

מאת דר' נעם אטיאס, חוקרת במו"פ מדבר וים המלח ותושבת קיבוץ סמר
עוזרי מחקר: הראל מלכין, תכנון וביצוע, ליוזלצר הנדסאית אדריכלות, קיבוץ סמר
נושא המחקר:

רתימת פסולת חקלאות התמרים בערבה לפיתוח חומרי גלם תעשייתיים מקיימים ומעגליים



רקע:

המחקר מציע פתרון שימושי לבעיות הנובעות מהצטברות פסולת הדקלים בערבה ומירידת מחירי השוק בענף התמרים. ערימות הפסולת הנערמות מהוות מטרד חקלאי וסביבתי. כמו כן, ירידת ערך הפרי מחייבת איתור אפשרויות לשימור ושיפור רווחיות הענף. במקביל, מתהווים מאמצים גלובליים רבים לאתר ולפתח חלופות ברות קיימא לחומרים סינתטיים בתעשייה ונחשפות אפשרויות רבות הגלומות בשימוש במגוון פסולות אורגניות של ענף החקלאות כמקור ליצירת חלופות טבעיות ומתחדשות, עם עלות אנרגטית אפסית ומדרך פחמן שלילי, כחלופה למגוון רחב של חומרי תעשייה מזהמים שאינם מתכלים.

לממצאי המחקר חשיבות כלכלית, סביבתית וחברתית ברמה איזורית וכן ברמה הגלובלית (SDG).

מטרת המחקר:

המטרה הכללית של המחקר היא שימוש בשבבי פסולת דקלים בשילוב תפטיר פטריה ליצירת חומרים מרוכבים ביולוגיים לקידום תעשייה מקומית מעגלית ומקיימת. **חומרים מרוכבים מפסולת גזם דקל ותפטיר** הנם חומר מתחדש ומתכלה, טבעי, מאוורר, עם יתכונות כמו בידוד תרמי ואקוסטי מצוין ודיכוי בעירה, בתהליך ייצור טבעי, עם אנרגיית ייצור אפסית, מדרך פחמן שלילי (בשל יכולת לכידה והמרת פחמן מהסביבה), ופירוק טבעי.

מטרת הפרויקט במסגרת מענק ג'יג'י היא בניית מבנה מדגים לבחינת היתכנות של שימוש בבלוקים מבוססי תפטיר ופסולת גזם ככפתרון יישומי לפסולת גזם הדקלים הנערמת בערבה וכחלופה טבעית, מקיימת ומתחדשת לחומרים סינתטיים, בלתי מתכלים ובלתי מתחדשים המשמשים כיום כחומרים מבניים ואו מבודדים בענף הבניה, כגון קלקר (פוליסטירן מוקצף), פוליאורטן מוקצף, ואף חומרי עץ ונייר מעובדים (המלאים דבקים, חומרים מצלבים, חומרים מעכבי בעירה ועוד).

לחומר המתקבל משילוב של תפטיר פטריה ורסק גזם תכונות בידוד תרמי מצויינות (רפ אחיה), בשל המבנה הביולוגי של התפטיר- רשת סבוכה של צינוריות מתפתלות ומצטלבות, שהן למעשה שרשראות תאים (Hyphae), עם מחיצות המאפשרות מעבר חומרים סלקטיבי בין תא לתא, ודופן תא דקה וחזקה העשויה בעיקר כיטין, המאפשרת גם חילוף חומרים סלקטיבי עם הסביבה. התפטיר משמש כמערכת ריבוי וגטטיבי, מערכת עיכול והעברת חומרים. התפטיר מורכב מכ-90% מים. לכן, למניעת התייבשות מופרשים חומרים הידרופוביים באיזורי מגע עם אויר (רפ האן).

כאשר התפטיר נזרע על רסק גזם (הסבר מפורט בפרק שיטות וחומרים), תאי הפטריה חודרים לתוך התאים ותעלות ההובלה של הצמח (הגזם) ועוטיפים את סיבי הצמח במעטה הידרופובי. בתום איכלוס החומר עם תפטיר, החומר עובר ייבוש, אשר ממית את התאים ובכך לא מתאפשר עיכול של החומר האורגני על ידי הפטריה, אלא רק כיסוי חודרני בתפטיר, עם חניטה יסודית של סיבי הצמח. לאחר שכל המים מתאדים, החומר היבש המתקבל הוא גוש מוצק אך קל ומאוורר של גזם ותפטיר. ברמה המיקרוסקופית כל התאים שהיו מלאים במים הם כעת תאי אויר מיקרוסקופיים עם שטח פנים אדיר- כך שמתקבל חומר מוקצף (closed-cell foam) טבעי, הנותן בידוד מצויין וכן הגנה מספיגת מים ובעירה (רפ).

