

Ochrona przeciwpowodziowa Ziemi Kłodzkiej i miasta Kłodzko – propozycje rozwiązań.

Analiza możliwości zarządzania retencją powodziową w oparciu o teorię zagadnień transportowych na obszarze Ziemi Kłodzkiej powyżej Kłodzka.

Opracowanie koncepcyjne suchego przeciwpowodziowego zbiornika tarasowego - zbiornik górny Zabłocie

Marek Drosio, luty 2025

Analiza możliwości zarządzania retencją powodziową w oparciu o teorię zagadnień transportowych na obszarze Ziemi Kłodzkiej powyżej Kłodzka.

CEL OPRACOWANIA

Kotlina a szerzej – Ziemia Kłodzka – jest niezwykle cennym obszarem o wysokiej wartości przyrodniczej, krajobrazowej i społecznej zarówno dla regionu, jak i dla kraju. Kluczowym wyzwaniem jest utrzymanie kruchej harmonii między ochroną tych wartości a zapewnieniem bezpieczeństwa przeciwpowodziowego lokalnej ludności. Z jednej strony, ze względu na istotny wpływ tego obszaru na tereny niżej położone, nie jest możliwe utworzenie rezerwatu przyrody na całym tym terenie, który działałby w sposób samoregulujący. Z drugiej strony, nie można również w pełni zabudować kotlin zbiornikami przeciwpowodziowymi, choć rosnące zagrożenie powodziowe staje się coraz bardziej realne. Opracowanie to ma na celu zaproponowanie koncepcji, w myśl której zastosowanie nowoczesnych rozwiązań technicznych przyczyni się do znaczącego wzrostu bezpieczeństwa mieszkańców regionu, przy jednoczesnej minimalizacji ingerencji w krajobraz oraz infrastrukturę urbanistyczną i społeczną. Celem jest zwrócenie uwagi, aby w trakcie likwidacji szkód skoncentrować się nie tylko na odbudowie zniszczonej infrastruktury, ale także pomyśleć o rewitalizacji obszaru i zaplanowaniu nowych rozwiązań na przyszłość, co pozwoli na stworzenie nowoczesnej, bezpieczniejszej przestrzeni. Proponowane rozwiązania nie stanowią zamkniętego katalogu działań, lecz są zaproszeniem do merytorycznej dyskusji i współpracy między architektami, inżynierami, socjologami oraz, co najważniejsze, z lokalną społecznością. Kluczowe jest zaangażowanie mieszkańców w proces odbudowy, aby nowe projekty były zarówno funkcjonalne, atrakcyjne, jak i bezpieczne. W obliczu coraz częstszych powodzi i niepokojących prognoz, podjęte działania powinny być szybkie i wielotorowe. Szczególnie zagrożone jest Kłodzko. Matematyka jest nieubłagana – wszystko, co spadnie w zlewni Nysy Kłodzkiej, musi przez to miasto przepłynąć. Choć budowa kolejnych zbiorników przeciwpowodziowych może okazać się koniecznością, istnieje wciąż szeroki zakres niewykorzystanych możliwości, które mogą przynieść znaczące korzyści bez konieczności tak drastycznych działań, jak wysiedlenie całych miejscowości.

Dane wstępne:

Zlewnia Nysy Kłodzkiej powyżej Kłodzka obejmuje 1084 km². Przy czym zlewnie dopływów odniesione do poszczególnych posterunków wynoszą:

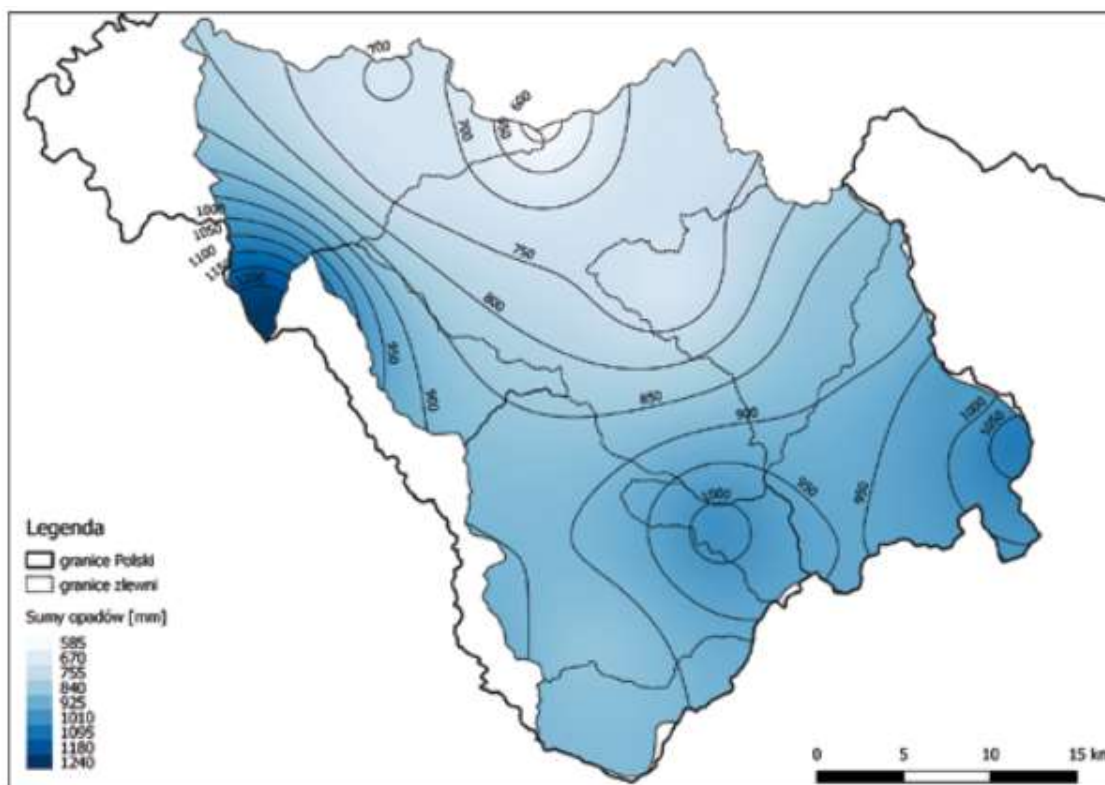
1. Nysa Kłodzka – (H-6) Międzylesie 49,7 km²
2. Nysa Kłodzka – (H-11) Bystrzyca Kłodzka II 260 km²
3. Wilczka – (H-8) Wilkanów 35,1 km²
4. Bystrzyca – (H-10) Bystrzyca Kłodzka I 64 km²
5. Morawa – (HP-1) Stronie Śl. Zap. 53 km²
6. Biała Łądecka – (H-14) Łądek Zdrój 166 km²
7. Biała Łądecka – (H-3) Żelazno 305 km²
8. Bystrzyca Dusznicka – (H-4) Szalejów Dolny 175 km²

Analiza opierać się będzie o założenia zdarzeń prawdopodobnych, nie ekstremalnych.

Przyjęto:

- Obliczeniowy spływ powierzchniowy (szacowany) = 60%
- Średni opad obliczeniowy dla stanów powodziowych 60h = 240 mm (dla całego terenu). Dla niektórych terenów zdarzają się ekstremalnie wyższe wartości opadu, np. opad notowany na stacji P3 Międzygórze, gdzie suma dobową (24h) wyniosła 200,1 mm (1997-07-06). W sumarycznych obliczeniach całego regionu należy uwzględnić współczynniki jednoczesności.

Rys. 1 i 2 Zlewnia Nysy Kłodzkiej powyżej Kłodzka oraz mapa opadów średniorocznych.



Ryc. 2. Średnie roczne opady dla analizowanych posterunków opadowych w latach 1971–2015

Poniższa tabela przedstawia parametry aktualnie istniejących suchych zbiorników przeciwpowodziowych w Dolinie Kłodzkiej.

Dane: różne źródła

Zbiornik	Rzeka	Rok budowy	Pojemność mln m ³	Zlewnia [km ²]	Zabezpieczenie zlewni [mln m ³ /km ²]	Opad testowy szczytowy [mm/60h]	Objętość opadu przy 60% spływie powierzchniowym [mln m ³]	Hipotetyczny czas napełnienia zbiornika od 0 do 100% -[h]	% objętości zbiorników stosunku do wielkości spływu h60
Szalejów Górny	Bystrzyca Dusznicka	2023	9,9	170	0,058	240	24,48	24,3	40,4%
Krosnowice	Duna	2023	1,9	33,6	0,057	240	4,84	23,6	39,3%
Boboszów	Nysa Kłodzka	2023	1,42	17,9	0,079	240	2,58	33,1	55,1%
Roztoki	Goworówka	2021	2,75	32	0,086	240	4,61	35,8	59,7%
Stronie Śląskie	Morawa	1908	1,38	53,46	0,026	240	7,70	10,8	17,9%
Międzygórze	Wilczka	1908	0,83	25	0,033	240	3,60	13,8	23,1%
Zbiorniki Łącznie			18,18	331,96	0,055	240	47,80	22,8	38,0%
Nysa Kłodzka cała zlewnie do Kłodz- ka			18,18	1080	0,017	240	155,52	7,0	11,7%

Tabela 1

Z analizy powyższej tabeli wynika, że zabezpieczenie powodziowe Kłodzka „wystarcza” na 6 godzin. Oczywiście rozłożonych nieco w czasie. Przełożenie danych na warunki rzeczywiste nie jest tak bezpośrednie i proste, ale tegoroczna powódź pokazała, że pomimo zainwestowania setek milionów złotych w zbiorniki retencji powodziowej, efekty powodzi spowodowane wciąż niewystarczającymi zabezpieczeniami przeciwpowodziowymi były aż nadto widoczne. Zharmonizowane w czasie działanie takich zbiorników, jeśli miałyby takie możliwości, spowodowałoby zapewne zmniejszenie fali powodziowej w Kłodzku. Wymusiłoby to jednak gwałtowne, przypadkowe zrzuty i jeszcze większe zniszczenia kilku miejscowości. Dalsza rozbudowa ochrony przeciwpowodziowej

w oparciu o dotychczasową koncepcję dużych zbiorników przeciwpowodziowych jest o tyle bezcelowa, że koszty zaczynają rosnąć niewspółmiernie do efektów w przeliczeniu na 1 m³ retencjonowanej wody oraz że brakuje miejsc oczywistych do budowy takich zapór. Dołożenie następnej – wybudowanej i udostępnionej pojemności zatrzymywania wód nawet w ilości 10 mln m³ nie załatwi sprawy. Jedynie opóźni zalanie Kłodzka o kolejne 4–6 godzin. Nie oznacza to, że należy zaprzestać działań w kierunku zwiększenia retencji powodziowej. Trzeba jednak pamiętać, że to co możemy osiągnąć finalnie, to nie 100% zabezpieczenie, a jedynie minimalizacja skutków. Nikt nie zagwarantuje, że opady jakie wystąpiły w 2024 roku, były największe i teraz będą już tylko mniejsze. Wręcz przeciwnie. Większość ekspertów sądzi, że prawdziwe problemy dopiero przed nami. Przedstawione opracowanie proszę traktować jako głos w dyskusji wskazujący na pewne możliwości i problemy do rozwiązania. Natomiast w żadnym wypadku nie jest to „jedyna prawda” i „jedynie słuszna koncepcja”.

Problem zabezpieczenia powodziowego należy sprowadzić do dwóch nurtów postępowania.

1. Możliwości zabezpieczenia poszczególnych miejscowości;
2. Zabezpieczenia miasta Kłodzka, przez które musi przejść cała woda opadowa.

Analiza możliwości zabezpieczenia przeciwpowodziowego poszczególnych miejscowości na przykładzie rzeki Biała Łądecka.

W analizach wprowadzono na własny użytek pojęcie stanu krytycznego, który definiuję jako stan występowania podtopień i zalań, przy których wielkość strat jest akceptowalna. Akceptowalny poziom strat powinien być z góry oszacowany i przeliczony na przepływ dla każdego obszaru reprezentowanego przez dany profil pomiarowy. Jest to ważne szczególnie jeśli chcemy wprowadzić jakiegokolwiek metody dynamicznej regulacji przepływów przez zapory. Lepiej jest wywołać i utrzymać poziom krytyczny przez dwa dni i zalać np. park i dwie piwnice, niż skumulować przepływ w ostatniej fazie i wywołać metrową falę powodziową. Lepiej jest wprowadzić dłuższą falę powodziową o wysokości pół metra, niż próbując jej zapobiec, doprowadzić do skumulowania fali na przykład trzymetrowej. Musimy cały czas pamiętać, że z lokalnymi podtopieniami jakoś sobie radzimy. Wyzwaniem jest działanie w warunkach zjawisk ekstremalnych, gdy wiemy, że jedyne, co możemy zrobić, to minimalizować skutki.

Oszacowany bilans przepływu fali powodziowej przez Lądek Zdrój (kilometraż 22+880, zlewnia 162,93km²) Maksymalny poziom wynosił 373 cm 15.09.2024 g 10,00

Dane: na podstawie <https://hydro.imgw.pl/#/station/hydro/150160230?h=1009>

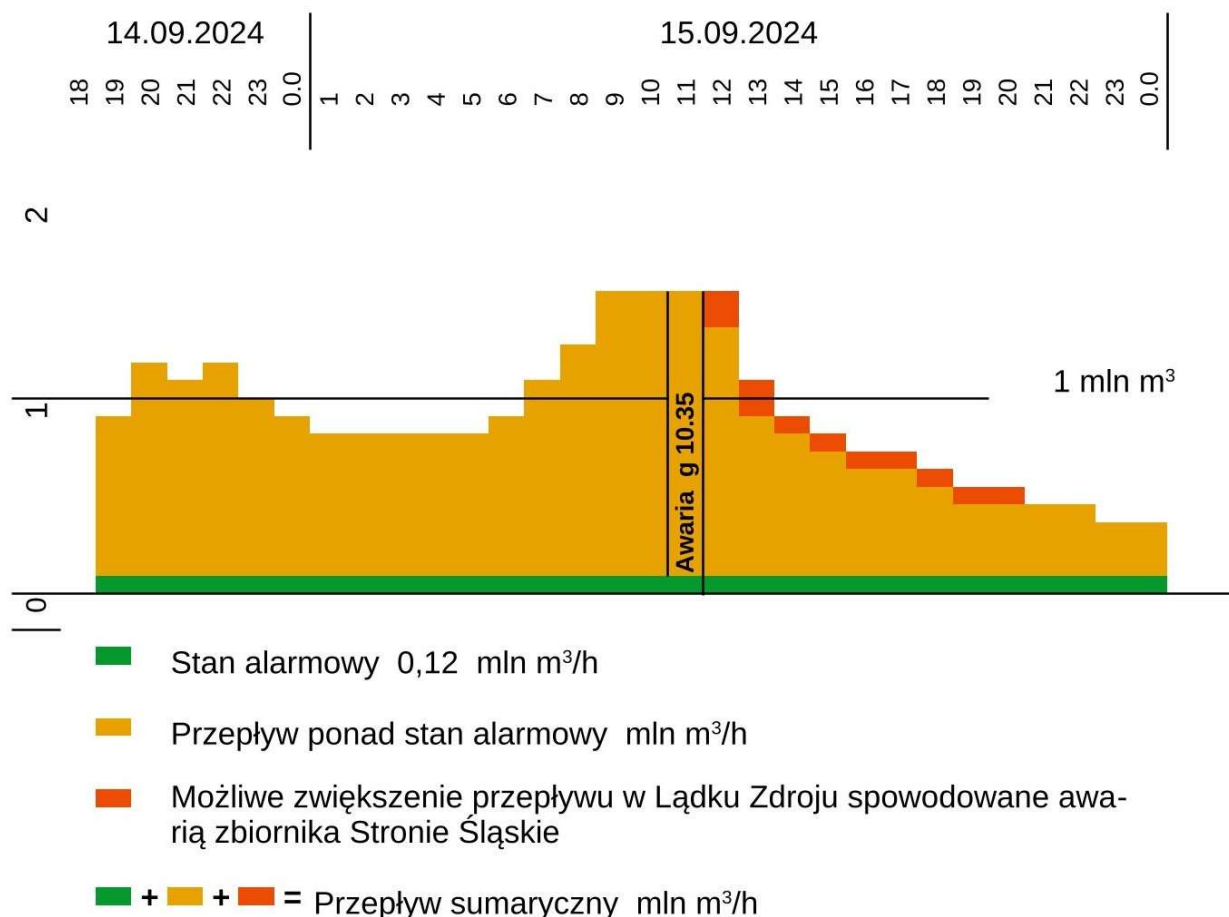
Rozpatrywany stan wody	Poziom	Przepływ	czas trwania		Ilość godzin	Przenoszona objętość w danym okresie	Udział wypływu obj. zbiornika Stronie Śląskie w objętości fali powodziowej w Łądku Zdrój wg stanów IMGW
	H [cm]	q [m ³ /s]	od	do	h	ΣQ [mln m ³]	1,38 mln m ³ / ΣQ
Alarmowy	120	33	13.09 g. 16	17.09 g. 24	105	49,7	2,78%
Krytyczny	150	60	13.09 g. 21	16.09 g. 22	73	44,5	3,10%
Sama „górką” powyżej stanu krytycznego	Powyżej 150	Powyżej 60	13.09 g. 21	16.09 g. 21	73	28,8	4,79%
Objętość „górką” powyżej poziomu 260 cm odpowiadającemu przepływowi ok. 200 m ³ /s					h	ΣQ [mln m ³]	
„Górką” powyżej stanu krytycznego	Powyżej 260	Powyżej 200	14.09 g. 14	15.09 g. 16	26	8,4	16,43%

Tabela 2

Z tabeli 2 wynika, że awaria zbiornika w Stroniu Śląskim, pomimo że spowodowała spustoszenie w samym mieście, to ani nie spowodowała, ani praktycznie nie miała wpływu na przebieg powodzi w Łądku Zdroju. Jej udział to tylko ok 3% objętości w całej fali powodziowej. Udział ten wzrasta zauważalnie, jeśli uznamy, że fala z uszkodzonego zbiornika skumulowała się z falą szczytową z Białej Łądeckiej. Jednak z danych IMGW wynika, że fala z awaryjnego wycieku minęła się z kulminacją fali na Białej Łądeckiej. W tym miejscu muszę podeprzeć faktami tak kontrowersyjny pogląd. Fragment z komunikatu Wód Polskich – „W niedzielę 15 września około godziny 10:35, ze względu na ciągły napór wody na konstrukcję zbiornika, doszło do rozmycia zapory ziemnej i woda przelała się przez obiekt w całkowicie niekontrolowany sposób”. Objętości fali powodziowej dla danego stanu, podane w tabeli oraz przedstawione na grafice są wartościami rzeczywistymi, przeliczonymi z danych podanych przez IMGW. Rys. 3. Fala z rozmytego zbiornika w Stroniu Śląskim pojawiła się w Łądku Zdroju w momencie, gdy główna fala powodziowa była tam w ostatniej fazie i co pokazuje grafika.

Rys. 3

Możliwa korelacja czasowa awarii zbiornika Stronie Śląskie z falą powodziową w Łądku Zdroju.



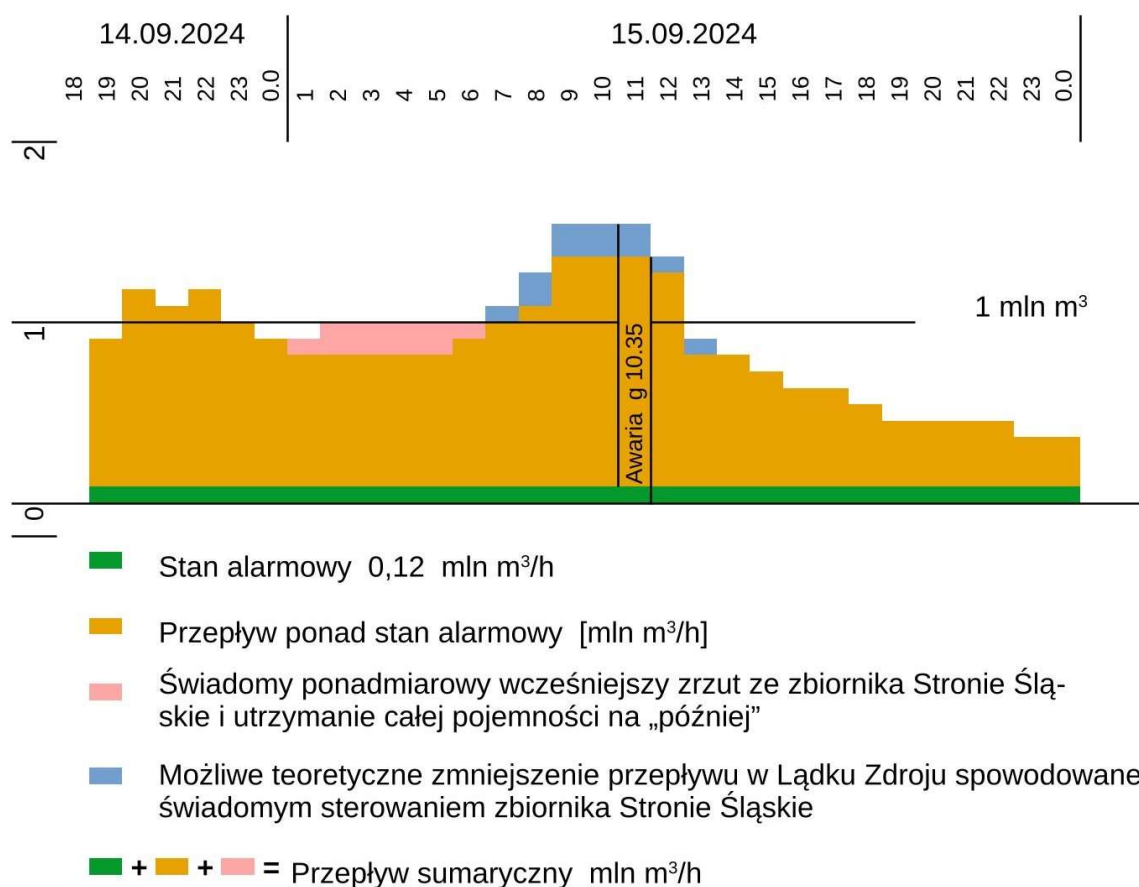
Jej energia została rozbita na spotkaniu z falą powodziową Białej Łądeckiej jeszcze na obszarze Stronia Śląskiego przy ujściu Morawki. Spowodowało to gigantyczne zniszczenia w mieście. Paradoksalnie jednak, zalanie miasta Stronie, zadziało na korzyść Łądku Zdroju. Utworzony ogromny zalew i zbiornik, turbulencjami spłaszczył nieco i spowolnił falę powodziową spowodowaną awarią. Szacowany udział procentowy objętości wód zbiornika w ogólnym bilansie fali powodziowej pokazano w tabeli 2. Biorąc pod uwagę, że przez Łądek Zdrój przeszła fala z ponad połowy zlewni Białej Łądeckiej, zbiornik przeciwpowodziowy o objętości 10–15 mln m³ usytuowany przed miastem zdecydowanie pomógłby, chociaż przejąłby tylko 25–30% objętości tej fali. Problem jednak w tym, że aby go wybudować, należałoby pewnie wysiedlić Stronie Śląskie oraz zmienić system zarządzania objętością retencji. Nie jest to koniec problemu. Rzeka w dalszym odcinku zbiera następne wody opadowe. Natomiast ważną rzeczą jest wykorzystywanie, nawet tej dużej dla Stronia Śląskiego, ale małej dla Łądku Zdroju objętości zbiornika, w sposób taki, aby minimalizować

straty. Na diagramie Rys 4. pokazano jak prawdopodobnie zmniejszyłaby się fala powodziowa w Łądku Zdroju, gdyby ponadmiarowe, chociaż wywołujące już powódź zrzuty ze zbiornika Stronie Śląskie były prowadzone do ostatniej chwili. I całkowicie zatrzymane w kluczowych dla Łądku Zdroju momentach. Wody Polskie w komunikacie z 24.09.2024 dotyczącym awarii 15.09.2024 podały, że napływ wody do zbiornika osiągał 320 m³/s, co daje 1 152 000 m³/h. Oznaczało to w praktyce napełnienie całego zbiornika w ciągu nieco ponad godzinę. Są to dane do zakwestionowania.

W tym miejscu muszę zauważyć, że dotarcie do wiarygodnych danych (które pomimo tego, że jako informacja publiczna powinny być szeroko i na bieżąco podawane) jest wyjątkowo trudne a wręcz czasami niemożliwe. W związku z tym wszystkie prowadzone tu analizy są dokonywane z dokładnością pozyskanych danych.

Rys. 4

Możliwa korelacja czasowa regulacji zbiornika Stronie Śląskie z falą powodziową w Łądku Zdroju.



Pomimo, że zbiornik w Stroniu Śląskim służy przede wszystkim ochronie tego miasta, to wkomponowanie go w system zarządzania powodzią mogłoby mieć duży wpływ na miejscowości położone poniżej.

Oszacowany bilans przepływu fali powodziowej która dotarła z Łądką Zdroju do Żelazno * Przyjęto czas 5h (km 5+120, zlewnia 303,88 km²)

Dane: na podstawie <https://hydro.imgw.pl/#/station/hydro/150160230?h=1009>

Rozpatrywany stan wody – sumaryczny przepływ w danym okresie	Poziom	Przepływ	czas trwania czas dla Łądką Zdroju +5 godzin		rzeczywiste wartości przepływów początek/koniec	ilość godzin	Przenoszona objętość w danym okresie	Stan w Łądku Zdroju	Przyrosty przepływów w stosunku do pomiaru w Łądku Zdroju	Przyrosty przepływów w stosunku do Łądką Zdroju
	H [cm]	q [m ³ /s] *	od	do	q [m ³ /s] *		ΣQ [mln m ³]	ΣQ [mln m ³]	ΔQ [mln m ³]	%
Alarmowy	140	33	13.09 g. 20	18.09 g. 05	40,5 / 42	105	61,2	49,7	11,5	23,1%
Krytyczny	203	60	14.09 g. 02	17.09 g. 03	60,2 / 57,9	73	55,5	44,5	11,0	24,7%
„Górka” powyżej stanu krytycznego	Powyżej 203	Powyżej 60	13.09 g. 02	17.09 g. 03		73	39,7	28,8	10,9	37,8%

Tabela 3

* Uwaga do tabeli 3: IMGW określa granicę stanu alarmowego w przekroju Żelazno na wysokości 140 cm co odpowiada przepływowi ok 31 m³/s podczas gdy, dla przekroju Łądek Zdrój, który obsługuje zlewnię dwa razy mniejszą, poziom ten jest określony dla przepływu 32 m³/s. W tabeli 3 oszacowano przyrost przepływu na odcinku 17 kilometrów: Łądek Zdrój – Żelazno, na którym znajdują się miejscowości Gruszczyn, Radochów, Trzebieszowice, Ołdrzychowice Kłodzkie. Z jej analizy wynika, że ok 75% fali powodziowej było tą, która opuściła Łądek Zdrój. Dodatkowe 25% dopłynęło „po drodze”. Ponieważ obszar zlewni rzeki przyrasta z każdym kilometrem jej biegu i na tym odcinku, w rozpatrywanym czasie dopłynęło dodatkowo 11 mln m³ wody, to dla częściowego tylko zabezpieczenia przeciwpowodziowego tych miejscowości należałoby przed każdą z nich wybudować zbiornik retencji powodziowej o pojemności ok. 2–3 mln m³. Aby tego dokonać, w celu wybudowania poszczególnych zbiorników, należałoby praktycznie wysiedlić miejscowość położoną powyżej każdego, co czyni całe przedsięwzięcie nierealnym.

