



Rok założenia 1919



Politechnika
Śląska

Rozwiązania instalacji wod - kan w szpitalach, problemy z nimi związane

dr inż. Florian G. Piechurski



Cyrkulacja



A co to są *Legionelle*?



Legionella pneumophila jest drobnoustrojem wykrywalnym w każdej wodzie naturalnej.

Problem powstaje jednak wówczas kiedy woda ta przedostaje się do naszego organizmu przez **płuca**. Dochodzi wówczas do schorzenia podobnego zapaleniu płuc. W takich przypadkach należy podjąć natychmiastowo leczenie.

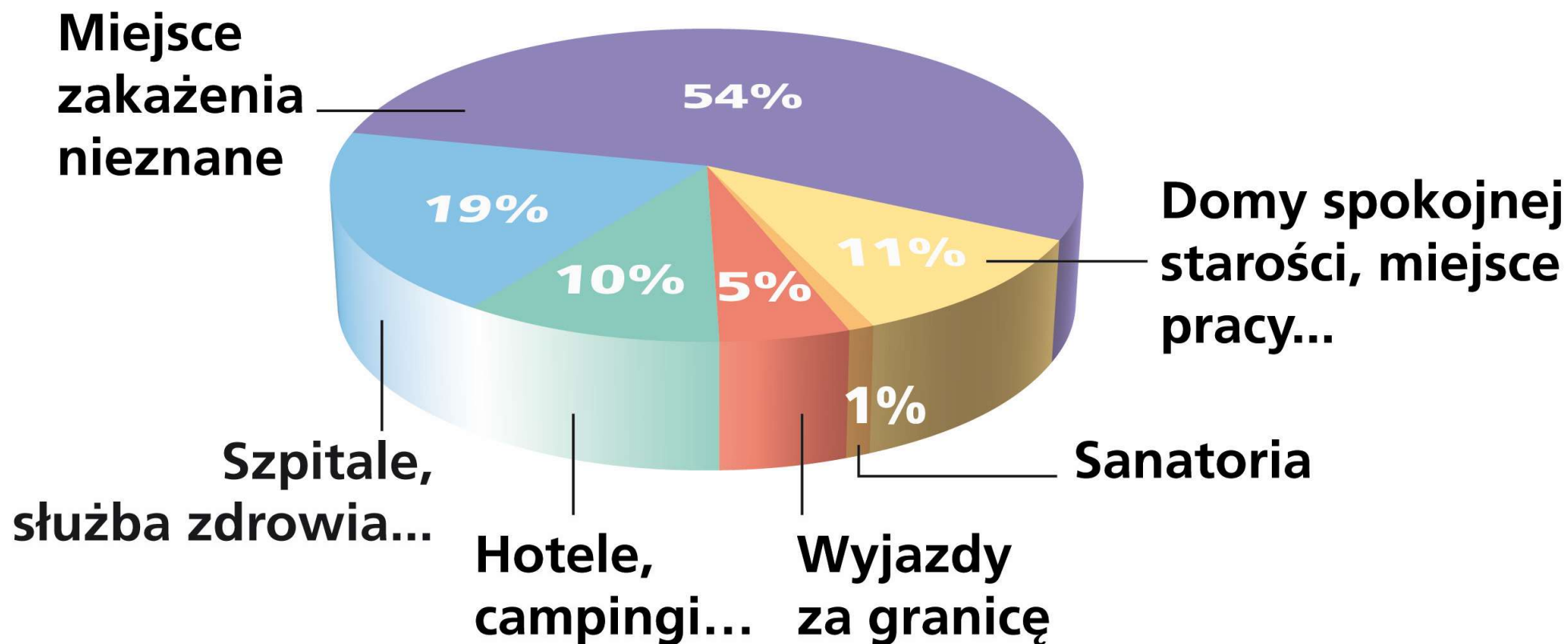
U zakażonych dzieci i osób starszych dochodziło nawet do przypadków śmiertelnych.



Gdzie ?



Instalacje o podwyższonym ryzyku?



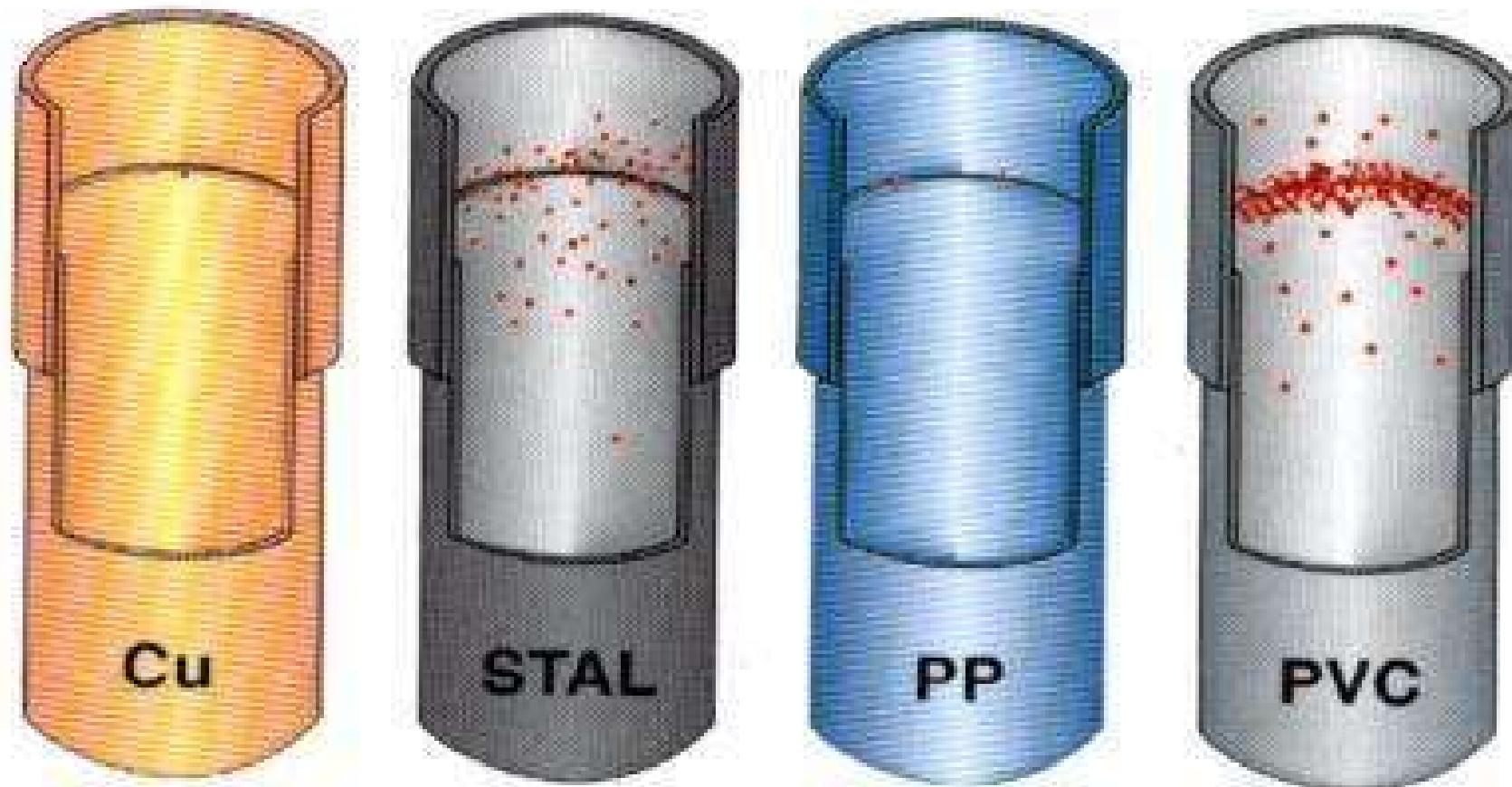
Główne źródła skażenia

- Wieże chłodnicze
- Obiegi chłodzenia przemysłowego
- Wanny z hydromasażem, natryski, etc.

Biofilm powstaje praktycznie na każdej powierzchni kontaktującej się z wodą, nie wyłączając miedzi, różny może być jedynie okres powstawania obrostów i różna ich grubość.



Najbardziej niekorzystnymi materiałami w których szczególnie szybko kolonizują i rozwijają się bakterie (powstaje biofilm) są stal oraz polichlorek winylu.



**Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie wymagań dotyczących
jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi 29.03.2007
(Dz.U. Nr 61, poz. 417)**

•§ 2.1. Woda jest bezpieczna dla zdrowia ludzkiego, jeżeli jest wolna od mikroorganizmów chorobotwórczych i pasożytów w liczbie stanowiącej potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, substancji chemicznych w ilościach zagrażających zdrowiu oraz nie ma agresywnych właściwości korozyjnych i spełnia:

L.p	Parametr	Liczba bakterii	Objętość próbki [ml]
1.	<i>Legionella sp.</i> ¹⁾	<100	100

Zakażenia systemów instalacji wodnej może być:

- **sporadyczne** (incydentalne) gdy dotyczy ono np. tylko jednej armatury, uszczelki czy głowicy natrysku,
- **systematyczne** (stałe) gdy w punktach centralnych instalacji c.w.u. istnieją miejsca, gdzie bakterie z rodzaju Legionella znalazły swoje nisze, w których namnażają się i skąd ciągle są wyplukiwane.

