



מסמך עמדה

מדיניות שימושי אפר פחם

התייחסות להצעת עמדת משרד הגה"ס בנושא ייבוא אפר פחם לישראל ותעדוף השימושים בו
 והצגת עמדת מנהלת אפר הפחם באשר למדיניות השימושים

במסגרת פרסום משרד הגה"ס – מסמכים להערות הציבור, 5.2.18

מנהלת אפר הפחם (להלן: המנהלת) מתנגדת נחרצות להצעת מדיניות שימושי אפר פחם (להלן: אפר) אשר גובשה בדרג המקצועי של משרד הגנת הסביבה (להלן: משרד הגה"ס), שעיקרה הקצאת כל האפר הנוצר בתחנות הכח הפחמיות בישראל לייצור צמנט בלבד.

לדעת המנהלת התערבות רגולטורית כזו בהתנהלות המשקית של ענף האפר, שאין לה אח ורע בעולם, נוגדת מפורשות תקנים ואמנות בינלאומיים שישראל מחויבת להם, בראשם התקן הבינלאומי להגנה מקרינה של סבא"א ואמנת OECD, שבשניהם חברה ישראל, ואף את התקן הישראלי לתכולת יסודות רדיואקטיביים במוצרי בנייה המחמיר יחסית למקובל בעולם. יישומה יגרום לפגיעה מרחיקת לכת בתועלת הציבור ובאיכות החיים והסביבה של תושבי ישראל והיא אף עלולה להעמיד בסכנה את תפקודן התקיין של תחנות הכח הפחמיות, זאת בשל תלות בלתי סבירה במשתמש יחיד למעשה, על שיקוליו המסחריים ומגבלותיו התפעוליות בשגרה ובשעת חירום.

מחירה למשק של הגבלת השימוש באפר לייצור צמנט בלבד בחמש השנים הבאות יעמוד להערכת המנהלת על 4 מיליארד ₪ בהערכת חסר, 0.8 מיליארד ₪ מדי שנה לפחות. זאת בהנחה שללא התערבות כאמור ימשיך המשק למצות את התועלת הגלומה באפר הזמין במתכונת המבוזרת הנוכחית.

במענה לשימוע הציבורי בנדון תציג המנהלת את עמדתה כלהלן:

1. ביקורת מסמך "עמדת המשרד בנושא ייבוא אפר פחם לישראל ותעדוף השימושים בו" שהתפרסם באתר משרד הגה"ס להערות הציבור. בקצרה יאמר כבר כאן כי העמדה המוצעת בו סותרת באופן מבוהק עקרונות העומדים בבסיס התקינה הבינלאומית באשר לחומרים כדוגמת אפר, אין לה אח ורע בעולם והיא בלתי סבירה בעליל על פי הנורמות המקובלות בגופים המקצועיים הבינלאומיים.
2. התייחסות ביקורתית להנחות וממצאי המסמך, עליו נבנתה כביכול עמדת המשרד, "הערכה כוללת ואופטימיזציה משקית לשימושי אפר פחם בישראל" שהוכן ע"י חברת פארטו. ליקוייו של מסמך זה נובעים הן מפערי ידע בסיסי בתחומים שנבחנו על ידו והן מהנחות שגויות בעיקר בתחום ההגנה מקרינה בהקשר לשימושי האפר בייצור צמנט ובטון, אולם גם בשימושי קרקע בחקלאות ובתשתיות שלכאורה נפסלו לשימוש מנימוקים סביבתיים. הנחות דו"ח פארטו, מדדיו וממצאיו נבחנו ועומתו עם ההערכה הכלכלית של המנהלת במסגרת דיון בצוות מקצועי בין תחומי והם מפורטים בטבלה השוואתית של שתי העבודות ובסיכום הדיון.
3. מדיניות ממלכתית להתנהלות מערך האפר הנוכחי והעתידי "מרחב הפעולה וקדימויות לפיתוח, שימור ותחזוקת שימושי אפר פחם" שגובשה ע"י המנהלת בהתבסס על ניסיונה רב השנים והתואמת את המציאות המשקית המפיקה תועלת רב ממדיית – כלכלית, טכנולוגית, סביבתית ואסטרטגית משילוב האפר במוצרים חיוניים בכפוף לנורמות הנדסיות, סביבתיות ובריאותיות המקובלות בעולם. מדיניות זו שיסודותיה עוצבו במהלך שנות פעילות המנהלת ע"י השותפים בה, לרבות המשרד להגה"ס, ראוי שתשוב ותאומץ על ידי המשרד.

המנהלת מבקשת לקיים דיון בהערותיה למסמך העמדה ולמסמך פארטו ולהציג את עיקרי מדיניותה. בכפוף לסיכום הדיון תבקש המנהלת להשלים דיונים שהתקיימו במשרד הגה"ס בהשתתפות המנהלת במהלך השנה החולפת בנושאים שונים העומדים על הפרק, בכללם הסדרת אתר ההטמנה חרובים של קיבוץ נען כאתר אחסון ביניים לעודפים משמעותיים של אפר העלולים להצטבר בשעת חירום.



התייחסות ביקורתית למסמך

"עמדת משרד הגה"ס בנושא יבוא אפר פחם לישראל ותעדוף השימושים בו"¹

הערה: התייחסות להנחות, למדדים ולערכים הכלכליים המוזכרים במסמך זה מצויה בביקורת דו"ח פארטו המוצגת בנפרד.

הצעת עמדת משרד הגנת הסביבה (להלן: משרד הגה"ס) בנושא יבוא אפר פחם (להלן: אפר) ותעדוף שימושו, לוקה באי הלימה קיצוני עם הנורמות המקובלות בעולם כולו, הן באשר לסיווג הסביבתי של האפר עצמו, הן באשר להערכות הסיכונים בשימושו והן באשר לקריטריונים הסביבתיים המוחלים עליו באופן ייחודי השונה מאלה המוחלים על חומרים דומים. אי הלימה זה מביא לתוצאות שאינן מתיישבות עם מדיניות מיצוי תרומותיו של האפר בפיתוח בר קיימא השוררת בעולם ואף עם זו המיושמת במשרד הגה"ס עצמו לחומרים אחרים, ואשר אינן מתאימות לעובדות המדעיות.

יישום המדיניות המוצעת ע"י משרד הגה"ס ליעד את האפר לתעשיית הצמנט בלבד, יגרום לנזקים מוחשיים בלתי סבירים למשק המדינה, בסדרי גודל של מאות מיליוני ₪ בשנה, ללא הצדקה חברתית נאותה ויטכן את תפקודן התקין של תחנות הכח הפחמיות בהסתמכות יתר על שימוש יחיד ומשתמש יחיד למעשה. יתר על כן, לעת משבר באספקת גז טבעי לייצור חשמל והכפלת כמות האפר שתיווצר מהעמסה מלאה של יחידות הייצור הפחמיות, עלולה הסתמכות כזו על משתמש יחיד לגרום להצטברות עודפים גדולים של אפר שיחייבו, בהעדר שטחי אחסון מתאימים, הטלתם לים בעלות גבוהה בהפרת התחייבות המדינה לקיים את אמנת ברצלונה להגנה על הים התיכון ולגרום בכך להשחתת משאב בעל ערך למשק, או לחילופין, אם יוכשר אתר יבשתי לאחסון ביניים של עודפי האפר, להפסד פי 20 בערך האפר למשק בשל הצורך להרטיבו. יוזכר כי כך נאלצה לנהוג המדינה במצבים דומים עד לפני עשרים שנה טרם פיתוח ניצול האפר בבטון ובמגוון שימושים נוספים.

