

עסקי - שמור

תכנון, פיתוח וטכנולוגיה
חדשנות וניטור



מחלקת פיתוח וניטור המערכת

פעילות הברקים בישראל - דו"ח שנתי לתקופה 06/2023-07/2022 -

דו"ח מס' RL-94



דצמבר 2023


מחלקת פיתוח וניטור המערכת


פעילות הברקים בישראל - דו"ח שנתי לתקופה 06/2023-07/2022 -

דו"ח מס' RL-94



מטפל: ח. לרמן

מאשר: א. יגר 

בודק: ד"ר י. כץ 

דצמבר 2023

תוכן העניינים

1	תוכן העניינים	
2	תקציר	1
4	מבוא	2
4	המערכת לאיתור ורישום ברקים	2.1
4	אבני דרך	2.2
4	מאפייני ברקים	2.3
4	נתוני ברקים	2.4
5	פעילות ברקים בתקופה 07/2022-06/2023	
6	מאפייני פעילות הברקים	3
6	מאפיינים סטטיסטיים	3.1
6	התפלגות לפי זרם וקוטביות	3.2
7	התפלגות חודשית	3.3
8	התפלגות הברקים לפי שעה וקוטביות	3.4
9	ימי פעילות ברקים חריגה	3.5
10	התפלגות לוג-נורמלית של מאפייני הברקים	4
11	מאפיינים סטטיסטיים של ההתפרקויות (זרם וזמנים)	4.1
15	מספר ברקים במקבץ	4.2
15	התפלגות מספר הגלאים המשתתפים בגילוי הברקים	4.3
16	צפיפות ברקים שנתית	5
22	פעילות ברקים רב-שנתית (2006-2023)	
23	נתונים רב-שנתיים	6
26	התפלגות לוג-נורמלית רב-שנתית של מאפייני הברקים	7
28	נתונים סטטיסטיים לפי חודש	7.1
29	המאפיינים הסטטיסטיים של התפרקויות רב-שנתיות (זרם וזמן)	7.2
30	צפיפות ברקים רב-שנתית	8
36	סיכום	9
36	כללי	9.1
36	עונת הברקים הנוכחית (07/2022-06/2023)	9.2
36	ניתוח רב-שנתי	9.3
37	סימוכין	10

1. תקציר

בדו"ח זה מוצגים נתוני הברקים שפגעו בשטח היבשתי של מדינת ישראל, שנקלטו ונרשמו במערכת לאיתור ורישום ברקים בעונת הברקים הנוכחית, 07/2022-06/2023. בפועל, נקלטו ונרשמו נתונים החל מ- 11/2022 וזאת עקב התקנה ושדרוג של מערכת הברקים בנגה.

בדו"ח מוצגים נתוני פעילות הברקים בתקופת הדו"ח ונתונים מצטברים רב-שנתיים (2006-2023):

1. מאפיינים סטטיסטיים של הברקים הנפרקים לאדמה לפי זמן, קוטביות ועוצמת שיא הזרם.
2. תקופות עם פעילות ברקים חריגה ביחס לממוצע הרב-שנתי.
3. התפלגות לוג-נורמלית של מאפייני הברקים.
4. צפיפות ברקים שנתית.

להלן הממצאים וההמלצות:

1. עונת הברקים הנוכחית התאפיינה בפעילות ברקים ממוצעת ביחס לממוצע הרב-שנתי. בעונה זו נרשמו 20,378 פגיעות ברקים בשטח היבשתי של מדינת ישראל, לעומת ממוצע רב-שנתי של 21,704 פגיעות ברקים בשנים 2006-2021.
2. מסתמן שינוי בהתפלגות החודשית של פעילות הברקים. בעבר, בחודשים אוקטובר ונובמבר נרשמה כמחצית מפעילות הברקים העונתית, אך בשנים האחרונות פעילות הברקים הייתה נמוכה בחודשים אלה.
3. ב- 28 ימים התרחשה פעילות ברקים חריגה של מעל 200% ביחס לממוצע הרב-שנתי היומי.
4. התפלגות עוצמת זרם הברקים אשר נקלטו במערכת תואמת להתפלגות לוג-נורמלית המומלצת בספרות על סמך מדידות ישירות של זרם הברק [14]. ההתאמה מעידה על אמינות נתוני המערכת ומשקפת שיפור בתפקוד המערכת הודות לשדרוגה.

להלן הפרמטרים של התפלגות לוג-נורמלית של עוצמת הזרם החשמלי בתקופה הדו"ח:

5. של כלל פעילות הברקים - הממוצע 17.3 ק"א, החציון 11.8 ק"א וסטיית התקן 0.87;
6. של ברקים שליליים - הממוצע 15- ק"א, החציון 11- ק"א וסטיית התקן 0.82;
7. של ברקים חיוביים - הממוצע 41,2 ק"א, החציון 32 ק"א וסטיית התקן 0.81.

רשימת תרשימים

- 6.....תרשים 1 התפלגות עוצמת זרם וקוטביות בשטח היבשתי של מדינת ישראל
- 7.....תרשים 2 התפלגות חודשית של הברקים
- 8.....תרשים 3 התפלגות היומית של הברקים
- 10.....תרשים 4 התפלגות לוג-נורמאלית המצטברת של זרמי כל הברקים (באדום) ועקומת הקירוב
- 11.....תרשים 5 התפלגות לוג-נורמאלית המצטברת של זרמי הברקים השליליים (באדום) ועקומת הקירוב
- 12.....תרשים 6 התפלגות זרמי ההתפרקות השליליות (באדום) ועקומת הקירוב לאחר הסינון
- 13.....תרשים 7 התפלגות זרמי התפרקות השליליות הראשונות (באדום) ועקומת הקירוב לאחר הסינון
- 14.....תרשים 8 התפלגות זרמי גל הראשונות השליליות (בכחול) וגלים עוקבים (באדום) מול עקומות מהספרות [14]
- 15.....תרשים 9 התפלגות מספר הברקים הבודדים במקבץ
- 16.....תרשים 10 התפלגות מספר הגלים שדיווחו על ברקים
- 17.....תרשים 11 מפת צפיפות ברקים לעונת ברקים 2022-2023
- 18.....תרשים 12 מפת צפיפות ברקים באזור הצפון
- 19.....תרשים 13 מפת צפיפות ברקים באזור המרכז
- 20.....תרשים 14 מפת צפיפות ברקים באזור הדרום
- 21.....תרשים 15 מפת צפיפות ברקים באזור הנגב הדרומי
- 23.....תרשים 16 התפלגות רב שנתית הברקים לפי עוצמת זרם וקוטביות
- 24.....תרשים 17 התפלגות עונתית של פעילות הברקים
- 24.....תרשים 18 התפלגות החודשית הרב שנתית של פעילות הברקים
- 25.....תרשים 19 התפלגות היומית הרב שנתית באחוזים של פעילות הברקים
- 26.....תרשים 20 התפלגות הלוג-נורמאלית המצטברת רב שנתית של זרמי (באדום) ועקומת הקירוב
- 27.....תרשים 21 התפלגות הלוג-נורמאלית המצטברת רב שנתית של זרמי הברקים השליליים (באדום) ועקומת הקירוב
- 29.....תרשים 22 התפלגות רב שנתית זרמי התפרקות הראשונות השליליות בארץ (באדום) ועקומת הקירוב
- 30.....תרשים 23 מפת צפיפות ברקים רב-שנתית
- 31.....תרשים 24 מפת צפיפות ברקים רב-שנתית באזור הצפון
- 32.....תרשים 25 מפת צפיפות ברקים באזור המרכז
- 34.....תרשים 26 מפת צפיפות ברקים באזור הדרום
- 34.....תרשים 27 מפת צפיפות ברקים באזור הנגב הדרומי
- 35.....תרשים 28 מפה איזוקראונית רב-שנתית [ברקים לקמ"ר לשנה]

רשימת טבלאות

- 6.....טבלה 1 המאפיינים הסטטיסטיים של פעילות הברקים בשטח היבשתי של מדינת ישראל
- 7.....טבלה 2 נתוני ברקים בעונה 2022-2023
- 9.....טבלה 3 פעילות ברקים חריגה לפי ממוצע יומי וחודשי רב שנתי
- 11.....טבלה 4 מאפיינים סטטיסטיים של עוצמת זרם הברק
- 12.....טבלה 5 מאפיינים סטטיסטיים של עוצמת זרם הברק מול ערכים בספרות
- 14.....טבלה 6 מאפיינים סטטיסטיים של זמן עליית הגל
- 23.....טבלה 7 המאפיינים הסטטיסטיים של הברקים בתחום מדינת ישראל בשנים 07/2006-06/2023
- 28.....טבלה 8 פרמטרים שונים לפי חודש
- 29.....טבלה 9 מאפיינים סטטיסטיים של עוצמת זרם הברקים
- 29.....טבלה 10 מאפיינים סטטיסטיים של זמן עליית הגל

2.1 המערכת לאיתור ורישום ברקים

איתור ורישום ברקים מתבצע באופן רציף ע"י מערכת ברקים, המופעלת ומתוחזקת על-ידי מחלקת פיתוח וניטור המערכת באגף תפ"ט. המערכת מאתרת ורושמת בזמן אמת את פעילות הברקים המתרחשת בשטח היבשתי של מדינת ישראל והסביבה, עד למרחק של כ- 500 ק"מ. המערכת כוללת 11 גלאי ברקים ויחידה מרכזית. הגלאים קולטים אירועים של פעימות אלקטרומגנטיות בסביבתם, שמקורם פגיעות ברק, ומעבירים את המידע ליחידה מרכזית. היחידה המרכזית כוללת שרת לעיבוד נתונים ושרת נוסף לטיפול בבסיס הנתונים. תפקיד היחידה המרכזית הינו להצליב ולאמת את המידע שמתקבל מכל גלאי ובסוף התהליך לשמור את האירועים שסווגו כפגיעות ברק בבסיס הנתונים.

2.2 אבני דרך

- בשנת 1994 נרכשה והופעלה לראשונה מערכת עם 5 גלאים.
- בשנת 2000 שודרגה המערכת למערכת חדשה, "APA 2000".
- ב- 11/2006 שודרגה המערכת למערכת "APA 8000".
- בנובמבר-דצמבר 2016 הוכנסו לפעולה יחידה מרכזית חדשה מסוג "TLP 1.4.1" ושרת בסיס נתונים TLD100.
- בנובמבר 2022 הותקנו בנגה יחידה מרכזית חדשה מסוג "TLP 1.7.2" ושרת בסיס נתונים. כמו כן, שודרגה תוכנת ה-FALLS לגרסה 5.3.6.
- ב- 07/2023 בוצע כיוול ראשון למערכת החדשה.

2.3 מאפייני ברקים

ברק נוצר מהתפרקות אלקטרוסטטית של מטענים חשמליים בעלי קוטביות מנוגדות בסביבות עננות מסוימות. התפרקות אלו יכולות להתרחש בתוך ענן (*inter cloud*) או בין ענן לענן (*cloud to cloud*) או בין ענן לאדמה (*cloud to ground*). הניתוחים הסטטיסטיים בדו"ח זה עוסקים בפעילות הברקים שבין ענן לאדמה בלבד. ברק יכול להופיע כברק בודד (*stroke*) וכמקבץ ברקים (*flash*), שיוך לפי מיקום וזמן. במערכת לאיתור ורישום ברקים כל התפרקות חשמלית בין ענן לאדמה נרשמת כברק בודד, בנוסף ניתן לשייך ברקים למקצבים בשרת. התפלגות פרמטרים של הברקים, כמו רוב התופעות בטבע, היא התפלגות לוג-נורמאלית. נרמול ההתפלגות מתבצע ע"י פונקציות הסתברות מקורבת. תקן IEC 62305-1 [9] נותן את הערכים של מאפייני הברק לפי עוצמת ההתפרקות. פונקציית הסתברות מקורבת שמומלצת ע"י CIGRE, [4], [5], [6], [14] היא:

$$P_c(I) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{u_0}^{\infty} e^{-u^2} du = 0.5 \times \operatorname{erfc}(u)$$

כאשר $I, u = \left(\frac{\ln I - \ln I_m}{\sigma_{\ln I} \times \sqrt{2}} \right)$ הוא הזרם בא, I_m הינו החציון, $\sigma_{\ln I}$ היא סטיית התקן של לוגריתם הטבעי של הזרם

ו- *erfc* היא פונקציית השגיאה המשלימה.

2.4 נתוני ברקים

דו"ח זה מוצגים נתוני הברקים שנרשמו בשטח היבשתי של מדינת ישראל בתקופות הבאות:

1. עונת הברקים הנוכחית, 07/2022-06/2023.
2. ממוצעים רב-שנתיים לתקופה 7/2006-6/2023.

פעילות ברקים בתקופה 07/2022-06/2023

3 מאפייני פעילות הברקים

3.1 מאפיינים סטטיסטיים

בטבלה 1 מובאים המאפיינים הסטטיסטיים העיקריים של כלל פעילות הברקים אשר נרשמו במערכת בשטח היבשתי של מדינת ישראל.

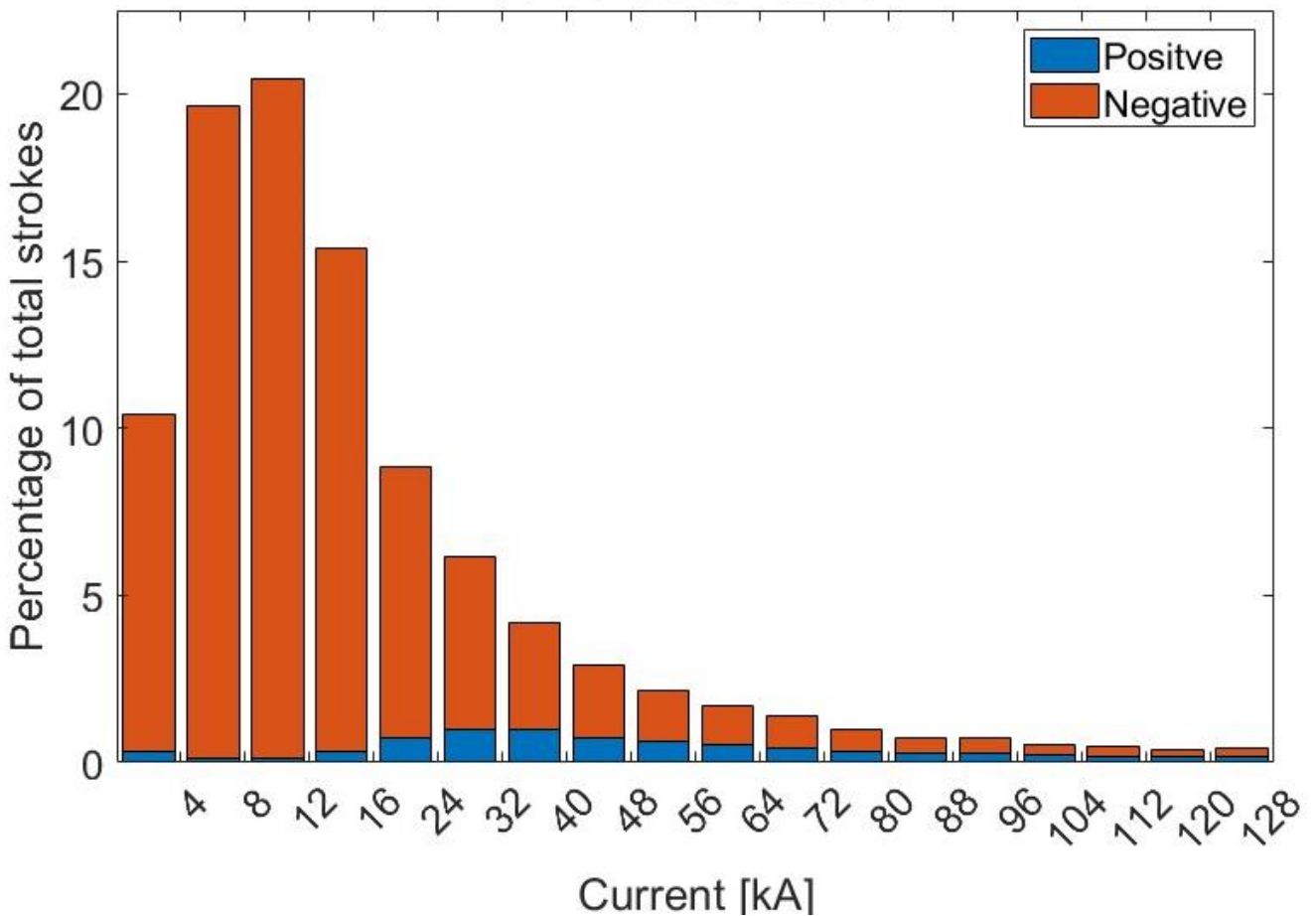
טבלה 1 המאפיינים הסטטיסטיים של פעילות הברקים בשטח היבשתי של מדינת ישראל

מאפייני הברקים	כל הברקים	ברקים שליליים	ברקים חיוביים
מס' הברקים	20,378	18,618	1,760
חציון זרמי הברקים I_m [kA]	11.8	-11	32
ממוצע זרמי הברקים I_m [kA]	17.3	-15	41.2
סטיית התקן $\sigma_{\ln I}$	0.87	0.82	0.81
זרם מרבי [kA]	-355	-355	282

3.2 התפלגות לפי זרם וקוטביות

בתרשים 1 מציג את התפלגות זרמי הברקים, חיוביים וגם שליליים, בשטח היבשתי של מדינת ישראל.

