



21 פברואר, 2018
מנ - 39606

דיון בנושא דו"ח פארטו: הערכה כוללת ואופטימיזציה משקית לשימושי אפר פחם בישראל¹
סיכום דיון מיום 14.2.18

משתתפים: פרופ' טוביה שלזינגר, פרופ' אורי מינגלגרין, עמרי לולב, לנה נודלמן, עו"ד אורית קיטה-דרור, ד"ר מיכאל דנון, ד"ר ברכה חלף, אלכס קליינר, ד"ר אריאל מצגר, אנה ידגארוב, פרופ' ארנון בנטור, דוד לנגר, אינג' גדעון אירוס, דן שריקי.

דיון²

ע. לולב: מטרת הישיבה לדון בדו"ח פארטו שמטרתו היתה הערכה כלכלית של שימושי אפר פחם בישראל וניסוח אופטימיזציה לשימושים ולבסוף המלצה לשימוש המועדף כנגזרת של האופטימיזציה במונחי עלות-תועלת למשק. יצוין כי העבודה התייחסה רק לשימושי האפר בצמנט ובבטון. כוונת הישיבה היא לקבל את התרשמות משתתפיה מהדו"ח ולהוציא מסמך התייחסות לדו"ח ולהמלצותיו. תוצג טבלה השוואתית של הנחות וממצאי פארטו מול הערכות המנהלת שמתבססות על עבודה בנושא עלות-תועלת בשימושי אפר פחם שנעשתה בשנים האחרונות ע"י דוד לנגר וגדעון אירוס ובסיוע ארנון בנטור.

סקירה היסטורית קצרה: ב-2008 הוגדר אפר פחם ע"י משרד הג"ס "כפסולת רדיואקטיבית". בסוף 2014 יצאה הוראה של הממונה על הקרינה המתבססת לכאורה על סמכותו, בהינתן כי אפר פחם הוא פסולת רדיואקטיבית, להקצות את כל האפר לצמנט. בתגובה לכך הוגש בג"צ בשם תעשיית הבטון נגד הוראת הממונה שבסיומו בוטלה ההוראה, בהעדר סמכות חוקית כאמור, והוסכם למחוק את העתירה. בעקבות ביטול ההוראה פנתה נשר למשרד הגה"ס לאשר לה יבוא אפר למלא את המחסור ומסורבה עתרה לבג"צ על "גרירת הרגליים" של המשרד. לבקשת המשרד עוכב הדיון בעתירה עד לגיבוש מדיניות עדכנית של משרד הגה"ס בנושא אפר פחם האמורה להתבסס על עבודת פארטו. המשרד פרסם את הצעת מדיניותו העדכנית לשימוע ציבורי עד 25 בפברואר וכן הודיע שבכוונת השר לקבל החלטה בענין זה עד 25 במרץ. נשר ביקשה לזמן דיון בבג"צ מיד לאחר החלטת שר הגה"ס.

ב. חלף: הפרקליטות נתנה לנו ארכה של חודש שבסופו משרד הג"ס ייתן תשובה סופית בעניין עתירת נשר לייבוא אפר. מלכתחילה התנגדתי שיהיו שתי עבודות על אפר פחם, של המנהלת ושל משרד הג"ס; היתה צריכה להיות עבודה משותפת של המנהלת ושל משרד הג"ס, אך בסוף המשרד החליט להסתמך על עבודה שלו בלבד (דוח פארטו) וזו העבודה שבסופו של דבר יתייחס אליה השר. על פי עבודה זו בשימוש באפר בצמנט התועלת עולה על עלות השימוש, וההפרש בין עלות-תועלת בשימוש באפר בבטון עומד על 20 ₪ בלבד לחובת האפר. בהפרש כזה אפשר להראות שהתועלת עולה על העלות גם בשימוש בבטון. לא תהיה מעורבות של שר משרד האנרגיה. לכן מה שאפשר לעשות זה רק לשכנע את מחברי דוח פארטו לתקן את הדו"ח.

התייחסות כללית

עיקרי הדברים: דו"ח פארטו רווי בהנחות שגויות ובלתי מקצועיות הגורמות במצטבר להערכות שגויות של העלויות והתועלות במגוון השימושים ואף של עצם קבילות השימושים שאינם בענף הבנייה.

א. בנטור: יש שני הבדלים גדולים בין הערכות מנהלת לפארטו שבהם אני מציע להתמקד: עלות קרינה גבוהה יותר מהאפר בבטון לפי פארטו, ועלות קיים הנמוכה הרבה יותר לפי פארטו.

¹ הערכה כוללת ואופטימיזציה משקית לשימושי אפר פחם בישראל, פארטו, פברואר 2018
² בהערות שוליים: הבהרות שניתנו אחרי הדיון



א. מצגר: יש פה עניין תפיסתי – הגדרת האפר כפסולת רדיואקטיבית ע"י משרד הג"ס לא השתנתה. צריך לתקוף את הצד הרגולטורי שעליו נשען הדוח. שימוש באפר לצמנט בלבד יגרום להצטברותו בתחנות הכח וצריך לחשוב על אתרי אחסון למקרה הצורך.

א. מינגלרין: ישראל היא המדינה היחידה בעולם שבה אפר פחם מוגדר כפסולת רדיואקטיבית וקיים מושג התיעדוף לשימושי אפר. המסחר באפר והשימוש בו בעולם פתוח. הטיעון בדוח פארטו שישראל יוצאת דופן בגלל שהיא מדינה קטנה וצפופה הוא מגוחך ולא רלבנטי.

השוואת הערכות המנהלת ופארטו

ע. לולב: מציג טבלה השוואתית של הנחות, מדדי וממצאי עבודות מנהלת ופארטו³. הטבלה כוללת הבהרות המסבירות את ההבדלים.

יעודי בטון עם אפר

עיקרי הדברים: הבטון המכיל אפר פחם, בישראל כבעולם, משמש לכל היעודים ללא הבחנה מהבטון שאיננו מכיל אותו. בכלל זה גם לבנייה למגורים. מגמת העיור והצפיפות הגדלה בערים הראשיות בעולם מביאה לשכן דיירים במבנים רבי קומות עשויים בעיקר בטון, בכלל זה גם בטון המכיל אפר פחם. ההתפלגות האזורית של בטון המכיל אפר בישראל חופפת להתפלגות האזורית של השימוש בבטון ולא רק בקרבת תחנות הכח כטענת פארטו. עבודת פארטו שוגה בהנחה שכל האפר המשמש בבנייה (בצמנט ובבטון) משמש לבניית מגורים, בעוד שהמציאות היא שפחות מ- 50% מהאפר משמשים למטרה זו. כמו כן שוגה פארטו בהערכת חסר של כ- 2/3 מכמות הבטון הנדרשת להקמת יחידת דיור.

ע. לולב: בהתייחס לטענת פארטו על אי הצדק החלוקתי לפיו מפעלי הבטון הקרובים לתחנות הכח משתמשים באפר והמרוחקים לא, מוצגת פריסת מפעלי הבטון שהשתמשו באפר בשנת 2017 (בחודשים מאי-נובמבר⁴) על פני הארץ כולה, כטיעון נגד טענת פארטו לפיה יש תיעדוף של הבטון במרכז הארץ. צפיפות המפעלים מייצגת את צפיפות האוכלוסייה. פילוגי יעדי הבטון והאפר⁵ דומים: 55% מהאפר שימש את מפעלי הבטון במרכז בין אשדוד לנתניה (35% בשפלת החוף, 20% מזרחה לקו בית שמש מודיעין), 35% מנתניה צפונה ו- 10% מאשדוד דרומה; פילוג יעדי הבטון לפי הערכת אגודת יצרני בטון מובא ב- 2016: 50% בין גדרה לחדרה, 35% חדרה צפונה, 15% גדרה דרומה.

ג. אירוס: על פי נתוני הלמ"ס מ- 2016, מתוך הבטון שסופק ב- 2016 לבנייה, כ- 60% יועד למבני שהייה המתחלקים ל- 80% מבני מגורים ו- 20% מבני ציבור. החישוב הזה בוצע כך: מתוך 16.5 מיליון קוב בטון שיוצרו בשנת 2016, שטח מסוים הוקצה למבני שהייה. הנחנו שלדירה של 120 מ"ר צריך 112 מ"ק בטון, ולפי זה חושב כמה צריך קוב בטון לשטח זה. יצא בערך 6.5 מיליון מ"ק שלא למבני שהייה (40% מהני"ל). לפי התאחדות בוני הארץ 80% ממבני שהייה זה למגורים ו- 20% לאחרים. מכאן ש- 48% מהבטון שימשו למגורים, 12% לבנייה ציבורית ו- 40% לבנייה לא לשהייה.

צריך להניח גם שהתפלגות יעדי הבטון עם וללא אפר היא דומה, מאחר ומטרת מפעל הבטון היא תמיד לייצר את הבטון הזול ביותר המבוקש ללקוח, ואת זה משיגים על ידי שימוש בחומרי גלם זולים, כלומר- אפר פחם.

ע. לולב: המנהלת מכינה סקירת שימוש בבטון למגורים בעולם, ונראה על פי זה שהמגמה הרווחת כיום בעולם היא שיכון האוכלוסייה ברבי קומות, שעשויים בעיקר מבטון. בנוסף, יש מדינות בהן יש העדפה לשימוש בבטון בבנייה ומגורים מסיבה מקומית כדוגמת פלורידה המועדת לסופות הוריקן בה שימוש בבטון למגורים מקנה הגנה.

³ השוואת עבודות מנהלת ופארטו בנספח 1.

⁴ מחודש מאי ואילך ניתן היה לספק אפר כתוסף לצמנט ולבטון לאחר שהובהר שהשימוש באמוניה לטיפול בגזי הפליטה בתחנת הכח אינו יוצר מגבלה על השימוש באפר מרחף למטרות אלה. מפת פריסת המפעלים באתר מנהלת.

