

OKREŚLANIE OBSZARÓW LOKALNYCH PODTOPIEŃ NA PODSTAWIE NMT I BAZY HYDRO

DETERMINATION OF AREAS OF LOCAL INUNDATIONS BASED ON DTM AND HYDRO DATABASES

Tomasz Oberski, Zofia Szczepaniak-Koltun

Politechnika Koszalińska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Geoinformatyki

Słowa kluczowe: lokalne podtopienia, GIS, NMT, HYDRO, ISOK

Keywords: local inundations, GIS, DTM, HYDRO, ISOK

Wstęp

Od kilku lat, w związku z wypełnianiem zadań nałożonych przez Dyrektywę Powodziową (Dyrektywa, 2007), tworzony jest projekt ISOK, czyli Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami. Dzięki niemu powstanie opracowanie umożliwiające wstępną ocenę ryzyka powodziowego (WORP), a na jego podstawie zostaną sporządzone mapy zagrożenia powodziowego (MZP) oraz mapy ryzyka powodziowego (MRP), a w przyszłości także będą publikowane dane geoprzestrzenne związane z zagrożeniami meteorologicznymi i innymi – KZGW, IMGW: „Projekt, budowa i wdrożenie informatycznego systemu osłony kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK) oraz świadczenie usługi gwarancyjnej po wdrożeniu tego systemu” (<http://www.kzgw.gov.pl>). W założeniach projekt ISOK ma obejmować tylko tereny zagrożone powodzią. Dla pozostałej części kraju opracowania ww. map nie powstaną. Nie oznacza to jednak, że na tych terenach nie występują lokalnie zagrożenia powodowane nagromadzeniem wody. Związane są one z dużymi opadami deszczu lub roztopianiem się pokrywy śnieżnej. Występuje wówczas wzmożony spływ wody po powierzchni gruntu, powodujący w określonych warunkach podtopienia. Zjawiska te mają lokalny charakter, stąd też ich nazwa: „lokalne podtopienia”. Niniejszy artykuł poświęcony jest właśnie takim miejscom. Ma on posłużyć, jako dopełnienie ISOK. Jednocześnie autorzy obecne badania traktują jako punkt wyjścia do dalszych prac, które będą prowadzone w kolejnych latach.

Miejsce prowadzenia badań

Wybierając obszar testowy autorzy przyjęli następujące założenia:

- nie będą opracowywane dla tego obszaru mapy z projektu ISOK lub nastąpi to w dalekiej przyszłości;
- obszar ma być zlokalizowany w pobliżu większej miejscowości (Koszalina), tak aby stanowił potencjalny teren do powstawania nowych inwestycji, zarówno indywidualnych, jak również związanych z działalnością gospodarczą;
- obszar jest zagospodarowany rolniczo, z tendencją do przekształcenia terenów pod zabudowę;
- obszar, na którym na przestrzeni kilku ostatnich lat nie nastąpiły wyraźne zmiany w obiegu wody.

Realizując ww. założenia, zdecydowano się na wybór terenów znajdujących się na północny-wschód od Koszalina, w okolicach miejscowości Kłos, u podnóża Góry Chełmskiej, w dorzeczu rzeki Unieść (rys. 1).

