

Tomasz JAGOSZEWSKI, Maria ŚWIDERSKA-BRÓŹ

**PRZYDATNOŚĆ KONDYCJONOWANIA POPŁUCZYN
WAPNEM W ASPEKCIE ODPROWADZANIA WÓD NADOSA-
DOWYCH DO WÓD POWIERZCHNIOWYCH**

**ADVANTAGES OF LIME-AIDED CONDITIONING OF FIL-
TER BACKWASH WATER IN TERMS OF DISCHARGING SU-
PERNATANT TO GROUND WATER**

Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska
Technical University in Wrocław, Institute of Environment Protection Engineering

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań kondycjonowania wapnem popłuczyn pochodzących z oczyszczalni ścieków wód gruntowych, infiltrowanych i powierzchniowych oraz wpływem tego procesu na jakość wód nadosadowych. Zaprezentowano dogłębną analizę stopnia zanieczyszczenia wód nadosadowych pochodzących z popłuczyn kondycjonowanych i niekondycjonowanych wapnem. Ustalono, że stężenia manganu i żelaza w wodach nadosadowych malały wraz ze wzrostem pH w popłuczynach. Ten sam proces dotyczył poziomów zmętnienia i stężenia zawiesin w przypadku popłuczyn pochodzących z oczyszczenia wód podziemnych. W wyniku kondycjonowania wapnem popłuczyn zawierających związki glinu nastąpiło rozpuszczenie $Al(OH)_3$ w $Al(OH)_4^-$ oraz dochodziło do wzrostu stężenia glinu i zawiesin jak i również do zwiększenia zmętnienia wody nadosadowej co w konsekwencji pogarszało jakość tej cieczy. Mając na uwadze ochronę wód powierzchniowych, kondycjonowanie wapnem powinno mieć zastosowanie do intensyfikacji procesu zagęszczenia popłuczyn pochodzących z oczyszczenia wód podziemnych, jeżeli tylko nie zostanie przekroczona dopuszczalna wartość pH wody nadosadowej odprowadzonej do wód powierzchniowych.

Summary

The paper investigates lime-aided conditioning of filter backwash water from groundwater, infiltrated and surface water treatment plants and its influence on the quality of the supernatant. A thorough analysis of contamination levels in the supernatant from non-conditioned and lime-conditioned backwash water has been presented. It has been established

that manganese and iron concentrations in the supernatant decreased with the increase of pH value of the backwash water. In the case of backwash water from groundwater treatment the same applied to levels of turbidity and suspended solids concentration. Lime-aided conditioning of backwash waters containing aluminium compounds caused dissolution of $Al(OH)_3$ to $Al(OH)_4^-$ and increased aluminium and suspended solids concentration as well as turbidity of the supernatant and, as a result, proved disadvantageous. Thus, regarding the protection of surface waters, lime conditioning should only be employed to intensify the process of thickening of backwash water from groundwater treatment when the permissible pH value of the supernatant discharged to surface waters is not exceeded.

1. WSTĘP

Oczyszczaniu wód towarzyszy powstawanie określonych ilości odpadów, którymi są także popłuczyny – będące mieszaniną wody i usuniętych zanieczyszczeń oraz stosowanych reagentów. Popłuczyny powstają w wyniku płukania złóż filtracyjnych, a więc we wszystkich zakładach oczyszczania wody (ZOW), których układy technologiczne zawierają proces filtracji. Ilości, skład fizyczno-chemiczny i poziom skażenia „biologicznego” tych odpadów zależą od rodzaju i poziomu zanieczyszczenia oczyszczanej wody, sposobu i skuteczności usuwania z niej zanieczyszczeń oraz stosowanych reagentów.

Generalnie największe ilości popłuczyn powstają podczas oczyszczania wody powierzchniowej [Kowal, 1996]. Potwierdzają to wyniki ankiety dotyczącej gospodarki tymi odpadami w 39 ZOW w Polsce, przedstawione w tabeli 1.