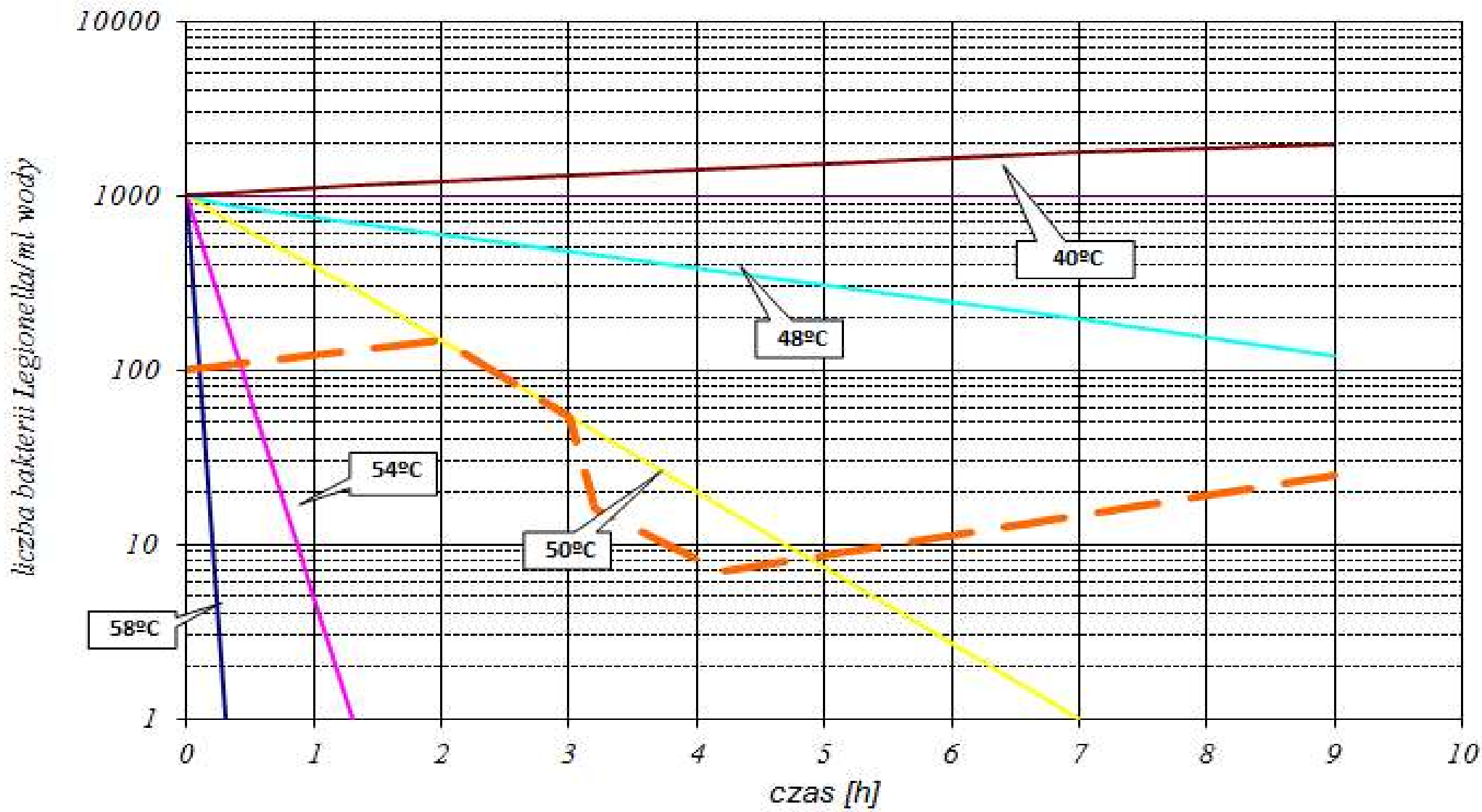
W tych przypadkach ich koncentracja nie zmniejsza się nawet przy intensywnym płukaniu instalacji.

Przy skażeniu incydentalnym natomiast, wystarczy np. wymienić uszczelkę, umyć i oczyścić z kamienia i rdzy armaturę (szczególnie **perlatory natrysków**) lub po prostu wytworzyć silny strumień wody.

- należy **izolować** rury wody ciepłej od zimnej (w tym umieszczać rury wody ciepłej nad rurami wody zimnej) w celu eliminacji zjawiska ogrzania rur wody zimnej, co w konsekwencji prowadzi do tworzenia środowiska przyjaznego rozwojowi bakterii,
- podgrzewanie całej zawartości wody ciepłej w instalacji przynajmniej raz dziennie do temperatury **60 °C**,
- zapobieganie procesom korozji i tworzenia złogów.

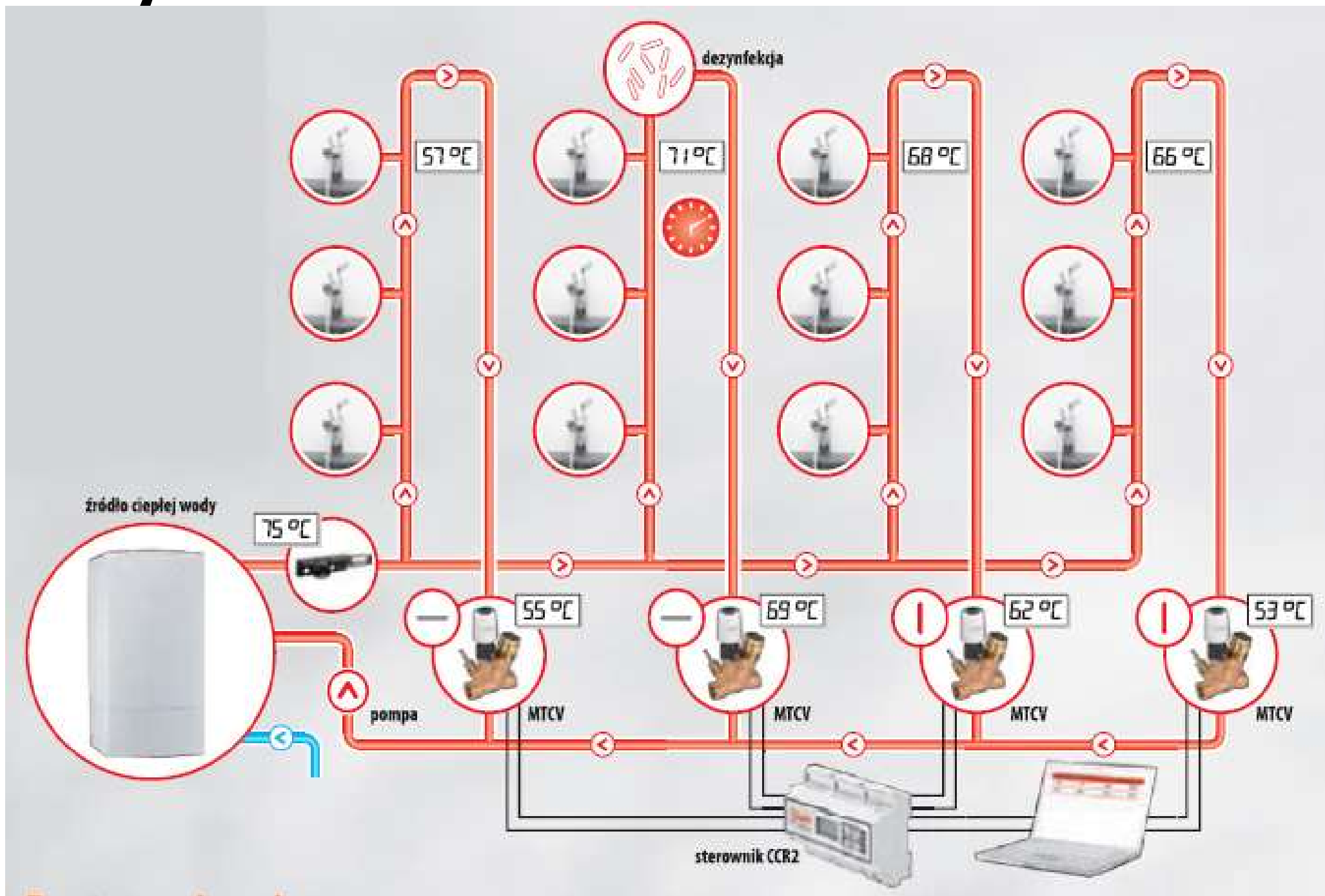
Proponowane wytyczne do prawidłowej eksploatacji instalacji ciepłej wody użytkowej:

- przynajmniej **raz dziennie** podgrzanie całkowitej zawartości wody ciepłej w instalacji do temperatury **60°C**,
- utrzymanie obliczeniowej temperatury wody zimnej i ciepłej,
- opróżnianie i odcinanie nieużywanych odcinków instalacji,
- przeprowadzanie okresowych kontroli stanu technicznego i czystości instalacji,
- naprawa i konserwacja lub wymiana uszkodzonych elementów instalacji
- stosowanie **zaworów mieszających na odgałęzieniach** do poszczególnych punktów czerpalnych co **umożliwia okresowe podgrzewanie wody w instalacji do temp. pow. 70 °C**

