

WPLYW CHLORKU KADMU NA ILOŚĆ I AKTYWNOŚĆ BAKTERII WODNYCH

Postępująca degradacja naturalnego środowiska, pod wpływem wzrastającego skażenia między innymi metalami ciężkimi stanowi szczególne zagrożenie dla roślin, zwierząt i człowieka z uwagi na ich wysoką toksyczność i zdolność kumulowania się w organizmie [3].

Pod względem ujemnego oddziaływania na środowisko podzielono metale ciężkie na III grupy, zaliczając do I grupy kadm, ołów, rtęć [4].

Kadm jest 48 pierwiastkiem układu okresowego o masie atomowej 112,41, należy do podgrupy cynkowców wykazującej właściwości toksyczne.

W warunkach naturalnych kadm występuje w niewielkich ilościach i z reguły towarzyszy rudom miedzi i cynku. Głównymi źródłami zanieczyszczenia środowiska kadmem są huty i kopalnie, fabryki farb i lakierów, zakłady galwanizerskie, zakłady wytwarzające nawozy mineralne, środki ochrony roślin i środki owadobójcze [2, 8, 9]. Sole kadmu są dobrze rozpuszczalne i w roztworze wodnym tworzą jony kadmu dwuwartościowego. W niezanieczyszczonych wodach kadm występuje w ilościach nieprzekraczających $0,15-0,2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ i jego stężenie jest około 30 razy niższe niż dopuszcza to norma [5] dla kl. czystości wód.

Jednym z pierwszych ogniw łańcucha pokarmowego narażonego na działanie toksyczne kadmu są bakterie wodne. Istotnym jest więc prześledzenie wpływu kadmu na zdolność bakterii do adaptacji i aktywności biologicznej w skażonym środowisku wodnym.

Wiadomo [6], że na ilościowy wzrost bakterii w wodzie kadm wpływa stymulująco. Podjęto zatem próbę odpowiedzi na pytanie czy ilościowy wzrost bakterii pod wpływem kadmu jest równoznaczny z ich aktywnością. Celem pracy jest prześledzenie wpływu chlorku kadmu (CdCl_2) na ilościowy wzrost bakterii i ich aktywność w wodzie różnych typów jezior.

Materiał i metodyka badań

Badania prowadzono zarówno w okresie pełnej stagnacji letniej, kiedy ilości bakterii w wodzie jezior są zwykle największe, a w pionowym

profilu wody występują charakterystyczne uwarstwienia [7], jak i w okresie cyrkulacji jesiennej, gdy woda jezior jest całkowicie wymieszana i jej temperatury oraz ilości tlenu i bakterii są prawie jednakowe w całym pionowym słupie wody. Latem 1972 r. pobrano próby wody w dniach 8.VIII i 26.VIII z trzech skrajnie różnych typów jezior, o wzrastającym stopniu trofizmu (oligotroficzne jez. Ostrowite, b-mezotroficzne jez. Charzykowo i zeutrofizowane jez. Konarzyny). Próby pobierano z następujących głębokości pionowego profilu wody: 0, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25 m i tuż nad dnem, oznaczając w nich temperaturę, tlen, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu i ogólną ilość bakterii rosnących na agarze standardowym ($20^\circ\text{C} - 72 \text{ godz.}$).

W okresie cyrkulacji jesiennej (październik 1973) pobrano tylko próby wody powierzchniowej, z 10 jezior o różnym stopniu trofizmu (Krasne, Rychnowieckie, Witocznno, Szczytno, Łąckie, Dybrzskie, Jeziorno, Miejskie, Konarzyny i Urzędowe), gdyż była ona w tym czasie stosunkowo dobrze wymieszana.

Ponadto wodę pochodzącą z wszystkich punktów poboru użyto do doświadczeń, celem których było ustalenie związku między ilością dodanego do wody chlorku kadmu a ilością bakterii wyrastających z jej posiewów oraz stwierdzenie wpływu kadmu na aktywność bakterii wyrażoną intensywnością utleniania związków organicznych zawartych w wodzie, mierzoną przy pomocy pomiaru jej biochemicznego zapotrzebowania tlenu. W tym celu wodę jeziorową rozlewano do sterylnych butelek o pojemności 125 ml, wzbogacając ją różnymi ilościami chlorku kadmu odpowiadającymi 0,001, 0,01, 0,1, 1,0, 10,0 i $20,0 \text{ mg}/\text{dm}^3 \text{ Cd}$.

W wodzie tej oznaczono biochemiczne zapotrzebowanie tlenu po jednym i po pięciu dniach oraz ilości bakterii, wyrastających na płytkach agarowych. Stwierdzone ilości bakterii wyższe niż w próbie kontrolnej (bez dodatku chlorku kadmu) przyjmowano jako wynik stymulującego działania kadmu, zaś niższe — jako wskaźnik działania hamującego.

Wzrost lub ubytek BZT₅ w stosunku do wody kontrolnej przyjęto za wskaźnik aktywności bakterii, gdyż wzrost zużycia tlenu lub jego zmniejszenie musiało być wynikiem wzrostu lub zahamowania rozkładu związków organicznych prowadzonego przez te bakterie.

Wpływ chlorku kadmu na wzrost ilości bakterii wodnych w okresie stagnacji letniej

Jezioro Ostrowite

Chlorek kadmu w zakresie 0,001—20,0 mg/dm³ Cd sprzyjał rozwojowi bakterii, których ilość była stale znacznie wyższa niż w próbach kontrolnych. Wzrost ilości bakterii wynosił od 2100 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 0,001 mg/dm³ Cd w wodzie powierzchniowej (0 m) do 51.050 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 1,0 mg/dm³ Cd na głębokości 10 m w metalimnionie (8.VIII.72, rys. 1) oraz na głębokości 30 m w hypolimnionie od 4080 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 0,001 mg/dm³ Cd do 52.200 kol. bakt./cm³ Cd przy stężeniu 10 mg/dm³ Cd (17.VIII.72).

Jezioro Charzykowo

Dodatek chlorku kadmu w całym badanym zakresie sprzyjał ilościowemu rozwojowi bakterii wodnych z różnych głębokości jez. Charzykowo. Wzrost ilości bakterii wynosił od 1000 kol. bakt./cm³ na głębokości 8 m przy stężeniu 0,01 mg/dm³ Cd do 59.580 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 10 mg/dm³ Cd na głębokości 3 m (8.VIII.72, rys. 2). W dniu 17.VIII.72 dodatek chlorku kadmu wpływał stymulująco na wzrost ilości bakterii w zakresie od 10.000 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 0,001 mg/dm³ Cd na głębokości 0 m do 55.000 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 1,0 i 10,0 mg/dm³ Cd na głębokości 8 m. Kadm najintensywniej wzmacniał ilościowy wzrost bakterii w wodzie pochodzącej z głębokości 3 m i hypolimnionu (25 m) zazwyczaj najbogatszej w związki organiczne.

