

עסקי - שמור

תכנון, פיתוח וטכנולוגיה
חדשנות וניטור



מחלקת פיתוח וניטור המערכת

פעילות הברקים בישראל - דו"ח שנתי לתקופה 06/2024-07/2023 -

דו"ח מס' 64 - RL



דצמבר 2024

מחלקת פיתוח וניטור המערכת

פעילות הברקים בישראל

- דו"ח שנתי לתקופה 06/2024-07/2023 -

דו"ח מס' 64 - RL



מטפל: ח. לרמן

מאשר: א. יגר



בודק: ל. כהן



דצמבר 2024

פ"ע: 6/24/1.70

תוכן העניינים

1.....	תוכן העניינים	
1.....	1. תקציר	
4.....	2 מבוא	
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 07/2023-06/2024	
6.....	3 מאפייני פעילות הברקים	
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.....	4 התפלגות לוג-נורמלית של מאפייני הברקים	
11.....	מאפיינים סטטיסטיים של ההתפרקויות (זרם וזמנים)	4.1
15.....	מספר ברקים במקבץ	4.2
15.....	התפלגות מספר הגלאים המשתתפים בגילוי הברקים	4.3
17.....	5 צפיפות ברקים שנתית	
22.....	פעילות ברקים רב-שנתית	
	22 (2016-2024)	
23.....	6 נתונים רב-שנתיים	
26.....	7 התפלגות לוג-נורמלית רב-שנתית של מאפייני הברקים	
28.....	נתונים סטטיסטיים לפי חודש	7.1
28.....	המאפיינים הסטטיסטיים של התפרקויות רב-שנתיות (זרם וזמן)	7.2
30.....	8 צפיפות ברקים רב-שנתית	
36.....	9 סיכום והמלצות	
36.....	כללי	9.1
36.....	עונת הברקים הנוכחית (07/2023-06/2024)	9.2
36.....	ניתוח רב-שנתי	9.3
37.....	10 סימוכין	

בדו"ח זה מוצגים נתוני הברקים שפגעו בשטח היבשתי של מדינת ישראל ונרשמו במערכת לאיתור ורישום ברקים בעונת הברקים הנוכחית, 07/2023-06/2024.

בדו"ח מוצגים נתוני פעילות הברקים בעונה הנוכחית ונתונים מצטברים רב-שנתיים (2016-2024):

- מאפיינים סטטיסטיים של הברקים הנפרקים לאדמה לפי זמן, קוטביות ועוצמת שיא הזרם.
- התפלגות של מאפייני הברקים.
- דיווח על פעילות ברקים חריגה ביחס לממוצע הרב-שנתי.
- צפיפות ברקים שנתית ורב-שנתית.

להלן הממצאים וההמלצות:

1. עונת הברקים הנוכחית התאפיינה בפעילות ברקים ממוצעת ביחס לממוצע הרב-שנתי, נרשמו 24,473 פגיעות ברקים בשטח היבשתי של מדינת ישראל.
הממוצע רב-שנתי עומד על 21,539 פגיעות ברקים בשנים בשטח היבשתי של מדינת ישראל.
2. להלן הפרמטרים של התפלגות לוג-נורמלית של עוצמת הזרם החשמלי בעונת הברקים הנוכחית:
 - של כלל פעילות הברקים: הממוצע 17.3 ק"א, החציון 11.7 ק"א וסטיית התקן 0.86;
 - של ברקים שליליים: הממוצע 15.6 ק"א, החציון 11.1 ק"א וסטיית התקן 0.82;
 - של ברקים חיוביים: הממוצע 39.8 ק"א, החציון 30 ק"א וסטיית התקן 0.85;
3. התפלגויות 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 ומשקפת שיפור בתפקוד המערכת הודות לשדרוגה.
4. מסתמן שינוי בהתפלגות החודשית של פעילות הברקים. בעבר, בחודש אוקטובר נרשמה כ-20% מפעילות הברקים העונתית, אך בשנים האחרונות פעילות הברקים בחודש זה נמוכה מ-10%. מאידך, בחודש אפריל, בו נרשמה בעבר כ-10% מכלל פעילות ברקים, נרשמת כיום כ-20% מכלל הפעילות.
5. ב-24 ימים התרחשה פעילות ברקים חריגה של מעל 200% ביחס לממוצע הרב-שנתי החודשי היומי.

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 ההתפרקויות השליליות (באדום) ועקומת הקירוב לאחר הסינון
- 13 תרשים 7 התפלגות זרמי התפרקויות השליליות הראשונות (באדום) ועקומת הקירוב לאחר הסינון
- 14 תרשים 8 התפלגות זרמי גל הראשונות השליליות (בכחול) וגלים עוקבים (באדום) מול עקומות מהספרות
- 15 תרשים 9 התפלגות מספר הברקים הבודדים במקבץ
- 16 תרשים 10 התפלגות מספר הגלאים שדיווחו על ברקים
- 17 תרשים 11 מפת צפיפות ברקים לעונת ברקים 2023-2024
- 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 המצטברת רב שנתית כל הברקים (אדום) ועקומת קירוב (כחול)
- 27 תרשים 21 התפלגות המצטברת רב שנתית הברקים השליליים (אדום) ועקומת קירוב (כחול)
- 29 תרשים 22 עקום הסתברות הלוג-נורמל של ההתפרקויות הראשונות השליליות ועקומת הקירוב
- 30 תרשים 23 מפת צפיפות ברקים רב-שנתי
- 31 תרשים 23 מפת צפיפות ברקים רב-שנתית באזור הצפון
- 32 תרשים 24 מפת צפיפות ברקים באזור המרכז
- 33 תרשים 25 מפת צפיפות ברקים באזור הדרום
- 34 תרשים 26 מפת צפיפות ברקים באזור הנגב הדרומי
- 35 תרשים 27 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 2023-2024
- 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 07/2016-06/2023
- 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 מבוא

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 12 גלאי ברקים, מתוכם 10 מותקנים ומדווחים ו-2 נוספים שטרם הותקנו, ויחידה מרכזית. הגלאים קולטים אירועים של פעימות אלקטרומגנטיות בסביבתם, שמקורם פגיעות ברק, ומעבירים את המידע ליחידה המרכזית. 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.
- ב- 09/2024 בוצע כיוול שני למערכת.

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, kA הינו החציון, $\sigma_{\ln I}$ היא סטיית התקן של לוגריתם הטבעי של הזרם ו- erfc היא פונקציית השגיאה המשלימה.

2.4 נתוני ברקים

- בדו"ח זה מוצגים נתוני הברקים שנרשמו בשטח היבשתי של מדינת ישראל בתקופות הבאות:
1. בעונת הברקים הנוכחית, 07/2023-06/2024.
 2. ממוצעים רב-שנתיים לתקופה 7/2016-6/2024.

פעילות ברקים בתקופה 07/2023-06/2024

3 מאפייני פעילות הברקים

3.1 מאפיינים סטטיסטיים

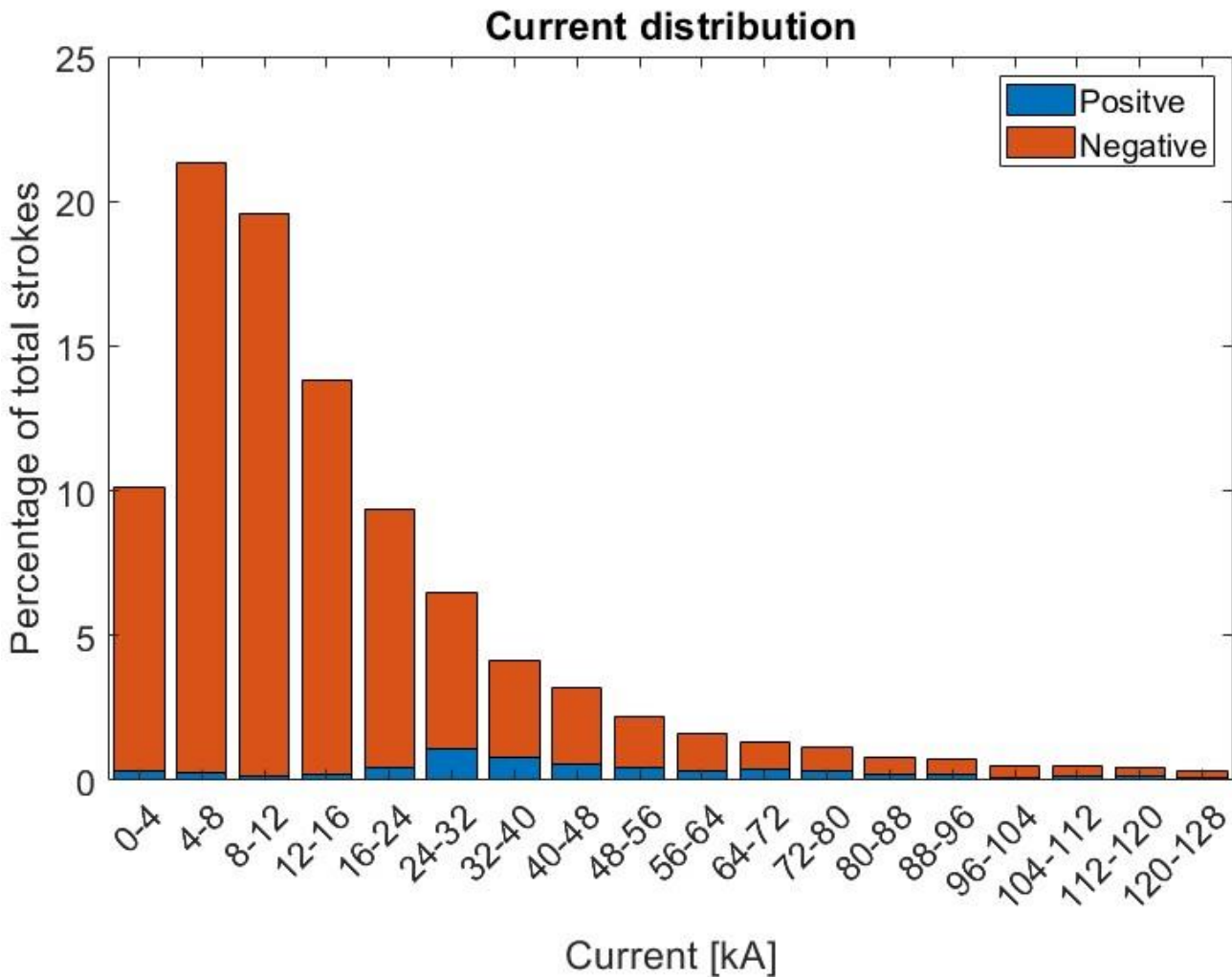
בטבלה 1 מובאים המאפיינים הסטטיסטיים העיקריים של כלל פעילות הברקים אשר נרשמו במערכת בשטח היבשתי של מדינת ישראל.

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

מאפייני הברקים	כל הברקים	ברקים שליליים	ברקים חיוביים
מס' הברקים	24,473	22,765	1708
חציון זרמי הברקים I_m [kA]	17.3	-15.6	39.8
ממוצע זרמי הברקים I_m [kA]	11.7	-11.1	30
סטיית התקן $\sigma_{ln I}$	0.86	0.82	0.85
זרם מרבי [kA]	376.1	-376.1	201.6

3.2 התפלגות לפי זרם וקוטביות

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



תרשים 1 התפלגות עוצמת זרם וקוטביות בשטח היבשתי של מדינת ישראל

3.3 התפלגות חודשית

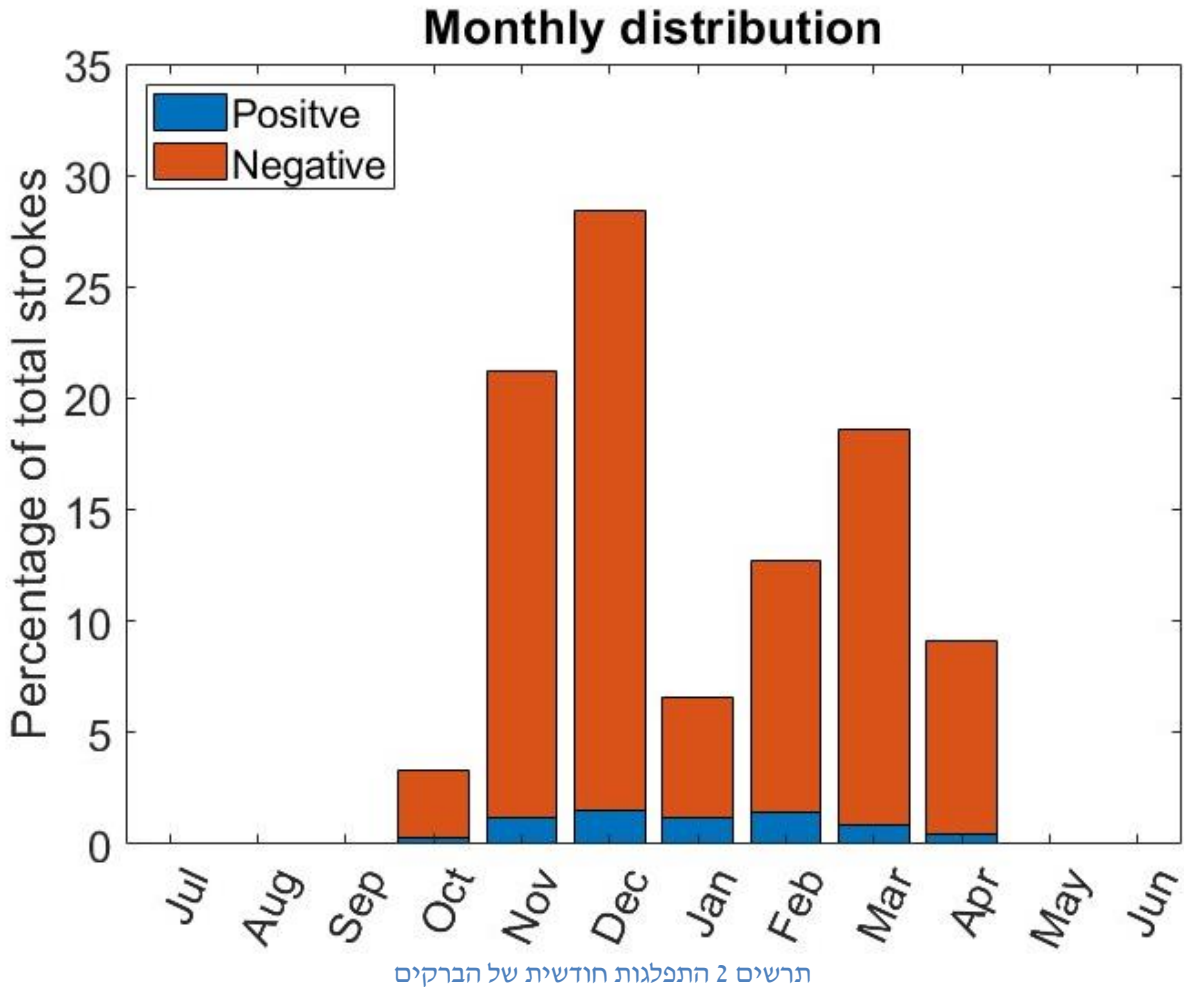
בטבלה 2 מוצגים הפרמטרים הבאים:

1. המספר החודשי של פגיעות ברקים,
2. אחוז ביחס לממוצע החודשי הרב-שנתי (באדום = חודשים בהם נרשמה פעילות ברקים מעל הממוצע),
3. צפיפות ברקים [ברק/קמ"ר] חודשית.