Current distribution



תרשים 1 התפלגות עוצמת זרם וקוטביות בשטח היבשתי של מדינת ישראל

3.3 התפלגות חודשית

בטבלה 2 מוצגים הפרמטרים הבאים:

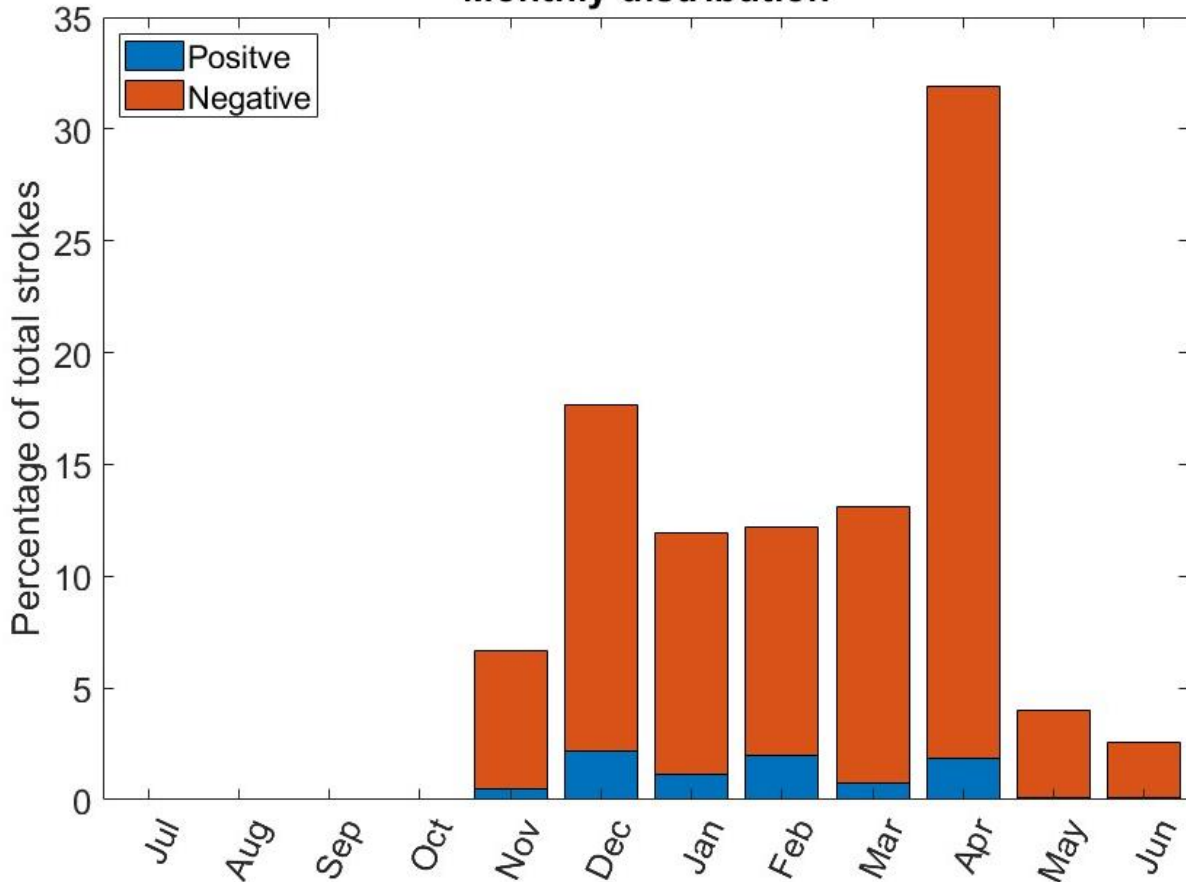
1. המספר החודשי של פגיעות ברקים,
 2. אחוז ביחס לממוצע החודשי הרב-שנתי (באדום = חודשים בהם נרשמה פעילות ברקים מעל הממוצע),
 3. צפיפות הברקים [ברק/קמ"ר] החודשית.
- הערה - בחודשים יולי-אוקטובר 2022 אין מידע לגבי פעילות ברקים עקב התקנה ושדרוג של מערכת ברקים חדשה.

טבלה 2 נתוני ברקים בעונה 2022-2023

חודש	מספר ברקים	אחוז ביחס לממוצע רב שנתי	צפיפות ברקים
07/22	0	0	0.00
08/22	0	0	0.00
09/22	0	0	0.00
10/22	0	0	0.00
11/22	1356	32	0.05
12/22	3598	145	0.13
01/23	2427	103	0.09
02/23	2478	105	0.09
03/23	2671	205	0.10
04/23	6505	295	0.23
05/23	809	83	0.03
06/23	525	1050	0.02
סה"כ	20369	94	0.73

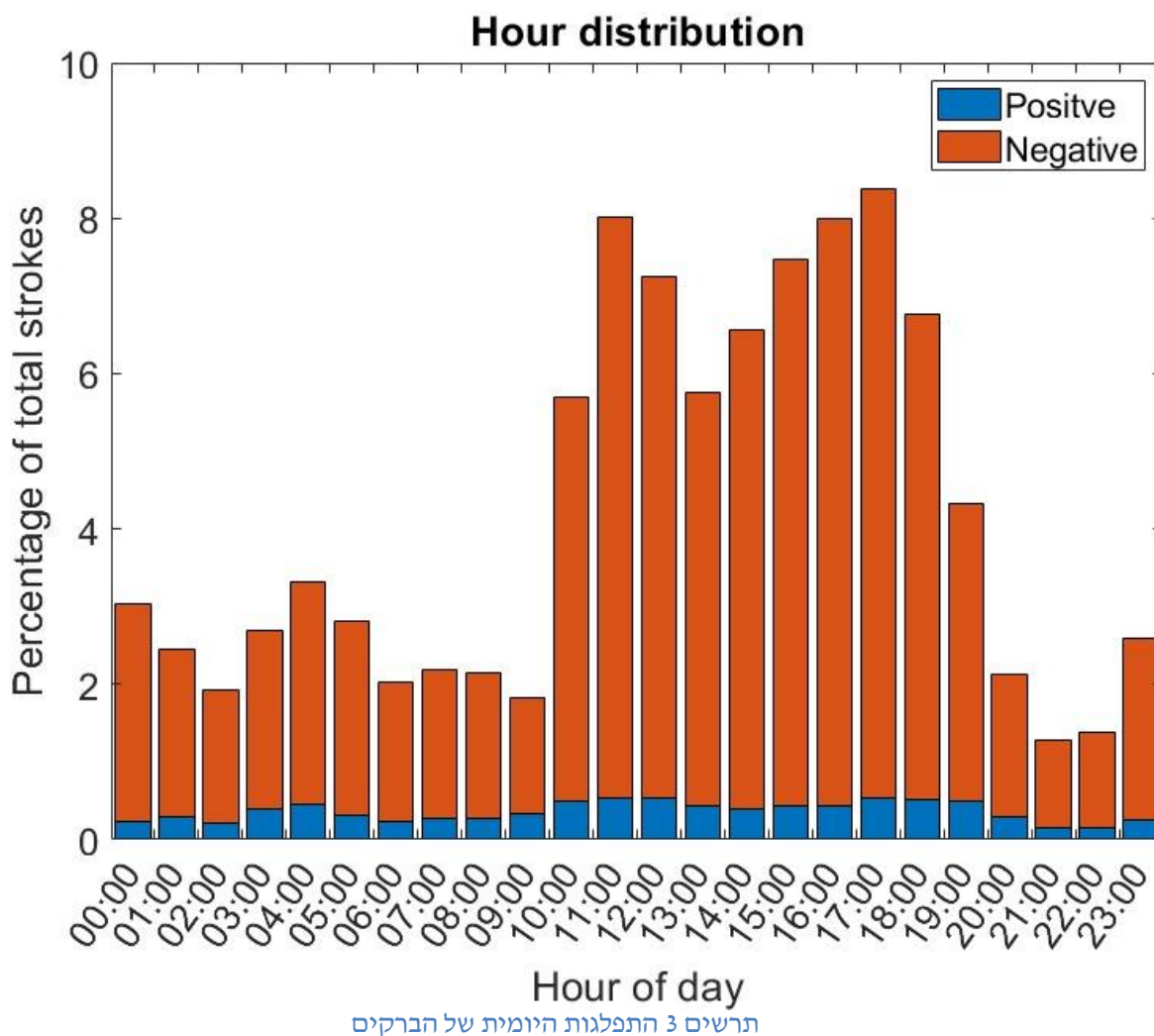
בתרשים 2 מוצגת התפלגות הברקים החודשית עבור חורף 2022-2023 ביחס לכמות כוללת של ברקים עבור העונה, באחוזים.

Monthly distribution



תרשים 2 התפלגות חודשית של הברקים

בתרשים 3 מוצגות ההתפלגויות היומיות של הברקים.



3.5 ימי פעילות ברקים חריגה

על מנת לשקף חריגות בפעילות ברקים, נקבעו שני מדדים :

1. מדד ממוצע רב-שנתי יומי – מספר ממוצע של ברקים ליום בעונת הברקים
2. מדד ממוצע רב-שנתי יומי חודשי - מספר ממוצע של ברקים לחודש (מחושב לכל חודש בנפרד)

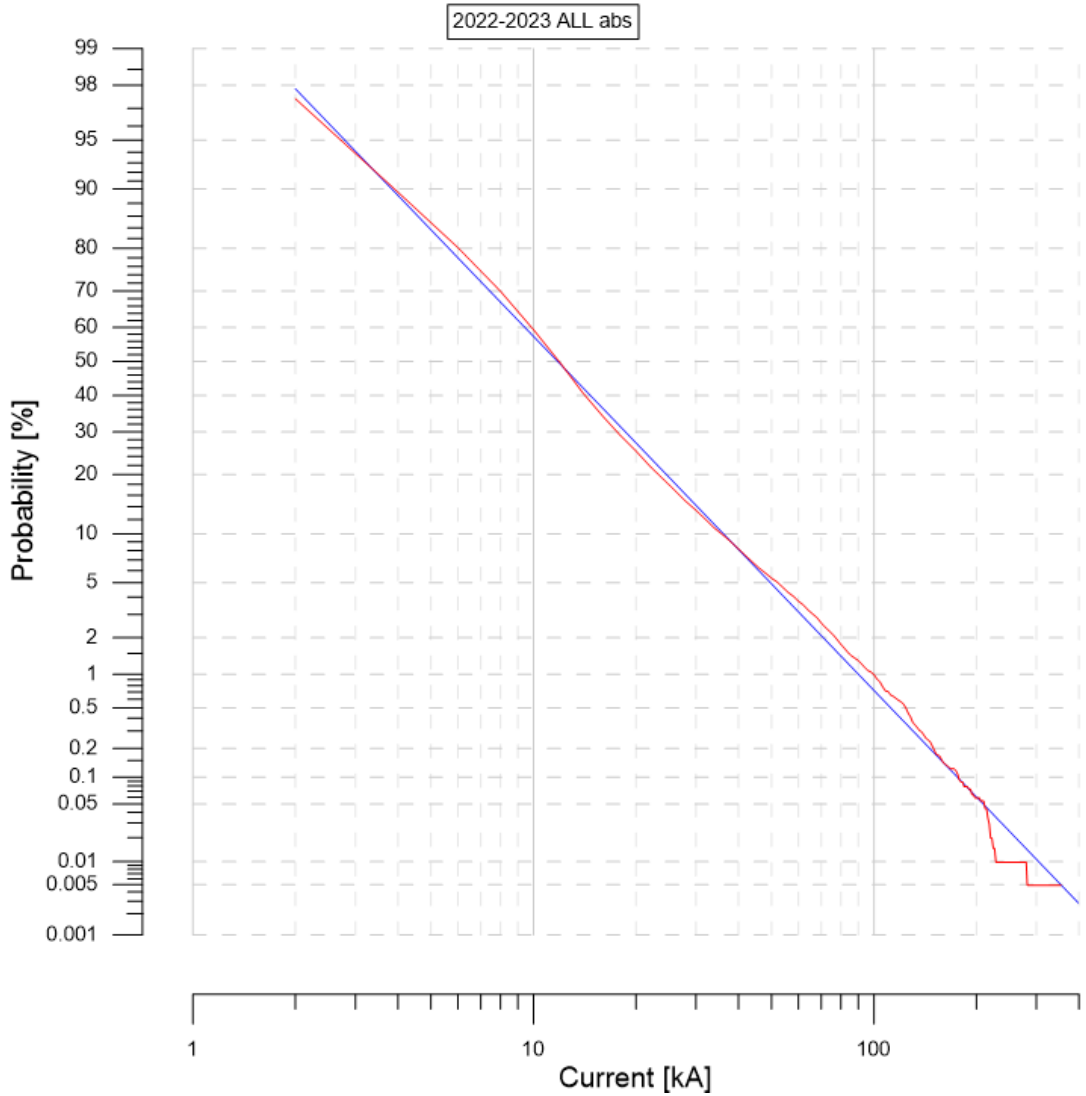
הממוצעים הרב-שנתיים מחושבים ומעודכנים אחת לשנה והם מתייחסים לתקופה החל מתחילת החורף בשנת 2006 ועד לעונת הברקים 2022-2023, כולל. בטבלה 3 להלן מוצגים תאריכים בהם נרשמה פעילות ברקים חריגה, מעל 200% מהממוצע היומי הרב-שנתי (חושב לפי 105 פגיעות ברק ליום בעונה) או מעל 200% מהממוצע היומי החודשי בהתאמה. בסה"כ נרשמו 69 ימים עם פעילות ברקים לאדמה בשטח היבשתי של מדינת ישראל.

טבלה 3 פעילות ברקים חריגה לפי ממוצע יומי וחודשי רב שנתי

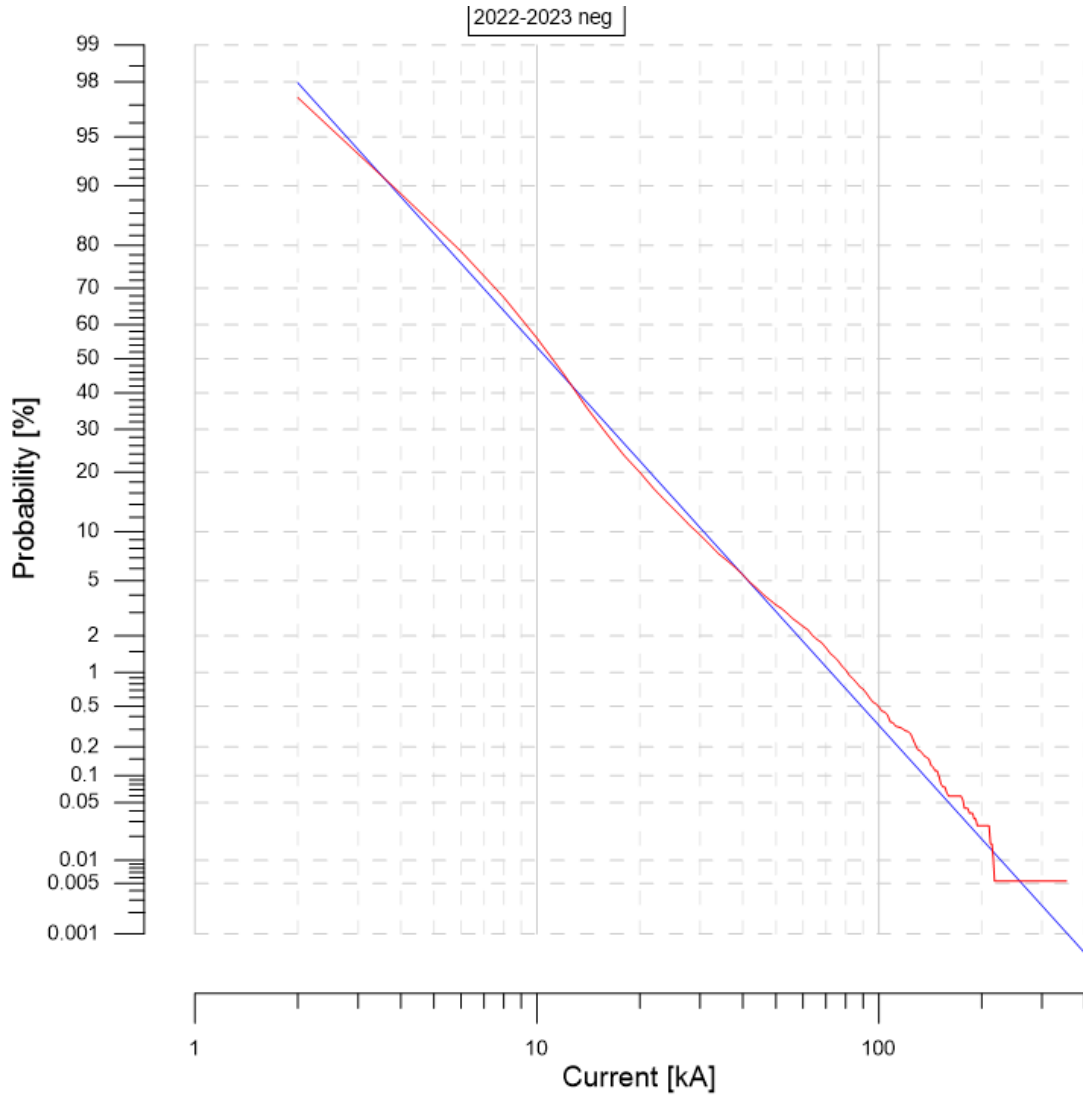
מספר	תאריך	מספר ברקים	היחס בין מספר לממוצע יומי רב-שנתי, [%]	היחס בין מספר לממוצע יומי חודשי, [%]
1	09/06/2023	291	277	17460
2	03/06/2023	97	92	5820
3	13/06/2023	67	64	4020
4	10/04/2023	2892	2754	3931
5	14/03/2023	1365	1300	3240
6	12/04/2023	2326	2215	3162
7	26/12/2022	2290	2181	2871
8	10/06/2023	46	44	2760
9	28/05/2023	550	524	1749
10	31/01/2023	1296	1234	1707
11	01/02/2023	1408	1341	1690
12	13/04/2023	1017	969	1382
13	25/03/2023	570	543	1353
14	20/03/2023	422	402	1002
15	21/12/2022	756	720	948
16	12/01/2023	622	592	819
17	29/05/2023	247	235	785
18	08/06/2023	12	11	720
19	02/06/2023	11	10	660
20	07/02/2023	517	492	620
21	19/03/2023	247	235	586
22	29/11/2022	793	755	564
23	25/12/2022	360	343	451
24	08/02/2023	267	254	320
25	14/01/2023	240	229	316
26	29/04/2023	207	197	281
27	06/02/2023	211	201	253
28	25/11/2022	312	297	222

4 התפלגות לוג-נורמלית של מאפייני הברקים

בפרק זה מוצגים גרפים של התפלגות לוג-נורמלית של נתוני הברקים אשר נקלטו במערכת במטרה לבחון אם הנתונים מתפלגים בהתאם לנתוני הספרות. בתרשים 4 ותרשים 5 מוצגות התפלגויות הלוג-נורמל המצטברות של עוצמת זרמי הברקים והקירוב של ההסתברות המחושבת לפי הנוסחה (i), בהתאמה.



