

Karol Mrozik
Czesław Przybyła

Mała retencja w planowaniu przestrzennym

Poznań 2013

Praca częściowo wykonana w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki nr 2011/01/B/HS4/03298.

Recenzent: prof. zw. dr hab. inż. Anna Pływaczyk – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Korekta: Ewa Janecka

Ryciny i fotografie: Karol Mrozik

Copyright by Karol Mrozik, Czesław Przybyła

ISBN 978-83-64246-06-7

Nakład: 500

Ark. wyd. 17,4

Ark. druk. 27

PRODRUK
www.prodruk.poznan.pl

Z satysfakcją przekazujemy Państwu niniejsze opracowanie powstałe dzięki wsparciu finansowemu Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Poznaniu.

Publikacja ta jest efektem działań mających wpływ na wzrost świadomości i rozwój postaw ekologicznych w naszym regionie. Jesteśmy przekonani, że będzie ona dla Państwa inspiracją oraz cennym źródłem informacji.

W imieniu Wojewódzkiego Funduszu
Ochrony Środowiska i Gospodarki
Wodnej w Poznaniu
Hanna Grunt
Prezes Zarządu



Spis treści

1.	Wstęp	5
2.	Formalnoprawne uwarunkowania planowania przestrzennego w kształtowaniu zdolności retencyjnych zlewni	9
3.	Możliwości kształtowania zdolności retencyjnych zlewni w aspekcie planowania przestrzennego	25
4.	Tereny użytkowane rolniczo	39
4.1.	Cel i zakres pracy	39
4.2.	Metodyka badań i charakterystyka danych źródłowych	40
4.3.	Charakterystyka terenu badań	45
4.3.1.	Charakterystyka fizjograficzna zlewni rzeki Kani	45
4.3.2.	Charakterystyka hydrometeorologiczna zlewni	66
4.4.	Analiza narzędzi planowania w gospodarowaniu wodami	75
4.5.	Charakterystyka zabiegów uwzględnionych w DSS FLEXT.	83
4.6.	Określenie dominujących komponentów odpływu i potencjalnej efektywnej naturalnej retencyjności zlewni – DSS FLAB	114
4.7.	Wyznaczenie optymalnych zabiegów poprawy naturalnej retencyjności w zlewni Kani oraz ich przestrzennego rozmieszczenia – DSS FLEXT	135
4.8.	Porównanie potencjalnych efektów zastosowania zabiegów planistycznych i agrotechnicznych z metodami technicznymi oraz określenie możliwości ich współdziałania.	152
4.9.	Wytyczne i kierunki kształtowania krajobrazu (zasobów wodnych) do uwzględnienia w procesie przygotowywania projektów dokumentów planistycznych na poziomie lokalnym i regionalnym – możliwości zastosowania opracowanych wyników	158
5.	Tereny zurbanizowane	163
5.1.	Problem zarządzania zlewniowego na przykładzie Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego	163
5.2.	Zagospodarowanie wód deszczowych na terenach zurbanizowanych	169
5.2.1.	Charakterystyka zlewni Skórzynki	170
5.2.2.	Charakterystyka opadów w zlewni Skórzynki	173
5.2.3.	Ocena potencjału retencyjnego zlewni Skórzynki	176

5.2.4.	Przegląd możliwości zagospodarowania wód opadowych na terenach zurbanizowanych.	178
5.2.5.	Wytyczne dla terenów zurbanizowanych.	180
6.	Podsumowanie i wnioski	183
7.	Literatura	187
8.	Streszczenie	203
9.	Summary	205
10.	Spis tabel	207
11.	Spis rycin	209
12.	Spis fotografii	213
13.	Wykaz skrótów zastosowanych w pracy	215

1. Wstęp

Zainteresowanie małą retencją pojawia się z reguły jako konsekwencja susz i powodzi oraz niekorzystnych skutków wywoływanych przez te zjawiska. W ostatnich latach susze i powodzie w Polsce odnotowuje się częściej niż inne niekorzystne zjawiska atmosferyczne. Ponadto obejmują one znaczne obszary oraz wywołują największe straty w plonach rolniczych i infrastrukturze technicznej [Łabędzki 2006].

W dwóch ostatnich dekadach wystąpiło w Polsce wiele zjawisk ekstremalnych, z których szczególnie dotkliwe okazały się powodzie w 1997, 2001 i 2010 r. oraz susze w 1992 i 2006 r. [Kundzewicz i Szwed 2008]. Coraz większym wyzwaniem stają się obecnie powodzie miejskie, gdyż te lokalnie występujące zdarzenia powodują często dotkliwe straty w infrastrukturze technicznej czy budynkach mieszkalnych – trudne do sfinansowania z własnych środków przez władze lokalne bądź mieszkańców bez wsparcia budżetu państwa wynikającego z uznania zdarzenia za klęskę żywiołową.

Polska położona jest w strefie klimatu umiarkowanego typu przejściowego i cechuje się chwiejną równowagą bilansu wodnego, co oznacza występowanie na tych samych terenach zarówno nadmiarów, jak i niedoborów wód [Mioduszeowski 2012, Szajda-Birnfeld i in. 2012]. Niemal na 20% terytorium Polski notuje się rocznie opady poniżej 500 mm, co odpowiada najbardziej suchym regionom Europy. W skali kraju z kolei do najbardziej deficytowych w wodę obszarów Polski zaliczyć można dorzecze Warty, a zwłaszcza środkową Wielkopolskę [Przybyła i Tymczuk 2005, Polityka Ekologiczna Państwa 2008]. W tej sytuacji każda forma retencji pozwalająca na poprawę zdolności retencyjnej zlewni jest uzasadniona i pożądana. Zwłaszcza zabiegi rolnicze i leśne (właściwe rozmieszczenie pokrywy roślinnej, prawidłowa uprawa gleby) ze względu na ich stosowanie na dużych powierzchniach oraz powtarzalność mają często dużo większy wpływ na gospodarowanie wodą niż zabiegi wodno-techniczne [Pływaczyk i Kowalczyk 2007]. Wyjątkiem są oczywiście obszary silnie zurbanizowanych niewielkich zlewni, gdzie trzeba stosować zabiegi typowe dla terenów zabudowanych.

Badania dotyczące globalnych zmian klimatu nie wskazują jednoznacznych projekcji dla terytorium Polski. Zgodnie prognozowany jest tylko ogólny wzrost częstości i amplitudy zjawisk ekstremalnych, tzn. susz i powodzi [IPCC 2007]. W konsekwencji niezbędna okazuje się adaptacja naszej gospodarki

m.in. w dziedzinie rolnictwa i gospodarki wodnej. Celem adaptacji jest ograniczenie zagrożeń i szkód związanych z obecnymi bądź przyszłymi szkodliwymi skutkami w sposób oszczędny lub wykorzystujący ewentualne korzyści. Zielona Księga Komisji Wspólnot Europejskich z dnia 29 czerwca 2007 r. *Adaptacja do zmian klimatycznych w Europie – warianty działań na szczeblu UE* [Zielona Księga... 2007] jako przykładowe działania wskazuje m.in. efektywne korzystanie z zasobów wodnych, dostosowanie upraw do ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz opracowanie planów przestrzennych.

Obecnie coraz powszechniej uznaje się rolę planowania przestrzennego w przeciwdziałaniu powodziom i suszom. Kwestia ta nabiera dużego znaczenia zwłaszcza w kontekście przekształcania gruntów ornych w grunty zabudowane i zurbanizowane, co znacząco wpływa na wzrost odpływu i podnosi przepływy maksymalne w lokalnych ciekach miejskich i podmiejskich.

Europa jest obecnie jednym z najbardziej zurbanizowanych kontynentów, na którym ok. 75% mieszkańców żyje na terenach zurbanizowanych. W 2020 r. liczba ta wzrośnie do ok. 80%. Tymczasem w ostatnim dwudziestoleciu obszary zabudowane w Europie zwiększyły się o 20%, przy wzroście ludności o zaledwie 6% [Lisowski i Grochowski 2008, EEA 2006]. Rozwój miast skutkuje znacznymi zmianami użytkowania terenu i powiązań funkcjonalnych pomiędzy obszarami miejskimi i wiejskimi. Zmieniające się relacje pomiędzy użytkowaniem obszarów miejskich i wiejskich prowadzą do zmian jakości życia mieszkańców, środowiska i świadczeń ekosystemów, w tym zasobów wodnych. Zmiany te są najbardziej widoczne na obszarach podmiejskich [Przybyła i in. 2011, Nilsson i in. 2013].

Ocena zdolności retencyjnych zlewni jest procedurą złożoną i wykonują ją specjaliści z zakresu hydrologii, hydrogeologii i gospodarki wodnej [por. Sołowiej 1992]. Obecnie jednak coraz częściej dokumenty programowe oraz akty prawne zarówno na poziomie krajowym, jak i europejskim podkreślają priorytetową rolę planowania przestrzennego we wspieraniu zrównoważonego zarządzania zasobami wodnymi, m.in. poprzez poprawę zdolności retencyjnych zlewni.

Niniejsze opracowanie stanowi źródło informacji dotyczących racjonalnych, zaliczanych do małej retencji metod gospodarowania wodą zarówno na terenach użytkowanych rolniczo, jak i zurbanizowanych. Ponadto w pracy omówiono formalnoprawne uwarunkowania oraz teoretyczne podstawy dotyczące możliwości poprawy retencyjności zlewni z punktu widzenia planowania przestrzennego. W drugiej części monografii przedstawiono studium przypadku rzeki Kani w powiecie gostyńskim, które wykonane zostało w ramach pracy doktorskiej Karola Mrozika pt. *Zdolności retencyjne zlewni rzeki Kani w aspekcie planowania przestrzennego*, realizowanej w Katedrze Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, oraz położonej w obrębie Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego zlewni Skórzynki.

Poniższe opracowanie powstało w ramach realizacji projektu pt. *Popularyzacja wiedzy dotyczącej możliwości poprawy zdolności retencyjnych zlewni poprzez wskazywanie działań z zakresu małej retencji wodnej w opracowaniach planistycznych (monografia i seminaria)* dofinansowanego przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Poznaniu oraz projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki pt. *Wykorzystanie bazującej na GIS analizy wielokryterialnej jako wsparcia procesu podejmowania decyzji w planowaniu przestrzennym w celu poprawy zarządzania ryzykiem powodziowym.*

2. Formalnoprawne uwarunkowania planowania przestrzennego w kształtowaniu zdolności retencyjnych zlewni

Polityka Ekologiczna Państwa w latach 2009-2012 (PEP) z perspektywą do roku 2016 [2008] uznaje racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi za jedno z najtrudniejszych zadań (m.in. zapewnienie wystarczającej ilości wody o odpowiedniej jakości dla potrzeb rolnictwa, ochrona ludności i jej mienia przed skutkami zjawisk ekstremalnych). Wśród głównych zadań średniookresowych do roku 2016 wymienia się m.in. zwiększenie retencji wodnej oraz przywrócenie właściwej roli planowania przestrzennego.

Na lata 2009-2012 PEP zakładała jako konieczne wdrożenie wytycznych metodycznych dotyczących uwzględnienia w planach zagospodarowania przestrzennego wymagań ochrony środowiska i gospodarki wodnej, w szczególności wynikających z opracowań ekofizjograficznych, w tym uwzględnianie obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi. PEP wymienia także zobowiązania wynikające z dyrektywy powodziowej oraz rozwój małej retencji wody, jak również modernizację systemów melioracyjnych przez zaopatrzenie ich w urządzenia piętrzące wodę, umożliwiające sterowanie odpływem.

Również Projekt Narodowej Strategii Gospodarowania Wodami 2030 (NSGW) (z uwzględnieniem etapu 2015) [2008] za cele strategiczne uznaje zaspokojenie potrzeb wodnych ludności i gospodarki oraz podniesienie skuteczności ich ochrony w sytuacjach kryzysowych.

Krajowy system zabezpieczenia przed powodzią opiera się obecnie na systemach technicznych. Obejmuje jednak także działania nietechniczne ukierunkowane m.in. na zapobieganie utracie retencyjności terenów nieurbanizowanych i rekompensatę utraty naturalnej retencyjności na terenach poddanych urbanizacji. Z kolei suszom można przeciwdziałać poprzez zwiększenie retencyjności zarówno obszarów rolniczych, jak i leśnych (techniczne i nietechniczne działania z zakresu małej retencji) oraz zurbanizowanych i uprzemysłowionych (zagospodarowanie wód opadowych). Projekt NSGW wskazuje także na brak zintegrowanego systemu gospodarowania i zarządzania zasobami wodnymi oraz niewystarczający poziom integracji dokumentów planowania w gospodarowaniu wodami, w tym w sferze ochrony przed powodzią, z dokumentami z zakresu planowania i zagospodarowania

przestrzennego – nieuwzględnienie uwarunkowań wynikających ze stanu i celów gospodarowania wodami w reformach legislacyjnych planowania i zagospodarowania przestrzennego. Bieżące zmiany polskiego systemu prawnego wymuszała konieczność implementacji do polskiego prawa zasad m.in. dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Ramowa Dyrektywa Wodna), a następnie dyrektywy 2007/60/WE z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (Dyrektywa Powodziowa). Zgodnie z Dyrektywą Powodziową Polska jest zobowiązana kolejno opracować: wstępną ocenę ryzyka powodziowego (WORP) (22.12.2011), mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego (22.12.2013) oraz plany zarządzania ryzykiem powodziowym (PZRP) w obszarach dorzeczy (22.12.2015). W celach zarządzania ryzykiem powodziowym szczególny nacisk powinien zostać położony na ograniczenie potencjalnych negatywnych konsekwencji powodzi oraz działania nietechniczne i zmniejszanie prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi. Plany zarządzania ryzykiem powodziowym, poza zasięgiem powodzi, tras przejścia fali powodziowej oraz poszczególnych kosztów i korzyści, uwzględniają m.in. obszary o potencjalnej retencji wód powierzchniowych, gospodarowanie gruntami i wodą oraz planowanie przestrzenne i zagospodarowanie terenu.

Natomiast wśród identyfikowanych problemów w Projekcie NSGW w zakresie zagrożenia i stanu zabezpieczenia przed powodzią i suszą wymienione zostały m.in. utrata naturalnej retencji zlewni rzecznych na skutek urbanizacji, melioracji odwadniających i stosunkowo niewielkiej powierzchni lasów, brak regulacji prawnych oraz procedur i metodyk dla oceny ryzyka powodziowego, w tym m.in. standardów oceny efektywności systemu ochrony przed powodzią oraz niewystarczający zakres wykorzystania nietechnicznych metod ograniczania skutków powodzi, a także niewykorzystane możliwości powiększania małej retencji i innych środków podnoszących retencyjność zlewni.

Podstawowym aktem prawnym regulującym ochronę przed powodzią oraz suszą w Polsce jest Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (PW) [tj. Dz. U. z 2012 r. poz. 145 ze zm.]. Zgodnie z Działem Va „Ochrona przed powodzią” (art. 88a-q) ochronę przed powodzią prowadzi się z uwzględnieniem map zagrożenia powodziowego, map ryzyka powodziowego oraz planów zarządzania ryzykiem powodziowym. Wcześniej funkcję tę spełniały plany ochrony przeciwpowodziowej oraz przeciwdziałania skutkom suszy na obszarze kraju, a także plany ochrony przeciwpowodziowej regionu wodnego.

Wstępną ocenę ryzyka powodziowego sporządza się dla obszarów dorzeczy. Zawiera ona m.in. opis powodzi historycznych, ocenę potencjalnych negatywnych skutków powodzi mogących wystąpić w przyszłości dla życia i zdrowia ludzi, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej, a także określenie obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi. W miarę możliwości powinna

także uwzględniać prognozę długofalowego rozwoju wydarzeń, w tym w szczególności wpływu zmian klimatu na występowanie powodzi. Wstępną ocenę ryzyka powodziowego przygotowuje prezes Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej (KZGW).

W kolejnym etapie prac dla obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi wskazanych we wstępnej ocenie ryzyka powodziowego sporządza się mapy zagrożenia powodziowego. Mapy te zawierają informacje o zasięgu powodzi, głębokości wody lub poziomie zwierciadła wody, a w uzasadnionych przypadkach także o prędkości przepływu wody lub natężeniu przepływu wody.

Na mapach tych przedstawia się:

- 1) obszary z niskim prawdopodobieństwem wystąpienia powodzi wynoszącym raz na 500 lat, na których istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia ekstremalnego;
- 2) obszary szczególnego zagrożenia powodzią, czyli:
 - a) obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi raz na 100 lat,
 - b) obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest wysokie i wynosi raz na 10 lat,
 - c) obszary między linią brzegu a wałem przeciwpowodziowym lub naturalnym wysokim brzegiem, w który wbudowano trasę wału przeciwpowodziowego, a także wyspy i przymuliska powstałe w sposób naturalny na gruntach pokrytych wodami powierzchniowymi stanowiące działki ewidencyjne,
 - d) pas techniczny stanowiący część pasa nadbrzeżnego w rozumieniu art. 36 ustawy z dnia 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej [tj. Dz. U. z 2003 r. nr 153, poz. 1502 ze zm.];
- 3) obszary obejmujące tereny zagrożone zalaniem w przypadku:
 - a) przelania się wód przez koronę wału przeciwpowodziowego,
 - b) zniszczenia lub uszkodzenia wału przeciwpowodziowego,
 - c) zniszczenia lub uszkodzenia budowli piętrzących,
 - d) zniszczenia lub uszkodzenia budowli ochronnych pasa technicznego.

Następnie dla wymienionych wyżej obszarów opracowuje się mapy ryzyka powodziowego zawierające:

- 1) szacunkową liczbę mieszkańców, którzy mogą być dotknięci powodzią;
- 2) rodzaje działalności gospodarczej wykonywanej na danym obszarze;
- 3) instalacje mogące w razie wystąpienia powodzi spowodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości;
- 4) występowanie ujęć wody, stref ochronnych ujęć wody lub obszarów ochronnych zbiorników wód śródlądowych, kąpielisk, obszarów Natura 2000, parków narodowych oraz rezerwatów przyrody.

W uzasadnionych przypadkach na mapach ryzyka powodziowego przedstawia się potencjalne ogniska zanieczyszczeń wody oraz obszary, na których mogą wystąpić powodzie z towarzyszącym im transportem dużej ilości osadów i rumowiska.

Mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego sporządza prezes KZGW. Dalej poprzez dyrektorów regionalnych zarządów gospodarki morskiej trafiają m.in. do właściwych wójtów (burmistrzów i prezydentów miast) oraz starostów.

Granice obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi przedstawione na wymienionych wyżej mapach powinno się uwzględniać w koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju, planie zagospodarowania przestrzennego województwa, miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego oraz w decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego lub decyzji o warunkach zabudowy.

Pierwsza WORP została opracowana dla obszaru Polski w ramach projektu *Informatyczny System Ochrony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami* (ISOK) finansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Wstępna ocena ryzyka powodziowego została wykonana przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB – Centra Modelowania Powodziowego w Gdyni, w Krakowie, w Poznaniu, we Wrocławiu, w konsultacji z Krajowym Zarządem Gospodarki Wodnej. W ramach wstępnej oceny ryzyka powodziowego zostały zidentyfikowane znaczące powodzie historyczne, jak również powodzie, które mogą wystąpić w przyszłości (tzw. powodzie prawdopodobne), które stanowiły podstawę do wyznaczenia obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi. Raport z wykonania WORP wraz z załącznikami (m.in. mapy obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi, mapy znacznych powodzi historycznych, mapy obszarów, na których wystąpienie powodzi jest prawdopodobne – dostępne także dla poszczególnych województw) dostępny jest na stronie KZGW w zakładce materiały informacyjne – wstępna ocena ryzyka powodziowego (www.kzgw.gov.pl).

Dla obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi, wskazanych we wstępnej ocenie ryzyka powodziowego, powinny zostać wykonane do dnia 22 grudnia 2013 r. dokładne mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego. Na ich podstawie z kolei dla obszarów dorzeczy oraz dla regionów wodnych zostaną przygotowane plany zarządzania ryzykiem powodziowym zawierające:

- 1) mapę obszaru dorzecza, na której są zaznaczone obszary narażone na niebezpieczeństwo powodzi;
- 2) mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego wraz z opisem wniosków z analizy tych map;
- 3) opis celów zarządzania ryzykiem powodziowym;
- 4) katalog działań służących osiągnięciu celów zarządzania ryzykiem powodziowym, z uwzględnieniem ich priorytetu.

PZRP dla obszarów dorzeczy przygotowuje prezes KZGW w uzgodnieniu z ministrem właściwym do spraw gospodarki wodnej (obecnie ministrem środowiska), natomiast PZRP dla regionów wodnych przygotowują dyrektorzy RZGW.

Zarówno wstępna ocena ryzyka powodziowego, jak i mapy zagrożenia powodziowego, mapy ryzyka powodziowego oraz sam PZRP podlegają przeglądowi co 6 lat oraz w razie potrzeby aktualizacji.

Wśród sposobów realizacji ochrony ludzi i mienia przed powodzią wymienione w PW zostały m.in.:

- kształtowanie zagospodarowania przestrzennego dolin rzecznych lub terenów zalewowych,
- racjonalne retencjonowanie wód oraz użytkowanie budowli przeciwpowodziowych, a także sterowanie przepływami wód,
- zachowanie, tworzenie i odtwarzanie systemów retencji wód.

Na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią zabrania się wykonywania robót oraz czynności utrudniających ochronę przed powodzią lub zwiększających zagrożenie powodziowe, w tym m.in. wykonywania urządzeń wodnych oraz budowy innych obiektów budowlanych. Dyrektor RZGW może w drodze decyzji zwolnić od powyższych zakazów, jeżeli nie utrudni to ochrony przed powodzią. Na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią dyrektor RZGW w drodze decyzji może w celu zapewnienia właściwych warunków przepływu wód powodziowych wskazać sposób uprawy i zagospodarowania gruntów oraz rodzaje upraw wynikające z wymagań ochrony przed powodzią, a także nakazać usunięcie drzew lub krzewów (po uzgodnieniu z właściwym regionalnym dyrektorem ochrony środowiska). Na etapie wydawania decyzji dyrektor RZGW dla stwierdzenia, czy zamierzone działanie nie utrudni ochrony przed powodzią, może zasięgnąć opinii państwowej służby hydrologiczno-meteorologicznej.

Zgodnie ze starym systemem prawnym dla potrzeb planowania ochrony przed powodzią (planów ochrony przeciwpowodziowej oraz przeciwdziałania skutkom suszy na obszarze kraju, a także planów ochrony przeciwpowodziowej regionu wodnego) dyrektor regionalnego zarządu gospodarki wodnej sporządzał studium ochrony przeciwpowodziowej ustalające granice zasięgu wód powodziowych o określonym prawdopodobieństwie występowania oraz kierunki ochrony przed powodzią. Wytyczony obszar uwzględniało się następnie przy sporządzaniu planu zagospodarowania przestrzennego województwa, studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy, miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, decyzji o lokalizacji inwestycji celu publicznego i decyzji o warunkach zabudowy.

Obecnie na obszarach, dla których dyrektor RZGW wykonał studium ochrony przeciwpowodziowej, będzie ono obowiązywać do dnia sporządzenia mapy zagrożenia powodziowego.

Zgodnie z Działem Vb „Ochrona przed suszą” (art. 88r-t) ochronę przed suszą prowadzi się zgodnie z planami przeciwdziałania skutkom suszy na obszarach dorzeczy oraz planami przeciwdziałania skutkom suszy w regionach wodnych. Plany te zawierają:

- 1) analizę możliwości powiększenia dyspozycyjnych zasobów wodnych;
- 2) propozycję budowy, rozbudowy lub przebudowy urządzeń wodnych;
- 3) propozycję niezbędnych zmian w zakresie korzystania z zasobów wodnych oraz zmian naturalnej i sztucznej retencji;
- 4) katalog działań służących ograniczeniu skutków suszy.

Plany przeciwdziałania skutkom suszy na obszarach dorzeczy przygotowuje Prezes KZGW w uzgodnieniu z ministrami właściwymi do spraw gospodarki wodnej (obecnie minister środowiska) i do spraw rozwoju wsi (minister rolnictwa i rozwoju wsi), a plany przeciwdziałania skutkom suszy w regionach wodnych przygotowują dyrektorzy RZGW. Aktualizacji tych dokumentów dokonuje się co 6 lat.

Warto zaznaczyć, że do planowania w gospodarowaniu wodami z wymienionych wcześniej zaliczono tylko plan zarządzania ryzykiem powodziowym. Pozostałe opracowania związane z planowaniem w gospodarowaniu wodami (program wodno-środowiskowy kraju, plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza, warunki korzystania z wód regionu wodnego) uwzględnione zostały w Dziale VI PW „Zarządzanie zasobami wodnymi”, Rozdział 3 „Planowanie w gospodarowaniu wodami” (art. 112-121).

Program wodno-środowiskowy kraju określa podstawowe i uzupełniające działania zmierzające do poprawy lub utrzymania dobrego stanu wód w poszczególnych obszarach dorzeczy, m.in. działania służące propagowaniu skutecznego i zrównoważonego korzystania z wody w celu niedopuszczenia do zagrożenia realizacji celów środowiskowych oraz działania na rzecz optymalizowania zasad kształtowania zasobów wodnych i warunków korzystania z nich, w tym działania na rzecz kontroli poboru wody.

Zakres planu gospodarowania wodami określony został w art. 114.1 PW. Zawiera on m.in. podsumowanie działań zawartych w programie wodno-środowiskowym kraju, z uwzględnieniem sposobów osiągnięcia ustanawianych celów środowiskowych. Programy gospodarowania wodami dziesięciu dorzeczy występujących w Polsce zatwierdzono na posiedzeniu Rady Ministrów w dniu 22 lutego 2011 r.

Zaproponowane programy dla poszczególnych scalonych jednolitych części wód (SJCW) stanowią zbiór efektywnych, skutecznych i realnych do wykonania działań. Poszczególne działania zostały podzielone zgodnie z wymogami RDW na działania podstawowe i uzupełniające (art. 113b PW). Działania podstawowe uwzględniają zobowiązania dyrektyw europejskich (załącznik VIA RDW) i obejmują m.in. działania:

- umożliwiające wdrożenie przepisów prawa Unii Europejskiej dotyczących ochrony wód;

- służące wdrożeniu zasady zwrotu kosztów usług wodnych;
- służące propagowaniu skutecznego i zrównoważonego korzystania z wody w celu niedopuszczenia do zagrożenia realizacji celów środowiskowych;
- służące zaspokajaniu obecnych i przyszłych potrzeb wodnych w zakresie zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia;
- prewencyjne, ochronne i kontrolne, związane z ochroną wód przed zanieczyszczeniami pochodzącymi ze źródeł punktowych i rozproszonych;
- na rzecz optymalizowania zasad kształtowania zasobów wodnych i warunków korzystania z nich, w tym działania na rzecz kontroli poboru wody (art. 113b ust. 2 PW).

Działania uzupełniające określone zostały natomiast w załączniku VIB RDW, a w prawie polskim w art. 113b ust. 5 PW i obejmują:

- środki prawne, administracyjne i ekonomiczne niezbędne do zapewnienia optymalnego wdrożenia przyjętych działań;
- wynegocjowane porozumienia dotyczące korzystania ze środowiska;
- działania na rzecz ograniczenia emisji;
- zasady dobrej praktyki;
- rekonstrukcję terenów podmokłych;
- działania służące efektywnemu korzystaniu z wody i ponownemu jej wykorzystaniu, m.in. promowanie technologii polegających na efektywnym wykorzystaniu wody w przemyśle i wodooszczędnych technik nawodnień;
- przedsięwzięcia techniczne, badawcze, rozwojowe, demonstracyjne i edukacyjne.

Program wodno-środowiskowy kraju podlega przeglądowi co 6 lat i w razie potrzeby aktualizacji, z kolei aktualizacji planu gospodarowania wodami na obszarze dorzecza dokonuje się każdorazowo co 6 lat. Dokumenty te opracowuje prezes KZGW.

Podstawą sporządzenia tych programów są dokumentacje planistyczne i opracowania wykonywane dla różnych poziomów odniesienia: jednolitych części wód, scalonych części wód powierzchniowych, zlewni bilansowych, regionów wodnych czy dorzeczy.

Na potrzeby programu wodno-środowiskowego kraju oraz planu gospodarowania wodami na obszarze dorzecza sporządza się następujące dokumentacje planistyczne:

- a) wykazy jednolitych części wód, ze wskazaniem sztucznych i silnie zmienionych jednolitych części wód oraz jednolitych części wód zagrożonych nieosiągnięciem celów środowiskowych,
- b) charakterystyki jednolitych części wód,
- c) identyfikację znaczących oddziaływań antropogenicznych i ocenę ich wpływu na stan wód powierzchniowych i podziemnych,
- d) identyfikację oddziaływań zmian poziomów wód podziemnych,

- e) rejestr wykazów obszarów chronionych zawierający wykazy:
 - jednolitych części wód, przeznaczonych do poboru wody w celu zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia,
 - obszarów przeznaczonych do ochrony gatunków zwierząt wodnych o znaczeniu gospodarczym,
 - jednolitych części wód przeznaczonych do celów rekreacyjnych, w tym kąpieliskowych,
 - obszarów wrażliwych na eutrofizację wywołaną zanieczyszczeniami pochodzącymi ze źródeł komunalnych,
 - obszarów narażonych na zanieczyszczenia związkami azotu pochodzącymi ze źródeł rolniczych,
 - obszarów przeznaczonych do ochrony siedlisk lub gatunków, ustanowionych w ustawie o ochronie przyrody, dla których utrzymanie lub poprawa stanu wód jest ważnym czynnikiem w ich ochronie,
- f) analizy ekonomiczne związane z korzystaniem z wód,
- g) programy monitoringu wód.

Opracowując wymienione wyżej dokumentacje planistyczne, uwzględnia się sporządzane przez dyrektorów RZGW dla poszczególnych regionów wodnych:

- a) identyfikację znaczących oddziaływań antropogenicznych i ocenę ich wpływu na stan wód powierzchniowych i podziemnych,
 - b) wykazy wielkości emisji i stężeń substancji priorytetowych i innych, dla których zostały określone środowiskowe normy jakości,
 - c) identyfikację oddziaływań zmian poziomów wód podziemnych,
 - d) wykazy wód powierzchniowych i podziemnych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia,
 - e) wykazy wód powierzchniowych wykorzystywanych do celów rekreacyjnych,
 - f) wykazy wód powierzchniowych przeznaczonych do bytowania ryb, skorupiaków i mięczaków oraz umożliwiających migrację ryb,
 - g) wykazy wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych;
 - h) analizy ekonomiczne związane z korzystaniem z wód.
- Warunki korzystania z wód regionu wodnego określają (art. 115.1. PW):
- 1) szczegółowe wymagania w zakresie stanu wód wynikające z ustalonych celów środowiskowych;
 - 2) priorytety w zaspokajaniu potrzeb wodnych;
 - 3) ograniczenia w korzystaniu z wód na obszarze regionu wodnego lub jego części albo dla wskazanych jednolitych części wód niezbędne dla osiągnięcia ustalonych celów środowiskowych, w szczególności w zakresie:
 - a) poboru wód powierzchniowych lub podziemnych,
 - b) wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi,

- c) wprowadzania substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego do wód, ziemi lub urządzeń kanalizacyjnych,
- d) wykonywania nowych urządzeń wodnych.

W przypadku sporządzania warunków korzystania z wód regionu wodnego uwzględnia się ustalenia planów zagospodarowania przestrzennego oraz ustalenia zawarte w dokumentacjach hydrogeologicznych dotyczących w szczególności ustalenia zasobów wód podziemnych oraz określenia warunków hydrogeologicznych w związku z ustanowieniem obszarów ochronnych zbiorników wód podziemnych.

Ustalenia zawarte w programie wodno-środowiskowym kraju, planach gospodarowania wodami, planach zarządzania ryzykiem powodziowym i planach przeciwdziałania skutkom suszy na obszarze dorzecza uwzględnia się w:

- 1) koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju,
- 2) strategii rozwoju województwa,
- 3) planach zagospodarowania przestrzennego województwa,
- 4) studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy
- 5) miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego.

Zasady kształtowania polityki przestrzennej przez jednostki samorządu terytorialnego i organy administracji rządowej oraz zakres i sposoby postępowania w sprawach przeznaczania terenów na określone cele, a także ustalania zasad ich zagospodarowania i zabudowy określa z kolei Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (UoPiZP) [Dz. U. z 2012 r. poz. 647 ze zm.]. Podstawą tych działań są:

- 1) ład przestrzenny, czyli takie ukształtowanie przestrzeni, które tworzy harmonijną całość oraz uwzględnia w uporządkowanych relacjach wszelkie uwarunkowania i wymagania funkcjonalne, społeczno-gospodarcze, środowiskowe, kulturowe, a także kompozycyjno-estetyczne (art. 2 pkt 1 UoPiZP),
- 2) zrównoważony rozwój, czyli taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń (art. 3 pkt 50 Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (POŚ) [Dz. U. z 2008 r. nr 25 poz. 150 ze zm.]).

W gospodarowaniu wodami natomiast bierze się pod uwagę zasadę racjonalnego i całościowego traktowania zasobów wód powierzchniowych i podziemnych, z uwzględnieniem ich ilości i jakości, oraz zasadę wspólnych interesów, tzn. realizowanie gospodarowania wodami przez współpracę administracji publicznej,

użytkowników wód i przedstawicieli lokalnych społeczności w sposób gwarantujący maksymalne korzyści społeczne. Ponadto gospodarowanie wodami należy prowadzić w taki sposób, aby działając w zgodzie z interesem publicznym, nie dopuszczać do wystąpienia możliwego do uniknięcia pogorszenia ekologicznych funkcji wód oraz pogorszenia stanu ekosystemów lądowych i terenów podmokłych bezpośrednio zależnych od wód. Gospodarowanie wodami jest oparte na zasadzie zwrotu kosztów usług wodnych, uwzględniających koszty środowiskowe i koszty zasobowe (art. 1 PW).

Już w art. 1 UoPiZP został podkreślony fakt, iż w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym uwzględnia się m.in. wymagania ochrony środowiska, w tym gospodarowania wodami i ochrony gruntów rolnych i leśnych oraz walory krajobrazowe.

W planowaniu przestrzennym występują trzy poziomy: lokalny (gminny), regionalny (wojewódzki) oraz krajowy. Planowanie w gospodarowaniu wodami odbywa się natomiast tylko na dwóch poziomach (por. tab. 1.). Podstawowym problemem w koordynacji tych dwóch zakresów działań są granice obszarów objętych planowaniem. Dla gospodarki przestrzennej podstawą jest podział administracyjny, natomiast dla gospodarki wodnej podział na obszary dorzeczy i regiony wodne.

Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego (suikzp) określa politykę przestrzenną gminy, w tym m.in. lokalne zasady zagospodarowania przestrzennego, przy czym nie stanowi ono aktu prawa miejscowego, a jego ustalenia są wiążące dla organów gminy przy sporządzaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (mpzp) (art. 9 UoPiZP). W suikzp uwzględnia się uwarunkowania wynikające m.in. z:

- dotychczasowego przeznaczenia, zagospodarowania i uzbrojenia terenu,
- stanu ładu przestrzennego i wymogów jego ochrony,
- stanu środowiska, w tym stanu rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej, wielkości i jakości zasobów wodnych oraz wymogów ochrony środowiska, przyrody i krajobrazu kulturowego,
- warunków i jakości życia mieszkańców, w tym ochrony ich zdrowia,
- zagrożenia bezpieczeństwa ludności i jej mienia,
- potrzeb i możliwości rozwoju gminy,
- występowania obiektów i terenów chronionych,
- występowania zasobów wód podziemnych,
- stanu systemów infrastruktury technicznej, w tym stopnia uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej,
- wymagań dotyczących ochrony przeciwpowodziowej.

Tab. 1. Porównanie poziomów planowania w gospodarce przestrzennej i wodnej

		Planowanie przestrzenne	Planowanie w gospodarowaniu wodami
		nazwa opracowania (osoba odpowiedzialna za opracowanie projektu)	
Poziom planowania	krajowy	Koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju (minister rozwoju regionalnego)	Program wodno-środowiskowy kraju, z uwzględnieniem podziału na obszary dorzeczy (prezes KZGW)
		Programy zawierające zadania rządowe, służące realizacji inwestycji celu publicznego o znaczeniu krajowym (ministrowie i centralne organy administracji rządowej w zakresie swojej właściwości rzeczowej)	Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza (prezes KZGW)
			Plan zarządzania ryzykiem powodziowym (prezes KZGW)
			Plan przeciwdziałania skutkom suszy na obszarach dorzeczy (prezes KZGW)
	regionalny	Plan zagospodarowania przestrzennego województwa (marszałek województwa)	Plan przeciwdziałania skutkom suszy w regionach wodnych (dyrektor RZGW)
			Warunki korzystania z wód regionu wodnego i sporządzane w miarę potrzeby warunki korzystania z wód zlewni (dyrektor RZGW)
			warunki korzystania z wód zlewni (dyrektor RZGW)
	lokalny	Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego (wójt, burmistrz albo prezydent miasta)	
		Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego (wójt, burmistrz albo prezydent miasta)	
		Decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu ¹ (wójt, burmistrz albo prezydent miasta)	

¹ Lokalizację inwestycji celu publicznego ustala się w drodze decyzji o lokalizacji inwestycji celu publicznego, a sposób zagospodarowania terenu i warunki zabudowy dla innych inwestycji – w drodze decyzji o warunkach zabudowy.

Na tej podstawie określa się następnie m.in.:

- a) kierunki zmian w strukturze przestrzennej gminy oraz w przeznaczeniu terenów,
- b) kierunki i wskaźniki dotyczące zagospodarowania oraz użytkowania terenów, w tym tereny wyłączone spod zabudowy,
- c) obszary oraz zasady ochrony środowiska i jego zasobów, ochrony przyrody, krajobrazu kulturowego i uzdrowisk,
- d) obszary, na których będą rozmieszczone inwestycje celu publicznego,
- e) obszary, dla których gmina zamierza sporządzić mpzp, w tym obszary wymagające zmiany przeznaczenia gruntów rolnych i leśnych na cele nierolnicze i nieleśne,
- f) kierunki i zasady kształtowania rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej,
- g) obszary szczególnego zagrożenia powodzią,
- h) granice terenów zamkniętych i stref ochronnych,
- i) inne obszary problemowe, w zależności od uwarunkowań i potrzeb zagospodarowania występujących w gminie (art. 10 UoPiZP).

Organem właściwym do opiniowania projektu suikzpw w zakresie zagospodarowania obszarów szczególnego zagrożenia powodzią jest dyrektor regionalnego zarządu gospodarki wodnej, z kolei w zakresie zagospodarowania pasa technicznego, pasa ochronnego oraz morskich portów i przystani dyrektor właściwego urzędu morskiego. Ponadto suikzpw opiniuje starosta powiatowy, sąsiednie gminy, regionalny dyrektor ochrony środowiska, właściwy wojewódzki konserwator zabytków, właściwe organy wojskowe i ochrony granic oraz bezpieczeństwa państwa, właściwy organ nadzoru górniczego, właściwy organ administracji geologicznej, minister właściwy ds. zdrowia oraz właściwy organ Państwowej Straży Pożarnej, wojewódzki inspektor ochrony środowiska, a także właściwy państwowy wojewódzki inspektor sanitarny. Ponadto wójt, burmistrz lub prezydent miasta uzgadniają projekt z zarządem województwa w zakresie jego zgodności z planem zagospodarowania przestrzennego województwa (pzw), z wojewodą w zakresie jego zgodności z ustaleniami programów art. 48.1.

Przeznaczenie terenu, rozmieszczenie inwestycji celu publicznego oraz sposoby zagospodarowania i warunki zabudowy terenu określa miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego (art. 4 UoPiZP), który jest aktem prawa miejscowego. Ponadto w mpzp ujmuje się obowiązkowo m.in. zasady ochrony środowiska, przyrody i krajobrazu kulturowego, granice i sposoby zagospodarowania terenów lub obiektów podlegających ochronie, ustalonych na podstawie odrębnych przepisów, w tym m.in. obszarów szczególnego zagrożenia powodzią. Określa się ponadto zasady kształtowania zabudowy oraz wskaźniki zagospodarowania terenu, w tym m.in. maksymalną i minimalną intensywność zabudowy jako wskaźnik powierzchni całkowitej zabudowy w odniesieniu do powierzchni działki budowlanej oraz minimalny

udział procentowy powierzchni biologicznie czynnej w odniesieniu do powierzchni działki budowlanej, a także szczególne warunki zagospodarowania terenów oraz ograniczenia w ich użytkowaniu, w tym zakaz zabudowy (art. 15 UoPiZP). Projekt mpzp musi zostać uzgodniony z wojewodą, zarządem województwa i zarządem powiatu w zakresie odpowiednich zadań rządowych i samorządowych oraz innymi właściwymi organami, wśród których ustawodawca bezpośrednio nie wymienia dyrektora regionalnego zarządu gospodarki wodnej (art. 17 UoPiZP).

W planie zagospodarowania przestrzennego województwa uwzględnia się ustalenia koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju (kpkz) oraz innych programów rządowych i strategii rozwoju województwa, a także określa się m.in. system obszarów chronionych, w tym obszary ochrony środowiska, przyrody i krajobrazu kulturowego, obszary szczególnego zagrożenia powodzią. Dla obszaru metropolitarne go uchwała się plan zagospodarowania przestrzennego obszaru metropolitarne go jako część planu zagospodarowania przestrzennego województwa.

Z kolei w kpkz uwzględnia się cele zawarte w rządowych dokumentach strategicznych oraz zasady zrównoważonego rozwoju kraju w oparciu o przyrodnicze, kulturowe, społeczne i ekonomiczne uwarunkowania. Kpkz określa uwarunkowania, cele i kierunki zrównoważonego rozwoju kraju oraz działania niezbędne do jego osiągnięcia, a w szczególności m.in. wymagania z zakresu ochrony środowiska z uwzględnieniem obszarów podlegających ochronie i rozmieszczenie strategicznych zasobów wodnych i obiektów gospodarki wodnej o znaczeniu międzynarodowym i krajowym oraz obszary problemowe o znaczeniu krajowym, w tym obszary zagrożeń wymagających szczegółowych studiów i planów (art. 47 UoPiZP).

Programy zawierające zadania rządowe, służące realizacji inwestycji celu publicznego o znaczeniu krajowym, sporządzają ministrowie i centralne organy administracji rządowej, w zakresie swojej właściwości rzeczowej. Programy takie podlegają zaopiniowaniu przez sejmiki właściwych województw. Ministrowie i centralne organy administracji rządowej po przyjęciu programów przez Radę Ministrów występują do marszałka właściwego województwa z wnioskiem o wprowadzenie programu do pzpw.

W przypadku braku mpzp inwestycja celu publicznego lokalizowana jest w drodze decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego, a pozostałe inwestycje polegające na budowie obiektu budowlanego lub wykonaniu innych robót budowlanych, a także zmiana sposobu użytkowania obiektu budowlanego lub jego części w drodze decyzji o warunkach zabudowy. Decyzje te wydaje się po wcześniejszym uzgodnieniu m.in. z:

- a) dyrektorem RZGW w odniesieniu do:
 - przedsięwzięć wymagających uzyskania pozwolenia wodnoprawnego, do którego wydania organem właściwym jest marszałek województwa lub dyrektor RZGW,

- obszarów:
 - na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest niskie i wynosi raz na 500 lat lub na których istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia ekstremalnego,
 - szczególnego zagrożenia powodzią,
 - obejmujących tereny narażone na zalanie w przypadku przelania się wód przez koronę wału przeciwpowodziowego, zniszczenia lub uszkodzenia wału przeciwpowodziowego, budowli piętrzących lub budowli ochronnych pasa technicznego;
- b) dyrektorem właściwego urzędu morskiego – w odniesieniu do obszarów pasa technicznego, pasa ochronnego oraz morskich portów i przystani,
- c) organami właściwymi w sprawach ochrony gruntów rolnych i leśnych oraz melioracji wodnych – w odniesieniu do gruntów wykorzystywanych na cele rolne i leśne w rozumieniu przepisów o gospodarce nieruchomościami,
- d) dyrektorem parku narodowego – w odniesieniu do obszarów położonych w granicach parku i jego otuliny,
- e) regionalnym dyrektorem ochrony środowiska – w odniesieniu do obszarów objętych ochroną na podstawie przepisów o ochronie przyrody, z wyjątkiem parków narodowych (art. 50-67 UoPiZP).

Zarówno w przypadku wymienionych decyzji, jak i w mpzp uwzględnia się ograniczenia wynikające m.in. z ustanowienia w trybie Ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody [Dz. U. z 2009 r. Nr 151 poz. 1220 ze zm.] parku narodowego, rezerwatu przyrody, parku krajobrazowego, obszaru chronionego krajobrazu, obszaru Natura 2000, zespołu przyrodniczo-krajobrazowego, użytku ekologicznego, stanowiska dokumentacyjnego, pomników przyrody oraz ich otulin oraz ustalenia warunków korzystania z wód regionu wodnego i zlewni oraz ustanowienia stref ochronnych ujęć wód, a także obszarów ochronnych zbiorników wód śródlądowych.

Na potrzeby suikzp, mpzp oraz pzpw sporządza się opracowanie ekofizjograficzne charakteryzujące poszczególne elementy przyrodnicze na obszarze objętym studium lub planem i ich wzajemne powiązania. Opracowanie ekofizjograficzne powinno umożliwić określenie w suikzp gmin oraz mpzp warunków utrzymania równowagi przyrodniczej i racjonalną gospodarkę zasobami środowiska, w szczególności m.in.:

- a) ustalenie programów racjonalnego wykorzystania powierzchni ziemi,
- b) uwzględnienie konieczności ochrony wód, gleby i ziemi przed zanieczyszczeniem w związku z prowadzeniem gospodarki rolnej,
- c) zapewnienie ochrony walorów krajobrazowych środowiska i warunków klimatycznych,
- d) uwzględnienie innych potrzeb w zakresie ochrony wód, gleby, ziemi itd. (art. 72 POŚ).

Opracowania ekofizjograficzne sporządza się, biorąc pod uwagę:

- a) dostosowanie funkcji, struktury i intensywności zagospodarowania przestrzennego do uwarunkowań przyrodniczych,
- b) zapewnienie trwałości podstawowych procesów przyrodniczych na obszarze objętym planem zagospodarowania przestrzennego,
- c) zapewnienie warunków odnawialności zasobów środowiska,
- d) eliminowanie lub ograniczanie zagrożeń i negatywnego oddziaływania na środowisko [RMŚ z dnia 9 września 2002 r. w sprawie opracowań ekofizjograficznych, Dz. U. z 2002 r. Nr 155 poz. 1298].

3. **Możliwości kształtowania zdolności retencyjnych zlewni w aspekcie planowania przestrzennego**

Planowanie przestrzenne stanowi jeden z podstawowych instrumentów kształtowania i ochrony środowiska, w tym m.in. zasobów wodnych. Z tego względu niezmiernie ważne jest uwzględnienie w dokumentach z zakresu planowania przestrzennego i związanych z nimi opracowaniami zaleceń i metod, które mogą przyczynić się do zrównoważonego kształtowania zdolności retencyjnych zlewni rzecznej w celu przeciwdziałania skutkom powodzi i suszy.

Europejska polityka wodna opiera się na zasadach zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi (*Integrated Water Resources Management – IWRM*), która zakłada m.in., że zlewnia hydrograficzna stanowi podstawowy obszar wszelkich działań planistycznych i decyzyjnych (GWP 2004). Z kolei system planowania przestrzennego w Europie opiera się na granicach administracyjnych, co utrudnia holistyczne podejście do zarządzania zasobami wodnymi w granicach zlewni. Carter (2007) wskazuje, że często brakuje współpracy w zakresie zarządzania zasobami wodnymi pomiędzy gminami bądź regionami w obrębie zlewni. Obserwowane i prognozowane efekty zmian klimatycznych oraz procesów takich jak urbanizacja czy suburbanizacja (*urban sprawl*, peryurbanizacja) wymagają kompleksowych działań adaptacyjnych. Dla obszarów podmiejskich zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi na terenach zurbanizowanych (*Integrated Urban Water Management – IUWM*) jest jednym z potencjalnych rozwiązań. Jednak IUWM można osiągnąć tylko przy dobrej woli politycznej, właściwym zarządzaniu i spójnej polityce wodnej (Chen i in. 2011, De Graaf i in. 2009).

Często się zdarza, że terminy „planowanie przestrzenne” i „gospodarka przestrzenna” traktowane są zamiennie. Jak wskazuje Parysek [2006], terminy te trzeba zdecydowanie rozróżniać, gdyż planowanie czegoś i realizacja czegoś (zagospodarowanie) to dwa zupełnie inne zakresy problemowe i różne kategorie działań.

Wcześniej problematyką z zakresu planowania przestrzennego w Polsce zajmowali się m.in. Dembowska [1978], Leśniak [1985], Domański [1989] i Chojnicki [1992]. W niniejszej pracy posłużono się definicją Paryska [2006], wg którego planowanie przestrzenne jest jednym z podstawowych i początkowych etapów gospodarki przestrzennej, o wyraźnie prospektywnym charakterze. Jego efektem jest zagospodarowanie przestrzenne, które należy pojmować jako rezultat prowadzenia

gospodarki przestrzennej, a więc realizacji planu zagospodarowania przestrzennego. Planowanie przestrzenne jest zatem procesem przygotowania suikzp i mpzp, natomiast jego efekty – konkretne dokumenty planistyczne – są narzędziem realizacji polityki przestrzennej, scenariuszem procesu zagospodarowania przestrzennego, wizją przyszłego stanu zagospodarowania przestrzennego, obrazem tego stanu czy modelem ładu przestrzennego, jaki na danym obszarze zamierza się uzyskać. Planowanie przestrzenne jest domeną administracji terytorialnej, z kolei gospodarkę przestrzenną realizują mieszkańcy i podmioty gospodarcze danej jednostki terytorialnej pod nadzorem wymienionej administracji [Parysek 2006].

Wśród zasad planowania przestrzennego Niewiadomski [2002], obok zasady zrównoważonego rozwoju, wymienił dodatkowo zasadę ochrony wartości cenionych, zasadę ochrony interesu prawnego podmiotów, których dotyczą ustalenia planów, i zasadę samodzielności planistycznej gminy. Z kolei Parysek [2006] do wyżej wymienionych zasad zaliczył ponadto:

- zasadę zgodności decyzji planistycznych z politycznymi,
- zasadę respektowania ustaleń planistycznych jednostki terytorialnej wyższego rzędu,
- zasadę wewnętrznej zgodności opracowań planistycznych,
- zasadę założeń progresywnych.

W literaturze spotkać można różne definicje retencji, które jednak charakteryzują się zbliżonym znaczeniem. Ciepeliowski [1999] pojmuje retencję jako zdolność do gromadzenia, przetrzymywania wody w określonym miejscu i czasie na powierzchni, w glebie, wodach podziemnych, roślinności i ściółce leśnej. Definicję tę stosuje także Gutry-Korycka [Rola retencji... 2003]. Byczkowski [1999b] oraz Pociask-Karteczka [Zlewnia... 2006] z kolei retencją nazywają zjawisko czasowego zatrzymywania wody w zlewni rzecznej. W zależności od miejsca zatrzymania wody rozróżniają retencję powierzchniową lub podziemną. Na retencję powierzchniową składa się woda zatrzymana w jeziorach, stawach, zbiornikach retencyjnych, zagłębieniach terenu, rzekach, bagnach i torfowiskach oraz śniegu i lodowcach, a na retencję podziemną – w glebie, pokrywach zwietrzelinowych i skałach. Mioduszewski [1999] wyróżnia natomiast retencję wód powierzchniowych, wód gruntowych, glebową, śnieżną i krajobrazową.

Zdolności retencyjne zlewni mogą być kształtowane przez odpowiednie działania zmierzające do poprawy struktury bilansu wodnego i zwiększenia zasobów wodnych w ramach różnych form retencji [Kowalewski 2003].

Dotychczas zapobieganie negatywnym skutkom suszy i powodzi przyjmowało głównie postać działań technicznych. Ich niezadowalające efekty oraz wymogi ochrony środowiska skłaniają do promowania proekologicznych metod gospodarowania wodą, takich jak zwiększenie lub odtworzenie zdolności retencyjnych zlewni rzecznej wraz z wdrożeniem prawidłowych zasad kształtowa-

nia środowiska [Mioduszewski i in. 2006]. Odbudowa retencji wodnej małych zlewni zdaniem Mioduszewskiego [1999, 2003] wydaje się metodą najbardziej przyjazną środowisku przyrodniczemu i spełniającą warunki Ramowej Dyrektywy Wodnej oraz zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich [Mioduszewski 2006]. Należy zatem dążyć do zahamowania szybkiego odpływu wód roztopowych i opadowych.

W Polsce retencjonowanie wody poprzez działania spełniające wymagania ochrony środowiska określa się jako małą retencję. Według Mioduszewskiego [2003] zadaniem małej retencji jest nie tylko magazynowanie wody dla jej bezpośredniego zużycia, lecz w pierwszym rzędzie regulacja i kontrola obiegu wody w środowisku przyrodniczym, czyli także kształtowanie obiegu, który umożliwi realizację zrównoważonego ekologicznie rozwoju gospodarczego regionu. Z kolei Kowalczak [2001] małą retencję definiuje jako wydłużenie czasu i drogi obiegu wody i zanieczyszczeń wody w zlewni mające na celu poprawę stosunków wodnych w zlewni, oczyszczenie wód przy wykorzystaniu właściwości zlewni (naturalnych i sztucznych) i regulację transportu rumowiska rzecznego. Ciepeliowski [1999] natomiast określa małą retencję jako gromadzenie wody w małych zbiornikach naturalnych (oczkach wodnych, starorzeczach, jeziorach) i sztucznych (rowach, sadzawkach, wyrobiskach, mniejszych retencyjnych zbiornikach zaporowych) o pojemności kilku tysięcy metrów sześciennych oraz w sieci rzecznej lub kanałach, zwiększanie pojemności wodnej gleb przez zabiegi agrotechniczne, agromelioracyjne i fitomelioracyjne oraz zatrzymywanie wody przez roślinność i ściółkę.

Według Jankowiaka i Kędziory [2008] mała retencja obejmuje zapasy wody, jakie mogą być gromadzone w glebie, poprzez zwiększenie jej pojemności wodnej, m.in. na skutek zwiększenia zawartości materii organicznej, zmniejszenia gęstości gleby w profilu za pomocą zabiegów agrotechnicznych (tzw. głęboszowanie), wprowadzenie bezorkowego systemu uprawy oraz uprawy pielęgnacyjne ograniczające bezproduktywne parowanie z gleby. Do małej retencji zaliczyli również zapasy wody gromadzone w małych zbiornikach śródpolnych oraz ograniczenie odpływów poprzez modyfikację systemów melioracyjnych. Ważną rolę w poprawie bilansu wody odgrywają także zadrzewienia śródpolne ograniczające parowanie terenowe z pól uprawnych [Kędziora 2007, Bałazy i in. 2007] oraz mokradła [Okruszko 2006, Mioduszewski 2006]. Ponadto rolą małej retencji w kształtowaniu środowiska zajmowali się także Ryszkowski i Kędziora [1990, 1996], Kędziora i in. [2005]. Zagadnienie agromelioracji kompleksowo przedstawili z kolei Cieśliński i in. [1997a, 1997b, 1997c], Cieśliński i Szafranski [1997] oraz Miatkowski [1997].

Głównym składnikiem retencji całkowitej jest retencja gruntowa. Marcinek i in. [1990] wskazują, że trudności w prawidłowym jej oszacowaniu dla większych obszarów wynikają m.in. z dużej przestrzennej zmienności fizykowodnych właściwości gleb.

Mioduszewski [2006] wyróżnia trzy metody retencji: techniczną, planistyczną i agrotechniczną. Do grupy metod technicznych zaliczył większość prac z zakresu hydrotechniki i melioracji wodnych, których celem jest zahamowanie odpływu wód powierzchniowych, do metod planistycznych – odpowiednie kształtowanie ładu przestrzennego obszarów wiejskich poprzez tworzenie takiego układu przestrzennego, w którym nie będzie występował szybki odpływ wód opadowych i roztopowych, a do metod agrotechnicznych – stosowanie odpowiednich metod agrotechnicznych, w tym przestrzeganie zaleceń *Kodeksu dobrej praktyki rolniczej* (KDPR) [2002], co prowadzi do poprawy jakości wody oraz zwiększenia jej ilości (tab. 2.).

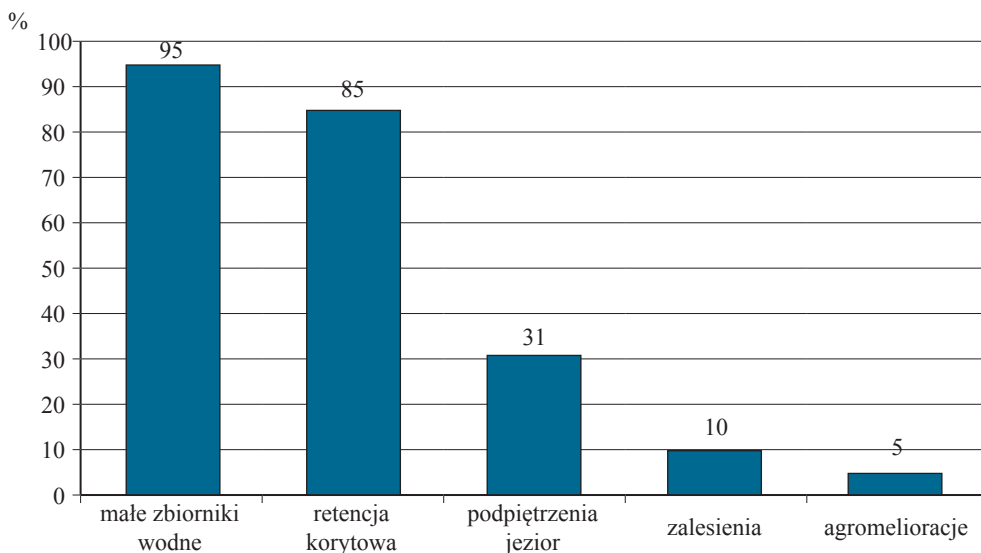
Jak wyżej wspomniano, Mioduszewski [1999] podzielił retencję na: retencję wód powierzchniowych, wód gruntowych, glebową, śnieżną i krajobrazową. Na tej podstawie Kowalewski [2003] określił z kolei zakres działań związanych ze zwiększeniem retencyjności zlewni w ramach jej określonych form. Do retencji krajobrazowej oraz śnieżnej zaliczył zalesienia, zadrzewienia i zakrzaczenia łąk, jak również zmiany w użytkowaniu gruntów rolnych, do retencji glebowej – zabiegi agrotechniczne, agromelioracyjne i przeciwerozryjne, do retencji wód gruntowych – okresowe podpiętrzanie systemów drenarskich. W zakres działań służących retencji wód powierzchniowych wpisał natomiast:

- budowę małych zbiorników wodnych (zaporowych, kopanych, stawów),
- piętrzenie wód w podstawowych systemach wodnych (rzeki, małe cieki, kanały, rowy zbiorcze),
- piętrzenie wód w sieci rowów szczegółowych,
- zbiorniki infiltracyjne,
- kierowanie okresowego nadmiaru wód na obszary, do oczek wodnych, wyrobisk, dołów potorfowych, starorzeczy,
- podpiętrzanie wód w obszarach siedlisk hydrogenicznych (mokradła, bagien, torfowisk, moczarów) [Kowalewski 2003].

Realizacja idei małej retencji wodnej w Polsce opiera się na programach opracowanych pierwotnie w latach 1996-1998 w nawiązaniu do Porozumienia z 21 grudnia 1995 r. zawartego między Ministrem Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej a Ministrem Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa dotyczącego współpracy w zakresie programu małej retencji. Wykonanie programów planowane na 19 lat (do 2015 r.) rozpoczęto w 1997 r. Zakładano zwiększenie zasobów retencjonowanej wody w Polsce o 1,14 mld m³ (60 mln m³/rok) [Kowalewski 2004]. W wyniku reformy administracyjnej przystąpiono do sformułowania aktualnych programów zgodnych z nowym podziałem na 16 województw. Programy te uwzględniały głównie techniczne metody retencjonowania wód. Zaledwie w co 10. programie uwzględniono zalesienia, a w co 20. agromelioracje (ryc. 1.).

Tab. 2. Podział metod retencji wg Mioduszewskiego [2006]

Metody		
techniczne	planistyczne	agrotechniczne
retencjonowanie wód powierzchniowych w wyniku budowy małych zbiorników wodnych, podpiętrzania jezior, wykonywania budowli piętrzących na ciekach, rowach i kanałach, retencjonowania wód drenarskich	kształtowanie na obszarze zlewni odpowiedniego układu i udziału pól orných, użytków zielonych i lasów	zwiększenie retencji glebowej poprzez poprawę struktury gleb, zwiększenie zawartości próchnicy w glebie (odpowiednia orka, zabiegi agromelioracyjne, nawożenie i wapnowanie)
regulowanie odpływu wody z systemów drenarskich i sieci rowów odwadniających	zwiększanie powierzchni torfowisk, mokradeł, bagien	ograniczenie odpływu powierzchniowego przez zabiegi przeciwoerozyjne, uprawę poplonów
ograniczenie szybkiego spływu wód powierzchniowych przez renaturyzację małych cieków i odtwarzanie dolin zalewowych tam, gdzie ze względów gospodarczych jest to możliwe	tworzenie roślinnych pasów ochronnych, w tym przeciwoerozyjnych (krzewy, drzewa), odtwarzanie możliwie licznych użytków ekologicznych, w tym oczek wodnych	zmniejszanie ewapotranspiracji przez odpowiedni dobór roślin, ograniczenie parowania z powierzchni gleby
stosowanie właściwych metod odprowadzania wód deszczowych z powierzchni uszczelnionych umożliwiających wsiąkanie wody na przyległych obszarach nieuszczelnionych lub budowa ulic i placów z materiałów przepuszczalnych	odtwarzanie terenów zalewowych w dolinach rzek	poprawa gospodarki wodno-ściekowej w gospodarstwach rolnych przez właściwe składowanie nawozów, sanitację wsi, likwidację starych nieczynnych studni kopanych
zwiększenie zasilania zbiorników wód podziemnych przez budowę stawów oraz studni infiltracyjnych	ustanawianie obszarów ochronnych zasilania wód podziemnych z odpowiednim ich zagospodarowaniem	
właściwa eksploatacja zbiorników wodnych	właściwe projektowanie infrastruktury komunikacyjnej	

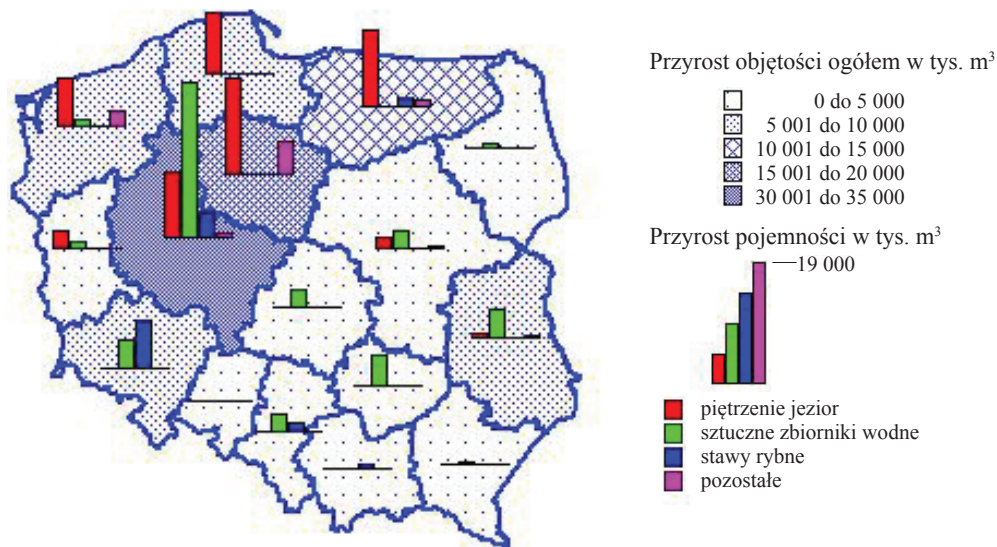


Ryc. 1. Elementy składowe wojewódzkich programów małej retencji [Kowalewski 2003]

W latach 1998-2005 uzyskano w Polsce średnioroczny przyrost zmagazynowanej wody wynoszący nieco ponad 14 mln m³, co stanowi zaledwie 23% planu zawartego w programach małej retencji w Polsce do 2015 r. wynoszącego 60 mln m³ [Mrozik i Przybyła 2007, Kowalewski 2004]. Zdecydowanie gorzej wypadłoby natomiast porównanie efektów tylko z roku 2005. Niespełna 5 mln m³ zmagazynowanej wody stanowi bowiem zaledwie 8% średniego rocznego planowanego przyrostu. Największy udział w przyroście retencjonowanej wody w Polsce w analizowanym okresie miało województwo wielkopolskie (28% ogółu), co wiązało się z najwyższymi nakładami finansowymi poniesionymi na ten cel (21,6% środków wydanych w kraju). Jednakże aby sprostać założeniom zawartym w *Aktualizacji programu małej retencji wodnej do realizacji w latach 2005-2015 na terenie województwa wielkopolskiego* [Aktualizacja... 2005] potrzebne byłyby nakłady finansowe ponad ośmiokrotnie wyższe niż średnioroczne z lat 1998-2005 [Przybyła i Mrozik 2008]. Wykonanie ogółem 478 obiektów umożliwiło zretencjonowanie 30,9 mln m³ wody (3,87 mln m³ rocznie), zaś wspomniany program przewiduje średnioroczny przyrost na poziomie 13,9 mln m³ (por. ryc. 2.). W strukturze przyrostu retencjonowanej wody w Polsce w latach 1998-2005 dominowało piętrzenie jezior (43%).

Według danych ewidencyjnych Wielkopolskiego Zarządu Melioracji i Urzędzeń Wodnych w Poznaniu do dnia 31 grudnia 2011 r. na terenie województwa wielkopolskiego wykonano 32 zbiorniki wodne pozwalające zmagazynować 59,88 mln m³ wody użytkowej oraz 1878 szt. budowli piętrzących na ciekach podstawowych. Z kolei na sieci rowów melioracji szczegółowych o łącznej długości 32 162 km znajduje się 2953 szt. budowli piętrzących. Według danych zebranych

przez WZMiUW z urzędów gmin w roku 2011 wykonano łącznie 161 nowych obiektów małej retencji – co dało przyrost pojemności zmagazynowanej wody o 3,67 mln m³, czyli wartość zbliżoną do średniej z lat 1998-2005.



Ryc. 2. Przyrost retencjonowanej wody w wyniku realizacji inwestycji z zakresu małej retencji w Polsce w latach 1998-2005 [Mrozik i Przybyła 2007]

Relacje pomiędzy użytkowaniem zlewni, zasobami wodnymi i stanem środowiska są tematem licznych badań nad zarządzaniem zlewniowym. Van der Ploeg i in. [2001] w badaniach nad zmianami użytkowania terenu w Niemczech w II poł. XX w. stwierdzili, że poprzez rozwój terenów zabudowanych i intensyfikację produkcji rolniczej (scalanie gruntów, drenowanie, mechanizacja) wzrosła intensywność odpływu wody z poszczególnych zlewni. Potwierdziły to m.in. badania Zimmerlinga [2003].

Problematyka retencji pojawia się najczęściej w aspekcie działań przeciwpowodziowych. Przy czym w ostatnich latach coraz częściej zwraca się uwagę i podkreśla znaczenie nietechnicznych metod wspierania retencji. W projekcie LAHoR [Bronstert 2003, Niehoff 2001, Katzenmaier i in. 2001] przebadano wpływ zmian użytkowania terenu (zabudowa powierzchni, odłogowanie, zalesianie) sposobów uprawy (konserwująca uprawa roli) oraz decentralnego zagospodarowywania deszczówki. Podobne elementy rozpatrywano w projektach DEFLOOD [Krahe i in. 2004], WaReLa [Schüler 2006] oraz HONAMU [Sieker i in. 2007]. Naturalne sposoby ochrony przeciwpowodziowej analizowano także w ramach projektu ECO-FLOOD [Nietechniczne... 2005].

Z kolei zabiegi agrotechniczne i planistyczne uwzględnił Mrozik [2012], a efektywność stosowania decentralnych sposobów zagospodarowywania deszczówki na terenach zurbanizowanych w celu obniżenia ryzyka wystąpienia zagrożenia powodziowego ocenił Zimmerman [2005]. Efektywne sposoby gromadzenia wody deszczowej zostały omówione przez Geigera i Dreiseitl [1999] i Januchę-Szostak [2011]. W cytowanych pracach zastosowane były oprócz narzędzi GIS systemy wspomagania decyzji DSS. Jednym z częściej podejmowanych zagadnień z zakresu gospodarowania wodą na terenach zurbanizowanych są także zielone dachy [Chen 2011, Brusztka-Adamiak 2012, Szajda-Birnfeld i in. 2012] i wykorzystanie wód opadowych (Barton i Argue 2009, Trowsdale i in. 2011).

Przeciwdziałanie suszy wiąże się przede wszystkim z realizacją wojewódzkich programów rozwoju małej retencji wodnej, a ostatnio także z programami rozwoju nawodnień, zaś problematyka susz pojawiała się m.in. w pracach Łabędzkiego [1997, 2004, 2006], Magera i in. [1999], Farata i in. [1995]. Niedobory wody i potrzeby nawodnień w zlewni Kościańskiego Kanału Obry oraz zdolności retencyjne gleb analizował zespół pod kierunkiem Przybyły [Przybyła i in. 2008, Kozaczyk i in. 2006, Sielska i in. 2007]. Ich badania wskazują, że zniwelowanie ujemnego bilansu wodnego możliwe jest poprzez stosowanie nawodnień i wykorzystanie zasobów retencji glebowej bądź zmniejszenie strat wody na parowanie terenowe i odpływ. Korzystanie z zasobów retencji gruntowej opiera się na lokalnych zasobach naturalnych lub odpowiednio zwiększanych przez zabiegi agrotechniczne i agromelioracyjne oraz przez odpowiednio eksploatowane urządzenia melioracyjne [Przybyła 1994, Nyc i in. 1994].

Stosowanie regulowanego odpływu z uwagi na coraz częściej występujące susze, niezależnie od wielkości zlewni, jednak zwłaszcza w małych zlewniach rolniczych terenów nizinnych o bardzo ograniczonych zasobach wodnych, potwierdzili Pokładek i Nyc [2007]. W wyniku regulowania odpływu wody w cieku głównym przepływającym przez różnej wielkości obiekty melioracyjne uzyskiwali zadowalające efekty utrzymania odpowiednio wysokich zasobów retencji wodnej gleb w latach przeciętnych, średnio suchych i suchych. Korzystny wpływ piętrzenia wody w rowie melioracyjnym na gospodarkę wodną gleb terenów przyległych potwierdziły także badania Bykowskiego i in. [2001, 2004, 2005].

Korzystny wpływ na kształtowanie zasobów wodnych zlewni sterowania urządzeniami hydrotechnicznymi (jazami i zastawkami) piętrzącymi jeziora potwierdzili z kolei Sojka i Murat-Błażejewska [2007]. Kancelerz i in. [2007] natomiast potwierdzili wpływ jezior w zlewni Małej Wełny na wyrównywanie odpływu rzeczno. Przeciętna zdolność wyrównawcza analizowanych jezior wyniosła pomiędzy 2,7% a 9,8%.

Kompleksowe badania na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice dotyczące gospodarki wodnej w zlewni śródlęsnego oczka wodnego (zmienności zasobów wodnych, stanów wody gruntowej i w cieku uwzględniające m.in. róż-

nicowanie typów siedlisk leśnych) prowadził zespół pod kierunkiem Szafrąńskiego [Szafrąński i Korytowski 2004, Szafrąński i Stasik 2004, Korytowski i in. 2007, Korytowski i Szafrąński 2008]. Głównymi elementami kształtującymi bilanse wodne zlewni były poza opadami i parowaniem terenowym przyrosty i ubytki retencji gruntowej oraz dopływ i odpływ wgłębny. Istotną rolę śródleśnych oczek wodnych w kształtowaniu i zwiększaniu retencji na terenach leśnych wskazują również badania Kosturkiewicza i in. [2004].

Wpływ lesistości na kształtowanie się zasobów wodnych małych zlewni nizinnych analizują Liberadzki i Szafrąński [2008]. Ich badania potwierdzają korzystny wpływ stopnia lesistości zlewni na kształtowanie się zasobów wodnych. W zalesionej w 15% zlewni cieką Potaszka średnie odpływy jednostkowe były czterokrotnie wyższe niż w zlewni cieką Hutka zalesionej w 89%. Ponadto odpływy ze zlewni cieką Hutka nie zanikają nawet przy dużych niedoborach opadów w okresie wegetacyjnym, co wpływa korzystnie na uwilgotnienie gleb przyległych siedlisk leśnych i zachowanie życia biologicznego w samym cieku.

Koc i Solarski [2004] odnotowali natomiast korzystny wpływ zlewni nieużytkowanej rolniczo w porównaniu ze zlewnią rolniczą na obniżenie odpływu jednostkowego i wielkości fali kulminacyjnej w przypadku wystąpienia deszczy nawalnych. Las trzykrotnie bowiem zmniejsza amplitudę odpływu i lepiej retencjonuje wodę pochodzącą z topnienia śniegu i ulewnych deszczy.

Z kolei Murat-Błażejewska i Kujawa [2003] oraz Kanclerz i in. [2005] na przykładzie zlewni Małej Wełny wykazały, że poziom zwierciadła wody gruntowej w glebach leśnych jest znacznie wyższy niż w glebie uprawnej, a amplituda wahań stanów wód gruntowych w lesie jest 1,5-krotnie mniejsza niż na gruntach ornych.

Badania prowadzone na zalesionych gruntach porolnych przez Pływaczyk i Kowalczyka [2002], Kowalczyka i Pływaczyk [2007] oraz Kowalczyka i in. [2004, 2006] potwierdziły natomiast, że nawet w suchych latach w zlewniach o bardzo małych zasobach wodnych możliwe było skuteczne regulowanie odpływu, a czas trwania zwierciadła wody gruntowej na optymalnym poziomie 50-100 cm był o 42-188 dni dłuższy niż na porównywalnych terenach, gdzie nie prowadzi się nawodnień.

