

אפר פחם – משאב לפיתוח בר קיימא: תרומות ומחירן

כינוס מנהלת אפר פחם להצגת התועלת ביישומי אפר הפחם והיבטיהם הסביבתיים

כפר המכביה, 16 בדצמבר 2013

הערכת סיכונים ביישומי אפר פחם מרחף בקרקע

פרופ' רמי קרן

המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מרכז וולקני

הדירקטיבה האירופית קובעת תנאים להטמנת אפר פחם בהנחת חשיפתה לגשם, אם באמצעות נגר על פניו, חלחול דרכו, או תנועה נימית עולה ויורדת מבסיסו. התנהגות אפר הפחם בתנאים הסביבתיים המאפיינים את יישומיו בקרקע (מילוי מבני בסוללות כביש; שיפור מבנה הקרקע למטרות חקלאיות ולשימור; ייצוב בוצת שפכים כתוסף לקרקע חקלאית) שונה מהותית מהתנהגותו הצפויה כמילוי מוטמן על פי הגדרות הדירקטיבה. לפיכך ממצאי בדיקות בשיטת הדירקטיבה אינם משקפים את הצפוי ביישומי הקרקע. ההבדלים המשמעותיים מתבטאים במדדים הבאים:

1. אופן היישום – הדירקטיבה מניחה מילוי מסיבי קבוע חשוף לסביבה, בעוד שיישומי האפר בקרקע מאופיינים בניתוק מהסביבה. לדוגמה, במילוי מבני בכבישים התנאים הסביבתיים שונים מהסביבה שהדירקטיבה קובעת, וכך גם לגבי פיזור וערבוב אפר פחם בקרקע ביישומים חקלאיים. הדירקטיבה מניחה מגע קבוע עם הסביבה בעוד שחשיפת האפר לסביבה ביישומי סלילה לאחר הידוק גורמת ליצירת קרום אטום למעבר מים.
2. שינויים עם הזמן – הדירקטיבה מניחה מיצוי היסודות בתנאים קבועים בעוד שמיצוי היסודות מאפר הפחם משתנה (פוחת) עם הזמן כתוצאה מתהליכים כימיים המתרחשים באפר הפחם החשוף לאטמוספירה (תהליך הזדקנות). תהליכים אלה מואצים כאשר אפר הפחם הבסיסי נמצא בקרקע בגלל הרטיבות הקיימת בה והריכוז הגבוה של דו תחמוצת הפחמן המצוי באוויר הקרקע, הגבוה בסדר גודל מזה המצוי באטמוספירה.
3. pH – הדירקטיבה מניחה שה-pH עולה בהשפעת האפר, בעוד שביישומי קרקע, הקרקע משמשת כבופר השומר על pH בתחום 7-8.
4. תגובת הקרקע – הדירקטיבה מניחה מעבר יסודות המשתחררים מאפר הפחם למי התהום, בעוד שבקרקע חלים תהליכי ספיחה ושקיעה של היסודות בהתאם לסוג הקרקע.

הערכות הסיכונים ביישומי אפר פחם מרחף בחקלאות הן מבחינה בריאותית (עם אכילת תוצרת חקלאית מגידולים שגודלו בנוכחות אפר פחם או משתיית מי תהום מאזורים בהם פוזר אפר פחם בקרקע) והן מבחינת נזקי יסוד הבורון (המשתחרר מאפר הפחם) לצמח בוצעו בהנחות המחמירות מובאות להלן.

הנחות להערכת הסיכון לאדם עם אכילת תוצרת חקלאית מגידולים שגודלו בקרקע בתוספת במס"א המשמש לדישון צמחים (הוספת אפר פחם בתהליך הטיפול בבוצות) או לחילופין מערבוב אפר פחם בקרקע למטרת טיובה הן כדלקמן:

1. פיזור במס"א בשיעור 5 טון לדונם (= אפר פחם בשיעור 2 טון לדונם).
2. עומק שכבת הקרקע בה מפוזר הבמס"א – 20 ס"מ
3. לא מתקיימת ספיחת היסודות על מרכיבי הקרקע
4. לא מתקיימת שטיפת היסודות אל מתחת שכבת הקרקע העליונה של 20 ס"מ
5. כל היסודות התשטיפים מאפר הפחם נמצאים בתמיסת הקרקע מיד עם פיזור הבמס"א
6. תכולת המים בקרקע היא בקיבול שדה



אפר פחם – משאב לפיתוח בר קיימא: תרומות ומחירן

כינוס מנהלת אפר פחם להצגת התועלת ביישומי אפר הפחם והיבטיהם הסביבתיים

כפר המכביה, 16 בדצמבר 2013

ההנחות להערכת הסיכון בפיזור אפר מרחף בקרקע לאיכות מי תהום הן כדלקמן:

1. כמות הבמס"א המפוזרת השטח חקלאי היא 5 טון לדונם. תכולת אפר הפחם בבמס"א היא 40% על בסיס משקל יבש.
2. תכולת היסוד המסיס באפר הפחם נלקחה מתוצאות מבחני התמוססות במים ביחס 10:1 (מים מזוקקים: אפר פחם יבש על בסיס משקלי).
3. הערך שנלקח לחישוב הוא הערך המרבי שהתקבל במבחני ההתמוססות בין השנים 2007-2012.
4. כל תכולת היסוד המסיסה במים מתמוססת באופן מידי (עוברת מהפאזה המוצקה של אפר הפחם המרחף לפאזה הנוזלית בקרקע).
5. היסוד נע בקרקע לאורך מימד Z (ציר אנכי) לכיוון מי תהום בזרימת בוכנה כאשר ריכוז היסוד בנפח הנוזל הנע הוא אחיד. הנפח הנע זניח ביחס לנפח מי תהום לאותו שטח.
6. היסוד אינו מגיב עם מרכיבי הקרקע ופתלתלות המדיום המוליך אינה גורמת לפיזור היסוד.
7. כל כמות היסוד בנפח המים הנע לכיוון מי תהום מגיע למי תהום בצורה מרוכזת ונמהל באופן אחיד במי תהום לכל עומק האקוויפר ללא התפשטות בצירים X ו-Y.
8. נפח המים באקוויפר נע במהלך השנה כך שהיסוד המגיע למי התהום מאפר הפחם המרחף המוסף בשנה העוקבת מתערבב עם גוף מים באקוויפר שאינו מכיל את היסוד המתמוסס מהשנה הקודמת.
9. הנקבוביות הנפחית באקוויפר היא 25%.

