هندسة السلامة من الحرائق: من المبادئ الأساسية إلى الأنظمة المتكاملة

نظرة استراتيجية على علم وتصميم وتنفيذ أنظمة الحماية من الحرائق

INDIVIDUAL

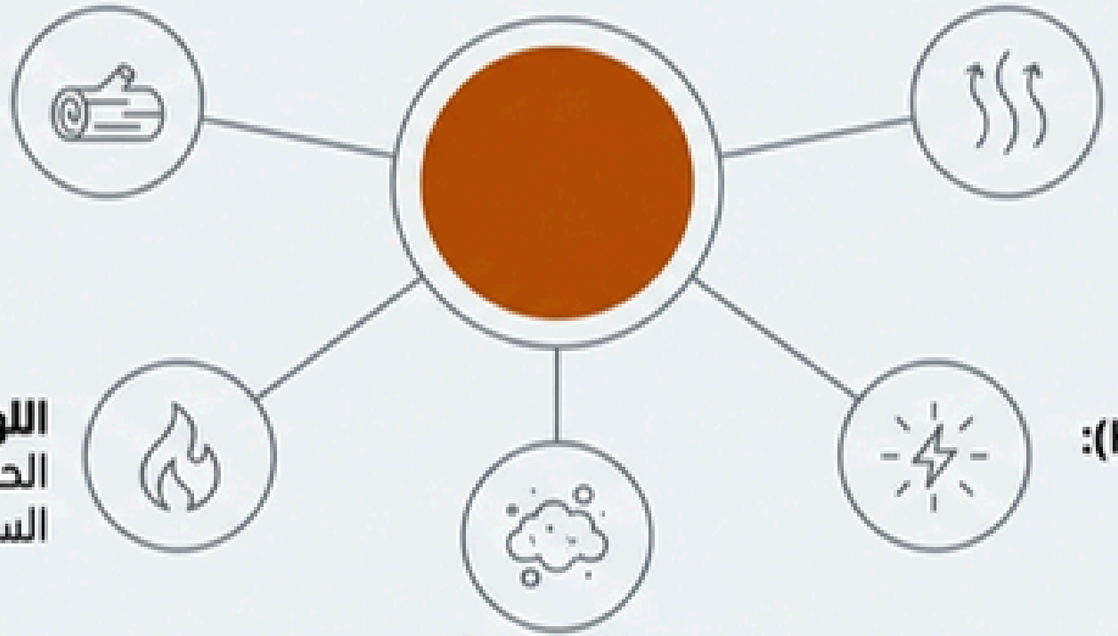
NFPA®

MEMBER

فهم العدو: العلم وراء الاحتراق

تبدأ الحماية الفعالة من الحرائق بفهم عميق لطبيعة النار. كل قرار هندسي لاحق ينبع من هذه المبادئ الأساسية. لا يمكننا تصميم دفاع فعال دون معرفة ما نواجهه.

مكونات النار الخمسة



الوقود (Fuel):
المادة القابلة للاشتعال.

بخار (Vapor):
الحالة الغازية للوقود التي تختلط بالأكسجين.

اللهب (Flame):
الحيز الذي يجري فيه التفاعل الكيميائي السريع الباعث للحرارة والضوء.

مصدر الحرارة (Heat Source):
الطاقة اللازمة لبدء التفاعل.

الدخان (Soot):
نواتج الاحتراق غير المكتمل.

"قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صلى الله عليه وآله وسلم: ((إِنَّ هَذِهِ النَّارَ عَدُوٌّ لَكُمْ، فَإِذَا نِمْتُمْ فَأَطْفِئُوهَا))" - رواه البخاري ومسلم.

سلوك النار: أنواع اللهب وأشكال الحرائق

أنواع الحرائق

حريق ملتهب (Flaming Fire): الأكثر شيوعًا، يحدث في الحالة الغازية فقط.

حريق متوهج (Glowing/Smoldering Fire): يفتقر إلى اللهب، ويتميز بتوهج المادة الصلبة. يعتبر أكثر خطورة من الحريق الملتهب لإمكانية استمراره في أجواء تفتقر للأكسجين الكافي واحتمالية حربية حدوث `Backdraft`.

حريق انفجاري (Explosive Fire): يحدث بوجود خليط محدد من الوقود الغازي والأكسجين ضمن حدود الانفجار (`LEL` و `UEL`).

أنواع اللهب

حسب الاستقرار

اللهب العشوائي (المتذبذب): أكثر شيوعًا في التطبيقات الصناعية، أسرع انتشارًا وأكثر خطورة بسبب وجود غازات نشطة وغير محترقة.

اللهب المنتظم (الطبقي): يستخدم في تطبيقات منزلية محدودة (تسخين، طهي)، أبطأ وأقل خطورة، وحركته انسيابية.

حسب موجة الاحتراق

اللهب الانفجاري (Detonation): جبهة اللهب تتحرك أسرع من سرعة الصوت.

اللهب الفجائي (Deflagration): جبهة اللهب تتحرك أبطأ من سرعة الصوت.