TABELA 1

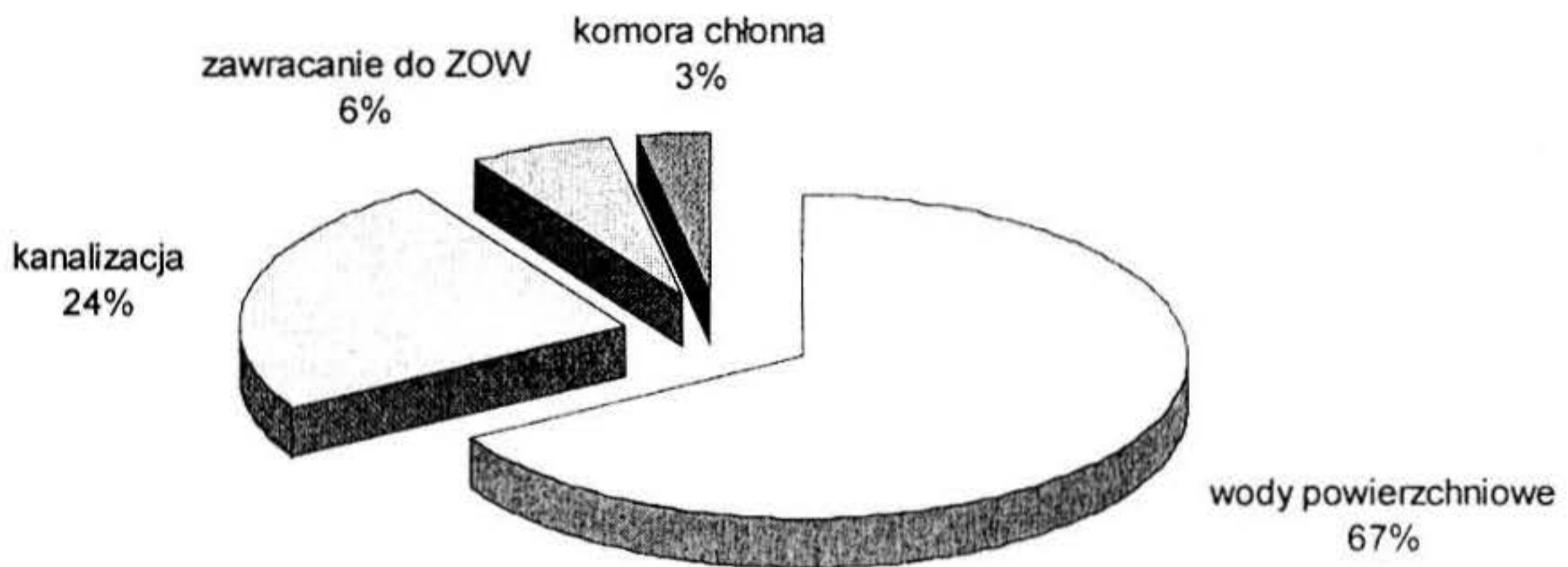
Ilości popłuczyn powstających w 39 ZOW w Polsce, % ilości oczyszczanej wody [2]

Rodzaj wody	podziemna	infiltracyjna	powierzchniowa
Ilość popłuczyn, % Q	0,7÷5,8	2,9÷4,9	2,0÷12,5

Z uwagi na bardzo duże uwodnienie popłuczyn, głównym celem procesów ich przeróbki i unieszkodliwiania jest maksymalne zmniejszenie ich objętości oraz bezpieczne dla środowiska zagospodarowanie (usunięcie) wydzielonych wód nadosadowych i osadów. Procesem najczęściej stosowanym w gospodarce popłuczynami jest ich zagęszczanie grawitacyjne. W celu zwiększenia skuteczności rozdziału faz oraz skrócenia wymaganego czasu zagęszczania (t_z) stosuje się kondycjonowanie chemiczne popłuczyn np. alkaliami lub polimerami. W takim przypadku, o rodzaju i stężeniu zanieczyszczeń w wodach nadosadowych, poza składem fizyczno-chemicznym popłuczyn, współdecydują rodzaj i dawki reagentów kondycjonujących.

