

Zastosowanie metody SPRC dla wybranych przekrojów Półwyspu Helskiego

Application of SPRC method for chosen cross sections of the Hel Peninsula

mgr inż. Beata. Kowalska, dr inż. Marzenna Sztobryn, mgr inż. Rafał Parda

**Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Morski w Gdyni**

Zarządzanie na wszystkich szczeblach administracyjnych, także w gospodarce wodnej, wymaga stworzenia narzędzi pozwalających na szybkie i skuteczne podejmowanie decyzji. Jednym z największych problemów w tym zakresie jest sposób udostępniania wyników badań naukowych decydentom w celu szybkiego określenia ryzyka wynikającego z zagrożenia. Jedną z metod, stworzoną pierwotnie dla określania jakości wody jest metoda SPRC (Source - Pathway- Receptor - Consequences). Poniżej przedstawiono wyniki prac nad przygotowaniem założeń do techniki SPRC (a w szczególności identyfikacja czynników określających S, P, R oraz C) do zarządzania ochroną brzegów morskich, na przykładzie wybranych przekrojów Półwyspu Helskiego. Analizowany obszar został wybrany ze względu na największą stwierdzoną interakcję pomiędzy oddziaływaniem czynników hydrologiczno – meteorologicznych a erozją brzegu. Wykorzystana w budowie modelu SPRC ocena zmian czynników hydrologiczno-meteorologicznych została opracowana przez IMGW PIB natomiast ocena zmian brzegów morskich oraz falowania przez Instytut Budownictwa Wodnego PAN. Praca została wykonana w ramach projektu 7PR THESEUS – “Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate”.

Jednym z największych i najczęściej występujących naturalnych zagrożeń regionu północnej Polski są powodzie. Zgodnie z obowiązującą w Polsce ustawą Prawo Wodne, przez powódź rozumie się wezbranie wody w ciekach i zbiornikach wodnych, kanałach lub na morzu, podczas którego woda zalewa doliny rzeczne lub tereny depresyjne i w związku z tym powoduje zagrożenie dla ludności i mienia. Ze względu na towarzyszące powodzi straty materialne, społeczne i przyrodnicze zjawisko to należy już analizować w aspekcie gospodarczym [6]. Część strat jest możliwa do bezpośredniego oszacowania, natomiast niektóre konsekwencje powodzi, takie jak na przykład zagrożenie zdrowia, brak bezpieczeństwa u mieszkańców terenów narażonych na powódź, zmiany w środowisku przyrodniczym nie mieszczą się w kryteriach ekonomicznych. Konsekwencją każdej powodzi rzecznej lub sztormowej jest wywołanie u mieszkańców zagrożonych terenów uczucia strachu przed niebezpieczeństwem utraty życia, zdrowia, stratą dorobku. Wrażenie bezradności i stresu może utrzymywać się również wtedy, gdy nie ma faktycznego zagrożenia dla wybrzeża czy terenów położonych na obszarach zalewowych. Pomimo możliwości zmniejszenia ryzyka w wielu miejscach, nie można zapobiec wszystkim powodziom - zawsze istnieje

możliwość, że ekstremalne zjawiska będą się pojawiać lub nasilać. Ponadto, w wielu krajach opracowano już specjalne zasady ubezpieczeń obywateli i gospodarstw domowych od ryzyka powodzi. System ten z reguły oparty jest na zobowiązaniach rządowych do ochrony ludności.

Powodzie występujące w regionie pomorskim mają różną genezę: od powodzi opadowych, spowodowanych intensywnymi opadami (np. powódź w Gdańsku w 2001 roku), poprzez powodzie roztopowe wywołane gwałtownym topnieniem śniegu (woj. pomorskie marzec 2011) aż do najgroźniejszych i najczęściej występujących powodzi sztormowych [1]

Biuro Prognoz Hydrologicznych Oddziału Morskiego IMGW PIB w Gdyni prowadzi osłonę hydrologiczną północnej Polski i stale współpracuje ze służbami odpowiedzialnymi za monitorowanie zagrożeń, między innymi z Wojewódzkim Centrum Kryzysowym w Gdańsku. Oprócz prowadzenia osłony hydrologicznej, obejmującej między innymi przygotowywanie prognoz, wydawanie komunikatów i ostrzeżeń w oparciu o wyniki wcześniej skalibrowanych i wdrożonych do pracy operacyjnej modeli matematycznych, BPH prowadzi analizę zagrożeń hydrologicznych osłanianych terenów w aspekcie wielolecia.[5] Ocena zagrożeń jest niezbędna do podejmowania właściwych decyzji w sytuacji kryzysowej.

Szacowanie zagrożeń powodziowych metodą SPRC

Głównymi czynnikami hydro – meteorologicznymi, wpływającymi na bezpieczeństwo środowisk przybrzeżnych są wzrost średniego poziomu morza, wezbrania sztormowe i falowanie. Ekstremalne formy tych zjawisk są powodowane przez zmiany klimatyczne. Biorąc pod uwagę powyższe niezbędnym stało się stworzenie systemu identyfikacji zagrożenia oraz ryzyka jego wystąpienia na bezpośrednio zagrożonych terenach. Za pomocą systemu będzie możliwe zidentyfikowanie oraz zminimalizowanie konsekwencji wystąpienia wymienionych zjawisk. Zrozumienie lokalnych zagrożeń, czasu ich oddziaływania oraz podatności lokalnych społeczności jest podstawą do stworzenia efektywnego i odpowiedniego modelu zarządzania. Aby pojawiło się niebezpieczeństwo na terenach przybrzeżnych musi wystąpić czynnik tworzący zagrożeniu, element, na który dane zagrożenia oddziałują oraz komponent spajający obie te składowe. Założenia te spełnia model SPRC (Source-Pathway-Receptor-Consequence). Obrazuje on jak czynniki stwarzające zagrożenia wpływają na tereny przybrzeżne, gdzie brane pod uwagę jest środowisko ludzkie, zabudowania oraz elementy naturalne. Kluczową rolę pełni również zasięg występowania niepożądanych zjawisk. Metoda ta jest szeroko stosowana w Wielkiej Brytanii w dziedzinie zarządzania zanieczyszczeniami i odpadami oraz w projektach dotyczących zagrożeń powodziowych. Model SPRC tworzy połączenia pomiędzy poszczególnymi komponentami i obrazuje, w jaki sposób przebiega,

bądź może przebiegać powódź w danym obszarze. Jest to nowatorskie podejście do problemów powodziowych środowisk przybrzeżnych. Przedstawia skomplikowane relacje w formie, która może być później wykorzystana do planowania, zarządzania, przeprowadzania analiz czy oceny ryzyka.

