

כ"ד כסלו תשפ"ב
28 נובמבר 2021

הנדון: פוטנציאל ייצור באנרגיה מתחדשת - מסמך מסכם

מצ"ב מסמך המסכם עבודה שנעשתה לצורך ריכוז המיקום הגיאוגרפי של מתקני הייצור הפוטנציאליים באנרגיה מתחדשת ובחינתו ביחס לאזורי ההזנה של תחנות המשנה הקיימות.
בחינה זו מהווה בסיס נדרש להגדרת צרכי פיתוח מערכת המסירה.

בברכה,

שחר ניצן



מנהל מחלקת תכניות מתאר

דנית גופר



מחלקת תכניות מתאר

מאשר



ד"ר עוזי זרחיה

סמנכ"ל תפ"ט

28 נובמבר 2021

הנדון : פוטנציאל ייצור אנרגיות מתחדשות – מסמך מסכם

מבוא :

החלטת הממשלה 465 מיום 25.10.2020 על הגדלת יעדי ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות לשנת 2030 ל 30% אנרגיה מתחדשת, דורשת הערכות משמעותיות של כלל משק החשמל, והכנתה של תוכנית פיתוח אשר תשקף את צרכי משק החשמל בהתאם לפריסת מתקני האנרגיה המתחדשת.

הערכות ותחזיות אשר פורסמו בעבר על ידי גופים שונים ובהם משרדי ממשלה, מכוני מחקר ועוד, באשר לקידום של מתקני הייצור באנרגיה מתחדשת, התייחסו רובם ככולם להיקפי הייצור הארציים הכוללים, ומבלי לכוון לאזורים גיאוגרפיים ספציפיים. המידע המרוכז לגבי המיקומים הגאוגרפיים חיוני לצורך תכנון מערכת החשמל, וזהו הרציונל שעומד מאחורי עבודה זו.

מטרת עבודה זו הינה ריכוז המיקום הגיאוגרפי של מתקני הייצור הפוטנציאליים באנרגיה מתחדשת ובחינתו ביחס לאזורי ההזנה של תחנות המשנה הקיימות. בחינה זו מהווה, כאמור, בסיס נדרש להגדרת צרכי פיתוח מערכת המסירה. צרכי הפיתוח המבוססים על המידע הנ"ל יתורגמו בהמשך לתוכניות מתאר לתחנות ההשנאה ולקווי ההולכה הנדרשים.

יודגש כי עבודה זו עוסקת במתקני ייצור באנרגיה מתחדשת אשר עדיין לא הוקמו ונמצאים בשלבי קידום שונים (החל בתוכניות מאושרות שטרם מומשו ועד למתקנים שיש לגביהם כוונות תכנוניות עקרוניות עם ישימות/היתכנות למימוש עד שנת 2030).

עוד יודגש כי בשלב מקדים לעבודה זו נאספו נתונים מגורמי תכנון, רשויות ומשרדי ממשלה והועלו לבסיס נתונים גיאוגרפי, שבעקבותיהם נמצא כי עיקר האנרגיה המתחדשת הצפויה בשנים הקרובות הינה אנרגיה סולארית. בהתאם לכך עבודה זו מתרכזת במתקני ייצור באנרגיה סולארית בלבד.

רקע רגולטורי (תוכניות מתאר ואמות המידה)

תמ"א 10 ד' 10 אשר אושרה בשנת 2010 מתייחסת להקמת מתקנים פוטו-וולטאיים קטנים ובינוניים, עד 750 דונם. התכנית קובעת שני מסלולי טיפול, האחד בהיתרי בניה והשני בתוכניות מתאר. במסלול היתר, התמ"א מאפשרת מתן היתרי בניה למתקנים פוטו-וולטאיים, מכוחן של תכניות הכוללות הוראות מפורטות, על גגות מבנים וחזיתות, מבני משק ומבני תעשייה, וכן ביעודי קרקע כדוגמת מאגרים, בריכות דגים וחניונים. בנוסף, מאפשרת התמ"א אישור תכניות למתקנים פוטו-וולטאיים מכוחה, בשטחים בהיקף של עד 750 דונם.

שינוי מספר 1 לתמ"א, משנת 2016, מבקש לכלול בכלל ההיבטים לבחינת הקמת מתקנים פוטו-וולטאיים על מאגרים ובריכות דגים, גם את השיקול האקולוגי.

שינוי מספר 2 לתמ"א אומנם טרם אושר, אולם הוא כולל שינויים המאפשרים מתן היתרים למתקנים פוטו וולטאיים בשימושים כפולים וביעודי קרקע ושימושי קרקע נוספים כדוגמת מחלפים, מתקנים בטחוניים ועוד. בנוסף, תאפשר התוכנית הקמת מתקני אגירת חשמל בתחומי תכניות למתקנים פוטו וולטאיים שאושרו בעבר.

אמות המידה של רשות החשמל, מתייחסות גם הן למתקנים פוטו-וולטאיים. בהתאם לאמות המידה גודל חיבור חדש של מיתקן לרשת מתח עליון יעלה על 10 מו"א ויפחת מ-250 מו"א (אמת מידה 35 לט/א/1). כל מתקן מעל 16 מו"א מחייב חיבור למתח עליון, כאשר רצועת החיבור למערכת ההולכה תכלול בתוכנית המתאר של המתקן.

מטרות ומתודולוגיה:

מידע באשר לפוטנציאל השטחים למתקנים סולאריים מהווה בסיס לבניית קבצי המערכת הנדרשים לצורך תכנון ארוך טווח של מערכת המסירה וקביעת פרויקטים במערכת ההשנאה וההולכה.

כפי שצויין במבוא, התרכזה עבודה זו במתקנים סולאריים. במסגרת איסוף החומר, הן הנוגע למתקנים המעוגנים בתוכנית מיתאר והן אלו אשר יוקמו מתוקף היתרי בניה, נמצא כי הנתונים כוללים את שטח המתקן והן את ההספק הצפוי. בחרנו להתרכז במידע הנוגע לשטח המתקן מתוך הבנה כי נתון זה הינו קבוע, ואילו הספק המתקן עשוי להשתנות בהתאם לטכנולוגיה אשר תיבחר לעת הקמת המתקן. מסיבה זו, הוצגו נתוני פוטנציאל הייצור ביחידות שטח (דונם), כאשר ההמרה ליחידות הספק חשמלי תעשה בשלב מאוחר יותר של הכנת תוכנית הפיתוח.

מערכת ההשנאה מבוססת על פריסה ארצית של תחנות משנה. ניתן להגדיר את המרחב הגיאוגרפי שסביב כל תחנה, ואשר הצרכנים והיצרנים (הקיימים והעתידיים) הנמצאים בו, יחוברו לאותה תחנת משנה, כ "אזור הזנה". שטחי האזורים משתנים בהתאם לצפיפות הצרכנים והיצרנים באותו אזור ונעים בין 1 קמ"ר באזורים עירוניים צפופים כדוגמת גוש דן, לבין מאות קמ"ר בנגב ובערבה. זוהי החלוקה הבסיסית המאפשרת ניתוח של מערכת המסירה והיא זו שהיוותה בסיס לניתוח הנתונים המופיעים בעבודה. חלוקה אזורית כללית יותר, מחלקת את השטח ל "אזורי השנאה" אשר כל אחד מהם כולל מספר אזורי הזנה בעלי מאפיינים חשמליים דומים (צפיפות עומס, סוג עומס וכו').

