

Zasoby wodne w metodyce jednolitych bilansów wodnogospodarczych

Sylwester Tyszewski
Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska
Politechnika Warszawska



Bilans wodno-gospodarczy

Bilans wodno-gospodarczy

- ◆ Bilans wodno-gospodarczy jest jedną z najważniejszych analiz dokonywanych w gospodarce wodnej na etapie planowania i projektowania jak również eksploatacji systemów wodno-gospodarczych.
- ◆ Obecnie w Polsce nie istnieje żadna metodyka sporządzania bilansów wodno-gospodarczych, która posiadałaby umocowanie prawne.
- ◆ Jedynym w miarę spójnym i kompleksowym opracowaniem, stosowanym w różnych regionach Polski, jest „Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych” (Hydroprojekt, 1992).

„Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych”

Definicja:

Bilans wodno-gospodarczy wód powierzchniowych jest specjalistycznym opracowaniem analityczno-rachunkowym wykonywanym dla obszaru zlewni rzecznej obejmującym ilościowe i jakościowe porównanie zasobów tych wód z potrzebami użytkowników, z uwzględnieniem możliwości kształtowania tych zasobów przez obiekty hydrotechniczne, hierarchii użytkowników, powiązań z wodami podziemnymi oraz wymagań ochrony środowiska przyrodniczego.

Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych

Cele bilansu wodno-gospodarczego:

- ocena możliwości zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników;
- ocena stopnia spełnienia wymagań związanych z ochroną środowiska (np. zapewnienia przepływów nienaruszalnych hydrobiologicznych i krajobrazowych, częstości występowania wiosennych zalewów doliny rzecznej);
- ocena wpływu obecnego i przewidywanego użytkowania zasobów wodnych oraz oddziaływania obiektów hydrotechnicznych na reżim hydrologiczny rzek;
- ocena sposobu działania istniejących obiektów hydrotechnicznych (zbiorników retencyjnych, kanałów przerzutowych) wraz z propozycjami zmiany sposobu gospodarowania wodą;
- określenie lokalizacji, parametrów oraz zasad pracy nowych obiektów hydrotechnicznych;
- określenie obszarowego i czasowego rozkładu dyspozycyjnych zasobów wodnych (zwrotnych i bezzwrotnych) z podaniem uwarunkowań i ograniczeń ich wykorzystywania dla zaspakajania potrzeb nowych użytkowników.

Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych

Podstawowe założenia (1)

- ◆ bilans wykonywany jest dla obszarów hydrograficznych (dorzeczy, regionów wodnych, zlewni);
- ◆ bilans ma charakter dynamiczny tzn. uwzględnia zmienność w czasie danych wejścia opisujących elementy bilansu (zasoby, potrzeby, zrzuty, zasady pracy obiektów itp.);
- ◆ bilans ma charakter wielookresowej symulacji rozrządu zasobów wodnych pomiędzy użytkowników w przekrojach bilansowych zlewni rzecznej dla wszystkich przedziałów czasowych analizowanego wielolecia;
- ◆ rozrząd zasobów wodnych odbywa się zgodnie z ustaloną hierarchią użytkowania wód przy użyciu modelu symulacyjno- optymalizacyjnego odzwierciedlającego obszarową strukturę systemu wodno-gospodarczego (układ sieci rzecznej, trasy przerzutów wody, lokalizację punktów poboru wody i zrzutu ścieków);

Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych

Podstawowe założenia (2)

- ◆ badania symulacyjne powinny obejmować możliwie najdłuższy okres, dla którego dysponuje się wiarygodnymi danymi o zasobach i potrzebach wodnych;
- ◆ zaleca się 10-dniowy (dekadowy) krok symulacji – im krótszy tym dokładniejsza analiza i tym większe wymagania odnośnie szczegółowości danych wejściowych oraz wyższy stopień komplikacji modeli matematycznych;
- ◆ zasoby wód powierzchniowych opisywane są w postaci wieloletnich ciągów przepływów średnich dekadowych zestawionych dla przekrojów wodowskazowych;
- ◆ ciągi przepływów średnich okresowych powinny spełniać warunki:
 - synchroniczności;
 - ciągłości;
 - jednorodności.

Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych

Podstawowe założenia (3)

Potrzeby wodne użytkowników

- ◆ Potrzeby wodne użytkowników „nieretencjonujących wody” opisywane są ciągami średnich okresowych zapotrzebowań na wodę (gospodarka komunalna, zakłady przemysłowe) lub wymagań przepływu w określonych przekrojach rzek (przepływy nienaruszalne);
- ◆ Potrzeby wodne użytkowników „retencjonujących wodę” (np. obszary nawadniane, stawy rybne, niektóre użytkowania związane z ochroną przyrody) obliczane są z uwzględnieniem aktualnego stanu obiektu użytkownika wody oraz aktualnych warunków hydro-meteorologicznych. Takie podejście umożliwia uwzględnienie procesu narastania wielkości potrzeb wodnych, w przypadku, gdy w poprzednich okresach nie zostały one zaspokojone.
- ◆ Potrzeby stałe w czasie, cykliczne i zmienne losowo

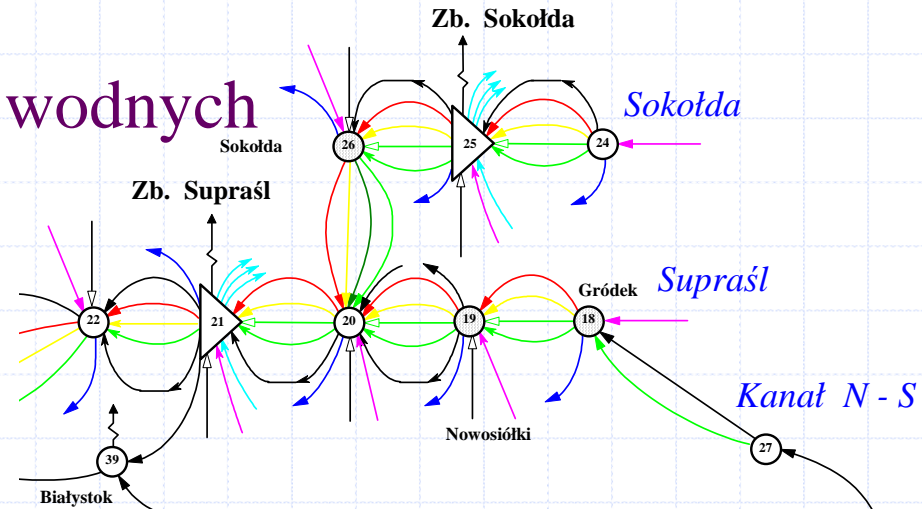
Metodyka jednolitych bilansów wodno-gospodarczych

Podstawowe założenia (4)

◆ Lokalizacja przekrojów bilansowych:

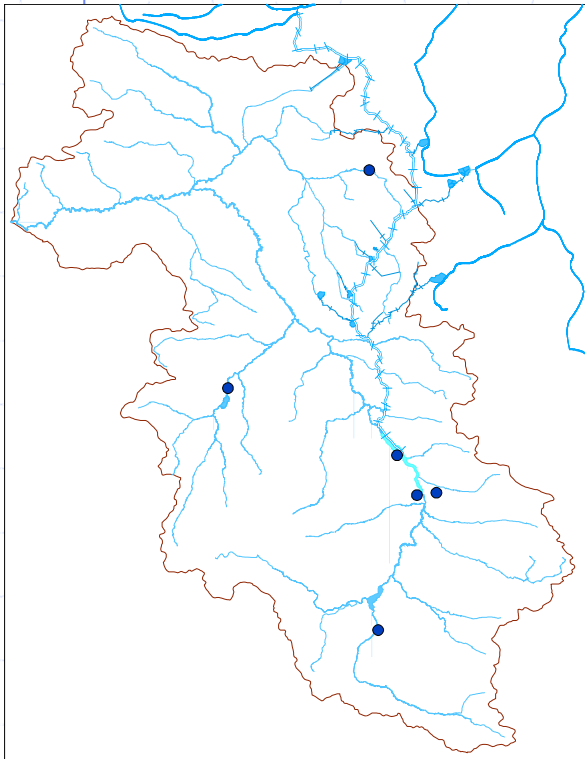
- na ciekach głównych powyżej ujść dopływów,
- w ujściach dopływów;
- w miejscach znaczących poborów i zrzutów wód,
- w miejscach usytuowania obiektów hydrotechnicznych kształtujących reżim przepływów (zbiorniki, przerzuty),
- na granicach państwa, jednostek administracyjnych i obszarów Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej.