Metodyka

Model SPRC jest prostym liniowym modelem koncepcyjnym, który przedstawia w formie wizualnej i opisowej aktualny stan wiedzy badanego systemu. Bardzo ważne w modelu SPRC jest to, że potencjalne konsekwencje są właściwe dla natury źródła. Metoda w liniowy sposób przedstawia relacje pomiędzy źródłami (Source) a receptorami (Receptor), gdzie czynnikiem spajającym jest ścieżka (Pathway). Rezultatem są konsekwencje (Consequence). Pierwsze trzy człony razem tworzą drogę, którą muszą przebyć wody powodziowe. Dany system powodziowy może składać się z wielu źródeł oraz receptorów, ale, aby wystąpiły konsekwencje, musi być zachowany warunek, iż pomiędzy źródłami a receptorami musi istnieć przynajmniej jedna ścieżka, przy czym receptor również może być ścieżką. Przygotowanie metody SPRC do oceny konkretnego obszaru wymaga identyfikacji geomorfologicznej obszaru, określenia granic obszaru, identyfikacji potencjalnych receptorów między innymi przy pomocy danych dotyczących wykorzystania terenu (zgromadzonych w formie warstwy GIS lub też zwykłej mapy papierowej). Kolejnym etapem pracy z modelem SPRC jest określenie dotychczasowych istniejących praktyk ochrony obszaru na rozpatrywanym obszarze takich jak; typy konstrukcji, materiały, przebieg refulacji itd. Następnie określa się Źródła i Ścieżki powodzi.

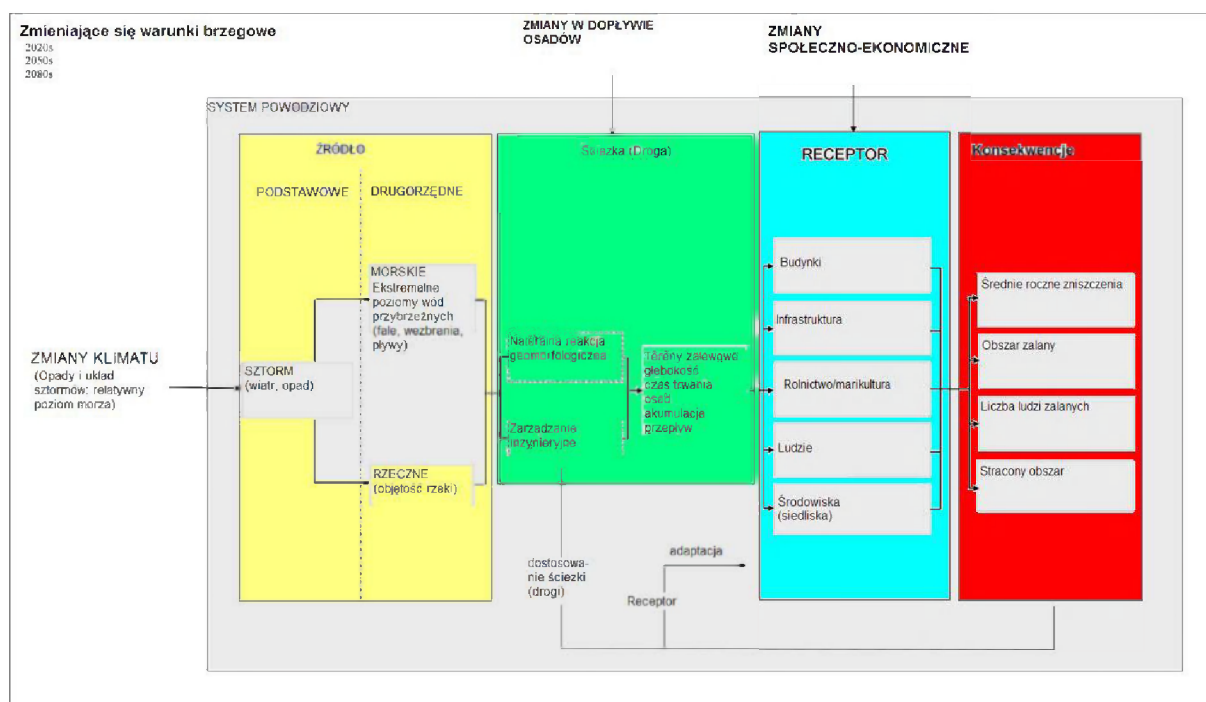
Źródła – są czynnikami stwarzającymi zagrożenie oddziałując na inne elementy. W zależności od potrzeb analitycznych można je podzielić na główne i poboczne. Biorąc pod uwagę strefę przybrzeżną, jako główne źródła uznaje się morze oraz rzeki. Na nie oddziałują elementy klimatu, dzięki tej interakcji pojawiają się zjawiska takie jak wezbrania sztormowe, falowanie, erozja etc. Zjawiska te określa się mianem źródeł pobocznych. Zmiany w klimacie będą miały swoje odzwierciedlenie w zmianach w źródłach pobocznych.

Ścieżki – są połączeniem źródeł oraz receptorów, za ich pośrednictwem wody powodziowe mogą osiągnąć dany receptor. Ścieżkę może reprezentować zabudowa

przeciwpowodziowa, zagospodarowanie przestrzenne, naturalne bariery czy inne czynniki ułatwiające bądź utrudniające przedarcie się wody powodziowej.

Receptory – elementy, które mogą bezpośrednio ucierpieć w wyniku wystąpienia, któregośkolwiek z istniejących zagrożeń. Należą do nich zabudowania, infrastruktura czy środowisko naturalne.

Konsekwencje – konsekwencje są rezultatem wzajemnego oddziaływania wszystkich wymienionych komponentów. Identyfikacja konsekwencji odnosi się głównie do receptorów, czy i w jakim stopniu ucierpiały w wyniku powodzi. Konsekwencje mogą być zarówno bezpośrednie (zalne tereny, poszkodowani mieszkańcy) jak również pośrednie (np. skutki utraty zdrowia).



Rys.1. Schemat modelu SPRC wykorzystany w projekcie THESEUS realizowanym w Oddziale Morskim IMGW PIB

Bardzo ważne jest dokładne określenie pierwszych trzech komponentów (rys.1). Receptory oraz ścieżki można określić za pomocą wizji lokalnej, przeprowadzając wywiady z lokalną społecznością, bądź tworząc mapę zagospodarowania przestrzennego. Czynnikiem sterującym powodzią (driverem) może zostać każde zjawisko, które będzie miało wpływ na system powodziowy i to zarówno w zakresie naturalnych reakcji geomorfologicznych jak

również w zakresie inżynierskiego zarządzania obszarem. Naturalne czynniki sterujące nie mogą znaleźć się w zasięgu kontroli osób zarządzających, w przeciwieństwie do czynników technicznych. Należy podkreślić, że, pomimo iż SPRC jest modelem liniowym, indywidualna ścieżka może mieć kilka receptorów, a pojedynczy receptor może mieć kilka ścieżek, w szczególności gdy istnieje więcej niż jeden typ ścieżki. Na przykład ścieżki wynikające z przelania wody przez osłony będą inne od tych wynikających z przerwania wałów. Przystępując do analizy należy określić granice, w jakich dany problem będzie rozpatrywany. W ten sposób możliwe będzie określenie najbardziej wrażliwych miejsc w badanym obszarze oraz ocena konsekwencji i ryzyka wystąpienia powodzi na zadanym terenie.

