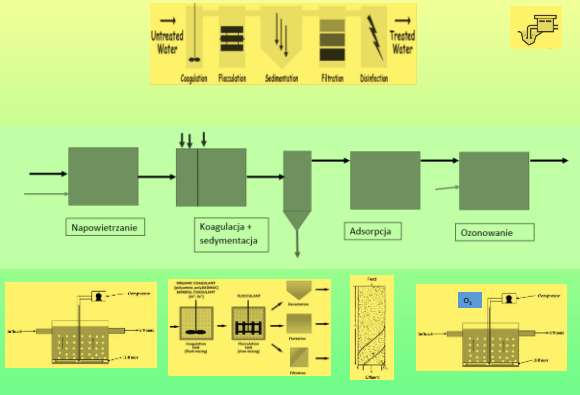


Podstawy Technologii Wody i Ścieków. IŚ S1. Semestr 4. Rok akademicki 2022/23



1

Imię	Nazwisko	Wyniki OC nr zestawu	Wynik Koag. Nr zestawu	Wyniki Ads. Nr zestawu	Wyniki Ozon. Nr zestawu

Opracowanie wyników uzyskanych na zajęciach laboratoryjnych należy przygotować w oparciu o informacje i w zakresie podanym w materiałach pomocniczych do ćwiczeń laboratoryjnych. Do projektu, dla każdego z procesów, należy dołączyć surowe wyniki uzyskane przez zespół wskazany w tabeli wraz ich kompletnym opracowaniem.

2

Imię	Nazwisko	Prędkość osadzenia (s ₀) [m/s]	Napowietrzanie: Prędkość i wydatek (głębokość, przepływ) [m³/s]	Koagulacja/Sedimentacja: stopień redukcji (Fe, CaCO ₃ , FeS ₂ , SiO ₂) [%] oraz wskaźnik redukcji siarki (S ₀₂) [%]	Adsorpcja: stopień redukcji [%] i Ci ₀ [mg/l]	Ozonowanie: Zużycie ozonu, stopień redukcji [%]
Data:	przebiegowa	15	3	% S ₀₂ > 4000 6, 14 5, 4	15 6	2 0,5

Lp./Nr albumu	Imię Nazwisko
1	51288 Jakub Dębowski
2	51289 Damian Dorożko
3	51290 Karolina Dopickowska
4	51291 Oskar Giegola
5	51294 Jan Hornik
6	51295 Karol Jasionas
7	51299 Anna Mackowiak
8	38875 Mateusz Mazur
9	48879 Alicja Olszafka
10	51301 Julian Papież
11	48816 Paweł Pijanowski
12	44767 Natalia Reszka
13	47174 Weronika Sikorowska
14	51305 Maja Sobczak-Domańska
15	51306 Piotr Stefanowski
16	51307 Bartłomiej Trzaskański
17	51308 Robert Warzyński
18	51309 Jakub Wawrzyniak

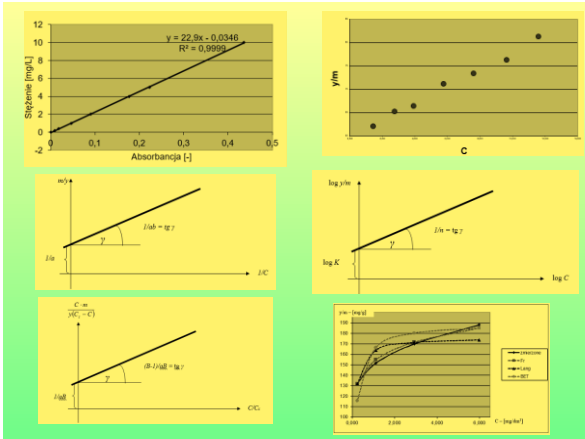
Osoby, które nie zaliczyły projektu w poprzednich latach proszę o mailowe uzgodnienie sposobu dalszego postępowania (przedstawienie sytuacji i np. kontynuacja projektu w oparciu o wcześniej uzyskane dane itp.)

