



**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**

Wydział Architektury

## **OPIS ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**Autor rozprawy doktorskiej:** Joanna Rayss

**Tytuł rozprawy doktorskiej w języku polskim:** Zielona infrastruktura miasta a wody opadowe. Potencjał zrównoważonego rozwoju Gdańsk

**Tytuł rozprawy w języku angielskim:** Green Infrastructure of the city and rainwater. The potential for the sustainable development of Gdansk

**Język rozprawy doktorskiej:** polski

**Promotor rozprawy doktorskiej:** Dr hab. inż. arch. Aleksandra Sas-Bojarska, prof. nadzw. PG

**Data obrony:**

**Słowa kluczowe rozprawy doktorskiej w języku polski:** zielona infrastruktura, wody opadowe, zrównoważony rozwój, zarządzanie wodami opadowymi, zrównoważone systemy drenażu, miejskie systemy zieleni, proekologiczne metody zarządzania wodami opadowymi, miasto zwarte, ekologia miasta, ekosystem miasta, architektura krajobrazu, planowanie przestrzenne, urbanistyka

**Słowa kluczowe rozprawy doktorskiej w języku angielskim:** green infrastructure, rainwater, sustainable development, rainwater management, sustainable drainage systems (SuDS), urban greensystem, Water Sensitive Urban Design (WSUD), compact city, urban ecology, urban ecosystem, landscape architecture, spatial planning, urban planning,

### **Streszczenie rozprawy w języku polskim:**

Zmiany klimatyczne, kurczące się zasoby naturalne oraz niekontrolowany rozrost obszarów zurbanizowanych to główne problemy i wyzwania stawiane przed współczesnymi miastami. Miasta generują jednocześnie największe potrzeby wodne, szczególnie wody najwyższej jakości, głównie na potrzeby konsumpcji swoich mieszkańców. Same procesy urbanizacyjne wywołują zmiany w środowisku przyrodniczym wpływając negatywnie na dostępność i jakość zasobów wodnych. Praca stanowi głos w dyskusji nad sposobami radzenia sobie z tak postawionymi wyzwaniami. Jej przedmiotem jest analiza możliwości wykorzystania wód opadowych jako elementu integrującego strukturę przyrodniczą miasta i budującego jego Zieloną Infrastrukturę rozumianą jako element niezbędny dla prawidłowego funkcjonowania miasta. Podstawowym celem pracy jest ustalenie relacji pomiędzy ZI a wodami opadowymi oraz zaproponowanie rozwiązania modelowego umożliwiającego wdrożenie systemu ZI w Gdańsku. Charakter i złożoność, niemieszczącej się w jednej dziedzinie tematyki, wymaga interdyscyplinarnego ujęcia. Rozprawa podzielona jest na trzy merytoryczne części.

Część pierwsza podejmuje się usystematyzowania wiedzy na temat Zielonej Infrastruktury Miasta w ujęciu od procesu jej krystalizacji po odniesienie do paradygmatu zrównoważonego rozwoju i współczesnych koncepcji rozwoju miast.

Część druga, poświęcona jest problematyce wodnej: ewolucji relacji miasto-woda, wpływie urbanizacji na zasoby wodne, a także uporządkowaniu wiedzy na temat metod zagospodarowywania i zarządzania wodami opadowymi. Kluczem uporządkowania staje się różna



skala zastosowania rozwiązania. Omówione metody przedstawione są zarówno jako koncepcje teoretyczne jak i w formie studium przypadków, gdzie obiektem badawczym są funkcjonujące na świecie przestrzenie zurbanizowane związane z zarządzaniem wodami opadowymi, zaprojektowane w skalach dzielnicy, miasta, oraz regionu/ państwa. W ten sposób wyróżniono przykłady zarządzania wodami opadowymi w skali architektonicznej/ architektury krajobrazu - w ramach *Sustainable Drainage Systems* [SuDS], w skali miasta – *Water Sensitive Urban Design* [WSUD] oraz skali regionu i państwa, którego przykładem jest holenderski *Delta Urbanism* [DU]. Kryteria doboru analizowanych przykładów oparte zostały dodatkowo na zbliżonych do Gdańska uwarunkowaniach opisywanych przykładów, wśród których znajdują się: Holandia i Rotterdam, jako przykład zastosowania narzędzia DU w skali regionu, Kopenhaga, jako przykład zastosowania WSUD w skali miasta oraz dwa obszary w szwedzkim Malmö, jako przykłady zastosowania SuDS w skali osiedla.

