

במקצוע ועבודות החשמל בהן יתנסה המבקש במהלכה; המצאת דין וחשבון למנהל בתום תקופת ההתמחות על ידי בעל הרישיון כאמור ... בדבר יכולתו של המבקש לבצע את עבודות החשמל ...

### בחינות רישוי:

בחינות רישוי לפי חוק זה יהיו בנושאי בטיחות חשמל והתקנות לפי חוק זה. לבחינות הרישוי יהיה ראוי לגשת מי שהשלים את תקופת ההתמחות. שר התעשייה המסחר והתעסוקה, לאחר התייעצות עם המועצה ובאישור ועדת העבודה הרווחה והבריאות של הכנסת, ראוי לקבוע נושאים נוספים לבחינות הרישוי, וכן הוא ראוי לקבוע הוראות לעניין סדרי הבחינות והוראות לעניין הנוהל לעררים על ציוני הבחינות.

### תעודת מתמחה

המנהל ראוי להעניק תעודת מתמחה לאדם בתקופת התמחות במקצוע חשמל לפי חוק זה, לתקופה שיוורה, לאחר שהשלים את ההשכלה הנדרשת לעיסוק באותו מקצוע; בעל תעודת מתמחה ראוי לעסוק בביצוע עבודות חשמל שבתחום העיסוק של מקצוע החשמל שבו הוא מתמחה, בפיקוח ובהשגחה של בעל רישיון לביצוע אותן עבודות, אך הוא לא יהיה ראוי לחתום על תוכניות חשמל. מספר דוגמאות של רישיונות:

### חשמלאי-ראשי מורשה

מי שסיים בהצלחה קורס חשמלאים ראשיים שבפיקוחו של משרד התעשייה המסחר והתעסוקה, כולל עמידה בבחינת ידע בתחום הבטיחות והתקנות מכוח חוק זה; התמחות מקצועית במשך תקופה של שנתיים.

### חשמלאי-מהנדס (מהנדס חשמל מורשה)

מהנדס חשמל במקצועות שתפרט המועצה, הרשום בענף חשמל, בפנקס המהנדסים, שעמד בבחינת ידע בתחום הבטיחות והתקנות מכוח חוק זה ועבר התמחות מקצועית במשך תקופה של שנתיים.

### חשמלאי-מסויג לפי תחום עיסוק

מי שסיים בהצלחה השתלמות מיוחדת שאושרה על ידי המועצה לעניין זה. לגבי עבודות הקשורות בתפעול מערכות מתח גבוה ימציא המבקש את המסמכים המתאימים (מפורטים בחוק זה). ■



נישמיית מטיפוס N-100 בעלות שסתום פליטה

# נישמייות -

## מה בין מסיכה לנישמיית

התקן הישראלי - ת"י 4013, עושה שימוש במונח "התקני הגנה נשימתיים", ובגוף התקן משתמש במלה מסיכות. למעשה השימוש במושגים מסיכה ונישמיית בתקן עשויים להתחלף. לכן מובאים במאמר שני הכינויים. יחד עם זאת, מקובל לכוון את מסיכות חצי הפנים הבנויות כחטיבה אחת מהחומר המסנן - נישמייות. הדגמים היותר משוכללים, הכוללים מסננים מתברגים שאותם ניתן להחליף, נקראים בדרך כלל מסיכות, והן קיימות במספר תצורות (כמו מסיכות חצי פנים ומסיכות שלמות). המלה נישמיית היא תרגום מאנגלית של Respirator ומסיכה מקבילה למילה Mask באנגלית. גם באנגלית המושגים מתחלפים.