⁵ בנספח 5 מצורפת טבלת כמויות ומרחקים ממוצעים של כל אזור ותת-אזור מכל אחת מתחנות הכח וממקור החול (מישור רותם)



ב. חלף: צריך להראות שמשמשים בעולם בבטון עם אפר לבנייה למגורים.

א. מינגלרין: הטענה בדוח שנפוץ שימוש באפר בעולם בבטון לתשתיות מסתמכת על דוח מופרך של יחידת המדענית הראשית לשעבר של משרד הג"ס.

ע. לולב: על סמך סקר בינלאומי שעשינו וביורר מול קולגות בעולם, אין אבחנה בין בטון עם אפר, בין אם מיועד למגורים או תשתיות.

אוכלוסייה נחשפת

עיקרי הדברים: הנחות שגויות של פארטו, הן בשיעור האפר המשמש בבטון למגורים (100% במקום 48%) והן בכמות הבטון המשמשת לבניית יחידת מגורים (77 במקום 112 מ"ק בטון לדירת 120 מ"ר) גורמת לניפוח האוכלוסייה הנחשפת לתרומת אפר הפחם בבטון פי 2 עד פי 3 מהיקפה במציאות.

ע. לולב: בשתי העבודות נבחנו שני תרחישים: בתרחיש אחד מנצלים את האפר לייצור צמנט בלבד ובשני לייצור בטון בלבד. בשניהם מניחים כמות נתונה של 100 אלף טון אפר. ההבדלים במס' האנשים שנחשפים בשתי ההערכות נובעים מהנחות שונות על אחוז הבטון המשמש לבניית מגורים – 48% לפי הערכת המנהלת, 100% לפי פארטו, וכן כמות מ"ק בטון המשמשת לבניית יח' מגורים (כולל התשתיות החיצוניות) – 112 מ"ק לפי המנהלת (ממוצע משוקלל של הבנייה לפי שיטות השיטות השונות⁶) לעומת 77 מ"ק לפי פארטו (בנייה רוויה בשיטת ברנוביץ').

א. קליינר: בנושא מ"ק בטון בדירה – בהערכה הנוכחית קיבלתם 112 מ"ק בדירה בת 120 מ"ר, כולל תשתיות. בהערכה של המנהלת לפני שנה קיבלתם 150 מ"ק בדירה לבדה.

ע. לולב: ההתייחסות לפני שנה היתה לבנייה רגילה במבני בטון. בחינה מקיפה יותר שנערכה לאחרונה משקללת שיטות בנייה שונות – רוויה ברנוביץ', רוויה רגילה. צמודי קרקע רגילים וצמודי קרקע בלוקים קלים⁷. בכל אחת מהשיטות שני שליש מהבטון משמשים בבניית הדירה עצמה ושליש בתשתיות החיצוניות. אנחנו הנחנו ש-70 אחוז מהבנייה המשותפת היא רווייה בשיטת "ברנוביץ' מורחב"⁸ ו-30 אחוז מהבנייה המשותפת היא בנייה רגילה שאינה בשיטת ברנוביץ'. כמות הבטון היא 90 ו-150 ק"ג/מ"ק, בהתאמה. הנתונים לפיהם חושבה כמות הבטון של 77 מ"ק בדירה כולל תשתיות בדוח של פארטו הסתמכו על אדריכל הגה"ס שלא להתייחס לבנייה בשיטה אחרת מברנוביץ'.

ג. אירוס: בשיטת ברנוביץ' מכינים פלטות בטון באתר הבנייה ובונים איתן את הקירות החיצוניים בקומות הבניין. פארטו הסתמכו על הנחיית אדריכל הג"ס שהתייחס בהערכתו רק לבנייה בשיטה זו, בעוד שרק 50% מבניית המגורים הרוויה הגבוהה, עד בניין בן 20 קומות לערך, נבנית בשיטה זו. הם גם הניחו שהבנייה צמודת הקרקע (20 אחוז מהבנייה) נבנית עם מעטפת איטונג בלבד. החישוב הנוכחי של כמות הבטון בדירה בבנייה רווייה מדויק יותר ומבוסס על נתונים שקיבלנו ממומחים בטכניון בהם פרופ' רחל בקר.

עלות הקרינה

עיקרי הדברים: חישוב עלות מנות הקרינה של פארטו שגויים, הן בעצם ייחוס מחיר למנות קרינה נמוכות עד זניחות לאוכלוסייה, בניגוד לעקרונות התקן הבינלאומי להגנה מקרינה ולפרסומי הוועדה הבינלאומית ICRP להגנה מקרינה, הן בהערכת יתר של מנת הקרינה הממוצעת לה נחשף אדם מהציבור בישראל מאפר הפחם בבטון.

א. קליינר: אין התייחסות בפארטו לאורך הקיים בחישוב התועלת אלא רק בעלות הקרינה. על מה הסתמכתם במחיר סיוורט-אדם של 100 אלף דולר?

ע. לולב: לפי החלטה של הוועדה התורתית המקצועית לפיקוח על קרינה בישראל, בהתאמה משיקולים מקומיים להערכת היסטורית של סבא"א.

⁶ בנספח 4 – כמות בטון ליחידת מגורים

⁷ מצורף כנספח לפרוטוקול

⁸ לפי חישוב ג. אירוס: עובי קירות המעטפת הוא ממוצע השיטות ברנוביץ' וקובנציונלית



- ב. חלף: חשוב לדעת אם המחיר הזה מתייחס לחשיפה תעסוקתית או ציבורית.
- ט. שלזינגר: פארטו מתבססים על מחיר 200 אלף דולר סיוורט-אדם מתקן סבא"א מ-2002 שאינו בתוקף. בתקן החדש מ-2014 של הועדה לאנרגיה אטומית אין התייחסות לערך של סיוורט-אדם ואין המלצה להשתמש בערך הזה בכלל.⁹
- א. קליינר: בנושא חישוב עלות החשיפה לקרינה – האם ז'אן קוך יכול להוציא מסמך המעיד על הערכה שגויה שלו שניתנה לפארטו?
- ע. לולב: הוא ציין במייל שמומלץ להסתמך על חישובי המנהלת המציאותיים יותר¹⁰ משלו שנערכו רק להדגמת אופן החישוב.
- ט. שלזינגר: מאפיין עיקרי של דוח פארטו הוא שמתייחסים בו לקרינה באופן לא מקצועי לחלוטין והם לא מבינים בזה שום דבר. החל מ-2004 האפר נחשב למוצר צריכה חופשי למסחר ללא שום מגבלות. הרגולציה של הקרינה עליה נשען הדוח היא כנראה רק לפי משרד הג"ס, העוסק בתיקון לחוק חדש לקרינה מיינת המסתמך על תקן סבא"א מ-1995 שהוחלף מאז. השימוש בתקן הישן נוגד את האמנות הבינ"ל שישאל חתומה עליהן. לפי המלצות ה-ICRP משנת 2008 אכן להשתמש באגרזיה של מנות קרינה נמוכות מתחת ל-1 מיליסיוורט לשנה בחישוב מנה קולקטיבית להערכת נזקי קרינה¹¹. חישובי עלות הקרינה שגויים¹². הנזק במקרה הזה הוא אפס. ז'אן קוך כנציג ישראל בסבא"א יכול לחתום על מסמך המסביר נקודה זו וכן מירון ישראלי מהוועדה לאנרגיה אטומית.
- בנושא עלות מנת הקרינה – ערך סיוורט-אדם של 100 אלף דולר מופיע בתקן סבא"א מ-2002. פארטו חישובו מנה קולקטיבית. המלצות ICRP מ-2008, שהיא הבסיס לתקינה בעולם, אומרות שאין להשתמש במנה זו אם מדובר באגרזיה של מנות קרינה נמוכות מ-1 מיליסיוורט לשנה על אוכלוסיות גדולות. במידה וחומר הבנייה גורם לתוספת של עד 0.3 מיליסיוורט לשנה מדובר במצב חשיפה קיים ואפשר להתעלם מקרינה זו ולהפיץ את החומר ללא הגבלה, זאת לפי הגרסה המעודכנת של תקן סבא"א מ-2015¹³, בעוד חישובי פארטו מבוססים על גרסה 2002 של תקן סבא"א. יש דוח של סבא"א שמתייחס לקרינה במצב חשיפה קיים מחומרים ר"א ממקור טבעי. מצוין במפורש ב-ICRP 104 שהחומרים הר"א באפר פחם ממקור טבעי. בדו"ח סבא"א מ-2004 מוגדרים חומרים ר"א ממקור טבעי ללא קשר למקור – אם ריכוזי הרדיונוקלידים של אורניום ותוריום בחומר הם מתחת ל-1000 בקרל לק"ג ושל אשלגן מתחת ל-10,000 בקרל לק"ג אין להתייחס לחומר זה כחומר רדיואקטיבי אלא רק לכתוב תקן כמו תקן הקרינה ממוצרי בנייה (סעיף 5.8 בדו"ח סבא"א מ-2004).
- א. מצגר: באתר משרד הגה"ס מתפרסם מסמך של ז'אן קוך בו כתב שאין להשתמש במנה קולקטיבית מהנימוקים שהציג טוביה.

