

Andrzej Gierak, Barbara Charmas, Roman Leboda

Chromatograficzne oznaczanie lotnych zanieczyszczeń wód metodą "Purge and Trap Injection"

Woda pobierana ze zbiorników, rzek lub studni głębinowych dla celów komunalnych poddawana jest analizie na zawartość związków azotowych, fosforowych, chlorów, soli oraz dużej liczby innych związków chemicznych. Badana jest również jej mętność, zapach, pH, liczba bakterii itp. [1]. Praktycznie w Polsce rzadko określa się zawartość substancji organicznych w wodzie; zwykle dotyczy to tylko THM-ów [2, 3], azotu w związkach organicznych [6], aldehydów i alkoholi [7] oraz innych związków organicznych [8-10]. W innych krajach, np. w USA określa się obecność znacznie większej liczby związków organicznych, zarówno naturalnie występujących w wodzie [11, 12], jak również powstających w wyniku chlorowania wody [4, 5, 13, 14] lub jej ozonowania [7, 8, 15, 16]. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż uważane za bardzo efektywne i korzystne ze względów zdrowotnych ozonowanie, może prowadzić do powstawania bardzo wielu substancji szkodliwych, np. alifatycznych aldehydów, alkoholi, kwasów, nitrozwiązków i in. [7, 15-17]. Substancje te powstają w przypadku obecności w wodzie tzw. prekursorów; najczęściej są to węglowodory alifatyczne lub aromatyczne. Dlatego też wskazane jest oznaczanie tych substancji zarówno w wodzie ujmowanej z różnych źródeł, jak i w wodzie wodociągowej. Ponieważ rozpuszczalność węglowodorów zależy od ich masy cząsteczkowej i wraz z jej wzrostem maleje, dlatego też konieczne jest zwrócenie szczególnej uwagi na węglowodory bardziej lotne.

Analiza lotnych substancji organicznych w wodach lub glebach za pomocą technik chromatograficznych wymaga wstępnego ich wydzielenia z matrycy, ponieważ bezpośrednie dozowanie tych próbek na chromatograf jest utrudnione lub czasami wręcz niemożliwe. Do oznaczania

lotnych zanieczyszczeń wody i powietrza można wykorzystać ekstrakcję rozpuszczalnikami organicznymi, tzw. "Solid Phase Extraction" [18, 19], technikę "Headspace" [20, 21] oraz "Purge and Trap Injection" (PTI) [22-25]. Techniki wydzielania i zateżniania substancji rozproszonych w różnych fazach dzieli się na techniki "off-line" i "on-line", czyli przebiegające poza układem pomiarowym lub na drodze dozowania próbki. Oczywiście techniki "on-line" posiadają przewagę nad technikami "off-line", ponieważ dzięki temu, że dozuje się praktycznie całą ilość wydzielonych substancji na kolumnę, osiąga się lepsze sprawności i znacznie wyższe czułości. Spośród wymienionych powyżej technik praktycznie tylko metoda PTI pracuje w układzie "on-line". W związku z tym charakteryzuje się ona najwyższą sprawnością i najwyższą czułością w stosunku do oznaczanych substancji. Ogólne zasady metody PTI zostały omówione w pracy [26].

Spośród substancji lotnych, zawartych w środowisku wodnym, należy przede wszystkim zwrócić uwagę na obecność w nim ropopochodnych (tj. benzyn, olejów napędowych [22]), węglowodorów aromatycznych, chlorowcopochodnych alifatycznych i aromatycznych, związków poliaromatycznych, a także środków ochrony roślin oraz substancji owado- i insektobójczych. Wynika to stąd, że substancje te wykazują nie tylko bezpośrednio toksyczne działanie na człowieka, ale występując nawet w śladowych ilościach w środowisku, niektóre z nich wykazują zdolność do kumulacji w organizmach ludzkich oraz często są powszechnie uważane za mutagenne i kancerogenne. Pogarszają one także właściwości organoleptyczne wody pitnej. Zjawisko to w obecnych czasach ulega znacznemu nasileniu z powodu zanieczyszczeń atmosfery spalinami samochodowymi, wyziewami przemysłowymi itp., a ponadto większość zakładów uzdatniania wody nie stosuje filtrów węglowych w procesie uzdatniania. Ponadto w Polsce nie prowadzi

się systematycznych badań zawartości produktów ropopochodnych w wodach, które mogą być prekursorami wielu bardzo szkodliwych substancji (np. po procesie chlorowania, ozonowania itp.). Należałoby prowadzić analizy na zawartość tych substancji przy bardzo małych ich stężeniach, często poniżej $10^{-10} + 10^{-12}$ g/dm³. Jest to znacznie poniżej czułości detektorów stosowanych w chromatografii. W Polsce brak jest aparatury specjalistycznej do prowadzenia badań na zawartość lotnych zanieczyszczeń organicznych w wodzie występujących w bardzo niskich stężeniach.

