

Celestyna Śmielak

Akademia Pomorska

Słupsk

celestyna.smielak@gmail.com

**TRANSPORT MATERIAŁU ZAWIESZONEGO
I ROZPUSZCZONEGO W POTOKU STAROKRAKOWSKIM
W LATACH 2007-2009**

**TRANSPORT OF THE SUSPENSION AND DISSOLVED
MATERIAL IN THE STAROKRAKOWSKI CREEK IN 2007-2009**

Zarys treści: W artykule przedstawiono wyniki badań koncentracji zawiesiny w Potoku Starokrakowskim, lewobrzeżnym dopływie Wieprzy w latach hydrologicznych 2007-2009. Jego zlewnia obejmuje fragment niemal płaskiej wysoczyzny morenowej zbudowanej z glin i utworów zastoiskowych. W obrębie zlewni prowadzone są również ekspedycyjnie comiesięczne pomiary natężenia przepływów. Wyniki prowadzonych badań pozwoliły podjąć próbę określenia wielkości wynoszonych ładunków zawiesiny i materiału rozpuszczonego. Na podstawie analiz określono, że w badanej zlewni odprowadzany ładunek zawiesiny był niewielki. Dopiero duże opady deszczu oraz topnienie pokrywy śnieżnej spowodowały transport większych ładunków. W czasie wezbrań w ciągu doby wynoszonych było kilkadziesiąt razy więcej kilogramów zawiesiny niż przeciętnie.

Słowa kluczowe: mała zlewnia, denudacja odpływowa, transport fluwialny, Wieprza, Potok Starokrakowski

Key words: small catchment, outflow denudation, fluvial transport, Wieprza river, Starokrakowski Creek

Wprowadzenie

Rzeki są zasilane głównie przez wodę opadową, która jest odprowadzana w kierunku obniżen terenu drobnymi ciekami zbierającymi wody z obszarów zlewni. Wielkość odpływu ze zlewni zależy głównie od reżimu hydrologicznego cieków, właściwości fizyczno-geograficznych zlewni (morfologia zlewni, cechy geomorfologiczne, litologiczne i glebowe, warunki klimatyczne i hydrologiczne, struktura użytkowania terenu) oraz jej zabudowy hydrotechnicznej (Kostrzewski i in. 1999). Dużą rolę

w kształtowaniu odpływu mogą odgrywać zjawiska o charakterze ponadprzeciętnym (gwałtowne wezbrania). W czasie wezbrań ze zlewni rzeki odprowadzają znaczną część rocznego ładunku zawiesiny (co przedstawili m.in. Ciupa 2007; Kostrzewski i in. 1994). Coraz większą rolę, szczególnie na obszarach zurbanizowanych lub wykorzystywanych rolniczo, odgrywa dostawa antropogeniczna (Ciupa 2005, 2007). Zagospodarowanie i użytkowanie terenu w obrębie koryta i zlewni powoduje, że procesy fluwialne przebiegają w różny sposób. Badania fizykochemiczne wód w małych zlewniach umożliwiają określenie stanu i kierunków zmian lokalnego środowiska. W przypadku rzek Pobrzeża Bałtyku w badaniach ich systemu denudacyjnego przyjęto, że transport zawiesiny i materiału rozpuszczonego określa w pewnym stopniu, jakie procesy hydrochemiczne i morfologiczne zachodzą na obszarze zlewni. Tempo denudacji mechanicznej i chemicznej zlewni można określić poprzez ilościowe ustalenie rozmiarów transportu fluwialnego.

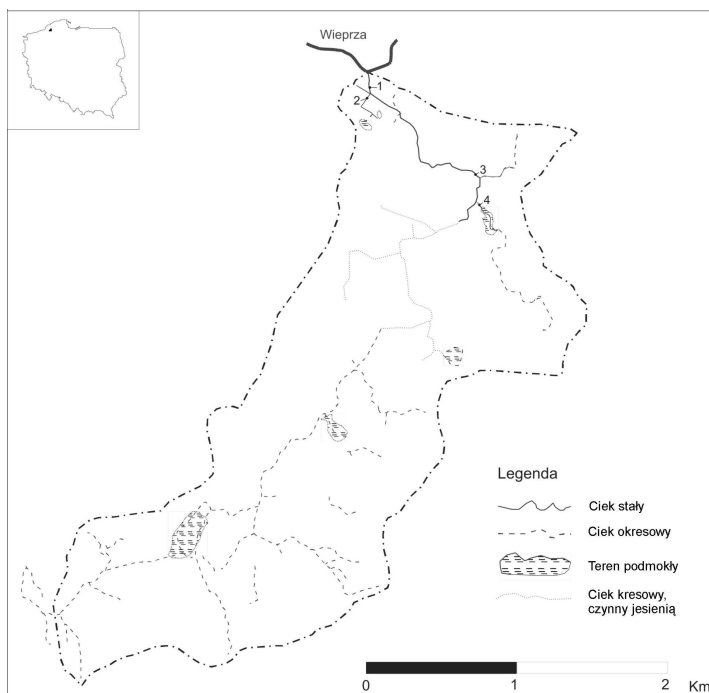
Celem pracy jest określenie wielkości denudacji odpływowej, tj. mechanicznej i chemicznej oraz analiza chemizmu wód w Potoku Starokrakowskim w latach hydrologicznych 2007-2009.