Można również tak uregulować i obwałować koryto rzeki, aby cała fala powodziowa przeszła w jej obrysie. Pomijając jednak kwestie krajobrazowe i infrastrukturalne, takie

działanie skończyłoby się spotęgowaniem katastrofy dla Kłodzka. Na szczęście dla Kłodzka, powódź w dolinie Białej Łądeckiej stała się wielkim chwilowym zbiornikiem retencyjnym, który je ochronił. Gdyby nie to, szczyt fali w Kłodzku byłby jeszcze wyższy. Beznadziejność sytuacji nie zwalnia od szukania rozwiązań. Może nowe mogą nieco więcej.

W rozważaniach musimy posłużyć się zarówno wyobraźnią jak i najnowszą wiedzą. Przyjmując w zlewni Nysy Kłodzkiej średni ekstremalny opad 60 h na poziomie 240 mm/m², współczynnika jednoczesności spływu na poziomie 0,8 oraz spływie powierzchniowym 0,65 (im wyższa intensywność opadu, tym udział spływu podziemnego mniejszy), przed bramą Kłodzka zjawiłoby się „morze” o wymiarach 1 km x 1 km i wysokości 135 m, oczekujące przejścia w możliwie najkrótszym czasie. Trzeba pamiętać, że w kolejce czekają jeszcze wody spływające pod powierzchnią i te, których spływ nie zmieścił się w wyznaczonym przedziale czasowym. Morze, które przepłynęło przez Kłodzko przy stanach powyżej alarmowego, czyli w ciągu 113 godzin, miało wysokość 115 m (115 mln m³).

Opracowania pt. Analiza zwiększenia retencji powodziowej w Kotlinie Kłodzkiej. [Poznań-Wrocław]: Sweco Consulting sp. z o.o., 2018, tom I-III, opierające się na zabezpieczeniu przeciwpowodziowym części ludności poprzez wysiedlenie innej części mieszkańców i zastąpienie ich miejscowości zbiornikami retencyjnymi są złe z założenia. Gdzie przesiedlić ludność? Zbudujemy osiedla na szczytach i wytniemy lasy? Po co chronić ludność, której już tam nie ma, bo została wysiedlona? Jeśli wysiedlimy całą ludność, problem zniknie, nie trzeba będzie budować zbiorników, a kotlina stanie się ścisłym rezerwatem z zakazem wstępu. Stworzenie rezerwatu zresztą nie byłoby takie złe. W miejscu Kłodzka postawimy wielką tamę i zrobimy jeden wielki suchy zbiornik przeciwpowodziowy by chronić dolną Nysę Kłodzką.

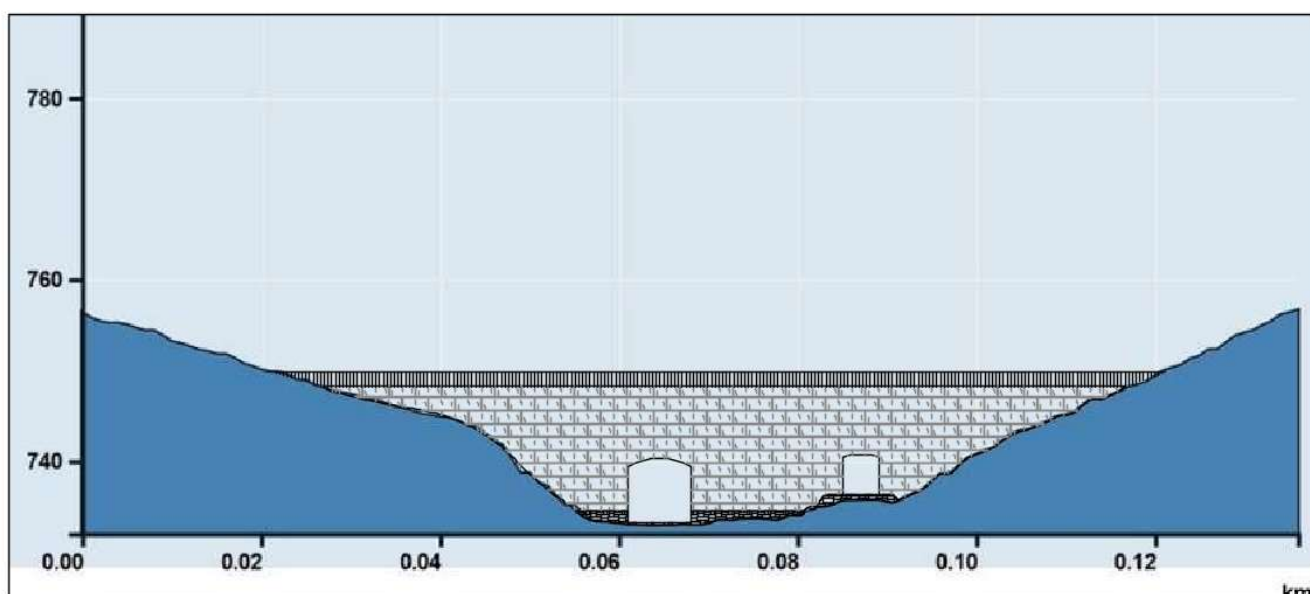
Retencja rozproszona, czyli rozwiązania należy szukać u źródeł.

Z analizy tabel 2 i 3 wynika, że wysoko położony zbiornik, taki jak Stronie Śląskie w małym stopniu, ale wpływa jednak na ochronę wszystkich miejsc położonych poniżej. Taki sam zbiornik usytuowany na przykład przed miejscowością Żelazno, w ekstremalnych warunkach, byłby dla tej miejscowości praktycznie niezauważalny. Jego wpływ na powódź w Łądku Zdroju też był minimalny.

To fakt, ale dziesięć czy piętnaście mniejszych zbiorników w różnych miejscach dorzecza już dałoby znaczące działanie. Rozwiązaniem problemu wydaje się być mała retencja umiejscowiona na wszystkich możliwych dopływach. „Bramy rzek”, czyli zapory postawione w poprzek kotlin rzecznych z normalnym przejazdem dołem wzdłuż rzeki umożliwiającym komunikację. Przepust rzeczny i przepust przez bramę byłyby zamykane śluzami tylko na czas zagrożenia. Takie zapory mogłyby również pełnić dodatkowe funkcje jako elementy infrastruktury turystycznej. Na przykład taras widokowy ze ścieżką rowerową na górze.

Wizualizacja koncepcyjna zapory na Białej Łądeckiej powyżej Bielicy.

Rys. 5 Bielice – Biała Łądecka



Przykład koncepcyjny zapory na Białej Łądeckiej powyżej Bielicy H 15 m + (1.5 m dostawka) Konstrukcja z przejściem turystycznym górą. W nucie rzeki miejsce na zawieradło. W przejeździe bramowym miejsce na zawieradło lub zastawkę.

Wysokość zapory na rysunku wynosi od dna 15m (+ 1,5 dostawki tymczasowej). Konstrukcja zaplanowana jest z przejściem turystycznym górą. W nurcie rzeki znajduje się miejsce na stałe lub demontowalne, zdalnie sterowane zawieradło. Dodatkowo, w przejeździe bramowym jest miejsce na drugie zawieradło lub zastawkę. Szerokość przejść powinna zapewnić możliwość migracji zwierząt brzegiem wzdłuż potoku. Zlokalizowana w tym miejscu zaporą o długości korony ok. 95 m ingerowałaby w krajobraz tylko w tym miejscu. Las na zboczach w strefie zalewowej nie przeszkadza, a przejazd bramowy nie utrudni w żaden sposób dostępu do kotliny. Strome zbocza i płytko występujące podłoże skalne dają doskonałe warunki dla mocnego zakotwienia zapory.

Estetycznie zaprojektowane obiekty tego typu nabędą charakteru atrakcji turystycznych i mogą stać się celem wypraw rowerowych. Uzyskana w ten sposób retencja powodziowa na tym stopniu wyniesie ok. 350 000 m³. System ten można rozbudować o kolejne stopnie w górnym nurcie. Podobnych rozwiązań należy szukać na poszczególnych dopływach. Istotną zaletą takiego rozwiązania jest czas. Proces budowy dużego np. 2 mln m³ zbiornika to nawet 6–10 lat. Budowę 10 czy 30 mniejszych zbiorników można zrealizować jednocześnie w 2–4 lata. Czas budowy poszczególnych obiektów nie powinien przekroczyć roku, a łącznie cały proces inwestycyjny z projektowaniem i uzgodnieniami powinien się zmieścić w dwóch latach. Takie lokalizacje wykluczają prawie całkowicie konieczność przesiedleń i wykupu gruntów.

W wizualizacji na zdjęciach Rys. 6 i 7 przedstawiono przykładowy profil dla zapory bramowej wysokości ok. 12–13 m nad korytem Białej Łądeckiej, na odcinku powyżej Bielicy. W rzeczywistości obiekty takie można zrealizować nieco ładniej niż na załączonym przykładzie. Można nawet rozpisywać małe konkursy architektoniczne.

Rys. 6



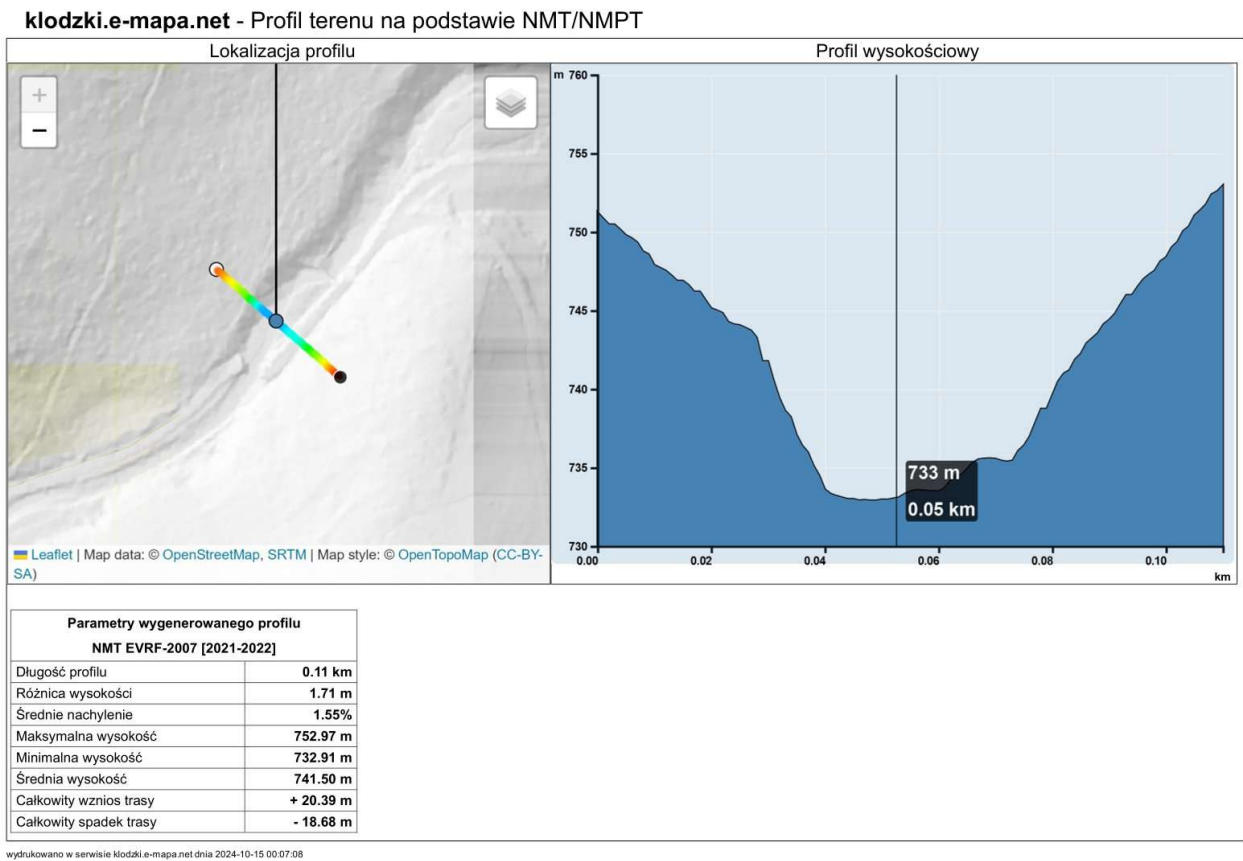
Widok taki występuje tylko na odcinku zbliżenia ok. 150 m. Gdyby podobny obiekt został wybudowany sto lat temu, dzisiaj byłby lokalną atrakcją turystyczną

Rys. 7



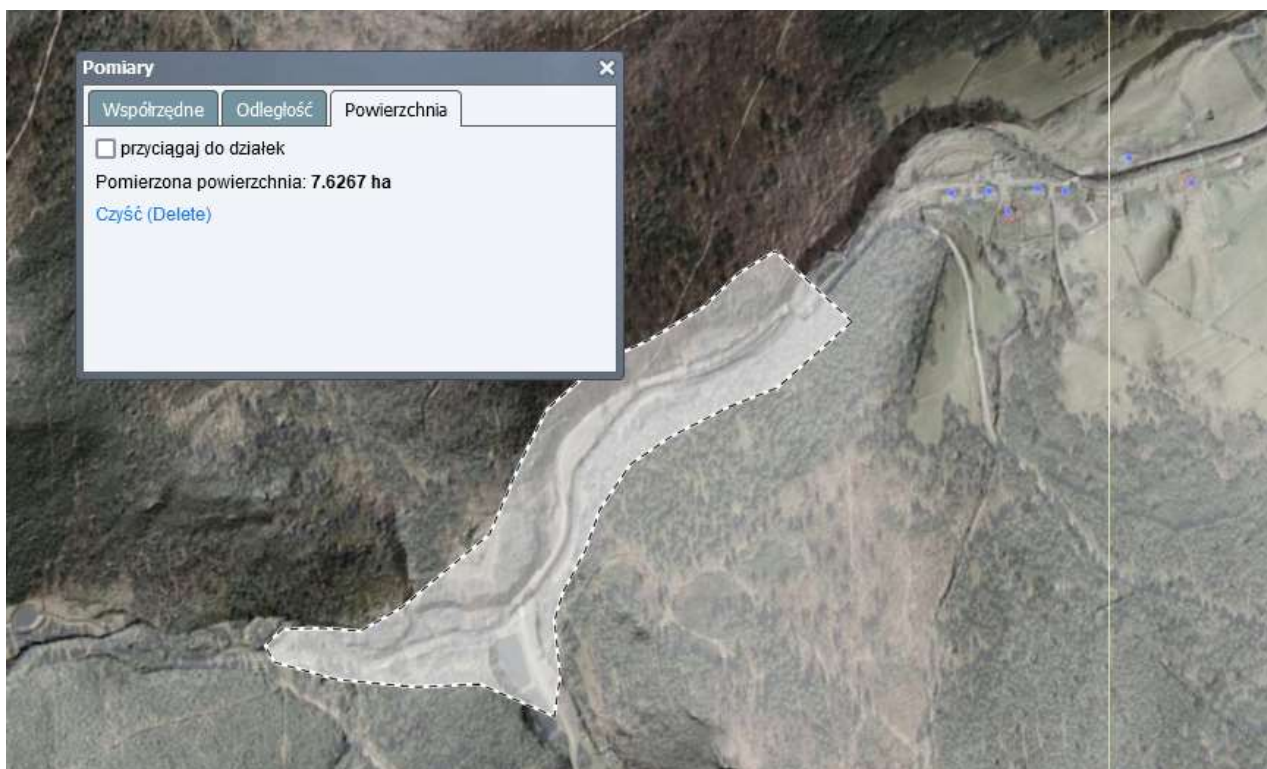
Przykładową lokalizację powyżej Bielic przedstawia Rys. 8

Rys. 8



Objętość tak powstałego zbiornika wydaje się być niewielka, ale jest to również kwestia rozwiązań konstrukcyjnych. Tymczasowe podnoszenie wysokości korony o 1,5 m, co jest technicznie bardzo proste do wykonania, zwiększa pojemność tego zbiornika o ok. 115 000 m³. Pozostają również możliwości wybudowania następnych stopni powyżej Bielicy. Oszacowany obszar zlewni dla pierwszego stopnia to ok. 18.5 km² trudnego górzystego i bardzo deszczowego terenu, dla którego udział odpływu podziemnego należy przyjąć w granicach 30%. Dla przyjętych wstępnych parametrów opadu 60h = 240 mm objętość skumulowana Q, po uwzględnieniu odpływu podziemnego wyniosłaby ok. 3,1 mln m³. Wybudowanie 3–4 stopni powinno zapewnić więc retencję powodziową na poziomie 30–40% przewidywanej objętości opadu. Pamiętać jednak należy, że im wyżej położona zaporą, to jej pojemność będzie z reguły mniejsza. Przedstawione obliczenia są oczywiście oparte na szacunkach i założeniach koncepcyjnych, ale podane wielkości są jak najbardziej prawdopodobne. Rysunek 9 przedstawia teoretyczną powierzchnię zalania przy spiętrzeniu ok. 14 m wyznaczoną na podstawie warstwic.

Rys. 9



Rys. 10 Poniżej możliwe kaskadowe lokalizacje kolejnych stopni.



Takie rozwiązanie jest załączkiem do stworzeniu systemu, gdzie problem ochrony przeciwpowodziowej Ziemi Kłodzkiej zacznie być rozwiązywany dosłownie „u źródeł”. Zdając sobie sprawę, że jest to ingerencja w krajobraz, ale zdecydowanie mniej rzucająca się w oczy i zdecydowanie ładniejsza niż wieże widokowe na szczytach gór lub wielkie zbiorniki retencyjne. Musimy sobie uzmysłwić, że jeżeli na zbiorniki retencyjne wydaliśmy 1 mld zł, a straty po powodzi wynoszą 5 mld zł to oznacza, że koszty tych zbiorników wyniosły rzeczywiście 6 mld zł plus coroczna konserwacja. Następną powódź to kolejne koszty. Strat mentalnych krzywd ludzkich nie da się wyliczyć. Nie da się również w stu procentach zapobiec powodziom. Ale straty w wysokości powiedzmy ok. 250 mln zł jako ekwiwalent za zalane uprawy buraków i zerwany stary mostek, jeśli społeczność wie o tych zasadach wcześniej, są normalnym kosztem. Optymalizacją ochrony przeciwpowodziowej Ziemi Kłodzkiej powinna być sytuacja, gdzie w sposób systemowy wydajemy na przykład 3.5 mld zł na zbiorniki + zarządzanie + akceptowane straty. W celu przewidywania strat akceptowanych wprowadzono pojęcie stanów krytycznych, które powinny być jednoznacznie określone dla każdego odcinka a infrastruktura musi być dopasowana do takich przepływów. Przepływ taki powinien uwzględniać wszystkie kolejne dopływy z ich

charakterystycznymi stanami krytycznymi z uwzględnieniem współczynników jednoczesności oraz wagi dopływu.

System.

Nadrzędną zaletą proponowanego systemu ma być możliwość zabezpieczania poszczególnych miejscowości. Proponowane zbiorniki na dopływach z racji przewidywanej znaczącej ich ilości stanowią bardzo ważny element systemu. Dodając dodatkowe zabezpieczenia usytuowane wzdłuż większych rzek w postaci polderów, polderów tarasowych i kontrolowanych terenów zalewowych stworzymy rozległą infrastrukturę przeciwpowodziową. Duże suche zbiorniki retencyjne dalej będą odgrywać niezmiennie ważną rolę, ochraniając kluczowe miejsca.

Tak zaplanowaną siecią nie da się zarządzać bez automatyzacji.

Procesy powodziowe w rejonach górskich przebiegają z taką dynamiką, że ręczne sterowanie i planowanie nie gwarantuje poprawnej i efektywnej eksploatacji. Przykładem może być sytuacja, gdzie, mając na dwóch dopływach zbiorniki o regulowanych upustach możemy tak sterować przepływami, wstrzymując na jednym przepływ całkowicie a na drugim przepuszczając nawet z nadmiarem ponad stan krytyczny, że możemy spowodować po zmianie sekwencji minięcie się szczytów fal o godzinę czy pięć. Spowoduje to, że nastąpi spłaszczenie fali powodziowej a przecież o zdejmowanie „górek” chodzi przede wszystkim. Tak przygotowana fala spotka się na następnym dopływie z inną. Takie spotkanie też jest warto w miarę możliwości zaplanować. Ze względów oceny społecznej przedsięwzięcia, warto myśleć, aby zbiorniki były umiejscowione jak najdalej od zabudowań. Oczywiście nie zawsze jest to możliwe. Rysują się jednak pewne niepodważalne reguły.

- Im więcej małych zbiorników tym większy zabezpieczany obszar. Nawet przy tej samej objętości retencji co dużego pojedynczego zbiornika.
- Im więcej małych zbiorników, tym skutki ewentualnej awarii zdecydowanie mniejsze (przykład Stronia Śląskiego).
- Im więcej małych zbiorników, tym większe możliwości modulacji.

Rys. 11. Różnice w efektach pracy suchych zbiorników przepływem nieregulowanym **B** i z przepływem sterowanym sekwencyjnym **C**. W warunkach ekstremalnych musi być możliwość dopuszczenia większych przepływów i doprowadzenia do stanu kontrolowanej powodzi, aby nie dopuścić do stanu bez kontroli. Pozwala to na minimalizację szkód.

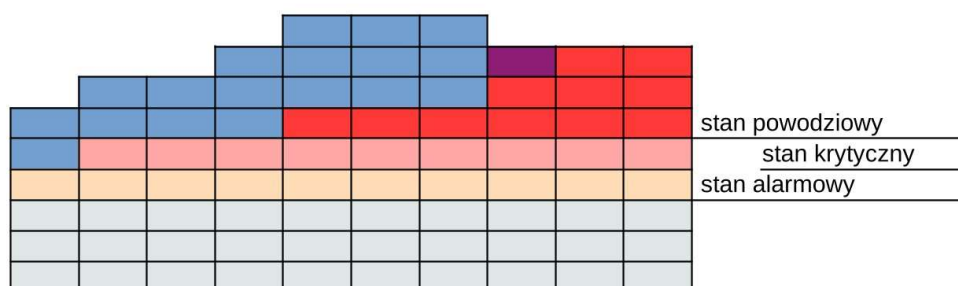
Rys. 11

Rozpatrywany czas 60 godzin
0| 6| 12| 18| 24| 30| 36| 42| 48| 54| 60|

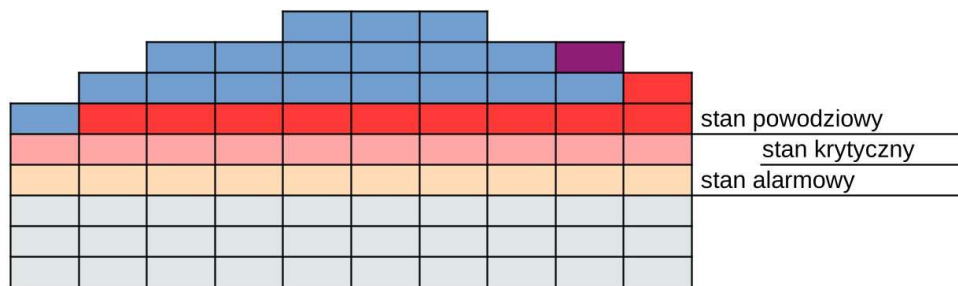
A Rozpatrywane przewidywane napływy na profil kontrolny bez zapory



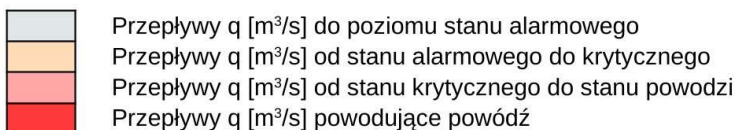
B Rzeczywiste przepływy za zaporą ograniczone działaniem retencji zbiornika



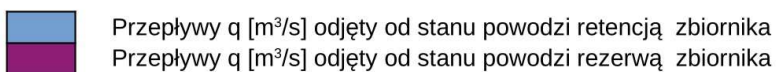
C Rzeczywiste przepływy za zaporą ograniczone działaniem retencji zbiornika z pełnym regulowanym przepływem korytowym