Istotny wpływ zdolności retencyjnych oczek na wahania stanów wody na terenach do nich przyległych wykazał natomiast Fiedler [1997]. Juszcak i Kędzióra [2004] wskazują z kolei, że przyrosty retencji wód gruntowych są większe niż przyrosty retencji wody w zbiorniku. Przyrosty te są tym większe, im mniejsza jest wartość retencji aktualnej w zbiorniku. Największy wzrost retencji można uzyskać na zbiornikach śródpolnych, zbiornikach użytków zielonych i zbiornikach przyzagródowych.

Problematyką retencji opadów w zlewni rzeki Skory o powierzchni 278,1 km² w odniesieniu do zdolności zatrzymywania ich w czasie i kształtowania wzebrań opadowych zajmował się zespół pod kierownictwem U. Soczyńskiej [Rola

retencji... 2003]. Przedstawiona metodyka symulacji wezbrania za pomocą zintegrowanego systemu symulacji numerycznej i technik GIS pozwala na efektywne porównanie jego przebiegu w czasie i przestrzeni według przyjętych wariantów obliczeniowych. Potencjalną zdolność retencyjną na obszarze Wielkopolski oraz czasowy i przestrzenny przebieg zmian retencji określił Miller [1998]. Wykorzystał do tego zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych (ZWR) uwzględniający lesistość, jeziorność, sieć cieków, charakter utworów glebowych, spadek terenu oraz miąższość warstwy przepuszczalnej.

Wpływ zmian użytkowania zlewni na kształtowanie się fal wezbraniowych w małej zlewni rolniczej przy zastosowaniu pakietu programowego WMS do modelowania wpływu zmian użytkowania na wielkość odpływu powierzchniowego na przykładzie zlewni Olszanki (24,2 km²) analizowali Nowakowski i in. [2008]. Potwierdzili m.in. korzystny wpływ zalesienia na wysokość odpływu. Wcześniej model ten stosowali w prognozowaniu odpływu ze zlewni rolniczej Chromański i in. [1998] i Ignar [2002].

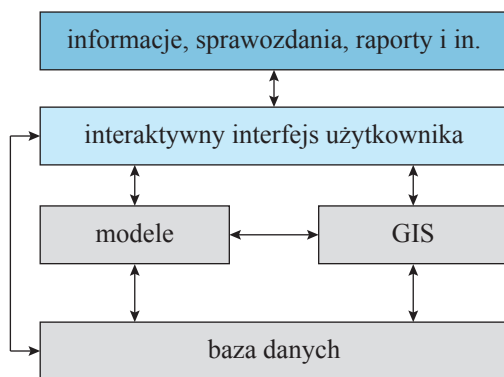
Ocena funkcji retencyjnej z punktu widzenia planowania przestrzennego, kształtowania środowiska i architektury krajobrazu skupia się na roli krajobrazu w retencionowaniu wody w celu m.in. zapobiegania zagrożeniom powodziowym. Wspólną cechą są często empiryczne założenia, w których cechy terenowe i lokalizacyjne są klasyfikowane w skali porządkowej. Dzięki temu tak sklasyfikowane czynniki bez stosowania modeli można ze sobą zestawiać i relatywnie łatwo i jasno wykorzystywać do oceny potencjału krajobrazu [Röder i Beyer 2002]. Przykłady tego typu określania potencjału retencyjnego zawarte są m.in. w pracach Rödera i Beyera [2002], Gänsricha i Wollenwebera [1995] oraz Haasego i Mannsfelda [2002]. W ostatniej pracy funkcja regulacji odpływu jest jednak tylko częścią kompleksowego opracowania dotyczącego charakterystyki środowiska dla potrzeb planowania regionalnego. Tego typu metodykę zastosował również Zimmerman [2005], który analizował efektywność stosowania decentralnych sposobów zagospodarowywania deszczówki na terenach zurbanizowanych w celu obniżenia ryzyka wystąpienia zagrożenia powodziowego. W pracach tych uwzględniano m.in. rzeźbę terenu, gleby (przepuszczalność, połowa pojemność wodna), budowę geologiczną i położenie zwierciadła wód gruntowych. Wadą tych badań jest przede wszystkim brak odniesienia do realnych zdarzeń pogodowych bądź opadów o określonej intensywności. Wnioski z tych analiz odnoszą się często do średnich rocznych parametrów hydrologicznych, co wynika jednak z dostępności danych.

W przypadku opracowań polskich zwraca uwagę brak podstaw oceny efektywności różnych działań poprawiających stan retencji wody w krajobrazie [Stuczyński i Dębicki 2006]. Aby dokonać wyboru najbardziej efektywnych przyrodniczo i ekonomicznie sposobów poprawy retencji, niezbędne jest opracowanie metod i kryteriów analizy specyficznych warunków użytkowania obszarów wiejskich z uwzględnieniem uwarunkowań hydrograficznych, geomorfologicznych i glebowo-przyrod-

nicznych w zlewni. Wskazane jest również opracowanie modeli optymalizujących sposób urządzania przestrzeni, lokalizację oraz wybór rozwiązań korzystnie wpływających na retencjonowanie wody w krajobrazie.

W krajach wysoko rozwiniętych już od kilkudziesięciu lat w opinii społecznej ugruntowuje się przekonanie o konieczności coraz szerszego uwzględniania aspektów ekologicznych przy projektowaniu i realizacji działań gospodarczych powodujących zmiany w stanie środowiska naturalnego, a zwłaszcza wywołujących zagrożenia i uszkodzenia tego środowiska [Kozak i in. 2003]. Kozak i in. [2003] wskazują, iż modelowanie krajobrazowe jest obecnie podstawowym narzędziem badawczym i wsparciem dla procesu podejmowania decyzji społeczno-administracyjnych. Zagadnienie modelowania wezbrań opadowych i jakości odpływu z małych nieobserwowanych zlewni rolniczych przedstawili m.in. Banasik i in. [2000]. Z kolei skutki przedsięwzięć rolnośrodowiskowych przy zastosowaniu modelu SWAT prognozowali dla zlewni Mielnicy (659,4 ha) w oparciu o system informacji geograficznej Szewrański i Żmuda [2008]. Próbę modelowania zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi na terenach zurbanizowanych, także niewielkich obszarów podmiejskich, w kontekście wzrostu liczby ludności związanej z suburbanizacją oraz zmianami klimatycznymi podjęli Graddon i in. [2011]. Były to jednak próby bez odniesienia do jakiegoś konkretnego obszaru miejskiego.

Problemy i zadania związane ze zintegrowanym zarządzaniem zasobami wodnymi wymagają zastosowania zaawansowanych systemów informatycznych, w szczególności systemów wspomaganie decyzji (*Decision Support System – DSS*, *Entscheidungsunterstützungssystem –EUS*). Rozwój i zastosowanie DSS jest w wielu dyscyplinach naukowych nowym zagadnieniem, dlatego też pojawiają się różne definicje tego typu systemów [Evers i in. 2006]. Podstawową cechą DSS jest interaktywny interfejs, który poprzez kompleksowe modele i geograficzne systemy informacji (GIS) umożliwia użytkownikowi dostęp do bazy danych (ryc. 3.)



Ryc. 3. Uproszczona struktura systemu wspomaganie decyzji [Evers i in. 2006]

Dzięki formule DSS użytkownik nie musi być ekspertem w zakresie obsługi programów GIS bądź modelowania, gdyż interaktywny interfejs użytkownika umożliwia mu w przystępny sposób manipulowanie parametrami. Kształtowanie interaktywnej platformy użytkownika ma podstawowe znaczenie, ponieważ musi ona w jak największym stopniu spełniać oczekiwania docelowego użytkownika [Evers i in. 2006].

DSS stanowią najnowszy poziom informatyzacji zarządzania. Ich zadaniem jest podanie managerowi bądź decydentowi informacji niezbędnej do podjęcia ostatecznej decyzji (nie liczby bądź nadmiaru informacji). Systemy te dążą do usprawnienia wykorzystywania danych i modeli w podejmowaniu decyzji. Ich użytkownicy mogą symulować różne sytuacje decyzyjne i analizować proces wyboru modeli i generowania projektów decyzji i objaśnień [Nowakowski i Zair 2010].

Zazwyczaj DSS to specjalistyczne programy komputerowe wykorzystujące inteligentne techniki przetwarzania informacji. Z uwagi na przestrzenny charakter danych naturalnym kierunkiem jest zastosowanie w nich technologii GIS. Ponadto ze względu na rozwój technik komputerowych coraz częstsze zastosowanie znajdują modelowanie i symulacja zjawisk oraz procesów zachodzących w środowisku [Górniak-Zimroz 2007]. W wielu krajach DSS mają szerokie zastosowanie w rozwiązywaniu zagadnień związanych z planowaniem zagospodarowania przestrzennego. Dodanie przestrzennego odniesienia danym tworzącym system i wynikiom uzyskanym w systemach eksperckich i w modelach symulacyjnych oraz zbudowanie go w jednym środowisku programowym pozwala na znaczne poszerzenie działalności takiego systemu [Lukashev i in. 2001]. Z kolei przestrzenne rozmieszczenie parametrów na wejściu i wyników na wyjściu systemu wykonane w geograficznym systemie informacyjnym (*Geographic Information System – GIS*) ułatwia modelowanie, wizualizację wyników i ostateczne podjęcie decyzji.

W Polsce GIS utożsamiany jest często z systemem informacji przestrzennej (SIP). Gaździcki [1990] definiuje SIP jako system pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania danych, w którym zawarte są informacje przestrzenne i towarzyszące im informacje opisowe o obiektach. W przypadku, gdy dane te odniesione są do środowiska geograficznego, powinno funkcjonować pojęcie systemu informacji geograficznej. Z kolei Kraak i Ormelin [1998] definiują GIS jako komputerowy system informacji służący do wprowadzania danych przestrzennych, którego podstawową funkcją jest wspomaganie decyzji.

Obecnie geograficzne systemy informacyjne są coraz powszechniej stosowane we wszystkich dziedzinach naukowych, zwłaszcza z zakresu nauk o ziemi i kształtowania środowiska przyrodniczego [Systemy informacji... 1998]. Technologia GIS wykorzystywana jest nie tylko przy kartowaniu elementów środowiska: wód, klimatu [Lenart 2007a, 2007b], roślinności [Matuszkiewicz 2007], rzeźby terenu [Wałdykowski i Zgorzelski 2007] itd., lecz także w opracowywaniu map zagrożenia powo-

dziowego [Biedroń i Walczykiewicz 2006]. Możliwości zastosowania narzędzi GIS w przeprowadzaniu strategicznej oceny oddziaływania na środowisko przedstawił z kolei Pyszny [2012]. Cechą GIS jest zorientowanie na analizę danych o lokalizacji oraz cechach obiektów, a także zjawisk i procesów kształtowania środowiska przyrodniczego, stąd powszechne zastosowanie GIS w planowaniu przestrzennym i jego wykorzystywanie do opracowywania dokumentów planistycznych. Przetwarzanie i analizy geograficzne wykonywane są w oparciu o atrybuty nieprzestrzenne i lokalizacyjne poprzez działania oddzielne lub odpowiednio zespolone, w efekcie których powstają nowe mapy.

Często systemy DSS wzbogacone o komponenty GIS są określane mianem przestrzennych systemów wspomaganie decyzji (*spatial decision support system* – SDSS). SDSS zostały wyposażone w możliwości analityczne systemów DSS i sprawność przetwarzania danych przestrzennych z systemów GIS [Nermend 2008]. Wcześniej DSS były głównie obszarem badań w kategorii systemów informacyjnych, a ich często wskazywaną niedoskonałością był brak wspierania danych przestrzennych. Z kolei w GIS mówi się o skutecznych rozwiązaniach z zakresu gromadzenia i przetwarzania danych przestrzennych, jednakże istnieje niedostatek narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji na szczeblu kierowniczym. Konieczność powiązania komponentów systemów GIS z systemami klasy DSS wskazują dane przestrzenne oraz funkcje analityczne wymagane w skomplikowanych analizach regionalnych [Nermend 2008].

Obecnie obserwuje się rozwój DSS w kierunku technologii internetowych. Podstawową zaletą tego typu rozwiązań jest łatwiejsza i szybsza aktualizacja informacji oraz modyfikacja rozwiązań technologicznych. Evers i in. [2006] stworzyli m.in. zintegrowany system dla potrzeb planowania przestrzennego uwzględniający aspekty ochrony przeciwpowodziowej w regionie Dolna Saksonia w Niemczech [Evers i Rubach 2010].

4. Tereny użytkowane rolniczo

4.1. Cel i zakres pracy

Celem poznawczym pracy była analiza systemu planowania przestrzennego w Polsce w zakresie uwzględniania potrzeb ochrony przeciwpowodziowej i przeciwdziałania suszy opartych na poprawie naturalnej retencyjności zlewni na przykładzie zlewni rzeki Kani w powiecie gostyńskim. Na podstawie badań określono nie-techniczne zabiegi, dzięki którym można poprawić zdolność retencyjną zlewni, oraz miejsca, gdzie dane zabiegi można efektywnie zastosować. Temu celowi przypisano następującą tezę: Na terenach użytkowanych rolniczo można zastosować określone zabiegi planistyczne i agrotechniczne, które ograniczają spływ powierzchniowy i w porównaniu ze stanem obecnym podwyższają znacząco wykorzystanie potencjału retencyjnego zlewni, przyczyniając się do obniżenia ryzyka wystąpienia negatywnych skutków suszy i powodzi.

Dodatkowym celem pracy była weryfikacja przydatności systemów wspomaganie decyzji opartych na geograficznych systemach informacyjnych w planowaniu przestrzennym na poziomie lokalnym i regionalnym w celu zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi w zlewni rzecznej.

Z tak postawionym celem związana były następująca hipoteza robocza: Systemy wspomaganie decyzji oparte na technologii GIS umożliwiają wdrożenie opracowanej metodyki w procesie planowania przestrzennego na poziomie regionalnym i lokalnym.

Powyższe cele realizowano, opierając się na wykonaniu następujących zadań:

- charakterystyka warunków fizyczno-geograficznych i hydrometeorologicznych zlewni Kani,
- rozpoznanie stanu istniejącej infrastruktury hydrotechnicznej (melioracje podstawowe i szczegółowe) zlewni Kani,
- określenie dominujących komponentów odpływu na terenie zlewni Kani przy użyciu programu DSS FLAB,
- opracowanie katalogu zabiegów planistycznych i agrotechnicznych poprawiających naturalną retencyjność zlewni,
- określenie przestrzennego rozkładu potencjału retencyjnego gleb w zlewni Kani oraz wskazanie korzystnych lokalizacji wdrażania proponowanych metod zwiększania naturalnej retencyjności zlewni,

- opracowanie klucza decyzyjnego w oparciu o DSS FLEXT umożliwiającego wykonanie mapy optymalnych metod zwiększania naturalnej retencyjności zlewni,
- określenie przestrzennych ram stosowania poszczególnych zabiegów oraz opracowanie mapy optymalnych metod zwiększania naturalnej retencyjności zlewni Kani,
- weryfikacja terenowa uzyskanych wyników procesu decyzyjnego,
- porównanie potencjalnych efektów zastosowania zabiegów planistycznych i agrotechnicznych z metodami technicznymi oraz określenie możliwości ich współdziałania.

Celem aplikacyjnym niniejszej pracy było stworzenie uniwersalnej metodyki wykonywania mapy optymalnych zabiegów zwiększania naturalnej retencyjności zlewni (określenie reguł decyzyjnych) oraz wskazanie poprzez tę mapę potencjalnych obszarów wdrożenia rozwiązań nietechnicznych wspierających działania z zakresu ochrony przeciwpowodziowej i przeciwdziałania suszy w narzędziach planistycznych regionalnego i lokalnego poziomu planowania na przykładzie zlewni rzeki Kani.

4.2. Metodyka badań i charakterystyka danych źródłowych

Europejska polityka wodna opiera się na zasadach zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi (*Integrated Water Resources Management – IWRM*), które to zakładają m.in., że zlewnia hydrograficzna stanowi podstawowy obszar wszelkich działań planistycznych i decyzyjnych.

Przy wyborze zlewni badawczej kierowano się wielkością zlewni, strukturą jej użytkowania oraz hierarchią potrzeb obszarowych małej retencji. Z tego względu wybrano zlewnię rzeki Kani o powierzchni całkowitej 110 km², gdzie użytki rolne stanowią ponad 80% powierzchni. Dodatkowo obszar ten charakteryzuje wysoki wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (83,8), co skutkuje prowadzeniem intensywnej produkcji rolnej. Zlewnia ta zlokalizowana jest w II strefie potrzeb obszarowych rozwoju małej retencji w dorzeczu Warty [Kowalczak 2001], skupiającej najsilniejszy ośrodek rolnictwa w Polsce. Jak wskazuje Kowalczak [2001], w strefie tej powinno się realizować głównie zabiegi małej retencji z uwagi na potencjalnie najbardziej efektywne ich wykorzystanie. Ponadto właściwe kształtowanie retencyjności zlewni Kani (zlewnia IV rzędu) jako lewobrzeżnego dopływu Kościańskiego Kanału Obry stanowiącego część Kanału Mosińskiego (zlewnia III rzędu) może się przyczynić do redukcji fali powodziowej na Kanale Mosińskim, wokół którego wyznaczono obszary zagrożone zalewaniem.

Zakres problemowy pracy wymagał wykorzystania różnorodnych źródeł informacji, zarówno o charakterze pierwotnym, jak i wtórnym. Cyfrową bazę danych przestrzennych, stanowiącą podstawę analiz przestrzennych przy użyciu GIS oraz procesu podejmowania decyzji za pomocą DSS, opracowano na podstawie:

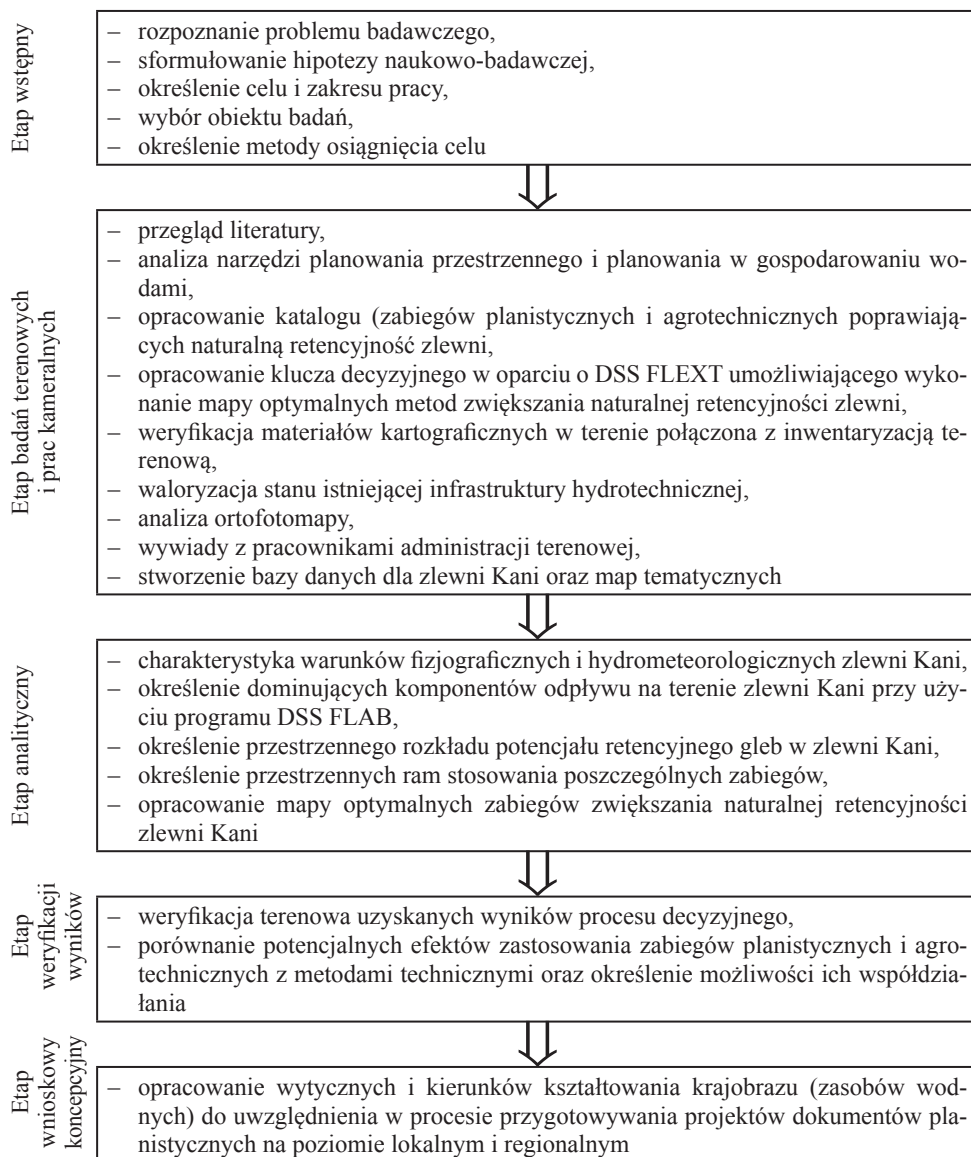
- map topograficznych (forma analogowa i numeryczna, GUGiK, 1:10 000 i 1:50 000 opracowane na podstawie mapy topograficznej w skali 1:25 000 i 1:10 000, stan aktualności 1997 r., układ 1992, arkusze M-33-11-A Gostyń, M-33-10-B Krzywiń, M-33-11-C Kobylin, M-33-10-D Krobia),
- Mapy Sozologicznej Polski (forma analogowa i numeryczna, GUGiK, 1:50 000, sozologiczne zdjęcie połowe 2004-2005, arkusze M-33-11-A Gostyń, M-33-10-B Krzywiń, M-33-11-C Kobylin, M-33-10-D Krobia, 1992),
- Mapy Hydrograficznej Polski (forma analogowa i numeryczna, GUGiK, 1:50 000, hydrograficzne zdjęcia połowe 2000-2001, arkusze M-33-11-A Gostyń, M-33-10-B Krzywiń, M-33-11-C Kobylin, M-33-10-D Krobia),
- Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (forma numeryczna, PIG, 1:50 000 Arkusze: 580 Krzywiń, 581 Gostyń, 617 Poniec, 618 Kobylin, 2002-2003),
- map glebowo-rolniczych (forma numeryczna, IUNG, 1:25 000, 1992),
- Wektorowej Mapy Poziomu Drugiego (forma numeryczna, Vmap Level 2 (VML2), ZGW WP, 1:50 000, WGS-84),
- Mapy Podziału Hydrograficznego Polski (forma numeryczna, 1:50 000, KZGW, 1992, www.kzgw.gov.pl),
- Planu Urządzenia Lasu Nadleśnictwa Piaski (forma numeryczna, RDLP Poznań),
- map ewidencyjnych (forma numeryczna, PODGiK Gostyń, 2008),
- numerycznego modelu terenu z VML2 (DTED2) (forma numeryczna, ZGW WP, 1:50 000, WGS-84)

oraz aktualizacji stanu istniejącego, która opierała się na:

- inwentaryzacji terenowej,
- analizie ortofotomapy (www.geoportal.gov.pl),
- rozmowach z pracownikami administracji terenowej (urzędy gmin: Gostyń, Krobia, Piaski i RO WZMiUW w Lesznie) [Kaczmarek i Medyńska-Gulij 2007].

W pracy wykorzystano również archiwalne opracowania projektowe udostępnione przez Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska BIPRO-WODMEL Sp. z o.o. w Poznaniu, spółki wodne działające na terenie zlewni rzeki Kani oraz urzędy gmin: Gostyń, Krobia, Piaski i RO WZMiUW w Lesznie (Inspektorat w Gostyniu).

Realizacja celu pracy wymagała zastosowania różnorodnych metod i technik badawczych. Schemat realizacji projektu badawczego przedstawiono na ryc. 4. Analiza narzędzi planowania przestrzennego i planowania w gospodarowaniu wodami polegała głównie na pracach kameralnych, weryfikacji terenowej oraz wywiadach.



Ryc. 4. Schemat realizacji projektu badawczego

Podstawowym narzędziem wykorzystywanym do tworzenia i administrowania danymi przestrzennymi, a następnie do ich przestrzennej analizy, weryfikacji, bonitacji, kwalifikacji i wizualizacji były programy typu GIS (Geograficzne Systemy Informacyjne). W tej pracy wykorzystano dwa tego typu programy:

- 1) ArcGIS 10.0 firmy ESRI (wraz z rozszerzeniami Spatial Analyst, 3D Analyst, Geostatistical Analyst).
- 2) MapInfo 9.5 firmy IMAGIS.

Do określenia dominujących komponentów odpływu i potencjalnej pojemności retencyjnej na terenie zlewni Kani oraz określenia ich przestrzennej zmienności wraz z opracowaniem mapy potencjału retencyjnego zlewni Kani wykorzystano system DSS FLAB opracowany w IHI Zita. Jako dane wejściowe wykorzystano hydrotopy (*Representative Elementary Areas*), które stanowią jednostki przestrzenne o jednorodnych właściwościach. Do ich wyznaczenia wykorzystano następujące czynniki: rzeźba terenu, gleby, użytkowanie terenu, sieć wód powierzchniowych. Kwalifikację do właściwych kategorii wykonano na podstawie specjalnie opracowanego słownika w zależności odpowiednio od spadków terenu, właściwości fizyko-wodnych gleb (skład granulometryczny, miąższość profilu, przepuszczalność i in.), kategorii zagospodarowania terenu i odległości od sieci wód powierzchniowych [Entzenberg 1998, Zimmermann 1999]. Mapa jednorodnych jednostek – hydrotopów, w wyniku zastosowania reguł decyzyjnych „jeśli-to” działających w oparciu o stworzoną bazę danych pozwoliła na określenie dominującego komponentu odpływu (odpływ powierzchniowy, odpływ podpowierzchniowy, odpływ z powierzchni nasyconych, odpływ podziemny). Infiltrację obliczono przy użyciu hydrologicznego modelu opierającego się na pierwotnych założeniach modelu Greena i Ampta autorstwa Chu i Mariño [2005], który obok charakterystyki poszczególnych warstw w profilu glebowym uwzględnia także różnice wynikające z przebiegu opadów. Modelowanie wykonano za pomocą programu MS Excel. Potencjalną zdolność retencyjną gleby wyliczono z uwzględnieniem długości trwania okresu bez opadów (5, 10 i 15 dni) [Sieker i in. 2007] (por. podrozdział 4.6.).

W procesie decyzyjnym zrealizowanym za pomocą DSS FLEXT dla obszarów użytkowanych rolniczo uwzględniono następujące zabiegi:

A. Agrotechniczne:

- A1. Uprawa konserwująca (UK),
- A2. Siew bezpośredni (uprawa zerowa, U0),
- A3. Wsiewki poplonowe i międzyplony (WP),
- A4. Agromelioracje (AM) – spulchnianie, orka agromelioracyjna.

B. Planistyczne:

- B1. Zalesianie (Z),
- B2. Zamiana gruntów ornych i intensywnie użytkowanych TUZ w ekstensywne użytki zielone (UZ),
- B3. Wprowadzenie zadrzewień śródpolnych (ZSP),
- B4. Zakładanie miedz śródpolnych z wieloletnimi trawami i roślinami zielnymi (M),
- B5. Tworzenie stref buforowych wód powierzchniowych (SB).

Szczegółowa charakterystyka zaproponowanych metod przedstawiona została w podrozdziale 4.5.

Opracowanie mapy optymalnych metod zwiększania naturalnej retencyjności wykonano za pomocą systemu DSS FLEXT na podstawie wcześniej stworzonej bazy danych (por. podrozdział 4.7.). Podstawowym elementem DSS FLEXT jest proces decyzyjny uzależniony od wprowadzonych do modelu reguł. W procesie decyzyjnym następuje powiązanie bazy danych z niezbędnymi parametrami. Dla obszarów użytkowanych rolniczo uwzględniono następujące czynniki: rodzaj użytkowania terenu, spadek terenu, wielkość pól, obszary zalewowe, obszary zdrenowane, obszary Natura 2000, odległość od wód, odległość od lasu, przydatność rolniczą, potencjał retencyjny gleby i dominujący proces odpływu. Dwa ostatnie czynniki określone zostały za pomocą DSS FLAB. Dla wymienionych wyżej metod poprawiających naturalną retencyjność zlewni określone czynniki będą kluczujące. Dla pojedynczej jednostki przestrzennej, powstałej poprzez nałożenie poszczególnych warstw, określony zostanie optymalny sposób wspierania naturalnej retencyjności. Analiza przestrzenna rozkładu poszczególnych zaleceń pozwoli na przygotowanie propozycji zmian w dokumentach planistycznych obejmujących swym zasięgiem zlewnię Kani, m.in. w studiach uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego poszczególnych gmin, które decydują o polityce przestrzennej gminy.



Fot. 1. Wysokie stany wody w Kani poniżej km 1 + 274

W pracy założono wypracowanie metodyki, która pozwoli efektywnie wykorzystać ogólnie dostępne dane kartograficzne, uwzględniając przy tym ich ułomności wynikające m.in. ze skali map oraz dokładności danych. Z tego względu do poszczególnych obliczeń i analiz celowo użyto ogólnodostępnych danych (m.in. mapy cyfrowe, dane statystyczne GUS i in.), które są wykonane dla większości obszarów Polski, co umożliwi w przyszłości wykorzystanie opracowanej metodyki także w innych zlewniach rolniczych Niziu Polskiego.

Do określenia potencjalnych zdolności retencyjnych gleb oraz scharakteryzowania gospodarki wodnej zlewni Kani wykorzystano dane meteorologiczne ze stacji opadowej IMGW w Szelejewie z lat hydrologicznych 1989-2008, zlokalizowanej na terenie sąsiedniej zlewni Dąbrówki, w odległości ok. 10 km od rzeki Kani, oraz stacji automatycznej TRAX Elektronik Nadleśnictwa Piaski zlokalizowanej na terenie siedziby nadleśnictwa w miejscowości Piaski z lat hydrologicznych 1999-2008.

Uzyskane wyniki w postaci mapy zostały ostatecznie zweryfikowane podczas licznych wizji terenowych i wywiadów z pracownikami administracji samorządowej z terenu zlewni Kani (fot. 1.).

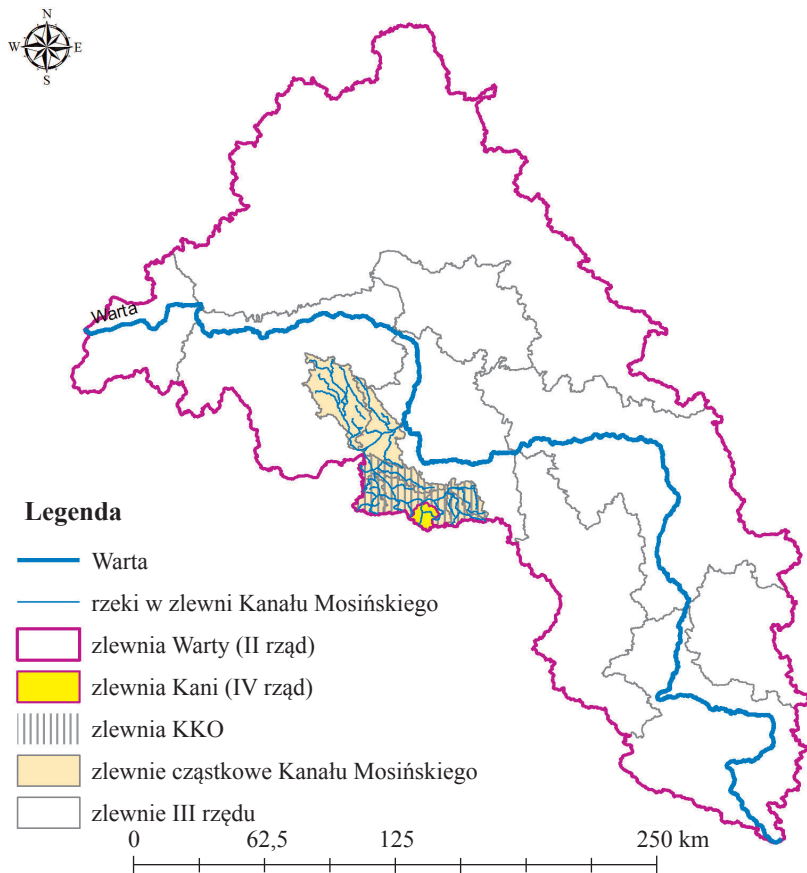
4.3. Charakterystyka terenu badań

4.3.1. Charakterystyka fizjograficzna zlewni rzeki Kani

Kania wg Podziału Hydrograficznego Polski [Podział... 2007] stanowi lewo-brzeżny dopływ Kościańskiego Kanału Obry (KKO – liczony od źródeł w okolicach Jarocina do Węzła Bonikowskiego poniżej Kościana), który jest górnym odcinkiem biegu Kanału Mosińskiego. Kania (nr zlewni 18564) jest rzeką IV rzędu o powierzchni zlewni 110,55 km² (ryc. 5.), co stanowi 4,4% powierzchni jej recypienta – Kanału Mosińskiego (8,7% powierzchni zlewni KKO), do którego uchodzi w km 68,46 w rejonie Kunowa (km 40,54 KKO).

Zlewnia Kani usytuowana jest w południowej części województwa wielkopolskiego w granicach powiatu gostyńskiego na obszarze następujących gmin:

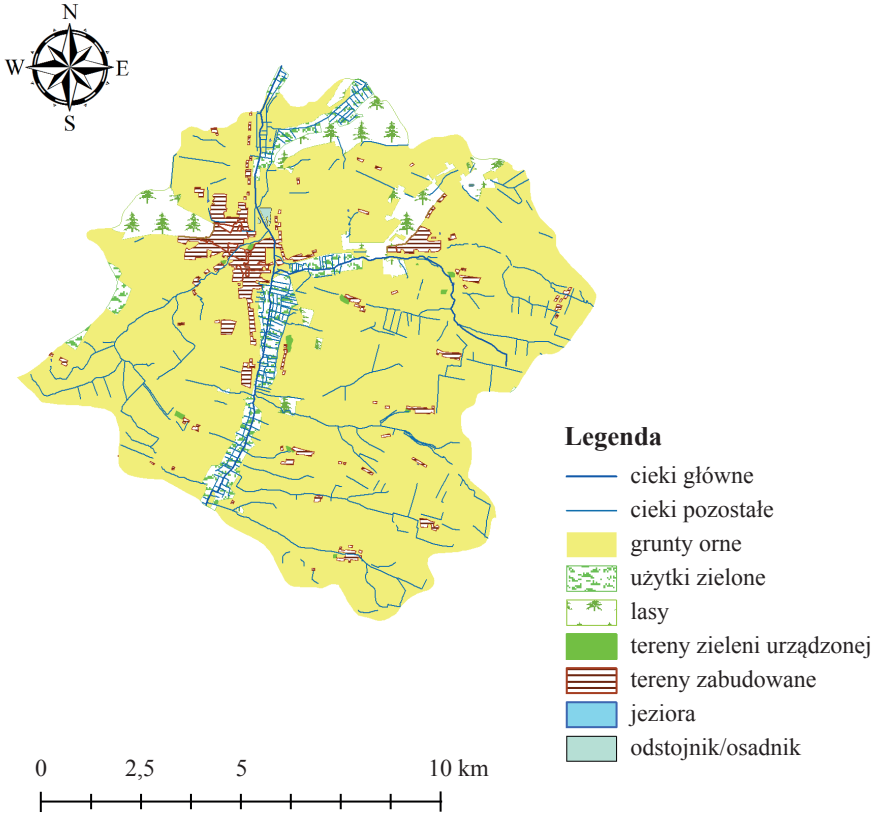
- 1) miejsko-wiejskiej Gostyń (46% powierzchni zlewni),
- 2) miejsko-wiejskiej Krobia (7% powierzchni zlewni),
- 3) wiejskiej Piaski (47% powierzchni zlewni).



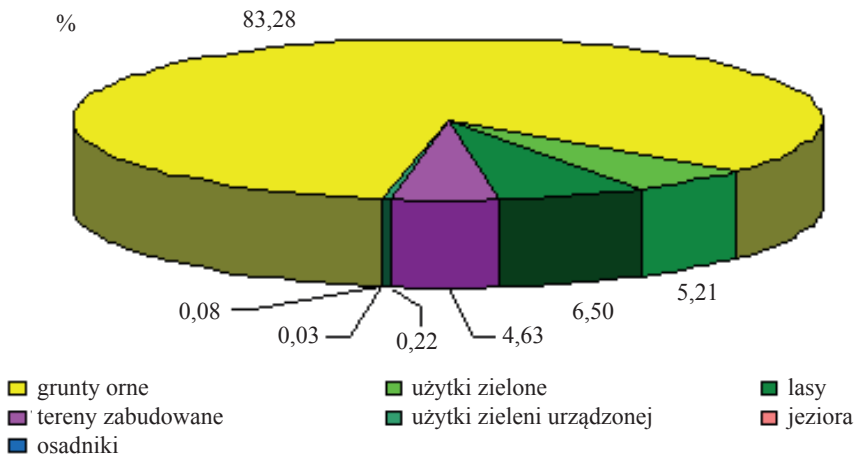
Ryc. 5. Położenie zlewni Kani na tle podziału hydrograficznego regionu wodnego Warty

Zlewnia Kani według podziału Kondrackiego [2000] na jednostki fizyczno-geograficzne znajduje się w części wielkopolsko-śląskiej podprowincji Nizin Środkowopolskich w zasięgu makroregionu Nizina Południowowielkopolska (318.1-2). W ramach tego wydzielenia wyróżnia się następnie mezoregiony: Wysoczyzna Leszczyńska (318.11) i Wysoczyzna Kaliska (318.12). Stanowią one monotonną wysoczyznę morenową płaską porozcinaną niewielkimi potokami i dolinkami roztokowymi. Zbudowane są z utworów lodowcowych i wodnolodowcowych.

Zlewnia Kani ma charakter typowo rolniczy. Grunty orne zajmują w niej 83% powierzchni, a łąki i pastwiska 5% (ryc. 6. i 7.). Na lasy, tereny zabudowane i inne powierzchnie przypada zaledwie 12%. Dla porównania, w Polsce w 2006 r. użytki rolne (grunty orne, sady, łąki i pastwiska) zajmowały 51% powierzchni, lasy 29,4%, a pozostałe grunty 19,5%. W województwie wielkopolskim z kolei użytki rolne zajmują łącznie 65,6%, w tym grunty orne 52,6%, a grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione 26,3%.



Ryc. 6. Użytkowanie terenu zlewni rzeki Kani [Mapa wektorowa poziomu drugiego (V-Map L2) i Mapa sozologiczna Polski w skali 1 : 50 000]



Ryc. 7. Struktura użytkowania zlewni rzeki Kani



Fot. 2. Rolniczy krajobraz zlewni Kani z widocznym obniżeniem pradolinny

Kania wg danych RZGW w Poznaniu i WZMiUW w Poznaniu Oddział Rejonowy w Lesznie ma obszar źródłowy wspólny z Polskim Rowem – płaską, szeroką na ok. 2 km dolinę na południe od Gostynia. Od źródeł znajdujących się na wysokości ok. 93 m n.p.m. do przekroju zamykającego badany obszar na wysokości 81,0 m n.p.m. Kania pokonuje 11,77 km. Różnica wysokości wynosi 12,0 m, co daje średni spadek podłużny rzeki 1,02%. Spadki poprzeczne doliny rzecznej są znaczne i wahają się średnio od 10 do 30%, przy czym lokalnie dochodzą do 50%. Środkowa wysokość zlewni wynosi 120 m n.p.m. (ryc. 8.). Inne podstawowe cechy fizyczno-geograficzne zlewni Kani zebrano w tab. 3., a parametry charakteryzujące warunki hydrograficzne Kani w tab. 4. (fot. 2.).

Tab. 3. Charakterystyka fizjograficzna zlewni rzeki Kania

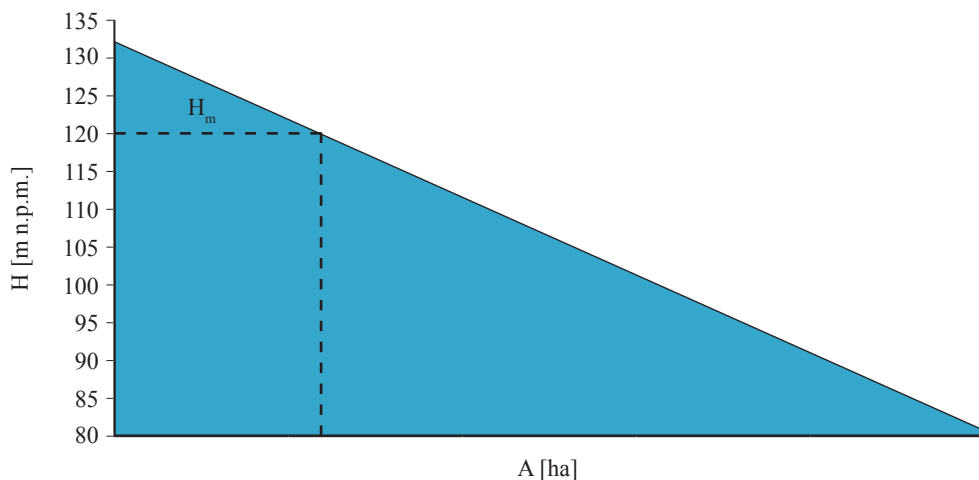
Rodzaj charakterystyki	Symbol, wzór, jednostka	Wartość
Powierzchnia zlewni	A [km ²]	110,5
Maksymalna długość zlewni	L_m [km]	11,8
Średnia szerokość zlewni	$B = \frac{A}{L_m}$ [km]	9,4
Obwód zlewni	P [km]	49,9
Wskaźnik wydłużenia zlewni	$C_w = \frac{2}{L_m} \sqrt{\frac{A}{\pi}}$	1
Wskaźnik kolistości zlewni	$C_k = 4\pi \frac{A}{P^2}$	0,56
Wysokość minimalna (rzędna zwierciadła wody w przekroju zamykającym zlewnię)	H_{\min} [m n.p.m.]	81,0
Wysokość maksymalna	H_{\max} [m n.p.m.]	132,5
Deniwelacja terenu	$\Delta H = H_{\max} - H_{\min}$ [m]	51,5
Średnia wysokość zlewni	$H_{\text{sr}} = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2}$	106,8
Wysokość środkowa (mediana)	H_m [m n.p.m.]	120
Wskaźnik rzeźby Strahlera C_f reprezentujący średnie nachylenie zlewni	$C_f = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L_m} \left[\frac{\text{m}}{\text{km}} \right]$	4,36
Wysokość na dziale wodnym w przedłużeniu suchej doliny rzeki głównej	H_g (m n.p.m.)	93,2
Średnie nachylenie zlewni	$\Psi_k = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{A}}$ [‰]	4,9
Gęstość sieci rzecznej	$D = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{A}$ [km · km ⁻²]	1,9

Opracowano na podstawie wzorów opisanych w pozycjach Byczkowskiego [1999 a i b] oraz Pociask-Karteczki [Zlewnia... 2006]

Tab. 4. Charakterystyka warunków hydrograficznych rzeki Kania

Rodzaj charakterystyki	Symbol, wzór, jednostka	Wartość
Długość rzeki (od ujścia do źródeł)	L [km]	11,6
Długość rzeki łącznie z suchą doliną	$L + l$ [km]	11,8
Długość linii prostej łączącej źródło z ujściem	p [km]	11,1
Wskaźnik rozwinięcia rzeki	$r = \frac{L}{P} \cdot 100$ [%]	104,5
Krętość rzeki	$k = \frac{L}{L+l} \cdot 100$ [%]	98,3
Spadek podłużny rzeki	$I_r = \frac{H_g - H_{\min}}{L+l}$ [‰]	1,0

Opracowano na podstawie wzorów opisanych w pozycjach Byczkowskiego [1999 a i b] oraz Pociask-Karteczki [Zlewnia... 2006]

Ryc. 8. Krzywa hipsograficzna zlewni Kania ze środkową wysokością (medialną) (H_m)

Kania od źródeł do ujścia płynie z południa na północ, przepływając przez Gostyń, dla którego jest głównym odbiornikiem wód deszczowych i oczyszczonych w miejskiej oczyszczalni ścieków w Gostyniu. Kania wykorzystuje południowy odcinek Pradoliny Żerkowsko-Rydzyńskiej.

Sieć cieków w zlewni Kania jest gęsta (tab. 4.). Większość drobnych cieków na tym obszarze została pogłębiona i stanowi część systemu melioracyjnego. Na ogół ich brzegi i koryta są umocnione faszyną, a drobne ciek na obszarze wysoczyznowym okresowo tracą wodę.

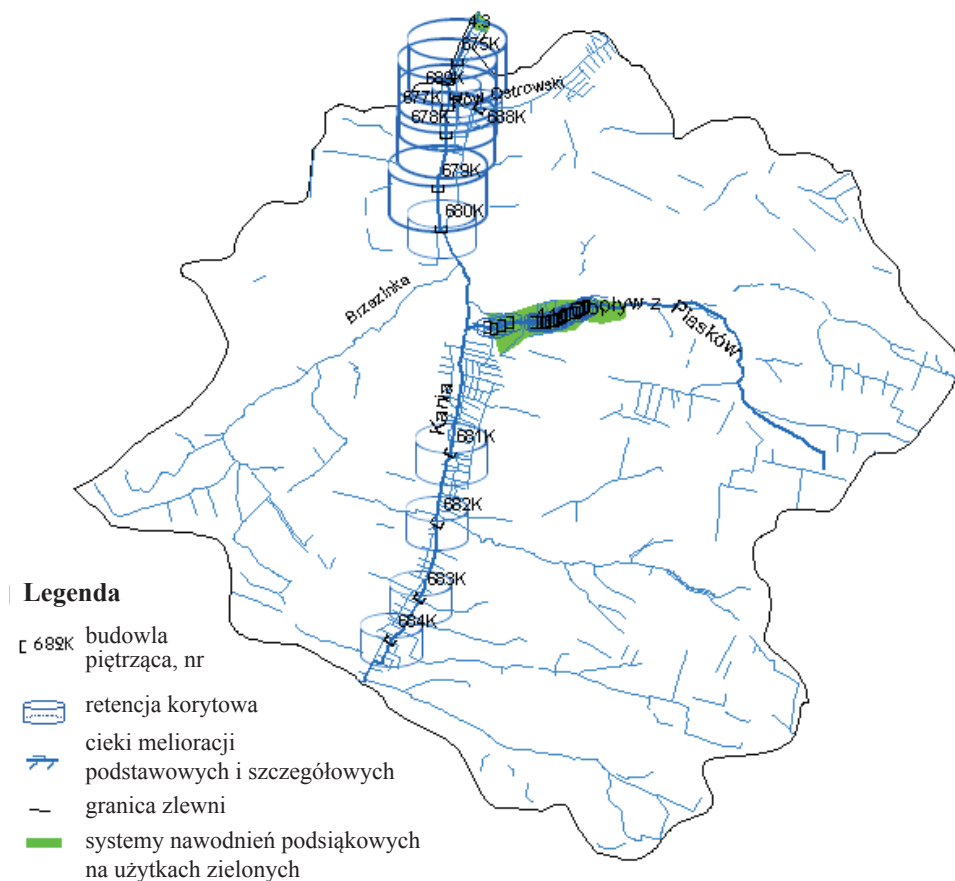
Dno Kani jest porośnięte gęstą roślinnością trawiastą oraz trzcinami, w dolnym biegu z rzadkim porostem lub bez. W całym biegu występuje zamulenie od kilku do 40 cm w zależności od terminu przeprowadzenia zabiegów odmulania. Występują również lokalne przewężenia dna cieku wskutek m.in. łach i zadarnienia namułu oraz poszerzenia wskutek wymycia gruntu przy podstawie skarpy. Skarpy pokryte są porostem roślinnym miękkim (po wykoszeniu) bądź twardszym, starym na odcinku bez wcześniejszego wykoszenia. Skarpy Kani mają zróżnicowane nachylenie z widocznymi osunięciami i rozmyciami na odcinku dolnym. Na skarpach i w obrębie półki skarpowej w km 2 + 174 – 7 + 626 oraz powyżej km 9 + 500 występuje zadrzewienie krzakami (kępowe oraz punktowe) i pojedynczymi drzewami, które nie powodują zakłóceń w przepływie wody (fot. 3.). W całym biegu rzeki występują tzw. wargi brzegowe o mocno zróżnicowanej wysokości powstałe po odkładzie gruntu po wielokrotnym odmuleniu.



Fot. 3. Kania powyżej ujścia Dopływu z Piasków (Starej Kani) w km 5 + 360 z pojedynczymi zadrzewieniami

Aktualnie na terenie zlewni Kani istnieją dwa zmeliorowane obiekty wyposażone w urządzenia do nawodnień (ryc. 9.). Pierwszy o powierzchni 60 ha zlokalizowany jest w dolinie Starej Kani (Dopływ z Piasków). Drugi znacznie większy

na Kościańskim Kanale Obry o powierzchni całkowitej 1127 ha, z czego do zlewni Kani należy jednak tylko niespełna 6 ha. Obydwa obiekty zlokalizowane są na trwałych użytkach zielonych i są nawadniane grawitacyjnie. Obydwa także zostały przewidziane do odbudowy i modernizacji w „Programie nawodnień rolniczych dla województwa wielkopolskiego” [Program... 2008, Przybyła i Mrozik 2010].



Ryc. 9. Lokalizacja budowli piętrzących i obszarów nawadnianych podsiętkowo oraz kartodiagram potencjalnej retencji korytowej budowli piętrzących

Tymczasem według dokumentacji opracowanej w 1971 r. [Langiewicz i Dudka 1971] Spółka Wodna „Kania” posiadała łączny obszar konkurencyjny o powierzchni 758 ha, z tego 493,94 ha przypadły na użytki zielone odwadniane rowami i 264,35 ha na grunty orne. Pośród użytków zielonych zdecydowana większość, bo 460 ha, była także nawadniana podsiętkowo. Pozostałe 33,94 ha określone zostały jako niewymagające nawodnień.

Spółkę Wodną „Kania” założono w 1885 r. Jej działalność obejmowała wąski pas gruntów wzdłuż rzeki Kani na długości 11,25 km. Granice spółki stanowiły od południa droga Sikorzyn – Stara Krobia, od wschodu szosa Krobia – Podrzeczce oraz w dalszym ciągu ulica Nad Kanią w Gostyniu i droga do Bogusławek, od północy droga Dusina – Ostrowo, a od zachodu szosa Kunowo – Czachorowo. Grunty objęte działalnością spółki były niezdrenowane, a ich odwadnianie następowało poprzez sieć rowów podstawowych i szczegółowych.



Fot. 4. Jaz piętrzący wodę w Kani w km 1 + 274 (wysokość maksymalnego piętrzenia 0,85 m)

Na terenie zlewni Kani istnieją 34 budowle piętrzące, w tym 9 jazów i 1 zastawka na Kani, 1 zastawka i 1 przepust z piętrzeniem na Rowie Ostrowskim oraz 22 stopnie na Dopływie z Piasków (Starej Kani) (fot. 4. i fot. 5.). Budowle te umożliwiają retencję korytową o objętości 144 tys. m³ (ryc. 9.). Zdecydowana większość (83%) przypada na budowle zlokalizowane na Kani, które charakteryzują się wysokością piętrzenia w granicach 0,8-0,85 m. Wymienione obiekty, poza stopniami wodnymi, zostały zapisane w programie rozwoju małej retencji [Aktualizacja... 2005]. Ich realizacja (modernizacja, odbudowa) zaplanowana została na lata 2008-2011 [Przybyła i Mrozik 2010].

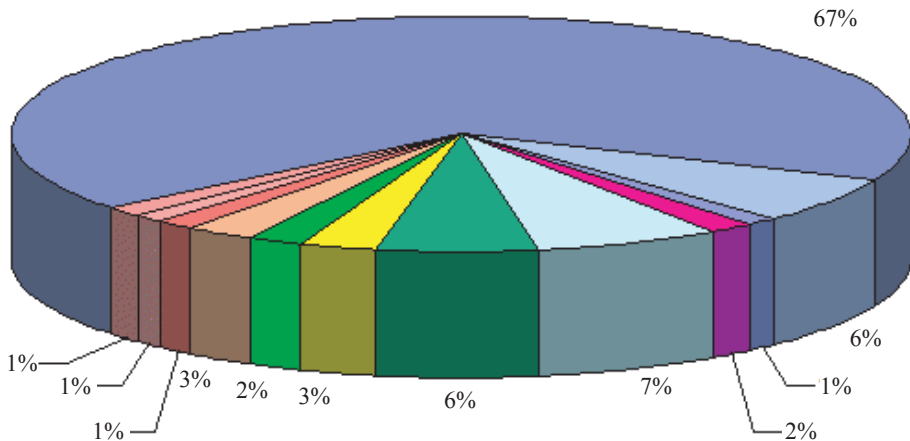


Fot. 5. Stopień wodny na Dopływie z Piasków

Zlewnia Kani położona jest w środkowej części monokliny przedsudeckiej zalegającej na silnie zmetamorfizowanym i zaburzonym podłożu waryscyjskim. Kompleks permsko-mezozoiczny ma miąższość 2-3 tys. m. Najstarsze skały permskie, piaskowce, zlepieńce i łupki czerwonego spągowca, przykryte są serią dolnopermskich skał wulkanicznych o miąższości poniżej 200 m. Na nich zalegają z kolei kredowe osady morskie. Strop mezozoiku, zbudowany przeważnie z utworów triasu (iły, iłowce, dolomity pstre i szare górnego triasu), zalega na głębokości 100-150 m p.p.m. W obrębie zlewni Kani wyróżnić można głęboką formę tektoniczną, tzw. Rów Poznania, który stanowi wyraźne obniżenie w powierzchni mezozoicznej przebiegające na linii Szamotuły – Poznań – Mosina – Czempień – Gostyń. Miąższość utworów trzeciorzędowych wynosi w rowie średnio 300-400 m, na obrzeżach rowu 200-220 m. W ich skład wchodzi przede wszystkim skały detrytyczne: piaski, mułki, iły, rzadziej żwiry. W formacji mioceńskiej rowu występują złoża węgla brunatnego, w rejonie Gostynia o miąższości ok. 34 m. Skały trzeciorzędowe leżą niezgodnie na skałach starszych. Strop trzeciorzędu, zalegający na wysokości 20-110 m n.p.m., zbudowany jest z iłów plioceńskich, mułków, piasków i żwirów. Segment czwartorzędowy tworzą utwory plejstoceńskie (piaski, żwiry, gliny) oraz holoceni (piaski, żwiry, mady, torfy). Ich miąż-

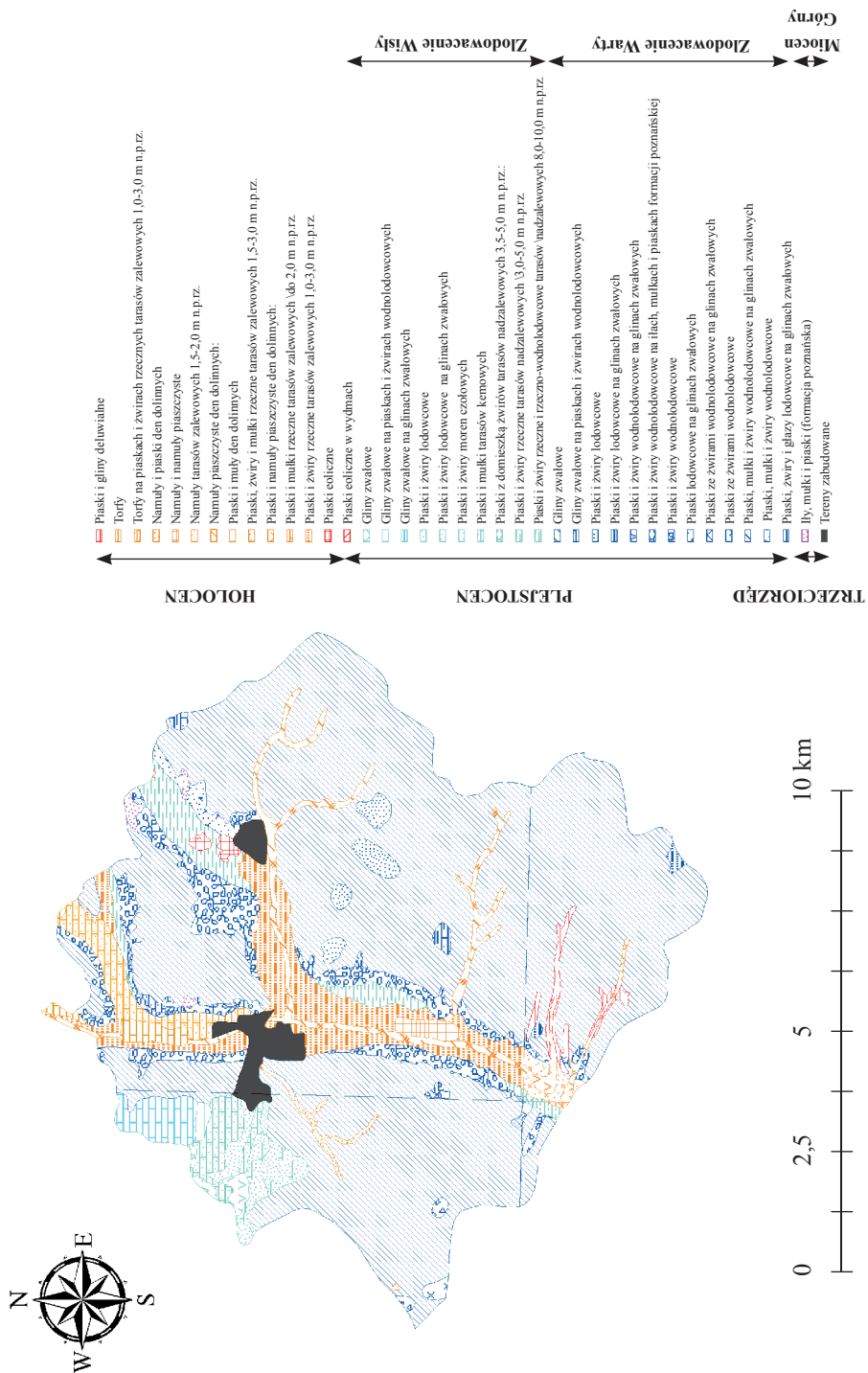
szość jest bardzo zróżnicowana i przeważnie wynosi 10-30 m [Winnicki 2003, Król 2003, Nowak 2002, Szałajdewicz 2002, Kozacki i in. 2005a, Kozacki i in. 2005b, Karwacka i in. 2004, Kozacki i in. 2005c].

W strukturze powierzchniowej budowy geologicznej zdecydowanie dominują utwory zlodowacenia Warty, które pokrywają 76,3% powierzchni zlewni. Wśród nich zdecydowanie przeważają gliny zwałowe, które pokrywają łącznie 67% powierzchni zlewni Kani. Ponad jednocentowy udział w strukturze powierzchniowej zlewni posiadają ponadto piaski i żwiry wodnolodowcowe oraz piaski i żwiry lodowcowe (ryc. 10. i 11.). Utwory zlodowacenia Wisły stanowią 7,6% powierzchni zlewni, a holocenu 13%. Wśród utworów najmłodszych największy udział w ogólnej powierzchni zlewni mają piaski i żwiry rzeczne tarasów zalewowych (1-3 m n.p.rz.).



- piaski i żwiry rzeczne tarasów zalewowych 1,0-3,0 m n.p.rz. - holocen
- piaski i mulki den dolinnych - holocen
- torfy na piaskach i żwirach rzecznych tarasów zalewowych 1,0-3,0 m n.p.m. - holocen
- piaski i żwiry rzeczne i rzeczno-wodnolodowcowe tarasów nadzalewowych 8,0-10,0 m n.p.rz. zlodowacenia Wisły
- piaski i mulki tarasów kemowych zlodowacenia Wisły
- piaski i żwiry lodowcowe na glinach zwałowych zlodowacenia Wisły
- gliny zwałowe na glinach zwałowych zlodowacenia Wisły
- gliny zwałowe zlodowacenia Warty
- piaski i żwiry wodnolodowcowe zlodowacenia Warty
- piaski i żwiry lodowcowe zlodowacenia Warty
- tereny zabudowane
- pozostałe

Ryc. 10. Struktura powierzchniowej budowy geologicznej zlewni Kani



Ryc. 11. Powierzchniowa budowa geologiczna zlewni Kani [Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000]

Ukształtowanie powierzchni zlewni Kani jest dość urozmaicone dzięki obecności wyraźnych form dolinnych, wciętych w strefę wysoczyznową na około 30 m. Wysokości względne pomiędzy dnami dolin a kulminacjami płatów wysoczyznowych osiągają przeważnie wartości w granicach 25-40 m. Główne rysy rzeźby tego terenu powstały podczas ostatnich zlodowaceń, zwłaszcza w okresie recesji lądolodu środkowopolskiego ze stadiału Warty po początki recesji lądolodu bałtyckiego fazy leszczyńskiej. Od holocenu dominują procesy łagodzące rzeźbę.

Teren leżący na południe od linii zasięgu zlodowacenia bałtyckiego jest silnie przekształcony przez procesy peryglacjalne. Doprowadziły one do znacznego zdenudowania powierzchni terenu, zasypania rynien i niecek jeziornych, złagodzenia załomów terenu, powstania denudacyjnych równin w obrębie wysp wysoczyznowych. Ze względu na genezę wśród osadów w zlewni Kani można wyróżnić:

- a) osady deluwialne (zmywów powierzchniowych),
- b) osady eoliczne,
- c) osady lodowcowe (morenowe, glacialne),
- d) osady rzeczne (fluwialne, aluwialne),
- e) osady rzeczno-wodnolodowcowe,
- f) osady wodnolodowcowe (fluwioglacjalne, rzeczno-lodowcowe, sandrowe).

W strukturze powierzchniowej zdecydowanie dominują osady lodowcowe, które pokrywają 72,1% powierzchni zlewni. Osady rzeczne zajmują 10,2% zlewni, a wodnolodowcowe 7,3%.

W obrębie zlewni Kani znajdują się następujące formy lub zespoły form:

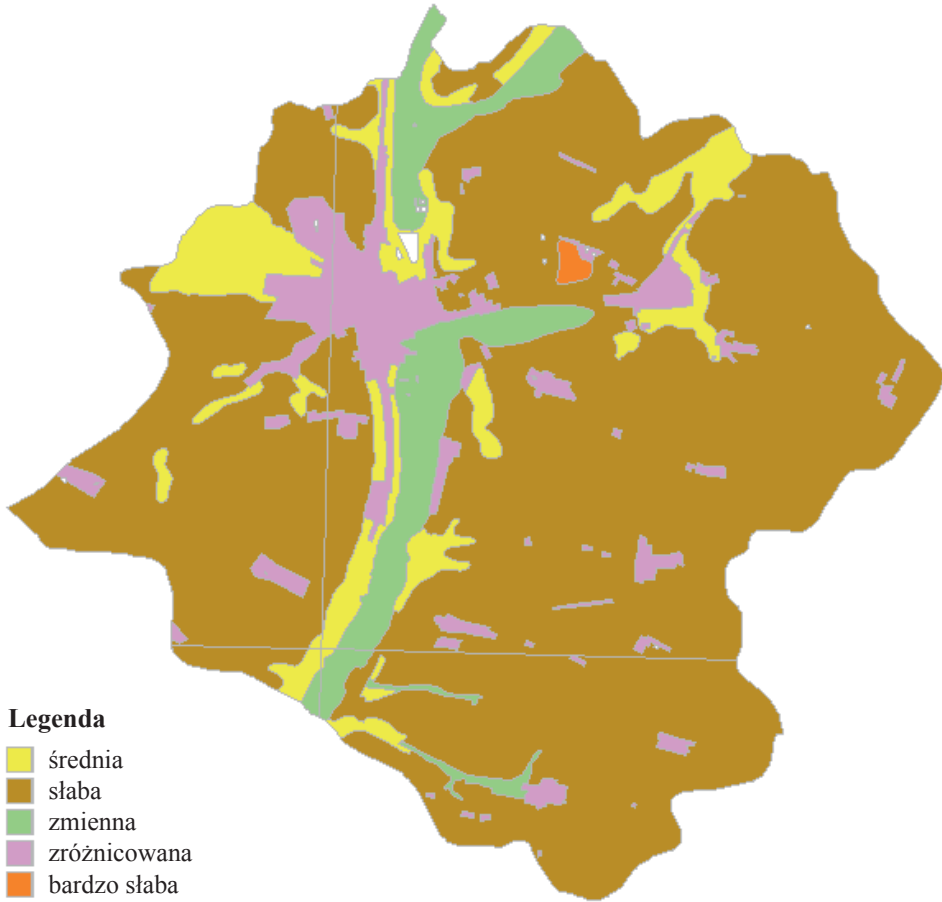
- wysoczyzna morenowa – strop wysoczyzny budują glina zwałowa, piaski i żwiry stadiału Warty zlodowacenia środkowopolskiego, forma dominująca na terenie całej zlewni, w części położonej na północ od linii Gostyń – Strzelce Wielkie jest silnie rozczłonkowana;
- moreny czołowe – izolowane pagóry, porośnięte lasami na zachód od Gostynia;
- Pradolina Żerkowsko-Rydyńska – z chwilą wycofania się lądolodu leszczyńskiego bardziej na północ wody roztopowe lądolodu oraz górnej Warty zaczęły płynąć na zachód tym systemem dolinnym, współcześnie jej odcinek zajęty jest m.in. przez dolinę rzeki Kani;
- tarasy kemowe – formy wąskie, o szerokości 150-250 m, towarzyszą północnym stokom Wysoczyzny Leszczyńskiej. Ich wysokość względna dochodzi do 10 m i tylko sporadycznie w okolicach Gostynia przekracza 18 m. Tarasy kemowe należą do form mało stabilnych i dlatego w wielu przypadkach zatraciły swój pierwotny wygląd. Przyczyniła się do tego działalność człowieka i warunki atmosferyczne. Zlokalizowane są ok. 1-3 km na zachód od Gostynia;
- tarasy pradolinne (akumulacyjne) – zajmują większą część den dolinnych. Są to płaskie powierzchnie lekko opadające w kierunku osi doliny. Wznoszą się one 2,5-3,0 m ponad rzeczne tarasy nadzalewowe i niejednokrotnie osiągają szerokość 1 km;

- zagłębienia powstałe po martwym lodzie – najliczniej występują na powierzchni tarasu pradolinowego oraz na formach kemowych. Są to okrągłe lub owalne zagłębienia („oczka”), przeważnie zatorfione lub wypełnione wodą. Ich średnica na ogół nie przekracza kilkudziesięciu metrów;
- dna dolin rzecznych – na obszarze Wysoczyzny Leszczyńskiej doliny rzeczne mają przekrój nieckowaty, a ich szerokość nie przekracza 100 m;
- wydmy – dwa wydzielenia o powierzchni poniżej 1 ha pokryte lasami na północ od miejscowości Piaski.

Na powierzchni wysoczyzn morenowych występują ponadto głązy narzutowe.

Z hydrologicznego punktu widzenia najważniejszym czynnikiem geologiczno-glebowym oddziałującym na kształtowanie się odpływu w zlewni jest przepuszczalność podłoża [Byczkowski 1999b]. Cecha ta warunkuje wsiąkanie wód opadowych i zależy od stałych właściwości fizycznych gruntu. W zlewniach o podłożu przepuszczalnym, gdzie infiltracja jest znaczna, zasoby wód podziemnych są duże, odpływ podziemny znaczny, stany wód w rzekach wyrównane, a wezbrania mają łagodny przebieg. Z kolei w zlewniach o podłożu nieprzepuszczalnym, gdzie infiltracja jest niewielka, zaznacza się przewaga odpływu powierzchniowego nad podziemnym, wezbrania mają zazwyczaj gwałtowny przebieg, a w okresie niżówek przepływy rzeczne są bardzo małe, w małych ciekach nawet zanikające [Byczkowski 1999b, Zlewnia... 2006].

W zlewni Kani zdecydowanie dominują grunty słabo przepuszczalne o współczynniku filtracji od 10^{-5} do 10^{-8} m/s (piaski słabo gliniaste, piaski gliniaste lekkie i mocne, gliny lekkie i średnie, pyły zwykłe i ilaste), które zajmują prawie 76% powierzchni zlewni i są związane głównie z glinami zwałowymi zlodowacenia Warty (ryc. 12.). Grunty średnio przepuszczalne o współczynniku filtracji od 10^{-3} do 10^{-5} m/s (piaski gruboziarniste, średnioziarniste i drobnoziarniste, piaski luźne oraz słabo gliniaste i skały lite silnie uszczelnione) zajmują nieco ponad 9% powierzchni zlewni i związane są m.in. z piaskami i żwirami wodnolodowcowymi zlodowacenia Warty, piaskami i mułkami tarasów kemowych, piaskami i żwirami lodowcowymi, piaskami i żwirami rzeczными i rzeczno-wodnolodowymi tarasów nadzalewowych zlodowacenia Wisły. Przepuszczalność zmienna o współczynniku filtracji od 10^{-3} do 0 m/s jest typowa dla gruntów organicznych związanych z utworami holoceniowymi, cechujących się zmiennymi warunkami przepuszczalności, w zależności od ich nawilgotnienia (torfy i gleby murszowe), i określona została dla 7% powierzchni zlewni. W warunkach dużego nawilgotnienia grunty te stają się praktycznie nieprzepuszczalne, natomiast w okresach suchych charakteryzują się korzystnymi warunkami przepuszczalności. Przepuszczalność zróżnicowana o współczynniku filtracji od 10^{-3} do 0 m/s związana jest głównie z gruntami antropogenicznymi i występuje na prawie 8% powierzchni zlewni. Grunty o bardzo słabej przepuszczalności o współczynniku filtracji mniejszym niż 10^{-8} m/s (skały lite słabo uszczelnione i iły) zajmują zaledwie 0,2% powierzchni zlewni [Mrozik 2012, Wytyczne... 2005].

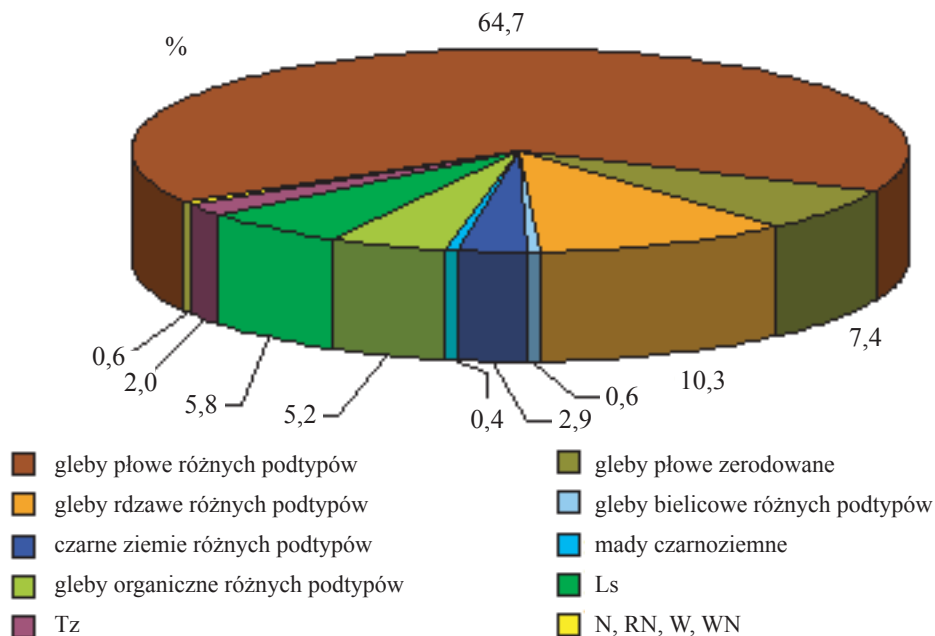


Ryc. 12. Przepuszczalność gruntów w zlewni Kani [Mapa hydrograficzna Polski w skali 1 : 50 000]

Zlewnia Kani charakteryzuje się skrajnie niską jeziornością (0,03). Na jej obszarze nie występują jeziora o powierzchni większej niż 1 ha, a powierzchnia największego wynosi 0,51 ha. Nie stwierdzono również występowania stawów rybnych. Łącznie na podstawie bazy danych topograficznych [VML2] wyznaczono 12 jezior o łącznej powierzchni 3,8 ha. Na terenie zlewni większą powierzchnię pokrywają osadniki i odstojniki związane z działalnością oczyszczalni ścieków w Gostyniu (8,7 ha).