Jezioro Konarzyny

W wodzie jez. Konarzyny obserwowano stymulujący wpływ chlorku kadmu na wzrost ilości bakterii w zakresie od 354 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 0,001 mg/dm³ Cd na głębokości 0 m do 45.950 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 10,0 mg/dm³ Cd na głębokości 3 m (8.VIII.72, rys. 3). W drugiej serii badań (17.VIII.72) wzrost ilości bakterii występował przy stężeniu chlorku kadmu w zakresie od 0,001 do 1,0 mg/dm³ Cd. Ilość bakterii wzrastała z 2500 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 0,001 mg/dm³ Cd na głębokości 0 m do 53.200 kol. bakt./cm³ przy stężeniu 1 mg/dm³ Cd na głębokości 10 m.

W tej serii doświadczeń stwierdzono hamujący wpływ chlorku kadmu na ilość bakterii wyrastających z posiewów badanej wody w porównaniu z próbami kontrolnymi (bez dodatku

chlorku kadmu) przy stężeniu 10,0 i 20,0 mg/dm³ Cd (rys. 4).

W próbach kontrolnych dominowały bakterie *Sphaerotilus natans*, które przy stężeniu 10,0 i 20,0 mg/dm³ Cd w ogóle się nie rozwijały i wydają się być na kadm szczególnie wrażliwe.

Wpływ chlorku kadmu na wzrost ilości bakterii wodnych w okresie cyrkulacji jesiennej

W okresie cyrkulacji jesiennej (20.X.73) chlorek kadmu w stężeniach od 0,001 do 10,0 mg/dm³ Cd wykazywał zawsze stymulujący wpływ na wzrost ilości bakterii od 5 kol. bakt./cm³ w jez. Krasnym do 21.550 kol. bakt./cm³ w jez. Rychnowieckim (rys. 5). Dodatek 20,0 mg/dm³ Cd w 4 (jez. Krasne, Witoczn, Jeziorno i Miejskie) z 10 badanych jezior powodował zmniejszenie ilości bakterii w porównaniu z wodą kontrolną. Maksimum wzrostu ilości bakterii wodnych pojawiało się w okresie cyrkulacji jesiennej najczęściej przy stężeniu 10,0 mg/dm³ Cd, ale niekiedy także przy 1,0 lub 20,0 mg/dm³ Cd co na razie nie znajduje bezpośredniego wyjaśnienia.

Wpływ chlorku kadmu na aktywność bakterii

Wpływ dodatku kadmu na aktywność bakterii wyrażano przy pomocy pomiaru biochemicznego zapotrzebowania tlenu badanej wody. W okresie stagnacji letniej obserwowano zwiększenie biochemicznego zapotrzebowania tlenu w wodzie pochodzącej z różnych typów jezior i z ich różnych głębokości przy stężeniu chlorku kadmu w zakresie od 0,001 do 0,1 mg/dm³ Cd, natomiast większe stężenia zmniejszały wielkość BZT₅ w porównaniu z próbami kontrolnymi. W wodzie oligotrofizycznego jez. Ostrowite obserwowano wzrost BZT₅ (rys. 6) w zakresie od 0,08 mg/dm³ O₂ przy dodatku kadmu 0,001 mg/dm³ Cd na głębokości 3 m do 0,75 mg/dm³ O₂ przy dodatku kadmu 0,001 mg/dm³ Cd na głębokości 5 m. W wodzie b-mezotroficznego jez. Charzykowo obserwowano wzrost BZT₅ (rys. 7) w zakresie od 0,1 mg/dm³ O₂ przy stężeniu kadmu 0,1 mg/dm³ Cd na głębokości 15 m do 1,4 mg/dm³ O₂ przy stężeniu 0,01 mg/dm³ Cd na głębokości 10 m.

W wodzie silnie zeutrofizowanego jez. Konarzyny obserwowano wzrost BZT₅ (rys. 8) w zakresie od 0,2 mg/dm³ O₂ przy stężeniu kadmu 0,1 mg/dm³ Cd na głębokości 3 m do 1,3 mg/dm³ O₂ przy stężeniu 0,001 mg/dm³ Cd na głębokości 10 m.

W okresie cyrkulacji jesiennej stwierdzono zwiększenie się biochemicznego zapotrzebowania tlenu pod wpływem dodatku kadmu w stężeniach 0,001 mg/dm³ Cd w wodzie wszystkich 10 jezior (rys. 9) w zakresie 0,04 mg/dm³ O₂ w jez. Urzędowym do 0,53 mg/dm³ O₂ w jez.

Witoczno. Przy stężeniu $0,01 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$ — kadm wykazywał stymulujący wpływ na wzrost BZT₅ tylko w wodzie 2 jezior, powodując wzrost BZT₅ o $0,07 \text{ mg/dm}^3 \text{ O}_2$ w jez. Łackim i $0,23 \text{ mg/dm}^3 \text{ O}_2$ w jez. Jeziorno. Większe stężenia kadmu w wodzie jeziorowej z okresu cyrkulacji jesiennej powodowały zawsze znaczne zmniejszenie BZT₅ w stosunku do wody kontrolnej i to tym silniejsze im większy był dodatek kadmu.

Dodatek kadmu powodował zarówno w okresie stagnacji letniej jak i cyrkulacji jesiennej wyraźną selekcję jednego gatunku bakterii z ich wielogatunkowej mieszaniny na płytkach agarowych i jego bardzo intensywny wzrost ilościowy. Niestety zidentyfikowanie tego gatunku w ramach istniejących do dyspozycji środków nie było możliwe.

Wnioski

W okresie stagnacji letniej kadm w stężeniach od $0,001 \text{ mg/dm}^3$ do $20,0 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$ stymulował wzrost ilości bakterii wodnych z jezior różnych typów i z ich różnych głębokości od 350 kol. bakt./cm³ w wodzie powierzchniowej jez. Konarzyny do 59.800 kol. bakt./cm³ w wodzie z głębokości 3 m w jez. Charzykowo. Wyjątek stanowiła jedna seria badań (jez. Konarzyny 17.VIII.72), w której zaobserwowano wpływ hamujący kadmu przy stężeniu $10,0$ i $20,0 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$.

W czasie cyrkulacji jesiennej kadm w stężeniach od $0,001$ do $10,0 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$ wykazywał stymulujący wpływ na wzrost ilości bakterii od 5 kol. bakt./cm³ w jez. Krasnym do 21.500 kol. bakt./cm³ w jez. Rychnowieckim. Maksimum wzrostu bakterii wodnych wystąpiło przy stężeniach $1,0$ i $10,0 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$.

