



# Zarządzanie wodami opadowymi w obszarach zurbanizowanych

**Dr hab.inż. Jadwiga Królikowska, prof.PK**

**Kraków, 2026**

**Wody opadowe – temat który powinien interesować  
wszystkich !!!!!**

**Opad jest podstawowym źródłem wody w mieście  
i początkiem wielu pozytywnych procesów w jego  
przestrzeni.**



**Wody opadowe są z ekonomicznego i przyrodniczego punktu widzenia zasobem naturalnym, tj. zasobem zaliczanym do bogactw naturalnych, sił przyrody oraz walorów środowiska decydujących o jakości życia człowieka.**





***„Woda nie jest produktem handlowym takim jak każdy inny, ale raczej dziedzictwem, które musi być chronione”  
czytamy w Ramowej Dyrektywie  
Wodnej.***



**Nie możemy dalej traktować wody opadowej jako  
odpadu, który trzeba jak najszybciej odprowadzić  
z miasta.**

**Zwłaszcza w kontekście coraz częstszych susz,  
degradacji gleb i zmniejszających się zasobów  
wodnych.**

**Tylko systemowe podejście, integrujące kwestie  
urbanistyki, hydrologii, ekologii i ekonomii, daje  
szansę na realną zmianę.**



**Każdego roku w Polsce spada podobna ilość deszczu,  
ale wzrasta częstotliwość deszczy ulewnych.  
Mniej jest spokojnych, deszczowych dni, a okresy bez  
opadów się wydłużają.**

***W wielu miejscach o połowę skrócił się okres zalegania  
pokrywy śnieżnej. A to właśnie śnieg, topniejąc powoli,  
wiosną był ważnym źródłem wody gromadzonej w  
glebie.***



**Kłodzko, 2024**

**Jak bardzo wzrasta intensywność susz?**  
**W latach 1951–1981 susze wypadały średnio co pięć lat.**  
**W latach 1982–2011 średnio co dwa lata.**  
**Od 2013 notujemy w Polsce susze co roku.**

**Susza na każdym etapie jest istotnym obciążeniem dla środowiska, społeczeństwa i gospodarki.**

**Warto pamiętać, że susza – w ujęciu obiegu wody w cyklu globalnym – jest też stałym elementem sezonowej zmienności warunków hydrologicznych na danym terenie.**



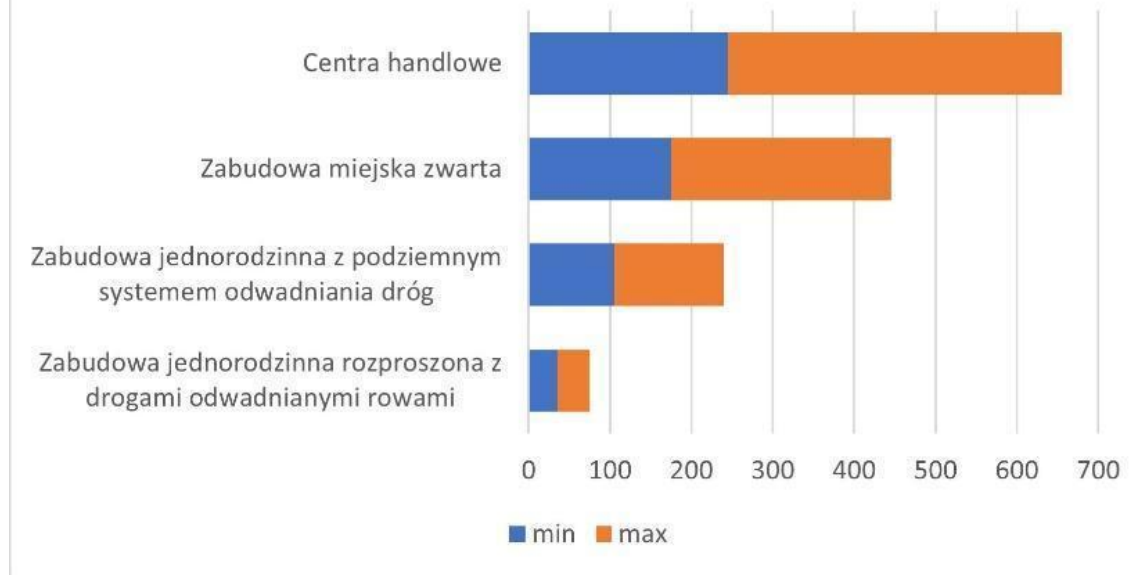
Mieszkańcy miast stanowią ponad 60% ludności Polski, dlatego też realizacja celów z zakresu zrównoważonego rozwoju (w tym zagospodarowania wód opadowych) wymaga w dużej mierze podjęcia **działań w obszarach miejskich.**

