
כבלים מונעי התפשטות אש

ד"ר חנוך ינון



נושאים

- ❖ נזקי שריפה
- ❖ סוגי חומרים – PVC ו- HFFR
- ❖ בדיקות התפשטות אש
 - רמה בסיסית - בדיקה לפי IEC-60332-1
 - רמה גבוהה - בדיקה לפי IEC-60332-3
- ❖ בדיקת גאזי פליטה ועשן
 - בדיקת הגאז הנפלט לפי IEC-60754-1/2
 - בדיקת כמות העשן הנפלטת ע"פ IEC-61034
- ❖ הגדרות נוספות – Riser, Plenum
- ❖ המלצות



"העשן הוא הגורם העיקרי למוות"

רב טפסר שמעון רומח – נציב שירותי הכבאות הארצי

משולש האש



חומרים מעכבי בעירה

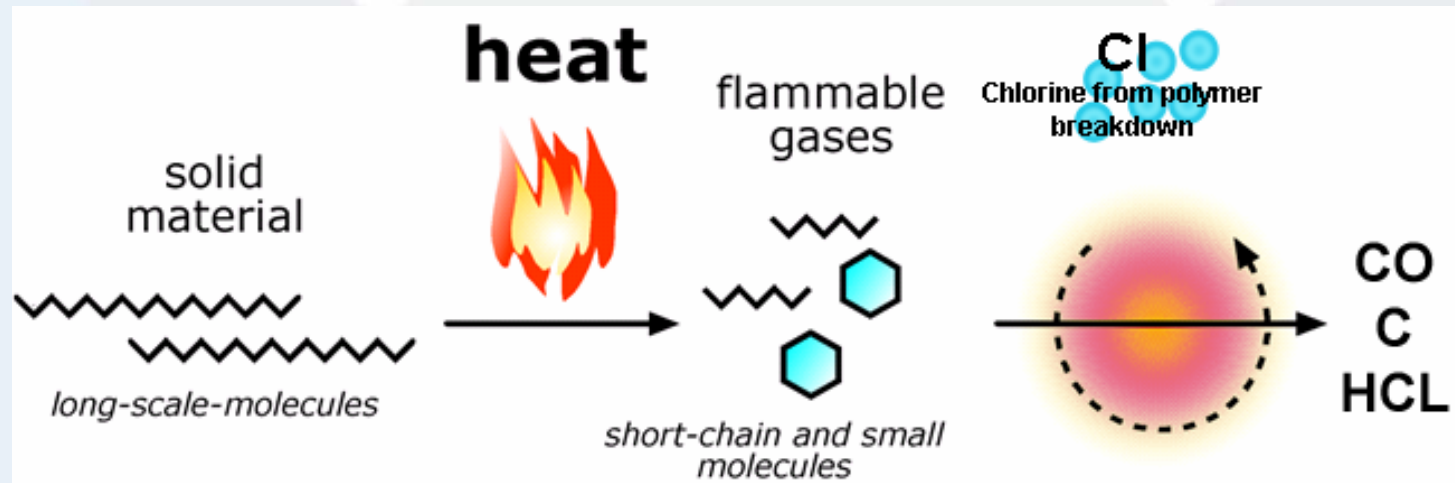
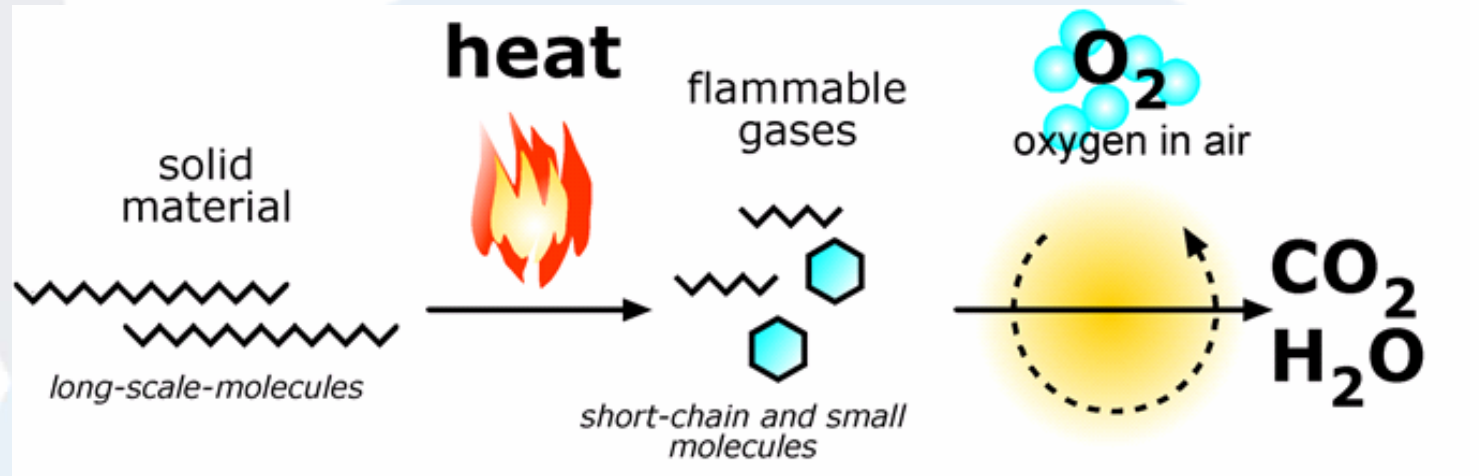


