

W. OLCZAKOWSKI, J. PALUCH, K. KOWALSKA, S. GISMAN

ODKAŻANIE WODY DO PICIA
PRZY UŻYCIU PROMIENI ULTRAFIOLETOWYCH

Wstęp

W poszukiwaniu nowoczesnych prostych metod i urządzeń do odkażania wody (Paluch i Kowalska 1960) zwrócono uwagę na możliwość zastosowania do tego celu promieni ultrafioletowych (UV), które zapewniając należyty efekt bakteriobójczy, nie wpływają zupełnie na cechy organoleptyczne wody i jej charakter chemiczny. Urządzenia do takiego odkażania wody są proste pod względem konstrukcyjnym i łatwe do instalacji w małych urządzeniach do zaopatrywania w wodę.

W oparciu o te przesłanki W. Olczakowski i G. Gisman skonstruowali w Głównym Instytucie Górnictwa proste urządzenie do odkażania wody promieniami UV, którego działania bakteriobójcze sprawdzili J. Paluch i K. Kowalska w Zakładzie Techniki Sanitarnej Politechniki Śląskiej w próbach laboratoryjnych i półtechnicznych. W pracy niniejszej przedstawiono wyniki badań mikrobiologicznych nad przydatnością tych urządzeń do odkażania wody.

Bakteriobójcze działanie promieni UV na drobnoustroje znane jest od przeszło 70 lat. Od tego czasu datuje się coraz szersze zainteresowanie promieniowaniem ultrafioletowym jako czynnikiem od odkażania wody i zaczynają się pojawiać publikacje podające wyniki badań nad zastosowaniem różnych urządzeń do odkażania wody (Traube 1919, Ryan 1946, Czerkinski 1953, Glibin 1953, Carlson 1954, Czerkasow i współprac. 1956, Strecha i Keleti 1959 i inni).

Istnieje obecnie cały szereg różnych typów lamp UV i urządzeń do odkażania wody (Koniuszkow 1955, Ganiew 1956, Lenski 1956). Jednakże dane literaturowe wskazują na to, że promienie UV do odkażania wody można stosować dla stosunkowo małych ilości wody ze względu na nieekonomiczność tego procesu (Ryan 1946, Babbit 1958, Sykes 1958).

Lampy promieniujące UV można albo zanurzać w wodzie, która przepływa wokół promienników, albo też można umieszczać nad powierzchnią przepływającej wody. W pierwszym przypadku efekt działania lampy UV jest niewątpliwie lepszy, a urządzenie wydajniejsze, gdyż całe promieniowanie UV działa na drobnoustroje zawarte w wodzie. Natomiast w przypadku drugim tylko część promieniowania UV spełnia swe zadanie bakterio-bójcze.

Działanie promieni UV na komórkę drobnoustrojową zostało już dość dobrze przebadane. Barner (1956) a także A. Gurwitsch i L. Gurwitsch (1956) podają, że promienie UV porażają przede wszystkim proces podziału komórkowego i wywołują zmiany w układzie koloidalnym komórki. Stwierdzono też, że na ogół najlepsze działanie bakterio-bójcze posiadają fale o długości 2500 - 2600 Å, chociaż niektóre bakterie przetrwalnikowe giną pod wpływem fal o długości między 2652 a 2804 Å (Sykes 1958).

Ważnym czynnikiem wpływającym na efekt bakterio-bójczy promieni UV jest możliwość ich absorpcji. W powietrzu absorpcja tych promieni nie odgrywa ważniejszej roli, natomiast w ośrodku wodnym sprawa ta przedstawia się inaczej. Hollaender (1958) podaje, że już warstwa wody destylowanej o grubości 3 cm absorbuje 90% promieni UV. Stwierdzono też, że absorpcja promieni UV przez wodę powierzchniową nawet dokładnie mechanicznie oczyszczoną jest duża. Nie ustalono dotychczas jakie substancje zawarte w wodzie wpływają na stopień absorpcji. Wuhrmann (1956) przypuszcza, że znajdujące się w takich wodach kwasy huminowe bardzo silnie absorbują promienie UV. Według Mc Cullocha (1946) wielkość absorpcji zależy od długości fali UV. Nie przebadano jeszcze dokładnie wpływu wszystkich cech i własności fizykochemicznych wody na absorpcję i bakterio-bójcze działanie promieni UV (Wuhrmann 1954, Hollaender 1955).

Używając promieni UV jako czynnika bakterio-bójczego należy zwrócić uwagę na znane zjawisko fotoreaktywizacji drobnoustrojowych (Wuhrmann 1954, Weatherwax 1956, Charles i Zimmermann 1956, Hollaender 1956). Stwierdzono, że zarodniki pleśni i drożdży oraz niektóre rodzaje i gatunki bakterii po napromienowaniu falami świetlnymi o długości 2537 Å i natychmiastowym ich naświetleniu promieniami wodzialnymi ($\lambda = 5100 \text{ \AA}$) zostają reaktywowane i procesy rozmnażania zachodzą u nich normalnie. Uważa się jednak, że ilość komórek o takich właściwościach w populacji nie jest wielka, przez co zjawisko to nie ma praktycznie większego znaczenia. Niemniej jednak zjawisko to powinno się mieć na uwadze przy wykorzystywaniu UV do odkażania wody do picia.

Badania własne

Metodyka pracy

W celu przebadania sprawności bakteriobójczej lamp promieniujących UV zaprojektowano i zbudowano w Głównym Instytucie Górnictwa specjalne urządzenie do odkazania wody (rys.12). Urządzenie tego typu, po ustaleniu jego sprawności można będzie stosować do odkazania wody tam, gdzie nie ma centralnego zaopatrzenia w dobrą wodę do picia i do celów gospodarczych lub gdy nie można stosować innego tańszego sposobu dezynfekcji wody, np. przez chlorowanie.

W przedstawionych badaniach posługiwano się palnikami emitującymi promienie UV o długości fali 2537 Å. Ponieważ przemysł krajowy nie produkuje palników tego typu, użyto lamp importowanych z Holandii i NRF: Philips TUV 30 W, Original Hanau PL 399 oraz Original Hanau Tauchlampe PL 359.

Palnik lampy Philips 30 W zbudowany jest z rury kwarcowej, na końcach której umieszczone są elektrody zapłonowe. Średnica palnika wynosi 26 mm a długość 890 mm.

Lampa Original Hanau PL 399 posiada palnik konstrukcją zbliżony do poprzedniej. Średnica rury kwarcowej wynosi 16 mm a długość 870 mm, elektrody znajdują się na końcach palnika.

Lampa Original Hanau Tauchlampe PL 359 jest zbudowana odmiennie. Składa się ona z grubościennej rury kwarcowej, wewnątrz której umieszczony jest kwarcowy palnik emitujący ultrafiolet. Doprowadzenie prądu elektrycznego znajduje się w górnej części - w głowicy. Palnik jest wymienny i w razie przepalenia może być zastąpiony nowym. Dodatkową dodatnią cechą tego typu lampy jest odizolowanie palnika od bezpośredniego stykania się z wodą, co wpływa korzystnie na wytrzymałość i trwałość lampy.

Przy pomocy lampy Philips TUV i Hanau PL 399 przeprowadzono tylko próby wstępne, gdyż lampy te w trakcie prób przepaliły się. Całość prób przedstawionych w niniejszej pracy przeprowadzono przy użyciu lampy Hanau PL 359.