Część trzecia jest autorską propozycją sposobów modelowego wdrażania koncepcji ZI za pomocą metod proekologicznego zarządzania wodami opadowymi. Zgodnie z tezami pracy, taka integracja ZI i zagospodarowanej w obszarze miasta wody opadowej jest najlepszą współcześnie drogą do planowania, projektowania, wdrażania i zarządzania środowiskiem przyrodniczym miasta. Jest jednocześnie zgodna z paradygmatem zrównoważonego rozwoju.

Koncepcja ZI powinna być postrzegana jako współczesny obszar badawczy i wdrożeniowy w ramach planowania przestrzennego. Pomimo, że korzysta z wielu koncepcji zaczerpniętych z ekologii krajobrazu, planowania i geografii, przenosi te pomysły w celu opracowania całościowego i dynamicznego podejścia do planowania krajobrazu. Zaproponowane w pracy modele wdrożeniowe, w związku z różną skalą zastosowania, stać się mogą narzędziem projektowania ZI zarówno dla planistów i urbanistów, architektów jak i architektów krajobrazu. Uniwersalne, wariantowe rozwiązania modelowe mogą znaleźć zastosowanie zarówno przy projektowaniu obiektów zielonej i szarej infrastruktury Gdańska, jak i miast o zbliżonych uwarunkowaniach.

Omawiana rozprawa doktorska stanowi głos w dyskusji na temat wdrażania koncepcji ZI w strukturę miasta, proponując autorskie ujęcie oparte na zarządzaniu wodami opadowymi, zarysowując pole dalszych badań naukowych.

#### **Streszczenie rozprawy w języku angielskim:**

The main problems and challenges for contemporary cities are climate change, shrinking natural resources and uncontrolled urban sprawl. At the same time, cities generate the greatest water needs, especially the highest quality water, mainly for the consumption of their inhabitants. The urbanization processes cause changes in the natural environment affecting the availability and quality of water resources. The dissertation is a voice in the discussion on how to deal with such challenges. Its object is to analyse the possibilities of using rainwater as an element integrating the natural structure of the city and building its Green Infrastructure as a necessary element for the proper functioning of the city.

The main aim of this work is to establish the relationship between the Green Infrastructure and rainwater and to propose a model solution enabling the implementation of the Green Infrastructure System in Gdańsk. The issue complexity, that does not fit in one subject area, requires an interdisciplinary approach. Therefore, the dissertation is divided into three substantive parts.

The first part undertakes to systematize the knowledge about the City's Green Infrastructure from the idea's crystallization process to its reference to the paradigm of sustainable development and modern urban development concepts.



The second part is devoted to water issues: the evolution of the city - water relationship, the influence of urbanization on water resources, as well as the ordering of knowledge of stormwater management methods. The key to the differentiation is the scale of application of the solution. Discussed methods are also presented in the form of case study, where the research object is the urbanized urban areas associated with rainwater management. These objects are designed in site/district scale, city scale, and region/state scale. In this way, distinguished examples of stormwater management presented are at the architectural / landscape architecture scale, within the framework of *Sustainable Drainage Systems* [SUDS], solutions for urban scale rainwater management, within the framework of *Water Sensitive Urban Design* [WSUD] and the region and state scale, exemplified by the Dutch *Delta Urbanism* framework [DU].

