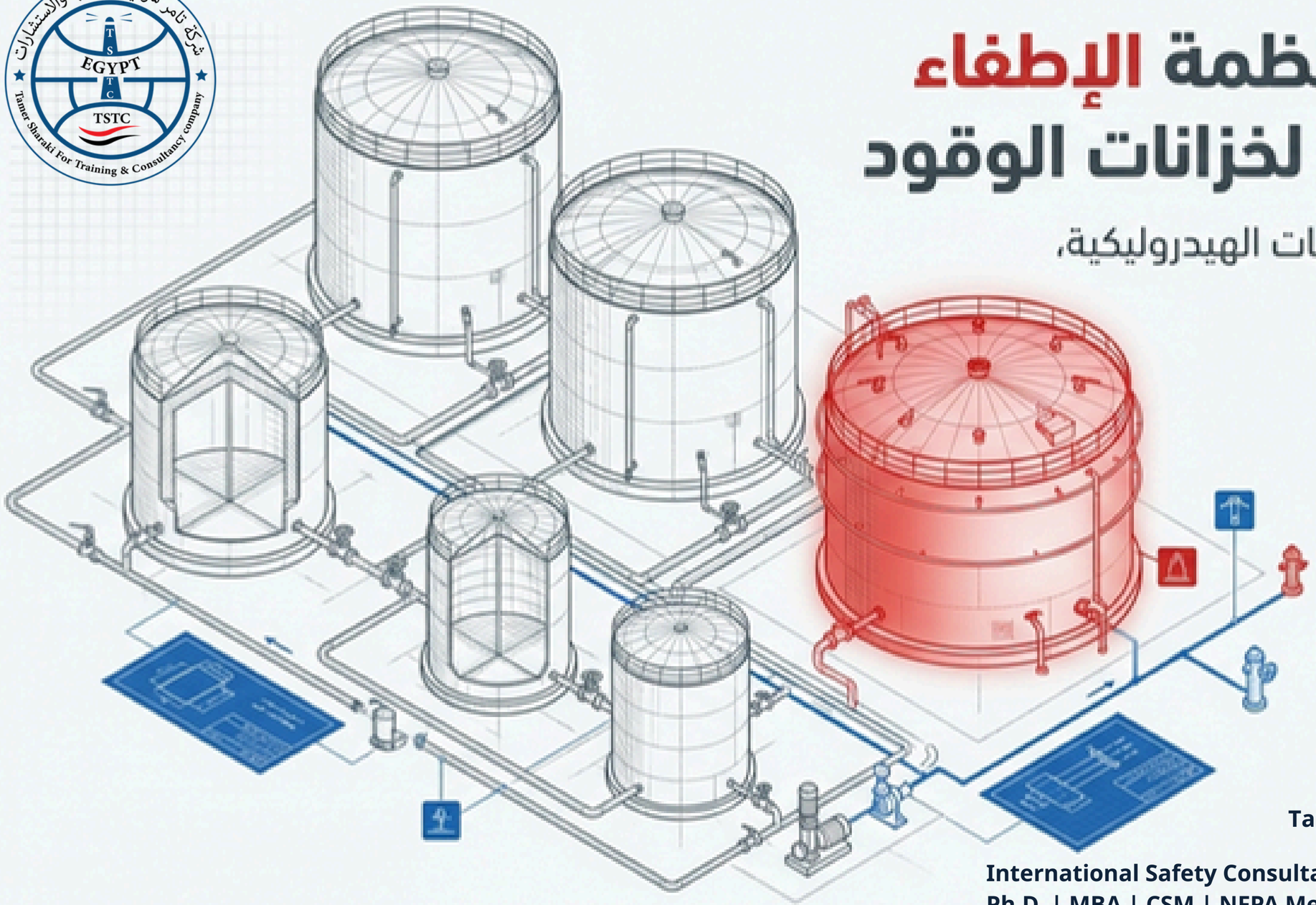
استراتيجيات وأنظمة الإطفاء
الإطفاء التلقائي لخزانات الوقود

دليل التصميم الهندسي، الحسابات الهيدروليكية،
والمعايير الدولية (NFPA 11)



