

**ASPEKTY KOROZYJNE STOSOWANYCH METOD ZABEZPIECZANIA
GRUNTU I WÓD PODSKÓRNYCH PRZED WYCIEKAMI PALIW PŁYNNYCH
Z NAZIEMNYCH I PODZIEMNYCH ZBIORNIKÓW STALOWYCH**

**CORROSION ASPECTS OF APPLIED SOIL AND SUBSOIL WATER
PROTECTION METHODS AGAINST LIQUID FUEL LEAKS
FROM GROUND-BASED AND UNDERGROUND STEEL TANKS**

Wojciech Sokólski
SPZP CORRPOL Gdańsk

Słowa kluczowe: zbiorniki, wycieki paliw, ochrona gruntu i wody, korozja, ochrona przeciwkorozyjna
Keywords: tanks, fuel leaks, soil and water protection, corrosion, anti-corrosion protection

Streszczenie

Już w latach 80-tych ubiegłego stulecia Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska rozpoczęła szeroko zakrojoną kampanię na rzecz wyeliminowania przecieków paliw płynnych ze zbiorników stalowych do ziemi. Idea ta na przełomie wieku objęła niemal wszystkie rozwinięte technicznie państwa, w tym także i Polskę. Największą popularność zdobyły techniki oddzielenia płaszcza lub dna zbiornika od ziemi przestrzenią kontrolowaną – podwójnym dnem lub podwójnym płaszczem. W referacie przedstawiono krytyczną ocenę tych metod z punktu widzenia korozji stali, głównego czynnika odpowiedzialnego za perforację stalowych ścianek i wycieki paliwa do środowiska. Wielokrotnie sprawdzona praktyka przemysłowa oraz wymagania norm wskazują na potrzebę stosowania adekwatnych do warunków eksploatacji metod ochrony przeciwkorozyjnej den lub ścianek zbiorników kontaktujących się z ziemią.

Abstract

Already in the eighties of the previous century the US Environmental Protection Agency started an extensive campaign to eliminate liquid fuel leaks from steel tanks to soil. At the turn of the century this idea encircled almost all technically developed countries, also including Poland. Techniques gained greatest popularity based on separation from soil of the tank wall or bottom by a controlled space - a double bottom or a double wall. In the lecture a critical assessment of these methods has been presented from the steel corrosion point of view, the main factor responsible for steel wall perforation and fuel leaks to the environment. Repeatedly verified industrial practice and requirements of standards indicate the need to apply anti-corrosion protection methods of tank bottoms or walls having contact with soil, adequate for given operating conditions.

Wprowadzenie

Rozwój przeróbki ropy naftowej po II Wojnie Światowej doprowadził w USA do powszechnego stosowania instalacji wykorzystujących olej napędowy magazynowany w podziemnych zbiornikach przydomowych. Po około 30-tu latach eksploatacji tych stalowych zbiorników podziemnych pojawił się narastający problem zanieczyszczenia gruntu i wód podskórnych przez wycieki paliwa z nieszczelnych zbiorników. Należy pamiętać, że jeden litr węglowodorów powoduje zanieczyszczenie miliona litrów wody pitnej, która staje się niezdatna do spożycia. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska w roku 1988 ogłosiła dziesięcioletni program modernizacji około miliona dwustu tysięcy zbiorników podziemnych znajdujących się na terenie USA. To wtedy pojawiły się pierwsze przepisy nakazujące stosowanie metod zabezpieczenia gruntu i wód podskórnych przed wyciekami paliw płynnych [1].

Jeszcze nie tak dawno ze zdziwieniem obserwowaliśmy pokazywane w mediach spustoszenie ekologiczne, jakie pozostawiły po sobie wojskowe jednostki radzieckie opuszczające swoje magazyny paliwowe – przekorodowane rurociągi, ciekące zbiorniki, ziemia przesiąknięta paliwami, okoliczna ludność wydobywająca olej napędowy ze studni. Ten wówczas propagandowy obrazek zaćmił fakt, że w Polsce tego rodzaju baz wojskowych i cywilnych było dużo więcej, a wszystkie one zbudowane zostały z wykorzystaniem tej samej technologii i w podobny sposób były eksploatowane. Dodajmy do tego jeszcze kilka tysięcy stacji paliwowych by zrozumieć wielkość problemu – pod ziemią istniały tysiące zbiorników na paliwa płynne poza jakąkolwiek kontrolą ich oddziaływania na środowisko. A sprawa dotyczyła stalowych den olbrzymich naziemnych zbiorników magazynowych z osią pionową oraz krocie małych podziemnych zbiorników z osią poziomą. Pozostało mieć nadzieję, że kultura techniczna eksploatacji tych obiektów nadrobi niedoróbki z przeszłości. A jak to wygląda dzisiaj, po wyjściu problemu „cieknących zbiorników” na światło dzienne?