Urządzenia do dezynfekcji w kolejnych fazach prób były podobne do siebie pod względem konstrukcyjnym, różniły się natomiast stosowanym materiałem oraz pojemnością. Miały one kształt walców z bocznym doprowadzeniem i odprowadzeniem wody, zamykanych od dołu i góry talerzami z uszczelkami gumowymi. W przypadku palników z elektrodami znajdującymi się na końcach lampy oba talerze miały dławiki uszczelniające, natomiast urządzenie do dezynfekcji z palnikiem zanurzenio-

wym jedynie na górze. Wszystkie palniki zabudowane były w walcu centrycznie. Do budowy tych urządzeń użyto winiduru, aluminium i mosiądzu (rys. 1, 2).

Przeprowadzone badania polegały na ustaleniu grubości warstwy wody, przez którą przenikające promienie UV dają efekt bakteriobójczy, ustaleniu najkrótszego czasu naświetlenia wody w celu osiągnięcia efektu bakteriobójczego, a tym samym ustalenia maksymalnej wydajności urządzenia dającego wodę czystą pod względem mikrobiologicznym.

Cykl doświadczeń przeprowadzono w dwóch seriach. W pierwszej przebadano efekt bakteriobójczy promieni UV na drobnoustroje zawieszane w wodzie znajdującej się w bezruchu, w serii drugiej zaś przebadano ten sam efekt przy stałym przepływie wody przez urządzenie. Próby przeprowadzono na zawiesinie bakteryjnej w wodzie destylowanej, w roztworze fizjologicznym soli (wstępne), a główne na zawiesinie bakteryjnej w niechlorowanej wodzie wodociągowej z wodociągu w Gliwicach.

Do badań użyto czystą kulturę *Escherichia coli*, otrzymaną z Katedry Mikrobiologii Akademii Medycznej w Zabrze-Rokitnicy. Wydaje się, że ze względu na ustalenie efektu bakteriobójczego promieni UV na mikroflorę wodną, zastosowanie kultury *Esch. coli* jako wskaźnika sanitarnego zanieczyszczenia wody do picia i celów gospodarczych może dać należyty pogląd na to zagadnienie.

Należy podkreślić, że Hollaender (1955) i Sykes (1958) podają, iż *Esch. coli* wykazuje stosunkowo niewielką wrażliwość na działanie promieni UV w porównaniu z innymi drobnoustrojami, a szczególnie nieprzetrwałikującymi bakteriami chorobotwórczymi. Należyty efekt bakteriobójczy UV w stosunku do *Esch. coli* powinien więc zapewnić pełny efekt bakteriobójczy również w stosunku do innych bakterii szkodliwych znajdujących się ewentualnie w wodzie.

Z 24-ro godzinnej czystej kultury *Esch. coli* wyhodowanej na agarze bulionowym sporządzono zawiesinę w roztworze fizjologicznym soli. Zawiesinę tę rozcieńczano przez dokładne wymieszanie z wodą destylowaną lub wodociągową tak, aby uzyskać taką ilość komórek w 1 ml, która by odpowiadała ilościom spotykanych drobnoustrojów w wodach powierzchniowych o różnym stopniu zanieczyszczenia. Wodę z zawiesiną kultury wlewano jałowo do jałowego urządzenia z lampą UV i odpowiednio naświetlano.

Naświetlanie trwało od 2 do 256 sekund w postępie geometrycznym. Ze względów technicznych najdogodniejszym okazał się następujący sposób naświetlania wody: zaczynano od na-

świetlania przez 2 sek, pobierano próbkę wody do analizy, naświetlano przez następne 2 sek, pobierano próbkę wody, naświetlano kolejno przez 4 sek - pobierano próbkę, następnie przez 8 sek itd. Po każdym naświetlaniu pobierano próbkę wody do analizy z trzech odległości od źródła promieniowania UV (rys.3).

Pobierane próbki wody naświetlonej, a także kontrolne próbki wody nienaświetlanej, posiewano na standartowe podłoża Difcoagar Endo i agar bulionowy (Nutrient Agar).

Hodowle prowadzono wg metodyki sanitarnego badania wody do picia i celów gospodarczych Państwowego Zakładu Higieny. Poza bezpośrednim posiewem próbek wody na płytki Petriego z agarem Endo-Difco, zastosowano na tym podłożu metodę ultrafiltrów membranowych, stosując ultrafiltry Co-5 firmy Sartorius.

Do badań z wodą przepływającą użyto zawiesinę Esch. coli w wodzie wodociągowej, która dokładnie wymieszana znajdowała się w zbiorniku pojemności 300 l (rys.4). Woda ta grawitacyjnie przepływała przez urządzenie do naświetlania. Przy czasie przepływu wody przez urządzenie w ciągu 15 sek (czas naświetlania 15 sek) szybkość przepływu przez aparat wynosiła 1 litr/sek. Przebadano też efekt bakteriobójczy promieni UV przy przepływie 0,5 l/sek, 0,25 l/sek i 0,125 l/sek, otrzymując wtedy czas naświetlania odpowiednio 2,3 i 4-krotnie dłuższy. Zastosowano dwa typy urządzenia do naświetlania: jedno o średnicy cylindra 150 mm, drugie o średnicy 250 mm.

W celu sprawdzenia czy istnieje zjawisko reaktywizacji drobnoustrojów naświetlanych promieniami UV przeprowadzono szereg prób. Do jałowych próbek pobierano po 20 ml naświetlonej promieniami UV wody z zawiesiną Esch. coli i trzymano przez 7 dni w świetle dziennym w termostacie w temperaturze $37 \pm 1^{\circ}$. Codziennie pobierano z próbek 1 ml i posiewano na podane podłoża. Nie stwierdzono, by komórki naświetlone UV wyrosły w ciągu 7 dni.

Omówienie wyników

Przy doświadczeniach z zawiesiną Esch. coli w wodzie destylowanej (tab.1), zastosowano czas napromieniowania lampą UV wynoszący 16, 32, 64, 128 i 256 sek. Największa grubość warstwy wody (odległość od lampy UV) nie przekraczała 35 mm.

Przy bezpośrednim posiewie na podłożu Endo widać, że już naświetlanie w ciągu 16 sek daje dobry efekt letalny, lecz

procent zabitych drobnoustrojów zależy od początkowej ich zawartości. Im większa liczba bakterii w 1 ml. wody, tym proporcjonalnie większy procent ulega zniszczeniu, chociaż wtedy liczba pozostających żywych komórek jest często duża. Przy początkowej ilości do 26 bakterii w 1 ml wody destylowanej po 16-tu sekundach napromieniowania nie pozostaje ani jedna żywa komórka. Gdy początkowo było 130 mikroorganizmów w 1 ml - żywych pozostało 7 komórek (5,5%), a przy 500 - żywych pozostało 13 (1,6%). Dłuższy czas naświetlania dał w 100% pełny efekt bakteriobójczy.

Na podstawie tych prób wywnioskowano, że także krótszy czas naświetlania powinien dawać dobry efekt bakteriobójczy. Dlatego przy próbach z zawiesiną *Esch. coli* w roztworze fizjologicznym soli (tab.1) zastosowano czas naświetlania od 2 do 32 sek w postępie geometrycznym.

