

UZDATNIANIE WODY W BASENACH DO PODWODNEJ KINEZYTERAPII

Wprowadzony od niedawna zamknięty obieg wody w basenach leczniczych wymaga spełnienia wielu czynników, zwłaszcza dotyczących uzdatniania wody w taki sposób, aby jak najmniej traciła ona na właściwościach fizyczno-chemicznych. Zapropozowano sposoby uzdatniania i dezynfekcji wody mineralnej dla basenów leczniczych i podwodnej kinezyterapii, które warunki powyższy spełniają.

Dynamiczny rozwój lecznictwa uzdrowiskowego ma bezpośredni związek ze zmianą struktury i sposobu leczenia kuracjuszy. Poza tradycyjnymi metodami leczenia chorób za pomocą naturalnych tworzyw leczniczych, coraz powszechniej stosuje się zabiegi terapeutyczne, służące aktywizacji i rehabilitacji zdrowotnej pacjenta.

Zabiegi powyższe przeprowadza się w basenach kąpielowych, salach gimnastycznych, na placach do gier i zabaw, ścieżkach zdrowia, boiskach sportowych itp. W aktywizacji i rehabilitacji zdrowotnej kuracjusza szczególna funkcja przypada podwodnej kinezyterapii, przeprowadzonej w basenach leczniczych lub kąpielowych.

Zgodnie z Zarządzeniem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej [1], baseny kąpielowe zaliczone zostały do urządzeń lecznictwa uzdrowiskowego. Nadal jednak uzdrowiska krajowe nie dysponują dostateczną liczbą basenów, pomimo stałego wzrostu potrzeb w zakresie rehabilitacji zdrowotnej kuracjuszy.

Rodzaje stosowanych wód w basenach

Baseny do podwodnej kinezyterapii mogą być zasilane wodą zwykłą, mineralną lub mieszaną. Uzdrowiska, dysponujące dostateczną ilością wody mineralnej powinny napełniać baseny tymi wodami. Ważnym jest, aby wody mineralne, doprowadzone do basenu nie ulegały dużym zmianom fizyczno-chemicznym, zwłaszcza gdy w basenach leczniczych przewiduje się stosowanie obiegowego układu uzdatniania wody.

Zmiany w składzie fizyczno-chemicznym wody mineralnej następują wówczas, gdy z wody tej usunięty zostanie gaz naturalny (zachwianie równowagi składu) oraz podczas jej napowietrzania (utlenienie składników wody) lub ogrzewania (składniki ulegają rozkładowi).

Tylko nieliczne wody mineralne mogą być użyte do basenu w postaci niezmienionej. Są to zwłaszcza wody termalne. Pozostałe wody mineralne przeznaczone do zasilania basenu ulegają zmia-

nom fizyczno-chemicznym. Nieznacznym zmianom w procesie uzdatniania ulegają wody o wysokim stopniu mineralizacji, szczególnie te, które nie zawierają w sobie składników farmakodynamicznie czynnych. Są to wody chlorkowo-sodowe (solanki), które przy wysokich stężeniach soli często rozcieńczane są wodą zwykłą do zalecanych dla basenów stężeń 1,5 — 3‰. W przypadku stosowania wody zwykłej do rozcieńczenia solanki, podgrzewanie solanki powinno odbywać się przez zmieszanie jej z ciepłą wodą zwykłą.

Do celów basenowych stosuje się często wody wapniowo-wodorowęglanowe oraz wapniowo-siarczanowe. Jeżeli wody te zawierają naturalny dwutlenek węgla wtedy ulegają one znacznemu zmętnieniu, po ich odgazowaniu w procesie uzdatniania.

