



Wpływ rekultywacji za pomocą odpadów górniczych na jakość wód w rejonie Karwiny w Republice Czeskiej

Reclamation using waste rock impact on water quality in the Karvina region in Czech Republic

*Eva PERTILE*¹⁾, *Peter FEČKO*²⁾, *Lucie NEZVALOVÁ*³⁾, *Michal GUZIUREK*⁴⁾, *Radka WOLFOVÁ*⁵⁾, *Maciej TORA*⁶⁾

¹⁾ Mgr, Ph.D., Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic; tel.: (+420) 597 325 188; e-mail: eva.pertile@vsb.cz

²⁾ Prof. Ing., CSc, Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic; tel.: (+420) 597 323 575, e-mail: peter.fecko@vsb.cz

³⁾ Ing., Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic; tel.: (+420) 597 325 188; e-mail: lucie.nezvalova@vsb.cz

⁴⁾ Ing., Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic; tel.: (+420) 597 323 519; e-mail: michal.guziurek@vsb.cz

⁵⁾ Ing., Ph.D., Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic; tel.: (+420) 597 325 188, e-mail: radka.wolfova@vsb.cz

⁶⁾ Mgr inż., Doktorant, Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic

RECENZENCI: Doc. Ing., CSc., Františka MICHALÍKOVÁ; Prof. dr hab., Stanisława SANAK-RYDLEWSKA

Streszczenie

W referacie przedstawiono wpływ rekultywacji terenu za pomocą odpadów górniczych na obniżanie warstwy wodonośnej w regionie Karwina. Ocena została przeprowadzona dla 16 punktów, gdzie odpady zostały wykorzystane do poprawy systemu obwałowań. Dla oceny wpływu odpadów na właściwości chemiczne wody w warstwie wodonośnej określono wartości geochemiczne tła. Dla porównania wpływu opadów na jakość wody określono zmiany parametrów hydrochemicznych w punktach gdzie nie stosowano odpadów do nadbudowy obwałowań, gdzie odpady były stosowane częściowo (maksymalnie 1/2 obwodu osadnika) oraz gdy obwałowanie było zbudowane wyłącznie z odpadów.

Słowa kluczowe: odpady górnicze, opadanie poziomu warstwy wodonośnej, rekultywacja, region Karwina

Wprowadzenie

Region Karviná należy do najbardziej zagrożonych ekologicznie rejonów w Republice Czeskiej. Z uwagi na fakt, że eksploatacja górnicza była prowadzona często bez podsadzania wyrobisk następują niekontrolowane zmiany rzeźby terenu. Oprócz deformacji terenu, która często prowadzi do negatywnego wpływu na ekosystem, występują też zmiany w stosunkach wodnych, warunkach mikroklimatycznych, fizykochemicznych, fizycznych a także odkształcenia terenu, które mogą być przyczyną

Summary

The evaluation of the impact of waste rock application in hydric reclamation of natural water-bearing subsidence troughs in the Karviná Region was carried out in sixteen localities where waste rock had been used in the past for the purposes of bank system improvement. Within the evaluation of waste rock impact on the chemical character of water in the subsidence troughs the values of geochemical background were identified. In order to compare the impact of waste rock on the quality of water, changes in the hydrochemical parameters were monitored in the localities without waste rock banking, with partial (maximum 1/2 circumference) and complete waste rock banking.

Keywords: waste rock, water-bearing subsidence troughs, hydrous reclamation, the Karviná Region

Introduction

The Karviná Region belongs among the most strained regions in the Czech Republic. With regard to the fact that coal mining is executed there by controlled caving without backfilling, there have been changes in the relief. Apart from the deformation of the ground which often leads to the impact on the original ecosystems, there are also changes in the regime of ground and surface water, microclimatic conditions, physical-chemical, physical and deformation properties which cause the destruction of human

zniszczeń budowli naziemnych i podziemnych.

Wielkość terenów zdegradowanych, leżących ponad wybranymi przestrzeniami oraz przemieszczanie się warstw wodonośnych, których zasięg i tempo opadania zależy od zastosowanych technologii górniczych, szybkości wybierania górotworu, grubości pokładów, metod podsadzania i właściwości skał. W utworzonych pustkach poeksploatacyjnych może gromadzić się woda. W przeszłości, takie bezodpływowe zbiorniki były wykorzystywane jako składowiska podziemne dla odpadów flotacyjnych i odpadowych mułów węglowych. Podczas rekultywacji powierzchni odpady wykorzystuje się na terenach zmienionych morfologicznie, gdy celem jest odnowienie krajobrazu. Praktycznie nie prowadzono rekultywacji z jednoczesnym wykorzystaniem wody w związku z tym, że pierwszoplanowym zadaniem była rekultywacja terenu.

