

**כנס שנתי של ענף האיטום :**

**חידושים והתפתחויות בחומרי איטום וטכנולוגיות התזה**

**מנהל מיקצועי אינג' מיכאל מרטון**

**כפר המכביה רמת גן**

**16/03/2005**

**הרצאה בנושא: איטום תת קרקעי בהתזה**

**מרצה אורי עינבל, חברת פזקר בע"מ**



### איטום תת קרקעי בהתזה

תכנון אדריכלי באזור עירוני יקר ערך, אינו מביא בהכרח בחשבון את החלק התת-קרקעי של הפרויקט המתוכנן. בדרך כלל נעשה התכנון האדריכלי, תוך ראייה מקיפה של הסביבה מעל למפלס הרחוב, ולא תמיד מוקדשת מחשבה מספקת לחלק התת קרקעי של הפרויקט. במקרים רבים בהם יש חלק תת קרקעי בגודל משמעותי, ממוקם הפרויקט על קרקע יקרה מאוד, מאוכלס בדיירים בעלי דרישות גבוהות מאוד, ובמקום כזה נזילה של מים ולו הקטנה ביותר אל תוך החלק התת קרקעי של המבנה נחשבת לכשל של מערכת האיטום.

בניגוד לרוב מערכות הבניין האחרות הניתנות לשיקום או להחלפה בתקופת השרות של המבנה. על מערכת האיטום התת קרקעית לתפקד בצורה מושלמת וללא כל תקלות לכל אורך חיי המבנה.

החשיבות העליונה (אורך החיים) של מערכת האיטום התת קרקעית, היא גורם ראשון במעלה בתכנון מערכת איטום תת קרקעי אמינה, ומתפקדת לכל אורך חיי המבנה. תיקון נזילות תת קרקעיות לאחר שמערכת האיטום נכשלה, היא פעולה יקרה ביותר והעלות עשויה להגיע עד לפי 100 מעלות מערכת האיטום המקורית.

השימוש במבנים תת קרקעיים כיום, הינו שונה בתכלית השינוי ממה שהיה מקובל לפני כ 50 שנה ויותר. בעבר שמשו החדרים התת קרקעיים של המבנה כחניונים או מחסנים כך שרטיבות מסוימת בהחלט הייתה דבר נסבל. כיום משמשים החלקים התת קרקעיים של המבנה כמשרדים, חנויות, בתי עסק, חדרי ניתוח, חדרי פיקוד ומטה ועוד, ולכן שלמות ואמינות האיטום התת-קרקעי חייבת להיות מוחלטת.

האיטום התת קרקעי בתקופה המודרנית החל בתחילת המאה העשרים. האיטום נעשה במנהרות,

סכרים, בריכות ומעברי חציה תת קרקעיים.

האיטום התת קרקעי היה מורכב בתקופה זו משכבות של זפת עיטרן (COAL TAR PITCH)

(שמקורו בזיקוק פחם) וביניהן בדי כותנה או בדי יוטה. הגנת האיטום נעשתה בעזרת לבנים

שנטבלו בזפת עטרן חמה, והודבקו למערכת האיטום.

בתקופת מלחמת העולם הראשונה לא השתנו בהרבה שיטות האיטום התת קרקעי. בתקופה זו החל לראשונה השימוש בביטומן שמקורו בזיקוק נפט, בתקופה זו החל השימוש בשכבות מנקזות לאורך הקירות התת קרקעיים בנוסף לאיטום, האיטום היה מורכב באותם ימים משש שכבות של ביטומן שיושם בחם ומחוזק בבד.

באותה תקופה החל גם השימוש במערכות צמנטיות לאיטום חיצוני (איטום שלילי), ולאיטום פנימי (איטום חיובי), חלק ממערכות אלו כללו גם תוספים לבטון המבוססים על תחמוצות ברזל שהפכו לתחמוצות תוך הגדלת נפח, ואיטום מעברים קפילריים, מערכות אלו נזנחו במשך השנים, תוך הופעתם של חומרים חדשים ומודרניים לאיטום תת קרקעי.

במשך השנים התפתח בעולם איטום תת קרקעי בעזרת יריעות ביטומניות משופרות, יריעות בנטוטייט, יריעות PVC, יריעות גומי בוטילי ואיטום במשחות ביטומניות על בסיס ממיסים אורגניים, במקום השיטות הקודמות שהיו נהוגות.

