

ממפגע למשאב – פתרונות ירוקים לבעיות סביבתיות

שימוש במיקרואורגניזמים לייצור חומרי בנייה ברי-קיימא ולהפחתת פליטות גזי חממה

שני ברט¹, פרלה ארמלי¹, יובל ברגר¹, יחזקאל קשי¹, ליובוב אליאספוב¹, קרן רוזנבלאו¹

1. טכניון

תעשיית הבנייה אחראית לכמעט 40% מפליטות גזי החממה בעולם, כאשר ייצור מלט ובטון בלבד תורם לכ-8% מפליטות ה-CO₂ הגלובליות. לנוכח נתונים אלה נדרש שינוי מהותי בתפיסת ייצור החומרים והתהליכים בענף. בהרצאה יוצג מחקר העוסק בפיתוח תהליכים פוטוסינתטיים המבוססים על ציאנובקטריה ומיקרואצות, כחלק מגישה המשלבת פעילות ביולוגית בתוך חומרי בנייה, במטרה להפוך מערכות פולטות פחמן למערכות מקבעות פחמן. במוקד המחקר עומד תהליך של שיקוע ביולוגי פוטוסינתטי, שבו מיקרואורגניזמים מקבעים CO₂ ובמקביל יוצרים מינרליזציה המחזקת את חומר הבניה. אף שמנגנונים אלו מוכרים בספרות המדעית, יישומם בהקשר אדריכלי מציב אתגרים חדשים ודורש פיתוח מסגרות רב-תחומיות המשלבות ביולוגיה, תכן חומרים וייצור דיגיטלי מתקדם. המחקר מבוסס על שילוב בין חומרים חיים, תכנון גיאומטרי מונחה-ביולוגיה והדפסה תלת-ממדית רובוטית, במטרה לגשר בין ניסויים מעבדתיים ליישומים בקנה מידה אדריכלי. במסגרת זו פותחו הרכבים ביואקטיביים מודפסים הכוללים זני מיקרואצות עמידים לתנאי עקה, המאפשרים קיבוע פחמן תוך שיפור התכונות המכניות של המבנה המיוצר. יוצגו עקרונות לפורמולציה של חומרים, תנאי גידול מבוקרים ותהליכי ייצור המכוונים לגמלון ויציבות לאורך זמן. באמצעות חיבור בין מיקרוביולוגיה, מדעי החומרים, ותהליכי ייצור דיגיטליים, המחקר מציע מסגרת חדשנית לחומרים אקטיביים כחלופה לחומרים מזהמים בפרקטיקה התעשייתית. גישה זו מצביעה על חזון לעתיד שבו תעשיית הבנייה הופכת מגורם פולט פחמן למערכת מקבעת פחמן, התורמת באופן פעיל להפחתת ההשפעות הסביבתיות של הסביבה הבנויה.

ממפגע למשאב – פתרונות ירוקים לבעיות סביבתיות

האם מלח יכול להיות חומר הבנייה העתידי?

דניאל מנדלר¹

daniel.mandler@mail.huji.ac.il

1. האוניברסיטה העברית

תעשיית המלט אחראית לכ-8-9% מפליטות ה- CO_2 האנתרופוגניות העולמיות, בעיקר בשל הטמפרטורות הגבוהות הנדרשות לייצור הקלינקר ובשל פליטת פחמן דו-חמצני הנלווית לתהליך הכימי של ייצור הקלינקר. לפיכך, פיתוח חומרים חלופיים לבנייה בעלי טביעת רגל פחמנית נמוכה יותר מהווה אתגר מרכזי בדרך לפיתוח בר-קיימא. בעבודה זו אנו מציגים חומר בנייה חדשני, המבוסס בעיקר על נתן כלורי ("לבי מלח"), כתחליף פוטנציאלי למוצרים מבוססי מלט. הלבנים המוצעות מיוצרות בתהליך חסכוני באנרגיה בטמפרטורת החדר, המבוסס על טחינה ולאחר מכן דחיסה בלחץ גבוה של מלח תעשייתי, שמקורו בעיקר בתוצרי לוואי בקנה מידה גדול של תהליכי כרייה והתפלה. החומר המתקבל מכיל כ-95% מלח ואינו דורש כל טיפול תרמי, ובכך מפחית באופן דרמטי את צריכת האנרגיה ואת פליטות ה- CO_2 הנלוות בהשוואה לייצור מלט קונבנציונלי. בדיקות מכניות, סביבתיות ותפקודיות מראות כי לבני המלח הדחוסות מפגינות חוזק לחיצה גבוה, מסיסות מופחתת ביחס למלח בלתי מעובד, ויציבות טובה בתנאי לחות משתנים. בנוסף, אופיו ההיגרוסקופי של המלח מאפשר ויסות פסיבי של לחות פנים-מבנית, שעשוי לתרום לחיסכון באנרגיה באמצעות הפחתת עומסי חימום, אוורור ומיזוג אוויר. החומר מפגין גם תכונות אנטיבקטריאליות טבעיות, דבר המצביע על פוטנציאל יישום בקירות פנים ובסביבות רפואיות. מעבר ליתרונות האנרגטיים ולהפחתת הפליטות, לבני המלח מציעות יתרונות משמעותיים בהקשר של כלכלה מעגלית: תהליך הייצור הוא פיזיקלי בלבד, ומאפשר מיחזור פשוט באמצעות טחינה חוזרת של החומר לחומרי גלם. שימוש בעודפי מלח, כגון מיליוני הטונות המצטברים מדי שנה באזור ים המלח, יכול לסייע גם בהתמודדות עם בעיית פסולת סביבתית משמעותית. מחקר זה מדגיש חומרים מבוססי מלח כחלק מפתרונות בנייה מבטיחים ודלי פחמן ליישומים נבחרים, ומצביע על הפוטנציאל שלהם להפחתת פליטות CO_2 , לחיסכון באנרגיה ולקידום שיטות בנייה ברות-קיימא.