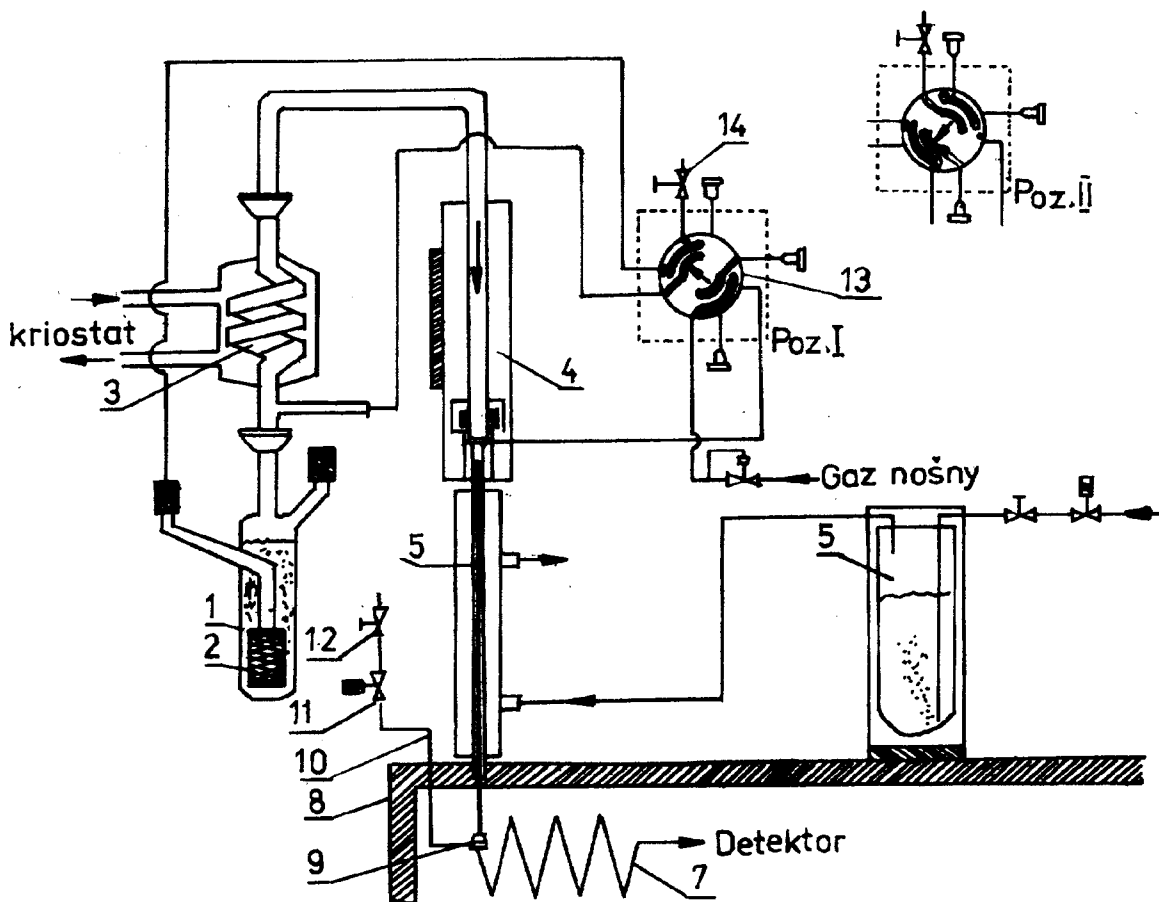
Celem niniejszej pracy było pokazanie możliwości bezpośredniego oznaczania lotnych zanieczyszczeń wody, występujących na bardzo niskim poziomie stężeń ($10^{-9} + 10^{-11}$ g/dm³), przy pomocy chromatografii gazowej ze specjalną przystawką do wydzielania i zatężania par substancji łatwo lotnych, tzw. urządzenia do "Purge and Trap Injection". Zajęto się badaniami nad obecnością tych substancji w lubelskiej wodzie wodociągowej, jak i w wodach studziennych, zanieczyszczonych

produktami ropopochodnymi, pochodzącymi z przecieków z kopalń Lubelskiego Zagłębia Węglowego do studni okolicznych rolników.

Budowa aparatury

Urządzenie do wydzielania, wymrażania i dozowania substancji lotnych (PTI) przedstawiono schematycznie na rysunku 1.

Jest ono montowane bezpośrednio na dozowniku chromatografu gazowego. Gaz przemywający (który jest jednocześnie gazem nośnym) przechodzi przez próbkę umieszczoną w naczynku (1) poprzez rurkę ze spiekem szklanym (2); przepływając przez ciecz lub próbkę stałą porywa lotne składniki. Ponieważ oprócz substancji organicznych w gazie nośnym znajduje się także para wodna, jest ona wymrażana w kriostacie (3), chłodzonym za pomocą mieszaniny oziębiającej do około -15°C . Następnie gaz nośny przechodzi poprzez rurkę szklaną,



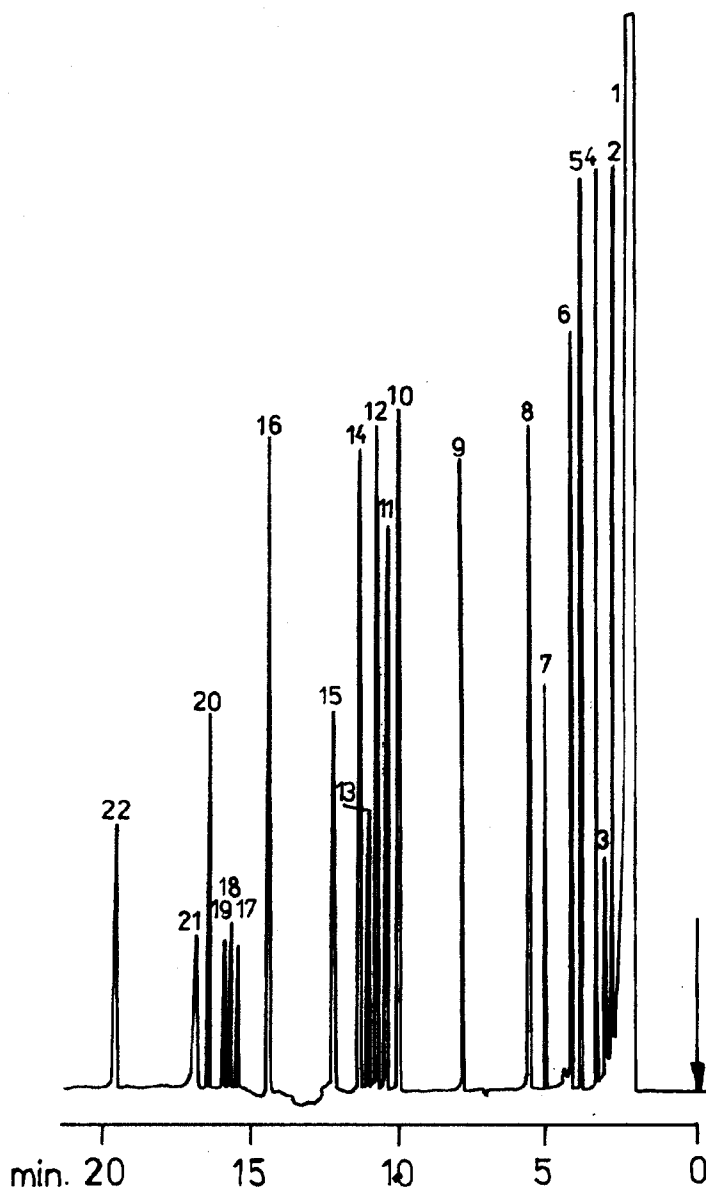
Rys. 1. Aparatura do "Purge and Trap Injection" (1-naczynko szklane z próbką, 2-spiek szklany, 3-kriostat, 4-piec, 5-kolumnienka kapilarna, 6-naczynie z ciekłym azotem, 7-kolumna chromatograficzna, 8-obudowa chromatografu gazowego, 9-zawór 3-pozycyjny, 10-wy-lot gazu przemywającego, 11-zawór przemywający odcinający, 12-zawór regulacji przepływu gazu przemywającego, 13-zawór 8-pozycyjny, 14-zawór gazu oczyszczającego)

która może być wypełniona sorbentem i umieszczona jest w piecu (4). Jeżeli stosuje się adsorbent, to ma on za zadanie wychwycić na swej powierzchni substancje lotne, które po procesie sorpcji desorbują się termicznie na kolumnkę kapilarną (5). Kolumnka ta jest chłodzona ciekłym azotem do temperatury około -100°C i ma za zadanie zatrzymywać albo wszystkie substancje lotne porywane z próbki w naczynku (1), albo substancje zdesorbowane z adsorbentu w piecu (4) (np. wychwycone z powietrza). Po około 15+30 minutach cyklu wymrażania kolumnki kapilarnej ogrzewa się ją do temperatury 200°C , a zdesorbowane substancje są bezpośrednio wprowadzane na analityczną kolumnę kapilarną chromatografu gazowego. Poszczególne