Przy ilości komórek 1 - 6 w 1 ml już po 2 sek promienie UV powodowały ich zabicie. W zawieszynie zawierającej 80 komórek w 1 ml - po upływie 2 sek działania lampy UV zostało 57 komórek (71%). Po 4-ch sek naświetlania z 80 pozostaje 10 bakterii tj. 8%. Po 8 sek naświetlania nie pozostała w ogóle żadna żywa komórka.

Przy zawartości 550 bakterii w 1 ml wody po 2-ch sek pozostało 18% żywych, po 4 sek - 7,3% a po 8 sek wszystkie komórki zostały zabite. Napromieniowanie zawieszyny zawierającej 2000 bakterii w 1 ml wody dało po 2 sek 8,5% żywych komórek, po 4 sek - 3,2%, po 8 sek - 0,01%. Po 16 sek nie pozostało w wodzie żywych komórek.

Na ultrafiltrach membranowych (tab.2), otrzymano podobne wyniki działania promieni UV, choć w wartościach bezwzględnych ilość bakterii była wyższa niż na podłożu *Endo* przy bezpośrednim posiewie. Występowanie różnic w ilości bakterii na podłożach i ultrafiltrach membranowych jest znane (Just i Ziemińska 1959) - ultrafiltry membranowe dają dokładniejsze wyniki.

W wodzie destylowanej jeszcze po 32 sek pozostawała część żywych komórek, natomiast w roztworze fizjologicznym soli po tym czasie nie było już żywych komórek, mimo że w niektórych próbach nawet krócej naświetlanych badany roztwór zawierał więcej bakterii.

Wyniki otrzymane z wodą wodociagową są podobne. Naświetlanie przez 16 sek nie daje pełnego efektu bakteriobójczego, choć trzeba jednak zaznaczyć, że bakterie giną szybciej w tym wypadku i końcowa ich liczba jest mniejsza aniżeli przy zawieszynie w roztworze fizjologicznym soli.

Następnie przebadano wpływ promieni UV na zawiesinę *Esch. coli* w wodzie wodociągowej zależnie od odległości od źródła promieniowania UV, naświetlając przez 4,8,32 i 64 sek. Jak podają bowiem Sykes (1958) i Hollaender (1955), efekt bakteriobójczy zależy przede wszystkim od głębokości przenikania promieni UV. Przebadano więc efekt bakteriobójczy w odległości od lampy: 15, 30, 35, 45, 50, 60 i 80 mm. Wyniki podano w tablicach 3, 4 i 5.

Tabela 3 ujmuje ilość *Escherichia coli* wyrosłych na ultrafiltrach membranowych, tabela 4 - ilość kolonii wyhodowanych przez bezpośredni posiew na podłożu Endo, wreszcie tabela 5 ogólną ilość bakterii otrzymanych na agarze odżywczym. Zaznaczyć tu należy, że użyta woda wodociągowa posiadała pewną niewielką ilość drobnoustrojów saprofitycznych przy mianie *coli* 50 do 100.

Otrzymany efekt bakteriobójczy zgodny jest z wynikami cytowanymi przez Sykesa (1958) i Hollaendra (1955). Im większa odległość od promiennika UV, tym słabszy efekt bakteriobójczy.

Jak stwierdzono, najsilniej bakteriobójczo działają promienie UV w pierwszym okresie działania. Tak np. po 4 sek pozostaje żywych maksymalnie 46% komórek przy odległości 15 - 50 mm od promiennika. Przy większej odległości od promiennika występuje znacznie słabszy efekt bakteriobójczy.

Wartości uzyskane na podłożu Endo (tab.4) oraz na ultrafiltrach membranowych (tab.3) potwierdzają także wyniki otrzymane na agarze odżywczym (tab.5). Wprawdzie wartości bezwzględne, na skutek zawartości w wodzie pewnych ilości drobnoustrojów są nieco zmienne, lecz wartości procentowe na ogół nie odbiegają od siebie.

Jak widać z powyższych danych, najlepszy wynik bakteriobójczego działania promieni UV na mikroflorę wodną występuje w odległości do 30 mm od lampy, przy czym czas naświetlania nie może być krótszy aniżeli 32 sek. Jednak jak już zaznaczono, naturalna mikroflora wodna jest bardziej odporna na naświetlenie UV, niż czysta kultura *Escherichia coli*. Dlatego też, aby uniknąć ewentualnego niebezpieczeństwa nie należy tego zdezynfekowania wody, do dalszych prób naświetlania wody w przepływie postanowiono zastosować czas, który przy wodzie w bezruchu dał 100% efekt bakteriobójczy. Założono jednak, że jest to maksymalny czas i dla kontroli wprowadzono dodatkowo krótszy czas naświetlania. Próby naświetlano przez 120, 60, 30 i 15 sekund. Odpowiada to następującej wydajności urządzenia: przy naświetlaniu przez 120 sek - 0,125 litra litra/sek, przy naświetlaniu 60 sek - 0,25 l/sek, przy naświetlaniu 30 sek - 0,5 l/sek i przy 15 sek - 1/sek.

Jak widać z tab. 6 i 7, przy zastosowaniu urządzenia w którym odległość od lampy była nie większa aniżeli 56 mm, otrzymano całkowite zabicie bakterii. Jedynie na agarze bulionowym przy przepływie wynoszącym 1 l/sek z 38 komórek pozostała jedna, z 44 - 4. Przepływy o mniejszej wydajności wody dają wodę jałową.

Jak jednocześnie stwierdzono, na agarze bulionowym wyrastały głównie drobnoustroje, które stanowią naturalną mikroflorę wody wodociągowej. Są one znacznie bardziej odporne na promieniowanie UV.

Otrzymany wbrew przewidywaniom dobry efekt bakteriobójczy nawet przy pełnej wydajności urządzenia, wynoszącej 1 litr wody na sekundę, można tłumaczyć tym, że cząsteczki wody będące w przepływie nieustannie mieszają się i stykają bezpośrednio z powierzchnią lampy UV, przez co zawieszona w wodzie komórki bakteryjne również znajdują się w najbliższej odległości od promiennika.

Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że zastosowanie zanurzeniowych lamp ultrafioletowych typu Hanau do odkażania wody jest celowe.

Maksymalny przebadany przepływ wody przez urządzenie doświadczałne przy którym uzyskano dobry efekt bakteriobójczy w stosunku do *Escherichia coli* wynosi 1 litr/sek. Ponieważ bakterie te są bardziej odporne na czynniki niekorzystne niż większość bakterii chorobotwórczych przewodu pokarmowego, te ostatnie najprawdopodobniej też giną w takich warunkach.

Przed ostatecznym wprowadzeniem takich lamp do praktyki odkażania wody do picia i potrzeb gospodarczych dla ujęć jednostkowych, należy przebadać efekt bakteriobójczy na urządzeniach o wydajności większej niż 1 litr/sek. Także należy przebadać wpływ jaki posiadają na efekt bakteriobójczy promieni UV niektóre cechy i własności fizyczne i chemiczne wody (temperatura, mętność, zawartość żelaza i niektórych innych soli, pH, itp). Próby takie już rozpoczęto. Wreszcie należy przeanalizować stronę ekonomiczną stosowania promieni UV jako środka bakteriobójczego: kosztą zużytej energii elektrycznej na jednostkę uzyskanej wody, kosztą inwestycyjną itp. i porównać z takimi samymi kosztami przy zastosowaniu innych metod dezynfekcji wody (chlorowanie, ozonowanie).