Jedną z metod usuwania wód nadosadowych wydzielonych z popłuczyn i osadów jest ich odprowadzanie do wód powierzchniowych. Wyniki wspomnianej ankiety wykazały, że w powyższy sposób usuwane były wody nadosadowe aż z 24 ZOW w łącznej

ilości ok. 54 000 m³/d (rys. 1). Rozwiązanie takie jest możliwe pod warunkiem, że jakość wód nadosadowych spełnia wymagania stawiane ściekom wprowadzanym do wód – określonym w rozporządzeniu MOŚZNiL z dnia 5 listopada 1991 r.



Rys. 1. Sposób odprowadzania wód nadosadowych z wybranych ZUW w Polsce

Poza wskaźnikami zawartymi w ww. rozporządzeniu istotne są również stężenia związków manganu i glinu, których zawartości mogą być duże w wodach nadosadowych wydzielonych z odpadów powstających podczas oczyszczania odpowiednio wód podziemnych oraz głównie powierzchniowych oczyszczanych w procesie koagulacji koagulantami glinowymi. Zwiększone stężenia tych metali w wodach powierzchniowych mogą zakłócać w nich równowagę biologiczną [Savory, 1991; SDC, 1987; Górnika, 1982].;

W świetle powyższego, w aspekcie ochrony jakości wód powierzchniowych, miarą skuteczności grawitacyjnego zagęszczania popłuczyn poza stopniem ich zagęszczenia powinien być poziom zanieczyszczenia wydzielonych wód nadosadowych.

Znaczenie kondycjonowania popłuczyn wapnem w kształtowaniu jakości wód nadosadowych przedstawiono w niniejszym artykule.

2. ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były popłuczyny powstające podczas oczyszczania wody podziemnej nazywane w artykule „żelazistymi”, infiltracyjnej i powierzchniowej. Wartości wybranych wskaźników składu fizyczno-chemicznego badanych mediów podano w tabeli 2. Popłuczyny niekondycjonowane oraz po ich alkalizacji wapnem poddawano zagęszczaniu grawitacyjnemu w warunkach nieprzepływowych. Po określonym czasie zagęszczania (t_{zag}) w próbkach wydzielonych wód nadosadowych zgodnie z PN oznaczano stężenia: żelaza, glinu, manganu i zawiesin oraz mętność, pH i utlenialność.

TABELA 2

Wybrane wskaźniki składu fizyczno–chemicznego popłuczyn

Wskaźnik	Jednostka	Popłuczyny z oczyszczania wody		
		podziemnej	infiltracyjnej	powierzchniowej
Uwodnienie	%	99,77÷99,85	99,87÷99,91	99,89÷99,91
Mętność	g/m ³	800÷2700	600÷700	330÷550
Zawiesiny	g/m ³	759÷1650	443÷840	410÷554
Żelazo	g Fe/m ³	263÷520	126÷157	6,75÷18,7
Glin	g Al/m ³	0	54,9÷85,8	50,9÷96,3
Mangan	g Mn/m ³	22÷40,5	15,4÷15,5	3,91÷4,55
Utlenialność	g O ₂ /m ³	11÷34	41÷45	26,7÷39
ChZT	g O ₂ /m ³	55÷113	101÷112	80,7÷100

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

3.1. Jakość wód nadosadowych wydzielonych z popłuczyn niekondycjonowanych

Poziom zanieczyszczenia wód nadosadowych, bez względu na rodzaj popłuczyn, zmniejszał się wraz z wydłużaniem czasu zagęszczania (t_{zag}). Parametrem decydującym o wymaganym czasie rozdziału faz (t_z) była zawartość zawiesin, a w przypadku popłuczyn „żelazistych” również stężenie żelaza w wydzielonych wodach. Czas ten zależał od składu fizyczno–chemicznego i generalnie wydłużał się wraz ze zmniejszaniem się uwodnienia początkowego popłuczyn.

W wodach nadosadowych wydzielonych po t_z , stężenia zawiesin i żelaza odpowiadały wymaganiom stawianym ściekom wprowadzanym do wód powierzchniowych płynących, a wartości pozostałych analizowanych wskaźników były małe (tab. 3).