Teren i metodyka badań

Zlewnia Potoku Starokrakowskiego znajduje się na obszarze zastoiskowym. Jej powierzchnia wynosi 8,44 km² (*Atlas podziału hydrograficznego Polski*, 2005). W górnym biegu odwadnia tereny leśne, natomiast odcinek środkowy i dolny jest użytkowany rolniczo. Zlewnię odwadnia ciek, który bezpośrednio wpada do Wieprzy. Cechą charakterystyczną zlewni jest jej znaczny spadek i głębokie wcięcie dolnego odcinka doliny w płaskie podłoże utworzone przez osady zastoiskowe, spoczywające na glinach zwałowych (Florek i in. 2008). W dolnym biegu Potok Starokrakowski przepływa przez wieś Stary Kraków. W obrębie zlewni występuje gęsta sieć cieków stałych i okresowych. Ciek główny ma liczne dopływy. Sieć hydrograficzna Potoku Starokrakowskiego ulega ciągłym zmianom (rys. 1). W okresie letnim ciek płynie wyłącznie na obszarze niezalesionym znajdującym się w środkowym oraz dolnym biegu. Obszar zlewni położony na południe porośnięty jest lasem. W sezonie letnim nie obserwuje się tu odpływu. Czynna sieć hydrograficzna znajduje się w północnej części zlewni. W okresie jesiennym uruchamiany zostaje przepływ w korytach, które przez większą część roku pozostają suche.

Łącznie wytypowano 4 punkty pomiarowe (ryc. 1), z których dwa znajdują się na Potoku Starokrakowskim. Punkt pomiarowy nr 1 – zamykający zlewnię, usytuowano przy ujściu cieku do Wieprzy, poniżej Starego Krakowa; punkt pomiarowy nr 3 przed zabudowaniami wsi Stary Kraków, w miejscu, gdzie zlewnia przez cały rok jest odwadniana. Kolejne dwa punkty (nr 2 i nr 4) znajdują się na dopływach Potoku Starokrakowskiego. Oba dopływy odwadniają tereny użytkowane rolniczo.

W miesięcznych odstępach w latach hydrologicznych 2007-2009 mierzono natężenie przepływu w ciekach młynkiem hydrometrycznym lub z użyciem zastawek oraz pobierano próby wody do analiz. Bezpośrednio po poborze próby wody były one filtrowane.



Ryc. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych w dolnym odcinku Potoku Starokrakowskiego
 Fig. 1. Localization of sampling points in a lower part of Starokrakowski Creek.

Źródło: opracowanie własne

wane przez sączki z włókna szklanego Whatman 47 mm typ GFC, a następnie wykonywano oznaczenia takich wskaźników, jak:

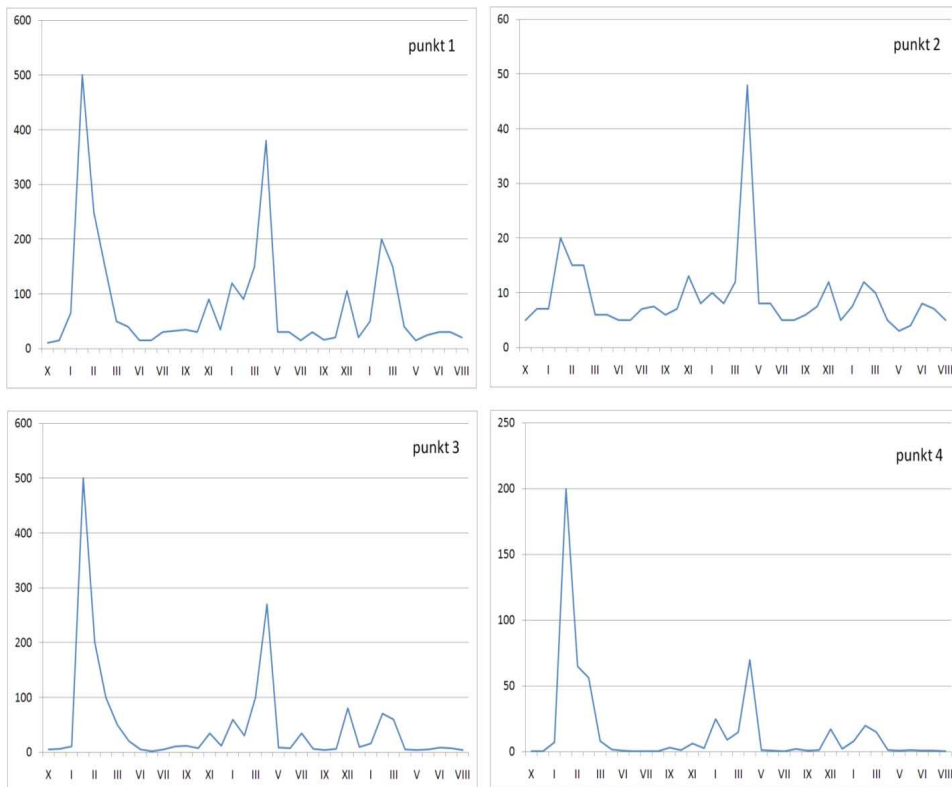
- odczyn i przewodność właściwa za pomocą miernika konduktometrycznego ELMETRON CP-401,
- zawartość zawiesiny i suchej pozostałości metodą wagową,
- zawartość azotu metodą Kjeldahla,
- zawartość azotu azotanowego, azotynowego i amonowego metodami spektrofotometrycznymi,
- zawartość sodu i potasu metodą emisyjnej fotometrii płomieniowej,
- zawartość wapnia i magnezu metodą wersenianową,
- zawartość chlorków, siarczanów, fosforanów, żelaza metodą spektrofotometryczną.

Oznaczenia były wykonywane w dniu poboru próbek. Częstotliwość poboru próbek została zwiększona w okresach występowania w zlewni zjawisk o charakterze ponadprzeciętnym. Za pomocą wymienionych badań fizykochemicznych zbadano zmiany koncentracji zawiesiny i wybranych jonów.

Aby zilustrować chemizm wód badanego obszaru, przedstawione zostaną stężenia takich wskaźników, jak: Na, K, Ca, Mg, NO_3 , NH_4 , Cl. Dane te dotyczą punktu pomiarowego usytuowanego w odcinku ujściowym badanego cieku. Wykorzystano oznaczenia tych samych jonów, które do oceny sezonowej zmienności składu chemicznego wód górnej Parsęty stosowali A. Kostrzewski i in. (1993).

Wielkość denudacji odpływowej w latach hydrologicznych 2007-2009

Podstawą zasilania cieków są liczne dopływy. W ciągu trzech lat badań zaobserwowano bardzo znaczne zróżnicowanie wielkości przepływu wody w badanych punktach pomiarowych (tab. 1, ryc. 2). We wszystkich punktach minimalne wartości odnotowano w okresie letnim, natomiast maksymalne w jesienno-zimowym. W czasie letnich bądź zimowych niżówek przepływ znacznie się obniżał. Na początku roku 2007 w odcinku ujściowym (punkt numer 1) zaobserwowano większy przepływ niż przeciętnie ($500,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; $250,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) (ryc. 2, tab. 1). Podobna sytuacja wystąpiła w pozostałych punktach. Było to spowodowane gwałtownym topnieniem śniegu, co zbiegło się z opadami deszczu. Zamarznięte podłoże wpłynęło na uruchomienie spływu powierzchniowego. W tym okresie stwierdzono wyższe przepływy w porównaniu z przeciętnymi. W roku hydrologicznym 2008 sytuacja była podobna. Na przełomie stycznia i lutego nastąpiło wezbranie spowodowane topnieniem śniegu. W tym czasie również stwierdzono wyższy przepływ w porównaniu z pozostałą częścią roku.



Ryc. 2. Natężenie przepływu wody [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] w czterech punktach pomiarowych z lat hydrologicznych 2007-2009

Fig. 2. Water flow intensity [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] in four examined sections in hydrological years 2007-2009

Źródło: opracowanie własne

Tabela 1

Natężenie przepływu wody [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], sucha pozostałość [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] oraz koncentracja zawiesiny [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] w ujściowym odcinku w roku hydrologicznym 2007

Table.1

Water flow intensity [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], dry residue [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] and suspended loads [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] in estuary section, hydrological year 2007