Dodatek kadmu najsilniej wzmacniał wzrost ilości bakterii w wodzie pochodzącej z głębokości 3 m i hypolimnionu (25 i 30 m), zazwyczaj najbogatszej w związki organiczne.

W okresie stagnacji letniej chlorek kadmu w stężeniu od $0,001$ do $0,1 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$ powodował wzrost aktywności bakterii wyrażany wielkością BZT₅ w zakresie od $0,08 \text{ mg/dm}^3 \text{ O}_2$ (jez. Ostrowite) do $1,4 \text{ mg/dm}^3 \text{ O}_2$ (jez. Charzykowo). W okresie cyrkulacji jesiennej stwierdzono zwiększenie BZT₅ przy dodatku chlorku kadmu w ilości $0,001 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$ i niekiedy w ilości

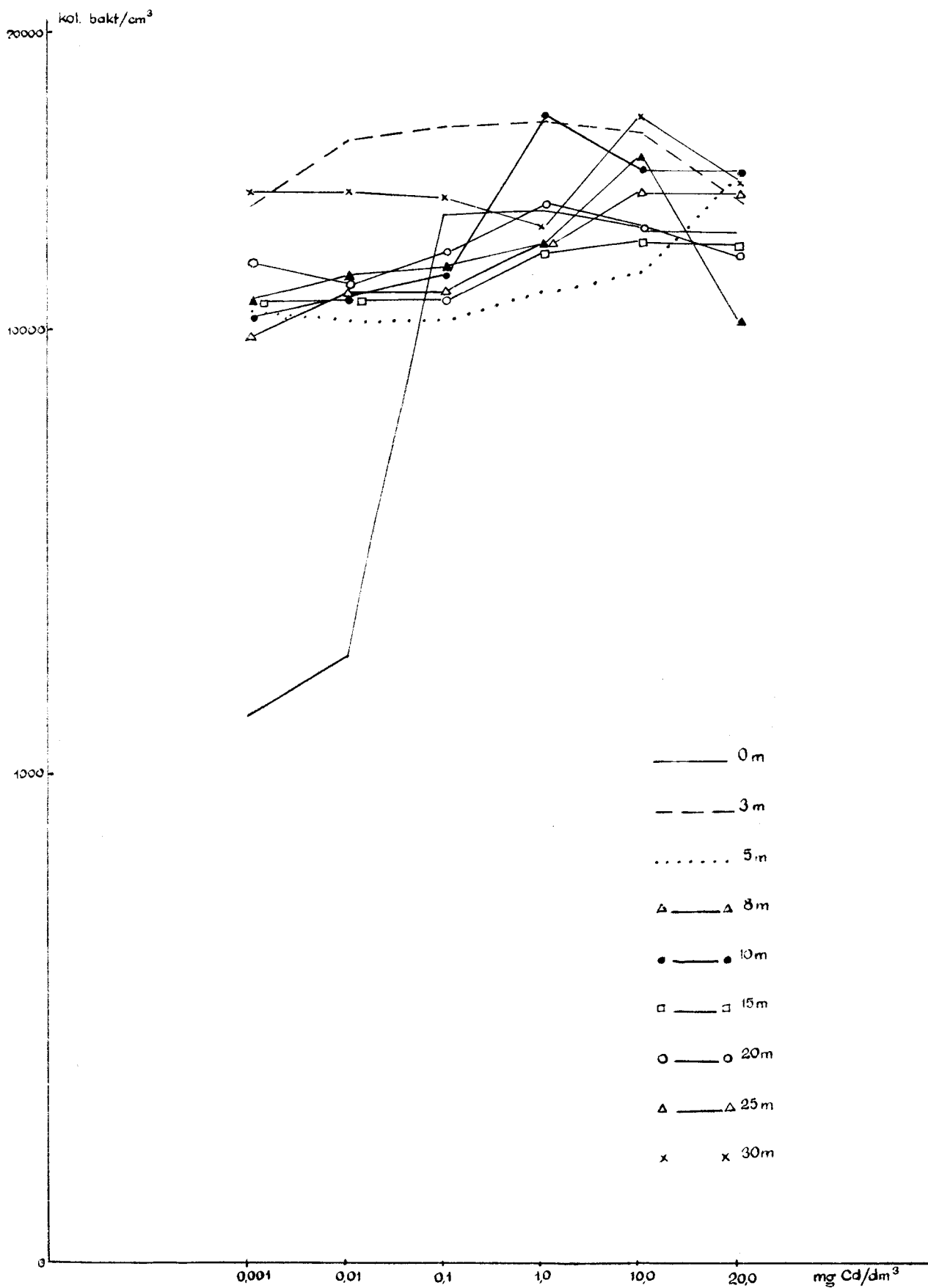
ciach $0,01 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$ w zakresie od $0,04 \text{ mg/dm}^3 \text{ O}_2$ (jez. Urzędowe) do $0,53 \text{ mg/dm}^3 \text{ O}_2$ (jez. Witoczno).

Przy wyższych stężeniach aktywność bakterii gwałtownie malała, mimo, że ich ilość na agarze nadal jeszcze wzrastała, niekiedy w zakresie stężeń do $20,0 \text{ mg/dm}^3 \text{ Cd}$. Te stosunkowo duże ilości chlorku kadmu nie hamowały namnażania się bakterii, wbrew temu co spotyka się w literaturze na temat hamującego wpływu kadmu na wzrost roślin i zwierząt wodnych, jednak zmniejszały wyraźnie ich zdolność do utleniania związków organicznych w wodzie mierzoną przy pomocy BZT₅.

