



Powodzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

dr hab. inż. Czesław Szczegielniak

Wiedeń, 2012 r.

Wprowadzenie

Katastrofalna powódź, która miała miejsce w lipcu 1997 spowodowała największe zniszczenia w dolinie Odry i w Kotlinie Kłodzkiej. Wyjątkowo dotkliwe były zniszczenia na terenach zurbanizowanych a zwłaszcza w miastach: Racibórz, Kędzierzyn-Koźle, Opole, Wrocław, Kłodzko i Nysa. Po tej powodzi okazało się, że systemy hydrauliczne koryt i kanałów zbudowane w XIX i XX wieku nie posiadały wystarczającej przepustowości, aby przeprowadzić fale o kulminacji rzędu 3000–3500 m³/s w dolinie Odry oraz 1500-2000 m³/s w dolinie Nysy Kłodzkiej. W celu rozwiązania problemu przeprowadzono badania hydrologiczne, których efektem były rozkłady prawdopodobieństwa przepływów maksymalnych (IMGW O/Wrocław), rozkłady prawdopodobieństwa objętości fal ponad zmiennym przepływem w podstawie fali, kompletne pomiary geodezyjne koryt i doliny Odry oraz modelowanie hydrauliczne przy zastosowaniu modelu opartego o równania St. Venanta.

Powódzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

Czesław Szczegielniak

Wiedeń, 2012 r.

Dorzecze Odry





Dorzecze Odry
MAPA FIZYCZNA

Wisła górna



ZAL. 1 Obszar realizacji Programu ochrony przed powodzią dorzecza górnej Wisły

[13] Zaleski J., Bojarski A., Grela J., Gręplowska Z., Kondel B., Nachlik E. (2011): Program ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły. Uchwała Nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011 r. w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”

Wisła górna



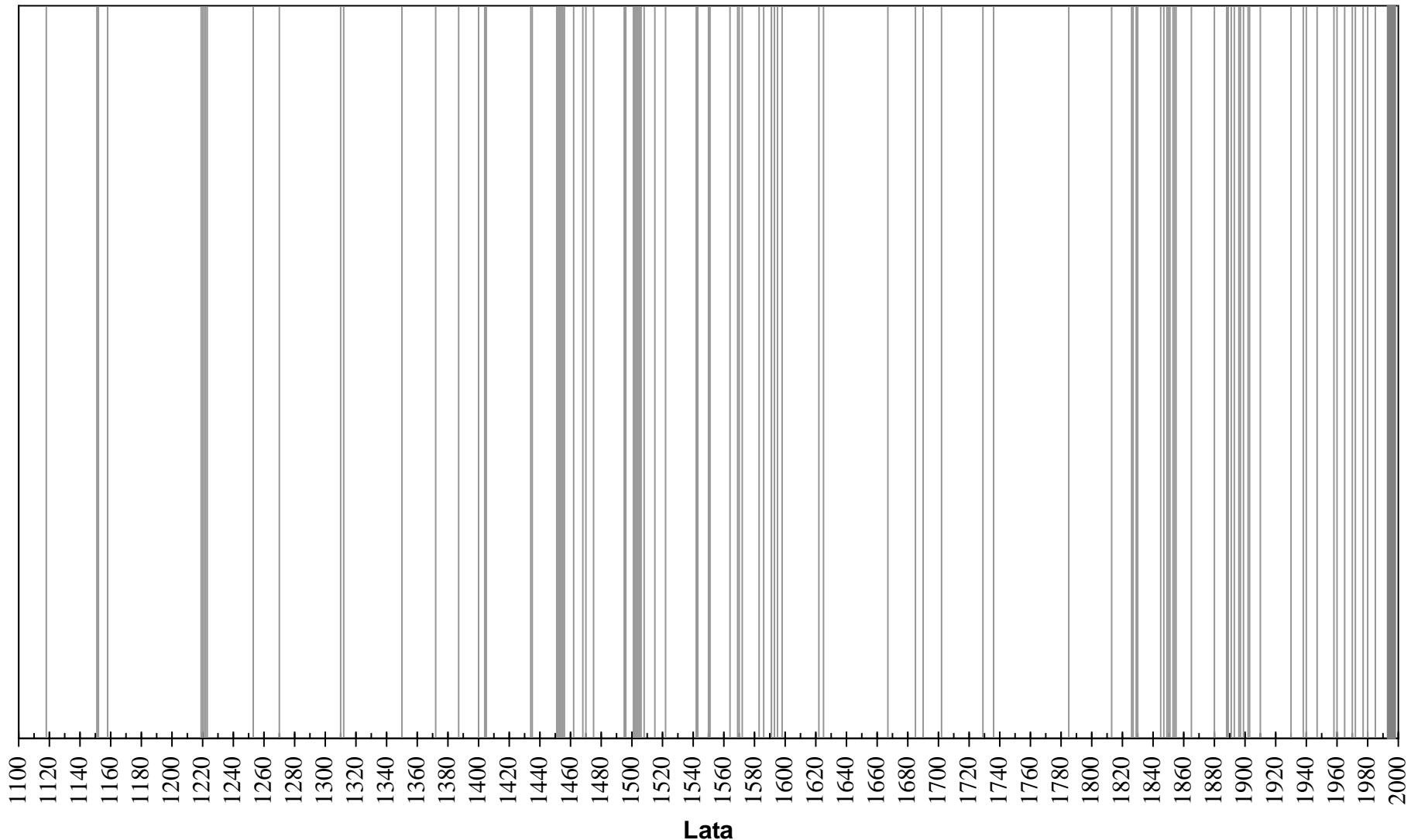
Istniejąca infrastruktura p.pow. w dorzeczu górnej Wisły – zbiorniki retencyjne i wały przeciwpowodziowe

[13] Bojarski A., Grela J., Gręplowska Z., Kondel B., Nachlik E. (2011): Program ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły. Uchwała Nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011 r. w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”

Wisła środkowa

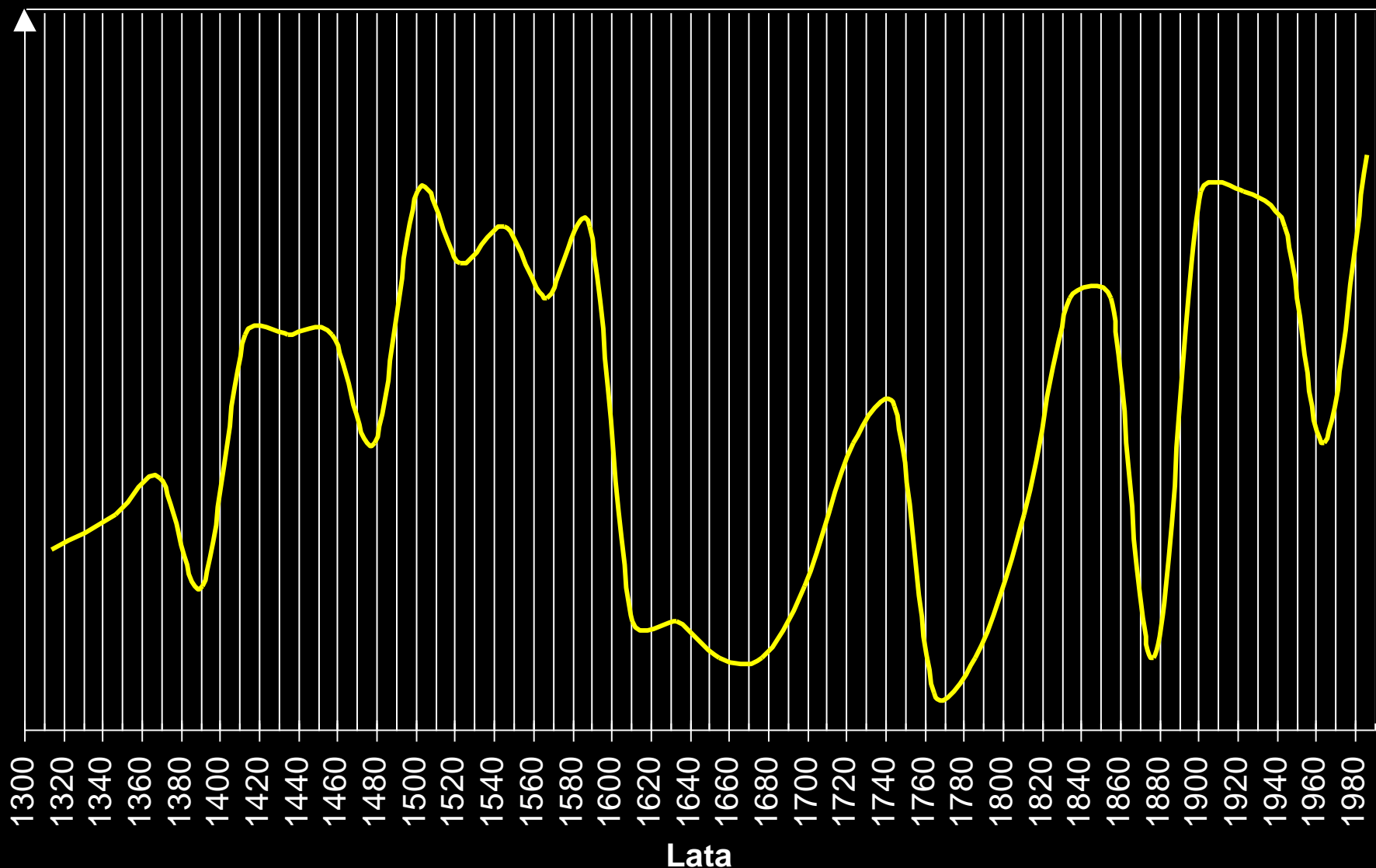


[14] Kozłowski J., Żelazo J., Balcerowicz M. i zespół autorów (2012): Program bezpieczeństwa powodziowego w regionie wodnym w dorzeczu Środkowej Wisły – projekt . www.mazowieckie.pl



Powodzie w południowo - zachodniej Polsce w latach 1100 - 1997

Częstość powodzi



Częstość występowania powodzi w dorzeczu Odry w okresie historycznym

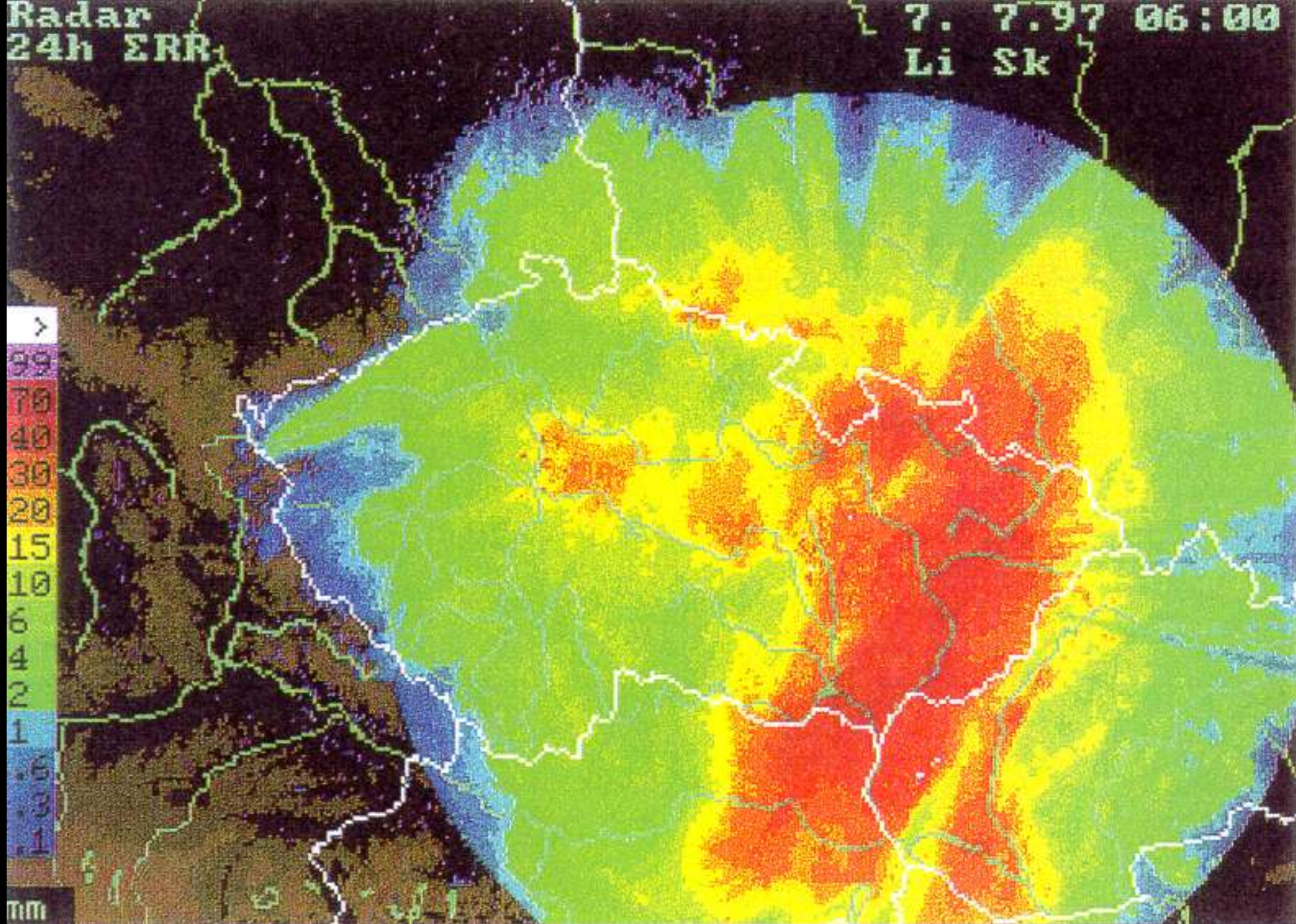
Powodzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

Czesław Szczepielniak

Wiedeń, 2012 r.

Radar
24h ΣRR

7. 7.97 06:00
Li Sk



**Opad w dniu 7.07.97r. wg radaru
w Pradze i Skalce**

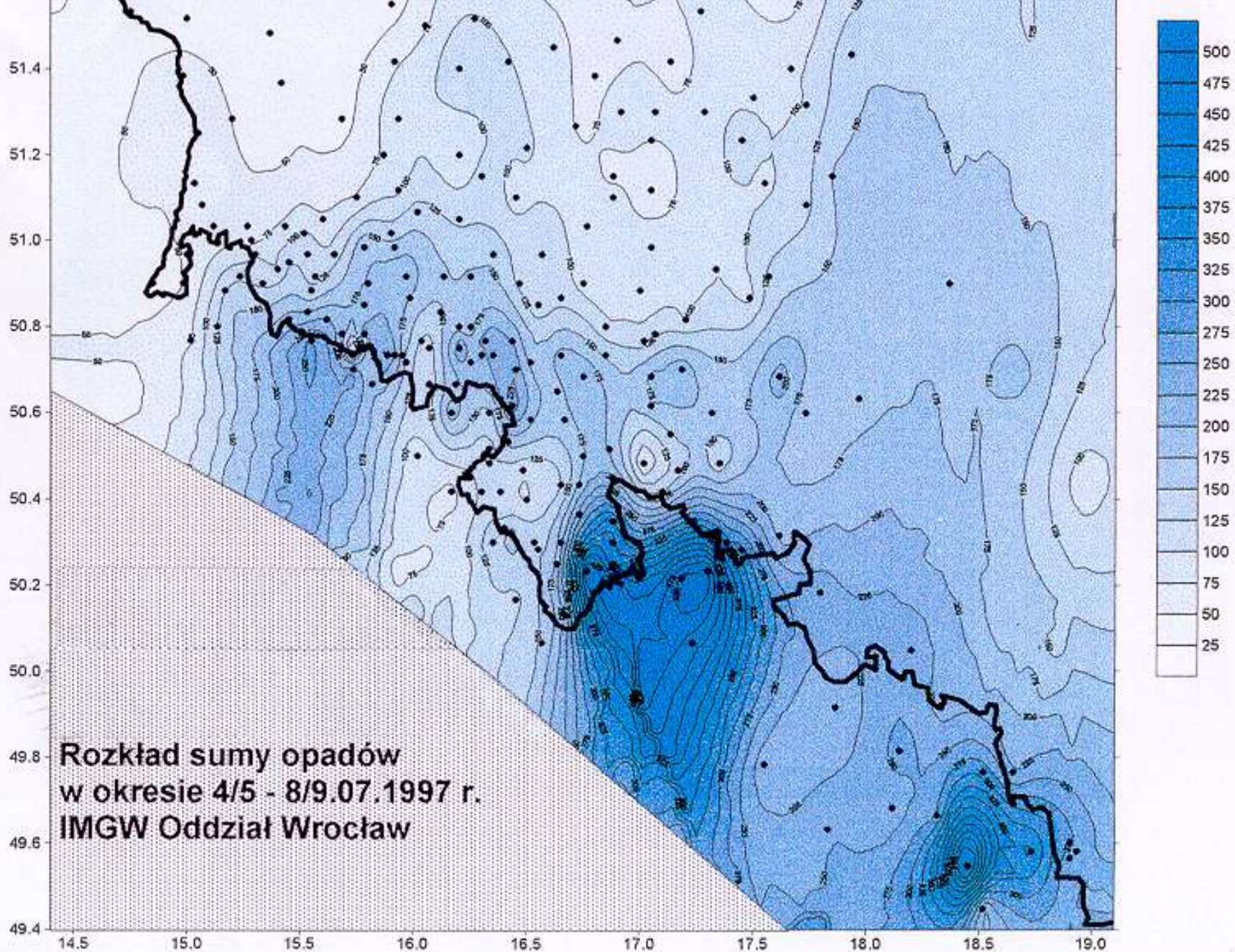
Radar
24h ERR

8. 7.97 06:00
Li Sk

>
99
70
40
30
20
15
10
6
4
2
1
.6
.3
.1

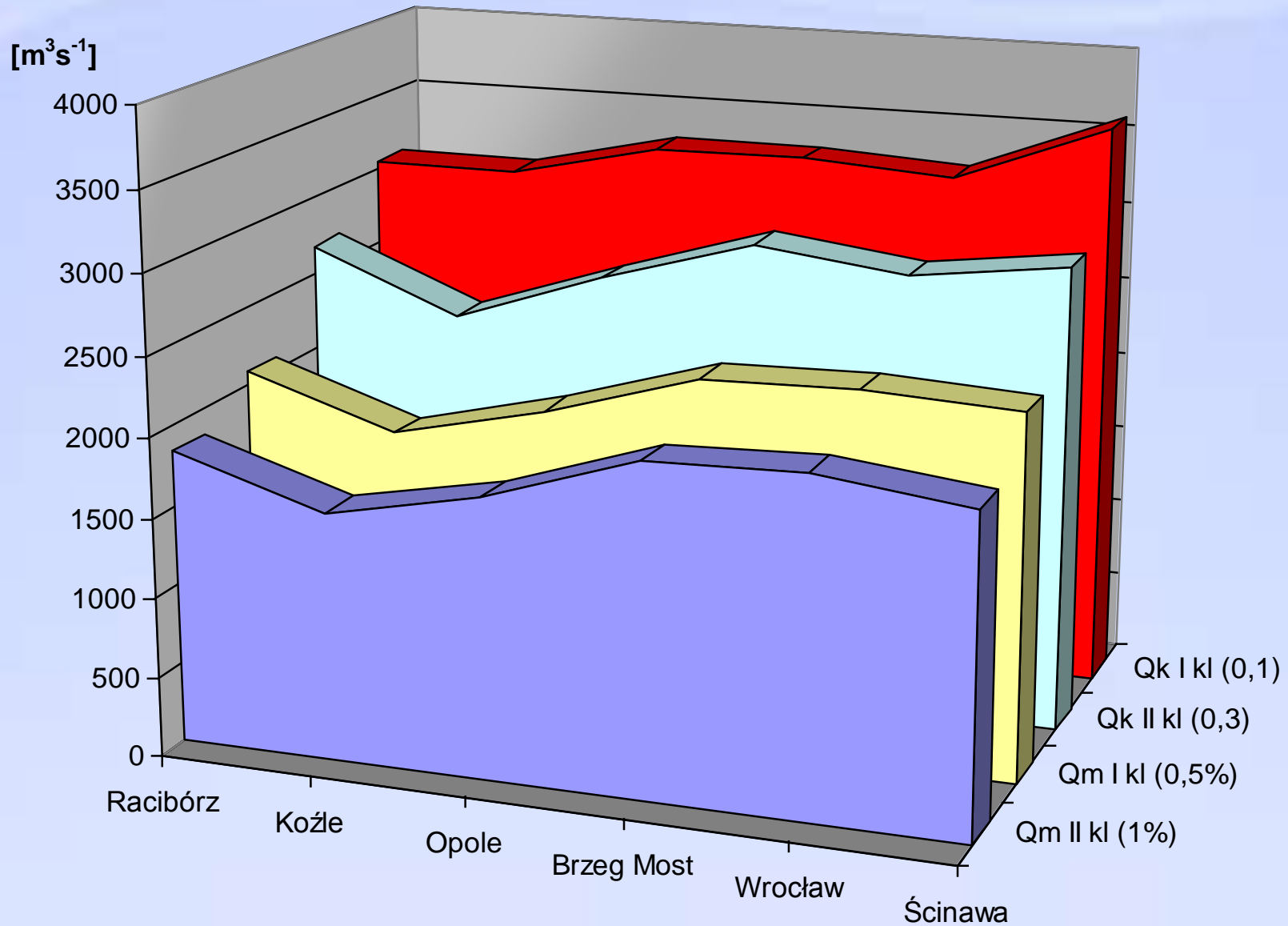
mm

**Opad w dniu 8.07.97r. wg radaru
w Pradze i Skalce**

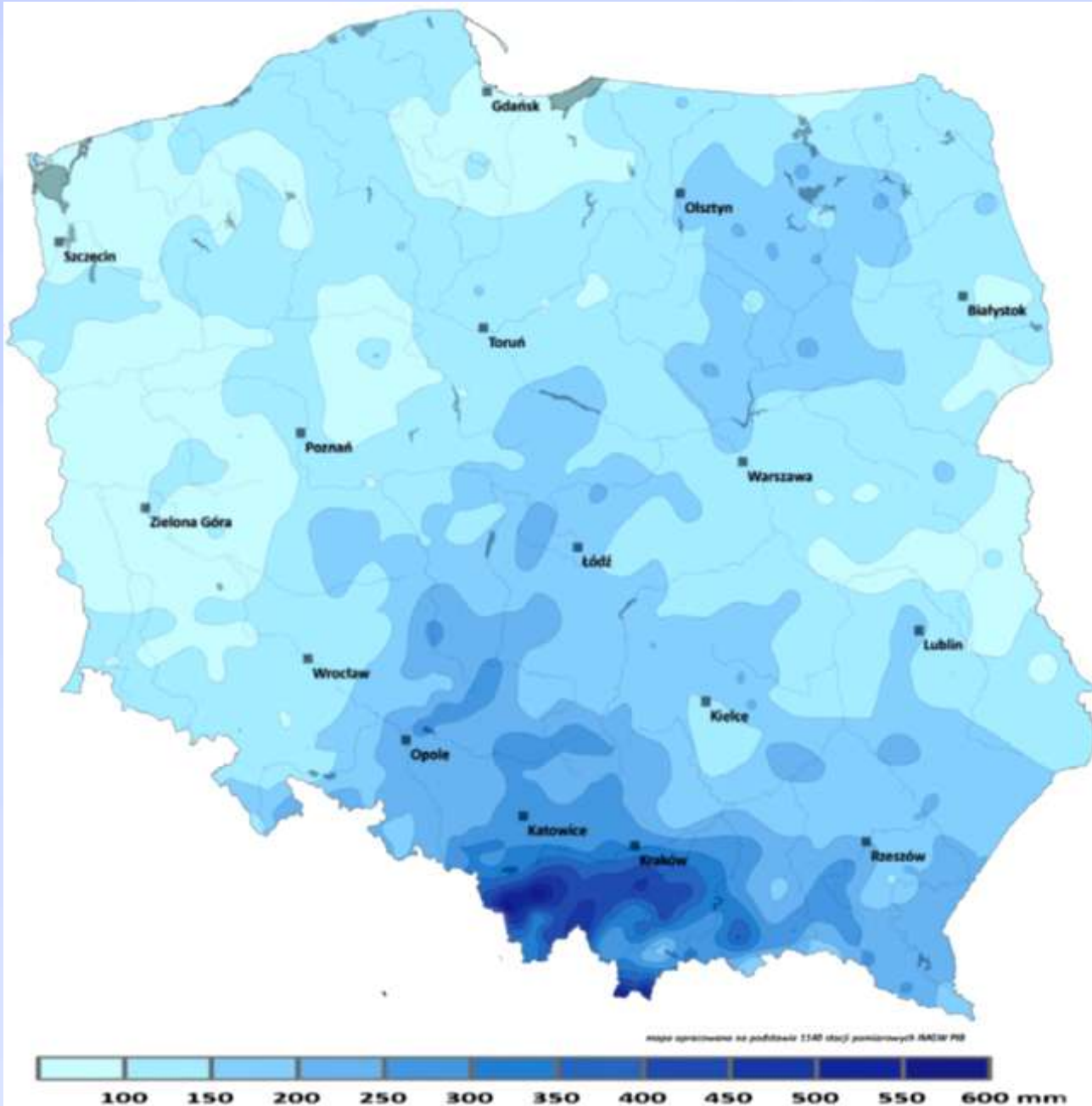


Rozkład sumy opadów w dorzeczu górnej Odry w lipcu 1997 r.

