

לכבוד הגברת אליסיה סיבר
מ"מ יו"ד הועדה המחוזית לתכנון ובניה – דרום
שד' יצחק רגר 23
באר שבע

בפקס : 08-6231951

שלום רב,

הנדון : תכנית מס' 140/03/24 אתר לכריית פוספט – שדה בריר
אפקטים רדיולוגיים בהפעלת מכרה פוספאטים באתר "שדה בריר"
דו"ח מאת: ד"ר אלי שטרן (יוני 2008)

1. מצורפת בזאת חוות דעת מקצועית של ד"ר אלי שטרן, מומחה בעל שם בתחום השפעות הקרינה.
2. על פי סיכום הדוח, החישובים מצביעים על כך שאין לצפות לכך ש"פעילות שוטפת" של המכרה ב"שדה בריר" תגרום לחשיפות רדיולוגיות בלתי קבילות בקרב אוכלוסיות ערד וכסייפה.
3. החישובים התיאורטיים **המחמירים מאד** שבוצעו עבור סיכוני רדון פוטנציאליים ותוארו לעיל, מצביעים על סיכונים נמוכים ביותר, אם בכלל, המוגדרים **כקבילים** לפי התקינה הבינלאומית והישראלית גם יחד.
4. החישובים מאמתים באורח כמותי את חוות הדעת של ד"ר משה שירב מן המכון הגיאולוגי, לפיהן השפעת רדון הנפלט ממכרה פוספאטים מוגבלת – אם בכלל – לרדיוסים של כמה מאות מטרים מן המכרה.
5. לצורך אימות הנתונים התיאורטיים, ההמלצה בדו"ח היא על ביצוע מדידות שונות במסגרת הכרייה הנסיונית, כפי שהמשרד להגנת הסביבה המליץ ורותם קיבלה על עצמה.

בברכה,

דני חן

מנכ"ל רותם אמפרט נגב

העתקים:

חברי הועדה המחוזית

ד"ר אלי שטרן

ד"ר משה שירב-המכון הגיאולוגי

מר גדעון בר-לב, ראש עיריית ערד.

מר טל פודים, ועדה מחוזית דרום.

מר יוסי יוגב, כאן.

מר אורי יסעור, כאן

23 יולי 2008

אפקטים רדיולוגיים בהפעלת מכרה פוספאטים באתר "שדה בריר"

מאת: ד"ר אלי שטרן (יוני 2008)

1. כללי

- 1.1 יש לראות חוות דעת זו כחוות דעת ראשונית
- 1.2 חוות הדעת עוסקת אך ורק בנושא **האפקטים הרדיולוגיים** הפוטנציאליים לתושבי ערד וכסייפה כתוצאה מפעילות שוטפת של המכרה ("פעילות שגרתית"). חוות הדעת **איננה עוסקת** –
- (א) בהיבטים בריאותיים או אחרים כלשהם של פיזור אבק מן המכרה (והגעתו למקומות יישוב), במהלך פעילותו השגרתית,
- (ב) בהיבטים סביבתיים כלליים כגון ניתוח חלופות
- 1.3 חוות דעת זו ניתנת, בין היתר, על רקע –
- (א) הסכמת המשרד להגנת הסביבה להפעלת המכרה בתנאים שונים מחד (לפחות ברמה של "שנת כרייה ניסיונית" ותנאים אחרים);
- (ב) חוות דעתו של ד"ר מ. בר – חנא המאזכרת, בין היתר, אפשרות היוצרות סיכונים בלתי קבילים לתושבי היישובים הנ"ל, הנובעים מגז הרדון העלול להיפלט מן המכרה אגב פעילותו השגרתית;
- (ג) חוות דעת אחרות (פרופ' י. ריבק; ד"ר מ. שירב) השוללות מכל וכל סיכונים פוטנציאליים מסוג זה במרחקים הרלוונטיים מאתר הכרייה בהם פרושים היישובים הנ"ל ויישובים אחרים.
- (ד) תסקיר ההשפעה על הסביבה שהוגש ע"י חב' "רותם אמפרט נגב" בע"מ לרשויות המוסמכות.
- 1.4 לפי מידע עדכני שנמסר לח"מ ע"י החברה, איזור התעשייה של ערד ומבנה המגורים הנוכחי הקרוב ביותר לגבול תכנית המכרה מרוחקים כדי 3.2 ו- 4.0 ק"מ בהתאמה, מקצה גבול התכנית (ראה גם סעיף 4.3 (ג)). הישוב כסייפה מרוחק כדי 3.5 ק"מ מקצה גבול תכנית המכרה.

2. אפקטים רדיולוגיים בהפעלת מכרה פוספאטים – רקע

- 2.1 אין כאן המקום לרקע רדיולוגי תיאורטי נרחב בכל הקשור להפעלת מכרה פוספאטים. להלן, באורח תמציתי ביותר, כמה נקודות רלוונטיות –
- (א) נושא גז הרדון למרות ה"אקזוטיות" שלו, אינו הנושא הרדיולוגי היחיד אליו מן הראוי להתייחס במכרה מסוג זה, שכן מדובר במסלע/תווך עשיר יחסית באורניום (ריכוזים אופייניים שנתגלו בנגב, בתוך שכבות עשירות בפוספאט - 100-150 ppm w/w, דהיינו עד כ- 1800 בקרל/ק"ג של האיזוטופים ^{238}U ו- ^{234}U גם יחד).