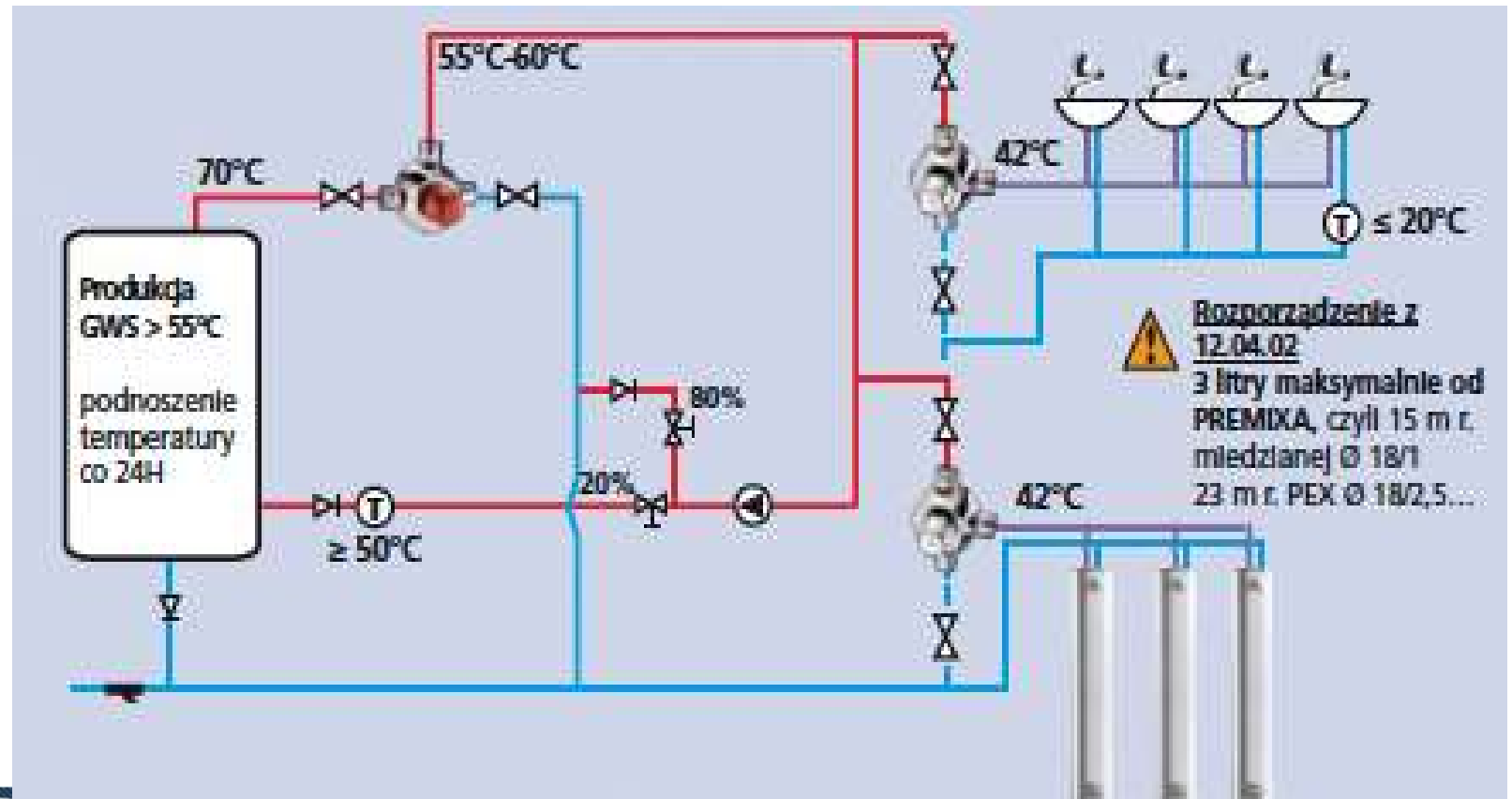


- 58°C
- 50°C
- 46°C
- - - zmiana ilości bakterii przy zmiennej temperaturze
- 54°C
- 48°C
- 30-40°C

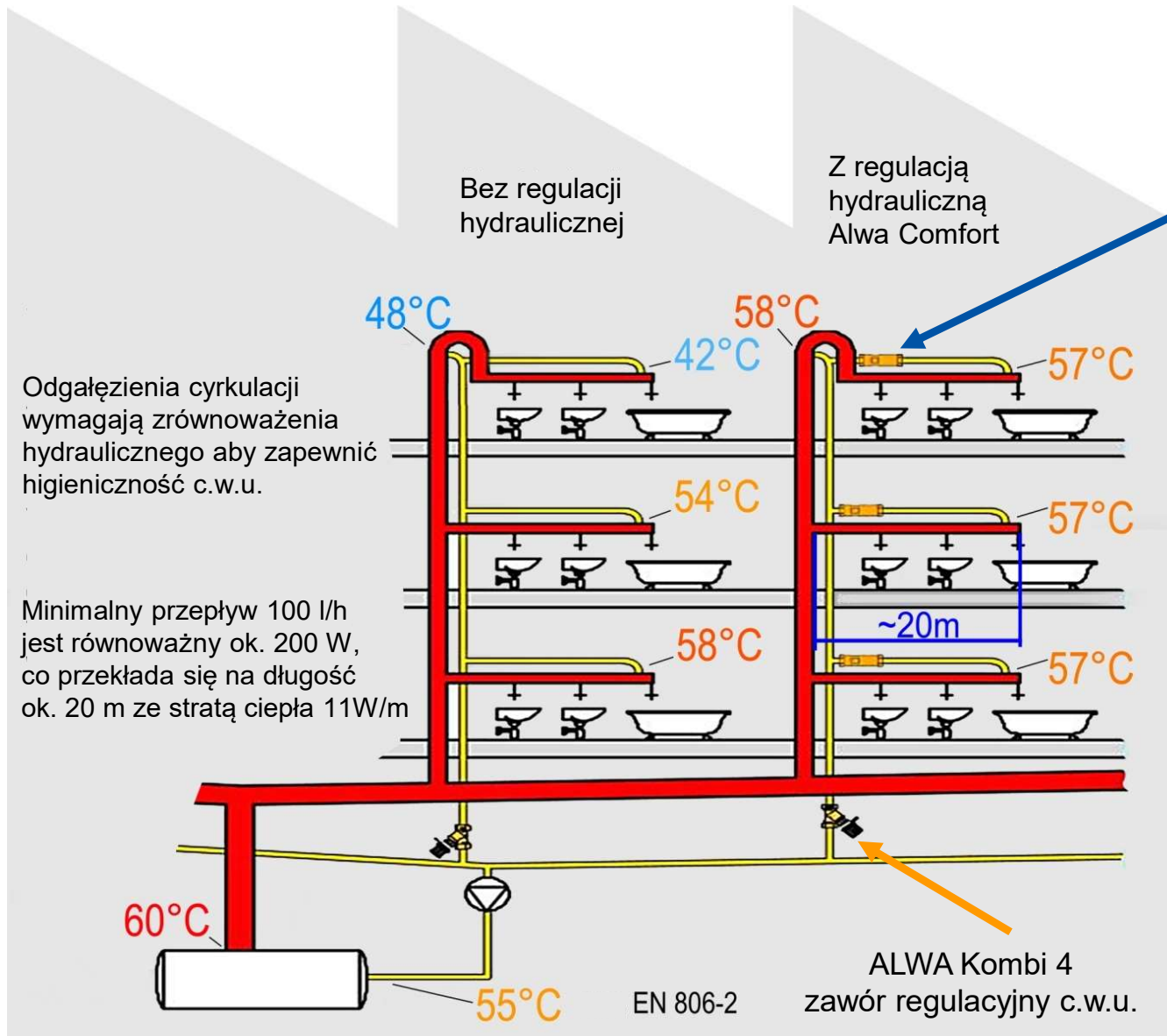
Przykład zastosowania zaworu MTCV-C



CYRKULACJA z PREMIX SECURIT i punkty czerpalne z ograniczeniem maksymalnej temperatury



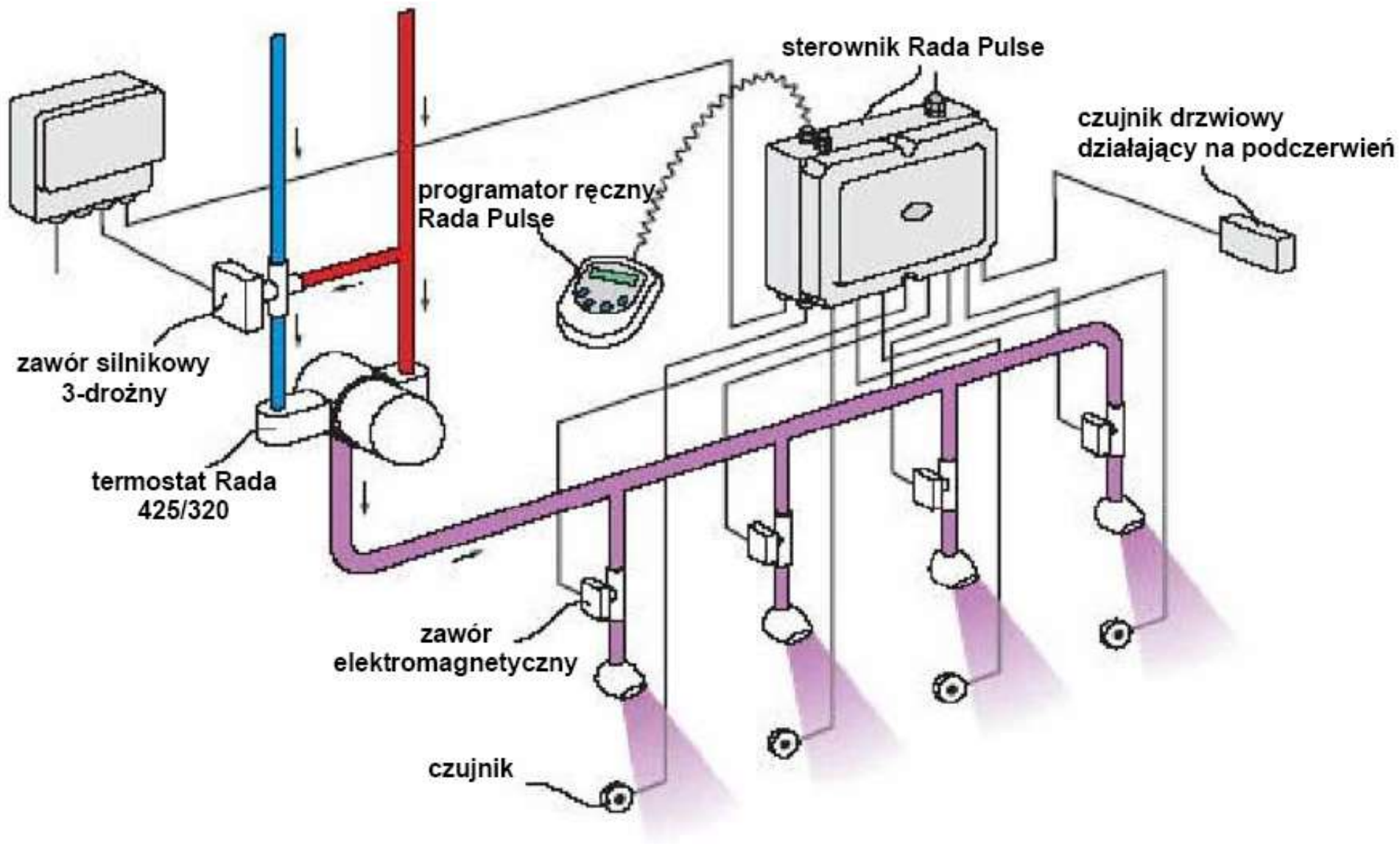
System cyrkulacji c.w.u.



ALWA Comfort
zawór cyrkulacyjny dla odcinków poziomych lub o małych przepływach cyrkulacyjnych c.w.u.

— Rura c.w.u.
— Rura cyrkulacyjna c.w.u.

