



המוסד לבטיחות ולגיהות
בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנחנו.

הערכת חשיפה תעסוקתית לממיס אורגני בהופעה כבודד ובתערובת

אשר פרדו, אלון פרץ, סלבה אומנסקי, אנה אנטול, גשי מוחליס, מרינה דימנט, אליו פלמה, תייסיר מחאמיד, ארנונה אייל, אריק קפל, אדולפו סבסטיאן, דורית ויינברג, חנה טורגוביצקי, יבגניה זוס, איליה נוביקוב

תקציר מורחב למחקר

ממיסים אורגניים משמשים את מרבית ענפי התעשייה, ולרוב מופיעים בתערובות. הספרות המקצועית מתארת השפעות בריאותיות של חשיפה כרונית לריבוי ממיסים אורגניים. מחקרים שבדקו את ההשפעה של חשיפה סביבתית לתערובת ממיסים על הפרשת סמן ביולוגי של אחד מהם מצאו שרמתו של סמן ביולוגי של ממיס נתון בנוזלי הגוף עלולה להשתנות כתוצאה מחשיפה לריבוי ממיסים אורגניים בהשוואה לחשיפה לממיס בודד. מגמת השינוי נטתה בחלק מהמקרים להגדלת רמת הסמן בנוכחות ממיסים אחרים ובחלק מהמקרים להקטנת רמתו.

הערכת חשיפה תעסוקתית לממיסים אורגניים המופיעים בתקנות יחודיות מתבססת בד"כ על הערכה לכל ממיס בנפרד, ובעקבותיה נקבע הצורך במעקב רפואי תקופתי לעובד. גישה זאת אינה מביאה בחשבון אפשרות של השפעה בריאותית משותפת מתווספת של הממיסים המרובים בתערובת על אותו אתר ביולוגי בגוף כתוצאה מהחשיפה המשולבת והבו-זמנית בתהליך עבודה.

רבים המקרים בהם ריכוזו של כל ממיס בנפרד בתערובת נמוך מרמת הפעולה, ולכן העובד אינו מוגדר כעובד בחומר לשם פיקוח סביבתי ורפואי, אך הריכוז המשוקלל של התערובת גבוה מרמה זו או מהרמה המרבית המותרת. במקרה של חשיפה נמוכה מהרמה המרבית המותרת אין דרישה בחוק לשיפור אמצעי הגנה. אי התחשבות בחשיפה המשולבת לתערובת עלולה ליצור תת-הערכה של הסיכון האקטואלי לעובד.

השערת המחקר היתה שרמת מטבוליט של ממיס נתון כאשר החשיפה אליו מתרחשת בו זמנית עם חשיפה לממיסים אחרים משתנה בהשוואה לרמת המטבוליט כאשר החשיפה היא לממיס הנתון בלבד. מטרת המחקר היתה לבדוק האם קיים הבדל במדדי המעקב הרפואי בין שני מצבי החשיפה.

המחקר הוא מחקר חתך שהתבסס על שימוש בתוצאות ממאגרי נתונים שנאספו במשך 10 שנים כחלק מהפיקוח הסביבתי והרפואי על עובדים. המחקר התבסס על איסוף נתונים ממאגרים של תוצאות ניטור סביבתי (משרד התמי"ת) ונתונים של ניטור ביולוגי ובדיקות רפואיות (מרפאות תעסוקתיות). איסוף הנתונים הוחל לאחר קבלת כל האישורים הדרושים במסגרת חוק חופש המידע ובמסגרת ועדת האתיקה (הצהרת הלסינקי) לאישור שימוש בנתוני הבדיקות של הניטור הביולוגי. נבנה בסיס נתונים סביבתיים של חשיפה לשישה ממיסים אורגניים, המופיעים בתקנות הפיקוח על העבודה, ע"י סקירת מאגרי נתונים של ניטורים סביבתיים תעסוקתיים בישראל וחילוץ נתונים

המתייחסים לחשיפה לממיסים אורגניים. נבנה בסיס נתונים של תוצאות בדיקות למטבוליטים של הממיסים בשתן. שני בסיסי הנתונים נבנו עבור ממיסים שהופיעו בסביבת העבודה בנפרד ועבור אותם ממיסים כאשר הם הופיעו בסביבת העבודה בתערובת עם ממיסים אחרים. מתוך בסיסים אלו שויכו נתונים של בדיקות מטבוליטים לנתונים של הניטור הסביבתי הן עבור תרחיש חשיפה לממיס בודד והן עבור תרחיש חשיפה לאותו ממיס בתערובת ממיסים. במקביל נבנו בסיסי נתונים גם עבור מדדים ביוכימיים ונתונים סוציו-דמוגרפיים, הרגלים ומצב בריאותי ששימשו כמשתני בקרה, או עלולים להיות משתנים מערפלים. הבדלים בין ממוצעים של משתנים רווחיים נבדקו באמצעות מבחן t , הבדלים בין משתנים קטגוריאליים נבדקו בעזרת מבחן פישר וכן נעשה שימוש במודלים מעורבים לבדיקת אינטראקציות ואפקטים קבועים ואקראיים. הבדל מובהק הוגדר כרמת מובהקות של 0.05. קשר בין הנתונים הסביבתיים לבין הנתונים של המטבוליטים בשתן נבדק באמצעות רגרסיה ליניארית. נערכה השוואה בין השיפועים של קווי הרגרסיה.