(ב) הימצאות אורניום (^{238}U) במסלע הפוספאטים משמעותה – הימצאות רדיונוקלידים נוספים משרשרת האורניום בשיווי משקל עם אטומי ה- ^{238}U . מביניהם ראוי לציין את הרדיונוקלידים הבאים: ^{234}U , ^{226}Ra , ^{222}Rn (גז הראדון), ^{210}Pb , ^{210}Bi , ו ^{210}Po . כל הרדיונוקלידים הנ"ל פולטים קרינה רדיואקטיבית מסוג אלפא, ו/או ביתא ו/או גאמא וכן – כולם מוצקים (מתכות), למעט ראדון שהוא כידוע גז אציל (יש לציין שבשרשרת מצויים רדיונוקלידים נוספים, שעקב היותם קצרי חיים ביותר – השפעתם, במצבי "שיווי משקל" הרלוונטיים להערכות הסיכונים המבוצעות בדוח זה עבור מכלול הרדיונוקלידים (לא כולל רדון), מוגבלת והם: ^{214}Po , ^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{218}Po)

(ג) בהיות הראדון גז אציל הוא אינו נוטה להיספח למשטחים ובכלל זה – לקרום הריאה במסלול הנשימה. אשר על כן, החשיפה הרדיולוגית לרדון נובעת בעיקר מחשיפה ל"בנותיו" דהיינו לרדיונוקלידים המוצקים המנויים לאחר הראדון ומשקלם האטומי נמוך משל הרדון (בעיקר קצרי החיים, ראה ס"ק (ב) לעיל), הנוטים להיספח לקרום הריאה, להקרין אותה ובנוסף לכך, בקינטיקות שונות (התלויות בתרכובת הכימית הספציפית בה מצוי הרדיונוקליד) – אף לחדור לזרם הדם ולאברים נוספים. עובדה זו באה לידי ביטוי במקדם הנזק הרדיולוגי של רדון (ביחידות סיוורט/שנה פר בקרל/מ"ק של רדון באוויר הסובב אותו; הערה: יחידת סיוורט (או מיליסיוורט) מבטאת מנה (דוזה) "רדיולוגית" הניתנת לאדם החשוף לקרינה רדיואקטיבית מייננת מסוג כלשהו. **בקרל**, משמעותו התפרקות רדיואקטיבית אחת פר שנייה בחומר הנדון)

(ד) לפי התקינה הבינלאומית שאומצה גם בישראל, חסם המנה ("constraint") לפעילות מוצדקת – תעשייתית או אחרת - בחומרים רדיואקטיביים הוא תוספת מנה לבודדים מן הציבור, בשיעור של 0.3 מיליסיוורט/שנה מעיסוק/פעילות ("practice") אחת; וזאת, על מנת להבטיח שתוספת המנה לאותם בודדים מן הציבור מכלל הפעילויות אליהן הם עלולים להיחשף במהלך שנה אחת, לא תעלה על 0.1 מיליסיוורט/שנה.

(ה) אמנם, הקהילה הבינלאומית נוטה לעיתים להקל במקצת כשמדובר בחשיפות לחומרים רדיואקטיביים טבעיים, אך אין ספק שהמקרה הנוכחי – אין בו משום הצדקה להקלות כלשהן שכן מדובר לא בחשיפות ישירות לרדיונוקלידים אלא בחשיפות הנגרמות ישירות מפעילות תעשייתית לכל דבר ועניין, המתבצעת ברדיונוקלידים אלו.

(ו) יתרה מזו, במקרה הנוכחי בו מדובר בחשיפות החוזרות על עצמן מידי שנה, כאשר לפחות חלק מהן ניתן לגוף הנחשף במשך למעלה משנה אחת מרגע חשיפתו. במקרה כזה המלצת ICRP, הגוף המקצועי המוביל בעולם בנושא קרינה מייננת, היא להפחית את ערכי חסם המנה עבור הפעילות הרלוונטית לכדי 0.1 מיליסיוורט/שנה

(ז) לסיכום רקע תמציתי ביותר זה – "מבחן הקבילות הרדיולוגית" של פעילות מן הסוג הנדון הוא להראות שבממוצע שנתי, על פני שנות פעילות רבות, תוספת המנה לבני האדם החשופים ביותר באוכלוסייה, לא תעלה על 0.1 מיליסיוורט/שנה וזאת מכלל הפעילויות המתבצעות במכרה (עם אפשרות להקלה מסוימת בשנים בודדות לכיוון 0.2 ובמקרים קיצוניים – 0.3 מיליסיוורט/שנה).

2.2 באשר לקשר הסיבתי חשיפה לקרינה מייננת – תחלואה ממאירה, יש לציין –

(א) שתוספת מנה בשיעור של 0.3 מיליסיוורט/שנה ליחיד, פירושה תוספת סיכון בשיעור של $2.4 \cdot 10^{-5}$ פר שנה בערך, לחלות במחלה ממאירה ובמילים אחרות – תוספת של 2 מקרים בשנה בקרב אוכלוסייה בת מאה אלף איש.

(ב) המספר הכללי של מקרי התחלואה ממאירה החדשים המתגלים בשנה אחת בישראל, הוא כ – 24 אלף מקרים (לכ- 7 מיליון תושבים) ומכאן שהערך הממוצע למאה אלף איש הוא כ – 350 מקרים חדשים בשנה

(ג) המנה לה נחשף בממוצע אזרח העולם מקרינה רדיואקטיבית טבעית (קרינה קוסמית, קרינה טרסטרואלית (מרדיונוקלידים טבעיים המצויים בקליפת כדה"א) וראדון) ומקרינות רפואיות גם יחד עומדת על 2.7-3.3 מיליסיוורט, כלומר בערך פי 10 מחסם המנה הנ"ל, תוך גרימת כ 25–20 מקרי תחלואה חדשים בשנה, כלומר כ – 6% מן השיעורים "הרגילים".