תרשים 4 התפלגות לוג-נורמלית המצטברת של זרמי כל הברקים (באדום) ועקומת הקירוב



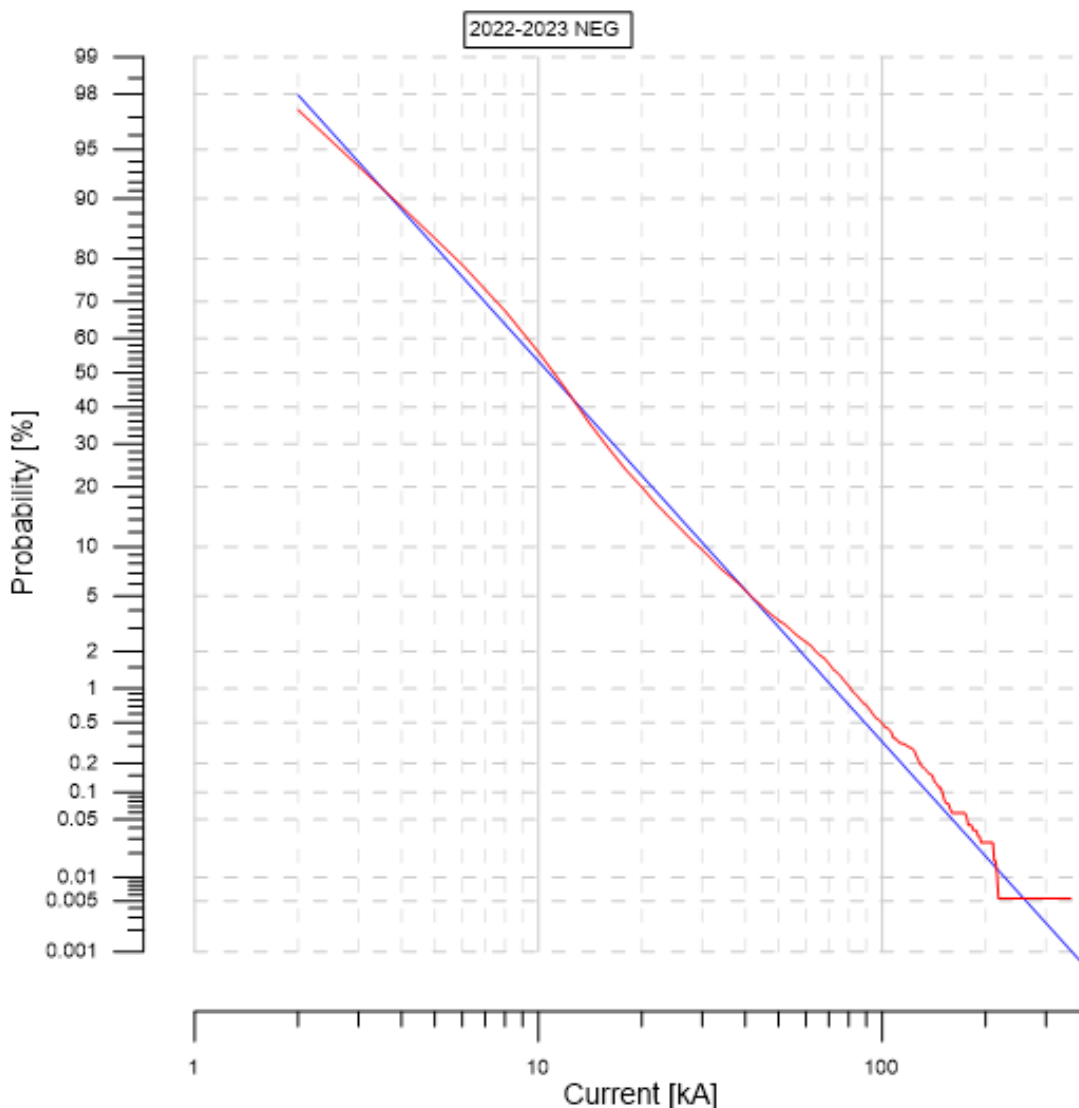
תרשים 5 התפלגות לוג-נורמאלית המצטברת של זרמי הברקים השליליים (באדום) ועקומת הקירוב

4.1 מאפיינים סטטיסטיים של ההתפרקות (זרם וזמנים)

בוצע סינון של הנתונים אשר נקלטו ונרשמו במערכת לפי מקבצי ברקים בעלי התפרקות שלילית בלבד וגל ראשון חזק יותר מהגלים העוקבים. בטבלה 4 מוצגים המאפיינים של זרמי הברקים במקצים לפי גל ראשון וגלים עוקבים.

טבלה 4 מאפיינים סטטיסטיים של עוצמת זרם הברק

עוצמת זרם הברק, [kA]	מאפיינים	סוג ההתפרקות
-24.5	Median - חציון	גל ראשון שלילי First stroke
-32.6	Average - ממוצע	
0.77	Stdv – סטיית תקן	
1943	מס' התפרקויות	
-11.7	Median - חציון	גלים עוקבים Subsequent strokes
-13.6	Average – ממוצע	
0.65	Stdv – סטיית תקן	
3336	מס' התפרקויות	



ב

תרשים 6 ותרשים 7 מוצגים גרפים של התפלגות הלוג-נורמלית של כל ההתפרקויות השליליות במקבצי הברקים וההתפרקויות הראשונות השליליות, כולל עקומות הקירוב. בתרשים 8 מוצגות עקומות הקירוב של התפלגויות הזרם של התפרקויות הראשונות ועוקבות מול העקומות מהספרות [14]. ניתן לראות מתרשים 8 התאמה טובה להתפרקויות הראשונות וסטייה גדולה יותר להתפרקויות העוקבות.

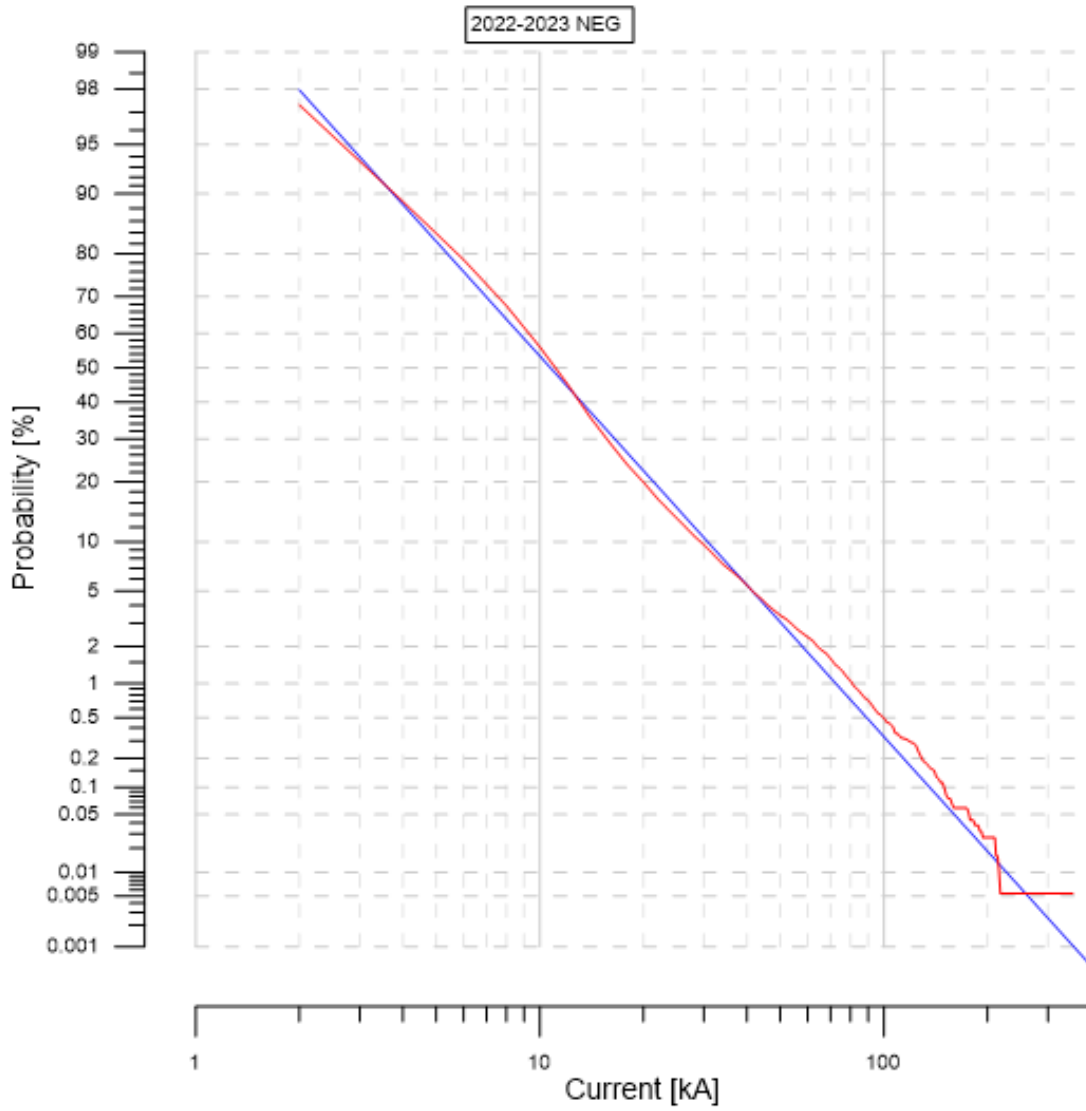
לפי תוצאות של ניתוח סטטיסטי שנערך, התפלגות עוצמת זרם הברקים אשר נקלטו במערכת תואמת להתפלגות לוג-נורמלית המומלצת בספרות על סמך מדידות ישירות של זרם הברק. ההתאמה מעידה על אמינות נתוני המערכת.

בטבלה 5 להלן ניתן לראות שהתאמה של הפרמטרים של ההתפלגות של עוצמת זרם הברקים השליליים שנקלטו בתקופת הדו"ח לנתוני הספרות [14] טובה יותר מאשר של הנתונים הרב-שנתיים. הדבר משקף שיפור בתפקוד המערכת שחל הודות לשדרוגה.

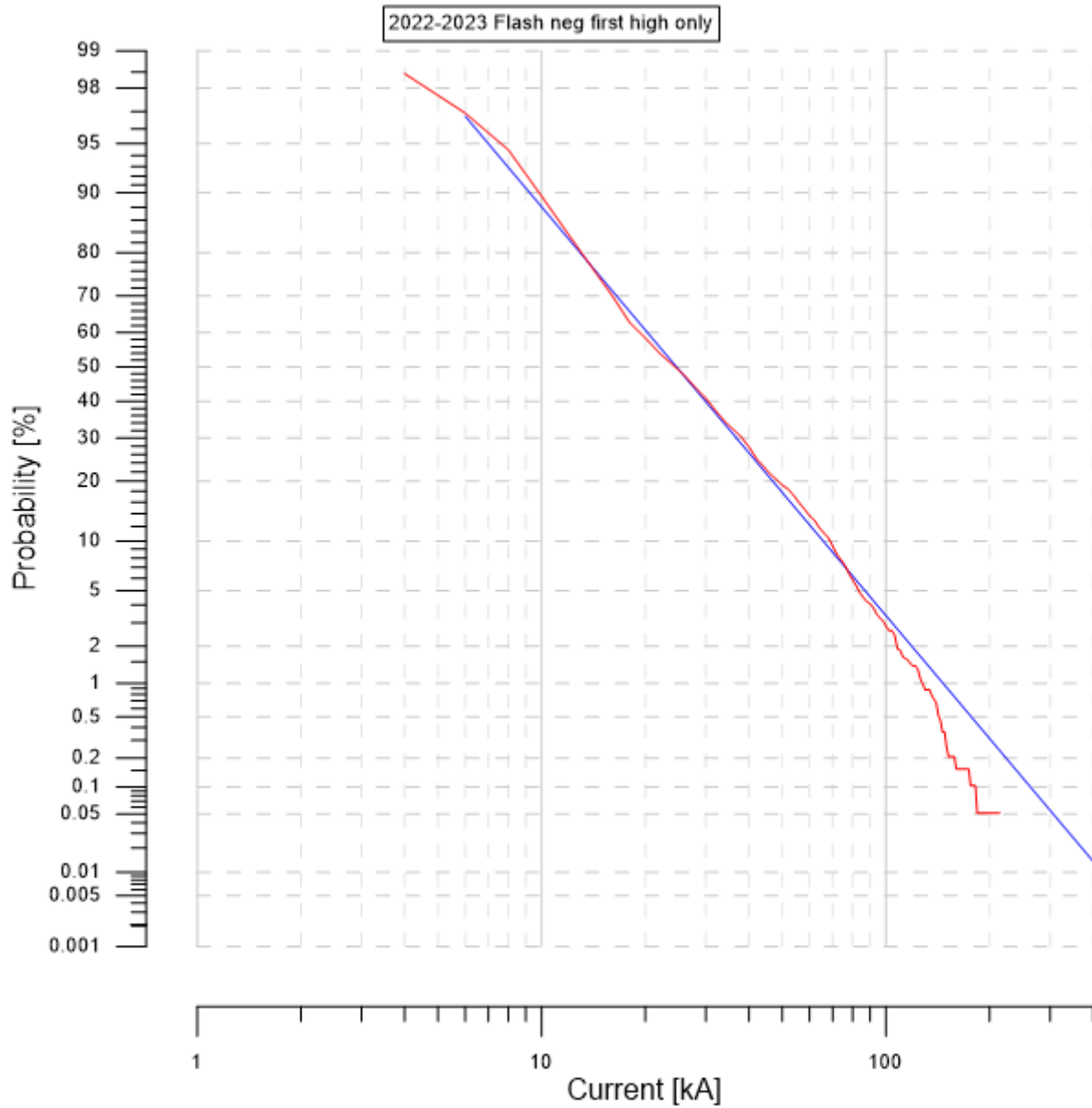
טבלה 5 מאפיינים סטטיסטיים של עוצמת זרם הברק מול ערכים בספרות

עסקי - שמור

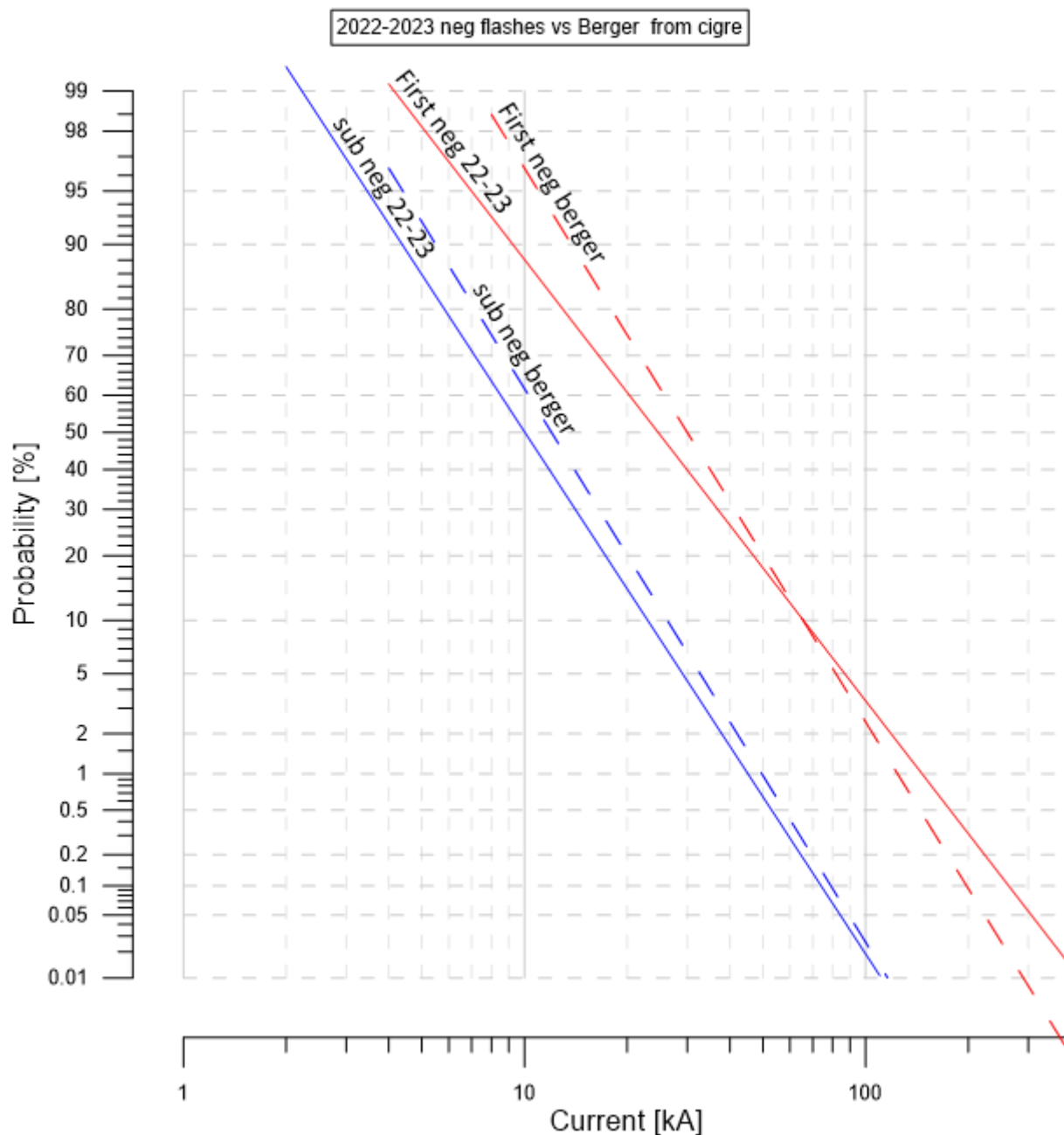
ספרות	הרב-שנתית	בתקופת הדו"ח	פרמטר	סוג ההתפרקות
31.1	18.0	24.5	חציון [kA]	גל ראשון First stroke
0.46	0.76	0.77	סטיית תקן	
12.3	9.0	11.7	חציון [kA]	גלים עוקבים Subsequent strokes
0.53	0.66	0.65	סטיית תקן	



