

Wysokosprawna metoda usuwania z wody materii organicznej na pylistym węglu aktywnym

1. Wstęp

Potrzeba dostosowania jakości wody pitnej do zaostrzonych wymogów stawianych przez państwo, zgodnych z wytycznymi Unii Europejskiej, spowodowała konieczność usprawniania procesu uzdatniania wody w wielu krajowych wodociągach. Problemy jakości wody związane są głównie z obecnością zanieczyszczeń organicznych oraz bakteriologicznych. Usunięcie tych domieszek wiąże się ze stosowaniem kosztownych i rozbudowanych technologii, takich jak koagulacja, adsorpcja, utlenianie czy technika membranowa. Użycie tych metod wymaga znacznych nakładów finansowych, co dla małych i średnich przedsiębiorstw wodociągowych może być kłopotliwe.

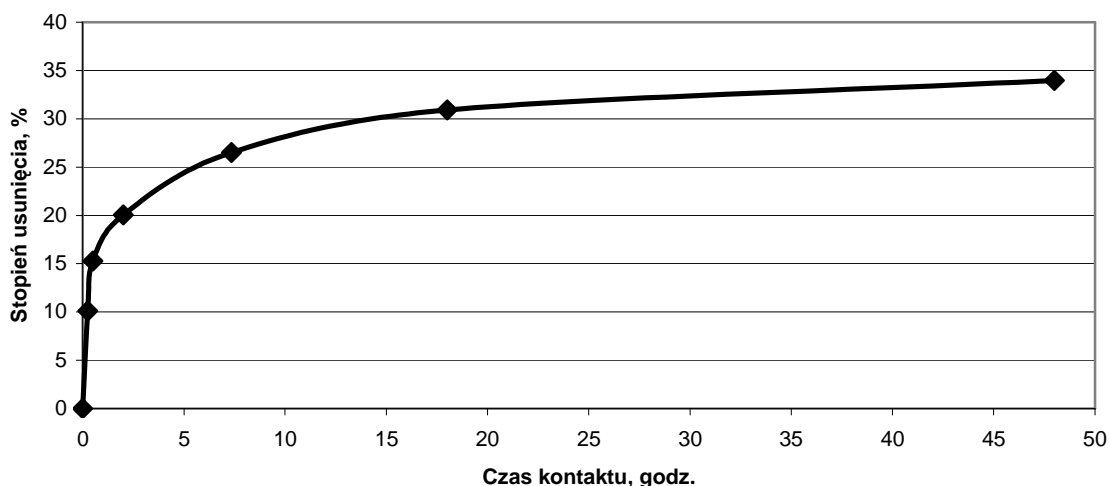
Jedną z propozycji procesu dobrze nadającego się szczególnie dla małych zakładów uzdatniania wody jest nowa technologia wykorzystująca pylisty węgiel aktywny. Technologia ta opiera się na adsorpcyjnym usuwaniu z wody zanieczyszczeń organicznych w warunkach długotrwałego kontaktu węgla aktywnego z wodą. Tradycyjny sposób wykorzystania pylistego węgla aktywnego polega na dawkowaniu go do wody (zwykle z koagulantem), mieszaniu przez 10 do 30 minut i sedymentacji w osadniku. W tym wypadku realny czas kontaktu wody z węglem wynosi zwykle około 1 godziny. Proces adsorpcji materii organicznej, szczególnie wielkocząsteczkowych związków humusowych, przebiega bardzo wolno. Na rysunku 1 przedstawiono typową krzywą kinetyki adsorpcji zanieczyszczeń oznaczanych jako OWO w wodzie w czasie mieszania z pylistym węglem aktywnym. Wyniki te uzyskano przy zastosowaniu jednego z najlepszych jakościowo węgli pylistych dostępnych na rynku, o bardzo drobnym przemiale.

Po 2 godzinach mieszania uzyskano zaledwie 20% usunięcia OWO. Proces adsorpcji po tym czasie jednak nie zakończył się. Po 48 godzinach kontaktu efekt oczyszczania wody był blisko 2-krotnie lepszy niż po 2 godzinach, a warunki równowagi nie zostały jeszcze osiągnięte. Wyniki te pokazują, że w tradycyjnej metodzie oczyszczania wody wykorzystuje się poniżej 50% zdolności adsorpcyjnych pylistego węgla aktywnego.

