

Wpłynęło 20.12.2011 r.
Zrecenzowano 18.06.2012 r.
Zaakceptowano 18.06.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

GOSPODARKA WODNO-ŚCIEKOWA W ZLEWNI GÓRNEGO DUNAJCA NA TLE PRZEOBRAŹEŃ SPOŁECZNO-STRUKTURALNYCH I JAKOŚCI WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Marek KOPACZ^{ABCEF}, **Stanisław TWARDY**^{ABDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

Streszczenie

Celem pracy było porównanie zmian w gospodarce wodno-ściekowej górskich obszarów wiejskich na tle pozostałych przeobrażeń, głównie w zakresie użytkowania ziemi, a także jakości wód powierzchniowych. Badania prowadzono w zlewni górnego Dunajca, po przekrój w Krościenku. Do analizy wykorzystano dane statystyczne z Wojewódzkiego Urzędu Statystycznego w Krakowie. Dane z układu administracyjnego przeliczano na układ zlewniowy za pomocą specjalnie opracowanej macicy przeliczeniowej. Zestawiono też dane o jakości wód powierzchniowych, pozyskane m.in. z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie.

Od lat 90. ubiegłego stulecia nastąpiły istotne zmiany strukturalne w obrębie powierzchni użytków rolnych. Ograniczeniu uległa powierzchnia gruntów ornych, a zwiększyła się powierzchnia użytków zielonych.

W zakresie sanitacji zwiększyła się długość sieci kanalizacyjnej oraz liczba osób, która z tej sieci korzysta. Powstało wiele nowych oczyszczalni ścieków komunalnych. Nastąpiło też ograniczenie ilości powstających ścieków bytowo-gospodarczych, co bezpośrednio wynika ze zmniejszenia zużycia wody użytkowej. Na jakość wód wpływa wielkość ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych wraz ze ściekami, a ich zmienność ukazuje zróżnicowanie w efektywności pracy poszczególnych oczyszczalni.

Słowa kluczowe: *gospodarka wodno-ściekowa, jakość wód powierzchniowych, ścieki bytowo-gospodarcze, zmiany strukturalno-przestrzenne*

WSTĘP

Obszary górskie, w tym tereny karpackie, cechują się odmiennością przestrzenną, strukturalną i przyrodniczą w porównaniu z innymi częściami naszego kraju. Specyfika ta wynika między innymi z charakteru gór i ich cech orograficznych. Najważniejszymi ich elementami są: znaczne urzeźbienie terenu, duże spadki, zróżnicowane ekspozycje zboczy oraz wyraźne wcięcia wąwozowe i dolinowe. Występuje tu typowy dla gór klimat, wynikający z wysokich opadów atmosferycznych oraz zmiennej termiki powietrza. Karpaty Polskie to obszary wodorodne, tutaj tworzą się znaczne ilości zasobów wodnych kraju, o stosunkowo wysokiej jakości [FIGUŁA 1966; KOPACZ i in. 2007]. Ponadto są to tereny o dużych walorach przyrodniczych i krajobrazowych, a w połączeniu z aspektami kulturowymi stanowią dużą atrakcję turystyczną, która również ukierunkowuje określoną aktywność gospodarczą człowieka [TWARDY 2008].

Obszary karpackie podlegały w ostatnich latach – między innymi ze względu na opisane powyżej uwarunkowania – istotnym przeobrażeniu strukturalnym, w tym głównie użytkowo-przestrzennym i społeczno-ekonomicznym [KOPACZ i in. 2007].

Od wielu lat rozwija się na tych terenach rolnictwo, szczególnie tradycyjny wypas owiec i bydła. W niektórych regionach rozwinęło się też sadownictwo, czego przykładem może być Kotlina Sądecka. Zmiany i uwarunkowania zewnętrzne przyczyniły się do dynamicznego w ostatnich latach rozwoju infrastrukturalnego tych obszarów, w tym poprawy stanu sanitacyjnego. Przeobrażenia nastąpiły też w zakresie użytkowania rolniczego [MARTIN, AYESA 2010; TWARDY 2009].

Celem pracy jest porównanie zmian w poziomie rozwoju gospodarki wodno-ściekowej obszarów karpackich na tle pozostałych przeobrażeń, szczególnie w zakresie rolniczego użytkowania ziemi. Określenie tych zależności badano na tle jakości przepływających przez obszar badawczy wód powierzchniowych, na przykładzie konkretnej zlewni badawczej.

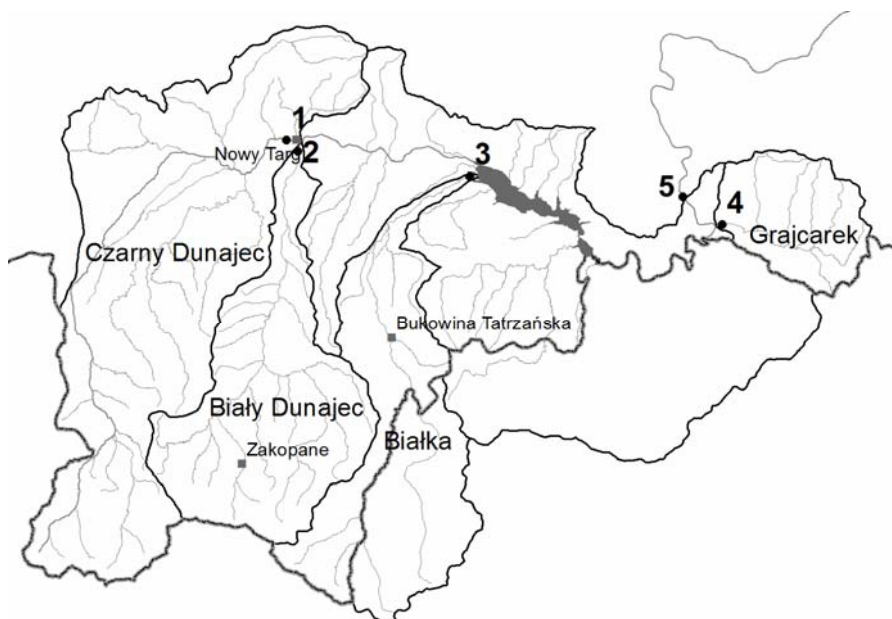
OBSZAR I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w zlewni górnego Dunajca, po przekrój w miejscowości Krościenko. Jej powierzchnia do wspomnianego przekroju hydrometrycznego wynosi 1580 km² [DYNOWSKA, MACIEJEWSKI 1991]. W całości położona jest w obszarze dwóch mezoregionów: Tatr i Podhala. Jedynie jej północne fragmenty stykają się i nieznacznie zachodzą z Beskidem Sądeckim (południowa część zlewni Grajcarka) [STARKEL, KUNDZEWICZ 2008].

Hipsometria tej części zlewni mieści się w przedziale od ok. 470 m n.p.m. (rzędna przekroju zamykającego obszar badawczy w miejscowości Krościenko) do 2499 m (polska część zlewni górnego Dunajca – szczyt Rysy, znajdujący się w obrębie źródeł Białki).

Obszar badawczy wraz z zaznaczonymi przekrojami pomiarowymi, określającymi zarazem poszczególne fragmenty zlewni, dla których analizowane były zarówno zmiany użytkowe, sanitacyjnej oraz jakość wód powierzchniowych, przedstawiono na rysunku 1, natomiast nazwy, lokalizację przekrojów oraz powierzchnie zlewni cząstkowych – w tabeli 1.

