



משרד האנרגיה והמים
המכון הגיאולוגי

**דברי הסבר למפת 'העתקים פעילים' ו- 'העתקים חשודים
כפעילים' בישראל עבור תקן ישראלי 413, שנת 2013**

א. שגיא, ע. סנה, מ. רוזנזפט, י. ברטוב





**משרד האנרגיה והמים
המכון הגיאולוגי**

**דברי הסבר למפת 'העתקים פעילים' ו- 'העתקים חשודים כפעילים'
בישראל עבור תקן ישראלי 413, שנת 2013**

מפה זו נמסרה למכון התקנים הישראלי לצורך עדכון ת"י 413

א. שגיא, ע. סנה, מ. רוזנזפט, י. ברטוב

מוגש לוועדת ההיגוי הבין-משרדית להיערכות לרעידות אדמה

תקציר

מוצגים דברי הסבר והבהרה למפת 'העתקים פעילים' ו-'העתקים חשודים כפעילים' בישראל עבור תקן ישראלי 413, שנת 2013. מפה זו מסתמכת לראשונה, כמעט לחלוטין, על המיפוי הגיאולוגי הסטנדרטי של ישראל בקנה-מידה 1:50,000 בהוצאת המכון הגיאולוגי בעוד מפות קודמות הסתמכו על מיפוי בקנה מידה של 1:200,000. שינוי משמעותי זה בבסיסי הנתונים מאפשר מיקום מדויק יותר של תוואי מהלכם של ההעתקים והתמקדות ביחידות סלע מהן ניתן להעריך טוב יותר את גיל פעילותם האחרונה של ההעתקים. כמו בעבר, מוצגים במפה העתקים 'פעילים' ולצידם אלה שיש חשד שהם 'פעילים'. אולם, חלק מההגדרות בדו"ח הנוכחי שונו כך שיתאימו כמה שניתן להגדרות מקבילות המשמשות מפות דומות בעולם. ההגדרות 'העתק פעיל' ו-'העתק חשוד כפעיל' המוצגות בדו"ח הינן הגדרות עבור תקן ישראלי 413 בלבד. ההעתקים מוצגים על מפות טופוגרפיות בקנה מידה של 1:50,000.

למען הסר ספק מודגש בזאת כי החוקרים מחברי הדו"ח והמכון הגיאולוגי אינם ולא יהיו אחראים לכל פגיעה ו/או נזק ו/או הוצאות ו/או הפסד מכל סוג ומין, שנגרם או עלול להיגרם לרכוש ו/או לגוף, כתוצאה ישירה או עקיפה, למקבל הדו"ח או לצד ג' כלשהו, עקב דו"ח זה או בהקשר אליו, לרבות בשל יישום האמור בו.

תוכן העניינים

1. מבוא.....1
2. הגדרות 'העתקים פעילים' ו-'העתקים חשודים כפעילים' החוצים את פני השטח בישראל
עבור מפת ת"י 413 לשנת 2013.....2
 - 2.1. עקבת העתק
 - 2.2. 'העתקים פעילים' לצורך תקן ת"י 413
 - 2.3. 'העתקים חשודים כפעילים' לצורך תקן ת"י 413
 - 2.4. 'אזורי העתקה פעילה'
3. נהלי שימוש במפת 'העתקים פעילים' ו-'העתקים חשודים כפעילים' בישראל עבור תקן
ישראלי 413.....3
 - 3.1. מיקום פרטני של העתק
 - 3.2. קרבה ל-'העתק פעיל'
 - 3.3. קרבה ל-'העתק חשוד כפעיל'
4. נספחים.....5
 - נספח א. הערות, והסבר לגבי הכנת המפה הנוכחית (עדכון 2013)
 - נספח ב: מקור ומעמד ההעתקים הממופים
 - נספח ג: גרסאות קודמות של מפת 'העתקים הפעילים' ו-'חשודים כפעילים'
5. רשימת מקורות.....9

מצורף תקליטור הכולל:

- דו"ח GSI02/2013

- מפת מפתח למפת 'ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים' בישראל, עדכון לשנת 2013
- תקיית מפות 1:50.000 הכוללת 'העתקים פעילים', 'העתקים חשודים כפעילים' ואזורי העתקה (לעובי הקו במפה אין משמעות כמותית). האיטור הנכון של ההעתק מתייחס למרכז הקו.

הדבר חל גם לגבי העותק הדיגיטלי.

עיבוד הנתונים הממוחשב למהדורה הנוכחית בוצע על ידי אלכסיי בורשבסקי.

1. מבוא

מפת 'ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים' עבור תקן ת"י 413 מציגה מידע גיאוגרפי רלוונטי ומדויק ככל שניתן על מיקום העתקים שנמצאו עדויות לכך שקרעו את פני השטח בתקופה גיאולוגית צעירה. הצורך במידע מבוסס על ההנחה שמבנה הנדסי, הבנוי מעל ההעתק, עלול להינזק בצורה קשה במידה ומתרחשת קריעת פני שטח מתחתיו או מספר מטרים ממנו בזמן רעידת אדמה, גם אם יבנה על פי קריטריונים הנדסיים מחמירים.

העתק (fault) הינו משטח שבר (fracture) עליו התרחשה תנועת גזירה של גופי סלע. תנועה זו יכולה להתרחש בצורה איטית רציפה (זחילה) או בצורה דינאמית מהירה. רעידות אדמה מתרחשות לאורך העתקים ומוקדי הרעידה נמצאים בדרך כלל בעומק גדול מ- 5 ק"מ. רעידות אדמה יוצרות תנודות סלע ותאוצות קרקע המורגשות לעיתים בפני השטח ויכולות ליצור נזק משמעותי במרחק רב ממשטח הגזירה. כאשר עוצמת התנועה בין גושי הסלע גדולה מספיק, קורע ההעתק את פני השטח, יוצר צלקת ועלול למקד בסביבתו המיידית נזק רב.