Miasta są szczególnymi obszarami pod względem gospodarki wodnej - ze stosunkowo niewielkich powierzchni generowane są **nieproporcjonalnie wysokie objętości i wysokie szczytowe natężenia spływu.**

Dodatkowo, są one **źródłem zanieczyszczeń,** które bardzo negatywnie oddziałują na naturalne odbiorniki wodne oraz na ich ekosystemy.



## Ile stracimy wody w m<sup>3</sup> w ciągu roku z hektara



Ilość wody utraconej w ciągu roku wskutek uszczelniania powierzchni<sup>3</sup>  
*Janusz Łomotowski, Odwadnianie terenów, 2013*

**Szacuje się, że z terenu mocno uszczelnionej powierzchni miasta tylko do 15% wód opadowych dostaje się do płytszych i głębszych warstw wód podziemnych, podczas gdy z terenów luźno zagospodarowanych do wód podziemnych dostaje się ich około 50%.**



Miarą wartości wód opadowych, jako cennego zasobu wód miejskich, jest **umiejętność ich wykorzystania:**

- w budowie odporności klimatycznej miast w powiązaniu ze wzrostem jakości życia, głównie na bazie rozwoju **zielono-niebieskiej** infrastruktury,
- a także w rozwoju rolnictwa miejskiego, wspierającego zarówno odporność klimatyczną jak i skracającego łańcuchy dostaw żywności



## Warto zatem skupić uwagę na tych kwestiach, które wymagają jednocześnie:

- poszerzenia zakresu współpracy sektora gospodarki wodnej, w tym wodno-ściekowej, z przyrodnikami, architektami krajobrazu i z sektorem rolno-leśnym
- rozwoju metod oceny wielkości i czasowej zmienności tego zasobu w perspektywie krótko oraz średniookresowej, **a także oceny potencjału miast do retencji i ograniczenia spływu powierzchniowego**



Tak zintegrowana gospodarka wodami opadowymi wykracza poza konwencjonalne systemy odwadniania, proponując zamiast tego kompleksową **ochronę zasobów wodnych.**

Wymaga to wszechstronnej analizy całego systemu, aby lepiej zrozumieć potencjalne skutki działań na danym terenie miasta, tworząc tym samym katalog wielu rozwiązań zarządzania wodą opadową do stosowania w różnych kombinacjach



**Podstawą wszystkich koncepcji zrównoważonego rozwoju systemów odwodnienia jest zatrzymanie bądź spowolnienie spływu wód opadowych, działania na rzecz poprawy warunków hydrologicznych, a przede wszystkim, działania ukierunkowane na procesy spowolnienia krążenia wody w krajobrazie miejskim.**



**Krajobraz miast powinien działać jak gąbka**



**Zwiększyć powierzchnię obszarów, które wchłaniają i zatrzymują wodę w miejscu opadu**



Konieczne jest dążenie do odtworzenia hydrogramu odpływu, który występował na danej zlewni przed urbanizacją, co wymaga powiązania zieleni z wodą.



## odbudowy naturalnych systemów wodnych oraz implementacji rozwiązań retencyjnych

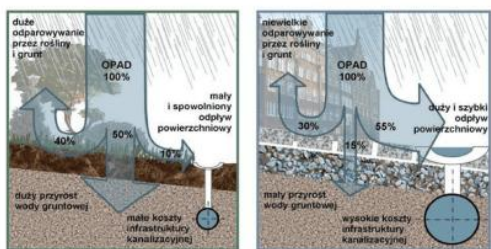
ANNA JANUCHTA-SZOSTAK  
WYDZIAŁ ARCHITEKTURY  
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

### Powody:

- Industrializacja,
- Wzrost populacji miast,

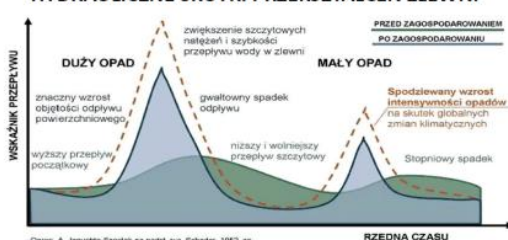
### Skutki:

- Zagęszczanie zabudowy i rozwój infrastruktury kosztem terenów otwartych i struktur zieleni,
- Zagęszczanie kwartałów,
- Rozbudowa zbiorczych systemów kanalizacji,
- Wzrost uszczelnienia nawierzchni,
- Pogorszenie warunków wegetacyjnych
- Odwodnienie miast,
- Powodzie



POWIERZCHNIA NIEUSZCZELNIONA POWIERZCHNIA USZCZELNIONA (Dr. A. Januchta-Szostak)

### HYDRAULICZNE SKUTKI PRZEKSZTAŁCEŃ ZLEWNI



Opis: A. Januchta-Szostak na podst. rys. Scheider, 1952, sk. Low Impact Development (LID), Washington 2000



www.sbrazy-galeria.pl

# Model zarządzania wodami opadowymi na terenie miasta

opis sytuacji dotyczących spływów powierzchniowych

stan kanalizacji deszczowej i obiektów z nią związanych

stan prawny dotyczący zarządzania siecią, zbiornikami retencyjnymi itp.,

analiza prawną związaną z możliwościami pozyskiwania przez podmiot zarządzający środków na finansowanie działań w gospodarce wodami opadowymi.

ocenę możliwości retencji i infiltracji wód opadowych

opis sieci cieków powierzchniowych

opis rozwiązań opartych na przyrodzie



Oszacowanie potencjału retencyjnego miasta  
Krakowa i ograniczenia spływu powierzchniowego  
przy zastosowaniu BZI i zbiorników retencyjnych oraz  
zapropozowanie sposobu usprawnienia procesu  
planowania i wdrażania elementów BZI na obszarze  
Krakowa opracowała w swoim doktoracie  
*Pani dr inż. Monika Irena ŁĄGIEWKA*



***Błękitno-zielona infrastruktura,  
jej odpowiednie zaprojektowanie  
i zlokalizowanie***



**Skuteczne narzędzie wspierające  
zrównoważoną gospodarkę wodami opadowymi  
w obszarze zurbanizowanym !!!!!.**



Dla wybranych 4 obszarów studialnych zostały wykonane zaawansowane analizy gospodarki wodami opadowymi oraz zaprojektowane rozwiązania BZI, w oparciu o następujące wskaźniki:

- sptyw powierzchniowy dla deszczu miarodajnego i średniorocznego,
  - potencjał retencyjny urządzeń,
  - czas zatrzymania wód opadowych w odniesieniu do deszczu średniorocznego,
  - współczynnik retencji (WR) i
- współczynnik ograniczenia sptywu (WOSP) dla poszczególnych podzlewni



W celu pokazania potencjału poszczególnych urządzeń BZI do retencji wody deszczowej w okresach o niewielkich opadach podzielono pojemność retencyjną urządzenia przez natężenie przepływu policzone dla podlewni obsługiwanej przez to urządzenie

$$T = V_r / Q$$

gdzie:

T – czas zatrzymania, d

$V_r$  – objętość retencyjna, m<sup>3</sup>

Q – objętość spływu powierzchniowego, m<sup>3</sup>/d

Otrzymano w ten sposób czas zatrzymania wody w danym urządzeniu w dobach, przy opadach średniorocznych.

Obliczenia te wykonano dla każdego urządzenia BZI w czterech obszarach studialnych



Współczynnik retencji (WR) jest miarą pojemności retencyjnej możliwą do uzyskania na powierzchni 1000 m<sup>2</sup> danej podzlewni, wyrażoną w m<sup>3</sup>.

Współczynnik dla każdej z analizowanych podzlewni został obliczony, jako iloraz sumarycznej pojemności retencyjnej uzyskanej dla tej podzlewni po wprowadzeniu urządzeń (BZI lub zbiorników) dla deszczu miarodajnego o czasie trwania 15 min i prawdopodobieństwie wystąpienia 1 raz na 10 lat i powierzchni zredukowanej danej podzlewni.

$$WR = V_r / (F \cdot \psi)$$

gdzie:

WR – współczynnik retencji, m<sup>3</sup>/ha

V<sub>r</sub> – objętość retencyjna, m<sup>3</sup>

F – powierzchnia rzeczywista zlewni, m<sup>2</sup>

ψ – współczynnik spływu, -



Współczynnik ograniczenia spływu prezentuje zmniejszenie objętości spływu w  $\text{dm}^3/\text{s}$  z powierzchni 1 ha danej podzlewni. spływu, -