Pierwsze w Polsce wymagania w sprawie ograniczenia zagrożenia środowiska naturalnego przez występujące wycieki paliwa ze zbiorników podziemnych zawarte są w aktach wykonawczym Prawa budowlanego – w rozporządzeniu Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 30 sierpnia 1996 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi dalekosiężne do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie (Dz. U. z 1996 r. nr 122, poz. 576), z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2000 r. nr 98, poz. 1067; Dz. U. z 2003 r. Nr 1, poz. 8; Dz. U. z 2005 r. nr 243, poz. 2063, tekst jednolity - Dz. U. z 2012 r. poz. 1479), a także w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 18 września 2001 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać zbiorniki bezciśnieniowe i niskociśnieniowe przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych. (Dz. U. Nr 113, poz. 1211) wraz z późniejszą zmianą w roku 2008 (Dz. U. Nr 60 poz. 371).

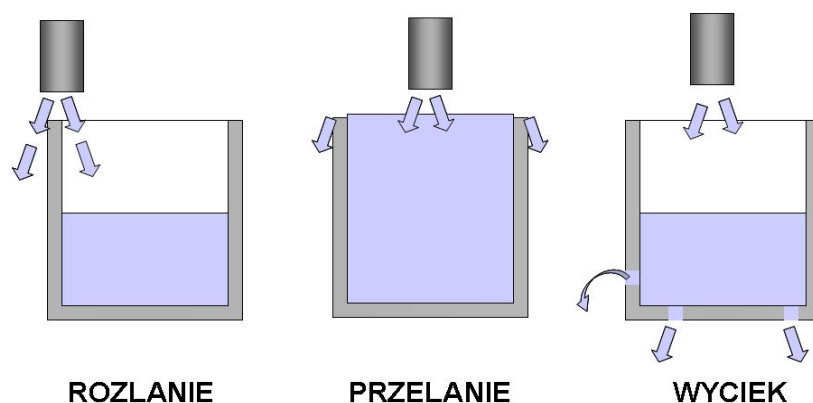
W wyżej przytoczonych przepisach właścicielom stalowych zbiorników podziemnych i nowych stalowych zbiorników magazynowych z osią pionową narzucono obowiązek dostosowania ich do wymagań ochrony środowiska. Początkowy termin realizacji tej ustawy (ośmioletni) przedłużono o następne osiem lat. Jednak i to jeszcze, jak się okazuje, za krótki czas, skoro w Sejmie w czerwcu 2010 r. pojawiła się interpelacja poselska z propozycją kolejnego przedłużenia tego okresu, a także umożliwienia dalszej eksploatacji zbiorników jednopłaszczowych. Interpelacja została odrzucona przez resort Ministerstwa Gospodarki, ale ostateczny termin ustalony został na koniec roku 2013.

Na dzień 21 czerwca 2010 r. odsetek zbiorników spełniających wymagania ww. przepisów wynosił: dla stacji paliw – 49 % i dla baz paliw – 39 %. Według szacunków w Polsce czynnych jest ponad 6700 stacji paliw oraz ok. 56 baz paliw płynnych. W sumie na terenie Polski istnieje ponad 30 tys. stalowych zbiorników magazynujących paliwa płynne.

Wycieki paliw ze zbiorników do gruntu i wód podskórnych – przyczyny

Możliwych przyczyn wycieków paliw do ziemi - a tym samym i wód gruntowych oraz podskórnych - jest kilka. Można je podzielić na następujące:

- rozlewy podczas napełniania zbiornika wskutek nieuszczelnności połączenia urządzeń napełniających ze zbiornikiem,
- wylania (przelania) paliwa po całkowitym napełnieniu zbiornika,
- wycieki przez ściankę (dno) zbiornika stalowego wskutek mechanicznego (pęknięcie, rozszczerzenie spawów itp.),
- wycieki przez ściankę (dno) zbiornika stalowego wskutek uszkodzenia korozyjnego (perforacji).



Rys. 1. Poglądowa ilustracja możliwych przyczyn wydostawania się paliwa do środowiska naturalnego podczas eksploatacji zbiornika podziemnego (naziemnego).

Fig. 1. Visual illustration of possible causes of fuel leaks to the natural environment during operation of an underground (aboveground) tank.

Dwa pierwsze przypadki już dawno zostały wyeliminowane przez odpowiednie zabezpieczenia w systemach napełniania zbiorników i tą drogą nie dochodzi do zanieczyszczeń środowiska, a jeśli, to w sytuacjach absolutnie wyjątkowych. Zaopatrzone są w odpowiednie zawory zarówno cysterny do przewozu paliw, jak również same zbiorniki.

Przypadek c), wobec dość ostrej konkurencji na rynku producentów zbiorników oraz stosowaniu do ich produkcji zaawansowanych technologii spawania i kontroli jakości, praktycznie w praktyce nie występuje. Gdyby jednak wystąpił, to wada ta ujawniłaby się podczas prób lub na początku eksploatacji zbiornika i nie doszłoby do znaczącego zanieczyszczenia środowiska. Ponadto wada taka objęta jest gwarancją i rękojmią producenta i użytkownik zbiornika nie poniósłby żadnych strat z tytułu zaistniałej niesprawności zbiornika.

