



**DOŚWIADCZENIA WYNIKAJĄCE ZE
STOSOWANIA METODY
WYKRYWANIA STANU
NAMAGNESOWANIA WODOMIERZY,
JAKO PRÓBA WALKI ZE
ZJAWISKIEM NIELEGALNEGO
POBORU WODY Z
WYKORZYSTANIEM MAGNESÓW
NEODYMOWYCH**

1. Wstęp

W związku z dość popularnym od pewnego czasu rodzajem „oszczędności” zużywanych mediów (woda, gaz, energia elektryczna), polegającym na blokowaniu urządzeń pomiarowych silnym polem magnetycznym, zakłady wodociągowe oraz spółdzielnie mieszkaniowe odnotowują coraz większe straty z tego tytułu. Aby ograniczyć niepożądane zjawisko, stosuje się znane i dostępne na rynku urządzenia, jak również i zupełnie nowo powstałe rozwiązania. Między innymi są to przenośne urządzenia elektroniczne, które mają rzekomo wykrywać namagnesowane wodomierze (potwierdzać pozostałość magnetyczną elementów ferromagnetycznych tych wodomierzy), co jest, niestety w większości przypadków, niesłusznie interpretowane jako próba kradzieży wody z wykorzystaniem magnesów neodymowych.

Magnesy neodymowe NdFeB posiadają bardzo duże wartości gęstości energii, na poziomie 300 – 400 kJ/m³, znacznie większe niż inne magnesy: ferrytowe, AlNiCo, czy samarowo-kobaltowe (Sm-Co). Fakt ten, jak również szeroka dostępność i coraz niższe ceny magnesów neodymowych, przyczyniły się do szybkiego rozprzestrzenienia zjawiska nielegalnego poboru wody z ich wykorzystaniem.

Obecność magnesów neodymowych na rynku spowodowała znaczny postęp techniczny (np. miniaturyzację wielu produktów i zwiększenie ich efektywności). Stosuje się je w wielu urządzeniach, takich jak: komputerowe dyski twarde, silniki i prądnice prądu stałego, magnetyzery, separatory i ruszty magnetyczne, chwytaki, sprzęgła magnetyczne, zatraski magnetyczne, systemy zamocowań, itp.

* Autor specjalizuje się w szeroko rozumianych zagadnieniach kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń pomiarowych i dokonał szeregu pomiarów, które okazały się przydatne do napisania artykułu

2. Podstawowe informacje o magnetyzmie

Zachowanie się materiałów w polu magnetycznym opisuje poniższy wzór:

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H \quad [\text{T}] \quad (1.1)$$

gdzie:

B – indukcja magnetyczna [T],

μ_r – przenikalność magnetyczna względna materiału,

$\mu_0 = 12,57 \cdot 10^{-7}$ [H/m] – przenikalność magnetyczna próżni,

H – natężenie pola magnetycznego [A/m].

W zależności od tego, jak ciało zachowuje się po umieszczeniu go w polu magnetycznym, można zaliczyć je do odpowiedniej grupy materiałów, zgodnie z następującymi typami uporządkowania atomowego:

- diamagnetyki – materiały osłabiające działanie zewnętrznego pola magnetycznego (np. złoto, miedź, ołów, rtęć, cynk, woda, grafit),
- paramagnetyki – materiały wykazujące znikome własności magnetyczne w zewnętrznym polu magnetycznym (np. aluminium, platyna, powietrze),
- ferromagnetyki – materiały wykazujące silne właściwości magnetyczne w zewnętrznym polu magnetycznym (np. żelazo, nikiel, kobalt i ich stopy).

Najsłabszym paramagnetykiem jest powietrze. Jego przenikalność względna μ_r jest bardzo bliska jedności i dlatego też zależność (1.1) jest liniowa. Wzór (1.1) ulega wówczas uproszczeniu do postaci:

$$B = \mu_0 \cdot H \quad [\text{T}] \quad (1.2)$$

Jeżeli znane jest natężenie pola magnetycznego H w punkcie odległym od powierzchni magnesu, to łatwo jest określić zależność ilościową pomiędzy indukcją magnetyczną, a natężeniem pola magnetycznego w tym punkcie (równanie (1.2)). Dla ułatwienia interpretacji dalszej części artykułu, posłużono się przeliczeniem z wykorzystaniem zamiany jednostek pochodnych na ich krotkości, co prowadzi do przelicznika:

$$B [\text{mT}] = 1,257 \cdot H [\text{kA/m}] \quad (1.3)$$

Materiały ferromagnetyczne dzielą się na twarde, półtwarde oraz miękkie. Ferromagnetyki miękkie charakteryzują się największymi wartościami przenikalności magnetycznej względnej μ_r . Umieszczenie materiału ferromagnetycznego w zewnętrznym polu magnetycznym (np. w polu magnesu stałego) o natężeniu H powoduje powstanie wewnątrz tego materiału indukcji B , zgodnie ze wzorem (1.1). Osiągnięcie przez ferromagnetyk maksymalnej indukcji B_s jest równoznaczne z wprowadzeniem go w stan nasycenia, wówczas $\mu_r \approx 1$. Jeżeli obniżyć się będzie wartość natężenia pola magnetycznego H , np. poprzez oddalenie źródła tego pola, to wartość indukcji B w materiale ferromagnetycznym również będzie ulegała zmniejszaniu. Jednak, gdy zewnętrzne pole magnetyczne zaniknie całkowicie ($H = 0$), to ferromagnetyk nadal charakteryzował się będzie pewną wartością indukcji magnetycznej ($B \neq 0$), zwaną pozostałością magnetyczną, indukcją remanentu (resztkową) B_r , czy też magnetyzmem szczątkowym. Dla bardzo „miękkich” ferromagnetyków zjawisko to zanika w krótkim okresie czasu, nawet gdy materiał nie został