Wskazuje to, że zapewnienie wystarczająco długiego czasu zagęszczania popłuczyn niekondycjonowanych zapewniło wystarczającą eliminację zanieczyszczeń z wydzielanych wód nadosadowych. Mętność oraz zawartość zawiesin w tych wodach korelowały ze stężeniem żelaza, glinu i manganu tj. głównych komponentów cząstek stałych zagęszczanych popłuczyn. Opisują to poniższe równania wyznaczone dla wód wydzielonych z popłuczyn z oczyszczania wody:

- podziemnej: $Fe = 0,2665 M + 4,1932, R^2 = 0,9969$
 $Mn = 0,0262 M - 0,3539, R^2 = 0,9924$
- infiltracyjnej: $Al = 0,0707 M + 0,0022, R^2 = 0,9727$
 $Fe = 0,109 M + 0,9686, R^2 = 0,992$
 $Mn = 0,0134 M + 0,0156, R^2 = 0,9354$
 $Al = 0,0492 \text{ Zaw.} + 0,0075, R^2 = 0,9697$
 $Fe = 0,076 \text{ Zaw.} + 0,9727, R^2 = 0,9928$
 $Mn = 0,0093 \text{ Zaw.} + 0,0159, R^2 = 0,9372$

□ powierzchniowej: $Al = 0,0834 M + 0,507, R^2 = 0,9556$
 $Al = 0,0484 \text{ Zaw.} + 0,1136, R^2 = 0,9748.$

TABELA. 3

Wybrane wskaźniki jakości wód nadosadowych wydzielonych z popłuczyn niekondycjonowanych po czasie ich zagęszczania t_z

Wskaźnik	Jednostka	Woda nadosadowa wydzielona z popłuczyn z oczyszczania wody					
		podziemnej		infiltracyjnej		powierzchniowej	
Mętność	g SiO ₂ /m ³	41,0	13,0	25,0	30,0	11,6	15,0
Zawiesiny	g/m ³	45,0	22,0	35,0	37,0	30,0	
Żelazo	g Fe/m ³	8,6	9,2	3,6	3,0		0,94
Glin	g Al/m ³	0	0	1,96	0,82	1,59	2,01
Mangan	g Mn/m ³	0,24	0,22	0,4	0,25		
Utlenialność	g O ₂ /m ³	3,0	3,2	4,5	3,8	7,1	3,8
Czas zagęszczania (t_z)	h	5	24	1	8	1	2