העמידות של חומרים מבוססי תפטיר בבעירה היא נקודה שחשוב להדגיש כיתרון נוסף לעומת חומרים סינתטיים וכן תחליפים טבעיים- רובם דליקים, במיוחד אם הם מאווררים. חומרים סינתטיים גם פולטים עשן ואדים רעילים ומגיעים לטמפרטורות גבוהות. עטיפת התפטיר מהווה דבק שאינו דליק ואף מדכא בעירה (רפ).

המחקר כולל פיתוח מוצרי אב-טיפוס לבחינת תכונות החומר ותפקוד המוצר בתנאי שטח. שיטת העבודה משלבת כלים ושיטות לאפיון ויישום חומרים ומוצרי צריכה מעיצוב תעשייתי וביוטכנולוגיה, בגישה אקולוגית.

המחקר התמקד בשני מישורים :

- א. בחינת היכולת של תפטיר מסוגי פטריה שונים להתפתח על פסולת גזם דקל ליצירת חומר קל ומבודד לבניה
- ב. תכנון מבנה לא גדול בקני"מ 1:1 שיהיה שימושי וגם ידגים את תכונות החומר- בתור לבנה או פאנל מבודד.

שיטות וחומרים :

א. בחינת יכולת התפטיר להתפתח על פסולת גזם דקל ליצירת חומר קל ומבודד לבניה :

בשלב ראשון בחרנו לבחון את יכולת התפתחות התפטיר על שני סוגי רסק גזם דקלים : DN - רסק גזעי דקל מאתר הפסולת נימרה. ו DL- עודפי רסק קטנים מעבודת ריסוק כפות וידות דקלים (מקיבוץ לוטן), שנעשתה בקיבוץ סמר במרץ 2023 ע"י רוני, ערבה ירוקה. העבודה נעשתה במסגרת בחינת ישימות לשימוש ברסק דקלים כחלופה חלקית לקש חיטה להזנת פרות ברפת. החומר הגולמי הועבר דרך המרסקת פעמיים או שלוש. בתום

הריסוק נוצר חומר עודף. חומר זה מגיע לסיבים בעובי 2-3 מ"מ ואורך 20-50 מ"מ- קטן מדי להזנת הבקר ולכן בדרך כלל מושלך לקומפוסט. ראוי לציין כי הגזם נשמר ללא כיסוי בתנאי חוץ ולכן הכיל גם חול ואבק.

הכנת פסולת הדקל לקראת הדגרה עם פטריה:

1. סינון רסק גזם דרך רשת עם פתחים בגודל 1 סמ"ר בכדי לסנן החוצה חתיכות גסות מדי.
2. ערבוב הרסק עם 10% קפה ממשקל הגזם והוספת מים עד להרטבה מלאה (63% ממשקל יבש).
3. עיקור או פסטור של הגזם הרטוב
4. זריעה עם דוחן מאולח בתפטיר פטריה מסוג *Trametes Ochracea* או *Trametes Versicolor*
5. אינקובציה במיכל סגור עם פילטרים למשך 4-6 ימים ב23 מ"צ
6. ערבול והנחה בתבניות בצורה הרצויה (במקרה הזה לבנים מרובעות בגדלים שונים)
7. הוצאה מהתבנית וייבוש (או הוצאה מהתבנית, דחיסה ואז ייבוש)
8. ציפוי בתערובת טיח בוך

ב. בנייה נסיונית עם לבני תפטיר-גזם דקל בסמר:

תכנון מבנה שימושי שיאפשר לבחון, לפתח ולהדגים את תכונות החומר ואת ביצועיו בתנאי מדבר בפועל. בחרנו לתכנן מבנה טמסקל מסורתי (סאונה) מהמסורת האינדיאנית, תוך שימוש בלבני תפטיר-גזם דקלים, טיח בוך ואבן מקומית. בחרנו ביישום זה כמקרה בוחן, מאחר וזה מבנה לא גדול אך שימושי ובעל דרישות קונסטרוקטיביות צנועות, לצד חשיבות רבה ליכולת לבחון את ביצועי הבידוד של המבנה בחום ובקור. יתרונות בבניה בתפטיר-רסק גזם- חומר טבעי, מקומי, מתחדש ומתכלה, בידוד תרמי ואקוסטי מצוין, עמידות בשריפה (בשונה מקלקר או דקל לא מעובד- התפטיר אינו דליק ואינו פולט חומרים מסוכנים בבעירה) עמידות בתנאים כמו הצפת מים, לחות או יובש קיצוניים.