Proces osiadania warstwy wodonośnej w okolicy Karviny, w Rejonie Ostravsko-Karvinské Doly (OKD), nie został zakończony i będzie przebiegał również po zakończeniu eksploatacji górniczej. Na skutek eksploatacji górniczej wielkość pustek poeksploatacyjnych może się powiększać i pogłębiać. Ostatnio, pewne prace związane z rekultywacją i odbudową zostały zdefiniowane jako hydrotekultywacja.

Jakość wody jest znaczącym czynnikiem ochrony naturalnych zasobów wodnych. Warstwy wodonośne są zasilane przez wody powierzchniowe i opadowe. Porównanie wód powierzchniowych z wodami przemysłowymi prowadzi do konkluzji, że wody przemysłowe są mniej zanieczyszczone i mogą sprzyjać rozwojowi fauny i flory na terenach podmokłych, a także poprawiać bilans biologiczny terenu. Dlatego warstwy wodonośne mogą stać się podstawowym elementem stabilizacji poważnie zdegradowanego środowiska (Pertile, 2007).

Celem badań jest określenie wpływu wykorzystania w budownictwie hydrotechnicznym i rekultywacji obwałowań koryt cieków powierzchniowych odpadów na środowisko w Regionie Karviná. Podstawą jest analiza mierzonych parametrów hydrochemicznych.

Metodyka badań

Ocena została przeprowadzona w miejscach, gdzie odpady zostały wykorzystane do budowy lub naprawy wałów. Zbadano szesnaście lokalizacji. W zależności od wielkości kontaktu odpadów z wodą podzielono je na trzy grupy (tablica 1).

Z uwagi na fakt niejednoznacznej interpretacji prawnej odpadów górniczych jako odpadów, ich charakterystyka środowiskowa została określona na podstawie badania wymywalności. Wartości parametrów monitorowanych, których dopuszczalne wartości są

residence and underground services.

The territories above cavities caused by extraction sink and subsidence troughs form, whose extent and rate of subsidence depends on the technology of mining, speed of advance, seam thickness, gob stowing methods, roof properties, etc. Water may accumulate in the formed depressions. In the past, such drainless basins – subsidence troughs were often the subject of extensive redevelopment works and served to found settling basins for flotation tailings and coal slurries. During surface redevelopment, waste rock has been generally used and thus morphologically very featureless landscapes of up to several hectares have been made with limited capacities for revitalization. Redevelopment with further potential utilization of water areas had not been practically made use of as there had been efforts to restore devastated land resources, in the first place.

The process of subsidence trough formation in the Ostrava Karvina District (OKD) has not been concluded and it shall be fading even after the termination of mining. Due to the impacts of the mining activities they may even deepen and widen. Recently, certain redevelopment-reclamation constructions have been devised as hydroreclamation.

It is water quality which is a significant factor for the protection of natural water-bearing subsidence troughs. Water-bearing subsidence troughs are supplied by ground water and rainfall water. When compared to surface water, in the industrial landscape ground water is considerably less contaminated by pollutants and thus creates space not only for water and wetland biota, but also it participates in the increase in the biological balance in the territory. Therefore, water-bearing subsidence troughs may become an essential stabilization element of a seriously disturbed environment (Pertile, 2007).

Based on the observed hydrochemical parameters, the main objective of the study was to evaluate the impact of waste rock which is frequently applied in hydro-reclamation of natural water-bearing subsidence troughs in the Karviná Region.

