

# Estymacja strat magazynowych benzyn – program „TANKS” jako narzędzie decyzyjne przy budowie, konserwacji i modernizacji zbiorników

Krystyna PORZYCKA-SEMCZUK – Instytut Chemii i Technologii Organicznej, Politechnika Krakowska, Kraków

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2011, **65**, 10, 974-982

## Wstęp

W przypadku magazynowania paliw i innych lotnych cieczy organicznych, szczególnym zagrożeniem jest ich emisja do atmosfery spowodowana parowaniem. To nie tylko skażenie środowiska, istotne z uwagi na ogromną skalę produkcji tych cieczy, ale także strata finansowa. Ponadto odparowanie najlżejszych frakcji paliwa zmienia jego właściwości. Oszacowanie wielkości strat powstających w procesie magazynowania, pozwala na podjęcie właściwych kroków w celu ich ograniczenia. Narzędziem umożliwiającym takie obliczenia jest program TANKS Emissions Estimation Software, Version 4.09D (ostatnia aktualizacja 5 X 2006).

## Informacje dotyczące programu TANKS

Program pracuje na platformie Windows. Umożliwia on ocenę wielkości emisji lotnych związków organicznych (*Volatile Organic Compounds*, zwykle podawany jest skrót VOCs) oraz niebezpiecznych związków powodujących skażenie powietrza (określanych jako *Hazardous Air Pollutants* – HAPs) ze zbiorników magazynowych o różnej konstrukcji, zarówno z dachem stałym jak i pływającym.

Podstawą do stworzenia programu TANKS stały się procedury estymacyjne emisji, zawarte w pracy publikowanej przez EPA pod tytułem *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-4'*, zawarte w rozdziale 7 [1 ÷ 4].

Podręcznik obsługi programu (dla wersji 4.0) dostępny jest w formacie Adobe Acrobat [5]. Ponadto każdy ekran posiada pomoc *on-line* (zgodnie z ogólnie znanymi zasadami dla opcji Help aplikacji Windows). Pozycje w języku polskim [6, 7] zawierają opis programu oraz sposoby modyfikacji zawartych w nim baz danych, w celu dostosowania ich do własnych potrzeb. Polsko-angielski słowniczek terminów związanych z budową i eksploatacją zbiorników oraz z właściwościami magazynowanych produktów, a także informacje niezbędne do konwersji jednostek SI na amerykańskie, zawiera pozycja [8]. Dodatkowe informacje związane z najczęściej zadawanymi pytaniami (FAQs) dotyczącymi możliwości programu można znaleźć w Internecie [9].

Program istnieje już od kilku lat, a publikowanie jego kolejnych, ulepszonych wersji świadczy o rosnącej popularności.

Jak deklaruje EPA: „Program przeznaczony jest do użytku przez lokalne, stanowe i federalne agencje, konsultantów ochrony środowiska i innych, którzy potrzebują obliczyć emisje związków skażających powietrze ze zbiorników magazynujących cieczy organiczne”. Wydaje się jednak, że ograniczanie jego zastosowania dla celów ochrony środowiska, to tylko część możliwych zastosowań. Poniżej zostaną przedstawione przykłady wykorzystania programu jako narzędzia pomocniczego, umożliwiającego podjęcie decyzji dotyczących konstrukcji i eksploatacji nowych zbiorników oraz modernizacji starych.

## Wymagania systemowe dla programu TANKS 4.09d

- Windows XP. Obecna wersja programu Tanks 4.09d nie jest przystosowana do pracy pod Windows Vista lub Windows 7. Praca

pod Vistą jest możliwa przy pewnej modyfikacji systemu [10], jednak EPA nie podtrzymuje tej wersji z braku wystarczającego doświadczenia

- RAM 8 MB
- Program pracuje z twardego dysku. Instalacja wymaga 15 MB, przy instalacji wymagane są uprawnienia administratora
- Instalacja realizowana jest w katalogu systemu Windows
- Bazy danych mogą być używane przez wielu użytkowników poprzez LAN.

## Instalacja programu

Plik instalacyjny programu **TANKS 4.09D** (MSI 6,5 MB – October 3, 2005) można pobrać z witryny EPA – Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emission Factors [4]. Zastępuje on wszystkie poprzednie wersje programu. Tabela *Errors and fixes* podaje rozwiązanie problemów, które mogą wystąpić podczas instalacji oraz sposoby zaktualizowania baz danych zawartych w programie. Ikonek skrótu do programu można umieścić na pulpicie zgodnie z normalną procedurą.

Na stronie instalacyjnej zamieszczane są także komunikaty o wykrytych przez użytkowników usterkach programu oraz wprowadzonych zmianach i ulepszeniach.

## Typy zbiorników

W programie uwzględnione są:

- zbiorniki poziome (HFRT – *Horizontal Fixed Roof Tanks*)
- zbiorniki pionowe z dachem stałym (VFRT – *Vertical Fixed Roof Tanks*)
- zbiorniki z zewnętrznym dachem pływającym (EFRT – *External Floating Roof Tanks*)
- zbiorniki z wewnętrznym dachem pływającym (IFRT – *Internal Floating Roof Tanks*)
- zbiorniki z zewnętrznym dachem pływającym nakryte kopułą (DEFRT – *Domed External Floating Roof Tanks*).

## Dane niezbędne do przeprowadzenia obliczeń

Dla oszacowania emisji wymagane są następujące informacje:

- dane charakteryzujące zbiornik i jego eksploatację
- parametry klimatyczne dla danej lokalizacji zbiornika
- charakterystyka przechowywanej cieczy
- czasokres magazynowania.

Dalej omówiono szczegółowo potrzebne informacje, zgodnie z miejscem ich wprowadzenia do programu (w odpowiedniej zakładce).

## Dane charakteryzujące zbiornik i jego eksploatację

Zakładka **Physical Characteristics** wyświetla żądane parametry dla wybranego typu zbiornika. Rysunek 1 podaje przykład zakładki dla zbiornika z zewnętrznym dachem pływającym.

Oprócz szczegółów konstrukcyjnych (wymiar, typ dachu pływającego i detale dotyczące uszczelnienia dachu pływającego), należy

wprowadzić informacje dotyczące krotności obrotu zbiornika na rok (lub okres magazynowania), oraz zdefiniować kolor i stan techniczny zbiornika (stopień skorodowania i stan farby pokrywającej zbiornik).

Rys. 1. Charakterystyka zbiornika z zewnętrznym dachem pływającym (EFRT) o pojemności 10 000 m<sup>3</sup>

### Parametry klimatyczne dla danej lokalizacji zbiornika

Zakładka **Site Selection** zawiera komplet danych wymaganych do obliczeń. Po wprowadzeniu nazwy miejscowości, program pobiera je z bazy **Meteorological**. Baza ta obejmuje cały obszar Stanów Zjednoczonych. Można wprowadzić do niej na stałe parametry klimatyczne dla dowolnej miejscowości. Korzystne jest też usunięcie z bazy niepotrzebnych danych dla USA, ale wymaga to uprzedniego odbezpieczenia bazy (zmiany atrybutów umożliwiających tę operację).

