



av-4380-b
29 מרץ 2017

לכבוד
זאביק לנדאו
מנכ"ל רשות הניקוז ירקון

הנדון : תכנית אב לניקוז – ירקון

כרך א' הידרולוגיה- מהדורה 3 – מרץ 2017

מצ"ב לעיונך עדכון 3 עבור כרך א'- הידרולוגיה מתוך תכנית האב לניקוז רשות ניקוז ונחלים ירקון.
עיקרי העדכון נעשו עבור אגן נחל ירקון.

בברכה,
אריה פולינסקי, עמית קולטין,
יאן בקר, עומר כהן ואברי ליבנה
פלגי מים



רשות ניקוז ירקון 

רשות ניקוז ירקון משרד החקלאות

תכנית אב לניקוז

כרך א'
הידרולוגיה



פלגי מים
מרץ 2017

פלגי מים בע"מ – חברה לפיתוח מקורות מים

יקנעם מושבה 20600

☎ 972-4-9893231

☎ 972-4-9893502

✉ P_maim@palgey-maim.co.il

av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

10	א. מבוא לעבודה :
11	ב. מבוא ואיסוף הנתונים :
14	1. מאפייני הגשם והזרימות באגן היקוות נחל ירקון
14	1.1 הגשם
14	1.1.1 תחנות הבסיס של עובי הגשם
16	1.1.2 נתוני תחנות הגשם הרושמות:
17	1.1.3 ניתוח סטטיסטי של סדרות נתוני עובי ועוצמות גשם לפרקי זמן שונים בתחנות רושמות
17	1.1.4 בחירת פילוג תיאורטי לקביעת עוצמות גשם בהסתברויות נמוכות
18	1.1.5 עובי הגשם בהסתברויות שונות
27	1.1.6 בדיקת קשר בין עובי הגשם למרחק מהים:
30	1.1.7 המלצות לקביעת עובי הגשם בהסתברויות שונות:
33	1.1.8 עוצמות הגשם:
39	1.1.9 המלצות לקביעת עוצמות הגשם:
41	2. ספיקות שיא
41	2.1 מידע על תחנות הידרומטריות
42	2.2 ניתוח סטטיסטי של ספיקות השיא בתחנות הידרומטריות
43	2.3 נתוני ספיקות שיא מאירועים חריגים:
45	2.4 קביעת ספיקות השיא בנקודות נבחרות
47	2.5 ספיקות מומלצות בנקודות נבחרות לתכנון הגנה בפני שיטפונות
50	2.6 עקומים לאומדן גס של ספיקות התכן
52	3. נפחי נגר
52	3.1 נפחי נגר שנתיים בהסתברויות שונות בתחנות הידרומטריות
52	3.2 נפחי גאויות בהסתברויות שונות בתחנות הידרומטריות
57	4. הידרוגרפי תכן
57	4.1 כללי
59	4.2 שני סוגים של הידרוגרפי תכן
63	4.3 שיטת העבודה לקביעת הידרוגרף התכן
63	4.3.1 בניית הידרוגרף סינטטי
64	4.3.2 בניית הידרוגרף סינטטי לאזורים השונים
65	4.3.3 יצירת הידרוגרפי תכן
66	5. נפחי גאויות לתכנון וויסות שיטפונות באגן אילון
67	5.1 שיקולים לאומדן נפח הגאות בכניסה למאגר משמר אילון
67	5.2 אומדן נפח למאגר מחצבת נשר
69	5.3 תהליך העיור והשפעתו על כמויות הנגר הצפויות בצירי הזרימה
70	6. השוואה לנתוני רשות המים

av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
 טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

טבלאות:

- 11 טבלה א' רשימת כלל נחלי ותעלות הרשות.
- 15 טבלה מס' 1: נתוני הבסיס של תחנות הגשם בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה
- טבלה מס' 2: נתוני התחנות הרושמות גשם של הרשות המטאורולוגית בתחום רשות הניקוז
- 16 וסביבתה הקרובה
- טבלה מס' 3: עובי הגשם היומי המרבי המדוד בכל תקופת התצפיות ובהסתברויות שונות (במ"מ)
- 19 בתחנות שונות בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה
- טבלה מס' 4: עובי הגשם הדו-יומי המרבי המדוד בכל תקופת התצפיות ובהסתברויות שונות
- 22 (במ"מ) בתחנות שונות בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה
- טבלה מס' 5: עובי הגשם הסופתי המרבי המדוד בכל תקופת התצפיות ובהסתברויות שונות
- 23 (במ"מ) בתחנות שונות בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה
- טבלה מס' 6: עובי הגשם השנתי המרבי המדוד בכל תקופת התצפיות ובהסתברויות שונות (במ"מ)
- 25 בתחנות שונות בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה
- טבלה מס' 7: עובי הגשם היומי, הדו יומי, הסופתי והשנתי בהסתברויות שונות, באזורי החוף,
- 31 השפלה וההר באגן נחל ירקון
- טבלה מס' 8: עוצמות הגשם המירביות המדודות בכל תקופת התצפיות (במ"מ/שעה) בהסתברויות
- 33 שונות (%) בתחנות רושמות בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה
- טבלה מס' 9: עוצמות הגשם (מ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%) בתחנת בית דגן מניתוח נתונים
- 36 עד שנת 2004 (40 שנות תצפית)
- טבלה מס' 10: עוצמות הגשם (מ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%) בתחנת בית דגן מניתוח נתונים
- 36 עד שנת 2014 (50 שנות תצפית)
- טבלה מס' 11: עוצמות הגשם בהסתברויות שונות באזורים שונים של רשות הניקוז וסביבתה
- 37 הקרובה.
- טבלה מס' 12: נתוני התחנות ההידרומטריות של הרשות ההידרולוגי ושל התחנה לחקר הסחף
- 41 בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה
- טבלה מס' 13: ספיקות שיא בהסתברויות שונות וספיקות שיא מרביות מדודות ותאריכי הופעתן
- 42 בתחנות הידרומטריות שונות (תקופת תצפיות עד שנת 2013)
- טבלה מס' 14: השוואה בין ספיקות השיא בהסתברויות שונות בתקופת תצפיות עד 2004 לעומת
- 43 תקופת תצפיות עד 2013
- טבלה מס' 15: ספיקות שיא בהסתברויות שונות בנקודות מפתח באגן אילון
- 47 טבלה מס' 16: ספיקות השיא בכניסה למאגר אילון ובאגנים שכנים ב 3 הסופות החזקות בשנים
- 48 האחרונות
- טבלה מס' 17: ספיקות שיא בהסתברויות שונות בנקודות מפתח באגן ירקון
- 49 טבלה מס' 18: נפחי נגר שנתיים (מלמ"ק) בהסתברויות שונות (%) באגן ירקון
- 52 טבלה מס' 19: נפחי גאויות ועובי נגר בהסתברות 1% בתחנות הידרומטריות
- 55 טבלה מס' 20: פירוט ההידרוגרפים ששימשו לקביעת הידרוגרפי תכן
- 57 באגן ההיקוות ירקון-אילון
- 57