Materials and Methods

The evaluation was carried out in the localities where waste rock had been applied for the purposes of bank system improvement in the past. For the purposes, the sixteen studied localities were divided into three groups in dependence on the extent of water area contact with waste rock (See Table No 1)

With regard to the fact that legislation does not give an ambiguous interpretation of waste rock as waste, its environmental characteristics were assessed according to the leachability tests. The values of the

Tablica 1
Klasyfikacja monitorowanych warstw wodonosnych
w zależności od kontaktu z odpadami

Table 1
Classification of the monitored subsidence troughs
in dependence on the contact of waste rock with water

Lokalizacja Locality	Kontakt ze skałą płoną Contact with waste rock		
	żaden none	częściowy partial	pełny full
Kozí Bežirk		Yes	
Ďáblík	Yes		
U lesa nad Bartošůvkou	Yes		
Bartošůvka		Yes	
Myškovec		Yes	
Velký Loucký rybník		Yes	
Ignáčok		Yes	
Karvinský les		Yes	
Barbora			Yes
Větrná jáma			Yes
Panský stav	Yes		
Kostel sv. Petra z Alkantary		Yes	
Lanovka I.			Yes
Lanovka II.		Yes	
Kateřiny na Křivém potoce		Yes	
Mokroš			Yes

określone w Rozporządzeniu (383/2001 Coll.) spełniają ograniczenia klasy I. Niemniej jednak, w niektórych przypadkach analizy wód powierzchniowych i podziemnych oddziaływujących z odpadami wykazują niedopuszczalne zawartości pewnych składników [Raclavská, Grmela, 2006]. Głównym problemem jest mocno podwyższona mineralizacja. Wody przepływające przez hałdy często mają charakter wód siarczanowo-sodowych o mineralizacji w ekstremalnych przypadkach sięgającej $7 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ i o zawartości SO_4^{2-} powyżej $4 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Omówienie wyników

W miejscach, gdzie odpady oddziałują całkowicie z powierzchnią wody wartość przewodności jest znacząco wyższa. W miejscach, gdzie odpady miały mniejszy kontakt z wodą (maksymalnie $\frac{1}{2}$ powierzchni wody) i na obszarach bez kontaktu wody z odpadami, żadna statystycznie znacząca różnica w przewodności nie została zarejestrowana.

Oceniając wpływ odpadów na przewodnictwo i ilość substancji rozpuszczonych stwierdzono, że badane obszary różnią się też w poszczególnych przypadkach. Zakres przewodnictwa dla obszarów, w których odpady są w kontakcie z wodą na całym obwodzie składowiska wynosi od 117 do $284 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ (tablica 3). Znacznie większe rozproszenie wyników (45 – $112 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ występuje na obszarach gdzie

waste leaching test monitored parameters subject to the Notice (383/2001 Coll.) as amended, are below the limits of class I. Nevertheless, in some cases the analyses of surface and ground water interacting with waste rock show unacceptably high contents of certain components (Raclavská, Grmela, 2006). The main problem is intensely increased mineralization. Water seeping through heaps often have a sodium–sulphate character with mineralization in extreme cases of up to $7 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ with SO_4^{2-} content of over $4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Results and Discussion

In the localities where waste rock interacts along the overall water area there are prominently higher values of conductivity. In the localities which were in contact with waste rock only partially (maximum $\frac{1}{2}$ water area) and water areas without any contact with waste rock no statistically significant difference has been registered.

Evaluating the impact of waste rock on the conductivity and dissolved substances it was identified that the studied localities differ also within the individual groups. The range of conductivity for the localities whose water is in contact with waste rock along their circumference is from 117 to $284 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Table 3). A much bigger dispersion of data (45 – $112 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$) is apparent in water areas which are in contact with waste

kontakt odpadów z wodą jest częściowy. Najbardziej jednnorodny zestaw danych (przewodność w zakresie 33–60 mS·m⁻¹) uzyskano dla obszarów bez kontaktu odpadów z wodą.

Szczególnie niebezpieczna dla środowiska jest wartość H13 (Rozporządzenie 376/2001 Coll.) oznaczająca wartość przewodnictwa 2 000 mS·m⁻¹ (dla wyciągu wodnego). Trwałe uszkodzenie – zniszczenie komórek z powodu ciśnienia osmotycznego następuje przy wartościach przewodnictwa wyższych niż 3 000 mS·m⁻¹. Uzyskane rezultaty wskazują, że najwyższe zaobserwowane wartości przewodnictwa, mające podwójną wartość w stosunku do tła, nie stanowią zagrożenia dla środowiska i ekosystemu.

W dodatku zawartość wodorowęglanów w odciekach wykazuje różnice w zależności od obecności odpadów obecnych w obwałowaniach. Obszary, gdzie woda pozostaje w całkowitym lub częściowym kontakcie z odpadami charakteryzują się dużo wyższą zawartością wodorowęglanów niż w przypadku braku kontaktu z odpadami (tablica 3).