Rysunek 2 podaje przykład danych meteorologicznych wprowadzonych do bazy dla Płocka. Niezbędne parametry dotyczą temperatury, ciśnienia, siły wiatru i nasłonecznienia w poszczególnych miesiącach.

Month	Daily Maximum Ambient Temp. (F)	Daily Minimum Ambient Temp. (F)	Solar Insulation Factor (Btu / (ft <sup>2</sup> day))	Average Wind Speed (mph)
JAN	37,4	31,1	263,51	10,1
FEB	42,6	34,2	528,415	9,7
MAR	45	34,2	845,769	10,3
APR	56,5	39	1164,772	6,8
MAY	65,1	45,9	1520,558	6
JUN	75	51,3	1406,973	6,5
JUL	77	55,2	1491,385	6,2
AUG	74,8	57,4	1365,813	6,6
SEP	62,1	48,6	963,16	5,9
OCT	56,3	45	703,518	6,3
NOV	44,6	37,8	332,955	10
DEC	36,9	31,6	197,934	7,7
ANN	56,1	42,6	898,73	7,7

Rys. 2. Dane meteorologiczne dla miasta Płocka

**Uwaga:** W tym miejscu w programie jest błąd literowy – na ekranie w kolumnie dotyczącej nasłonecznienia zamiast „o” jest „u”. **Insulation** oznacza izolację (element występujący w konstrukcji zbiorników, stąd możliwość błędnych skojarzeń), a słowo **insolation** – nasłonecznienie, insolację – i ten właśnie termin powinien być użyty na tym ekranie.

### Charakterystyka przechowywanej cieczy

Zakładka **Tank Contents** zawiera informacje o cieczy magazynowanej w zbiorniku. Baza danych **Chemical** zawiera 3 kategorie

cieczy: indywidualne ciecze organiczne (150 pozycji), ropę naftową (jeden przykład) i przykłady produktów naftowych:

- Gasoline (RVP 6 – 13) – 8 rodzajów benzyny o prężności par wg Reida od 6-13 psia (41-90 kPa)
- Distillate fuel oil no. 2 – olej opałowy nr 2 z destylacji
- Jet kerosene – paliwo odrzutowe
- Jet Naphtha (JP-4) – paliwo odrzutowe JP-4
- Residual oil no. 6 – olej pozostałościowy nr 6.

Wszystkie dane dotyczą produktów amerykańskich. Możliwe jest wprowadzenie do bazy Chemical na stałe danych dla interesującej nas cieczy. Rysunek 3 podaje taki przykład dla polskiej benzyny bezołowiowej letniej 95.

Rys. 3. Charakterystyka benzyny bezołowiowej letniej o liczbie oktanowej 95

Zależność ciśnienia od temperatury może być podana w różny sposób; umożliwiając to opcje 1-4. Benzyny najłatwiej scharakteryzować wg opcji 4; oprócz krzywej destylacji (niezbędne są dane do obliczenia jej nachylenia), potrzebna jest znajomość prężności par wg Reida.

### Czasokres magazynowania

Zakładka **Monthly Calculations** pozwala na obliczenia z uwzględnieniem poszczególnych miesięcy magazynowania, co w przypadku benzyn umożliwia wprowadzenie okresu magazynowania letniego, zimowego i okresów przejściowych (zgodnie z obowiązującą normą).

### Raport z obliczeń

Wyniki obliczeń podaje raport – skrócony lub szczegółowy. Raport szczegółowy zawiera wprowadzone dane. Powstałe straty wyszczególniono ze względu na miejsce ich powstawania. Dla zbiornika z dachem pływającym są to:

- **Rim Seal Loss** – straty na uszczelnieniu dachu pływającego
- **Withdrawal Loss** – straty spowodowane obniżaniem się poziomu cieczy w zbiorniku, na wewnętrznej powierzchni płaszcza pozostaje ciecz i odparowuje
- **Deck Fitting Loss** – straty powstające w miejscach, gdzie różne urządzenia penetrują strukturę dachu pływającego
- **Deck Seam Loss** – straty powstające w miejscach łączenia arkuszy blach tworzących dach pływający (na szwach)
- **Total emissions** – całkowita wielkość emisji.

Rysunki 4 i 5 podają przykład raportu szczegółowego. W podanych dalej przykładach zastosowań programu ograniczono się do najistotniejszego, z punktu widzenia ekonomicznego i ochrony środowiska, parametru – całkowitej wielkości emisji.

TANKS 4.0.9d  
Emissions Report - Detail Format  
Tank Identification and Physical Characteristics

<b>Identification</b>	
User Identification:	EFRT 1
City:	Plock
State:	Mazowieckie
Company:	
Type of Tank:	External Floating Roof Tank
Description:	
<b>Tank Dimensions</b>	
Diameter (ft):	90.00
Volume (gallons):	2,641,721.00
Turnover:	12.00
<b>Paint Characteristics</b>	
Internal Shell Condition:	Light Rust
Shell Color/Name:	White/White
Shell Condition:	Good
<b>Roof Characteristics</b>	
Type:	Pontoon
Films Category:	Typical
<b>Tank Construction and Rim-seal System</b>	
Construction:	Welded
Primary Seal:	Mechanical/Shoe
Secondary Seal:	None
Deck Fitting Status:	
	Quantity
Access Hatch (24-in. Diam.) Bolted Cover, Gasketed	1
Automatic Gauge Flood Well/Unbolted Cover, Ungasketed	1
Vacuum Breaker (10-in. Diam.) Weighted Mech. Actuation, Gask.	1
Unbolted Guide-Pole Well/Unbolted Sliding Cover	1
Gauge/Sample Well (6-in. Diam.) Weighted Mech. Actuation, Gask.	1
Roof Leq (3-in. Diameter) Adjustable Pontoon Area, Ungasketed	16
Roof Leq (3-in. Diameter) Adjustable Center Area, Ungasketed	12
Rim Vent (6-in. Diameter) Weighted Mech. Actuation, Gask.	1

Rys. 4. Raport szczegółowy z danymi do obliczeń emisji dla zbiornika z zewnętrznym dachem pływającym (EFRT)

TANKS 4.0.9d  
Emissions Report - Detail Format  
Liquid Contents of Storage Tank

EFRT 1 - External Floating Roof Tank  
Plock, Mazowieckie

Material Component	Daily Usage Surf.		Liquid Rate		Vapor Pressure (psia)		Vapor Rate		Losses (lb)		Losses for Vapor Pressure Calculations
	Month	Usage	Month	Rate	Month	Rate	Month	Rate	Month	Rate	

TANKS 4.0.9d  
Emissions Report - Detail Format  
Individual Tank Emission Totals

Emissions Report for: March, April, May, June, July, August, September

EFRT 1 - External Floating Roof Tank  
Plock, Mazowieckie

Components	Losses (lb)					Total Emissions
	Rim Seal Loss	Withdrawal Loss	Deck Fitting Loss	Deck Seam Loss		
Benzyna letnia 95	6 869.72	74.23	4 233.82	0.00		10 197.77

Rys. 5. Raport szczegółowy – wyniki obliczeń emisji dla zbiornika z zewnętrznym dachem pływającym (EFRT)

## Przykłady obliczeń [12, 13]

### Przykład nr 1

#### Adaptacja zbiornika z dachem stałym do magazynowania benzyny

Producenci dachów i pokryć pływających, najczęściej jako przykład podają, ile benzyny można zaoszczędzić, gdy w zbiorniku z dachem stałym zamontujemy dach pływający (pokrycie pływające), by potem porównać koszty modernizacji z wartością zaoszczędzonego paliwa.

