

Alojzy Wojtas, Małgorzata Dąbek, Grażyna Piotrowska

JAKOŚĆ WODY – OD UJĘCIA DO WYLEWKI

Streszczenie. Podstawowym źródłem zaopatrzenia ludzi w wodę pitną są wodociągi. Jakość ujmowanej do wodociągu wody może ulec pogorszeniu z powodu licznych zanieczyszczeń. Woda, w tym przypadku, powinna być oczyszczana za pomocą filtrów domowych. Najskuteczniejszym urządzeniem doczyszczającym wodę ze szkodliwych związków chemicznych oraz bakterii i wirusów jest zestaw składający się z filtra mechanicznego, sorpcyjnego, odwróconej osmozy i mineralizatora.

WPROWADZENIE

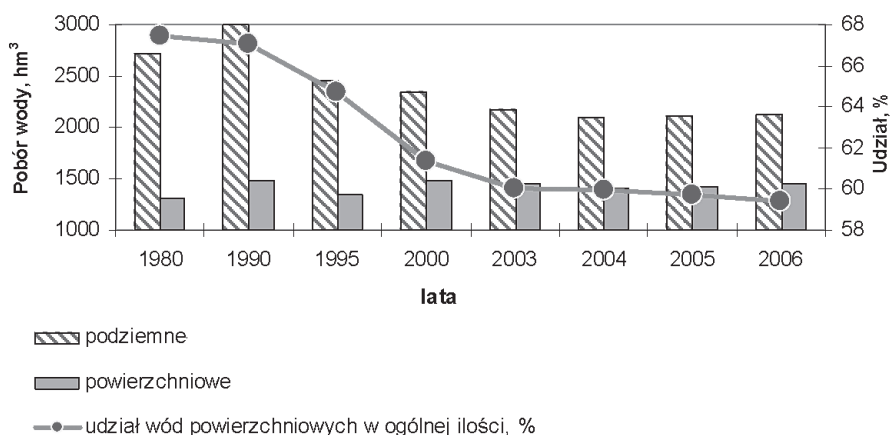
Woda jest jedną z najważniejszych substancji oddziałujących na zdrowie człowieka. Z jednej strony jest ona niezbędna do życia, a z drugiej może być nośnikiem mikroorganizmów chorobotwórczych i substancji toksycznych. Zdarza się, że pobrana woda, uzdatniona i dostarczona do punktu czerpalnego nie spełnia oczekiwań jakościowych. W takiej sytuacji wskazane jest jej doczyszczanie za pomocą filtrów domowych.

Podstawowym źródłem zaopatrzenia w wodę większych skupisk ludzi są wodociągi. W latach 1980 – 2006 w Polsce wystąpiły zmiany w poborze wody do sieci wodociągowych (rys. 1). Udział pobieranych wód powierzchniowych w ogólnej ilości eksploatowanych zasobów zmalał z 67% w 1980 r. do 59% w 2006 r., co stanowi 593,9 hm³, zaś wzrósł pobór wód podziemnych o 139,3 hm³.

Ogólne zanieczyszczenie środowiska wpływa na pogorszenie jakości wód. Montana (2006) podaje, że na świecie rocznie wytwarza się 250 000 nowych związków często dobrze rozpuszczalnych w wodzie. Z kolei handel oferuje 150 milionów ton związków chemicznych, z czego 1/3 trafia do środowiska naturalnego, w tym i do wód.

Stacje uzdatniania wód (SUW) muszą stosować takie technologie oczyszczania, które uniemożliwią przedostanie się zanieczyszczeń do wodociągu. W czasie eksploatacji mogą wystąpić niekorzystne warunki naturalne (tj., deszcze, roztopy) powodujące spływy powierzchniowe wód zanieczyszczonych składnikami z nawozów i pestycydów. Oprócz tego w wodach powierzchniowych (żywnych) może występować cały szereg substancji naturalnych, wydzielanych w procesach metabolicznych lub rozkładu fito- lub zooplanktonu. Produktami metabolizmu występujących sinic (Cyanophyta) i promieniowców (Actinomycetes) są: geosmina, metyloizoborneol, izopropylo- i izo-

Alojzy WOJTAS, Grażyna PIOTROWSKA – Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn.
Małgorzata DĄBEK – Powiatowa Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna, Olecko.



