



מערכת פנאומטית לאיסוף פסולת, בשכונת יבנה הירוקה. יולי 2014  
| צילום: עידן ליבס

## מערכת פנאומטית שכונתית לאיסוף פסולת - פתרון כלכלי וסביבתי לאזורי מגורים בבנייה רוויה

אופירה אילון<sup>[1]</sup>, עידן ליבס<sup>[1]</sup>,  
גדי רוזנטל<sup>[2]</sup> ודנה גבאי<sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית  
<sup>[2]</sup> חברת כיוון לייעוץ אסטרטגי  
\* idan@sni.technion.ac.il

במערכות הללו מתאפשרת הפרדה לזרמי פסולת שונים באמצעות נקודות כניסה ייעודיות לכל זרם (לרוב: פסולת מעורבת, פסולת אורגנית ונייר). מעבר לפתח עצמו, שהוא לרוב בגובה של כמטר וחצי מהקרקע, רוב המתקן נמצא מתחת לפני הקרקע, והפסולת המאחסנת ממתנה בו לפינוי. כל נקודת איסוף משרתת כמה עשרות בתי אב, והנקודות מרוקנות למערכת בתדירות שנועה בין פעם בכמה שעות לפעם בכמה ימים. הפקודה ניתנת ממרכז הבקרה, שמנטר מידע שנאסף מחיישני המערכת. איסוף הפסולת עצמו נעשה ללא כל צוות עובדים, מלבד ביצוע עבודות תחזוקה לפי הצורך. תחנת האיסוף המרכזית, שמרכז הבקרה המפקח על פעולת המערכת ממוקם בה בדרך כלל, נמצאת במרחק של עד כ־2 ק"מ מנקודות האיסוף הרחוקה ביותר. כתלות בגודל המערכת, היא עשויה לשרת מ־500 בתי אב ועד למעלה מ־20,000. בתחנה זו נמצא בכל זמן נתון מ־100 פסולת אחד לפחות עבור כל אחד מזרמי הפסולת, ולעתים יותר מכך, בהתאם לכמויות הפסולת ולתדירות הפינוי שהמערכת נדרשת להן. כדי לשמור על רמת היגיינה גבוהה, המכלים סגורים וכמעט אינם באים במגע עם האוויר החיצוני, למעט בעת החלפת מכל מלא במכל ריק.

במערכת פנאומטית לאיסוף אשפה עלות ההשקעה הראשונית גבוהה יותר מזו הנדרשת למערך איסוף ופינוי קונבנציונלי. עם זאת, עלויות התפעול השוטפות נמוכות באופן משמעותי. יכולות הניטור הגבוהות במערכת מקנות גמישות תפעולית רבה, כך שגם בזמנים של עומס בשימוש במערכת מתאפשר פינוי יעיל וללא חסימות. הפחתת השימוש ברכבי פינוי פסולת מפחיתה את הצורך בעובדים, בכלי רכב ובדלק, חוסכת בהוצאות שוטפות במערך האיסוף, וכמו כן מצמצמת פליטת מזהמים, מפגעי רעש ועומסי תנועה ברחבי השכונה. נוסף על כך, המערכת מייתרת את הצורך בחדרי אשפה, וכך מגדילה את השטח הציבורי בבניין. נקודות האיסוף - שמונעות מפגעי מראה וריח מאחר שהפסולת לא נערמת בהן - תורמות לחזות העירונית, ואף נמצאו כמעודדות מחזור.

מערכות פנאומטיות נמצאות כיום בשימוש במרחבים ציבוריים המשרתים כמות גדולה של בני אדם (כגון בתי חולים, מלונות, שדות תעופה מרכזי קניות ובנייני משרדים) ובאזורי מגורים המאוכלסים בצפיפות בבנייה גבוהה במרכזי ערים. רוב המערכות כיום משולבות במיזמי בנייה חדשים במדינות המפותחות באירופה ובאסיה, עם קרוב ל־1,000 מערכות פעילות בעולם.