لغة النار: كيف يكشف لون اللهب عن درجة حرارته

أبيض: 1400-
1600 درجة مئوية

أصفر: 1200-
1400 درجة مئوية

برتقالي: 1000-
1200- درجة مئوية

أحمر لامع: 800
1000- درجة مئوية

أحمر غامق: 600
800- درجة مئوية

أحمر ضبابي: 500
600- درجة مئوية

لماذا ليس للنار لون واحد؟

يعتمد اللون على ثلاثة عوامل رئيسية:

1. نوعية الوقود المتفاعل
2. درجة حرارة النار
3. كمية الأكسجين المغذي

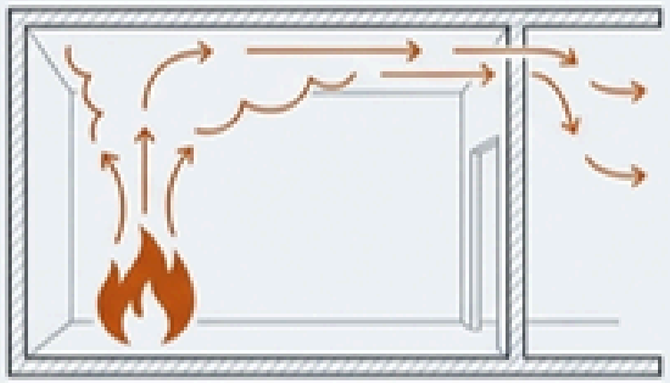
عندما تزداد درجة الحرارة، تنتقل الألوان من الطول الموجي الأكبر (الأحمر) باتجاه الطول الموجي الأقصر (الأزرق والبنفسجي)، وصولًا إلى الأبيض الذي هو مزيج من جميع ألوان الطيف.

دينامـ ديناميكيات الانتشار: كيف تتحرك النار وتتمدد

الإشعاع الحراري (Radiation)

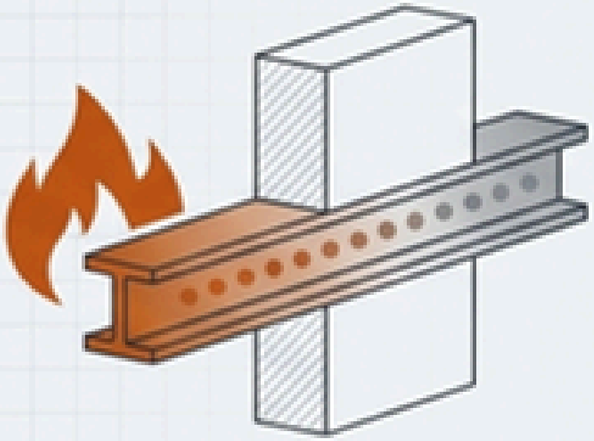
انتقال الحرارة على شكل موجات كهرومغناطيسية.
يمكن للإشعاع أن يشعل المواد المجاورة دون أي اتصال مباشر، حتى عبر المساحات المفتوحة.

الحمل الحراري (Convection)



انتقال الحرارة عبر حركة السوائل والغازات الساخنة. يتصاعد
يتصاعد الدخان والغازات الساخنة إلى الأعلى، وتنتشر أفقيًا عند اصطدامها بالسقف، ناقلة الحريق إلى أماكن مجاورة أو طوابق عليا.

التوصيل الحراري (Conduction)