⁹ להסבר בהרחבה ניתן לעיין בהערות ט. שלזינגר לגוף דוח פארטו, נספח 2 לסיכום הדין.
¹⁰ לדעת ט. שלזינגר, ניתן בכל מקרה להימנע גם מחישוב זה, מאחר ומדובר בתוספת שהיא מתחת ל-1 מיליסיוורט לשנה לאדם, ועל אחת כמה וכמה אם המנה מגמא מתחת ל-0.3 מיליסיוורט לשנה.
¹¹ לערך המנה הקולקטיבית היה תפקיד באמות המידה לפטורים לפי ה-BSS 115 מ-1996. לעומת זאת, בפרק הפטורים בתקן הבינלאומי החדש אין אזכור למנה הקולקטיבית, ולפי ההנחיות העדכניות של ICRP ו-IAEA לא משתמשים יותר במנה הקולקטיבית כקנה מידה להערכת סיכונים במנות נמוכות. הסבר בנספח 3 לסיכום הדין.
¹² הדוח מציג ניתוח כלכלי של סיכון-תועלת ועלות-תועלת, כאשר בצד התועלת והעלות מוצגים ערכים כספיים מוגדרים ומוסכמים, ובצד של הסיכון ועלות הסיכון מוצגים ערכים תיאורטיים הסתברותיים וספקולטיביים עם טווח שגיאה של מאות אחוזים.
¹³ דיאגרמה 2 עמ' 33 במדריך סבא"א מ-2015. בנושא יישומי אפר פחם בתעשיית הבנייה המדריך מוקדש כולו להצעת סבא"א איך לבצע את דרישות התקן הבינלאומי למצבי חשיפה קיימים בהקשר להגנת הציבור מקרינה הנפלטת מראדון ומקרינת גמא הנפלטת מחומרים רדיואקטיביים טבעיים בקרקע ובמוצרי בניה. מצוין במדריך זה כי במקרה של חומרים רדיואקטיביים ממקור טבעי במוצרי בניה (צמנט, בטון, בלוקים וכו'). לא נדרשת לפי הנחיות סבא"א אופטימיזציה של פעולות ההגנה מתחת לרמת היחוס של 1 mSv/y וניתן להפיץ את המוצרים ללא כל הגבלה.



תועלת הארכת הקיים

עיקרי הדברים: דו"ח פארטו שוגה בהערכת חסר של תרומת אפר הפחם לקיים הבטון ולתועלתה, הן בהערכת עלות השדרוג המתחייב של הבטון ומערכות הבניין הקשורות בו לעת סיום הקיים המתוכנן¹⁴ והן בחישוב הערך הנוכחי של תרומת אפר הפחם להארכת קיים הבטון ודחיית מועד שדרוגו, עד כדי סדר גודל עשורני.

א. קליינר: יש טעות מתודולוגית בחישובי פארטו הנובעת מכך שהם חישובו את התועלת על פני 50 שנה ולא 68 שנה, ומזה גזרו את התועלת השנתית. כלומר התועלת שלהם מחושבת פר שנה. לעומת זאת, את עלות הקרינה הם יוחסו לכל אורך חיי המבנה. יש הבדל בין הערכות מנהלת לפארטו שנראה לא הגיוני – 2,682 ₪ מול 20 ₪ תועלת של 1 טון אפר בקיים, בהתאמה.

ד. לנגר: להערכת עלות שיפוץ המבנה הנחנו 7,000 ₪ עלות בנייה למ"ר, 40% מתוכם זה שלד המבנה ועלות השיפוץ (כולל שיפוץ הבטון ומערכות השירות הצמודות לבטון או בנויות בתוכו) היא 60% מעלות השלד. מקבלים 1,680 ₪ למ"ר.

א. בנטור: הערך שפארטו קיבלו מתבסס על שידרוג מבנה לרעידות אדמה וזה שונה משיפוץ מבנה מסיבות אחדות. שידרוג מבנה לרעידות אדמה כולל חיזוק חיצוני של העמודים ולא שינוי בפנים המבנה למשל בטיפול נגד קורוזיה של הבטון. במסגרת השידרוג הסייסמי מבנה טיפוס על עמודים צריך חיזוק בעיקר של קומת העמודים, שזה 70% מהחיזוק. אין להתייחס לשידרוג זה כמייצג את עלות השיפוץ.

ג. אירוס: את הערכת שיפוץ מבנה הסקתי מהניסיון האישי שלי. לצורך חיזוק בטון שעבר בלייה, במיוחד מבנים על קומת עמודים, עקב החשש לקורוזיה מבוצע חיפוי של הסדקים בבטון, לאחר מכן מוחדרים חומרים לאיטום המבנה, שבדרי"כ אינם בטון, ועל גבי זה מבוצע כיסוי בחומרים נוספים כדוגמת טיח או פלטות אבן. במידת הצורך מוחלפת גם הצנרת הפנימית בבטון במידה וזו עברה קורוזיה או פגיעה במהלך החיפוי.

ב. חלף: כמה משמעותי ההבדל בשנות הקיים – 68 לפי המנהלת לעומת 50 לפי פארטו?

ד. לנגר: התועלת של הקיים כתוצאה משימוש באפר בבטון היא 68 שנה ולא 50, וצריך לסכם אותה על פני כל השנים ולא רק לשנה אחת כפי שנעשה ע"י פארטו.

מדדים כלכליים

עיקרי הדברים: דו"ח פארטו שוגה בהנחות שער הניכיון המתאים לחישוב הערכים הכלכליים המתפרסים על פני שנים. כמו כן שוגה הדו"ח בהנחת הערך למשק של אפר הפחם כמוצר לוואי בשער תחנות הכח. ערכו הוא שלילי כאשר יש לסלקו כפסולת והוא 0 כאשר הוא מנוצל במלואו. ערכו של אפר הפחם בשימושו הוא כשל החומרים המוחלפים על ידו ביחסי התחלופה הטכנולוגיים ובערך המוסף הייחודי הנתרם על ידו בשימושו.

א. קליינר: בין שתי ההערכות ישנם הבדלים בשער הריבית ובערך למשק של האפר בשער תחנת הכח.

ד. לנגר: יש להם טעות גם בשיעור ההיוון. שער ההיוון הנכון הוא ריבית ללא סיכון המשתווה לתשואה של אגרות החוב ארוכות הטווח של המדינה. אנחנו לקחנו

¹⁴ ציטוט מדו"ח "שיטות שדרוג סיסמי של בניינים קיימים המיועדים לחיזוק מסיבי בישראל", משרד הבינוי והשיכון, ינואר 2015 (עמוד 19):

"חיזוק במסגרת פרויקט תמ"א 38 הוא חיזוק חיצוני בלבד (לגבי הבניין המקורי) ולא מעריך צריך להיות 'מאריך', ע.ל. את משך שירותו, כי נעשה חיזוק רק למעטפת החיצונית ולא לאלמנטים הפנימיים החשובים לא פחות, כל עוד בפרויקט תמ"א 38 נעשה שילובו של הבניין המקורי עם תוספת קומות, משך השירות נקבע לפי החלק החלש ביותר, כלומר הבניין המקורי הבעייתי. לאחר 20 – 40 שנים, דיירי הבניין אשר נבנה לפי תמ"א 38 יעמדו מול הצורך להשקיע בחיזוקו של החלק המקורי של הבניין. זאת כדי למנוע התמוטטות של אלמנטים קונסטרוקטיביים ישנים, חלשים או רופפים". עם זאת, לדעת פרופ' יחיאל רוזנפלד, מומחה בניהול הבנייה מהמכון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון, עלות שדרוג הבטון בסוף הקיים המתוכנן קרובה יותר להערכת עלות השדרוג הסייסמי. יש מקום לבחון ממוצע של שתי ההערכות לבדיקת רגישות.



1.4%. הריבית היום נמוכה אפילו עוד יותר ולהערכתי לא תעלה בהרבה בעתיד הנראה לעין.

ב. חלף: הריבית הנכונה בשער ההיוון היא 3 אחוז ולא 7 אחוז לפי פארטו.

א. קליינר: הריבית 7% נעשתה על פרויקט מ-2012 של משרד האוצר והתחבורה בנושא תשתיות תחבורתיות לפיו אין להשקיע בתשתיות בעלות תשואה נמוכה מערך מסוים. בזמן זה שער הריבית היה שונה. צריך לבחור ריבית של 3% כי מסתכלים על הטווח הארוך.

ע. לולב: לגבי ערך האפר למשק: כאשר הצטבר האפר כפסולת ללא שימוש בחצרי תחנות הכח מחירו לתשתיות היה שלילי כי חברת החשמל היתה צריכה לשלם על הוצאתו מחוץ לתחנות והמחיר השלילי שיקף את מצבו המשקי. מאחר והיום יש עודף ביקוש לאפר מחירו למשק בשער התחנה הוא אפס כי מדובר במוצר לוואי. לכן ערכו החליפי למשק הוא כמלוא ערך החומרים המוחלפים על ידו. המחיר שגובה חברת החשמל מבטא התחלקות התועלת המשקית הכוללת בין חברת החשמל למשתמשים באפר ויש לו השפעה שולית, בגלל גובהו הנמוך מאד יחסית לתועלת, על מיצוי התועלת הכוללת למשק באמצעות העדפות המשתמשים.

יבוא אפר

עיקרי הדברים: יבוא אפר יכול לתחזק רמת ניצול גבוהה יחסית של אפר בשגרה שתקל על המשק לקלוט עודפי אפר חריגים בהעמסת חירום של היחידות הפחמיות באירועי כשל באספקת גז טבעי. יש להתנות את אישור היבוא בהתחייבות להעדיף ניצול אפר מקומי בכל מצב.

ל. נודלמן: דוח פארטו הוכן בעקבות עתירת נשר לבגץ לייבוא אפר. חברת החשמל מייצרת בסביבות 800 אלף טון אפר לשנה, לעומת ביקוש של 2 מיליון טון. גם אם ייבאו אפר צריך לשמור את תעשיית הבטון כלקוח קבוע מהפן התפעולי של שימוש קבוע באפר בבטון ולא רק בזמנים בהם תעשיית הצמנט לא תוכל לקלוט את כל כמות האפר.

א. בנטור: משרד הכלכלה לוחץ לאשר צמנט CEM II B היכול להכיל עד 30 אחוז מוספים, בהם אפר פחם. כלומר תהיה סתירה בין אישור ייבוא אפר דרך הצמנט לאיסור ייבוא אפר כאפר.

ב. חלף: לא מדובר על איסור ייבוא אפר אלא תיעדוף.

