

דרכי התמודדות עם בעיות רטיבות במבנים עתיקים

מקרה מבחן החדר המלכותי בהרודיון

מהנדס ג'יק נגר
ראש ענף שימור אמנותי
מינהל שימור- רשות העתיקות

מים זורמים - מקור: גשם, רסיסי גשם המובאים על ידי הרוח, כוח המשיכה

מים מחלחלים/ קרקע רוויה - מקור: אדמה, סלעים

מים קפילריים - מקור: לאחר שהמים מחלחלים לאדמה הם עולים דרך הנקבוביות בה ונוצרת

רטיבות, מפלס מי תהום

חדירת מים - מקור: אדמה, קירות (שילוב של כוח המשיכה עם פעילות קפילרית)

אדי מים - מקור: אויר, עיבוי על משטחים קרים

Liquid water – sources: rain, wind driven rain, gravity

Gravitational water – sources: soil, rock

Capillary water (rising damp) – sources: the water remained in the soil after the gravitational water is drained, high water table

Infiltration water – sources: soil, walls (combination of gravity and capillarity action)

Water vapors - sources: air, condensation on cold surfaces

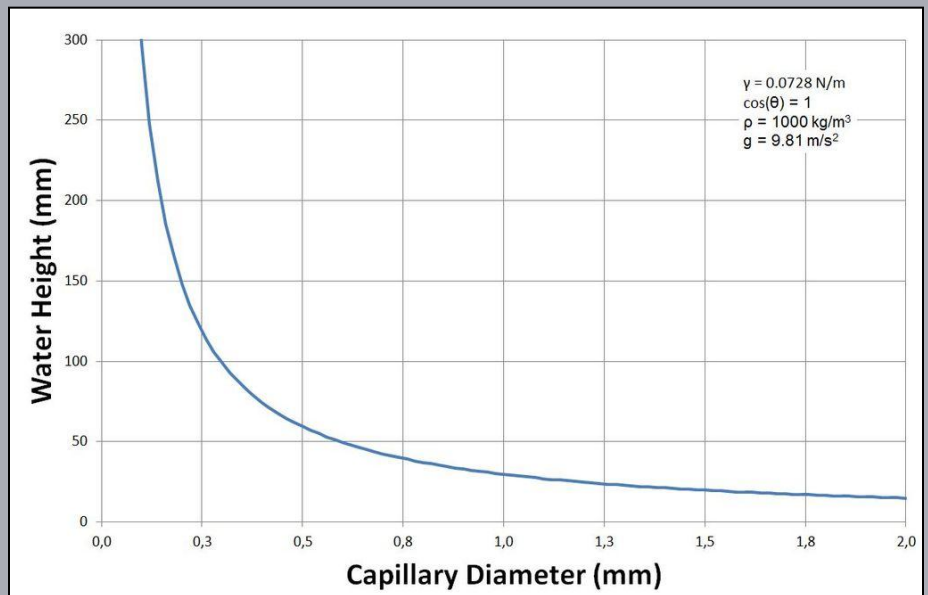
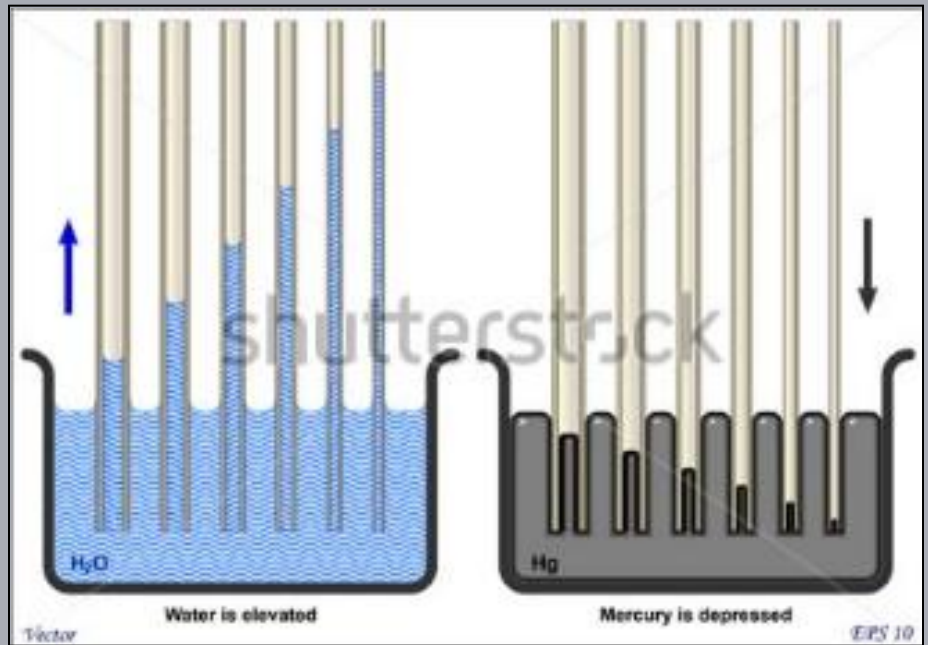


מים זורמים: גשם

רשות העתיקות, מינהל שימור



מים זורמים- מים מחלחלים



מים קפילריים- רטיבות



אדי מים- התעבות

רשות העתיקות, מינהל שימור



דרכי טיפול: טיפול במליחות האבן

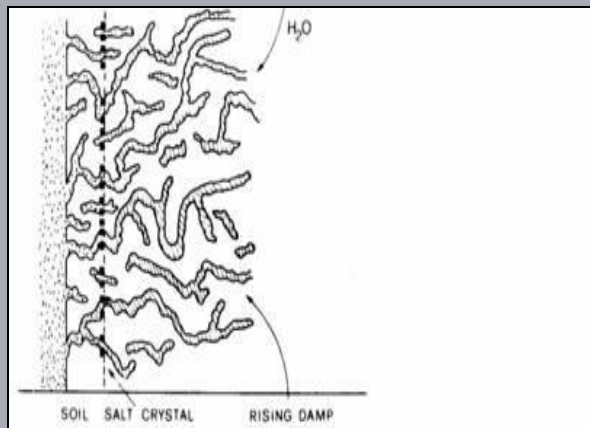


Fig. 25. Subflorescence. Water evaporates in the pores. This process is frequent on surfaces where evaporation of water circulating in the pores is accelerated in such a way that a liquid film cannot form on the external surface because evaporation is so rapid that water does not reach the surface at a sufficient rate [48]. Crystals form and grow along the interface between the wet and dry zones, and their growth causes the latter to separate or crumble. After S.Z. Lewin [62].

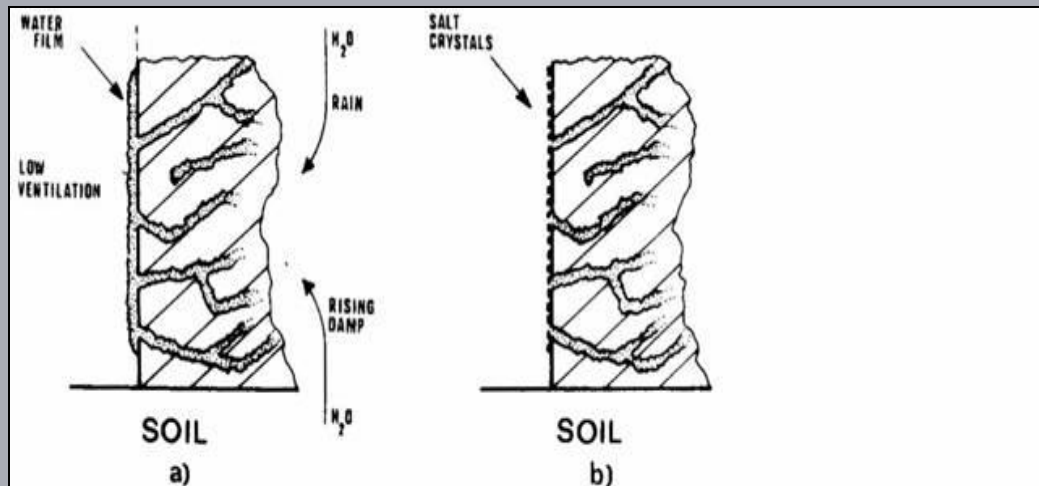


Fig. 21. Evaporation of water on the surface. (a) Wetting phase: liquid water on the surface. (b) Drying phase: evaporation of water and subsequent crystallization of salts. After G. Torraca [48].

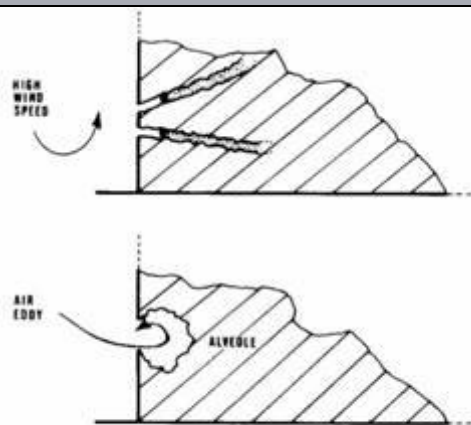


Fig. 26. Water evaporates in the pores. Capillary migration from the interior supplies water to a dry zone at a certain distance from the external surface, since strong winds cause so rapid an evaporation that water does not reach the surface at a sufficient rate. After G. Torraca [48].