אשר ליבוא אפר לייצור צמנט, המנהלת מעריכה כי יבוא סדיר של אפר המשלים מקצת הביקוש העודף לאפר המקומי ישפר את כושר התגובה המשקי לקליטת עודפי אפר במצבי משבר באספקת גז טבעי, משום שהוא יאפשר לקיים פעילות שוטפת בהיקף גבוה יחסית לכמות הזמינה של האפר המקומי – עד כ- 2/3 הכמות הצפויה להיווצר בתפעול היחידות הפחמיות בעומס מלא. בשעת חירום יוסט השימוש השוטף באפר מיובא לייצור צמנט לאפר מקומי והכמות הנוספת של אפר מקומי תופנה לתעשיית הבטון בהיקף פעילות גבוה פי 1.5 מהשגרה במקום פי 2.

להלן התייחסות פרטנית לטיעונים במסמך עמדת משרד הגה"ס.

טענה: "... אפר פחם הינו תוצר לוואי של ייצור חשמל באמצעות שריפת פחם בתחנות הכוח בתדרה ובאשקלון. אפר הפחם משמש תעשיות שונות ובעיקר את ענף הבניה (ייצור צמנט ובטון)..."

תגובה: אין מחלוקת עם הטענה והעובדות המצוינות בה – אפר פחם הוא מוצר לוואי המנוצל בישראל במלואו בשימושים מועילים. אולם טיעוני מסמך המדיניות והנמקותיו אינם מתיישבים עם עובדות אלה, המצוינות בפתח המסמך ואמורות לכאורה לשמש לו קו מנחה, ובעיקר עם הכללים החלים בתקינה הסביבתית העולמית על חומרים שזה סיווגם ומהותם הטכנולוגית-כלכלית-מסחרית. למשל בדירקטיבה האירופית לפסולות ובדירקטיבה האירופית העדכנית להגנה מקרינה המתבססת על התקן הבינלאומי של סבא"א.

טענה: "... בעקבות צמצום צריכת הפחם, ישנה ירידה בייצור אפר פחם ונוצר עודף ביקוש בקרב חלק מהצרכנים..."

תגובה: טענה זו אמנם נועדה לשרת את מטרת המסמך להועיד, בנסיבות הנוכחיות, את כל האפר הנוצר בישראל לייצור צמנט בלבד. אולם כ'חצי אמת' היא גרועה מ'לא אמת' משום שהיא מתעלמת מהמציאות בה הפך אפר הפחם למוצר חיוני המבוקש בשלל יישומים בשל תרומותיו האיכותיות הייחודיות כבר לפני שנים רבות, עוד בזמנים בהם הופעלו יחידות הייצור הפחמיות בעומס מלא. הביקוש בקרב כלל הצרכנים, העולה במידה ניכרת על ההיצע מזה כעשור לפחות וההכרח הבלתי נמנע לנהל את האספקה בתנאי מחסור לכלל המשתמשים, הביא את נשר כבר בשנת 2007 לייבא מטען ניסיוני של אפר בהיתר מיוחד ומאז, כמעט מדי שנה, לבקש ממשרד הגה"ס היתר קבוע לייבוא כמויות משמעותיות של אפר לשמש כח"ג לייצור קלינקר. הפחתת חלקו של הפחם בייצור החשמל אמנם תחריפה את המחסור, אולם יש להבהיר כי מבחינה זו אין ישראל שונה ממדינות רבות אחרות בהן חלה הפחתה ניכרת בייצור אפר וכי מציאות זו חוללה צמיחה בסחר הבינלאומי באפר – ממדינות בהן קיים עודף משמעותי מסיבות מקומיות, למדינות בהן מבוקש האפר מסיבות דומות לאלה שבישראל.²

¹ עמדת משרד הגנת הסביבה בנושא יבוא אפר פחם לישראל ותעדוף השימושים, 4.2.18

² מסחר בינלאומי של אפר פחם, מתוך אתר המנהלת



טענה: "... בעוד במצב הקיים יש למדינה אחריות לסילוק הפסולת באופן ראוי ובפגיעה מינימלית בתושבי המדינה, במקרה של התרת יבוא, האחריות של המדינה היא רק במניעת פגיעה וסיכון תושבי המדינה...".

תגובה: מסמך המדיניות משתמש בטרמינולוגיה ובתובנות ששרד הגה"ס מייחד לאפר, בניגוד לאלה המיוחסות על ידו לחומרים אחרים, גם בעלי פוטנציאל מסוכנות גבוה לעין שיעור מזה שבאפר. למשל בוצת שפכים עירוניים המיועדת לשימוש חקלאי, שבלא טיפול נאות עלולה להוות מקור למחלות נגיפיות באמצעות המזון. לאחרונה התפרסמה הצעת תיקון לתקנות הבוצה אשר בין השאר מתקנת את המונח "סילוק" ל"פינוי" כאשר נעשה בבוצה שימוש חקלאי בכפוף לתנאים סביבתיים-בריאותיים ומותירה אותו רק בהקשר להטמנת הבוצה באתרי פסולת. לאפר, הגם שנעשה בו שימוש מלא, כפוף לתנאים סביבתיים שנקבעו ע"י משרד הגה"ס, זה שנים רבות, מיוחס עדיין המונח "סילוק". המשמעות אינה סמלית גרידא, אלא משקפת את עמדתו העדכנית של המשרד כלפי האפר כמקור לנזקים סביבתיים בכל מצב ובכל שימוש, בניגוד לעמדתו בעבר שקיבלה ביטוייה במסמך המדיניות המשותף לגורמי המנהלת בעת שהיה חבר בה, ובתנאים הסביבתיים שקבע לשימושי האפר בעבר – "חומר בר השבה הטעון תנאים סביבתיים בשימושיו"³.

לכך יש להוסיף כי האפר איננו מסווג בעולם כחומר מסוכן, כי לא חלות כל הגבלות סביבתיות על שימושיו⁴ וכי מהערכת סיכונים המתבססת על מחקרי המנהלת, המתיישבת עם עובדות רקע אלה, עולה כי השפעותיו הסביבתיות בכל שימושיו, לרבות תרומתו לקרינה במוצרי בנייה בכלל ובבטון, נשוא המסמך הנדון, בפרט, זניחות⁵.

זה המקום להזכיר את סיווגו הקיצוני, ללא אח ורע בעולם, של האפר כ"פסולת רדיואקטיבית", שנקבע ע"י הממונה על הקרינה הסביבתית לפני כעשור. אף שהמשרד נמנע בדיון הרגולטורי הנוכחי מאזכורו, יש לתלות בו את המקור להתייחסותו, החריגה בקנה מידה עולמי, לאפר.

טענה: "... יותר שימוש מסוים אם האפר מיוצר בארץ (מכיוון שזה פתרון הסילוק הראוי), אך לא יותר לייבא את אפר הפחם לאותו שימוש למשל תוך אימוץ שיקולי צדק חלוקתי...".