Jednak zwykle benzyny nie magazynuje się w dużych zbiornikach naziemnych z dachem stałym, właśnie ze względu na zbyt duże straty spowodowane dużym i małym oddechem zbiornika. Gdyby taki zbiornik miał być zaadaptowany do magazynowania benzyny, to taka modyfikacja jest niezbędna. Można jeszcze rozważyć, jaki typ uszczelnienia dachu (pokrycia) pływającego zastosować (wpływ typu uszczelnienia podano w przykładzie nr 3).

Wyniki obliczeń przeprowadzonych przy następujących założeniach:

- pojemność wyjściowego, przeznaczonego do modyfikacji zbiornika z dachem stałym 10 000 m<sup>3</sup>
- lokalizacja Gdańsk
- okres magazynowania letni (1 marca – 30 września), 10-krotny obrót zbiornika w okresie magazynowania
- przechowywana benzyna bezołowiowa letnia 95.

Gdyby w tym zbiorniku przechowywano taką benzynę, to straty względne (odniesione do masy całkowitej benzyny, która przeszła przez zbiornik w całym okresie magazynowania), wyniosłyby ok. 0,106%, czyli w tym przypadku 106 m<sup>3</sup>.

Przyjmijmy uproszczenie dla celów obliczeniowych. Załóżmy, że koszt benzyny wynosił 4 PLN/dm<sup>3</sup>. Przy straconych 106 m<sup>3</sup>, czyli 106\*10<sup>3</sup> dm<sup>3</sup>, straty wyniosłyby ok. 424 000 PLN w tym okresie magazynowania. Gdyby w tym zbiorniku założono pokrycie pływające,

to wielkość strat dla najprostszego uszczelnienia pierwotnego (metalowy ślizgacz) oszacowano 2,16 m<sup>3</sup>, zatem straty finansowe wyniosłyby 8 640 PLN, byłyby więc 50 razy niższe.

Przez zastosowanie korzystniejszego systemu uszczelnienia można je jeszcze obniżyć.

### Przykład nr 2

#### Nakrycie kopułą zbiornika z zewnętrznym dachem pływającym

Zazwyczaj nie mamy wyboru miejsca powstania bazy paliw, gdyż decydują o tym istniejące potrzeby rynkowe albo strategiczne. Jeśli jednak taki wybór istnieje, to można przeanalizować wartość strat dla różnych lokalizacji, czyli różnych parametrów klimatycznych i typów zbiornika magazynującego. Czynnikiem klimatycznym, który ma bardzo istotny wpływ na wielkość strat jest wiatr, jednak wpływ ten nie jest jednakowy dla różnych typów zbiorników. Szczególnie narażony jest zbiornik z zewnętrznym dachem pływającym. Wiatr powoduje powstanie siły ssącej, szczególnie działa niskim położeniu dachu pływającego. To z kolei zwiększa ilość paliwa pozostawionego przez uszczelnienie na wewnętrznej ścianie płaszczu. Równocześnie jednak działa efekt chłodzenia zbiornika nagrzewanego słońcem. Jakie będą straty magazynowania w danej lokalizacji? A jak zmienia się one, gdyby zbiornik z zewnętrznym dachem pływającym nakryto lekką kopułą (o ile byłoby to możliwe ze względów konstrukcyjnych)? Skutkiem takiej modyfikacji paliwo nie tylko byłoby zabezpieczone przed zawodzeniem, ale zredukowano by wpływ wiatru na wielkość strat. Ile paliwa można by w ten sposób zaoszczędzić?

Przykładowe obliczenia przeprowadzono dla zbiornika o nominalnej pojemności 10 000 m<sup>3</sup> w rejonie Płocka, magazynowane paliwo, to letnia benzyna bezołowiowa 95, okres magazynowania: 1 marca do 30 września, 12-krotny obrót zbiornika w okresie magazynowania, pontonowy dach pływający. Dla przypadku z najprostszym uszczelnieniem (metalowy zgarniacz), straty powstałe w okresie magazynowania oszacowano na ok. 6 200 dm<sup>3</sup>. Nakrycie zbiornika kopułą spowoduje obniżenie strat do ok. 1 100 dm<sup>3</sup>, czyli ponad 5-krotnie, co przy założonej cenie 4 zł/dm<sup>3</sup> dałoby oszczędności ponad 20 000 PLN w okresie magazynowania.

Wymiana uszczelnienia na najkorzystniejszą konfigurację (patrz przykład 3) spowodowałaby, że wielkość strat spadłaby w analogicznych warunkach do 540 dm<sup>3</sup>, czyli w stosunku do sytuacji wyjściowej ponad 11-krotnie. Przy założonej cenie oszczędności wyniosłyby ok. 22 600 PLN w okresie magazynowania.

Nakrycie zbiornika z zewnętrznym dachem pływającym, lekką aluminiową kopułą będzie szczególnie korzystne w przypadku miejsca, gdzie występują silne wiatry. Oczywiście obniżenie emisji nie jest jedyną korzyścią założenia kopuły. Znacznie spadnie bowiem także możliwość zawodzenia paliwa oraz niebezpieczeństwo zablokowania lub uszkodzenia dachu pływającego wskutek przymarznięcia uszczelnienia do płaszczu. Także żywotność samego dachu pływającego powinna być dłuższa, z uwagi na brak kontaktu z opadami (ograniczenie korozji), wiatrem (eliminacja drgań) i mniejszym nagrzewaniem (powodującym wybrzuszenia membrany i w konsekwencji zmęczenie materiału). Jednak te korzyści trudno będzie oszacować z powodu braku danych.

Porównanie wartości emisji dla takich samych zbiorników, przy różnej lokalizacji lub dla tej samej lokalizacji różnych typów, dostarczy dodatkowych argumentów dla najkorzystniejszego rozwiązania.

### Przykład nr 3

#### Dobór uszczelnienia zewnętrznego dachu pływającego

Przeprowadzono obliczenia dla zbiornika z zewnętrznym dachem pływającym wyposażonym w różnego typu uszczelnienia pierwotne i wtórne. W Tabelicy 1 podano typy przeanalizowanych uszczelnień oraz wyniki obliczeń strat całkowitych.

Obliczenia prowadzono dla zbiornika zlokalizowanego w rejonie Płocka, o pojemności 10 000 m<sup>3</sup>, magazynowana benzyna bezołowiowa letnia 95; okres magazynowania: 1 marca – 30 września; krotkość obrotu zbiornika 12 w okresie magazynowania.