Zatem realne niebezpieczeństwo dla otaczającego środowiska, tj. gruntu, wód gruntowych i podskórnych, stanowią wycieki węglowodorów spowodowane perforacją ścianek (den) zbiorników stalowych, która następuje sukcesywnie z upływem czasu wskutek naturalnych procesów korozyjnych w środowisku gruntowym. Dodać koniecznie należy, że w zbiornikach magazynujących - w szczególności ropę surową lub cięższe paliwa - wydziela się w dolnej części warstwa zanieczyszczonej wody, która zawiera silnie agresywne składniki korozyjnie także mogące być przyczyną perforacji stalowych den i wycieków magazynowanego medium.

Korozja stalowych ścianek wybija się na pierwsze miejsce realnych przyczyn zanieczyszczeń środowiska naturalnego. Jest to przyczyna naturalna i moment jej wystąpienia uzależniony jest od środowiska oraz zastosowanych środków ochrony przeciwkorozyjnej. W powszechnej opinii jego nieuchronność jest oczywista – to problem jedynie czasu.

Korozja stalowych zbiorników w kontakcie z ziemią

Szybkość korozji stali w ziemi szacuje się na 0,1 do 0,2 mm/rok w najbardziej łagodnych warunkach oraz wielokrotnie więcej w przypadku szkodliwych oddziaływań zewnętrznych w postaci prądów błędnych czy mikroorganizmów wspomagających proces korozji (np. beztlenowych bakterii redukujących siarczany). Oddziaływania te nie mają charakteru stałego i ich intensywność zależy może od wielu czynników, np. pory roku, opadów atmosferycznych, rozbudowy infrastruktury technicznej w pobliżu zbiornika itp. Dla zbiorników na stacjach paliwowych w naszym klimacie zagrożenie korozyjne z roku na rok znacząco rośnie, ponieważ w okresie zimy na samochodach w ich rejon transportowane są wraz z lodem i wodą spore ilości chlorków pochodzących z akcji odładzania jezdni. Jony te są bardzo agresywne i przyczyniają się do przyspieszenia korozji – zwiększają przewodnictwo elektryczne gruntu i stymulują rozwój korozji wżerowej.

Stalowe ścianki zbiorników (a także stalowych rurociągów paliwowych), odgradzające niebezpieczne substancje (węglowodory) od otaczającego środowiska, nie kontaktują się bezpośrednio z otaczającą ziemią, tj. gruntem zawierającym wodę i rozpuszczone w niej sole mineralne. Oddzielone są zazwyczaj odpowiednio dobraną ochronną powłoką izolacyjną – adekwatną do stosowania pod ziemią, a więc odpowiednio grubą, przyczepną do podłoża stalowego, nieprzewodzącą prąd elektryczny i szczelną. Dla ilustracji w Tab. 1. zestawiono uznane materiały powłokowe stosowane na zbiornikach paliwowych z osią poziomą. Obecnie największą popularnością w tych zastosowaniach cieszą się powłoki epoksydowe i poliuretanowe.

Tab. 1. Zewnętrzne powłoki na zbiornikach podziemnych wg PN-EN 12285-1.
Table 1. Exterior coatings on underground tanks acc. to PN-EN 12285-1.

Rodzaj powłoki	Minimalna grubość, mm
bitumiczna zbrojona	3
bitumiczna lita	5
epoksydowa	0,7
laminat szklany	2
poliuretanowa	0,8
PCW	1,25

Niestety zachowanie wymaganych cech powłoki w czasie eksploatacji jest trudne, w szczególności uzyskanie wymaganej szczelności powłoki, która ulega mechanicznym uszkodzeniom we wszystkich fazach zabudowy zbiornika, a następnie starzenia powłoki w ziemi. Można z góry przyjąć, że uzyskanie w warunkach technicznych trwale szczelnych powłok pod ziemią nie jest w praktyce technicznej możliwe. Procesy korozyjne mogą zachodzić jedynie na powierzchni metalu, a więc tylko w miejscach defektów powłoki ochronnej. To z tego powodu uszkodzenia korozyjne w ziemi mają zazwyczaj charakter lokalny i objawiają się w postaci głębokich wżerów. Zjawisko to jest szczególnie przyspieszane przez czynniki zewnętrzne (np. makroogniwa korozyjne, prądy błędne), ponieważ skupia się na niewielkiej powierzchni metalu, podczas gdy pozostała powierzchnia jest chroniona za pomocą powłoki ochronnej. To właśnie w tych niewielkich miejscach najszybciej dochodzi do perforacji ścianki, to tędy wycieka paliwo do środowiska.

Zatem podsumowując – przyczyną zagrożenia naturalnego środowiska jest głównie korozja stalowych ścianek zbiorników oddzielających od niego węglowodory w miejscach defektów powłoki, zaś skutkiem – wyciek paliwa i skażenie tego środowiska.