ע. לולב: להבנתי יותר ייבוא אפר לנשר בלבד בכפוף לכמות שתחסר לה. ניצול אפר מיובא כמענה לעודף הביקוש יתחזק רמת ניצול גבוהה של אפר יחסית לייצור השוטף בעומס נמוך של ייצור חשמל מפחם, שתאפשר למשק לקלוט את כמות האפר החריגה שתיווצר בהפעלת תחנות הכח הפחמיות בעומס מלא בשעת חירום באספקת גז טבעי.

מ. דנון: ביקוש האפר עולה על ההיצע. לכן ייבוא אפר יוכל להשלים את החסר.

ל. נודלמן: צריך להיות תיעדוף של האפר המקומי. חברת החשמל צריכה להיות בטוחה שכל האפר יפונה מתחנות הכח.

מ. דנון: צריך להפנים עלות חימונית גם על האפר המיובא. שתהיה אגרה על ייבוא אפר בגובה העלות החיצונית כיום על האפר המקומי.

ג. אירוס: חברות בטון לא ייבאו אפר מרחף יבש כיוון שזה לא משתלם להן. אפר יבש שיגיע באוניות צריך להיות מאוחסן במתקנים ייחודיים לאחר פריקה.

ע. לולב: העלויות הגבוהות שכרוכות בייבוא אפר יבש (במתקנים פנאומטיים) מצדיקות ייבוא צמנט שמחירו האלטרנטיבי גבוה ולא אפר שכדאי לתוסף רק במחיר נמוך. ייבוא אפר מורטב אינו מתאים לבטון אלא רק כחומר לקלינקר, עקב הפסד פוצולני בהרטבה.



א. מצגר: לפי מידע מארגון ECOBA היקף מסחר בינלאומי באפר מרחף יבש הוא 5 מיליון טון לשנה. האפר הוא סחורה לכל דבר.

שימושי חקלאות

עיקרי הדברים: דו"ח פארטו נמנע מבחינת השימושים בחקלאות ובתשתיות מנימוקים שגויים מקצועית והחמיץ שימושים בעלי ערך גבוה למשק.

א. מינגלרין: לעניין איסור השימוש באפר בחקלאות ותשתיות¹⁵ כמצוין בדוח – במסמכים הנלווים לדו"ח אין איסור אלא חוות דעת שגויות מקצועית הן באשר לסיווג הסביבתי של אפר הפחם, הן באשר לאפיון השימושים והן באשר לתנאים הסביבתיים של יישומם (נספח ז' בדוח¹⁶). אתייחס לקביעה זו בנפרד¹⁷.

סיכום כללי

א. מינגלרין: יש פה עניין מהותי. הדוח של פארטו שגוי מיסודו. הוא הוכן בכפוף להנחיות שקיבל ממשרד הג"ס שהזמין אצלם את העבודה. הביקורת על כל מרכיביו המהותיים מגיעה מפי מומחים, כל אחד בתחומו. ניתוח כלכלי צריך לכלול את כלל השימושים באפר פחם.

ב. חלף: הדוח אינו טוב ולא הוכן ע"י מומחים. אין רגולציה בעולם האוסרת שימוש באפר או קובעת תיעדוף בשימושו.

רשם: דן שריקי

נספחים:

- נספח 1 – טבלת השוואת הנחות, מדדים וממצאים בעבודות מנהלת ופארטו
- נספח 2 – הערות טוביה שלזינגר בגוף דו"ח פארטו
- נספח 3 – הערות משלימות של טוביה שלזינגר
- נספח 4 – כמות בטון ליחידת מגורים
- נספח 5 – פריסת מפעלי בטון והתפלגות אזורית של אספקת אפר למפעלים
- נספח 6 – הערות אורי מינגלרין לחו"ד אבי חיים ומכתב אלון זסק

¹⁵ הטענה בדוח (עמ' 31) לפיה השימוש באפר לתשתיות אסור ע"י הגה"ס כשהאפר אינו כלוא, לא לגמרי מובנת וגם אינה נכונה.

¹⁶ במכתב של אבי חיים (נספח ז') מצוין שההרכב של עופרת באפר מגיע עד 80 מ"ג/ק"ג, מעל הערך המותר לשימוש חוזר בקרקע שנקבע להגנה על מי תהום. מה שרלבנטי למי תהום זה הריכוז בתשטיף ולא בחומר, וריכוז מכסי של עופרת בתשטיף אפר ישראלי במיצוי במים הוא 0.1 מ"ג/ק"ג על בסיס יבש.

¹⁷ התייחסות מינגלרין להערכה הסביבתית של שימושי אפר פחם בחקלאות מצורפת בנספח 6 לפרוטוקול.

14-02-2018		השוואת הנחות, מדדים וממצאים - מנהלת אפר הפחם מול פארטו			
פרוטוקול דיון צוות מקצועי מורחב מנהלת אפר פחם, 14.2.18					
ד"ח פארטו: הערכה כוללת ואופטימיזציה משקית לשימושי אפר פחם בישראל, פברואר 2018					
הערות	פרטו	מנהלת אפר הפחם			
כללי					
תכולת אפר פחם כתוסף בבטון	4.2%	100 ק"ג כתוסף לבטון - ממוצע ענפי.	4.5%	2,222 ק"ג למ"ק בטון	2,364 ק"ג למ"ק בטון לפי המנהלת
תכולת אפר פחם בבטון באמצעות הצמנט	2.3%	29 ק"ג כח"ג לקלינקר, 25 ק"ג כתוסף לצמנט - פוטנציאל טכנולוגי ותקני.	1.5%	2,333 ק"ג למ"ק בטון	
תכולה כוללת של אפר פחם בבטון	6.5%	154 ק"ג למ"ק בטון	6.0%		
שימוש באפר פחם למגורים	48%	לפי התפלגות יעדי בטון: 40% בנייה שאינה לשהיית בני אדם, 12% בנייה ציבורית, 48% בניית מגורים (מבני שהייה 11 מיליון מ"ר - למ"ס 2016, 0.93 מ"ק בטון למ"ר, 16,500 מיליון מ"ק בטון בשנת 2016).	100%		התפלגות יעדי אפר פחם חופפת, למעט יוצאים מהכלל מעטים, את התפלגות יעדי הבטון
מ"ק ליח' מגורים ממוצעת (120 מ"ר)	112	ממוצע משוקלל של שיטות הבנייה 80% רוויה (70% ברנוביץ מורחב, 30% רגילה), 20% צמודת קרקע (50% בטון, 50% איטונג).	77	80% רוויה ברנוביץ, 20% צמודות קרקע.	
מס' דיירים בדירה	3.32		3.32		למ"ס 2016
צמנט					
אפר פחם במ"ק בטון שמקורו בצמנט - ק"ג	54	245 ק"ג צמנט CEMII-SLV במ"ק בטון ללא תוסף אפר לבטון.	35	10% אפר בצמנט CEMII כתוסף. 350 ק"ג צמנט במ"ק בטון.	
קרינה מאפר פחם בצמנט שבהרכב הבטון					
גמא וראדון		ערך משוקלל לחדרים שונים, זמני שהיה שונים כולל שהייה בממ"ד, להוציא חשיפה זניחה בשהייה במבנים ציבוריים (חינוך, תעסוקה, עינוגים).	גמא בלבד	כל האוכלוסיה שוהה זמן מקסימאלי תקני (7000 ש' לשנה) בחדרים המכילים 4 פאות בטון, כל חדר X33 מ' לפי מדדי המודל.	
תוספת מנת קרינה מאפר בצמנט mSv/y לאדם מהציבור	0.010	אפר כתוסף לצמנט תורם להפחתה בשפיעות רדון מהבטון בשיעור 25% ממנת הקרינה מגמא לבדה. החישוב נגזר מממצאי בדיקות דוגמאות בטון עם וולא אפר בשורק.	0.013	חישוב מבוסס על הנחות והערות סינתטיות במחקר ליאור כהנא.	במנות מסדר גודל של מספר מיקרוסיורט לשנה לא מייחסים עלות לפי המלצות ה-ICRP אלא פוטרים אותם מבקרה.
אוקלוסייה נחשפת לקרינה מאפר בצמנט	56,914		123,788		
תוספת מנת חשיפה קולקטיבית לציבור man-Sv לטון אפר בצמנט	2.6E-06	אפר כתוסף לצמנט תורם להפחתת רדון	0.000016		לפי הנחיות ICRP אין להעריך סיכוני תחלואה של מנה קולקטיבית המורכבת ממנות נמוכות מאד ביחס לרקע הטבעי.
מחיר סיוורט אדם Alfa value	\$100,000		\$200,000		ערכי Alfa value משמשים רק במצבים תעסוקתיים מתוכננים לבחירה באמצעי האופטימלי להגנה על העובדים או על הציבור בסביבת מקור קרינה מתוכנן, כדוגמת תחנת כח גרעינית או מתקן רפואי.
ע.ג. עלות קרינה לטון אפר מצמנט המכיל אפר פחם	40	53 ש"ח בהנחות פרטו (שער ניכיון 3%, עלות סיוורט-אדם \$ 200,000)	290		הערכים מחושבים רק כדי להציג את סדר הגודל המדובר ולא להשוואת עלות מנת הקרינה כנגד התועלת או לניכוי עלות זו מהתועלת לקבלת התועלת הנקייה ביישום.
שנות השפעה בחישוב הנ"ל	68		50		
שער ניכיון לחישוב ערך נוכחי	1.4%	לפי מחיר הון חסר סיכון במועד ההערכה	3%	שער ריבית חברתי	
תועלת החלפת ח"ג לקלינקר והחלפת קלינקר					
עלות קלינקר, לטון	240		210		
עלות חליף מתקן כימי (אלומינה) לאפר, לטון	400		170	קאולין	
יחס תחלופה מתקן כימי בין החומר החליפי לאפר	1:1.5		1:1		
מחיר אפקטיבי מתקן כימי לטון אפר	400		255		
עלות 1 טון אפר פחם למשק	0	ערך למשק לאפר כמוצר לוואי בשער תחנת הכח	30	מחיר מכירה שנקבע ע"י חח"י, משקף את חלקה של חברת החשמל בתועלת המשקית הגלומה בניצול האפר בשימושי	ערך אפר למשק בשימושי נקבע על פי עלות נחסכת של החומרים המוחלפים ביחסי הנחלופה במוצר. התועלת למשתמש = העלות הנחסכת בניכוי מחיר הקנייה מחח"י.
השפעות חיצוניות	אין מידע		10		
צמצום כריה וחציבה	אין מידע		13		
יחס המרה אפר פחם/קלינקר במעבר בין CEMI ל CEMII	1:1	100 ק"ג אפר כתוסף בצמנט CEMII מחליפים 100 ק"ג קלינקר.	1:0.8		
תועלת בצמנט משימוש באפר פחם	285	ערך משוקלל לפי 88% CEMI 12% CEMII,	294	כתוסף ל CEMII מחליף קלינקר	
מניעת פליטת מזהמים בייצור צמנט	89	CO2 בלבד	143		
תועלת ממניעת כריה וחציבה בצמנט	אין מידע		8.2		
סה"כ ערך לטון אפר בייצור צמנט	364		434	התוצאה היא לאחר קיזוז 60 ש"ח, מחיר האפר וכוללת השפעה סביבתית	