## שתי קטגוריות עיקריות לנישמייות

ניתן להבחין בין שתי קטגוריות עיקריות לנישמייות:

- **נישמייות מטהרות אוויר** - בנישמייות אלה האוויר המזוהם נשאף דרך מסנן המטהר

מאת ד"ר איתן ישראלי

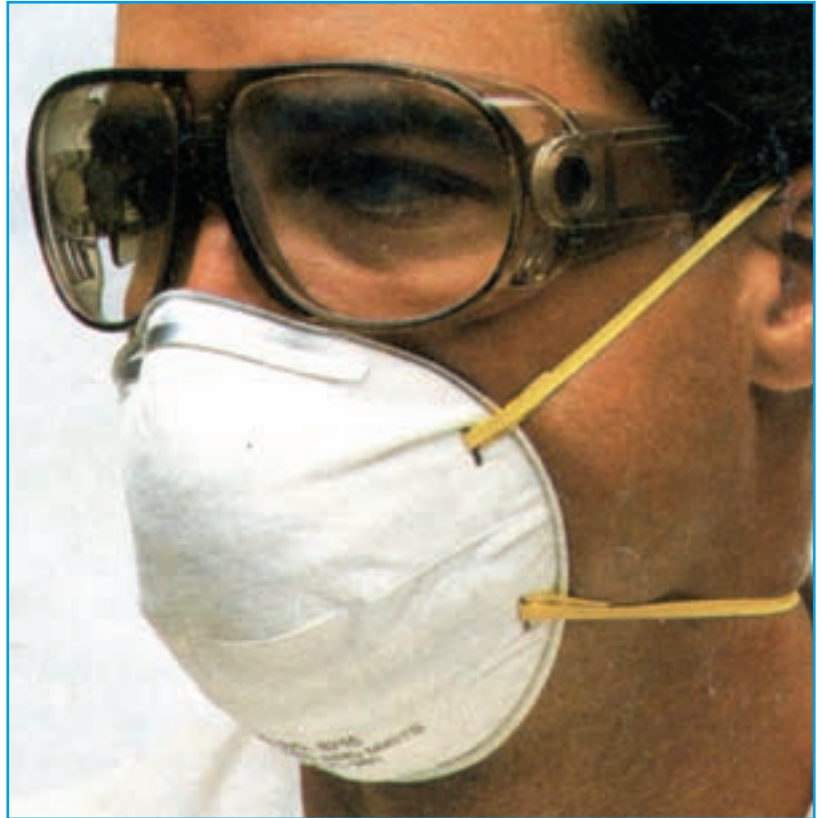
**ה**נישמייות - מסיכות קלות מחומר מסנן, בד"כ לכיסוי הפה והאף, הן ציוד מגן שפותח כדי להגן על המשתמש מפני שאיפת חלקיקי אבק ועשן מזיקים, ולעתים גם אדים וגזים המסוכנים לאדם. הנישמייות מיוצרות במבחר סוגים וגדלים. משתמשים בהן פועלי ייצור, אנשי מעבדה בתעשייה ובשירותי הבריאות, אנשי כוחות הביטחון והציבור הרחב. אפשר למצוא נישמייות מסוגים רבים בהתאם למטרות וליישומים שעבורם נועדו, החל מנישמייות לשימוש חד פעמי, שהן בדרך כלל זולות יותר, ועד לדגמים משוכללים יותר, שהם, בדרך כלל, נישמייות שנועדו לשימוש רב פעמי ואף ניתן להחליף בהן מסננים.

מסיכות המכסות רק חצי פנים, כמו הנישמייות, מתאימות לסביבה שאינה מכילה חומרים המזיקים לעיניים.

הכותב הוא מומחה לסיכונים ובטיחות ביולוגית



נישמית מטיפוס N-95 ללא שסתום. בשימוש נוצר עירפול של משקפי המגן



נישמית המתאימה להגנה בפני אבק

# קטגוריות והגדרות

## נישמיות ומסיכות מסננות אוויר

נישמיות ומסיכות מסננות אוויר מתאימות להגנת האדם בסביבה בה ריכוז המזהמים נמוך מהסף המסכן את בריאות העובד. באווירה מסוכנת דרושים אמצעי מיגון ברמה גבוהה יותר.

קטגוריה זאת כוללת 3 סוגים:

א. נישמיות המתפקדות בלחץ שלילי הנוצר על ידי נשימת האדם. נישמיות אלה כוללות מסננים מכניים ו/או תווך כימי.

ב. נישמיות המתפקדות בלחץ חיובי, כגון ברדסים עם מנוע הדוחס אוויר דרך מסננים.