Rys. 1. Pobór wód powierzchniowych i podziemnych do sieci wodociągowych w Polsce

butylometoksyprazyna. Związki te nadają wodzie nieprzyjemny ziemisty, stęchły, spleśniały zapach i smak. Występują także sytuacje awaryjne (wypadki komunikacyjne, zrzut nieoczyszczonych ścieków), które doprowadzają do zanieczyszczenia wód różnymi składnikami.

Osobną grupę stanowią zanieczyszczenia wtórne, które występują na skutek: przerw w dostawie wody, wahań ciśnienia w sieci, korozji sieci wodociągowej, rozmywania namulów, stosowania silnego utleniacza tj. chloru, który przyczynia się do powstania 250 związków chloroorganicznych. Są one między innymi mutagenne, sprzyjają powstawaniu różnego rodzaju alergii dróg oddechowych, uszkadzają błony przewodu pokarmowego, powodują niekontrolowane napady kaszlu i stany zapalne oczu. Wśród produktów chlorowania wymienia się następujące związki:

- Trihalometany (Chloroform, Dichlorobromometan, Dibromochlorometan, Bromoform),
- Haloacetonitryle (Chloroacetonitryl, Dichloroacetonitryl, Trichloroacetonitryl Bromochloroacetonitryl Dibromoacetonitryl),
- Pochodne kwasów haloorganicznych (Kwas dichlorooctowy, Kwas trichlorooctowy),
- Chlorofenole (Chlorofenol, 2,4-Dichlorofenol, 2,4,6-Trichlorofenol, 1,1-Dichloropropen, 1,1,1-Trichloropropen, 1,1,3,3-Tetrachloropropen).

Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem stwierdziła, że właściwości rakotwórcze posiada ponad 50 substancji i pierwiastków, które mogą występować w wodzie do picia.

Problem jakości wody podnoszony jest nie tylko przez instytucje kontrolujące, ale także przez konsumentów. Dotyczy to wody ze zbiorowego zaopatrzenia (wodociągów), jak również gospodarstw posiadających własne ujęcia (studnie). Skutek tego i marketingu jest taki, że wzrasta spożycie wody butelkowanej. W 2006r. wypiliśmy wody butelkowanej 76,5 dm³ na osobę tj. około dwa razy więcej niż w 2001 roku.

WYMAGANIA STAWIANE WODZIE DO PICIA

Wraz z rozwojem metod analitycznych ustalano dopuszczalne zawartości wskaźników w wodzie do picia i na potrzeby gospodarcze, które przedstawiono w rozporządzeniach z 1928 r., 1933 r., 1961 r., 1977 r., wraz ze zmianami z 1990 r. Obecnie obowiązują normy z 2007 r., zawarte w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. i dotyczą jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2007, 61, 417). W myśl tego dokumentu woda nie powinna zawierać drobnoustrojów chorobotwórczych, pasożytów ani innych żywych organizmów, zanieczyszczeń lub substancji naturalnego pochodzenia w ilościach zagrażających zdrowiu człowieka oraz wpływających ujemnie na smak, zapach, barwę, mętność.

Woda przeznaczona do spożycia przez ludzi musi spełniać stawiane wymagania w miejscu jej poboru przez odbiorców. W związku z tym, woda wprowadzana do wodociągu musi być stabilna chemicznie i biologicznie, aby zminimalizować niebezpieczeństwo jej wtórnego zanieczyszczenia w systemie zaopatrzenia. Skuteczne zapobieganie wtórnemu zanieczyszczeniu wody podczas jej dystrybucji jest bardzo trudne, szczególnie w starych, rozległych i przewymiarowanych systemach wodociągowych. W przypadku ponadnormatywnego zanieczyszczenia woda jest tymczasowo dopuszczana do spożycia pod warunkiem, że jej ilość i stan nie zagraża życiu i zdrowiu, w przeciwnym wypadku wodociąg jest unieruchomiony. W takiej sytuacji dobrze jest mieć zbiornik wody oczyszczonej.