למעלה מ-1500 צמדים של תוצאה סביבתית ותוצאת ניטור ביולוגי של ממיס נכללו במדגם. רמות החשיפה הסביבתית ברוב המקרים היו בתחום המותר לחשיפה תעסוקתית. למעט סטירן, אחוז החריגות הסביבתיות של הממיסים האחרים מהרמה המרבית המותרת לחשיפה לא עלה על 10%. אחוזים משתנים של חריגות מערך ה- BEI המרבי המותר נמצאו בקרב תוצאות הניטור הביולוגי של הממיסים. 50% חריגות נמצאו בחומצה טרנס-טרנס מוקונית בשתן במדידות של חשיפה לבנזן כאשר הוא מופיע לבדו ו- 18% חריגות כאשר הבנזן מופיע בתערובת בממיסים, בעיקר ממיסים ארומטים. הרמות של חומצה טריכלורואצטית בשתן לאחר חשיפה לפרכלורואתילן חרגו ב-כ- 13% מה- BEI המרבי בהופעה של הממיס לבד. בשאר הממיסים לא היו החריגות גבוהות מ- 7%.

הבדל מובהק בין ממוצע הרמה של הסמן הביולוגי בשתן לאחר חשיפה לממיס בודד לעומת חשיפה לממיס זה כשהוא מופיע בתערובת ממיסים נמצא רק לגבי הסטירן ($p = 0.029$). הבדל ברמת מובהקות נמוכה יותר נמצא לגבי טולואן ($p = 0.089$). העדר מובהקות בהבדלים שנמצאו בין הממוצעים שנמצא לגבי הממיסים מושפע גם מגדלי המדגמים ויתכן וההבדלים היו שונים אילו המדגמים בחלק מהממיסים היו יותר גדולים.

רגרסיה ליניארית לבדיקת הקשר בין רמת החשיפה הסביבתית של כל ממיס לרמת הסמן הביולוגי שלו בשתן במצב הופעה כבודד לעומת הופעה בתערובת הראתה הבדלים מובהקים בין שיפועי הקווים בממיסים טולואן, סטירן ופרכלורואתילן (<0.001 , 0.005 , 0.034 , בהתאמה). השיפוע של הקווים הוא חיובי למעט הקו של חומצה טריכלורואצטית בחשיפה לפרכלורואתילן כממיס בודד שם השיפוע שלילי. שיפועי קווי הרגרסיה של הממיסים הארומטים בתרחיש חשיפה לממיס בודד גבוהים מהמקבילים בתרחיש חשיפה לממיס בתערובת. בחלק מהממיסים קו הרגרסיה של הקשר בין הרמה הסביבתית לרמה הביולוגית עבור ממיס בודד נמצא כולו מעל הקו המקביל עבור ממיס בתערובת (בנזן, קסילן, טריכלורואתילן). בחלק אחר (טולואן, סטירן) קו הרגרסיה של ממיס בודד יורד מתחת

לקו של ממיס בתערובת בתחום הנמוך של ריכוזים סביבתיים עד לתחום הרמה המרבית המותרת והמגמה מתהפכת בריכוזים סביבתיים גבוהים מהרמה המרבית המותרת. המרווח האנכי בין קטעים בקווי הרגרסיה של ממיס בודד וממיס בתערובת הולך וגדל ככל שרמות החשיפה הסביבתית עולות ובבנון ופרכלורואתילן עלול מרווח זה בסמן הביולוגי להגיע מעל 100% של ה- BEI המירבי המותר כאשר רמות החשיפה גבוהות מהרמה המרבית המותרת. בטלואן עלול מרווח זה להגיע באותו תחום ל- 25% ה- BEI המירבי המותר ובסטרין ל- 15% - 20%.

מיעוט הנתונים של מספר ממיסים בהופעתם כבודדים או בהופעתם בתערובת במדגם נובעת מהעדר כמות מספקת של תהליכים בתעשייה שבהם משתמשים בממיסים האלה במצב זה או אחר. בעשור האחרון ירדו רמות החשיפה לממיסים ולכן צומצם מספר הבדיקות הרפואיות והניטור הביולוגי. בחלק גדול ממקומות העבודה המופיעים במאגר הסביבתי לא נערכו כלל בדיקות רפואיות עקב הימצאות רמות סביבתיות נמוכות מרמת הפעולה. המדגמים הקטנים מאד של חלק מהממיסים בהופעה בודדת אינם מאפשרים לקבל ודאות ומובהקות בהבדלים בין הופעה במצב בודד להופעה בתערובת.

הממצאים מצביעים על אפשרות לשינוי ברמות ההפרשה של סמן ביולוגי של ממיס נתון כאשר החשיפה לממיס זה מתרחשת במשולב עם ממיסים אחרים לרבות ממיסים טעוני ניטור. עקב מגמת ירידה ברמות החשיפה הסביבתית לממיסים בעשור האחרון והבדלים לא גדולים ברמות הסמן הביולוגי של ממיס בהופעה כבודד לעומת אלה של ממיס בהופעה בתערובת בתחומי חשיפה נמוכים מהרמה המרבית המותרת, יתכן ולא יסתמן צורך בשינוי ההתייחסות של הרופא התעסוקתי לשגרת הניטור הביולוגי של ממיס בודד לעומת ממיס בתערובת לגבי רוב הממיסים. עם זאת, כאשר החשיפה היא לממיס בתערובת ורמות החשיפה גבוהות, מומלץ לבדוק היטב אם הסמן הביולוגי אכן מייצג את העומס האמיתי של הממיס בגוף ואת פוטנציאל הסיכון ממנו. הממיס הראוי ביותר לתשומת לב מבחינת הבדלים בין רמות המדד הביולוגי בהופעה בודדת לעומת הופעה בתערובת הוא בנון.