3

Adsorpcja

- Opracowanie i wykreślenie zależności $c=f(A)$
- Obliczenie ilości barwnika zaadsorbowanego na węglu aktywnym
- Wykreślenie zależności:
 - $y/m = f(C)$
 - $(C_m)/[y/(C_s-C)] = f(C/C_s)$
 - $m/y = f(1/C)$
 - $\log y/m = f(\log C)$
- Obliczenie stałych dla poszczególnych izoterm adsorpcji
- Porównanie zmierzonych i obliczonych na podstawie uzyskanych modeli wartości y/m
- Wybór modelu izotermi o najlepszym dopasowaniu do wyników pomiarów
- Zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

4



5

Nr próbki	C [mg/dm³]	m [g]	y [mg]	y/m [mg/g]	Izoterm			
					log C	log y/m	log K	BET
1.	60	0	0	-				
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								

Lp.	C [mg/dm³]	wartości y/m			
		zmierzona (tab. 4)	wg modelu Freundlicha	wg modelu Langmuira	wg modelu BET
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

C [mg/dm³]	y/m [mg/g]		BET		
	zm.	Lang.			
1.	11.99	227.6	222.4	203.5	218.3
2.	8.16	202.8	208.4	199.7	211.5
3.	5.86	188.0	191.7	184.6	202.3
4.	2.89	170.4	168.8	180.8	179.6
5.	1.84	163.8	149.4	160.1	149.0
6.	0.77	136.6	130.5	128.5	109.1
7.	0.71	121.2	128.6	124.7	104.6
8.					

6

Koagulacja

- Wykreślenie zależności stopnia redukcji barwy od dawki koagulantu [mg/dm³]
- Określenie optymalnej dawki koagulantu
- Wykreślenie zależności szybkości opadania kłaczków od dawki flokulantu [mg/dm³]
- Zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

Wzór 1					Wzór 2				
No	Stężenie koagulantu [mg/dm ³]	Stężenie wody [mg/dm ³]	Stężenie flokulantu [mg/dm ³]	Redukcja barwy (%)	Stężenie koagulantu [mg/dm ³]	Stężenie wody [mg/dm ³]	Stężenie flokulantu [mg/dm ³]	Współczynnik opadania [1/min]	Wzrost osadu [mg/dm ³]
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

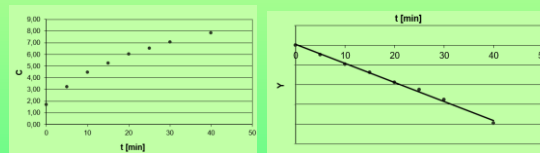
7

Napowietrzanie wody

Opracowanie wyników pomiarów polega na:

- Obliczeniu stężeń tlenu rozpuszczonego C₀ i kolejnych C_t.
- Wykreśleniu zależności C_t = f(t), analizie i eliminacji błędów.
- Określeniu wartości C_t^{2.85} K, C_t i $\sqrt{\frac{k_{2.85}}{k_T}}$.
- Obliczeniu wartości zmiennej pomocniczej Y dla kolejnych czasów t.
- Wykreśleniu zależności Y=f(t), analizie i eliminacji błędów.
- Obliczeniu, metodą najmniejszych kwadratów wartości współczynnika b.
- Obliczeniu wartości OC dla warunków standardowych.

Zebraniu uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach



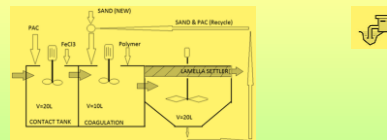
8

Ozonowanie wody

- Obliczenie i zebranie uzyskanych wyników w tabelach wg wzorów umieszczonych w materiałach

