**Adam Masłoń**
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

# OCENA EFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGICZNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW POGÓRZA DYNOWSKIEGO

**Streszczenie**

Z uwagi na coraz wyższe wymagania i standardy w zakresie ochrony środowiska naturalnego oczyszczanie ścieków pozostaje aktualnie ważnym problemem na wielu obszarach naszego kraju. Szczególnie jest to istotne na terenach wiejskich, o rozproszonej zabudowie oraz zróżnicowanym ukształtowaniu terenu, gdzie zagadnienia gospodarki wodno-ściekowej wymagają podjęcia wielu działań. Poza budową nowych systemów odprowadzania i oczyszczania ścieków konieczna jest prawidłowa i niezawodna eksploatacja istniejących obiektów komunalnych. Wysoka oraz stabilna skuteczność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków przemawia za tym, że oczyszczalnia spełnia swoją rolę i zapewnia właściwą ochronę środowiska przyrodniczego.

Celem pracy jest ocena efektywności technologicznej oczyszczalni ścieków zlokalizowanych na terenie Pogórza Dynowskiego w obrębie Związku Gmin Turystycznych Pogórza Dynowskiego. Przedmiotem badań były mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków w miejscowościach: Krzywcza, Nienadowa, Dynów, Nozdrzec, Huta Poręby, Witryłów, Krzemienna i Jabłonka. Opisano zastosowane rozwiązania techniczne i technologiczne oraz dokonano analizy efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w odniesieniu do obowiązujących norm.

Aktualny stan oczyszczalni ścieków Pogórza Dynowskiego pozwala na uzyskanie zadawalającej efektywności technologicznej, dzięki czemu jakość oczyszczonych ścieków w analizowanych obiektach odpowiadała warunkom określonym w poszczególnych pozwoleniach wodnoprawnych.

**Słowa kluczowe:** ścieki, gospodarka ściekowa, oczyszczalnie ścieków

# THE EVALUATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS EFFECTIVENESS OF THE DYNÓW FOOTHILLS

**Summary**

Currently a major problem in the field of environmental protection in many areas of our country is wastewater treatment. This is particularly important in rural areas with dispersed buildings and diverse terrain where issues relating to water and wastewater management requires a number of actions. Besides the construction of new drainage systems and sewage treatment is needed correct and reliable operation of existing municipal facilities. High and stable efficiency of removing contaminants from wastewater speaks for the fact that the treatment does its job and provides adequate protection of the natural environment.

The aim of the study is to evaluate the effectiveness of technological wastewater treatment plant located in the Dynów Foothills within the Association of Tourism Municipalities of the

Dynów Foothills. The subject of the study were mechanical-biological treatment plants in Krzywcza, Nienadowa, Dynów, Nozdrzec, Huta Poręby, Witryłów, Krzemienna and Jabłonka. Described applied technological solutions and an analysis of the effectiveness of removing contaminants from wastewater in relation to the standards.

Current status of the WWTP of the Dynów Foothills allows to obtain satisfactory technological efficiency, so that the quality of treated wastewater in the analyzed objects meet the conditions specified in the individual water-legal permit.

**Keywords**: wastewater, wastewater management, wastewater treatment plant

## 1. Wprowadzenie

Przez Pogórze Dynowskie i cały obszar Związku Gmin Turystycznych Pogórza Dynowskiego przepływa rzeka San, która jest najdłuższą rzeką w południowo-wschodniej Polsce. Tereny te charakteryzują się znaczącymi walorami turystycznymi i krajobrazowymi. Na przestrzeni tej znajduje się duża ilość miejsc cennych przyrodniczo, które ze względu na swój unikalny charakter zostały objęte różnymi formami ochrony przyrody. Wśród nich są rezerwaty przyrody, Park Krajobrazowy Pogórza Przemyskiego, obszary chronionego krajobrazu, pomniki przyrody, użytki ekologiczne czy obszary Natura 2000. Te formy ochrony przyrody podkreślają wyjątkowy charakter obszaru, bogatego pod względem walorów przyrodniczych, który niewątpliwie trzeba pielęgnować i chronić[1].

Ochrona ekosystemów wodnych przed zanieczyszczeniami komunalnymi, których źródłem są przede wszystkim ścieki bytowo-gospodarcze, jest jednym z głównych problemów ochrony środowiska Pogórza Dynowskiego. Systemowa gospodarka wodno-ściekowa w obrębie Pogórza Dynowskiego stanowi więc spore wyzwanie, a fundamentalnym elementem jej infrastruktury komunalnej są oczyszczalnie ścieków[2,3]. Z uwagi na coraz wyższe wymagania i standardy w zakresie ochrony środowiska naturalnego oczyszczanie ścieków pozostaje aktualnie ważnym problemem nie tylko Pogórza Dynowskiego, lecz także na wielu obszarach naszego kraju.

Zagadnienia gospodarki wodno-ściekowej wymagają podjęcia wielu działań. Samorządy gminne zamierzające poprawić gospodarkę wodno-ściekową, w szczególności zaopatrzenie w wodę oraz odprowadzanie i oczyszczanie ścieków, w tym systemów kanalizacji sieciowej i zagrodowej, powinny szukać wsparcia ze strony funduszy unijnych i ze źródeł zewnętrznych. We wszystkich gminach Związku Gmin Turystycznych Pogórza Dynowskiego następuje porządkowanie gospodarki wodno-ściekowej poprzez rozbudowę sieci kanalizacyjnej wraz z budową nowych bądź modernizacją istniejących oczyszczalni ścieków[4,5]. Ze względu na szczególne walory

---

1 *Przewodnik turystyczny. Aktywnie na Pogórzu Dynowskim i w regionie Szarysz,* Wydawnictwo Stowarzyszenia na Rzecz Rozwoju i Promocji Podkarpacia „Pro Carpathia", Rzeszów 2014.

2 J. Krupa, J. Hałys, *Problematyka ochrony środowiska w aspekcie rozwoju turystyki wiejskiej,* [w:] J. Krupa, T. Soliński (red.), *Turystyka wiejska, ochrona środowiska i dziedzictwo kulturowe Pogórza Dynowskiego,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2011, s. 107–129.

3 A. Masłoń, J.A. Tomaszek, *Możliwość stosowania przydomowych systemów oczyszczania ścieków w aspekcie uporządkowania gospodarki ściekowej na Pogórzu Dynowskim,* [w:] J. Krupa (red.), *Zrównoważona turystyka szansą ochrony środowiska naturalnego, dziedzictwa kulturowego i rozwoju gospodarczego gmin Pogórza Dynowskiego,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2014, s. 17–28.

4 M. Dżoń, Rusza największa inwestycja w Gminie Dydnia, Nasza Gmina Dydnia, 2009, nr 2(19), s. 3–4.

5 E. Boroń, *Kładka, kanalizacja i złotozielone image,* Brzozowska Gazeta Powiatowa, nr 7(84), 2010, s. 16.

przyrodnicze Pogórza Dynowskiego oraz bezpośrednie sąsiedztwo największej rzeki regionu – Sanu – realizacja tych inwestycji jest jednym z pilniejszych zadań wszystkich gmin ZGTPD. Dodatkowo obiekty infrastruktury komunalnej – oczyszczalnie ścieków są czynnikiem rozwoju społeczno-ekonomicznego kraju, więc ich obecność może stymulować, np. poziom przedsiębiorczości Pogórza Dynowskiego.

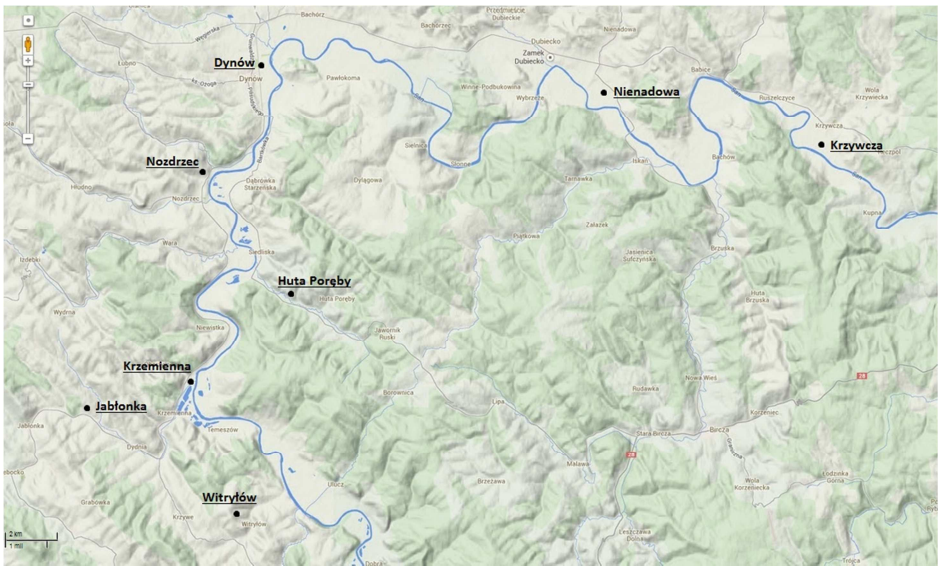
Poza budową nowych systemów odprowadzania i oczyszczania ścieków konieczna jest przede wszystkim prawidłowa i niezawodna eksploatacja istniejących obiektów komunalnych. Wysoka oraz stabilna skuteczność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków przemawia za tym, że oczyszczalnia spełnia swoją rolę i zapewnia właściwą ochronę środowiska przyrodniczego.