Przepływ miarodajny (Q_m) i kontrolny (Q_k) włącznie z falą 1997

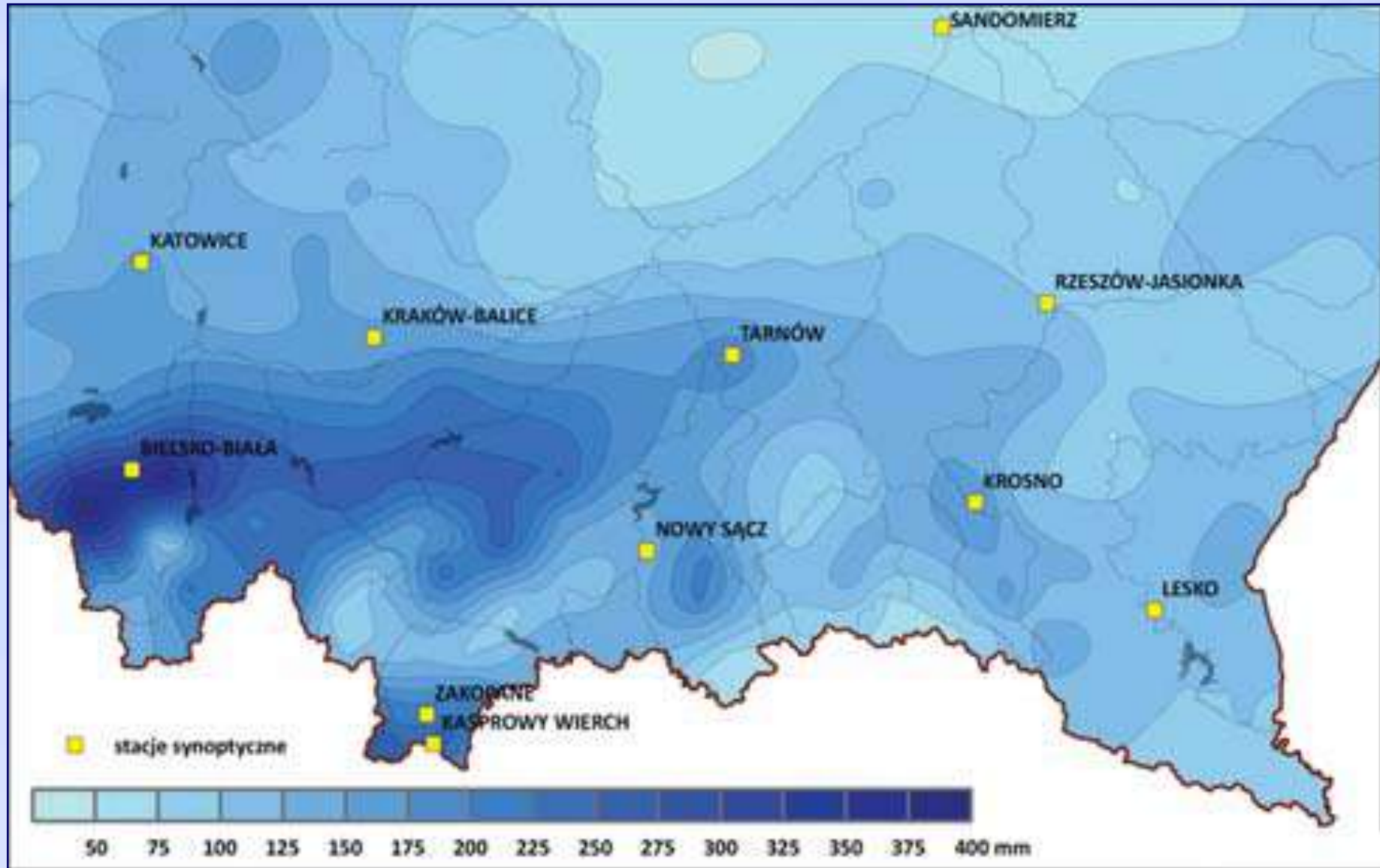


Sumy miesięczne opadów w maju 2010r.



(źródło: Dorzecze Wisły monografia powodzi maj czerwiec 2010r.; IMGW PIB, 2011r.)

Sumy opadów od 15 do 20 maja 2010r. w zlewni górnej Wisły



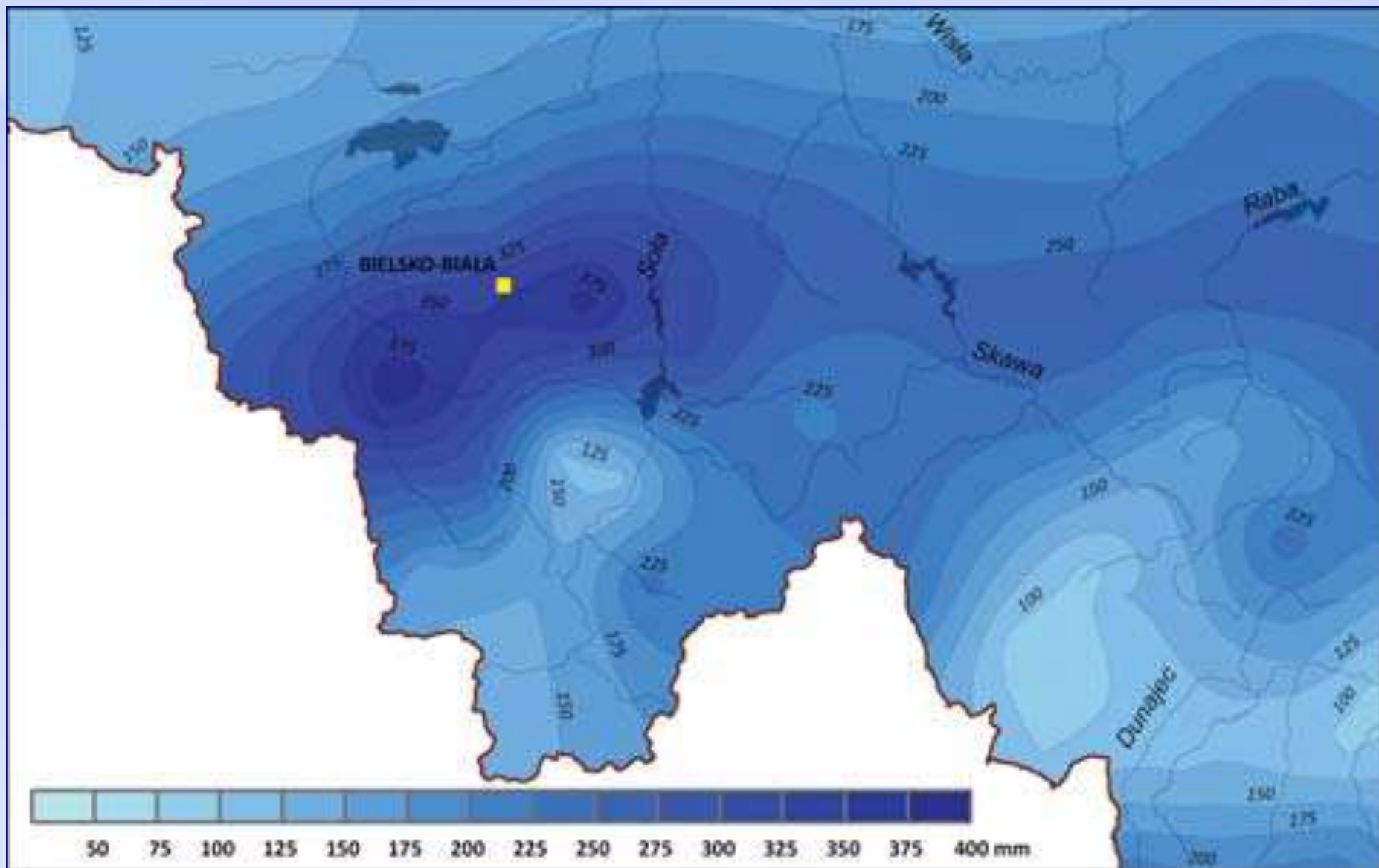
(źródło: Dorzecze Wisły monografia powodzi maj czerwiec 2010r.; IMGW PIB, 2011r.)

Powodzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

Czesław Szczegliński

Wiedeń, 2012 r.

Sumy opadów od 15 do 20 maja 2010r. w zachodniej części Karpat



(źródło: Dorzecze Wisły monografia powodzi maj czerwiec 2010r.; IMGW PIB, 2011r.)

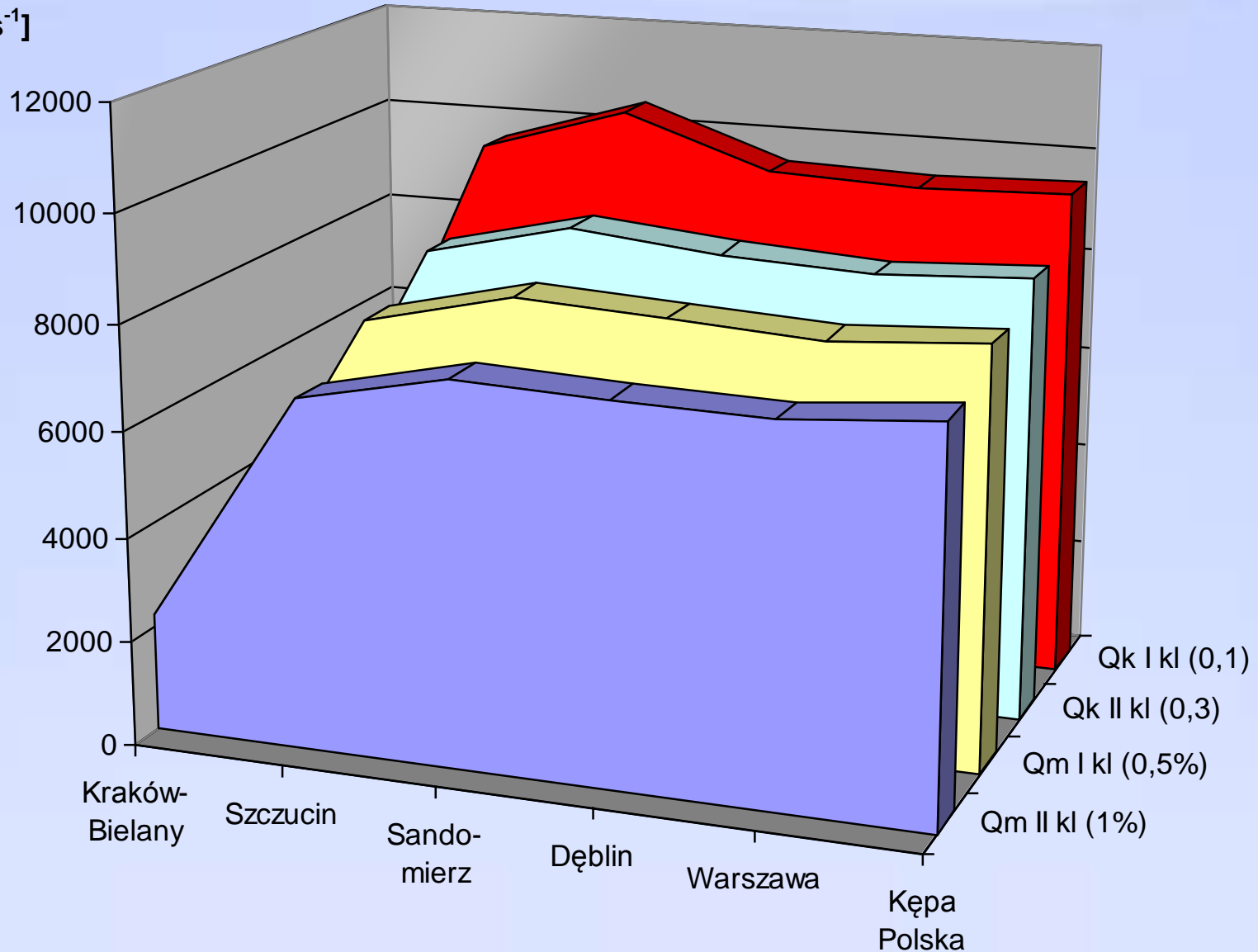
Powodzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

Czesław Szczepielniak

Wiedeń, 2012 r.

Wisła - przepływ miarodajny (Q_m) i kontrolny (Q_k) dla Wisły górnej i środkowej

$[m^3s^{-1}]$

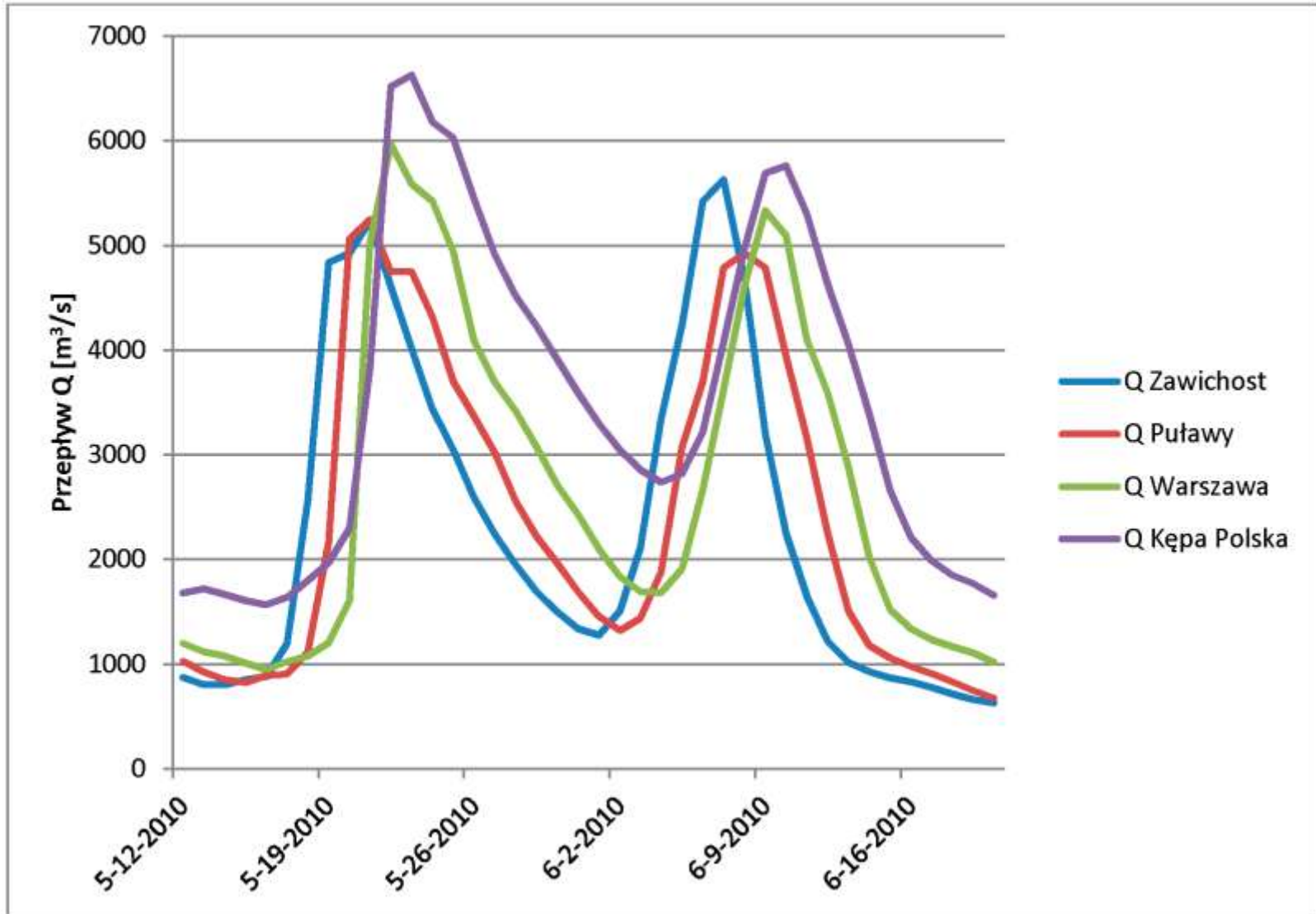


Powodzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

Czesław Szczegieliak

Wiedeń, 2012 r.

Hydrogram wezbrania 2010 r.

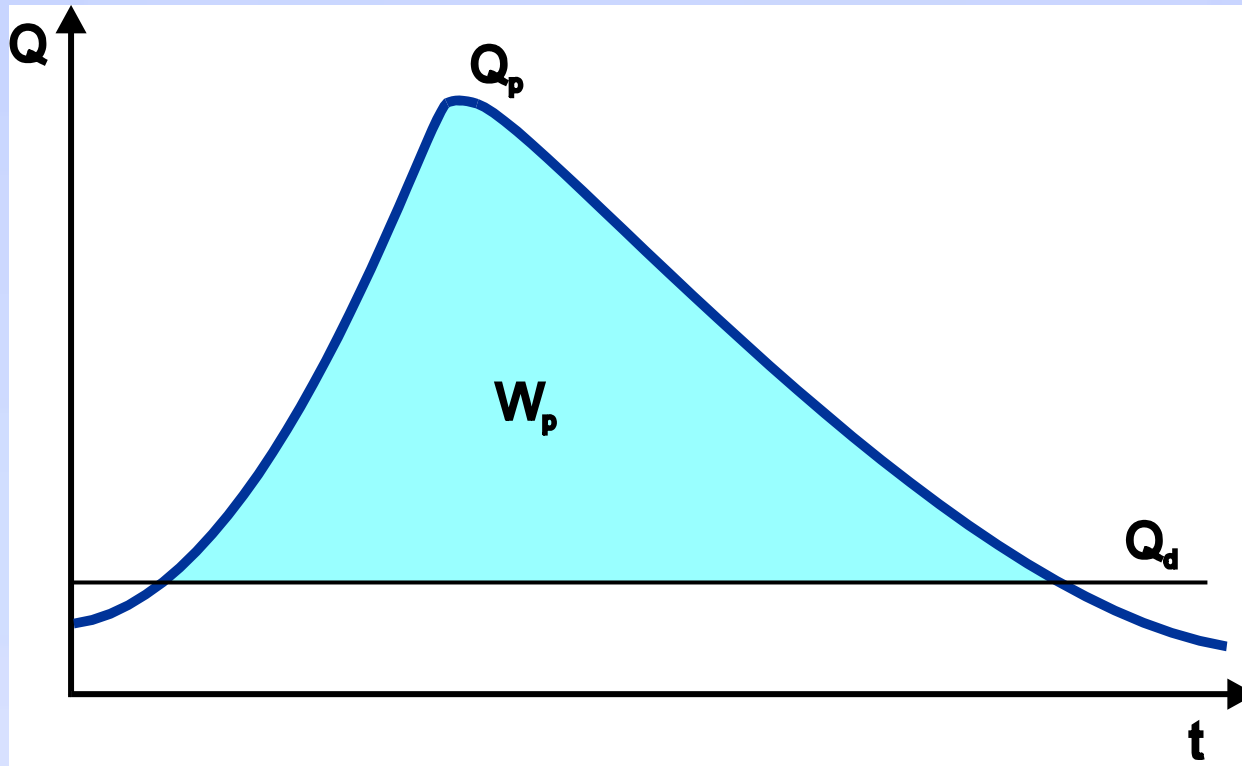


Powodzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

Czesław Szczegieliak

Wiedeń, 2012 r.

