

OCENA JAKOŚCI UŻYTKOWYCH I ILOŚCIOWĄ WÓD PODZIEMNYCH W OKOLICACH KUTNA POD WZGLĘDEM PRZYDATNOŚCI DO SPOŻYCIA. CZĘŚĆ I.

Patryk Tomasz Kubiak¹⁾, Piotr Siermontowski²⁾

¹⁾ Powiatowa Stacja Sanitarno – Epidemiologiczna Kutno

²⁾ Akademia Marynarki Wojennej Gdynia

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono charakterystykę źródeł wody pitnej a następnie wykonano analizę występujących w poszczególnych punktach poboru wody na terenie powiatu Kutnowskiego odchyień od normy w zakresie jonów żelaza, manganu, amoniaku, sodu, chlorków a także innych czynników wpływających na jakość wody pitnej w latach 2015 - 2017. Przeanalizowano także możliwe przyczyny które spowodowały przekroczenia dopuszczalnych norm. **Słowa kluczowe:** woda pitna, właściwości, zanieczyszczenia, powiat Kutno.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2020 Vol. 72 Issue 3 pp. 73 – 98

ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2020-0019

Strony: 26, rysunki: 20, tabele: 13

page www of the periodical: www.phr.net.pl

Typ artykułu: oryginalny

Termin nadesłania: 19.11.2018 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 14.07.2020 r.

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



WSTĘP

WODA PITNA

Woda pitna, jako środek spożywczy dostępna jest w formie butelkowanej, pobierana ze studni lub dostarczana siecią wodociągową. Woda wodociągowa ujmowana jest z wód powierzchniowych lub podziemnych, lecz bez względu na źródło ujęcia powinna odpowiadać standardom w zakresie czystości. Stosowane technologie uzdatniania wody niespełniającej norm powinny skutecznie poprawiać jej walory sensoryczne i zdrowotne [1].

Jakość wody pitnej jest normowana i kontrolowana, dlatego ocena jej przydatności do spożycia jest przedmiotem licznych badań [2].

Woda pitna w małych miejscowościach i wsiach najczęściej pobierana jest z wód podziemnych, które bardzo często charakteryzują się podwyższonym stężeniem substancji mineralnych i organicznych [3].

W Polsce jakość wody do spożycia określają załączniki do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 roku.[4] Uwzględniają one zalecenia Światowej Organizacji Zdrowia, ale przede wszystkim są zgodne z Dyrektywą Rady Unii Europejskiej 98/83/EC, która określa parametry dopuszczalnego stężenia substancji szkodliwych dla zdrowia, barwę, mętność, ogólną liczbę bakterii, zawartość ogólnego węgla organicznego, smak i zapach [5,6].

Analiza jakości wody najczęściej dotyczy wielu wskaźników, które są opisywane i analizowane oddzielnie [7].

Celem pracy była ocena fizykochemicznych właściwości wody pitnej w powiecie kutnowskim.

UZDATNIANIE WODY PITNEJ

Do najczęściej kwestionowanych parametrów wody surowej zaliczane są:

- mętność,
- barwa,
- jon amonowy,
- żelazo,
- mangan.

Aby wyeliminować powyższe elementy i poprawić jakość wody przeznaczonej do spożycia należy poddać ją procesowi oczyszczenia – uzdatnienia.

W procesie uzdatniania wody wyróżniamy następujące etapy:

- oczyszczanie;
- usuwanie substancji zbędnych poprzez napowietrzanie;
- wzbogacanie w substancje pożądane;
- dezynfekcja.

WYMAGANIA SANITARNE DOTYCZĄCE WODY PITNEJ

Jakość wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi reguluje rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [8].

Minister Środowiska w dniu 27 listopada 2002 r. wydał rozporządzenie w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia [9].

Kontrola sanitarna w zakresie zaopatrzenia ludności w wodę ma na celu:

- zapobieganie epidemiom „wodnym” (chorobom zakaźnym przenoszonym przez wodę),
- zapobieganie zatruciom i innym ujemnym skutkom, które mogą wystąpić w następstwie zanieczyszczenia wody substancjami chemicznymi.

Podstawą oceny sanitarnej warunków zaopatrywania ludności w wodę jest stan sanitarno–techniczny urządzeń do zaopatrywania w wodę, stwierdzony na podstawie kontroli terenowej, jak też wyniki badań właściwości fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych wody. Kontrola urządzeń do zaopatrywania ludności w wodę ma na celu sprawdzenie stanu zabezpieczenia wody przed możliwością jej zanieczyszczenia w miejscu ujmowania, uzdatniania, gromadzenia oraz w systemach rozprowadzania.

Ocena sanitarna zaopatrzenia ludności w wodę obejmuje:

- sanitarno–topograficzne warunki ujęcia wody;
- urządzenie i zagospodarowanie stref ochronnych;
- otoczenie pod kątem obecności źródeł zanieczyszczeń wody i gleby zagrażających jakości wody w miejscu ujęcia;
- elementy urządzeń wodociągowych w kolejności zgodnej z kierunkiem przepływu wody, kontrolując stan sanitarno–techniczny zapewniający należyłą ich funkcjonalność i zabezpieczenie przed możliwością zanieczyszczenia wody;
- sposób kontroli i dozowania środka dezynfekcyjnego;
- zabezpieczenie przed dostawaniem się do wód opadowych i zwierząt do zbiorników czystej wody;
- zabezpieczenie przed dostępem do zbiorników osób postronnych lub zwierząt.

Ocena sanitarna wody do picia polega na:

- ocenie wybranych właściwości wody: organoleptycznych, fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych;
- porównaniu otrzymanych wyników z obowiązującymi normami;

- właściwej interpretacji ww. wyników (opierając się na wiedzy medycznej głównie toksykologicznej oraz zakresu fizjologii człowieka);
- wydaniu orzeczenia o przydatności wody do picia.

CECHY ORGANOLEPTYCZNE I FIZYKOCHEMICZNE WODY

Należy pamiętać że substancje występujące w wodzie nie są obojętne dla zdrowia. Przykładowo:

- nadmiar żelaza i manganu w wodzie może sprzyjać próchnicy zębów i schorzeniom układu krążenia,
- za duża ilość glinu może powodować zanik barwnika skóry i przyspieszyć rozwój choroby Alzheimera,
- duża ilość chloru drażni błony śluzowe, powoduje bóle głowy, a jego długotrwałe działanie uszkadza nerki i wątrobę,
- podwyższone stężenia azotanów, obecność detergentów i fenoli mogą powodować podrażnienia skóry, górnych dróg oddechowych oraz przewlekłe zatrucia,
- zanieczyszczenia bakteriologiczne mogą skutkować infekcjami i chorobami układu pokarmowego.

Jeżeli niepokój wzbudza smak wody, jest ona mętna, ma nieprzyjemny zapach, po myciu pozostawia podrażnioną skórę lub na wannie czy umywalce pozostają rdzawe ślady należy wykonać badania kontrolne wody.

TEMPERATURA

Optymalna temperatura wody do picia mieści się w przedziale 7÷11°C. W tym przedziale temperatur, w odpowiednich dla człowieka ilościach, rozpuszczają się gazy stanowiące o smakowych i orzeźwiających właściwościach wody (głównie CO₂). Temperatura wody w studni powinna być stała; „skoki” temperatury świadczą o możliwych zanieczyszczeniach dopływających z innych źródeł.

BARWA

Wyróżniamy dwa rodzaje barw wody:

- pozorną (spowodowaną zawiesiną, znikającą po sączeniu);
- rzeczywistą (spowodowaną roztworem, nie znikającą po sączeniu).

Woda do picia powinna być bezbarwna. Wyjątkowo dopuszcza się kolor żółty (odpowiednio według skali), gdy woda jest dezynfekowana chlorem.

ZAPACH

Zapach winien być akceptowalny przez konsumentów. Zależnie od tego, czym jest spowodowany, zapach może być:

- roślin żyjących w wodzie;
- specyficzny – chemikaliów pochodzących głównie z przemysłu,
- gnilny – spowodowany obecnością substancji organicznych w stanie rozkładu. Zapach gnilny dyskwalifikuje wodę do picia.

MĘTNOŚĆ

Mętność jest to cecha optyczna zależna od występowania w wodzie drobnych zawiesin rozpraszających światło. Woda do picia nie powinna zawierać substancji powodujących jej zmętnienie.

SMAK

Smak wody musi być akceptowalny przez konsumentów i bez nieprawidłowych zmian.

WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE WODY

ODCZYN WODY

Odczyn obojętny jest trudny do uzyskania ze względu na obecność soli. Z powodów fizjologicznych ograniczamy pH do przedziału 6,5÷9,5.

SUBSTANCJE CHEMICZNE

Oznacza się zawartość żelaza w dopuszczalnej wartości 0,200 mg/l, manganu do wartości 0,050 mg/l oraz m.in.: siarczanów, glinu, sodu, ołowiu, oraz pestycydów.

CHEMICZNE WSKAŹNIKI ZANIECZYSZCZENIA WODY

Są to substancje (Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , utlenialność), których stężenie w wodzie przekraczające dopuszczalne normy świadczy o zanieczyszczeniu wody fekaliami, a więc zagrożeniu drobnoustrojami pochodzenia jelitowego.

WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNE WODY

Drobnoustroje występujące w wodzie dzielimy na trzy grupy:

- właściwe bakterie wodne, na ogół nieszkodliwe dla człowieka,
- bakterie glebowe – splukiwane do wody wraz z opadami, nie szkodliwe dla człowieka,
- drobnoustroje ściekowe, w tym chorobotwórcze dla człowieka.

Chorobotwórcze bakterie jelitowe przenoszone przez wodę to bakterie z rodzajów: *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolica*, *Campylobacter fetus (jejuni)*.

Spośród wirusów znajdujących w wodzie zachorowania najczęściej powodowane są przez: *hepatitis A*, enterowirusy (*Polio*, *Coxsackie*, *ECHO*), wirusy *Norwalk*, wirusy *Rota*.

Jaja pasożytów przenoszonych przez wodę to m.in.: glista ludzka, włosogłówek.

Do celów sanitarno-epidemiologicznych stosuje się metody wskazujące pośrednio na obecność drobnoustrojów chorobotwórczych w wodzie, wykrywając tzw. drobnoustroje wskaźnikowe, stanowiące normalną i stałą florę jelitową ludzi i zwierząt. Gatunkiem dominującym jest tu *Escherichia coli* typu kałowego, świadcząca o świeżym zanieczyszczeniu, w odróżnieniu od pozostałych rodzajów tej grupy (*Citrobacter*, *Enterobacter*) wskazujących na zanieczyszczenie bardziej odległe w czasie.

Wymagania mikrobiologiczne jakim powinna odpowiadać woda do picia to:

- *Escherichia coli* z najwyższą dopuszczalną wartością 0 jtk w 100ml próby wody,
- enterokoki z najwyższą wartością 0 jtk w 100 ml próby wody,
- bakterie grupy coli z normą 0 jtk w 100 ml objętości próbki wody,
- ogólna liczba mikroorganizmów w $36\pm 2^\circ\text{C}$ po 48 godz. – do 50 jtk w 1ml próbki wody,
- ogólną liczbę mikroorganizmów w $22\pm 2^\circ\text{C}$ po 72 godz. – do 100 jtk/1ml próbki wody,
- *Clostridium perfringens* (łącznie ze sporami) – 0 jtk/100ml wody.

Obowiązujące w Polsce normy dotyczące wody pitnej nie rozwiązują problemu zabezpieczenia ludności przed spożywaniem wody o obniżonej jakości. Zakłada się bowiem, że przekroczenie podanych norm nie ma prawa wystąpić, czego niestety nie potwierdza praktyka.

Kojarzenie źródeł wody z najwyższą jakością wody nie zawsze jest słuszne, nie każda woda źródłana nadaje się do picia. Z chwilą, gdy dopuści się, by woda wypływająca ze źródeł stykała się z powierzchnią ziemi, staje się ona wodą powierzchniową i nie nadaje się do picia, nawet w przypadku źródła artezyjskiego.

OCZYSZCZANIE WODY

Do oczyszczania wody stosuje się najrozmaitsze metody, zależnie od jakości ujętej wody oraz potrzebnej jej ilości. Podstawowym procesem mającym na celu poprawę cech fizycznych wody jest sedymentacja zanieczyszczeń w odstojnikach. Odstojniki są to baseny, przez które woda przepływa bardzo powoli. Powoduje to, że siła ciężkości, jaka działa na cząsteczkę zanieczyszczającą, jest większa od działającej na nią siły nurtu płynącej wody, co umożliwia osadzanie się zanieczyszczeń na dnie zbiornika.

Aby usunąć z wody substancje będące w stanie rozdrobnienia koloidalnego, dodaje się do osadników koagulanty.

Koagulanty są to substancje powodujące destabilizację koloidów w wodzie, w wyniku czego cząstki ulegają agregacji w większe skupienia, co przyspiesza sedymentację. Do koagulacji używa się związków chemicznych posiadających właściwości wytwarzania w wodzie cząstek koloidalnych o ładunku elektrycznym przeciwnym do ładunku cząstek, które chcemy z wody usunąć. Cząstki obecne w wodzie i wytworzone sztucznie wzajemnie się przyciągają i zlepiają. Powstałe „kłaczkki” żelu mają właściwości sorpcyjne, dzięki czemu „wychwytyją” z wody również cząstki elektrycznie obojętne. Cząstki większości koloidów zanieczyszczających wody naturalne mają ładunek elektryczny ujemny. W celu ich zubożenia stosuje się koagulanty wytwarzające cząstki koloidalne o znaku dodatnim. Do takich substancji należą przede wszystkim siarczan glinowy oraz siarczan żelazawy i żelazowy.

Proces koagulacji przebiega w trzech fazach:

- mieszanie koagulantu z wodą,
- właściwy proces „kłaczkowania”,
- usuwanie powstałych „kłaczków” w osadniku.

Kolejnymi etapami oczyszczania wody są:

- napowietrzanie — przepuszczanie powietrza od dna zbiornika z wodą,
- filtrowanie na filtrach pospiesznych.

Wielkość ziaren materiału filtracyjnego rzutuje na wielkość por pomiędzy nimi, czyli na możliwość zatrzymywania zanieczyszczeń o określonych wielkościach. W filtrach pospiesznych, służących tylko do oczyszczania, materiałem filtrującym jest żwir i piasek gruboziarnisty.

DEZYNFEKCYJA WODY

Woda pitna powinna być pozbawiona substancji chorobotwórczych. Dlatego wody naturalne zawierające bakterie i wirusy muszą być poddane dezynfekcji. Woda jest też jednym z podstawowych składników wielu produktów spożywczych.

Zapewnienie czystości mikrobiologicznej wody ma podstawowe znaczenie dla jakości produktu finalnego. Przykładem może być przemysł piwowarski, rozlewnie napojów, przemysł mięsny, owocowo-warzywny itp.

Dezynfekcji wymaga także woda do basenów kąpielowych oraz do obiegów chłodniczych. Dezynfekcja wody polega na zniszczeniu bakterii znajdujących się w wodzie lub usunięciu ich w takim stopniu, aby spożywana woda lub produkty żywnościowe wytwarzane przy jej użyciu nie mogły być źródłem powstawania chorób.

Dezynfekcja może być przeprowadzona za pomocą:

- naświetlenia wody promieniami ultrafioletowymi,
- chlorowania,
- ozonowania,
- ultrafiltracji.

CHLOROWANIE WODY

Chlorowanie jest najtańszym i najbardziej popularnym sposobem dezynfekcji. Bakterie niszczy się działając na wodę związkami chloru lub czystym chlorem gazowym. Powstają przy tym podchloryny – jako czynny związek w odkażaniu wody. Najbardziej popularnym środkiem stosowanym do dezynfekcji jest roztwór podchlorynu sodu – NaOCl. Dawka chloru powinna być dobierana odpowiednio do jakości wody.

Woda po uzdatnieniu poddawana jest procesowi dezynfekcji bardzo małą dawką chloru gazowego. Z uwagi na to, że wody głębinowe posiadają bardzo dobrą jakość pod względem bakteriologicznym, dezynfekcja prowadzona jest jedynie w celu zabezpieczenia wody w trakcie jej przesyłu do mieszkańców, często na duże odległości.

Do przygotowywania i dawkowania roztworu służą chloratory.

Chlorator składa się z:

- przeponowej pompy ssąco-tłoczącej z silnikiem,
- polietylenowego zbiornika na roztwór podchlorynu sodowego,
- przewodu zasysającego zawarty w zbiorniku roztwór dezynfekujący,
- przewodu odprowadzającego.

Chlorator powinien być instalowany w osobnych pomieszczeniach wyposażonych w wentylację i możliwie najbliżej odbiornika, do którego ma być włączany roztwór podchlorynu sodowego.

Ubočnym skutkiem dezynfekcji wody chlorem jest pogorszenie jej zapachu i smaku, dlatego ważny jest właściwy dobór urządzeń i stała kontrola zużycia preparatów.

ODŻELAZIANIE I ODMANGANIANIE WODY

Wody podziemne są mniej narażone na zanieczyszczenia związane z gospodarczą działalnością człowieka. Charakteryzują się jednak podwyższoną zawartością manganu i żelaza oraz obecnością siarkowodoru i amoniaku. Zawartość żelaza waha się od ilości śladowych do kilkudziesięciu mg/l, natomiast manganu od ilości śladowych do kilku g/l.

Wysokie stężenie żelaza i manganu w wodzie powodują wzrost jej barwy i mętności, co niekorzystnie wpływa na właściwości organoleptyczne. Ponadto na urządzeniach pojawiają się rdzawe osady, zostawione przez mieszaniny uwodnionych tlenków żelazowych i manganowych. Odżelazianie i odmanganianie sprowadza się do przeprowadzenia rozpuszczonych związków żelaza i manganu w formy trudno rozpuszczalne, które są zatrzymywane na drodze filtracji na odpowiednim złożu, w filtrze pośpiesznym. Odżelazianie wiąże się z profesjonalnym doborem rodzaju złoża. Zależy to od składu fizykochemicznego wody, postaci, w jakiej występuje żelazo czy mangan, zawartości tlenu rozpuszczonego oraz dwutlenku węgla i związków organicznych.