Wydatek wytwornicy	mg O ₃ /h	Woda	stopień rozczyszczenia	Policzenie na płytce denki	Ilości bakterii w próbce
Stężenie ozonu w powietrzu	mg O ₃ /m ³	obrotowa	obrotowa	na płytce denki	zbiornikowej
Stężenie ozonu w wodzie	mg O ₃ /m ³	obrotowa	obrotowa	obrotowa	obrotowa
Stężenie ozonu w osadzie	mg O ₃ /m ³	obrotowa	obrotowa	obrotowa	obrotowa
Stężenie ozonu w osadzie	mg O ₃ /m ³	obrotowa	obrotowa	obrotowa	obrotowa
Stężenie ozonu w osadzie	mg O ₃ /m ³	obrotowa	obrotowa	obrotowa	obrotowa
Stężenie ozonu w osadzie	mg O ₃ /m ³	obrotowa	obrotowa	obrotowa	obrotowa

9



Dla otrzymanych danych określających, między innymi, wymagane natężenie, wymaganą efektywność koagulacji, adsorpcji i ozonowania należy, w oparciu o opracowane wyniki badań w skali laboratoryjnej, określić podstawowe dane technologiczne dla instalacji pilotowej o podanym przepływie ścieków:

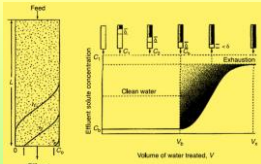
Dla napowietrzania:

- Wymiary i objętość komory napowietrzania zapewniającej wymagany czas kontaktu
- przepływ powietrza zapewniający utrzymanie wymaganego stężenia tlenu rozpuszczonego (w oparciu o natężenie przepływu powietrza oraz wymiary i pojemność zbiornika wykorzystywanego na ćwiczeniach)
- teoretyczny przepływ powietrza przy przyjęciu pełnego wykorzystania tlenu
- sprawność procesu natleniania (porównanie teoretycznej wymaganej ilości powietrza z praktycznie dostarczaną)

Dla koagulacji:

- wymiary i objętość komór szybkiego i wolnego mieszania
- ustalenie wymaganych dawek reagentów [koagulant, wodorotlenek wapnia, flokulant]
- wydaki pomp dozujących roztwory/zawiesiny wodorotlenku wapnia, koagulantu i flokulantu
- wymiary i pojemności części sedimentacyjnej [przepływy z zapewnieniem wymaganego czasu sedimentacji i możliwości opadania kłaczków osadu – porównanie szybkości opadania zawieszin z szybkością przepływu ścieków] oraz części osadowej osadnika (kąt nachylenia ścian)

10



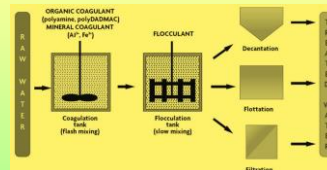
Dla adsorpcji:

- stężenie zanieczyszczeń w ściekach dopływających i odpływających
- dobór izoterm adsorpcji i jej współczynników
- wymiary kolumny adsorpcyjnej, wysokość złoża (pozwalające na zachowanie wymaganego czasu kontaktu i szybkości przepływu ścieków)
- wymaganą masę węgla aktywnego
- objętość oczyszczonych ścieków
- czas trwania cyklu filtracji

Dla ozonowania:

- wymagana ilość ozonu i wydatek wytwornicy ozonu
- przepływ powietrza z ozonem
- wymiary i objętość komory ozonowania zapewniającej wymagany czas kontaktu
- wydatek generatora ozonu uwzględniając zużycie ozonu i wymagany poziom ozonu pozostałego

11



Wszelkie obliczenia należy przedstawić z uwzględnieniem jednostek w jakich podstawiłoby się poszczególne wartości (rachunek jednostek).

Obliczone wymiary należy, w sposób praktyczny, przybliżyć i sprawdzić, dla nich, spełnienie odpowiednich warunków (np. czasy zatrzymania, prędkości przepływu, objętości komór/kolumn/zbiorników itp.). W kolejnych obliczeniach przyjmować wartości wynikające z praktycznie przyjętych wymiarów.

Po obliczeniu wymaganych wartości przedstawić je na uproszczonym schemacie technologicznym (z zachowaniem skali) z podaniem kluczowych wartości: kształt, wymiary i objętości komór/kolumn/zbiorników, przepływy, stężenia, wydajki pomp dozujących reagenty itp.