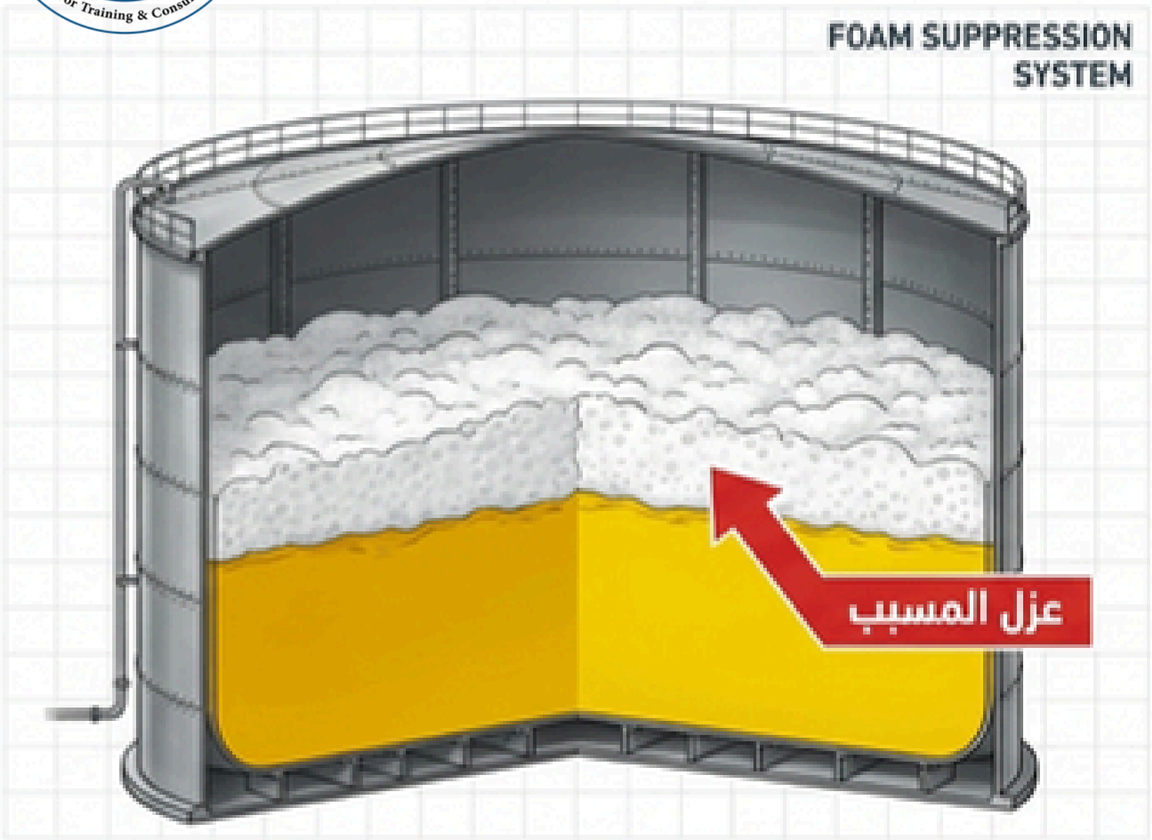
Tamer Sharakyi

International Safety Consultant | | Accident Investigation Expert
Ph.D. | MBA | CSM | NFPA Member | IAEM Member | IMarEST Affiliate

مرجع تقني لمهندسي السلامة ومديري المشاريع

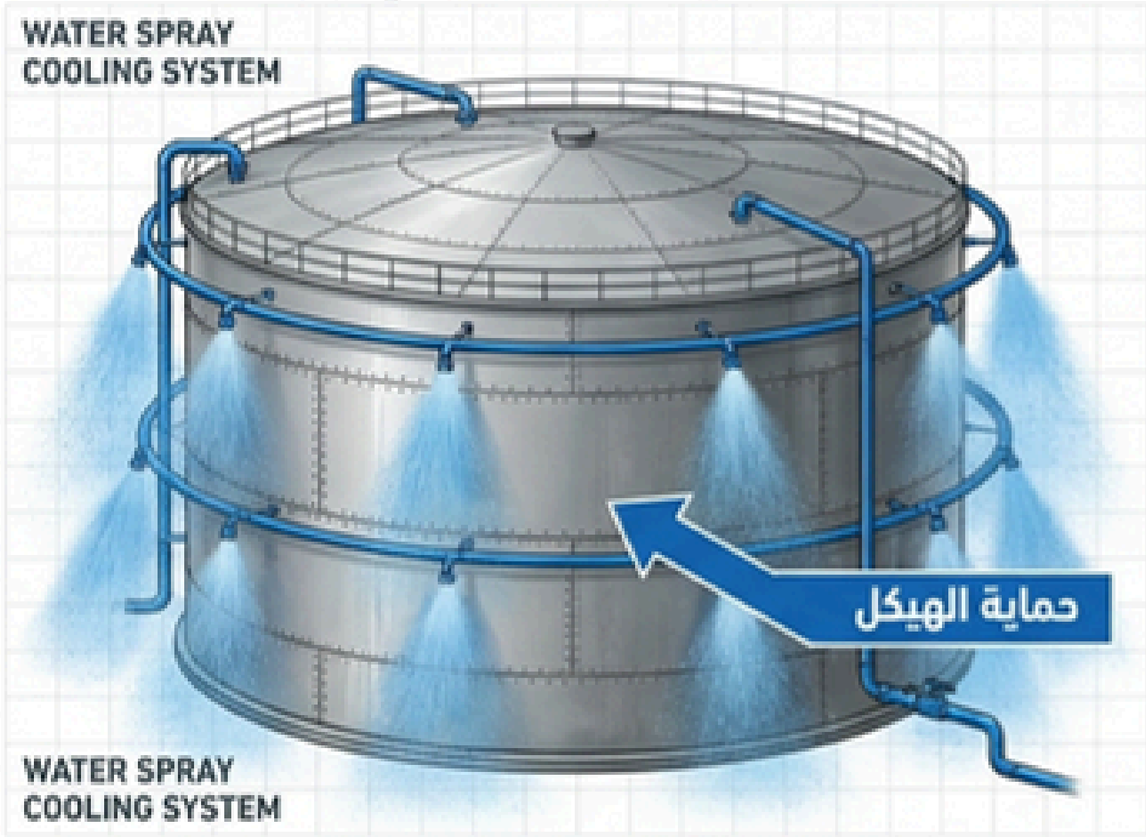
فلسفة الحماية: الإخماد السريع والتبريد المستمر

الإخماد بالرغوة



الإخماد بالرغوة: عزل سطح الوقود عن الأكسجين. الماء وحده لا يطفئ الوقود لأن الزيت يطفو فوقه.