Widać, że przy zmianie typu uszczelnienia pierwotnego, od rozwiązania najgorszego do najlepszego, straty można zmniejszyć nawet blisko 5-krotnie. Istotne zmiany daje też zamontowanie uszczelnienia wtórnego. Najlepsze rozwiązanie pozwala na redukcję strat w okresie magazynowania z ponad 14 m<sup>3</sup> benzyny (dla rozwiązania najgorszego) do niecałych 3 m<sup>3</sup>. Przy założonej cenie, to różnica 44 tys. PLN. Może zatem przy remoncie warto zmienić rodzaj uszczelnienia lub, jeśli takiego nie ma, zamontować uszczelnienie wtórne?

Tablica I

**Wpływ typu uszczelnień w zbiorniku z zewnętrznym dachem pływającym na wielkość powstających strat**

Uszczelnienie		Straty całkowite, m <sup>3</sup>
Pierwotne	Wtórne	
Metalowy ślizgacz	brak	6,169
	zamontowane na ślizgaczu	3,851
	zamontowane na obrzeżu dachu pływającego	3,113
Uszczelnienie niemetaliczne kontaktujące się z cieczą w zbiorniku	brak	3,671
	osłona pogodowa	3,170
	* zamontowane na obrzeżu dachu pływającego	2,812
Uszczelnienie niemetaliczne nie kontaktujące się z cieczą w zbiorniku	** brak	14,450
	osłona pogodowa	8,519
	zamontowane na obrzeżu dachu pływającego	5,313

Wyróżnione wartości wskazują \* minimalną i \*\* maksymalną wielkość strat

**Przykład nr 4**

**Wpływ koloru zbiornika i jego stanu technicznego na wielkość strat**

Przy obliczeniach emisji magazynowanego paliwa, niezbędne jest podanie informacji o kolorze farby pokrywającej zbiornik i stanie technicznym zbiornika. Kolor zbiornika ma wpływ na wielkość strat, gdyż decyduje o pochłanianiu promieniowania słonecznego, czyli o nagrzewaniu zbiornika.

W celu określenia stanu technicznego, dla zbiornika z zewnętrznym dachem pływającym podaje się stan wewnętrznej i zewnętrznej części płaszcza. Wewnętrzna część płaszcza zbiornika może być określona jako lekko, lub mocno zardzewiała. Stan skorodowania tej powierzchni będzie miał wpływ zarówno na pracę uszczelnienia dachu pływającego, jak i na nagrzewanie się zbiornika. Dla stanu farby na części zewnętrznej płaszcza dostępne są opcje „stan dobry” lub „stan zły”. W miarę postępującego zniszczenia powłoki, dochodzi do większego nagrzewania się zbiornika wskutek promieniowania słonecznego, i w efekcie do większych strat.

Przeprowadzono obliczenia dla dwóch skrajnych stanów zbiornika o pojemności 10 000 m<sup>3</sup>, zlokalizowanego w rejonie Płocka. Zbiornik był nakryty kopułą, dach pływający pontonowy posiadał

uszczelnienie pierwotne niemetaliczne, kontaktujące się z cieczą w zbiorniku i uszczelnienie wtórne, zamontowane na obrzeżu dachu pływającego. W zbiorniku magazynowano benzynę letnią bezołowiową o liczbie oktanowej 95, w okresie od 1 marca do 30 września, przy 12-krotnym obrocie zbiornika w tym czasie.

Przeprowadzone dla tego zbiornika obliczenia, dla stanu dobrego wykazały, że dla białego płaszcza straty są najniższe, dla aluminiowych lub szarych powierzchni wyższe, a dla farby podkładowej (kolor czerwony) są o ok. 20% wyższe, niż dla białej. Dla rozpatrywanego zbiornika, różnica między emisją ze zbiornika białego i czerwonego wynosiła w okresie magazynowania niecałe 50 litrów. Można się jednak spodziewać, że w cieplejszym klimacie, różnice te będą większe.

W przypadku zbiornika w stanie dobrym, straty bezwzględne wyniosły 240 dm<sup>3</sup> benzyny. Dla zbiornika w złym stanie, wartość ta wyniosła 440 dm<sup>3</sup>. Dla zbiornika bez kopuły różnice te będą większe.

Widać, że brak dbałości o kondycję zbiornika również przekłada się na wielość strat, choć w tym przypadku są one niewielkie, a różnica wynosi niecałe 200 litrów benzyny w okresie magazynowania.

**Podsumowanie**

O okresowym remoncie zbiornika decydują przepisy, a sytuacje awaryjne wymuszają nieplanowane naprawy. Czy w trakcie remontu potrzebne i technicznie możliwe są jakieś modyfikacje? Jakimi byłyby ich skutki ekonomiczne, związane z ograniczeniem emisji, czyli strat magazynowanego produktu? Program TANKS pozwala odpowiedzieć na wiele takich pytań, dając dodatkowe, ilościowe argumenty dla wyboru rozwiązania, a w konsekwencji zwiększa możliwość wybrania opcji najkorzystniejszej z ekonomicznego punktu widzenia, i możliwie najmniej szkodliwej dla środowiska. Ponadto, analiza strat daje ekonomiczną motywację do właściwego dbania o stan techniczny zbiornika.

Modyfikacje konstrukcji zbiornika, takie jak zamontowanie pokrycia pływającego, czy dodatkowego dachu stałego (kopuły), lub zmiana typu uszczelnienia, to oczywiście nie jedyne możliwości ograniczenia emisji. Istnieją inne rozwiązania, umożliwiające odzysk odparowanej części paliwa (np. na drodze adsorpcji), czy tzw. wahadło gazowe; są to jednak poważniejsze inwestycje, zwykle stosowane dla grupy zbiorników. W przypadku pojedynczych zbiorników, program TANKS jest przydatnym narzędziem do oceny opcji planowanej modernizacji.

**Literatura**

1. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42. Fifth Edition. Volume 1: Stationary Point and Area Sources.* U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, January 1995.
2. *Emission Factor Documentation for AP-42. Section 7.1 Organic Liquid Storage Tanks, Final Report.* For U. S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards, Emission Factor and Inventory Group, September 2006.
3. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch07/bgdocs/b07s01.pdf>
4. *TANKS Emissions Estimation Software, Version 4.09D. AP 42, Fifth Edition, Volume 1, Chapter 7: Liquid Storage Tanks.* Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors.
5. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch07/index.html>
6. *TANKS Emissions Estimation Software, Version 4.09D.* Released October 5, 2006, Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/tanks/>
7. *Emission Factor and Inventory Group, Emissions, Monitoring, and Analysis Division Office of Air Quality Planning and Standards. User's Guide to TANK. Storage Tanks Emissions Calculation Software, Version 4.0.* U. S. Environmental Protection Agency, September 30, 1999.
8. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/tanks/tank4man.pdf>
9. Porzycka-Semczuk K.: *Estymacja emisji ze zbiorników magazynujących lot-*