- טבלה מס' 21: ספיקות השיא ותאריכי גאויות גדולות בנחלים נטוף וירקון – כביש הרצליה 63
- טבלה מס' 22: פירוט ההידרוגרפים ששימשו לקביעת ההידרוגרפי תכן 65
- באגן ההיקוות ירקון-איילון 65
- טבלה מס' 23: ניתן לראות את נפחי הזרימה ועובי הנגר בשני דגמי גאויות התכן המומלצות לתכנון הגנה בפני שיטפונות. 65
- טבלה מס' 24: השוואה בין נפחי הגאויות לפי ההידרוגרפי התכן לנפחים לפי אנלוגיה סטטיסטית בהסתברות 1% בנקודות מפתח באגן נחל אילון 66
- טבלה מס' 25: דוגמא לאיחוד נתוני עובי גשם יומי מרבי (מקסימום שנתי) של 4 תחנות גשם סמוכות באזור לוד 85
- טבלה מס' 26: ספיקות השיא המרביות השנתיות (מקש"נ) שנמדדו בתחנות ההידרוטריות של השירות ההידרולוגי והתחנה לחקר הסחף 91
- טבלה מס' 27: ספיקות השיא באגן נחל איילון שנמדדו ע"י התחנה לחקר הסחף בשיטות העבר שיפוע על סמך סימני שיא הזרימה בשנת 1992/1993 97
- טבלה מס' 28: ספיקות השיא באגן נחל ירקון שנמדדו ע"י התחנה לחקר הסחף בשיטות העבר שיפוע על סמך סימני שיא הזרימה בשנת 1992/1993 98
- טבלה מס' 29: ספיקות השיא באגן נחל ירקון שנמדדו ע"י התחנה לחקר הסחף בשיטות העבר שיפוע על סמך סימני שיא הזרימה בשנת 2012/2013 99

איור:

- איור מס' 1: עקומי ההסתברות של עובי הגשם היומי והדו-יומי בתחנת חורשים 20
- איור מס' 2: תלות עובי הגשם היומי, הדו יומי והסופתי בהסתברות 20% במרחק מהים 27
- איור מס' 3: תלות עובי הגשם היומי, הדו יומי והסופתי בהסתברות 1% במרחק מהים 29
- איור מס' 4: תלות עובי הגשם השנתי במרחק מהים בהסתברויות שונות 29
- איור מס' 5: כמות ימי הגשם מעל סף מסוים כתלות בעובי הגשם הממוצע הרב שנתי באזור רשות ניקוז ירקון 30
- איור מס' 6: קשר בין עובי הגשם הסופתי המירבי המדוד לעובי הגשם הסופתי בהסתברות 1% 31
- איור מס' 7: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברות 1% באזורים השונים ברשות הניקוז 38
- איור מס' 8: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברות 5% באזורים השונים ברשות הניקוז 38
- איור מס' 9: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברויות שונות באזור מישור החוף 39
- איור מס' 10: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברויות שונות באזור השפלה 40
- איור מס' 11: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברויות שונות באזור ההר 40
- איור מס' 12: פריסת ספיקות השיא המדודות בנקודות שונות של אגן נחל בית עריף באירוע נגר חריג מתאריך ה-16/12/92 44
- איור מס' 13: קשר ספיקות שיא (מקש"נ) בהסתברויות שונות (%), לשטח אגן היקוות (קמ"ר) באגן אילון ירקון (אומדן גס בלבד) 50



53	איור מס' 14: הקשר בין ספיקות השיא לנפח הגאות בנחל נטוף כאשר ספיקת השיא מעל 40 מקש"נ או נפח של 2 מלמ"ק
53	איור מס' 15: נפחי גאוויות בהסתברויות שונות בתחנת אילון לוד
54	איור מס' 16: עקום ההסתברות ספיקות השיא בתחנת אילון לוד
55	איור מס' 17: עקומי ההסתברות של נפחי גאוויות בנחל אילון בית דגן
57	איור מס' 18: מהלכי גאות באגן ירקון בסוגי סופות גשם שונות
58	איור מס' 19: הידרוגרפים של גאוויות מדודות קיצוניות מתחנת נחל ירקון – כביש תל אביב-חיפה (רבה) מתאריכים 9.11.1955 ו- 21.12.1951
58	איור מס' 20: מהלך זרימה בתחנות הרריות שונות באירוע 16.12.1992
58	איור מס' 21: מהלכי גאות בנחל איילון - בית דגן
60	איור מס' 22: תפרוסת מרחבית של עובי הגשם היומי (מ"מ) בסופה מתאריך 9.11.1955
61	איור מס' 23: תפרוסת מרחבית של עובי הגשם הסופתי (מ"מ) בסופה מתאריך 14-16.12.1992
61	איור מס' 24: הידרוגרף מנורמל לנחל ירקון – כביש ת"א-חיפה (רבה)
70	איור מס' 25: הרצות רשות המים - נק' עניין
71	איור מס' 26: הרצות רשות המים - תתי אגנים
71	איור מס' 27: הרצות רשות המים - ספיקות שיא
72	איור מס' 28: הרצות רשות המים - נפחי שיא
72	איור מס' 29: הרצות רשות המים - שטחי אגנים
74	איור מס' 30: הרצות רשות המים - הידרוגרף תכן 1%- הידרוגרף מדוד ינואר 2013
75	איור מס' 31: הידרוגרף תכן בהסתברות 1% בתחנת איילון עזרא – לפי מודל דצמבר 1992 (הרצה פבר' 15):
76	איור מס' 32: הרצה מעודכנת לפי גשם וירטואלי - השירות ההידרולוגי.
78	איור מס' 33: השוואת נתוני תכן:
81	איור מס' 34: חלופה 3.3 השוואה בנפחים שונים
82	איור מס' 35: חלופה 3.3 השוואה בנפחים שווים
87	איור מס' 36: עקום ההסתברות של עובי גשם יומי מרבי בתחנה לוד-שדה תעופה
87	איור מס' 37: עקום ההסתברות של עובי גשם דו יומי מרבי בתחנה לוד-שדה תעופה
88	איור מס' 38: עקום ההסתברות של עובי גשם סופתי מרבי בתחנה לוד-שדה תעופה
88	איור מס' 39: עקום ההסתברות של עוצמת הגשם לפרק זמן של 30 דקות בתחנת געש
90	איור מס' 40: עקום ההסתברות של עוצמת הגשם לפרק זמן של 60 דקות בתחנת געש
90	איור מס' 41: עקום ההסתברות של עוצמת הגשם לפרק זמן של 180 דקות בתחנת געש
93	איור מס' 42: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל קנה תחנת ירחיב
93	איור מס' 43: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל שילה תחנת נחשונים
93	איור מס' 44: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל ירקון כביש הרצליה
94	איור מס' 45: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל נטוף תחנת אתר"ג
94	איור מס' 46: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל בית עריף תחנת כ. מגדל אפק-לוד
94	איור מס' 47: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל איילון תחנת בית דגן

- 95 איור מס' 48: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל איילון שכונת עזרה
- 95 איור מס' 49: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל שפיר
- 95 איור מס' 50: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל גזר
- 96 איור מס' 51: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל אילון לוד



נספחים:

85	נספח מס' 1: דוגמא לאיחוד נתוני עובי גשם יומי בתחנות גשם סמוכות:
64	נספח מס' 2: עקומי ההסתברות של עוצמות הגשם:
91	נספח מס' 3: ספיקות שיא מרביות שנתיות בתחנות מדידה
93	נספח מס' 4: עקומי ההסתברות של ספיקות שיא בתחנות מדידה
	נספח מס' 5: ספיקות שיא שנמדדו בשיטות העבר שיפוע בחקירת אירועים מיוחדים
96	1992/1993
100	נספח מס' 6: ספיקות השיא בהסתברויות שונות לפי מודל הידרולוגי – סטטיסטי ולפי המודל האנלוגי
105	נספח מס' 7: נתוני הידרוגרפי תכן לתכנון הגנה בפני שיטפונות
103	נספח מס' 8: נתוני השרות ההידרולוגי



תכנית אב לניקוז – ירקון

א. מבוא לעבודה :

לרשות הניקוז ונחלים ירקון נכתבו תכניות אב בעבר והוכנו תכניות מקומיות רבות ומגוונות.