תגובה: נראה שטענה זו מבהירה מדוע יש לשתף בהחלטה על יבוא אפר גורמים ממשלתיים נוספים המופקדים על תחומי אחריות משקיים החורגים מזווית הראייה הסביבתית. ככל שהמושג "צדק חלוקתי" (התייחסות נוספת בהמשך המסמך) בכלל קשור לשאלת השימוש באפר וככל שיש בו להערכת משרד הגה"ס כדי לקזז את כל התועלות הסביבתיות הכרוכות בניצול האפר – מניעת מפגעים סביבתיים הכרוכים בכריית חומרי גלם ובייצור מוצרים תעשייתיים המוחלפים ע"י האפר, הרי לא נראה כי היבטים אחרים, בעלי ערך משקי – למשל תרומה כלכלית למשק המדינה, תרומה לשימור משאבי הטבע ותרומה לאיכות המוצרים, מקבלים את משקלם הראוי בעמדת משרד הגה"ס.

טענה: "... בכל הקשור לשאלת יבוא אפר הפחם, עקרון מנחה בתהליך קבלת ההחלטות הינו עקרון הזהירות המונעת (Precautionary Principle) לפיו יש לצמצם בעלות סבירה את החשיפה לסיכונים פוטנציאליים כאשר קיימת אי וודאות לדרגת הסיכון...".

תגובה: עקרון הזהירות המונעת נכון ככלל החל על כל פעילויות האדם והחברה האנושית כאשר "קיימת אי וודאות בדרגת הסיכון", כמובן כל עוד נעשה בו שימוש זהיר ומידתי. דא עקא שאין זה המקרה של שימושי האפר, בהם מידת ההשפעות הסביבתיות נמוכה עד זניחה ונותרת כזו גם באי וודאות גבוהה יחסית (כמו למשל בתופעת החשיפה לקרינה מייננת ברמות נמוכות). התייחסות מפורשת לסוגיה זו בהקשר החשיפה לקרינה מייננת מופיעה בתקן הבינלאומי להגנה מקרינה המבהיר כי כל פעילות בחומר אפר פחם המכיל יסודות רדיואקטיביים ממקור טבעי שריכוזיהם נופלים מרמת הפטור⁶ והיא מסווגת "כמצב חשיפה קיים", המוסיפה מנת קרינה נמוכה מ-1 mSv/y, פטורה מרגולציה. ומבהיר שבא"א כי פטור זה חל על מסחר מקומי ובינלאומי בחומר הנדון כאחת⁷. נראה אם כך שבהקשר יבוא אפר יש חשש שהמשרד אמנם משתמש בעקרון הזהירות המונעת בחוסר זהירות כמתבקש מהעובדות המדעיות והרגולציה הבינלאומית, ומסתכן בויתור על כל התועלות הנתרמות ע"י האפר בשימושיו, לרבות התועלות הסביבתיות כמוזכר לעיל. וכבר הוזהרנו במקום אחר כי "... יש להישמר לא רק מפני הסיכון שנמנע עקב השימוש בעיקרון הזהירות המונעת, אלא גם מהסיכון שיישום העיקרון עצמו יוצר".

³ החלטות מדיניות מנהלת אפר פחם, מאי 1996

⁴ סיווג אפר פחם בתקינה הסביבתית והבריאותית הבינלאומית – יסודות קורט, מתוך אתר המנהלת

⁵ הערכת סיכונים של שימושי אפר פחם בבנייה, מתוך אתר המנהלת

⁶ 1 Bq/g -> ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K. הריכוזים באפר בממוצע נמוכים ביותר מפי 6, 7, 30 בהתאמה.

⁷ "Trade ... national and international trade in commodities containing radionuclides with activity concentration below the values of activity concentration provided in table 1 ... should not be subject to regulatory control for the purposes of radiation protection", Section 5.8, [RS-G-1.7, IAEA, 2004](#)



עם זאת ניתן להחיל על היבוא דרישה שהאפר יהיה דומה לאפר המקומי הן בריכוזי יסודות הקורט והן בריכוזי היסודות הרדיואקטיביים. ככל שמקור האפר המיובא יהיה בתחנות כח דומות לאלה הפועלות בישראל, השורפות פחם ממקורות המספקים לישראל, יש להניח שהוא יהיה דומה לאפר הישראלי.

טענה: "... בצד העלות בחנו את השפעת תוספת הקרינה המייננת הנובעת מהחשיפה לאפר פחם המשולב בצמנט, בשל עליית ריכוז החומרים הרדיואקטיביים בו. ... עבור תוספת זו בוצע כימות כלכלי של מנת קרינה באמצעות שימוש במחקרים מקובלים בספרות הכלכלית ...".

תגובה: בהתעלם מהמחלוקת שבין מנהלת אפר הפחם ומשרד הגה"ס בענין הערכת מנות הקרינה הנתרמות ע"י האפר במוצרי הבנייה (צמנט ובטון)⁸, יצוין כי השימוש בהערכה כלכלית של עלות מנת קרינה קולקטיבית שנגקטה ע"י משרד הגה"ס איננה מקובלת על הגופים המקצועיים הבינלאומיים זה שנים רבות. בפרסום 101 משנת 2006 של ICRP ממליצה הוועדה שלא להשתמש כלל במנה קולקטיבית כמדד לקבלת החלטות רגולטוריות במצבי חשיפה קיימים. בפרסום 103 משנת 2008 הזהירה הוועדה שלא להשתמש במנה הקולקטיבית לחישוב הסיכון הבריאותי או לחיזוי תחלואת הסרטן באוכלוסיות גדולות ומגוונות הנחשפות למנות קרינה אינדיווידואליות נמוכות מאד (trivial exposures) יחסית לקרינת הרקע הטבעית⁹. האזהרה חלה על מוצרי בנייה, לרבות אלה המכילים אפר פחם. יודגש גם כי בתקן הבינלאומי להגנה מקרינה משנת 2014 מושג המנה הקולקטיבית איננו מופיע כלל. כימות כלכלי של המנה הקולקטיבית (α value) מיושם רק בהגנה מקרינה בחשיפה תעסוקתית, דהיינו במצבי חשיפה מתוכננים, לצורך השוואה בין אמצעי הגנה שונים להפחתת החשיפה של העובדים ושל הציבור בסביבת מקור הקרינה (למשל, תחנות כח גרעיניות ומתקני רפואה גרעינית)¹⁰.

סדר הגודל הדומה – מאות ש, של התועלות מחד גיסא ו"עלויות מנות קרינה" מאידך גיסא, בדו"ח פארטו¹¹, מעורר תמיהה בלשון המעטה. אם אמנם אלה הערכים, הכיצד מתעלם העולם המפותח כולו מסיכוני הקרינה מאפר בשימושי המשתווים לכאורה בקירוב לתועלתו? יתר על כן, הכיצד יכול משרד הגה"ס עצמו להצדיק (בשימוש בצמנט: אפר מקומי כברירת מחדל ואפר מיובא מבחירה) חשיפה למנות קרינה בסדר גודל של 3/4 התועלת? בחישוב המציאותי יותר, כדברי ד"ר ז'אן קוד, שערכה המנהלת, בהסתייגות ממידת הלגיטימיות המקצועית של עצם החישוב, הפער בין התועלת הישירה ל"עלות הקרינה" הוא סדר גודל עשרוני.

טענה: "... בהיבט של צדק חלוקתי, יתרון נוסף של השימוש באפר פחם לצמנט על פני השימוש בבטון מבניים נובע מהפיזור הכלל ארצי של אפר הפחם, על הסיכונים הבריאותיים הגלומים בו, ובכך החשיפה לקרינה הנובעת ממנו מתחלקת במנות נמוכות יותר על פני כלל האוכלוסייה ...".

