.4), z możliwym odprowadzeniem wód do Wilgi, jeśli byłaby taka potrzeba i możliwości finansowe.

PRIORYTETY DZIAŁAŃ

W warunkach stopniowej realizacji zadań opisanych w niniejszej *Konceptji* autor proponuje priorytetowe potraktowanie trzech grup zadań:

1. Budowa zbiornika na Cieku Bez Nazwy (zadanie 1.2). Jest to inwestycyjnie największe zadanie proponowane w niniejszej *Konceptji*, ale zarazem zadanie kluczowo ważne dla ochrony przeciwpowodziowej dolnej części doliny Cieku, czyli rejonu przy ul. Spacerowej oraz przy Rondzie Pokrzywnica. Utworzenie tego zbiornika jest też konieczne, aby miała sens realizacja zadania 1.1 (bez realizacji zadania 1.2 realizacja zadania 1.1 byłaby wręcz szkodliwa).

2. Druga grupa zadań dotyczy modernizacji i rozszerzenia funkcji rowu po południowej stronie ulicy Nad Wilgą (zadania 2.3, 2.4 oraz 2.5). Modernizacja rowu, jego rozdzielenie na dwa kierunki spływu, utworzenie kanału zrzutowego do koryta Wilgi oraz uregulowanie kwestii wpięcia wód opadowych z posesji leżących po południowej stronie ulicy Nad Wilgą, będą owocować istotną poprawą warunków i redukcją zagrożenia dla obszarów tych posesji.

3. Dodatkowo, zdaniem autora niniejszej *Koncepcji*, należy potraktować priorytetowo także zadanie 2.1, czyli utworzenie kanału zrzutowego do koryta Wilgi dla wód z rejonu pobocza ulicy Wrzosowej przy działce 116/17.

CZĘŚĆ III

ANALIZY I OBLICZENIA HYDROLOGICZNE

ANALIZA SPŁYWU WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Metoda opracowania

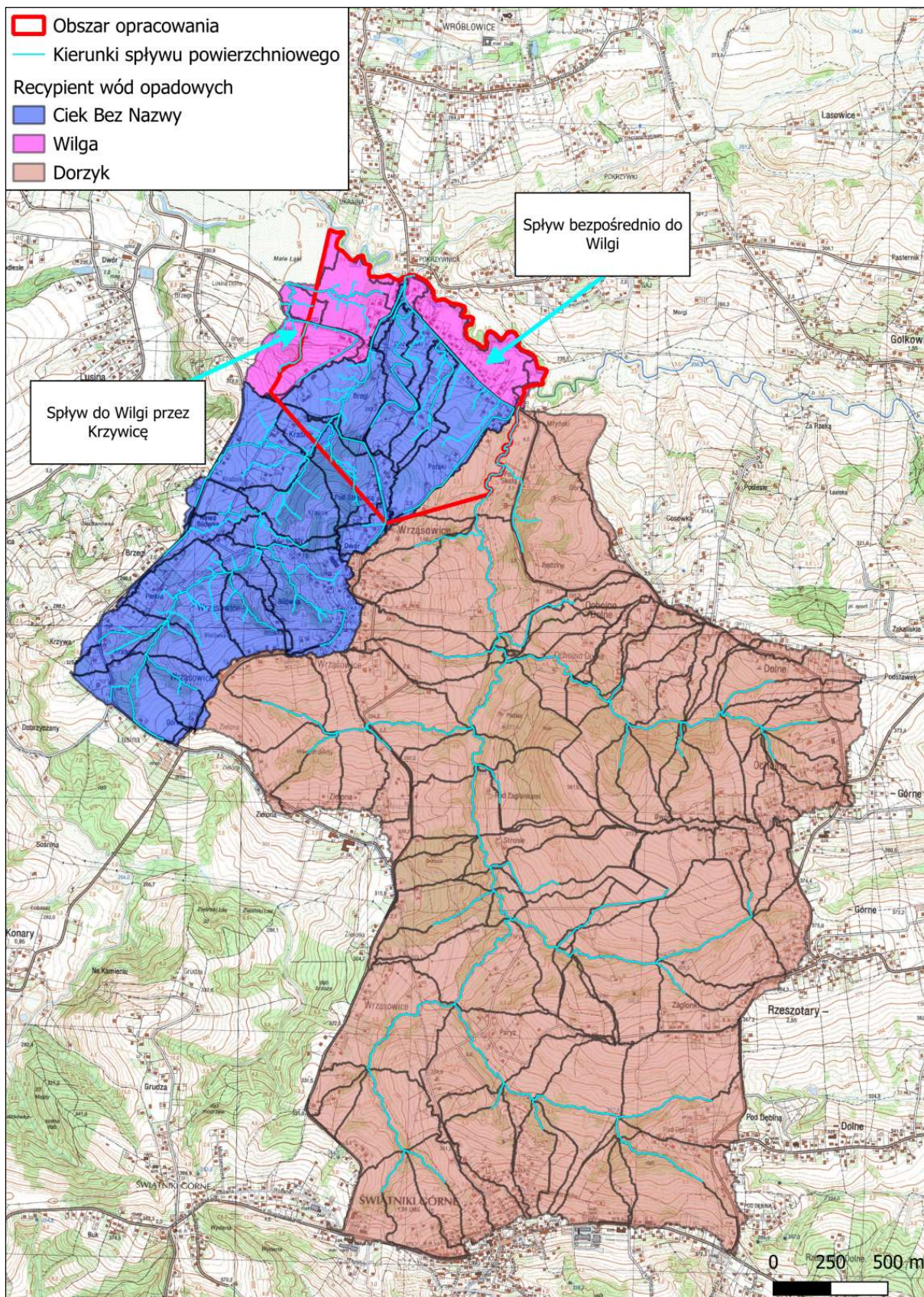
Analiza spływu wód powierzchniowych została wykonana w oprogramowaniu QGIS z wykorzystaniem pakietu narzędzi GRASS GIS. Narzędzia te pozwalają między innymi na wyznaczenie dominujących kierunków spływu powierzchniowego, delineację sieci hydrograficznej oraz wyznaczenie granic zlewni.

Jako metodę wyznaczenia kierunku spływu wybrano algorytm *D8*, która zakłada, że kierunek spływu powierzchniowego jest ściśle określony w każdym punkcie i kształtowany jest wyłącznie przez nachylenie terenu. W tej metodzie obszar badawczy jest podzielony na jednostki podstawowe (piksele). Każdemu pikselowi jest przyporządkowany kod symbolizujący kierunek spływu, zgodny z kierunkiem największego nachylenia terenu. Dzięki temu można w wyznaczyć zlewnię zasilającą dowolny punkt w badanym obszarze.