Do analizy wykorzystano dane statystyczne pozyskane z Wojewódzkiego Urzędu Statystycznego w Krakowie oraz z badań własnych (tab. 2).



Rys. 1. Rozkład przestrzenny przekrojów pomiarowych w zlewni górnego Dunajca; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Spatial distribution of river gauges in the upper Dunajec River catchment; source: own elaboration

Tabela 1. Przekroje pomiarowe monitoringu hydrochemicznego i analizy strukturalnej

Table 1. The river gauges for hydrochemical monitoring and structural analysis

Nr przekroju No. of the gauge	Rzeka/Zlewnia River/Catchment	Powierzchnia zlewni powyżej przekroju Catchment area above the gauge km ²	Miejsce przekroju Place of the gauge
1	Czarny Dunajec	456	Nowy Targ
2	Biały Dunajec	224	Nowy Targ
3	Białka	239	Frydman
4	Grajcarek	85	Szczawnica
5	Dunajec	1 580	Krościenko

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Tabela 2. Parametry strukturalne wykorzystane w analizie**Table 2.** Structural parameters used in analysis

Parametr strukturalny	Structural parameter
Powierzchnia użytków rolnych, % powierzchni całkowitej	Surface area of agricultural lands, % of the total
Powierzchnia gruntów ornych, % powierzchni całkowitej	Surface area of arable lands, % of the total
Powierzchnia użytków zielonych, % powierzchni całkowitej	Surface area of grasslands, % of the total
Powierzchnia zabudowy i innych terenów, % powierzchni całkowitej	Built-up areas and other grounds, % of the total
Długość sieci kanalizacyjnej, km	Length of sewerage system, km
Ludność wraz z liczbą turystów, korzystająca z sieci kanalizacyjnej, osoba	Population number including tourists using the sewerage system, person
Ludność wraz z liczbą turystów obsługiwana przez oczyszczalnię, osoba	Population number including tourists served by sewage treatment plants, person
Ludność wraz z liczbą turystów, korzystająca ze zbiorników bezodpływowych (szamb), osoba	Population number including tourists served by septic tanks, person
Ścieki odprowadzane ogółem, $\text{dam}^3 \cdot \text{r}^{-1}$	Total discharged sewage, $\text{dam}^3 \cdot \text{y}^{-1}$
Ścieki oczyszczane razem, $\text{dam}^3 \cdot \text{r}^{-1}$	Total treated sewage, $\text{dam}^3 \cdot \text{y}^{-1}$
Ładunek BZT ₅ , N _{og} , P _{og} i zawiesiny w ściekach oczyszczonych, $\text{Mg} \cdot \text{r}^{-1}$	Load of BOD ₅ , total N, total P and suspended solids in treated sewage, $\text{Mg} \cdot \text{y}^{-1}$
Ładunek BZT ₅ , N _{og} , P _{og} i zawiesiny w ściekach surowych, $\text{Mg} \cdot \text{r}^{-1}$	Load of BOD ₅ , total N, total P and suspended solids in raw sewage, $\text{Mg} \cdot \text{y}^{-1}$

Źródło: opracowanie własne na podstawie kategorii GUS. Source: own elaboration based on GUS categories.

Dane z układu administracyjnego (gminnego) przeliczono następnie na układ zlewniowy za pomocą specjalnie opracowanej matrycy przeliczeniowej, która uwzględnia procentowy udział powierzchni poszczególnych gmin w badanych fragmentach zlewni, a także uwzględnia przestrzenny rozkład poszczególnych parametrów [KOPACZ 2007].

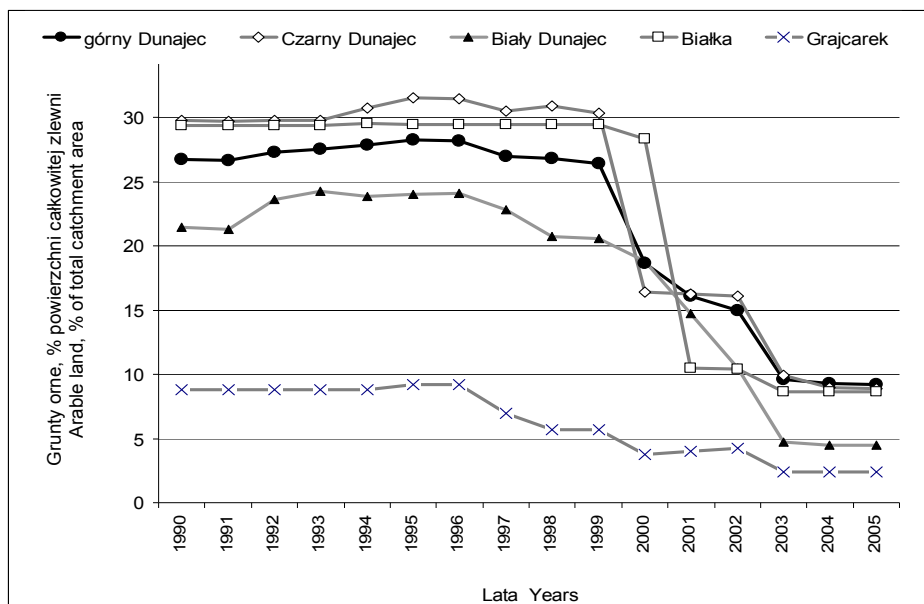
Zestawiono także dane o jakości wód powierzchniowych za lata 1980–2010, pozyskane z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie. Część danych z okresu 2008–2010 pozyskano również dzięki przeprowadzonym badaniom własnym, w ramach monitoringu hydrochemicznego w zlewni górnego Dunajca, prowadzonego przez ITP MOB Kraków, w ramach badań statutowych. Analizy chemiczne wykonywano zgodnie z obowiązującymi normami. Próby do analiz chemicznych pobierano w odstępach miesięcznych, a następnie oznaczano

następujące składniki jonowe: azot amonowy ($N-NH_4$), azot azotanowy ($N-NO_3$) oraz fosforany (PO_4). Wyniki analiz chemicznych przeliczano na wartości średnie roczne dla poszczególnych składników chemicznych.

Ciągi danych strukturalnych oraz dotyczące chemizmu wód powierzchniowych porównano ze sobą, wyznaczając estymacją liniową i nieliniową konkretne zależności regresyjne wraz z wyznaczeniem wzorów matematycznych, które najlepiej odwzorowywały wspomniane relacje. Do opisu tych relacji dobierano funkcje charakteryzujące się najwyższym współczynnikiem determinacji R^2 . Informuje on o tym, jaka część zmienności zmiennej objaśnianej została wyjaśniona przez model. Jest on więc miarą stopnia, w jakim model wyjaśnia kształtowanie się zmiennej zależnej [ELANDT 1964; STANLEY 1976].