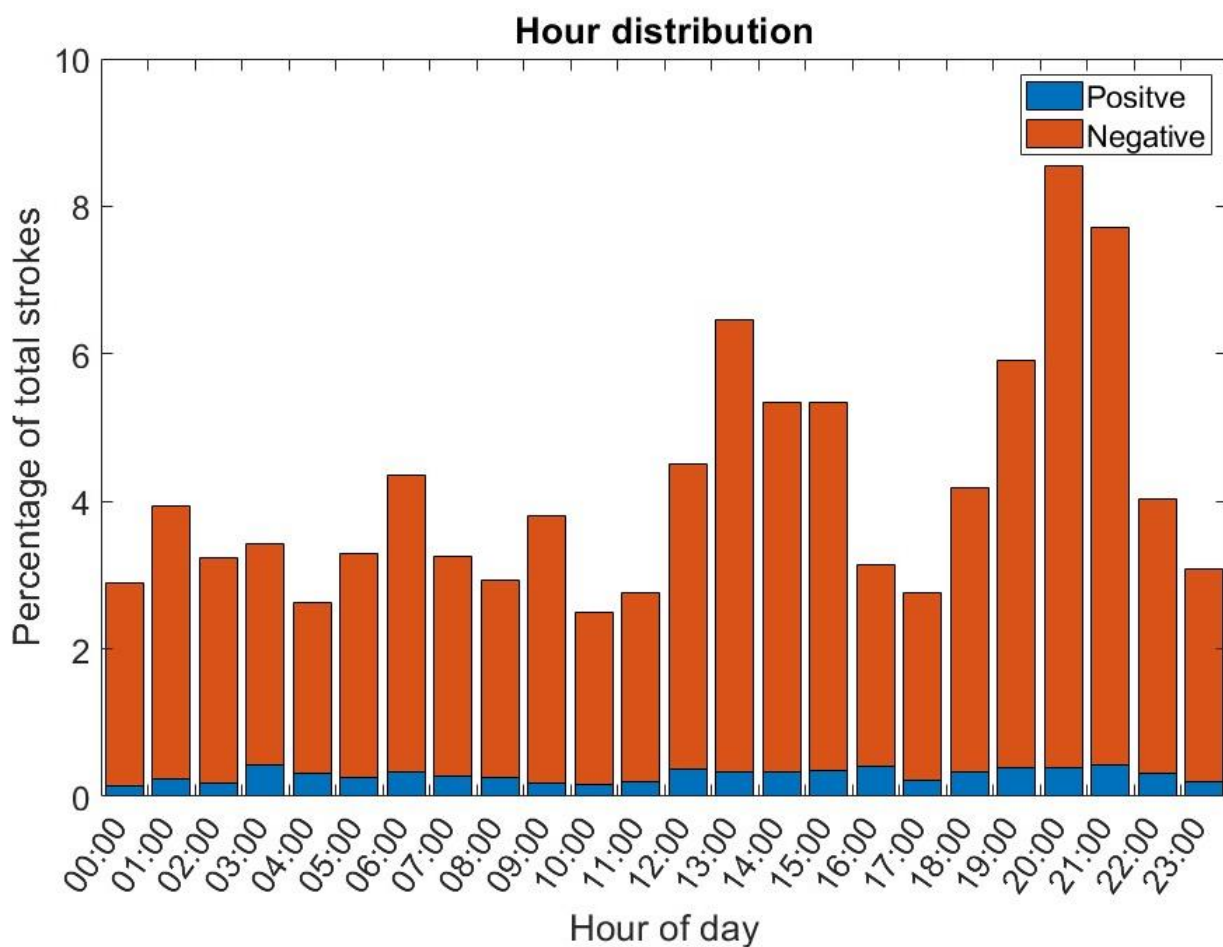
טבלה 2 נתוני ברקים בעונה 2023-2024

חודש	מספר ברקים	אחוז ביחס לממוצע רב שנתי	צפיפות ברקים
07/23	0	0	0.00
08/23	11	275	0.00
09/23	3	25	0.00
10/23	817	44	0.03
11/23	5197	138	0.19
12/23	6952	185	0.25
01/24	1606	74	0.06
02/24	3109	146	0.11
03/24	4544	176	0.16
04/24	2226	52	0.08
05/24	8	1	0.00
06/24	0	0	0.00
סה"כ	24473	114	0.88

בתרשים 2 מוצגת התפלגות הברקים החודשית עבור חורף 2023-2024 ביחס לכמות כוללת של ברקים עבור העונה, באחוזים.



בתרשים 3 מוצגות ההתפלגויות היומיות של הברקים.



תרשים 3 התפלגות היומית 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)

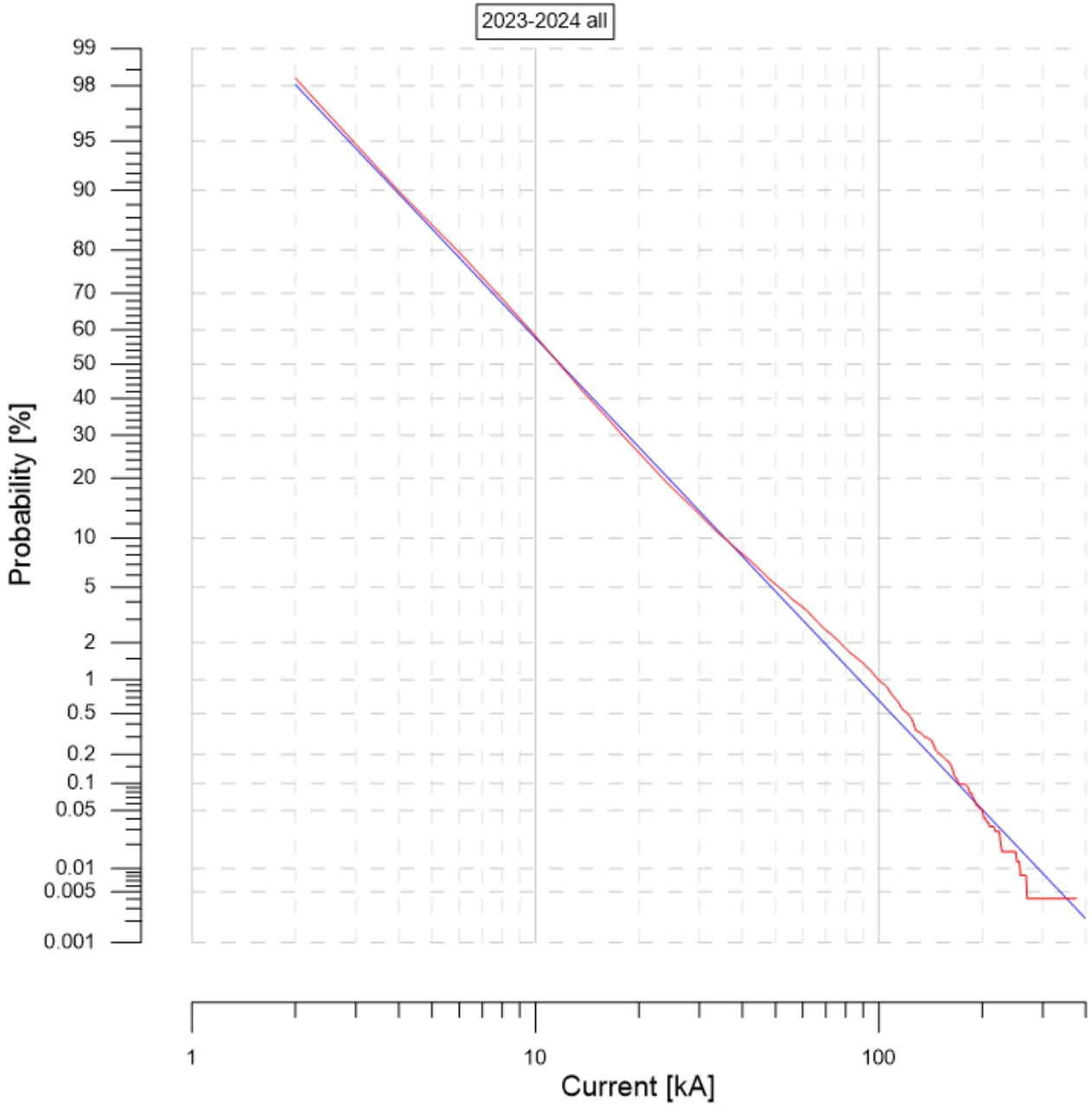
הממוצעים הרב-שנתיים מחושבים ומעודכנים אחת לשנה והם מתייחסים לתקופה החל מתחילת החורף בשנת 2016 ועד לעונת הברקים 2023-2024, כולל. בטבלה 3 להלן מוצגים תאריכים בהם נרשמה פעילות ברקים חריגה, מעל 200% מהממוצע היומי הרב-שנתי (חושב לפי 124 פגיעות ברק ליום בעונה) או מעל 200% מהממוצע היומי החודשי בהתאמה. בסה"כ נרשמו 88 ימים עם פעילות ברקים לאדמה בשטח היבשתי של מדינת ישראל.

טבלה 3 פעילות ברקים חריגה לפי ממוצע יומי וחודשי רב שנתי

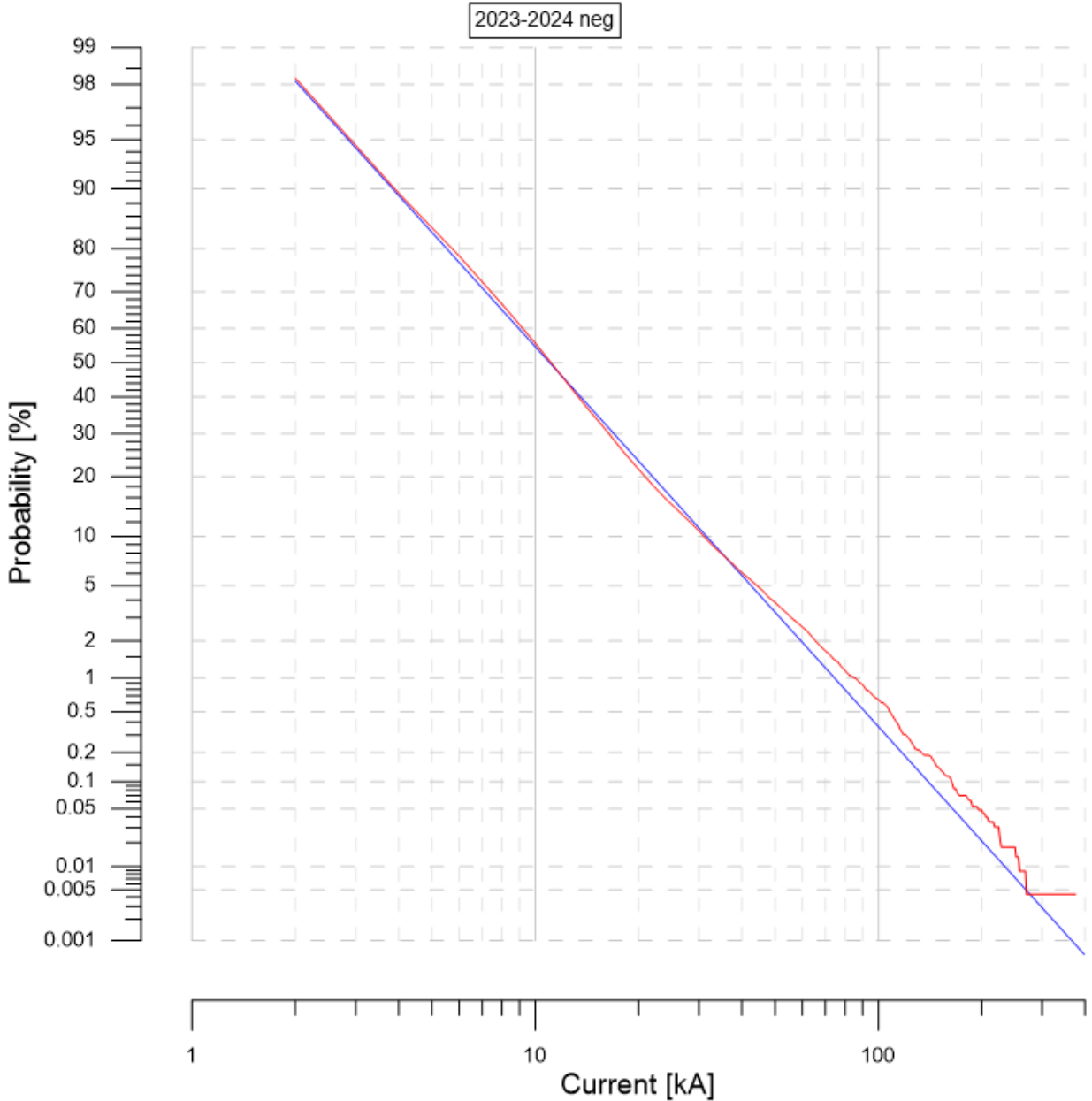
מספר	תאריך	מספר ברקים	היחס בין מספר למוצע יומי חודשי רב שנתי, [%]	היחס בין מספר למוצע יומי רב שנתי, [%]
1	19/03/2024	4315	5187	3508
2	05/12/2023	3658	3023	2974
3	14/11/2023	2952	2347	2400
4	08/04/2024	1685	1171	1370
5	01/11/2023	1653	1314	1344
6	12/12/2023	944	780	767
7	09/12/2023	811	670	659
8	15/02/2024	781	1066	635
9	17/02/2024	702	958	571
10	22/12/2023	669	553	544
11	26/01/2024	513	731	417
12	13/12/2023	483	399	393
13	02/02/2024	479	654	389
14	14/02/2024	369	504	300
15	30/01/2024	312	445	254
16	18/03/2024	177	213	144
17	01/02/2024	309	379	249
18	10/04/2024	282	196	229
19	10/10/2023	512	848	416
20	19/11/2023	424	337	345
21	23/12/2023	235	194	191
22	09/04/2024	213	148	173
23	16/02/2024	200	273	163
24	27/01/2024	166	237	135

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



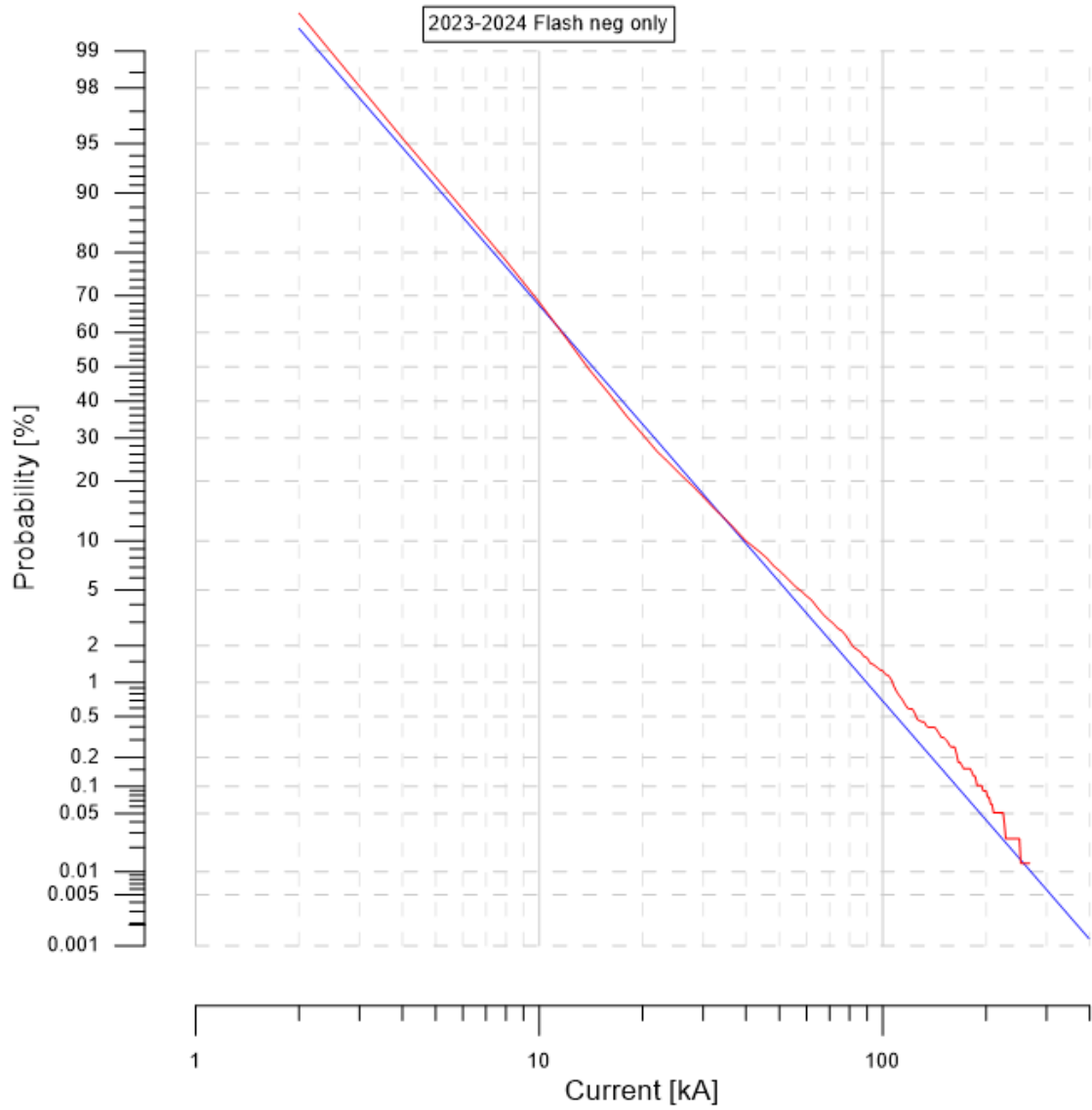
תרשים 5 התפלגות לוג-נורמאלית המצטברת של זרמי הברקים השליליים (באדום) ועקומת הקירוב

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.