תרשים 6 התפלגות זרמי ההתפרקות השליליות (באדום) ועקומת הקירוב לאחר הסינון



תרשים 7 התפלגות זרמי התפרקויות השליליות הראשונות (באדום) ועקומת הקירוב לאחר הסינון



תרשים 8 התפלגות זרמי גל הראשונות השליליות (בכחול) וגלים עוקבים (באדום) מול עקומות מהספרות [14]

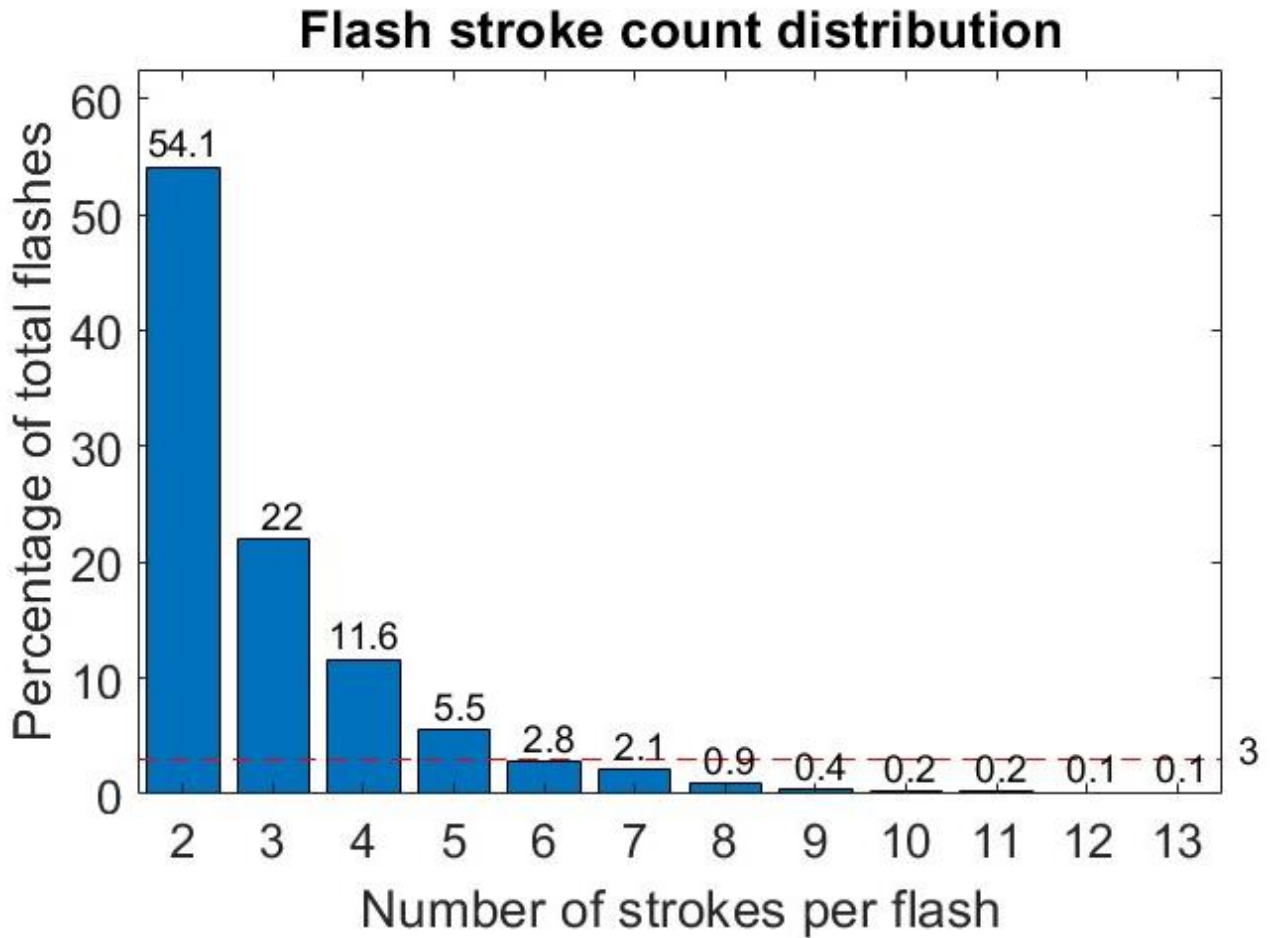
בטבלה 6 מוצגים המאפיינים של זמן עליית ודעיכת הגל של הברקים לפי גל ראשון וגלים עוקבים.

טבלה 6 מאפיינים סטטיסטיים של זמן עליית הגל

זמן דעיכת הגל [μsec]	זמן עליית הגל [μsec]	מאפיינים	סוג ההתפרקות
22.6	3.9	Median - חציון	גל ראשון שלילי First stroke
22.8	5.4	Average - ממוצע	
0.41	0.69	Stdv - סטיית תקן	
20.2	2.7	Median - חציון	גלים עוקבים Subsequent strokes
20.9	3.6	Average - ממוצע	
0.36	0.61	Stdv - סטיית תקן	

4.2 מספר ברקים במקבץ

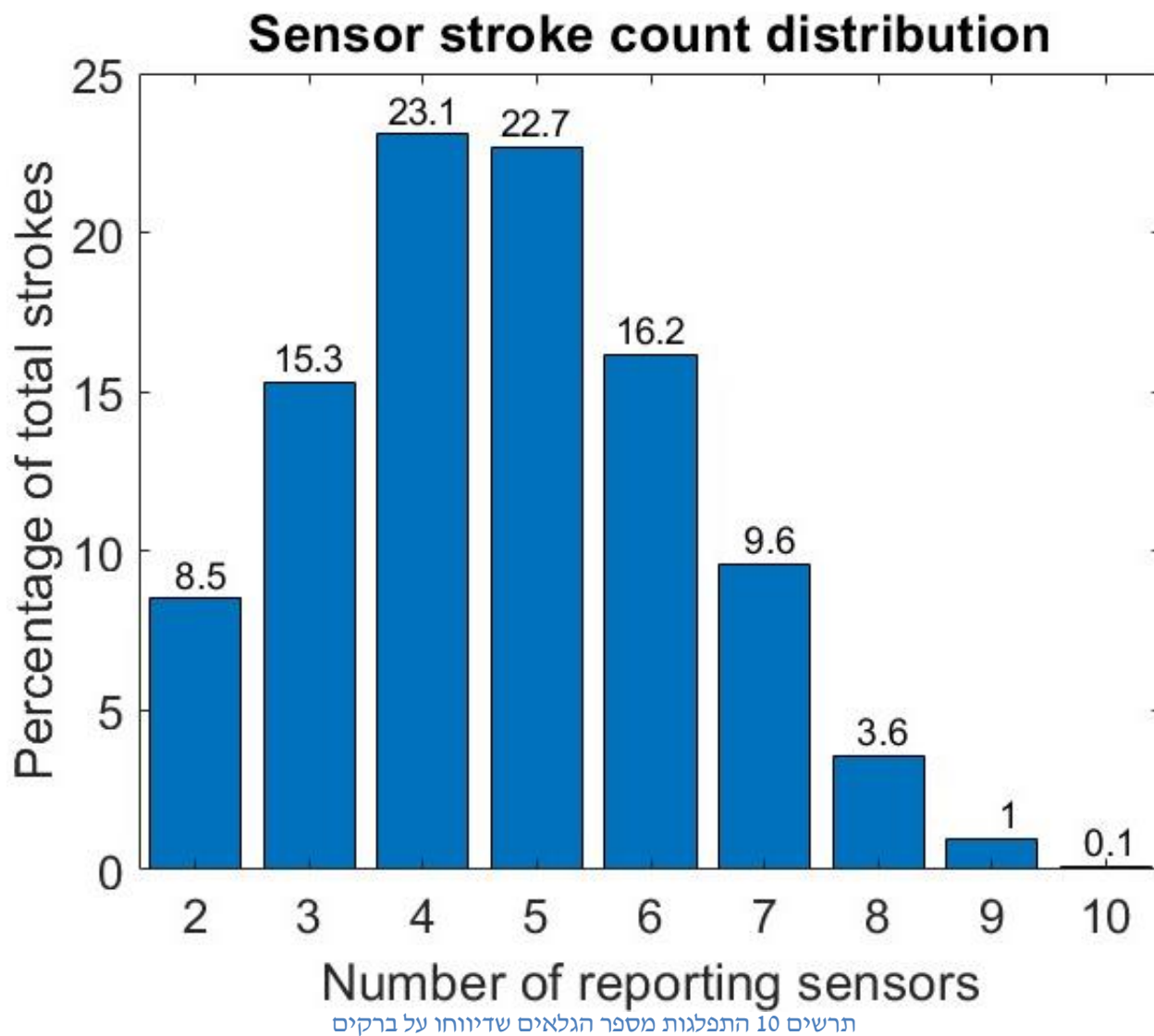
בתרשים 9 מוצגת ההתפלגות של מספר הברקים הבודדים במקבץ. בעונה 22-23 נרשמו 4011 מקבצי ברק עם 11,937 פגיעות ברק.



תרשים 9 התפלגות מספר הברקים הבודדים במקבץ

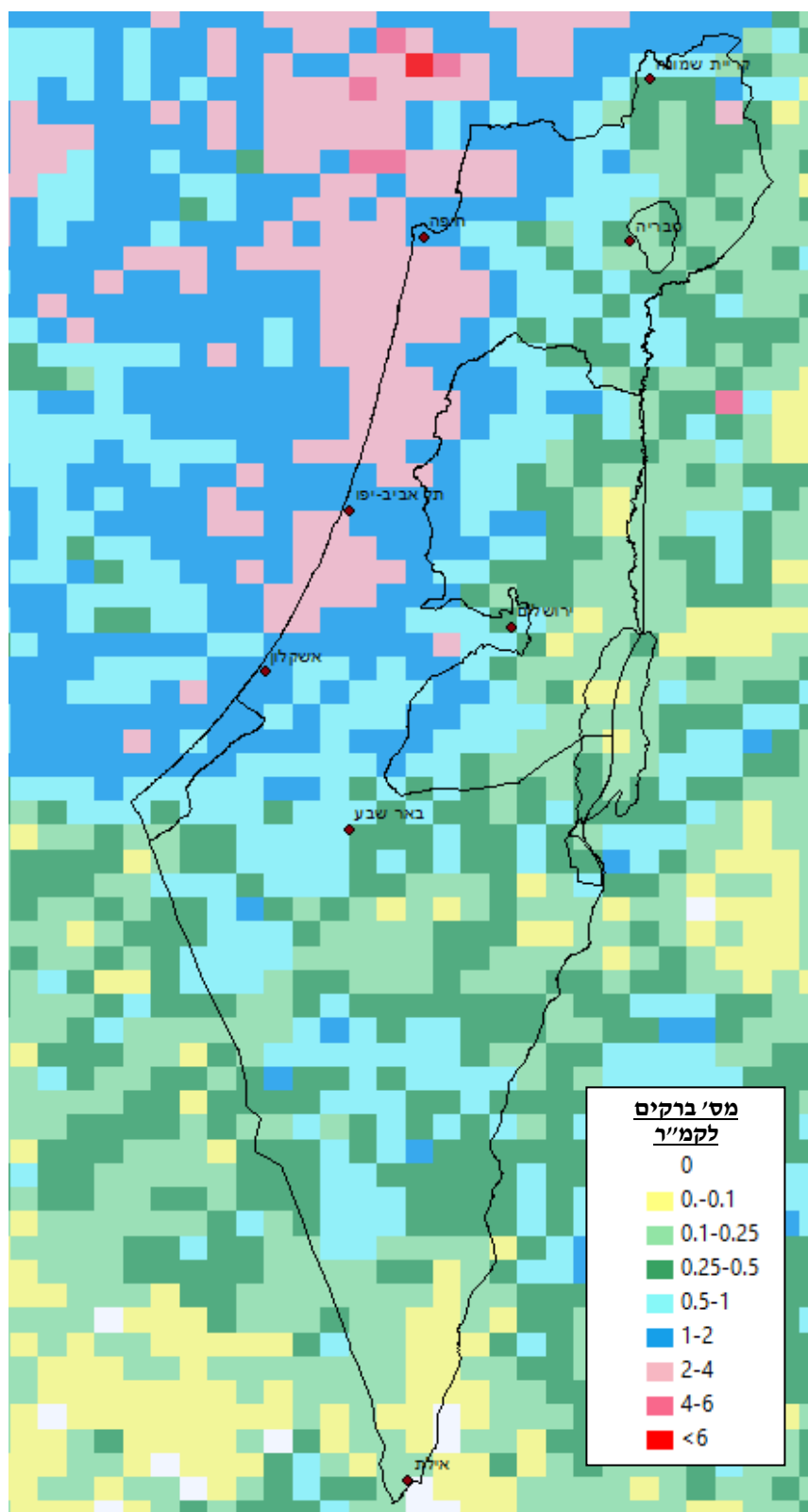
4.3 התפלגות מספר הגלאים המשתתפים בגילוי הברקים

הקריטריון ליעילות הקליטה הוא מספר הגלאים אשר השתתפו באיתור ברקים: ככל שמספר הגלאים המשתתפים באיתור גדל – יעילות הקליטה גבוהה יותר. בתרשים 10 מובא מספר הגלאים המדווחים על אותה התפרקות בין ענן לאדמה. ניתן לראות שמספר הגלאים שהשתתפו באיתור רוב הברקים היה 4-5 מתוך 11 הגלאים הקיימים במערכת. מספר זה נמוך מהמספר הצפוי של 6-8 גלאים מדווחים.



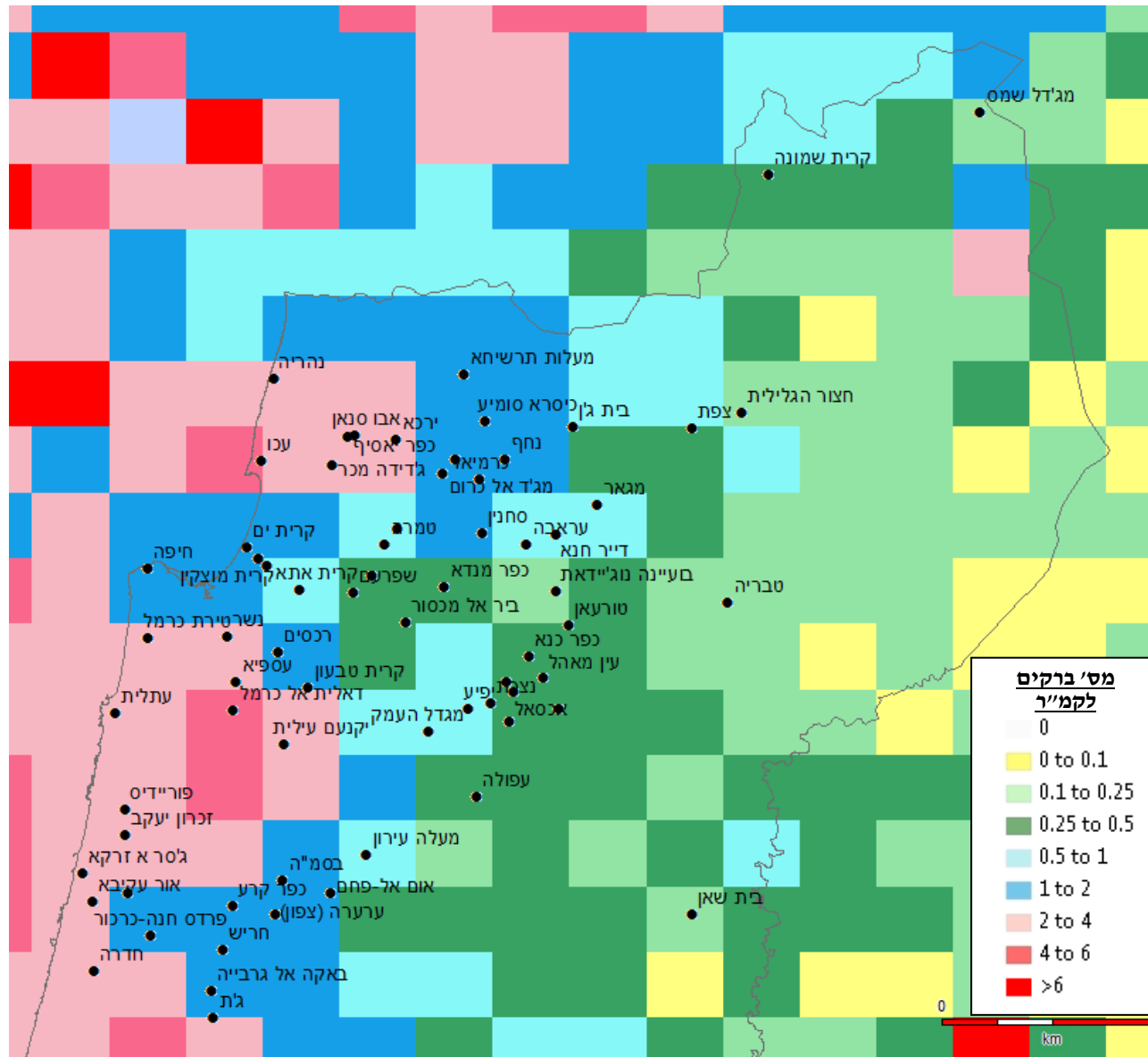
עסקי - שמור

בתרשים 11 מוצגת מפת צפיפות הברקים בשטח היבשתי של מדינת ישראל ובסביבתה.
בתרשים 12-13 מוצגות מפות צפיפות הברקים. גודל כל ריבוע צבוע באיור 7*7 ק"מ. צפיפות הברקים לקמ"ר לשנה בתוך הריבוע מוצגת במקרא לפי הצבע.