חומרים מעכבי בעירה - PVC

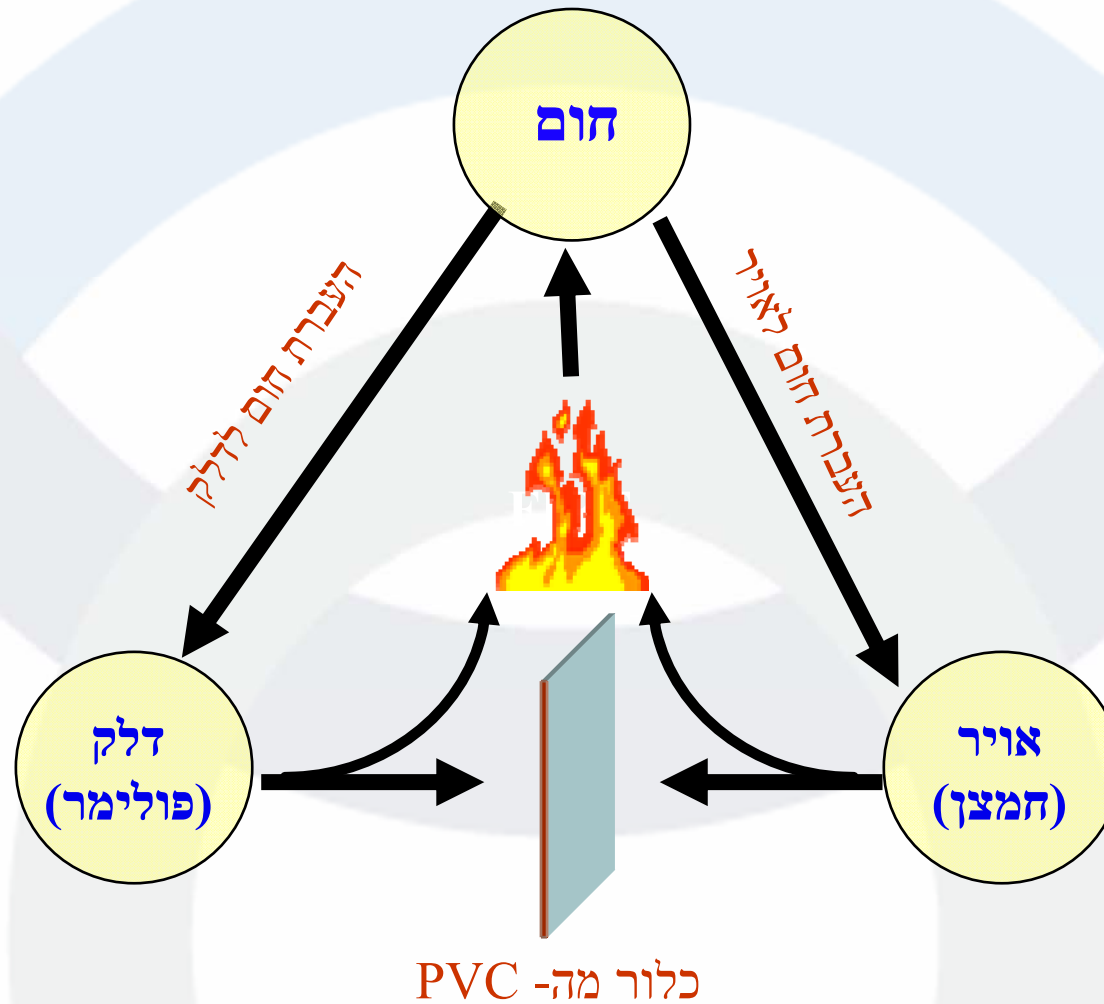
- ❖ Poly-Vinyl Chloride – PVC פולימר המכיל כמות גדולה של כלור
- ❖ כלור הינו חבר בקבוצת יסודות הנקראת הלוגנים (יחד עם פלואור, ברום ויוד)
- ❖ חומרים אלה בפאזה גאזית מדכאים שריפה על ידי תחרות עם אטומי החמצן באוויר על החומרים האורגניים הנשרפים