Źródła danych

Podstawowym założeniem autorów było wykorzystanie do analizy materiałów aktualnie dostępnych w Państwowym Zasobie Geodezyjnym i Kartograficznym (PZGiK). Stąd wybór: 1) NMT, pochodzącego ze skaningu laserowego, 2) bazy HYDRO, będącej produktem powstałym przy realizacji Mapy Hydrograficznej Polski. Rola DEM (jako jedynego cyfrowego obrazu powierzchni Ziemi) jest kluczowa w zagadnieniach hydrologicznych. Najczęściej znajduje zastosowanie przy wyznaczaniu zlewni, które następnie są wykorzystywane jako jednorodne obszary w modelowaniu różnych procesów uwzględniających ukształtowanie terenu (Longley, 2008; Urbański, 2011). W omawianych badaniach NMT posłużył do wyznaczenia miejsc podatnych na gromadzenie się wody. Baza HYDRO to zbiór danych, które przedstawiają w syntetycznym ujęciu warunki obiegu wody w powiązaniu ze środowiskiem przyrodniczym, jego zainwestowaniem i przekształceniem (Wytyczne techniczne GIS-3, 2005). Pozwala to na korelację danych z NMT oraz przeprowadzenie analiz przestrzennych dla zagadnień związanych z lokalnymi podtopieniami. Wykorzystanie danych HYDRO pokazuje nowe możliwości zastosowania mapy hydrograficznej. Trzeba jednak brać pod uwagę fakt, że przedstawienie określonych zjawisk prezentowane jest z dokładnością odpowiadającą skali 1:50 000, co dla pewnych opracowań (np. gminnych opracowań planistycznych) może okazać się niewystarczające. Niewątpliwie dokładniejsze wyniki analiz można by uzyskać stosując dane ISOK lub Mapy Podziału Hydrograficznego Polski, której wyjściowa geometria opiera się na danych BDOT, gdzie szczegółowość obiektów odpowiada skali 1:10 000. Dane te jednak na chwilę obecną nie są dostępne w PZGiK. Autorzy zakładają, że z chwilą ich upublicznienia, stosując przedstawioną w artykule metodykę, będzie można przeprowadzić analizę porównawczą oraz dokonać konfrontacji otrzymanych wyników.

Analiza ukształtowania terenu na podstawie NMT

W badaniach wykorzystano doświadczenia nabyte podczas prac prowadzonych w Katedrze Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej, w ramach zadania badawczego nr 504.01.37. Analizy powierzchni topograficznej zostały przeprowadzone w oparciu o numeryczny model terenu, który daje nieporównywalne możliwości prowadzenia analiz powierzchni topograficznej i symulacji wielu zjawisk przyrodniczych (Li et al., 2005). Uzyskany z zasobu geodezyjnego NMT opracowany został na podstawie danych ze skaningu laserowego. Charakteryzuje się on dużą gęstością punktów tworzących siatkę o oczku 1 m. Ze względu na małą skalę opracowania HYDRO (1:50 000) dane NMT przekształcono w regularną siatkę punktów o oczku wynoszącym 25 m. Jest to typowa rozdzielczość NMT, którą stosuje się w opracowaniach topograficznych, np. TBD.

W pracach stosowano oprogramowanie firmy Esri. W celu sprawdzania prawidłowości uzyskanego NMT opracowano, używając ArcScene, dwa przekroje w kierunku wschód-zachód. Następnie, używając ArcMap, oba przekroje wyświetlono na tle mapy topograficznej. Umożliwiło to porównanie charakterystycznych punktów terenu z rzeźbą terenu na mapie topograficznej w skali 1:10 000 z cięciem warstwicowym 1,25 m. W wyniku tej analizy stwierdzono, że odchylenia wysokości punktów ekstremum na przekrojach uzyskanych z NMT od wysokości tych punktów na mapie nie przekraczają cięcia warstwicowego mapy, a uzyskany model może zostać wykorzystany do przeprowadzenia analizy ukształtowania terenu.

Do określenia miejsc podatnych na gromadzenie się wody w terenie przyjęto założenie, że podstawowym czynnikiem wpływającym na takie zjawiska jest kształt rzeźby terenu i wynikająca z niego obecność barier terenowych, występujących wokół lokalnych zagłębień terenu. Bariery takie zaburzają naturalny spływ wód po powierzchni topograficznej. Obfitość, wręcz nadmiar, wód występuje podczas gwałtownych opadów lub w okresie roztopów. W tym czasie woda nie zdąży wsiąknąć w ziemię tylko służy powierzchniowo. Rola spływu powierzchniowego w ogólnym odpływie wód po powierzchni topograficznej jest tym większa im mniejszy obszar jest rozpatrywany. Dlatego dla badanych obszarów, będących lokalnymi zlewniami o powierzchni nieprzekraczającej kilkunastu kilometrów kwadratowych, zalecane jest analizowanie takiego odpływu oddzielnie, bez uwzględniania odpływu drogą wsiąkania i przesączania podziemnego (Mielcarzewicz, 1970).