במקביל לעבודה זו, נתקבלה במשרדי פלגי מים ההנחיה בהתמקדות סביב המסילה הרביעית.

במסילה הרביעית נבחרו 4 משרדים שמטפלים ב- 4 נושאים כבדים וראשיים :

משרד פלגי מים.

– מתקני הוויסות במעלה –

- פארק אריאל שרון כמתקן ראשי לוויסות הזרימה באילון – משרד אפיק.

- מובל הורקה לים /יפו משרד יורם לבל.

- מובל האיילון על המסילה הרביעית - משרד יינון והידרומודול.

ומנהל העל - משרד ספיבק – אלעד ספיבק.

נתיבי ישראל, רשות הניקוז ירקון, הוות"ל וכל הגופים הנלווים, ליוו את קידום בחינת החלופות.

תכנית האב מוגשת בחוברת זו. עבודת הביניים בנושא מתקני הוויסות הינה פרק בתכנית האב.

הנושא ההידרולוגי הינו פרק שנבדק ע"י גורמים שונים. בנספחים מצורפות עבודות שונות שנעשו בהזמנת רשות הניקוז ירקון.

אחת העבודות נעשתה בהובלת רשות המים השרות ההידרולוגי. ד"ר עמיר גבעתי.

השרות ההידרולוגי שעסק שנים רבות באיסוף הנתונים אך לא בקביעת ספיקות התכן, שינה גישתו וכעת מכתוב את

הספיקה הנדרשת לפרויקט. עבודתו כעת נעשתה בעזרת משרד D.H.V. והיא מצורפת גם כן לנספחים.

עבודות נוספות מצורפות לנספחים. עבודה זו וכלל העבודות המצורפות יקלו על מתכננים העוסקים בפרויקטים בתחומי

הרשות, יאפשרו לרשות הניקוז לבדוק ולבקר, ותגרום לאחידות מסוימת בנתונים.

כבר כיום מוגשות עשרות תכניות שאינן ממתונות לסיום תכנית האב ונדרשת בחינה והשוואה לנתונים אחידים ככל שניתן.

הפרק הראשון הינו הפרק ההידרולוגי.

הפרק השני יעסוק בהידראוליקה –בזרימות ופשטי ההצפה בצירים הראשיים.

הפרק השלישי בבעיות המרחביות.

הפרק הרביעי בחלופת הריסונים בעזרת מתקני הוויסות. העבודה שנעשתה לטובת המסילה הרביעית.

הפרק החמישי בסיכום והמלצות.

בנוסף יצורפו גיליונות בשלוש רזולוציות שונות :

גיליון כללי בקנ"מ 1: 50,000 הכולל מפתח גיליונות, וקווי מתאר ראשיים.

גיליונות בקנ"מ 1: 20,000 כ- 4 במספר הכוללים את האגנים, צירי הזרימה והספיקות הצפויות בנקודות המפתח, על רקע

פשטי ההצפה ללא התחשבות במתקנים כי אם בזרימה חופשית.

בנוסף לפרקים הכתובים ולגיליונות הקשיחים והאלקטרוניים יצורפו עבודות שנעשו במרחב בתחומים שונים המשפיעים

על המתכנן בתחום רשות הניקוז ירקון.

בהכנת התכנית עסקו מספר משרדים: "ארבל הידרולוגיה" שמואל ארבל ומשה גטקר, ומשרד פלגי מים.



ב. מבוא ואיסוף הנתונים :

בשנת 1997 נעשה רה ארגון ברשויות הניקוז , ומתוך 26 רשויות אוחדו וחולקה המדינה ל-11 רשויות ניקוז. רשות ניקוז ירקון מכילה את נחל הירקון על יובליו . אגן נחל ירקון הוא אחד הגדולים במדינה ומנקז שטח של כ-1800 קמ"ר. מתוך השטח הזה רק כ-800 קמ"ר נמצאים בתוך תחומי הקו הירוק. התחום כולל 39 רשויות מקומיות, 2 ועדות מחוזיות ו-28 ועדות מקומיות. באחריות רשות הניקוז כ-546 ק"מ של נחלים ותעלות. בתחום האגן קיימת רשות נחל ירקון המטפלת בנחל ירקון מהשפך לים ועד מעיינות הירקון בראש העין. רשימת הנחלים :

טבלה א' רשימת כלל נחלי ותעלות הרשות.

שייכות - יר=ירקון	אורך הנחל /תעלה בגבולות ישראל/בתחום ר. ניקוז [מ']	נחל/תעלה משניים		נחל ראשי \ משני	
		שם נחל	קוד נחל	שם נחל	קוד נחל
יר	26,778			נחל ירקון	1
	52,692			נחל איילון	101
	1,469			ערוץ קרית הרצוג	102
יר	4,685			נחל הדרים	103
יר	2,927			ירקון- סגולה	104
יר	3,261			נחל פרדס	105
יר	35,051			נחל שילה	106
יר	5,710			נחל הדר	107
יר	30,645			נחל קנה	108
יר	4,810			נוה ירק-חגור	109
יר	5,463			כפר ברה	110
יר	23,506			נחל רבה	111
יר	4,565			תעלת עינת	112
	2,599	נחל אזור	10101		
	515	שכונת הארגזים מע	10102		
	6,551	נחל כופר	10103		
	5,405	תעלת אזור	10104		
	10,867	נחל שפירים	10105		
	2,055	תעלת אור יהודה	10106		
	6,039	תעלת נחל יהוד	10107		
	18,275	נחל נטוף	10108		
	1,182	ערוץ גנתון	10109		
	14,959	נחל גזר	10110		
	1,606	תעלת בן שמן	10111		
	7,219	נחל גמזו	10112		
	2,006	נחל דניאל	10113		
	11,885	נחל ענבה	10114		
	12,563	נחל נחשון	10115		
	11,853	נחל יתלה	10116		
	6,220	נחל בית חנן	10117		
	5,757	נחל בית חורון	10118		