Nowa metoda oczyszczania wody polega na dawkowaniu zawiesiny pylistego węgla aktywnego do wody przed filtrami pośpiesznymi. Węgiel wraz z wodą dopływa do filtra i tu jest zatrzymywany w złożu. Czysta woda odpływa z filtra, a cząsteczki węgla aktywnego uwięzione pomiędzy ziarnami piasku nadal uczestniczą w oczyszczaniu kolejnych porcji wody. Proces ten trwa aż do chwili płukania filtra. Średni czas kontaktu węgla aktywnego i wody wynosi połowę czasu trwania cyklu filtracyjnego, czyli od kilkunastu do ponad 50 godzin. Czas ten jest wystarczająco długi aby węgiel osiągnął stan równowagi z zanieczyszczeniami wody. Jedynie niewielkie porcje adsorbenta, które zostały wprowadzone na krótko przed płukaniem

są wykorzystane w mniejszym stopniu. Na podstawie wykonanych licznych badań w skali pilotowej i technicznej ustalono, że stopień wykorzystania zdolności adsorpcyjnych pylistych węgli aktywnych w tej metodzie oczyszczania wynosi od 85 do 97%.

Rysunek 1. Szybkość obniżania stężenia OWO z wody na pylistym węglu aktywnym



Dzięki uzyskaniu wysokiego stopnia adsorpcji dawki węgla aktywnego do wody mogą być stosunkowo niskie, przynajmniej 2-krotnie niższe niż w metodzie tradycyjnej. Koszt węgla aktywnego, co będzie opisane w dalszej części opracowania, jest zbliżony do ceny zakupu koagulanta stosowanego w typowym procesie koagulacji.

Poniżej zostaną przedstawione przykłady efektów uzyskanych opisywaną metodą oczyszczania wody na pylistym węglu aktywnym.

2. Przykłady efektów oczyszczania wody uzyskanych w badaniach pilotowych i technicznych

Szeroko prowadzono prace badawcze w jednym z wodociągów zaopatrującym dużą aglomerację w wodę pitną [1]. Badania wykonywano w skali pilotowej i technicznej.

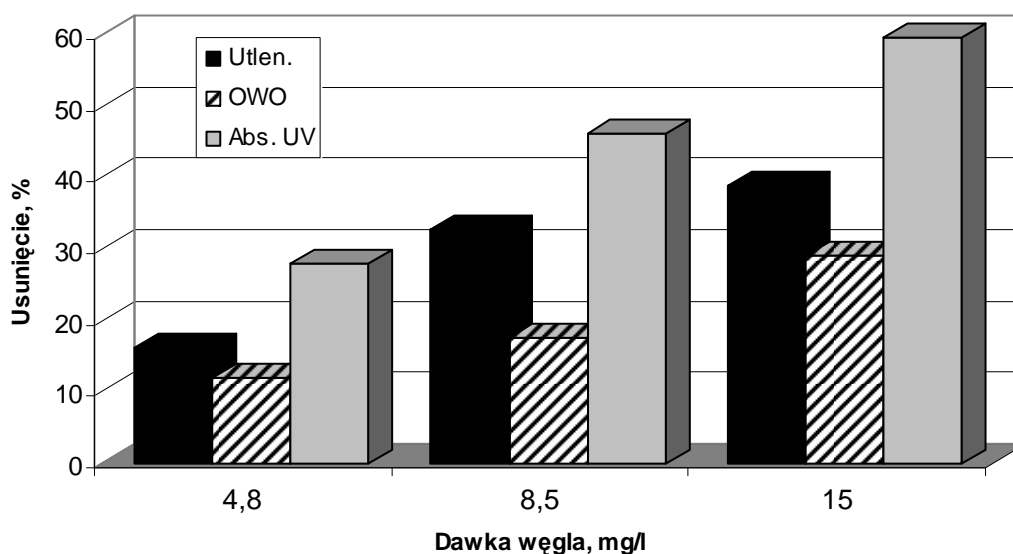
Uzdatniana woda pochodziła z ujęć podziemnych. Była ona zanieczyszczona związkami organicznymi pochodzącymi z infiltracji wody powierzchniowej (z rzeki). Po napowietrzeniu do wody dawkowana była zawiesina kilku pylistych węgli aktywnych przeznaczonych do oczyszczania wody pitnej. Czas trwania cykli filtracyjnych wynosił 48-120 godzin.