Dane wejściowe

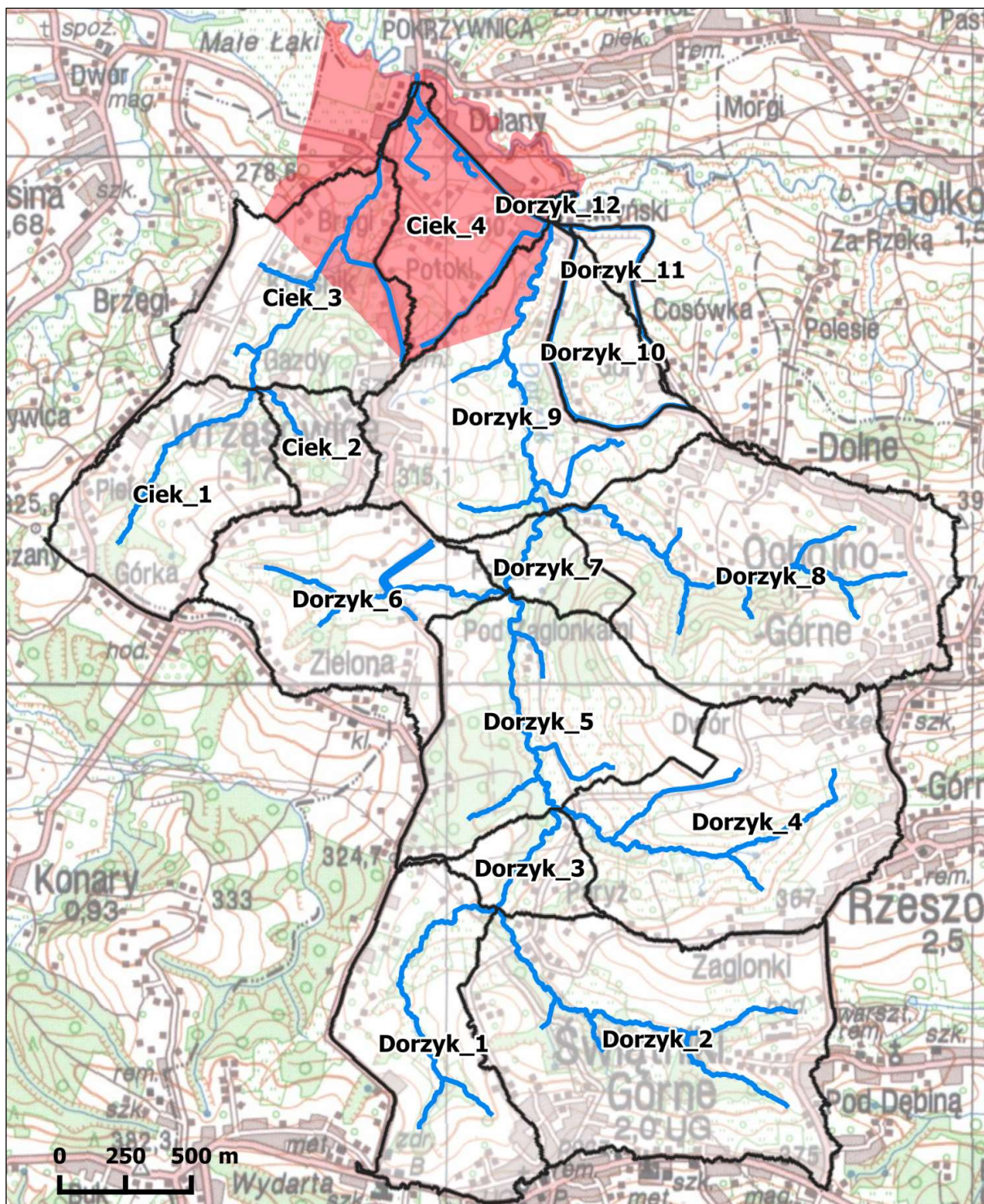
Podstawą wykonanych obliczeń był Numeryczny Model Terenu (NMT) pozyskany w formie rastrowej z krajowego serwisu *geoportal.gov.pl*, czyli pochodzący z zasobów GUGiK; model został wykorzystany na zasadzie otwartej licencji. Wykorzystany model (NMT) cechuje się rozdzielczością przestrzenną 1 m (raster 1 m × 1 m) oraz standardowym błędem pionowym ±150 mm. Pionowym układem odniesienia jest obowiązujący w Polsce od grudnia 2023 roku układ PL-EVRF2007-NH. Źródłem danych terenowych do NMT jest lotnicze skanowanie laserowe metodą LiDAR wykonane w 2023 roku.

Pozyskany z zasobów GUGiK (poprzez serwis *geoportal.gov.pl*) Numeryczny Model Terenu został zweryfikowany oraz poddany korekcji w oparciu o informacje pozyskane w terenie. Korekcja NMT polegała na usunięciu z powierzchni rastra obiektów zasłaniających koryta cieków i rowów odwadniających takich jak mosty czy przepusty. Dodatkowo arbitralnie zmodyfikowano NMT w punktach, gdzie obserwacje terenowe potwierdziły istnienie połączeń hydraulicznych (linii spływu) nie uwzględnionych na NMT.