3.2. Wpływ alkalizacji popłuczyn na jakość wód nadosadowych

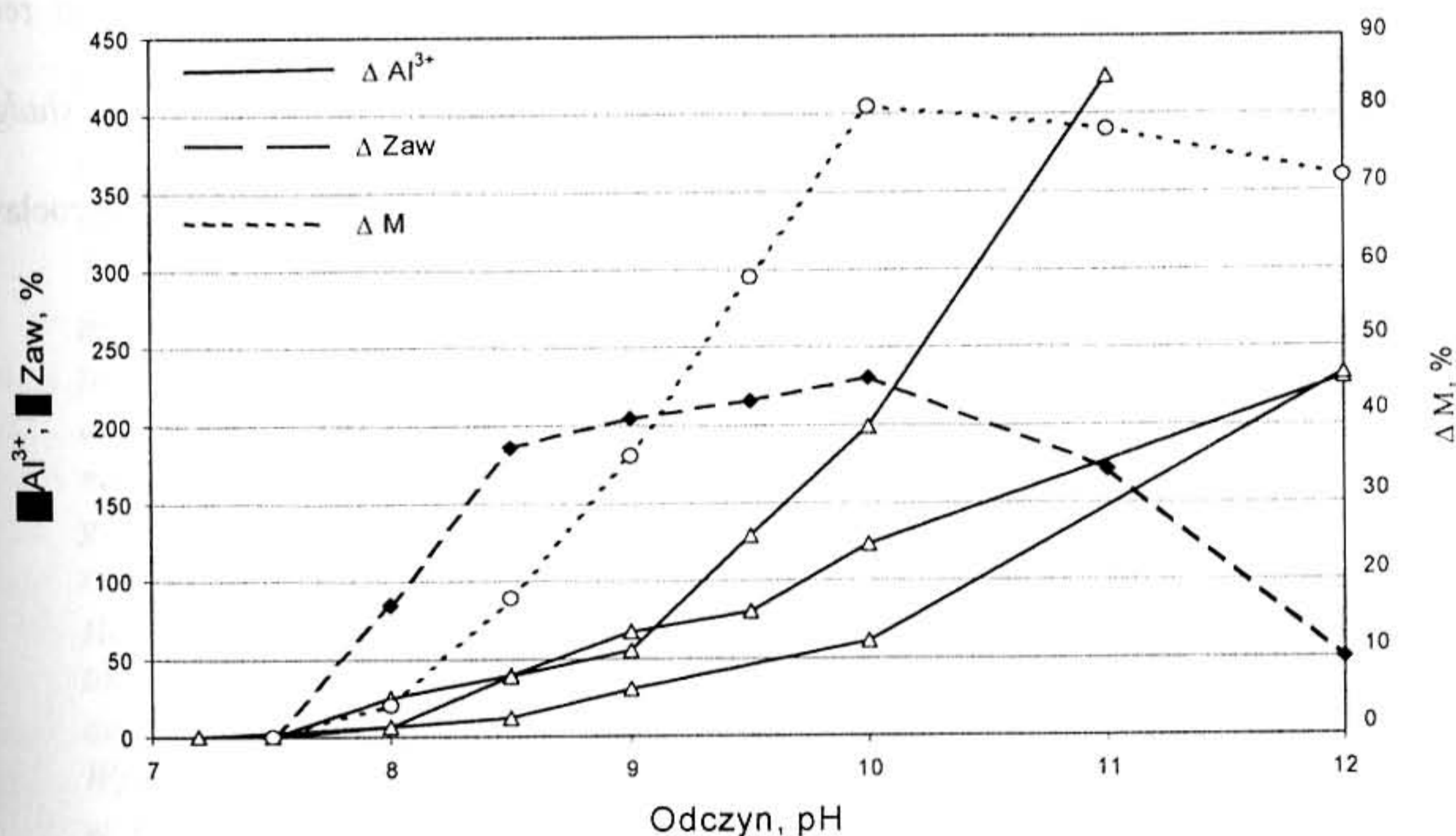
Wpływ kondycjonowania popłuczyn wapnem na jakość wydzielonych z nich wód zależał od składu fizyczno–chemicznego zagęszczanych mediów.

Efektom alkalizacji popłuczyn „żelazistych” było zmniejszenie stężenia żelaza i manganu oraz mętności wód nadosadowych. Ta korzystna rola kondycjonowania zwiększała się wraz ze wzrostem stężenia jonów OH⁻ (rys. 2), a więc ilością powstających trudno rozpuszczalnych związków wapnia i magnezu (CaCO₃ i Mg(OH)₂) – spełniających rolę sorbentów i czynników współstrącających zanieczyszczenia.

Wystarczające zmniejszenie stężenia żelaza oraz mętności uzyskano jedynie w wyniku korekty pH popłuczyn do 12,0 (pH wody nadosadowej = 11,5). Alkalizacja popłuczyn do takiego poziomu (z uwagi na dopuszczalną wartość pH (≤ 9,0) w ściekach wprowadzanych do wód powierzchniowych) nie może być jednak traktowana jako właściwy sposób ich kondycjonowania. Rozwiązanie to jest możliwe jedynie wówczas, gdy odczyn wody nadosadowej przed wprowadzeniem do wód powierzchniowych będzie skorygowany do wymaganej wartości.

Analiza wyników badań wykazała, że kondycjonowanie popłuczyn żelazistych wapnem (dawkowanym w ilości zapewniającej pH wód nadosadowych ≤ 9,0) stosowanym w celu skrócenia wymaganego czasu zagęszczania oraz zwiększenia stopnia ich zagęszczenia nie zwiększyła poziomu zanieczyszczenia wód nadosadowych, co niestety stwierdzono w przypadku popłuczyn zawierających związki glinu.