Celem pracy jest ocena efektywności technologicznej oczyszczalni ścieków zlokalizowanych na terenie Pogórza Dynowskiego w obrębie Związku Gmin Turystycznych Pogórza Dynowskiego. Przedmiotem badań są mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków w miejscowościach: Krzywcza, Nienadowa, Dynów, Nozdrzec, Huta Poręby, Witryłów, Krzemienna i Jabłonka. Scharakteryzowano zastosowane rozwiązania techniczne i technologiczne oraz dokonano analizy efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w odniesieniu do obowiązujących pozwoleń wodnoprawnych.

## 2. Charakterystyka ogólna oczyszczalni ścieków Pogórza Dynowskiego

Przedmiotowe oczyszczalnie ścieków komunalnych zlokalizowane w obrębie Związku Gmin Turystycznych Pogórza Dynowskiego usytuowane są w zlewni rzeki San na terenie powiatu przemyskiego, rzeszowskiego i brzozowskiego w województwie podkarpackim (ryc. 1).

Ryc. 1. Lokalizacja analizowanych oczyszczalni ścieków




*Źródło: Opracowanie własne*

Wielkość analizowanych oczyszczalni kształtuje się na poziomie od 24,0÷963,5 $m^3/d$ i RLM=63÷5003. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych z przedmiotowych obiektów jest rzeka San bądź jej dopływy (tab. 1). Większość oczyszczalni ścieków zlokalizowana jest w lewobrzeżnej zlewni Sanu.

Tab. 1. Charakterystyka ogólna analizowanych obiektów

| Lokalizacja oczyszczalni | Gmina | Projektowana przepustowość $Q_{śrd}$ [$m^3/d$] | Obciążenie oczyszczalni [RLM] | Odbiornik ścieków |
|---|---|---|---|---|
| Krzywcza | Krzywcza | 396,0 | 2493 | San |
| Nienadowa | Dubiecko | 963,5 | 5003 | San |
| Dynów | Dynów miasto | 2200 | 6136 | San |
| Nozdrzec | Nozdrzec | 50,0 | 250 | San |
| Huta Poręby | Nozdrzec | 24,0 | 160 | Potok Jaworka |
| Krzemienna | Dydnia | 500,0 | <2000 | Potok Obarzymka |
| Witryłów | Dydnia | 115,56 | 1032 | Potok Witryłówka |
| Jabłonka | Dydnia | 192 | 1115 | Potok Świnka |

*Źródło: Opracowanie własne*

Oczyszczalnia ścieków w Krzywczy została oddana do eksploatacji w 1997 r. i posiadała przepustowość nominalną na poziomie $Q_{śrd}$=152 $m^3/d$ i RLM=1442. W latach 2007–2009 obiekt został poddany modernizacji do wielkości 2493 RLM oraz $Q_{śrd}$=396,0 $m^3/d$ i $Q_{maxd}$=487,95 $m^3/d$. Obecnie obciążenie oczyszczalni kształtuje się na poziomie 400 RLM i $Q_{śrd}$=90,3±12,2 $m^3/d$. Do oczyszczalni dopływają ścieki z miejscowości Krzywcza, Ruszelczyce i Wola Krzywiecka (ryc. 2).

Ryc. 2. Oczyszczalnia ścieków w Krzywczy

*Źródło: www.geoportal.gov.pl*

Technologia oczyszczania ścieków opiera się na dwustopniowym oczyszczaniu z wykorzystaniem komory osadu czynnego wysoko obciążonego oraz złoża biologicznego. Oczyszczalnia ścieków składa się z sita spiralnego, zbiornika uśredniającego, dwóch komór osadu czynnego, osadnika wtórnego pionowego oraz dwóch złóż biologicznych BIOCLERE® i mikrofiltra. Ciąg technologiczny przeróbki osadów ściekowych opiera się na tlenowej stabilizacji, zagęszczaniu i odwadnianiu na prasie ślimakowo-taśmowej MONOBELT® z dozownikiem polielektrolitu firmy EKOFINN-POL. Odwodniony osad higienizowany jest wapnem. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka San w km 195+300[6,7]. Na obszarze gminy Krzywcza została wyznaczona aglomeracja Krzywcza o równoważnej liczbie mieszkańców 2856, zlokalizowana na terenie miejscowości Krzywcza, Ruszelczyce, Wola Krzywiecka i Babice z oczyszczalnią ścieków w Krzywczy[8].

Oczyszczalnia ścieków w Nienadowej została wybudowana w 1999 r. o nominalnej przepustowości 258 $m^3/d$ i RLM=2364 i zlokalizowana jest w południowej części miejscowości Nienadowa. W latach 2010–2011 w ramach projektu „Rozbudowa oczyszczalni ścieków oraz zakup wozu asenizacyjnego w Nienadowej" oczyszczalnia została rozbudowana do wielkości docelowej $Q_{śrd}$=963,5 $m^3/d$ i 5003 RLM (ryc. 3). Ścieki komunalne do oczyszczalni dopływają kanalizacją z miejscowości: Dubiecko, Nienadowa, Przedmieście Dubieckie oraz ścieki sanitarne z Zespołu Szkół Rolniczych, natomiast z pozostałych miejscowości: Wybrzeże, Winne Podbukowina, Słonne, Śliwnica, Drohobyczka, Kosztowa, Bachórzec i Hucisko Nienadowskie, wskutek braku istnienia na ich terenie sieci kanalizacji sanitarnej, ścieki dowożone są wozem asenizacyjnym.

Aktualnie wielkość obiektu określana jest na poziomie 1650 RLM i $Q_{śrd}$=450 $m^3/d$ i stanowi ok. 50% obciążenia nominalnego. Po modernizacji węzeł mechanicznego oczyszczania ścieków składa się z kraty koszowej o prześwicie 15 mm, sita spiralnego, pompowni ścieków oraz piaskownika pionowego. Pozbawione skratek i piasku ścieki retencjonowane są w komorze uśredniającej o objętości 56 $m^3$. Biologiczne oczyszczanie ścieków odbywa się w trzech równolegle pracujących bioreaktorach, składających się z komory beztlenowej (V=23 $m^3$), anoksycznej (V=40 $m^3$) i tlenowej (V=126 $m^3$). Recyrkulacja osadu czynnego zapewnia usuwanie związków biogennych na drodze nitryfikacji/denitryfikacji oraz biologicznej defosfatacji. Separacja osadu czynnego i ścieków oczyszczonych odbywa się w osadnikach wtórnych. Oczyszczone ścieki odprowadzone są kanałem do rzeki San w km 212+800. Część osadowa oczyszczalni składa się z zagęszczacza grawitacyjnego, prasy filtracyjnej MONOBELT® firmy EKOFINN-POL oraz stacji higienizacji osadu. Odwoniony osad kierowany jest do rolniczego wykorzystania[9].

---

6 Materiały informacyjne udostępnione przez Urząd Gminy Krzywcza.

7 Decyzja Starosty Przemyskiego nr ROś.II.6223-23/05 z dnia 15 czerwca 2005 r. o udzieleniu gminie Krzywcza pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków bytowych z oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w miejscowości Krzywcza.

8 Uchwała nr XLV/945/14 Sejmiku Województwa Podkarpackiego z dnia 22 kwietnia 2014 r. w sprawie likwidacji dotychczasowej aglomeracji Krzywcza oraz wyznaczenia nowej aglomeracji Krzywcza.

9 Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Dubiecku.

Ryc. 3. Oczyszczalnia ścieków w Nienadowej

*Źródło: www.geoportal.gov.pl*

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków dla miasta Dynowa, położona w północno-wschodniej jego części, została oddana do użytkowania w 1993 r. Projektowa docelowa przepustowość wynosi $Q_{śrd}$=2400 $m^3/d$, a jej wielkość została określona na poziomie 8572 RLM. W okresie 20 lat eksploatacji obiektu tak wysokich przepływów oraz obciążenia nie odnotowano. W chwili obecnej średnia przepustowość oczyszczalni wynosi ok. 700 $m^3/d$ przy RLM=6136[10]. Ustalone według pozwolenia wodnoprawnego przepływy oczyszczalni wynoszą odpowiednio: $Q_{śrd}$=958 $m^3/d$ i $Q_{maxd}$=1586 $m^3/d$ dla okresu bezdeszczowego oraz $Q_{śrd}$=1283 $m^3/d$ i $Q_{maxd}$=3441 $m^3/d$ dla okresu deszczowego[11]. Z kolei obciążenie oczyszczalni według Rozporządzenia Wojewody Podkarpackiego w sprawie wyznaczenia aglomeracji Dynów zostało określone na poziomie 6767 RLM[12].

W skład ciągu technologicznego dynowskiej oczyszczalni wchodzą:

- pompownia ścieków (V=525 $m^3$) z kratą łukową typu KŁ-400-13-20 produkcji „Powogaz" Poznań,
- dwa osadniki Imhoffa typu O.I.-9,0II zunifikowane według katalogu Centrum Techniki Komunalnej w Warszawie,
- dwie komory osadu czynnego typu KNAP-9/3.0-I-A o pojemności 2 x 216 $m^3$ wykonane według systemu typizacyjnego „UNIKLAR-77", przy czym aktualnie

[10] Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Dynowie.