Również w procesie podgrzewania wód wapniowych następuje ich zmętnienie oraz intensywne wydzielanie się osadów na ściankach instalacji. Aby zmniejszyć uciążliwości eksploatacyjne układu obiegowego wody, należy stosować podgrzewanie wody mineralnej za pomocą ciepłej wody zwykłej podgrzanej do temperatury 80—90°C drogą tzw. „zmieszania wody” oraz lokalizować mieszacz jak najbliżej punktów napełniania niecki basenu. Wody zawierające powyżej 1 mg/dm³ żelaza i manganu wymagają odżelazienia.

Inne wody, zawierające znaczne ilości dwutlenku węgla oraz związku sodu, bromu, arsenu itp. nie powinny być stosowane w basenach.

W basenach leczniczych stosowana jest również woda morska zaliczana do naturalnych tworzyw leczniczych. Można zatem przyjąć, że wody o podwyższonej mineralizacji, po procesie uzdatniania pozostają nadal wodami mineralnymi lub leczniczymi i w pierwszej kolejności nadają się do stosowania w basenach leczniczych.

Obieg zamknięty wód leczniczych może być ponadto stosowany dla wody morskiej i wody słabo zmineralizowanej, zwłaszcza dla termy naturalnej. Pozostała grupa wód mineralnych, przewidziana do stosowania w basenach leczniczych lub do podwodnej kinezyterapii wymaga indywidualnego rozpatrzenia, co do jej przydatności oraz możli-

wości zastosowania zamkniętego obiegu wody. Technologia uzdatniania mineralnych wód w basenach leczniczych powinna być zatwierdzona przez Instytut Balneoklimatyczny [2].

Układy technologiczne uzdatniania wody basenowej

W zależności od przeznaczenia, baseny kąpielowe mogą być zasilane [1]: wodą leczniczą, wodą morską, wodą podgrzewaną (nie uznaną za leczniczą). Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej [1] określa że kąpiel w basenach może być połączona z gimnastyką podwodną lub terenową, z kąpielą słoneczną lub powietrzną itp. Orientacyjne wymagania dla zakładów i urządzeń lecznictwa uzdrowiskowego [3] przewidują ponadto, że w basenach kąpielowych z wodą leczniczą nie zaleca się uzdatniania wody metodami chemicznymi.

Uwzględniając konieczność racjonalnego gospodarowania wodą i ciepłem Madeyski [4] proponuje następujące warianty wyjściowe projektowania basenów:

- a) baseny lecznicze i profilaktyczno-sportowe zasilane w wodę zwykłą,
- b) baseny lecznicze i profilaktyczno-sportowe zasilane w wodę mineralną.

Stosowanie zamkniętych obiegu wody przez urządzenia do fizycznej jej odnowy staje się obecnie koniecznością. Wyjątek stanowić powinny tylko baseny lecznicze o niewielkiej objętości, zwłaszcza, gdy są zasilane bezpośrednio przez źródło wody cieplej, dla którego może być stosowany stały przepływ wody.

Uwzględniając rodzaj technologii uzdatniania wody proponuje się następujące warianty projektowania basenów kąpielowych:

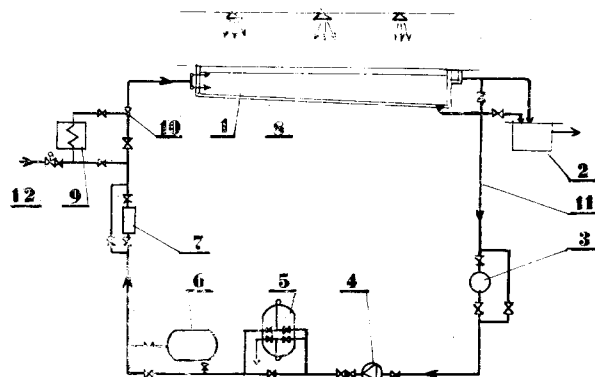
- a) baseny lecznicze do podwodnej kinezyterapii zasilane w wodę zwykłą z fizyczno-chemiczną odnową i dezynfekcją wody,
- b) baseny lecznicze do podwodnej kinezyterapii zasilane w wodę zwykłą z fizyczną odnową i chemiczną dezynfekcją wody,
- c) baseny lecznicze do podwodnej kinezyterapii zasilane w wodę mineralną z fizyczną odnową i fizyczną dezynfekcją wody.