בטון		100	100	100	ק"ג אפר פחם למ"ק בטון
קרנה מאפר פחם כתוסף לבטון					
		גמא בלבד	השפעת הראדון - הפחתה של 25% במנת הקרינה בהשוואה למנת הקרינה מגמא לבד. החישוב מתבסס על הפרש ממצאי בדיקות דוגמאות בטון עם וללא אפר בשורק - 0.036, 7000 mSv/y שעות בשנה בממ"ד.	גמא וראדון	
הנ"ל בצמנט	כל האוכלוסיה שוהה זמן מקסימאלי תקני (7000 ש' לשנה) בחדרים המכילים 4 פאות בטון, כל חדר X33 מ' לפי מדדי מודל תקן הקרינה ממוצרי בנייה.	0.038	ערך משוקלל של זמני שהיה שונים של דיירי הבית בחדרים שונים, לרבות בממ"ד.	0.016	תוספת מנת חשיפה עקב תוספת אפר לבטון mSv/y
		43,326		14,229	אוכלוסייה נחשפת לקרינה מאפר בבטון
הנ"ל בצמנט	חישוב מבוסס על הנחות והערכות סינתטיות במחקר ליאור כהנא	0.000016	חישוב תרומת האפר המוסף לבטון לקרינה נגזר מהשוואת ממצאי בדיקות קרינה מתערובות עם וללא אפר. הפחתת המנת - זו ללא אפר מזו עם אפר, מנכה רק באופן חלקי ממנת התערובות עם אפר את התרומה למנת הקרינה של האפר המצוי בצמנט, שבחלקו מוחלף ע"י האפר המוסף לבטון. לכן בחישוב זה מתקבלת הטיה כלפי מעלה של תרומת האפר כתוסף לבטון למנת הקרינה.	2.3E-06	תוספת מנת חשיפה קולקטיבית לציבור Man-Sv לטון אפר בבטון
הנ"ל בצמנט		297	46 ש' בהנחות פרטו (שער ניכיון 3%, עלות סיוורט-אדם \$ 200,000)	35	ע.ג. עלות קרינה לטון אפר מבטון המכיל אפר פחם
תרומה לקיים בטון					
	77 מ"ק ל 120 מ"ר. 80% לפי שיטת ברנוביץ, 20% צמודת קרקע	0.64	112 מ"ק ל 120 מ"ר ממוצע שיטות בניית מגורים - רוויה 80% (70% ברנוביץ, 30% רגילה), צמודת קרקע 20% (50% רגילה, 50% איטונג).	0.93	מ"ק בטון במ"ר בנייה
חיזוק הסיסמי אינו רלבנטי לטיפול בבלאי בטון ובקורוזיה בדיון. דו"ח מחקר החיזוק הסיסמי אף מצוין ששיפוץ בטון שהתבלה מחייב השקעה גבוהה יותר. לדעת פרופ' יחיאל רוזנפלד, מומחה לניהול הבנייה במכון לחקר הבנייה, עלות שיפוץ מבנה קרובה יותר לעלות החיזוק הסיסמי. יש מקום לערוך בדיקת רגישות לעלות ממוצעת בין שני הקצוות.	מדד עלות חיזוק סיסמי	714	לפי עלות שיפוץ שלד (7000 ש' למ"ר, עלות השלד בבנייה - 40%, עלות שיפוץ השלד - 60% מעלות השלד). בהתבסס על ניסיון מעשי.	1,680	עלות שיפוץ מ"ר
מחיר הון להיוון	לפי מחיר הון להיוון פרויקטים בתחבורה משנת 2012	7.0%	לפי מחיר הון חסר סיכון במועד ההערכה	1.4%	
	תרחיש 1	100%		90%	יחידות דיור שישופצו
	תרחיש 1	0	50% מיחידות צמודות קרקע	10%	בינוי מחדש
	תרחיש 2	100%			בינוי מחדש
תיקון חישוב ע.ג. פרטו: 272 ש' (7%), 1,077 ש' (3%), 1,269 ש' (1.4%)	תרחיש 1	20	2,277 ש' בהנחת שער ניכיון חברתי פרטו (3%)	2,682	ערך מוסף תרומה לקיים של 1 טון אפר פחם
(1,269+2,682)/2=1,975 (1,077+2,277)/2=1,677			בשער ניכיון חברתי כנ"ל - 1,677 ש'	1,975	בחישוב הממוצע לעיל
	תרחיש 2	0-153			
תועלת כמחליף ח"ג בבטון					
		53		65	עלות 1 טון חול
		350		346	עלות 1 טון צמנט
עלות צמנט מוחלף בניכוי מחיר אפר פחם 145, עלות חול מוחלף 33 בניכוי כנ"ל	בתוספת 60 ש' בחשבון למשק	178		295	תועלת בבטון משימוש באפר פחם
	לפי יחס המרה של 1:0.5	55.3	CO2 בלבד	17	צמצום פליטת מזהמים בייצור הבטון
מחיר ק"מ/טון הובלת אפר כפול בקירוב ממחיר הובלת חול			הפרש מרחקי הובלה אפר מתחנות הכח, חול ממישור רותם, משוקלל כמותית לפי מיקום מפעלי הבטון 2016.	9	חסכון בהובלת חול לייצור בטון לטון אפר
תועלת בשימושים אחרים					
			מחיר משוקלל מעכלים וקומפוסטציה בניכוי עלות ייצור במס"א.	408	תועלת ייצוב בוצת שפכים (במס"א) לטון אפר
			תחשיב משרד החקלאות.	115	ערך מוסף תרומה ליבול במס"א טון אפר פחם
			יחסי משקלים נפחיים.	156	תועלת לטון אפר תחתית כח"ג לקלינקר
			יחסי משקלים נפחיים לטון המוחלף.	117	תועלת לטון אפר תחתית כמחליף חול במוצרי בנייה
			30% חומר אורגני במצע הגידול.	270	תועלת לטון אפר תחתית בגינות וחקלאות
				0.001	מנת קרינה מאפר תחתית ביחס לטון בגינות mSv/y
				7,452	אוכלוסייה נחשפת לקרינה מגינות
בהסתייגות ICRP לעיל			30% חומר אורגני במצע הגידול.	0.007	תוספת מנת קולקטיבית מתחתית בגינות man-SV/y
בהסתייגות ICRP לעיל			30% חומר אורגני במצע הגידול, כמות ע"י מפתח השיטה. 19 ש' ללא חומר אורגני.	8	ע.ג. (50 שנה) עלות מנת קרינה לטון אפר בגינות
		0-18	יחסי משקל נפחיים, בפרויקטים המשתמשים בחומר מליוני מובא.	68.0	תועלת בתשתיות לטון אפר המחליף חומרי מליוני מבני או מעטפת מתקנים תת קרקעיים



נספח 2 הערות טוביה שלזינגר (באדום) לפרק כימות כלכלי לעלות יחידת מנה קולקטיבית (עמ' 54 בדוח פארטו)

כימות כלכלי לעלות יחידת מנה קולקטיבית

דו"ח ועדת (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) UNSCEAR של האו"ם¹⁸, בנוגע לאפקטים הבריאותיים של חשיפה לקרינה מייננת, איננו ממליץ (!) להכפיל מינונים נמוכים מאוד של חשיפה לקרינה (כפי שמתקיים באפר פחם) לטובת הערכת ההשפעה הבריאותית, אם כי קובע שמאחר והגופים האחראים לבריאות הציבור נדרשים להקצות משאבים בצורה ראויה, הרי שלמטרת השוואה בין אופציות שונות, תחזיות של כימות האפקט הבריאותי, גם עבור מינונים נמוכים, עשויות להיות מועילות (ובלבד שיישמו באופן עקבי).

עמדת (International Commission on Radiological Protection) ICRP, כי ניתן להשתמש במנה האפקטיבית הקולקטיבית לשם השוואה של אמצעי הגנה מקרינה ותרמישים תפעוליים, במסגרת אופטימיזציה של ההגנה מקרינה.

על מנת לבצע כימות כלכלי לתוספת המנה הקולקטיבית, הרי שיש צורך לאתר את הערך הכספי הניתן ליחידה מנה קולקטיבית (α value) ולהכפיל את תוספת המנה הקולקטיבית השנתית בערך זה. לאחר מכן, נבצע גם הכפלה של ערך כספי זה במספר השנים בהם הדירה משמשת למגורים (אורך חיי הנכס).

הצעד העיקרי בקביעת הערך הכספי של סיוורט אדם מסתמך על הקשר בין מינון ואפקט. ניתן להעריך את הערך הכספי של סיוורט אדם באמצעות הכפלת ההסתברות לפתח אפקט בריאותי הקשור במינון קולקטיבי של אדם אחד לפי הערך הכספי של ההשפעה הבריאותית.