- Zwiększenie komfortu
- Mniejsze straty wody
- Większe zabezpieczenie przeciwko Legionelli



Schemat instalacji automatycznej dezynfekcji termicznej [11]

Dezynfekcja promieniami UV

W ostatnich latach zwiększyło się zapotrzebowanie na alternatywne do chemicznych metody dezynfekcji. Tendencja ta widoczna jest szczególnie w tych instalacjach, w których nie ma problemu zarastania i odkładania osadów.

Korzyści to:

- zminimalizowanie lub całkowite zaprzestanie dodawania chemikaliów, zachowanie przez wodę jej naturalnego smaku i zapachu,
- nie są potrzebne zbiorniki reakcyjne, ani wtórne pompowanie,
- promienie UV charakteryzują się dużą efektywnością w stosunku do pasożytów cryptosporidia i legionellae,
- jak dotychczas nie są znane organizmy odporne na dawkę promieniowania,



Przykładowe instalacje chlorowe:



Chlorowanie dwutlenkiem chloru

Dwutlenek chloru używany jest do dezynfekcji wody jako metoda alternatywna do dezynfekcji chlorem gazowym. Jest to substancja silnie dezynfekująca i usuwająca odory. Dwutlenek chloru wykazuje dużo lepsze właściwości utleniające niż chlor i niszczy także te substancje organiczne, wirusy i przetrwalniki bakterii, które nie są niszczone przez chlor. Dwutlenek chloru może być wytwarzany dwoma metodami, tj. w wyniku reakcji chlorynu sodowego z chlorem lub z kwasem.

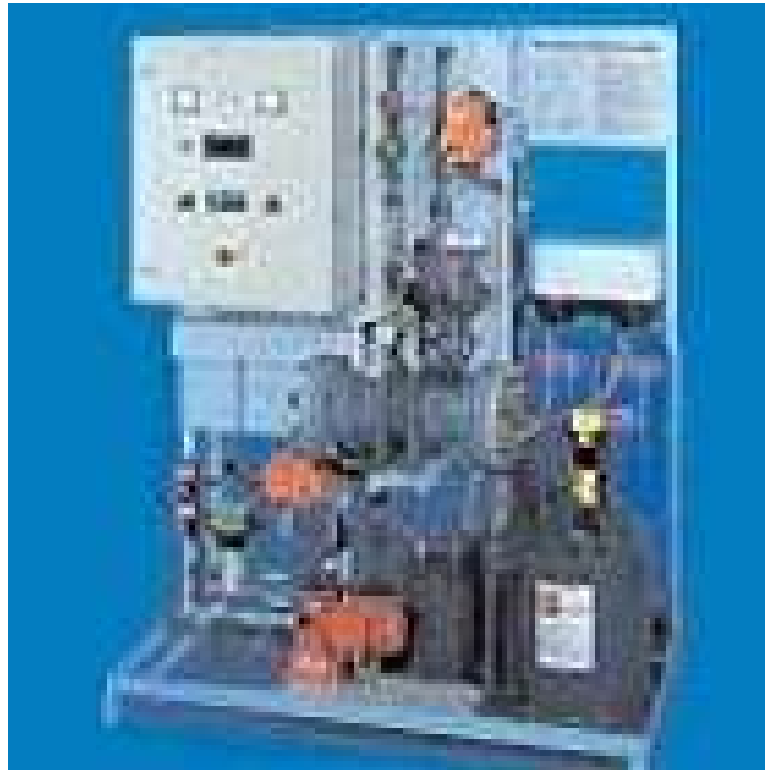
Dwutlenek chloru wytwarzany jest w miejscu dozowania przy pomocy generatora.

Systemy dozowania dwutlenku chloru



Chlorowanie podchlorynem sodu

Nowoczesny system dezynfekcji podchlorynem sodu firmy (bez zbiorników z podchlorynem sodu) Jest to system generowania aktywnego chloru w postaci wodnego roztworu podchlorynu sodu w miejscu stosowania, na żądanie i przy zachowaniu całkowitego bezpieczeństwa. Elektrolizery do wytwarzania wysokiej jakości podchlorynu sodu wymagają nasyconej solanki i zmiękczonej wody



Ozonowanie

Ozon, jako jeden z najbardziej efektywnych czynników utleniających, jest idealny do uzdatniania wody oraz oczyszczania ścieków. Dezaktywuje on mikroorganizmy nie pozostawiając żadnych produktów ubocznych lub substancji cząstkowych. Dezynfekcja wody metodą ozonowania polega na wprowadzeniu do wody powietrza nasyconego ozonem, który wytwarzany jest w miejscu dozowania.

Produkcja ozonu następuje na drodze sztucznie wywołanych wyładowań elektrycznych w przepływającym przez nie suchym powietrzu. Powietrze opuszczające komorę ozonatora zawiera ok. 5 - 15% objętości ozonu i wprowadzane jest do dezynfekowanej wody. W efekcie uzyskujemy wodę bakteriologicznie czystą, o przyjemnym orzeźwiającym smaku.

Przykładowe urządzenia:



MOBILNE SYSTEMY DEZYNFEKCJI wodą odgazowaną wysokozaazowaną

SPID

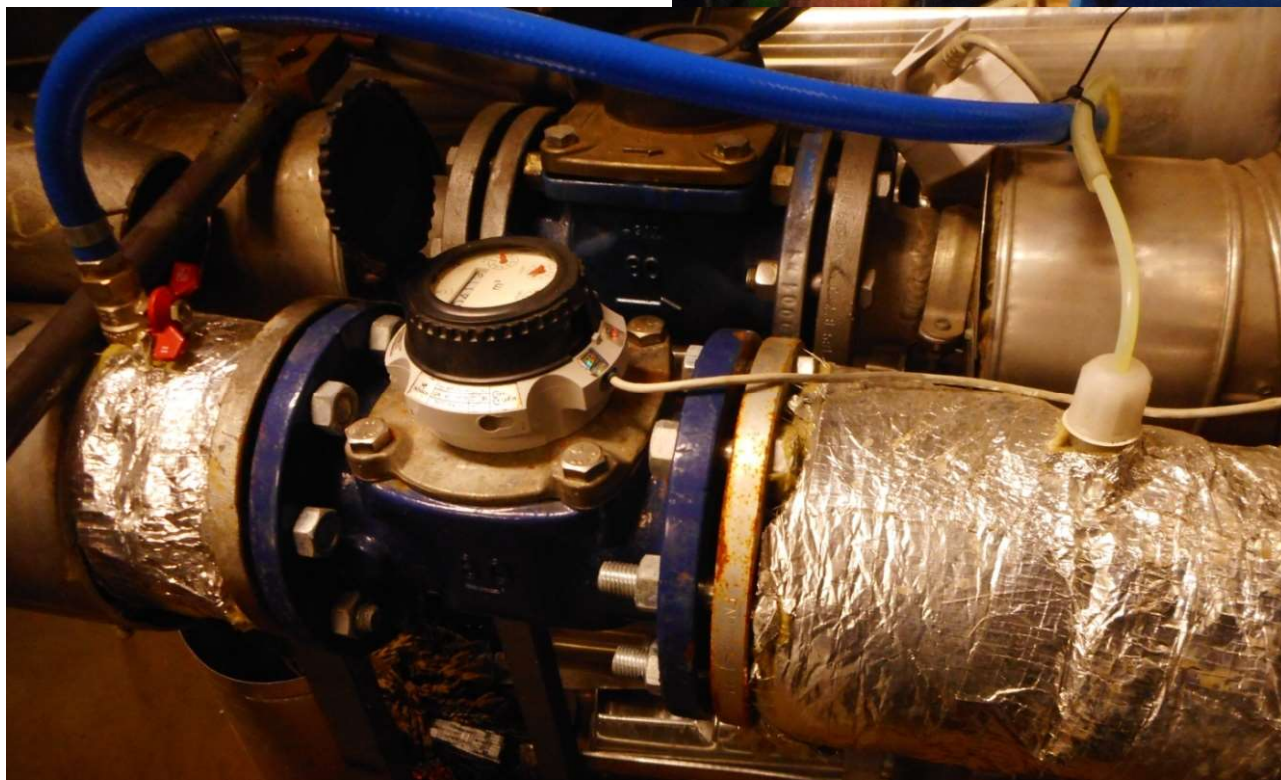
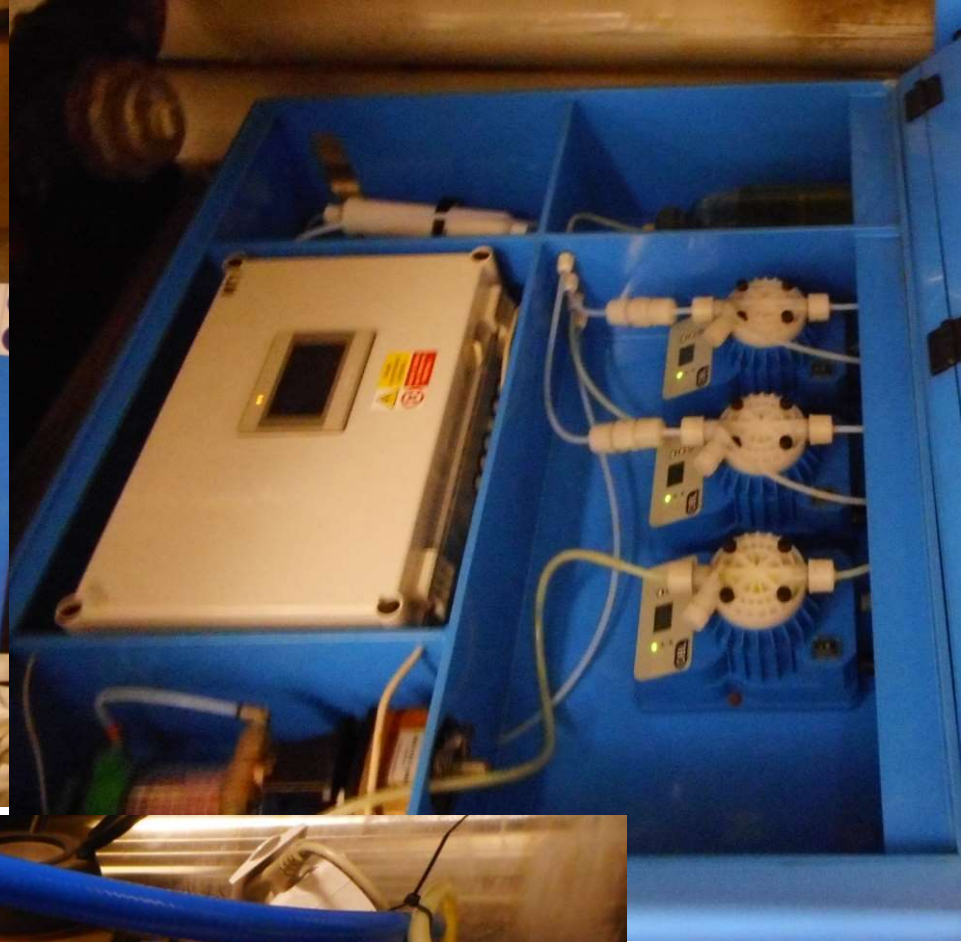