Jest ogólnie znane, że wody gruntowe na obszarach gdzie zastosowano odpady charakteryzują się zawartością wodorowęglanów lub siarczanów. (Pertile 2007). Uwzględniając fakt, że nie określono zawartości siarczanów, zawartość wodorowęglanów i anionów chloru w substancji rozpuszczonej została oszacowana (rys. 1). Dla trzech obszarów (Karvinský les, Ignačok i Panský stav) można przyjąć, że dominującymi anionami są wodorowęglany.

Szacując wpływ odpadów na parametry hydrochemiczne stwierdzono, że w obszarach, gdzie od-

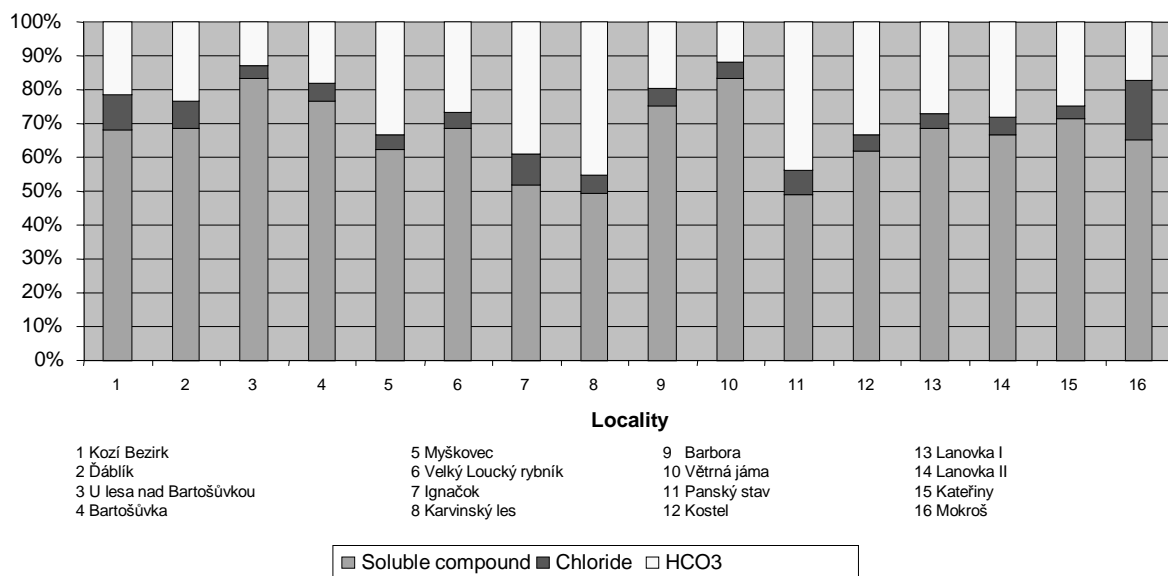
rock only partially. The most homogenous set of data of the evaluated parameters (conductivity, dissolved substances) is demonstrated with the group of localities without any contact with waste rock (33–60 mS·m⁻¹).

Hazardous for the environment in the evaluation of hazardous property H13 (Notice 376/2001 Coll.) is the conductivity value of 2 000 mS·m⁻¹ (for water extract). Permanent damage – cell destruction due to the osmotic pressure occurs at the values of over 3 000 mS·m⁻¹. The stated results imply that subsidence trough waters which are in full contact with waste rock have an approximately double conductivity than the remaining assessed locality groups, which however will not have an important influence on the water ecosystem.

In addition, hydrogencarbonates in the subsidence troughs demonstrate differences depending on the presence of waste rock. It was found out those water areas which are in contact with waste rock, either partially or in full extent, have a much higher content of hydrogencarbonates than the localities without any contact with waste rock (Table 3).

It is well known that ground waters in the territories where waste rock had been applied have a hydrogencarbonate or sulphate character (Pertile, 2007). With regard to the fact that the concentration of sulphates has not been identified on a regular basis, percentages of hydrogencarbonate and chloride anions in the dissolved substances were assessed (Fig. 1). In three localities (Karvinský les, Ignačok and Panský stav) it can be assumed that hydrogencarbonates are dominant anions.

Assessing the waste rock impact on the hydrochemical parameters, it was discovered that the localities,



Rys. 1
Udział procentowy wodorowęglanów i chlorków w składnikach rozpuszczonych

Fig. 1
Percentage representation of hydrogencarbonates and chlorides in the dissolved substances

pady zostały zastosowane do budowy wałów wzdłuż całego obwodu składowiska, koncentracja chlorków jest 2,5 razy wyższa w porównaniu do obszarów gdzie kontakt z odpadami był tylko częściowy. W porównaniu z miejscami bez kontaktu z odpadami koncentracja chlorków jest 4,5 razy wyższa (rys. 2).