העבודה כללה 3 שלבים עיקריים :

1. איסוף כלל המידע הנוגע למתקנים סולאריים עתידיים ופוטנציאל הייצור שלהם – נאסף מידע אודות

פוטנציאל הייצור של מאות מתקנים פוטו-וולטאיים הן קרקעיים והן על גבי מאגרים, בריכות, גגות וכו'. מקורות המידע כללו את ועדות התכנון, רשויות ומשרדי ממשלה (מפורט בהמשך). עבור כל המתקן, למעט מתקנים על גבי גגות, נקלט בבסיס הנתונים מיקומו הגיאוגרפי ושטחו. כאשר לגגות, נאספו נתונים המרכזים את כלל שטחי הגגות המהווים פוטנציאל לייצור חשמל בהתאם לחלוקה לרשויות.

2. ריכוז נתוני אזורי הזנה – בהתאם למיקום תחנות המשנה הקיימות של חח"י, בוצע ריכוז של תחומי אזורי ההזנה של כל אחת מתחנות המשנה, ואלו גובשו לכלל מפה ארצית הכוללת 165 אזורי הזנה. מפת אזורי ההזנה מפורטת בתרשים 1, ורשימת האזורים מופיעה בתרשים 2.
3. כלל היקף השטחים המהווים פוטנציאל לייצור חשמל בהתייחס למפת אזורי ההזנה – בוצע ניתוח אשר סוכם את השטחים הפוטנציאליים למתקנים סולאריים בהתאם לאזורי ההזנה, הן באופן מוחלט, היינו מהו סך כל השטח המהווה פוטנציאל לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת בכל אזור הזנה, והן כחישוב הפוטנציאל הסגולי, היינו, מהו פוטנציאל השטחים לייצור אנרגיה מתחדשת ביחס לשטח אזור ההזנה. תרשימים 3 ו 3א בהתאמה, מציגים את היקפי השטחים המהווים פוטנציאל לייצור חשמל בהתאם לחלוקה ארצית לאזורי הזנה ולאזורי השנאה (כמוסבר בראשית פרק זה). תרשים 4 מציג את הפוטנציאל הסגולי אשר חושב בהתאם :

$$\text{שטח כולל של אזור ההזנה} = 100\% \times \frac{\text{שטח הפוטנציאל לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת}}{\text{שטח כולל של אזור ההזנה}}$$

איסוף המידע :

איסוף המידע נעשה תוך התייחסות לחמש קטגוריות :

1. מתקנים קרקעיים במתח עליון
2. מתקנים קרקעיים במתח גבוה
3. מתקנים על מאגרים
4. מתקנים על בריכות דגים
5. מתקנים במחלפים
6. מתקנים על גגות

פירוט :

1. מתקנים קרקעיים במתח עליון – מתקנים פוטו-וולטאיים בהספק הגדול מ 16 מו"א מחוייבים בתוכנית מתאר ויחוברו לרשת ההולכה. תוכניות אלו מקודמות בועדות המחוזיות ובגופי התכנון הארציים, חלקן כתוכניות מפורטות וחלקן ברמה מתארית (תמ"א 41). נתוני התוכניות נאספו מועדות התכנון המחוזיות ומינהל התכנון ועודכנו במאי 2021. בהיקף השטחים הפוטנציאליים נלקחו בחשבון גם מתקנים אשר טרם חוברו אולם הוכן עבורם סקר חיבור מחייב, וכן הערכה של הועדה המחוזית באשר לפוטנציאל של כ 4,000 דונם בחלקה הדרומי של רצועת עזה, ומסתכם בכ 62,000 דונם, רובם באזור הגולן, הנגב המערבי והערבה. ראו תרשים 5.
2. מתקנים קרקעיים במתח גבוה – מתקנים פוטו-וולטאיים המוקמים מתוקף תוכניות המקודמות בועדות המחוזיות דרום וצפון כאשר היקף כל תוכנית אינו עולה על 750 דונם והיקף הייצור בו מתאים לחיבור לרשת המתח הגבוה. נתוני התוכניות נאספו מועדות התכנון המחוזיות ועודכנו במאי 2021. למעלה ממאתיים תוכניות נמצאות בשלבי קידום שונים בועדות, כשישים מהן מאושרות וטרם חוברו לרשת החשמל. בהיקף השטחים הפוטנציאליים נלקחה

בחשבון הערכה של הועדה המחוזית דרום באשר לפוטנציאל בהיקף של כ 8,000 בשטח שבין בסיס נבטים לערערה שבנגב.

סה"כ אותרו כ 37,000 דונם של פוטנציאל קרקעי לחיבור במתח גבוה. ראו תרשים 6.

3. מתקנים על מאגרים – ניצול שטחם של מאגרי מים ובריכות דגים לייצור חשמל בטכנולוגיה פוטו-וולטאית אפשרית מתוקף תמא 10 ד 10. מאגרי המים נחלקים למאגרי קולחין ומאגרי מי שתיה ונמצאים בפיקוחם של משרד הבריאות ורשות המים אשר הוציאו הנחיות באשר לרמת הכיסוי האפשרי של מאגרי הקולחין בפאנלים פוטו-וולטאיים. בהתאם להנחיות אלו רמת הכיסוי מותנת באיכות המים ונעה בין 10%-50%. במאגרים באיכות "להשקיה בלא מגבלות" לא הוגדרה הגבלה לגבי דרגת הכיסוי.

רשימת המאגרים המהווים פוטנציאל ייצור כוללת כ 350 מאגרים. נתוני המאגרים התקבלו ממשרד האנרגיה. בעבודה שנעשתה על ידי רשות הטבע והגנים אותרו למעלה מ 100 מאגרי מים אשר הוגדרו חיוניים לצורך שמירה על בתי גידול לחים, צירי נדידת ציפורים וכו'. מאגרים אלו הוחרגו מרשימת המאגרים המהווים פוטנציאל ייצור פוטו-וולטאי. סה"כ שטחי המאגרים המהווים פוטנציאל ייצור פוטו-וולטאי הינו כ 23,000 דונם. ראו תרשים 7.

4. מתקנים על בריכות דגים – בריכות הדגים נמצאות בפיקוחו של משרד החקלאות אשר הגביל את אחוז הכיסוי ל 30% משטח המים ברום העליון של הבריכה הדגים. נלקחו בחשבון בריכות דגים אשר השטח הפוטנציאלי למתקנים פוטו-וולטאיים גדול מ 5 דונם. סה"כ שטחי הבריכות המהווים פוטנציאל ייצור פוטו-וולטאי הינו כ 8,300 דונם. ראו תרשים 8.