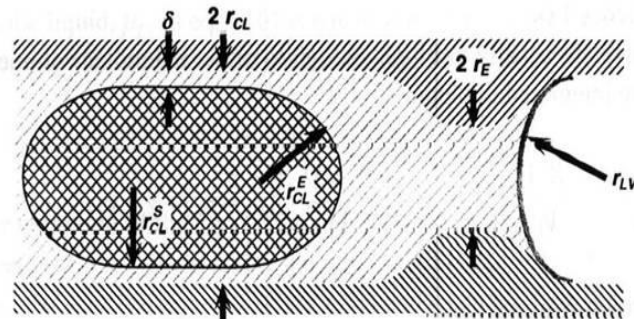
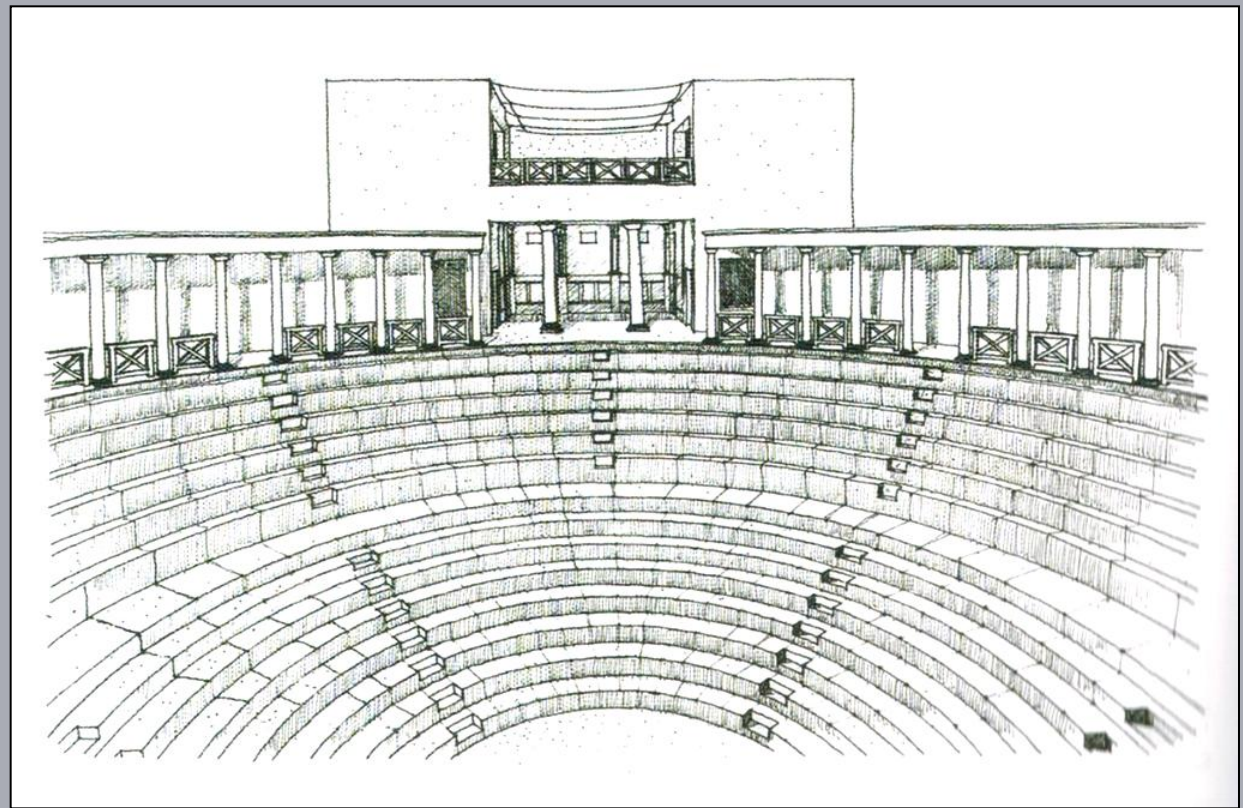


Fig. 1 A crystal is in equilibrium in a portion of a cylindrical pore with radius r_p . The pressure in the liquid is fixed by the negative curvature, κ_{LV} , of the liquid/vapor meniscus that resides in the pore entry, where the radius is r_E . There is a gap with thickness δ between the crystal and the pore wall.

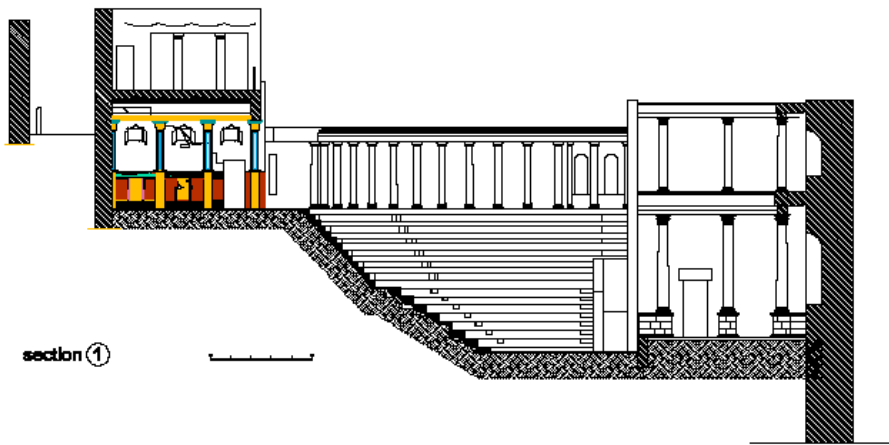


החדר המלכותי של הורדוס בהרודיון

© Ferrell Jenkins 2010



הצעת שחזור ראשונית (אהוד נצר)
מבט וחתך





הרודיון- מבט אל החדר המלכותי

עיטורים בתא המלכותי





חלון מצויר בתא המלכותי



חלון מצויר בתא המלכותי





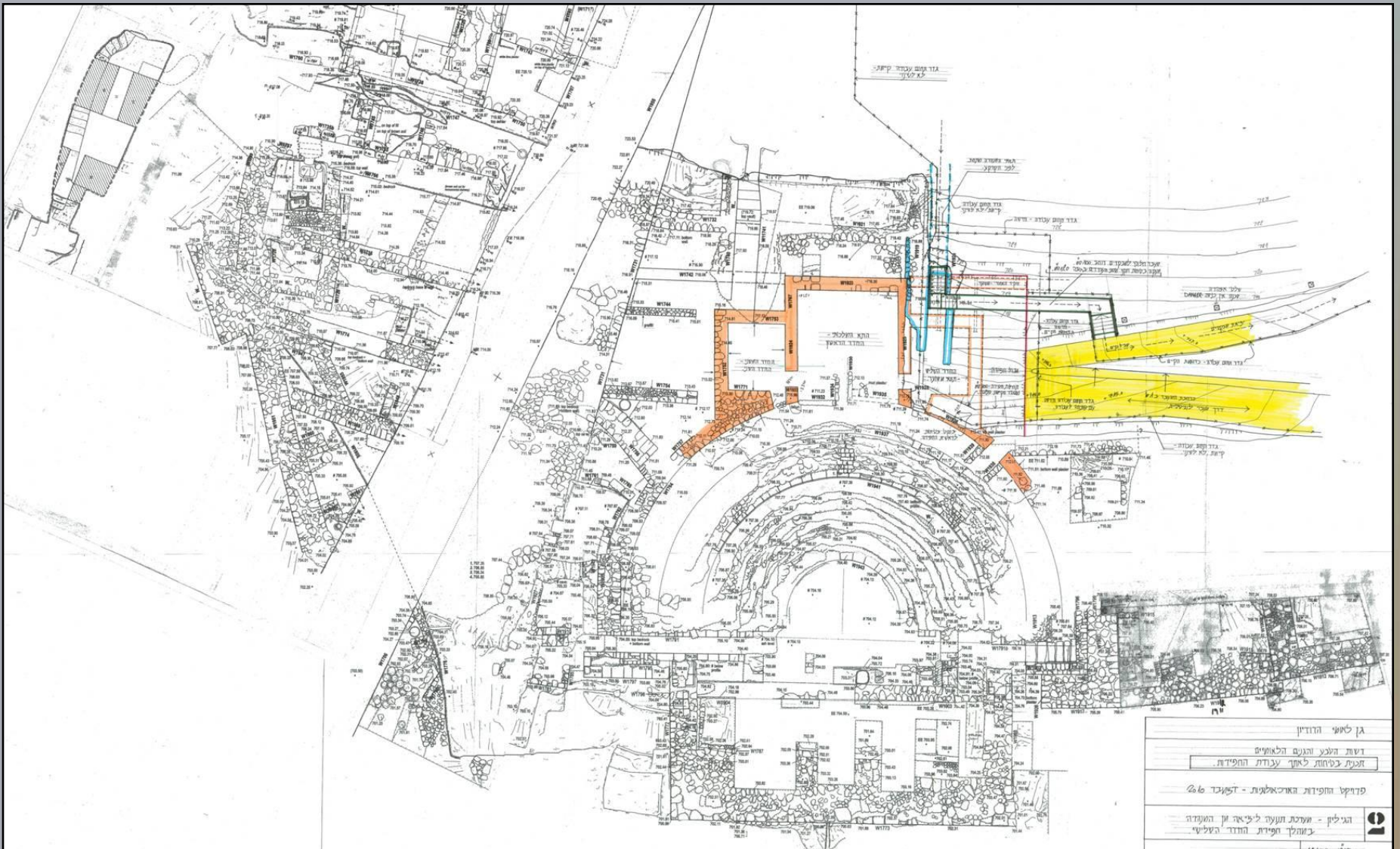
עיטורים בסטוקו בתא המלכותי



רשות העתיקות, מינהל שימור



תוכנית האתר:

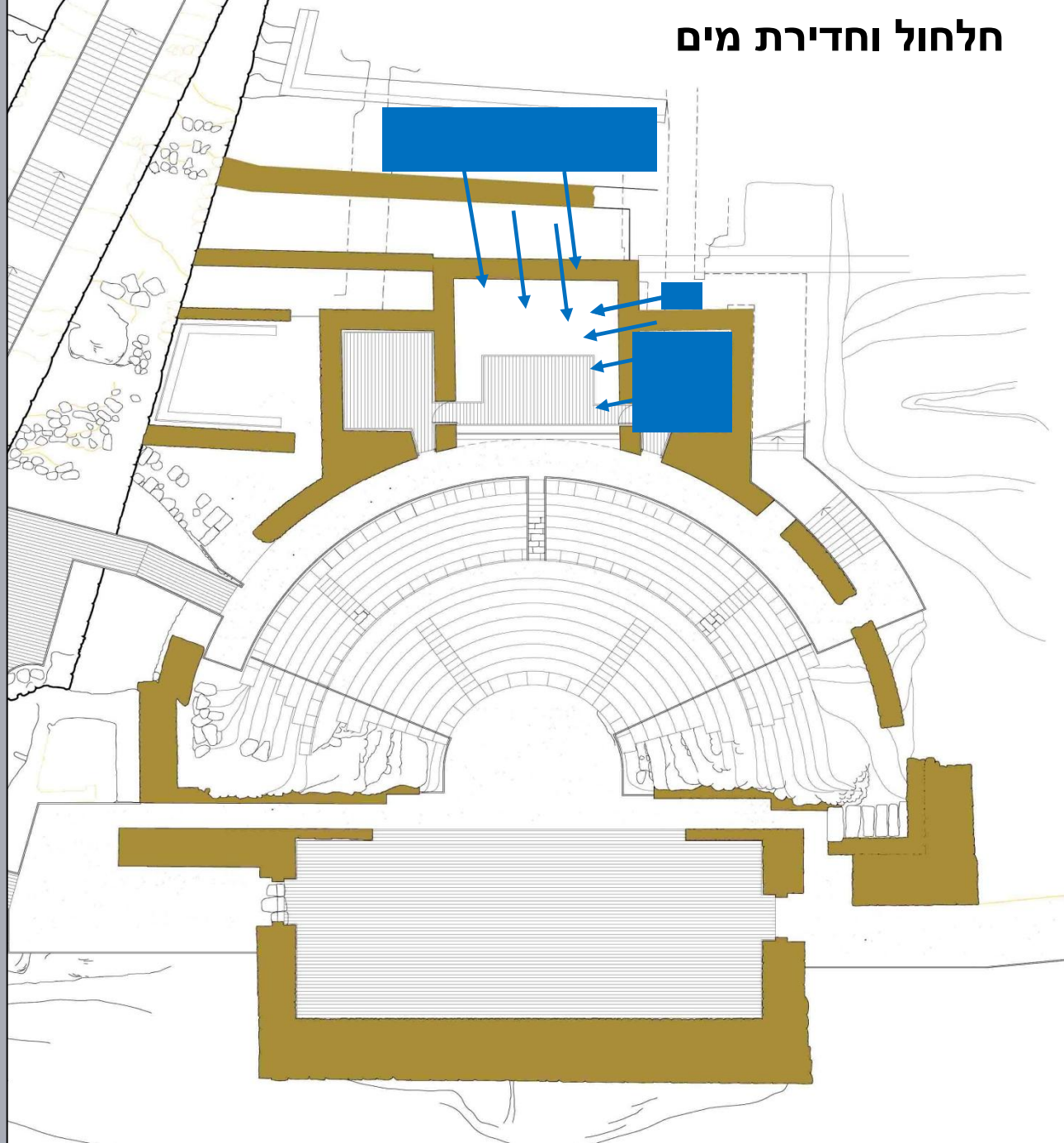


גן סאמי הודוין
 דשת העלע והגנים הלאומיים
 חגנת בסיחות לאקר ענדת חפידות
 פדוקס חפידות הארכאלוגית - דפנדג 66
 הגלית - מועדת תענה לביאר מן המועדה
 בנתחן חפידות חודד השלישי



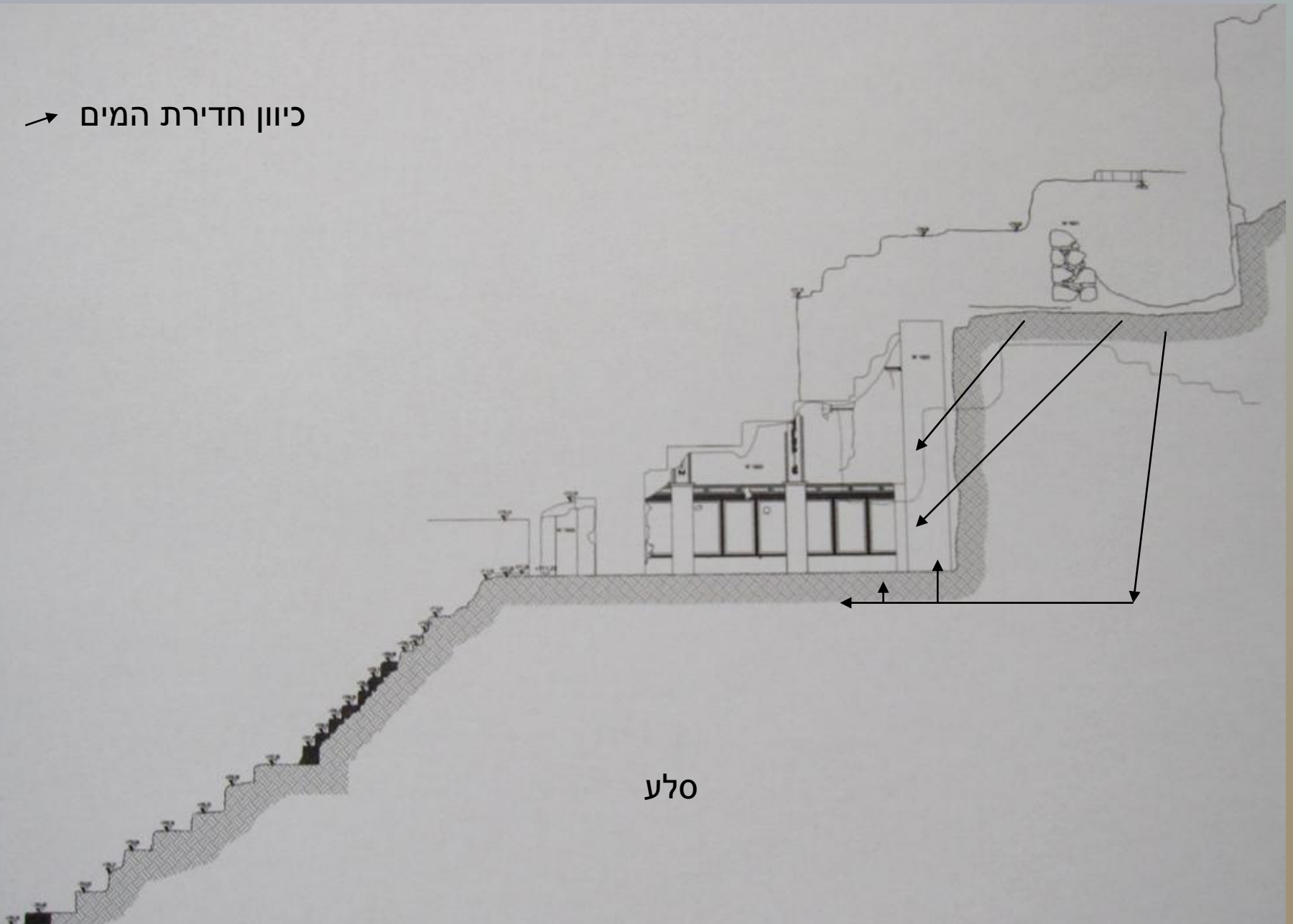
רשות העתיקות, מינהל שימור

חלחול וחדירת מים





→ כיוון חדירת המים



סלע



Methodology

- Identification and mapping of problems
- Identification of deterioration mechanisms
- Salt testing
- Microbiology growth testing
- Identification of sources of water and ways of water penetration
- Planning of intervention including:
 - Excavating the areas west and south of the Royal Chamber
 - Building new shelter
 - Expanding and repairing the existing shelter
 - Treating the top of the walls of the adjacent buildings
 - Insulation of the south and west walls
 - Infill existing archaeological pits
 - Systematization of the drainages around the chamber
 - Installation of Drytronic system
 - Monitoring conditions
 - Monitoring environment (T, RH) for 18 months)
 - Monitoring Moisture content on a regular basis