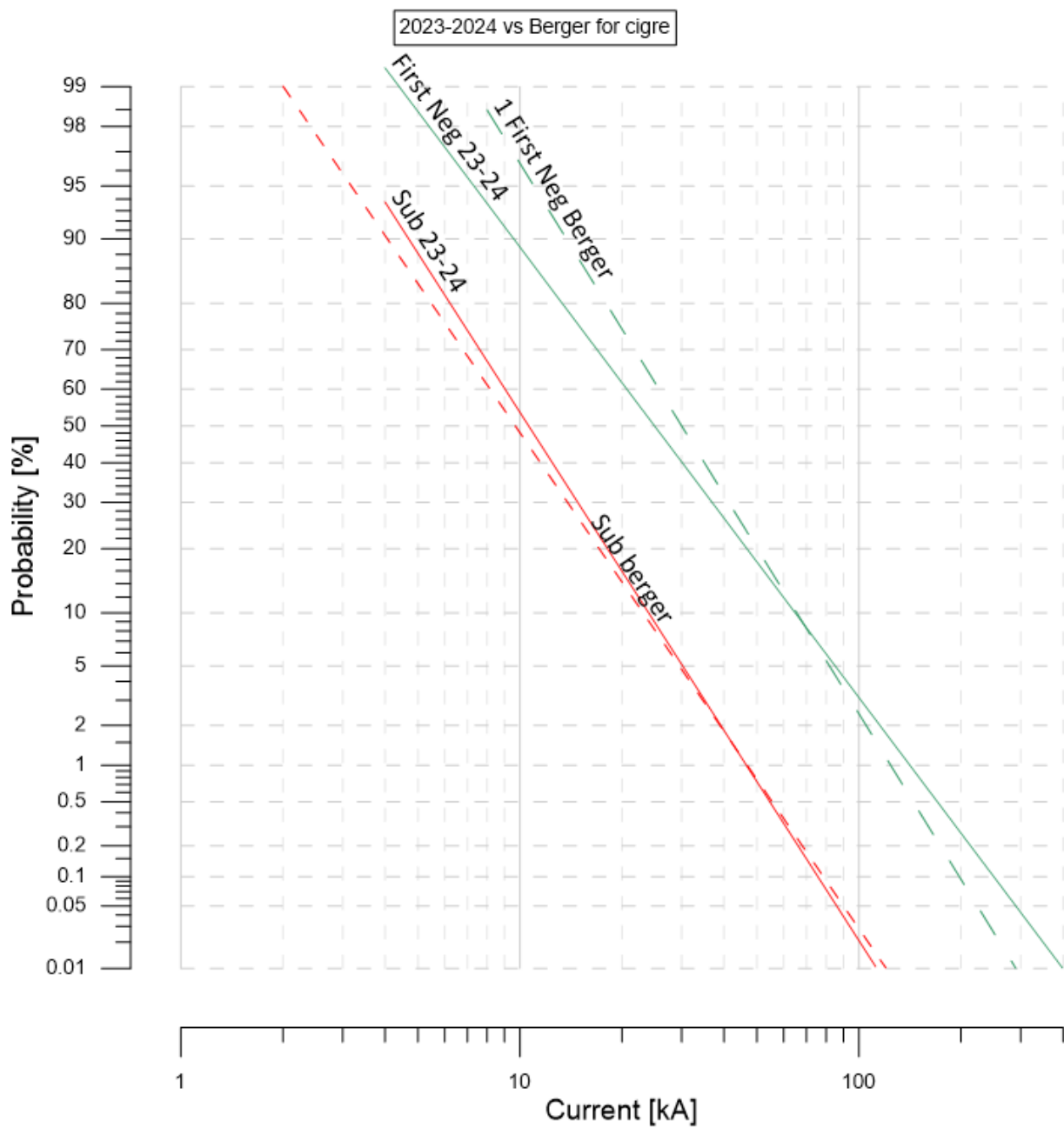
טבלה 4 מאפיינים סטטיסטיים של עוצמת זרם הברק

עוצמת זרם הברק, [kA]	מאפיינים	סוג ההתפרקות
-24.5	Median - חציון	גל ראשון שלילי First stroke
-33.0	Average - ממוצע	
0.74	Stdv – סטיית תקן	
2749	מס' התפרקות	
-10.9	Median - חציון	גלים עוקבים Subsequent strokes
-12.9	Average – ממוצע	
0.63	Stdv – סטיית תקן	
5100	מס' התפרקות	



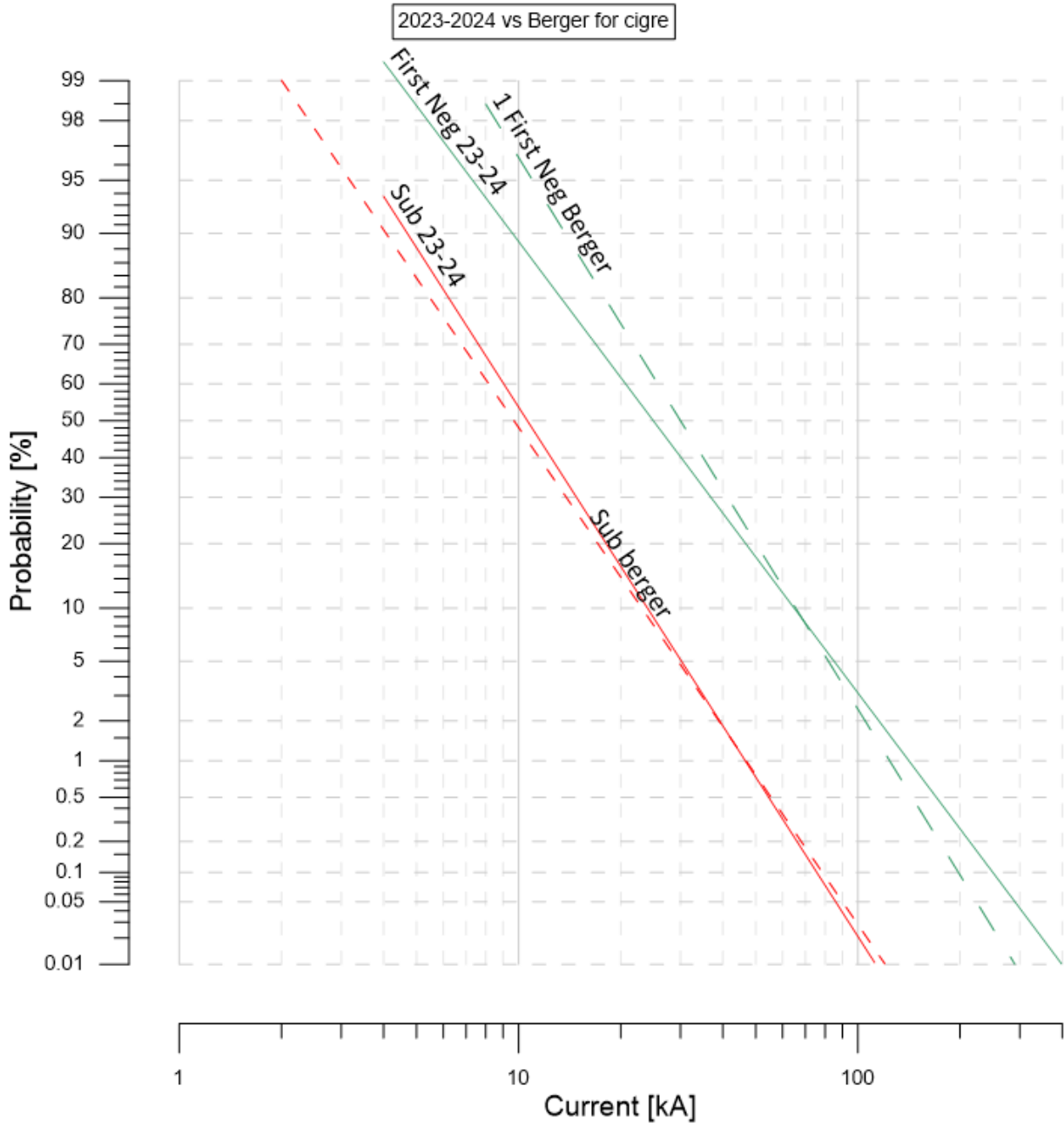
ב

תרשים 6 ותרשים 7 מוצגים גרפים של התפלגות הלוג-נורמלית של כל ההתפרקויות השליליות במקבצי הברקים וההתפרקויות הראשונות השליליות, כולל עקומות הקירוב.



ב

תרשים 8 מוצגות עקומות הקירוב של התפלגויות הזרם של התפרקויות הראשונות ועוקבות מול העקומות מהספרות [14] ניתן לראות

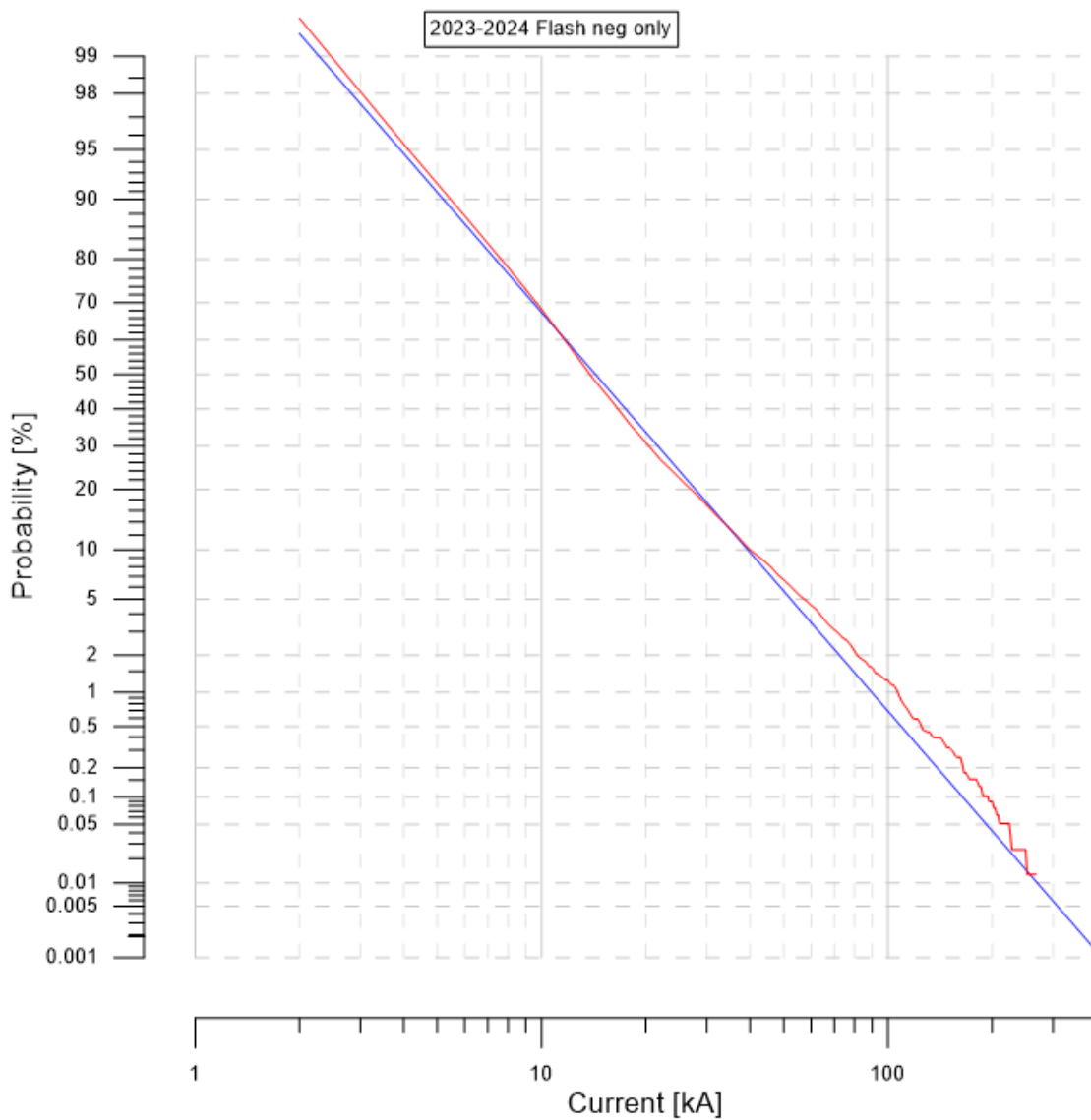


תרשים 8 התאמה טובה להתפרקויות הראשונות וסטייה גדולה יותר להתפרקויות העוקבות. לפי תוצאות של ניתוח סטטיסטי שנערך, התפלגות עוצמת זרם הברקים אשר נקלטו במערכת תואמת להתפלגות לוג-נורמלית המומלצת בספרות על סמך מדידות ישירות של זרם הברק. ההתאמה מעידה על אמינות נתוני המערכת. בטבלה 5 להלן ניתן לראות שהתאמה של 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

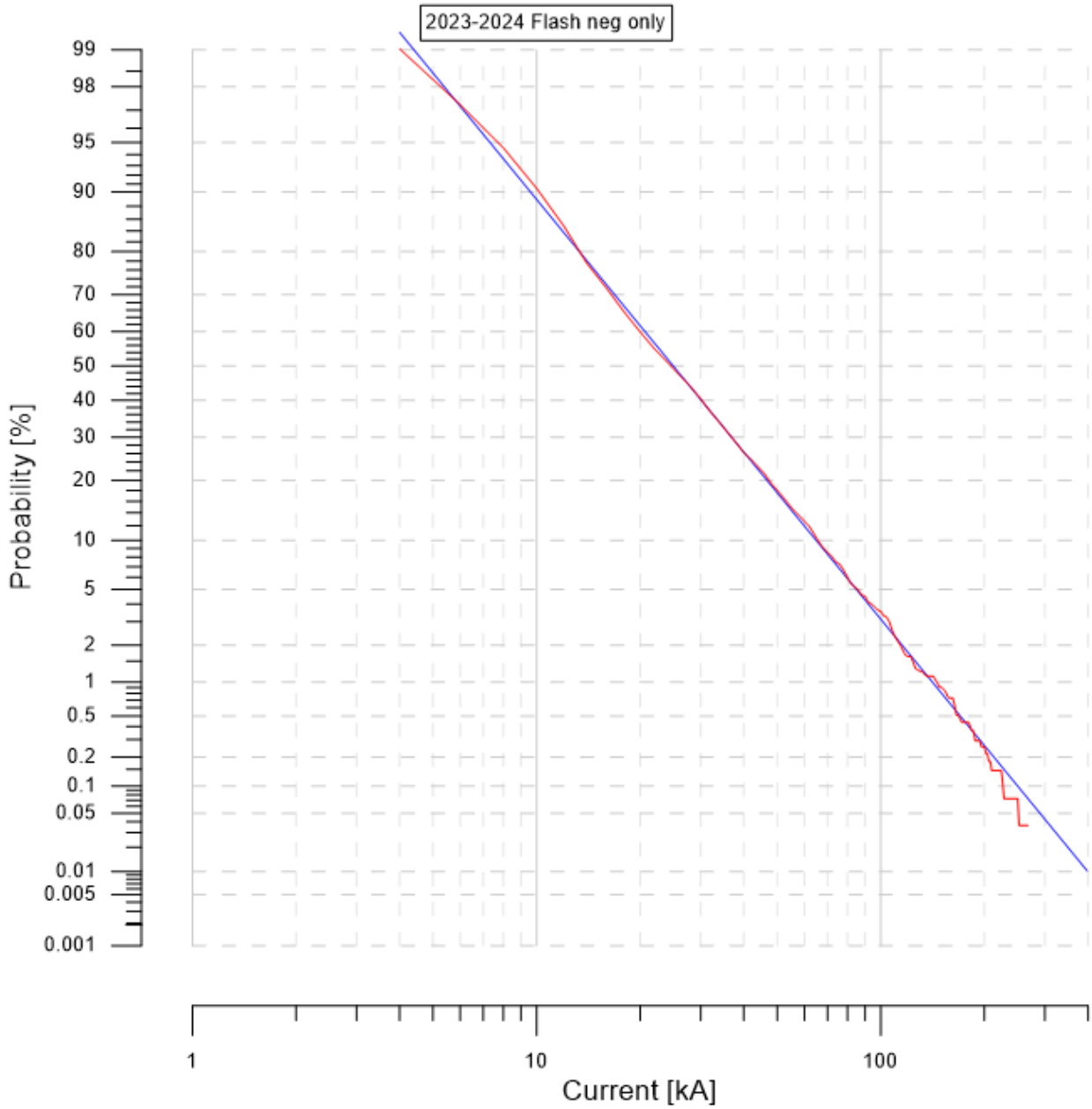
עסקי - שמור

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	0.74	סטיית תקן	
12.3	9.0	10.9	חציון [kA]	גלים עוקבים Subsequent strokes
0.53	0.66	0.63	סטיית תקן	