Został obliczony jako iloraz uzyskanej wartości zmniejszenia objętości spływu i powierzchni zredukowanej podzlewni

$$\text{WOSP} = V_{\text{sp}} / (F \cdot \psi)$$

gdzie:

WOSP – współczynnik ograniczenia spływu,  $\text{m}^3/\text{ha}$

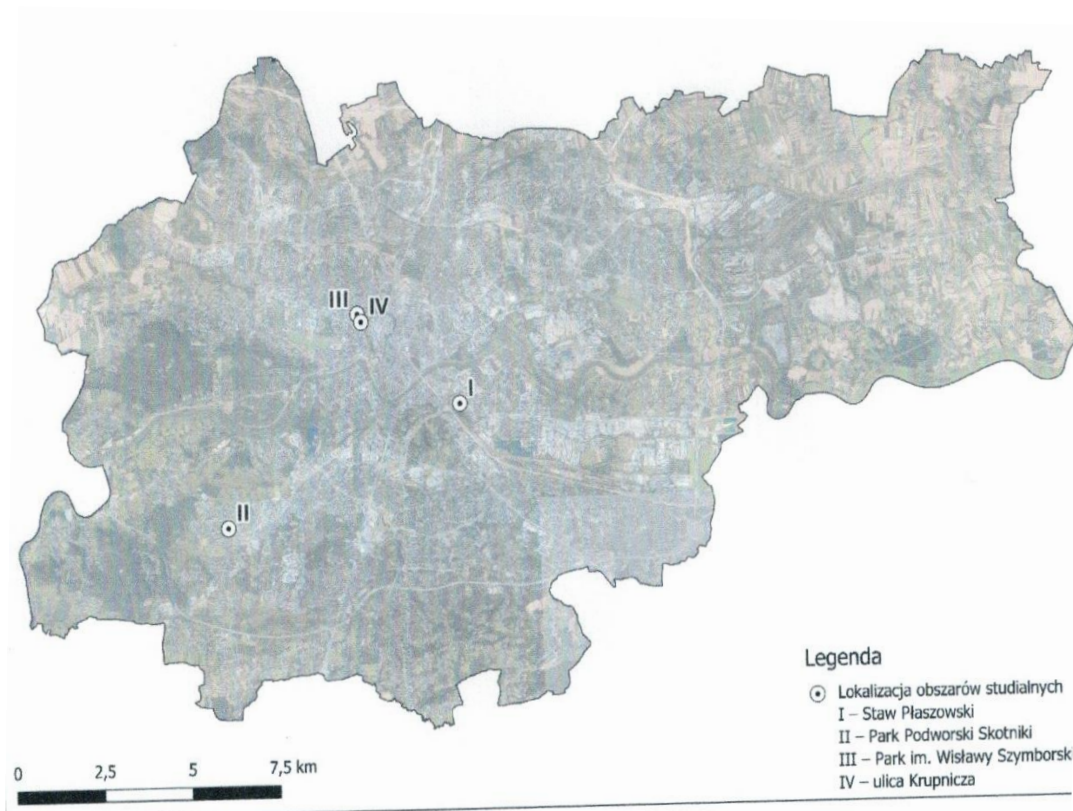
$V_{\text{sp}}$  – zmniejszenie objętości spływu,  $\text{dm}^3/\text{s}$

$F$  – powierzchnia rzeczywista zlewni,  $\text{m}^2$

$\psi$  – współczynnik spływu, -



Przy wyborze obszarów studialnych brano pod uwagę formę zagospodarowania i pokrycia terenu, stopień urbanizacji oraz pełnioną funkcją obszaru, a także możliwość wprowadzenia lub przeanalizowania jak największej liczby różnorodnych rozwiązań w zakresie gospodarki wodami opadowymi.