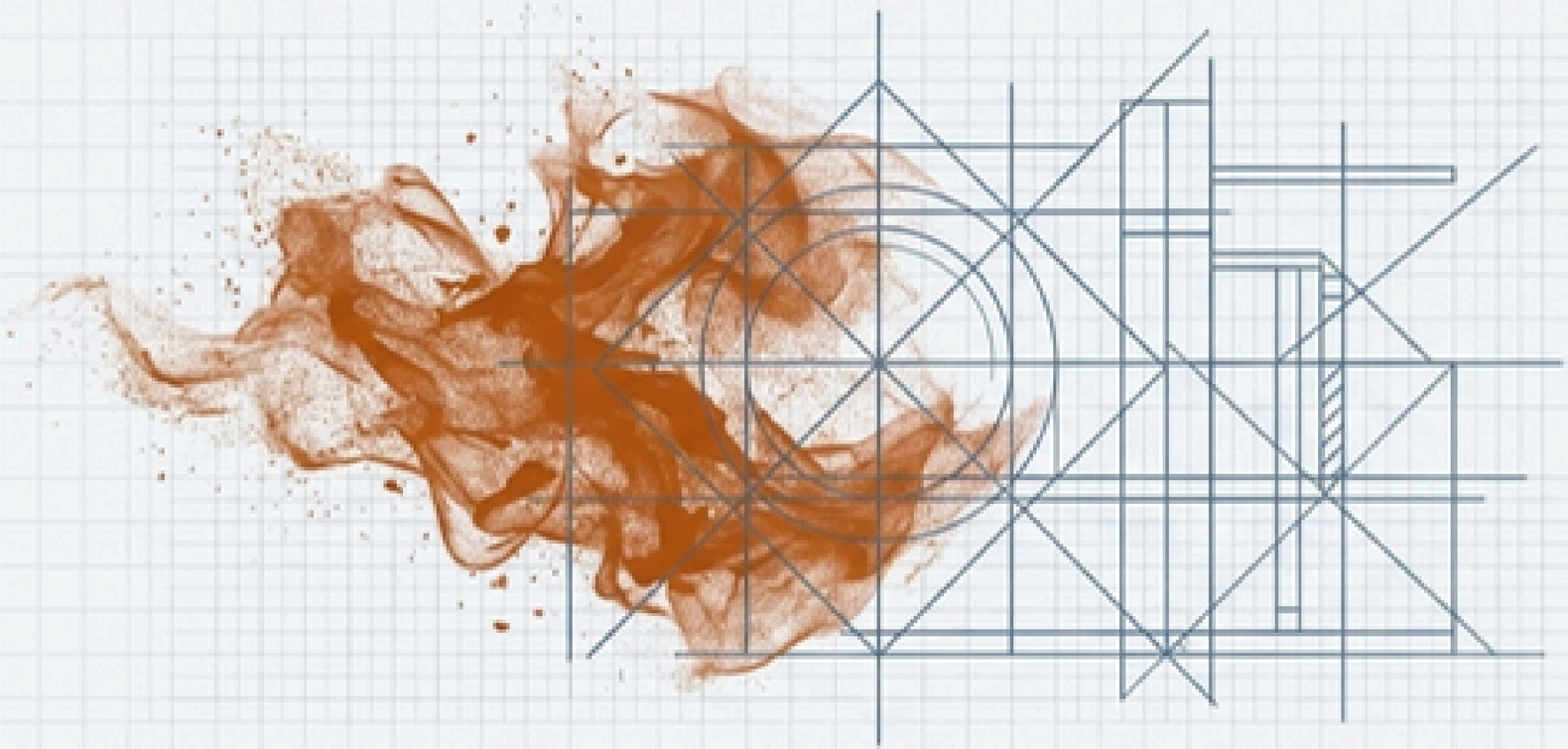


انتقال الحرارة مباشرة عبر المواد الصلبة.
يمكن الحريق الماشر.
يمكن للحريق أن ينتشر أفقيًا وعموديًا عبر الجدران والأرضيات والهياكل المعدنية.

الدخان هو أحد أبرز وأخطر منتجات الحريق، حيث يسبب 65% من حالات الوفاة الناتجة عن الحرائق بسبب الاختناق، بالإضافة إلى إعاقة الرؤية والمساعدة في انتشار النار.

تحديد ميدان المعركة: الإطار التنظيمي للوقاية من الحرائق

بعد فهم طبيعة الحريق، ننتقل إلى كيفية إدارته كخطر هندسي. الإطار التنظيمي يوفر لغة مشتركة وأساساً منطقياً لتصميم أنظمة الحماية. تبدأ هذه العملية بتصنيف دقيق للمخاطر، والمنشآت، والمواد.



أنواع التشييد (Types of Construction)

تحديد مقاومة مواد البناء والهيكل الإنشائي للحريق.

تصنيف المنشآت حسب الإشغال (Occupancy Classification)

تحديد طبيعة استخدام المبنى وتوزيع شاغليه.

تصنيف خطورة المواد (Hazard Classification)

تقييم شدة الحريق المحتملة بناءً على المواد الموجودة.

تصنيف خطورة المواد: قياس حجم التحدي

يحدد هذا التصنيف خطورة الحريق المحتملة في المنشأة بناءً على سرعة اشتعال المواد، وكمية الدخان، وشدة اللهب.

الخطورة قليلة (Light Hazard)

الوصف: مواد ذات قابلية قليلة للاشتعال ولا ينتشر الحريق بسببها بسرعة.
أمثلة: المساجد، المدارس، المستشفيات، المتاحف، الشقق السكنية.

متوسطة الخطورة (Ordinary Hazard)

الوصف: مواد قابلة للاشتعال وتبعث كميات كبيرة من الدخان عند احتراقها.
المجموعة الأولى (Group I): بضائع مكدسة لارتفاع لا يتجاوز 2.4 متر. (أمثلة: المخابز، مصانع الإلكترونيات، مواقف السيارات).
المجموعة الثانية (Group II): بضائع مكدسة لارتفاع أكثر من 3.8 متر. (أمثلة: مخازن الكتب، المراكز التجارية، مصانع الغزل).

عالية الخطورة (High Hazard)

الوصف: مواد قابلة للاشتعال تساعد على انتشار النار بسرعة وقد تؤدي إلى انفجارات.
المجموعة الأولى (Group I): (أمثلة: مصانع نشارة الخشب، مصانع البلاستيك والمطاط).
المجموعة الثانية (Group II): (أمثلة: سوائل قابلة للاشتعال أو الانفجار مثل الطلاء والمذيبات والزيوت).

تصنيف الإشغال: فهم البيئة المحمية

تصنف المباني حسب طبيعة إشغالها، لأن كل استخدام يفرض متطلبات مختلفة لمسارات الهروب، وأنظمة الإنذار، ومقاومة الحريق.

المباني الصناعية (Group F):
تستخدم للعمليات الصناعية مثل التجميع والإنتاج والصيانة.