The criteria for the selection of the analysed examples are based on the approximation of the described examples based on the similarity to conditions of the city of Gdańsk. These include the Netherlands and the Rotterdam, as an example of the use of the DU tool in the region scale, the city of Copenhagen, as an example of the application of WSUD on a city scale, and two areas in the Swedish Malmö, as examples of the use of SuDS in the scale of the estate.

The third part is the author's proposal for the Green Infrastructure Implementation Models using environmentally friendly methods of rainwater management. Such integration of the Green Infrastructure of the city and rainwater in it, is the best way to contemporary planning, designing, implementing and managing the city's natural environment, according to the theses of this dissertation. It is also consistent with the paradigm of sustainable development.

Green Infrastructure concept should be seen as a modern research and implementation area within spatial planning, urban planning, landscape architecture and architecture. Although it draws on many concepts derived from landscape ecology, planning, and geography, it brings these ideas together to develop a holistic and dynamic approach to landscape planning. Deployment models, in view of their varying application scale, can become a tool for designing Green Infrastructure for urban planners, architects and landscape architects. Versatile, variant model solutions can be used both, in the design of green and grey infrastructure of Gdansk, as well as in cities with similar conditions.

This dissertation discusses the implementation of the Green Infrastructure concept in the city structure, proposing an authoritative approach based on the rainwater management, outlining the field of further research.

\*) niepotrzebne skreślić.



**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**

Faculty of Architecture

## DESCRIPTION OF DOCTORAL DISSERTATION

**The Author of the PhD dissertation:** Joanna Rayss

**Title of PhD dissertation:** Green Infrastructure of the city and rainwater. The potential for the sustainable development of Gdansk

**Title of PhD dissertation in Polish:** Zielona infrastruktura miasta a wody opadowe. Potencjał zrównoważonego rozwoju Gdańska

**Language of PhD dissertation:** polish

**Supervision:** Dr hab. inż. arch. Aleksandra Sas-Bojarska, prof. nadzw. PG

**Date of doctoral defense:**

**Keywords of PhD dissertation in Polish:** zielona infrastruktura, wody opadowe, zrównoważony rozwój, zarządzanie wodami opadowymi, zrównoważone systemy drenażu, miejskie systemy zieleni, proekologiczne metody zarządzania wodami opadowymi, miasto zwarte, ekologia miasta, ekosystem miasta, architektura krajobrazu, planowanie przestrzenne, urbanistyka

**Keywords of PhD dissertation in English:** green infrastructure, rainwater, sustainable development, rainwater management, sustainable drainage systems (SuDS), urban greensystem, Water Sensitive Urban Design (WSUD), compact city, urban ecology, urban ecosystem, landscape architecture, spatial planning, urban planning,

**Summary of PhD dissertation in Polish:**

Zmiany klimatyczne, kurczące się zasoby naturalne oraz niekontrolowany rozrost obszarów zurbanizowanych to główne problemy i wyzwania stawiane przed współczesnymi miastami. Miasta generują jednocześnie największe potrzeby wodne, szczególnie wody najwyższej jakości, głównie na potrzeby konsumpcji swoich mieszkańców. Same procesy urbanizacyjne wywołują zmiany w środowisku przyrodniczym wpływając negatywnie na dostępność i jakość zasobów wodnych. Praca stanowi głos w dyskusji nad sposobami radzenia sobie z tak postawionymi wyzwaniami. Jej przedmiotem jest analiza możliwości wykorzystania wód opadowych jako elementu integrującego strukturę przyrodniczą miasta i budującego jego Zieloną Infrastrukturę rozumianą jako element niezbędny dla prawidłowego funkcjonowania miasta. Podstawowym celem pracy jest ustalenie relacji pomiędzy ZI a wodami opadowymi oraz zaproponowanie rozwiązania modelowego umożliwiającego wdrożenie systemu ZI w Gdańsku. Charakter i złożoność, niemieszczącej się w jednej dziedzinie tematyki, wymaga interdyscyplinarnego ujęcia. Rozprawa podzielona jest na trzy merytoryczne części.