... עמדת המשרד היא שיש להעדיף את השימוש באפר פחם לצמנט על פני שימושים אחרים ...".

תגובה: לענין הסיכונים הבריאותיים התייחסו כבר בתגובה לעיל. המושגים "צדק חלוקתי" ו"העדפה" במונח שמשדר הגה"ס מבקש להפעיל (דהיינו הפנייה כפניה מטעם הרשויות של חומר גלם, המכיל רדיונוקלידים ממקור טבעי, ליישום מורשה מסוים על פני יישום מורשה אחר) אינם תואמים ואף סותרים את מסמכי הגופים המקצועיים הבינלאומיים – ICRP וסבא"א, ואין להם תקדים באף מדינה המקבלת על עצמה את מערכת ההגנה מקרינה של שני גופים אלה. התמודדות הגופים המקצועיים עם שאלת "הצדק החלוקתי" ב"מצבי חשיפה קיימים", כדוגמת השימוש באפר במוצרי בנייה, מתבטאת בקביעת רמות ייחוס (reference level – 1 mSv/y) בתקן הבינלאומי (0.3 mSv/y בישראל) שעמידה בהם מבטיחה כשהיא לעצמה את צמצום אי השוויון בנטל בכל הקשור לחשיפת האוכלוסייה לקרינה מרדיונוקלידים ממקור טבעי במוצרי בניה¹². חריגותם של המושגים האלה מתחדדת לאור הפער הזעיר בסדר גודל של אלפיות המיליסיוורט, לפי חישובי המנהלת, שבין מנות הקרינה להן נחשף אדם מהציבור לאפר בצמנט לעומת הבטון מחד גיסא, והמחיר הכלכלי המשמעותי למשק – כ- 0.8 מיליארד ש"ח מדי שנה לפחות, הכרוך בהגבלת השימוש באפר לייצור צמנט בלבד מאידך גיסא¹³.

⁸ יצוין כי מחלוקת זאת נעוצה בהנחות ובחישובים על פי מודלים של הערכת מנות קרינה. ניתוח ממצאי בדיקות קרינה בדוגמאות בטון, שנערך ע"י פרופ' קוסטה קובלר בהזמנת משרד הגה"ס, מעלה כי אין הבדל סטטיסטי בין מנות קרינת הגמא מבטון עם וללא אפר ומתקבלת הפחתה מסוימת במנה הכוללת גמא ורדון בהוספת אפר לבטון.

⁹ תוספת 0.01 mSv/y בצמנט, 0.016 בטון, לפי חישובי המנהלת, המהווים 0.5% ו-0.8% מקרינת הרקע הטבעית בישראל, בהתאמה.

¹⁰ הערות ט. שלזינגר לדו"ח פארטו בדיון צוות מקצועי

¹¹ תועלת 490 ש"ח כנגד "עלות" 360 ש"ח לטון אפר בצמנט, תועלת 240 ש"ח (בחישוב חסר של ערך הקיים) כנגד "עלות" 300 ש"ח בבטון.

¹² "תיעודף" בחלוקת אפר פחם לתעשיית המלט בהנמקה של חתירה ל"שוויון בנטל", ט. שלזינגר, יולי 2016

¹³ תועלת כוללת למשק בסך 1.07 מיליארד ש"ח בשנה בהקצאה שוויונית בין ייעודי צמנט ובטון (300 טונה לכל אחד מענפים אלה ומשתמשים נוספים בהיקף כולל של כ- 130 אלף טונה בשנה) לעומת תועלת בסך 260 מיליון ש"ח בהקצאת כל האפר לצמנט בלבד (חישוב מפורט בהערת שוליים להלן).



טענה: "... בהיבט של צדק חלוקתי, חיסרון נוסף של השימוש באפר פחם לבטון למבנים על פני השימוש בצמנט נובע מהקרבה הגיאוגרפית הנדרשת בין מפעלי הבטון לבין המקורות אפר שבתחנות הכוח הפחמיות או הנמלים. קרבה זו גורמת לכך שאפר הפחם, על הקרינה הגלומה בו, מרוכז בישובים הקרובים לתחנות הכוח או הנמלים ואינו מפוזר במנות קטנות יותר על פני כלל האוכלוסייה..."

תגובה: להעדר הכשרות המקצועית של מושג "הצדק החלוקתי" בתורת ההגנה מקרינה ולחולשתו הטיעונית התייחסה התגובה שלעיל. כאן יש להוסיף כי גם הטיעון הגיאוגרפי אינו תואם את המציאות. על פי רישומי משלוחי האפר המרחף למפעלי הבטון, פריסת המפעלים המשלבים אפר מרחף בתערובות הבטון חופפת את מפת המפעלים מקרית שמונה עד ירוחם¹⁴. בדיקת כמויות האפר שסופקו לכל אחד מהמפעלים מעלה כי גם פריסת האפר המנוצל כתוסף לבטון על פני הארץ חופפת את ההתפלגות האזורית של ייצור הבטון – כ- 50% במרכז הארץ (בין נתניה לאשדוד), כ- 40% צפונית לנתניה (35% מהבטון) וכ- 10% דרומית לאשדוד (15% מהבטון). בהתפלגות האזורית של השימוש באפר מרחף בבטון ישנה אמנם הטיה מסוימת אך לא משמעותית לטובת הצפון בשל מרחק ההובלה הגדול יחסית של חול שמקורו בעיקר בדרום. אולם נראה שמרכיב ההובלה איננו מהווה גורם משמעותי בהעדפת תערובות בטון המכילות אפר בהשוואה לחסכון בעלויות החומרים המוחלפים על ידו, בעיקר הצמנט. חיזוק להערכה זו ניתן לקבל בערך נמוך המתקבל בחישוב מצטבר ארצי של הפרשי ההובלה של אפר וחול למפעלים בשיעור כ- 10 ש"ח במוצע לטונה אפר, בהשוואה לכ- 300 ש"ח החיסכון לטונה אפר בהחלפת חומרי הגלם.

טענה: " בהתאם לניתוח זה, עמדת המשרד היא שלא לאפשר שימוש של אפר פחם לבטון לבניה".

תגובה: הביטוי "ללא אח ורע" הולם את עמדת המשרד הפוסלת את השימוש באפר בבטון, כפי שהלם את סיווג האפר כפסולת רדיואקטיבית בעבר, ודינה להישלל כשם שנשלל הסיווג החרוג. ניצול אפר מרחף כתוסף לבטון הוא השימוש המוביל במרבית המדינות בעולם¹⁵. אין כל ראיות להגבלת השימוש בבטון המכיל אפר ביעודים מסוימים, לרבות בנייה למגורים. נהפוך הוא – סקירות בינלאומיות שערכה המנהלת מעלות כי לא רק שאין הגבלה כזו, מפרטי בטון המיועד למגורים, למשל של המכון האמריקאי לבטון ACI, כוללים במפורש אפר. USEPA מציין את האפר כחומר מועדף לשימוש בבטון בבנייה ירוקה ועל פי תקן הבנייה הירוקה שלו ניתן בשנת 2011 אות ההצטיינות הגבוה ביותר לבית מגורים הבנוי מבטון המכיל אפר¹⁶.