[11] Decyzja Starosty Rzeszowskiego nr ROś. 6223-3/13/03 z dnia 30 grudnia 2003 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzenie oczyszczonych ścieków komunalnych z oczyszczalni ścieków w Dynowie do rzeki San.

[12] Rozporządzenie Wojewody Podkarpackiego nr 26/2006 z dnia 3 kwietnia 2006 r. w sprawie wyznaczenia aglomeracji Dynów.

eksploatowana jest naprzemiennie jedna komora (każda komora pracuje przez okres około 2 lat, następnie wyłączana jest do remontu), pod względem konstrukcyjnym komory stanowią zbiorniki żelbetowe, monolityczne, kwadratowe, jednokomorowe o wymiarach 9x9 m, z dnem w postaci niecki pryzmatycznej, h=3,9 m, komory są częściowo obsypane ziemią, każda komora jest wyposażona w aerator powierzchniowy typu AP-1100,

- dwa osadniki wtórne pionowe, kołowe, zaprojektowane i wykonane według systemu unifikacji oczyszczalni ścieków „UNIKLAR-77" typ OPiK-7,5 wersja XI (objętość czynna V=140,5 $m^3$),
- pompownia osadu recyrkulowanego i poletka osadowe.

W chwili obecnej, z wykonanych dwóch ciągów technologicznych oczyszczalni oba pracują naprzemiennie. Usytuowanie i połączenia międzyobiektowe oczyszczalni wykonano w sposób zapewniający pracę dwóch niezależnych ciągów technologicznych, z możliwością przełączenia poszczególnych obiektów sąsiedniego ciągu technologicznego (ryc. 4). Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka San w km 232+100[13,14].

Ryc. 4. Oczyszczalnia ścieków w Dynowie

1 – budynek administracyjno-biurowy; 2 – punkt zlewny; 3 – urządzenie pomiarowe na odpływie ścieków oczyszczonych; 4 – pompownia ścieków surowych z halą krat; 5 – budynek warsztatowo-magazynowy z przepompownią osadu; 6 – poletka osadowe; 7 – osadniki Imhoffa; 8 – komory osadu czynnego; 9 – osadniki wtórne; 10 – wylot kolektora do rzeki San

*Źródło: A. Kojder, Operat wodnoprawny na wprowadzanie ścieków z komunalnej oczyszczalni ścieków w Dynowie do wód rzeki San w km 232+100, Rzeszów, Zakład Usług Ekologicznych „EKO-POMIAR", Rzeszów, grudzień 2013 r.*

[13] Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Dynowie.

[14] A. Kojder, *Operat wodnoprawny na wprowadzanie ścieków z komunalnej oczyszczalni ścieków w Dynowie do wód rzeki San w km 232+100,* Zakład Usług Ekologicznych „EKO-POMIAR", Rzeszów, grudzień 2013 r.

Oczyszczalnia ścieków w Nozdrzcu została oddana do eksploatacji w latach 2002–2003 i jest przeznaczona do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w ilości 50,0 $m^3/d$ i 250 RLM. Obecnie obciążenie oczyszczalni kształtuje się na ok. 100 RLM i $Q_{śrd}$=40 $m^3/d$. Układ technologiczny stanowi kontenerowa oczyszczalnia ścieków typu BIOBLOK Mu-50a, w skład której wchodzą: krata łukowa, dwie komory osadu czynnego z aeratorami powierzchniowymi oraz jeden osadnik wtórny. Do recyrkulacji osadu z osadnika do KOCz zastosowano podnośnik powietrzny. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka San w km 252+450. Gospodarka osadami ściekowymi polega na ich odwanianiu, higienizacji wapnem i suszeniu na poletkach[15,16].

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w miejscowości Huta Poręby została wybudowana w latach 2002–2003. Przepustowość projektowa wynosi $Q_{śrd}$=24 $m^3/d$, $Q_{maxd}$=26,4 $m^3/d$ oraz RLM=160. Oczyszczalnia obsługuje obecnie 113 mieszkańców. Układ technologiczny obiektu składa się z osadnika trzykomorowego o objętości 24,3 $m^3$, złoża biologicznego typu Eco-Line 3N oraz obrotowego filtra bębnowego typu Hydrotech. Oczyszczalnia posiada wygląd kontenera i składa się z laminowanego zbiornika poliestrowego, w którym na ramach ze stali nierdzewnej umieszczone są moduły złóż biologicznych. Złoża biologiczne są poddawane procesowi ciągłego napowietrzania. Dmuchawa, umieszczona w części technicznej zbiornika dostarcza powietrze do dyfuzorów, umieszczonych w części dolnej złóż. Zbiorniki są wyposażone w dwustronnie otwierane pokrywy z zamkami. Proces sedymentacji wtórnej przebiega w obrotowym filtrze bębnowym, znajdującym się w części technicznej zbiornika. Całość procesu technologicznego sterowana jest automatycznie. Osadnik wstępny jest średnio 2 razy w roku czyszczony, a osad wywożony. Ścieki oczyszczone odprowadzane są do potoku Jaworka w km 0+550, prawego dopływu rzeki San[17,18].

W ramach „Propozycji planu Aglomeracji Nozdrzec" planowana jest budowa gminnej oczyszczalni ścieków typu BIO-TECH w miejscowości Nozdrzec. Wielkość oczyszczalni została określona na poziomie RLM=11360 i $Q_{śrd}$=1400 $m^3/d$. Odprowadzanie ścieków oczyszczonych planowane jest do potoku Łubienka w km 0+180 i dalej wraz z wodami potoku Łubienka do rzeki San w km 251+273. Analizowana oczyszczalnia ścieków BIOBLOK Mu-50a w Nozdrzcu zostanie zdemontowana. Również oczyszczalnia w miejscowości Huta Poręby zostanie zlikwidowana, natomiast ścieki z tej miejscowości będą kierowane za pomocą przepompowni do sieci kanalizacyjnej w Siedliskach i dalej do gminnej oczyszczalni ścieków w Nozdrzcu[19,20].

Oczyszczalnia ścieków w Krzemiennej została oddana do eksploatacji w 2010 r.[21] Przepustowość docelowa wynosi $Q_{śrd}$=2x250=500 $m^3/d$ i 4400 RLM. Ścieki do

[15] Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Nozdrzcu.
[16] Decyzja Starosty Brzozowskiego nr SR.6223-6/09 z dnia 25 czerwca 2009 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni w miejscowości Nozdrzec.
[17] Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Nozdrzcu.
[18] Decyzja Starosty Brzozowskiego nr SR.6223-17/09 z dnia 7 lipca 2009 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni w miejscowości Huta Poręby.
[19] Uchwała Nr XXXVIII/754/13 Sejmiku Województwa Podkarpackiego z dnia 23 września 2013 r. w sprawie zweryfikowania propozycji planu aglomeracji Nozdrzec.
[20] Uchwała Nr XLI/824/13 Sejmiku Województwa Podkarpackiego z dnia 30 grudnia 2013 r. w sprawie wyznaczenia aglomeracji Nozdrzec.
[21] M. Dżoń, *Inwestycje w gminie Dydnia,* Nasza Gmina Dydnia, nr 3(24), 2010, s. 20–21.

oczyszczalni dopływają kanalizacją z miejscowości Dydnia i Krzemienna. Obecnie wielkość obiektu szacowana jest na poziomie <2000 RLM, a według pozwolenia wodnoprawnego jej przepływy wynoszą odpowiednio $Q_{śrd}$=250 m$^3$/d oraz $Q_{maxd}$=300 m$^3$/d. Ciąg technologiczny oczyszczania ścieków składa się z kraty koszowej umieszczonej w pompowni ścieków surowych, sita oraz 2 reaktorów BIO-PAK typu KBA-120-150. Reaktor BIO-PAK składa się ze zintegrowanych obiektów – piaskownika pionowego, selektora beztlenowego o objętości 20 m$^3$, strefy tlenowej (nitryfikacji) i strefy anoksycznej (denitryfikacji) o objętości ok. 560 m$^3$ oraz umieszczonego w wewnętrznej części reaktora osadnika wtórnego. Osad z osadnika recyrkulowany jest do komory denitryfikacji. Zbiornik reaktora przykryty jest płytami z żywicy poliestrowej wzmocnionej włóknem szklanym zamocowanym na konstrukcji stalowej. Całkowita objętość reaktora wynosi 645 m$^3$. Uzupełnieniem układu technologicznego oczyszczalni jest ciąg osadowy, w skład którego wchodzą następujące obiekty i urządzenia: zagęszczacz osadu wyposażony w tlenową stabilizację osadu, prasa taśmowa. Ścieki oczyszczone odprowadzane są kolektorem do odbiornika – potoku Obarzymka, lewego dopływu rzeki San w km 248+950[22].