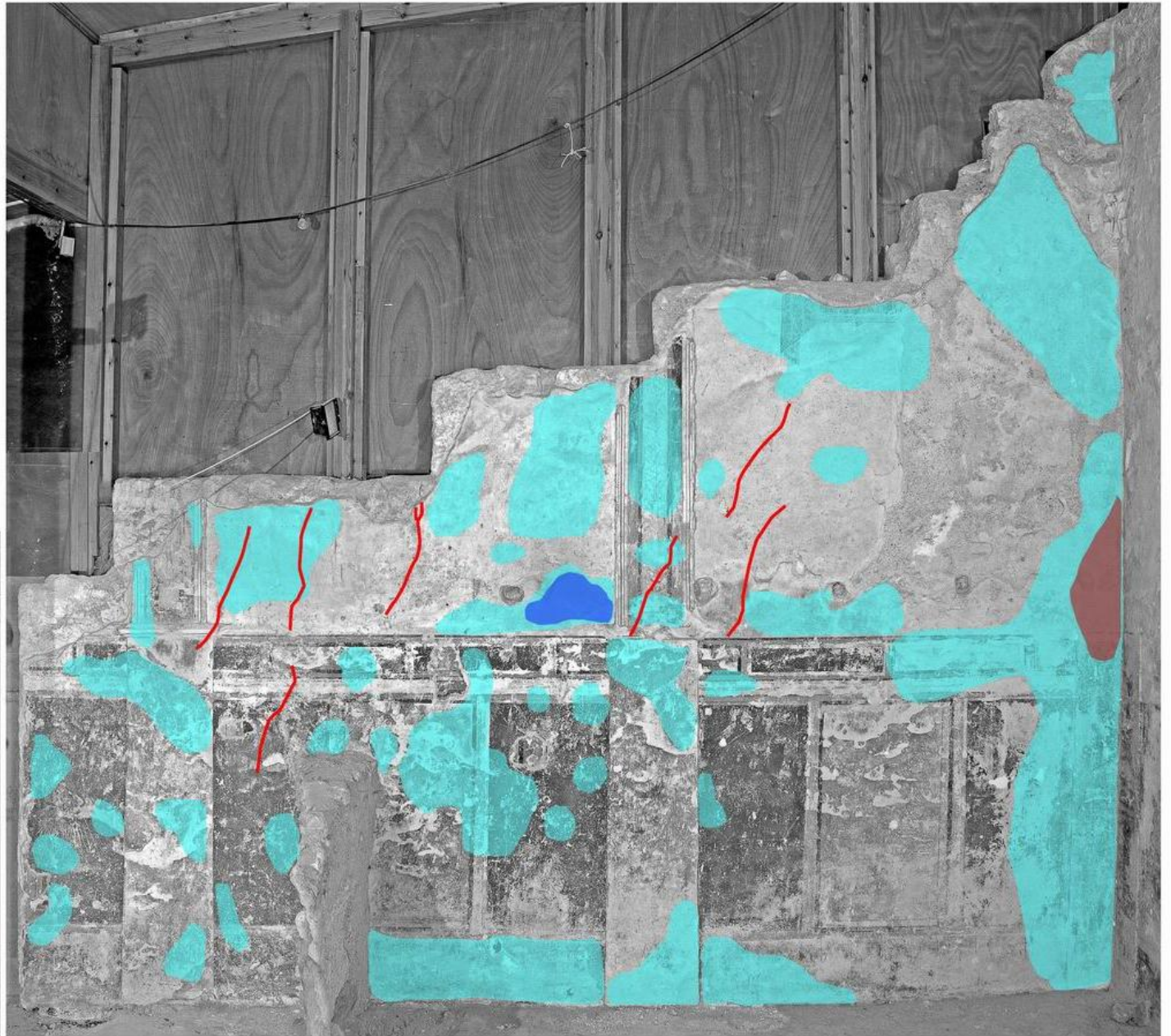
מתודולוגיה

- זיהוי ומיפוי בעיות
- זיהוי של גורמי בליה
- בדיקת מלחים
- בדיקות מיקרו-ביולוגיות- התפתחות חיידקים
- זיהוי מקורות מים ודרכי חדירת מים
- הכנת תוכנית התערבות
- חפירה בשטחים המערבי והדרומי של החדר המלכותי
- בניית קירווי חדש
- הרחבה ותיקון הקירווי הקיים
- טיפול בראשי קירות המבנים הסמוכים
- יצירת ציפוי מבודד לקירות הדרומי ומערבי
- מילוי בורות קיימים מהחפירות הארכיאולוגיות
- יישום מערכות ניקוז סביב החדר
- התקנת מערכת Drytronic
- ניטור תנאים סביבתיים
- ניטור ובקרת אקלים ל18 החודשים הבאים (T, RH)
- ניטור ובקרת לחות באופן שוטף

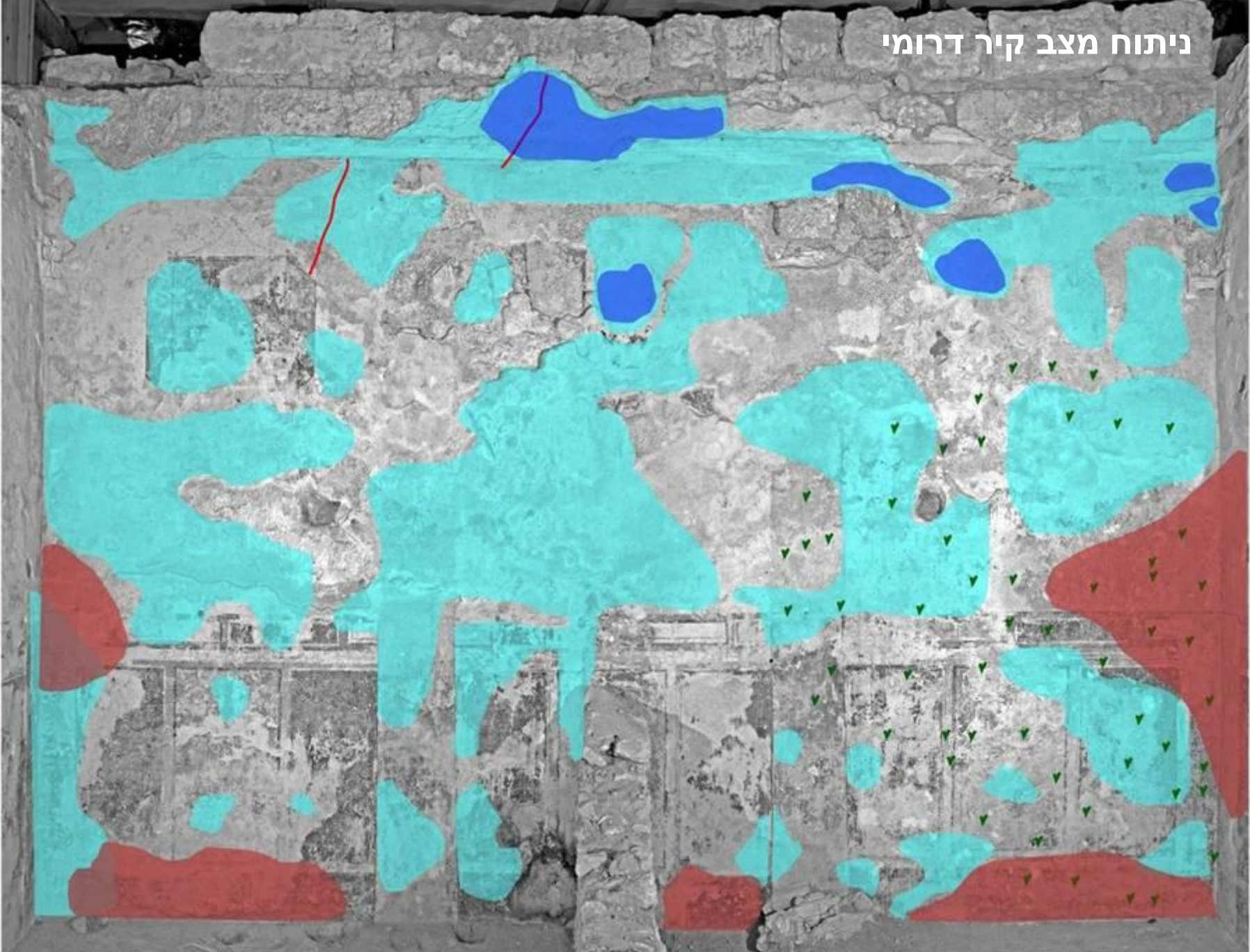
ניתוח מצב קיר מזרחי



- 0/11 Hollow Space חלל ריק
- 0/44 Detachment ניתוק
- 0/21 Biological Damage מיקרוביולוגיה
- 0/16 Salt Efflorescence הצטברות מלחים
- 0/4 Cracks סדקים

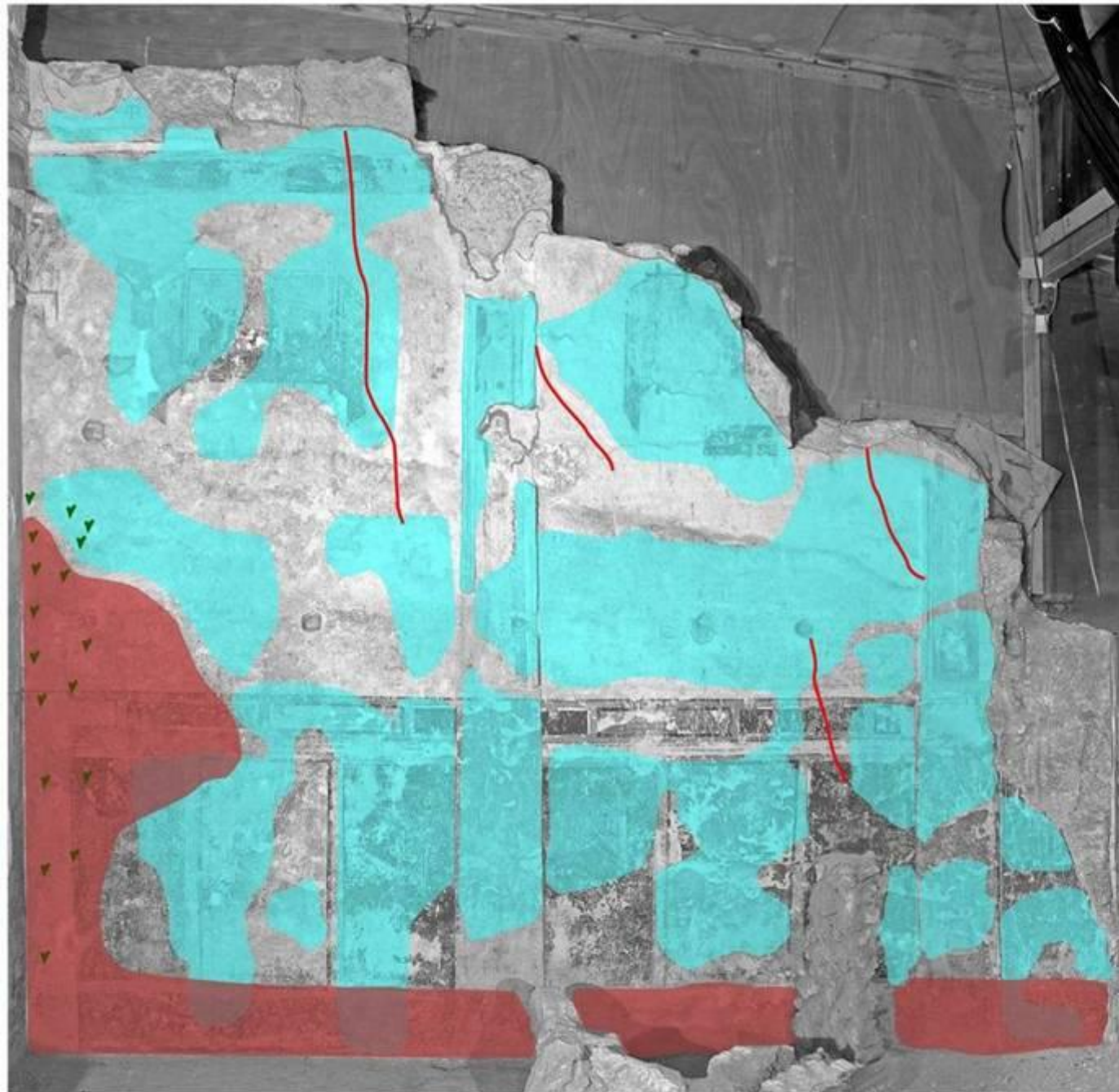


ניתוח מצב קיר דרומי





- 0/11 Hollow Space חלל ריק
- 0/44 Detachment ניתוק
- 0/21 Biological Damage מיקרוביולוגיה
- 0/16 Salt Efflorescence הצמברות מלחים
- 0/4 Cracks סדקים