מנגנון עיכוב בעירה של כלור



משולש האש - PVC



תוצרי לוואי של שריפה בנוכחות כלור - 1

- ❖ HCl – גאז כבד המהווה יחד עם לחות חומצה חזקה ביותר.
בשאיפה לריאות גורם להרס הרקמות דרכן חודר החמצן לגוף
 - נזק בלתי הפיך לריאות – סכנת מוות בחשיפה של למעלה מ-10 דקות
 - גורם נזק כבד לציוד אלקטרוני
- ❖ CO – גאז ללא ריח או צבע המחליף את החמצן בכדוריות הדם האדומות
 - גורם לאיבוד אוריינטציה וערנות – מקשה על ההתפנות מאזור השריפה
 - סכנת מוות בחשיפה ארוכה

תוצרי לוואי של שריפה בנוכחות כלור - 2

- ❖ C – אבק פחם הנוצר כתוצאה מחמצון חלקי של הפולימר –
נפלט מאזור השריפה כעשן שחור וסמיך
- מקשה על הראות ומעכב את ההתפנות מאזור השריפה
- חודר לריאות וסותם את אזורי כניסת החמצן לדם
- סכנת מוות בחשיפה ארוכה

יתרונות ה-PVC כמעטה לכבלים

- ❖ פולימר גמיש – מקל על התקנת הכבלים והטיפול בהם
- ❖ מעכב הבעירה הטוב ביותר (בייחוד עם תוספים מתאימים)
- ❖ פולימר עמיד במירב החומרים הכימיים: חומצות, בסיסים וכדומה
- ❖ בעל תכונות מכניות טובות – כבלים עמידים בצורה סבירה בכיפופים, מתיחה, שפשוף ועוד
- ❖ מגוון רחב מאד של פורמולציות לכל מטרה
- ❖ בפורמולציות מתאימות עמיד בטמפרטורות גבוהות למדי
- ❖ מחיר נמוך
- ❖ ייצור מקומי
- ❖ קיים ללא תוספים מסוכנים – עומד בדרישות ROHS

פולימרים מעכבי בעירה על בסיס מינראלי

❖ קבוצת פולימרים מרוכבים המכילה בנוסף לפולימר גם אבקה מינראליות המסייעת בכיבוי שריפה

❖ הפולימר הוא מקבוצת הפוליאתילנים – חומר אורגני ללא הלוגנים

❖ המינרל הוא:

Aluminum Hydroxide – $Al(OH)_3$ ·

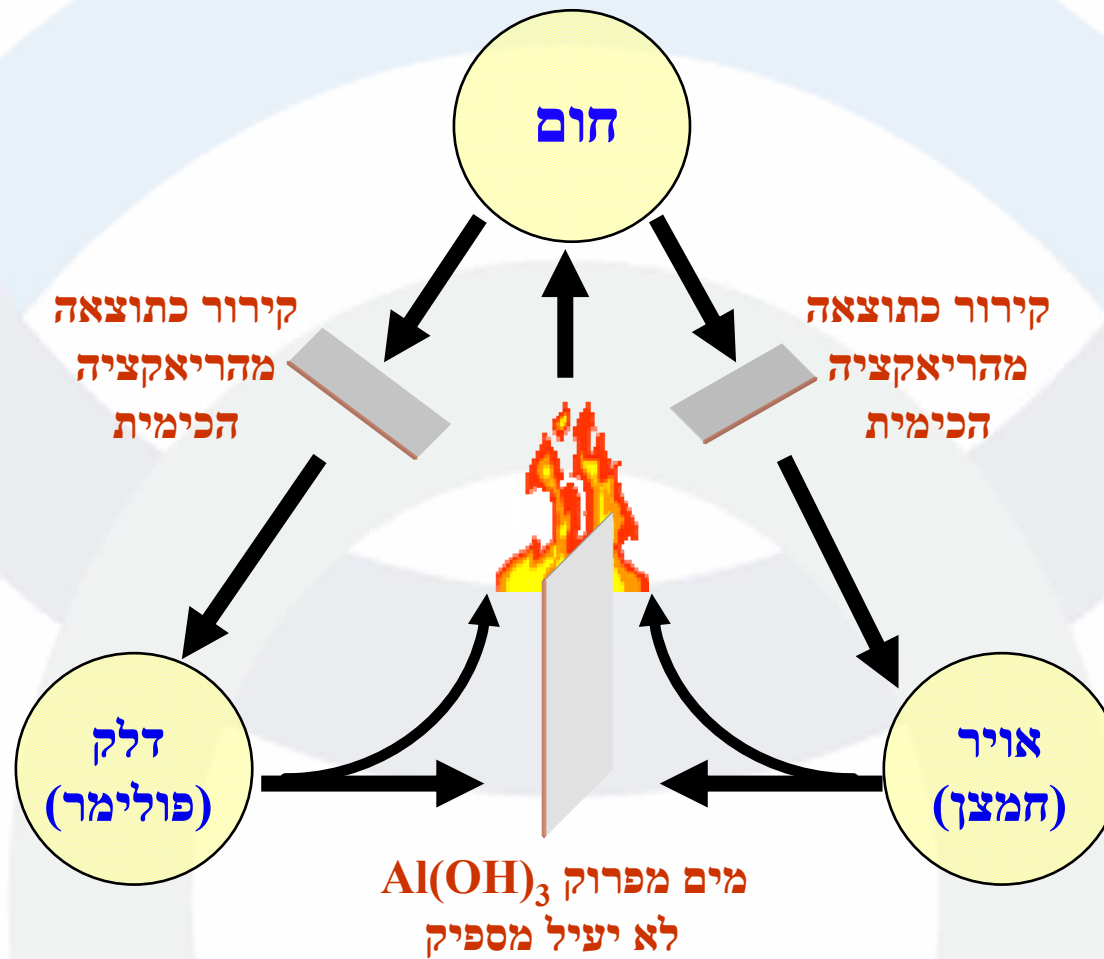
Magnesium Hydroxide – $Mg(OH)_2$ ·

❖ הפולימר המרוכב אינו מכיל תוספים רעילים או מסוכנים לאדם ולסביבה

מעטה HFFR בשריפה



משולש האש - HFFR



טרמינולוגיה

❖ מספר שמות לקבוצות החומרים:

• חומרים נטולי הלוגנים מעכבי בעירה

Halogen-Free Flame-Retardant – HFFR

• חומרים נטולי הלוגנים הפולטים מעט עשן

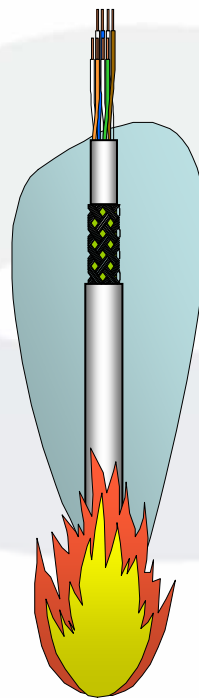
Low-Smoke, Zero-Halogen – LSZH או LS0H

❖ השם הנפוץ בארץ - HFFR

חסרונות חומרי ה-HFFR

- ❖ מספר קטן של יצרנים בעולם – אין ייצור מקומי
- ❖ מחיר מעט יותר גבוה ממחיר PVC
- ❖ תכונות מכניות נחותות יחסית לתכונות PVC
- ❖ עמידות בחום נחותה יחסית ל-PVC
- ❖ עמידות נמוכה בכימיקלים ובתנאי שטח קשים
- ❖ אינו יעיל בכיבוי אש כמו PVC
- אחת הסיבות לכך שהחומרים הללו אינם מקובלים בארה"ב
- ❖ אינו מפעיל גלאי עשן כהתראה לשריפה
- ❖ קשיים בייצור – מחייב ציוד ייצור מיוחד