EPA – skuteczne rozwiązanie problemów korozji zbiorników w USA

Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) w roku 1988 ogłosiła dziesięcioletni program modernizacji około miliona dwustu tysięcy zbiorników podziemnych z osiłą poziomą znajdujących się na terenie USA. Powszechne stosowanie produktów naftowych oraz potrzeba gromadzenia zapasów w okresie Zimnej Wojny, spowodowały masową produkcję i użytkowanie zbiorników przydomowych. Niestety nie posiadały one zabezpieczenia przeciwkorozyjnego w postaci odpornych na starzenie powłok – albo w ogóle ich nie było, albo były to powłoki bitumiczne. Nic więc dziwnego, że te zbiorniki podziemne zaczęły w widoczny sposób przeciekać, a administracja amerykańska musiała rozwiązać problem w dużej skali. Wydano odpowiednie przepisy nakazujące wyeliminowanie przedostawania się paliwa do gruntu i wód gruntowych. Opracowano programy i uchwalono budżet federalny, który zasilany był ze sprzedaży paliwa (0,001 USD/1 galon paliwa).

Dla istniejących zbiorników podziemnych zaproponowano:

- a) wykonać ochronę katodową zbiornika (co zabezpiecza ściankę przed korozją),
- b) wykonać wewnątrz zbiornika wykładzinę odporną na działanie paliwa (co chroni tylko przed wyciekami paliwa w przypadku korozji ścianki i nie przedłuża jego żywotności), lub zabezpieczyć zbiornik „całkowicie”, tj.
- c) wykonać łącznie ochronę katodową i wykładzinę wewnątrz zbiornika.

Zadaniem ochrony katodowej było zahamowanie procesów korozyjnych stalowej ścianki w kontakcie z ziemią (na całej powierzchni lub w defektach powłoki, jeśli była jakakolwiek zastosowana), a tym samym wyeliminowanie tą drogą perforacji i wycieków paliwa. To rozwiązanie stosowano, gdy badania techniczne zbiorników wykazywały wymaganą wytrzymałość i szczelność stalowych ścianek zbiornika. Kiedy takie badanie nie wypadło pomyślnie – powierzchnia wewnętrzna zbiornika była laminowana, gdy zaś należało jeszcze zatrzymać procesy destrukcyjne stali – dodatkowo instalowano ochronę katodową od strony ziemi.

Warunki ochrony przeciwkorozyjnej istniejących zbiorników paliwowych i nowych obiektów, które EPA wprowadziła do przepisów technicznych w USA, są spełnione gdy:

- a) stalowy zbiornik posiada powłokę przeciwkorozyjną (powłoka bitumiczna nie jest zakwalifikowana jako powłoka przeciwkorozyjna) i ochronę katodową,
- b) zbiornik wykonany jest z materiału nie ulegającego korozji,
- c) stalowy zbiornik jest platerowany materiałem odpornym na korozję lub umieszczony jest w materiale nie ulegającym korozji (nie dotyczy to blachy stalowej ocynkowanej),
- d) niepokryty (goły) stalowy zbiornik posiada ochronę katodową,
- e) niepokryty (goły) zbiornik posiada wewnętrzną wykładzinę nie ulegającą korozji,
- f) niepokryty (goły) stalowy zbiornik posiada ochronę katodową i wewnętrzną wykładzinę nie ulegającą korozji.

Jak z powyższego zestawienia wynika, EPA uznała ochronę katodową zbiorników jako zasadniczą technikę gwarantującą zahamowanie wycieków ze zbiorników paliwowych. Aby mieć pewność sukcesu – wykonawstwo ochrony katodowej i jej eksploatacja została powierzona pod rygorem kar wyłącznie certyfikowanemu personelowi ochrony katodowej.

Podsumowując ten program ochrony środowiska w 2001 r. ogłoszono, że skutecznie zastosowano ochronę katodową w odniesieniu do około 650 tys. zbiorników, laminat od strony wewnętrznej w około 300 tys., pozostałe zbiorniki wykopano i przeznaczono na złom!

Dlaczego ochrona katodowa ma priorytet?

Podstawy teoretyczne tej metody ochrony przeciwkorozyjnej znane są od blisko 200 lat, zaś praktyka techniczna jej stosowania w przemyśle i gospodarce od lat 100. Jej rozkwit zapoczątkowany w USA i Europie nastąpił po II Wojnie Światowej, a obecnie stosowana jest na całym świecie w ochronie przeciwkorozyjnej konstrukcji podziemnych i podwodnych, w środowisku wody morskiej i betonu. Zasady jej stosowania ujęte są w przepisach i normach – dotyczy to zarówno samej technologii, jak również wymaganych kompetencji personelu do jej projektowania, instalowania i eksploatacji [2-9]. Obecnie uznane kryterium ochrony katodowej w Europie to obniżenie szybkości procesów korozyjnych stali do wartości poniżej 0,01 mm/rok. Oznacza to, że jeśli takie zabezpieczenie przeciwkorozyjne spełnia przy uruchomieniu i spełniać będzie w przyszłości współczesne wymagania, to ubytek stali na chronionym obiekcie o głębokości np. 1 mm nie nastąpi przed upływem 100 lat.