Układy technologiczne uzdatniania wody, dla pierwszych dwóch grup basenów są na ogół znane i nie wymagają szczegółowego omówienia. W mniejszym stopniu znane są możliwości uzdatniania wody mineralnej metodami fizycznymi, i te będą tu bliżej omówione.

Baseny zasilane w wodę mineralną z fizyczną odnową i fizyczną dezynfekcją wody

Układ technologiczny fizycznej odnowy i dezynfekcji wody zaleca się dla wód mineralnych, których nie należy uzdatniać metodami chemicznymi. Schemat układu technologicznego podany na rys. 1 przewiduje następujące urządzenia: chwytacz

włókien i włosów 3, filtr wstępny ze złożem antracytowym lub żwirowym 5, filtr podstawowy z okresowo wymienną masą filtracyjną 6, urządzenie do dezynfekcji wody promieniami ultrafioletowymi 7, podgrzewacz wody 9, napromienniki 8 do okresowej dezynfekcji powierzchni ścian niecki basenu.



Rys. 1 Schemat układu instalacji do oczyszczania wody w basenie kąpielowym zasilanym wodą leczniczą: 1 — filtr siatkowy, 2 — ciśnieniowy filtr wstępny (antracytowo-piaskowy), 3 — filtr podstawowy (z ziemią okrzemkową), 4 — pompa cyrkulacyjna, 5 — urządzenie do dezynfekcji wody, 6 — urządzenie do naświetlania niecki basenu.

Chwytacz włókien i włosów

Usuwanie większych zanieczyszczeń z wody, w szczególności włosów i włókien, dokonuje się za pomocą filtra siatkowego. Wychwyceniu zanieczyszczeń sprzyja 4 do 7-krotne zmniejszenie prędkości przepływu wody w filtrze w stosunku do prędkości przepływu wody w rurociągu. Oczyszczanie filtra siatkowego w zależności od objętości basenu powinno się przeprowadzać co 3 do 6 dni.

Ciśnieniowy filtr wstępny

Oczyszczanie wody leczniczej z zanieczyszczeń wnoszonych przez osoby kąpiące się w basenie (naskórek, brud) i wytrącających się z wody skutkiem jej kontaktu z powietrzem (osad wodorotlenku żelaza i manganu) zaleca się przeprowadzać na filtrze antracytowo-piaskowym. Bezsiarkowy antracyt odznacza się wieloma zaletami, szczególnie korzystnymi przy filtrowaniu wody leczniczej. Ważniejsze z nich to: odporność na działanie kwasów, duża wytrzymałość chemiczna, niewielka inkrustacja (zarastanie) ziaren złoża przy filtrowaniu wód zawierających żelazo i mangan, zdolność usuwania krzemionki, a więc i mętności wody itp. Ponadto uziarnienie antracytu stwarza mniejszy opór przepływu niż piasek kwarcowy o równoważnej wielkości ziaren, co umożliwia stosowanie o 150% większych prędkości filtracji wody, a do płukania złoża o połowę mniej ilości wody.

Do oczyszczania filtra (średnio co 7 do 14 dni) wystarczy zatem przepływ wody równy podwójnej prędkości filtracji, co zapewnić może równoczesna praca dwóch pomp cyrkulacyjnych, podstawowej i rezerwowej.