Odżelazianie – proces technologiczny pod kątem usuwania żelaza i manganu składa się z:

- napowietrzania wody surowej za pomocą inżektora lub sprężarki i mieszacza wodno-powietrznego,
- korekty odczynu wody,
- filtracji na złożu.

Jeśli żelazo i mangan występują w znacznych ilościach odżelazianie powinno być przeprowadzone dwustopniowo, z zastosowaniem jako pierwszego filtra usuwającego żelazo.

Odżelazianie wody i odmanganianie wiąże się również z odpowiednim doborem płukania filtrów. W zależności od wybranego złoża rozróżnia się:

- płukanie wodno-powietrzne przy dużych wydajnościach,
- płukanie wodne,
- płukanie wodne z dozowaniem KMnO_4 .

Filtry odżelaziające i odmanganiające montuje się zawsze przed filtrami zmiękczącymi wodę. Odżelazianie wody stosuje się jako pierwsze.

USUWANIE JONU AMONOWEGO Z WODY

Obowiązujące przepisy z zakresu jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi określają maksymalną zawartość jonu amonowego na poziomie 0,5 mg NH_4^+ /l. Jest to zmiana w stosunku do Rozporządzenia z 2002 roku, w którym maksymalne stężenie jonu amonowego na poziomie 0,5 mg/l dotyczyło wód chlorowanych, natomiast w przypadku wód niechlorowanych normy spełniała woda zawierająca do 1,5 mg NH_4^+ /l.

Można wyróżnić trzy podstawowe metody usuwania azotu amonowego:

- odgazowanie,
- biologiczna nitryfikacja,

- wymiana jonowa.

W klasycznych układach uzdatniania wody podziemnej usuwanie azotu amonowego w ilościach nie przekraczających 1,0 mgNH₄⁺/l może odbywać się przy zachowaniu pewnych zasad technologicznych przy okazji procesów odżelaziania i odmanganiania wody w procesie filtracji przez złoża filtracyjne.

Z procesem nitryfikacji wiążą się dodatkowo następujące zmiany w chemicznie uzdatnianej wody:

- spadek zawartości tlenu zużywanego na procesy biologiczne,
- spadek zasadowości wody,
- obniżenie odczynu.

MATERIAŁ I METODY

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Miasto Kutno leży na 52°14' szerokości geograficznej północnej i na 19°22' długości geograficznej wschodniej, w północno-zachodniej części województwa łódzkiego, na zachodnim skraju Równiny Kutnowskiej należącej do makroregionu Niziny Środkowo-Mazowieckiej.

W obrębie miasta Kutna występują dwa podstawowe poziomy wodonośne:

- a) Poziom jurajski – związany z wapieniami jury górnej. Wody tego poziomu mają charakter szczelinowy a ich zasobność jest zmienna.
- b) Poziom czwartorzędowy – jego występowanie nie odgrywa większej roli w zaopatrzeniu w wodę. Jest on nieciągły i jako przypowierzchniowy wrażliwy na zanieczyszczenie.

UDOKUMENTOWANE ZASOBY WODNE NA TERENIE MIASTA

Miasto Kutno położone jest w masywie Kujawskim. W obrębie tego masywu znajdują się zbiorniki GZWP w utworach jury górnej oraz czwartorzędu.

Ze względu na brak pokrywy izolującej zbiorniki wód podziemnych przed zanieczyszczeniami, ustanowiono dla zbiorników obszary ochronne ONO i OWO (ONO – obszar najwyższej ochrony, OWO – obszar wysokiej ochrony).

Strefa ochronna ONO została wyznaczona nad czwartorzędowym GZWP znajdującym się w utworach pradoliny w rejonie Włocławka, w utworach międzymorenowych na północny – zachód od Kutna, oraz w utworach dolinnych w rejonie Łowicza. Jurajskie GZWP chronione są częściowo przez strefę ONO na północny – zachód od Kutna i rozciąga się wąskim pasem na południowy – wschód wzdłuż rzeki Ochni, omijając Kutno od południa. Natomiast strefa OWO chroni jurajskie GZWP i rozciąga się w niewielkiej części na zachód od Kutna oraz w większej części na południe od Kutna wzdłuż rzeki Bzury od Łęczycy aż po Łowicz.

WODY POWIERZCHNIOWE

Kutno obejmuje tereny nadzalewowe rzeki Ochni, przechodzące łagodnie w wysoczyznę moreny kutnowskiej. Morfologia terenu ma swoje odbicie w budowie geologicznej podłoża.

Rejony nadzalewowe zbudowane są z osadów rzeczno-zastoiskowych, reprezentowanych głównie przez piaski i mułki. Mułki zastoiskowe tworzą przewarstwienia wśród osadów piaszczystych, plejstoceńskich, przykrytych warstwą nasypów lub gleby, lokalnie warstwą torfów.

Osady piaszczyste wykształcone są głównie jako piaski pylaste, drobne i średnie oraz gliny pylaste. Miąższość przewarstwień wynosi od 12÷15 m. Teren wysoczyzny to głównie gliny zwałowe, strop glin był badany na głębokości od 3,0÷12,5 m poniżej terenu. W glinie występują soczewki i cienkie przewarstwienia piasku.

W czasie wierceń badawczych archiwalnych stwierdzono występowanie na terenie miasta dwóch poziomów gruntowych:

- poziom wód gruntowych związany z piaszczystymi osadami rejonów nadzalewowych,
- poziom wód gruntowych występujący w soczewkach i przewarstwieńiach piaszczystych w glinie zwałowej.

Woda gruntowa występująca w osadach piaszczystych terenów nadzalewowych zalega na głębokości od 2,0÷4,0 m poniżej terenu, czyli na wysokości 101÷102 m npm.

Wody gruntowe omawianego poziomu wodonośnego posiadają na ogół zwierciadło o charakterze swobodnym, lokalnie tylko występują pod nieznacznym ciśnieniem. Wody gruntowe śródlądowe związane z soczewkami piaszczystymi zalegają na głębokości od 4,9÷8,7 m poniżej terenu. Lustro wody gruntowej wykazuje spadek w kierunku koryta rzeki Ochni.

W latach 80-tych nastąpił spadek lustra wody w studniach kopanych istniejących na terenie miasta oraz likwidacja suchych studni. Aktualnie ok. 15% mieszkańców miasta zaopatruje się z własnych studni kopanych, dotyczy to terenów nie objętych siecią wodociagową.

Plan zaopatrzenia w wodę w warunkach specjalnych przewiduje pokrycie zaopatrzenia wyżej wymienionych mieszkańców ze studni awaryjnych [10].

WODY PODZIEMNE

Z wierceń studziennych i innych wykonanych na terenie Kutna wynika, że występują tu trzy piętra wodonośne:

- czwartorzędowe,
- trzeciorzędowe,
- jurajskie.

POKLĄDY WODONOŚNE CZWARTORZĘDOWE

Występują w nim dość znaczne zasoby wód podziemnych. Wykształcenie i położenie warstw wodonośnych są zmienne co utrudnia znalezienie dobrze ukształtowanej warstwy wodonośnej. Miąższość osadów czwartorzędowych na terenie Kutna waha się od 35÷72,5 m, a w okolicy Kutna od 11÷91 m. Wydajności jednostkowe studni czwartorzędowych wahają się od 1÷28,5 m³/h·m².

POKLĄDY WODONOŚNE TRZECIORZĘDOWE

Jest ono najmniej wydajne i zasobne w wodę. Poza tym charakteryzuje się złą jakością wody na co głównie rzutuje zanieczyszczenie warstw wodonośnych pyłem węgla brunatnego – miocen burawęglowy. Miąższość osadów trzeciorzędowych na terenie miasta waha się od 8 do ponad 15 m, a w najbliższych jego okolicach od 1÷77 m. Wydajności jednostkowe w studniach ujmujących trzeciorzęd wahają się od 0,53÷26,1 m³/h·m².

POKLĄDY WODONOŚNE JURAJSKIE

W wierceniach studziennych obejmujących obszar Kutna napotkano również utwory górnourajskie. Wody ujmowane z tych utworów są wodami szczelinowymi. Jura górna jest głównie wykształcona w postaci wapieni szczelinowych, wapieni twardych, wapieni piaszczystych i margli.

Strop osadów jurajskich zalega na głębokości od 41÷72 m. poniżej powierzchni terenu. Zasobność jego uzależniona jest od intensywności spękań i systemu szczelin w wapieniach i marglach.