Model rozrządu zasobów wodnych

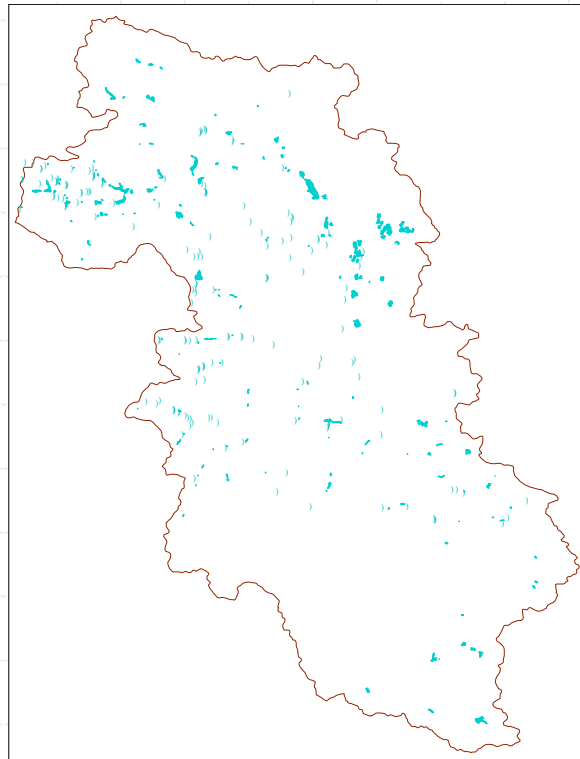


- ◆ Zlewnia rzeczna wraz z użytkownikami wody i obiektami hydrotechnicznymi (system wodno-gospodarczy) opisywana jest za pomocą sieci przepływowej, złożonej z węzłów i łuków
- ◆ Węzły sieci odpowiadają lokalizacjom przekrojów bilansowych: źródła zasobów wodnych, zbiorniki retencyjne, pobory wody, zrzuty ścieków, wloty i wyloty kanałów przerzutowych, granice jednostek administracyjnych i RZGW
- ◆ Łuki sieci przedstawiają kierunki przemieszczania się zasobów między węzłami
- ◆ Rozrząd zasobów – zgodnie z ustaloną hierarchią

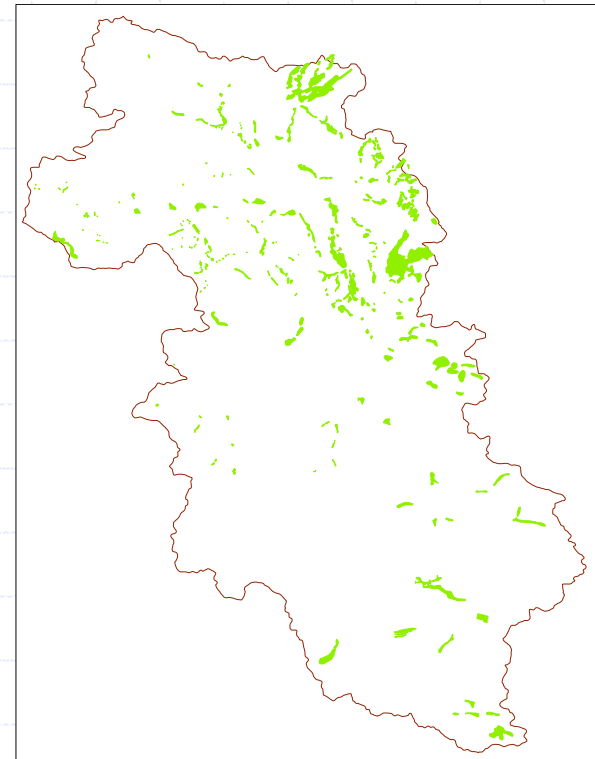
Rzeka Wieprz z Systemem Kanału Wieprz – Krzna