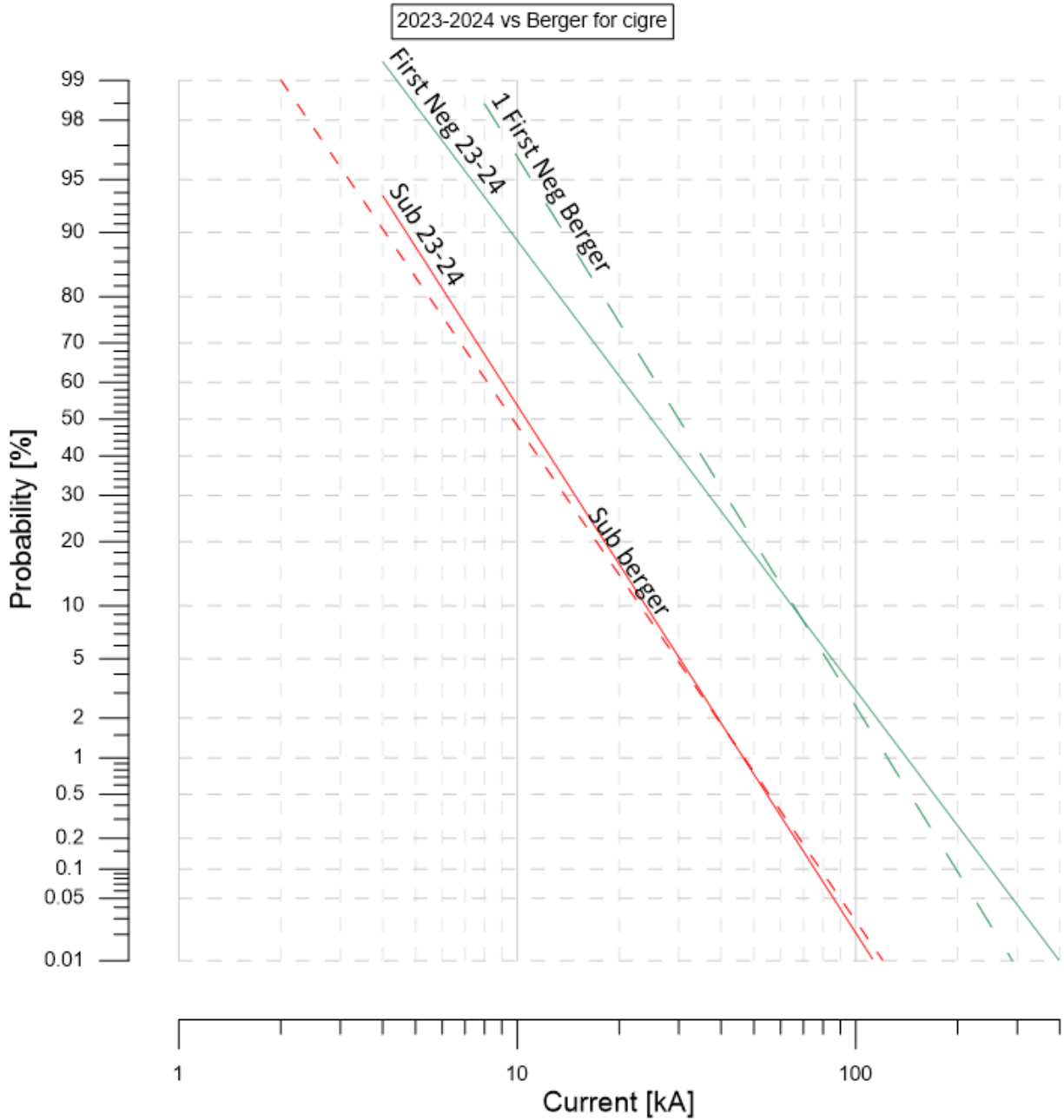


תרשים 6 התפלגות זרמי ההתפרקויות השליליות (באדום) ועקומת הקירוב לאחר הסינון

עסקי - שמור



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

ב

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

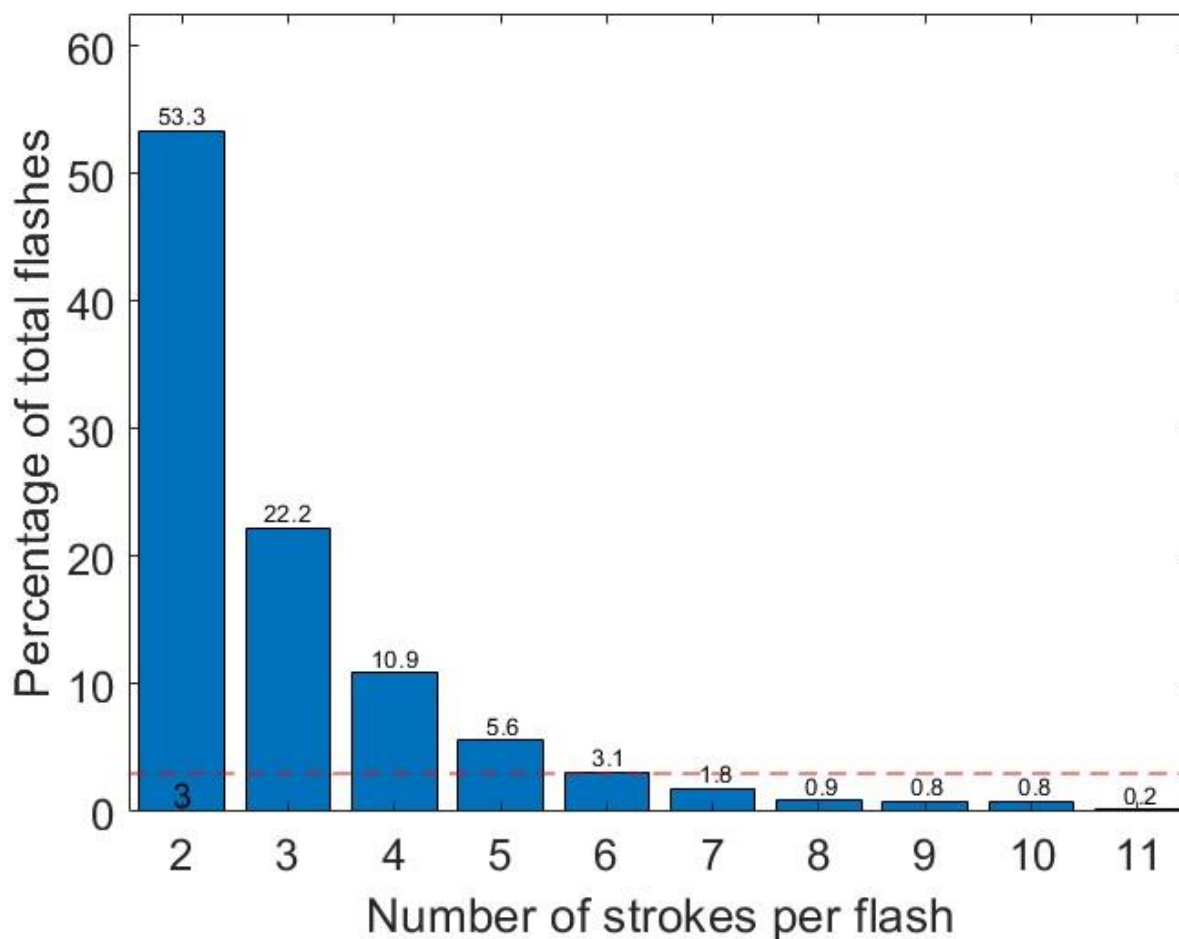
טבלה 6 מאפיינים סטטיסטיים של זמן עליית הגל

זמן דעיכת הגל [μsec]	זמן עליית הגל [μsec]	מאפיינים	סוג ההתפרקות
23.9	6.2	Median - חציון	גל ראשון שלילי First stroke
25.6	4.9	Average - ממוצע	
0.59	0.62	Stdv - תקן	
20.6	3.3	Median - חציון	גלים עוקבים Subsequent strokes
19.8	2.5	Average - ממוצע	
0.46	0.56	Stdv - תקן	

4.2 מספר ברקים במקבץ

בתרשים 9 מוצגת ההתפלגות של מספר הברקים הבודדים במקבץ, עד 11 פגיעות ברק למקבץ. נרשם מקבץ עם 19 פגיעות ברק בעונה 23-24. יצוין כי נרשמו 4,897 מקבצי ברק עם 14,963 פגיעות ברק.

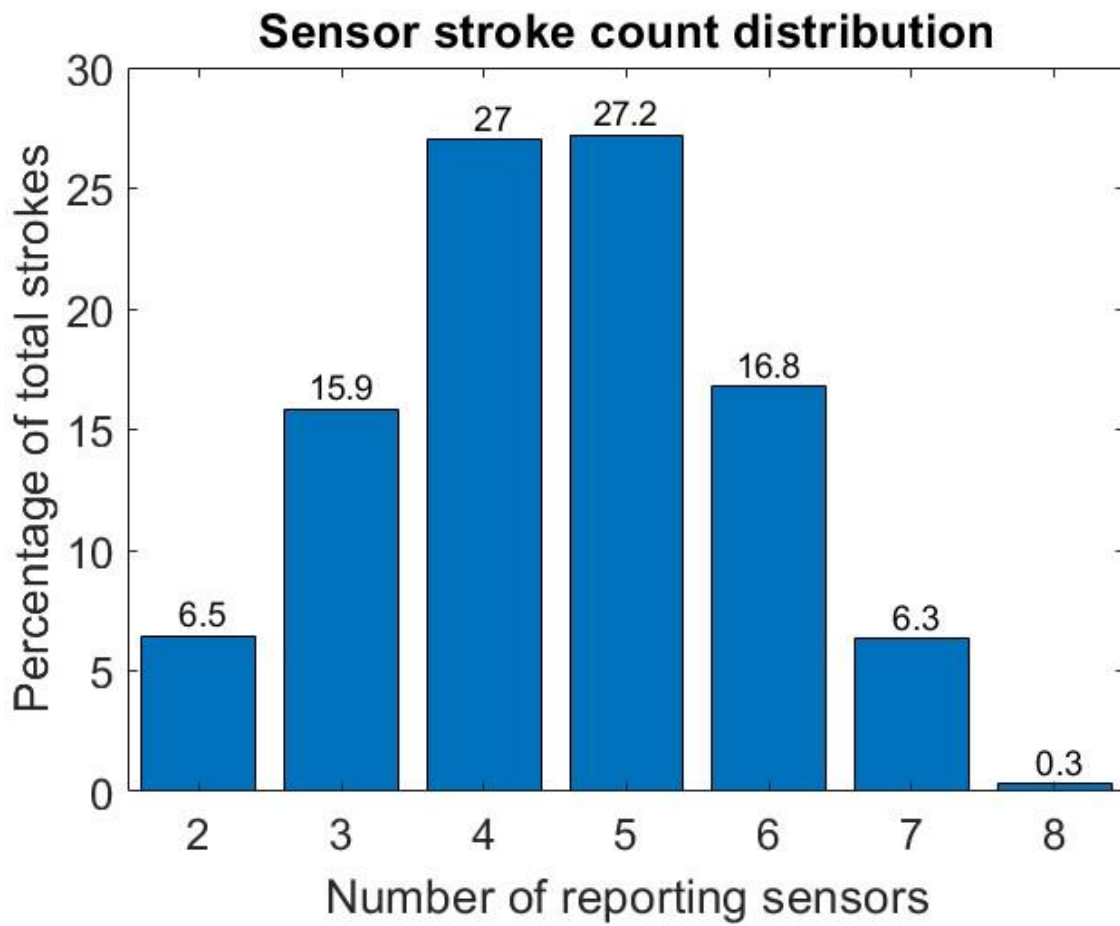
Flash stroke count distribution



תרשים 9 התפלגות מספר הברקים הבודדים במקבץ

4.3 התפלגות מספר הגלאים המשתתפים בגילוי הברקים

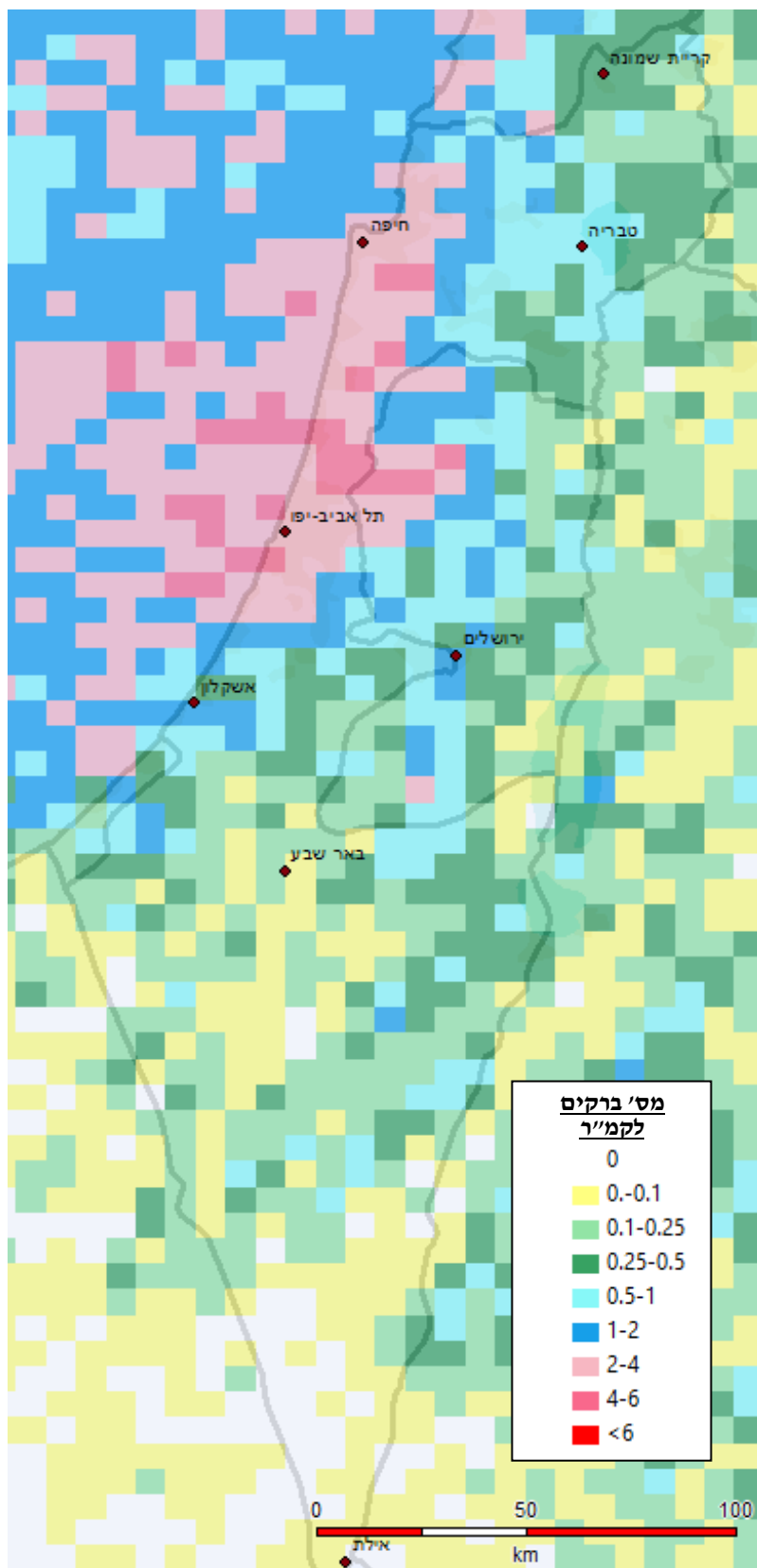
הקריטריון ליעילות הקליטה הוא מספר הגלאים אשר השתתפו באיתור ברקים: ככל שמספר הגלאים המשתתפים באיתור גדל – יעילות הקליטה גבוהה יותר. בתרשים 10 מובא מספר הגלאים המדווחים על אותה התפרקות בין ענן לאדמה. ניתן לראות שמספר הגלאים שהשתתפו באיתור רוב הברקים היה 4-5 מתוך 11 הגלאים הקיימים במערכת.