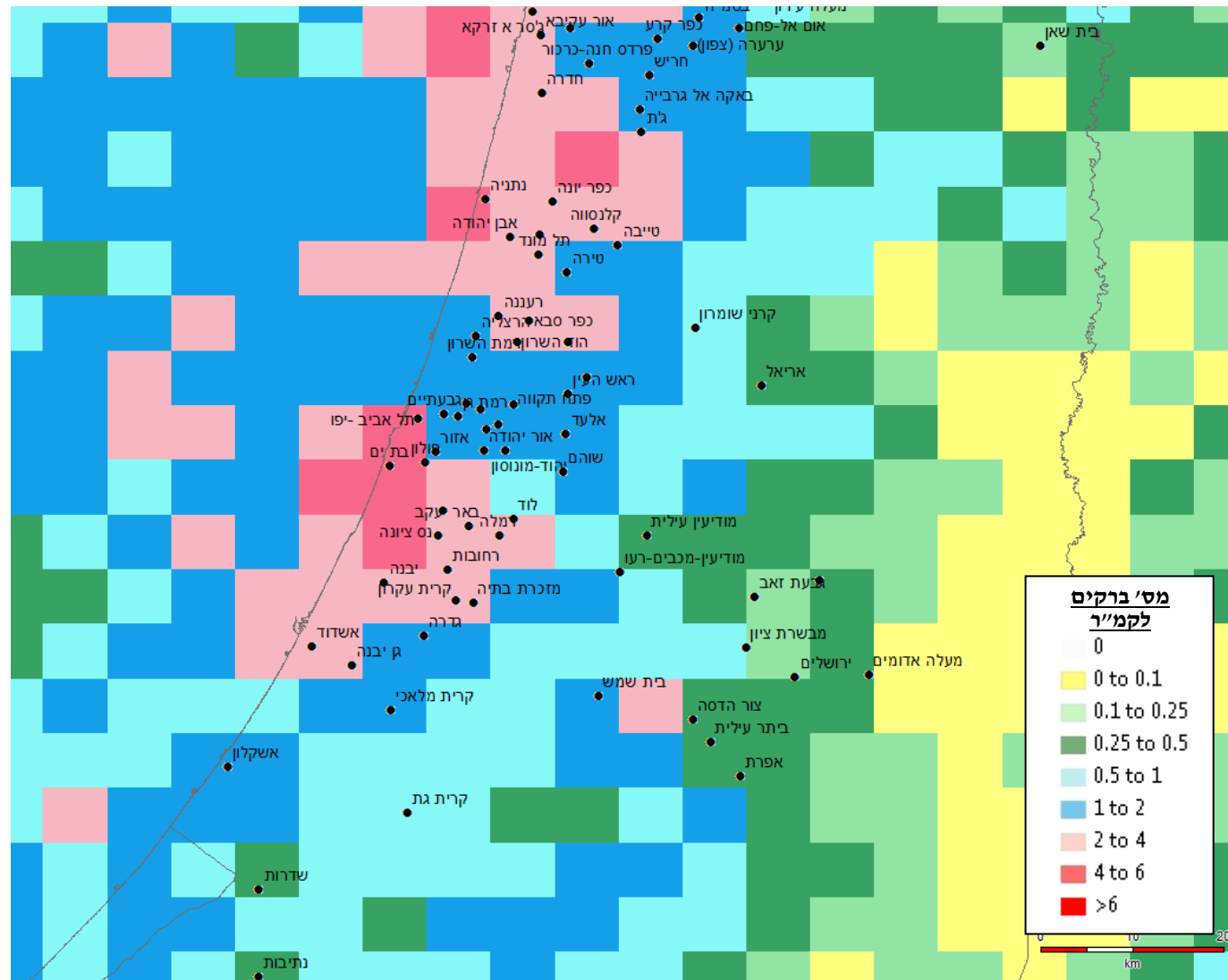
תרשים 11 מפת צפיפות ברקים לעונת ברקים 2022-2023

עסקי - שמור



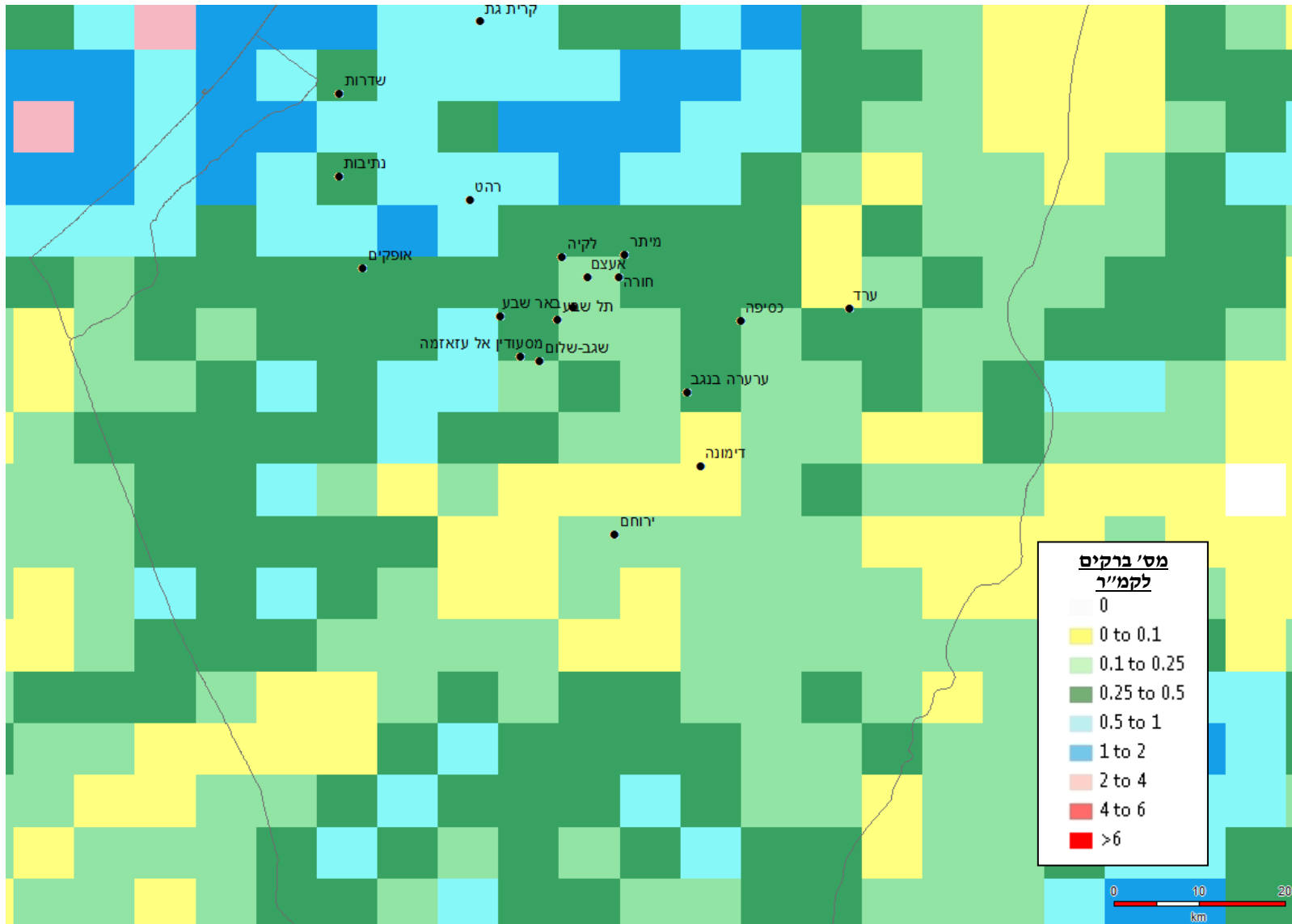
תרשים 12 מפת צפיפות ברקים באזור הצפון

עסקי - שמור



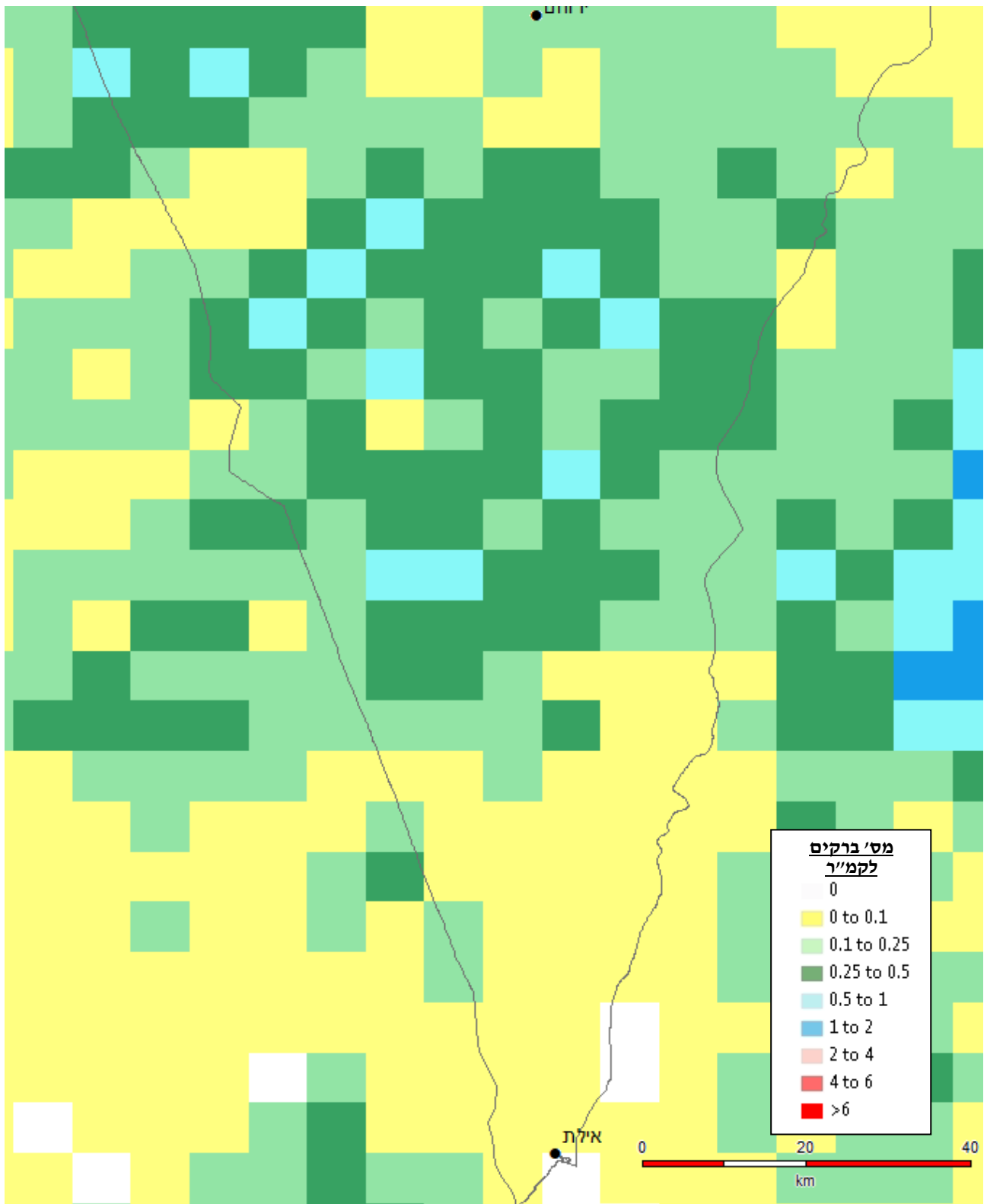
תרשים 13 מפת צפיפות ברקים באזור המרכז

עסקי - שמור



תרשים 14 מפת צפיפות ברקים באזור הדרום

עסקי - שמור



תרשים 15 מפת צפיפות ברקים באזור הנגב הדרומי

פעילות ברקים רב-שנתית (2006-2023)

6 נתונים רב-שנתיים

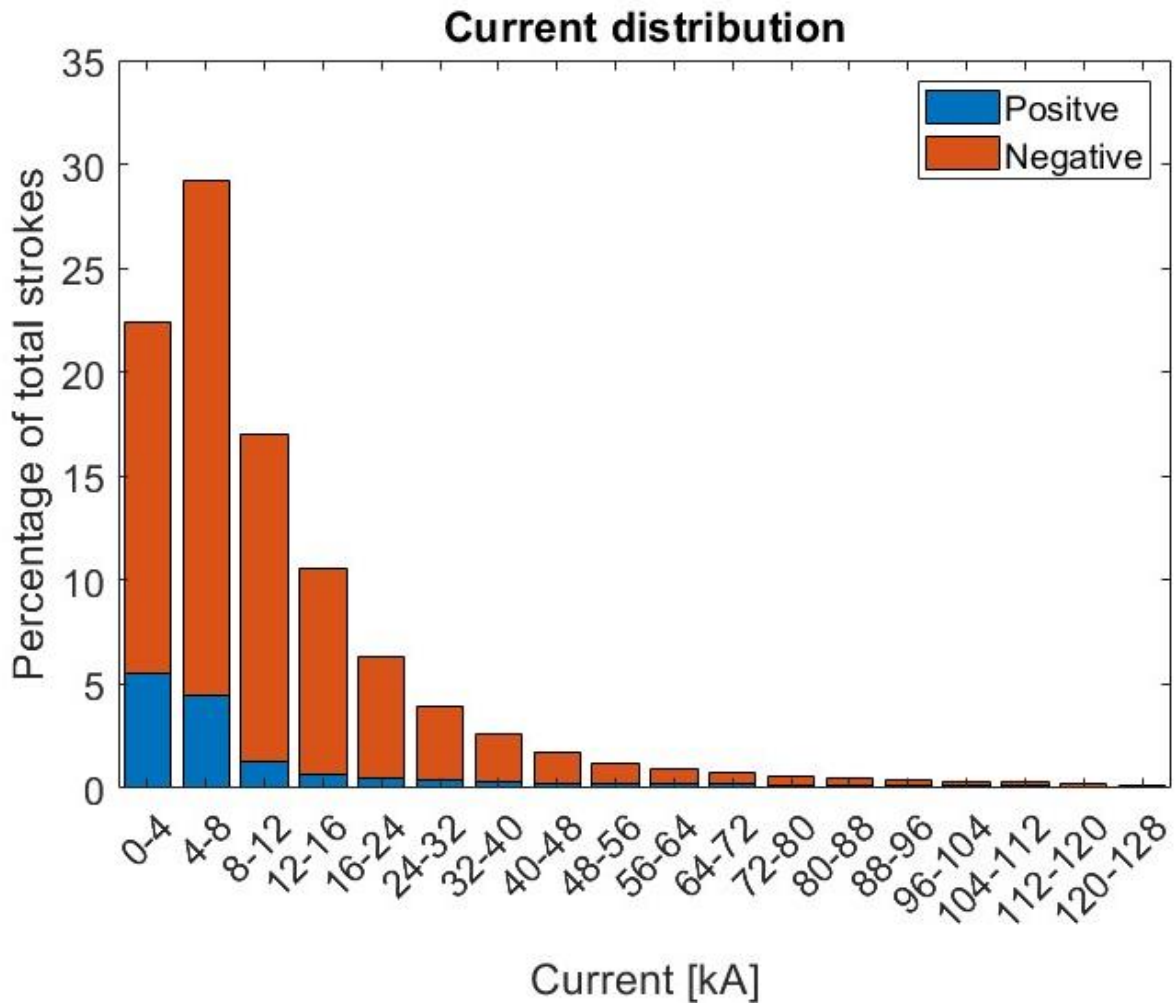
בטבלה 7 מובאים המאפיינים העיקריים של הברקים אשר נרשמו במערכת איתור הברקים בתחום מדינת ישראל בשנים 2006-2023.

הערה: עונת 2021-2022 לא נכללת בחישוב ממוצעים הרב שנתיים, וזאת בגלל שבמעבר בין חח"י לנגה לא היה ניתן להוסיף גלאי ברקים למערכת הקיימת והיו רק 4 גלאים פעילים תקנים רוב החורף. בנוסף, עקב שדרוג והתקנה של מערכת הברקים החדשה בחודשים יולי-אוקטובר 2022 אין מידע על פעילות הברקים בתקופה זו.

