Unieszkodliwianie i zagospodarowanie osadów z uzdatniania wody

Disposal and Reuse of the Water Processing Sludge

Miroslav KYNCL [1)], Šárka ČÍHALOVÁ [2)], Martina JUROKOVÁ [3)], Silvie LANGAROVÁ [4)]

[1)] prof. Dr. Ing.; Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic, e-mail: miroslav.kyncl@vsb.cz, tel.: (+420) 597 323 556

[2)] Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic, e-mail.: sarka.cihalova@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, e-mail.: martina.jurokova@vsb.cz, (+420) 597 329 380

[4)] Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic, e-mail.: silvie.langarova@vsb.cz

Streszczenie

Osady powstające w procesie uzdatniania wód stanowią ważny problem ekologiczny, któremu nie poświęca się należytej uwagi. Ilość powstających osadów stale wzrasta wraz ze zwiększającą się ilością uzdatnianych wód powierzchniowych. Zagospodarowanie osadów należy zaliczyć do procesów trudnych podobnie jak wykorzystanie osadów. W artykule przedstawiono doświadczenia z zagospodarowania i unieszkodliwienia osadów pokoagulacyjnych zawierających glin, przedstawiono możliwości ich wykorzystania w celu zwiększenia zakresu ochrony środowiska.

Słowa kluczowe: osady z uzdatniania wody, osady pokoagulacyjne zawierające glin

Summary

Sludge produced during processing of drinking water is a waste type which has been paid so far little attention only. The quantity of sludge has been increasing with the increasing volume of the processed surface water. This sludge is difficult to treat and its future use is rather limited. This paper deals with lessons learnt during from treatment and disposal of alumina water sludge and proposes re-use alternatives. The goal is to eliminate loading of the environment with this waste type.

Keywords: water processing sludge, alumina water processing sludge

Wprowadzenie

Przy uzdatnianiu wód, zwłaszcza z wód powierzchniowych, powstaje duża ilość ścieków i osadów. Ochrona środowiska zmusza nas do ograniczenia powstawania tych odpadów. W przypadku, kiedy to nie jest możliwe, szukamy sposobów likwidacji osadów albo możliwości ich wykorzystania jako surowców wtórnych.

Nieszkodliwe odpady można kierować z powrotem do środowiska, w taki sposób aby nie zagrażały środowisku z jednoczesnym zminimalizowaniem zużycia energii, ludzkiej pracy i wykorzystania obszarów ziemi. Ochrona środowiska wymaga oszczędzania surowców, energii i wody oraz zmusza do poszukiwania skutecznych sposobów rozwiązywania problemów gospodarki osadami.

Utylizacja odpadów może polegać na deponowaniu na składowiskach, priorytetowym sposobem postępowania jest ich wykorzystanie gospodarcze.

Powstawanie osadów należy do głównych problemów uzdatniania wody, w procesie uzdatniania wody ilość powstających osadów stanowi od 2 do 5% objętości uzdatnianej wody.

Introduction

Much waste water and sludge is produced during processing of drinking water, this being, in particular, the case of surface sources of water. Considering environment protection, production of such wastes should be avoided. If not possible, it is advisable to identify ways for harmless disposal or reuse as a secondary raw material.

Harmless wastes should be returned to the environment, without causing damage and with spending as little as possible energy and labour force and with minimum demand for land. Considering the environment protection, efforts to save raw materials, energy and water, it is essential to look for efficient solutions to the sludge management.

Disposal of the sludge consists in environment-friendly placing in landscape, including transport, handling and storage. The preferred solution should be reuse or, at least, utilisation of some sludge components.

Because the quantity of waste water and sludge produced during the water processing makes up 2 up to 5 per cent of processed water, this is a pressing issue which should be addressed in drinking water management.

Osady z uzdatniania wód są według klasyfikacji prawnych odpadami „O" – odpady inne. Roczna produkcja tych odpadów w Republice Czeskiej wynosi ponad 30 000 m^3 s.m.

Obecnie, osady są, po odwodnieniu i suszeniu, deponowane na składowisku, niezbędne jest poszukiwanie innych możliwości ich wykorzystania np. wykorzystania do rekultywacji lub nawożenia gruntów rolnych i leśnych.

Znane są metody ponownego wykorzystania koagulantów – soli glinu z osadów przy uzdatnianiu wody. Jako inne metody badane są możliwości wykorzystania osadów jako surowców wtórnych w cegielniach, cementowniach lub przy oczyszczaniu ścieków. Osady z uzdatniania wód mogą również służyć jako wskaźniki zawartości niektórych metali ciężkich występujących w uzdatnionej wodzie w bardzo niskich koncentracjach.

Charakterystyka osadów

Skład i właściwości osadów z uzdatniania wody zależą od jakości surowej wody, metody uzdatniania oraz typu stosowanych reagentów. Przy uzdatnianiu wody podziemnej, gdzie jakość wody surowej jest względnie stała, ilość i jakość osadów różni się minimalnie. Uzdatnianie wody powierzchniowej, gdzie jakość wody surowej jest dosyć zmienia, powoduje powstawanie osadów o dużych różnicach ilościowych i jakościowych. Zanieczyszczenie wód powierzchniowych jest często spowodowane przez minerały ilaste, cząstki gliny i piasku, rozpuszczone substancje organiczne oraz pozostałości roślinne i zwierzęce.

Przy prostym uzdatnianiu wody powierzchniowej metodami mechanicznymi, tj. zwykłą sedymentacją lub filtracją, powstającym osadem są sedymentujące zawiesiny, pochodzące z dna osadników lub woda z płukania filtrów. Sucha masa osadów zawiera głównie minerały gliniaste, w mniejszym stopniu substancje organiczne, np. humusowe, pozostałości po organizmach żywych, glony itp. Koncentracja suchej masy w tych wodach jest bardzo niska, w zakresie od 0,02 do 0,1%.