DYSKUSJA WYNIKÓW

Od lat 90. ubiegłego stulecia nastąpiły w zlewni górnego Dunajca istotne zmiany strukturalne. Najistotniejsze przeobrażenia dotyczyły użytkowania ziemi, głównie w obrębie powierzchni użytków rolnych, których powierzchnia zmniejszyła się od kilku do nawet 13%, średnio dla całej zlewni 6,6% jej powierzchni ogólnej. Ograniczeniu o prawie 20% uległa powierzchnia gruntów ornych (rys. 2). Powięk-



Rys. 2. Zmiany w powierzchni gruntów ornych w zlewni górnego Dunajca w latach 1990–2005; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków

Fig. 2. Changes in the surface area of arable lands in the Upper Danajec River catchment in the years 1990–2005; source: own elaboration based on WUS Kraków data

szła się z kolei powierzchnia użytków zielonych, szczególnie łąk, które w dużej mierze powstały w wyniku samozadarnienia nieużytkowanych od jakiegoś czasu gruntów ornych.

Równolegle zauważa się wzrost powierzchni nieużytków oraz terenów zabudowanych i infrastrukturalnych, gdzie średnio w zlewni górnego Dunajca ich powierzchnia zwiększyła się o 4%, a w zlewni Czarnego Dunajca nawet o 7% powierzchni ogólnej badanej zlewni.

Nadmiar azotu i fosforu, pochodzący z działalności rolniczej, jaki pozostawał w zlewni górnego Dunajca oraz w poszczególnych jej fragmentach w kolejnych latach badań, przedstawiono w tabeli 3. Zauważa się wyraźne ograniczenie tych wartości w ostatnich latach, co oznacza, że wpływ ładunku zanieczyszczeń biogenych, pochodzących z rolnictwa, jest w zlewni znikomy.

Tabela 3. Bilans azotu i fosforu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR), pochodzącego z działalności rolniczej w zlewni górnego Dunajca w latach 1998–2008

Table 3. The balance of nitrogen and phosphorus ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ AL) from agricultural activity in the upper Dunajec River catchment in the years 1998–2008

Lata Years	Górny Dunajec (przekrój 5) Upper Dunajec River (section 5)		Czarny Dunajec (przekrój 1) Czarny Dunajec River (section 1)		Biały Dunajec (przekrój 2) Biały Dunajec River (section 2)		Białka (przekrój 3) Białka River (section 3)		Grajcarek (przekrój 4) Grajcarek River (section 4)	
	bilans balance									
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
1980	61,4	14,4	62,2	14,2	80,0	16,2	71,2	17,5	-8,2	3,8
1990	44,9	4,2	49,5	5,0	60,7	6,7	65,2	7,2	-10,0	-3,9
1992	45,0	5,2	46,2	5,5	60,2	7,2	66,0	8,0	-13,5	-3,5
1994	42,0	4,3	48,8	5,1	44,9	4,8	65,6	7,9	-11,7	-3,8
1996	34,6	4,7	42,4	5,6	42,7	5,8	54,6	7,7	-19,2	-3,2
1998	26,3	1,9	34,3	2,9	34,6	3,1	48,4	5,2	-25,4	-5,4
2000	21,7	0,8	27,2	1,6	31,6	2,4	45,0	4,2	-27,8	-6,6
2001	20,5	0,9	27,1	1,8	28,5	2,1	35,7	3,2	-27,2	-6,4
2002	14,4	-0,7	20,8	0,0	24,7	1,2	31,0	1,8	-32,2	-7,6
2003	14,9	-0,4	23,7	0,5	25,2	1,5	24,4	0,8	-29,2	-7,0
2004	8,7	-1,0	15,7	0,0	17,5	0,5	16,8	-0,2	-31,2	-7,0
2005	3,1	-1,9	9,7	-1,0	11,8	-0,5	10,8	-1,2	-31,2	-7,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków.

Source: own elaboration based on WUS Kraków data.

Na tym tle, w wyniku głębokich zmian strukturalnych, jakie nastąpiły w obszarze badawczym w latach 90. i z początkiem XXI w., a także wyraźnego ograniczenia zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego (tab. 3), doszło także do wyraźnego i dynamicznego rozwoju infrastruktury sanitacyjnej badanego obszaru, co obrazuje

tabela 4., przedstawiająca, jak w wybranych przekrojach zlewni badawczych zwiększyła się w 25-leciu (1980–2005) długość sieci kanalizacyjnej oraz liczba osób, która z tej sieci korzysta.

Rozbudowa sieci kanalizacyjnej w zlewni górnego Dunajca była wyraźna. Średnio długość instalacji kanalizacyjnej zwiększyła się w zlewni prawie 8-krotnie; jedynie w zlewni Grajcarcka (gmina Szczawnica) wzrost ten był znacznie mniejszy (tab. 4).

Tabela 4. Długość sieci kanalizacyjnej (km) i liczba osób z niej korzystająca

Table 4. The length of sewerage network (km) and the number of persons served by the network

Lata Years	Górny Dunajec (przekrój 5) Upper Dunajec River (section 5)		Czarny Dunajec (przekrój 1) Czarny Dunajec River (section 1)		Biały Dunajec (przekrój 2) Biały Dunajec River (section 2)		Białka (przekrój 3) Białka River (section 3)		Grajcarek (przekrój 4) Grajcarek River (section 4)	
	<i>DS</i>	<i>LO</i>	<i>DS</i>	<i>LO</i>	<i>DS</i>	<i>LO</i>	<i>DS</i>	<i>LO</i>	<i>DS</i>	<i>LO</i>
	1980	79,8	40 000	11,1	8 542	41,0	17 674	1,2	922	14,2
1990	122,2	45 700	19,0	10 602	49,1	17 872	2,2	1 149	14,2	3 900
1992	142,3	46 500	22,5	10 952	54,3	17 872	2,2	1 188	14,2	3 900
1994	171,6	47 300	37,0	11 131	63,3	18 168	2,3	1 208	15,9	4 000
1996	256,0	48 746	55,9	11 270	83,9	19 142	5,2	1 222	16,0	4 170
1998	320,1	49 664	69,6	11 415	123,1	19 652	5,5	1 237	16,0	4 255
2000	448,3	50 828	96,7	11 553	153,8	19 627	27,2	1 252	16,0	5 129
2002	524,9	75 986	125,7	19 465	191,0	23 881	30,1	3 040	16,0	3 325
2004	590,4	80 224	125,7	20 237	218,0	25 435	39,1	3 663	16,0	3 329
2005	601,5	83 448	143,4	20 999	229,3	26 090	39,1	3 684	16,0	4 632
2007	601,5	85 709	143,4	21 450	253,7	27 344	39,2	3 986	16,0	4 665
2008	601,5	89 048	143,4	23 241	261,4	28 010	39,4	4 143	17,9	4 954

Objaśnienia: *DS* – długość sieci, *LO* – liczba osób.

Explanations: *DS* – length of the network, *LO* – number of persons.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków.

Source: own elaboration based on WUS Kraków data.

Liczba mieszkańców, którzy w tym czasie zostali podłączeni do sieci kanalizacyjnej była zróżnicowana. Zwiększyła się ona na przestrzeni lat 1980–2005 średnio od dwu do nawet kilkukrotnie. Najwięcej osób korzystających z sieci kanalizacyjnej przybyło w zlewni Białki – około czterokrotnie (tab. 4).