rozmagnesowany. Jednak dla większości ferromagnetyków namagnesowanie szczątkowe jest trwałe. Ferromagnetyki twarde zachowują stan namagnesowania pomimo zmian zewnętrznego pola magnetycznego, z tego też względu wykorzystywane są do wyrobu magnesów trwałych. Ferromagnetyki miękkie wykorzystywane są w urządzeniach magnetycznych, jako magnetowody, ekrany magnetyczne, itp. Ferromagnetyki półtwarde stosowane są do produkcji nośników pamięci takich jak: taśmy magnetofonowe, magnetowidowe, karty magnetyczne.

Jako jeden z przykładów na występowanie zjawiska magnesowania szczątkowego przedstawić można wodomierz poddany działaniu zewnętrznego pola magnetycznego, pochodzącego np. od magnesu neodymowego NdFeB. Wodomierz może charakteryzować się pozostałością magnetyczną, gdy zawiera w swojej budowie elementy ferromagnetyczne, np. pierścień Segera (rys. 1).



Rys. 1. Ferromagnetyczny pierścień Segera dociskający pokrywę komory mokrej wodomierza

3. Wskaźnik magnesów neodymowych

W celu określania stanu namagnesowania wodomierzy stosuje się elektroniczny „wskaźnik magnesów neodymowych” (w.m.n.). Przyrząd ten wyposażony jest w czujnik pola magnetycznego. Zasada działania w.m.n. polega na wykrywaniu obecności pola magnetycznego, z progiem czułości zadziałania ustawionym przez producenta (przykładowo 0,25 mT w testowanym egzemplarzu). Stan przekroczenia wartości progowej sygnalizowany jest zaświeceniem czerwonej diody z jednoczesnym emitowaniem sygnału dźwiękowego. Przyrząd nie posiada klasy pomiarowej i jest jedynie wskaźnikiem bez możliwości rejestracji wyniku. W zależności od sposobu zabudowy wodomierza, sprawdzenie namagnesowania w niektórych warunkach istniejącej struktury sieci wodociągowej może być utrudnione, wówczas gdy nie ma możliwości przyłożenia sondy pomiarowej przyrządu do bocznej powierzchni wodomierza (rys. 2), co jest istotne, gdy posiada on pierścień Segera (rys. 1).



Rys. 2. Pomiar stanu namagnesowania wodomierza wskaźnikiem magnesów neodymowych

Konstrukcja wodomierzy dostępnych na rynku jak i spotykanych w instalacjach, pomimo bardzo podobnego wyglądu zewnętrznego, wewnątrz jest zróżnicowana. Nie chodzi tu wyłącznie o obecność takich elementów ferromagnetycznych jak: oś liczydła, pierścien Segera, ekran magnetyczny, ale również o skład chemiczny materiału, z którego elementy te zostały wykonane. Uwzględniając ten fakt, jak również biorąc pod uwagę doświadczenia i badania własne oraz opinie wielu użytkowników, można przedstawić następujące wnioski płynące ze stosowania wskaźnika magnesów neodymowych:

1. Wskaźnik magnesów neodymowych będzie wskazywał wszystkie wodomierze na sieci (zakładając, że są takie same), jako namagnesowane nawet, jeśli nikt nie przykładał do nich magnesu, gdy producent wskaźnika ustawi zbyt niski próg czułości przyrządu. Oddziaływać będą na niego magnesy ferrytowe umieszczone w sprzęgle magnetycznym wodomierza suchobieźnego.
2. Wskaźnik magnesów neodymowych nie wykaże stanu namagnesowania żadnego wodomierza na sieci (zakładając, że są takie same) nawet, jeśli był przykładany magnes, gdy:
 - wodomierze nie posiadają w swojej konstrukcji żadnych ferromagnetycznych elementów, które mogłyby ulec namagnesowaniu, a obudowa wodomierza wykonana jest z diamagnetycznego mosiądzu, np. MO58 ($\text{CuZn}_{40}\text{Pb}_2$),
 - wodomierze posiadają wewnątrz pierścienie ekranujące pole magnetyczne, ale pierścienie te wykonane są z materiałów ferromagnetycznych bardzo „miękkich” i nie wykazują pozostałości magnetycznej (rys. 3). Tym charakteryzują się ekrany magnetyczne, wykonane ze stopów żelazo-nikiel (Fe-Ni) lub żelazo-kobalt (Fe-Co), skuteczniejsze od ekranów wykonanych ze stali niskowęglowej.