Osady pokoagulacyjne, osady wodorotlenku żelaza lub glinu (w zależności od typu stosowanego koagulantu) zawierają substancje mineralne i organiczne, glony, pierwotniaki i bakterie.

W dwustopniowym procesie uzdatniania wody powierzchniowej po pierwszym stopniu, zachodzącym w klarownikach lub osadnikach, usunięto 70–90% zawiesin, pozostała ilość jest zatrzymana w procesie filtracji i usunięnta podczas płukaniu filtrów. Koncentracja suchej masy w osadzie z osadników

According to laws in force, the sludge produced during the drinking water processing is regarded as a non-hazardous waste. In the Czech Republic, each year more than 30,000 m^2 of dry mass of this waste type is produced.

Currently, the sludge is dewatered, dried up and placed on landfills. It is essential to look for solutions which would make it possible to re-use the sludge or to return it on agricultural or forest land.

Known methods include re-use of alumina salt coagulants from the sludge produced during the water processing. Efforts have been made to use the sludge as a secondary raw material in cement kilns, brick plants or in treatment of waste waters. The water processing sludge can be also used as an indicator of contents of some heavy metals which occur in the water under processing in very low concentrations.

Composition and properties of the water sludge

The composition and properties of the water sludge is given by the quality of raw water, method of treatment and type of chemical materials used for the treatment. When processing ground water, the quality of which is relatively stable, there are minimum fluctuations in the quantity and quality of the sludge. Processing of surface water often results in changes in quality of the processed water. This means, the quality and quality of the sludge often changes. Pollution of surface water is often caused by clay minerals, loamy and sandy particles, dissolved and suspended organic matters as well as by organic residues of plant and animal origin.

If a simple mechanical method is used for processing of the water, such as sedimentation or simple filtration, the sludge consists of matters taken from the bottom of sedimentation tanks and washing water from filter regeneration. The sludge dry matter comprises mostly sandy or loamy mineral matters and, in a lesser quantity, organic matters such as humine matters, organism residues, or algae. If suspension is separated in a single-level coagulation filtering, all sludge is comprised in the outgoing washing water. Concentration of the dry mass in such types of water is typically very low – between 0.02 to 0.1 per cent.

The sludge produced during coagulation and clarification consists mostly of hydrated oxides of alumina or iron – depending on the type of the coagulant. This sludge also contains mineral and organic matters removed from the processed water as well as algae, protozooa and bacteria.

In two-level processing of the surface water, the first level – separation in clarifiers or settling tanks - removes 70 up to 90 per cent of suspension. The remaining quantity is caught by filters and removed during the washing. Concentration of the sludge discharged from separation

zależy nie tylko od zastosowanej techniki zagęszczania, ale również i od konstrukcji urządzenia. Średnia koncentracja suchej masy zawarta jest w przedziale od 1,5 do 2,5%.

Ilość ścieków i osadów stanowi do 5% objętości uzdatnianej wody. Ilość zależy głównie od jakości uzdatnianej wody oraz sposobu uzdatniania wody i używanych związków chemicznych.

Osady z uzdatniania wody podziemnej zawierają głównie związki żelaza i manganu, które pochodzą z wód podziemnych. Ze względu na częste dozowanie wapna zawierają również węglan wapnia i inne substancje pochodzące z wody. Ilość osadów zależy od koncentracji żelaza i manganu w uzdatnianej wodzie. Ilość tego rodzaju osad bywa mniejsza i nie powoduje problemów z jego unieszkodliwieniem.

Najważniejszą grupą osadów, ze względu na możliwości zagospodarowania, stanowią osady z uzdatniania wody powierzchniowej w procesie koagulacji. Ilość tego rodzaju osadu jest największa, jest najbardziej uwodniony, charakteryzuje się słabą podatnością na odwadnianie. Z tego powodu główną uwagę skoncentrowano na tych osadach.

Charakterystyka osadów z uzdatniania wody jest podana w tabeli 1.

Osady zawierające glin, których skład podany jest w tabeli, pochodzą z zakładu uzdatniania wody Podhradí, w którym uzdatniana jest woda powierzchniowa ze zbiornika, w procesie jednostopniowej filtracji i koagulacji przy zastosowaniu koagulantu w postaci siarczanu glinu. Osady zawierające żelazo pochodzą z uzdatnialni wody Hoštice, gdzie uzdatniana jest woda podziemna w procesie napowietrzenia i filtracji.

Bardzo ważna jest zawartość w osadach metali ciężkich lub niektórych związków organicznych, jak

units depends also on facilities used, on discharging methods and on design of the unit. Typically, the concentration of the dry mass in the discharged sludge is between 1.5 and 2.5 per cent.

There is generally up to 5 per cent of sludge waters in the total quantity of processed waters. This depends mostly on quality of the processed water, processing technology and on chemicals used there.

The sludge produced during the processing of underground water contains typically iron and manganese compounds which need to be removed from the ground water. Because lime is often supplied, the sludge contains calcium carbonate or other substances removed from water. Concentration of iron and manganese in the processed water is most important for the quantity of sludge. There are not any big quantities of this sludge type and this sludge is usually easy to remove.

Considering possible disposal and liquidation, the most important group of sludge is the sludge produced when coagulation and clarification are used for the processing of surface water. The biggest quantity is typically of this sludge type - this sludge is considerably hydrated, difficult to dewater and difficult to manage. This means, a particular attention should be paid to this type of the sludge.

Summarises composition of the water processing sludge is shown in table 1.

The alumina sludge mentioned in the table above was produced in the drinking water processing plant in Podhradí which processes the surface water from a water supply reservoir using a single-level coagulation filtering where aluminium sulphate is used as a coagulant. The iron sludge was produced in the water processing plant in Hoštice where ground water is processed by aeration and filtering.

