

METODYKA OBLICZANIA PRZYROSTU RETENCJI KORYTOWEJ I GLEBOWO-GRUNTOWEJ POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W MAŁYM DRENUJĄCYM CIEKU/ZBIORNIKU

wraz z instrukcją obliczeń z użyciem programu komputerowego

Opracował zespół z ITP-PIB w składzie: **prof. dr hab. inż. Edmund Kaca**, mgr inż. Bartosz Kierasiński, prof. dr hab. inż. Kazimierz Banasik, mgr inż. Katarzyna Karpińska.

I. Metodyka obliczania przyrostu retencji korytowej pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku nizinnym

Metodyka służy do wyznaczania przyrostu Δh położenia zwierciadła wody w małym cieku nizinnym pod wpływem piętrzenia w nim wody oraz do wyznaczenia przyrostu retencji korytowej ΔV . Metodyka dotyczy drenujących cieków nizinnych o szerokości w dnie do ok. 5 (10) m i wysokości piętrzeń do ok. 3 m.

Metodyka może służyć do oceny przyrostu retencji korytowej w wyniku realizacji inwestycji (budowli piętrzących wodę w cieku) w ramach **PROW 2014 -2020** oraz inwestycji realizowanych w ramach **PS WPR 2023 - 2027** i **KPO**. W tych przypadkach obliczenia i oceny należy prowadzić przy założeniu, że przepływ charakterystyczny w cieku to średni niski przepływ (SNQ), a zasięg cofki (spiętrzenia) wody w cieku kończy się w przekroju poprzecznym cieku, w którym różnica ustabilizowanych zwierciadeł wody spiętrzonej i niespiętrzonej jest w przybliżeniu równa 0,05 m lub też przy wyższej wartości, w miejscu kolejnej istniejącej lub nowej budowli piętrzącej. W metodyce te ustalenia nazywa się domyślnymi.

Dane wejściowe i ich źródła:

- 1) Profil podłużny cieku na odcinku spodziewanej cofki, z lokalizacją przekrojów poprzecznych cieku z zaznaczonymi (rys. I.1):
 - rzędnymi dna, m n.p.m.,
 - rzędnymi terenu przyległego do cieku (prawy i lewy brzeg), m n.p.m.
 - charakterystycznymi głębokościami i nachyleniami skarp.Przekroje poprzeczne w punktach cieku lokalizuje się w charakterystycznych miejscach cieku, tj. zmiany spadku dna (zwierciadła wody) i/lub zmiany wymiarów przekroju poprzecznego, połączenia cieku z ciekami dopływającymi itp.
- 2) Przepływ charakterystyczny, domyślnie – przepływ średni niski (SNQ w m^3/s) w cieku na odcinku planowanego spiętrzenia wody,
- 3) Rzędna piętrzenia wody w cieku (normalny poziom piętrzenia NPP), m n.p.m.,

Do danych wyjściowych można zaliczyć powierzchnię F zlewni (km^2) w przekroju planowanego spiętrzenia wody oraz odpływ charakterystyczny, domyślnie – odpływ średni niski ze zlewni (SNq w $\text{dm}^3/\text{s}/\text{km}^2$). Wtedy $SNQ = 0,001 \cdot F \cdot SNq$, m^3/s .

Dane wejściowe 1) do obliczeń mogą pochodzić z bezpośrednich pomiarów geodezyjnych oraz odpowiednich map topograficznych z warstwicami. Źródłem pozostałych danych mogą być odpowiednie opracowania hydrologiczne (dane 2) oraz założenia projektowe lub projekt techniczny budowli piętrzącej wodę w cieku (dane 3).

Podstawowe zależności:

Przyrost Δh położenia zwierciadła wody w cieku pod wpływem piętrzenia w nim wody jest różnicą między stanem wody spiętrzonej (o ruchu ustalonym wolnozmiennym) w cieku i stanem wody o ruchu ustalonym swobodnym (bez spiętrzenia wody na budowli). W ogólności ruch o przepływie swobodnym może być ruchem jednostajnym albo wolnozmiennym. Stany wody spiętrzonej i niespiętrzonej są wyznaczone wg wzoru różnicowego wyprowadzonego z równania Bernoulliego. We wzorze tym spadki energii oraz prędkości wody w cieku są opisywane wzorem Manninga.

Wyprowadzone wzory mają zastosowanie do koryt cieków o przekroju wielotrapezowym (rys. I.1). Podstawowe zależności dla takiego przekroju dotyczą czynnego pola powierzchni A , obwodu zwilżonego U oraz promienia hydraulicznego R . Wielkości te uzależniono od głębokości H wody płynącej ciekiem i opisano następująco:

gdy $0 \leq H < h_1$ to:

$$A = b_1 H + m_1 H^2$$

$$U = b_1 + 2H \sqrt{1 + m_1^2}$$

$$R = A/U$$

gdy $h_1 \leq H \leq h_2$ to:

$$A = b_1 h_1 + m_1 h_1^2 + (b_1 + 2m_1 h_1)(H - h_1) + [m_2(H - h_1)^2]$$

$$U = b_1 + 2h_1 \sqrt{1 + m_1^2} + 2(H - h_1) \sqrt{1 + m_2^2}$$

$$R = A/U$$

gdy $H > h_2$ to:

$$A = b_1 h_1 + m_1 h_1^2 + (b_1 + 2m_1 h_1)(h_2 - h_1) + m_2(h_2 - h_1)^2 + [b_1 + 2m_1 h_1 + 2m_2(h_2 - h_1)](H - h_2) + m_3(H - h_2)^2$$

$$U = b_1 + 2h_1\sqrt{1+m_1^2} + 2(h_2-h_1)\sqrt{1+m_2^2} + [b_2-b_1-2m_1h_1-2m_2(h_2-h_1)] + \\ + 2(H-h_2)\sqrt{1+m_3^2}$$

$$R = A/U$$

gdzie:

A – pole powierzchni czynnego przekroju poprzecznego cieku, m^2 ,

U – obwód zwilżony, m ,

R – promień hydrauliczny, m ,

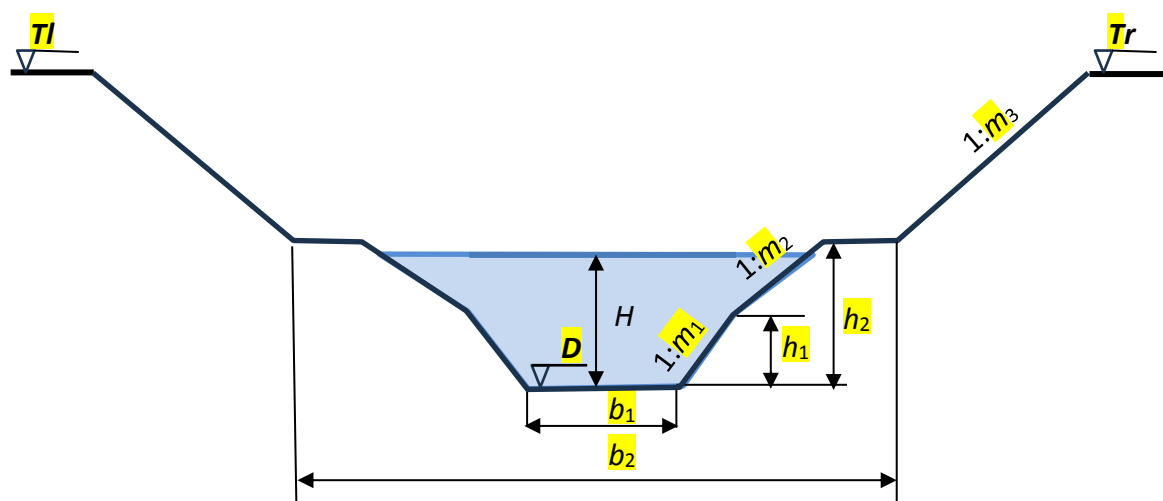
H – głębokość wody w przekroju poprzecznym, m ,

b_1, b_2 – odpowiednio szerokość cieku w dnie i górą (rys. I.1), m ,

$$b_2 \geq b_1 + 2m_1h_1 + 2m_2(h_2 - h_1).$$

m_1, m_2, m_3 - współczynnik nachylenia skarp odpowiednio dolnych, środkowych i górnych (rys. I.1)

h_1, h_2 – odpowiednio: pierwsza głębokość cieku (wysokość skarpy dolnej) i druga głębokość cieku (wysokość skarpy dolnej i środkowej) (rys. I.1), m .



Rys. I.1. Przekrój poprzeczny cieku. Oznaczenia: Tl , Tr , D – rzędne brzegu lewego, prawego i dna, m_1, m_2, m_3 - współczynniki nachylenia skarp, b_1, b_2 szerokości cieku. Ogólnie: $b_2 \geq b_1 + 2m_1h_1 + 2m_2(h_2 - h_1)$.

W przypadku, gdy $m_1 = m_2 = m_3 = m$ oraz $b_2 = b_1 + 2mh_2$ to przekrój jest przekrojem trapezowym o podstawie b_1 , nachyleniu skarp $1:m$.

Do obliczania głębokości H_{i+1} wody spiętrzonej oraz h_{i+1} wody w przepływie swobodnym w $i+1$ -ym przekroju stosuje się wzory (rys. I.2):

$$H_{i+1(o)} = H_i + \frac{v_i^2 - v_{i+1(z)}^2}{2g} + \Delta L_{i,i+1} \cdot \left[\frac{J_{i+1(z)} + J_i}{2} - \frac{(D_{i+1} - D_i)}{\Delta L_{i,i+1}} \right]$$

$$h_{i+1(o)} = h_i + \frac{v_i^2 - v_{i+1(z)}^2}{2g} + \Delta L_{i,i+1} \cdot \left[\frac{J_{i+1(z)} + J_i}{2} - \frac{(D_{i+1} - D_i)}{\Delta L_{i,i+1}} \right]$$

$$i = 1, 2, \dots, N - 1$$

$$v = Q / A$$

$$J = \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}}$$

gdzie:

i – numer przekroju poprzecznego (obliczeniowego),

N – liczba przekrojów,

Q – natężenie charakterystycznego przepływu wody w cieku, m³/s. W obliczeniach domyślnie przyjmuje się $Q = SNQ$, gdzie SNQ - przepływ średni niski,

H_i, H_{i+1} – głębokości wody spiętrzonej (w ruchu wolnozmiennym) w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju, m,

H_1 – głębokość wody w pierwszym (początkowym $i=1$) przekroju, m. $H_1 = NPP - D_1$,

NPP – rzędna normalnego poziomu piętrzenia wody na budowli piętrzącej (rys. I.2), m n.p.m.,

D_1 – rzędna dna w pierwszym przekroju, m n.p.m.,

h_i, h_{i+1} – głębokości wody niespiętrzanej (w ruchu swobodnym) w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju, m,

v_i, v_{i+1} – prędkość przepływu wody w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju (w ruchu wolnozmiennym albo swobodnym), m/s,

J_i, J_{i+1} – spadek zwierciadła wody w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju (w ruchu wolnozmiennym albo swobodnym), -,

$\Delta L_{i,i+1}$ – odległość między w i -tym oraz $i+1$ -ym przekrojem (rys. I.2), m,

n – współczynnik szorstkości do wzoru Manninga, wg tabel (np. tab. Z7 w załączniku), m^{-1/3}s,

D_i, D_{i+1} – rzędna dna w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju (rys. I.2), m n.p.m.

Głębokość h_1 wody niespiętrzanej w przekroju początkowym (przekrój $i = 1$) oblicza się iteracyjnie wg wzoru:

$$Q = A(h) \cdot \frac{1}{n} R(h)^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Zaczynając od $h = h_1 = 0,01$ m, oblicza się $Q_1(o) = A(h_1) \cdot \frac{1}{n} R(h_1)^{2/3} \cdot J^{1/2}$ tak długo, aż h_1 osiągnie wartość przy której $Q_1(o) \approx Q_1(z)$ (o – oznacza wartość obliczoną, z wartość założoną). Spadek J zwierciadła wody w przekroju 1 jest zadawany przez użytkownika. Domyślnie jest obliczany na podstawie rzędnych dna cieku w 1 i 2 przekroju wg wzoru:

$$J = \frac{D_2 - D_1}{\Delta L_{1,2}}$$

Wartości $v_{i+1(z)}$ i $J_{i+1(z)}$ są wartościami obliczonymi przy założonym $H_{i+1(z)}$. Obliczenia kończy się, gdy $H_{i+1(o)} - H_{i+1(z)} < 0,001\text{m}$. Obliczenia można rozpoczynać przy $H_{i+1(z)} = H_i$.

Przyrost retencji ΔV na odcinku między dwoma sąsiednimi przekrojami i oraz $i+1$ oblicza się wg wzorów:

$$\Delta V = \frac{\Delta A_i + \Delta A_{i+1}}{2} \cdot \Delta L_{i,i+1}$$

$$\Delta A = A(H) - A(h)$$

Przyrost retencji na odcinku w zasięgu cofki to $\Sigma \Delta V$.