Daty poboru próbek	23.10.2006	27.11.2006	08.01.2007	29.01.2007	27.02.2007	27.03.2007	22.04.2007	03.06.2007	24.06.2007	22.07.2007	26.08.2007	30.09.2007
Przepływy [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	10	15	65	500	150	50	40	15	15	30	32	35
Koncentracja zawiesiny [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	27,5	14,8	13,1	56,5	34,9	7,1	14,4	14,0	7,0	5,6	14,1	12,6
Sucha pozostałość [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	286	360	114	84	274	88	290	406	334	250	418	290

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2

Natężenie przepływu wody [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], sucha pozostałość [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] oraz koncentracja zawiesiny [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] w ujściowym odcinku w roku hydrologicznym 2008

Table 2

Water flow intensity [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], dry residue [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] and suspended loads [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] in estuary section, hydrological year 2008

Daty poboru próbek	28.10.2007	25.11.2007	06.01.2008	26.01.2008	23.02.2008	28.03.2008	12.04.2008	31.05.2008	24.06.2008	26.07.2008	30.08.2008	27.09.2008
Przepływy [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	30	90	35	120	90	150	380	30	30	15	30	16
Koncentracja zawiesiny [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	10,8	10,8	6,0	34,6	18,1	16,9	2,7	1,3	1,7	0,9	1,9	2,0
Sucha pozostałość [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	302	226	196	235	114	162	201	266	360	330	220	180

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3

Natężenie przepływu wody [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], sucha pozostałość [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] oraz koncentracja zawiesiny [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] w ujściowym odcinku w roku hydrologicznym 2009

Table 3

Water flow intensity [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$], dry residue [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] and suspended loads [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] in estuary section, hydrological year 2009

Daty poboru próbek	25.10.2008	02.12.2008	09.01.2009	11.01.2009	01.03.2009	27.03.2009	25.04.2009	04.05.2009	22.05.2009	21.06.2009	21.07.2009	31.08.2009
Przepływy [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	20	105	20	50	200	150	40	15	25	30	30	20
Koncentracja zawiesiny [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	1,8	8,8	3,3	4,9	12,2	12,7	0,8	2,8	5,0	4,4	3,8	3,1
Sucha pozostałość [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	212	1244	208	130	120	190	120	286	382	430	214	326

Źródło: opracowanie własne

Kolejne wezbranie spowodowane opadami deszczu wystąpiło w kwietniu 2008; wówczas natężenie przepływu w punkcie numer 1 wyniosło $380,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Marzec, w roku hydrologicznym 2009, obfitował w duże ilości opadów deszczu, stąd podwyższone natężenie przepływu ($200,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; $150,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), jednakże nie są to tak duże ilości jak w latach poprzednich w miesiącach styczniu i lutym.

W pozostałych punktach pomiarowych w czasie wezbrań w latach hydrologicznych 2007-2009 natężenie przepływu również ulegało zmianie. Wzrosło ono znacznie w styczniu (w czasie wezbrania) 2007 roku, w marcu i kwietniu 2008 oraz w marcu 2009 roku (ryc. 2).

Intensywność procesów transportu fluwialnego w obrębie analizowanej zlewni jest niewielka, świadczą o tym wyniki badań dotyczące zmienności natężenia przepływu w cieku oraz koncentracji zawiesiny i substancji rozpuszczonych w latach hydrologicznych 2007-2009, a także określone wartości dobowych ładunków zawiesiny i substancji rozpuszczonych (tab. 4, 5, 6). Transport ładunków zawiesiny wahał się od $1,17 \text{ kg} \cdot \text{dobę}^{-1}$ do $88,65 \text{ kg} \cdot \text{dobę}^{-1}$ (tab. 4, 5, 6) – są to wartości niewielkie. Dopiero wystąpienie splywu powierzchniowego na przełomie stycznia i lutego 2007 roku oraz gwałtownego wezbrania w styczniu w 2008 i marcu 2009 roku spowodowało uruchomienie w badanej zlewni transportu znacznej ilości materiału. W tych okresach odnotowano kilkakrotnie wyższą koncentrację zawiesiny w stosunku do wartości przeciętnych (tab. 1, 2, 3). Jednocześnie w czasie wezbrań zaobserwowano znaczny spadek stężenia substancji rozpuszczonych ($84 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $162 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$, $120 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Tabela 4

Dobowe ładunki zawiesiny i substancji rozpuszczonych w ujściowym odcinku cieku w roku hydrologicznym 2007

Table 4

Daily suspended yields and dissolved substances in estuary section of watercourse in hydrological year 2007