W opisanych powyżej przypadkach, na tego typu wodomierze producent w.m.n. zaleca stosowanie specjalnej naklejki wykonanej z materiału ferromagnetycznego (np. stali St3S). Materiał ten namagnesuje się po przyłożeniu magnesu i wówczas wskaźnikiem magnesów neodymowych możliwe będzie dokonanie sprawdzenia namagnesowania tylko tego elementu i stwierdzenie czy przykładano do wodomierza magnes.



Rys. 3. Ekrany magnetyczne wodomierza suchobieźnego o podwyższonej odporności magnetycznej, nie wykazujące pozostałości magnetycznej przy pomiarze wskaźnikiem magnesów neodymowych

3. Wskaźnik magnesów neodymowych zadziała prawidłowo, tzn. przyrząd nie będzie sygnalizował pozostałości magnetycznej, jeżeli magnes nie był przykładany do wodomierza lub będzie sygnalizował pozostałość magnetyczną, gdy magnes był przykładany i namagnesował wodomierz.

Zlecający dokonanie pomiaru musi mieć wówczas pewność, że wszystkie wodomierze na sieci (zakładając, że są takie same i posiadają elementy ferromagnetyczne) nie były namagnesowane (np. sprawdzając je podczas wymiany na nowe, bądź legalizowane) i dopiero wtedy, znając historię wodomierza, można ewentualnie wysnuwać wnioski ze wskazań tego wskaźnika. Jeśli spółdzielnia mieszkaniowa lub zakład wodociągowy nie zna historii wodomierza, to każdy jego użytkownik może podważyć oskarżenie, bo jak udowodnić, że wodomierz nie był namagnesowany przed montażem na sieci (posiadał pozostałość magnetyczną)?

Autorowi niniejszego artykułu znany jest przypadek zakupu w sklepie wodomierza suchobieźnego „antymagnetycznego” (o podwyższonej odporności magnetycznej), namagnesowanego przez sprzedawcę podczas prezentacji jego cech użytkowych. Nawet, jeśli opisany wodomierz nie był namagnesowany wcześniej, to namagnesował go sprzedawca. Po powrocie wodomierza na półkę, trafi on do odbiorcy w stanie namagnesowanym.

Wgłębiając się w temat nielegalnego poboru wody przy użyciu magnesów neodymowych, należy również nadmienić, że wspomniana powyżej podwyższona odporność magnetyczna wodomierzy „antymagnetycznych” (rys. 3) w dalszym ciągu nie jest w stanie skutecznie wyeliminować wpływu bardzo silnego zewnętrznego pola magnetycznego, pochodzącego niekoniecznie od jednego magnesu, ale np. od połączonych ze sobą magnesów. Po złączeniu dwóch magnesów neodymowych N38 $\varnothing 70 \times 20$ mm, zwiększy się wartość natężenia pola magnetycznego na powierzchni magnesu z 223 kA/m do 342 kA/m, czyli o ok. 50%.

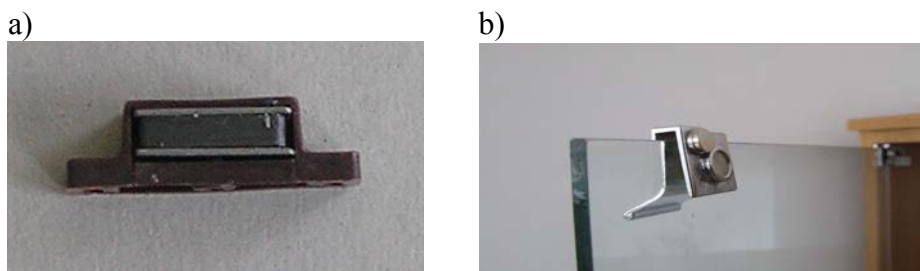
4. Niezależnie od przedstawionych powyżej uwag, rozważyć należy kilka innych możliwości. Załóżmy, że w lokalu zamontowany jest wodomierz posiadający w swojej konstrukcji elementy, mogące ulec namagnesowaniu oraz, że znamy historię wodomierza, tj. fakt, że nie był namagnesowany podczas montażu na sieci. Zgodnie z pkt. 3, wskaźnikiem magnesów neodymowych powinniśmy zawsze wykryć fakt użycia magnesu (namagnesowania wodomierza). Nie jest to niestety prawdą, ponieważ może się zdarzyć, że odbiorca wody po każdym użyciu magnesu lub przed każdą wizytą inkasenta dokonuje rozmagnesowania wodomierza. Wydawałoby się

nawet, że nie każdy ma dostęp do urządzeń zwanych demagnetyzerami. Jednakże, nawet w warunkach domowych, istnieje łatwa możliwość wykonania demagnetyzera elektromagnetycznego. Wystarczy w tym celu dokonać prostych modyfikacji w urządzeniu, które służy do innego celu, a je akurat posiadamy (rys. 4). Jest jeszcze o wiele łatwiejsza metoda usunięcia magnetyzmu szczątkowego z namagnesowanego wodomierza. W dodatku, może to zrobić każdy, wykorzystując do tego celu magnes neodymowy, którym blokuje wodomierz. Jak na ironię, w tym momencie inwestycja poniesiona na zakup magnesu okazuje się „podwójnie opłacalna”.