المباني التعليمية (Group E):
تستخدم لتدريس 6 أشخاص فأكثر في مراحل التعليم العام.

مباني مكاتب أصحاب الأعمال (Group B):
تستخدم للأعمال والخدمات المهنية (بنوك، عيادات، مكاتب بريد).

مباني التجمعات (Group A):
تستخدم لتجمع 50 شخصًا فأكثر (مسارح، مطاعم، مساجد).

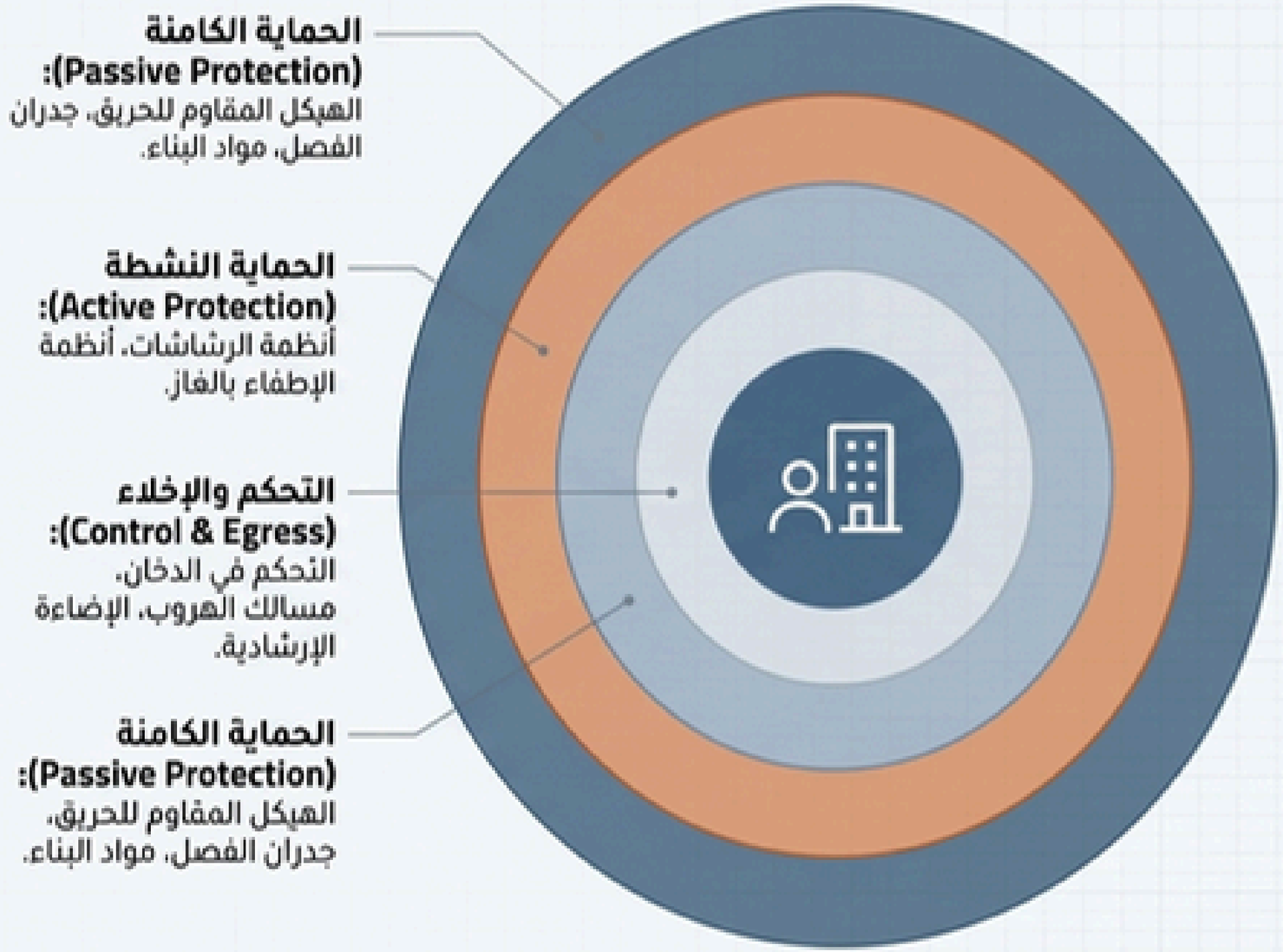
مباني المستودعات (Group S):
تستخدم لتخزين المواد غير المصنفة ضمن المواد عالية الخطورة.

المباني السكنية (Group R):
تستخدم للنوم، باستثناء المستشفيات والسجون (فنادق، شقق سكنية).

المباني عالية الخطورة (Group H):
تستخدم لإنتاج أو تخزين مواد ذات خطورة فيزيائية أو كيميائية عالية.

ترسانة المهندس: استراتيجية الدفاع متعدد الطبقات

لا تعتمد الحماية الفعالة على نظام واحد، بل على استراتيجية متكاملة تجمع بين الحماية الكامنة (Passive) والنشطة (Active). تعمل هذه الأنظمة معًا كطبقات دفاعية متتالية لضمان سلامة الأرواح والممتلكات.