טבלה 7 המאפיינים הסטטיסטיים של הברקים בתחום מדינת ישראל בשנים 07/2006-06/2023

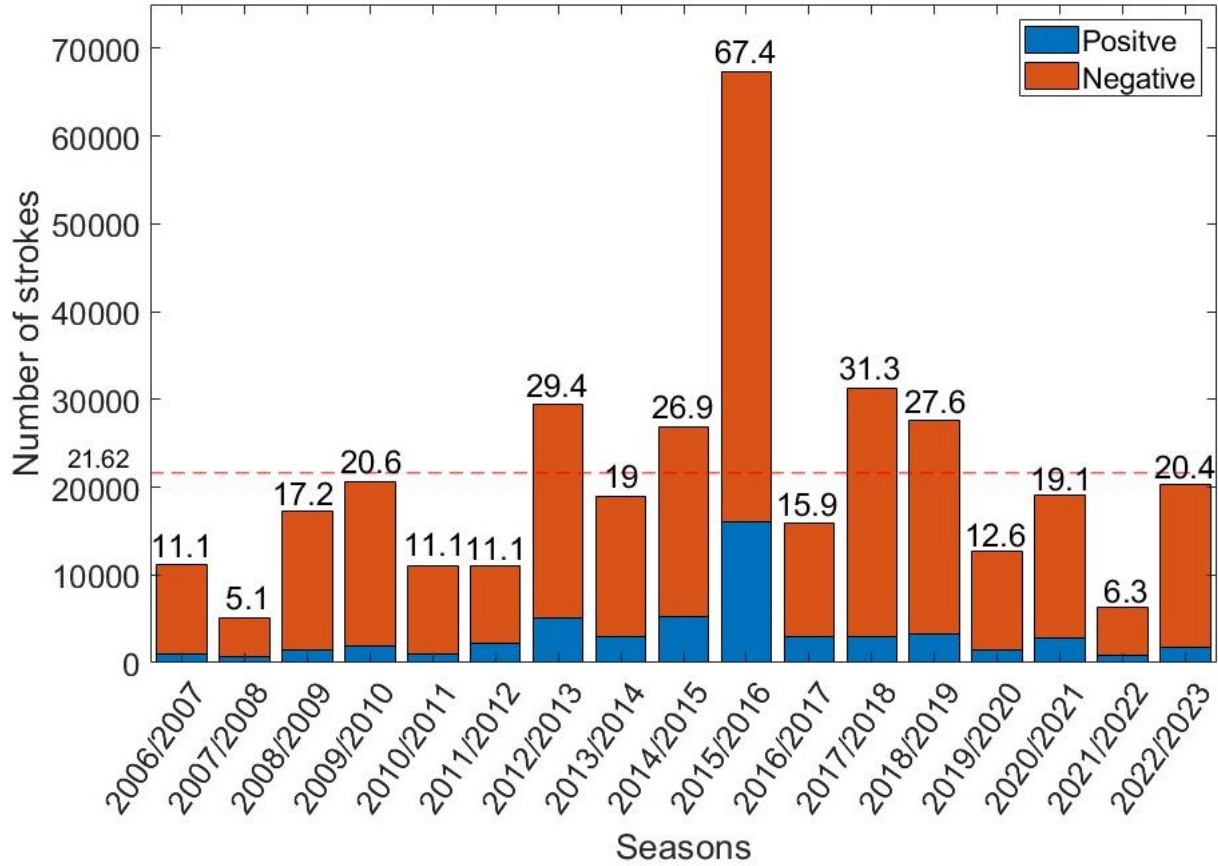
מאפייני הברקים	כל הברקים	ברקים שליליים	ברקים חיוביים
מס' הברקים	352,198	298,577	53,621
חציון זרמי הברקים [kA] I_m	7.7	-8.1	5.1
ממוצע זרמי הברקים [kA] I_m	11.9	-11.6	13.9
סטיית התקן σ_{Im}	0.85	0.8	1.06

בתרשים 16 מוצגת התפלגות זרמי הברקים בתחום מדינת ישראל. בתרשים 17-תרשים 19 מוצגות התפלגות הברקים השנתית, החודשית והיומית, בהתאמה, בשטח היבשתי של מדינת ישראל.



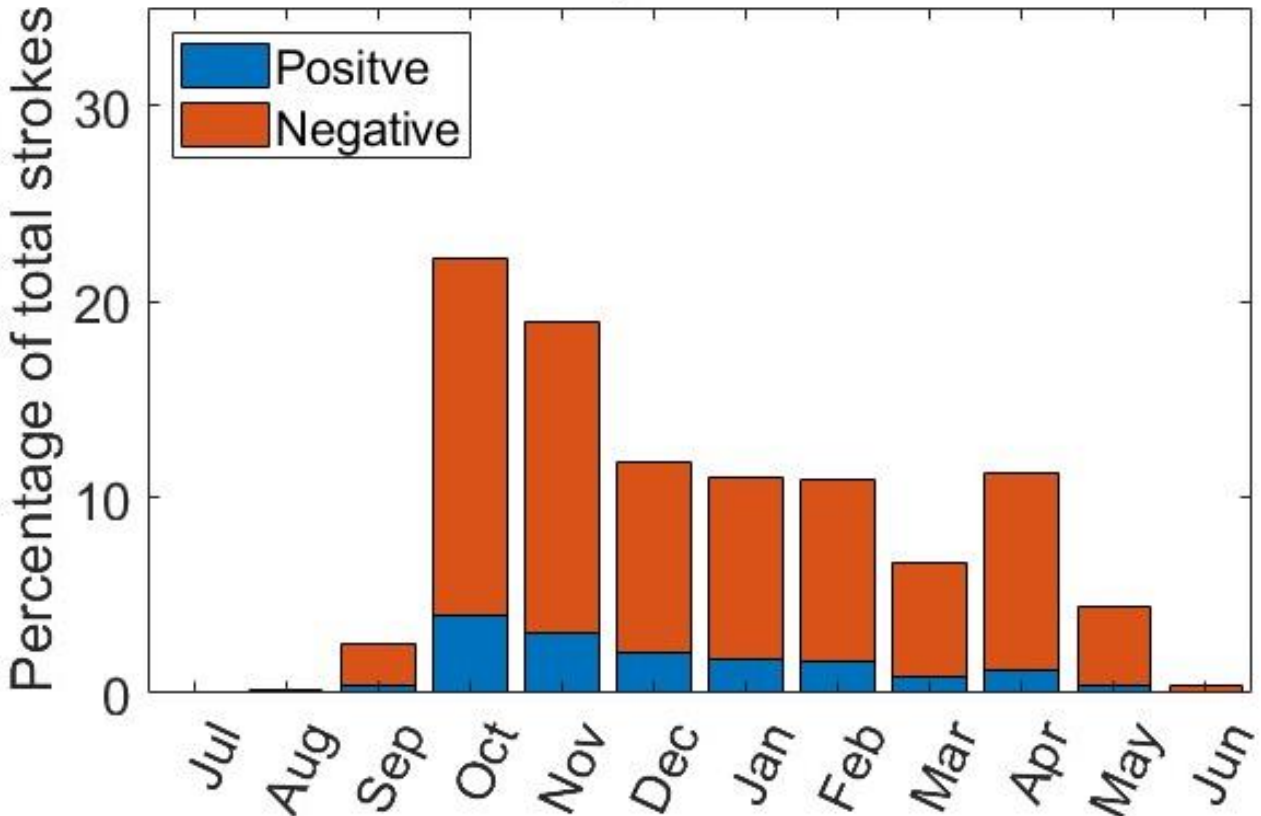
תרשים 16 התפלגות רב שנתית הברקים לפי עוצמת זרם וקוטביות

Season distribution



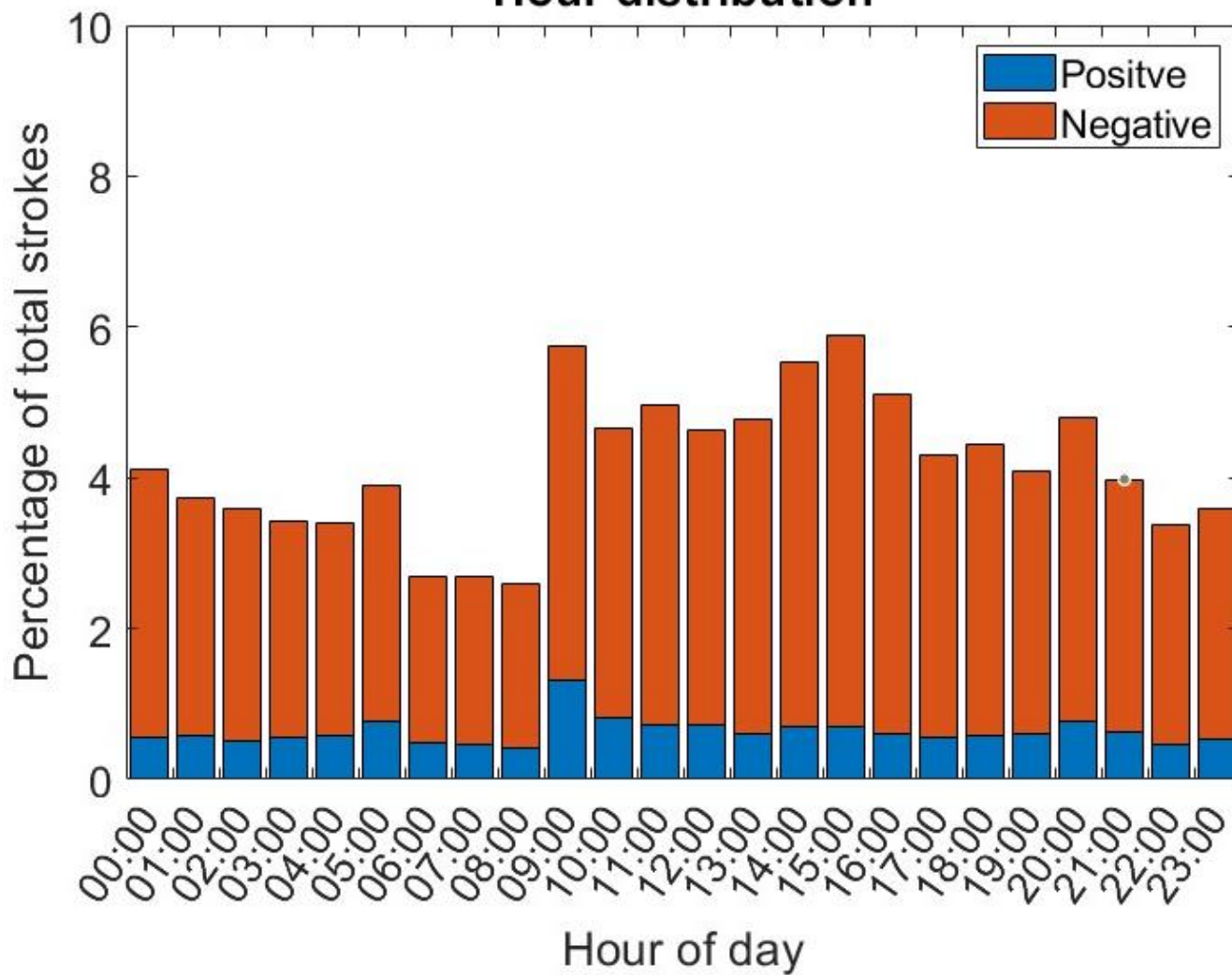
תרשים 17 התפלגות עונתית של פעילות הברקים

Monthly distribution



תרשים 18 התפלגות החודשית הרב שנתית של פעילות הברקים

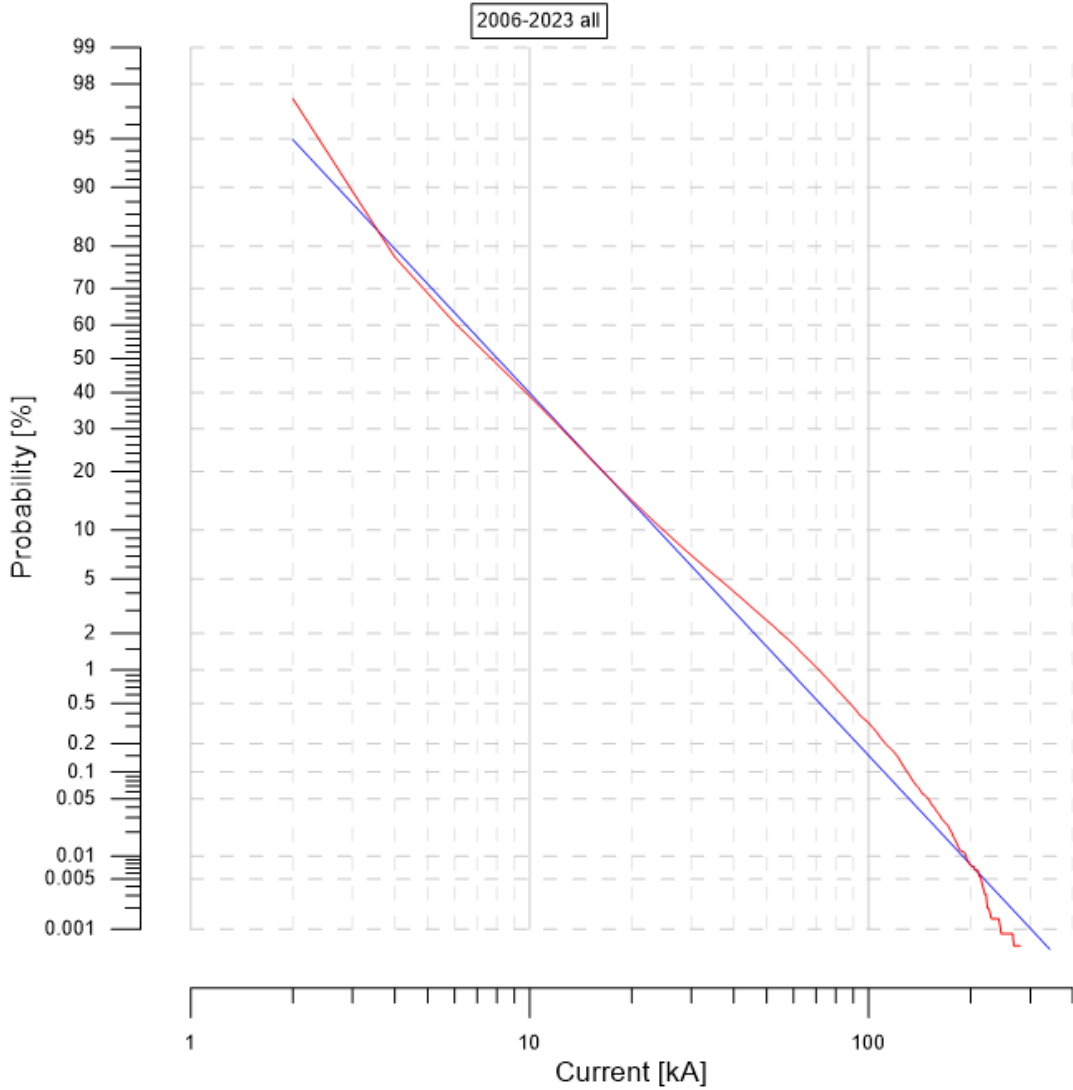
Hour distribution



תרשים 19 התפלגות היומית הרב שנתית באחוזים של פעילות הברקים

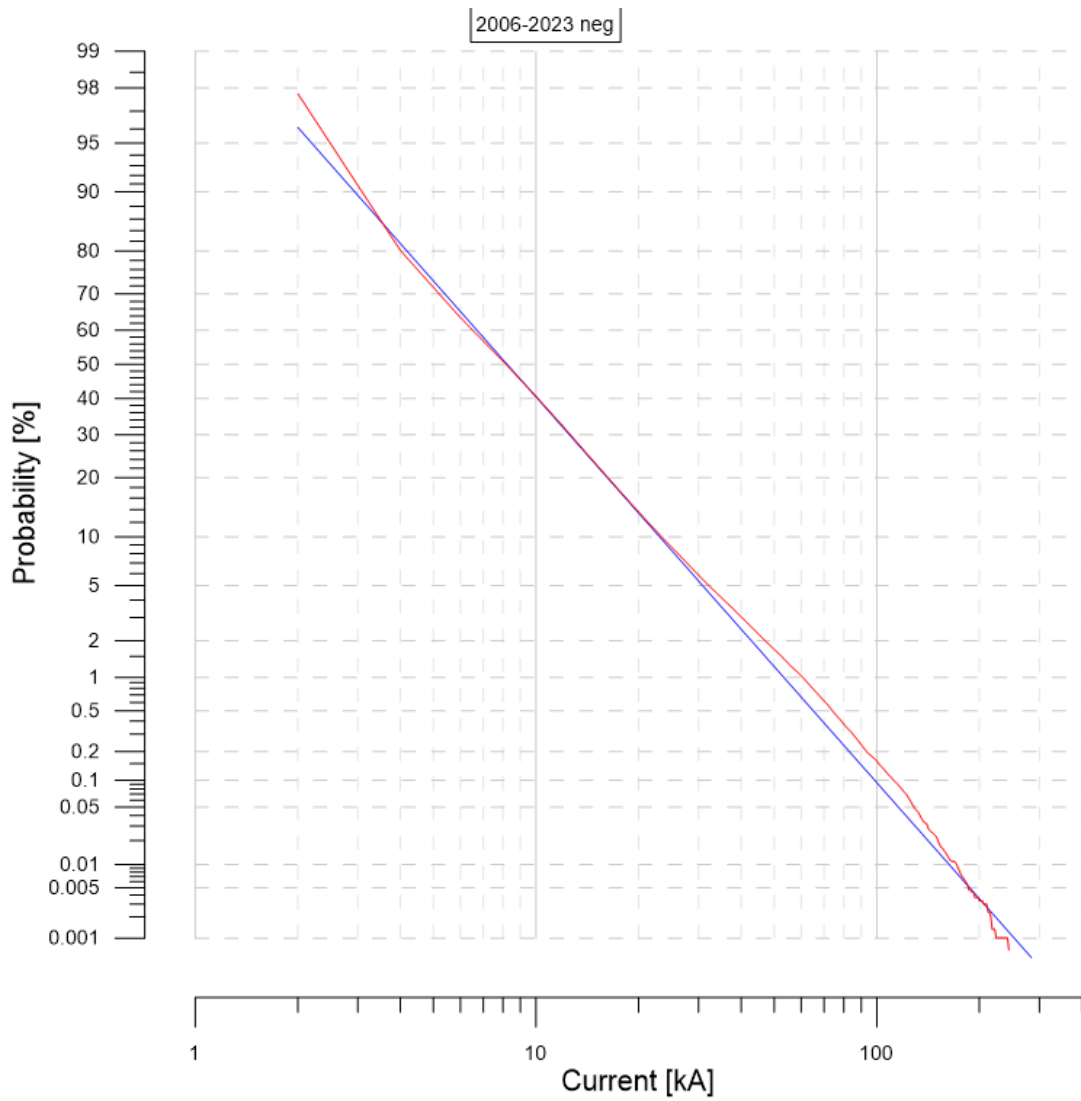
7 התפלגות לוג-נורמאלית רב-שנתית של מאפייני הברקים

בתרשים 20-תרשים 21 מוצגות ההתפלגויות הלוג-נורמאלית של עקומה המצטברות של נתוני הברקים עצמם ועקומת הקירוב של ההסתברות המחושבת על פי הנוסחה (i).



תרשים 20 התפלגות הלוג-נורמאלית המצטברת רב-שנתית של זרמי (באדום) ועקומת הקירוב

עסקי - שמור



תרשים 21 התפלגות הלוג-נורמאלית המצטברת רב שנתית של זרמי הברקים השליליים (באדום) ועקומת הקירוב

7.1 נתונים סטטיסטיים לפי חודש

בטבלה 8 מוצגות ההתפלגות החודשית הממוצעת של הברקים וצפיפות הברקים [ברק/קמ"ר] החודשית בשנים 2006-2023, בהתאמה.