תרשים 10 התפלגות מספר הגלאים שדיווחו על ברקים

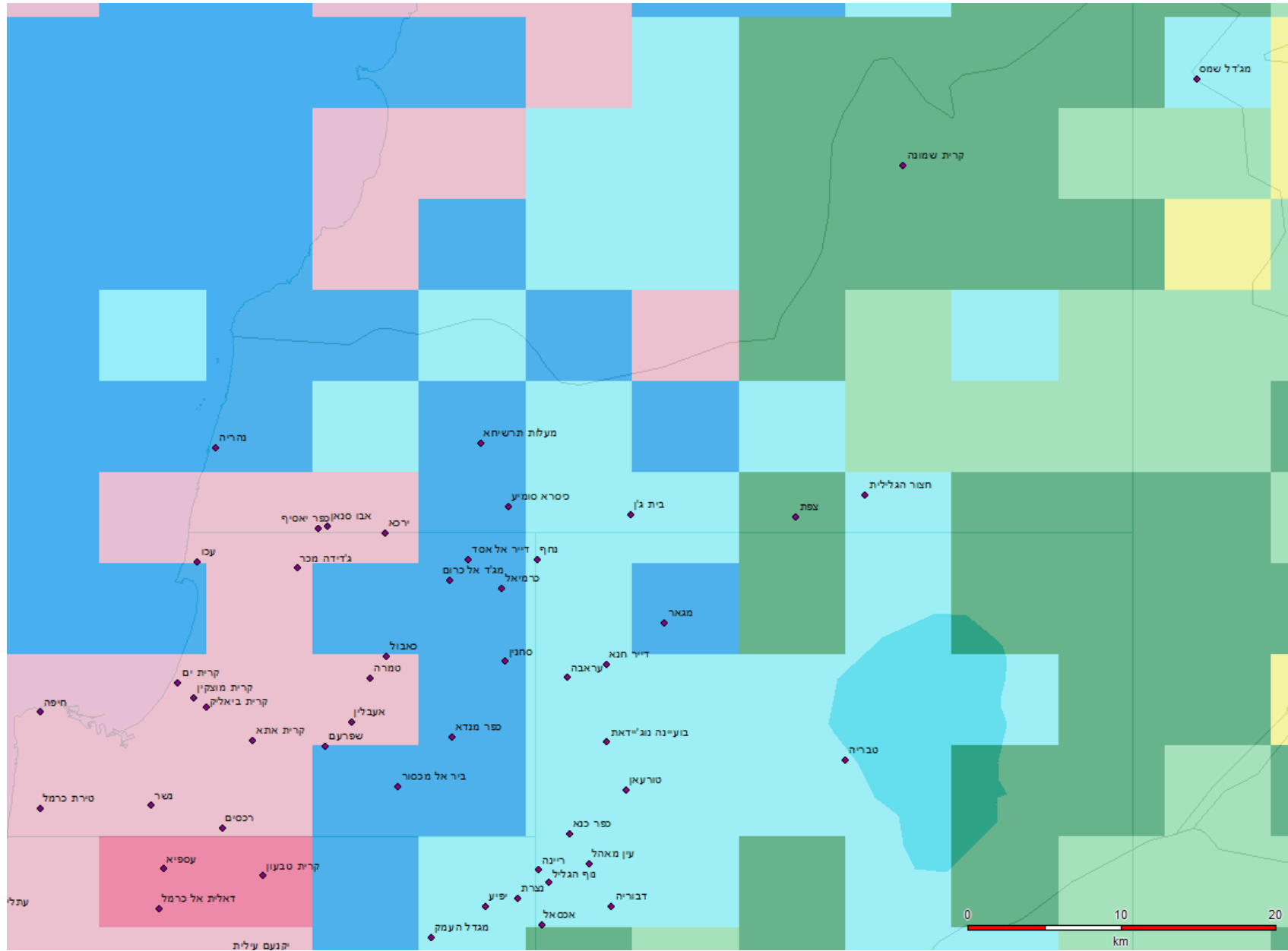
5 צפיפות ברקים שנתית

בתרשים 11 מוצגת מפת צפיפות הברקים בשטח היבשתי של מדינת ישראל ובסביבתה.
בתרשים 12 תרשים 15 מוצגות מפות צפיפות הברקים. גודל כל ריבוע צבוע באיור 7*7 ק"מ. צפיפות הברקים לקמ"ר לשנה בתוך הריבוע מוצגת במקרא לפי הצבע.



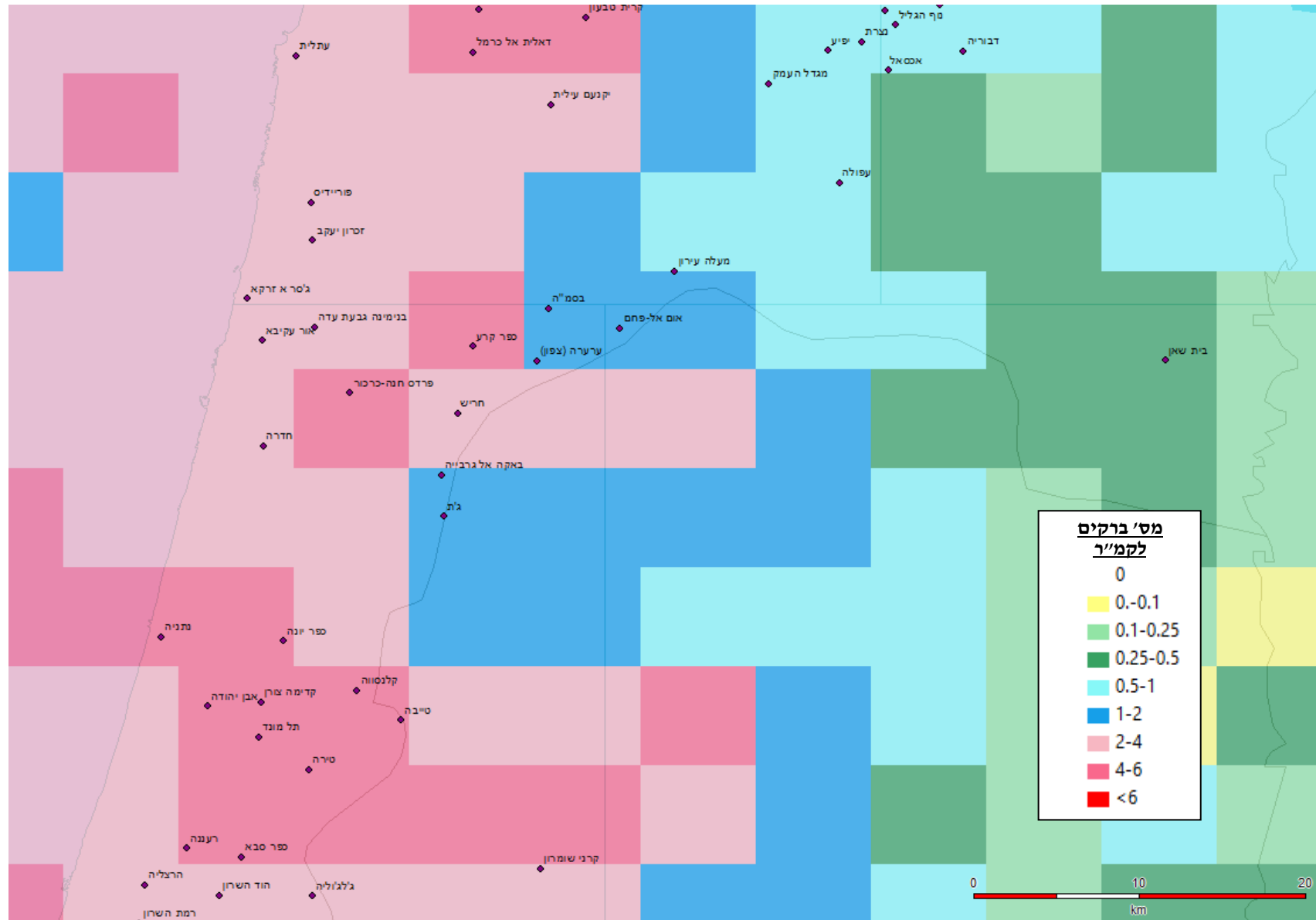
תרשים 11 מפת צפיפות ברקים לעונת ברקים 2023-2024

עסקי - שמור



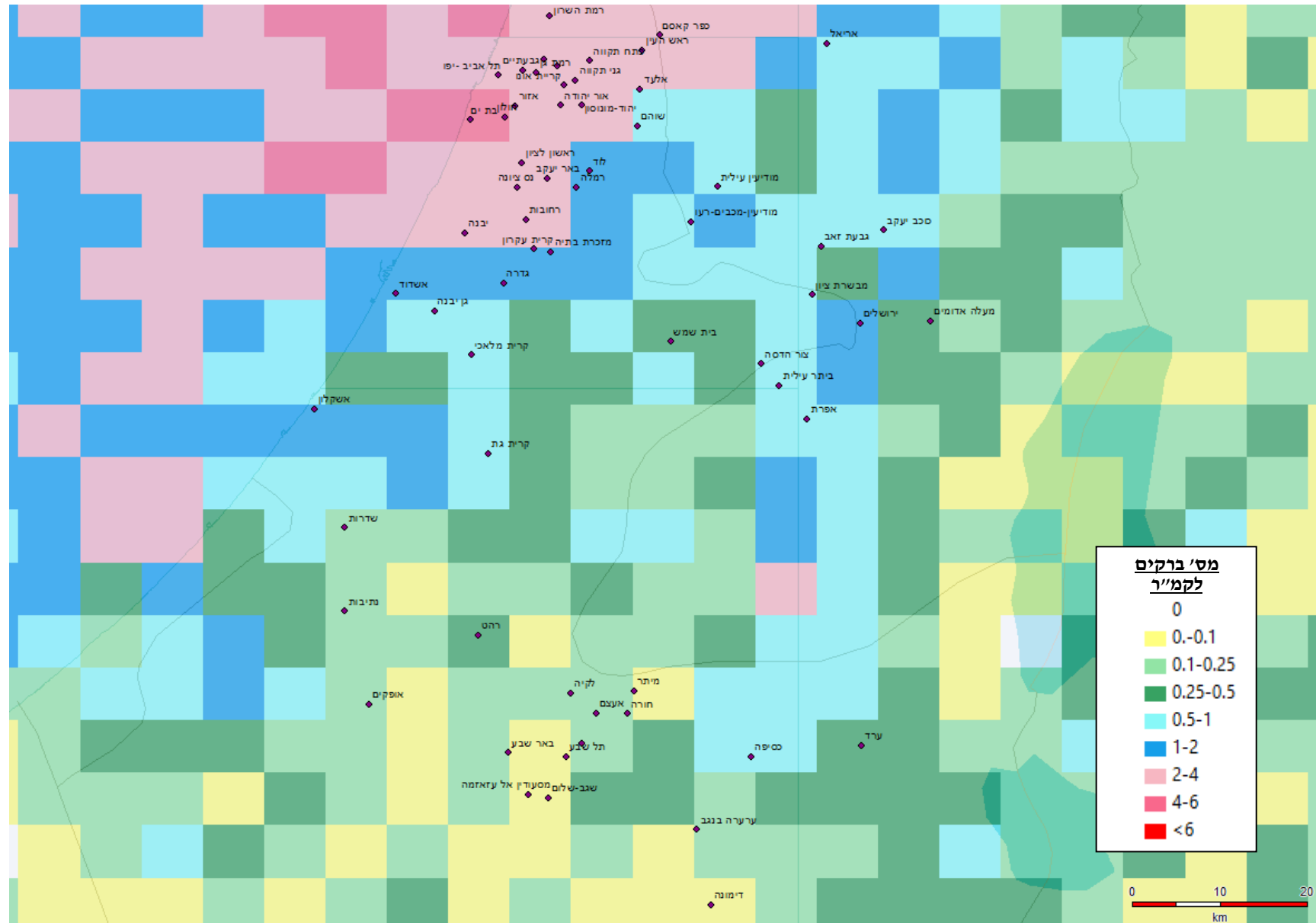
תרשים 12 מפת צפיפות ברקים באזור הצפון

עסקי - שמור



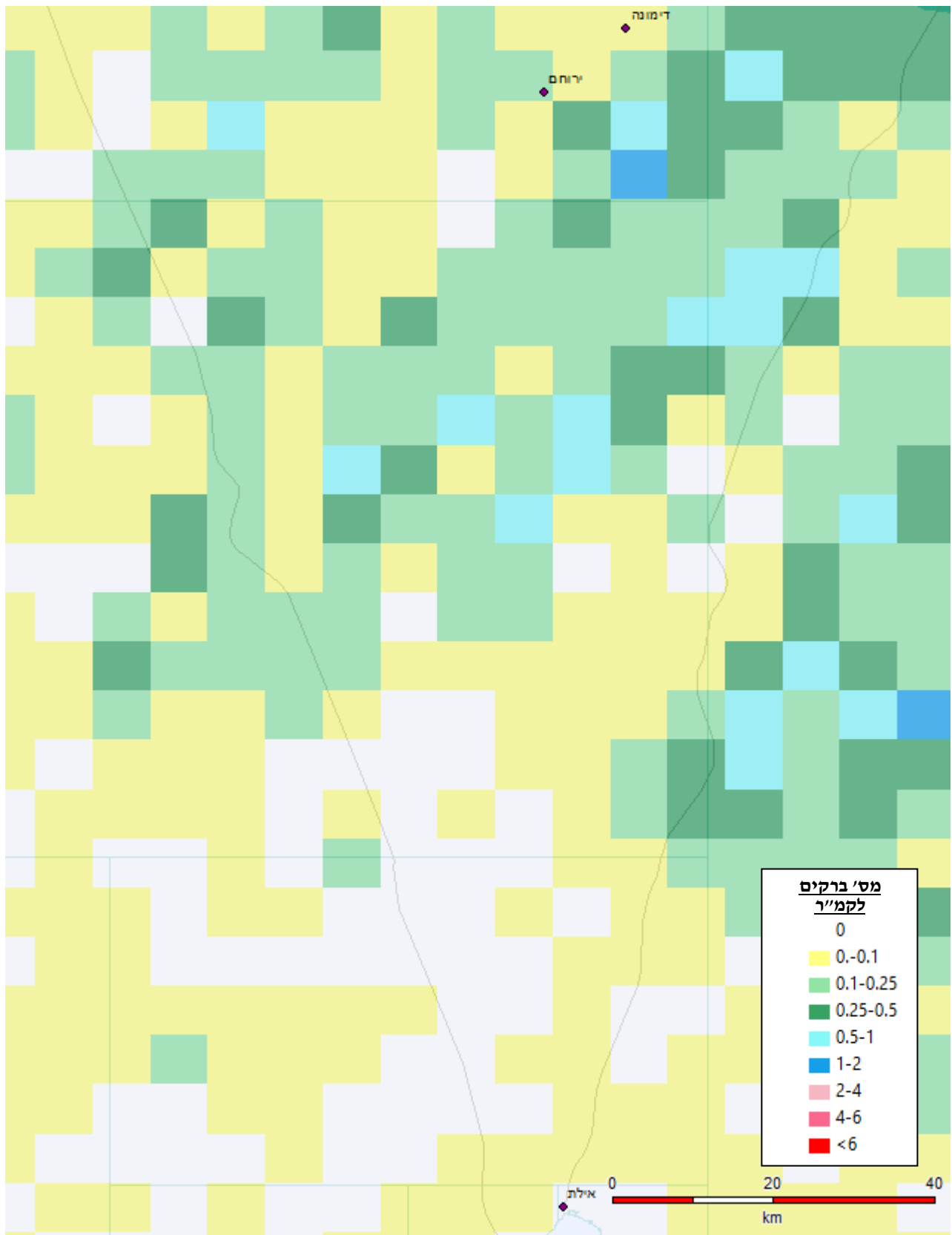
תרשים 13 מפת צפיפות ברקים באזור המרכז

עסקי - שמור



תרשים 14 מפת צפיפות ברקים באזור הדרום

עסקי - שמור



תרשים 15 מפת צפיפות ברקים באזור הנגב הדרומי

פעילות ברקים רב-שנתית (2016-2024)

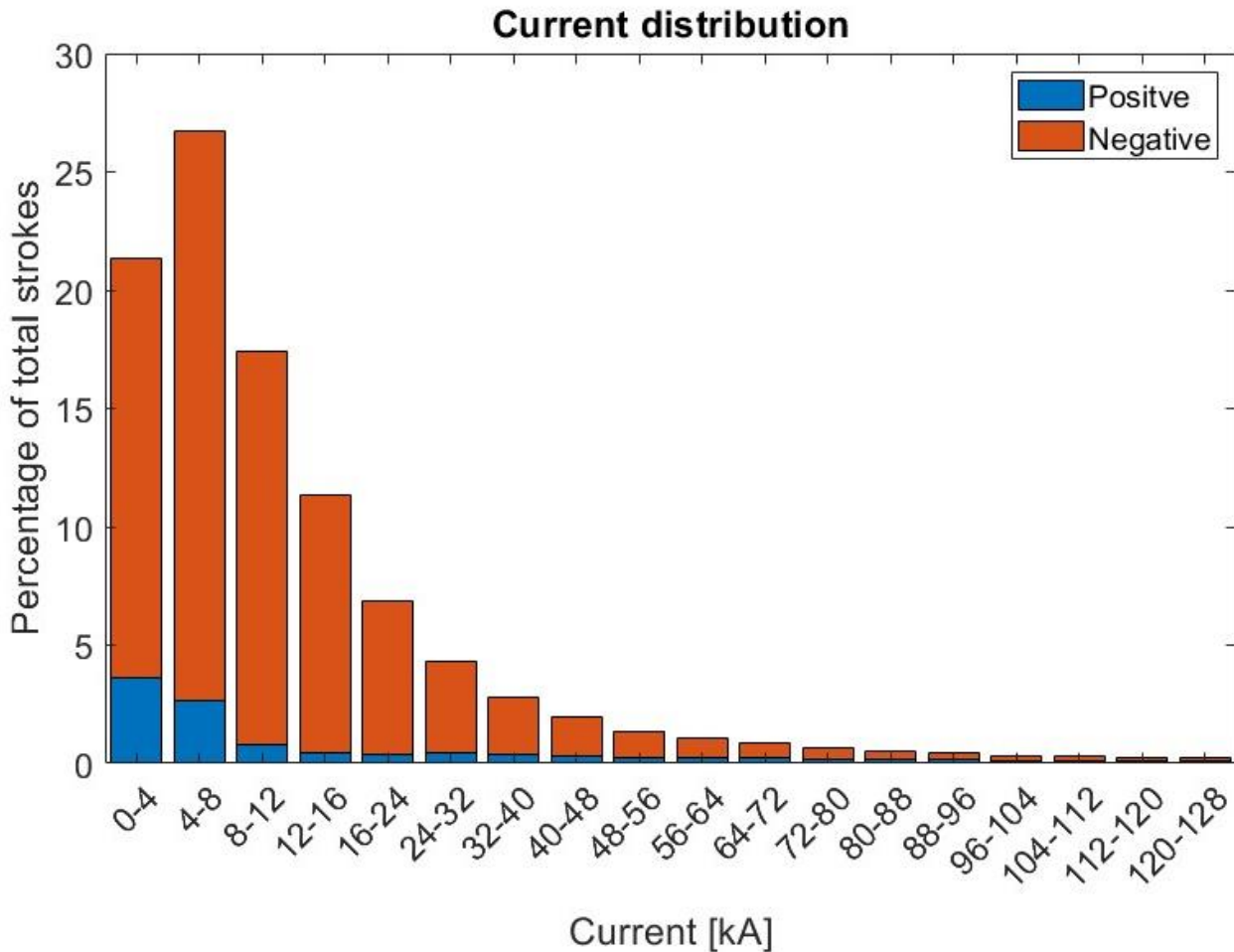
6 נתונים רב-שנתיים

בטבלה 7 מובאים המאפיינים העיקריים של הברקים אשר נרשמו במערכת איתור הברקים בתחום מדינת ישראל בשנים 2016-2024. בדוחות שנתיים קודמים פרק בזמן של נתונים הרב שנתיים היה ערוך יותר אך בעקבות שדרוג המערכת, לגרסה TLP 1.2.7 הוחלט לכלול רק נתונים משרת המרכזי מסוג TLP. 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 2023 אין מידע על פעילות הברקים בתקופה זו.