Ujęcia wód powierzchniowych na potrzeby przemysłu

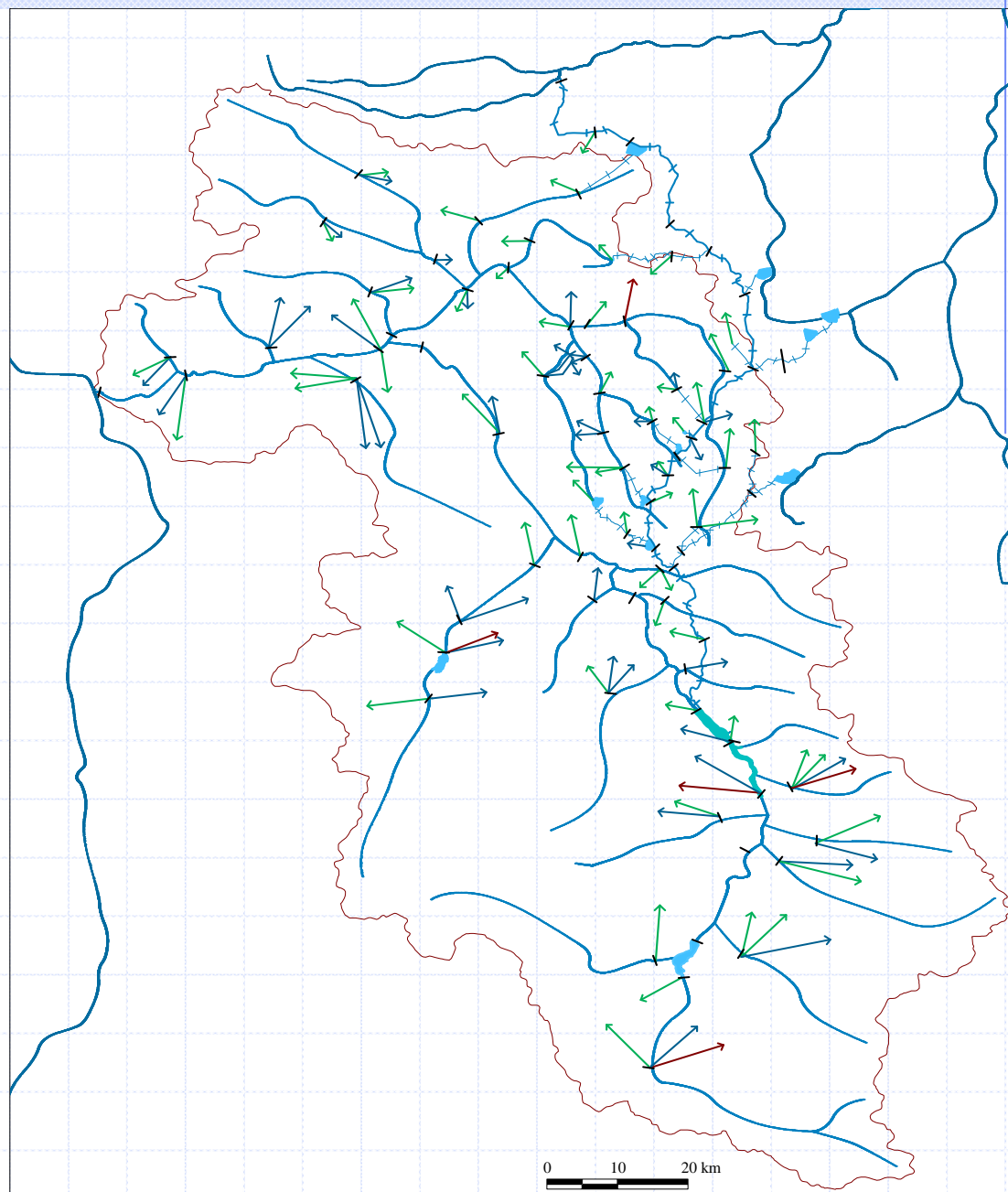


Stawy rybne



Obiekty nawadniane

Rzeka Wieprz z Systemem Kanału Wieprz – Krzna



Schemat lokalizacyjny obiektów hydrotechnicznych i użytkowników wód powierzchniowych

Wyniki obliczeń symulacyjnych (1)

Zakres

Ciagi przepływów w każdym łuku sieci dla wszystkich przedziałów czasowych rozpatrywanego wielolecia:

- poszczególne odcinki rzek / kanałów
- pobory, straty wody i zrzuty ścieków od użytkowników
- stan obiektów hydrotechnicznych (napęnienia końcowe zbiorników retencyjnych)
- stan obiektów użytkowników (retencja glebowa, napęnienie stawu)

Wyniki obliczeń symulacyjnych (2)

Ocena zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników (wskaźniki globalne dla wielolecia)

- ◆ Średnia roczna gwarancja czasowa pokrycia potrzeb wodnych (G_t)

$$G_t = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \omega_{ij}} \quad \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{gdy } X_{ij} < P_{ij} \\ 0 & \text{gdy } X_{ij} = P_{ij} \end{cases} \quad \omega_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{gdy } P_{ij} > 0 \\ 0 & \text{gdy } P_{ij} = 0 \end{cases}$$

- ◆ Gwarancja objętościowa pokrycia potrzeb wodnych (G_v)

$$G_v = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta t_{ij} \cdot X_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta t_{ij} \cdot P_{ij}}$$

- ◆ Maksymalny czas trwania ciągłego deficytu (L_{max})

$$L_{max} = \max \{ L_i \}; \quad i = 1, \dots, k$$

- ◆ Maksymalna głębokość deficytu (D_{max})

$$D_{max} = \max \{ D_{ij} \}; \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, n, \\ j = 1, \dots, m \end{array}$$