5. מתקנים במחלפים – הקמת מתקנים פוטו-וולטאיים בשטחי מחלפים מתאפשרת מתוקף תמא 10 ד 10 שינוי 2. בשלב ראשון הוכנה על ידי רשות החשמל רשימה בסיסית אשר כללה רשימה של 138 מחלפים והוערך כי ניתן לנצל כ 50% משטח המחלף עבור מתקנים פוטו-וולטאיים. בשלב שני התקבלה הערכה מחודשת ומדוייקת יותר מחברת נתיבי ישראל ובהתאם לה נערכו המפות. השטח הכולל הינו כ 3,100 דונם. ראו תרשים 9.

6. מתקנים על גגות – חישוב פוטנציאל הגגות נלקח מתוך נתוני רשות החשמל אשר סקרה את כלל גגות המבנים בתחומי הקו הירוק תוך הפרדה בין מבני מגורים (בהתחשב במספר הקומות) ובין סקטורים אחרים (מבני ציבור, חקלאות, תעשייה וכו'). בוצעה הערכה של יכולת מימוש פוטנציאל הגגות בכל אחת מהקטגוריות, עבור כל הרשויות ברחבי הארץ. סך פוטנציאל הגגות שנמצא (למעט יהודה ושומרון ושטחים ללא זיהוי גיאוגרפי) היה כ 52,000 דונם. להערכת רשות החשמל ומניתוח נתוני חח"י באשר להיקף הגגות המחוברים לרשת וכן היקף המתקנים אשר קיבלו תשובת מחלק חיובית (מלאה או חלקית) ניתן להניח כי היקף הגגות המחוברים הינו כ 18,500 דונם. יחד עם זאת, לאור אי הבהירות בנתונים, פוטנציאל הגגות חושב בהתייחס למוצע המימוש, לאחר גריעת הנתונים השגויים, כאשר טרם מומשו כ 2/3 מפוטנציאל הגגות. לאור היתרון הגלום במימוש מתקנים על גגות הן בהיבט חסכון הקרקע והן באפשרות מימוש המתקנים במרכז הארץ, הונח כי יעשה מאמץ מיוחד לקידום מתקנים אלו ונלקח מקדם של 1.5 בחישוב היקף פוטנציאל הגגות. השטח הכולל המחושב הינו כ 51,000 דונם. ראו תרשים 10.

חוות טורבינות רוח – קיימים היום מספר מתקנים מאושרים ובהקמה, ובנוסף מתוכננות מספר חוות רוח נוספות
אולם חיבורן למערכת (בהיקף של כ 320 מגוואט) נלקח בחשבון בתוכנית הפיתוח, ובהתאם להערכות לא צפויה
הקמתן של חוות רוח נוספות בהספק משמעותי.

מימוש פוטנציאל עד 2030 :

בנוסף לקטגוריות אשר פורטו להלן, ישנם שטחים רבים נוספים אשר יתכן כי בעתיד יהוו פוטנציאל לייצור אנרגיות
מתחדשות, אולם לא נלקחו בחשבון לאור אי הוודאות והחסמים הרגולטוריים אשר אינם מאפשרים מימושם עד שנת
2030. בשנים הקרובות, עם השינויים הצפויים בתחום זה וכניסתם של גורמים נוספים יעשה עידכון הן של
הקטגוריות הנלקחות בחשבון והן של הפריסה הגיאוגרפית של המתקנים. בקטגוריות אלו כלולים שטחי מערכת
הבטחון (שטחי אימונים, בסיסים צבאיים), קירות תמך, שטחי מטמנות, בתי עלמין, מתקנים אגרו-וולטאיים וכו'.
בנוסף, יתכן כי שינויי רגולציה יאפשרו היקפי מימוש משמעותיים יותר על גגות.

סיכום היקפי שטחים :

לעת סיכום היקפי השטחים הפוטנציאליים למתקני ייצור באנרגיה מתחדשת, עלתה סוגיית היקפי המתקנים על גבי גגות. יתרונם של מתקנים אלו טמון באפשרות להרחבת הייצור במרכז הארץ. באזורים אלו לא ניתן להקים מתקנים קרקעיים והגגות מהווים את עתודת השטח המשמעותית ביותר, ובנוסף, אין צורך בפיתוח מערכת הולכה משמעותית, היות והמערכת הקיימת המסוגלת כבר כיום לקלוט היקפי ייצור משמעותיים. לאור זאת, בחרנו להגדיל את הצפי למימוש המתקנים על גגות ל-150% מההערכה הבסיסית שהתקבלה בהתאם לנתוני רשות החשמל.

טבלת סיכום עבור מימוש גגות ב 100% :

קרקעי מ"ע	קרקעי מ"ג	גגות	מאגרים	בריכות דגים	מחלפים	סה"כ (דונם, %)
62,265	36,984	34,315	23,378	8,311	3,155	168,408
36.97	21.96	20.38	13.88	4.94	1.87	100%

טבלת סיכום עבור מימוש גגות ב 150% :

קרקעי מ"ע	קרקעי מ"ג	גגות 150%	מאגרים	בריכות דגים	מחלפים	סה"כ (דונם, %)
62,265	36,984	51,472	23,378	8,311	3,155	185,565
33.55	19.93	27.74	12.60	4.48	1.70	100%

סיכום :

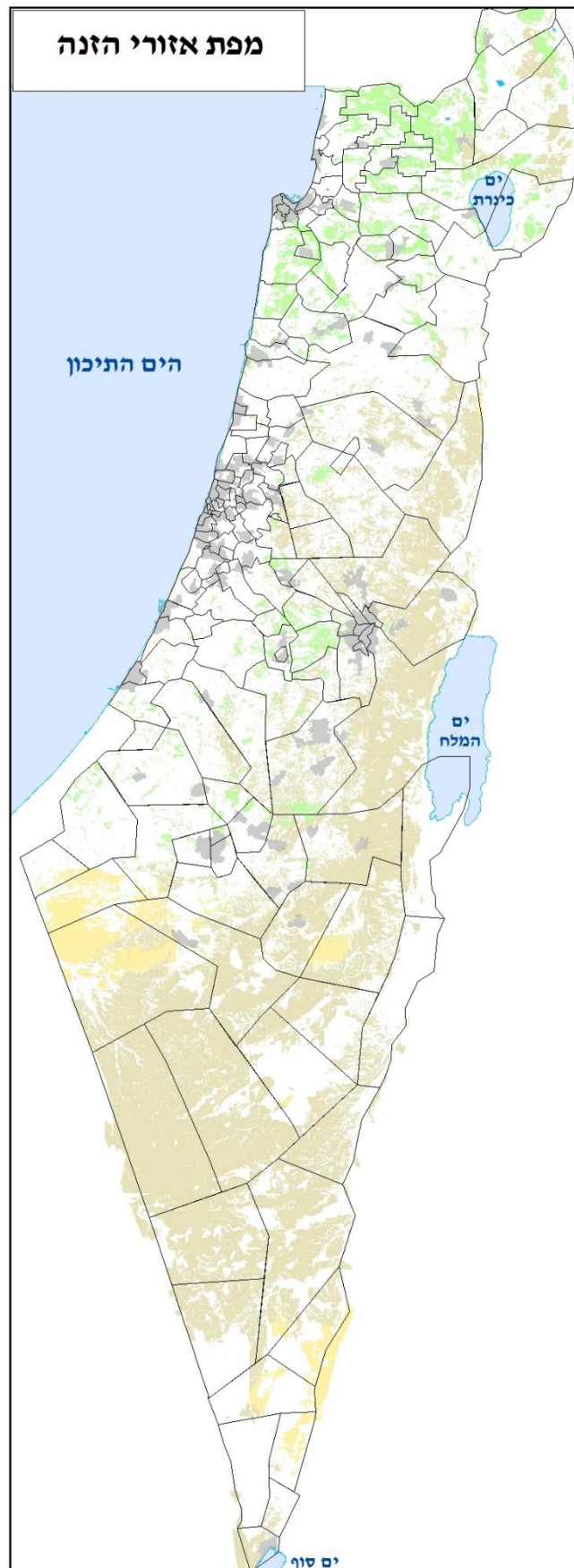
עבודה זו סקרה את פוטנציאל השטחים של מתקני ייצור באנרגיה סולארית, אשר קיימת רמת ישימות סבירה למימושם עד שנת 2030, בהתייחס לפריסתם הגיאוגרפית. העבודה מהווה בסיס להכנת תוכנית הפיתוח של מערכת המסירה.