ניתוח מצב קיר מערבי





קיר מערבי- היווצרות קריסטלי מלחים



קיר דרומי חדירת מים

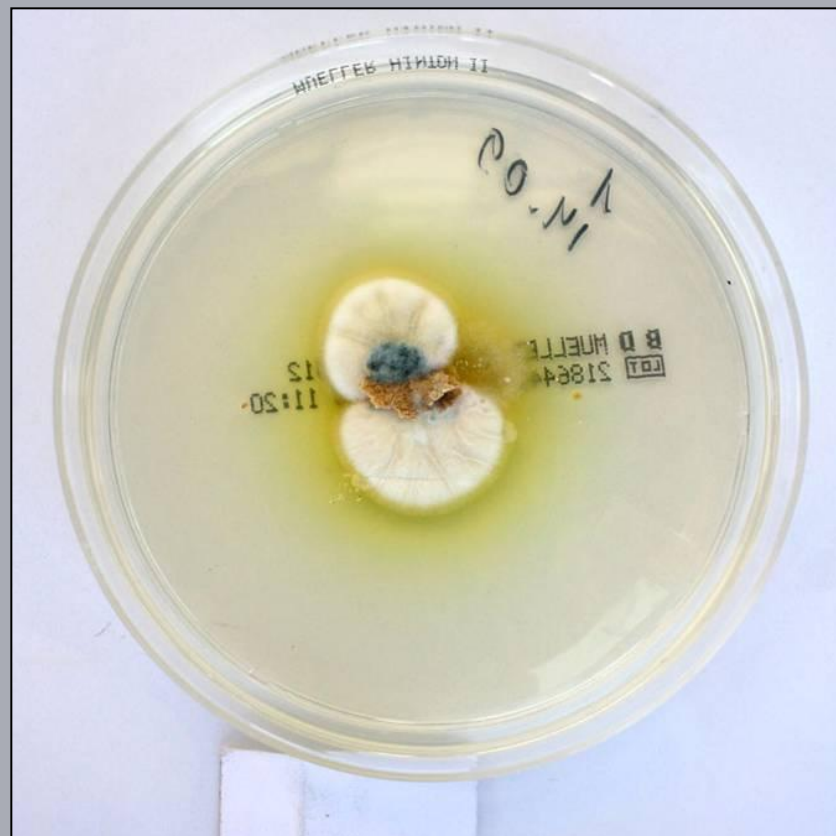


פינה דרום- מערבית- היווצרות קריסטלי מלחים





בדיקת מיקרוביולוגיה





טיפול בבידוד וניקוזים בצד הדרומי והמערבי





הרחבה ותיקון של הקירוי הקיים

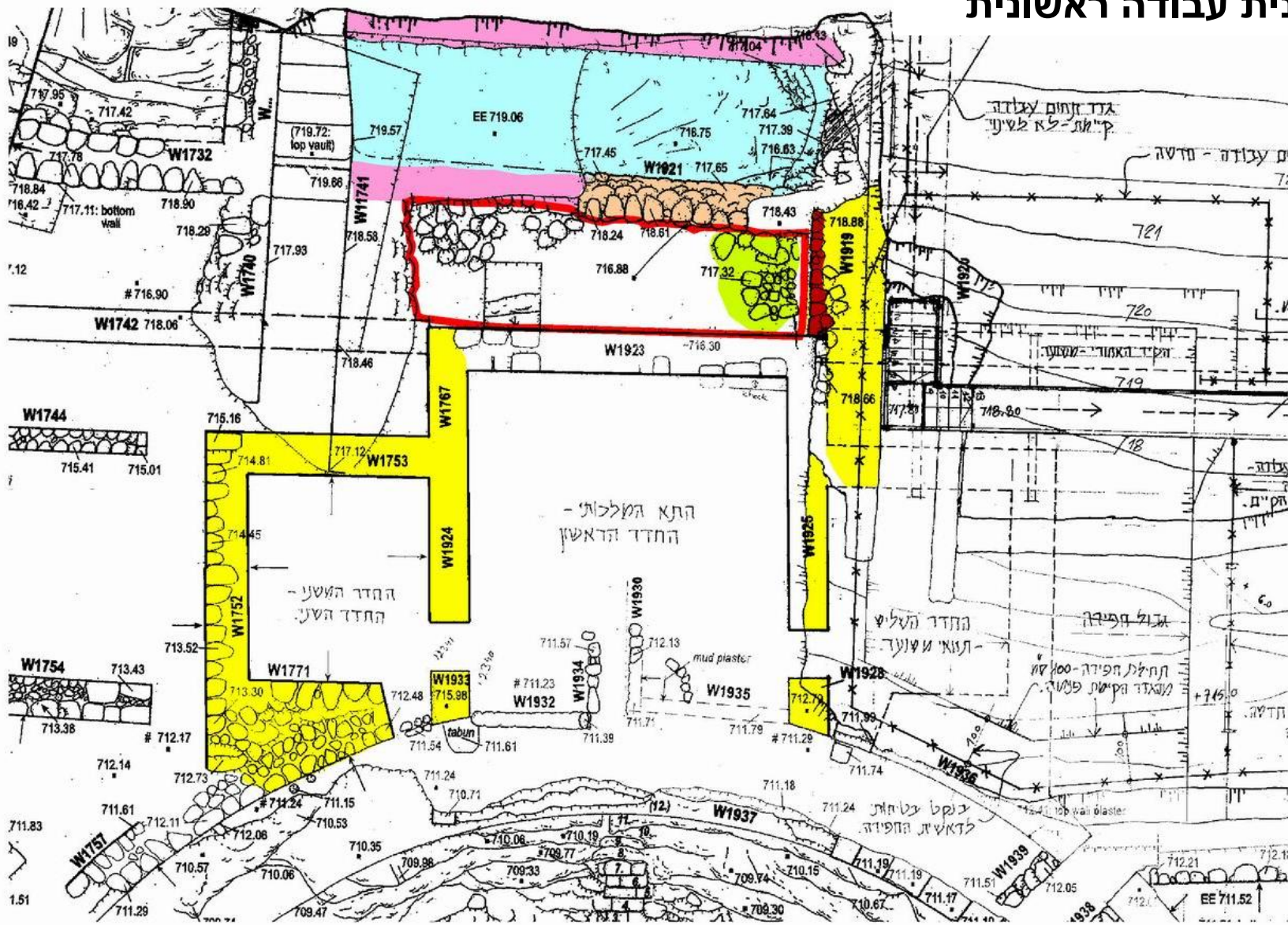
מבט מדרום- מזרח - קירוי וניקוז



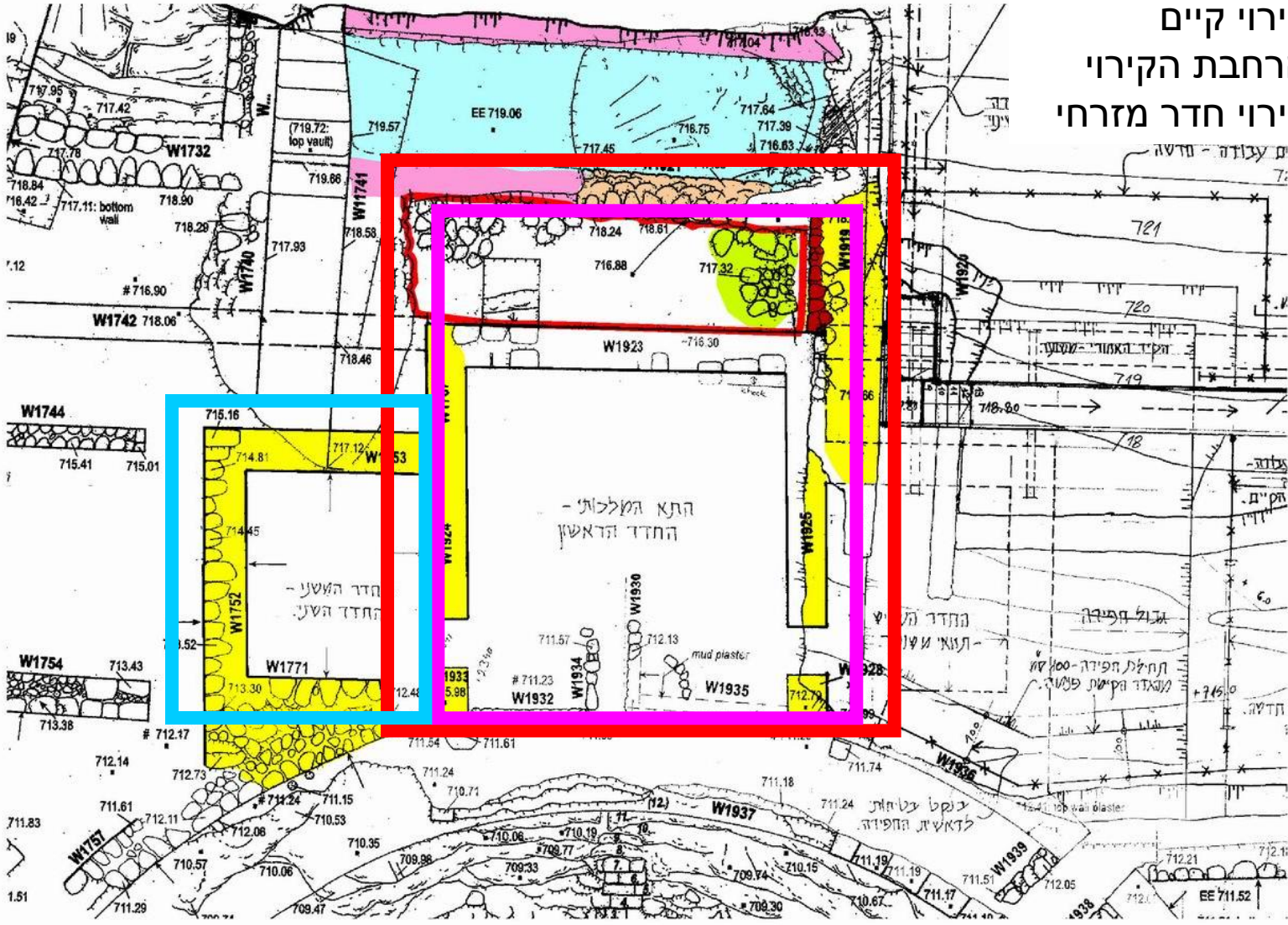
מבט ממזרח- הרחבת הקירוי



תוכנית עבודה ראשונית



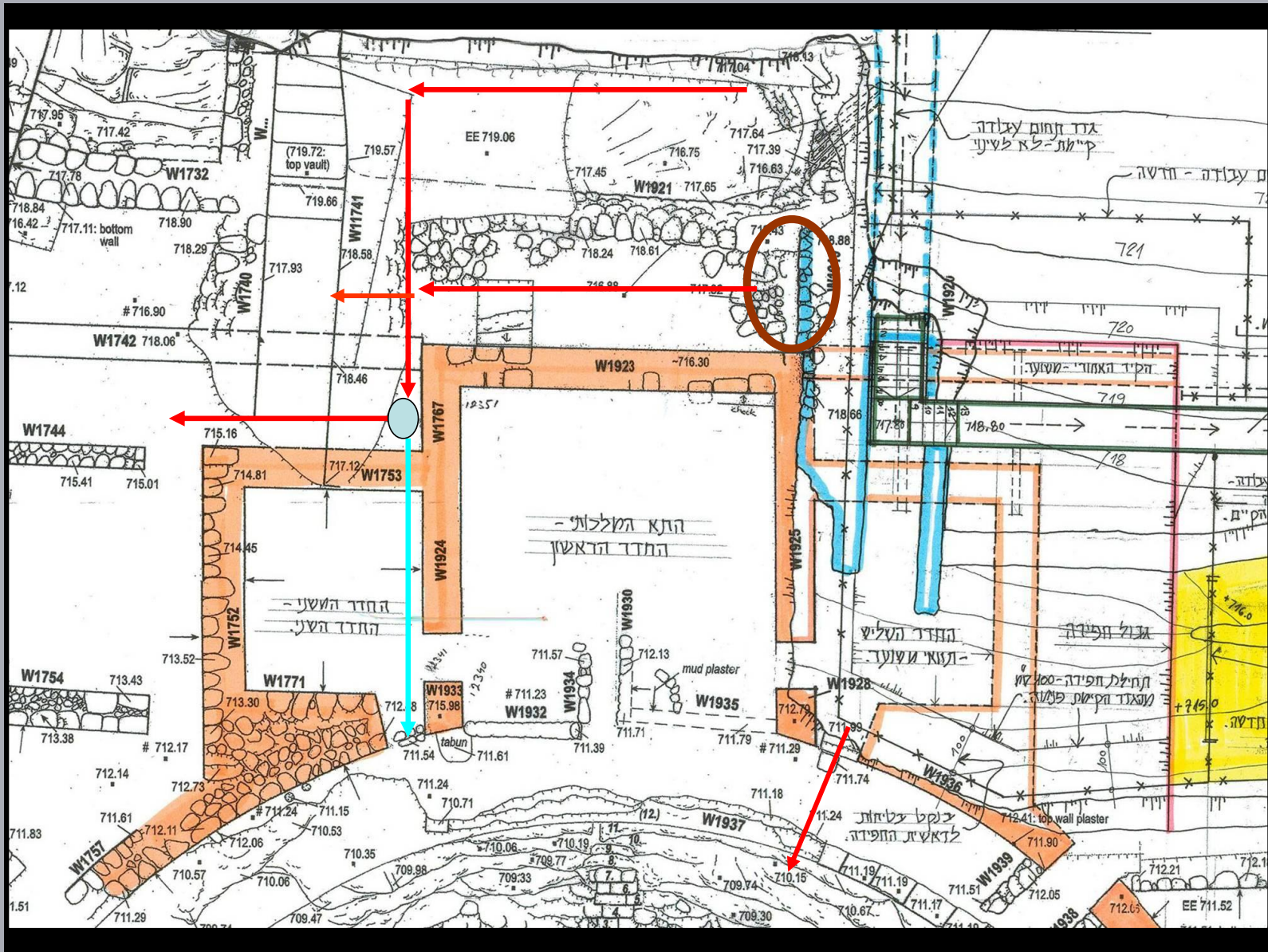
- טיפול ראשי קירות (קופינג)
- ייצוב קירות כולל טיפול ביסודות
- ייצוב קירות (מילוי מישקים וקופינג)
- חפירה ופירוק אבנים
- חפירה, בידוד, הסדרת מפלסים וניקוזים
- פתיחה, בידוד, הסדרת מפלסים וניקוזים
- בניית קירות תמך



- קירי קיים
- הרחבת הקירו
- קירו חדר מזרחי

- טיפול ראשי קירות (קופינג)
- ייצוב קירות כולל טיפול ביסודות
- ייצוב קירות (מילוי מישקים וקופינג) חפירה ופירוק אבנים
- חפירה, בידוד, הסדרת מפלסים ובניית מערכת ניקוז
- פתיחה, בידוד, הסדרת מפלסים וניקוזים
- בניית קירות תמך