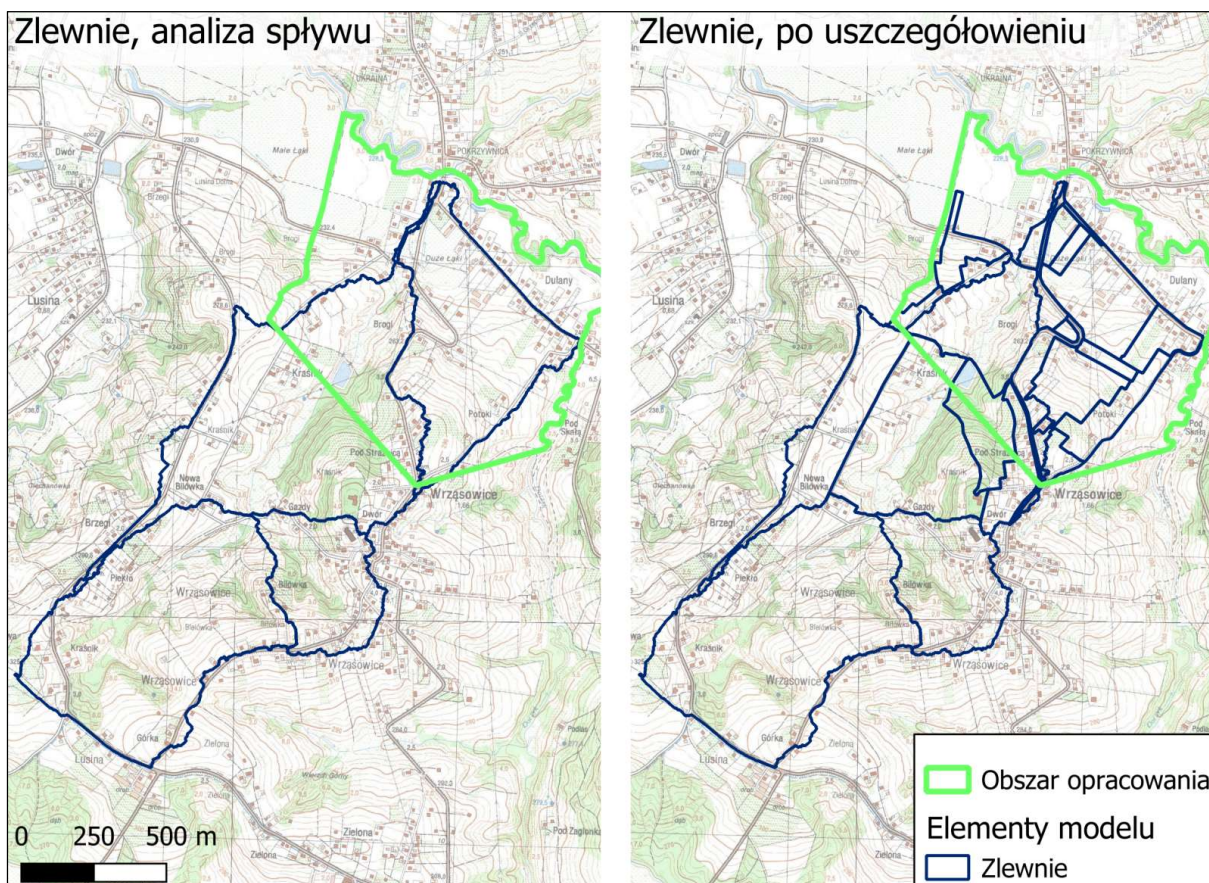


Rycina 12. Sieć splywu powierzchniowego oraz zlewni, wygenerowana na podstawie NMT z 2023 r.

Metoda wykonania tej analizy powoduje, że widoczne na rycinie „linie splywu” są zarówno koryta cieków jak i drogi skoncentrowanego splywu w razie jego wystapienia.



Rycina 13. Zgeneralizowana sieć spływu powierzchniowego wraz ze zlewniami cząstkowymi wygenerowana na podstawie NMT z 2023 r – zwizualizowana na tle Mapy topograficznej Polski 1:50 000. Czerwonym szrafem zaznaczono obszar szczegółowo omawiany w niniejszej Koncepcji.



Rycina 14. Konceptyjne przetworzenie rzeczywistych zlewni w subzlewnie odwzorowane na modelu hydrologicznym HEC HMS

Wyniki analizy spływu

Wynikiem przeprowadzonej analizy jest mapa aktualnej sieci spływu powierzchniowego (Ryc. 12) oraz podział obszaru opracowania na zlewnie. Należy pamiętać, że wyznaczona tą metodą sieć spływu niekoniecznie sugeruje obecność stałego cieków, ale raczej prawdopodobny kierunek spływu powierzchniowego w razie jego wystąpienia. Wynikowa mapa była podstawą dalszych analiz, w pierwszym rzędzie generalizacji i wyznaczenia zlewni cząstkowych (Ryc. 13), co z kolei dalej wykorzystane zostało do zbudowania modelu hydrologicznego analizowanego obszaru.

HYDROLOGICZNY MODEL SPŁYWU WÓD OPADOWYCH

Metoda opracowania

Do obliczenia przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia wykorzystano matematyczny model typu opad-odpływ (ang. *rainfall-runoff*

model). Model ten zbudowano w darmowym oprogramowaniu HEC-HMS 4.1.2. HEC-HMS jest to system matematycznego modelowania procesów hydrologicznych zachodzących w zlewni stworzony przez Korpus Inżynieryjny Armii Stanów Zjednoczonych (ang. *United States Army Corps of Engineers, USACE*). Jest to standardowe narzędzie obliczeń hydrologicznych w Polsce (<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm>).

Kolejne podrozdziały przedstawiają skrócony opis przyjętej metodyki wyznaczenia przepływów maksymalnych. Szczegółowe zestawienie przyjętych parametrów w modelu HEC-HMS zawiera Aneks A.

Reprezentacja sieci hydrograficznej

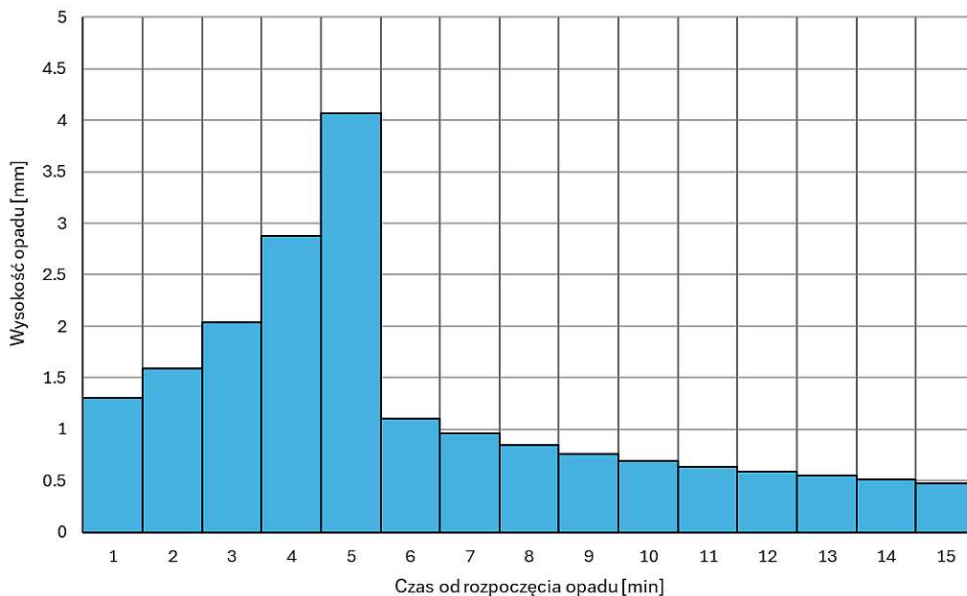
Sieć hydrograficzną odwadniającą obszar opracowania oparto na zgeneralizowanych wynikach analizy spływu wód powierzchniowych (Ryc. 13). Do wyznaczenia przepływów maksymalnych jakie musiałyby przyjąć poszczególne rozwiązania zaproponowane w *Części II*, sieć hydrograficzną należało uszczegółowić. Dokonano tego poprzez ręczną digitalizację zlewni cząstkowych zasilających proponowane rozwiązania. Wykorzystano w tym celu informacje zebrane podczas wizji terenowych, konsultacji społecznych oraz analizie dostępnych serwisów WMS (Ryc. 14).