التبريد بالرذاذ المائي

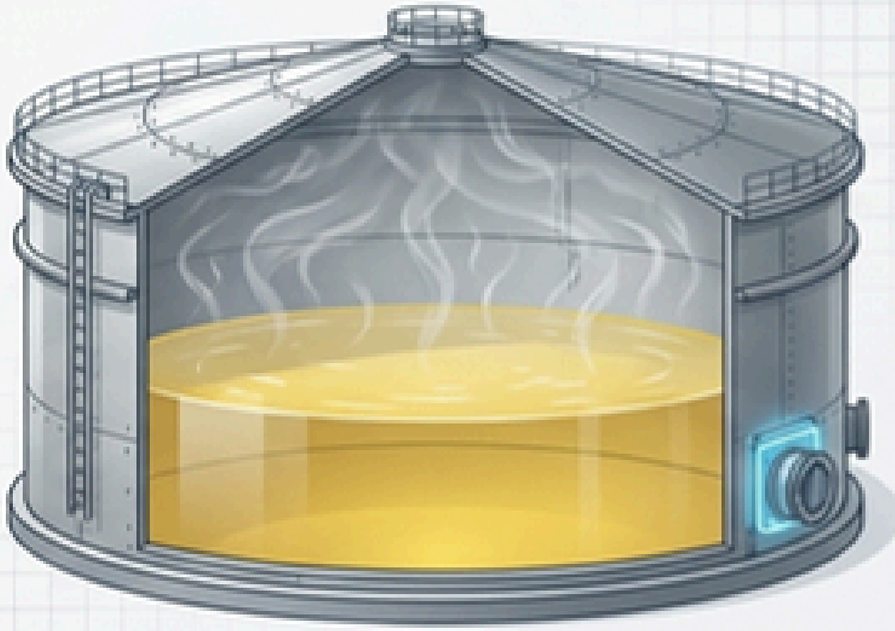


التبريد بالرذاذ المائي: منع انهيار هيكل الخزان ومنع ظاهرة (Boil-over) أو انتقال الحريق للخزانات المجاورة.

تعتمد الأنظمة الحديثة على التكامل بين عزل المسبب (الرغوة) وحماية الهيكل (التبريد).

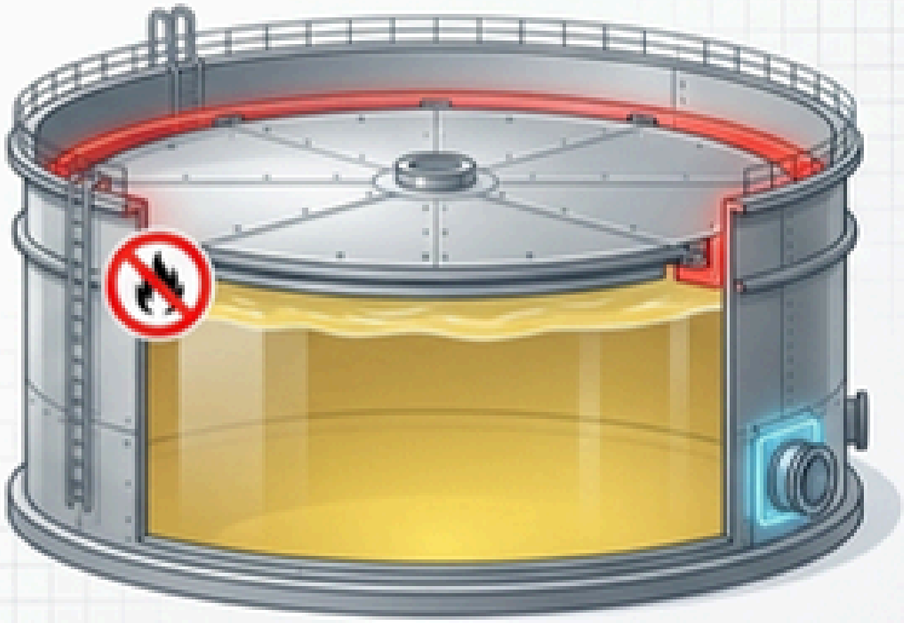
تقييم الخطر: تأثير التصميم الهندسي للسقف

سقف ثابت (Fixed Roof)



- **الخطر:** تجمع الأبخرة فوق السائل = خطر انفجار داخلي.
- **الحل:** يتطلب **غرف رغوة (Foam Chambers)** للتغطية الكاملة أو **حقن سفلي**. يمكن استخدام أنظمة الغازات الخاملة (Inerting).