Olbrzymią zaletą ochrony katodowej jest możliwość jej regulacji, co pozwala na dopasowanie prądu wywołującego polaryzację katodową (hamującego proces korozyjny) do występujących w trakcie eksploatacji zagrożeń, takich jak prądy błądzące z trakcji elektrycznych i indukowane z linii wysokiego napięcia, korozja spowodowana przez mikroorganizmy i inne. Wadą jest natomiast potrzeba stałego nadzoru i kontroli warunków eksploatacji zabezpieczenia (jeśli prąd ochrony nie płynie – zabezpieczenie „przestaje działać”).

Zbiorniki podziemne, podobnie jak i rurociągi, posiadające stalową ściankę odgradzającą substancje niebezpieczne od środowiska naturalnego zabezpiecza się przed korozją na całym świecie poprzez zastosowanie ochrony katodowej współpracującej zwykle z odpowiednio dobraną ochronną powłoką izolującą. W Polsce pierwsze zastosowania tej technologii do ochrony katodowej zbiorników paliwowych zostały wdrożone przez Politechnikę Gdańską w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia do zabezpieczenia magazynów paliwowych na lotniskach wojskowych.

Obecnie zakres zastosowań ochrony katodowej zbiorników paliwowych w Polsce uzależniony jest od przepisów wynikających z Prawa budowlanego, których interpretacja nie narzuca takiego obowiązku, oraz dobrej woli projektantów i właścicieli zbiorników. Wzorcem merytorycznym są odpowiednie normy techniczne. Nie ma także takiego wymagania w stosunku do podziemnych zbiorników LPG, chociaż jest ona powszechnie stosowana, a przyczyna tkwi nie w „technicznym” a „ekonomicznym” zapisie przepisu (Dz. U. Nr 135, poz. 1269), który warunkowo przedłuża z 5. do 10. lat interwał inspekcji zbiorników:

„Dla zbiorników podziemnych organ właściwej jednostki dozoru technicznego, w przypadku wyposażenia zbiorników w funkcjonującą elektrochemiczną ochronę przed korozją, może przesunąć termin wykonania rewizji wewnętrznej albo wyrazić zgodę na zastąpienie jej innymi badaniami, uwzględniając, że powinna ona być wykonywana nie rzadziej niż co 10 lat.”

Rozwiązania techniczne instalacji ochrony katodowej zbiorników uzależnione są od wielu czynników – inne dla zbiorników podziemnych, inne dla zakopcowanych i inne dla den zbiorników magazynowych z osią pionową. Dla zbiorników nowych ochrona katodowa realizowana jest za pomocą anod galwanicznych, najczęściej magnezowych, które umieszcza się w ziemi łącznie z obiektem podczas jego budowy. Koszt ten jest relatywnie większy przy budowie systemów ochrony katodowej starych, eksploatowanych od lat zbiorników kontaktujących się z ziemią, ponieważ w takich przypadkach konieczne jest stosowanie rozwiązań z zewnętrznym źródłem prądu – układów bardziej skomplikowanych i wyposażonych w droższe podzespoły. Każdorazowo prace przy projektowaniu i wykonawstwie systemów ochrony katodowej powinny być realizowane przez personel posiadający kwalifikacje określone w europejskiej normie [10,11].

Przepisy dot. metod zabezpieczenia gruntu i wód podskórnych przed wyciekami paliw

Polskie przepisy nie regulują w sposób jednoznaczny sposobu ochrony przed korozją zbiorników i rurociągów paliwowych kontaktujących się z elektrolitycznym środowiskiem ziemi, a w szczególności nie przywołują ochrony katodowej jako podstawowej metody gwarantującej skuteczność zabezpieczenia przeciwkorozyjnego w tym środowisku korozyjnym. Na kwestię tę zwracało uwagę kilkakrotnie środowiska naukowo-techniczne zajmujące się tą problematyką. Odnosi się wrażenie, że perforacja ścianki zbiornika (dna) wskutek zjawisk korozyjnych uznawana jest jako „zło konieczne”, stąd brak wymagań technicznych związanych z ochroną przeciwkorozyjną adekwatnych do współczesnej wiedzy technicznej (zarówno w odniesieniu do powłok ochronnych, jak również ochrony katodowej).