Do przeprowadzenia analizy niezbędne jest określenie ogólnego kierunku spływu wody po powierzchni terenu. Wykorzystano do tego NMT w postaci siatki punktów, na podstawie którego obliczono równanie płaszczyzny średniego nachylenia terenu (Oberski, Zarnowski, 2012). Uwzględniając naturalny spadek terenu badany obszar ograniczono do powierzchni będącej fragmentem zlewni lokalnego cieku wodnego. Dzięki temu analizą objęto niezalesione tereny znajdujące się na północno-wschodnim stoku Góry Chełmskiej, rozciągające się od krawędzi lasu do rzeki Unieść (rys. 2). Różnice wysokości terenu na tym obszarze mieszczą się w zakresie od 1 do 95 m n.p.m., a jego powierzchnia wynosi około 2,5 km².

Płaszczyzna średniego nachylenia terenu może być opisana równaniem w postaci:

$$Z_i = Ax_i + By_i + C$$

Obliczenia przeprowadzono w oprogramowaniu Octave, udostępnianym na podstawie licencji GNU, umożliwiającym tworzenie skryptów automatyzujących zadania. Wykorzystu-

jąc metodę najmniejszych kwadratów obliczono wartości współczynników równania płaszczyzny. Równanie szukanej płaszczyzny przedstawia się następująco:

$$Z = -0.00863287925164979X - 0.0116576815851277Y + 11068.4847546826.$$

Jej graficzną reprezentacją jest obiekt powierzchniowy o nachyleniu zgodnym ze średnim nachyleniem terenu (rys. 3). Utworzona na podstawie równania płaszczyzna określa kierunek spływu wód powierzchniowych w układzie XY.

W kolejnym etapie utworzono przekroje terenu wzdłuż wyznaczonego, dominującego kierunku spływu wód powierzchniowych w badanym obszarze. Poddano analizie ich kształt. Wszystkie utworzone w ten sposób przekroje terenu charakteryzują się tendencją spadkową w kierunku cieku wodnego. Nie są to jednak linie proste. W zależności od rodzaju terenu ich kształt może być bardzo nieregularny. W przeprowadzonym eksperymencie najbardziej interesujące są fragmenty przekrojów, w których występują zagłębienia lub spadek jest zaburzony z powodu występowania lokalnych przewyższeń terenu. Zjawiska takie są barierami dla wód spływowych (rys. 4). W takich przypadkach analiza sąsiednich przekrojów pod kątem występowania podobnych zjawisk pozwala określić zasięg terytorialny występowania barier wodnych (Oberski, Zarnowski, 2013). W wyniku tak przeprowadzonego eksperymentu używano obszary podatne na gromadzenie się wód spływowych ze względu na kształt rzeźby terenu.

Jest to jedna z metod do wyznaczania zagłębień terenowych, w których może lokalnie gromadzić się woda. Metoda ta daje dobre efekty dla obszarów o zbliżonym nachyleniu. W przypadku terenu o bardziej zróżnicowanym nachyleniu należy podzielić go na mniejsze fragmenty. W taki sposób wygenerowane dla nich przekroje będą uwzględniały właściwe kierunki spływu dla każdej analizowanej powierzchni. Zaprezentowane prace, należy traktować jako studium początkowe. Autorzy planują również zastosowanie innych metod analiz NMT, na przykład wykorzystujących mechanizmy grupowania sąsiednich punktów o podobnych wysokościach (Arge et al., 2001).