Jeżeli wiadomo, że cofka kończy się między dowolnymi przekrojami i oraz $i+1$, tzn. ($W_{S_i} - W_i \geq 0,05\text{ m}$ oraz $W_{S_{i+1}} - W_{i+1} \leq 0,05\text{ m}$, to jej zasięg x od przekroju i wyrazi się wzorem:

$$x = L_{i,i+1} \cdot \frac{W_{S_i} - W_i - 0,05}{W_{S_i} - W_i + W_{i+1} - W_{S_{i+1}}}$$

gdzie:

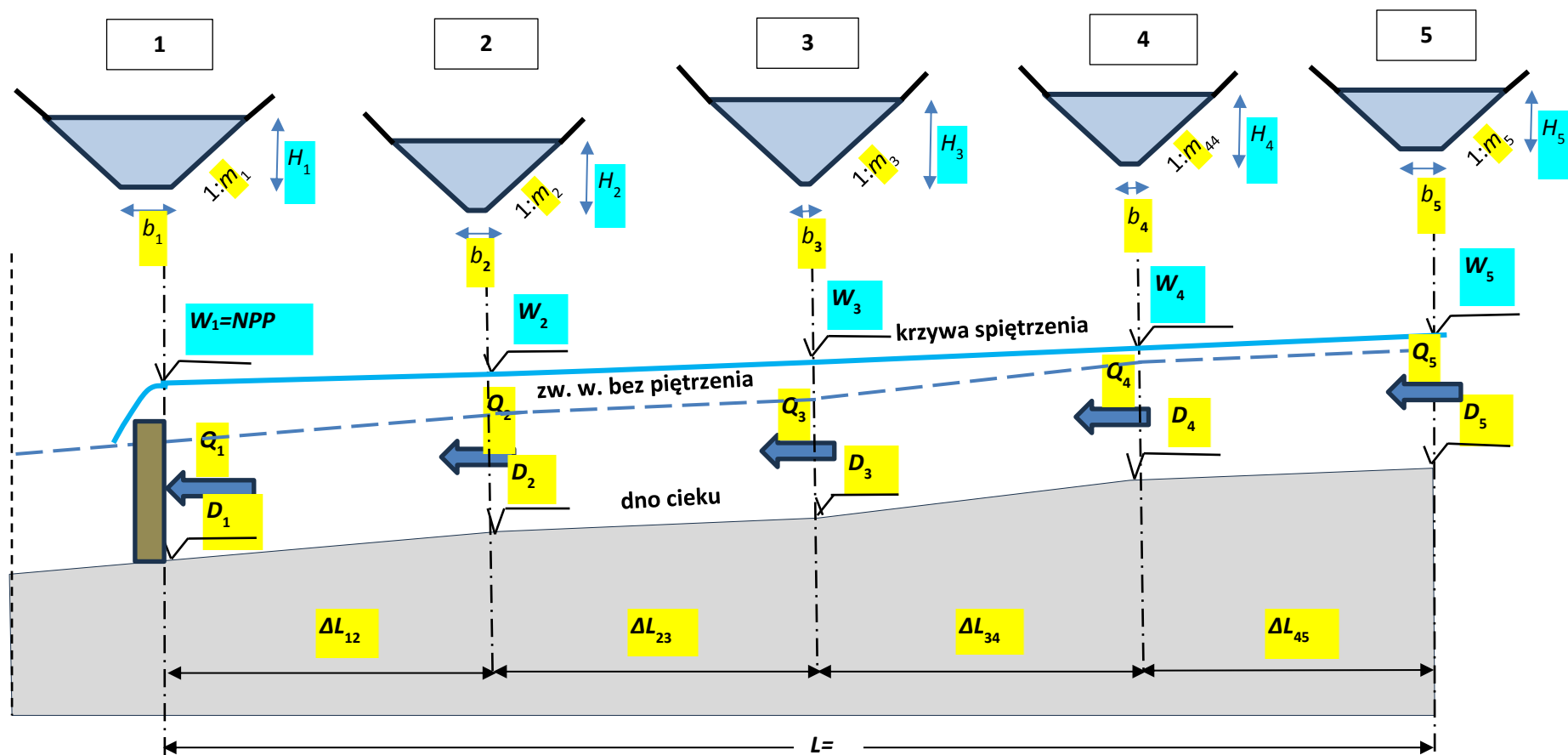
$W_{S_i}, W_{S_{i+1}}$ – rzędna zwierciadła wody spiętrzonej (pod wpływem cofki) odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju,

W_i, W_{i+1} – rzędna zwierciadła wody niespiętrzonej (przy przepływie swobodnym) odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju,

$L_{i,i+1}$ – odległość między przekrojami i oraz $i+1$.

Realizacja obliczeń:

Obliczenia powinny być prowadzone zgodnie z instrukcją dołączoną do niniejszej metodyki i w programie.



Rys. I.2. Przekrój podłużny cieku z przekrojami poprzecznymi (uproszczonymi) na odcinku spodziewanej cofki. Na żółtym tle zaznaczono niektóre dane wejściowe do obliczeń, zaś na niebieskim tle niektóre wyniki obliczeń. Opis symboli podano w tekście.

II. Metodyka obliczania przyrostu powierzchni i retencji glebowo-gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym drenującym cieku/zbiorniku

Wprowadzenie:

Metodyka składa się z trzech części, które stanowi:

- 1) Metodyka obliczania kształtowania się (zmiany) położenia zwierciadła wody gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku albo zbiorniku,
- 2) Metodyka obliczania przyrostu powierzchni oddziaływania pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku/zbiorniku,
- 3) Metodyka obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej (glebowo-gruntowego potencjału retencyjnego) pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku/zbiorniku.

Pierwsza część metodyki została opracowana w ramach zadań 6.4 oraz 5.3, druga w ramach zadania 6.4, zaś trzecia w ramach zadania 5.3.

Metodyki te są oprogramowane. W programie wykorzystuje się wszystkie metodyki jednocześnie, gdyż program pozwala na obliczanie zmiany położenia zwierciadła wody gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w cieku albo zbiorniku, pola powierzchni ziemi (użytków rolnych/ leśnych i in.) na którą oddziałuje piętrzenie wody w cieku albo zbiorniku oraz na obliczanie przyrostu glebowo-gruntowego potencjału retencyjnego użytków rolnych/leśnych, nazywanego w skrócie retencją glebowo-gruntową.

Proponowana metodyka może służyć do obliczeń w przypadku prostych i jednorodnych warunków hydrogeologicznych i obszarów położonych niezbyt daleko od małego, drenującego cieku/zbiornika nizinnego. Są to cieki o szerokości w dnie do ok. 5 (10) m i wysokości piętrzeń do ok. 3 m oraz małe zbiorniki drenujące (małe jeziora, stawy, zbiorniki kopane) o pojemności do 0,5 mln m³ (1 mln m³). Metodyka ta nie może służyć do przypadków, gdy spiętrzenie wody w cieku/zbiorniku powoduje zalew terenów sąsiednich (woda występuje z brzegów). Jest to typowe w przypadku zbiorników zaporowych.

Zakłada się, że warstwa wodonośna ze stropem glebowo-gruntowym znajduje się na warstwie nieprzepuszczalnej o spągu poziomym lub pochylonym lekko na odcinkach. W warstwie wodonośnej częściowo (niezupełnie) lub całkowicie (zupełnie) zagłębione jest drenujące wodę koryto cieku lub czasza zbiornika. Zakłada się, że hydroizohipsy układają się w przybliżeniu równolegle do doliny, a więc przepływ wody gruntowej jest prostopadły do cieku/zbiornika. W warstwie wodonośnej płynie woda gruntowa w kierunku cieku/zbiornika z zadaną intensywnością. Domyślnie zakłada się, że jest to intensywność równa średniemu niskiemu odpływowi (SNq , dm³/(s·km²)). Na obszarze ze spiętrzoną wodą gruntową odpływ ten jest zredukowany, domyślnie - zerowy.

W oprogramowaniu metodyk wyróżnia się kilka modułów oprogramowania służących do obliczeń wyróżnionych sytuacji piętrzenia wody w cieku i zbiorniku a za ich pośrednictwem w terenie przyległym.

Dokładne wyznaczanie położenia zwierciadła wody gruntowej oraz przyrostu retencji w przekroju hydrogeologicznym (glebowo-gruntowym) prostopadłym do małego cieku/brzegu zbiornika i na całym obszarze pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku jest zagadnieniem wymagającym dobrego rozeznania warunków glebowo-gruntowych oraz hydrogeologicznych obszaru przyległego. W niniejszej metodyce proponuje się rozwiązania w oparciu o szacunkowe rozpoznanie tych warunków. Uproszczenia te mogą wpływać na dokładność otrzymanych rezultatów.

Metodyka może służyć do oceny przyrostu retencji glebowo-gruntowej w wyniku realizacji inwestycji (budowli piętrzących wodę w cieku) w ramach **PROW 2014-2020** oraz inwestycji realizowanych w ramach **PS WPR 2023 - 2027** i **KPO**. W tych przypadkach obliczenia i oceny należy prowadzić przy założeniu, że:

- 1) Odpływ charakterystyczny ze zlewni to odpływ średni niski (SNq), zaś z terenów ze spiętrzoną wodą gruntową $SNq = 0 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$,
- 2) Zasięg cofki (spiętrzenia) wody gruntowej kończy się w punkcie terenu, w którym ustabilizowana różnica poziomów wody gruntowej spiętrzonej i niespiętrzonej jest w przybliżeniu równa 0,10 m albo kończy się w granicy zlewni cieku/zbiornika.
- 3) Szerokości cieku/zbiornika w linii przekroju hydrogeologicznego, na poziomie zwierciadła wody niespiętrzonej i wody spiętrzonej, nie różnią się znacznie (nie więcej niż ok. 20 m), tzn. spiętrzenie wody w cieku/zbiorniku nie powoduje powstania wyraźnego rozlewiska w terenie przyległym.

METODYKA OBLICZANIA ZMIANY POŁOŻENIA ZWIERCIADŁA WODY GRUNTOWEJ POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W MAŁYM CIEKU/ZBIORNIKU

Podstawowe zależności:

W obliczeniach położenia zwierciadła wody gruntowej przy zadanym stanie wody w cieku/zbiorniku przyjmuje się założenia wprowadzone przez Dupuit-Forchaimera. W obliczeniach zakłada się warunki ustalone, tj. oblicza się położenie zwierciadła wody gruntowej po jego ustabilizowaniu. Obliczenia prowadzi się metodą różnicową. Spiętrzenie z i stan h_{i+1} wody gruntowej na końcu odcinka o długości $x_{i,i+1}$ i szerokości 1 m oblicza się na podstawie stanu h_i wody gruntowej na początku tego odcinka, z układu dwóch równań (rys. II.1):

$$Q_{i,i+1} = k \cdot 1 \cdot \frac{(h_i + h_{i+1})}{2} \cdot \frac{z}{x_{i,i+1}}$$

$$h_{i+1} = h_i + z - i \cdot x_{i,i+1}$$

Rozwiązanie tego układu prowadzi do praktycznej zależności, w której w miejsce stanów h_i i h_{i+1} wprowadzono rzędne zwierciadła wody gruntowej W'_i i W'_{i+1} :

$$W'_{i+1} = P_i + \frac{P_{i+1} - P_i}{2} + \sqrt{\left(W'_i - P_i - \frac{P_{i+1} - P_i}{2}\right)^2 + \frac{2 \cdot x_{i,i+1} \cdot Q_{i,i+1}}{k}} \text{ dla } i = 1, 2, 3, \dots, N-1$$

$$W'_1 = (W_A; W_{sA}) + a$$

$$Q_{i,i+1} = \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2}; k = \frac{k_i + k_{i+1}}{2}$$

W zależnościach tych użyte symbole oznaczają (rys. II.1):

i – numer profilu hydrogeologicznego (glebowo-gruntowego) w przekroju hydrogeologicznym,

N – liczba profili hydrogeologicznych w przekroju hydrogeologicznym,

$(W_A; W_{sA})$ – rzędna zwierciadła wody niespiętrzonej albo spiętrzonej w cieku/zbiorniku, m n.p.m.,

W'_i, W'_{i+1} – rzędna zwierciadła wody gruntowej w i -tym oraz $i+1$ -ym profilu, m n.p.m.,

P_i, P_{i+1} – rzędna spągu warstwy wodonośnej w i -tym oraz $i+1$ -ym profilu, m n.p.m.,

$x_{i,i+1}$ – odległość między i -tym oraz $i+1$ -ym profilem, m,

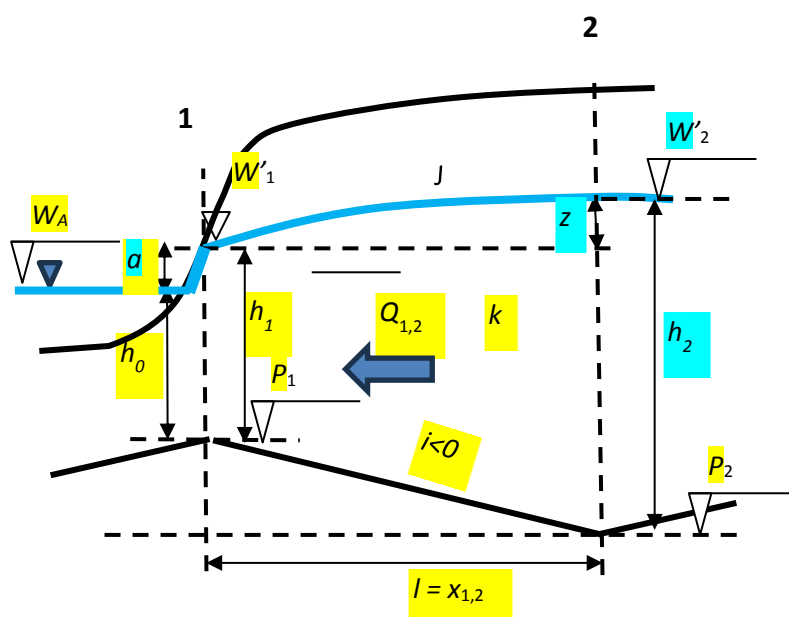
k – średni współczynnik filtracji warstwy wodonośnej między i -tym oraz $i+1$ -ym profilem, m/d,

k_i, k_{i+1} – współczynnik filtracji w i -tym oraz $i+1$ -ym profilu, m/d,

$Q_{i,i+1}$ – natężenie przepływu wody gruntowej w przekroju o szerokości 1 m między i -tym oraz $i+1$ -ym profilem, m^2/d ,

Q_i, Q_{i+1} – natężenie przepływu wody w warstwie wodonośnej o szerokości 1 m odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -ym profilu, $m^3/(m \cdot d)$,

a – wysokość pasa ociekania wody po skarpie cieku/zbiornika, m.



Rys. II.1. Warunki hydrogeologiczne w rejonie drenującego cieku/zbiornika. Na żółtym tle zaznaczono dane wejściowe do obliczeń, zaś na niebieskim wielkości obliczane.

Zależność obowiązuje zarówno w przypadku wody gruntowej spiętrzonej jak i niespiętrzonej. W obu tych przypadkach pierwszy profil ($i = 1$) w przekroju hydrogeologicznym lokalizuje się w pobliżu linii (punktu) przecięcia zwierciadła wody spiętrzonej ze skarpą cieku/zbiornika.

Zależności te stosuje się do obliczeń zarówno rzędnej zwierciadła wody niespiętrzonej W' , jak i spiętrzonej Ws' w gruncie. Podstawę obliczeń stanowi rzędna W_A zwierciadła wody niespiętrzonej i rzędna Ws_A zwierciadła wody spiętrzonej w cieku/zbiorniku.

Przyjmuje się zasadę, że zwierciadło wody gruntowej (niespiętrzonej i spiętrzonej) nie wznosi się ponad teren, co formalnie można zapisać: jeżeli $W' \geq T$ to $W' = T$, gdzie T - rzędna terenu.