כחומר ששימושו מסווגים בתקן הבינלאומי להגנה מקרינה כמצב קיים, שישודותיו הרדיואקטיביים הם ממקור טבעי ושריכוזיהם נופלים במידה ניכרת, פי 4 עד למעלה מפי 10, מרמת הפטור, אין התקן מתיר התערבות רגולטורית בהגבלת שימושו. במיוחד אין הוא מתיר להגביל מוצרי בנייה, המכילים אותו, העומדים בתקן. ואמנם הדירקטיבה האירופית העדכנית משנת 2014 התואמת את התקן הבינלאומי, אשר בימים אלה נכנסת לתוקף, מסתפקת בדרישה שמוצרי הבנייה המכילים אפר, ככל חומרי הגלם האחרים, יעמוד במגבלת תוספת מנת קרינה של 1 mSv/y (גמא בלבד) ביחס לקרינת הרקע. וכמוכן אי אפשר שלא לציין כי בטון המכיל אפר עומד בתוספת מנת קרינה בסדר גודל עשרוני נמוך מדרישת התקן הישראלי 5098 – תכולת יסודות רדיואקטיביים טבעיים במוצרי בנייה, 0.3 mSv/y (כולל גמא ורדון), המחמיר בעולם. בהקשר זה יוזכר כי מדיניות ישראל היא לאמץ תקינה מקובלת בעולם בכל תחומי הפעילות המשקית, תעשייתית וסביבתית. מתבקש שמשרד הגה"ס ינהג כך בתחום ההגנה מקרינה כפי שהוא נוהג בתחומים אחרים החופפים את ההשפעות הסביבתיות של אפר בשימושו.

הפניית כל אפר הפחם לייצור צמנט בלבד תגרום להפסד תועלת ישירה של כ- 0.8 מיליארד ש"ח בשנה הגלומה בהרכב מאוזן של שימושים¹⁷. היא גם תיצור תלות בלתי סבירה של תפעול תחנות הכח הפחמיות במשתמש יחיד למעשה, על שיקוליו המסחריים ומגבלותיו התפעוליות, העלולה להוביל בחרום, אך גם בשיבושי תפעול, במקרה הגרוע יותר, למחדל הטלת האפר בים משנות התשעים במאה שעברה, מחוסר שטחי אחסון בתחנות הכח, בעלות סילוק גבוהה (עד \$15 לטונה אפר) ולהשחתת משאב חיוני למשק, או לאחסונו הזמני באתר שיוכשר למטרה זאת, במקרה

¹⁴ פריסה אזורית של מפעלי בטון ומוצרי בנייה שהשתמשו באפר מרחף בין מאי-נובמבר 2017, מתוך אתר המנהלת

¹⁵ ייצור וניצול אפר פחם בעולם, מתוך אתר המנהלת

¹⁶ סקירת תשובות שאלון בינלאומי - יעדי בטון, מנהלת, יולי 2016; סקירה בינלאומית של השימוש באפר פחם בבטון למגורים, מנהלת, מרץ 2018.

¹⁷ תועלת שנתית בחלופות הקצאה (הערכת המנהלת)

צמנט		מאוזנת					הקצאה		
תחתית	מרחף	תחתית		מרחף			אפר		
תחתית	תוסף	גינון וחקלאות	בנייה	קלינקר	שפכים	בטון	צמנט	שימוש	
156	374	270	117	156	408	3,003	374	ערך טונה (ש"ח)	
75	669	11	25	38	60	305	305	אלפי טונה	
11,700	250,538	3,038	3,071	5,850	31,380	915,076	114,042	אלפי ש"ח	
262,238		1,072,456							סה"כ (אלפי ש"ח)



הגרוע פחות¹⁸. כמות האפר שתיווצר לעת משבר באספקת גז טבעי עלולה להיות כפולה מרמת הייצור בשגרה¹⁹. התלות הבלעדית במשתמש יחיד עלולה לשבש את הפעלת תחנות הכח הפחמיות כפתרון עיקרי למחסור בכושר ייצור החשמל בשיבושי אספקת גז טבעי. רק לאחרונה לפני כחצי שנה, נאלצה חברת החשמל להפעיל את יחידות הייצור הפחמיות בעומס חריג בשל תקלה בצינור הגז משדה תמר בתקופה בה היו אמורות לפעול בעומס מינימלי (עונת מעבר). מהשוואת נפח האחסון הפוטנציאלי לאפר של ענפי הצמנט והבטון עולה שכושר התגובה של מפעלי הבטון גדול פי 3 בקירוב מזה של יצרני ויבואני הצמנט.

להערכת המנהלת יבוא סדיר של אפר לתעשיית הצמנט שיקיים רמת פעילות של כ-1 מיליון טונות בשנה (כ-2/3 מרמת הייצור בעומס מרבי), ישפר את כושר ההענות של המשק לקלוט את עודפי האפר לעת חירום בהסטה מיבוא לניצול הייצור המקומי המוגבר ובהרחבה מקבילה של אספקת האפר לתעשיית הבטון.

טענה: " ... שימוש נוסף ... בבטון לתשתיות ובמיוחד בתשתיות דוגמת מנהרות וגשרים. ... בעולם יש שימוש נרחב באפר פחם לתשתיות. ... כיום לא ניתן מבחינה רגולטורית להבחין בין השימוש בבטון לבניה למגורים לבין השימוש בבטון לתשתיות ...".

תגובה: אמנם לא ניתן להבחין בין בטונים עם אפר ובלעדיו המסופקים ליעודים זהים וגם אין בכך צורך. תערובות בטון מיוצרות בהתאם לדרישות מבניות של המתכנן ללא קשר לתכולת האפר בו. יצרן הבטון יעדיף לספק בטון בהתאם לדרישות המכיל אפר מרחף כתוסף, ככל שהוא מצוי ברשותו, מסיבות כלכליות. לעיתים נדירות מבוקש בטון ללא אפר מסיבות אדריכליות ופעמים נדרש דווקא בטון עם אפר מסיבות טכנולוגיות (למשל ביציקות רבות נפח כיסוד דוברה לריסון התפתחות חום ההידרציה). בחינה שנערכה בהתבסס על נתוני למ"ס (2016) על שטחים מבונים, העלתה כי כ-40% מהבטון שימש בבנייה שאיננה למגורים או לבנייה ציבורית, שניתן להגדירה כבניית תשתיות ומבנים תעשייתיים ואחרים, כ-50% בבניית מגורים וכ-10% בבניית מבני ציבור. על פי ההסבר לעיל יש להניח כי ייעודי בטון המכיל אפר מתפלגים באופן דומה.

טענה: " ... שימושים נוספים שנבחנו בעבודה (חקלאות, חומר מילוי לתשתיות ולייצוב בוצה) נמצאו כלא כלכליים /או לא אושרו על ידי אנשי המקצוע במשרד עקב הסיכון כי ההרכב הכימי של אפר הפחם אינו עומד בערכי הסף הנדרשים לשימוש חוזר בקרקע".

תגובה: למען הדיוק יצוין כי דו"ח פארטו לא בחן כלל את הערך הכלכלי של שימושים אלה וכי המסמכים שצורפו לדו"ח אינם אוסרים אותם, אלא מביעים כלפיהם עמדה שלילית. לענין זה יופנה משרד הגה"ס להערות פרופ' אורי מינגלגרין²⁰ למסמך העמדה המקצועי של אבי חיים המהווה אסמכתא לכאורה למכתבו של אלון זסי"ק הפוסל את השימושים באפר בחקלאות בנימוק של העדר יתרון סביבתי וחשש זיהום קרקע ומים. מההערות עולה כי חו"ד של חיים אינה מתייחסת כלל ליישומים חקלאיים וגם באשר לשימוש באפר כמצע מילוי בתשתיות הוא שוגה בהערכה הסביבתית.

