

# **Próba sformułowania w ujęciu systemowym reguły optymalnego osiągnięcia celów technicznych przy rozwiązywaniu problemów projektowych obiektów budowlanych na przykładzie sieci wodociągowych**

*Małgorzata Dalewska-Kolan, Paweł Podwójci  
Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Płock,  
Politechnika Warszawska*

## **1. Wstęp**

Główne zadania, jakie na swojej drodze zawodowej napotykają inżynierowie, związane są z potrzebą, a niejednokrotnie koniecznością, rozwiązywania problemów, które ujawniają się w trakcie cykli życia obiektów technicznych, to znaczy podczas ich projektowania, wykonywania, użytkowania i eksploatacji. Przez pojęcie „problem”, rozumie się nieakceptowany lub niezgodny z preferencjami obecnych lub przyszłych użytkowników i eksploatorów, istniejący stan obiektu. Rozwiązanie problemu to wskazanie drogi doprowadzającej do przekształcania w postać, której zaistnienie zlikwiduje niezgodności między stanem zastanym a oczekiwanym. W czasach ogromnego nagromadzenia obiektów technicznych uzyskanie poprawnego efektu końcowego, który powinien mieć charakter trwały w stosunku do przewidywanego czasu użytkowania i eksploatacji obiektu, jest prawdziwym wyzwaniem. Współczesne obiekty budowlane (np. sieci wodociągowe) stanowią układy dynamiczne. Charakteryzują się dużą złożonością samą w sobie. Poza tym, pozostają w obustronnych relacjach z innymi obiektami, z którymi współdziałają, jak również z elementami otoczenia, z którymi współlistnieją i funkcjonują [12, 14].

Z powyższego wynika, że podczas poszukiwania rozwiązań problemów technicznych dotyczących rozpatrywanych obiektów, konieczne jest określenie właściwych obszarów rozważań, zapewniających uzyskanie odpowiedzi na

pytania, które stworzą możliwości formułowania poprawnych decyzji. Dopiero bowiem w ramach zidentyfikowanego obszaru wymagane jest przeprowadzenie analizy relacji i sprzężeń zachodzących wewnątrz samych obiektów, ale również określenie wielostronnych i wielokierunkowych zewnętrznych powiązań. Chcąc poznać zasadę funkcjonowania obiektów nie można ich izolować i ograniczyć się do wyłonienia jedynie elementów składowych i poprzestania na studiowaniu tylko uproszczonych, jednokierunkowych zależności „przyczyna-skutek”. Droga poszukiwania rozwiązań musi prowadzić przez analizę uwzględniającą skomplikowanie całego układu. Uzyskanie optymalnych rozwiązań, zapewniających osiągnięcie oczekiwanych celów technicznych obiektu, wymaga więc przede wszystkim eksperckiej wiedzy inżynierskiej, która musi uwzględniać szeroki zasób wiadomości danej specjalności, ale również dobrej znajomości kontekstu oddziaływania z obiektami technicznymi innych branż oraz z czynnikami środowiskowymi, ekonomicznymi i społecznymi [13].

Decyzje techniczne, podejmowane przy rozwiązywaniu problemów w tak skomplikowanych układach, wymagają rozpatrzenia wielu aspektów [9, 15]. Jest to możliwe wówczas, gdy na drodze projektowania zastosuje się właściwe podejście. Takim kluczem, otwierającym stosowne spojrzenie, jest podejście systemowe. Stwarza ono potencjalne możliwości określenia optymalnych strategii w rozwiązywaniu problemów, a tym samym wyłonienia alternatywnych działań w świetle uzyskania oczekiwanych efektów i odpowiednich rozwiązań szczegółowych oraz kosztów możliwych do zaakceptowania [15]. Szczególnie ważne jest zastosowanie takiego podejścia w odniesieniu do fazy powoływania obiektu technicznego do istnienia, czyli na etapie jego projektowania. Zastosowanie analizy systemowej, na tym etapie, stwarza możliwość osiągnięcia prawidłowych rozwiązań kompleksowych, a tym samym pozwala uwzględnić nie pisaną zasadę, która mówi, że lepiej przewidywać (faza projektowania) niż naprawiać skutki (faza użytkowania i eksploatacji) złych decyzji.