טבלה 7 המאפיינים הסטטיסטיים של הברקים בתחום מדינת ישראל בשנים 07/2016-06/2023

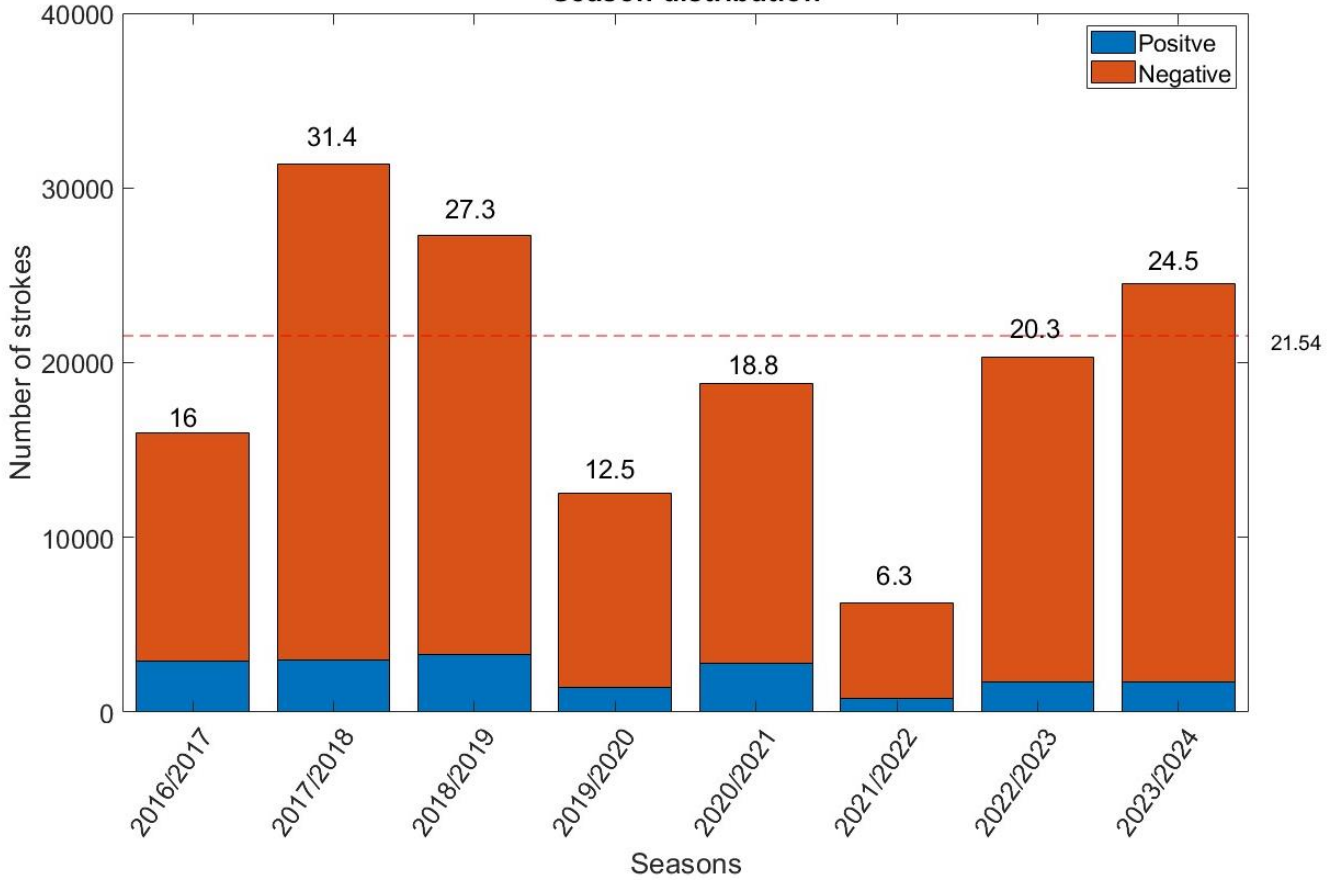
מאפייני הברקים	כל הברקים	ברקים שליליים	ברקים חיוביים
מס' הברקים	157045	139404	17641
חציון זרמי הברקים I_m [kA]	12.9	-12.1	18.6
ממוצע זרמי הברקים I_m [kA]	8.3	-8.5	6.4
סטיית התקן σ_{InI}	0.87	0.82	1.18

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.



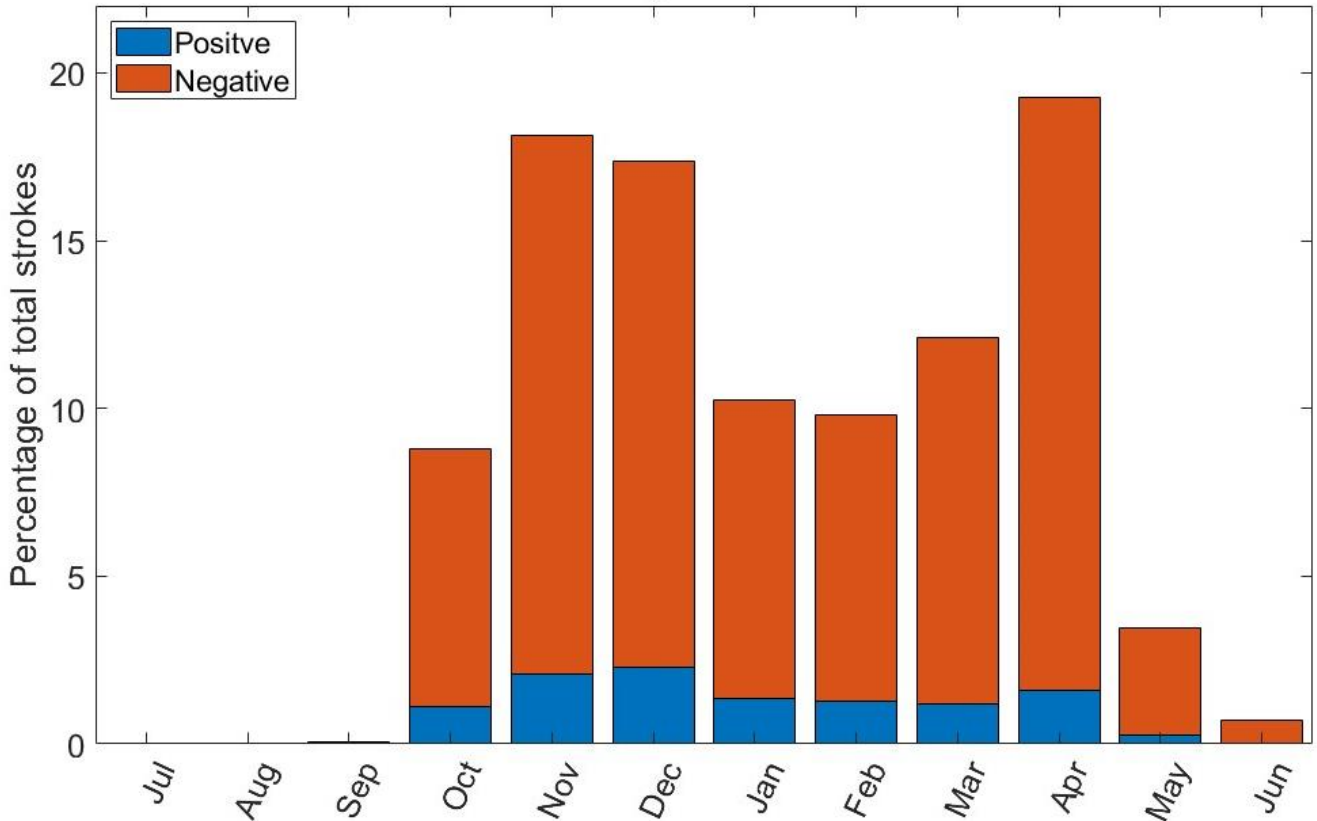
תרשים 16 התפלגות רב שנתית הברקים לפי עוצמת זרם וקוטביות

Season distribution

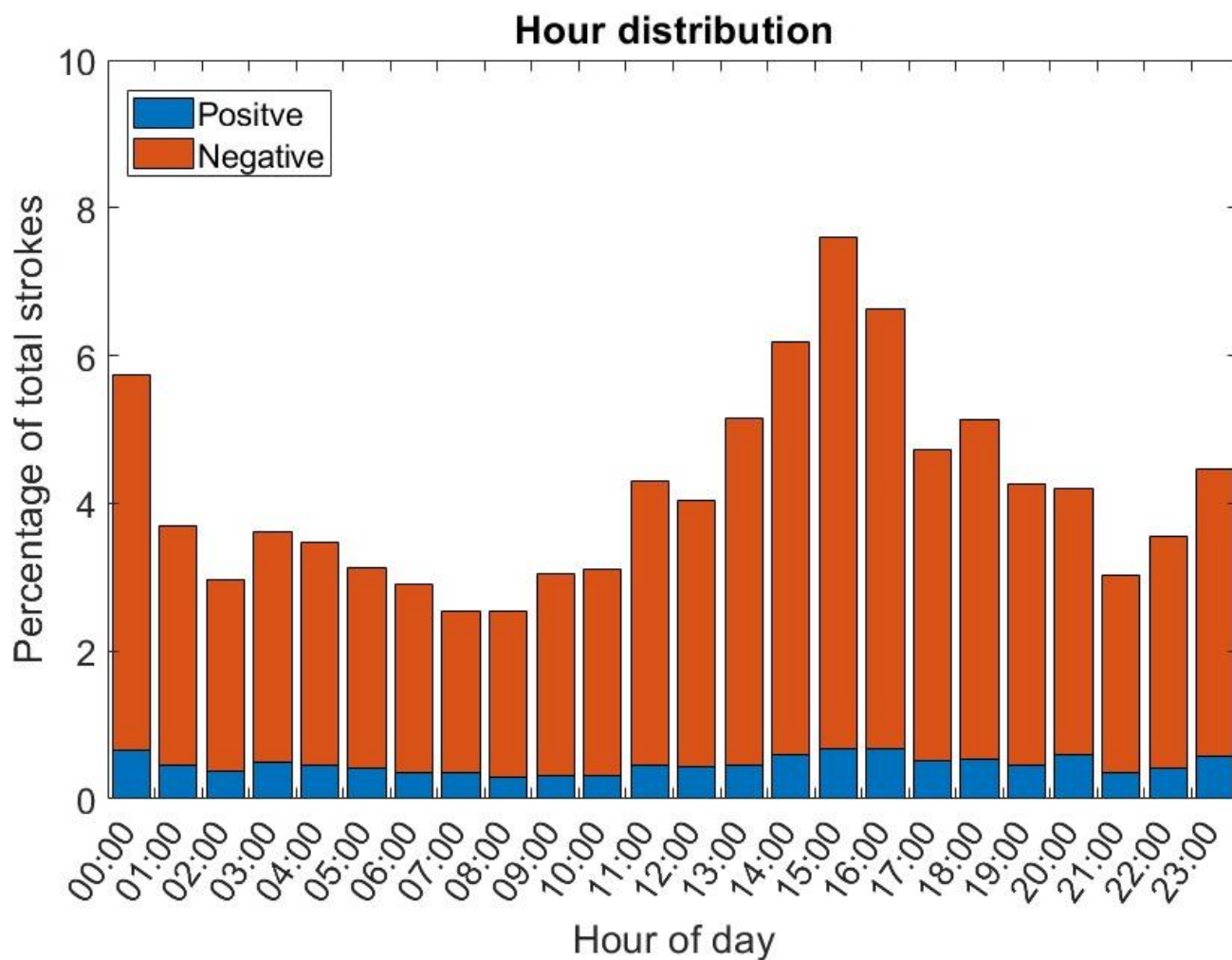


תרשים 17 התפלגות עונתית של פעילות הברקים

Monthly distribution



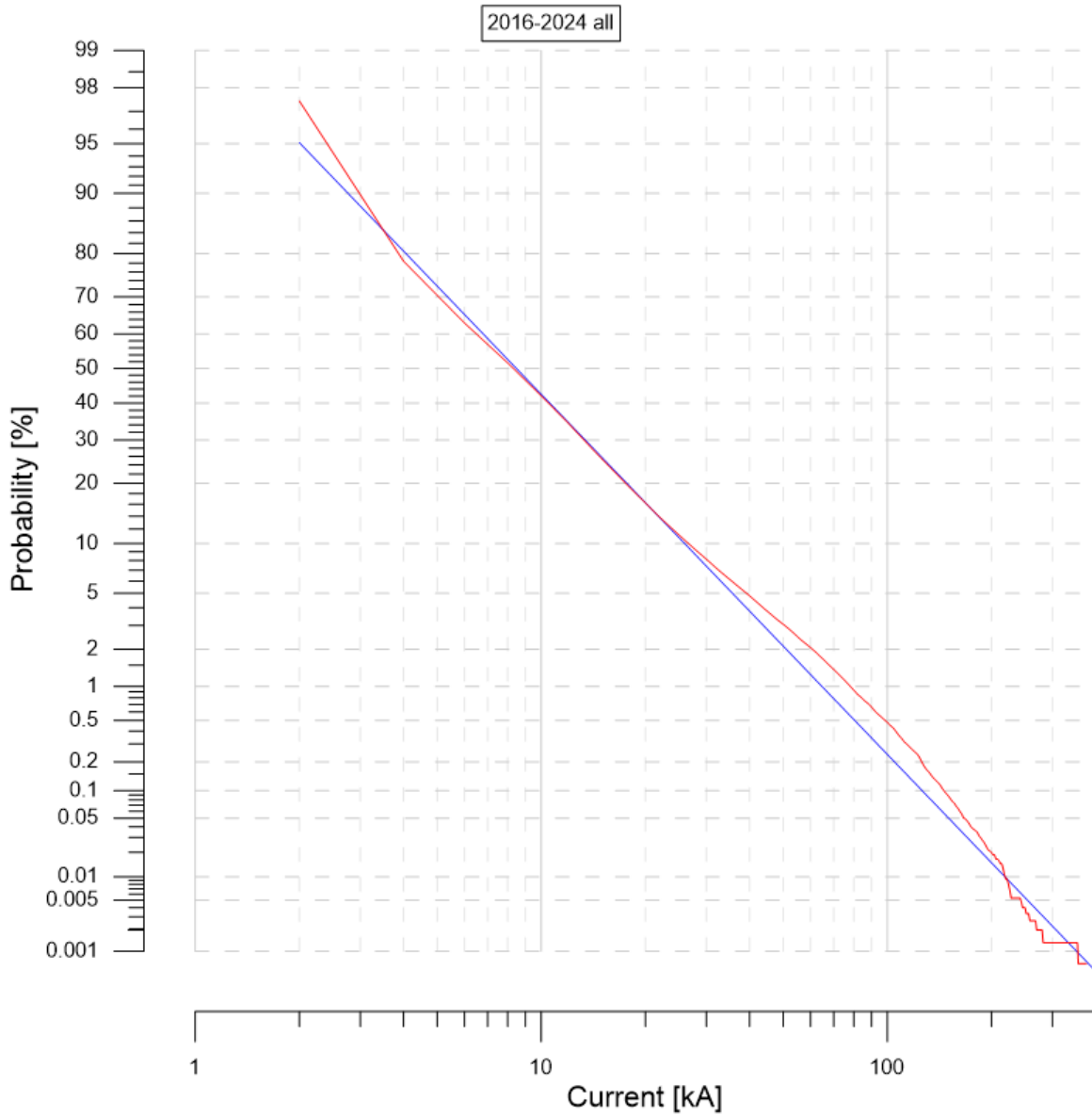
תרשים 18 התפלגות החודשית הרב שנתית של פעילות הברקים