An important role is also played by the content of heavy metals in the sludge and by some specific or-

Tabela 1
Charakterystyka osadów z uzdatnia wody

Table 1
Characteristics of sludge from water treatment

Skład osadu Sludge component	Jedn. miary Unit	Osady zawierające glin Alumina sludge			Osady zawierające żelazo Iron sludge	
		min	max.	średnio average	min	max
Strata prażenia Ash free dry mass	%	19,7	46,6	30	21,9	22,0
Al_2O_3	%	14,5	44,6	26	0,08	0,17
Fe_2O_3	%	1,3	10,4	3,8	53,0	64,0
MnO	%	0,13	2,0	0,2	0,35	2,2
CaO	%	1,0	3,4	1,9	2,5	6,2
MgO	%	0,25	1,3	0,7	0	1,0
Pozostałe związki nieorganiczne Other inorganic matters	%	19,8	51,5	37,4	7,0	18,0

np. chlorowane węglowodory. Konieczność monitorowania zawartości tych związków ma podwójne znaczenie. Wskazują na ile osady są obciążone niebezpiecznymi związkami, które mogą niekorzystnie wpłynąć na możliwość wykorzystania osadów. Duże znaczenie ma również gromadzenie tych związków w osadzie, co pozwala na identyfikację związków, które z powodu niskich stężeń, nie mogą być analizowane bezpośrednio w wodzie surowej.

Niezbędne są również badania mikrobiologiczne i hydrobiologiczne osadów, oraz określenie potencjalnych zagrożeń dla zdrowia podczas przetwarzania i transportu (Würzer at all 1995). Można wymienić w tym miejscu produkcję toksyn przez sinice (cyjanotoksyny), przy uzdatnianu wody powierzchniowej zawierającej sinice (cyjanobakterie).

Ponadto ważna jest obecność różnych bakterii np. escherichia coli, salmonella, pseudomonas aerubinosa, legionella, czy pierwotniaki (cryptosporidium).

Ze względu na transport i gospodarowanie osadami ważne są właściwości fizyczno-mechaniczne osadów. Zagęszczone osady z uzdatniania wody należą do międzycieczy, które wykazują cechy nie newtonowskie. Lepkość płynów nienewtonowskich nie jest wartością stałą, lecz jej wartość zmienia się w czasie. W przypadku kiedy naprężenie styczne wzrasta mniej niż proporcjonalnie do wzrostu szybkości ścinania, jest to płyn nienewtonowski rozrzedzany ścinaniem. Natomiast kiedy naprężenie styczne wzrasta bardziej niż proporcjonalnie do wzrostu szybkości ścinania, jest to płyn nienewtonowski zagęszczany ścinaniem.

Pod względem hydraulicznym, osad zachowujący się jak płyn nie newtonowski możemy transportować rurociągiem przy stężeniach do 40 g/l w przypadku osadu z klarowania, w przypadku osadu z dekarbonizacji aż do stężenia 80 g/l.

Technologie zagospodarowania osadów z uzdatniania wód

W wielu przypadkach w przeszłości osady produkowane w uzdatnialniach były zrzucane bezpośrednio do rzeki, wybudowanych zbiorników, co zagrażało ochronie przyrody. Niezbędne było znalezienie odpowiednich terenów w pobliżu zakładu uzdatniania wody. Zrzucanie osadów, zwłaszcza osadów zawierających glin do wybudowanych zbiorników ma jedną poważną wadę. Osad jest zagęszczony do zawartości 6 – maksymalnie 8% – suchej masy. Tak niskie zagęszczenie powoduje bardzo szybkie napełnienie zbiornika.

Dla efektywnego zagospodarowania osadów ważne jest obniżenie uwodnienia, które dla powstającego osadu jest bardzo wysokie.

Zagęszczanie i odwadnianie osadów na poletkach i lagunach osadowych stosuje się w najmniej-

ganic substances, for instance, by chlorinated hydrocarbons. There are two reasons why these substances should be monitored. First, they inform about quantity of hazardous substances in the sludge – those substances could have negative impacts on further re-use of the sludge. Second, most of those substances which are used during the water processing, accumulates in water and it is possible then to identify substances which cannot be analysed directly in the raw water because their concentration is too low.

In the sludge, it is also essential to monitor microbiological composition, health safety properties and health risks relating to the processing and management of the sludge (Würzer et al 1995). The sludge may contain cynobacteria toxins (cyanotoxins), If the surface water is processed, it contains cyanobacteria.

The sludge may also contain various types of bacteria, for instance, escherichia coli, salmonella, pseudomonas aerubinosa, legionella or some protozoa (cryptosporidium).

Physical and mechanical properties of the water processing sludge play an important role in transport and handling of the sludge. Thickened water processing sludge ranks among liquids with non-Newton effects. Such effects include dilution and thickening of the liquid with changes in shear rates. The sludge is a time-dependant non-Newton liquid where the relation between the shear rate and shear stress depends on time during which the liquid was subject to the shear load.

From the point of view of flow patterns, the sludge behaves like a non-Newton liquid and can be transported in pipes up to the weight concentration of 40 g/l (this being the case of sludge produced by clarification). The weight concentration of the sludge produced by decarbonisation is as many as 80 g/l.

Processing and disposal of the water sludge

In past, the sludge produced in water processing plants were often discharged directly into water courses or into empty spaces such as abandoned queries, sand pits or manmade reservoirs. Such approach was not environment friendly and suitable spaces had to be located near the water processing plants. There is one significant disadvantage in discharging of the sludge, in particular the alumina sludge, into manmade reservoirs. The diluted sludge under the water level thickens not more than 6 to 8 per cent. Such a low thickening means that the volume for the sludge becomes soon full.