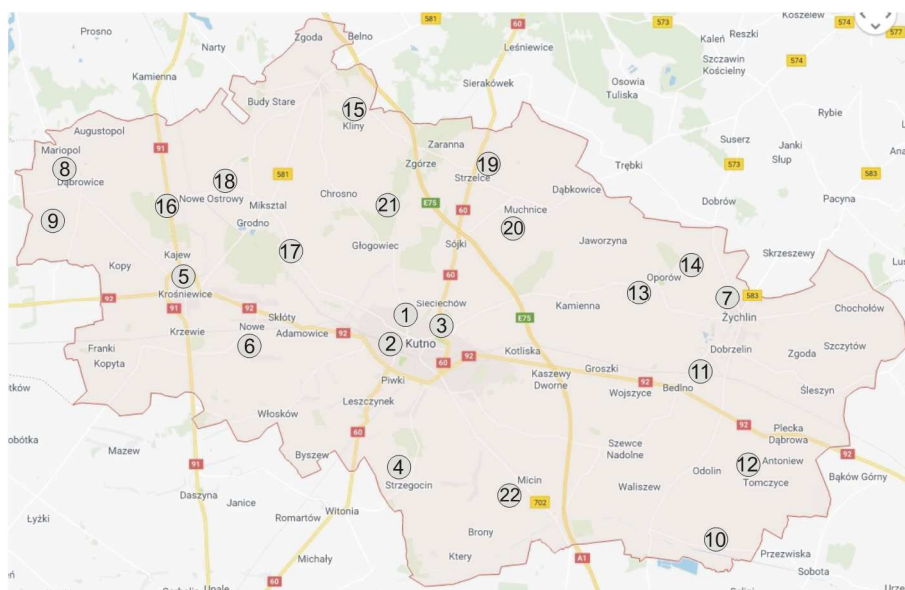
Głębokość ujęć górnourajskich waha się od 49÷244 m, a wydajności jednostkowe poszczególnych studni od 0,5÷80,4 m³/h·m² przy wydajności pompowań od 0,5÷270 m³/h.

Warunki hydrogeologiczne i geologiczne w rejonie Kutna są w miarę dobrze rozpoznane. Poszczególne poziomy wodonośne kontaktują się ze sobą; czwartorzęd z trzeciorzędem, czwartorzęd z jurą lub trzeciorzęd z jurą.

METODY BADAŃ

Wyniki badań dotyczące jakości wody wodociągowej w powiecie kutnowskim zostały pozyskane od Państwowego Powiatowego Inspektora Sanitarnego w Kutnie.

Dane dotyczą badań z lat 2014–2017, jakie zostały przeprowadzone w 22 ujęciach wody pitnej (SUW), w zakresie oceny jakości wody pod względem parametrów fizykochemicznych. Rozmieszczenie stacji przedstawia rys. 1.



Rys. 1 Rozmieszczenie Stacji Uzdatniania Wody na terenie powiatu kutnowskiego. Źródło: opracowanie własne.

1. Kutno, 2. Kutno – PKP, 3. Kutno – Żurawieniec, 4. Kutno – Strzegocin, 5. Krośniewice, 6. Krośniewice – Nowe, 7. Żychlin, 8. Dąbrowice, 9. Dąbrowice – Baby, 10. Bedno – Orłów, 11. Bedno – Pniewo, 12. Bedno – Głuchów, 13. Opatów, 14. Opatów – Kurów, 15. Łąkieta – Anielin, 16. Ostrowy, 17. Ostrowy – Grochów, 18. Ostrowy – Imielno, 19. Strzelce, 20. Strzelce – Muchnice, 21. Strzelce – Klonowiec, 22. Krzyżanów.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, próbki wody do badań były pobierane dwa razy w roku.

Oznaczenia zawartości amoniaku, azotynów, chlorków, manganu, żelaza oraz sodu w wodzie z poborów wykonano w Oddziale Laboratoryjnym Powiatowej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Skierniewicach.

Zawartość amoniaku oznaczano metodą spektrofotometryczną zgodnie z normą PN-C-04576-4:1994, azotyny metodą spektrofotometryczną zgodnie z normą PN-EN-26777:1999, chlorki metodą miareczkową zgodnie z normą PN-ISO-9297:1994, mangan i żelazo metodą FAAS PB/L-04 wyd. 1 z 15.05.2004 oraz sód metodą FAES PN-ISO-9964-3:1994.

WYNIKI

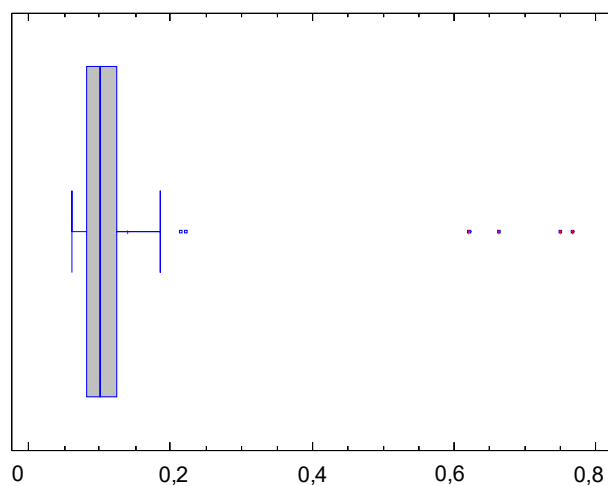
STĘŻENIE JONU AMONOWEGO

Tab. 1

Zbiornicze dane dotyczące stężenia jonu amonowego w analizowanych próbkach.

Liczba analizowanych próbek	73
Średnie stężenie jonu amonowego w mg/l	0.140781
Odchylenie standardowe	0.140869
Współczynnik zmienności	100.062%
Wartość minimalna jonów w badanych próbkach	0.06
Wartość maksymalna jonów w badanych próbkach	0.767
Rozpiętość	0.707
Standardowa skośność	12.7667
Standardowa kurtoza	22.5429

W przypadku jonu amonowego znormalizowana wartość skosu nie mieści się w zakresie spodziewanym dla danych z rozkładu normalnego. Również standaryzowana wartość kurtozy wykracza poza oczekiwany zakres dla danych z rozkładu normalnego.



Rys. 2 Wykres Johna Tukey'a dla serii danych jonu amonowego.

Wykres przedstawia 5-liczbowe podsumowanie serii danych dotyczących stężenia jonu amonowego w analizowanej serii. Centralny prostokąt zawiera środkową połowę danych rozciągającą się od dolnego kwartyla do górnego kwartyla. Linie rozciągające się w lewo i w prawo od prostokąta noszącą nazwę „wąsów” i pokazują położenie najmniejszych i największych wartości danych.

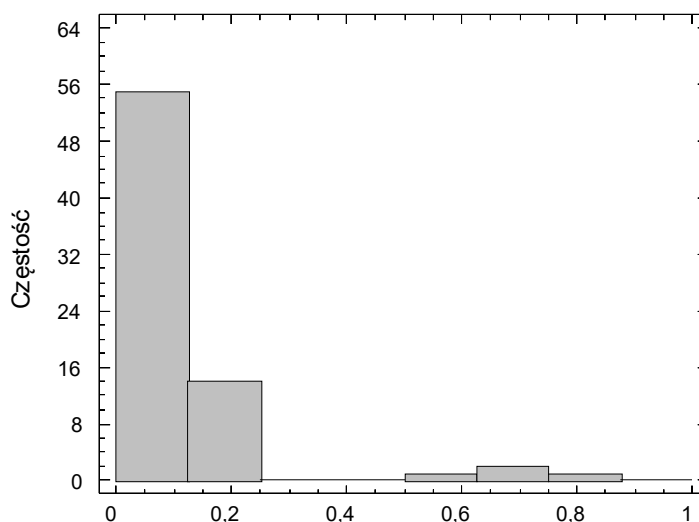
Mediana danych jest zobrazowana pionową linią wewnątrz prostokąta, natomiast znak „+” pokazuje położenie średniej z próbki. Z faktu, że prawy „wąs” jest nieco dłuższy od lewego wyniku, że średnia arytmetyczna jest nieco większa od mediany, co oznacza dodatnią skośność danych.

Rozkład częstościowy analizowanej serii danych jonu amonowego.

Grupa	Limit dolny	Górny limit	Punkt środkowy	Częstość	Względna częstość	Łączna częstość	Względnie łączna częstość
	niższy równy	bądź 0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	0,125	0,0625	55	0,7534	55	0,7534
2	0,125	0,25	0,1875	14	0,1918	69	0,9452
3	0,25	0,375	0,3125	0	0,0000	69	0,9452
4	0,375	0,5	0,4375	0	0,0000	69	0,9452
5	0,5	0,625	0,5625	1	0,0137	70	0,9589
6	0,625	0,75	0,6875	2	0,0274	72	0,9863
7	0,75	0,875	0,8125	1	0,0137	73	1,0000
8	0,875	1,0	0,9375	0	0,0000	73	1,0000
	wyższy	1,0		0	0,0000	73	1,0000

Średnia = 0,140781; Odchylenie standardowe = 0,140869 .

W powyższej tabeli przedstawiono podział serii danych, dotyczących jonu amonowego, na interwały równej szerokości i równą liczbę wartości danych w każdym przedziale.



Rys. 3 Histogram częstościowy jonu amonowego.