W zlewni Kani zdecydowanie dominują gleby płowoziemne (rzęd 5.), które reprezentowane są przez gleby płowe różnych podtypów zajmujące 66% powierzchni zlewni oraz gleby płowe zerodowane (7%) (ryc. 13. i 14.). Dla gleb płowoziemnych charakterystyczne jest wymycie frakcji ilastej, co skutkuje utworzeniem się poziomu iluwalnego Bt (argillic) wzbogaconego w frakcję granulometryczną (frakcję ilastą)

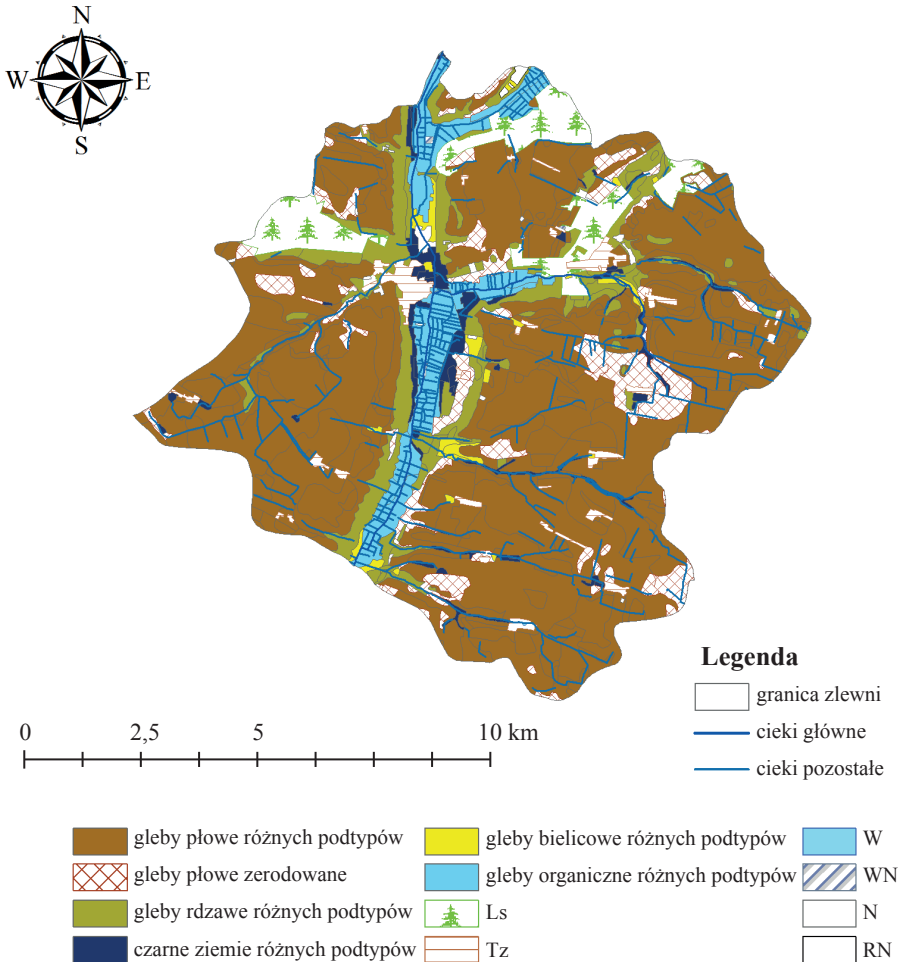
o $\phi < 0,002$ mm. W wyniku procesu płowienia – lessivage’u – wierzchnie poziomy nabierają cech spiaszczenia [Systematyka... 2008, Marcinek i Komisarek 2004]. Budowa gleb płowych (typ 5.1.) jest następująca Ap-Et-Bt-C, O-A-Et-Bt-C, gdzie poziom Et (luvic) i Bt (argillic) są poziomami diagnostycznymi autogenicznych gleb płowych. Gleby płowe zerodowane są glebami, w których na skutek orki lub erozji wodnej przyspieszonej poziom orchic może być zniszczony, a poziom uprawny tworzy się z poziomu luvic. Gleby płowe zerodowane mają następującą budowę morfologiczną Ap-Bt-C. Są to tzw. gleby „ogłowione”, czyli zerodowane powierzchniowo bez poziomu Et (luvic) [Marcinek i Komisarek 2004]. W przeszłości gleby te zaliczano do gleb brunatnych [Musierowicz 1954]. Nawiązując do pracy Marcinka [1994], na mapach glebowych kontury gleb brunatnych przeklasyfikowano do gleb płowych zerodowanych.



Ryc. 13. Struktura pokrywy glebowej zlewni rzeki Kani

Gleby rdzawe (typ 4.1.) rzędu 4. Gleby rdzawoziemne zajmują w zlewni Kani nieco ponad 10% powierzchni. Pod względem gatunkowym gleby te zbudowane są z piasku średniego. Gleby rdzawe są mocno przestrzennie powiązane z glebami bielcowymi (typ 6.1.) rzędu 6. – gleby bielicoziemne. Zajmują one niecały 1% powierzchni zlewni, przy czym gleby bielcowe powstają w lasach, a gleby rdzawe są uprawiane rolniczo. Gleby rdzawe i bielcowe mają wspólne materiały macierzyste, które decydują o ich właściwościach. Różnią się genezą i w efekcie także budową profilu. Gleby bielcowe różnych podtypów rozwinięte są głównie z lżejszych

materiałów macierzystych, przede wszystkim piasków i piasków słabo gliniastych, mają podpowierzchniowe poziomy diagnostyczne: wymywania – albic (Es) i wzbogacania – spodik (Bhs), choć ten pierwszy nie zawsze jest obecny w profilu. Ich cechy morfologiczne i fizyczne zdeterminowane są przebiegiem procesu bielcowienia. Wykazują zazwyczaj nadmierne warunki drenażu wewnętrznego, a ich typowa sekwencja poziomów przedstawia się następująco: O-A-Es-Bhs-C lub Ap-(Es)-Bhs-C. Poziomem diagnostycznym gleb rdzawych, które powstają w wyniku rdzawienia, jest poziom wzbogacania sideric (Bv). Typowa dla tego typu sekwencja poziomów to: O-A-Bv-C lub Ap-Bv-C. Nie przedstawiają one większej wartości dla rolnictwa z uwagi na małą zdolność retencji wody i niewielkie zasoby składników odżywczych [Marcinek i Komisarek 2004, Systematyka... 2008].



Ryc. 14. Typy gleb w zlewni Kani [Mapa glebowo-rolnicza w skali 1 : 25 000]

Z kolei czarne ziemie (typ 7.2.) rzędu 7. – gleby czarnoziemne zajmują prawie 3% powierzchni zlewni. Najczęściej występują w asocjacjach z glebami płowymi wytworzonymi z glin zwałowych. Ich poziomem diagnostycznym jest mollic, rzadziej umbric, a uproszczona sekwencja poziomów przedstawia się następująco: O-A-Ck lub O-AC-Cg albo Ap-Ck-Cg [Systematyka... 2008]. Semihydrogeniczne czarne ziemie najczęściej rozwijają się w zakłębieniach terenowych, gdzie niedostateczne warunki drenażu sprzyjają akumulacji materii organicznej i tworzeniu się poziomu mollic. Czasami w obniżeniach takich możemy dostrzec również gleby glejowe i murszaste. Wraz ze wzrostem rzędnej terenu pojawiają się gleby płowe, które cechują się dobrymi warunkami drenażu. Takie układy katenalne, topohydrosekwencyjne są typowe dla obszarów falistej moreny dennej [Marcinek i Wiślańska 1984, Marcinek i in. 1990, Marcinek i Komisarek 1991, 1993, Marcinek i Spychalski 1998, Komisarek 1994].

Niecałe 0,5% zlewni pokrywają mady czarnoziemne (typ 7.4.) utworzone z materiałów współczesnych wleczonych przez płynące wody rzek i ulegających sedymentacji. Gleby te rozwijają się wzdłuż rzek i cieków wodnych na terasach rzecznych oraz na stożkach napływowych. Poziomy stropowe zawierają z reguły ponad 3% materii organicznej i należą do epipedonów mollic. Mady są glebami młodymi o warstwowej budowie profilu glebowego, różniące się barwą, teksturą, strukturą, zawartością materii organicznej. Ich typowa sekwencja poziomów to: A-AC-CG [Marcinek i Komisarek 2004, Systematyka... 2008].

Nieco ponad 5% zajmują gleby organiczne różnych typów (rzęd 10.), które obejmują większość gleb wyróżnianych wcześniej jako gleby torfowe, mułowe, namułowe, gytiove i murszowe. Gleby organiczne zbudowane są z materiałów organicznych. Tworzyły się zazwyczaj w warunkach podmokłych. Występują przeważnie w złych lub niedostatecznych naturalnych warunkach drenażu (zakłębienia terenowe, równiny o ograniczonym odpływie wód gruntowych, doliny rzek) [Systematyka... 2008].

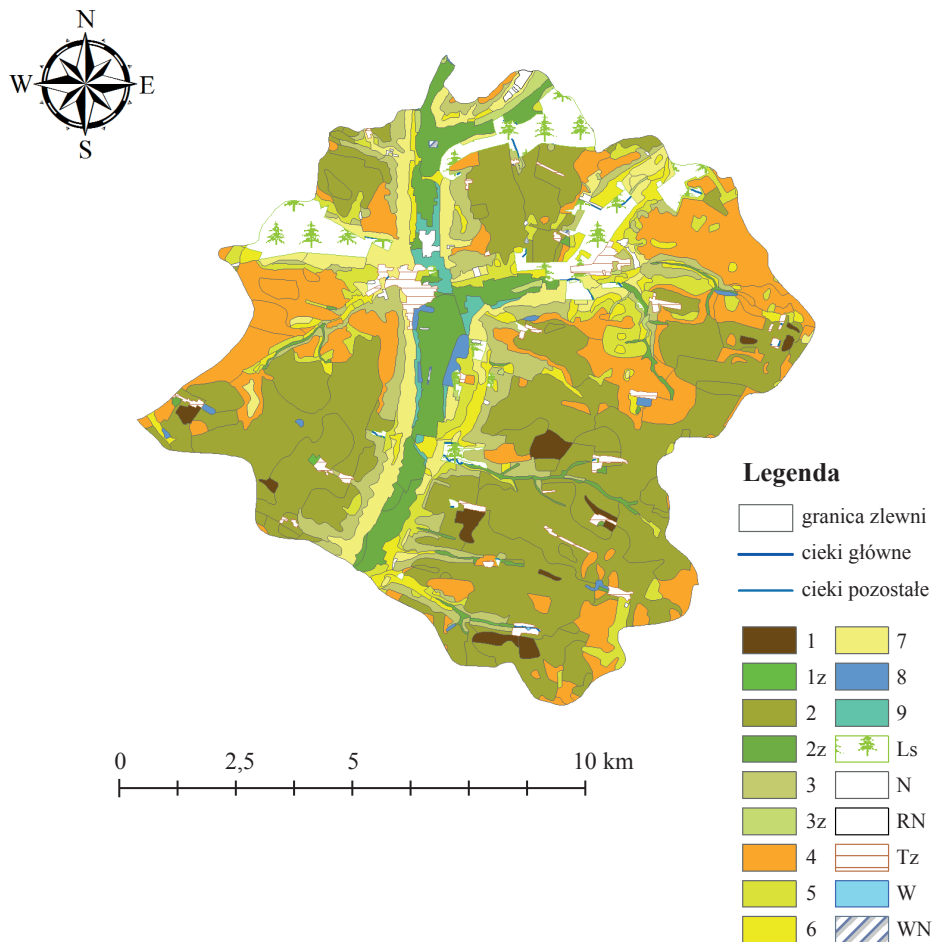
Zagadnienia związane z użytkowaniem rolniczym terenu mają kluczowe znaczenie dla jego zagospodarowania. Wiąże się to z ochroną terenów rolniczych zgodnie z Ustawą z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych [tj. Dz. U. z 2004 r. nr 121 poz. 1266 ze zm.] przed wykorzystywaniem i zagospodarowaniem ich w niewłaściwy sposób z punktu widzenia ogólnospołecznych interesów. O wartości rolniczej danego terenu decyduje charakter typologiczny gleb i związana z tym ich bonitacja oraz agrotechniczne zalecenia optymalnego wykorzystania tych obszarów pod konkretne uprawy ujęte w formie kompleksów rolniczej przydatności gleb [Racinowski 1987]. Obecnie w myśl wspomnianej ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych zmiany przeznaczenia gruntów rolnych i leśnych dokonuje się w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego po wcześniejszym uzyskaniu zgody:

- ministra właściwego do spraw rozwoju wsi dla gruntów rolnych stanowiących użytki rolne klas I-III,
 - ministra właściwego do spraw środowiska (lub upoważnionej przez niego osoby), dla gruntów leśnych stanowiących własność Skarbu Państwa,
 - marszałka województwa wyrażonej po uzyskaniu izby rolniczej dla pozostałych gruntów leśnych
- oraz na wniosek wójta (burmistrza, prezydenta miasta).

Obszar zlewni Kani odznacza się bardzo dobrymi glebami. Dominuje kompleks rolniczej przydatności pszennej dobrej (39,4% powierzchni zlewni) oraz żytni bardzo dobry (16,8%). Na kompleksy trwałych użytków zielonych przypada 7,4% powierzchni zlewni (tab. 5., ryc. 15.).

Tab. 5. Struktura kompleksów rolniczej przydatności gleb w zlewni rzeki Kani

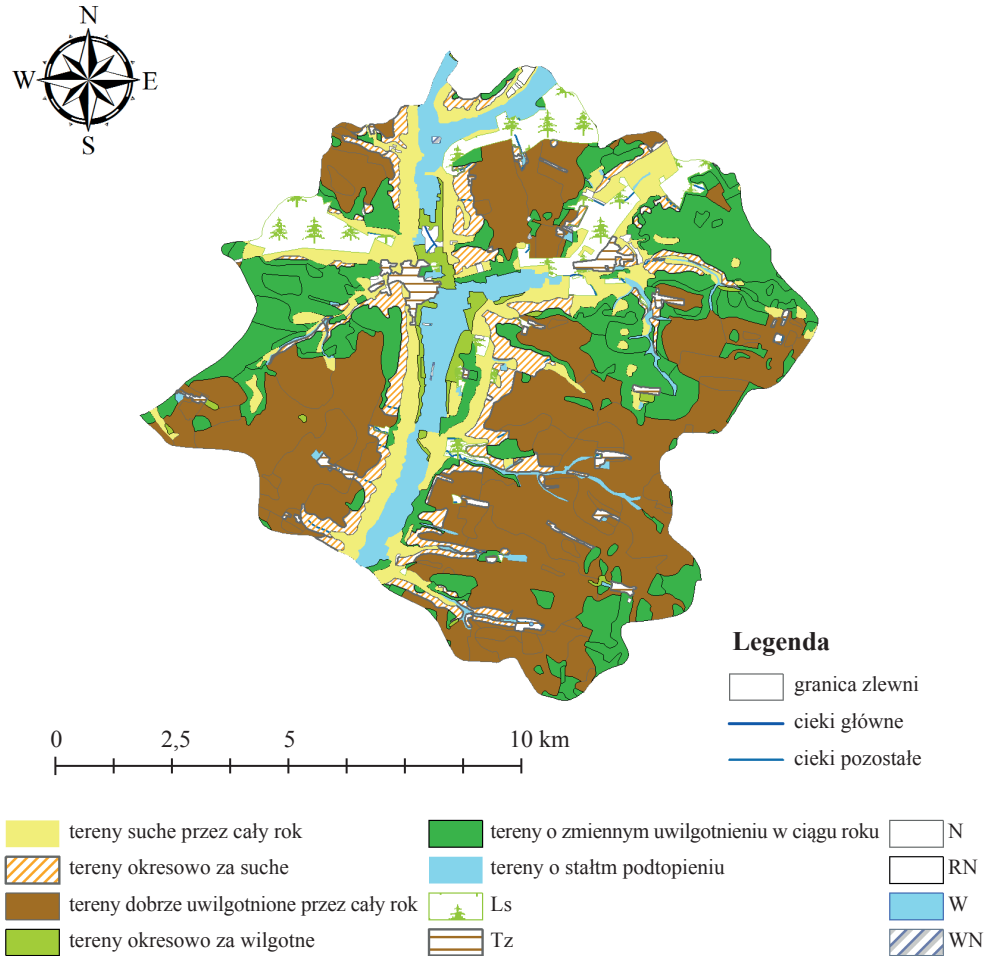
Oznaczenie	Nazwa kompleksu	Udział w powierzchni zlewni [%]
Kompleksy gruntów ornych		
1	pszennej bardzo dobrej	1,4
2	pszennej dobrej	39,4
3	pszennej wadliwej	8
4	żytni bardzo dobry	16,8
5	żytni dobry	5,5
6	żytni słaby	4
7	żytni bardzo słaby	6,8
8	zbożowo-pastewny słaby	0,6
9	zbożowo-pastewny słaby	1
Kompleksy trwałych użytków zielonych		
1z	użytki zielone bardzo dobre i dobre	0,1
2z	użytki zielone średnie	6,7
3z	użytki zielone słabe i bardzo słabe	0,6



Ryc. 15. Kompleksy rolniczej przydatności gleb w zlewni rzeki Kani [Mapa glebowo-rolnicza w skali 1 : 25 000]

Na podstawie kompleksów rolniczej przydatności (krp) gleb Dobrzański i in. [1973] wyznaczyli typy reżimów wodnych gleb (ryc. 16.):

- I) Tereny suche przez cały rok obejmują 6 i 7 krp gleb. Do kompleksu 6. kwalifikuje się głównie gleby utworzone z piasków słabo gliniastych całkowitych i głębokich oraz piasków gliniastych lekkich podścielonych dość płytko piaskiem luźnym lub żwirem. Są one zbyt przepuszczalne i okresowo za suche. W skład 7. kompleksu wchodzi natomiast najszabsze gleby utworzone z piasków luźnych i słabo gliniastych podścielonych płytko piaskiem luźnym i żwirem. Są one trwale za suche. Ich przestrzenne rozmieszczenie pokrywa się z zasięgiem gleb rdzawych.



Ryc. 16. Typy reżimów wodnych gleb w zlewni rzeki Kani [Dobrzański i in. 1973, Mapa glebowo-rolnicza w skali 1 : 25 000]

- II) Do terenów okresowo za suchych zalicza się 3 krp. Skałą macierzystą jest w tym przypadku glina złożona na przepuszczalnym suchym podłożu albo glina głęboka położona na zboczach i narażona na szybki spływ wody. Gleby tego typu występują na terenach niedoboru wody, zwłaszcza w okresie suszy szybko reagują na zmianę warunków wodnych. Ich występowanie w zlewni Kani związane jest z terenami o wysokich spadkach i układem sieci rzecznej.
- III) Tereny dobrze uwilgotnione przez cały rok obejmują 1 i 2 krp. Ich skałą macierzystą są gliny spiaszczone lub piasek gliniasty. Do grupy tej oprócz gleb płowych różnych podtypów należą również czarne ziemie wykształcone z utworów pyłowych złożonych na glinie. Z uwagi na dużą zawartość

próchnicy i części spławialnych gleby tej grupy są przepuszczalne, ale magazynują duże ilości wody. Wody gruntowe na tych terenach wykazują niewielkie wahania w sezonie wegetacyjnym. Występują na obszarach płaskich lub słabo nachylonych związanych z wysoczyzną morenową zlodowacenia Warty.

- IV) Do terenów okresowo za wilgotnych wliczono 8 i 9 krp. Należą do nich gleby murszaste wykształcone z piasków słabo gliniastych lub luźnych oraz czarne ziemie wytworzone z piasków lekkich i mocnych złożonych na glinie, utworów pyłowych, piasków słabo gliniastych złożonych na piaskach luźnych. Są to gleby ciężkie okresowo i trwale podmokłe.
- V) Do terenów o zmiennym uwilgotnieniu zakwalifikowano 4 i 5 krp. Tworzą je gleby wytworzone z glin lekkich spiaszczonych lub piasków gliniastych i pyłów złożonych na glinie. Do grupy tej oprócz gleb pływych różnych podtypów należą również czarne ziemie wykształcone z piasków gliniastych złożonych na glinie.
- VI) Tereny o stałym podtopieniu obejmują użytki zielone 2 i 3 klasy w dolinie Kani oraz Dopływu z Piasków usytuowane na glebach organicznych różnych podtypów wytworzonych z piasków luźnych złożonych na utworach o dużej zawartości części spławialnych i silnie zorsztynizowanych.

Poza tym 14,5% powierzchni całkowitej zlewni zajmują gleby narażone na degradację w wyniku suszy, tzn. kategorii 1 – kompleks 7. rolniczej przydatności gleb – żytni najslabszy (deficyt 50-100 mm wody), kategorii 2 – kompleks 6. – żytni słaby, 7. i 3z – użytki zielone słabe i bardzo słabe (deficyt 100-200 mm) i kategorii 3 – kompleks 6., 7., 3z i 2z – użytki zielone średnie (deficyt 200-400 mm) [Stuczyński i Dębicki 2006]. Gleby te zlokalizowane są w dolinie Kani oraz jej dopływach (Stara Kania, Rów Ostrowski, Brzezinka).

4.3.2. Charakterystyka hydrometeorologiczna zlewni

Zlewnia Kani położona jest w strefie klimatu umiarkowanego, w obszarze wzajemnego przenikania się wpływów morskich i kontynentalnych. Według podziału rolniczo-klimatycznego Polski [Gumiński 1948] zlewnia ta znajduje się w dzielnicy środkowej (VIII) charakteryzującej się najniższym opadem rocznym w Polsce (poniżej 550 mm). Średnia roczna temperatura wynosi 8°C. Jest to obszar o największej liczbie dni słonecznych (ponad 50) i najmniejszej liczbie dni pochmurnych (poniżej 130). Liczba dni mroźnych waha się od 30 do 50, z przymrozkami od 100 do 110, a przeciętny czas trwania pokrywy śnieżnej mieści się w granicach od 50 do 80 dni. Z kolei czas trwania okresu wegetacyjnego wynosi od 210 do 220 dni. Zlewnia Kani leży w strefie największych deficytów wodnych. Niedobory wodne mierzone

różnicą rocznych sum opadowych i parowania potencjalnego wynoszą ok. 100 mm. Dominującymi wiatrami są wiatry wiejące z sektora zachodniego [Graf 2001, Choński 2000, Kaniecki 2000, Wrzeński 2001].

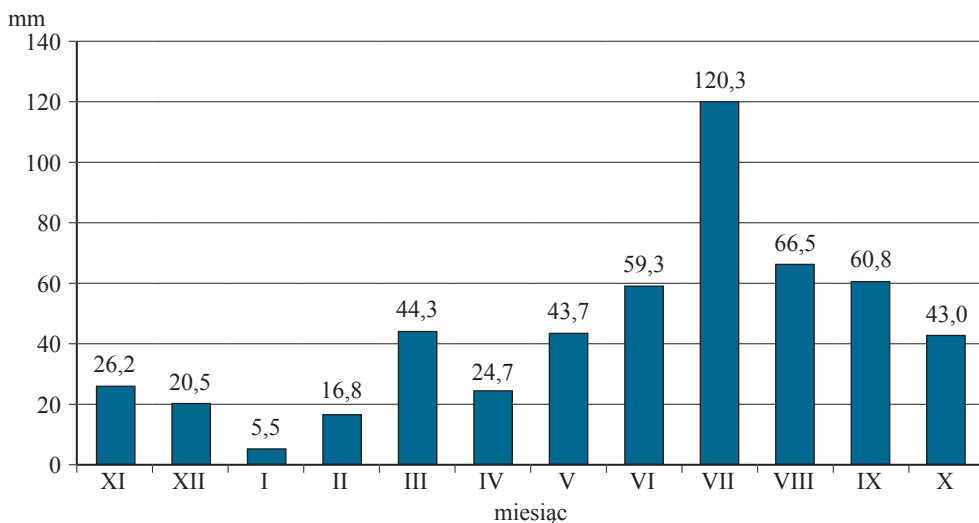
Według podziału Wosia [1994] zlewnia Kani położona jest w Regionie Południowielkopolskim, który wyróżnia się większą liczbą dni z przymrozkiem (78 dni/rok), dni słonecznych (41,8 dnia/rok) lub z małym zachmurzeniem (205 dni/rok), a mniejszą liczbą dni z dużym zachmurzeniem (117,9 dnia/rok). Charakterystyczna jest także względnie duża liczba dni bez opadu (209,4) oraz bardzo mała z opadem (155,3). W porównaniu z innymi regionami Niziny Wielkopolskiej omawiany obszar jest najbogatszy w dni bardzo ciepłe (88). Mniej liczne są natomiast dni z pogodą chłodną (36,7). Częściej obserwowana jest także pogoda jednocześnie ciepła i słoneczna (28). Region ten wyróżnia ponadto najmniejsza liczba dni ciepłych z opadem (111) oraz największa liczba dni ciepłych bez opadu (146).

Analiza danych meteorologicznych z posterunku opadowego IMGW w Szelejewie położonego 10 km na wschód od Gostynia (tuż poza granicą zlewni Kani) z lat hydrologicznych 1989-2008 potwierdza, iż zlewnia Kani charakteryzuje się występowaniem najniższych opadów w kraju. Średnia suma z wielolecia 1989-2008 dla stacji Szelejewo wyniosła 486 mm, a dla okresu wegetacyjnego 292 mm, przy czym w roku katastrofalnych susz – 1992 – zaledwie 169 mm. Uwagę zwraca duża nierównomierność rozkładu opadów. W latach 1997 i 1998 opady okresu wegetacyjnego stanowiły ponad 75% sumy rocznych opadów, natomiast w latach 1999 i 2008 zaledwie 43%.

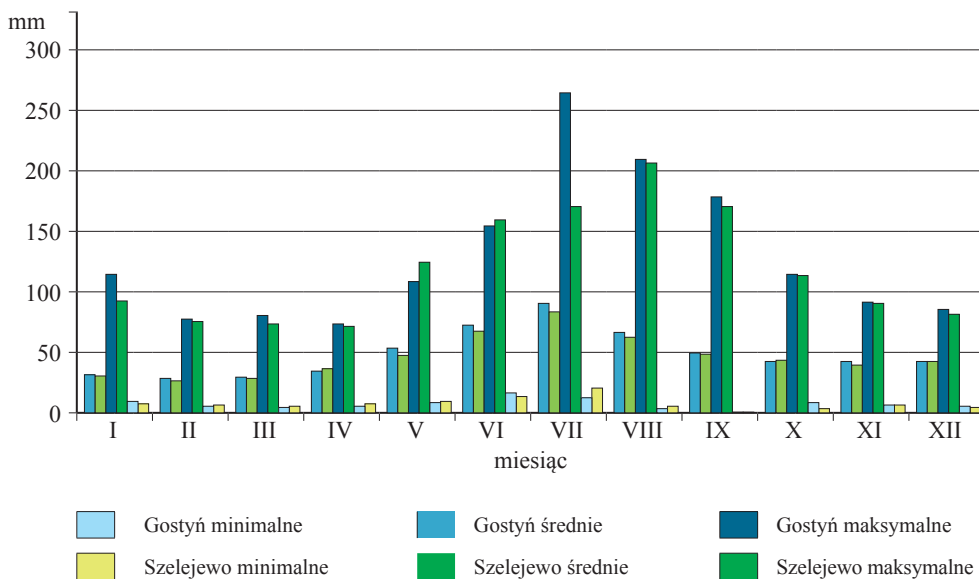
Z kolei dane historyczne IMGW z posterunku opadowego w Gostyniu z lat 1954-1981 [Zmiana... 2005] wskazują, że średnia roczna suma opadów dla tego okresu wyniosła 590 mm. W tym samym okresie na stacji w Szelejewie zanotowano średni roczny opad w wysokości 563 mm. W Gostyniu odnotowano również większe zróżnicowanie rocznych sum opadów. Maksymalna suma w analizowanym okresie wyniosła 891 mm, a minimalna 346 mm, przy 718 mm i 359 mm w Szelejewie.

Z punktu widzenia ochrony przeciwpowodziowej i przeciwdziałania suszy ważne są zdarzenia ekstremalne. Najwyższy dobowy opad w analizowanym okresie zanotowano w lipcu i wyniósł on 120,3 mm (ryc. 17.). W Szelejewie w latach 1954-1981 najwyższa dobową sumą opadów wyniosła 73,5 mm, natomiast w okresie 1989-2008 tylko 47 mm.

Również analiza maksymalnych, średnich i minimalnych miesięcznych sum opadów potwierdza stosunkowo duże amplitudy na posterunku w Gostyniu w stosunku do Szelejewa. W Gostyniu maksymalna suma miesięczna wyniosła 265 mm, a w Szelejewie w okresie 1954-1981 – 207 mm, a w latach 1989-2008 tylko 156 mm (ryc. 18.)



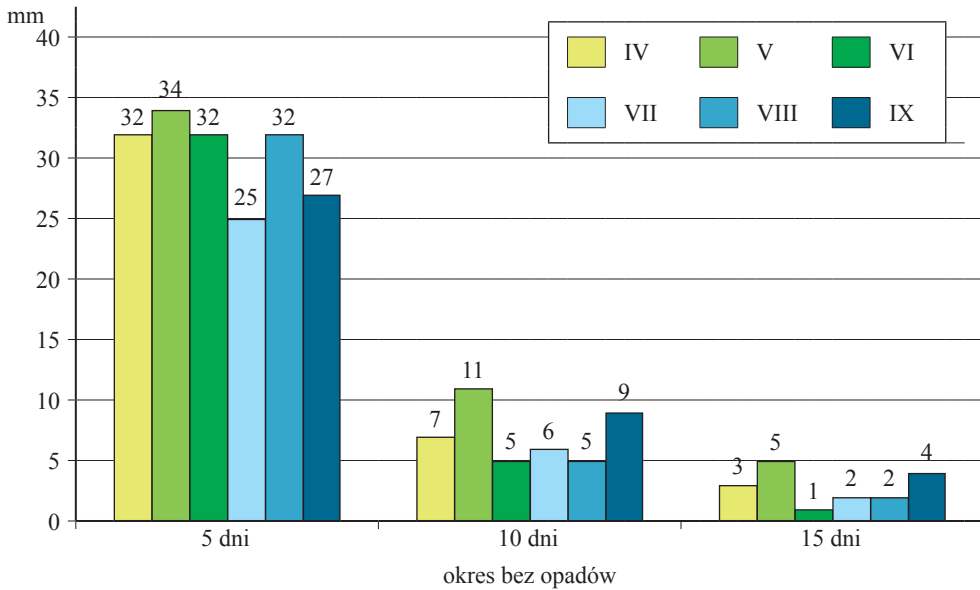
Ryc. 17. Maksymalne wartości dobowych opadów na posterunku opadowym w Gostyniu w latach 1954-1981



Ryc. 18. Maksymalne, minimalne i średnie sumy miesięcznych opadów na posterunku opadowym w Gostyniu i Szelejewie w latach 1954-1981

Z punktu widzenia rolnictwa istotny jest rozkład opadów w okresie wegetacyjnym, a zwłaszcza występowanie okresów bezopadowych. W latach 1989-2008 na posterunku opadowym w Szelejewie 5-dniowe okresy bezopadowe notowano średnio 9 razy rocznie, 10-dniowe – 2 razy, a 15-dniowe – raz rocznie. Najczęściej

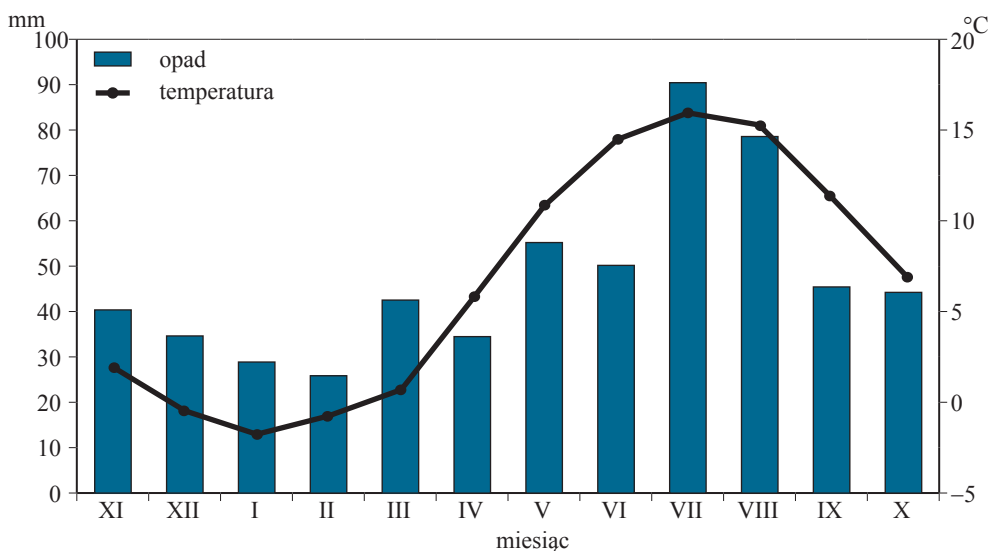
okresy bezopadowe występowały w maju i wrześniu (ryc. 19.). O niedoborach wody w zlewni Kani świadczą także badania Przybyły i Mrozika [2010]. Wyliczona metodą Penmana (dane ze stacji Leszno-Strzyżewice) w modyfikacji francuskiej ewapotranspiracja rzeczywista wahała się w okresie wegetacyjnym lat 2005-2007 w granicach 480-534 mm. W odniesieniu do opadów z analogicznego okresu wynoszących od 282 mm do 379 mm otrzymano roczne niedobory dla okresu wegetacyjnego na poziomie od 100 mm (2007 r.) do 218 mm (2005 r.).



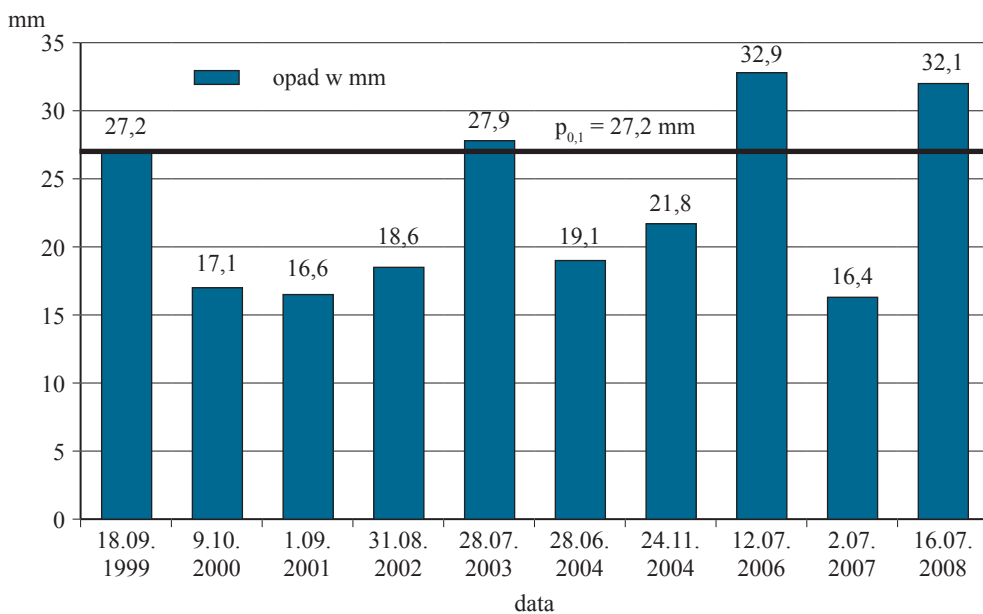
Ryc. 19. Częstość występowania okresów bezopadowych (5-, 10-, 15-dniowych) w okresie wegetacyjnym w latach 1989-2008 na posterunku opadowym w Szelejewie [Mrozik 2012]

Intensywność opadów określono z kolei na podstawie pomiarów automatycznej stacji meteorologicznej zlokalizowanej na terenie siedziby Nadleśnictwa Piaski w Piaskach. W latach hydrologicznych 1999-2008 średnia roczna temperatura wyniosła 6,8°C, a suma roczna opadów 574 mm. Najwyższą miesięczną sumę opadów – 201 mm – zanotowano w sierpniu 2006 r., natomiast średnie najwyższe miesięczne sumy opadów notowano w lipcu – 91 mm (ryc. 20.).

Pomiary na automatycznej stacji wykonywane były w 15-minutowych interwałach. Najwyższy maksymalny godzinowy opad zanotowano 12 lipca 2006 r. Suma w wysokości 33 mm oznacza zdarzenie o prawdopodobieństwie wystąpienia 0,04 (wyliczone wg wzoru Weibulla [Byczkowski 1999a]). Ogółem w analizowanym okresie 5-krotnie wystąpił opad przewyższający prawdopodobieństwo 0,1, co świadczy o coraz częstszym występowaniu zdarzeń ekstremalnych (ryc. 21.).

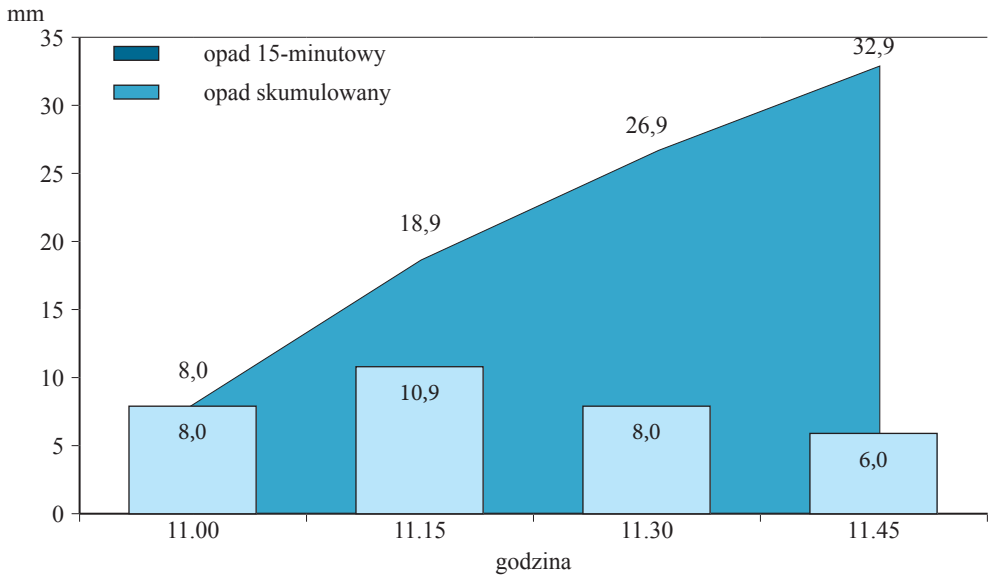


Ryc. 20. Przebieg średnich miesięcznych temperatur i sum miesięcznych opadów na stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski w latach hydrologicznych 1999-2008



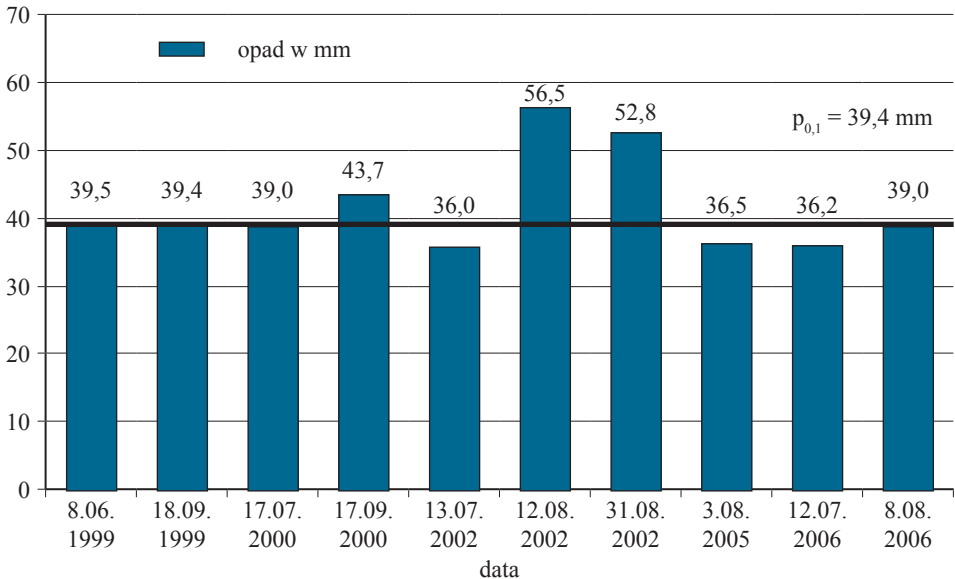
Ryc. 21. Maksymalne godzinowe opady w poszczególnych latach hydrologicznych na stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski w latach 1999-2008 ($p_{0,1} = 27,2$ mm) [Mrozik 2012]

Najintensywniejszy godzinowy opad z dnia 12 lipca wg Skali Chomicza klasyfikowany jest jako deszcz ulewny IV° (ryc. 22.), a jego prawdopodobieństwo wynosi 0,06.



Ryc. 22. Przebieg najintensywniejszego opadu godzinowego na stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski w latach hydrologicznych 1999-2008 (12.07.2006)

Najwyższe dobowe sumy opadów notowano w miesiącach czerwiec-wrzesień. Opad przewyższający prawdopodobieństwo 0,1 wystąpił w analizowanym okresie 5-krotnie, co również potwierdza coraz częstsze występowanie zdarzeń ekstremalnych (ryc. 23.).



Ryc. 23. Maksymalne dobowe opady na stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski w latach hydrologicznych 1999-2008 ($p_{0,1} = 39,4$ mm)

Podstawę gospodarowania zasobami wodnymi w zlewni stanowi bilans wodny. W tej pracy do jego obliczenia zastosowano metodykę zaproponowaną przez Dąbrowskiego [2005], który zastosował następującą postać równania:

$$P = E + SSQ + I \pm \Delta R, \quad \text{gdzie poszczególne elementy oznaczają:}$$

- P – zasilanie opadami atmosferycznymi, które zostało określone na podstawie danych ze stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski z lat 1999-2008 – 574 mm/rok,
- SSQ – Kania nie posiada przekroju wodowskazowego, dlatego średni odpływ ze zlewni określony został na podstawie wyliczeń IMGW z wielolecia 1951-2000 [KPP 2007] – 0,248 m³/s,
- E – ewapotranspiracja, która została określona na podstawie Atlasu klimatycznego Polski – 450 mm/rok [por. Dąbrowski 2005],
- I – infiltracja wgłębna, którą oszacowano z różnicy bilansowej pozostałych obliczonych parametrów,
- ΔR – zmiana retencji zlewni uwzględniona w przypadku bilansów wodnych chwilowych bądź krótkookresowych, dla przyjętych parametrów odnoszących się do wielolecia $\Delta R = 0$.

Wyliczone wartości elementów składowych bilansu zestawiono w tab. 6.

Tab. 6. Podstawowe parametry bilansu wodnego i zasobów dynamicznych zlewni Kani

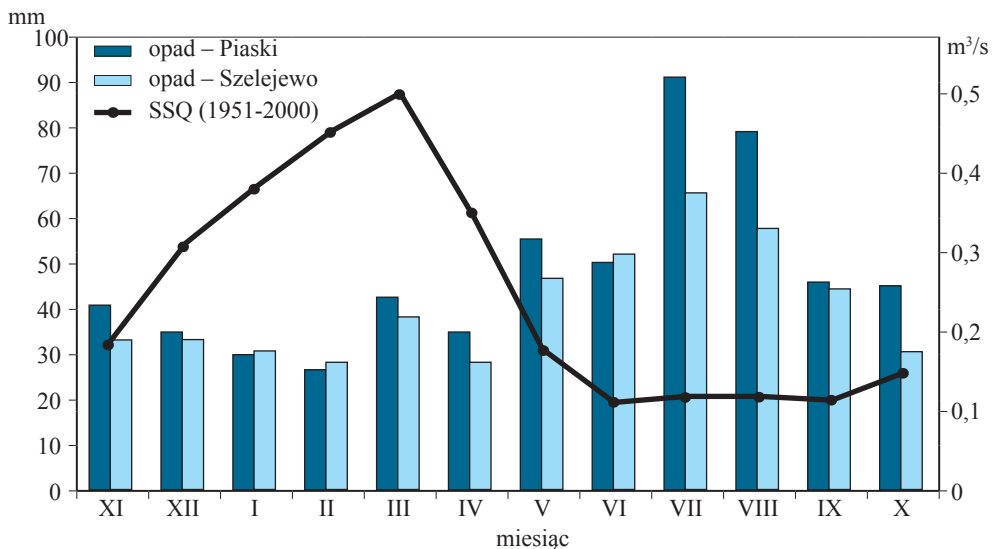
Parametry bilansu	Oznaczenie	Jednostka	Wartość
zasilanie opadowe	P	m ³ /s	2,011
ewapotranspiracja	E	m ³ /s	1,576
przepływ średni	SSQ	m ³ /s	0,248
odpływ jednostkowy	q	l/s · km ²	2,24
Infiltracja wgłębna	I	m ³ /s	0,187
odpływ podziemny	Q _p	m ³ /s	0,115
zasoby dynamiczne	Z _d	m ³ /s	0,302
moduł zasobów dynamicznych	q _z	l/s · km ²	2,73

Wielkość zasobów odnawialnych stanowiących część z całkowitej ilości krążących wód, która bierze udział w obiegu podziemnym, obliczono według wzoru:

$$Z_d = Q_p + I,$$

gdzie: Z_d – zasoby dyspozycyjne, I – infiltracja wgłębna, Q_p – odpływ podziemny, który podobnie jak w Dąbrowski [2005] przyjęto wg zasady, iż dla terenów równin i wysoczyzn środkowej Polski oznacza wartość średnią z minimalnych przepływów miesięcznych z wielolecia – 0,115 m³/s.

Rzeki w zlewni Kani charakteryzują się śnieżno-deszczowym reżimem zasilania. W rocznym cyklu zmienności stanów i przepływów rzek można wyróżnić jedno maksimum i jedno minimum. Okres o przepływach większych od średniego rocznego przypada na miesiące od stycznia do kwietnia z kulminacją w lutym – marcu (tzw. wezbranie wiosenne typu roztopowego). Okresy o przepływach mniejszych od rocznego występują w miesiącach letnich i jesiennych (sierpień – październik). Czas trwania niskich stanów i przepływów wynosi ok. 160 dni (ryc. 24.) [Graf 2001, Choński 2000, Kaniecki 2000, Wrzeński 2001]. Średni przepływ z wielolecia wynosi $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, co stanowi 6% średniego rocznego przepływu recypienta Kościańskiego Kanału Obry w Kościanie.

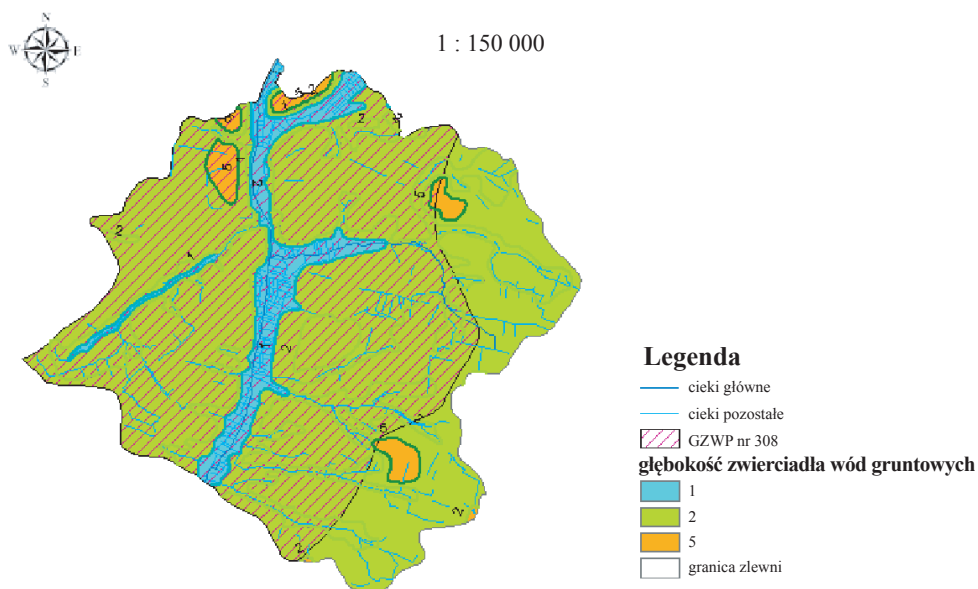


Ryc. 24. Przebieg średnich miesięcznych przepływów w rzece Kani z wielolecia 1951-2000 na tle średnich miesięcznych sum opadów z wielolecia 1999-2008 w Piaskach i 1999-2008 w Szelejewie

O małej zasobności wodnej świadczą niskie wartości średniego odpływu jednostkowego – $2,24 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$, czyli zaledwie 40% średniego odpływu jednostkowego dla Polski ($q = 5,5 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$).

Pod względem hydrogeologicznym zlewnia Kani leży w Regionie Wielkopolskim (XIII) przy czym część północna (na północ od Gostynia) w Podregionie Poznańskim, a południowa – w Podregionie Wielkopolsko-Śląskim. Szczególne znaczenie użytkowe na tym obszarze mają poziomy wodonośne wykształcone w utworach czwartorzędu, głównie piaskach i żwirach rzecznych oraz wodnolodowcowych. W podregionie poznańskim pierwszy poziom użytkowy zalega na głębokości poniżej 60 m, a największą wydajność osiąga w rejonie Pradoliny Żerkowsko-Rydzyskiej (od 30 do $70 \text{ m}^3/\text{s}$). Wody poziomu trzeciorzędowego mają mniejsze znaczenie użytkowe i wchodzą w skład zbiornika wód podziemnych zwanego „basenem wielkopolskim”.

Ścisły związek z budową geologiczną i rzeźbą terenu wykazują wody podziemne pierwszego poziomu wodonośnego drenowane przez sieć hydrograficzną, które na obszarze zlewni występują stosunkowo płytko (ryc. 25.). Zdecydowana większość powierzchni zlewni zajmują obszary, na których zwierciadło wód podziemnych występuje na głębokości 2-5 m. Najpłycej (do 1 metra) występują wody podziemne w dolinach rzecznych, zajętych głównie przez obszary podmokłe i użytki zielone. Roczne amplitudy wahań poziomu wód podziemnych w dolinach dochodzą do 2 m.



Ryc. 25. Położenie zwierciadła wód gruntowych (w m p.p.t.) oraz GZWP nr 308 na terenie zlewni Kani

Wody podziemne analizowanego obszaru cechują się sezonowym reżimem zasilania z maksimum stanów osiąganym najczęściej w okresie wiosennych roztopów. Niekiedy od momentu wzniosu wiosennego aż do końca roku hydrologicznego utrzymuje się tendencja spadkowa zwierciadła wód podziemnych. W sezonie letnim wznios zwierciadła, wywołany opadami atmosferycznymi, jest zwykle niewielki, a nasilenie procesów ewapotranspiracji i odpływu podziemnego wzmacnia jego regresję [Graf 2001, Choiński 2000, Kaniecki 2000, Wrzesiński 2001]. Wahania zwierciadła wód podziemnych w strefie wysoczyzny zbudowanej z glin zwałowych oraz wysokie amplitudy skrajne wahań (powyżej 5 m) wiążą się z nieciągłym charakterem oraz niewielką zasobnością warstw wodonośnych oraz sposobem zasilania wód podziemnych.

Infiltrację wód opadowych na tym obszarze ogranicza przewaga gliny zwałowej w litologii utworów powierzchniowych, co zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia spływu powierzchniowego. Zwierciadło wód gruntowych reaguje w znaczący sposób na opady. Jednak w sytuacji ograniczonego zasilania zasoby ulegają **szybkemu wyczerpaniu**. W porównaniu z obszarami wysoczyznowymi w dolinach rzecznych amplitudy średnioroczne wahań zwierciadła wód podziemnych są niewielkie, a przebieg stanów wód w tych strefach w cyklu rocznym jest względnie wyrównany.

Na ponad $\frac{3}{4}$ powierzchni zlewni znajduje się **czwartorzędowy, międzymorenowy** zbiornik rzeki Kani (GZWP nr 308) objęty najwyższą ochroną (ONO). Dąbrowski [2005] oszacował jego zasoby dyspozycyjne na 1112 m³/h, a odnawialne na 1156 m³/h. Z kolei moduł dla tych zasobów określił na poziomie 2,05 l/s/km² (ryc. 25.).

4.4. Analiza narzędzi planowania w gospodarowaniu wodami

Zlewnia Kani położona jest w dorzeczu Odry, w regionie wodnym Warty administrowanym przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej (RZGW) w Poznaniu. Na potrzeby zarządzania zintegrowanymi zasobami wodnymi wód powierzchniowych i podziemnych w układzie zlewniowym na terenie regionu Warty wydzielono 18 zlewni bilansowych. Kania wchodzi w skład zlewni nr XIII – Obry.

Według RDW podstawowym elementem podziału hydrograficznego i zarazem procesu planowania w gospodarowaniu wodami są jednolite części wód, które identyfikuje się w celu:

- umożliwienia dokładnego opisu ich obecnego stanu,
- określenia dla nich warunków referencyjnych,
- określenia celów środowiskowych,
- wyznaczenia działań zakładających osiągnięcie założonych celów środowiskowych do roku 2015,
- przyjęcia programu monitoringu umożliwiającego ocenę skuteczności podjętych działań i gwarancji osiągnięcia celów środowiskowych [Planowanie... 2008].

Jednolite części wód powierzchniowych (JCWP) zostały wyznaczone m.in. na podstawie tzw. typu wód określonego na podstawie charakterystyki abiotycznej. Docelowo typologia wód powinna wiązać się również z charakterystyką biotyczną, jednak jej uwzględnienie będzie możliwe dopiero po uruchomieniu sieci monitoringu biologicznego wód i pozyskania niezbędnej ilości danych. W przypadku zbyt dużego rozdrobnienia JCWP na potrzeby planowania działań poprawiających stan wód można dokonywać ich łączenia w scalone części wód powierzchniowych (SCWP).

Kania wraz z Dopływem z Piasków jest jednocześnie JCWP (Europejski kod JCWP: PLRW600016185649), jak i SCWP o nr. W1302 [Plan gospodarowa-

nia... 2011]. Wstępna ocena oddziaływań antropogenicznych dla JCWP uwzględniająca presje związane z ujęciami wody, morfologiczne oraz punktowe i obszarowe, wykazała, iż zlewnia Kani jest zagrożona nieosiągnięciem celów środowiskowych, co wynikało z zagrożenia stanu morfologicznego i jakościowego. Jako niezagrożony osiągnięciem celu został uznany stan hydrologiczny [Typologia... 2004]. W przeglądzie istotnych problemów gospodarki wodnej dla regionu Warty dla zlewni bilansowej Obry wskazano na [Charakterystyka regionu...2007, Planowanie... 2008]:

- nadmierne rozdysponowanie zasobów wód powierzchniowych,
- niedobory zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych i powierzchniowych,
- niekorzystne zmiany reżimu wód powierzchniowych,
- odprowadzanie nieoczyszczonych i niedostatecznie oczyszczonych ścieków komunalnych i przemysłowych oraz wód pochłoniczych,
- niedostateczna sanitacja obszarów wiejskich i rekreacyjnych,
- zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł rolniczych,
- odprowadzanie zanieczyszczeń ze stawów rybnych, zaśmiecanie rzek i potoków,
- zagrożenie jakości wód podziemnych nieposiadających izolacji utworami nieprzepuszczalnymi,
- zmiana naturalnych warunków hydromorfologicznych wód powierzchniowych poprzez zabudowę hydrotechniczną i regulację rzek i potoków,
- utrata naturalnej retencji zlewni spowodowana m.in. ścisłą zabudową terenów miejskich, zmianą użytkowania gruntów w dolinach rzecznych, np. z rolniczego i leśnego na tereny zabudowane,
- zagrożenia ekosystemów zależnych od wód,
- ochrona przed powodzią.

Inne niezbędne dokumentacje planistyczne na potrzeby planowania w gospodarowaniu wodami zostały wymienione w rozdziale 2. Warto tylko podkreślić, że na terenie zlewni Kani nie istnieją:

- obszary szczególnie narażone (OSN) wyznaczone na mocy Dyrektywy 91/676/EWG nazywanej dyrektywą azotanową,
- wody powierzchniowe przeznaczone do celów rekreacyjnych, w szczególności do kąpieli,
- następujące obszary chronione: Natura 2000, parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerваты przyrody.

Zidentyfikowano natomiast dwa ujęcia wody przeznaczone do poboru w celu zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia związane z GZWP, który jest nadal nieudokumentowany, a jego szacunkowy stopień wielkości rezerw wód podziemnych określono jako bardzo wysoki. Wchodzą one w skład jednolitej części wód podziemnych nr 73 (Europejski kod JCWPd: PLGW650073). Jej stan ilościowy określony został jako dobry, a chemiczny jako zły. Z tego względu jednostka

ta uznana została za zagrożoną nieosiągnięciem celów środowiskowych. Jako uzasadnienie derogacji wymienione zostały:

- długi okres poprawy jakości wód podziemnych od wprowadzenia programu działań na powierzchni – stan JCWPd jest bezpośrednio uzależniony od stanu SJCW i ograniczenia presji z powierzchni (składowanie odpadów). Po zastosowaniu programu działań osiągnięcie dobrego stanu będzie możliwe do 2021 r.;
- planowana eksploatacja złóż węgla brunatnego „Czempiń”, „Gostyń” i „Krzywiń”.

Poszczególne analizy wykonano w celu opracowania planu gospodarowania wodami, który ostatecznie został zatwierdzony na posiedzeniu Rady Ministrów w dniu 22 lutego 2011 r. [M. P. z 2011 r. nr 40 poz. 451]. W projekcie planu gospodarowania wodami dla obszaru dorzecza Odry [Plan gospodarowania... 2011] Kania wraz z Dopływem z Piasków zostały zaliczone do potoków i strumieni na obszarach będących pod wpływem procesów torfotwórczych (typ 23). Ponadto sklasyfikowana została jako naturalna część wód, których stan określono jako zły. Kania jest także zagrożona nieosiągnięciem celów środowiskowych. Jako uzasadnienie dla derogacji wskazuje się bardzo wysoki udział terenów rolnych w zlewni (ponad 85%), wskaźnik gęstości zaludnienia wynoszący 233,87 os./km² oraz planowaną na lata 2011-2013 budowę zbiornika wodnego Gostyń.

W Programie wodno-środowiskowym kraju [Program... 2010] zlewnia Kani uznana została za zagrożoną JCWP. Na jej obszarze na pokrycie działań podstawowych z grupy A przewiduje się 33 114,57 tys. zł, a działań z grupy B 4,745 tys. zł (tab. 7.). Ponadto na pokrycie kosztów działań uzupełniających przewiduje się 3079,169 tys. zł. Jednocześnie uznano zlewnię Kani jako JCWP podlegającą derogacji, tzn. na jej obszarze przewiduje się konieczność zastosowania odstępstw od podstawowych wymogów osiągnięcia celów środowiskowych poprzez np. wydłużenie terminów osiągnięcia „dobrego stanu wód” do roku 2021 lub 2027. Ogółem na terenie zlewni Kani w Programie wodno-środowiskowym kraju [Program... 2010] przewidziano do realizacji 37 zadań na łączną sumę 36 198,484 tys. zł.

W zakresie JCWPd przyjęto, iż wszystkie działania wyznaczone dla osiągnięcia dobrego stanu wód powierzchniowych będą miały pozytywny wpływ na poprawę stanu chemicznego i ilościowego wód podziemnych. Z tego względu dla JCWPd zagrożonych nieosiągnięciem celów środowiskowych zaproponowano działania uzupełniające, przyjmując jako podstawowe działania takie jak dla właściwych SJCW. Wśród działań uzupełniających wymieniono:

- prowadzenie monitoringu lokalnego wokół składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych,
- odizolowanie punktowych ognisk zanieczyszczeń od warstw wodonośnych,
- opracowanie projektu i dokumentacji hydrogeologicznej określającej obszar ochronny dla GZWP nr 308,
- ustanowienie obszaru ochronnego dla GZWP nr 308.

Po Programie wodno-środowiskowym kraju oraz Planie gospodarowania wodami dla obszaru dorzecza Odry w dalszej kolejności opracowane zostaną warunki korzystania z wód regionu wodnego (w razie konieczności zlewni) uwzględniające już zapisy wspomnianego planu. Dokumenty te choć nie są wymagane przez RDW stanowią element procesu planowania w gospodarowaniu wodami. Warunki te zostaną określone w drodze aktu prawa miejscowego przez dyrektora RZGW. Wśród programów rządowych istnieje program wieloletni Program dla Odry, którego celem jest zbudowanie systemu zintegrowanej gospodarki wodnej dorzecza Odry. W ramach programu podejmuje się zadania dotyczące:

- zbudowania systemu biernego i czynnego zabezpieczenia powodziowego,
- ochrony środowiska przyrodniczego i czystości wód,
- usunięcia szkód powodziowych,
- prewencyjnego zagospodarowania przestrzennego oraz renaturyzacji ekosystemów,
- zwiększenia lesistości,
- utrzymania i rozwoju żeglugi śródlądowej,
- energetycznego wykorzystania rzek [Ustawa z dnia 6 lipca 2001 r. o ustanowieniu programu wieloletniego „Program dla Odry – 2006”, Dz. U. z 2001 r. Nr 98 poz. 1067 ze zm.].

W programie uznano, że podstawowe znaczenie dla jego realizacji będą miały suikzpm gmin położonych w dolinach rzecznych oraz miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego. W ramach Programu dla Odry 2006 w Wielkopolskim Urzędzie Wojewódzkim w Poznaniu przygotowany został Program dla Odry – dorzecze Warty [Program... 2000], który miał stanowić podstawę dla finansowania inwestycji na objętym programem obszarze. Opracowanie zawiera także informacje o stanie infrastruktury w zlewni Warty, ochronie przeciwpowodziowej, jakości wód i wartości przyrodniczych, modernizacji rzek i kanałów w zakresie transportu wodnego oraz określa koszty realizacji. W niewielkim zakresie w programie zawarto również informacje na temat zagospodarowania przestrzennego, ładu przestrzennego i prewencyjnej ochrony przeciwpowodziowej [Raszka 2003]. Ze względu na błędy merytoryczne, niespójność i niezgodność z obowiązującymi przepisami prawnymi dokument został zdyskwalifikowany jako narzędzie kompleksowego gospodarowania zasobami wodnymi zlewni Warty. W programie preferowany jest bowiem model realizacji retencji wody głównie w zbiornikach retencyjnych. W zakresie działań przeciwpowodziowych przeważają rozwiązania o charakterze technicznym, które poprzez kanalizowanie rzek miałyby doprowadzić do szybkiego odpływu wód. Pominięto natomiast możliwości proekologicznych metod ograniczenia zagrożenia powodziowego, np. poprzez poldery i małą retencję, a zwłaszcza renaturyzację ekosystemów podmokłych. W programie brakuje również głębszej analizy wpływu przewidzianych inwestycji na obszary chronione [Raszka 2003, Wstępna opinia... 2001].

Obecnie przygotowany został projekt aktualizacji Programu dla Odry – 2006 uwzględniający m.in. Plan Gospodarowania Wodami dla dorzecza Odry. Na liście projektów kluczowych dla systemu ochrony przeciwpowodziowej w dorzeczu Odry na Warcie są:

- udrożnienie koryta Warty w cofce zbiornika Jeziorsko,
- budowa zbiornika Wielowieś Klasztorna na rzece Prośnie,
- odtworzenie retencji na polderach w Dolinie Konińsko-Pyzderskiej, w tym na Polderze Golina [Program... 2011].

Kluczowe znaczenie nadaje się także planowaniu przestrzennemu i właściwemu zagospodarowaniu terenu, które powinny być traktowane jako rzeczywisty i skuteczny instrument zarządzania ryzykiem powodziowym.

Zgodnie z projektem inwestycjom mającym na celu ochronę przeciwpowodziową w dorzeczu powinny towarzyszyć działania prowadzące do minimalizacji negatywnych skutków powodzi poprzez przyjęcie polityki aktywnego, długofalowego planowania przestrzennego. Powinno to pozwolić na efektywne wykorzystanie obszarów zalewowych w oparciu o zrównoważone modele rozwoju gospodarczego, społecznego i środowiskowego. W zakresie zagospodarowania przestrzennego i prewencyjnej ochrony przeciwpowodziowej w aktualizacji Programu dla Odry – 2006 wymienia się:

- wyznaczenie obszarów zalewowych oraz obszarów wymagających ochrony przed zalaniem (opracowanie studiów ochrony przed powodzią oraz opracowań wynikających z dyrektywy powodziowej po jej implementacji do Prawa Wodnego);
- zwiększenie znaczenia ochrony przeciwpowodziowej, zwłaszcza na terenach zurbanizowanych oraz objętych eksploatacją górnictwem, przy opracowywaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego;
- ujednoczenie działań i metod gospodarowania przestrzenią w dorzeczu Odry oraz stworzenie systemu aktualizacji i wymiany informacji;
- aktualizację i rozbudowę systemu informacji przestrzennej;
- monitoring działań przestrzennych prowadzonych na terenach zagrożonych zalaniem i skuteczne uwzględnienie tej problematyki w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego;
- koordynację i uzgadnianie działań przestrzennych, w szczególności tych, które zwiększają ryzyko powodziowe w górę lub w dół biegu rzeki (poprzez przestrzenny rejestr działań inwestycyjnych na terenach zagrożonych zalaniem, prowadzony w obszarze dorzecza, uwzględniający obiekty mogące w wyniku powodzi stworzyć wtórne zagrożenie);
- zwiększenie retencji wód poprzez działania przestrzenne;

- prowadzenie działań przestrzennych zatrzymujących wody deszczowe w miejscach ich opadu;
- wspieranie inicjatyw oraz współpracy międzynarodowej i regionalnej w zakresie przestrzennej prewencji przeciwpowodziowej (zwłaszcza wymiana informacji – szczególnie ważna w przypadku transgranicznego obszaru dorzecza Odry); działania informacyjne i edukacyjne w zakresie przestrzennej prewencji przeciwpowodziowej wśród społeczności zagrożonych powodzią [Program... 2011].

Tab. 7. Wybrane działania zawarte w Programie rolnośrodowiskowym kraju dla zlewni Kani wpływające na retencyjność zlewni [Program... 2010]

Grupa działań	Działanie	Rodzaj działania	Zakres rzeczowy	Jednostka odpowiedzialna	Koszty w zł
A. Organizacyjno-prawne i edukacyjne					
B. Gospodarka komunalna					
C. Kształtowanie stosunków wodnych oraz ochrona ekosystemów od wód zależnych (w tym morfologia i zachowanie ciągłości biologicznej cieków)					
P.O.W.1 Bieżąca ochrona walorów przyrodniczych: zespołów przyrodniczo-krajobrazowych, użytków ekologicznych, pomników przyrody, stanowisk dokumentacyjnych	Bieżąca ochrona walorów przyrodniczych: zespołów przyrodniczo-krajobrazowych, użytków ekologicznych, pomników przyrody, stanowisk dokumentacyjnych	uzupełniająca	ha	sprawujący nadzór nad obszarem chronionym	49 716
D. Rolnictwo i leśnictwo					
P.R.L.3 Przeciwdziałanie erozji i wypłukiwaniu żyznych gleb	Właściwa uprawa gleby (właściwie prowadzone prace polowe)	podstawowe grupy B	8530,77 ha	właściciel	
P.R.L.6 Wdrażanie krajowego i wojewódzkiego programu zwiększenia lesistości – regulacja lesistości (prowadzone zgodnie z planami zarządzania lasów dla poszczególnych nadleśnictw)	Wdrażanie krajowego i wojewódzkiego programu zwiększenia lesistości – regulacja lesistości (prowadzone zgodnie z planami zarządzania lasów dla poszczególnych nadleśnictw)	uzupełniająca	ha zalesień, ekwiwalent	Ministerstwo Środowiska	1 944 448

P.RL.7 Ochrona bioróżnorodności w lasach (zachowanie, odtworzenie i zwiększenie) zgodnie z programami ochrony przyrody dla poszczególnych nadleśnictw	Opracowanie granicy rolno-lesnej dla gmin	uzupełniająca	plan urzędowy, projekt granicy rolno-lesnej	gmina	660 000
E. Zagospodarowanie przestrzenne	Zalesianie gruntów niepaństwowych przez właścicieli	uzupełniająca	ha	właściciel	22 096
P.ZP.1 Opracowanie miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego uwzględniających wymagania i zasady ochrony środowiska	Zalesianie gruntów państwowych (grunty będące w posiadaniu Skarbu Państwa sukcesywnie przekazywane Lasom Państwowym)	uzupełniająca	ha	Właścicielstwo	16 572
P.ZP.1 Opracowanie miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego uwzględniających wymagania i zasady ochrony środowiska	Opracowanie miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego uwzględniających wymagania i zasady ochrony środowiska, w szczególności dotyczące: ustalonych stref ochrony ujęć wód, obszarów ochronnych zbiorników wód podziemnych oraz stref zagrożeń powodzią z określeniem sposobu ich użytkowania i zagospodarowania, korytarzy ekologicznych stanowiących doliny rzek i cieków wraz z ich obudową biologiczną, obszarów i obiektów przyrody prawnie chronionych, obszarów o szczególnych walorach przyrodniczych – lasy, zalesienia, zadrzewienia, obszarów ograniczonego użytkowania, w tym niespełniających wymagań w zakresie jakości środowiska dla istniejących obiektów uciążliwych i niebezpiecznych, rozwoju systemów infrastruktury technicznej, zwłaszcza gospodarki wodno-ściekowej i gospodarki odpadami, wraz z wyznaczeniem rezerwy terenów pod urządzenia i obiekty niezbędne do realizacji dla prawidłowego funkcjonowania systemów, wyznaczenia rezerw terenów dla potrzeb lokalizacji obiektów i urządzeń infrastruktury ochrony środowiska, a także produkujących energię (fermy wiatrowe)	podstawowe grupy B	mpzp dla gminy	gmina	

4.5. Charakterystyka zabiegów uwzględnionych w DSS FLEXT

W procesie decyzyjnym dla obszarów użytkowanych rolniczo uwzględniono następujące zabiegi:

- A. Agrotechniczne:
 - A1. Uprawa konserwująca (UK),
 - A2. Siew bezpośredni (uprawa zerowa, U0),
 - A3. Wsiewki poplonowe i międzyplony (WP),
 - A4. Agromelioracje (AM) – spalnianie, orka agromelioracyjna.
- B. Planistyczne:
 - B1. Zalesianie (Z),
 - B2. Zamiana gruntów ornych i intensywnie użytkowanych TUZ w ekstensywne użytki zielone (UZ),
 - B3. Wprowadzenie zadrzewień śródpolnych (ZSP),
 - B4. Zakładanie miedz śródpolnych z wieloletnimi trawami i roślinami zielnymi (M),
 - B5. Tworzenie stref buforowych wód powierzchniowych (SB).

Przy wyborze tych zabiegów oparto się na badaniach prowadzonych w ramach projektów „WSM300 – Verbesserte Ansätze für Wasser – und Stoffstrommanagement in intensiv genutzten kleinen Einzugsgebieten auf der Grundlage von integrierten Nutzen – und Risikobewertungen” [Thiel i Schmidt 2005] oraz „Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte – am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen” [Sieker i in. 2007].

Zasadniczo wskazane zabiegi przyczyniają się do zwiększenia infiltracji, obniżając i opóźniając jednocześnie spływ powierzchniowy. W planowaniu przestrzennym uwzględniającym zasady ładu przestrzennego i zrównoważonego rozwoju przy wyborze właściwych zabiegów konieczne jest jednak uwzględnienie także innych środowiskowych korzyści (ryc. 26.), które można jednocześnie osiągnąć poprzez realizację konkretnego działania.

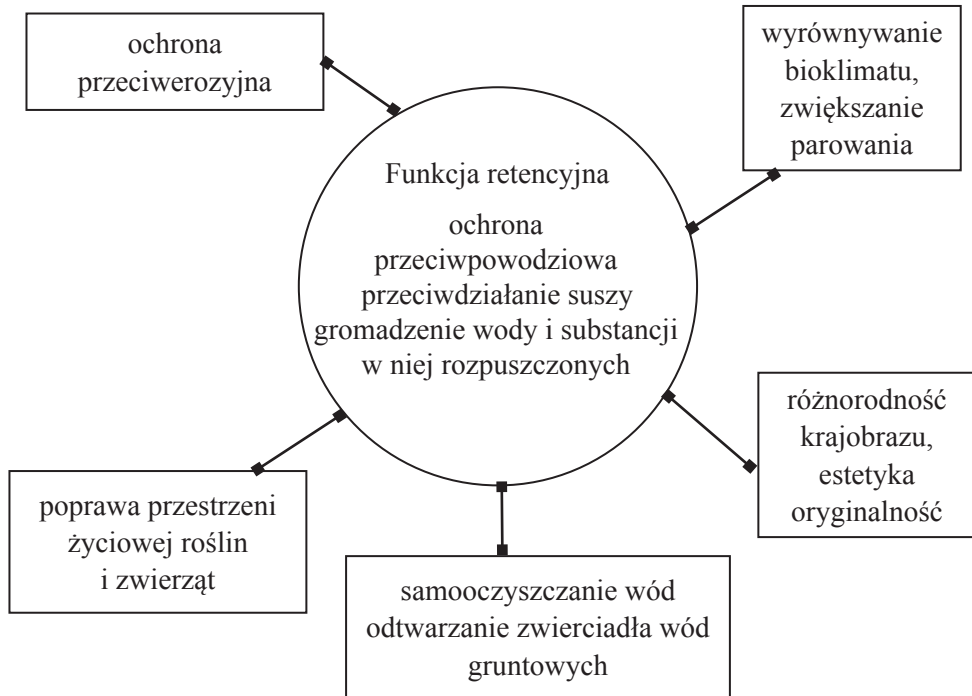
Funkcja retencyjna jest ściśle powiązana z odpływem wód (powierzchniowych i podziemnych) oraz transportem materiału z i do krajobrazu [Ripl 1995]. Wystąpienie spływu powierzchniowego bezpośrednio wpływa na erozję wodną, powodując wymywanie gleby z powierzchni pola, przyczyniając się następnie do zanieczyszczenia wód poprzez transport substancji i składników pokarmowych (azot, fosfor) [Stein i in. 1986, Wohlrab i in. 1992] (fot. 6.). Jeżeli zatem podniesienie zdolności retencyjnych wiąże się z wyższą infiltracją i zmniejszeniem spływu powierzchniowego, istnieje jednocześnie szansa na udaremnienie bądź częściowe ograniczenie erozji wodnej i utrzymanie naturalnej żyzności i wydajności gleb.



Fot. 6. Erozja wodna gleby na skutek intensywnego spływu powierzchniowego

Wspomniane zabiegi (zwłaszcza B3-B5) podnoszą jakość środowiska krajobrazów wiejskich, co wpływa bezpośrednio na wydajność i zdolność funkcjonalną roślin i zwierząt, ich występowanie oraz rozprzestrzenianie się [Rüter i Reich 2007, Kreuter und Nitzsche 2005]. Poza tym obniżenie spływu powierzchniowego i ograniczenie transportu substancji mineralnych do sąsiadujących biotopów korzystnie oddziałuje na stan i rozwój typowych dla danego biotopu gatunków (np. w ekosystemach jeziornych).

Celem retencji glebowej jest możliwie trwale zatrzymanie wody opadowej w glebie oraz zachowanie i poprawa lokalnego bilansu wodnego [Hach i Höltl 1989]. Infiltracja wody opadowej jest znaczącym czynnikiem w kształtowaniu zwierciadła wód gruntowych. Z kolei dłuższe pozostanie wody w podłożu przyczynia się do lepszego oczyszczenia wód.