سقف عائم (Floating Roof)



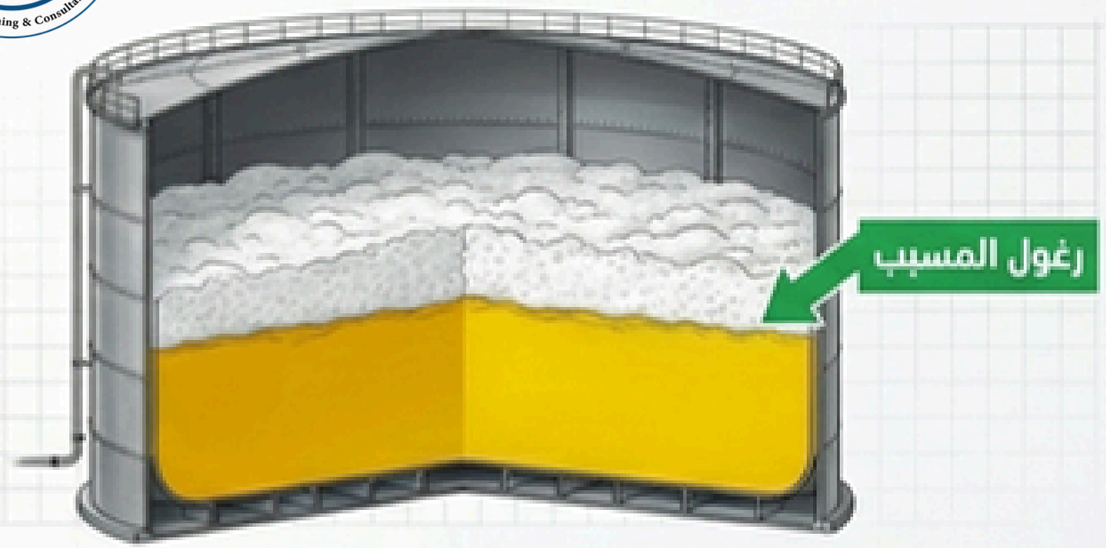
- **الخطر:** السقف يطوف فوق الوقود. الحريق يتركز في منطقة 'الحافة' (Rim Seal).
- **الحل:** يتطلب نظام **حماية الحافة (Rim Seal Protection)** للكشف والإخماد في الفجوة بين السقف والجدار.

كيمياء الوقود: الهيدروكربونات مقابل المذيبات القطبية

الوقود الهيدروكربوني

أمثلة: بنزين، ديزل، وقود طائرات.

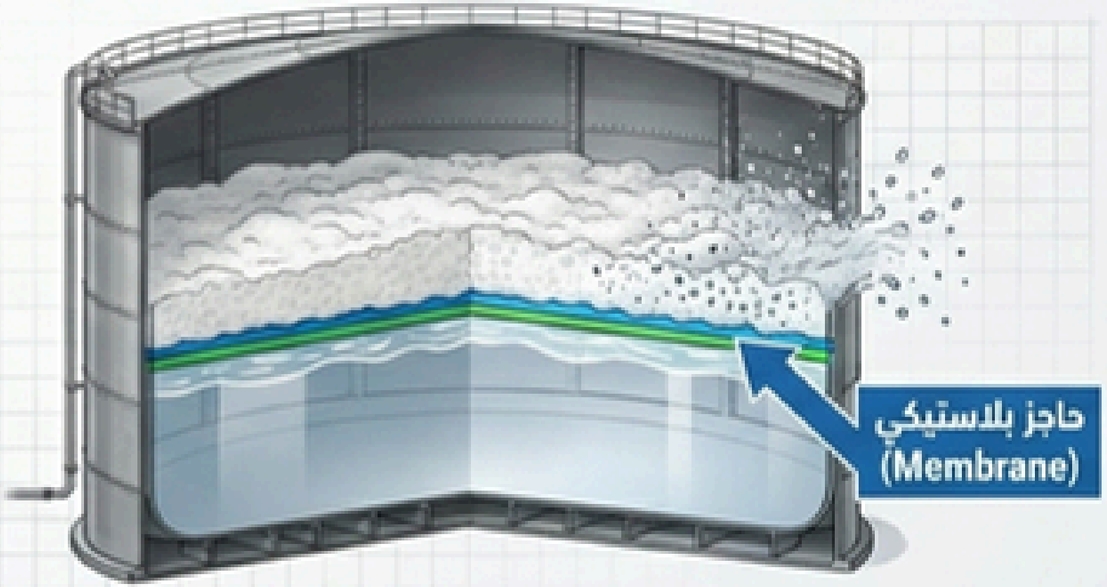
الحل: رغوة بتركيز 3% (AFFF أو Fluoroprotein).



المذيبات القطبية

- **أمثلة:** كحول (إيثانول)، أسيتون.
- **الخطر:** هذه السوائل 'تأكل' الرغوة العادية بامتصاص الماء منها وتدميرها.

- **الحل:** يجب استخدام (AR-AFFF). تحتوي على بوليمرات تشكل حاجزاً بلاستيكياً (Membrane) يفصل الرغوة عن الكحول.



ميكانيكا العزل: كيف تعمل الرغوة؟

AFFF

الغشاء المائي

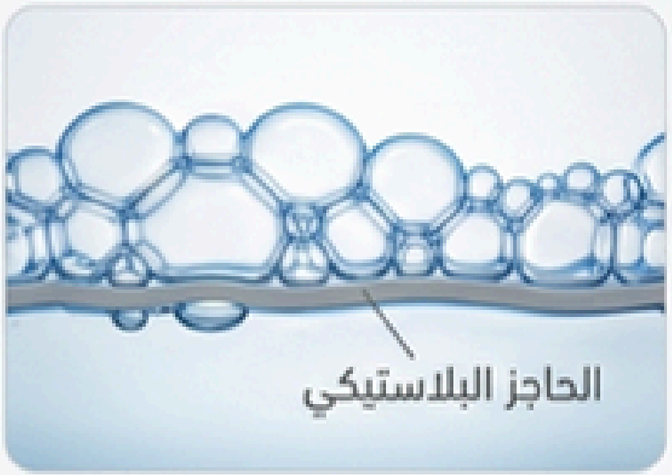
طبقة رقيقة تسبق الرغوة لعزل الأبخرة بسرعة عالية (Rapid Knockdown).