- ne ciecze organiczne przy zastosowaniu programu TANKS. Biuletyn Instytutu Technologii Nafty 2004, 4, 276-283.
10. Porzycka-Semczuk K.: *Estymacja emisji ze zbiorników magazynujących lotne ciecze organiczne przy zastosowaniu programu TANKS. Część 2. Budowa i modyfikacja baz danych programu TANKS*. Biuletyn Instytutu Technologii Nafty 2005, 1, 38-49.
  11. Porzycka-Semczuk K.: *Słownik terminów technicznych oraz konwersja jednostek stosowanych w programie Tanks do obliczeń emisji ze zbiorników magazynujących lotne ciecze organiczne*. Biuletyn Instytutu Technologii Nafty 2005, 3, 187-193.
  12. FAQs. TANKS Software Frequent Questions.
  13. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chieff/faq/tanksfaq.html>
  14. Possible solution for Vista users.
  15. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chieff/software/tanks/tanks409d/GRID32.zip>
  16. TANKS 4.09D errors and available fixes. Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emission Factors.
  17. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chieff/software/tanks/index.html#fixes>

18. Partyka M.: *Analiza emisji benzyn w parkach zbiorników magazynujących paliwa w rejonie Gdańska*. Praca magisterska, promotor Porzycka-Semczuk K. PK 2010.
19. Wojaś W.: *Analiza emisji benzyn w parkach zbiorników magazynujących paliwa w rejonie Płocka*. Praca magisterska, promotor Porzycka-Semczuk K. PK 2010.

Dr inż. Krystyna PORZYCKA-SEM CZUK jest absolwentką Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej. Doktorat w Instytucie Chemii i Technologii Organicznej PK (1985), gdzie pracuje do dziś. Zainteresowania naukowe: chemia i technologia przeróbki ropy naftowej, paliwa, komponowanie produktów ropopochodnych, ze szczególnym uwzględnieniem problemów ochrony środowiska w rafinerii, transporcie i dystrybucji produktów ropopochodnych.

## AGH rozpoczyna współpracę z GE Hitachi Nuclear Energy

Kształcenie specjalistów ds. energetyki jądrowej i wypracowywanie rozwiązań technicznych umożliwi podpisana umowa między Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie a firmą GE Hitachi Nuclear Energy. Firma, z którą uczelnia podpisała umowę, jest jednym z największych globalnych dostawców technologii jądrowych dla elektrowni. Współpraca (której głównym uczestnikiem ze strony AGH jest Wydział Energetyki i Paliw) ma polegać na organizowaniu wspólnych programów edukacyjnych dla studentów oraz praktyk i staży w GE Hitachi. Obecnie w głównej siedzibie firmy (Wilmington, Karolina Północna, USA) na stażach przebywa czterech studentów AGH. Strony porozumienia przewidują dyskusję na temat potencjału budowy elektrowni jądrowych w Polsce. GEH jest brany pod uwagę jako dostawca technologii i niektórych urządzeń jądrowych, jak również rozwiązań inżynierskich i technicznych, a także usług doradczych dla takich projektów. Z kolei AGH spełniać będzie rolę dostawcy programów edukacyjnych dla wykwalifikowania pracowników w dziedzinach wymagających budowy i eksploatacji elektrowni jądrowej. Porozumienie o współpracy podpisali prorektor AGH ds. nauki, prof. Tomasz Szmuc, wiceprezes GE Hitachi Danny Roderick oraz Dyrektor Generalny GEH Polska, Ziemowit Iwański. GE Hitachi wchodzi w skład General Electric – jednego z największych światowych koncernów, który od 1992 roku działa także w Polsce, zatrudniając ponad 6 tys. osób. GE działa w różnych branżach począwszy od energetyki, przez przemysł lotniczy i kosmiczny, na bankowości skończywszy. Technologie jądrowe, jakie GEH dostarcza swoim partnerom, to głównie ABWR (*Advanced Boiling Water Reactor* – udoskonalony wodny reaktor wrzący) i ESBWR (*Economic Simplified Boiling Water Reactor* – ekonomiczny uproszczony wodny reaktor wrzący). Tego typu reaktory pracują m.in. w USA, Japonii, Szwecji, Finlandii i Hiszpanii.

(<http://www.naukawpolsce.pap.pl/6.09.2011>)

## Zjazd stypendystów Marie Curie

Pod hasłem „Nauka: Pasja, Misja, Zobowiązanie” odbyło się w dniach 25-27 września br. w Centrum Nauki Kopernik w Warszawie sympozjum stypendystów Marie Curie. Badacze dyskutowali o rozwoju kariery naukowej, misji prowadzenia badań naukowych oraz odpowiedzialności, jaką ponoszą naukowcy wobec społeczeństwa. Zjazd był poświęcony również promocji nauki w społeczeństwie oraz nowoczesnym metodom upowszechniania wyników badań naukowych. Konferencja wpisana w harmonogram polskiej prezydencji w UE była okazją do podzielenia się doświadczeniami naukowymi i nawiązania współpracy pomiędzy naukowcami Akcji Marie Curie. Nagrody odebrali laureaci konkursu ogłoszonego wśród naukowców Marie Curie „Promoting science: let's be innovative!”. Podczas zjazdu Komisja Europejska oficjalnie otworzyła nowy portal dedykowany uczestnikom programu, który umożliwi lepszą komunikację i wymianę doświadczeń. Zjazd był także okazją do świętowania 15. rocznicy ustanowienia tego kluczowego europejskiego programu wspierającego rozwój karier, szkolenia oraz mobilność naukowców. Wpisał się również w obchody ustanowione przez parlament Roku Marii Skłodowskiej-Curie, Międzynarodowego Roku Chemii, jak również 15. Festiwal Nauki w Warszawie. Przybyło ok. 300 obecnych i byłych stypendystów programu Komisji Europejskiej Marie Curie Actions. Wzięli w nim udział przedstawiciele Komisji Europejskiej, Parlamentu Europejskiego, Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz laureaci Nagrody Nobla.

(<http://www.mariecurie2011.pl/6.09.2011>)

# Estimation of storage losses of fuels - TANKS software as a decisions - making tool for construction, maintenance and modernization of gasoline tanks

Krystyna PORZYCKA-SEMCZUK - Institute of Organic Chemistry and Technology, Cracow University of Technology, Cracow

Please cite as: CHEMIK 2011, 65, 10, 974-982

## Introduction

A major danger with storage of fuels and other volatile organic liquids is the atmospheric emission caused by evaporation. This leads not only to environmental damage, which is significant given the scale of production of those liquids, but financial losses as well. Furthermore, evaporation of the lightest fractions of fuel affects its properties. The estimation of losses occurring in storage allows for taking appropriate steps towards limiting them. A tool enabling such calculations is TANKS Emissions Estimation Software, Version 4.09D (last update: 5 October 2006).

## TANKS software release information

The software runs under Windows. It allows for estimation of the volume emissions of volatile organic compounds (VOCs) and hazardous air pollutants (HAPs) from storage tanks of varied structure, both with fixed and floating roofs.

The TANKS software is based on the emissions estimation procedures, published by EPA as *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42*, chapter 7 [1 ÷ 4].