### **1.1. Podejście systemowe**

Przez wieki sposobem podejścia naukowców, jak również inżynierów, do otaczającego nas świata, był redukcjonizm. Ta metodologia ludzkiego rozumowania, w obliczu nowych, niejasnych i nieznanych zjawisk, sprowadzała się do poszukiwania w skomplikowanej rzeczywistości, prostych łańcuchów przyczynowo-skutkowych i reguł nimi rządzących. Stosowała klasyczne redukcjonistyczno-izolacyjne podejście. Za pomocą przecucia i zdrowego rozsądku, postawały intuicyjne rozwiązania, które w konsekwencji dawały efekty niejednokrotnie, odmienne od zamierzonych.

Po drugiej wojnie światowej w naukach przyrodniczych, a później w naukach ścisłych, pojawił się nowy paradygmat – koncepcja systemowa [4].

Głównym pojęciem tego podejścia był i jest system. Jego najkrótsza definicja, sprowadza się do następującego sformułowania:

System to zbiór dwu lub więcej elementów spełniających następujące warunki:

- zachowanie się każdego z elementów wpływa na zachowanie się całości;
- zachowanie się elementów i ich wpływ na całość są wzajemnie zależne;
- wszystkie tworzące się podgrupy elementów (podsystemy) wpływają na zachowanie się całości, lecz żadna z nich nie wpływa niezależnie [5].

Z powyższej definicji wynika, że system to całość, która ma określony skład (zbiór elementów) oraz strukturę (zbiór relacji między elementami i ich własnościami) i powstaje ze względu na wspólny cel (pożądany stan), przeznaczenie lub funkcję [16].

Podejście systemowe kieruje się pięcioma kryteriami:

1. cechy części składowych (które traktowane są jako fragmenty nierozdzielnej relacji, a nie jako wyizolowane składowe) mogą być zrozumiane tylko na podstawie dynamiki całości (zwrot od pojęcia części do całości),
2. każda struktura traktowana jest jako przejaw procesu jaki w sobie kryje (zwrot od pojęcia struktury ku pojęciu procesu),
3. opisy naukowe nie są obiektywne, zależą od obserwatora i procesu poznania – zależne od układu odniesienia (zwrot od pojęcia nauki obiektywnej ku pojęciu nauki epistemicznej),
4. postrzegamy rzeczywistość jako sieć wzajemnych relacji, a opisując ją także tworzymy sieć wzajemnych relacji zachodzących między obserwowanymi zjawiskami (zwrot od pojęcia budowli ku pojęciu sieci),
5. nauka nigdy nie zapewni całościowego i ostatecznego zrozumienia rzeczywistości, teorie i odkrycia są ograniczone i przybliżone (zwrot od pojęcia prawdy ku pojęciu przybliżonego opisu).

W artykule autorzy podjęli próbę zastosowania ujęcia systemowego do sformułowania reguły postępowania podczas procesu projektowania sieci wodociągowej.

## **2. Analiza własna**

### **2.1. Proces projektowania obiektów technicznych przy zastosowaniu ujęcia systemowego**

Zastosowanie ujęcia systemowego do procesów projektowania obiektów technicznych, w tym obiektów budowlanych, daje możliwość właściwego ukierunkowania drogi postępowania podczas działań na tym etapie, a tym samym określenia koniecznych granic obszaru rozpoznania, niezbędnych do rozwiązania rozpatrywanych problemów. Stwarza to szansę zgłębienia istotnych powiązań i zależności obiektu będącego przedmiotem projektowania z szeroko rozumianym „otoczeniem”.