Oczyszczalnia ścieków w Witryłowie została wybudowana w 2005 r., a w latach 2010–2011 nastąpiła jej rozbudowa i modernizacja. Według pozwolenia wodnoprawnego przepustowość obiektu wynosi $Q_{śrd}$=115,56 m$^3$/d oraz $Q_{maxd}$=138,66 m$^3$/d, a jej wielkość określana jest na 1032 RLM. Do podstawowych urządzeń oczyszczalni należą: pompownia ścieków surowych, punkt zlewny ścieków dowożonych, sito, zbiornik uśredniająco-retencyjny oraz 2 sekwencyjne reaktory porcjowe SBR. Cyklogram reaktorów porcjowych zapewnia pełne biologiczne oczyszczanie ścieków. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest potok Witryłówka, dopływ rzeki San. Osad nadmierny kierowany jest do zbiorników stabilizacji tlenowej osadu. Uwodniony płynny osad transportowany jest do oczyszczalni w Krzemiennej celem odwadniania, a następnie kierowany do przyrodniczego wykorzystania[23].

Oczyszczalnia ścieków w Jabłonce powstała w 2003 r. Projektowana przepustowość obiektu wynosi $Q_{śrd}$=192,0 m$^3$/d, a wielkość 1115 RLM. W 2013 r. obiekt został zmodernizowany. Układ technologiczny składa się z sita szczelinowego, komory rozdziału ścieków oraz dwóch sekwencyjnych reaktorów porcjowych SBR. Oczyszczone ścieki odpływają kanałem do potoku Świnka (Jabłonka), lewego dopływu rzeki San. Osad nadmierny kierowany jest do zbiorników stabilizacji tlenowej osadu, skąd następnie w postaci płynnej transportowany jest do oczyszczalni w Krzemiennej do odwadniania, a następnie przekazany do przyrodniczego wykorzystania[24].

## 3. Metodyka oceny efektywności oczyszczalni ścieków

Ocenę efektywności technologicznej oczyszczalni ścieków przeprowadzono dla okresu 2011–2013 na podstawie danych udostępnionych przez administratorów poszczególnych obiektów komunalnych. W okresie tym kontrolowano zgodnie z indywi-

[22] Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Dydni.
[23] *Ibidem.*
[24] *Ibidem.*

dualnymi pozwoleniami wodnoprawnymi dla każdej oczyszczalni zawartość substancji organicznych wyrażoną wskaźnikami $BZT_5$ i ChZT oraz zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych. Z uwagi na wielkość przedmiotowych obiektów i brak konieczności usuwania związków biogennych ze ścieków nie analizowano zawartości azotu i fosforu ogólnego. Eksploatacja oczyszczalni ścieków zobowiązuje do zachowania wymagań prawnych określonych w pozwoleniu wodnoprawnym na odprowadzanie ścieków z oczyszczalni (tab. 2). Obowiązujące dla przedmiotowych oczyszczalni wymagania są zbieżne z warunkami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska dla systemów o wielkości odpowiednio RLM<2000 oraz RLM=2000÷9999.

Tab. 2. Wymagane stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych według pozwoleń wodnoprawnych dla poszczególnych oczyszczalni

| **Oczyszczalnia ścieków** | **Wskaźnik zanieczyszczeń** | | |
|---|---|---|---|
| | **$BZT_5$ [mg $O_2$/dm$^3$]** | **ChZT [mg $O_2$/dm$^3$]** | **Zawiesina ogólna [mg/dm$^3$]** |
| Krzywcza[25] | 25,0 | 125,0 | 35,0 |
| Nienadowa[26] | 25,0 | 125,0 | 35,0 |
| Dynów[27] | 25,0 | 125,0 | 35,0 |
| Nozdrzec[28] | 40,0 | 150,0 | 50,0 |
| Huta Poręby[29] | 40,0 | 150,0 | 50,0 |
| Jabłonka[30] | 40,0 | 150,0 | 50,0 |
| Krzemienna[31] | 25,0 | 125,0 | 35,0 |
| Witryłów[32] | 40,0 | 150,0 | 50,0 |

*Źródło: Opracowanie własne*

Większość analizowanych obiektów nie posiada obowiązkowego monitoringu jakości ścieków surowych, wobec czego brak możliwości oszacowania ładunków zanieczyszczeń i obciążenia substratowego poszczególnych obiektów.

[25] Decyzja Starosty Przemyskiego nr ROś.II.6223-23/05 z dnia 15 czerwca 2005 r. o udzieleniu Gminie Krzywcza pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków bytowych z oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w miejscowości Krzywcza.

[26] Decyzja Starosty Przemyskiego nr Roś.II.6223-31/09 z dnia 28 października 2009 r. udzielającej Gminie Dubiecko pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie oczyszczonych ścieków komunalnych z oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w miejscowości Nienadowa.

[27] Decyzja Starosty Rzeszowskiego nr ROś. 6223-3/13/03 z dnia 30 grudnia 2003 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzenie oczyszczonych ścieków komunalnych z oczyszczalni ścieków w Dynowie do rzeki San.

[28] Decyzja Starosty Brzozowskiego nr SR.6223-6/09 z dnia 25 czerwca 2009 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni w miejscowości Nozdrzec.

[29] Decyzja Starosty Brzozowskiego nr SR.6223-17/09 z dnia 7 lipca 2009 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni w miejscowości Huta Poręby.

[30] Decyzja Starosty Brzozowskiego w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni zlokalizowanej w miejscowości Jabłonka.

[31] Decyzja Starosty Brzozowskiego w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni zlokalizowanej w miejscowości Krzemienna.

[32] Decyzja Starosty Brzozowskiego w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni zlokalizowanej w miejscowości Witryłów.

Kryterium oceny efektywności oczyszczalni ścieków w niniejszej pracy stanowi jakość ścieków oczyszczonych w odniesieniu do pozwolenia wodnoprawnego dla danej oczyszczalni ścieków (tab. 2). Wyniki badań jakości ścieków oczyszczonych zostały poddane analizie statystycznej. Obliczono podstawowe charakterystyki statystyczne: wartość średnią, minimum, maksimum, medianę, współczynnik zmienności, odchylenie standardowe, rozstęp, percentyl 15% oraz percentyl 85%. Obliczenia wykonano w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel. Pomocniczym kryterium oceny efektywności oczyszczania ścieków jest także niezawodność pracy oraz technologiczna sprawność oczyszczalni ścieków.

Analizę efektywności oczyszczania ścieków dla oczyszczalni w Dynowie i Krzywczy wykonano na podstawie analizy porównawczej ścieków surowych i oczyszczonych, określając wskaźnik procentowej efektywności pracy oczyszczalni ścieków[33, 34] (1):

$$\eta_x = \frac{C_{px} - C_x}{C_{px}} \cdot 100, [\%] \qquad (1)$$

gdzie:

$C_{px}$ – stężenie x-wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach surowych [mg/dm$^3$]

$C_x$ – stężenie x-wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych [mg/dm$^3$]

Niezawodność pracy oczyszczalni ścieków określono w oparciu o wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych oraz oczyszczonych według wzoru[35,36] (2):

$$WN = \frac{\mu_x}{x_{dop}}, \qquad (2)$$

gdzie:

$\mu_x$ – średnia wartość wskaźnika x-zanieczyszczenia w ściekach oczyszczonych, [mg/dm$^3$]

$x_{dop}$ – wartość dopuszczalna danego wskaźnika x-zanieczyszczenia w ściekach oczyszczonych według pozwolenia wodnoprawnego, [mg/dm$^3$]

Wskaźnik określający technologiczną sprawność oczyszczalni ścieków określono na podstawie zależności[37] (3):

$$P_{SW} = \frac{m_s}{n_s + 1} \qquad (3)$$

gdzie:

$m_s$ – liczba wyników badań x-wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych spośród $n_s$, która jest zgodna z wartością $x_{dop}$ wymaganą w pozwoleniu wodnoprawnym

[33] J. Rak, A. Wieczysty, *Funkcjonowanie systemu oczyszczalnia-odbiornik ścieków w świetle teorii niezawodności,* IX Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych", Rajgród 1997, s. 16–24.

[34] A. Wałęga, *Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków metodami statystycznymi,* Forum Eksploatatora, nr 5, 2009, s. 30–34.

[35] D. Andraka, *Modelowanie pracy oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo,* Inżynieria Ekologiczna, nr 24, 2011, s. 7–16.

[36] A. Wałęga, *Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków metodami statystycznymi…, op. cit.,* s. 30–34.

[37] J. Rak, A. Wieczysty, *Funkcjonowanie systemu oczyszczalnia-odbiornik ścieków…, op. cit.,* s. 16–24.

$n_s$ – liczba wszystkich wyników badań x-wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych ze względu na dany wskaźnik x-zanieczyszczeń.

## 4. Ocena efektywności oczyszczalni ścieków

Jakość oraz ilość ścieków dopływających do oczyszczalni determinuje efekt końcowy pracy oczyszczalni, czyli jakość odpływu do odbiornika. Analiza obciążenia hydraulicznego przedmiotowych oczyszczalni wskazuje, że ich rzeczywista przepustowość określana jako $Q_{śrd}$ w latach 2011–2013 była niższa od wartości projektowanych – nominalnych (tab. 3). Rzeczywiste obciążenie hydrauliczne wszystkich oczyszczalni kształtowało się na poziomie od 20,3% (Krzywcza) do 81,8% (Nozdrzec) wydajności nominalnej. Największe rezerwy hydrauliczne posiadają oczyszczalnie w Krzywczy i Dynowie, z kolei mniejsze – w Nozdrzcu. Wszystkie obiekty funkcjonowały w zmiennych warunkach hydraulicznych i w konsekwencji pracowały przy zróżnicowanym obciążeniu ładunkiem zanieczyszczeń. Jakość ścieków surowych dopływających do przedmiotowych oczyszczalni była bardzo zbliżona (tab. 4) i dodatkowo charakterystyczna dla wiejskich systemów kanalizacyjnych[38, 39, 40]. Ścieki surowe z terenów wiejskich charakteryzują się wysokim zakresem zmienności wskaźników zanieczyszczeń, a przy dodatkowym niskim poziomie zużycia i wykorzystania wody obserwuje się duże zatężenie zanieczyszczeń[41].