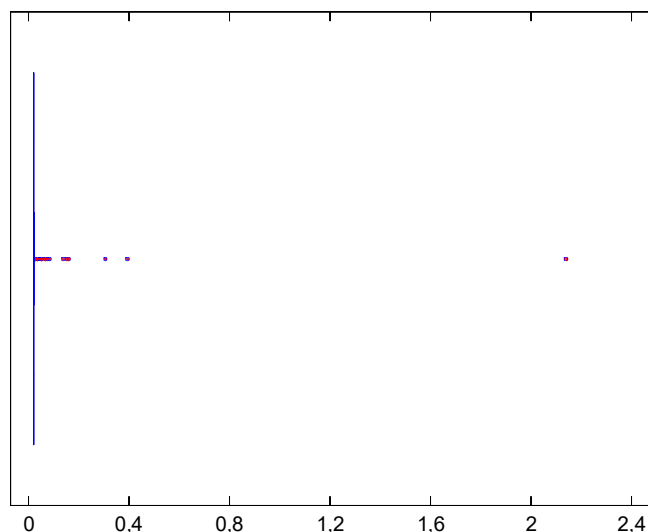
STĘŻENIE AZOTYNÓW

Zbiornicze dane statystyczne dotyczące stężenia azotynów w analizowanych próbkach.

Liczba analizowanych próbek	73
Średnie stężenie jonów azotynów w mg/l	0.0677808
Odchylenie standardowe	0.253099
Współczynnik zmienności	373.408%
Wartość minimalna jonów w badanych próbkach	0.02
Wartość maksymalna jonów w badanych próbkach	2.14
Rozpiętość	2.12
Standardowa skośność	27.4703
Standardowa kurtoza	112.943

W przypadku stężenia azotynów znormalizowana wartość skosu nie mieści się w zakresie spodziewanym dla danych z rozkładu normalnego. Również standaryzowana wartość kurtozy wykracza poza oczekiwany zakres dla danych z rozkładu normalnego.





Rys. 1 Wykres Johna Tukey'ego dla serii danych dotyczących azotynów.

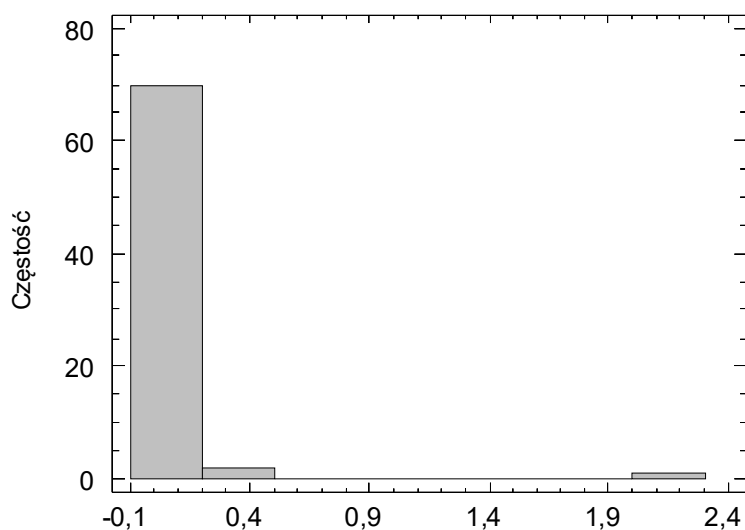
Tab. 4

Rozkład częstościowy analizowanej serii danych azotynów.

Grupa	Limit dolny	Górny limit	Punkt środkowy	Częstość	Względna częstość	Łączna częstość	Względnie łączna częstość
	niższy równy	bądź -0,1					
				0	0,0000	0	0,0000
1	-0,1	0,2	0,05	70	0,9589	70	0,9589
2	0,2	0,5	0,35	2	0,0274	72	0,9863
3	0,5	0,8	0,65	0	0,0000	72	0,9863
4	0,8	1,1	0,95	0	0,0000	72	0,9863
5	1,1	1,4	1,25	0	0,0000	72	0,9863
6	1,4	1,7	1,55	0	0,0000	72	0,9863
7	1,7	2,0	1,85	0	0,0000	72	0,9863
8	2,0	2,3	2,15	1	0,0137	73	1,0000
	wyższy	2,3		0	0,0000	73	1,0000

Średnia = 0,0677808; Odchylenie standardowe = 0,253099

W powyższej tabeli przedstawiono podział serii danych, dotyczących azotynów, na interwały równej szerokości i pokazującą ilość wartości danych w każdym przedziale.



Rys. 2 Histogram częstościowy azotynów.

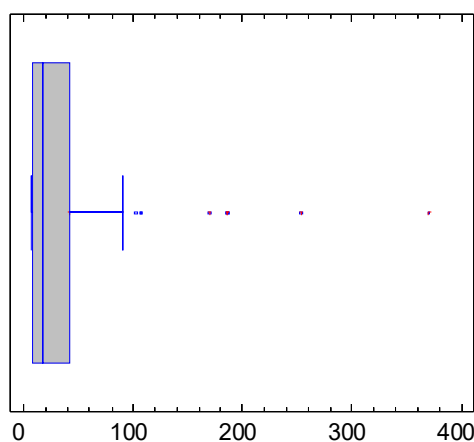
STĘŻENIA CHLORKÓW

Tab. 5

Zbiornicze dane statystyczne dotyczące stężenia chlorków w analizowanych próbkach.

Liczba analizowanych próbek	73
Średnie stężenie chlorków w mg/l	41.2918
Odchylenie standartowe	61.3123
Współczynnik zmienności	148.486%
Wartość minimalna jonów w badanych próbkach	7.0
Wartość maksymalna jonów w badanych próbkach	370.0
Rozpiętość	363.0
Standardowa skośność	11.4755
Standardowa kurtoza	22.3746

W przypadku chlorków znormalizowana wartość skosu nie mieści się w zakresie spodziewanym dla danych z rozkładu normalnego. Również standaryzowana wartość kurtozy wykracza poza oczekiwany zakres dla danych z rozkładu normalnego.



Rys. 6 Wykres Johna Tukey'a dla serii danych chlorków.

Wykres przedstawia 5-liczbowe podsumowanie serii danych dotyczących stężenia chlorków w analizowanej serii. Centralna „prostokąt” zawiera środkową połowę danych rozciągającą się od dolnego kwantyla do górnego kwantyla. Wasz rozciągające się w lewo i w prawo od „prostokąta” pokazują położenie najmniejszych i największych wartości danych.

Mediana danych jest zobrazowana pionową linią wewnątrz „prostokąta”, natomiast znak „+” pokazuje położenie średniej z próbki. Fakt, że prawy „wąs” jest dłuższy od lewego oznacza, że średnia arytmetyczna jest większa od mediany, co oznacza dodatnią skośność danych.

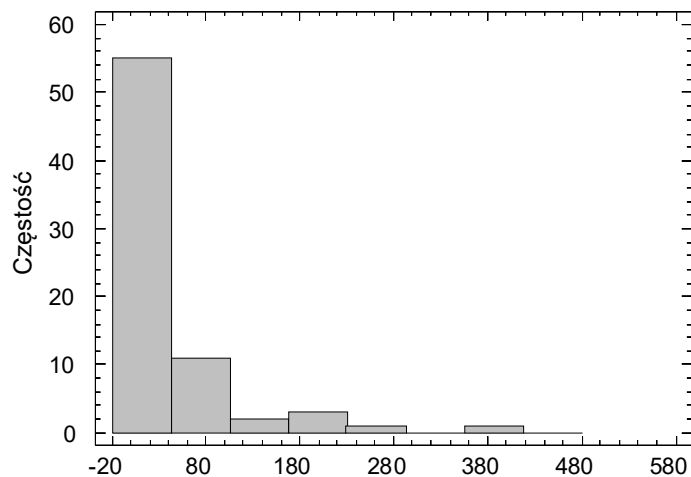
Tab. 6

Rozkład częstościowy analizowanej serii danych chlorków.

Grupa	Limit dolny	Górny limit	Punkt środkowy	Częstość	Względna częstość	Łączna częstość	Względnie łączna częstość
	niższy równy	bądź -20,0					
				0	0,0000	0	0,0000
1	-20,0	42,5	11,25	55	0,7534	55	0,7534
2	42,5	105,0	73,75	11	0,1507	66	0,9041
3	105,0	167,5	136,25	2	0,0274	68	0,9315
4	167,5	230,0	198,75	3	0,0411	71	0,9726
5	230,0	292,5	261,25	1	0,0137	72	0,9863
6	292,5	355,0	323,75	0	0,0000	72	0,9863
7	355,0	417,5	386,25	1	0,0137	73	1,0000
8	417,5	480,0	448,75	0	0,0000	73	1,0000
	wyższy	480,0		0	0,0000	73	1,0000

Średnia = 41,2918; Odchylenie standartowe = 61,3123 .

W powyższej tabeli przedstawiono podział serii danych, dotyczących chlorków, na interwały równej szerokości i równą liczbę wartości danych w każdym przedziale.



Rys. 7 Histogram częstościowy chlorków.