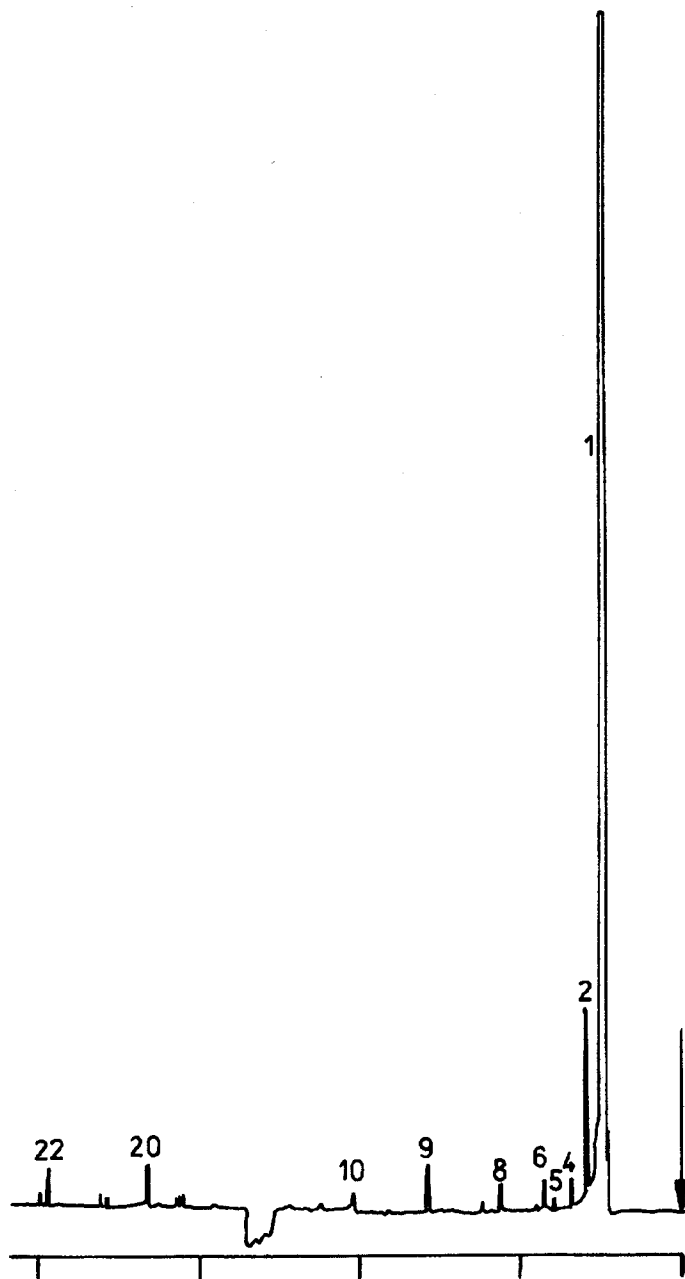
cykle procesu zateżnienia, wymrażania i dozowania są sterowane za pomocą 8-pozycyjnego (12) zaworu obrotowego i dwóch zaworów odcinających (11) i (14). W zależności od stężenia próbki, czas wychwytywania składników może wynosić od 1 do 99 minut.

Metodyka badań

Aby wykonać bezpośrednią analizę chromatograficzną substancji organicznych w wodzie o zawartości $10^{-9} + 10^{-10} \text{ g/dm}^3$, należałoby przy użyciu detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID) jednorazowo dozować $1 + 10 \text{ cm}^3$ próbki. Jest to praktycznie niemożliwe, tym bardziej,



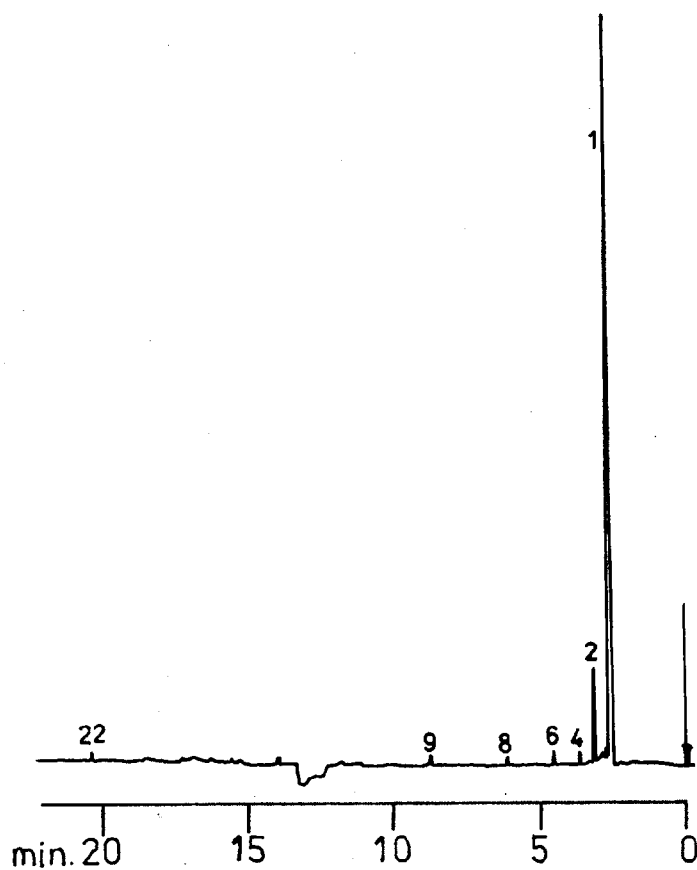
Rys. 2. Chromatogram mieszaniny wzorcowej – woda redestylowana z dodatkiem $4 \cdot 10^{-9} \text{ g/dm}^3$ każdego z poniższych składników: 1-metanol, 2-chloroform, 3- CHCl_2Br , 4-pentan, 5-heksan, 6-benzen, 7-dichloroetan-1,2, 8-trichloroetylen, 9-heptan, 10-toluen, 11-n-oktan, 12-chlorobenzen, 13-etylobenzen, 14-bromoform, 15-m,p-ksylen, 16-o-ksylen, 17-n-nonan, 18,19,20-o,m,p-dichlorobenzen, 21-naftalen, 22-nitrobenzen, 23-antracen



