



22 מרץ, 2005

תמצית סקירה ספרותית – אפר פחם: היבטי גהות ובריאות

ד"ר אשר פרדו¹

אפר פחם הוא שם קיבוצי לתוצרי השריפה המוצקים של פחם על סוגיו השונים. בישראל הפחם הוא בעיקר ביטומני. שריפת פחם יוצרת כ- 11% אפר הממוין לאפר תחתית (12% - 15%) ולאפר מרחף (85%-88%). הרכבו הבסיסי של האפר הוא תערובת של חומרים אנאורגניים מינרליים, שלא עברו שריפה, יחד עם עקבות מתכות ושאריות של תרכובות פחמניות.

בעוד שפחם אינו מוגדר בתקנות הישראליות כ"אבק מזיק", נובעת ההתייחסות אליו ואל האפר הנוצר משריפתו כאל "אבק מזיק" בעיקר בגלל הכללתו את החומר צורן דו-חמצני גבישי חופשי (סיליקה גבישית). כיום, אבק ממקור פחם שתכולת הסיליקה הגבישית בו קטנה מ- 5% אינו מטופל כ"אבק מכיל סיליקה", דהיינו "אבק מזיק", אלא ביחס לתקנים עצמאיים של פחם (אנתרציט או ביטומן).

המצב שונה כשבאים לדון באפר פחם ובסיווגו הטוקסיקולוגי ובייחוד אפר פחם תחתית. אמנם, מקורם של גורמי החשיפה הפוטנציאליים באפר הוא בפחם עצמו והם כוללים, בנוסף לסיליקה גבישית, גם מתכות כבדות, תרכובות של פחמימנים ארומטיים פוליציקליים וקרינה מייננת, שמקורה באיזוטופים רדיואקטיביים טבעיים בפחם. אולם, תהליך השריפה והשינוי החל בחלק מהחומרים יוצרים היבט סיכון שונה לחלוטין מזה של הפחם ושוני זה מתבטא גם בהעדר תחלואה ספציפית של עובדים באפר פחם בהשוואה לעובדים בפחם כגון במכרות פחם.

להלן סיכום נקודות רלוואנטיות לגבי אפר פחם תחתית (bottom ash) מתוך סקר ספרות רחב ומעמיק, שנערך כדי לבדוק את הסיכונים הבריאותיים והסביבתיים הנובעים מאפר פחם, לרבות אפר פחם תחתית. בנוסף לסקר זה, התקבל סיכום מחקר מקיף שנערך ב- KEMA, הולנד, על היבטים גהותיים-סביבתיים של חשיפה לאפר פחם מרחף (fly ash) בתחנות כוח ובסביבתן.

א. אפר פחם תחתית הוא צבר של חלקיקי אפר הנוצר בכבשנים של פחם אבקתי כאשר תחתית הכבשן אינה בהכרח שומרת את האפר מותך. גודל החלקיקים אינו מאפשר את ריחופם. החלקיקים מזוותים ובעלי שטח פנים נקבובי ומתאפיינים בעיקר בסדר גודל של מילימטרים (קטן מ- 12.7 מ"מ).

גודל החלקיקים הרלוואנטי לשקיעה בריאות ואפשרות להתפתחות שינויים בריאה הוא גודל בר-נשימה המגיע עד 7 מיקרומטר (קוטר אווירודינמי). **מקטע החלקיקים ברי הנשימה**

באפר תחתית הוא 0.4% בלבד וחלקם אינו מגיע לריחוף עקב כליאתם בין חלקיקים גסים

מאד.

הרכבו הכימי של אפר תחתית ממקור ביטומני כולל צורן דו חמצני (כ- 50%) **בעיקר אמורפי** ומעט גבישי, תחמוצת אלומיניום (כ- 25%), תחמוצת ברזל (כ- 10%), סיד (כ- 1%

¹ יועץ גהות תעסוקתית וסביבתית למנהלת אפר פחם, לשעבר מנהל אגף גהות תעסוקתית וסביבתית במכון הארצי לבריאות תעסוקתית וסביבתית של אוניברסיטת תל אביב ושרותי בריאות כללית.