היקף השטחים שאותרו הוא כ 170,000-180,000 דונם, ועבור היקף הייצור האפשרי בשטחים אלו נבנתה תוכנית הפיתוח. חשוב לציין כי השטחים שאותרו אינם כוללים את שטחי מערכת הבטחון, מתקנים אגרו-וולטאיים ומתקנים על מטמנות, בתי קברות וכו'.

נמצא כי עיקר פוטנציאל השטחים מתרכז באזור הנגב המערבי, הגולן, עמק בית שאן, עמק יזרעאל והערבה. ניתוח צפיפות שטחי פוטנציאל הייצור ביחס לשטחי אזורי ההזנה מאפשר זיהוי של האזורים בהם תידרש תוספת השנאה. צפיפות גדולה קיימת בגולן, עמק בית שאן ועמק יזרעאל, מערב הנגב, אזור ערד ובערבה. מסתמן כי תידרש עבודת המשך לצורך הבנת מגמות המימוש של הייצור באנרגיות מתחדשות, בהתייחס לשינויים הצפויים בחקיקה וברגולציה.



תרשים 1 - מפת אזורי ההזנה :

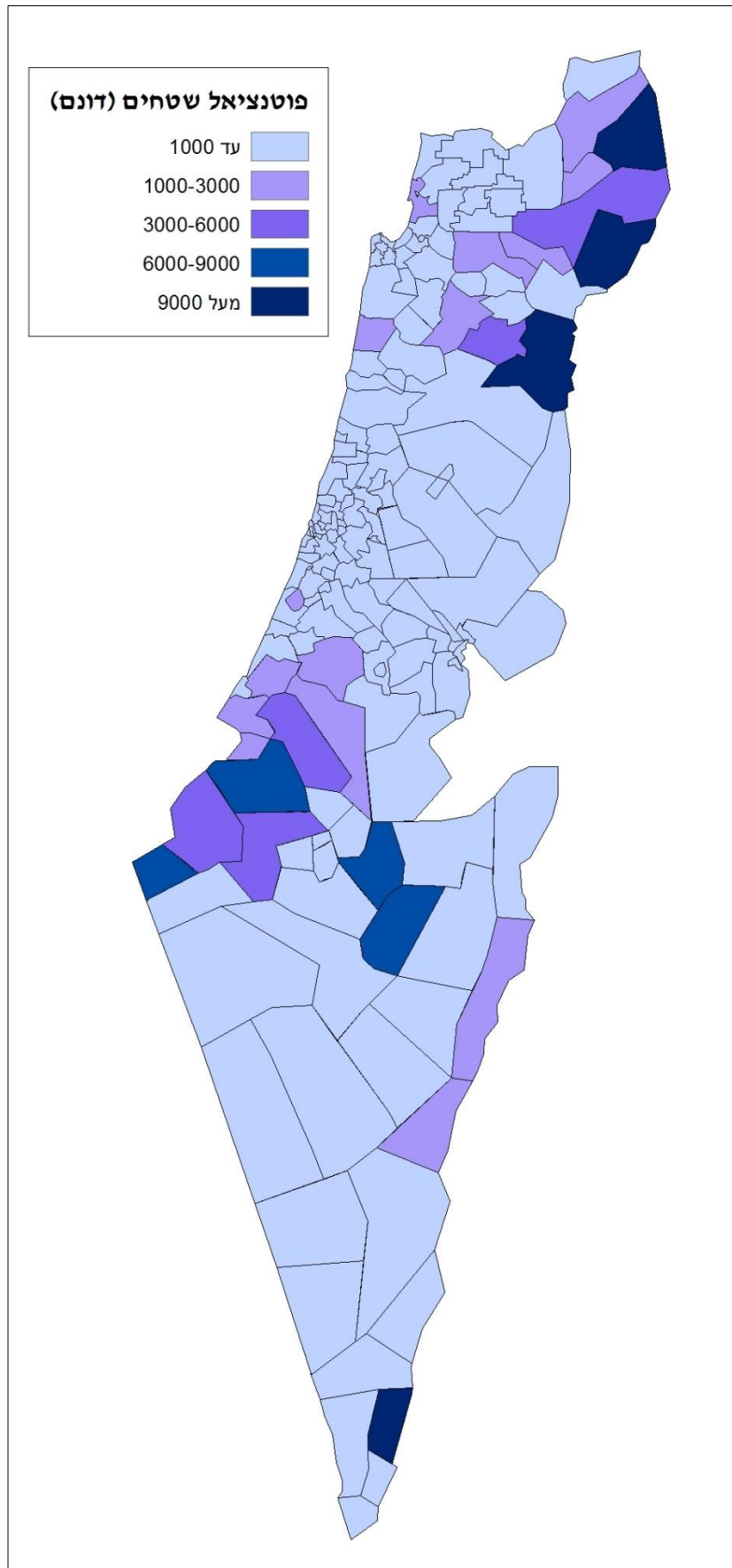


תרשים 2 - רשימת אזורי ההזנה :