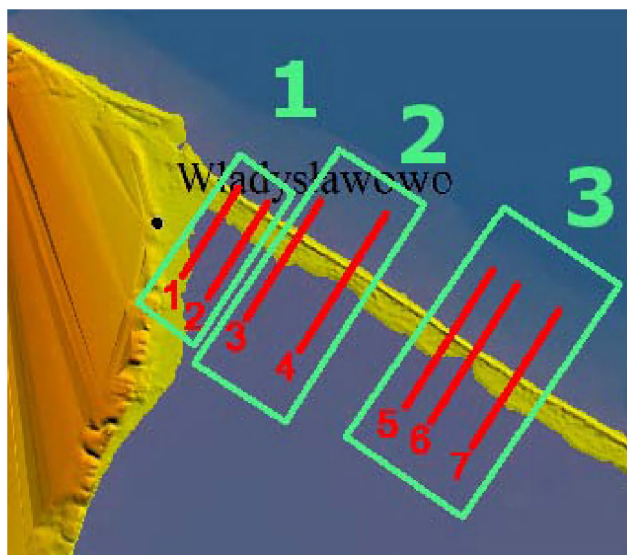
Metoda SPRC rozpoznaje zagrożenia nie tylko dla środowiska ludzkiego, ale również dla naturalnego. Pomaga w ocenie czy dany ekosystem może ulec zniszczeniu, a przynajmniej, jakie zmiany mogą zajść w lokalnych środowiskach. Zagrożenia dla wybrzeży i ich konsekwencje bardzo często mają różne źródła, ścieżki oraz receptory, które mogą być powiązane między sobą bądź nie, ponadto mogą wystąpić w tym samym czasie, lecz nie muszą. Wyniki analizy całego modelu służą do oceny ryzyka wystąpienia wydarzenia powodziowego na danym terenie o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia. Jednym z elementów oceny ryzyka jest sporządzenie probabilistycznej mapy, na której dokładnie widać, jakie tereny są najbardziej zagrożone.

Zdarzenie	Sterownik (driver)	Główne źródło	Drugorzędne źródło	Ścieżka			Receptor	Konsekwencje
				Proces	Droga/trasa	Zasięg		
Powódź (Zalewanie)		Zjawiska pogodowe (wiatr, opad)	Przepływ rzeki Falowanie Wezbrania	Hydrodynamika	Zarządzanie inżynierskie (np. nadbrzeże, odnawianie plaż, raf, melioracja)	Łąd poniżej poziomu wody (np. teren zalewowy)	Siedliska	Zmiany gatunkowe
							Budynki	Utrata gruntów
	Klimat			Dynamika osadów	Reakcja geomorfologiczna (np. naruszenia lub przykrycia wydm, ruch mierzei)		Infrastruktura	Czas trwania powodzi
	Sedymentacja	Zmiana poziomu morza	Pływy Erozja brzegów				Ludzie	Koszty
	Społeczno-ekonomiczny					Grunty produkcyjne	Ofiary	
						Wypożaenie	Ludzie poszkodowani przez powódź	

Wykonanie analizy SPRC dla wybranego obszaru pozwoli usystematyzować relacje między receptorami oraz scharakteryzować zależności pomiędzy ścieżkami a konkretnymi receptorami. W kolejnym etapie zależności te przedstawia się w stabelaryzowanej formie, umożliwiającej odczytanie ich istotności w systemie powodziowym. Na rys. 2 przedstawiono składniki systemu SPRC w odniesieniu do powodzi. Możliwe również jest zidentyfikowanie kluczowych receptorów, które są znaczącym łącznikiem pomiędzy innymi elementami i które mogłyby służyć do zminimalizowania bądź kontrolowania rozległości powodzi. Późniejsze dokonanie zmian w takim receptorze może mieć pozytywne bądź negatywne efekty na elementy, z którymi jest on związany. Następnym etapem pracy według w/w metody jest oszacowanie wpływu poszczególnych receptorów na system powodziowy oraz usystematyzowanie ewentualnych konsekwencji wg ich ważności.

Obszar badań – definiowanie zasięgu przestrzennego i komponentów systemu powodziowego

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy (IMGW PIB) wraz z Instytutem Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk (IBW PAN) w ramach unijnego projektu „Theseus – Innowacyjne technologie ochrony wybrzeży europejskich wobec zmian klimatycznych” przeprowadził analizę SPRC dla Półwyspu Helskiego. Głównym problemem rozważanym w projekcie jest niebezpieczeństwo przerwania półwyspu podczas ekstremalnego zjawiska takiego jak wezbranie sztormowe. Dla lepszego zrozumienia zagadnień dotyczących bezpieczeństwa ogólna analiza SPR została wykonana dla całego półwyspu. Jednak obszar badań został zawężony do miejsc, w których takie ryzyko przerwania jest największe. IMGW PIB dostarczyło dane na temat wezbrań sztormowych oraz poziomów morza, natomiast IBW PAN na temat erozji oraz refulacji. Implementując te dane do numerycznego modelu terenu wykonano przekroje, na podstawie których wybrano obszar badań. Przekroje wykonano na obszarze od Władysławowa aż po Jastarnię włącznie. Dały one, wraz z profilami brzegu pełną informację geologiczną (w połączeniu ze zjawiskami ekstremalnymi), na temat obszarów najbardziej wrażliwych i narażonych na zniszczenie oraz przelanie się wody.



Rys.3. Obszar badań poddany analizie SPRC

Wyodrębniona strefa badań ograniczona jest podstawą półwyspu tuż przy mieście Władysławowo do przekroju nr 7, który jest położony w sąsiedztwie wsi Chałupy. Przy wyznaczaniu receptorów brane pod uwagę są tereny przylegające, które nie leżą bezpośrednio w granicach badań, ale na których znajdują się obiekty mające ważne znaczenie dla modelu SPRC. Tak zdefiniowane granice zostały podzielone na trzy podstrefy wyznaczone przekrojami i które są najbardziej wrażliwymi punktami półwyspu. Na rysunku nr 3 widoczne są przekroje, które wyszczególnione są kolorem czerwonym. Kolorem zielonym zaznaczono prostokąty, które ilustrują podstrefy. Każda z podstref została poddana szczegółowej analizie SPR natomiast cały badany odcinek analizie SPRC. Badany region należy do Europejskiej Sieci Ekologicznej "Natura 2000", podobnie jak większość terytorium Półwyspu Helskiego. W tabeli 1: przedstawiono przykład przybrzeżnych form i elementów geomorfologicznych, które mogą być użyte w obszarach charakteryzowanych metodą SPRC.