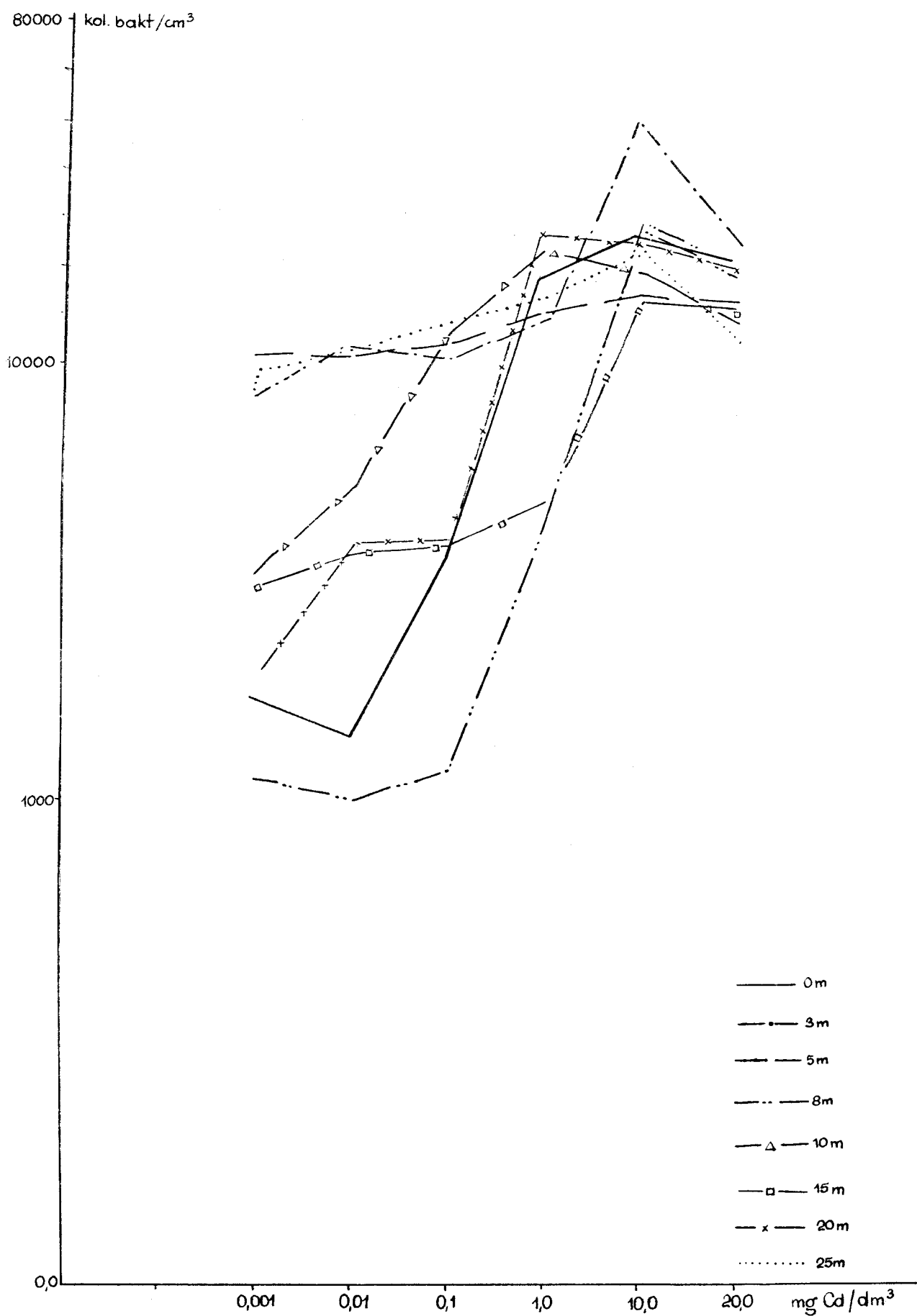
Pod wpływem chlorku kadmu dodawanego do wody wyselekcjonował się z mieszaniny bakterii wodnych jeden ich gatunek (sądząc z wyglądu hodowli), który szybko osiągał dominację i namnażał się gwałtownie.

LITERATURA

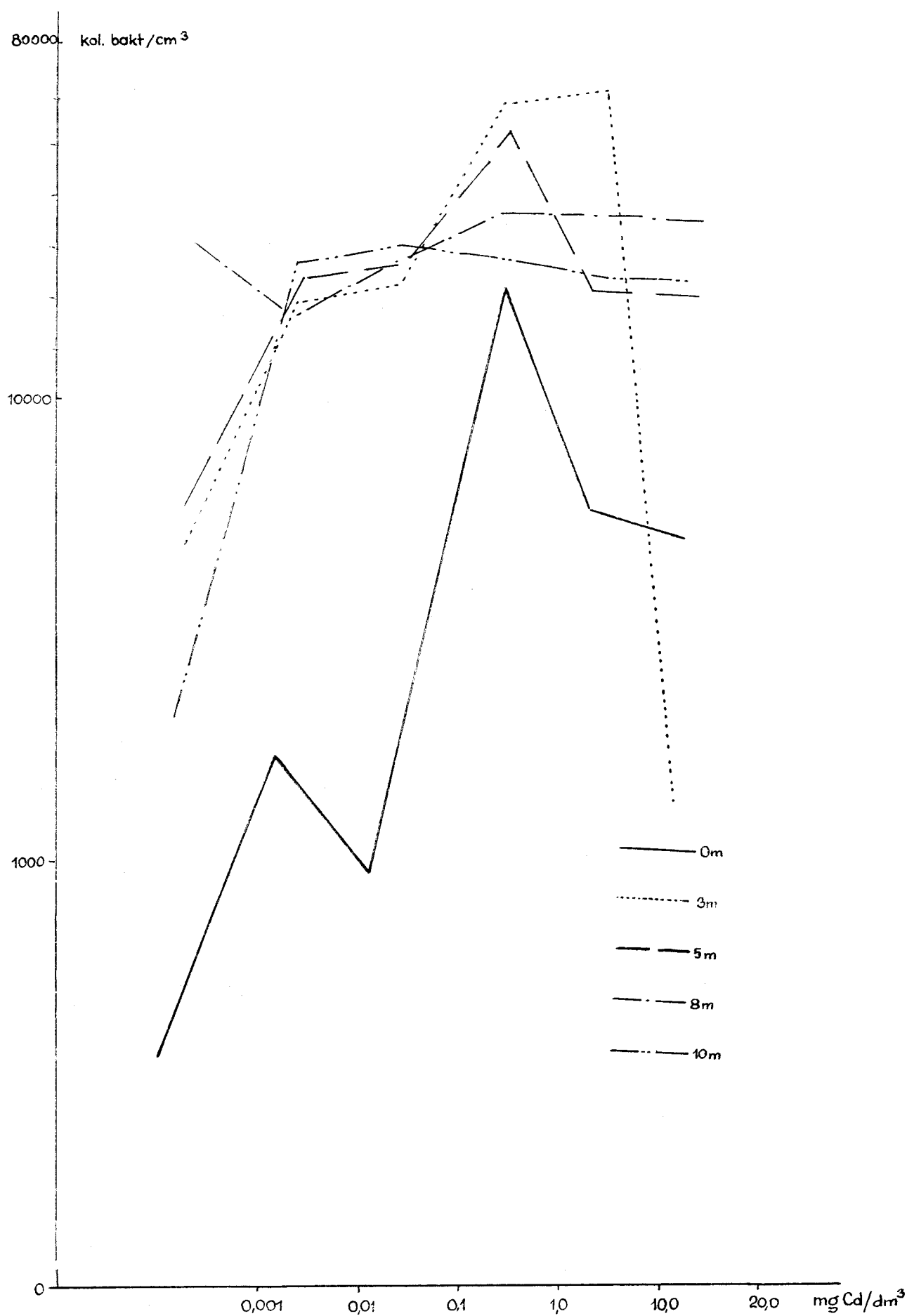
1. U. FÖRSTNER, G. MÜLLER 1974: *Schwermetalle in Flüssen und Seen*. Berlin.
2. M. NIKORONOW 1976: *Zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne żywności*. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa.
3. K. PASTERNAK 1976: *Mikroelementy*. Hydrobiologia, PWN, Warszawa.
4. E. ROSZYK 1978: Wpływ emisji pyłów, gazów i metali ciężkich na skażenie gleb, szatę roślinną oraz jakość środków spożywczych. Materiały na sesję naukową, Legnica.
5. **Rozporządzenie Rady Ministrów** z dnia 29 listopada 1975 r., poz. 214 dotyczące „Wielkości dopuszczalnych zanieczyszczeń śródlądowych wód powierzchniowych”.
6. M. STANGENBERG, E. WOJACZEK 1974: The influence of microelements on water — bacteria in the lake Charzykowo. *Limnologia*, 9, 2.
7. E. SZULKOWSKA-WOJACZEK 1973: Dynamika stosunków ilościowych bakterii w wodzie jezior i próba jej ekologicznej interpretacji. PWN.
8. A. ZIRINO, S. YAMAMOTO 1972: A pH dependent model for the chemical speciation of copper, zinc, cadmium and lead in seawater. *Limnol. Oceanogr.* 17, 661—671.
9. M. TATEKAWA 1980: Heavy Metals in the Surface Sediment. s. 35—42, An introduction to limnology of Lake Biwa.