המונח 'העתק פעיל' (Active fault) הינו מונח מקובל במפות ובתקנים בעולם (Galadini et al., 2012). בדרך כלל, העתק נחשב כפעיל אם קרע את פני השטח פעם אחת בתקופת זמן מוגדרת. אולם, הגדרות שונות משמשות במדינות שונות, בהתאם לתנאים גיאולוגיים שונים ובהתאם לסוג המבנים. כך למשל, ההגדרה של העתק פעיל עבור התקן העוסק במיקום כורים בארה"ב שונה מזו של העתק פעיל עבור התקן המכוון לבנייה עירונית. על פי "מילון רעידות האדמה" של המכון הגיאולוגי האמריקאי (USGS) הגדרת העתק פעיל היא:

"A fault that is likely to have another earthquake sometime in the future. Faults are commonly considered to be active if they have moved one or more times in the last 10,000 years".

תקן הבנייה הקליפורני הנוכחי: Alquist-Priolo Earthquake Fault Zone (2007) (להלן: APEFZ) קבע את תקופת הזמן לצורך הגדרת העתק כפעיל ל- 11,000 השנים האחרונות. לקליפורניה היסטוריה רצופת רעידות אדמה גדולות ויש בה מחקר מתמשך בנושא סיכונים סייסיים. קליפורניה הינה חלוצה בהגדרת תקני בנייה בקרבת העתקים וה-APEFZ הוא תוצאה של הניסיון הנצבר והרצון לייצר מפה ותקן הגיוניים מדעית, הנדסית וכאלה שהציבור יכול לעמוד בהם. בניגוד למפות קודמות, בהן נחשבו העתקים רביעונים בקליפורניה (מגיל קוורטר, כ- 1.6 מיליון שנה) כ- 'חשודים כפעילים', כיום, אחת ההנחות העיקריות על פי התקן הקליפורני היא שהעתקים וענפיהם, שקרעו את פני השטח לפחות פעם אחת בהולוקן, הם בעלי הסבירות הגבוהה ביותר לקריעת פני השטח בעתיד, יחסית להעתקים אחרים. גישה זו דיללה בצורה משמעותית את כמות ההעתקים שמופו בקליפורניה והפכה את המפה ליעילה יותר כבסיס לתכנון.

מפת התקן הנוכחית של ישראל (מפה מס' 1) מבוססת על הניסיון המצטבר של המיפוי בקליפורניה. בעקבות שיפור בסיס הנתונים ממנו נגזרו ההעתקים מקנה מידה של 1:200,000 לקנה מידה מפורט של 1:50,000 ובעקבות אימוץ חלק נכבד מהקריטריונים של המיפוי המוצגים בתקן הקליפורני העדכני, שונו הקווים המנחים על פיהם נקבע מעמד ההעתקים במיפוי הנוכחי (ראה גם Sagy et al., 2012). בנוסף, מתחשב תהליך המיפוי במאפיינים הגיאולוגיים הייחודיים של ישראל ובניסיון שנצבר תוך שימוש במפות שהוכנו בשלבים הראשונים של הפרויקט.

2. הגדרות 'העתקים פעילים' ו-'העתקים חשודים כפעילים' החוצים את פני השטח בישראל עבור מפת ת"י 413 לשנת 2013

2.1. עקבת העתק

כל העתק המסומן במפה הינו 'העתק בר-מיפוי', כלומר עונה על ההגדרה: מוגדר היטב (בהתאמה להגדרה 'well-defined fault' ב-APEFZ). 'העתק בר-מיפוי' הינו העתק מוגדר היטב בפני השטח או בקרבתו המיידית (ראה נספח א'. סעיף 7), עקבתו (fault trace) ניתנת לזיהוי על ידי גיאולוג וניתן להציגה כקו במפה. במקרה הנוכחי, תבוסס הקביעה על המיפוי המקורי בקנה-מידה של 1:50,000 (במרבית המקרים מיפוי מדויק בקנה מידה מפורט יותר אינו בנמצא).

ההעתקים המוצגים במפה לתקן ת"י 413 מחולקים לשתי קבוצות: 'העתקים פעילים' ו-'העתקים חשודים כפעילים'.

2.2. 'העתקים פעילים' לצורך ת"י 413

העתק ייחשב 'העתק פעיל' אם קרע את פני השטח לפחות פעם אחת ב- 13,000 שנים האחרונות ולכן מהווה סיכון אפשרי למבנים הבנויים מעליו או מטרים בודדים ממנו. כאמור, גיל הגדרת העתק פעיל בתקן הקליפורני הינו 11,000 שנים, אך מטעמים גיאולוגיים מעשיים המתייחסים לישראל, נוח לקבוע את הגיל הקובע בהקשר של העתקה פעילה ל- 13,000 שנים (Heimann, 2002), שהוא הגיל המקורב של גג תצורת הלשון המתוארכת היטב ובעלת השתרעות מרחבית גדולה יחסית באזורים בהם מתרחשת הפעילות הטקטונית העכשווית.