קשה להגזים בתרומה שיכולה להיות לפיתוח יחידות בנייה המבוססות מלח, לציבור ולמעשה לעולם כולו. אם ניתן יהיה להחליף את המלט המזהם בחומר אחר, ירוק יותר ובכך לא רק להקטין את הפליטות אלא גם ליצור סביבה ירוקה ובריאה יותר, יהיה לך השפעה אדירה. ההמצאה היא דוגמה יוצאת דופן לכלכלה מעגלית שבה יעשה שימוש למלח, שכרגע רק גורם לבעיות סביבתיות, לתועלת הציבור.

ממפגע למשאב – פתרונות ירוקים לבעיות סביבתיות

שימוש בפסולת חקלאית ויער לשימוש דו תכליתי של גידול פטריות מאכל וייצור מזון לבעלי חיים

עידן פרמן¹, אביב אשר¹, דן לבנון¹

1. מיג"ל - מכון למחקר מדעי בגליל

הייצור החקלאי והיערני מייצר כמויות גדולות של פסולת ותוצרי לוואי, כגון קש מגידולים שונים, גזם מטעים, זמורות גפן, גפת זיתים וגזם עצי יער. חומרים אלו עשירים בליגנצולוז, מרכיב עמיד לפירוק ולכן ניצולם מוגבל. כיום, חלק ניכר מהפסולת נשרף או נערם בשטח, תהליכים הגורמים לזיהום אוויר, פליטת פחמן דו-חמצני ומפגעים סביבתיים נוספים. בנוסף, ערכם כמספוא נמוך בשל תכולה גבוהה של ליגנין ותרכובות פנוליות, ובכללן טנינים, הפוגעים בנעכלות.

במחקר הנוכחי גישה אינטגרטיבית לעיבוד וניצול פסולת זו באמצעות פטריות רקב לבן מהסוג *Pleurotus* במטרה לשפר את נעכלות המצע ולהפוך אותו למספוא איכותי, ובמקביל להוביל ליצירת פטריות מאכל בעלות ערך תזונתי וביקוש קולינרי. גישה זו מספקת פתרון כפול: שימוש בפסולת חקלאית כמשאב להזנת בעלי חיים לצד ייצור מזון איכותי לאדם.

העבודה כללה סריקה ובחירה של סוגי פסולת חקלאית זמינה ושל מיני פטריות המתאימים לאקלים המקומי ובעלי פוטנציאל פירוק גבוה, לצד פיתוח שיטות פסטור ואילוח המותאמות לנפחים גדולים בתנאים לא סטריליים ולצמצום עלויות התהליך. כמו כן, בוצעה אופטימיזציה של הרכב המצע ותנאי הגידול, תוך בחינת קצבי גידול ומדדים מרכזיים להערכת פוטנציאל הנעכלות של המספוא ולהערכת יעילות הגידול של פטריות המאכל.