(ד) שיעורי התמותה הממוצעים מכלל מקרי התחלואה במחלות הממאירות מגיעים, בארץ ובעולם, לכדי כמחצית שיעורי התחלואה.

3. היבטים תפעוליים - רדיולוגיים בהפעלת שדה בריר

3.1 מבחינת פוטנציאל של פיזור חומרים רדיואקטיביים לסביבה ניתן לחלק את העבודה המתבצעת במכרה פוספאטים בכלל ובאתר "שדה בריר" המתוכנן בפרט, ל-2 סוגים עיקריים –

(א) פיצוצי קרקע, במטרה לזעזע את הקרקע בשכבות ה"טפלי" העליונות ובשכבה העשירה יחסית בפוספאטים (אירועים חד פעמיים המתרחשים בתדירויות המפורטות בסעיף 3.5 להלן). פיצוצי "ריסוק" מתוכננים לשכבה הנמצאת מעל לשכבת הפוספאטים (בצמוד לה, בעובי של כ – 1 מ')

(ב) העמסת מקטעי מסלע טפל על משאיות, פריקת המשאיות, אפשרות גריסה ראשונית של פרקציות סלעי הפוספאט באתר והעברת החומר הגרוס על מסועים או הסעתו למפעל ללא גריסה (במקרה דנן – "רותם אמפרטי"). מדובר בפעולות שוטפות המתבצעות ברצף או כמעט ברצף במשך 24 שעות ביממה

3.2 מטבע הדברים, הפעולות המתוארות בסעיף 3.1 (א) ו-(ב) גורמות לפליטת אבק לסביבה. אבק זה, ובייחוד אבק השכבה העשירה בפוספאט, עשיר יחסית בחומרים רדיואקטיביים טבעיים (ראה סעיף 2.1 לעיל) ועל כן, כל ריכוז אבק המתקבל בנקודה כלשהי בזמן ובמרחב אמור להיבחן מבחינת ריכוזי הרדיונוקלידים שבו. גז הראדון נכלל כמובן בקבוצת הרדיונוקלידים הנ"ל, אך הוא צפוי להופיע בעיקר בפאזה גזית וייתכן שבמידה מסוימת – ובכל מקרה, לא במידה רבה - גם כספוח לחלקיקים שונים (בעיקר במרחקים המצויים מתחומי המכרה או בסביבתו הקרובה; זאת, בשל היות הראדון גז אציל, שאינו נוטה להיספח למשטחים כלשהם).

3.3 הפרקציה של החלקיקים הנחשבים לברי נשימה, כלומר שגודלם מאפשר חדירתם לחלקים השונים של מערכת הנשימה, לרבות לריאות עצמן, היא בגדלים של 20 מיקרון ואולי מעט

למעלה מכך. ככל שהחלקיק גדול יותר, הוא ינטה להיספח במידה רבה יותר לחלקים העליונים של מערכת הנשימה ובכל מקרה - ניתן לראות את הפרקציה המכונה TSP (total suspended particulates, דהיינו כלל חלקיקי האבק המרחפים) כרלוונטית לסיכוני נשימת הרדיונוקלידים, הנדונה במסמך זה.

3.4 פרקציות ה-TSP הנפלטות מכלל הפעילויות המתוארות בסעיף 3.1 (ב) לעיל, הוערכו במסגרת תסקיר ההשפעה על הסביבה שהוכן עבור "שדה בריר". הריכוזים הצפויים בערד, בכסיפה ועוד, חושבו בעזרת מודל פיזור לו הזונו התנאים המטאורולוגיים הספציפיים לאיזור "שדה בריר", הוצגו והשוו לערכי הנחיות/תקני ריכוזי אבק מרחף של המשרד להגנת הסביבה.

3.5 באשר לפיצוצים -

(א) לפי מידע ספציפי שנמסר לח"מ, לבקשתו, ע"י עורכי תסקיר ההשפעה על הסביבה, מתוכננים 174 פיצוצי קרקע בשנה כאשר תהליך הכרייה כולו מתבצע כ- open pit. כל פיצוץ מתבצע ב"שדה פיצוץ" ספציפי, באופן שחומר הנפץ מוחדר לקדחים בקרקע (במקרה דנן - עומק הקדחים עשוי להיות 7-8 מ') כאשר כמות חומר הנפץ (אמוניום ניטראט) האופיינית לקדח, היא כ- 200 ק"ג. כמות חנ"מ כללית, אופיינית, המעורבת ב"אירוע פיצוץ" אחד עשויה להגיע לכדי 10 טון, עם חריגים אפשריים פה ושם בהיקף של 25 טון לאירוע אחד (ואף 500 ק"ג חנ"מ פר קדח). מודגש, ש"אירוע פיצוץ" אינו מתרחש בבת אחת, דהיינו הקדחים אינם מתפוצצים בו זמנית, אלא, כמקובל בפיצוצים מסוג זה, ב"שרשרת פיצוץ" מהירה.

(ב) לפי מידע שנמסר לח"מ לבקשתו ע"י מנהל חברת "תמר", יש לצפות לריסוק של כ- 300 מ"ק בכל קדח (עבור העומקים וכמויות החנ"מ הנ"ל), דהיינו 500-600 טון מסלע בכל קדח, כך שבאירוע פיצוץ של 10 טון, יש לצפות ל- 25-30 אלף טון מסלע מרוסק. אם נתייחס (באורח מחמיר) לכמות המרבית של 10 טון כמאפיינת, הרי שעבור 174 הפיצוצים בשנה, נקבל ריסוק של כ- 4.8 מיליון טון קרקע/מסלע בשנה.