Od lat 80. powstało na obszarze gmin usytuowanych w zlewni górnego Dunajca wiele nowych oczyszczalni ścieków komunalnych, istniejące zostały natomiast gruntownie zmodernizowane. Obecnie w zlewni górnego Dunajca funkcjonują 24 oczyszczalnie różnej wielkości i wydajności oczyszczania. Największe z nich to oczyszczalnia w Nowym Targu, Szczawnicy oraz Czorsztynie.

Sumaryczna ilość odprowadzanych i oczyszczanych ścieków w zlewni górnego Dunajca zmniejszyła się w ostatnich latach o kilkadziesiąt procent. W zlewni Czarnego Dunajca prawie 2-krotnie (tab. 5). Wyjątkiem są zlewnie cząstkowe Białki i Białego Dunajca, gdzie nastąpił nieznaczny wzrost objętości ścieków. Kierunek tych zmian obrazują również zmiany w wartościach RLM, liczonej łącznie dla wszystkich oczyszczalni (tab. 6). Zmiany te mogą wynikać z ogólnej tendencji ograniczenia zużycia wody w gospodarstwach domowych w Polsce, spowodowane z jednej strony wzrostem opłat za wodę i ścieki, z drugiej zaś spopularyzowaniem wodooszczędnych rozwiązań w zakresie instalacji sanitarnych.

Tabela 5. Ilość ścieków odprowadzanych i oczyszczanych w zlewni górnego Dunajca

Table 5. The amount of discharged and treated sewage in the upper Dunajec River catchment

Lata Years	Górny Dunajec (przekrój 5) Upper Dunajec River (section 5)		Czarny Dunajec (przekrój 1) Czarny Dunajec River (section 1)		Biały Dunajec (przekrój 2) Biały Dunajec River (section 2)		Białka (przekrój 3) Białka River (section 3)		Grajcarek (przekrój 4) Grajcarek River (section 4)	
	ścieki, $\text{dam}^3 \cdot \text{r}^{-1}$ sewage, $\text{dam}^3 \cdot \text{r}^{-1}$									
	odprowadzone discharged	oczyszczane treated	odprowadzone discharged	oczyszczane treated	odprowadzone discharged	oczyszczane treated	odprowadzone discharged	oczyszczane treated	odprowadzone discharged	oczyszczane treated
1998	7 378	5 902	2 109	1 629	2 280	2 256	213	164	402	13
1999	7 759	6 278	2 278	1 807	2 173	2 146	387	194	341	107
2000	7 457	7 267	2 213	2 102	2 241	2 221	279	279	324	296
2001	7 791	7 454	2 268	2 072	2 382	2 310	434	377	294	288
2002	4 664	4 469	1 083	930	2 104	2 086	195	171	264	264
2003	5 253	5 040	1 266	1 111	2 207	2 191	200	200	245	245
2004	4 592	4 515	937	931	2 112	2 107	210	184	258	257
2005	4 603	4 460	1 010	970	2 128	2 124	211	186	222	219
2006	4 459	4 443	896	891	2 156	2 150	208	208	233	229
2007	4 520	4 493	874	874	2 254	2 254	213	213	227	227
2008	4 997	4 761	1 140	955	2 297	2 297	282	220	229	228

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków.

Source: own elaboration based on WUS Kraków data.

Potwierdzają to także wskaźniki w przeliczeniu na 1 osobę. Przykładowo, w 1998 r. w zlewni górnego Dunajca jedna osoba generowała średnio na dobę ok. 260 dm^3 ścieków, 10 lat później statystyczny mieszkaniec zlewni wyprodukował ich już jedynie 140 dm^3 . Dane dla tego obszaru nie odbiegają więc od średniej krajowej, gdyż przeciętna dobowo ilość ścieków wyprodukowana przez jednego mieszkańca w Polsce wynosi 150 dm^3 . Podobnie przeciętne zużycie wody w stan-

Tabela 6. Sumaryczna RLM (Równoważna Liczba Mieszkańców) w ściekach surowych i oczyszczonych dla oczyszczalni w poszczególnych fragmentach zlewni górnego Dunajca

Table 6. The total population equivalent (PE) for raw and treated wastewater in the upper Dunajec River catchment

Lata Years	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
RLM w ściekach surowych PE for raw wastewater											
Górny Dunajec	284 534	300 688	307 273	321 932	124 278	134 354	116 206	113 115	106 912	109 233	120 246
Czarny Dunajec	88 182	95 893	94 020	96 619	24 481	29 199	21 658	23 637	20 954	20 675	26 689
Biały Dunajec	70 269	65 967	78 720	83 364	68 811	72 038	67 843	66 922	64 526	65 914	65 591
Białka	9 702	18 714	14 175	22 581	8 075	7 991	8 535	8 753	8 668	8 803	11 920
Grajcarek	19 439	16 491	15 611	12 156	10 163	9 353	9 785	8 347	8 128	7 917	8 152
RLM w ściekach oczyszczonych PE for treated wastewater											
Górny Dunajec	16 701	20 754	10 162	7 342	6 162	6 505	6 176	6 962	8 814	6 462	3 167
Czarny Dunajec	804	988	1 037	1 041	979	1 007	1 032	1 223	2 122	1 076	599
Biały Dunajec	14 725	18 341	7 607	4 808	3 713	3 876	3 523	3 708	3 539	3 728	1 679
Białka	77	108	153	158	143	152	183	189	239	115	64
Grajcarek	8	55	68	68	134	82	93	290	112	134	39

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków.

Source: own elaboration based on WUS Kraków data.

dardowym gospodarstwie domowym wynosi 140–160 dm³ na dobę dla jednej osoby. Dane te wynikają z oszacowań, jakie zawiera Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody [Rozporządzenie MI... 2002].

Na różnice w ilości odprowadzanych ścieków w poszczególnych latach ma również wpływ wielkość opadów atmosferycznych. Niektóre starsze instalacje kanalizacyjne, szczególnie w większych miastach (Zakopane, Szczawnica), nie mają bowiem tzw. systemu rozdzielczego, separującego wody opadowe od ścieków bytowo-komunalnych.

Rozwój sieci kanalizacyjnej uwidacznia też zmieniająca się proporcja liczby ludności, korzystających ze zbiorników bezodpływowych (tzw. szamb) do ogółu osób obsługiwanych przez oczyszczalnię ścieków. W 1998 r. jeszcze ok. 37% mieszkańców zlewni górnego Dunajca korzystało z szamb, w 2008 r. już jedynie 10% (tab. 7). W przypadku przebywających na terenie zlewni turystów różnica była jeszcze większa. W 1998 r. aż 59% z nich korzystało z obiektów noclegowych wyposażonych w szamba, w 1998 r. tylko 11% (tab. 8). Oznacza to, że w ostatnich latach najbardziej efektywnie skanalizowano obiekty turystyczne lub budynki mieszkalne, które taką działalność turystyczno-noclegową prowadzą. Wynika to między innymi z ogólnego trendu stałego podwyższania standardów usług turystycznych, w tym szczególnie w zakresie oferty noclegowej.