Zasoby wodne

Zasoby wodne w analizach bilansowych

Dane wejściowe (1)

- ◆ ciągi przepływów średnich dobowych dla przekrojów wodowskazowych:
 - przepływy charakterystyczne
 - ciągi przepływów średnich okresowych

- ◆ długość kroku czasowego:

Krok czasowy	doła	dekada	miesiąc
F [km ²]	< 100	< 10 000	> 10 000
L [km]	< 15 - 20	< 200	> 200
t [doła]	< 0,25	< 2 - 3	> 3

Zasoby wodne w analizach bilansowych

Dane wejściowe (2)

◆ Warunki:

- synchroniczność
- ciągłość
- jednorodność

◆ przenoszenie informacji hydrologicznej do przekrojów bilansowych:

- przepływy charakterystyczne
- ciągi przepływów

Zasoby wodne w analizach bilansowych

Dane wejściowe (3)

Postać informacji hydrologicznej

◆ Do najczęściej używanych w gospodarce wodnej charakterystyk zasobów wodnych należą:

- przepływy charakterystyczne główne (*np. NNQ, SNQ, SSQ*)
- przepływy o określonym czasie trwania (*QNT*)
- przepływy o określonym prawdopodobieństwie przekroczenia (*$Q_{max,p}$ i $Q_{min,p}$*)
- przepływy gwarantowane (*$Q_{gw=p\%}$*) o określonej gwarancji występowania (*np. 98, 95, 90, 85%*) ;

$Q_{gw=p\%}$ - przepływ, który wraz z przepływami wyższymi od siebie trwa przez *p%* czasu objętego analizami (długości ciągu historycznego mierzonego liczbą przedziałów czasowych)

Zasoby wodne w analizach bilansowych

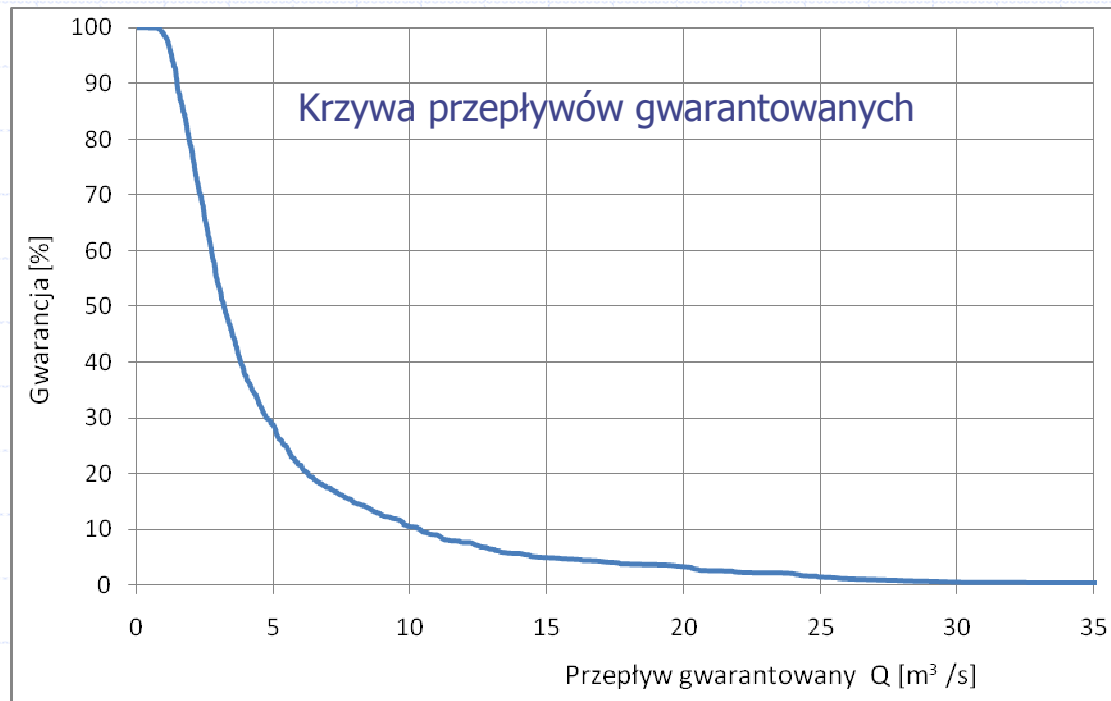
Dane wejściowe (4)

Postać informacji hydrologicznej

- ◆ Gwarancję czasową (G_t) zapewnienia określonego przepływu (Q) określa wzór:

$$G_t = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \delta_{ij}}{n \cdot m}$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{gdy } Q_{ij} \geq Q_{gw} \\ 0 & \text{gdy } Q < Q_{gw} \end{cases}$$