אבן ספיר	הר טוב	משאבי שדה	קריות
אבן עזר 2	הרצליה	משאבי שדה 2 אשלים	קרית גת
אבן עזר 3	זבולון	משגב	קרית הלאום
אבנת	זכרון יעקב	נבלוס	קרית שמונה
אדמירליטי	זמורות	נהריה	ראש העין
אונו	זמיר	נחל צופים	ראש פינה
אופקים	חבצלת	נחל שחורת	ראשון לציון
אופקים 2	חברון	נייר חדרה	ראשון לציון מזרח
אור יהודה	חולה	ניר גלים	רוממה
איל	חולון	ניר יצחק	רותם
אילת	חריש	נס ציונה	רותם 2
איתן	טייבה	נעמן	רמת אביב
אלון תבור	יבנה	נצרת	רמת גן
אלעד	יהלום	נתיבות	רמת חובב
אלפי מנשה	יוטבתה	נתניה דרום	רמת רחל
אנילביץ	יוטבתה לוטן	סדום צפון	רעות
אריאל	יוקנעם	סיתריה	רעננה
אריאל 2	יזרעאל	עטרות	שביב
אשדוד	ירושלים ג	עין חרוד	שדרות
אשקלון	ירושלים ד	עירון	שוהם
באר שבע	ירושלים ה	עמנואל	שיקמונה
באר שבע מערב	כברי	עמק חפר	שלום
באר שבע צפון	כורסי	ערד	שער אפרים
בארות יצחק	כינורות	ערד 2	שער הגיא
ביכורים	כמון	עתידים	שפיים
בית יהושע	כנות	עתלית	שפרינצק
בית שאן	כפר אוריה	פארן	שפרעם/אבליים
בית שמש	כפר סבא מזרח	פארן 2	שרון
ביתר	כרמיאל	פארן 3	תל אביב דרום
בר לב	להבים	פארן ספיר	תל אביב מזרח
בשור	לוד	פוריה	תל אביב מרכז
ג'נין	מבוא הכרמל	פתח תקוה	תל אביב צפון
גאליה	מגדל העמק	צומת כרמיה	תל אור
גבעת שאול	מודיעין	צור שלום	תל גיבורים
גזר	מכבית	ציפורית	תל שוקת
גן רווה	מנשיה	צפית	תמנע
גן שורק	מעלה אפרים	צפת	תמנע 2
דימונה	מעלות	קיסריה	תעשיה אדומים
דלית אל כרמל	מצדה	קישון	תפן
הוד השרון	מצפה רמון	קניונים	תרקומיא
הכפר הירוק	מצפה רמון 2	קצרין	
	מצפה רמון 3	קריה	

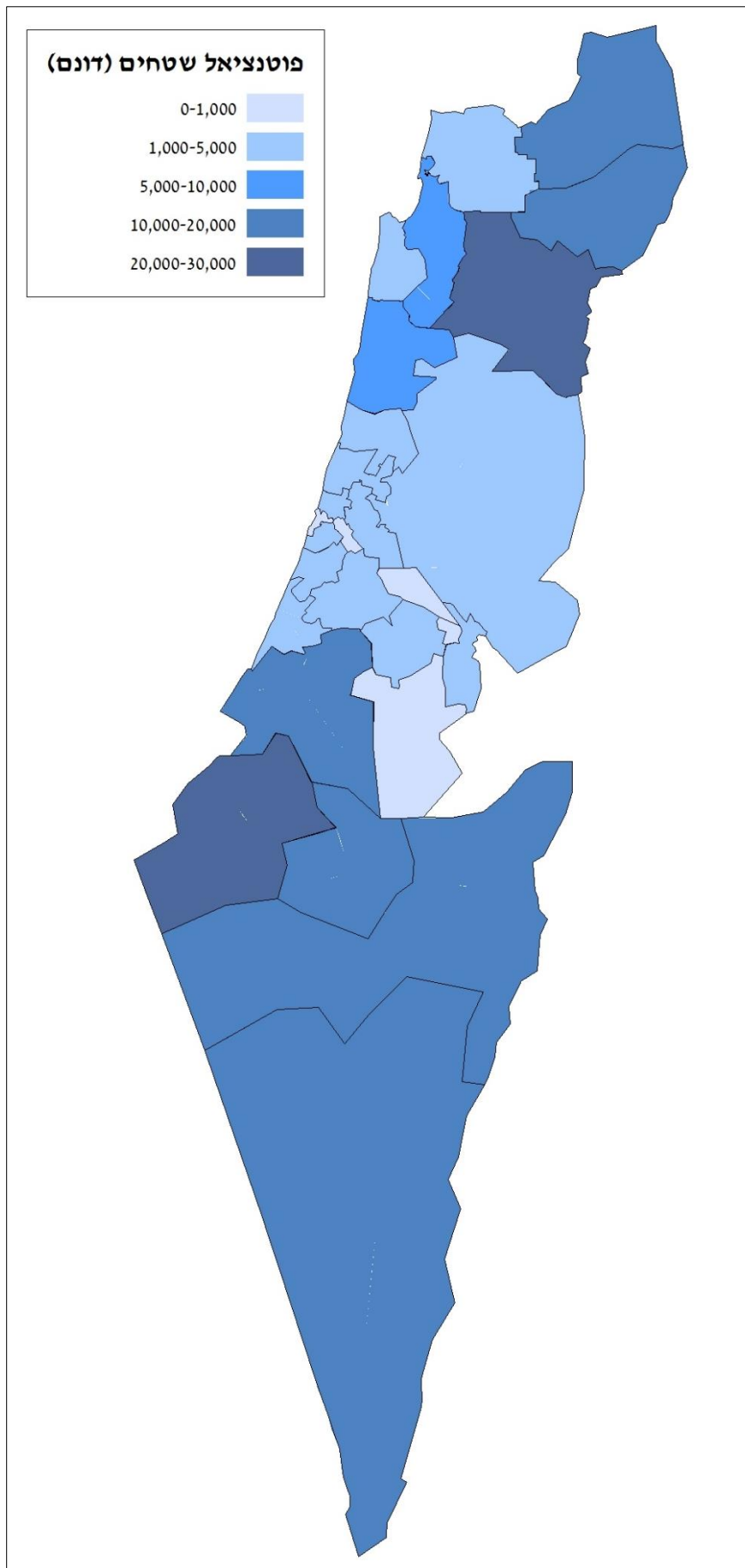


תרשים 3 - מפת סיכום פוטנציאל (בחלוקה לאזורי הזנה) :