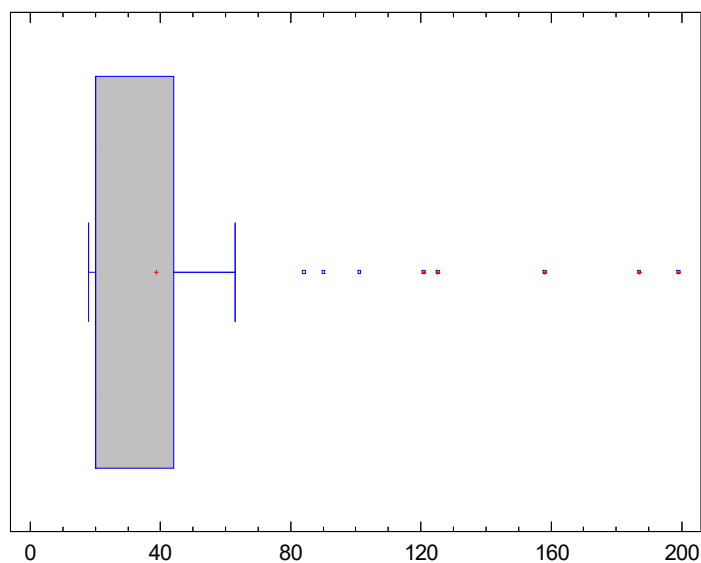
STĘŻENIE MANGANU

Tab. 7

Zbiórce dane statystyczne dotyczące stężenia manganu w analizowanych próbkach.

Liczba analizowanych próbek	73
Średnie stężenie manganu $\mu\text{m/l}$	38.8082
Odchylenie standartowe	37.8167
Współczynnik zmienności	97.445%
Wartość minimalna jonów w badanych próbkach	18.0
Wartość maksymalna jonów w badanych próbkach	199.0
Rozpiętość	181.0
Standardowa skośność	9.63707
Standardowa kurtoza	13.5415

W przypadku manganu znormalizowana wartość skosu nie mieści się w zakresie spodziewanym dla danych z rozkładu normalnego. Również standaryzowana wartość kurtozy wykracza poza oczekiwany zakres dla danych z rozkładu normalnego.



Rys. 8 Wykres Johna Tukey'ego dla serii danych manganu.

Wykres przedstawia 5–liczbowe podsumowanie serii danych dotyczących stężenia manganu w analizowanych próbkach. Centralny „prostokąt” zawiera środkową połowę danych rozciągającą się od dolnego kwartyla do górnego kwartyla. Wąsy rozciągające się w lewo i w prawo od „prostokąta” pokazują położenie najmniejszych i największych wartości danych.

Mediana, obrazowana pionową linią, pokrywa się z prawym bokiem „prostokąta”, z znak „+” pokazuje położenie średniej z próbki. Z faktu, że prawy „wąs” jest dłuższy od lewego wynika, że średnia arytmetyczna jest większa od mediany, co oznacza dodatnią skośność danych.

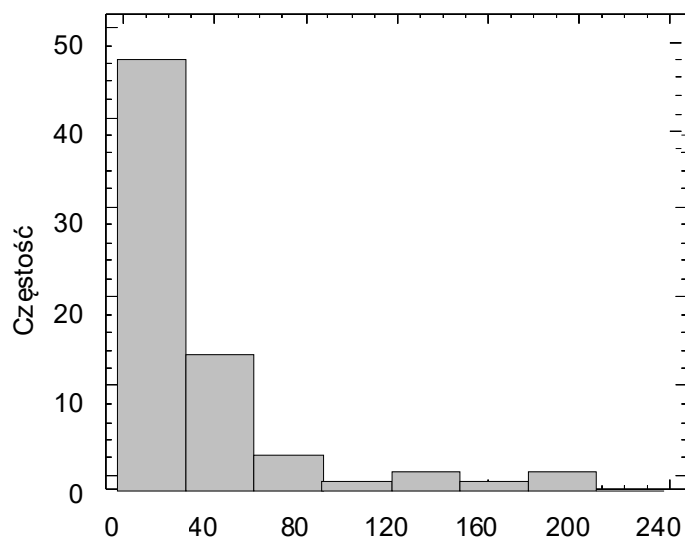
Tab. 8

Rozkład częstościowy analizowanej serii danych manganu.

Grupa	Limit dolny		Górny limit	Punkt środkowy	Częstość	Względna częstość	Łączna częstość	Względnie łączna częstość
	niższy równy	bądź 0,0						
			0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0		30,0	15,0	48	0,6575	48	0,6575
2	30,0		60,0	45,0	15	0,2055	63	0,8630
3	60,0		90,0	75,0	4	0,0548	67	0,9178
4	90,0		120,0	105,0	1	0,0137	68	0,9315
5	120,0		150,0	135,0	2	0,0274	70	0,9589
6	150,0		180,0	165,0	1	0,0137	71	0,9726
7	180,0		210,0	195,0	2	0,0274	73	1,0000
8	210,0		240,0	225,0	0	0,0000	73	1,0000
	wyższy		240,0		0	0,0000	73	1,0000

Średnia = 38,8082; Odchylenie standartowe = 37,8167.

W powyższej tabeli otrzymaliśmy podział serii danych, dotyczących zawartości manganu w badanych próbkach, na interwały równej szerokości i równą liczbę wartości danych w każdym przedziale.



Rys. 9 Histogram częstościowy zawartości manganu w badanej próbce.

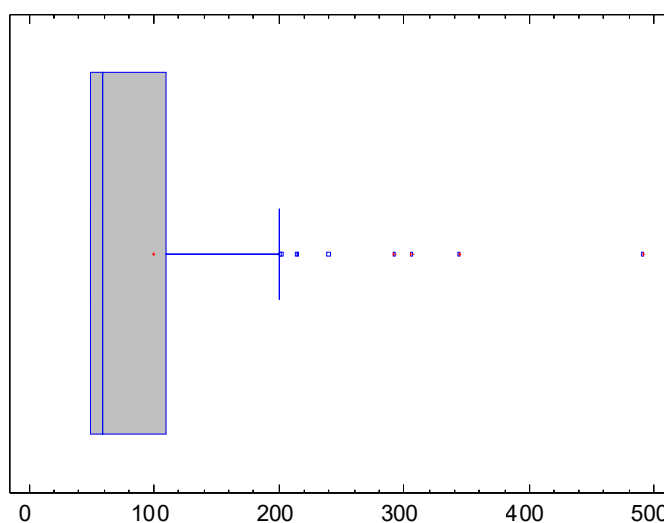
STĘŻENIE ŻELAZA

Tab. 9

Zbiornicze dane statystyczne dotyczące stężenia żelaza w analizowanych próbkach.

Liczba analizowanych próbek	73
Średnie stężenie żelaza $\mu\text{m/l}$	99,5342
Odchylenie standardowe	83,241
Współczynnik zmienności	83,6305%
Wartość minimalna jonów w badanych próbkach	50,0
Wartość maksymalna jonów w badanych próbkach	491,0
Rozpiętość	441,0
Standardowa skośność	8,40803
Standardowa kurtoza	11,9495

W przypadku żelaza znormalizowana wartość skosu nie mieści się w zakresie spodziewanym dla danych z rozkładu normalnego. Również standaryzowana wartość kurtozy nie mieści się w zakresie oczekiwanym dla danych z rozkładu normalnego.



Rys. 10 Wykres Johna Tukey'a dla serii danych zawartości żelaza.

Wykres przedstawia 5-liczbowe podsumowanie serii danych dotyczących stężenia żelaza w analizowanych próbkach. Centralny „prostokąt” zawiera środkową połowę danych rozciągającą się od dolnego kwartyla do górnego kwartyla. Linia rozciągająca się w prawo od „prostokąta” pokazuje położenie największych wartości danych.

Mediana danych jest zobrazowana pionową linią wewnątrz „skrzynki”, natomiast znak „+” pokazuje położenie średniej z próbki. Z faktu, że prawy „wąs” jest długi wynika, że średnia arytmetyczna jest większa od mediany, co oznacza dodatnią skośność danych.

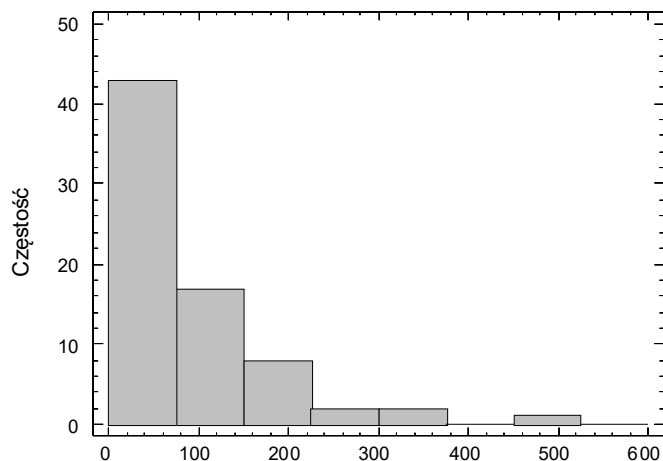
Tab. 10

Rozkład częstościowy analizowanej serii danych dla żelaza.