Tabela 7. Liczba ludności (tys. osób) obsługiwana przez oczyszczalnię (O), w tym korzystająca z szamb (S), w zlewni górnego Dunajca

Table 7. Population number (thousand people) served by sewage treatment plants (O), including those using septic tanks (S) in the upper Dunajec River catchment

Lata Years	Góry Dunajec (przekrój 5) The upper Dunajec River (section 5)		Czarny Dunajec (przekrój 1) Czarny Dunajec River (section 1)		Biały Dunajec (przekrój 2) Biały Dunajec River (section 2)		Białka (przekrój 3) Białka River (section 3)		Grajcarek (przekrój 4) Grajcarek River (section 4)	
	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S
	1998	78,90	29,23	20,02	8,60	25,50	5,85	2,17	1,23	4,26
1999	81,22	30,37	20,39	8,87	25,31	5,58	2,77	1,52	5,12	4,02
2000	87,43	36,60	20,70	9,15	28,35	8,72	3,08	1,83	5,13	4,00
2001	89,71	37,05	21,17	9,23	28,47	8,69	3,77	2,00	5,15	3,09
2002	88,04	13,72	20,78	1,68	32,42	8,54	3,25	2,22	3,33	2,71
2003	91,00	12,14	21,20	1,92	33,63	8,82	3,95	2,31	3,30	2,64
2004	93,20	11,98	22,21	1,97	34,35	8,62	4,20	2,53	3,33	2,63
2005	94,77	11,12	22,47	2,17	34,05	8,26	4,40	2,72	4,63	2,39
2006	98,27	10,24	22,93	2,19	34,47	7,34	6,73	2,88	4,65	2,24
2007	99,41	10,70	23,59	2,34	34,50	6,85	6,88	2,89	4,67	2,24
2008	99,57	10,54	23,75	2,41	34,19	6,48	5,37	3,22	4,95	2,37

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków.

Source: own elaboration based on WUS Kraków data.

Tabela 8. Liczba turystów (tys. osób) obsługiwana przez oczyszczalnie (O) w tym korzystająca z szamb (S), w zlewni górnego Dunajca

Table 8. The number of tourists (thousand people) served by sewage treatment plants (O) including those using septic tanks (S) in the upper Dunajec River catchment

Lata Years	Górny Dunajec (przekrój 5) The upper Dunajec River (section 5)		Czarny Dunajec (przekrój 1) Czarny Dunajec River (section 1)		Biały Dunajec (przekrój 2) Biały Dunajec River (section 2)		Białka (przekrój 3) Białka River (section 3)		Grajcarek (przekrój 4) Grajcarek River (section 4)	
	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S
	1998	400,50	235,75	33,96	25,59	379,39	112,84	17,96	17,86	3,74
1999	341,99	204,21	31,84	24,52	321,06	90,86	13,84	16,89	4,27	5,23
2000	281,32	202,59	31,11	24,64	246,52	109,54	10,50	15,30	4,86	5,84
2001	254,55	184,93	27,15	21,70	223,14	98,06	9,13	14,60	6,89	5,01
2002	368,17	66,47	38,72	3,33	235,22	84,15	13,43	9,79	7,87	4,60
2003	402,95	62,04	36,98	3,55	247,76	88,06	19,23	12,53	8,72	4,95
2004	438,85	64,73	40,68	3,96	269,81	91,39	21,51	14,88	11,61	6,54
2005	463,43	60,32	40,66	4,21	282,79	89,53	23,87	17,59	14,47	7,87
2006	497,36	57,85	42,48	4,37	305,50	82,61	25,39	19,01	19,80	8,65
2007	511,21	61,68	39,13	4,27	313,71	78,63	26,66	19,34	27,45	12,00
2008	540,54	63,96	32,38	3,35	334,46	77,38	26,11	20,31	40,47	18,63

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków.

Source: own elaboration based on WUS Kraków data.

Przedstawiona w tabeli 8. liczba turystów obsługiwanych przez oczyszczalnie oraz korzystających z szamb ukazuje jedynie sumaryczną ich liczbę w roku. Z badań własnych wynika, że ok. 50% turystów przebywa na obszarze zlewni poniżej tygodnia, pozostała część wypoczywa od 1 do 2 tygodni. Stąd też, przykładowo w 2008 r., odwiedziło zlewnię górnego Dunajca ok. 540 tys. osób, lecz w przeliczeniu ich pobytu na okres całego roku kalendarzowego liczba turystów była równoważna 10 000 stałych mieszkańców, a więc ok. 10% ogółu populacji zamieszkującej obszar zlewni. Oznacza to, że ładunek zanieczyszczeń (ścieków), pochodzący od turystów, stanowi ok. 10% tego, co odprowadzają do oczyszczalni ścieków stali mieszkańcy zlewni górnego Dunajca. Problemem natomiast nie jest ogólna ilość ścieków pochodzących od turystów, ale ich nieregularny dopływ w czasie. W okresach wzmożonego ruchu turystycznego może bowiem dochodzić do powstawania nadmiernej ilości ścieków, z oczyszczaniem których mogą mieć problemy oczyszczalnie o mniejszej przepustowości. Potwierdzają to również dane zawarte w tabeli 9.; średnio od kilku do około dwudziestu procent objętości ścieków dostarczonych do oczyszczalni nie zostaje oczyszczona. Oprócz wspomnianych fluktuacji ruchu turystycznego wynika to także z chwilowych awarii systemów oczyszczania lub z wysokich opadów atmosferycznych, co w konsekwencji powoduje gwałtowne zwiększenie objętości ścieków, których nadmiar nie może być oczyszczony ze

Tabela 9. Procentowy udział ilości ścieków nieczyszczonych do odprowadzanych w zlewni górnego Dunajca

Table 9. Percent proportion of untreated to total discharged wastewaters in in the upper Dunajec River catchment

Lata Years	Górny Dunajec (przekrój 5) The upper Dunajec River (section 5)	Czarny Dunajec (przekrój 1) Czarny Dunajec River (section 1)	Biały Dunajec (przekrój 2) Biały Dunajec River (section 2)	Białka (przekrój 3) Białka River (section 3)	Grajcarek (przekrój 4) Grajcarek River (section 4)
1998	20,0	22,7	1,0	23,1	96,8
1999	19,1	20,7	1,3	49,8	68,6
2000	2,6	5,0	0,9	0,0	8,6
2001	4,3	8,6	3,0	13,2	2,1
2002	4,2	14,1	0,8	12,6	0,0
2003	4,1	12,3	0,7	0,0	0,2
2004	1,7	0,6	0,2	12,2	0,2
2005	3,1	3,9	0,2	11,7	1,4
2006	0,4	0,6	0,3	0,0	1,6
2007	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	4,7	16,2	0,0	22,0	0,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków.

Source: own elaboration based on WUS Kraków data.

względu na ograniczoną przepustowość poszczególnych oczyszczalni. Wyjątkiem były lata 1998–1999, w których duży udział nieczyszczonych ścieków do ogółu ich objętości w zlewni Grajcarek i Białki – wynikał z prac modernizacyjnych, prowadzonych w oczyszczalniach, które powodowały dłuższe przerwy w ich funkcjonowaniu.

Wzrost liczby osób korzystających z oczyszczalni oraz poprawa skanalizowania obszaru jest kompensowana wspomnianym zmniejszeniem zużycia wody, co w konsekwencji owocuje mniejszymi objętościami odprowadzanych ścieków.