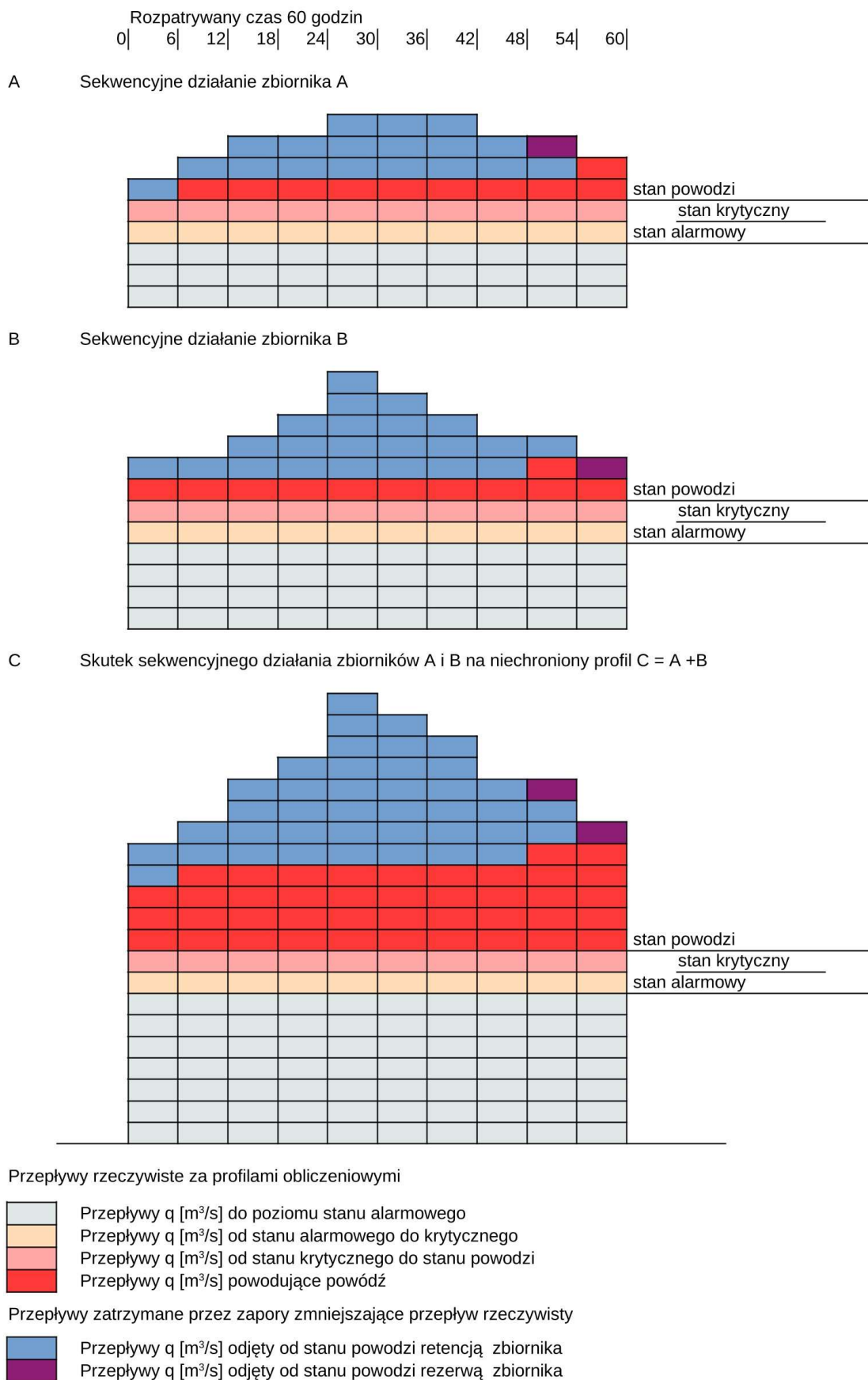
Przepływy rzeczywiste za profilem zapory



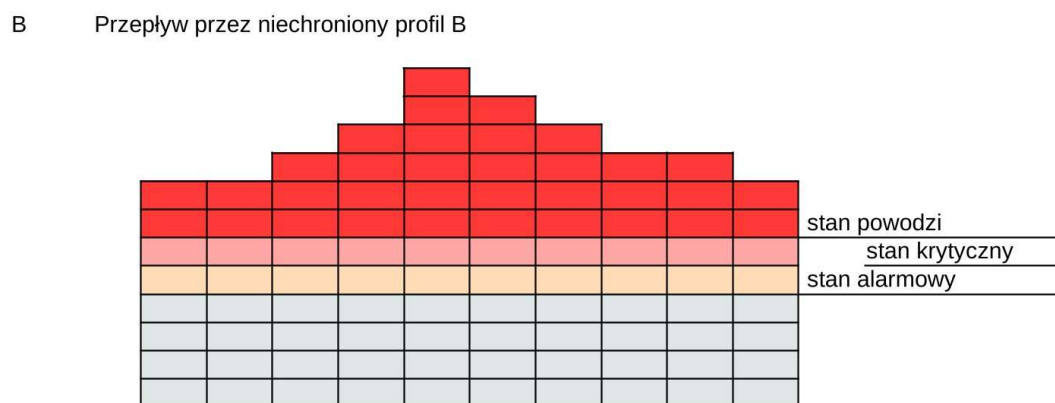
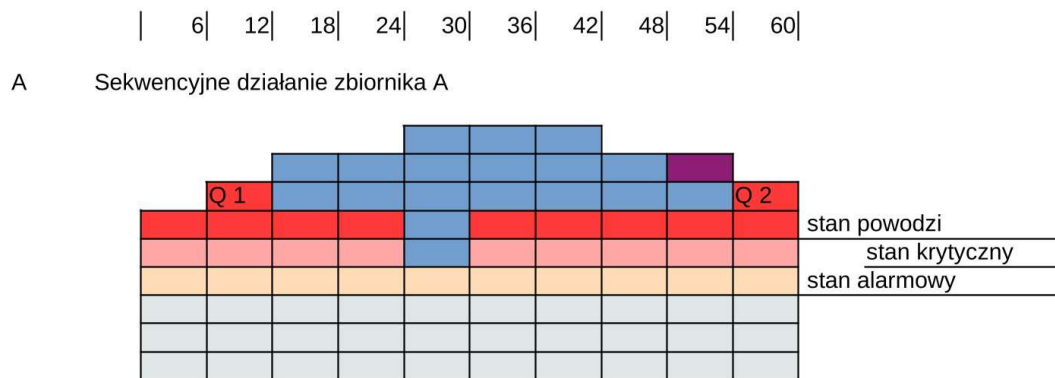
Przepływ zatrzymany przez zaporę zmniejszający przepływ bilansowy



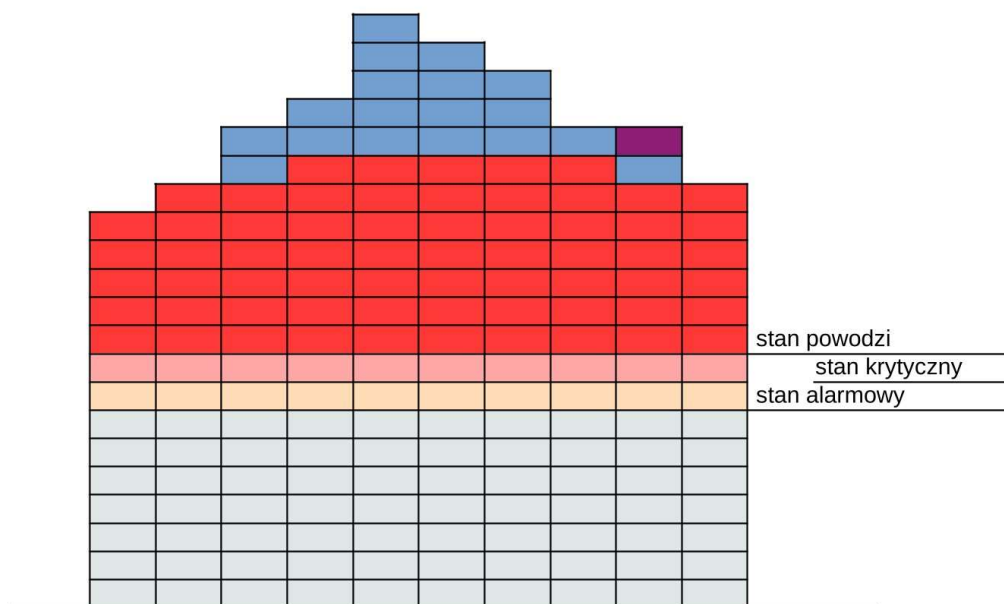
Rys. 12



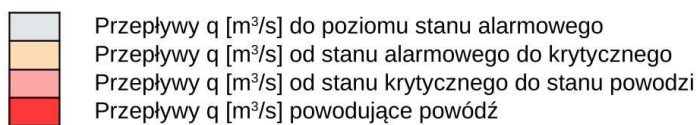
Rys. 13



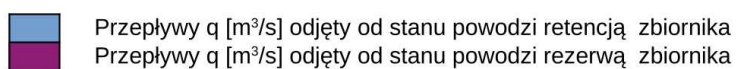
C Skutek sekwencyjnego działania zbiornika A na chroniony profil C = A + B



Przepływy rzeczywiste za profilami obliczeniowymi



Przepływ zatrzymany przez zaporę A zmniejszające przepływ rzeczywisty C



Rys. 12. Sekwencyjne działanie regulacji zbiorników działa nie tylko na sam chroniony przekrój za zaporą. Na powyższym rysunku przedstawiono sposób zabezpieczenia niechronionego profilu poniżej zbiegu dopływów. Wypłaszczenie fali własnej powoduje, że suma takich fal również jest płaska.

Rys. 13. Regulacja sekwencyjna przepływami na profilu chronionym ma bardzo duży wpływ na sumę przepływów po zbiegu profilu chronionego i profilu naturalnego. W takiej sytuacji praca zapory **A** z regulowanym przepływem powinna uwzględniać również wartości przepływów w profilu **B**. Wtedy możemy w profilu **C** obciążyć „górkę” fali. W całym procesie regulacji musimy pamiętać, że największe zniszczenia powodują ekstrema fali.

W tych graficznych symulacjach nie uwzględniono z powodów oczywistych takich czynników jak zmiana dynamiki przepływu po wypłaszczeniu fali, czy też zróżnicowania wzajemnych czasów dopływu i odpływu z poszczególnych zbiorników. To jest zadanie dla komputerów. W tym miejscu przedstawiamy tylko idee.

W całym sterowaniu układem chodzi o to, aby całkowita energia spływu była jak najniższa i jak najbardziej rozciągnięta w czasie. Rola małych zbiorników na dopływach kończy się na najbliższych dwóch, trzech węzłach. Wynika to z ograniczeń czasowych przedziałów modelowania matematycznego, jak i statystyki wpływu zmiennych na odległe węzły. Pojemność zbiornika przepływowego mamy do dyspozycji tylko kilka – kilkanaście godzin a woda z obszaru całej zlewni musi jednak przez niego przepłynąć. Dalszą rolę przejmują duże zbiorniki. Jak ważne jest zarządzanie w czasie dostępnymi retencjami pokazuje przykład fali powodziowej w Kłodzku i korelacja w czasie działania zbiorników w Krosnowicach Rys. 14. i Szalejowie Górnym.

Napełnianie zbiornika w Krosnowicach rozpoczęło się już 13 września, osiągając 14.09.24 o godzinie 24 napełnienie na poziomie ok 60% pojemności zbiornika. Następnie 15.09.2024 o godzinie 12. nastąpiło przepełnienie zbiornika. Około 2–3 godzin później do Kłodzka napłynęła główna fala powodziowa. Zdecydowanie lepszym działaniem byłoby utrzymywanie możliwie długo pustego zbiornika, nawet kosztem zrzutów nadmiarowych i całkowite zatrzymanie tych zrzutów na czas góry powodziowej w Kłodzku. Zmniejszyłoby to napływ wody na profil kłodzka o ok. 50–60 m³/s. Niby niedużo, ale przecież o te poszczególne drobne wielkości walczymy. Taki był sens budowania tego zbiornika.

Jego pojemność retencyjna to ok. 2,2 mln m³. W czasie fali powodziowej przeszło przez profil Kłodzka ok. 115 mln m³. Udział zbiornika w Krosnowicach przy tak ekstremalnych stanach jest teoretycznie znikomy, bo tylko ok. 2%, ale jednak po coś te zbiorniki zostały

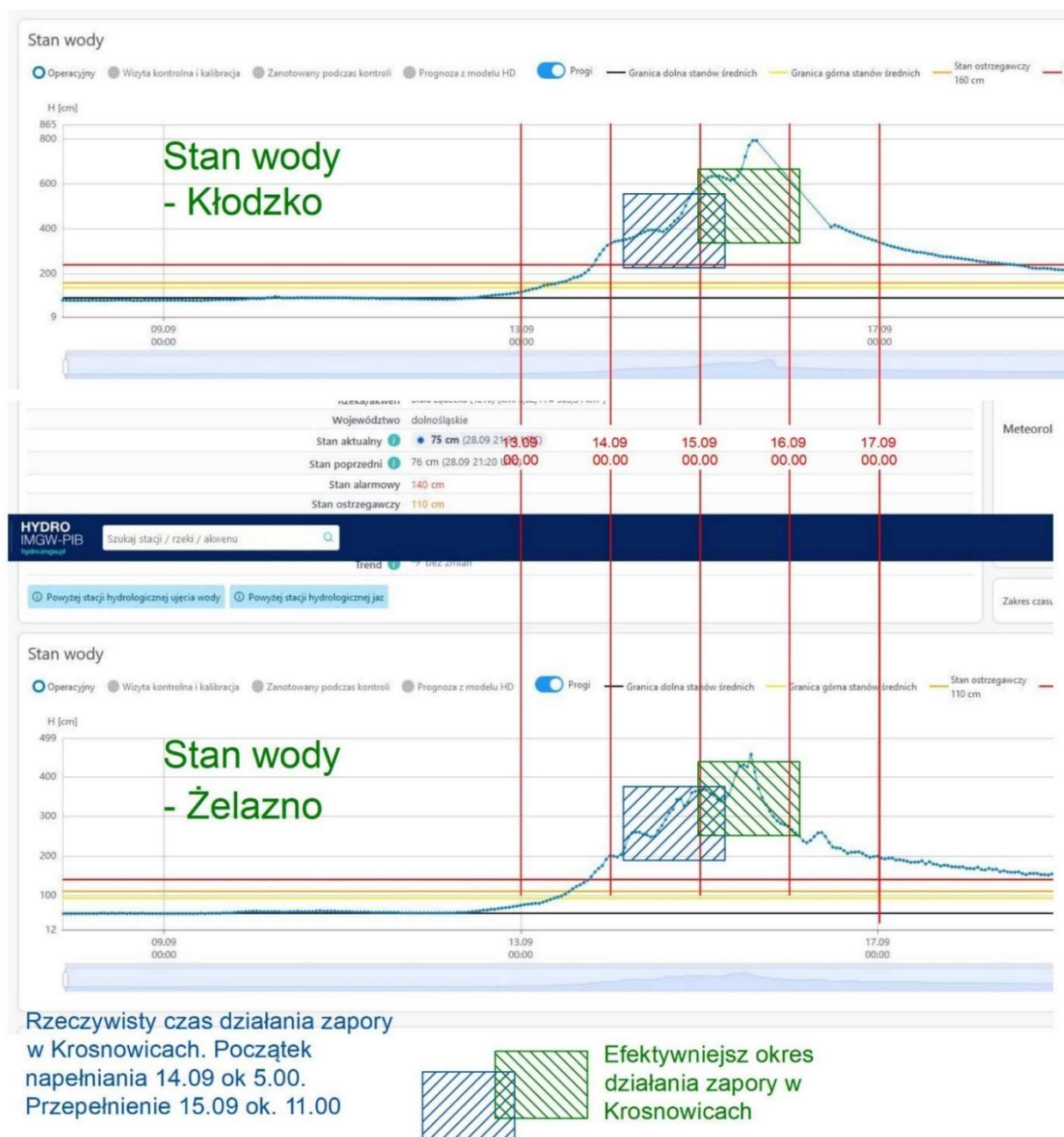
zbudowane. Jeśli mamy możliwość sterowania czasem i pojemnością, to możemy zbliżyć się do interwencji na poziomie 5–8 % w „górkach” fal powodziowych. W omawianym przykładzie napełnianie zbiornika skończyło się przed główną falą powodziową z Białej Łądeckiej i Nysy Kłodzkiej. Prawda jest więc taka, że ten zbiornik nie odegrał **żadnej** roli w ochronie Kłodzka. Kiedy tam przechodziła główna fala, przez koronę zbiornika w Krosnowicach przelewała się woda i cały nurt Duny Dolnej i Toplicy dokładał się do szczytu fali przechodzącej przez Kłodzko. W kluczowym momencie zadziałanie zbiornika nie spowodowało obniżenia ekstremalnego poziomu fali **ani o centymetr**. Zbiornik w

Rys. 14



Krosnowicach zbudowany na chronionym profilu Duny Dolnej i Toplicy miał chronić w pośredni sposób nie tylko profil pomiarowy Krosnowice - H2 na Nysie Kłodzkiej ale i samo Kłodzko. Z powodu awarii systemu zapisów trudno jest oszacować ekstremum. Należy jednak przyjąć, że ten stan był nieco bardziej rozciągnięty w czasie niż w Żelaznie. Z opisu pracy zbiornika oraz charakterystyki pracy jego upustów można przyjąć, że w czasie gdy w Kłodzku była kulminacja fali powodziowej, zbiornik w Krosnowicach upuszczał ok. 60 m³/s wody. Jest to około 10% ekstremalnego przepływu przez kłodzko a jednocześnie jest to objętość zbiornika wypełniana w przeciągu ok. 10 godzin.

Rys. 15



Z powodu braku danych odnośnie rzeczywistych zrzutów, siłą rzeczy są to tylko szacunki.

Celem zarządzania pracą takiego zbiornika jak Krosnowice powinno być wygładzanie najbardziej ekstremalnych zdarzeń. Ale nie tylko na odpływie ze zbiornika, ale również możliwość wpływania na dalsze profile i newralgiczne miejsca. Tak więc w momencie gdy fala z Białej Łądeckiej wbijała się w Nysę Kłodzką, Rys. 15 poziom na tej rzece powinien być możliwie niski, a można to było osiągnąć tylko poprzez planowaną pracę zbiornika Krosnowice. Tak by zrobić możliwie duży „dołek” na przyjęcie „górkę” z drugiej rzeki.

Trochę odmiennie wyglądała sytuacja w Szalejowie Górnym. Ponieważ główna fala opadów dotknęła rejon Masywu Śnieżnika i południową część Gór Bystrzyckich, suchy zbiornik w Szalejowie Górnym wypełnił się tylko częściowo. W dniu 15.09.2024 r. o godzinie 12.00 objętość zgromadzonej wody wynosiła zaledwie 1,512 mln m³, co stanowi raptem ok. 15 % jego zdolności retencyjnych. O godzinie 13.00 przy poziomie wyższym o 29 cm w zbiorniku było zgromadzone 4.743 mln m³ (**dziwne dane**). O godzinie 12.00 w dniu 16.09.2024 objętość zgromadzonej wody wynosiła 6,667 mln m³. W tym samym czasie i w czasie kulminacyjnej fali powodziowej w Kłodzku, na wodowskazie w Szalejowie Dolnym IMGW odnotowano następujące stany:

150160110,"SZALEJÓW DOLNY", "Bystrzyca Dusznicka (1218)", "00560"

POWINNO BYĆ

150160110;B00020S;2024-09-15 07:00;156.0	
150160110;B00020S;2024-09-15 08:00;166.0	
150160110;B00020S;2024-09-15 09:00;184.0	
150160110;B00020S;2024-09-15 10:00;205.0	
150160110;B00020S;2024-09-15 11:00;220.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 12:00;226.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 13:00;222.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 14:00;201.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 15:00;184.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 16:00;173.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 17:00;166.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 18:00;162.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 19:00;159.0	10.0
150160110;B00020S;2024-09-15 20:00;155.0	10.0

Tak więc w czasie kluczowych dla Kłodzka 24 godzin, zbiornik w Szalejowie Górnym przepuścił ok 4,5 mln m³ wody, nie wykorzystując jednocześnie w sumie ok 6,5 mln m³ swojej pojemności. Jest to ok 5% przepływu, który w tym najgorszym czasie „demolował” Kłodzko. Do tego należy dołożyć złe skorelowanie działania zbiornika Krosnowice. Jedynym słusznym działaniem powinno być wtedy zamknięcie upustów i zatrzymanie jakichkolwiek zrzutów.

Przy tak niedokładnych, niejednoznacznych, czasami wręcz niemożliwych do zdobycia danych, trudno jest o precyzyjne rachunki, ale myślę, że skorelowanie pracy zbiornika Krosnowice i Szalejów Górny z monitoringiem na wszystkich znaczących dla sterowania profilach, dałoby obniżenie maksymalnego poziomu zalania Kłodzka o ok. 90–110 cm. Wynika to z oszacowania zsumowanego ograniczenia fali powodziowej na profilu Kłodzko o ok. 90 m³/s. Wydaje się, że efekt w porównaniu ze skalą powodzi jest niewielki, ale:

- Koszt zbiorników to ok. 450 mln zł i ich użycie nie przyniosło **ani jednego centymetra** efektu w postaci obniżenia maksymalnego poziomu zalania Kłodzka.
- Nawet jeśli by to było nie 100 a 50 cm obniżenia poziomu, to niby niedużo w porównaniu z poziomem zalania powyżej 800 cm, ale takich cegiełek trzeba dokładać coraz więcej,
- Efekt „0” czy 120 cm zależy od umiejętności i możliwości zarządzania retencjami,
- Pamiętać należy, że duża ilość mniejszych zbiorników rozsianych po całym terenie daje możliwość przy mniejszym wskaźniku jednoczesności uzyskania lepszych wskaźników efektywności. Przy dynamicznym systemie zarządzania, działanie w punktach, gdzie nie ma zagrożenia powodziowego może korzystnie wpłynąć na inne, dalsze punkty.
- Opanowanie problemów przy średnich powodziach zależy od tego jak bardzo jesteśmy przygotowani do zjawisk ekstremalnych.

Aby wykorzystać to co jest do dyspozycji w danej chwili, jak również dobrze zaplanować to, co chcemy zbudować, potrzebny jest system, w którym szybkozmienne dane zostaną przetworzone i dadzą podstawę do podejmowania szybkich decyzji. Do realizacji tych decyzji potrzebna jest odpowiednia, dostosowana infrastruktura. Musimy cały czas pamiętać, że inaczej mają pracować zbiorniki przeciwpowodziowe przy epizodycznych stanach powodziowych poszczególnych rzek. Na przykład po krótkotrwałych deszczach nawaalnych, a inaczej w stanach katastroficznych. W takich chwilach, jeśli mamy możliwość

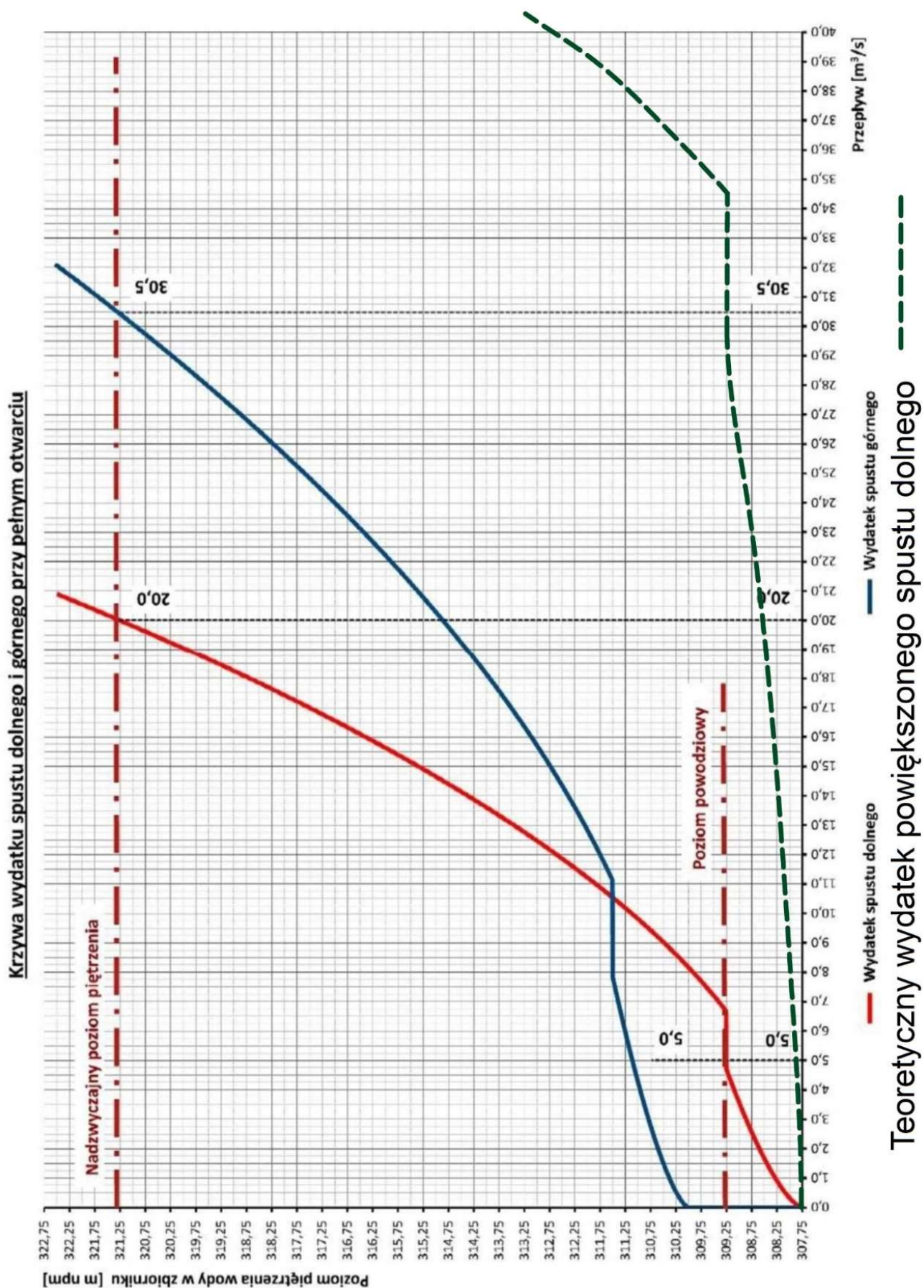
wpływania na sposób retencji, możemy wybrać czy na przykład przez miasto ma przejść dwumetrowa fala przez trzydzieści godzin czy ośmiometrowa przez osiem. Jeśli nie mamy możliwości sterowania, to nawet takiego wyboru nie mamy. To o czym piszę, podając znane mi fakty nie jest zarzutem do pracowników i nadzoru, ale do systemu, procedur i decyzyjności. Kierownictwo zapór nie ma prawa do odstąpienia od procedur i podjęcia decyzji innych. Nawet ryzykownych, ale uzasadnionych.