Każda z wartości końcowych i pośrednich uzyskanych na podstawie danych laboratoryjnych powinna zostać uzasadniona odpowiednimi przeliczeniami wskazującymi na znajomość zastosowanego sposobu obliczeń.

12

Imię	Nazwisko	Przepływ ścieków [l/s] i początkowe stęż. [mg/L]	Napowietrzanie. Początkowe i wymagane stęż. tlenu [gO ₂ /m ³]	Koagulacja/Sedymentacja. Stopień redukcji: msp. Ca(OH) ₂ , FeO ₃ , FeCl ₃ , FeCl ₂ , [‰] czas szybkiego i wolnego mieszania [min] czas osad. [h]; Obj. Osad. [‰]	Adsorpcja. Stopień redukcji [%] Czas kontaktu [min] Prędkość przepływu [m/s]	Ozonowanie. Zużycie ozonu, oraz pozostały [gO ₂ /m ³]
Dane	przykładowe	15 20	1 3	%: 1; 3; 8,025 6; 15 3; 6	80 15 6	2 15 0,5

Komorę napowietrzania:

Ilość tlenu wymagana do dostarczenia do ścieku	mg O ₂ /dm ³
OC	mg O ₂ /(dm ³ min)
Wymagany czas napowietrzania	minut
Wymagana objętość komory	L
Przyjęte wymiary komory napowietrzania	H
podstawa (D; a x b)	cm
Objętość komory napowietrzania o przyjętych wymiarach	L
Czas napowietrzania w komorze o przyjętych wymiarach	min
Wymagana ilość tlenu	g O ₂ /h
Objętość komory laboratoryjnej	L
Przepływ powietrza w instalacji laboratoryjnej	L/min
Przepływ powietrza	L/min
Ilość wtłoczonego tlenu	g O ₂ /h
Stopień wykorzystania tlenu	%

13

Imię	Nazwisko	Przepływ ścieków [l/s] i początkowe stęż. [mg/L]	Napowietrzanie. Początkowe i wymagane stęż. tlenu [gO ₂ /m ³]	Koagulacja/Sedymentacja. Stopień redukcji: msp. Ca(OH) ₂ , FeO ₃ , FeCl ₃ , FeCl ₂ , [‰] czas szybkiego i wolnego mieszania [min] czas osad. [h]; Obj. Osad. [‰]	Adsorpcja. Stopień redukcji [%] Czas kontaktu [min] Prędkość przepływu [m/s]	Ozonowanie. Zużycie ozonu, oraz pozostały [gO ₂ /m ³]
Dane	przykładowe	15 20	1 3	%: 1; 3; 8,025 6; 15 3; 6	80 15 6	2 15 0,5
Koagulacja/Flokulacja/Sedymentacja						
Dawka koagulantu		mg/dm ³				
Dawka flokulantu		mg/dm ³				
Dawka wodorotlenku wapnia		mg/dm ³				
Szybkość opadania Maczków		cm/s				
Obliczona objętość komory szybkiego mieszania		L				
Przyjęty kształt i wymiary komory szybkiego mieszania		H				
podstawa (D; a x b)		cm				
Przyjęta objętość komory szybkiego mieszania		L				
Obliczona objętość komory wolnego mieszania		L				
Przyjęty kształt i wymiary komory wolnego mieszania		H				
podstawa (D; a x b)		cm				
Przyjęta objętość komory wolnego mieszania		L				
D dozowanie roztworu koagulantu		ml/h				
D dozowanie roztworu flokulantu		ml/h				
D dozowanie zwininy wodorotlenku wapnia		L				
Obliczona objętość osadnika		L				
Minimalny przekrój osadnika		cm ²				
Przyjęty kształt i wymiary części sedimentacyjnej osadnika		H				
podstawa (D; a x b)		cm				
powierzchnia przekroju		cm ²				
Przyjęta objętość części sedimentacyjnej osadnika		L				
Obliczona szybkość wzniesienia		cm/s				
Obliczona objętość części osadowej osadnika		L				
Obliczony czas sedimentacji		h				
Przyjęty kształt i wysokość części osadowej		cm				
Kąt nachylenia ścian części osadowej		stopnie				
Przyjęta objętość części osadowej osadnika		L				