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki usuwania 3 parametrów wskaźnikowych z wody przy użyciu różnych dawek węgla aktywnego uzyskane w skali pilotowej. Całkowicie zadowalające były efekty uzyskane przy dawce 8,5 mg/l. Wyniki te były lepsze od rezultatów uzyskanych w filtrach węglowych w warunkach długotrwałej eksploatacji.

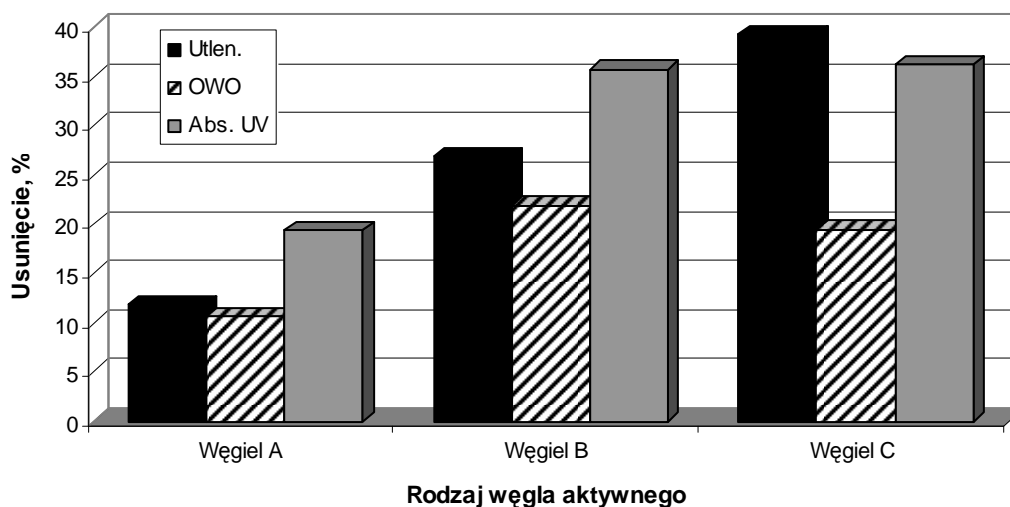
Podobnie korzystne wyniki uzyskano w czasie prób wykonywanych w skali technicznej na wybranym filtrze pośpiesznym. Efekty poprawy jakości wody oczyszczanej z użyciem 3 różnych pylistych węgli aktywnych w porównaniu z rezultatami uzyskanymi na filtrze bez węgla przedstawiono na rysunku 3.

Skuteczność oczyszczania wody na poszczególnych węglach była zróżnicowana. Najlepsze wyniki uzyskano na węglach o wysokiej zdolności adsorpcyjnej, charakteryzujących się liczbą jodową powyżej 1050 mg/g, i liczbą jodową powyżej 30 ml. Stosowanie węgla silnie zaktywowanego było również korzystne ze względów ekonomicznych. Dawki tych węgla konieczne dla uzyskania określonego efektu oczyszczania wody były wielokrotnie niższe w porównaniu z węglami o niższej zdolności adsorpcyjnej. Przykładowo dawka węgla o wartości liczby jodowej wynoszącej 1100 mg/g wynosiła 8,5 mg/l, a dla węgla o liczbie jodowej 900 mg/g wymagana dawka wynosiła ponad 20 mg/l. Zróżnicowanie cen węgla pylistych nie jest tak duże.

Rysunek 2. Wpływ dawek węgla aktywnego na efekty usuwania z wody utlenialności, OWO i absorbancji UV uzyskane w skali pilotowej.