Wszystkie tereny zielone są częścią Nadmorskiego Parku Krajobrazowego. Aby zidentyfikować poszczególne komponenty potrzebne do modelu została wykonana mapa zagospodarowania przestrzennego (rys.4). W tak przygotowanej mapie możemy wyróżnić trzy rodzaje istniejących terenów zielonych: las który chroni wydmy, naturalną zieleń i zieleń izolacyjną (G1-4). W obrębie podstawy znajduje się obszar F1, który został zidentyfikowany jako elektrociepłownia gazowa. Jest ona chroniona przez opaskę betonową (SW) i opaskę gabionową wbudowaną w sztuczną wydmy (GabR). Powierzchnie handlowe i obszar usług został podpisany, jako F2. Mniejsze budynki i miejsca parkingowe zostały podpisane, jako U1-2. Ostrogi (Gr) natomiast są rozmieszczone na całej długości plaży(B). Na części plaży znajdują się strefy gdzie była przeprowadzona refulacja (Nou1-3). Plaża od strony morza

oddzielona jest pasem wydmy (Dn). Od strony Zatoki Puckiej natomiast możemy wyróżnić naturalne tereny zielone, miejsca kempingowe (C1-3) oraz opaskę betonową z narzutem kamiennym (ConcRev), która znajduje się między kempingami C1 i C2. Drogi (Ro) oraz tory(Ra) znajdują się wewnątrz badanego rejonu, pomiędzy nimi występuje pas zieleni. Ze względu na charakter oraz położenie badanego obszaru, źródła (Source) zagrożeń reprezentowane są poprzez wezbrania sztormowe, falowanie oraz wzrost średniego poziomu morza. Czynnikiem pośredniczącym są ścieżki (Pathway), do których zostały zaklasyfikowane wydmy, ostrogi, refulacja, opaska betonowa, opaska gabionowa wbudowana w sztuczną wydmy oraz opaska betonowa z narzutem kamiennym. Mają one przełożenie na receptory (Receptor), czyli elementy, które mogą bezpośrednio ucieść wyniku wystąpienia, któregośkolwiek z wymienionych zagrożeń. Do grupy receptorów należą plaża, kempingi, obiekty industrialne, tereny zielone, tory, droga oraz tereny zurbanizowane.

Tabela 1: Przykład przybrzeżnych form i elementów geomorfologicznych, które mogą być użyte w obszarach charakteryzowanych metodą SPRC

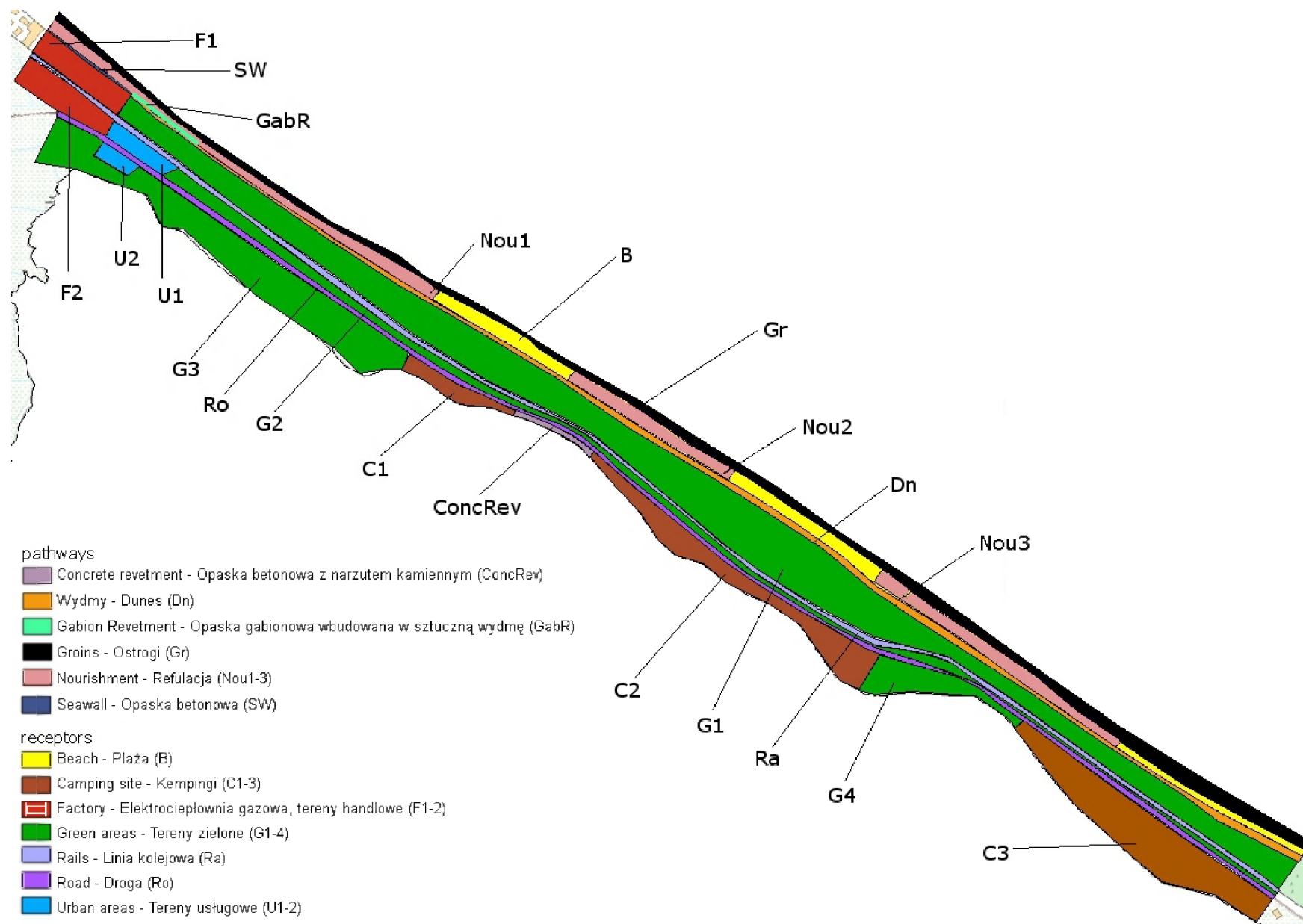
Forma	Element
Cypel/przylądek i plaża	Klif
	Mielizna i Kanaly
	Plaża
	Słone bagna (zarośnięte, między pływowe)
	Równiny pływowe (niezarośnięte, między pływowe)
Cypel	Wydmy
	Plaże
	Laguna/Zalew
	Mielizna i Kanaly
	Słone bagna (zarośnięte, między pływowe)
Inlet – Zatoka, przesmyk, dopływ	Wydmy
	Plaże
	Laguna/Zalew
Estuarium	Mielizna i Kanaly
	Równiny pływowe (niezarośnięte, między pływowe)
	Słone bagna (zarośnięte, między pływowe)
Rzeka	Mielizna i Kanaly
	Równiny pływowe
	Mielizna i Kanaly

Po ustaleniu lokalizacji oraz wielkości komponentów systemu powodziowego można zidentyfikować potencjalne receptory ryzyka powodziowego wewnątrz badanych granic. Potencjalnymi receptorami mogą być elementy zlokalizowane na potencjalnym terenie zalewowym. Może to być część naturalnego lub zbudowanego przez człowieka systemu;

przykłady powszechnych receptorów są przedstawione w tabeli 2. Jeden obszar może przynależeć do więcej niż jednej kategorii receptorów.