In order to process the sludge efficiently, it is necessary to reduce the moisture content in the sludge because the sludge contains much water.

The thickening and dewatering in sludge drying beds and sludge lagoons is used only in case of very

szych zakładach uzdatniania wody. Preferowane jest odwadnianie mechaniczne, do którego osad musi być przygotowany. Osad pierwotny, w którym zawartość suchej masy wynosi 0,02–0,5%, wymaga zagęszczenia w celu uzyskania zawartości 2–4%, następnie nadaje się do odwadniania mechanicznego.

W tym celu można stosować prasy, technologia ta ma jednak stwarza pewne problemy. Przy odwadnianiu mechanicznym niezbędne jest dodawanie do osadu wapnia hydratyzowanego, w ilości co najmniej 30% zawartości suchej masy. W ten sposób osiąga się zawartości suchej masy ponad 20%. Problemem są wody nadosadowe, silnie alkaliczne, które muszą być neutralizowane. Dodatek wapnia powoduje powiększenie całkowitej ilości osadu, dla który nie ma możliwości wykorzystania i który musi być składowany na wysypiskach odpadów niebezpiecznych.

Bardziej odpowiednie wydaje się zastosowanie do odwadniania osadów wirówki. Metoda ta była sprawdzona w zakładzie uzdatniania wody Podhradí (wydajność 2 000 l/s). Osad był kondycjonowany za pomocą polimerów organicznych o charakterze kationowym. Odpowiednią dawką flokulanta, według metody CST, była ilość 6 g/kg suchej masy osadu. Zawartość suchej masy odwodnionego osadu wahała się między 18–20%. Z badań wyniknęło, że przy stałej dawce flokulanta zawartość suchej masy odwodnionego osadu również była stała, nie stwierdzono wpływu zawartości suchej masy osadu w materiale podawanym do wirówki, która wynosiła 2–5%.

Osad, powstający przy płukaniu filtrów jest zagęszczany w zbiornikach do zagęszczania. Niezbędnym warunkiem dla zagęszczania i zagospodarowania osadów z płukania filtrów jest budowa piaskownika dla oddzielania piasku. W przypadkach, kiedy nie stosowano piaskownika zdarzały się awarie urządzeń.

Jedną z możliwości zagospodarowania osadów jest odzysk soli glinu. Zasadą tej metody jest odzyskanie koagulanta z osadów i jego ponowne wykorzystanie w procesie uzdatniania. Stosuje się metodę odzysku za pomocą kwasu siarkowego, stosowaną w przeszłości przez (Chojnacki 1973). Uwodniony tlenek glinu, względnie wodorotlenek glinu jest przekształcony z powrotem na siarczanu glinu.

Odzysk za pomocą kwasu siarkowego jest stosunkowo prosty i niedrogi, chociaż skuteczność ponownego zastosowania glinu wynosi 40–60%. Problemem jest zanieczyszczenie koagulanta. Prowadzenie procesu odzysku przy pH 3–3,5 i przy zastosowaniu 40–

small water processing plants. A power-driven dewatering unit is a preferred solution. For this purpose, the sludge should be pre-treated. The dry mass of the original sludge is between 0.02 and 0.5 per cent. After settlement and thickening, concentration of the sludge is 2 to 4 per cent – this sludge can be dewatered using a power-driven dewatering unit.

Sludge presses can be used for this purpose. This technology, however, results in certain problems. In order to dewater the sludge correctly in a power-driven dewatering unit, it is essential to add a lime hydrate powder to the thickened sludge. The quantity is at least 30 per cent of the dry mass of the sludge. This results in the dry mass exceeding 20 per cent. The problem is that the liquid share is heavily alkaline and needs to be neutralised. By adding the lime, the total quantity of sludge increases. There are not many options for using the heavily alkaline sludge – it must be placed then in protected landfills.

A better solution seems to be to use centrifuges. This method was tested in the water processing plant in Podhradí (capacity: 2,000 l/s). The sludge to be centrifuged had to be pretreated. For that purpose, a cationic organic polyflocculant was used. Suitable doses of flocculants were specified using the CST method per 6 g/kg of the sludge dry mass. The final dry mass of the sludge after centrifugal dewatering was between 18 and 20 per cent. It is clear from the monitoring that with the constant dose of the polyflocculants the resulting air mass was also constant. The percentage of the dry mass in the sludge at the entrance into the centrifuge did not play any role - it ranged between 2 and 5 per cent of dry mass.

The sludge consisted of the washing water of filters and had to be thickened in thickening tanks. In places where the filter washing water should be treated it is essential to install a sand trap which will separate sand grains which had not been caught during the filter washing process. In other plants where the sand trap was not available, rather many failures have been occurring in the equipment.

One of several possibilities for processing the sludge is recovery of alumina water sludge. The principle of this method is recovery of coagulants from the water processing sludge and reuse of the coagulant for processing of the water. This recovery method uses a sulphur acid which has been recommended in past (Chojnacki 1973). In the chemical reaction the hydrated alumina oxides or alumina hydroxides are transformed to form again aluminium sulphate.

The sulphur acid recovery is rather simple and not expensive. The aluminium recovery rate ranges between 40 and 60 per cent. A disadvantage is that some contaminants get from the sludge to the coagulant. When recovering with pH = 3 to 3.5 and using 40 to 50 per cent

50% koagulanta pozwala osiągnąć zadowalającą jakość odzyskanego koagulanta. Efekt zastosowania odzyskanego koagulanta przy uzdatnianiu wody nie różni się od zastosowania czystego siarczanu glinu.