Cechy fali rzeczywistej przyjęte do budowy modelu teoretycznego



$$W_p = 10^\alpha \cdot \left[-100 \ln \frac{Q_d}{Q_p} \right]^\beta$$

Model Saint Venanta

**Model propagacji fali powodziowej
w dolinie górnej Odry**

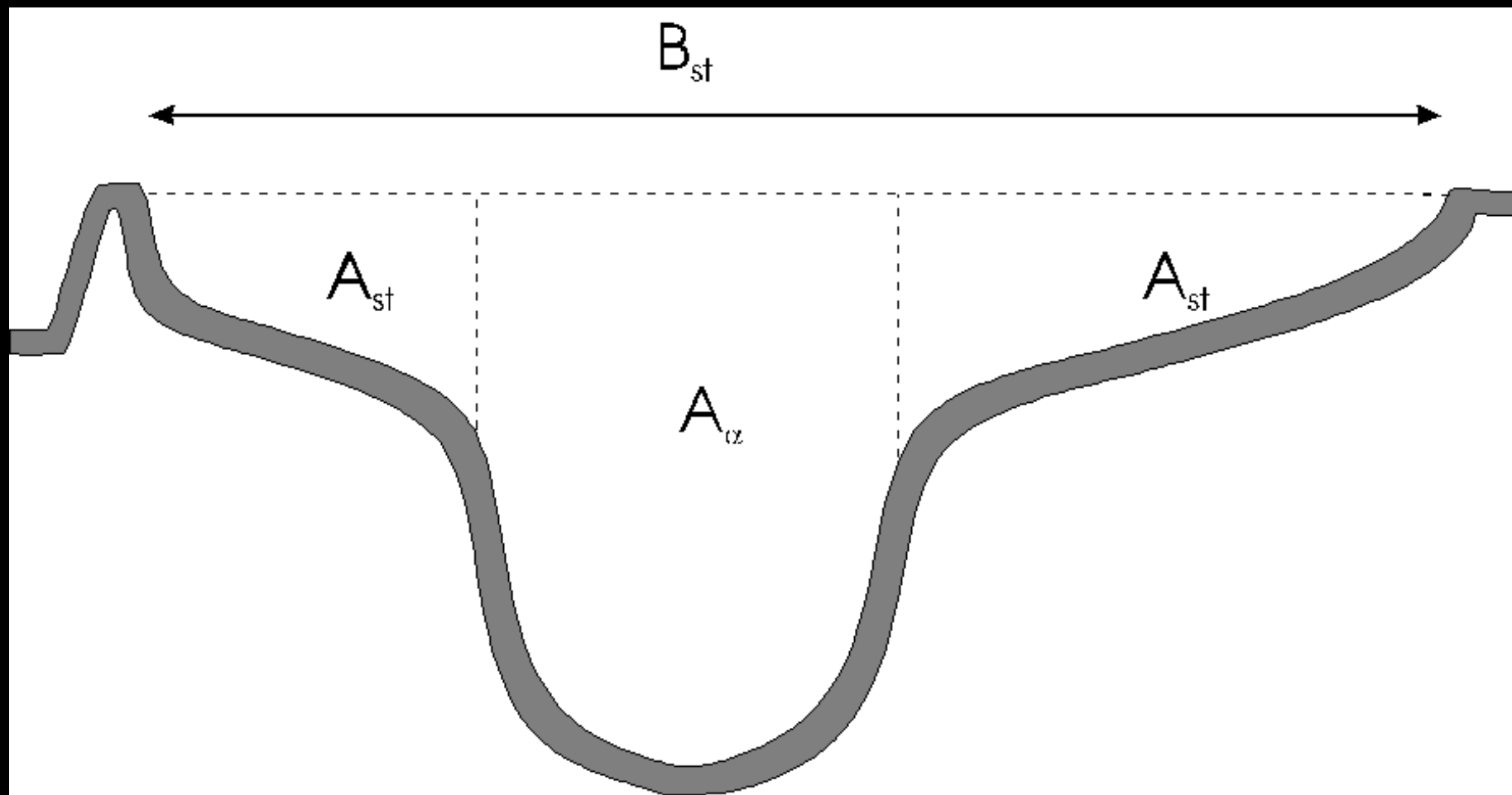
W literaturze równania
Saint Venanta przedstawia się najczęściej
w postaci:

(1)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

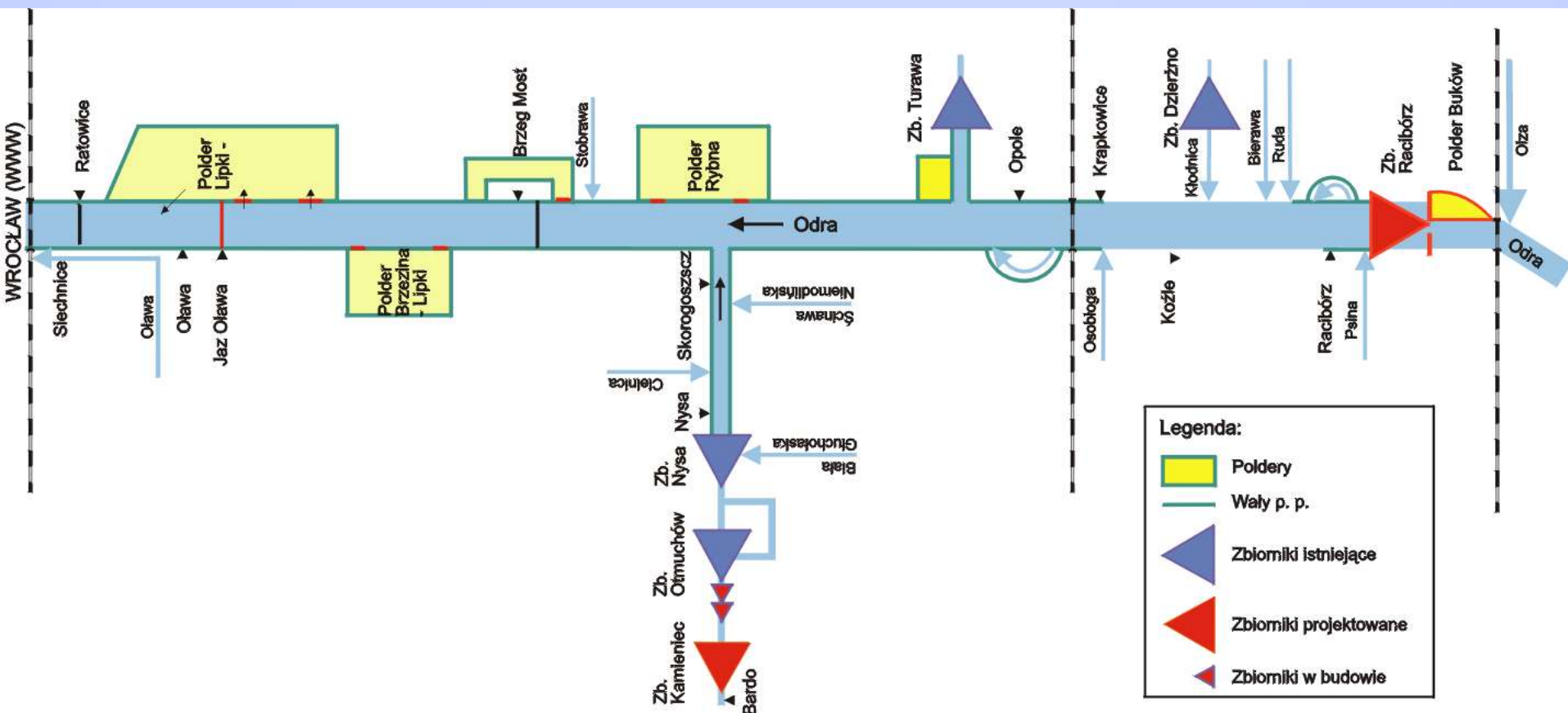
(2)

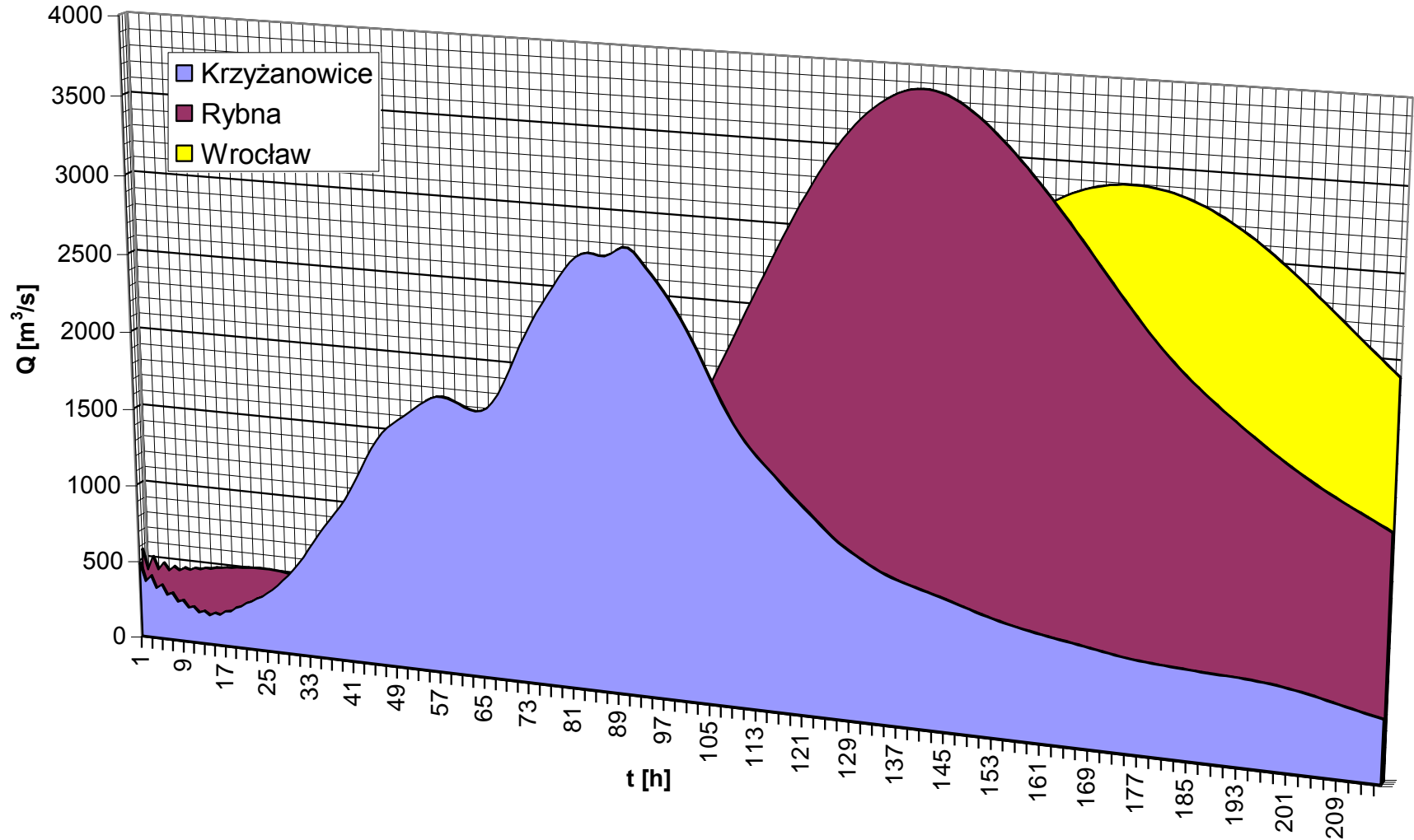
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + qu = gAS_f - gA \frac{\partial y}{\partial x}$$



Przekrój poprzeczny z podziałem na część aktywną A_{α} oraz akumulacyjną A_{st}

System ochrony od powodzi w dorzeczu górnej Odry





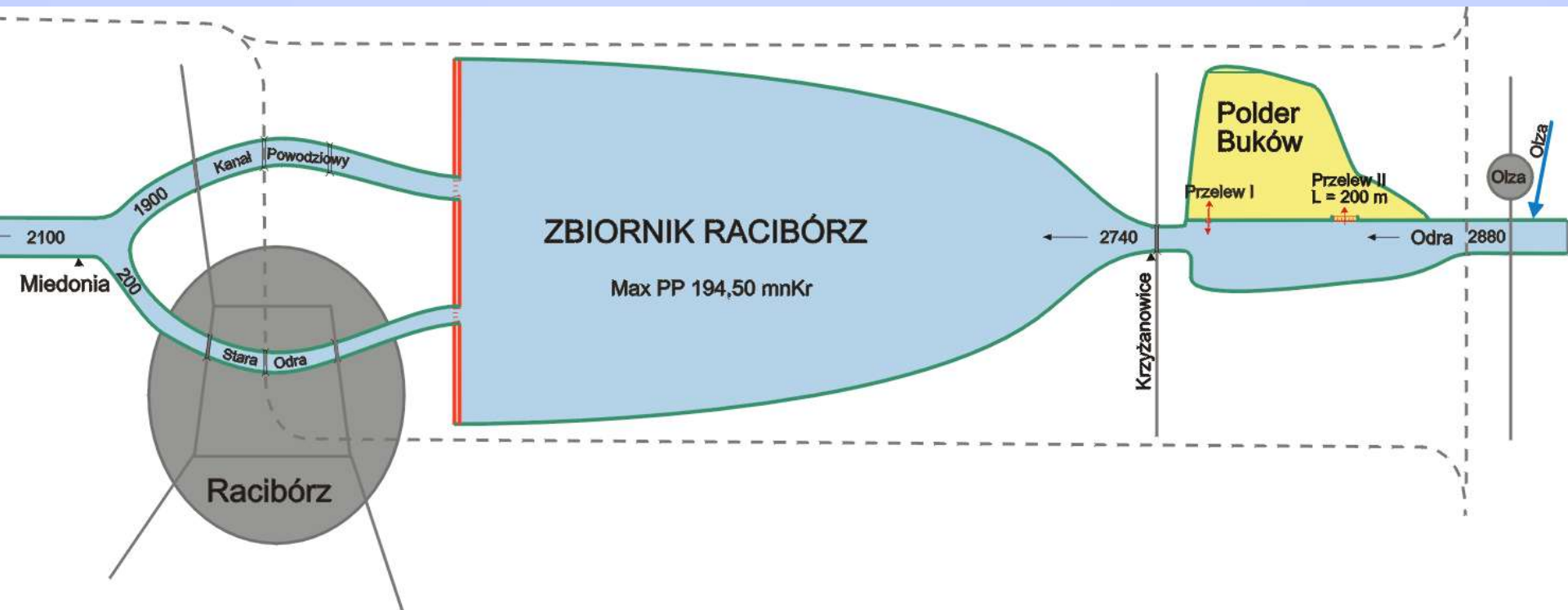
Rys. Hydrogramy generowane w modelu St. Venanta dla I fali '97 w przekrojach: Krzyżanowice, Rybna, Wrocław

Hydrogramy generowane w modelu St. Venanta dla I fali '97 w przekrojach Krzyżanowice, ujście Nysy, Wrocław

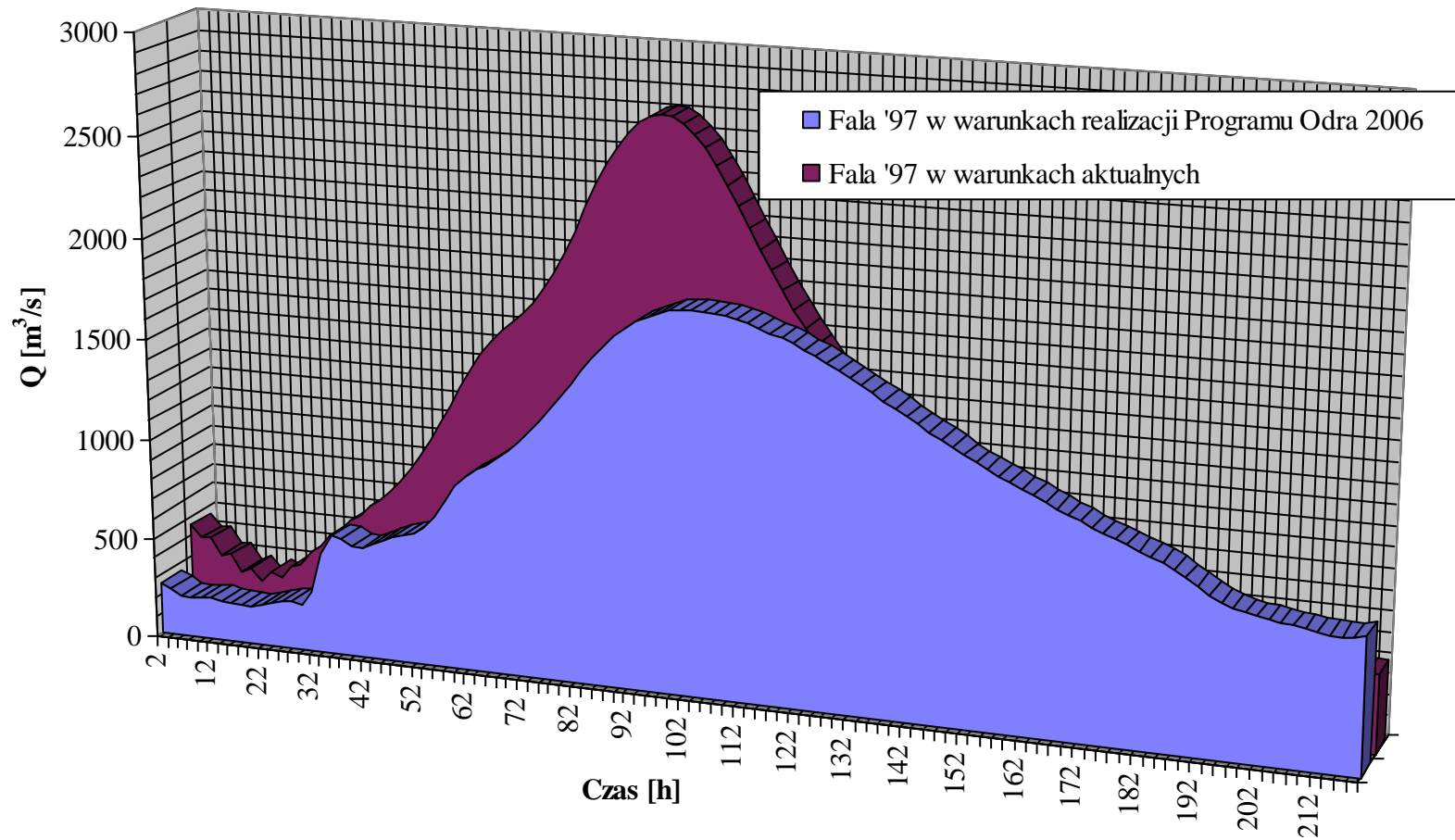
Wpływ zbiornika Racibórz na fale 97'



Transformacja fali '97 na polderze Buków i zbiorniku Racibórz

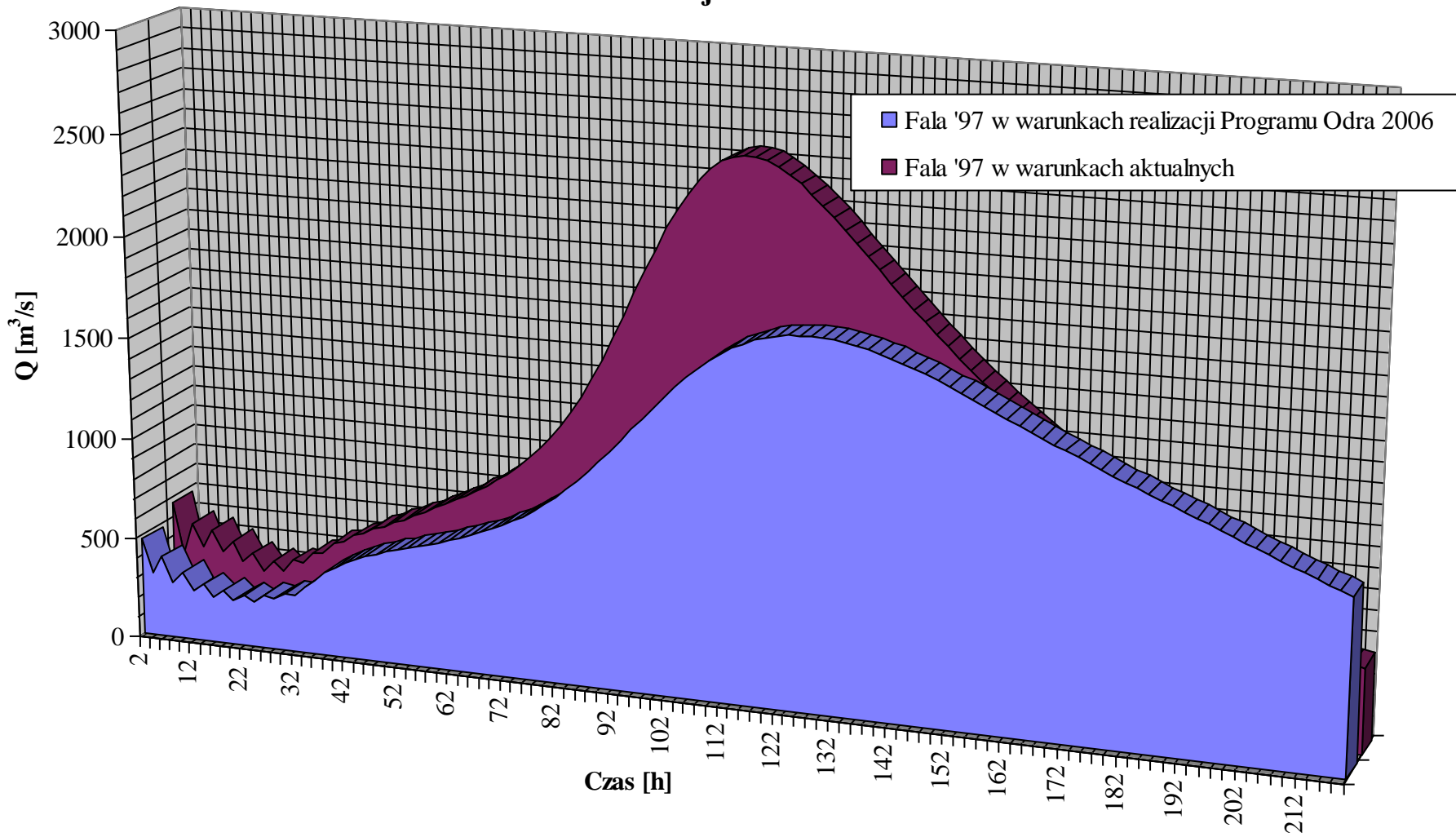


Przekrój Miedonia - Racibórz



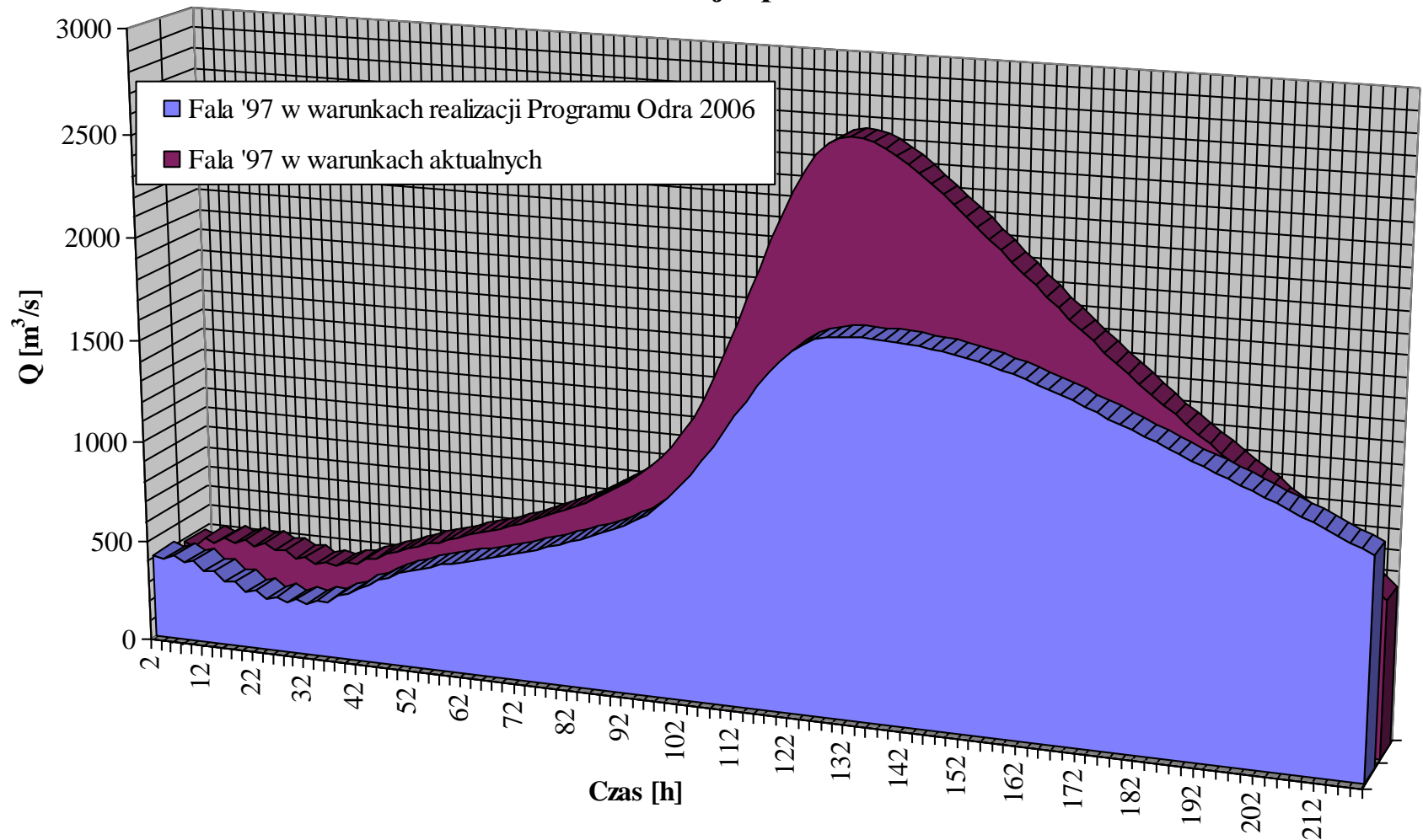
**Transformacja fali z 1997 r. na projektowanym
zbiorniku retencyjnym Racibórz**