Rys. 4. Prosty demagnetyzer wykonany w warunkach domowych

5. Zdarzyć się może, że wskaźnik magnesów neodymowych wskazuje obce pole magnetyczne, które znalazło się w pobliżu wodomierza (podobnie jak w przypadku zbyt niskiego progu czułości wskaźnika i wykrywania pola sprzęgła magnetycznego – pkt. 1). Często się spotyka, że wodomierze są zabudowywane, a elementy zabudowy, które można łatwo i szybko zdemontować w celu dokonania odczytu zużycia wody, utrzymywane są za pomocą tzw. magnesów „szafkowych”, spotykanych głównie w meblach. W większości przypadków są to magnesy ferrytowe (rys. 5a), ale ostatnio do celów montażowych wykorzystuje się również magnesy neodymowe o małych rozmiarach (rys. 5b).



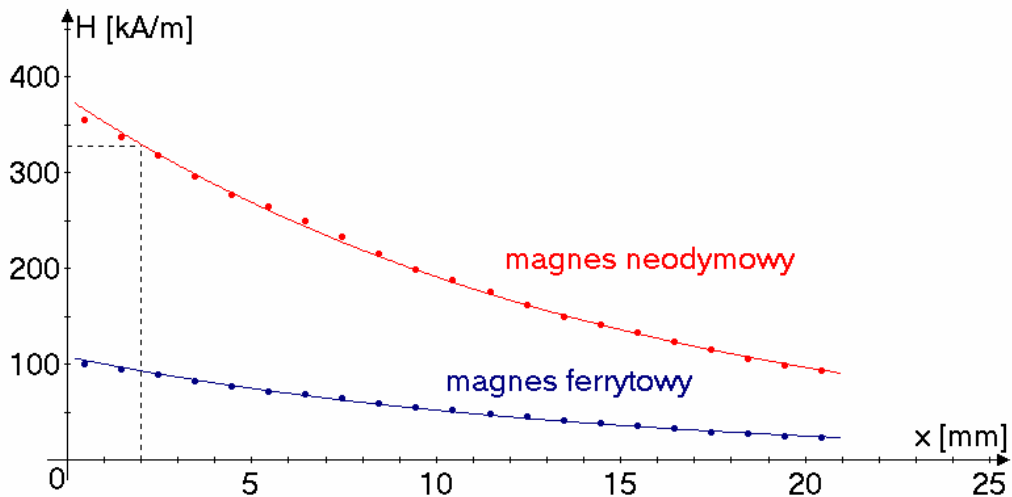
Rys. 5. Magnesy „szafkowe” – przykłady wykorzystania

- a) magnes ferrytowy w obudowie, pole magnetyczne na powierzchni magnesu $H = 18 \text{ kA/m}$
- b) dwa złączone ze sobą magnesy neodymowe, pole magnetyczne na powierzchni magnesu $H = 235 \text{ kA/m}$

Tego typu magnesy, zamontowane w pobliżu wodomierza, nie wpływają na poprawność jego pracy, ponieważ są od niego odległe, a pole magnetyczne silnie maleje wraz z odległością (rys. 6), lub jest za słabe nawet w bezpośrednim kontakcie

magnesu z wodomierzem, co zostanie wyjaśnione w dalszej części artykułu na przykładzie obowiązującej producentów wodomierzy normy.

Należy również wspomnieć, że do wytworzenia pola magnetycznego o natężeniu $H = 80 \text{ kA/m}$ w odległości 5 mm od powierzchni magnesu, dla magnesu neodymowego potrzebna jest znacznie mniejsza objętość ($V = 0,27 \text{ cm}^3$) niż dla magnesu ferrytowego ($V = 20,6 \text{ cm}^3$). Stąd też dla magnesu neodymowego i ferrytowego o tych samych wymiarach, uzyskuje się różne wartości natężenia pola magnetycznego w tej samej odległości, co zostało przedstawione na rys. 6.



Rys. 6. Zmiany natężenia pola magnetycznego H w funkcji odległości od podstawy magnesów walcowych: neodymowego N48 (D40 x H25 mm) i ferrytowego F30 (D40 x H24 mm)

Niestety, magnesy „szafkowe” umieszczone w pobliżu wodomierza mogą mieć wpływ na „falszywe” zadziałanie wskaźnika magnesów neodymowych (rys. 7), którym dokonuje się kontroli stanu namagnesowania wodomierza. Biorąc pod uwagę magnes ferrytowy z rys. 5a i jego wartość natężenia pola magnetycznego na powierzchni $H = 18 \text{ kA/m}$, można dokonać przeliczenia H na B wg wzoru (1.3). Indukcja magnetyczna na powierzchni magnesu wynosi wówczas $B = 22,6 \text{ mT}$. Należy zwrócić uwagę, że wartość ta jest 90 razy większa od progu zadziałania testowanego wskaźnika magnesów neodymowych (0,25 mT). Oczywiście im większa jest odległość od źródła pola magnetycznego, tym krotność ta będzie mniejsza, ale do pewnego momentu istotna na wskazania przyrządu. Dla pojedynczego magnesu „szafkowego” (rys. 5a) wskaźnik magnesów neodymowych reaguje z odległości ok. 7,5 cm od jego górnej powierzchni, natomiast dla układu magnesów jak na rys. 7, w.m.n. reaguje, gdy odległość rozstawu pomiędzy magnesami wynosi od 10 nawet do 20 cm, w zależności od ułożenia się biegunów magnetycznych podczas montażu magnesów. Podobnie może się zdarzyć w przypadku zainstalowanych w sieci magnetyzerów wody, które umieszczone w odpowiedniej odległości od wodomierza nie mają wpływu na obniżenie jego zdolności pomiarowej, a mogą mieć wpływ na zadziałanie wskaźnika magnesów neodymowych nawet, gdy wodomierz nie jest namagnesowany. Jeśli dokonujący pomiaru nie został odpowiednio przeszkolony, może zinterpretować błędnie wynik wskazania.