Ryc. 26. Powiązania pomiędzy funkcją retencyjną a innymi funkcjami krajobrazowymi [na podstawie Rüter i Reich 2007]

Warunkiem powstania różnic termicznych decydujących o wymianie mas powietrza jest występowanie powierzchni (np. otwartych krajobrazów rolniczych), na których w następstwie niewielkiej przewodności cieplnej oraz podwyższonej ewapotranspiracji w porównaniu z okolicami zabudowanymi powstają zimniejsze masy powietrza. Jeżeli dojdzie do zwiększenia infiltracji opadów do gleby, podwyższeniu będzie mogła ulec także ewapotranspiracja. Związane z funkcją retencyjną parowanie terenowe wywiera wpływ na bioklimatyczne funkcje wyrównawcze krajobrazu oraz działa bilansująco na mezoklimat [Makala i Makala 2004].

Proponowane zabiegi (zwłaszcza z grupy B) wywierają również bezpośredni wpływ na krajobraz. W przypadku intensywnie użytkowanych krajobrazów rolniczych zadrzewienia śródpolne, zakładanie miedz śródpolnych czy tworzenie stref buforowych mogą pozytywnie oddziaływać na różnorodność, swoistość i piękno krajobrazu, co z kolei podnosi wartość krajobrazową danego terenu [Sieker i in. 2007]. Porównanie poszczególnych metod zawiera tab. 8. Jej analiza wskazuje na wyraźne różnice pomiędzy metodami agrotechnicznymi a planistycznymi w odniesieniu do ochrony bioróżnorodności, ochrony gatunków i siedlisk oraz wyglądu krajobrazu i funkcji wypoczynkowej.

Tab. 8. Potencjalne znaczenie proponowanych metod w odniesieniu do celów ochrony środowiska [zmienione za Rüter i Reich 2007 oraz Sieker i in. 2007]

Oznaczenie	Zabieg	Prewencyjna ochrona przeciwpowodziowa	Ochrona przeciwerozyjna	Ochrona gleby i wody przed zanieczyszczeniami	Tworzenie zwierciadła wód gruntowych	Ochrona klimatu lokalnego	Ochrona bioróżnorodności	Ochrona gatunków i siedlisk	Wygląd krajobrazu i funkcja wypoczynkowa
A1	uprawa konserwująca	●	●	◐/●	●	●	◐/●	○	○
A2	siew bezpośredni	●	●	◐/●	●	●	◐/●	○	○
A3	wsiewki poplonowe	●	●	◐/●	●	●	◐/●	○	○
A4	agromelioracje	●	●	◐/●	●	●	◐/●	○	○
B1	zalesianie	●	●	●	●	●	●	●	●
B2	zamiana gruntów ornych w ekstensywne użytki zielone	◐/●	●	●	●	●	◐/●	◐/●	◐/●
B3	wprowadzenie zadrzewień śródpolnych	◐/●	◐/●	●	○/◐	◐/●	●	●	●
B4	zakładanie miedz śródpolnych z wieloletnimi trawami i roślinami zielnymi	◐/●	◐/●	◐/●	◐/●	◐/●	●	●	●
B5	tworzenie stref buforowych wód powierzchniowych	◐/●	◐/●	●	◐/●	◐/●	●	●	●

○ – niewielkie znaczenie, ◐ – średnie znaczenie, ● – duże znaczenie

Względy ochrony środowiska glebowego, a zwłaszcza pogarszająca się efektywność ekonomiczna i energetyczna, wymuszają stosowanie alternatywnego w stosunku do uprawy tradycyjnej (konwencjonalnej) systemu uprawy bezorkowej. Przy tej metodzie uprawy roli rezygnuje się z użycia pługa na rzecz kultywatora, glebogryzarki, brony wirnikowej i talerzowej. Maszyny i narzędzia te nie powodują bezpośredniego odwracania gleby, lecz przyczyniają się do jej powierzchniowego spulchniania, utrzymując ją w prawidłowej strukturze.

Do głównych zalet wprowadzania systemów uproszczonej uprawy roli, w tym siewu bezpośredniego, należą:

- zmniejszenie nakładów pracy na wykonanie zabiegów uprawowych,
- oszczędność czasu,
- zmniejszenie zużycia paliwa,
- polepszenie struktury gleby,

- zwiększenie pojemności wodnej gleby (podniesienie udziału wody łatwo dostępnej, wyższa infiltracja, zmniejszona ewapotranspiracja, mniejszy spływ powierzchniowy) oraz zawartości substancji organicznej w glebie,
- ograniczenie erozji gleby, ochrona przed zagęszczeniem gleby,
- zatrzymywanie nawozów i pestycydów w wierzchniej warstwie gleby oraz niedopuszczenie do ich nadmiernego wymywania, szybsza degradacja tych związków dzięki intensywniejszej działalności mikroorganizmów,
- mniejsze zanieczyszczenie powietrza poprzez obniżenie emisji spalin oraz CO₂ w porównaniu z uprawą konwencjonalną.

Dodatkowo resztki roślinne na polu są schronieniem i źródłem pokarmu dla zwierząt.

Z kolei za podstawowe wady uprawy uproszczonej należy uznać [Białek 2007]:





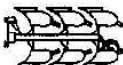



















- intensywniejsze występowanie myszy polnych i ślimaków,
- zwielfokrotnione występowanie chwastów (osypane zboża, perz, rumianek polny),
- spowolniona mineralizacja azotu,
- wzrost gęstości, zwięzłości, porowatości i kwasowości gleby,
- niewłaściwe zagospodarowanie ścierniska zwiększające niebezpieczeństwo gorszych wschodów i zmniejszonego działania herbicydów.

Uprawa konserwująca (A1) (*conservation tillage, konservierende Bodenbearbeitung*) jest technologią polegającą na możliwie długotrwałym utrzymywaniu powierzchni gleby pod okrywami roślinnymi tworzonymi przez międzyplony lub pozostałości poźniwne wymieszane z wierzchnią warstwą roli. Według norm amerykańskich, aby mówić o uprawie konserwującej, powierzchnia gleby musi być pokryta resztkami organicznymi na co najmniej 30% powierzchni [Zimny 2005]. Uprawa konserwująca jest więc uprawą prowadzoną pod okrywą roślinną. Zamiast pługa stosuje się w niej głównie wielobelkowe agregaty ścierniskowe lub kompaktowe brony talerzowe (rotogrubery) pozwalające na równomierne rozprowadzenie resztek organicznych (słoma, międzyplony) na powierzchni pola. Mulczowanie resztkami poźniwnymi jest ponadto jednym z najprostszych sposobów pozwalających zatrzymać więcej wody w glebie i umożliwiających wdrożenie tej metody uprawy w rejonach, gdzie często występują susze.

Jedną z odmian uprawy konserwującej jest siew bezpośredni (*tillage zero, Direkt saatterfahren*) (A2), który jako najprostszy system uprawy angażuje najmniejszą ilość energii do produkcji. Według badań Top Farms Wielkopolska, pozwala zmniejszyć nakłady energetyczne nawet o 70% w porównaniu z uprawą tradycyjną. Uprawa zerowa jest technologią polegającą na całkowitym wyeliminowaniu uprawy poźniwnej, orki i uprawy przedsewnej (ryc. 27.). Ze względu na rezygnację z uprawek mechanicznych konieczne jest prowadzenie w tym okresie intensywnej ochrony chemicznej [Unger 1994]. Uprawa zerowa ma swoje zastosowanie głównie w gospodarstwach wielkoobszarowych, co wynika z konieczności stosowania radykalnych uproszczeń w uprawie. Pomimo swej prostoty jest to technologia najbardziej wymagająca, gdzie niezbędne jest posiadanie odpowiednich wyspecjalizowanych maszyn (fot. 7.).



Fot. 7. Wielkoobszarowe powierzchnie uprawy kukurydzy – odpowiednie do zastosowania uprawy zerowej

Sposób uprawy	Zabiegi uprawowe	Zabiegi przedsiewne	Siew	Tryb pracy	
uprawa konwencjonalna (tradycyjna, płużna)		 lub 		rozłączny	
		 lub 		łączony, mieszany (siew + zabiegi przedsiewne)	
					wszystkie zabiegi łączone
uprawa konserwująca (bezpłużna)	 lub 			rozłączny	
	 lub 	 lub 		łączony, mieszany (siew + zabiegi przedsiewne)	
					wszystkie zabiegi łączone
	—				bez zabiegów uprawowych, łączony siew z zabiegami przedsiewnymi
siew bezpośredni	—	—		siew bez wcześniejszej uprawy gleby	

Ryc. 27. Porównanie uprawy konwencjonalnej, konserwującej i siewu bezpośredniego [KTBL 1993]

Siew bezpośredni może być promowany jako ekstensywna forma konserwującej uprawy gleby, ponieważ w odróżnieniu od uprawy konserwującej gleba jest uprawiana tylko w momencie tworzenia brzozy siewnej.

Do wad siewu bezpośredniego należą:

- co najmniej w fazie przejściowej wymagane jest wyższe zużycie środków ochrony roślin (przy prowadzeniu właściwego płodozmianu skoordynowanego ze stosowaniem międzyplonu można osiągnąć stan równowagi, w którym nie jest już wymagane podwyższone zużycie środków ochrony roślin),
- zagrożenie wzrostem liczby chorób i szkodników upraw,
- problemy przy kiełkowaniu siewu z uwagi na ograniczony kontakt z glebą poprzez zwiększony udział słomy w warstwie siewnej gleby, niebezpieczeństwo wymycia składników pokarmowych z wierzchniej warstwy gleby,
- wolniejsze podnoszenie się temperatury gleby wiosną z uwagi na wysoką zawartość wody.

Według badań Schmidta i in. [2001] w przypadku uprawy konserwującej zanotowano wyraźny wzrost zawartości próchnicy oraz zdecydowane ograniczenie spływu powierzchniowego i denudacji gruntu (zwłaszcza w przypadku siewu bezpośredniego) (tab. 9.)

Tab. 9. Porównanie parametrów gleby uprawianej metodą konwencjonalną, konserwującą oraz konserwującą z zastosowaniem siewu bezpośredniego [Schmidt i in. 2001]

Parametr [jednostka]	Uprawa konwencjonalna	Uprawa konserwująca (siew w mulcz)	Uprawa konserwująca – siew bezpośredni
Stopień przykrycia gleby [%]	1	30	70
Zawartość próchnicy [%]	2,0	2,6	2,5
Stabilność struktury [%]	30,1	43,1	48,7
Szybkość infiltracji [%]	49,4	70,9	92,4
Spływ powierzchniowy [l/m ²]	21,2	12,2	3,2
Denudacja gruntu [g/m ²]	317,6	137,5	33,7

Z kolei Jurga [2008] stwierdził, że gęstość objętościowa gleby znajdującej się w warstwie podornej była po uprawie płuznej istotnie większa niż po uprawie bezorkowej. W przypadku uprawy bezorkowej uzyskano także zdecydowanie (dziewięciokrotnie) wyższe wartości współczynnika filtracji gleby oraz stwierdzono korzystny wpływ na przepuszczalność powietrzną gleby.

Zabieg A3 (wsiewki poplonowe i międzyplony) został dodatkowo wyodrębniony z uwagi na dostępne pakiety wsparcia finansowego dla obszarów wiejskich

w programach rolnośrodowiskowych. Zabieg ten wchodzi w skład pakietu 8. *Ochrona gleb i wód programu* i obejmuje następujące warianty działań:

wariant 8.1. Wsiewki poplonowe,

wariant 8.2. Międzyplon ozimy,

wariant 8.3. Międzyplon ścierniskowy [PROW 2007-2013, 2007].

Płatność rolnośrodowiskowa jest przyznawana w przeliczeniu na hektar powierzchni objętej działaniem i wynosi odpowiednio 330 zł/ha dla wsiewek poplonowych, 420 zł/ha dla międzyplonu ozimego oraz 400 zł/ha dla międzyplonu ścierniskowego.

Wsiewki poplonowe (wariant 8.1.) oznacza rośliny wsiane wiosną w rosnącą roślinę ozimą (najczęściej zboże) lub razem z siewem roślin jarych. Realizacja tego działania wiąże się ze spełnieniem następujących wymogów:

- wsiewanie roślin następuje w rosnące rośliny ozime lub razem z siewem roślin jarych,
- wsiewki muszą być utrzymane przez okres zimy,
- sprzątnięcie słomy z całego pola powinno nastąpić po żniwach,
- wznowienie zabiegów agrotechnicznych możliwe jest w terminie od 1 marca,
- dopuszcza się wypas,
- biomasa wsiewki poplonowej powinna być przyorana, z wyjątkiem uprawy gleby w systemie bezorkowym,
- możliwe jest przemienne stosowanie wsiewek poplonowych na różnych działkach rolnych w ciągu 5 lat,
- zabronione jest stosowanie ścieków i osadów ściekowych na wsiewkę.

Ponadto na terenie całego gospodarstwa objętego programem rolnośrodowiskowym istnieje obowiązek zachowania powierzchni trwałych użytków zielonych i elementów krajobrazu nieużytkowanych rolniczo.

Międzyplon ozimy (wariant 8.2.) wysiewa się po zbiorze późno dojrzewających zbóż (pszenica, pszenżyto, owies). Dodatkowo istnieje możliwość uprawy międzyplonu w międzyrzędziach chmielnika, przy założeniu, że na plantacji chmielu o powierzchni 1 ha powierzchnia zajęta pod międzyplon wynosi 67%.

Korzystanie z tego działania zobowiązuje rolnika do:

- wykonania siewu roślin poplonowych (rośliny ozime) do końca września,
- stosowania pod międzyplon tylko nawozów naturalnych,
- niestosowania ścieków i osadów ściekowych na międzyplon,
- przyorania biomasy roślin poplonowych, z wyjątkiem uprawy w systemie bezorkowym.

Na polach objętych płatnościami w ramach wariantu 8.2. rolnik ma możliwość koszenia lub spasanania biomasy roślin poplonowych wiosną, wznowienia zabiegów agrotechnicznych w terminie od 1 marca i przemiennego stosowania międzyplonów na różnych działkach rolnych w ciągu 5 lat. Ponadto, podobnie jak w wariantcie 8.1.,

na terenie całego gospodarstwa objętego programem rolnośrodowiskowym istnieje obowiązek zachowania powierzchni trwałych użytków zielonych i elementów krajobrazu nieużytkowanych rolniczo.

Międzyplon ścierniskowy (wariant 8.3.) wysiewa się zaraz po zbiorze plonu głównego (np. żyta, jęczmienia) na początku sierpnia. Zasiew może być jednogatunkowy lub wielogatunkowy (mieszanka). W wariantcie tym biomasa międzyplonowa pozostawia na zimę okrywą ochronną (mulcz). Podobnie jak w przypadku międzyplonu ozimego istnieje możliwość uprawy międzyplonu w międzyrzędziach chmielnika, przy założeniu, że na plantacji chmielu o powierzchni 1 ha powierzchnia zajęta pod międzyplon wynosi 67%.

Wariant 8.3. obliguje rolnika do:

- wykonania siewu roślin poplonowych (rośliny jare) do końca września,
- stosowania pod międzyplon tylko nawozów naturalnych,
- niestosowania ścieków i osadów ściekowych na międzyplon,
- przyorania biomasy roślin poplonowych, z wyjątkiem uprawy w systemie bezorkowym.

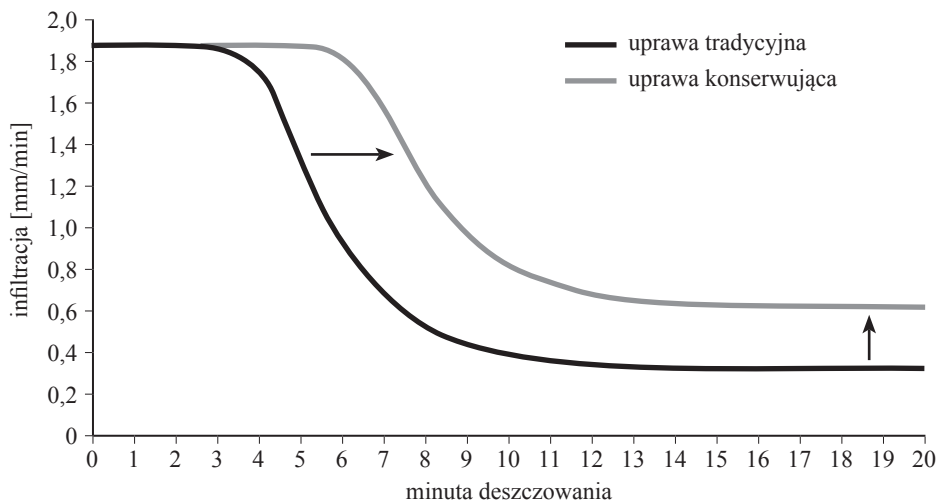
Na polach objętych działaniem 8.3. można spasać biomasę roślin poplonowych jesienią, wznowić zabiegi agrotechniczne po 1 marca i stosować przemienne międzyplony na różnych działkach rolnych w ciągu 5 lat. Analogicznie jak w innych przypadkach na terenie całego gospodarstwa objętego programem rolnośrodowiskowym istnieje obowiązek zachowania powierzchni trwałych użytków zielonych i elementów krajobrazu nieużytkowanych rolniczo.

Stosowanie uprawy w mulcz z międzyplonu wskazane jest w rejonach o dużej koncentracji uprawy buraka, krótkich płodozmianach i zwłaszcza tam, gdzie występuje zagrożenie erozyjne i mątwikowe. Najchętniej stosowana w poplonach jest gorczyca odznaczająca się dużą dynamiką wzrostu i szybkim zakrywaniem gleby. Rozłożone resztki roślin poplonowych nie tylko wzbogacają glebę w substancję organiczną, lecz także rozluźniają zagęszczoną warstwę podorną, ułatwiając przenikanie korzeni roślin następczych. W rezultacie następuje obniżenie zwięzłości i zlewności roli, co wpływa na podwyższenie zawartości węgla organicznego, fosforu i potasu. Uprawa w mulcz z międzyplonu zwiększa ponadto aktywność biologiczną gleby i chroni wody gruntowe przed nadmiernym zanieczyszczeniem środkami chemicznymi [Napierała 2009].

Pomiary infiltracji przeprowadzone po deszczowaniu z wysoką intensywnością (1,9 mm/min) potwierdzają korzystny wpływ uprawy konserwującej na wysokość infiltracji, która przyczynia się do opóźnienia spływu powierzchniowego i jednocześnie ograniczenia sumy odpływu [Zimmerling i Schmidt 2002].

Uprawa konserwująca zapewnia wysoki poziom infiltracji przez dłuższy czas. Średnia końcowa wartość infiltracji jest przeciętnie 0,3 mm/min wyższa niż w przypadku uprawy konwencjonalnej, co wpływa na redukcję spływu powierzchniowego

(ryc. 28.). Trzeba jednak podkreślić, że uprawa konserwująca może całkowicie udaremnić spływ powierzchniowy tylko w przypadku krótkich intensywnych opadów [Dezentrale... 2006]. Pozytywny wpływ uprawy uproszczonej na ochronę przed erozją gleby oraz zwiększenie retencji glebowej podkreślają również Magdoff i Es [2000].



Ryc. 28. Porównanie zmian w przebiegu infiltracji wody w przypadku uprawy konwencjonalnej (tradycyjnej) i konserwującej [Dezentrale... 2006]

Wpływ materii organicznej na poprawę stosunków wodnych podkreślili również Ryszkowski i Kędziora [1996]. Zauważyli, że zwiększa ona retencyjność gleby, ponieważ sama utrzymuje więcej wody niż materia mineralna. Ponadto materia organiczna poprawia strukturę gleby, a tym samym zwiększa udział porów o średnich rozmiarach mających istotne znaczenie dla ilości wody dostępnej dla roślin. Porównując gleby o podobnym składzie mineralnym i gęstości oraz różnej zawartości materii organicznej, stwierdzili, że stan retencji wodnej w metrowej warstwie gleby przy połowej pojemności wodnej ($pF = 2,2$) wynosi 225 mm dla gleby z zawartością materii organicznej w wysokości 4,7% oraz 90 mm dla gleby z zawartością materii organicznej w wysokości 0,92%. Autorzy wskazują, że wzrost zawartości materii organicznej o 1% oznacza wzrost retencyjności w warstwie ornej (30 cm) o 10 mm ($100 \text{ m}^3/\text{ha}$). Należy ponadto podkreślić, że nie jest to wzrost jednorazowy, lecz odnosi się do każdego większego opadu.

Agromelioracje (A4) oznaczają wg Cieślińskiego [1997a] różne zabiegi mające na celu polepszenie warunków glebowych oraz usprawnienie odprowadzenia nadmiaru wilgoci z gleby. W terminologii rolniczej pod pojęciem tym rozumie się czynności, które swym charakterem odbiegają od tradycyjnych sposobów przygotowania gleby pod rośliny uprawne.

Na podstawie charakterystyki gleb wchodzących w skład kompleksów rolniczej przydatności gleb opracowanej przez IUNG Cieśliński [1997b] określił, że największe możliwości i potrzeby poprawy właściwości fizyczno-wodnych gleb poprzez zabiegi agromelioracyjne występują w przypadku kompleksów 2, 8 i 10 (gleby średnio zwięzłe i ciężkie) oraz kompleksów 6 i 7 (gleby lekkie).

W zlewni Kani dominują gleby kompleksu 2 (pszenny dobry), które zajmują 45,8% całkowitej powierzchni, co jednoznacznie wskazuje na potrzebę stosowania zabiegów agromelioracyjnych na tym obszarze. Wspomniane gleby odznaczają się bowiem wysoką potencjalną żyznością, która może zostać ograniczona przez niekorzystne właściwości fizykowodne, związane z ciężkim składem granulometrycznym oraz słabą przepuszczalnością i przewiewnością.

Poprawa właściwości fizykowodnych gleb kompleksu 6 (żytni słaby) i 7 (żytni najłabszy), które na obszarze zlewni Kani zajmują 11,1%, wiązać się powinna z lekkim składem gatunkowym tych gleb oraz ich nadmierną przepuszczalnością i małą zdolnością zatrzymywania wody i składników pokarmowych. W warunkach prowadzenia intensywnej gospodarki rolnej zabiegi agromelioracyjne mogą być wskazane także na innych kompleksach rolniczej przydatności gleb [Cieśliński 1997b]. Z kolei utrudnieniem dla ich stosowania może być zbyt duże rozdrobnienie pól, niski poziom kultury rolnej, niesprzyjające warunki topograficzne.

Na glebach mineralnych zabiegi agromelioracyjne można podzielić na dwie grupy:

- zabiegi usprawniające odpływ wód powierzchniowych [Cieśliński i Szafrąński 1997],
- zabiegi usprawniające odpływ wód podpowierzchniowych.

W omawianym modelu decyzyjnym uwzględniono tylko zabiegi drugiej grupy obejmujące: orkę z pogłębiaczem, orkę głęboką (melioracyjną), spulchnianie, drenowanie krecie, wgłębne nawożenie, wgłębne wapnowanie, wprowadzenie materiałów obcych do profilu oraz syntetyczne środki poprawiające strukturę gleby. W pracy dokładniej przybliżony zostanie zabieg spulchniania (*Tieflockerung*), który najlepiej wpisuje się w założenia zwiększania potencjału retencyjnego gleby w celu ograniczenia skutków suszy i powodzi. Ponadto w porównaniu z orką głęboką czy orką z pogłębiaczem zapewnia wyższą efektywność ekonomiczną. W konwencjonalnej uprawie np. buraka cukrowego w warunkach występowania nadmiernego zagęszczenia warstwy podornej wskazane jest wykonanie przed orką przedzimową zabiegu głęboszowania [Pabin i in. 1998], którego wprowadzenie w znacznym stopniu zwiększa możliwości zastosowania uproszczeń w tradycyjnej uprawie roli. Ponadto zabieg ten ułatwia wdrażanie elementów uprawy konserwującej w warunkach, gdy gleba w warstwie ornej i podornej charakteryzuje się nadmiernym zagęszczeniem.

Spulchnianie wg Cieślińskiego [1997c] polega na mechanicznym oddziaływaniu na słabo strukturalną zbitą warstwę podorną, przez co uzyskuje się jej

spulchnienie, rozluźnienie i poprawę struktury. Spulchnianie wykonuje się w zależności od potrzeby na głębokość 35-70 cm. Zabieg ten nie powoduje obniżenia żyzności gleby, a rozkruszenie nieprzepuszczalnych warstw zmniejsza gęstość objętościową i zwięźłość gleby, zwiększa współczynnik filtracji, zmienia rozkład wielkości porów glebowych, zamienia spływ powierzchniowy na wgłębny oraz ułatwia przesiąkanie wody grawitacyjnej do drenów. Równocześnie wzrasta też retencja gleby i wykorzystanie wody przez systemy korzeniowe oraz aktywność biologiczna profilu, a także pośrednio ilość dostępnych składników pokarmowych.

Wcześniej wykonane głęboszowanie na głębokość 40-45 cm lub głębokie kultywatorowanie pozwala na spłylenie orki przedzimowej do 15-20 cm [Zimny 1999]. Zabieg ten ma szczególne znaczenie w okresie letniej suszy. Zaobserwowano bowiem, że zastosowanie głęboszowania w latach o bardzo niskiej rocznej sumie opadów uchroniło plony buraka na wielu plantacjach. Ze względu jednak na wysoką energochłonność zabiegu tego rodzaju uprawki ogranicza się do wykonywania raz na 4 lata.

W czasie wykonywania orki, zwłaszcza przy nieodpowiedniej wilgotności gleby, zwiększa się ryzyko wystąpienia tzw. podeszwy płużnej.

Strefy nadmiernego zagęszczenia gleb występują najczęściej w górnej części podglebia – do głębokości 50-60 cm. Jak wskazuje Miatkowski [1997], bezpośrednim skutkiem nadmiernego zagęszczenia podglebia są niekorzystne zmiany we właściwościach fizycznych gleby, procesach transportu wody i gazów oraz retencji wody. Z kolei rezultatem wtórnym są zmiany w chemii i biologii gleby oraz ograniczenie penetracji gleby przez korzenie roślin, co pociąga za sobą obniżenie dostępności wody glebowej i zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia niedoborów wodnych dla roślin uprawnych oraz obniżenie zdolności pobierania przez nie składników nawozowych, głównie azotu. Wzrasta również częstość i czas trwania stanów nadmiernego uwilgotnienia warstwy ornej oraz obniża się efektywność systemów melioracyjnych. Dodatkowo wzrasta udział spływów powierzchniowych, co zmniejsza możliwości odnawiania się retencji glebowej i powoduje wzrost zagrożenia erozją wodną.

Gleba spulchniona i rozluźniona w warstwie podornej pod wpływem głębokiej uprawy jest, ze względu na niestabilność agregatów, bardzo podatna na zagęszczenie. Z tego względu stosowanie, po wykonaniu na przykład głębokiego spulchniania, w dalszym ciągu tradycyjnej technologii uprawy gleby, z dużą liczbą przejazdów, stwarza zagrożenie wytworzenia się w krótkim czasie wtórnego zagęszczenia zbliżonego do pierwotnego [Raper i in. 1994]. Warto więc łączyć zabiegi agromelioracyjne z uprawą konserwującą. Ograniczenie występowania zjawiska podeszwy płużnej możliwe jest także przez stosowanie międzyplonów na przyoranie oraz przez użycie specjalnego pługa pozwalającego na prowadzenie ciągnika po caliźnie, tzw. *orka on-land*. Stosując takie narzędzie, stwarza się po-

nadto możliwość zastosowania szerszego niskociśnieniowego ogumienia, co chroni dodatkowo warstwę podglebia.

Spulchnianiu powinno towarzyszyć wglębne nawożenie, które polega na wprowadzeniu do warstwy podornej nawozów mineralnych w trakcie wykonywania zabiegu spulchniania lub orki.

Agromelioracje poprawiają właściwości fizykowodne gleb i zwiększają ich zdolności retencyjne. Zwiększona potrzeba stosowania agromelioracji wynika m.in. ze wzrostu mechanizacji upraw oraz stosowania w prywatnych przedsiębiorstwach rolnych ciężkiego sprzętu, który powoduje zagęszczanie wierzchnich warstw gleby i powstanie tzw. podeszwy płuznej. Zmniejszenie się przepuszczalności i zdolności retencyjnej gleb powoduje zwiększenie spływów powierzchniowych i wzmaganie się procesów erozyjnych. Wykonanie zabiegów agromelioracyjnych umożliwia odnawianie zapasów wody w glebach w okresie wegetacyjnym po każdym większym opadzie. Suma dodatkowo zretencjonowanej w ten sposób wody na kilku tysiącach hektarów może odpowiadać 1 mln m³ wody zretencjonowanej w zbiorniku wodnym [Kędziora i in. 2005].

Badania prowadzone w Katedrze Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji UP w Poznaniu potwierdzają istotną rolę agromelioracji w gospodarce wodnej gleb terenów bogato rzeźbionych. W glebach na stokach wzniesień, na których wykonano agromelioracje, zapasy wody po opadach były wyższe niż na powierzchniach kontrolnych [Kosturkiewicz i Szafrąński 1990]. Odnotowano też mniejsze odpływy z sieci drenarskiej z działów, na których wykonano zabiegi agromelioracyjne. Dodatkowo agromelioracje w istotny sposób zmniejszają spływy powierzchniowe na glebach terenów bogato urzeźbionych [Kosturkiewicz i Szafrąński 1993]. Z kolei poprzez zmniejszenie spływów powierzchniowych zmniejszana jest też powierzchniowa erozja wodna [Szafrąński 1993]. Właściwie wykonana sieć drenarska i zabiegi agromelioracyjne w istotny sposób zmniejszają spływy powierzchniowe i związaną z nimi wodną erozję gleb.

Zabiegi z grupy A – agrotechniczne – nie wykluczają się wzajemnie, a najlepsze efekty mogą być osiągnięte w wyniku stosowania niektórych zabiegów łącznie bądź zamiennie, tzn. np. stosowanie co 4 lata zabiegów agromelioracyjnych (A4), równoległe stosowanie zabiegów określonych ogólnie jako A3 – wsiewki poplonowe i międzyplony z uprawą konserwującą (A1) lub siewem bezpośrednim (A2). Warto przy tym pamiętać, że przyjęcie tylko 20 mm warstwy dodatkowej retencji uzyskanej jako rezultat zabiegów agrotechnicznych tylko dla połowy użytków rolnych w Polsce pozwala uzyskać 2 mld m³ wody dodatkowo zmagazynowanej w glebie, a łączna wielkość zmagazynowanej wody w sztucznych zbiornikach wynosi ok. 4 mld m³, co daje 6,5% objętości średniego rocznego odpływu [Mioduszeński 1995, Program... 2006]. W przypadku zlewni Kani przy przyjęciu 20 mm warstwy dodatkowej retencji można by uzyskać dla ogółu gruntów ornych dodatkową retencję glebową w wysokości 1,8 mln m³.

Ze zmianą gruntów ornyczych na użytki zielone lub las wiąże się z reguły obniżenie zagrożenia wystąpienia powodzi. Wyższa w porównaniu z gruntami ornymi intercepcja i ewapotranspiracja lasów i użytków zielonych prowadzi z jednej strony do obniżenia infiltracji wody opadowej, z drugiej natomiast do ciągłego odbierania glebie wody, co powoduje zmniejszenie przesiąkania do wody gruntowej i opóźnienie nasycenia gleby wywołującego spływ powierzchniowy. Ponieważ poprzez wspomniane procesy mogą powstać niedobory wody, dochodzące w glebach leśnych do 200 mm, można oczekiwać również znacznej redukcji odpływu [Dezentrale... 2006]. Na skutek całorocznego pokrycia warstwa wierzchnia gleby w lasach i użytkach zielonych jest ponadto chroniona przed hamującym infiltrację działaniem powierzchniowego zamulenia. Z tego względu zmniejsza się również powstawanie w warunkach ekstremalnych opadów spływu powierzchniowego tworzącego się na skutek przekroczenia zdolności infiltracyjnych gleby. Korzystne działanie związane jest również z podwyższeniem możliwej infiltracji poprzez z reguły mniejszą gęstość gleby i wyraźny system makroporów powstałych na skutek działania korzeni roślinnych i fauny glebowej. W lasach w wyniku zmiany stosunków wietrznych oraz promieniowania słonecznego można ponadto liczyć się z opóźnieniem początku tania i dłuższym okresem trwania pokrywy śnieżnej.

Działanie lasów i użytków zielonych na ograniczenie odpływu w porównaniu z tradycyjną uprawą roli związane jest w okresie wegetacyjnym z wykorzystaniem zapasów wody na ewapotranspirację, a w okresie zimowym, względnie wczesną wiosną, na opóźnione topienie się śniegu. Z tego względu porównując średni odpływ całkowity z wielolecia w zależności od użytkowania terenu, zmniejsza się on w następującej kolejności: grunty orne, użytki zielone, las liściasty, las iglasty [Wohrab i in. 1992]. Poza tym w porównaniu z gruntami ornymi w przypadku lasów i użytków zielonych można oczekiwać w obrębie roku bardziej wyrównanego odpływu i mniejszych maksimów.

Zabieg B1. Zalesianie (Z) obejmuje działania ujęte w PROW 2007-2013 w osi 2. *Poprawa środowiska naturalnego i obszarów wiejskich* – Zalesianie gruntów rolnych oraz zalesianie gruntów innych niż rolne (kod działania 221, 223) [PROW 2007-2013, 2007]. Działanie to może być realizowane według dwóch schematów:

- 1) zalesianie gruntów rolnych – dotyczy leśnego zagospodarowania gruntów uprawianych rolniczo, zakładanych sztucznie (poprzez sadzenie). Udzielana w ramach schematu I pomoc obejmuje: założenie uprawy leśnej (wsparcie na zalesianie), pielęgnację uprawy leśnej (premia pielęgnacyjna) i rekompensatę za utracony dochód z tytułu wyłączenia gruntów spod uprawy rolnej (premia zalesieniowa);
- 2) zalesianie gruntów innych niż rolne – dotyczy wyłącznie leśnego zagospodarowania opuszczonych gruntów rolniczych lub innych gruntów odłogowanych, dla których zalesienie stanowi racjonalny sposób zagospodarowania;

wania (np. z uwagi na ochronę przed erozją). W tym schemacie zakłada się możliwość wykorzystania sukcesji naturalnej w obrębie ww. gruntów, a pomoc obejmuje tylko wsparcie na zalesianie i premię pielęgniacyjną.

Zalesianie jest wspierane finansowo z uwagi na nadmierny udział gruntów niskich klas bonitacyjnych użytkowanych jako grunty rolne w strukturze użytków rolnych w Polsce. Możliwe rozwiązania w zakresie sposobu zakładania upraw, ich składu gatunkowego oraz wykorzystania istniejących samosiewów mają na celu poprawę różnorodności biologicznej oraz kondycji zakładanych upraw leśnych. Ponadto zalesianie ma umożliwić:

- zwiększenie powierzchni obszarów leśnych,
- utrzymanie i wzmocnienie ekologicznej stabilności obszarów leśnych poprzez zmniejszenie fragmentacji kompleksów leśnych i tworzenie korytarzy ekologicznych,
- zwiększenie udziału lasów w globalnym bilansie węgla oraz ograniczeniu zmian klimatu.

Ze wsparcia finansowego w ramach PROW 2007-2013 nie mogą korzystać grunty położone w granicach obszarów Natura 2000, gdyż obszary te nie mają obowiązujących planów zarządzania wskazujących grunty bez przeciwwskazań środowiskowych do zalesiania wynikających z wymogów ochrony cennych gatunków roślin i zwierząt oraz siedlisk priorytetowych określonych w dyrektywie Rady 70/409/EWG z dnia 2 kwietnia 1979 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa oraz dyrektywie Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory.

Kolejnym warunkiem uzyskania pomocy finansowej jest zalesianie gruntów przewidzianych do zalesienia w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego lub na podstawie zapisów w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy. Ponadto zalesienia muszą być wykonywane zgodnie z wymogami ochrony przeciwpożarowej wynikającymi z przepisów wykonawczych ustawy o lasach. Minimalna powierzchnia zalesienia może wynosić 0,5 ha (przy minimalnej szerokości działki 20 m), z wyjątkiem gruntów graniczących z lasem. W przypadku wniosku składanego przez grupę rolników łączna powierzchnia zakwalifikowana do zalesienia musi wynosić 2 ha w jednym obrysie. Maksymalna powierzchnia gruntu do zalesiania zgłaszana w okresie programowania 2007-2013 przez jednego producenta nie może być większa niż 20 ha. Do zalesień mogą być wykorzystywane wyłącznie rodzime gatunki drzew i krzewów zgodnie z przepisami o leśnym materiale rozmnożeniowym, a przy ustalaniu składu gatunkowego uprawy leśnej należy uwzględnić rolniczą klasyfikację gruntów rolnych oraz regionalizację przyrodniczo-leśną zgodną z Ustawą z dnia 7 czerwca 2001 r. o leśnym materiale rozmnożeniowym [Dz. U. z 2001 r. Nr 73 poz. 761 ze zm.].

Według Regionalizacji przyrodniczo-leśnej Polski zlewnia Kani położona jest w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej (III), co oznacza, że w przypadku najuboższych i skrajnie suchych fragmentów gleb VI klasy docelowy typ siedliskowy lasu to bór suchy (Bs), w którym dominuje sosna (80%). Uzupełnienie gatunkowe stanowią brzoza, olsza czarna, jarząb zwyczajny i inne (20%). Z kolei w przypadku pozostałych gleb klasy VI docelowy typ siedliskowy lasu stanowi bór świeży (Bśw), w którym sosna stanowi 60-80%, świerk pospolity, modrzew europejski lub polski 10-20%, natomiast dąb bezszypułkowy, buk, lipa, grab i inne 10-20%.

Koncepcja zwiększania lesistości Polski została przyjęta w uchwale Sejmu RP z dnia 10 maja 1991 r. w sprawie polityki ekologicznej Państwa (M.P. Nr 18 poz. 118). Z kolei zasady realizacji zalesień gruntów porolnych w skali kraju określa Krajowy Program Zwiększania Lesistości (KPZL) przyjęty Uchwałą Rady Ministrów w 1995 r. [Wytyczne... 2003]. W 2003 r. został on zmodyfikowany przez wskazanie w poszczególnych województwach gmin szczególnie preferowanych do zalesień. Województwo wielkopolskie znalazło się na pierwszym miejscu w rankingu województw o wysokich preferencjach.

Do korzyści związanych ze zwiększeniem lesistości należą:

- poprawa bilansu wodnego, retencjonowanie i łagodzenie ekstremalnych stanów przepływu wód powierzchniowych i gruntowych,
- ograniczenie procesów erodowania i degradacji gleb,
- przeciwdziałanie stepowieniu krajobrazu,
- oczyszczanie powietrza, wód i gleb z substancji chemicznych,
- zmniejszenie efektu cieplarnianego, wiązanie CO₂ i gazów przemysłowych z powietrza, wody i gleby oraz neutralizacja ich negatywnego działania,
- korzystna modyfikacja warunków hydrologicznych i topoklimatycznych na terenach rolniczych,
- zachowanie zasobów genowych flory i fauny oraz przywracanie różnorodności biologicznej i naturalności krajobrazu,
- tworzenie możliwości wypoczynku dla ludności oraz poprawa warunków życia ludności w rejonach zurbanizowanych [KPZL 2003].

Szczególną funkcją zalesień jest odpowiednie kształtowanie struktur przestrzennych zasobów przyrody, zwiększanie ich biologicznej aktywności i różnorodności, a także estetycznych walorów krajobrazu. Ważnym zadaniem jest również ochrona i wzmacnianie oraz łączenie we wspólny system najcenniejszych obszarów przyrodniczych. W tej sytuacji podstawowym problemem wydaje się racjonalne przestrzenne rozmieszczenie przyszłych zalesień.

Pozytywnych efektów zalesień można oczekiwać zwłaszcza na intensywnie użytkowanych rolniczo gruntach w ubogich w lasy krajobrazach rolniczych. Lasy mogą w tego typu krajobrazach stanowić sensowne uzupełnienie i wzbogacenie kraj-

obrazu rolniczego w struktury bardziej zbliżone do naturalnych. Działanie lasów objawia się wówczas poprzez podwyższenie bioróżnorodności, ochronę wód gruntowych, ochronę gleb (przed erozją), poprawę wizerunku krajobrazu, oczyszczanie powietrza i ochronę przed hałasem [Sieker i in. 2007]. Korneck i Sukopp [1988] zwracają jednak uwagę na zagrożenia wynikające z nieprawidłowych zalesień i konflikt pomiędzy gospodarką leśną a ochroną przyrody, określając zalesienia jako przyczynę zmniejszenia liczby gatunków w środowisku. Korzystny wpływ lesistości na kształtowanie się zasobów wodnych małych zlewni nizinnych potwierdzili także Liberadzki i Szafranski [2008].

Według KPZL do zalesienia powinny być przeznaczane przede wszystkim grunty orne o następujących parametrach:

- klasa bonitacyjna VIz – do zalesienia w całości,
- klasa bonitacyjna VI – do zalesienia w całości z wyjątkiem gruntów rokujących ich rolnicze użytkowanie,
- klasa bonitacyjna V – do zalesienia częściowo, tj. stanowiące śródleśne enklawy i półenklawy o powierzchni do 2 ha w jednym konturze lub o szerokości między brzegami lasu do 150 m (8-10-krotna wysokość drzew), jeżeli odległość od tych gruntów do obecnych lub perspektywicznych siedlisk gospodarstw rolnych wynosi ponad 5 km, a ich nachylenie przekracza 12° , oraz inne w uzasadnionych lokalnie przypadkach,
- klasa bonitacyjna IVa i IVb – do zalesienia w przypadkach sporadycznych, tj. enklawy i półenklawy o powierzchni do 0,5 ha lub o szerokości do 50 m (3-5-krotna wysokość drzew), szczególnie z utrudnionym dojazdem, małe powierzchnie nieregularnych wcięć w głąb lasu (do 0,1 ha) oraz na gruntach o nachyleniu powyżej 20° ,
- klasa bonitacyjna I-III – do zalesiania jedynie wyjątkowo w przypadkach bardzo małych wydłużonych enklaw i półenklaw, położonych w uciążliwej szachownicy z gruntami leśnymi o szerokości między lasami do 30 m (2-krotna wysokość drzew) oraz na gruntach o nachyleniu powyżej 25° ,
- inne grunty oraz nieużytki nadające się do zalesienia bądź mogące stanowić uzupełniający składnik ekosystemu leśnego, a w szczególności:
 - a) grunty skażone, zdegradowane i zagrożone erozją silną,
 - b) grunty położone przy źródłiskach rzek lub potoków, na wododziałach, wzdłuż brzegów rzek oraz na obrzeżach jezior i zbiorników wodnych,
 - c) lotne piaski i wydmy piaszczyste,
 - d) strome stoki, zbocza urwiska i zapadliska,
 - e) hałdy i tereny po wyeksploatowanym piasku, żwirze, torfie i glinie,
 - f) grunty położone w odległości do 10 km od granic administracyjnych miast powyżej 100 tys. mieszkańców.

- Z kolei obszary, na których należy bezwzględnie wykluczyć zalesienia, obejmują:
- grunty rolne i śródpolne nieużytki zaliczane do siedlisk priorytetowych w programie rolno-środowiskowym (np. bagna, mszary, torfowiska, oczka wodne, solniska, trzcinowiska i inne siedliska okresowo podmokłe, murawy kserotermiczne, remizy, wrzosowiska, wydmy, gołoborza i wychodnie skalne) niechronione lub objęte ochroną prawną jako np. użytki ekologiczne,
 - miejsca cenne z historycznego bądź archeologicznego punktu widzenia.

Na terenie obszarów chronionych decyzje o zalesieniu muszą być zgodne z planami ochrony tych obszarów lub w przypadku braku takich planów zaopiniowane przez właściwe służby ochrony przyrody zgodnie z kompetencjami. Ponadto kontrolowanych decyzji wymagać będą projekty zalesiania siedlisk zlokalizowanych w dolinach rzek i na terenie zabagnionych obniżzeń, rolniczych polan (enklawy) puszczańskich o walorach przyrodniczych i kulturowych oraz obszarów o wybitnych walorach widokowych (obszary takie należy zaznaczyć w planach zagospodarowania przestrzennego gmin).

Zlewnia Kani znalazła się w makroregionie środkowo-wschodnim różnicowania zasad kształtowania przestrzeni leśnej przez zalesienia i zadrzewienia, w którym przeważa układ regionalny prosty z typowymi strukturami rolniczo-przemysłowymi charakteryzujący się obniżoną użytecznością ekologiczną i gospodarczą środowiska oraz małą dyspozycyjnością zasobów przyrodniczych. Brakuje również rozległych i zwartych przestrzennie układów przyrodniczych o znaczeniu makroregionalnym. Jest to obszar bardzo małej lesistości, wyraźnie występujących procesów stepowienia krajobrazu, przestrzennie zróżnicowanego deficytu wody, zagrożenia erozją wietrzną i powierzchniową.

Zalesienia na obszarze tego makroregionu powinny zmierzać do wzmocnienia regionalnych systemów ochrony krajobrazu, zachowanych terenów puszczańskich, a przede wszystkim do wzbogacenia przestrzeni agrocenoz elementami krajobrazu leśnego, w tym w miarę możliwości tworzenia układu pasmowego, którego podstawą powinny być głównie wododziały. Wskazane jest tworzenie nawet małych kompleksów leśnych (o powierzchni min. 5 ha) w ścisłym powiązaniu z systemem zadrzewień, które mają tu szczególnie duże znaczenie. Podstawową funkcją zalesień i zadrzewień w tym makroregionie powinna być poprawa warunków hydrologicznych gleb i przeciwdziałanie procesom degradacji powierzchni ziemi.

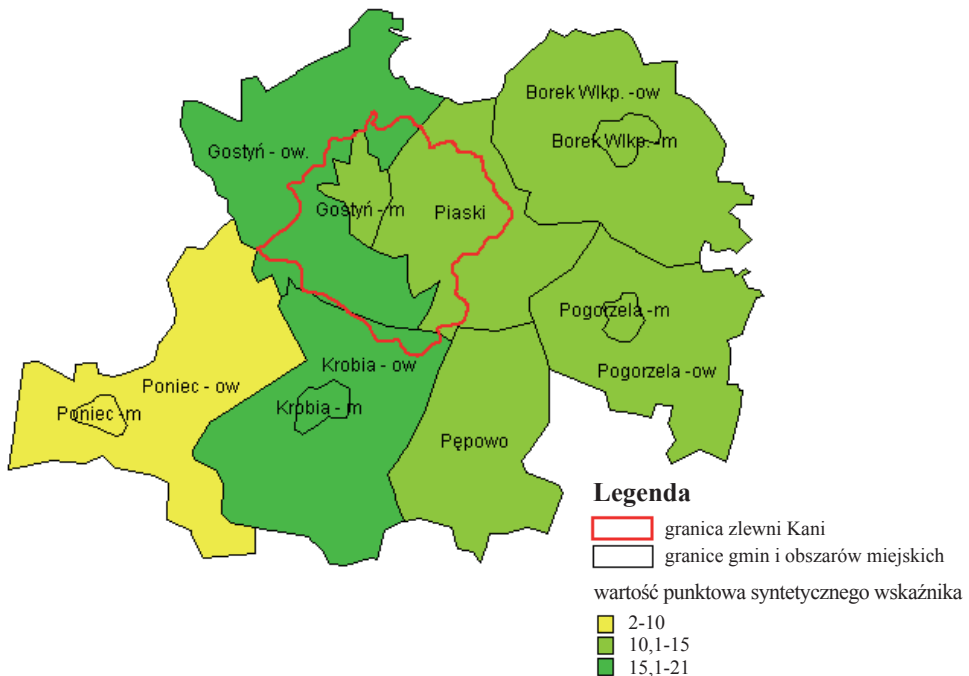
W zmodyfikowanym w 2003 r. KPZL opracowano ranking gmin ze względu na ich preferencje zalesieniowe. W tym celu zastosowano wielokryterialną metodę oceny tych preferencji i przyjęto następujący zestaw dwunastu cech [KPZL 2003]:

- 1) udział gleb najsłabszych w powierzchni użytków rolnych (%),
- 2) jakość rolniczej przestrzeni produkcyjnej, tj. przydatność dla rolnictwa według punktacji IUNG (pkt),
- 3) rzeźba terenu (pkt),
- 4) występowanie stepowienia (ha),

- 5) zagrożenie erozją wodną powierzchniową (ha),
- 6) podaż gruntów do zalesienia według badań ankietowych w gminach (ha),
- 7) lesistość (%),
- 8) udział łąk i pastwisk w powierzchni gminy (%),
- 9) stopień zwiększania lesistości ze względu na potrzeby ochrony przyrody (%),
- 10) ważniejsze wododziały (ha),
- 11) zlewnie chronione (ha),
- 12) ochrona wód podziemnych (ha).

W rankingu uwzględniającym 2918 jednostek podziału administracyjnego kraju (2489 gmin i 429 miast) do gmin o wysokich (15,0-20,0 pkt) preferencjach zalesieniowych zaliczone zostały obszary wiejskie gmin miejsko-wiejskich Gostyń (17,03 pkt, 645. miejsce w rankingu) i Krobia (16,0 pkt, 783.). Niższe preferencje zalesieniowe określono dla gminy Piaski (13,47 pkt, 1244.) i miasta Gostynia (10,63 pkt, 1996.) (ryc. 29.).

Ogólna powierzchnia gruntów rolnych przewidzianych do zalesienia w latach 2001-2020 w całym powiecie gostyńskim wynosi zaledwie 369 ha, co stanowi 0,33% gruntów przewidzianych do zalesienia w województwie wielkopolskim. Odsetek ten odzwierciedla wyjątkowo wysoką wartość bonitacyjną gleb tego obszaru.



Ryc. 29. Zlewnia Kani na tle potrzeb i preferencji zalesieniowych gmin powiatu gostyńskiego według wariantu III – środowiskowego KPZL [KPZL 2003]

Zalesienia powinny być dostosowane do lokalnych warunków siedliskowych i krajobrazowych zgodnie z wymogami określonymi w *Wytycznych w sprawie wyznaczania granicy rolno-leśnej* [Wytyczne... 2003]. Granica rolno-leśna jest linią zamykającą kontur gruntowy, określający perspektywiczny sposób rolniczego lub leśnego użytkowania gruntów. Przy jej określaniu bierze się pod uwagę wartość bonitacyjną gleb określoną w gleboznawczej klasyfikacji oraz granice naturalne i fizjograficzne. Granica rolno-leśna przyjęta jako obowiązująca w kształtowaniu sposobu użytkowania gruntów tworzy warunki pozwalające na kierowanie procesem zalesiania w gminach. Następstwem tego powinno być sukcesywne przeobrażanie struktury władania i użytkowania gruntów, czyli scalania lub wymiany gruntów. Wielkość wyznaczonego konturu przeznaczonego do zalesienia nie powinna być mniejsza od 3 ha, a oznacza się go symbolem KL – kompleks leśny [Wytyczne... 2003].

Według *Wytycznych...* [2003] w skład kompleksu leśnego powinny wchodzić: śródpolne lasy, grunty leśne (w rozumieniu art. 3. Ustawy z dnia 28 września 1991 r. o lasach [Dz. U. z 2000 r. Nr 56 poz. 679 ze zm.] oraz użytki rolne klasy Rz-VI i R-VI zaliczane do 7. kompleksu przydatności rolniczej, a także grunty orne klasy R-V niedające możliwości prowadzenia na nich efektywnej gospodarki rolnej zaliczone do 6. kompleksu przydatności rolniczej, pastwiska klas Ps-VIz, Ps-VI położone na terenach o niskim poziomie wód gruntowych, bezpośrednio przylegające do kompleksów leśnych. Dodatkowo do kompleksów leśnych mogą być włączone nieużytki nadające się do zalesienia bądź mogące w stanie niezalesionym stanowić uzupełniający składnik ekosystemu leśnego. Ponadto w uzasadnionych przypadkach do kompleksów leśnych mogą zostać zaliczone również:

- grunty rolne wyższych klas bonitacyjnych stanowiące enklawy lub półenklawy w istniejących kompleksach leśnych (o powierzchni nie większej niż 2 ha w jednej kulturze) oraz w nowo projektowanych zalesieniach (o powierzchni nie większej niż 10% całego kompleksu), gdy ich kształt i usytuowanie uzasadnia przeznaczenie ich do zalesienia,
- grunty orne wyższych klas bonitacyjnych o powierzchni powyżej 2 ha, szczególnie w przypadkach, gdy po zalesieniu będą stanowiły ważny korytarz ekologiczny lub gdy wykazują się wyjątkowo niekorzystnym gospodarczo położeniem i kształtem,
- grunty w strefach źródłiskowych rzek i potoków położone nad zbiornikami wód podziemnych, na wododziałach, wzdłuż brzegów rzek oraz obrzeży jezior i zbiorników wodnych, jeśli nie są porośnięte cennymi przyrodniczo zbiorowiskami nieleśnymi,
- lotne piaski i wydmy piaszczyste, jeżeli nie pełnią ważnych funkcji ekologicznych i fizjograficznych, zwłaszcza w zakresie ochrony różnorodności biologicznej i krajobrazowej,

- strome stoki, zbocza, urwiska i zapadliska, jeśli w swej obecnej formie nie są cenne przyrodniczo lub krajobrazowo,
- tereny po wyeksploatowanym piasku, żwirze, torfie lub glinie, jeżeli nie mogą być wykorzystane w inny sposób (zagospodarowanie turystyczne) lub nie tworzą siedlisk dla zespołów sukcesji naturalnej,
- grunty położone na stokach o średnim nachyleniu powyżej 15%, jeżeli jako grunty nieleśne nie odgrywają ważnej roli w kompozycji krajobrazowej lub nie są siedliskiem rzadkich gatunków roślin lub zwierząt,
- grunty zdegradowane w rozumieniu Ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych [Dz. U. z 2004 r. Nr 121 poz. 1266 ze zm.].

W dotychczasowej formie użytkowania powinny pozostać wielogatunkowe półnaturalne łąki, torfowiska, bagna, drobne zakrzewienia i zadrzewienia, śródpolne remizy oraz mszary, oczka wodne, trzcinowiska, wrzosowiska, murawy napiaskowe i kserotermiczne, gołoborza i wychodnie skalne. Siedliska w dolinach rzek i na terenach zabagnionych obniżen powinny pozostać w większości w dotychczasowej formie użytkowania, a ich przeznaczenie do zalesień powinno nastąpić wyłącznie po skonsultowaniu projektu ze służbami ochrony przyrody i krajobrazu oraz z terytorialnie właściwym Zarządem Gospodarki Wodnej. Do zalesień nie można ponadto przeznaczać stanowisk archeologicznych oraz bezpośredniego otoczenia obiektów zabytkowych oraz miejsc tradycyjnie wykorzystywanych na otwarte zgromadzenia ludności. Aktualny stan użytkowania należy zachować także w przypadku obszarów, które w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego zostały przeznaczone pod budownictwo, rozwój infrastruktury, przemysł i składy, rozwój turystyki i wypoczynku oraz na inne ważne cele społeczne.

W procesie planowania zalesień i wyznaczania granicy rolno-leśnej należy przestrzegać następujących zasad [Wytyczne... 2003]:

- w przypadku węzłów ekologicznych:
 - zwiększać powierzchnię leśną wokół leśnych węzłów ekologicznych, zachowując jak największe podobieństwo gatunkowe zakładanych upraw do drzewostanów już istniejących,
 - zwiększać powierzchnię leśną w pobliżu ekosystemów jeziornych i stawów, jeśli nie występują tam cenne ekosystemy nieleśne, szczególnie torfowiskowe i łąkowe,
 - w pobliżu jezior oraz w zlewniach torfowisk wysokich i przejściowych preferować gatunki iglaste, hamujące procesy eutrofizacji siedlisk wodnych i torfowych,
 - nie zalesiać nieleśnych węzłów ekologicznych ani bezpośredniego otoczenia cennych lądowych ekosystemów nieleśnych,
 - dbać o odpowiednie proporcje udziału ekosystemów leśnych i nieleśnych w węzłach o charakterze mieszanym, wzbogacając ich różnorodność biologiczną i krajobrazową,

- kształtować możliwie szerokie, łagodne strefy ekotonowe między lasami a ekosystemami nieleśnymi w strukturze węzłów ekologicznych i ich bezpośrednim otoczeniu;
- w przypadku korytarzy ekologicznych:
 - planować wzrost lesistości na trasach leśnych korytarzy ekologicznych, dbając o jak największą ich szerokość i dobrze rozwinięte strefy ekotonowe,
 - unikać zalesień na trasach nieleśnych korytarzy ekologicznych,
 - nie zalesiać całego przekroju dna dolin rzecznych, pozostawiać około 50-70% powierzchni dna doliny dla ekosystemów nieleśnych oraz dla swobodnego przepływu wód powodziowych,
 - zalesienia dna dolin rzecznych lokalizować płatowo, głównie u podnóży ich zboczy; stanowić one będą czynnik redukujący zanieczyszczenia spływające do doliny z wierzchowin i zboczy,
 - zalesienia wzdłuż koryt rzecznych realizować płatowo, na przemian z lewej i prawej strony koryta na odcinkach nasilonej erozji bocznej, pozostawiając 50-60% długości brzegów rzeki w formie niezalesionej, aby umożliwić dostęp światła słonecznego do ekosystemu rzecznej oraz przewietrzanie jego powierzchni. Pozwoli to także na zachowanie wysokich walorów widokowych i wypoczynkowych dolin rzecznych.

Analogiczne zasady powinny zostać uwzględnione w wypadku obszarów Natura 2000.

Działanie B2 – zamiana gruntów ornych i intensywnie użytkowanych TUZ w ekstensywne użytki zielone (UZ) obejmuje tworzenie ekstensywnych użytków zielonych na gruntach ornych i dotychczas użytkowanych intensywnie łąkach i pastwiskach. Propozycja tego działania jest bezpośrednio związana z pakietem 3. Programu rolnośrodowiskowego *Ekstensywne trwałe użytki zielone* [PROW 2007-2013, 2007]. Pakiet (wariant 3.1.) polega na ograniczaniu nawożenia, ilości i terminów wykonywanych pokosów lub intensywności wypasu. Spełnienie wymogów pakietu powinno prowadzić do podtrzymania istnienia łąkowo-pastwiskowych krajobrazów wiejskich. Wariant może być wdrażany na gruntach użytkowanych jako trwałe łąki lub pastwiska. W przypadku korzystania z tego pakietu obszary nim objęte podlegają następującym wymogom:

- koszenie może być wykonywane w terminie 1.06. – 30.09, jednak nie częściej niż dwa pokosy w roku,
- obowiązek pozostawienia 5-10% działki rolnej nieskoszonej, przy czym powinien to być inny fragment co roku,
- wysokość koszenia 5-15 cm,
- technika koszenia: zakaz koszenia okrężnego od zewnątrz do środka działki (fot. 8.),
- obowiązek usunięcia lub złożenia w stogi ściętej biomasy w terminie nie dłuższym niż 2 tygodnie (z wyjątkiem uzasadnionych przypadków) po pokosie,

- maksymalna obsada zwierząt (w całym sezonie pastwiskowym) wynosi 1 DJP/ha,
- w przypadku użytkowania kośno-pastwiskowego maksymalna obsada zwierząt wynosi 0,3 DJP/ha,
- w przypadku użytkowania pastwiskowego minimalna obsada zwierząt wynosi 0,5 DJP/ha, a maksymalna 1 DJP/ha,



Fot. 8. Przykład nieprzestrzegania zakazu koszenia okrężnego od zewnątrz do środka działki obowiązującego na terenach objętych pakietem ekstensywne trwałe użytki zielone

- maksymalne obciążenie pastwiska (liczba zwierząt w danym momencie na pastwisku) do 10 DJP/ha (5 t/ha),
- sezon pastwiskowy trwa w okresie 1.05. – 15.10. na obszarach poniżej 300 m n.p.m. lub 20.05. – 1.10. na obszarach powyżej 300 m n.p.m.,
- dopuszcza się wykaszanie niedojadów wyłącznie w okresie sierpień-wrzesień,
- dopuszczalne jest wypasanie przez cały rok koników polskich i koni huculskich,
- termin rozpoczęcia wypasu na terenach zalewowych nie wcześniej niż dwa tygodnie po ustąpieniu wód,
- zakaz stosowania środków ochrony roślin z wyjątkiem selektywnego i miejscowego niszczenia uciążliwych chwastów z zastosowaniem odpowiedniego sprzętu po uzgodnieniu z doradcą rolnośrodowiskowym,

- zakaz stosowania ścieków i osadów ściekowych,
- dopuszcza się wapnowanie i ograniczone nawożenie azotem (do 60 kg/ha/rok), z wyłączeniem obszarów nawożonych przez namuły rzeczne,
- zakaz budowania nowych systemów melioracyjnych (z wyjątkiem urządzeń mających na celu podwyższenie poziomu wód) i rozbudowy istniejących systemów melioracyjnych będących w zasięgu kompetencyjnym beneficjenta; zakaz nie dotyczy bieżącej konserwacji,
- zakaz przeorywania, wałowania i stosowania podsiewu,
- zakaz włókowania w okresie 1.04. – 1.09. [PROW 2007-2013, zał. 10.].

Zamiana gruntów ornych w trwałe użytki zielone może się przyczyniać do wyraźnego polepszenia zdolności retencyjnych obszaru (fot. 9.). Hoisl i in. [2000] wskazują ponadto, że użytki zielone zwłaszcza na terenach prowadzenia intensywnej gospodarki rolnej wzbogacają krajobraz oraz podwyższają jego swoistość i różnorodność. Przyczyniają się również do poprawy przestrzeni życiowej roślin i zwierząt (miejsce życia, wylęgu, źródło pokarmu) oraz wyrównywania warunków bioklimatycznych. Klotz [1996] wskazuje, że ekstensyfikacja użytków zielonych wywołuje dodatkowe korzystne dla ochrony przyrody efekty.



Fot. 9. Przykład negatywnej praktyki – zamiany trwałych użytków zielonych na grunty orne

Zabieg ten z reguły podwyższa infiltrację wód opadowych poprzez wysoki współczynnik szorstkości i udaremnienie zamulenia gleby. Poprzez zamianę gruntów ornych w ekstensywne użytki zielone zmniejszona zostaje prędkość spływu powierzchniowego. Efektywność hydrologiczno-hydraulicznego działania zabiegu zależy od rodzaju pokrywy roślinnej, stanu gleb w czasie dokonania zamiany (zagęszczenia, przewodności wodnej) oraz pory roku.

Wielu autorów wskazuje, że poprzez zróżnicowane użytkowanie gruntów rolnych i rozdrobnienie powierzchni pól można osiągnąć znaczne obniżenie odpływu w stosunku do użytków jednorodnych i wielkopowierzchniowych, nawet w przypadku jednakowej struktury zasiewów [Auerswald 2002]. Spływająca woda może bowiem zawsze ze słabo pokrytej powierzchni przemieścić się na dobrze pokrytą roślinnością powierzchnię oraz z wysoką zdolnością infiltracji. Roth i in. [1996] podkreślają jednak, że sam podział na niewielkie pola nie wystarczy, aby zapewnić właściwe warunki siedliskowe, jeśli mamy do czynienia z intensywną gospodarką rolną, niewielką liczbą gatunków roślin i ubogim w wartościowe biotopy otoczeniem. Z tego względu, zwłaszcza zaś z punktu widzenia ochrony środowiska, wskazane jest rozdzielanie powierzchni dużych pól poprzez m.in. wprowadzenie zadrzewień śródpolnych, zakładanie miedz śródpolnych z wieloletnimi trawami i roślinami zielnymi i tworzenie stref buforowych wód powierzchniowych.

Wspomniane metody spełniają ważną funkcję w agroekosystemach. Obok znaczenia dla estetyki i trwałości krajobrazu [Hoisl i in. 2000] poprawiają różnorodność biologiczną [Reck i in. 1999] oraz zdolność zatrzymywania wody i składników mineralnych [Viaud i in. 2005]. Bezpośredni związek pomiędzy retencyjną funkcją krajobrazu i wymienionymi elementami struktury krajobrazu potwierdzają De Jong i Kowalchuk [1995] oraz Viaud i in. [2005]. Metody służące zmianie układu pól przyczyniają się również do skrócenia dróg spływu powierzchniowego, co skutkuje zmniejszeniem erozji. W zależności od szerokości i gęstości zastosowanych metod można liczyć nawet na całkowite wsiąknięcie wód spływu powierzchniowego [Michael 2001]. Metody te odgrywają także znaczącą rolę jako naturalne filtry i strefy buforowe przed zanieczyszczeniami obszarowymi pochodzącymi ze źródeł rolniczych (nawozy, środki ochrony roślin) [Steidl i Ringler 1997]. Sieker i in. [2007] wskazują, że udział tzw. biotopów wyrównawczych w powierzchni użytków rolnych powinien wynosić co najmniej 5%. SRU – rada ekspertów w Niemczech powołana do zajmowania się problemami dotyczącymi środowiska – w swojej ekspertyzie z 1985 r. wskazywała nawet jako pożądaną udział w wysokości 10% [SRU 1985]. Wyniki badań Rüterera [2007] potwierdziły, że zdolność retencyjna struktur granicznych wzrasta wraz z jej rosnącym udziałem w całkowitej powierzchni oraz gęstością występowania jako struktur liniowych. Osiągnięte efekty były dodatkowo wyższe przy zastosowaniu uprawy bezorkowej.

Na terenach, na których nie byłoby wskazane zalesianie (o intensywnej produkcji rolnej i najwyższej jakości bonitacyjnej gleb), należy upowszechniać zadrzewienia śródpolne (B3). Wprowadzanie zadrzewień należy traktować jako równorzędny z zalesieniami czynnik ochrony i użytkowania przestrzeni przyrodniczej. Z tego względu udział i rozmieszczenie zadrzewień powinno stanowić integralny element koncepcji i programów przestrzennego zagospodarowania województwa i gmin w zakresie ochrony środowiska i gospodarki rolnej. Jak wskazuje KPZL, program zwiększania zadrzewienia powinien być integralną częścią programu zwiększania lesistości gminy. Ma to szczególne znaczenie na terenach o niskiej lesistości i dużego zagrożenia procesami erozji gleb, stepowienia krajobrazu i niekorzystnego bilansu wodnego. Przykładem takiego obszaru jest zlewnia Kani (fot. 10.).



Fot. 10. Zadrzewienia śródpolne w zlewni Rowu Ostrowskiego

Zadrzewienia według Zajączkowskiego [1982, 1993] to pojedyncze drzewa i krzewy lub ich skupiska niestanowiące ekosystemów leśnych wraz z terenem, na którym rosną, oraz pozostałymi składnikami jego szaty roślinnej. Jak wskazuje jednak Bałazy i in. [2007], odseparowane powierzchnie (od 0,1 ha – w rozumieniu Ustawy z dnia 28 września 1991 r. o lasach [Dz. U. z 2005 r. Nr 45 poz. 435 ze zm.] – do ok. 5 ha) nie mają możliwości wykształcenia sieci powiązań biocenotycznych

i mikroklimatycznych właściwych ekosystemom leśnym, spełniają więc funkcję taką samą jak zadrzewienia.

Zadrzewienia śródpolne odgrywają znaczącą rolę w kształtowaniu poprawnych stosunków ekologicznych na linii człowiek – środowisko przyrodnicze. Korzyści te podwyższają bio- i georóżnorodność obszarów intensywnie użytkowanych, przede wszystkim rolniczo [Kędziora i Ryszkowski 2001].

Na otwartych obszarach rolniczych zadrzewienia stanowią jeden z głównych komponentów sieci biogeochemicznych barier zwiększających odporność środowiska wobec zagrożeń. Zapewniają również miejsca ostojowe (refugia) i korytarze ekologiczne (migracyjne) dla dziko żyjących organizmów żywych [Bałazy i in. 2007] (fot. 11.).



Fot. 11. Pojedyncze zadrzewienia śródpolne w okolicach Czachorowa

Zadrzewienia zwiększają zdolności retencyjne terenu w wyniku spowolnienia grawitacyjnego odpływu wody oraz ograniczenia wysuszających efektów wiatru, zmniejszają erozję wodną oraz wietrzną, jak również ograniczają spływ związków biogennych z pól oraz powstawanie odpływu w wyniku topnienia śniegu. Wyższe zdolności retencyjne wynikają także z nagromadzenia ściółki i warstwy humusowej oraz tworzenia porów w glebie przez z reguły wielopiętrowe systemy korzeniowe.

Ponadto łagodzą wpływ niekorzystnych czynników klimatycznych m.in. na uprawy rolne (ekstremalne temperatury, długotrwałe susze, huraganowe wiatry), wspomagają ochronę gatunkową roślin, zwierząt i grzybów poprzez zachowanie różnorodności biologicznej, poprawiają warunki zdrowia i rekreacji mieszkańców oraz walory krajobrazowe terenu, umożliwiają produkcję drewna oraz wielu innych użytków niedrzewnych. Ponadto zadrzewienia umożliwiają izolację uciążliwych obiektów w krajobrazie, oczyszczanie wód gruntowych oraz przeciwdziałanie rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń obszarowych dzięki filtrującym właściwościom ich systemów korzeniowych, jak również częściowej akumulacji w ściółce i roślinności runa [Zajączkowski 1993, Bałazy i in. 2007]. Ryszkowski [1992] w swoich badaniach podkreśla wpływ sieci zadrzewień na zmniejszenie parowania z pól dzięki zmniejszeniu szybkości wiatru (oszczędność wody glebowej rzędu 60 mm rocznie). Wprowadzenie w monotony zbożowy krajobraz zadrzewień spowoduje zwiększenie parowania z powierzchni całego obszaru, ale zmniejszy parowanie z pól położonych pomiędzy zadrzewieniami. Efekt ten wynika z właściwości zadrzewień, które powodują zmniejszenie prędkości wiatru, zwiększenie temperatury i ciśnienia pary wodnej na polach pomiędzy zadrzewieniami, co prowadzi do zmniejszenia parowania. Z kolei zadrzewienia składające się z wysokich drzew o głębokim systemie korzeniowym parują więcej, niż parowałyby rośliny uprawne, rosnąc na powierzchni, na której wprowadzono zadrzewienia. Jak wskazują badania prowadzone w Instytucie Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu w warunkach adwekcji ciepłych i suchych mas powietrza nad nawadniane wilgotne pola, zadrzewienia spowodują zaoszczędzenie 40 mm wody w sezonie wegetacyjnym, a ewapotranspirację potencjalną zmniejszą o 2/3 wartości panującej na terenie otwartym [Kędziora i in. 2005]. Pasy śródpolne przyczyniają się także do zwiększenia wiosennych zapasów wody w glebie, gdyż proces topnienia śniegu na terenach pokrytych zadrzewieniami jest wolniejszy i dłuższy, dzięki czemu więcej wody wsiąka w glebę. Molga [1986] z kolei wskazuje, że na nizinym terenie rolniczym z zadrzewieniami spływy powierzchniowe mogą być zredukowane o 20-40 mm.

Zadrzewienia wpływają również na wzbogacenie biocenozy. Są miejscem schronienia, rozrodu i żerowania zwierząt (także dzięki związanej z nimi warstwie zielonej) oraz ostoją dla owadów, niszczonej na polach zabiegami agrotechnicznymi lub środkami ochrony roślin. Według Cieślaka [Dembek i Liro 2001 za Cieślak 1985] łąki z zadrzewieniami odznaczają się ok. dwukrotnie większym wskaźnikiem różnorodności gatunkowej par lęgowych ptaków od łąk bez zadrzewień, a pola z zadrzewieniami nawet 2,5-krotnie większym niż pozbawione drzew.

Projektowanie zadrzewień wg Bałazego i in. [2007] powinno się opierać na rozpoznaniu następujących elementów:

- ukształtowanie terenu i sieć wodna,
- lesistość i stopień rozwinięcia granicy polno-leśnej,

- udział gleb o niskiej przydatności dla rolnictwa (klasy bonitacyjne V, VI i VIz) oraz zamierzenia zalesieniowe na gruntach rolnych,
- stan istniejących zadrzewień,
- średnia częstość okresów suszy w sezonie wegetacyjnym,
- narażenie gleb na erozję wodną i wietrzną,
- zużycie nawozów mineralnych i pestycydów w procesach produkcji rolniczej,
- lokalizacja ferm hodowlanych zwierząt oraz obiektów przemysłowych,
- stan uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej i zagospodarowania odpadów,
- rodzaje i lokalizacje obiektów przyrodniczych podlegających ochronie.

Bałazy i in. [2007] wskazują jednocześnie, że koncepcja sieci zadrzewień powinna być integralną częścią miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego lub studium uwarunkowań i zagospodarowania przestrzennego i stanowić następnie podstawę do opracowywania szczegółowych projektów. W celu oszczędnego gospodarowania zasobami gruntów uprawnych dobrej jakości należy wiązać pasma zadrzewień w możliwie największym stopniu z liniowymi elementami infrastruktury pól (miedze, przydroża, ciek) lub lokalizować je na gruntach marginalnych o niskiej przydatności dla rolnictwa. Powierzchnia zadrzewień na obszarach intensywnego rolnictwa wielkotowarowego o małym lub średnim zagrożeniu erozyjnym nie powinna przekraczać 2,5-4% areалу gruntów ornyc, a na terenach o dużym zagrożeniu erozyjnym powinna się kształtować w granicach 4-10% [Bałazy i in. 2007].

Zabiegi B4 – zakładanie miedz śródpolnych z wieloletnimi trawami i roślinami zielnymi (M) i B5 – tworzenie stref buforowych wód powierzchniowych (SB) związane są z pakietem 9. Programu rolnośrodowiskowego *Strefy buforowe* [PROW 2007-2013, 2007]. Pakiet polega na utrzymaniu istniejących stref buforowych i miedz śródpolnych tworzących podłużne pasy roślinności, mające na celu ograniczenie zanieczyszczenia wód, zmniejszenie erozji oraz zwiększenie różnorodności biologicznej. W wariantcie 9.1. ujęte zostały dwumetrowe strefy buforowe, zaś w wariantcie 9.2. pięciometrowe. Szerokości te określają wartość minimalną (w najwęższym miejscu) strefy buforowej, tzn. podłużnego pasa roślinności występującego wzdłuż cieków, małych zbiorników wodnych, strumieni, źródełek w celu ograniczenia zanieczyszczenia wód (fot. 12. i 13.).