עדויות לקריעת פני שטח (surface rupture) ולזיהוי העתק פעיל מבוססות על תצפיות ישירות (במחשופי קרקע וסלע או בתעלות פליאוסייסמיות) או על מעוות פני השטח באזור ההעתק, ובלבד שנמצא שהם תוצאה ישירה של העתקה צעירה מ- 13,000 שנים. זיהוי העתק כפעיל יכול להיות מבוסס על עדויות להעתקה במבנים היסטוריים ובלבד שנמצא שהעתקה זו היא תוצאה ישירה של גזירה מעל

העתק. מדידות גיאודטיות ישירות המצביעות על תנועה ברורה ולאורך מספר שנים על העתק מסוים משמשות גם הן לזיהוי העתק פעיל (ראה הרחבה וסייגים בנספח א', סעיף 8).

2.3. 'העתקים חשודים כפעילים' לצורך ת"י 413

'העתק חשוד כפעיל' הינו העתק השייך לאחת משלוש הקבוצות הבאות:

- א. ענפים של 'העתק פעיל' שבינם לבין ההעתק הפעיל ישנו קשר פיזי רצוף בפני השטח. ענף, מוגדר כאן כהעתק המתפצל מ- 'העתק פעיל'. ענפים מסדר ראשון ושני (התפצלות ראשונה והתפצלות נוספת) של 'העתקים פעילים' נחשבים כ- 'העתקים חשודים כפעילים'. ענפים שהינם תוצרי התפצלויות משניות יותר אינם נחשבים 'חשודים כפעילים'.
- ב. העתקים שיש עדויות גיאולוגיות או גיאופיסיות המצביעות על כך שהם ענפים היוצאים מבקע ים המלח מאזורים מכוסי מים או מאזורים עם כיסוי הולוקני ייחשבו כ- 'חשודים כפעילים'.
- ג. העתקים שנמצאה לגביהם עדות ברורה לקריעת פני שטח בתקופת הזמן שבין 13,000 שנים ל- 35,000 השנים האחרונות (תחילת הפליסטוקן המאוחר ביותר, קרוב לגיל בסיס הפרט העליון המתוארך של תצורת הלשון שיש לו התפשטות מרחבית יחסית גדולה יחסית ולכן נוה לזיהוי כסמן זמן).
- ד. יחד עם זאת, במידה וקיימת עדות לכך שההעתק לא קרע את פני השטח ב- 13,000 השנים האחרונות, ההעתק לא יחשב 'חשוד כפעיל'.

2.4. 'אזור העתקה פעילה'

אזור סביב 'העתק פעיל' וסביב 'העתק חשוד כפעיל' מוגדר כ- 'אזור העתקה פעילה' - Active fault zone, כלומר, זהו אזור שיש לגביו סבירות גבוהה לפעילות חוזרת של אחד מענפי ההעתק או של העתקי משנה אשר טרם אותרו עד כה. אזור זה מוגדר לרוחב של כ- 200 מטר מכל צד וקצה של עקבת ההעתק (חריגות מכלל זה מפורטות בנספח א', סעיף 6).

3. המלצות המכון הגיאולוגי עבור נהלי שימוש במפת 'העתקים פעילים' ו- 'העתקים

חשודים כפעילים'

הבהרה: הסעיפים הבאים אינם מהווים תחליף לסעיפי תקן ישראלי 413 אלא מגדירים את עמדת המכון הגיאולוגי לגבי תכנון בקרבה ל- 'העתק פעיל' והעתק 'חשוד כפעיל' המופיעים במפה.

3.1 מיקום מדויק של העתק

ההעתקים ואזורי ההעתקה הפעילה מוצגים על גבי מפות טופוגרפיות בקנה מידה של 1:50,000. בהנחה שמיקום ההעתקים במפת 'העתקים פעילים' ו- 'העתקים חשודים כפעילים' בישראל עבור תקן ישראלי 413 אותר על ידי הממפים המקוריים בעזרת תצלומי אויר ובעבודת שדה, וההעברה למפה

הגיאולוגית נעשתה כהלכה על גבי תצלומי אוויר מיושרים (אורתופוטו), הרי שרמת הדיוק של המפה הגיאולוגית בקנ"מ 1:50,000 גבוהה ומוערכת במטרים בודדים. אלא שהנחה זו, במקרים רבים, אינה נכונה. בנוסף לכך, פענוח מיקום ההעתק על ידי הממפה המקורי עלול להיות שגוי. **אי לכך, מיקום העתק לצרכי תכנון מקומי דורש מיפוי פרטני יותר וזיהוי של עקבת ההעתק בשטח.** יצוין שמקטעי העתקים מכוסים (למעט המקרים המצוינים בנספח א. סעיפים 6 ו-7) או כאלו שמיקומם משוער, אינם מופיעים במפה הנוכחית כיוון שבהגדרתם הם אינם ברי מיפוי.

3.2. קרבה ל- 'העתק פעיל'

- א. בנייה על עקבת 'העתק פעיל' או בקרבתו עד למרחק 200 מטר מכל צד (אזור העתקה פעילה) מחייבת חקירה גיאולוגית מקצועית שלפיה יאותרו בשטח מיקומו המדויק של ההעתק ועקבות העתקים נוספים, במידה וקיימים. בטרם חקירה יש לברר במכון הגיאולוגי האם השתנה מעמד ההעתק מאז עדכון המפה האחרון.
- ב. על עקבת של 'העתק פעיל' שמוקם על ידי החקירה הגיאולוגית המוגדרת בסעיף א' לעיל ו-15 מ' משני צדי שפותיו לא יוקמו מבנים שתקן 413 חל עליהם.
- ג. מיקום מבנים באזור 'העתקה פעילה' מחייב יעוץ גיאולוגי.
- ד. עותק של דוחות החקירה וחוות הדעת הגיאולוגיות יועבר למכון הגיאולוגי.