בדיקות בעירה

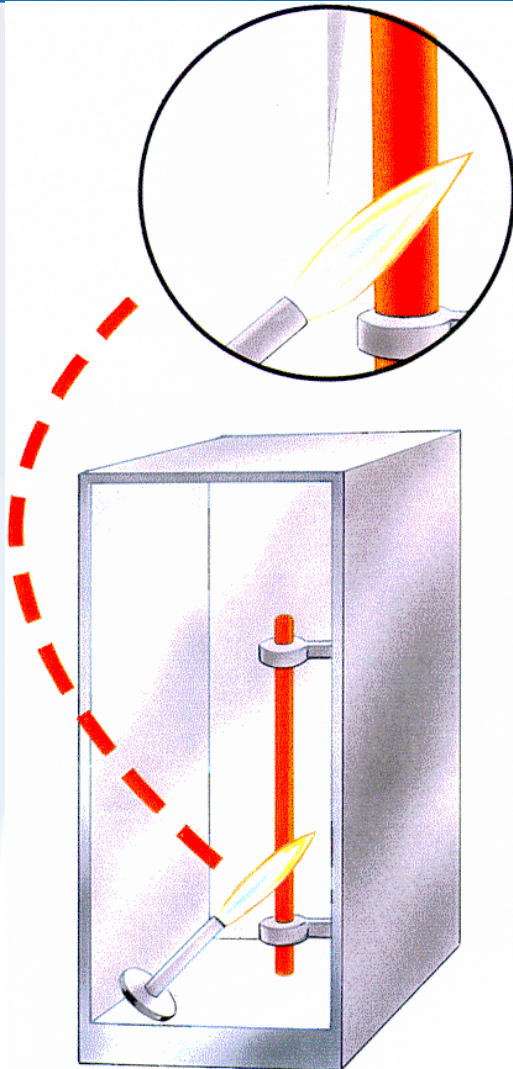


בדיקות בעירת כבלים

שתי רמות מקובלות בעולם (מלבד ארה"ב):

- ❖ רמה בסיסית – שיטת הבדיקה מוגדרת בתקן IEC-60332-1
 - רוב הכבלים מבוססי PVC או HFFR עומדים בדרישה זו
 - כתנאי להגדרתם כמעכבי בעירה – Flame Retardant – FR
- ❖ רמה גבוהה – שיטת בדיקה מוגדרת בתקן IEC-60332-3
 - קיימות מספר דרגות עמידה ברמה זו ע"פ נפח החומר שאינו מתכתי בתא השריפה
 - בדרך כלל נבדקים הכבלים ע"פ דרגה C (1.5 ליטר חומר אורגני)

בדיקת כבל ע"פ IEC-60332-1

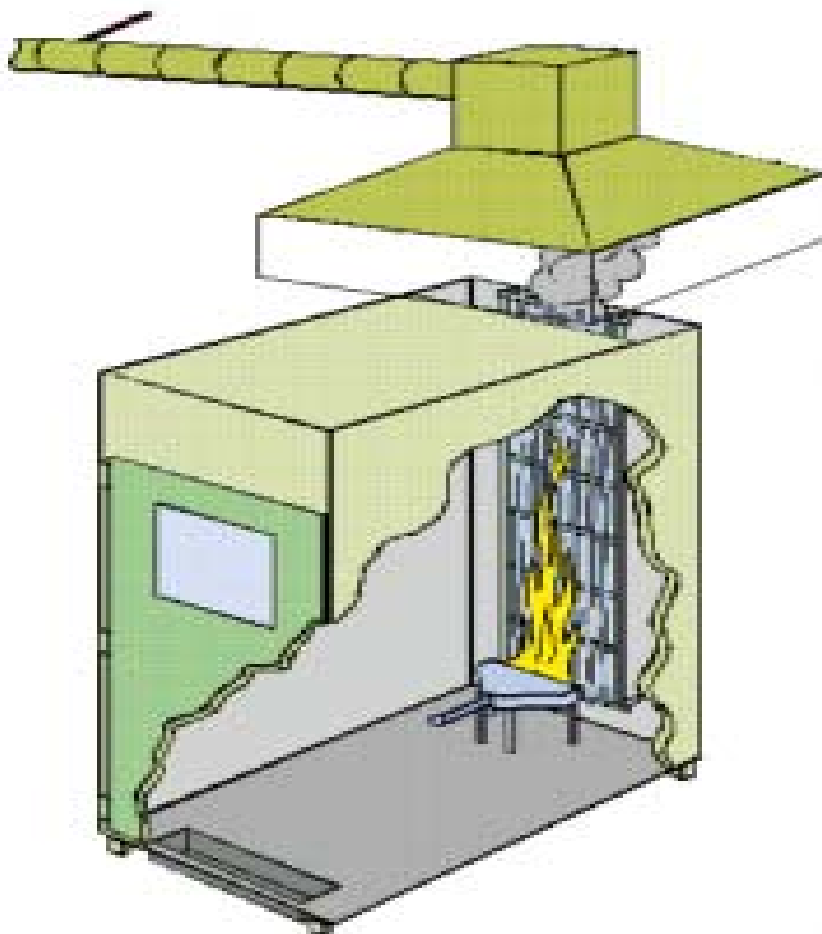


- ❖ אורך דוגמת הכבל – 60 ס"מ
- ❖ להבת מבער בונזן משופר
- ❖ טמפרטורת המבער מבוקרת
- ❖ המבער בזווית 45° לכבל
- ❖ הפעלת המבער למשך 60 שניות
- ❖ לאחר כיבוי המבער, האש תכבה עד 5 ס"מ מהקצה העליון