Z uwagi na koncepcyjny poziom opracowania, założono, że wprowadza się wszystkie proponowane rozwiązania jednocześnie. Nie analizowano wpływu poszczególnych rozwiązań lub różnych ich kombinacji na przepływy maksymalne w obszarze opracowania.

Opad miarodajny

Symulację wykonano dla dwóch zdarzeń opadowych o prawdopodobieństwie przewyższenia $P = 50\%$ (opad 2-letni, czyli taki, który co drugi rok może być przekroczony) oraz $P = 20\%$ (opad 5-letni, czyli taki, który co piąty rok może być przekroczony). Standardowo dla obszarów podmiejskich i wiejskich urządzenia odwadniające projektuje się dla opadu 50%, ale w omawianym terenie skala problemów i zagrożeń hydrologicznych jest znacząca, i dlatego w niniejszej *Koncepcji* uwzględniono także wariant z opadem 20% (a więc o większej sumie). Wysokość opadu wyznaczono korzystając ze wzoru Bogdanowicz–Stachy. Przyjęto czas trwania opadu miarodajnego $T = 15$ min. Opad ten rozłożono w czasie w oparciu o rozkład Eulera Typu II. Podstawą tych założeń są zalecenia Wodociągów Krakowskich dot. projektowania odwodnień terenów (Wodociągi Miasta Krakowa, 2018, *Wytyczne eksploatacyjne w zakresie projektowania, realizacji i odbiorów urządzeń i przyłączy wodociągowych i kanalizacyjnych*. Kraków).

Przyjęta ze wzoru Bogdanowicz–Stachy wysokość opadu miarodajnego dla $P = 50\%$ wynosi w analizowanym obszarze **12,97 mm**, a dla $P = 20\%$ – **19,00 mm**. Przykładowy rozkład opadu w czasie dla $P = 20\%$ przedstawiono za pomocą hietogramu (Ryc. 15).



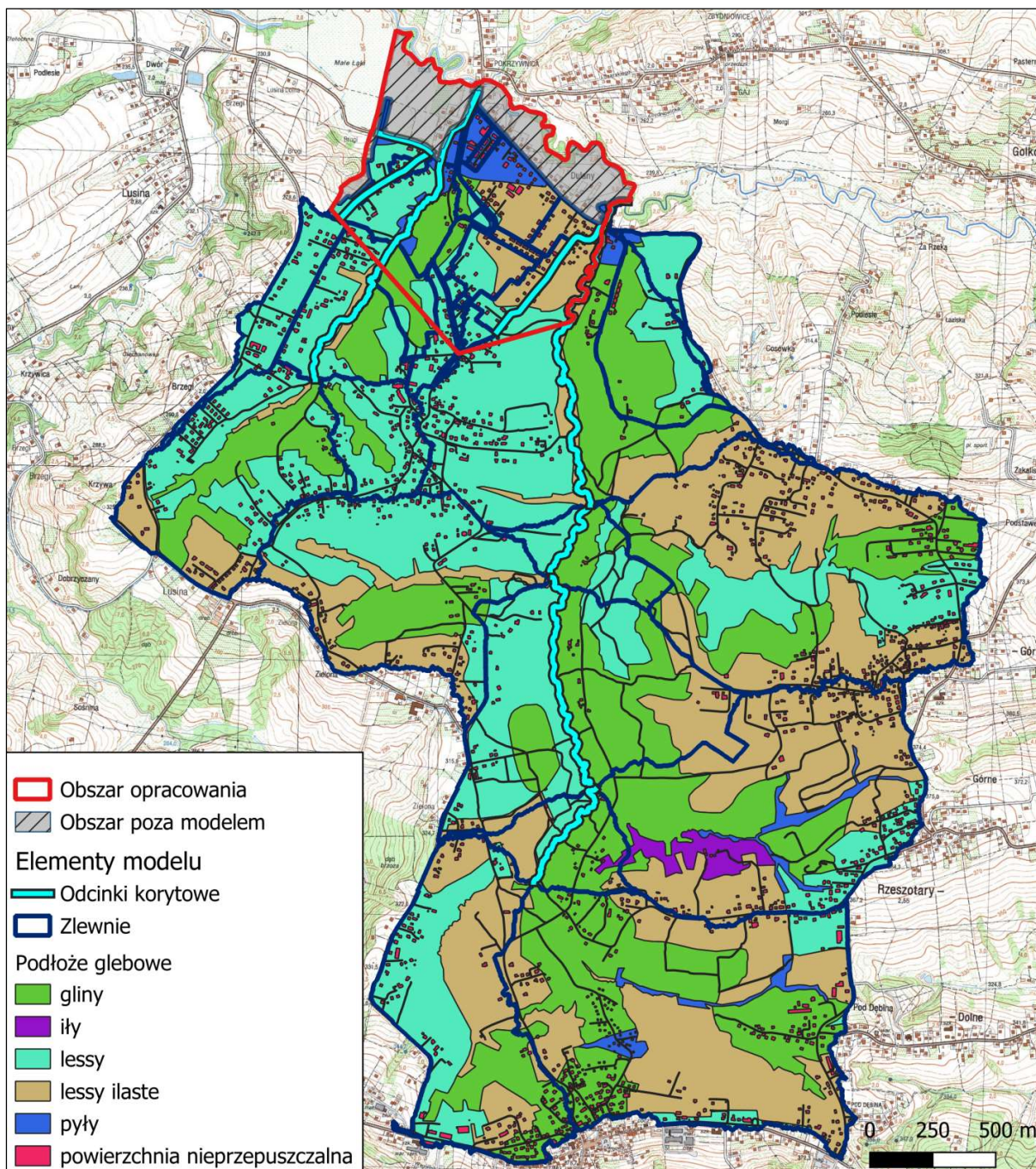
Rycina 15. Hietogram symulowanego opadu wykorzystany w modelu hydrologicznym

Straty początkowe

Proces transformacji opadu całkowitego P w opad efektywny³ P_e oparto o metodę *Soil Conservation Science* (SCS). Metoda ta zakłada, że opad efektywny dla danej zlewni wynosi zero dopóki nie zostaną przekroczone straty początkowe I_a . Dopiero, gdy to nastąpi, może rozpocząć się spływ powierzchniowy, co z kolei może prowadzić do wezbrania. Opad efektywny P_e jest zatem funkcją opadu całkowitego P , strat początkowych I_a oraz retencji glebowej S .