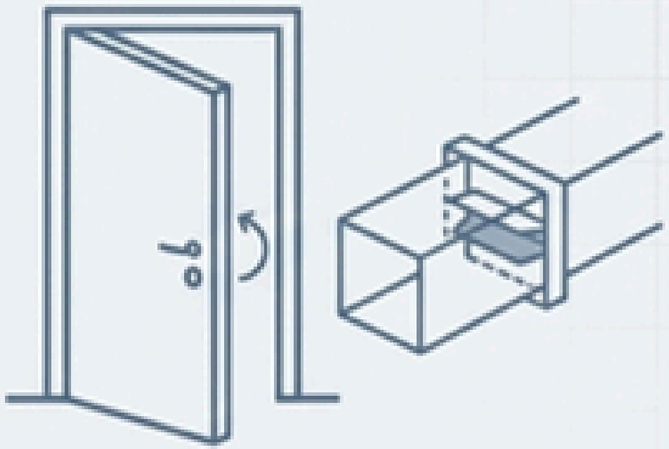


كل طبقة تهدف إلى إبطاء أو إيقاف تقدم الحريق، مما يمنح وقتاً ثميناً للإخلاء والاستجابة.

Noto Sans Arabic Regular

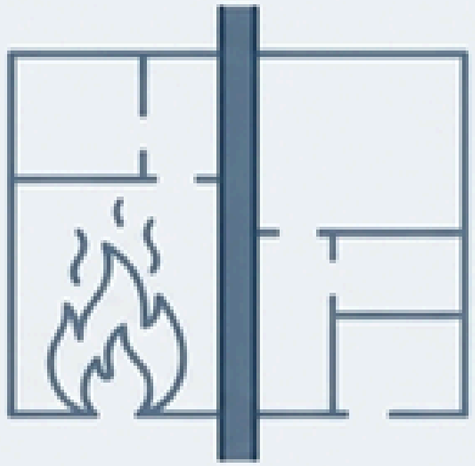
الحماية الكامنة: دمج المقاومة في صميم الهيكل

الحماية الكامنة هي خط الدفاع الأول. هي الأنظمة المدمجة في تصميم المبنى والتي تعمل على احتواء الحريق ومنع انتشاره دون الحاجة إلى تفعيل ميكانيكي أو إلكتروني.



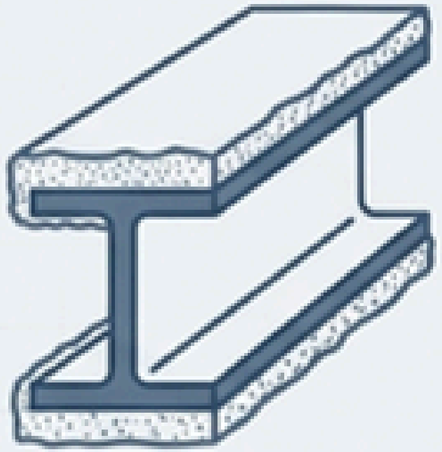
حماية الفتحات
(Protection of Openings)

استخدام أبواب وشبابيك وخانقات حريق (Fire Dampers) ذاتية الإغلاق ومقاومة للحريق لمنع النار والدخان من الانتقال عبر الفتحات في الجدران والأرضيات.



جدران الحريق والقواطع الداخلية
(Fire Walls & Partitions)

جدران مصممة خصيصًا لمنع انتشار الحريق من جزء من المبنى إلى جزء آخر، مما يقسم المبنى إلى "أطواق فصل" منفصلة.



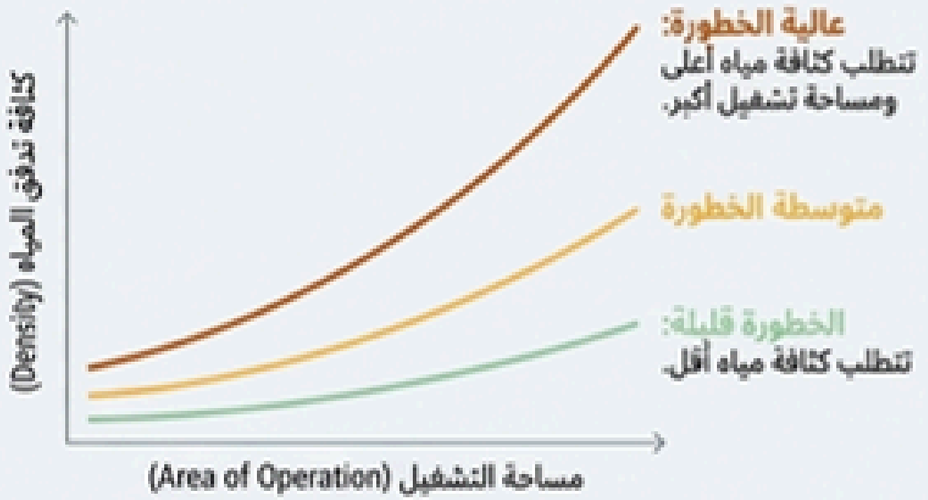
أنواع التشييد المقاومة للحريق
(Fire-Resistant Construction Types)

استخدام مواد بناء (خرسانة، فولاذ) وهياكل إنشائية مصممة لتحمل درجات حرارة عالية لفترة زمنية محددة (درجة مقاومة الحريق بالساعة).

