

# הנדסת שימור בישראל, 1988-2013

אינג' יעקב שפר

בשנות ה־30' היו על פי תורת הבטון והפלדה, כך בעכו ובירושלים. פיתוח אתרי העתיקות משנות ה־50' ועד ראשית שנות ה־90' היה גם הוא על טהרת הבטון והפלדה. כך לדוגמה טופלו בחומרים אלו האתרים: בית שאן, בית גוברין, הכותל והעופל הדרומי, תל לכיש, מצדה ותל חצור. במבנים היסטוריים של המאה ה־19 בוצעה התערבות בבטון ובפלדה, והיא ניכרת ברוב המבנים הללו עד היום.

גישה זו של בניית הבסיס ההנדסי מבטון מזוין ומפלדה הייתה מקובלת ועדיין קיימת בשל מספר סיבות:

1. הידע שעומד לרשות המהנדסים מבוסס על תורת הלמידה בבתי הספר להנדסה, שבהם עדיין שולטים הבטון המזוין והפלדה.
2. אין לומדים את הטכנולוגיה העתיקה וההיסטורית, ומתעלמים באופן מוחלט מנתוני חוזק וחולשותיו של המבנה העתיק.
3. חוסר ידע והיעדר פתיחות להתקדמות בתחום הנדסת השימור בעולם. את תוצאותיה החמורות של גישה זו רואים בכל העולם ובישראל. נזקים בלתי הפיכים לאתרים ולמבנים היסטוריים עד כדי הרס ואיבוד האתר, או עלויות עצומות, המושקעות באתרים להסרת הבטון והפלדה והחלפתם בייצוב הנדסי הולם.

## השינוי בגישות השימור ההנדסי

השינוי בגישה לשימור הנדסי בישראל החל בשנות ה־90', עם הקמתו של תחום שימור ברשות העתיקות. היוזמה של מנהל התחום דאז אדר' ג. סולר לשלב בסגל תחום שימור מהנדס שימור השתלבה עם גורמים נוספים ובהם: קליטה של עולים מבריה"מ לשעבר ובהם מהנדסים ומשמרים שהתחנכו על תורת השימור; צרכים הנדסיים בפרויקטים גדולים שהתפתחו בשנים אלה והאפשרות לקבל ייעוץ מקצועי בנושאי הנדסת שימור

התפתח בתחום הנדסת שימור? הרי כל מבנה דורש התערבות הנדסית? וכיצד דרישות גבוהות באדריכלות ובשימור פיזיטכני יכלו לקבל מענה מתאים מההיבט ההנדסי? מעטים הם המהנדסים שיעדו עצמם לשימור מבנים.

ההתמודדות עם השימור בתחום ההנדסי לא צעדה בקצב של השימור הרעיוני, האדריכלי והטכני. לפני פחות מעשרים שנה נוצרה תת־ועדה להנדסת המבנים לשימור באיקומוס הבין־לאומי [ISCARSAH]. לפני כחמש שנים נפתחה תכנית "מאסטר בהנדסת שימור" באירופה, והיא כיום היחידה בתחומה, ורק בשנים האחרונות החלו להעביר באירופה השתלמויות בנושא הנדסת מבנים ואתרים באוניברסיטאות.

## גישות מוקדמות להתערבות הנדסית באתרי עתיקות

עד שנות ה־90', את המענה לאתגר ההנדסי באתרי העתיקות ובמבנים ההיסטוריים נתנו מהנדסי קונסטרוקציה טובים, אך בבסיס לימודיהם והתמחותם היו מבנים מודרניים הבנויים בטון מזוין ופלדה. הפתרונות ההנדסיים היו בהתאם, כלומר באמצעות קורות בטון מזוין או קורות פלדה, יסודות בטון או כלונסאות, תמיכות זמניות או קבועות מעץ, מבטון מזוין או מפלדה. מקדמי הבטיחות והנחות היסוד הבסיסיות לכן היו על פי התורה של קונסטרוקציית השלד והטבלאות המתאימות לכך. פרויקטי שימור ושחזור שביצעו הבריטים

## מהי "הנדסת-שימור"?

האם קיים בשימור פלח שמתייחס להנדסה? שאלה רטורית זו נשאלה לא אחת ונשאלת גם היום. האם לא כל מהנדס בעל ידע, ניסיון ואינטליגנציה מסוגל להתמודד עם כשלים או עם מיחזור של אתרי עתיקות ומבנים היסטוריים?