Rys. 7. Pomiar stanu namagnesowania wodomierza w zbyt bliskiej obecności obcego źródła pola magnetycznego (odległość pomiędzy magnesami $d = 11,5$ cm)

W warunkach, gdy w zasobach mieszkaniowych występują wodomierze różnych producentów i zachodzą przypadki jak w pkt.: 1, 2, 3 i 5, brak jest wówczas jakiegokolwiek jednoznacznej interpretacji wyników pomiaru wskaźnikiem magnesów neodymowych (rys. 2, 7).

6. Okazuje się, że wiele przedmiotów stalowych w naszym otoczeniu, np.: stalowe nogi krzesła, stołu, stalowe rurki instalacji gazowej, CO, wodociągowej, itp., wykazuje się szczątkowym stanem namagnesowania, znacznie przekraczającym próg czułości zadziałania wskaźnika magnesów neodymowych. Przykładowy pomiar instalacji CO w mieszkaniu wskazuje wartości od 0 do ponad 1 mT, w zależności od miejsca pomiaru. Wskaźnik magnesów neodymowych, po przyłożeniu do tych przedmiotów wykaże ich namagnesowanie, ale jak zinterpretuje to pracownik spółdzielni lub wodociągów? Czy ktokolwiek będzie śmiało sądzić, że do wszystkich tych przedmiotów przykładany był magnes neodymowy (w jakim celu)?

Co więcej, magnetyzm szczątkowy nie powstaje wyłącznie w przypadku, gdy źródłem pola magnetycznego jest magnes. Jako przykład można przytoczyć znane zjawisko magnesowania końcówki wkrętaka lub innych narzędzi: kluczy, nożyczek, itp., i przyciągania przez nie, po pewnym czasie pracy, elementów takich jak: śrubki, nakrętki, spinacze biurowe, i to pomimo braku kontaktu narzędzia z jakimkolwiek magnesem. Otóż elementy stalowe magnesują się również poprzez naprężenia, drgania (np. rur w ziemskim polu magnetycznym), a także poprzez ich obróbkę mechaniczną. Zdarzają się nawet przypadki, że całe partie wodomierzy opuszczają halę produkcyjną w stanie namagnesowanym.

4. Hallotronowy miernik pola magnetycznego

Metoda wykrywania stanu namagnesowania wodomierza za pomocą hallotronowego miernika pola magnetycznego (zwanego również teslomierzem) jest dokładnie taka sama jak opisana wcześniej i różni się tylko tym, że przyrząd pomiarowy posiada klasę pomiarową oraz wizualizację wyniku mierzonej wielkości fizycznej. Stąd też przypadki opisane w rozdziale 3 dotyczą również tego przyrządu.

Wielkość fizyczna, którą mierzy teslomierz to indukcja magnetyczna B . Pomiar odbywa się za pomocą czujnika Halla umieszczonego w końcówce sondy pomiarowej. Model miernika najczęściej wykorzystywanego przez spółdzielnie mieszkaniowe i zakłady wodociągowe wyposażony jest w wyświetlacz podający wartość indukcji magnetycznej w mT (militeslach) – rys. 8. Przyrząd wykorzystywany jest do różnorodnych pomiarów magnetycznych ale, ze względu na stosowanie magnesów neodymowych do blokowania wskazań urządzeń rozliczających media, został on również zastosowany do pomiaru indukcji resztkowej. W tym przypadku niebezpieczeństwo tkwi nie tyle w samym pomiarze, co w niewłaściwej interpretacji jego wyników.



Rys. 8. Hallotronowy miernik pola magnetycznego

Hallotronowe mierniki, ze względu na cenę ok. 3-krotnie wyższą niż cena wskaźnika magnesów neodymowych są rzadziej wykorzystywane przez spółdzielnie mieszkaniowe. O wiele częściej można je spotkać natomiast na wyposażeniu technicznym zakładów wodociągowych. Pomimo różnicy cenowej, za zakupem teslomierza przemawia do użytkowników dokładność pomiaru i jego wizualizacja. Bez względu na wielkość stanu namagnesowania wodomierza, wskaźnik magnesów neodymowych zadziała powyżej ustawionego progu czułości, z kolei teslomierz pokaże konkretną wielkość pola magnetycznego, przy czym jego zakres pomiarowy zaczyna się od 0,01 mT, a kończy na wartości 1999 mT. Należy tutaj wspomnieć, że pole magnetyczne Ziemi waha się w granicach od 0,03 mT do 0,06 mT.