Część pierwsza podejmuje się usystematyzowania wiedzy na temat Zielonej Infrastruktury Miasta w ujęciu od procesu jej krystalizacji po odniesienie do paradygmatu zrównoważonego rozwoju i współczesnych koncepcji rozwoju miast.

Część druga, poświęcona jest problematyce wodnej: ewolucji relacji miasto-woda, wpływie urbanizacji na zasoby wodne, a także uporządkowaniu wiedzy na temat metod zagospodarowywania i zarządzania wodami opadowymi. Kluczem uporządkowania staje się różna



skala zastosowania rozwiązania. Omówione metody przedstawione są zarówno jako koncepcje teoretyczne jak i w formie studium przypadków, gdzie obiektem badawczym są funkcjonujące na świecie przestrzenie zurbanizowane związane z zarządzaniem wodami opadowymi, zaprojektowane w skalach dzielnicy, miasta, oraz regionu/ państwa. W ten sposób wyróżniono przykłady zarządzania wodami opadowymi w skali architektonicznej/ architektury krajobrazu - w ramach *Sustainable Drainage Systems* [SuDS], w skali miasta – *Water Sensitive Urban Design* [WSUD] oraz skali regionu i państwa, którego przykładem jest holenderski *Delta Urbanism* [DU]. Kryteria doboru analizowanych przykładów oparte zostały dodatkowo na zbliżonych do Gdańska uwarunkowaniach opisywanych przykładów, wśród których znajdują się: Holandia i Rotterdam, jako przykład zastosowania narzędzia DU w skali regionu, Kopenhaga, jako przykład zastosowania WSUD w skali miasta oraz dwa obszary w szwedzkim Malmö, jako przykłady zastosowania SuDS w skali osiedla.

Część trzecia jest autorską propozycją sposobów modelowego wdrażania koncepcji ZI za pomocą metod proekologicznego zarządzania wodami opadowymi. Zgodnie z tezami pracy, taka integracja ZI i zagospodarowanej w obszarze miasta wody opadowej jest najlepszą współcześnie drogą do planowania, projektowania, wdrażania i zarządzania środowiskiem przyrodniczym miasta. Jest jednocześnie zgodna z paradygmatem zrównoważonego rozwoju.

Koncepcja ZI powinna być postrzegana jako współczesny obszar badawczy i wdrożeniowy w ramach planowania przestrzennego. Pomimo, że korzysta z wielu koncepcji zaczerpniętych z ekologii krajobrazu, planowania i geografii, przenosi te pomysły w celu opracowania całościowego i dynamicznego podejścia do planowania krajobrazu. Zaproponowane w pracy modele wdrożeniowe, w związku z różną skalą zastosowania, stać się mogą narzędziem projektowania ZI zarówno dla planistów i urbanistów, architektów jak i architektów krajobrazu. Uniwersalne, wariantowe rozwiązania modelowe mogą znaleźć zastosowanie zarówno przy projektowaniu obiektów zielonej i szarej infrastruktury Gdańska, jak i miast o zbliżonych uwarunkowaniach.

Omawiana rozprawa doktorska stanowi głos w dyskusji na temat wdrażania koncepcji ZI w strukturę miasta, proponując autorskie ujęcie oparte na zarządzaniu wodami opadowymi, zarysowując pole dalszych badań naukowych.

#### **Summary of PhD dissertation in English:**

The main problems and challenges for contemporary cities are climate change, shrinking natural resources and uncontrolled urban sprawl. At the same time, cities generate the greatest water needs, especially the highest quality water, mainly for the consumption of their inhabitants. The urbanization processes cause changes in the natural environment affecting the availability and quality of water resources. The dissertation is a voice in the discussion on how to deal with such challenges. Its object is to analyse the possibilities of using rainwater as an element integrating the natural structure of the city and building its Green Infrastructure as a necessary element for the proper functioning of the city.

The main aim of this work is to establish the relationship between the Green Infrastructure and rainwater and to propose a model solution enabling the implementation of the Green Infrastructure System in Gdańsk. The issue complexity, that does not fit in one subject area, requires an interdisciplinary approach. Therefore, the dissertation is divided into three substantive parts.