Do wad tej technologii należą duże rozmiary urządzenia i niezbędna odporność na silnie kwaśne środowisko. Pierwotnym założeniem odzysku glinu z osadów było zmniejszenie dawki koagulanta, a tym samym zmniejszenie kosztów uzdatniania. Obecnie ważne jest także obniżenie ilości produkowanego osadu. Kolejnym wymaganiem jest żeby produkowane odpady nie zagrażały środowisku. A właśnie duża ilość kwaśnych osadów powstających w procesie odzysku ogranicza rozszerzenie tej metody.

Sprawdzono również inne możliwości wykorzystania osadów z uzdatniania wody w innych branżach. Badano możliwości wykorzystania osadów w budownictwie (Dunster 2007), a to przy produkcji cegieł. Osady zawierające glin i żelazo można wykorzystać zamiast gliny, a w przypadku zastosowania osadów o wyższej zawartości żelaza powstaną wyraźnie czerwone cegły.

Badano również możliwości wykorzystania osadów przy produkcji cementu. Osad z uzdatniania wody po spaleniu zamienił się na popioł, który zawiera minerały glinu i krzemianów. Dodaniem do cementu powiększamy trwałość i odporność na korozję siarczanową (Luo i inni 2008).

Możliwości wykorzystania osadów w procesach oczyszczania ścieków komunalnych

Dotychczas powszechnie stosowaną metodą unieszkodliwiania osadów z uzdatniania wody jest składowanie ich na wysypisku. Z ekologicznego punktu widzenia metoda ta jest nieodpowiednia. Problemem może być, w niektórych przypadkach, zawartość metali ciężkich. W przypadku, gdy odwodnione osady spełniają wymogi maksymalnych zawartości zanieczyszczeń, możemy ich wykorzystać w celu uporządkowania terenów, np. sadzenie zieleni wzdłuż dróg itp. Takie wykorzystanie zależy również od kosztów transportu osadów.

Następną możliwością jest wykorzystanie osadów zawierających glin i żelazo w procesie oczyszczania ścieków komunalnych. Wykorzystanie osadów zawierających żelazo jest bardziej rozpowszechnione niż wykorzystywania osadów zawierających glin. A jednak tych drugich powstaje w Republice czeskiej 4 razy więcej. Osady zawierające żelazo. możemy wykorzystać przy eliminacji siarczanów w trakcie procesu oczyszczania ścieków (Sarfert at all 1994). Powodem jest zapobieganie korozji siarczanowej kanalizacji beto-

of coagulant, it is possible to reach the required quality of the recovered coagulant. When the recovered aluminium sulphate is used for processing the water, effects are same as if a pure commercially available aluminium sulphate were used.

The recovery system needs, however, a big, though simple, technology unit and needs to resist heavily acid environments. The original intention of the aluminium sludge recovery was to reduce the need of the coagulant and processing costs. The current research and focus on environment protection require that the produced quantity of sludge should be as little as possible. It is also required that the produced waste should not have any negative impacts on the environment. This means, this method cannot be applied in a wide scope because there is a relatively big quantity of acid sludge after the recovery (though certain methods neutralise the acid sludge).

Attention is also paid to possible use of the water processing sludge in other industries. For instance, investigations have been carried out in use of the sludge in civil engineering (Dunster 2007) – more specifically, in production of bricks. Both alumina and iron sludge can replace the clay. If the sludge contains more iron, the waste emphasises the red colour of the bricks.

Other alternatives in cement production have been also investigated. The water processing sludge forms ash after being burnt out and such ash contains aluminium and silica minerals. If this sludge is added to cement, it improves its strength and resistance against sulphate corrosion (Luo et al 2008).

Possible use of the sludge in treatment of municipal waste water

So far, the water processing sludge has been disposed quite often on landfills. From the point of view of environment protection, this method should be avoided: it needs space and is against efforts to minimise the waste landfilling. An issue might be the content of heavy metals in some types of the water processing sludge. If the dewatered and dried sludge meets regulations with respect to the contents of foreign particles, the sludge can be used for landscaping – for instance, when planting trees and bushes along roads. A limit for this method is also transport costs.

A suitable method for reuse of the iron and alumina sludge is the treatment of municipal waste water. The iron sludge is used more frequently than the alumina sludge. But in the Czech Republic, there are 4 times more alumina sludge than the iron sludge. The iron sludge can be used as a substance which binds sulphides during the discharge and treatment of waste water (Sarfert et al 1994). A reason might be prevention of sulphate corrosion in concrete sewers, reduction of odour during treatment of

nowej, oraz ograniczenie nieprzyjemnych zapachów powstających przy oczyszczaniu ścieków z siarczanów, co również obniża powstawanie siarkowodoru w biogazie w procesie metanizacji.

Osady zawierające żelazo odprowadzane kanalizacją, sedymentują równie szybko jak inne substancje zawarte w ściekach. Nie ma więc zagrożenia przy osiadaniu w sieci kanalizacyjnej. Badania nad eliminacją siarczanów w ściekach wykazały bardzo dobre wyniki przy ciągłym dozowaniu osadów zawierających żelazo (Benzinger at all 1996).

Osady zawierające żelazo mogą być wykorzystanie przy eliminacji fosforu przy oczyszczaniu ścieków komunalnych. Badania, przeprowadzone przez Thole, wykazały że dozowanie osadów z uzdatniania bezpośrednio do komory osadu czynnego oczyszczalni ścieków, zmniejszyło zawartość fosforu poniżej 2 mg/l. Zastosowany był osad zawierający 50 mg żelaza na litr. Żeby obniżyć zawartość fosforu poniżej 1 mg/l dawka była zwiększona do 130 mg żelaza na litr. Poprawiły się również właściwości sedymentacyjne osadu czynnego i zmniejszył się indeks osadowy (Thole at all 1994).

Fosforany są usuwane ze ścieków za pomocą soli żelaza podczas procesu strącania. Przy usuwaniu fosforanów za pomocą osadów zawierających żelazo wykorzystujemy wyłącznie sorpcję (Thole, Jekel 1994).