Pocieszającym jest fakt, że w dobie powszechnego zanieczyszczenia środowiska można jeszcze w Polsce znaleźć zasoby wodne o wysokich walorach jakościowych. Takim terenem jest np. obszar miasta Gołdap, gdzie ujmowana woda podawana jest bezpośrednio do sieci, a jej właściwości fizyko-chemiczne i organoleptyczne są porównywalne do wód źródłanych. Niestety nie można tego powiedzieć o większości wód wodociągowych w Polsce.

DOCZYSZCZANIE WODY

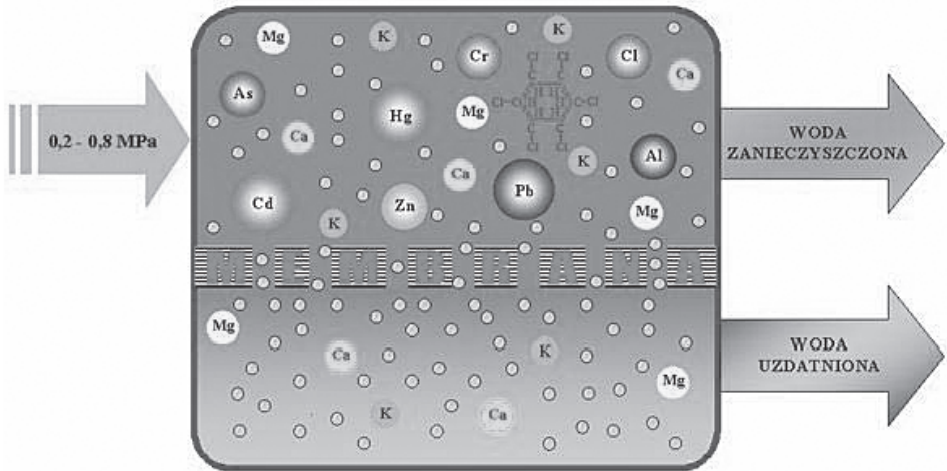
Jednym ze sposobów doczyszczania wody wodociągowej jest stosowanie tzw. filtrów domowych. Obecnie produkowanych jest wiele rodzajów filtrów. Mogą one usuwać różne składniki z wody, zarówno potrzebne jak i zbędne dla organizmu człowieka.

Filtry mechaniczne (włókninowe, celulozowe, ceramiczne) zatrzymują na materiale porowatym zawiesiny stałe występujące w wodzie.

Filtry sorpcyjne zawierają węgiel aktywny na którym zachodzi filtracja mechaniczna i sorpcja takich związków jak: pestycydy, detergenty, węglowodory alifatyczne i aromatyczne, fenole, metale ciężkie, a także chlor.

Filtry odwróconej osmozy posiadają cienkowarstwowe poliamidowe membrany (TFC) składające się z ultracienkiej błony utworzonej na mikroporowatym podłożu polisulfonowym. Przepływ przez membranę rozpuszczalnika z roztworu bardziej stężonego do rozcieńczonego, czyli w kierunku przeciwnym do naturalnego następuje po

wprowadzeniu roztworu pod ciśnieniem większym od osmotycznego tj. 0,2 – 0,8 MPa (rys. 2). Woda oczyszczona za pomocą takiego filtra jest niemal całkowicie pozbawiona domieszek i zanieczyszczeń.



Rys. 2. Zasada działania membrany w procesie odwróconej osmozy

SKUTECZNOŚĆ FILTROWANIA

Wyniki badań podane przez Perchuc (1998) wskazują na zróżnicowaną skuteczność filtrowania wody. Badany *filtr mechaniczny* (FM) do pralek automatycznych AMEXIM 3 nie zmienił twardości ogólnej i węglanowej, natomiast zmniejszył zawartość żelaza tylko o 2,8-17,1 % i skutecznie zatrzymał substancje stałe. *Filtr sorpcyjny z węglem aktywowanym* (S) zmniejszył zawartość żelaza ogólnego o 80-90%, chloru wolnego prawie o 100%, nie zmienił przewodnictwa elektrolitycznego, twardości i zasadowości wody oraz zawartości chlorków. *Filtr mechaniczno-sorpcyjny* zmniejszył zawartość związków żelaza średnio o 20%, chloru wolnego o 90% i częściowo usunął związki organiczne.