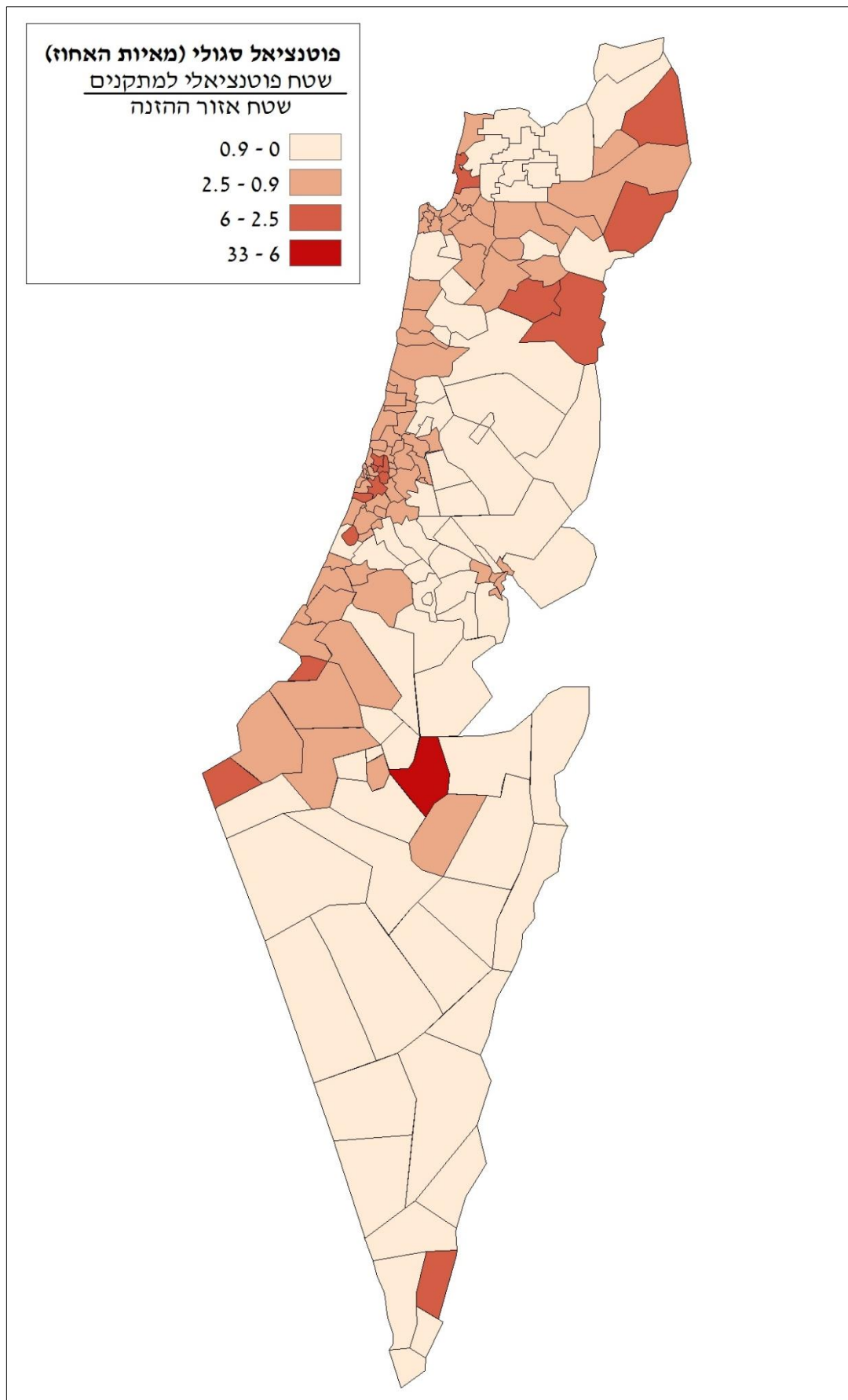




תרשים 3 א - מפת סיכום פוטנציאל (בחלוקה לאזורי השנאה) :



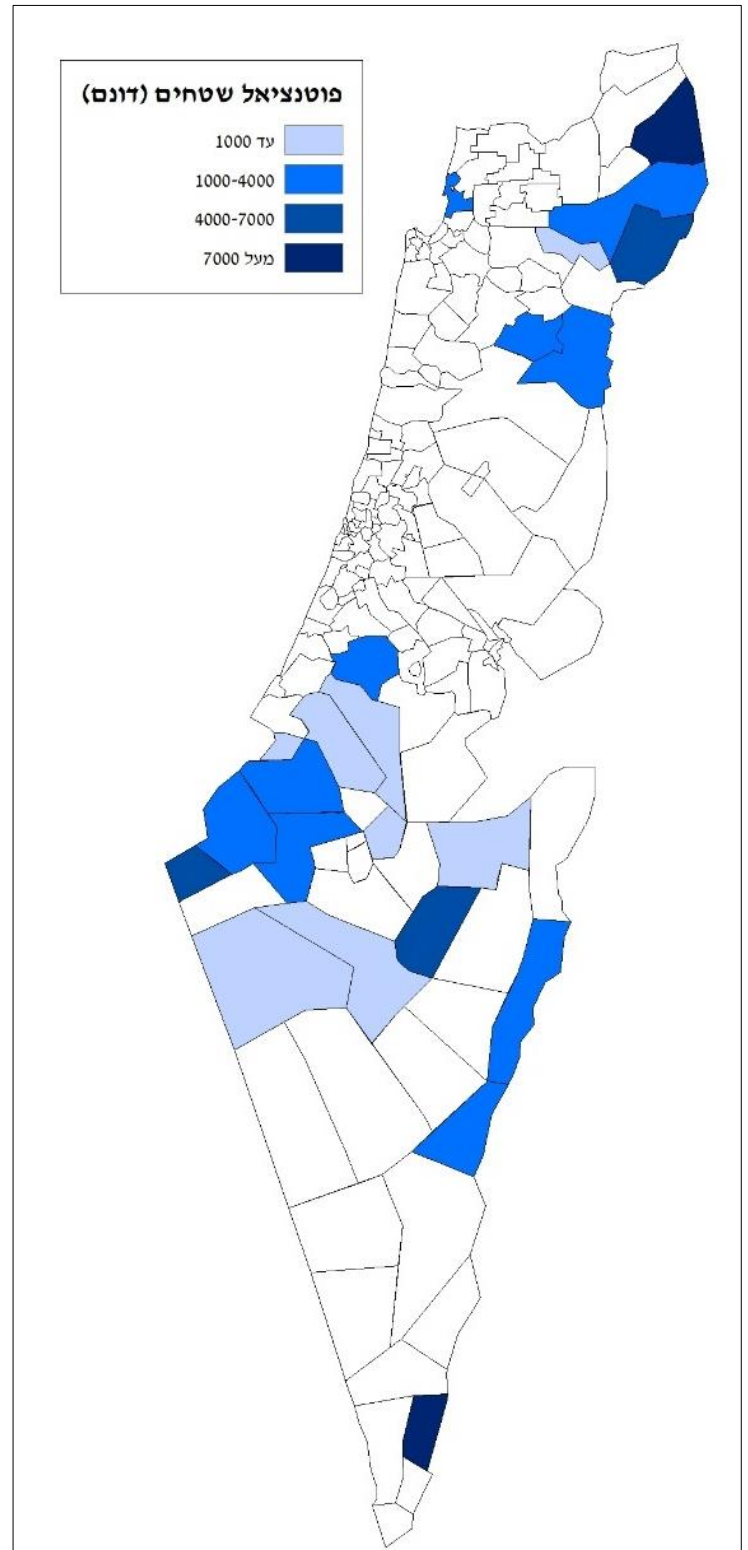
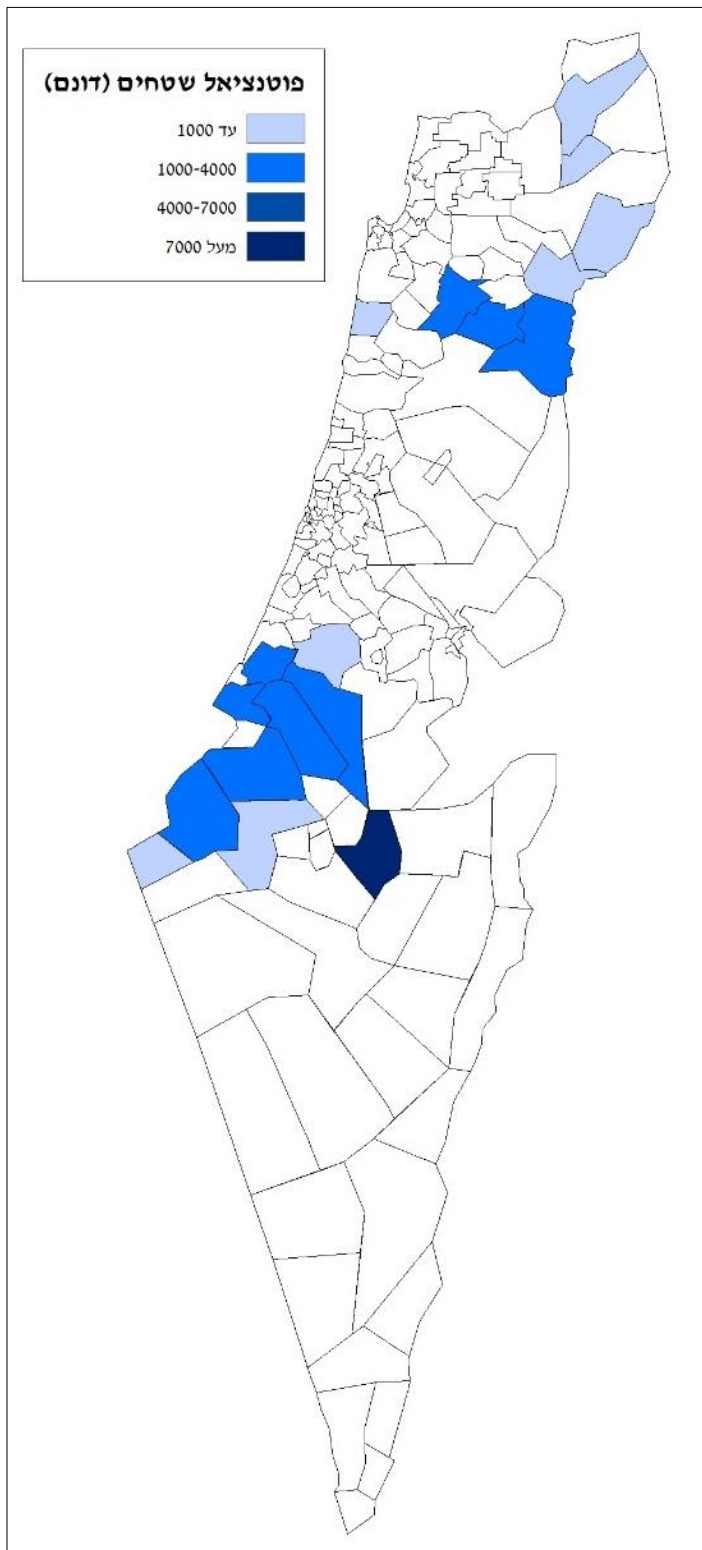
תרשים 4 - מפת צפיפות פוטנציאל המתקנים הפוטו-וולטאיים, ביחס לשטח אזורי ההזנה :