الحماية النشطة: أنظمة المكافحة المائية

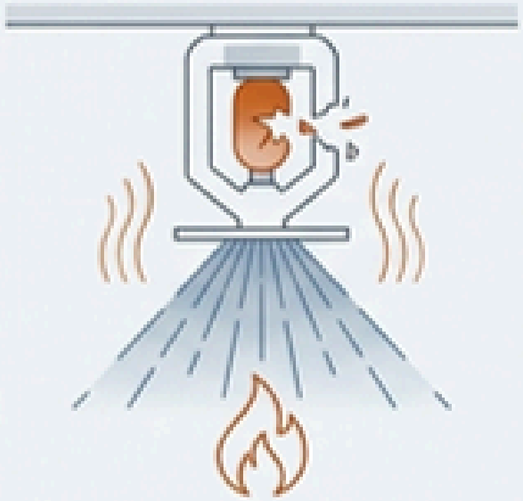
عندما تفشل الحماية الكامنة في احتواء الحريق، تأتي أنظمة الإطفاء النشطة للتدخل المباشر. أنظمة الرش الآلي هي حجر الزاوية في المكافحة الفعالة.

التصميم بناءً على الخطورة (Design based on Hazard)



يتم تصميم كثافة تدفق المياه (GPM/ft^2) ومساحة التشغيل (Area of Operation) بناءً على تصنيف الخطورة الذي تم تحديده سابقاً.

نظام رشاشات المياه (Sprinkler System)



كيف يعمل: تحتوي رؤوس الرشاشات على عنصر حساس للحرارة (زجاجة تحتوي على سائل أو وصلة معدنية قابلة للانصهار). عند وصول الحرارة لدرجة معينة، ينكسر العنصر ويسمح بتدفق المياه مباشرة فوق منطقة الحريق.

Key Fact: فقط الرشاشات القريبة من الحريق هي التي تعمل، وليس كل الرشاشات في المبنى.

مكونات أخرى

- **أنظمة المواسير الرأسية (Standpipe Systems):** توفر نقاط اتصال لفرق الدفاع المدني لاستخدام خراطيمهم داخل المبنى.
- **حنفيات الحريق (Fire Hydrants):** توفر مصدر مياه خارجي لسيارات الإطفاء.

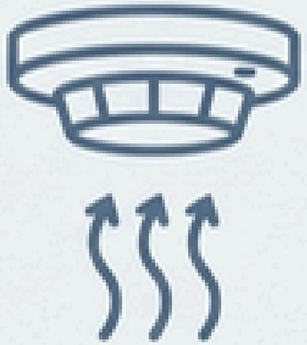
أنظمة الإنذار والكشف: سبق الخطر بخطوة

السلامة تبدأ بالوعي. أنظمة الكشف والإنذار هي "حواس" المبنى، مصممة لاكتشاف الحريق في مراحله الأولى وتنبيه الشاغلين وفرق الطوارئ، مما يوفر وقتاً حاسماً للإخلاء.

كواشف اللهب (Flame Detectors)

تستشعر الطاقة الإشعاعية (الأشعة فوق البنفسجية أو تحت الحمراء) الصادرة عن اللهب. تستخدم في المساحات المفتوحة أو ذات الأسقف العالية حيث قد لا يصل الدخان أو الحرارة إلى الكواشف بسرعة.

كواشف الحرارة (Heat Detectors)



تستجيب عند الوصول إلى درجة حرارة ثابتة محددة (Fixed Temperature) أو عند ارتفاع درجة الحرارة بمعدل سريع (Rate-of-Rise). مناسبة للأمكنة التي قد يوجد بها دخان في الظروف العادية (مثل المطابخ).

كواشف الدخان (Smoke Detectors)

الأكثر حساسية للمراحل الأولى من الحريق. تعمل بتقنيات التأين (Ionization) أو الكهروضوئية (Photoelectric). الأسرع استجابة للدخان الذي ينتشر بسرعة أعلى من الحرارة.

عناصر النظام الرئيسية

لوحة التحكم (Fire Alarm Control Panel): العقل المدبر للنظام، تراقب الكواشف وتفعل أجهزة الإنذار.