Redukcja składników z wody za pomocą zestawu filtrów (mechanicznego (FM) z sorpcyjnym (S) i odwróconej osmozy (RO – Reverse Osmosis) wynosiła: żelaza ogólnego i wolnego chloru 100%; twardości ogólnej (71-84) %; przewodnictwa elektrolitycznego (39 - 59)%; azotu azotanowego (71 -100) %.

Filtry domowe montowane są w pomieszczeniach najczęściej w kuchni. Podczas procesu filtrowania na powierzchni wkładów filtracyjnych osadzają się zanieczyszczenia, które w temperaturze otoczenia tworzą dobre podłoże do rozwoju bakterii. Rozwój ich może nastąpić również na zewnątrz tj. w wylewce.

Występowanie bakterii psychrofilnych w wodach przefiltrowanych przedstawiono w tabeli 1. Największą ilość bakterii stwierdzono w pierwszych porcjach wody oczysz-

Tabela 1. Ogólna liczba bakterii psychrofilnych w 1 cm³ wody odpływającej z różnych filtrów [Pierchuc 1998]

Ilość przefiltrowanej wody, dm ³	Rodzaj filtru		
	FM	S	FM+S+RO
0,1	450	6500	20
5	0	5500	0
10	0	3200	0
15	0	100	0
20	0	0	0

FM – filtr mechaniczny, S – sorpcja na węglu aktywnym, RO – odwrócona osmoza.

czonej w filtrze sorpcyjnym, a najmniejszą po przefiltrowaniu za pomocą zestawu FM+S+RO. Tak wysoką skuteczność oczyszczania uzyskano dzięki membranę, w której pory są znacznie mniejsze od wielkości bakterii i wirusów (rys. 3).

Stożek redukcji innych zanieczyszczeń jest zróżnicowany w zależności od rodzaju substancji. Potwierdzają to wyniki redukcji z czterech źródeł (tab. 2). Z danych przedstawionych w tabeli można wnioskować, iż producenci membran osmotycznych mają na uwadze wymogi stawiane wodzie do picia i produkują urządzenia przepuszczające wraz z cząsteczkami wody pewne ilości minerałów.

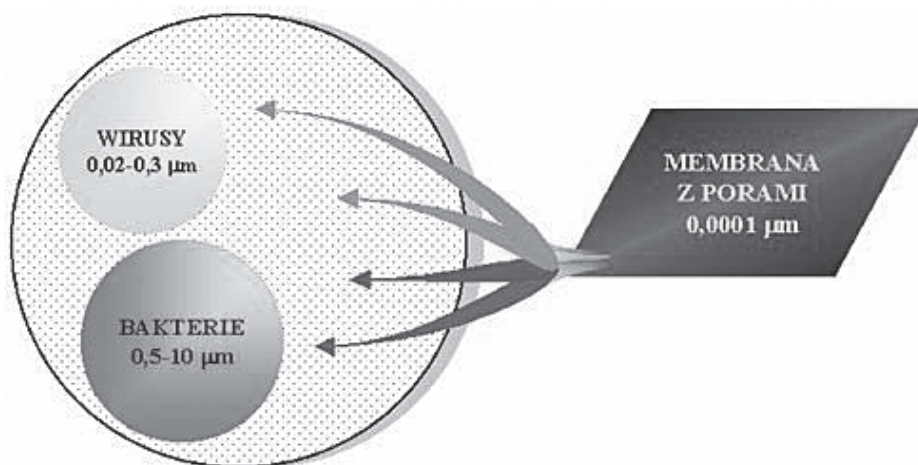
**Rys. 3.** Wielkość bakterii i wirusów na tle średnic porów membrany