Parametr a oznacza wysokość pasa ociekania wody po skarpie cieku/zbiornika. Wysokość tę oblicza się wg wzorów P. J. Polubarinowej-Kocziny. Wzory te doprowadzono do przybliżonej postaci wykorzystywanej w przedmiotowej metodyce (rys. II.1):

Jeżeli $\frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} > 0,6$ to:

$$a = 0$$

Jeżeli $0 \leq \frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} \leq 0,6$ to:

$$a = (W'_2 - P_1) \left[-2,667 \left(\frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} \right)^3 + 2,63 \left(\frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} \right)^2 - 0,88 \left(\frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} \right) + 0,1 \right]$$

$$l = (W'_2 - P_1) \approx (W_A - P_1 + 0,5)$$

gdzie:

a - wysokość pasa ociekania wody po skarpie cieku/zbiornika, m,

W_A, W'_2 - rzędne odpowiednio zwierciadła wody w cieku/zbiorniku i w gruncie w profilu 2, m n.p.m.,

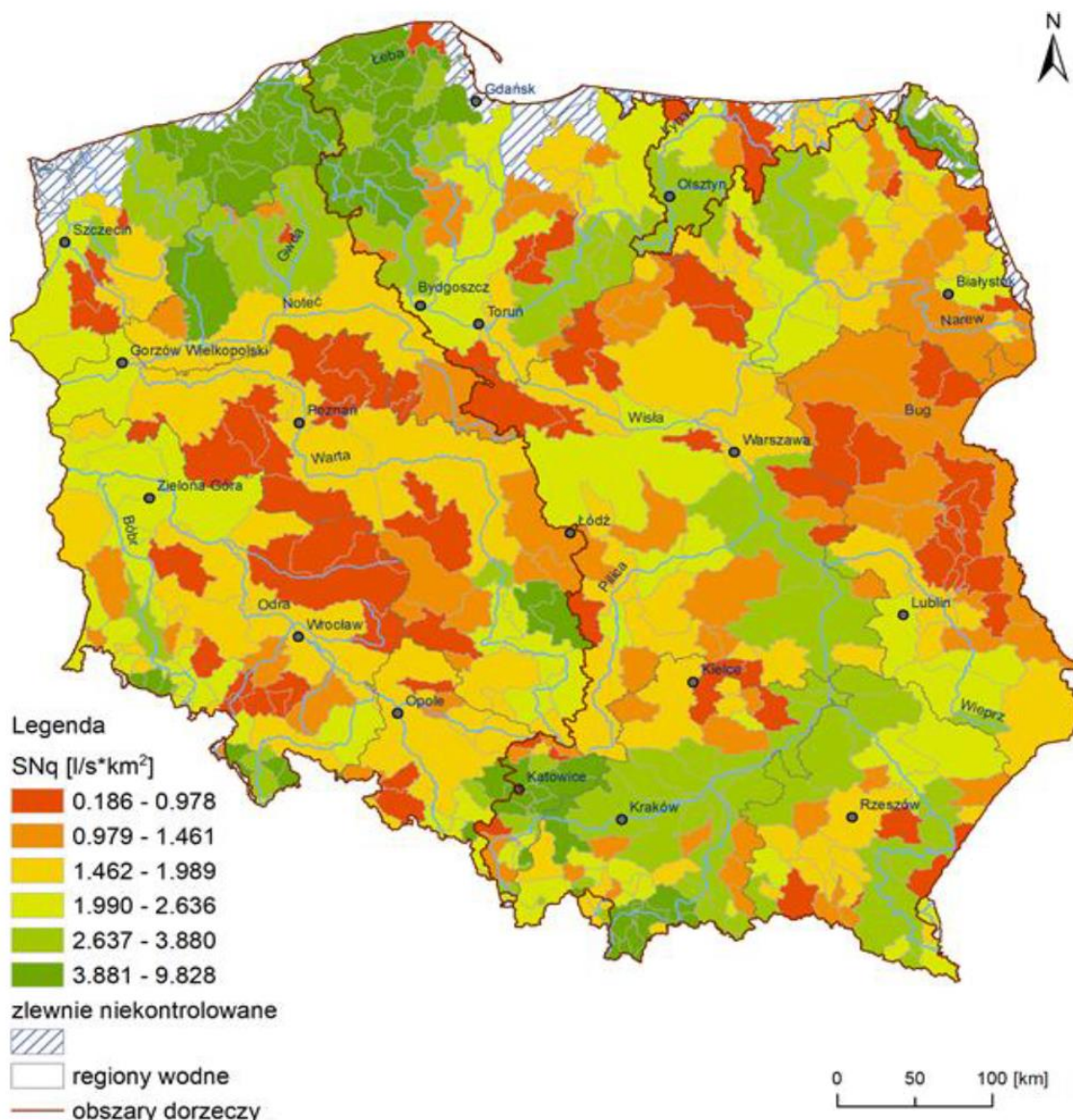
P_1 - rzędna spągu warstwy wodonośnej w profilu 1, m n.p.m.

l - odległość między profilami 1 i 2, m.

Zakłada się, że natężenie przepływu $Q_{i,i+1}$ między dwoma profilami, kształtowane jest przez odpływ q ($\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$) ze zlewni. W obliczeniach domyślnie przyjmuje się, że odpływ ten jest równy odpływowi średniemu niskiemu SNq ze zlewni, zaś w obszarze ze spiętrzoną wodą odpływ ten ulegnie redukcji i wyniesie q_s ($\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$). Odpływ SNq można wyznaczać wg mapy odpływów jednostkowych (rys. II.2).

Wartość q_s oblicza się wg wzoru $q_s = \text{współczynnik}(q_s) \cdot q$. Współczynnik ten może przyjmować wartości z przedziału $<-1; 1>$. W obliczeniach domyślnie zakłada się, że jego wartość równa się zero, tzn. $\text{współczynnik}(q_s) = 0$. Oznacza to założenie, że obszar ze spiętrzoną wodą nie zasila w wodę cieku/zbiornika i odwrotnie, ciek/zbiornik nie alimentuje terenów ze spiętrzoną wodą.

Aby wyznaczyć wartość $Q_{i,i+1}$ należy uprzednio znać zasięg spiętrzenia wody w gruncie pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku.



Rys. II.2. Mapa średniego niskiego odpływu jednostkowego (SNq) wg Programu przeciwdziałania niedoborowi wody, 2021, opracowana na podstawie danych IMGW-PIB

W przypadku cieków natężenie przepływu w warstwie wodonośnej o szerokości 1 metra w i -tym profilu poza strefą spiętrzenia wody w gruncie, a więc gdy $Lg < x_i \leq L$ wyraża się wzorem:

$$Q_i = 0,0000864 \cdot q \cdot (L - x_i)$$

zaś w profilu w strefie spiętrzenia wody w gruncie ($x \leq Lg$):

$$Q_i = 0,0000864 \cdot [q \cdot (L - Lg) + q_s \cdot (Lg - x_i)]$$

gdzie:

Q_i – natężenie przepływu wody w warstwie wodonośnej o szerokości 1 m w dowolnym (i -tym) profilu oddalonym od brzegu ciek/zbiornika o x , m³/(m·d),

q – odpływ jednostkowy wody ze zlewni ciek/zbiornika, dm³/(s·km²),

q_s - odpływ jednostkowy wody ze zlewni ciek/zbiornika w obszarze pod wpływem piętrzenia, $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$,

L - długość drogi spływu wód gruntowych z granicy zlewni do ciek/zbiornika w linii przekroju hydrogeologicznego, m,

Lg – zasięg spiętrzenia wody w gruncie, m,

x_i – odległość profilu w linii przekroju hydrogeologicznego od linii (punktu) przecięcia zwierciadła wody spiętrzonej ze skarpą ciek/zbiornika, m.

Dla zbiornika, natężenie przepływu wody w warstwie wodonośnej w profilu poza spiętrzeniem wody w gruncie, tj. gdy $Lg_z < x_i \leq L$ wyraża się wzorem:

$$Q_i = 0,0000432 \cdot q \frac{\left(L + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(x_i + \frac{d}{2}\right)^2}{x_i + \frac{d}{2}}$$

W przeciwnym przypadku, tj. gdy $x_i \leq Lg_z$

$$Q_i = 0,0000432 \cdot \left[q \frac{\left(L + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(Lg_z + \frac{d}{2}\right)^2}{x_i + \frac{d}{2}} + q_s \frac{\left(Lg_z + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(x_i + \frac{d}{2}\right)^2}{x_i + \frac{d}{2}} \right]$$

gdzie:

Lg_z – zasięg spiętrzenia wody w gruncie pod wpływem piętrzenia wody w zbiorniku, m.

Ostatni (N -ty) profil w przekroju hydrogeologicznym powinien być oddalony od brzegu ciek/zbiornika na odległość L_z nie mniejszą niż wynosi zasięg spiętrzenia Lg, Lg_z wody gruntowej i nie większą niż wynosi odległość L między brzegiem ciek/zbiornika i granicą zlewni w linii przekroju hydrogeologicznego:

$$Lg, Lg_z \leq L_z \leq L,$$

gdzie:

L_z – odległość ostatniego profilu w przekroju hydrogeologicznym od brzegu ciek/zbiornika (orientacyjne wartości podano w załączniku w tabeli Z6).

Zasięgi Lg i Lg_z spiętrzenia (cofki) wody w gruncie są odległościami od brzegu ciek/zbiornika do profilu w linii przekroju hydrogeologicznym, w którym domyślnie $\Delta W' = (Ws' - W') \approx 0,10$ m, gdzie Ws' i W' oznaczają rzędne odpowiednio wody gruntowej spiętrzonej i wody gruntowej nie spiętrzonej. Jeżeli $Lg, Lg_z > L$, to w obliczeniach przyjmuje się $Lg, Lg_z = L$. Obliczenia zasięgu spiętrzenia nie są możliwe, gdy $Lg, Lg_z > L_z$, czyli gdy w odległości L_z spełniony jest warunek $\Delta W' =$

$(Ws' - W') > 0,10$ m. W takiej sytuacji wymagane są charakterystyki warunków hydrogeologicznych i glebowych w nowych, bardziej odległych profilach.

Jeżeli wiadomo, że cofka kończy się między dowolnymi profilami i oraz $i+1$, tzn. $Ws'_i - W'_i \geq 0,10$ m oraz $Ws'_{i+1} - W'_{i+1} \leq 0,10$ m, to jej zasięg x od i -tego profilu wyrazi się wzorem:

$$x = L_{i,i+1} \cdot \frac{Ws'_i - W'_i - 0,10}{Ws'_i - W'_i + W'_{i+1} - Ws'_{i+1}}$$

gdzie:

Ws'_i, Ws'_{i+1} – rzędna zwierciadła wody gruntowej spiętrzonej (pod wpływem cofki) odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -m profilu,

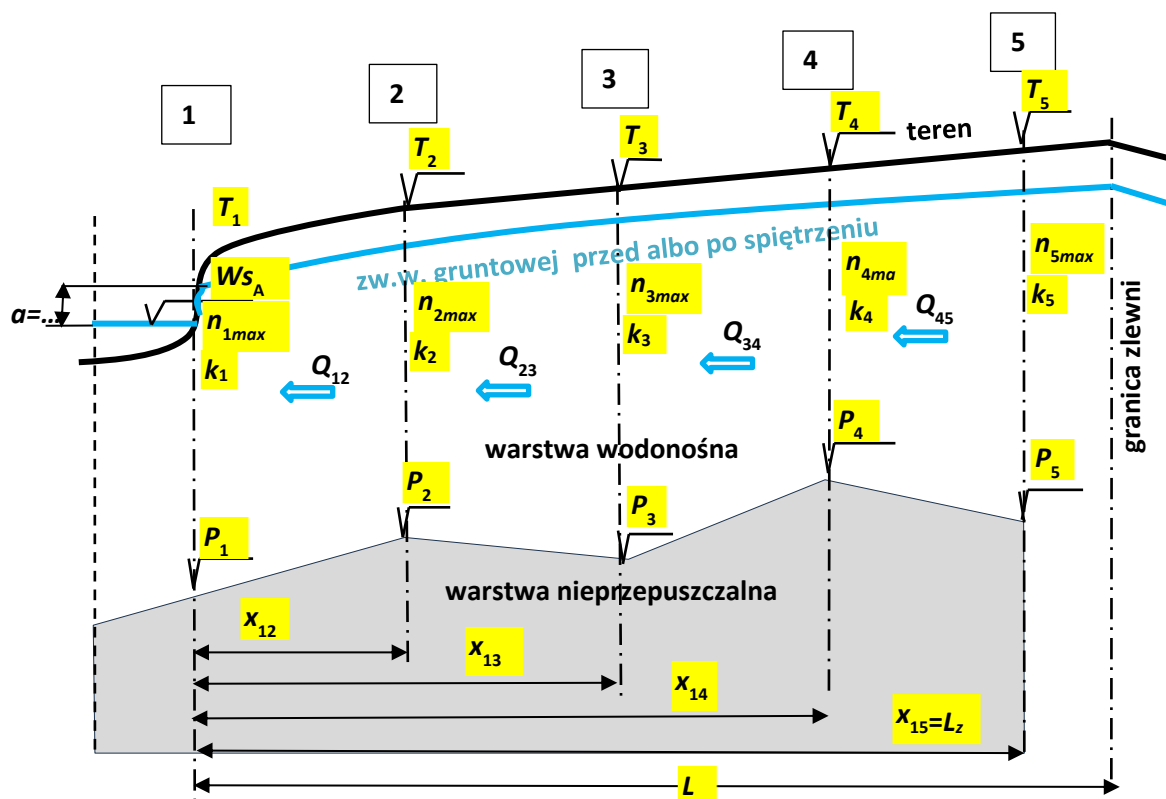
W'_i, W'_{i+1} – rzędna zwierciadła wody gruntowej niespiętrzonej odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -m profilu,

$L_{i,i+1}$ – odległość między profilami i oraz $i+1$.