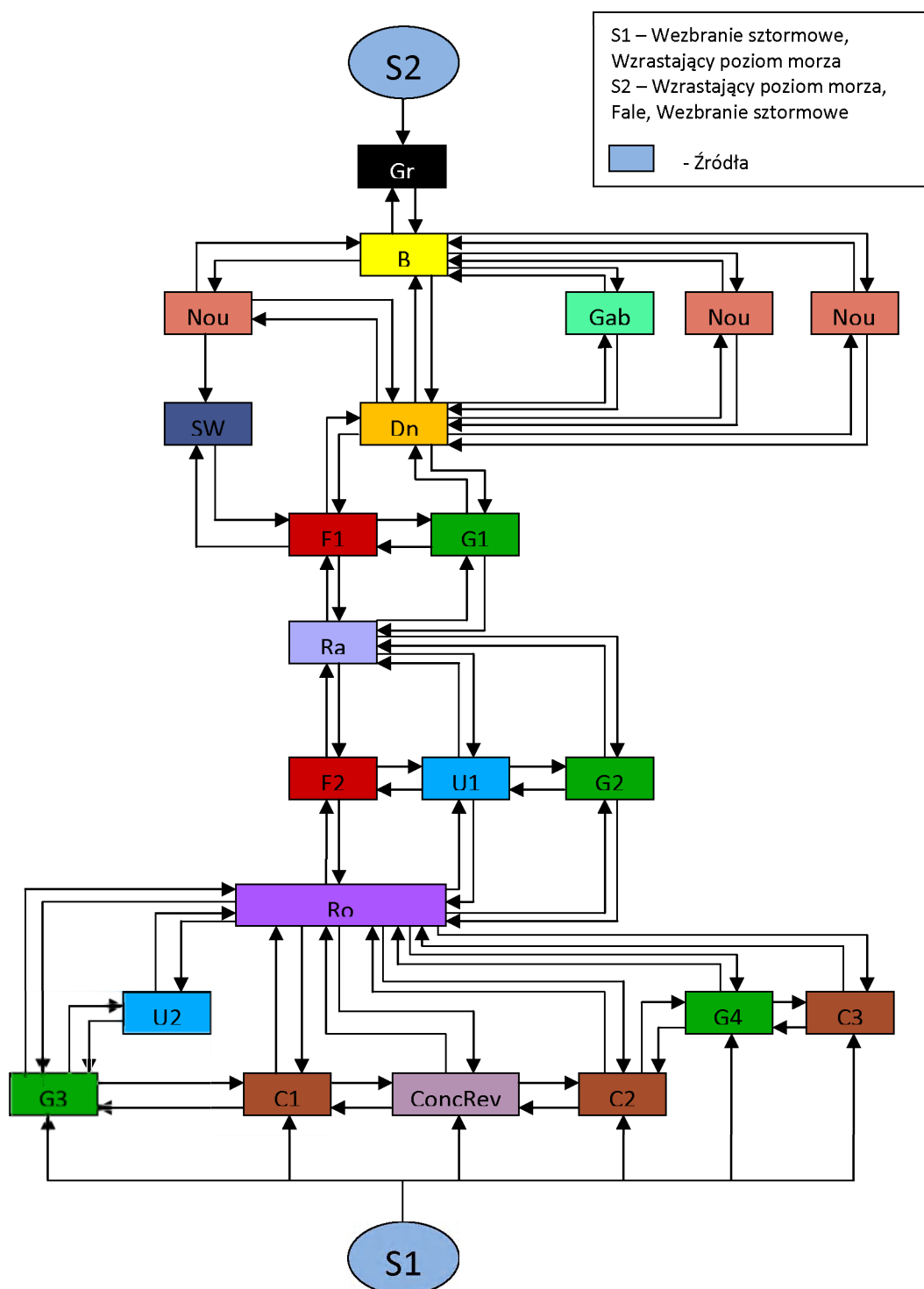
Tabela 2: Przykłady receptorów wykorzystywanych w metodzie SPRC.

Receptor	Przykład
Budynki (mieszkaniowy)	Domy
Budynki (niemieszkaniowy)	Fabryki, Magazyny
Infrastruktura	Lotniska, elektrownie, porty
Rolnictwo	Grunty orne, pastwiska
Kultura morska	Hodowla małży, farmy rybne, ostrygi
Środowisko/siedlisko	Wydma, słone mokradła, wodorosty



Rys.4. Identyfikacja ścieżek (Pathways) oraz receptorów (Receptors) na podstawie zagospodarowania przestrzennego

Wyniki analizy zostały przedstawione w formie grafów, które w bardzo czytelny sposób pokazują relacje pomiędzy elementami, a także wskazują potencjalną ścieżkę dla wód powodziowych w każdej analizowanej sekcji. Dzięki temu istnieje możliwość zidentyfikowania kluczowych receptorów lub ścieżek oraz oceny stopnia powiązań między poszczególnymi elementami. Analiza grafów dostarcza informacji jakie ewentualne konsekwencje dla badanego obszaru mogłyby mieć uszkodzenie lub nieprawidłowe funkcjonowanie któregośkolwiek z systemów przeciwpowodziowych.



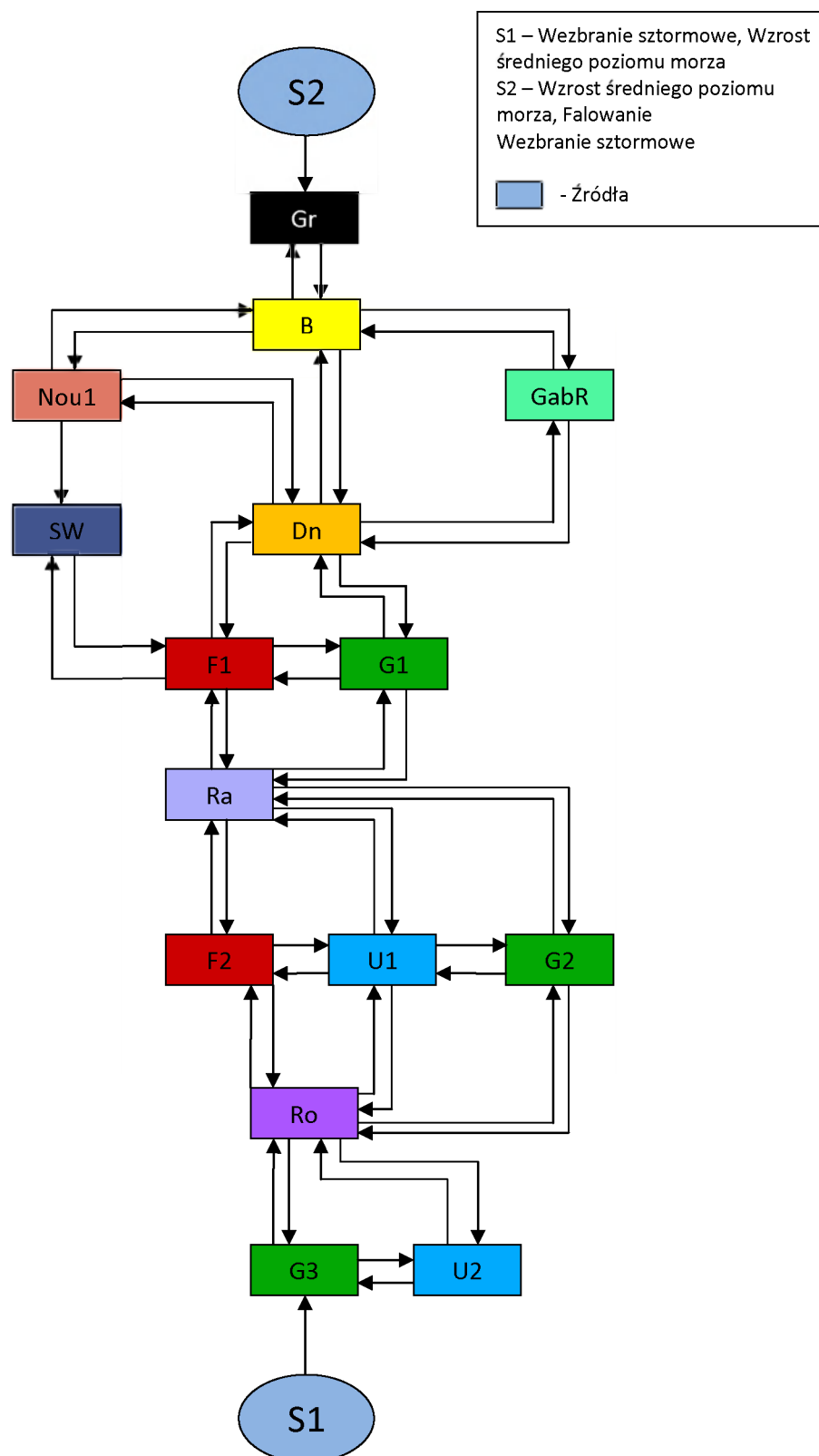
Rys.5. Analiza SPR dla całego wyznaczonego obszaru badań