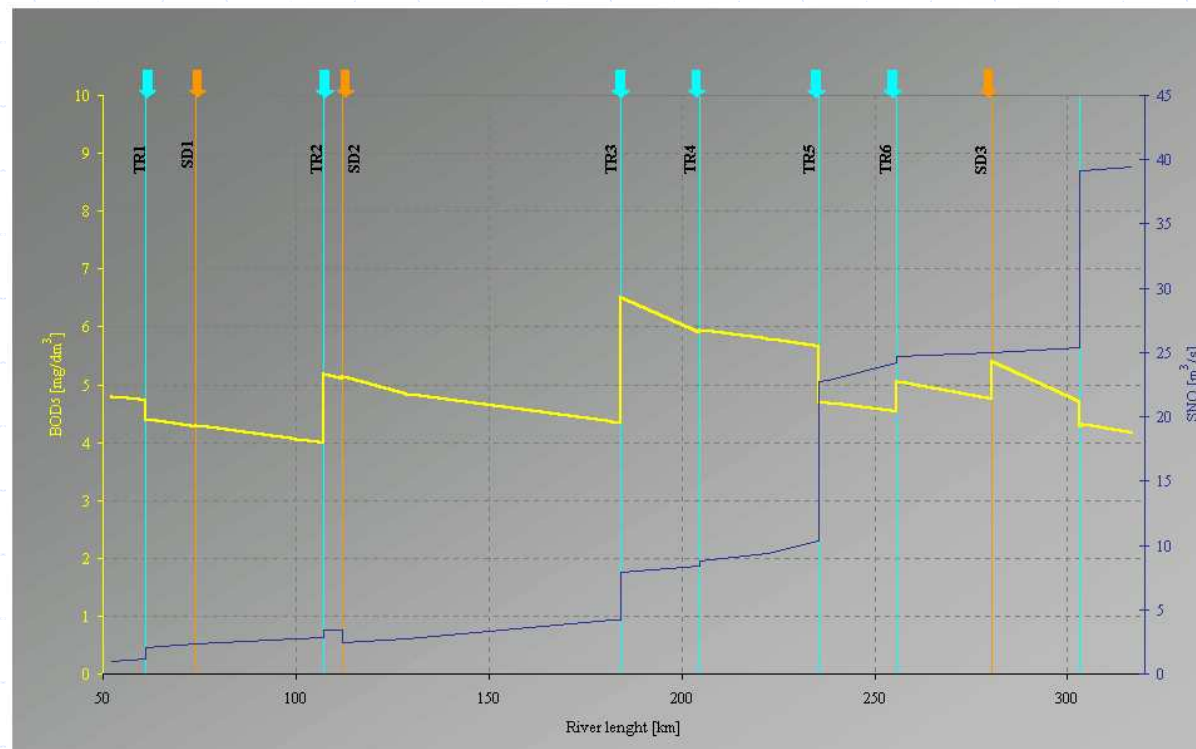


Zasoby wodne w analizach bilansowych

Dane wejściowe (5)

Postać informacji hydrologicznej

- ◆ profil hydrologiczny pokazujący zmienność zasobów wzdłuż jej biegu. Profil hydrologiczny wyznacza się zwykle dla określonej charakterystyki przepływu (np. SSQ).



Wyniki obliczeń bilansowych

Zakres informacji

◆ Charakterystyka zasobów w przekrojach bilansowych:

- przepływy charakterystyczne
- przepływy gwarantowane – krzywe przepływów gwarantowanych
- zasoby dyspozycyjne zwrotne o określonej gwarancji
- zasoby dyspozycyjne bezzwrotne (rezerwy wody) o określonej gwarancji
- gwarantowane objętości rezerw wody dla stawów rybnych w okresie napełniania

◆ Ocena stopnia zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników

Zasoby wodne w analizach bilansowych

Wyniki obliczeń bilansowych (2)