Myślenie systemowe, oparte o definicję systemu i jego główne kryteria, odniesione do procesów projektowania obiektów technicznych (obektów budowlanych), podpowiada potrzebę zastosowania następującego toku rozumowania:

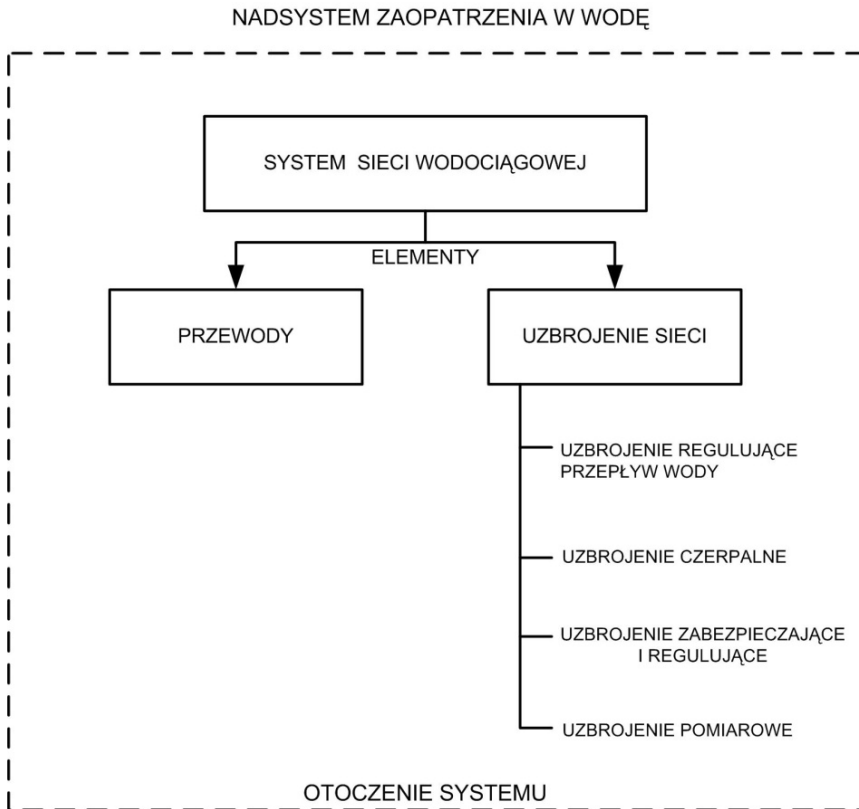
1. każdy obiekt techniczny jest sztucznym systemem (zbiór elementów) stworzonym przez człowieka w celu spełnienia jego potrzeb;
2. istnieje prawdopodobieństwo, że obiekt techniczny – sztuczny system – może być nadsystemem systemu(ów) niższego rzędu i/lub podsystemem systemu(ów) wyższego rzędu, z czego wynika, że są wzajemnie zależne (zależności bezwzględne i względne);
3. istnieje prawdopodobieństwo, że obiekt techniczny istnieje i funkcjonuje w określonym (zidentyfikowanym) otoczeniu, z którym pozostaje w obustronnych relacjach;
4. cały cykl życia obiektu technicznego jest również systemem, którego elementami są poszczególne etapy jego istnienia, a kondycja techniczna każdej fazy, pozostaje w różnorodnych, ale ścisłych związkach z decyzjami i wynikającymi z nich działaniami, pozostałych faz.

### **2.2. Proces projektowania sieci wodociągowej przy zastosowaniu ujęcia systemowego**

Sieć wodociągowa jest tworem wykreowanym przez człowieka. Stanowi układ współpracujących ze sobą elementów funkcjonalnych, których spójne współdziałanie ma na celu zapewnić ciągłą dostawę wody, o właściwościach odpowiadających jej przeznaczeniu (jakość i ciśnienie) i w wymaganej ilości, do miejsc poboru wszystkich potencjalnych użytkowników [3, 10, 11, 17, 18].