ההנחות המחמירות הנתונות לעיל מתארות מצב שאינו קיים בטבע. בטבע חל פיזור היסוד בקרקע במהלך תנועתו לכיוון מי תהום משתי סיבות: 1) אינטראקציה (ספיחה, שחרור ושקיעה) של היסוד עם הקרקע, ו-2) פתלתלות הדרך. ככל שתכולת החרסית בקרקע גבוהה יותר כך גם גדלה דרגת הפיזור. חשוב לציין שהריכוזים המתקבלים במי התהום הם הגבוהים ביותר הניתנים להשגה בגלל ההנחות המחמירות ובגלל השימוש בריכוז היסוד המרבי שהתקבל במבחני ההתמוססות בין השנים 2007-2012. מכאן נובע שכל הנתונים המחושבים המובאים להלן מבטיחים מקדם בטחון גדול.

על בסיס ההנחות הנ"ל ניתן לחשב את ריכוזי היסודות המשתחררים מאפר הפחם בתמיסת הקרקע ובמי תהום ובכך להעריך את כמות אפר הפחם שניתנת להוספה לקרקע ללא חשש של פגיעה בצמח (הרעלת בורון), זיהום תמיסת הקרקע ומי תהום בהתייחסות לתקן הישראלי למי שתייה.

בורן – החישובים לקרקע חרסיתית ולקרקע לס (על בסיס ההנחות המחמירות) מראים שניתן לפזר בקרקע אפר פחם בכמות של 10 טון לדונם (אקוויולנטי לפיזור במס"א במשך 5 שנים ברציפות, 5 טון במס"א לדונם לשנה) מבלי לגרום כל נזק לצמחים הרגישים ביותר (הדרים) ולמעלה מ-10 שנים ברציפות מבלי לגרום כל נזק לצמחים עמידים (לדוגמה כותנה).

השפעות בריאותיות (ארסן, קדמיום, עופרת וכספית) – החישובים על בסיס ההנחות המחמירות מעידים שניתן לפזר אפר פחם בקרקע חרסיתית כמות של 27 טון לדונם כדי שריכוז הארסן בתמיסת הקרקע יגיע לריכוזו המותר לשתיה לפי התקן הישראלי. לגבי שלשת היסודות האחרים ניתן להוסיף אפר פחם בכמות של 37, 69 ו-200 טון לדונם להשגת ריכוזי הקדמיום, העופרת והכספית, בהתאמה, לריכוזים בתקן למי שתייה (50, 5, 10, 1 מיקרוגרם לליטר, בהתאמה). בקרקע לס כמות אפר הפחם קטנה ל-15, 20, 38 ו-200 טון לדונם, בהתאמה, כדי להשיג את ריכוזי היסודות הנ"ל בתמיסת הקרקע לאלה המותרים על פי התקן הישראלי למי שתייה. כלומר, במידה וכמות אפר הפחם המוספת לקרקע לא עוברת את הכמויות הנ"ל, אזי ניתן להתייחס לאיכות המים הנקלטת ע"י הצמחים כאילו הם מושקים



אפר פחם – משאב לפיתוח בר קיימא: תרומות ומחירן

כינוס מנהלת אפר פחם להצגת התועלת ביישומי אפר הפחם והיבטיהם הסביבתיים

כפר המכביה, 16 בדצמבר 2013

במי שתייה (בהנחה שריכוז יסודות אלה במי ההשקיה זניח ביחס לריכוז הנתרם מאפר הפחם) ואין חשש מזיהום התוצרת החקלאית המשמשת למאכל אדם ובעלי חיים אחרים.

איכות מי תהום – במסגרת ההנחות המחמירות, התוצאות המחושבות מעידות שניתן להוסיף לקרקע אפר פחם בשיעור של 140, 110, 33, ו-33 טון לדונם כדי להשיג האקוויפר החוף את הריכוזים התואמים את התקן הישראלי למי שתייה עבור היסודות ארסן, כרום, מוליבדן וסלן, בהתאמה. לגבי יתר היסודות (קדמיום, עופרת, כספית ומנגן) ניתן להוסיף לקרקע אפר פחם בכמות גדולה יותר (מעל 140 טון לדונם) מבלי להגיע לריכוזים הנתונים בתקן הישראלי למי שתייה.

תשתית לכביש – מדידות חידור המים לשכבת אפר הפחם בתשתית הכביש מעידות שניתן להתייחס לשכבה זו כמונולית שאינו מוליך מים. האיטום נובע מתהליך הקרבוניזציה החל בשכבת פני האפר במגע עם הקרקע (רטיבות ונוכחות דו תחמוצת הפחמן בריכוז גבוה מזה הנוכח באטמוספירה). לפיכך, אפר פחם מהודק בתשתית לכביש אינו מהווה סכנה לזיהום הסביבה ומי תהום.