Analiza potencjalnych obszarów akumulacji wody na podstawie danych HYDRO

W kolejnym etapie badań, wyznaczone na podstawie NMT miejsca podatne na gromadzenie się wody w terenie zostały „nałożone” na numeryczną postać mapy hydrograficznej (rys. 5), będącej podstawą do interpretacji zagadnień związanych z obiegiem wody. Do analizy wykorzystano następujące elementy danych HYDRO (Wytyczne techniczne GIS-3, 2005):

- przepuszczalność gruntów – dane te definiują warunki obiegu wody, określając zdolność przepuszczalności utworów powierzchniowych, a tym samym możliwości zasilania wód podziemnych;
- hydroizobaty – graficzne przedstawienie obrazu zalegania zwierciadła wód podziemnych pierwszego poziomu w odniesieniu do powierzchni terenu, co pozwala pośrednio określić związki hydrologiczne pomiędzy wodami powierzchniowymi i wodami podziemnymi pierwszego poziomu;

- ciekły z nazwą, ciekły bez nazwy, kanały, zbiorniki wodne – czyli wszelkiego rodzaju wody powierzchniowe, które regulują warunki wodne, a także mogą przyczyniać się do powstawania lokalnych podtopień (na skutek mniejszego odpływu niż dostatku wody w czasie np. nadmiernych opadów atmosferycznych);
- tereny podmokłe – dane pokazujące obszary, z których odpływ wód jest utrudniony, w wyniku czego trwale lub okresowo są nią nasycone.

Wpływ na gromadzenie się wody, mogą mieć także inne dane hydrograficzne, jak np.: wypływy wód podziemnych w postaci źródeł, młak itp. lub obiekty gospodarki wodnej. Obiekty takie nie występowały na obszarze testowym.

Powiązanie wytypowanych obszarów z elementami środowiska przyrodniczego (danymi HYDRO), pozwoliło na przeprowadzenie prostych analiz przestrzennych. Zastosowano znajdowanie obiektów, które spełniają wymagane warunki atrybutowe oraz pozostają w określonych relacjach przestrzennych z obiektami innych warstw (Urbański, 2011; Maguire, 2007). Zdefiniowano zapytania dotyczące: stopnia i rodzaju pokrycia wyznaczonych terenów warstwą *przepuszczalność gruntu* (w 6 klasowym podziale), określenia stref występowania pierwszego poziomu zwierciadła wód podziemnych (w przedziałach 0-1 m; 1-2 m; 2-5 m i powyżej 5m), miejsca występowania cieków oraz zasięg terenów podmokłych. Do tego celu wykorzystano standardowe zapytania w języku SQL przy użyciu operatorów przestrzennych (Gottlieb, Iwaniak, Olszewski, 2007).

W wyniku interpretacji przestrzennej wybranych cech elementów środowiska przyrodniczego stwierdzono, że:

- wytypowane miejsca gromadzenia się wody, prawie w całości znajdują się na obszarze o zmiennej klasie przepuszczalności gruntów. Są to grunty organiczne, które charakteryzują się zmiennymi warunkami przepuszczalności – w okresie dużego nawilgotnienia grunt staje się nieprzepuszczalny, natomiast w okresie suchym przepuszczalność jest dobra. Niewielka część wyznaczonych miejsc pokrywa grunty o słabej przepuszczalności. Nie stwierdzono występowania miejsc na gruntach o łatwej, ani średniej przepuszczalności, czyli takich, których zdolność przewodzenia wody jest duża, a tym samym mają one małą zdolność do zatrzymywania wody.
- przeważająca część wytyczonego obszaru, znajduje się w strefie występowania wód podziemnych do głębokości 1 metra. Jest to teren o płytkim występowaniu zwierciadła wód podziemnych, co czyni te miejsca podatnymi na tworzenie się okresowych podmokłości. Tylko na małym fragmencie wyznaczonych obszarów miąższość strefy aeracji znajduje się w przedziale od 1 do 2 m.
- ciekły występują tylko marginalnie i nie powodują odpływu wody.
- tereny podmokłe częściowo pokrywają się z miejscami określającymi obszary akumulacji wody.

Powyższe stwierdzenia pozwalają sądzić, że wytypowane obszary zostały określone poprawnie, a w związku z tym stanowią potencjalne miejsca występowania lokalnych podtopień.