Retencja zlewni w tej metodzie oparta jest o parametr CN. Parametr ten wyznacza się na podstawie informacji o pokryciu terenu zlewni, rodzaju występujących gleb oraz przyjętym poziomie początkowej wilgotności zlewni. Dane o pokrywie glebowej pozyskano z Mapy glebowo-rolniczej z portalu *Małopolska Infrastruktura Informacji Przestrzennej* (Ryc. 16), natomiast pokrycie terenu pozyskano, w oparciu o Bazę Danych Obiektów Topograficznych

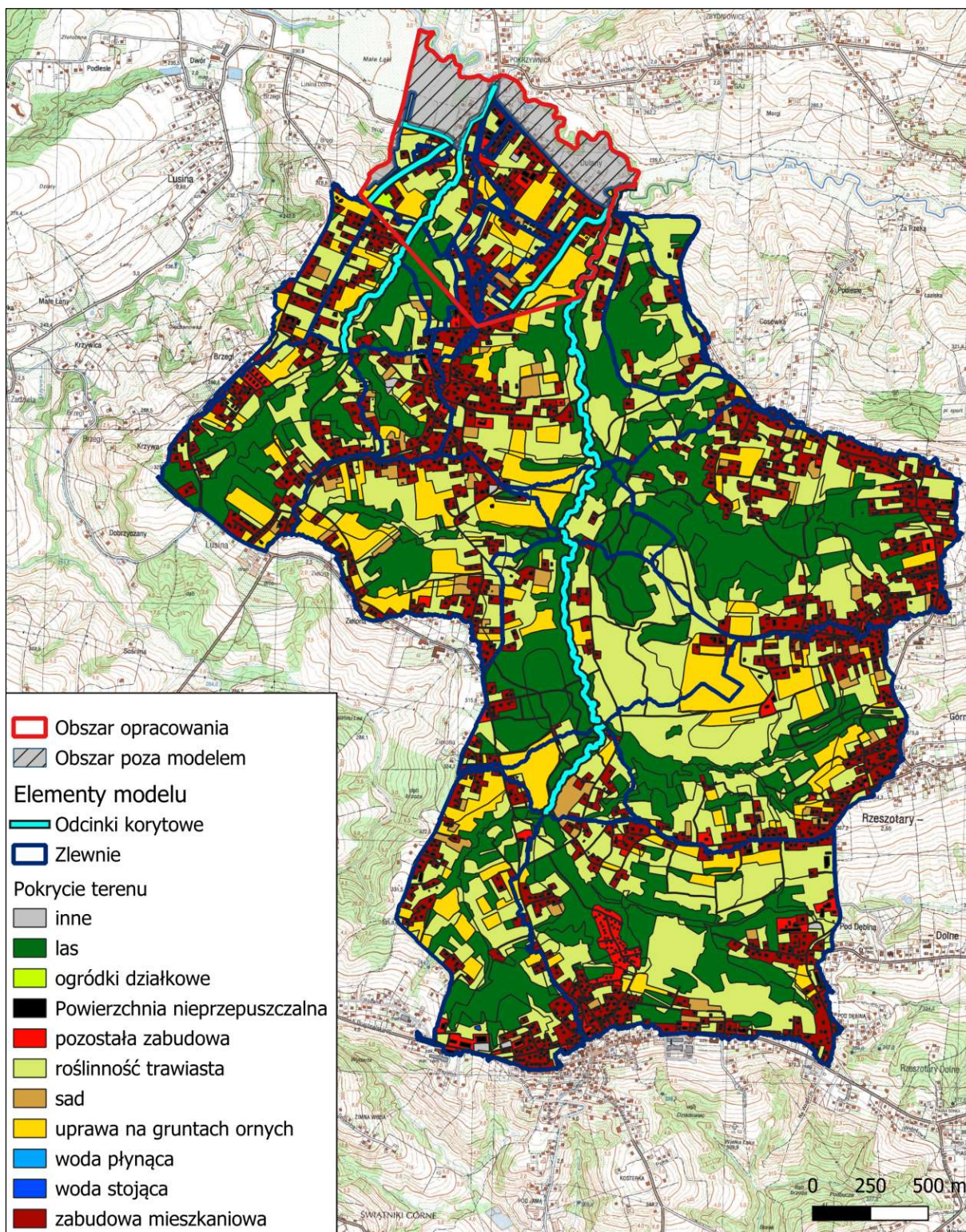
³ **opad efektywny** to jest ta część opadu całkowitego, która została przekształcona w spływ powierzchniowy, pomniejszona o straty na infiltrację (wsiąkanie), parowanie, retencję itd.



Rycina 16. Mapa glebowa analizowanych zlewni

„Obszar poza modelem” – obszar odwadniany bezpośrednio do koryta Wilgi, leżący poza obszarami sływu do urządzeń proponowanych w *Koncepcji*, i nie objęty obliczeniami modelowymi.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Mapy glebowo-rolniczej z portalu *Małopolska Infrastruktura Informacji Przestrzennej*



Rycina 17. Pokrycie terenu analizowanych zlewni, stan istniejący.

„Obszar poza modelem” – obszar odwadniany bezpośrednio do koryta Wilgi, leżący poza obszarami spływu do urządzeń proponowanych w *Koncepcji*, i nie objęty obliczeniami modelowymi.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10 000

w skali 1:10 000 (BDOT10k) (Ryc. 17). Powierzchnię nieprzepuszczalną, dla której infiltracja nie występuje, wyznaczono na podstawie warstw dróg w BDOT10k oraz warstw budynków w Ewidencji Gruntów i Budynków (EGIB) oraz BDOT10k.