Tabela 2. Redukcja zanieczyszczeń za pomocą filtrów odwróconej osmozy

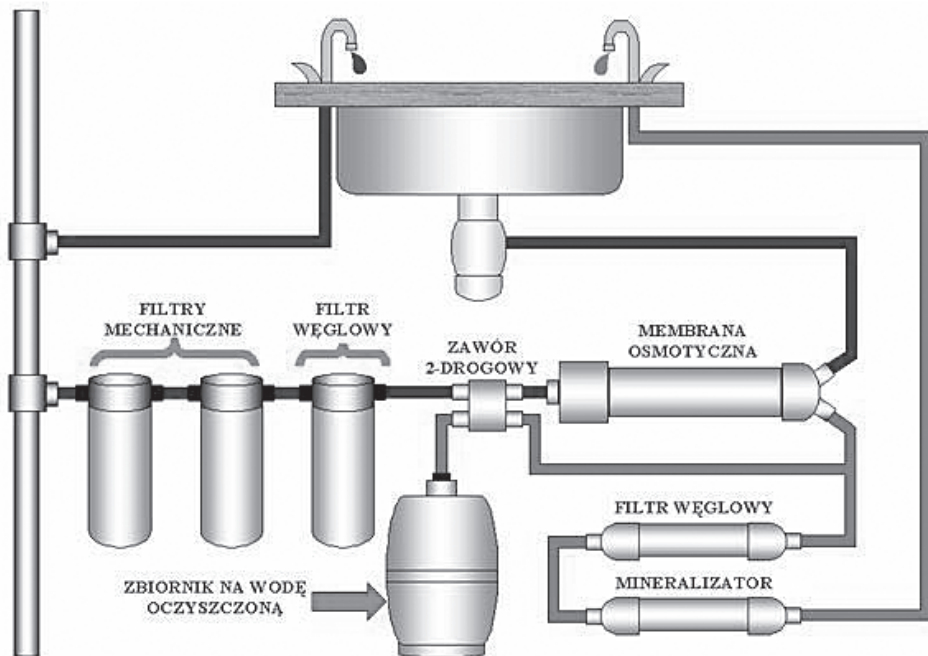
Składniki	Redukcja, %			
	Perchuć (1998)	Piekutin (2002)	AQUA ¹	AMII ²
Amoniak	86-92	95,9-98,2	80-90	–
Azotany	90-92	81,8-93,9	90-95	>83
Azotyiny	–	38,3-41,6	–	>83
Bor	–	–	50-70	–
Borany	–	–	30-50	–
Bromki	87-93	–	90-95	–
Chlor	–	–	–	> 97
Chlorki	87-93	–	92-95	–
Chromiany	86-92	–	–	–
Cyjanki	86-92	–	85-95	–
Cynk	–	–	96-98	–
Fluorki	87-93	–	92-95	–
Fosforany	96-98	–	95-98	–
Glin	96-98	–	96-98	–
Kadm	–	93-97	–	–
Krzemiany	85-90	–	92-95	–
Kwaśne węglany	90-95	–	–	–
Magnez, wapń	96-98	–	93-98	>96
Miedź, nikiel	–	96-98	–	–
Miedź, nikiel, żelazocyjanki, siarczany	98-99	–	–	–
Ołów, rtęć	96-98	–	94-98	>97
Polifosforany, ortofosforany	–	96-98	–	–
Potas	87-94	–	92-96	–
Selen, arsen	94-96	–	–	–
Siarczany	–	96-98	–	–
Sód	87-93	–	92-98	–
Srebro	93-98	–	93-96	–
Stront, kadm, bar, chrom, siarczyny	96-98	–	–	–
Tiosiarczany	96-98	–	96-98	–
Wapń	94-97	–	–	>96
Węglowodory aromatyczne	–	–	–	>98
Żelazo, mangan	95-98	–	96-98	–
Bakterie	100	100	99,99	>99
Zawiesiny, substancje organiczne, wirusy	100		–	–

¹ AQUA-Grupa SBS (www.aqua.net.pl - 10.07.2008).² Firma AMII (www.bluefilters.pl - 10.07.2008).

ZASTOSOWANIE FILTRÓW ODWRÓCONEJ OSMOZY

Zestawy do filtracji za pomocą odwróconej osmozy szybko znalazły zastosowanie w przemyśle zbrojeniowym, komputerowym, w fabrykach leków, w szpitalach, na statkach dalekomorskich i okrętach podwodnych, które dzisiaj nie muszą zabierać w długie rejsy ogromnych zapasów wody. Filtry te coraz częściej wykorzystują również gospodarstwa domowe.