17

Imię	Nazwisko	Przepływ ścieków [l/s] i początkowe stęż. [mg/L]	Napowietrzanie. Początkowe i wymagane stęż. tlenu [gO ₂ /m ³]	Koagulacja/Sedymentacja. Stopień redukcji: msp. Ca(OH) ₂ , FeO ₃ , FeCl ₃ , FeCl ₂ , [‰] czas szybkiego i wolnego mieszania [min] czas osad. [h]; Obj. Osad. [‰]	Adsorpcja. Stopień redukcji [%] Czas kontaktu [min] Prędkość przepływu [m/s]	Ozonowanie. Zużycie ozonu, oraz pozostały [gO ₂ /m ³]
Dane	przykładowe	15 20	1 3	%: 1; 3; 8,025 6; 15 3; 6	80 15 6	2 15 0,5

Adsorpcja

Stężenie początkowe (na wlocie do kolumny)	mg/L
Stężenie końcowe (na wylocie kolumny)	mg/L
Wybór izoterm	-
Stale wybranej izoterm	(K/a/b)
Stala izoterm	(n/b/a)
Obliczona objętość złoża	L
Obliczona powierzchnia przekroju kolumny	cm ²
Kolumna – przyjęta wysokość złoża H	cm
Kolumna – przyjęta średnica złoża D	cm
Powierzchnia przekroju kolumny o przyjętych wymiarach	cm ²
Objętość złoża węgla w kolumnie o przyjętych wymiarach	L
Obliczony czas kontaktu	min
Obliczona prędkość przepływu	m/h
Przyjęta gęstość napypowa węgla	g/L
Obliczona masa węgla w kolumnie o przyjętych wymiarach	g
ob.	mg/g
Masa zaadsorbowana	mg
Obj. oczyszczonych ścieków (Cb)	L
Obj. oczyszczonych ścieków (0,5 Cb)	L
Obliczony czas pracy kolumny (Cb)	godzin (dni)
Obliczony czas pracy kolumny (0,5 Cb)	godzin (dni)

21

Imię	Nazwisko	Przepływ ścieków [l/s] i początkowe stęż. [mg/L]	Napowietrzanie. Początkowe i wymagane stęż. tlenu [gO ₂ /m ³]	Koagulacja/Sedymentacja. Stopień redukcji: msp. Ca(OH) ₂ , FeO ₃ , FeCl ₃ , FeCl ₂ , [‰] czas szybkiego i wolnego mieszania [min] czas osad. [h]; Obj. Osad. [‰]	Adsorpcja. Stopień redukcji [%] Czas kontaktu [min] Prędkość przepływu [m/s]	Ozonowanie. Zużycie ozonu, oraz pozostały [gO ₂ /m ³]
Dane	przykładowe	15 20	1 3	%: 1; 3; 8,025 6; 15 3; 6	80 15 6	2 15 0,5

Ozonowanie

Ilość ozonu wymagana do dostarczenia do ścieku	g O ₂ /dm ³
Przyjęty czas ozonowania	min
Obliczona pojemność komory ozonowania	L
Przyjęty kształt i wymiary komory ozonowania	H
podstawa (D; a x b)	cm
Objętość komory ozonowania o przyjętych wymiarach	L
Czas ozonowania w komorze o przyjętych wymiarach	min
Obliczony wydatek wytwornicy ozonu	mg O ₂ /h
Stężenie ozonu w strumieniu powietrza	mg O ₂ /dm ³
Obliczony przepływ powietrza	L/h

22

Adsorpcja z wykorzystaniem Granulowanego Węgla Aktywnego

Adsorption with Granular Activated Carbon (GAC)