תרשים 19 התפלגות היומית הרב שנתית באחוזים של פעילות הברקים

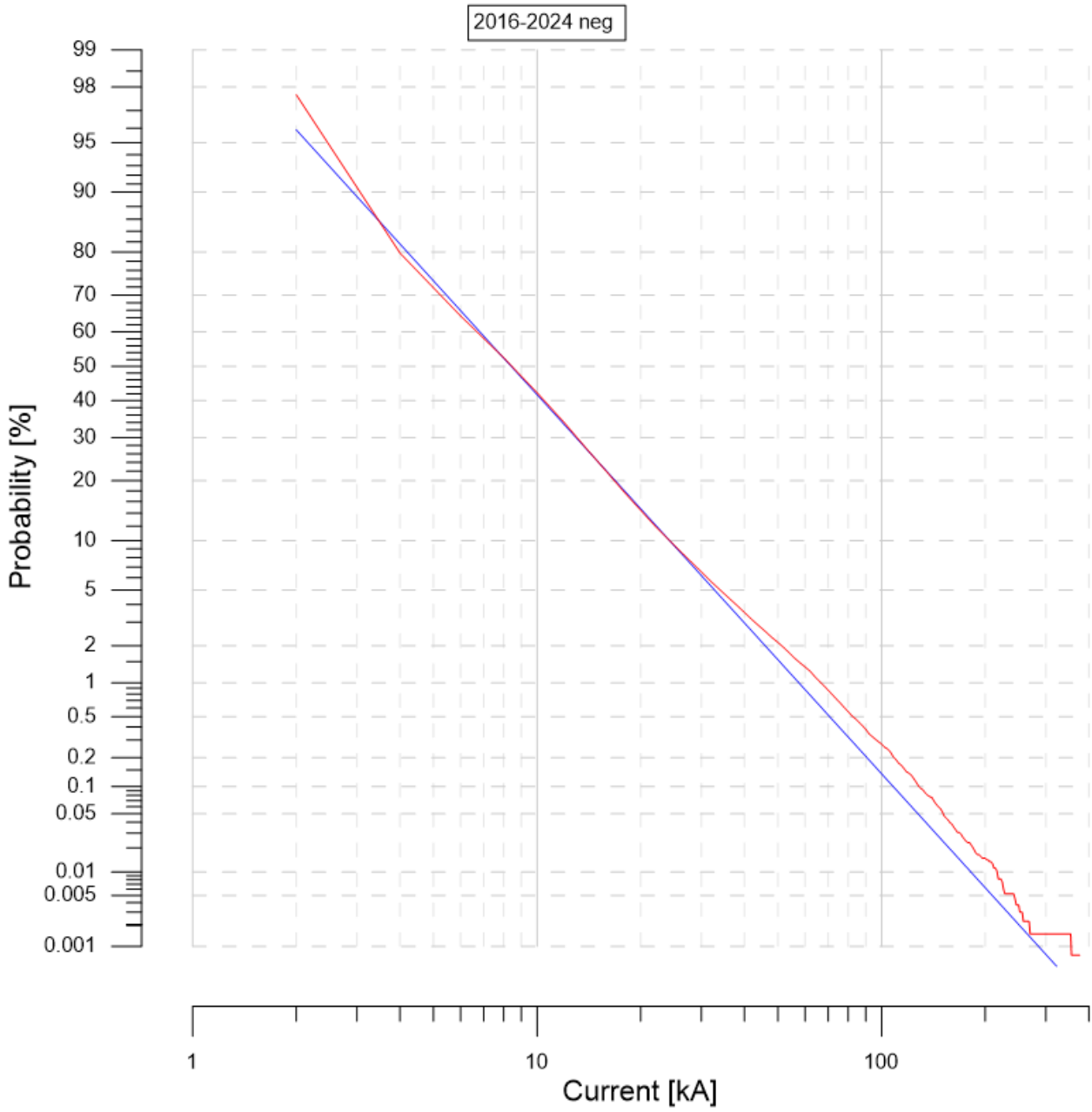
7 התפלגות לוג-נורמלית רב-שנתית של מאפייני הברקים

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



תרשים 20 התפלגות המצטברת רב שנתית כל הברקים (אדום) ועקומת קירוב (כחול)

עסקי - שמור



תרשים 21 התפלגות המצטברת רב שנתית הברקים השליליים (אדום) ועקומת קירוב (כחול)

7.1 נתונים סטטיסטיים לפי חודש

בטבלה 8 מוצגות ההתפלגות החודשית הממוצעת של הברקים וצפיפות הברקים [ברק/קמ"ר] החודשית בשנים 2016-2024, בהתאמה.

טבלה 8 פרמטרים שונים לפי חודש

חודש	מספר לפי חודש	צפיפות ברקים	מספר ברקים חורף 23-24	אחוז ביחס לממוצע רב שנתי
01	2175	0.08	1606	74
02	2124	0.08	3109	146
03	2579	0.09	4544	176
04	4316	0.15	2226	52
05	778	0.03	8	1
06	154	0.01	0	0
07	0	0.00	0	0
08	2	0.00	11	275
09	12	0.00	3	25
10	1871	0.07	817	44
11	3774	0.14	5197	138
12	3751	0.13	6952	185
סה"כ	21539	0.77	24473	114

פעילות הברקים החודשית בעונה הנוכחית גבוהה מהממוצע הרב-שנתי בחודשים (בסדר יורד):

- דצמבר, 6,952 פגיעות ברק המהוות 28% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-185% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024
- נובמבר, 5,197 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-21% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-138% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודשים זה בשנים 2016-2024.
- מרץ 4,544 פגיעות בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-18% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-176% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024.
- פברואר, 3,109 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל, המהוות כ-12% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-146% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024.
- אוגוסט, 11 פגיעות בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות פחות מאחוז מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-275% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024.

פעילות ברקים דומה לממוצע הרב-שנתי נרשמה בחודשים הבאים:

- ינואר, 1,606 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל, המהוות כ-7% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-74% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024.

פעילות ברקים נמוכה מהממוצע הרב-שנתי נרשמה בחודש (בסדר יורד):

- אפריל, 2,226 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-9% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-52% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024.
- אוקטובר, 817 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות כ-3% מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-44% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024.
- מאי, 8 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות פחות מאחוז מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-1% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024.
- ספטמבר, 3 פגיעות ברק בשטח היבשתי של מדינת ישראל המהוות פחות מאחוז מכלל הברקים עבור התקופה המדווחת ו-25% ביחס לממוצע הרב-שנתי בחודש זה בשנים 2016-2024.
- בחודשים יוני ויולי לא נרשמה פעילות.

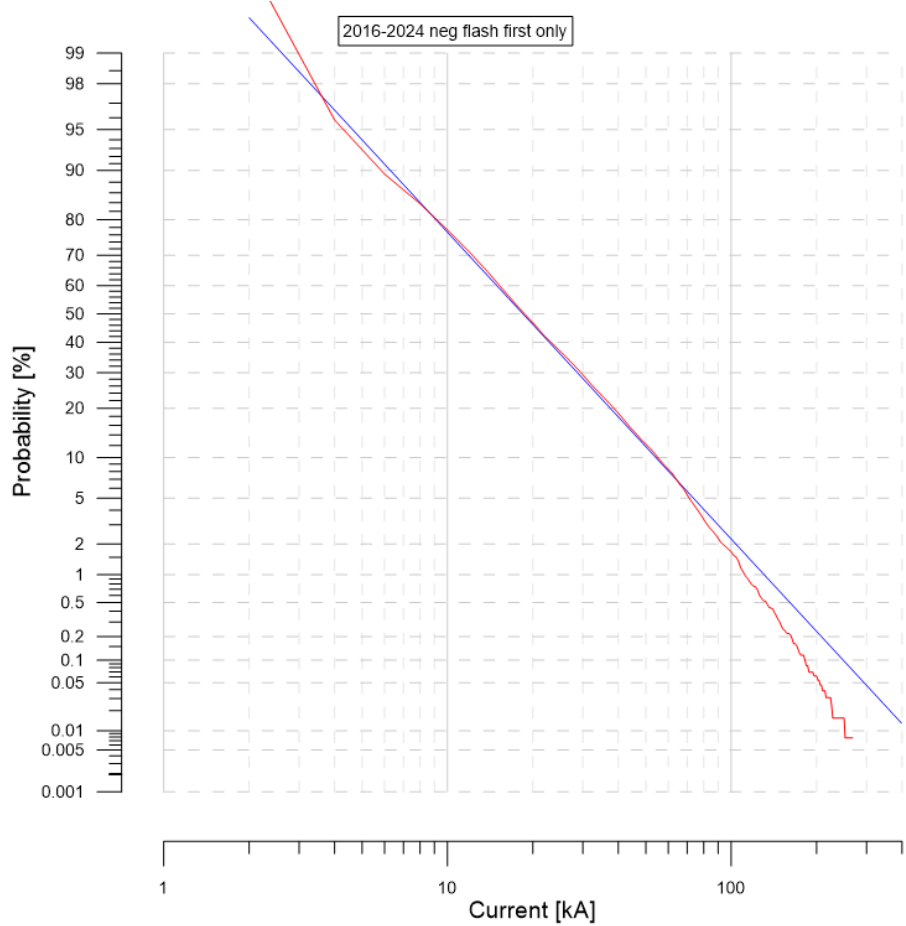
מהנתונים עולה כי מסתמן שינוי בהתפלגות החודשית של פעילות הברקים. בעבר, בחודש אוקטובר נרשמה כ-20% מפעילות הברקים העונתית, אך בשנים האחרונות פעילות הברקים בחודש זה נמוכה מ-10%. מאידך, בחודש אפריל, בו נרשמה בעבר כ-10% מכלל פעילות ברקים, נרשמת כיום כ-20% מכלל הפעילות.

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

עסקי - שמור

הברקים לפי גל ראשון וגלים עוקבים ומאפייני זמן דעיכת הגל של הברקים לפי גל ראשון וגלים עוקבים. ו



תרשים 22 מוצגים עקום הסתברות הלוג-נורמל של ההתפרקויות הראשונות השליליות ועקומת הקירוב.

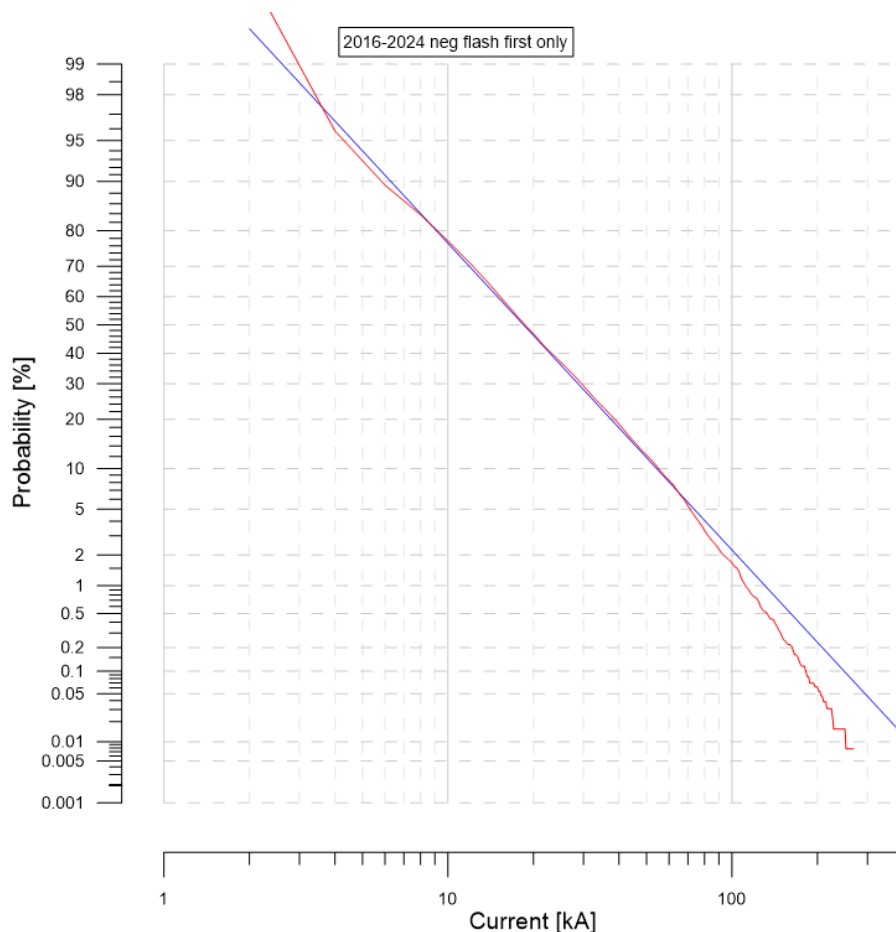
טבלה 9 מאפיינים סטטיסטיים של עוצמת זרם הברקים

עוצמת זרם הברק [kA]	מאפיינים	סוג ההתפרקות
-25.9	חציון – Median	גל ראשון שלילי First stroke
-18.6	ממוצע – Average	
0.84	סטיית תקן – Stdv	
12914	מס' התפרקויות	גלים עוקבים Subsequent strokes
-11.0	חציון – Median	
-9.3	ממוצע – Average	
0.71	סטיית תקן – Stdv	
22572	מס' התפרקויות	

טבלה 10 מאפיינים סטטיסטיים של זמן עליית הגל

עסקי - שמור

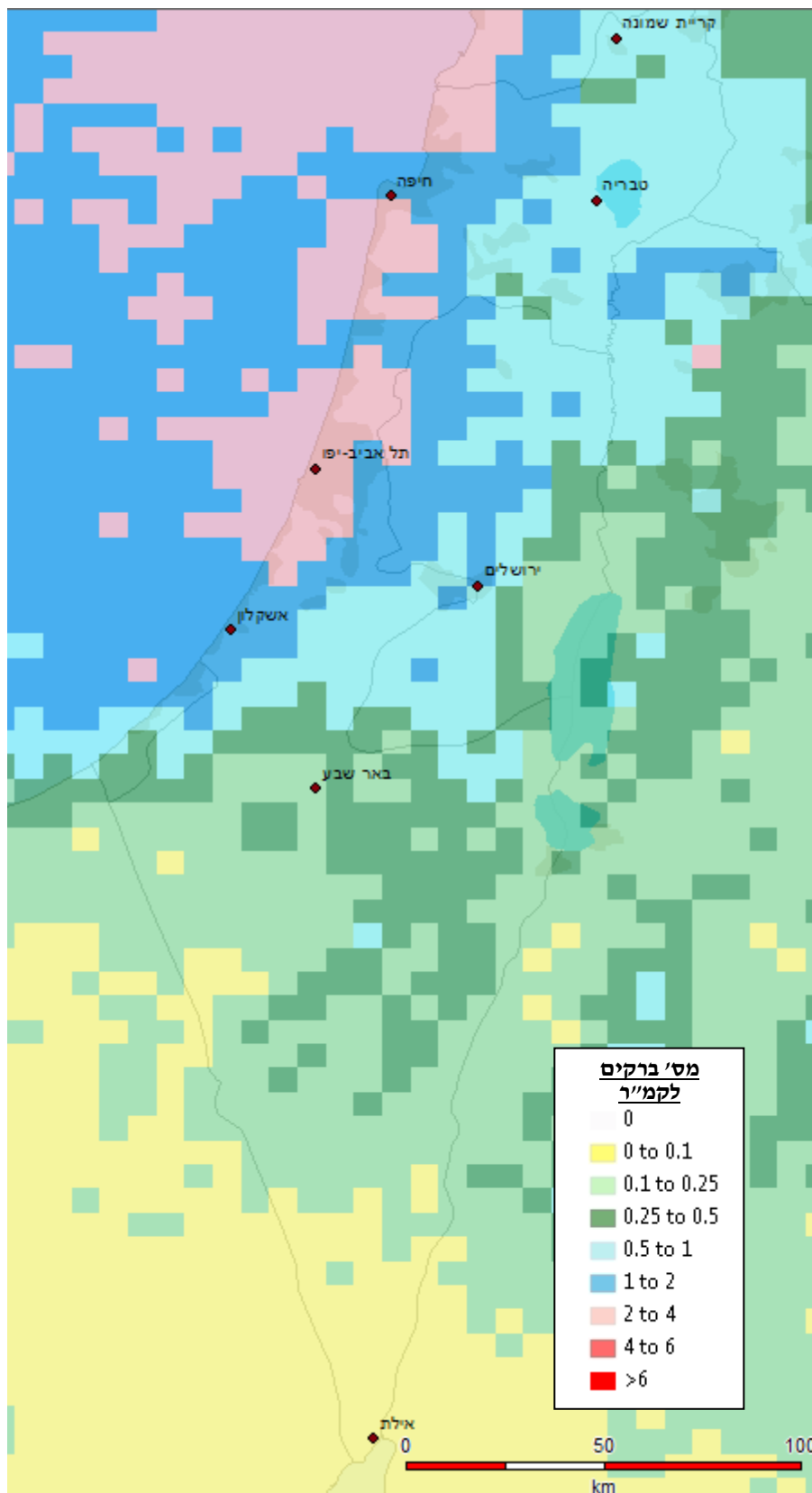
זמן דעיכת הגל [μsec]	זמן עליית הגל [μsec]	מאפיינים	סוג ההתפרקות
22.9	6.1	Median - חציון	גל ראשון שלילי First stroke
24.0	4.8	Average - ממוצע	
0.42	0.66	Stdv - סטיית תקן	
20.4	3.7	Median - חציון	גלים עוקבים Subsequent strokes
19.8	2.6	Average - ממוצע	
0.38	0.63	Stdv - סטיית תקן	