W przypadku sprawdzania stanu namagnesowania wodomierza z wykorzystaniem hallotronowego miernika pola magnetycznego, często się zdarza, że osoba dokonująca pomiaru nie zna zagadnień z dziedziny magnetyzmu i nie potrafi zinterpretować wskazań przyrządu, albo interpretacja jest niewłaściwa. Spośród szeregu przebadanych przez autora, za pomocą teslomierza wodomierzy wielu producentów, nietrudno też dostrzec, że każdy wodomierz charakteryzuje się, po wcześniejszym przyłożeniu magnesu neodymowego, odmiennym poziomem namagnesowania. Przykładowo dla pięciu różnych przebadanych wodomierzy odnotowano różne wartości maksymalne (tabela 1). Dla porównania podano wartości maksymalne indukcji resztkowej tych samych wodomierzy, zmierzone po ich rozmagnesowaniu (tabela 1).

Tabela 1. Indukcja resztkowa wodomierzy

	Indukcja resztkowa* wodomierzy namagnesowanych [mT]	Indukcja resztkowa* wodomierzy po ich rozmagnesowaniu [mT]
wodomierz 1	0,18	0,12
wodomierz 2	0,30	0,20
wodomierz 3	1,48	0,12
wodomierz 4	3,30	0,17
wodomierz 5	3,55	0,15

* pomiarów dokonano na powierzchni obudowy w różnych miejscach, poszukując maksymalnego wskazania

Z przedstawionych danych eksperymentalnych wynika, że analiza wartości uzyskanych za pomocą miernika hallotronowego jest niejednoznaczna w przypadkach, gdy na sieci zainstalowane są wodomierze kilku producentów lub różniące się modelem, datą produkcji. Ponadto, powyżej podano jedynie odnotowane wartości maksymalne indukcji resztkowej, a podczas pomiaru wartości te zmieniają się w dość znacznym zakresie, w zależności od miejsca przyłożenia sondy pomiarowej do wodomierza i to nawet, gdy rozpatrywana jest konkretna jego część (bok korpusu liczydła, opaska łącząca, itp.).

Jako przykład złej interpretacji pomiaru stanu namagnesowania wodomierzy, należy podać przypadek pewnego zakładu wodociągowego, który w swych protokołach z przeprowadzonych kontroli, uznaje wartość 0,15 mT za stan podwyższonej indukcji magnetycznej wodomierzy, z podejrzeniem o używanie magnesów neodymowych! Jednak, na pięć różnych przebadanych wodomierzy, trzy z nich charakteryzują się indukcją szczytkową po rozmagnesowaniu równą, bądź większą od 0,15 mT (tabela 1).

5. Pomiar stanu namagnesowania wodomierzy w praktyce

W każdym przypadku rzekomego wykrycia namagnesowanego wodomierza, zanim dojdzie do podpisania protokołu z przeprowadzonego badania, sprawdzić należy rachunki opłat za wodę z poprzednich okresów rozliczeniowych. Jeśli nie ma rażąco niskiej różnicy w zużyciu wody, nie powinno wyciągać się żadnych konsekwencji, tym bardziej, że – jak wynika z powyższego – wskaźnik magnesów neodymowych ani teslomierz nie są w stanie jednoznacznie wskazać wyłącznie te wodomierze, w których rzeczywiście wystąpiła ingerencja magnezem neodymowym. Ponadto, nawet obniżone zużycie wody względem poprzednich okresów rozliczeniowych, nie musi być również jednoznacznie interpretowane z nielegalnym poborem wody i nie może stanowić dowodu w sprawie sądowej. Dowodu takiego nie może stanowić też fakt zadziałania wskaźnika magnesów neodymowych, czy wskazania teslomierza, z powodu przytoczonych uwag w pkt. 1, 3 i 6 rozdziału 3. Co prawda producent hallotronowego miernika jest w stanie wykazać się odpowiednimi certyfikatami, ale chociaż przyrząd mierzy prawidłowo, to nieprawidłowa może być interpretacja wyników pomiaru.

Z uwag wielu pracowników spółdzielni mieszkaniowych i zakładów wodociągowych wynika, że przyrządy do pomiaru stanu namagnesowania wykorzystywane są do wstępnej selekcji wodomierzy, które zostały prawdopodobnie poddane działaniu magnesów neodymowych i wg ich opinii – powinny zostać wymienione. Nie jest to jednak dobra metoda z ekonomicznego punktu widzenia. Okazuje się bowiem, że wiele z wymienionych wodomierzy nie musiało być narażonych magnesami, a zadziałanie przyrządu było uwarunkowane innymi czynnikami. Tym bardziej nieekonomiczne jest, gdy wymieniany

wodomierz ma ważną cechę legalizacyjną i mógłby jeszcze pracować przez pewien okres czasu.