L i t e r a t u r a

1. BABBIT G.: "Wodosnabżenije" (Water Supply Engineering), Moskwa, Innot. Lit., 1958 (tż. z ang.)
2. BARNER H.: "The Relation of Growth to the Lethal Damage Induced by Ultraviolet Irradiation in Escherichia coli" J.Bact., 71,2, 149, 1956.
3. Carlson S.: "Über eine Entkeimung von Trinkwasser mit UV Strahlen". Strahlentherapie, 95, 3, 506, 1956.
4. CHARLES R.L., L.N.ZIMMERMANN: "Dark Reactivation in Ultraviolet Irradiated E. Coli" J.Bact. 71, 5, 611, 1956.
5. CZERKIŃSKI S.N.: "Effektiwnost obezbarażiwaniya ultrafioletowym obkuczenijem na opytno-proizvodstwiennoj ustanowke Akad. Kommun. Choz." Gig. i Sanit., 10, 8, 1953.
6. GENIEW: "Wodociagi", W-wa, 1956.
7. GLIBIN V.F.: "Ocenka nowych baktericidnych žamp pri primienienii ich w celach obezbarażiwaniya wody". Gig. i Sanit. 3, 11, 1953.
8. GURWITSCH A.G., L.D. GURWITSCH: "Die mitogenetische Strahlung, ihre physikalisch - chemischen Grundlagen und ihre Anwendung in Biologie und Medizin". VEB G. Fischer, Jena 1956.
9. HAUSCHILD G.: "Wasserversorgungsanlagen". VEB Verl. Techn. Berlin, 1953.
10. HOLLAENDER A.: "Radiation Biology". Mc Graw Hill Comp. New York, 1955.
11. JUST J., St. ZIEMINSKA: "Badania porównawcze nad przydatnością sączków membranowych i pasków bibułowych (bactostrip) w sanitarnym badaniu wody". Gaz, Woda i Techn. San., 1,16, 1959.
12. KONIUSZKOW A.M., OB. JAKOWLER: "Wodosnabżenije i Kanalizacija", Gos. Izd. Lit. Stroj. i Arch., Moskwa, 1955.
13. LENSKIJ W.L., PAWŁOW W.J.: "Wodosnabżenije i kanalizacija", Gos. Izd. Lit. Stroj. i Arch., Moskwa, 1957.

14. Mc. CULLOCH: "Desinfection and Sterilization". Kimpton, London, 1956.
15. PALUCH J., KOWALSKA K.: "Próby dezynfekcji wody przy pomocy ultradźwięków". Zesz. Nauk. Polit. Śląskiej, 20, IS 1, 1 - 35, 1960.
16. RYAN W.J.: "Water Treatment and Purification". Mc Graw Hill Comp., N.York, 1956.
17. STELL M.: "Wasser und Abwasser, Reinhaltung der Gewässer" Oldenbourg Verlag, München, 1955.
18. STŘECHA M., KELETI J.: "Dezinfekcia vody ultrafialovým žiarením". Ceskoslov. Hygiena, 6, 338, 1959.
19. SYKES G.: "Desinfection and Sterilization", Spon's, London, 1958.
20. TRAUBE J.: "Beitrag zur Theorie der Desinfection". Biochem. Zeitschr. 1919, 98, 1957.
21. WEATHERWAX R.S.: "Reactivation of Ultraviolet - Irradiated E. coli" J. Bacter. 72, 3, 329, 1956.
22. WUHRMANN K.: "Ergebnisse neuerer Arbeiten über verschiedene Verfahren zur Desinfektion des Wassers". Schweiz. Zeitschr. f. Hydrol. 19, 1, 108, 1954.

Trinkwasserentkeimung durch ultraviolette Strahlen

Zusammenfassung

Neuartige und einfache Methoden und Anlagen zur Trinkwasserentkeimung sind gegenwärtig überaus nötig, die Anwendung ultravioletter Strahlen zu diesem Zwecke ist durchaus begründet, da eine genügende keimtötende Wirkung eintritt und dabei keine Beeinträchtigung der physisch-chemischen Eigenschaften des Wassers stattfindet.

Eine einfache Anlage zur Wasserentkeimung durch UV-Strahlen wurde konstruiert und deren keimtötende Wirkung in Laboratorium und halbtechnischen Proben geprüft. Die Untersuchungen wurden im Institut für Sanitäre Technik der Schlesischen Technischen Hochschule durchgeführt.

An 238 Proben mit verschiedenen Mengen einer Bakterien-Suspension von Escherichia Coli in destilliertem Wasser, Leitungswasser und in Physiologischer Salzlösung wurde die keimtötende Wirkung der UV-Strahlen untersucht. Die Suspensionen enthielten von 1 bis 7000 Keime in Milliliter. Zu den Untersuchungen dienten folgende UV-Lampen: Philips TUV 30W, Original Hanau PL 399 und Original Hanau Tauchlampe 359. Diese UV-Lampen wurden in Zylinder verschiedener Durchmesser eingebaut. Der Wasserein-, und-auslauf war an den Seiten der Zylinder angebracht. Die Untersuchungen wurden in zwei Serien durchgeführt: 1) mit einmaliger Wasserfüllung (statisch), 2) mit konstantem Wasserdurchfluss (dynamisch). Die Wirkung der UV-Strahlen auf die Bakterien wurde in Entfernungen von 15-80 mm von der Strahlenquelle und bei verschiedenen Durchflusszeiten (2-256 sek) sowie auch bei verschiedener Leistungsfähigkeit der Anlage (0,125 ; 0,25 ; 0,5 und 1,0 liter pro sekunde) gemessen.

Die keimtötende Wirkung auf Escherichia Coli im Leitungswasser wurde bereits nach 32 sekunden dauernder Bestrahlung festgestellt, wobei die Anlage ein Leistung von 1 Liter pro sekunde hatte. Das Leitungswasser mit der Suspension der E.Coli-Keime enthielt keine lebenden Zellen dieser Bakterien und die natürliche Bakterienflora des Wassers verringerte sich ebenfalls im grossen Masse. Es wurde festgestellt, dass die keimtötende Wirkung der UV-Strahlen von der Ausgangskonzentration der Bakterien im Wasser abhängig ist.

Weitere Untersuchungen über die Möglichkeit einer Anwendung dieser Anlage im technischen Massstabe sind im Gange. Geplant sind auch Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Wasserbeschaffenheit (Trübung, Kolloidgehalt u.s.w.) auf die keimtötende Wirkung der UV-Strahlen.