2.2.1. Powiązania bezpośrednie

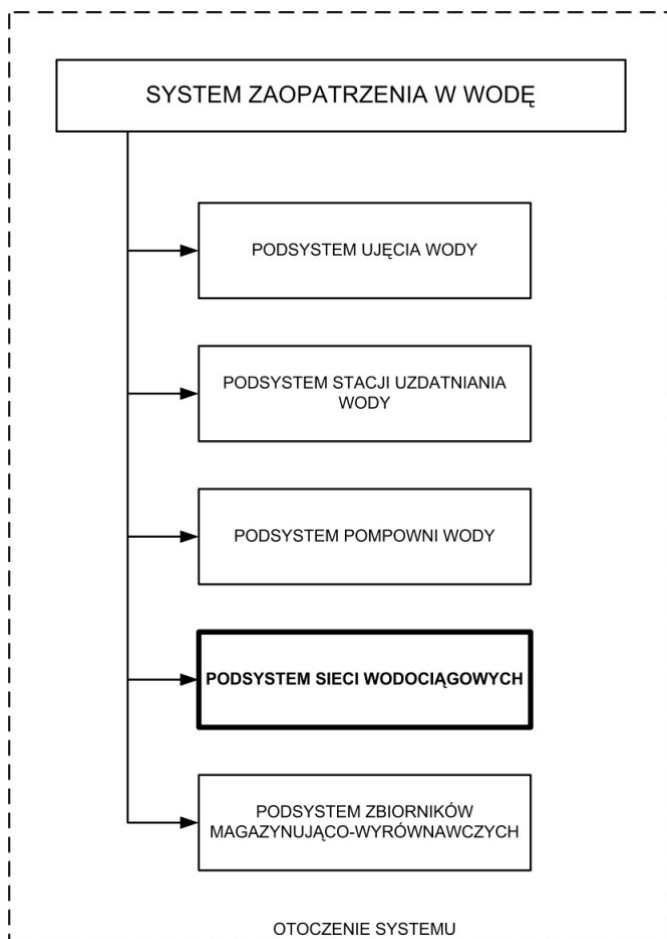
W ujęciu systemowym sieć wodociągowa jest sztucznym systemem. Składa się z elementów (przewody i uzbrojenie), które współpracując, stwarzają możliwość realizacji celu systemu [6, 7]. Na rys. 1 przedstawiono schemat systemu sieci wodociągowej.



**Rys. 1.** Schemat blokowy systemu sieci wodociągowej

**Fig. 1.** Block schema of the water networks system

Sieć wodociągowa, z punktu widzenia zdolności spełnienia swojego zasadniczego zadania, nie jest jednak obiektem samowystarczalnym. Jest niezbędną, ale tylko częścią składową (systemem niższego rzędu-podsystemem) większej całości. Tą „większą całością” jest systemu zaopatrzenia w wodę, który w stosunku do systemu sieci wodociągowej stanowi nadsystem (system wyższego rzędu). Te zależności pokazuje rys. 2.