The first part undertakes to systematize the knowledge about the City's Green Infrastructure from the idea's crystallization process to its reference to the paradigm of sustainable development and modern urban development concepts.





The second part is devoted to water issues: the evolution of the city - water relationship, the influence of urbanization on water resources, as well as the ordering of knowledge of stormwater management methods. The key to the differentiation is the scale of application of the solution. Discussed methods are also presented in the form of case study, where the research object is the urbanized urban areas associated with rainwater management. These objects are designed in site/district scale, city scale, and region/state scale. In this way, distinguished examples of stormwater management presented are at the architectural / landscape architecture scale, within the framework of *Sustainable Drainage Systems* [SUDS], solutions for urban scale rainwater management, within the framework of *Water Sensitive Urban Design* [WSUD] and the region and state scale, exemplified by the Dutch *Delta Urbanism* framework [DU].

The criteria for the selection of the analysed examples are based on the approximation of the described examples based on the similarity to conditions of the city of Gdańsk. These include the Netherlands and the Rotterdam, as an example of the use of the DU tool in the region scale, the city of Copenhagen, as an example of the application of WSUD on a city scale, and two areas in the Swedish Malmö, as examples of the use of SuDS in the scale of the estate.

The third part is the author's proposal for the Green Infrastructure Implementation Models using environmentally friendly methods of rainwater management. Such integration of the Green Infrastructure of the city and rainwater in it, is the best way to contemporary planning, designing, implementing and managing the city's natural environment, according to the theses of this dissertation. It is also consistent with the paradigm of sustainable development.

Green Infrastructure concept should be seen as a modern research and implementation area within spatial planning, urban planning, landscape architecture and architecture. Although it draws on many concepts derived from landscape ecology, planning, and geography, it brings these ideas together to develop a holistic and dynamic approach to landscape planning. Deployment models, in view of their varying application scale, can become a tool for designing Green Infrastructure for urban planners, architects and landscape architects. Versatile, variant model solutions can be used both, in the design of green and grey infrastructure of Gdansk, as well as in cities with similar conditions.

This dissertation discusses the implementation of the Green Infrastructure concept in the city structure, proposing an authoritative approach based on the rainwater management, outlining the field of further research.

\*)delete where appropriate.

\*\*) applies to doctoral dissertations written in other languages, than Polish or English.




## OŚWIADCZENIE

Autor rozprawy doktorskiej: Joanna Rayss

Ja, niżej podpisany(a), wyrażam ~~nie wyrażam zgody\*~~ na bezpłatne korzystanie z mojej rozprawy doktorskiej zatytułowanej:

*Zielona infrastruktura miasta a wody opadowe. Potencjał zrównoważonego rozwoju Gdańska do celów naukowych lub dydaktycznych.*<sup>1</sup>

Gdańsk, dnia 02.11.2017

  
podpis doktoranta

Świadomy(a) odpowiedzialności karnej z tytułu naruszenia przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2006 r., nr 90, poz. 631) i konsekwencji dyscyplinarnych określonych w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz. U. z 2012 r., poz. 572 z późn. zm.),<sup>2</sup> a także odpowiedzialności cywilno-prawnej oświadczam, że przedkładana rozprawa doktorska została napisana przeze mnie samodzielnie.


Oświadczam, że treść rozprawy opracowana została na podstawie wyników badań prowadzonych pod kierunkiem i w ścisłej współpracy z promotorem Dr hab. inż. arch. Aleksandrą Sas-Bojarską, prof. nadzw. PG, ~~drugim promotorem <drugi promotor>~~, promotorem pomocniczym ~~<promotor pomocniczy>~~, ~~kopromotorem <kopromotor>~~\*.

Niniejsza rozprawa doktorska nie była wcześniej podstawą żadnej innej urzędowej procedury związanej z nadaniem stopnia doktora.