Dane wejściowe do obliczeń i ich źródła:

- 1) płytki przekrój hydrogeologiczny (glebowo-gruntowy, pierwszej warstwy wodonośnej) wzdłuż linii spływu wód gruntowych do cieku/zbiornika z zaznaczonymi profilami 1, 2, 3, ..., N . W przybliżeniu przekrój ten może przebiegać w linii prostopadłej do cieku/brzegu zbiornika w którym woda jest piętrzona i powinien być oddalony od budowli piętrzącej wodę na odległość równą ok. 1/3 długości cofki na cieku. Profil 1, zlokalizowany na skarpie cieku/zbiornika, uważa się za początek przekroju hydrogeologicznego.
- 2) odległości x_i profili od skarpy cieku/zbiornika, m,
- 3) długość L drogi spływu wód gruntowych do cieku/zbiornika, od początku przekroju hydrogeologicznego (profil 1) do granicy zlewni cieku/zbiornika, m,
- 4) charakterystyki hydrogeologiczne (glebowo-gruntowe) panujące w profilach (rys. II.3):
 - rzędna T_i terenu, m n.p.m.,
 - rzędna P_i podstawy (spągu) warstwy wodonośnej, m n.p.m.,
 - współczynnik filtracji k_i warstwy wodonośnej, m/d,
- 5) charakterystyczny odpływ jednostkowy, domyślnie średni niski odpływ jednostkowy SNq wody ze zlewni cieku/zbiornika w warunkach naturalnych (bez piętrzenia wody), $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$,
- 6) charakterystyczny odpływ jednostkowy, domyślnie zerowy, wody ze zlewni cieku/zbiornika ze spiętrzoną wodą gruntową, $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$,
- 7) granica zlewni w pobliżu piętrzenia wody w cieku i wyznaczona na tej podstawie odległość L od cieku/zbiornika do granicy zlewni w linii przekroju hydrogeologicznego,
- 8) rzędna Ws_A zwierciadła wody spiętrzonej oraz rzędna W_A zwierciadła wody w cieku/zbiorniku bez piętrzenia w punkcie początkowym przekroju hydrogeologicznego (rys. II.3), m n.p.m.

Najbardziej miarodajne dane wejściowe do obliczeń mogą pochodzić z bezpośrednich pomiarów hydrogeologicznych w otworach wiertniczych oraz odpowiednich pomiarów geodezyjnych przedmiotowego obszaru. W przybliżonych obliczeniach można stosować dane pochodzące z map topograficznych (sytuacyjno-wysokościowych), map geologicznych, map pierwszej warstwy wodonośnej oraz z obserwacji i wywiadów prowadzonych z lokalnymi mieszkańcami.



Rys. II.3. Płytki przekrój hydrogeologiczny z pełnym zestawem danych niezbędnych do obliczania położenia zwierciadła wód gruntowych w jednorodnej warstwie wodonośnej przy znanym natężeniu przepływu wody Q na poszczególnych odcinkach warstwy wodonośnej. Wielkości na żółtym tle są wymagane i pochodzą z bezpośrednich pomiarów, założeń, obliczeń lub szacunków. Niektóre oznaczenia: Ws_A – rzędna zw. wody (spiętrzonej) w cieku/zbiorniku, a – wysokość warstwy ociekania wody po skarpie cieku/zbiornika, k – współczynniki filtracji warstwy wodonośnej, n – współczynniki porowatości efektywnej, T , P – rzędne odpowiednio terenu i spągu warstwy wodonośnej, x – odległości profilów od brzegu cieku/zbiornika, L – odległość granicy zlewni od brzegu cieku/zbiornika.

UWAGA: W obliczaniach zmian położenia zwierciadła wody gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku/zbiorniku wg oprogramowanej metodyki stosuje się parametry hydrogeologiczne, których pomiar jest pracochłonny. Dlatego dopuszcza się oszacowanie ich wartości w sposób przybliżony metodami pośrednimi. Szczególnie w tym przypadku, zaleca się krytyczne podejście do uzyskanych wyników. Szczególną uwagę należy zwrócić na obliczony przebieg zwierciadła wody

gruntowej niespiętrzanej i spiętrzanej w terenie przyległym do cieku/zbiornika. Zwierciadło to nie powinno wychodzić na powierzchnię terenu, gdy z wywiadów z miejscową ludnością wynika, że takie sytuacje nie zdarzały się, szczególnie w okresach suchych (przy średnich niskich przepływach wody w cieku). W tym przypadku proponuje się zmniejszenie odpływu jednostkowego SNq wody ze zlewni, a nawet korektę parametrów hydrogeologicznych: zwiększenie wartości współczynnika filtracji k i obniżenie rzędnej P spągu warstwy wodonośnej (zwiększenie miąższości warstwy wodonośnej). Korekty te nie powinny wykraczać poza wartości graniczne podawane w literaturze (patrz rys. II.2, tab. Z.1 w załączniku).

METODYKA OBLICZANIA POLA POWIERZCHNI ZIEMI POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W CIEKU/ZBIORNIKU

W tej części podano kilka wzorów wg których oblicza się powierzchnię A oddziaływania piętrzenia wody w cieku/zbiorniku na tereny przyległe. Forma tych wzorów jest uzależniona m. in. od lokalizacji budowli piętrzącej (na cieku, na zbiorniku) oraz od wpływu budowli piętrzącej na zbiorniku na stany wody na cieku (jest albo nie ma wpływu). Sytuacje te przedstawiono na rys. II.4.

Wzór na powierzchnię pod wpływem piętrzenia wody w cieku niemeandrującym na długości zasięgu cofki (o dość prostym odcinku) wyprowadzono przy założeniu, że ma ona kształt trójkąta o wysokości równej długości cofki L_c (rys. II.4.a). Przy tym założeniu powierzchnię $A = A_a$ oblicza się wg wzoru:

$$A_a) = \frac{1}{10000 \cdot (1-\alpha)} \cdot Lg \cdot Lc, \text{ ha}$$

gdzie: α - współczynnik opisujący lokalizację na cieku początkowego punktu przekroju hydrogeologicznego. Domyślnie przyjmuje się, że $\alpha = 1/3$. Oznacza to, że początek przekroju hydrogeologicznego znajduje się w odległości $1/3$ długości L_c cofki wody od miejsca piętrzenia wody w cieku (rys. II.4.a, b). W przypadku piętrzenia wody w zbiorniku i za jego pośrednictwem w cieku odległość tę liczy się od ujścia cieku do zbiornika. Przy tej wartości współczynnika istnieje znaczne prawdopodobieństwo, że przyrost retencji na jednostce powierzchni (m^3/ha) tego przekroju hydrogeologicznego będzie zbliżony do przyrostu retencji na jednostce powierzchni całego obszaru pod wpływem piętrzenia wody w cieku oraz, że na podstawie zasięgu spiętrzenia w tym przekroju oszacuje się pole powierzchni całego obszaru pod wpływem piętrzenia wody w cieku.

W najbardziej złożonym przypadku, gdy woda jest piętrzona w zbiorniku i piętrzenie to oddziałuje na stan wody w cieku oraz na wody gruntowe wokół cieku i zbiornika (rys. II.4.b), pole $A = A_b$) wyrazi się wzorem:

$$A_b) = \frac{1}{10000 \cdot (1-\alpha)} \cdot Lg \cdot Lc + \frac{3,14}{10000} \cdot \left[(L_{gz})^2 + L_{gz} \cdot d \right] - \frac{1}{10000} \left[2 \arccos \left(\frac{d}{2(L_{gz} + \frac{d}{2})} \right) - \sin \left(2 \arccos \left(\frac{d}{2(L_{gz} + \frac{d}{2})} \right) \right) \right] \left(L_{gz} + \frac{d}{2} \right)^2, \text{ ha.}$$

W mniej złożonych przypadkach, gdy woda piętrowa jest tylko w zbiorniku, stosowne wzory przyjmą postać:

- w sytuacji, gdy zbiornik posiada ujście wody w postaci cieku silnie drenującego tereny przyległe (rys. II.4.c)

$$A_c) = \frac{3,14}{10000} \cdot \left[(L_{gz})^2 + L_{gz} \cdot d \right] - \frac{1}{20000} \left[2 \arccos \left(\frac{d}{2(L_{gz} + \frac{d}{2})} \right) - \sin \left(2 \cdot \arccos \left(\frac{d}{2(L_{gz} + \frac{d}{2})} \right) \right) \right] \left(L_{gz} + \frac{d}{2} \right)^2, \text{ ha}$$

- w sytuacji, gdy zbiornik zasilany jest tylko wodami opadowymi, roztopowymi i wodami gruntowymi a nadmiar wody odpływa ciekiem słabo drenującym tereny przyległe (rys. II.4.d)

$$A_d) = \frac{3,14}{10000} \cdot \left[(L_{gz})^2 + L_{gz} \cdot d \right]$$

We wzorach tych:

Lg – zasięg spiętrzenia wody w gruncie w linii przekroju hydrogeologicznego rozpoczynającego się w odległości 1/3 długości cofki, m,

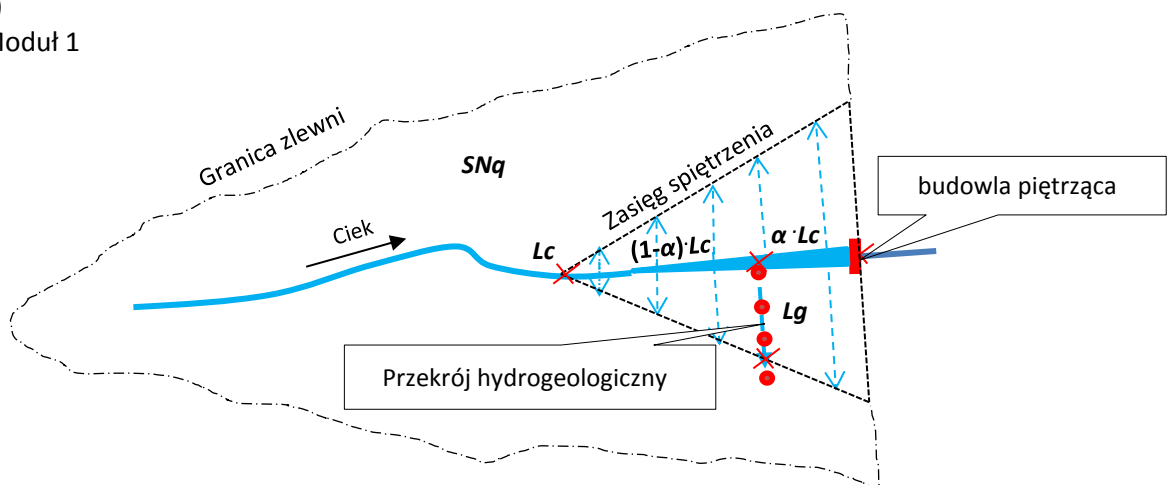
Lgz - zasięg spiętrzenia wody w gruncie w linii przekroju hydrogeologicznego od spiętrzenia wody w zbiorniku, m,

Lc – długość cofki na cieku, m,

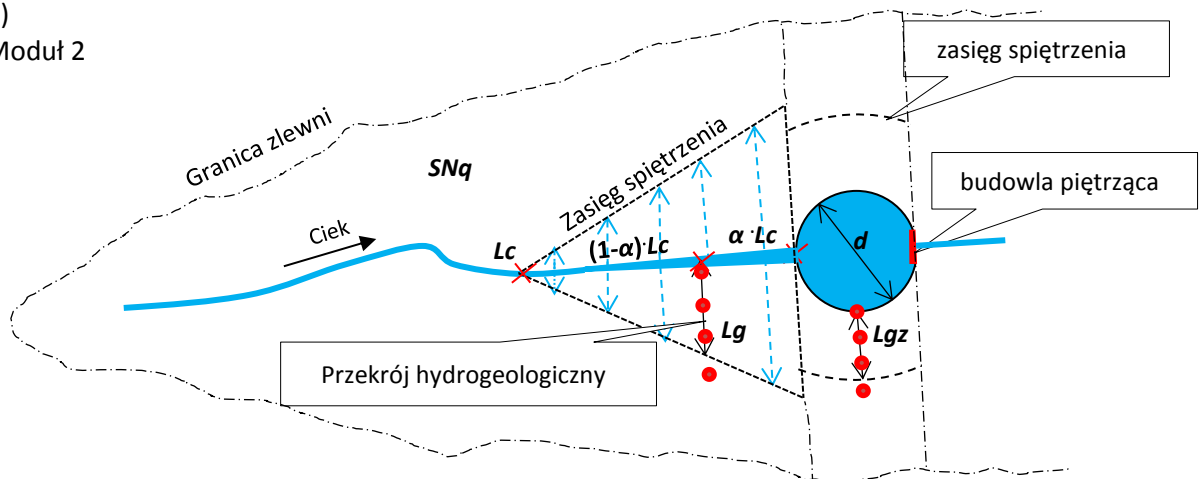
d – szerokość (średnica) w m zbiornika po spiętrzeniu w nim wody, obliczana na podstawie pola powierzchni A w ha, zwierciadła wody po spiętrzeniu, wg wzoru $d = 112,9 \cdot \sqrt{A}$.

a)