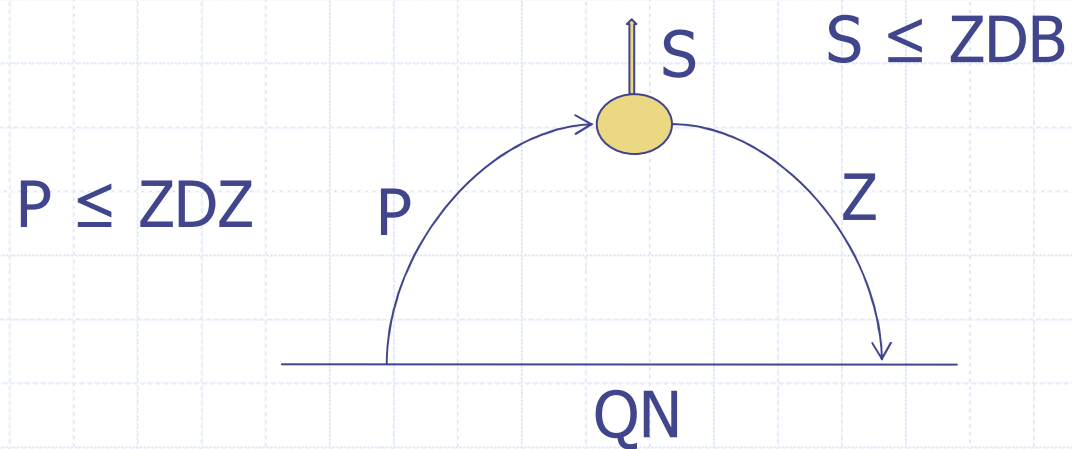
- ◆ zasoby dyspozycyjne zwrotne (ZDZ) o określonej gwarancji występowania, obliczane jako różnica pomiędzy wielkością przepływu gwarantowanego i wielkością przepływu nienaruszalnego w danym przekroju.

Zasoby te określają ilość wody, jaka może zostać pobrana z danego przekroju rzeki pod warunkiem, że użytkownik po wykorzystaniu pobranej wody zwróci ją w całości do rzeki bezpośrednio poniżej miejsca poboru.

- ◆ zasoby dyspozycyjne bezzwrotne (ZDB) o określonej gwarancji występowania pokazujące, jaka ilość wody może odprowadzona z danego przekroju rzeki przy zachowaniu przepływu nienaruszalnego i bez pogarszania warunków zaopatrzenia w wodę pozostałych użytkowników systemu posiadających ważne pozwolenia wodnoprawne.

Zasoby te określają dopuszczalną wielkość zużycia bezzwrotnego pobranej wody.

Warunki poboru wody

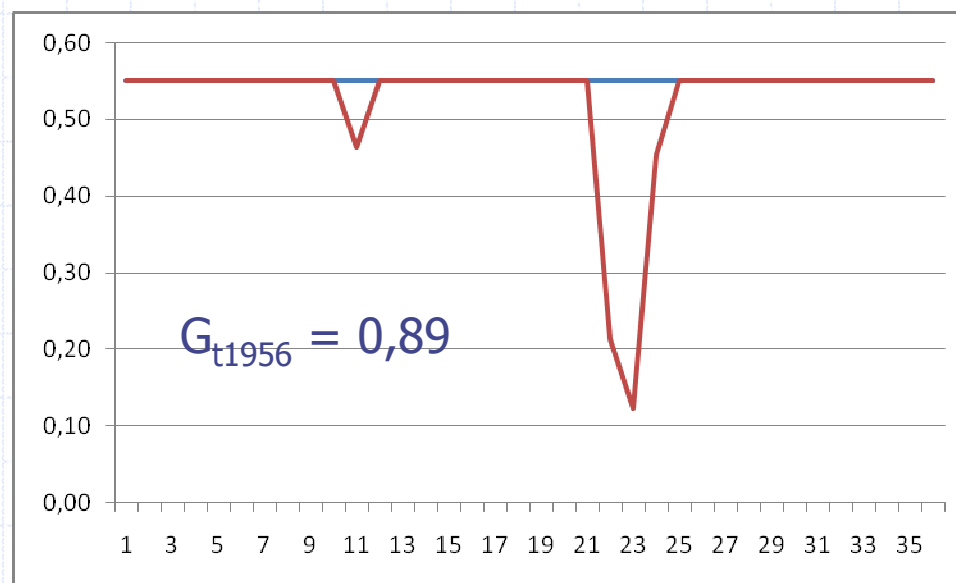
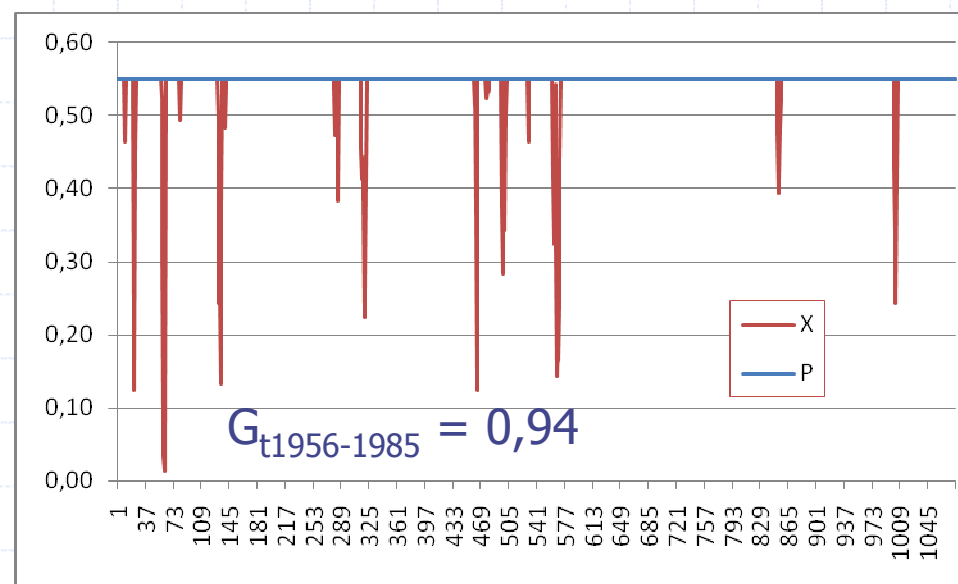