Realizacja powyższych wariantów wiąże się z następującymi wymaganiami:

- utrzymaniem minimalnej szerokości strefy buforowej,
- wykaszaniem raz w roku lub co dwa lata, najpóźniej do 30 września, zachowując istniejące drzewa i krzewy,
- zakazem stosowania nawozów i środków ochrony roślin,
- usunięciem biomasy w ciągu dwóch tygodni od skoszenia.

Ponadto na terenie całego gospodarstwa objętego programem rolnośrodowiskowym istnieje obowiązek zachowania powierzchni trwałych użytków zielonych i elementów krajobrazu nieużytkowanych rolniczo.



Fot. 12. Maksymalne wykorzystanie powierzchni ornej kosztem strefy buforowej Brzezinki



Fot. 13. Przykład zachowanej strefy buforowej wzdłuż cieku Brzezinka

Z kolei w wariantach 9.3. i 9.4. zostało ujęte utrzymanie kolejno dwu- i pięciometrowych (w największym miejscu) miedz śródpolnych, czyli podłużnych pasów roślinności, w tym żywopłotów występujących w obrębie dużych pól wzdłuż linii lasu lub na obrzeżach wąwozów i skarp. Wsparcie finansowe w ramach tych wariantów jest możliwe przy:

- utrzymaniu miedzy śródpolnej w minimalnej szerokości dwóch lub pięciu metrów,
- wykaszaniu raz w roku lub co dwa lata, najpóźniej jednak do 30 września, zachowując jednocześnie istniejące drzewa i krzewy; w przypadku żywopłotów – pielęgnacji,
- zakazie stosowania nawozów i środków ochrony roślin.

Wymagania związane z tymi działaniami są podobne jak w przypadku stref buforowych. Ponadto na terenie całego gospodarstwa objętego programem rolnośrodowiskowym istnieje obowiązek zachowania powierzchni trwałych użytków zielonych i elementów krajobrazu nieużytkowanych rolniczo (fot. 14. i 15.).



Fot. 14. Podorywanie miedz śródpolnych na zboczach doliny Dopływu z Piasków

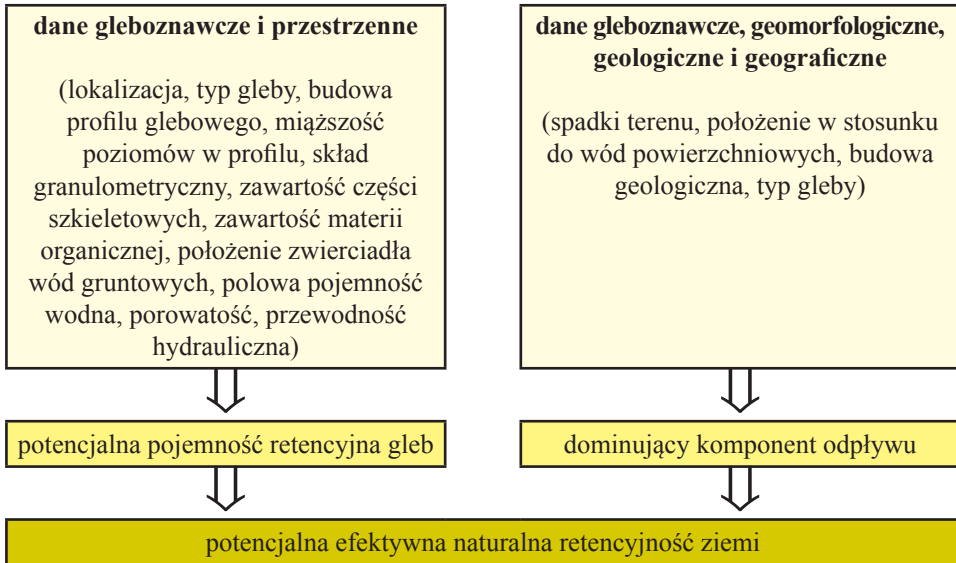


Fot. 15. Fragment dobrze zachowanej miedzy śródpolnej z zakrzaczeniami

4.6. Określenie dominujących komponentów odpływu i potencjalnej efektywnej naturalnej retencyjności zlewni – DSS FLAB

Teoretyczny potencjał retencyjny zlewni określono w postępowaniu dwuetapowym wykorzystującym geograficzne systemy informacyjne (GIS) zaproponowanym przez Siekera i in. [2007], zastosowanym na terenie zlewni rzeki Mulde na terenie Saksonii w Niemczech [Zacharias i Wilke 2007]. W pierwszym etapie scharakteryzowano gleby zlewni oraz wskazano dominujący komponent całkowitego odpływu dla poszczególnych hydrotopów w zlewni, a także potencjalną pojemność retencyjną gleb. W drugim etapie na podstawie opracowanych materiałów określono potencjalną efektywną naturalną retencyjność zlewni (ryc. 30.).

W pracy Siekera i in. [2007] potencjał retencyjny został zdefiniowany jako wysokość opadu, która może zostać trwale zmagazynowana w wierzchniej warstwie profilu glebowego w optymalnych dla procesu infiltracji warunkach. Jako optymalne warunki infiltracji uznano sytuację, w której zdolność infiltracji uzależniona jest wyłącznie od przepuszczalności i uwarstwienia gleby bez negatywnego wpływu procesów zamulenia i zagęszczenia. Z kolei pod pojęciem „trwale zmagazynowanie” rozumie się wodę, która po procesie infiltracji zostaje w profilu glebowym co najmniej na okres przejścia fali powodziowej.



Ryc. 30. Schemat określania potencjalnej efektywnej naturalnej retencyjności zlewni [Sieker i in. 2007]

W celu zidentyfikowania dominujących komponentów odpływu w zlewni Kani wykorzystano istniejący system ekspercki FLAB (*Flächen gleicher AbflussBildung* – powierzchnie generujące jednakowy rodzaj odpływu). DSS FLAB został opracowany w Instytucie IHI Zittau [Peschke i in. 1999, Merta i in. 2003] i wielokrotnie był wykorzystywany (ponad 20 zlewni na terenie Niemiec). Zaletą DSS FLAB jest zastosowanie w procesie identyfikacji szeroko rozpowszechnionych danych przestrzennych.

DSS FLAB wykorzystuje jako dane wejściowe tzw. hydrotopy (lub REA's – *Representative Elementary Areas*), które są jednostkami topicznymi, czyli homologicznymi, wewnątrznie jednolitymi [Sołowiej 1992]. Wyznaczanie tych powierzchni uwzględnia założenie, że powierzchnie z podobną kompilacją cech przestrzennych (spadki terenu, typy gleb, użytkowanie terenu i odległość od wód) wywołują podobne hydrologiczne reakcje – jednakowy dominujący rodzaj odpływu (strukturalne podobieństwo = hydrologiczne podobieństwo). Celem DSS FLAB jest zagregowanie za pomocą reguł „jeśli – to” olbrzymiej ilości hydrotopów powstałych po nałożeniu kolejnych cech i wyznaczenie powierzchni o podobnej charakterystyce odpływu.

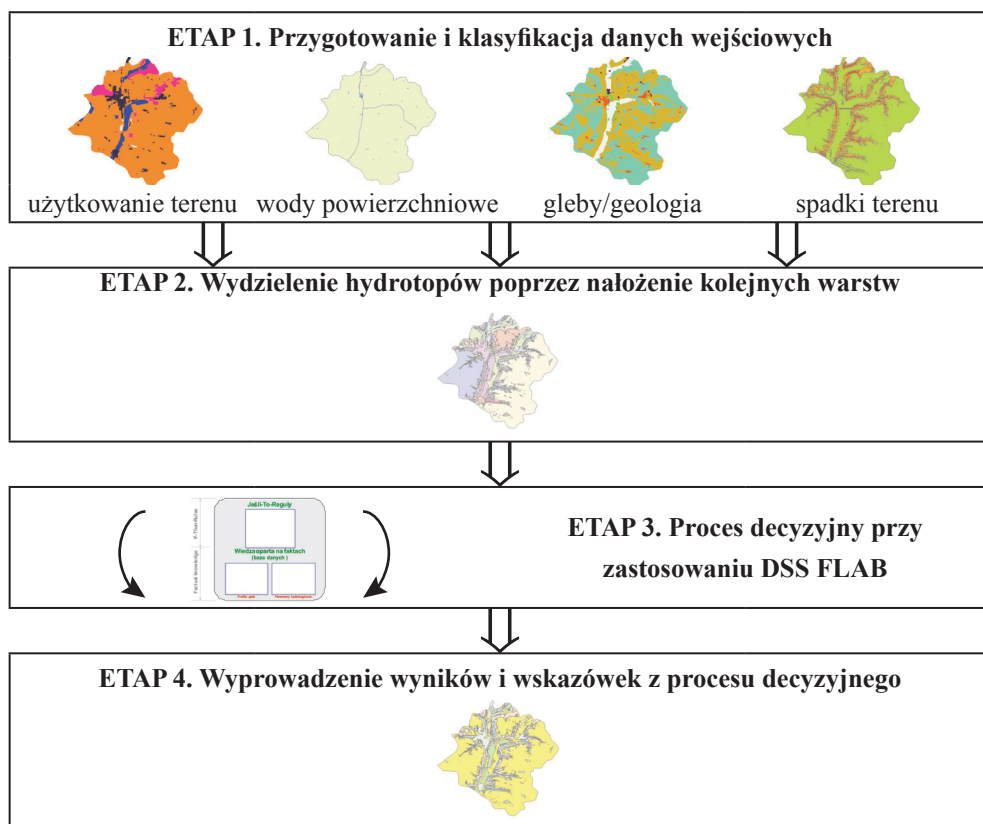
Procedura wyznaczania obszarów o jednakowym dominującym komponencie odpływu całkowitego składa się z czterech etapów:

- 1) przygotowanie i klasyfikacja danych wejściowych,
- 2) wydzielenie hydrotopów poprzez nałożenie kolejnych warstw,
- 3) proces decyzyjny przy zastosowaniu DSS FLAB,
- 4) wyprowadzenie wyników i wskazówek z procesu decyzyjnego (ryc. 31.).

W niniejszej pracy w procesie decyzyjnym uwzględniono użytkowanie terenu, sieć rzeczną, rzeźbę terenu i typy gleb oraz inne parametry charakteryzujące wymienione czynniki, tj. przewodność hydrauliczną, połowę pojemność wodną, zawartość części szkieletowych, zawartość materii organicznej, typ użytkowania, gęstość sieci rzecznej, spadki terenu.

Właściwy proces decyzyjny w DSS FLAB (etap 3.) podzielony jest na trzy tzw. poziomy bilansowe zawierające zespół reguł decyzyjnych typu „jeśli – to”. Pierwszy odnosi się do powstawania spływu powierzchniowego, drugi dotyczy odpływu podpowierzchniowego, a trzeci pionowego transportu wody w głąb profilu i tworzenia zwierciadła wód gruntowych. Reguły te abstrahują od procesów fizycznych zachodzących w glebie, względnie na jej powierzchni, koncentrując się na parametrach przygotowanych w pierwszym etapie. Za pomocą DSS FLAB mogą zostać wyróżnione następujące dominujące komponenty odpływu:

- spływ powierzchniowy,
- odpływ z powierzchni nasyconych,
- odpływ podpowierzchniowy,
- odpływ podziemny.



Ryc. 31. Schemat działania DSS FLAB

Szczegółowy podział jakościowy uwzględniający dodatkowo prędkość poszczególnych komponentów zestawiono w tab. 10.

Tab. 10. Klasyfikacja komponentów odpływu całkowitego w DSS FLAB [HochNatur 2007, Seidler i Merta 2005]

Lp.	Komponenty odpływu całkowitego zlewni	Specyfikacja	
1.	Spływ powierzchniowy	1	Powierzchnie zurbanizowane
		2	Powierzchnie częściowo zurbanizowane
		3	Powierzchnie skalne
		4	Powierzchnie o małej infiltracji
		5	Powierzchnie hydrofobowe
2.	Odpływ z powierzchni nasyconych	1	Wody powierzchniowe
		2	Powierzchnie permanentnie wilgotne/nasycone
		3	Powierzchnie szybko nasycające się
3.	Odpływ podpowierzchniowy (spływ śródpokrywowy)	1	Szybki
		2	Wolny/przesunięty w czasie
		3	Bardzo wolny/mocno przesunięty w czasie
4.	Odpływ podziemny (perkolacja, podwyższenie poziomu wód gruntowych)	1	Pionowy transport wody (powstawanie wody gruntowej)

Do programu DSS FLAB opracowany został tzw. słownik, który umożliwia zastosowanie go w innych regionach. W celu właściwego zaklasyfikowania polskich gleb posłużono się jednostkami WRB [Systematyka 2008, Sponagel i in. 2005]. Na tej podstawie stworzono dostosowany do polskich realiów (dostępność danych, nazewnictwo) klucz niezbędny do określenia dominującego komponentu odpływu. Dzięki temu możliwe będzie zastosowanie DSS FLAB także w innych zlewniach dorzecza Warty [Mrozik 2012].

Według Marcinka i in. [1997] retencja wody w glebie określa zdolności pedonu do magazynowania określonej ilości wody. Zdolności te uzależnione są od układu poziomów glebowych, zwłaszcza ich struktury i tekstury oraz zawartości materii organicznej. Właściwości te wpływają na rozkład por glebowych, a więc na ilość wody znajdującej się w glebie przy określonej sile ssącej gleby.

Dla określenia potencjału retencyjnego danego poziomu w profilu glebowym można się posłużyć wartościami granicznymi takimi jak np. połowa pojemność wodna (PPW, górna granica wody dostępnej dla roślin – GGWD) zawierająca informację o maksymalnej ilości wody, która może zostać trwale zatrzymana

w glebie. Znajomość porowatości umożliwia z kolei określenie właściwej dla poszczególnych poziomów maksymalnej pojemności retencyjnej gleb (absolutnej pojemności wodnej).

Dokładne opisanie pojemności wodnej gleb w zlewni wymaga włączenia informacji dotyczącej wcześniejszego odwodnienia profilu glebowego. Definiowanie PPW poprzez wartość siły ssącej nie uwzględnia zmiennego charakteru procesu odwodnienia. Tymczasem na wartość PPW może mieć również wpływ poziom zwierciadła wód gruntowych [Zacharias i Bohme 2008]. Z tego względu początkowy stan retencji w glebie uwzględnia stopień jej grawitacyjnego odwodnienia po 5, 10 i 15 dniach [Sieker i in. 2007] (równanie 1).

$$SC = \theta_c \cdot d - W_{5, 10, 15d}, \quad \text{gdzie:} \quad (\text{równanie 1})$$

- SC – potencjalna wolna pojemność retencyjna [mm],
 d – miąższość analizowanego poziomu glebowego [mm],
 θ_c – zawartość wody w stanie nasycenia [cm³/cm³],
 $W_{5,10,15d}$ – zapas wody w glebie po 5-, 10- i 15-dniowym odwodnieniu grawitacyjnym [mm].

Zdolności retencyjne gleb zdeterminowane są wieloma właściwościami fizycznymi. Najważniejsze z nich to struktura gleby – jej rodzaj, wielkość oraz trwałość, zawartość materii organicznej, zawartość frakcji ilastej oraz gęstość objętościowa gleby suchej [Kozłowski 2007]. Zależność pomiędzy wartością potencjału macierzystego gleby a zawartością wody w glebie określana jest mianem krzywej retencyjności gleb. Jest ona podstawą wyznaczania wody potencjalnie dostępnej dla roślin (WPD), która zawiera się pomiędzy górną granicą wody dostępnej dla roślin (GGWD, wilgotność trwałego więdnięcia) a dolną granicą wody dostępnej dla roślin (DGWD, połowa pojemności wodna) [Marcinek i in. 1997]. Matematyczny opis parametrów wodnej retencyjności umożliwia empiryczny wzór Genuchtena [1980] (równanie 2).

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_c - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot h)^n\right]^{\frac{1}{1-n}}}, \quad \text{gdzie:} \quad (\text{równanie 2})$$

- θ_r – resztkowa zawartość wody w glebie [m³/m³],
 θ_c – zawartość wody w stanie nasycenia [m³/m³],
 α – empiryczna stała równania w przybliżeniu równa odwrotności wejścia powietrza do gleby [m⁻¹],
 h – siła ssąca gleby [m],
 n – stała empiryczna kształtu krzywej.

W celu opisanie równania Genuchtena wykorzystano równania opisujące zależności pomiędzy wartościami fizycznych charakterystyk gleb a ich zdolnościami retencyjnymi – tzw. *pedotransfer function* (PTF) [Zacharias i Wessolek 2007, Kozłowski 2007, Sieker i in. 2007]. Do określenia odwodnienia grawitacyjnego zastosowano równanie Richardsa, a przewodność hydrauliczną określono przy zastosowaniu PTF wg metodyki przyjętej za Tietje i Henningsem [Sieker i in. 2007].

Hydrologiczne rozważania dotyczące potencjału retencyjnego dla wybranych opadów wymagają oddzielenia spływu powierzchniowego i infiltracji. Infiltracja w porowate środowisko glebowe jest kompleksowym procesem, który zależy zarówno od zróżnicowanych przestrzennie parametrów gleb oraz zmieniających w czasie czynników, takich jak opad, wilgotność gleby, pokrycie terenu. Właściwości hydrogeologiczne podłoża można określić za pomocą współczynnika przepuszczalności oraz współczynnika filtracji [Sieker i in. 2007, Zlewnia... 2006].

W licznych hydrologicznych modelach wsiąkanie opisane jest na bazie modelu infiltracyjnego Greena i Ampta. Wielu autorów proponowało różne modyfikacje tego modelu, które dawały możliwość uwzględnienia układu poziomów w profilu glebowym. W tej pracy zastosowano założenia opracowane przez Chu i Mariño [2005], które uwzględniały oprócz układu poziomów glebowych również zmienność w przebiegu opadu.

Modelowanie infiltracji wykonano przy użyciu programu Microsoft Excel dla wcześniej przygotowanej bazy danych zawierającej charakterystykę gleb zlewni Kani. Do wyliczenia potencjału retencyjnego zlewni wykorzystano dane opadowe określone na podstawie wzoru empirycznego opracowanego w IMGW [Bogdanowicz i Stachy 1997, Banasik i in. 2000] dla zdarzeń 1-, 12-, i 72-godzinnych o prawdopodobieństwie wystąpienia 0,1 i 0,01 [Sieker i in. 2007].

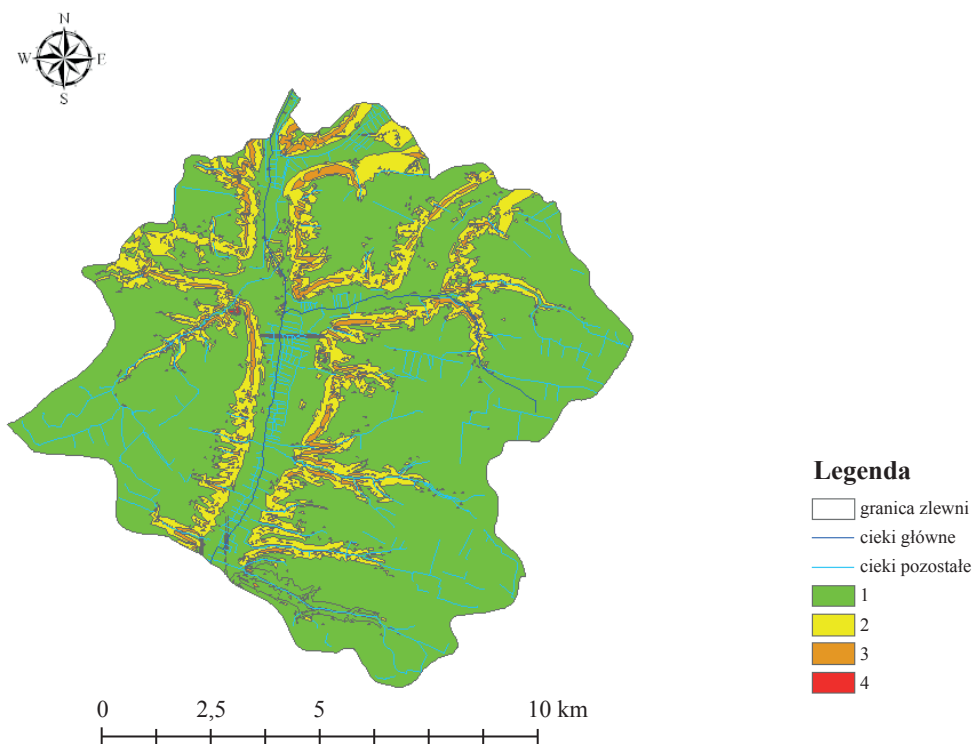
Zestawienie powierzchni o zidentyfikowanych dominujących komponentach odpływu z wyliczoną objętością infiltrującej wody pozwala na jakościowe opisanie badanej zlewni z punktu widzenia rzeczywistych możliwości zwiększenia jej zdolności retencyjnych oraz określenie potencjalnej efektywnej retencyjności zlewni.

DSS FLAB bazuje na mapach w postaci rastrowej. Do ich opracowania wykorzystano numeryczny model terenu (DTED 2, skala źródłowa 1 : 50 000, rozdzielczość terenowa ok. 30 m), topograficzną mapę wektorową poziomu drugiego (Vmap Level 2, skala 1 : 50 000) oraz mapę glebowo-rolniczą opracowaną w IUNG (skala 1 : 25 000) oraz Operat Urzędzeniowo-Leśny Nadleśnictwa Piaski.

Opracowanie wspomnianego wyżej słownika pozwoliło na stworzenie metodyki, która może zostać wykorzystana w innych zlewniach Niżu Polskiego. Do zdefiniowania spadków terenu w DSS FLAB zastosowano dziewięć przedziałów, które następnie zostały skodyfikowane. Na terenie zlewni Kani wyróżniono 4 klasy spadków (tab. 11., ryc. 32.). Zdecydowanie dominują powierzchnie o niewielkich spadkach – 0-2%, uzupełniają je obszary o niewielkich spadkach rzędu 2-6%.

Tab. 11. Klasyfikacja spadków terenu zlewni Kani dla DSS FLAB

Kod	Klasy spadków w %	Udział w powierzchni zlewni w %
1	0-2	79,94
2	2-6	16,76
3	6-12	3,27
4	12-25	0,03

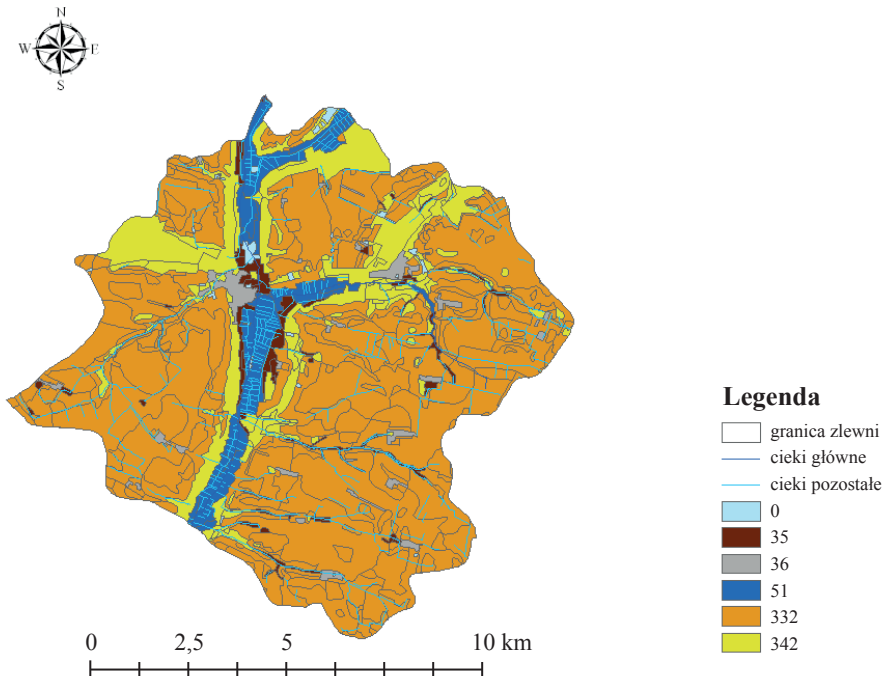


Ryc. 32. Spadki terenu w zlewni Kani wg klasyfikacji dla DSS FLAB

W przypadku klasyfikacji gleb w celu znalezienia właściwych korelacji polskiej i niemieckiej systematyki posłużono się jednostkami *World Base Reference* (WRB), z którymi są skorelowane zarówno polskie, jak i niemieckie jednostki glebowe [Systematyka... 2008, Sponagel i in. 2005]. Na tej podstawie dla zlewni Kani wyróżniono 6 typów gleb (tab. 12., ryc. 33.).

Tab. 12. Klasyfikacja gleb zlewni Kani dla DSS FLAB

Kod	Jednostki wg WRB (wg Klasyfikacji... [2008])	Udział w powierzchni zlewni w %
0	Gleby niezdefiniowane (nieużytki, wody)	0,56
35	Chernozem, Phaeozem (czarne ziemie)	2,86
36	Plagic Anthrosol, Hortic Anthrosol (gleby antropogeniczne)	2,04
51	Histosol (gleby organiczne)	6,28
332	Haplic Luvisol (gleby płowe)	72,10
342	Haplic Podzol (gleby bielcowe)	16,16

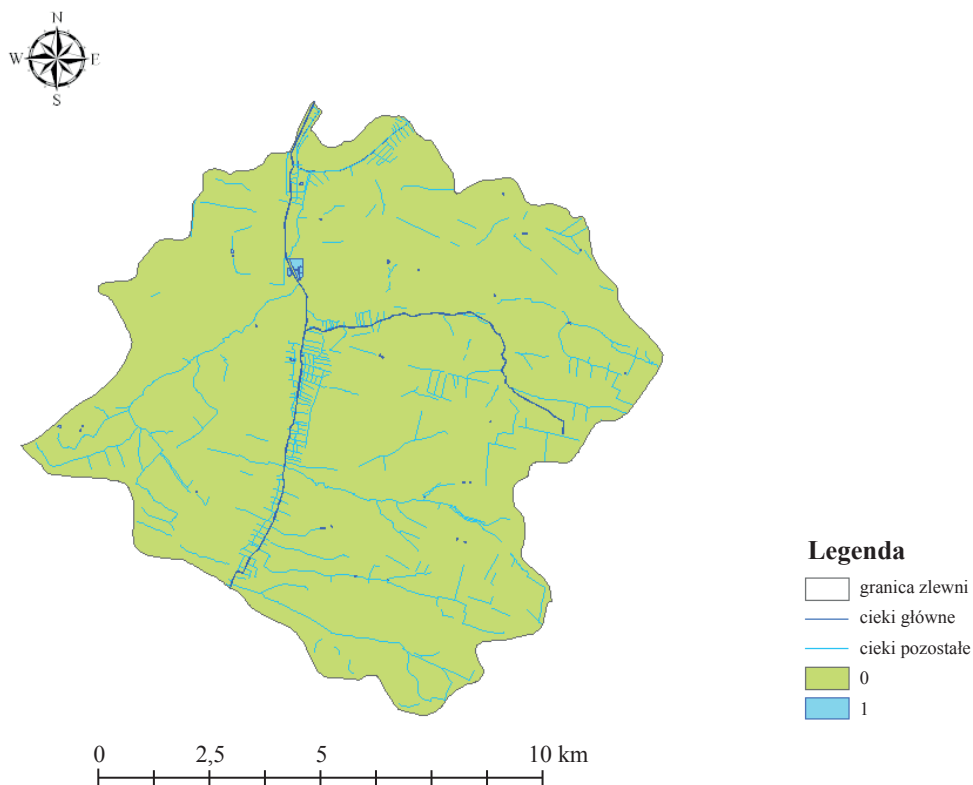


Ryc. 33. Rozmieszczenie gleb w zlewni Kani wg klasyfikacji dla DSS FLAB

Mapa dotycząca wód powierzchniowych zawierała wyłącznie informację dotyczącą ich występowania. W zlewni Kani zdecydowanie dominowały jednostki pozbawione wód powierzchniowych (tab. 13., ryc. 34.).

Tab. 13. Klasyfikacja wód powierzchniowych zlewni Kani dla DSS FLAB

Kod	Wody powierzchniowe	Udział w powierzchni zlewni w %
0	Nie	99,69
1	Tak	0,31

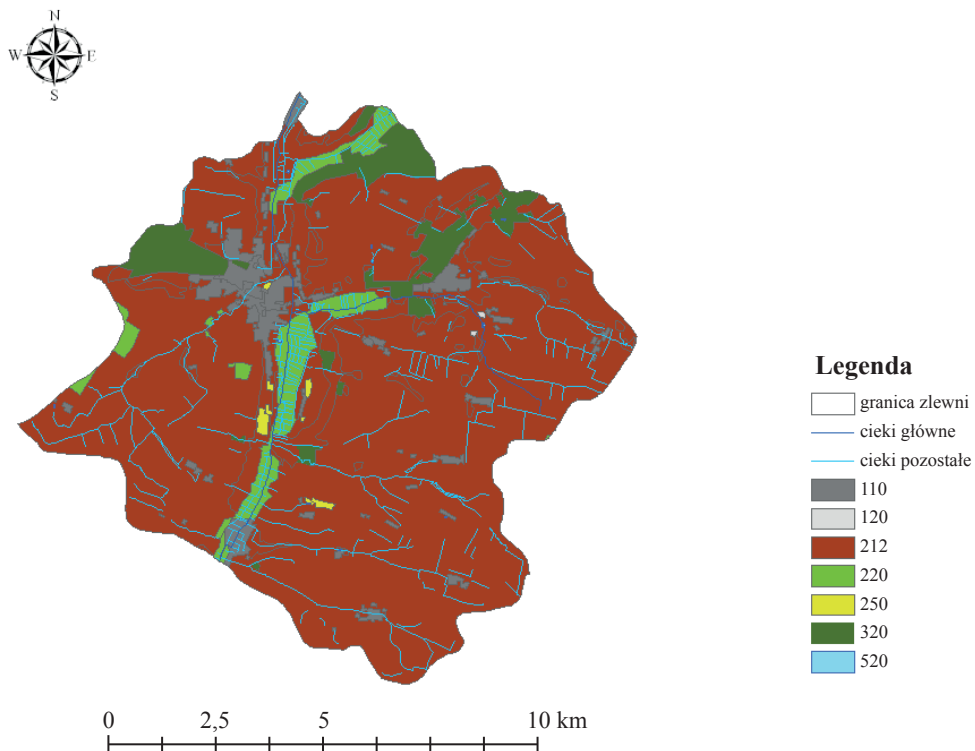


Ryc. 34. Charakterystyka wód powierzchniowych w zlewni Kani wg klasyfikacji DSS FLAB

Z kolei w klasyfikacji użytkowania terenu na podstawie opracowanego klucza wyodrębniono dla zlewni Kani 7 klas. Zaznacza się typowa dla zlewni przewaga intensywnie użytkowanych gruntów ornych oraz charakterystyczne dla Nizłu Polskiego występowanie lasów iglastych (tab. 14., ryc. 35.).

Tab. 14. Klasyfikacja użytkowania terenu zlewni Kani dla DSS FLAB

Kod	Klasa użytkowania terenu	Udział w powierzchni zlewni w %
110	Tereny gęsto zabudowane	4,96
120	Tereny rzadko zabudowane	0,10
212	Intensywnie użytkowane grunty orne	83,19
220	Użytki zielone	4,81
250	Zróżnicowane powierzchnie użytkowane rolniczo	0,34
320	Lasy iglaste	6,55
520	Powierzchnie wodne	0,05



Ryc. 35. Użytkowanie terenu w zlewni Kani wg klasyfikacji dla DSS FLAB

W wyniku nałożenia 4 map w formacie rastrowym otrzymano 119 kombinacji 176 740 hydrotopów o wymiarach 25 m x 25 m. Typowa jednostka dla zlewni Kani pokryta była glebami płowymi, na których stwierdzono intensywnie użytkowane grunty orne, nie zawierała wód powierzchniowych i odznaczała się spadkami terenu rzędu 0-2%. Tego typu jednostki pokrywały ogółem prawie 60% całkowitej powierzchni zlewni. Ogółem wśród 10 najczęściej występujących typów jednostek, które pokryły 90,5% zlewni, wszystkie pozbawione były występowania wód powierzchniowych, zaledwie jedna odnosiła się do użytków zielonych (3,8%), dwie do lasów iglastych (5,8%), pozostałe natomiast do intensywnie użytkowanych gruntów orných (80,9%).

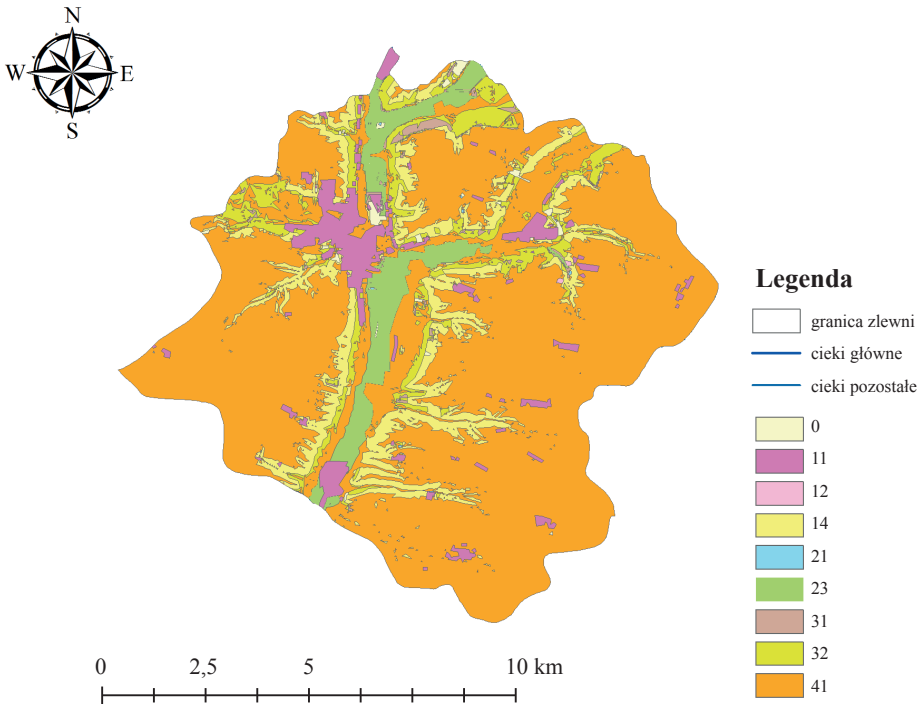
W wyniku procesu decyzyjnego DSS FLAB zostały określone dominujące komponenty odpływu dla poszczególnych hydrotopów. W zlewni Kani zdecydowanie dominują powierzchnie z grupy wolnych komponentów odpływu (41) (tab. 15.) (Sieker i in. 2007), co odzwierciedla przede wszystkim strukturę gleb w zlewni oraz ukształtowanie powierzchni (niskie spadki). Odpływ z powierzchni nasyconych jest typowy dla obszarów dolin Kani, Dopływu z Piasków i Rowu Ostrowskiego (ryc. 36., fot. 16.).



Fot. 16. Przykład powierzchni szybko nasycających się – dolina Kani – dominuje odpływ z powierzchni nasyconych (23 – kod DSS FLAB)

Tab. 15. Klasyfikacja dominujących komponentów odpływu zlewni Kani

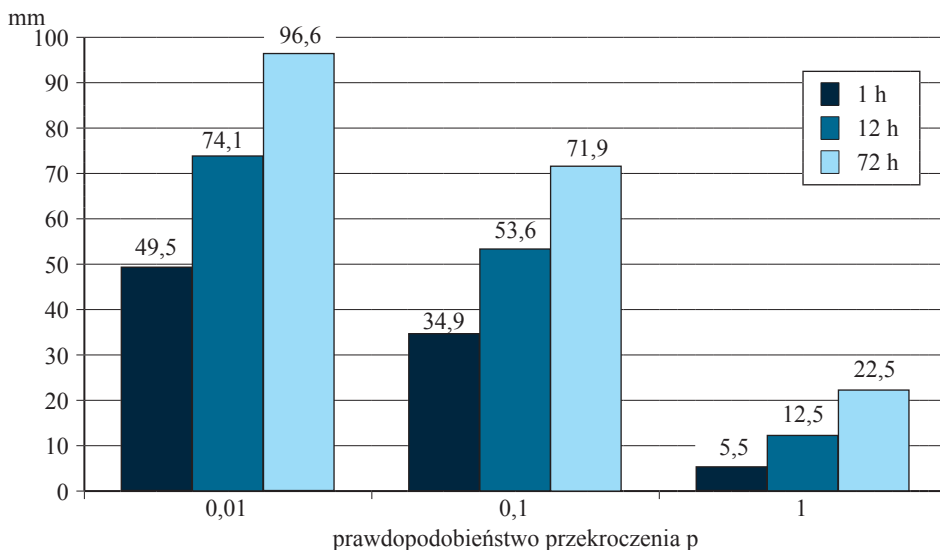
Kod	Dominujące komponenty odpływu	Udział w powierzchni zlewni w %
0	Odpływ niezdefiniowany	0,51
11	Spływ powierzchniowy z powierzchni o gęstej zabudowie	5,01
12	Spływ powierzchniowy z powierzchni o rzadkiej zabudowie	0,03
14	Spływ powierzchniowy z powierzchni o małej infiltracji	11,01
21	Odpływ z powierzchni nasyconych – wody powierzchniowe	0,03
23	Odpływ z powierzchni nasyconych – powierzchnie szybko nasycające się	5,44
31	Odpływ podpowierzchniowy szybki	0,75
32	Odpływ podpowierzchniowy wolny	6,72
41	Odpływ podziemny	70,5



Ryc. 36. Dominujące komponenty odpływu w zlewni rzeki Kani

Przestrzenne rozmieszczenie gleb w zlewni z jej właściwościami fizykowodnymi i hydraulicznymi oraz miąższością profilu wyraźnie odznacza się w obliczeniach pojemności infiltracyjnej. Do obliczenia potencjalnej naturalnej retencyjności

zlewni wykorzystano wyliczone opady dla zdarzeń 1-, 12-, i 72-godzinnych o prawdopodobieństwie wystąpienia 0,1 i 0,01 (ryc. 37.).



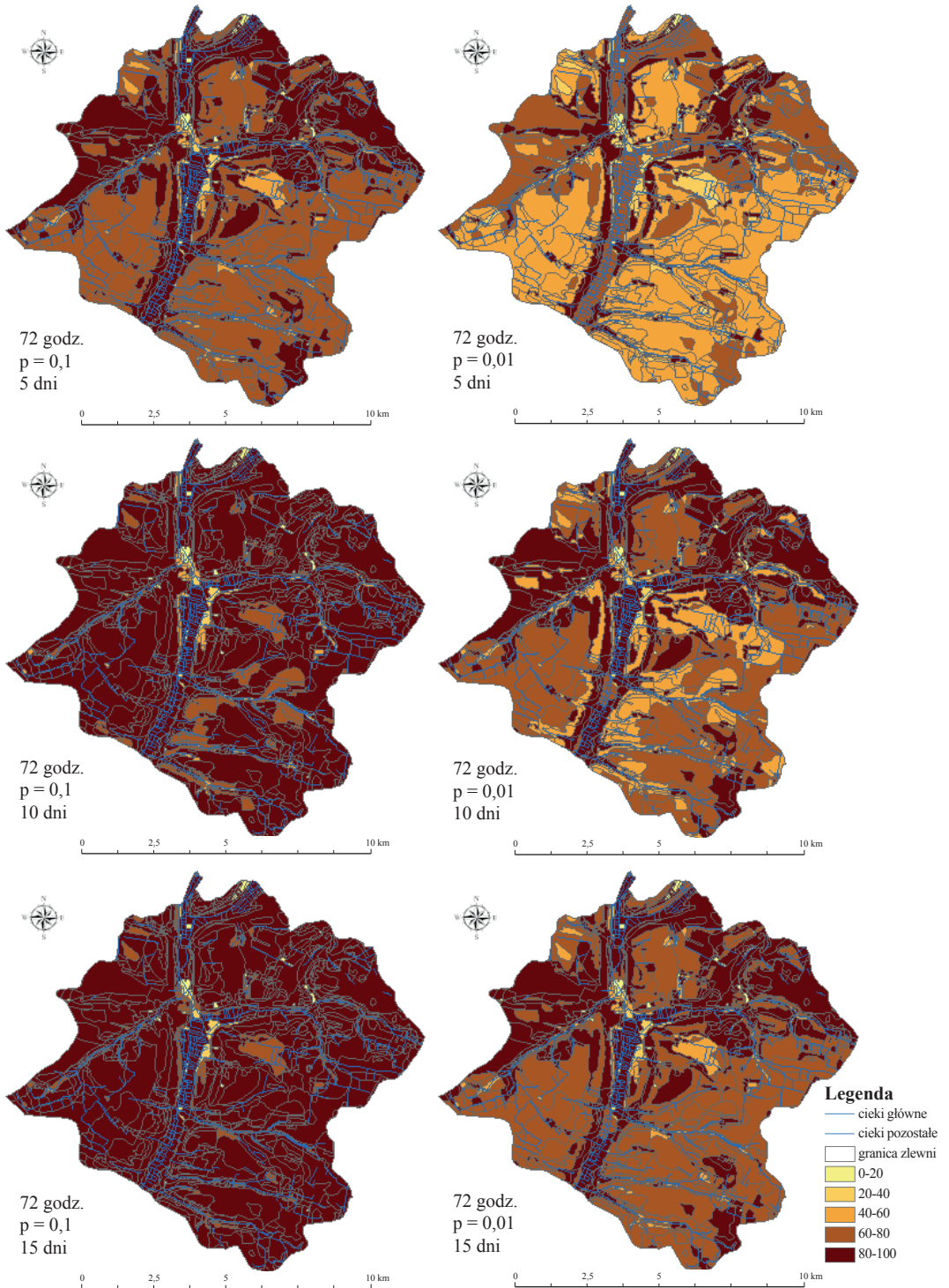
Ryc. 37. Wysokość opadu przyjęta do obliczenia potencjalnej naturalnej retencyjności zlewni

W przypadku opadu trwającego godzinę o prawdopodobieństwie wystąpienia $p = 0,01$ otrzymano opad w wysokości 49,5 mm, który według skali Chomicza zalicza się do deszczy nawalnych I°. W przypadku zdarzeń corocznych mamy do czynienia zawsze ze zwykłym deszczem (tab. 16.).

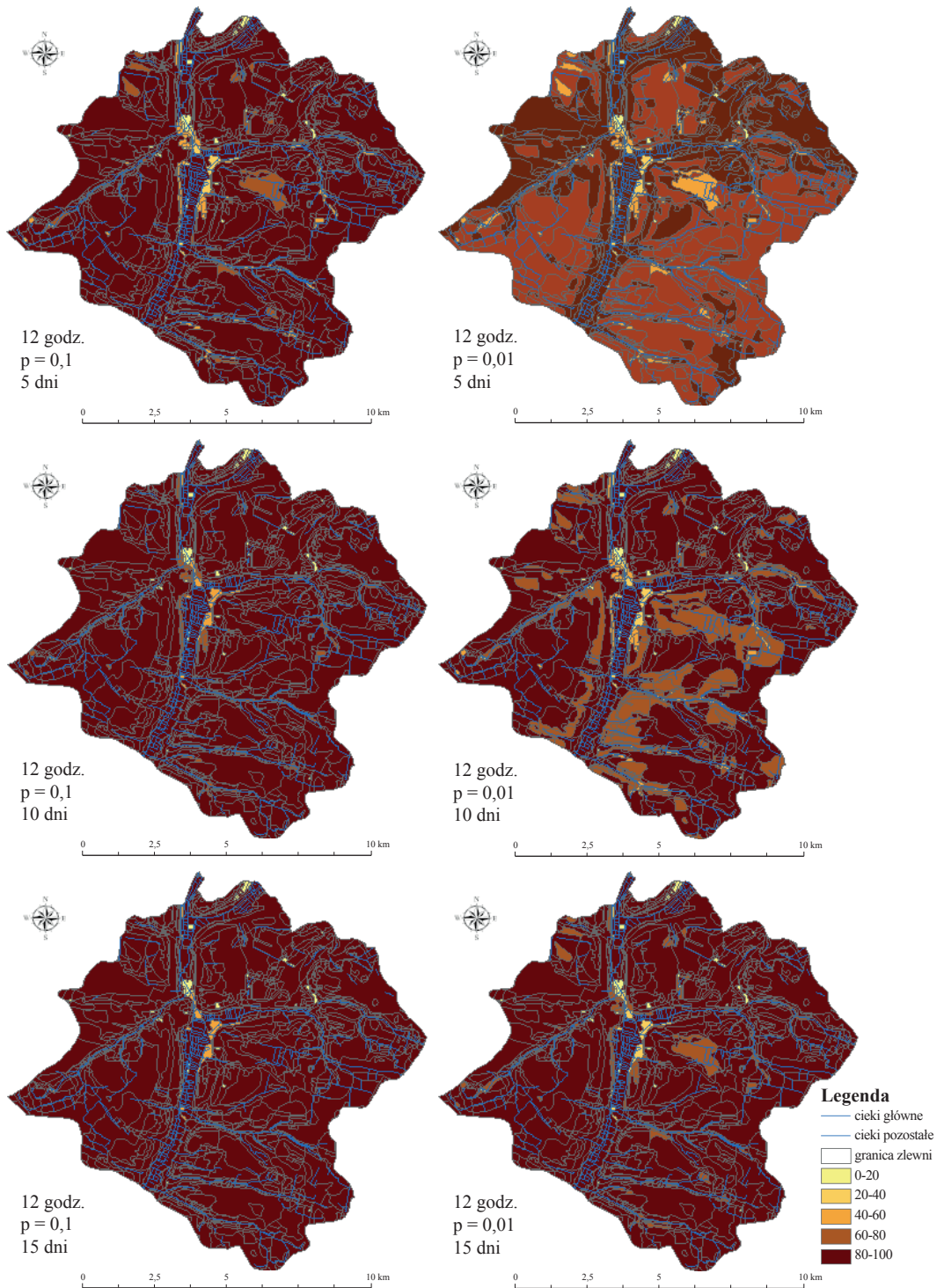
Tab. 16. Intensywność przyjętych do obliczeń opadów oraz ich kategoria w skali Chomicza [Byczkowski 1999b]

Prawdopodobieństwo	Intensywność w mm/h		
	1 h	12 h	72 h
p			
0,01	49,5	6,2	1,3
0,1	34,8	4,5	1,0
1	5,5	1,0	0,3
6	Deszcz nawalny I°		
5	Deszcz ulewny IV°		
2	Deszcz ulewny I°		
1	Silny deszcz		
0	Zwykły deszcz		

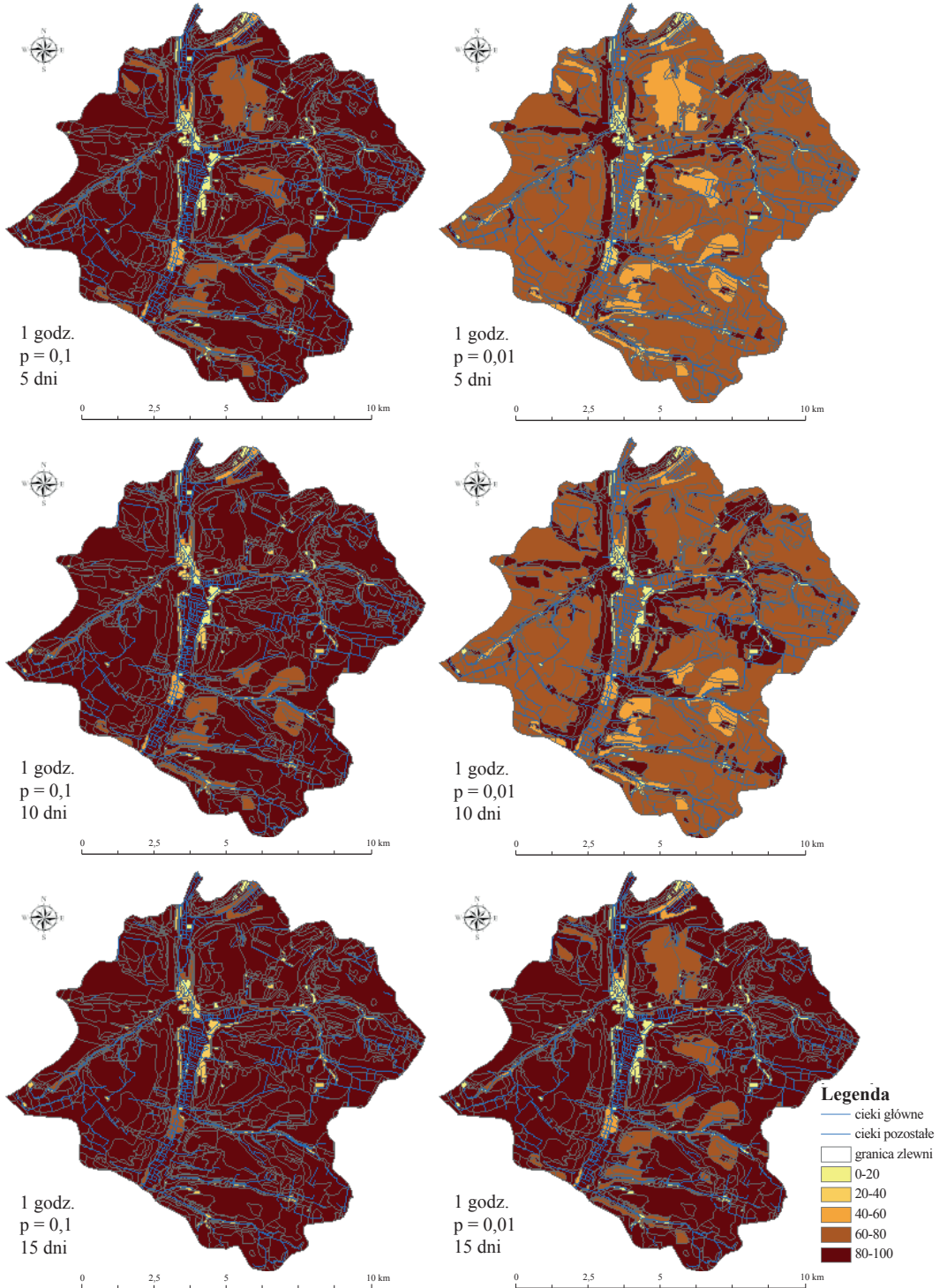
Na ryc. 38.-40. można zauważyć przestrzenne zróżnicowanie potencjalnej naturalnej retencyjności zlewni w zależności od długości trwania poprzedzającego opad odwodnienia grawitacyjnego (5, 10, 15 dni), czasu trwania opadu (1 h, 12 h, 72 h) oraz prawdopodobieństwa wystąpienia opadu ($p = 0,01$ i $p = 0,01$).



Ryc. 38. Rozmieszczenie potencjału naturalnej retencyjności zlewni rzeki Kani – udział infiltrującej wody do sumy opadu w % (opad 72-godzinny, $p = 0,1$ i $p = 0,01$)



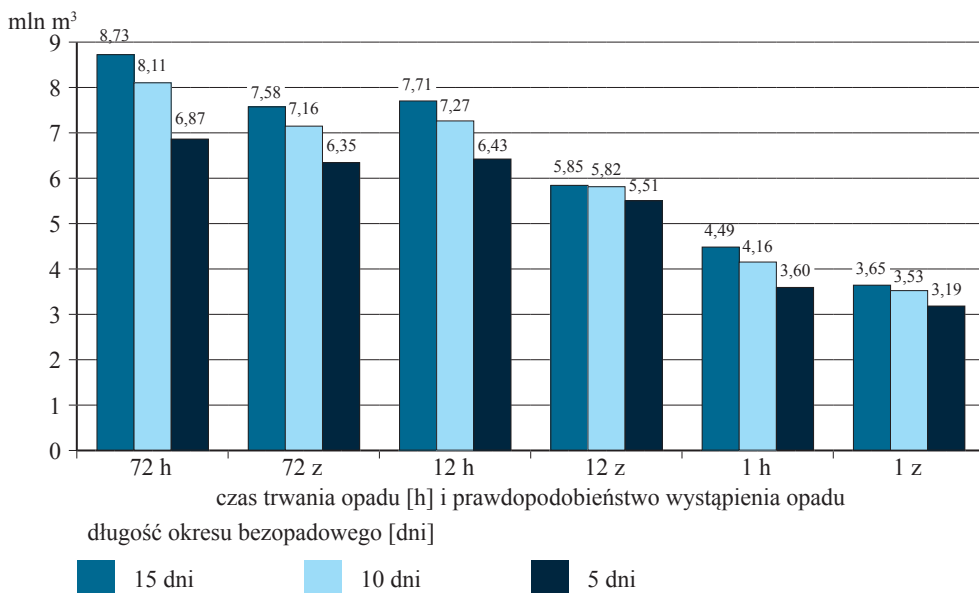
Ryc. 39. Rozmieszczenie potencjału naturalnej retencyjności zlewni rzeki Kania – udział infiltrującej wody do sumy opadu w % (opad 12-godzinny, $p = 0,1$ i $p = 0,01$)



Ryc. 40. Rozmieszczenie potencjału naturalnej retencyjności zlewni rzeki Kani – udział infiltrującej wody do sumy opadu w % (opad 1-godzinny, $p = 0,1$ i $p = 0,01$)

Na ryc. 41. zestawiono potencjalną całkowitą infiltrację zlewni. Należy jednak podkreślić, że jest to potencjał teoretyczny nieuwzględniający wpływu takich czynników jak m.in. stopień intensywności zagospodarowania (zainwestowania), stopień zagęszczenia gleby.

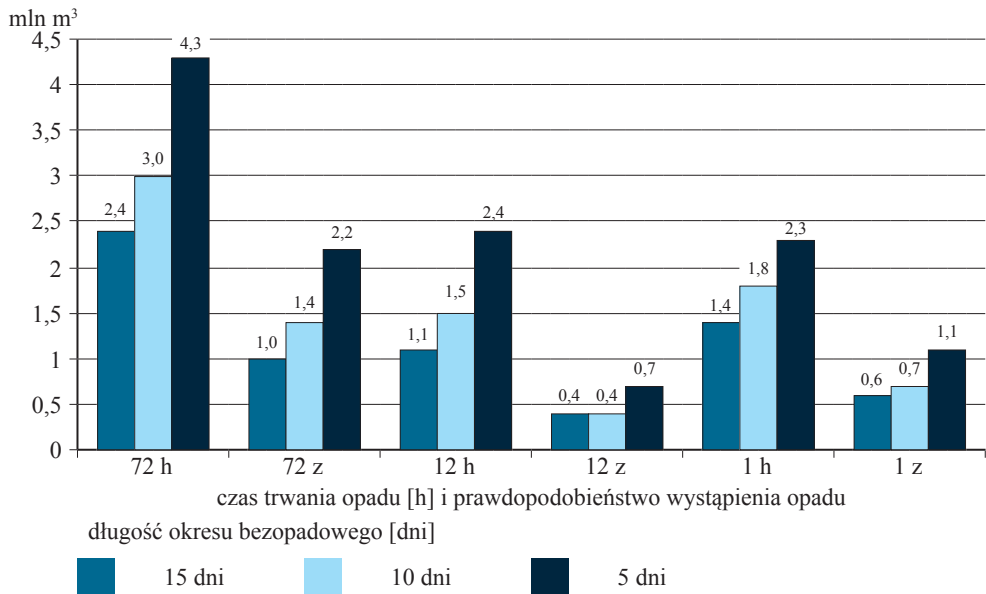
W przypadku opadu 72-godzinnego o prawdopodobieństwie 0,01 potencjalna całkowita objętość infiltracji w zlewni Kani rośnie w zależności od stopnia wcześniejszego odwodnienia z 6,87 mln m³ (5 dni bez opadu) do 8,73 mln m³ (15 dni). Dla opadu o prawdopodobieństwie 0,1 wartości te są nieco niższe i wynoszą odpowiednio: 6,35 mln m³ oraz 7,58 mln m³ (ryc. 41.).



Ryc. 41. Potencjalna całkowita objętość infiltracji w zlewni Kani w zależności od długości okresu bezopadowego poprzedzającego opad, długości opadu oraz jego prawdopodobieństwa ($z - p = 0,1$, $h - p = 0,01$)

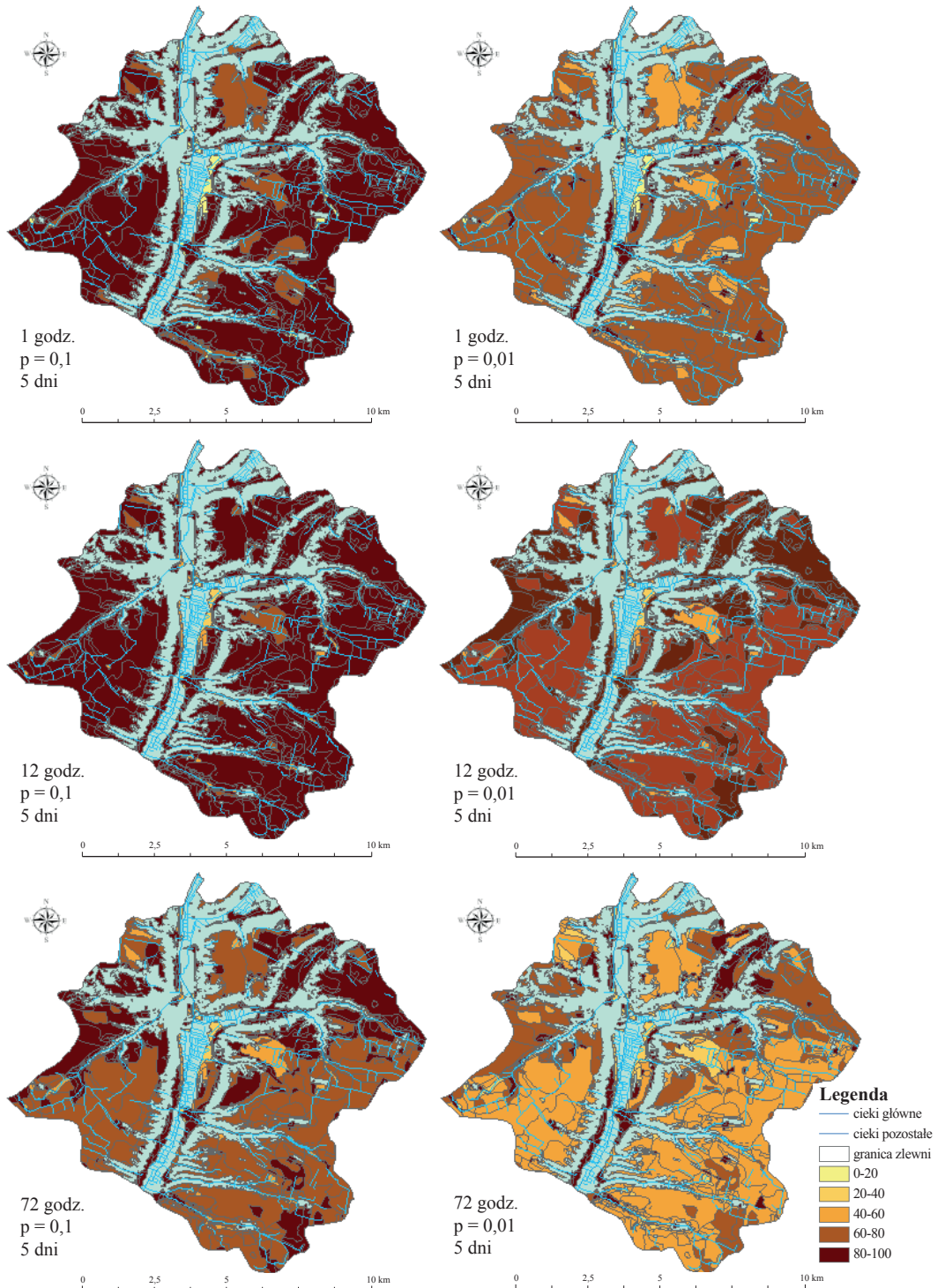
Wyniki pokazują wyraźnie zależność ilości infiltrującej wody od charakterystyki opadu. Opad 1-godzinowy charakteryzuje się wysoką intensywnością, która przekracza zdolności retencyjne gleby. Opad 12-godzinowy z kolei, charakteryzujący się wyższą łączną sumą opadu, jednak wyraźnie niższą intensywnością, umożliwia infiltrację zdecydowanie większej ilości wody. Już przy 5-dniowym okresie odwodnienia część obszarów zlewni przy prawdopodobieństwie opadu $p = 0,01$ była w stanie zatrzymać go w całości. W przypadku opadu o $p = 0,1$ efektywność ta dotyczyła prawie połowy zlewni (48%), biorąc natomiast pod uwagę przedział 80-100% – prawie całej zlewni (94%). Z kolei opad 72-godzinny charakteryzują wysokie łączne sumy, które przekraczają możliwości gleby do wchłonięcia całej ilości dostępnej wody. Przy czym zauważyć można wyraźny wzrost efektywności w zależności od czasu odwodnienia.

Pomimo znacznych potencjalnych objętości wody, która może infiltrować w zlewni Kani, na ryc. 42. widać, że w przypadku intensywnych opadów nadal pozostają znaczne ilości wody niezagospodarowanej stanowiącej o możliwym odpływie powierzchniowym i śródpokrywowym. Najwięcej nieinfiltrującego opadu pozostaje w przypadku opadu 72-godzinnego o prawdopodobieństwie $p = 0,01$. W zależności jednak od długości okresu bezopadowego ilość nieinfiltrującej wody spada o ponad połowę z 4,9 mln m^3 w przypadku 5-dniowego okresu do 2,4 mln m^3 dla okresu 15-dniowego. Około 50-procentowy spadek nieinfiltrującej wody można zauważyć także w przypadku pozostałych opadów, przy czym sumy tego opadu są odpowiednio mniejsze. W przypadku opadu 12-godzinnego przy 15-dniowym okresie odwodnienia ilość nieinfiltrującej wody wynosi zaledwie 0,4 mln m^3 dla całej zlewni.



Ryc. 42. Całkowita objętość wody potencjalnie nieinfiltrującej w zlewni Kani w zależności od długości okresu bezopadowego poprzedzającego opad, długości opadu oraz jego prawdopodobieństwa ($z - p = 0,1$, $h - p = 0,01$)

Poprzez zestawienie ilościowych wartości dotyczących potencjału retencyjnego gleb z danymi jakościowymi identyfikującymi dominujący komponent odpływu można określić potencjalną efektywną retencyjność zlewni [Sieker i in. 2007] (ryc. 43.). Z tego względu do dalszych analiz wybrano tylko tzw. wolne komponenty odpływu, tzn. odpływ podziemny (41), który określono dla 70% zlewni. Zapewnia on możliwość zatrzymania infiltrującej wody przez dłuższy czas, co może się przyczynić do redukcji fali powodziowej.



Ryc. 43. Rozmieszczenie potencjalnej efektywnej retencyjności zlewni rzeki Kani – udział infiltrującej wody do sumy opadu w % (opad poprzedzony 5-dniowym okresem bezopadowym)

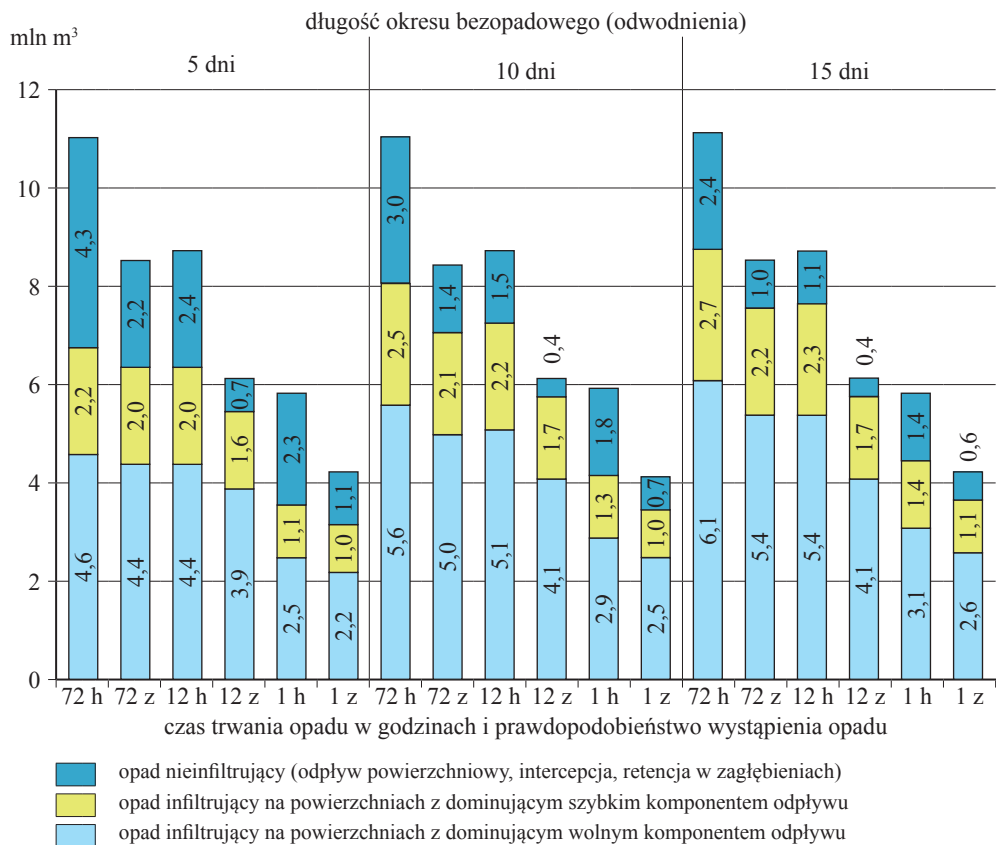
W rozpatrywanych wariantach wystąpienia opadu (w zależności od długości trwania poprzedzającego opad odwodnienia grawitacyjnego, czasu trwania opadu oraz prawdopodobieństwa wystąpienia opadu) uzyskano dla obszaru z dominującym odpływem podziemnym udział w potencjalnej sumie infiltrującej wody w zlewni Kani na poziomie od 67,7% (dla opadu 72-godzinnego o $p = 0,01$ i 5-dniowym okresie odwodnienia) do 71% (dla opadów 1-godzinnego o $p = 0,1$ i 15-dniowym okresie odwodnienia oraz 12-godzinnego o $p = 0,1$ i 10-dniowym okresie odwodnienia). Zasadniczo wartości te zbliżone są do udziału powierzchni z dominującym odpływem podziemnym w całkowitej powierzchni w zlewni (tab. 17.).

Tab. 17. Udział objętości infiltracji na powierzchniach z dominującym odpływem podziemnym w stosunku do ogółu zlewni

Charakterystyka opadu (z – p = 0,1, h – p = 0,01)	Okres odwodnienia [dni]		
	5	10	15
	%		
72 h	67,7	69,1	69,5
72 z	69,0	70,1	70,7
12 h	69,1	69,9	70,7
12 z	70,6	71,0	70,9
1 h	68,6	69,5	69,5
1 z	69,6	70,3	71,0

W przypadku opadu 72-godzinnego można również zauważyć szybszy przyrost względny opadu infiltrującego w zależności od okresu odwodnienia na obszarze z dominującym wolnym komponentem odpływu w stosunku do obszarów z dominującym szybkim komponentem odpływu. Różnice te nie przekraczają jednak 0,1% w ciągu 5 dni. Opad nieinfiltrujący stanowi potencjalne źródło spływu powierzchniowego, intercepcji lub retencji w zagłębieniach bezodpływowych.

W przypadku potencjalnej efektywnej retencyjności zlewni, tzn. na obszarach z dominującym wolnym komponentem odpływu, suma infiltrującego opadu wzrasta z 2,2 mln m³ w przypadku godzinowego opadu o $p = 0,1$ i 5-dniowym okresie bezopadowym do 4,6 mln m³ w przypadku opadu 72-godzinnego o $p = 0,01$ (ryc. 45.). Warto zwrócić uwagę na stosunkowo niewielki przyrost sumy infiltrującej wody w przypadku opadu 12-godzinnego o $p = 0,01$ i 72-godzinnego o $p = 0,1$ i $p = 0,01$ przy poprzedzającym opad 5-dniowym okresie bezopadowym. Porównując sumę infiltrującego opadu w zależności od czasu trwania okresu bezopadowego (5 i 15 dni), największy przyrost odnotowano dla opadu 72-godzinnego o $p = 0,01$ – 33%, najmniejszy natomiast dla opadu 12-godzinnego o $p = 0,1$ – tylko 5%.



Ryc. 44. Struktura wykorzystania rozpatrywanych opadów w zlewni Kani w zależności od długości okresu bezopadowego poprzedzającego opad, długości opadu oraz jego prawdopodobieństwa ($z - p = 0,1$, $h - p = 0,01$)

Określenie potencjalnej naturalnej retencyjności zlewni jest ważnym elementem kolejnego etapu badawczego służącego wyborowi optymalnych zabiegów umożliwiających poprawę naturalnej retencyjności zlewni. Dzięki określeniu cech jakościowych (dominujący komponent odpływu) oraz ilościowych (potencjał retencyjny gleby) można określić tereny, które są predestynowane do wprowadzania poszczególnych zabiegów ze względu na ich efektywność dla procesów przeciwdziałania suszy i ochrony przeciwpowodziowej.

Z kolei określona ilość nieinfiltrującej wody stanowi potencjał do zagospodarowania przez rozwiązania techniczne z zakresu małej retencji wodnej (zastawki, zbiorniki małej retencji) z uwzględnieniem zasad ochrony środowiska, czyli m.in. stosowaniem przepławek dla ryb słodkowodnych oraz zachowaniem przepływu nie naruszalnego (biologicznego).

4.7. Wyznaczenie optymalnych zabiegów poprawy naturalnej retencyjności w zlewni Kani oraz ich przestrzennego rozmieszczenia – DSS FLEXT

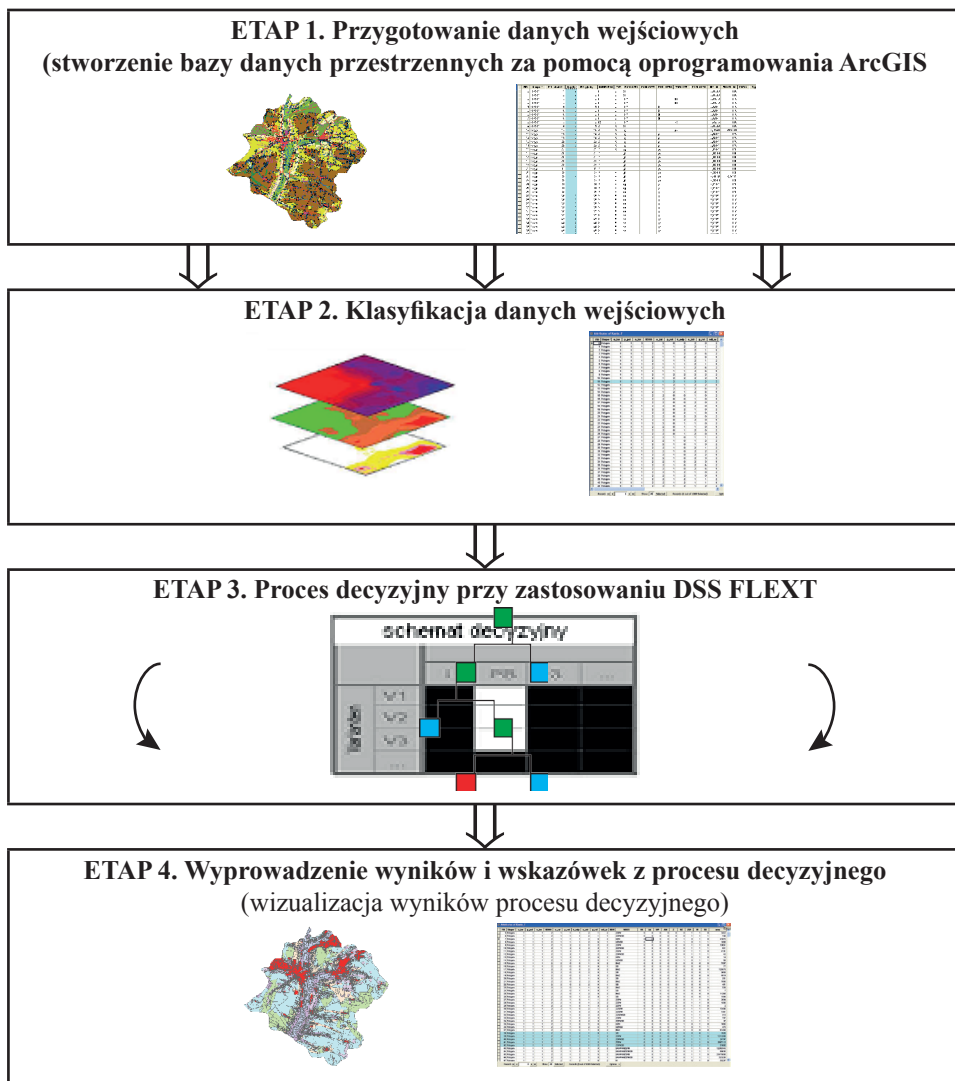
W celu optymalnego wykorzystania określonego potencjału naturalnej retencyjności zlewni należy wskazać zabiegi, które posiadają największe możliwości wdrożenia, tzn. mają największą szansę na akceptację społeczną oraz lokalnych władz. Ponadto trzeba wytypować konkretne obszary, dla których dane zabiegi są najbardziej korzystne zarówno pod względem ekologicznym, jak i ekonomicznym, tzn. wpisują się w realizację zasad zrównoważonego rozwoju i ładu przestrzennego stojących u podstaw kształtowania polityki przestrzennej, przeznaczania terenów na określone cele oraz ustalania zasad ich zagospodarowania i zabudowy (UoPiZP).