תרשים 22 עקום הסתברות הלוג-נורמל של ההתפרקות הראשונות השליליות ועקומת הקירוב

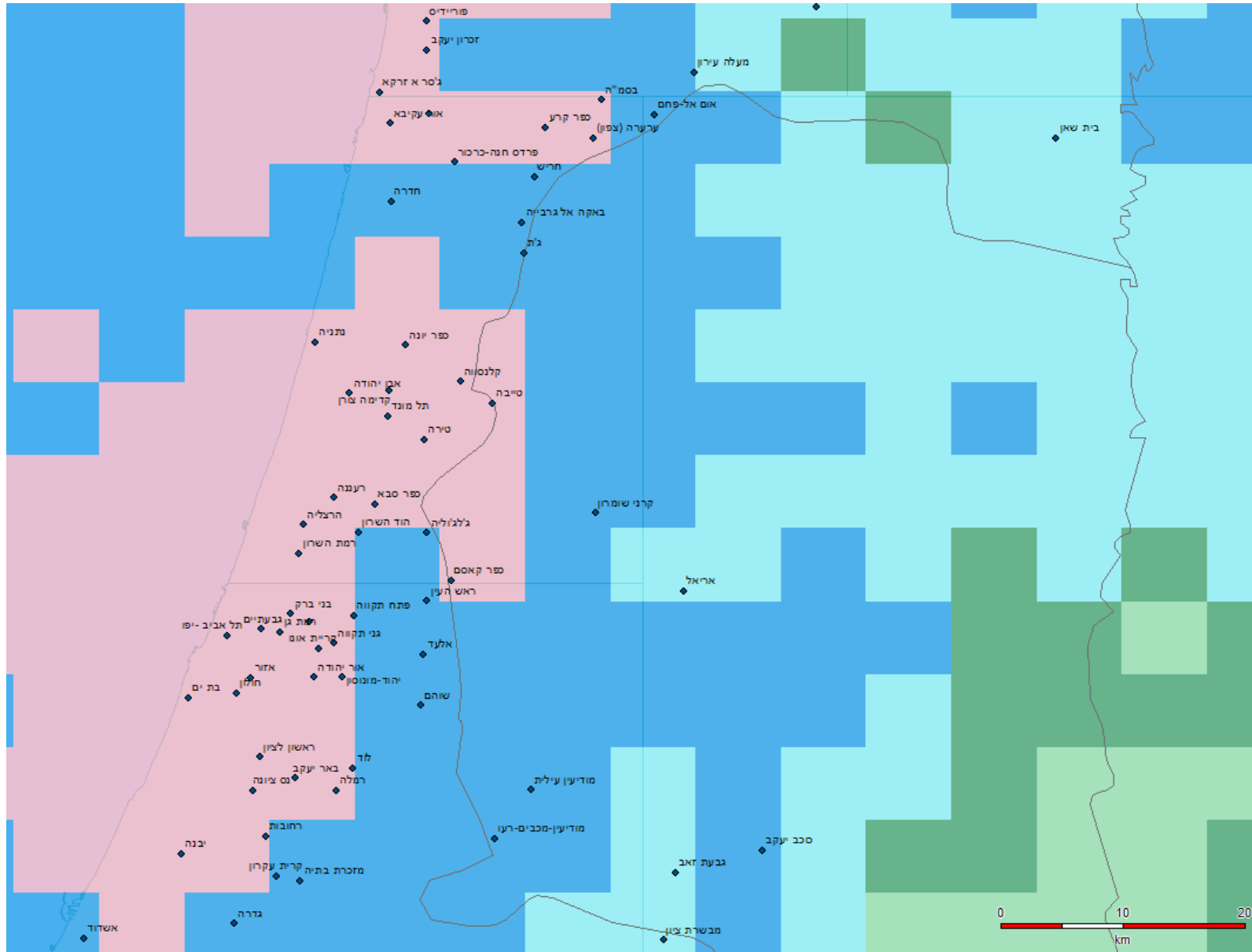
8 צפיפות ברקים רב-שנתית

בתרשים 23 מוצגת 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 24-27 מוצגות מפות צפיפות ברקים לפי אזורים. בתרשים 28 מוצגת מפת צפיפות ברקים לאחר יישור קווי מתאר בין האזורים, בוצע על ידי מחלקת סיוע טכני ומידע גאוגרפי בעזרת כלי ה-contour בתוכנת ArcGIS pro.



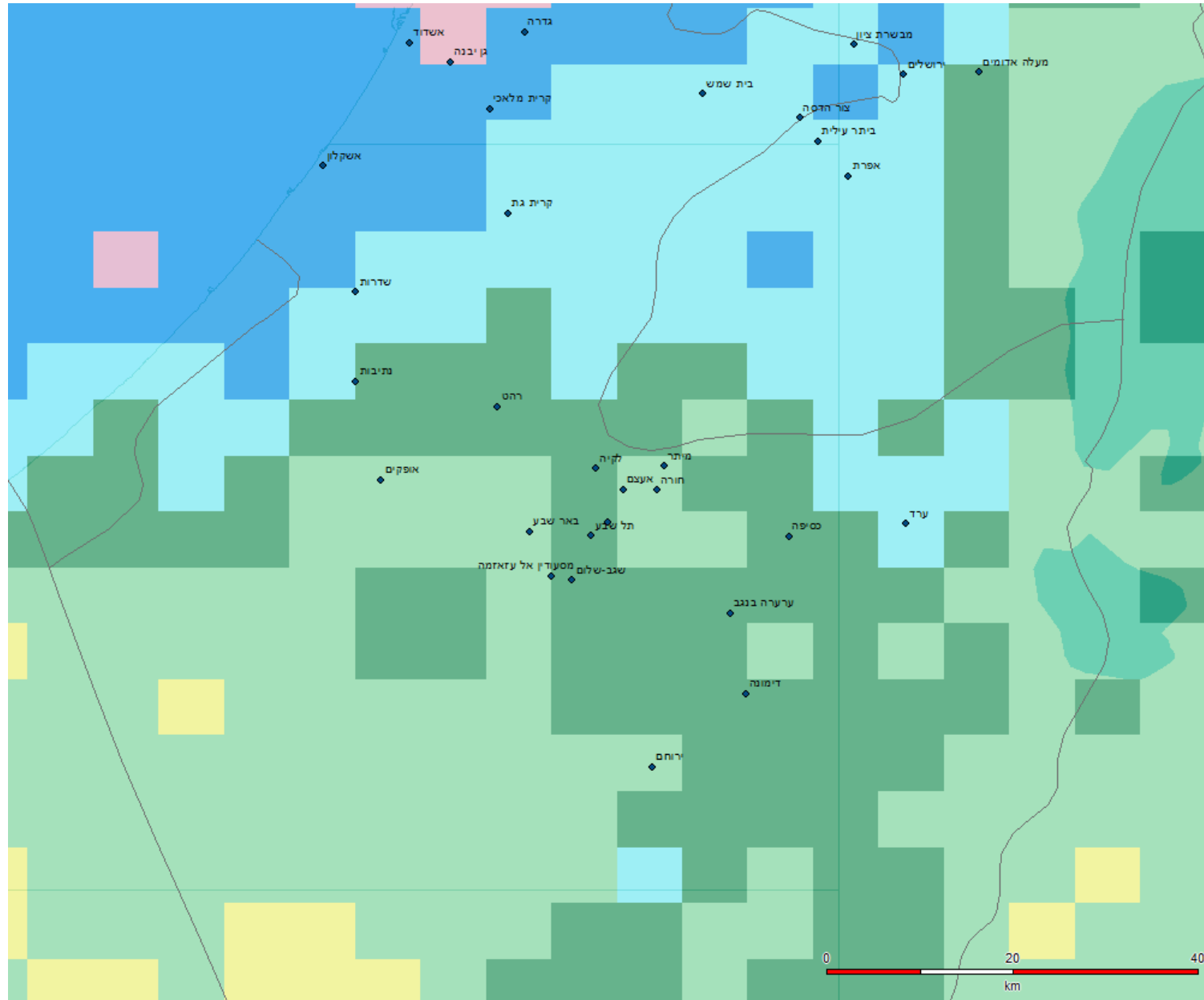
תרשים 23 מפת צפיפות ברקים רב-שנתי

עסקי - שמור



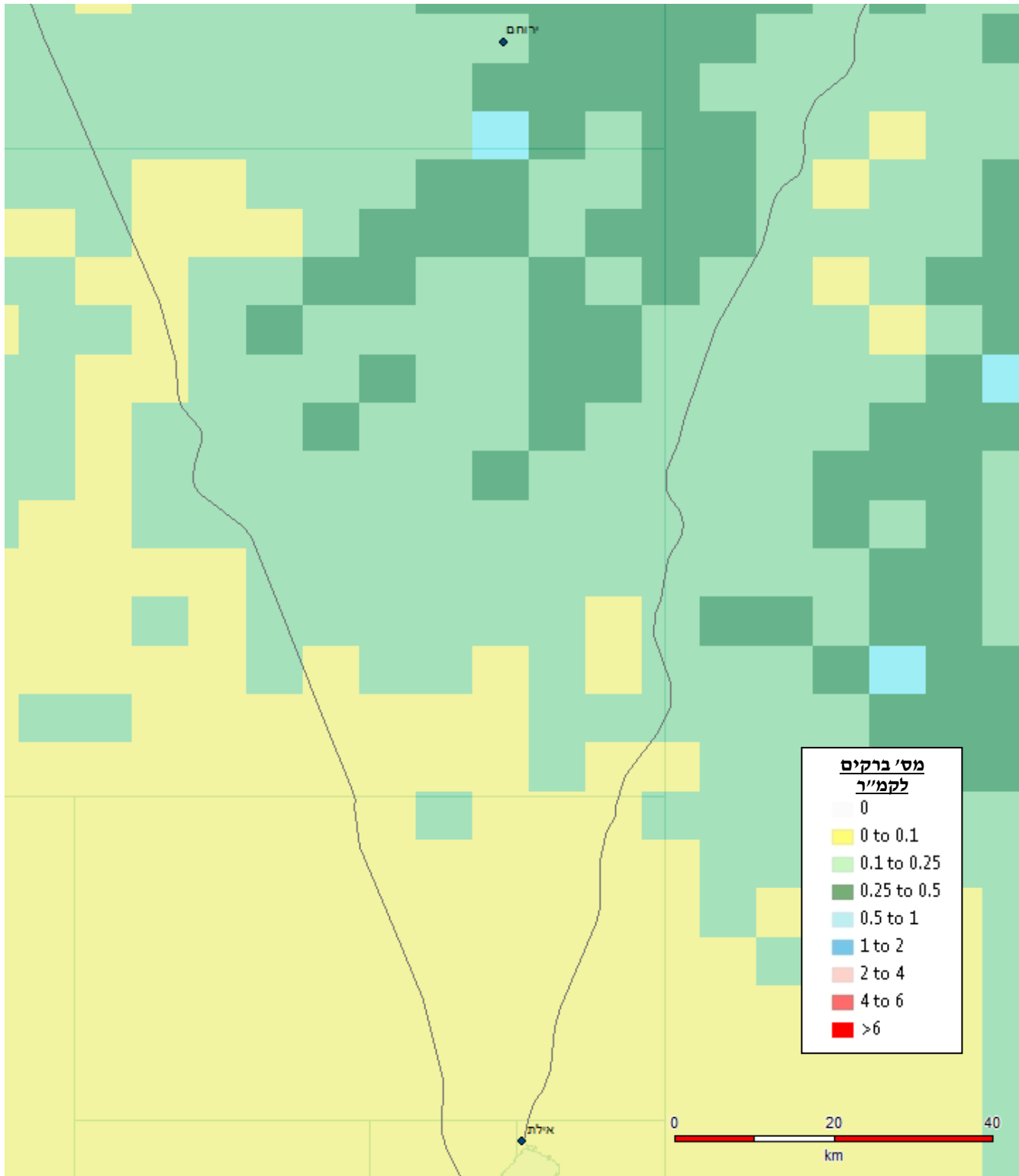
תרשים 25 מפת צפיפות ברקים באזור המרכז

עסקי - שמור



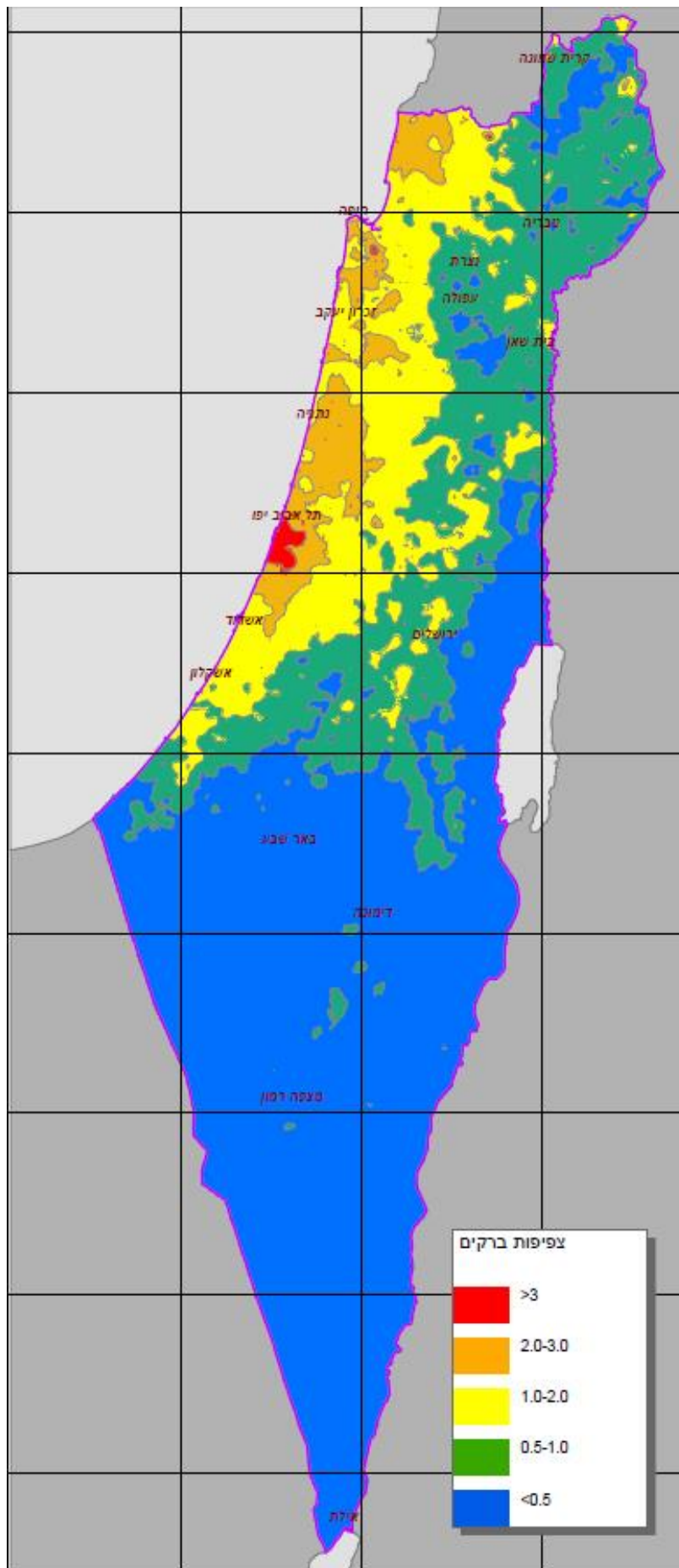
תרשים 26 מפת צפיפות ברקים באזור הדרום

עסקי - שמור



תרשים 27 מפת צפיפות ברקים באזור הנגב הדרומי

עסקי - שמור



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

- [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.