Tablica 1

Wpływ promieni UV na zawiesinę *Escherichia coli*
Ilość bakterii w 1 ml wody bezpośrednio na podłożu Endo
(Woda w bezruchu)

| Woda destylowana | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-------------------------------|-----|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|
| Przed naświetleniem | | Czas naświetlania w sekundach | | | | | | | | | |
| | | 16 | | 32 | | 64 | | 128 | | 256 | |
| Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % |
| 4 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 130 | 100 | 7 | 5,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 800 | 100 | 13 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Roztwór fizjologiczny soli

| Roztwór fizjologiczny soli | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----|-------------------------------|------|-------|-----|-------|------|-------|---|-------|---|
| Przed naświetleniem | | Czas naświetlania w sekundach | | | | | | | | | |
| | | 2 | | 4 | | 8 | | 16 | | 32 | |
| Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % |
| 6 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 100 | 23 | 29,0 | 10 | 8,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 550 | 100 | 100 | 18,0 | 40 | 7,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 100 | 190 | 8,5 | 65 | 3,2 | 2,0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Woda wodociągowa

| Woda wodociągowa | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-------------------------------|------|-------|-----|-------|-----|-------|---|-------|---|
| Przed naświetleniem | | Czas naświetlania w sekundach | | | | | | | | | |
| | | 2 | | 4 | | 8 | | 16 | | 32 | |
| Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % |
| 2 | 100 | 1 | 50,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 100 | 1 | 10,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 | 100 | 4 | 7,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 100 | 4 | 5,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 500 | 100 | 46 | 9,2 | 21 | 4,2 | 4 | 0,8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6000 | 100 | 350 | 5,8 | 20 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7000 | 100 | 400 | 5,7 | 25 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablica 2

Wpływ promieni UV na zawiesinę bakterii Escherichia coli
Ilość bakterii w 1 ml wody na filtrach membranowych
(Woda w bezruchu)

Woda destylowana

| Przed naświetleniem | | Czas naświetlenia w sekundach | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-------------------------------|-----|-------------------|-----|-------|---|-------|---|-------|---|
| | | 16 | | 32 | | 64 | | 128 | | 256 | |
| Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % |
| 6 | 100 | 50 ^{x)} | 8,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 100 | 300 ^{x)} | 8,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 100 | 450 ^{x)} | 4,5 | 100 ^{x)} | 1,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 890 | 100 | 600 ^{x)} | 7,1 | 150 ^{x)} | 1,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Roztwór fizjologiczny soli

| Przed naświetleniem | | Czas naświetlenia w sekundach | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-------------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|-----|-------|---|
| | | 2 | | 4 | | 8 | | 16 | | 32 | |
| Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % |
| 12 | 100 | 10 | 84,0 | 7 | 64,0 | 200 ^{x)} | 1,7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 96 | 100 | 55 | 57,0 | 45 | 50,0 | 32 | 33,0 | 10 | 1,0 | 0 | 0 |
| 690 | 100 | 150 | 22,0 | 120 | 17,0 | 90 | 13,0 | 27 | 4,0 | 0 | 0 |
| 2500 | 100 | 360 | 14,0 | 250 | 10,0 | 130 | 5,0 | 25 | 0,1 | 0 | 0 |

Woda wodociągowa

| Przed naświetleniem | | Czas naświetlenia w sekundach | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-------------------------------|------|-------------------|-----|-------------------|-------|-----------------|---|-------|---|
| | | 2 | | 4 | | 8 | | 16 | | 32 | |
| Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % |
| 4 | 100 | 2 | 5,0 | 290 ^{x)} | 7,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 100 | 2 | 44,0 | 290 ^{x)} | 5,8 | 20 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 100 | 7 | 31,0 | 1 | 2,0 | 34 ^{x)} | 0,14 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 128 | 100 | 13 | 10,0 | 1 | 0,9 | 63 ^{x)} | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 140 | 100 | 13 | 9,0 | 1 | 0,7 | 75 ^{x)} | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 500 | 100 | 28 | 5,5 | 3 | 0,7 | 95 ^{x)} | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1000 | 100 | 79 | 7,9 | 6 | 0,6 | 125 ^{x)} | 0,01 | 7 ^{x)} | 0 | 0 | 0 |
| 5600 | 100 | 250 | 4,5 | 5 | 0,1 | 48 ^{x)} | 0,008 | 1 ^{x)} | 0 | 0 | 0 |

x) Ilość bakterii w litrze wody

Tablica 3

Wpływ promieni UV na Escherichia coli w wodzie wodociągowej
Ilość bakterii w 1 ml wody na filtrach membranowych

Woda w beczuchu

| Odległość w mm od palnika | Przed nadwies- taniem | | Czas naświetlania w sekundach | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|-----|-------------------------------|-------|-----|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-----|
| | | | 4 | | 8 | | 16 | | 32 | | 64 | |
| | Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| Ilość | | | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | |
| 15 | 60 | 100 | 8 | 13,3 | 2 | 4,3 | 2 | 4,3 | 1 | 2,5 | 0 | 0 |
| | 1300 | 100 | 65 | 5 | 33 | 2,5 | 15 | 1,2 | 500 ^{x)} | 0,08 | 0 | 0 |
| | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 ^{x)} | 8 | 100 ^{x)} | 4,0 | 0 | 0 |
| | 18 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 800 ^{x)} | 4,7 | 300 ^{x)} | 1,7 | 0 | 0 |
| 30 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 500 ^{x)} | 20,0 | 200 ^{x)} | 8,0 | 0 | 0 |
| | 18 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 25,0 | 1 | 5,3 | 0 | 0 |
| | 60 | 100 | 16 | 27,5 | 6 | 10,8 | 5 | 9,2 | 4 | 7,8 | 0 | 0 |
| | 1300 | 100 | 80 | 6,6 | 56 | 4,2 | 45 | 3,5 | 5 | 0,5 | 0 | 0 |
| 35 | 27 | 100 | 9 | 33,7 | 4 | 16,1 | 4 | 14,3 | 2 | 7,1 | 0 | 0 |
| | 740 | 100 | 70 | 9,3 | 67 | 9,1 | 58 | 7,7 | 6 | 0,8 | 0 | 0 |
| 40 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 40,0 | 500 ^{x)} | 20,0 | 100 ^{x)} | 4,0 |
| | 18 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 25,0 | 1 | 5,3 | 0 | 0 |
| | 60 | 100 | 20 | 33,3 | 15 | 25,0 | 10 | 16,7 | 7 | 11,5 | 0 | 0 |
| | 1300 | 100 | 120 | 9,7 | 88 | 5,2 | 62 | 4,8 | 33 | 2,6 | 0 | 0 |
| 50 | 27 | 100 | 10 | 39,0 | 7 | 26,5 | 5 | 17,9 | 2 | 8,9 | 0 | 0 |
| | 112 | 100 | 46 | 41,0 | 31 | 27,6 | 24 | 22,8 | 14 | 13,0 | 0 | 0 |
| | 740 | 100 | 80 | 10,8 | 52 | 7,0 | 45 | 6,1 | 12 | 1,5 | 0 | 0 |
| | 2300 | 100 | 230 | 10,0 | 102 | 4,45 | 92 | 4,0 | 36 | 1,5 | 0 | 0 |
| 65 | 27 | 100 | 25 | 93,0 | 16 | 56,5 | 11 | 39,5 | 6 | 23,2 | 0 | 0 |
| | 112 | 100 | 99 | 86,5 | 53 | 47,5 | 41 | 36,5 | 17 | 15,6 | 0 | 0 |
| | 740 | 100 | 233 | 31,7 | 51 | 6,9 | 46 | 6,2 | 18 | 2,5 | 0 | 0 |
| | 2300 | 100 | 725 | 31,4 | 186 | 8,0 | 133 | 5,8 | 92 | 3,1 | 0 | 0 |
| 80 | 112 | 100 | 106 | 96,5 | 85 | 76,0 | 43 | 39,0 | 39 | 35,0 | 0 | 0 |
| | 2300 | 100 | 850 | 37,0 | 240 | 10,4 | 185 | 8,2 | 120 | 5,2 | 0 | 0 |

x) Ilość bakterii w litrze wody

Tablica 4

Wpływ promieni UV na Escherichia coli w wodzie wodociągowej
Ilość bakterii w 1 ml wody bezpośrednio na podłożu Endo