Przeprowadzone były również badania potwierdzające skuteczność usuwania fosforu za pomocą osadów zawierających glin. Wysuszone osady, zawierające glin, były wykorzystane jako środek sorpcyjny do usuwania fosforu ze ścieków komunalnych. W wysuszonym na powietrzu drobnoziarnistym osadzie (o granulacji – 0,125 mm) stwierdzono zdolność sorpcji 4–15 mg PO_4 g^{-1} osadów (Zhao i inni 2000).

Przeprowadzono badania modelowe przydatności osadu z zakładu uzdatniania wody Podhradí na obniżenie zawartość fosforanów w wodzie przygotowanej z fosforanu sodu (Na_3PO_4). Wykorzystano osad zawierający w suchej masie 28% Al_2O_3. Zdolność sorpcji (specyficzna sorpcja) wahała się między 3,8–4,5 mg PO_4^{3-} g^{-1} osadu (Číhalová 2012). Sorpcja przebiegała przy pH 7,3, a wymagany czas reakcji wynosił 2 godziny.

Możliwości zastosowania osadów w celu usunięcia fosforu są różne, zależą nie tylko od charakterystyki osadu, ale i od procesu oczyszczania ścieków komunalnych. Niezbędne jest przeprowadzenie badań w celu określenia do którego etapu procesu musimy dozować osady w odniesieniu do czasu reakcji, który jest stosunkowo długi. Również potrzebne dawki osadu, określone w badaniach modelowych są bardzo duże, co znacznie ogranicza ich zastosowanie w procesie oczyszczania ścieków i bezpośrednie dozowanie, np. do komory osadu czynnego.

waste water and binding of sulphides. This minimises creation of sulphane in biogas during the methanisation process.

The iron sludge which is discharged into sewers settles with the same velocity as other substances in the waste water. This means, there is no risk of settling in the sewers. It follows from the monitoring of sulphide elimination in waste water from the sewers that continuous dosing of the iron sludge could be a preferred solution (Benzinger et al 1996).

The iron sludge can be used for removal of phosphorus in treatment of sewage. Thole investigated the dosing of the water processing sludge directly in the activation tank in a waste water treatment plant – this reduced the contents of phosphorus below 2 mg/l. The water processing sludge contained 50 mg iron per litre. In order to reach 1 mg/l phosphorus at the discharge from the waste water treatment plant, it was necessary to dose 130 mg iron per liter. This also improved sedimentation properties of the activated sludge and reduced the sludge index (Thole et al 1994).

If iron salts are used for removal of phosphates from waste waters, precipitation takes place. If iron sludge is used for removal of phosphates, the phosphates are removed only by adsorption (Thole, Jekel 1994).

Efficiency of phosphorus removal by means of the alumina sludge has been investigated as well. The dried alumina sludge was used as an adsorption agent for removal of phosphorus from the municipal waste water. This was a fine alumina sludge with 0.125 mm grain size which had been dried up at the air. The adsorption capacity was 4–15 mg PO_4 g^{-1} sludge (Zhao et al 2000).

We tested suitability of the sludge from the water processing plant in Podhradí for reduction of phosphates in a model water prepared from sodium phosphate (Na_3PO_4). The dried sludge contained 28 per cent Al_2O_3 in dry mass. The adsorption capacity was between 3.8–4.5 mg PO_4^{3-} g^{-1} of sludge (Číhalová 2012). Adsorption was performed with pH = 7.3 and the required time of reaction was 2 hours.

There are various applications of the sludge in removal of phosphorus. This depends not only on the properties of the sludge but also on the technology process in treatment of municipal waste water. It is necessary to find out in which stage of the treatment process the alumina sludge should be dosed. The times of reaction need to be considered, as they are relatively long. It follows from the experiments that rather big quantities of the sludge are needed. This limits, to a certain extent, direct dosing of the sludge in the waste water treatment process – for instance, direct dosing into an activation tank.

Proces usuwania osadów w oczyszczaniach ścieków może mieć także negatywne aspekty. Zwiększa łączną objętość osadu, której praktycznie nie możemy przetworzyć procesami biologicznymi. To oznacza kolejne obciążenie gospodarki osadowej oczyszczani ścieków. Należy zwrócić szczególną uwagę na ten proces, zwłaszcza z uwagi na możliwości usunięcia fosforu za pomocą osadów zawierających glin, które będą sensowne wykorzystanie.

Interesująca jest, w świetle powyżej przedstawionych zagadnień, możliwość wykorzystania wysuszonych osadów zawierających glin jako substratu w oczyszczalniach roślinnych (Zhao at all 2009).

Wykorzystanie osadów w rolnictwie

Stosowanie osadów na gruntach rolnych lub leśnych umożliwia bezpieczne unieszkodliwienie i wykorzystanie niektórych właściwości fizycznych i chemicznych. Ten proces nie może odbywać się kosztem degradacji środowiska, negatywnego wpływu na wzrost roślin, właściwości gleby czy zagrożenia wód gruntowych. Przy ocenie osadów, które będą wykorzystane w środowisku naturalnym, nie wystarczy przeprowadzenie analiz fizyko-chemicznych. Należy ocenić wpływ osadu na rośliny i oszacować możliwość wykorzystania substancji odżywczych zawartych w osadzie przez rośliny, tj. efektywność agronomiczna. Konieczne jest zbadanie zawartości metali śladowych ciężkich, które mogą zaszkodzić roślinom. Niezbędna jest ocena ogólnego wpływu na środowisko naturalne (Rusko 2006).