Przekrój Koźle



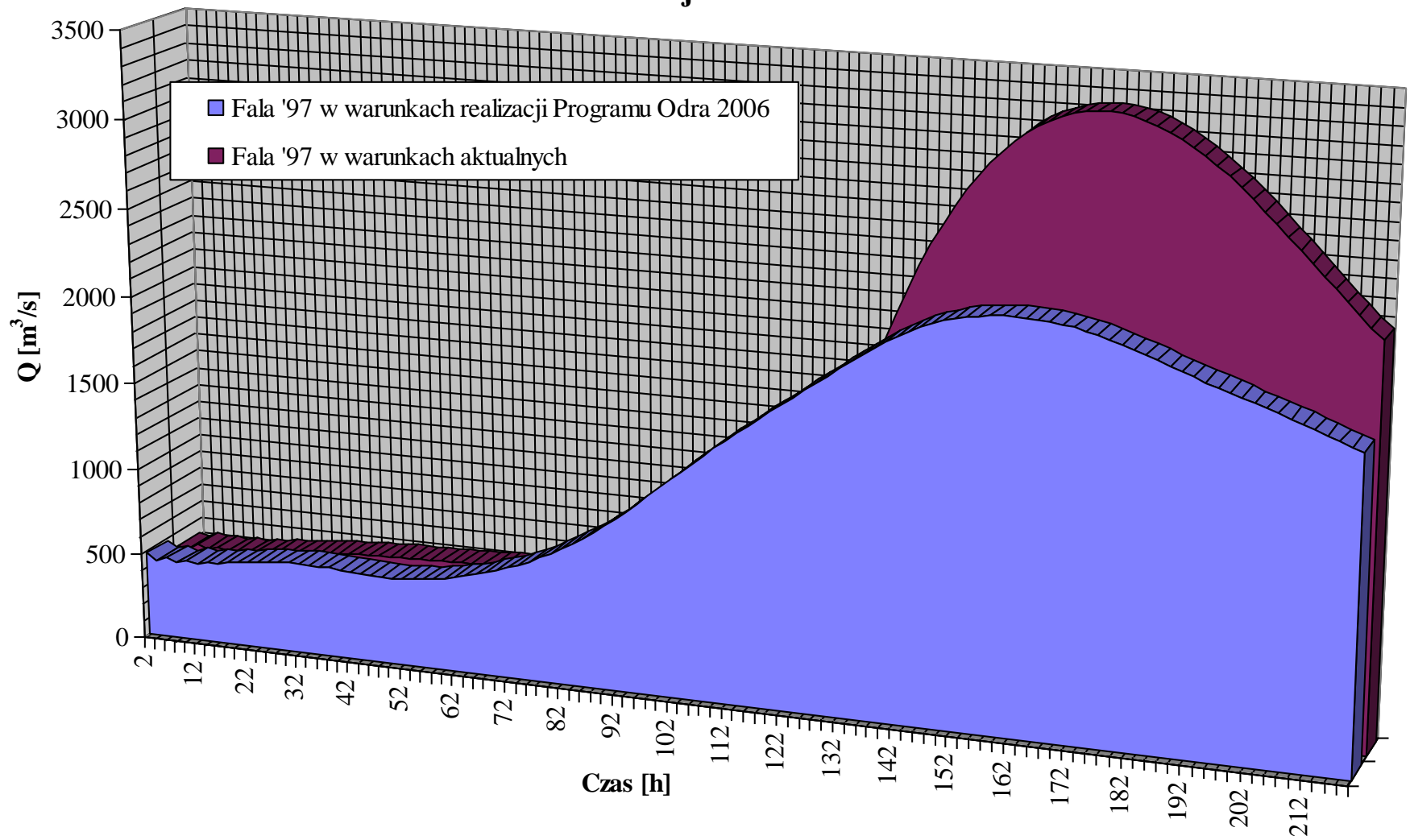
**Transformacja fali z 1997r w dolinie górnej Odry
wraz ze zbiornikiem Racibórz**

Przekrój Opole



**Transformacja fali z 1997r w dolinie górnej Odry
wraz ze zbiornikiem Racibórz**

Przekrój Wrocław



**Transformacja fali z 1997r w dolinie górnej Odry
wraz ze zbiornikiem Racibórz**

Powodzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

Czesław Szczepielniak


Wiedeń, 2012 r.

Wyniki symulacji redukcji hipotetycznych fal powodziowych przez zbiornik Racibórz. Model dr hab. inż. Czesława Szczegielniaka

| Parametry fal hipotetycznych | | Klasa wałów p. powodziowych | Efekty redukcyjne zbiornika Racibórz |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| prawdopodobieństwo wystąpienia | przepływ [m ³ /s] | | przepływ zredukowany [m ³ /s] |
| 3% | 1564 | miarodajna IV | 1064 |
| 2% | 1750 | miarodajna III | 1200 |
| 1% | 1993 | miarodajna II | 1450 |
| 0,5% | 2300 | miarodajna I | 1530 |
| 0,3%+ δ | 2880 ₍₉₇₎ | kontrolna II | 1825 |
| 0,1%+ δ | 3200 | kontrolna I | 2200 |

Parametry fal hipotetycznych użytych do symulacji są wynikiem odrębnych analiz Autora, nie odpowiadają bezpośrednio przepływowi o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia określonym przez IMGW dla przekroji wodowskazowych. Efekty redukcji według powyższych obliczeń użyto do dalszych analiz symulacyjnych w dolinie Odry przyjmując przekrój wodowskazowy Miedonia jako wyjściowy.

(Generalna strategia ochrony doliny Odry przed powodzią, oprac. Hydroprojekt Wrocław).

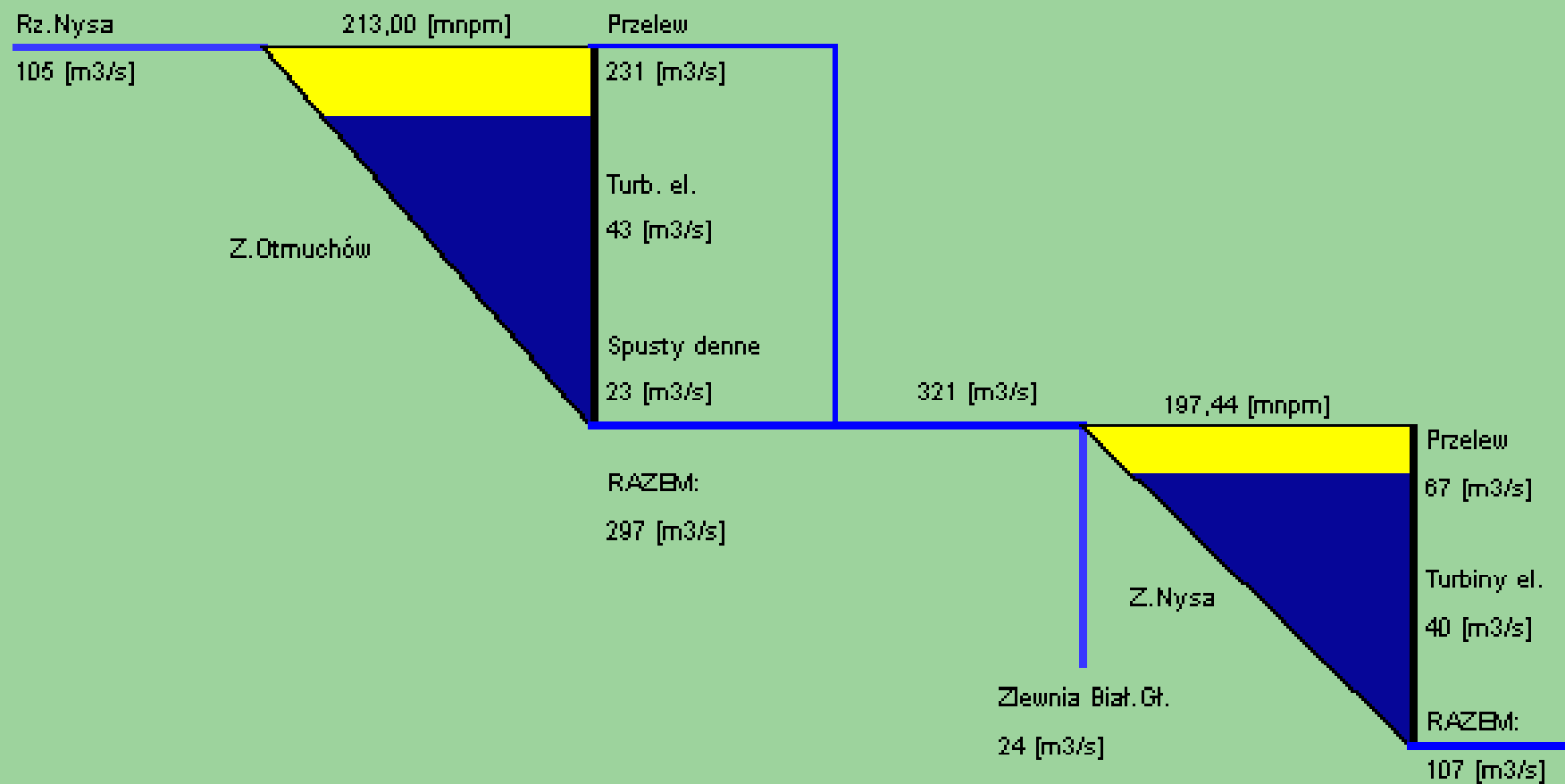
An aerial photograph of a dam structure with several retention basins, overlaid with a dark blue semi-transparent filter. The text is centered on the image.

**Przykład transformacji fali
na kaskadzie
zbiorników retencyjnych
Otmuchów - Nysa**

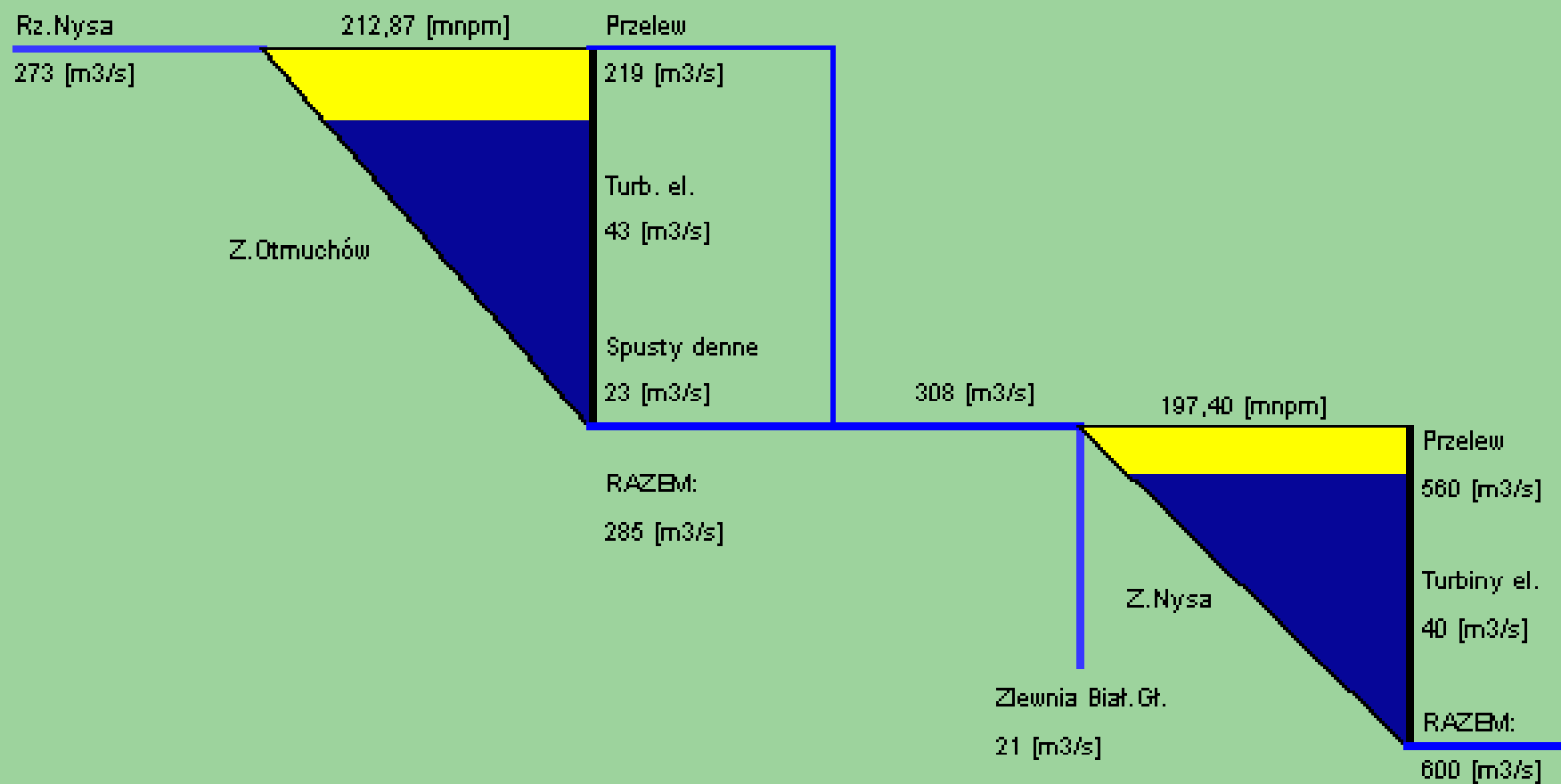


Zbiornik Nysa, 9-07-1997r.