Analiza przypadku











Uwagi końcowe

- Bakterie z rodzaju Legionella są niezwykle groźne zarówno od strony biologicznej, jak i powodu niedoceniania problemu ich występowania w instalacjach ciepłej wody użytkowej, a także braku odpowiednich uregulowań normo prawnych.
- Sposób zabezpieczenia instalacji przed Legionellą powinien stanowić podstawę opracowania dokumentacji technicznej instalacji ciepłej wody użytkowej oraz wyboru typu urządzeń, a także rodzaju materiału z którego instalacja ma być wykonana.
- Wybór rodzaju systemu zabezpieczającego bezpośrednio uzależniony jest od wielkości zładu, przeznaczenia instalacji oraz właściwości wody.
- Każdy spośród powyżej zaprezentowanych typów zabezpieczeń instalacji ciepłej wody użytkowej przed bakteriami z rodzaju Legionella charakteryzuje szereg wad oraz zalet co w konsekwencji przyczynia się do ograniczenia zastosowań poszczególnych rozwiązań do danych typów instalacji, które spełniają warunki możliwości stosowania takich systemów.

a. dezynfekcja termiczna

- dobra skuteczność w przypadku prawidłowo przeprowadzonej dezynfekcji (odpowiedni czas trwania, temperatura oraz zdezynfekowanie wszystkich elementów instalacji),
- nie wpływa na pogorszenie jakości wody,
- możliwość hydraulicznej regulacji instalacji,
- brak niebezpieczeństwa skażenia instalacji,
- brak możliwości eksploataowania instalacji w czasie procesu dezynfekcji (prawdopodobieństwo poparzenia),
- przyczynia się do odkładania w przewodach instalacji kamienia kotłowego (korozja przewodów stalowych oraz niedrożność armatury).
- wymagane specjalne rozwiązanie materiałowe instalacji odpornych na temperatury do 70°C.

b. dezynfekcja poprzez promienie UV

- bardzo dobra skuteczność;
- poprawia smak wody;
- brak wpływu na skład wody;
- promienie UV nie działają na związki organiczne;
- - konieczność podczyszczania wody z zawieszin i związków koloidalnych
- - możliwa do stosowania w nowych – czystych bez osadów instalacjach

c. dezynfekcja ciągła dwutlenku chloru

- bardzo dobra skuteczność w neutralizacji bakterii, wirusów oraz grzybów,
- efekt bakteriobójczy nie jest uzależniony od temperatury, twardości oraz właściwości wody,
- ograniczenie substancji organicznych w wodzie,
- powoduje powstawanie mało szkodliwych dla zdrowia związków w porównaniu np. z chlorem gazowym,
- poprawa smaku i zapachu wody,
- minimalne działanie korozyjne w porównaniu z innymi produktami odkażającymi.
- możliwa do stosowania i skuteczna w starych instalacjach z osadami

d. dezynfekcja poprzez ozonowanie

- skuteczna neutralizacja bakterii,
- ograniczenie w zastosowaniu w instalacjach ciepłej wody ze względu na skutki uboczne stosowania silnego utleniacza w przypadku stosowania ozonu z powietrzem,
- konieczność stosowania dodatkowych zabezpieczeń pomieszczeń w przypadku stosowania ozonu , nie w przypadku stosowania **OWWO** odgazowanej wody wysoko zaozonowanej

Ścieki ze szpitali (poszpitalne)

Zgodnie z art. 3 ust. 1 ustawy o Zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków.

Ustawa reguluje między innymi **prawa i obowiązki** zarówno przedsiębiorstw wodociągowo – kanalizacyjnych, jak i **podmiotów**, wprowadzających ścieki do urządzeń kanalizacyjnych.

Zgodnie z art. 9 ust. 3 ustawy przedsiębiorstwo wodociągowo - kanalizacyjne jest obowiązane do prowadzenia regularnej kontroli ilości i **jakości odprowadzanych ścieków** bytowych i ścieków przemysłowych oraz kontroli przestrzegania warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych.

Należy podkreślić, że zgodnie z art. 5 ust. 2 ustawy odbiorca usług (tu **szpital**) odpowiada za zapewnienie niezawodnego działania posiadanych przyłączy kanalizacyjnych z urządzeniem pomiarowym włącznie, ponadto art. 10 ustawy określa katalog obowiązków dostawcy ścieków przemysłowych.

W kraju jest **130** szpitali zakaźnych lub posiadających oddziały zakaźne (bez szpitali klinicznych). Mają one obowiązek dezynfekcji ścieków przed wprowadzeniem ich do kanalizacji.

Nie wszystkie jednak wykonują ten obowiązek – ustalił Główny Inspektor Sanitarny:

- **23** szpitale nie przestrzegają prawa i odprowadzają ścieki prosto do kanalizacji miejskiej.
- spośród 5 istniejących szpitali klinicznych zakaźnych, tylko **jeden nie** oczyszcza swoich ścieków
- natomiast na 65 szpitali klinicznych nie posiadających oddziałów zakaźnych tylko **1** prowadzi dezynfekcję ścieków
- trochę lepiej, ale niewiele, przedstawia się sytuacja szpitali wojewódzkich bez oddziałów zakaźnych na 107 tylko **16** prowadzi oczyszczanie ścieków,

Nie najlepiej wypadła też kontrola Regionalnych Centrów Krwiodawstwa:

- na 38 tylko w **10** we właściwy sposób dezynfekuje się ścieki.
- W 33 szpitalach unieszkodliwiających ścieki a inspektorzy i tak dopatrzyli się uchybień.

Dezynfekcja ścieków – dosłownie oznacza odkażanie – postępowanie mające na celu maksymalne zmniejszenie liczby drobnoustrojów w odkażanym materiale.

Jakie są metody dezynfekcji ścieków?

Do metod **fizycznych** należą:

- pasteryzacja
- naświetlanie promieniami UV
- dezynfekcja radiacyjna, czyli promieniowanie jonizujące
- filtracja z wykorzystaniem membrany

Chemicznymi metodami dezynfekcji są:

- ozonowanie
- chlorowanie — z zastosowaniem np.:
 - dwutlenku chloru
 - podchlorynu sodu
 - chloru w postaci gazowej
 - tlenku wapnia

Chlor gazowy

Najstarszą stosowaną, najbardziej rozpowszechnioną i najtańszą metodą dezynfekcji jest chlorowanie.

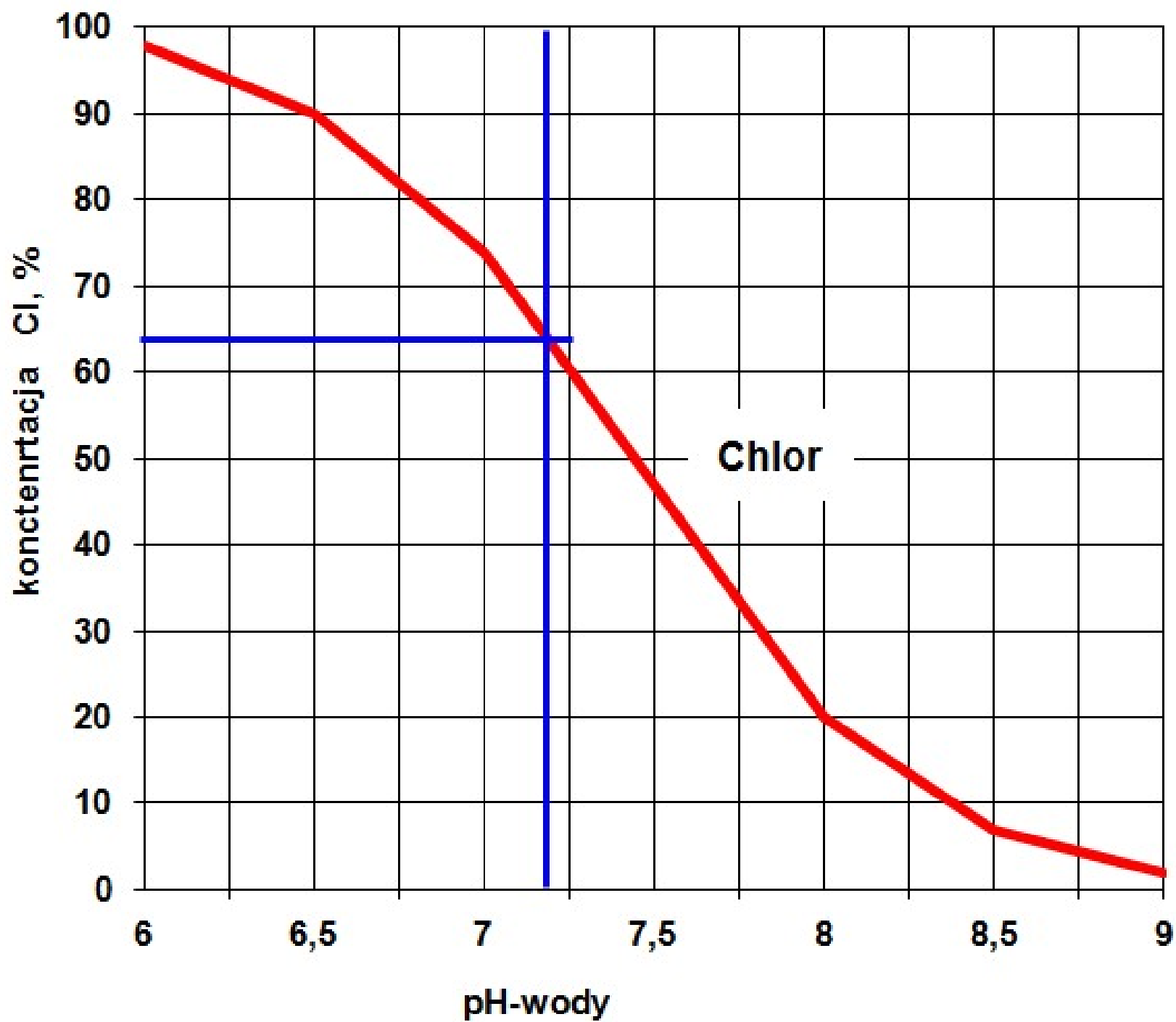
Dawkowanie chloru w postaci wody chlorowej jest metodą pośrednią.