PIERO M. ARMENANTE NJIT Adsorption with Granular Activated Carbon.pdf

<https://pl.scribd.com/document/178689234/ARMENANTE-ny-Adsorption-with-Granular-Activated-Carbon-pdf>

23

Najważniejsze czynniki w projektowaniu systemów adsorpcji z nieruchomym złożem

- Rozmiar ziaren złoża
- Średnica kolumny
- Natężenie przepływu ścieków (lub czas zatrzymania)
- Wysokość złoża adsorpcyjnego
- Spadek ciśnienia
- Czas do osiągnięcia przebiecia
- (Czas do osiągnięcia wyczerpania złoża)

PIERO M. ARMENANTE NJIT

24

Transport masy podczas adsorpcji



PIERO M. ARMENANTE
NJIT

25

Rozmiar ziaren węgla wykorzystywanych w adsorpcji z nieruchomym złożem

- Typowy rozmiar ziaren to pomiędzy 0,4 a 2,5 mm
- Taki rozmiar ziaren wynika z praktycznego kompromisu pomiędzy ograniczeniami wynikającymi ze spadku ciśnienia z jednej strony i zapewnieniem wymaganej powierzchni adsorpcji z drugiej strony
- Większy rozmiar ziaren zmniejsza także straty podczas przeładunków i podczas pracy kolumny

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

26

Strefa adsorpcji i krzywa adsorpcji

- W adsorpcji na nieruchomym złożu, w każdym danym czasie, złożo może zostać podzielone na trzy strefy, to jest strefę saturacji (zawierającą węgiel bliski nasycenia zanieczyszczeniami, następującą po niej strefę adsorpcji (gdzie aktualnie zachodzi adsorpcja) i dalej strefę, w której na węglu nie ma zaadsorbowanych zanieczyszczeń lub jest ich niewiele)
- Rozmiar i położenie tych stref w złożu zmienia się w czasie



PIERO M. ARMENANTE
NJIT

27

Całkowita pojemność adsorpcyjna kolumny

Jeżeli znana jest krzywa równowagi adsorpcji to w oparciu o znaną objętość kolumny i stopień wykorzystania złoża można obliczyć całkowitą objętość ścieków V_{\max} , która może być oczyszczona przez kolumnę przed jest pełnym nasyceniem:

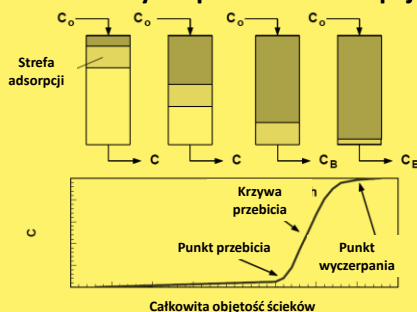
$$V_{\max} = SL(1 - \varepsilon) \rho_s \frac{q_{S0}}{C_0} = SL \rho_{s,app} \frac{q_{S0}}{C_0}$$

gdzie: S = przekrój poprzeczny kolumny
L = wysokość napełnienia
 ε = porowatość złoża
 $q_{S0} = g(C_0)$ = wartość q w równowadze z C_0
 $\rho_s, \rho_{s,app}$ = rzeczywista i pozorna gęstość złoża

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

28

Punkt i krzywa przebiecia adsorpcji



PIERO M. ARMENANTE
NJIT

29

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Założenia upraszczające

- Stężenie zanieczyszczenia na wylocie kolumny wzrasta liniowo w czasie do chwili osiągnięcia wartości przebiecia C_B
- W punkcie przebiecia średnie stężenie zanieczyszczenia na złożu jest tylko częścią, ξ , stężenia nasycenia (typowo 50%)
- Natężenie przepływu ścieków przez kolumnę jest stałe i równe Q

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

30

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Z bilansu masowego dla zanieczyszczenia w punkcie przebiecia:

$$M = q_B B = \zeta q_{so} B = Q t_B \left(C_o - \frac{C_B}{2} \right) \cong Q t_B C_o$$

gdzie:

M = całkowita masa zanieczyszczenia zaadsorbowanego w punkcie przebiecia

B = masa węgla w złożu = $\rho_s \text{ app } S L$,

i:

$$q_{so} = K_F C_o^{1/n}$$

Postać tej zależności wynika z wybranego modelu izotermnej adsorpcji – może być inna przy innym, niż Freundlicha, modelu.