3.3. קרבה ל- 'העתק חשוד כפעיל'

- א. בנייה על עקבת 'העתק חשוד כפעיל' או בקרבתו עד למרחק 200 מטר מכל צד (אזור העתקה פעילה) מחייבת חקירה גיאולוגית מקצועית שלפיה יאותרו מיקומו המדויק של ההעתק ועקבות העתקים נוספים, במידה וקיימים. בטרם חקירה יש לברר במכון הגיאולוגי האם השתנה מעמד ההעתק מאז העדכון המפה האחרון.
- ב. היה ונמצא על פי דוח החקירה שההעתק פעיל, יועבר דו"ח החקירה למכון הגיאולוגי לאישור הממצאים ויש להתייחס להעתק לפי סעיף 3.2.
- ג. במידה והחקירה הגיאולוגית העלתה חד משמעית שההעתק החשוד אינו פעיל ייבדק דו"ח החקירה במכון הגיאולוגי לאישור הממצאים.
- ד. מידה ולא נמצאו הוכחות חד-משמעיות לכאן או לכאן, ייבדק דו"ח החקירה במכון הגיאולוגי ועל פי משקל העדויות יוחלט על ידי המכון הגיאולוגי כיצד יש להתייחס להעתק.
- ה. במידה ולא בוצעה חקירה גיאולוגית יחולו על הבנייה בקרבת ההעתק החשוד כפעיל המגבלות המפורטות בסעיף 3.2 לגבי העתק פעיל.

נספח א. הערות והסברים לגבי הכנת המפה הנוכחית (עדכון 2013)

1. הגבלות הבנייה בסביבתו המידית של העתק, על פי ת"י 413, מבוססות על ההנחה שהעתק שפעל באלפי השנים האחרונות וקרע את פני השטח, מועד, במידה יתרה, לפעילות חוזרת. עקרון זה מבוסס על ממצאים גיאולוגיים והנדסיים רבים המצביעים על כך שתנועת גזירה בין שני גושי סלע נוטה להתמקד על אותם משטחים לאורך פרקי זמן ממושכים. מסקנה הסתברותית זו אינה עומדת בסתירה לאפשרות שענפי העתק משניים או העתקים חדשים יכולים לייצר תנועות דומות בקרבת מקום. יש להדגיש שככל מפה גיאולוגית גם מפת 'ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים' מציינת תופעות פני שטח בלבד, וכיוון שהתקן נועד למטרות תכנון ותשתית נקודתיות, אין משמעות למיפוי העתקים שאינם חוצים את פני השטח, או לתופעות תת-קרקע שאינן ניתנות למיפוי מדויק.

חובה להדגיש: אין לראות את מפת 'ההעתקים הפעילים ו' החשודים כפעילים' כמפת סיכונים סייסמים ולא כמפת תחזית למיקום רעידות אדמה.

2. ההגדרות 'העתק פעיל' ו'העתק חשוד כפעיל' המוצגות בדו"ח זה הינן הגדרות עבור תקן ישראלי 413 בלבד ואינן מהוות הגדרות כלליות או סייסמולוגיות. העתקים רבים יכולים להכיל אירועים סייסמים עכשוויים ולהוות פוטנציאל לייצור רעידות אדמה גדולות בעתיד, אך כיוון שלא נצפתה לאורכם קריעת פני שטח צעירה, אין הם מופיעים במפה. כך למשל, במזרח השומרון נרשמה בשנים האחרונות פעילות סייסמית משמעותית, אך לא הובחנה, נכון למועד הגשת הדו"ח הנוכחי, קריעת פני שטח צעירה לאורך העתקים באזור זה ולכן, הם אינם מופיעים במפה.

3. אין לראות במפה זו בסיס להתייחסות למבנים קיימים או לתכנון מבנים שלגביהם קיימות הגבלות נוספות מעבר לתקן ת"י 413.

4. קביעת ההעתקים כפעילים נסמכת על ראיות שהובאו בדוחות רשמיים של המכון הגיאולוגי או בספרות מדעית מקובלת במדעי האדמה. כל זאת, במידה והעקרונות ששימשו להגדרת ההעתקים חופפים לעקרונות המובאים בפרק 2. בהתאמה, העתקים שמיפויים אינו ברור או שוודאות הגדרתם כהעתקים פעילים, לפי הקריטריונים המובאים אינה מספקת, לא מופיעים במפה. מן הראוי להדגיש כי למעט מקרה אחד או שניים, מחברי המפה עצמם לא ערכו מחקר יעודי בשדה על ההעתקים המסומנים במפה, לא ה-'חשודים כפעילים' ולא ה-'פעילים'.

5. מקטעי ההעתקים הראשיים בבקע ים המלח הינם בעלי הפוטנציאל הגבוה ביותר לייצר רעידת אדמה באזורנו. הם נמשכים ברציפות למרחקים של עשרות ומאות קילומטרים ואין חולק על כך שפעילותם נמשכת לפחות מאז המיוקן ועד ימינו. ברם, באזורי ההעתקים הראשיים מרובים השטחים המכוסים

במים או בסדימנט צעיר ועל כן הוכחת הרציפות והקשר הפיזי בין ההעתקים ובינם לבין ענפיהם אינה כה פשוטה. יתרה מזו, חלק מהמקטעים הראשיים נמצאים מחוץ לתחומי ישראל בשטח ירדן. כתוצאה מכך, מיקום ההעתקים, ובמעט מקרים עצם קיומם, משוער בלבד וזאת הסיבה שכמעט ואין להם ביטוי אפילו במפה הגיאולוגית. מתוך העתקי הבקע הראשיים מתפצלים העתקים – ענפים – שאפשר לעקוב אחרי מהלכם בפני השטח אך ורק מחוץ לגבולות הבקע. על פי התקן הקליפורני המעודכן 'העתק חשוד כפעיל' מחייב קשר פיזי מוגדר היטב ל- 'העתק פעיל'; הענפים הנדונים אינם עומדים בדרישות הגדרה זו, ולמרות זאת, במקרה החריג של הבקע, העתקים שיש סבירות גיאולוגית או גיאופיסית שהם המשכי ענפים היוצאים מתוך הבקע ייחשבו כ- 'חשודים כפעילים'.