Na zamieszczonych rysunkach 5-8 zilustrowano metodę SPR dla wybranych sekcji Półwyspu Helskiego. Skonstruowane grafy przedstawiają zależności pomiędzy poszczególnymi elementami systemu w odniesieniu do rozważanej ścieżki przepływu wody powodziowej. Dzięki analizie grafów możliwe jest odczytanie najbardziej niekorzystnej ścieżki, zależnej od właściwości elementów. W każdym przypadku zastosowania metody SPRC dla różnych obszarów grafy będą miały inny układ oraz będą przedstawiały inne zależności. Poprawna interpretacja ścieżek oraz kluczowych receptorów zależy przede wszystkim od dobrego rozpoznania terenu pod względem geomorfologicznym oraz wiedzy na temat występujących elementów systemu. Rozkład grafów w przypadku badanego obszaru zależy bezpośrednio od jego kształtu. Grafy przedstawiają dwa wymuszenia które w badanym rejonie nadchodzą z dwóch stron (S2,S1), z jednej strony jest to otwarte Morze Bałtyckie a z drugiej Zatoka Pucka. Zaprezentowane grafy przedstawiają analizę SPR dla poszczególnych sekcji oraz dla całego badanego obszaru. Grafy poszczególnych sekcji zawierają wspólne elementy wynikające z charakteru Półwyspu Helskiego, jego zabudowy oraz zagospodarowania przestrzennego, z tego samego powodu w grafach występują również różnice, gdyż każda sekcja rozpatruje elementy znajdujące się tylko w jej granicach.

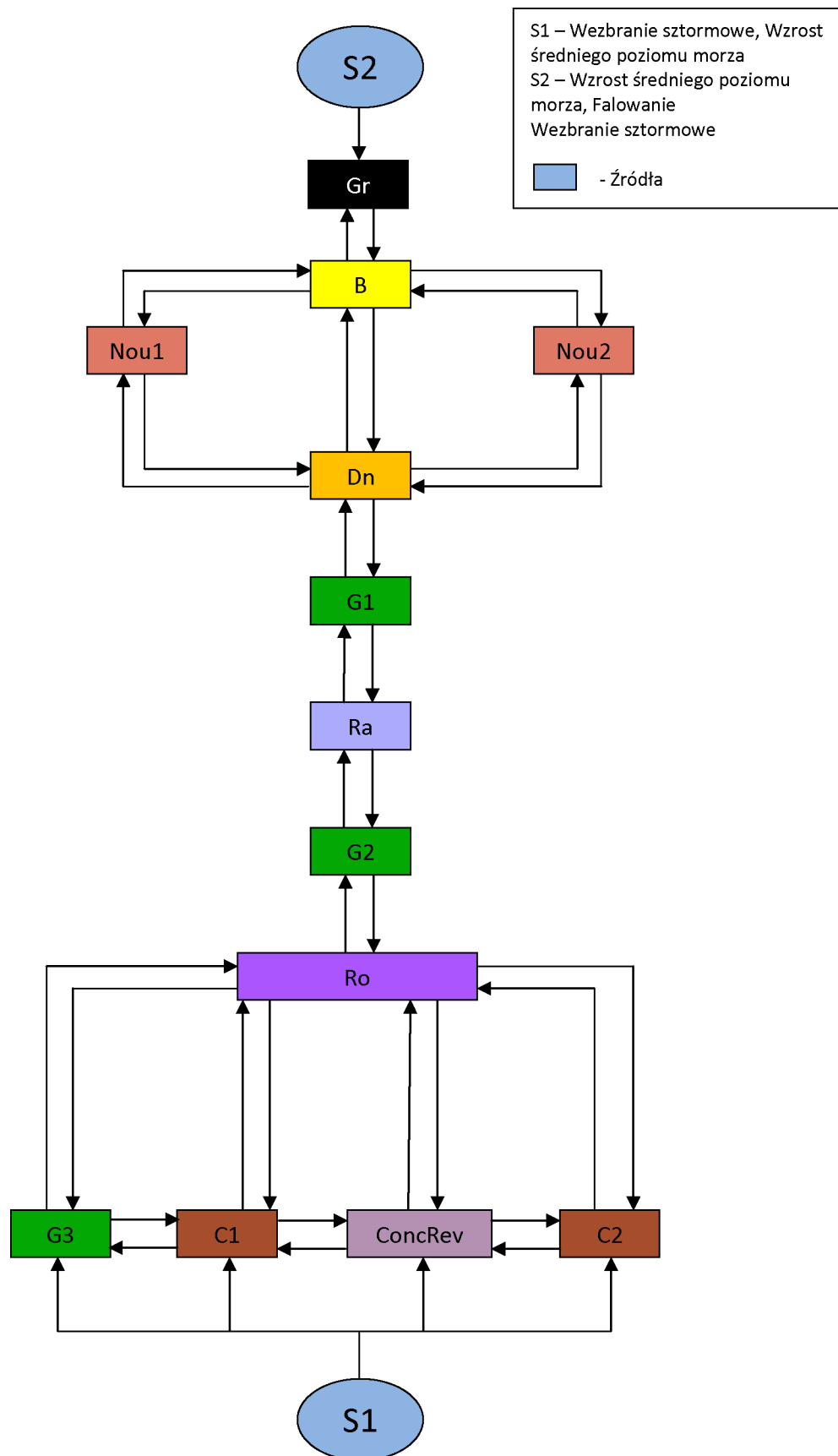
Grafy powinno się interpretować poprzez wyróżnienie elementów, które mają najwięcej połączeń, a więc występują w każdym rozważanym wariantcie przepływu wody. Rozpoznanie kluczowych receptorów (receptory - elementów mogących ucierpieć) oraz ścieżek (pathways - elementów regulujących przepływ wody) ma bardzo duże znaczenie w działaniu systemu. Im mniejsza liczba elementów w systemie tym mniejsza możliwość połączeń oraz mniejsze konsekwencje powodzi na danym obszarze.

Graf (Rys.5) przedstawia analizę SPR dla całego badanego obszaru. W analizie uwzględniono wszystkie elementy znajdujące się w granicach opracowania. Największe zależności w skali „makro” wykazały takie receptory jak plaża (B) , droga (Ro) oraz tory (Ra). Najwięcej połączeń, jako element ścieżki uzyskały wydmy (Dn).