**Obszar studialny I zlokalizowany jest w dzielnicy XIII Podgórze, w cennej pod względem przyrodniczym i krajobrazowym części miasta. W jego pobliżu znajduje się m.in. kopiec Kraka, wzgórze Lasoty, kamieniołom Libana oraz rezerwat przyrody Bonarka.**

**Obszar studialny I obejmuje teren miejskiego targowiska „Tandety” wraz z przylegającym do niego parkingiem.**



**Teren obszaru studialnego I znajduje się przy południowym skraju pradoliny Wisły, co czyni go bezpośrednio narażonym na potencjalne oddziaływanie rzeki.**

Błękitno-zielona sieć jako narzędzie zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi miasta Krakowa Autor: mgr inż. Monika Irena Łągiewka, 2025



Rysunek 7.5. Analiza wykonana przy użyciu aplikacji SCALGO Live obrazująca ścieżki spływu oraz potencjalne miejsca akumulacji wód deszczowych na obszarze studialnym I – Staw Płaszowski (opracowanie własne)



Rysunek 7.6. Podzlewnie cząstkowe wyznaczone na obszarze studialnym I – Staw Płaszowski (opracowanie własne na podstawie aplikacji Scalgo Live i ortofotomapy zaktualizowanej w 2023 r.)



# Projekt zagospodarowania wód opadowych



Rysunek 7.7. Koncepcja zagospodarowania obszaru studialnego I – Staw Płaszowski (opracowanie własne na podkładzie ortofotomapy zaktualizowanej w 2023 r.)

Błękitno-zielona sieć jako narzędzie zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi miasta Krakowa Autor: mgr inż. Monika Irena Łągiewka, 2025



**Tabela 7.9.** Zestawienie objętości retencyjnej zaprojektowanych urządzeń BZI oraz objętości wód deszczowych spływających z poszczególnych podzlewni dla deszczu miarodajnego o  $t=15$  min i  $C=10\%$

Podzlewnia	Urządzenie BZI	Objętość retencyjna urządzenia $V_r$ , $m^3$	Objętość wód deszczowych spływających z podzlewni w czasie $t=15$ min, $m^3$
Z1	PB	71	<b>131</b>
	NF	16	
	<b>Suma</b>	<b>87</b>	
Z2	OD (OD-1÷OD-6)	<b>172</b>	<b>171</b>

**Tabela 7.10.** Czas zatrzymania wód deszczowych w zaprojektowanych urządzeniach BZI, dla średniorocznej sumy opadów

Podzlewnia	Urządzenie BZI	Czas zatrzymania, d
Z1	PB	9
	NF	
Z2	OD (OD1÷OD6)	13

**Tabela 7.11.** Zestawienie współczynników WOSP i WR dla poszczególnych podzlewni

Podzlewnia	Zmniejszenie objętości spływu, $m^3$	Współczynnik ograniczenia spływu, WOSP, $dm^3/s\cdot ha$	Współczynnik retencji, WR, $m^3/ha$
Z1	87,00	180,84	162,75
Z2	171,88	274,66	247,20

Błękitno-zielona sieć jako narzędzie zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi miasta Krakowa Autor: mgr inż. Monika Irena Łągiewka, 2025



**Tabela 11.2.** Wartości współczynnika WOSP i WR obliczone dla poszczególnych klas pokrycia terenu z uwzględnieniem zastosowanych rozwiązań

	Dachy zbiornik	Dachy BZI	Zieleń niska	Zieleń wysoka	Nawierzchnia nieprzepuszczalna zbiornik	Nawierzchnia nieprzepuszczalna BZI	Nawierzchnia przepuszczalna
WOSP, dm <sup>3</sup> /s·ha	705,47	207,07	129,55	206,05	683,03	195,31	129,55
WR, m <sup>3</sup> /ha	634,92	186,52	73,16	209,55	584,24	188,02	73,16

Błękitno-zielona sieć jako narzędzie zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi miasta Krakowa Autor: mgr inż. Monika Irena Łągiewka, 2025

**Wartości współczynników WOSP i WR dla każdej z podzlewni w czterech obszarach studialnych pozwoliły oszacować wartości określające potencjał ograniczenia spływu (WOSP) oraz retencji (WR) możliwy do uzyskania na 1 ha powierzchni dla poszczególnych klas pokrycia terenu**



# Wartości współczynników obliczone dla każdej podzlewni poszczególnych obszarów studialnych Autorka uśrednia dla całego miasta w odniesieniu do stopnia urbanizacji każdej z dzielnic Krakowa.