W wytycznych dla zbiornika Krosnowice czytamy:

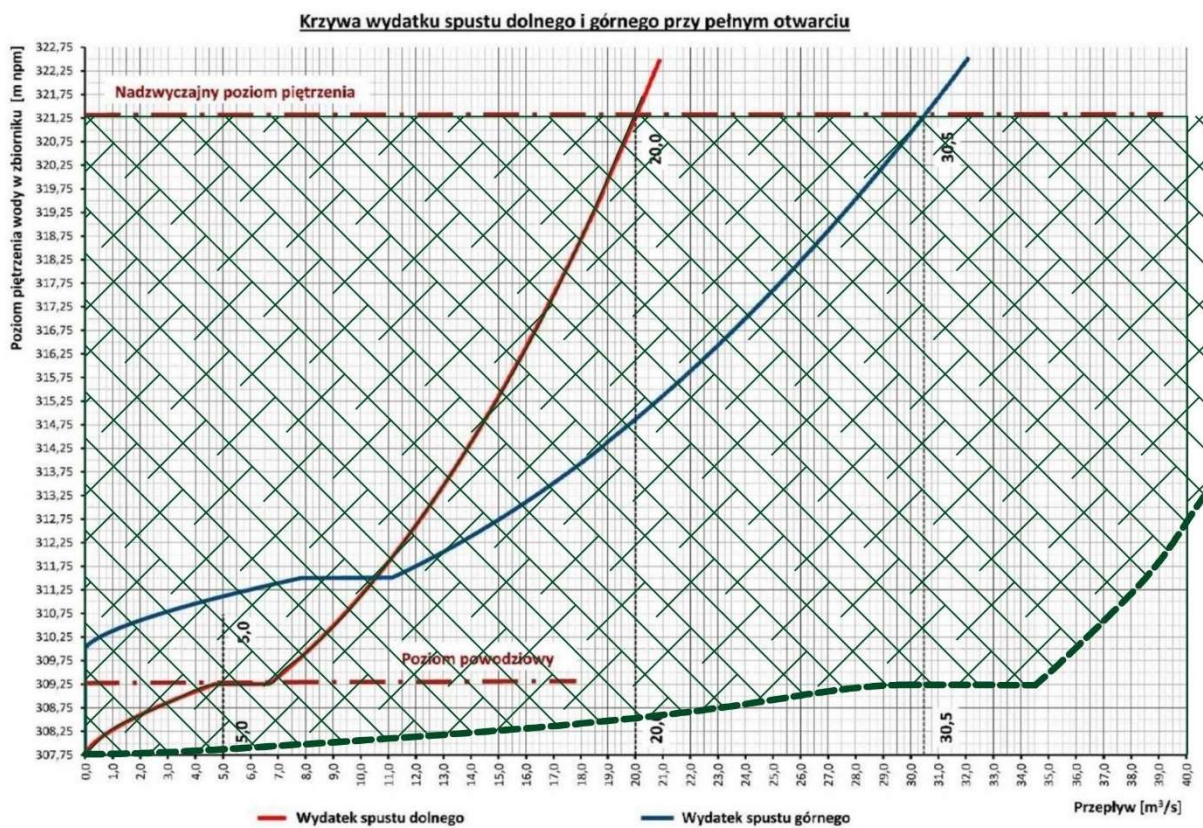
*„W czasie nadejścia fali powodziowej zamknięcie spustu dolnego będzie stopniowo przymykane przez automatykę tak, żeby wydatek, po osiągnięciu wartości przepływu nieszkodliwego (**5m³/s**), nie zwiększał się. Po osiągnięciu przez spiętrzoną w zbiorniku wodę poziomu korony przelewu - **320,40m n.p.m.** dolny spust otworzy się do wysokości około 0,8m (tak, aby wydatek spustu nie przekroczył 11m³/s). Przy dalszym podnoszeniu się zwierciadła wody w zbiorniku spust górny zostanie całkowicie otwarty przy piętrzeniu na rzędnej **321,10m n.p.m.**, czyli 0,5m poniżej Max PP.”*

Nawet gdyby taką decyzję o nadmiarowych wielkich zrzutach, zechciałby ktoś podjąć, to nie pozwala na to ani konstrukcja starych suchych zbiorników, ani tych nowych, nowoczesnych, oddanych dopiero przed chwilą. Diagram Rys. 16. zbiornika Krosnowice pokazuje, że nie ma żadnych możliwości jednoczesnego utrzymania pustego zbiornika i utrzymania dużych zrzutów. Ze względów konstrukcyjnych, nie ma żadnych przeszkód, aby zaplanować, by cały spływ rzeki przepuszczać tylko jej korytem bez spiętrzania. Przecież zaporą i tak ma zawieradła, a zaprojektowanie ich w większej ilości i większych rozmiarów jest sprawą tylko decyzji. Jeżeli sumaryczny wydatek urządzeń spustowych (górny, dolny i stokowy) wynosi łącznie ok 65 m³/s to znaczy, że koryto rzeki z mniejszymi lub raczej większymi szkodami taki przepływ przyjmuje. Dlaczego więc nie możemy zapewnić 80% możliwości takiego przepływu bez spiętrzania zachowując całą rezerwę na te kilkanaście czarnych godzin? Na diagram pracy zbiornika Krosnowice naniesione są przykładowe wymagania dla przepływu przez upust dolny. Pamiętajmy, że mamy XXI wiek i właśnie wchodzimy w drugi jego kwartał. Mamy do dyspozycji rozbudowana inżynierię, AI i ludzkie doświadczenie. Projektujemy jednak według reguł z początku XX wieku. Zwiększenie przepustowości upustu dolnego daje przecież możliwości zachowania i obecnej charakterystyki odpowiadającej na przykład 40% otwarcia. Na diagramie Rys. 17. pokazano obecne pole regulacji przepływu i możliwości regulacyjne przy powiększonym upuście. Dlaczego więc mamy rezygnować z takiej możliwości, gdy koszty takiego rozwiązania są znikome w porównaniu z całością inwestycji. Natomiast możliwości regulacji niewspółmiernie większe.

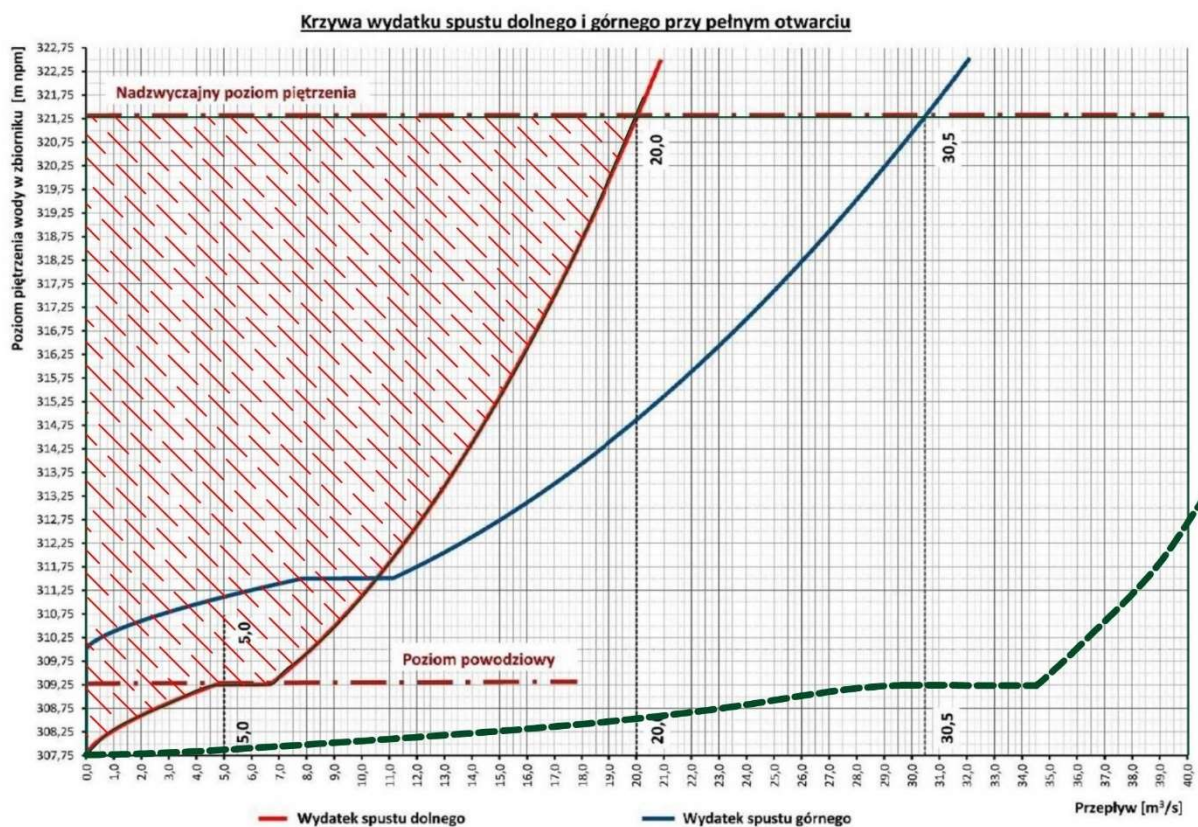
Rys. 16.



Rys. 17.



Obszar regulacji przepływu dla powiększonego spustu dolnego

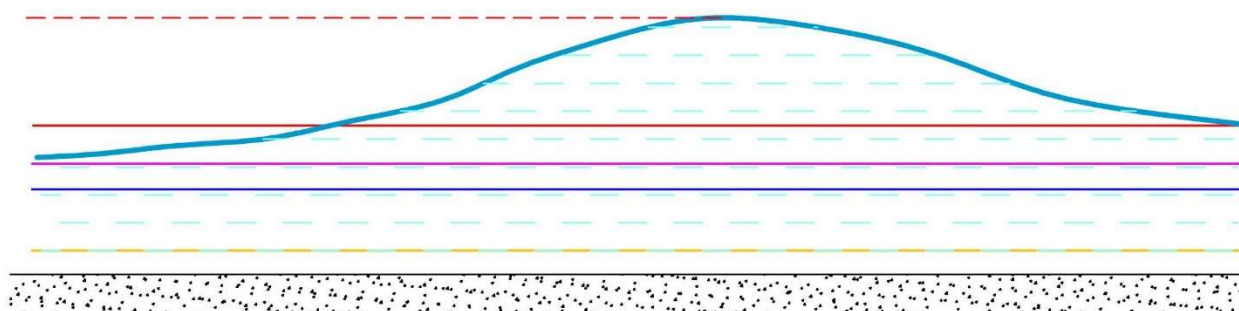


Obszar regulacji przepływu dla obecnego spustu dolnego

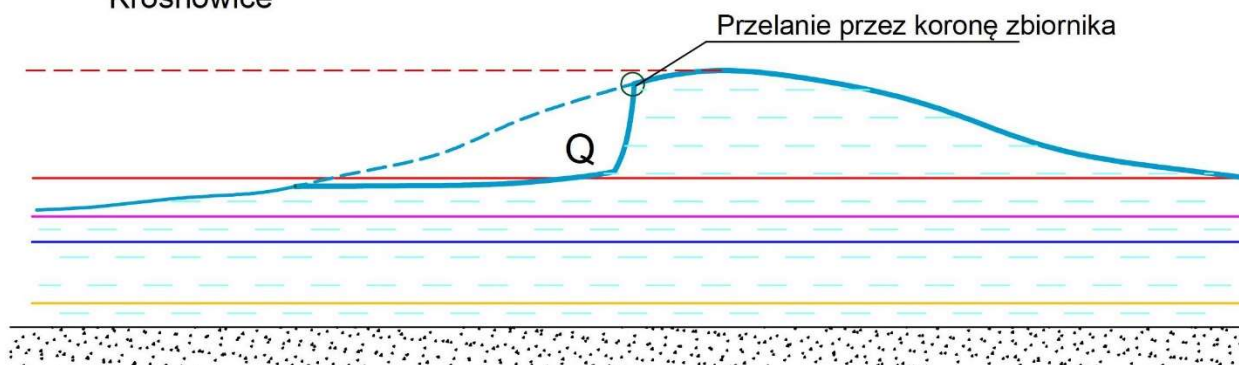


Rys. 18

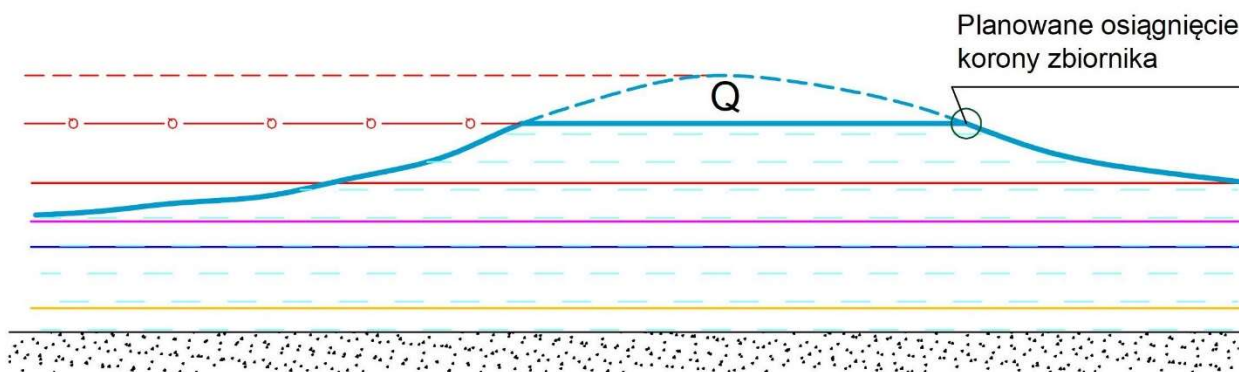
a Prognozowane nadejście ekstremalnej fali powodziowej



b Ograniczenie ekstremalnej fali powodziowej poprzez działanie zbiorników typu Krosnowice



c Ograniczenie ekstremalnej fali powodziowej poprzez działanie zbiorników sterowanych dynamicznie o zwiększonej przepustowości i tarasowych.



Q - Całkowita pojemność retencji zbiornika

— Stan ostrzegawczy

— Stan alarmowy

— Stan powodziowy

Przewidywany stan powodzi. Katastrofalny

Uzyskany poziom obniżenia fali powodziowej

Rzeczywisty ształt fali powodziowej

Dlaczego tak ważne jest sterowanie dynamiczne optymalizacja przepływu pokazują przykłady z Rys. 18. Jeśli monitoring jest skuteczny, to z wystarczającym wyprzedzeniem

wiemy o prognozowanej fali i jej parametrach, czyli przepływie i długości a tym samym i objętości. Rys. 18a. Interesują nas stany, gdzie objętość fali powodziowej przekracza pojemność retencyjną danego zbiornika. Przykładem jest opisywana wcześniej praca zbiornika Krosnowice zwizualizowana na rysunku 18b. Ograniczenie w pierwszej fazie upustu do konstrukcyjnych wartości z diagramu Rys. 16. Spowodowało, że po przelaniu przez koronę, cała objętość fali powodziowej od danego momentu, zaczyna przepływać przez zapórę. W finale i tak mamy falę katastrofalną tylko w krótszym czasie. Taki scenariusz jest pożądanym tylko w przypadku, kiedy jesteśmy zmuszeni dać ludności dodatkowy czas na ewakuację. Ale jeśli będziemy sterować przepływem według scenariusza z rysunku 18c to ta ewakuacja być może nie będzie potrzebna. Poza tym sterowanie dynamiczne w każdym przypadku daje obniżenie maksymalnej wysokości fali powodziowej w stosunku do metod tradycyjnych. Rys. 18c.

Zagadnienia transportowe i teorie grafów.

Nazwa rozdziału jest może i trochę na wyrost, ale pewne wzorowanie się na tej dziedzinie matematyki nie zaszkodzi. Założeniem jest, że tworzymy sieć licznych obiektów, zarówno tych specjalnie budowanych jak i adaptowanych, opartych na istniejącej czy zmodernizowanej infrastrukturze drogowej, kolejowej, miejskiej. Wykorzystanie nasypu kolejowego jako wału suchego zbiornika retencyjnego nie ogranicza ruchu ani sposobu jego użytkowania w okresach pomiędzy powodzią pod warunkiem, że taki ruch jest przewidziany na etapie projektowania. W czasie powodzi taka eksploatacja jest oczywiście wstrzymana. Każdy obiekt infrastruktury posiada zdalny monitoring i sterowanie oraz autonomiczne zasilanie. Ważne jest również uzbrojenie systemu w wiele zdalnych punktów kontrolnych, monitorujących jego pracę oraz dostarczających aktualne stany. Ponieważ występuje mnogość powtarzalnych, ważnych elementów, ich standaryzacja znacznie obniży koszty. Poza tym nie muszą one być montowane na stałe. Trzymane i konserwowane w punktach bazowych mogą być przenoszone na przygotowane miejsce montażu i oddane do eksploatacji w dwie godziny lub krócej. Standaryzacja umożliwia również wymiennność urządzeń w przypadku awarii. W dzisiejszych czasach przetransportowanie pięcio- czy nawet dziesięciotonowych elementów nie nastrocza żadnych problemów.

Struktura systemu:

Punktem końcowym sterowania jest profil Kłodzko oraz rozprężny zbiornik retencyjny Boguszyn – Ścinawica, rola którego zostanie opisana przy okazji zabezpieczenia samego miasta Kłodzko.

Nysa Kłodzka oraz wszystkie jej główne dopływy stanowią bazową strukturę grafu. Wszystkie jego krawędzie są modelowane (ważone) dynamicznie.

Wszystkie dopływy do głównych rzek wraz ich dopływami (całe dorzecze dopływu) budują podzbiory z węzłami głównymi poniżej dopływu do rzeki głównej.

Każda droga rozpoczyna się w ustalonym, znaczącym dla systemu punkcie (wierzchołku) obejmującym określony obszar zlewni, dla którego mogą wystąpić odmienne warunki opadów. Krawędź od takiego wierzchołka jest zmienna w czasie, ale nie jest modulowana. Rozwiązania podzbiorów generują wartość jak najbardziej zbliżoną do oczekiwanej na ostatniej ich krawędzi wytypowanej przez rozwiązania głównej sieci.

Etapy działania systemu:

Prognoza pogody – Zjawiska takie jak niż genueński poprzedzone są dość wczesną prognozą. Wprowadzane na bieżąco dane pozwalają symulować prawdopodobny scenariusz. W zależności od przewidywań określamy stopień przygotowań. Tydzień czy dziesięć dni są wystarczającym czasem, aby zaplanowany i szczegółowo opisany scenariusz wcielić w życie.

Opady i prognozy krótkoterminowe – napływ pierwszych danych rzeczywistych koryguje założenia i wprowadza pierwsze dyspozycje wykonawcze. Korygowana jest najbliższa prognoza przepływów.

Sterowanie i monitoring – układ na bieżąco kontroluje przepływy – oczywiście w miarę możliwości – oraz tworzy prognozę i automatycznie generuje alarmy dla każdego miejsca.

Dane wejściowe – prognozy długoterminowe, prognozy krótkie, odczyty kontrolne w punktach sieci.

Dane wyjścia – dyspozycje wykonawcze modyfikowane w czasie.

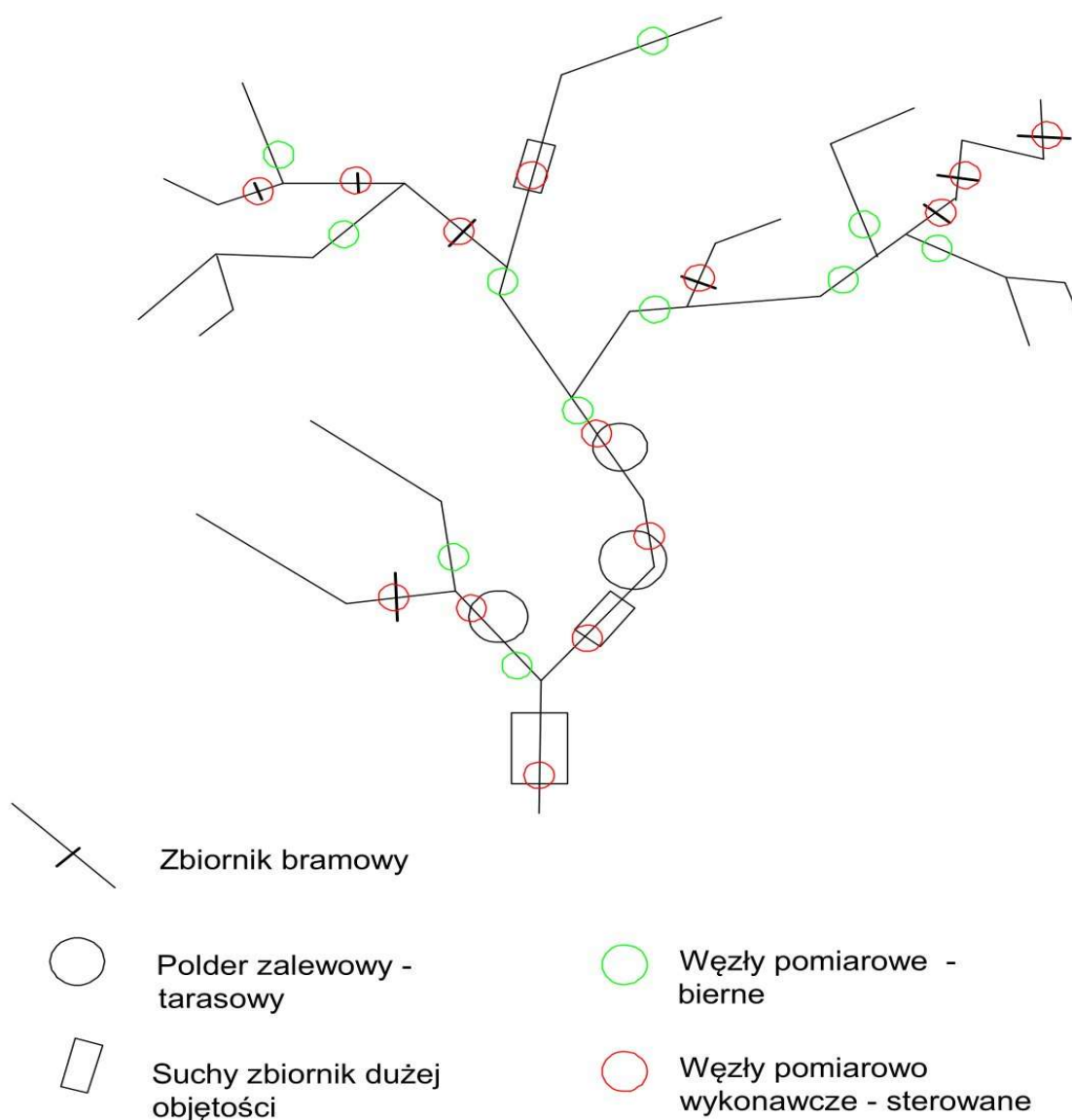
Cel działania systemu – maksymalizacja entropii całego układu oraz minimalizacja strat. Pojęcia te nie muszą być tożsame. Można ochronić na przykład Kłodzko, uspokajając stany przed miastem i jednocześnie zalać kilka miejscowości „pod sufit”, wytracając tam falę

powodziową, lub zalać chronione miejscowości i Kłodzko falami powodziowymi o akceptowalnych rozmiarach.

Taka koncepcja kontroli przepływów doskonale wpisuje się w rozwiązywanie zagadnień transportowych i teorię grafów. W tym wypadku mamy do czynienia z grafami jednokierunkowymi, Rys. 19, dynamicznymi w formie drzewa $G=(V, E, w)$ o krawędziach warzonych funkcjami określonymi przez drogę dojścia do wierzchołka.

Rys. 19

Schemat i elementy systemu przeciwpowodziowego - sterowanego.



Są to grafy o wyjątkowej specyfice, gdzie edytowany parament n -tej krawędzi ma sprzężenie zwrotne na wszystkie poprzednie krawędzie ścieżki, a waga tego wpływu jest różna i zmienna. Specyfika takiego systemu jest taka, że jego skuteczność spada wraz

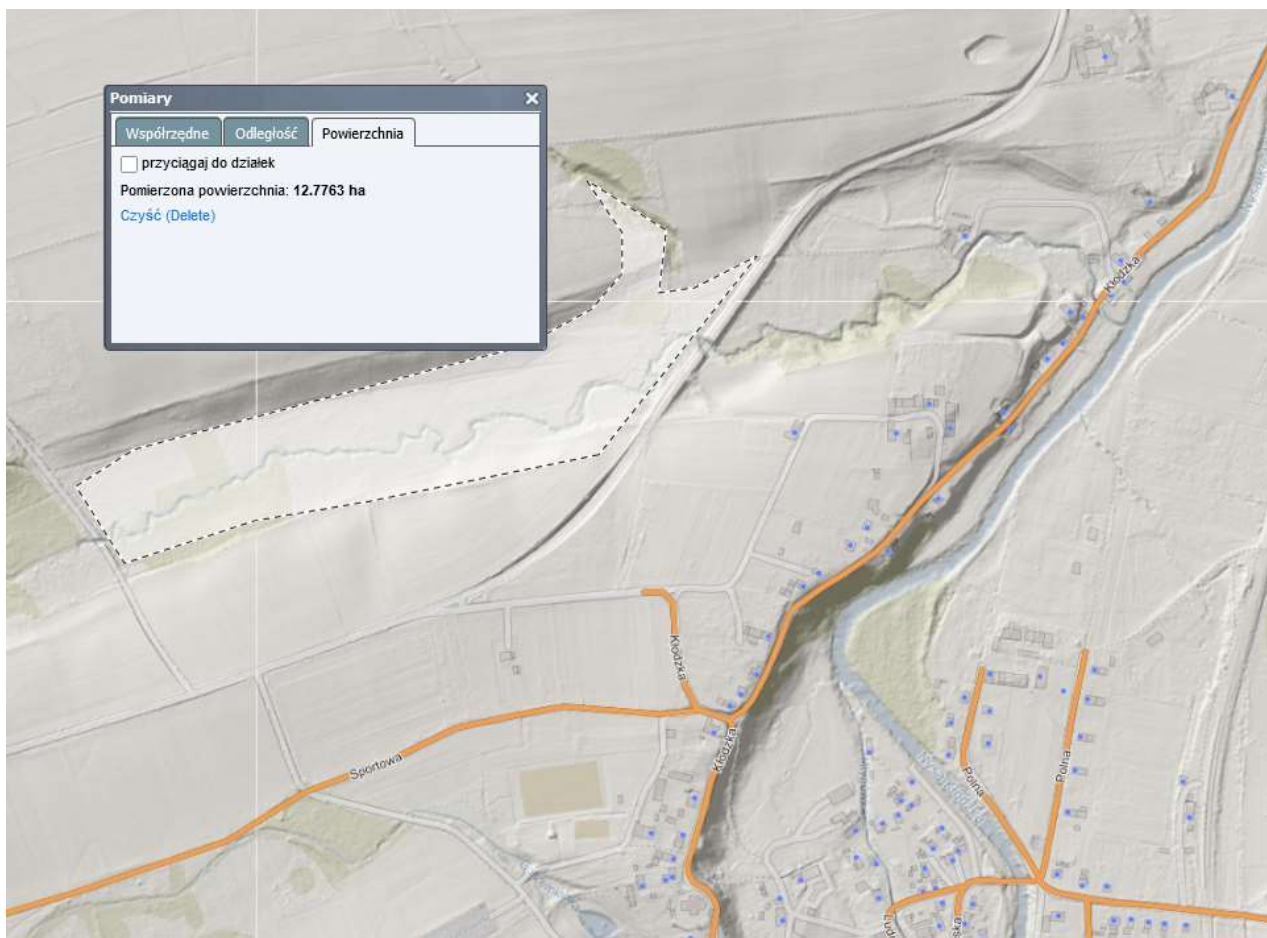
z rozrostem sieci. Im dalej od punktów początkowych, tym działania i wyniki bardziej przypominają zagadnienie średniej statystycznej. To co dla zlewni Nysy Kłodzkiej jest przekleństwem a jednocześnie atutem w podejmowaniu decyzji, czyli dynamika zmian i sygnałów zwrotnych to dla, na przykład zabezpieczenia zlewni Odry i samego Wrocławia, ma znaczenie tylko jak historyczna dana wejściowa wierzchołka „Kłodzko” dla ich własnego systemu.