Graf (Rys.6) przedstawia analizę SPR dla sekcji 1. W powyższym grafie, jako kluczowe receptory zostały rozpoznane plaża (B), droga(Ro) oraz tory kolejowe (Ra). Jako kluczowy element ścieżki występują wydmy (Dn). Opisane elementy zdiagnozowano jako kluczowe ze względu na największą liczbę połączeń.

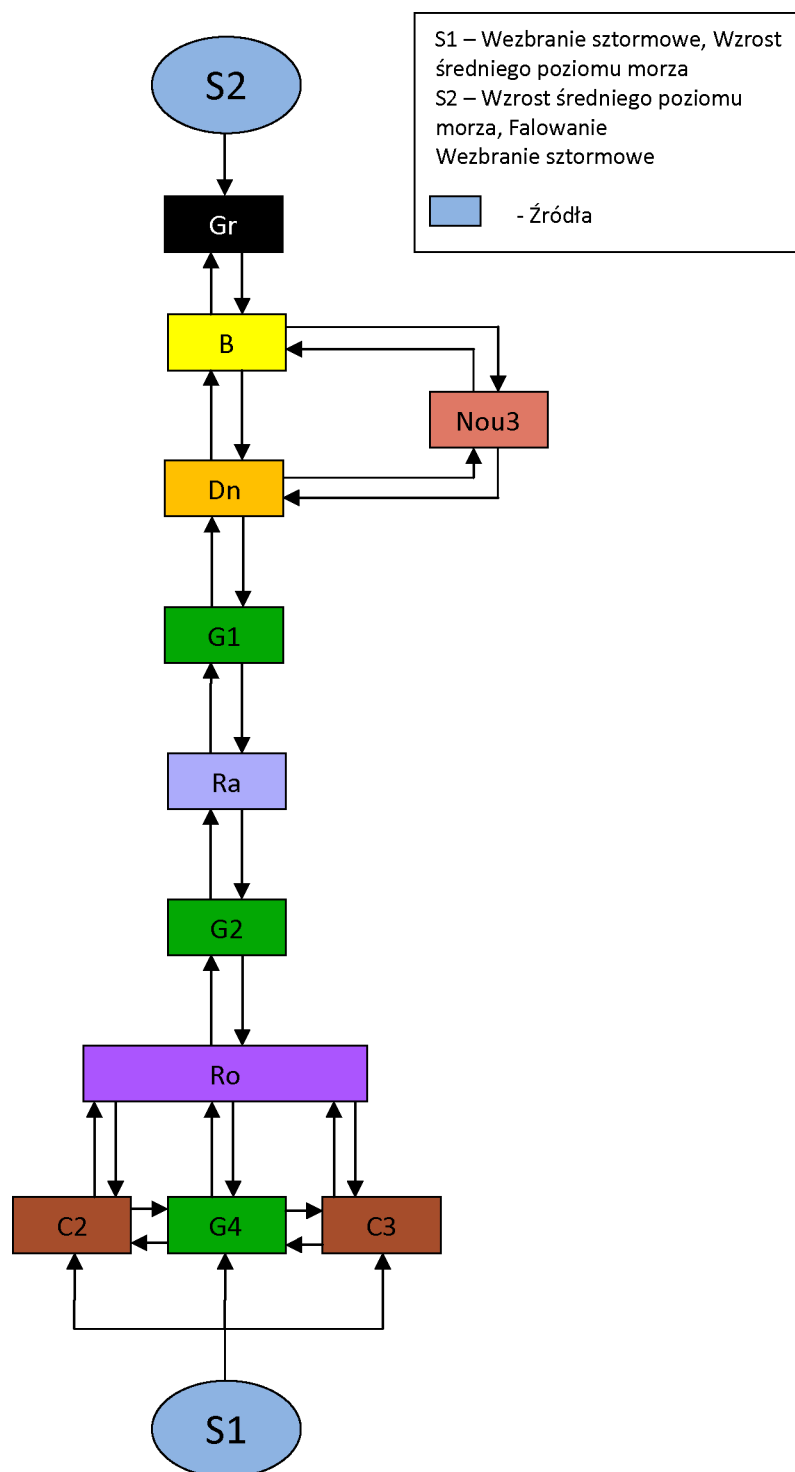


Rys.6. Analiza SPR dla Sekcji 1 wybranego obszaru



Rys.7. Analiza SPR dla Sekcji 2 wybranego obszaru

Graf (Rys.7) przedstawia analizę SPR dla sekcji 2. W powyższym grafie, podobnie jak w opisanym poprzednio jako kluczowe receptory zostały rozpoznane plaża (B)oraz droga (Ro.) Wydmy (D) występują jako kluczowy element ścieżki.



Rys.8. Analiza SPR dla Sekcji 3

Graf (Rys.8) przedstawia analizę SPR dla sekcji 3. Podobnie jak w grafie dla sekcji 2 jako kluczowe receptory zostały rozpoznane plaża (B) oraz droga (Ro) oraz jako kluczowy element ścieżki wydmy (Dn)

W skali „makro”, czyli dla całego obszaru badań oraz skali „mikro”, czyli dla poszczególnych sekcji grafy pokazują, iż jest jeden wspólny kluczowy element dla ścieżki przepływu wody powodziowej od strony otwartego Morza Bałtyckiego. Elementem tym są wydmy. Stanowią one silną barierę przed rozmyciem półwyspu i uszkodzenie lub brak tej bariery spowodowałby duże perturbacje podczas wezbrania sztormowego. Również identyfikacja receptorów w obu skalach dostarcza podobnych wyników. Plaża (B) jest pierwszym elementem narażonym najbardziej na destrukcyjne działanie morza, dlatego poddawana jest zabiegom refulacyjnym. Zniszczenia drogi (Ro) oraz linii kolejowej (Ra) generuje ogromne koszty napraw oraz utrudnienia komunikacyjne.

Wnioski

Specyficzny kształt oraz charakter Półwyspu Helskiego powoduje, iż istnieje dla niego zagrożenie jednocześnie od strony morza jak i od strony zatoki [3,4]. Strona morską zabezpieczona jest głównie przez wydmy, ostrogi oraz refulację. Brak, któregośkolwiek z tych elementów skutkowałby poważnym zagrożeniem erozją i w efekcie waniem się wody w głąb półwyspu. Analizowany odcinek od strony Zatoki Puckiej jest bardzo słabo chroniony zabudową przeciwpowodziową. Jedynym odcinkiem gdzie występuje umocnienie brzegu jest rejon pomiędzy kempingami w sekcji 2. Została tam wybudowana opaska betonowa z narzutem kamiennym. Chroni ona jeden z węższych punktów na całej długości półwyspu. Reszta terenu jest bezpośrednio zagrożona. Skutkuje to podtopieniem terenów w czasie wezbrań. Wszystkie analizy wskazują, iż bardzo duży wpływ na ścieżkę przedzierania się wód powodziowych w głąb lądu mają szosa oraz linia kolejowa. W miejscach gdzie rzędna ich posadowienia jest względnie wyższa od reszty terenu, hamują one ewentualne wody powodziowe. Jak wskazuje analiza SPR dla sekcji 1, krytycznym obiektem bezpośrednio zagrożonym jest elektrociepłownia gazowa. Jest ona posadowiona na rzędnej minimum 2,5 m i chroniona przez opaskę betonową. W pobliżu jej lokalizacji systematycznie przeprowadzana jest również refulacja. Brak bądź uszkodzenie któregośkolwiek z tych elementów skutkować może poważnymi konsekwencjami. Obiekty handlowe oraz usługowe leżą w bezpośrednim sąsiedztwie terenów zielonych od strony zatoki. Ewentualne wody wezbrania sztormowego bez żadnych przeszkód mogą wdrzeć się w rejon wskazanych obiektów. W pozostałych dwóch sekcjach istnieje takie samo zagrożenie od strony morza jak w części nasadowej