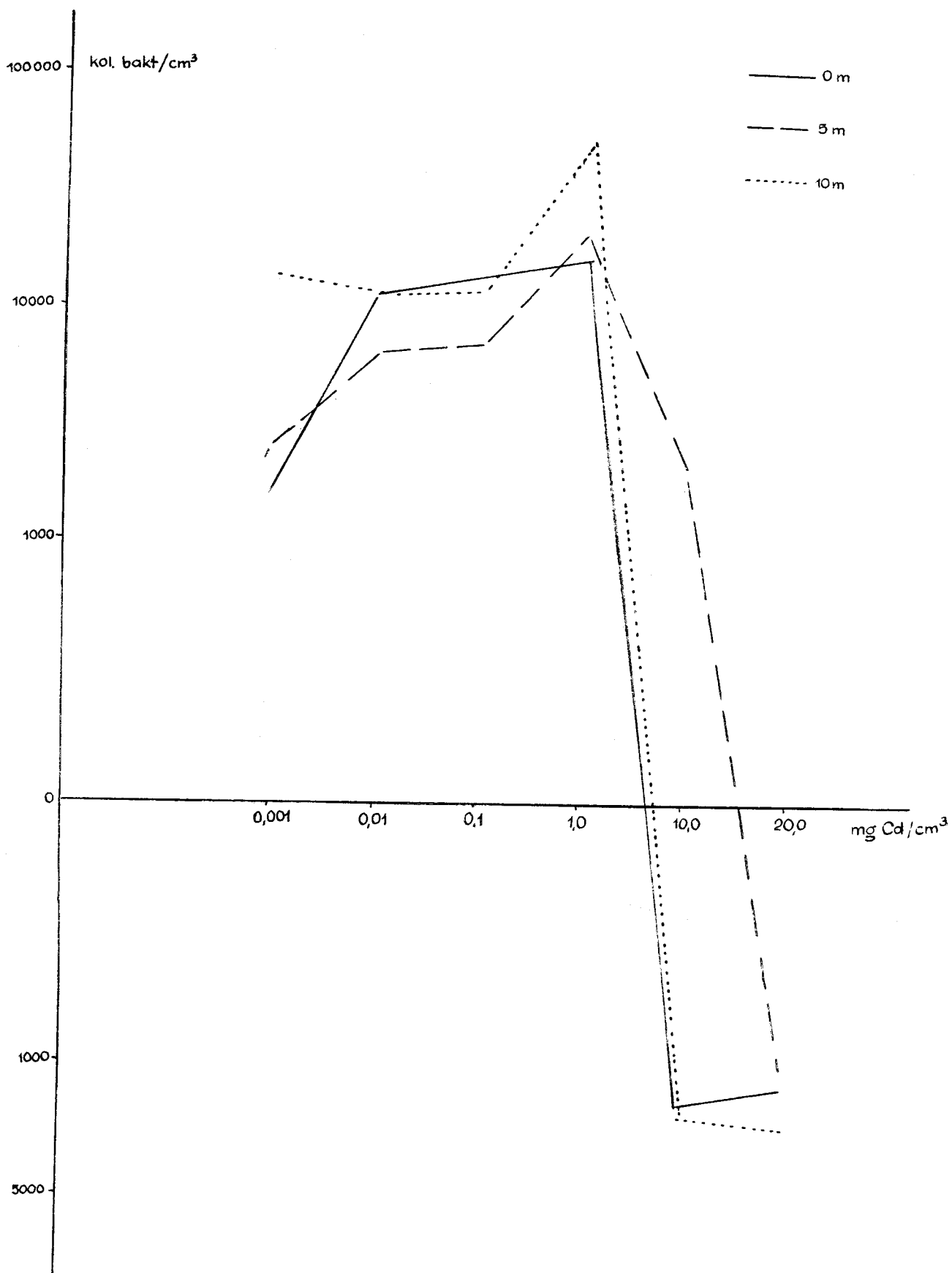
Rys. 1 Wzrost ilości bakterii (w stosunku do próby kontrolnej) pod wpływem chlorku kadmu w wodzie z różnych głębokości jez. Ostrowite w okresie stagnacji letniej (8.08.1972)