Obowiązujące obecnie przepisy skupiają się na różnych technikach monitorowania powstających już wycieków paliwa oraz na eliminowaniu ich rozprzestrzeniania się. Np. w odniesieniu do stacji paliw płynnych - powinny być wyposażone w:

- urządzenia do pomiaru i monitorowania stanu magazynowanych produktów naftowych (ściśle bilansowanie obrotu paliwami, pomiar ilości paliwa w zbiornikach – kontrola wycieku paliwa),
- urządzenia do sygnalizacji wycieku produktów naftowych do gruntu, wód powierzchniowych i gruntowych (odpowiednia konstrukcja zbiornika i monitoring wycieków),

a ponadto do dnia 31 grudnia 2013 r. powinny być wyposażone w instalacje, urządzenia lub systemy przeznaczone do:

- zabezpieczania przed przenikaniem produktów naftowych do gruntu, wód powierzchniowych i gruntowych;
- pomiaru i monitorowania stanu magazynowanych produktów naftowych oraz sygnalizacji przecieków tych produktów do gruntu, wód powierzchniowych i gruntowych.

Zatem ochrona środowiska przed skażeniami paliwami płynnymi opiera się więc na dwóch założeniach:

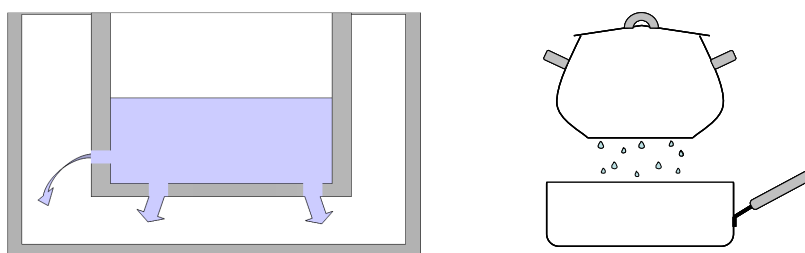
- sygnalizacji obecności wycieku paliwa oraz
- zabezpieczeniu przed rozprzestrzenieniem się wycieku paliwa do otoczenia.

Zarówno w przepisach, jak i w przeświadczeniu użytkowników, zbiorniki dwupłaszczyznowe wymieniane są na pierwszym miejscu na liście uznanych konstrukcji na terenie stacji paliw spełniających narzucone wymagania. Zbiorniki dwupłaszczyznowe (z podwójną ścianką) powinny mieć monitorowaną szczelność przestrzeni międzyściennej (podciśnieniowo lub nadciśnieniowo). Wypełniona jest ona gazem lub cieczą, czasami umieszcza się w niej czujniki węglowodorów. Przepisy wymagają, by proces monitorowania przebiegał w sposób ciągły.

Nowe zbiorniki jednopłaszczyznowe dopuszczane są jedynie w szczelnej wannie, z wewnętrzną wykładziną z tworzywa sztucznego lub wykonane w całości z tworzywa sztucznego. Stare zbiorniki jednopłaszczyznowe, by spełnić wymagania przepisów, muszą być zmodernizowane poprzez zastosowanie wewnętrznej warstwy posiadającej przestrzeń monitorowaną.

O ile wewnętrzna powierzchnia zbiornika jest dostępna do inspekcji i naprawy po opróżnieniu zbiornika z paliwa, to do powierzchni zewnętrznej (ścianki, dna), kontaktującej się z ziemią nie ma prostego dostępu z zewnątrz. W zbiornikach dwupłaszczyznowych w takiej sytuacji nie ma dostępu również do miejsca uszkodzenia od strony wewnętrznej zbiornika, co byłoby możliwe w zbiorniku jednopłaszczyznowym, tak więc taki zbiornik musi być wyłączony z eksploatacji, a do naprawy odkopany i wydołowany.

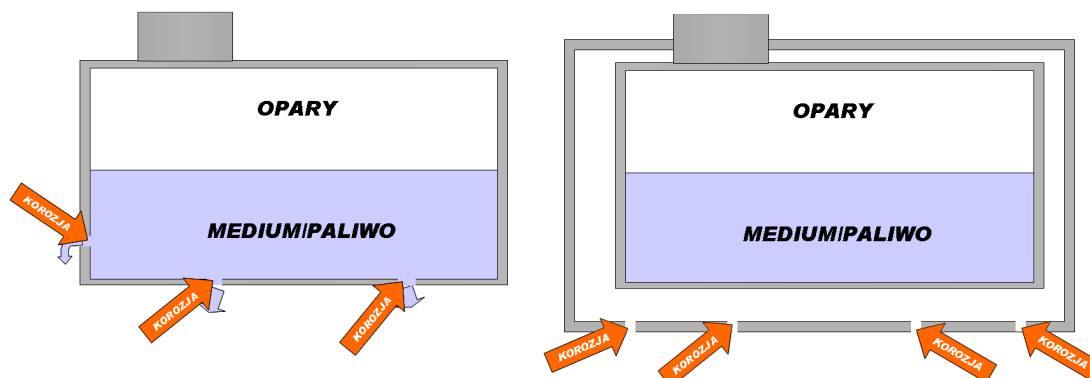
Największą popularnością cieszy się stosowanie zbiorników z podwójną ścianką stalową, w których monitoruje się szczelność przestrzeni międzyściennej. Wprowadzone zostały na rynki europejskie przez firmy niemieckie, a obecnie rozpowszechnione są na całym świecie. Koncepcja ta od lat znana jest w kręgach zajmujących się ochroną środowiska jako „secondary containment”. To kopuła, stanowiąca zewnętrzną osłonę całego reaktora atomowego, której zadaniem jest uniemożliwienie wydostania się na zewnątrz ewentualnych wycieków radioaktywnych. Wyobrażenie działania takiego zabezpieczenia w odniesieniu do zbiorników paliwowych przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Oczekiwany schemat ochrony przed wyciekami paliwa w zbiorniku dwupłaszczowym oraz jego odpowiednik w zastosowaniu kuchennym - „cieknący garnek”.