(ג) לפי התכנון ובכפוף לתקני ביצוע פיצוצים, הפיצוצים יתבצעו אך ורק בשעות היום, לא לפני 08:00 בבוקר; וזאת בתדירויות של 2-3 ימים בשבוע (ייתכנו כמובן יותר מ"אירוע פיצוץ" אחד ביום).

(ד) **מודגש, ש"מקבץ" ריכוזים חד פעמיים אלו (דהיינו 174 אירועים בשנה), אמור להוות חלק בלתי נפרד ולא מבוטל של החשיפה הרדיולוגית הנשימתית בכל נקודת יישוב רלוונטית.**

(ה) באשר לגורם חשוב נוסף מבחינה רדיולוגית, הקשור בפיצוצים ובסידוק הקרקע הצפוי כתוצאה מהם ובפוטנציאל פליטת הראדון כתוצאה מכך – ראה סעיף 4.4 להלן

4. הערכות סיכונים רדיולוגיות ראשוניות

4.1 כללי

(א) למיטב ידיעת הח"מ (בין היתר על פי מידע מן הגיאולוג הראשי של חברת "רותם אמפרט"), לא בוצעו עד כה מדידות ייעודיות של ריכוזי האורניום ובנותיו בקרקע "שדה בריר", אם כי, במסגרת מדידות כלליות בשטח, נמדדו פה ושם גם ריכוזים ב"שדה בריר". על כן יונח בהערכה זו, שריכוזים דומים לאלו שנמדדו בעבר באזור ערד (בסמוך לאתר המכרה) וב"ציף", קיימים ורלוונטיים גם ב"שדה בריר".

(ב) באופן זה, יונח שריכוז ה- ^{238}U בשכבה העשירה בפוספאט הוא כ- 1000 בקרל/ק"ג, וכך גם ריכוז ה- ^{234}U , ובערך כך - גם ריכוזי הבנות האחרות המפורטות בסעיף 2.1 (ב) לעיל, המצויות בשיווי משקל רדיולוגי עם איזוטופי האורניום (ובהקשר זה אין חשיבות מעשית לריכוז גז הראדון עצמו!). לעומת זאת, ריכוזי האורניום ובנותיו ב"טפל" נמוכים בהרבה ובהתחשב במדידות שבוצעו באזור ערד, מתברר שהנחה (לצורך דו"ח זה) שריכוז ה- ^{238}U וה- ^{234}U גם יחד ב"טפל" הוא בממוצע 30ppm (דהיינו כ- 360 בקרל/ק"ג); ובהתאם – ריכוזי הבנות המצויות בשיווי משקל עם "איזוטופי האם" הוא כ- 180 בקרל/ק"ג כל אחת – הנחה כזאת היא הנחה מחמירה לכל דבר ועניין.

(ג) על פי תסקיר ההשפעה על הסביבה, הפיצוצים המתבצעים בקרקע המכרה מתפלגים באופן ש- 90% מתבצעים ב"טפל" ו- 10% בפוספאט עצמו. לכן, הריכוז הממוצע (המשוקלל) השנתי המרבי של $^{238}\text{U} + ^{234}\text{U}$ באבק המיתמר מן הפיצוצים השונים הוא כ- 40 ppm; ובמילים אחרות – הריכוז הממוצע השנתי של כל אחד מן הרדיונוקלידים המנויים בסעיף 2.1 (ב) לעיל באבק הפיצוצים, לרבות בפרקציות ה- TSP המתפזרות לסביבה, עשוי להגיע לכדי כ- 300 בקרל/ק"ג.

(ד) באשר לאבק המיתמר ממכלול הפעילויות המתוארות בסעיף 3.1 (ב) ("פעילות שוטפת") – אזי מן המתואר בתסקיר ההשפעה על הסביבה ומבדיקה מדוקדקת של תוצאות החישובים הכלולים בו; ומבלי להיכנס להבדלים בין מצב עבודה א' (ללא גריסת הפוספאט באתר) למצב עבודה ב' (גריסה במבנה סגור, המרוחק יותר מערד בכדי 2.5 ק"מ) - ניתן יהיה להניח כהנחה ראשונית, פרקציונצית TSP בערד ובכסיפה ברמה של 20% "טפל" ו-80% "פוספאט" (הערה: זאת עבור מצב א' בעוד שמצב ב' מאופיין בכ- 45% פוספאט לעומת 55% "טפל". אמנם, כפי שיתברר בסעיף 4.2 להלן, אין חשיבות רבה לדיוק בפרקציונציות, מעבר להערכה זו). אשר על כן, אם נניח את המצב המחמיר יותר (א') נקבל, עבור כל אחד מן הרדיונוקלידים, ריכוז של כ- 760 בקרל/ק"ג עבור כל אחד מן הרדיונוקלידים

(ה) בדיקה של נתוני "סיוורט/בקרל ננשם" עבור אוכלוסיה מצביעה על הערכים הבאים-

$$^{210}\text{Bi} - 1.3 \cdot 10^{-7}$$

$$^{210}\text{Pb} - 7 \cdot 10^{-6}$$

$$^{210}\text{Po} - 6 \cdot 10^{-6}$$

$$^{226}\text{Ra} - 1.2 \cdot 10^{-5}$$

$$^{230}\text{Th} - 1.6 \cdot 10^{-5}$$

$$^{234}\text{U} - 1 \cdot 10^{-5}$$

$$^{238}\text{U} - 8 \cdot 10^{-6}$$

כך שאם נבחר ערך "עגול" של $1 \cdot 10^{-5}$ סיוורט/בקרל ננשם כמייצג את כל האיזוטופים הרלוונטיים המצויים באבק הטפל והפוספאט – תהיה בכך משום החמרה נאותה המביאה בחשבון גם קבוצות פגיעות באוכלוסיה (הערה: הערכים נבחרו עבור קבוצת גיל 12-17 הואיל ועבודה הנזק הרדיוולוגי ממוקסם בהתחשב, בין היתר, גם בקצבי הנשימה).