יתרונות וחסרונות המערכת הפנאומטית מוצגים בטבלה 1. המערכת הפנאומטית היחידה שפועלת כיום בישראל הוקמה בשכונת "יבנה הירוקה", ונוסף על כך ישנם מיזמים נוספים בשלבי ביצוע שונים, בין היתר ברעננה ובבת ים. היוזמה להקמת המערכת היא של הרשות המקומית, השואפת לקדם ערכים סביבתיים

אחד ההיבטים הסביבתיים המרכזיים של דפוסי הצריכה בחברה הוא מאפייני הפסולת שמקורה במשקי הבית. סקר שערך הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD) ב־2011 בקרב 12,000 משקי בית מ־11 מדינות מפותחות מעלה כי כמות הפסולת המדווחת בישראל היא הגבוהה ביותר, ועומדת על 69 ליטרים לשבוע למשק בית ממוצע - לעומת ממוצע של 42 ליטרים בכלל המדינות<sup>[2]</sup>. נתון זה עשוי להוות אינדיקציה לשלל בעיות, אך גם מסמן את האתגר הקיים בישראל בעצם העומס המוטל על מערך האיסוף והטיפול בפסולת, שמצריך בחינת פתרונות מתקדמים שטרם יושמו בארץ.

מערכות אוטומטיות לאיסוף פנאומטי של פסולת הן חלופה מתקדמת למערך איסוף הפסולת הקונבנציונלי על-ידי משאיות. המשתמשים משליכים את הפסולת דרך פתחים ייעודיים, הממוקמים בנקודות ציבוריות בתוך הבניין או בשטח החיצוני. הפסולת מאוחסנת זמנית בנקודת הכניסה וממתנה לאיסוף על-ידי המערכת הראשית, בהתאם לסוג הפסולת. משם מועברת הפסולת בצורת לנקודות איסוף מרכזיות, ומהן היא מועברת באופן מרוכז לטיפול או להטמנה.

**טבלה 1. יתרונות וחסרונות של מערכות פנאומטיות לאיסוף פסולת**

יתרונות	חסרונות
חיסכון בצורכי כוח אדם לאיסוף הפסולת	עלויות הקמה גבוהות (בעיקר בבנייה נמוכה)
יתרון לגודל מבחינת עלויות	חיסרון כלכלי במערכות קטנות
מניעת מפגעי רעש וריח, חיסכון בדלק ובפליטת מזהמים ממשאיות הפיני	רגישות לתקלות, המצריכה תחזוקה שוטפת בתדירות עולה עם גיל המערכת
ערכים אסתטיים והפחתת החשיפה החזותית למערך הפסולת, צמצום השטח הנדרש לאצירת הפסולת מחוץ למבנים ובתוכם	התאמה בעיקר לאזורים צפופים
נגישות גבוהה למשתמשים ועידוד הפרדה לזרמים	מתאימה פחות להפרדת זכוכית

1.5 ק"ג לנפש ליום, המסתכמים בכ־6,000 טונות ל־3,550 יחידות דיור ובכ־18,000 טונות ל־11,000 יחידות דיור בשנה (תוך שקלול קצב אכלוס המיזם, ובהנחה של 3.4 נפשות ליחידת דיור). עלויות התפעול, שהן נקודת יתרון מרכזית במערכות הפנאומטיות, צפויות לעלות עם השנים בשל בלאי במערכת ועלייה בהיקפי השימוש בה, ומורכבות מעלויות כוח אדם, חשמל ותחזוקה, שהוערכו בכ־121 ש"ח לטונה עבור 3,550 יחידות דיור וב־73 ש"ח לטונה ל־11,000 יחידות דיור. מבחינה כלכלית, **הקמתו של מיזם אופייני צפויה להוסיף לכלל המשק תועלת נטו של 546 ש"ח לטונה פסולת נאספת**. תועלת זו נגזרת מהפחתה משמעותית בעלויות האיסוף העירוני (עלויות ישירות, הפחתת מזהמי אוויר ופליטות גזי חממה וחיסכון בזמן; הפחתת מטרדי הריח לא כומתה במחקר) וכן מהתועלת הנגזרת מפינוי חדרי האשפה והפיכתם ללובי לשימוש הדיירים.