פרוגרמה – תכנון מבנה שימושי נסיוני

המבנה המדגים מיועד לשמש כבסיס למחקר ופיתוח של חומרים טבעיים מרוכבים שמקורם בפסולת הדקלים וכן להוות ולידציה מעשית לתוצאות מחקרים ומוצגים קודמים בתחום (נספח).

מבנה הטמסקל ישמש להתכנסות בודדים או קבוצות קטנות לטקסי סאונה או מפגשים חברתיים של הקהילה המתגוררת בקיבוץ. המבנה ימוקם במטע זיתים בקיבוץ סמר קרוב למתחם מחנאות קיים, עם בקת בוך, שירותים, מקלחת וחיבור לחשמל ומים. חלל המבנה יכול להכיל עד 9- משתתפים בוגרים ולצידו מתוכנן אזור מדורה לחימום אבנים וישיבה בחוץ.

פרטים כלליים על המבנה:

שטח של 8 מ"ר - רדיוס של 1.6 מטר, גובה מקסימלי של 1.70 מ' מבפנים

שטח של 33 מ"ר - רדיוס של 3.25 מטר, גובה 1.80 מ' מבחוץ

נפח לבנה כניסה 20\10\5 - 1000 סמ"ק = 1 ליטר

נפח לבנה מבנה 20\10\10 - 2000 סמ"ק = 2 ליטר

כמות לבנים כניסה? כמות לבנים מבנה?

סוגיות ודרישות תכנוניות:

- א. מחקר ופיתוח להתאמת הרכב המצע, סוגי פטריות, תנאי גידול ובחינת התכונות של החומר המוכן.
- ב. איתור, תכנון ופיתוח מקום בו יבוצע תהליך הכנת הלבנים (כרגע הכוונה לחממה באיזור המשקי בסמר).
- ג. מציאת מקום בו יאוחסנו הלבנים המוכנות עד שלב הבניה (וכן לבחון את עמידות החומר בתנאי מדבר).
- ד. תשתית וחיפוי- המבנה צריך לעמוד בחום ובלחות גבוהים מבפנים, לצד חום ויובש מבחוץ.
- ה. יש להתייחס לניקוז המבנה מבפנים ומבחוץ למניעת חדירת מים לקירות והתחלה של הרס המבנה.
- ו. תכנון יסודות בהתאם לתקנות בנייה קלה – מבטון, או אבן עם בטון, לשמירה על קירות הבוץ והתפטיר.
- ז. באמצע הרצפה, להשאיר מקום להנחת אבנים לוחטות לחימום החלל והתזת מים לאידוי.
- ח. יש להתייחס לפיתוח חוץ, מקום מרווח להקמת מדורה גדולה לחימום אבנים בחוץ ושיבה מסביב למדורה לפני הכניסה לטמסקל.
- ט. יש אפשרות לפתח בחוץ מקומות ישיבה לשימוש ילדים ומבוגרים כמקום בילוי בשוטף.

עקרונות תכנון:

- א. שימוש בחומרים טבעיים מקומיים כמו בוץ, אבן, מוטות וחבלים טבעיים ולבני תפטיר-גזם דקלים.
- ב. התייחסות ליתרונות ולאתגרים של בניה עם תפטיר לפי פרויקטים ומחקרים קודמים
- ג. עירוב הקהילה בתוך כל שלבי התכנון והביצוע של המבנה.
- ד. שמירה על תכנון פשוט וחומרים פשוטים, קלים במשקלם וידידותיים לסביבה ולמשתמש בשאיפה לערב כמה שיותר את אנשי וילדי הקהילה בבניה ולא אנשי מקצוע חיצוניים.
- ה. התייחסות למרקם הקיים של המתחם, שטחי מטע הזיתים ותכנון פיתוח עתידיות.
- ו. העמדת המבנה לפי השיטה המסורתית, תוך התאמה לחומרים ולתנאי הסביבה המקומיים.
- ז. הלימה/עמידה בתקנים המקובלים לתשתית מבנה, חומרים, ובטיחות בעבודה (בניה קלה).
- ח. שימוש בשיטות לתכנון וביצוע באמצעות מחשב, תוך התחשבות בנתוני הסביבה ומקור החומר.