Metoda bezpośrednia polega na dodawaniu do dezynfekowanych ścieków chloru gazowego.



Podchloryn sodu

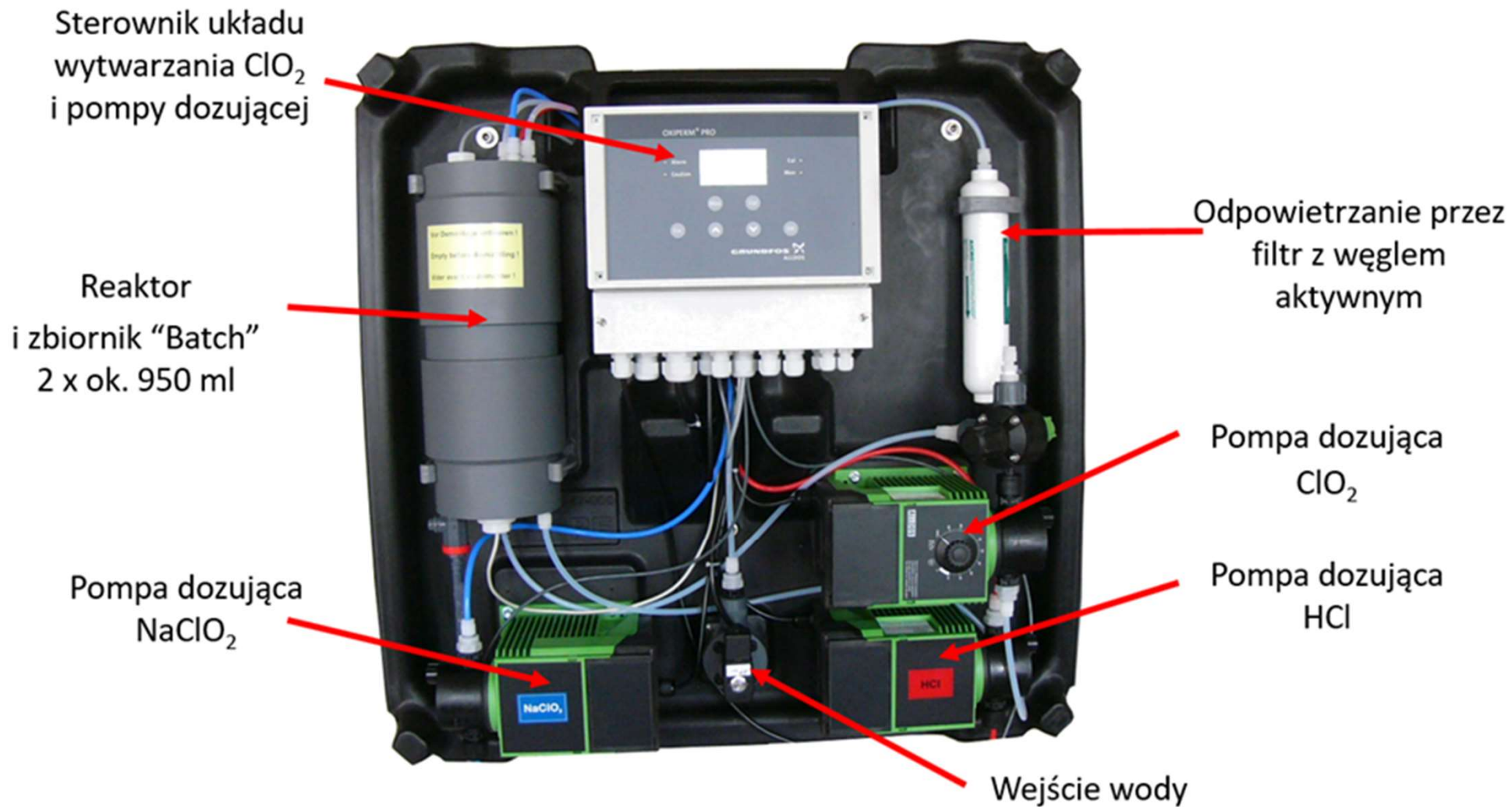




Mobilny chlorator Zorro dedykowany jest do wszelkiego rodzaju sieci i instalacji wodociągowych, ściekowych, przemysłowych czy technologicznych przy użyciu ogólnodostępnych środków dezynfekcyjnych takich jak np. podchloryn sodu czy handlowy dwutlenek chloru. Model Zorro 2 jest całkowicie niezależny od zewnętrznego źródła energii elektrycznej i umożliwia dozowanie danego środka dezynfekcyjnego do układów, gdzie maksymalne ciśnienie operacyjne nie przekracza 8-10 bar. Mobilny system dezynfekcji Zorro 2e jest tańszą wersją chloratora Zorro 2, która nie posiada własnego zasilania 12V co oznacza, że urządzenie pracuje wyłącznie przy ciągłym zasilaniu 230V. Panel sterowniczy został odpowiednio zmodyfikowany dla potrzeb takiego rozwiązania.







Budowa generatora dwutlenku chloru (Grudfos)

Dwutlenek chloru w dezynfekcji ścieków szpitalnych

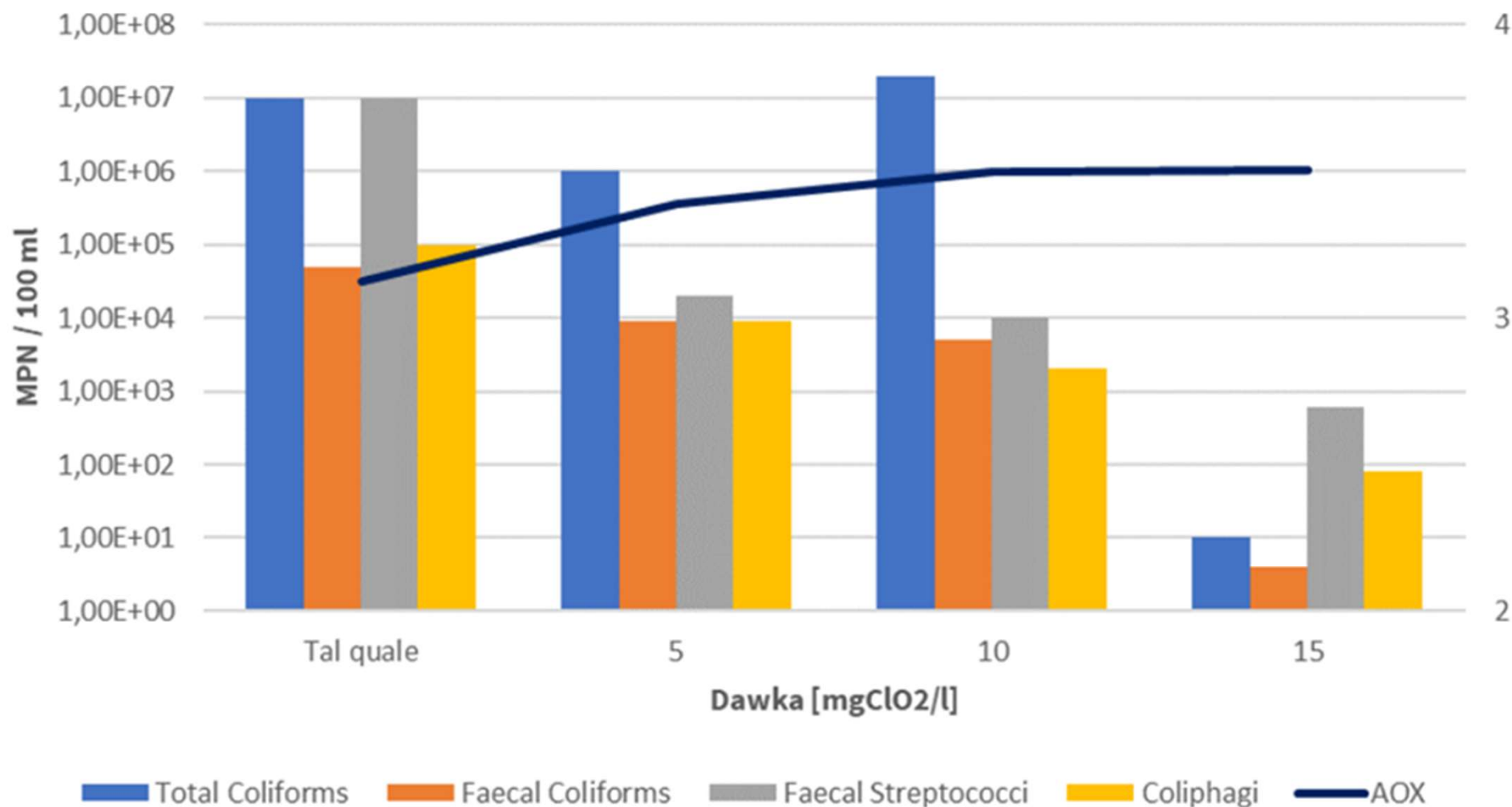
Bakteriobójcza i wirusobójcza skuteczność dwutlenku chloru rekomenduje go przy dezynfekcji ścieków szpitalnych.

Badania laboratoryjne przeprowadzone na próbkach ścieków pochodzących z oddziału chorób zakaźnych szpitala miejskiego, potwierdzają bardzo wysoką skuteczność dwutlenku chloru, przy jednoczesnym występowaniu bardzo niewielkich formacji chlorowcowanych organicznych produktów ubocznych (AOX).