יודגש כי הפרסום המצוטט של ה-ICRP הוא משנת 2002, דהיינו לפני 16 שנה!!! והפרסום הזה התבסס על המלצות ה-ICRP בפרסום מס' 60 משנת 1991. פרסום זה הוחלף בפרסום מס' 103 משנת 2008 שמציע לא להשתמש במנה הקולקטיבית להערכת הסיכון או לכימות הנזק (ראה להלן). בעיסוק בהגנה מקרינה בחשיפה תעסוקתית, כלומר במצבי חשיפה מתוכננים כאשר הנחשפים הם קבוצה מוגדרת של עובדים, משתמשים בתהליך האופטימיזציה בכימות הכלכלי של המנה הקולקטיבית (α value) בשביל להשוות שימוש באמצעי הגנה שונים להפחתת החשיפה. כשמדובר בחשיפת ציבור גדול ולא אחיד בחשיפה כרונית למנות נמוכות הוועדה המליצה בפרסום 101 בשנת 2006 לא להשתמש כלל במנה הקולקטיבית בתהליך האופטימיזציה כמדד לקבלת החלטות. להלן עותק מסעיף 68 בפרסום 101 :

(68) When the exposures occur over large populations, large geographical areas, and over large periods of time, the Commission now considers that the total collective effective dose, as defined above (i.e. the summation of all individual exposures in time and space), is not a useful tool for decision aiding because it may aggregate information excessively and could be misleading for selecting protection actions.

בפרסום 103 של הוועדה משנת 2008 (סעיף 161 בפרק 4.4.7) מזהירה הוועדה לא להשתמש במנה הקולקטיבית לחישוב הסיכון הבריאותי או צפי התחלואה בסרטן באוכלוסיות גדולות שנחשפו

¹⁸ UNSCEAR. Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2012 Report, Annex A: Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York, 2015.



למנות קרינה אינדיווידואליות נמוכות מאד (trivial exposures). המושג מנה קולקטיבית אינו מופיע כלל בתקן הבינלאומי המעודכן משנת 2014.

הספרות הכלכלית בנושא ערך כספי מקרינה, מציגה מספר גישות לחישוב, כאשר 2 הגישות העיקריות הן:

1. **גישת ההון האנושי**: מהווה גישה מרכזית ומובילה, לפיה יש לחשב את הערך הכספי (a-value), על בסיס מכפלת איבוד שנות החיים הממוצעות בשל מחלות הנובעות מקרינה בתוצר המקומי הגולמי לנפש, כאשר ערך כספי זה מוכפל בהסתברות הנתונה למחלה¹⁹.
2. **גישת הנכונות לשלם (WTP)**: שימוש בסקרי הערכה מותנים, החושפים העדפות של אנשים.

בחינת שווה הערך הכספי של הנזק הנגרם מחשיפה למנת קרינה קולקטיבית (לחילופין - ערך ההשקעה באמצעי הגנה למניעת חשיפה למנת קרינה) של סיוורט אדם, בספרות הכלכלית המקצועית, מעלה כי ישנו טווח יחסית רחב, כאשר כל מדינה אומדת את ערכה. העבודות השונות מדובר על טווח רחב של נזק כספי, הנע, ברובו, בין 20,000 דולר סיוורט אדם ועד 200,000 דולר סיוורט אדם²⁰, כאשר הוועדה לאנרגיה אטומית בישראל, אימצה, נכון לשנת 2011, ערך של 100,000 דולר סיוורט אדם בתעסוקה²¹. מדובר בתקן של הוועדה משנת 2011 שהוא עדכון של התקן של הוועדה משנת 2004. במבוא לתקן מוסבר כי העדכון כלל רק תיקונים לשוניים וביטול הוראת שעה מסוימת. כל התקן הזה מבוסס על ה-BSS של סבא"א משנת 1996. בשנת 2014 יצא תקן מעודכן של הוועדה הנסמך על המלצות ה-ICRP המעודכנות משנת 2008, כולל טבלת פטורים לכמויות צובר והבחנה בין חומרים ר"א ממקור טבעי ואלה ממקור מלאכותי. התקן משנת 2014 (יצא עוד עדכון בשנת 2015) לא מציג ערך כספי של ה-Man-SV.

מחקר משרד האנרגיה האמריקאי (DOE)²² בחן את הערכים הכלכליים הנובעים מחשיפה לקרינה עבור **הציבור** והמליץ להתייחס לטווח של 100,000-600,000 דולר סיוורט אדם, כאשר מקור טווח זה מצוי בגישה של אופן חישוב ערך החיים הכלכלי-חברתי וכן בשונות בערכים אלו בין המדינות השונות. טווח ערכים זה התבסס על חישוב ממוצע של הגישות השונות הקיימות לכימות כלכלי של "ערך החיים וכהחברתי" (גישת ההון האנושי, גישת WTP, הפסד שכר והשקעות, קנסות מתביעות משפטיות, ביטוחי חיים, טיפולים רפואיים ועוד ("ערך החיים החברתי")), כאשר התחשיב מבוסס על כימות של חשיפה באוכלוסייה (על בסיס חישוב התפלגות האוכלוסייה

¹⁹ שיטת חישוב זו הופיעה במחקרים הבאים: IAEA. Optimization of radiation protection in the control of occupational exposure. Safety Reports Series No.21. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002

LOCHARD, J., LEFAURE, C., SCHIEBER, C., SCHNEIDER, T., A model for the determination of monetary values of the man-sievert, J. Radiol. Prot. 16 (1996) 201-204

²⁰ שם
²¹ הוועדה לאנרגיה אטומית, תקן להגנה מקרינה מייננת של הוועדה לאנרגיה אטומית, עדכון- 2011

²² DOE. DOE Handbook: Optimizing radiation protection of the public and the environment for use with DOE O 458.1, ALARA requirements. DOE-HDBK-1215-2014. U.S. Department of Energy, Washington, D.C., 2014



ומשקל כל קבוצת גיל במשך החשיפה ובסבירות לחולי ועוד)²³. המחקר מציע לעשות שימוש בערך של 200,000 דולר סיוורט אדם, אותו אימצה הוועדה לאנרגיה אטומית של ארה"ב (NRC)²⁴. מדובר על מנות קרינה לעובדים ובמצבי חשיפה מתוכננים. הערך הכספי לא מיוחס לנזקי הקרינה אלא למה שראוי להשקיע כדי להפחית את החשיפה.

²³ C.F. Guenther and C. Thein, ESTIMATED COST OF PERSON-SV EXPOSURE, 1996 NUREG-1530, Reassessment of NRC's Dollar Per Person-Rem Conversion Factor Policy, U.S. Nuclear Regulatory Commission, December 1995, and NUREG/BR-0058, Regulatory Analysis Guidelines of the U.S. Nuclear Regulatory Commission, U.S. Nuclear Regulatory Commission, November 1995



נספח 3 – השלמת חו"ד שלזינגר

בתקן הבינלאומי משנת 1996 ערך המנה הקולקטיבית הצפויה היוותה תנאי לפטור

ראה נספח 1 פטורים ב- (1996) BSS 115, עמ' 81.

לפי סעיף I.2 תנאי לפטור ללא שיקול נוסף הוא :

(a) שהמנה האפקטיבית הצפויה לבודד מן הציבור כתוצאה מהעיסוק לא תעלה על סדר גודל של 10 מיקרוסיורט לשנה ;

(b) המנה הקולקטיבית הצפויה מהעיסוק קטנה מ- 1 man.Sv

Schedule I

EXEMPTIONS - EXEMPTION CRITERIA

1-1. Practices and sources within practices may be exempted from the requirements of the Standards, including those for notification, registration or licensing, if the Regulatory Authority is satisfied that the sources meet the exemption criteria or the exemption levels specified in this Schedule or other exemption levels specified by the Regulatory Authority on the basis of these exemption criteria. Exemption should not be granted to permit practices that would otherwise not be justified.

1-2. The general principles for exemption 35 are that:

- (a) the radiation risks to individuals caused by the exempted practice or source be sufficiently low as to be of no regulatory concern;
- (b) the collective radiological impact of the exempted practice or source be sufficiently low as not to warrant regulatory control under the prevailing circumstances; and
- (c) the exempted practices and sources be inherently safe, with no appreciable likelihood of scenarios that could lead to a failure to meet the criteria in (a) and (b).

1-3. A practice or a source within a practice may be exempted without further consideration provided that the following criteria are met in all feasible situations:

- (a) the effective dose expected to be incurred by any member of the public due to the exempted practice or source is of the order of 10 /xSv or less in a year, and
- (b) either the collective effective dose committed by one year of performance of the practice is no more than about 1 man.Sv or an assessment for the optimization of protection shows that exemption is the optimum option.



בסעיף המקביל בפרק הפטורים בתקן הבינלאומי משנת 2014 (סעיף I.2 בעמ' 105 של התקן)
הוסר התנאי של ערך המנה הקולקטיבית

Schedule I

EXEMPTION AND CLEARANCE

CRITERIA FOR EXEMPTION

I.1. The general criteria for exemption of a practice or a source within a practice from some or all of the requirements of these Standards are that:

- (a) Radiation risks arising from the practice or from a source within the practice are sufficiently low as not to warrant regulatory control, with no appreciable likelihood of situations arising that could lead to a failure to meet the general criterion for exemption; or
- (b) Regulatory control of the practice or the source would yield no net benefit, in that no reasonable measures for regulatory control would achieve a worthwhile return in terms of reduction of individual doses or of health risks.

I.2. A practice or a source within a practice may be exempted without further consideration from some or all of the requirements of these Standards under the terms of para. I.1(a) provided that under all reasonably foreseeable circumstances the effective dose expected to be incurred by any individual (normally evaluated on the basis of a safety assessment) owing to the exempt practice or the exempt source within the practice is of the order of 10 μ Sv or less in a year. To take into account low probability scenarios, a different criterion could be used, namely that the effective dose expected to be incurred by any individual for such low probability scenarios does not exceed 1 mSv in a year.