Grupa	Limit dolny	Górny limit	Punkt środkowy	Częstość	Względna częstość	Łączna częstość	Względnie łączna częstość
	niższy bądź równy	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	75,0	37,5	43	0,5890	43	0,5890
2	75,0	150,0	112,5	17	0,2329	60	0,8219
3	150,0	225,0	187,5	8	0,1096	68	0,9315
4	225,0	300,0	262,5	2	0,0274	70	0,9589
5	300,0	375,0	337,5	2	0,0274	72	0,9863
6	375,0	450,0	412,5	0	0,0000	72	0,9863
7	450,0	525,0	487,5	1	0,0137	73	1,0000
8	525,0	600,0	562,5	0	0,0000	73	1,0000
	wyższy	600,0		0	0,0000	73	1,0000

Średnia = 99,5342; Odchylenie standardowe = 83,241.

W powyższej tabeli otrzymaliśmy podział serii danych zawartości żelaza na interwały równej szerokości i równą liczbę wartości danych w każdym przedziale.



Rys. 11 Histogram częstościowy zawartości żelaza w próbkach.

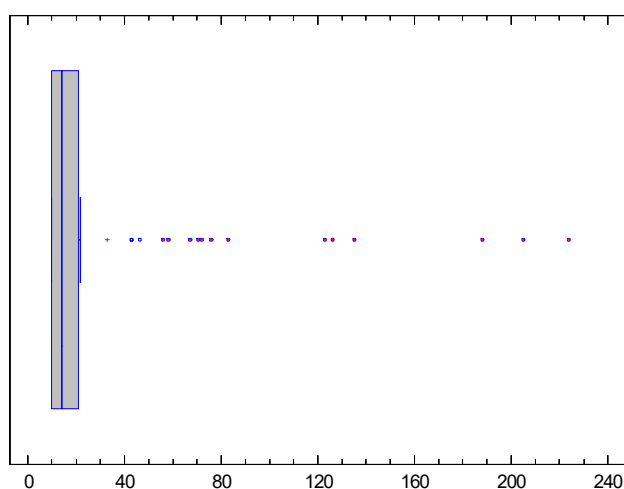
STĘŻENIE SODU

Tab. 11

Zbiorcze dane statystyczne dotyczące sodu w analizowanych próbkach.

Liczba analizowanych próbek	73
Średnie stężenie sodu w mg/l	32.7562
Odchylenie standartowe	45.5847
Współczynnik zmienności	139.164%
Wartość minimalna jonów w badanych próbkach	10.0
Wartość maksymalna jonów w badanych próbkach	224.0
Rozpiętość	214.0
Standardowa skośność	9.67818
Standardowa kurtoza	13.2977

W przypadku sodu znormalizowana wartość skosu nie mieści się w zakresie spodziewanym dla danych z rozkładu normalnego. Również standaryzowana wartość kurtozy wykracza poza oczekiwany zakres dla danych z rozkładu normalnego.



Rys. 12 Wykres Johna Tukey'a dla serii danych sodu.

Wykres przedstawia 5–liczbowe podsumowanie serii danych dotyczących stężenia sodu w analizowanej serii. „Prostokąt” zawiera środkową połowę danych rozciągającą się od dolnego kwartyla do górnego kwartyla. Linie rozciągające się w prawo od „prostokąta” w kształcie wąsa pokazuje położenie największych wartości.

Mediana danych jest zobrazowana pionową linią wewnątrz „prostokąta”, natomiast znak „+” pokazuje położenie średniej z próbki. Nieco wysunięty prawy „wąs” oznacza, że średnia arytmetyczna jest większa od mediany, co oznacza dodatnią skośność danych.

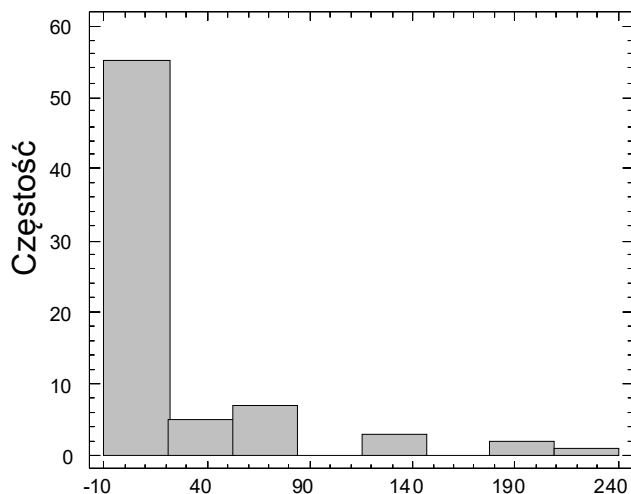
Tab. 12

Rozkład częstościowy analizowanej serii danych sodu.

Grupa	Limit dolny	Górny limit	Punkt środkowy	Częstość	Względna częstość	Łączna częstość	Względnie łączna częstość
	niższy bądź równy	-10,0		0	0,0000	0	0,0000
1	-10,0	21,25	5,625	55	0,7534	55	0,7534
2	21,25	52,5	36,875	5	0,0685	60	0,8219
3	52,5	83,75	68,125	7	0,0959	67	0,9178
4	83,75	115,0	99,375	0	0,0000	67	0,9178
5	115,0	146,25	130,625	3	0,0411	70	0,9589
6	146,25	177,5	161,875	0	0,0000	70	0,9589
7	177,5	208,75	193,125	2	0,0274	72	0,9863
8	208,75	240,0	224,375	1	0,0137	73	1,0000
	wyższy	240,0		0	0,0000	73	1,0000

Średnia = 32,7562; Odchylenie standardowe = 45,5847.

Tabela powyższa obrazuje podział serii danych, dotyczących sodu, na interwały równej szerokości i równą liczbę wartości danych w każdym przedziale.



Rys. 13 Histogram częstościowy dla próbek sodu.

KORELACJA MIĘDZY PH WODY, JONEM AMONOWYM, AZOTYNAMI, CHLORKAMI, MANGANEM, ŻELAZEM I SODEM

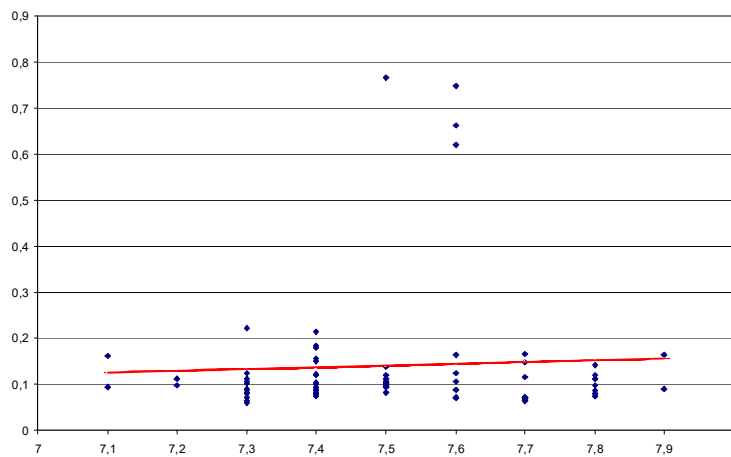
Z uwagi na fakt, że wszystkie serie wyników zawartości poszczególnych związków i metali nie miały rozkładu normalnego, w celu wyznaczenia korelacji pomiędzy poszczególnymi elementami wykorzystano korelacje Spearmana.

Tabela korelacji.

	Odczyn wody (pH)	stężenie jonu amonowego	stężenie azotynów	Stężenie chlorków	Stężenie manganu	Stężenie żelaza	Stężenie sodu
Odczyn wody (pH)		0,05	0,08	0,11	0,02	-0,11	-0,05
Stężenie jonu amonowego	0,05		0,00	0,24	0,15	0,19	0,24
Stężenie azotynów	0,08	0,00		-0,06	0,12	-0,01	-0,06
Stężenie chlorków	0,11	0,24	-0,06		0,05	0,03	0,89
Stężenie manganu	0,02	0,15	0,12	0,05		0,32	-0,02
Stężenie żelaza	-0,11	0,19	-0,01	0,03	0,32		-0,02
Stężenie sodu	-0,05	0,24	-0,06	0,89	-0,02	-0,02	

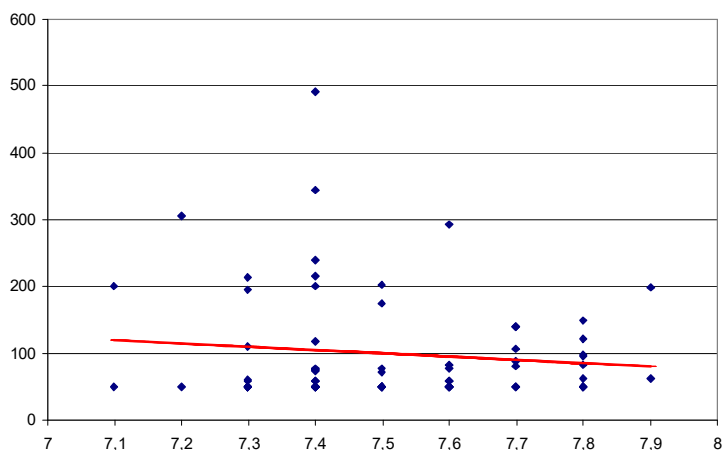
- korelacja pełna
- korelacja niska
- korelacja słaba (brak korelacji)

Korelacja między odczynem pH wody, a jonem amonowym, azotynami, chlorkami, manganem, żelazem i sodem była w granicach od $-0,1$ do $+0,1$, co świadczy o braku zależności między analizowanymi składnikami.