Typowy zestaw odwróconej osmozy składa się z 5 stopni filtracyjnych, bez lub z mineralizatorem. Na rysunku 4 przedstawiono schemat zestawu filtrów zamontowany bezpośrednio przed wylewką. Zanim woda wodociągowa dotrze do membrany jest wstępnie oczyszczona filtrami ochronnymi. Pierwsze dwa to filtry mechaniczne, które zawierają wkłady polipropylenowe i oczyszczają wodę z zanieczyszczeń mechanicznych (piasek, rdza). Następny filtr węglowy oczyszcza wodę z chloru, związków wielopierścieniowych i innych powodujących zły smak, zapach oraz barwę wody. Kolejny filtr to membrana osmotyczna.



Rys. 4. Instalacja odwróconej osmozy

Woda po tym filtrze jest prawie całkowicie zdemineralizowana, przy czym może zawierać gazy, które są sorbowane przez filtr węglowy. Ostatnie zalecane ogniwo w tym zestawie to mineralizator, który wodę osmotyczną lekko mineralizuje.

WNIOSKI

1. Jakość wody wodociągowej może ulec pogorszeniu na skutek okresowego zanieczyszczenia ujmowanych wód oraz wtórnego zanieczyszczenia spowodowanego korozją sieci wodociągowej, wymywaniem namulów, stosowaniem utleniaczy.
2. Filtry mechaniczne skutecznie usuwają zawieszinę cząstek stałych, natomiast pozostałe zanieczyszczenia nie są zatrzymywane.
3. Filtry z wkładem zawierającym węgiel aktywny redukują chlor, poprawiając przez to smak i zapach wody, niemniej przepuszczają pozostałe związki.
4. W warunkach domowych najskuteczniejszym urządzeniem doczyszczającym wody ze szkodliwych związków chemicznych oraz bakterii i wirusów jest zestaw składający się z filtra: mechanicznego, sorpcyjnego, odwróconej osmozy i mineralizatora. To najlepsze i najtańsze urządzenia do uzyskiwania czystej, nadającej się do picia wody.

PIŚMIENNICTWO

1. Filin S., 2005: Niezwykłe właściwości zwykłej wody. Technika chłodnicza i klimatyzacyjna. Wyd. Masta, Gdańsk-Kokoszki, nr 8(114).
2. Hałat Z., 1998: Woda. Wyd. Medyczne Centrum Konsumenta i Polska Agencja Ekologiczna. Warszawa.
3. Montana B., 2006: Dlaczego tylko odwrócona osmoza. Wyd. HYDROPURE. Wrocław.
4. Nawrocki J., Biłozor S., (pod redakcją), 2000. Uzdatnianie wody. Procesy chemiczne i biologiczne. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa-Poznań.
5. Ochrona środowiska, 2007: Informacje i opracowania statystyczne GUS, Warszawa.
6. Perchuć M., 1998: Doczyszczanie wody - filtry domowe. Wyd. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa. Warszawa.
7. Piekutin J., Margiel L., 2002: Usuwanie związków azotu z wody za pomocą odwróconej osmozy. Wyd. Inżynieria i Ochrona Środowiska. t. 5, nr 3-4, s. 267-275.
8. Suligowski Z., 1999: Zaopatrzenie w wodę. Wyd. ART. Olsztyn.
9. Świdarska-Bróz M., 2007: Aktualne problemy w oczyszczaniu wody. Cz.1 zanieczyszczenia pierwotne. Przegląd Komunalny. nr 1, s. 61—63.
10. Świdarska-Bróz M., 2007: Aktualne problemy w oczyszczaniu wody. Cz. 2, Zanieczyszczenia wtórne. Przegląd Komunalny. nr 2, s. 58—59.
11. Wichrowska B., 2000: Jakość wody przeznaczonej do konsumpcji. IV Międzynarodowa i XVI Krajowa Konferencja nt. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. Kraków-Poznań, materiały konferencyjne.
12. Wosińska J., Koluch P., 2008: Wielka woda. Świat konsumenta. nr 7-8 (79).

WATER QUALITY – FROM THE INTAKE TO THE DISPENSER

Summary

Water supply systems are the basic source of potable water. Quality of the water entering a water supply system can be lowered by secondary pollutants. If this is the case, water should be cleaned with the use of home filters. The most effective one in removing all water impurities is a system comprising a mechanical, sorptive, reverse osmosis filter.

Key words: reverse osmosis process, water quality, reduction of pollutants.