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

31

Uproszczona metoda szacowania wydajności adsorpcji na złożu nieruchomym

Wynikający z tego czas pracy kolumny do osiągnięcia przebiecia wynosi:

$$t_B = \frac{q_B B}{Q \left(C_o - \frac{C_B}{2} \right)} = \frac{\zeta K_F C_o^{1/n} B}{Q \left(C_o - \frac{C_B}{2} \right)}$$

Całkowita objętość ścieków, V_B , oczyszczona w punkcie przebiecia:

$$V_B = Q t_B$$

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

32

Przykładowa charakterystyka komercyjnych adsorbentów

Wysokość wypełnienia	3 - 9 m (10 - 30 ft)	
Rozmiar ziaren	8 - 40 mesh	
Obciążenie hydrauliczne	1.4 - 6.8 L/m ² s (2 -10 gpm/ft ²)	
Czas zatrzymania	10 - 60 min (typically 20 -30 min)	
Typowe zapotrzebowanie	(in g carbon/m ³ wastewater)	
wstępne oczyszczanie		60 - 200
doczyszczanie		25 - 50
Ciśnienie	< 20 KPa/m of bed	

After Sundstrom and Klei, *Wastewater Treatment*, 1979, p. 270 and Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering*, 1991, p. 753

PIERO M. ARMENANTE
NJIT

Mesh: w analizie sitowej ilość oczek siatki na jeden cal. Uwzględniając „normalizowaną” grubość drutu określa to rozmiar oczek siatki i jednocześnie wielkość ziaren zatrzymywanych na sicie. 8 mesh – 2,36 mm; 40 mesh – 0,425 mm

33

<http://www.filterpol.pl/wegiel.html>



Węgiel aktywny granulowany Organosorb 10-CO - wytworzony z łupin orzecha kokosowego

Ustalenie (mesh)	Gęstość masowa (kg/m ³)	Twardość (TN) max	Włgocł (TN) max	Zawartość popiołu (TN) max	CTC min	Ładunek jodowy (mg/g) min	pH	Powierzchnia całkowita (m ² /g) min
8*30 (2,36-0,6mm)	>1000	99	5	5	60%	1000	9-10	1000

CARBON TETRACHLORIDE ACTIVITY (CTC) OF ACTIVATED CARBON



Carbon Tetrachloride

Liczba jodowa (iodine number) – ze względu na łatwość i szybkość oznaczenia parametr ten jest szeroko stosowany do określenia jakości adsorbentów – jest oszacowaniem ich powierzchni i porowatości. Liczba jodowa określa ile miligramów jodu zostało zaadsorbowane przez jeden gram adsorbentu przy równowagowym stężeniu jodu w filtracie wynoszącym 0,02M. Oznaczana jest zgodnie z normą ASTM D4607 w oparciu o trzy punktową izotermę.

CTC – określa zdolność adsorbentu do adsorpcji tetrachlorometanu. Wartość CTC oznacza ładunek tetrachlorometanu na węgiel aktywny wyrażony w procentach w stosunku do masy węgla aktywnego, przy stężeniu tetrachlorometanu w powietrzu bliskim nasycenia. Wartość CTC jest miarą objętości porów węgla i jest wykorzystywana głównie do oceny jakości węgla przy jego produkcji.

Twardość – określa odporność ziaren węgla na kruszenie się na mniejsze ziarna. Jest mierzona jako procentowa strata masy adsorbentu przy przesiewaniu przez sito o określonym rozmiarze oczek przy wytrząsaniu w konkretnych warunkach.

34