Tab. 3. Przepływ średniodobowy $Q_{śrd}$ [m³/d] w analizowanych oczyszczalniach ścieków w latach 2011–2013

| Obiekt | 2011 | 2012 | 2013 | Wartość średnia dla lat 2011-2013 |
|---|---|---|---|---|
| Krzywcza | 86,5 | 80,4 | 104,0 | 90,3 |
| Nienadowa | 508,0 | 395,0 | 415,0 | 439,3 |
| Dynów | 728,3 | 659,1 | 684,9 | 690,77 |
| Nozdrzec | 40,9 | 39,6 | 37,8 | 39,43 |
| Huta Poręby | 7,4 | 7,5 | 7,2 | 7,37 |
| Jabłonka | 91,6 | 113,4 | 82,8 | 95,93 |
| Krzemienna | 187,8 | 213,4 | 221,1 | 207,43 |
| Witryłów | 18,2* | 81,4 | 73,5 | 55,7 |

* w roku 2011 nastąpiła modernizacja oczyszczalni

*Źródło: Opracowanie własne*

[38] G. Kaczor, *Stężenia zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych z wiejskich systemów kanalizacyjnych województwa małopolskiego,* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 9, 2009, s. 97–104.

[39] A. Masłoń, *Ocena efektywności wybranych oczyszczalni ścieków typu SBR w południowo-wschodniej Polsce,* Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 58, nr 4, 2011, s. 203–214.

[40] A. Masłoń, J.A. Tomaszek, *Sekwencyjne reaktory porcjowe w oczyszczaniu ścieków,* [w:] J. Krupa (red.), *Ochrona środowiska, krajobraz przyrodniczy i kulturowy Pogórza Dynowskiego a rozwój turystyki,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2013, s. 43–61.

[41] A. Masłoń, J.A. Tomaszek, *Możliwość stosowania przydomowych systemów oczyszczania ścieków w aspekcie uporządkowania gospodarki ściekowej na Pogórzu Dynowskim…, op. cit.,* s. 17–28.

Tab. 4. Jakość ścieków surowych dopływających do wybranych oczyszczalni w latach 2011–2013

| Obiekt | $BZT_5$[mg $O_2$/dm$^3$] | | | ChZT[mg $O_2$/dm$^3$] | | | Zawiesina og.[mg/m$^3$] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | max | średnia | min | max | średnia | min | max | średnia |
| Krzywcza | 110,0 | 420,0 | 220,0 | 213,0 | 919,0 | 451,2 | 66,0 | 97,6 | 71,6 |
| Dynów | 100,0 | 386,0 | 189,5 | 342,0 | 1192,0 | 551,1 | 132,0 | 636,0 | 224,3 |
| Nienadowa | - | - | 224,0 | - | - | 500,0 | - | - | 293,0 |
| Nozdrzec | - | - | 109,0 | - | - | 223,0 | - | - | 188,0 |
| Huta Poręby | - | - | 106,0 | - | - | 369,0 | - | - | 920,0 |

*Źródło: Opracowanie własne*

W rozpatrywanym okresie we wszystkich badanych obiektach stężenia rozpatrywanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych w odpływie do odbiornika były znacznie niższe od określonych w pozwoleniach wodnoprawnych (tab. 5–7, ryc. 5). Stwierdzono jedynie incydentalne przekroczenie wskaźników $BZT_5$, ChZT i zawiesiny ogólnej w oczyszczalni ścieków w Witryłowie w kwietniu 2012 r. Najczęściej obserwowanymi wartościami w odpływie z rozpatrywanych oczyszczalni były: $BZT_5$=3,0÷15,0 mg $O_2$/dm$^3$, ChZT=30,0÷60,0 mg $O_2$/dm$^3$oraz $Z_{og}$=10,0÷16,0 mg/dm$^3$. Średnia jakość wskaźników zanieczyszczeń dla wszystkich obiektów wyniosła 10,6 mg $O_2$/dm$^3$, 58,0 mg $O_2$/dm$^3$ oraz 14,3 mg/dm$^3$, odpowiednio dla $BZT_5$, ChZT i zawiesiny ogólnej. Wyniki wskazują, na prawidłową pracę obiektów i znaczny zapas w zakresie osiągnięcia parametrów z pozwolenia wodnoprawnego. Świadczy to o poprawnym prowadzeniu procesów biologicznego oczyszczania ścieków przez eksploatatorów poszczególnych obiektów. Obserwowane są nieliczne przypadki wartości wskaźników zanieczyszczeń na granicy pozwolenia wodnoprawnego. Najwyższą stabilność utrzymywania wymaganych wartości $BZT_5$ w ściekach oczyszczonych odnotowano w przypadku oczyszczalni w Krzemiennej i Huta Poręby, a najniższą w Jabłonce i Witryłowie. W przypadku wskaźnika ChZT najwyższą stabilnością odpływu charakteryzowały się obiekty w Nozdrzcu, Nienadowej i Krzemiennej, a najniższą w Witryłowie. Z kolei w odniesieniu do utrzymywania odpowiedniego stężenia zawiesiny ogólnej w odpływie oczyszczalnie w Krzywczy i Dynowie wykazały najwyższą stabilność, a w Jabłonce i Witryłowie najniższą (ryc. 5).

Tab. 5. Zestawienie statystyk opisowych wartości $BZT_5$ [mg $O_2$/dm$^3$] w ściekach oczyszczonych w latach 2011–2013

| Obiekt | Wartość minimalna | Wartość maksymalna | Wartość średnia | Mediana | Odchyl. Stand. | Percentyl 15% | Percentyl 85% | Wsp. zmienności | Rozstęp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Krzywcza | 10,0 | 25,0 | 16,7 | 15,5 | 4,75 | 13,0 | 22,7 | 0,29 | 15,0 |
| Nienadowa | 4,2 | 20,0 | 9,4 | 8,6 | 4,0 | 6,8 | 11,5 | 0,42 | 15,8 |
| Dynów | 3,6 | 24,0 | 15,5 | 16,0 | 6,09 | 10,4 | 22,2 | 0,39 | 20,4 |
| Nozdrzec | 8,0 | 14,1 | 11,1 | 10,7 | 2,14 | 9,7 | 13,2 | 0,19 | 6,1 |
| Huta Poręby | 3,3 | 11,4 | 8,5 | 9,8 | 3,41 | 4,7 | 11,4 | 0,40 | 8,1 |

| Obiekt | Wartość minimalna | Wartość maksymalna | Wartość średnia | Mediana | Odchyl. Stand. | Percentyl 15% | Percentyl 85% | Wsp. zmienności | Rozstęp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jabłonka | 1,6 | 22,0 | 7,8 | 5,9 | 8,38 | 1,7 | 13,5 | 1,07 | 20,4 |
| Krzemienna | 1,5 | 5,6 | 3,0 | 2,4 | 1,36 | 2,1 | 4,4 | 0,45 | 4,1 |
| Witryłów | 1,3 | 54,0 | 13,0 | 5,1 | 16,98 | 1,8 | 25,1 | 1,3 | 52,7 |

*Źródło: Opracowanie własne*

Tab. 6. Zestawienie statystyk opisowych wartości ChZT [mg $O_2$/dm$^3$] w ściekach oczyszczonych w latach 2011–2013

| Obiekt | Wartość minimalna | Wartość maksymalna | Wartość średnia | Mediana | Odchyl. Stand. | Percentyl 15% | Percentyl 85% | Wsp. zmienności | Rozstęp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Krzywcza | 38,0 | 116,0 | 81,8 | 84,5 | 22,21 | 61,9 | 105,1 | 0,27 | 78,0 |
| Nienadowa | 31,0 | 73,0 | 49,5 | 49,0 | 13,1 | 34,7 | 65,0 | 0,26 | 42,0 |
| Dynów | 33,0 | 89,0 | 53,9 | 52,0 | 19,0 | 36,0 | 76,0 | 0,35 | 56,0 |
| Nozdrzec | 44,0 | 76,0 | 61,5 | 65,0 | 11,5 | 50,0 | 69,3 | 0,19 | 32,0 |
| Huta Poręby | 31,0 | 67,0 | 49,2 | 50,0 | 12,5 | 38,5 | 58,8 | 0,25 | 36,0 |
| Jabłonka | 30,0 | 101,0 | 54,6 | 44,0 | 30,2 | 30,0 | 81,2 | 0,55 | 71,0 |
| Krzemienna | 30,0 | 63,0 | 45,8 | 44,0 | 11,56 | 32,4 | 58,8 | 0,25 | 33,0 |
| Witryłów | 30,0 | 198,0 | 67,4 | 33,0 | 55,63 | 30,0 | 103,8 | 0,83 | 168,0 |