Fig. 2. Expected schematic diagram of protection against fuel leaks in a double-walled tank and its equivalent in kitchen applications - “the leaking pot”.

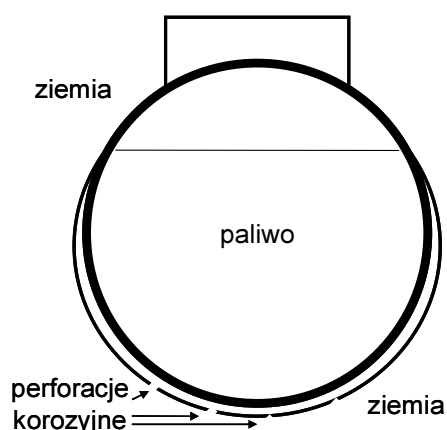
W przypadku uszkodzenia dna naczynia oczywistym odruchem jest podstawienie od spodu drugiego celem ograniczenia straty płynu oraz zabezpieczenia się przed jego rozlaniem i zabrudzeniem otoczenia. Pomimo poprawnej logiki tych stwierdzeń w rzeczywistości prawdopodobieństwo takiego zdarzenia w przypadku paliwowych podziemnych zbiorników dwupłaszczowych jest niezwykle małe. Na Rys. 3. przedstawiono najbardziej prawdopodobne scenariusze skutków uszkodzeń korozyjnych zbiorników jedno- i dwupłaszczowych.



Rys. 3. Schemat uszkodzeń korozyjnych dla jedno- i dwupłaszczowego zbiornika paliwowego - korozja zewnętrznego płaszcza uruchomi alarm o wycieku paliwa.

Fig. 3. Schematic diagram of corrosion damage for single- and double-walled fuel tanks corrosion of the external wall will start a fuel leak alarm.

Jak z powyższej ilustracji wynika, zasadniczym czynnikiem (o najwyższym stopniu prawdopodobieństwa), który wywołuje perforację ścianki zbiornika podziemnego i w konsekwencji wyciek paliwa do ziemi, jest proces korozji stali przebiegający w defektach powłoki izolacyjnej na zewnętrznej powierzchni zbiornika, tj. w bezpośrednim kontakcie metalu z otaczającą go ziemią (elektrolitem). Zatem czynnik szkodliwy, prowadzący do skażenia środowiska, nie działa od wewnątrz zbiornika, a odwrotnie – z zewnątrz. Zatem zewnętrzny płaszcz zbiornika dwupłaszczowego ulegnie perforacji wskutek zjawisk korozyjnych najszybciej i w następstwie spowoduje rozszczelnienie systemu alarmowego i wyłączenie zbiornika z eksploatacji – pomimo doskonałej kondycji zbiornika wewnętrznego!



Tab. 2. Typowe grubości ścianek zbiornika dwupłaszczowego wg PN-EN 12285-1
 Table 2. Typical wall thicknesses of a double-walled tank-acc. to PN-EN 12285-1

Średnica zbiornika, mm	Grubość ścianki, mm	
	wewnętrznej	zewnętrznej
800 do 1600	5	3
1602 do 2000	6	3
2001 - 2500	6	4
2501 - 3000	7	4

Rys. 4. Budowa zbiornika dwupłaszczowego oraz grubości obu ścianek wg PN-EN 12285-1.
 Fig. 4. Diagram of a double-walled tank and thicknesses of both walls acc. to PN-EN 12285-1.

Postawiona wyżej teza ma silne uzasadnienie, ponieważ zewnętrzne ścianki zbiorników są znacząco cieńsze od ścianek zbiornika wewnętrznego (wg wymagań normy europejskiej). Ilustruje to Rys. 4. oraz zacytowane w Tab. 2. wymagane grubości ścianek zbiorników dwupłaszczowych. Ta obecnie powszechnie stosowana technika zabezpieczenia gruntu i wód gruntowych przed przeciekami jest z punktu widzenia ochrony środowiska skuteczna, ale jest daleka od optymalnej z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia. Na szczęście odnotować należy w ostatnim okresie szybko postępujący wzrost wykorzystywania ochrony elektrochemicznej do zabezpieczenia przeciwkorozyjnego dwupłaszczowych zbiorników paliwowych.