בתחילת שנות ה 90, בעקר כתוצאה מכשלים במערכות איטום תת קרקעיות ביריעות מוכנות מראש שמקורם בעיקר באזור החיבור בין היריעות, לחדירת מים מתחת למערכת האיטום היתה מוצמדת במלאה לקיר, גלישה של מערכות האיטום כשלים נוספים, ודרישות של רשויות לאיכות הסביבה בחו"ל למערכות שאינן פולטות לאוויר גזים, או ממיסים הביאו להתפתחות מערכות

איטום תת קרקעיות המבוססות על מים כתווך נושא. ביטומן כאמולסיה, ופולימרים לשיפור התכונות המכניות בטמפרטורות שונות. מוצרים אלו מאפשרים ישום חומר נוזלי / משחתי על קירות ורצפת מבנים תת קרקעיים תוך יצירת ממברנת איטום רציפה, ללא תפרים, אטומה למים ומודבקת במלאה לקיר.

בשנת 1978 פורסם לראשונה תקן אמריקאי (ASTM C898) לאיטום תת קרקעי של תקרות תת קרקעיות (PLAZA DECK) המתייחס למערכות משחתיים ונוזליות (LIQUID MEMBRANE) ובשנת 1998, התפרסם לראשונה תקן גרמני לאיטום תת קרקעי על בסיס ממברנות נוזליות גמישות לישום בקר. הישומים הראשונים של ממברנות נוזליות על קירות תת קרקעים היו מבוססים על ביטומן חם מנושף או משופר בפולימרים ובמשחות ביטומניות על בסיס ביטומן מנושף או משופרות בפולימרים, לעיתים בשילוב בדים לחיזוק, בשנת 2004, ולאחר שמערכות ביטומניות קרות על בסיס מים היו בשימוש זמן רב בארה"ב, פורסמה מחדש מערכת דרישות לאיטום תת קרקעי מסוג זה על ידי ה-ICC-ES. אישורים של גוף זה נחשבים כאישור ברוב מדינות ארצות הברית. אחת הבדיקות החשובות הנדרשת במפרט האמריקאי היא עמידות החומר בלחץ מעל לסדק תקני.

עבודות האיטום במשחות אלו היו כרוכות בעבודה ידנית מרובה, כאשר היתרון העיקרי על פני ריתוך יריעות, היה קבלת ממברנת איטום רציפה ללא תפרים, המודבקת לקיר באופן מלא. דרישות איכות הסביבה מחד והרצון להימנע בעבודה הקשורה לביטומן חם, או למוצרים הפולטים אדים של ממיסים אורגניים, הביאו לפיתוח מוצרים משחתיים לאיטום תת קרקעי על בסיס מים. העבודות הקשורות לאיטום תת קרקעי בשיטות המסורתיות, היה עתיר כח אדם, שהפך ליקר יותר ונדיר יותר.

כתוצאה מכך התפתח הצורך לפתח שיטות ממוכנות לאיטום תת קרקעי על בסיס ביטומן – פולימרי במערכת מימית – ובישום ממוכן.

המשחות על בסיס מים ביטומן – פולימר לאיטום תת קרקעי מבוססות בד"כ על אמולסיה ביטומנית משופרת בפולימרים על בסיס גומי סינטטי (כמו נאופרן למשל) השימוש באמולסיות אלו הביא ליתרונות הבאים:

- 1) הציוד הנדרש לישום זול יחסית.
- 2) ההובלה והאחסון באתר של החומרים נעשים ללא ציוד או דרישות מיוחדות.
- 3) כח האדם הנדרש הוא קטן מאוד וההספקים גבוהים.
- 4) תחילת העבודה באתר היא מיידית, אין צורך להמתין עד שביטומן יתחמם, או עד שהקיר יתייבש לחלוטין.
- 5) בטיחות גבוהה – אין אש, אין אדים.
- 6) תאימות גבוהה לתנאי מזג אויר משתנים.
- 7) הדבקה מלאה לקירות התת קרקעיים.
- 8) ממברנה רציפה ללא תפרים.
- 9) בהרכב הנכון אטימה לגזים כמו ראדון ומתן.
- 10) מתן אפשרות ליישם את החומר על מבנים בעלי צורה מורכבת.
- 11) חומרים בעלי התארכות גבוהה (מעל 700%) ובעלי שיבה גבוהה (מעל 85%).