מבין שימושי האפר בקרקע ראוי לציין שניים המיושמים בפועל זה שנים אחדות בהיתרים שניתנו ע"י משרד הגה"ס:

במס"א (בוצה מיוצבת בסיד ואפר מרחף) – מתקבלת כבוצה סוג א' בתהליך N-Viro, משמשת לטיוב קרקעות, לדישון ולהדברת מחלות שוכנות קרקע. מחקר שנערך ע"י צוות בראשות דר' הדס אפרת ממנהלת ההשקעות במשרד החקלאות, מצא כי הוספת במס"א לקרקע משפרת את היבול החקלאי. מעקב ישום במס"א בשדות המתנהל זה ארבע שנים בהנחיית ראש שירותי בריאות הציבור במשרד הבריאות, מאשר את ההערכות המקדמיות כי אין חשש להשפעות סביבתיות שליליות של הבמס"א בקרקע, במים ובמזון. כמו כן חו"ד דר' זיאן קוך מעלה כי תרומת האפר בבמס"א למנת קרינה לחקלאי זניחה²¹. המנהלת מעריכה כי התועלת מהשימוש בבמס"א מגיעה לכדי 523 ₪ לטונה אפר – 408 ₪ בייצור הבמס"א כנגד שיטות ייצוב חליפיות, 115 ₪ כערך מוסף חקלאי.

מצע גנני וחקלאי (אפר תחתית מנופה גס) – משמש כמצע גידול צמחים המהווה חלופה לטוף בהחלפת קרקע בגידולים חקלאיים ובגינות. בעל תכונות אגרונומיות שאינן נופלות מאלה של הטוף ועדיף עליו במשקלו הנמוך יחסית. כמו כן שימוש באפר תחתית כחליף לטוף תורם למניעת מפגעים סביבתיים הכרוכים בכרייתו. בהתאם ליחסי הצפיפות שבין האפר והטוף מעריכה

¹⁸ יצוין כי במקרה כזה ייגרם נזק כלכלי למשק מאובדן הערך המקורי למשק של האפר המרחף היבש כתוסף לבטון כ-3,000 ₪ לטונה, לערכו של האפר המורטב כח"ג לייצור קלינקר כ-150 ₪ לטונה. זאת בנוסף לעלויות האחסון (כ-150 ₪ לטונה אפר על פי תעריף שנגבה לאחרונה באתר הטמנה לפסולת מעורבת).

¹⁹ כ-30 אלף טונות בשבוע בתפעול יחידות הייצור הפחמיות בעומס מלא, לעומת 15 אלף טונות בשבוע בממוצע שנתית בתפעול שגרתי ברמת הייצור הנוכחית (בפער של סדר גודל עשורני בין עונות מעבר לעונות שיא בצריכת חשמל).

הערות א. מינגלגרין למסמכים:

"שימוש באפר פחם בקרקעות כמצע מילוי", א. חיים, רא"ג שפכי תעשייה, קרקעות מזוהמות ודלקים "שימוש באפר פחם לצרכי חקלאות", סמנכ"ל משאבי טבע

²¹ הערכת החשיפה לקרינה משימוש בבוצת שפכים מיוצבת המכילה סיד ואפר מרחף (במס"א) בקרקע חקלאית –

ד"ר זיאן קוך, ינואר 2010



המנהלת את התועלת הישירה בניצולו ב- 270 טון לטונה אפר. מבחינה סביבתית מסווג אפר התחתית כחומר אינרטי בריכוזי המתכות בתשטיפיו ותרומתו למנת הקרינה בגינון זניחה 0.1 מילירם בשנה בהרכב האגרונומי המומלץ (30% חומר אורגני)²². במהלך השנה החולפת התקיימו במשרד הגה"ס דיונים בצוות מקצועי שהוקם במטרה להעריך את מנת הקרינה הנתרמת ע"י אפר התחתית בגינון ולקבוע בהתאם להערכה זו תנאים לניצולו בכפוף לעקרונות התקן הבינלאומי להגנה מקרינה. מסיבה שאינה ידועה למנהלת לא הסתיימו הדיונים בסיכום, אף שממצאי הבדיקה העלו כי אפר התחתית בכלל וברמת הקרינה המדוברת ביישום זה בפרט, פטור מרגולציה על פי התקן הבינלאומי²³.

לפני חודשים אחדים העבירה המנהלת למשרד הגה"ס את הצעת התנאים המשודרגת לשימושי קרקע²⁴ שגיבש הצוות המקצועי-מדעי (מזהמים) בעבודה מתמשכת על פני שנים אחדות, לרבות במסגרת סדנאות בינלאומיות – בתשתיות (סלילה, מילוי מבני, טיוב קרקע נחותה לסלילה, מעטפת מתקנים תת קרקעיים) ובחקלאות (תוסף לטיוב קרקע, דישון באמצעות במס"א ומצע גידול צמחים), כל אלה באפר מרחף ובאפר תחתית לפי הענין. מוצע כי המשרד יזמן דיון בהצעה.

²² [חישוב תרומת אפר תחתית כמצע גידול צמחים בגינון למנת הקרינה](#)

²³ [סקירת הדיון וממצאיו והתייחסות לתנאים שקבע הממונה על הקרינה הסביבתית, 7.1.18](#)

²⁴ [שידרוג התנאים הסביבתיים לשימושי אפר פחם בקרקע – סלילה, תשתיות וחקלאות, דצמבר 2015](#)

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 ממצאי 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 סיכוי 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 התערובת 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 סיסמי אינו רלבנטי לטיפול בבלאי בטון ובקורוזיה בדיון. דו"ח מחקר החיזוק הסיסימי 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 הסיסימי. 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 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



עמדת המנהלת

מדיניות פיתוח ויישום, שימור ותחזוקת שימושי אפר הפחם²⁵

פתח דבר

מנהלת אפר הפחם (להלן: המנהלת) הוקמה בשנת 1993 ע"י שר האנרגיה והתשתית בהתייעצות עם השרים לאיכות הסביבה והפנים ובשיתוף משרדיהם וכן חברות החשמל והפחם, במטרה לרכז מאמץ ממלכתי לפתרון בעיית אפר הפחם (להלן: אפר) המצטבר בתחנות הכח²⁶. בדעה אחת עם שותפיה ובתמיכתם, קידמה המנהלת פתרון מערכתי לטיפול הממלכתי באפר המבוסס על ידע וניסיון בינלאומי, מונחה בראיה כוללת של הבעיה על היבטיה הכלכליים, הטכנולוגיים, הסביבתיים והאסטרטגיים וממוקד בתועלת המשולבת למשק בכלל ההיבטים. בזכות מאמציה של המנהלת והמשאבים שהשקיעה בתשתית הידע והתקינה על פני עשרים וחמש שנים מהקמתה, השכיל המשק להפיק תועלת מהאפר, מכל הבחינות האמורות, שאין להגזים בערכה הכלכלי, האיכותי והחברתי המצטבר.