הערכת כמות בטון ביחידת מגורים ממוצעת
 כמות הבטון בדירת מגורים מייצגת בישראל 2018, ג. אירוס, 12.1.18

סוג בנייה	שיטת בנייה	שיעור (%) ²⁵	נפח (מ"ק)
משותפת	רוויה (ברנוביץ מורחב ²⁶)	70%	90
	רגילה	30%	150
	משותפת משוקללת	80%	108
צמודת קרקע	צמודת קרקע (מעטפת בטון)	50%	140
	צמודת קרקע (מעטפת איטונג)	50%	115
	צמודת קרקע משוקללת	20%	127
בנייה משוקללת			112

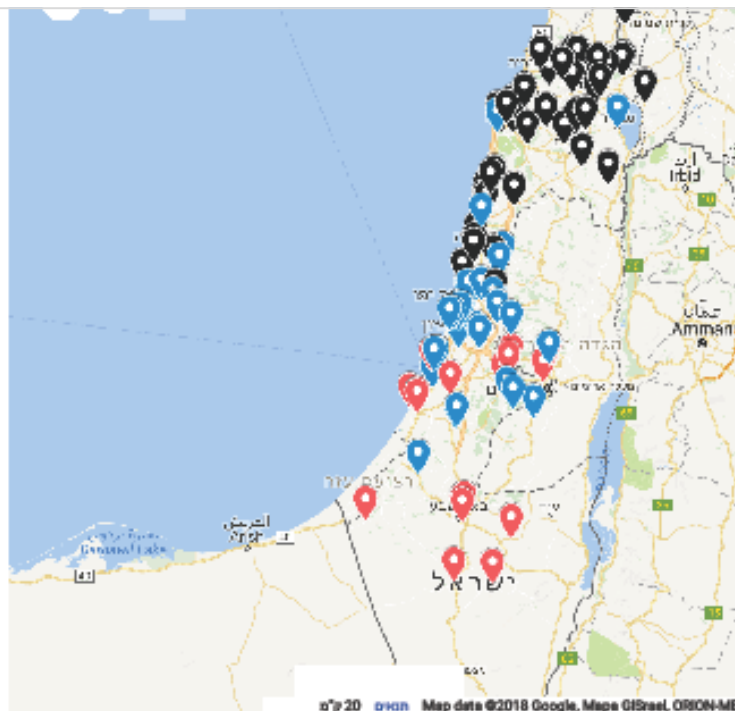
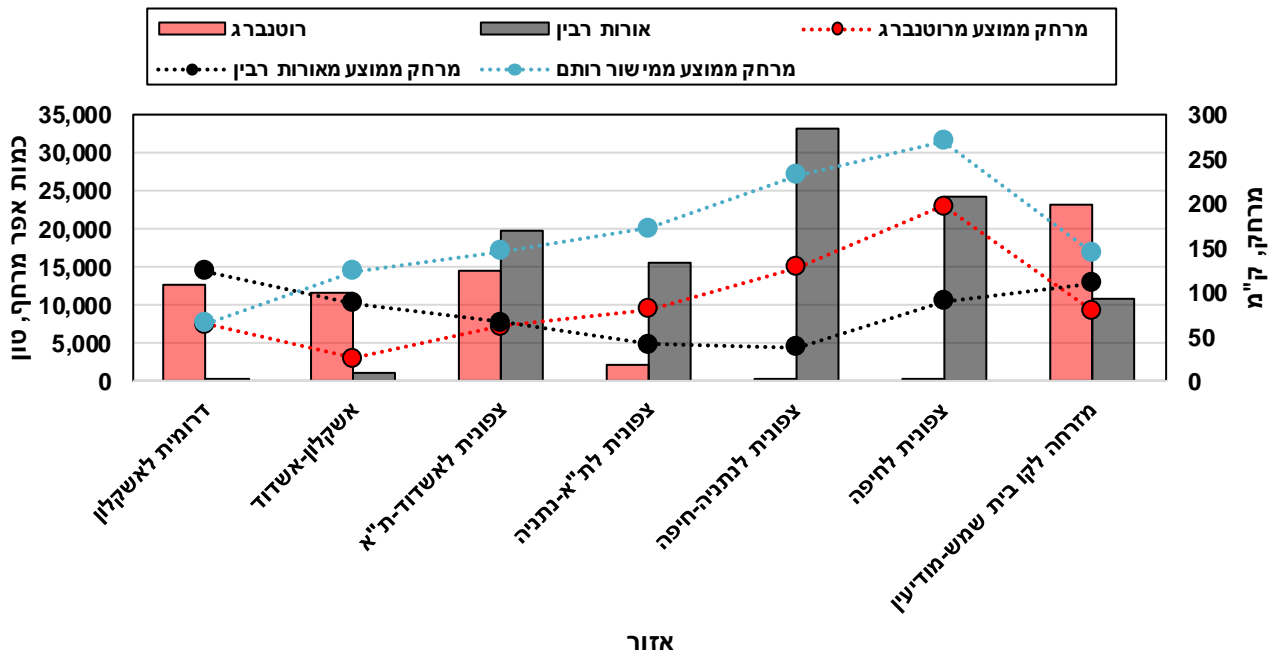
²⁵ שיעורי שיטות הבנייה בהתייעצות עם ג. אירוס. שיעורי סוגי הבנייה מנתוני התאחדות בוני הארץ.
²⁶ לפי חישוב ג. אירוס: עובי קירות המעטפת הוא ממוצע השיטות ברנוביץ וקונבנציונלית.



נספח 5 – פריסת מפעלי בטון והתפלגות אזורית של אספקת אפר למפעלים בשנת 2017 (מאי – נובמבר), בהשוואה להתפלגות שימוש בבטון

אזור	אפר פחם		בטון
	אחוז	כמות (טונה)	
דרום	9%	15,679	15%
מרכז	36%	61,105	50%
	21%	34,888	
מזרח	34%	57,680	35%
סה"כ	100%	169,352	100%

פריסה אזורית של שימושי אפר מרחף בבטון ומוצרי בנייה ב- 2017





נספח 6 - הערות אורי מינגלגרין לחו"ד אבי חיים ומכתב אלון זסק

הערות לחו"ד אבי חיים

נספח לדו"ח פארטו

הערכה כוללת ואופטימיזציה משקית לשימושי אפר פחם, 29.1.18

שימוש באפר פחם בקרקעות ולצרכי חקלאות

לאחר קריאת דו"ח פרטו על "הערכה כוללת ואופטימיזציה משקית לשימושי אפר פחם בישראל" ובפרט את מכתבו של אבי חיים המופיע כנספח באותו דו"ח, אני מרגיש חובה להגיב על תוכן מכתבו של מר חיים. מכתב זה המתייחס ל"שימוש באפר פחם בקרקעות כמצע מילוי" לוקה בכמה חסרונות משמעותיים ההופכים את המסקנות שגזר מחבר המכתב מתכנון לחסרות ערך. ראה למטה פרוט השגותי ואני מקווה שבעקבות הערותי אלה יוציא מר אבי חיים המלצות מתוקנות לגבי שימושי קרקעיים של אפר פחם התואמות את אופיו של האפר ואת היתרונות המשמעותיים של שימושי אלו.

1. המכתב עוסק בשימוש ספציפי באפר בלבד (שימוש באפר פחם בקרקעות כמצע מילוי) ואין בו התייחסות לשימושי הרבים האחרים של האפר כתוסף קרקע, למשל בחקלאות.
 2. היתרונות והחסרונות של השימושי הקרקעיים באפר, הן בתשתיות והן בחקלאות, נבחנו ביסודיות הן ברמת המעבדה והן ברמת השדה, בארץ ובעולם. בחינות אלו ומעקבים רבי שנים באתרים בהם נעשה שימוש קרקעי באפר בקנה מידה רחב הוכיחו ללא ספק את התאמתו של האפר לשימוש קרקעי ובהתאם, שימושי אלה מותרים ומיושמים ברחבי העולם כפי שפורט גם בדו"ח פרטו עצמו.
 3. לעניות דעתי, אין זה מתפקידו של הרגולטור במדינות הדוגלות בכלכלת שוק חפשי לתעדף שימוש אחד באפר על משנהו, זה תפקיד השוק. הרגולטור חייב לקבוע אם יש פגיעה באינטרס הציבורי (למשל בריאות הציבור) כתוצאה משימוש כלשהו באפר. והיה וסכנה זו אינה קיימת או שתועלת השימוש לציבור עולה על ניזקו, על הרגולטור להניח לשוק לקבוע אם יעשה באפר שימוש זה או אחר. כבר בתקציר המנהלים של דו"ח פרטו יש הסכמה שתפקיד המדינה הוא "... מניעת פגיעה וסיכון תושבי המדינה".
 4. מר אבי חיים מציין כי "אפר פחם הוא פסולת שאינה קרקע ושנבדלת מקרקע בתכונות הכימיות". אכן כך הדבר ולפיכך התייחסותו לתכונות האפר (כמו למשל לריכוזי יסודות באפר בהשוואה לערכי הסף שלהם הנדרשים לשימוש חוזר בקרקע), כלל אינו רלוונטי. במקרה של נוכחות יסודות קורט באפר למשל, מה שחשוב בכל הנוגע לשימושי קרקעיים של האפר הוא זמינות היסודות ולא תכולתם. בשימוש באפר לתשתיות כבישים לדוגמא, אי חדירות שכבת האפר למים כתוצאה מקרבונציה מונעת שחרור יסודות אל מחוץ לשכבה זו. חסר הרלוונטיות שבהשוואה לערכי הסף לשימוש חוזר בקרקע נכון גם לגבי שימושי קרקע אחרים וראה הערה למטה בדבר שימוש חקלאי.
- זאת ועוד, ערכי ה - VSL שאליהם מתייחס מר חיים אינם מגדירים אפילו רמות מטרה לשיקום קרקע אלא שהן מהוות רק בסיס להחלטה אם להמשיך בתהליך הערכת הסיכונים הנובעים מהזיהומים בקרקע. ריכוזי המזהמים המהווים סיכון באתר נתון נקבעים במהלך תהליך הערכת הסיכונים ולכן ההשוואה בין תכולת יסוד באפר לרמת ה - VSL שלו אינה רלוונטית לשימוש קרקעי ספציפי באפר פחם גם אם היה האפר דומה בתכונותיו לקרקע. אולם, מה שאולי חמור מכך, מר חיים אינו מתייחס כלל במכתבו לשימושי שאינם "מצעי מילוי" כהגדרתו, כמו למשל שימוש באפר כמרכיב בבמס"א (בוצה מיוצבת באפר וסיד) או כל שימוש חקלאי אחר. במרבית שימושי אלה מוסף האפר לקרקע ברמות של אחוזים ספורים או פחות מכך מכלל משקל הקרקע. מכיוון שבשימושי אלה אין האפר משמש כתחליף לקרקע, סך כל תרומתו לתכולת היסודות בקרקע צריכה להיות מחושבת על פי חלקו בסך כל משקל הקרקע המטופלת. לפיכך, גם אם התכולה הכללית של יסוד זה או אחר הייתה