**Tabela 11.3.** Procentowy udział zastosowania dwóch typów urządzeń (zbiornik retencyjny i BZI) przy uwzględnieniu stopnia urbanizacji poszczególnych dzielnic Krakowa

Nr dzielnicy	Nazwa dzielnicy	Udział klas pokrycia: dachy i nawierzchnia nieprzepuszczalna, %	Stopień urbanizacji	Udział zastosowanych rozwiązań – zbiornik i podłoże strukturalne, %	Udział zastosowanych rozwiązań – BZI, %
I	Stare Miasto	49,84	wysoki +	60%	40%
II	Grzegórzki	40,75	wysoki	50%	50%
III	Prądnik Czerwony	33,23	średni +	30%	70%
IV	Prądnik Biały	19,59	średni -	10%	90%
V	Krowodrza	40,02	wysoki	50%	50%
VI	Bronowice	21,66	średni -	10%	90%
VII	Zwierzyniec	8,76	niski	0%	100%
VIII	Dębniki	10,49	niski +	5%	95%
IX	Łagiewniki-Borek Fałęcki	26,00	średni	20%	80%
X	Swoszowice	10,02	niski	0%	100%
XI	Podgórze Duchackie	27,27	średni	20%	80%
XII	Bieżanów-Prokocim	27,32	średni	20%	80%
XIII	Podgórze	24,76	średni	20%	80%
XIV	Czyżyny	26,90	średni	20%	80%
XV	Mistrzejowice	26,37	średni	20%	80%
XVI	Bieńczyce	35,73	wysoki -	40%	60%
XVII	Wzgórza Krzesławickie	10,24	niski +	5%	95%
XVIII	Nowa Huta	12,92	niski +	5%	95%

Błękitno-zielona sieć jako narzędzie zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi miasta Krakowa Autor: mgr inż. Monika Irena Łagiewka, 2025



**Tabela 11.4.** Jednostkowe wartości współczynnika WOSP i WR dla klas pokrycia terenu w poszczególnych dzielnicach Krakowa

Nr	Nazwa dzielnicy	Klasa pokrycia							
		Dachy		Nawierzchnia nieprzepuszczalna		Zieleń niska i nawierzchnia przepuszczalna		Zieleń wysoka	
Współczynnik		WOSP dm <sup>3</sup> /s·ha	WR m <sup>3</sup> /ha	WOSP dm <sup>3</sup> /s·ha	WR m <sup>3</sup> /ha	WOSP dm <sup>3</sup> /s·ha	WR m <sup>3</sup> /ha	WOSP dm <sup>3</sup> /s·ha	WR m <sup>3</sup> /ha
I	Stare Miasto	253,06	227,78	243,97	212,88				
II	Grzegórzki	228,14	205,36	219,59	193,07				
III	Prądnik Czerwony	178,30	160,52	170,81	153,44				
IV	Prądnik Biały	128,46	115,68	122,04	113,82				
V	Krowodrza	228,14	205,36	219,59	193,07				
VI	Bronowice	128,46	115,68	122,04	113,82				
VII	Zwierzyniec	103,54	93,26	97,65	94,01				
VIII	Dębniki	116,00	104,47	109,85	103,92				
IX	Łagiewniki-Borek Fałęcki	153,38	138,10	146,43	133,63				
X	Swoszowice	103,54	93,26	97,65	94,01	129,55	73,16	206,05	209,25
XI	Podgórze Duchackie	153,38	138,10	146,43	133,63				
XII	Bieżanów-Prokocim	153,38	138,10	146,43	133,63				
XIII	Podgórze	153,38	138,10	146,43	133,63				
XIV	Czyżyny	153,38	138,10	146,43	133,63				
XV	Mistrzejowice	153,38	138,10	146,43	133,63				
XVI	Bieńczyce	203,22	182,94	195,20	173,25				
XVII	Wzgórze Krzesławickie	116,00	104,47	109,85	103,92				
XVIII	Nowa Huta	116,00	104,47	109,85	103,92				

Błękitno-zielona sieć jako narzędzie zrównoważonej

gospodarki wodami deszczowymi miasta Krakowa Autor: mgr inż. Monika Irena Łagiewka, 2025



**obliczenie potencjału dowolnego obszaru do ograniczenia spływu lub retencji = przemnożenie powierzchni danej klasy pokrycia terenu (w tym obszarze) i odpowiedniego współczynnika.**