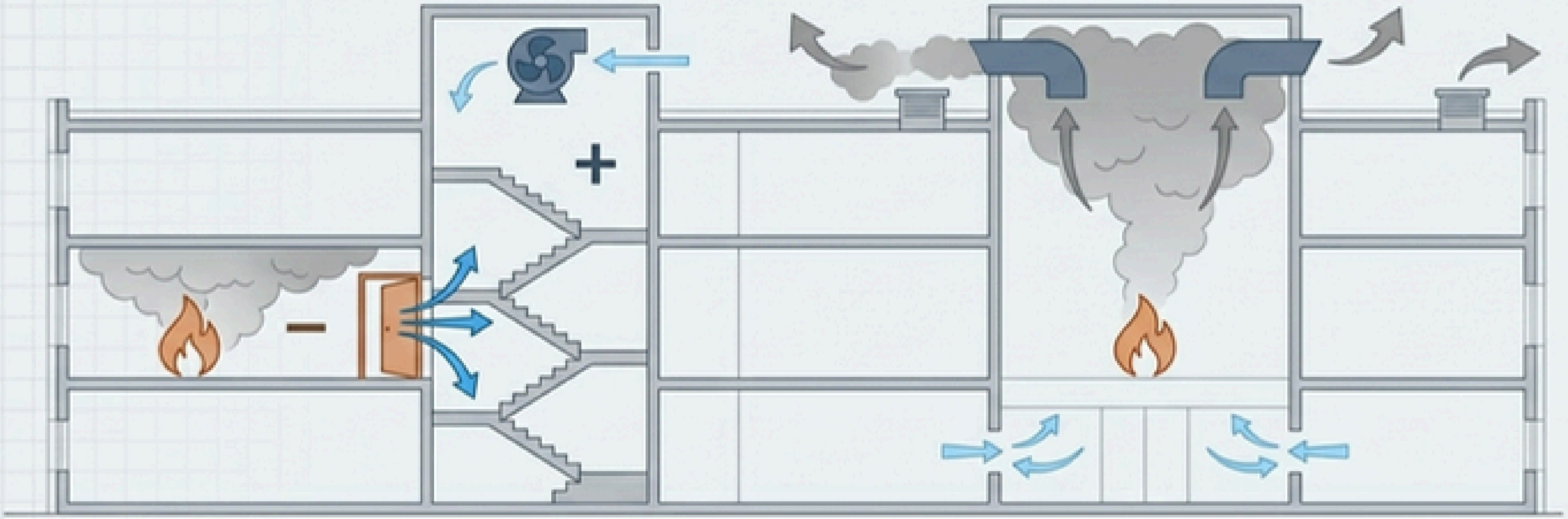
وحدات الإبلاغ (Indicating Devices): المبينات الصوتية (أجراس، صفارات) والمرئية (أضواء وماضة) لتنبيه الشاغلين.

التحكم في الدخان: الحفاظ على مسارات الهروب آمنة

في كثير من الحرائق، يشكل الدخان تهديداً أكبر من اللهب نفسه. أنظمة التحكم في الدخان هي أنظمة ميكانيكية مصممة لإدارة حركة الدخان، والحفاظ على بيئة آمنة في مسالك الهروب، ومساعدة فرق الإطفاء.

نظام سحب الدخان (Exhaust)

نظام الضغط التفاضلي (Pressurization)



تستخدم مراوح العادم لسحب الدخان والغازات الساخنة من المساحات الكبيرة وطرده إلى خارج المبنى.

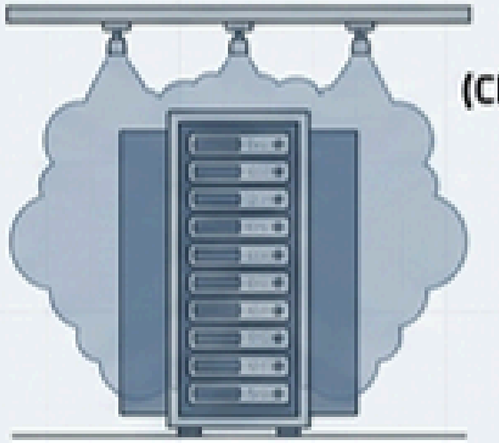
يتم ضخ الهواء النقي إلى المناطق الحيوية (مثل أدراج الهروب والمصاعد) لرفع الضغط ومنع تسرب الدخان إليها.

أدوات متخصصة: ما وراء الماء

لا يمكن إطفاء جميع الحرائق بالماء. تتطلب المخاطر الخاصة—مثل حرائق السوائل القابلة للاشتعال، أو المعدات الكهربائية، أو المعادن— عوامل إطفاء متخصصة.

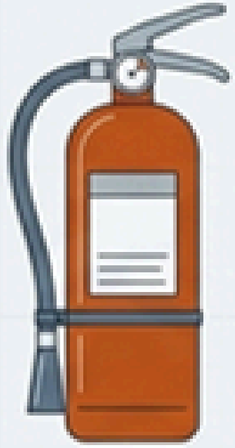
أنظمة الغاز النظيف
(Clean Agent Systems - FM-200, Novec)

تستخدم في حماية الأصول الحساسة (غرف الخوادم، مراكز البيانات) حيث يمكن أن يسبب الماء ضررًا كبيرًا. تعمل عن طريق إيقاف التفاعل الكيميائي للاحتراق.



طفايات الحريق اليدوية
(Fire Extinguishers)

خط الدفاع الأول والمباشر، يتم توزيعها بناءً على مسافة الوصول (Distance Travel) وتصنيف الحريق (Class A, B, B, C).