תכנית כללית לבניית ניקוזים



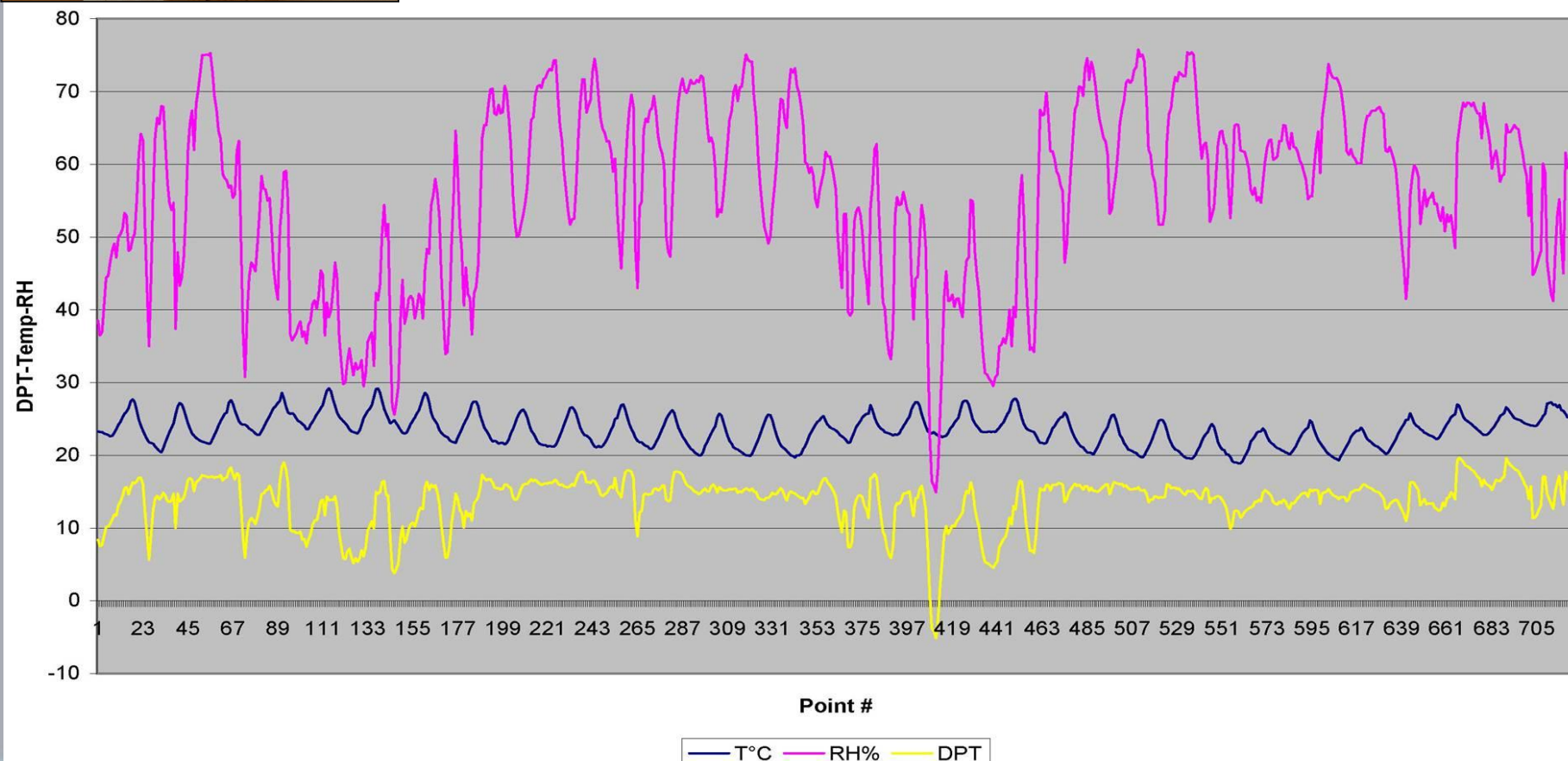


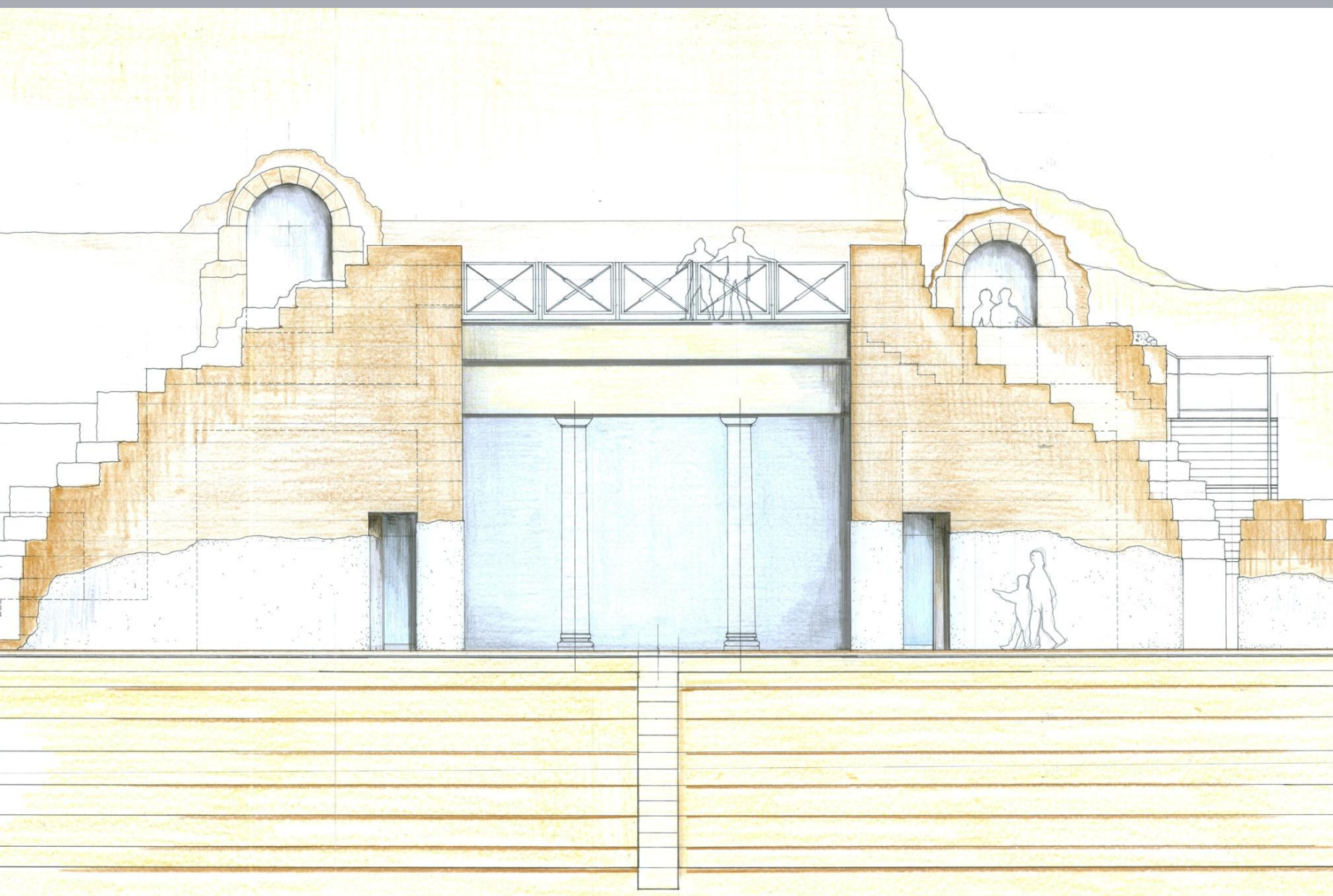
תוכנית בקרת אקלים והתקנת מערכת מוניטורינג



Condensation water – dew point

InLow: Oct





החדר המלכותי- מבט מהתיאטרון

רשות העתיקות, מינהל שימור

התקנת מערכת Drytronic



Statement of the problem:

- We don't have the possibilities to maintain balanced T/RH regime in the walls and stable micro-clime inside the Royal Chamber
- After the insulation of the area from South including drainages, treatment of the top of walls and protecting the West wall from direct water penetration we have a walls full of water.
- The drying of the walls will provoke future deterioration
- The complete drying of the walls will provoke condensation!

Solution: installation of the Drytronic system



הגדרת הבעיות

- בלתי אפשרי לשמור על בקרת אקלים מאוזנת בקירות ולייצב את האקלים בתוך החדר המלכותי
- לאחר יצירת שכבה מבודדת לקיר הדרומי, יצירת מערכת ניקוז למים, טיפול בראשי הקירות ויצירת הגנה לקיר המערבי מחדירת מים ישירה- התוצאה היא קיר מלא מים.
- התייבשות הקירות תיצור הדרדרות בעתיד
- התייבשות הקירות יוצרת עיבוי

מסקנה: התקנת מערכת Drytronic



a) Control units



Drytronic® - Standard	Drytronic® - Standard II	Drytronic® - Medium	Drytronic® - Compact	Drytronic® - Plus	Drytronic® - Special Units
(1.4 A) 1 power outlet	(2 A max.) 1p. outlet	(4 A max.) 1-2 p. outlets	(3/6 A max.) 1p. outlet	(6/8 A max.) 4 p. outlet	e.g. 20A ...30 A 1p. outlet
for \varnothing ca. 50 electrodes	for \varnothing ca. 100 electrodes	for \varnothing ca. 200 electrodes	for \varnothing ca. 300 electrodes	for \varnothing ca. 400 electrodes	for \varnothing 1000 ... 2000 electrodes

b) Electrodes and Graphite

Left: Special Graphite Powder samples
 Right: Electronic Graphite Spray

12,5 kg ton, 25 and 40 kg sack (not shown)

Several types of special electrodes

- diameter: 6 to 12 mm
- length: 120 mm with cable
- 300 mm extensions
- foam: 300 mm X 300 mm



Main Office

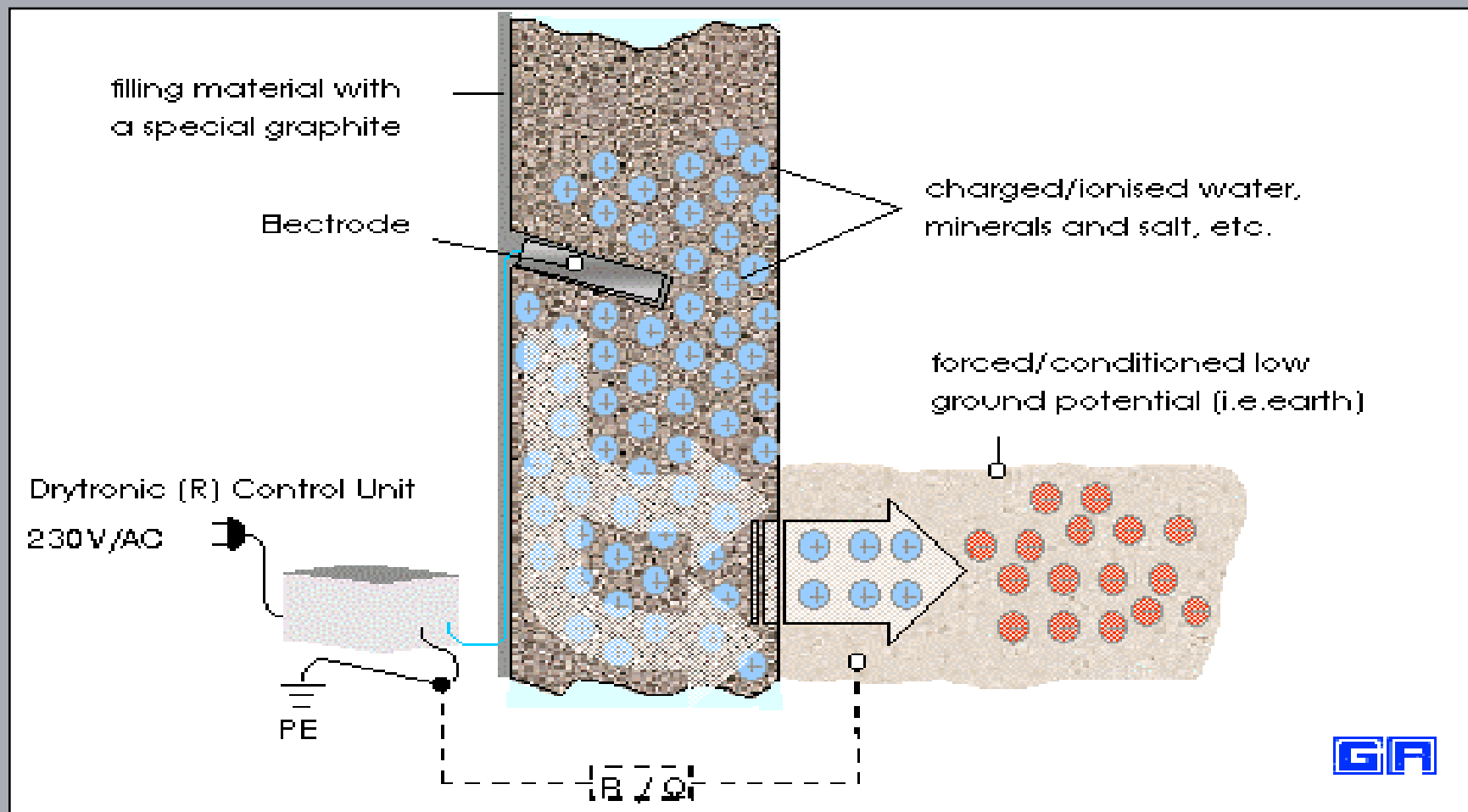
Global Assistance™
 Rappenbergstrasse 17
 D-72119 Ammerbuch
 Federal Republic of Germany