## Sumaryczne wartości współczynników ograniczenia spływu i retencji (WOSP i WR) obliczone dla każdej z dzielnic Krakowa

Nr	Nazwa dzielnicy	Powierzchnia, ha	WOSP, dm <sup>3</sup> /s	WR, m <sup>3</sup>
I	Stare Miasto	521	117 022,77	109 119,10
II	Grzegórzki	559	109 610,79	99 360,26
III	Prądnik Czerwony	615	100 608,32	86 419,44
IV	Prądnik Biały	2 336	336 445,84	262 550,68
V	Krowodrza	560	109 056,53	98 770,51
VI	Bronowice	933	133 724,40	105 091,31
VII	Zwierzyniec	2 758	427 909,41	349 814,78
VIII	Dębniki	4 477	664 097,57	522 445,54
IX	Łagiewniki-Borek Fałęcki	536	87 941,84	79 162,23
X	Swoszowice	2 547	388 483,28	319 179,59
XI	Podgórze Duchackie	946	149 582,47	129 682,15
XII	Bieżanów-Prokocim	1 822	279 241,25	232 440,57
XIII	Podgórze	2 376	351 557,32	281 567,98
XIV	Czyżyny	1 184	179 295,18	147 440,79
XV	Mistrzejowice	545	79 853,39	63 051,66
XVI	Bieńczyce	357	62 656,14	54 780,52
XVII	Wzgórze Krzesławickie	2 342	311 479,15	207 076,23
XVIII	Nowa Huta	6 261	863 813,66	620 680,67
<b>Suma</b>		<b>31 674</b>	<b>4 752 379,31</b>	<b>3 768 634,01</b>

Błękitno-zielona sieć jako narzędzie zrównoważonej  
gospodarki wodami deszczowymi miasta Krakowa Autor: mgr inż. Monika Irena Łagiewka, 2025



**Tabela 12.2.** Zestawienie sumarycznych wartości współczynników WOSP i WR w odniesieniu do 1 ha powierzchni w poszczególnych dzielnicach Krakowa

Nr	Nazwa dzielnicy	WOSP / ha, dm <sup>3</sup> /s	WR / ha, m <sup>3</sup>
I	Stare Miasto	224,48	209,32
II	Grzegórzki	195,97	177,64
III	Prądnik Czerwony	163,68	140,60
IV	Prądnik Biały	144,04	112,40
V	Krowodrza	194,89	176,51
VI	Bronowice	143,26	112,59
VII	Zwierzyniec	155,17	126,85
VIII	Dębniki	148,32	116,69
IX	Łagiewniki-Borek Fałęcki	164,17	147,78
X	Swoszowice	152,55	125,34
XI	Podgórze Duchackie	158,10	137,06
XII	Bieżanów-Prokocim	153,27	127,58
XIII	Podgórze	147,96	118,50
XIV	Czyżyny	151,46	124,55
XV	Mistrzejowice	146,60	115,76
XVI	Bieńczyce	175,50	153,44
XVII	Wzgórza Krzesławickie	133,00	88,42
XVIII	Nowa Huta	137,98	99,14

Błękitno-zielona sieć jako narzędzie zrównoważonej gospodarki wodami deszczowymi miasta Krakowa Autor: mgr inż. Monika Irena Łągiewka, 2025



Wyniki analiz pokazały, że zarówno przestrzenie zabudowane jak i tereny zielone, dzięki zastosowaniu BZI i zbiorników retencyjnych są w stanie wygenerować duży potencjał retencyjny, co również prowadzi do wzmocnienia innych (poza retencyjną) usług ekosystemów na terenie miasta.

BZI wykazuje wysoką skuteczność, jako narzędzie wspierające działania na rzecz przywrócenia równowagi w cyklu hydrologicznym na terenie zurbanizowanym.



**Wdrażanie BZI wymaga synergicznego i interdyscyplinarnego podejścia zakładającego opracowanie innowacyjnych narzędzi strategicznych. zatrzymywania deszczu.**

**Kluczowe w tej kwestii jest wprowadzenie zapisów w dokumentach planistycznych dotyczących retencji oraz konieczności ochrony, a także tworzenia nowych obszarów pod kątem zatrzymywania deszczu.**



Lokalizowanie BZI w przestrzeniach intensywnie użytkowanych przyczynia się do zwiększenia **świadomości społecznej** na temat skutków zmian klimatycznych oraz uwrażliwia mieszkańców na potrzebę adaptacji.

Tego rodzaju działania zachęcają do wdrażania podobnych rozwiązań w obrębie prywatnych posesji, co jest szczególnie istotne w kontekście potrzeby integracji rozproszonych elementów BZI w spójną, funkcjonalną sieć.





**DZIĘKUJE ZA UWAGĘ**