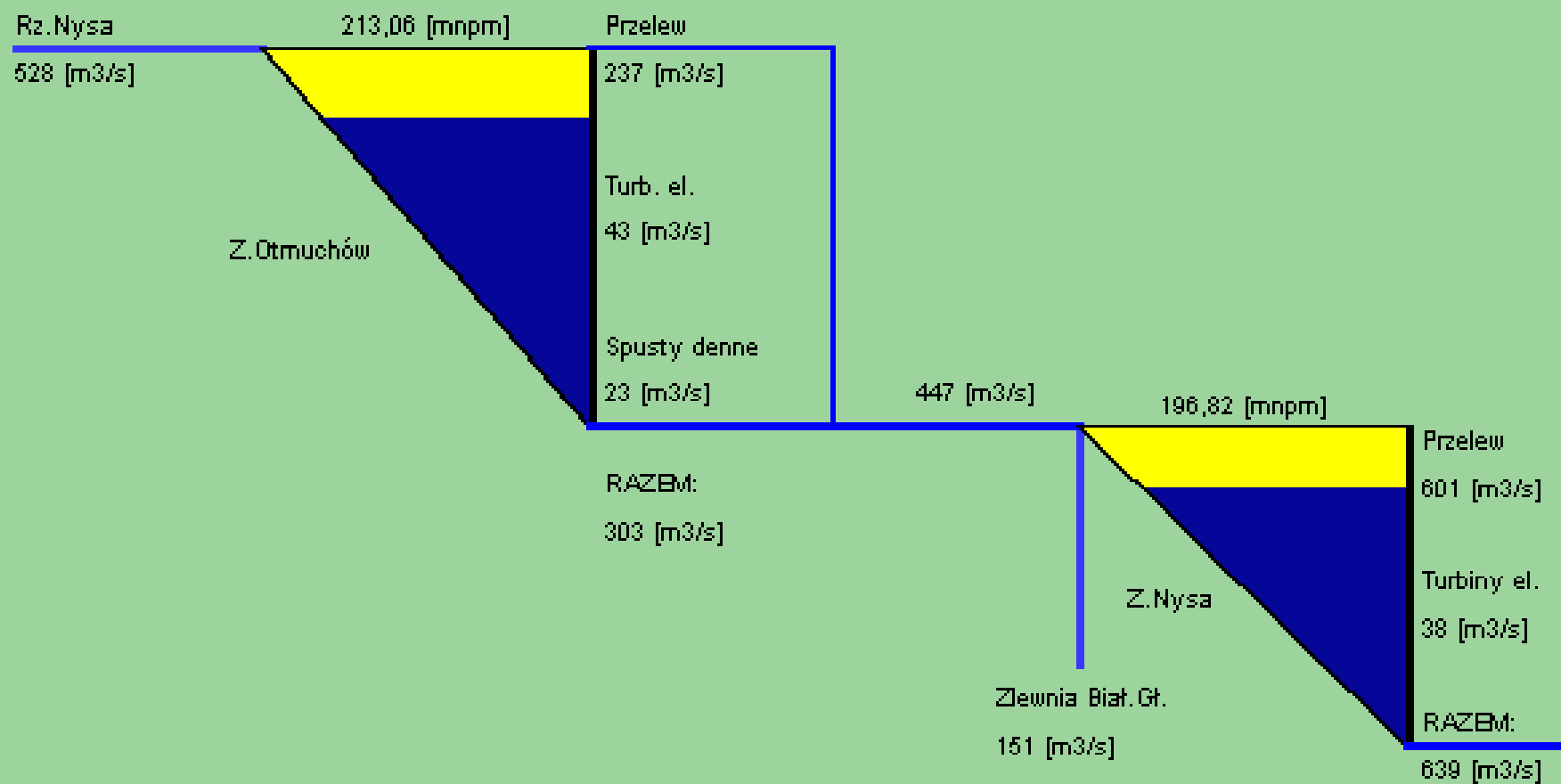
Godzina symulacji: 0



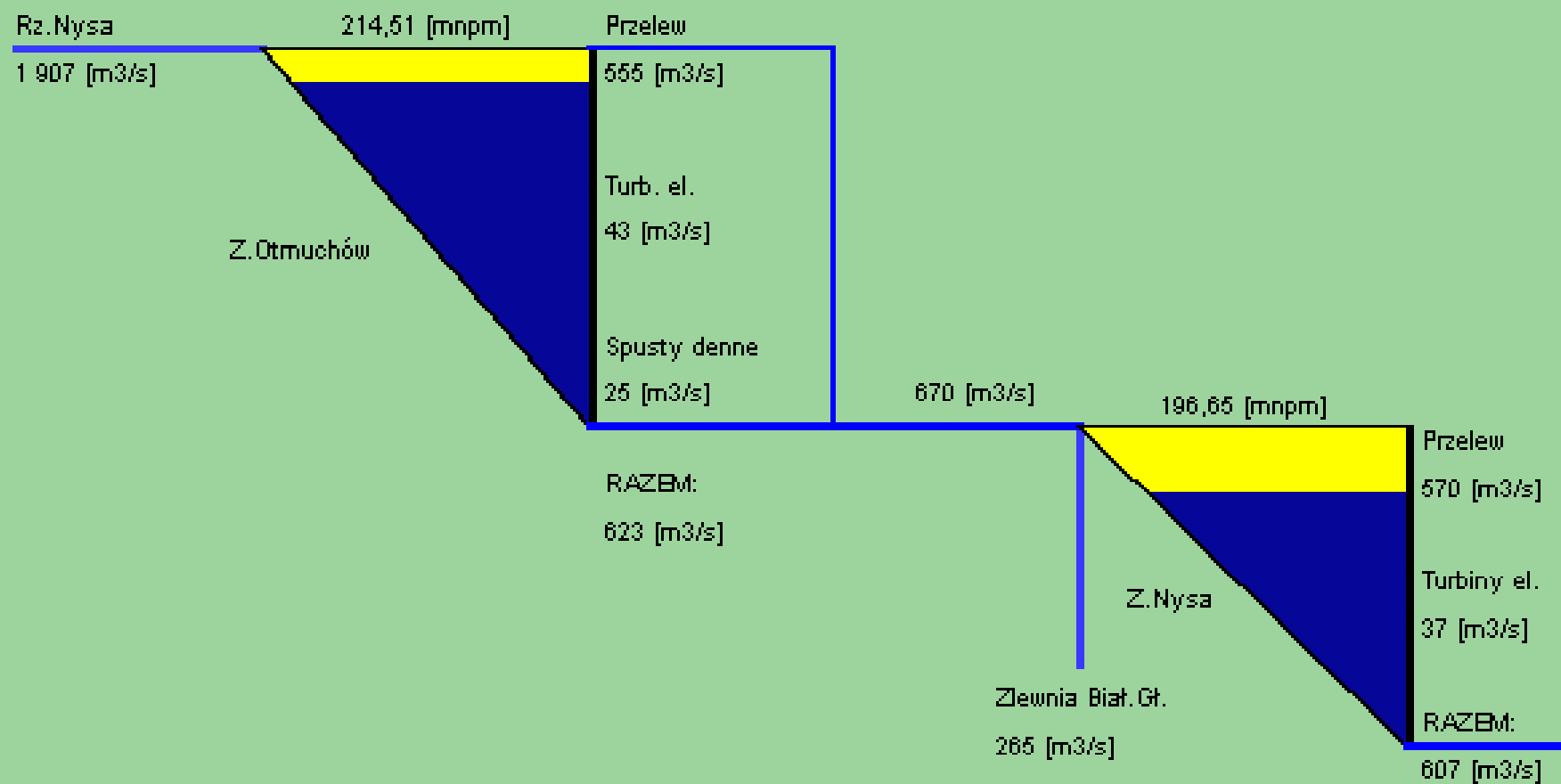
Godzina symulacji: 10



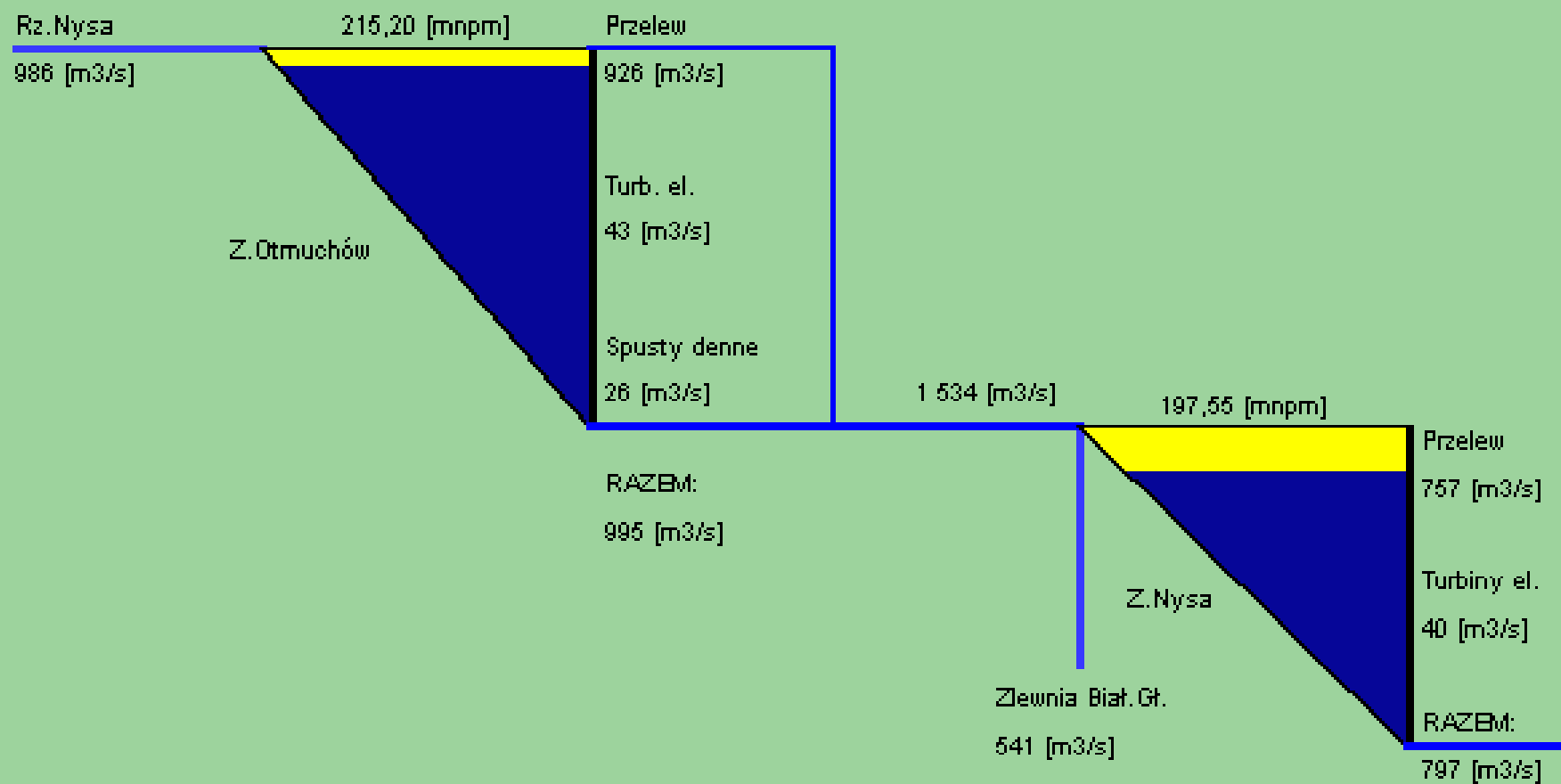
Godzina symulacji: 20



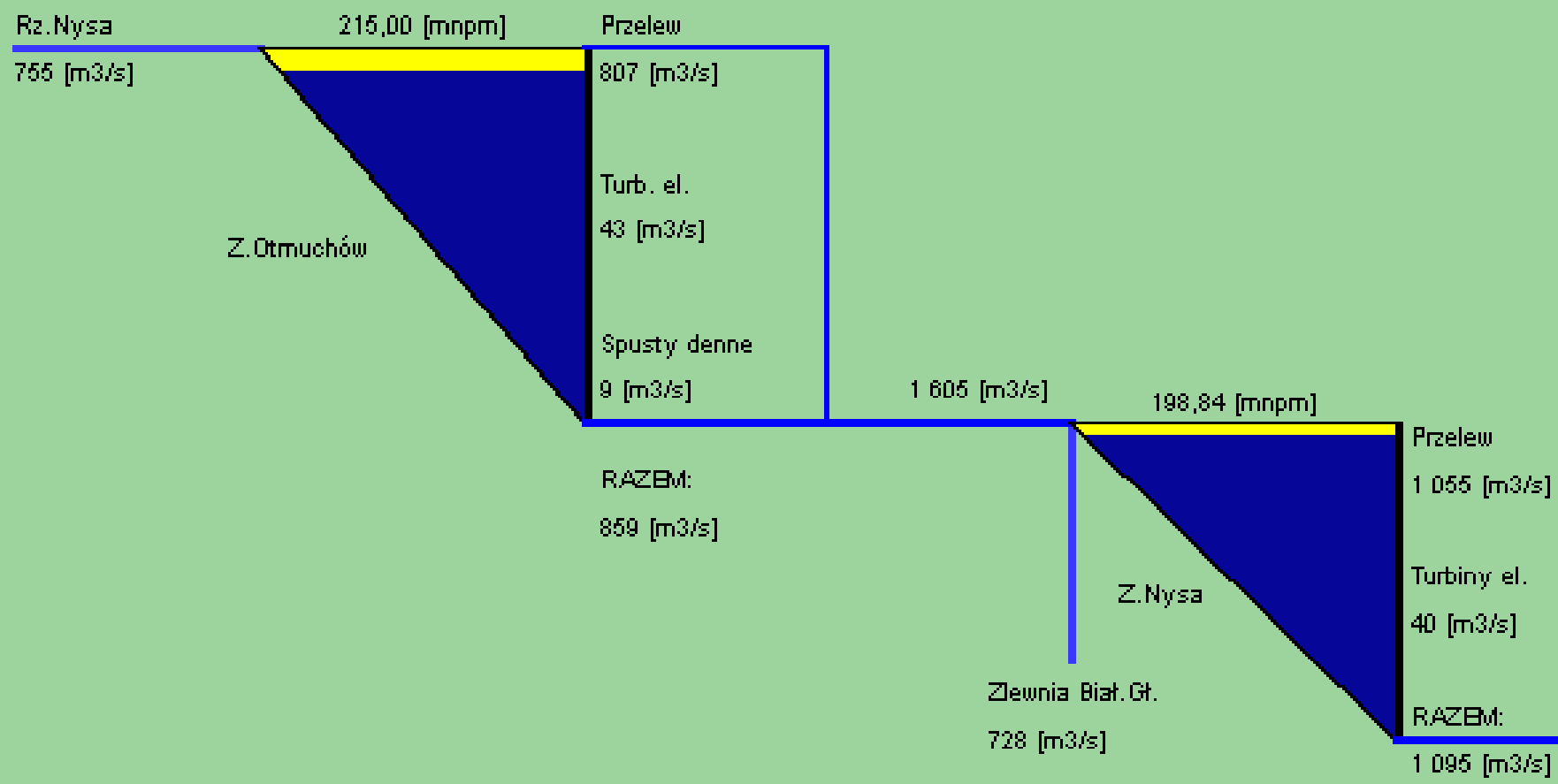
Godzina symulacji: 30



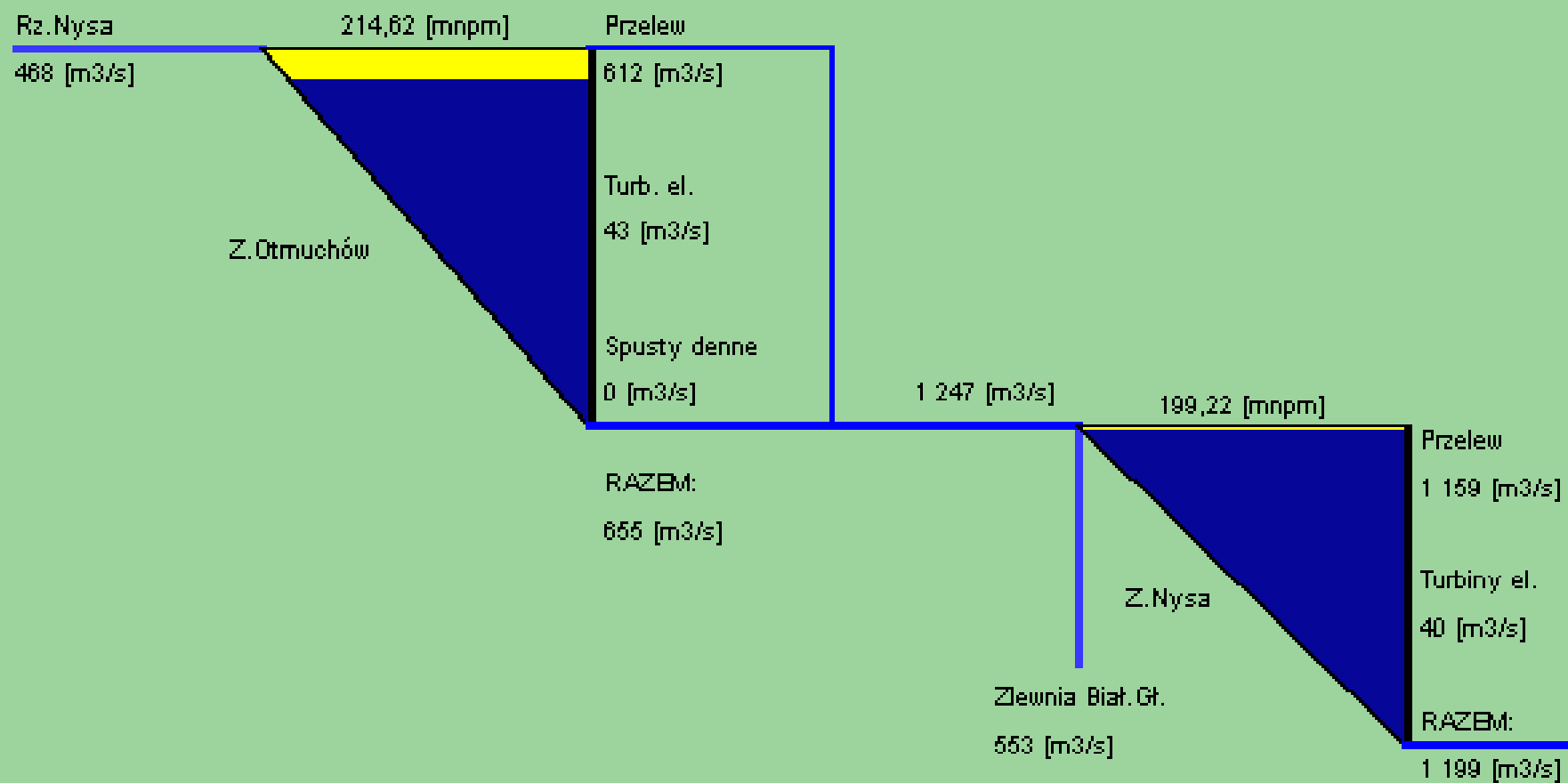
Godzina symulacji: 40



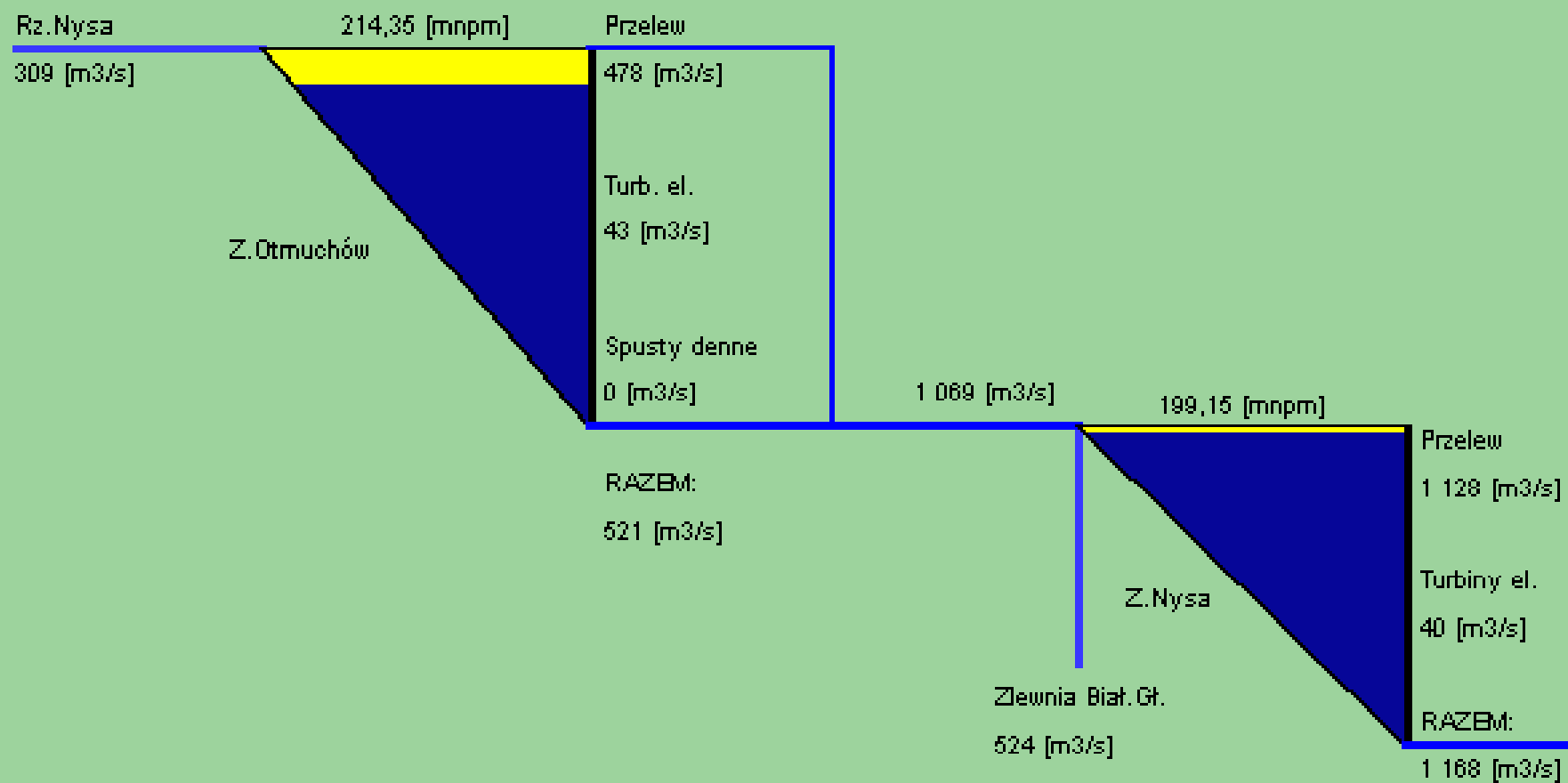
Godzina symulacji: 50



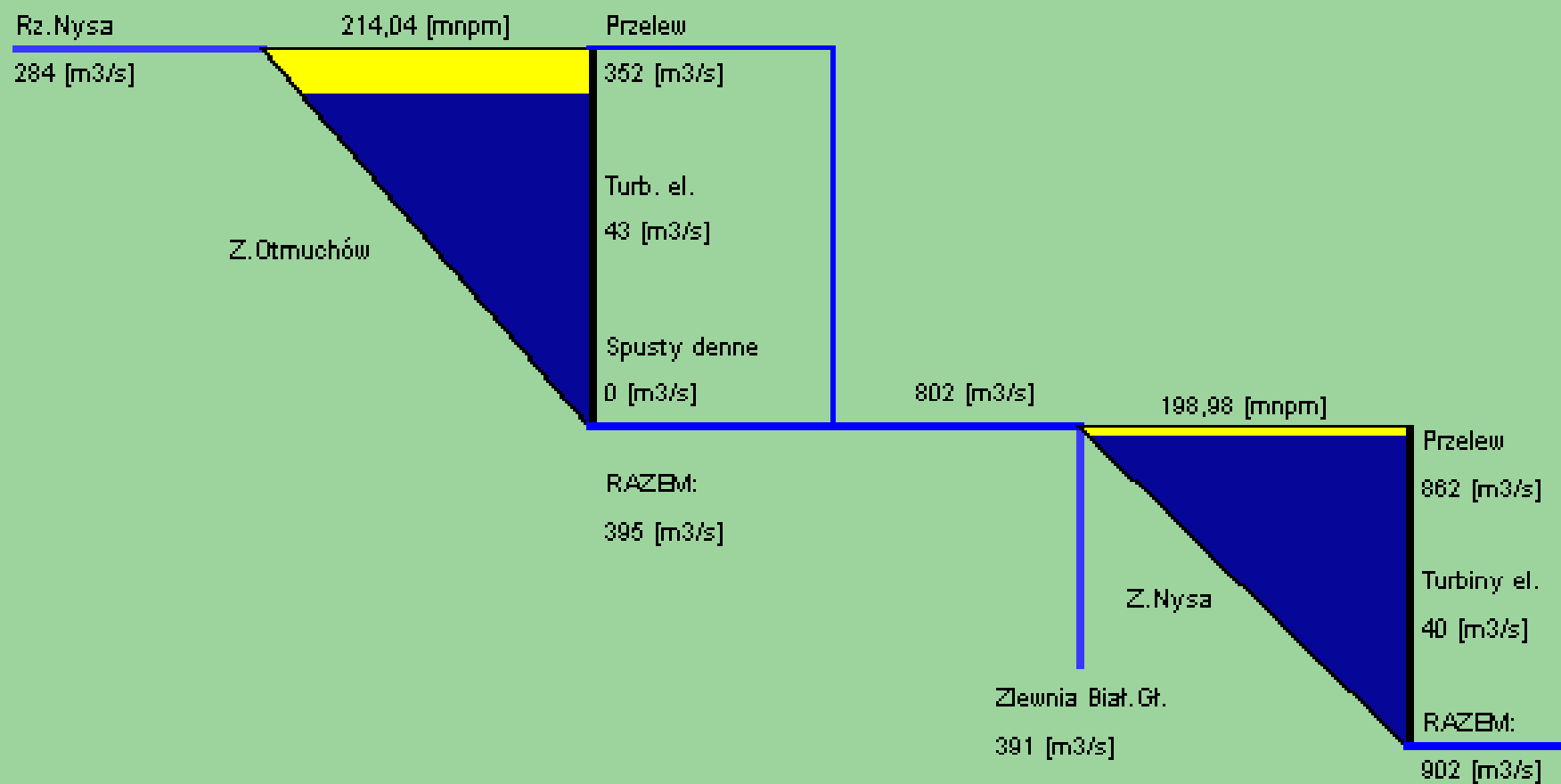
Godzina symulacji: 60



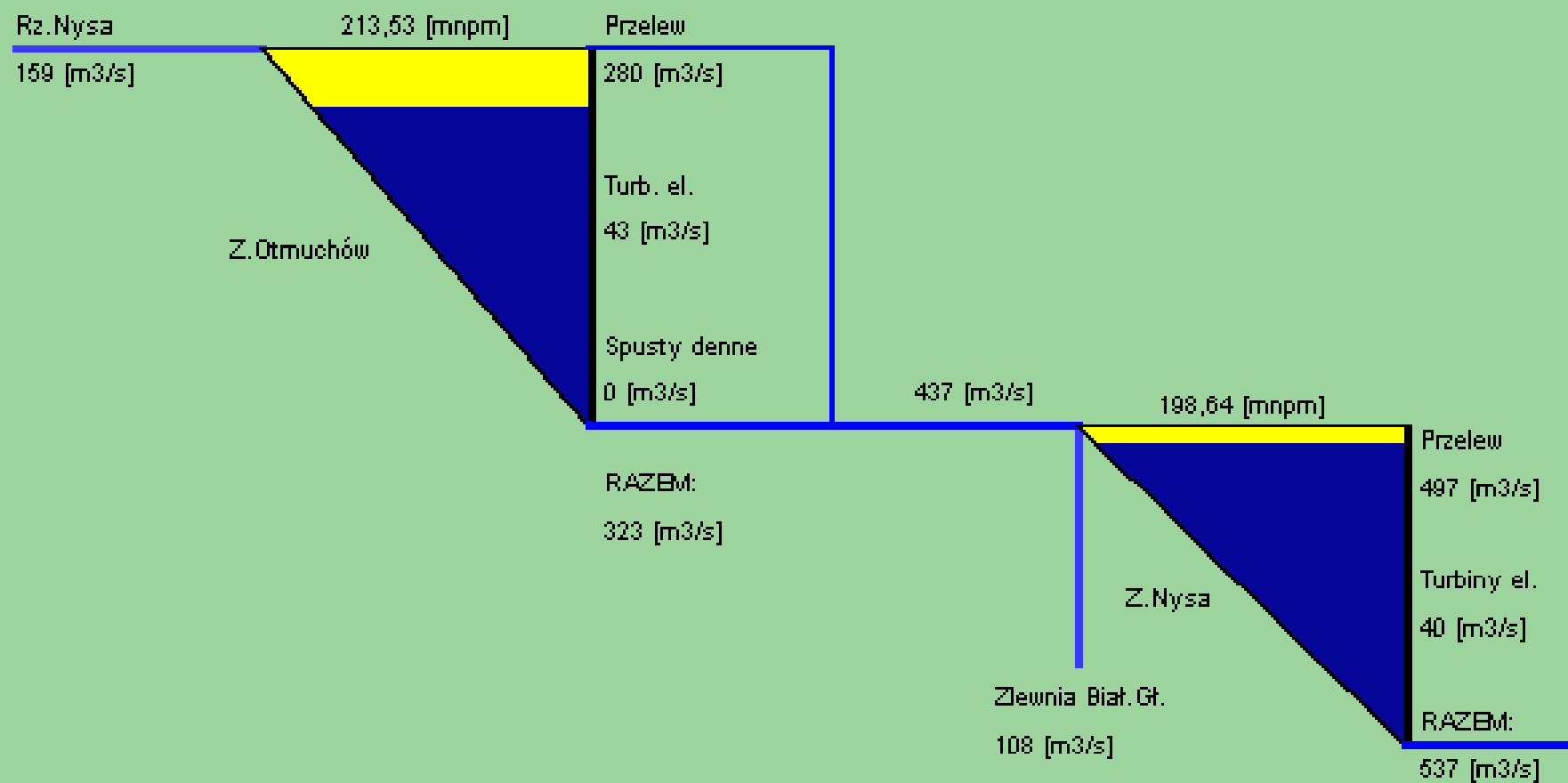
Godzina symulacji: 70

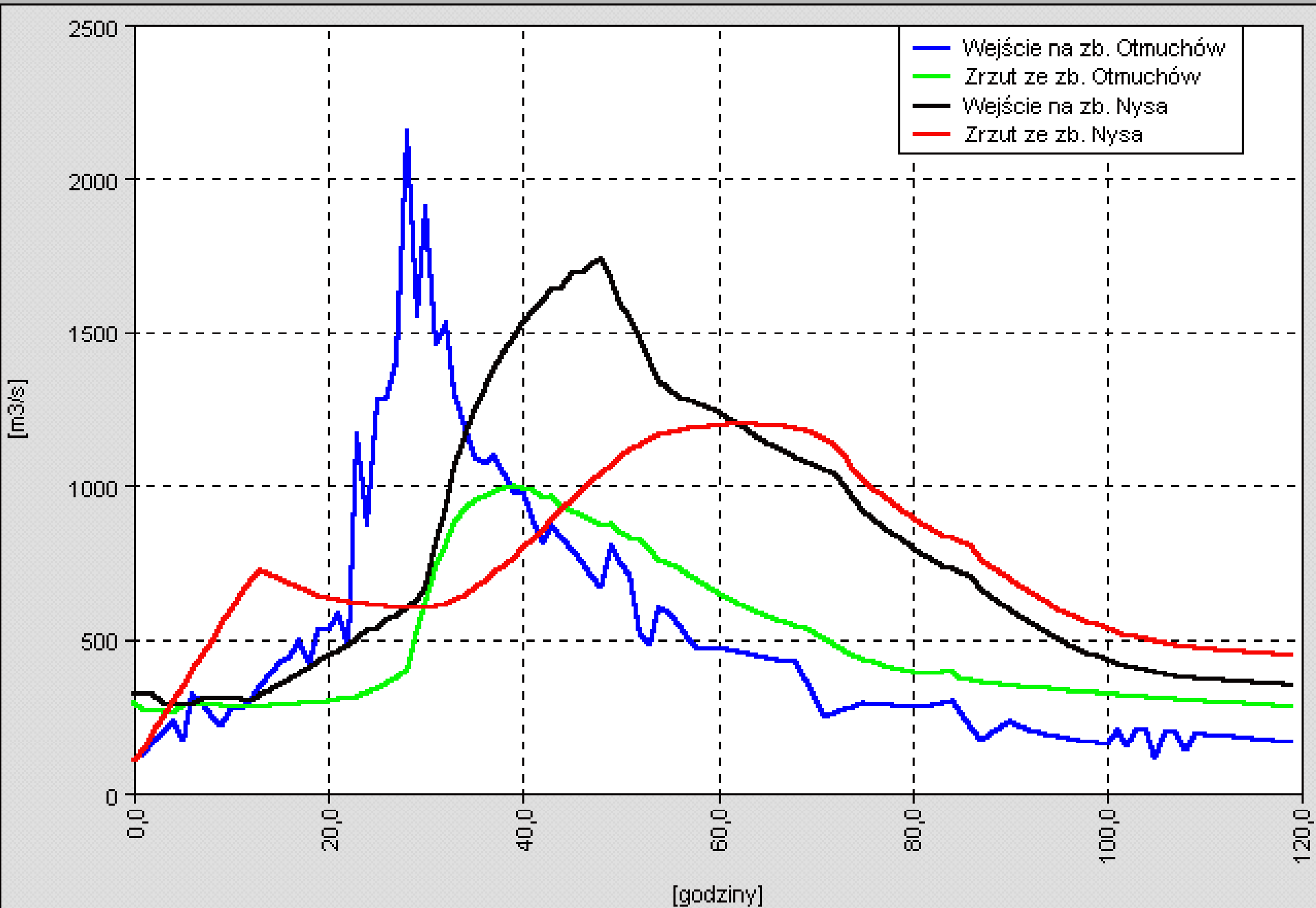


Godzina symulacji: 80



Godzina symulacji: 100





Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

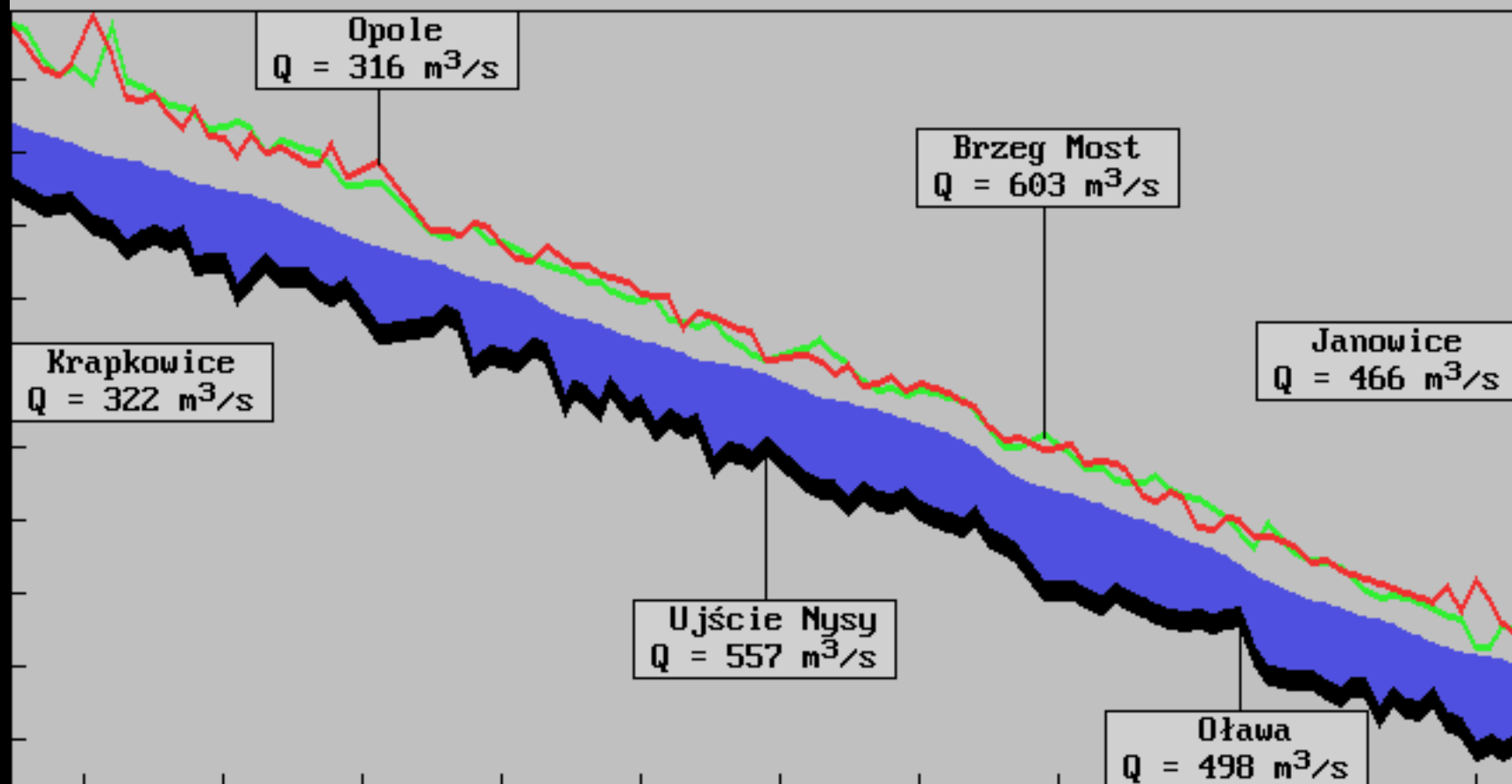
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 158.88 mNN
Q : 322 m³/s
Upływ czasu : 24 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

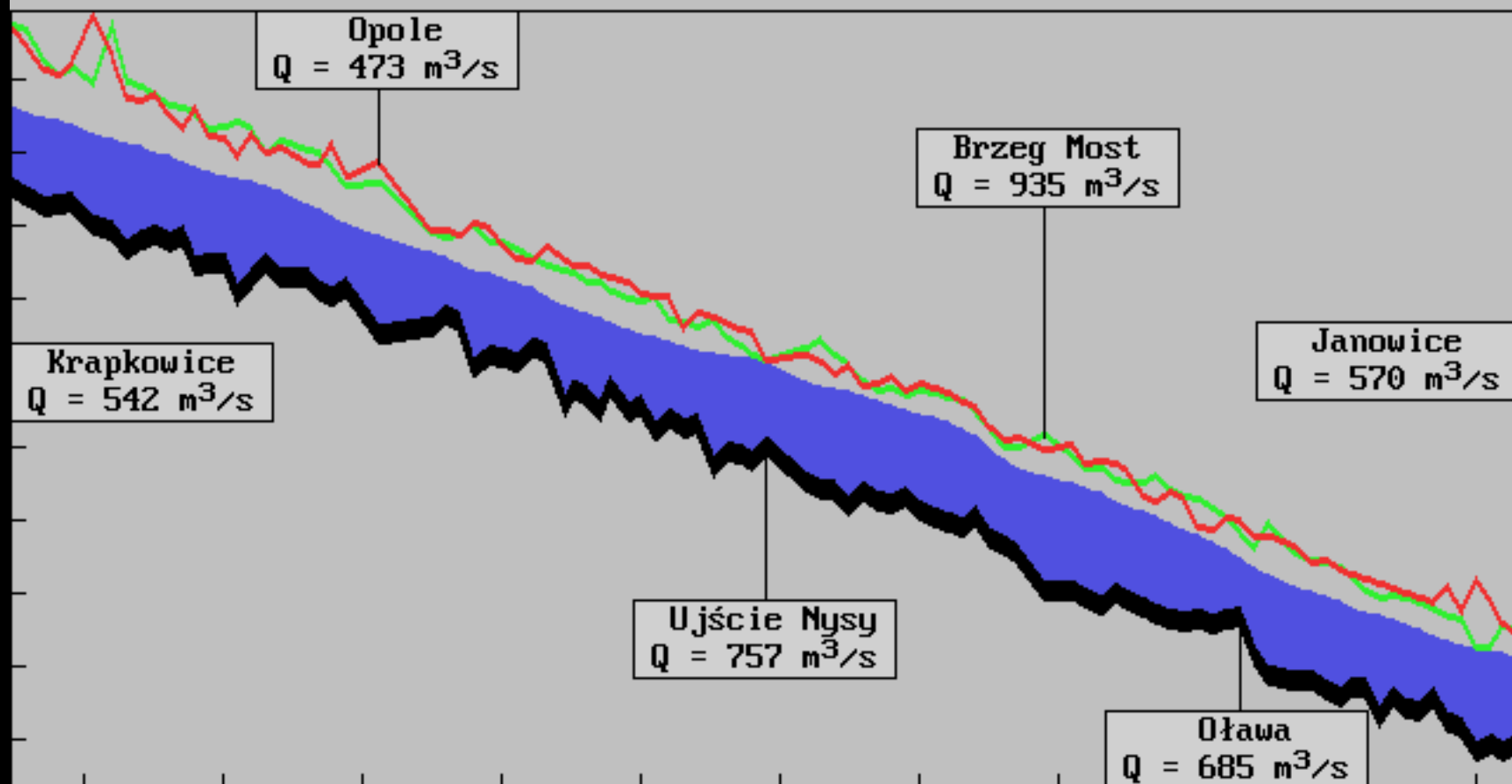