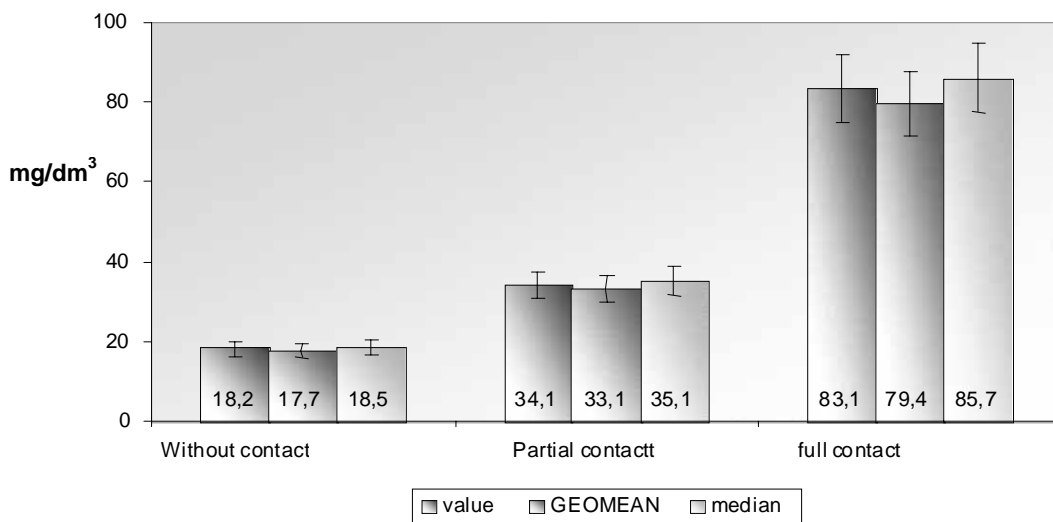
Najwyższe zawartości chlorków zostały zidentyfikowane na obszarze Mokroš i Lanovka I. Na składowisku Mokroš największy wpływ na ilość chlorków ma sąsiadujący zakład wzbogacania węgla Nový Jork. Zawartości chlorków w tle hydrochemicznym, przedstawione w tablicy 2, zostały wyliczone na podstawie analizy oddziaływania na środowisko kopalni Nový Jork przedstawionej w publikacji (Raclavská, Grmela, 2006).

Uwzględniając fakt, że w czasie długiego składowania węglanów uwalnianie wapnia jest łatwiejsze, można założyć, że składowiska, w których odpady są umieszczone wzdłuż całego obwodu, mogą mieć wyższe zawartości wapnia. Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że warstwy wodonośne składowisk z obwałowaniem z przeważającym udziałem odpadów, charakteryzują się dwa razy wyższą zawartością wapnia niż w pozostałych przypadkach (rys. 3).

in which waste rock had been applied along the overall circumference during redevelopment, have almost 2.5 times higher concentration of chlorides when compared with water areas that are in contact with waste rock only partially. Compared with the localities without any contact with waste rock it was up to 4.5 times higher (Fig. 2).

The highest chloride contents were identified in the locality of Mokroš and Lanovka I. The locality of Mokroš is influenced by leaching of chlorides that are in large measure represented in the slurries from coal preparation in the neighbouring locality of Nový Jork. The values of hydrogeochemical background for surface water stated in Table 2 were adopted from risk analyses for the locality of Nový Jork (Raclavská, Grmela, 2006).

With regard to the fact that during carbonate weathering calcium liberation is easier, it can be assumed that localities that have waste rock along their overall circumference shall have higher calcium contents. It is apparent from the obtained values that the water-bearing subsidence troughs with a dominant proportion of waste rock have almost double concentration of calcium than the remaining two assessed groups (Figure 3).