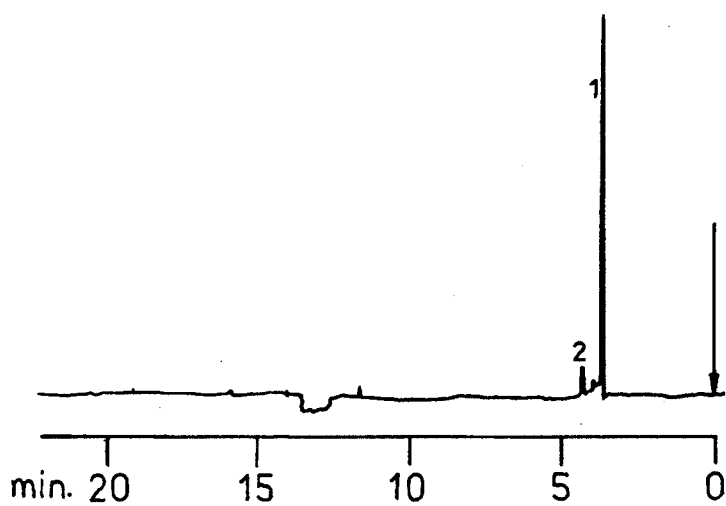
Rys. 3. Chromatogram lubelskiej wody wodociągowej

gdy analizę wykonujemy przy użyciu kolumn kapilarnych. Z tego też względu należy wstępnie prowadzić proces zateżniania oznaczanych składników. Ponieważ analizowane próbki wzorców i badanych materiałów wykonywano w tych samych warunkach, w niniejszej pracy nie zajmowano się sprawnością zateżniania poszczególnych składników próbki zakładając, że są one identyczne zarówno dla wzorców jak i dla badanych substancji. Z badań innych autorów [25] wynika, że procentowa sprawność procesu PTI zależy od polarności oznaczanych substancji oraz od temperatury wody w procesie

oznaczania. 100-procentowe odzyski otrzymuje się dla substancji alifatycznych o charakterze niepolarnym (np. n-oktan), zaś wraz ze wzrostem polarności substancji należy używać wyższych temperatur wody, aby uzyskać wyższe sprawności procesu (np. dla chlorotoluenu, 3-heptanonu). Dla substancji silnie polarnych (alkohole, kwasy organiczne) sprawność procesu jest bardzo niska i podwyższenie temperatury nawet do 95 °C nie pozwala na wyraźne jej zwiększenie (proces osiąga maksymalnie 10 % sprawności). Z tego też względu technika PTI jest metodą nadającą się głównie do analizowania substancji



Rys. 4. Chromatogram wody podwójnie destylowanej w aparaturze kwarcowej



Rys. 5. Chromatogram gotowanej wody redestylowanej



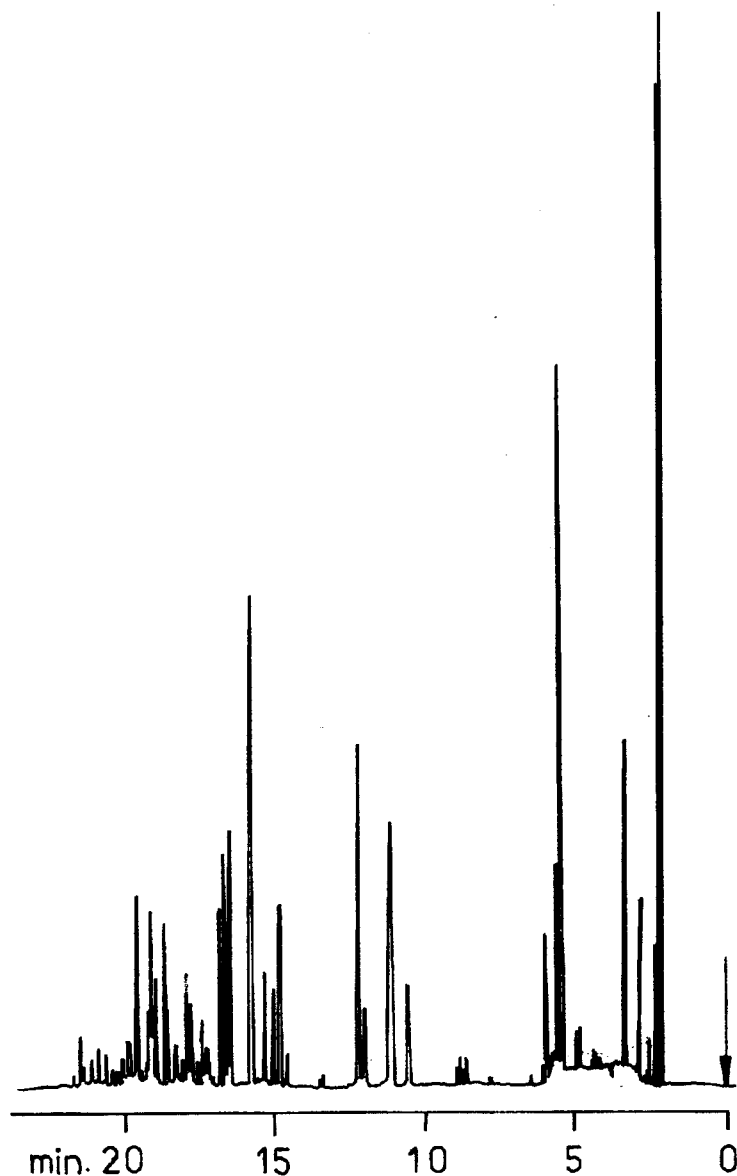
Rys. 6. Chromatogram wody destylowanej zawierającej $2 \cdot 10^{-5} \text{ g/dm}^3$ benzyny (20 ppm)

niepolarnych (węglowodory alifatyczne i aromatyczne, produkty ropopochodne) lub słabo polarnych (chlorowcopochodne węglowodorów). Stąd też badania próbek wodnych ograniczono do tych grup związków.

W niniejszej pracy przeprowadzono badania na zawartość substancji lotnych w wodzie. W pierwszej części oznaczano zawartość lotnych zanieczyszczeń organicznych w wodzie wodociągowej, destylowanej oraz wodzie destylowanej specjalnie przygotowanej. W drugiej części prowadzono badania lotnych zanieczyszczeń wody produktami ropopochodnymi (tj. benzynami). Ostatnio w Polsce obserwuje się nasilone zjawisko występowania produktów ropopochodnych w wodach powierzchniowych, podziemnych a nawet głębinowych, które są wykorzystywane jako ujęcia wód pitnych. Produkty ro-

popochodne mogą się tam znajdować jako wynik przeciekania betonowych zbiorników ze stacji dystrybucji i przechowywania paliw płynnych, jako wynik odwiertów geologicznych w poszukiwaniu gazu ziemnego i ropy, a także jako rezultat różnego rodzaju awarii lub bezpośredniego wycieku paliwa do ziemi, wód lub kanalizacji itp. Niemalym źródłem emisji benzyn i oleju napędowego są nieprawidłowo pracujące silniki samochodowe, zwłaszcza w okresie zimowym, gdy przez dość długi okres pracują na urządzeniu rozruchowym, a niespalone cząstki paliw na mrozie szybko kondensują i gromadzą się na ziemi lub w wodzie.