בדיקת כבל ע"פ IEC-60332-1



הגדרות IEC 60332-3



- ❖ תא שריפה ממתכת במידות 1x2x4 m (WxDxH)
- ❖ זרימת אויר מבוקרת של 5 מ"ק לדקה
- ❖ מבער פרופאן-אוויר המספק להבה רחבה
- ❖ זמן הפעלת מבער – 20 דקות
- ❖ נזקי שריפה לא יגיעו אל מעבר ל- 2.5 מטר מהמבער

תא שריפה ע"פ IEC-60332-3



בדיקת כבל ע"פ IEC-60332-3

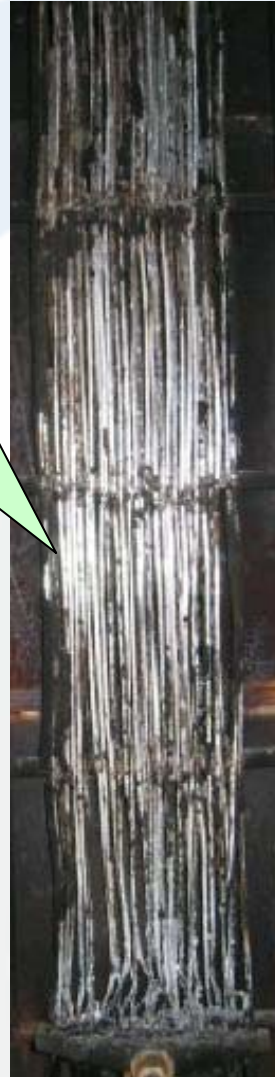


מבער לפי IEC-60332-3



כבל לאחר בדיקה ע"פ IEC-60332-3

כבל אינו עומד
בדרישה: גובה
כבל פגוע: 3
מטר



כבל עומד
בדרישה: גובה
כבל פגוע: 1.75
מטר



תכנון כבלים לעמידה בבדיקות שריפה

- ❖ שימוש בחומר הנכון אינו ערובה לכך שכבל מסויים יעבור בהצלחה בבדיקות שריפה (לפי 60332-1 או 60332-3)
- ❖ תכנון וייצור הכבל משפיעים באופן מובהק על התנהגות הכבלים תחת אש:

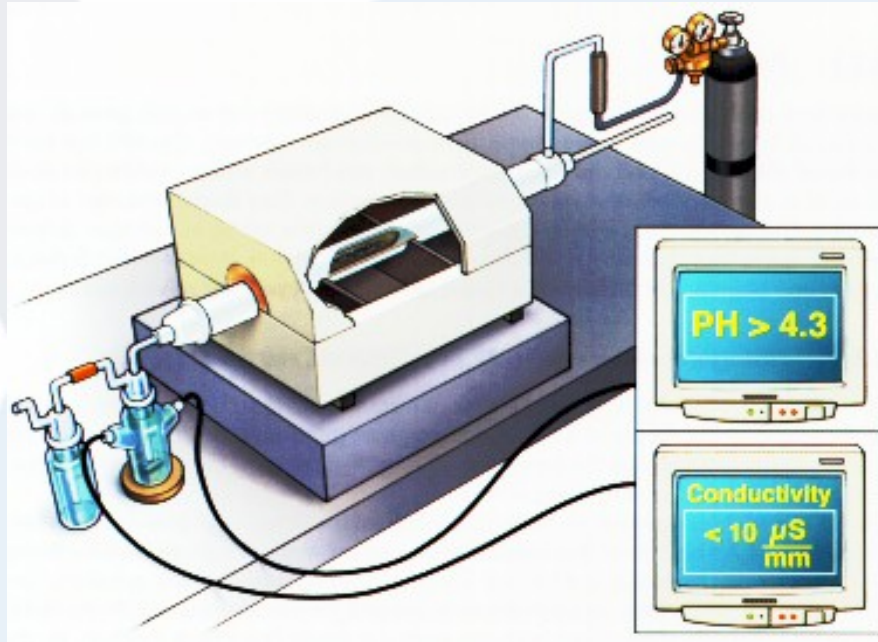
- עובי המעטה
- הידוק המעטה על לב הכבל
- שילוב חומרים דליקים בלב הכבל
- שילוב שכבה מתכתית מתחת למעטה

בדיקות גאזי שריפה ע"פ IEC-60754-1

- ❖ בדיקת גאזי הפליטה בשיטות כימיה קלאסית למדידת כמות הכלור הנפלטת מחומרי מעטה
- ❖ מתייחס לחומר ולא לכבל
- ❖ ספק החומר אחראי להשגת האישור מתאים