Rys. 2
Wpływ odpadów na zawartość chlorków

Fig. 2
Waste rock impact on the chloride content

Tablica 2
Tło hydrochemiczne dla składowiska Mokroš
(zaadoptowane na podstawie Raclavská, Grmela, 2006)

Table 2
Hydrogeochemical background for Mokroš
(adopted from Raclavská, Grmela, 2006)

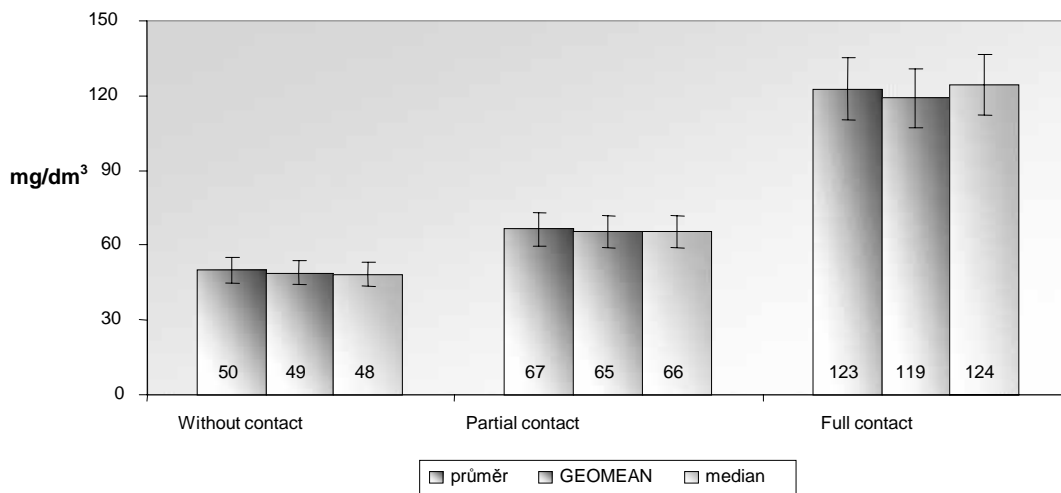
pH	Przewodność Conductivity	RL	Ca	Mg	Na	Mn	Fe	Cl ⁻	(SO ₄) ²⁻
	(mS·m ⁻¹)	(mg·dm ⁻³), (g/L)							
7,33	112	885	86,38	28,13	134,23	0,20	0,71	126,5	319

Rozkład zawartości magnezu jest podobny, co przedstawiono na rysunku 4. Jednakże, w tym przypadku nie można jednoznacznie określić, że źródłem pochodzenia Mg^{2+} są odpady, co pokazano w tabeli 3. Tablica 3 przedstawia zmiany koncentracji parametrów hydrochemicznych w warstwie wodonośnej wynikające z obecności odpadów. Prawdopodobnie magnez ma pochodzenie organiczne i przenika do wody w wyniku degradacji biomasy (chlorofilu). Ten fakt potwierdza też obecność zidentyfikowanego trendu zwiększenia zawartości magnezu na końcu lata i początku jesieni.

Wartość tła geochemicznego (tablica 3) jest podana jako średnia arytmetyczna \pm wartość odchylenia standardowego ($\bar{x}_i \pm \delta$). Z tablicy 3 wynika, że przyjęte kryterium oszacowania jakości wody jest poprawne. Dla wybranych parametrów występują znaczące różnice między poszczególnymi wynikami z wyjątkiem powyżej wspomnianej zawartości ma-

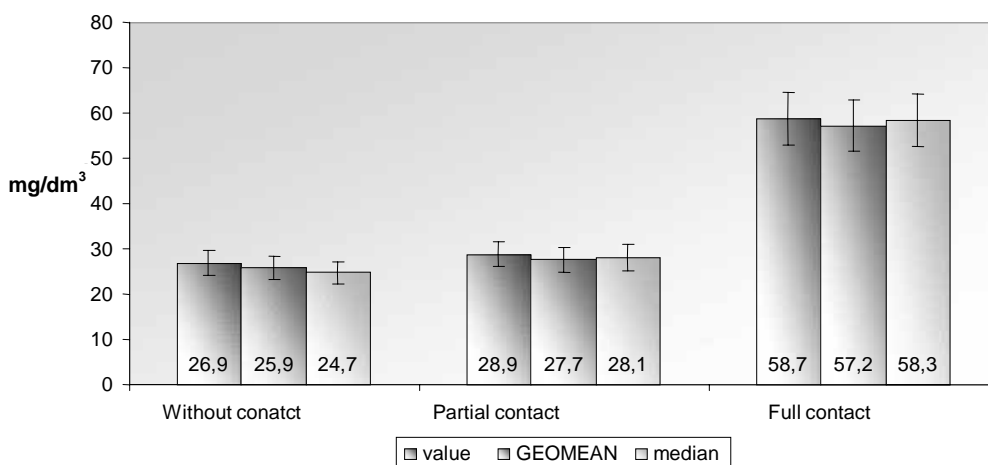
The case with magnesium is similar as apparent from Figure 4. However, in this case it cannot be clearly defined that the source of Mg^{2+} will be waste rock, which is also implied from Table 3, calculating the ranges of concentrations for the classification of hydrochemical parameters of the subsidence troughs affected by the presence of waste rock. In all likelihood, the magnesium content will be of an organic origin and it shall penetrate the water system as a result of biomass degradation (chlorophyll). This fact would also be supported by the identified trend of magnesium content by the end of summer months and the beginning of autumn.