Rozwiązanie wyżej postawionych problemów umożliwia wykorzystanie systemu wspomagania decyzji FLEXT opracowanego przez Jina [2005]. Program FLEXT (*Flexible Expert Tool*) jest systemem programowanym w Visual Basic 6.0. W ramach poniższej pracy DSS FLEXT został zaadaptowany do warunków polskich w celu wskazywania optymalnych zabiegów poprawiających naturalną retencyjność w zlewniach rolniczych Wielkopolski [Mrozik 2012]. DSS FLEXT jest narzędziem, które ułatwia przeprowadzenie kompleksowego procesu decyzyjnego opartego na informacjach przestrzennych i odnoszącego się do rozpatrywanych zabiegów. Wynik procesu decyzyjnego może zostać przedstawiony przy użyciu programów typu GIS w postaci map optymalnych zabiegów. Procedura opracowania tych map składa się z czterech etapów [por. Bandermann 2006]:

- 1) przygotowanie danych wejściowych,
- 2) klasyfikacja danych wejściowych,
- 3) proces decyzyjny przy zastosowaniu DSS FLEXT,
- 4) wyprowadzenie wyników i wskazówek z procesu decyzyjnego (ryc. 45.).

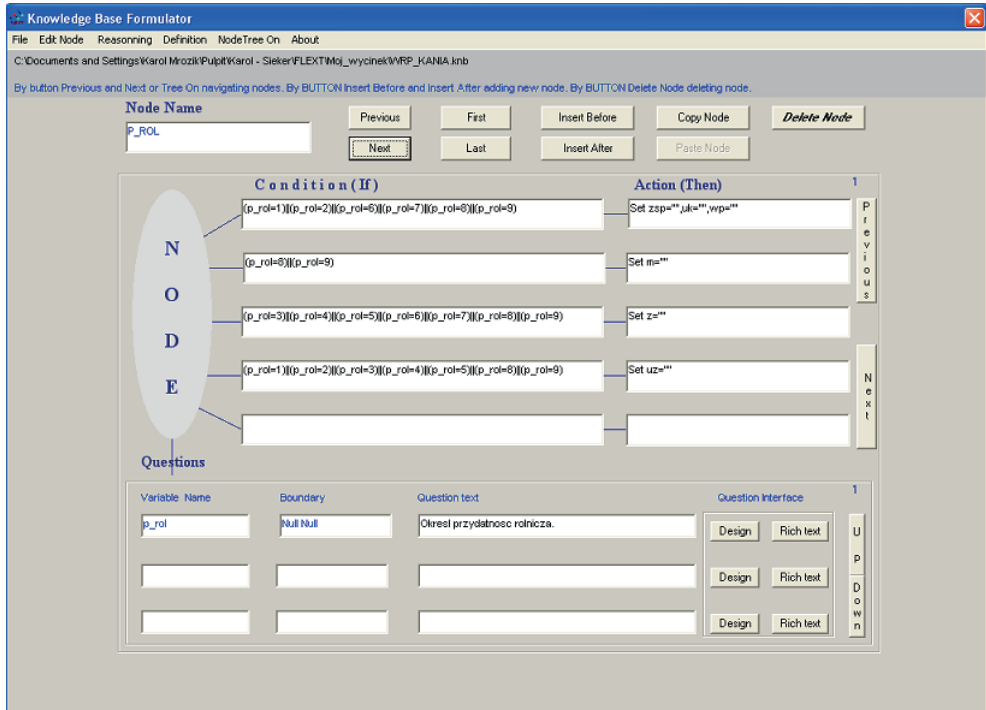
W pierwszym następuje zebranie i weryfikacja danych wejściowych, które zostają zgromadzone w bazie danych przestrzennych. W drugim etapie następuje klasyfikacja opracowanych danych. Etapy te zostały wykonane za pomocą oprogramowania ArcGIS na podstawie zebranych danych kartograficznych, prac kameralnych oraz weryfikacji terenowej. W trzecim etapie rozpoczyna się działanie samego systemu wspomagania decyzji FLEXT. W jego wstępnej fazie następuje zaprogramowanie i wprowadzenie do systemu reguł opartych na fachowej wiedzy i doświadczeniu (ryc. 46.). Reguły mogą być formułowane jako drzewka decyzyjne [Bandermann 2001], macierz bądź kombinacja tych dwóch sposobów. Zaletą DSS FLEXT jest możliwość uwzględnienia braku pewnych informacji przy programowaniu reguł decyzyjnych. W takim przypadku FLEXT wprowadza tzw. miękkie

kryteria, które danej metody nie wykluczają, jednak dają użytkownikowi wskazówkę o potrzebie sprawdzenia i uzupełnienia pewnych informacji, np. poprzez badania terenowe.



Ryc. 45. Schemat opracowywania map optymalnych zabiegów poprawy naturalnej retencyjności zlewni na terenach użytkowanych rolniczo

W drugiej fazie użytkowania DSS FLEXT następuje powiązanie reguł z możliwie jak najbardziej rozbudowaną i zaktualizowaną bazą danych przestrzennych. Program FLEXT umożliwia pracę zarówno z różnymi formatami danych, jak i pochodzącym od zróżnicowanych producentów oprogramowaniem typu GIS [IPS 2006].



Ryc. 46. Okno dialogowe do wprowadzania reguł decyzyjnych w DSS FLEXT

W trzeciej fazie użytkowania systemu zachodzi właściwy proces decyzyjny i wyprowadzenie wyników (w przypadku niniejszej pracy optymalnych zabiegów) do bazy danych przestrzennych (etap IV). Proces decyzyjny może być wykonany dla całego analizowanego obszaru (tutaj zlewni Kani) bądź też pojedynczych jednostek przestrzennych (np. pól).

Wynik – optymalne zabiegi dla każdej jednostki elementarnej – bez wykorzystania systemów GIS pozostawałby nieczytelny i niejasny dla użytkownika ze względu na liczbę rozpatrywanych jednostek przestrzennych.

Program FLEXT jest instrumentem, który w szybki sposób pozwala uzyskać dla danego obszaru badawczego (zlewni) wyniki, których dokładność zależy od zgromadzonych informacji przestrzennych. W metodyce opracowywania map optymalnych zabiegów kluczową rolę odgrywa macierz decyzyjna bądź drzewo decyzyjne, które odzwierciedlają wiedzę i doświadczenie zespołu projektowego i decyzyjnego.

Podstawowe znaczenie dla uzyskania wysokiej jakości rezultatów procesu decyzyjnego mają zgromadzone w bazie danych informacje przestrzenne dotyczące poszczególnych jednostek elementarnych. Powinny one odznaczać się wysoką jakością, być właściwie dopasowane do rozpatrywanego problemu oraz aktualne. Celem

opracowania bazy danych jest zebranie możliwie dużej liczby informacji ważnych dla jakości podejmowanych decyzji. Baza danych powstaje poprzez nałożenie i poprzecinanie poszczególnych warstw przy zastosowaniu narzędzi GIS.

Konstrukcja macierzy decyzyjnych i wartości granicznych zależy od dostępności danych przestrzennych i ich dokładności. W tej pracy zaproponowano macierz dla terenów użytkowanych rolniczo dominujących w zlewni Kani (88% powierzchni zlewni), które uwzględniają grunty orne, łąki i pastwiska oraz sady. Z uwagi na zdecydowaną dominację gruntów orných (83% powierzchni zlewni) szczególną uwagę poświęcono zabiegom, które mogą znaleźć zastosowanie na tej kategorii użytków rolnych (tab. 18.). Macierz wykorzystana w pracy określa zabiegi uwzględnione w procesie decyzyjnym, czynniki decydujące o wykluczeniu bądź poleceniu danego zabiegu oraz wymagania lub wartości graniczne, które musi wypełnić dana elementarna jednostka przestrzenna, aby mogły dla niej zostać wskazane określone zabiegi.

Z uwagi na powierzchniowy charakter rolnictwo wywiera znaczny wpływ na naturalne zasoby środowiska. Negatywne oddziaływanie rolnictwa przejawia się m.in. poprzez:

- naruszenie naturalnych właściwości i funkcji gleby (erozja, zagęszczenie, utrata żyzności, podwyższony wpływ powierzchniowy),
- obciążenie ekosystemów szczególnie poprzez zanieczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych osadami, pestycydami oraz związkami azotu i fosforu,
- wytwarzanie gazów,
- zmniejszenie bioróżnorodności agroekosystemów (spadek liczby typowych dla krajobrazów połowych gatunków roślin i zwierząt, wyczyszczenie krajobrazu) [Sieker i in. 2007].

Z tego względu przy wyborze metod dla obszarów użytkowanych rolniczo uwzględniano te, które wpływają korzystnie na krajobraz rolniczy zarówno z punktu widzenia ochrony przeciwpowodziowej i przeciwdziałania suszy, jak i celów ochrony środowiska (ochrony przed erozją, ochrony wód, ochrony gatunków i siedlisk). Opracowany katalog uwzględnia 9 zabiegów, które zostały podzielone na dwie grupy: zabiegi agrotechniczne (A) i zabiegi planistyczne. Szczegółowy opis metod zawiera podrozdział 4.5.

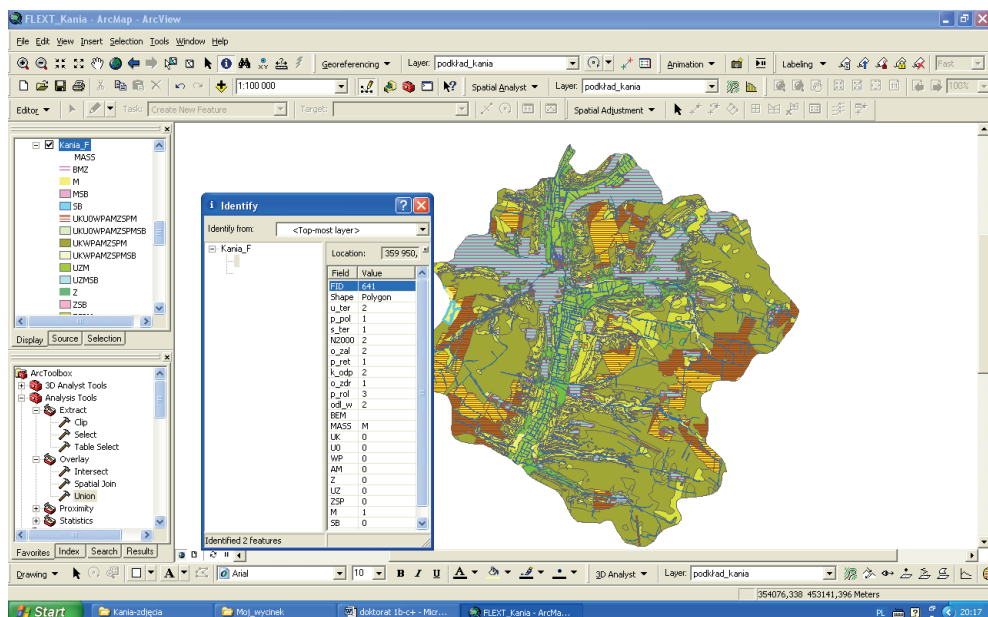
Klasyfikację czynników decyzyjnych przeprowadzono za pomocą oprogramowania ArcGIS firmy ESRI na podstawie stworzonej bazy danych przestrzennych (ryc. 47.). Pierwszym czynnikiem uwzględnionym w procesie decyzyjnym było użytkowanie terenu, dla którego stworzono warstwę mapy oznaczoną *u_ter*. Wśród kategorii skupiono się na sposobie użytkowania rolniczego, gdyż w tym celu został zaprogramowany proces decyzyjny. Z tego względu wyróżniono na podstawie bazy danych

Tab. 18. Macierz decyzyjna dla obszarów użytkowanych rolniczo w zlewni rzeki Kani

Czynnik (nazwa warstwy)	Wartość rzeczywista	Wartość FLEXT	UK ²	U0	WP	AM	Z	UZ	ZSP	M	SB
użytkowanie terenu (u_ter)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GO	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	TUZ	2	-	-	-	-	-	+	+	+	+
	L	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Inne	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
wielkość pól (p_pol)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	≤ 20 ha	1	+	-	+	+	+	0	0	0	0
	> 20 ha	2	+	+	+	+	-	0	+	0	0
spadki terenu (s_ter)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	≤ 2°	1	+	+	+	+	0	0	0	0	0
	2 ≤ 8°	2	+	+	+	+	0	0	0	0	0
> 8°	3	-	-	-	0	+	0	0	0	0	
obszary zalewowe (o_zal)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	tak	1	-	-	-	-	-	+	0	0	0
	nie	2	+	+	+	+	+	0	0	0	0
potencjał retencyjny (p_ret)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	> 40%	1	+	+	+	+	0	0	0	0	0
	≤ 40%	2	-	-	-	-	0	0	0	0	0
dominujący odpływ (k_odp)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	szybki komponent odpływu	1	-	-	-	-	0	0	0	0	0
	wolny komponent odpływu	2	+	+	+	+	0	0	0	0	0
obszary zdrenowane (o_zdr)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	tak	1	0	0	0	+	-	-	0	0	0
	nie	2	0	0	0	0	+	+	0	0	0
odległość od wód (odl_w)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	≤ 5 m	1	0	0	0	0	0	0	0	0	+
	> 5m	2	0	0	0	0	0	0	0	0	-
obszar Natura 2000 (N2000)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	tak	1	0	0	0	0	-	+	0	0	+
	nie	2	0	0	0	0	+	0	0	0	0
przydatność rolnicza (p_rol)	Bd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	niska	1	-	-	-	-	+	-	0	+	0
	zróżnicowana	2	-	-	-	-	+	-	0	+	0
	średnia	3	+	+	+	+	-	-	+	+	0
	dobra	4	+	+	+	+	-	-	+	+	0
	bardzo dobra	5	+	+	+	+	-	-	+	+	0
	łąki kośne/pastwiska	6	-	-	-	-	-	+	-	+	0
lasy	7	-	-	-	-	+	-	-	-	0	

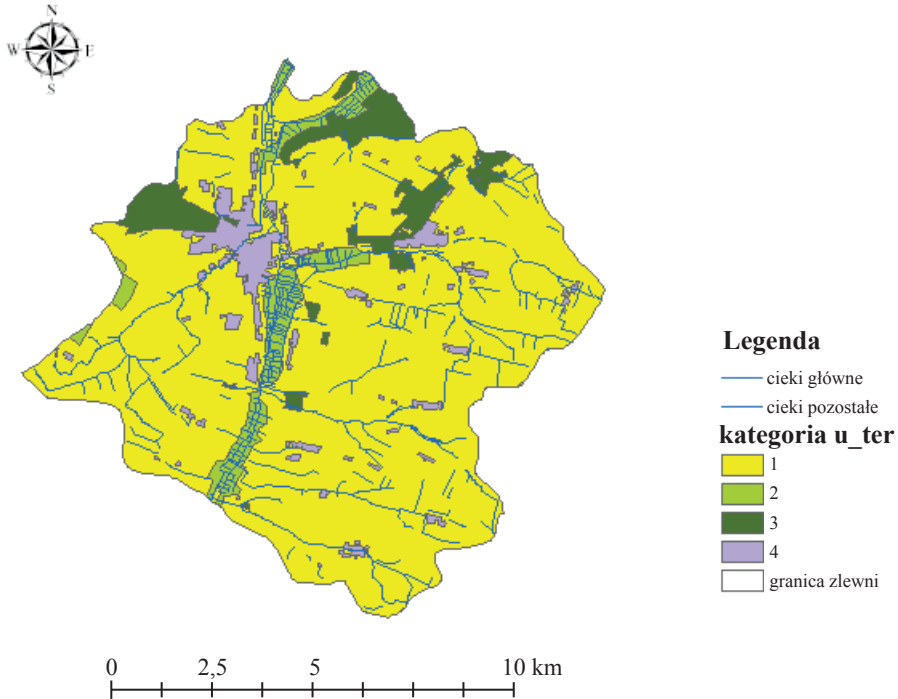
² Poszczególne zabiegi zostały opisane w rozdziale 4.5.

topograficznych V-Map Level 2 następujące kategorie użytkowania terenu: grunty orne (GO – oznaczone kodem 1), trwałe użytki zielone (TUZ – 2), lasy (L – 3) oraz inne (Inne – 4) grupujące m.in. tereny zabudowane, magazyny/składy, tereny pokryte wodami powierzchniowymi, cmentarze (ryc. 48.). Kod 0 nadawano we wszystkich czynnikach obszarom, dla których brakowało właściwych danych, bądź obszarom, które w danych kategoriach ze względów metodycznych nie mogły zostać zaklasyfikowane (np. tereny zabudowane w warstwie p_pol – powierzchnia pól).



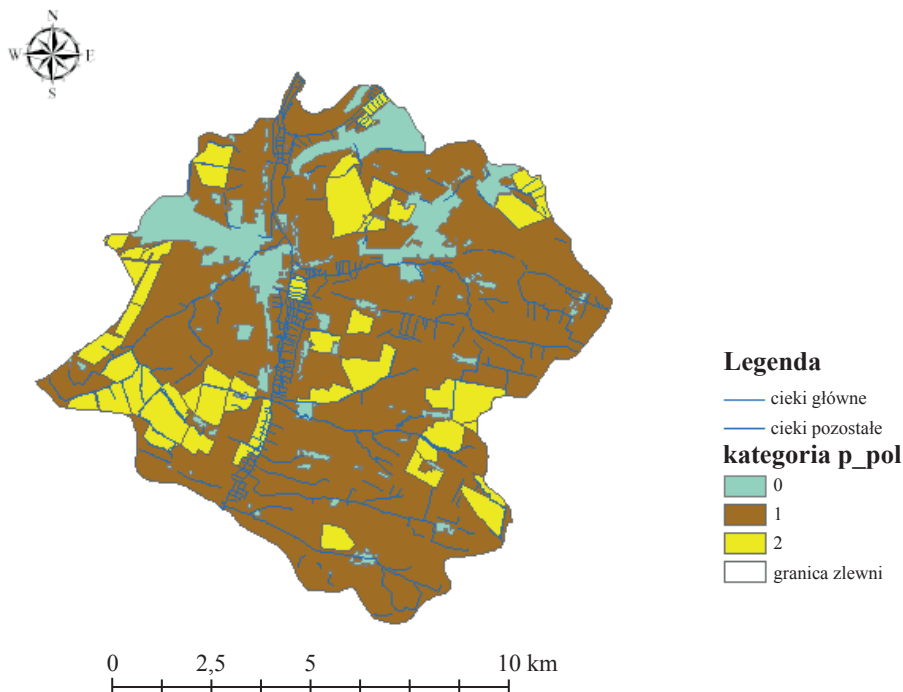
Ryc. 47. Widok okna roboczego ArcGIS ze strukturą sklasyfikowanej bazy danych wybranej jednostki przestrzennej

Wielkość pól jest szczególnie istotna ze względu na zachowanie różnorodności biologicznej i krajobrazowej rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Czynniki te zostały zaproponowane jednak również z uwagi na koszty związane z przejściem na uprawę konserwującą i uprawę zerową wymagające stosowania specjalistycznego sprzętu (por. podrozdział 4.5.). Warstwę p_pol opracowano na podstawie map ewidencyjnych uzyskanych w Powiatowym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Gostyniu. Trzeba jednak podkreślić, że warstwa ta wyodrębnia wyłącznie powierzchnie pojedynczych pól, nie pozwala natomiast wnioskować o faktycznym stanie posiadania właściciela gruntu. Wybrane pola o powierzchni powyżej 20 ha (kod 2) [Merta i Sieker 2009] (ryc. 49.) są zatem przede wszystkim wskazywane do wprowadzania zadrzewień bądź zakrzewień śródpolnych. Zajmują one 17% powierzchni zlewni.



Ryc. 48. Klasyfikacja użytkowania terenu zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT

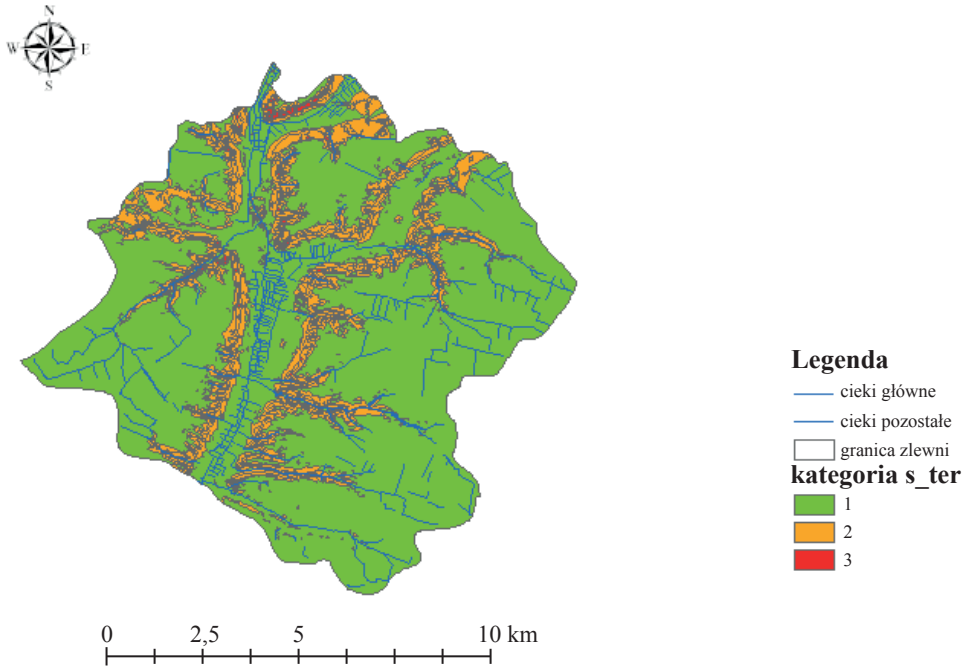
Klasy spadków terenu opracowano na podstawie numerycznego modelu terenu, opierając się na podziale zaproponowanym przez Klimaszewskiego do oceny intensywności spłukiwania [Sołowiej 1992]. Spadki w granicach $0-2^\circ$ (kod 1), które na terenie zlewni Kani zajmują ok. 80% powierzchni, zakwalifikował jako bardzo korzystne z możliwą pełną mechanizacją upraw. Dla spadków w granicach $2-8^\circ$ (2) (19% powierzchni zlewni Kani) intensywność spłukiwania określił jako umiarkowaną bruzdową (ryc. 50.). Możliwa jest przy niej również pełna mechanizacja, a kwalifikacja końcowa określona została jako średnio korzystna. Silne bruzdowanie zostało wskazane dla spadków rzędu $8,1-15^\circ$ (3) (1%), gdzie możliwa jest wyłącznie orka wzdłuż poziomic, a końcowa kwalifikacja określona została jako mało korzystna. Kijowski i Kleczewska w swojej metodyce dla spadków powyżej 8% (ok. $4,6^\circ$) jako właściwe użytkowanie proponują zalesianie, zaś w przedziale $5-8\%$ ($2,9-4,6^\circ$) – uprawy zbożowe, zwartą pokrywę motylkową lub ewentualne zalesienie. Przedział graniczny 2° zastosowali także Merta i Sieker [2009]. Z kolei w Wytycznych Technicznych GIS – 4 do Mapy Sozologicznej Polski [Wytyczne... 2005] wartość 8° określała próg do wyznaczenia gruntów podatnych na denudację naturogeniczną i uprawową w przypadku piasków naglinowych, gleb gliniastych i ilastych, nierędzinowych gleb szkieletowych.



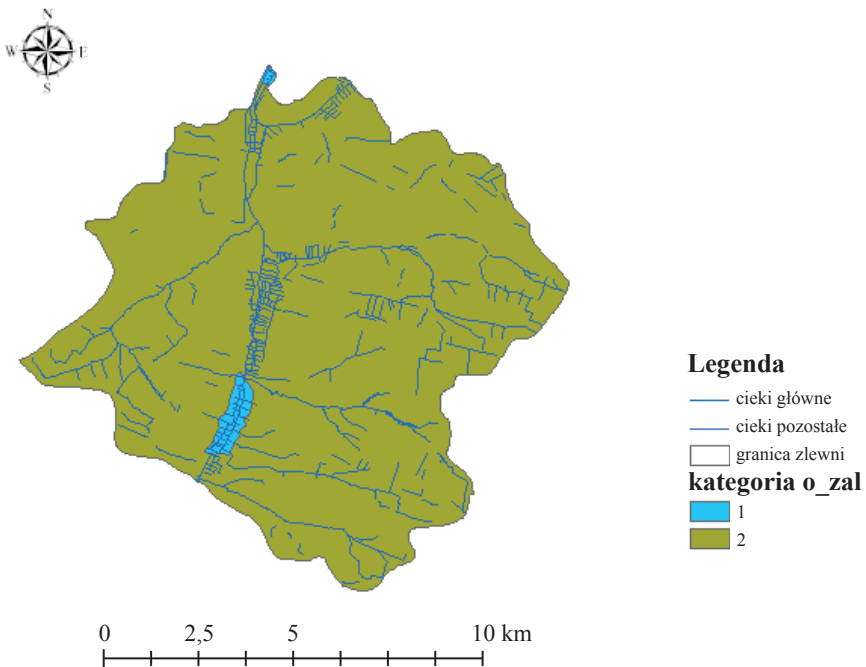
Ryc. 49. Klasyfikacja wielkości pól w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT

Z uwagi na uwarunkowania prawne dotyczące zalesień na obszarach Natura 2000 oraz gospodarowania na terenach zalewowych lub trwale podmokłych wynikających z RDW wprowadzono do procesu decyzyjnego czynniki: obszary objęte ochroną w ramach sieci Natura 2000 (N2000) i obszary zalewowe (o_zal). Na terenie zlewni Kania nie ma terenów objętych siecią Natura 2000, jednak chęć stworzenia uniwersalnej metodyki skłoniła autora do uwzględnienia tego czynnika w procesie decyzyjnym już na tym etapie pracy. Z kolei obszary zalewowe (kod 1) wyznaczono na podstawie Mapy hydrograficznej Polski. Zajmują one nieco ponad 1% powierzchni zlewni Kania i położone są w górnym biegu doliny Kania oraz odcinku ujściowym (ryc. 51.).

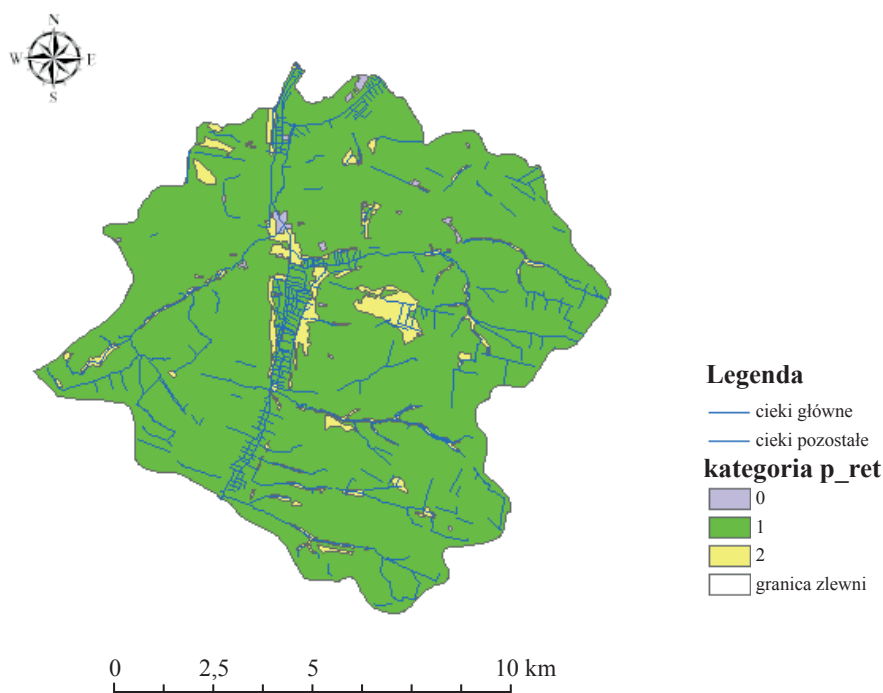
Kolejną grupę uwzględnionych czynników stanowią warstwy opracowane na podstawie programu DSS FLAB. Dla potencjału retencyjnego zlewni (p_ret) wartość graniczną przyjęto za Mertą i Siekerem [2009] na poziomie 40% infiltrującego opadu do ogółu opadu 72-godzinowego o prawdopodobieństwie 0,01 i 5-dniowym okresie odwodnienia. Takie ograniczenie wykluczyło zaledwie 6% powierzchni zlewni (kod 2), co potwierdza duże możliwości wdrożeniowe proponowanych w pracy zabiegów (ryc. 52.).



Ryc. 50. Klasyfikacja spadków terenu w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT



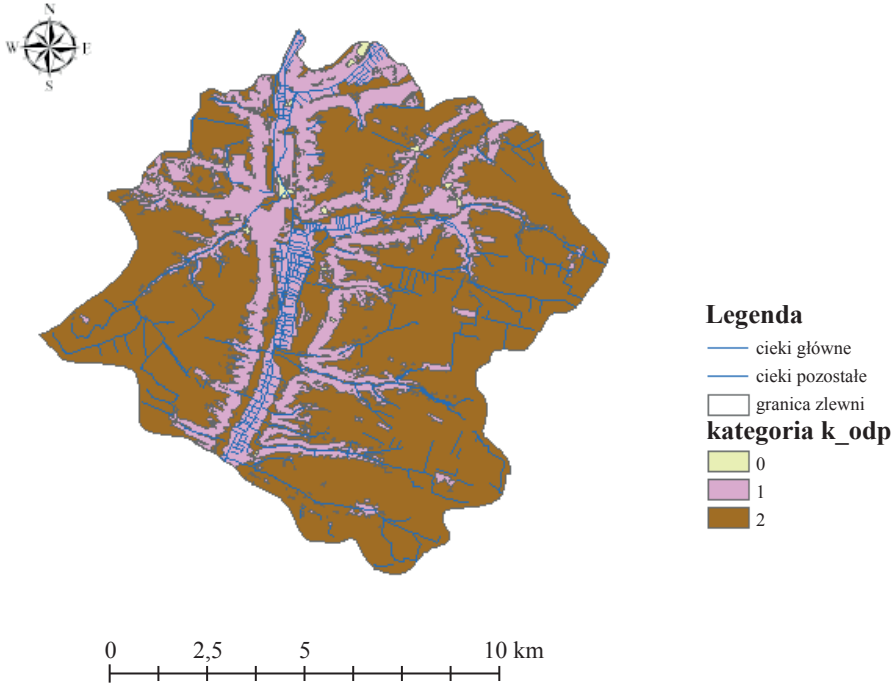
Ryc. 51. Klasyfikacja obszarów zalewowych w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT



Ryc. 52. Klasyfikacja potencjału naturalnej retencyjności w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT

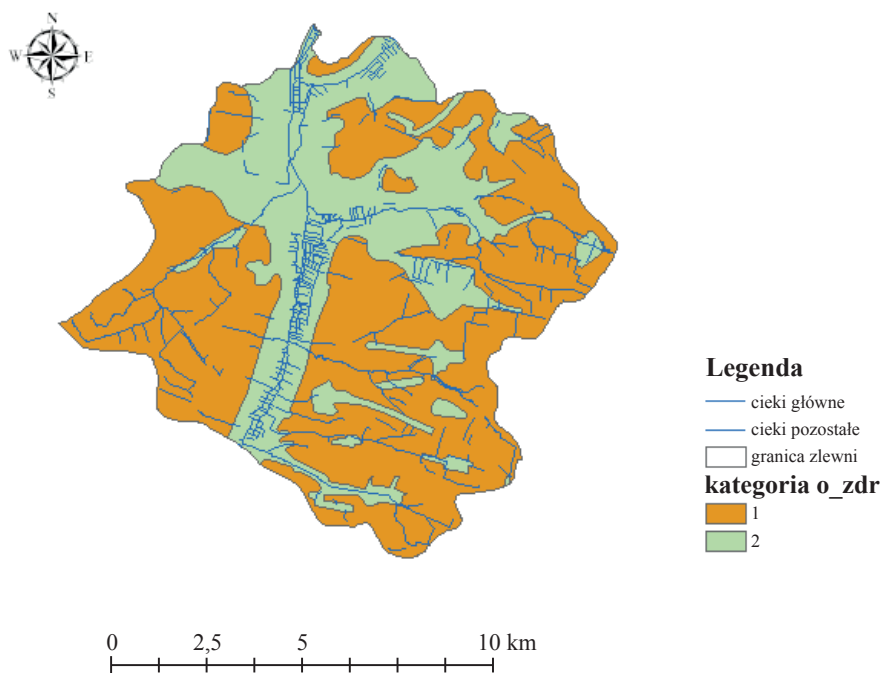
Z punktu widzenia zwiększenia naturalnej retencyjności zlewni w celu przeciwdziałania powodziom i suszom szczególnie ważne są powierzchnie, które umożliwiają trwałe zatrzymanie wody w glebie. Z tego względu zastosowano podział na tzw. szybkie i wolne dominujące komponenty odpływu (por. podrozdział 4.6.) [Mer-ta i Sieker 2009]. Jak wspomniano w podrozdziale 4.6., dominujące wolne komponenty odpływu zidentyfikowano na 70% obszaru zlewni Kani (kod 1) (ryc. 53.).

Z uwagi na specyfikę intensywnie użytkowanego rolniczo krajobrazu zaproponowano jako dodatkowy czynnik decyzyjny systemy drenarskie. Ich rozmieszczenie utrudnia bowiem wprowadzanie zadrzewień śródpolnych. Nie jest to czynnik wykluczający, lecz ograniczający ze względu na możliwe uszkodzenie sieci drenarskiej poprzez systemy korzeniowe. Czynnik ten wart jest podkreślenia, zwłaszcza z uwagi na realną szansę realizacji danego zabiegu. Obszar zdrenowany wyznaczono na podstawie Mapy hydrograficznej Polski oraz danych spółek wodnych z terenu zlewni Kani. Łącznie tereny te zajmują 63% powierzchni zlewni (kod 1) (ryc. 54.). Są to tereny wysokiej kultury rolnej o wyjątkowo korzystnych warunkach gospodarowania, co ogranicza szansę wprowadzenia na szerszą skalę zadrzewień śródpolnych. Ich udział, realnie rzecz biorąc, musi zostać ograniczony do pasów przydrożnych i przywodnych.

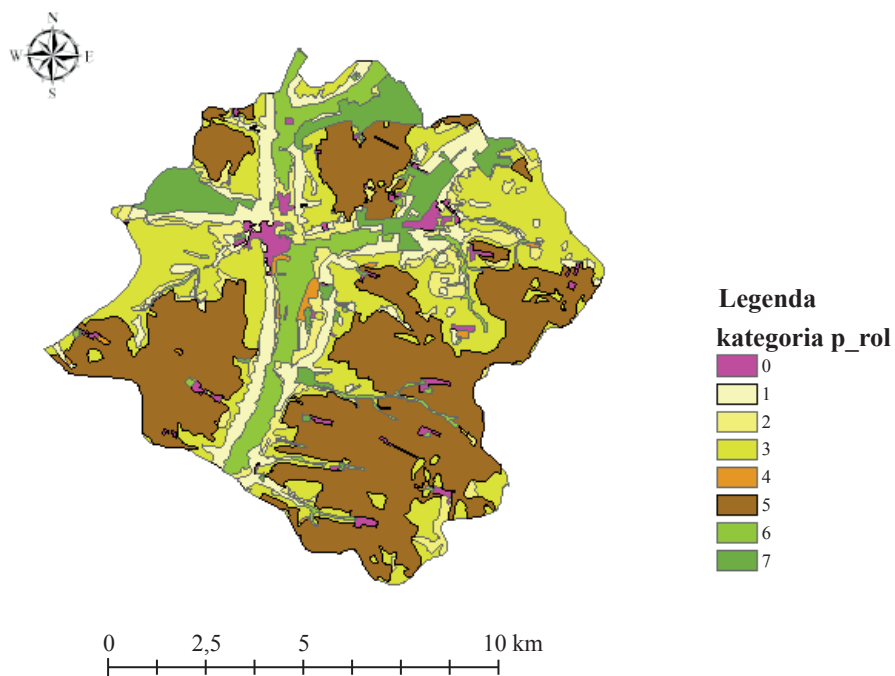


Ryc. 53. Klasyfikacja dominujących komponentów odpływu w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT

Klasyfikacja rolniczej przydatności została wykonana na podstawie metody zaproponowanej przez Tokarskiego [1979 za Sołowiej 1992] uwzględniającej użytkowanie terenu, klasy bonitacyjne gleb, kompleksy rolniczej przydatności gleb, stosunki wodne i potencjalną roślinność. Czynniki te zastosowano w celu uwzględnienia naturalnych uwarunkowań siedliskowych w przypadku niewłaściwego aktualnego użytkowania terenu. W obszarze zlewni Kania dominują obszary o bardzo dobrej przydatności rolniczej (kod 5). Zajmują one nieco ponad 40% jej powierzchni całkowitej i dotyczą klas bonitacyjnych I, II i IIIa. Około 1/4 obszaru zlewni posiada natomiast średnią przydatność rolniczą (3) związaną z glebami klasy IVa. Niska przydatność rolnicza dotyczy 11% powierzchni zlewni (1). Kategoria ta uwzględnia gleby klas bonitacyjnych V, VI i VI RZ, na których panują określone jako „stałe za suche” stosunki wodne. Często są to tereny zboczy dolin rzecznych o dużych spadkach (ryc. 55.).

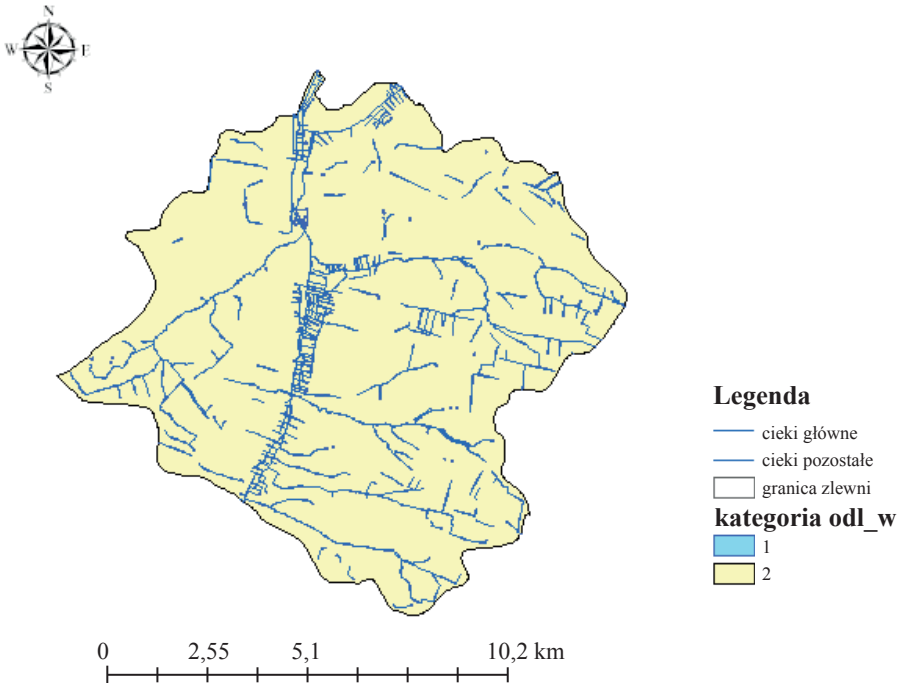


Ryc. 54. Klasyfikacja obszarów zdrenowanych w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT



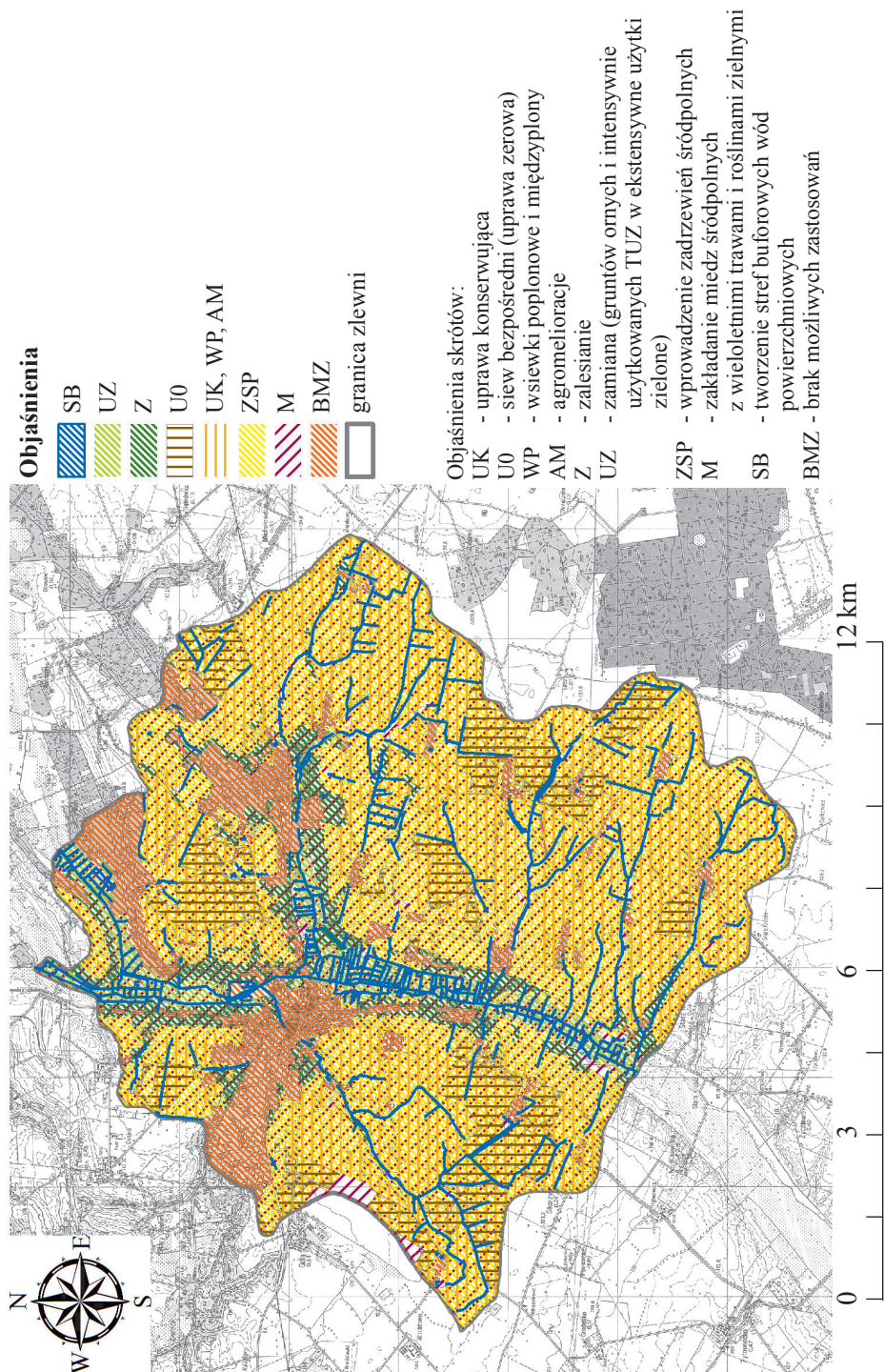
Ryc. 55. Klasyfikacja przydatności rolniczej w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT

W celu wskazania terenów, dla których możliwe jest wdrożenie pakietu rolno-środowiskowego dotyczącego stref buforowych, wyznaczono obszary w odległości 5 m od cieków wodnych. Rozmieszczenie cieków opracowano na podstawie Mapy Hydrograficznej Polski. Strefy buforowe wyznaczono za pomocą narzędzi analitycznych ArcGIS. Położenie w odległości do 5 m od cieków pozwoliło wyznaczyć obszary o łącznej powierzchni prawie 2% zlewni (kod 1) (ryc. 56.).

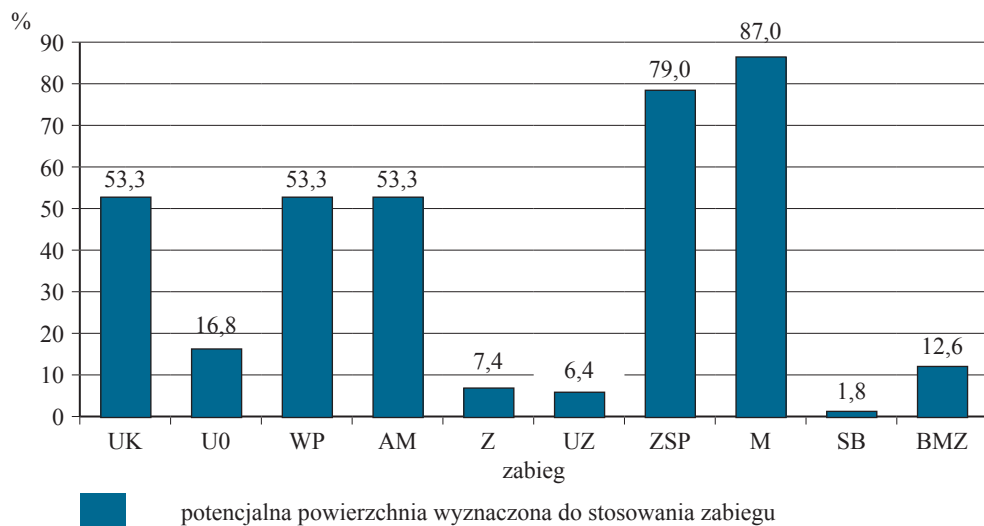


Ryc. 56. Klasyfikacja odległości od wód w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT

Mapy optymalnych zabiegów poprawiających naturalną retencyjność zlewni wskazują dla terenów użytkowanych rolniczo zabiegi, które powinny być preferowane na konkretnych obszarach zlewni (ryc. 57.). Ponadto w procesie decyzyjnym wskazane zostają obszary, dla których nie są preferowane żadne z rozpatrywanych zabiegów (BMZ – brak możliwych zastosowań). Tereny te stanowią głównie lasy, tereny zabudowane i wody powierzchniowe. Najpowszechniej zastosowane mogą być miedze śródpolne z wieloletnimi trawami i roślinami zielnymi związane z programem rolnośrodowiskowym, które mogą zostać wykorzystane praktycznie na wszystkich obszarach użytkowanych rolniczo w zlewni Kani. Na nieznacznie mniejszej powierzchni preferowane są zadrzewienia śródpolne, które są wskazane przede wszystkim dla gruntów ornych (ryc. 58.).



Ryc. 57. Mapa optymalnych zabiegów wspierających naturalną retencyjność zlewni rzeki Kani.



Ryc. 58. Możliwości zastosowania zabiegów poprawiających naturalną retencyjność w zlewni Kani

Na połowie powierzchni zlewni możliwe jest zastosowanie zabiegów agrotechnicznych, z wyjątkiem uprawy zerowej, dla której w związku ze znacznymi potrzebami inwestycyjnymi zastosowano kryterium wykluczające pola o powierzchni poniżej 20 ha (fot. 17.). Zalesienia są preferowane głównie na zboczach dolin rzecznych z uwagi na znaczne spadki terenu, zamiana gruntów ornych i intensywnie użytkowanych TUZ w ekstensywne użytki zielone w dolinach rzecznych, strefy buforowe zaś wyłącznie w bezpośrednim sąsiedztwie cieków wodnych (fot. 18.).

Ze względu na liczebność rozpatrywanych zabiegów przy zbyt małej skali opracowania generowana wizualizacja może się okazać nieczytelna. W takim przypadku możliwe jest stosowanie map wynikowych prezentujących możliwości stosowania poszczególnych zabiegów rozdzielnie na specjalistycznych mapach planowania danego zabiegu (ryc. 59. i 60.).

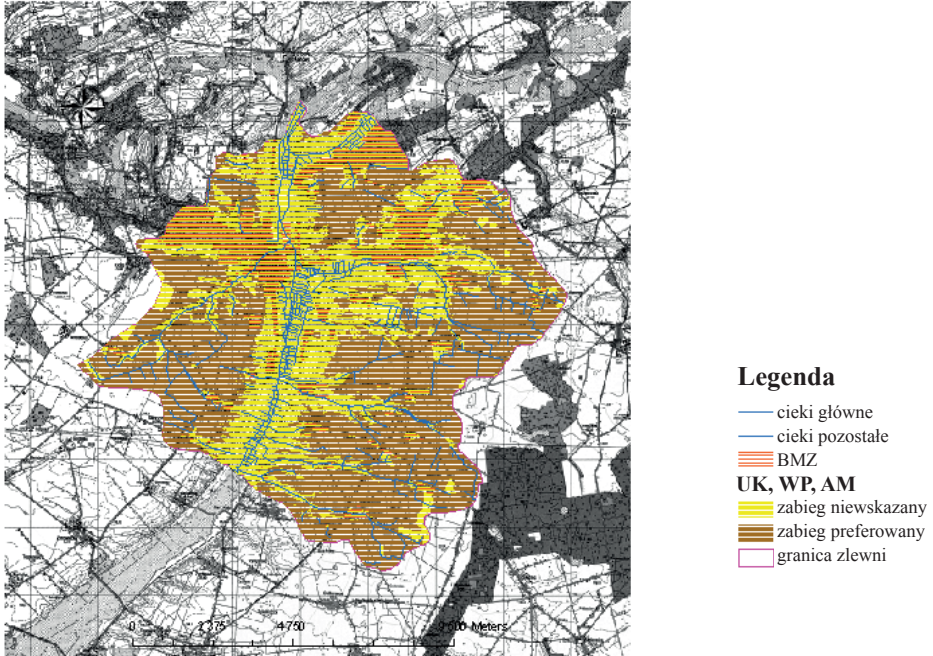
Zastosowanie danych ewidencyjnych pozyskanych w PODGiK w Gostyniu bądź danych z Geoportalu [www.geoportal.gov.pl] realizującego zalecenia wypływające z Dyrektywy 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiającej infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE) [Dz. U. L 108/1 z 25.04.2007] pozwala na wykonanie mapy optymalnych zabiegów poprawiających naturalną retencyjność zlewni z uwzględnieniem granic pól objętych możliwością zastosowania poszczególnych zabiegów. Mapy glebowo-rolnicze dla wielu obszarów Polski dostępne są w skali 1 : 5000, co uzasadnia wykonanie mapy optymalnych zabiegów w skali 1 : 5000, która jest dopuszczalna dla mpzp sporządzanych w celu przeznaczenia gruntów do zalesienia lub wprowadzenia zakazu zabudowy (art. 16 UoPiZP).



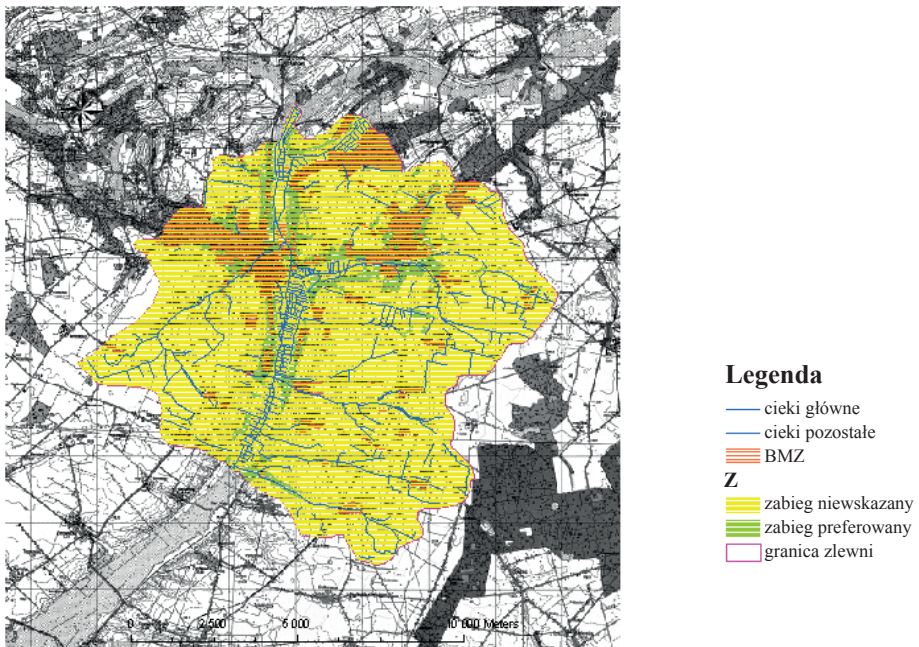
Fot. 17. Przykład pola z możliwym zastosowaniem zabiegów UK, UO, WP, AM, ZSP i M



Fot. 18. Górny odcinek biegu Kani – wskazane rozszerzenie strefy buforowej i odbudowa zadrzewień



Ryc. 59. Mapa planowania zabiegów agrotechnicznych – UK, WP, AM w zlewni rzeki Kani



Ryc. 60. Mapa planowania zalesienia w zlewni rzeki Kani

4.8. Porównanie potencjalnych efektów zastosowania zabiegów planistycznych i agrotechnicznych z metodami technicznymi oraz określenie możliwości ich współdziałania

Podstawowym wskaźnikiem monitoringu i oceny efektywności działań z zakresu małej retencji jest przyrost małej retencji liczony w tys. m³. Zostanie on również wykorzystany do porównania potencjalnych efektów zastosowania zabiegów agrotechnicznych i planistycznych w stosunku do metod technicznych.

Istniejące budowle piętrzące w zlewni Kani umożliwiają retencję korytową o objętości 144 tys. m³. Należy jednak pamiętać, że jazy 675K i 677K są wyłączone z eksploatacji z uwagi na brak zamknięcia piętrzącego (iglic). Dodatkową objętość retencyjną zapewniają niewielkie stawy wiejskie zlokalizowane w Czajkowie, Dusinie, Gostyniu, Bodzewie i Dręczewie o powierzchni 0,5-0,8 ha i pojemności od 4 do 9,24 tys. m³. Ich łączna objętość wynosi 33,2 tys. m³. Kolejne 18,1 tys. m³ zretencjonowane jest w zbiornikach leśnych o powierzchni 0,15-0,83 ha i objętości 1500-16 600 m³ zlokalizowanych w Dręczewie i Bodzewie. W programie rozwoju małej retencji [Aktualizacja... 2005] w zestawieniu planowanych budowli piętrzących na ciekach podstawowych nie przewiduje się inwestycji na Dopływie z Piasków, co spowoduje zmniejszenie łącznej retencji korytovej do 128,9 tys. m³. Planowane są do wybudowania również dwa małe zbiorniki wodne w Bodzewie o pojemności 5 tys. m³ i powierzchni 0,5 ha i w Dręczewie o pojemności 7,7 tys. m³ i powierzchni 0,55 ha.

W rozpoznaniu dotyczącym budowy zbiorników wodnych w rejonie Gostynia [Wstępne rozpoznanie... 1975] brano pod uwagę realizację pięciu zbiorników o łącznej objętości ponad 2,5 mln m³:

- 1) Brzezcie I – w dolinie Rowu z Wielkiego Brzezcia (Brzezcie-Huby), o powierzchni zalewu 6,25 ha i pojemności całkowitej 94 tys. m³,
- 2) Brzezcie II – w jarze koło byłej cegielni, o powierzchni zalewu 8,1 ha i pojemności całkowitej 202 tys. m³,
- 3) Gostyń Głogówko – w prawobrzeżnej kotlinie nad rzeką Kanią, o powierzchni zalewu 7 ha i pojemności całkowitej 245 tys. m³,
- 4) Krajewice – w dolinie Rowu z Bodzewa, o powierzchni zalewu 15,6 ha i pojemności całkowitej 312 tys. m³,
- 5) Toćław – w pradolinie Kościańskiego Kanału Obry, o powierzchni zalewu 133 ha i pojemności całkowitej 1600 tys. m³.

Zbiornik Toćław zdecydowanie odbiega rozmiarami od pozostałych. Miał on zostać zaopatrzony w wodę mechanicznie z Kościańskiego Kanału Obry.

Weześniej w 1974 r. powstała koncepcja budowy zbiornika wodnego „Kania” [Studium... 1974]. Planowany zbiornik miał zostać zlokalizowany na terenach wsi

Podrzecze, na południe od Dopływu z Piasków (Starej Kani) i miasta Gostyń, na wschód od rzeki Kani i miasta Gostyń oraz na zachód od granicy wsi Grabonóg. Maksymalną powierzchnię, którą mógł zajmować zbiornik, określono na 13,8 ha, a pojemność użyteczną na 317 tys. m³.

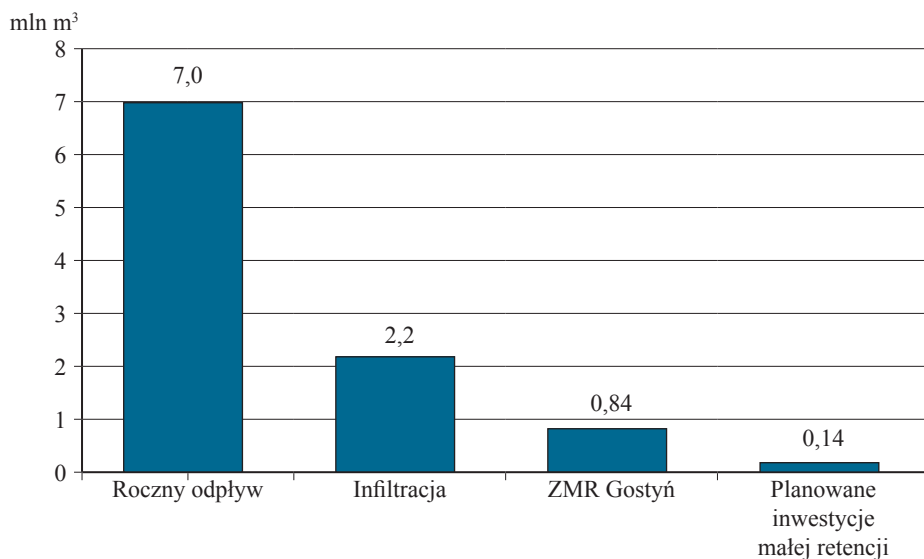
Obecnie planowana jest inwestycja nawiązująca do koncepcji z 1974 r. Zbiornik małej retencji Gostyń ma zostać zlokalizowany w tym samym rejonie co wspomniany zbiornik „Kania”. Jego parametry techniczne są jednak zdecydowanie większe. Czasza zbiornika ma zająć powierzchnię całkowitą wielkości 45,4 ha, a objętość zbiornika planowana jest na 841,5 tys. m³ [Koncepcja... 2007] (fot. 19).



Fot. 19. Trwałe użytki zielone w czaszy projektowanego zbiornika małej retencji Gostyń

W podrozdziale 4.6. określono potencjalną objętość infiltracji w zlewni Kani w zależności od długości okresu bezopadowego poprzedzającego opad, długości opadu oraz jego prawdopodobieństwa. Już w przypadku opadu godzinowego przy 5-dniowym okresie bez opadu i prawdopodobieństwie opadu $p = 0,1$ suma infiltracji na powierzchniach z dominującym wolnym komponentem odpływu wynosi 2,2 mln m³ i jest ponad 2,5-krotnie wyższa niż objętość planowanego zbiornika małej retencji Gostyń oraz ponad 15-krotnie w porównaniu z sumą objętości obiektów małej retencji ujętych w programie małej retencji (11 zastawek, 1 przepust z zastawką, 2 małe stawy wiejskie) (ryc. 61.). W przypadku 15-dniowego okresu bez opadów i tym samym prawdopodobieństwie ($p = 0,1$) suma infiltracji na powierzchniach z dominującym wolnym komponentem odpływu wynosi już 2,6 mln m³,

a dla $p = 0,01 - 3,1$ mln m^3 . Najwyższy możliwy potencjał naturalnej retencyjności określono dla obszarów z dominującym wolnym komponentem odpływu dla opadu 72-godzinnego poprzedzonego 15-dniowym okresem bez opadu i prawdopodobieństwie $p = 0,01 - 6,1$ mln m^3 , przy całkowitej potencjalnej naturalnej retencyjności zlewni Kani wynoszącej 8,8 mln m^3 .



Ryc. 61. Porównanie potencjalnych efektów zabiegów nietechnicznych (suma infiltracji na powierzchniach z dominującym wolnym komponentem odpływu dla opadu godzinowego o $p = 0,1$ i 5-dniowym okresie bez opadu) i technicznych (projektowany ZMR Gostyń oraz planowane w programie małej retencji budowe piętrzące i stawy) oraz średniego rocznego odpływu ze zlewni rzeki Kani

Zastosowanie systemu wspomaganie decyzji FLAB nie tylko umożliwiło wskazanie potencjalnej pojemności retencyjnej gleb, lecz także ułatwiło wykluczenie obszarów z dominującym szybkim komponentem odpływu. Na obszarach tych w wyniku działania DSS FLEXT nie są preferowane zabiegi agrotechniczne. Można jednak na tych terenach z powodzeniem stosować zabiegi planistyczne w połączeniu z metodami technicznymi, tzn. piętrzeniem cieków. Podpiętrzanie jest szczególnie ważne w zlewni Kani, gdzie istnieje rozbudowany system drobnych cieków służących jako rowy odwadniające dla trwałych użytków zielonych. Niezbędne jest wprowadzenie dwustronnych melioracji nawadniająco-odwadniających. Zabiegi te wskazują również Przybyła i in. [2008a] jako najbardziej racjonalne i dostosowane do warunków zlewni Kościańskiego Kanału Obry. Ze względów środowiskowych optymalne byłoby nieodwadnianie gleb torfowo-bagiennych i pozostawienie ich w stanie naturalnym jako użytki ekologiczne z możliwością ekstensywnego wykorzystania rolniczego [Pływaczyk i Kowalczyk 2007] (fot. 20.).



Fot. 20. Łąki na glebach organicznych – wskazana analiza środowiska i ewentualne utworzenie powierzchniowej formy ochrony przyrody

Niektóre inwestycje z zakresu małej retencji wodnej (budowle piętrzące wodę, jeśli wysokość piętrzenia wynosi 5 m lub więcej¹) określane są zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [Dz. U. z 2010 r. Nr 213 poz. 1397] jako przedsięwzięcie mogące zawsze znacząco oddziaływać na środowisko (§ 2 ust. 1 pkt 36). W § 3 ust. 1 pkt 66 tegoż rozporządzenia jako przedsięwzięcia mogące znacząco oddziaływać na środowisko, które mogą wymagać sporządzenia raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, wymieniono dodatkowo budowle piętrzące wodę:

- na terenach parków narodowych, rezerwatów przyrody, parków krajobrazowych, obszarów chronionego krajobrazu, obszarów Natura 2000, użytków ekologicznych i zespołów przyrodniczo-krajobrazowych lub w otulinach parków narodowych, rezerwatów przyrody, parków krajobrazowych z wyłączeniem

¹ zapory lub inne urządzenia przeznaczone do zatrzymywania i stałego retencjonowania (np. sztuczne zbiorniki wodne) nie mniej niż 10 mln m³ nowej lub dodatkowej masy wody, które zgodnie z § 2 ust. 1 pkt 35 są określane jako przedsięwzięcie mogące zawsze znacząco oddziaływać na środowisko, nie są zaliczane do małej retencji wodnej zgodnie z *Porozumieniem z dnia 21 grudnia 1995 r.* [Porozumienie... 1995].

- budowli piętrzących wodę na wysokość mniejszą niż 1 m realizowanych na podstawie planu ochrony, planu zadań ochronnych lub zadań ochronnych ustanowionych dla danej formy ochrony przyrody;
- jeżeli piętrzenie dotyczy cieków naturalnych, na których nie istnieją budowle piętrzące wodę;
 - jeżeli w promieniu mniejszym niż 5 km na tym samym cieku lub cieku z nim połączonym znajduje się inna budowla piętrząca wodę,
 - na wysokość powyżej 1 m.

W myśl Ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (ustawa środowiskowa) [Dz. U. z 2008 r. Nr 199 poz. 1227 ze zm.] obowiązek przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko dotyczy planowanych przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko (art. 59 ust. 1 pkt 1). Dla planowanego przedsięwzięcia mogącego potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko obowiązek przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko stwierdza w drodze postanowienia organ właściwy do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach (decyzja środowiskowa) (art. 63). Uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach wymagane jest zarówno dla planowanych przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko, jak i tych potencjalnie oddziałujących na środowisko (art. 71) [Przybyła i in. 2008b].

Jeżeli przedsięwzięcie może znacząco negatywnie oddziaływać na obszary Natura 2000 zdefiniowane w art. 25 Ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody [Dz. U. 2009 r. Nr 151 poz. 1220 ze zm.] organ odmawia wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach z wyjątkiem inwestycji, za którymi przemawiają wymogi nadrzędnego interesu publicznego (art. 81 ustawy środowiskowej). Wówczas wobec braku rozwiązań alternatywnych właściwy miejscowo regionalny dyrektor ochrony środowiska może zezwolić na realizację przedsięwzięcia, zapewniając jednak wykonanie kompensacji przyrodniczej niezbędnej do zapewnienia spójności i właściwego funkcjonowania sieci obszarów Natura 2000 (art. 34 Ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody [Dz. U. 2009 r. Nr 151 poz. 1220 ze zm.]).

Zgodnie z art. 96 ustawy środowiskowej organ właściwy do wydania decyzji (m.in. decyzje wymienione w art. 72 ust. 1, np. o pozwoleniu na budowę, pozwoleniu wodnoprawnym na wykonanie urządzeń wodnych, o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu) wymaganej przed rozpoczęciem realizacji przedsięwzięcia, innego niż przedsięwzięcie mogące znacząco oddziaływać na środowisko, które nie jest bezpośrednio związane z ochroną obszaru Natura 2000 lub nie wynika z tej ochrony, jest obowiązany do rozważenia przed wydaniem tej decyzji, czy przedsięwzięcie może potencjalnie znacząco oddziaływać

na obszar Natura 2000. Jeżeli takie oddziaływanie jest możliwe, organ wydaje postanowienie w sprawie nałożenia obowiązku przedłożenia właściwemu miejscowo regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska wniosku o wydanie tej decyzji wraz z odpowiednią dokumentacją (art. 96 ust. 3 pkt 1-5). W przypadku stwierdzenia, że przedsięwzięcie może znacząco oddziaływać na obszar Natura 2000, regionalny dyrektor ochrony środowiska stwierdza w postanowieniu o obowiązku przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 (art. 97). W postanowieniu tym nakłada również obowiązek przedłożenia raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 i określa zakres tego raportu. Po przeprowadzeniu oceny oddziaływania przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 regionalny dyrektor ochrony środowiska wydaje postanowienie w sprawie uzgodnienia warunków realizacji przedsięwzięcia w zakresie oddziaływania na obszar Natura 2000 (art. 98). Postanowienie to jest wiążące dla organu właściwego do wydania decyzji wymaganej przed rozpoczęciem realizacji przedsięwzięcia, innego niż przedsięwzięcie mogące znacząco oddziaływać na środowisko, które nie jest bezpośrednio związane z ochroną obszaru Natura 2000 lub nie wynika z tej ochrony (art. 101).

W zlewni Kani należy dążyć do renaturyzacji cieków poprzez odtworzenie ich krętości i terasy zalewowej. Sprzyjać temu może tworzenie wspomnianych już wcześniej użytków ekologicznych. Z kolei w trakcie modernizacji bądź budowy nowych budowli piętrzących (zastawek i jazów) należy pamiętać o zachowaniu ciągłości biologicznej cieku poprzez budowę przepławek i pochylni dla organizmów wodnych zgodnie z §18 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie [Dz. U. z 2007 r. Nr 86 poz. 579].

Zlewnia Kani jest w znacznym stopniu zdrenowana. Z tego względu warto podkreślić ważną rolę studzienek drenarskich, które mogą służyć do podpiętrzania wody w zbieraczach [Pływaczyk i Kowalczyk 2007]. Ponadto jako miejsce magazynowania wiosennych odpływów z drenów można wykorzystać istniejące oczka wodne lub większe zagłębienia terenowe [Kędziora i in. 2005]. W zlewni Kani z uwagi na znikomą liczbę naturalnych zbiorników wodnych oraz sztucznych stawów należy rozważyć budowę niewielkich sztucznych zbiorników śródpolnych przy wykorzystaniu środków Funduszu Ochrony Gruntów Rolnych. Zbiorniki te mogłyby powstawać z wykorzystaniem zarastających starych oczek śródpolnych lub w korycie cieku wodnego. Wodę w zbieraczach można podpiętrzać również poprzez zatykanie odpływów (wylotów).

Z uwagi na możliwość przzerwania ciągłości ekologicznej cieku, zwłaszcza w przypadku większych zbiorników wodnych, wskazana jest budowa zbiorników bocznych umiejscowionych poza ciekami [Żbikowski i Żelazo 1993]. Zasadę tę uwzględnia m.in. projektowany zbiornik małej retencji Gostyń.

Dotychczasowe badania dotyczące potencjału retencyjnego zlewni oraz wyboru optymalnych zabiegów poprawiających retencyjność zlewni prowadzono na terenie Wolnego Państwa Saksonii we wschodnich Niemczech w zlewni rzeki Muldy (drugi pod względem wielkości dopływ Łaby) o powierzchni 6848 km² [Sieker i in. 2007, Wilcke 2008] oraz zlewniach Łaby (3992 km²), Białej Elstery (2835 km²), Czarnej Elstery (2254 km²), Sprewy (2040 km²) i Nysy Łużyckiej (840 km²) [Merta i Sieker 2009]. Zlewnie te obejmowały tereny zarówno nizinne, jak i wyżynne i były znacznie większe od zlewni Kani (110 km²). W wyniku szczegółowych analiz zlewnię Muldy podzielono na 3 regiony. Wyniki uzyskane dla zlewni Kani są zbliżone do północnego nizinnego regionu, gdzie dominowały użytki rolne na glebach piaszczystych ze znaczną miąższością profilu glebowego (> 100 cm) oraz niewielkimi spadkami terenu (do 3°).

W zlewni Muldy w procesie decyzyjnym uwzględniono 15 zabiegów. Zamiast agromelioracji wskazano tylko uprawę w kierunku poprzecznym do spadku stoku. Zaproponowano ponadto odłogowanie, zmniejszanie powierzchni pól, zadarnianie rynien odpływowych i tworzenie niecek odpływowych. Jako czynniki klasyfikacyjne posłużyły: rodzaj rolniczego użytkowania, spadki terenu, odległość od wód powierzchniowych, głębokość zalegania zwierciadła wód gruntowych, powierzchnia pól, potencjał retencyjny i dominujący komponent odpływu. W zlewni rzeki Muldy przeprowadzono również analizę dla terenów zurbanizowanych. Z kolei w innych zlewniach wzięto pod uwagę tylko 6 zabiegów uwzględniających programy rolnośrodowiskowe: podział pól poprzez żywopłoty, uprawę konserwującą, uprawę zerową, wsiewki poplonowe, odłogowanie i zamianę gruntów ornych w ekstensywne użytki zielone. Czynniki decyzyjnymi były natomiast: rodzaj rolniczego użytkowania, powierzchnia pól, ograniczenia wynikające z programów rolnośrodowiskowych (obszary Natura 2000, obszary szczególnie narażone z dyrektywy azotanowej), spadki terenu, obszary zalewowe, potencjał retencyjny i dominujący komponent odpływu.

4.9. Wytyczne i kierunki kształtowania krajobrazu (zasobów wodnych) do uwzględnienia w procesie przygotowywania projektów dokumentów planistycznych na poziomie lokalnym i regionalnym – możliwości zastosowania opracowanych wyników

Dokumenty programowe oraz akty prawne różnego szczebla coraz częściej podkreślają priorytetową rolę planowania przestrzennego we wspieraniu zrównoważonego zarządzania zasobami wodnymi. Z kolei utrata naturalnej retencyjności zlewni oraz niewystarczający zakres wykorzystania nietechnicznych metod ograniczania skutków

powodzi, a także niewykorzystane możliwości powiększania małej retencji i innych środków podnoszących retencyjność zlewni identyfikowane są jako główne problemy w zakresie zagrożenia i stanu zabezpieczenia przed powodzią i suszą.

Problematyka gospodarowania przestrzenią jest regulowana fragmentarycznie licznymi przepisami różnych ustaw, przy czym UoPiZP, jak wskazuje Niewiadomski [2005], nie odgrywa należnej jej koordynującej roli, gdyż rzeczywisty model gospodarowania przestrzenią wyznaczają w Polsce przepisy prawa materialnego. Ponadto UoPiZP jest w dużym stopniu ustawą ustrojową, która tworzy system organów z przypisanym zakresem zadań i kompetencji, w mniejszym stopniu normując mechanizmy bezpośredniego gospodarowania przestrzenią.

Z kolei Izdebski i in. [2007] zauważają, że studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego nie w pełni determinują realną politykę przestrzenną gmin. Brakuje w nich również bilansowania potrzeb i nakładów infrastrukturalnych oraz zmian w sposobie zagospodarowania terenu. Według art. 9 UoPiZP celem uchwalenia suikzp jest określenie polityki przestrzennej gminy, w tym lokalnych zasad zagospodarowania przestrzennego, przy czym suikzp nie jest aktem prawa miejscowego.

W sytuacji, gdy mpzp wykonywane są prawie wyłącznie dla terenów inwestycyjnych i terenów zurbanizowanych lub dla przeprowadzenia zmiany przeznaczenia gruntów rolnych i leśnych, zauważalny jest brak instrumentów planistycznych, które mogłyby w realny sposób decydować o kształtowaniu środowiska terenów niezurbanizowanych. Wskazane byłoby wzmocnienie roli suikzp, które mogłyby również dla terenów rolniczych określać możliwości zagospodarowania terenu bez konieczności sporządzania mpzp [por. Izdebski i in. 2007].

Stworzona w niniejszej pracy baza danych i zastosowana nowatorska metodyka umożliwiła bonitację i klasyfikację poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego. Dzięki temu powstała kompleksowa charakterystyka uwarunkowań przyrodniczych dla zlewni Kani. Warto podkreślić, że w pracy udało się wdrożyć zasady zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi (IWRM), które zakłada m.in., że zlewnia hydrograficzna stanowi podstawowy obszar wszelkich działań planistycznych i decyzyjnych. Dotychczas opracowania ekofizjograficzne w większości ograniczały się do granic administracyjnych gmin (tzw. działania „od kreski do kreski” [por. Raszka 2003]), w niewielkim stopniu uwzględniając faktyczne powiązania ekologiczne.

W wyniku prac analitycznych przy zastosowaniu systemu wspomaganie decyzji DSS FLAB zidentyfikowano dominujące komponenty odpływu, które zostały podzielone na szybkie i wolne. Następnie zidentyfikowano przestrzenne zróżnicowanie potencjału retencyjnego zlewni oraz określono ilość infiltrującej wody do gleby w zależności od intensywności opadu, czasu jego trwania i poprzedzającego okresu bezopadowego. Określono ponadto ilość nieinfiltrującego opadu oraz jego

procentowy udział dla poszczególnych jednorodnych jednostek przestrzennych. Określony potencjał retencyjny decyduje o możliwościach ograniczenia spływu powierzchniowego w zlewni Kani. Wykorzystanie zidentyfikowanego potencjału retencyjnego umożliwiają zabiegi zaproponowane w systemie wspomaganie decyzji FLEXT.