The user manual (for version 4.0) is available as Adobe Acrobat file [5]. Furthermore, each screen offers online help (similar to Windows Help option). The Polish version [6, 7] contains software description and methods of customizing the default data bases to meet the user's individual needs. The Polish-English lexicon of terminology related to the construction and operation of tanks, and the properties of stored products, as well as information required for converting SI units into US units are provided under [8]. Further information, including FAQ on the software capabilities, is available online [9].

The software has been on the market for a number of years. Continued release of new, upgraded versions attests to its increasing popularity.

According to EPA declarations: TANKS is designed for use by local, state, and federal agencies, environmental consultants, and others who need to calculate air pollutant emissions from organic liquid storage tanks." However, it seems that environmental protection uses are only a part of the possible applications of the software. The following paragraphs will provide examples of applications of the software as an auxiliary tool in making decisions on the construction and operation of new tanks, and modernization of old ones.

## System requirements for TANKS 4.09d

Windows XP. The current release of TANKS 4.09d is not compatible under Windows Vista or Windows 7. To run the software under Windows Vista, a minor system modification is required [10], but EPA does not support this solution due to lack of sufficient experience.

- RAM 8 MB
- The software operates from the hard drive. Installation requires 15 MB of available disk space and administrator privileges
- The software is installed in the Windows folder
- Data bases can be shared by multiple users via LAN.

## Software installation

The installation file of **TANKS 4.09D** (MSI 6.5 MB – October 3, 2005) is available for downloading from EPA website - Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emission Factors [4]. This version replaces all previous versions of the software. „The Errors and fixes” table provides solutions to problems that may occur during installation, as well as methods for updating the software data bases. The shortcut icon to the software can be created on the desktop as per the normal procedure.

The installation site also publishes messages on software defects found by users, and introduced modifications and upgrades.

## Tank types

The software provides for the following tank types:

- HFRT – Horizontal Fixed Roof Tanks
- VFRT – Vertical Fixed Roof Tanks
- EFRT – External Floating Roof Tanks
- IFRT – Internal Floating Roof Tanks
- DEFRT – Domed External Floating Roof Tanks.

## Required computational data

The following information is required to estimate emissions:

- data on the characteristics and operation of the tank
- climatic parameters for the given tank location
- characteristics of the stored liquid
- storage duration.

The required information is discussed in detail below, as per their location (relevant tab) in the software. **Data on the characteristics and operation of the tank**

The **Physical Characteristics** tab displays the required parameters for the given tank type. Figure 1 provides an exemplary tab for an External Floating Roof Tank.

External Floating Roof Tank

Identification | Physical Characteristics | Site Selection | Tank Contents | Monthly Calculations

Physical Characteristics

Tank Characteristics:

Diameter (ft): 90

Tank Volume (gal): 2 641 721,00

Turnovers per year: 12,00

Net Throughput (gal/yr): 31 700 652,00

Roof Characteristics:

Roof Type: Pontoon

Roof Fitting Category: Typical

Tank Construction and Rim-Seal System:

Internal Shell Condition: Light Rust (D)

Paint Color/Shade: White/White (D)

Paint Condition: Good (D)

Tank Construction: Welded

Primary Seal: Mechanical Shoe

Secondary Seal: None

View/Add Fittings

Copy | Run Report | Save | Close | Help

Fig. 1. Characteristics of an external floating roof tank (EFRT) of volume 10,000 m<sup>3</sup>

Aside from structural details (dimensions, floating roof type and details on the sealing of the floating roof) the user also needs to key the information on roof rotation rate per year (or storage period) and define the colour and technical condition of the tank (degree of corrosion damage and condition of paint coating of the tank).

### Climatic parameters for the given tank location

The **Site Selection** tab contains all data required for calculations. After keying in the location name, the software downloads the data from **Meteorological** data base. The data base covers the entire territory of the United States. The user can also define the climatic parameters for any location. Conveniently, it is possible to delete the redundant U.S. data from the base; however, this requires removing the security lock from the base (modifying attributes enabling this operation).

Figure 2 provides an exemplary meteorological data for the town of Plock. The required parameters determine the temperature, pressure, wind power and insolation in specific months.

Month	Daily Maximum Ambient Temp. (F)	Daily Minimum Ambient Temp. (F)	Solar Insulation Factor (Btu / (ft²day))	Average Wind Speed (mph)
JAN	37,4	31,1	263,51	10,1
FEB	42,6	34,2	528,415	9,7
MAR	45	34,2	845,769	10,3
APR	56,5	39	1164,772	6,8
MAY	65,1	45,9	1520,558	6
JUN	75	51,3	1406,973	6,5
JUL	77	55,2	1491,385	6,2
AUG	74,8	57,4	1365,813	6,6
SEP	62,1	48,6	963,16	5,9
OCT	56,3	45	703,518	6,3
NOV	44,6	37,8	332,955	7,7
DEC	36,9	31,6	197,934	7,7
ANN	56,1	42,6	898,73	7,7

Fig. 2. Meteorological data for Plock

**Note:** There is a spelling error in the software – in the „Solar Insulation Factor” column the word insolation is misspelled (with a ‘u’ instead of an ‘o’). **Insulation** refers to insulating (frequently used in tank structures, thus the probability of misspelling), while **insolation** refers to the exposure to sunlight. The latter term is the correct one.

### Characteristics of the stored liquid

The Tank Contents tab contains information on the liquid stored in the tank. The Chemical data base includes 3 categories of liquids: individual organic liquids (150 items), crude oil (one item) and oil product examples:

- Gasoline (RVP 6 ÷ 13) - 8 types of gasoline with Reid Vapor Pressure of 6 ÷ 13 psi ( 41 ÷ 90 kPa)
- Distillate fuel oil no. 2
- Jet kerosene
- Jet Naphtha (JP-4)
- Residual oil no. 6.

All data refer to American products. The Chemical data base allows for keying data on the liquid that is of interest to us. Figure 3 provides an example of Polish unleaded 95 Octane Summer gasoline.

The pressure to temperature ratio can be expressed in a number of ways, allowed by options 1 ÷ 4. The gasolines are most easily characterized using option 4 – aside from the distillation curve (data is required to calculate the curve slope) we also need to know the Reid Vapour Pressure.

Fig. 3. Characteristics of an unleaded 95 Octane summer gasoline

### Storage duration

The **Monthly Calculation** tab enables the user to calculate according to specific month of storage, which in the case of gasolines allows for introducing Summer, Winter and transitional storage periods (as per the relevant norm).

### Calculation report

The calculation results can be provided either as an overview or a detailed report.