Elementy techniczne systemu

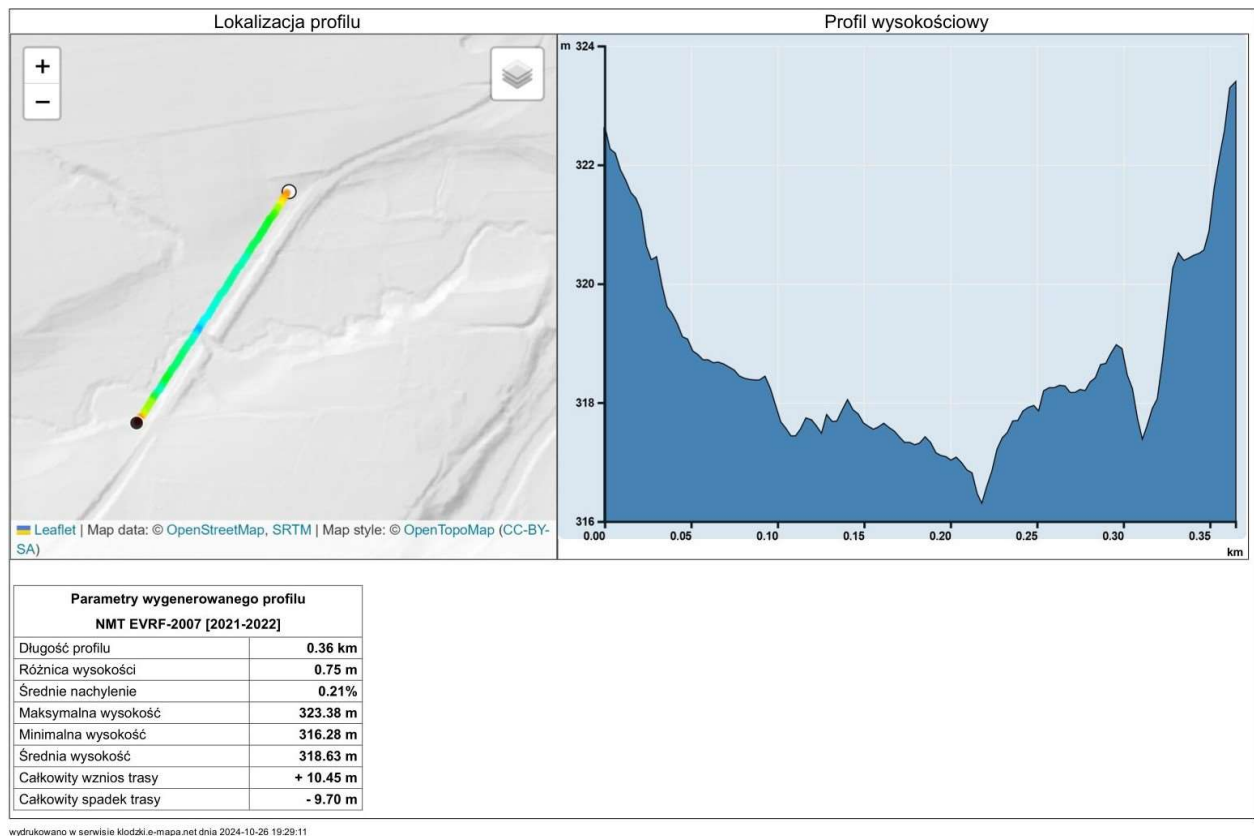
Zapory bramowe lub ich kaskada (podobnie jak w koncepcji na przykładzie Bielic)

Oprócz koncepcji zapór bramowych w dolinach rzek, można budować małe retencje oparte o istniejące, wzmocnione elementy infrastruktury technicznej. Rys. 20. Przykładem może być oparcie zbiornika na **wzmocnionym** i ewentualnie podniesionym nasypie drogowym z przepustem dla rzeki wyposażonym na czas zagrożenia lub na stałe w zawieradła. Miejsc takich jest wiele. Ujście Łomnicy do Nysy Kłodzkiej poniżej Gorzanowa jest właśnie jednym z nich. Rys. 20. 21 i 22.

Rys. 20 (zbiornik na Łomnicy)



Rys. 21



Rys. 22

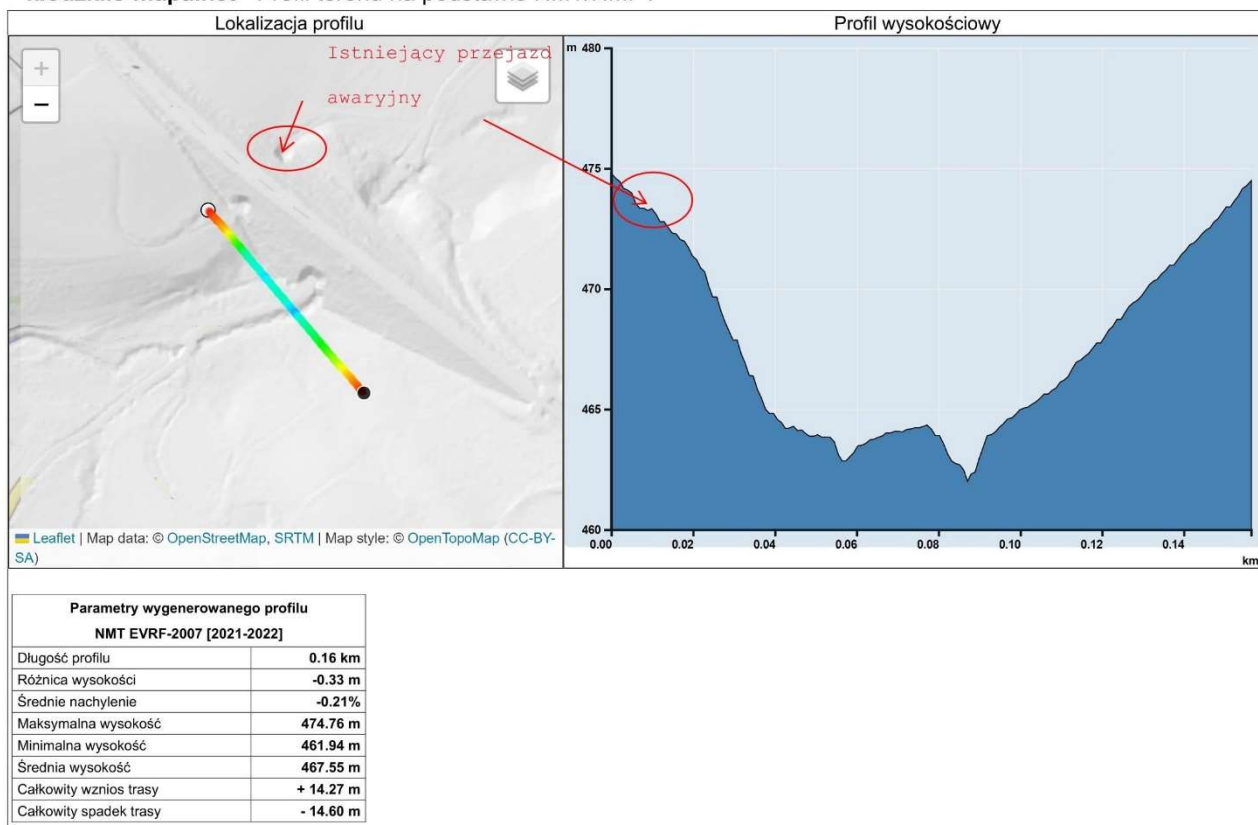


W ten sposób można uzyskać suchy zbiornik retencyjny o objętości ok. 250 tys m³ przy spiętrzeniu ok 5,5 m powyżej dna rzeki. Jak pokazuje profil poniżej, poziom spiętrzenia można podnieść do ok 6,5–7 m. Powyżej profil wzdłuż drogi w poprzek doliny. Zdjęcie

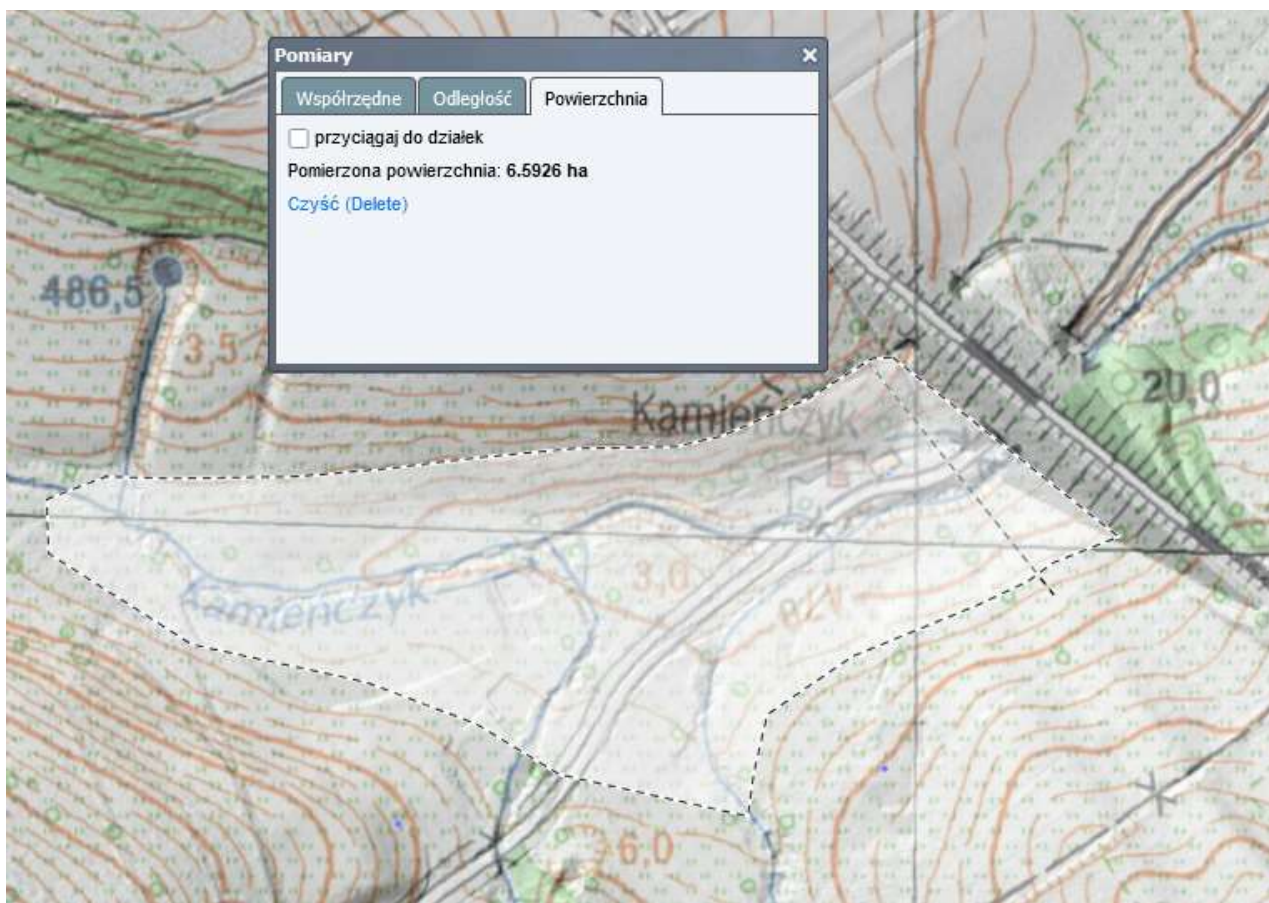
zrobione „w naturze”. Rys. 22 pokazuje praktycznie gotowe do zainstalowania demontowanych automatycznych zawierań. Rozpatrujemy tu oczywiście koncepcje. Szczegóły i ostateczne rozwiązania wymagają badania geofizycznego nasypu i projektu technicznego. Ale już na tym etapie można szacować, że koszt adaptacji tej konstrukcji na potrzeby retencji będzie w przeliczeniu na 1 m³ pojemności zbiornika ok. 10–15 razy niższy niż koszt takiej samej pojemności w nowych projektowanych zbiornikach dużej pojemności. Koszt wybudowania 1 m³ pojemności zbiornika w Boboszowie to ok. 170 zł w cenach na 2023 r., a trzeba pamiętać, że takich dostępnych dużych miejsc jest coraz mniej. Koncepcja suchych zbiorników retencyjnych usytuowanych w dolinach rzek i opartych o techniczną infrastrukturę komunikacyjną wydaje się nie być nowym pomysłem. Przykładem jest osada Kamieńczyk i przejście rzeki Kamionka pod nasypem kolejowym. Zakładając zalewanie i retencję na rzece, przepust i przejazd są dość niewielkie a o ok. 15 m powyżej dna koryta rzeki wykonano przejazdowy tunel w nasypie na wypadek zablokowania dolnego przejazdu niesionym przez rzekę materiałem i zalania doliny. Rys. 23. Nie wiem, czy projekt kiedykolwiek zafunkcjonował zgodnie z przewidywanym scenariuszem, ale warto chyba usprawnić tę konstrukcję. Daje to retencję na poziomie ok. 350–400 tys m³. Powierzchnia zalania to ok 6,6 ha Rys. 24

Rys. 23

klodzki.e-mapa.net - Profil terenu na podstawie NMT/NMPT



Rys. 24



Miejsce do odtworzenia zmodernizowanej zapory wydaje się być idealne. A przesiedlając dwa, trzy gospodarstwa 200–300 m w górę rzeki, pojemność zbiornika można powiększyć 2–3 krotnie. Teren ten i tak jest traktowany jako zalewowy.

Rys. 25



Widok od strony „suchej” przejazdu głównego i awaryjnego (obecnie nieużywany) Rys. 25 przez nasyp kolejowy biegnący w poprzek doliny rzeki Kamieńczyk/Kamionka (uwaga: na tej samej mapie kłodzki.e-mapa. w zależności od warstwy następuje wymienność nazw)

Rys. 26



Tunel drogowy i przepust rzeczny na trasie rzeki Kamieńczyk wydają się być idealnymi elementami suchego zbiornika. Widok od strony suchej. Rys. 26

Rys. 27

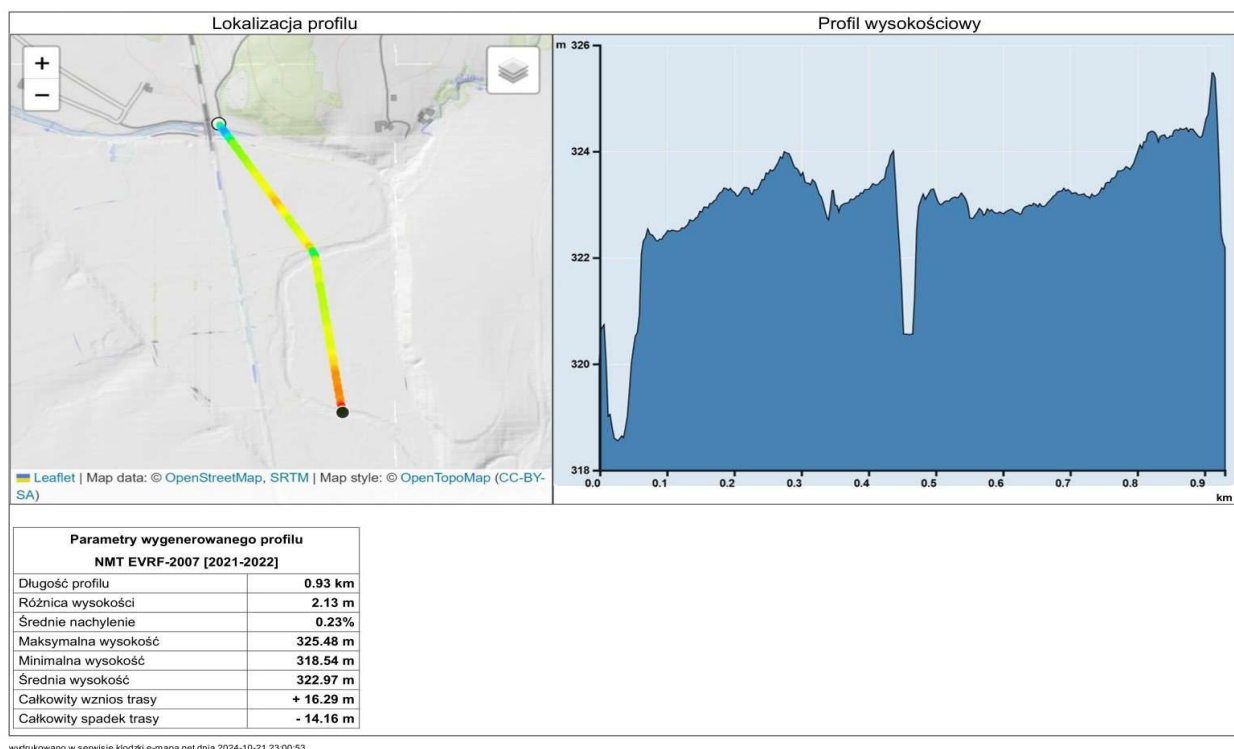


Widok Google Street View od strony mokrej. Rys. 27 Remont i modernizacja wskazane. Oczywiście jest również fakt, że w czasie ewentualnego działania zbiornika, ruch kolejowy górą będzie wstrzymany lub przynajmniej ograniczony.

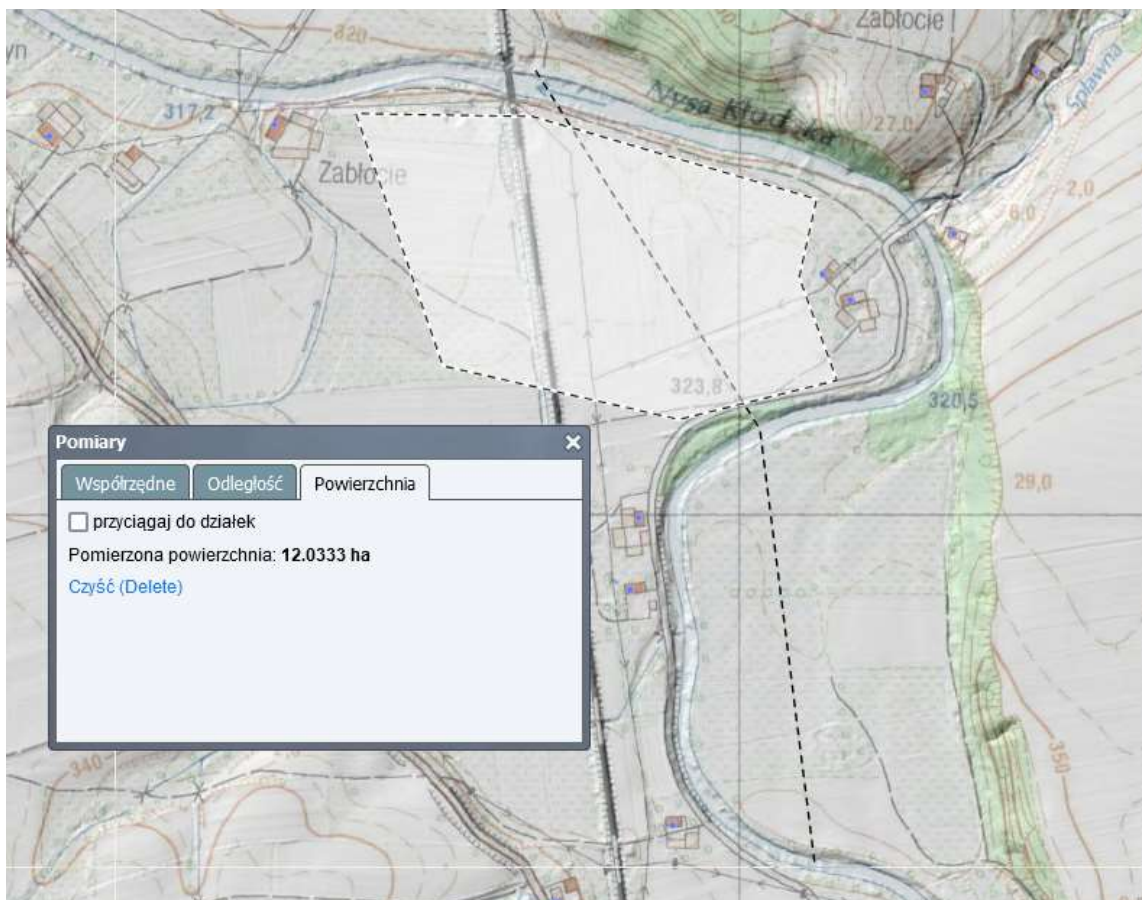
Poldery pojedyncze i tarasowe.

Trudno jest mówić w górach o polderach depresyjnych, ale w tym przypadku mam na myśli miejsca położone poniżej swobodnego napływu wody „upuszczanej” z rzek. W tym celu konieczne jest zastosowanie jazów z kontrolowanym przepływem usytuowanym poniżej stanów średnich. A jeśli to będzie możliwe, nawet z poborem dennym. Poldery w terenach górzystych charakteryzują się tym, że przepływ przez nie jest jednokierunkowy a napełnianie odbywa się w górnym odcinku rzeki, a ponieważ spływ jest usytuowany na rzędnych terenowych niższych od napływu, to częściowe napełnianie może odbywać się przy stanach niższych niż zrzut. Przykładem mogą być tereny zalewowe w zakolach Nysy Kłodzkiej w miejscowości Zabłocie, przeznaczone pod zbiorniki tarasowe. Rys. 28

Rys. 28



Rys. 29

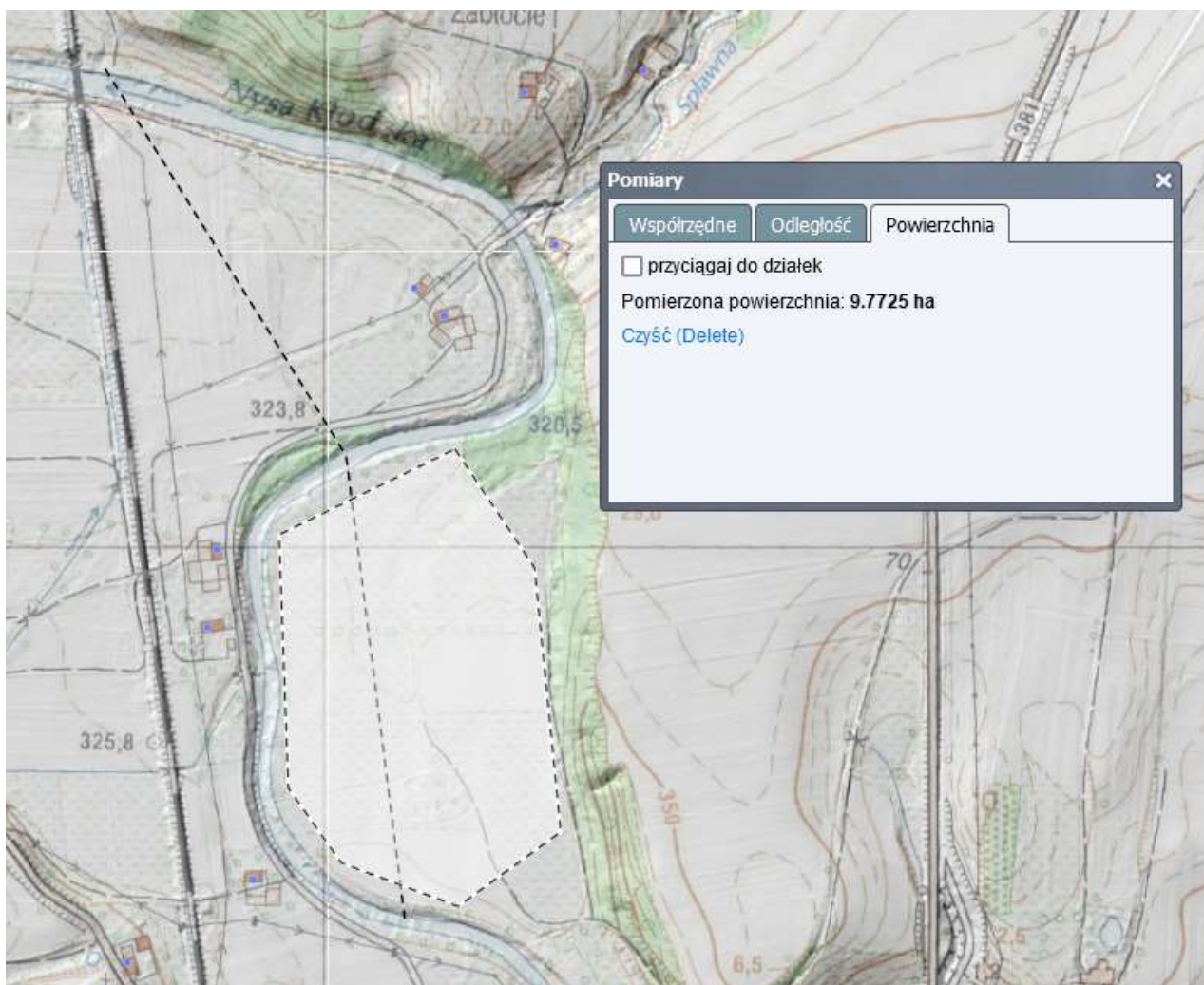


Można tu wydzielić dwa zbiorniki. Dolny Rys. 29 o powierzchni ok. 12 ha oraz górny Rys. 30 o powierzchni ok. 9,7 ha. Oba wyznaczone tereny, poza stosunkowo niewielkimi zajęciami pod infrastrukturę, mogą być dalej użytkowane w sposób taki jak dotychczas. Zbiornik górny będzie przedmiotem osobnego opracowania koncepcyjnego, gdzie jego parametry oraz specyfika pracy zostaną szerzej opisane.