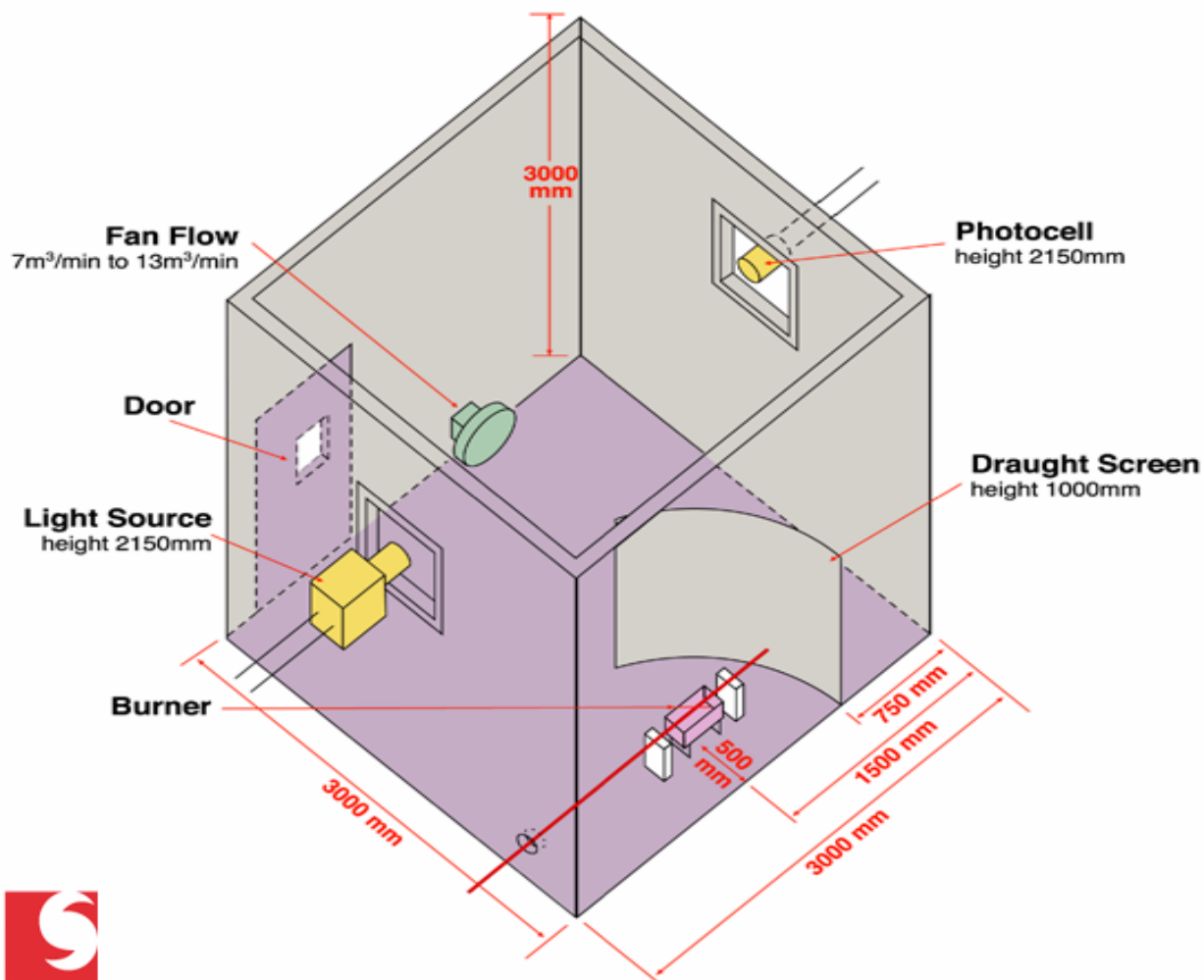
בדיקות גאזי שריפה ע"פ IEC-60754-2



- ❖ הכבל נשרף בתא מיוחד
- ❖ גאזי הפליטה נבדקים באמצעים כימיים
- ❖ דרגת חומציות גאזי הפליטה (pH) צריכה להיות גדולה מ- 4.3
- ❖ מוליכות תמיסה בה מבעבע גאז הפליטה צריכה להיות נמוכה מ- $10 \mu\text{S}/\text{mm}$

