

בחינת יכולת החידור של אפר פחם

בסוללת ג'סר-א-זרקא

דו"ח סופי

מוגש

למינהלת אפר הפחם

ע"י

ד. קרן. א. מצגר. ומ. בן-חור

אוקטובר 2000

אפר פחם משמש כתחליף לחומר חציבה במצע לכבישים ובבניית סוללות לעליה לגשר כדוגמת גשר ג'סר-א-זרקא. באזור הניסוי בסוללה זו, הוטמן אפר פחם בשכבה שעוביה כשני מטר ועליה נסלל כביש.

באתר מברצע מעקב אחר מומסים במי נקז הנתרמים מאפר הפחם כדי לאמוד את מידת זהום מי תהום שבאזור הנסלל. המעקב נערך בשתי נקודות: (1) בפן הביניים שבין שכבת הקרקע העליונה (20 ס"מ) המכסה את שכבת האפר לבין שכבת האפר ו-(2) בתחתית שכבת האפר.

מעקב זה מתקיים כבר 3 שנים ובשלשת החורפים לא אובחן נקז במיכל הקולט את המים האמורים לחדור ולעבור את שכבת אפר הפחם.

אפר הפחם שמכיל תכולות גבוהות יחסית של תחמוצת הסידן, עובר ראקציה עם מים ודו תחמוצת הפחמן שבאטמוספירה ליצירת גיר השוקע ומשמש כחומר אוטם ומלכד. מאחר שבניית הסוללה כרוכה בהרטבת אפר הפחם והידוקו, יתכן שמוליכותה ההדראולית של שכבה זו קטנה באופן משמעותי ולכן לא מתנקזים מים משכבה זו.

מטרת העבודה היתה לבחון את יכולת החידור של שכבת אפר הפחם בג'סר-א-זרקא.

### החלק הנסיוני

הניסוי ברצע בסוללת הגשר שבג'סר-א-זרקא בצמוד לחלקות הנגר המותקנות במדרון המערבי של הסוללה, במקום שבו הוטמן אפר הפחם.

יכולת החידור של שכבת האפר נקבעה ע"י מדי חידור בשיטת הטבעת הכפולה. הטבעת הוכנסה לתוך שכבת האפר (לאחר סילוק שכבת הקרקע העליונה) בעומק של כ- 5 ס"מ תוך הימנעות מיצירת שברים או סדקים בשכבת האפר הנבחנת.

מקור המים ששימשו לבחינה זו היה המוביל הארצי. המעקב אחר שעור החידור בעומד קבוע בוצע באמצעות עמודה מכילת המזינה מים למד החידור בקצב שבו המים חודרים לשכבת האפר. המדידות נערכו לאורך המדרון המערבי ב- 3 מרחקים מכביש האספלט: (1) 4.5 מטר (2) 2.5 מטר ו- (3) 1.5 מטר. נמדד נפח המים החודרים כתלות בזמן, וחושב שעור החידור מידיעת נפח המים החודרים כתלות בזמן ליחידת השטח המחדיך. נקבע גם ה- pH בשכבות השונות של אפר הפחם ביחס מים: אפר של 1:1.5 וביחסי מיהול גבוהים יותר.

### תוצאות ודיון

ערכי חידור המים לשכבת האפר כתלות בזמן עבור מרחקי נקודות המדידה שריחוקם מכביש האספלט הוא 4.5 מטר, 2.5 מטר, ו- 1.5 מטר נתונים בציר 1. המדידות מעידות שבמרחק של 4.5 מטר מהכביש יכולת החידור התחילית היתה כ- 55 מ"מ לשעה והיא ירדה לערכים סביב 20 מ"מ לשעה כאשר לאחר כשעתיים מתחילת החידור (כמות המים שחדרה היתה שוות ערך ל- 100 מ"מ). בנקודת מדידה קרובה יותר לכביש (במרחק של 2.5 מטר) יכולת החידור התחילית היתה כ- 35 מ"מ לשעה והיא קטנה לערך נמוך של כ- 2 מ"מ לשעה לאחר חידור של 3.5 שעות (כמות המים שחדרה היתה שוות ערך ל- 40 מ"מ). שכבת אפר הפחם היתה אטומה לחלוטין למעבר מים בנקודת המדידה שהיתה קרובה לכביש (כ- 1.5 מטר מכביש האספלט).