23.10.2006	27.11.2006	08.01.2007	29.01.2007	27.02.2007	27.03.2007	22.04.2007	03.06.2007	24.06.2007	22.07.2007	26.08.2007	30.09.2007
Dobowe ładunki zawiesiny [kg · dobę ⁻¹]											
23,8	19,2	73,6	2440,8	452,3	30,7	49,8	18,1	9,1	14,5	38,9	38,1
Dobowe ładunki substancji rozpuszczonych [kg · dobę ⁻¹]											
247,1	466,6	640,2	3628,8	3551,0	380,7	1002,2	526,2	432,9	648,0	1155,7	876,9
Suma zawiesin i substancji rozpuszczonych [kg · dobę ⁻¹]											
270,9	485,7	713,8	6069,6	4003,3	410,8	1052,0	544,3	441,9	662,5	1194,7	915,1

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5

Dobowe ładunki zawiesiny i substancji rozpuszczonych w ujściowym odcinku cieku w roku hydrologicznym 2008

Table 5

Daily suspended yields and dissolved substances in estuary section of watercourse in hydrological year 2008

28.10.2007	25.11.2007	06.01.2008	26.01.2008	23.02.2008	28.03.2008	12.04.2008	31.05.2008	24.06.2008	26.07.2008	30.08.2008	27.09.2008
Dobowe ładunki zawiesiny [kg · dobę ⁻¹]											
27,99	83,98	18,14	358,73	140,75	219,02	88,65	3,37	4,41	1,17	4,92	2,76
Dobowe ładunki substancji rozpuszczonych [kg · dobę ⁻¹]											
782,8	1757,4	592,7	2432,3	886,5	2099,5	6612,4	689,5	933,1	427,7	570,2	248,8
Suma zawiesin i substancji rozpuszczonych [kg · dobę ⁻¹]											
810,9	1841,4	610,9	2791,1	1027,2	2318,5	6701,0	692,8	937,5	428,9	575,2	251,6

Źródło: opracowanie własne

Tabela 6

Dobowe ładunki zawiesiny i substancji rozpuszczonych w ujściowym odcinku ciek w roku hydrologicznym 2009

Table 6

Daily suspended yields and dissolved substances in estuary section of watercourse in hydrological year 2009

25.10.2008	02.12.2008	09.01.2009	11.01.2009	01.03.2009	27.03.2009	25.04.2009	04.05.2009	22.05.2009	21.06.2009	21.07.2009	31.08.2009
Dobowe ładunki zawiesiny [kg · dobę ⁻¹]											
3,11	79,83	5,70	21,17	210,82	164,59	2,76	3,63	10,80	11,40	9,85	5,36
Dobowe ładunki substancji rozpuszczonych [kg · dobę ⁻¹]											
366,3	11285,6	359,4	561,6	2073,6	2462,4	414,7	370,7	825,1	1114,6	554,7	563,3
Suma zawiesin i substancji rozpuszczonych [kg · dobę ⁻¹]											
369,5	11365,4	365,1	582,8	2284,4	2626,9	417,5	374,3	835,9	1125,9	564,5	568,7

Źródło: opracowanie własne

Badania wykazały, że w transporcie materii poza zlewnię dużą rolę odgrywa spływ powierzchniowy. W roku hydrologicznym 2007 w trakcie wezbrania w ciągu doby 29.01.2007 z badanej zlewni zostało odprowadzone 2440,8 kg zawiesiny (tab. 4). W latach hydrologicznych 2008 i 2009 w czasie wezbrania w ciągu doby 12.04.2008 oraz 27.03.2009 ze zlewni wynoszonych było odpowiednio 6612,4 kg i 2462,4 kg substancji rozpuszczonych (tab. 5, 6). Są to wartości dużo wyższe niż zanotowane w pozostałych miesiącach analizowanego roku (tab. 4, 5, 6). Ilości są porównywalne do rejestrowanych przez innych badaczy zlewni położonych w strefie młodogłajalnej (Kostrzewski i in. 1994; Smolska 1996).

Wyniki badań jednoznacznie wskazują, jak dużą rolę odegrało obserwowane wezbranie w transporcie zawiesiny i substancji rozpuszczonych w wodzie. Świadczy to o dużej roli zjawisk o charakterze ponadprzeciętnym w denudacji badanej zlewni. Okres wezbrania w sposób decydujący wpłynął na roczny ładunek składników w zlewni.

Chemizm wód badanego ciek w latach hydrologicznych 2007-2009

Mineralizacja wyrażona przez przewodność właściwą mieściła się w przedziale od 127,8 do 513,6 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Wody badanego ciek charakteryzowały się średnią przewodnością właściwą, która wyniosła 369,54 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (tab. 7). Najniższe wartości przypadły na czas wezbrań, natomiast najwyższe na letnie i zimowe niżówki. Może to świadczyć o ograniczonej kontakcie wody opadowej czy roztopowej z podłożem, co wpływa na niską mineralizację.