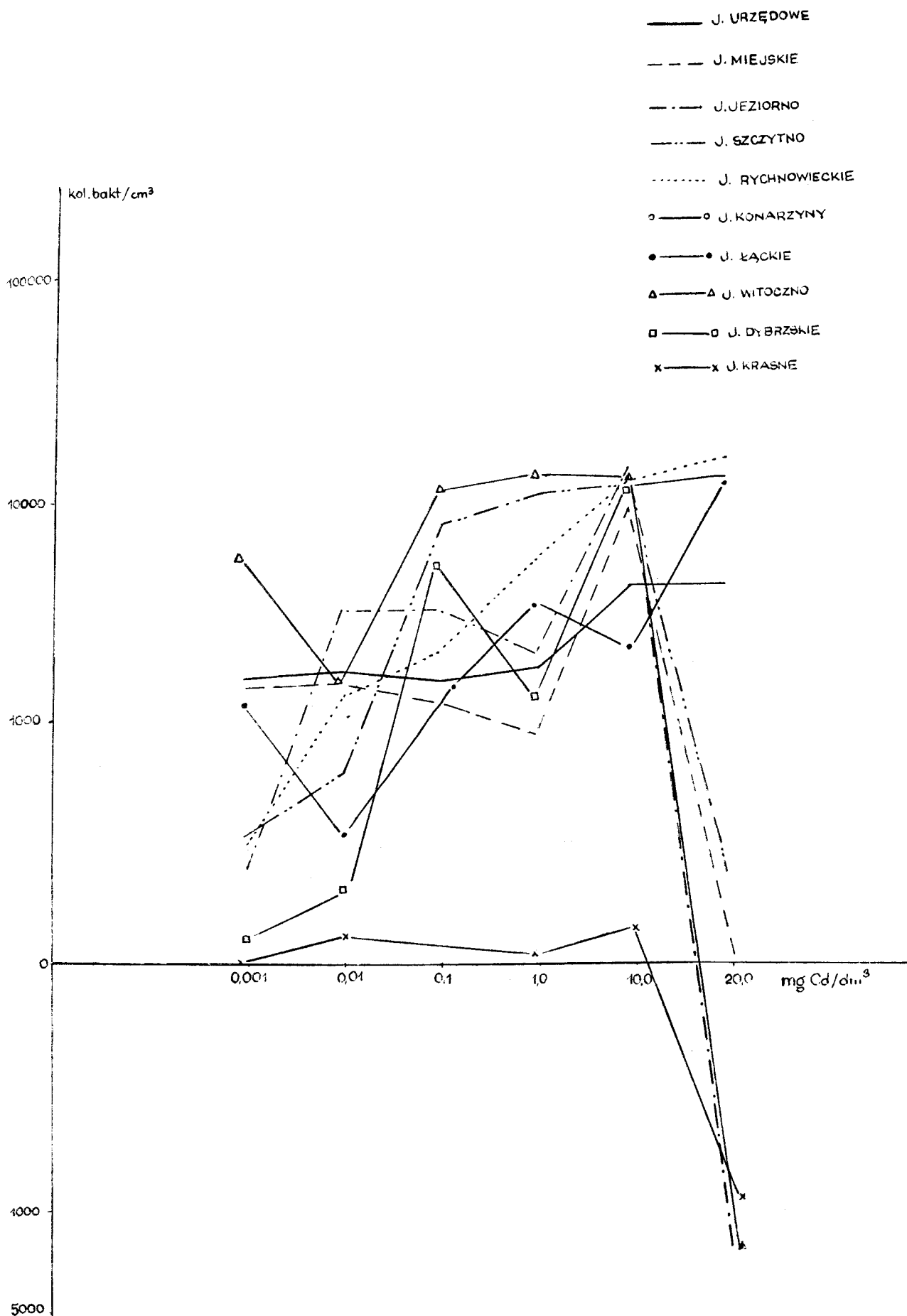
Rys. 2 Wzrost ilości bakterii (w stosunku do próby kontrolnej) pod wpływem chlorku kadmu w wodzie z różnych głębokości jez. Charzykowo w okresie stagnacji letniej (8.08.1972)



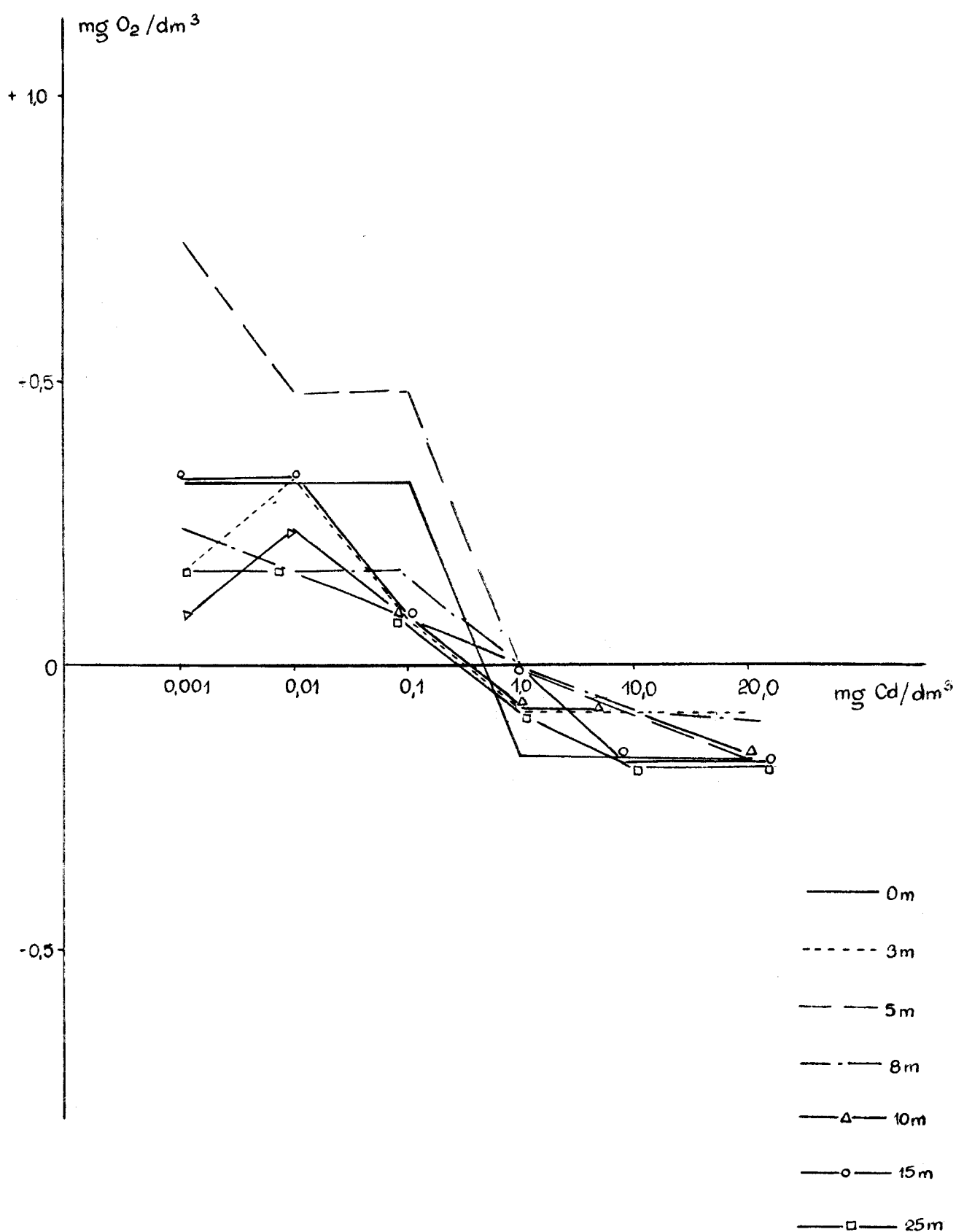
Rys. 3 Wzrost bakterii (w stosunku do próby kontrolnej) pod wpływem chlorku kadmu w wodzie z różnych głębokości jez. Konarzyny w okresie stagnacji letniej (8.08.1972)