ההבדל ביכולת החידור שהתקבל בין נקודות הדיגום השונות של האפר למים נובע קרוב לוודאי מהבדלים בצפיפות המדומה של אפר הפחם. בסמוך לכביש האספלט בוצע הידוק האפר על פי דרישות המתכנן בעוד שההידוק היה פחות חזק (אם בכלל) במרחק של כ- 4 מטר מהכביש במורד המדרון המערבי.

בהנחה שעומק שכבת האפר מעל למתקן איסוף התשטיפ המרצב בתחתית שכבת האפר היא 1.4 מטר והצפיפות המדומה של האפר היא 1.2, נפח הנקבובים בעמודת האפר ששטחה 1 מ"ר וגובהה 1.4 הוא 700 ליטר.

כמויות הגשם שירדו בחורף 99/98 ובחורף 00/99 היו 350 מ"מ ו- 515 מ"מ, בהתאמה וכמות המים שחדרה לקרקע בשנים אלו היתה 254 מ"מ ו- 300 מ"מ, בהתאמה (בהזנחת התאדות המים מפני הקרקע). מכאן שכמות המים הכללית שחדרה לשכבת הקרקע + האפר היתה כ- 550 מ"מ בשני החורפים הנ"ל (= 550 ליטר למ"ר). לכך יש להוסיף גם את כמות המים שחדרה בחורף 98/97 מתאריך סיום בניית הסוללה (ינואר 1998) והמים שהוספו לאפר בעת בניית הסוללה (תכולת הרטיבות התחילית היתה בממוצע 30% על בסיס משקלי). מכאן כמות המים שחדרה לשכבת אפר הפחם מיום הקמת הסוללה עולה על נפח הנקבובים שבאפר. העדר תשטיפ במתקן הנקח התחתון בחורף 00/99 מעיד על כך שחלק מהמים החודרים זורמים בשכבת האפר ברכיב האופקי לכיוון רגלי הסוללה. יתכן ששכבת האפר התחתונה אטומה למעבר מים משום הלחץ שמפעילה עליה שכבת הפחם העליונה.

ערכי ה- pH של תמיסות שהובאו לשווי משקל עם אפר פחם ביחסי אפר : מים של 1.5:1, 10:1, 20:1 ו- 1:100 נתונים בציור 2. pH התמיסה בשווי משקל עם אפר הפחם ביחסי אפר/מים שנבחנו היו בתחום שבין 11-12. pH התמיסה בדוגמאות האפר מהעומקים השונים ביחס מיהול של 1:100 היו בסביבות 11 ואילו ביחס מיהול 1.5:1 - הערכים התקרבו ל- 12. תוצאות אלה מעידות שתכולת בסיס הסידן באפר הפחם גבוה עדיין ותהליך הקרבונזציה תרם הושלם.

המוליכות ההדראולית של שכבת אפר פחם תלויה בנפח פרקצית הנקבובים המוליכה ובפרוס גודל הנקבובים בה. על כך משפיעים הגורמים הבאים: (1) יוצרות משקע פחמת הסידן שהוא תולדה של אינטראקציה בין דו תחמוצת הפחמן לבין בסיס הסידן בסביבה מימית ו- (2) מידת הידוק אפר הפחם במהלך בניית הסוללה. ככל שמידת ההידוק גבוהה יותר קטנה יכולת ההולכה למים. אִתרה מזאת, השפעת הגורם הראשון גדלה ככל ששכבת אפר הפחם מהודקת יותר.

מסקנות

1. שכבת האפר העליונה מתחת למתקן מדידת הנגר שאינה מהודקת דיה מוליכה מים.

2. חלק ממי הגשם החודרים לשכבת האפר זורמים ברכיב האופקי משום האטמות החלק התחתון של שכבת האפר.