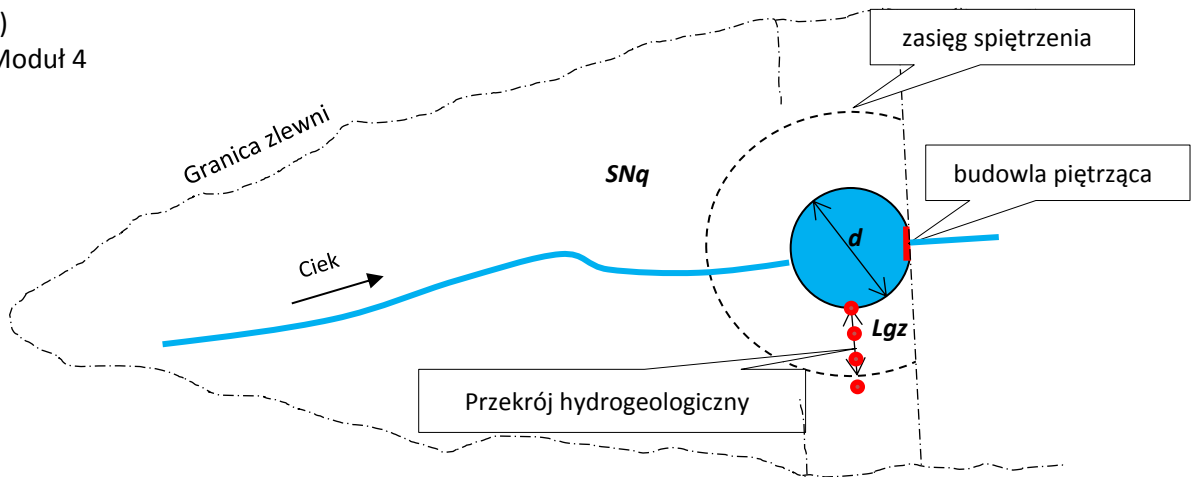
Moduł 1



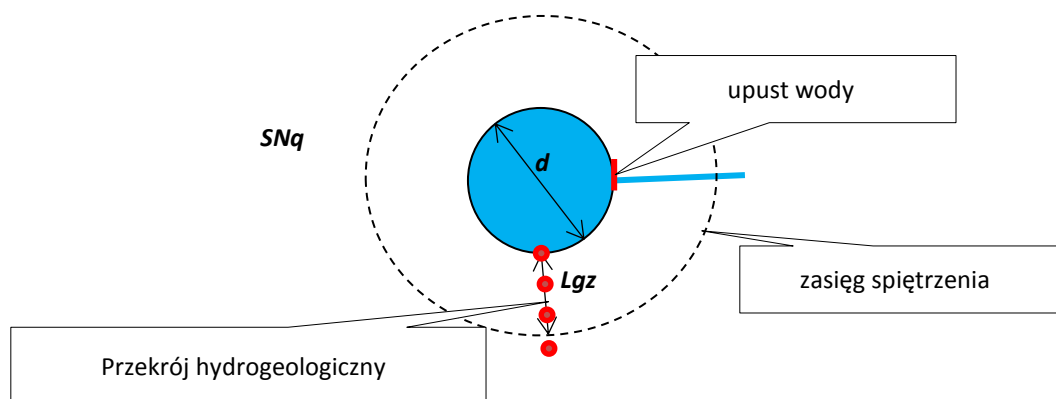
b)
Moduł 2



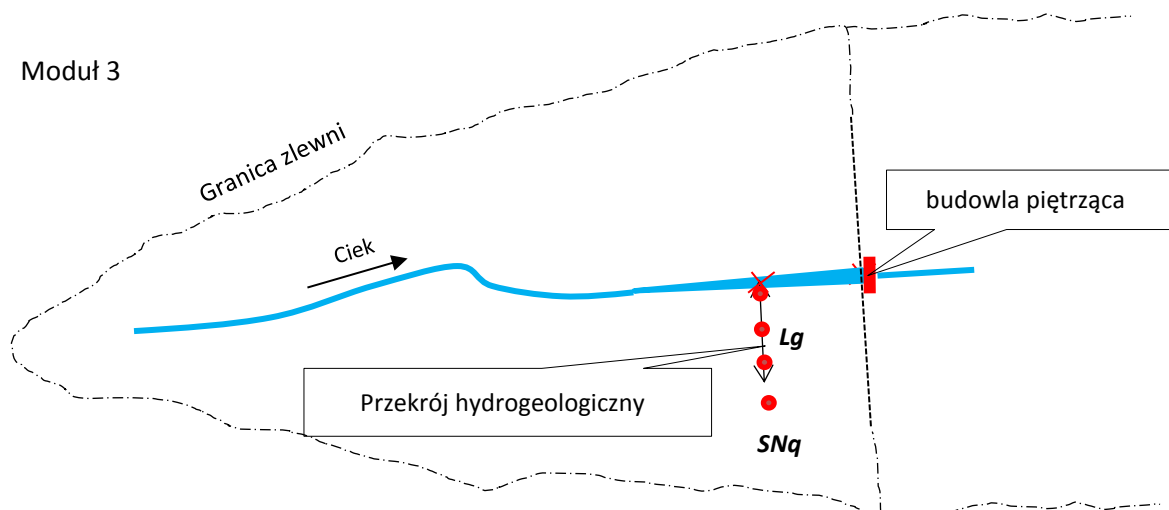
c)
Moduł 4



d)
Moduł 5



Rys. II.4. Schematy oddziaływania piętrzeń wody powierzchniowej na tereny przyległe: a) piętrzenie wody w cieku, b) piętrzenie wody w cieku i zbiorniku, c) piętrzenie wody w zbiorniku przepływowym, d) piętrzenie wody w zbiorniku z upustem („oczko wodne”). Oznaczenia: SNq – średni niski odpływ, Lc – zasięg spiętrzenia wody (cofki) w cieku, Lg – zasięg spiętrzenia wody gruntowej od piętrzenia wody w cieku, Lgz – zasięg spiętrzenia wody gruntowej od piętrzenia wody w zbiorniku



Rys. II.5. Schemat lokalizacji przekroju hydrogeologicznego w dolinie cieku wodnego

Bardziej dokładnie, pole powierzchni A , na którą oddziałuje piętrzenie wody w cieku/zbiorniku można określić na podstawie obliczonych zasięgów spiętrzenia wody w gruncie w kilku przekrojach hydrogeologicznych prostopadłych do cieku/brzegu zbiornika (do doliny cieku). W tym przypadku konieczne są dodatkowe informacje do obliczeń identycznych do tych, które opisano w przypadku jednego przekroju hydrogeologicznego. Obliczenia można wykonywać wg modułu 3 (rys. II.5) albo wg modułu 1 przy różnych wartościach współczynnika α oraz modułów 3 albo 4 (rys. II.4).

METODYKA OBLICZANIA PRZYROSTU RETENCJI GLEBOWO-GRUNTOWEJ (POTENCJAŁU RETENCYJNEGO) POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W CIEKU/ZBIORNIKU

Do obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej ΔR w i -tym profilu hydrogeologicznym (glebowo-gruntowym) stosuje się zależność:

$$\Delta R_i = 1000 \cdot (\delta - \delta_s)$$

gdzie:

ΔR_i - przyrost retencji glebowo-gruntowej w profilu, mm,

δ, δ_s - odciekalność wody glebowo-gruntowej pod wpływem obniżenia się zwierciadła wody gruntowej odpowiednio do poziomu zwierciadła wody gruntowej przed i zwierciadła wody gruntowej po spiętrzeniu, m,

Odciekalności δ i δ_s oblicza się wg wzorów opracowanych przez E. Kacę:

Jeżeli:

$$1) (T_i - Ws'_i) < 0 \text{ to } \delta_s = 0$$

$$2) 0 \leq (T_i - Ws'_i) \leq z_p \text{ to } \delta_s = 0,5 \cdot a \cdot (z_p - T_i + Ws'_i)^2 - a \cdot (z_p - T_i + Ws'_i) + 0,5 \cdot a$$

$$3) (T_i - Ws'_i) > z_p \text{ to } \delta_s = -a \cdot z_p \cdot (z_p - T_i + Ws'_i) + 0,5 \cdot a \cdot z_p^2$$

$$4) (T_i - W'_i) < 0 \text{ to } \delta = 0$$

$$5) 0 \leq (T_i - W'_i) \leq z_p \text{ to } \delta = 0,5 \cdot a \cdot (z_p - T_i + W'_i)^2 - a \cdot (z_p - T_i + W'_i) + 0,5 \cdot a$$

$$6) (T_i - W'_i) > z_p \text{ to } \delta = -a \cdot z_p \cdot (z_p - T_i + W'_i) + 0,5 \cdot a \cdot z_p^2$$

gdzie:

T_i – rzędna terenu i -tego profilu, m n.p.m.,

Ws'_i – rzędna zwierciadła wody gruntowej w i -tym profilu po spiętrzeniu wody w cieku/zbiorniku, m n.p.m.,

W'_i – rzędna zwierciadła wody gruntowej w i -tym profilu przed spiętrzeniem wody w cieku/zbiorniku, m n.p.m.,

z_{min} – minimalna norma odwodnienia w i -tym profilu, m,

z_p – skuteczny zasięg podsiąku kapilarnego w i -tym profilu, m,

n_{max} – współczynnik porowatości efektywnej (drenażowej) warstwy wodonośnej, (-),

$a = n_{max}/z_p$.

Jeżeli $T_i - Ws'_i < z_{min}$ to w obszarze reprezentowanym przez i -ty profil może nastąpić nadmierne, niekorzystne z punktu widzenia rolnictwa uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby (uwilgotnienie **zbyt duże**). Jeżeli $T_i - Ws'_i > z_p$ to w obszarze reprezentowanym przez i -ty profil przyrost retencji glebowo-gruntowej ΔR może być obojętny z punktu widzenia rolnictwa, gdyż może nie powodować wzrostu wilgotności w warstwie korzeniowej roślin (uwilgotnienie **zbyt małe**). Natomiast gdy $z_{min} < T_i - Ws'_i < z_p$ to warunki są korzystne dla roślin uprawnych (uwilgotnienie **odpowiednie**).

Przyrost retencji glebowo-gruntowej na obszarze pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku oblicza się wg wzoru:

$$\Delta R_{obszar} = A \cdot \Delta R_j$$

gdzie:

ΔR_{obszar} – przyrost retencji glebowo-gruntowej (glebowo-gruntowego potencjału retencyjnego) na obszarze oddziaływania A , m³,

A – powierzchnia obszaru pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku, wyżej oznaczana symbolami A_a, A_b, A_c, A_d , ha

ΔR_j – średni jednostkowy przyrost retencji wody glebowo-gruntowej w wyniku piętrzenia wody w cieku/zbiorniku, m³/ha. Zakłada się, że jest on równy przyrostowi retencji w pasie przekroju hydrogeologicznego o wymiarach ($L_g \times 1$) w przypadku piętrzenia wody w cieku i wycinka pierścienia

koła o grubości L_{gz} w przypadku piętrzenia wody w zbiorniku, przeliczonemu na powierzchnię 1 ha. L_g oznacza zasięg spiętrzenia wody w gruncie w przekroju hydrogeologicznym od budowli piętrzącej wodę w cieku, zaś L_{gz} - zasięg spiętrzenia wody w gruncie w przekroju hydrogeologicznym od zbiornika, m.

Wartość ΔR_j oblicza się wg wzoru (średnia ważona):

$$\Delta R_j = 10 \cdot \frac{\sum f_i \cdot \Delta R_i}{\sum f_i} \quad i = 1, 2, \dots, N$$

gdzie:

ΔR_i - przyrost retencji glebowo-gruntowej w i -tym profilu glebowo-gruntowym, mm,

N – liczba profili w przekroju hydrogeologicznym w zasięgu piętrzenia wody w gruncie. Zakłada się, że ostatni (N -ty) profil znajduje się na granicy zasięgu spiętrzenia wody w gruncie.

f_i – powierzchnia reprezentowana przez i -ty profil (w formie prostokąta lub wycinka pierścienia koła), ha.

W przypadku spiętrzenia wody w gruncie od cieku:

$$f_i = 0,0001 \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} - \frac{x_{i-1} + x_i}{2} \right) \quad i = 2, 3, \dots, N - 1$$

$$f_1 = 0,0001 \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$f_N = 0,0001 \left(x_N - \frac{x_{N-1} + x_N}{2} \right)$$

gdzie: x_i oznacza odległość profilu w linii przekroju hydrogeologicznego od linii (punktu) przecięcia zwierciadła wody spiętrzonej ze skarpą cieku/zbiornika, m (teoretycznie $x_1 = 0$)

W przypadku spiętrzenia wody w gruncie od zbiornika każdy profil reprezentuje pole powierzchni o kształcie wycinka pierścienia koła, a więc :

$$f_i = 0,000314 \cdot \left[\left(\frac{d}{2} + \frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} + \frac{x_{i-1} + x_i}{2} \right)^2 \right] \quad i = 2, 3, \dots, N - 1$$

$$f_1 = 0,000314 \left[\left(\frac{d}{2} + \frac{x_1 + x_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right]$$

$$f_N = 0,000314 \cdot \left[\left(\frac{d}{2} + x_N \right)^2 - \left(\frac{d}{2} + \frac{x_{N-1} + x_N}{2} \right)^2 \right]$$

gdzie: d oznacza średnicę zbiornika na poziomie spiętrzonej wody, m, wyznaczaną wg wzoru $d = 112,9 \cdot \sqrt{A}$, A jest polem powierzchni zwierciadła spiętrzonej wody zbiornika w ha.

Bardziej dokładnie przyrost retencji glebowo-gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku można określić podobnie jak w przypadku pola powierzchni A , na którą to

piętrzenie oddziałuje. Przyrost ten będzie sumą iloczynów obliczonych jednostkowych przyrostów retencji glebowo-gruntowej ΔR_j w kilku przekrojach hydrogeologicznych prostopadłych do cieków/brzegu zbiornika pomnożonych przez pola powierzchni jakie te przekroje reprezentują. W tym przypadku również byłyby konieczne dodatkowe informacje do obliczeń identycznych do tych, które opisano w przypadku jednego przekroju hydrogeologicznego. W tym przypadku obliczenia można wykonywać wg modułu 3 (rys. II.5) oraz wg modułu 1 przy różnych wartościach współczynnika α oraz modułów 3 albo 4 (rys. II.4).

Realizacja obliczeń

Obliczenia powinny być prowadzone zgodnie z instrukcją dołączoną do niniejszej metodyki i zawartej w programie.

Wykorzystana literatura w cz. I i II

- FLISOWSKI J., IWANEJKO R., TRZOS O., WIECZYSTY A., BRZOZA-WÓJCIK M., 1986. Prognozowanie wpływu piętrzenia rzek na wody podziemne i obliczanie systemów odwadniających. Poradnik. Wyd. Politechniki Krakowskiej.
- KACA E., 2020. Model IrrDrain i modele towarzyszące. W: Operacyjne sterowanie procesem nawodnień podsiąkowych i odwodnień – komputerowy system wspomagania decyzji wraz z przykładami zastosowania (red. naukowe E. Kaca). Wyd. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań.
- KISIELEV P. G (red.), 1974. Spravocznik po gidrawliczeskim rasczotam. Wyd. Energia.
- KOSTIAKOW A.N. 1960. Osnovy melioracji. Gosudarstwennoje Izdatielstwo Sjelskochozjaistviennoj Literatury. Moskva.
- KUBRAK E., KUBRAK J. 2018. Podstawy obliczeń z mechaniki płynów w inżynierii i ochronie środowiska. Wydawnictwo SGGW
- MIODUSZEWSKI W., 1989. Regulowanie zwierciadła wód gruntowych w dolinach małych rzek nizinnych. Biblioteczka Wiadomości IMUZ Nr 73. Wydawnictwo PWRiL Warszawa
- PAZDRO Z., 1983. Hydrogeologia ogólna. Wyd. geologiczne. Warszawa.
- RITZEMA H. P. (Editor-in-Chief), 2006. Drainage Principles and Applications. Wyd. IILRI. Wageningen, The Netherlands.