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 160.08 mNN
Q : 542 m³/s
Upływ czasu : 44 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

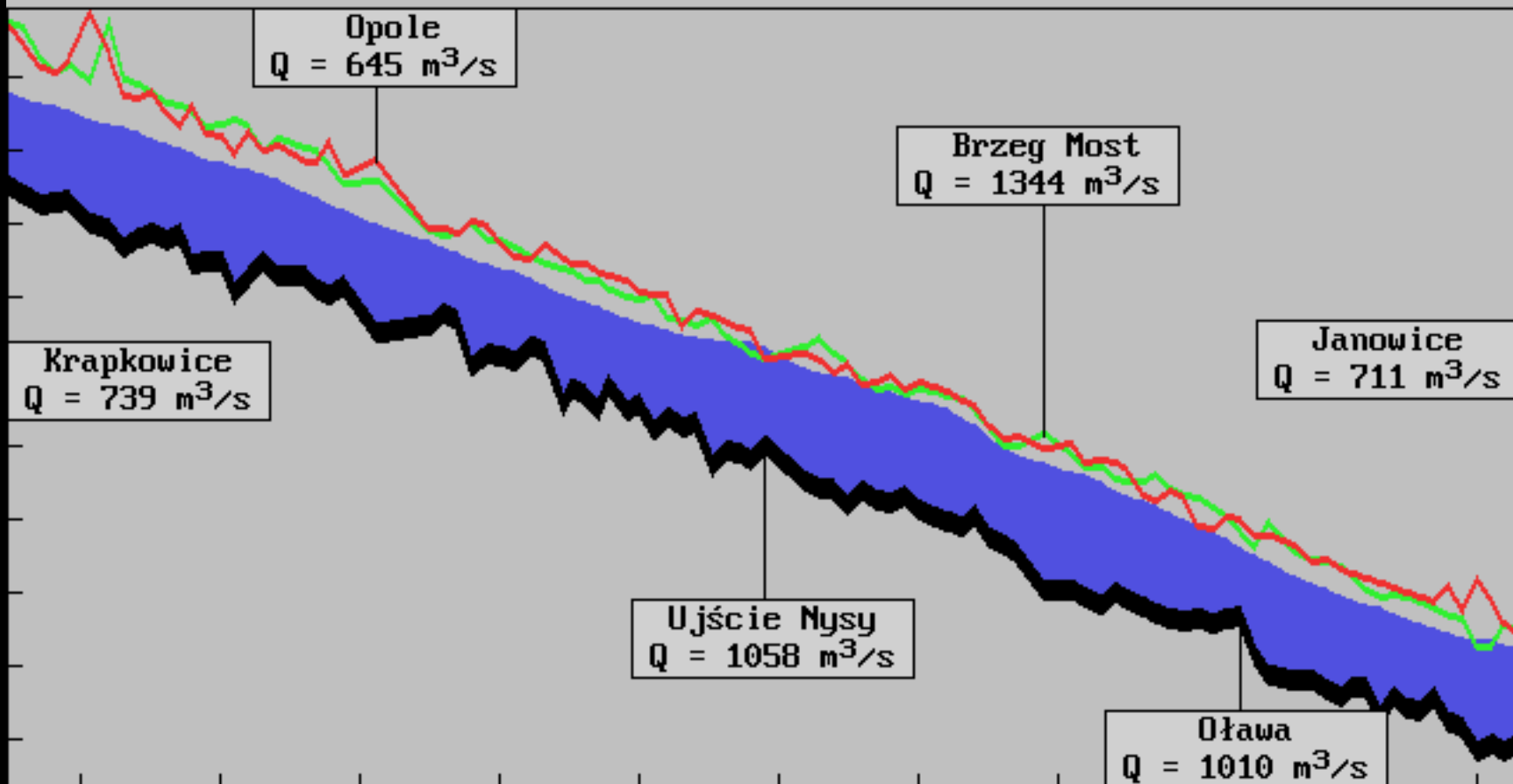
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 160.89 mNN
Q : 739 m³/s
Upływ czasu : 64 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

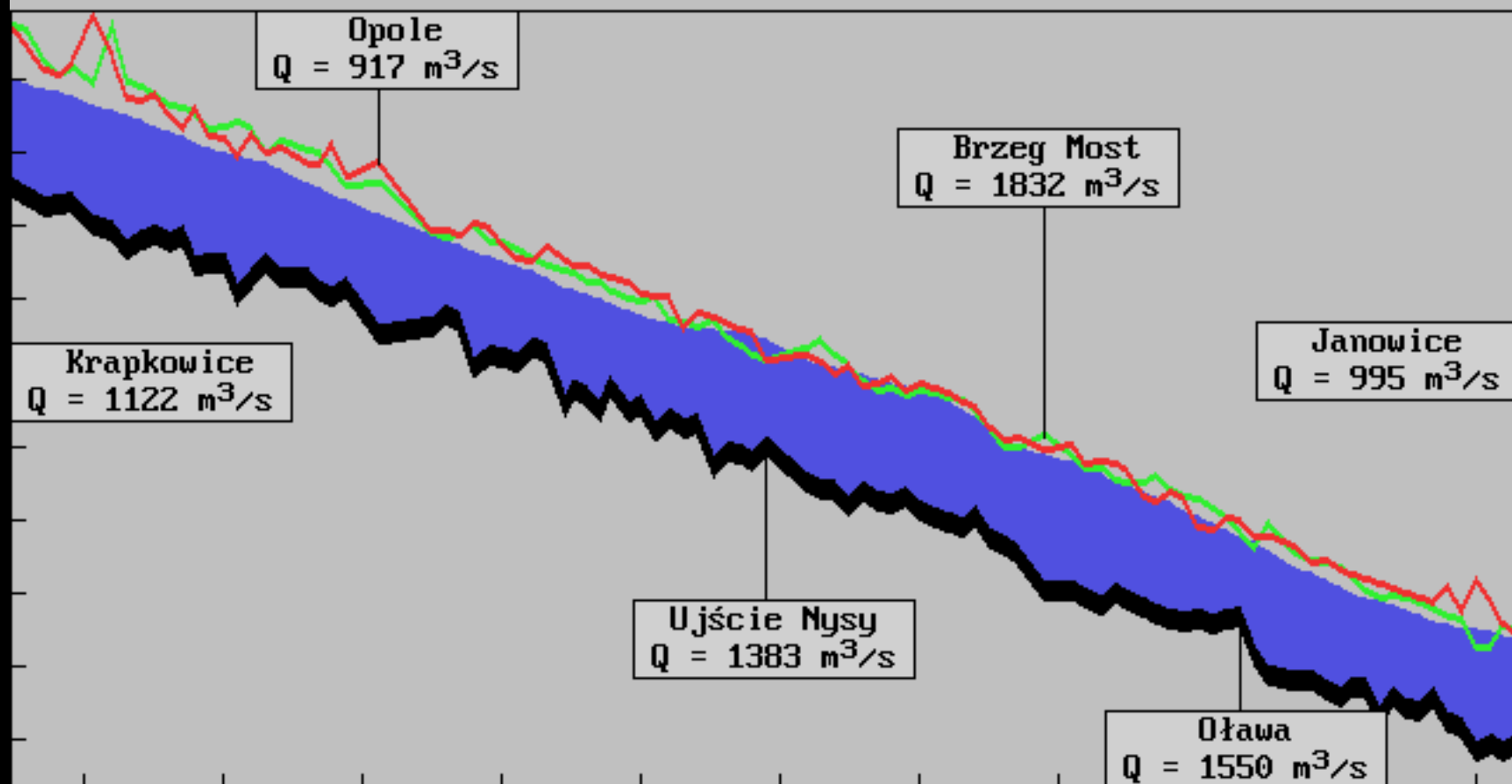
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 161.99 mNN
Q : 1122 m³/s
Upływ czasu : 84 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

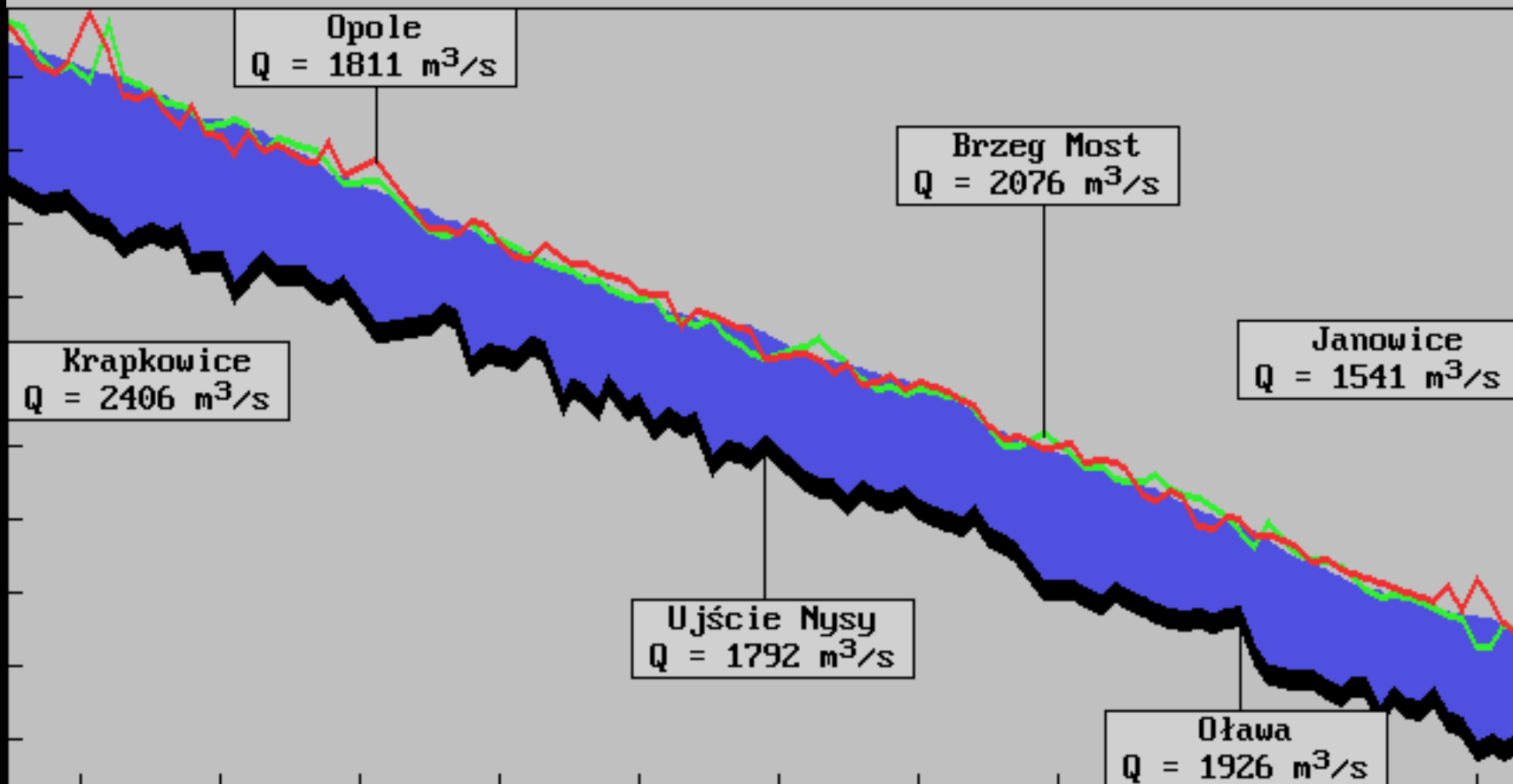
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 164.28 mNN
Q : 2406 m³/s
Upływ czasu : 104 h

Wyniki: ODRA.WYN

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

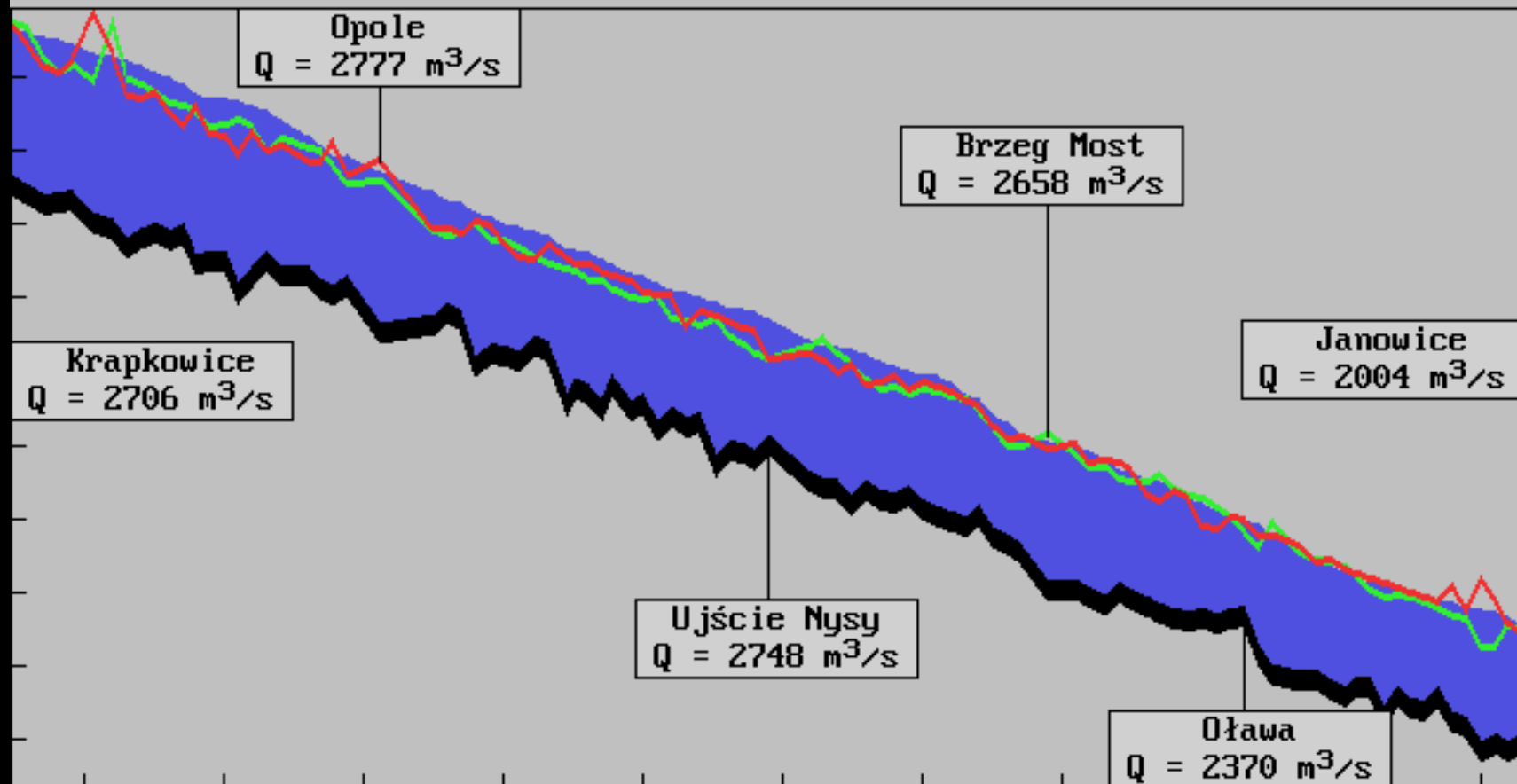
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 165.11 mNN
Q : 2706 m³/s
Upływ czasu : 124 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