טבלה 8 פרמטרים שונים לפי חודש

חודש	מספר לפי חודש	צפיפות ברקים
01	2358	0.08
02	2362	0.08
03	1392	0.05
04	2476	0.09
05	964	0.03
06	79	0.00
07	0	0.00
08	26	0.00
09	548	0.02
10	4834	0.17
11	4038	0.14
12	2543	0.09
סה"כ	21620	0.78

פעילות הברקים החודשית בעונה הנוכחית גבוהה מהממוצע הרב-שנתי בחודשים :

- אפריל, 6,505 פגיעות ברק המהוות 32% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-295% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2006-2021.
- דצמבר, 3,598 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-18% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-145% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודשים זה בשנים 2006-2021.
- מרץ, 2,671 פגיעות בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-13% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-205% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2006-2021.
- יולי, 525 פגיעות בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-2.5% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-1050% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2006-2021.

פעילות ברקים דומה לממוצע הרב-שנתי נרשמה בחודשים הבאים :

- פברואר, 2,478 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל, המהוות כ-12% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-105% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2006-2021.
- ינואר, 2,427 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל, המהוות כ-12% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-103% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2006-2021.
- מאי, 809 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-4% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-83% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2006-2021.

פעילות ברקים נמוכה מהממוצע הרב-שנתי נרשמה בחודש :

- נובמבר, 1,356 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-7% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-32% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה 2006-2021.

מהנתונים עולה כי מסתמן שינוי בהתפלגות החודשית של פעילות הברקים. בעבר, בחודשים אוקטובר ונובמבר נרשמה כמחצית מפעילות הברקים העונתית, אך בשנים האחרונות פעילות הברקים הייתה נמוכה בחודשים אלה.

7.2 המאפיינים הסטטיסטיים של התפרקות רב-שנתיות (זרם וזמן)

בפרק זה מדגם הנתונים התקבל לאחר סינון כך שהמאפיינים יעמדו בקריטריון של התקן [9]. בטבלה 9 מוצגים המאפיינים של זרמי הברקים לפי גל ראשון וגלים עוקבים. בטבלה 10 מוצגות המאפיינים של זמן עליית הגל של הברקים לפי גל ראשון וגלים עוקבים ו מאפייני זמן דעיכת הגל של הברקים לפי גל ראשון וגלים עוקבים.

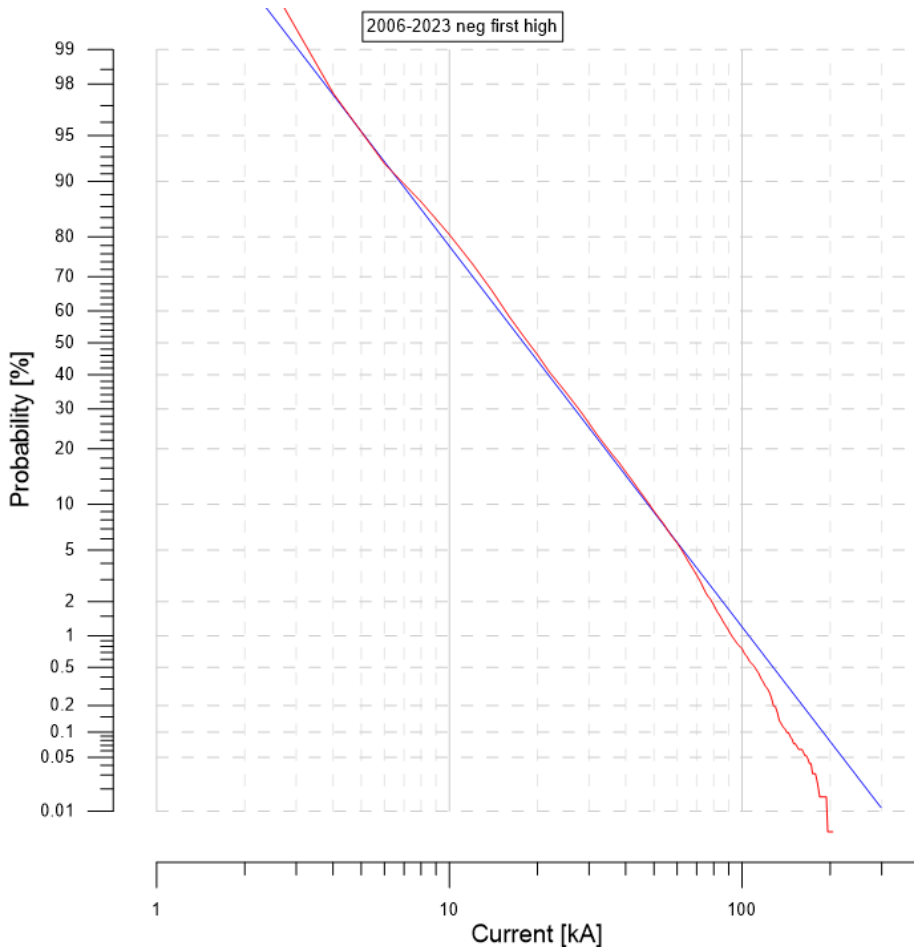
טבלה 9 מאפיינים סטטיסטיים של עוצמת זרם הברקים

עוצמת זרם הברק [kA]	מאפיינים	סוג ההתפרקות
18.0	חציון - Median	גל ראשון שלילי First stroke
23.7	ממוצע - Average	
0.76	סטיית תקן - Stdv	
19177	מס' התפרקויות	
9.0	חציון - Median	גלים עוקבים Subsequent strokes
10.3	ממוצע - Average	
0.66	סטיית תקן - Stdv	
32029	מס' התפרקויות	

טבלה 10 מאפיינים סטטיסטיים של זמן עליית הגל

זמן דעיכת הגל [μsec]	זמן עליית הגל [μsec]	מאפיינים	סוג ההתפרקות
25.4	4.4	חציון - Median	גל ראשון שלילי First stroke
24.4	5.5	ממוצע - Average	
0.65	0.57	סטיית תקן - Stdv	
21.9	2.2	חציון - Median	גלים עוקבים Subsequent strokes
23.5	2.8	ממוצע - Average	
0.57	0.54	סטיית תקן - Stdv	

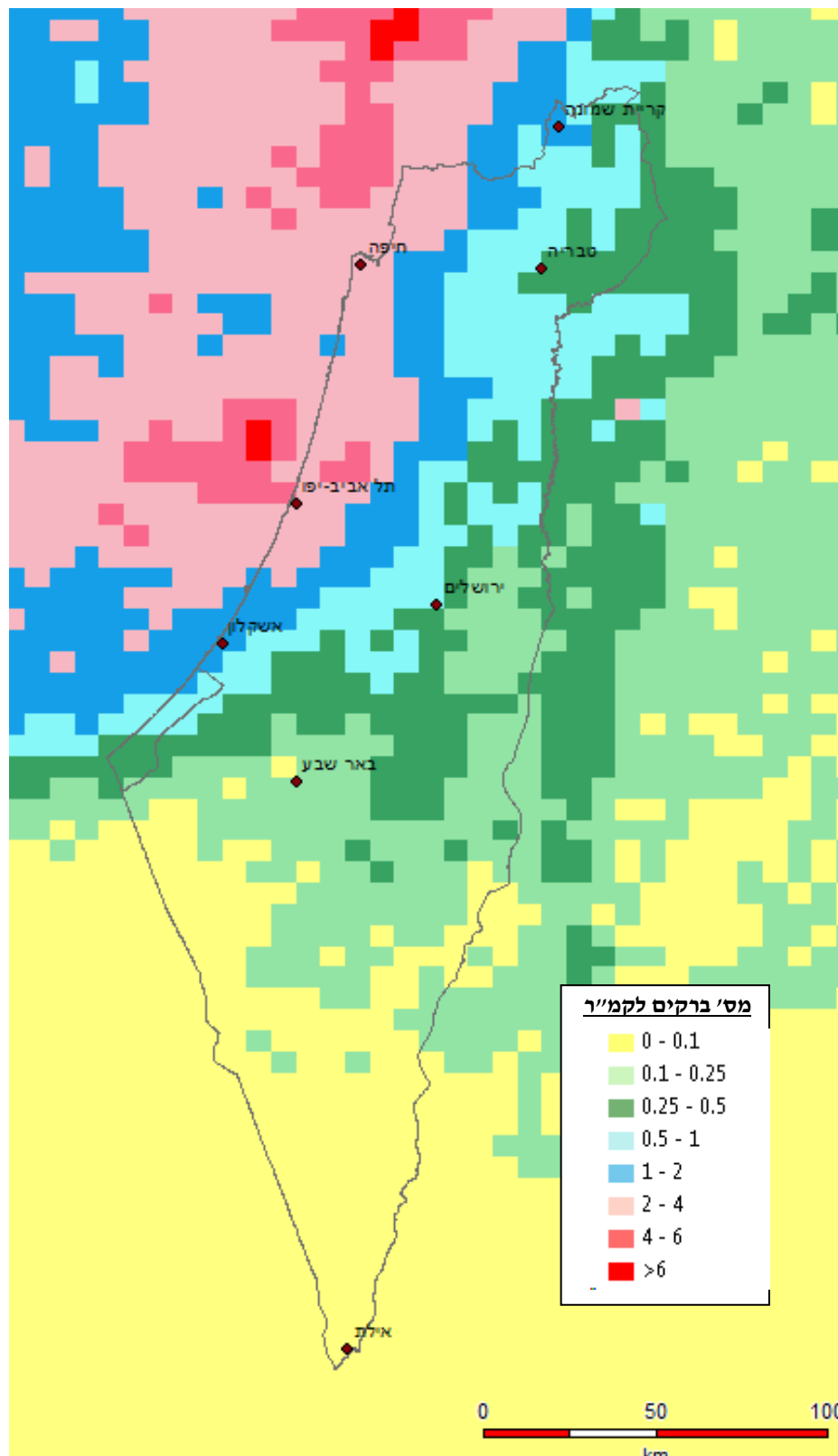
בתרשים 22 מוצגים עקום הסתברות הלוג-נורמל של ההתפרקות הראשונות השליליות ועקומת הקירוב.



תרשים 22 התפלגות רב שנתית זרמי התפרקות הראשונות השליליות בארץ (באדום) ועקומת הקירוב

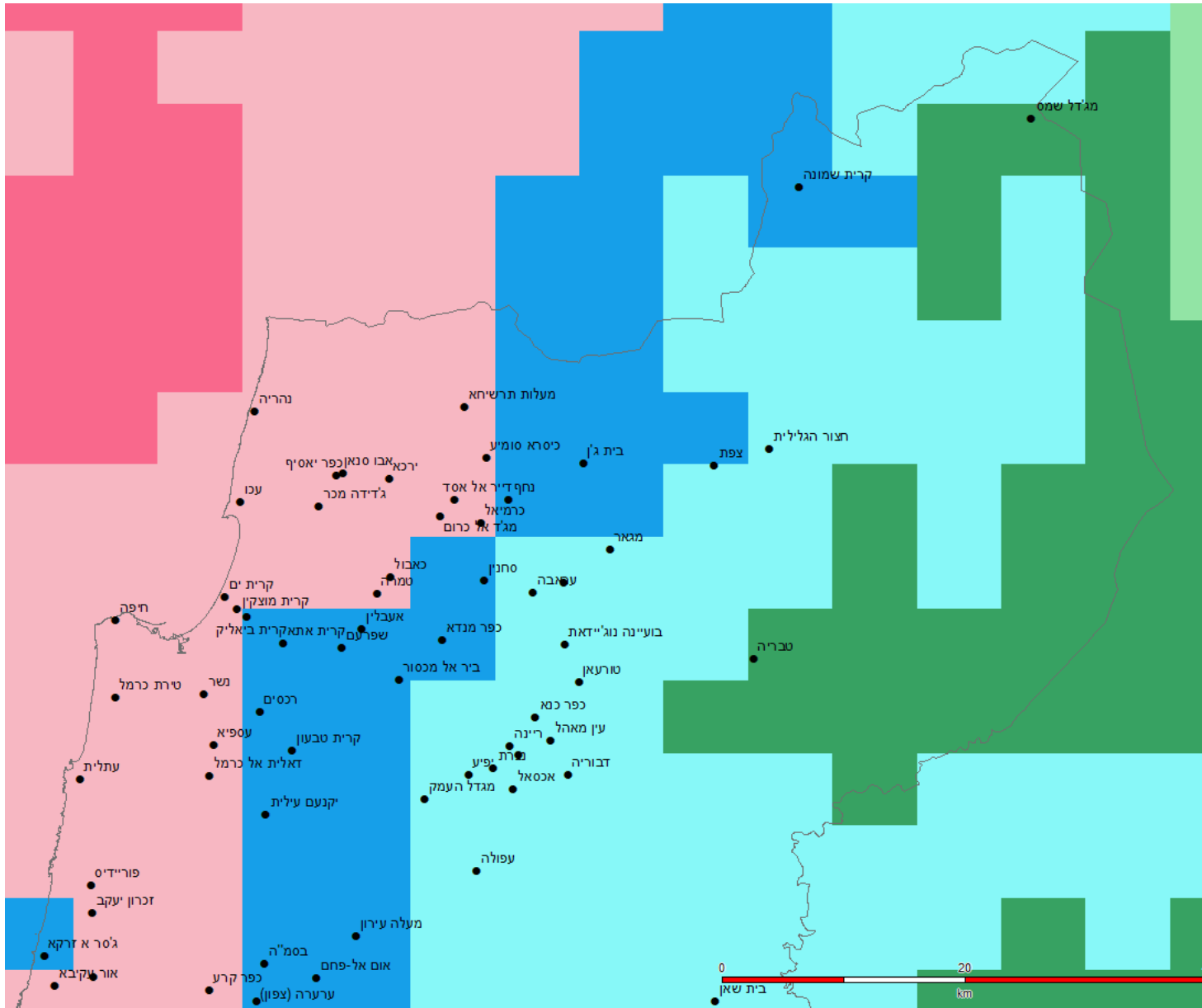
8 צפיפות ברקים רב-שנתית

בתרשים 23 מובאת מפת צפיפות הברקים בגבולות מדינת ישראל. גודלו של כל ריבוע צבוע הוא 7X7 ק"מ. במקרא של המפה מופיעה צפיפות הברקים לקמ"ר לשנה בתוך הריבוע בהתאם לצבעו. בתרשים 24-תרשים 27 מוצגות מפות צפיפות ברקים לפי אזורים. בתרשים 28 מוצגת מפת צפיפות ברקים לאחר יישור קווי מתאר בין האזורים. היישור בוצע על ידי מחלקת סיוע טכני ומידע גאוגרפי בעזרת כלי ה-contour בתוכנת ArcGIS pro. מפה זו מבוססת על צפיפות ברקים עם רזולוציה של 1 ק"מ.