Załącznik - użyteczne tabele

Tab. Z1. Orientacyjne wartości współczynnika filtracji warstwy wodonośnej k w m/d, wg Smedemy i Rycroft'a

TEKSTURA	Współczynnik filtracji k	
	min	max
Żwir gruboziarnisty piasek	10	50
Piasek średni	1	5
Ił piaszczysty, drobny piasek	1	3
Ił, Gлина ilasta, glina (o dobrej strukturze)	0,5	2
Bardzo drobny piaszczysty ił	0,2	0,5

Tab. Z2. Minimalna norma odwodnienia $z_{\min}^{1)}$ gruntów ornych, w m

GRUPA GRANULOMETRYCZNA	Miąższość głównej masy korzeniowej roślin, z_a , m						
	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
Piasek luźny	0,21	0,26	0,31	0,36	0,41	0,46	0,51
Piasek gliniasty	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
Gлина piaszczysta/gлина lekka	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,67
Gлина piaszczysto-ilasta	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05
Ił piaszczysty	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,01	1,06
Ił zwykły	1,06	1,11	1,16	1,21	1,26	1,31	1,36
Ił pylasty	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
Gлина pylasto-ilasta	0,96	1,01	1,06	1,11	1,16	1,21	1,26
Gлина ilasta	0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88	0,93
Gлина zwykła	0,58	0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88
Pył ilasty/pył gliniasty	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,37
Pył zwykły	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44	2,49

¹⁾ głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej, warunkująca 6% powietrza przy PPW w warstwie gleby z główną masą korzeniową roślin.

Tab. Z3. Orientacyjne wartości zasięgu podsiąku kapilarnego na glebach torfowo-murszowych, mineralno-murszowych i murszowatych właściwych

PROGNOSTYCZNY KOMPLEKS WILGOTNOŚCIOWO-GLEBOWY	z_p , m
A – mokry, AB – okresowo mokry	1,40
B – wilgotny, BC – okresowo posuszny	1,10
C – posuszny, CD – okresowo suchy	0,80

Tab. Z4. Orientacyjne wartości zasięgu podsiąku kapilarnego na glebach mineralnych¹⁾

PROGNOSTYCZNY KOMPLEKS WILGOTNOŚCIOWO-GLEBOWY	z_p, m
BC – okresowo posuszny	1,20
C – posuszny, CD – okresowo suchy	1,10
D – suchy	0,70

¹⁾ Dla gleb o składzie granulometrycznym piasku gliniastego i gliny piaszczystej/gliny lekkiej orientacyjną wartość z_p można przyjąć równą głębokości drenowania (ok. 1 m).

Tab. Z5. Orientacyjne wartości współczynnika porowatości drenażowej warstwy wodonośnej

GRUPA GRANULOMETRYCZNA	Współczynnik n_{max}, -
Piasek luźny	0,29
Piasek gliniasty	0,19
Gлина piaszczysta/glina lekka	0,12
Glina piaszczysto-ilasta	0,04
Ił piaszczysty	0,03
Ił zwykły	0,02
Ił pylasty	0,05
Glina pylasto-ilasta	0,09
Glina ilasta	0,04
Glina zwykła	0,09
Pył ilasty/pył gliniasty	0,07

Tab. Z6. Orientacyjne zasięgi L_g krzywej spiętrzenia wody w gruncie przy piętrzeniu wody w cieku na wysokość 1 metra^{1), 2)}

TEKSTURA GRUNTU	Zasięg L_g w m
grunty drobnoziarniste	200 - 500
grunty średnioziarniste	500 - 1000
grunty gruboziarniste	1000 - 2000

¹⁾ Zasięg krzywej spiętrzenia nie może wychodzić poza granicę hydrogeologicznej (ew. powierzchniowej) zlewni cieku

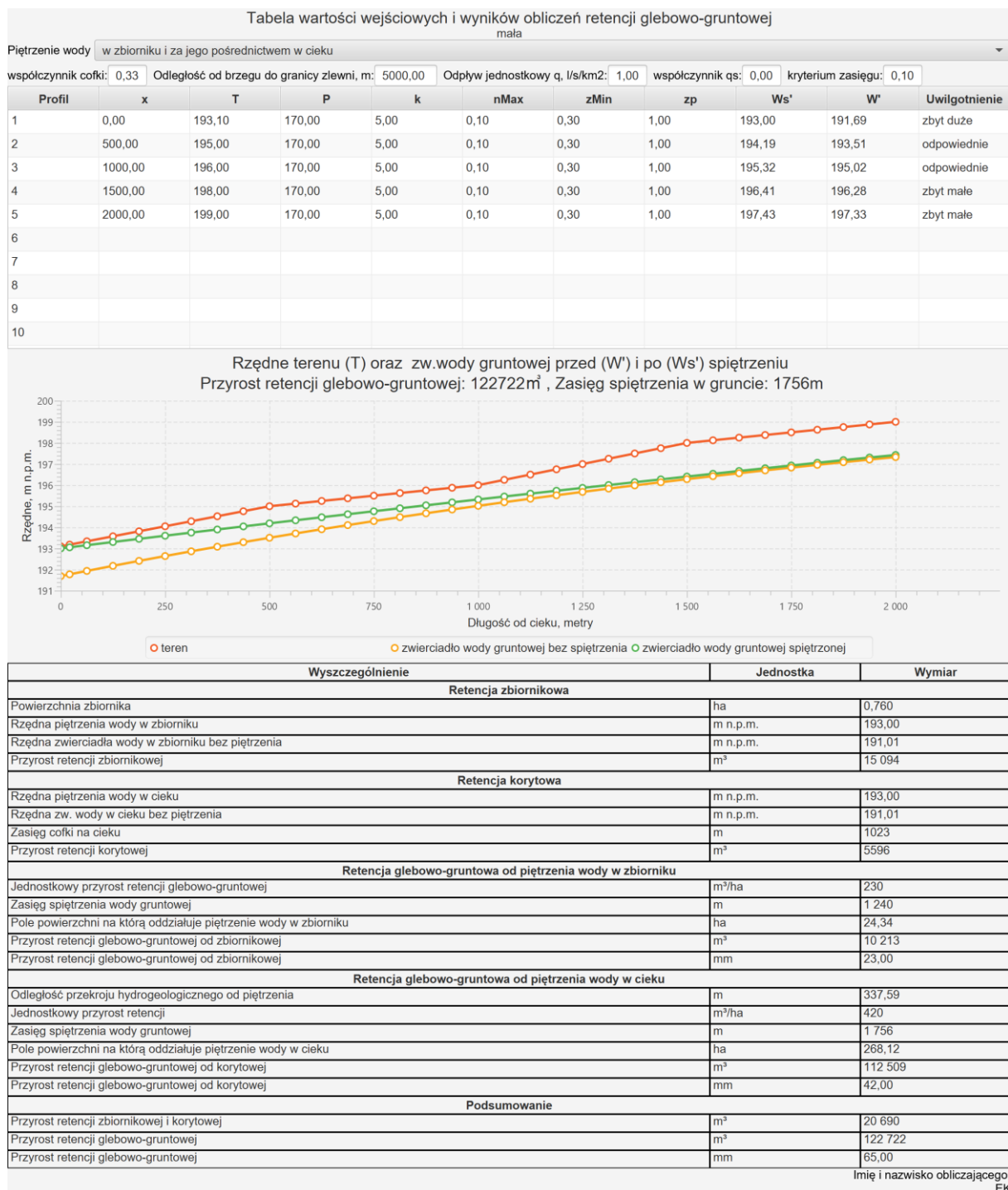
²⁾ Zasięg spiętrzenia L_{gz} wody gruntowej od piętrzenia wody w zbiorniku jest kilka razy mniejszy niż zasięg spiętrzenia L_g wody gruntowej od piętrzenia wody w cieku.

Tab. 27. Współczynniki szorstkości naturalnych małych cieków nizinnych wg Ven Te Chowa

CHARAKTERYSTYKA KORYTA	Współczynnik n, $m^{-1/3}s$
Cieki czyste, proste, bez mielizn i dołów	0,030
Jw., lecz z dużymi kamieniami i roślinnością	0,035
Cieki czyste, kręte z łachami i dołami	0,040
Jw., lecz z kamieniami i roślinnością	0,045
Jw., przy niskich stanach wody, nieznacznych spadkach i małych przekrojach poprzecznych	0,048
Cieki czyste, kręte, z łachami i dołami, z dużą ilością kamieni	0,050
Cieki z odcinkami o małej prędkości przepływu z zaroślami i głębokimi dołami	0,070
Odcinki całkowicie zarośnięte z głębokimi dołami lub z wikliną i pniami zwalonych drzew	0,100

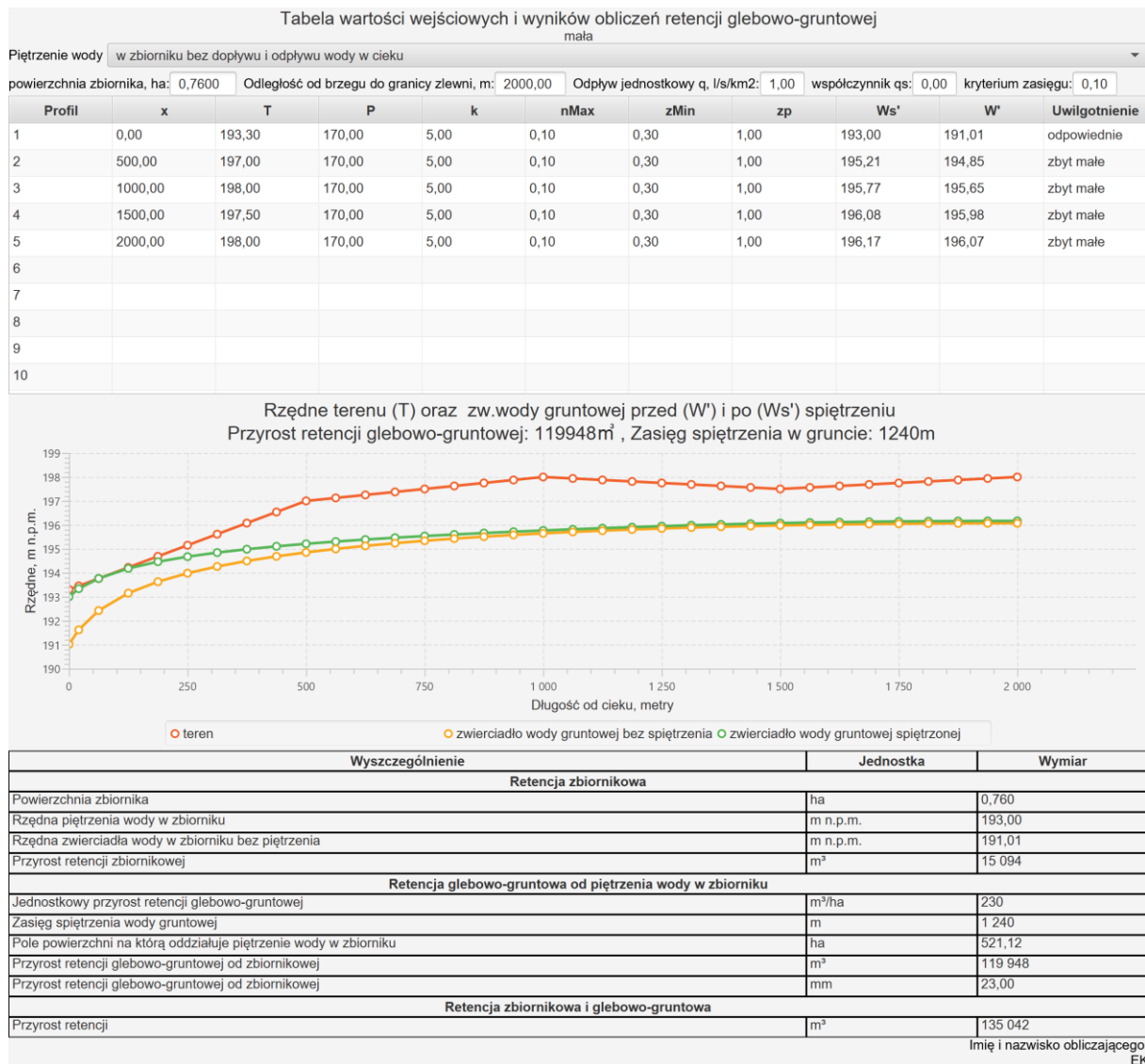
Fragment raportu końcowego (obliczenia wykonane wg modułu 2)

Wpływ piętrzenia wody w cieku/zbiorniku wodnym na przyrost retencji korytowej, zbiornikowej i glebowo-gruntowej terenu przyległego



Fragment raportu końcowego (obliczenia wykonane wg modułu 4)

Wpływ piętrzenia wody w zbiorniku wodnym na przyrost retencji zbiornikowej i glebowo-gruntowej terenu przyległego



INSTRUKCJA KORZYSTANIA Z PROGRAMU KOMPUTEROWEGO OBLICZANIA PRZYROSTU RETENCJI

Struktura programu i podstawowe zasady

Korzystanie z oprogramowania wymaga przejścia do odpowiedniej lokalizacji na komputerze, w której został zainstalowany folder **Main** z plikami programu oraz uruchomienia pliku startowego **retencja.exe**. Z uwagi na zainstalowane oprogramowania antywirusowe, system może początkowo blokować uruchomienie pliku startowego. Należy zaakceptować ryzyko związane z otwarciem pliku startowego, np.: system Windows poinformuje, że ochronił ten komputer, ale filtr Microsoft Defender SmartScreen uniemożliwił uruchomienie aplikacji. System zaoferuje Więcej informacji. Należy kliknąć **Uruchom mimo to**.

Pierwsze okno programu jest oknem wprowadzającym. Należy w nim obowiązkowo wpisać **nazwę przedsięwzięcia** oraz obowiązkowo **imię i nazwisko** obliczającego. Wpisy te będą wykorzystywane w sprawozdaniach z obliczeń.

Program składa się z sześciu modułów obliczeniowych. W każdym z nich jest okno do wprowadzania danych wejściowych i wyprowadzania wyników obliczeń w formie tabeli i wykresu oraz okno z podsumowaniem obliczeń.

Moduły dzielą się na dwie grupy nazywane:

- Retencja korytowa
- Retencja glebowo-gruntowa.

Nazwy tych grup pojawiają się w lewym górnym rogu każdego okna. Do pierwszej grupy zalicza się tylko jeden moduł o nazwie Retencja korytowa, do drugiej zaś pięć modułów o nazwach:

- Moduł 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **na budowli piętrzącej w cieku**,
- Moduł 2 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **w zbiorniku i za jego pośrednictwem w cieku**,
- Moduł 3 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **bazowe**,
- Moduł 4 - Retencja glebowo-gruntowa tylko ze zbiornikiem: Piętrzenie wody **w zbiorniku, bez wpływu na stan wody w cieku**,
- Moduł 5 - Retencja glebowo-gruntowa tylko ze zbiornikiem: Piętrzenie wody **w zbiorniku bez dopływu i odpływu wody w cieku**.