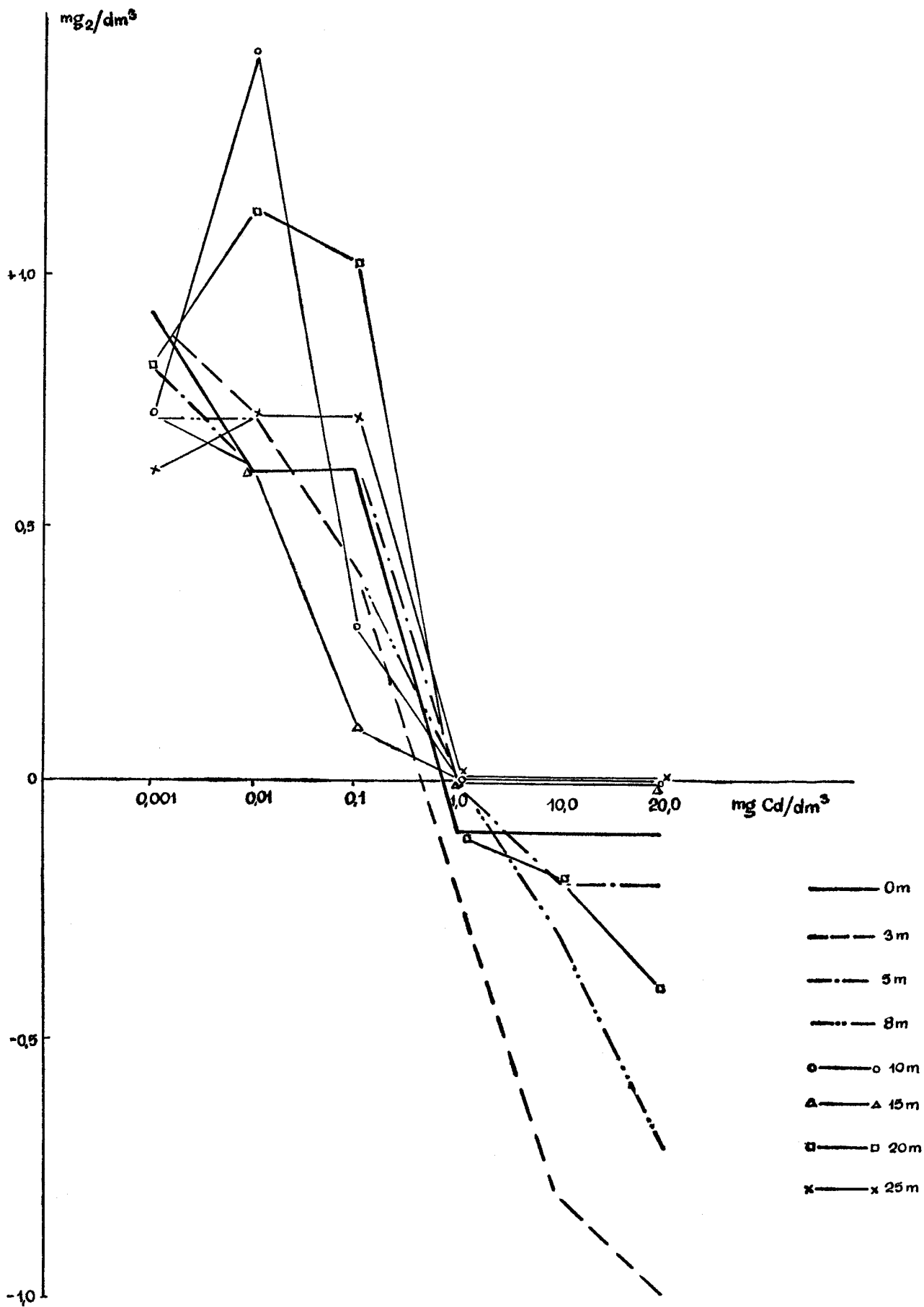
Rys. 4 Wzrost ilości bakterii (w stosunku do próby kontrolnej) pod wpływem chlorku kadmu w wodzie z różnych głębokości jez. Konarzyny w okresie stagnacji letniej (17.08.1972)



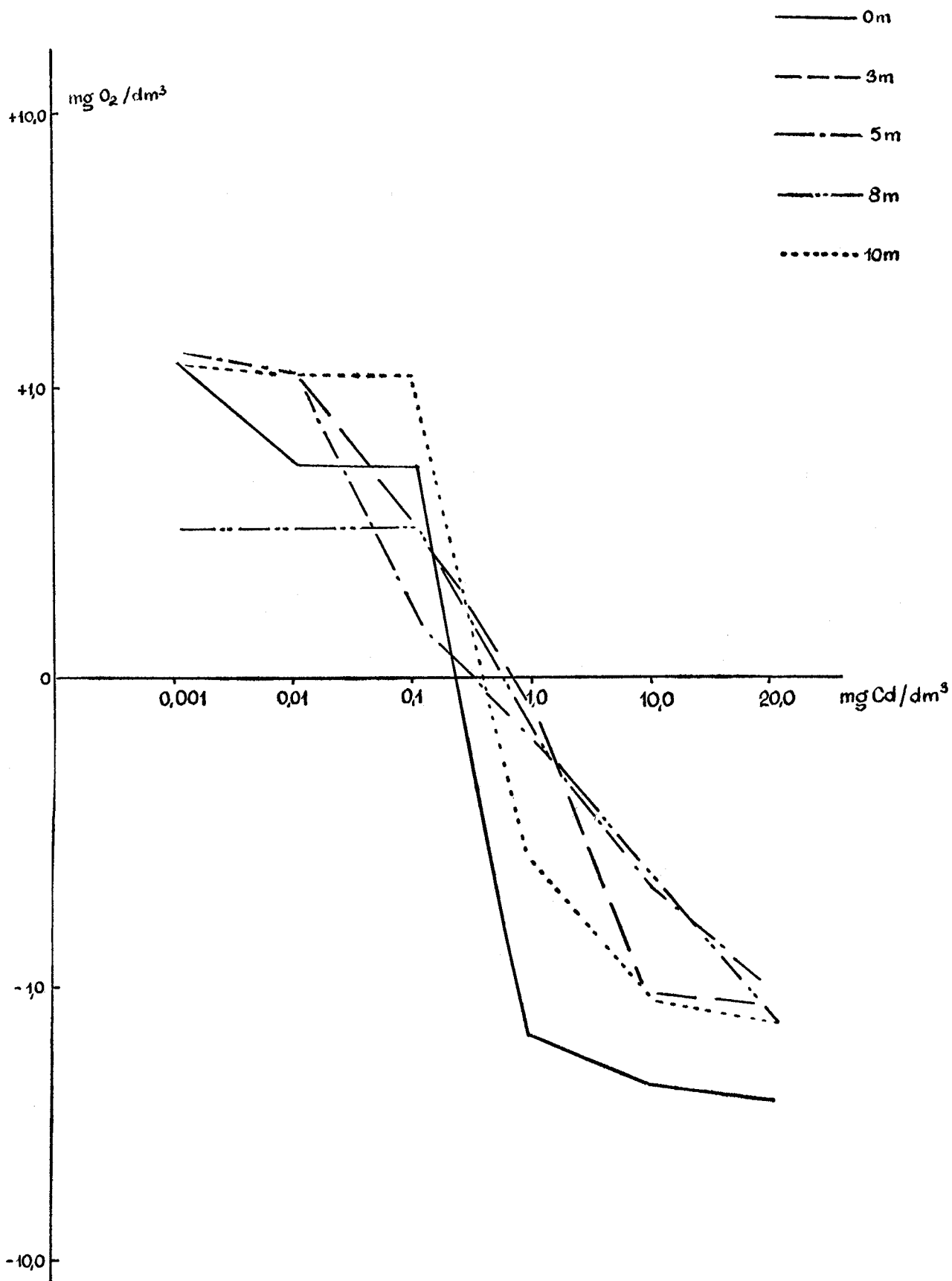
Rys. 5 Wzrost ilości bakterii (w stosunku do próby kontrolnej) pod wpływem chlorku kadmu w wodzie jezior o różnym stężeniu trofizmu w okresie cyrkulacji jesiennej (20.10.1973)