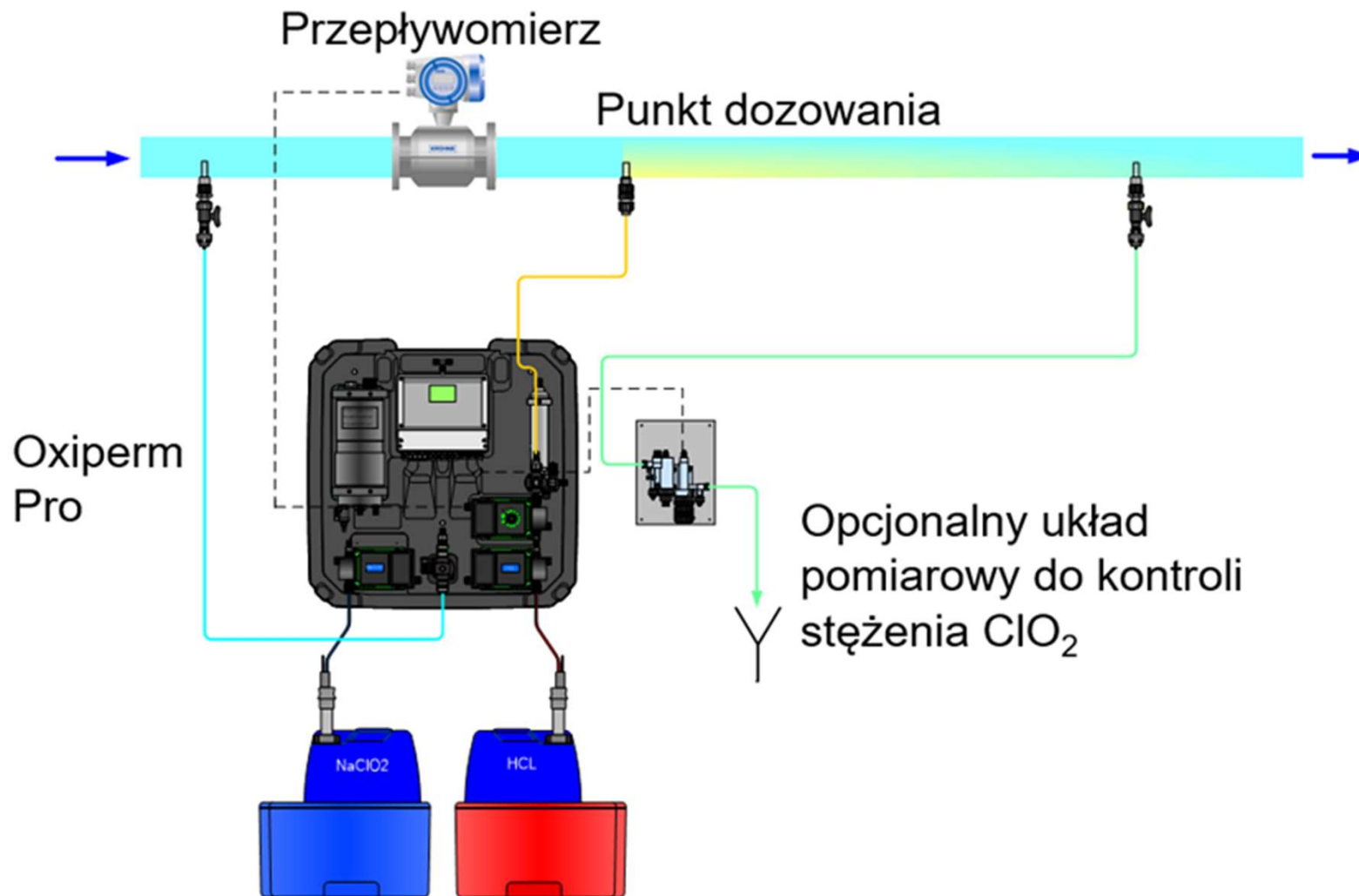
Aktywność wirusobójczą oceniano poprzez skażenie nieoczyszczonych ścieków szczepionką poliovirusową typu 1 i poddawanie jej działaniu coraz większych dawek dwutlenku chloru (**5, 10 i 15 mg/l**) przez **30** minut.

Wysoki odsetek dezaktywacji wirusa odnotowano już przy dawce $5 \text{ mgClO}_2/\text{l}$, a całkowite zniszczenie miało miejsce przy dawce $10 \text{ mgClO}_2/\text{l}$.

Ze względu na dużą zmienność chemiczną i biologiczną ścieków oraz różne możliwości oczyszczania, którym mogą być poddawane ścieki, dawka dwutlenku chloru może się znacznie różnić.



Dezaktywacja podstawowych wskaźników mikrobiologicznych w odniesieniu do stosowanej dawki **dwutlenku chloru**



Zasada rozwiązania dozowania dwutlenku chloru

Uwaga ścieki, które są dezynfekowane dwutlenkiem chloru muszą przepływać w instalacji ciśnieniowej – należy je pompować przed dozowaniem ClO_2 .



Użycie ozonu do dezynfekcji ścieków

Ozon w odpowiedniej dawce bardzo skutecznie uzdatnia zarówno ścieki komunalne, jak i przemysłowe.

Oprócz mikrozanieczyszczeń biologicznych usuwa też osady i środki powierzchniowo-czynne. Niszczy zanieczyszczenia takie jak bakterie i wirusy skuteczniej niż chlor.

Ozon wnikając do cytoplazmy komórek niszczy też struktury wewnątrzkomórkowe, w tym kwasy nukleinowe.

Ze wszystkich bakterii, najbardziej wrażliwe na działanie ozonu są bakterie *Gram-dodatnie*.

Ozonowanie ścieków dobrze sprawdza się też w przypadku eliminowania cyst, zarodników grzybów i drożdży.

Ryzyko stosowania

Działanie w wodzie	Chlor	Ozon
Utlenianie (w wotlach)	1,36	2,07
Dezynfekcja bakterii	Umiarkowana	Doskonała
Dezynfekcja wirusów	Umiarkowana	Doskonała
Przyjazność dla środowiska	Nie	Tak
Usuwanie przebarwień	Umiarkowana	Doskonała
Powstawanie substancji rakotwórczych	Prawdopodobne	Mało prawdopodobne
Utlenianie związków organicznych	Umiarkowana	Wysokie
Mikroflokulacja	Brak	Umiarkowana
Wpływ na poziom pH	Zmienny	Obniżający
Czas połowicznego rozpadu	2-3 godziny	20 minut
Toksyczność skórna	Wysoka	Umiarkowana
Toksyczność oparów	Wysoka	Wysoka
Złożoność wdrożenia	Niska	Wysoka
Koszty kapitałowe	Niskie	Wysokie
Miesięczne koszty użytkowania	Umiarkowane -Wysokie	Niskie
Wstępne oczyszczanie powietrza	Brak	Duże

Teoretyczne wartości iloczynu $C \cdot \tau$ [$\text{mg} \cdot \text{min} \cdot \text{dm}^{-3}$] dla różnych środków dezynfekcyjnych, przy których można uzyskać 99% dezaktywację wybranych mikroorganizmów w temp. 5 °C

Mikroorganizm	Ozon pH=6-7	Chlor pH=6-7	Chloramina pH=8-9	Ditlenek chloru pH=6-7
E.coli	0,02	0,034 - 0,05	95 - 180	0,4 - 0,75
Wirus polio 1	0,1 - 0,2	1,1 - 2,5	770 - 3740	0,2 - 6,7
Rotavirus	0,006 - 0,06	0,01 - 0,05	3806 - 6480	0,2 - 2,1
Cysty Giardia lamblia	0,5 - 0,6	47 - > 150	-	-
Cysty Giardia muris	1,8 - 2,0	30 - 630	-	7,2 - 18,5
Cryptosporidium pavum	5 - 9	2250	7200	78

Produkcja odgazowanej wody wysoko ozonowanej (**OWWO**) bazuje na sprawdzonej od kilkadziesiąt lat technologii usuwania bakterii i wirusów z wody za pomocą ozonu. Jest ona produkowana przez zaawansowane technologicznie, gwarantujące bezpieczeństwo produkcji urządzenia.

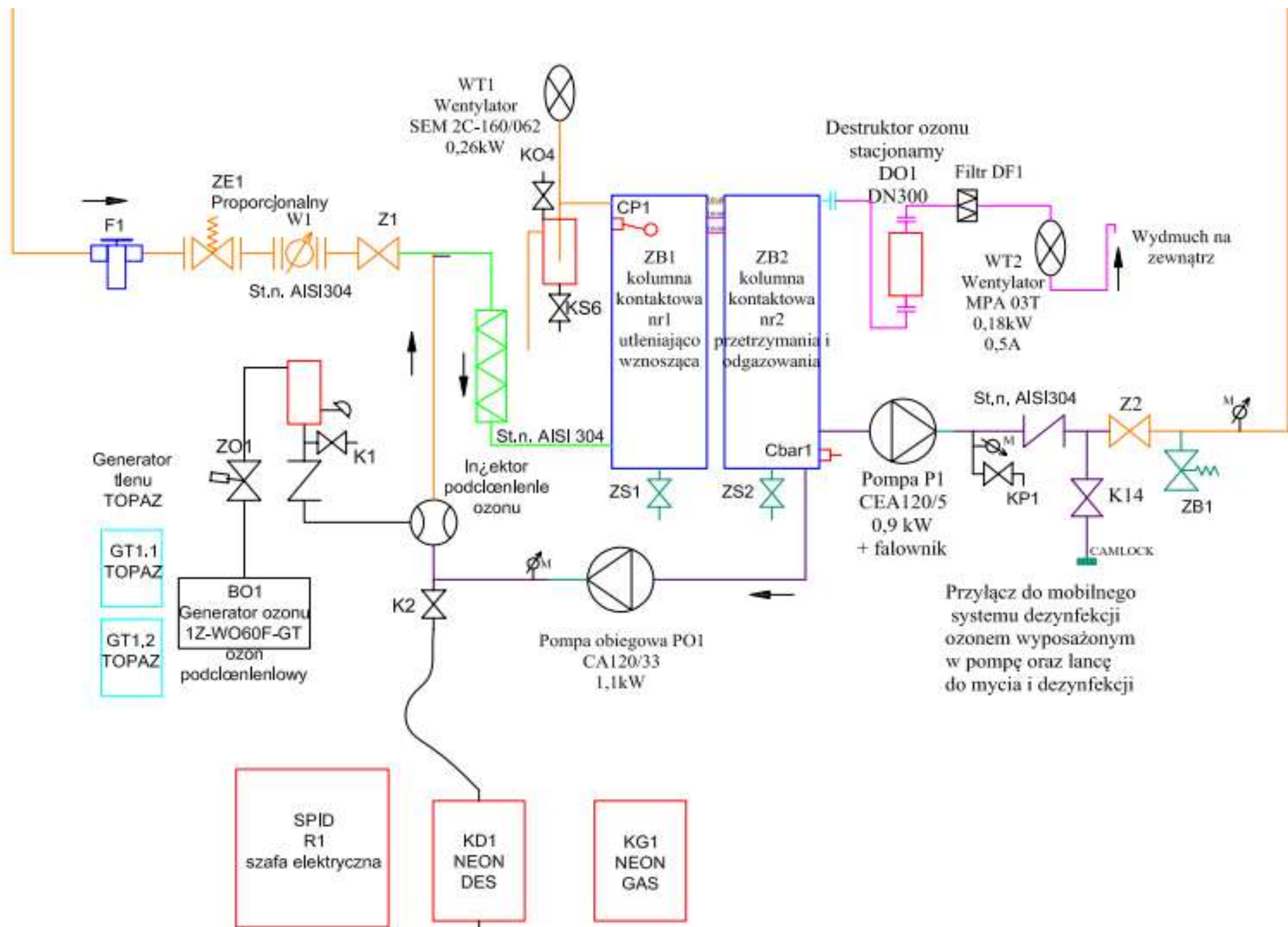
OWWO jest bezpieczna dla ludzi, skóry człowieka, środowiska naturalnego a także urządzeń i infrastruktury - działa destrukcyjnie wyłącznie na bakterie i wirusy.