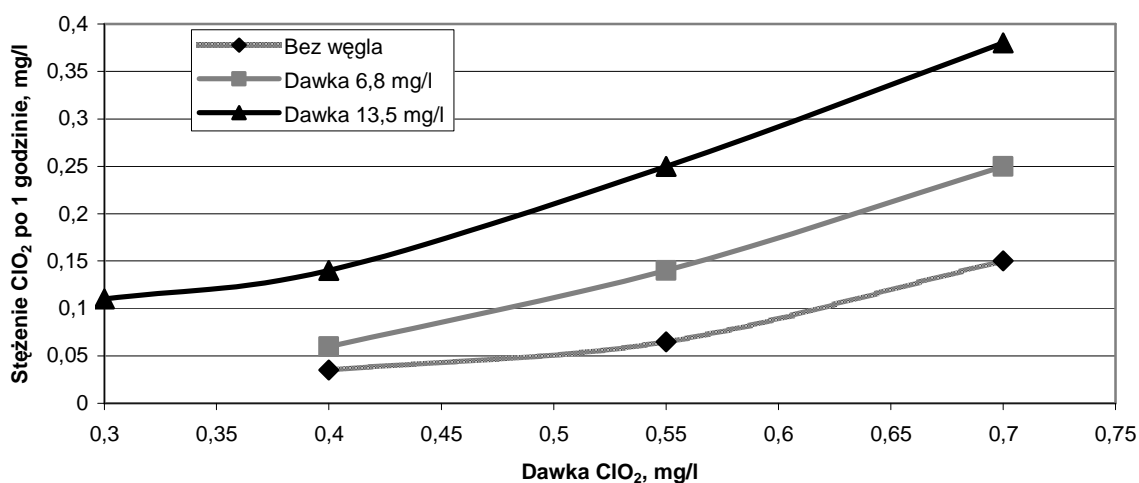
Rysunek 3. Poprawa efektów usuwania Abs. UV, utlenialności i OWO z wody uzyskana w skali technicznej przy użyciu 3 węgla aktywnych



Dzięki obniżeniu stężenia związków organicznych w wodzie oczyszczanej pylistym węglem aktywnym uzyskano na znaczące zmniejszenie zapotrzebowania na dwutlenek chloru stosowanego do dezynfekcji. Reagent ten utlenia substancje organiczne w wodzie do kwasów karboksylowych i aldehydów ulegając jednocześnie redukcji do chlorynów [2]. Na rysunku 4 przedstawiono wartości stężenia ClO_2 w wodzie po 1 godzinie kontaktu uzyskane dla wody uzdatnionej bez węgla i z węglem aktywnym stosowanym w dwóch dawkach.

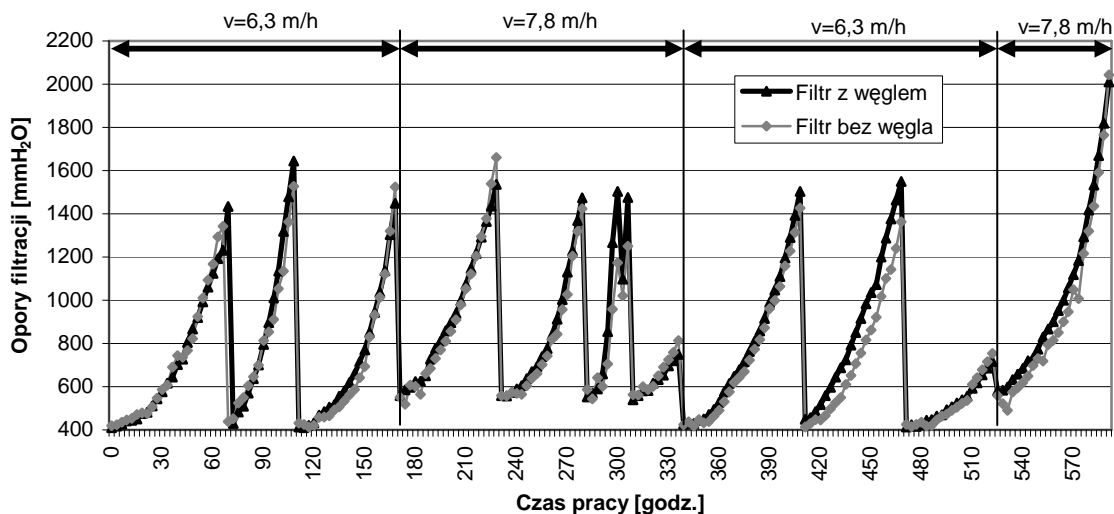
Zastosowanie pylistego węgla aktywnego w procesie uzdatniania pozwoliło na obniżenie dawki dwutlenku chloru z 0,7 mg/l do wartości poniżej 0,3 mg/l (czyli o około 60%) wymaganej dla uzyskania stężenia tego reagenta na poziomie 0,1 mg/l w wodzie po 1 godzinie kontaktu.