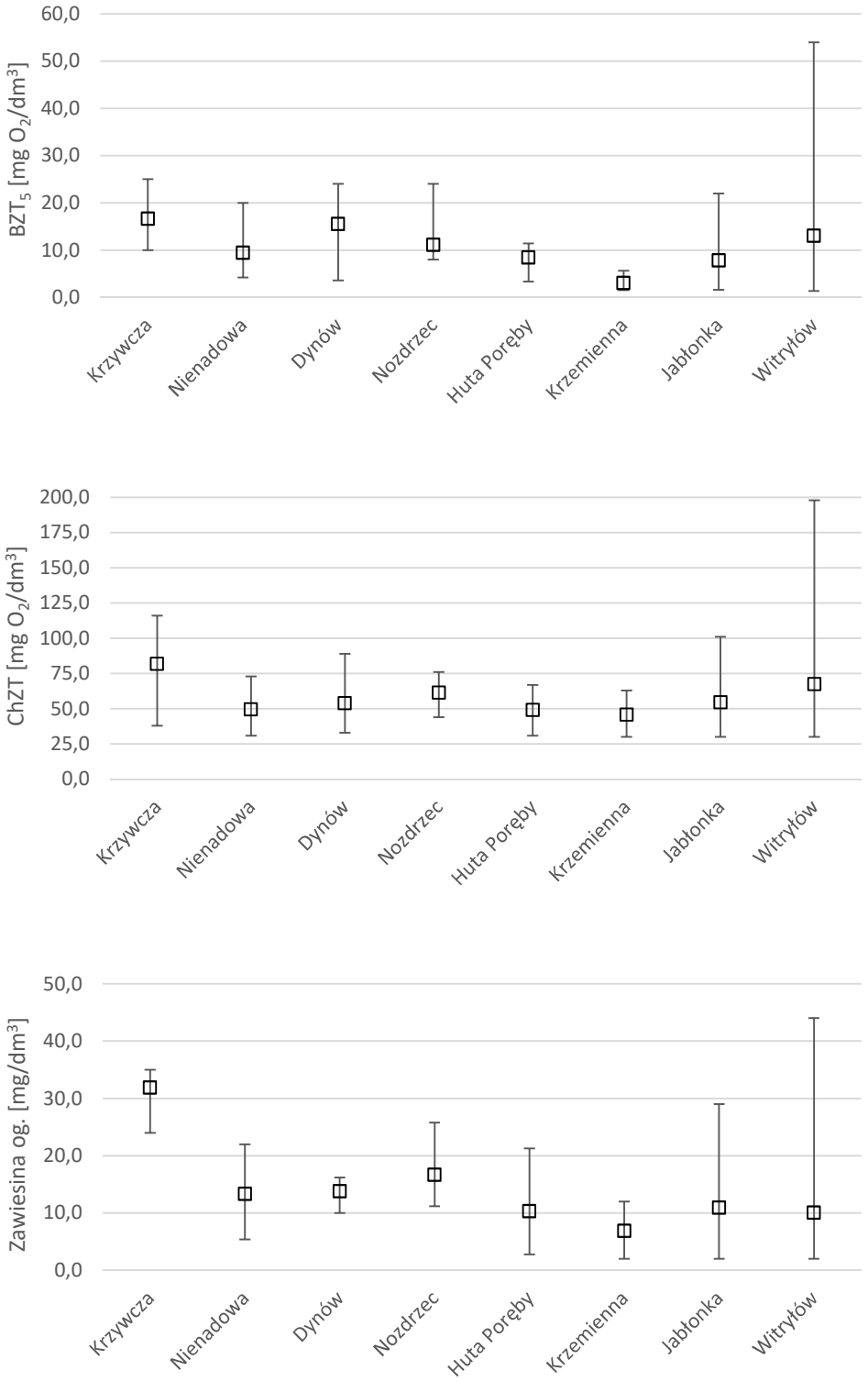
*Źródło: Opracowanie własne*

Tab. 7. Zestawienie statystyk opisowych stężeń zawiesiny ogólnej [mg/dm$^3$] w ściekach oczyszczonych w latach 2011–2013

| Obiekt | Wartość minimalna | Wartość maksymalna | Wartość średnia | Mediana | Odchyl. Stand. | Percentyl 15% | Percentyl 85% | Wsp. zmienności | Rozstęp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Krzywcza | 24,0 | 35,0 | 31,9 | 33,0 | 3,7 | 28,9 | 35,0 | 0,12 | 11,0 |
| Nienadowa | 5,4 | 22,0 | 13,4 | 14,0 | 4,7 | 9,0 | 17,7 | 0,35 | 16,6 |
| Dynów | 10,0 | 16,2 | 13,8 | 14,4 | 2,1 | 11,4 | 15,5 | 0,15 | 6,2 |
| Nozdrzec | 11,2 | 25,8 | 16,8 | 16,4 | 5,6 | 11,2 | 21,5 | 0,33 | 14,6 |
| Huta Poręby | 2,8 | 21,3 | 10,3 | 9,3 | 7,7 | 3,7 | 16,9 | 0,75 | 18,5 |
| Jabłonka | 2,0 | 29,0 | 11,0 | 9,2 | 10,8 | 3,0 | 18,2 | 0,98 | 27,0 |
| Krzemienna | 2,0 | 12,0 | 6,9 | 6,4 | 4,1 | 2,2 | 11,0 | 0,59 | 10,0 |
| Witryłów | 2,0 | 44,0 | 10,1 | 6,8 | 12,5 | 2,4 | 11,7 | 1,24 | 42,0 |

*Źródło: Opracowanie własne*

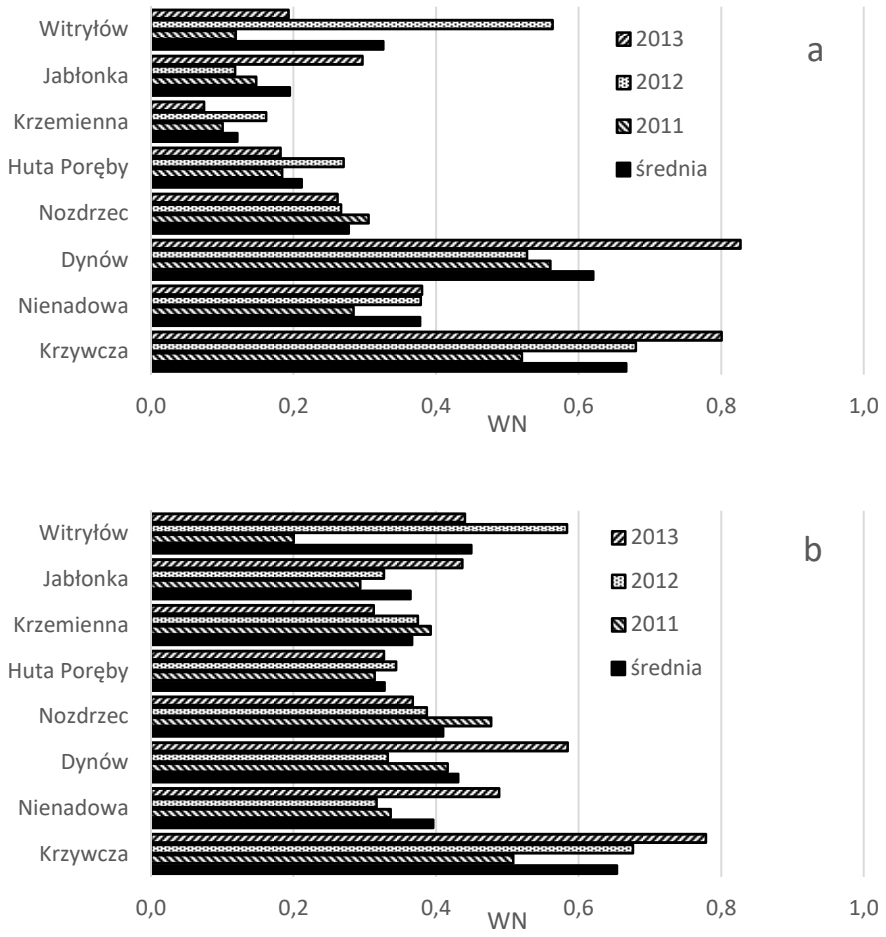
Ryc. 5. Jakość ścieków oczyszczonych w latach 2011–2013 w rozpatrywanych obiektach