Tel: +49 7073-2634
 Fax: +49 7073-7728
 E-mail: info@global-assistance.com



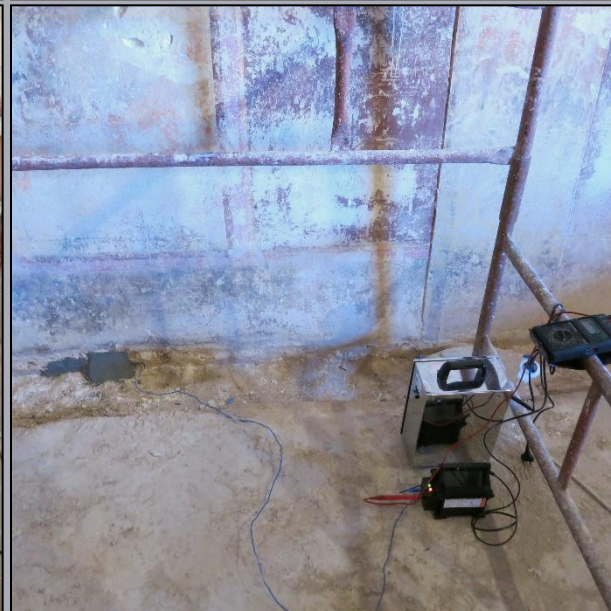
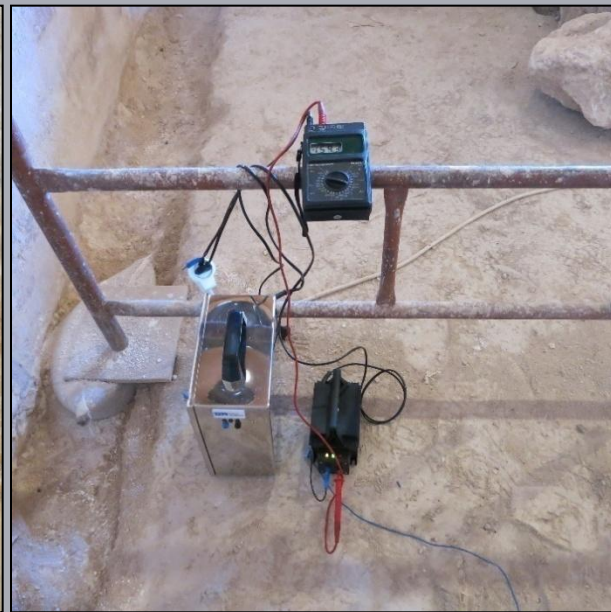
The Drytronic system

המערכת יוצרת שטח אלקטרו מגנטי אשר דוחף את המים כלפי הקרקע





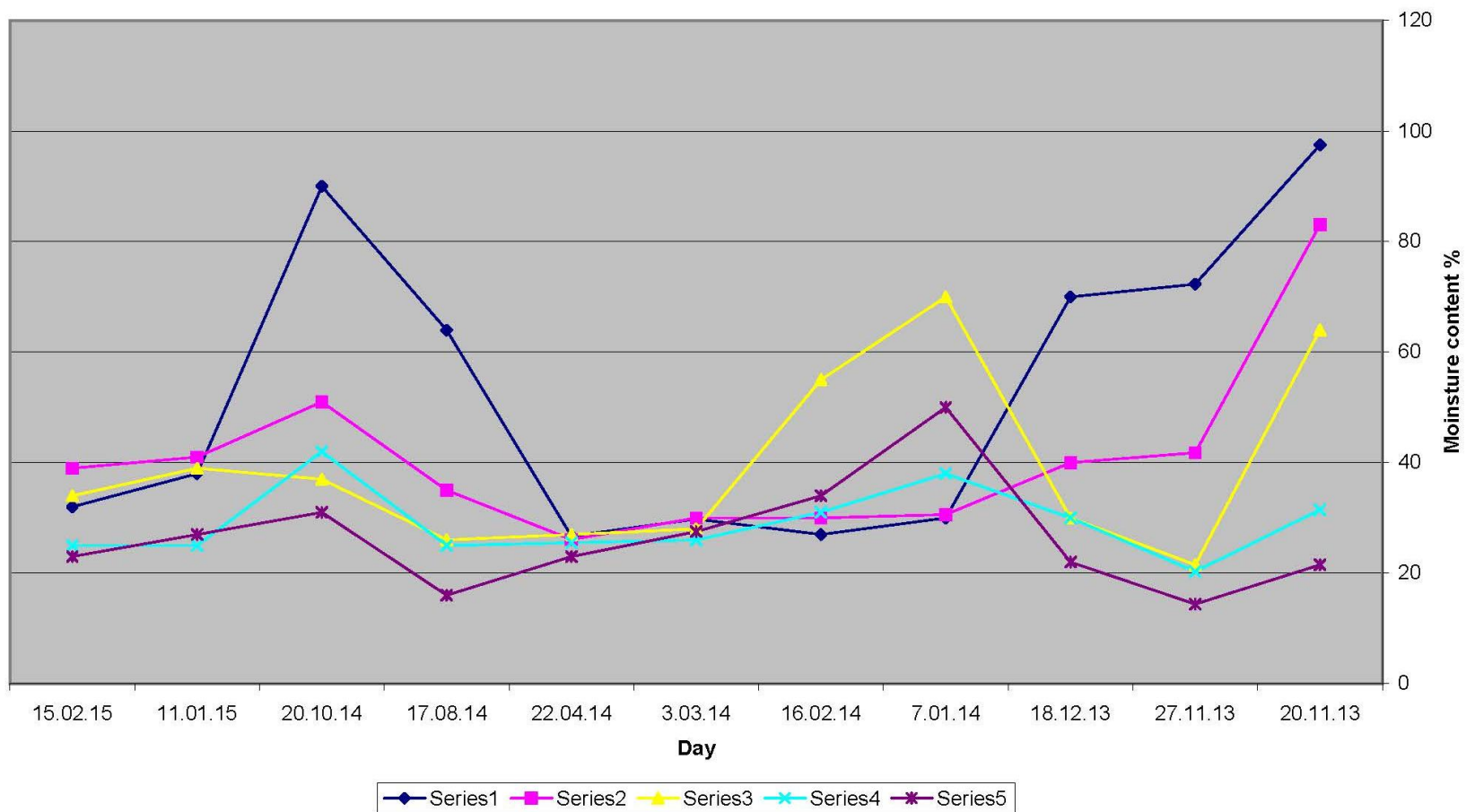
התקנת מערכת Drytronic





ניטור ובקרת תכולת הלחות לאחר התקנת ה-Drytronic

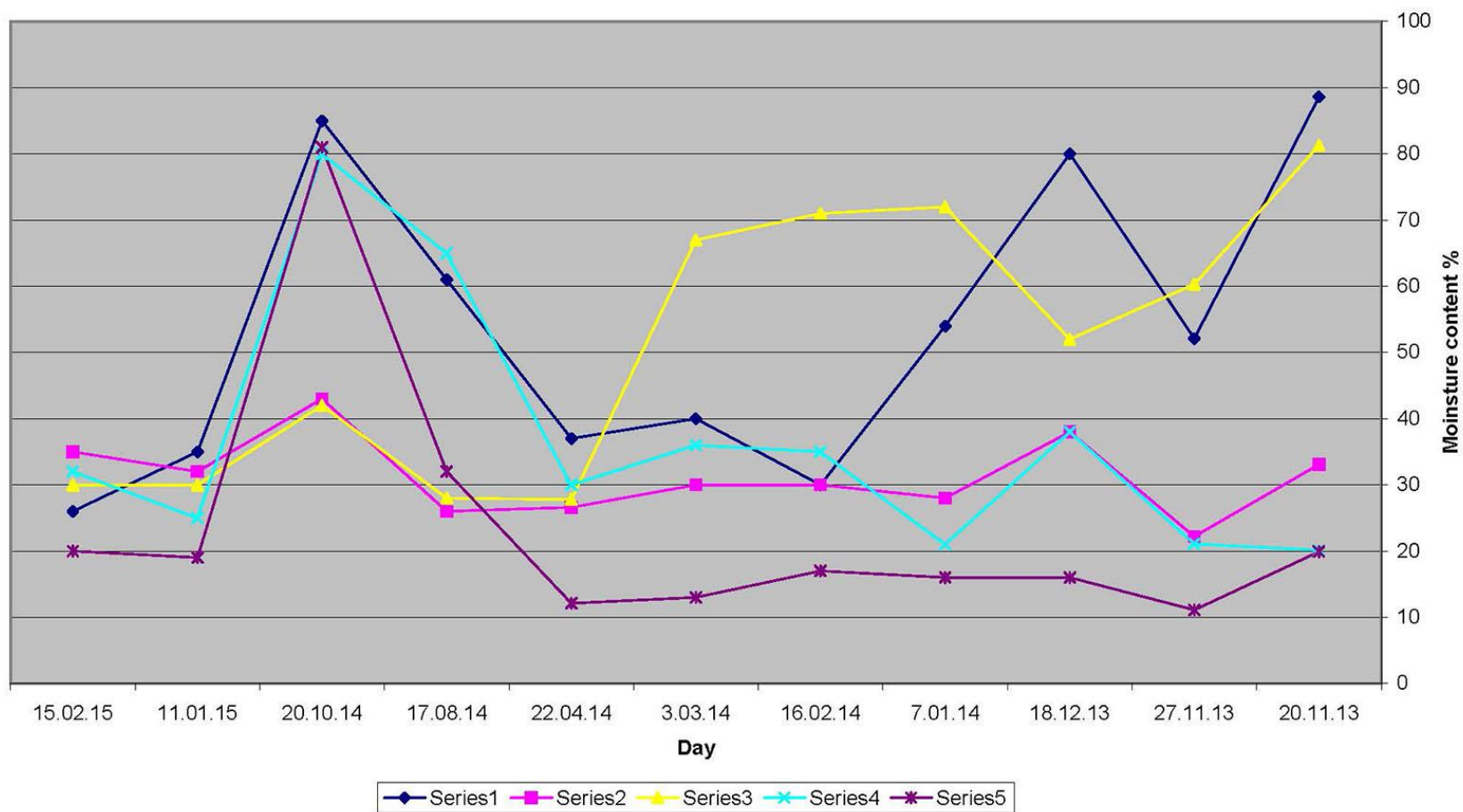
Herodium SW





ניטור ובקרת תכולת הלחות לאחר התקנת ה-Drytronic

Herodium WW





רשות העתיקות, מינהל שימור



רשות העתיקות, מינהל שימור

A close-up photograph of three ladybugs on a vibrant green stem. The stem is covered in water droplets, and the scene is reflected in a pool of water below. The background is a soft, out-of-focus green. The text is overlaid on the top half of the image.

Every project related to water management
must be based on common sense.

תודה על ההקשבה !