	1,958	ודי אל סלמה	10119		
יר	927	הדרים רמה"ש	10301		
יר	459	סגולה מערב	10401		
סגולה מזרח	10402				
יר	7,954	נחל מזרח מערב	10601		
יר	1,048	נחל עזר	10602		
יר	722	תעלת גבעת השלושה	10603		
יר	8,093	נחל מזרח מזרחי	10604		
יר	1,720	ערוץ גני צבי	10701		
יר	5,813	נחל הדס	10801		
יר	12,173	נחל סיר	10802		
יר	1,260	חורשים דרום	10803		
יר	1,255	חורשים צפון	10804		
יר	3,262	ודי א-ספירה	10805		
יר	2,393	שערי תקוה	10806		
יר	2,539	ודי סלמן	10807		
יר	1,578	נוה ירק דרום	11001		
יר	6,230	כפר קסם	11002		
יר	1,780	ראש העין צפון	11101		
יר	2,990	ודי אל קבלי	11102		
יר	1,415	ודי אל בריד	11102		
יר	1,847	נחל סוסי	11102		
יר	1,794	ודי א-נג'צת	11103		
	1,107	תעלת חולון	1010101		
	906	בר אילן	1010201		
	3,267	תעלת משמר השבעה	1010501		
	963	תעלת כפר חבד	1010502		
	3,985	אחיעזר צפון	1010503		
	5,092	מהדרין צפון	1010504		
	5,092	מהדרין דרום	1010505		
	3,985	אחיעזר דרום	1010506		
	4,083	תעלת קרית אונו	1010601		
	11,181	תעלת בדיק	1010701		
	3,937	נחל אונו	1010702		
	11,181	נחל בית עריף	1010703		
	1,219	תעלות בארות יצחק	1010704		
	353	רנתייה דרום	1010705		
	12,400	ודי סעד	1010801		
	1,561	תעלת רמלוד	1011001		
	0	ערוץ נשר	1011002		
	3,741	תעלת מצליח	1011003		
	3,185	נחל עזריה	1011004		
	3,917	נחל מאיר	1011501		
	6,073	נחל אילן	1011502		
	8,889	נחל כפירה	1011601		
	4,775	נחל החמשה	1011602		
יר	2,058	מושב מזרח מזרח	1060101		
יר	630	נחשונים מערב	1060401		
יר	1,783	נחשונים דרום	1060402		



יר	959	ערוץ אלעד	1060403		
	2,719	רנתיא מזרח	1060404		
יר	1,034	נחל הדס משני	1080101		
יר	693	נוה ימין מערב	1080102		
יר	10,304	ודי עסלה	1080201		
יר	1,258	נוה ימין צפון	1080203		
רמת הכובש	1080204				
	7,809	ודי א-סכנו	1080205		
יר	3,013	ודי ביר א-שיר	1080206		
יר	4,897	ודי אל עג'מי	1080501		
	1,003	חולון דרום	2		
	2,662	תעלת הרצליה	30410		
	224	תעלת משנה כפר שמ	3041001		
	2,638	תעלת גליל ים	3041002		
		201,562		סה"כ נחלים ראשיים	
		197,174		סה"כ נחלים משניים	
		147,083		סה"כ תעלות	
	545,819				סה"כ נחלים ותעלות כלי

נאספו תכניות מדיסיפלינות שונות, תמאוו"ת, תכניות בהתהוות, תכניות עבר, ותכניות הנעשות במקביל. נעשו סיורי שטח לאורך האפיקים הראשיים, צולמו מתקנים, שטחים, וצירי זרימה. החומר הוא רב ולכן לא יודפס כנספחים במדיה הכתובה אולם יסופח אלקטרונית לעבודה. נתקבלה מדידה בשיטת "הליידר" אשר אינה מדויקת ומקשה על התעמקות גיאומטרית מדויקת אולם יתרונה ברום היחסי האחיד לכל אגן רשות הניקוז אשר גודלו מגיע כאמור ל- 800 קמ"ר בתחומי הקו הירוק.



פרק זה כולל:

- א. מידע על תחנות גשם וזרימות, כולל חקירת אירועים מיוחדים.
- ב. תוצאות ניתוחים סטטיסטיים של מאפייני גשם וזרימות בתחנות הידרומטריות ומטאורולוגיות.
- ג. ספיקות שיא בהסתברויות שונות בנקודות מפתח.
- ד. הידרוגרפים מדודים בגאוויות חזקות והידרוגרפי תכן בנקודות מפתח.

1.1 הגשם

1.1.1 תחנות הבסיס של עובי הגשם

נתוני עובי הגשם בתחנות השרות המטאורולוגי, נאספים דרך קבע בשעה 08:00 בבוקר מידי יום. לצורך עבודה זו, השתמשנו בנתונים של 47 תחנות גשם ברובם בתוך גבולות אגן ההיקוות ירקון ומיעוטן בסביבתו הקרובה, באזורים בהם חסר מידע (בעיקר באזור השפלה וההר). בטבלה מס' 1 ניתן לראות את נתוני הבסיס של תחנות הגשם בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה. תקופת התצפיות אינה חופפת בהכרח למס' שנות התצפית עקב הפסקות מדידה. ניתן לראות שברוב התחנות משך תקופת התצפיות כ-60-80 שנים, בהם ניתן לקבל ניתוחים סטטיסטיים יציבים יחסית. במספר תחנות תקופת התצפיות אף מגיעה ל- 90 – 100 שנים. קיימות מס' תחנות בעלות תקופת תצפיות קצרה יותר (35-60) שנות תצפיות בהן הניתוחים הסטטיסטיים, במיוחד בתחום ההסתברויות הנמוכות אינם יציבים.



טבלה מס' 1: נתוני הבסיס של תחנות הגשם בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה

מספר סידורי	שם התחנה	קואורדינטות		תקופת התצפיות	מס' שנות התצפיות	רום (מ')
		Y	X			
1	בת-ים	659000	175000	1940-2006	51	5
2	יפו-נמל	662000	176000	1903-2001	85	10
3	רשפון	649000	172000	1939-1998	59	20
4	עדנים	671000	191000	1937-2014	72	20
5	מקוה-ישראל	659000	179000	1925-2014	88	20
6	פלמחים	678000	183000	1949-2014	64	20
7	תל-אביב	661000	183000	1879-2014	116	25
8	כפר שמריהו	676000	183000	1928-2014	86	30
9	נס-ציונה	648000	181000	1928-2013	84	30
10	קרית-שאול	665000	194000	1944-2004	59	40
11	עינת	670000	183000	1937-2013	66	40
12	שפיים	680000	184000	1948-2014	65	45
13	שדה ורבורג	676000	187000	1929-2014	85	50
14	רעננה	665000	188000	1933-2014	81	50
15	פתח-תקוה	652000	185000	1921-2010	89	50
16	נחלים	679000	190000	1950-2014	64	50
17	לוד	655000	190000	1905-2014	98	50
18	צריפין	663000	192,000	1935-2013	76	50
19	געש	681000	183000	1950-2014	64	54
20	בארות-יצחק	660000	191000	1951-2014	63	55
21	ראשון-לציון	652000	181000	1925-2014	89	60
22	ניר אליהו	678000	195000	1945-2004	65	64
23	רמת הכובש	680000	194000	1939-2014	75	68
24	רמלה	648000	188000	1921-2014	88	69
25	קרית-אונו	663000	186000	1942-2005	61	75
26	בן-שמן	651000	193000	1925-2013	86	100
27	אייל	679000	198000	1951-2014	61	110
28	חולדה	637000	188000	1925-2014	82	125
29	חורשים	671000	197000	1945-2014	62	130
30	שעלבים	642000	198000	1951-2014	62	180
31	לטרון	637000	198000	1905-2014	82	200
32	אלקנה	669000	203000	1945-2014	52	212
33	נאות קדומים	650000	198000	1940-2013	39	220
34	עזון	675000	205000	1945-1997	35	260
35	מבוא-חורון	639000	203000	1929-2013	65	288
36	צפא	646000	204000	1940-1993	35	325
37	זיר-עסנה	661000	209000	1942-1994	33	460
38	עטרה	657000	219000	1961-1993	29	500
39	בית-מאיר	633000	203000	1940-2011	66	530

המשך טבלה מס' 1: נתוני הבסיס של תחנות הגשם בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה

מספר סידורי	שם התחנה	קואורדינטות		תקופת התצפיות	מס' שנות התצפיות	רום (מ')
		Y	X			
40	שכם	225000	680000	1923-2004	63	550
41	אריאל	218000	667000	1942-2014	56	590
42	יסוף	222000	668000	1945-2000	40	600
43	עקרבה	232000	670000	1962-1997	33	630
44	קרית-ענבים	211000	635000	1926-2014	87	700
45	עטרות	220000	641000	1933-2000	48	757
46	סנג'ל	225000	660000	1943-1996	38	775
47	מעלה החמישה	210000	636000	1938-2014	51	810
48	רמאלה	219000	645000	1927-1996	54	875

1.1.2 נתוני תחנות הגשם הרושמות:

לקביעת עוצמות גשם באגן ירקון השתמשנו בנתוני 9 תחנות גשם רושמות של השרות המטאורולוגי, אשר 2 מתוכם, מחוץ לאגן ההיקוות של הירקון. תקופת התצפיות של חלק מהתחנות קצרה מאד, אך בהעדר מספר רב של תחנות רושמות, נאלצנו להשתמש בכל החומר העומד לרשותנו. נתוני עוצמות הגשם מתחנות נחשון וצרעה אוחדו לידי תחנה אחת מלאכותית, עקב מחסור בתחנות רושמות בגובה 100-400 מ' מעל לפני הים. בטבלה מס' 2 ניתן לראות את נתוני התחנות הרושמות של השרות המטאורולוגי.

טבלה מס' 2: נתוני התחנות הרושמות גשם של הרשות המטאורולוגית בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה

שם התחנה	קורדינטות	שנות התצפיות	רום (מ')	מס' שנות התצפיות
געש	133/649	1960-1998	50	38
שדה דב (תל אביב)	136/500	1941-2013	4	68
לוד שדה התעופה	136/848	1936-2013	50	68
בית דגן שירות מטאורולוגי	132/157	1962-2013	30	50
עטרות	241/630	1968-2000	740	32
בית מאיר	243/799	1960-2000	530	40
נחשון + צרעה	196/638	1952-1973	200	16
שכם	241/061	1969-1997	550	28
טול כרם	152/191	1972-1993	65	22

מטבלה מס' 3 ניתן לראות כי רק בשתי התחנות שדה דב ולוד, תקופת התצפיות ארוכה יחסית לצורך חיזוי עוצמות גשם בהסתברויות נמוכות. ביתר התחנות, בעיקר בתחנות נחשון, צרעה, שכם וטול כרם תקופת

התצפיות קצרה בהרבה ולכן תוצאות הניתוח הסטטיסטי של עוצמות הגשם בהסתברויות נמוכות אינו יציב דיו.

1.1.3 ניתוח סטטיסטי של סדרות נתוני עובי ועוצמות גשם לפרקי זמן שונים בתחנות

רושמות

על מנת להשיג יציבות סטטיסטית מרבית, בוצעו מספר פעולות על חלק מסדרות הנתונים, אשר אפשרו קבלת סדרות נתונים ארוכות יותר ומייצגות טוב יותר את האוכלוסייה הסטטיסטית של נתוני הגשם. חלק מסדרות הנתונים עברו תהליך השלמה, בו שולבו נתונים מסדרות קצרות לסדרות ארוכות, בהם היו חסרים הנתונים ובתנאי שמדובר בתחנות הנמצאות במרחק של לא יותר מרדיוס של 5 ק"מ ואין שינויים משמעותיים ברום התחנות. בחלק מהתחנות בהן היו סדרות קצרות נעשתה פעולת מיזוג נתונים כלומר חיבור יחדיו של שתי סדרות קצרות של תחנות סמוכות לצורך קבלת סדרה ארוכה יותר. חלק מסדרות הנתונים עברו תהליך של איחוד בשיטה סטטיסטית בה אנו יוצרים סדרה סינטטית שהיא תוצאת איחוד נתונים של מספר סדרות בהתאם לקורלציה מרחבית בניהם. פעולה זו נעשתה עבור סדרות עם תקופת תצפיות מקבילות. דוגמא להשלמת נתונים ניתן למצוא בנספח מס' 1.

לאחר עיבוד והכנת סדרות הנתונים לניתוח סטטיסטי, עמדו לרשותנו 48 סדרות נתונים מתחנות גשם רגילות ו-9 סדרות מתחנות גשם רושמות. בטבלה מס' 22 בנספח 1, ניתן לראות את מספרי תחנות המדידה של השירות המטאורולוגי אשר נתונים הושלמו ואוחדו. גם לאחר האיחוד, עדיין יש מספר תחנות אשר תוצאות הניתוח הסטטיסטי של עובי הגשם לפרקי זמן שונים שלהן, אינן יציבות דיין. חלק מסדרות אלו הן סדרות קצרות, אשר כוללות נתון חריג ואל אף היותן קצרות, הוחלט להכניסן לניתוח הסטטיסטי וזאת מהסיבות הבאות:

א. השיטה הגרפואנליטית בה השתמשנו לחישוב הפרמטרים הסטטיסטיים מאפשרת חישוב אמין יחסית גם לסדרות קצרות.

ב. יש חשיבות רבה לנתון חריג

ג. כיסוי נרחב ככל הניתן לכל האגן של המידע הרלוונטי.

כל סדרות הנתונים נבדקו לפי הקריטריון של אירווין המאפשר לקבוע באם נתון חורג מסוים, שייך לאותה אוכלוסייה. השיטה הגרפואנליטית מאפשרת התחשבות בתוצאות המבחן; טכניקה זו מתוארת במפורט בדו"ח התחנה לחקר הסחף (דו"ח מסכם לשנת 1998, נושא מס' 190/5/403/7).

1.1.4 בחירת פילוג תיאורטי לקביעת עוצמות גשם בהסתברויות נמוכות

לאחר בחינת מספר פילוגים תיאורטיים נמצא פילוג LogNormal כפילוג המתאים ביותר להתפלגות של עובי ועוצמות הגשם בארץ. המבחן נעשה בשיטה של התאמה ויזואלית מרבית של הפילוג התיאורטי לפריסה של הנקודות האמפיריות (Plotting position) אל גבי נייר הסתברותי. אנו מעדיפים שיטה זו על פני שימוש בקריטריונים סטטיסטיים לבחינת התאמת ההתפלגות האמפירית להתפלגות התיאורטית. קריטריונים אלו אינם רגישים מספיק על מנת לקבוע איזה פילוג מתאים יותר.

בנספח מס' 2 ניתן לראות דוגמאות לניתוחים סטטיסטיים של מאפייני הגשם השונים: עובי יומי, דו יומי, סופתי ועוצמות גשם לפרקי זמן שונים.



1.1.5 עובי הגשם בהסתברויות שונות

בטבלה מס' 3 ניתן לראות את עובי הגשם היומי המרבי בתחנות מטאורולוגיות בהסתברויות שונות ואת 2 הערכים המרביים של עובי הגשם ותאריכי הופעתם.