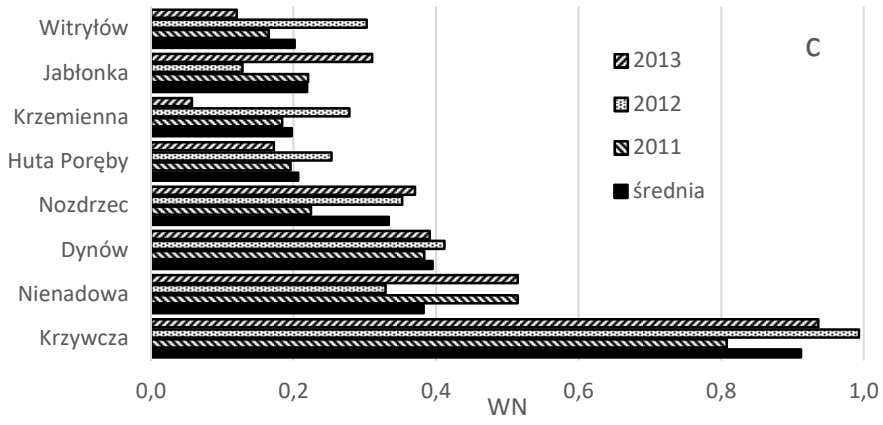



*Źródło: Opracowanie własne*

Przeprowadzona analiza wskaźnika niezawodności wykazała wysoką niezawodność pracy wszystkich oczyszczalni pod względem usuwania ze ścieków zanieczyszczeń organicznych i zawiesiny ogólnej (ryc. 6). W żadnym przypadku nie odnotowano wartości wskaźnika niezawodności na poziomie powyżej 1,0. Średnia wartość WN w odniesieniu do $BZT_5$ w rozpatrywanym okresie wynosiła dla każdej oczyszczalni odpowiednio: Krzywcza – 0,667; Nienadowa – 0,378; Dynów – 0,621; Nozdrzec – 0,278; Huta Poręby – 0,212; Krzemienna – 0,121; Jabłonka – 0,195; Witryłów – 0,326. W zakresie ChZT wskaźnik niezawodności osiągnął średnio wartość: 0,654 w Krzywczy; 0,396 w Nienadowej; 0,431 w Dynowie; 0,410 w Nozdrzcu; 0,328 w Hucie Poręby; 0,366 w Krzemiennej; 0,364 w Jabłonce oraz 0,449 w Witryłowie. Z kolei wskaźnik WN dla zawiesiny ogólnej kształtował się średnio w całym trzyleciu na poziomie, odpowiednio: Krzywcza – 0,912; Nienadowa – 0,382; Dynów – 0,395; Nozdrzec – 0,337; Huta Poręby – 0,207; Krzemienna – 0,197; Jabłonka – 0,219; Witryłów – 0,202. Określone wskaźniki niezawodności dla oczyszczalni ścieków z obszaru ZGTPD potwierdzają ich poprawną oraz niezawodną pracę.

Ryc. 6. Wskaźnik niezawodności technologicznej oczyszczalni ścieków, a – $BZT_5$, b – ChZT, c – zawiesina ogólna

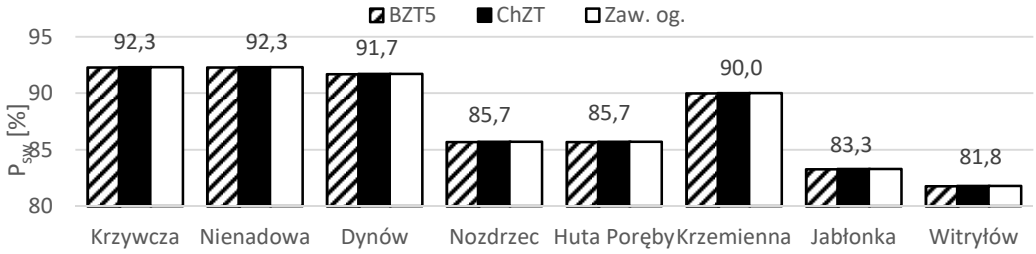





*Źródło: Opracowanie własne*

Analiza danych eksploatacyjnych wykazała, że technologiczna sprawność oczyszczalni przedmiotowych ścieków w latach 2011–2013 oscylowała w przedziale od 81,8 do 92,3% w zakresie usuwania związków organicznych i zawiesiny ogólnej ze ścieków (ryc. 7). Najwyższą sprawność technologiczną uzyskano w oczyszczalni ścieków w Krzywczy i Nienadowej, z kolei najniższą, wynikającą z incydentalnego przekroczenia pozwolenia wodnoprawnego, w Witryłowie.

Ryc. 7. Średnia technologiczna sprawność oczyszczalni ścieków




*Źródło: Opracowanie własne*

W oparciu o monitoring jakość ścieków surowych możliwe było oszacowanie procentowej efektywności oczyszczania ścieków dla obiektów w Dynowie i Krzywczy. W rozpatrywanych oczyszczalniach osiągnięto efektywność usuwania substancji organicznych określoną wskaźnikami $BZT_5$ i ChZT w zakresie, odpowiednio 80,6÷98,6% i 59,6÷96,9% oraz zawiesiny ogólnej na poziomie 48,5÷98,4%. Wyższą sprawność oczyszczania ścieków odnotowano w 2013 r. aniżeli w latach poprzednich, zarówno w oczyszczalni w Krzywczy, jak i w Dynowie. Średnia efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w analizowanym trzyleciu w oczyszczalni w Krzywczy wyniosła odpowiednio: $BZT_5$ – 91,1±4,3%; ChZT – 78,9±10,7% oraz $Z_{og}$– 79,6±12,2%. Z kolei w odniesieniu do oczyszczalni w Dynowie, jej efektywność usuwania zanieczyszczeń

osiągnęła w latach 2011–2013 poziom: $BZT_5$ – 90,2±5,5%; ChZT – 89,2±4,3% oraz $Z_{og}$ – 92,5±2,7%. Efektywność zmniejszania zanieczyszczeń ze ścieków w oczyszczalni w Dynowie utrzymuje się na stabilnym poziomie od wielu lat. Chmielowski (2012) wykazał, że w latach 2007–2010 sprawność usuwania zanieczyszczeń w dynowskiej oczyszczalni oscylowała w przedziale: $BZT_5$ – 91,8÷98,7%; ChZT – 78,2÷99,1% i $Z_{og}$ – 79,8÷98,7%, przy średnich wartościach 96,4% ($BZT_5$), 91,5% (ChZT) i 92,9% ($Z_{og}$). W okresie tym tak wysoka efektywność usuwania zanieczyszczeń pozwoliła uzyskać jakość ścieków oczyszczonych w zakresie 2,3÷9,9mg $O_2/dm^3$($BZT_5$), 5,5÷56,0 mg $O_2/dm^3$(ChZT) i 2,0÷14,8mg/$dm^3$ ($Z_{og}$)[42].

W analizowanym okresie przedmiotowe oczyszczalnie ścieków odprowadzały do wód powierzchniowych średnio w ciągu roku sumarycznie ładunek zanieczyszczeń na poziomie: $BZT_5$ – 6532 kg $O_2$/rok, ChZT – 30590 kg $O_2$/rok, zawiesiny ogólnej – 8135 kg/rok. Przyczyniło się to oczywiście do poprawy środowiska przyrodniczego nie tylko Pogórza Dynowskiego, ale i całej zlewni Sanu i Wisły. Dla porównania z terenu ZGTPD o powierzchni 643,83 $km^2$ odprowadza się z nieoczyszczonych ścieków komunalnych do wód powierzchniowych ładunek związków organicznych wyrażony wskaźnikami $BZT_5$ i ChZT na poziomie nawet 840 ton/rok i 1744 ton/rok! W przypadku zawiesiny ogólnej jest to ilość zanieczyszczeń ponad 900 ton/rok, która może kumulować się w osadach ekosystemów wodnych. Z nieoczyszczonych ścieków komunalnych z kolei dopływa do Sanu blisko 153 ton N/rok i ponad 25 ton P/rok związków biogennych[43,44]. Prawidłowa praca oczyszczalni ścieków na terenie ZGTPD oraz budowa nowych obiektów komunalnych zapewniać będzie w przyszłości ochronę zlewni Sanu przed tak dużymi ilościami zanieczyszczeń.

Mimo że analizowane obiekty nie posiadają ustawowego obowiązku usuwania związków biogennych ze ścieków, to obserwuje się w ciągu technologicznym oczyszczalni znaczną eliminację azotu i fosforu ogólnego. Przykładowo w oczyszczalni w Krzywczy w latach 2011–2013 odnotowano w ściekach oczyszczonych stężenie związków biogennych na poziomie 25,5÷45,7 mg N/$dm^3$ oraz 2,1÷4,8 mg P/$dm^3$ przy dopływie w ściekach surowych równym 49,2÷97,6 mg N/$dm^3$ i 5,1÷11,6 mg P/$dm^3$. Poprawna eksploatacja biologicznego węzła oczyszczalni ścieków (komory osadu czynnego i złoża biologicznego) w tym obiekcie pozwoliła na drodze nitryfikacji/denitryfikacji oraz częściowo w procesie biologicznej defosfatacji osiągnąć poziom eliminacji azotu i fosforu ogólnego na poziomie odpowiednio 31,3÷73,9% oraz 45,1÷70,2%, przy czym wyższe skuteczności odnotowano w okresach letnich, a mniejsze w okresach zimowo-wiosennych. Niewielka modyfikacja parametrów technologicznych osadu czynnego (zmiana wieku osadu i/lub obciążenia osadu czynnego) oraz wprowadzenie chemicznego strącania fosforu może pozwolić w niedalekiej przyszłości na uzyskiwanie jakości odpływu na poziomie nawet <15 mg N/$dm^3$ i <2 mg P/$dm^3$.

---

42 K. Chmielowski, *Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Dynowie,* [w:] J. Krupa, T. Soliński (red.), *Ochrona środowiska w aspekcie zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego Pogórza Dynowskiego,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2012, s. 231–237.

43 *Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły,* Monitor Polski nr 49, poz. 549, 2011.

44 A. Masłoń, J.A. Tomaszek, *Możliwość stosowania przydomowych systemów oczyszczania ścieków w aspekcie uporządkowania gospodarki ściekowej na Pogórzu Dynowskim…, op. cit.*, s. 17–28.