ניתוח פיזור פוטנציאל הייצור בהתאם לאזורי ההזנה :

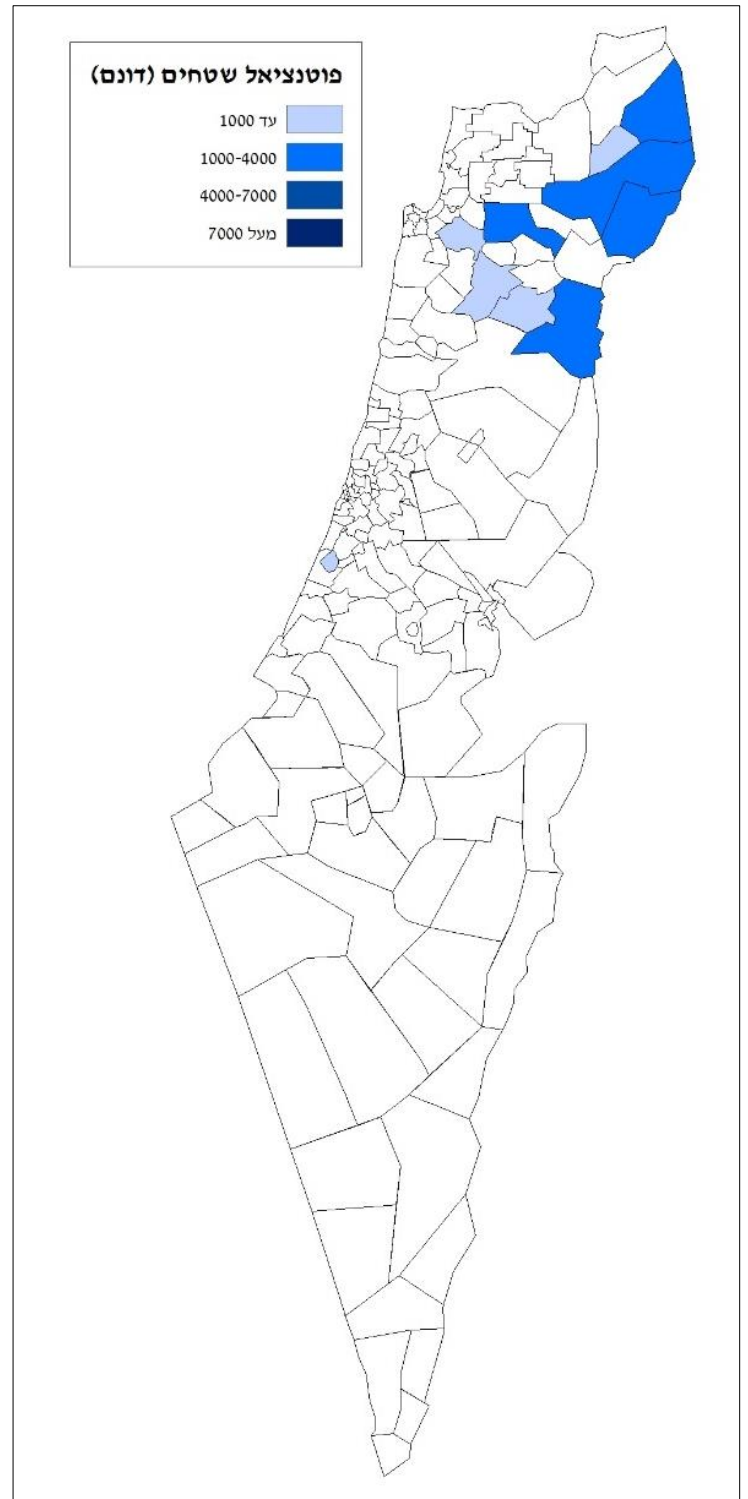
תרשים 6 - מתקנים קרקעיים במתח גבוה :

תרשים 5 - מתקנים קרקעיים במתח עליון :