Przejdzie do dowolnego modułu (okna) jest możliwe z każdego innego modułu. W tym przypadku w oknie klikamy przycisk **Moduł**, następnie **Przełącz na glebowo-gruntową** albo **Przełącz na glebowo-gruntową zbiornikową** i na koniec z paska o nazwie „Piętrzenie wody” wybieramy moduł

z rysunkiem o nazwie zawierającej końcową część nazwy wybranego modułu, np. „na budowli piętrzącej w cieku”.

W każdym module istnieje możliwość wprowadzania danych wejściowych poprzez tabelę wartości wejściowych i wyników obliczeń lub też poprzez interfejs graficzny. W tym ostatnim przypadku schemat pojawi się po postawieniu kursora w tabeli na dowolne pole wpisowe danego przekroju/profilu, kliknięcie **prawym** przyciskiem myszy i naciśnięcie **Edytuj graficznie**. Na schemacie, w odpowiednich jego miejscach wprowadza się wartości wielkości wejściowych. Wartości te automatycznie wyświetlane są w tabeli wartości wejściowych i wyników obliczeń. Po najechaniu kursorem na symbole wprowadzanych danych i wyników obliczeń, pojawiają się krótkie definicje zmiennych oraz ich jednostki miary.

Wielkości wejściowe w modułach 1, 2 i 3 są identyczne. Są przenoszone z modułu do pozostałych modułów. Wystarczy je wprowadzić do któregoś z tych modułów, a zostaną przeniesione do tabel w modułach pozostałych. Podobna zasada obowiązuje w modułach 4 i 5. Oznacza to, że gdy oblicza się retencję korytową i glebowo-gruntową od cieku (koryta) wystarczy wprowadzić dane wejściowe tylko do dwóch tabel (w module - **Retencja korytowa** i w jednym z modułów 1, 2 albo 3). Gdy oblicza się również retencję glebowo-gruntową od zbiornika, należy jeszcze dodatkowo wypełnić jedną tabelę (w module 4 albo 5). Oczywiście, po jednej tabeli wypełnia się, gdy obliczana jest tylko retencja korytowa albo tylko retencja glebowo-gruntowa od zbiornika.

Wypełnione tabele umożliwiają realizację obliczeń. Prowadzi się je w odpowiedniej kolejności. Gdy oblicza się:

- retencję korytową: wylicza się (aktywuje) moduł - **Retencja korytowa**
- retencję korytową i glebowo-gruntową od cieku (koryta): najpierw wylicza się (aktywuje) moduł - **Retencja korytowa**, a następnie moduł 1
- retencję glebowo-gruntową od zbiornika wylicza się modułem 4 (gdy spust wody ze zbiornika odbywa się poprzez wciętą w dolinę rzekę) albo modułem 5 (gdy zbiornik zasilany jest tylko wodami opadowymi, roztopowymi i gruntowymi i posiada płytki cieki do upuszczania wody)
- retencję korytową i glebowo-gruntową od cieku i od zbiornika wylicza się w kolejności: moduł - **Retencja korytowa**, moduł 4 albo 5 a na koniec moduł 2

Każdy moduł zawiera przyciski sterujące wprowadzaniem danych i obliczeniami danego rodzaju retencji. Znajdują się one w górnym lewym rogu okna pod ogólną nazwą **Narzędzia główne**. Są to:

- **Wylicz**
- **Podsumowanie**
- **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**

- **Usuń automatycznie wyliczone przekroje**
- **Instrukcja.**

Po wprowadzeniu do tabeli niezbędnych danych, należy kliknąć na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**, w wyniku czego następuje automatyczne zagęszczenie przekroi/profilu pomiarowych przekrojami/profilami obliczeniowymi. Gdy chcemy powrócić do uprzednio wprowadzonych danych klikamy na przycisk **Usuń automatycznie wyliczone przekroje**. Następnie klika się przycisk **Wylicz**, co powoduje wykonanie obliczeń. W tabeli danych wejściowych pojawiają się wyniki obliczeń oraz stosowny rysunek stanowiący m. in. wykresy przebiegu na długości zwierciadła wody niespiętrzonej i spiętrzonej w cieku/w gruncie. Po obliczeniach klika się na przycisk **Podsumowanie**, w wyniku czego następuje wyświetlenie podsumowania obliczeń na ekranie komputera w pliku graficznym (.png). Można je zapisać na dysku, jak również drukować na drukarce, skopiować i wkleić do sprawozdania.

W trakcie sesji obliczeniowej wpisane dane wejściowe są automatycznie i z dużą częstotliwością zapisywane na dysku. Przy kolejnym włączeniu komputera, wpisane wartości pojawiają się na ekranie w tabeli i na schematach graficznych. Wpisywanie danych można kontynuować. Na dysku mogą nie pojawić się natomiast wyniki obliczeń. Obliczenia należy powtórzyć.

Moduł - Retencja korytowa

Moduł - **Retencja korytowa** jest modułem autonomicznym i używa się go do obliczeń przyrostu retencji korytowej i zasięgu spiętrzenia wody w cieku od piętrzenia wody w cieku albo od piętrzenia wody na zbiorniku (jeziorze, stawie). Moduł jest automatycznie otwierany po oknie wprowadzającym, albo może być otwierany z okien należących do drugiej grupy modułów. Zawiera tabelę do wprowadzania danych niezbędnych do obliczeń zasięgu cofki oraz przyrostu retencji korytowej od piętrzenia wody w cieku albo zbiorniku.

Obliczenia przyrostu retencji korytowej i zasięgu cofki są wykonywane przy domyślnym założeniu, że zasięg cofki kończy się w miejscu na cieku, w którym różnica zwierciadła wody spiętrzonej i niespiętrzonej wynosi 0,05 m ($W_s - W = 0,05$ m). Wielkość ta nazywana jest kryterium zasięgu cofki i jego wartość można, w wyjątkowych przypadkach, zmieniać w okienku nazwanym **Kryterium zasięgu cofki**, po lewo poniżej tytułu tabeli.

Po lewej stronie na Pasku Zadań znajduje się przycisk **Moduł**. Służy on do aktywacji pozostałych modułów należących do drugiej grupy, czyli do przełączania obliczeń z przyrostu retencji korytowej na przyrosty retencji glebowo-gruntowej wywołanej piętrzeniem wody w cieku/zbiorniku.

W przycisku Moduł są przełączniki:

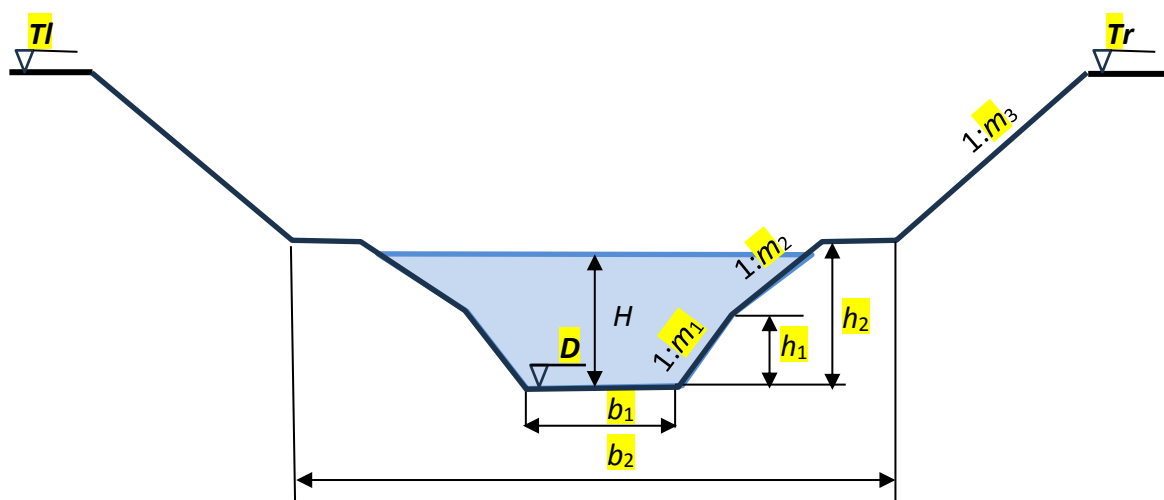
- **Przełącz na glebowo-gruntową**
- **Przełącz na glebowo-gruntową zbiornikową**

W dalszych modułach (oknach) drugiej grupy, służących do wprowadzania danych wejściowych pod przyciskiem **Moduł** znajduje się również przycisk **Przełącz na korytową**, umożliwiający przejście do modułu - **Retencja korytowa** i ponowne obliczanie retencji korytowej.

Aby wykonać obliczenia wg modułu - **Retencja korytowa** niezbędne jest wpisanie do programu charakterystyk kolejnych poprzecznych przekrojów pomiarowych cieku (w celu dokładniejszych obliczeń przekroje te są automatycznie zagęszczane przekrojami obliczeniowymi po kliknięciu na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**). Wpisy można dokonywać w trybie tabelarycznym lub w trybie graficznym. W pierwszym przypadku wpisy dokonuje się w odpowiednie miejsca (komórki) tabeli, w drugim zaś w odpowiednie miejsca schematu przekroju poprzecznego cieku, w trybie **Edytuj graficznie**.

Do charakterystyk poprzecznych przekrojów pomiarowych cieku zalicza się wielkości oznaczone w główce tabeli ekranu symbolami: L, D, Q, b1, b2, m1, m2, m3, h1, h2, n, Ws. Krótka definicja każdej wielkości pojawia się na ekranie po zatrzymaniu na symbolu wielkości kursora myszy. Bardziej szczegółowe określenie tych wielkości to:

- L – odległość przekroju poprzecznego cieku od budowli piętrzącej wodę w cieku lub od ujścia cieku do zbiornika z budowlą piętrzącą, m
- D – rzędna dna cieku (rys. 1), m n.p.m.
- Q – natężenie charakterystycznego przepływu wody w cieku, domyślnie przepływu średniego niskiego SNQ , m^3/s ,
- b1, b2 – szerokość cieku odpowiednio w dnie i górą (rys. 1), m,
(szerokość cieku górą nie powinna być mniejsza od szerokości wynikających z pozostałych wymiarów koryta, jeżeli tak nie jest, oprogramowanie wyrzuci błąd)
- m1, m2, m3, - współczynniki nachylenia skarpy odpowiednio dolnej, środkowej i górnej (współczynnik m oznacza stosunek wysokości skarpy (w pionie) do jej szerokości (w poziomie) (rys. 1)
- h1, h2 – odpowiednio pierwsza głębokość cieku (wysokość skarpy dolnej) i druga głębokość cieku (wysokość skarpy górnej) (rys. 1), m
- n – współczynnik szorstkości do wzoru Manninga, $m^{-1/3}s$, wg tabeli wyświetlanej na ekranie komputera po postawieniu kursora na pole do wpisania wartości i podwójne (czasami pojedyncze) kliknięcie **lewym** przyciskiem myszy
- Tl, Tr – odpowiednio rzędna brzegu lewego i brzegu prawego cieku (rys. 1), m n.p.m.
- Ws – rzędna zwierciadła wody spiętrzonej w pierwszym przekroju, m n.p.m.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny ciek. Tl , Tr , D – rzędne brzegu lewego, prawego i dna, m_1 , m_2 , m_3 – współczynniki nachylenia skarp, b_1 , b_2 szerokości ciek: $b_2 \geq b_1 + 2m_1h_1 + 2m_2(h_2 - h_1)$

Zaleca się następującą kolejność wprowadzania do komputera wartości tych wielkości:

- 1) Wpisujemy z klawiatury do tabeli odległość L i rzędną D dna oraz rzędną Tl brzegu lewego i rzędną Tr brzegu prawego każdegobranego pod uwagę przekroju. W przypadku braku wartości Tl lub Tr w odpowiedniej komórce pozostawiamy puste miejsce. Każdy wpis i pozostawione puste miejsce zatwierdzamy klawiszem Enter.
- 2) Wartości pozostałych wielkości (Q , b_1 , b_2 , m_1 , m_2 , m_3 , h_1 , h_2 , n , Ws) wprowadzamy tylko w pierwszym przekroju (w odległości $L = 0,00$ m), tj. w pierwszym wierszu tabeli lub na schemacie pierwszego przekroju (w odległości $L = 0$). Wielkości te przepisywane są automatycznie na pozostałe przekroje (w tabeli i na schematach). Automatyczne przepisanie wartości nastąpi w przypadku, gdy komórka przeznaczona do wpisania wartości jest pusta (nie ma wpisanej żadnej wartości, nawet wartości 0).
- 3) Przeglądamy i korygujemy przepisane wartości posługując się tabelą lub schematami.

Po wprowadzeniu wszystkich w/w danych należy przystąpić do uzupełnienia danych tabeli o wartości charakteryzujące przekroje obliczeniowe (kliknąć na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**).

Rzędna Ws zwierciadła wody w pozostałych przekrojach (o numerach 2, 3, ...), jest obliczana automatycznie. Rzędna W zwierciadła wody w cieku bez piętrzenia w pierwszym i pozostałych przekrojach jest obliczana automatycznie, gdy spadek dna ciek między pierwszym i drugim przekrojem pomiarowym jest zgodny z kierunkiem przepływu wody (jest dodatni). Gdy tak nie jest, komputer poprosi o wpisanie pomierzonego spadku J zwierciadła wody w pierwszym przekroju. Gdy ta wartość nie jest znana (w komórce pozostawiamy puste miejsce) można wpisać rzędną

W zwierciadła wody w pierwszym przekroju. Oprócz W_s i W jest obliczana prędkość V przepływu wody spiętrzonej w m/s.