לסיכום, נמצא כי בתנאים המתאימים ובכפוף לתכנון סטטוטורי ראוי בידי הרשות המקומית, ישנה היתכנות להטמעת מערכת פנאומטית לאיסוף פסולת במיזמים חדשים של בנייה רוויה, שבצדה גם רווחה ציבורית וסביבתית.

**מקורות**

- [1] אילון א, ליבס ע, רזנטל ג וגבאי ד. 2015. מערכות פניאומטיות שכונתיות לאיסוף פסולת - ניתוח טכני כלכלי לרשויות המקומיות. [www.tinyurl.com/Neaman-pneumatic-waste-systems](http://www.tinyurl.com/Neaman-pneumatic-waste-systems)
- [2] OECD. 2014. Greening household behaviour: Overview from the 2011 Survey – Revised edition. OECD Studies on Environmental Policy and Household Behaviour. OECD Publishing. [www.tinyurl.com/OECD-household-behaviour](http://www.tinyurl.com/OECD-household-behaviour).

ולמתג את השכונות הנבנות בה בהתאם.

בעבודת המחקר בנושא, שנעשתה עבור המשרד להגנת הסביבה [1], נבחנו כדאיות התקנת מערכות אוטומטיות לאיסוף פנאומטי של פסולת במיזמי בנייה חדשים של שכונות מגורים. התרחישים שנבחנו הם בעבור שכונות בבנייה נמוכה באופן יחסית (5-6 קומות בבניין) ובגודל של 3,550-11,000 יחידות דיור. ישנו יתרון משמעותי לגודל ולמספר הקומות שהמערכת משרתת, היות שרכיב העלות המרכזי בהקמתה הוא פריסת הצנרת. עוד נמצא, כי בניגוד להערכות היזמים והרשויות המקומיות, היקף הפסולת עשוי להיות נמוך מן הצפוי (ובהתאם לכך, עשוי להשפיע על התחשיב הכלכלי), ולפיכך הנחנו במחקר קצב ייצור פסולת של

**שימוש עירוני במים אפורים - הפער בין דעות הציבור למכשולים רגולטוריים**

זויה זילברפרב<sup>(1)</sup>, רוסלנה רחל פלטניק<sup>(2)</sup>, ואנדראה גרמנדי<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> החוג לניהול משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה  
<sup>(2)</sup> החוג לכלכלה וניהול, המכללה האקדמית עמק יזרעאל  
<sup>(3)</sup> המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה  
 \* zoyazilber@gmail.com

השימוש במים אפורים נעשה נפוץ ברחבי העולם במטרה לצמצם את השימוש במים העירוניים ולפנות מים באיכות גבוהה, כמו מים טבעיים ומותפלים, לענפים המשתמשים במים כתשומה ומאופיינים בפיריון גבוה יותר. מים אפורים, המוכרים גם כ"דלוחים", הם מים שמקורם בכיורי רחצה ביתיים, במקלחות, באמבטיות וכן במכונות כביסה ביתיות. לאחר טיפול מתאים, מים אלה יכולים לשמש להשקיה, לכביסה ולהדחת אסלות ולחסוך למשפחה בת ארבע נפשות כ־60 ש"ח לחודש בחשבון המים.

מדוע, אם כך, טכנולוגיה זו לא מיושמת? בישראל, שימוש עירוני חוזר במים אפורים עומד עדיין בפני מכשולי אסדרה (רגולציה) שונים. משרד הבריאות מפרסם באתרו כי "בעיה מרכזית הקיימת בשימוש חוזר במים אפורים היא הסכנה לבריאות הציבור". קביעה זו נובעת מהחשש כי המים האפורים לא יעברו טיפול ראוי, ומיקרואורגניזמים מסוימים יישארו במים