ג. נישמיות לחילוץ בלבד, המיועדות לשימוש רק לפרק זמן קצר, לדוגמה: לשימוש הקהל הרחב בזמן הימלטות מאירוע כימי, ביולוגי או גרעיני.

הנישמיות והמסיכות מופיעות במיגון רחב של תצורות. ישנם דגמים המכסים פה ואף בלבד, ישנם כאלה המכסים את מחצית הפנים, ויש בתצורה של ברדס מלא. המשותף לכל אמצעי המיגון הללו שהכוח המניע של סינון האוויר הוא שאיפת

הסיכונים בכל מקרה ומקרה. יחד עם זאת, במעבדות המסווגות ברמת בטיחות 2 ומעלה, כאשר יש סיכון לאירוסולים, קובעים הנהלים להפעלת המעבדות שיש להגן על דרכי הנשימה בעזרת נישמיות, או לחילופין הנהלים מחייבים לעבוד במינדף. נוהלי עבודה במעבדה המסווגת ברמת בטיחות 3 דורשים שימוש קבוע במסיכה/נישמית.

את האוויר שמגיע למערכת הנשימה של המשתמש;

● **נישמיות שיש בהן אספקת אוויר מאולצת** - אוויר נקי נדחס באמצעות מפוח דרך המסנן.

בסקירה הקצרה הזאת - המאמר שלפניכם - נתרכז בעיקר בנישמיות המכסות את הפה ואת האף, שבהן אין אספקת אוויר מאולץ, ונדון בקטגוריות ובהגדרות נוספות של המסיכות והנישמיות.

## במה משתמשים

התקן העיקרי הקובע את תכנון אמצעי המיגון שבהם נדרשים העובדים להשתמש, ואת ביצועיהם פורסם בארה"ב, על ידי מכון התקנים האמריקאי, ונקרא ANSI/ISEA 110. התקן כולל גם אמצעי חילוץ משריפות ועשן (RPED), ומנחה בנושאי תכנון, ביצועים, אישורים, התעודות, סימון ובדיקות. ישנם גם תקנים אירופיים, EN143 ו-EN149 לאמצעי המיגון, כפי שנראה בהמשך.

בישראל, הדרישה לחבישת מסיכה/נישמית באירוע מסוכן או בביצוע עבודה אינה מוגדרת בתקן, אלא היא תוצאה של הערכת

כבר בשנת 1848 נרשם פטנט ל"נישמיות" על ידי לואיס פ. האסלט. זה היה מיתקן בנוי מסיבי צמר מורטבים, שכלל גם שסתום. פטנטים נוספים נרשמו עם השנים לנישמיות שהורכבו מצמר גפן ו/או פחם לקליטת חלקיקים ואף גזים ואדים. הנישמיות בנות ימינו מורכבות מהתקן המכסה חלקית את הפנים, בדרך כלל את הפה ואת האף, והן מוצמדות לראש בעזרת רצועות גמישות.

## בדיקת תקינות

התקן האירופי EN149 מגדיר 3 קבוצות של נישמיות הבנויות כולן מחומרי סינון ונקראות Filtering Face Pieces - FFP. את היעילות של הנישמיות בודקים באמצעות חשיפה של הנישמיות לחלקיקים - חלקיקי מלח בישול יבש או תרסיס של שמן פאראפיני או שמן תירס. התקן EN149 בודק את הדליפה של החלקיקים בין פני האדם והמסנן. עשרה אנשים נבדקים תוך ביצוע 5 פעולות, והתקן מושג אם בשמונה מהם ממוצע הדליפה היה קטן מהמוצג בטבלה הבאה.

הדרגה	רמת סינון *	דליפה **
FFP1	80%	קטנה מ-22%
FFP2	94%	קטנה מ-8%
FFP3	99%	קטנה מ-2%

\* נקבע בזרימה של 95 ליטר/דקה.  
\*\* הדליפה כתוצאה מהמרחוק הקיים בין פני האדם והנישמיות

בדיקת האטימות מתבצעת לאחר שהמסננים שהו בטמפרטורות של 70°C ו-30°C למשך 24 שעות. התקן כולל גם בדיקות לחוזק מכני, התנגדות לנשימה ולסתימה של המסנן.