Odczyn w latach 2007-2009 kształtował się w granicach lekko zasadowego (tab. 7). Jego średnia wartość z okresu trzech lat hydrologicznych wyniosła 7,6 pH.

Stężenie jonów wapnia w analizowanym okresie mieściło się w zakresie 21,2-95,2 mg · dm⁻³ w ujściowym odcinku badanego cieku. Najniższe stężenia tego jonu wystąpiły w trakcie intensywnych opadów deszczu bądź w trakcie wezbrania, natomiast najwyższe stężenia w czasie, kiedy przepływ wody prawie całkowicie ustawał (tab. 7).

Stężenie jonów magnezu wykazywało dużą zmienność i mieściło się w przedziale: 2,8-24,5 mg · dm⁻³. W trakcie wezbrania występowały wyraźnie niższe stężenia tego jonu 4,1 mg · dm⁻³. Najwyższą wartość odnotowano w październiku 24,5 mg · dm⁻³ (tab. 7).

Zawartość sodu mieściła się w przedziale 3,7-9,4 mg · dm⁻³. Najniższe stężenie zanotowano w roku hydrologicznym 2008 w trakcie wezbrania – 4,2 mg · dm⁻³ oraz w tym samym roku w czasie intensywnych opadów – 3,7 mg · dm⁻³. Najwyższe wartości stężenia sód osiągnął w październiku 2006 (9,1 mg · dm⁻³) (tab. 7).

Stężenie jonów potasu wahało się w granicach 1,4-14,0 mg · dm⁻³. Najniższe stężenie odnotowano w lutym, kwietniu, maju 2008 roku, natomiast najwyższe w styczniu i kwietniu 2009. Wyniki stężeń potasu w ciągu roku charakteryzowały się znacznymi wahaniami (tab. 7). Może to wynikać z dużej ruchliwości potasu w środowisku.

Tabela 7

Parametry fizykochemiczne wód w ujściowym odcinku cieku w latach hydrologicznych 2007-2009

Table 7

Physico-chemical parameters in estuary section of watercourse in hydrological year 2007-2009

Data		Zawiesina ogólna [mg · dm ⁻³]	Sucha pozostałość [mg · dm ⁻³]	Odczyn	Przewodność właściwa [μS · cm ⁻¹]	Wapń [mg · dm ⁻³]	Magnez [mg · dm ⁻³]	Sód [mg · dm ⁻³]	Potas [mg · dm ⁻³]	Chlorki [mg · dm ⁻³]	Azotany [mg · dm ⁻³]	Amoniak [mg · dm ⁻³]
Rok hydrologiczny 2007	23.10.2006	27,5	286	7,8	476,9	77,9	24,5	9,1	3,4	5,4	0,00	0,01
	27.11.2006	14,8	360	7,6	399,0	71,5	5,9	7,9	3,1	11,8	2,23	0,06
	08.01.2007	13,1	114	7,5	260,3	44,6	13,8	6,2	2,8	4,1	2,49	0,05
	29.01.2007	56,5	84	6,3	127,8	34,5	4,1	4,8	3,8	0,0	1,79	0,14
	27.02.2007	34,9	274	7,5	223,7	36,2	6,7	6,6	3,5	7,7	1,30	0,00
	27.03.2007	7,1	88	7,8	297,2	49,4	7,4	8,1	2,9	4,7	0,65	0,00