טבלה מס' 3: עובי הגשם היומי המרבי המדוד בכל תקופת התצפיות ובהסתברויות שונות (במ"מ) בתחנות שונות

בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה

הסתברות (%)								תאריך	עובי גשם מרבי שני (מ"מ)	תאריך	עובי גשם מרבי ראשון (מ"מ)	שם תחנה
99	80	50	20	10	5	2	1					
21	36	51	77	96	115	143	164	21/11/1964	106	24/10/2000	160	בת-ים
21	36	53	84	108	133	171	201	08/11/1955	155	06/11/1938	202	יפו-נמל
27	40	54	79	98	118	148	172	02/12/1991	124	28/12/1954	179	רשפון
36	51	65	82	94	105	120	131	07/11/1986	118	24/02/1992	128	עדנים
25	41	58	85	106	127	157	180	29/12/1954	148	06/11/1938	199	מקוה-ישראל
29	39	51	75	94	115	146	173	06/12/1957	146	20/12/1951	150	פלמחים
24	41	57	83	101	121	148	170	06/11/1938	171	08/11/1955	209	תל-אביב
29	42	56	78	95	112	137	156	06/11/1938	129	28/12/1954	161	כפר שמריהו
32	46	60	80	94	109	128	144	15/12/1992	147	20/12/1951	173	נס-ציונה
32	45	58	79	95	110	132	149	08/11/1955	119	16/01/1996	137	קרית-שאול
31	47	63	89	108	128	156	178	28/12/1954	130	08/11/1955	171	עינת
25	44	61	84	99	114	133	148	22/02/1997	116	28/12/1954	135	שפיים
25	40	56	84	105	127	160	186	06/11/1938	155	28/12/1954	184	שדה ורבורג
30	47	64	88	105	123	147	166	06/11/1938	160	28/12/1954	182	רעננה
26	42	58	84	102	121	148	169	28/01/1940	146	08/11/1955	192	פתח-תקוה
29	46	62	84	100	116	136	152	22/10/1963	120	28/12/1954	136	נחלים
31	43	58	83	102	123	154	179	20/12/1951	148	06/11/1938	170	לוד
37	46	57	79	96	115	144	168	15/12/1992	151	20/12/1951	159	צרפין
29	42	56	82	102	123	154	179	20/11/1964	128	14/12/1955	166	געש
21	45	63	83	96	107	121	130	15/12/1992	113	20/12/1951	115	בארות-יצחק
33	43	55	78	96	116	147	172	06/11/1938	159	20/12/1951	174	ראשון-לציון
33	48	62	83	98	112	131	147	02/12/1991	115	12/11/1973	144	ניר אליהו
28	45	62	86	103	120	142	160	28/12/1954	136	02/12/1991	200	רמת הכובש
27	43	57	77	90	104	121	134	09/12/1926	125	15/12/1992	138	רמלה
29	44	60	85	104	123	151	172	28/12/1954	137	08/11/1955	153	קרית-אוננו
28	44	59	78	91	103	119	132	18/11/1953	118	06/12/1957	130	בן-שמן
31	48	65	91	110	130	157	178	12/11/1973	135	02/12/1991	178	אייל
26	44	60	83	99	114	135	150	04/12/2001	133	28/11/1979	150	חולדה
27	47	63	85	100	114	131	144	07/11/1986	116	08/11/1955	255	חורשים
22	43	60	83	97	110	127	139	14/12/1951	115	28/11/1979	166	שעלבים
25	42	57	78	92	105	122	136	06/01/1910	116	06/11/1944	128	לטרון
36	50	62	78	88	99	111	121	05/01/2000	98	28/11/1979	112	אלקנה
28	44	60	84	101	119	143	161	07/01/2013	116	15/12/1992	130	נאות קדומים
34	44	55	73	86	100	120	135	28/11/1979	99	22/02/1997	100	עזון
25	44	60	83	98	113	132	147	15/01/1930	139	23/11/1955	144	מבוא-חורון
27	45	62	84	99	114	133	148	04/01/1948	114	28/11/1979	120	צפא
35	48	62	86	105	124	152	175	08/11/1986	97	15/12/1992	161	דיר-עסנה
40	49	61	86	107	130	167	199	10/12/1980	125	28/11/1979	141	עטרה
28	53	69	88	100	109	121	129	04/01/1948	113	04/12/2001	123	בית-מאיר
28	46	63	87	104	120	141	158	17/10/1942	144	04/02/1935	150	שכם
29	47	62	83	96	109	125	137	30/01/1943	112	28/11/1979	123	אריאל
18	42	61	87	104	119	139	155	28/11/1979	113	15/12/1992	152	יסוף
28	42	56	77	91	105	124	140	28/11/1979	97	15/12/1992	132	עקרבה
33	55	73	97	111	125	143	155	04/01/1948	142	06/11/1944	153	קרית-ענבים
33	49	64	84	98	111	129	142	17/01/1968	125	04/01/1948	128	עטרות
25	47	61	83	100	118	144	165	28/11/1979	105	10/12/1980	120	סנג'ל
37	58	76	99	114	128	145	158	19/03/1966	127	06/11/1944	151	מעלה החמישה
31	45	60	85	104	124	151	173	28/11/1979	135	04/01/1948	157	רמאלה

מטבלה מס' 4 ניתן לראות כי יש הבדלים גדולים מאוד בעובי הגשם היומי המרבי המדוד בין התחנות השונות. עובי הגשם המרבי היומי המדוד הגדול ביותר נמדד בתחנת חורשים (255 מ"מ) בתאריך 8/11/1955 ואילו העובי המרבי היומי המדוד הקטן ביותר נמדד באלקנה (112 מ"מ בתאריך 28/11/1979).

ההבדלים הגדולים בעובי הגשם היומי המרבי בתוך אותו אזור נובעים ממספר סיבות:

א. תקופת התצפיות בחלק מהתחנות נמוכה מאד ביחס לשונות הגבוהה של עובי הגשם במרחב (תחנות בשומרון).

ב. ההבדלים הגדולים במשך תקופת התצפיות בין התחנות.

לדוגמא תחנת ת"א עם 116 שנות מדידה ובה נמדד עובי גדול (209 מ"מ) ותחנת בית מאיר שתקופת התצפיות בה אמנם ארוכה אבל נמוכה בהרבה (רק 66 שנים) ובה נמדד עובי יומי מרבי נמוך בהרבה (123 מ"מ).

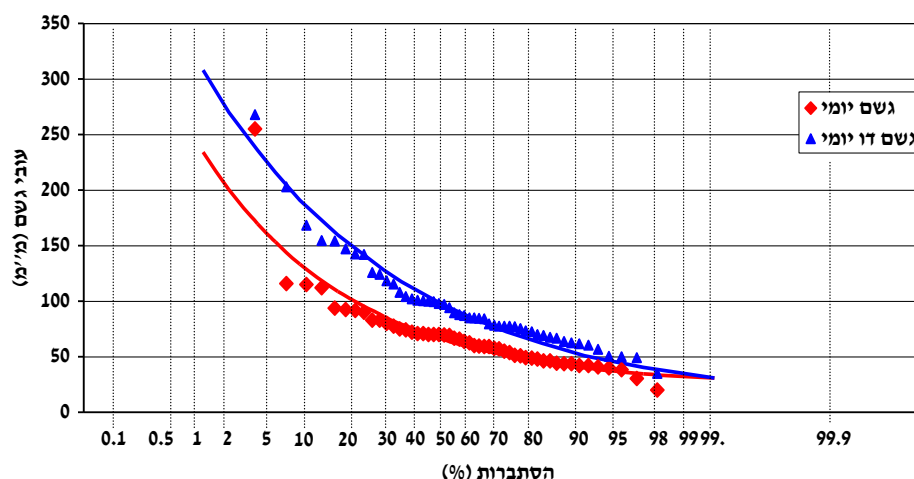
ג. השפעה גיאוגרפית ובעיקר מרחק מהים ורום התחנה.