Sumaryczny roczny ładunek w ściekach surowych i oczyszczonych z wszystkich oczyszczalni funkcjonujących w zlewni górnego Dunajca przedstawiono w tabeli 10. Średnia sprawność oczyszczalni w zlewni badawczej wynosiła ok. 90%, i kształtowała się w granicach od 82 do 96%. Największa sprawność dotyczyła redukcji BZT5 i zawiesiny (średnio prawie 94%), w najmniejszym stopniu oczyszczalnie te redukowały azot (średnia sprawność wynosiła 76%).

Średnie stężenia badanych zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych obliczono jako iloraz całkowitego ładunku danej substancji (w kg lub g) do całkowitej objętości ścieków (w m³) [SIKORSKI 1998]. W 2008 r. we wszystkich badanych oczyszczalniach w zlewni górnego Dunajca wyniosły one: dla BZT5 14,5 mg O₂·dm⁻³, ChZT 103,8 mg O₂·dm⁻³, zawiesiny 31,7 mg·dm⁻³, azotu ogólnego 17,4 mg·dm⁻³ oraz fosforu ogólnego 2,7 mg·dm⁻³. Większość mieści się w granicach

Tabela 10. Ładunek zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych w zlewni górnego Dunajca
Table 10. The load of pollutants in the discharged and treated wastewater in the upper Dunajec catchment

Ładunek, Mg·rok ⁻¹ Load, Mg·year ⁻¹	Lata Years											
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
BZT ₅	S	6 231	6 585	6 729	7 050	2 722	2 942	2 545	2 477	2 341	2 392	2 633
	O	366	455	223	161	135	142	135	152	193	142	69
ChZT COD	S	12 859	13 602	14 057	14 735	5 136	5 482	4 726	4 556	4 269	4 374	4 808
	O	1 015	1 625	872	569	550	543	749	691	771	724	494
Zawiesina ogólna	S	6 505	6 875	7 041	7 378	2 793	3 012	2 604	2 530	2 388	2 441	2 686
Total suspended	O	411	480	255	220	228	257	286	338	427	315	151
Azot ogólny	S	731	771	762	797	396	440	383	380	365	371	409
Total nitrogen	O	173	176	165	152	150	162	194	215	257	158	83
Fosfor ogólny	S	221	233	229	239	123	137	120	119	114	116	128
Total phosphorus	O	32	31	23	16	17	15	15	15	16	17	13

Objaśnienie: S – ścieki surowe; O – ścieki oczyszczone.

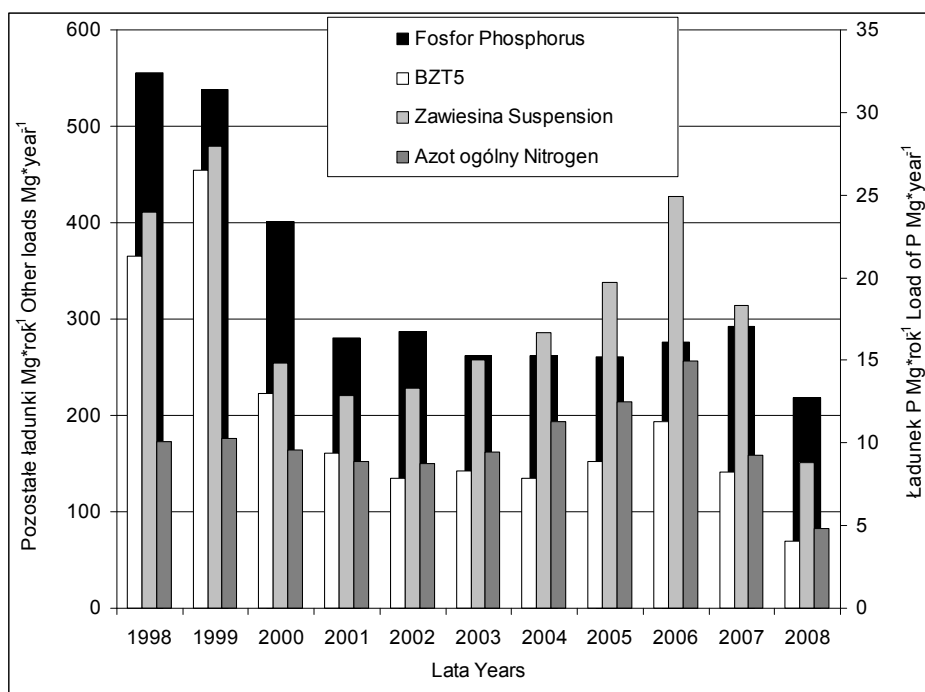
Explanation: S – discharged wastewater; O – treated wastewater.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków.

Source: own elaboration based on WUS Kraków data.

norm, zawartych w załączniku nr 1 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. Nieznaczne przekroczenia dotyczyły jedynie stężeń fosforu ogólnego [Rozporządzenie MŚ... 2006; SIKORSKI 1994; 1998].

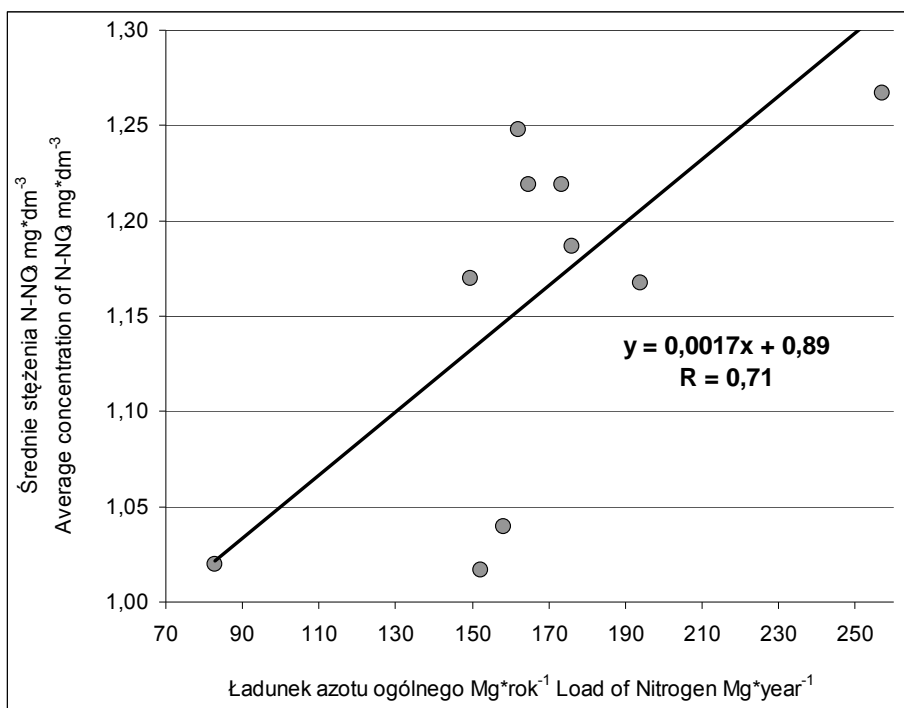
Ograniczanie ilości ścieków jest istotnym elementem ochrony wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem. Wielkości ładunku najważniejszych zanieczyszczeń, wprowadzanych wraz ze ściekami opuszczającymi już oczyszczalnię, przedstawiono na rysunku 3. Pomimo procesu oczyszczania do wód w zlewni górnego Dunajca trafia corocznie po kilkaset ton zawiesiny, azotu, czy też kilkadziesiąt ton fosforu. Zróżnicowanie ładunku w czasie wskazuje na zmienną efektywność pracy funkcjonujących oczyszczalni. Wynika również z wielkości opadów atmosferycznych, z których wody, w przypadku kanalizacji zbiorczych, również trafiają do oczyszczalni (rys. 3). W 2006 r. odnotowano gorszą wydajność wszystkich oczyszczalni, co objawiło się wzrostem ładunku zanieczyszczeń (rys. 3) i wynikało najprawdopodobniej z dużych opadów, prowadzących w konsekwencji do rozcieńczenia ścieków, co z punktu widzenia skuteczności oczyszczania jest zjawiskiem niekorzystnym.