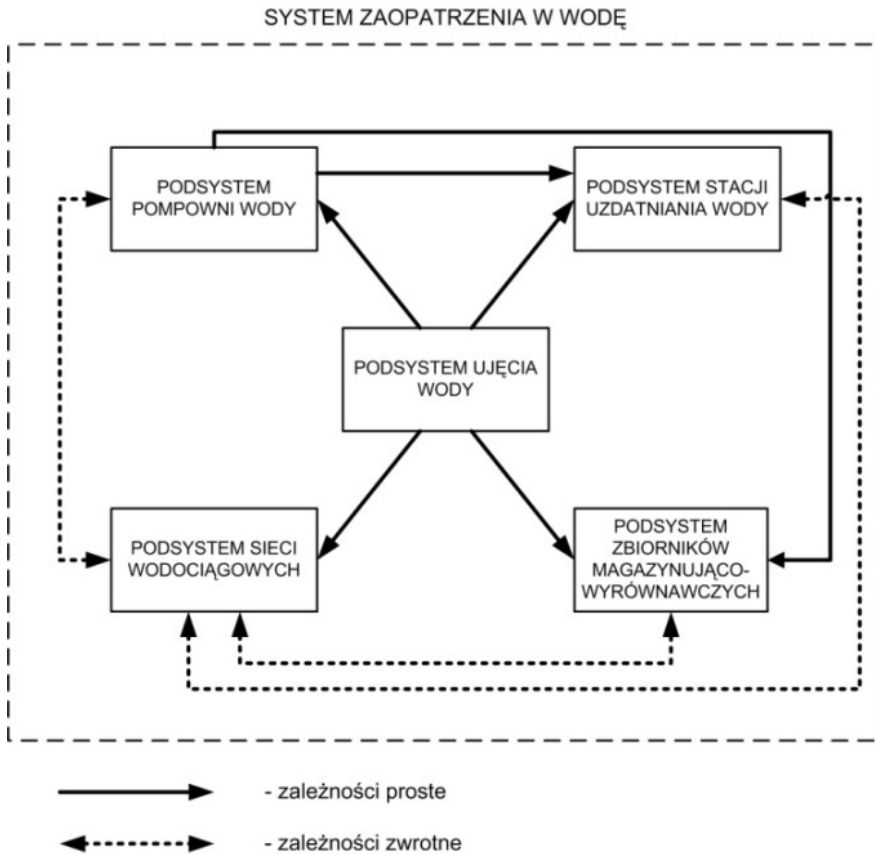


**Rys. 2.** Schemat blokowy systemu zaopatrzenia w wodę  
**Fig. 2.** Block schema of the water supply system

Powyższe schematy (rys. 1 i 2) pokazują, że sieć wodociągowa, jako obiekt będący systemem, tylko wtedy zapewni pokładane w niej oczekiwania (w sensie realizowanych funkcji), gdy we właściwy sposób będą współdziałały jej elementy składowe, a jednocześnie sama jako podsystem będzie współgrać z innymi podsystemami systemu zaopatrzenia w wodę.

W ten sposób zbudowany układ powiązań choć jest dość skomplikowany, nosi znamiona zależności bezpośredniej. Jest bowiem ściśle związany z możliwością realizacji funkcji cząstkowej podsystemu sieci wodociągowej, jak również funkcji całościowej systemu zaopatrzenia w wodę, jako ostatecznej jednostki nadrzędnej w podstawowym łańcuchu zależności.

Powiązania proste i zwrotne charakteryzujące zależności występujące między podsystemami systemu zaopatrzenia w wodę przedstawia (rys. 3).



**Rys. 3.** Schemat blokowy systemu zaopatrzenia w wodę – zależności

**Fig. 3.** Block schema of the water supply system – the relationships

### 2.2.2. Powiązania pośrednie

Jednostka projektująca sieć wodociągową, szukając poprawnych rozwiązań, nie może jednak zakończyć swoich rozważań na relacjach i zależnościach wynikających z układów o naturze bezpośredniej. Takie powiązania, przez swój charakter, odgrywają co prawda najważniejszą rolę w podejmowaniu decyzji projektowych, ale nie są jedynymi, które dla poprawności rozumowania muszą być brane pod uwagę.

Projektowane obiekty pozostają również w powiązaniach o charakterze pośrednim. I są to zależności z innymi obiektami, z którymi:

- współdziałają – w przypadku sieci wodociągowej dotyczy to budynków i instalacji wewnętrznych wody zimnej, ciepłej i instalacji kanalizacyjnej,
- współlistnieją – dotyczy to całej infrastruktury komunalnej podziemnej i nadziemnej zlokalizowanej w otoczeniu projektowanych sieci oraz ze środowiskiem naturalnym, w którym są rozlokowane.

Projektant wprowadzając nowy obiekt, sztuczny system w istniejący układ rzeczywistości, musi mieć świadomość, że tym samym zakłóca dotychczasową równowagę całego otoczenia. Agresywna, nieprzemysłana ingerencja będzie bezwzględnie kreowała złe skutki dla otaczającego środowiska i wszystkiego co w nim istnieje. Ten negatywny proces zmian, w ramach reakcji, wcześniej czy później może również niekorzystnie wpływać na nowo powstały obiekt.

### **3. Próba sformułowania reguły optymalnego osiągnięcia celów technicznych przy rozwiązywaniu problemów projektowych obiektów budowlanych w ujęciu systemowym**

Zadaniem jednostki projektującej objekty budowlane, w tym również sieci wodociągowe, jest wykonanie dokumentacji inwestycyjnej, która w przyszłości stanowić będzie podstawę realizacji obiektu w rzeczywistości. Osoby zorientowane w procesach inwestycyjnych wiedzą, że rola autorów projektów, nie kończy się w momencie oddania dokumentacji. Sporządzenie projektu obiektu nie jest bowiem sukcesem samym w sobie. Projektanci dopiero wówczas mogą mieć powód do zadowolenia, gdy obiekt przez nich zaprojektowany, po wykonaniu i po oddaniu do użytku będzie poprawnie spełniał rolę, dla której został powołany do życia.