Fluoroprotein (FP)

البطانية الكثيفة

طبقة سميكة مقاومة للحرارة تمنع ارتداد الحريق (Burn-back).

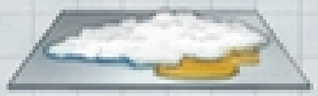
AR-AFFF



الحاجز البلاستيكي

بوليمرات تمنع المذيبات القطبية من تدمير الرغوة.

مصفوفة القرار: AFFF مقابل Fluoroprotein

وجه المقارنة	AFFF	Fluoroprotein (FP)
سرعة الإخماد	عالية جداً (غشاء مائي)	أبطأ قليلاً
مقاومة الحرارة	متوسطة (الغشاء رقيق)	عالية جداً (بطانية متماسكة)
خاصية رفض الوقود	منخفضة	عالية (Fuel Shedding)
الاستخدام الأمثل	حرائق الانسكابات السطحية 	الخزانات العميقة والحقن السفلي

Modern Industrial Precision

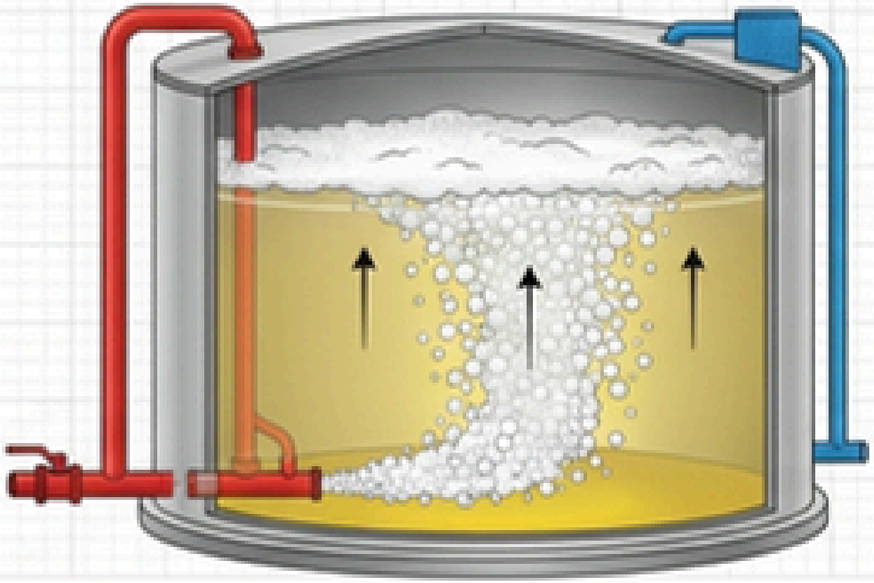
استراتيجيات الحقن: العلوي مقابل السفلي

Top Pouring (حقن علوي)

استخدام غرف الرغوة.
مناسب لجميع أنواع الرغوة (AFFF/FP).

تنبيه هندسي

يُمنع استخدام AFFF هنا لأنها تختلط بالوقود وتتلوث.
يجب استخدام **Fluoroprotein حصراً لخاصية "رفض الوقود"** (Fuel Shedding) التي تسمح للرغوة بالصعود بالصعود نظيفة للسطح.

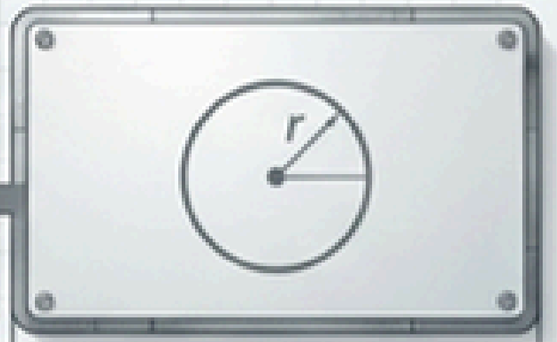


Sub-surface Injection (حقن سفلي)

حقن عبر قاعدة الخزان.
الفقاعات تصعد خلال الوقود.

شركة تامر شراكي للتدريب والاستشارات
Tamer Sharaki For Training & Consultancy company
EGYPT
TSTC

منهجية الحسابات الهيدروليكية (NFPA 11)



1.حساب المساحة (A)

مساحة سطح السائل (πr^2).

2. تحديد معدل التدفق

المعيار هو **4.1** **4.1 L/min/m²** للخزانات الثابتة.