(ו) בהתחשב בכל האמור לעיל, ניתן אפוא לראות "אבק פיצוצים" כמכיל 2100 בקרל/ק"ג עם מקדם נזק רדיוולוגי של כ- $1 \cdot 10^{-5}$ סיוורט/בקרל ננשם. במקביל, "אבק פעילות שוטפת" יכיל, באורח מחמיר, כ- 5400 בקרל/ק"ג, עם אותו מקדם נזק רדיוולוגי במסלול הנשימה.

(ז) באשר לרדון – ראה סעיף 4.4 להלן

4.2 "פעילות שוטפת" - הערכת סיכונים רדיוולוגית

(א) השאלה שראוי לשאול אותה בשלב זה היא: מהו ריכוז החלקיקים ברי הנשימה (TSP) בממוצע שנתי באוויר, שיגרום למנה שנתית של 0.1 מיליסיורט מנשימה לאדם המצוי/מתגורר במשך כל השנה (מקובל להניח שהות של 80% מהזמן בשנה אחת) בריכוז זה.

(ב) אם נניח –

- ריכוז חלקיקי האבק באוויר – a מיקרוגרם/מ"ק

- ריכוז הרדיונוקלידים באבק – 5400 בקרל/מ"ק

- קצב נשימה של אדם, בממוצע ארוך טווח – $2.2 \cdot 10^{-4}$ מ"ק/שניה

- מקדם נזק רדיוולוגי ממוצע – $1 \cdot 10^{-5}$ סיוורט/בקרל ננשם

אזי תוספת מנה בשיעור של 0.1 מיליסיורט מתקבלת מנשימה רצופה במשך שנה, אם ריכוז ה- TSP באוויר – a - יהיה 330 מיקרוגרם/מ"ק.

(ג) הואיל והתקן של המשרד להגנת הסביבה עבור ממוצע שנתי של אבק בר נשימה (TSP) הוא 75 מיקרוגרם/מ"ק – הרי שברור שעריך ריכוז גבוה פי ארבעה (דהיינו 300 מיקרוגרם/מ"ק) לא יאושר ועל כן אין להעלות על הדעת את קיומו בפועל. מה גם שחישובי תסקיר ההשפעה על הסביבה מצביעים על ריכוזים שנתיים נמוכים בהרבה הן בערד והן בכסייפה. גם אם נניח, שמודל הפיזור בו נעשה שימוש בתסקיר ההשפעה על הסביבה הוא מקל מדי (במובן שהוא עלול להפחית במידה מסוימת ריכוזים בהשוואה

למציאות, כפי שנטען לאחרונה) וגם אם נניח שקיימים בפועל ריכוזים גבוהים בהרבה מן המחושבים בתסקיר (לדוגמא, אם "נאמיין" לתוצאות הריכוזים שנמדדו בסביבת מכרה פוספטים בסוריה), עדיין אין מגיעים לתקן השנתי בשני יישובים אלו.

(ג) **מסקנת ביניים** של ההערכות הנ"ל היא, שאין לצפות לכך ש"פעילות שוטפת" של המכרה ב"שדה בריר" תגרום לחשיפות רדיולוגיות בלתי קבילות בקרב אוכלוסיות ערד וכסייפה. יתר על כן, **ניתן אף לראותן כזניחות** – על פי תקינה בינלאומית הרואה בחשיפות שנתיות בשיעור של כמה עשרות מיקרוסיוורט **כחשיפות זניחות לכל דבר ועניין; וכל זאת בכפוף לאמור בסעיפים 5.4 ו- 5.5 להלן**. מודגש שוב, שנושא הרדון נידון בנפרד בסעיף 4.4 להלן.

4.3 **פיצוצים ב"שדה בריר" – הערכת סיכונים רדיולוגית**

(א) כאמור לעיל, פיצוצי החני"מ התכופים, המהווים לחם חוקם של מכרות פוספאטים בכלל ושל "שדה בריר", המתוכנן להפעלה כ-"open pit" בפרט, גורמים להתנשאות "רגעית" של עמודי אבק לאוויר. תכולת העמודים מתחלקת בין חלקיקים כבדים השוקעים בסביבה הקרובה בתהליכי שקיעה גרוויטאציונית לבין חלקיקים קלים יותר בעלי קוטר אווירודינאמי ממוצע (AMAD – Aerodynamic Median Aerosol Diameter) של עד כמה עשרות מיקרונים, הנישאים ברוח, מתפזרים כאירוסולים ושוקעים לאיטם בתהליכי שקיעה דיפוזיונית. פראקציה זו – פראקציה ה-TSP - היא זו העלולה לסכן את תושבי היישובים הסמוכים הן מבחינת נשימת האבק עצמו (תוך פגיעה במערכת הנשימה) והן מבחינת חשיפה רדיולוגית כתוצאה מתכולת הרדיונוקלידים באבק.

(ב) בדומה לשאלה שנשאלה בהערכת סיכוני הפעילות השוטפת, נשאל כאן: מה אמורה להיות פראקציה ה-TSP המתנשאת לאוויר בפיצוצים השונים, אשר תגרום למנות חשיפה שנתיות בלתי קבילות בערד, בכסייפה ואף בכל יישוב רלוונטי אחר?