**TANKS 4.0.9d**  
**Emissions Report - Detail Format**  
**Tank Identification and Physical Characteristics**

<b>Identification</b>		
User Identification:	EFRT 1	
City:	Plock	
State:	Mazowieckie	
Company:		
Type of Tank:	External Floating Roof Tank	
Description:		
<b>Tank Dimensions</b>		
Diameter (ft):	90,00	
Volume (gallons):	2.641.721,00	
Turnover:	12,00	
<b>Paint Characteristics</b>		
Internal Shell Condition:	Light Rust	
Shell Color/Share:	White/White	
Shell Condition:	Good	
<b>Roof Characteristics</b>		
Type:	Pontoon	
Fitting Category:	Typical	
<b>Tank Construction and Rim-seal System</b>		
Construction:	Welded	
Primary Seal:	Mechanical/Shoe	
Secondary Seal:	None	
<b>Deck Fitting Status</b>		Quantity
Access Hatch (24-in. Diam./Bolted Cover, Gasketed)		1
Automatic Gauge Float Well/Unbolted Cover, Ungasketed		1
Vacuum Breaker (10-in. Diam./Weighted Mech. Actuation, Gask.		1
Unbolted Guide-Pole Well/Unbolted Sliding Cover		1
Gauge-Station/Sample Well (8-in. Diam./Weighted Mech. Actuation, Gask.		1
Roof Leg (2-in. Diameter/Adjustable, Pontoon Area, Ungasketed		16
Roof Leg (2-in. Diameter/Adjustable, Center Area, Ungasketed		12
Rim Vent (6-in. Diameter/Weighted Mech. Actuation, Gask.		1

Meteorological Data used in Emissions Calculations: Plock, Mazowieckie (Avg Atmospheric Pressure = 14 psia)

Fig. 4. Emissions report - detailed format, data for calculations performed for an external floating roof tank

**TANKS 4.0.9d**  
**Emissions Report - Detail Format**  
**Liquid Contents of Storage Tank**

EFRT 1 - External Floating Roof Tank  
Plock, Mazowieckie

Main Component	Daily Liquid Surf. Temp. (°F)		Liquid Bulk Temp. (°F)	Vapor Pressure (psia)	Vapor Rate (lb/hr)	Liquid Rate (lb/hr)	Vapor Loss (lb/hr)	Date for Vapor Pressure Calculation
	Start	End						
<b>TANKS 4.0.9d</b> <b>Emissions Report - Detail Format</b> <b>In Individual Tank Emission Totals</b>								
Emissions Report for: March, April, May, June, July, August, September								
EFRT 1 - External Floating Roof Tank Plock, Mazowieckie								
Losses (lb)								
Components	Rim Seal Loss	Withdrawal Loss	Deck Fitting Loss	Deck Seam Loss	Total Emissions			
Benzyna letnia 95	5.889.72	74.23	4.233.82	0.00	10.197.77			

Fig. 5. Emissions report – detailed format, results of calculations performed for an external floating roof tank

The detailed report contains the data keyed by the user. The emerging losses are classified according to their location. For a floating roof tanks these include:

- **Rim Seal Loss** - losses on the seal of the floating roof
- **Withdrawal Loss** - losses caused by the drop of liquid level in the tank; liquid remains on the internal shell and evaporates
- **Deck Fitting Loss** - losses emerging on sites of penetration of the floating roof structure by various devices

- **Deck Seam Loss** - losses emerging on the seams of steel sheets of the floating roof
- **Total emissions** - total emissions volume.

Figures 4 and 5 provide an example of a detailed report.

In the examples of software application described below only the most relevant parameter from the viewpoint of economy and environmental protection was used – total emissions volume.

### Exemplary calculation [12, 13]

#### Example 1. Adaptation of a fixed roof tank for gasoline storage

Usually the manufacturers of roof and floating roofings provide the volume of gasoline that can be saved if a floating roof is installed on the tank with a fixed roof and compare the cost of modernization with the value of the saved fuel.

However, gasoline is not usually stored in above-ground large tanks with fixed roofs due to high losses caused by tank working and breathing losses. This modification is necessary for such tank to be adapted for gasoline storage. We can also consider what type of sealing to use in a floating roof (the impact of the sealing type is described in Example 3).

The results of calculations performed for the following parameters are provided below:

- the capacity of the original tank with fixed roof, intended for modification – 10,000 m<sup>3</sup>
- location: Gdańsk
- Summer storage period (1 March – 30 September), tank rotation rate during storage period: 10 rotations
- stored gasoline: unleaded 95 Octane Summer gasoline.

If this type of gasoline was stored in this tank, the relative losses (pertaining to the total mass of gasoline stored in the tank throughout the storage period) amounted to approx. 0.106%, i.e. 106 m<sup>3</sup>.

Let us run a simplified calculation – assume that the gasoline price was PLN 4/dm<sup>3</sup>. With 106 m<sup>3</sup> lost, i.e. 106×10<sup>3</sup> dm<sup>3</sup> the losses would amount to approx. PLN 424,000 during that storage period. For the tank with a floating roof, the volume of losses for the simplest primary sealing (metal slipper) was estimated at 2.16 m<sup>3</sup>. Thus, the financial losses would amount to PLN 8,640, i.e. 50 times lower.

With a better sealing system the losses can be reduced even further.

#### Example 2. Domed External Floating Roof Tank

Usually we are unable to locate the fuel base in a place of our liking, since it is determined by the existing market or strategic needs. However, given such choice, we can analyze the volumes of losses for various locations or climatic parameters and the types of storage tanks. The climatic factor with a significant impact on the volume of losses is the wind. However, this impact varies depending on the tank type. Particularly exposed are tanks with external floating roofs. The wind produces suction lift, particularly strong when the floating roof is located in low position. This in turn increases the fuel residuals left by the sealing on the internal shell. At the same time, the cooling effect of a sun-heated tank is in place. What would storage losses for the given location be? How would they change if the EFRT was covered with a light dome (provided the structure of the tank allows)? Such modification would not only secure the fuel against water accumulation, but also the wind impact on the volume of losses would be reduced. What amount of fuel can be saved this way?

The exemplary calculations were run for a tank with nominal capacity of 10,000 m<sup>3</sup>, located in Płock. The stored gasoline was Summer unleaded 95 Octane gasoline, the storage period was from 1 March to 30 September, the tank rotation rate during the storage period was 12 rotations, tank covered with a pontoon floating roof. For the simplest sealing (metal slipper) the losses during

the storage period were estimated at approx. 6,200 dm<sup>3</sup>. Covering the roof with a dome would reduce the losses to approx. 1,100 dm<sup>3</sup>, i.e. a 5-time reduction, which, with the assumed gasoline price of PLN 4/dm<sup>3</sup> would save more than PLN 20,000 throughout the storage period.

Replacing the sealing with a better solution (cf. Example 3) would further reduce the losses in similar conditions to 540 dm<sup>3</sup>, i.e. more than 11 times lower than at the outset. With the assumed gasoline price the savings would amount to PLN 22,600 throughout the storage period.

Covering the EFRT with a light, aluminium dome would be particularly beneficial for locations with known occurrence of strong winds. Of course, reducing emissions is not the only advantage offered by the dome. It would also significantly reduce the risk of water accumulation in the fuel, as well as the danger of the floating roof being locked or damaged due to the sealing contact freezing with the shell. Also, the life cycle of the floating roof itself should be extended due to protection against precipitation (reduction of corrosion damage), wind (elimination of vibrations) and overheating (which causes membrane bloating and consequently fatigue). However, those advantages are difficult to estimate due to lack of data.

The comparison of emissions value for identical tanks in different locations or for different tanks in the same location would facilitate the choice of the most beneficial solution.