The value of the geochemical background (Table 3) is determined as an arithmetic mean adding or subtracting a standard deviation. Table 3 implies that the water quality assessment criterion in the subsidence troughs based on the extent of applied waste rock is correct. In the selected parameters there are significant differences among the individual groups with the ex-



Rys. 3
Wpływ odpadów na zawartość wapnia

Fig. 3
Waste rock impact on the calcium content



Rys. 4
Wpływ odpadów na zawartość magnezu

Fig. 4
Waste rock impact on the magnesium content

Tablica 3
Przedziały wartości dla klasyfikacji parametrów hydrochemicznych w osadach dennych wynikające z obecności opadów

Table 3
Concentration ranges for the classification of hydrochemical parameters of the subsidence troughs affected by the presence of waste rock

Parametry hydrochemiczne Hydrochemical parameter	bez skały pónnej without waste rock	<½ skały pónnej <½ waste rock	peñny zakres full extent
icPrzewodność (mS·m ⁻¹) Conductivity (mS·m ⁻¹)	33–60	45–112	117–284
Substancje rozpuszczone (mg·dm ⁻³) Dissolved substances (mg·dm ⁻³)	175–197	232–473	412–1510
(HCO ₃) ⁻ (mg·dm ⁻³)	27–144	110–174	140–292
Cl ⁻ (mg·dm ⁻³)	11–25	19–39	46–121
Ca ²⁺ (mg·dm ⁻³)	31–70	49–74	68–177
Mg ²⁺ (mg·dm ⁻³)	21–33	20–33	21–97

gnezu. Z drugiej strony stwierdzono, że badane parametry w żadnym wypadku nie mają tak wysokich wartości, które mogłyby znacząco wpłynąć na ekosystem wodny.

Wnioski

Na podstawie analizy rozkładu koncentracji składników hydrochemicznych w strefach sedymentacji, będących w kontakcie z odpadami można stwierdzić, że wybrane kryterium dla oszacowania jakości wody na podstawie analizy zasięgu oddziaływania odpadów było poprawne. Zidentyfikowane korelacje oraz zawartości wodorowęglanów i chlorków w rozpuszczonych substancjach sugerują, że we wszystkich badanych obszarach występuje więcej jonów siarczanowych i kationów Ca²⁺ i Mg²⁺, które będą przyłączały anion (SO₄)²⁻. Stwierdzono ewidentnie, że zbadane koncentracje nie wpływają negatywnie na ekosystem wodny.

ception of the above mentioned magnesium content. On the other hand, it is clear that in the observed parameters in no case there are higher concentrations which would significantly influence the water ecosystem.

Conclusion

It is apparent from the concentration ranges for the classification of hydrochemical parameters of the subsidence troughs affected by the presence of waste rock that the selected criterion for the water quality assessment in the subsidence troughs on the basis of applied waste rock extent has been correct. The identified correlations and percentage abundances of hydrogencarbonates and chlorides in the dissolved substances imply that in all the studied localities there will be more sulphate ions and cations Ca²⁺ and Mg²⁺ shall thus predominantly prefer the bond to an anion (SO₄)²⁻. On the other hand, it is clear that in no case there is such higher concentration that would prominently influence the water ecosystem.

Literatura – References

1. *Pertile E.: Hydrochemistry of the Saturated Depression Basin in Determinate Territory in Karvina, Czech Republic, VŠB – TU Ostrava, Faculty of Mining and Geology, 2007, 132. Pp.*
2. *Raclavská H., Grmela A.: Analýzy rizik ve vztahu ke geologickému podloží pro zařízení k ukládání odpadů Nový York, VŠB TU-Ostrava, Institut geologického inženýrství. 2006, 47 pp.*