- רלוונטיות (מה שכאמור אין הדבר כך), הרי שנכחות של יסוד זה או אחר באפר ברמה הגבוהה מרמת ה – VSL שלו כסבה להמלצה על אי שימוש בו אינה סבירה בעליל. השוואה ראויה יותר היא לרמות היסודות המותרות בבוצה סוג א' המותרת לשימוש כתוסף לקרקע (ראה מצורף).
5. לצערי מכתבו של אבי חיים לוקה בהצגת נתונים סלקטיבית. כך למשל, נאמר בו כי "עבור עופרת הריכוז באפר מגיע עד 80 מ"ג/ק"ג". מספר זה הוא ערך מקסימום ובהחלט לא ריכוז אופייני ובכל מקרה, ערך זה חסר משמעות שכן, כאמור, לא התכולה אלא זמינות היסוד (וראה למשל טבלת מיצוי TCLP המצורפת) קובעים את הסכנה הפוטנציאלית לסביבה. כמו כן נכתב כי "תחום ערך ההגבה (pH) המותר בקרקע הינו 5.0-9.0 לעומת ערך ההגבה של אפר המגיע לערך בסיסי של 12.5". בכל הנוגע לשימושים רבים אין רלוונטיות לערך ההגבה (או שערך הגבה גבוה הוא אפילו יתרון), למשל בסוללות אפר שכאמור הופכות לבלתי חדירות למים או בבמס"א המשמשת כתוסף בשדות חקלאיים ושהיא שימוש קרקעי חשוב של אפר. הוכח שכמעט מיד אחרי הרטבת קרקע שהוספה לה במס"א יש ירידה דרסטית ב - pH החוזר לרמתו בקרקע לפני הוספת הבמס"א. בכל מקרה, מסקנת מחבר המכתב כי "מכאן שלפחות מסיבה זו לא ניתן לעשות שימוש בפסולת זו כמילוי או מצע לתשתיות בקרקע." פשוט אינה נכונה.
6. משום היות אפר הפחם המרחף אבקתי נטען במכתבו של אבי חיים כי "אפר הפחם (הכוונה לאפר המרחף א.מ.) המהווה כ 90% מנפח האפר השנתי מורכב מחלקיקים קטנים אשר יכולים להוות מפגע סביבתי כגון יצירת אבק ובעיה בריאותית של חדירת חלקיקים למערכת הנשימה." אלא שהאפר דינו כדין כל אבק אחר ולכן הוגדרו הנחיות ותנאים סביבתיים לשימוש מושכל בו. האפר מוגדר בעולם כולו כאבק בלתי מזיק והסתמכות על היותו אבק להמלצה על איסור השימוש בו כמוה כהמלצה על איסור השימוש בקמח או בצמנט משום היותם אבקתיים.
7. למרבית הפליאה נמנע מר אבי חיים מלהתייחס לשימוש החקלאי של אפר הפחם ובפרט לשימוש בו כמרכיב בבמס"א. לשימוש זה ערך כלכלי וסביבתי רב ונזק מזערי. השימוש באפר ובסיד לייצוב בוצה הוא זול ביותר בהשוואה לשיטות ייצוב אחרות והתוצר הוא בעל ערך רב כמקור לנוטריינטים לצמח. השימוש בבמס"א בחקלאות מאפשר שחרור מבוקר לקרקע של יסודות ההזנה ובכך מפחית בזבז דשנים ודליפתם אל עבר מי התהום. הערך הכלכלי והסביבתי של הבמס"א ובפרט מרכיב האפר שבו הוכח בשימוש חקלאי בחמר זה בארץ ובעולם ומסוכם למשל בדו"ח של הדס וחובריה (http://www.coal-ash.co.il/docs/CostBenefitCoalAshInAgri_Jan2016.pdf). כמו כן הוכח מעבר לכל ספק ששימוש זה באפר אינו מביא לזיהום מי תהום (וראה עבודות קרן ואחרים, למשל http://www.coal-ash.co.il/docs/TraceElementsInFASB_Keren090913.pdf או http://www.coal-ash.co.il/research/Gustavo_Haquin_2013_full.pdf).
8. בסיפא של מכתבו מצהיר מר חיים כי "על-כן, שימוש באפר הפחם בקרקע אינו סביר ואף כאמור אינו אפשרי בהתאם לערכי המזהמים בפסולת אפר הפחם." אלא שכפי שברור מהאמור לעיל מסקנה זו מופרכת מעיקרה ועצם הגדרת האפר כפסולת ולא כתוצר לוואי מעידה על הבנה מוגבלת של ערכו של האפר.
9. באשר למכתבו של מר אלון זס"ק, סמנכ"ל משאבי טבע: למרות שבניגוד לאבי חיים, מר זס"ק מתייחס למגוון שימושי הקרקע, אין במכתבו של סמנכ"ל משאבי טבע הנמקה כלשהיא להתנגדות לשימוש הקרקעי באפר מלבד הסתמכות על מכתבו של מר חיים שכאמור אינו מתייחס לכלל השימושים האפשריים והנימוקים שהועלו על ידי מר חיים להתנגדות לשימוש באפר מוטעים מעיקרם.
- לסיכום: ההיגיון המקצועי, תוצאות ניסויי המעבדה, המעקב רב השנים אחרי יישומי אפר בשטח והרגולציה בארצות המפותחות בעניין שימושי קרקעיים באפר ועצם השימוש שם באפר, כולם מעידים על ערכו החיובי של האפר בשימושי קרקעיים. נזקו הסביבתי של שימוש זה באפר זניח



בעוד שערכו הסביבתי כתחליף למשאבים מתכלים גבוה. כמו כל חמר גלם יש להשתמש באפר בתנאים מוגדרים וטוב ייעשה המשרד להגנת הסביבה אם במקום להפריע לשימוש באפר יאמץ תנאים סביבתיים נאותים לשימושים בו.

אורי מינגלגרין (פרופ. בדימוס)
 המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה
 מרכז וולקני, מינהל המחקר החקלאי

מצורפים:

רמות VSL

רכוז ממוצע של יסודות באפר פחם מרחף

תוצאות ממוצעי מיצויי TCLP של אפר פחם מרחף

רכוזים מותרים בבוצה

רמות VSL 2017 [mg/kg] של מתכות

Arsenic	1.6E+01
Cadmium	6.83E+01
Chromium (III)	1.14E+05
Chromium (VI)	2.89E+01
Copper	3.04E+03
Lead	4.0E+01
Manganese	1.80E+03
Mercury (Elemental)	5.36E+00
Nickel (Refinery dust)	2.94E+02
Nickel (Soluble Salts)	2.94E+02
Selenium	1.15E+01
Silver	1.89E+02
Zinc	2.28E+04

ריכוז יסודות קורט באפר פחם מרחף (חלקים למיליון)

Cu	Cr	Co	Cd	Ba	B	As	Ag	
77	147	45	0.9	1780	225	23	5	אפר מרחף
60	90	20	0.3	600	130	10	0.1	סלע סדימנטרי

Zn	V	Se	Pb	Ni	Mo	Mn	Hg	
114	197	7	67	100	13	540	< 0.2	אפר מרחף
150	120	0.5	25	70	2	800	0.4	סלע סדימנטרי



על מנת לקבוע את פוטנציאל הנדידה של יונים מהאפר לסביבה ולאקוויפרים נעשו בדיקות מיצוי לתשטיפים

בשיטה האמריקאית המחמירה (המסה בחומצה) TCLP

ריכוז יסודות קורט בתמיסות המיצוי של אפר פחם תחתית ומרחף בהשוואה לתקן הריכוז המרבי במי שתייה (חלקים לביליון)

Cu	Cr	Co	Cd	Ba	B	As	Ag	
15	455	24	1.3	3810	7465	175	1	אפר מרחף
1400	50	-	5	1000	-	50	10	*תקן מי שתייה

Zn	V	Se	Pb	Ni	Mo	Mn	Hg	
65	765	83	3.4	140	270	275	0.7	אפר מרחף
5000	-	10	10	50	-	500	1	*תקן מי שתייה

לפי תקנות בריאות העם (איכותם התברואתית של מי-שתייה), התשל"ד-1974, עדכון תשס"א-2000.

מקור נתונים: המכון הגיאולוגי.

ערכים מרביים מותרים של ריכוזי מתכות כבדות בבוצה על פי תקנות המים (מניעת זיהום מים) (שימוש בבוצה וסילוקה), התשס"ד 1 2004 -

ריכוז המתכת במיליגרם לקילוגרם אחד של חומר יבש	המתכת
2500	אבץ
5	כספית
400	כרום
20	קדמיום
600	נחושת
90	ניקל
200	עופרת