ממפגע למשאב – פתרונות ירוקים לבעיות סביבתיות

טיפול בגזם חקלאי ומיערות קק"ל על ידי מתקן גזיפיקציה חדיש להשבת אנרגיה ויסודות הזנה

מורן סגולי¹, תמר ארקין², נטע מאיר², עמית גרוס²

1. מו"פ רמת הנגב - המרכז לחקלאות מדברית

2. מכון צוקרברג לחקר המים, המכונים לחקר המדבר, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

פסולת גזם רבה, חקלאי ומיערות, אינה עוברת כיום תהליך טיפול מסודר ומהווה מפגע סביבתי הפוגע באיכות הקרקע, המים והאוויר, ויוצרת נטל כלכלי. הצטברות הפסולת באזורי גידול מרכזיים בארץ מדגישה את הצורך בטכנולוגיה שתאפשר מיחזור, צמצום נפח וסילוק יעיל לצד הפקת תועלת חקלאית וסביבתית. במחקר, אנו מציעים לטפל בגזם חקלאי (מחממות לגידול עגבניות בנגב) ושל יערות קק"ל באמצעות גזיפיקציה שתהפוך את הגזם למשאב אנרגטי ותוסף קרקע. בתהליך הגזיפיקציה מתרחש פירוק תרמו-כימי (בטמפרטורות של 800-1200 מעלות צלזיוס) של הגזם בנוכחות מוגבלת של חמצן, לייצור סינגז (גז סינתטי דליק) שמזין גנרטור להפקת חשמל לצד ביוצ'אר שיכול לשמש כתוסף קרקע בחקלאות. במסגרת המחקר נבחנו מאזני מסה ואנרגיה בתנאי הפעלה שונים, הרכב הסינגז וערכו הקלורי, פליטות גזי חממה ותרכובות נדיפות, וכן מאפייני הביוצ'אר שנוצר בתהליך. בנוסף, נבחנת השפעת יישום הביוצ'אר כתוסף קרקע על מדדי צימוח של צמחים בתנאי חממה מבוקרים.

תוצאות ראשוניות של המחקר מצביעות על יציבות תפעולית של תהליך הגזיפיקציה בתנאים מיטביים ועל פוטנציאל ממשי להשבת אנרגיה משני סוגי הגזם שנבדקו. יחד עם זאת, זוהו מגבלות תפעוליות בתכולות חומר אורגני ולחות גבוהות, והשפעה מוגבלת של הביוצ'אר על הצמח בטווח הקצר. ממצאים אלו מספקים בסיס מדעי ויישומי להמשך פיתוח והטמעת הטכנולוגיה כפתרון אזורי לניהול פסולת חקלאית וגזם יערות קק"ל. במקביל, בוצע תחשיב ראשוני המבוסס על נתוני הפעלה שנאספו בשנת המחקר הראשונה. הניתוח כלל הערכת עלויות איסוף, קיצוץ, טיפול מקדים וייבוש הגזם; עלויות תפעול ותחזוקה של המתקן; ערך האנרגיה המופקת; וכן בחינת חלופות לוגיסטיות ותרחיש יישום ברמה אזורית.

ממפגע למשאב – פתרונות ירוקים לבעיות סביבתיות

טיפול בשפכי בתי-בד במתקן מרכזי באמצעות שילוב תסיסה אנאירובית ואירובית ליצירת אנרגיה ושימושים נוספים

אורי מר-חיים¹

1. מיגל- מכון למחקר מדעי בגליל

תעשיית שמן הזית באגן הים התיכון מתמודדת עם אתגרים אקולוגיים ואנרגטיים משמעותיים, ובראשם הטיפול בשפכי בתי-בד (עקר). פרויקט זה, המתבסס על מחקר פיילוט שנערך במכון 'מיגל', מציג שדרוג של מתקן הדגמה להפקת ביוגז השואף לניצול מלא של תוצרי הליוואי - מים ממוחזרים להשקיה ובוצה המשמשת כתחליף לכבול בחממות. יוזמה זו נועדה לבטל את הצורך בפיזור שפכים לא מבוקר בשטח או הזרמתם הבלתי חוקית למערכות טיהור השפכים.

תהליך הטיפול שפותח משלב שלושה שלבים הכוללים הפרדת מוצקים, תסיסה אנאירובית תרמופילית ותסיסה אירובית לליטוש הנוזלים. מתוך הבנה כי מתקני טיפול מקומיים בקנה מידה קטן אינם כלכליים בשל עונתיות המסיקה, הנמשכת כשלושה חודשים בלבד, מוצעת הקמת מתקן מרכזי שיפעל לאורך כל השנה ויבטיח כדאיות כלכלית ותפעולית למפעילים.

השימוש בבוצה כמצע גידול נבחן בהצלחה בחוות המטעים של מיגל על מגוון צמחי מדגם. עבור הגננים והחקלאים, השימוש בבוצה מפחית את העלויות הכרוכות ברכישת מצעי גידול. עבור הסביבה מדובר בהפחתת הנטל הסביבתי של פליטת גזי החממה בעת חפירת הכבול ואת הפגיעה בבתי הגידול. התוצאות מדגימות גישה של כלכלה מעגלית, ההופכת מזהם סביבתי לתשומה חקלאית בעלת ערך, וכיצד ניהול מושכל של תוצרי לוואי תעשייתיים יכול להפוך מפגע סביבתי למשאב בר-קיימא, התורם באופן ישיר למאבק במשבר האקלים.