#### Example 3. The choice of sealing for the external floating roof

Calculations were run for an EFRT fitted with various types of primary and secondary sealing. Table I provides the types of analyzed sealings and the related results of calculation of total losses.

The calculations were performed for a tank located in Płock, with the capacity of 10,000 m<sup>3</sup>. Stored gasoline was the Summer unleaded 95 Octane gasoline, the storage period ran from 1 March to 30 September and the tank rotation rate throughout the storage period was 12 rotations.

**Table I**  
The impact of sealing type in EFRT on the volume of losses

Sealing type		Total losses, m <sup>3</sup>
primary	secondary	
Metal slipper	none	6,169
	mounted on slipper	3,851
	mounted on the floating roof rim	3,113
Non-metallic sealing, coming into contact with the liquid in the tank	none	3,671
	weather protection	3,170
	* mounted on the floating roof rim	2,812
Non-metallic sealing, not coming into contact with the liquid in the tank	** none	14,450
	weather protection	8,519
	mounted on the floating roof rim	5,313



The highlighted values indicate the minimum\* and maximum\*\* volume of losses.

Clearly, upgrading the primary sealing from the least to the most effective can reduce the losses almost 5 times. Also, installing a secondary sealing produces significant results. The best solution allows for a reduction of losses throughout the storage period from over 14 m<sup>3</sup> of gasoline (least effective solution) to less than 3 m<sup>3</sup>. With the assumed gasoline price, this would save PLN 44,000.

Therefore, when renovating the tank it is worth to consider changing the sealing type or, if not present, installing the secondary sealing.

#### Example 4. The impact of the tank's colour and technical condition on the volume of losses

For calculating the emissions of stored fuel it is necessary to provide information on the colour of paint coating the tank and the tank's technical condition. The colour of the tank impacts the volume of losses, since it determines the sunlight absorption rate and thus the heating of the tank.

In order to determine the technical condition of an EFRT, the condition of the internal and external shell is assessed. The internal shell of the tank can be assessed as lightly or heavily corroded. The degree of corrosion damage of this surface will affect both the sealing of the floating roof and the heating of the tank. The condition of the paint coating on the external shell can be assessed as „good” or „bad”. As the shell damage progresses, the tank heating by sunlight increases and thus the volume of losses rises.

Calculations were run for two extreme conditions of the tank with 10,000 m<sup>3</sup> capacity, located in Plock. The tank was domed, the floating pontoon roof was fitted with primary non-metallic sealing, coming into contact with the liquid inside and a secondary sealing, installed on the floating roof rim. The tank stored Summer unleaded 95 Octane gasoline from 1 March to 30 September, with a tank rotation rate of 12 rotations throughout that period.

Calculations run for this tank (good state) indicated that the losses were lowest for a white-coated shell, higher for aluminium or grey surfaces and for an undercoat paint (red) the losses were approx. 20% higher than for white paint. In the tank in question the difference of emissions from the white and red tanks were less than 50 l throughout the storage period. However, in a warmer climate those differences can be expected to increase.

For the tank in good condition the absolute losses amounted to 240 dm<sup>3</sup> of gasoline. For the tank in bad condition it was 440 dm<sup>3</sup>. The differences will be higher for a tank without a dome.

Clearly, negligent treatment of the tank also translates into losses, although in this case those are minor and the difference is less than 200 l of gasoline throughout the storage period.

#### Summary

The periodical renovations of the tanks are determined by the local regulations. Emergency situations force unplanned repairs. Are any modifications necessary and technically viable during repair? What would be their economic consequences, related to reduction of emissions, i.e. the losses of the stored product? TANKS software gives answers to many such questions and also provides quantitative arguments for one solution or another, which in turn increases the choice of the most economically and environmentally beneficial option. Furthermore, the loss analysis provides economic motivation for proper caretaking of the tank's technical condition.

Obviously, modifications of the tank's structure, such as installing a floating roof or an additional fixed roofing (dome), or changing the sealing type are not the only options for reducing emissions. There are other solutions, enabling the recovery

of evaporated fuel (e.g. by adsorption), or the so-called “gas pendulum”. However, those require large investments and are most effective for a group of tanks. For individual tanks the ‘TANKS’ software is a useful tool for assessing the options of the planned modernization.

#### Literature

All hyperlinks accessible as of 21 May 2011.

1. 'Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42. Fifth Edition. Volume 1: Stationary Point and Area Sources. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, January 1995.
2. Emission Factor Documentation for AP-42. Section 7.1 Organic Liquid Storage Tanks, Final Report. For U. S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards, Emission Factor and Inventory Group, September 2006. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch07/bgdocs/b07s01.pdf>
3. TANKS Emissions Estimation Software, Version 4.09D. AP 42, Fifth Edition, Volume 1, Chapter 7: Liquid Storage Tanks, Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors, HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch07/index.html>
4. TANKS Emissions Estimation Software, Version 4.09D, Released October 5, 2006, Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors, HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/tanks/>
5. Emission Factor and Inventory Group, Emissions, Monitoring, and Analysis Division Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency; 'User's Guide to TANK.Storage Tank Emissions Calculation Software, Version 4.0', September 30, 1999,
6. HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/tanks/tank4man.pdf> Porzycka-Semczuk K.: Estymacja emisji ze zbiorników magazynujących lotne ciecze organiczne przy zastosowaniu programu TANKS. Biuletyn Instytutu Technologii Nafty, 2004, nr 4, str. 276-283.
7. Porzycka-Semczuk K.: Estymacja emisji ze zbiorników magazynujących lotne ciecze organiczne przy zastosowaniu programu 'TANKS. Część 2. Budowa i modyfikacja baz danych programu 'TANKS'. Biuletyn Instytutu Technologii Nafty, 2005, 1 str. 38 – 49.
8. Porzycka-Semczuk K.: Słownik terminów technicznych oraz konwersja jednostek stosowanych w programie „Tanks” do obliczeń emisji ze zbiorników magazynujących lotne ciecze organiczne. Biuletyn Instytutu Technologii Nafty, 2005, 3, str. 187 - 193.
9. FAQs. TANKS Software Frequent Questions, HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/faq/tanksfaq.html>
10. Possible solution for Vista users, HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/tanks/tanks409d/GRID32.zip>
11. TANKS 4.09D errors and available fixes, Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emission Factors, HYPERLINK <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/tanks/index.html#fixes>
12. Partyka M.: Analiza emisji benzyn w parkach zbiorników magazynujących paliwa w rejonie Gdańska, praca magisterska, promotor Porzycka-Semczuk K., PK 2010
13. Wojas W.: Analiza emisji benzyn w parkach zbiorników magazynujących paliwa w rejonie Płocka, praca magisterska, promotor Porzycka-Semczuk K., PK 2010

Krystyna PORZYCKA-SEM CZUK - Ph.D., Eng., is a graduate of the Faculty of Chemical Engineering and Technology of the Cracow University of Technology. She completed her doctoral thesis at the Institute of Organic Chemistry and Technology of the Cracow University of Technology (1985), where she is still employed. Scientific interests: chemistry and technology of crude oil processing, fuels, composition of oil derivatives with particular focus on environmental protection at refineries, in transport and distribution of oil derivatives.