jednakże brzeg nie jest chroniony przez żadne umocnienia. Dlatego ewentualny niepożądany wpływ na bezpieczeństwo tego obszaru może mieć erozja bądź utrata plaży w wyniku silnego sztormu. Na odcinkach najbardziej dotkniętych przez wymienione zjawiska przeprowadzana jest refulacja. Bezpośrednio zagrożone od strony zatoki są tereny kempingowe. Niespodziewane wezbranie sztormowe w sezonie wypoczynkowym niesie ze sobą ryzyko dla życia ludzkiego oraz poważnych strat materialnych. Problem mógłby być rozwiązany podwyższeniem rzędnej terenu, na którym rozlokowane są miejsca kempingowe. Najbardziej niepożądane konsekwencje wynikające z ryzyka wystąpienia zjawisk ekstremalnych dla całego badanego terenu i zakładając, że wystąpią one w swojej maksymalnej formie, skutkować mogą przelaniem się wody przez półwysep i w efekcie krótkotrwałym odcięciem go od terytorium Polski. Ponadto plaża może ulec zniszczeniu, a jej regeneracja w postaci refulacji pociągnęłaby za sobą ogromne koszty. Co więcej przy braku odpowiednich miejsc plażowych bardzo ucierpiałyby miejscowa turystyka. Konsekwencje podtopienia miejsc kempingowych niosą ze sobą wcześniej wspomniane zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, ponadto istnieje ryzyko rozprzestrzenienia się zanieczyszczeń sanitarnych oraz zniszczenia infrastruktury na terenie kempingu. W przypadku zalania elektrociepłowni gazowej zlokalizowanej u nasady półwyspu istnieje ryzyko przerw w dostawie energii, zniszczenia wewnętrznej infrastruktury oraz ewentualnego rozprzestrzenienia się zanieczyszczeń. Zniszczeniu mogą również ulec tereny zielone, w których niepożądane konsekwencje to zmiany w ekosystemie, utrata siedlisk oraz różnych gatunków zwierząt. Ewentualne zniszczenia drogi albo linii kolejowej skutkowałoby problemami komunikacyjnymi. Niemniej zagrożone są tereny usługowe oraz handlowe, w których w najlepszym przypadku mogłyby być tylko zalane piwnice.

Tab.3. Konsekwencje (Consequences) na analizowanym obszarze

Receptory	Konsekwencje
Cały obszar	Treny całkowicie zalane
	Przerwanie Półwyspu Helskiego
Plaża	Upadek miejscowej turystyki
	Bardzo duże koszty odbudowy brzegu (refulacja)
Treny kempingowe	Ryzyko utraty zdrowia bądź życia
	Rozprzestrzenienie zanieczyszczeń sanitarnych
	Zniszczeni infrastruktury

	Brak turystów
Elektrociepłownia	Rozprzestrzenienie zanieczyszczeń
	Zniszczenie infrastruktury
	Problemy z dostarczaniem energii
Treny zielone	Zniszczenie siedlisk
	Utrata cennych gatunków zwierząt
	Zmiany w ekosystemie
Tory	Problemy z transportem i komunikacją
	Zniszczenie i duże koszty odbudowy
Droga	Problemy z transportem i komunikacją
	Zniszczenie i duże koszty odbudowy
Treny handlowe i usługowe	Ryzyko utraty zdrowia bądź życia
	Zniszczenie i duże koszty odbudowy

W wyniku wykorzystania metody SPRC mogą zostać zidentyfikowane ważne czynniki, które mają wpływ na zdarzenia powodziowe. Zmiany w przyszłości tych czynników będą opisane i tam gdzie to możliwe, określone ilościowo, przy użyciu np. wyników otrzymanych z badań (pomiarów, sondaży), modelowania na obszarach badań oraz wiedzy ekspertów. Scenariusze określą jakie zmiany w warunkach klimatycznych mogą spowodować zmiany w ścieżkach powodziowych (przewyższenie brzegów, naruszenia wydm/wałów) i w konsekwencji w wielkości zalanych obszarów, które mogą oddziaływać na inne receptory.

Z pewnością metoda SPRC stanie się ważnym elementem wspomagania w podejmowaniu decyzji na obszarach objętych ryzykiem powodziowym.

Literatura

1. Sztobryn M., Stigge H-J. i in. *Storm surges in the southern Baltic sea (western and central parts)* Bundesamets fur Seeschiffahrt und Hydrgraphie nr 39/2005 ; rys.51, tab.3, bibliogr. 51
2. Sztobryn M., Krzymiński W., Stepko W., Letkiewicz B., *Strengthening the Management of Coastal Zone*. Proceedings of the Eighth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 07, E. Özhan (Editor), 13-17 November 2007, Alexandria, Egypt; pp 59-65
3. Kowalska B., Letkiewicz B. 2009. Ryzyko związane z wyznaczaniem terenów zalewowych w rejonach nadmorskich - Antropogeniczne oddziaływanie na środowisko wodne. Seria Monografie IMGW, str.128-136, IMGW, Warszawa 2009
4. Kowalska B., Sztobryn M. 2009. Mean sea changes along Polish coast. *Quaestiones Geographicae*, Series A, Physical Geography, 28A/2, 69-74. Wyd. Uniw. A.Mickiewicza, Poznań 2009, rys.6, bibl.7
5. Stanisławczyk I., Bolek A., Kubicka A., Kowalska B., 2011. Poziom morza. Sea level. W: Stan środowiska polskiej strefy przybrzeżnej Bałtyku 1986-2005. Seria Monografie IMGW, Wydawnictwa IMGW PIB, Warszawa 2011

6. Krzyimiński W. P. Davis, M. Sztobryn.: A project SeA-Man as a next step to support Polish coastal zone management. W: Mat. konferencyjne, International Conference (school-seminar), Dynamics of Coastal Zone of Non-tidal Seas, Baltiysk, Russia, 2008

Abstract

Environmental and water management on all administrative levels require the creation of tools which facilitate fast and effective decision making. One of key problems in this regard is clear and understandable way of sharing of the research results with decision makers. The adequate sharing of information will allow decision makers fast recognition of risks which come from different threats. The aim of this paper is presentation of results of work which has been performed under SPRC – Source-Pathway-Receptor-Consequence technique, particularly the identification of SPRC elements. This study has been performed within the EU “Theseus” project.

Beata.Kowalska@imgw.pl

Marzenna.Sztobryn@imgw.pl

Rafal.Parda@imgw.pl