- ❖ מתייחס לחומר ולא לכבל
- ❖ ספק החומר אחראי להשגת האישור מתאים

בדיקת יצירת עשן ע"פ IEC-61034



הגדרות הבדיקה ע"פ IEC-61034

- ❖ כמות הכבלים הנשרפת בתא מוגדרת ע"פ קוטר הכבל
- ❖ הכבלים נמצאים מעל שוקת המכילה אלכוהול המוצת עם תחילת הבדיקה
- ❖ עוצמת האור העובר מצד אחד לשני דרך תא השריפה נמדדת
- ❖ המדידה נמשכת עד שאין שינוי בעוצמת האור או עד 40 דקות מתחילתה
- ❖ אסור לעוצמת האור לרדת מתחת ל-60% מעוצמת האור לפני תחילת הניסוי

יצירת עשן בבדיקה ע"פ IEC-61034

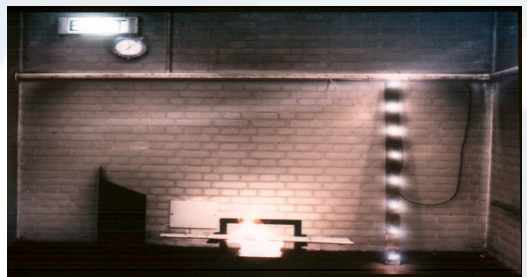
HFFR



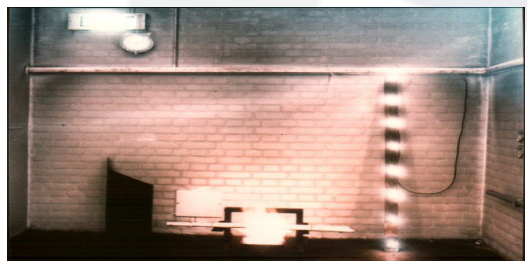
30 seconds



3 minutes



6 minutes



12 minutes

PVC



בדיקות עמידות כבלים בשריפה ע"פ התקנים האמריקאים

- ❖ רמה מירבית של הגנה מפני התפשטות אש
 - כבלי Plenum ע"פ תקן UL-910 לשימוש ברצפות או תקרות תלויות.
כבלים עשויים פלואורו-פולימרים (ממשפחת הטפלון)
- ❖ רמה גבוהה של הגנה מפני התפשטות אש
 - UL-1666 – דומה בעקרון לבדיקה ע"פ IEC-60332-3
- ❖ רמת ביניים של הגנה מפני התפשטות אש
 - UL-1581 סעיף 1160 מוגדר ב- UL-1685 (=IEEE 383)
- ❖ רמה נמוכה של הגנה מפני התפשטות אש:
 - UL-1581 סעיף 1080: דומה ל- 60332-1. מוכר גם כ- VW-1

בדיקת כבלי Plenum ע"פ UL-910



הגדרות כבלים ע"פ NEC אמריקאי

- ❖ National Electric Code = NEC – קוד עמידות באש אמריקאי
- ❖ כבלים אופטיים דיאלקטריים מוגדרים ע"פ אחד מן הסוגים הבאים:
 - OFNP – כבל לשימושי Plenum צריך לעמוד ב- UL-910
 - OFNR – כבל עליה (Riser) לשימוש בפירי תקשורת. צריך לעמוד ב- UL-1666
 - OFN – כבל לשימושים כללים, צריך לעמוד בדרישות UL-1581
IEEE 383 = Section 1160
- ❖ קיימות הגדרות מקבילות לכבלים אופטיים הכוללים מוליכי מתכת
- ❖ קיימות הגדרות מקבילות לכבלי נחושת
- ❖ ההגדרות הללו מצויות במסמך UL-1651

המלצות

- ❖ בסביבה מרובת כבלים אשר בה נמצאים בני אדם, מומלץ מאד להשתמש אך ורק בכבלים בעלי מעטה HFFR העומד בדרישת התקן IEC-60332-3C. דוגמאות: מנהרות תעבורה, חדרי תקשורת ומחשבים, מרכזי אחסון וטיפול במידע
- ❖ בסביבה בה מספר הכבלים מועט, מספיק להגדיר כבלים בעלי מעטה HFFR העומדים בדרישות התקן IEC-60332-1
- ❖ כבלים חיצוניים/פנימיים (Indoor/Outdoor) שאינם נכנסים לבנין למעלה מ- 2 או 3 מטר – מומלץ להגדיר מעטה PVC העומד בדרישת התקן IEC-60332-1
- ❖ כבלים לשימוש חיצוני, במיוחד כבלים החשופים לתנאי מזג האוויר (שמש, מים) – מומלץ להשתמש במעטי PVC או פוליאתילן הכוללים הגנה מפני קרינת UV