מראשית העיסוק בשימור מורשת בנויה במאה ה־19, התקיים הצורך ההנדסי, הקונסטרוקטיבי והפיזי. הרבה מהדמויות החשובות שעסקו במורשת הבנויה היו אמנם אדריכלים, אך הם טיפלו גם בפן ההנדסי של השימור. עם התפתחות השימור בעולם, במיוחד בהתערבויות גדולות באתרי עתיקות, הוחל במיחזור יזום של מבנים היסטוריים לשימושים חדשים. האדריכלים התמחו בתחום מבנים לשימור, והטיפול הטכני עבר לידיהם של משמרים. הללו עברו השתלמויות מקצועיות, נפתחו מסלולי לימוד המעניקים תארים אקדמיים בשימור, כך בעולם ולאחר מכן גם בישראל. לימוד הנושא באוניברסיטאות קידם, ללא ספק, את רמת הטיפול במבנים היסטוריים ועתיקים, ומה





מומחים בחו"ל. הרכיבים שיצרו שינוי דרסטי בגישות לשימור בישראל כללו: ניצול נכון של כוח האדם המקצועי-הנדסי שימורי שהיה ברובו מהעלייה הגדולה של שנות ה-90, עבודת צוות שכולל מהנדסים, משמרים, אדריכלים ומתכננים. העיסוק בשימור היה אמנם "מקצוע" חדש, אך הללו יצרו דינמיקה של הנדסת שימור.

פעולת המהנדס בעבודות שימור, שחזור או ייצוב זמני באתר ארכאולוגי והיסטורי נשענת על ארבעה יסודות:

1. ידע על הבנייה העתיקה וההיסטורית והכשלים הטיפוסיים באתרים.
2. סקר הנדסי שימורי. זהו כלי בסיסי למתן פתרונות הנדסיים, כפי שתיעוד הוא בסיס לשימור ולתכנון אדריכלי באתר.
3. סביבה "אוהדת" לקבלת הגישות ההנדסיות השימוריות מצד המזמינים, הגופים המעורבים והצוות הארכאולוגי והתכנוני באתר.

4. אתיקה מקצועית הנדסית-שימורית. השתלבותם של מספר מהנדסים צעירים שהתחנכו בארץ והשתתפו בהשתלמויות בארץ ובחו"ל קידמה במעט את המודעות לתחום, אולם עדיין מספרם של מהנדסי השימור מועט ביותר. הסיבות לכך נעוצות בעובדה שעדיין לא מלמדים את התחום בבתי הספר להנדסה, שהתחום עדיין אינו תופס פלח שוק גדול ושעדיין אין מודעות מספקת של מזמיני העבודה, הגופים הציבוריים והממשלתיים בישראל, להתקדמות תחום הנדסת השימור, כפי שקיימת כבר בחלק ממדינות אירופה.

השינוי בגישות ההנדסיות יתרחש, ככל הנראה, רק לאחר שהתחום יוטמע בהכשרת מהנדסים. כלומר, רק אחרי שדור שלם של מהנדסים יתחנך על שיטות הבנייה ועל טכנולוגיית הבנייה העתיקה, על רעיונות השימור, על אתיקת השימור, על הכשלים ועל פתרונות הנדסיים שימוריים. אלו, מתברר, בהרבה מקרים גם משתלמים מבחינה כלכלית יותר מהפעלת טכניקה מודרנית.

### הסקר והתכנון ההנדסי שימורי

עבודת ההנדסה בתחום השימור כוללת עבודה במשרד, אך גם הרבה עבודת שטח שבה המהנדס מעורב. מטרתו של המהנדס-משמר למצוא פתרונות לנושאים

הצלה של מבנה או שרידי מבנה הן חלק מפעולת הייצוב והשימור שלו. עבודות אלו ישמשו לעתים כ"פיילוט" לשיטות שימור טכניות הנדסיות בעבור מיזם השימור ויתבססו על עקרונות שימור, שיש ליישם בעבודות ההנדסיות במבנה לשימור. כך לדוגמה:

- כל העבודות יתבססו על שיטות בנייה עתיקות וטכנולוגיות מתאימות.

- עבודות השימור יהיו על בסיס בניית אבן וללא יציקת אלמנטים.

- עבודות השימור יהיו בחומר מליטה על בסיס סיד ולא על בסיס צמנט.

