

עקרונות בטיחות מוטמעת

פברואר 2026



הידעת?

עקרונות בטיחות מוטמעת כוללים:

- מזעור/מניעה (Minimize/Eliminate) – הימנעות משימוש בחומר מסוכן או מביצוע פעולה מסוכנת. הפחתת מלאי של חומרים מסוכנים או של אנרגיה.
- החלפה (Substitute) - המרת חומר מסוכן או תהליך מסוכן בחלופה שמפחיתה או מבטלת את הסיכון.
- מיתון (Moderate) – שימוש בחומרים פחות מסוכנים או בתנאים פחות מסוכנים (לחץ/טמפרטורה נמוכים).
- פישוט (Simplify) - תכנון תהליכים, ציוד ונהלים למניעת מורכבות מיותרת.
- עקרונות בטיחות מוטמעת לא נועדו רק לשלב התכנון וניתנים ליישום לאורך כל חיי המתקן הכימי. ניתן לפשט תהליך או נוהל, להימנע משימוש בחומר מסוכן או להחליפו בחומר בטוח יותר בכל שלב – החל מהפיילוט ועד לשלב הייצור.

מה ביכולתך לעשות?

- בעת השתתפות בפעילות שמטרתה לזהות סיכונים ואמצעי מיגון – כגון ניתוח סיכונים תהליכי (PHA), חקירת אירוע תקרית, סקירת בטיחות לפני התנעה (Pre-Startup Safety Review), ניתוח בטיחות עמדות עבודה (JSA) או ביקורת בטיחות במתקן – מומלץ לבחון אפשרות ליישום עקרונות בטיחות מוטמעת כדי למנוע או להפחית סיכונים, במקום לפנות מיד לחיפוש אחר אמצעי מיגון.
- יש לוודא שכל אפשרות בטיחות מוטמעת שעולה תיבחן באמצעות נהלי ניהול שינויים (MOC) של המתקן לפני יישומה. כל שינוי, גם כזה שמטרתו למנוע או להפחית סיכונים, עלול לגרום לסיכונים חדשים או להחמיר סיכונים קיימים.
- מקור: Ganeshmani N. Inherently safer design: Success stories. Process Saf Prog. 2025; 1–7. doi:10.1002/prs.70007



תמונה 1: דיגום מיכל לפני יישום עקרונות הבטיחות המוטמעת.

אלקילציה היא תגובה כימית בה מועברת קבוצת אלקיל למולקולה אחרת. ריאקטור אלקילציה קטליטי במפעל ייצר תערובת של שלוש תרכובות (איזומרים אורטו, מטה ופארה). להרכב המוצר מפרט שיש לנטר באופן קבוע. הדיגום בוצע פעמיים ביום (פעם אחת בכל משמרת) ביציאה מהריאקטור. הדגימה הייתה חמה וכללה חומרים מסוכנים, ותהליך הדיגום גרם למספר תאונות בהן נדרש טיפול עזרה ראשונה.

מהנדסי המפעל בחנו את נתוני בקרת האיכות הסטטיסטית של הדגימה. התוצאות היו עקביות ולא השתנו משמעותית כל עוד איכות חומרי הגלם וטמפרטורת ולחץ הריאקטור נשמרו. המפעל יישם עקרונות של תכנון בטיחות מוטמעת (Inherently safety) לפעולה זו. תדירות הדיגום הופחתה מפעמיים ביום לפעם בשבוע (ע"י מזעור). בנוסף, נקבע נוהל לקיחת דגימות נוספות רק בעת חריגות בתהליך, שינויים באיכות חומרי הגלם או בעת החלפת הקטליזטור.

המהלך הוביל להפחתת פסולת, לחיסכון בעלויות ולצמצום החשיפה לחומרים מסוכנים עבור העובדים שלקחו ובדקו את הדגימות – וכל זאת מבלי לפגוע באיכות המוצר.

בטיחות מוטמעת – למנוע סיכונים במקום לנהל אותם!