Rok hydrologiczny 2007	22.04.2007	14,4	290	7,9	369,5	69,0	13,2	8,8	3,0	0,2	0,21	0,03
	03.06.2007	14,0	406	8,0	469,8	75,1	17,4	8,8	3,0	30,7	0,26	0,04
	24.06.2007	7,0	334	7,9	432,8	79,1	12,6	9,3	3,6	2,2	4,54	0,07
	22.07.2007	5,6	250	7,8	478,6	79,5	8,0	9,0	3,6	1,6	2,64	0,09
	26.08.2007	14,1	418	7,6	471,0	81,7	9,3	8,4	2,5	-	0,15	-
	30.09.2007	12,6	290	7,6	419,5	76,5	7,7	8,6	4,3	-	2,46	-
Rok hydrologiczny 2008	28.10.2007	10,8	302	8,0	402,6	79,5	9,4	9,0	3,2	15,0	0,35	0,09
	25.11.2007	10,8	226	7,8	236,5	56,2	5,8	7,2	2,6	10,4	1,00	0,02
	06.01.2008	6,0	196	7,8	361,4	95,2	9,1	8,5	3,3	18,1	0,19	0,16
	26.01.2008	34,6	235	7,1	203,1	57,2	3,2	6,9	2,8	12,8	1,80	0,16
	23.02.2008	18,1	114	7,5	259,4	54,4	2,8	4,2	1,4	13,9	1,24	0,15
	28.03.2008	16,9	162	7,4	171,0	28,0	12,7	6,0	2,0	9,1	1,32	0,04
	12.04.2008	2,7	201	7,5	172,5	21,2	12,4	3,7	1,6	10,6	1,23	0,18
	31.05.2008	1,3	266	8,3	354,2	84,4	5,1	4,7	1,5	14,9	0,22	0,03
	24.06.2008	1,7	360	7,8	505,4	90,1	6,5	8,9	3,1	14,9	0,22	0,00
	27.07.2008	0,9	330	7,9	491,6	84,1	15,7	8,9	3,0	15,8	0,13	0,05
	30.08.2008	1,9	220	7,2	439,2	69,5	6,0	9,0	4,2	14,4	0,81	0,00
	27.09.2008	2,0	180	7,6	513,6	85,6	12,3	9,0	3,2	16,0	0,15	0,01
Rok hydrologiczny 2009	25.10.2008	1,8	212	7,9	462,3	85,3	8,4	6,4	3,2	15,2	0,26	0,00
	02.12.2008	8,8	1244	7,8	245,4	35,4	6,2	6,3	3,4	12,4	1,33	0,14
	09.01.2009	3,3	208	6,9	414,8	76,5	6,2	9,0	14,0	23,5	0,30	0,07
	11.02.2009	4,9	130	7,4	390,2	60,5	6,9	8,1	3,7	14,4	0,51	0,16
	01.03.2009	12,2	120	7,2	174,8	25,5	3,1	6,0	2,6	11,6	0,26	0,14
	27.03.2009	12,7	190	7,4	253,0	43,0	7,5	6,9	2,6	12,4	1,80	0,09
	25.04.2009	0,8	120	7,7	458,3	73,6	11,0	7,1	13,2	22,6	0,19	0,05
	04.05.2009	2,8	286	7,7	472,7	72,9	13,3	9,4	2,9	14,1	0,22	0,24
	22.05.2009	5,0	382	7,3	468,3	80,2	6,2	8,0	2,7	13,1	1,23	0,04
	21.06.2009	4,4	430	7,5	486,6	87,5	9,7	4,7	1,5	14,1	0,22	0,05
	21.07.2009	3,8	214	7,2	501,2	90,1	6,5	9,0	3,6	17,0	0,22	0,08
31.08.2009	3,1	326	7,2	439,2	69,5	6,0	8,4	2,6	14,4	0,81	0	
Średnia	10,9	273,6	7,6	369,5	66,1	9,0	7,5	3,5	14,6	1,0	0,1	

Źródło: opracowanie własne

Wzrost przepływu powoduje spadek sumy składników rozpuszczonych, wyrażonych przewodnością właściwą. Dostawa niskozmineralizowanych wód opadowych i roztopowych powoduje uruchomienie prostego mechanizmu rozcieńczania wód rzecznych. Podobną sytuację udokumentowała G. Szpikowska (2007) dla Chwalimskiego Potoku (górną Parsętą). Takie zależności wynikają z charakteru zlewni, która przy małej powierzchni i niewielkiej długości cieków ma rozwinięte strefy nasyceń reagujące na opad czy roztopy dostawą wód o słabym stopniu przekształcenia (Szpikowska 2007).

W cyklu trzyletnim, w okresie letnich i zimowych niżówek, występują najwyższe stężenia badanych jonów (tab. 7). W czasie wezbrań, gdy koryto badanego cieków zasilane jest przez wody roztopowe (ze spływu powierzchniowego i śródpokrywowego) oraz wody opadowe, przypadają najniższe koncentracje analizowanych składników. Podobna sytuacja została zaobserwowana w wodach górnej Parsęty, gdzie w cyklu rocznym w okresie letnich i zimowych niżówek, przy maksymalnym zasileniu gruntowym, wystąpiły najwyższe koncentracje jonów wapnia i potasu. Najniższe stężenia tych składników przypadły natomiast na czas kulminacji wezbrań (Kostrzewski i in. 1993).