2. תהליך הקרבונחציה בשכבת אפר הפחם אחרי שלש שנים עדין לא הגיע לסופו גם בשכבתו העליונה.

חשוב לציין ששתי המסקנות הראשונות מבוססות על ההנחות המפורטות לעיל המחייבות הוכחה.

Infiltration rate, mm/h

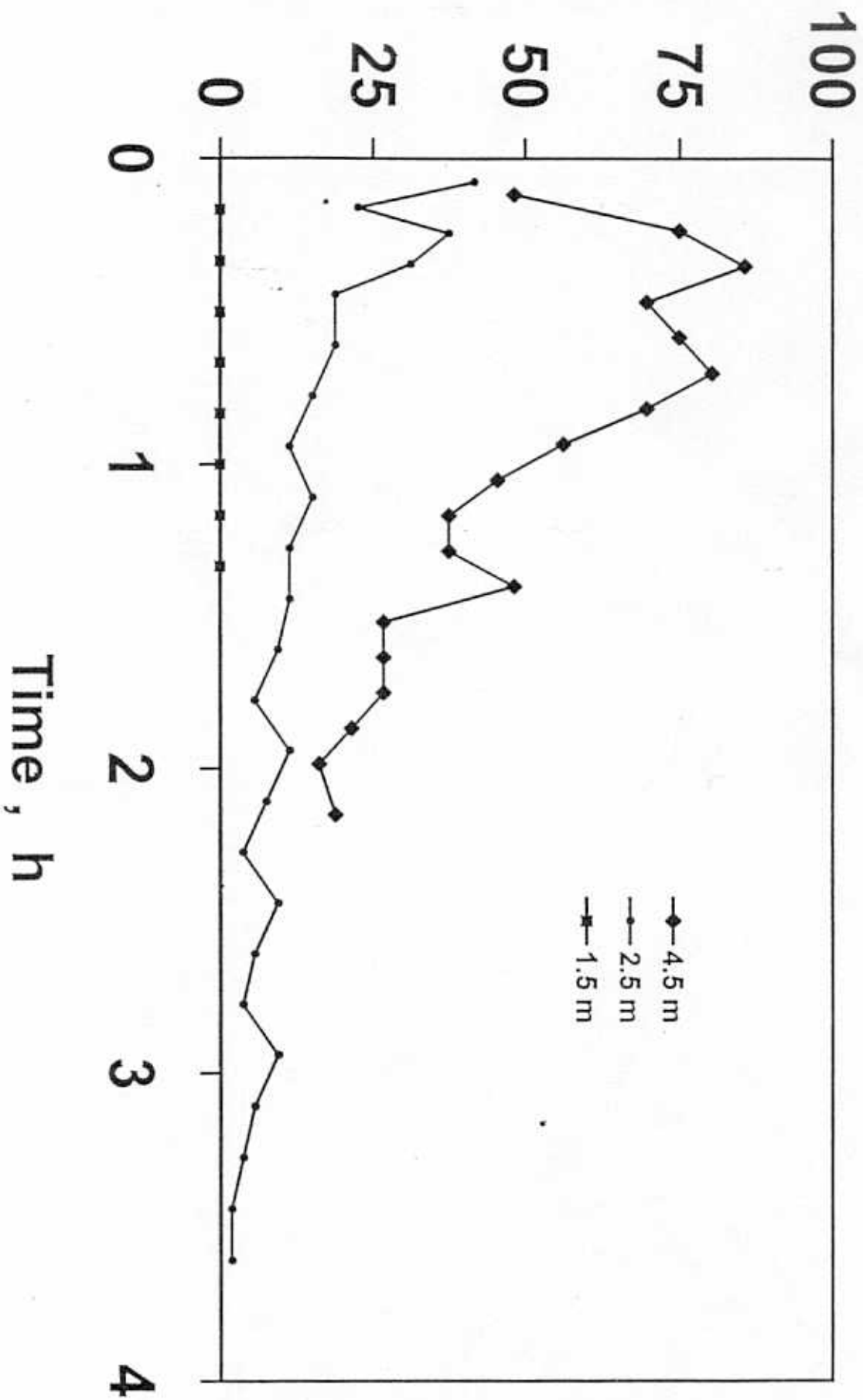


Fig. 1

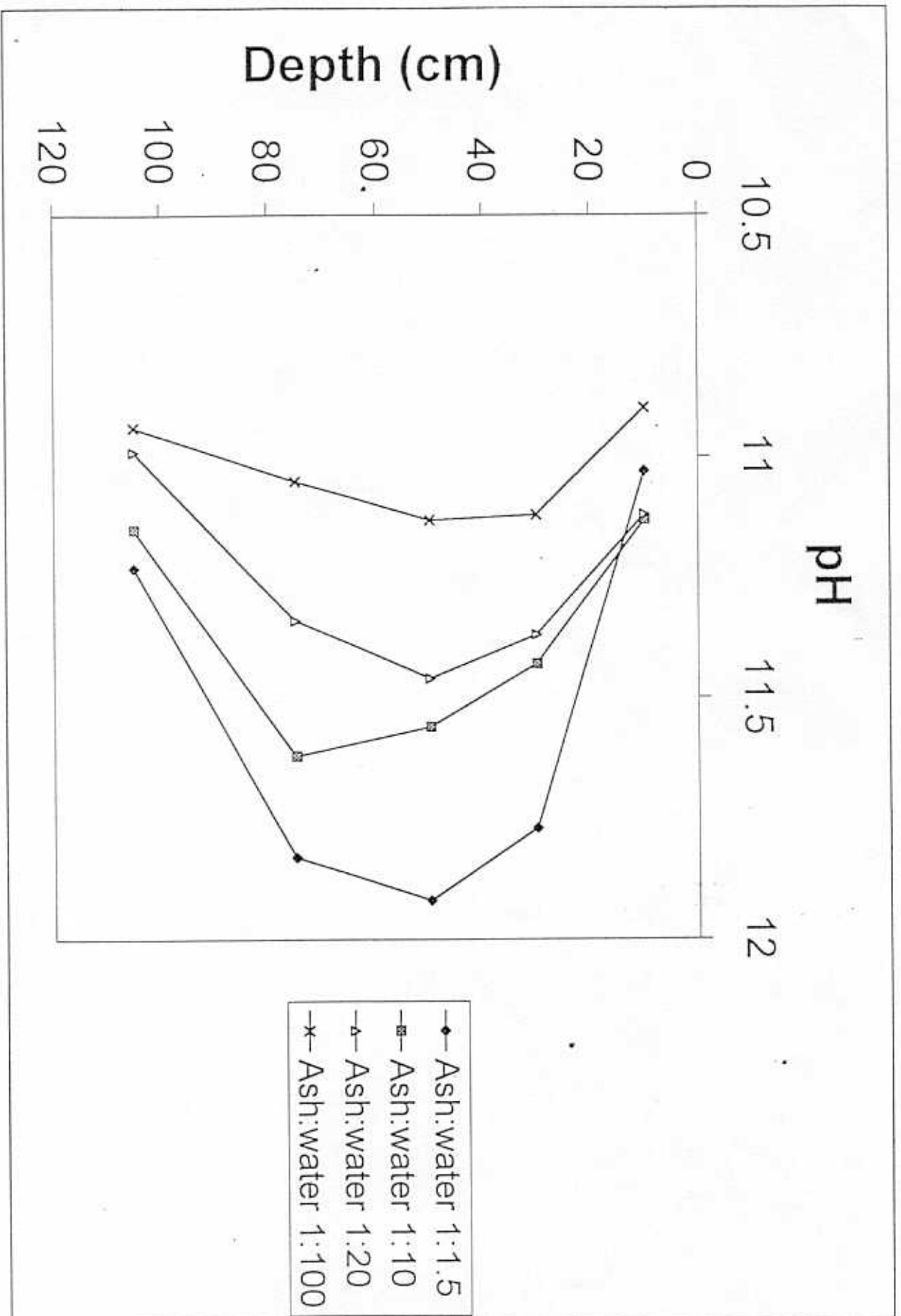


Fig.2