Proces projektowania obiektów budowlanych wiąże się dodatkowo z pewną specyfiką. Stanowi ona ujemną stronę tego procesu, a polega na tym, że sprawdzenie poprawności myślenia projektowego może odbyć się dopiero po fakcie wykonania obiektu rzeczywistego. Stawia to jednostki projektujące objekty związane z budownictwem przed jeszcze większą trudnością i uważnością oraz rozszerzoną odpowiedzialnością, bardziej niż projektantów innych branż (np. projektanci urządzeń mechanicznych mogą na podstawie projektów, budować najpierw urządzenia prototypowe i testować je aż do osiągnięcia oczekiwanych rezultatów). Słabość ta sprawia, że w razie złych rezultatów, wynik kompleksowo jest nieodwracalny. W takim wypadku istnieje możliwość wprowadzenia tylko częściowych poprawek, które niekoniecznie w konsekwencji muszą oznaczać poprawę stanu jako całości.

Z powyższych rozważań bierze swój początek przekonanie, że proces projektowania, a w szczególności projektowanie obiektów budowlanych, wymaga odpowiedniego sposobu podejścia [1, 2, 8, 9]. Potrzebna jest reguła, określająca tok postępowania, która musi jednak wykorzystywać myślenie uwrażli-



wiające na postrzeganie wszystkich potencjalnych uwarunkowań. Musi stwarzać, z jak największym prawdopodobieństwem, możliwość osiągania optymalnych efektów w stosunku do powstających obiektów w perspektywie całego cyklu ich życia, ale również brać pod uwagę potrzeby szeroko pojętego ich otoczenia [9, 15].

Reguła postępowania, podczas procesu projektowania obiektów budowlanych, ściśle uwzględniająca kryteria i zasady podejście systemowego, mogłaby sprowadzać się do następujących kroków:

- zidentyfikowanie składu obiektu-zbioru elementów;
- zidentyfikowanie własności elementów obiektu;
- zidentyfikowanie relacji między elementami i ich własnościami – zależności bezpośrednie;
- zidentyfikowanie poziomu przynależności obiektu w strukturze hierarchii systemów (czy obiekt jako system jest systemem samowystarczalnym czy jest podsystemem lub/i nadsystemem w układzie systemów);
- zidentyfikowanie relacji i ich rodzaju między systemami w układzie systemów – zależności pośrednie;
- zidentyfikowanie granic obszaru otoczenia;
- zidentyfikowanie własności otoczenia;
- zidentyfikowanie rodzajów relacji między układem systemów a otoczeniem;
- zidentyfikowanie części składowych cyklu życia obiektu;
- zidentyfikowanie rodzaju decyzji podejmowanych na poszczególnych etapach życia i wynikających z nich konsekwencji w innych fazach istnienia – w oparciu o dane uzyskane z praktyki budowlanej;
- końcowa analiza systemowa uwzględniająca wnioski wynikające z rozważań przeprowadzonych w punktach wcześniejszych.

#### **4. Wnioski**

1. Proces projektowania nowych obiektów budowlanych w czasach współczesnych, które charakteryzują się dużym nagromadzeniem już istniejących, skomplikowanych obiektów jest zdaniem trudnym i wymaga nowatorskich metod postępowania.
2. Ujęcie systemowe stwarza możliwość wypracowania poprawnych zasad postępowania podczas procesu projektowczego, które uwzględniałyby wszystkie istotne, szeroko określone aspekty: techniczno-technologiczne, środowiskowe, społeczne.
3. Szeroka analiza systemowa w fazie projektowania, wiąże się z potrzebą zaangażowania jednostek projektowych o charakterze wieloprofesjonalnym.