Powodem tej różnicy była zdecydowanie większa zawartość związków żelaza i manganu w popłuczynach „żelazistych”. Mimo mniejszej skuteczności obniżania stężeń tych metali, wody nadosadowe wydzielone z popłuczyn z oczyszcznia wody infiltracyjnej i powierzchniowej i charakteryzujące się $\text{pH} \leq 9,0$ zawierały dopuszczalne stężenia żelaza ($0,63 \div 3,0 \text{ g Fe/m}^3$) oraz małe manganu ($0,18 \div 0,25 \text{ g Mn/m}^3$). Odwrotny wpływ zwiększania stężenia jonów OH^- w tych popłuczynach stwierdzono w odniesieniu do mętności oraz zawartości glinu i zawiesin, których wartości zwiększały się niestety ze wzrostem pH popłuczyn (rys. 4). Spowodowane to było rozpuszczaniem cząsteczek wodorotlenku glinu do rozpuszczalnych w wodzie glinianów. Podobne zależności stwierdzono również dla wód nadosadowych wydzielonych z osadów pokoagulacyjnych (zawierających związki glinu) kondycjonowanych wapnem [2]. Z uwagi na dopuszczalne stężenie zawiesin, alkalizacja popłuczyn nawet tylko do $\text{pH} = 9,0$ była niekorzystna, gdyż powodowała wzrost ich zawartości z 28 g/m^3 (przy pH naturalnym) do 88 g/m^3 . Jedynie w wyniku korekty odczynu popłuczyn do $\text{pH} = 12,0$ nie stwierdzono ponadnormatywnego stężenia zawiesin, ale niestety wielokrotny wzrost zawartości jonów glinu.



Rys. 4 Wpływ alkalizacji popłuczyn na przyrost mętności (ΔM) oraz stężenia glinu (ΔAl) i zawiesin (ΔZaw) w wodach nadosadowych

4. PODSUMOWANIE

Wpływ kondycjonowania popłuczyn wapnem na poziom zanieczyszczenia wydzielonych z nich wód nadosadowych zależał od stopnia alkalizacji zagęszczanych mediów oraz ich składu fizyczno-chemicznego. Ze wzrostem pH popłuczyn, bez względu na ich rodzaj, w wodach nadosadowych zmniejszało się stężenie jonów żelaza i manganu, a w przypadku popłuczyn "żelazistych" również mętność i zawartość zawiesin. Jednak alkalizacja popłuczyn zapewniająca dopuszczalną wartość $\text{pH} (\leq 9,0)$ w wodach nadosadowych wprowadzanych do wód powierzchniowych była niewystarczająco skuteczna

z uwagi na stężenie zawiesin i żelaza, a w przypadku pozostałych popłuczyn (zawierających związki glinu) powodowała wzrost mętności, stężenia glinu oraz zawiesin do wartości ponadnormatywnych. W związku z powyższym, kondycjonowanie wapnem popłuczyn z oczyszczania wody infiltracyjnej i powierzchniowej jest niekorzystne z uwagi na ochronę jakości wód odbiornika wód nadosadowych. Natomiast w przypadku popłuczyn „żelazistych” zastosowanie takiego sposobu intensyfikacji ich zagęszczania wymaga kontroli i korekty pH wód nadosadowych przed ich odprowadzeniem do wód powierzchniowych.

5. LITERATURA

- [1] KOWAL A. L., Świdierska-Bróż M.: *Oczyszczanie wody*. PWN, Warszawa-Wrocław (1996)
- [2] JAGOSZEWSKI T.: *Wpływ kondycjonowania chemicznego popłuczyn i osadów z oczyszczania wody na ich porcjowe zagęszczanie grawitacyjne*. Inst. Inż. Ochr. Środ. PWr., praca doktorska, Wrocław (2000)
- [3] SAVORY J., Wills M. R.: *Metals and Their Compounds in the Environment*. red. E. Merian, VCH, II.1, 715–741, Weinheim (1991)
- [4] Sludge Disposal Committee: *Committee report: research needs for alum sludge discharge*. Journal AWWA, 6 (79), 99–104, (1987)
- [5] GOMÓLKA E., Szaynok A.: *Chemia wody i powietrza*. Wyd. PWr., Wrocław (1982)