Ochrona katodowa nie ma jedynie zastosowania do zbiorników dwupłaszczowych, w których zewnętrzna ścianka wytworzona jest z materiału (laminatu) nieprzewodzącego prąd elektryczny, co ma potwierdzenie w przepisach (Dz. U. nr 243, poz. 2063 § 113.4.) „Ochrona katodowa nie jest wymagana do zabezpieczenia podziemnego zbiornika stalowego lub rurociągu technologicznego, jeżeli zewnętrzna powierzchnia zbiornika stykająca się z ziemią posiada powłokę, której szczelność jest monitorowana w czasie ich użytkowania”. oraz (Dz.U. Nr 60 poz. 371. § 73.2) „Ochrona katodowa nie jest wymagana, jeżeli zewnętrzna powierzchnia ścianek zbiornika, ... , ma powłokę ochronną, której szczelność w czasie użytkowania jest potwierdzana przez jej monitorowanie.” Fot. 1 i 2. ilustrują polski przykład takiego właśnie rozwiązania technicznego z ciśnieniowo kontrolowaną przestrzenią międzyscienną.



Fot. 1 i 2. Zbiornik stalowy owinięty (pokryty) folią aluminiową przed laminowaniem oraz gotowy zbiornik dwupłaszczowy po wykonaniu zewnętrznej warstwy laminatu.
 Photo 1 and 2. Steel tank wrapped (covered) with aluminium foil before laminating and the ready double-walled tank after performing an exterior laminate layer.

Podsumowanie

Istniejące przepisy dot. zabezpieczenia gruntu i wód podskórnych koncentrują się przede wszystkim na usuwaniu skutków korozji (przecieków paliw płynnych), a nie likwidacji ich przyczyn. Środki te, ograniczające możliwość wycieków i ich rozlewów, są oczywiście potrzebne ze względów bezpieczeństwa, ale w pierwszej kolejności konieczne jest niedopuszczenie do powstania nieszczelności, czyli korozji stalowych ścianek zbiorników.

Przedstawiono w najogólniejszym zarysie koncepcję i realizację ochrony środowiska naturalnego przed przeciekami z podziemnych zbiorników paliwowych opracowaną 30. lat temu i z pełnym sukcesem wdrożoną w USA. Przyjęte rozwiązania zostały zweryfikowane w praktyce i powinny być wzorem do naśladowania. Ochrona katodowa spełnia rolę priorytetową, a wspólnie z laminowaniem zbiorników od strony wewnętrznej stanowi najlepszą propozycję dla zbiorników istniejących i wymagających renowacji.

Z zadowoleniem należy przyjąć powolny wzrost zainteresowania ochroną katodową zbiorników paliwowych. Czytelnym sygnałem takiej potrzeby jest pobór prądu polaryzującego przez zabezpieczane obiekty. Nie zdarzyło się podczas wieloletniej praktyki, aby po uruchomieniu instalacji taki prąd nie popłynął do zbiornika. Potwierdza to konieczność stosowania tego rodzaju zabezpieczenia i wskazuje na występujące defekty w powłokach izolacyjnych na zbiornikach - potencjalne miejsca inicjacji procesów korozyjnych i perforacji stalowej ścianki w przyszłości. Zjawisko w zasadzie nie zależy od rodzaju powłoki izolacyjnej (epoksydowa/poliuretanowa), technologii nakładania i od producenta zbiorników.

Ze względu na ograniczenie objętości tekstu z konieczności naszkicowano jedynie głównie aspekty korozyjne związane z eksploatacją podziemnych zbiorników paliwowych z osią poziomą, wspominając jedynie o analogicznych problemach technicznych, które występują w odniesieniu do den zbiorników magazynowych z osią pionową. Zagadnienia te od strony formalno-prawnej i normalizacyjnej są w zasadzie bardzo podobne.

Literatura

1. US. Federal Register 53 FR 43322, October 16, 1988. (pierwszy przepis federalny w USA wprowadzający między innymi program ochrony katodowej zbiorników podziemnych).
2. PN-EN 12954:2004 Ochrona katodowa konstrukcji metalowych w gruntach lub w wodach - Zasady ogólne i zastosowania dotyczące rurociągów.
3. PN-EN 13636:2006 Ochrona katodowa metalowych zbiorników podziemnych i związanych z nimi rurociągów.
4. PN-EN 15257:2007 Ochrona katodowa – Poziomy kompetencji oraz certyfikacja personelu ochrony katodowej.
5. SP0285-2011 Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection.
6. TM0101-2012 Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection of Underground Storage Tank Systems.
7. NACE RP 0193-93 External Cathodic Protection of On-Grade Metallic Storage Tank Bottoms
8. ANSI/API RP 651 Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks.
9. EN 16299:2012 Cathodic protection of external surfaces of above ground storage tank bases in contact with soil or foundations.
10. J. Szukalski, J. Jankowski, W. Sokólski: *Ochr. Przed Koroz.*, 2013, 56, 8, (352-357).
11. W. Sokólski: *Ochr. Przed Koroz.*, 2012, 55, 12 (577-581).