Wnioski

Badania wykazały, że z badanej zlewni w latach hydrologicznych 2007-2009 odprowadzany był niewielki ładunek zawiesiny (średnio $10,9 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Dopiero wystąpienie spływu powierzchniowego spowodowanego opadami deszczu oraz topnieniem pokrywy śnieżnej spowodowało odprowadzanie większych ładunków ($56,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). W czasie wezbrań w ciągu doby wynoszone było kilkadziesiąt razy więcej kilogramów zawiesiny niż przeciętnie. Podstawowe znaczenie w bilansie rocznym materii wynoszonej poza zlewnię miał okres wezbrania. Dobowy ładunek zawiesiny w okresie niżówki wyniósł $1,17 \text{ kg} \cdot \text{dobę}^{-1}$, natomiast w czasie wezbrania osiągnął wynik $2440,8 \text{ kg} \cdot \text{dobę}^{-1}$ (tab. 4, 5). Wyniki pokazują, że nawet na obszarach płaskich wysoczyzn polodowcowych występują procesy, których intensywność i rola w kształtowaniu tych środowisk są znaczące. Świadczy to o dużym znaczeniu zjawisk o charakterze ponadprzeciętnym w kształtowaniu morfologii zlewni rzecznych. Okazało się również, że w udokumentowanych sytuacjach pomiarowych zmienność przepływu i natężenia transportu materiału stałego (piasku, mułu, łu) w postaci zawiesiny oraz materiału rozpuszczonego w wodach cieków, a więc transportowanego w formie roztworów rzeczywistych i koloidalnych, jest niezwykle duża.

Zmniejszenie stężenia substancji rozpuszczonych w wodzie zaobserwowano w miesiącach zimowych, kiedy natężenie przepływu osiągało najwyższe wartości. Stąd spadek stężenia badanych jonów, a w szczególności Ca^{2+} , Na^+ . W czasie letnich i zimowych niżówek badane parametry osiągnęły najwyższą koncentrację, natomiast najniższe stężenia zanotowano w styczniu oraz w lutym.

Stężenia badanych jonów wykazują zależności odwrotnie proporcjonalne do wzrostu natężenia przepływu, co wskazuje na mechanizm rozcieńczania wód rzecznych przez dostawę wód opadowych lub roztopowych.

Literatura

- Atlas podziału hydrograficznego Polski*, 2005, praca zbior. pod kier. H. Czarneckiej, IMGW, Warszawa
- Ciupa T., 2005, *Wpływ użytkowania na transport zawiesiny w małych zlewniach na przykładzie Silnicy i Sufragańca (Kielce)*. W: *Współczesna ewolucja rzeźby Polski. VII Zjazd Geomorfologów Polskich, Kraków, 19-22 września 2005*, red. A. Kotarba, K. Krzemień, J. Święchowicz, Kraków, s. 77-84
- Ciupa T., 2007, *Transport zawiesiny podczas różnych typów wezbrań w zurbanizowanej zlewni rzeki Silnicy i rolniczo-leśnej Sufragańca (Góry Świętokrzyskie)*. W: *Procesy ekstremalne w środowisku geograficznym*, Poznań, s. 81-96
- Florek W., Jonczak J., Princ C., 2008, *Rola denudacji odpływowej w kształtowaniu rzeźby małych zlewni na obszarach zastoiskowych (na przykładzie dopływów dolnej Wieprzy)*, *Landform Analysis*, 7, s. 23-34
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z., 1993, *Sezonowa zmienność składu chemicznego wód górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie) jako odzwierciedlenie funkcjonowania systemu zlewni*. W: *Geoekosystem obszarów nizinnych*, red. A. Kostrzewski, Wrocław, s. 79-99
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z., 1994, *Dynamika transportu fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni*, Poznań, s. 165
- Kostrzewski A., Mazurek M., Stach A., Zwoliński Z., 1999, *Funkcjonowanie geoekosystemu dorzecza Parsęty w warunkach wezbraniowych*. W: *Powódzie rzek Przymorza Bałtyku i innych regionów Polski*, red. A. Kostrzewski, Poznań, s. 87-100
- Smolska E., 1996, *Funkcjonowanie system korytowego na obszarze młodoglacjalnym na przykładzie górnej Szeszupy*, Warszawa
- Szpikowska G., 2007, *Odpływ materiału rozpuszczonego ze zlewni źródłiskowej w latach o różnicowanych warunkach opadowych (Chwalimski Potok, górna Parsęta)*. W: *Procesy ekstremalne w środowisku geograficznym*, Poznań, s. 209-221

Summary

The author of this paper presents the studies results of water quality and concentration of suspension materials in a drainage watercourse that is left tributary of Wieprza river (station Stary Kraków) in the hydrological years 2007 and 2009. This catchment covers a part of nearly flat plateaus moraine built of clays and lacustrine deposits. Within the catchment are conducted expeditional monthly measurements of the flow. Results of the study allowed to try to determine the amount of transported loads and the dissolved materials. Tested basic ion concentration reached the highest concentrations during summer and winter low water, while the lowest concentration was recorded in January and February. Analysis have shown that in the study catchment amount of transported loads was low. Only heavy rain and melting snow caused the transport of larger loads. During high water loads transport per day was several times more than the average.