סיבות אלו גורמות לחוסר יציבות סטטיסטית בעיקר בהסתברויות הנמוכות.

בהסתברויות הגבוהות, ההבדלים בעובי הגשם בין התחנות השונות יורד מאד (סטיית התקן של עובי הגשם בין התחנות, בהסתברות 1% - 30 מ"מ ואילו בהסתברות 50% - 10 מ"מ בלבד). הבדלים גדולים מאוד בעובי ניתן לראות גם בין שתי תחנות סמוכות כמו בת ים ויפו נמל הסמוכות או בין בארות יצחק ופי"ת. מקורם של ההבדלים הגבוהים בעובי הגשם בין תחנות אלו הוא בעיקר באקראיות נפילת הגשם החזק כל פעם במקום אחר. דוגמא לחוסר יציבות סטטיסטית ניתן לראות בתחנת עטרה בה נתון חריג בסדרת הנתונים גורם לעלייה חדה בעובי הגשם בהסתברויות הנמוכות.

עובי הגשם היומי מושפע גם ע"י "חיתוך" מלאכותי של הגשם בשעה 08:00 בבוקר (זמן מדידת הגשם בתחנות הסטנדרטיות), דבר שלעיתים גורם להגדלת אי היציבות הסטטיסטית ולא מאפשר בחינה אמיתית של הגשם הגורם לנגר. תופעה זו מתרחשת בעיקר בתחנות בהן תקופת התצפיות קצרה יותר וסדרות הנתונים לא רציפות. דוגמא לכך ניתן לראות באיור מס' 1 בו מוצגים עקומי ההסתברות של עובי הגשם היומי והדו-יומי בתחנת חורשים.

איור מס' 1: עקומי ההסתברות של עובי הגשם היומי והדו-יומי בתחנת חורשים



מאיור מס' 1 ניתן לראות כי בעקום ההסתברות של עובי הגשם היומי, ישנו "מדף" בין הסתברויות 7-15% הנובע ככל הנראה מ"חיתוך" הגשם באופן מלאכותי. בעקום ההסתברות של עובי הגשם הדו-יומי, מדף זה אינו מופיע. ניתן גם לראות את הנקודה החריגה כל כך בעובי הגשם היומי שאינה מופיעה כלל באופי הגשם הדו-יומי. מאפיין הגשם בו מקובל להשתמש בעבודות הידרולוגיות פרט לעובי הגשם היומי הוא עובי הגשם הסופתי. סופה מוגדרת כגשם היורד בעובי של מעל 2 מ"מ ובתנאי ואין הפסקה רצופה של 24 שעות בין פרקי הגשם. סופת גשם יכולה להמשך ימים רבים עם הפוגות באורך שונה ומוכרות בארץ אף סופות שנמשכו ברציפות 18 ימים. אנו סבורים שלצורך אומדן כמויות מי נגר מגשם חשוב מאוד לבדוק את הגשם הדו-יומי המהווה לעיתים קרובות את הגורם לספיקות השיא.

בטבלאות מס' 4-6 ניתן לראות את עובי הגשם הדו-יומי, הסופתי והשנתי המרביים בהסתברויות שונות ואת שני הערכים המרביים של עובי הגשם ותאריכי הופעתם. ניתן לראות הבדלים גדולים של עובי הגשם בין תחנות שונות בכל מאפייני הגשם.



טבלה מס' 4: עובי הגשם הדו-יומי המרבי המדוד בכל תקופת התצפיות ובהסתברויות שונות (במ"מ) בתחנות שונות

בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה

הסתברות (%)								תאריך	עובי גשם מרבי שני (מ"מ)	תאריך	עובי גשם מרבי ראשון (מ"מ)	שם תחנה
99	80	50	20	10	5	2	1					
23	51	76	111	134	156	185	208	17/10/1942	159	24/10/2000	190	בת-ים
25	53	79	120	150	178	218	249	28/12/1954	198	06/11/1938	247	יפו-נמל
45	58	75	109	138	171	220	264	29/11/1991	178	28/12/1954	251	רשפון
48	71	92	123	145	166	193	216	23/02/1992	184	28/12/1954	185	עדנים
35	56	81	122	155	188	237	277	06/11/1938	261	28/12/1954	287	מקוה-ישראל
37	55	75	109	135	161	200	231	06/12/1957	192	20/12/1951	199	פלמחים
38	57	79	116	144	173	216	251	28/12/1954	242	06/11/1938	253	תל-אביב
39	60	81	114	138	163	197	224	24/12/1949	193	28/12/1954	239	כפר שמריהו
39	64	87	119	142	164	194	218	14/12/1992	229	20/12/1951	238	נס-ציונה
43	63	83	116	141	166	201	229	16/01/1996	188	04/01/2000	202	קרית-שאול
47	68	90	126	154	182	222	254	28/12/1954	208	06/11/1938	216	עינת
47	64	83	112	135	157	189	213	28/12/1954	191	29/11/1991	192	שפיים
33	57	82	119	147	173	211	240	05/11/1938	200	28/12/1954	259	שדה ורבורג
47	66	87	122	149	176	217	248	06/11/1938	223	28/12/1954	250	רעננה
35	60	85	121	146	171	205	231	28/12/1954	203	08/11/1955	212	פתח-תקוה
46	64	85	119	146	174	215	248	15/12/1992	196	28/12/1954	220	נחלים
44	60	81	119	149	183	233	275	05/01/1910	230	06/11/1938	253	לוד
44	64	85	118	143	168	204	232	20/12/1951	197	15/12/1992	256	צרפין
41	61	81	115	140	166	203	232	14/12/1955	194	28/12/1954	198	געש
39	64	88	121	144	166	196	218	31/12/1991	178	15/12/1992	194	בארות-יצחק
40	60	81	115	141	166	203	231	20/12/1951	211	06/11/1938	227	ראשון-לציון
44	67	88	117	135	154	177	196	21/02/1997	163	17/01/1996	172	ניר אליהו
38	65	89	125	149	173	204	229	28/12/1954	211	02/12/1991	226	רמת הכובש
23	62	86	113	127	139	153	162	31/12/1991	145	14/12/1992	205	רמלה
41	61	85	126	158	192	242	282	07/11/1986	212	28/12/1954	261	קרית-אונו
36	63	85	112	130	146	166	180	01/01/1992	162	06/12/1957	176	בן-שמן
41	71	95	129	151	172	199	219	21/02/1997	176	02/12/1991	211	אייל
38	65	87	118	139	159	184	204	28/11/1979	178	15/12/1992	192	חולדה
44	64	87	125	154	183	227	262	07/11/1986	203	08/11/1955	268	חורשים
31	61	87	122	145	167	196	218	13/12/1951	177	28/11/1979	204	שעלבים
37	60	82	111	131	150	175	195	08/12/1963	166	06/11/1944	172	לטרון
52	70	88	116	137	158	187	210	31/12/1991	168	04/01/2000	192	אלקנה
27	57	81	115	136	157	183	203	07/01/2013	154	14/12/1992	199	נאות קדומים
51	60	75	109	139	178	240	298	14/12/1992	180	21/02/1997	180	עזון
38	61	83	115	137	158	186	209	14/01/1930	181	25/02/2010	182	מבוא-חורון
41	67	90	123	146	168	196	219	28/11/1979	173	08/12/1963	184	צפא
49	70	92	129	158	188	231	266	07/11/1986	171	14/12/1992	229	דיר-עסנה
56	74	94	128	155	181	220	251	10/12/1980	160	28/11/1979	205	עטרה
45	72	95	125	143	161	184	200	18/11/1953	158	23/12/1941	163	בית-מאיר
27	67	95	128	148	164	185	200	17/10/1942	172	15/12/1992	183	שכם
42	68	91	123	144	164	191	212	14/12/1992	175	04/03/1983	183	אריאל
42	67	92	127	152	176	209	234	21/02/1997	182	15/12/1992	212	יסוף
38	61	81	108	125	142	164	181	28/11/1979	130	15/12/1992	172	עקרבה
39	80	108	142	163	180	202	217	14/12/1951	194	06/11/1944	211	קרית-ענבים
44	75	97	123	138	151	167	178	08/12/1963	164	28/11/1979	168	עטרות
47	67	87	117	138	159	189	211	15/12/1992	162	28/11/1979	175	סגל'ל
56	84	108	140	161	182	208	228	13/12/1951	190	08/12/1963	199	מעלה החמישה
41	70	94	128	150	171	197	218	22/02/1938	175	28/11/1979	209	רמאלה