Rys. 3. Ładunek zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych w zlewni górnego Dunajca; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków

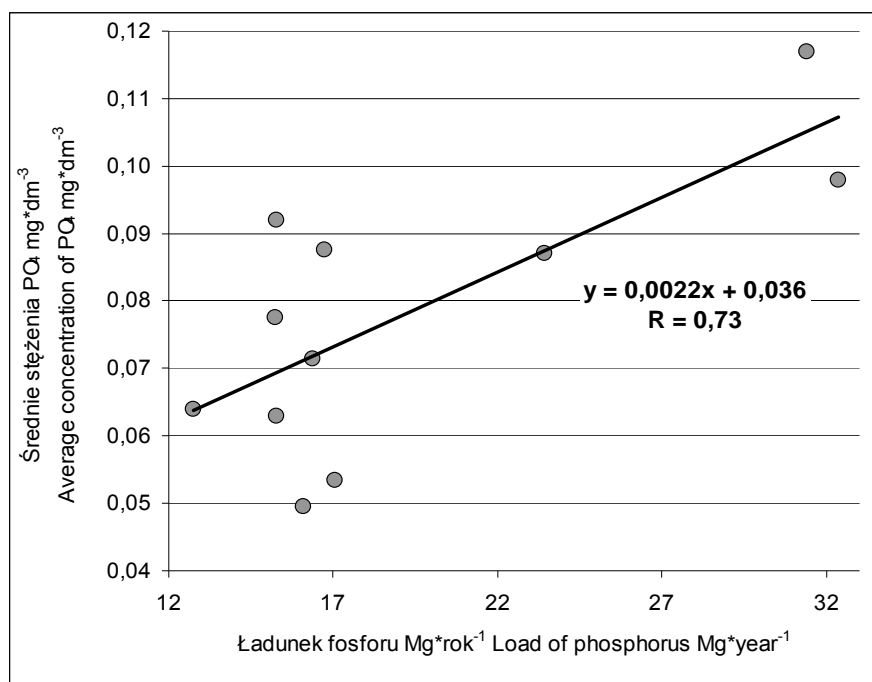
Fig. 3. The load of pollutions in treated sewage in the upper Dunajec River catchment; source: own elaboration based on WUS Kraków data

Podczas oceny jakości wód powierzchniowych zauważa się wpływ wprowadzanych ładunków zanieczyszczeń wraz ze ściekami oczyszczonymi (rys. 4 i 5). Ilość wprowadzanego ładunku azotu jest wprost proporcjonalna do stężeń jonów azotanowych w wodach powierzchniowych (rys. 4). Dotyczy to również relacji ładunku fosforu zawartego w odprowadzanych do wód powierzchniowych ściekach oczyszczonych do stężeń fosforanów w wodach rzek zlewni górnego Dunajca (rys. 5). W obu przypadkach, oceniając zmiany czasowe w wielkości ładunku zanieczyszczeń (rys. 3), można stwierdzić, że zachodzące relacje w stosunku do chemizmu wód powierzchniowych mają trend spadkowy. Wykresy te nie wskazują na bezpośredni wpływ zrzuconych ścieków na jakość wód powierzchniowych w zlewni. Z innych badań wynika jednak, że znaczenie rolniczych zanieczyszczeń obszarowych w kształtowaniu jakości wód powierzchniowych jest obecnie niewielkie [KOPACZ 2011], a wysoki współczynnik korelacji w obu zależnościach (rys. 4 i 5) sugeruje, że dopływ ścieków ma pewien wpływ na pogorszenie się ja-



Rys. 4. Relacja ładunku azotu ogólnego w odprowadzanych ściekach oczyszczonych do średnich stężeń N-NO₃ w wodach powierzchniowych zlewni górnego Dunajca; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WUS Kraków

Fig. 4. The relationship between total nitrogen load in discharged treated sewage and the mean N-NO₃ concentration in surface waters of the upper Dunajec River catchment; source: own elaboration based on WUS Kraków data



Rys. 5. Relacja ładunku fosforu w odprowadzanych ściekach oczyszczonych do średnich stężeń PO₄ w wodach powierzchniowych zlewni górnego Dunajca; źródło: opracowanie własne

Fig. 5. The relationship between total phosphorus load in discharged treated sewage and the mean PO₄ concentration in surface waters of the upper Dunajec River catchment; source: own elaboration

kości wody w rzekach zlewni. Jest to jednak zagadnienie badawcze, które wymaga szerszych badań w przyszłości, gdyż dysponując obecnymi danymi trudno jest jednoznacznie rozdzielić i skwantyfikować wpływ zanieczyszczeń obszarowych oraz punktowych na jakość wód. Powyższe zależności dają jedynie wskazówki, co do potrzeby dalszych prac badawczych w tym zakresie.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeobrażenia użytkowe i strukturalne, jakie nastąpiły w zlewni górnego Dunajca w ciągu kilkunastu lat, objęły wiele sfer życia społecznego i gospodarczego. Dynamicznym zmianom podlegała między innymi struktura użytkowania ziemi. Zmiany te były determinowane ograniczeniem wielkości produkcji rolniczej, a także rozwojem innych pozarolniczych form aktywności antropogenicznej na tym terenie.

Powierzchnia użytków rolnych zmniejszyła się o ok. 7%. Najwięcej ubyło gruntów użytkowanych płuźnie – nawet ok. 20% ogólnej powierzchni analizowa-

nej zlewni. W obrębie użytków zielonych zwiększyła się powierzchnia łąk i nastąpiła stagnacja powierzchni pastwisk. Część gruntów ornych zastąpiono trwałymi użytkami zielonymi, w tym szczególnie łąkami, często w wyniku zaniechania użytkowania, gdzie pola orne ulegały samozadarnieniu. Powierzchnia lasów, w przeciwieństwie do terenów rolnych, nie uległa większym zmianom.

Równolegle na obszarze badanej zlewni zauważa się wzrost powierzchni nieużytków oraz terenów zabudowanych i infrastrukturalnych, których powierzchnia zwiększyła się o 4%, a w przypadku zlewni Czarnego Dunajca nawet o 7% powierzchni ogólnej.

Na tym tle doszło także do wyraźnego i dynamicznego rozwoju infrastruktury technicznej, w tym sanitacyjnej badanego obszaru (tab. 4). W ostatnich latach nastąpiła wyraźna rozbudowa sieci kanalizacyjnej, średnio długość instalacji kanalizacyjnej zwiększyła się w zlewni prawie 8-krotnie. Wraz z rozbudową sieci kanalizacyjnej w naturalny sposób zwiększała się liczba mieszkańców, którzy zostali do niej podłączeni, nawet od dwu do kilkukrotnie. Najwięcej osób korzystających z sieci kanalizacyjnej przybyło w zlewni Białki – około czterokrotnie (tab. 4).