Aby sprawdzić poprawność analiz, dokonano wizji lokalnej danych obszarów. Roślinność występująca w tych miejscach wskazuje, że okresowo gromadzi się tam woda.

Podsumowanie

Celem prac badawczych było określenie zasięgu występowania miejscowych podtopień na obszarach nie objętych opracowaniami związanymi z zagrożeniem przeciwpowodziowym, np. ISOK. Do tego celu wykorzystano dane dostępne w PZGiK.

Wykorzystując NMT, stosując narzędzia GIS oraz autorskie oprogramowanie, wyznaczono przypuszczalny zasięg miejsc akumulacji wody. Następnie obszary te poddano ocenie, uwzględniając dane bazy HYDRO. Superpozycja danych wysokościowych (NMT) z sytuacyjnymi (dane Hydro) otwiera nowe możliwości wykorzystania map hydrograficznych. Wyznaczanie miejsc akumulacji wody ma bardzo duże znaczenie z punktu widzenia gospodarowania w skali lokalnej. Może stanowić podstawę przy opracowywaniu i aktualizacji planów zagospodarowania terenu. Da to możliwość odpowiedniej adaptacji tych obszarów, a ewentualnym inwestorom pozwoli na podejmowanie właściwych decyzji, dotyczących na przykład zastosowania odpowiednich izolacji już na etapie planowania inwestycji. Określenie stref podmokłości stanowi ważną informację dla KZGW – pomocne jest w pracach melioracyjnych oraz wyznaczaniu stref drenażu, które przyczynią się do odwodnienia pól (Bajkiewicz-Grabowska, 2005). Z drugiej strony, wyznaczone strefy, mogą stać się również sezonowymi rezerwuarami wody wykorzystywanymi w okresie suszy.

Autorzy zastanawiają się nad zasadnością wprowadzenia do map tematycznych (hydrograficznej) nowej klasy obiektów przedstawiających podatność obszarów na występowanie lokalnych podtopień.

Literatura

- Arge L. et al., 2001: Flow Computation on Massive Grid Terrains. Springer Verlag.
http://www.cs.duke.edu/geo*/terraflow/papers/journal_terraflow.pdf
- Bajkiewicz-Grabowska E., 2005: Wykorzystanie bazy danych hydrograficznych do celów naukowych. [w:] Praktyczne wykorzystanie map tematycznych w skali 1:50 000. Materiały z seminarium, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Dyrektiva 2007/60/we Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim. Dz.U. UE L 288/27-34.
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2007: GIS Obszary zastosowań. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Li Z., Zhu Q., Gold C., 2005: Digital Terrain Modeling. Principles and Methodology. CRC Press. London, UK.
- Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D.W., 2008: GIS. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Maguire D.J, Batty M., Goodchild M.F., 2007: GIS, Spatial Analysis and Modeling. ESRI Press, Redlands.
- Mielcarzewicz E., 1970: Melioracje miejskie i przemysłowe, Warszawa-Wrocław.
- Oberski T., Zarnowski A., 2013: Analiza wpływu rzeźby terenu na kształtowanie krajobrazu przyrodniczego i jego zagospodarowanie. *Inżynieria Ekologiczna* nr 33.
- Oberski T., Zarnowski A., 2012: Pozyskiwanie naturalnych zbiorników wodnych na podstawie numerycznego modelu rzeźby terenu i narzędzi GIS. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* nr 1/III.
- Urbański J., 2011: GIS w badaniach przyrodniczych. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Wytyczne techniczne GIS-3, 2005: Mapa hydrograficzna Polski, skala 1:50 000 w formie analogowej i numerycznej, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.

Źródła internetowe (dostęp 20.06.2013 r.):

- <http://www.geoportal.gov.pl>
<http://www.gugik.gov.pl/projekty/isok>
<http://www.kzgw.gov.pl>

Abstract

HYDRO databases are an important component of the Polish hydrographic maps made for several years. Special thematic data stored in spatial databases cover an area of nearly 60% of the country. This paper aims to show new possibilities of using existing HYDRO databases integrated with Digital Terrain Models.