בנוסף לכך יש לבצע בדיקת התאמה (Fit Test) ברמת המשתמש, שבה מכסים את ראשו של הנבדק החובש נישמיות ומרססים בתמיסת סוכרזית. אם האדם מרגיש את טעם הסוכרזית בלשון - סימן שהמסיכה לא מתאימה ואיננה עונה על הדרישה. מבחן אישי נוסף למשתמש הוא חבישת הנישמיות, הידוקה לפני ובביצוע נשימה ונשיפה מהירים. הבדיקה היא האם המסיכה נצמדת לפני עם השאיפה. כאשר קיים שסתום פליטה - יש לאטום אותו, כמובן, בזמן הבדיקה.

## סיכום

הצגת הטרמינולוגיות הנ"ל יכולה ליישב מעט את אי הבהירות לגבי הגדרת נישמיות ובחירתן. הממונים על הבטיחות יכולים להמליץ לעובדים באיזה נישמיות להשתמש בכל מטלה ומטלה, בהתאם לביצועי הנישמיות ובהתאם להערכת הסיכונים. ■

## מקורות

- NIOSH respirators main page
- NIOSH respirator fact sheet
- NIOSH-Approved Disposable Particulate Respirators (Filtering Face pieces)
- TSI Application note ITI-041: Mechanisms of Filtration for High Efficiency Fibrous Filters
- British Standard BS EN 143:2000: Respiratory protective devices - Particle filters - Requirements, testing, marking
- British Standard BS EN 149:2001: Respiratory protective devices - Filtering half masks to protect against particles - Requirements, testing, marking
- "International Safety Equipment Association". Safetyequipment.org. <http://safetyequipment.org/c/std110-2009.cfm>. Retrieved 2010-04-18.

כגון שרפים שונים, פלסטיק או שעווה. החלקיקים נמשכים למיטענים שעל גבי המסנן ונצמדים אליהם.

כדי להשיג יעילות גבוהה ועצירה של מרבית החלקיקים, מתכננים את הנישמיות כך, שמהירות מעבר האוויר דרכן תהיה איטית מאוד. מסיבה זו משתדלים לבנות את הנישמיות עם שטח פנים גדול ככל האפשר. הנישמיות השתפרו מאוד עם פיתוח מסנני HEPA בפרויקט מנהטן (הפרויקט לבניית פצצת האטום בארה"ב). יעילות העצירה של חלקיקים במסננים אלה, כאשר מדובר על חלקיקים בקוטר אווירודינמי של 0.3 מיק"מ, מגיע היום לכ-99.97%. כאשר היעילות עולה, בסדר גודל אחד לפחות, לחלקיקים גדולים יותר. מעניין שיעילות הסינון עולה גם בבדיקת הסינון כאשר החלקיקים קטנים יותר, וזאת בשל תופעה הנקראת "הפרדוקס הקפ"י" (מלשון HEPA), הנובע מהעקרונות שתוארו לעיל.

## קטגוריות הנישמיות לפי הגדרות רשיות שונות

בקרב הממונים על הבטיחות ישנה אי בהירות לגבי ההתאמה של הנישמיות לשימושים השונים. לכן מצאנו לנכון להביא בצורה מסודרת את הקטגוריות המקובלות. המכונים הלאומיים לבריאות וגיהות תעסוקתית בארה"ב (NIOSH) הגדירו מספר קטגוריות של נישמיות ויכולתן לעצור חלקיקים.

בטבלה מוצגות שתי קטגוריות שבהן נבחנו הנישמיות, עצירת החלקיקים (באחוזים) וכן עמידות בפני שמן. יש נישמיות שמתאימות לאווירה עם לחות גבוהה ולכן חשובה העמידות לתמיסות מימיות, וישנם מקרים שבהם חשוב לבדוק את העמידות לתמיסות שמניות - קרי, התפקוד באווירה שמנונית.