Woda w bezruchu

| Odległość w mm od palnika | Przed naświetleniem | | Czas naświetlania w sekundach | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|-----|-------------------------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|
| | | | 4 | | 8 | | 16 | | 32 | | 64 | |
| | Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| | | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % |
| 15 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 50,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 12 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 50,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 47 | 100 | 6 | 12,7 | 2 | 3,2 | 1 | 2,2 | 1 | 2,2 | 0 | 0 |
| | 1100 | 100 | 72 | 6,5 | 17 | 1,64 | 2 | 0,84 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 12 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 17,0 | 1 | 8,5 | 1 | 8,5 |
| | 47 | 100 | 10 | 22,2 | 4 | 9,3 | 3 | 5,3 | 1 | 2,1 | 0 | 0 |
| | 1100 | 100 | 78 | 6,9 | 34 | 3,1 | 26 | 2,4 | 1 | 0,9 | 0 | 0 |
| 35 | 17 | 100 | 12 | 68,0 | 5 | 25,5 | 4 | 23,0 | 2 | 8,6 | 0 | 0 |
| | 600 | 100 | 39 | 6,2 | 20 | 3,2 | 10 | 1,6 | 2 | 0,3 | 0 | 0 |
| 45 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 12 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 18,5 | 1 | 8,6 | 0 | 0 |
| | 47 | 100 | 18 | 40,0 | 11 | 23,0 | 10 | 22,0 | 4 | 7,4 | 0 | 0 |
| | 1100 | 100 | 85 | 8,0 | 50 | 4,6 | 48 | 4,4 | 15 | 1,4 | 0 | 0 |
| 50 | 17 | 100 | 13 | 76,0 | 6 | 37,0 | 4 | 23,0 | 2 | 11,0 | 0 | 0 |
| | 100 | 100 | 36 | 36,0 | 21 | 21,0 | 17 | 17,0 | 12 | 12,0 | 0 | 0 |
| | 600 | 100 | 60 | 9,7 | 34 | 5,4 | 26 | 4,2 | 5 | 0,8 | 0 | 0 |
| | 2000 | 100 | 190 | 9,5 | 95 | 4,8 | 81 | 4,2 | 11 | 0,6 | 0 | 0 |
| 65 | 17 | 100 | 13 | 8,0 | 12 | 68,0 | 8 | 49,0 | 5 | 28,5 | 0 | 0 |
| | 100 | 100 | 46 | 42,0 | 41 | 42,0 | 33 | 34,5 | 16 | 17,0 | 0 | 0 |
| | 600 | 100 | 70 | 12,0 | 35 | 5,7 | 31 | 5,0 | 11 | 1,8 | 0 | 0 |
| | 2000 | 100 | 190 | 9,8 | 112 | 5,4 | 96 | 4,9 | 26 | 1,3 | 0 | 0 |
| 80 | 100 | 100 | 80 | 70,0 | 75 | 75,0 | 42 | 42,0 | 31 | 31,0 | 0 | 0 |
| | 2000 | 100 | 200 | 10,0 | 150 | 7,5 | 114 | 5,4 | 35 | 1,8 | 0 | 0 |

Tablica 5

Wpływ promieni UV na zawieszoną *Escherichia coli* i drobnoustroje znajdujące się w niechlorowanej wodzie wodociągowej

Ilość bakterii w 1 ml wody na agarze bulionowym

Woda w bezruchu

| Odległość w mm od palnika | Przed naświetleniem | | Czas naświetlania w sekundach | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|-----|-------------------------------|-------|------|-------|-----|-------|-----|-------|----|-----|
| | | | 4 | | 8 | | 16 | | 32 | | 64 | |
| | Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | | |
| Ilość | | | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | |
| 15 | 12 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8,5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 25 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4,5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 75 | 100 | 7 | 10,2 | 5 | 7,3 | 2 | 2,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1600 | 100 | 375 | 24,0 | 65 | 3,9 | 14 | 0,9 | 4 | 0,2 | 0 | 0 |
| 30 | 12 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 25,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 25 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 31,5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 75 | 100 | 17 | 22,0 | 8 | 11,5 | 7 | 9,5 | 1 | 1,3 | 0 | 0 |
| | 1600 | 100 | 425 | 26,5 | 170 | 10,3 | 34 | 2,1 | 10 | 0,6 | 0 | 0 |
| 35 | 55 | 100 | 13 | 22,5 | 6 | 11,0 | 5 | 9,0 | 2 | 3,0 | 0 | 0 |
| | 1100 | 100 | 350 | 29,0 | 125 | 11,0 | 25 | 2,0 | 8 | 0,7 | 0 | 0 |
| 45 | 12 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 69,0 | 1 | 8,5 | 0 | 0 |
| | 25 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 63,0 | 3 | 10,2 | 1 | 4,5 |
| | 75 | 100 | 27 | 36,5 | 12 | 16,0 | 9 | 12,0 | 4 | 4,6 | 0 | 0 |
| | 1600 | 100 | 550 | 34,0 | 240 | 15,0 | 65 | 4,0 | 24 | 1,5 | 0 | 0 |
| 50 | 55 | 100 | 23 | 46,0 | 10 | 18,0 | 7 | 11,0 | 2 | 3,5 | 0 | 0 |
| | 400 | 100 | 170 | 41,0 | 85 | 21,0 | 70 | 17,0 | 17 | 4,0 | 0 | 0 |
| | 1100 | 400 | 425 | 38,0 | 150 | 14,0 | 38 | 3,5 | 19 | 1,7 | 0 | 0 |
| | 2600 | 100 | 800 | 31,0 | 300 | 12,0 | 88 | 3,2 | 24 | 0,9 | 0 | 0 |
| 65 | 55 | 100 | 40 | 73,0 | 30 | 55,0 | 22 | 49,0 | 13 | 23,5 | 0 | 0 |
| | 400 | 100 | 210 | 55,0 | 175 | 43,0 | 150 | 38,0 | 75 | 18,0 | 0 | 0 |
| | 1100 | 100 | 750 | 68,0 | 250 | 22,0 | 93 | 85,0 | 36 | 3,2 | 0 | 0 |
| | 2600 | 100 | 1500 | 56,0 | 525 | 20,5 | 190 | 7,3 | 47 | 1,8 | 0 | 0 |
| 80 | 400 | 100 | 300 | 72,0 | 220 | 53,0 | 170 | 41,0 | 117 | 28,5 | 0 | 0 |
| | 2600 | 100 | 2200 | 86,0 | 1200 | 47,0 | 750 | 28,0 | 100 | 4,0 | 0 | 0 |

Tablica 6

Wpływ promieni UV na zawiesinę *Escherichia coli* i drobnoustroje znajdujące się w wodzie wodociągowej

Woda w przepływie ciągłym

Ilość bakterii w 1 ml wody na podłożu Endo na ultrafiltrach membranowych

| Największa odległość od palnika w mm | Przed naświetleniem | | Przepływ w l/sek | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|-----|-------------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|---|
| | | | 1 | | 0,5 | | 0,25 | | 0,125 | | |
| | Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | |
| | | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | |
| 56 | 4 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 46 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 106 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1050 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Ilość bakterii w 1 ml wody na podłożu Endo bezpośrednio

| Największa odległość od palnika w mm | Przed naświetleniem | | Przepływ w l/sek | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|-----|-------------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|---|
| | | | 1 | | 0,5 | | 0,25 | | 0,125 | | |
| | Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | |
| | | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | |
| 56 | 3 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 9 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 37 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 106 | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 8 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 950 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