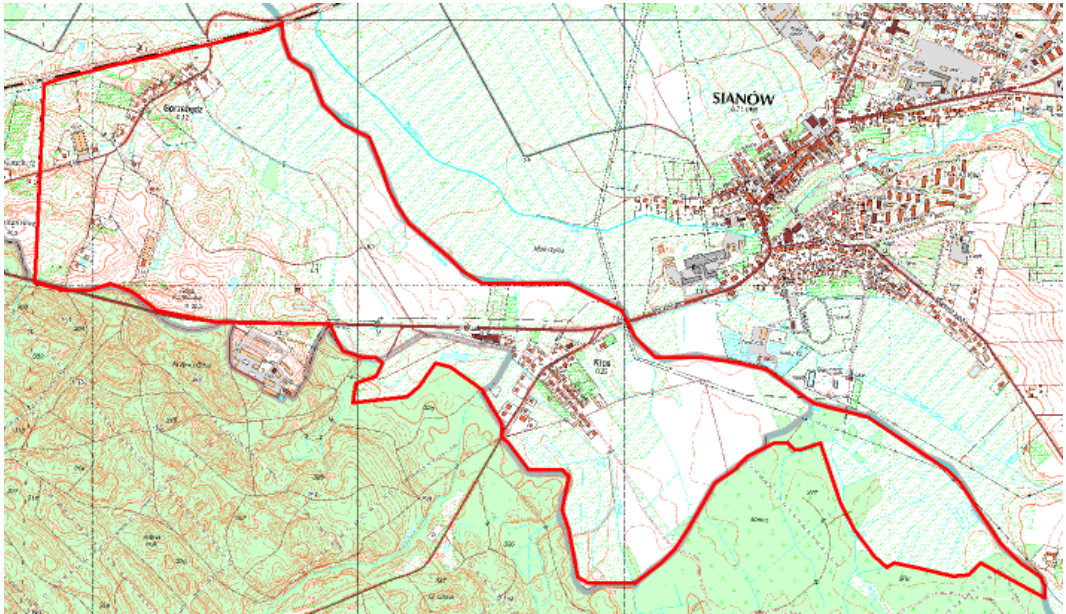
DTM is shown as the background for selected hydrographic data layers. For this purpose, the authors use an elevation data model developed with Airborne Laser Scanning data. These kinds of DTMs were developed for large part of the country, and the average error for most areas is less than 1 m. These results are kind of a three-dimensional view, which allows better understanding of hydrographic phenomena.

Using the GIS tools allowed to find runoff directions and to determine the places of water gathering. This will allow to designate areas of local flooding caused by heavy rain and also as a result of snow melt. This information could be a root for creation of relevant maps and place them in geoportals to help individual investors planning to purchase the land parcel or to use appropriate insulation in construction of houses. Delineation of flooding zones may also be useful for municipalities in areas not covered by the flood risk maps.

Targeting the places where water accumulates is also valuable information for the National Water Management Authority (KZGW) which can help to create periodic reservoirs (wetlands) and then use them in times of drought for the irrigation purposes.

mgr inż. Tomasz Oberski
tomasz.oberski@tu.koszalin.pl

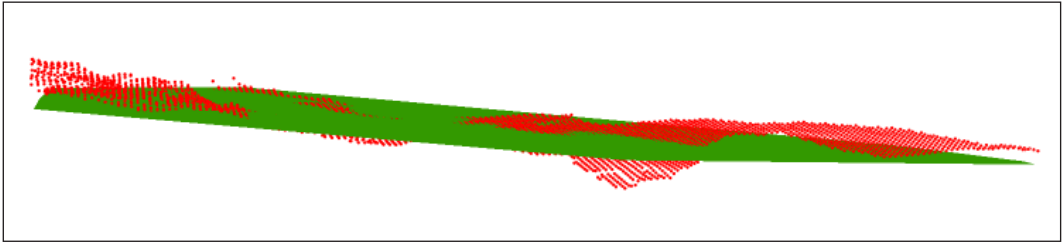
mgr Zofia Szczepaniak-Kołtun
zofia.szczepaniak@tu.koszalin.pl