6. במקרים רבים נקטעת רציפותו של 'העתק פעיל' או 'העתק חשוד כפעיל' על ידי כיסוי קרקע, אלוביום, שטח חקלאי, שטח בנוי וכדומה. כאשר הקטע המכוסה קצר מ-500 מ' (בישראל, בדרך כלל, רוחב ואדיות שקרקעיתם אלוביאלית הוא קטן מ-500 מ') אזי המשכו ימשיך להיחשב כ- 'העתק פעיל' או כ- 'העתק חשוד כפעיל'. כאשר קטע הכיסוי ארוך יותר לא יוגדר המשך ההעתק כ- 'העתק פעיל' או כ- 'חשוד כפעיל', למעט במקרים חריגים וזאת על פי שיקול הדעת הגיאולוגי של עורכי המפה. בעדכון הנוכחי ישנה התייחסות חריגה שכזו להעתק הירדן בחוף הצפוני של הכינרת ולהעתק ירחו. 'אזורי העתקה פעילה' מתייחסים גם לקטעים חריגים אלו.

7. כאמור, המפה עוסקת רק בתופעות פני שטח. במקרה והתרחשה קריעת פני שטח, גם אם צעירה מ-13,000 שנים, אולם העקבה טושטשה בתהליכים טבעיים או מעשה ידי אדם, או שההעתק כוסה במטרים רבים של כיסוי מאוחר, לא ניתן בדרך כלל לזהות או למפות את ההעתק ובהגדרה, הוא אינו מופיע במפה. לעיתים כיסוי זה הוא דק יחסית וניתן לזהות את ההעתק ולחשוף אותו בתעלות הנחפרות לעומק מספר מטרים המכונות תעלות פליאוסייסמיות. העתק שהוגדר כ- 'העתק פעיל' על סמך תעלות פליאוסייסמיות, אבל רובו מכוסה, מסומן בקו המחבר בין הנקודות שנבדקו, על אף שבקטעים רבים לא ניתן לזהות את ההעתק בפני השטח. גם כאן, המרחק בין הנקודות שנבדקו בתעלות לא יעלה על 500 מ'.

8. שיטות גיאודזיות מאפשרות במקרים רבים מדידת תנועה יחסית בהעתקים בדידים בדיוק רב. שיטות אלו מגוונות וכוללת מדי עיבור, סורקי לייזר אוויריים וקרקעיים, מערכות GPS, מדידות לוויני InSAR ועוד. תוצאות מדידות אלו יחשבו כמצביעות על העתקה פעילה עבור ת.י 413 כאשר הן מראות גזירה ברורה בפני השטח ומוסק שהיא תוצאה של תנועת העתק שכבר מופה בעבר בקנה מידה של 1:50,000. מדידות שתוצאותיהן מצביעות על גזירה באזור שרחבו מאות מטרים או יותר, ללא מיקום קודם מדויק יותר של ההעתק, יהוו סמן ל- "אזור העתקה פעילה" שאותו צריך יהיה לחקור בפירוט רב יותר, אולם לא יהוו קריטריון למיקום קריעת פני שטח במפה.

1. **מקורות המפה:** מפת ההעתיקים הנוכחית מתבססת ברובה על המפות הגיאולוגיות 1:50,000 של ישראל שפורסמו (<http://www.gsi.gov.il/Index.asp?CategoryID=104>) או: <http://www.gsi.gov.il/> הרלבנטיים הם: מטולה – Sneh and Weinberger, 2003; ראש פינה – Sneh and Weinberger, 2006; טבריה – Sneh, 2008; ארבל – Sneh and Bogoch, 2008; צפת – Levitte and Sneh, in prep.; נהרייה – Sneh, 2004; שפרעם – Sneh, 2008; אפיקים – Weinberger and Sneh, in prep.; בית שאן – Hatzor, 2000; יריחו – Begin, 1974; קליה – Roth, Burg and Sneh, 2008; מצפה שלם – Mor and Burg, 2000; עין גדי – Raz, 1983; נווה זוהר – Agnon and Sagy, 2011; סדום – Bentor and Vroman, 1960; נאות הכיכר – Weinberger, Zak and Sneh, 2006; Yehieli, Elron and Sneh, 1994; באר אורה – Beyth, Bartov and Segev, 1999; אילת – Beyth, Eyal and Garfunkel in Prep.; Garfunkel, 1970; Amit et al., 2002; Gerson et al., 1993; הגיאולוגי עבור חברת החשמל - Heimann and Zilberman, 2001 ועבור משרד הבינוי והשיכון - Zilberman, Amit and Nahmias, 2001 -