Zdarzają się również przypadki, że spółdzielnie mieszkaniowe poszukują laboratoriów lub firm świadczących usługi w dziedzinie magnetyzmu, aby dostarczyć im do ekspertyzy wodomierz w celu zbadania stanu jego namagnesowania, opierając swe podejrzenia o nielegalny pobór głównie na niskich rachunkach za wodę i występujących stratach na budynku. Profesjonalna firma powinna podjąć się takiego badania tylko wówczas, gdy zlecniodawcy przedstawi się wyłącznie zmierzone wartości indukcji magnetycznej (teslomierzem), bez wyciągania wniosków o nielegalnym poborze. Wtedy jednak taka ekspertyza nie będzie przydatna dla strony zlecającej pomiar. Jeżeli laboratorium określi indukcję resztkową wodomierza przekazanego do badań i porówna z indukcją resztkową wodomierza rozmagnesowanego, stwierdzając podwyższoną wartość w pierwszym przypadku, to opinia z badań będzie rzetelna tylko wówczas, gdy we wnioskach uwzględni się zapisy pkt. 3, a głównie pkt. 6, rozdziału 3. Ważne jest, aby dostarczany do ekspertyzy wodomierz był zabezpieczony magnetycznie podczas transportu (np. zamknięty w skrzynce, stanowiącej ekran magnetyczny) tak, aby pole magnetyczne mogące znaleźć się przypadkowo w pobliżu nie miało wpływu na stan namagnesowania wodomierza. Przytoczony przykład wydaje się być absurdalnym, lecz niestety odnotowano już taki przypadek w jednym z zakładów energetycznych, gdzie pomimo jednoznacznej ekspertyzy laboratorium, stwierdzającej użycie magnezu neodymowego, „energetyka” przegrała proces sądowy ze względu na przedstawiony powyżej argument.

Często się zdarza, że spółdzielnie mieszkaniowe lub zakłady wodociągowe liczą na efekt psychologiczny działania wskaźnika magnezu neodymowych lub teslomierza (w formie „straszaka”) zakładając, że wystraszeni odbiorcy wody, którzy rzeczywiście używali magnezu, przyznają się do jego użycia. Przeciwni takim praktykom są odbiorcy uczciwi, u których wykryto namagnesowane wodomierze, nie wiedząc często, gdzie szukać pomocy, aby dowiedzieć swojej niewinności. Większość tego typu spraw kończy się na wymianie wodomierza (i to zazwyczaj na koszt niewinnego konsumenta), ale niektóre z nich mają swój finał w sądzie, gdzie niesłusznie oskarżeni zarzucają pomówienie dostawcy wody na podstawie Art. 212 §1 Kodeksu Karnego (Dz. U. z dnia 2 sierpnia 1997 r.).

Na uwagę zasługuje także inna okoliczność. Producentów wodomierzy obowiązuje norma PN-EN 14154, w której to m.in. zawarte jest wymaganie odporności magnetycznej wodomierzy na natężenie pola magnetycznego o wartości do 100 kA/m. Chodzi tu o magnesy ferrytowe (o wiele słabsze niż neodymowe). Zanim pojawiła się „moda” na magnesy neodymowe, co związane jest ze wzrostem ich dostępności, kilkanaście lat temu wykorzystywano już magnesy ferrytowe do zatrzymywania wodomierzy. Z powyższego można wyciągnąć następujący wniosek – magnes ferrytowy, np. pozyskany z głośnika (rys. 9), nie zakłóci pracy wodomierza. Natomiast tak, jak magnes neodymowy namagnesuje elementy stalowe. Oczywiście, w przypadku pomiaru wskaźnikiem magnezu neodymowych niemożliwe jest określenie źródła pola, które do tego namagnesowania doprowadziło, ale również za pomocą hallotronowego miernika pola magnetycznego niemożliwe jest dokonanie takiego określenia. Z przeprowadzonych pomiarów wynika jednoznacznie, że zmierzone teslomierzem wartości pozostałości magnetycznej, w danym punkcie wodomierza, są na porównywalnym poziomie, bez względu na rodzaj przyłożonego wcześniej magnezu (neodymowego lub ferrytowego) i trudno byłoby, opierając się na takim pomiarze, wykazać ze stuprocentową pewnością, że na wodomierz podziałało polem magnetycznym o wartości natężenia powyżej 100 kA/m.



Rys. 9. Magnes ferrytowy pozyskany z głośnika; wartość natężenia pola magnetycznego na powierzchni $H = 74 \text{ kA/m}$

6. Inne sposoby wykrywania stosowania magnesów neodymowych

Oprócz przedstawionych powyżej aktywnych metod kontroli użycia magnesów neodymowych, istnieją również metody pasywne. Na rynku dostępne są tzw. wskaźniki pola magnetycznego, nie wymagające zasilania żadnym rodzajem energii. Ich budowa oparta jest na materiale magnetycznym, posiadającym odpowiednio ukształtowaną strukturę domenową. Wskaźniki umieszcza się na wodomierzach, a kontroli dokonuje poprzez dodatkowy foliowy czytnik pola magnetycznego przykładany do wskaźników lub wyłącznie poprzez ich obserwację – w przypadku wskaźników posiadających taki czytnik wewnątrz swojej konstrukcji. Po przyłożeniu magnesu do wodomierza, następuje zaburzenie struktury domenowej wskaźnika, co objawia się częściową lub całkowitą zmianą obrazu na czytniku.