Moduł 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody na budowli piętrzącej w cieku

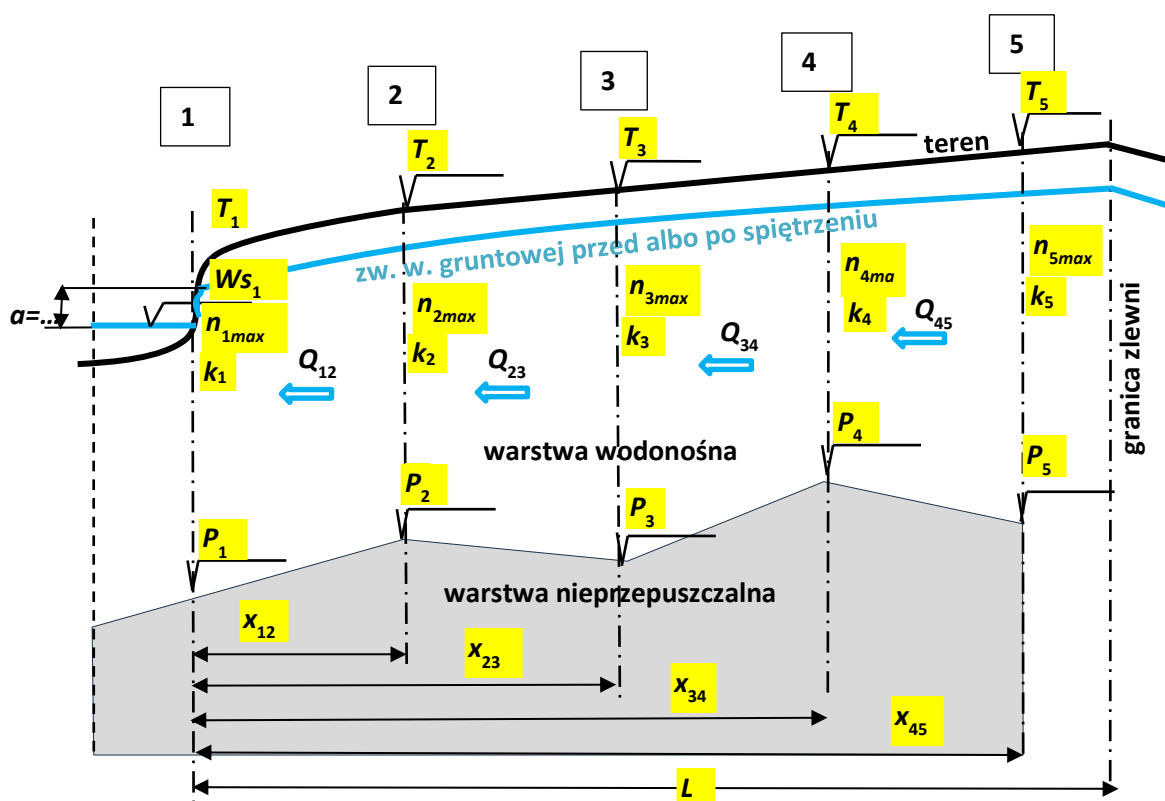
Moduł ten nie jest modułem autonomicznym. Obliczenia wg tego modułu powinny być poprzedzone obliczeniami wg modułu - **Retencja korytowa**. Moduł służy do obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej spowodowanego przyrostem piętrzenia wody w cieku pod wpływem budowli piętrzącej na cieku albo w zbiorniku. Aby wykonać obliczenia, w oknie modułu należy wpisać charakterystyki glebowo-gruntowe i właściwości filtracyjne pierwszej warstwy wodonośnej w kolejnych profilach pomiarowych płytkiego przekroju hydrogeologicznego (w celu dokładniejszych obliczeń profile te są automatycznie zagęszczane profilami obliczeniowymi po kliknięciu na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**). Do charakterystyk tych zalicza się wielkości oznaczone w główce tabeli ekranu symbolami: x , T , P , k , n_{Max} , z_{Min} , z_p . Krótka definicja każdej wielkości pojawia się na ekranie po zatrzymaniu na niej kursora myszy. Bardziej szczegółowe określenie tych wielkości to:

- x – odległość profilu w przekroju hydrogeologicznym od linii zwierciadła wody na brzegu cieku albo zbiornika (rys. 2), m,
- T – rzędna terenu przy profilu pomiarowym (rys. 2), m n.p.m.,
- P – rzędna podstawy (spągu) warstwy wodonośnej (rys. 2), m n.p.m.,
- k – średni współczynnik filtracji warstwy wodonośnej w profilu pomiarowym (rys. 2), m/d,
- n_{Max} – współczynnik porowatości warstwy wodonośnej nad zwierciadłem wody gruntowej (rys. 2), -,
- z_{Min} – minimalna norma odwodnienia, czyli taka głębokość do wody gruntowej, przy której w glebie jest minimalna, dla rozwoju roślin, zawartość powietrza (dla traw 6%), m,
- z_p – zasięg skutecznego podsiąku kapilarnego, m,

W główce tabeli znajdują się również takie zmienne jak:

- Współczynnik cofki – współczynnik ten posiada symbol α i służy do lokalizacji przekroju hydrogeologicznego w przekroju poprzecznym cieku. Przekrój ten będzie lokalizowany w odległości $\alpha \cdot L_c$ od budowli piętrzącej na cieku albo od ujścia cieku do zbiornika ze spiętrzoną wodą. Domyślnie przyjmuje się, że $\alpha = 0,33$. Wartość ta może być zmieniana tylko w uzasadnionych przypadkach.
- Odległość od brzegu do granicy zlewni L , m, - odległość liczona od brzegu cieku/zbiornika wzdłuż linii wyznaczonej przez przekrój hydrogeologiczny, m. Jest to wielkość, którą należy określić przez pomiar na mapie z zaznaczoną granicą zlewni.

- Odptyw jednostkowy q , l/s/km² – w obliczeniach domyślnie przyjmuje się, że odptyw ten jest równy odpływowi jednostkowemu średniemu niskiemu SN_q. Wartość ta może być zmieniana tylko w uzasadnionych przypadkach.
- Współczynnik q_s – używa się do przeliczenia odpływu jednostkowego q z obszaru zlewni na odpływ jednostkowy q_s z obszaru ze spiętrzoną wodą gruntową. Domyślnie $q_s = 0$, co oznacza, że odpływ jednostkowy z obszaru ze spiętrzoną wodą gruntową jest zerowy. Wartość ta może być zmieniana tylko w uzasadnionych przypadkach.
- Kryterium zasięgu spiętrzenia - jest to różnica między rzędną zwierciadła wody spiętrzonej Ws' a rzędną W' zwierciadła wody niespiętrzonej w miejscu profilu hydrogeologicznego, gdzie spiętrzenie wody jest już nieistotne. Domyślnie przyjmuje się, że wartość tego kryterium jest równa 0,10 m. Wartość ta może być zmieniana tylko w uzasadnionych przypadkach.



Rys. 2. Płytki przekrój hydrogeologiczny z pełnym zestawem danych niezbędnych do obliczania poziomu zwierciadła wód gruntowych w jednorodnej warstwie wodonośnej przy znanym natężeniu przepływu wody Q na poszczególnych odcinkach warstwy wodonośnej. Wielkości na żółtym tle są wymagane i pochodzą z bezpośrednich pomiarów, założeń, obliczeń lub szacunków. Niektóre oznaczenia: Ws_1' – rzędna zw. wody (spiętrzonej) w ciek/zbiorniku (w zbiorniku jest oznaczana symbolem Ws_1), a – wysokość warstwy ociekania wody po skarpie ciek/zbiornika, k_1, k_2, \dots współczynniki filtracji całej warstwy wodonośnej, $n_{1max}, n_{2max}, \dots$ – współczynnik porowatości efektywnej, T, P – rzędne odpowiednio terenu i spągu warstwy wodonośnej, x – odległości profili pomiarowych od brzegu ciek/zbiornika, L – odległość granicy zlewni od brzegu ciek/zbiornika.

W przypadku, gdy zasięg spiętrzenia jest większy niż odległość ostatniego profilu pomiarowego od cieku w przekroju hydrogeologicznym, oprogramowanie wyświetli informację: zasięg spiętrzenia poza ostatnim profilem pomiarowym. Należy wprowadzić dalsze profile pomiarowe i kontynuować obliczenia.

W główce tabeli znajdują się również zmienne oznaczone symbolami Ws' , W' , w m n.p.m., oznaczające rzędne zwierciadła wody w cieku odpowiednio spiętrzonej i niespiętrzonej w miejscu lokalizacji przekroju hydrogeologicznego. Zmienne te są obliczane na podstawie wyników uzyskanych w module - **Retencja korytowa**. Oznacza to, że realizacja obliczeń przyrostu retencji glebowo-gruntowej od piętrzenia wody w cieku/zbiorniku musi być poprzedzona obliczeniami retencji korytowej. Wartości zmiennych Ws' i W' zostaną wpisane automatycznie do tabeli, po uruchomieniu obliczeń w module 1.

Wpisy danych można dokonywać w trybie tabelarycznym lub w trybie graficznym. W pierwszym przypadku wpisów dokonuje się w odpowiednich miejscach (komórki) tabeli, w drugim zaś w odpowiednich miejscach schematu przekroju hydrogeologicznego. Schemat pojawi się po postawieniu kursora na dowolne pole wpisowe danego profilu, kliknięcie **prawym** klawiszem myszy i naciśnięcie **Edytuj graficznie**.

Zaleca się następującą kolejność wprowadzania do komputera wartości tych wielkości:

- 1) Wpisujemy do tabeli z klawiatury odległość L granicy zlewni od brzegu cieku/zbiornika, odległość x od cieku/zbiornika każdego profilu pomiarowego na przekroju hydrogeologicznym oraz rzędną terenu T . Każdy wpis i pozostawione puste miejsce zatwierdzamy klawiszem Enter.
- 2) Wartości pozostałych wielkości (P , k , n_{Max} , z_{Min} , z_p) wprowadzamy tylko w pierwszym profilu (w odległości $x = 0,00$ m), tj. w pierwszym wierszu tabeli lub na schemacie w pierwszym profilu (w odległości $L = 0$). Wielkości te są przepisywane automatycznie na pozostałe profile (w tabeli i na schemacie). Automatyczne przepisanie wartości nastąpi w przypadku, gdy komórka przeznaczona do wpisania wartości jest pusta (nie ma wpisanej żadnej wartości, nawet wartości 0). Po wypełnieniu pierwszego profilu danymi na schemacie należy kliknąć Zatwierdź. Po wpisaniu poszczególnej danej nie klikamy na Enter.
- 3) Przeglądamy i korygujemy przepisane wartości posługując się tabelą lub schematem.

Po wprowadzeniu wszystkich w/w danych należy przystąpić do uzupełnienia danych tabeli o dane charakteryzujące profile obliczeniowe (kliknąć na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**).

Rzędne Ws' i W' zwierciadła wody w pozostałych profilach (2, 3, ...), są obliczane automatycznie i wyświetlane w tabeli. Oprócz Ws' i W' są wskazywane charakterystyczne stany uwilgotnienia gleby po spiętrzeniu wody gruntowej.

Moduł 2 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody w zbiorniku i za jego pośrednictwem w cieku

Moduł służy do obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej spowodowanego przyrostem piętrzenia wody w cieku i zbiorniku pod wpływem budowli piętrzącej na zbiorniku. Moduł ten nie jest modułem autonomicznym, gdyż korzysta z wyników obliczeń wg modułu - **Retencja korytowa**, modułu 4 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **w zbiorniku, bez wpływu na stan wody w cieku** lub z modułu 5 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **w zbiorniku bez dopływu i odpływu wody w cieku**, a także w sposób ukryty z modułu 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **na budowli piętrzącej w cieku**. Wielkości wejściowe i wyniki obliczeń z modułu 1 są widoczne w tabeli w module 2. Oznacza to, że w module 2 nie wprowadza się danych wejściowych, jeżeli są wprowadzone w module 1.

Obliczenia wg modułów 4 i 5 są wykonywane na podstawie rzędnych Ws i W stosowanych do obliczeń retencji korytowej. Rzędne te do obliczeń są automatycznie przenoszone przez komputer (nie wpisuje się ich do tabeli wartości wejściowych i wyników obliczeń w module 2). Oznacza to, że najpierw należy wykonać obliczenia retencji korytowej, następnie retencji glebowo-gruntowej od cieku (moduł 1), od zbiornika (moduł 4 albo 5) i dopiero na koniec obliczenia wg Modułu 2. W każdym z tych modułów wspólne są: rzędna Ws piętrzenia wody w zbiorniku i rzędna W zwierciadła wody przed piętrzeniem wody w zbiorniku.

Moduł 3 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody bazowe

Moduł ten jest modułem autonomicznym, tzn. nie korzysta z danych obliczanych w pozostałych modułach. Moduł oblicza zasięg spiętrzenia wody gruntowej oraz przyrost jednostkowej (w m^3/ha) retencji glebowo-gruntowej na podstawie danych wejściowych z modułu 1 oraz na podstawie zadanych przez operatora dwóch rzędnych zwierciadła wody w cieku. Np. rzędnej Ws zwierciadła wody piętrzonej w cieku i rzędnej W zwierciadła wody niespiętrzonej w cieku. Przepisane z modułu 1 dane wejściowe mogą być zmieniane przez operatora. Służy do tego tabela lub schemat, identycznie jak omówiono to w przypadku Modułu 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody na budowli piętrzącej w cieku.

Moduł 4 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody w zbiorniku, bez wpływu na stan wody w cieku

W wersji domyślnej, moduł ten nie jest modułem autonomicznym, gdyż korzysta z rzędnej W_s piętrzenia wody w cieku/zbiorniku i rzędnej W zwierciadła wody przed piętrzeniem wody w cieku/zbiorniku, wykorzystywanych w obliczeniach wg modułu - **Retencja korytowa**. W tym przypadku wyniki obliczeń jednostkowej retencji glebowo-gruntowej (w m^3/ha) są wykorzystywane w obliczeniach wg modułu 2 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **w zbiorniku i za jego pośrednictwem w cieku**. Moduł może być również wykorzystywany w wersji autonomicznej, gdy oblicza zasięg spiętrzenia wody gruntowej oraz przyrost retencji glebowo-gruntowej na podstawie danych wejściowych jak w module 1 oraz na podstawie zadanych przez operatora dwóch rzędnych zwierciadła wody w zbiorniku. Np. rzędnej W_s zwierciadła wody piętrzonej w zbiorniku i rzędnej W zwierciadła wody niespiętrzonej w zbiorniku.

W module tym dane wejściowe przygotowuje się za pośrednictwem tabeli lub graficznie, identycznie jak omówiono to w przypadku Modułu 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody na budowli piętrzącej w cieku.

Moduł 5 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody w zbiorniku bez dopływu i odpływu wody

Przeznaczenie modułu oraz sposób obliczeń jest identyczny jak w przypadku modułu 4. W wersji domyślnej korzysta z rzędnej W_s piętrzenia wody w cieku/zbiorniku i rzędnej W zwierciadła wody przed piętrzeniem wody w cieku/zbiorniku, wykorzystywanych w obliczeniach wg modułu - **Retencja korytowa**. W wersji autonomicznej rzędne te zadaje operator obliczeń.