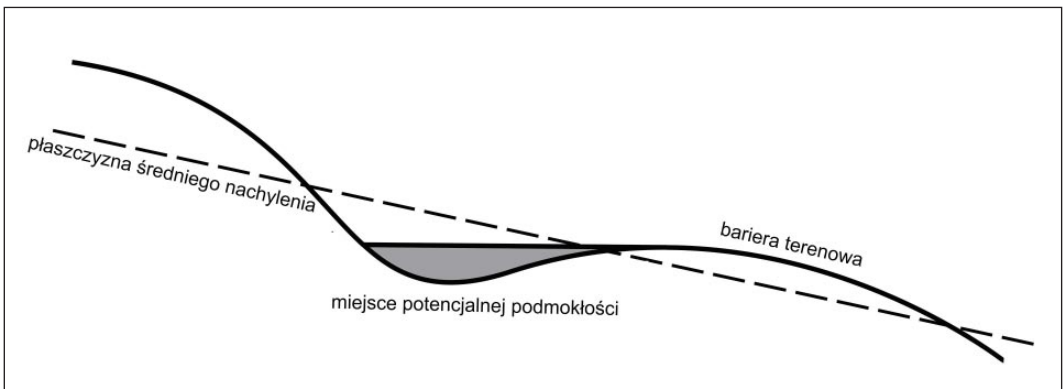
Rys. 1. Obszar badań na tle mapy 1: 10 000 (TBD)



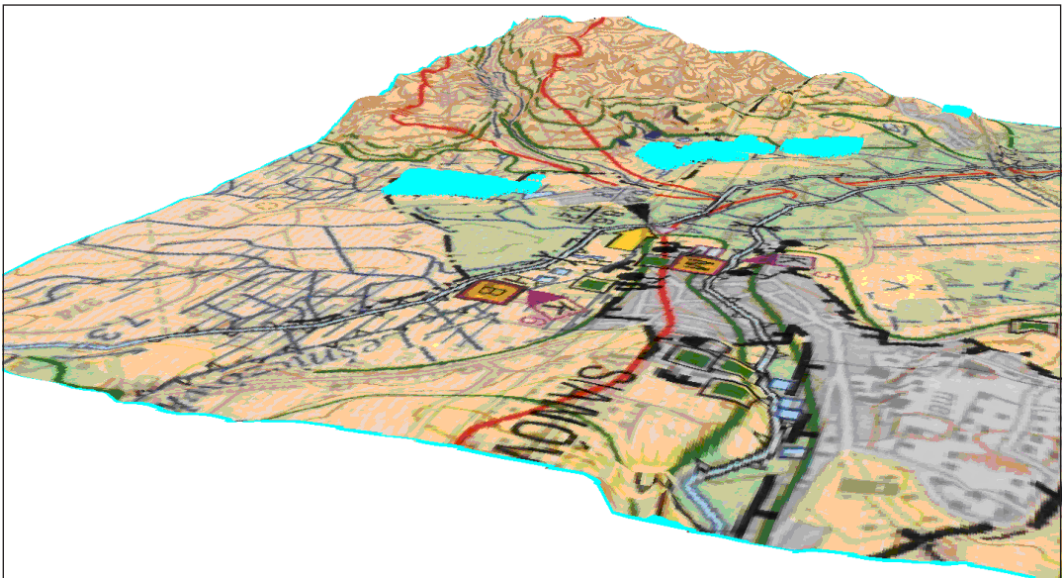
Rys. 2. Ortofotomapa z obszarem badań (źródło: www.geoportal.gov.pl)



Rys. 3. Płaszczyzna średniego nachylenia terenu na tle NMT



Rys. 4. Przykład przekroju z występującą barierą dla wód spływowych



Rys. 5. Przestrzenna wizualizacja znalezionych obszarów gromadzenia się wody na tle mapy hydrograficznej