Za stosowaniem pomiarów namagnesowania szczątkowego przemawia fakt, że jeden przyrząd pomiarowy (wskaźnik magnesów neodymowych lub teslomierz) można wykorzystać do wszystkich wodomierzy posiadanych w zasobach. W przypadku pasywnych wskaźników pola magnetycznego wymagane jest, aby na każdym wodomierzu znajdował się taki wskaźnik. Czasami uznaje się to za niezbyt ekonomiczne przedsięwzięcie, ale przede wszystkim powinno rozważyć się wysokość strat, które mogły zostać spowodowane stosowaniem magnesów neodymowych, a następnie oszacować zwrot poniesionych nakładów. W wielu przypadkach inwestycja we wskaźniki pasywne zwraca się już po jednym okresie rozliczeniowym. Ponadto obecność wskaźników na wodomierzach u każdego odbiorcy wody wywołuje dodatkowy efekt psychologiczny (oczywiście, jeżeli odbiorca został poinformowany o celu ich montażu). Należy wspomnieć również, że od momentu umieszczenia wskaźnika pasywnego na urządzeniu pomiarowym, zaczyna się jego „nowa historia”. Nie ma zatem znaczenia, czy wodomierz namagnesowany był wcześniej magnesem neodymowym. Indukcja remanentu B_r namagnesowanych elementów, w zależności od typu wodomierza (i/lub wskaźnika), może mieć bowiem wartość nawet znacznie ponad 100 razy mniejszą niż wartość indukcji, która wymagana jest do przemagnesowania wskaźnika. Dopiero ponowne przyłożenie magnesu neodymowego do wodomierza, po zamontowaniu wskaźnika, spowoduje jego zadziałanie. Reasumując, jeżeli od momentu przeprowadzenia montażu lub kolejnej kontroli stanu wskaźników, wykryto ingerencję polem magnetycznym, łatwo można oszacować, w jakim okresie zjawisko to nastąpiło.

Szczegółowe omówienie budowy, zasady działania i rodzajów pasywnych wskaźników pola magnetycznego przekracza zakres niniejszej publikacji. Przed dokonaniem jednak właściwego ich wyboru, należy wziąć pod uwagę kilka istotnych czynników:

- złożoność struktury domenowej wskaźnika – powinna być na tyle skomplikowana, aby nie można było jej odtworzyć w warunkach domowych po przemagnesowaniu magnezem (niestety, pasywne wskaźniki o strukturze magnetycznej paskowej nie posiadają tej zalety),
- próg czułości zadziałania wskaźnika – powinien być większy od odporności magnetycznej wodomierzy zapisanej w normie PN-EN 14154, tzn. zaburzenie struktury domenowej wskaźnika musi jednoznacznie wskazywać, że zadziałano polem magnetycznym mającym wpływ na poprawność pomiaru wodomierza (znacznie powyżej 100 kA/m),
- opinia z badań – producent wskaźników pola magnetycznego powinien posiadać niezależną opinię strony trzeciej z przeprowadzonych badań, potwierdzających czułość i powtarzalność zadziałania wskaźników przy przekroczeniu odpowiedniej wartości natężenia pola magnetycznego,
- łatwość odczytu wskaźnika – powinien być czytelny nawet w trudno dostępnych i zaciemnionych miejscach.

7. Podsumowanie i wnioski

Metody pomiaru stanu namagnesowania wodomierzy nie są metodami uniwersalnymi w przypadkach, gdy na sieci zainstalowane są wodomierze wielu producentów. Ponadto, gdyby nawet istniała możliwość jednoznacznego wykazania, że namagnesowanie części ferromagnetycznych wodomierzy pochodzi wyłącznie od magnezu neodymowego i nastąpiło po okresie ich montażu na sieci, to istnieją też metody na dokonanie łatwego rozmagnesowania i usunięcia śladu ingerencji.

Stosowanie pomiaru pozostałości magnetycznej powoduje, że niektórzy nieuczciwi odbiorcy wody przyznają się do blokowania wodomierzy magnesami, ale ci uczciwi są często niesłusznie oskarżani o takie praktyki.

Proces sądowy wytoczony odbiorcy wody przez dostawcę, ze względu na liczne wątpliwości wymienione w rozdziale 3, z góry skazany jest na przegraną. Niestety, proces może być też wytoczony przez odbiorcę wody o bezpodstawne oskarżenie przez spółdzielnię mieszkaniową lub zakład wodociągowy.

Nazwa „wskaźnik magnesów neodymowych” jest niewłaściwa, ponieważ przyrząd wykrywa również namagnesowanie pochodzące od magnesów ferrytowych, wytwarzających pole magnetyczne mniejsze niż 100 kA/m i nie powodujących zaniżania wskazań poboru wody przez wodomierz.

Oddanie wodomierza do laboratorium mającego potwierdzić fakt jego namagnesowania nie daje jednoznacznej informacji o pochodzeniu tego namagnesowania.

Zalecana jest daleko posunięta ostrożność w podejmowaniu decyzji wyboru właściwego rodzaju metody wykrywania użycia magnesów neodymowych do blokowania urządzeń pomiarowych.