2. **רשימת ההעתיקים הפעילים:** בדרום הערבה באזור אילת מצויים מספר העתיקים פעילים. הראיות לפעילותם סוכמו, בין השאר, על ידי אמית וחוב' (Amit et al., 1999; 2002), כאשר עיקר הממצאים נלמדו בתעלות פליאוסיסמיות. בדרום מלחת סדום זוהה העתק אמציהו כהעתק פעיל על סמך עבודתם של ניב ואמרי (Neev and Emery, 1967) ובאומן (Bowman, 1993). העתק תמר בשוליים המערביים של הבקע באזור נחל צין נמצא פעיל לפי גליק (Gluck, 2001). תנועות אנכיות לאורך שולי דיאפיר סדום הוכחו כפעילות מאז סוף השקעת תצורת הלשון ובמשך כל תקופת ההולוקן (Bentor and Vroman, 1960; Zak, 1967; Weinberger et al., 2006; 2007). בחוף המערבי של ים המלח הוגדרו מספר העתיקים פעילים: העתק אלעזר במישור מצדה (Bartov et al., 2006), העתקי נחל דרגה מזרח (Enzel et al., 2000) והעתק נחל קידרון מזרח (Sagy and Nahmias, pp. 7-17 in Baer, 2011). העתק יריחו נמצא מסיט סדימנטים מאוחרים לתצורת הלשון (Reches and Hoexter, 1981; Sagy and Nahmias, pp. 7-17 in Baer, 2011) וכך גם ההעתיקים הסמוכים לתל רחוב בבקעת בית שאן (Zilberman et al., 2004). ממזרח לכנרת, צפון-מזרחית לקיבוץ האון סומן העתק ובהמשכו אותרה מדרגה מורפולוגית צעירה. בתעלה שנחפרה בניצב להעתק נחשפו סדימנטים הולוקניים מוסטים (Katz et al., in press). בחפירות ארכיאולוגיות במלון גלי כנרת, במערב הכנרת, התגלה העתק צעיר המיוחס לרעידת האדמה בשנת 749 (Marco et al., 2003). בקצות העתק הירדן בקטע ההררי הובחנו תנועות טקטוניות מהתקופה ההיסטורית: בדרום, בבקעת הבטיחה (Marco et al., 2005) ובצפון, במצד עתרת (Marco et al.,)

1997). בעמק החולה, בתחומי המושבה יסוד המעלה, פוענחה מדרגת חוף של אגם החולה הקדום כמדרגה טקטונית צעירה (Heimann et al., 2009). הוכחות להעתקה פעילה בגליל העליון נמצאו על העתק נחף מזרח (Mitchell et al., 2001).

3. **העתקים ששינו מעמדם:** מספר רב של העתקים שהופיעו במפות הקודמות הושמט כליל מהעדכון הנוכחי בעקבות אימוץ הקריטריונים החדשים שהוצגו בפרק 3 לעיל. מספר העתקים שהופיעו במפות הקודמות שינו את מעמדם: (א) העתק הירדן הפך מ- 'פעיל' ל- 'חשוד כפעיל' כיוון שהמרחק בין קצהו הדרומי לקטע הפעיל בבקעת הבטיחה עולה על 500 מ' והעתק מצד עתרת לפי המפה הגיאולוגית אינו המשכו הרציף. (ב) העתק בית כרם והעתק נחף הם סעיפים מדרגה ראשונה של העתק נחף מזרח שנמצא פעיל ועל כן הפכו מ- 'העתקים פעילים' ל- 'העתקים חשודים כפעילים'. (ג) חלק מהעתקי הגבול המערבי של ים המלח שינו את מעמדם והפכו מ- 'העתקים פעילים' ל- 'העתקים חשודים כפעילים' בעקבות מיפוי חדש בקנ"מ 1:50,000. (ד) העתקי הצין נקבעו כ- 'חשודים כפעילים' בעקבות עדכון גילם. (ה) באזור אילת מופו ההעתקים ונקבע מעמדם בגרסה הנוכחית על פי מיפוי חדש. יש להניח, שבשל ריבוי וצפיפות ההעתקים באזור ישנם מקטעים שאינם מופיעים במפה.

נספח ג: גרסאות קודמות של מפת 'העתקים הפעילים' ו- 'חשודים כפעילים'

במהלך השנים האחרונות (2000 - 2009) הוכנו במכון הגיאולוגי שלוש גרסאות למפות 'העתקים פעילים' ו- 'העתקים חשודים כפעילים'. בשלב א' הוכנה מפת 'העתקים חשודים כפעילים' המבוססת על המפה הגיאולוגית של ישראל בקנ"מ של 1:200,000 (Sneh et al., 1998). העבודה סוכמה בדו"ח המכון הגיאולוגי (Bartov et al., 2000) לצורך תכנון על פי תקן ישראלי 413 והייתה חלק מפרויקט 'קטלוג ההעתקים של ישראל' שנועד להציג את ההעתקים על בסיס תיאורם בספרות ובמפות הגיאולוגיות של ישראל. בשלב ב' (Bartov et al., 2002) הוכנסו תוספות ושינויים שמקורם במיפוי חדש כמתבקש מעדכון בסיסי הנתונים. מקורות המיפוי של כל העתק ורשימה שמית של ההעתקים החשודים כפעילים וכן המקורות הספרותיים הדנים בהעתקים הוצגו בנספחים. בשנת 2009 עודכנה המפה פעם נוספת (Bartov et al., 2009).

בגרסאות קודמות אלו נקבעו ה'העתקים הפעילים' וה-'חשודים כפעילים' על פי קריטריונים דומים ומעט מחמירים לאלה ששימשו את התקן הקליפורני עד שנת 1977, עם התאמות מתבקשות הנובעות מן ההבדלים בין הגיאולוגיה של שתי הארצות. ההגדרות בגרסאות הקודמות היו כדלהלן: 'העתק פעיל' נחשב ככזה אם קרע את פני השטח לפחות פעם אחת ב- 13,000 השנים האחרונות (ראה Heimann, 2002). 'העתק חשוד כפעיל' נחשב ככזה – א) אם הסיט סלעים מתחילת גיל פליוקן (לפני 5.2 מיליון שנה) וצעיר יותר. (ב) אם מהלכו חופף מגע בין סלעים מגיל פליוקן וקוורטר, לבין סלעים קדומים להם. (ג) אם הוגדר כ'חשוד' משיקולים גיאומורפולוגיים. (ד) אם הוגדר בספרות כהעתק חשוד כפעיל, מסיבות

אחרות כלשהן, ולא מוכרת ראייה לפסול קביעה זו. ה) אם קיים קשר גנטי בינו לבין 'העתק פעיל'. הקריטריונים הללו רחבים ביותר ועל כן החמירו בהשוואה לתקן הקליפורני הקודם והנוכחי.