Rozwiązanie to posiada kilka szczególnych cech:

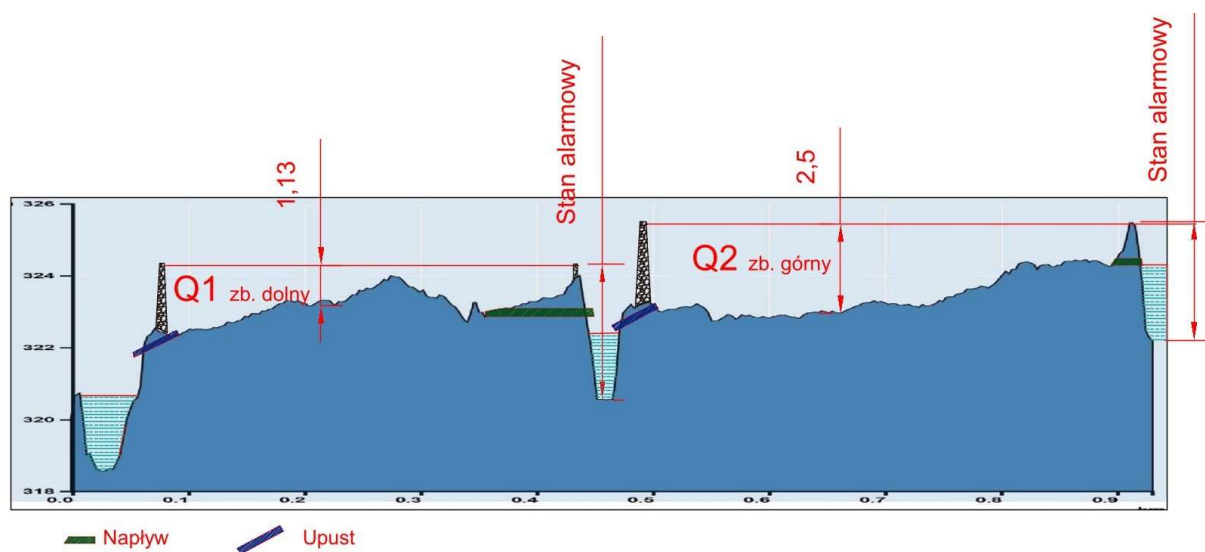
- Szybkość przygotowania i realizacji inwestycji a więc i szybka korzyść.
- Nie trzeba wysiedlać żadnych miast, wsi, osad. Ewentualne przesiedlenie parę metrów wyżej jakiegoś gospodarstwa.
- Możliwość wybiórczego korzystania z poszczególnych obiektów w zależności od nadchodzącego zagrożenia.
- Stosunkowo niewielka ingerencja w krajobraz.
- Wielość obiektów sprzyja równomiernemu zabezpieczeniu poszczególnych odcinków.

Rys. 30



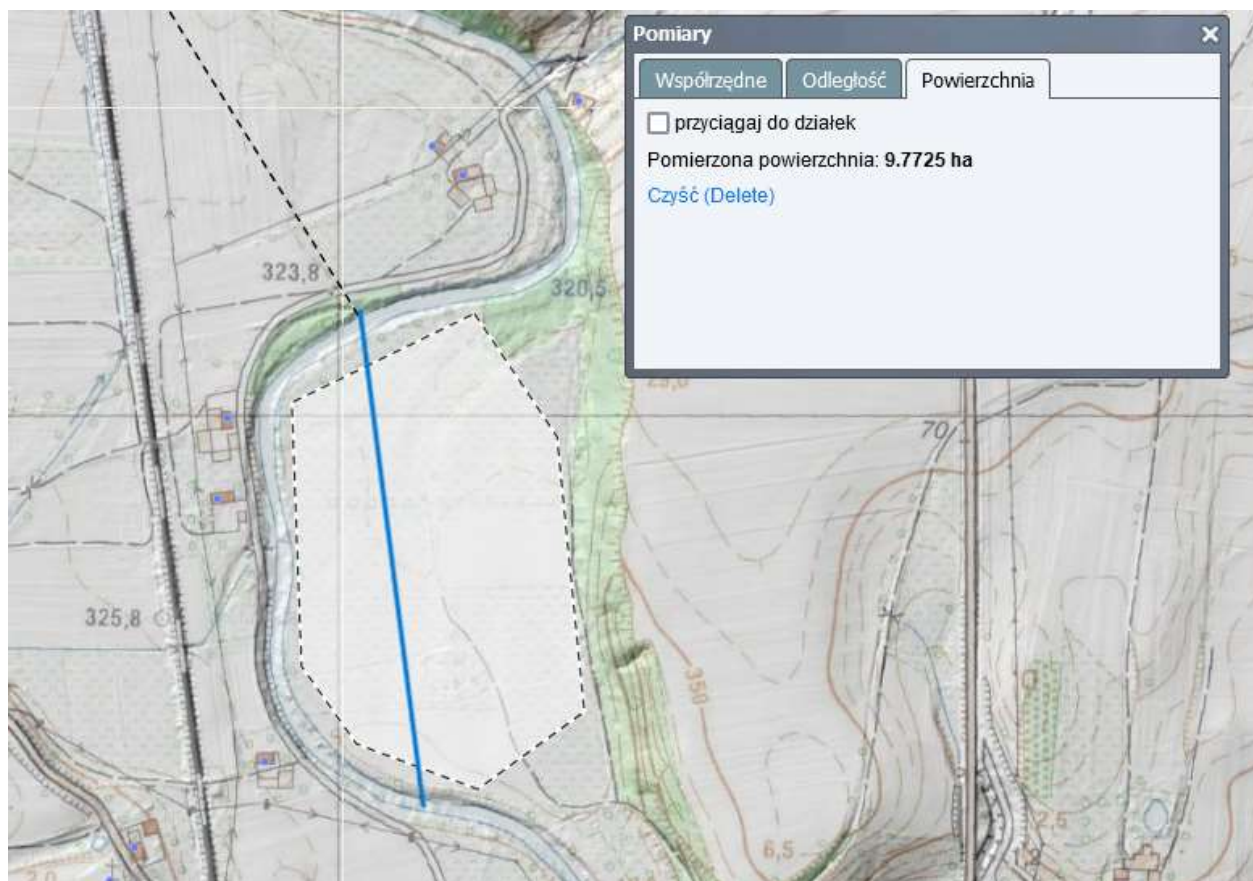
Poniżej Rys. 31 przykładowy przekrój przez proponowane zbiorniki. Dla takiej powierzchni zalewowej i średnim napełnieniu ok. 1,5 m otrzymujemy k. 330 000 tys. m³ pojemności.

Rys. 31



Dla górnego zbiornika Q2 przeprowadza wstępna analizę techniczną dla przekroju zaznaczonego na rysunku 32 wyjaśnia idee tworzenia takich zbiorników. Teren ten w czasie wrześniowej powodzi był zalany wysoką falą, która przetoczyła się w sposób bezładny i niekontrolowany.

Rys. 32

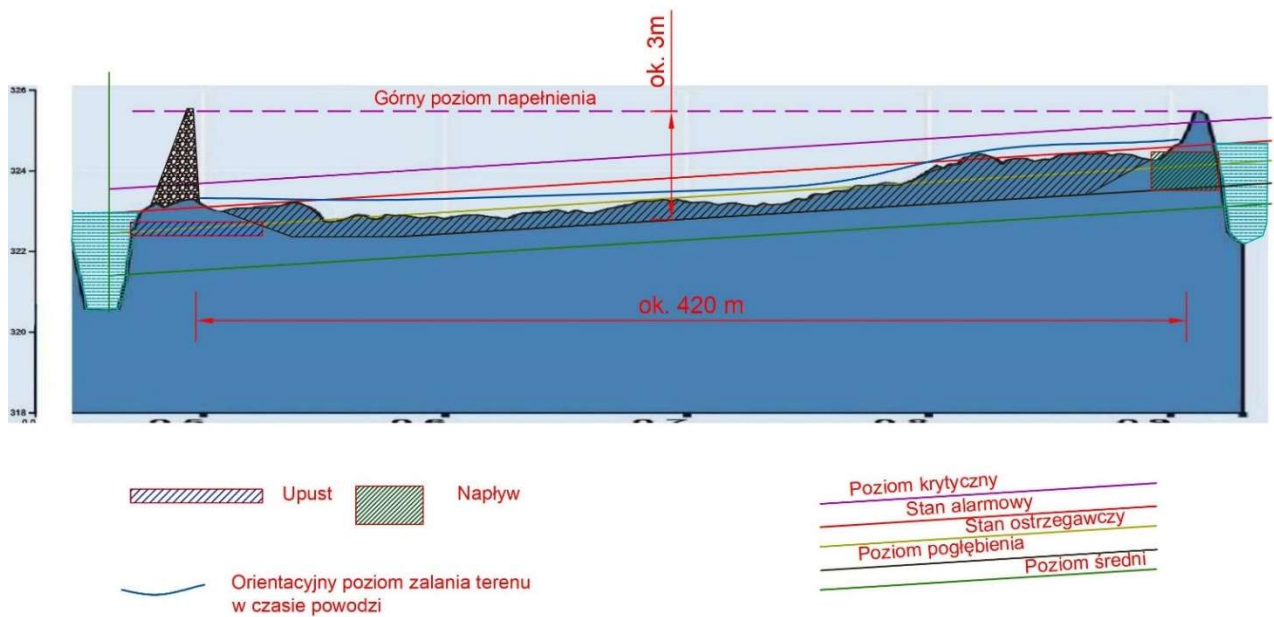


Oczywiście zadziałał on jako polder zalewowy zmniejszając na tym obszarze poziom wody, ale przepływ był taki sam i nie zdejmujący szczytów fal.

Na schemacie Rys. 30 pokazano różnicę pomiędzy pojemnością kontrolowaną a naturalnym zalaniem. Podwyższenie wałów i kontrolowane spiętrzenie przed napływem może dać kolejne 100 tys m³ pojemności. Szacunkowo bez jakichś szczególnych nakładów można w tym miejscu uzyskać ok. 0,4 mln m³ retencji. Tylko na tych dwóch polderach Q1 i Q2 można uzyskać ok. 1 mln m³ retencji.

Problem przepuszczalności i struktury podłoża rys.34 nie jest przeszkodą. Piaszczysto-kamienista struktura nie zatrzyma wody w zbiorniku na dłużej, ale i nie o to nam chodzi. Mocne powinny być wały, tak aby ich nie rozmyło. Natomiast podsiąkanie dna przy wyższych stanach rzeki czy też podskórne oddawanie nagromadzonej wody ponownie do rzeki jest nawet wskazane.

Rys.33



Zbiornik taki powinien działać w ten sposób, że jest otwierany na czas nadchodzącego szczytu na kilka – kilkanaście godzin. W razie potrzeby w przepuszczalność dna można ingerować. Kamienisto-piaszczyste podłoże, może być bezpośrednio lub po niewielkim uzdatnieniu prowadzonym na miejscu, na przykład płukaniu z części organicznych wykorzystywane do budowy nasypów lub do mieszanek betonowych.

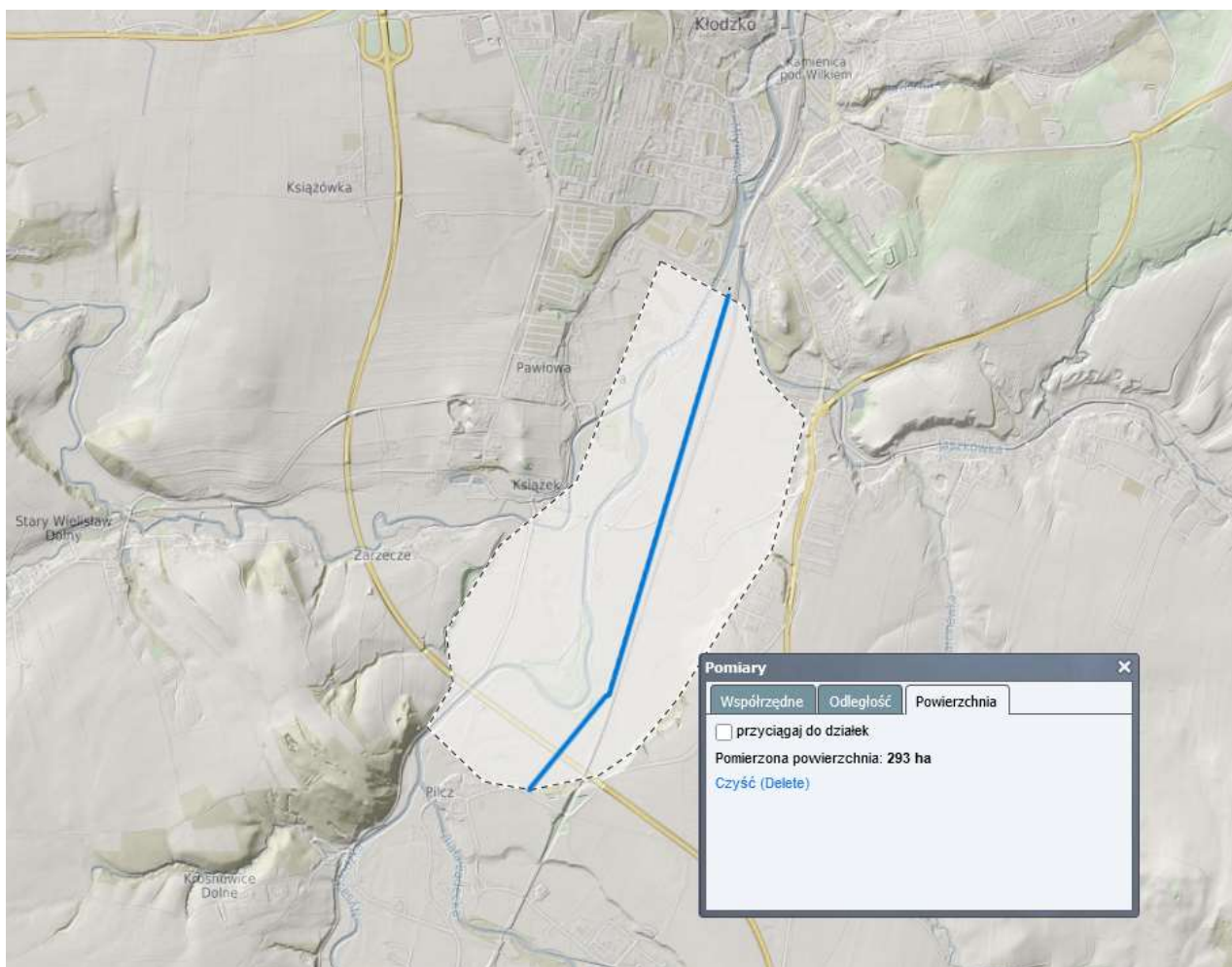
Rys. 34



Suche zbiorniki retencyjne z wydzielonym głównym nurtem oraz zbiornik Kłodzko-Zagórze.

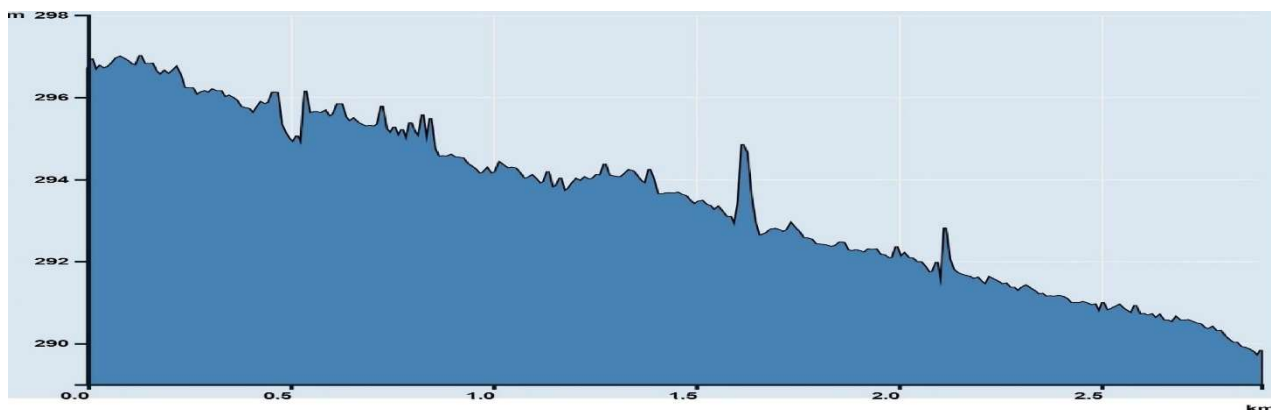
Miejscem, Rys. 35. gdzie na pewno powinien powstać duży suchy zbiornik jest Kłodzko - Zagórze.

Rys. 35.



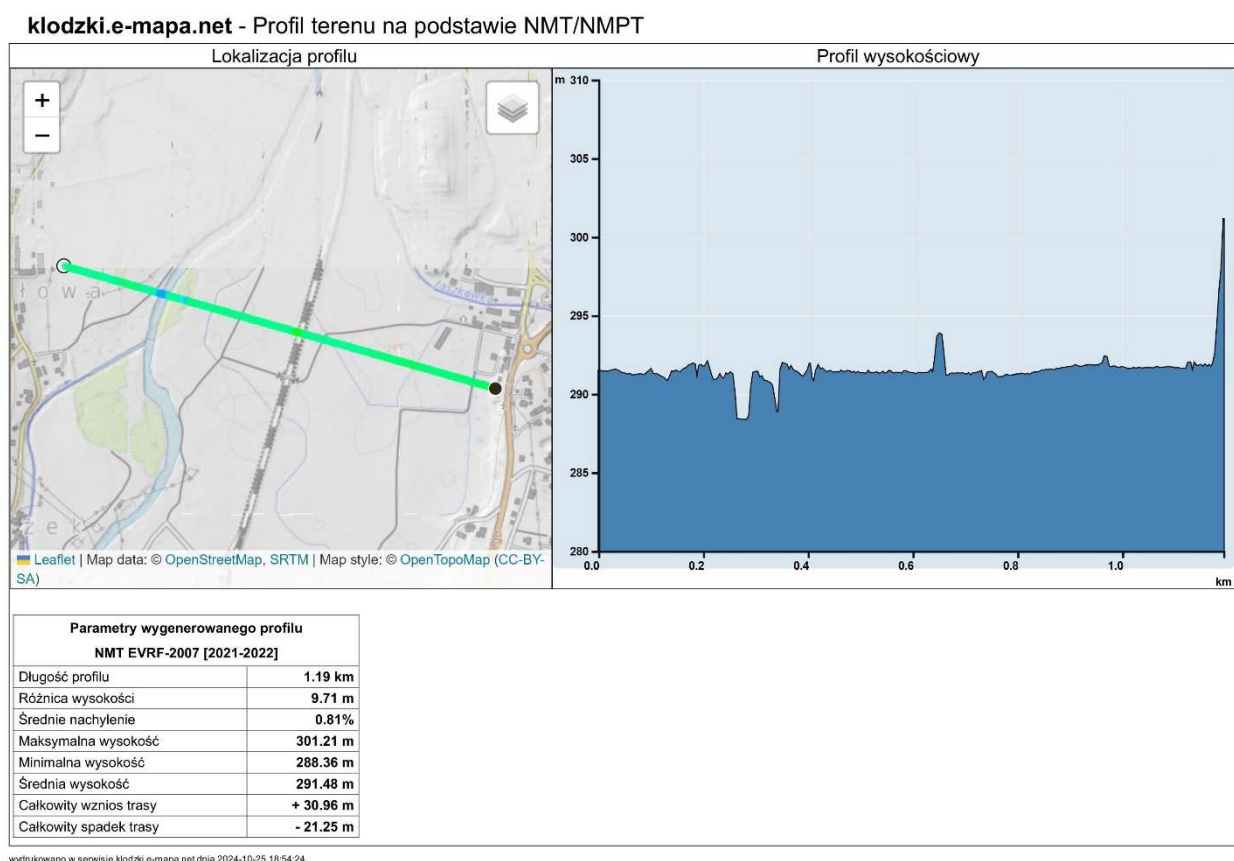
Od razu uspokajam – zbiornik to BARDZO mocno przesadzona nazwa. Mowa raczej o infrastrukturalnym przygotowaniu terenu na wypadek katastrofalnych powodzi. Teren ten o powierzchni ok. 300 ha i tak jest zalewany w czasie powodzi. Chodzi o to, aby zwiększyć jego potencjał retencji do ok. 6–9mln m³ i umożliwić gromadzenie tej wody w sposób kontrolowany. Sprzyjają temu warunki ukształtowania terenu. Jest on w profilach poprzecznych bardzo płaski, z wysokimi naturalnymi obwałowaniami. Rys. 37 i 38 Natomiast w profilu podłużnym, Rys. 36 zachowuje równomierny spadek. Jest to doskonale miejsce do stworzenia tarasowych zbiorników zalewowych o kontrolowanym przepływie.

Rys. 36



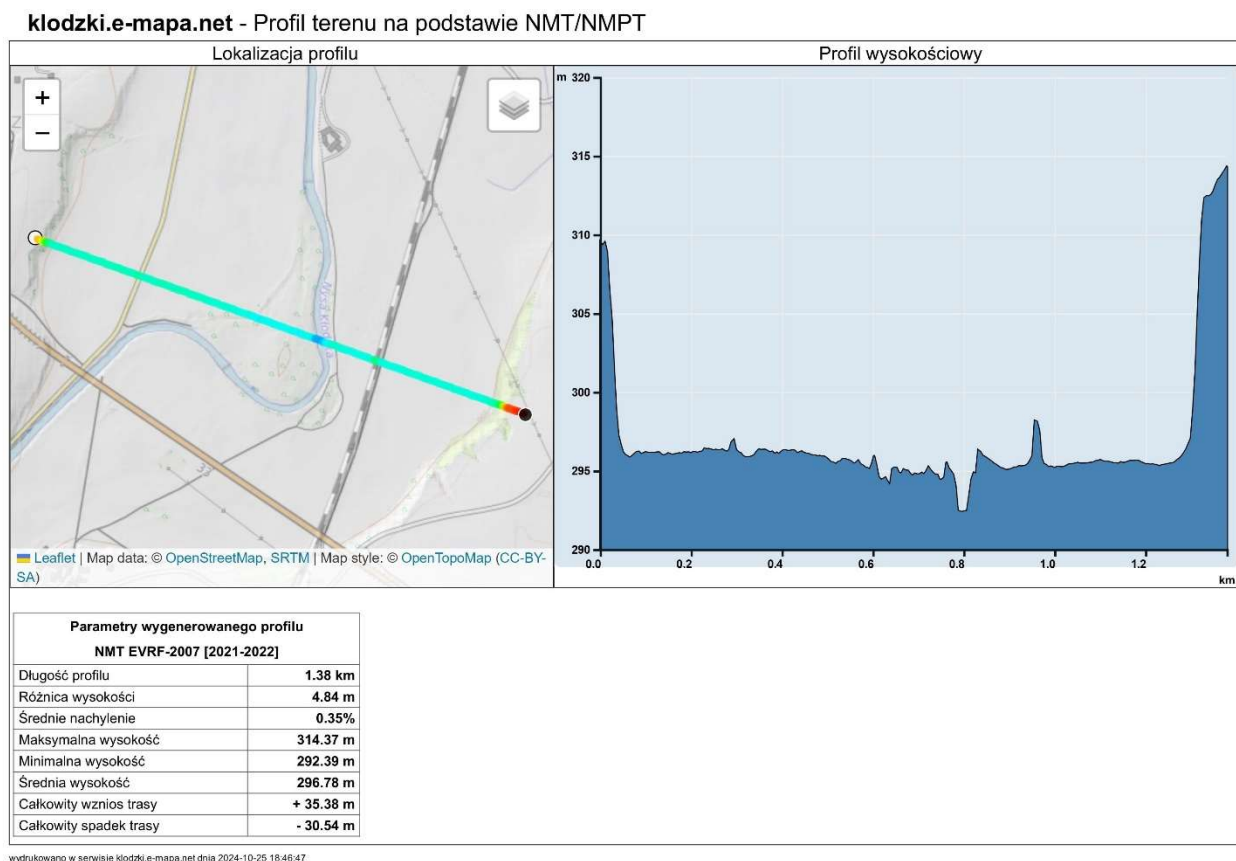
Dla tej powierzchni profil podłużny jest bardzo równomiernie opadający.

Rys. 37



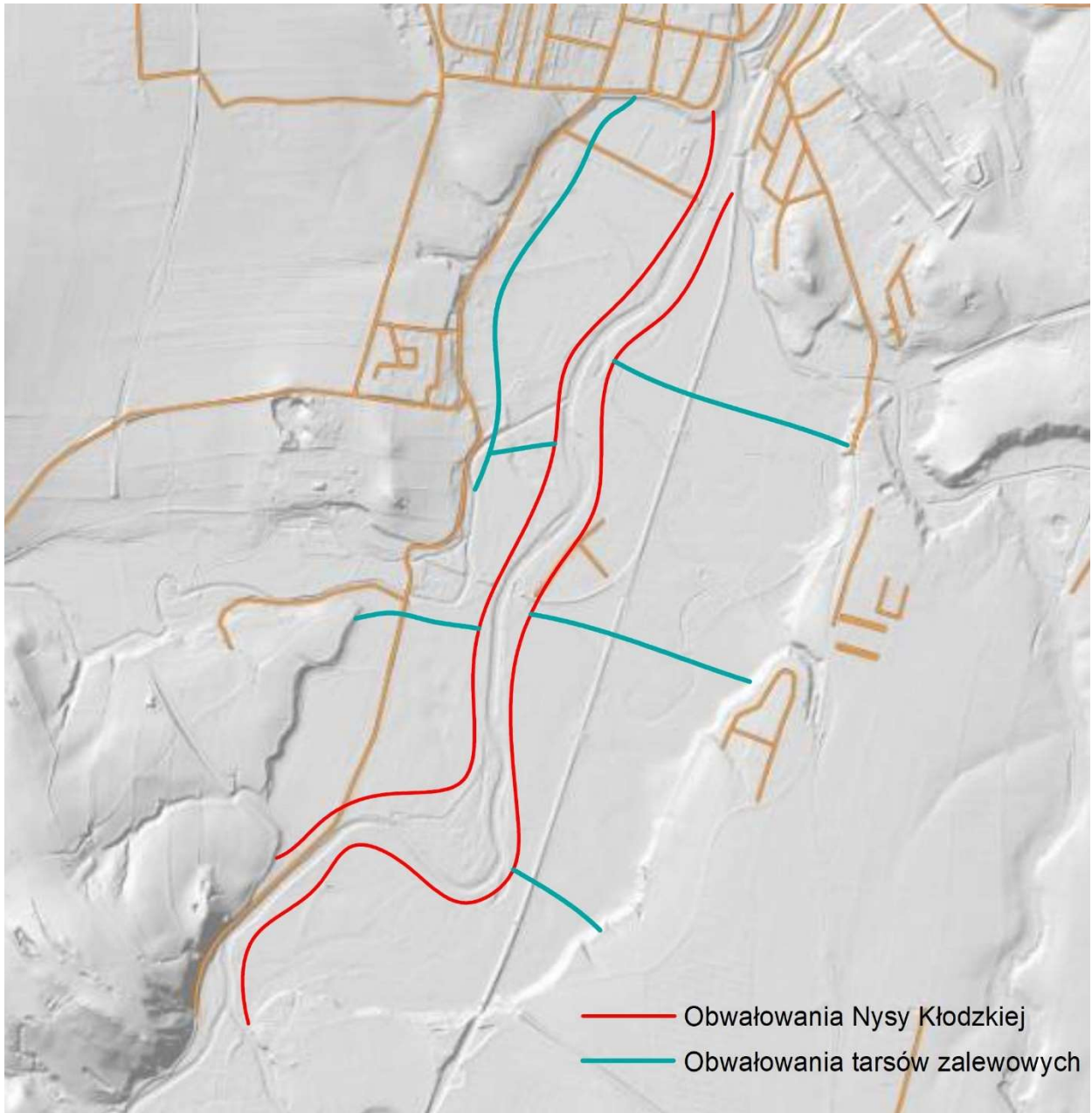
Poprzeczne profile są natomiast bardzo płaskie, co sprzyja tarasowemu rozmieszczeniu zbiorników ale również daje szerokie możliwości regulacji przepływów pomiędzy nimi. Wprowadzenie modulowanego sterowania nie tylko tymi zbiornikami ale również regulacja na dopływach, jest dla Kłodzka sprawą priorytetową. Umożliwia to bowiem zdejmowanie „górek” czyli samych szczytów fal powodziowych, które niosą największe spustoszenie.