Do badań pobierano próbki o objętości 5 cm^3 ; proces wymrażania prowadzono przez 15 minut w temperaturze -100°C , a następnie ogrzewano kapilarę sorpcyjną



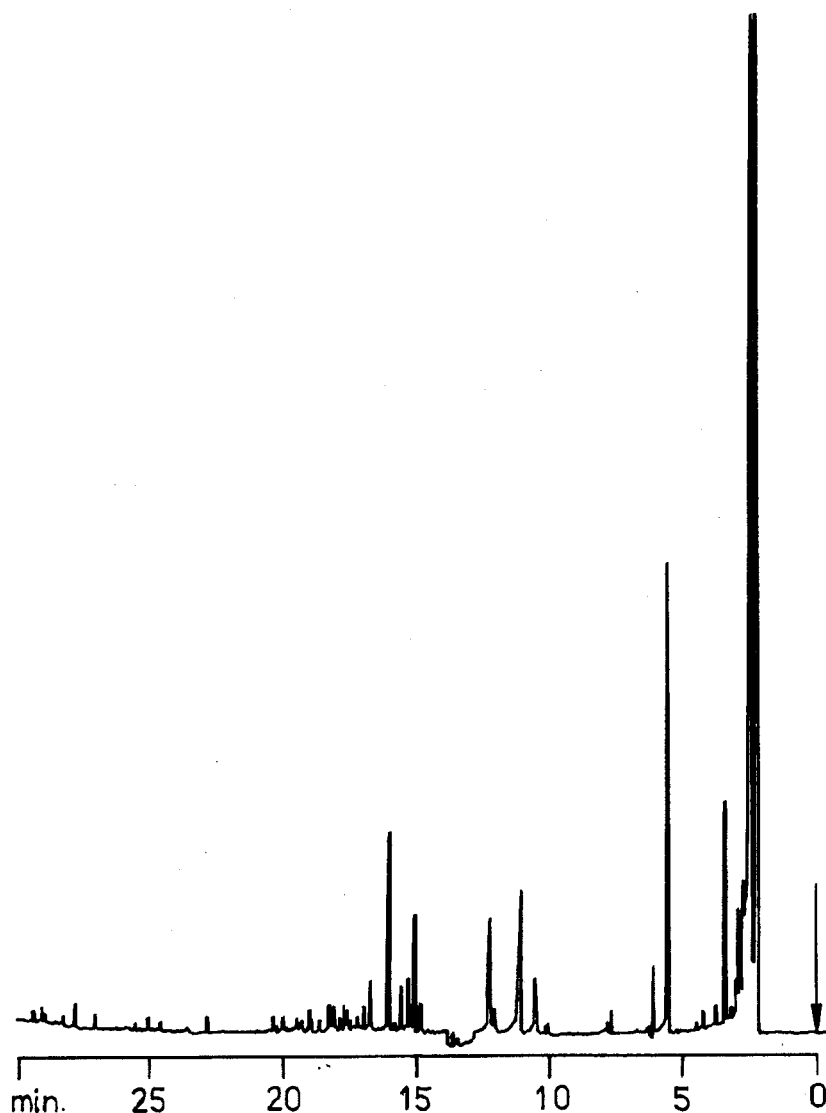
Rys. 7. Chromatogram wody destylowanej zawierającej $1 \cdot 10^{-7}$ g/dm³ benzyny (100 ppb)

do temperatury 200 °C (przez 5 min) w celu desorpcji wychwyconych składników. Próbkę wraz z gazem nośnym przeprowadzana była na analityczną kolumnę kapilarną (SE-52 o dł. 25 m) w celu analizy chromatograficznej. Analizę przeprowadzano według ustalonego programu temperaturowego: 33 °C przez 10 minut i następnie narost temperatury 10 °C/min do 200 °C/5 min. Stosowano detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID).

Wyniki badań

Z pierwszej serii chromatogramów wynika, że najbardziej zanieczyszczona lotnymi substancjami organicz-

mi była woda wodociągowa (rys. 3). Spośród zidentyfikowanych substancji na podstawie chromatogramu wzorcowego (rys. 2) można określić zawartość w niej chloroformu na poziomie 67 ppb ($6,7 \cdot 10^{-10}$ g/dm³) oraz np. toluenu — $7 \cdot 10^{-10}$ g/dm³, etylobenzenu — $1,6 \cdot 10^{-11}$ g/dm³ i naftalenu — $1,8 \cdot 10^{-10}$ g/dm³. Oczywiście na chromatogramach brakuje lub są zminimalizowane piki substancji polarnych, które techniką tą nie są oznaczane. Brakuje tu zapewne również substancji nietrwałych chemicznie, o których obecności można przypuszczać znajdując podczas analizy końcowe, stabilne produkty ich rozkładu. Destylacja wody (rys. 4) usuwa część lotnych zanieczyszczeń obecnych w wodzie wodociągowej. Jednakże są one obecne na poziomie około



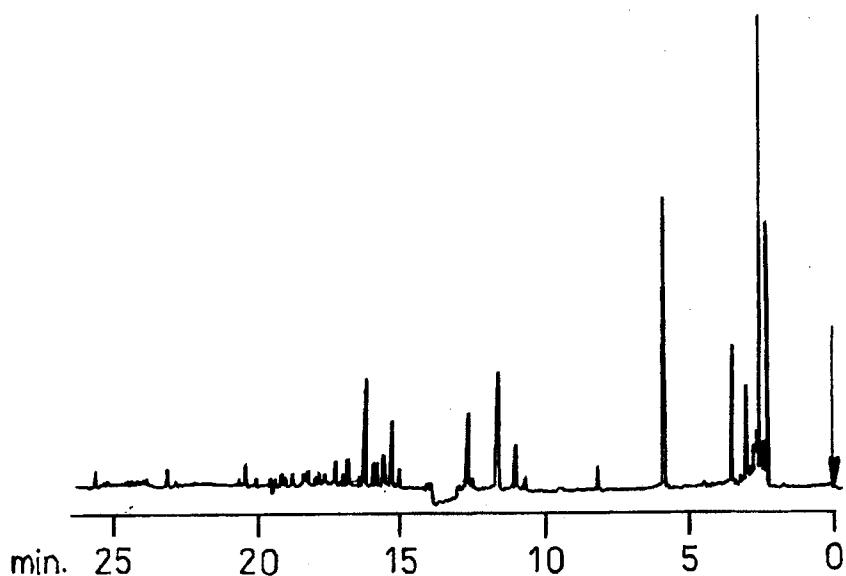
Rys. 8. Chromatogram wody destylowanej zawierającej $2 \cdot 10^{-8} \text{ g/dm}^3$ benzyny (20 ppb)

50 % zawartości wyjściowej. Najbardziej efektywną metodą usuwania lotnych zanieczyszczeń z wody jest jej gotowanie przez co najmniej 1 godzinę. Na rysunku 5 przedstawiono chromatogram otrzymany w wyniku analizy takiej wody.