Zazwyczaj przyjmuje się, że straty początkowe I_a wynoszą 20% retencji glebowej S . Tak wysokie straty początkowe znacząco obniżyłyby modelowane przepływy maksymalne. W trakcie konsultacji społecznych oraz obserwacji terenowych potwierdzono występowanie na analizowanym obszarze spływu powierzchniowego nawet podczas stosunkowo niewielkich opadów, prawdopodobnie zbliżonych do $P = 50\%$. W związku z tym w niniejszym opracowaniu przyjęto bardziej konserwatywne straty początkowe na poziomie 10% retencji glebowej S (Pociask-Karteczka J., 2006, *Zlewnia. Właściwości i procesy*. Wyd. UJ, Kraków). Bardziej konserwatywne podejście w tym przypadku oznacza podejście „ostrożniejsze”, czyli ewentualne zawyżenie obliczonych parametrów (przepływów i objętości zbiorników).

Transformacja opadu w odpływ

Odpływ ze zlewni wyznaczony metodą SCS podlega transformacji tzn. opóźnieniu odpływu ze zlewni w stosunku do wystąpienia opadu. Opóźnienie to wynika z czasu koncentracji oraz spływu wód ku punktowi zamykającemu zlewnię. Proces ten został odwzorowany w modelu według metody hydrogramu jednostkowego SCS-UH (*Soil Conservation Science Unit Hydrograph*). W ramach tej metody, czas opóźnienia odpływu ze zlewni obliczono na podstawie długości zlewni, spadku zlewni oraz współczynnika CN.

Elementy liniowe w modelu, reprezentujące odcinki koryt rzecznych oraz rowy odwadniające również wymagają zdefiniowania czasu opóźnienia. Przyjęto stałą, średnią prędkość przepływu dla każdego takiego elementu. Prędkość tę wyznaczono z równania Manninga zakładając przepływ pełnokorytowy. Przekroje poprzeczne, na podstawie których wykonano te obliczenia, pozyskano w reprezentatywnych punktach cieków z numerycznego modelu terenu.

Przepływ bazowy

Ostatnim elementem modelu hydrologicznego jest tzw. przepływ bazowy, do którego wraca zlewnia po zdarzeniu opadowym. Z uwagi na brak danych hydrometrycznych pozwalających na estymację tego zjawiska oraz koncepcyjny poziom szczegółowości zdecydowano się na pominięcie tego elementu w obliczeniach. Analizowany w niniejszym

opracowaniu odpływ ze zlewni nie uwzględnia przepływów bazowych i wynika jedynie z wystąpienia opadu (https://pzdw.pl/assets/media/IP_878/02_Hydrologia_i_hydraulika.pdf).

Reprezentacja proponowanych obiektów w modelu

Celem obliczeń hydrologicznych wykonanych na potrzeby niniejszej *Koncepcji* było wyznaczenie przepływów maksymalnych oraz objętości fal wezbraniowych na jakie musiałyby zostać zaprojektowane parametry techniczne proponowanych rozwiązań. Do osiągnięcia tego celu nie było potrzeby ich bezpośredniej reprezentacji w modelu. Wszystkie proponowane obiekty, oprócz zbiornika na działce 73/5, zostały zamodelowane w formie odpływu ze zlewni. Podejście to jest poprawne ponieważ w założeniu *Koncepcji* obiekty te mają całkowicie odprowadzać wodę poza obszar opracowania (rozumiany jako poszczególne sekcje modelu).

Wyjątkiem od tej reguły jest proponowany zbiornik na działce 73/5. Jest to jedyny proponowany obiekt, z którego zrzut wody będzie odbywał się w obrębie obszaru opracowania — do koryta Cieku bez Nazwy, poniżej działki 73/5. Zbiornik ten zamodelowano na podstawie krzywej objętości pozyskanej z NMT. Z powodu braku projektu urządzenia spustowego, odpływ ze zbiornika wprowadzono do modelu w formie przelewu. Geometrię przelewu oparto na pomiarach przeprowadzonych na NMT. Przyjęto rzędną przelewu o wysokości 244.66, szerokość przelewu wynoszącą 2 m oraz współczynnik przelewu wynoszący 1.0.

Wyniki symulacji opad-odpływ – stan proponowany

Z uwagi na dużą złożoność modelu dla stanu proponowanego oraz ilość elementów, tabela z przepływami maksymalnymi dla poszczególnych elementów modelu w stanie proponowanym załączona została w *Aneksie A*. Tabela 1 prezentuje natomiast przepływy maksymalne oraz całkowitą objętość odpływu, wyliczone metodą modelową dla poszczególnych rozwiązań omówionych w *Części II*.

Tabela 1. Przepływy maksymalne oraz całkowita objętość odpływu pokazane osobno dla opadów o prawdopodobieństwie przewyższenia $P = 50\%$ (opad dwuletni) oraz $P = 20\%$ (opad pięcioletni)
Numery w pierwszej kolumnie odnoszą się do rozwiązań problemów opisanych w Części II niniejszej Koncepcji

Identyfikator rozwiązania	Nazwa rozwiązania	Przepływ maksymalny	Przepływ maksymalny	Objętość wezbrania	Objętość wezbrania
		[m ³ /s] $P = 50\%$	[m ³ /s] $P = 20\%$	[m ³] $P = 50\%$	[m ³] $P = 20\%$
1.1	Rów na działce 73/5	0,02	0,04	90,0	159,0
1.2	Zbiornik na działce 73/5	0,17	0,35	957,0	1916,0
1.4	Odpływ z ulicy Kraśnik	0,01	0,02	31,0	54,0
2.1	Kanał burzowy na działce 116/17	0,01	0,02	74,0	134,0
2.2	Zbiornik i kanał z Osiedla Odkrywców	0,03	0,07	69,0	145,0
2.4	Rów ul. Nad Wilgą, zachód	0,08	0,16	244,0	481,0
2.4	Rów ul. Nad Wilgą, wschód	0,02	0,05	60,0	119,0
2.5	Kanał ulgi dla rowu przy ul. Nad Wilgą	0,05	0,11	192,0	385,0
2.6	Zbiornik retencyjny dla Kanału ulgi (2.5)	0,05	0,11	192,0	385,0
3.1	Ulica Urocza, zrzut do Dorzyka	0,03	0,05	100,0	186,0

Podsumowanie oraz rekomendacje

W niniejszej pracy wykonana została analiza sływu powierzchniowego. Na jej podstawie przeprowadzono matematyczną symulację *opad-odpływ* dla obszaru projektowego. Zbudowany model posłużył do wyznaczenia prawdopodobnych przepływów maksymalnych o rocznym prawdopodobieństwie przekroczenia wynoszącym odpowiednio 50% oraz 20%.

Pomimo wykorzystania najlepszych dostępnych danych oraz technik obliczeniowych, należy pamiętać, że tego rodzaju obliczenia zawsze obarczone są pewnym błędem oraz dozą niepewności.