Wszystkie informacje umieszczone w ww. rozprawie uzyskane ze źródeł pisanych i elektronicznych, zostały udokumentowane w wykazie literatury odpowiednimi odnośnikami zgodnie z art. 34 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych.

Potwierdzam zgodność niniejszej wersji pracy doktorskiej z załączoną wersją elektroniczną.

Gdańsk, dnia 02.11.2017

  
podpis doktoranta

Ja, niżej podpisany(a), wyrażam ~~nie wyrażam zgody\*~~ na umieszczenie ww. rozprawy doktorskiej w wersji elektronicznej w otwartym, cyfrowym repozytorium instytucjonalnym Politechniki Gdańskiej, Pomorskiej Bibliotece Cyfrowej oraz poddawania jej procesom weryfikacji i ochrony przed przywłaszczeniem jej autorstwa.

Gdańsk, dnia 02.11.2017

  
podpis doktoranta

\*) niepotrzebne skreślić

<sup>1</sup> Zarządzenie Rektora Politechniki Gdańskiej nr 34/2009 z 9 listopada 2009 r., załącznik nr 8 do instrukcji archiwalnej PG.

<sup>2</sup> Ustawa z dnia 27 lipca 2005 r. Prawo o szkolnictwie wyższym: Rozdział 7 Odpowiedzialność dyscyplinarna doktorantów, Art. 226.

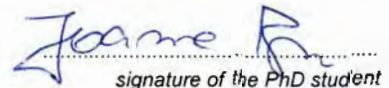


## STATEMENT

The author of the PhD dissertation: Joanna Rayss

I, the undersigned, ~~agree/do not agree~~\* that my PhD dissertation entitled:  
**Green Infrastructure of the city and rainwater. The potential for the sustainable development of Gdansk** may be used for scientific or didactic purposes.<sup>1</sup>

Gdańsk, 02.11.2017

  
signature of the PhD student

Aware of criminal liability for violations of the Act of 4<sup>th</sup> February 1994 on Copyright and Related Rights (Journal of Laws 2006, No. 90, item 631) and disciplinary actions set out in the Law on Higher Education (Journal of Laws 2012, item 572 with later amendments),<sup>2</sup> as well as civil liability, I declare, that the submitted PhD dissertation is my own work.

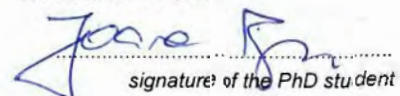
I declare, that the submitted PhD dissertation is my own work performed under and in cooperation with the supervision of Dr hab. inż. arch. Aleksandra Sas-Bojarska, prof. nadzw. PG, ~~the second supervision of <name of the second supervisor>, the auxiliary supervision of <name of the auxiliary supervisor>, the cosupervision of <name of the cosupervisor>\*~~.

This submitted PhD dissertation has never before been the basis of an official procedure associated with the awarding of a PhD degree.

All the information contained in the above thesis which is derived from written and electronic sources is documented in a list of relevant literature in accordance with art. 34 of the Copyright and Related Rights Act.

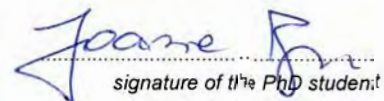
I confirm that this PhD dissertation is identical to the attached electronic version.

Gdańsk, 02.11.2017

  
signature of the PhD student

I, the undersigned, ~~agree/do not agree~~\* to include an electronic version of the above PhD dissertation in the open, institutional, digital repository of Gdańsk University of Technology, Pomeranian Digital Library, and for it to be submitted to the processes of verification and protection against misappropriation of authorship.

Gdańsk, 02.11.2017

  
signature of the PhD student

\*) delete where appropriate.

<sup>1</sup> Decree of Rector of Gdansk University of Technology No. 34/2009 of 9<sup>th</sup> November 2009, TUG archive instruction addendum No. 8.

<sup>2</sup> Act of 27<sup>th</sup> July 2005, Law on Higher Education: Chapter 7, Criminal responsibility of PhD students, Article 226.