أنظمة الرغوة والمساحيق الجافة
(Foam & Dry Chemical Systems)

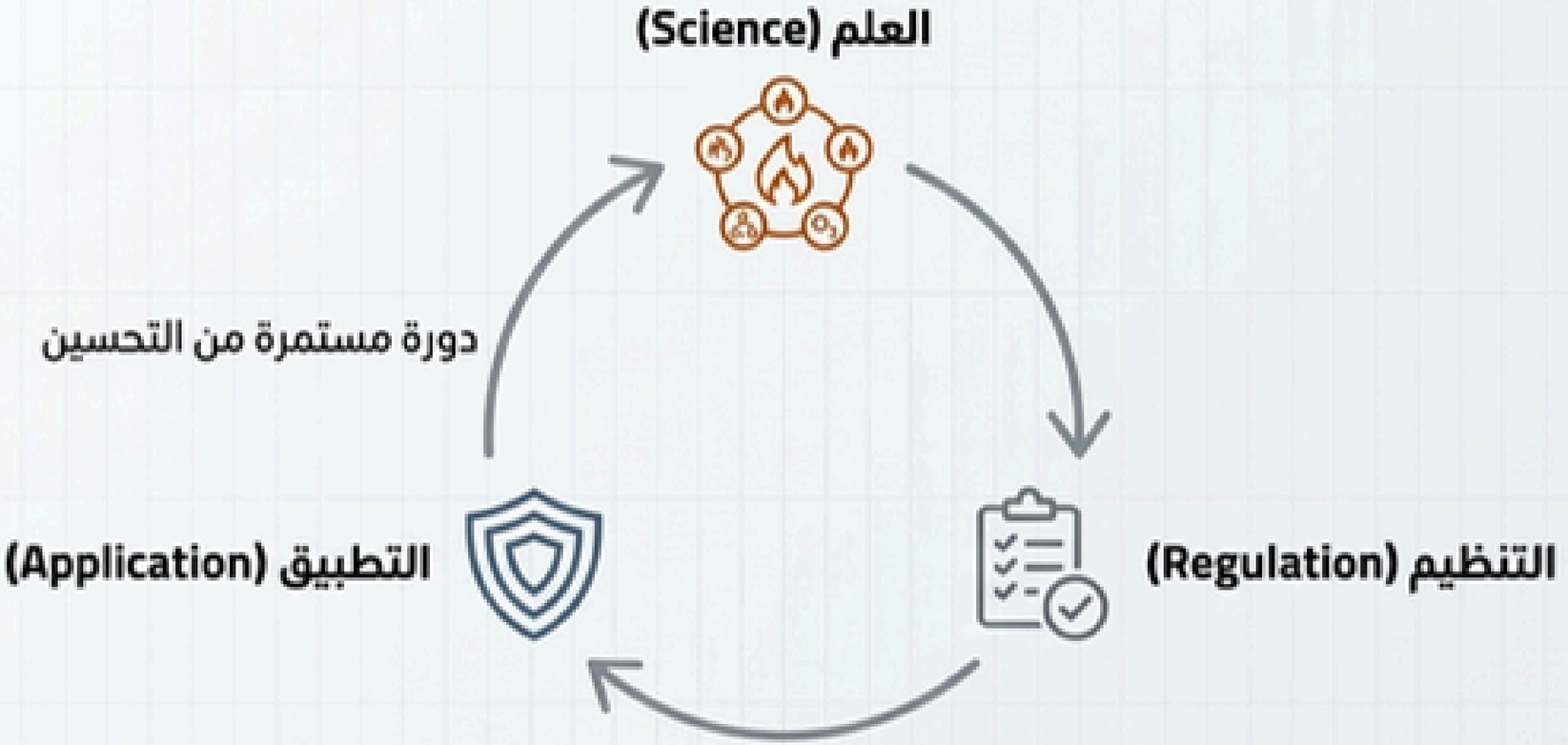
تستخدم الرغوة (Foam) لتغطية سطح السوائل المشتعلة (Class B)، مما يمنع تبخرها. تستخدم المساحيق الجافة (Dry Powder) لحرائق المعادن (Class D) والمواد الكيميائية.

أنظمة ثاني أكسيد الكربون
(CO2 Systems)

تعمل على إزاحة الأكسجين (الخنق) وتبريد الحريق. فعالة للمخاطر الصناعية والسوائل القابلة للاشتعال، ولكنها تشكل خطر اختناق على الأفراد.

توليف السلامة: هندسة متكاملة لحماية الأرواح

لا تكمن قوة هندسة السلامة من الحرائق في نظام واحد، بل في التكامل الذكي بين جميع طبقات الدفاع. من فهم سلوك اللهب على المستوى الجزيئي، إلى تطبيق الأكواد التنظيمية، وصولًا إلى تصميم أنظمة حماية متزامنة، الهدف هو إنشاء بيئة مرنة يمكنها الاستجابة بفعالية للخطر.



إنها ليست مجرد مجموعة من القواعد، بل هي ممارسة هندسية استراتيجية، حيث كل مكون وكل نظام هو جزء من قصة أكبر: قصة الحماية والوقاية.

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 -01147799929

info@tstc.com.eg

www.tstc.com.eg

امسح الكود لزيارة موقعنا الإلكتروني