תוצאות ומסקנות:

א. בחינת יכולת התפטיר להתפתח על פסולת גזם דקל ליצירת חומר קל ומבודד לבניה:

במהלך העבודה נבחנו ופותרו מספר רכיבים במקביל- התאמת סוג המצע לסוג התפטיר, כיול זמן ותנאי אינקובציה, איתור ח"ג מרוסק (עלות מרסקת היא אתגר בתהליך כרגע, במיוחד גזעני הדקלים-צגם אלה שעברו ריסוק בשטח עדיין עם סיבים ארוכים ונראה כי אין מכונה זמינה באיזור לריסוק חומר מרוסק גס לכדי חומר עדין יותר. חלק מהבחירה להתמקד בכפות וידות מרוסקות היתה זמינות חומר הגלם כמרוסק. רסק גזעים נמצא פחות מתאים מאשר רסק כפות וידות עם סוגי התפטיר איתם עבדנו (*T. Versicolor*, *T. Ochracea*). יש לסרוק סוגי פטריות נוספים ולבחון תכונות כמו קצב ואיכות גידול התפטיר, ותכונות כמו עמידות לחום, מליחות והתאמה לגידול על מצע עני. החומרים שהתקבלו משילוב רסק כפות-ידות ותפטיר היו פריכים יחסית, מכמה סיסות אפשריות- התאמה בין סוג הפטריה למצע הצמחי, גודל החלקיקים (ככל שדק יותר יותר שטח פנים של תפטיר ביחס לגזם. זמן אינקובציה- ראינו כי חומר שעבר זמן אינקובציה ממושך יותר הוא פחות פריך- רך יותר ונדחס הרבה יותר) (בשל עיכול חלק מהפוליסכרידים על ידי הפטריה והמרתם לתפטיר). מתקבל חומר פחות פריך אך יותר כבד וחזק מאשר חומר שלא עבר דחיסה. חומר זה

לא התכסה שוב בקרום חיצוני לבן של תפטיר, אך נשאר מודבק. יתכן כי הדחיסה מקשה על המשך התפתחות התפטיר. סיבה אפשרית נוספת לפריכות היא אופן היבוש- במאמרים שונים משתמשים בתנאים שונים לסיום תהליך הגידול, בין מאה מעלות לשעה-שעתיים לבין ייבוש בטמפרטורת החדר. אנחנו בחרנו לייבש את הדוגמאות באויר המדבר היבש, בחוץ, בצל. יתכן כי הייבוש ההדרגתי לא ממית את התפטיר בחלקים הפנימיים ועם הזמן החומר נחלש. יש לוודא את התנאים הנכונים לייבוש שכן ייבוש נכון משפיע במידה רבה על תכונות החוזק והעמידות של החומר.

שלב הגימור עם שכבת תערובת הבוץ עבד טוב מאוד- החומר נדבק בקלות, אם כי אחת הלבנים נסדקה. בשימוש בלבנים הקטנות יותר (15X4X6 ס"מ) שהוכנו בהמשך הבוץ ישמש להדבקה בין הלבנים וכן כחיפוי. כמו כן ניתן לבחון תוספים טבעיים אחרים לשכבת הגמר של המוצר ולחשוב על אופן היישום שלו תוך הבנת השוק וקהל היעד.

תמונות של תהליך הכנת המצע והלבנים

סינון:



פסטור:



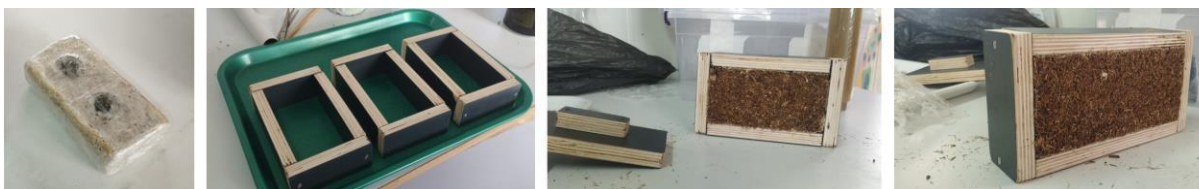
זריעה:



אינקובציה:



תבניות:



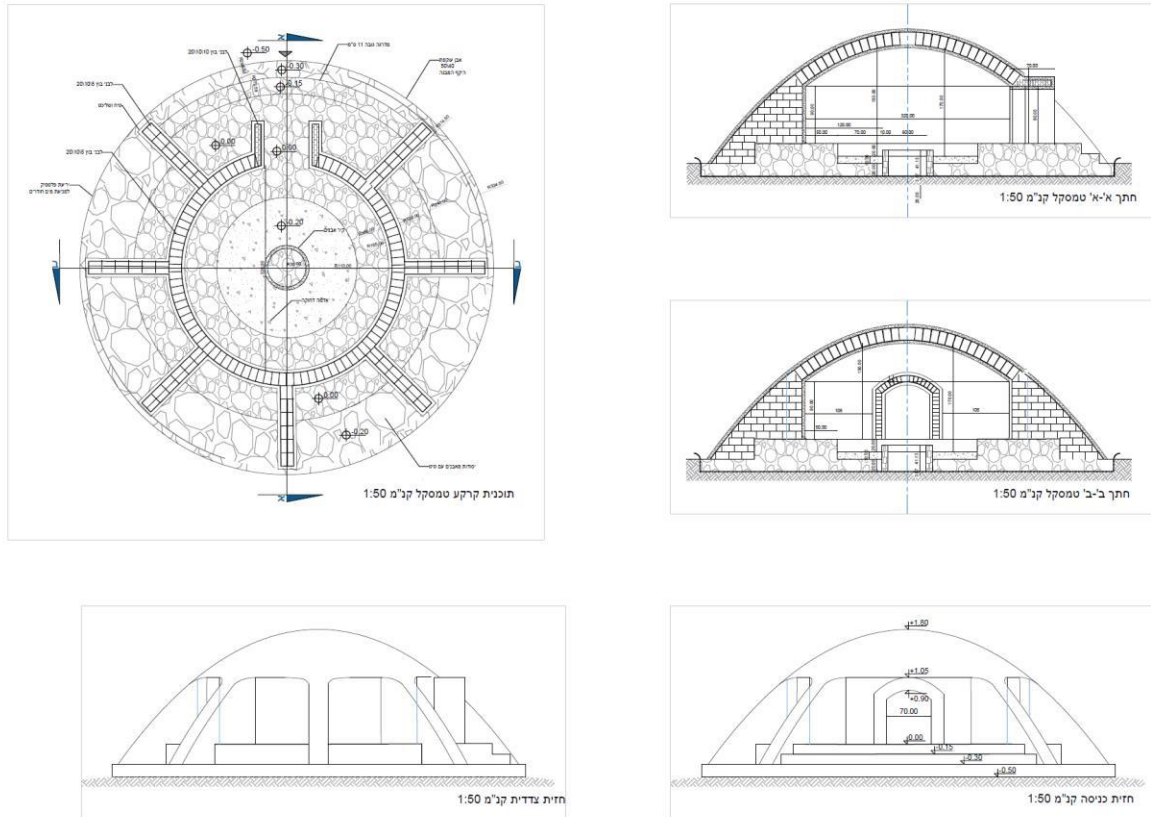
ציפוי בבז (חימר וחול)



מגוון לבנים מדגימות מרסק דקל ותפטיר ברמות גימור ורמות דחיסות שונות:



תוצאות חלק כ: תכנון בנייה נסיונית שימושית עם לבני תפטיר-גזם זקל בסמר
סקיצה ראשונית למבנה בהתאם לגודל הלבנים שנמצא מתאים לעבודה עם החומר המקומי הקיים



תרומת המחקר לחקלאות האזור:

הערך של מחקר זה לחקלאות הערבה הוא עצום מאחר וענף גידול התמרים מחד מלווה בצבירת פסולת בכמויות אדירות ומאידך הענף בסיכון כלכלי עקב ירידה בערך השוק העולמי של יבול התמרים. איתור פתרונות מעשיים לשימוש בפסולת הדקל הוא חיוני מאחר וכמות הגזם של עץ בוגר משתווה משקלית לכמות הפרי שהו מייצר במהלך חייו, במטרה להשתמש כמה שיותר בחומר מקומי ממקור מתחדש. ברצוננו להמשיך לשפר ולהגיע עד סוף 2024 ליצירת קיר מדגים מלבני תפטיר-גזם, ובמהלך 2025 לבחון אפשרויות נוספות ליעול התהליך והתוצר ולייצר מודל 1:1 של מבנה קטן ופונקציונלי, בבניה מסורתית בלבנים בהתאם לדרישות החוזק והבידוד. נדרשת עוד חשיבה על תכנון המבנה, במטרה להגיע למשהו פשוט שיוכל ללמד באופן מעשי על עמידות החומר בתנאי יובש, חום וכן רטיבות או לחות וכן, זמן..

השימוש בתקציב המלגה חולק באופן הבא:

- 2500 ש"ח תכנון המבנה
- 2500 ש"ח לחומרים תפטיר וגזם
- 1000 ש"ח ציוד- רדיאטור וארגזים לגידול
- 1500 ש"ח ציוד- פיתוח מערבול מכאני
- 2500 ש"ח עזרה בהכנת החומרים והלבנים