(ג) על פי תסקיר ההשפעה על הסביבה, וע"פ מידע נוסף שהועבר לח"מ, מדובר בפיצוצים שאינם זהים המתבצעים במתווים שונים. יחד עם זאת, הואיל ועניינה של הערכת סיכונים זו הם ערכים ממוצעים שנתיים והואיל והחשיפות מכל הפיצוצים, ללא יוצא מן הכלל הן אדיטיביות (שכן מדובר במנות שנתיות לבודדים מן הציבור ולאוכלוסיה כולה), תונחנה בהערכת הסיכונים ההנחות הראשוניות הבאות:

- באתר מתוכננים 174 פיצוצים בשנה
- כמות חומר הנפץ המעורבת בכל "אירוע פיצוץ" היא 8 טון בממוצע (הנחה מחמירה)
- מסת המסלע המתרסקת בכל אירוע פיצוץ של 8 טון (עבור 200 ק"ג בכל קדח, עומק קדח 7-8 מ' ו- 550 טון קרקע מרוסקת פר קדח) היא 22000 טון
- פרקציה ה-TSP המתנשאת בכל פיצוץ היא α
- גובה עמוד האבק מעל לשדה הפיצוץ הוא כ- 100 מ' (בפועל יש לצפות לעמוד אבק גבוה יותר, עד כדי 200-300 מ')

- מודל הפיזור בו ייעשה שימוש הוא מודל פסקויליאני – גאוסיאני פשוט יחסית
- הפיצוצים מתבצעים אך ורק בשעות היום, כאשר מצב היציבות המטאורולוגי אותו נניח כמצב ממוצע עבור כולם הוא D(4)
- מסת ה-TSP הנוצרת, מתפלגת בפועל ע"פ עמוד האבק כולו וניתן לראותה כמתפזרת "בממוצע" מגובה של 40-50 מ'
- ע"פ שושנת רוחות, שכיחות נשיבת הרוח **ביום** לכיוון ערד היא כ-4% ולכיוון כסייפה – כמחצית מכך
- תכולת הרדיונוקלידים באבק הנישא ברוח היא, כאמור לעיל, 2100 בקרל/ק"ג
- מקדם הנזק רדיולוגי הממוצע במסלול הנשימה הוא $1 \cdot 10^{-5}$ סיוורט/בקרל ננשם (כמו בסעיף הקודם)

(הערה: חישובי הפיזור עבור ערד בוצעו עבור מרחקים קטנים במקצת מאלו שתוארו כעדכניים בסעיף 1.4, מה שאף מחמיר במעט את התוצאות המתקבלות בהערכה זו.

- (ד) הערכת הסיכונים מצביעה על כך, שאם כ- 2.5% מן המסה המתרסקת בפיצוצים תהפוך ל-TSP (דהיינו $a=0.025$), אזי תתקבל במשך שנת פיצוצים אחת מנה של 0.1 מיליסיוורט לאדם בערד. כזכור, ניתן לראות במנה זו מעין מנה מרבית מותרת בשנה אחת.

פירוש הדבר, שכאשר כמות ה-TSP בכל "אירוע פיצוץ" תגיע לכדי כ- 550 טון, אזי תתקבל מנת החשיפה השנתית הנ"ל בערד.

- (ה) מסקנת הביניים מן הניתוח הנ"ל היא מעודדת למדי, שכן ספק רב אם פיצוץ מסלע – בין "טפל" ובין "פוספאטי" - ב- 200 ק"ג חנ"מ הנתונים בקדח שעומקו 7-8 מ', אכן מסוגל "להניב" "עמוד חלקיקים" הכולל בתוכו 14 טון של TSP; אך הדבר חייב להיבדק אמפירית ובהקשר זה, ראה גם סעיפים 5.5 ו-5.7 להלן

- (ו) במילים אחרות, אם יוכח באורח אמפירי שאינו מוטל בספק, שכמויות האבק האירוסולי, בר הנשימה, המתנשאות לאוויר במהלך שנת פיצוצים אחת באתר "שדה בריר" לא תעלינה על כ- 100 אלף טון – אזי אין לצפות בערד לחריגה מן הסף הרדיולוגי המחמיר הנ"ל. כל זאת, שוב, בכפוף לאמור בסעיפים 5.4 ו-5.5 להלן.

4.4 חשיפות לרדון

- (א) על מנת להעריך באורח כמותי, האם אכן נשקפים סיכונים חשיפה לרדון לתושבי ערד, כסייפה ויישובים אחרים כתוצאה מהפעלת אתר "שדה בריר", נבחן – באורח כמותי מחמיר – שלושה מנגנוני פיזור וסיכון אפשריים - המכסים, להערכת הח"מ, את ספקטרום הסיכונים הרלוונטי. זאת, על רקע העובדה שבערד ובסביבתה, ריכוז הרדון הממוצע באוויר גדול במידה מסוימת בהשוואה למקומות אחרים בארץ (לפי מידע בע"פ מד"ר ו. שטיינר מהמשרד להגנת הסביבה – כ- 12 בקרל/מ"ק בחוץ (outdoor) בהשוואה לכ- 9 בקרל/מ"ק במקומות אחרים). מטבע הדברים, גם הריכוז הממוצע בבתים בערד גבוה יותר מן הממוצע הארצי. הפרש זה נחשב נמוך לכל דבר ועניין, שכן הפרשים במנות בפועל להן נחשף "אדם היפותטי" המצוי מרבית הזמן בחוץ הוא בתחום הנחשב כזניח)

תרחיש (1)