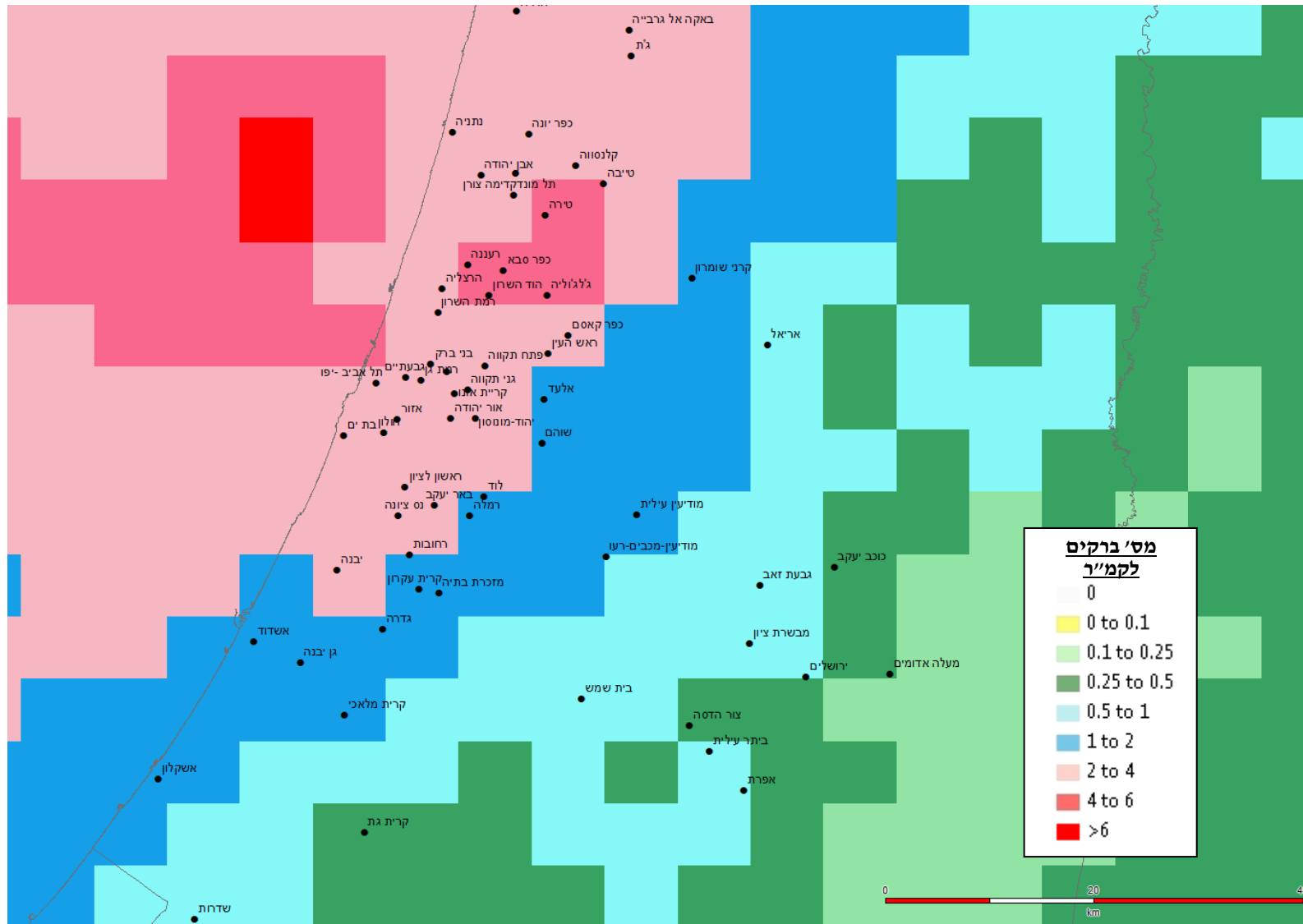
תרשים 23 מפת צפיפות ברקים רב-שנתית

עסקי - שמור



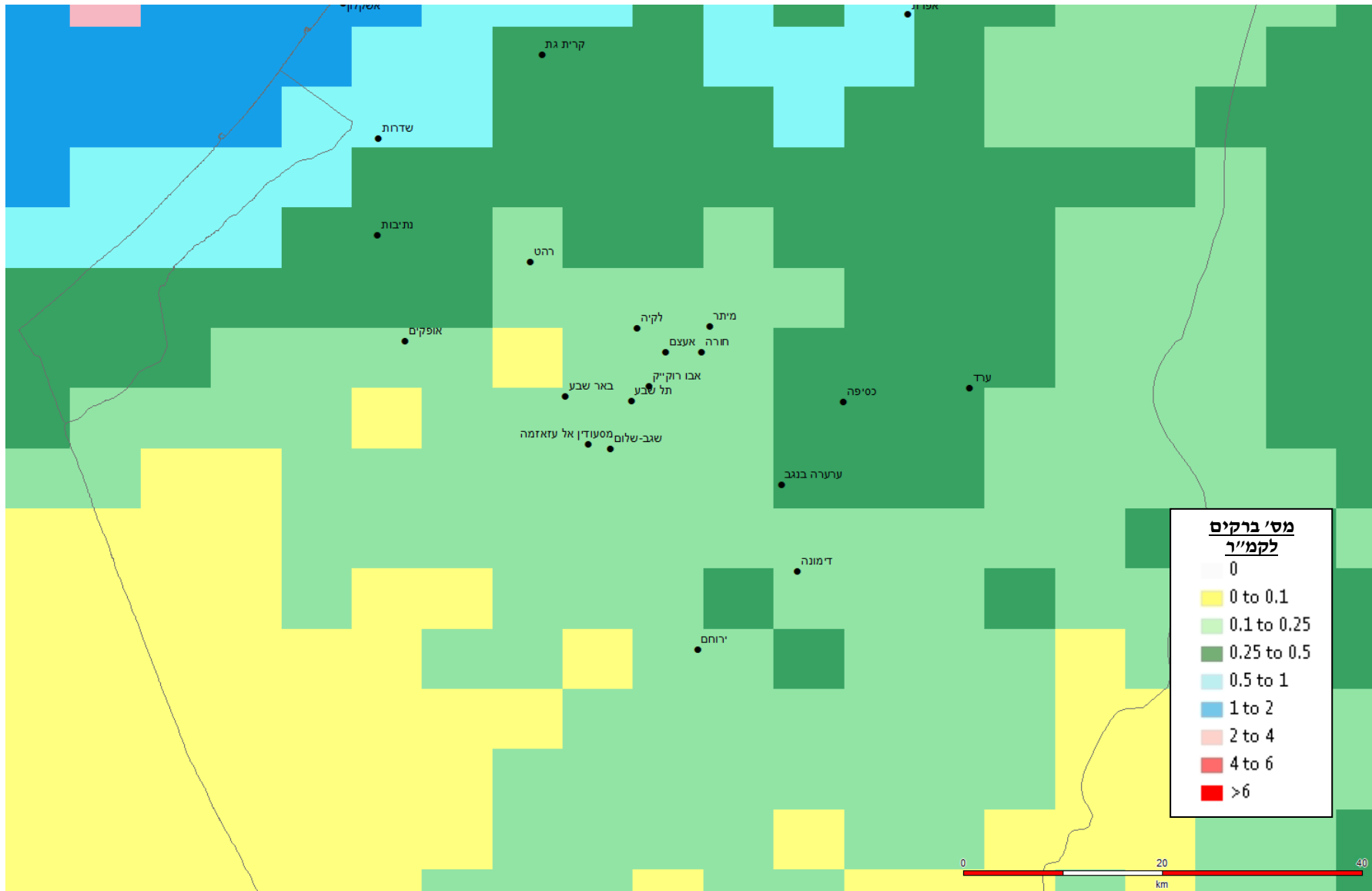
תרשים 24 מפת צפיפות ברקים רב-שנתית באזור הצפון

עסקי - שמור



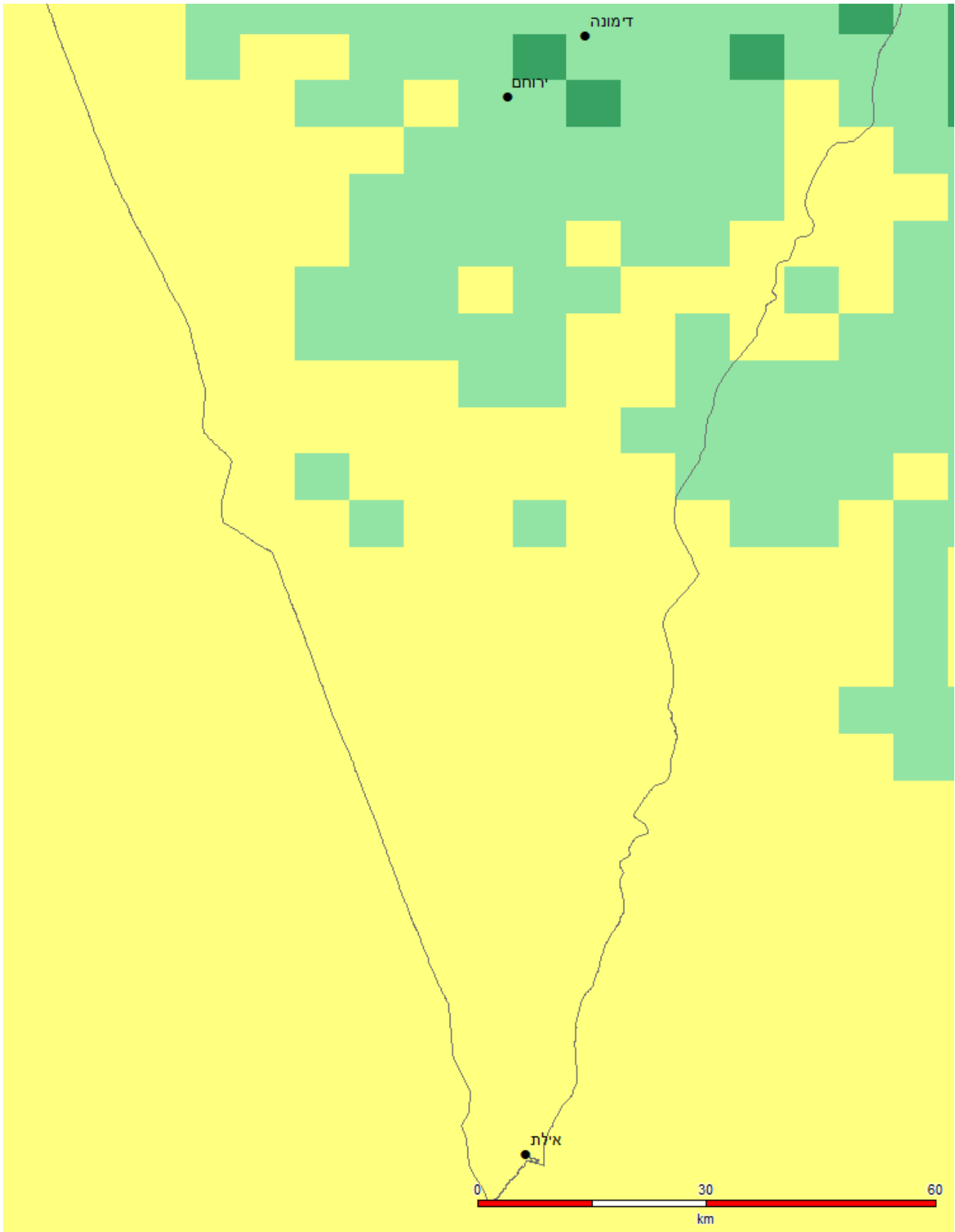
תרשים 25 מפת צפיפות ברקים באזור המרכז

עסקי - שמור



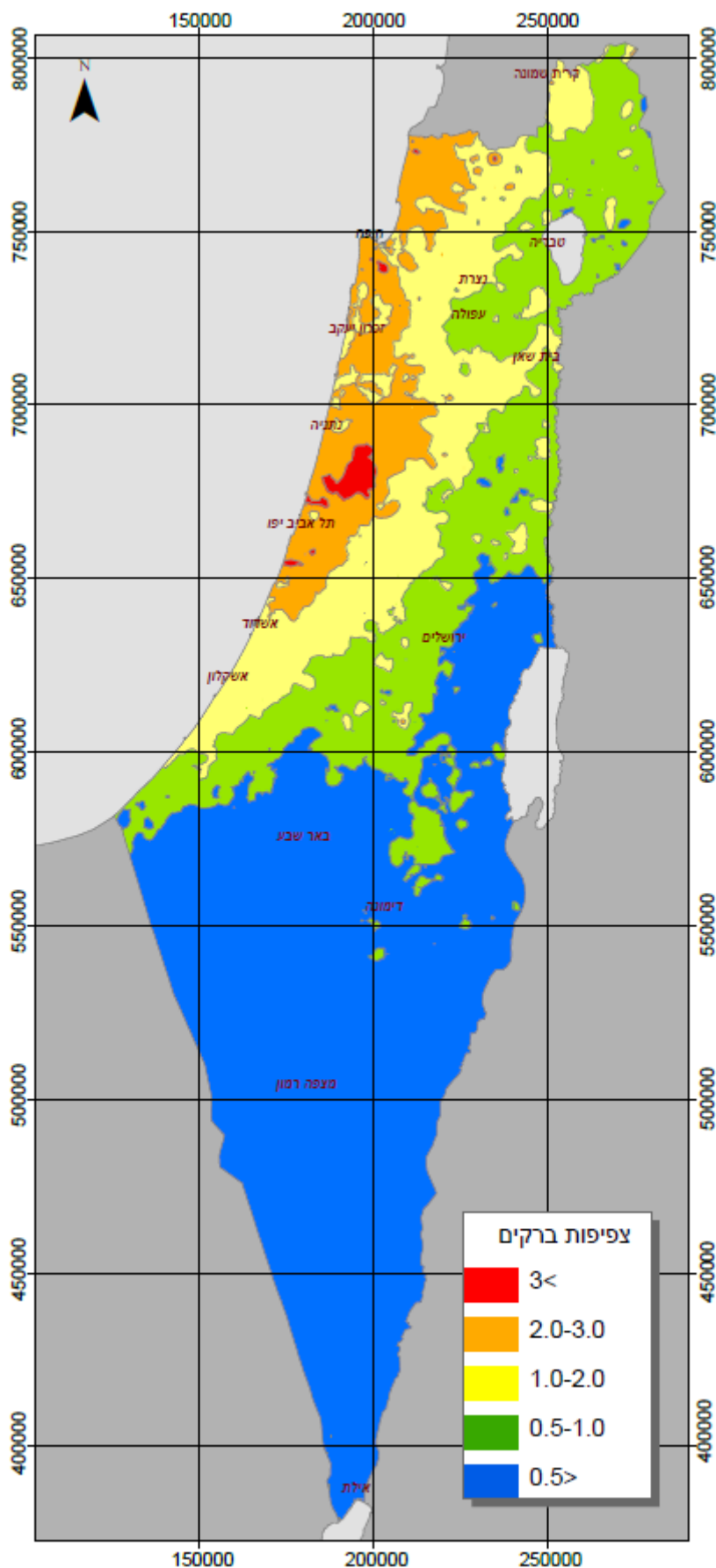
תרשים 26 מפת צפיפות ברקים באזור הדרום

עסקי - שמור



תרשים 27 מפת צפיפות ברקים באזור הנגב הדרומי

עסקי - שמור



תרשים 28 מפה איזוקראונית רב-שנתית [ברקים לקמ"ר לשנה]

9 סיכום

9.1 כללי

בדו"ח זה מוצגים נתוני הברקים אשר פגעו בשטח היבשתי של מדינת ישראל בעונת הברקים הנוכחית, 07/2022-06/2023, ונתונים מצטברים בתקופה 07/2006-06/23.

בדו"ח מוצגים הנתונים הבאים: התפלגויות סטטיסטיות של הברקים לפי זמן, קוטביות, עוצמת שיא הזרם, צפיפות פגיעות הברקים והמאפיינים של זמני עליה וירידה של עוצמת הברק. חושבו המאפיינים הסטטיסטיים של זרמי הברקים, כגון החציון וסטיית התקן, על בסיס ההפרדה בין ההתפרקויות המרכיבות את הברק (התפרקות ראשונה והתפרקות עוקבות).

יצוין כי:

- א. בחודשים יולי-אוקטובר 2022 אין מידע לגבי פעילות ברקים וזאת בשל התקנה ושדרוג של מערכת הברקים החדשה בנגה.
- ב. עונת הברקים 2021-22 לא נכללה בחישוב ממוצעים רב-שנתיים וזאת מאחר שבתקופת ההעברה של המערכת לנגה לא ניתן היה להוסיף גלאים למערכת הקיימת ורק 4 גלאים היו פעילים במהלך תקופה זו.

9.2 עונת הברקים הנוכחית (07/2022-06/2023)

מעיבוד הנתונים שקלטו ונרשמו במערכת הברקים בעונת הברקים הנוכחית (07/22-06/23) עולה כי:

- נרשמו 20,378 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל, מתוכן 18,618 התפרקויות שליליות ו-1,760 התפרקויות חיוביות.
- המאפיינים הסטטיסטיים של עוצמת הזרם החשמלי בתקופה זו הינם:
 - של כלל פעילות הברקים - הממוצע 17.3 ק"א, החציון 11.8 ק"א וסטיית התקן 0.87;
 - של ברקים שליליים - הממוצע 15- ק"א, החציון 11- ק"א וסטיית התקן 0.82;
 - של ברקים חיוביים - הממוצע 41,2 ק"א, החציון 32 ק"א וסטיית התקן 0.81;
- התפלגויות עוצמות זרם הברקים שנרשמו במערכת תואמות להתפלגות הלוג-נורמלית המומלצת בספרות. ההתאמה מעידה על אמינות נתוני המערכת ומשקפת שיפור בתפקוד המערכת הודות לשדרוג.
- ב- 28 ימים התרחשה פעילות ברקים חריגה של מעל 200% ביחס לממוצע הרב-שנתי היומי.

9.3 ניתוח רב-שנתי

מעיבוד וניתוח הנתונים שנרשמו בתקופה 07/2006-06/2023 (ללא עונה 2021-2022) עולה כי:

- הממוצע השנתי של פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל הוא 20,620.
- המאפיינים הסטטיסטיים של עוצמת הזרם החשמלי:
 - כלל פעילות הברקים (ערך מוחלט): ממוצע 11.9 ק"א, חציון 7.7 ק"א וסטיית תקן 0.85;
 - ברקים שליליים: ממוצע 11.6- ק"א, חציון 8.1- ק"א וסטיית תקן 0.80;
 - ברקים חיוביים: ממוצע 13.9 ק"א, חציון 5.1 ק"א וסטיית תקן 1.06.
- הפעילות החריגה ביותר בכל התקופה התרחשה בתאריך 25/10/2015, עם 16,799 פגיעות ברק ביום אחד.
- מסתמן שינוי בהתפלגות החודשית של פעילות הברקים. בעבר, בחודשים אוקטובר ונובמבר נרשמה כמחצית מפעילות הברקים העונתית, אך בשנים האחרונות פעילות הברקים הייתה נמוכה בחודשים אלה.

- [1] ANSI / IEEE C62.42-1987. IEEE Guide for the Application of Gas Tube Arrester Low Voltage Surge – Protective Devices.
- [2] IEC 1312. Protection against lightning electromagnetic impulse.
- [3] Transmission Line Reference Book – 345 KV and Above, EPRI 1982.
- [4] Parameters of Lightning Strokes: A Review, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 20, No.1, January 2005.
- [5] Pritindra Chowdhuri: Parameters of Lightning Strokes and Their Effects on Power Systems, IEEE.
- [6] Martinez, Gonzales-Molina: Statistical evaluation of lightning overvoltages.
- [7] F. Popolansky: Frequency Distribution of Amplitudes of Lightning Currents, ELECTRA Working Group 33-01 (Lightning) of Study Committee No 33.
- [8] CIGRE, Characterization of Lightning For Applications in Electric Power Systems.
- [9] IEC INTERNATIONAL STANDARD 62305-1 Annex A.
- [10] R.B. Anderson, A.J. Eriksson: LIGHTNING PARAMETERS FOR ENGINEERING APPLICATION - Electra No. 69.
- [11] Rakov, A. Vladimir, Huffins, R. Gray: Return-Stroke Multiplicity of Negative Cloud-to-Ground Lightning Flashes; Journal of Applied Meteorology Volume 42.
- [12] W. Schulz, G. Diendorfer, K. Cummins, M. Dorninger : Cloud-to-ground lightning in Austria: A 10-year study using data from a lightning location system - JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 110, D09101, doi:10.1029/2004JD005332, 2005.
- [13] Amitabh Nag, Rakov, A. Vladimir, RATIO OF FIRST TO SUBSEQUENT RETURN STROKE ELECTRIC FIELD PEAKS IN NEGATIVE CLOUD-TO-GROUND LIGHTNING DISCHARGES; IX International Symposium on Lightning Protection, 26th-30th November 2007 – Foz do Iguaçu, Brazil.
- [14] Lightning Parameters for Engineering Applications, Working Group C4.407, CIGRE August 2013.
- [15] W. Schulz and G. Diendorfer, Flash Multiplicity and Interstroke Intervals in Austria, 28th International Conference on Lightning Protection, 2006, Kanazawa.