## 5. Podsumowanie

Aktualny stan gospodarki ściekowej na Pogórzu Dynowskim w obrębie ZGTPD można ocenić jako typowy dla zdecydowanej większości gmin wiejskich w naszym kraju[45]. W ostatnim czasie obserwuje się jednak znaczące porządkowanie gospodarki ściekowej na Pogórzu Dynowskim, czego rezultaty są zauważalne w postaci narastającej długości kanalizacji sanitarnej oraz budowy bądź rozbudowy oczyszczalni ścieków. W obrębie ZGTPD wyznaczono aglomeracje, dla których w najbliższym czasie będą prowadzone inwestycje proekologiczne z budową komunalnych systemów doprowadzania i oczyszczania ścieków komunalnych.

Ocena efektywności technologicznej oczyszczalni ścieków Pogórza Dynowskiego pozwala stwierdzić, że w analizowanym okresie 2011–2013 uzyskiwane usuwanie zanieczyszczeń ze ścieków jest zadowalające. W rozpatrywanych obiektach jakość ścieków oczyszczonych odpowiadała wymaganiom określonym w poszczególnych pozwoleniach wodnoprawnych. Spostrzeżone zostało jednak marginalne przekroczenie dopuszczalnych stężeń w oczyszczalni w Witryłowie. Obserwowane wartości wskaźników zanieczyszczeń były poniżej wymaganych stężeń w pozwoleniach wodnoprawnych, wobec czego oczyszczalnie posiadają znaczny „zapas" względem górnej granicy dopuszczalnych parametrów. Wyznaczone wskaźniki niezawodności potwierdzają sprawne i niezawodne funkcjonowanie analizowanych oczyszczalni. W żadnym przypadku nie odnotowano wartości wskaźnika niezawodności na poziomie powyżej 1,0 wskazującego na konieczność usprawnienia systemu bądź modernizacji technologii i obiektu. Natomiast określone wskaźniki technologicznej sprawności wskazują, że wszystkie obiekty funkcjonują poprawnie z wysoką efektywnością, która gwarantuje spełnienie wymagań określonych w obowiązujących pozwoleniach wodnoprawnych. Efektywność technologiczna oczyszczalni ścieków zlokalizowanych na obszarze ZGTPD jest porównywalna do efektywności innych obiektów w naszym kraju o podobnej wielkości RLM i wydajności hydraulicznej[46,47].

## Bibliografia


1. Andraka D., *Modelowanie pracy oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo,* Inżynieria Ekologiczna, nr 24, 2011.
2. Boroń E., *Kładka, kanalizacja i złotozielone image,* Brzozowska Gazeta Powiatowa, nr 7(84), 2010.
3. Chmielowski K., *Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Dynowie,* [w:] Krupa J., Soliński T. (red.), *Ochrona środowiska w aspekcie zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego Pogórza Dynowskiego,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2012.
4. Dżoń M., *Rusza największa inwestycja w Gminie Dydnia,* Nasza Gmina Dydnia, nr 2(19), 2009.


[45] A. Masłoń, J.A. Tomaszek, *Możliwość stosowania przydomowych systemów oczyszczania ścieków w aspekcie uporządkowania gospodarki ściekowej na Pogórzu Dynowskim…, op. cit.,* s. 17–28.

[46] A. Masłoń, *Ocena efektywności wybranych oczyszczalni ścieków typu SBR w południowo-wschodniej Polsce,* Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, 2011, z. 58, nr 4, s. 203–214.

[47] A. Masłoń, J.A. Tomaszek, *Sekwencyjne reaktory porcjowe w oczyszczaniu ścieków,* [w:] J. Krupa (red.), *Ochrona środowiska, krajobraz przyrodniczy i kulturowy Pogórza Dynowskiego a rozwój turystyki,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2013, s. 43–61.

5. Dżoń M., *Inwestycje w gminie Dydnia,* Nasza Gmina Dydnia, nr 3(24), 2010.
6. Kaczor G., *Stężenia zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych z wiejskich systemów kanalizacyjnych województwa małopolskiego,* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 9, 2009.
7. Kojder A., *Operat wodnoprawny na wprowadzanie ścieków z komunalnej oczyszczalni ścieków w Dynowie do wód rzeki San w km 232+100,* Zakład Usług Ekologicznych „EKO-POMIAR", grudzień, Rzeszów 2013.
8. Krupa J., Hałys J., *Problematyka ochrony środowiska w aspekcie rozwoju turystyki wiejskiej,* [w:] Krupa J., Soliński T. (red.), *Turystyka wiejska, ochrona środowiska i dziedzictwo kulturowe Pogórza Dynowskiego,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2011.
9. Masłoń A., *Ocena efektywności wybranych oczyszczalni ścieków typu SBR w południowo--wschodniej Polsce,* Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 58, nr 4, 2011.
10. Masłoń A., Tomaszek J.A., *Sekwencyjne reaktory porcjowe w oczyszczaniu ścieków,* [w:] Krupa J. (red.), *Ochrona środowiska, krajobraz przyrodniczy i kulturowy Pogórza Dynowskiego a rozwój turystyki,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2013.
11. Masłoń A, Tomaszek J.A., *Możliwość stosowania przydomowych systemów oczyszczania ścieków w aspekcie uporządkowania gospodarki ściekowej na Pogórzu Dynowskim,* [w:] Krupa J. (red.), *Zrównoważona turystyka szansą ochrony środowiska naturalnego, dziedzictwa kulturowego i rozwoju gospodarczego gmin Pogórza Dynowskiego,* Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2014.
12. Materiały informacyjne udostępnione przez Urząd Gminy Krzywcza.
13. Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Dubiecku.
14. Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Dydni.
15. Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Dynowie.
16. Materiały informacyjne udostępnione przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Nozdrzcu.
17. *Przewodnik turystyczny. Aktywnie na Pogórzu Dynowskim i w regionie Szarysz,* Wydawnictwo Stowarzyszenia na Rzecz Rozwoju i Promocji Podkarpacia „Pro Carpathia", Rzeszów 2014.
18. Rak J., Wieczysty A., *Funkcjonowanie systemu oczyszczalnia-odbiornik ścieków w świetle teorii niezawodności,* IX Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych", Rajgród 1997.
19. Wałęga A., *Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków metodami statystycznymi,* Forum Eksploatatora, nr 5, 2009.

## Akty normatywne

1. Decyzja Starosty Brzozowskiego nr SR.6223-6/09 z dnia 25 czerwca 2009 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni w miejscowości Nozdrzec.
2. Decyzja Starosty Brzozowskiego nr SR.6223-17/09 z dnia 7 lipca 2009 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni w miejscowości Huta Poręby.
3. Decyzja Starosty Brzozowskiego w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni zlokalizowanej w miejscowości Jabłonka.
4. Decyzja Starosty Brzozowskiego w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni zlokalizowanej w miejscowości Krzemienna.
5. Decyzja Starosty Brzozowskiego w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków oczyszczonych z oczyszczalni zlokalizowanej w miejscowości Witryłów.

6. Decyzja Starosty Przemyskiego nr ROś.II.6223-23/05 z dnia 15 czerwca 2005 r. o udzieleniu Gminie Krzywcza pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie ścieków bytowych z oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w miejscowości Krzywcza.
7. Decyzja Starosty Przemyskiego nr Roś.II.6223-31/09 z dnia 28 października 2009 r. udzielającej Gminie Dubiecko pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie oczyszczonych ścieków komunalnych z oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w miejscowości Nienadowa.
8. Decyzja Starosty Rzeszowskiego nr ROś. 6223-3/13/03 z dnia 30 grudnia 2003 r. w sprawie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzenie oczyszczonych ścieków komunalnych z oczyszczalni ścieków w Dynowie do rzeki San.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. Nr 137, poz. 984, z późn. zm.).
10. Rozporządzenie Wojewody Podkarpackiego nr 26/2006 z dnia 3 kwietnia 2006 r. w sprawie wyznaczenia aglomeracji Dynów.
11. Uchwała Nr XXXVIII/754/13 Sejmiku Województwa Podkarpackiego z dnia 23 września 2013 r. w sprawie zweryfikowania propozycji planu aglomeracji Nozdrzec.
12. Uchwała Nr XLI/824/13 Sejmiku Województwa Podkarpackiego z dnia 30 grudnia 2013 r. w sprawie wyznaczenia aglomeracji Nozdrzec.
13. Uchwała nr XLV/945/14 Sejmiku Województwa Podkarpackiego z dnia 22 kwietnia 2014 r. w sprawie likwidacji dotychczasowej aglomeracji Krzywcza oraz wyznaczenia nowej aglomeracji Krzywcza.
14. *Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły*, Monitor Polski Nr 49, poz. 549, 2011.

## Źródła internetowe

1. www.geoportal.gov.pl

**Uwagi końcowe i podziękowania**

Autor publikacji składa podziękowania Panu Janowi Boboli (ZGK w Nozdrzcu), Panu Witoldowi Bubenko (ZGK w Dubiecku), Panu Robertowi Kaszyckiemu (UG Krzywcza), Panu Andrzejowi Sokołowskiemu i Pani Katarzynie Źrebiec (ZGK w Dydni) oraz Panu Arturowi Owsianemu i Panu Witoldowi Bielcowi (ZGK w Dynowie) za udostępnione informacje eksploatacyjne oczyszczalni ścieków i pomoc w realizacji niniejszej pracy.