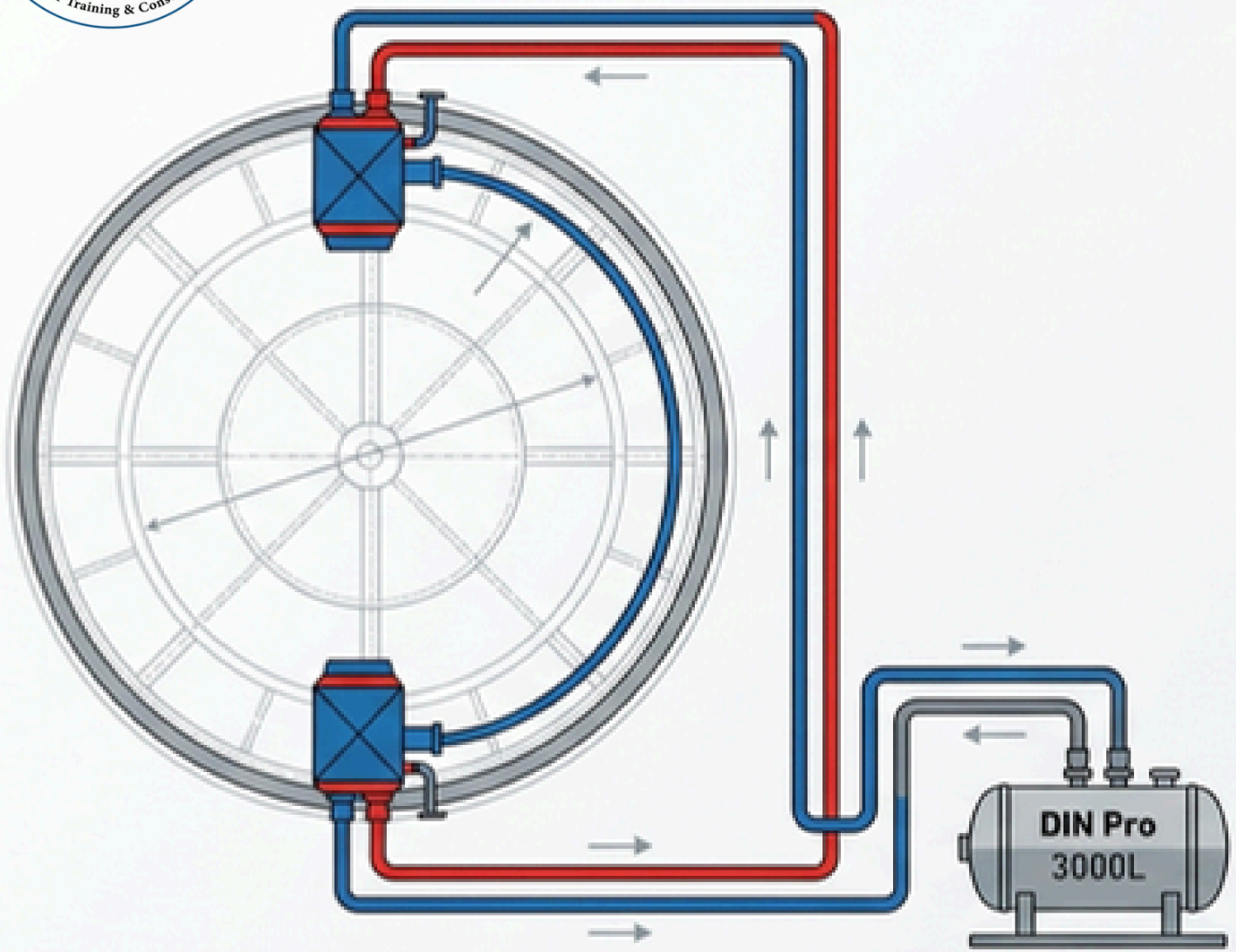
3. تحديد نسبة الخلط

عادة **3%** للرغوة الحديثة.

4. تحديد زمن التصريف

- **30 دقيقة**: للوقود ذو نقطة وميض عالية (ديزل).
- **55 دقيقة**: للوقود سريع الاشتعال (بنزين).

دراسة حالة: تصميم خزان ديزل (قطر 30 متر)



معطيات التصميم

الوقود: ديزل | القطر: 30م | السقف: ثابت

الحسابات (NFPA 11)