Rysunek 4. Wpływ dawkowania węgla aktywnego na stężenie ClO_2 w wodzie po 1 godzinie kontaktu w SUW No 1



Wprowadzenie zawiesziny węgla aktywnego do filtra pośpiesznego nie wpływało znacząco na szybkość przyrostu oporów filtracji. Zwykle czas trwania cyklu filtracyjnego nie odbiega znacząco od cyklu pracy filtra, w którym nie stosuje się węgla aktywnego. Zmiany oporów filtracji występujące w testowanych technicznych filtrach pośpieszonych w SUW No 1 przedstawiono na rysunku 5. W czasie 600 godzin trwania testu oba filtry (zasilany wodą z węglem i wodą bez węgla aktywnego) płukano po 11 razy. Średni czas trwania cyklu filtracyjnego wynosił 54 godziny. Próby wykonywano przy dwóch szybkościach filtracji: 6,3 i 7,8 m/h. Generalnie wskazane jest aby realna szybkość filtracji w metodzie z węglem aktywnym nie przekraczała 8 m/h.

Rysunek 5. Zmiany oporów filtracji w filtrach z węglem pylistymi bez węgla w czasie badań w skali technicznej



Zastosowanie węgla aktywnego nie ma wpływu na efekty usuwania z wody związków mineralnych. Obecność ziaren węgla w złożu filtracyjnym nie hamuje, lecz wręcz wspomaga procesy mikrobiologiczne tam zachodzące. Korzystniejsze są efekty usuwania żelaza i manganu z wody.

W tabeli 1 przedstawiono średnie wartości parametrów jakości wody oczyszczonej w filtrach pośpiesznych w SUW No 2 z użyciem i bez stosowania pylistego węgla aktywnego. Efekty odżelaziania, odmanganiania lub usuwania amoniaku były praktycznie identyczne we wszystkich przypadkach: bez stosowania węgla aktywnego i z trzema rodzajami testowanych węgli. Odczyn wody również nie uległ zmianie.

Tabela 5. Średnie efekty oczyszczania wody w SUW No 2 z zastosowaniem różnych rodzajów pylistych węgli aktywnych.

Parametr	Bez węgla	Węgiel A	Węgiel B	Węgiel C
Dawka [mg/l]	0,0	9,7	10,7	10,5
Barwa [mgPt/l]	9,0	6,94	5,36	5,94
Mętność [NTU]	0,20	0,22	0,29	0,26
Utlenialność [mgO ₂ /l]	2,48	2,11	2,03	2,08
OWO [mg/l]	4,43	3,94	3,93	3,73
BWO [mg/l]	0,25	0,07	0,16	0,07
Abs. UV [1/m]	11,17	9,03	9,24	8,99
Detergenty an.[mg/l]	0,12	0,073	0,06	0,09
Żelazo [mg/l]	0,03	0,04	0,03	0,04
Mangan [mg/l]	0,01	0,01	0,01	0,01
Amoniak [mg/l]	0,01	0,01	0,01	0,01
Fosforany [mg/l]	0,21	0,19	0,18	0,18
Odczyn [pH]	7,65	7,67	7,78	7,75

Jednocześnie w warunkach stosowania pylistego węgla aktywnego stwierdzono poprawę skuteczności usuwania fosforanów. W trakcie badań uzyskano znaczące efekty usuwania z wody zanieczyszczeń organicznych. Obniżana była wartość biodegradowalnego węgla organicznego BWO oraz detergentów. Stężenie tych ostatnich substancji okresowo w wodzie surowej osiągało wartość bliską dopuszczalnej dla wody pitnej.