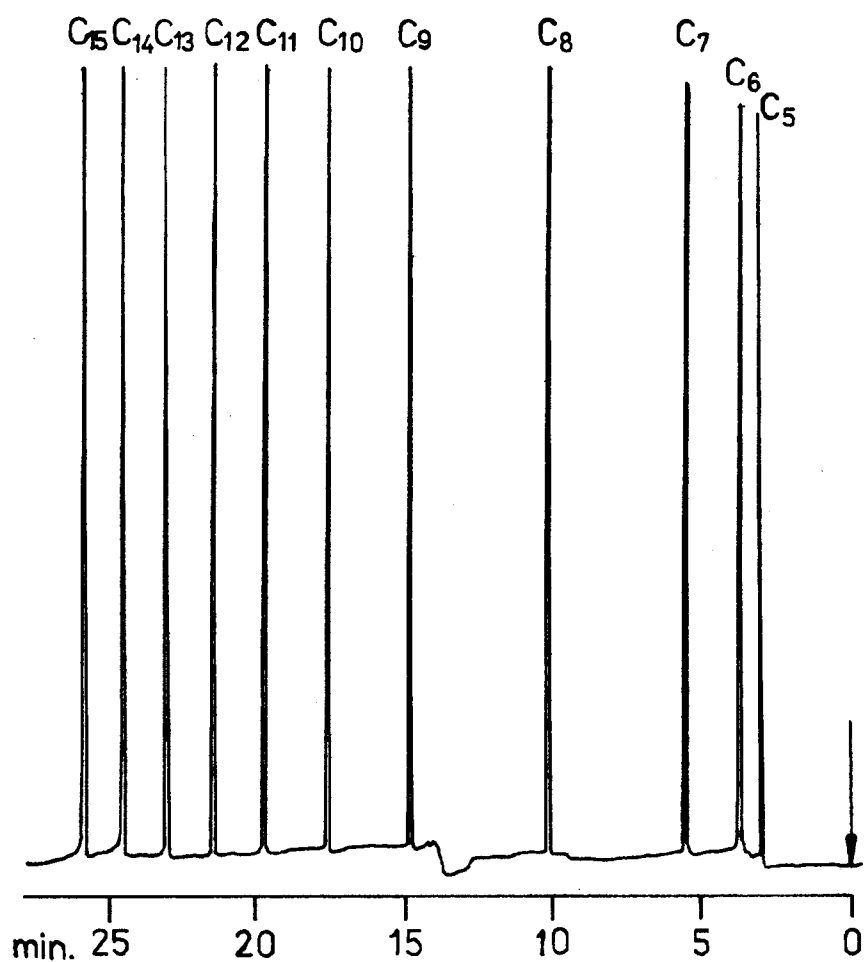
W przypadku analizy produktów ropopochodnych praktycznie nie można zidentyfikować poszczególnych substancji występujących w mieszaninie, lecz raczej należy mówić o charakterystycznych profilach benzyn, olejów napędowych, nafty itp. Porównanie czasów retencji dla analizowanych próbek z czasami retencji szeregu węglowodorów chromatografowanych w tych samych warunkach, pozwala na określenie przybliżonego składu próbek zanieczyszczonych produktami ropopochodnymi. Rysunki 6, 7 i 8 przedstawiają wzorce zawierające

różne ilości benzyny w wodzie destylowanej: od 20 ppm do 20 ppb (od $2 \cdot 10^{-5}$ do $2 \cdot 10^{-8} \text{ g/dm}^3$).

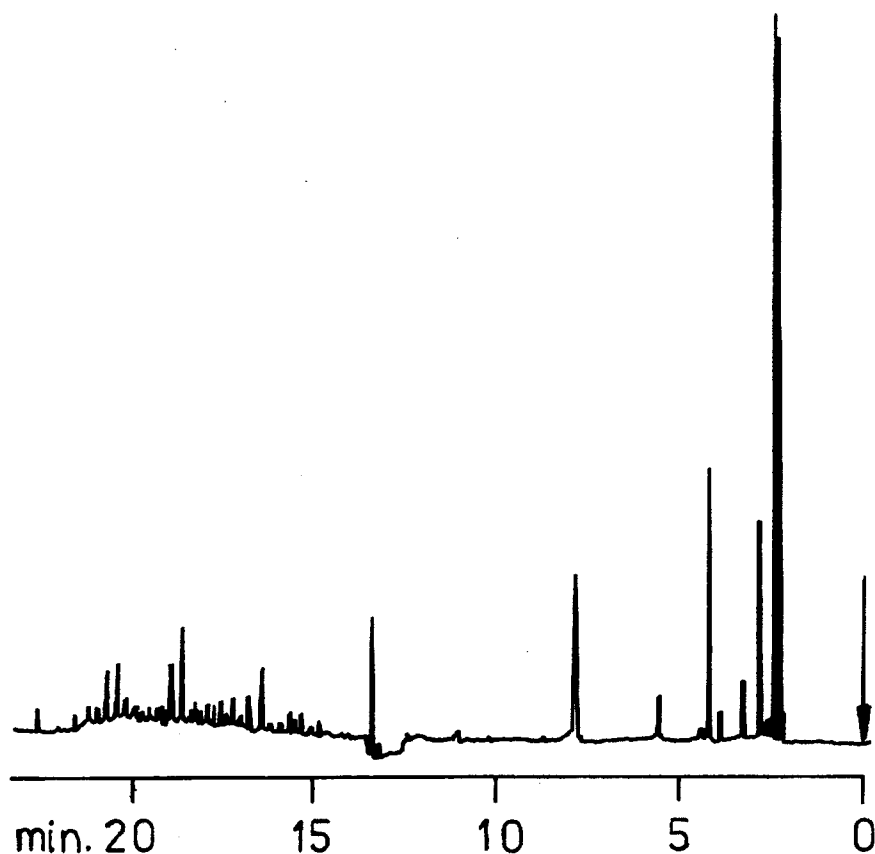
Na rysunku 9 przedstawiono chromatogram, który wykonano w celu sprawdzenia efektywności procesu wydymywania substancji lotnych z analizowanej próbki. Zawarta jest tam analiza wody destylowanej zanieczyszczonej benzyną (o zawartości 20 ppm benzyny), wykonana powtórnie po I cyklu analitycznym. Praktycznie zawartość benzyn na chromatogramie (rys. 9) stanowi znacznie poniżej 10 % pierwotnego składu próbki. Ponadto brak jest na nim pików substancji bardziej lotnych (pierwsza część chromatogramu). Dla bardziej rozcieńczonych roztworów efektywność procesu wzrasta (identyczne próby dla rozcieńczonych roztworów benzyn dają minimalne ilości pików na powtórny chroma-