Głównymi źródłami niepewności w niniejszym opracowaniu są:

- Brak danych kalibracyjnych pozwalających na weryfikację poprawności modelu z rzeczywistymi przepływami występującymi w badanych zlewniach (brak danych z monitoringu hydrologicznego).
- Brak pomiarów geodezyjnych koryt rzecznych oraz brak wymiarów sieci drenażowej, przez co reprezentacja czasu spływu dla zlewni oraz koryt rzecznych musiała zostać uproszczona.
- Uzyskane przepływy maksymalne są bardzo czułe na przyjętą wysokość strat początkowych. Z uwagi na brak danych kalibracyjnych, przyjęto bardziej konserwatywną (bezpieczniejszą) metodę opartą na doborze współczynnika strat początkowych, dającą w wyniku wyższe przepływy maksymalne (Pociask-Karteczka J., 2006, *Zlewnia. Właściwości i procesy*. Wyd. UJ, Kraków).
- Brak szacowanych wymiarów proponowanej infrastruktury, takiej jak rowy drenażowe czy zbiorniki retencyjne (bo projektowanie urządzeń wykracza poza ramy niniejszej *Koncepcji*), uniemożliwił jej bezpośrednią reprezentację w modelu hydrologicznym.

Na podstawie wykonanych dotychczas prac, na kolejnych etapach analizy inwestycji i projektowania, rekomenduje się rozważenie poniższych kroków:

- Przeprowadzenie serii krótkich pomiarów hydrometrycznych, co pozwoli na walidację, kalibrację oraz testy czułości modelu hydrologicznego.
- Uwzględnienie Krakowskiego modelu opadu w obliczeniach celem porównania uzyskanych przepływów maksymalnych z modelem Bogdanowicz-Stachy.
- Wykonanie pomiarów geodezyjnych sieci drenażu oraz koryta rzecznego wraz z inwentaryzacją obecnego stanu technicznego istniejącej infrastruktury.
- Wykonanie obliczeń hydraulicznych przepustów oraz rowów odwadniających, lub symulacji hydraulicznej opadu celem zlokalizowania obszarów niewystarczającej wydajności sieci drenażu.

- Uszczegółowienie modelu hydrologicznego o proponowane obiekty infrastruktury drenażowej.
- Uwzględnienie zmian klimatycznych w procesie projektowym, które zgodnie z obecnym stanem wiedzy mogą skutkować zwiększeniem intensywności opadów ekstremalnych w Polsce.

UWAGI KOŃCOWE

1)

Proponowane rozwiązania oraz obliczona przepustowość i objętość urządzeń wynika z zasad projektowania. Zasady te są zawsze kompromisem między kosztem urządzeń a ich skutecznością. Po prostu im większe urządzenie tym jego koszt jest wyższy. W terenach wiejskich i podmiejskich kanalizacje burzowe projektuje się z zasady na deszcz o 50% prawdopodobieństwie przekroczenia, czyli co drugi rok te urządzenia mogą być „za małe” (np. za mało przepustowe). Dochodzi wtedy do zalań i strat, ale w związku niewielką kumulacją majątku na takich terenach budowę lepszych (większych) urządzeń uznaje się za nieracjonalne (bo przecież większość czasu stoją one beczynnie). W niniejszym koncepcyjnym opracowaniu autor pokazuje dodatkowo wartości obliczone dla opadu o 20% prawdopodobieństwie przekroczenia (to jest raz na pięć lat), czyli dla opadu wyraźnie większego. Jeśli to jest możliwe z ekonomicznego i budżetowego punktu widzenia byłoby bardzo korzystne wykorzystanie tych drugich wartości jako sugestii do projektowania wymiarów urządzeń. Można nawet rozważyć – zupełnie na zapas i poza wytycznymi – przyjęcie dwukrotności wartości dla opadu 50%. Trzeba sobie jednak zdawać sprawę, że **w przypadku ekstremalnych zdarzeń opadowych żadne urządzenie może się nie okazać wystarczające**. Straty zawsze mogą się pojawić, i nie będzie to ani wina twórcy zasad, ani autora niniejszej *Koncepcji*, ani tym bardziej projektanta urządzeń.

Istotne jest też to, że na analizowanym terenie sytuacja hydrologiczna w ogóle, a zagrożenie powodziowe szczególnie, najprawdopodobniej będą się stale pogarszać, i to aż z dwóch niezależnych od siebie powodów. Po pierwsze mamy obecnie do czynienia z szybkimi zmianami klimatycznymi, skutkującymi m.in. zwiększeniem częstotliwości i skali zdarzeń ekstremalnych. Już nawet przyjmowane obecnie do obliczeń charakterystyki opadów („opad miarodajny”) są przypuszczalnie zaniżone, gdyż są one obliczane na podstawie obserwacji z lat poprzednich. Po wtóre teren objęty niniejszym opracowaniem ulega szybkiej suburbanizacji

zmieniając swój charakter z wiejskiego na podmiejski. Szybko przybywa nowych domów budowanych na małych działkach, co istotnie wpływa na zwiększenie zagrożeń hydrologicznych. Dlatego im większe, bardziej przepustowe i pojemne urządzenia uda się utworzyć, tym lepsze zabezpieczenie zostanie uzyskane. Jednak, jak podkreślone zostało powyżej, żadne urządzenie nie zabezpieczy nigdy danego terenu na 100%.

2)

Dbłość o urządzenia – zgodnie z art. 205 Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2017, poz. 1566) każdy właściciel terenu, na którym znajduje się urządzenie wodne (np. rów, przepust), jest odpowiedzialny za konserwację i utrzymanie tego urządzenia. Urządzeń wodnych nie tylko nie wolno niszczyć czy likwidować, ale wręcz obowiązkiem właściciela terenu jest utrzymanie urządzenia w gotowości do pełnienia jego funkcji. Wszelkie zaniedbania w utrzymywaniu i konserwacji urządzenia, a szczególnie jego niszczenie czy samowolna likwidacja podlegają odpowiednim przepisom administracyjnym i karnym (zgodnie z art. 206 Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne; Dz.U. 2017, poz. 1566).

3)

Zawsze obowiązuje zasada, że ważne jest skuteczne zagospodarowanie wód opadowych na własnej działce i nieodprowadzanie wód na działki sąsiednie. Zgodnie z art. 234 Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2017, poz. 1566) **obowiązuje zakaz zmieniania kierunku i natężenia odpływu wód opadowych lub roztopowych ze szkodą dla gruntów sąsiednich**. Tylko spływ wód opadowych w naturalnej ilości i kierunku oraz odbywający się w ramach naturalnego mechanizmu (najczęściej jest to spływ rozproszony na znacznej powierzchni) na tereny sąsiednie jest dozwolony przez Prawo wodne.