Przedstawiona metodyka uwzględniająca metody planistyczne i agrotechniczne może zostać wykorzystana w innych małych zlewniach o intensywnym użytkowaniu rolniczym na terenie Niżu Polskiego w celu optymalnego kształtowania zasobów wodnych, zwłaszcza na obszarach, które znajdują się w strefach priorytetowych rozwoju małej retencji wodnej. Potrzeby stosowania zabiegów agrotechnicznych i planistycznych podkreślali m.in. Kowalczak [2001], Mioduszeński [2006], Pływaczyk i Kowalczyk [2007], Kędziora [2007], Szafranski [2007], Przybyła i in. [2008a].

Ponadto zaproponowana metodyka decyzyjna może zostać wykorzystana w opracowaniach planistycznych zarówno poziomu regionalnego, jak i lokalnego. W nowym planie zagospodarowania przestrzennego województwa wielkopolskiego [Uchwała... 2010] wśród obszarów deficytu wody wymagających poprawy zdolności retencyjnych (na mapie uwarunkowań rozwoju przestrzennego – wody powierzchniowe) mogłyby zostać dodatkowo wskazane te, które charakteryzują się najwyższą potencjalną zdolnością retencyjną, gdzie można osiągnąć najwyższą efektywność w zwiększaniu retencyjności zlewni. Natomiast mapa dotycząca kierunków kształtowania zasobów wodnych oprócz ogólnego wskazania obszarów poprawy zdolności retencyjnych zlewni o deficytach wód powierzchniowych powinna zawierać warstwę wskazującą obszary predestynowane do zastosowania zabiegów agrotechnicznych i planistycznych w celu poprawy naturalnej retencyjności zlewni. Z kolei część tekstowa dotycząca kształtowania polityki przestrzennej w strefie intensywnej gospodarki rolnej powinna zawierać kompleksowe wskazania dotyczące możliwych zabiegów planistycznych i agrotechnicznych. Dotychczas ograniczano się bowiem do wskazywania zalesień, zadrzewień i zakrzewień śródpolnych lub ogólnych zapisów dotyczących przeciwdziałania erozji, naruszania stosunków wodnych czy też stosowania zaleceń Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej i Zwyczajnej Dobrej Praktyki Rolniczej. Zauważalna jest jednak pozytywna zmiana w jakości i szczegółowości zapisów Planu Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Wielkopolskiego (PZPWW) z 2001 [Uchwała ... 2001] i PZPWW uchwalonego 26 kwietnia 2010 r. [Uchwała... 2010]. Pojawił się m.in. konkretny zapis o zwiększaniu zdolności do samooczyszczania małych rzek i cieków wodnych poprzez **obsadzanie roślinnością**, napowietrzanie czy odtwarzanie zabudowy biologicznej stref brzegowych.

Na poziomie gminnym realnie wydaje się zastosowanie wyników procesu decyzyjnego DSS FLEXT w suikzp gminy, gdyż jak wspomniano wyżej, nie opracowuje się mpzp dla terenów użytkowanych rolniczo. Trzeba jednak w tym miejscu wskazać znaczącą rolę opracowania ekofizjograficznego podstawowego, którego

przygotowanie powinno poprzedzać sporządzenie projektu mpzp, suikzp oraz pzpw (art. 72 POŚ). Taki układ realizacyjny ma na celu zwiększenie roli uwarunkowań przyrodniczych w planowaniu przestrzennym.

Kistowski [2003] wśród komponentów środowiska przyrodniczego do uwzględnienia w opracowaniu ekofizjograficznym wymienia: budowę geologiczną, rzeźbę terenu, klimat, wody powierzchniowe i podziemne, gleby oraz szatę roślinną. W zakresie wód powierzchniowych wskazuje na potrzebę uwzględniania takich parametrów i cech jak:

- elementy sieci hydrograficznej (cieki, jeziora, podmokłości, źródła, stawy itd.),
- podział zlewniowy,
- spływ powierzchniowy ze zlewni,
- reżim odpływu rzeczny, cechy fizyczno- i chemiczno-limnologiczne jezior.

W przypadku gleb natomiast powinny to być typy i podtypy, rodzaje i gatunki, odczyn i zawartość węgla wapnia w glebach, klasy bonitacyjne gleb oraz kompleksy rolniczej przydatności gleb. Brakuje odniesienia do analizy zdolności retencyjnych gleb oraz retencyjności całej zlewni, choć wspomniana jest potrzeba charakterystyki funkcjonowania środowiska przyrodniczego, w tym m.in. funkcjonowania hydrologicznego dotyczącego ruchu wód na powierzchni terenu (parowania, retencji powierzchniowej, infiltracji) i sposobu ich migracji pod powierzchnią terenu (głównie w odniesieniu do wód gruntowych i płytszych użytkowych poziomów wodonośnych).

Najwłaściwszym etapem dla zastosowania metodyki opracowywania map optymalnych zabiegów poprawy naturalnej retencyjności zlewni na terenach użytkowanych rolniczo jest sporządzanie opracowania ekofizjograficznego podstawowego przed sporządzeniem pzpw, a zwłaszcza suikzp gminy. Uzyskana mapa tematyczna może potem zostać wykorzystana we wskazaniach dotyczących kształtowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Poprzez powiązanie wyników z danymi ewidencyjnymi możliwe jest z kolei rozpoczęcie właściwej fazy wdrożeniowej poprzez system szkoleń i informowanie rolników. W celu podniesienia stopnia wdrożenia proponowanych zabiegów poszczególne urzędy gmin mogą pomagać rolnikom w aplikowaniu o środki z programów rolnośrodowiskowych oraz stosować dodatkowe zachęty finansowe, np. obniżenie podatku gruntowego.

Elementem ułatwiającym wdrażanie proponowanych zabiegów może być zastosowanie serwerów WMS, dzięki którym można w szybki sposób zestawić opracowane mapy tematyczne i wynikowe z granicami ewidencyjnymi działek oraz ortofotomapą, która co prawda nie może zastąpić wizji terenowej, ale może ją zdecydowanie przyspieszyć. Ułatwieniem w procesie planowania przestrzennego będzie z pewnością zrealizowanie założeń dyrektywy INSPIRE [Dz. U. L 108/1 z 25.04.2007], która określa przepisy ogólne służące ustanowieniu infrastruktury

informacji przestrzennej (rozumianej jako metadane, zbiory danych przestrzennych oraz usługi danych przestrzennych) dla celów polityk wspólnotowych w zakresie ochrony środowiska oraz polityk lub działań mogących oddziaływać na środowisko.

Procedura opracowywania map optymalnych zabiegów poprawy naturalnej retencyjności zlewni na terenach użytkowanych rolniczo może również zostać wykorzystana w wymaganych dyrektywą powodziową planach zarządzania ryzykiem powodziowym w obszarach dorzeczy. Poprzez działanie DSS FLAB wyznaczono bowiem obszary, na których można w efektywny sposób zwiększać zdolności retencyjne zlewni i przyczyniać się do obniżenia zagrożenia powodzią.

Wskazane byłoby wprowadzenie w narzędziach planowania przestrzennego dodatkowej kategorii terenu:

- 1) Obszarów przyczyniających się do zwiększenia zagrożenia powodziowego – z dominującymi szybkimi komponentami odpływu.
- 2) Obszarów przyczyniających się do zmniejszenia ryzyka powodziowego – z dominującymi wolnymi komponentami odpływu.

Kategorie te ułatwią planowanie prewencyjnej ochrony powodziowej na poziomie regionów wodnych.

Opracowana metodyka wesprze wykonywanie zadań wynikających z wdrażania dyrektywy powodziowej. Ponadto poprzez zapisy w dokumentach planistycznych na poziomie lokalnym i regionalnym, uwzględniające wyniki zobrazowane na mapach optymalnych zabiegów poprawy naturalnej retencyjności zlewni, będzie można kreować zrównoważoną gospodarkę wodną na terenie zlewni częściowych bądź całego dorzecza, tzn. przyczynić się do obniżenia ryzyka wystąpienia powodzi i zmniejszenia ich ewentualnych szkód oraz zwiększenia dostępnych zasobów wodnych. A im większa zdolność retencyjna zlewni, tym mniejsza zmienność przepływów w rzekach, amplituda wahań poziomu wód gruntowych i częstość występowania zjawisk ekstremalnych.

Opracowania planistyczne są czasochłonne i drogie. Dlatego najwartościowsze opracowania metodyczne dotyczące opracowań planistycznych powinny zawierać wskazówki, jak można wykonać analizy i oceny metodami pośrednimi – interpretowania różnych „ukrytych” uwarunkowań na podstawie łatwo dostępnych informacji lub różnych symptomów, w tym możliwych do zaobserwowania w terenie (w trakcie wizji terenowej) [Cichocki 2006]. Taką możliwość dają zaproponowane systemy wspomagania decyzji FLAB i FLEXT.

5. Tereny zurbanizowane

5.1. Problem zarządzania zlewniowego na przykładzie Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego

Kluczowym problemem w zarządzaniu zasobami wodnymi jest kwestia naturalnego układu zlewniowego, który nie pokrywa się z podziałem administracyjnym. Warto przyjrzeć się temu zagadnieniu na przykładzie Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego (POM). Jego delimitację wykonało Wielkopolskie Biuro Planowania Przestrzennego (WBPP) w ramach prac nad zmianą planu zagospodarowania przestrzennego województwa wielkopolskiego. W procesie delimitacji uwzględniono liczne kryteria: społeczno-gospodarcze, środowiska przyrodniczego oraz dostępności komunikacyjnej. W przypadku kryteriów środowiska przyrodniczego badano m.in. przebieg granic przyrodniczych struktur przestrzennych na podstawie układu zlewniowego, systemu przyrodniczego oraz fitokompleksów krajobrazowych. Uznano, że granica obszaru wodno-gospodarczego Poznańskie Dorzecze Warty może wpływać na ostateczny kształt granic obszaru metropolitalnego. Według propozycji WBPP zdelimitowany POM obejmuje 45 gmin wraz z Poznaniem. W jego skład wchodzi 10 miast powiatowych i 15 pozostałych miast. Powierzchnia POM (6,2 tys. km²) stanowi ok. 21% powierzchni województwa wielkopolskiego, z kolei ludność POM (1,3 mln osób) – 39% ludności województwa [Mrozik i Przybyła 2012].

Poznański Obszar Metropolitalny położony jest w dorzeczu Odry, w regionie wodnym Warty administrowanym przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej (RZGW) w Poznaniu. Jedynie niewielki fragment gminy Kościan zlokalizowany jest w regionie wodnym Środkowej Odry administrowanym przez RZGW we Wrocławiu. Na potrzeby zarządzania zintegrowanymi zasobami wodnymi wód powierzchniowych i podziemnych w układzie zlewniowym na terenie regionu Warty wydzielono 18 zlewni bilansowych. POM wchodzi w skład zlewni nr:

- X – Poznańska Zlewnia Warty (rejon Poznania),
- XI – Wełna (rejon Wągrowca i Gniezna),
- XII – Warta od Obrzycka do Noteci (rejon Szamotuł),
- XIII – Obra (rejon Grodziska Wielkopolskiego, Nowego Tomyśla, Kościana),

- IX – Warta od Proсны do Kanału Mosińskiego (rejon Środy Wielkopolskiej, Śremu),
- VII – Warta od Neru do Proсны (rejon Wrześni) (tab. 19.).

Według RDW podstawowym elementem podziału hydrograficznego i zarazem procesu planowania w gospodarowaniu wodami są jednolite części wód. W przypadku zbyt dużego rozdrobnienia jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP) na potrzeby planowania działań poprawiających stan wód można dokonywać ich łączenia w scalone części wód powierzchniowych (SCWP). POM położony jest w obrębie 31 SCWP (tab. 19.), przy czym tylko 7 SCWP znajduje się w całości w granicach POM, a ponad połowa SCWP w większości swojej powierzchni położona jest poza POM. W przypadku 1/3 SCWP mniej niż 1/4 ich powierzchni znajduje się w POM. Wstępna ocena oddziaływań antropogenicznych dla JCWP uwzględniająca presje związane z ujęciami wody, morfologiczne oraz punktowe i obszarowe wykazała, że zlewnie w obrębie POM są zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych, co wynika przeważnie z zagrożenia stanu morfologicznego i jakościowego oraz częściowo stanu hydrologicznego. Zestawienie istotnych problemów gospodarki wodnej dla regionu Warty dla zlewni bilansowych w obrębie POM zawiera tab. 20.

Tab. 19. Charakterystyka SCWP w obrębie POM i przewidzianych dla nich działań zawartych w Programie rolnośrodowiskowym kraju [Mrozik i Przybyła 2012]

Liczba	Nazwa SCWP i zlewni bilansowej Region wodny Warty: SCWP: 1-30 Region Środkowej Odry: SCWP: 31	SCWP	SCWP w km ²	Liczba JCWP	Liczba niezagrożonych JCWP	Liczba zagrożonych JCWP	Liczba JCWP podlegających derogacjom	Koszty działań A w tys. zł	Koszty działań B w tys. zł	Koszty działań uzupełniających w tys. zł	Koszty ogółem w tys. zł	Koszty w przeliczeniu na 1 km ² SCWP w tys. zł	Liczba zadań do realizacji	Powierzchnia JCWP w POM w %	Liczba gmin POM w obrębie JCWP
Warta od Proсны do Kanalu Mosińskiego (IX)															
1	Meszna	W0710	715,1	15	0	15	15	21 326,8	44,3	14 890,7	36 261,8	50,7	33	12	1
2	Wrześnica	W0711	375,3	1	0	1	1	19 985	25,6	8 713,3	28 723,9	76,5	29	73	7
Warta od Proсны do Kanalu Mosińskiego (IX)															
3	Warta od Lutyni do Maskawy	W0903	211,1	4	0	4	4	7850	53,3	0,0	7903,3	37,4	17	1	1
4	Maskawa	W0904	602,7	5	0	5	5	53 203,9	29,8	12.696,8	65 930,5	109,4	35	76	9
5	Warta od Maskawy do Pyszącej	W0905	215,4	4	2	2	2	3048,2	43,3	52.59,2	8350,7	38,8	36	34	2

Poznańska zlewnia Warty (X)																
6	Warta od Pyszącej do Kopli	W1001	486,1	6	0	6	6	6	43 890,2	72	10 539,6	54 501,8	112,1	46	100	13
7	Mogilnica	W1002	733,3	7	0	7	7	7	24 479,6	16 499,3	15 558,7	56 537,6	77,1	45	64	9
8	Kanał Kościański/Mosiński od Kanatu Przysieka Stara do Żydowskiego Rowu	W1003	184,0	2	0	2	2	2	8253,1	24,8	4511,7	12 789,6	69,5	34	95	4
9	Kanał Mosiński od Żydowskiego Rowu do ujścia	W1004	331,8	3	0	3	3	3	30 410,3	38,5	7775,6	38 224,4	115,2	47	100	13
10	Głuszynka	W1005	134,6	1	0	1	1	1	29 907,4	4,8	3659,7	33 571,9	249,4	31	100	5
11	Kopel	W1006	289,1	2	0	2	2	2	27 648,6	14,8	6335,2	33 998,6	117,6	30	100	8
12	Warta od Koplí do Różanego Potoku	W1007	168,8	4	0	4	4	4	5606,9	95,8	0,0	5702,7	33,8	25	100	9
13	Cybina	W1008	190,5	1	0	1	1	1	301,6	14,8	0,0	316,4	1,7	22	100	5
14	Główna	W1009	235,8	2	0	2	2	2	0	6056,8	5272,6	11 329,4	48,1	25	95	7
15	Warta od Różanego Potoku do Dopływu z Uchorowa	W1010	353,2	6	3	3	3	3	500	23,5	0,0	523,5	1,5	12	33	6
16	Samica	W1011	226,6	2	0	2	2	2	2670	23,5	0,0	2693,5	11,9	15	100	6
17	Sama	W1012	431,7	5	0	5	5	5	24 348,1	14,8	9210,0	33 572,9	77,8	49	88	7
Wetna (XI)																
18	Wetna do Lutomni	W1101	467,2	1	0	1	1	1	58 700	53,5	10 053,6	68 807,1	147,3	29	34	2
19	Wetna od Lutomni do Dopływu poniżej J. Łęgowskiego	W1102	625,0	10	0	10	10	10	21 178	4,8	13 177,9	34 360,7	55,0	30	35	2

20	Wielna od Dopływu poniżej J. Łęgowskiego do ujścia	W1103	506,2	8	0	8	8	6540	4,8	0,0	6544,8	12,9	15	71	5
21	Mała Wielna	W1104	689,4	11	0	11	11	13 740	24,8	14 232,3	27 997,1	40,6	32	65	9
22	Flinta	W1105	345,5	1	0	1	1	9266	124,8	0,0	9390,8	27,2	11	5	2
Warta od Obrzycka do Noteci (XII)															
23	Warta od Dopływu z Ucharowa do Samy	W1201	393,8	4	1	3	3	3620,1	108,5	0,0	3728,6	9,5	25	37	2
24	Warta od Samy do Ostrorogi	W1202	356,0	6	2	4	4	16 445,3	79,8	0,0	16 525,1	46,4	23	6	1
Obra (XIII)															
25	Kanał Mosiński od Kani do Kanału Przysieka Stara	W1303	509,6	7	0	7	7	63 011,4	42,3	10 627,8	73 681,5	144,6	52	28	3
26	Kanał Wonieść	W1304	194,4	1	0	1	1	33 750	42,3	0,0	33 792,3	173,8	11	6	1
27	Obrzański Kanał Północny i Południowy	W1305	575,4	6	0	6	6	109 623,9	4,8	12 184,9	12 1813,6	211,7	28	17	4
28	Dojca	W1306	251,5	1	0	1	1	0,6	4,8	0,0	5,4	0,0	14	23	2
29	Obra od Kanału Dźwińskiego do Czarniej Wody	W1307	585,5	3	0	3	3	72 921	33,5	0,0	72 954,5	124,6	18	23	2
30	Czarna Woda	W1308	338,7	5	5	0	0	9000	203,5	0,0	9203,5	27,2	12	8	2
Obrzyca															
31	Obrzański Kanał Południowy	SO0102	541,9	5	5	0	0	68 958,6	5	0,0	68 963,6	127,3	18	4	1
Suma			12 265	139	18	121	121	790 184,6	23 816,9	164 699,6	978 701,1	79,8			

Tab. 20. Istotne problemy gospodarki wodnej dla regionu Warty dla zlewni bilansowych w obrębie POM [Charakterystyka regionu... 2007, Planowanie... 2008]

Nazwa problemu	Nr zlewni bilansowej
nadmierne rozdysponowanie zasobów wód powierzchniowych	VII, IX, X, XIII
niedobory zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych i powierzchniowych	VII, IX, X, XIII
niekorzystne zmiany reżimu wód powierzchniowych	VII, X, XI, XII, XIII
odprowadzanie nieoczyszczonych i niedostatecznie oczyszczonych ścieków komunalnych i przemysłowych oraz wód chłodniczych	VII, X, XII, XIII
niedostateczna sanitacja obszarów wiejskich i rekreacyjnych	VII, X, XIII
zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł rolniczych	VII, X, XIII
zaburzenia migracji ryb łososiowatych	XI
zaśmiecanie koryt rzek i potoków	VII, IX, X, XI, XII, XIII
odprowadzanie zanieczyszczeń ze stawów rybnych, zaśmiecanie rzek i potoków	X, XI, XII, XIII
zagrożenie jakości wód podziemnych nieposiadających izolacji utworami nieprzepuszczalnymi	XII
zmiana naturalnych warunków hydromorfologicznych wód powierzchniowych przez zabudowę hydrotechniczną i regulację rzek i potoków	VII, X, XI, XII, XIII
utrata naturalnej retencji zlewni spowodowana m.in. ścisłą zabudową terenów miejskich, zmianą użytkowania gruntów w dolinach rzecznych, np. z rolniczego i leśnego na tereny zabudowane	VII, IX, X, XI, XIII
eksploatacja górnicza	VII
zagrożenia ekosystemów zależnych od wód	VII, X, XIII
ochrona przed powodzią	VII, IX, X, XII, XIII
przeciwdziałanie skutkom suszy	VII, IX, X, XI

Ponadto na terenie POM istnieją wskazane przez dyrektora RZGW w Poznaniu obszary szczególnie narażone (OSN), wyznaczane na mocy Dyrektywy Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (Dz. U. L 375 z 31.12.1991) (dyrektywy azotanowej) (4 zlewnie na terenie 14 gmin).

Rozpatrywanych 31 SCWP dzieli się na 139 jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP). W *Programie wodno-środowiskowym kraju* zdecydowana większość z nich – 121 (87%) – uznana została za zagrożone JCWP (tab. 19.).

Na obszarze analizowanych SCWP na pokrycie działań z grupy A przewiduje się 790 mln zł, a działań z grupy B – 24 mln zł (tab. 19.). Ponadto na pokrycie kosztów działań uzupełniających przewiduje się 165 mln zł. Łącznie przewidywane koszty działań wynoszą prawie 980 mln zł, co daje 80 mln zł na km². Wysokie koszty z grupy A związane są przede wszystkim z inwestycjami wskazanymi w *Krajowym Programie Oczyszczania Ścieków Komunalnych* [Obwieszczenie... 2011]. Podobnie znaczną część w wydatkach działań podstawowych grupy B stanowią działania wynikające z konieczności porządkowania systemu gospodarki ściekowej, np. budowy kanalizacji sanitarnej w terenie nieaglomeracyjnym. W przypadku działań uzupełniających największy koszt przypada na wdrażanie programu zwiększania lesistości [Mrozik i Przybyła 2012].

Potencjalnymi źródłami finansowania działań zmierzających do poprawy stanu wód są:

- *Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2007-2013*,
- *Program Rozwoju Obszarów Wiejskich 2007-2013*,
- *Program Operacyjny Zrównoważony Rozwój Sektora Rybołówstwa i Nadbrzeżnych Obszarów Rybackich 2007-2013*,
- Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Poznaniu,
- *Wielkopolski Regionalny Program Operacyjny 2007-2013*,
- *Europejska Wspólnota Terytorialna* (programy współpracy transgranicznej, transnarodowej i międzyregionalnej) 2007-2013,
- Europejski Fundusz Rybacki [Program... 2010].

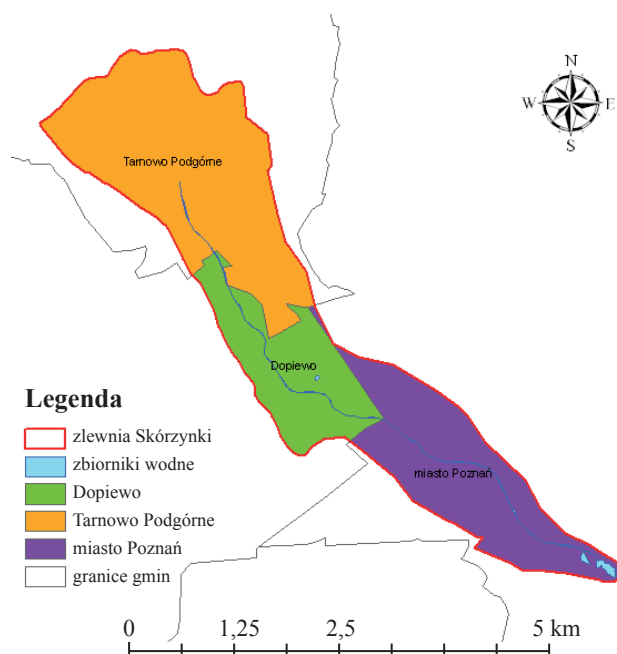
Jednocześnie wspomniane 121 zagrożonych JCWP podlega derogacji, tzn. na ich obszarze przewiduje się konieczność zastosowania odstępstw od podstawowych wymogów osiągnięcia celów środowiskowych.

5.2. Zagospodarowanie wód deszczowych na terenach zurbanizowanych

Zasoby wodne umożliwiają rozwój miast, jednak sama urbanizacja prowadzi do silnego przekształcenia stosunków wodnych. Wielkość i forma tych zmian zależą od rodzaju i intensywności antropopresji. Szczególnie drastyczne zmiany zauważalne są w reakcji zlewni rzecznej na opad [Szponar 2003]. Z tego względu w obliczu występujących coraz częściej zdarzeń ekstremalnych coraz istotniejszym problemem jest właściwe zagospodarowanie deszczówki w obrębie zlewni w celu zapobiegania lokalnym podtopieniom.

5.2.1. Charakterystyka zlewni Skórzynki

Zlewnia Skórzynki zlokalizowana w obrębie gmin wiejskich Tarnowo Podgórne i Dopiewo oraz miasta Poznań (ryc. 62.) zajmuje 21% powierzchni jej recypienta – Potoku Junikowskiego. Potok Junikowski jako JCWP jest częścią SCWP o nrze W1007 – Warta od Kopli do Różanego Potoku. Potok Junikowski został określony jako silnie zmieniona część wód i jest zagrożony nieosiągnięciem celów środowiskowych. Ze względu na silne zmiany morfologiczne przewiduje się dla niego derogacje czasowe z powodu braku możliwości technicznych oraz dysproporcjonalne koszty związane z renaturyzacją cieku (obszar silnie zurbanizowany). Skórzynka na obszarze niezurbanizowanym została sztucznie pogłębiona i stanowiła część systemu melioracyjnego. Obecnie ciek stanowi odbiornik wód deszczowych z obszaru zlewni.



Ryc. 62. Położenie zlewni Skórzynki na tle podziału administracyjnego

Zgodnie z podziałem na regiony fizycznogeograficzne Kondrackiego [2000] analizowany obszar znajduje się w mezoregionie Pojezierze Poznańskie (315.51) wchodzącego w skład podprovincji Pojezierza Południowobałtyckie (315) i jednocześnie makroregionu Pojezierze Wielkopolskie (315.5).

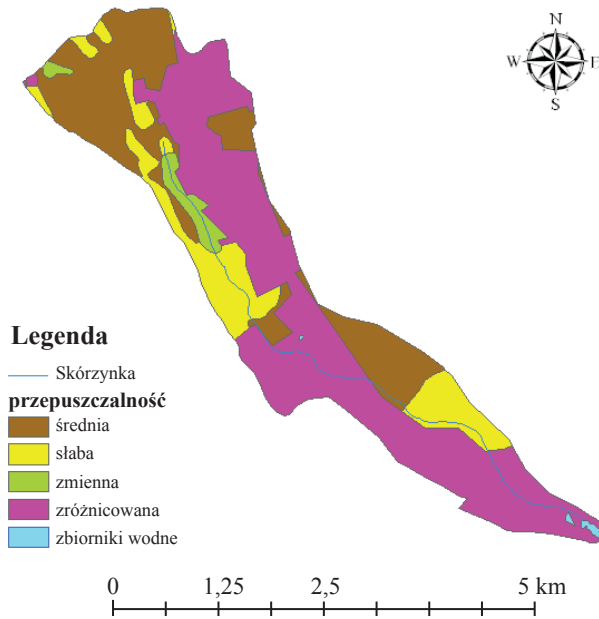
Z kolei zgodnie z podziałem geomorfologicznym Niziny Wielkopolskiej Krygowskiego analizowany obszar znajduje się na terenie Wysoczyzny Poznańskiej (VIII) – subregion Równina Poznańska (VIII₆).

Teren objęty analizą stanowi płaską równinę morenową o deniwelacjach powierzchni mniejszych od 5 m i wznosi się w granicach 68-93 m n.p.m. Najwyżej położona górna część zlewni wznosi się w granicach 87-93 m n.p.m. Najniżej położona jest dolina Skórzynki w dolnym biegu rzeki. Średnia wysokość zlewni wynosi 81 m n.p.m., a odchylenie standardowe 6 m. Ponad 95% zlewni charakteryzuje się spadkami do 2°, natomiast spadki powyżej 6° występują na ok. 0,1% zlewni. Spadki powyżej 2° wyliczono na podstawie numerycznego modelu terenu dla doliny Skórzynki i terenów wzdłuż linii kolejowej.

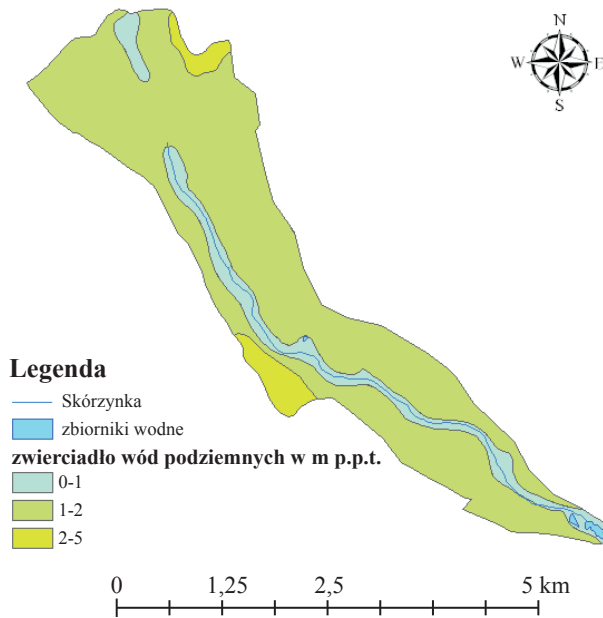
Rozmieszczenie typów i rodzajów gleb nawiązuje do litologii warstw przypowierzchniowych. Na glinach zwałowych wykształciły się gleby płowe właściwe i miejscami czarne ziemie, a na piaskach sandrowych i wyższych poziomach terasowych gleby rdzawe właściwe. Obszary zurbanizowane charakteryzują się bardzo wysokim stopniem przeobrażenia gleb związanym z działalnością gospodarczą człowieka. Cechują się one bardzo zróżnicowaną przepuszczalnością, w zależności od tworzącego je materiału i stopnia przeobrażenia. Na analizowanym obszarze dominują gleby o zróżnicowanej przepuszczalności i współczynniku filtracji mniejszym od 10^{-3} m/s. Cecha ta jest domeną gruntów antropogenicznych i wg Mapy Hydrograficznej Polski występuje na 64% analizowanego obszaru zlewni Skórzynki. Na 27% analizowanej powierzchni występują gleby średnio i słabo przepuszczalne o współczynniku filtracji od 10^{-5} do 10^{-8} m/s (piaski słabo gliniaste, piaski gliniaste lekkie i mocne, gliny lekkie i średnie, pyły zwykłe i ilaste), na 7% gleby średnio przepuszczalne o współczynniku filtracji od 10^{-3} do 10^{-5} m/s (piaski gruboziarniste, średnioziarniste i drobnoziarniste, piaski luźne oraz słabo gliniaste), a na 2% powierzchni zlewni – gleby organiczne (ryc. 63.) [Przybyła i in. 2011].

Zlewnia Skórzynki charakteryzuje się bardzo małą jeziornością (0,3% powierzchni zlewni), która dodatkowo ciągle się zmniejsza. Widoczny na mapie sozologicznej zbiornik wodny przy ul. Poznańskiej w Skórzewie został już przekształcony na tereny intensywnej zabudowy wielorodzinnej. Obecnie istnieje tylko staw Stara Baba na ujściowym odcinku Skórzynki. Głębokość występowania I poziomu wód podziemnych nawiązuje do ukształtowania terenu i nie przekracza 5 m p.p.t., w dolinie Skórzynki 1 m p.p.t. (ryc. 64.).

Wody podziemne analizowanego obszaru charakteryzują się sezonowym reżimem zasilania. Występuje on głównie w okresie roztopów wiosennych w wyniku infiltracji obszarowej. Zasilanie w tym okresie wód podziemnych zachodzi w miarę równomiernie na całym omawianym obszarze, a kulminacje stanów występują z opóźnieniem rzędu 1-9 dni w stosunku do czynników, które je wywołały. W obrębie wysoczyzn morenowych, zbudowanych z glin zwałowych, wody podziemne cechują amplitudy wahań w granicach 1-4 m, co wiąże się z małą pojemnością retencyjną warstw wodonośnych. W miesiącach letnich, w warunkach dłuższej utrzymującego się braku opadów, obserwuje się na obszarze wysoczyzn morenowych okresowy zanik wody w studniach gospodarskich.

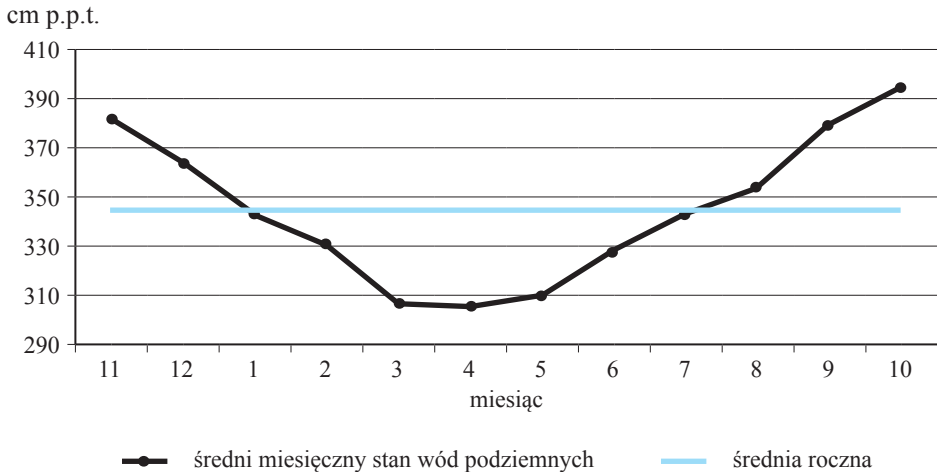


Ryc. 63. Przepuszczalność gruntów w zlewni Skórzynki [Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000, N-33-130-D Poznań]



Ryc. 64. Głębokość zalegania zwierciadła wód gruntowych w zlewni Skórzynki w m p.p.t. [Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000, N-33-130-D Poznań]

Rytm wahań stanów wód podziemnych w studni obserwacyjnej IMGW w Skórzewie wskazuje na charakterystyczny dla wysoczyzn morenowych przebieg i waha się średnio w granicach 306-394 cm p.p.t. (ryc. 65.). Absolutne maksimum zanotowano w kwietniu 1979 r. – 141 cm p.p.t. , a minimum w grudniu 1985 r. – 492 cm.



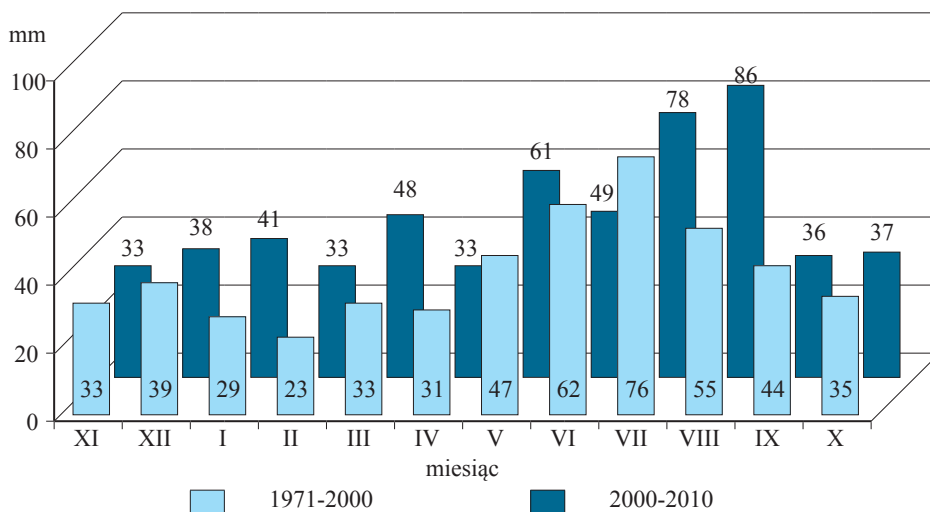
Ryc. 65. Zmienność średnich miesięcznych stanów wód podziemnych na tle średniego rocznego stanu – 345 cm p.p.t. [Kaniecki 2001]

5.2.2. Charakterystyka opadów w zlewni Skórzynki

Zgodnie z podziałem rolniczo-klimatycznym Polski Gumińskiego [1948] analizowany obszar znajduje się w dzielnicy środkowej (VIII), charakteryzującej się najniższym w Polsce opadem średniorocznym (ok. 550 mm), największą ilością dni słonecznych (ponad 50) oraz najmniejszą liczbą dni pochmurnych (poniżej 130). Liczba dni mroźnych waha się od 30 do 50, z przymrozkami od 100 do 110 dni, a przeciętny czas trwania pokrywy śnieżnej wynosi od 50 do 80 dni. Średnia roczna temperatura powietrza na ogół oscyluje wokół wartości 8°C. Czas trwania okresu wegetacyjnego waha się od 210 do 220 dni. Rozpatrywany obszar leży w strefie największych deficytów wodnych. Niedobory wodne, mierzone różnicą rocznych sum opadowych i parowania potencjalnego, wynoszą ok. 100 mm.

Opady atmosferyczne są w Polsce tym elementem klimatu, który podlega największej zmienności przestrzennej i czasowej zarówno w przebiegu rocznym, jak i wieloletnim. Do analizy warunków opadowych w zlewni Skórzynki wykorzystano pomiary IMGW przeprowadzone na stacji meteorologicznej Poznań-Ławica zlokalizowanej w odległości ok. 3 km od Skórzewa, obejmujące wielolecia 1971-2000 oraz 2000-2010. Średnia wartość rocznych sum opadów z wielolecia 1971-2000 wynosi

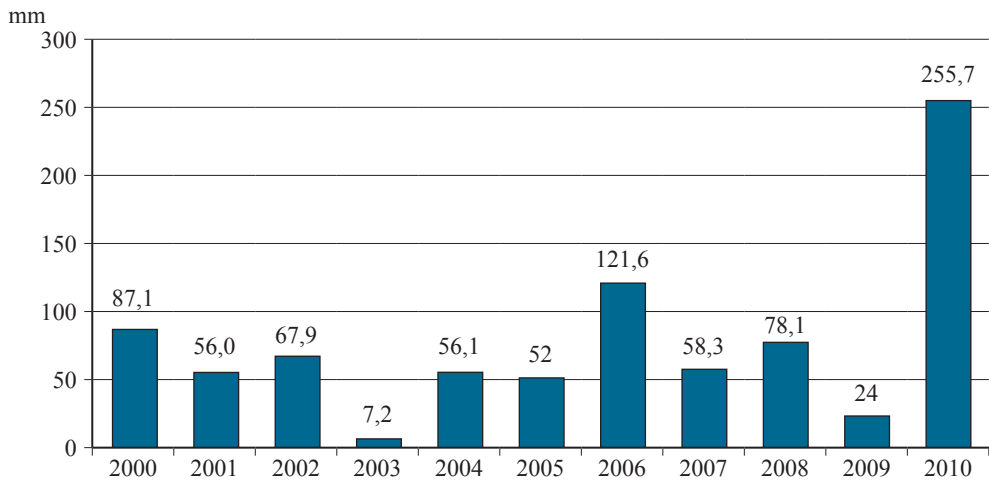
507 mm, a dla lat 2000-2010 – 520 mm. W poszczególnych latach miesięczne sumy opadów były istotnie zróżnicowane, co jest charakterystyczną cechą rocznego przebiegu opadów w całej Wielkopolsce. Najwyższe miesięczne opady atmosferyczne notuje się zwykle w lipcu (77,8 mm), choć ostatnie dziesięciolecie pokazuje, że również i w sierpniu (86,4 mm). Najniższe opady miały miejsce w lutym (23 i 33 mm) oraz w listopadzie (33 mm). Porównując dane z lat 1971-2000 oraz z okresu 2000-2010, odnotowuje się wyraźny wzrost miesięcznych sum opadów dla sierpnia. Różnica ta jest znacząca, gdyż na tle danych z trzydziestolecia jest to ponad 30 mm (ryc. 66.) [Przybyła i in. 2011].



Ryc. 66. Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych dla stacji meteorologicznej Poznań-Ławica z lat 1971-2000 oraz 2000-2010

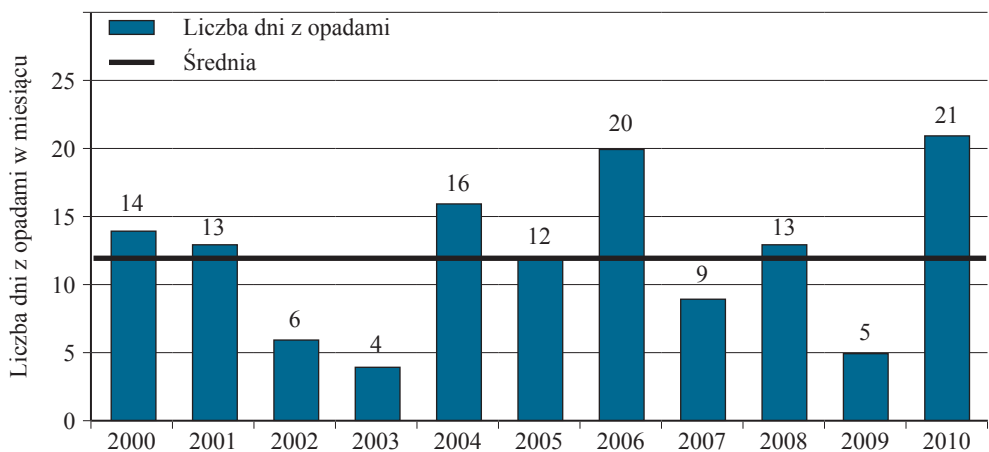
Wpływ na tak znaczny wzrost mają m.in. lata 2006, 2000 i 2008, a zwłaszcza rok 2010, w którym miesięczna suma opadów była prawie pięciokrotnie wyższa od średniej dla sierpnia z wielolecia 1971-2000 (ryc. 67.). W przeciwieństwie do lat 2003 i 2009, gdy w sierpniu wystąpiła susza, w roku 2010 można mówić o powtarzających się ulewach.

Istotne znaczenie dla pełnego opisu stosunków pluwiometrycznych sierpnia ma także liczba dni z opadem. Ogólnie rzecz biorąc, zależy ona od wielu czynników takich jak: odległość od morza, wzniesienia i poziomu morza, rzeźby terenu czy ekspozycji stoków. Analizując przebieg liczby dni z opadem w sierpniu w latach 2000-2010, wyraźnie da się zauważyć pewną zależność pomiędzy ilością miesięcznych sum opadów a liczbą dni z opadami. W okresach, w których padało częściej, niejednokrotnie odnotowywano wzrost sumy opadów. I tak w latach 2006 i 2010, kiedy to wystąpiły największe miesięczne sumy opadów, odnotowano odpowiednio 20 i 21 dni z opadami (ryc. 68.).



Ryc. 67. Sumy miesięcznych opadów w sierpniu w latach 2000-2010 (Poznań-Ławica)

Z punktu widzenia oceny skuteczności funkcjonowania infrastruktury wodno-melioracyjnej, również w ochronie przeciwpowodziowej, szczególnie istotna jest informacja o zróżnicowaniu wielkości sum dobowych opadów atmosferycznych. Duża miesięczna suma opadów może być bowiem wynikiem pojedynczego wysokiego opadu dobowego. W Poznaniu najczęściej, bo przeciętnie 41%, rocznej sumy opadów pochodzi z opadów słabych, z dobową sumą poniżej 5,1 mm, natomiast dni z opadem bardzo silnym (> 20 mm) jest w całym roku zaledwie 2-4. W 2010 r., w sierpniu, w ciągu jednej doby spadło 98 mm wody. Według skali Chomicza opad atmosferyczny, jaki w tym czasie wystąpił, miał charakter deszczu ulewnego II stopnia. Prawdopodobieństwo wystąpienia ponownie takiego opadu szacuje się na 100 lat [Przybyła i in. 2011].



Ryc. 68. Liczba dni z opadami w sierpniu w latach 2000-2010 (Poznań-Ławica)

5.2.3. Ocena potencjału retencyjnego zlewni Skórzynki

Analizowany obszar znajduje się w strefie najniższych odpływów w Polsce. Średnia wartość spływu jednostkowego dla Warty w Poznaniu wynosi $4,1 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$, przy czym wartości ekstremalne wahają się w granicach $0,5\text{-}33,1 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$. Niskie wartości odpływu wynikają zarówno z niskich wartości opadów, jak i z małej zdolności retencyjnej tego obszaru. Obszar ten charakteryzuje ponadto wysoka wartość współczynnika nieregularności przepływów, mierzona ilorazem przepływu maksymalnego do minimalnego. W warunkach przeciętnych stany i przepływy wyższe od średniorocznych utrzymują się od grudnia do maja. Skórzynka odznacza się śnieżno-deszczowym reżimem zasilania, z jednym maksimum i jednym minimum w ciągu roku. Po osiągnięciu wiosennego maksimum, przypadającego najczęściej na marzec, stany i przepływy wody wyraźnie się zmniejszają. Typowe jest szybkie przejście od stanu kulminacji do stanów niżówkowych, które na ogół rozpoczynają się w czerwcu, są stabilne i trwają w zasadzie do końca roku hydrologicznego.

Dla opadów charakterystyczna jest ich obszarowa i czasowa zmienność utrudniająca jednoznaczne wnioskowanie. Potwierdzają to m.in. wcześniejsze analizy ekstremalnych opadów w sierpniu 2010 r. W tym opracowaniu w modelowaniu odpływu posłużono się równomierną wysokością opadu na całym obszarze, którą można stosować dla bardzo małych zlewni (do 10 km^2). Na kształtowanie odpływu dominujący wpływ ma zagospodarowanie zlewni. Z tego względu wykonano analizę zmian i aktualnego zagospodarowania analizowanego obszaru.

Zgodnie z mapą sozologiczną na badanym terenie dominują użytki rolne zajmujące 46% zlewni. Na grunty antropogeniczne terenów zabudowanych przypada z kolei 35%. Uwagę zwraca zwłaszcza wyjątkowo niska jeziorność.

Analizę aktualnego zagospodarowania terenu wykonano na podstawie Urban Atlasu opierającego się na zdjęciach satelitarnych z 2007 r. [Mrozik i in. 2012]. Tereny użytkowane rolniczo zajmują już tylko 31% zlewni, co oznacza spadek o 1/3 w porównaniu z danymi z mapy sozologicznej. Z kolei tereny zabudowy mieszkaniowej wraz zabudową usługową i przemysłową, terenami komunikacyjnymi i kolejowymi zajmują 54%, co oznacza przyrost powierzchni w porównaniu z gruntami antropogenicznymi terenów zabudowanych o ponad połowę. Należy podkreślić, że zabudowa pojawiła się także na gruntach wysokich klas obejmujących kompleksy rolniczej przydatności 1-5 i 8.

W celu potwierdzenia wpływu zmian zagospodarowania terenu na kształtowanie się odpływu na analizowanym obszarze wykorzystana zostanie metoda USDA-SCS.

Zmienność czasowa natężenia deszczu obok czasu trwania i sumy opadu ma zasadniczy wpływ na wielkość wezbrania. Dla określenia zagrożenia związanego

z ekstremalnymi opadami niezbędne jest określenie opadu efektywnego, który jest częścią opadu pozostającą po odjęciu strat powstałych w wyniku zwilżenia powierzchni roślin (intercepcja) i terenu, wypełnienia małych zagłębień terenowych, infiltracji oraz parowania w czasie trwania opadu i formowania się spływu. Straty powstałe w wyniku parowania w czasie trwania opadu są z praktycznego punktu widzenia nieznaczące, inne natomiast mogą występować lub nie w zależności od rodzaju przepuszczalności powierzchni. Straty te można podzielić na straty początkowe poprzedzające proces formowania się spływu (zwilżenie powierzchni, wypełnienie minidepresji) oraz straty występujące w dalszym okresie trwania opadu (infiltrację). W celu określenia opadu efektywnego w tej pracy wykorzystano metodę USDA-SCS, która uzależnia go od rodzaju gleb, sposobu użytkowania terenu oraz uwilgotnienia gleb przed wystąpieniem badanego opadu. Czynniki te ujmuje bezwymiarowy parametr CN przyjmujący wartości od 0 do 100. Parametr ten jest funkcyjnie związany z maksymalną potencjalną retencją zlewni (S) wyrażoną w mm:

$$S = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Parametry CN dla przeciętnych warunków wilgotnościowych przyjęto za Nowicką i Wolską [Rola retencji... 2003]. W celu uproszczenia obliczeń przyjęto założenie, że wszystkie gleby gruntów ornych zaliczają się do grupy o bardzo małej wartości współczynnika filtracji ($k \leq 1,3$ mm/h), gleby łąk i terenów zabudowanych do grupy o przepuszczalności poniżej średniej ($1,3 < k \leq 3,8$ mm/h), a lasy do grupy o glebach o przepuszczalności powyżej średniej i średnim współczynniku filtracji ($3,8 < k \leq 7,6$ mm/h). Parametr CN przyjmował w związku z tym wartości w granicach 60 (las) – 87 (grunty orne), a jego średnia ważona dla analizowanego obszaru wynosi 80 w przeciętnym stanie uwilgotnienia zlewni [Banasik i in. 2000, Byczkowski 1999a i 1999b]. Niski stan uwilgotnienia, oznaczający najmniejszą możliwość wystąpienia odpływu powierzchniowego, gdy gleby w zlewni są wystarczająco suche dla przeprowadzenia orki lub kultywacji, odpowiada parametrowi CN równemu 63, a wysoki oznaczający możliwość wystąpienia odpływu powierzchniowego, gdy gleby są nasycone wodą z poprzednich opadów – 91). W okresie wegetacyjnym dla niskiego stanu uwilgotnienia suma opadów w ciągu 5 dni poprzedzających analizowane zdarzenie wynosi mniej niż 35 mm, natomiast wysoki stan uwilgotnienia poprzedza suma opadów w wysokości większej niż 53 mm.

Na podstawie wyliczonych parametrów określono maksymalną potencjalną retencję zlewni. Dla warunków przeciętnych wynosi ona 64 mm, dla uprzedniego niskiego stanu uwilgotnienia – 149 mm, a dla wysokiego – 25 mm.

W uchwalonej 25 lutego 2013 r. zmianie Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Dopiewo [Uchwała... 2013] na obszarze

zlewni Skórzynki, w obrębie geodezyjnym Skórzewo, przewiduje się jako główny kierunek zagospodarowania tereny zabudowy mieszkaniowo-usługowej (o minimalnej powierzchni działki 700 m² – M1) oraz tereny zabudowy mieszkaniowej z działalnością gospodarczą (M1U). Tereny te łącznie zajmują 77% analizowanej powierzchni. Ponadto na ok. 1% tego obszaru zaplanowano tereny zabudowy mieszkaniowej lub usługowej, dla których na większości obszaru obowiązują miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (MP). Zauważalny jest niewielki udział rolniczej przestrzeni produkcyjnej (R – 9%). Pozostałe obszary stanowią: tereny obiektów produkcyjnych, składów i magazynów (P), tereny usług publicznych – urząd gminy, szkoły, przedszkola, gminne centrum usługowe (U), tereny usług sakralnych (Uks), tereny zieleni parkowej (ZP), tereny zabytkowych cmentarzy (ZC) oraz tereny ujęć wody (W).

5.2.4. Przegląd możliwości zagospodarowania wód opadowych na terenach zurbanizowanych

Zagospodarowanie wód opadowych prowadzące do ograniczenia wielkości ich spływu do odbiorników można uzyskać zarówno poprzez zastosowanie rozwiązań planistycznych (utrzymanie możliwie wysokiego udziału powierzchni przepuszczalnych), jak i technicznych. W przypadku działań tzw. decentralnych ważne jest, aby stosować je na terenie całej zlewni. Na terenach zurbanizowanych w celu ograniczenia (opóźnienia) wielkości odpływu powierzchniowego można stosować następujące środki:

- **Zielone dachy**

W zależności od budowy i rodzaju materiału, z jakiego usypana jest warstwa roślinna (zwykle grubości ok. 30 cm), możliwe jest zatrzymanie 50-90% wody opadowej. Największy odsetek wody gromadzi warstwa konstrukcyjna, jednak istotną rolę odgrywa także roślinność. Część wody trafia poprzez parowanie z powierzchni roślin (transpiracja) oraz substratów glebowych (ewaporacja) do naturalnego obiegu i nie obciąża kanalizacji miejskiej. Nadmiar wody odprowadzany jest z opóźnieniem tylko podczas intensywnych opadów, przyczyniając się do spłaszczenia przepływów szczytowych [Szajda-Birmfeld i in. 2012].

- **Zagłębienia terenowe (niecki filtracyjne)**

Stosuje się na gruntach dobrze przepuszczalnych do odprowadzania wody deszczowej. W przypadku gruntów słabo przepuszczalnych stosuje się dodatkowo drenaż rozsączający. Z niecki filtracyjnej nadmiar wody może być też odprowadzany do kanalizacji deszczowej.

- **Studnie chłonne**

Infiltracja wody odbywa się przez dno studni, niekiedy również w ograniczony sposób przez ściany boczne. W przekroju poprzecznym studnia zajmuje stosunko-

wo niewiele miejsca w porównaniu z innymi elementami, często jest wykonywana z miejscowych materiałów. Studnia rozsączająca w procesie infiltracji wykorzystuje tylko część pojemności, natomiast łączna wysokość martwa to ok. 1 m na otwór [Gudelis-Taraszkiewicz i Suligowski 2008].

– **Skrzynki rozsączające**

Charakteryzują się korzystną geometrią, a infiltracja odbywa się przez ściany, z tym że w zależności od konkretnego systemu oraz konfiguracji w różnym stopniu aktywne są ściany czołowe. W skrzynkach szkieleł montowany z prostokątnych lub kwadratowych elementów ściennych owijany jest następnie geowłókniną. Tradycyjna skrzynka wskazywana dla zabudowy jednorodzinnej to nieduży obiekt, który po ułożeniu w gruncie i zasypaniu nie podlega kontroli i nie nadaje się do udroźnienia bez demontażu. Ich stosowanie pod nawierzchniami stref występowania ciężkiego transportu jest dość problematyczne. Warto podkreślić, że nowe rozwiązania pozwalają ograniczyć problem zamulania skrzynek [Gudelis-Taraszkiewicz i Suligowski 2008].

– **Komory**

Obiekty o stosunkowo dużych jednostkowych pojemnościach i równocześnie niewielkich wysokościach. Podstawowa część infiltracji odbywa się przez otwarte dno, jest ona ewentualnie uzupełniona wpływem przez otwory boczne. Komory są stosowane pojedynczo lub w zespołach. Charakterystycznym rozwiązaniem jest układ szeregowo-równoległy w obsypce z grubego tłucznia, gdzie tłuczeń stwarza dodatkową pojemność retencyjną. W przypadku funkcji retencyjno-rozsączającej warstwa tłucznia jest otoczona geowłókniną, natomiast w przypadku zbiornika retencyjnego – geomembraną. Rozróżnia się dwa podstawowe rozwiązania:

- urządzenia spełniające funkcję retencjonująco-rozsączającą, względnie ograniczoną tylko do retencji,
- wykorzystanie (wyglądem zbliżonych do komór) specjalnych stalowych profili rurowych sprowadzające się do wykonania zbiornika retencyjnego w formie rury o odpowiednio dużej średnicy. Komory są korzystnym rozwiązaniem do użycia na powierzchniach obciążonych ciężkim transportem oraz przy wysokim położeniu zwierciadła wody gruntowej [Gudelis-Taraszkiewicz i Suligowski 2008].

– **Przepuszczalne lub półprzepuszczalne nawierzchnie utwardzone**

Powinny być stosowane na ulicach o małym natężeniu ruchu (drogi lokalne, osiedlowe), na parkingach, chodnikach, placach itp. Do nawierzchni całkowicie przepuszczalnych należą nawierzchnie żwirowe, grysowe, a do półprzepuszczalnych np. kraty metalowe (układane na gruncie i obsiewane trawą), ażurowe płyty betonowe (przez które przebija się trawa), kostka betonowa o ściętych narożach, nawierzchnia terraway – materiał mineralny o porowatej strukturze (żwir lub grys) związany niewielką ilością żywicy epoksydowej [Kozłowska 2008].

– **Beczki, cysterny**

Przechwytyją odpływającą z dachu deszczówkę. W gospodarstwach indywidualnych woda jest przechwytywana w celu ponownego wykorzystania, np. do nawadniania. W przypadku urządzeń podziemnych nie mają charakteru krajobrazowego.

– **Zbiorniki sedymentacyjno-filtracyjne**

Rodzaj tzw. suchego zbiornika, który pokryty roślinnością trawiastą może stanowić element nadrzecznego terenu parkowo-rekreacyjnego. Stosuje się je w celu opóźnienia odpływu oraz oczyszczenia ścieków opadowych przed ich odpływem do odbiornika.

– **Oczka wodne**

Naturalne i sztuczne niewielkich rozmiarów zbiorniki wodne odgrywające ważną rolę krajobrazową.

– **Suchy zbiornik w dolinie poza korytem rzeki**

Napełnienie zbiornika wodami wezbraniowymi umożliwiła budowla piętrząca zlokalizowana w korycie cieką, z kolei zrzut odbywa się poprzez budowlę upustową umieszczoną w zaporze.

– **Staw suchy**

Zbiornik obsadzony roślinnością, okresowo napełniany ściekami opadowymi, spełnia funkcję osadnika, jest wyposażony w upust filtracyjny i przelew awaryjny do przepuszczania przepływów większych od miarodajnego.

– **Staw mokry**

Zbiornik wodny obsadzony roślinnością wodną stale napełniony wodą, zwykle wyposażony w osadnik (zbiornik wstępny), właściwie zaprojektowany może stanowić atrakcyjny element krajobrazu [Popek 2011].

– **Opóźniacze odpływu**

Urządzenia stosowane w ciekach i kanałach otwartych w celu zatrzymania i opóźnienia spływu wody z górnej części zlewni; mogą być stosowane jako budowle pojedyncze lub działać w kaskadzie [Paluch i in. 2005].

5.2.5. Wytyczne dla terenów zurbanizowanych

Intensywna antropopresja związana z suburbanizacją powoduje silne zmiany w środowisku wodnym i sieci hydrograficznej, co przyczynia się m.in. do zmniejszenia retencji powierzchniowej. Znaczne obszary zlewni Skórzynki, zarówno na terenie miasta Poznania, jak i gmin Tarnowo Podgórne i Dopiewo, w wyniku przekształcenia obszarów rolniczych w tereny o gęstej zabudowie mieszkaniowej i przemysłowej uległy w istotnym stopniu uszczelnieniu. Jednocześnie wraz z postępującą urbanizacją poszczególne cieką (niegdyś niewielkie rowy melioracyjne zasilane okresowo w wodę odprowadzane z terenów typowo rolniczych) przekształcają się w jedyne

często odbiorniki wód opadowych dopływających z powstającej sieci kanalizacji deszczowej (są to aktualnie praktycznie otwarte kanały deszczowe). Stwierdzone obecnie wyczerpanie możliwości dalszej rozbudowy cieku (spowodowane np. przez względy własnościowe większości terenów, po których przebiega na terenie m. Poznania) oznacza ograniczenie możliwości dalszego zrzutu do nich ścieków deszczowych, w celu zapobiegania dalszym poważnym konsekwencjom (podtopienia i zalania nieruchomości) dla terenów i obszarów bezpośrednio do nich przyległych.

Na przykładzie zlewni Skórzynki można stwierdzić, że często brakuje korelacji działań inwestycyjnych związanych z budownictwem mieszkaniowym z regulacją gospodarki wodno-ściekowej. W efekcie niedorozwoju infrastruktury technicznej osiąga się wartość progową, która ogranicza dalszy rozwój i powoduje straty finansowe mieszkańców w wyniku podtopień. Pokonanie tych progów, zgodnie z teorią progów Malisza [1963], wiąże się ze znacznymi nakładami finansowymi. Można ich uniknąć w przypadku realizowanej konsekwentnie ponad podziałami administracyjnymi gospodarki zasobami wodnymi w obrębie zlewni. Dla małych zlewni podlegających intensywnym procesom urbanizacyjnym jako zgodne z zasadą zrównoważonego rozwoju i ładu przestrzennego wskazuje się następujące działania:

- 1) Wprowadzenie zasady zintegrowanego gospodarowania zasobami wodnymi w obrębie zlewni ponad podziałami administracyjnymi (m.in. stworzenie wspólnej bazy cyfrowej umożliwiającej na etapie wydawania pozwolenia wodnoprawnego ocenę realnych możliwości podłączenia kolejnego kolektora deszczowego i ocenę zagrożenia powodziowego w zlewni). Konieczna jest także weryfikacja wydanych pozwoleń wodnoprawnych.
- 2) Opracowanie i realizowanie lokalnego programu małej retencji zarówno na terenach zurbanizowanych, jak i nielicznych gruntach ornych. Na terenie zlewni muszą zostać wskazane powierzchnie chłonne, które będą w stanie opóźnić odpływ i zredukować przepływ w przypadku opadów ekstremalnych przekraczających możliwości odbioru danego cieku.
- 3) Opracowanie kompleksowego, ponadgminnego programu zagospodarowania wody deszczowej na terenie zlewni oraz wspieranie i rozwój decentralnych sposobów zagospodarowywania wody deszczowej. Stosując nowoczesne rozwiązania, można zredukować do minimum odpływ z terenu nowo wybudowanych osiedli. Gospodarka wodą deszczową musi być jednak projektowana już na etapie tworzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, tak aby założenia ujęte jako przepis prawa miejscowego były obowiązujące dla właścicieli posesji. Inwestycja w decentralne systemy pozwala uniknąć kosztów związanych z budową nowej sieci kanalizacji deszczowej lub rozbudową już istniejącej.
- 4) Zachęcanie mieszkańców do zachowania jak największej części działki w postaci biologicznie czynnej oraz kontrolowanie zakładanych w miejscowych

planach zagospodarowania przestrzennego wskaźników urbanistycznych dotyczących minimalnego udziału powierzchni biologicznie czynnej na danej posesji.

- 5) Systematyczne konserwowanie cieków oraz modernizacja umocnień w rejonie wylotów kanalizacji deszczowej, a także odbudowa zniszczonych przepustów i przywrócenie drożności całej sieci. Niedopuszczalne jest pojawianie się tzw. wąskich gardeł w postaci przepustów o mniejszej średnicy, zamulonych lub niedrożnych. Udrożnienie odpływu oraz modernizacja cieku musi być przeprowadzana kompleksowo na całej długości cieku przy współpracy wszystkich gmin. Działania indywidualne gmin są nieefektywne i mogą powodować straty na terenie gmin położonych w dolnym biegu cieku.
- 6) Wprowadzenie do studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego poszczególnych gmin oraz miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego zapisów gwarantujących zwiększenie lokalnej retencyjności zlewni lub co najmniej uniemożliwiających zmniejszenie potencjału retencyjnego. Wskazane jest również wyznaczenie w studium powierzchni pod budowę niewielkich zbiorników retencyjnych lub tzw. suchych polderów i sporządzenie dla tych obszarów w możliwie najszybszym czasie miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Kolejnym krokiem powinna być procedura ewentualnego wykupu gruntu pod projektowane inwestycje.
- 7) W przypadku realizacji nowych osiedli lub wielkopowierzchniowych obiektów usługowych albo przemysłowych należy wprowadzić zasadę zagospodarowania wody w granicach przedsięwzięcia. W przypadku braku możliwości zrealizowania tego założenia, należy zastosować zasadę kompensacji, tzn. w miejsce utraconego potencjału retencyjnego wymusić na inwestorze jego odbudowę w innym wskazanym obszarze zlewni [Mrozik i Przybyła 2012].

6. Podsumowanie i wnioski

W dotychczasowej praktyce planistycznej nie podjęto szerszej próby wskazywania kierunków działań zarówno dla obszarów użytkowanych rolniczo, jak i zurbanizowanych w celu zredukowania zagrożenia powodziowego i przeciwdziałania suszy. Często ograniczano się do wyznaczenia stref zagrożenia powodziowego oraz obszarów o niewystarczających zasobach wodnych. Z kolei działania prewencyjne odnosiły się przede wszystkim do rozwiązań technicznych. Z działań planistycznych i agrotechnicznych wskazywano na zalesienia, zadrzewienia i zakrzaczenia śródpolne oraz ogólne wytyczne dotyczące poprawy agrotechniki. Brakuje natomiast szczegółowych programów zarządzania zasobami wodnymi w zlewni w celu ograniczenia ryzyka wystąpienia powodzi i przeciwdziałania suszy. Zamiast kompleksowych rozwiązań dominują opracowania programowe promujące jeden typ poprawy zdolności retencyjnych, np. program rozwoju małej retencji (zastawki, zbiorniki małej retencji, podpiętrzanie jezior), program zwiększania lesistości (zalesienia i zadrzewienia). Dyskutowane są także programy odtwarzania oczek śródpolnych bądź samych zadrzewień. Przedstawione mapy optymalnych metod poprawy naturalnej retencyjności zlewni stanowią materiał wyjściowy do opracowania kompleksowych zaleceń dotyczących zarządzania zasobami wodnymi w zlewni uwzględniających dodatkowo rozpatrywane tylko częściowo w ramach tej pracy rozwiązania techniczne oraz obszary zurbanizowane.

W przypadku metod technicznych (zbiorniki małej retencji) niektóre dokumentacje planistyczne przygotowywane są pod konkretną inwestycję wodną, nie wynikają natomiast z przemyślanej długookresowej strategii działania. Tymczasem w każdej małej zlewni istnieją możliwości zwiększenia jej naturalnej retencyjności poprzez zastosowanie właściwych zabiegów agrotechnicznych i planistycznych w zakresie retencionowania wody. Dodatkowe możliwości na terenach zurbanizowanych stwarzają decentralne systemy zagospodarowania wody opadowej. W wyniku przeprowadzonych analiz na przykładzie zlewni Kani i Skórzynki można sformułować następujące wnioski:

- 1) Poprzez racjonalne zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju i ładu przestrzennego planowanie przestrzenne można ograniczyć spływ powierzchniowy ze zlewni oraz poprawić potencjał retencyjny zlewni i obniżyć ryzyko strat wywołanych powodzią bądź suszą. Przy założeniu tylko 20 mm warstwy dodatkowo uzyskanej w wyniku zabiegów agrotechnicznych na gruntach ornych zlewni Kani można zmagazynować 1,8 mln m³ wody.

- 2) Nietechniczne metody poprawy retencyjności zlewni posiadają również inne środowiskowe korzyści, m.in. ograniczają erozję gleb, poprawiają bioróżnorodność, estetykę krajobrazu, przyczyniają się do poprawy jakości wód. W wyniku zastosowania systemu wspomagania decyzji FLEXT można wskazywać obszary, na których powinny być preferowane zabiegi agrotechniczne i planistyczne w celu poprawy naturalnej retencyjności zlewni. DSS FLEXT można także wykorzystać do wskazywania optymalnych metod zagospodarowania wody opadowej na terenach zurbanizowanych.
- 3) Na obszarach z dominującym szybkim komponentem odpływu w wyniku zastosowania DSS FLEXT nie są preferowane zabiegi agrotechniczne. Można jednak na tych terenach z powodzeniem stosować zabiegi planistyczne w połączeniu z metodami technicznymi, tzn. piętrzeniem cieków. Niezbędne jest wprowadzenie dwustronnych melioracji nawadniająco-odwadniających. Ze względów środowiskowych optymalne byłoby nieodwadnianie gleb torfowo-bagiennych i pozostawienie ich w stanie naturalnym, obejmując je ochroną prawną z możliwością ekstensywnego wykorzystania rolniczego. Ustanowienie nowej formy ochrony przyrody (użytku ekologicznego, obszaru chronionego krajobrazu) powinno zostać poprzedzone kompleksową oceną wartości środowiskowej tych obszarów (identyfikacja cennych siedlisk i gatunków). Wdrażanie poszczególnych zabiegów, zwłaszcza stref buforowych, zadrzewień i zakrzewień śródpolnych oraz zalesień musi zostać każdorazowo poprzedzone analizą środowiskową uwzględniającą aktualny stan środowiska i preferowany na danym obszarze skład gatunkowy siedlisk.
- 4) Programy rolnośrodowiskowe zapewniają środki na wdrażanie metod przeciwdziałających erozji gleb oraz zanieczyszczeniu wód. Poprzez ich efektywne wykorzystanie można poprawić zdolności retencyjne zlewni, a tym samym zmniejszyć zmienność przepływów w rzekach, amplitudę wahań wód gruntowych i straty wynikające z występowania zjawisk ekstremalnych.
- 5) Systemy wspomagania decyzji (DSS) oparte na technologii GIS są użytecznym i podstawowym narzędziem współczesnego planowania przestrzennego ułatwiającym opracowanie dokumentów dla potrzeb decydentów, a następnie podejmowanie ostatecznych decyzji zarówno na poziomie lokalnym, jak i regionalnym. Dodatkowe możliwości powstają dzięki wdrażaniu dyrektywy INSPIRE [Dz. U. L 108/1 z 25.04.2007] ustanawiającej zasady dostępu do informacji przestrzennej dla potrzeb realizacji polityk wspólnotowych w zakresie ochrony środowiska oraz polityk lub działań mogących oddziaływać na środowisko i użytkowanie serwerów WMS. Systemy wspomagania decyzji pomagają w tworzeniu programów wsparcia w celu realizacji i wdrażania nowych strategii, np. poprawy naturalnej retencyjności zlewni oraz zasad zarządzania zasobami wodnymi w zlewni zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną i Dyrektywą Powodziową w celu obniżenia ryzyka wystąpienia negatywnych skutków suszy i powodzi.

- 6) Mapy wskazujące optymalne zabiegi wspierania naturalnej retencyjności zlewni opracowane m.in. na podstawie określenia obszarów z najwyższym potencjałem naturalnej retencyjności oraz dominujących komponentów odpływu powinny być wykonywane na etapie opracowania ekofizjograficznego i następnie uwzględniane w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy.
- 7) Dla obszarów użytkowanych rolniczo nie opracowuje się miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego z wyjątkiem tworzenia mpzp na potrzeby zalesień lub zamiany gruntów rolnych i leśnych na inne cele. Z kolei studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego nie jest aktem prawa miejscowego i zapisy w nim zawarte nie są wiążące dla mieszkańców. Należałoby zatem rozważyć podniesienie rangi suikzpp w celu bardziej efektywnego kształtowania polityki przestrzennej gminy zgodnie z zasadami ładu przestrzennego i zrównoważonego rozwoju.
- 8) W celu lepszego planowania prewencyjnej ochrony przeciwpowodziowej, zgodnie z wymogami Dyrektywy Powodziowej, wskazane jest wprowadzenie w narzędziach planowania przestrzennego dodatkowych kategorii terenu: obszarów przyczyniających się do zwiększenia zagrożenia powodziowego – z dominującymi szybkimi komponentami odpływu oraz obszarów przyczyniających się do zmniejszenia ryzyka powodziowego – z dominującymi wolnymi komponentami odpływu.
- 9) Wprowadzenie zasady zintegrowanego gospodarowania zasobami wodnymi w obrębie zlewni ponad podziałami administracyjnymi, w tym opracowanie i realizowanie ponadgminnego programu małej retencji połączonego z programem zagospodarowania wody deszczowej uwzględniającego m.in. decentralne sposoby zagospodarowywania wody deszczowej, jest kluczowym zadaniem administracji publicznej na poziomie lokalnym w celu przeciwdziałania lokalnym podtopieniom, powodziom miejskim i suszom.
- 10) Planowanie gospodarowania wodą deszczową i retencyjnością zlewni powinno w bardziej szczegółowym zakresie być uwzględniane już na etapie tworzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. W przypadku realizacji nowych osiedli lub wielkopowierzchniowych obiektów usługowych bądź przemysłowych należy dążyć do zagospodarowania wody w granicach przedsięwzięcia. W przypadku braku takich możliwości powinna funkcjonować zasada kompensacji, tzn. w miejsce utraconego potencjału retencyjnego nakłada się na inwestora obowiązek jego odbudowy w innym wskazanym obszarze zlewni.
- 11) Realizacja gospodarowania wodą w granicach zlewni możliwa jest tylko ponad podziałami administracyjnymi. Niezbędny dialog gmin położonych w górnym i dolnym biegu cieku utrudniają odmienne interesy miasta centralnego (rdzenia obszaru metropolitalnego) i gmin podmiejskich (zwłaszcza wiejskich i miejsko-wiejskich).

7. Literatura

1. Aktualizacja programu małej retencji wodnej do realizacji w latach 2005-2015 na terenie województwa wielkopolskiego. 2005. Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska BIPROWODMEL Sp. z o.o. w Poznaniu.
2. Auerswald K. 2002. Landnutzung und Hochwasser. W: Bayerische Akademie der Wissenschaften. Katastrophe oder Chance? Hochwasser und Ökologie. Rundgespräche der Kommission für Ökologie. 24: 67-76.
3. Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z. 2006. Hydrologia ogólna. PWN. Warszawa: 338 ss.
4. Bałazy S., Weysenhoff H., Ziomek K. 2007. Kształtowanie sieci zadrzewień i ich rola na obszarach wiejskich. W: Ochrona środowiska rolniczego w świetle programów rolno-środowiskowych Unii Europejskiej. Bałazy S., Gmiąt A. (red.). Brzesko-Poznań-Turew: 127-141.
5. Banasik K., Górski D., Ignar S. 2000. Modelowanie wezbrań opadowych i jakość odpływu z małych nieobszrowanych zlewni rolniczych. SGGW. Warszawa: 75 ss.
6. Bandermann S. 2001. Untersuchung zur Niederschlagsbewirtschaftung am Beispiel einer saarländischen Gemeinde und Auswirkungen auf die Hochwasserneubildung. W: Heiden S. i in. Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement. Beiträge zum Workshop der Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Saarlouis am 15-16.06.2000. Berlin: 111-139.
7. Bandermann S. 2006. Datenerfassung, Datenauswertung und GIS-Anwendung zu Abkopplungsmaßnahmen in der Siedlungswasserwirtschaft. DWA Seminar: Abkopplungsmaßnahmen in der Siedlungswasserwirtschaft. 21.02.2006. Dortmund
8. Barton A.B., Argue J.R. 2009. Integrated Urban water management for residential areas: a reuse model. *Water Science & Technology*: 813-823.
9. Białek J. 2007. Uprawa płuzna i bezorkowa – wady i zalety. *WRP*. 9 (37): 38-39.
10. Biedroń I., Walczykiewicz T. 2006. Mapy zagrożenia powodziowego w kontekście jego oceny i planowania przestrzennego. *Wiad. IMGW*. 29 (50), z. 3-4: 59-69.
11. Bogdanowicz E., Stachy. 1997. System obliczania maksymalnych opadów prawdopodobnych w Polsce. Cz. 1. *Gospodarka Wodna* 9: 274-279.
12. Bronstert A. 2003. LAHoR – Quantifizierung des Einflusses der Landoberfläche und der Ausbaumaßnahmen am Gewässer auf die Hochwasserbedingungen im Rheingebiet. IRMA-Code 3/DU/1/002. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR). Bericht nr II-18 der KHR. Lelystad – Niederlande.
13. Bruszta-Adamiak E. 2012. Analysis of stormwater retention on green roofs. *Archives of environmental protection*. Vol 38,; 3-13.
14. Byczkowski A. 1999a. *Hydrologia*. T. 1. SGGW. Warszawa: 416 ss.
15. Byczkowski A. 1999b. *Hydrologia*. T. 2. SGGW. Warszawa: 356 ss.
16. Bykowski J., Szafrąński Cz., Fiedler M. 2001. Wpływ piętrzenia wody w rowie melioracyjnym na gospodarkę wodną zdrenowanych gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa*. Z. 477: 23-28.
17. Bykowski J., Szafrąński Cz., Fiedler M. 2004. Dynamika zmian uwilgotnienia czarnych ziem w warunkach piętrzenia wody w rowie melioracyjnym. *Roczn. AR w Poznaniu*. 357: 29-34.