החסרון העיקרי בחומרים אלו הוא בשליטה על עובי הציפוי. דבר המחייב את המתכנן ליישם כמות גבוהה יותר של חומר מהנדרש, בכדי לפצות על אי דיוקים בהתזה. בנוסף החומר אינו משוריין ולכן רגיש יותר לחדירת גופים זרים ולפגיעה מאשר יריעות ביטומן למשל.

## קבוצת חומרים

החומרים המשחתיים על בסיס מים לישום תת קרקעי מתחלקים לשתי קבוצות עיקריות:

- חומרים להתזה חד קנית

- חומרים להתזה דו קנית

את החומרים החד רכיבים ניתן לישם בדרך כלל לעובי יבש של 1-2 מ"מ בשכבה אחת.

עוביים גבוהים יותר יש ליצר ע"י ישום מספר שכבות בדרך כלל, בהפרש של 8-10 שעות בין שכבה

לשכבה, הייבוש בחומרים אלו הוא ע"י נידוף של מים, בדומה ליבוש שכבות צבע.

מהירות הייבוש משתנה מאתר לאתר ותלויה בלחות היחסית, מהירות הרוח והטמפרטורה. יבוש

מהיר מדי או שכבה עבה מדי עשויה להביא לסדיקת החומר תוך כדי יבוש או גלישתו מהקיר.

היתרון בשיטה היא בעיקר בפשטות הביצוע, ובמכונות התזה קטנות, ופשטות להפעלה, הניתנות

לניוד בקלות האתר הבניה.

באזורים בהם קיימת קרקע מחלחלת ניתן בד"כ להסתפק בשכבה אחת או שתיים בכדי להגיע

לאיטום טוב של הקיר, תוך שמירה על גישור סדקים של 0.5 מ"מ כנדרש בתקן הגרמני.

במקומות בהם יש קרקעות שאינן מחלחלות היטב או מי תהום גבוהים קיימת בד"כ הדרישה

לעוביים גבוהים יותר של האיטום. בכדי לזרז את עבודות ההתזה, פותחו אמולסיות משופרות

בפולימרים להתזה, המבוססות על מכונות התזה דו קניות.

במכונות אלו מתיזים את האמולסיה הביטומנית בקנה אחד, וחומר לזירוז הפירוק של האמולסיה

בקנה אחר,

האמולסיה והחומר המפרק נפגשים באוויר המפגש גורם לפרוק האמולסיה, ולהפרדתה מהמים. בפועל פוגעת בקיר מערכת טיפות של ביטומן פולימר, בעוד המים עוזבים במהירות את המערכת, שארית המים נדחפים החוצה ע"י חומר חדש הפוגע בקיר, והיתרה כ 2-3% לחות מתנדפת תוך זמן קצר.

היתרון העיקרי של עבודה בשיטה זו הוא האפשרות לישם קרומים בעובי גבוה במהלך אחד. הציוד לעומת זאת מורכב וכבד יותר מהציוד הנדרש להתזה של חומר חד רכיבי, גם המפעיל חייב להיות ברמה גבוהה יותר, תפעול המכונה המתיזה שני חומרים בו זמנית דורש ידע, ניסיון, ומיומנות. כאמור מכונות אלו גדולות יותר מורכבות יותר, וקשות יותר לשינוע באתר, מאידך ההספקים ליום עבודה גבוהים יותר (עד 1000 מ"ר ליום עבודה).

בתכנון מערכות המותזות על קירות יש לתכנן מראש את פרטי המעבר בין הרצפה לקירות, הרצפות מבוצעות במקרים רבים ביריעות, בעיקר עקב חוזקן המכני הגבוה השריון הקיים בהם, וקלות הישום על משטחים אופקיים.

יש להקפיד לתכנן מראש את השילוב בין שתי המערכות ולהבטיח הדבקה מלאה של המערכת המותזת ליריעות.

במקומות בהם יש חשש לסדיקה בשלב מאוחר יותר (חדירות צנרת למשל) מומלץ לשריין את המקום בעזרת יריעות להדבקה עצמית או יריעות בריתוך או בדרך אחרת לפני תחילת ביצוע עבודות ההתזה,

### לסיכום

מערכות ביטומניות לישום תת קרקעי, המבוססות על אמולסיה ביטומנית משופרת בפולימרים, מאפשרת לאטום מבנים תת קרקעיים בממברנה רציפה וללא תפרים.

הישום הממוכן – בהתזה מאפשר פיתרון הנדסי וכללי לאיטום מבנים תת קרקעיים, ביחס עלות

תועלת גבוה.