- ב. גורם הסיכון שמעורר בד"כ את הדאגה הגדולה ביותר בהקשר לאפר פחם הוא צורך דו-חמצני גבישי חופשי (סיליקה) הן בגלל הפוטנציאל הפיברוגני שלו ויכולתו לגרום לסיליקוזיס והן בגלל הכרתו כגורם מסרטן לאדם. סוג הסיליקה הגבישית באפר הוא קוורץ בלבד. תהליך השריפה משנה את מופע הסיליקה בהשוואה למופעה בפחם. באפר המרחף טבוע חציה בפאזה הזכוכיתית של החלקיקים ולכן חלק זה אינו רלוואנטי כפוטנציאל נזק. רוב החלק שאינו טבוע בפאזה הזכוכיתית מורכב מחלקיקים גסים שאינם ברי נשימה. מקטע הקוורץ בר הנשימה מהווה כ- 0.1% - 0.2% מכלל האפר המרחף, אך רוב חלקיקיו נתונים בתוך חלקיקי האפר ולא על שטח פניהם. השפעות פיברוטיות של קוורץ מיוחסות לתגובות של פני השטח של החלקיקים, אך הריכוז הנמוך של קוורץ בר-נשימה באפר המרחף יחד עם העובדה שחלקיקיו שקועים בחלקיקי האפר ופני השטח שלהם חבויים מסבירים את העדר הממצאים של סיליקוזיס והשפעות קוורץ אחרות במחקרים אפידמיולוגיים על עובדים חשופים לאפר פחם מרחף. **ריכוז הסיליקה החופשית ברת הנשימה באפר תחתית הנמצא בשימוש נמוך אף הוא (0.001%) ואינו מהווה מקור לחשיפה גבוהה מרמת הפעולה בתקן הישראלי לחשיפה תעסוקתית, למעט מקרים קיצוניים של פיזור אפר תחתית על פני משטחים נרחבים, שם עלול פיזור רחב של אבק ע"י רוח או כלים מכניים כבדים להביא לריכוזים נקודתיים משמעותיים של סיליקה חופשית ברת נשימה באוויר. ריכוז הסיליקה החופשית ברת הנשימה באפר תחתית נמוך מאד (0.001%).**
- ג. ריכוזן של מתכות כבדות באפר מרחף מהווה ריכוז עקבות ופוטנציאל הפיזור שלהם באוויר, לפי אומדן במחקרים, נמוך בשלושה סדרי גודל מהרמה המרבית התעסוקתית המותרת לחשיפה.
- ד. תרכובות הפחמן, שהן ברובן פחמימנים ארומטיים פוליציקליים, מוגדרות, אמנם, כמסרטנות לאדם, אך, למרות העדר נתונים כמותיים על פיזורן באוויר ופוטנציאל חשיפה, נמוך אומדן ריכוזיהן הרבה יותר מריכוזן בפליטות משריפת דלק על סוגיו השונים.
- ה. רמת הקרינה המייננת הנובעת מהרדיונוקלידים של אורניום, תוריום ואשלגן ובנותיהם, שנמצאים באופן טבעי בפחם, נמוכה מאד על אף אפקט העשרה במעבר מפחם לאפר. רמות מדודות מצביעות על תוספת של 1% - 5% מעל רמת קרינת הרקע בסביבה הטבעית ובכל מקרה מדובר על רמות שנתיות הנמוכות בשלושה סדרי גודל מתקנים תעסוקתיים לחשיפה מותרת (מאיות מיליסיוורט לעומת 50 מיליסיוורט מותרים), נמוכות מרמות מרביות מותרות לאוכלוסיה הכללית, ודומות לאלו הנפלטות מסוגים שונים של קרקע וסלעים.
- ו. בשימוש העיקריים של אפר תחתית בתשתיות קרקע ומצעי גידול לצמחים ובעלי חיים אין סכנה לזיהום מי תהום במתכות כבדות וחומרים אחרים כיוון שפוטנציאל ההתמצות של מתכות אלו מהאפר נמוך ואינו מגיע, לדוגמה, לריכוזים המופיעים בקריטריון להגדרת פסולת אינרטיית ע"י האיחוד האירופי.



החל מ-1993 לא הכלילה יותר הסוכנות האמריקאית להגנה על הסביבה (EPA) את סוגי אפר הפחם בתקנות פסולת מסוכנת וחזרה וקבעה בחודש מרץ 1999 שפסולת שריפה של דלק פחמי אינה נכללת בתקנות פסולת מסוכנת ואינה דורשת טיפול כלשהו. בעקבות מחאות של ארגונים סביבתיים נערך דיון לשינוי ההחלטה ולמרות זאת, בשנת 2000 הוחלט בשנית שפסולת שריפת פחם לא תשוויד לקטגוריה של פסולת מסוכנת, אך על חלק ממנה, המשמש לכיסוי קרקע ומכרות, יחולו התקנות הקיימות לגבי פסולת לא מסוכנת. ה-EPA גם ניפק מדריך לעקרונות של שימוש, ערבוב ובקרת איכות של אפר פחם במוצרי מלט ובטון תוך הדגשה שאין למנוע שימוש בחומר זה, אלא אם כן אינו מתאים מבחינה טכנולוגית.

הוועדה המייעצת במחלקת הסביבה של האיחוד האירופי אישרה בשנת 2002 את השימוש באפר פחם לכיסוי קרקע תוך קביעת פרוצדורות ליידוא במקום השימוש שסוג הפסולת תואם את ההגדרות במסמך הוועדה, ותוך קביעת קריטריונים וערכי גבול לפסולת בלתי מסוכנת, לפסולת מסוכנת ולאחסון תת קרקעי.

על פי הרשות האמריקאית לבטיחות ובריאות תעסוקתית (OSHA) לא חלה על אפר פחם ההגדרה של חומר מסוכן כמשמעותו בחוק.

המדינות האלה מתייחסות לאפר פחם, ובייחוד לאפר תחתית, כאל חומר אינרטי שהאבק הנוצר ממנו הוא אבק מטריד, וכפסולת משריפת פחם הוא מוגדר כפסולת אינרטי שאינה מחייבת תקינה כלשהי.

יתירה מזאת, נתוני מחקר והיסטוריה רפואית מצביעים על כך שחשיפה לאפר פחם בתהליכים שונים אינה גורמת למחלות ריאה ולא הובאו ראיות משכנעות של פניאומוקוניוזות או פוטנציאל פיברוגני באדם, למעט פניאומוקוניוזות בעובדי מכרות פחם לשעבר. על אף סיכון לשינויים אפשריים בחומר הגנטי בתא אצל עובדים חשופים לאפר פחם לא נמצאה עליה בתמותה מסרטן ספציפי בקרב עובדים אלה ולא נמצא הבדל בשינויים בחומר התורשתי בתא בין קבוצת ניסוי לקבוצת בקורת. ואמנם, אפר הפחם אינו מוגדר כחומר מסוכן או פסולת מסוכנת בתקנות של מדינות מובילות והוא אושר לשימוש כתוסף בייצור מלט ולכיסוי קרקע.