Dla ewentualnego użytkowania rolniczego ważna jest zawartość związków organicznych w osadzie oraz dostępnych substancji odżywczych i dopuszczalne stężenia metali ciężkich zgodnie z właściwymi przepisami prawa (Rózanowski 2012). W zakresie rolniczego wykorzystania badano osad z uzdatnialni wody Podhradí. Badane próbki zawierały stosunkowo wysoką zawartość związków organicznych w suchej masie, która była zbliżona do zawartości związków organicznych w osadach z komunalnych oczyszczalni ścieków.

Pod względem zawartości dostępnych substancji odżywczych według kryteriów dla gruntów rolnych są osady oceniane następująco:

– zawartość fosforu średnia do małej,
– zawartość potasu mała do bardzo małej,
– zawartość magnezu średnia,
– zawartość wapnia minimalna.

Ogólnie rzecz biorąc, możemy stwierdzić, że z tego względu możemy osady stosować w rolnictwie. (Kyncl 2007).

Using of the sludge in municipal waste water treatment plants can have negative effects too. The total quantity of the sludge increases to such extent that it is practically impossible to degrade it by biological processes. This would also mean further loading of the sludge management. In spite of this fact, attention should be paid to this process because it is possible to remove phosphorus by means of the alumina sludge. This means, the water sludge which should be regarded as a waste can be used in a reasonable way.

Considering the issues resulting from the use of the alumina sludge in a form of dewatered cake, it is worth considering the use of the sludge as substrate for reed bed waste water treatment plants. (Zhao et al 2009).

Using the sludge in agriculture

Placing the sludge on the agricultural / forest land might be an alternative for environment-friendly disposal of the sludge. At the same time, some suitable physical and chemical properties will be used. This, however, should not cause harm to the environment, influence negatively growth of plants and properties of land, or pose a risk for ground water. When evaluating and assessing the sludge which decomposes in the environment, it is not enough to know just results of physical and chemical analyses. It is necessary to assess impacts of the sludge on plants and evaluate the possible use of nutrients in sludge for the plant - this means, agricultural efficiency should be considered. It is also necessary to evaluate contents of trace elements, in particular heavy metals, which could cause damage to, or stay in, the plant. Furthermore, it is essential to take into account always general impacts on the environment. (Russia 2006).

In order to use the sludge in agriculture, the major role is played by the contents of organic substances in the sludge and by the contents of acceptable nutrients. Limits of heavy metals should be below limits set forth in laws. (Rózanowski 2012). The sludge from the water processing plant in Podhradí was investigated in terms of use in agriculture. The analysis of samples proved a rather high contents of organic substances in dry mass which is almost same as the content of organic substances in the sludge from municipal waste water treatment plants.

From the point of view of acceptable nutrients in terms of agricultural land criteria, the sludge can be classified as follows:

– contents of phosphorus: average to low
– contents of potassium: low to very low
– contents of magnesium: medium
– contents of lime: minimum.

Considering the requirements above, the sludge can be generally used in agriculture. (Kyncl 2007).

Przeprowadzono również badania nad utylizacją osadów zawierających glin i żelazo za pomocą wprowadzania do gleby. Wyniki wykazały poprawę struktury gleby poprzez wprowadzanie osadu do gleby, zwłaszcza nadaje się dla gleby lekkiej, gdzie nie stwierdzono żadnych negatywnych efektów.

Roślinność była w dobrym stanie i nie zmniejszyły się plony. Wzrosła nawet zawartość próchnicy w glebie (Benešová i inni 2004).

Korzystność stosowania osadów z zakładu uzdatniania wody Podhradí w rolnictwie oceniano pod względem efektywności agronomicznej. Aby ocenić efektywność agronomiczna wybrano metodę badania – próbę z kiełkującymi roślinami. Próba była przeprowadzona na roślinie Pieprzyca siewna (Lepidium sativum L.). Przeprowadzono serię badań, w którym zastosowano: wyłącznie osad z zakładu uzdatniania wody Podhradí (sucha masa cca 20%), mieszaninę osadu i substratu ogrodniczego w stosunku 1:1, oraz czysty substrat ogrodniczy. Kiełkowanie roślin było monitorowane i skanowane fotogrametryczne za pomocą skanera 3D w warunkach kontroli temperatury i wilgotności. Pod koniec sześciodniowej obserwacji mierzono i zapisywano wysokość zielonej części roślin (odległość hypokotyl-apex).

Porównanie czystych osadów zawierających glin z mieszaniną osadu i substratu ogrodniczego w stosunku 1:1 wykazało znaczny wzrost wysokości kiełków w przypadku zastosowania mieszaniny. Końcowa wysokość kiełków przy zastosowaniu mieszaniny osadu i substratu była w pełni porównywalna z zastosowaniem czystego substratu. Wyniki badań wykazują, że zastosowanie osadu po zmieszaniu ze substratem ogrodniczym nie ma wpływu na kiełkowanie roślin.

Stosowanie osadów na gruntach rolnych lub leśnych to kolejny sposób nieszkodliwego wprowadzania do środowiska naturalnego. Muszą być oczywiście wykonane szczegółowe analizy fizyczno-chemiczne i agronomiczne. Zaletą osadów z uzdatnialni wody jest minimalne stężenie metalami ciężkimi, ponieważ do uzdatniania wody są wybierane źródła jak najmniej antropogenicznie obciążone.

Wnioski

Przy uzdatnianiu wody powstają odpady, których nie można uniknąć. Chodzi o osady z uzdatniania wody, zwłaszcza osady z uzdatniania wody powierzchniowej należą między problemowe odpady. Osadom tym wciąż nie jest poświęcana należyta uwaga i są w dużej mierze tylko deponowane na składowisku, co nie jest właściwe z punktu widzenia ochrony środowiska.

Field and vessel experiments were carried out with the alumina and iron sludge applied on the land. It follows from the experiments that the soil structure has improved. Applying the sludge on the land seems to be a good solution for light soil where no negative effects have been identified.

Plants have been in a good health and crops have not dropped. This has also improved the contents of humus in soil. (Benešová et al 2004).