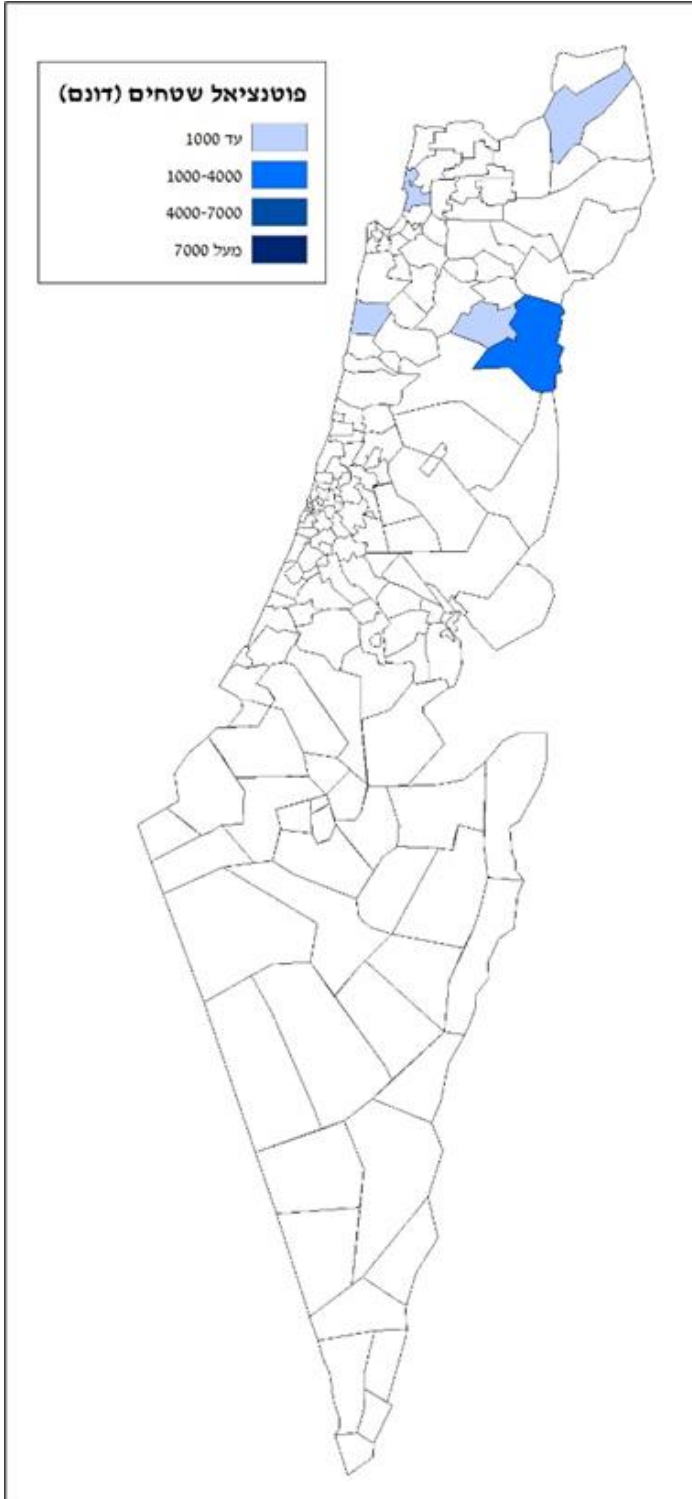


ניתוח פיזור פוטנציאל הייצור בהתאם לאזורי ההזנה :

תרשים 7 - מאגרים :

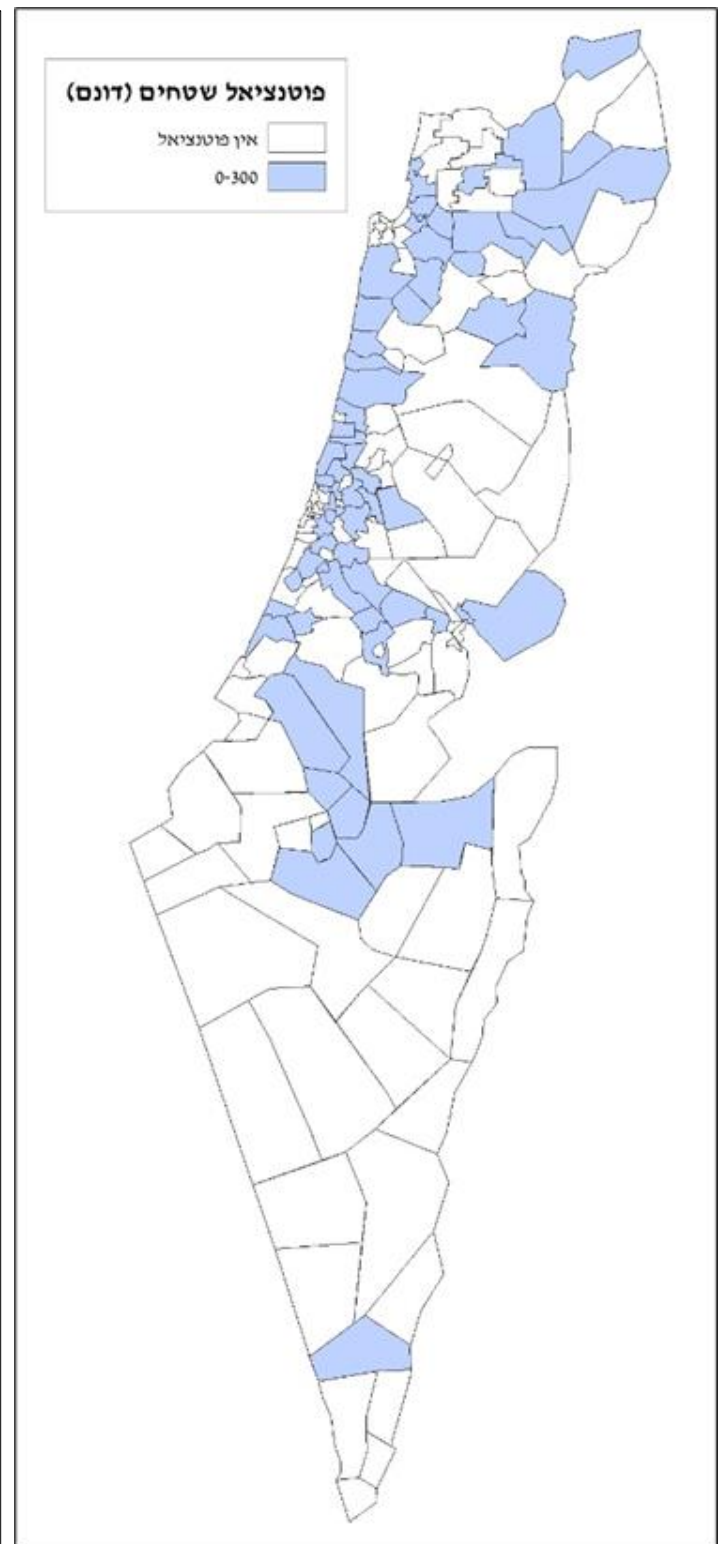


תרשים 8 - בריכות דגים :



ניתוח פיזור פוטנציאל הייצור בהתאם לאזורי ההזנה :

תרשים 9 - מחלפים :



תרשים 10 - גגות :