Autor niniejszej *Koncepcji hydrologicznej* jest specjalistą w zakresie hydrologii, hydrogeologii i zmian stosunków wodnych, profesorem Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

ANEKS A – PARAMETRY MODELU HYDROLOGICZNEGO

Tabela A_1. Parametryzacja zlewni w modelu hydrologicznym.

Nazwy zlewni w tabeli odnoszą się do nazw elementów modelu hydrologicznego stanowiącego załącznik cyfrowy do niniejszej *Koncepcji*.

Nazwa zlewni	Powierzchnia [km ²]	Wsp. strat [Ia]	Straty począł. [mm]	CN [–]	Pow. nieprze- puszczalna [%]	Długość zlewni [m]	Spadek zlewni [%]	Time lag [min]
Ciek 1	0,496	0,1	9,88	72	7,10%	1203	18,86	70
Ciek 2	0,156	0,1	10,89	70	10,10%	962	21,06	58
Ciek 3a	0,208	0,1	11,41	69	4,98%	780	17,64	55
Ciek 3b	0,113	0,1	8,92	74	4,54%	454	14,81	34
Ciek 3c	0,011	0,1	5,2	83	8,32%	334	8,08	27
Do Ronda Pokrzywnica	0,015	0,1	5,58	82	18,76%	483	12,89	30
Do rury 1 (#2.2)	0,056	0,1	9,88	72	5,05%	269	15,31	23
Do rury 2 (#2.2)	0,01	0,1	7,59	77	15,80%	210	13,86	17
Działki Wrzosowa 1, Zbiornik	0,041	0,1	9,88	72	11,74%	637	13,81	49
Działki Wrzosowa 2, Zbiornik	0,002	0,1	8,47	75	20,34%	68	13,01	8
Nad Wilga do Ronda 1	0,013	0,1	5,2	83	14,53%	205	5,62	22
Nad Wilga do Ronda 2	0,002	0,1	4,13	86	33,56%	189	5,36	19
Osiedle nad Wilga	0,009	0,1	4,13	86	29,22%	174	5,18	18
Rów nad Wilgą - wschód	0,03	0,1	6,75	79	11,24%	353	9,46	30
Rów nad Wilgą - zachód 1	0,09	0,1	5,96	81	10,91%	445	8,77	35
Serpentyna	0,034	0,1	8,92	74	15,51%	991	14,38	65
Serpentyna 2	0,004	0,1	8,47	75	0,00%	91	14,2	9
Spacerowa	0,028	0,1	12,51	67	8,30%	291	10,58	34
Ulica Kraśnik 1	0,121	0,1	11,95	68	11,97%	664	10,26	65
Ulica Kraśnik 2	0,021	0,1	9,88	72	15,29%	445	11,29	41
Ulica Urocza - do ujścia Dorzyka	0,043	0,1	8,02	76	11,89%	611	13,62	43
Ul Wrzosowa, Zbiornik 73/5	0,004	0,1	9,39	73	29,18%	537	19,16	35
Urocza - do działki 577	0,013	0,1	11,95	68	11,13%	161	10,2	21
Zlewnia Zbiornik 73/5	0,06	0,1	10,37	71	1,30%	554	23,31	35
Dorzyk_1	0,593	0,1	9,88	72	6,46%	1755	15,45	104
Dorzyk_2	1,111	0,1	7,59	77	6,62%	2192	17,29	102
Dorzyk_3	0,161	0,1	8,02	76	5,46%	613	17,26	38
Dorzyk_4	0,872	0,1	8,02	76	6,41%	1977	16,6	99
Dorzyk_5	0,706	0,1	10,89	70	4,35%	1211	19,27	73
Dorzyk_6	0,589	0,1	9,39	73	6,05%	1410	15,06	86

Dorzyk_7	0,142	0,1	11,41	69	3,30%	448	21,48	32
Dorzyk_8	1,069	0,1	9,39	73	7,34%	2073	20,16	101
Dorzyk_9	0,731	0,1	10,37	71	6,21%	1628	17,17	96
Dorzyk_10	0,201	0,1	9,39	73	4,46%	1350	23,25	67
Dorzyk_11	0,059	0,075	12,18	61	7,67%	991	19,32	79
Dorzyk_12	0,005	0,15	6,72	85	4,34%	166	24,26	8

Tabela A_2. Parametry odcinków korytowych

Nazwa elementu modelu	Długość [m]	Punkt początkowy wysokość [m n.p.m.]	Punkt końcowy wysokość [m n.p.m.]	Spadek [m/m]	Szorstkość wg Manninga [n]	Promień hydrauliczny R [m]	Prędkość [m/s]	Time lag [min]
Ul. Kraśnik R*	450	266,71	236,35	0,067	-	-	-	1
Rów ul. Spacerowa*	230	236,41	233,13	0,014	-	-	-	1
Rów ul. Uroczka*	782	293,95	240,05	0,069	-	-	-	2
Ciek_3_R**	15687,94	262,56	231,19	0,02	0,035	0,26	1,64	16
Dorzyk_3_R	613,04	290,15	279,26	0,018	0,035	0,62	2,77	4
Dorzyk_5_R	1209,54	279,26	261,74	0,014	0,035	0,74	2,82	7
Dorzyk_7_R	448,02	261,74	255,28	0,014	0,035	0,52	2,23	3
Dorzyk_9_R	16287,98	255,27	235,64	0,012	0,035	0,47	1,89	14
Dorzyk_12_R***	1665,77	235,64	203,23	0,196	0,035	1,19	(14,19)*** 1,89	1

* Z uwagi na brak wymiarów istniejącej infrastruktury drenażowej oraz niewielką długość odcinka transformacji, założono minimalny, jednocinutowy czas opóźnienia.

** Podczas uszczegółowienia modelu hydrologicznego na podstawie wizji terenowej, zlewnię tę podzielono na trzy subzlewnie (Ciek 3a, 3b, 3c) a czas opóźnienia rozdzielono proporcjonalnie do długości zlewni.

*** Wynik otrzymany dla Dorzyk_12_R jest nierealistyczny. Wobec braku danych o faktycznym kształcie koryta, przybliżonej rzędnej dna odczytanej z modelu terenu oraz braku obliczeń hydraulicznych napełnienia koryta, sprecyzowanie źródła tego błędu jest trudne. Dla tego odcinka koryta przyjęto prędkość przepływu taką samą, jak na odcinku powyżej (Dorzyk_9_R).