תודות

תודתנו נתונה לאלכסיי בורשבסקי, בת-שבע כהן, חנה נצר-כהן ואליהו שרעבי על עריכת המפות והדו"ח. תודה מקרב לב לרבקה אמית, גידי בר, זהר גבירצמן, איתי גבריאלי, רם וינברגר, עזרא זילברמן, יריב חמיאל, עודד כץ ועמוס סלומון על הערותיהם המועילות. אנו מודים לוועדת ההיגוי הבין-משרדית להיערכות לרעידות אדמה.

5. מקורות

- Agnon, A., Sagy, A., 2011. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 16-III: Neue Zohar, Isr. Geol. Surv., Jerusalem
- Agnon, A., Weinberger, R., Zak, I., Sneh, A., 2006. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 20-I: Sedom, Isr. Geol. Surv., Jerusalem
- Alquist-Priolo Earthquake Fault Zone, 2007 Fault-Rupture Hazard Zones in California. Dep. Conserv. Ca. Geol. Surv. Spec. Pub., 42 p.
- Amit, R., Zilberman, E., Porat N. and Enzel, Y., 1999. Relief inversion in the Avrona playa as evidence of large-magnitude historical earthquakes, southern Arava Valley, Dead Sea Rift. *Quaternary Research*, 52:76-91.
- Baer, G., 2011. Infrastructure instability along the Dead Sea. Isr. Geol. Surv. Rep. GSI/02/2011. 131 p.
- Bartov, Y., Agnon, A., Enzel, Y., and Stein, M., 2006. Late Quaternary faulting and subsidence in the central Dead Sea basin, *Israel J. Earth Sci.*, 55:17-32.
- Bartov, Y., Sneh, A., Fleischer, L., Arad, V. and Rosensaft, M., 2000. Potentially active faults in Israel stage A. Isr. Geol. Surv., Rep.GSI\23\2000 6 p. (Hebrew)
- Bartov, Y., Sneh, A., Fleischer, L., Arad, V. and Rosensaft, M., 2002. Potentially active faults in Israel stage B. Isr. Geol. Surv., Rep.GSI\29\2002 8 p. (Hebrew)

- Bartov, Y., Sneh, A. and Rosensaft, M., 2009. Potentially active faults in Israel (1 map). Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Begin, Z.B., 1974. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 9-III: Jericho, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Bentor, Y.K and Vroman, A.J., 1960. The geological map of Israel, 1:100,000, Sheet 16: Mount Sdom, with explanatory text, Geological Survey of Israel, Jerusalem, 117 p.
- Beyth, M., Segev, A., Bartov, Y., 1999. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 25-IV: Be'er Ora, Isr. Geol. Surv., Jerusalem
- Beyth, M., Eyal, Y., Garfunkel, Z., The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 26-I,II: Elat, Isr. Geol. Surv., Jerusalem, in Prep.
- Bogoch, R., Sneh, A., 2008. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 4-I: Arbel, Isr. Geol. Surv., Jerusalem
- Bowman, D. 1993. Neotectonics in the northern Arava. Isr. Geol. Soc., field trips guidebook. Pp. 35-43. (Hebrew).
- Enzel Y., Kadan, G., and Eyal, Y., 2000. Holocene earthquakes inferred from a Fan-Delta sequence in The Dead Sea Graben. *Quaternary Res.*, 53: 34–48.
- Galadini, F., Falcucci, E., Galli, P., Giaccio, B., Gori, S., Messina, P., Moro, M., Saroli, M., Scardia, G., and Sposato, A., 2012. Time intervals to assess active and capable faults for engineering practices in Italy, *Engineering Geology* (in press).
- Gerson, R., Grossman, S., Amit, R. and Greenbaum, N., 1993. Indicators of faulting events and periods of quiescence in desert alluvial fans. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18: 181–202.
- Gluck, D. 2001. The landscape evolution of the southwestern Dead Sea Basin and the paleoseismic record of the southwestern marginal fault of the Dead Sea Basin and the Carmel fault during the Late Pleistocene and the Holocene. MSc. thesis. Hebrew Univ. Jerusalem. 86 p. (Hebrew, Eng. abst.).
- Heimann, A., 2002. Active faulting in Israel. Isr. Geol. Surv. Rep. GSI/07/02. 33 p. (in Hebrew).
- Heimann, A. and Zilberman, E., 2001. Preliminary assesment of seismic risks at Elat Electric Corp. Site. Isr. Geol. Surv. Rep. GSI/17/02. 16 p. (in Hebrew).