Rys. 9. Chromatogram ponownej analizy pozostałości mieszanki wzorcowej o zawartości $1 \cdot 10^{-7} \text{ g/dm}^3$ po jednokrotnym cyklu oznaczania



Rys. 10. Chromatogram mieszaniny n-alkanów $C_5 + C_{15}$ o stężeniu $2 \cdot 10^{-5} \text{ g/dm}^3$ w wodzie destylowanej



Rys. 11. Chromatogram wody ze studni w Bogdanie o minimalnym stężeniu produktów ropopochodnych (około 10 ppb)

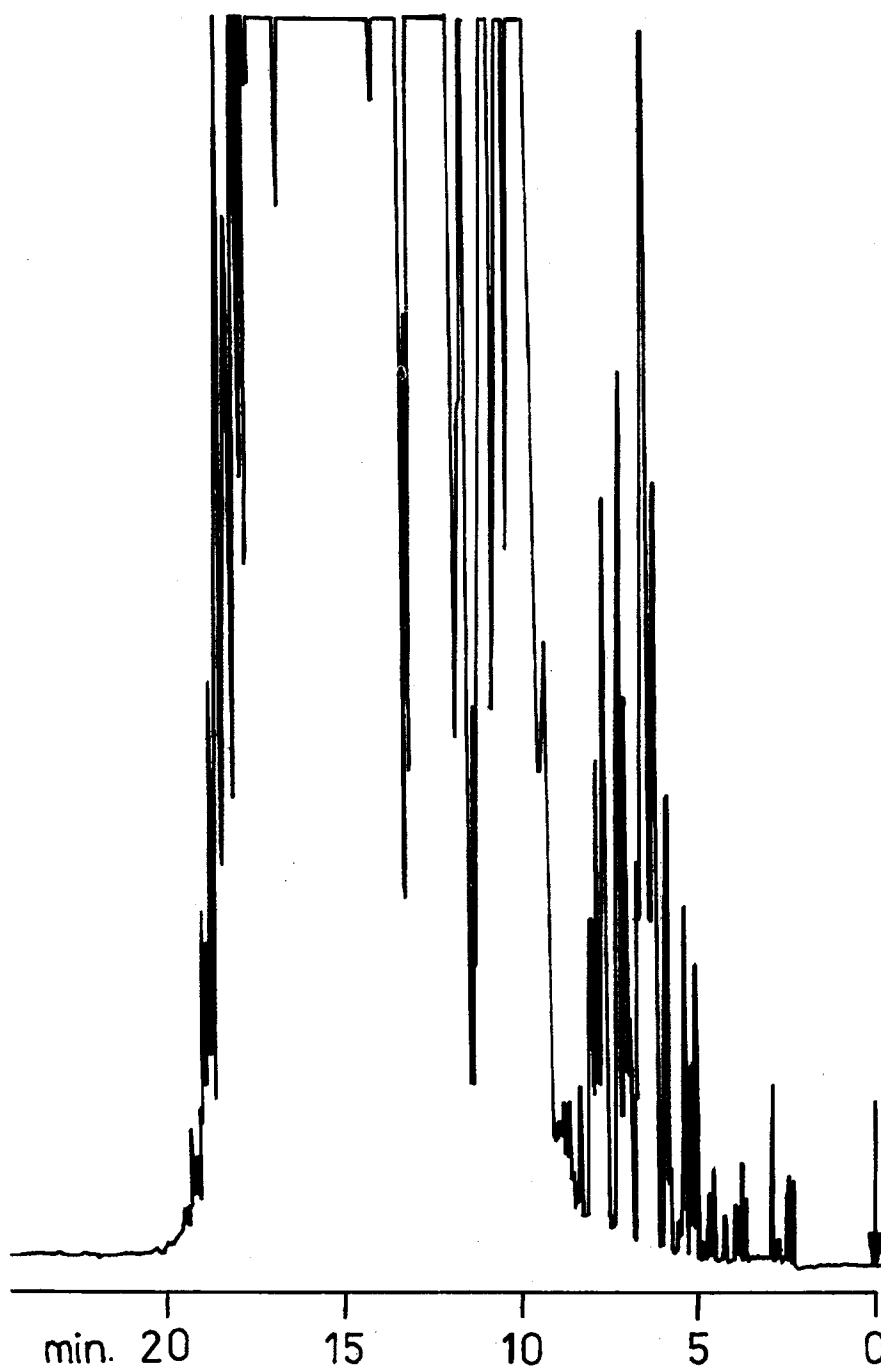
togramie). Świadczy to, że oznacza się co najmniej 90 % bezwzględnej zawartości składników. Ponieważ pomiary polegają na badaniach względnych (porównuje się stężenie analizowanej próbki z próbką wzorca analizowaną w tych samych warunkach), więc błędy oznaczeń ulegają kompensacji.

Dla określenia przybliżonego składu analizowanej próbki, w identycznych warunkach wykonano analizę n-alkanów $C_5 + C_{15}$ o stężeniu $2 \cdot 10^{-5} \text{ g/dm}^3$ każdego ze składników rozpuszczonych w wodzie destylowanej (rys. 10). Z porównania chromatogramów wynika, że benzyna zawiera praktycznie węglowodory $C_5 + C_{11}$.

Dla zilustrowania praktycznych możliwości wykorzystania opisanej techniki do analizy naturalnych próbek pobranych ze środowiska, na chromatogramach (rys. 11 i 12) przedstawiono analizy próbek wody studziennej pobranej z okolic zanieczyszczonych produktami ropopochodnymi (okolice Bogdanki) o minimalnym (ok. 10 ppb benzyny) oraz maksymalnym zanieczyszczeniu (woda zawierająca warstwę produktów ropopochodnych na powierzchni). Potwierdza to użyteczność metody do oznaczania minimalnych stężeń benzyny w wodzie.