Oprócz rozbudowy kanalizacji sanitarnej, na obszarze gmin usytuowanych w zlewni górnego Dunajca, powstało wiele nowych oraz zmodernizowano stare oczyszczalnie ścieków komunalnych. Obecnie w zlewni górnego Dunajca funkcjonują 24 oczyszczalnie.

Ilość odprowadzanych i oczyszczanych ścieków zmniejszyła się w ostatnich latach o kilkadziesiąt procent. Wyjątkiem jest zlewnia Białki i Białego Dunajca, gdzie nieznacznie zwiększyła się objętość ścieków, wynikająca z rozbudowy miejscowości wypoczynkowych (tab. 5).

Wzrost liczby osób korzystających z oczyszczalni oraz poprawa stanu skanalizowania obszaru jest kompensowana zmniejszeniem zużycia wody i mniejszą objętością odprowadzanych ścieków.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można sformułować kilka najważniejszych wniosków.

1. W ostatnich latach w zlewni górnego Dunajca nastąpiło ograniczenie powierzchni użytków rolnych, zwłaszcza gruntów ornych, na korzyść łąk ekstensywnych.

2. Następuje rozwój bazy turystycznej, w tym także infrastruktury w zakresie gospodarki wodno-ściekowej.

3. Wyraźnie zwiększyła się długość sieci kanalizacyjnej, liczba oczyszczalni ścieków oraz liczba osób korzystających z infrastruktury sanitarnej. Zmniejsza się zatem procent osób korzystających z tradycyjnych zbiorników bezodpływowych (tzw. szamb).

4. Efektywność pracy oczyszczalni w zlewni górnego Dunajca jest duża i średnio wynosi ok. 90%. Jednak do wód trafia jeszcze corocznie po kilkaset ton z każdego rodzaju zanieczyszczeń, m.in. zawiesiny czy azotu. Świadczy to o zmiennej efektywności pracy funkcjonujących tu oczyszczalni, a także o różnicach w objęto-

ści dopływających ścieków, co wynika między innymi z rozcieńczenia ścieków wodami infiltracyjnymi i opadowymi.

5. Na jakość wód powierzchniowych wpływa pośrednio wielkość ładunków zanieczyszczeń, wprowadzanych wraz z oczyszczanymi ściekami, co uwidaczniają relacje ładunku azotu i fosforu zawartego w ściekach do stężeń azotanów i fosforanów w wodach rzek. Zależność ta nie uwzględnia jednak zanieczyszczeń obszarowych, których znaczenie w kształtowaniu jakości wód powierzchniowych w ostatnich latach wyraźnie zmalało.

6. W celu dokładniejszego rozpoznania relacji między zanieczyszczeniami bytowo-komunalnymi, obszarowymi, a jakością wód potrzebna jest kontynuacja badań, a także pozyskanie większej ilości danych strukturalnych i środowiskowych.

LITERATURA

- DYNOWSKA I., MACIEJEWSKI M. 1991. Dorzecze górnej Wisły. Cz. I. Warszawa-Kraków, Wydaw. PWN. ISBN 83-01-10317-5 ss. 341.
- ELANDT R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. Warszawa. PWRiL ss. 588.
- FIGULA K. 1966. Kształtowanie się odpływów w zlewniach potoków Biała i Czarna Woda. Badania nad gospodarką wodną zlewni górskich zalesionych i niezalesionych. Cz. 2. Roczniki Nauk Rolniczych. Ser. D. T. 118 s. 51-90.
- KOPACZ M. 2007. Modelowanie zmian w jakości wód powierzchniowych na tle przeobrażeń użytkowo-przestrzennych w małych zlewniach górskich. W: Wpływ użytkowania małych zlewni górskich na występowanie i natężenie erozji wodnej. Kraków. AR Kraków s. 154-164.
- KOPACZ M. 2011. Zmienność obciążenia składnikami nawozowymi rolniczych obszarów karpacckich w kontekście przeobrażeń strukturalno-przestrzennych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 31. ISBN 978-83-62416-32-5 ss. 122.
- KOPACZ M., TWARDY S., KOSTUCH M. 2007. Ładunek azotu pochodzący ze źródeł rolniczych a zmiany użytkowania ziemi w dorzeczu górnej Wisły. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 7. Z. 2b (21) s. 87-98.
- MARTIN C., AYESA E. 2010. An Integrated Monte Carlo Methodology for the calibration of water quality models. Ecological Modelling. Vol. 221. Iss. 22 s. 2656-2667.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody. Dz.U. 2002. Nr 72 poz. 747.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. 2006. Nr 137 poz. 984.
- SIKORSKI M. 1994. Charakterystyka ścieków wiejskich i sposób ich unieszkodliwiania. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 3 s. 25-31.
- SIKORSKI M. 1998. Gospodarka ściekami bytowymi na wsi jako czynnik ochrony środowiska. Rozprawy Habilitacyjne. Falenty. IMUZ. ISBN 83-85735-70-4 ss. 133.
- STANLEY G. 1976. Metody statystyki w geografii. Warszawa. Wydaw. PWN s. 163-171.
- STARKEL L., KUNDZEWICZ Z.W. 2008. Konsekwencje zmian klimatu dla zagospodarowania przestrzennego kraju. Nauka. Nr 1 s. 85-101.
- TWARDY S. 2008. Karpacckie użytki rolne jako obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW). Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 8(2b) s. 191-202.

TWARDY S. 2009. Tendencje zmian użytkowania przestrzeni rolniczej obszarów karpackich. Studia i Raporty IUNG-PIB. Z. 17 s. 49–58.

Marek KOPACZ, Stanisław TWARDY

**WATER AND SEWAGE MANAGEMENT
IN THE UPPER DUNAJEC RIVER CATCHMENT BASIN
COMPARED TO THE SOCIO-STRUCTURAL TRANSFORMATIONS
AND SURFACE WATER QUALITY**

Key words: *structural and spatial changes, surface water quality, water and sewage management*

S u m m a r y

The aim of this study was to compare changes of water and sewage management in mountain rural areas with transformations in land use and surface water quality. The study was conducted in the upper Dunajec River catchment to the cross-section in Krościenko. Statistical data obtained from the Regional Statistical Office in Krakow were used for this analysis. Data from the administration system were converted to the catchment system with a specially developed matrix of conversion. Data on surface water quality acquired from the Provincial Inspectorate of Environmental Protection in Kraków were also used.

Significant structural changes have taken place since 1990s, mainly related to land use within the area of agricultural land. Surface area of arable lands has been reduced by almost 20% while that of grasslands has increased.

Within the scope of sanitation, the length of the sewerage network and the number of people who benefited from this network have both increased. New sewage treatment plants have been built.

There was also a decline in the production of domestic sewage, which directly resulted from smaller water consumption. The quality of water was affected by the volume of pollutants discharged in waste waters and its variability reflected differences in the efficiency of particular treatment plants.

Do cytowania For citation: Kopacz M., Twardy S. 2012. Gospodarka wodno-ściekowa w zlewni górnego Dunajca na tle przeobrażeń społeczno-strukturalnych i jakości wód powierzchniowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 3 (39) s. 103–121.