Wadą antracytu jest trzykrotnie wyższy koszt od piasku kwarcowego oraz zwiększona ekspansja złoża podczas jego płukania (do 75% [5]) co uwzględnić należy w doborze wysokości filtra. Grubość złoża w filtrach antracytowo-piaskowych podaje Wahke [6]:

- żwirek, warstwa nośna (granul. 1 do 2 mm)
- piasek drobny (granul. 0,4 do 0,7 mm)
- antracyt drobny (granul. 0,8 do 1,6 mm)

warient I

- 0,1 m
- 0,4 m
- 0,4 m

warient II

- 0,1 m
- 0,5 " 0,6 m

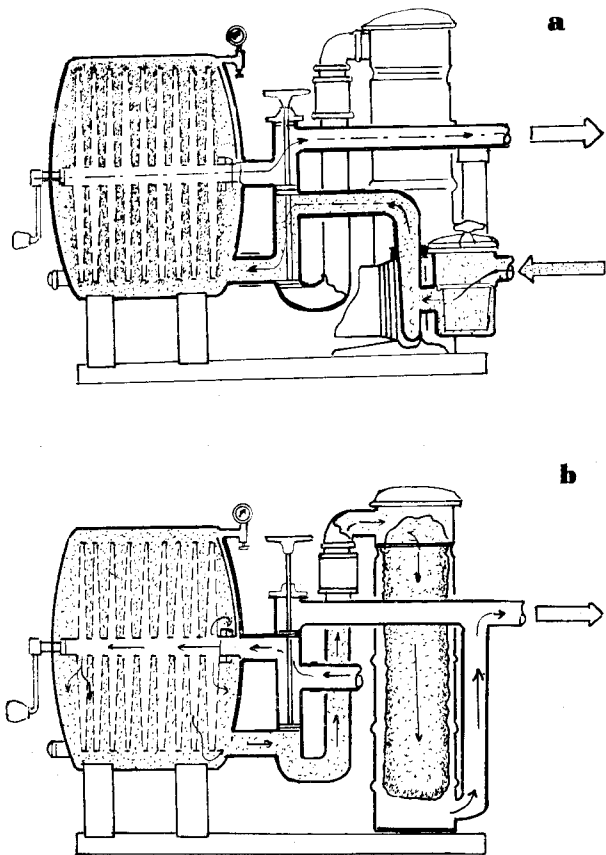
Filtr podstawowy

Filtrem podstawowym powinno się oczyścić wodę z mikrozanieczyszczeń fizycznych. Wymagania powyższe spełniają masy chłonne, często wymieniane na nowe, nakładane na szkielet filtra tkaninowego lub siatkowego.

Bardzo dobre własności chłonne wykazuje ziemia okrzemkowa (nies cementowany diatoni t). Stosowane są również tlenki metali oraz piankowe tworzywa syntetyczne.

Ziemia okrzemkowa jest chemicznie obojętna. Jej specyficzna mikroskopijno-szkieletowa budowa umożliwia oczyszczanie wody z bardzo drobnych zanieczyszczeń (od 1 μm wzwyż), a więc i zatrzymanie do 80% bakterii zawartych w wodzie [7]. Filtry z ziemią okrzemkową mają konstrukcję świecową lub talerzową, podstawą której są płaszczyzny filtrujące (siatka lub perforowana blacha, pokryte syntetyczną tkaniną), na które za pomocą wody nanosi się warstwę ziemi okrzemkowej o grubości 2 do 3 mm. Układ konstrukcyjny filtra umożliwia zastosowanie dużych powierzchni filtracyjnych. Uzyskiwane w ten sposób prędkości filtracji 2 do 5 m/h są zbliżone do wartości stosowanych na filtrach powolnych, a od filtracji zależy między innymi efekt mechanicznego oczyszczania wody. Przykładem konstrukcji filtra talerzowego z ziemią okrzemkową może być urządzenie firmy STA-RITE [8] pokazane na rys. 2. Usuwanie zużytej i nakładanie czystej masy z ziemi okrzemkowej na filtr, może być dokonywane ręcznie (wymiana okresowa masy co 3 do 14 dni, trwająca ok. 15 minut), albo mechanicznie (oczyszczanie siłą odśrodkową lub splukiwaniem pulsacyjnym filtra).