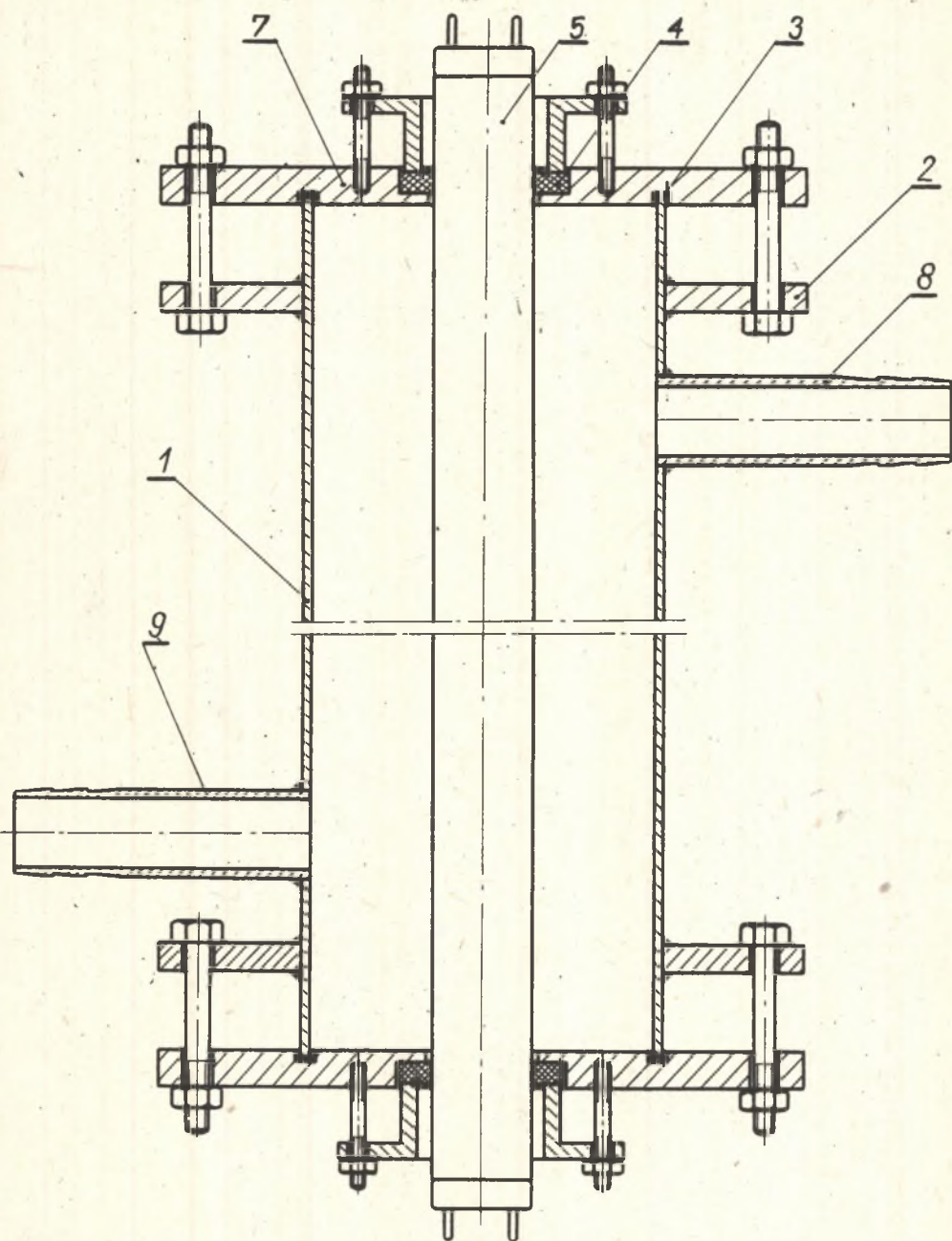
Ilość bakterii w 1 ml wody na agarze bulionowym

| Największa odległość do palnika w mm | Przed naświetleniem | | Przepływ w l/sek | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|-----|-------------------------|------|-------|-----|-------|---|-------|---|---|
| | | | 1 | | 0,5 | | 0,25 | | 0,125 | | |
| | Ilość | % | Pozostałe żywe bakterie | | | | | | | | |
| | | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | |
| 56 | 38 | 100 | 1 | 2,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 44 | 100 | 4 | 9,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 95 | 100 | 10 | 10,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 106 | 47 | 100 | 9 | 19,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 55 | 100 | 13 | 26,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1000 | 100 | 30 | 3,0 | 3 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Wpływ promieni UV na zawiesinę drobnoustrojów w wodzie wodociągowej
Woda w przepływie ciągłym

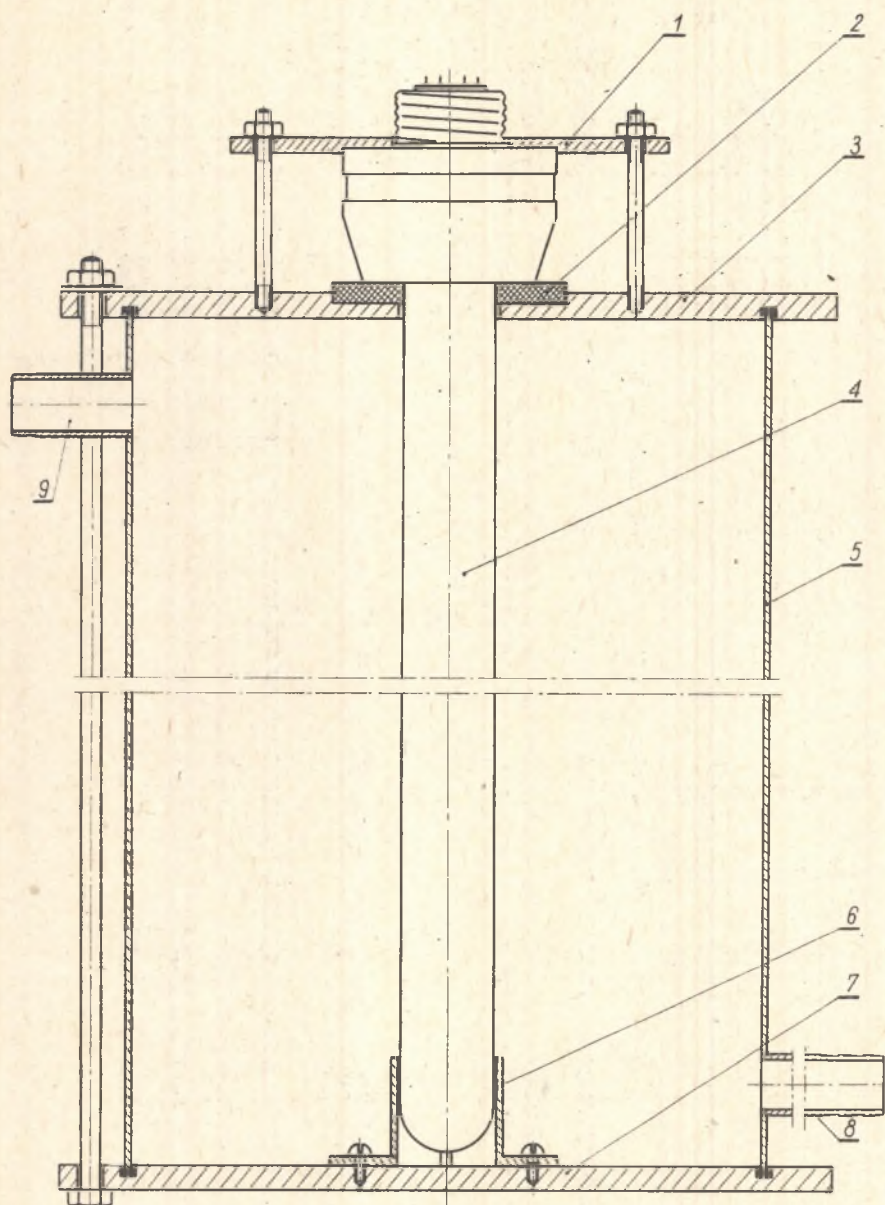
Ilość bakterii na podłożu Endo na ultrafiltrach membranowych
oraz bezpośrednio na Endo i agarze bulionowym