- Heimann, A., Zilberman, E., Amit, R. and Frieslander, U., 2009. Northward migration of the southern diagonal fault of the Hula pull-apart basin, Dead Sea Transform, northern Israel. *Tectonophysics*. 476:496-511.
- Katz, O., Amit, R., Yagoda-Biran, G., Hatzor, Y.H., Porat, N., Medvedev, B. (in press). Quaternary earthquakes and landslides in the Sea of Galilee area, the Dead Sea Transform: Paleoseismic analysis and implication to the current hazard. *Isr. J. Earth Sci.*
- Levitte, D., Sneh, A., (in prep.). The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 2-III: Zefat, Isr. Geol. Surv., Jerusalem
- Marco, S., Agnon, A., Ellenblum, R., Eidelman, A., Basson, U. and Boas, A., 1997. 817-Year-old walls offset sinistrally 2.1 m by the Dead Sea transform. *Jour. Geodynamics*. 24:11-20.
- Marco, S., Hartal, M., Hazan, N., Lev, L. and Stein, M., 2003. archaeology, history and Geology of the A.D. 749 earthquake, Dead Sea transform. *Geology*. 31:665-668.
- Marco, S., Rockwell, T.K., Heimann, A., Frieslander, U. and Agnon, A., 2005. Late Holocene activity of the Dead Sea transform revealed in 3D palaeoseismic trenches of the Jordan Gorge segment. *Earth and Planetary Science Letters*. 234:189-205.
- Mitchell, S.G., Matmon, A., Bierman, P.R., Enzel Y., Caffee, M. and Rizzo, D., 2001. Displacement history of a limestone normal fault scarp, northern Israel, from cosmogenic ³⁶Cl. *Jour. Geoph. Res.* 106:4247-4264.
- Mor, U., Burg, A., 2000. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 12-III: Mizpe Shalem, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Neev, D. and Emery, K.O. 1967. The Dead Sea. Isr. Geol. Surv. Bull. 41. 147 p. Jerusalem.
- Raz, E., 1983. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 16-I: En Gedi, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Reches, Z., Hoexter, D., 1981. Holocene seismic and tectonic activity in the Dead Sea area: the Dead Sea rift. *Tectonophysics* 80:235–254.
- Roth, I., Burg, A., Sneh, A., 2008. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 12-I: Qalya, Isr. Geol. Surv., Jerusalem
- Sagy, A., Bartov, Y., Sneh, A., and Rosensaft, M., 2012. Map of ‘Active’ and ‘Potentially Active’ Faults that Rupture the Surface in Israel, updates 2012:

- Proposal of The Geological Survey of Israel for Israel Standard 413. Isr. Geol. Surv., Rep. GSI/12/2012, 22 p.
- Sneh, A., 2004. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 1-IV: Nahariyya, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Sneh, A. (Ed.), 2006. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 4-II: Rosh Pinna, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Sneh, A., 2008. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 3-II: Shefar'am, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Sneh, A., Bartov, Y., Weissbrod, T. and Rosensaft, M., 1998. The geological map of Israel, 1:200,000, Sheets 1-4. Isr. Geol. Surv. Jerusalem.
- Sneh, A., Weinberger, R., 2003. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 2-II: Metulla, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Sneh, A., Weinberger, R., 2006. The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 2-IV: Rosh Pinna, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Weinberger, R., Sneh, A., (in prep.). The geological map of Israel, 1:50,000, Sheet 4-IV: Afiqim, Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Weinberger, R., Begin, Z.B., Waldmann, N., Gardosh, M., Baer, G., Frumkin, A., Wdowinski, S. (2006). Quaternary rise of the Sedom diapir, Dead Sea basin. In: New Frontiers in Dead Sea Paleoenvironmental Research, (Enzel, Y. Agnon, A., and Stein, M., eds). *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 401, 33-51.
- Weinberger, R., Bar-Matthews, M., Levi, T., and Begin, Z.B. (2007). Late-Pleistocene rise of the Sedom diapir on the backdrop of water-level fluctuations of Lake Lisan, Dead Sea basin, *Quaternary International* 175, 53-61
- Yechieli, Y., Elron, E., Sneh, A., 1994. The geological map of Israel, 1:50,000 sheet 19-IV, 20-III, Neot Hakikar. Isr. Geol. Surv., Jerusalem.
- Zak, I. 1967. The geology of Mount Sedom. Ph.D thesis. The Hebrew University of Jerusalem, 208 pp. (Hebrew, Eng. abstr.).
- Zilberman, E., Amit, R., and Nahmias, Y., 2001. Mapping of faults at the Nahal Roded and Givot shehoret area. Isr. Geol. Surv. Rep. GSI/25/04. 14 p. (In Hebrew).
- Zilberman, E., Amit, R., Bruner, I. and Nahmias, Y., 2004. Neotectonics and paleoseismic study – Bet She'an Valley. Isr. Geol. Surv. Rep. GSI/15/04. Jerusalem. 37 p.

Abstract

This report presents an update of the map of active faults in Israel, valid for 2013. The present map is based on geological maps at the scale of 1:50,000 rather than 1:200,000, thus enabling better compliance with the requirement that faults be 'well-defined' as well as facilitating assessment of age faulting. As in the 2009 previous map, 'active' and 'potentially active' faults are marked on the same map. An 'active fault' for the Israel Standard 413 "design provisions for earthquakes resistance of structures" is one that has ruptured the earth surface at least once in the last 13,000 years, therefore, constituting a potential hazard to structures that might be located across it. A 'Potentially active fault', as defined herein for the present update, is either a fault that is a direct branch of an 'active fault' or a fault that has ruptured the surface at least once within the time range of 13,000 and 35,000 years. In addition to marking the faults, the 2013 map demarcates adjacent areas along them which are considered 'active fault zones', in accordance with the Israel Standard 413 requirements.



Ministry of Energy and Water Resources
Geological Survey of Israel

**Map of 'Active' and 'Potentially Active' Faults that Rupture
the Surface in Israel. Updates 2013 for Israel Standard 413:
Definitions, comments and clarifications**

Amir Sagy, Amihai Sneh, Marcelo Rosensaft and Yosef Bartov

Prepared for the
Steering Committee for Earthquake Readiness in Israel

Report No. GSI/02/2013

Jerusalem, May 2013