We also considered the agricultural efficiency during investigation into the sludge from the water processing plant in Podhradí. The agronomical efficiency was assessed using a vegetation method – the test with seeding plants. Garden cress (Lepidium sativum L.) was used for the test. A series of experiments was carried out. Samples included the sludge from the water processing plant in Podhradí with the dry mass of cca. 20 per cent, the mixture consisting of the sludge and a garden substrate (1:1), and the pure garden substrate. Germinating capacity of the plants was monitored using a 3D photogrammetric scanner. At the same time, the temperature and moisture were monitored. At the end of the six-day monitoring, the height of green sections of the plants was measured and recorded (the hypocotyl - apex distance).

It follows from the comparison of the pure alumina sludge with the sludge mixed with the garden substrate, 1:1, that the germs had grown considerably more in case of the mixed sludge. The final height of the germs in the mixed substrate from Podhradí was fully comparable with statistics relevance with the pure garden substrate. The experiments prove that the water processing sludge mixed with the garden substrate does not influence germination of the plants.

Applying the sludge on the agricultural land or in forests is among alternatives for an environment-friendly application. It is, of course, necessary to analyse in detail physical, chemical and agronomical parameters. The advantage of the sludge produced in the drinking water processing plant is that the contents of contaminants or heavy metals is minimal because only sources with minimum anthropogeneous loads are chosen for the production of the drinking water.

Conclusion

During the production of drinking water, waste products which cannot be avoided are produced. This is the water processing sludge. In case of the surface water processing, the sludge is a difficult to manage type of waste. Little attention so far has been paid to the sludge – the sludge is mostly placed on landfills. In terms of environment protection, this is not suitable.

Znane i stosowane są metody ponownego wykorzystania koagulantów z osadów, metody te jednak produkują odpady. Interesujące i korzystne jest wykorzystanie tych osadów przy oczyszczaniu ścieków z usuwaniem fosforu. Następną możliwością jest zastosowanie w budownictwie przy produkcji cegieł lub do produkcji cementu. Sposoby te jednak mają ograniczone zastosowanie.

Starania ograniczenia składowania prowadzą do najprostszego i najbardziej efektywnego wykorzystania osadów. Można go znaleźć w rolnictwie, leśnictwie, gdzie wprowadzaniem osadów do gleby, przy kontrolowanych warunkach, mogą do środowiska wrócić z powrotem wszelkie substancje.

Known methods include re-use of alumina salt coagulants from the sludge. But those methods also produce certain quantities of wastes. A good solution which is worth being considered is the use of the sludge for treatment of waste waters, the goal being to remove phosphorus. Another alternative is to use the sludge in civil engineering – for instance, to add the sludge into mixtures used for production of bricks or cement. Those methods have, however, a limited scope of use.

In order to minimise the landfilling, the most simple and efficient solution to the sludge should be chosen. This seems to be the agriculture or forestry - the sludge can be added, under controlled conditions, to the agricultural land, returning the substances to the environment where they originated from.

Literatura – References

1. *Benešová I., Runštuk, J., Tonika, J. Nakládání s vodárenskými kaly a trendy využití v budoucích letech. In Sborník konference Pitné voda 2004, p. 117-131 ISBN 80-239-2936-4.*
2. *Benzinger, S., Dammann, E. Einsatz von Eisenhydroxidschlamm aus der Grundwasseraufbereitung zur Schwefelwasserstoffbekämpfung in der Abwasserhandlung. In GWF-Wass.Abwass 1996 9, s. 1552-1560.*
3. *Číhalová Š. Odstraňování fosforu na čistírně odpadních vod, dosud nepublikováno.*
4. *Dunster A., Petavratzi E., Wilson S. Water treatment residues as a clay replacement and colorant in facing bricks, Case study: WRT 177/WR0115, Mirobre 2007.*
5. *Chojnacki A. Reaktivace a likvidace vodárenských kalů, In Sborník z konference Voda 1973 Gottwaldov 1973.*
6. *Kyncl M. Vodárenské kaly v životnom prostredí Strix, nf. Žilina 2007. ISBN 978-80-89281-12-1.*
7. *Luo H., Kuo W., Lind D. The Aplication of Waterworks Sludge Ash to Stabilization the Volume of Cement Paste 2008.*
8. *Rózanowski B., Michalowski M., Tora B., Cablík V., Cernotova L. Effectiveness of the Use of Willow Tree (Salix Viminalis) for Wastewater Treatment, AGH Journal of Mining and Geoengineering, vol. 36, No. 4, 2012*
9. *Rusko, M., Štefek, J. a kol. Vybrané základní pojmy z ekologie a environmentalistiky. 1. vydání Bratislava: Ve Vet Strix, Edici, EVENT.-3, 2006. 583 s. ISBN 80-969257-6-8.*
10. *Sarfert, F., Jekel, M., Wichmann, K. Treatment and utilization of waterwork sludges in Germany. In Wat. Supply 1994 12, n. ½ , ss. 3. a 6 – 8.*
11. *Thole, S., Jekel, M. Charakterisierung Eisenhaltiger Wasserwerkschlämme Hinsichtlich ihres Phosphatbindevermo-gens. In GWF-Wass.Abwass 1994 134, n. 6, s. 319-324.*
12. *Zhao Y., Babatunde A., Zhao X. An Innovative Solution for Managing Waterworks Sludge: Developing an Alum Sludge-Based Multistage Constructed Wetland Systém for Wastewater Treatment. Journal of ASTM International, Vol. 6. No. 6 2009.*
13. *Zhao Y., Razali M., Babatunde A., Yang Y. A multi-pronged approach to using dewatered alum sludge to immobilize a wide range of phosphorus contamination. In IWA Beijing 2000 paper 594 698, p. 4.*