| Największa odległość od palnika w mm | Rodzaj podłoża | Przed naświetleniem | | Przepływ w 1 sek | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----|--------------------------|-----|-------|-----|-------|---|-------|---|
| | | | | 1 | | 0,5 | | 0,25 | | 0,125 | |
| | | | | Pozostatek żywe bakterie | | | | | | | |
| | | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % | Ilość | % |
| 106 | Endo na filtrach membranowych | 35 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Endo bezpośr. | 32 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Agar bulionowy | 370 | 100 | 7 | 1,8 | 1 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0 |



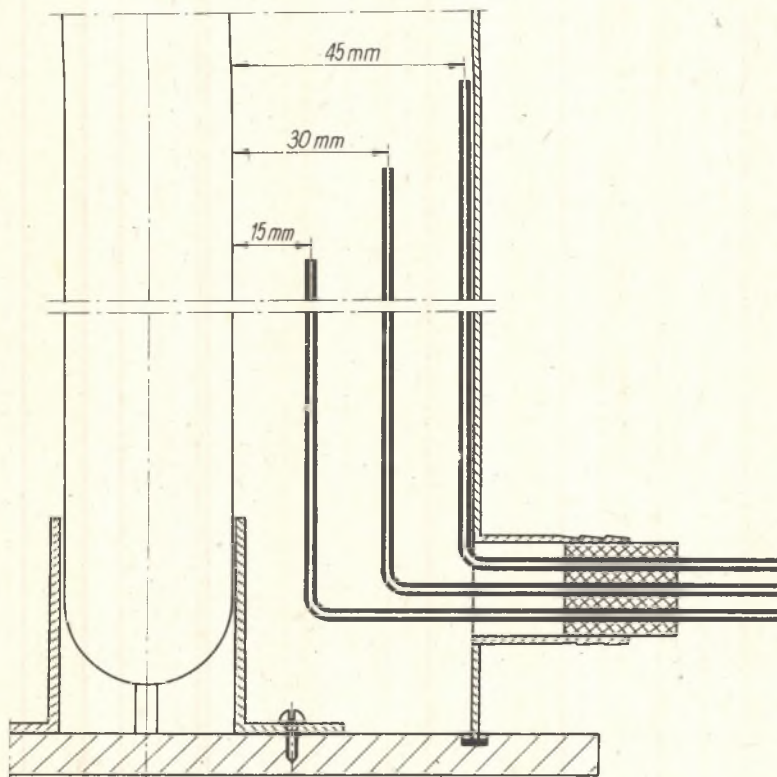
Rys.1. Urządzenie do naświetlania wody promieniami UF
palnikiem TUV 30 W

1 - Obudowa; 2 - Pierścień dociskowy; 3 - Uszczelka gumowa z przekładką; 4 - Uszczelka gumowa; 5 - Palnik TUV 30 W; 6 - Dławik; 7 - Pokrywa; 8 - Króciec wylotowy; 9 - Króciec wlotowy

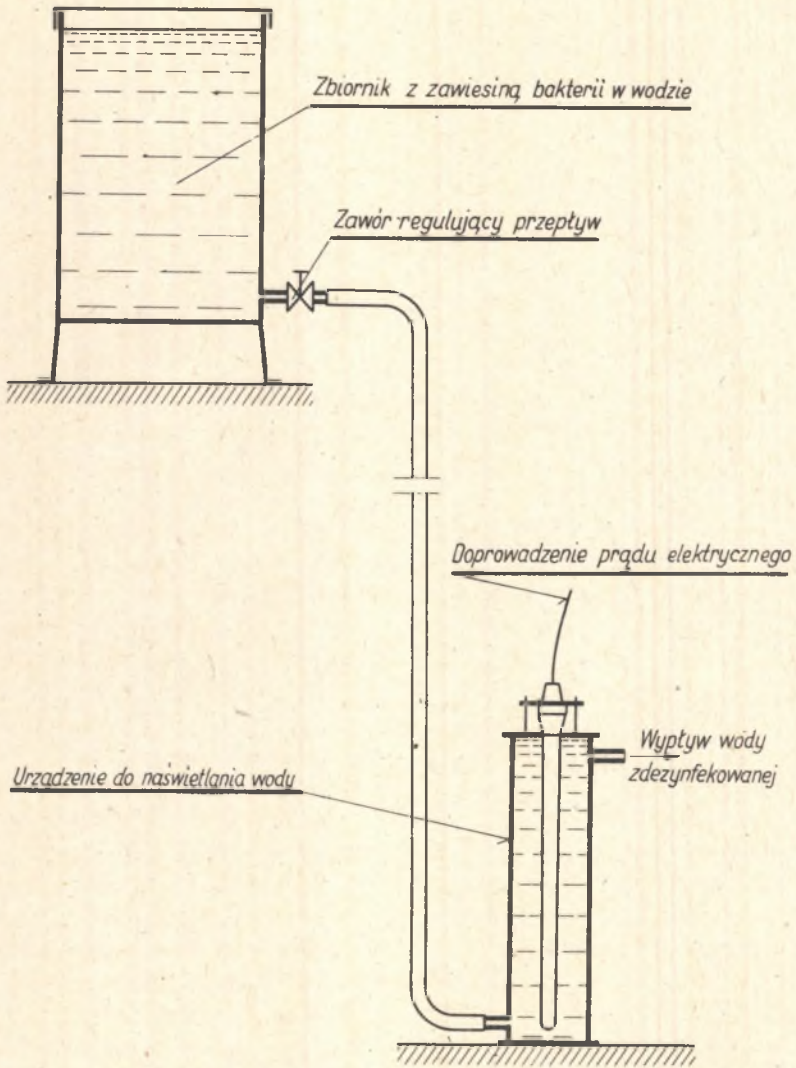


Rys.2. Urządzenie do naświetlania wody promieniami UF palnikiem PL 359

1 - Pierścień dociskowy; 2 - Uszczelka gumowa; 3 - Pokrywa górna; 4 - Palnik PL 359; 5 - Obudowa; 6 - Prowadnik palnika; 7 - Pokrywa dolna; 8 - Króciec wlotowy; 9 - Króciec wylotowy



Rys.3. Sondy do pobierania próbek wody z różnej odległości od palnika UV



Rys.4. Laboratoryjne urządzenie do odkażania wody promieniami UF