נניח באורח **מחמיר** (א) שכתוצאה מהפעלת "שדה בריר" ריכוז הרדון באוויר, בשטח 5 קמ"ר באתר מגיע לכדי 150 בקרל/מ"ק בממוצע, כתוצאה מהפעלת המכרה ו – (ב) כי ריכוז זה נשמר, בערך זה, בין גובה 0 לגובה 5 מ' (הנחה מחמירה בהתחשב בכך שהרדון כבד מן האוויר) ו – (ג) כי כל כמות הרדון מוסעת – במעין שיווי משקל דינאמי – לסביבה בהתאם למשטר הרוחות;

תרחיש (2)

נניח, שכל תכולת הרדון המצויה במסלע המפוצץ בעת הפעלת השדה, תתנשא לאוויר ותוסע לסביבה עם הרוח. יש לציין, שבאופן עקיף – מבחינה רדיולוגית - תרחיש זה כוסה בסעיף הקודם בניתוח בנות הרדון המוצקות המהוות חלק בלתי נפרד של הרדיונוקלידים המתנשאים לאוויר, אך הוא נידון כאן בהחמרת יתר. שכן העובדה שמדובר בגז ובפרט בגז אציל שאינו נספח, מונעת לכאורה כל אפשרות להתחשב ב"פרקציונציה".

תרחיש (3)

תרחיש זה שונה לחלוטין מקודמיו. השאלה העומדת ביסוד התרחיש היא: האם ייתכנו מקרים בהם עקב הפיצוצים המרובים המתוכננים באתר (במשטרי פיצוץ מוגדרים), עלולים להיווצר באזור ערד, כסייפה ו/או ביישובים אחרים מעין סידוקים תת קרקעיים חדשים (או אף "microtunnels"), העלולים "להוליך" רדון מתת הקרקע לעבר מרתפים/קומות ראשונות בבתים קיימים, באופן שיעלה את ריכוזי הרדון הממוצעים בבתים אלו (אגב, בהקשר זה יש לציין שבאותה מידה עשויים סדקים קיימים, המוליכים רדון לבתים מסוימים להיסתם כתוצאה מאותם פיצוצים.....)

(ב) ניתוח כמותי של תרחיש (1), לפיו מוסעים כל הזמן ריכוזי רדון גבוהים מאזור האתר לסביבה, לרבות ערד וכסייפה מראה, שתוספת המנה השנתית המתקבלת בערד ובכסייפה לאדם המצוי כל העת בחוץ, תגיע "בקושי רב" לכדי 0.1 מיליסיוורט; וזאת כאשר לפחות חלק ממנה "חופף" את המנות מבנות הרדון שחושבו בסעיף 4.3 לעיל (החישוב נעשה באמצעות מודל גאוסיאני – פסקויליאני, שהניח באורח מחמיר שהפליטה של כל כמויות הרדון היא נקודתית וגם ה"רצפטור" הוא נקודתי ותוך שימוש במקדם נזק רדיולוגי המקובל על ICRP עבור רדון בשיעור של 0.016 מיליסיוורט/שנה פר בקרל/מ"ק ננשם)).

(ג) ניתוח כמותי של תרחיש (2) - גם הוא בעזרת מודל פיזור פשוט – מצביע על מנות בערד הנמוכות מ – 0.01 מיליסיוורט בשנה – דהיינו מצויות בתחום זניח לחלוטין.

(ד) באשר לתרחיש (3) – מחוות דעת בעל פה שנמסרה לח"מ, לבקשתו, ע"י מר ב. חיון (מנכ"ל חברת "תמר" העוסקת בפיצוצים מן הסוג המבוצע במכרה פוספאטים), מתברר, שתנודות הקרקע הצפויות בערד ובכסייפה כתוצאה מן הפיצוצים המתוכננים בשדה בריר אינן עולות – במקרה הגרוע – על אלה הנגרמות מתנועת אוטובוסים ומשאיות בעיר עצמה, מה גם שניתן להכפיף את משטרי הפיצוצים להגבלות ככל שתידרשנה. אשר על כן, אין לצפות לכך – וזאת בסבירות גבוהה - שהפעלת המכרה תגרום לשפיעות רדון מוגברות בתחומי ערד וכסייפה. (ראה סעיף 5.6 להלן).

(ה) לסיכום, החישובים המחמירים מאד שבוצעו עבור סיכוני רדון פוטנציאליים ותוארו לעיל, מצביעים על סיכונים נמוכים ביותר, אם בכלל, המוגדרים כ**קבילים** לפי התקינה הבינלאומית והישראלית גם יחד. החישובים מאמתים באורח כמותי את חוות הדעת של ד"ר מ. שירב מן המכון הגיאולוגי, לפיהן השפעת רדון הנפלט ממכרה פוספאטים מוגבלת – אם בכלל – לרדיוסיים של כמה מאות מטרים מן המכרה.