Rys. 38

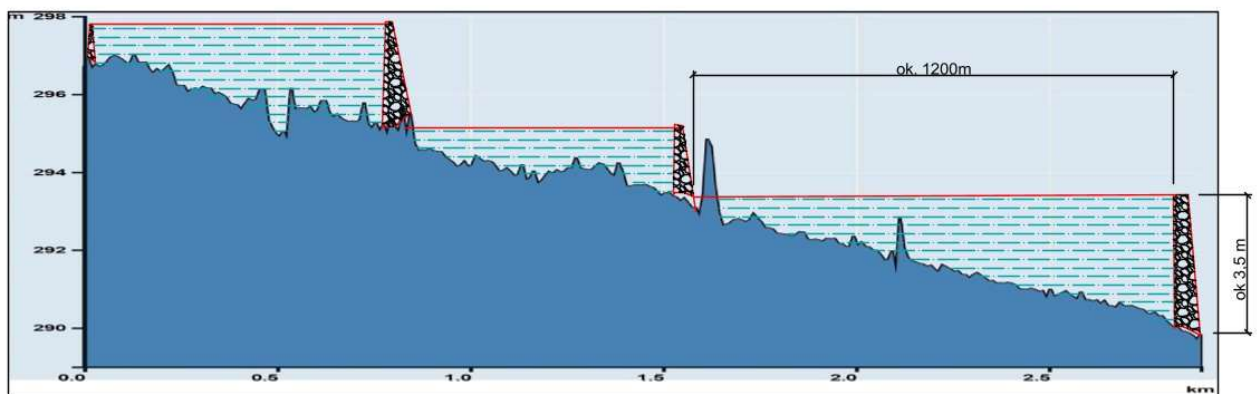


Możliwy plan tarasów zalewowych. Rys. 39 Przy średnim spiętrzeniu ok. 1,5 m objętość zbiornika wyniesie ok. 4,5 mln m³. Podwyższenie obwałowań o każdy metr to dodatkowe 3 mln m³ objętości retencyjnej. Być może budowanie tak wysokich wałów zbiornika na teoretycznie płaskim terenie i powyżej normalnego a nawet wysokiego stanu wody wydaje się absurdem, ale należy wziąć pod uwagę, że spadek na rozpatrywanym obszarze to około 7 metrów. Jeśli na wejściu przed Zagórzem dołożymy 3 metry spiętrzenia fali powodziowej, to teoretycznie zaporą przed Kłodzkiem mogła by mieć wysokość 10 m. Tereny te dalej można użytkować w dotychczasowy sposób lub poprzez specjalne dostosowanie przeznaczyć pod rekreację i kulturę. Przy czym nie wszystkie tarasy muszą być zalewane jednocześnie. Dodatkowo sekwencyjność ich pracy w połączeniu z korytowaniem biegu rzeki oraz nadrzędnym system sterowania spowoduje zwiększenie efektywności wykorzystania tej objętości. Na rysunku 40 przedstawiono przekrój przez taką strukturę tarasów. Proszę zwrócić uwagę na skalę poziomą i pionową i że jest to teren prawie płaski. Wysokość wałów w najwyższych miejscach to ok tylko 3–4 metry chociaż można więcej. To kwestia planów.

Rys. 39



Rys. 40



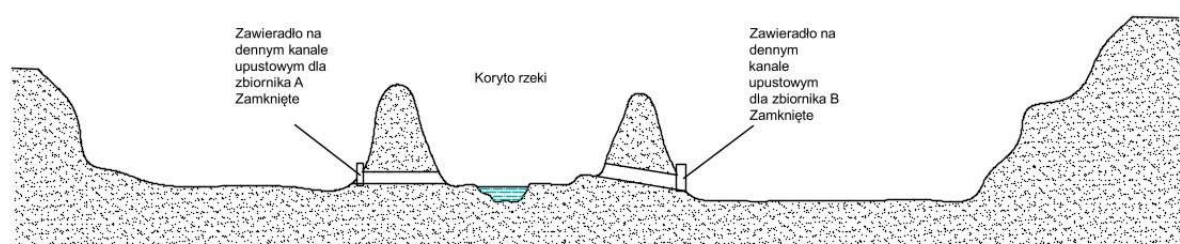
skala H 1:100 skala L 1: 10000

Przykładowe, jedno z możliwych, rozmieszczenie tarasów zalewowych wzdłuż terenu zbiornika Kłodzko - Zagórze

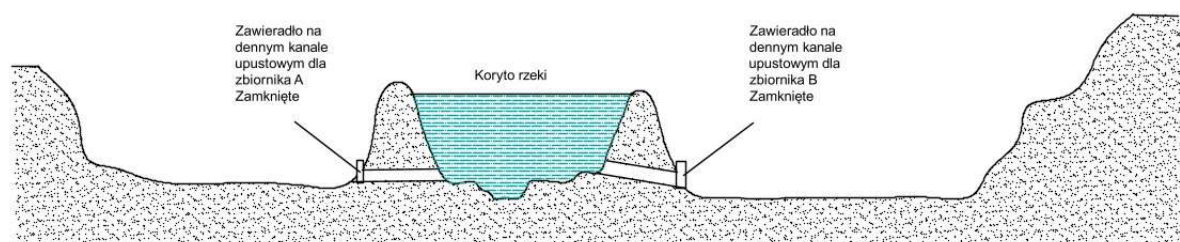
Ważnym elementem takiego zbiornika jest wygradzenie głównego nurtu rzeki wysokimi wałami Rys. 41 tak ukształtowanymi, aby mogły na całej długości, bez zalewania zbiorników retencyjnych, przenosić stany wysokie przez profil chroniony, czyli tyle aby bez znaczących szkód zachowywać zdolność retencyjną na „zdejście góry”. Stan taki jest koniecznością w sytuacji ekstremalnego zagrożenia. Schemat działania takiego układu przedstawia właśnie rysunek 41. Korytowania rzeki i sekwencyjność pracy przelewów dennych ma za zadanie tak regulować przepływami, aby przepuszczając maksymalne ilości wody w stanach dozwolonych zachować maksymalną pojemność zbiorników przeciwpowodziowych. Jak wykazują analizy, głównym celem aktywnej ochrony przeciwpowodziowej jest właśnie wypłaszczanie fali a nie powodowanie, by w mało znaczącym momencie poza szczytem tej wody było trochę mniej. Prawdopodobieństwo tego, że sekwencje pracy zapór i szczytów fal powodziowych samoistnie ułożą się w sposób optymalny jest znikome.

Rys. 41

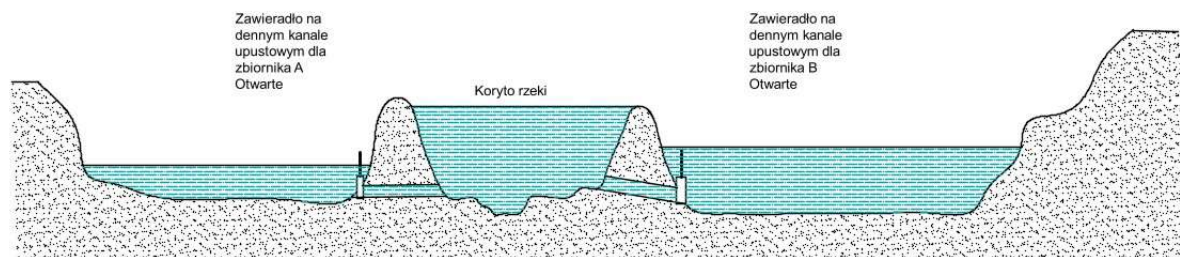
Schematyczny przekrój przez suchy zbiornik retencyjny z korytowaniem biegu rzeki



Praca zbiornika przy stanach niskich



Praca zbiornika przy stanach alarmowych



Praca zbiornika przy stanach powodziowych - zdejmowanie „górki”

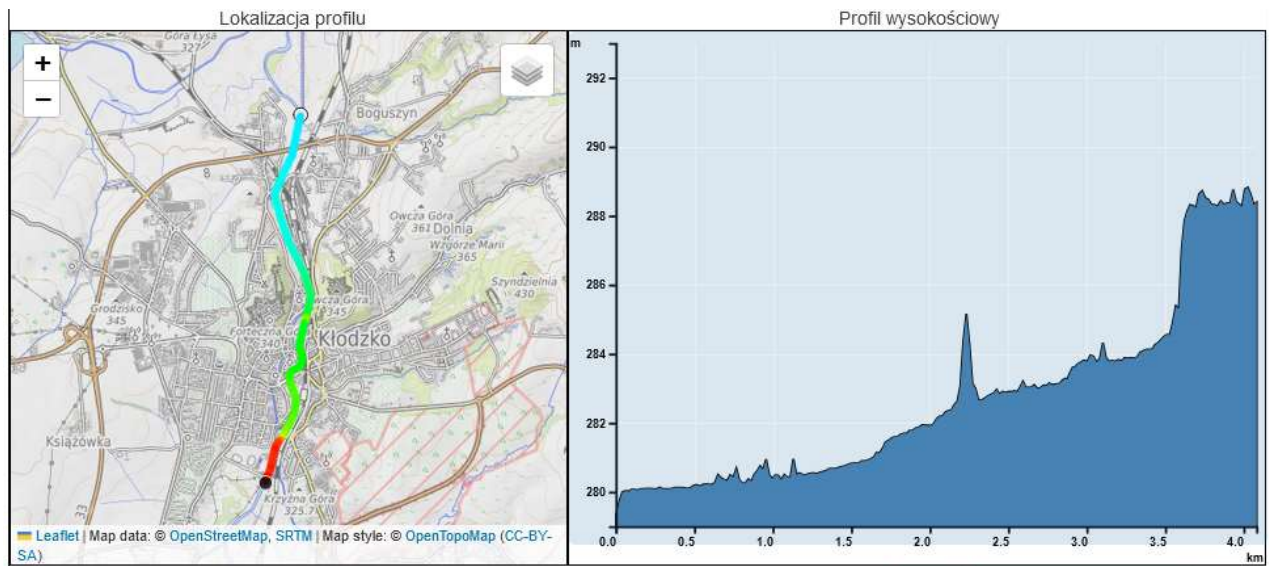
Przepust rurowy pod nurtem rzeki Nysa Kłodzka

łączący zbiorniki Szalejów Górny, Krosnowice oraz proponowany zbiornik Kłodzko Zagórze z planowanym zbiornikiem „rozprężnym” Boguszyn-Ścinawica

Osobnym i największym problemem jest zabezpieczenie samego miasta Kłodzko. Przypominam jeszcze raz. To co w krótkim czasie spadnie w zlewni Nysy Kłodzkiej powyżej miasta, w najbliższym czasie musi przez „bramę miasta” przepłynąć. Wszystkie działania opisane wcześniej skutkują tym, że rozmiar fali powodziowej zmniejszy się może o ok. 20%. Zależy od skali wykonanych prac. Może długość fali powodziowej spłaszczy się i wydłuży o 20–30%. To dużo. Ale nikt nie zagwarantuje, że za pięć lat nie trafi się opad w dolinie większy o 10%. Poza tym chodzi nam o to, aby przez Kłodzko nie przechodziła żadna fala powodziowa, a nie o to by była o trzy metry niższa. Nie 8 a 5?

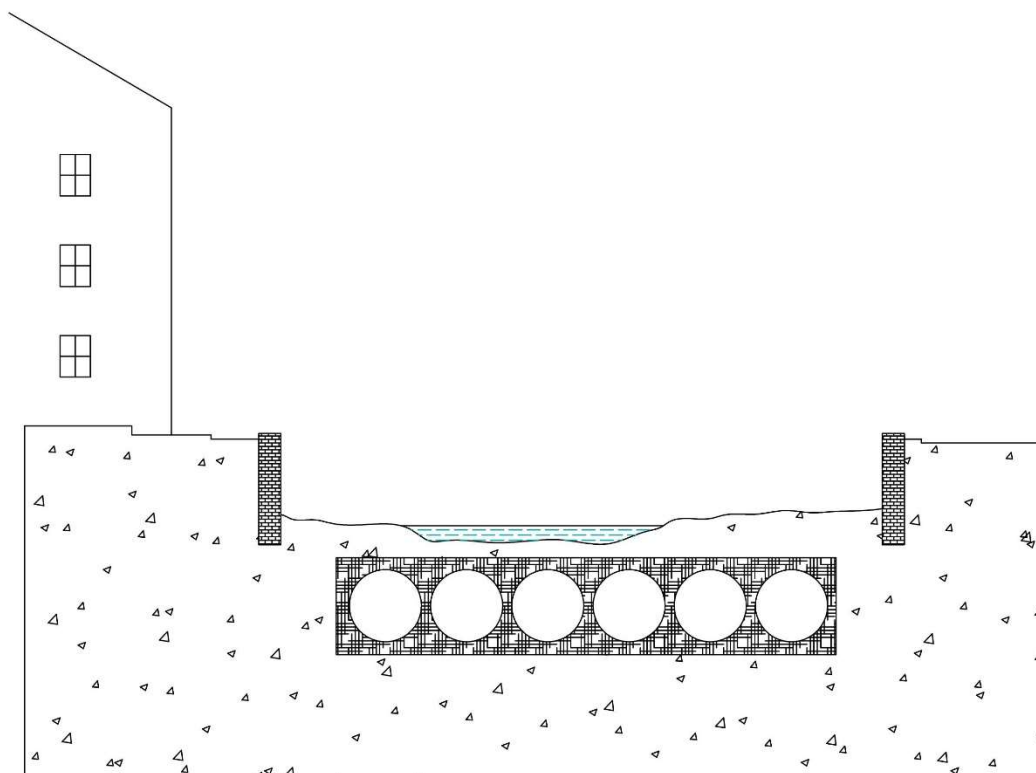
Na pytanie co Dolina Kłodzka może zrobić dla Kłodzka – w zasadzie zasugerowaliśmy. Teraz czas na pytanie, co Kłodzko może zrobić samo dla siebie? W beznadziejnej sytuacji pojawia się nadzieja, że jednak sporo. Należy zwiększyć przepustowość przez miasto. Rozwiązania są dwa. Poszerzyć i udrożnić koryto rzeki na obszarze miasta, co wiąże się z przebudową zabudowy miasta i zmianą wizerunku urbanistycznego lub wprowadzić dodatkowy częściowo wymuszony przepływ pod rzeką. Jakkolwiek to brzmi – jest to możliwe. Sprowadza się to do dwóch rozwiązań. Pierwsze to wprowadzenie rurociągów tranzytowych pod dnem rzeki. Mówimy tu o odcinku ok. 4 km a więc nic ponad miarę współczesnej inżynierii. 5–6 (może więcej) rurociągów o średnicy ok. 225–250 cm. Przy spadku na tym odcinku ok. 4–5 m i spiętrzeniu wody na dopływie ok. 4 m powinno dać spust na każdej rurze ok. 11–14 m³/s. Daje to dla sześciu jednostek przepływ ok 7,0 mln m³ w ciągu 24 godzin. Dla krytycznych 24 godzin dałoby to obniżenie przepływu o ok. 15 %. W przypadku wrześniowej powodzi zdjęłoby to ok. 25% z całej objętości fali powodziowej, która przepłynęła przez Kłodzko. Trasę i profil w obrębie miasta Kłodzko pokazano na rysunku 42.

Rys. 42



Prace inwestycyjne związane z budową rurociągów spustowych należałoby połączyć z przebudową bulwarów i infrastruktury nabrzeżnej. Schemat posadowienia rurociągów pokazuje rysunek 43. Przepływ podziemny, w zależności od warunków geologicznych, można powiększyć.

Rys. 43

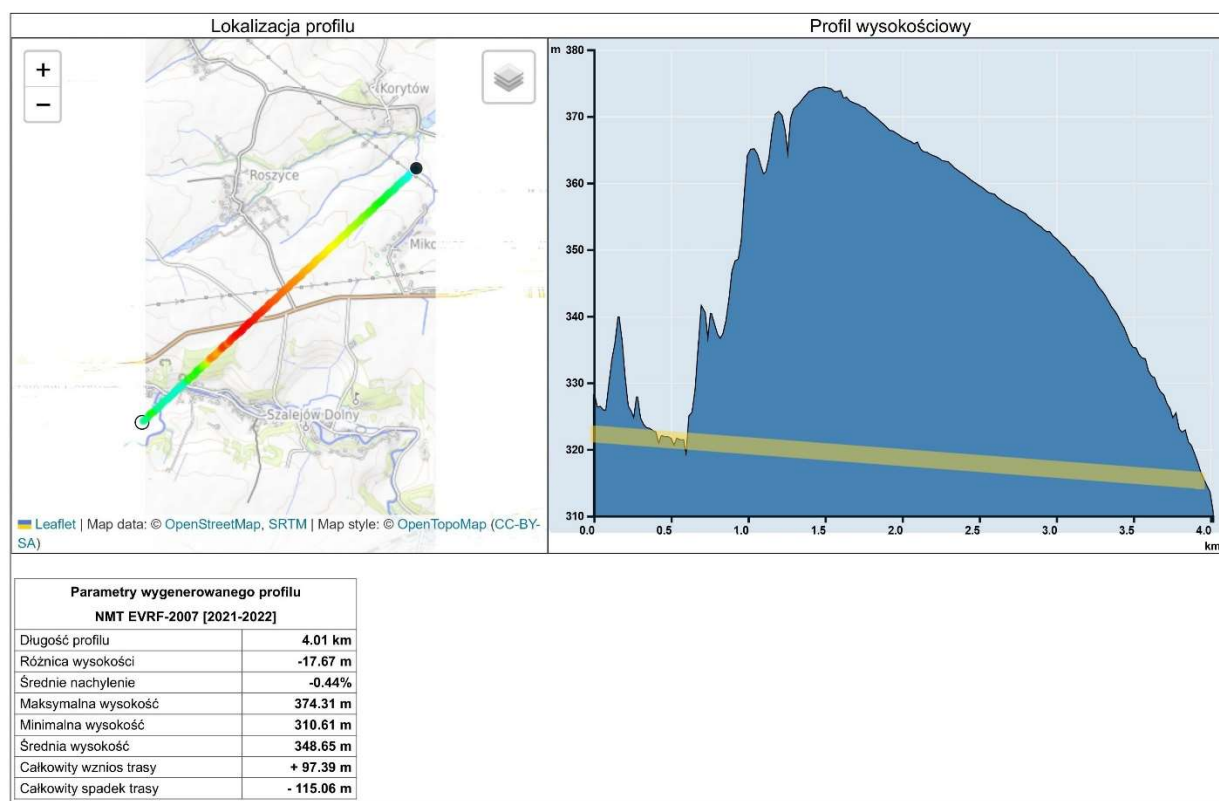


Przykładowe usytuowanie rurociągów spustowych łączących zbiornik/polder Kłodzko - Zagórze ze zbiornikiem Boguszyń - Ścinawica
 Głębokość posadowienia uzależniona jest od sposobu obudowania rurociągów i przyjętej technologii.

Efekty takiego przepustu pod miastem w połączeniu z działaniem zbiornika tarasowego przed Kłodzkiem oraz odprężeniem zbiornika Szalejów Górny generuje ogromny "handicap" w walce z powodzią. Za odprężenie zbiornika Szalejów Górny uważam skierowanie części zrzutu ze zbiornika trasą omijającą miasto. Rys. 44 Można tego dokonać drążąc czterokilometrowy tunel spustowy ze zbiornika w rejon Korytowa i odprowadzenie wody potokiem Roszczycki Spław do Ścinawki a następnie w rejon zaplanowanego zbiornika rozprężnego Ścinawica Boguszków. Bardzo ważnym elementem systemu jest aby w przypadku udroźnienia przepływu przez Kłodzko i wykonania spływu z Szalejowa do Ścinawki nastąpiło jednoczesne przygotowanie tego terenu do przyjmowania dużych zrzutów wody.

Inwestycja odprężenia zbiornika Szalejów Górny wydaje się być najbardziej kosztowną w stosunku do efektów więc wymaga szczególnej analizy.

Rys. 44



Opracowanie koncepcyjne suchego przeciwpowodziowego zbiornika tarasowego - zbiornik górny Zabłocie

Nysa Kłodzka tworzy w swej kotlinie wiele naturalnych tarasów zalewowych związanych z wcześniejszym meandrowaniem rzeki. Obecnie poprzez umacnianie brzegów i prace naprawcze proces ten jest w dużym stopniu powstrzymywany. Intensywne gospodarowanie terenami zalewowymi i zbliżanie się zabudowań do rzeki powoduje konieczność działań ochronnych a jednocześnie zmniejszenie rozlewisk powoduje lokalną intensyfikację szkód. Koniecznym stało się więc szukanie takich rozwiązań lokalnych, które te ubytki przestrzeni retencyjnej złagodzą. Opracowanie ma na celu zaproponowanie jednego z wielu możliwych rozwiązań lokalnych, tworzących zwarty system mający wpływ na bezpieczeństwo wszystkich odcinków rzeki, położonych poniżej planowanej inwestycji.

W założeniach dużą wagę przywiązano do minimalnej ingerencji w środowisko i krajobraz. poniżej osady Zabłocie, na rzece Nysa Kłodzka znajdują się co najmniej dwa miejsca dogodne do usytuowania suchych tarasowych zbiorników przeciwpowodziowych. Wspominałem o nich i wstępnie tłumaczyłem koncepcję takich zbiorników w poprzednim rozdziale. Teraz postaram się uszczegółowić założenia do tego położonego wyżej.

Obecny teren przeznaczony na jego budowę ilustruje obraz z Google Earth Rys. 45. Płaski niezamieszkały obszar z równomiernym spadkiem ograniczony od strony wschodniej zboczem doliny zaś od strony zachodniej korytem rzeki.

Głównym założeniem takiego zbiornika jest łagodzenie skutków fal powodziowych i zdejmowanie „górek”, a nie gromadzenie fali powodziowej od pierwszego momentu jej wystąpienia. W tym celu podstawowym reżimem pracy jest zdalnie sterowane napełnianie kontrolowane w czasie rzeczywistym, oparte na danych z monitoringu wcześniejszego odcinka rzeki. Natomiast w wymaganiach technologicznych dotyczących budowy zbiornika nie jest wymagana jego szczelność. Wręcz przeciwnie. Zbiornik powinien mieć możliwość samoopróżnienia poprzez przesiąkanie. Wstępnie zakładany czas samoistnego obniżenia poziomu, od stanu napełnienia zbiornika do poziomu odpowiadającemu dynamicznemu aktualnemu stanowi alarmowemu w punkcie odpływu, powinien wynosić ok. 24-36 godzin. Zapobiega to niekontrolowanym przebicim hydraulicznym dna zbiornika. Jednocześnie w przypadku nawet intensywnych przesiąkań woda odprowadzana jest w dolnej części zbiornika do rzeki. Brak wymogu szczelności i nieprzesiåkkania zdecydowanie obniża koszty inwestycji. Teren tarasu dalej może być użytkowany jako rolniczy, czy rekreacyjny bez zabudowań.