Ocena stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę

Lp.	Rok	Gt	Ciag roz	p
1	1956	0,89	1,00	3,2
2	1957	0,83	1,00	6,5
3	1958	0,97	1,00	9,7
4	1959	0,81	1,00	12,9
5	1960	1,00	1,00	16,1
6	1961	1,00	1,00	19,4
7	1962	1,00	1,00	22,6
8	1963	0,89	1,00	25,8
9	1964	0,81	1,00	29,0
10	1965	1,00	1,00	32,3
11	1966	1,00	1,00	35,5
12	1967	1,00	1,00	38,7
13	1968	0,92	1,00	41,9
14	1969	0,78	1,00	45,2
15	1970	0,97	1,00	48,4
16	1971	0,72	1,00	51,6
17	1972	1,00	1,00	54,8
18	1973	1,00	1,00	58,1
19	1974	1,00	0,97	61,3
20	1975	1,00	0,97	64,5
21	1976	1,00	0,92	67,7
22	1977	1,00	0,89	71,0
23	1978	1,00	0,89	74,2
24	1979	0,86	0,89	77,4
25	1980	1,00	0,86	80,6
26	1981	1,00	0,83	83,9
27	1982	1,00	0,81	87,1
28	1983	0,89	0,81	90,3
29	1984	1,00	0,78	93,5
30	1985	1,00	0,72	96,8

$$G_{tmin} = 0,72 \quad G_{tsr} = 0,94$$

$$G_{t90\%} = 0,81$$



Podsumowanie (1)

- ◆ Podstawą formą wyników analiz bilansowych są **ciągi** przepływów średnich okresowych, zasobów dyspozycyjnych zwrotnych i bezzwrotnych we wszystkich przekrojach bilansowych, poborów, strat i zrzutów wody dla wszystkich użytkowników, napełnień zbiorników, przepływów w kanałach przerzutowych;
- ◆ Zalecane w metodyce **wskaźniki globalne** typu średnia roczna gwarancja czasowa zaspokojenia potrzeb, czy zasoby dyspozycyjne zwrotne o określonej gwarancji są **tylko jedną** z możliwych form przedstawiania wyników mających postać wieloletnich ciągów wartości;

Podsumowanie (2)

- ◆ Podejście zastosowane w metodyce umożliwia ocenę stopnia realizacji zadania zaopatrzenia w wodę różnego typu użytkowników, a w szczególności użytkowników mogących retencjonować wodę i użytkowników o potrzebach zmiennych w czasie.
- ◆ Gwarancja czasowa jest wskaźnikiem, który uwzględnia tylko sumaryczną liczbę deficytów, ani zgrupowanych okresów deficytowych (k rozłącznych deficytów jedno-okresowych jest traktowane w taki sam sposób jak jeden deficyt trwający przez k okresów w sposób ciągły).

- ◆ W metodyce do oceny stopnia zaopatrzenia w wodę wykorzystuje się cztery wskaźniki: G_t , G_v , D_{max} , L_{max} .
- ◆ Każdy z tych wskaźników obliczany jest jako ciąg wartości dla poszczególnych lat.
- ◆ Wynik końcowy podawany jest najczęściej w postaci syntetycznej jako wartość uśredniona, wartość minimalna, czy wartość o określonym prawdopodobieństwie przekroczenia (np. średnia roczna gwarancja czasowa).



Dziękuję za uwagę