المساحة = $706.5\ m^2$

معدل المحلول = $706.5 \times 4.1 \approx$ **2896 L/min**

معدل الرغوة (%) = **86.9 L/min**

المخزون الكلي (30 دقيقة) = **2607 Liters**

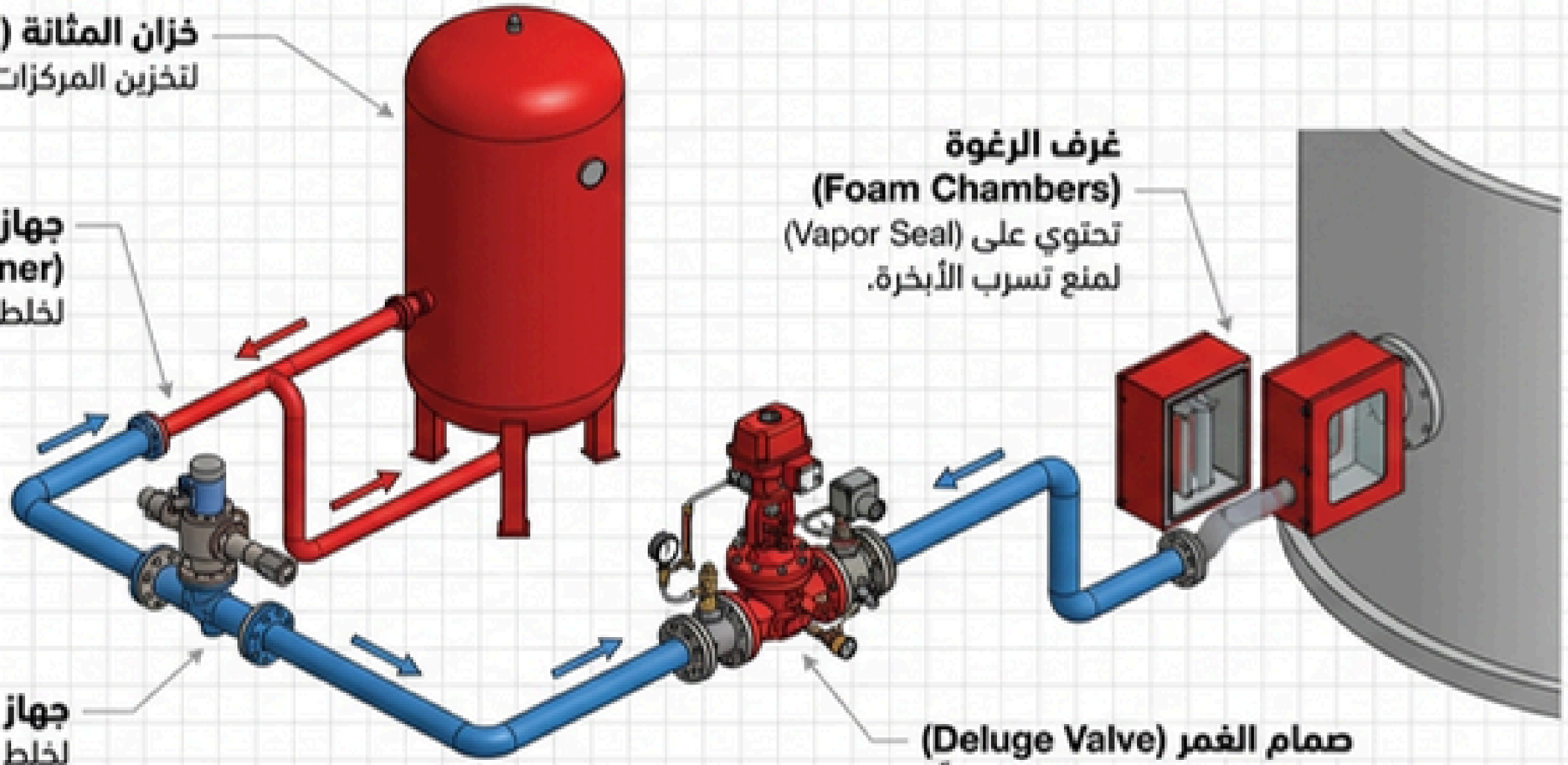
يقرّب إلى 3000 لتر للأمان

المكونات الفيزيائية للنظام

خزان المثانة (Bladder Tank)
لتخزين المركزات وضغط العمل 12 بار.

جهاز الخلط (Proportioner)
لخلط الماء والرغوة بدقة 3%.

غرف الرغوة (Foam Chambers)
تحتوي على (Vapor Seal)
لمنع تسرب الأبخرة.



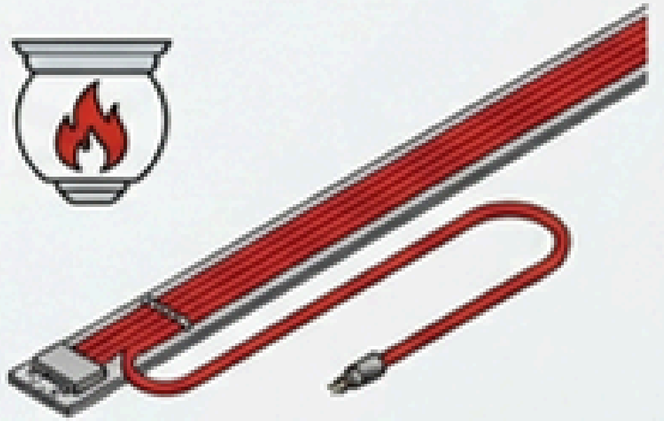
جهاز الخلط (Proportioner)
لخلط الماء والرغوة بدقة 3%.

صمام الغمر (Deluge Valve)
للتحكم في تدفق المياه كهربائياً.

جدول الكميات المبدئي (BOQ)

البند (Item)	الوصف (Description)
خزان الرغوة	سعة 3000 لتر، كربون ستيل.
مركز الرغوة	**AFFF 3%**، معتمد **UL/FM** (شامل الاحتياطي).
غرف الرغوة	عدد 2، سعة تدفق ~ **1450 L/min**.
نظام الكشف	كابل حراري خطي **(LHD)** - 150 متر.
التبريد	فوهات رش **(Velocity Fog)** - عدد 24-30.

الجهاز العصبي: الكشف والتحكم الآلي

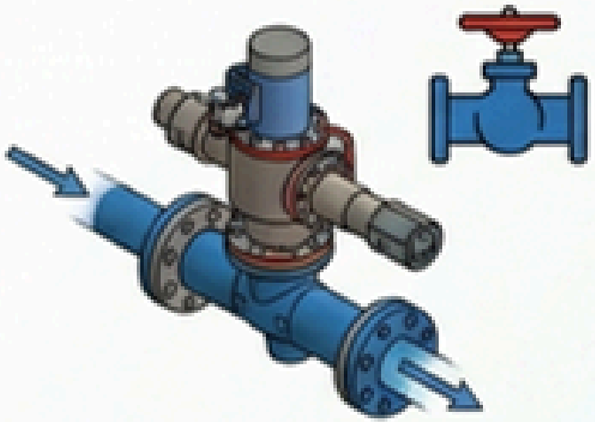


الكشف

كابل حراري خطي (LHD) على الحافة + كواشف لهب.