- כל העבודות שיבוצעו להסרת הסכנה, במקרה של תימוכים זמניים, יהיו בחומרים ובאלמנטים שאינם מסכנים את עבודות הייצוב, השימור והמיחזור בעתיד.

- אם יש צורך באלמנטים חדשים לתמיכה קבועה, המתאימים גם להסרת הסכנה וגם לעתיד, האלמנט יבוצע בהתאם להנחיות השימור של מבנים היסטוריים עתיקים כמו ההנחיות ההנדסיות של הוועדה המדעית הבינלאומית למבנים של איקומוס [הנחיות ISCARSAH].

2. **תכנית ייצוב.** תכנית זו תיערך על פי עקרונות שימור הנדסיים למבנה ועל פי מסקנות הסקר ההנדסי והמלצותיו. התכנית תכלול הנחיות ברורות, לדוגמה:

- בפתרונות הנדסיים יהיה שימוש מקסימלי בטכנולוגיית הבנייה העתיקה של אבן ומליטת סיד.

- בשל המצב החמור של האבן, יעדיפו להחליף אבן על השלמת אבן בהדבקה או הפוך: שימור אבן על החלפת אבן.

- במקרה הצורך, אבן הרוסה תוחלף באבן חדשה, ואף פעם לא בתחליף אבן כבטון או אבן מלאכותית.

- חומר המליטה יהיה על בסיס סיד וסיד הידראולי תעשייתי כדי לקבל חומר באיכות זהה למקור.

**לסיכום,** הניסיון המצטבר בטיפול באתרי מורשת תרבות מההיבט הפיזי-הנדסי שלהם והעיסוק הבינלאומי בסטנדרטים, בעקרונות ובאתיקה בשימור המורשת הובילו להתפתחות תחום הנדסת השימור. עם זאת, נדרש עוד מאמץ רב להטמעתו בהכשרת מהנדסים ובפרקטיקה של דור המהנדסים הפועל היום.

ולהציע אותם לבעיות לפני יישום השימור או השימוש-החוזר של אתר או מבנה היסטורי בזמן היישום או השימוש החוזר ולאחריהם. על פי רוב, מצפים ממהנדס שימור לתת תשובות מהירות לתימוך היכן שנדרש, לתת פתרונות חלופיים והמלצות להיתכנות הפתרון ההנדסי הקונסטרוקטיבי. יתרה מכך, מצופה לקבל ממנו פתרונות חלופיים והמלצות לפתרון הנדסי-כלכלי, ושהפתרון ההנדסי יהיה אחראי ל"מחזור חיים" של המבנה אחרי גמר עבודות הייצוב והשימור.

הכלים הבסיסיים לשימור אתרים ארכאולוגיים ומבנים היסטוריים הם הסקר ההנדסי שימורי ועקרונות הנדסיים שימוריים במיזם.

**הסקר ההנדסי שימורי.** סקר זה מתבסס על אמנות השימור, מסמכי מדיניות וכללי עבודת שימור בעולם. הוא מורכב מחמישה פרקים, הכוללים את כל הידע ההנדסי קונסטרוקטיבי ופיזי על האתר. הסקר כולל כמובן גם את הידע של הסוקר ההנדסי שהוא תוצר של איסוף מידע וניסיון לאורך שנים. על פי רוב, יכולת הסקר: מבוא ובו הרקע לעבודה ומטרת ביצוע עבודת הסקר; טכנולוגיית הבנייה, כולל בדיקות מעבדה של חומרים; מצב ההנדסי קונסטרוקטיבי ופיזי שימורי, כולל מחקר, ניטור הנדסי ובדיקות הנדסיות שונות; מסקנות הסקר; המלצות הסקר ורשימת מקורות המידע לסקר.

התכנון ההנדסי של אתר או מבנה עתיק יחל רק לאחר ביצוע סקר, לימוד המסקנות והמלצות הסקר ההנדסי וקבלת אישור המזמין להמלצותיו.

**התכנון ההנדסי שימורי:** התכנון ההנדסי שימורי מורכב מתכנון הנדסי קונסטרוקטיבי ומתכנון הנדסי-פיזי. המלצות הסקר יילמדו תחילה משני ההיבטים, ולאורם יתבצע התכנון שיכלול שני מרכיבים:

1. **עקרונות שימור הנדסיים למבנה:** עבודות