## Literatura

1. **Amanowicz M.:** *Struktura procesu projektowania*. IFiS PAN, Warszawa, 1977.
2. **Bąbiński C.:** *Elementy nauki o projektowaniu*. WNT, Warszawa, 1972.
3. **Biedugnis S., Roman M., Ways M.:** *Zasady projektowania komunalnych sieci wodociągowych. Podstawy gospodarki wodościekowej w miastach i osiedlach*. t.4. 1990.
4. **Bertalanfy von L.:** *Ogólna Teoria Systemów*. PWN, Warszawa, 1984.
5. **Buslenko N.P., Kałasznikow W.W., Kowalenko I.N.:** *Teoria systemów złożonych*. PWN, Warszawa, 1979.
6. **Denczew S., Królikowski A.:** *Podstawy nowoczesnej eksploatacji układów wodociągowych i kanalizacyjnych*. Arkady, Warszawa, 2002.
7. **Denczew S.:** *Podstawy gospodarki komunalnej. Współczesne zagadnienia sektorów inżynierskich*. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok, 2004.
8. **Dietrych J.:** *Projektowanie i konstruowanie*. WNT, Warszawa, 1974.
9. **Dietrych J.:** *Metodologia procesu projektowo-konstrukcyjnego*. Prace Naukowe Instytutu Cybernetyki, Politechnika Wroclawska, Seria: Konferencje, nr 3. Wrocław, 1975.
10. **Dolecka J. i in.:** *Wodociągi kanalizacja. Cz. I. Wodociągi. Materiały pomocnicze do ćwiczeń*. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej. Białystok, 1999.
11. **Gabryszewski T.:** *Wodociągi*. Arkady, Warszawa, 1983.
12. **Gasparski W.:** *Z zagadnień metodologii projektowania inżynierskiego*. Studium Doskonalenia Organizacji Badań Naukowych, Warszawa, 1970.
13. **Gasparski W.:** *Nowoczesne koncepcje projektowania*. Materiały II Konferencji Metodologia Projektowania. PWN, Warszawa, 1974.
14. **Gasparski W.:** *O metodologii badań i projektowania systemowego*. Materiały II Konferencji Metodologii Projektowania. PWN, Warszawa, 1974.
15. **Goliński J.:** *Metody optymalizacji w projektowaniu technicznym*. PWN, Warszawa, 1976.
16. **Hall A.D.:** *Podstawy techniki systemów*. PWN, Warszawa, 1968.
17. **Heidrich Z., Roman M., Tabernacki J.:** *Wodociągi i kanalizacja. Cz. I. Wodociągi*. WSiP, Warszawa, 1987.
18. **Heidrich Z.:** *Wodociągi i kanalizacja. Cz. I. Wodociągi*. WSiP, Warszawa, 1999.

## **An Attempt of Formulating the Principle of Optimal Gain of Technical Target in Resolving Problems in Design Process of Building Objects in a System Approach Basing on Water Supply Networks**

### **Abstract**

Applying the system thinking to design system, created by humans, makes potential possibilities to define optimal strategies in problem resolving, that is, to select alternative operations in the light of expected effects, to find optimal particular solutions and acceptable costs.

The problem of design processes itself is very old. Everybody knows that for centuries scientists and engineers have designed different things. But nowadays designing is becoming more and more complex and complicated due to an increasing number of building investment, and their great density in our environment.

System approach to give design engineers of the technical objects (the building objects) a prompt the need for using the following course of reasoning:

1. Each technical object is an artificial system (a gathering of elements) created by man with the aim of the fulfillment of his needs;
2. The technical object (the artificial system) - can be the over-system (higher level) of system and/or the sub-system (lower level) of system. They always are mutually dependent themselves.
3. Technical object exists and functions in definite (identified) surroundings with which stays on an interrelationship.
4. Whole cycle of life of technical object also is the system. Elements of it are individual stages of his existence. There is diverse but exact connection between design decisions and the technical condition of each phase and activities remaining phase.

So the system approach for technical problem solving of design processes, requires to meet such conditions as:

- system must be strictly defined,
- system shall have hierarchical structure (e.g. horizontally-vertical) proper for the fulfilled tasks, with coordination nature and optimum in relation to the solved problems,
- system shall include the set of subsystems,
- assignment of elements and subsystems in this system can be variable, depending on functions fulfilled by them in the given moment.

The system approach can help in making better decisions in design processes according to the principle of system approach which says: think globally act locally.

In the article authors took the attempt of applying a system approach to formulate rules of operation during designing of the waterworks.