التحكم

لوحة تحكم (Fire Alarm Panel). مصنفة Class I Div 1.



التفعيل

إشارة كهربائية تفتح صمام الغمر (Deluge Valve).

النظام مصمم ليكون "تلقائياً بالكامل" دون تدخل بشري لحظة الحريق.

الوقاية الاستباقية: أنظمة الغازات الخاملة

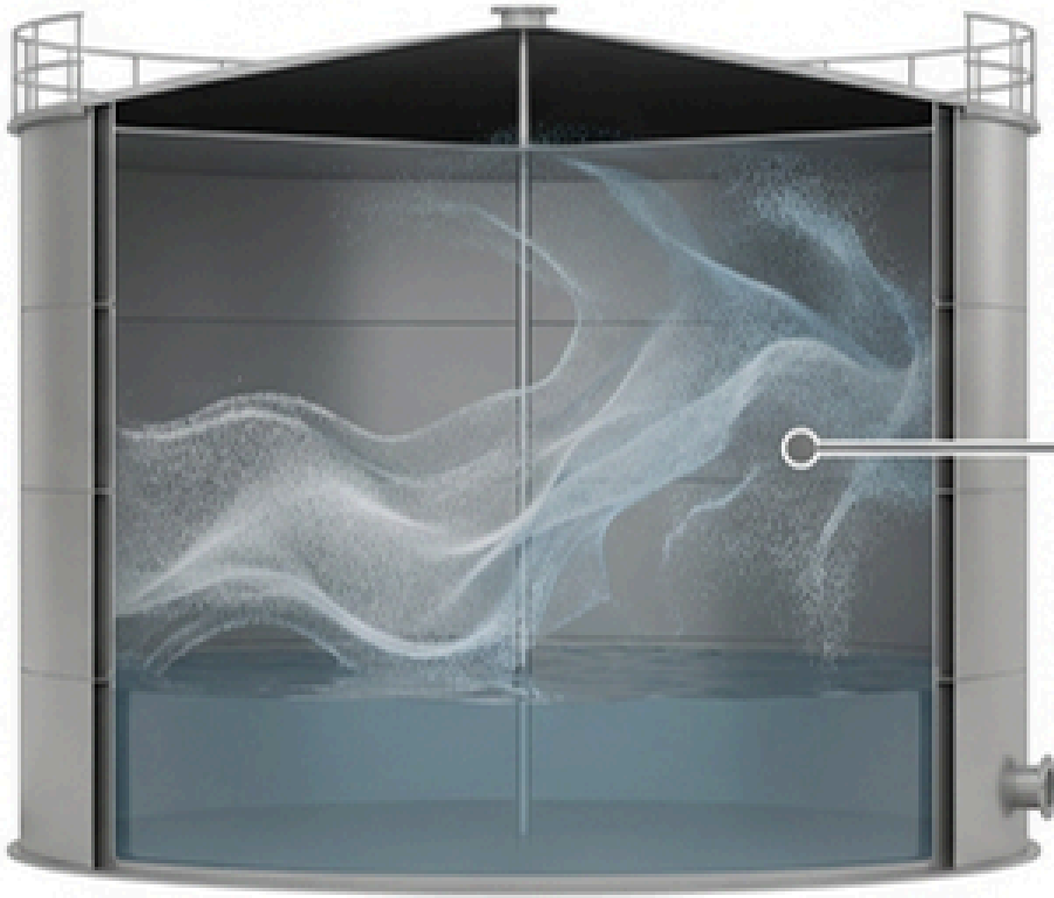
المبدأ

منع الحريق قبل حدوثه في خزانات السقف الثابت.

الإحلال (Inerting)

استبدال الأكسجين بالنيتروجين لخفض نسبته إلى ما دون حد الاشتعال.

يتطلب أجهزة استشعار ضغط دقيقة.



المعايير الدولية واختبارات التشغيل

المعايير (Standards)

- **NFPA 11:**
  معيار الرغوة (التصميم والحسابات)
- **NFPA 15:**
  معيار تبريد المياه
- **UL/FM:**
  شهادات اعتماد المعدات ومركزات الرغوة

متطلبات التشغيل (Commissioning)

- **اختبار التدفق الواقعي:**
  التأكد من نسبة الخلط (3%) وكسر القرص القرص الزجاجي (Vapor Seal).
- **المخزون الاحتياطي:**
  توصي NFPA بتوفر 100% رغوة إضافية في الموقع.

ملخص المهندس: قائمة التحقق للتصميم

تحليل الخطر: هل السقف ثابت أم عائم؟ (يحدد مكان الحقن).

تحليل الوقود: هيدروكربون أم مذيب قطبي؟ (يحدد نوع الرغوة **AFFF vs AR-AFFF**).

الحسابات: هل تم تطبيق معدل **1 L/min/m²** ؟

التكامل: هل لوحة التحكم مصنفة للمناطق الخطرة؟

الموثوقية: هل يوجد مخزون احتياطي 100%؟

"الدقة في التصميم هي الخط الفاصل بين السيطرة والكارثة."

تواصلوا معنا

شركة تامر شراكي للتدريب والاستشارات (TSTC)

33 Al Fareeda Tower, Saif Street, first floor, Sidi Beshr Qebli-Qism El-Montaza, Alexandria, Egypt

01550139944 -01147799299

info@tstc.com.eg

www.tstc.com.eg

امسح الكود لزيارة موقعنا الإلكتروني