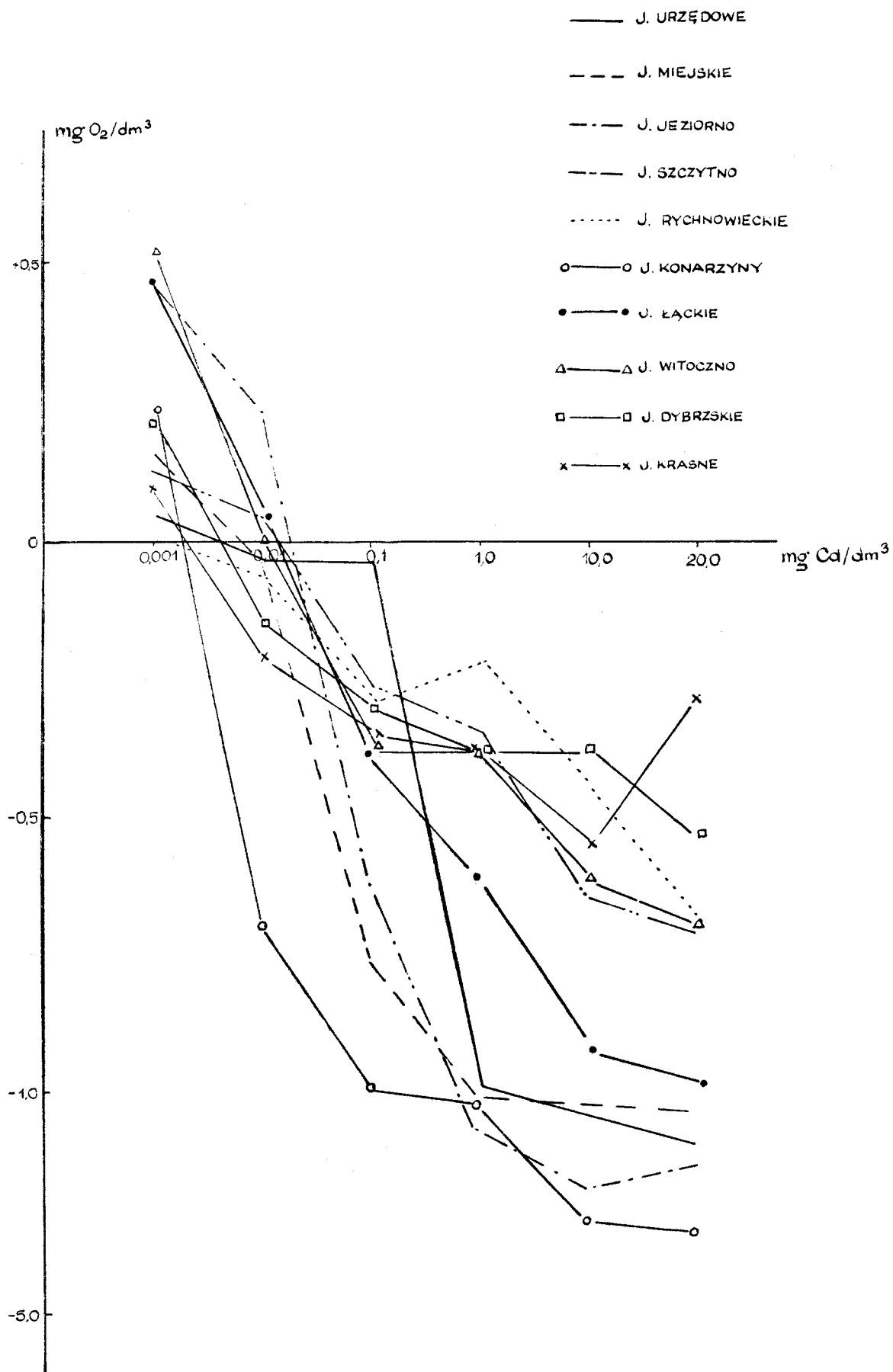
Rys. 6 Wpływ chlorku kadmu na aktywność bakterii w wodzie z różnych głębokości jez. Ostrowite w okresie stagnacji letniej (8.08.1972)



Rys. 7 Wpływ chlorku kadmu na aktywność bakterii w wodzie z różnych głębokości jez. Charzykowo w okresie stagnacji letniej (8.08.1972)



Rys. 8 Wpływ chlorku kadmu na aktywność bakterii w wodzie z różnych głębokości jez. Konarzyny w okresie stagnacji letniej (8.08.1972)



Rys. 9 Wpływ chlorku kadmu na aktywność bakterii w wodzie jezior o różnym stopniu trofizmu w okresie cyrkulacji jesiennej (20.10.1973)