OWWO w odróżnieniu od np. kwasów, które oddziałują na bakterie i wirusy od zewnątrz - wnika do ich wnętrza przez błonę komórkową, unicestwiając patogeny od środka. Dzięki temu nie niszczy powierzchni ciała, ubrań i materii organicznej.

Po około kilku minutach ekspozycji i dezynfekcji rozkłada się do czystego tlenu. Trwałość wyprodukowanego OWWO jest kilkunastokrotnie dłuższa od zwykłej wody ozonowanej. Dlatego też, utrzymuje swoje właściwości bakterio i wirusobójcze do jednej godziny od jej wyprodukowania - przez ten czas można swobodnie używać jej do dezynfekcji.

Technologia OWWO nie wprowadza do środowiska żadnych sztucznych pierwiastków, ponieważ produkowana jest z wody, tlenu i energii elektrycznej. Działa od kilkunastu do kilkuset razy szybciej na patogeny od innych środków dezynfekcyjnych.

Ogromną zaletą i unikalnością w skali światowej jest to, że można ją produkować w dowolnym miejscu jedynie za pomocą energii elektrycznej i wody





Użycie promieni UV

Promieniowanie UV celem pozbycia się zanieczyszczeń biologicznych polega na doprowadzeniu do utraty przez mikroorganizmy zdolności rozmnażania albo wręcz do eliminacji (zabicia) tych mikroorganizmów.

Największą skuteczność metoda ta wykazuje w stosunku do bakterii i drożdży.

Efektywność promieniowania ultrafioletowego związana jest oczywiście z dawką promieniowania, rodzajem zanieczyszczeń biologicznych (gorzej sprawdza się w przypadku form przetrwalnikowych mikroorganizmów) i czasem działania promieni UV, ale też poziomem **klarowności** ścieków. Im więcej zawiesin w ściekach, tym mniejsza jest efektywność wykorzystania promieni UV w dezynfekowaniu.

Wadą promieniowania UV jest jego działanie miejscowe.

Natężenie promieniowania UV wymagane do 99,99% dezaktywacji mikroorganizmów chorobotwórczych w wodzie.

mikroorganizmy	dawka [J/m ²]
Enterokoki (paciorkowce jelitowe)	160-240
Escherichia coli	120-400
Bakterie grupy coli	200-240
Salmonelle	160-320
<i>Salmonella typhi</i> (pałeczka duru brzuszego)	40-160
<i>Shigella</i> (pałeczka czerwonki)	80-120
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (pałeczka ropy błękitnej)	200-240
Legionella pneumophila	80-200
Wirus wątroby typu A	160
Rotavirus	240-360

Naświetlanie promieniami UV



Doboru urządzenia dokonuje się na podstawie

- wielkości maksymalnego chwilowego przepływu
 $Q - \text{m}^3/\text{h};$
- jakości (**transmisji UV**) wody (cieczy)
 $T \text{ 1 cm , - \%};$
- żądanej dawki UV (wytyczne, liczby i rodzaj mikroorganizmów, badania)
 $- \text{J}/\text{m}^2; \mu\text{Ws}/\text{cm}$

Automatyczny
system czyszczący

Skalibrowany
czujnik UV

Złącze promiennika

Zawór
czyszczący,
odpowietrzający

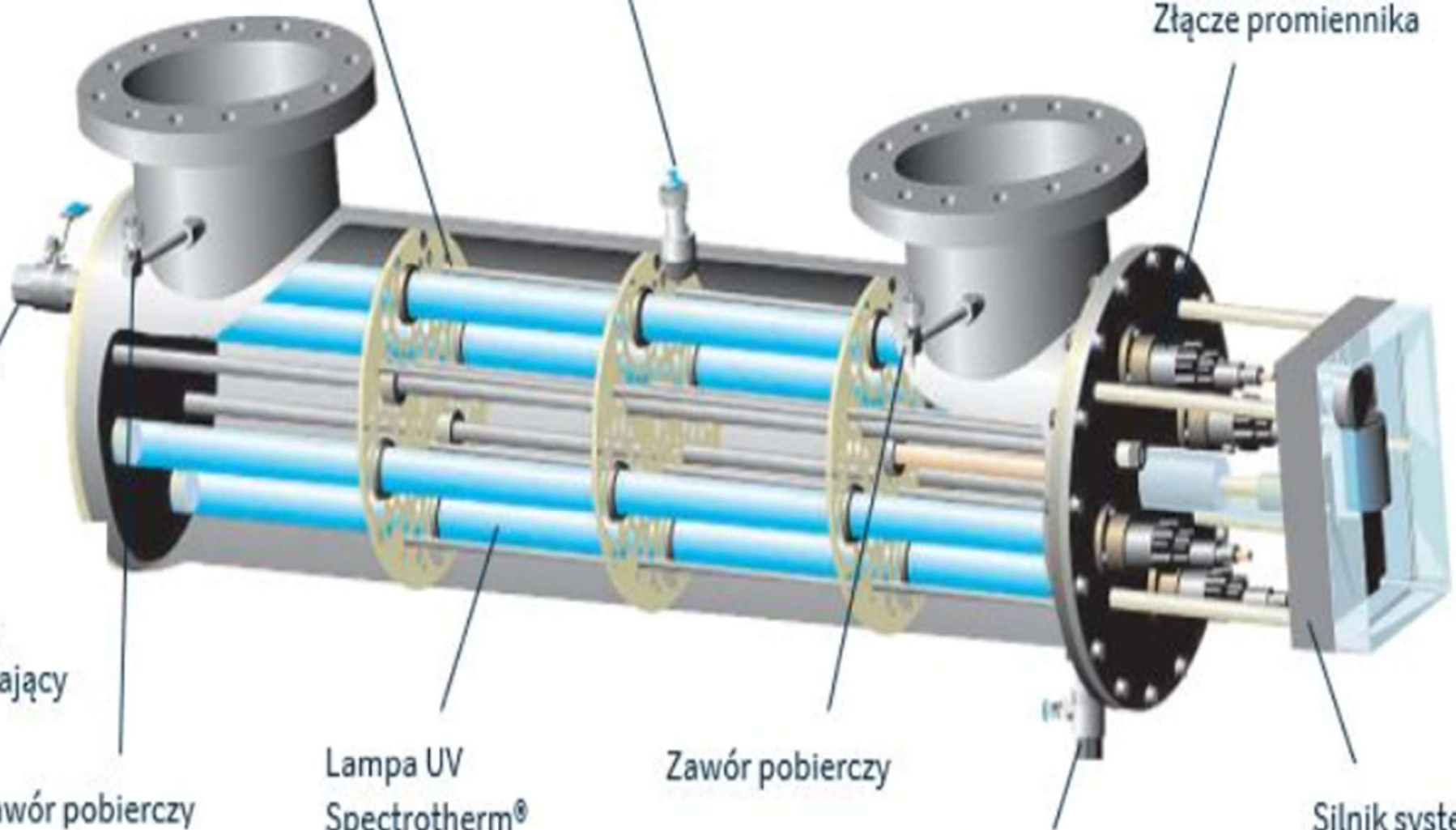
Zawór pobierczy

Lampa UV
Spectrotherm®

Zawór pobierczy

Zawór czyszczący,
odpowietrzający

Silnik systemu
czyszczącego







Najbardziej skutecznym środkiem do dezynfekcji ścieków poszpitalnych z oddziałów zakaźnych jest ozon.

Ale O_3 w formie gazowej wymaga rozbudowanych instalacji dlatego ta metoda nie znalazła większego zastosowania między innymi ze względów finansowych.

Wdrożenie technologii **OWWO** produkowanej w instalacji mobilnej daje bardzo duże możliwości i bardzo dobre efekty przy dezynfekcji ścieków z różnego rodzaju bakteriami.

Użycie dwutlenku chloru ClO_2 jest skutecznym środkiem dezynfekcji tych niebezpiecznych ścieków. Instalacje do skutecznego usuwania bakterii chorobotwórczych musi być wykonana jako ciśnieniowa z układem przepływu i pomiaru zawartości pozostałego ClO_2 w ściekach.

Zastosowanie podchlorynu sodu aby było skuteczne w dezynfekcji ścieków wymaga stosowania wysokich dawek **NaOCl** przy utrzymaniu odpowiedniego $pH < 7$ ścieków.

Skuteczne zastosowanie promienników - reaktorów **UV** wymaga czystości – przezroczystości przepływających przez lampę ścieków, co w zasadzie jest nierealne. Stąd dawki promieniowania **UV C** powinny być powyżej $1000 J/m^2$



Dziękuję za uwagę
florian.piechurski@wp.pl