יצוין כי עם השנים התפתחה המנהלת כמרכז ידע ומומחיות בכלל ההיבטים הקשורים לאפר ולשימושו, בהתבסס על מוקדי ידע שפותחו בהובלתה במוסדות מחקר בארץ, בשיתוף מוסדות מחקר מקבילים בעולם, והציבה את המשק בחזית הפיתוח והידע העולמיים בתחום האפר.

לדעת המנהלת, עקרונות מדיניותה, אשר שימשו כללים מנחים לפעולתה, מהווים תנאי הכרחי להמשך תפקוד מיטבי של מערך האפר גם היום ולפחות בחמש השנים הבאות, המאופיינות אמנם בהפחתת ייצור החשמל מפחם והפחתה נגזרת של כמויות האפר הזמינות במשק, אולם עדיין בהיקפים של מאות אלפי טונה בשנה, עשרות אלפי טונה בחודש. זאת גם במציאות של משק פתוח המנצל הזדמנויות בינלאומיות ליבוא אפר במענה לעודף הביקוש על היצע המקומי, כפי שמתמך במסמכי מדיניות משרד הגה"ס שהתפרסמו במסגרת השימוע בנדון.

עיקרי המדיניות

המנהלת פועלת לאור שתי מטרות העל של מערך האפר, המשלימות ותומכות זו את זו:

1. **פינוי רציף ויציב של אפר הפחם מתחנות הכח במצבי משק משתנים.**
2. **מיצוי תועלות כלכליות, טכנולוגיות וסביבתיות מאפר הפחם כמשאב.**

פעולת המנהלת מגובה במדיניות ממשלתית לטיפול באפר²⁷ שעיקרה:

1. **הגדרת אפר הפחם כחומר בר השבה ששימושו טעונים תנאים סביבתיים וקביעת הנחיות סביבתיות שיאפשרו השבתו הכלכלית,**
2. **מתן קדימות לפיתוח שימושים כלכליים במגמה למנוע סילוק והשחתה של אפר הפחם כמשאב בעל ערך למשק.**

פעולות המנהלת ליצירת תשתית ידע ותקינה הנדרשת לפיתוח ויישום שימושים, משרתות תהליך המכוון לאיזון רב ממדי (משקי-אסטרטגי, איכותי, כלכלי, סביבתי-בריאותי וחברתי) בין מטרות העל. במשק הפועל על פי עקרונות בסיסיים של שוק חופשי, המתעדף מעצמו ערכים איכותיים וכלכליים, מושג האיזון המבוקש בסביבה תחרותית ונורמטיבית שמאפייניה העיקריים הם:

- **גיוון שימושים** – המקטין תלות בתנודות משקיות של ענף זה או אחר ומדלל את החתימה הסביבתית הכרוכה בכל שימוש בפני עצמו;
- **ביזור משתמשים** – המקטין תלות בגורמים בעלי משקל תפעולי ומסחרי בכל ענף;
- **רציפות ועקביות** – התורמות, באמצעות שימושים רציפים ויציבים בתהליכים תעשייתיים מבוקרים, לפינוי שוטף של אפר בהתאמה מרבית עם קצב הייצור, למזעור הפרעות בתפעול תחנות הכח, להקטנת הצורך בנפחי אחסון ביניים ולשמירת איכותו המקורית של האפר בעת היווצרו;
- **מיצוי תועלות איכותיות וכלכליות** – אשר יוצרות מוטיבציה אצל משתמשים פוטנציאליים לעשות שימוש מועיל באפר ומצדיקות ניצולו כנגד השפעות סביבתיות ובריאותיות שליליות אפשריות;
- **הגבלת ההשפעות הסביבתיות והבריאותיות** – המבטיחה עמידה בתקנים ומניעה נורמטיבית של מפגעים סביבתיים ונזקים בריאותיים, כתנאי סף להצדקה סוציאקונומית של שימושי האפר וליישומם בפועל;

²⁵ "התוויית מרחב הפעולה וקדימויות לפיתוח, קידום, שימור ותחזוקת שימושי אפר פחם", מנהלת אפר פחם, 23.2.18

²⁶ תקנון מנהלת אפר הפחם, פברואר 1994

²⁷ החלטות מדיניות מנהלת אפר פחם, מאי 1996



בחינת המדיניות לאור המצב המשקי הצפוי

בעקבות ההפחתה המשמעותית, עד כדי 30%, בהיקף ייצור החשמל מפחם שהתרחשה בשנים האחרונות וההפחתה הנגזרת ממנה בכמויות האפר, עלה הצורך לעדכן את תוכנית האב על פיה פועלת המנהלת. זאת לשם הקצאה מיטבית, במציאות משתנה, של משאבי המנהלת ליצירה, לשימור, לתחזוקה ולעדכון שוטף של התשתית הממלכתית בתחום האפר, בידע ובתקינה הנדרשת להנעת כוחות השוק למיצוי התועלת הכוללת הגלומה במגוון יישומי האפר ולשמירת רצף אספקתו השוטפת מתחנות הכח למניעת שיבושים בתפקודן.

במיוחד יש לתת את הדעת למצבי משבר באספקת גז טבעי שהפך מקור עיקרי לייצור חשמל. בהתרחש ארוע כשל באספקת הגז תידרש הפעלה של יחידות הייצור הפחמיות בעומסים גבוהים בהרבה מרמת התפעול הנמוכה בשגרה ובהיווצרות כמויות אפר פחם, עד כדי 1.5 מיליון טונה בשנה (רמת שיא במערך הייצור הנוכחי בעת משבר אספקת הגז הטבעי ממצריים בשנת 2012), כפולה מהרמה המנוצלת בשגרה.

להערכת תמונת המצב נבחן מרחב הפעולה של שימושי האפר והותוו גבולותיו, במונחי עלות/תועלת, באמצעות הרכבי שימושים המשקפים מצבים משקיים שהתרחשו בפועל, בהתחשב במדדים המשקיים-אסטרטגיים, מדדי האיכות והכלכלה ומדדי הסביבה, הבריאות והחברה. במסגרת זו נסקרו כלל השימושים בהיבטיהם הטכנולוגיים, הכלכליים והסביבתיים והוערכה תרומתם הכוללת למשק בחלופות שונות של הקצאת האפר.

טווח הבחינה מתמקד בחמש השנים 2018 – 2022, המאופיינות בתפעול מוגבל של יחידות הייצור הפחמיות בשיעור 70% מרמת הייצור של שנת 2015 ומכאן גם של ייצור האפר – כ- 750 אלפי טונות בשנה.

מנגד יגדל וילך הביקוש לאפר כמשאב חיוני בעיקר לייצור צמנט ובטון, העומד כבר היום על רמה של כ- 2.5 מיליון טונה בשנה בכלל הביקושים.