18. Bykowski J., Szafrąński Cz., Fiedler M. 2005. Zmiany uwilgotnienia gleb w warunkach piętrzenia wody w rowie melioracyjnym w zróżnicowanych pod względem opadów okresach wegetacyjnych. Roczn. AR w Poznaniu. 365: 75-81.
19. Carter J. G., 2007, Spatial planning, water and the Water Framework Directive: insights from theory and practice, W: The Geographical Journal, vol. 173, no. 4: 330-342.
20. Charakterystyka regionu wodnego Warty i identyfikacja istotnych problemów gospodarki wodnej. 2007. RZGW. Poznań: 68 ss.
21. Chen D. Ch., Maksimovic C., Voulvoulis N. 2011. Institutional capacity and policy options for integrated urban water management: a Singapore case study. Water Policy. 2011, Vol. 13 Issue 1: 53-68.
22. Choiński A. 2000. Komentarz do mapy hydrograficznej w skali 1 : 50 000 Arkusz M-33-11-C Kobylin. UAM. Poznań.
23. Chojnicki Z. 1992. Współczesne problemy gospodarki przestrzennej. W: Współczesne problemy geografii społeczno-ekonomicznej Polski. Z. Chojnicki, T. Czyż (red.). UAM. Poznań: 9-19.
24. Chormański J., Duong Van K., Grot T., Ignar S. 1998. Zastosowanie „Systemu Modelowania Zlewni (WMS – Watershead Modeling System) do badań hydrologicznych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa. Z. 458: 185-194.
25. Chu X., Mariño M. A. 2005. Determination of ponding condition and infiltration into layered soils under unsteady rainfall. J. Hydrol. 313: 195-207.
26. Cichocki Z. 2006. Problematyka opracowań ekofizjograficznych do projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. IOŚ. Warszawa: 41 ss.
27. Ciepeliowski A. 1999. Podstawy gospodarowania wodą. SGGW. Warszawa.
28. Cieśliński Z. 1997a. Pojęcie, cel i zakres agromelioracji. W: Agromelioracje w kształtowaniu środowiska rolniczego. Z. Cieśliński (red.). Poznań: 15-17.
29. Cieśliński Z. 1997b. Potrzeby rolnictwa w zakresie agromelioracji. W: Agromelioracje w kształtowaniu środowiska rolniczego. Z. Cieśliński (red.). Poznań: 18-20.
30. Cieśliński Z., Szafrąński Cz. 1997. Charakterystyka stosowania zabiegów agromelioracyjnych na glebach mineralnych. W: Agromelioracje w kształtowaniu środowiska rolniczego. Z. Cieśliński (red.). Poznań: 62-76.
31. Cieśliński Z. 1997c. Zabiegi usprawniające odpływ wód podpowierzchniowych. W: Agromelioracje w kształtowaniu środowiska rolniczego. Z. Cieśliński (red.). Poznań: 73-76.
32. Dąbrowski S. 2005. Bilans wód podziemnych w obrębie struktur wodonośnych wraz z oceną ich udokumentowania, wykorzystania oraz określeniem rezerw zasobowych. Hydrokonsult. Poznań.
33. De Graaf R.E., Dahm R.J., Icke J., Goetgeluk R.W., Jansen S.J.T., Van De Ven F.H.M. 2009. Receptivity to transformative change in the Dutch urban water management sector. Water Science & Technology, Vol. 60 Issue 2: 311-320.
34. De Jong E., Kowalchuk T. 1995. The effect of shelterbelts on erosion and soil properties. Soil Sci. 159: 337-345.
35. Dembek W., Liro A. 2001. Ochrona i kształtowanie różnorodności biologicznej i krajobrazowej obszarów wiejskich. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. T.1. z. 2(2): 7-26.
36. Dembowska. 1978. Planowanie przestrzenne w ujęciu systemowym. PWN. Warszawa.
37. Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. 2006. DWA-Themen. Hennef: 109 ss.

38. Dobrzański B., Siuta J., Strzemiński M., Witek T., Zawadzki S. 1973. Zarys ekologii gleb Polski. Wydawnictwo geologiczne. Warszawa.
39. Domański R. 1989. Podstawy planowania przestrzennego. PWN. Poznań-Warszawa.
40. Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Dz. U. L 327 z 22.12.2000.
41. Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. W sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu. Dz. U. L 372 z 27.12.2006.
42. Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE). Dz. U. L 108/1 z 25.04.2007.
43. Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim. Dz. U. L 288 z 6.11.2007.
44. Dyrektywa Rady 70/409/EWG z dnia 2 kwietnia 1979 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa.
45. Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego. Dz. U. L 375 z 31.12.1991.
46. Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory.
47. EEA Report. 2006. Urban sprawl in Europe. The ignored challenge. 60 pp.
48. Etzenberg C. 1998. Zur Regionalisierung der Abflussbildung, Bestimmung flächenspezifischer Abflussbeiträge aus Gebietseigenschaften. Dissertation. Internationales Hochschulinstitut Zittau.
49. Evers E., Rubach H. 2010. Integriertes Flächenmanagement überschwemmungsgefährdeter Gebiete an der niedersächsischen Elbe unter Verwendung OGC-konformer Services. Korrespondenz Wasserwirtschaft. Wasser-Boden-Natur. 1: 30-35
50. Evers M., Krause K.U., Tressl S., Rubach H. 2006. Innovative Instrumente für Hochwasser bezogene räumliche Planung und Integration eines PSS. Endbericht des FLOWS Teilprojektes 3b vi/ www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/Forschungseinrichtungen/ifus/FLOWS?Endbericht?TP.pdf/25.03.2010
51. Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Mager P. 1995. Susze na obszarze Polski w latach 1951-1990. Mater. Bad. IMGW. Gosp. Wod. Ochr. Wód. 16.
52. Fiedler M. 1997. Bilanse wodne śródełnych oczek wodnych na terenie zdrenowanym. AR Poznań. Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska. Maszynopis rozprawy doktorskiej: 70 ss.
53. Gänsrich C., Wollenweber I. 1995. Retention. Eine Methodenuntersuchung zur Planungspraxis. Arbeitsmaterialien 30. Schriftenreihe des Institutes für Landschaftspflege und Naturschutz am Fachbereich Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung. Hannover: 151 ss.
54. Gaździcki J. 1990. Systemy informacji przestrzennej. PPWK. Warszawa.
55. Geiger W., Dreiseitl H. 1999. Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. Proj-przem-Eko Bydgoszcz.
56. Genuchten van M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. W: Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 892-898.

57. Górnjak-Zimroz J. 2007. Wykorzystanie systemów wspomagania decyzji w gospodarce odpadami. Pr. Nauk. IG Politechniki Wrocławskiej. *Studia i Materiały* 118. 33: 25-41.
58. Graddon A.R., Kuczera G., Hardy M.J. 2011. A flexible modeling environment for integrated urban water harvesting and re-use. *Water Science & Technology*. Vol. 63 (10): 2268-2278.
59. Graf R. 2001. Komentarz do mapy hydrograficznej w skali 1 : 50 000 Arkusz M-33-10-B Krzywiń. UAM. Poznań.
60. Gumiński R. 1948. Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych. *Przegląd Meteorologiczny*. Z. 1: 7-20.
61. GWP (2004). *Catalyzing Change: A handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies*. Global Water Partnership, Stockholm, pp. 51.
62. Haase G., Mannsfeld K. 2002. Naturraumeinheiten, Landschaftsfunktionen und Leitbilder am Beispiel von Sachsen. *Forschungen zur deutschen Landeskunde*. 250: 214 ss.
63. Hach G., Höttl W. 1989. Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Wasserrückhalte-, Wasserreinhalte- und Speicherefähigkeit in der Landschaft. *WÖ Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*. 30 (1):8-21.
64. HochNatur. 2007. Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis. Endbericht. DBU 21278: 142 ss.
65. Hoisl R., Nohl W., Engelhardt P. 2000. Naturbezogene Erholung und Landschaftsbild. *Handbuch. KTBL-Schrift 389*.Münster:306 ss.
66. Ignar S. 2002. Application of rainfall-runoff model evaluation of flood mitigation by storage reservoir. *Annals of Warsaw Agricultural University* 33: 103-107.
67. IMGW 2007. Rastrowa Mapa Podziału Hydrograficznego Polski, Arkusz M-33-10-B, M-33-11-C, M-33-10-D, M-33-11-A]
68. IPS. 2006. FLEXT Manual. Ingenieurbüro Prof. Dr. Sieker. Hoppegarten.
69. IV Raport IPCC. 2007. Międzyrządowy Zespół do Zmian Klimatu.
70. Izdebski H., Nelicki A., Zachariasz I. 2007. Zagospodarowanie przestrzenne. Polskie prawo na tle standardów demokratycznego państwa prawnego. Ernst&Young. Warszawa: 87 ss.
71. Jankowiak J., Kędziora A. 2008. Pozytywne i negatywne skutki zmian klimatycznych dla rolnictwa. *Mat. konferencyjne. Zmiany klimatu – szanse, zagrożenia i adaptacja*. UAM. Poznań: 28-46.
72. Januchta-Szostak A. 2011. Woda w miejskiej przestrzeni publicznej. Modelowe formy zagospodarowania wód opadowych i powierzchniowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
73. Jin Z. 2005. Development of Transparent Knowledge-Based Spatial Decision Support System for decentralized Stormwater Management Planning – Case study: Selection of On-Site Stormwater Management Measures of Urban Catchments: Chemnitz and Emscher Region, Germany. Dissertation. Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie, Universität Hannover.
74. Jurga J. 2008. Wpływ technologii uprawy roli na fizyczne właściwości podornej warstwy gleby gliniastej. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*. 5. http://www.pimr.poznan.pl/trol5_2008/JJ_5_2008.pdf/11.11.2009.
75. Juszcak R., Kędziora A. 2004. Retencja małych zbiorników wodnych w zachodniej części Rowu Wysokość. *Roczn. AR w Poznaniu*. 357: 29-34.

76. Kaczmarek L., Medyńska-Gulij B. 2007. Źródła i metody pozyskiwania danych przestrzennych w badaniach środowiska przyrodniczego. Bogucki. Poznań: 145 ss.
77. Kanclerz J., Murat-Błażejewska S., Sojka M. 2005. Rola lasów w tworzeniu małej retencji krajobrazowej. Roczn. AR w Poznaniu. 365: 181-186.
78. Kanclerz J., Murat-Błażejewska S., Sojka M. 2007. Zmienność stanów wody w jeziorach położonych w zlewni Małej Wełny. Zesz. Nauk. Wydz. Bud. I Inż. Środ. Politechniki Koszalińskiej. Inżynieria Środowiska, 23: 695-705.
79. Kaniecki A. 2000. Komentarz do mapy hydrograficznej w skali 1 : 50 000 Arkusz M-33-11-A Gostyń. UAM. Poznań.
80. Kaniecki A. 2001. Komentarz do mapy hydrograficznej w skali 1 : 50 000 Arkusz N-33-130-D Poznań.
81. Karwacka G., Kijowska J., Kijowski A., Żynda S. 2004. Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000. Arkusz M-33-10-D Krobia. UAM. Poznań.
82. Katzenmaier D., Fritsch U., Bronstert A. 2001. Quantifizierung des Einflusses von Landnutzung und dezentraler Versickerung auf die Hochwasserentstehung. W: Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement. S. Heiden i in.. Erich Schmidt Verlag. Berlin: 327-357.
83. Kędziora A. 2007. Bilans cieplny i wodny krajobrazu rolniczego oraz sposoby ich modyfikacji. W: Ochrona środowiska rolniczego w świetle programów rolno-środowiskowych Unii Europejskiej. Bałazy S., Gmiąt A. (red.). Brzesko-Poznań-Turew: 12-39.
84. Kędziora A., Ryszkowski L. 2001. Ocena wpływu struktury krajobrazu na bilans cieplny i wodny zlewni wraz z określeniem jej modyfikującej roli dla efektów zmian klimatycznych. W: Funkcjonowanie geosystemów w zróżnicowanych warunkach morfoklimatycznych – monitoring, ochrona, edukacja. A. Karczewki, Z. Zwoliński (red.). Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich. Poznań: 202-223.
85. Kędziora A., Ryszkowski L., Przybyła Cz. 2005. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych i ich jakości w krajobrazie rolniczym. W: Gospodarowanie wodą w Wielkopolsce. K. Kasprzak (red.). Poznań: 16-25.
86. Kistowski M. Procedura sporządzania opracowań ekofizjograficznych w świetle najnowszych uregulowań prawnych. W: Ochrona przyrody na obszarach rolnych. FWIE. TnRZ. Kraków-Oświęcim: 14-33.
87. Klotz. S. 1996. Entwicklung und Erhaltung naturnaher Ökosysteme in der Agrarlandschaft (Bracheentwicklung). W: Henle K. Forschungsverbundprojekt REGNAL. Regeneration hochbelasteter Ökosysteme (Landschaften) für eine nachhaltige Landnutzung – der Ballungsraum Leipzig-Halle-Bitterfeld als Modellregion. Abschlussbericht. BMBF. 0339419K. UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH. Leipzig:12-17.
88. Koc J., SolarSKI K. 2004. Wpływ lasów na retencję i odpływ wód. Roczn. AR w Poznaniu. 357: 247-255.
89. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. 2004. MriRW i MŚ. Warszawa: 96 ss.
90. Komisarek J. 1994. Zmienność przestrzenna czarnych ziem i gleb płowych falistej moreny dennej Równiny Kościańskiej. Roczn. AR Poznań. 268. Melior. Inż. Środ.15, cz. 2: 205-217.
91. Koncepcja Programowo Przestrzenna – Etap II. Zbiornik małej retencji Gostyń. 2007. P. P. M. Wujek. Poznań.
92. Kondracki J. 2000. Geografia regionalna Polski. PWN. Warszawa: 124-158.

93. Korytowski M., Szafranski Cz., Liberacki D., Stasik R. 2007. Wpływ śródleśnego oczka wodnego na uwilgotnienie gleby w przyległym siedlisku leśnym. Zesz. Nauk. Wydz. Bud. I Inż. Środ. Politechniki Koszalińskiej. Inżynieria Środowiska, 23: 681-694.
94. Korytowski M., Szafranski M. 2008. Zmiany retencji w zlewni śródleśnego oczka wodnego w latach o różnym przebiegu warunków meteorologicznych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa. Z. 532: 133-142.
95. Kosturkiewicz A., Czopor S., Korytowski M., Liberadzki D. 2004. Gospodarka wodna w lasach obrębu Rychtal Nadleśnictwa Syców w Leśnym Kompleksie Promocyjnym Lasy Rychtałskie. Roczn. AR w Poznaniu. 357: 267-277.
96. Kosturkiewicz A., Szafranski Cz. 1990. Instrukcja renowacji systemów drenarskich. Materiały instruktażowe. 82. Falenty.
97. Kosturkiewicz A., Szafranski Cz. 1993. Agromelioracje w gospodarce wodnej gleb terenów bogato rzeźbionych. Roczniki AR w Poznaniu. 244. Poznań.
98. Kowalczak P. 2001. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji w dorzeczu Warty. IMGW. Warszawa: 124 ss.
99. Kowalczyk T., Pływaczyk A. 2007. Wpływ sposobu eksploatacji budowli piętrzących na efekty nawodnienia podsiąkowego zalesionych użytków rolnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa. Z. 519: 145-152.
100. Kowalczyk T., Pływaczyk A., Olszewska B. 2006. Wpływ warunków atmosferycznych na efekty regulacji odpływu na zalesionych gruntach rolnych. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Inż. Środ. 28: 105-113.
101. Kowalczyk T., Pływaczyk A., Orzepowski W. 2004. Wpływ regulowanej gospodarki wodnej na kształtowanie się zapasów wilgoci glebowej zalesionych użytków rolnych. Roczn. AR w Poznaniu. 357: 279-285.
102. Kowalewski Z. 2003. Wpływ retencjonowania wód powierzchniowych na bilans wodny małych zlewni rolniczych. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. 6. IMUZ. Falenty: 126.
103. Kowalewski Z. 2004. Realizacja programów rozwoju małej retencji w Polsce w latach 1997-2003. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Inżynieria Środowiska: 13. 502: 195-210.
104. Kowalczak P. 2001. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji w dorzeczu Warty. IMGW. Warszawa: 124 ss.
105. Kozacki L., Macias A., Bródka S., Rosik W. 2005a. Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000. Arkusz M-33-10-B Krzywiń. UAM. Poznań.
106. Kozacki L., Macias A., Bródka S., Rosik W. 2005b. Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000. Arkusz M-33-11-A Gostyń. UAM. Poznań.
107. Kozacki L., Macias A., Markuszewska I., Rosik W. 2005c. Komentarz do mapy sozologicznej w skali 1 : 50 000. Arkusz M-33-11-C Kobylin. UAM. Poznań.
108. Kozaczyk P., Sielska I., Przybyła Cz., Bykowski J. 2006. Ocena zdolności retencyjnych polderu Wonieść-Kościan. Zesz. Nauk. AR Wrocław 434. Inżynieria Środowiska 28: 115-122.
109. Kozak I., Menshutkin V. V., Klekowski R. Z. 2003. Modelowanie elementów krajobrazu. Lublin: 190 ss.
110. Kozłowska E. 2008. Proekologiczne gospodarowanie wodą opadową w aspekcie architektury krajobrazu. Współczesne problemy architektury krajobrazu. UP Wrocław.

111. Kozłowski M. 2007. Reżim wodny gleb i chemizm wód gruntowych w układach kate-
nalnych Pojezierza Poznańskiego. Praca doktorska wykonana w Katedrze Gleboznaw-
stwa i Rekultywacji AR im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu. Maszynopis: 82 ss. + ryc.,
tab., zał.
112. KPZL. 2003. Krajowy Program Zwiększania Lesistości. Aktualizacja 2003 r. Minister-
stwo Środowiska. Warszawa: 53 ss. + zał.
113. Kraak M., Ormeling F. 1998. Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych. PWN.
Warszawa.
114. Krahe P., Herpertz D., Eberle M., Busch N., Buiteveld H., Naef F., Helbig A., Beers-
ma J. 2004. Entwicklung einer Methodik zur Analyse des Einflusses dezentraler Hoch-
wasserrückhaltmaßnahmen auf den Abfluss des Rheins (DEFLOOD). November
2004. 1-21 der KHR. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes
(KHR). Lelystad – Niederlande.
115. Kreuter T., Nitzsche O. 2005. Biodiversität sächsischer Ackerflächen. Abschlussbericht
zum Projekt „Entwicklung der Biodiversität von Ackerflächen bei umweltgerechtem
Ackerbau“. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 10 (9).
Leipzig :97 ss.
116. Król J. 2003. Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. 1 : 50 000. Ar-
kusz Kobylin (618). PIG. Warszawa: 26 ss.
117. KTBL. 1993. Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Be-
stellung β Arbeitsblatt β Nr. 0236. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Land-
wirtschaft – Arbeitsgruppe „Bodenbearbeitung und Bestellung“.
118. Kundzewicz Z.W., Szwed M. 2008. Globalne zmiany klimatu – występowanie eks-
tremów. Mat. konferencyjne. Zmiany klimatu – szanse, zagrożenia i adaptacja. UAM.
Poznań: 8-18.
119. Langiewicz W., Dudka E. 1971. Dokumentacja techniczna Spółki Wodnej „Kania”.
Gostyń. Maszynopis. 8 ss + zał.
120. Lenart W. 2007a. Kartowanie klimatu. W: Geograficzne badania środowiska przyrod-
niczego. Richling A. (red.). PWN. Warszawa: 214-242.
121. Lenart W. 2007b. Kartowanie wód. W: Geograficzne badania środowiska przyrodni-
czego. Richling A. (red.). PWN. Warszawa: 184-213.
122. Leśniak J. 1985. Planowanie przestrzenne. PWN. Warszawa.
123. Liberadzki D., Szafranski Cz. 2008. Odpływy z małych zlewni o różnym stopniu lesi-
stości. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa . Z. 532: 143-151.
124. Lisowski A., Grochowski M. 2008. Procesy suburbanizacji. Uwarunkowania, formy
i konsekwencje W: K. Saganowski, M. Zagrzejewska-Fiedorowicz, P. Żuber (red.).
Ekspertyzy do Koncepcji Zagospodarowania Przestrzennego Kraju, Ministerstwo Roz-
woju Regionalnego. Warszawa: tom 1, s. 217-280.
125. Lukasheh A.F., Droste R.L., Warith M.A. 2001. Review of Expert System (ES), Geo-
graphic Information System (GIS), Decision Support System (DSS) and their appli-
cations in landfill design and management. Waste Management&Research. 19:177-
185.
126. Łabędzki L. 1997. Potrzeby nawadniania użytków zielonych – uwarunkowania przy-
rodnicze i prognozowanie. Rozpr. Habil. Falenty. IMUZ: 121ss.
127. Łabędzki L. 2004. Problematyka susz w Polsce. Woda Środowisko Obszary Wiejskie.
T. 4. Z. 1.: 47-66.

128. Łabędzki L. 2006. Susze i powódzie – zagrożenia dla rolnictwa. W: Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Nr 18 Woda w krajobrazie rolniczym. Mioduszeński W. (red.). IMUZ. Falenty: 29-43.
129. Magdoff F., Es H. van. 2000. **Building Soils for Better Crops. Second Edition.** Sustainable Agriculture Network: 230 ss.
130. Mager P., Kuźnicka M., Kępińska-Kasprzak M., Farat R. 1999. Zmiany natężenia i częstości pojawiania się susz w Polsce (1891-1995). W: Zmiany i zmienność klimatu Polski. Mater. Ogólnop. Konf. Nauk. Łódź. 3-6.11.1999:159-164.
131. Makala M., Makala C. 2004. Erfassen und Bewerten der bioklimatischen Ausgleichsfunktion. W: v. Haaren C. (red.). Landschaftsplanung. Stuttgart: 192-201.
132. Malisz B. 1963. *Ekonomika kształtowania miast.* Warszawa.
133. Marcinek J., Sychalski M. 1998. Degradacja gleb organicznych Doliny Obry po ich odwodnieniu i długoletnim ich użytkowaniu. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rolniczych. 460: 219-235.
134. Marcinek J. 1994. Rozmiary erozji wodnej gleb w Wielkopolsce. Roczniki AR w Poznaniu 266, 14: 63-73.
135. Marcinek J., Kaźmierowski C., Komisarek J. 1997. Problemy wyznaczania w glebach górnej granicy wody dostępnej dla roślin metodami polowymi. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych. PTPN. 83: 81-97.
136. Marcinek J., Komisarek J. 1991. Rozmieszczenie materii organicznej w układach kateinalnych Gleb Wielkopolski Roczniki AR. Poznań.
137. Marcinek J., Komisarek J. 1993. Przestrzenna ocena zawartości i zasobów materii organicznej w glebach w nawiązaniu do krajobrazów glebowych Wielkopolski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rolniczych. 411: 113-122.
138. Marcinek J., Komisarek J. 2004. Antropogeniczne przekształcenia gleb Pojezierza Poznańskiego na skutek intensywnego użytkowania rolniczego. Poznań.
139. Marcinek J., Komisarek J., Sychalski M. 1990. Gleby środkowej Wielkopolski. W: Obieg wody i bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym. Wyd. Nauk. UAM. Poznań.
140. Marcinek J., Wiślańska A. 1984. Asocjacje czarnych ziem i gleb płowych falistej moreny dennej Równiny Kościańskiej. Roczniki AR Poznań. 149. 5: 64-81.
141. Matuszkiewicz J.M. Kartowanie roślinności. W: Geograficzne badania środowiska przyrodniczego. Richling A. (red.). PWN. Warszawa: 243-271.
142. Merta M., Seidler C., Hellie F., Uhlenbrook S., Tilch N., Zillgens B., Kirnbauer R. 2003. Das Wissensbasierte System FLAB als Instrument zur Prozessbezogenen Raumgliederung von mesoskaligen Einzugsgebieten. W: Klima-Wasser-Flussgebietsmanagement – im Lichte der Flut. Kleeberg (red.). Beiträge zum Tag der Hydrologie am 20-21. März 2003 in Freiburg. Forum für Hydrologie und Wasserwirtschaft. 1: 171-178.
143. Merta M., Sieker H. 2009. Wasserrückhaltepotenziale in Sachsen. Teilprojekt II. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: 126 ss.
144. Miatkowski Z. 1997. Przyczyny zagełszczenia podglebia i jego skutki dla środowiska i rolnictwa. W: Agromelioracje w kształtowaniu środowiska rolniczego. Z. Cieśliński (red.). Poznań: 24-61.
145. Michael A. 2001. Anwendung des physikalisch begründeten Erosionsprognosemodells EROSION 2D-3D – Empirische Ansätze zur Ableitung der Modellparameter. Diss. TU Bergakademie Freiberg. Freiburger Forschungshefte C 488. Geoökologie: 147 ss.

146. Miller A. 1998. Modelowanie obszarowych zmienności różnych miar retencji. AR. Poznań: 34 ss.
147. Mioduszewski W. 1995. Zasady projektowania, budowy i eksploatacji małych zbiorników wodnych. IMUZ. Falenty.
148. Mioduszewski W. 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. IMUZ. Falenty: 165 ss.
149. Mioduszewski W. 2003. Mała retencja. Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego. Poradnik. IMUZ. Falenty: 50 ss.
150. Mioduszewski W. 2006. Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. W: Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Nr 18 Woda w krajobrazie rolniczym. Mioduszewski W. (red.). IMUZ. Falenty: 11-28.
151. Mioduszewski W. 2012. Zjawiska ekstremalne w przyrodzie – susze i powódzie. W: Wybrane problemy ochrony mokradeł. A. Łachacz (red.). UWM. Olsztyn: 57-74.
152. Mioduszewski W., Borys M., Kowalewski Z. 2006. Ochrona przed powodzią. W: Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Nr 18 Woda w krajobrazie rolniczym. Mioduszewski W. (red.). IMUZ. Falenty: 152-171.
153. Molga M. 1986. Meteorologia rolnicza. PWRiL. Warszawa: 492 ss.
154. Mroziak K. 2012. Einfluss der Bodenbearbeitung auf das Retentionsvermögen im Teileinzugsgebiet des Flusses Kania. The Impact of Soil Cultivation Methods on Retention Capacity of Kania River Basin. WasserWirtschaft 5: 11-15.
155. Mroziak K., Bossy M., Zaręba K. 2012. Polityka przestrzenna gmin wiejskich na tle zmian zagospodarowania przestrzennego wynikających z suburbanizacji. Ochrona Środowiska t. 14: 761-771.
156. Mroziak K., Przybyła Cz. 2007. Przestrzenne zróżnicowanie realizacji inwestycji małej retencji w Polsce w latach 1998-2005. Wiadomości Łąkarskie i Melioracyjne. 4. Warszawa: 169-173.
157. Mroziak K., Przybyła Cz. 2012. Problemy zarządzania zasobami wodnymi w procesie suburbanizacji na przykładzie Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego. Finanse Komunalne 12: 37-48.
158. Murat-Błażejewska S., Kujawa J. 2003. Retencja glebowo-gruntowa terenów zlewni rzeki Małej Wępy. Zesz. Nauk. WBIŚ. Koszalin 21: 807-814.
159. Musierowicz A. 1954. Klasyfikacja gleb Polski ustalona przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. Roczniki Gleboznawcze 3: 4-24.
160. Napierała M. 2009. Wpływ technologii uprawy na jakość plonu i koszty produkcji buraka cukrowego. Praca magisterska. IIR. UP. Poznań: 111 ss.
161. Nermend K. Rozwój przestrzennych systemów wspomaganie decyzji. Metodyki informatyki Stosowanej. Kwartalnik Komisji Informatyki PAN. Gdańsk. 2: 63-68.
162. Niehoff D. 2001. Modellierung des Einflusses der Landnutzung auf die Hochwasserentstehung in der Mesoskala. Dissertation. Potsdam.
163. Nietechniczne metody ochrony przed powodzią. Możliwości i ograniczenia. 2005. S. Ignar (red.). SGGW. Warszawa.
164. Niewiadomski Z. 2002. Planowanie przestrzenne. Zarys systemu. Lexis Nexis. Warszawa.
165. Niewiadomski Z. 2005. Regulacje prawne i administracyjne w gospodarce przestrzennej. W: Ochrona środowiska w gospodarce przestrzennej. L. Ryszkowski, A. Kędzióra (red.). ZBŚRiL. Poznań: 73-74.

166. Nilsson K., Pauleit, S., Bell, S., Aalbers, C., Sick Nielsen, Th.A. (Eds.). 2013. *Peri-urban futures: Scenarios and models for land use change in Europe*. Springer, 453 p.
167. Nowak J. 2002. Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. 1 : 50 000. Arkusz Poniec (617). PIG. Warszawa: 30 ss.
168. Nowakowski A., Zair A. 2010. Metodyka budowy modeli matematycznych w systemach wspomaganie decyzji. Konferencja KZZ. Zakopane/ www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2010/112_Nowakowski_A.pdf/25.03.2010.
169. Nowakowski P., Chormański J., Ignar S. 2008. Ocena wpływu zmian użytkowania zlewni na kształtowanie się fal wezbraniowych w małej zlewni rolniczej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* PAN Warszawa. Z. 532: 183-191.
170. Nyc K., Kamionka S., Pokładek R. 1994. Techniczne możliwości wzbogacania zasobów retencji gruntowej. *Zesz. N:19-29.auk.* AR Wrocław 248: 253-259.
171. Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie ogłoszenia aktualizacji krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych (M.P. z 2011 r. poz. 589) wraz z załącznikiem – Aktualizacją programu oczyszczania ścieków komunalnych – AKPOŚK 2010
172. Okruszko T. 2006. Hydrologiczne funkcje mokradeł. W: *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. Nr 18 Woda w krajobrazie rolniczym. Mioduszeński W. (red.). IMUZ. Falenty: 44-59.
173. Paluch J., Paluch A., Palczyński M., Pulikowski K. 2005. Zwiększenie retencji i poprawa jakości wód za pomocą opóźniaczy odpływu. Monografia. 68. Wyd. AR. Wrocław.
174. Parysek J. J. 2006. Wprowadzenie do gospodarki przestrzennej. Wybrane aspekty praktyczne. UAM. Poznań: 199 ss.
175. Peschke G., Etzenberg C., Müller G., Zimmerman S. 1999. Das wissensbasierte System FLAB – ein Instrument zur rechnergestützten Bestimmung von Landschaftseinheiten gleicher Abflussbildung. IHI-Schriften. 10.
176. Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Odry. [M. P. z 2011 r. nr 40, poz. 451]
177. Planowanie w gospodarowaniu wodami. 2008. RZGW. Poznań: 32 ss.
178. Pływaczyk A., Kowalczyk T. 2002. Wpływ regulowanego odpływu na kształtowanie się wód gruntowych terenów zalesionych, użytkowanych wcześniej rolniczo na przykładzie obiektu Ługowinka. *Roczn. AR w Poznaniu*. 342: 401-409.
179. Pływaczyk A., Kowalczyk T. 2007. Gospodarowanie wodą w krajobrazie. Skrypty UP we Wrocławiu. 515. Wrocław: 126 ss.
180. Podział Hydrograficzny Polski. 2007. H. Czarnecka (red.). IMGW. Warszawa.
181. Pokładek R., Nyc K. 2007. Możliwości gospodarowania wodą w małych zlewniach rolniczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* PAN Warszawa. Z. 519: 259-268.
182. Polityka Ekologiczna Państwa w latach 2009-2012 z perspektywą do roku 2016. 2008.
183. Popek Z. 2011. Analiza możliwości zwiększania retencji na obszarach zurbanizowanych w dorzeczu Wisły Środkowej – stan wiedzy i dalsze kierunki działań. Program bezpieczeństwa powodziowego w dorzeczu Wisły Środkowej. Warszawa: 42 ss.
184. Porozumienie z dnia 21 grudnia 1995 r. zawarte między Ministrem Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej a Ministrem Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa dotyczące współpracy w zakresie programu małej retencji. 1995. W: W. Mioduszeński. 2003. *Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego*. Poradnik. IMUZ Falenty: 39-41.
185. Program dla Odry 2006 – aktualizacja. 2011. Projekt. Pełnomocnik Rządu ds. Programu dla Odry 2006. Wrocław: 184 ss.

186. Program dla Odry 2006 – dorzecze Warty. 2000. WUW w Poznaniu. Koordynator programu – J. Grabowski.
187. Program nawodnień rolniczych dla województwa wielkopolskiego. 2008. Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska BIPROWODMEL Sp. z o.o. w Poznaniu.
188. Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko. Narodowa Strategia Spójności 2007-2013. 2006. Projekt zaakceptowany przez RM w dniu 1.08.2006 r. Warszawa. MRR: 208 ss.
189. Program wodno-środowiskowy kraju. 2010. KZGW. Warszawa.
190. Projekt Narodowej Strategii Gospodarowania Wodami 2030 (z uwzględnieniem etapu 2015). 2008. J. Kindler (kierownik zespołu). Proeko. Warszawa: 100 ss.
191. PROW 2007-2013. 2007. Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013. MRiRW. Warszawa: 400ss. + zał.
192. Przybyła Cz. 1994. Gospodarka wodna gleb płowych i czarnych ziem zachodniej części Pojezierza Poznańskiego w roku suchym na tle danych z wielolecia. Roczniki Nauk Rol. Ser. F. 83(3/4).
193. Przybyła Cz., Bykowski J., Mrozik K., Napierała M. 2011. Rola infrastruktury wodno-melioracyjnej w procesie suburbanizacji. Ochrona Środowiska t. 13, cz. 1. 46: 769-786.
194. Przybyła Cz., Mrozik K. 2008. Realizacja inwestycji małej retencji w województwie wielkopolskim w latach 1998-2005. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa. Z. 528: 449-456.
195. Przybyła Cz., Mrozik K. 2010. Aktualne problemy gospodarowania wodą w rolnictwie na przykładzie zlewni rzeki Kani. Wiadomości Łąkarskie i Melioracyjne. 1. Warszawa: 7-10.
196. Przybyła Cz., Mrozik K., Bykowski J., Kozaczyk P., Sielska I. 2008a. Niedobory wody i potrzeby nawodnień w zlewni Kościańskiego Kanału Obry. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa. Z. 532: 237-245.
197. Przybyła Cz., Mrozik K., Tymczuk Z., Sosiński M. 2008b. Uwarunkowania formalno-prawne przygotowania inwestycji małej retencji wodnej. Wiadomości Łąkarskie i Melioracyjne, nr 3. Warszawa: 118-123.
198. Przybyła Cz., Tymczuk Z. 2005. Aktualny stan i program małej retencji dla Wielkopolski. W: Gospodarowanie wodą w Wielkopolsce. K. Kasprzak (red.). Poznań: 6-13.
199. Przybyła Cz., Bykowski J., Mrozik K., Napierała M. 2011. The role of water and Drainage System Infrastructure in the process of Suburbanization Annual Set The Environment Protection 13, cz. 1. 46, pp. 769-786.
200. Pyszny K. 2012. GIS jako źródło informacji o środowisku oraz narzędzie jego oceny. W: Strategiczna ocena oddziaływania na środowisko w planowaniu przestrzennym. R. Bednarek. (red.). Poznań: 105-122.
201. Racinowski R. 1987. Wprowadzenie do fizjografii osadnictwa. PWN. Warszawa.
202. Raper R.L., Reeves W.D., Burt E.C. 1994. Negating the effect of traffic with in-row subsoiling. Int. Conf. On Soil Tillage for Crop Production and Protection of the Environment, Proceedings. ISTRO. Aalborg 1: 67-72.
203. Raszka B. 2003. Poznański przełom Warty w planowaniu systemów ekologicznych. Poznań: 199 ss.
204. Reck H., Caspari S., Hermann G., Kaule G., Mörsdorf S., Schwenninger H. R., Treutner J., Wolf-Schwenninger K. 1999. Die Entwicklung neuer Lebensräume auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Ergebnisse eines Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens des Bundesamtes für Naturschutz. Angewandte Landschaftsökologie. 21: 119 ss.

205. Rippl W. 1995. Management of water cycle and energy flow for ecosystem control: The energy-transport-reaction (ETR) model. W: *Ecological Modelling*. 78: 61-76.
206. Röder M., Beyer C. 2002. Abflussbildung und vorbeugender Hochwasserschutz in der Landes- und Regionalplanung. Dargestellt am Beispiel Sachsens. W: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 34 (7): 197-202.
207. Rola retencji zlewni w kształtowaniu wozbrań opadowych. 2003. Gutry-Korycka M., Nowicka B., Soczyńska U. (red.). Warszawa: 207 ss.
208. Roth D., Eckert H., Schwabe M. 1996. Ökologische Vorrangflächen und Vielfalt der Flächennutzung im Agrarraum – Kriterien für eine umweltverträgliche Landwirtschaft. W: *Natur und Landschaft*. 71(5): 199-203.
209. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie [Dz. U. z 2007 r. Nr 86 poz. 579]
210. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. W sprawie opracowań ekofizjograficznych [Dz. U. z 2002 r. Nr 155 poz.1298].
211. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [Dz. U. z 2010 r. Nr 213 poz. 1397]
212. Rüter S. 2007. Biotopverbund und Abflussretention in der Agrarlandschaft – Modellanalitische Untersuchungen am Beispiel des sächsischen Lösshügellandes. Diss. Univ. Hannover.
213. Rüter S., Reich M. 2007. Multifunctional measures to combine flood protection and nature conservation in agricultural watersheds. W: Hermann, Dabbert I Krimmly (red.) *Flood protection with stake holders in small catchments*.
214. Ryszkowski L. 1992. Strukturalne i funkcjonalne charakterystyki krajobrazu rolniczego. W: *Wybrane problemy ekologii krajobrazu*. ZBŚRiL PAN. Poznań.
215. Ryszkowski L., Kędziora A. 1990. Ekologiczne zasady kształtowania krajobrazu rolniczego celem kontroli zanieczyszczeń wody i melioracji bilansu cieplnego i wodnego. W: *Obieg i bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym*. Ryszkowski L., Marcinek J., Kędziora A. (red.). UAM. Poznań: 183-187.
216. Ryszkowski L., Kędziora A. 1996. Mała retencja wody w krajobrazie rolniczym. *ZN AR we Wrocławiu*. 289: 217-225.
217. Schmidt W., Zimmerling B., Nitzsche O., Krück S. 2001. Conservation tillage – A new strategz in flood control. In: *Advances in urban stormwater and agricultural runoff source controls*. J.Marsalek (red.). NATO Science Series 74: 287-293.
218. Schüler G. 2006. Dezentraler Wasserrückhalt im Wald in Abhängigkeit des Standortpotenzials. W: *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Dezentraler Hochwasserschutz*. Röttcher K. i in. *Beiträge zur Seminar am 16/17. Oktober 2006 in Koblenz*. 17.06: 131-160.
219. Seidler C., Merta M. 2005. Prozess- und skalenbezogene Erfassung und Modellierung der Bildung schneller Abflusskomponenten. Abschlussbericht zum DFG-Bündelprojekt „Abflussbildung und Einzugsgebietmodellierung“. Internationales Hochschulinstitut Zittau.
220. Sieker F., von Haaren C., Reich M., Jasper J., Schmidt W.A. 2007. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte β am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen. AZ 21467, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Osnabrück.

221. Sielska I., Kozaczyk P., Bykowski J. Przybyła Cz. 2007. Wpływ wód gruntowych na uwilgotnienie gleb w zlewni Kościańskiego Kanału Obry. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa. Z. 519: 281-288.
222. Sojka M., Murat-Błażejewska S. 2007. Możliwości poprawy bilansu wodno-gospodarczego zlewni rzeki Małej Wełny. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. PAN Warszawa. Z. 519: 289-300.
223. Sołowiej D. 1992. Podstawy metodyki oceny środowiska przyrodniczego człowieka. UAM. Poznań: 172 ss.
224. Sponagel H., Grottenthaler W., Hartmann K.-J., Hartwich R. Janetzko P., Joisten H., Kühn D., Sabel K.-J., Traidl R. 2005. Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover: 438 ss.
225. SRU. 1985. Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. Sondergutachten „Umweltprobleme der Landwirtschaft“. Bundestagdrucksache 10-3613 z 3.07.1985: 423 ss.
226. Steidl I., Ringler A. 1997. Agrotopie (2. Teilband) – Landschaftspflegekonzept Bayern. Band II.11. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen i Bayerische Akademie für Naturschutz und Landespflege: 254 ss.
227. Stein O.R., Neibling W.H., Logan T.J., Moldenhauer W.C. 1986. Runoff and soil loss as influenced by tillage and residue cover. W: Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 1527-1531.
228. Stuczyński T., Dębicki R. 2006. Zapobieganie suszy glebowej. W: Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Nr 18 Woda w krajobrazie rolniczym. Mioduszeński W. (red.). IMUZ. Falenty: 141-151.
229. Studium generalne budowy zbiornika. Zbiornik wodny Gostyń. Opis techniczny. 1974. Biuro Projektów Wodnych Melioracji w Poznaniu.
230. Suligowski Z., Gudelis-Taraszkiewicz K. 2008. Alternatywne zagospodarowanie wód opadowych. Vademecum dla przedsiębiorców. Olsztyn.
231. Systematyka gleb Polski. 2008. Wersja pierwsza wydania 5. J. Marcinek J. Komisarek (red.). Poznań: 216 ss.
232. Systemy informacji geograficznej w badaniach środowiska przyrodniczego. 1998. M. Kistowski (red.). Wyd. DJ.
233. Szafrąński Cz. 1993. Gospodarka wodna gleb terenów bogato rzeźbionych i potrzeby ich melioracji. Roczniki AR w Poznaniu. Rozprawy Naukowe. 244.
234. Szafrąński Cz. 2007. Zasoby wodne Polski i ich ochrona. W: Zasoby przyrodnicze szansą zrównoważonego rozwoju. J. Nowacki (red.). AR. Poznań: 67-75.
235. Szafrąński Cz., Korytowski M. 2004. Gospodarka wodna w zlewni śródlęsnego oczka wodnego. Roczn. AR w Poznaniu. 357:557-564.
236. Szafrąński Cz., Stasik R. 2004. Stany wody gruntowej i ich związki ze stanami wody w cieku w małej zlewni leśnej. Roczn. AR w Poznaniu. 357:565-571.
237. Szajda-Birnfeld E., Pływaczyk A., Skarżyński D. 2012. Zielone dachy. Zrównoważona gospodarka wodna na terenach zurbanizowanych. UWP. Wrocław: 181 ss.
238. Szałajdewicz J. 2002. Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. 1 : 50 000. Arkusz Gostyń (581). PIG. Warszawa: 27 ss.
239. Szewrański Sz., Żmuda R. 2008. Prognozowanie efektów środowiskowych spowodowanych wprowadzeniem zasad dobrych praktyk rolniczych. UP Wrocław: 86 ss.
240. Szponar A. 2003. Fizjografia urbanistyczna. Warszawa.
241. Thiel E., Schmidt W. A. 2005. Verbesserte Ansätze für Wasser- und Stoffstrommanagement in intensiv genutzten kleinen Einzugsgebieten auf der Grundlage von integrierten

- Nutzen- und Risikobewertungen (wsm300). Abschlussbericht Teilprojekt Fallstudie Trinkwassertalsperre Saidenbach (Erzgebirge). Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Leipzig: 148ss.
242. Trowsdale S., Gabe J., Vale R. 2011. Integrated urban water management in commercial buildings. *Water Science & Technology*: 859-867.
 243. Typologia wód powierzchniowych i wyznaczenie części wód powierzchniowych i podziemnych zgodnie z wymogami RDW 2000/60/WE. 2004. IMGW, IOŚ, PIG i IM.
 244. Uchwała nr XLII/628/2001 Sejmiku Województwa Wielkopolskiego z dnia 26 listopada 2001 r. w sprawie Planu Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Wielkopolskiego.
 245. Uchwała nr XLVI/690/10 Sejmiku Województwa Wielkopolskiego z dnia 26 kwietnia 2010 r. w sprawie uchwalenia zmiany Planu zagospodarowania przestrzennego województwa wielkopolskiego.
 246. Uchwała Rady Gminy Dopiewo nr XLIII/308/13 z dnia 25 lutego 2013 r. w sprawie zmiany Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Dopiewo.
 247. Unger P. W. 1994. *Managing agricultural residues*. Lewis Publishers. Boca Raton. Ann Arbor. Londyn. Tokio.
 248. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. O ochronie przyrody [tj. Dz. U. z 2009 r. Nr 151 poz. 1220, ze zm.]
 249. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne [tj. Dz. U. z 2012 r. poz. 145 ze zm.]
 250. Ustawa z dnia 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej [tj. Dz. U. z 2003 r. Nr 153 poz. 1502 ze zm.]
 251. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. [tj. Dz. U. z 2008 r. Nr 25 poz. 150 ze zm.]
 252. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. [tj. Dz. U. z 2012 r. poz. 647 ze zm.]
 253. Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach [tj. Dz. U. 2011 r. Nr 12, poz. 59 ze zm.]
 254. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych [tj. Dz. U. 2004 r. Nr 121 poz. 1266 ze zm.]
 255. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz ocenach oddziaływania na środowisko [Dz. U. 2008 r. Nr 199 poz. 1227 ze zm.]
 256. Ustawa z dnia 6 lipca 2001 r. o ustanowieniu programu wieloletniego „Program dla Odry – 2006” [Dz. U. Z 2001 r. Nr 98 poz. 1067 ze zm.]
 257. Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o leśnym materiale rozmnożeniowym [Dz. U. 2001 r. Nr 73 poz. 761 ze zm.]
 258. Van der Ploeg, R.R., Ilsemann J., Hermsmeyer D., Machulla G. 2001. Eine geänderte Landnutzung in der Nachkriegszeit als Mitverursacher der Hochwasserprobleme in Deutschland? W: *Hochwasserschutz heute – Nachhaltiges Wassermanagement*. S. Heiden i in.. Erich Schmidt Verlag. Berlin: 151-180.
 259. Viaud V., Durand P., Merot P., Sauboua E., Saadi Z. 2005. Modeling the impact of the spatial structure of a hedge network on the hydrology of a small catchment in an temperate climate. W: *Agricultural Water Management* 74: 135-163.
 260. Winnicki J. 2003. *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. 1 : 50 000*. Arkusz Krzywiń (580). PIG. Warszawa: 40 ss.

261. Władysławski P., Zgorzelski M. 2007. Kartowanie rzeźby powierzchni terenu. W: Geograficzne badania środowiska przyrodniczego. Richling A. (red.). PWN. Warszawa: 66-108.
262. Wohlrab B., Ernstberger H., Meuser A., Sokollek V. 1992. Landschaftswasserhaushalt: Wasserkreislauf und Gewässer im ländlichen Raum. Veränderungen durch Bodennutzung, Wasserbau und Kulturtechnik. Hamburg: 352 ss.
263. Woś A. 1994. Klimat Niziny Wielkopolskiej. Wyd. Naukowe UAM. Poznań: 192 ss.
264. Wrzesiński D. 2001. Komentarz do mapy hydrograficznej w skali 1 : 50 000 Arkusz M-33-10-D Krobia. UAM. Poznań.
265. Wstępna opinia Polskiego Towarzystwa Ochrony Przyrody „Salamandra” na temat opracowania „Program dla Odry 2006 – dorzecze Warty”. 2001. Poznań.
266. Wstępne rozpoznanie możliwości budowy zbiorników wodnych w rejonie miasta Gostynia. Zlewnia rzeki Kani. 1975. Biuro Projektów Wodnych Melioracji w Poznaniu.
267. Wytyczne techniczne GIS – 4 Mapa Sozologiczna Polski. Skala 1 : 50 000 w formie analogowej i numerycznej. 2005. GUGiK. Warszawa: 58 ss.
268. Wytyczne techniczne GIS-3. Mapa hydrograficzna Polski skala 1 : 50 000 w formie analogowej i numerycznej. 2005. GUGiK: 40 ss.
269. Wytyczne w sprawie ustalania granicy rolno-leśnej. 2003. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Ministerstwo Środowiska: 12 ss.
270. Zacharias S., Bohne K. 2008. Attempt of a flux-based evaluation of field capacity. *Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences*. Vol. 171, Issue 3: 399-408.
271. Zacharias S., Wessolek G. 2007. Excluding organic matter content from pedotransfer predictors of soil water retention. *Soil Sci. Soc. Am. J.*
272. Zacharias S., Wilke D. 2007. Methodische Ansätze zur Ermittlung von Flächen mit hohem Wasserrückhaltepotenzial. *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 19.07: 157-165.
273. Zajączkowski K. 1982. Zagadnienia definicji zadrzewień. *Sylvan*. 6: 13-19.
274. Zajączkowski K. 1993. Zadrzewienia jako instrument kształtowania przyrodniczej równowagi krajobrazu. *Krajobraz ekologiczny*. J. Banaszak (red.). Bydgoszcz: 131-142.
275. Załącznik nr 2. Kierunki zagospodarowania przestrzennego gminy Krobia.
276. Zielona Księga Komisji dla Rady, Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów Adaptacja do zmian klimatycznych w Europie – warianty działań na szczeblu UE. SEC. 2007. 849: 27 ss.
277. Zimmerling B. 2003. Begegnungsversuche zum Infiltrationsverhalten von Ackerböden nach der Umstellung der konventionellen auf konservierende Bodenbearbeitung (Dissertation). W: *Horizonte – Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde*. Bachmann J. i in. 5. Institut für Bodenkunde. Hannover.
278. Zimmerling B., Schmidt W. 2002. Beitrag der konservierenden Bodenbearbeitung zum vorbeugenden Hochwasserschutz. *Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*. 7(11). Leipzig.
279. Zimmerman U. 2005. Integrierte Siedlungswasserwirtschaftliche Planung. Dissertation an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Universität Hannover: 209 ss.
280. Zimmermann S. 1999. Regionalisierung in der Hydrologie. Dissertation. Internationales Hochschulinstitut Zittau.
281. Zimny L. 1999. Uprawa konserwująca. *Postępy Nauk Rolniczych*. 5: 41-52.
282. Zlewnia właściwości i procesy. 2006. J. Pociask-Karteczka (red.). UJ. Kraków: 295 ss.
283. Żbikowski A., Żelazo J. 1993. Ochrona środowiska w budownictwie wodnym. Materiały informacyjne. Falstaff. Warszawa.

8. Streszczenie

Celem poznawczym pracy była analiza systemu planowania przestrzennego w zakresie uwzględniania potrzeb ochrony przeciwpowodziowej i przeciwdziałania suszy opartych na poprawie naturalnej retencyjności zlewni oraz weryfikacja przydatności systemów wspomaganie decyzji (DSS) opartych na geograficznych systemach informacyjnych (GIS) w planowaniu przestrzennym na poziomie lokalnym i regionalnym dla zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi w zlewni rzecznej.

Celem aplikacyjnym było natomiast stworzenie uniwersalnej metodyki wykonywania mapy optymalnych zabiegów zwiększania naturalnej retencyjności zlewni oraz wyznaczenie na niej potencjalnych obszarów wdrożenia rozwiązań nietechnicznych wspierających działania z zakresu ochrony przeciwpowodziowej i przeciwdziałania suszy w narzędziach planistycznych regionalnego i lokalnego poziomu planowania.

Powyższe cele zrealizowano na przykładzie zlewni rzeki Kani (IV rząd) o powierzchni 110,5 km² z dominującym użytkowaniem rolniczym (88%) położonej w strefie największych potrzeb rozwoju małej retencji wodnej. W pracy wykorzystano DSS FLEXT i DSS FLAB oraz oprogramowanie GIS – ArcGIS i MapInfo.

W procesie decyzyjnym obszarów użytkowanych rolniczo uwzględniono zabiegi agrotechniczne: uprawę konserwującą, siew bezpośredni, wsiewki poplonewe i międzyplony, agromelioracje, oraz planistyczne: zalesianie, zamianę gruntów ornych i intensywnie użytkowanych trwałych użytków zielonych w ekstensywne użytki zielone, wprowadzenie zadrzewień śródpolnych, zakładanie miedz śródpolnych z wieloletnimi trawami i roślinami zielnymi, tworzenie stref buforowych wód powierzchniowych. Proces decyzyjny uwzględniał 10 czynników i opierał się o stworzoną bazę danych umożliwiającą ocenę i klasyfikację poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że dotychczasowe dokumenty planistyczne obejmujące teren zlewni Kani w niewielkim stopniu uwzględniają naturalne metody zwiększania retencyjności. Określony w pracy potencjał naturalnej retencyjności zlewni może zostać wykorzystany poprzez zastosowanie wskazywanych metod planistycznych i agrotechnicznych, co przyczyniłoby się do obniżenia strat związanych ze zdarzeniami ekstremalnymi – suszami i powodzią. Opracowana metodyka poprawy retencyjności zlewni powinna zostać wykorzystana na etapie opracowania ekofizjograficznego gminy bądź województwa.

W pracy przedstawiono także problemy związane z zarządzaniem zasobami wodnymi na przykładzie Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeby realizacji polityki zlewniowej na przykładzie zlewni

Skórzynki położonej na terenie miasta Poznań oraz gmin wiejskich Dopiewo i Tarnowo Podgórne. Praca zawiera także propozycje rozwiązań możliwych do wdrożenia oraz zwraca uwagę na koszty związane ze skuteczną realizacją programu wodno-środowiskowego kraju.

9. Summary

The cognitive objective of the presented dissertation was the analysis of polish land use planning system including the necessity of flood and draught prevention based on the improvement of natural water retention of the river basin and verification of the usefulness of Decision Support Systems (DSS) based on Geographical Information Systems (GIS) in land use planning at regional and local level for Integrated Water Resources Management.

The purpose of the application was to create of the universal methodology for optimal treatments map performance to increase water retention capacity of river basin and evaluation and identification of its potential areas of non-technical measures to support actions of the preventive flood protection and draught protection in the planning tools of regional and local level planning.

These objectives was realized using the example of Kania river basin (IV rank) covering 110.5 km² predominantly (88%) used for agricultural purposes and localized in a zone of the highest necessity of small water retention development. In that work DSS FLEXT and DSS FLAB and GIS software – ArcGIS and MapInfo was applied.

In decision making process of areas used for agricultural areas DSS FLEXT agrotechnics (conservation tillage, tillage zero, aftercrops and agromelioration) and planning (afforestation, conversion of arable land and intensively used grassland into the extensive grassland, the introduction of mid-field shelterbelts, establishment of miedfield lines of grasses and herbaceous plants, creation of buffer zones of surface water) measures were included. The decision process took into 10 factors and based on data base created to permit an assessment and classification of the various components of natural environment.

The studies have confirmed that the existing planning documents including the Kania river basin slightly the natural methods of increasing water retention capacity included. Contained in the labor potential of the natural water retention of the Kania river basin can be used by application indicated the methods of planning and cultivation, which would reduce the losses associated with extreme events – draughts and floods.

The developed concept of improvement of water retention basin should be applied during preparing of regional or communal ecophysiological study.

The paper presents also the issues related to the water resources management on the example of the Poznan metropolitan area, with particular emphasis on the need for realisation of catchments policy on the example of Skórzyńska catchment located in the city of Poznan and rural communities Dopiewo and Tarnowo Podgórne. The paper also includes proposals for solutions that can be implemented in the analyzed areas and draws attention to the costs associated with the effective implementation of the national water and environmental programme.

10. Spis tabel

Tab. 1.	Porównanie poziomów planowania w gospodarce przestrzennej i wodnej	19
Tab. 2.	Podział metod retencji wg Mioduszewskiego [2006]	29
Tab. 3.	Charakterystyka fizjograficzna zlewni rzeki Kania	49
Tab. 4.	Charakterystyka warunków hydrograficznych rzeki Kania	50
Tab. 5.	Struktura kompleksów rolniczej przydatności gleb w zlewni rzeki Kani	63
Tab. 6.	Podstawowe parametry bilansu wodnego i zasobów dynamicznych zlewni Kani	72
Tab. 7.	Wybrane działania zawarte w Programie rolnośrodowiskowym kraju dla zlewni Kani wpływające na retencyjność zlewni [Program... 2010]	81
Tab. 8.	Potencjalne znaczenie proponowanych metod w odniesieniu do celów ochrony środowiska [zmienione za Rüter i Reich 2007 oraz Sieker i in. 2007]	86
Tab. 9.	Porównanie parametrów gleby uprawianej metodą konwencjonalną, konserwującą oraz konserwującą z zastosowaniem siewu bezpośredniego [Schmidt i in. 2001]	89
Tab. 10.	Klasyfikacja komponentów odpływu całkowitego w DSS FLAB [HochNatur 2007, Seidler i Merta 2005]	117
Tab. 11.	Klasyfikacja spadków terenu zlewni Kani dla DSS FLAB	120
Tab. 12.	Klasyfikacja gleb zlewni Kani dla DSS FLAB	121
Tab. 13.	Klasyfikacja wód powierzchniowych zlewni Kani dla DSS FLAB	122
Tab. 14.	Klasyfikacja użytkowania terenu zlewni Kani dla DSS FLAB	123
Tab. 15.	Klasyfikacja dominujących komponentów odpływu zlewni Kani	125
Tab. 16.	Intensywność przyjętych do obliczeń opadów oraz ich kategoria w skali Chomicza [Byczkowski 1999b]	126
Tab. 17.	Udział objętości infiltracji na powierzchniach z dominującym odpływem podziemnym w stosunku do ogółu zlewni	133
Tab. 18.	Macierz decyzyjna dla obszarów użytkowanych rolniczo w zlewni rzeki Kani	139
Tab. 19.	Charakterystyka SCWP w obrębie POM i przewidzianych dla nich działań zawartych w Programie rolnośrodowiskowym kraju [Mrozik i Przybyła 2012]	165
Tab. 20.	Istotne problemy gospodarki wodnej dla regionu Warty dla zlewni bilansowych w obrębie POM [Charakterystyka regionu... 2007, Planowanie... 2008]	168

11. Spis rycin

Ryc. 1.	Elementy składowe wojewódzkich programów małej retencji [Kowalewski 2003]	30
Ryc. 2.	Przyrost retencionowanej wody w wyniku realizacji inwestycji z zakresu małej retencji w Polsce w latach 1998-2005 [Mrozik i Przybyła 2007]	31
Ryc. 3.	Uproszczona struktura systemu wspomagania decyzji [Evers i in. 2006]	35
Ryc. 4.	Schemat realizacji projektu badawczego	42
Ryc. 5.	Położenie zlewni Kani na tle podziału hydrograficznego regionu wodnego Warty	46
Ryc. 6.	Użytkowanie terenu zlewni rzeki Kani [Mapa wektorowa poziomu drugiego (V-Map L2) i Mapa sozologiczna Polski w skali 1 : 50 000]	47
Ryc. 7.	Struktura użytkowania zlewni rzeki Kani	47
Ryc. 8.	Krzywa hipsograficzna zlewni Kani ze środkową wysokością (medialną) (H_m)	50
Ryc. 9.	Lokalizacja budowli piętrzących i obszarów nawadnianych podsiętkowo oraz kartodiagram potencjalnej retencji korytowej budowli piętrzących	52
Ryc. 10.	Struktura powierzchniowej budowy geologicznej zlewni Kani	55
Ryc. 11.	Powierzchniowa budowa geologiczna zlewni Kani [Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000]	56
Ryc. 12.	Przepuszczalność gruntów w zlewni Kani [Mapa hydrograficzna Polski w skali 1 : 50 000]	59
Ryc. 13.	Struktura pokrywy glebowej zlewni rzeki Kani	60
Ryc. 14.	Typy gleb w zlewni Kani [Mapa glebowo-rolnicza w skali 1 : 25 000]	61
Ryc. 15.	Kompleksy rolniczej przydatności gleb w zlewni rzeki Kani [Mapa glebowo-rolnicza w skali 1 : 25 000]	64
Ryc. 16.	Typy reżimów wodnych gleb w zlewni rzeki Kani [Dobrzański i in. 1973, Mapa glebowo-rolnicza w skali 1 : 25 000]	65
Ryc. 17.	Maksymalne wartości dobowych opadów na posterunku opadowym w Gostyniu w latach 1954-1981	68
Ryc. 18.	Maksymalne, minimalne i średnie sumy miesięcznych opadów na posterunku opadowym w Gostyniu i Szelejewie w latach 1954-1981	68
Ryc. 19.	Częstość występowania okresów bezopadowych (5-, 10-, 15-dniowych) w okresie wegetacyjnym w latach 1989-2008 na posterunku opadowym w Szelejewie	69
Ryc. 20.	Przebieg średnich miesięcznych temperatur i sum miesięcznych opadów na stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski w latach hydrologicznych 1999-2008	70
Ryc. 21.	Maksymalne godzinowe opady w poszczególnych latach hydrologicznych na stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski w latach 1999-2008 ($p_{0,1} = 27,2$ mm)	70

Ryc. 22.	Przebieg najintensywniejszego opadu godzinowego na stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski w latach hydrologicznych 1999-2008 (12.07.2006)	71
Ryc. 23.	Maksymalne dobowe opady na stacji meteorologicznej Nadleśnictwa Piaski w latach hydrologicznych 1999-2008 ($p_{0,1} = 39,4$ mm)	71
Ryc. 24.	Przebieg średnich miesięcznych przepływów w rzece Kani z wielolecia 1951-2000 na tle średnich miesięcznych sum opadów z wielolecia 1999-2008 w Piaskach i 1999-2008 w Szelejewie	73
Ryc. 25.	Położenie zwierciadła wód gruntowych (w m p.p.t.) oraz GZWP nr 308 na terenie zlewni Kani	74
Ryc. 26.	Powiązania pomiędzy funkcją retencyjną a innymi funkcjami krajobrazowymi [na podstawie Rüter i Reich 2007]	85
Ryc. 27.	Porównanie uprawy konwencjonalnej, konserwującej i siewu bezpośredniego [KTBL 1993]	88
Ryc. 28.	Porównanie zmian w przebiegu infiltracji wody w przypadku uprawy konwencjonalnej (tradycyjnej) i konserwującej [Dezentrale... 2006]	92
Ryc. 29.	Zlewnia Kani na tle potrzeb i preferencji zalazieniowych gmin powiatu gostyńskiego według wariantu III – środowiskowego KPZL [KPZL 2003]	101
Ryc. 30.	Schemat określania potencjalnej efektywnej naturalnej retencyjności zlewni [Sieker i in. 2007]	115
Ryc. 31.	Schemat działania DSS FLAB	116
Ryc. 32.	Spadki terenu w zlewni Kani wg klasyfikacji dla DSS FLAB	120
Ryc. 33.	Rozmieszczenie gleb w zlewni Kani wg klasyfikacji dla DSS FLAB	121
Ryc. 34.	Charakterystyka wód powierzchniowych w zlewni Kani wg klasyfikacji DSS FLAB	122
Ryc. 35.	Użytkowanie terenu w zlewni Kani wg klasyfikacji dla DSS FLAB	123
Ryc. 36.	Dominujące komponenty odpływu w zlewni rzeki Kani	125
Ryc. 37.	Wysokość opadu przyjęta do obliczenia potencjalnej naturalnej retencyjności zlewni	126
Ryc. 38.	Rozmieszczenie potencjału naturalnej retencyjności zlewni rzeki Kani – udział infiltrującej wody do sumy opadu w % (opad 72-godzinny, $p = 0,1$ i $p = 0,01$)	127
Ryc. 39.	Rozmieszczenie potencjału naturalnej retencyjności zlewni rzeki Kani – udział infiltrującej wody do sumy opadu w % (opad 12-godzinny, $p = 0,1$ i $p = 0,01$)	128
Ryc. 40.	Rozmieszczenie potencjału naturalnej retencyjności zlewni rzeki Kani – udział infiltrującej wody do sumy opadu w % (opad 1-godzinny, $p = 0,1$ i $p = 0,01$)	129
Ryc. 41.	Potencjalna całkowita objętość infiltracji w zlewni Kani w zależności od długości okresu bezopadowego poprzedzającego opad, długości opadu oraz jego prawdopodobieństwa ($z - p = 0,1$, $h - p = 0,01$)	130

Ryc. 42.	Całkowita objętość wody potencjalnie nieinfiltrującej w zlewni Kani w zależności od długości okresu bezopadowego poprzedzającego opad, długości opadu oraz jego prawdopodobieństwa ($z - p = 0,1$, $h - p = 0,01$)	131
Ryc. 43.	Rozmieszczenie potencjalnej efektywnej retencyjności zlewni rzeki Kani – udział infiltrującej wody do sumy opadu w % (opad poprzedzony 5-dniowym okresem bezopadowym)	132
Ryc. 44.	Struktura wykorzystania rozpatrywanych opadów w zlewni Kani w zależności od długości okresu bezopadowego poprzedzającego opad, długości opadu oraz jego prawdopodobieństwa ($z - p = 0,1$, $h - p = 0,01$)	134
Ryc. 45.	Schemat opracowywania map optymalnych zabiegów poprawy naturalnej retencyjności zlewni na terenach użytkowanych rolniczo	136
Ryc. 46.	Okno dialogowe do wprowadzania reguł decyzyjnych w DSS FLEXT	137
Ryc. 47.	Widok okna roboczego ArcGIS ze strukturą sklasyfikowanej bazy danych wybranej jednostki przestrzennej	140
Ryc. 48.	Klasyfikacja użytkowania terenu zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	141
Ryc. 49.	Klasyfikacja wielości pól w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	142
Ryc. 50.	Klasyfikacja spadków terenu w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	143
Ryc. 51.	Klasyfikacja obszarów zalewowych w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	143
Ryc. 52.	Klasyfikacja potencjału naturalnej retencyjności w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	144
Ryc. 53.	Klasyfikacja dominujących komponentów odpływu w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	145
Ryc. 54.	Klasyfikacja obszarów zdrenowanych w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	146
Ryc. 55.	Klasyfikacja przydatności rolniczej w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	146
Ryc. 56.	Klasyfikacja odległości od wód w zlewni rzeki Kania dla DSS FLEXT	147
Ryc. 57.	Mapa optymalnych zabiegów wspierających naturalną retencyjność zlewni rzeki Kani	148
Ryc. 58.	Możliwości zastosowania zabiegów poprawiających naturalną retencyjność w zlewni Kani	149
Ryc. 59.	Mapa planowania zabiegów agrotechnicznych – UK, WP, AM w zlewni rzeki Kani	151
Ryc. 60.	Mapa planowania zalesienia w zlewni rzeki Kani	151
Ryc. 61.	Porównanie potencjalnych efektów zabiegów nietechnicznych (suma infiltracji na powierzchniach z dominującym wolnym komponentem odpływu dla opadu godzinowego o $p = 0,1$ i 5-dniowym okresie bez opadu) i technicznych (projektowany ZMR Gostyń oraz planowane w programie małej retencji budowle piętrzące i stawy) oraz średniego rocznego odpływu ze zlewni rzeki Kani	154
Ryc. 62.	Położenie zlewni Skórzynki na tle podziału administracyjnego	170

Ryc. 63.	Przepuszczalność gruntów w zlewni Skórzynki [Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000, N-33-130-D Poznań]	172
Ryc. 64.	Głębokość zalegania zwierciadła wód gruntowych w zlewni Skórzynki w m p.p.t. [Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000, N-33-130-D Poznań]	172
Ryc. 65.	Zmienność średnich miesięcznych stanów wód podziemnych na tle średniego rocznego stanu – 345 cm p.p.t. [Kaniecki 2001]	173
Ryc. 66.	Średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych dla stacji meteorologicznej Poznań-Ławica z lat 1971-2000 oraz 2000-2010	174
Ryc. 67.	Sumy miesięcznych opadów w sierpniu w latach 2000-2010 (Poznań-Ławica)	175
Ryc. 68.	Liczba dni z opadami w sierpniu w latach 2000-2010 (Poznań-Ławica)	175

12. Spis fotografii

Fot. 1.	Wysokie stany wody w Kani poniżej km 1 + 274	44
Fot. 2.	Rolniczy krajobraz zlewni Kani z widocznym obniżeniem pradolinowym	48
Fot. 3.	Kania powyżej ujścia Dopływu z Piasków (Starej Kani) w km 5 + 360 z pojedynczymi zadrzewieniami	51
Fot. 4.	Jaz piętrzący wodę w Kani w km 1 + 274 (wysokość maksymalnego piętrzenia 0,85 m)	53
Fot. 5.	Stopień wodny na Dopływie z Piasków	54
Fot. 6.	Erozja wodna gleby na skutek intensywnego spływu powierzchniowego	84
Fot. 7.	Wielkoobszarowe powierzchnie uprawy kukurydzy – odpowiednie do zastosowania uprawy zerowej	88
Fot. 8.	Przykład nieprzestrzegania zakazu koszenia okrężnego od zewnątrz do środka działki obowiązującego na terenach objętych pakietem ekstensywne trwałe użytki zielone	105
Fot. 9.	Przykład negatywnej praktyki – zamiany trwałych użytków zielonych na grunty orne	106
Fot. 10.	Zadrzewienia śródpolne w zlewni Rowu Ostrowskiego	108
Fot. 11.	Pojedyncze zadrzewienia śródpolne w okolicach Czachorowa	109
Fot. 12.	Maksymalne wykorzystanie powierzchni ornej kosztem strefy buforowej Brzezinki	112
Fot. 13.	Przykład zachowanej strefy buforowej wzdłuż cieku Brzezinka	112
Fot. 14.	Podorywanie miedz śródpolnych na zboczach doliny Dopływu z Piasków	113
Fot. 15.	Fragment dobrze zachowanej miedzy śródpolnej z zakrzaczeniami	114
Fot. 16.	Przykład powierzchni szybko nasycających się – dolina Kani – dominuje odpływ z powierzchni nasyconych (23 – kod DSS FLAB)	124
Fot. 17.	Przykład pola z możliwym zastosowaniem zabiegów UK, UO, WP, AM, ZSP i M	150
Fot. 18.	Górny odcinek biegu Kani – wskazane rozszerzenie strefy buforowej i odbudowa zadrzewień	150
Fot. 19.	Trwałe użytki zielone w czaszy projektowanego zbiornika małej retencji Gostyń	153
Fot. 20.	Łąki na glebach organicznych – wskazana analiza środowiska i ewentualne utworzenie powierzchniowej formy ochrony przyrody	155

13. Wykaz skrótów zastosowanych w pracy

AM	agromelioracje – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
bd	brak danych
BMZ	brak możliwych zastosowań – skrót stosowany w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
DGWD	dolna granica wody dostępnej dla roślin
DJP	duża jednostka przeliczeniowa
DSS	system wspomagania decyzji (<i>Decision Support System</i>)
GGWD	górna granica wody dostępnej dla roślin
GIS	geograficzny system informacyjny (<i>Geographic Information System</i>)
GO	grunty orne
GZWP	główny zbiornik wód podziemnych
IMGW	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
IUNG	Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach
IWRM	zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi (<i>Integrated Water Resources Management</i>)
JCWP	jednolita część wód powierzchniowych
JCWPd	jednolita część wód podziemnych
KDPR	kodeks dobrej praktyki rolniczej
KKO	Kościański Kanał Obry
kpzk	koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju
KPZL	Krajowy Program Zwiększania Lesistości
krp	kompleks rolniczej przydatności gleb
KZGW	Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej
L	las
M	zakładanie miedz śródpolnych z wieloletnimi trawami i roślinami zielnymi – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
mpzp	miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego
MŚ	Ministerstwo Środowiska
NSGW	Narodowa Strategia Gospodarowania Wodami 2030
ONO	obszar najwyższej ochrony
POM	Poznański Obszar Metropolitalny
OSN	obszar szczególnie narażony na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych
PEP	Polityka Ekologiczna Państwa
POŚ	Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. [Dz. U. z 2008 r. Nr 25 poz. 150 ze zm.]
PPW	polowa pojemność wodna

PW	Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne [tj. Dz. U. z 2012 r. poz. 145 ze zm.]
pzpw	plan zagospodarowania przestrzennego województwa
PZPWW	Plan zagospodarowania przestrzennego województwa wielkopolskiego
RDW	Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Dz. U. L 327 z 22.12.2000
RMS	rozporządzenie Ministra Środowiska
RZGW	regionalny zarząd gospodarki wodnej
SB	tworzenie stref buforowych wód powierzchniowych – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
SIP	system informacji przestrzennej
SJCW	scalona jednolita część wód powierzchniowych
suikzp	studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego
TUZ	trwałe użytki zielone
UK	uprawa konserwująca – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
UO	siew bezpośredni, uprawa zerowa – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
UoPiZP	Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [tj. Dz. U. z 2012 r. poz. 647 ze zm.]
UZ	zamiana gruntów ornych i intensywnie użytkowanych TUZ w ekstensywne użytki zielone – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
WBPP	Wielkopolskie Biuro Planowania Przestrzennego
WMS	Web Map Service – międzynarodowy standard udostępniania map w Internecie
WP	wsiewki poplonowe – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
WPD	woda potencjalnie dostępna dla roślin
Z	zalesianie – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT
ZSP	zadrzewienia śródpolne – zabieg ujęty w procesie decyzyjnym DSS FLEXT