Wymiana masy w filtrze może się odbywać okresowo lub w sposób ciągły. Proces filtracji nie usuwa z wody rozpuszczonych związków organicznych, w szczególności mocznika i amoniaku. Większość związków organicznych rozpuszczonych w wodzie można usunąć węglem aktywnym, bardzo dobrym sorbentem. Stosowane do oczyszczania wody stałe filtry węglowe, nie mogą być wykorzystywane do



Rys. 2 Urządzenie do oczyszczania wody w basenie z filtrem talerzowym, a) w czasie filtracji, b) w czasie oczyszczania

oczyszczania wód leczniczych. Węgiel aktywny stanowi bowiem podłoże do rozwoju bakterii, które mineralizują części sorbowanych związków organicznych. Woda po przejściu przez filtr stały, nie jest bakteriologicznie pewna i wymaga dezynfekcji. Zastosowanie węgla aktywnego jako dodatku (3 do 5%) do ziemi okrzemkowej, często w procesie oczyszczania wody wymienionej na nową, umożliwi obniżkę zawartości związków organicznych w wodzie bez ujemnych skutków rozwoju bakterii na podłożu węgla. Węgiel aktywny sorbuje również rozpuszczone w wodzie metale ciężkie, dlatego nie należy go stosować jako dodatku do złoża filtracyjnego w przypadkach, gdy woda lecznicza składniki takie zawiera.

Pompa cyrkulacyjna

Wielkość urządzeń do oczyszczania wody zależy od ilości wody przeznaczonej do obiegu (recyrkulacji). Przyjmując wskaźnik zużycia wody recyrkulacyjnej — 2m³/osobę, uzyskamy (dla powierzchni basenu 4m²/osobę i objętości 6m³/osobę) całkowitą wymianę wody w basenie co 6 godzin, a pełną recyrkulację wody co 3 godziny. Wydajność pompy cyrkulacyjnej oraz urządzeń do oczyszczania wody obiegowej proponuje się określać z zależności:

$$V_n = w \cdot N \cdot \frac{60}{t} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

w której:

w — wskaźnik ilości wody recyklującej, przyjęty jako wynoszący $2\text{m}^3/\text{osobę}$,

N — liczba osób jednocześnie kąpiących się w basenie,

t — czas trwania kąpieli, min.

Urządzenia do dezynfekcji wody

Dezynfekcję wody metodami fizycznymi przeprowadza się za pomocą promieni ultrafioletowych lub ultradźwięków. Zastosowanie ultradźwięków do dezynfekcji wody nie wyszło do tej pory poza zakres badań laboratoryjnych lub półtechnicznych, zatem w rozważaniach będzie pominięte. Do dezynfekcji wody stosuje się natomiast promieniowanie ultrafioletowe. Bakteriologiczne działanie wykazują krótkie fale ultrafioletowe o długości 2000 do $2950 \cdot 10^{-10}\text{m}$ (optimum przy $2600 \cdot 10^{-10}\text{m}$). Bakterie giną w ciągu kilku minut po napromieniowaniu wody, prawdopodobnie skutkiem degeneracji białka koloidów protoplazmy komórkowej. Najczęściej do dezynfekcji stosuje się lampy rtęciowo-kwarcowe lub rtęciowo-argonowe. Napromieniowanie nie powoduje zmian w składzie fizyczno-chemicznym wody, co jest zjawiskiem szczególnie korzystnym w dezynfekcji wody leczniczej. Według prospektów firmy Hans Keller: Maschinen und Aparatenbau ADLISWIL, Zurich (Szwajcaria), żywotność (trwałość) lampy do wytwarzania promieni ultrafioletowych wyn. 3000 do 6000 godzin. Po 200 do 300 godzinach pracy efekt dezynfekcji zmniejsza się o ok. 50% , co należy uwzględnić w doborze liczby lamp. Skuteczną grubością warstwy wody naświetlanej promieniami ultrafioletowymi, można obliczyć wzorami podanymi przez Sokołowa [9]. Między czasem naświetlania a grubością warstwy wody zachodzi ścisła zależność. Przykładowo w 10 cm warstwie wody dezynfekcja przebiega w czasie 1 sekundy, a w warstwie 40 cm, w czasie 15 sekund [5]. Woda dezynfekowana promieniami ultrafioletowymi powinna być bezbarwna, bez domieszek koloidalnych i zawiesin, które zmniejszają skuteczność dezynfekcji.