3. Warunki techniczne stosowania metody oczyszczania wody

Dla zrealizowania nowej technologii oczyszczania wody pylistym węglem aktywnym należy w stacji uzdatniania jedynie zainstalować zestaw do przygotowania i dawkowania zawiesiny tego adsorbenta. Dla poprawnej realizacji procesu wymagane jest też, aby filtry pośpieszne posiadały odpowiednie złoża filtracyjne. Może to być złożo piaskowe jednowarstwowe lub multimedialne antracytowo-piaskowe. Konieczna jest przy tym odpowiednia wysokość i granulacja materiału filtracyjnego.

Koszty operacyjne stosowania nowej metody oczyszczania wody pylistym węglem aktywnym są stosunkowo niskie. Dla typowych dawek węgla (5-15 g/m³) o odpowiednio wysokiej jego jakości, uwzględniając obniżenie kosztów związanych ze zmniejszoną dawką dezynfektanta, koszt uzdatnienia 1 m³ wody wynosi od 0,03 do 0,08 zł. Istotne jest, że dawkowanie węgla aktywnego można uruchomić tylko w okresach pogorszonej jakości wody. Węgiel nie musi być stosowany przez cały rok, co wpływa na obniżenie kosztów stosowania tej metody.

4. Podsumowanie

Przedstawiona technologia uzdatniania wody z użyciem pylistego węgla aktywnego charakteryzuje się wieloma zaletami:

Zastosowanie pylistego węgla aktywnego jest alternatywną metodą usuwania materii organicznej z wód podziemnych, szczególnie przydatną dla małych zakładów uzdatniania wody.

Zaproponowana metoda uzdatniania polega na dawkowaniu węgla do wody i filtracji przez filtry pośpieszne. Wykorzystanie dużej pojemności złoża filtracyjnego na zawiesiny zapewnia uzyskanie długiego czasu kontaktu węgla i wody. Dzięki temu stopień wykorzystania zdolności adsorpcyjnej węgla aktywnego jest bardzo wysoki.

W procesie oczyszczania w użyciu pylistego węgla aktywnego uzyskać można bardzo dobre efekty usunięcia utlenialności, stężenia ogólnego węgla organicznego, substancji biodegradowalnych. Uzyskuje się jednocześnie znaczące obniżenie zapotrzebowania wody na dezynfektanty przy stosowaniu stosunkowo niewielkich dawek pylistego węgla aktywnego.

Wprowadzenie węgla aktywnego do filtrów pośpiesznych nie powoduje pogorszenia efektów usuwania z wody żelaza, manganu, amoniaku oraz mętności. Często uzyskuje się efekty lepsze niż w warunkach bez węgla aktywnego.

Węgiel aktywny jest materiałem całkowicie inertnym, jego stosowanie nie powoduje dodatkowego wprowadzenia do wody innych domieszek. Nie zmieniają się korozyjne właściwości wody.

Metoda oczyszczania wody jest elastyczna. Wielkość dawek węgla aktywnego można dostosować do aktualnych potrzeb.

Nie wymaga ona ponoszenia wysokich nakładów inwestycyjnych przez wodociągi. Koszty eksploatacyjne są również stosunkowo niewielkie, nie odbiegają od kosztów klasycznej koagulacji.

Literatura

1. K. Wilmański, „Usuwanie substancji organicznych z wód podziemnych na pylistym węglu aktywnym.” *Ochrona Środowiska* nr 3/2005, ss. 13-16.
2. J. Świetlik, A. Dąbrowska, U.Raczyk-Stanisławiak, E. Sikorska, J. Nawrocki, „Badanie reaktywności naturalnej materii organicznej z dwutlenkiem chloru”, materiały na VI Międzynarodową Konferencję Naukowo-Techniczną „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, Poznań, wrzesień 2004, ss. 791-802.