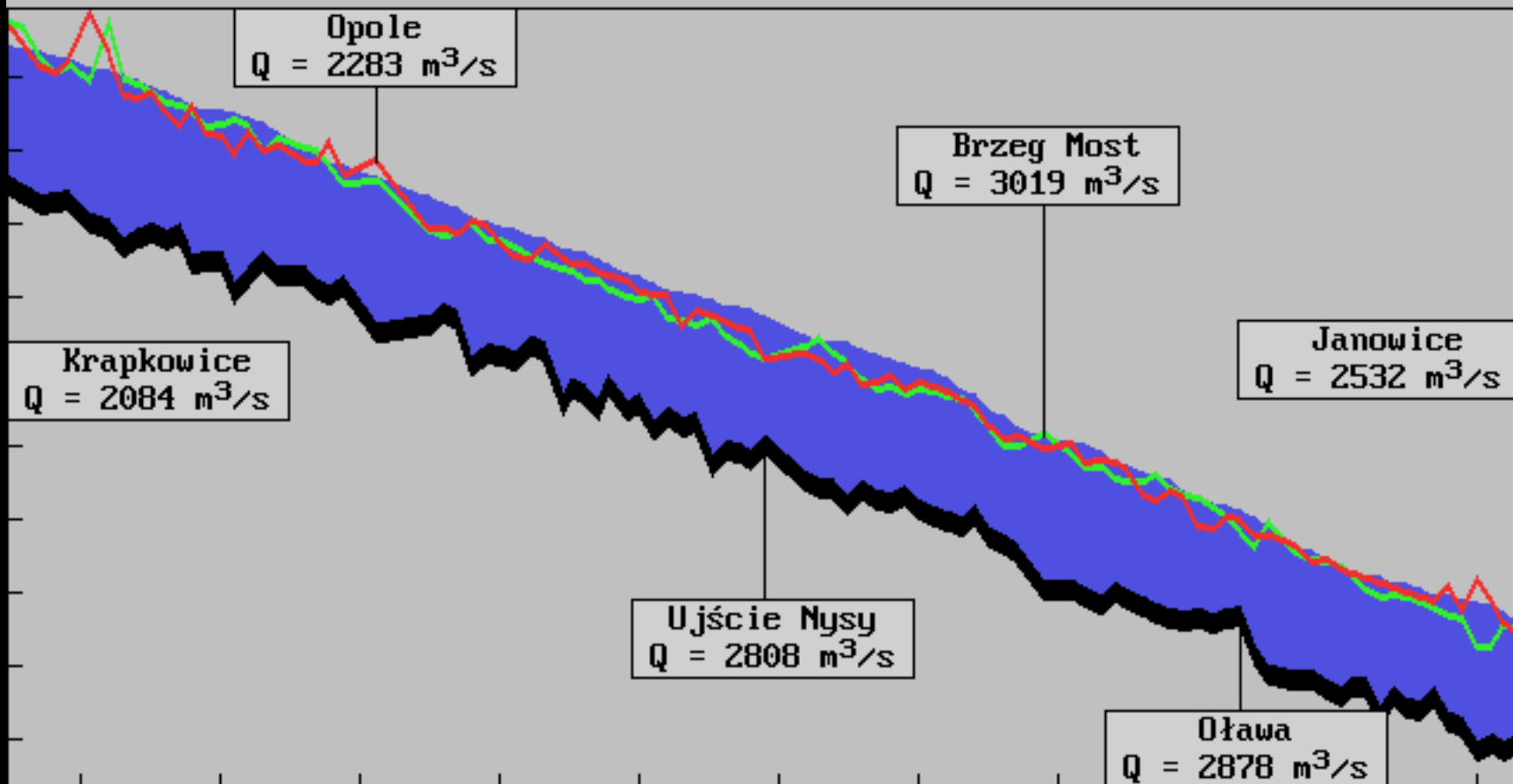
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 164.14 mNN
Q : 2084 m³/s
Upływ czasu : 144 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

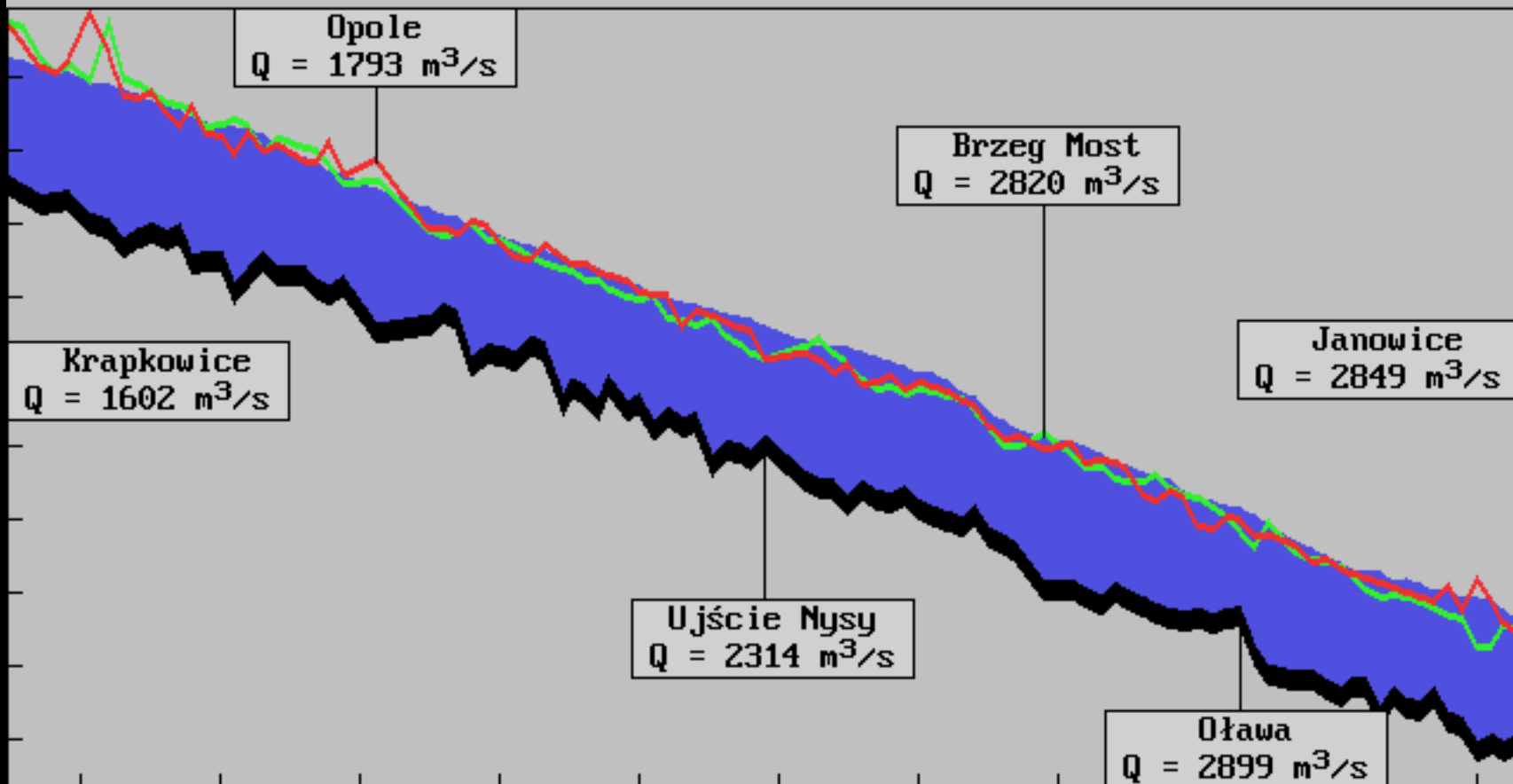
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 163.25 mNN
Q : 1602 m³/s
Upływ czasu : 164 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

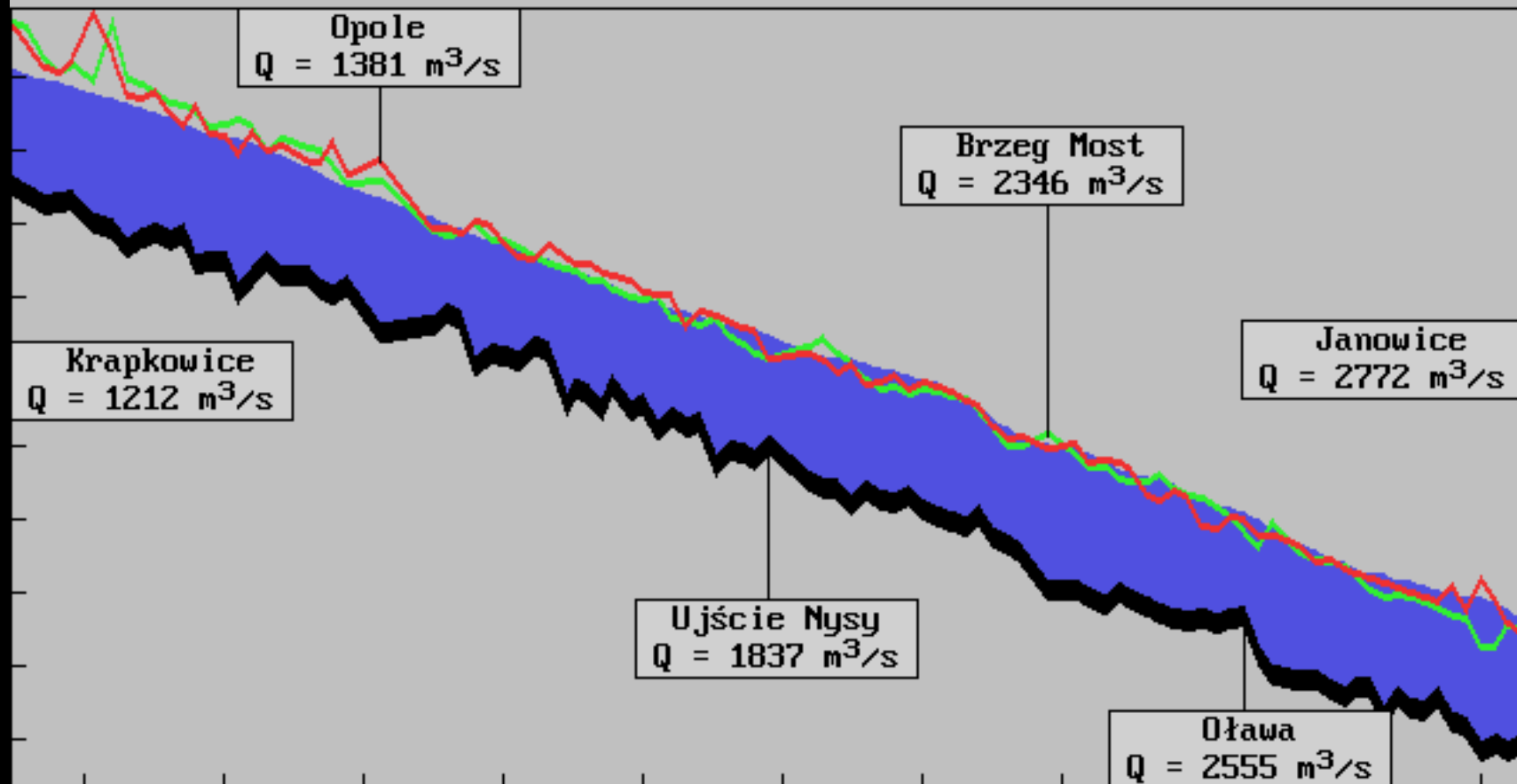
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 162.40 mNN
Q : 1212 m³/s
Upływ czasu : 184 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

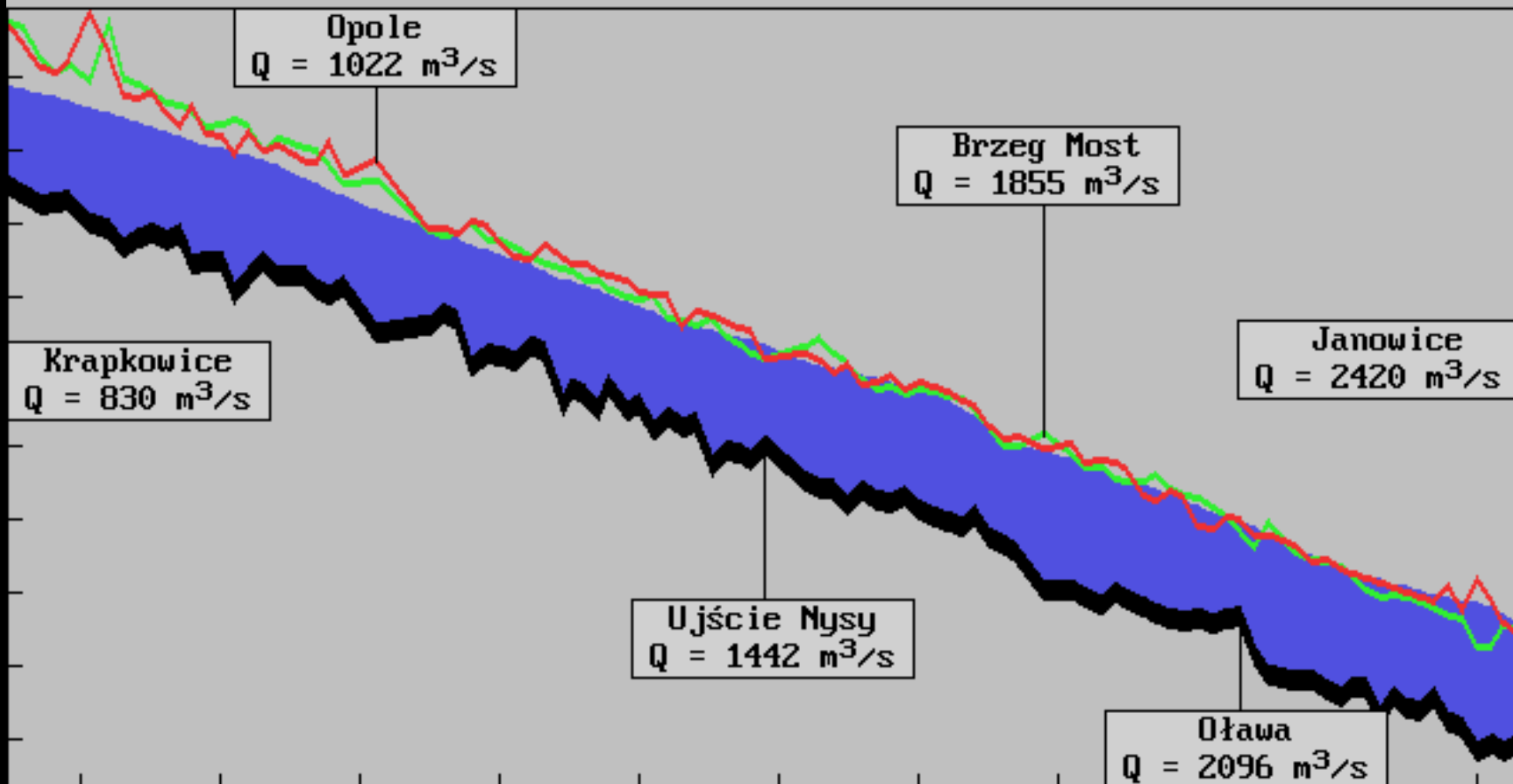
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 161.38 mNN
Q : 830 m³/s
Upływ czasu : 204 h

15.0 m

20.0 km



Pocz. :
km 124.70
Koniec:
km 233.08

Rzeka Odra

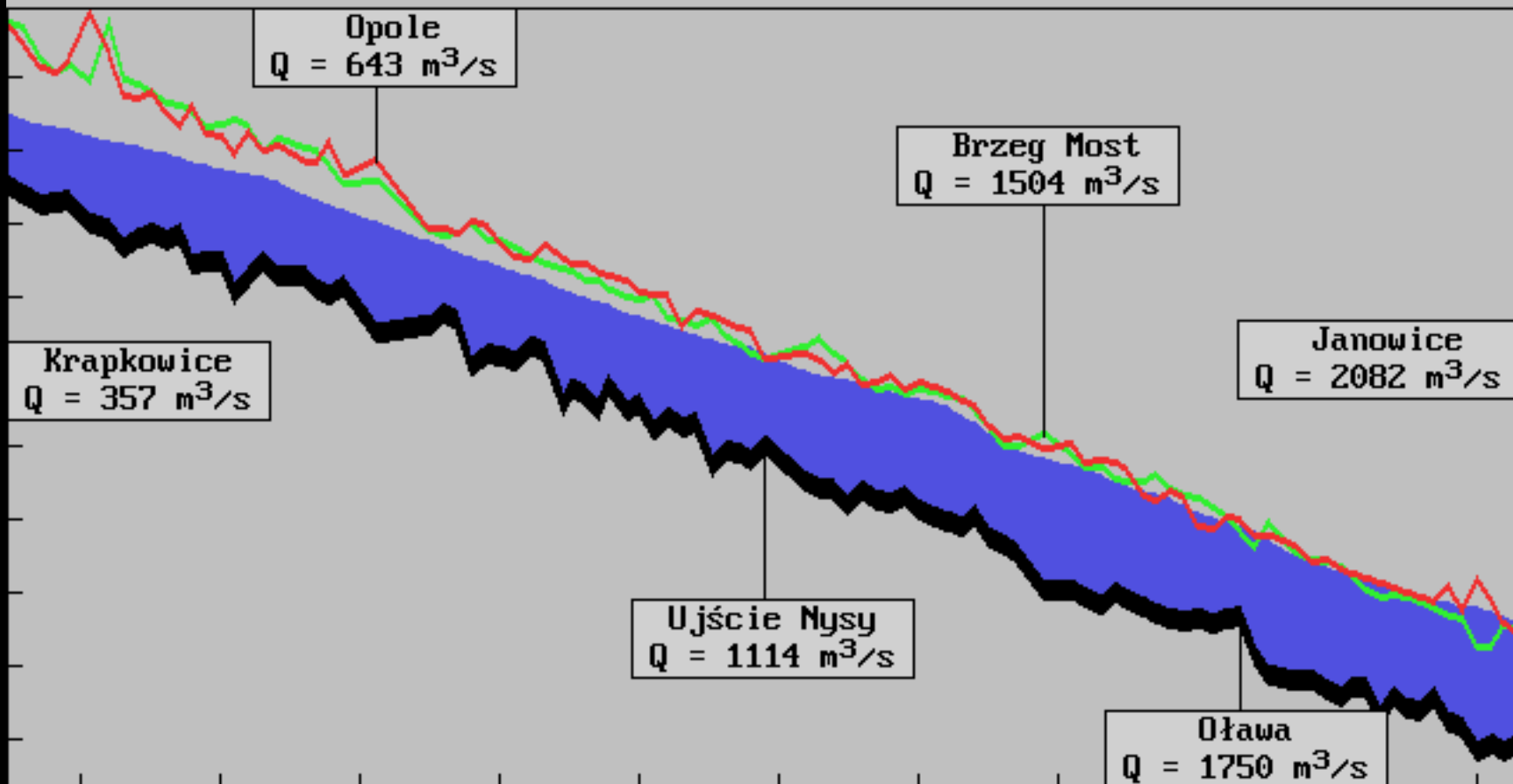
Napełnienie
w profilu podłużnym
Stany chwilowe

Wyniki: ODRA.WYN

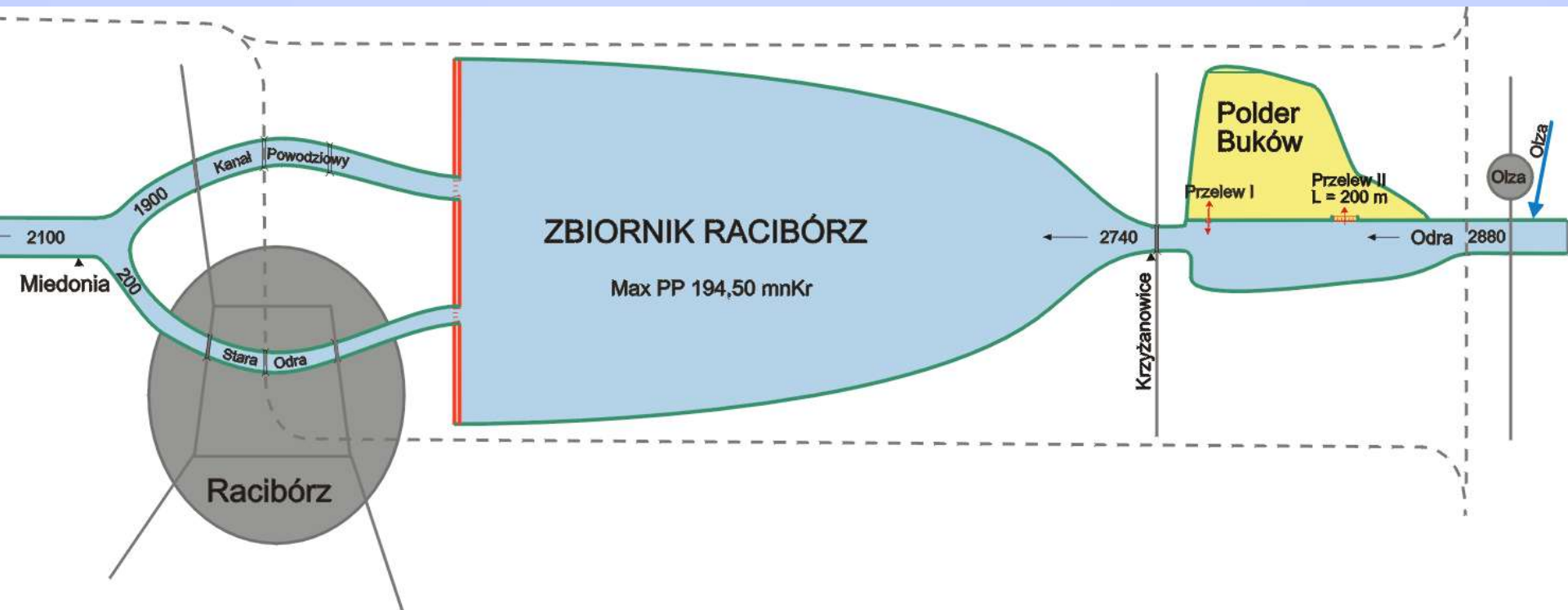
Przekrój : 1
Kilometr : 124.70
Rzędna : 159.35 mNN
Q : 357 m³/s
Upływ czasu : 220 h

15.0 m

20.0 km



Transformacja fali '97 na polderze Buków i zbiorniku Racibórz



Polder Buków – maj 2010 r.