Rys. 14 Korelacyjny wykres rozrzutu dla odczynu wody i zawartości jonu amonowego.

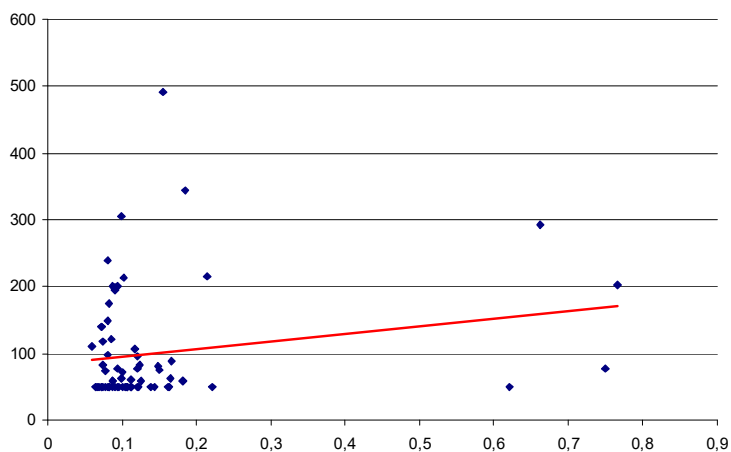
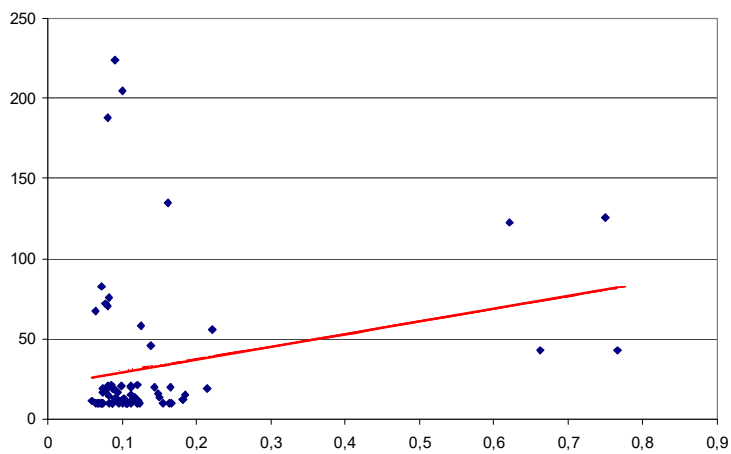
Współczynnik korelacji Spermmana między odczynem wody i zawartości jonu amonowego w badanych próbkach wynosił $r = 0,05$.

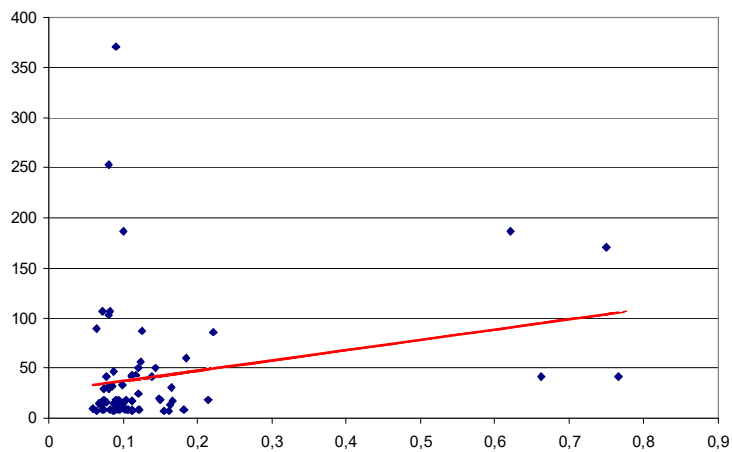


Rys. 15 Korelacyjny wykres rozrzutu dla odczynu wody i zawartości żelaza.

Współczynnik korelacji Spermmana między odczynem wody i zawartością żelaza w badanych próbkach wynosił $r = -0,11$.

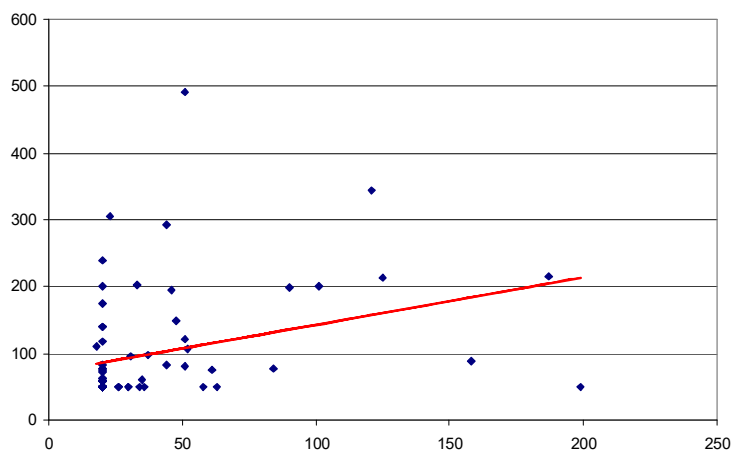
Natomiast niska korelacja wystąpiła między jonami amonowymi, a chlorkami i sodem, wynosił $r = 0,24$. Nieco słabsza korelacja, na poziomie $r = 0,19$, wystąpiła między jonami amonu, a żelazem zawartym w badanych próbkach wody.

Rys. 16 Korelacyjny wykres rozrzutu dla jonu amonowego i żelaza ($r = 0,19$).Rys. 17 Korelacyjny wykres rozrzutu dla jonu amonowego i sodem ($r = 0,24$).



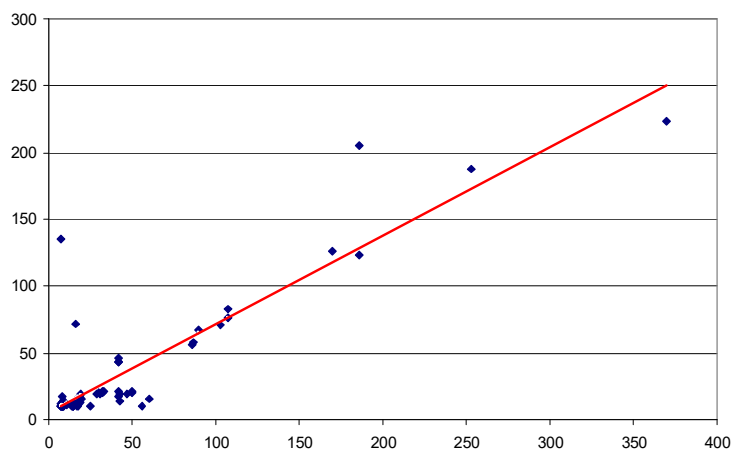
Rys. 18 Korelacyjny wykres rozrzutu dla jonu amonowego i chlorków ($r = 0,24$).

Korelacja niska, na poziomie $r = 0,32$, wystąpiła między związkami żelaza i manganu w badanych próbkach .



Rys. 19 Korelacyjny wykres rozrzutu dla żelaza i manganu ($r = 0,32$).

Pełna korelacja, na poziomie $r = 0,9$ wystąpiła między jonami chlorkowymi i sodem.



Rys. 20 Korelacyjny wykres rozrzutu dla jonów chlorkowych i sodu ($r = 0,9$).

LITERATURA

1. Pekutin J.: Ocena jakości wody do spożycia dostarczanej przez wodociągi wiejskie. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2012, 6, s. 266–269;
2. Wichrowska B., Kozłowski J., Jankowska D.: Ocena ryzyka zdrowotnego w świetle przepisów Unii Euro-pejskiej dotyczącej jakości wody do picia. *Ochrona Środowiska*, 2001, 83 (4), s. 19–22;
3. Pepliński M., Malecki A.: Usuwanie żelaza, manganu i azotu amonowego z wody podziemnej (część I). *Ochrona Środowiska i Gospodarka Komunalna*, 2008, 6, s. 33–35;
4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz. U. 2015 poz. 1989;
5. Granops M., Kaleta J.: *Woda – uzdatnianie i odnowa*. Wyd. SGGW, Warszawa 2002;
6. Gromiec M.: Postanowienia traktatu akcesyjnego i zobowiązania wynikające z przystąpienia Polski do UE w zakresie jakości zasobów. *Gospodarka Wodna*, 2004, 4, s. 129–132;
7. Kłos M., Zimoch I.: Wykorzystanie analizy jakości wody do oceny pracy sieci wodociągowej. *Ochrona Środowiska*, 2005, 27 (4), s. 27–31;
8. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz. U. 2015 poz. 1989;
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, Dz. U. z dnia 9 grudnia 2002 r.;
10. R. Rosina, Kutno. *Dzieje miasta*, PWN, Warszawa 1984 r.

dr hab. med. Piotr Siermontowski, prof. AMW

Katedra Technologii Prac Podwodnych
Akademii Marynarki Wojennej
ul. Śmidowicza 69
81-127 Gdynia
p.siermontowski@amw.gdynia.pl