5. סיכום והמלצות

- 5.1 תכולתו של דוח זה מוגבלת כאמור ל**היבטים רדיולוגיים בלבד** של הפעלת מכרה פוספאטים באתר שדה בריר ולא נדונים בו היבטי פיזור אבק או היבטים אחרים כלשהם.
- 5.2 ההערכות והחישובים – שבוצעו באורח מחמיר וקונסרבטיבי - מצביעים על כך, שככל הנראה ובמגבלות החישובים התיאורטיים, הפעלת המכרה אינה אמורה לגרום לחשיפות רדיולוגיות חריגות ו/או בלתי קבילות בקרב תושבי ערד וכסייפה וזאת, כאשר מביאים בחשבון לא רק פליטות רדון אפשריות אלא גם את כל הרדיונוקלידים האחרים המופיעים בשרשרת האורניום ומצויים בשיווי משקל רדיולוגי עם ^{238}U .
- 5.3 בנוסף, הובאו בחשבון במכלול החישובים, לא רק "פעילות שוטפת" של המכרה (שפליטות האבק ממנה נותרו בתסקיר ההשפעה על הסביבה) אלא גם פיצוצים מרובים האמורים להתבצע בו תוך פליטות (אמנם "רגעיות") של אבק (המכיל רדיונוקלידים) לסביבה.
- 5.4 מודגש, שלמרות החישובים המדוקדקים שבוצעו בתסקיר ההשפעה על הסביבה עבור פליטות אבק מפעילות שוטפת, תוך הסתמכות, בין היתר, על נוסחאות פליטת אבק "גנריות", **אמפיריות** או **סמי** – **אמפיריות** שפורסמו ע"י EPA וכן על מודל פיזור ISTSC3 ולמרות חישובי החשיפות שבוצעו במסמך זה - **אין להעלות על הדעת הפעלת המכרה באופן קבוע, מבלי שתמוצה עד תום "שנת הכרייה הניסיונית", הן מבחינת מדידות בשטח והן מבחינת אימות בפועל/וואלידאציה של מכלול החישובים וההערכות שבוצעו.**
- זאת, לא רק עקב העובדה שמגוון המודלים והחישובים התיאורטיים – מדוקדקים ומחמירים ככל שיהיו - טובים בעקר לצורכי screening ראשוני (בבחינת "go-no go") ולצורך עצם האישור הבטיחותי והתכנון של "שנת הכרייה הניסיונית", אלא גם הואיל ואין לתאר מצב בו יופעל מכרה בסדר גודל כזה (שלכל הדעות אינו נעדר השפעות סביבתיות), במרחק של כ- 3 ק"מ ואולי מעט יותר, ממגורי אוכלוסיה אזרחית המונה למעלה מ-30 אלף תושבים, ללא בדיקות וניטורים מקיפים בשטח.
- 5.5 להלן הפרמטרים הרדיולוגיים או הקשורים לחשיפות רדיולוגיות, אותם מומלץ לבדוק, על פי **תכנון פרטני ומושכל**, במהלך שנת הכרייה הניסיונית (או לפנייה) –
- (א) ריכוזי רדיונוקלידים משרשרת ה- ^{238}U בשכבות השונות של הקרקע באתר המכרה (לרבות, כמובן, השכבה העשירה בפוספאט)
- (ב) ריכוזי רקע של רדון באוויר בשטח אתר המכרה. בדיקות נוספות, לפי הצורך, של ריכוזי רקע של רדון באוויר בנקודות שונות בערד ובכסייפה

- (ג) גבהי עמודי האבק וכמויות ה-TSP הנוצרים בסוגי פיצוצים שונים (מדידות בפועל והערכות לפיהן). ריכוזי רדיונוקלידים (בקרל/ק"ג) בעמודי ה-TSP הנוצרים.
- (ד) ריכוזים **שנתיים** (או תקופתיים) ממוצעים של רדיונוקלידים כנ"ל באבק הנוצר מ"פעילות שוטפת" בערד, בכסיפה ובנקודות "רצפטורים" נוספות, לפי העניין והצורך (זאת, בנוסף לריכוזי האבק עצמם)
- (ה) **ריכוזים רגועים** של רדיונוקלידים ביישובים, לאחר פיצוצים (כאשר הרצפטורים הם במורד הרוח מנקודות הפיצוץ). מדובר בשיאי ריכוז קצרים, שמשכם דקות בודדות עד 10 דקות לכל היותר. הערה: ייתכנו, בתנאים מסוימים, שילובים בין הריכוזים הרגועים והשנתיים, אם אכן תמצא דרך לאחד טכנית את המדידות
- (ו) כמו (ד) ו- (ה) – עבור רדון
- (ז) התוספות לריכוזי הקרקע של הרדיונוקלידים כתוצאה מהפעילות השוטפת ומהפיצוצים (בהנחה שריכוזי הקרקע – ידועים)

סעיפים (א) ו- (ב) אמורים להיבדק לפני הכרייה הניסיונית.

5.6 בתום "שנת הכרייה הניסיונית" (אותה, אגב, ניתן יהיה להפסיק בכל עת, אם תתגלנה "קטסטרופות" סביבתיות בלתי צפויות), יעודכנו הערכות הסיכונים של המכרה בכלל וההערכות הרדיולוגיות, לרבות הערכות סיכוני הרדון, בפרט ורק אז – אם הערכות הסיכונים המעודכנות יצדיקו זאת - ניתן יהיה לאשר – עם או בלי תנאים מתאימים - את הפעלתו השוטפת של המכרה

5.7 בחינה של נתוני המטאורולוגיה הפרטניים של אזור המכרה מצביעה על כך, שניתן יהיה לחסוך לפחות מחצית המנה הרדיולוגית השנתית הממוצעת, אם ייקבע מראש (בתכנון הכולל של העבודה במכרה) שהפיצוצים במכרה, שביצועם מוגבל ממילא לשעות היום עקב תקינה ישראלית, **יבוצעו אך ורק בשעות אחה"צ**. מדובר בהפעלת עקרון ALARA (as low as reasonably achievable) בהקשר לחשיפות רדיולוגיות.

5.8 מומלץ לקבל בכתב ובצורה מנומקת, את חוות הדעת שפורטה בסעיף 4.4 (ד) לעיל, בעניין סידוקי קרקע מפיצוצים, כפונקציה של עצמות הפיצוצים והמרחקים מהם.

סימוכין עיקריים - בעמוד נפרד