קטגוריה	עצירת חלקיקים (באחוזים)	עמידות לשמן
N95	95%	לא
N99	99%	לא
N100	99.97%	לא
R95	95%	עמידה (Resistant)
R99	99%	עמידה
R100	99.97%	עמידה
P95	95%	מוכחח (Proof)
P99	99%	מוכחח
P100	99.97%	מוכחח

התקן האירופי EN 143 מגדיר 3 קבוצות של מסנני חלקיקים הניתנים להרכבה על מסיכות פנים:

הדרגה	רמת סינון בזרימה של 95 ליטר/דקה
P1	80%
P2	94%
P3	99.95%

האוויר ע"י המשתמש. האוויר מסונן דרך החומר המסנן וחלקיקי האבק והעשן או הזיהום נעצרים במסנן. עצירת החלקיקים בנישמיות היא תוצאה של מספר מנגנונים המסתמכים על חוקים פיזיקליים ידועים, כפי שיוצג בהמשך. בין הנישמיות הנפוצות ביותר מוכרת נישמיות מסוג N-95, המתאימה בדרך כלל לשימוש חד פעמי, ובהתאם לרמת הזיהום. רק מומחה לבטיחות מסוגל להעריך אם אפשר לעשות בה שימוש חוזר. חשוב להדגיש, ש"מסיכות מנתחים" שהן למעשה פיסות נייר המוצמדות, בעזרת גומיות, לאוזניים או לראש, אינן אמצעי מיגון אישי. הן לא כלולות באף קטגוריה שהוזכרה לעיל, מאחר והן אינן מקנות מיגון למשתמש. תפקידן של "מסיכות מנתחים" הוא להגן על המטופל בפני אירוסולים או טיפיות הנפלטות מהפה והאף של המטפל, אך אינן מקנות כל מיגון ממשי למשתמש. התועלת היחידה למשתמש היא, מניעת מגע בידיים ברירות הפה והאף.

נישמיות בקטגוריה זו, הן פיתוח של הנישמיות ההיסטוריות של האסלט. הן עשויות ממיגון חומרים, כגון סיבי זכוכית, פלסטיק, צלולוזה או שילובים של חומרים אלה. היות שלא ניתן לנקות את המסננים האלה, הבחירה בסוג הנישמיות היא פועל יוצא של המחיר, ומספר השימושים האפשריים בה.

## העיקרון הפיזיקלי - כיצד פועלת הנישמיות

הנישמיות עוצרות חלקיקים על בסיס מספר עקרונות פיזיקליים:

א. חלקיקים גדולים יחסית מוגדרים כחלקיקים שקוטרם האווירודינמי הוא מעל 5 מיקרומטר (מק"מ). חלקיקים הגדולים מ-5 מק"מ נעצרים בסיבי המסנן הודות לצפיפותם הגבוהה. (קוטר אווירודינמי של 1 הוא הקוטר המתנהג באוויר בצורה דומה לזו של חלקיק בעל צפיפות 1 גר/סמ"ק כמו לדוגמה של המים).

ב. חלקיקים בקוטר אווירודינמי קרוב ל-1 מק"מ, סוטים מקווי זרימת האוויר דרך המסנן עקב כוח ההתמדה שלהם ולכן הם עוברים "נגישה" (אימפקציה) על גבי הסיבים ואינם חודרים דרך הסיבים.

ג. חלקיקים בקוטר אווירודינמי של כ-0.3 מק"מ. כוח ההתמדה אינו בא לידי ביטוי, והם עוקפים את סיבי המסנן, וכשהם מגיעים למרחק קטן מרדיוס אחד של סיב הם נצמדים אל הסיבים בכוחות אלקטרוסטטיים (אינטרספציה).

ד. חלקיקים בקוטר אווירודינמי נמוך מ-0.1 מק"מ, נעים לכל הכיוונים בתנועה דיפוזית (תנועה ע"ש בראון), תופעה המגדילה את סיכוייהם להיפגש עם סיבי המסנן.

ה. אפשר לעצור חלקיקים קטנים אלה באמצעות שימוש בחומרי ציפוי למסנן,