Polder Buków – maj 2010 r.



Odra, polder "Buków" 17 maja po południu. W tym miejscu rano przechodziłem suchą nogą do miejsca przelewowego. Polder "się uruchomił" po raz pierwszy od '97 roku. To nas na razie uratowało.

Fot. Zofia Psota

Polder Buków – maj 2010 r.



Polder 21 maja. Tylko ten konar może świadczyć, że 3 dni temu wody tu było po szyję.

Fot. Jan Psota

Polder Buków – maj 2010 r.





Racibórz – kanał ulgi 8-07-1997r.



Racibórz – 9.07.1997r.

KANAŁ ULGI W RACIBORZU



Racibórz – maj 2010 r.



Racibórz – maj 2010 r.



Koźle – maj 2010 r.

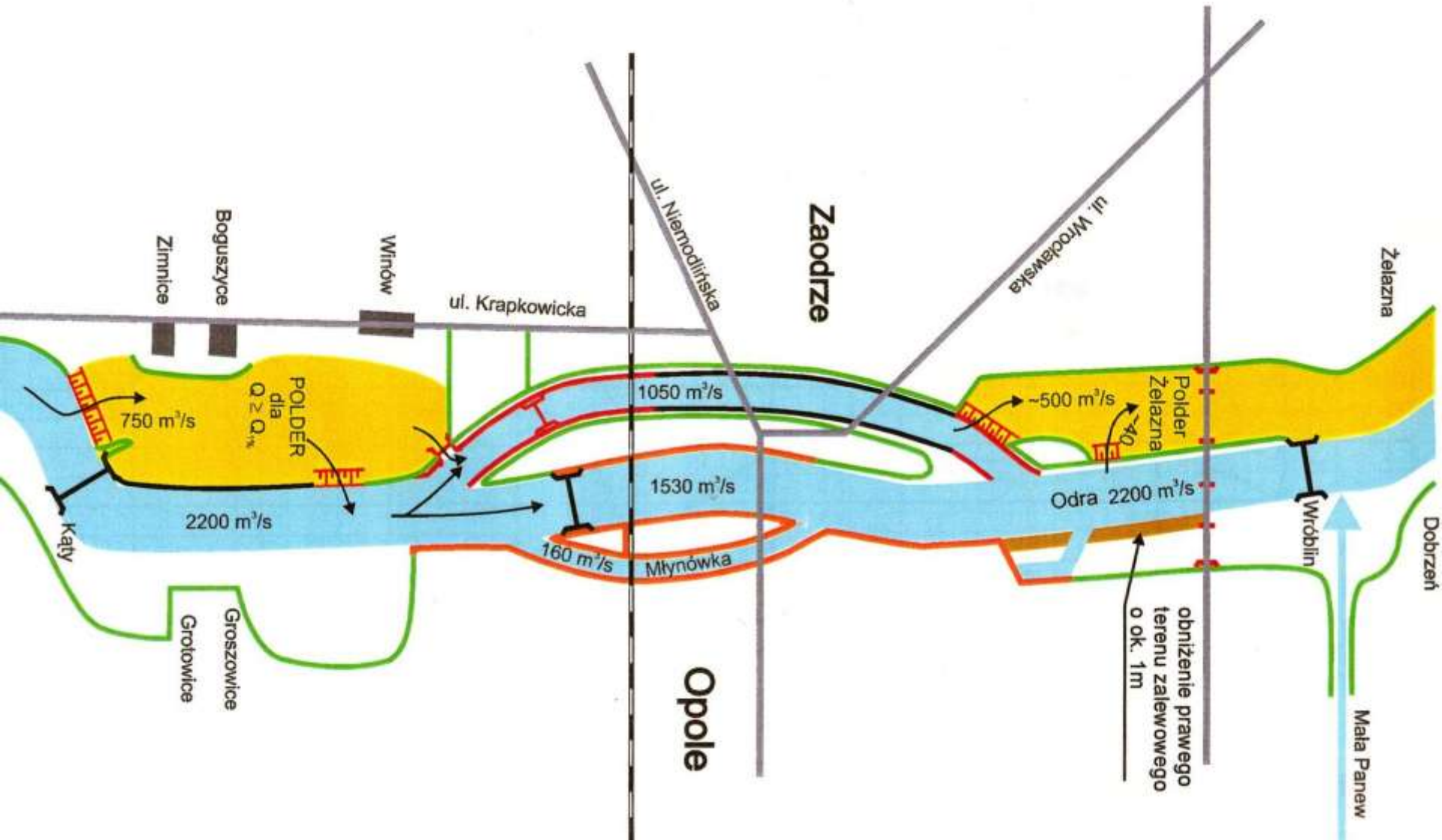


Koźle – maj 2010 r.



Cisek – maj 2010 r.





Koncepcja ochrony od powodzi Opola po wykonaniu modernizacji – Wariant II (z nowym przelewem)



Opole – Odra, 10-07-1997r.



Opole – Zaodrze, lipiec 1997r.



**Kanał ulgi w Opolu
(lata budowy 1999 - 2002)**

Opole – maj 2010 r.



Opole – maj 2010 r.



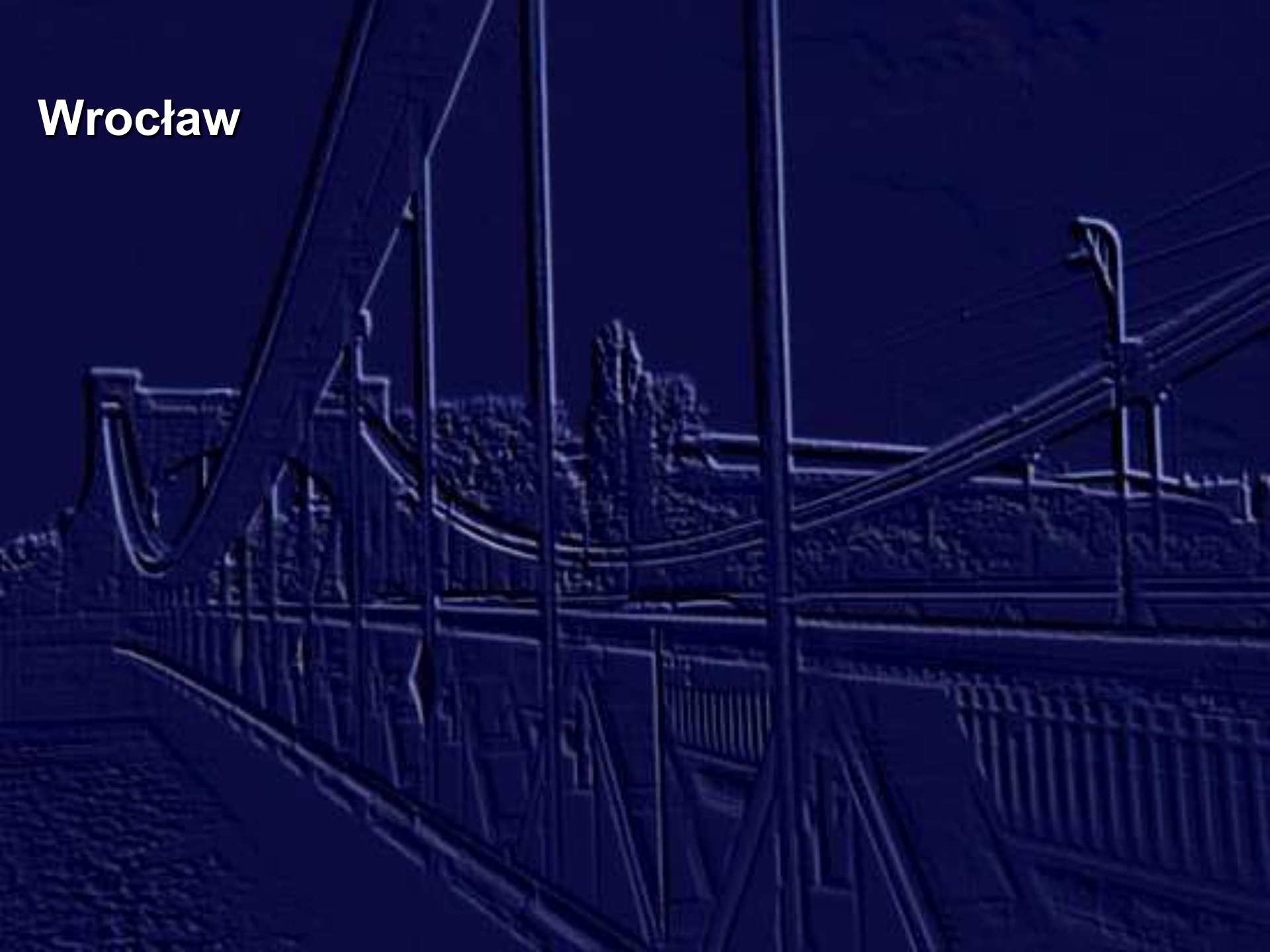
Opole – maj 2010 r.

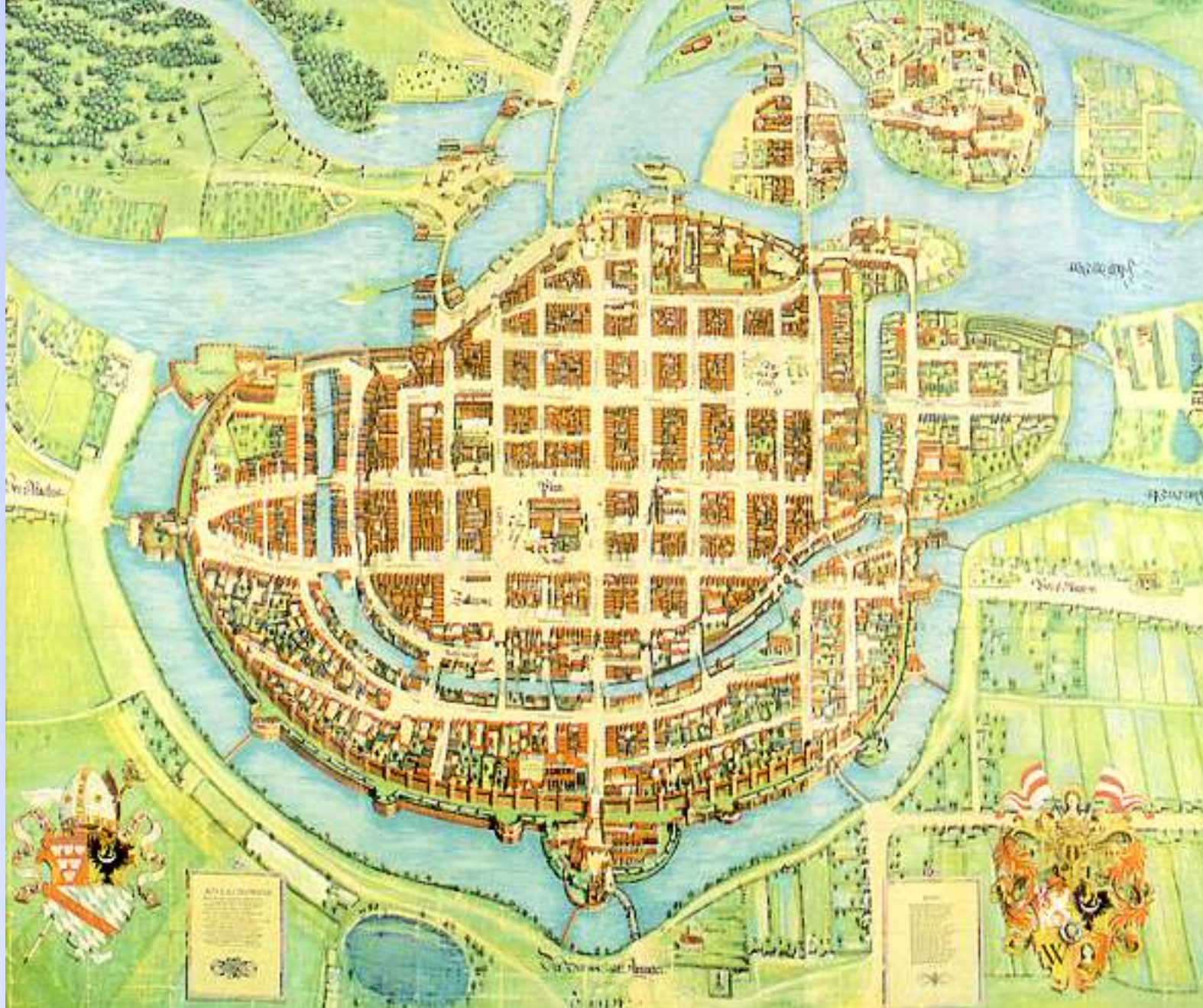


Opole – maj 2010 r.



Wrocław





Wrocław w 1562 roku wg planu Weinerów



**Obrona przed powodzią Wyspy Piaskowej we Wrocławiu
wg grafiki Jana Ulryka Krausego - 1668 r.**

WROCLAW - PLAC POWSTANCÓW WARSZAWY





Ulica Piłsudskiego we Wrocławiu



12-07-1997r.

Most Pomorski przed kulminacją fali



12-07-1997r.

Obrona nabrzeży Odry Miejskiej



12-07-1997r.

Obrona nabrzeży Odry Miejskiej

Siechnice – maj 2010 r.



Wrocław – maj 2010 r.



obwodnica wschodnia

Wrocław – maj 2010 r.



kanal Odra - Widawa

Wrocław – maj 2010 r.



jaz Szczytniki

Wrocław – maj 2010 r.



Wrocław – maj 2010 r.



Wrocław – maj 2010 r.



Wrocław – maj 2010 r.



Wrocław – maj 2010 r.



Wrocław – maj 2010 r.



Kozanów

Wrocław – maj 2010 r.



Rędzin – most tymczasowy (budowa autostrady)

Wrocławski Węzeł Wodny



Mapa zalewów przy istniejącej zabudowie

Wrocławski Węzeł Wodny



Mapa zalewów po wybudowaniu zbiornika Racibórz i modernizacji WWW

Rys. 19 Schemat modelowanego odcinka Brzeg Most - Brzeg Dolny z naniesionym rozdziałem przepływów dla wariantu IV (Qm i Qk fala '97 ze zb. Racibórz)

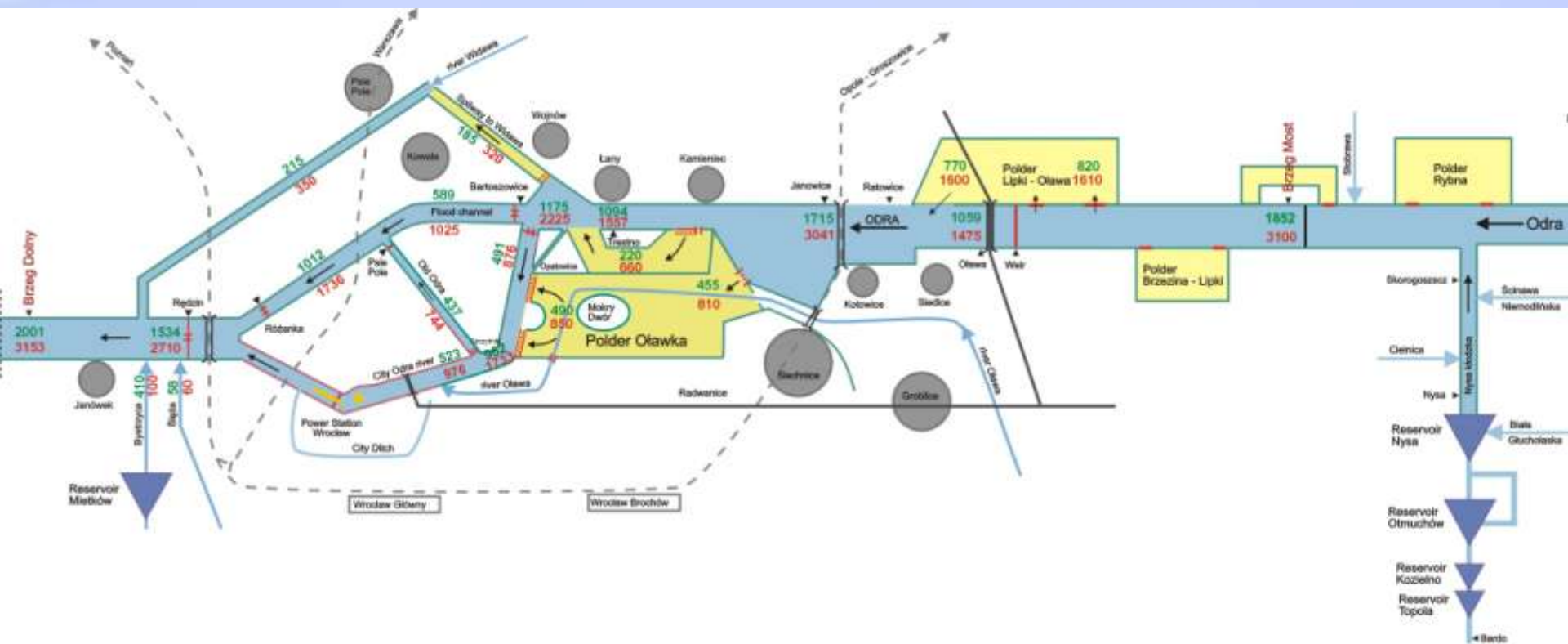


Fig. 19 Scheme of modelled section Brzeg Most – Brzeg Dolny With marked flow distribution for variant IV (Qm and Qk vave '97 with zb. Racibórz res.)

Stany wody w czasie kulminacji w lipcu 1997 r. i w maju 2010 r.

| Nazwa wodowskazu | H ^{97'} | H ²⁰¹⁰ | ΔH [cm] | p [%] | Q [m ³ /s] | Uwagi |
|---------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------|--------------------------|-------------------------|
| Chałupki | 705 | 650 | -55 | ~3,0 | ≈ 2150 | pon. ujścia Olzy |
| Krzyżanowice | 912 | 894 | -16 | 0,75 | | |
| Miedonia | 1045 | 884 | -161 | 0,75 | 1800 | |
| Koźle | 947 | 800 | -147 | ~0,5 | | |
| Krapkowice | 1032 | 822 | -210 | 0,85 | 1800 | |
| Opole | 777 | 606 | -171 | 0,75 | 1800 | |
| Ujście Nysy | 768 | 720 | -48 | | 1950 | |
| Brzeg Op. | 730 | 728 | -2 | 1,10 | 1950 | |
| Oława | 766 | 765 | -1 | | 1330 ^x | bez polderu Lipki-Oława |
| Trestno | 724 | 658 | -66 | 1,10 | 2100 | |
| Ścinawa | 732 | 665 | -67 | 0,85 | | |
| Głogów | 712 | 683 | -29 | 0,80 | | |
| Nowa Sól | 681 | 654 | -27 | | | |
| Cigacice | 682 | 649 | -33 | | | |
| Połęcko | 595 | 554 | -41 | ~3,0 | 2250 | z krzywej konsumcyjnej |

Wisła – 2010 r.

| Nazwa wodowskazu | p [%] | Q [m³/s] |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------|
| Kraków | ~ 0,7 | 2330 |
| Szczucin | ~ 3,5 | 5010 |
| Sandomierz | ~ 4,0 | 5270 |
| Dęblin | ~ 3,0 | 6200 |
| Warszawa | ~ 2,5 | 5990 |
| Kępa Polska | ~ 1,7 | 6960 |

Wnioski (1)

Analiza przebiegu powodzi w lipcu 1997 roku oraz powodzi w 2010 roku skłania do następujących ocen i wniosków

1. Wielka powódź w lipcu 1997 roku osiągnęła najwyższe poziomy napełnienia koryta i doliny Odry w stosunku do obserwacji z XIX i XX wieku. Podobnie jak w 1903 roku meteorologiczne warunki sprzyjające opadom powodziowym wystąpiły w Europie Środkowej w pierwszej dekadzie lipca. Intensywne opady objęły górskie obszary dorzecza Nysy Kłodzkiej i Odry, jednakże w 1903 roku ulewne deszcze wystąpiły w dniach 8, 9 i 10 lipca a suma opadów z okresu 5-14.07 jedynie lokalnie osiągnęła 400mm, natomiast w lipcu 1997 roku największe opady wystąpiły w dniach 6, 7 i 8 lipca a ich suma z okresu 5-9 lipca przekroczyła 500mm na znaczącej części górskiego dorzecza Odry i Nysy Kłodzkiej.

2. Istniejący w dolinie Odry system ochrony od powodzi, budowany w drugiej połowie XIX wieku (po powodzi w 1854 roku) i w pierwszych dekadach XX wieku (po powodzi w 1903 roku) był planowany na podstawie obliczeń i ocen odnoszących się do owych zdarzeń, toteż nie był przygotowany na przyjęcie fali przekraczającej o 50% największe powodzie historyczne.

Wnioski (2)

Analiza przebiegu powodzi w lipcu 1997 roku oraz powodzi w 2010 roku skłania do następujących ocen i wniosków

3. Obserwacje bezpośrednie oraz wyniki analiz stanowiły podstawę do określenia najpilniejszych działań dla poprawy ochrony od powodzi, które zostały objęte „Programem dla Odry - 2006”; opracowano plany ochrony od powodzi miast Raciborza, Koźła, Opola i Wrocławia oraz określono miejsca na poldery i zbiorniki retencyjne. Określono wpływ tych obiektów na przebieg fali odpowiadającej powodzi z 1997 roku.

4. **Powódź z maja i czerwca 2010 r. potwierdziła poprawność rozwiązań projektowych zastosowanych dla obiektów hydrotechnicznych zrealizowanych w ramach „Programu dla Odry-2006”.**

W obrębie obiektów poddanych modernizacji (Racibórz, Koźle, Opole) nastąpiło obniżenie poziomu wody o około 150 cm w stosunku do stanu z lipca 1997 r.

Wnioski (3)

Analiza przebiegu powodzi w lipcu 1997 roku oraz powodzi w 2010 roku skłania do następujących ocen i wniosków

5. Katastrofalna powódź, która wystąpiła w Polsce w 2010 r. spowodowała wielkie zniszczenia w dorzeczu i w dolinie Wisły górnej i środkowej, chociaż wielkości przepływów kulminacyjnych osiągały przepływ miarodajny dla kl II ($p=1\%$, Kraków) bądź oscylowały w otoczeniu $Q_p \sim 2\%$ na Wiśle środkowej (Rys. 7) wg [11].

6. W celu zapewnienia optymalnego wykorzystania istniejących i nowo wznoszonych obiektów służących ochronie od powodzi w dorzeczu i dolinie Odry i Wisły należy:

- doskonalic monitoring meteorologiczny i hydrologiczny,
- stworzyc nowoczesny, system ostrzegania i ratownictwa dostosowany do struktury administracyjno – samorządowej,
- zbudowac integralny komputerowy model wspomagajacy podejmowanie decyzji w czasie powodzi.



Dziękuję za uwagę

dr hab. inż. Czesław Szczegielniak