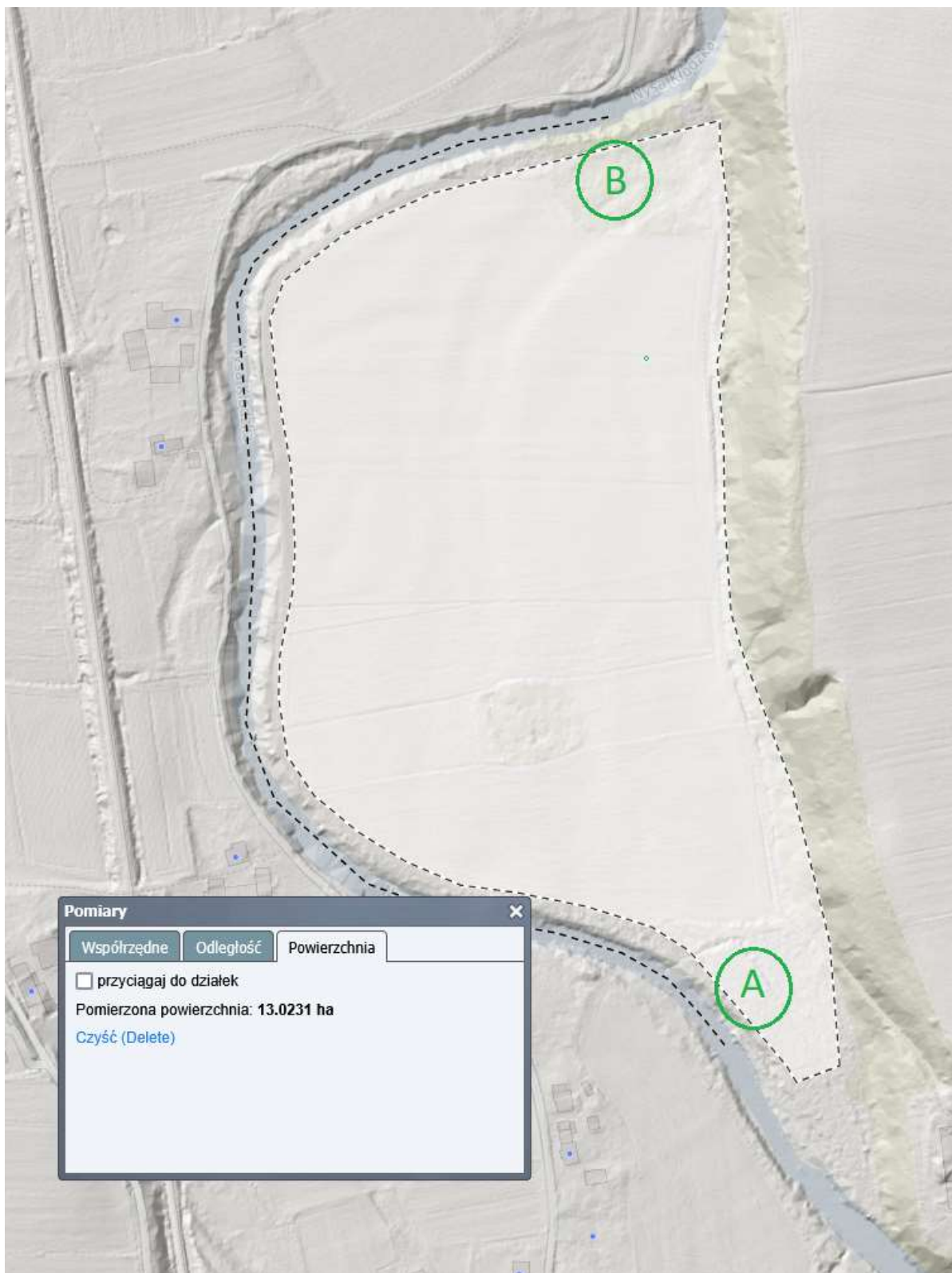
Rys. 45



Geometria terenu

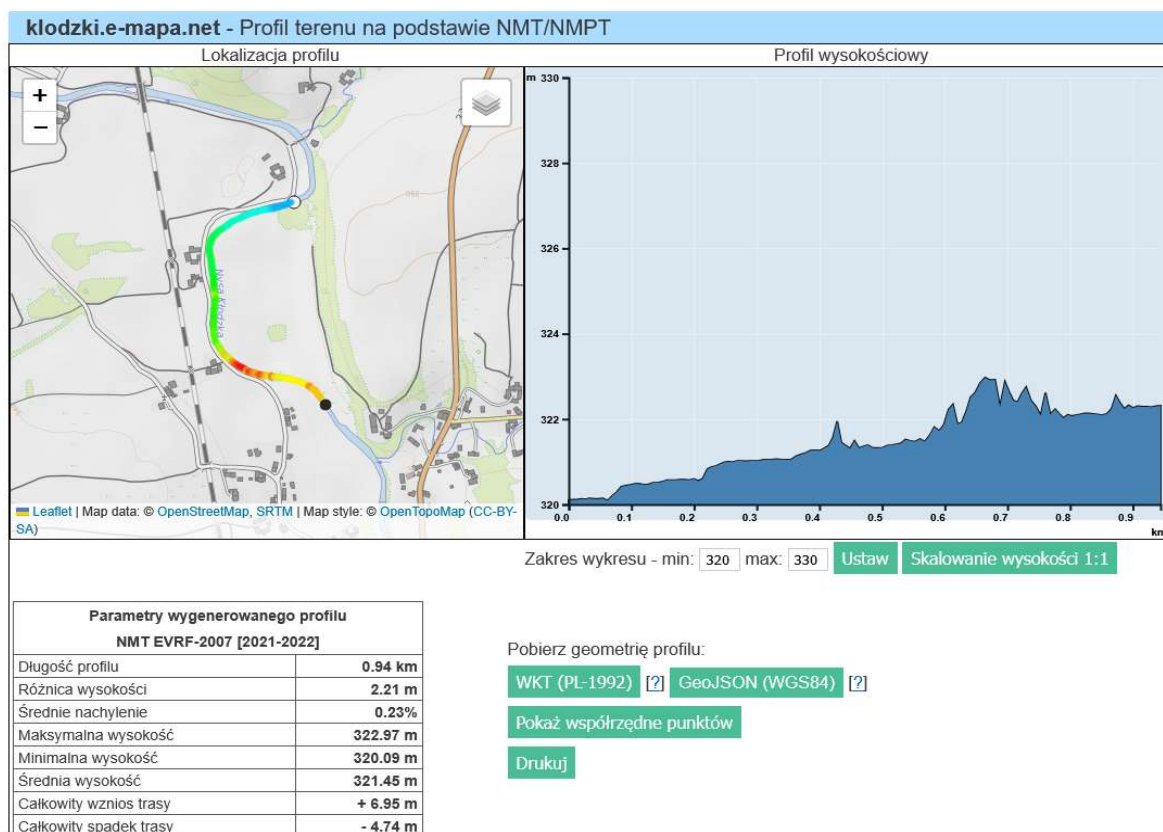
Powierzchnia przeznaczona pod planowany zbiornik wynosi 13 ha. Rys 46. Powierzchnia pomiarowa nie obejmuje obrysów przyszłych wałów konstrukcyjnych zbiornika. Wały te nie pełnią roli ochrony przeciwpowodziowej chroniącej przed napływem wody z rzeki a wręcz przeciwnie. Ich zadaniem jest chwilowe zgromadzenie wody z kulminacyjnej fali powodziowej w punkcie A poza korytem rzeki i ponad jej zwierciadłem oraz nie wypuszczenia jej do momentu przejścia tej fali.

Rys. 46

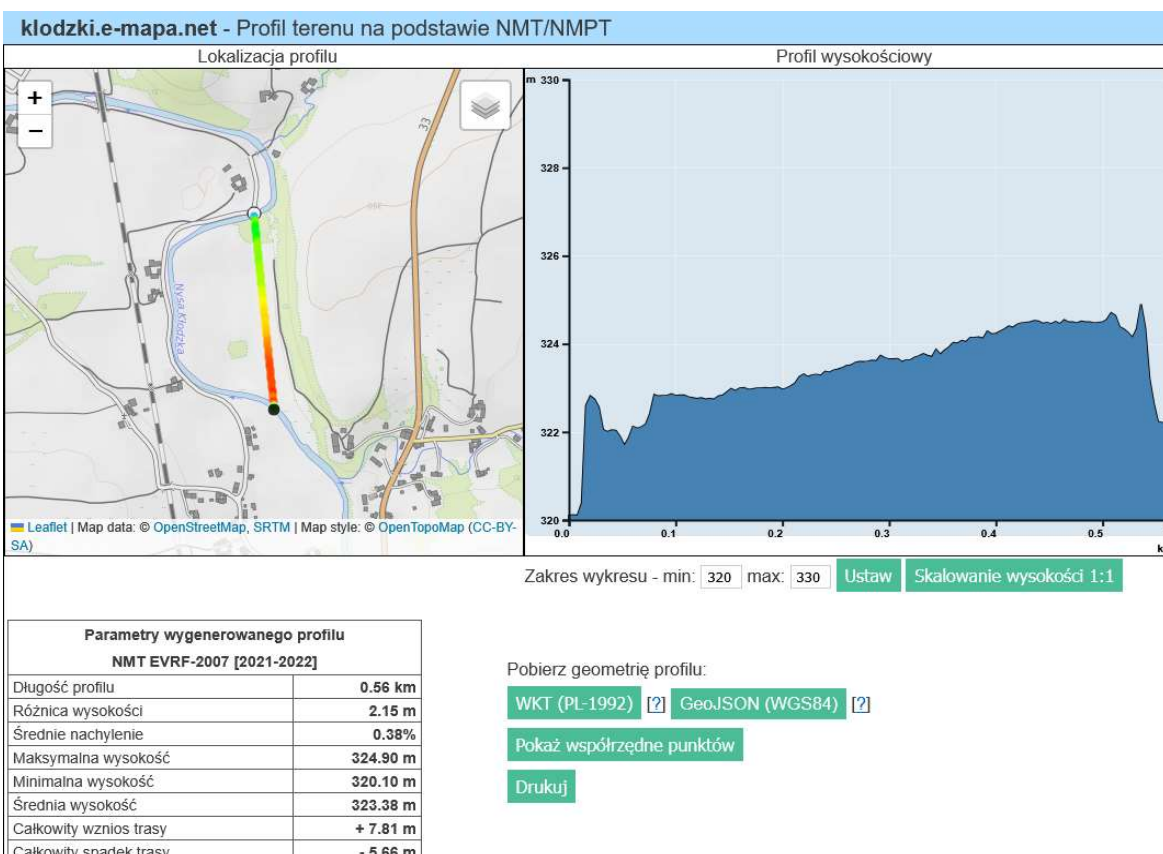


Spadek koryta rzeki na odcinku A-B o długości 0.94 km wynosi, pomiędzy punktami pomiarowymi, ok 0,23% i daje to odpowiednio różnicę wysokości 2,21 m. Rys. 47.

Rys. 47

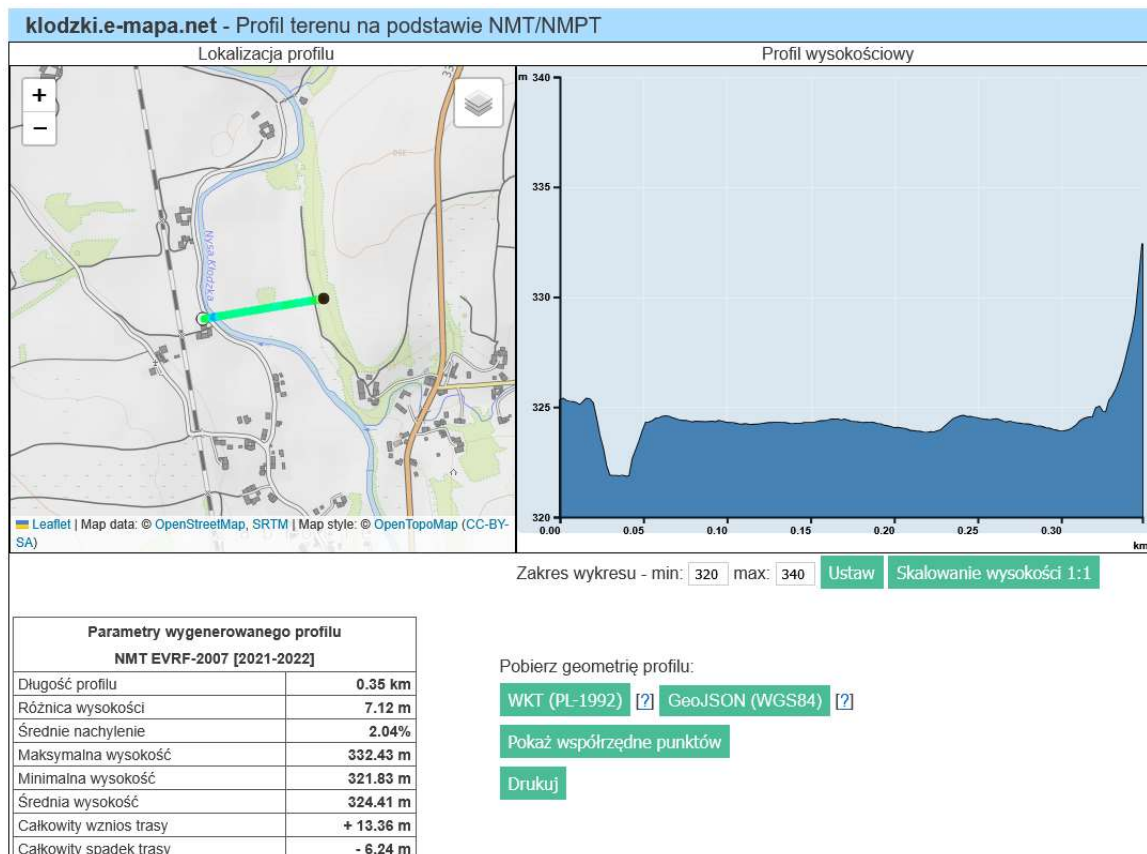


Rys. 48



Między tymi samymi punktami odległość w linii prostej wynosi 0.56 km a średni spadek terenu 0.38%. Rys. 48 Przekroje poprzeczne terenu są natomiast poziome i ograniczone jednostronnie zboczem doliny. Rys 49.

Rys. 49

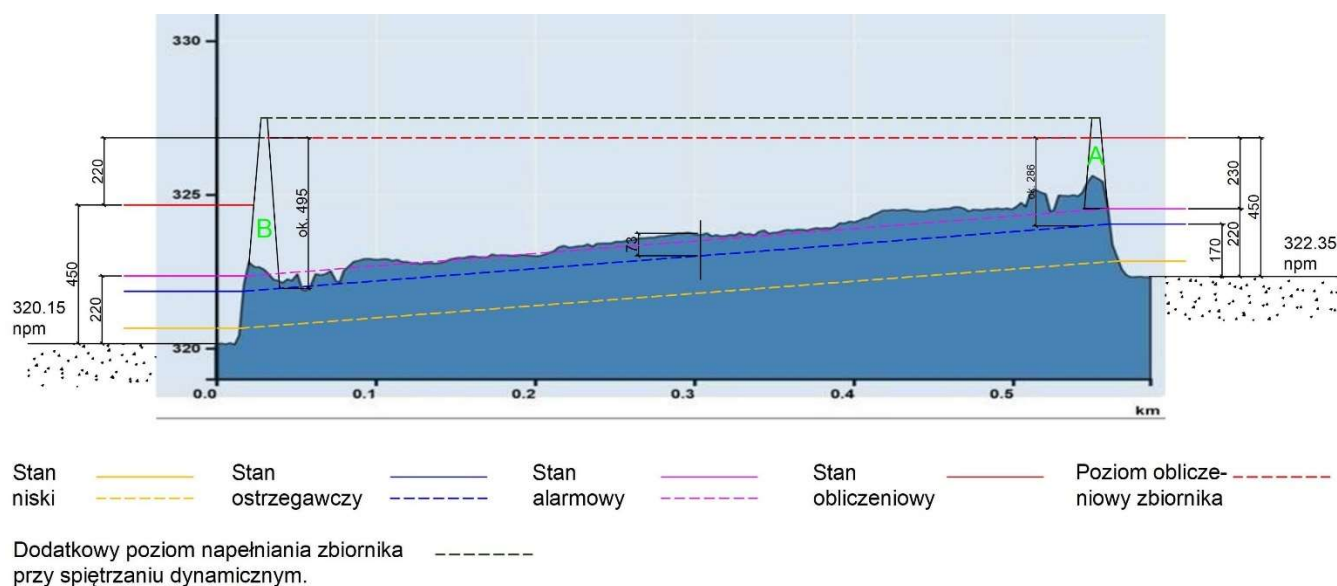


Idea zbiornika tarasowego wynika z faktu, że dla punktów pomiarowych A i B dla jednakowego w danej chwili stanu porównawczego, na przykład alarmowego, różnica poziomów bezwzględnych wynosi ponad 2 metry. Jeśli więc na tym terenie doprowadzimy do tego, że napełniając zbiornik w punkcie A, woda będzie stojąca, ze znikomym i tylko rozproszonym przepływem, to w punkcie B przy zamkniętym odpływie możemy osiągnąć to właśnie przewyższenie. Dodatkowo dochodzi wysokość fali powodziowej. Do analizy przyjęto poziom obliczeniowy 4,5 m czyli przewyższenie o 2,3 m w stosunku do przyjętego poziomu alarmowego 2,2 m. Jeśli nawet w tym miejscu, ze względu na rozpoczynające się rozszerzenie terenu fala ta nie miała takiej wysokości, to dla efektywności zbiornika można ten poziom uzyskać metodami inżynierskimi.

Do analizy przyjęto również, że dno zbiornika zostanie przegłębione do wysokości odpowiadającego dynamicznemu poziomowi stanu alarmowego. Rys. 50.

Przegłębienie to powinno odbyć się z odtworzeniem i wzmocnieniem warstwy humusu. Jednocześnie materiał pozyskany z prac przy pogłębieniu zbiornika może zostać zużyty na budowę wałów. Dla tak przyjętych parametrów szacowana objętość zbiornika wynosi 500 tys. m³.

Rys. 50



Ponieważ napełnianie zbiornika ma się odbywać w ekstremalnych warunkach co oznacza maksymalne poziomy, ale jednocześnie i prędkości przepływów, można przyjąć, że dynamiczne napełnianie z wykorzystaniem energii kinetycznej płynącej wody pozwoli podnieść poziom napełnienia zbiornika o ok 0.7 m ponad poziom fali powodziowej. Daje to dodatkowo do dyspozycji ok 100 tys. m³ pojemności. Schemat rozmieszczenia elementów infrastruktury pokazano na rysunku nr. 51.

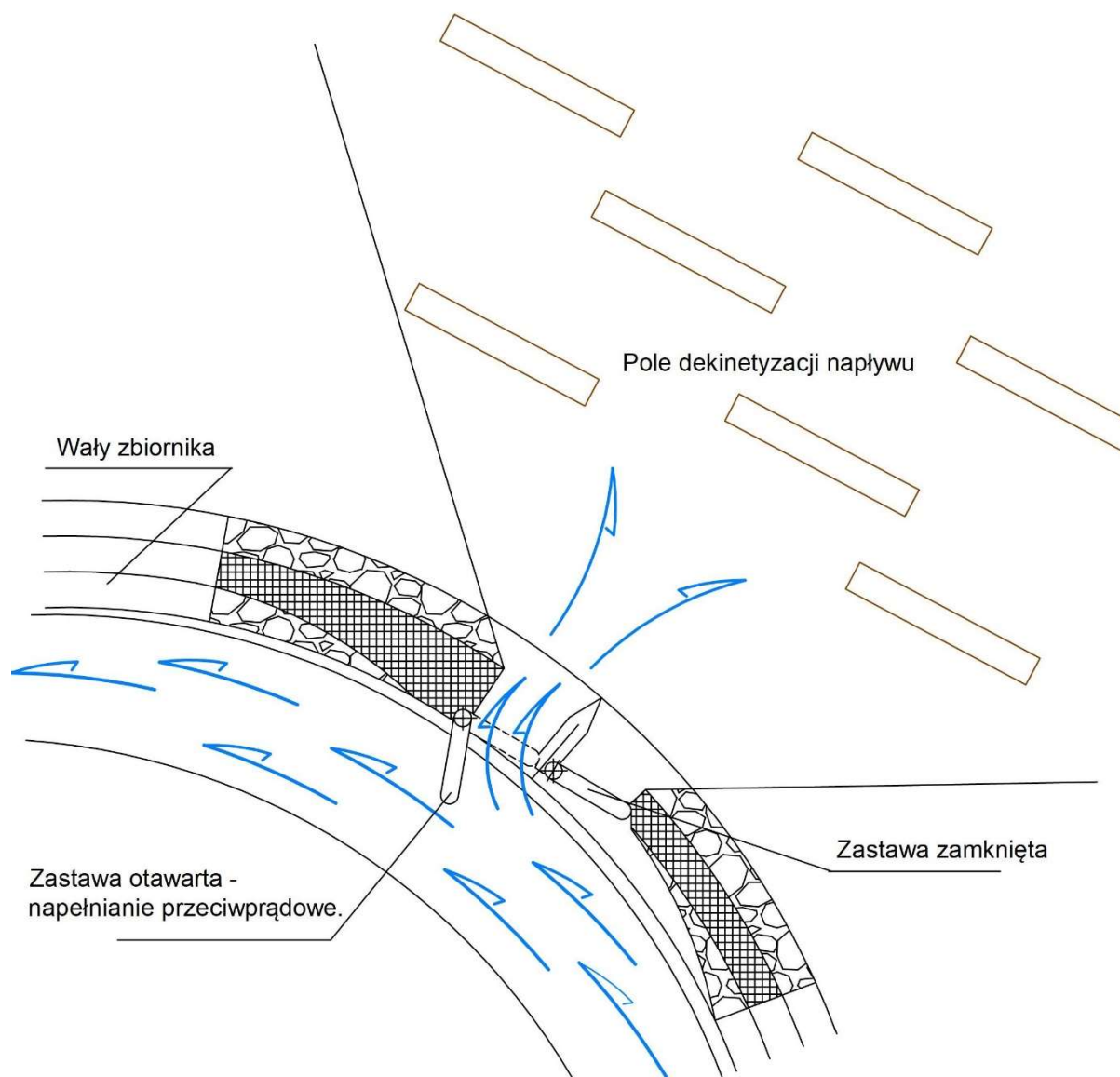
1. Teren suchego tarasowego zbiornika przeciwpowodziowego.
2. Wał – obramowanie zbiornika.
3. Zabezpieczenie przeciwpowodziowe osady w strefie napływu w rejon zbiornika.
- 3' Zabezpieczenie przeciwpowodziowe domów w strefie zwężenia przepływu rzeki.
4. Umocnienie brzegów w strefie napływu.
5. Sterowane zasuwy napływu dynamicznego.
6. Strefa dekinetyzacji wody napływowej.
7. Upust denny w pełni zamykany.
8. Przelew stokowy – awaryjny.

Koncepcja oparta jest na szacunkowych, możliwych do zdobycia, ale prawdopodobnych danych i wymaga pogłębionych prac projektowych.

Dynamiczne napełnianie zbiornika może wydawać się mrzonką, ale przepływ w warunkach powodziowych wynoszący 5-6 m/s nie jest czymś niezwykłym, natomiast energia kinetyczna każdej cząstki niesionej wody odpowiada jej energii potencjalnej na wysokości 1,27-1,83 m. Wszystko zależy więc od umiejętnego jej wykorzystania.

Przykładowe rozwiązanie z wykorzystaniem przeciwpływowego spiętrzenia przedstawia rysunek nr. 52

Rys. 52

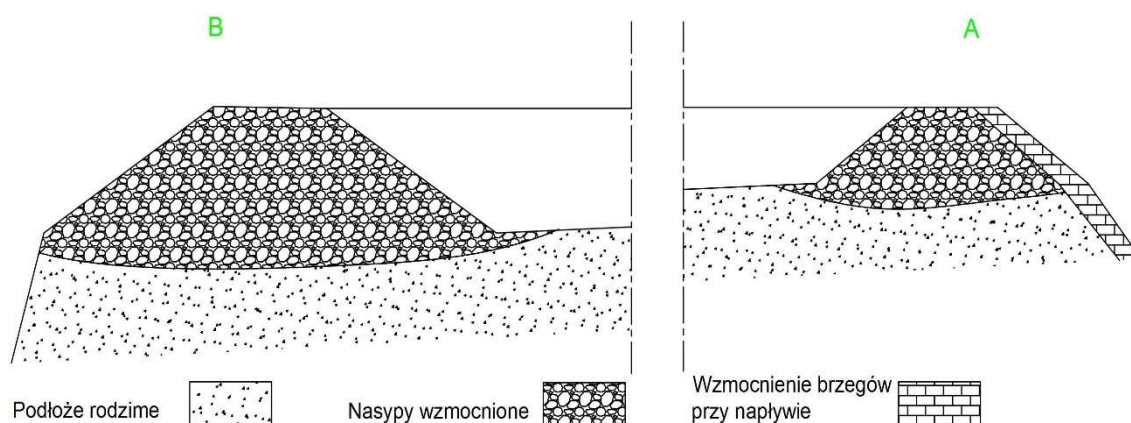


Rozwiązanie takie jest proste i działające przy każdych wysokich stanach wody.

Konstrukcja wałów zbiornika.

Wały ziemne będą wykonane z kruszywa pozyskanego z pogłębienia zbiornika i wzmocnione geotkaninami. Jeśli zajdzie taka konieczność materiał pozyskany z terenu zbiornika będzie uzdatniony drobnymi frakcjami i materiałami dającymi możliwość zagęszczania. Orientacyjny przekrój przez wały zbiornika przedstawia rysunek nr. 53

Rys. 53



Idea działania i cykle pracy:

1. W okresach między stanami powodziowymi teren zbiornika użytkowany jest zgodnie ze swym normalnym przeznaczeniem - rolniczo, rekreacyjnie itp. Śluza upustowa jest częściowo otwarta. Zastawy napęlniające w trybie zamkniętym. Ewentualne podsiąkanie jest upuszczane przez śluzę upustową.
2. Przy stanie alarmowym następuje intensywny monitoring sytuacji przed zbiornikiem. Następuje zebranie informacji czy stan alarmowy zostanie przekroczony, jaka jest objętość „górkę” i od którego momentu ma nastąpić jej zbieranie. Stan prognozowany projektowany jest przez algorytm AI i podawany do realizacji w trybie automatycznym lub ręcznym.
3. We wskazanym momencie następuje zamknięcie upustu dolnego i sekwencyjne otwieranie zastaw napęlniających. Szybkością napęlnienia zbiornika steruje algorytm lub można wykonywać je ręcznie na podstawie wskazań.
4. Po przejściu fali powodziowej zgromadzona woda pozostaje w zbiorniku do czasu jego opróżnienia poprzez przesiąkanie.
5. Jeśli zajdzie potrzeba wcześniejszego opróżnienia zbiornika, na przykład przed nadejściem następnej fali, otwierany jest upust dolny.
6. Przelew stokowy zabezpiecza koronę zbiornika przed niekontrolowanym przepęlnieniem zbiornika.

Ponieważ obwałowanie zbiornika zmniejsza powierzchnię swobodnego rozlewania się nurtu rzeki przy stanach wysokich i powodziowych, tereny po zachodniej stronie zbiornika powinny być szczególnie zabezpieczone dodatkowym obwałowaniem lub gospodarstwa powinny być przesiedlone za tory kolejowe, których nasyp, na tym odcinku, powinny być wzmocnione od strony rzeki.

Wstępny bilans:

Pojemność zbiornika do poziomu obliczeniowego - 500 tyś. m³

Dodatkowa pojemność napełniania dynamicznego -100 tyś. m³

Łącznie **600 tyś. m³**

Wstępny bilans robót:

- Pogłębienie zbiornika z jednoczesnym odkładem na konstrukcję wałów:

13 ha x 0.7m = 91 tyś. m³

- Konstrukcja wałów łącznie z infrastrukturą zewnętrzną i wałami ochronnymi zewnętrznymi oznaczonymi jako 3 i 3' ok. 80 tyś. m³
- Konstrukcje żelbetowe napływu, odpływu, przelewu i inne ok. 1500 m³
- Szacowany koszt łącznie z urządzeniami i automatyką nie powinien przekroczyć

15 mln zł.

- Koszt retencji powodziowej dla 1 m³ wody wynosi ok. 30 zł.

Czas budowy łącznie z projektem :

Do 12 miesięcy.

Czas uzyskania wszystkich uzgodnień i decyzji:

NIEZNANY!

W opracowaniu wykorzystano dane:

1. Publikowane dane IMGW <https://www.imgw.pl/>
2. Publikowane dane LSOP <http://lsop.powiat.klodzko.pl/>
3. Mapy <https://klodzki.e-mapa.net/>
4. Cechy reżimu odpływu rzek Kotliny Kłodzkiej, Adam Perz
DOI10.14746/bfg.2019.10.6
5. Memoriał w sprawie planowanych na ziemi kłodzkiej inwestycji hydrotechnicznych niszczących środowisko społeczne, przyrodnicze i kulturowe. Forum Ziemi Kłodzkiej. 12 maja 2019

Uwagi do opracowania:

1. Opracowanie ma charakter roboczy i nie jest formą skończoną, a proponowane rozwiązania mają charakter wstępnych koncepcji.
2. Ze względu na czas i ograniczoną dostępność dokładnych danych, wiele wartości ma charakter szacunku lub obliczeń z dokładnością tychże danych. Szacunek +/- kilka procent nie ma jednak znaczenia jeśli chodzi o założenia i rozważania koncepcyjne. Błędów „grubych” oczywiście nie dopuszczałem.

Autor.