Wadą rozpatrywanej metody dezynfekcji jest krótkotrwałe jej działanie nie zapobiegające wtórnemu rozwojowi bakterii w niecce basenu. Z tego powodu, do dezynfekcji wody i ścian niecki basenu przewidziano dodatkowe ich naświetlanie promieniami ultrafioletowymi. Zużycie energii elektrycznej do dezynfekcji wody promieniami ultrafioletowymi wynosi od $0,0015$ do $0,03$ kWh na 1 m^3 wody.

Urządzenia do naświetlania niecki basenu

W basenach kąpielowych w których całkowitą wymianę wody przeprowadza się co trzy lub więcej dni, w osadzających się na dnie i ściankach niecki zanieczyszczeniach rozwijając się mogą bakterie i wirusy, pomimo stosowanego obiegu i oczyszczania wody.

W przypadkach tych zaleca się stosowanie okresowego naświetlania niecki basenu promieniami ultrafioletowymi, skutecznie niszczącymi bakterie. Napromieniowanie nie powoduje zmian w składzie fizyczno-chemicznym wody. Ze względu na szkodliwe działanie promieni ultrafioletowych o niekontrolowanym czasie i natężeniu, źródła promieniowania należy włączyć jedynie podczas przerw w kąpielach. Promienniki należy umieszczać na wysokości ok. $2,5$ m nad powierzchnią lustra wody, tak aby równocześnie naświetlały dno i ściany niecki basenu.

Promienie ultrafioletowe przenikają w wodzie przezroczystej do głębokości 2 m [7]. Działanie bakteriobójcze promieni jest najwyższe na powierzchni wody i ze wzrostem grubości warstwy wody — maleje. Najwięcej bakterii i brudu gromadzi się w wodzie tuż przy jej powierzchni [5], tj. w strefie, w której występuje najskuteczniejsze działanie promieni ultrafioletowych. Jeden promiennik o mocy 30W wystarczy na 6 m^2 naświetlanej powierzchni niecki lub posadzki basenu.

LITERATURA

1. **Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej** z dnia 21.08.67 r. w sprawie typowych rodzajów zakładów i urządzeń lecznictwa uzdrowiskowego (M.P. nr 55, poz. 272).
2. **BN-80/9568-02**. Baseny lecznicze. Podstawowe wymagania techniczne, sanitarne i eksploatacyjne.
3. **Zjednoczenie „Uzdrowiska Polskie”**. Orientacyjne wymagania dla zakładów i urządzeń lecznictwa uzdrowiskowego, uznanych w trybie przejściowym. Warszawa 23.08.1968 r.
4. A. MADEYSKI: Nowe elementy techniki uzdrowiskowej. Problemy uzdrowiskowe. Zeszyt 3/1971.
5. B. RUDZINSKI: Urządzenie do oczyszczania wody. Arkady, Warszawa 1965.
6. H. WAHKE: Die Filtration des Badewassers Kluiber-Information, Schwimmbadwassers. INTERBAD 1970. Catin/Tegernsee.
7. H. KAPPLER: Baseny kąpielowe. Arkady, Warszawa 1977 r.
8. **Prospekt Schwimmbecken-Kieselgurfilter STARRITE**, 6103 Glesheim/Darmstadt.
9. W. SOKOŁOW: Obiezzaraziwanie wody bakteriocidnymi łuczami. Izdat. Min. Komun. Choz. RSFSR. Moskwa, 1954.