Podsumowanie

Metoda "Purge and Trap Injection" jest wysoce czułą i użyteczną techniką do oznaczania niepolarnych i umiarkowanie polarnych lotnych zanieczyszczeń organicznych wody, powietrza i materiałów stałych, przy ich stężeniu na poziomie $10 \cdot 10^{-9} + 100 \cdot 10^{-6} \text{ g/dm}^3$ (10 ppb + 100 ppm). Metoda ta nie wymaga wstępnego przygotowania próbki, np. przesysania przez złożę sorbentu w próbniku, ekstrakcji rozpuszczalnikami organicznymi itp. Dzięki temu, że próbkę wprowadza się bezpośrednio do zamkniętego układu, unika się błędów związanych ze stratami najbardziej lotnych składników, czy też wprowadzania dodatkowych zanieczyszczeń wraz z użytymi rozpuszczalnikami organicznymi. Ograniczeniem metody jest niska elucja zanieczyszczeń polarnych i silnie polarnych, zwłaszcza z roztworów wodnych, co powoduje, że dla tej klasy związków metoda posiada szereg ograniczeń lub jest wręcz niemożliwa do wykorzystania. Wady te można ewentualnie eliminować tworząc z polarnych połączeń bardziej lotne derywaty, lub prowadząc podobnego typu procesy. Jednakże wymaga to prowadzenia systematycznych badań w tym kierunku. Dzięki tej technice oznaczono obecność węglowodorów alifatycznych



Rys. 12. Chromatogram wody ze studni całkowicie zanieczyszczonej produktami ropopochodnymi (z warstwą organicznych zanieczyszczeń na powierzchni wody)

i aromatycznych w wodach studziennych o bardzo zróżnicowanych stężeniach, otrzymując wyniki każdej analizy po kilkudziesięciu minutach. Technika ta może być też użyteczna do prowadzenia bardzo dokładnych analiz wody pitnej, zwłaszcza na zawartość węglowodorów alifatycznych, aromatycznych i poliaromatycznych, przy bardzo niskich ich stężeniach, nawet poniżej 10^{-9} g/dm³.

LITERATURA

1. Polskie Normy dotyczące oznaczania jakości wód.
2. R. LEBODA, A. GIERAK, P. GROCHOWICZ: Wykorzystanie karbosili do analizy lotnych zanieczyszczeń wody. *Ochrona Środowiska*, 1987, nr 2-3(32-33), ss. 61-64.

3. A. A. STEVENS, J. M. SYMONS: Measurements of trihalomethane and precursor concentration changes. J. AWWA, 1977, No. 10, p. 546.
4. J. J. ROOK: Haloforms in drinking water. J. AWWA, 1976, No. 3, p. 168.
5. B. KOCH et al.: Analysis of halogenated disinfection by-products by capillary chromatography. Proc. AWWA WQTC, St. Louis 1988.
6. A. L. KOWAL: Gospodarowanie wodą we Francji. Gospodarka wodna, 1989, nr 6.
7. W. H. GLAZE et al.: Evaluation of ozonation by-products from two California surface waters. J. AWWA, 1989, No. 8, p. 66.
8. S. W. KRASNER et al.: The occurrence of disinfection by-products in US drinking water. J. AWWA, 1989, No. 8, p. 41.
9. A. A. STEVENS, L. A. MOORE, R. J. MILTNER: Formation and control of non-THM disinfection by-products. J. AWWA, 1989, No. 8, p. 55.
10. T. KOWALSKI: Stopień biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń organicznych wód i ścieków oraz ich podatność na oczyszczanie. Prace Naukowe Inst. Inż. Ochr. Środow. Politechniki Wrocławskiej, nr 59, seria Monografie nr 27, Wrocław 1988.
11. R. D. KLEOPFER: Analysis of drinking water for organic compounds. Environ. Lett., 1975, No. 3, p. 205.
12. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA and WPCF, Washington D.C., 1985.
13. J. M. CARRELL, B. BAUM: Precursors and mechanisms of haloform formation in the chlorination of water supplies. Water Chlorination, Environmental Impact and Health Effects, Vol. 2 (Jolley R.L. et al. editors), Ann Arbor Science, Ann Arbor 1978.
14. R. T. TRUSSELL, M. D. UMPHRES: The formation of trihalomethanes. J. AWWA, 1978, No. 11, p. 604.
15. H. YAMADA, I. SOMIYA: The ozonation of natural water: Identification of carbonyl products and their behavior. Ozone Sci. and Energy, 1989, No. 2, p. 127.
16. H. YAMADA, I. SOMIYA: The ozonation of natural water of the carbonyl products and their behavior. Ozone By-products Workshop. Univ. of California, Los Angeles 1988.
17. A. L. KOWAL: Oczyszczanie wody: Chemiczne czy biologiczne? Ochrona Środowiska, 1991, nr 1(42), ss. 3-6.
18. R. J. KIM, J. Y. LEE, H. S. LEE: Solid phase extraction for sample preparation of chloramphenicol with graphitized carbon black. J. Chromatogr., 1987, 400, pp. 285-291.
19. M. ZIEF: Solid phase extraction for sample preparation. J. T. Baker Chemical Co.
20. M. HUBER, G. ERSTERMANN, G. BONN: Analysis of volatile halogenated hydrocarbons on the ppq scale. Fresenius Z. Anal. Chem., 1988, 331, 486.
21. B. KOLB, Ed.: Applied Headspace Gas Chromatography. Heyden and Son, London 1980.
22. S. A. HAZARD, J. L. BROWN, W. R. BETZ: Extraction and analysis of hydrocarbons associated with leaking underground storage tanks. LC-GC, Vol. 4, No. 4, 1991.
23. Estimating Air Emission from Petroleum UST Cleanups. U.S. EPA Office of Underground Storage Tanks, 1990, 6.
24. Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical and Chemical Methods, SW-846. U.S. EPA Office of Emergency Response, Washington, D.C. 1986.
25. H. SCHALLER, H. CORNET: Probenvorbereitungs- und Injektionssysteme für die Spurenanalytik leichtflüchtiger organischer Komponenten in Wasser mittels Kapillar-Gas-Chromatographie. 13 Aachener Werkstattgespräch vom 14-15.09.1989.
26. A. GIERAK, B. CHARMAS, R. LEBODA: Metody przygotowania próbek wody do chromatograficznej analizy zanieczyszczeń organicznych. Ochrona Środowiska, nr 2(46), 1992, ss. 19-24.

CHROMATOGRAPHIC DETERMINATION OF VOLATILE POLLUTANTS IN WATER BY THE PURGE AND TRAP INJECTION (PTI) METHOD

The paper presents the design of the PTI apparatus and its application to the examination of the volatile components of water samples. Using the PTI technique makes it possible to preconcentrate and separate volatile organic pollutants of a concentration of $10^{-8} + 10^{-10}$ g/dm³ (0.1 + 100 ppb). The water from the

matrix does not disturb the analytical procedure, and this is undoubtedly the advantage of the combination with chromatographic analysis. Analyses were carried out with standard mixtures, as well as with water samples contaminated with oil derivative products (petrols) at various concentrations (10 ppb + 20 ppm). The PTI method is simple and allows direct analysis of water samples without preliminary preparation, so it is best suited for the analysis of trace amounts of nonpolar and moderately polar organic pollutants in water, soil and air.