בהתבסס על ניתוח מקיף של מאפייני השימושים השונים והערכת עלותם ותועלתם הכוללת למשק²⁸ התקבלו הממצאים שלהלן:

תועלת (ש לטונה אפר פחם)					שימוש	אפר
סה"כ	הפרשי הובלה (החלפת חול)	סביבה (הפחתת CO ₂)	ערך מוסף ²⁹	ישירה (החלפת ח"ג)		
374		119		285	צמנט	מרחף
3,003	9	17	2,682	311	בטון	
523			115	408	שפכים (חקלאות)	
156				156	קלינקר לצמנט	תחתית
117				117	מוצרי בנייה	
270				270	גינון וחקלאות	
68				68	סלילה ותשתיות	

המנהלת בחנה גם את היבט החשיפה לקרינה של הציבור בשימושי האפר בהסתמך על ממצאי בדיקות והערכות שבוצעו בהזמנתה במעבדת שטח בטיחות קרינה בממ"ג-שורק³⁰, בהנחות כלכליות מתאימות, וקיבלה את הערכים שלהלן. אולם יצוין כי לפי הנחיות הגופים המקצועיים הבינלאומיים בתחום ההגנה מקרינה אין להשתמש בהערכות סיכונים של מנות קרינה ברמות נמוכות להן נחשף הציבור ובהערכות כלכליות של סיכונים אלה לצורך קבלת החלטות רגולטוריות בפעילות משקית כדוגמת ניצול אפר בשימושי. ההערכות שלהלן מוצגות אך ורק לצורך השוואת סדרי הגודל שבין השימושים השונים לבין עצמם וביניהם לתועלתם למשק.

אפר	שימוש	"עלות" מנת הקרינה (ש לטונה אפר פחם)
מרחף	צמנט	40
	בטון	35
תחתית	גינון	8

²⁸ עלות/תועלת שימושי אפר הפחם למשק, ד. לנגר בשיתוף ג. אירוס (בהתייעצות עם א. בנטור), 14.2.18.

²⁹ ערך מוסף בבטון – הארכת קיים המבנים; ערך מוסף בייצוב שפכים (חקלאות) - שיפור היבול.

³⁰ מנת קרינה מאפר כח"ג לקלינקר וכתוסף לצמנט; מנת קרינה מאפר מרחף כתוסף לבטון; מנת קרינה מאפר תחתית בגינון (30% חומר אורגני).



יצוין כי הערכת סיכונים סביבתיים-בריאותיים בשימושי אפר המתבססת על ממצאי המחקרים שביצעה המנהלת לאורך שנות פעילותה מצביעה על סיכונים זניחים ביישום השימושים בכפוף לתנאים הסביבתיים שנקבעו להם, הן בהקשר לחשש זיהום קרקע ומים ביסודות המצויים באפר והן בהקשר לחשיפת הציבור לקרינה.

מרחב הפעולה המשקי נקבע בהנחות שלהלן:

- רמות השימוש ההיסטוריות בפועל של אפר מרחף כתוסף המחליף חול וצמנט בייצור בטון,
- רמות השימוש ההיסטוריות בפועל של אפר מרחף כתוסף המחליף קלינקר בייצור צמנט,
- הערכת הפוטנציאל המעשי של יישום טכנולוגיית N-Viro באפר מרחף לייצוב בוצת שפכים ליעוד חקלאי,
- ניצול אפר תחתית בברירת מחדל כמחליף חרסית לייצור קלינקר לצמנט,
- מיצוי שדרוג איכותי וכלכלי של אפר תחתית באמצעות ניפוי למקטעי גודל כמחליף טוף במצע גידול צמחים וכמחליף חול במוצרי בנייה.

בהנחות אלה ובהערכת התועלות למשק בשימושי האפר, מתקבל הערך הכולל למשק של ניצול האפר במגוון השימושים שלהלן, בחלוקה מאוזנת בין תעשיות הצמנט והבטון:

אפר שימוש	מרחף				תחתית		
	צמנט	בטון	שפכים	סה"כ	קלינקר	בנייה	גינון וחקלאות
ערך טונה (₪)	374	3,003	408		156	117	270
אלפי טונה	305	305	60	670	38	25	11
אלפי ₪	114,042	915,076	31,380	1,060,497	5,850	3,071	3,038
סה"כ (אלפי ₪)				1,072,456			

כמו כן נבחן כושר התגובה המשקי של תעשיות הצמנט והבטון לקליטת כמויות אפר בהעמסה חריגה של יחידות הייצור הפחמיות לעת משבר באספקת גז טבעי, המתבטא בהגדלת כמויות האפר הזמינות עד כדי הכפלתן מ-750 אלפי טונה בשנה בשגרה עד כדי 1.5 מיליון טונה בחירום. בתמצית התברר כי בזכות ריבוי מפעלי הבטון ופריסתם על פני הארץ בהתפלגות אזורית המשקפת את מוקדי הפעילות המשקית ופריסת האוכלוסייה, יכולתה של תעשיית הבטון להענות לגידול חריג של היצע האפר בפרקי זמן קצרים, עולה לפחות פי שניים על זה של תעשיית הצמנט. תגובתן המשולבת של שתי התעשיות עשויה לתת תשובה נאותה לקליטת עודפי האפר בחירום, שתאפשר פינוי שוטף של האפר מחצרי תחנות הכח הפחמיות ותבטיח תפקודן התקין.

עם זאת צריך להניח שבשעת חירום בטחונות היקף הפעילות המשקית יפחת ואיתו הביקוש לאפר מחד גיסא בעוד שייצור החשמל יישאר בעינו מאידך גיסא. לכן יש להסדיר אתר אחסון ביניים לעודפי אפר שהמשק יתקשה לקלוט בקצב ייצורו בעת חירום מלחמתית.

סוף דבר

הקצאה מאוזנת של אפר למגוון שימושי מפיקה תועלת משקית מיטבית בסיכונים סביבתיים-בריאותיים זניחים. ההקצאה המאוזנת מבטיחה רמת תחרותיות כלל ענפית נאותה ותמריץ כלכלי למשתמשים לעשות שימוש שוטף באפר. כמו כן גלומה בה יכולת הענות טובה יחסית לעליה חריגה בהיצע האפר בשעת חירום, אולם צירוף פגיעה באספקת גז טבעי עם מצב מלחמתי מחייב הערכות לאחסון ביניים של עודפי אפר משמעותיים באתר מחוץ לחצרי תחנות הכח.

בחירת המדיניות לא התייחסה לאפשרות יבוא אפר לייצור צמנט בשגרה, אולם מבדיקת כושר התגובה המשקי לקליטת כמויות חריגות של אפר כאמור, עולה כי יבוא אפר של כ-300 אלף טונה בשנה יוכל לשמר רמת פעילות משקית שנתית של כ-1 מיליון טונה, כ-2/3 מכמות האפר המרבית העלולה להיווצר בשעת חירום, ובכך לשפר את הענות המשק לגידול בהיצע האפר בשעת חירום בהסתת השימוש באפר מיובא לאפר מקומי.

יובהר כי אין המנהלת מתיימרת לדרג שימושים על פי מסמך זה ולהעמידם במסדר עדיפויות והיא אף מתנגדת לכוונה להכתיב למשק מדרג כלשהו, שכן לתפיסתה כאמור לעיל, התערבות שאינה הכרחית מנימוקים מובהקים של טובת הציבור, עלול נזקה לעלות על תועלתה.

מאידך גיסא רואה המנהלת את תפקידה לחזק באמצעות משאביה את התשתית המשקית הנדרשת לביסוס השימושים היותר כלכליים – תוסף בבטון המובן מאליו וכן השימוש שאיננו מובן מאליו, אף שהוא השני במדרג – ייצוב בוצת שפכים לייצור חקלאי כשימוש חלופי משמעותי לשימושי ענף הבנייה. כמו כן מייחסת המנהלת חשיבות לשיפור איכות אפר התחתית באמצעות ניפוי למקטעי גודל מתאימים ליצירת תמריץ נאות למיצוי התועלת הגלומה בו לשימושי חקלאות ובענף הבנייה.