טבלה מס' 5: עובי הגשם הסופתי המרבי המדוד בכל תקופות התצפיות ובהסתברויות שונות (במ"מ) בתחנות שונות
בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה



הסתברות (%)								תאריך	עובי גשם מרבי שני (מ"מ)	תאריך	עובי גשם מרבי ראשון (מ"מ)	שם תחנה
99	80	50	20	10	5	2	1					
32	68	106	168	215	264	333	387	17-26/11/1964	338	13-23/12/1951	344	בת-ים
41	74	110	174	223	274	349	409	18-29/12/1949	365	3-9/11/1938	402	יפו-נמל
52	77	109	170	220	276	359	431	18-29/12/1949	357	27.11-5.12/1991	391	רשפון
58	93	129	185	228	270	330	377	22-28/12/1949	322	17-26/11/1964	340	עדנים
47	78	114	178	229	283	364	430	4-9/11/1938	381	13-23/12/1951	401	מקוה-ישראל
47	72	104	161	208	259	334	398	12-18/12/1992	272	14-23/12/1951	374	פלמחים
50	82	117	176	222	270	340	395	18-29/12/1949	413	4-10/11/1938	422	תל-אביב
50	86	122	179	221	264	324	370	27.11-5.12/1991	325	20-29/12/1949	348	כפר שמריהו
52	79	112	172	220	272	350	415	28.11-4.12/1991	378	13-23/12/1951	569	נס-ציונה
58	87	120	175	217	260	323	373	27.11-4.12/1991	295	17-24/11/1964	304	קרית-שאול
49	91	132	194	240	285	348	397	13-23/12/1951	314	4-9/11/1938	367	עינת
54	87	122	178	221	265	327	376	13-23/12/1951	289	27.11-5.12/1991	368	שפיים
44	80	117	175	218	260	321	367	17-25/11/1964	296	27.11-5.12/1991	386	שדה ורבורג
51	94	133	189	227	264	314	352	17-26/11/1964	304	4-9/11/1938	321	רעננה
52	90	127	185	226	268	325	371	4-9/11/1938	309	28.11-5.12/1991	331	פתח-תקוה
61	86	119	180	230	285	367	436	13-24/01/1974	296	13-23/12/1951	411	נחלים
59	83	114	176	228	287	375	451	13-24/01/1974	350	13-23/12/1951	452	לוד
55	79	110	167	215	269	348	417	12-17/12/1992	385	13-23/12/1951	496	צרפין
51	83	117	170	208	247	302	345	17-26/11/1964	286	27.11-5.12/1991	307	געש
55	85	118	175	220	265	332	386	12-17/12/1992	295	13-23/12/1951	377	בארות-יצחק
51	78	112	173	222	276	356	423	5-9/11/1938	379	13-23/12/1951	450	ראשון-לציון
50	89	126	181	219	257	308	348	17-26/11/1964	272	27.11-5.12/1991	317	ניר אליהו
42	86	128	193	240	286	350	399	21-29/12/1949	365	27.11-4.12/1991	424	רמת הכובש
45	80	113	161	195	227	271	306	28.11-4.12/1991	293	12-17/12/1992	305	רמלה
50	83	120	183	232	283	358	418	21-28/12/1949	305	27.11-4.12/1991	359	קרית-אוננו
43	78	113	164	199	234	281	319	18-30/12/1949	292	13-23/12/1951	473	בן-שמן
58	97	135	191	230	269	321	363	13-23/12/1951	281	27.11-4.12/1991	383	אייל
52	82	114	166	205	246	303	348	28.11-4.12/1991	300	13-23/12/1951	350	חולדה
44	87	125	178	213	248	292	327	6-11/11/1986	279	7-11/11/1955	284	חורשים
44	79	115	171	212	253	312	357	28.11-5.12/1991	279	13-23/12/1951	433	שעלבים
50	79	108	156	192	228	280	321	28.11-5.12/1991	269	13-20/12/1951	343	לטרון
49	93	128	174	202	229	262	287	17-26/11/1964	237	12-17/12/1992	249	אלקנה
33	68	103	156	195	233	285	326	4-10/ 1/ 2012/13	242	12-17/12/1992	288	נאות קדומים
48	79	114	174	221	270	343	401	27.11-4.12/1991	250	12-17/12/1992	274	עזון
38	78	112	155	182	209	242	267	2-9/11/1938	212	6-9/11/1986	224	מבוא-חורון
47	88	128	184	224	262	312	352	6-11/11/1986	218	28.11-4.12/1991	268	צפא
52	90	130	190	235	279	342	391	28.11-4.12/1991	263	12-17/12/1992	319	דיר-עסנה
62	104	140	188	220	250	289	319	31.1-5.2/1982	237	18-23/03/1968	247	עטרה
62	93	124	173	208	243	292	331	25.2- 1.3/2010	274	28.11-5.12/1991/92	296	בית-מאיר
23	91	137	191	223	249	283	305	12-17/12/1992	255	17-21/01/2000	272	שכם
40	90	131	186	220	253	295	326	22.11- 5.12/1994	263	12-17/12/1992	266	אריאל
53	94	132	188	226	264	314	354	16-21/02/1983	260	12-17/12/1992	302	יסוף
32	82	119	162	188	211	239	259	13-17/01/1974	211	12-17/12/1992	220	עקרבה
50	104	148	206	244	279	325	358	28.11-5.12/1991	323	13-24/12/1951	474	קרית-ענבים
55	96	129	173	201	228	262	288	18-23/03/1969	242	28.11-5.12/1991	255	עטרות
55	86	116	158	187	216	253	283	12-17/12/1992	216	29.11-4.12/1991	223	סנג'ל
58	105	148	207	247	286	336	376	28.2- 7.3/1939	250	13-20/12/1951	366	מעלה החמישה
50	93	131	187	225	262	311	349	30.01-13.02/1992	274	13-23/01/1974	299	רמאלה



טבלה מס' 6: עובי הגשם השנתי המרבי המדוד בכל תקופות התצפיות ובהסתברויות שונות (במ"מ) בתחנות שונות בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה



הסתברות (%)								תאריך	עובי גשם מרבי ראשון (מ"מ)	תאריך	עובי גשם מרבי ראשון (מ"מ)	שם תחנה
99	80	50	20	10	5	2	1					
120	333	479	652	755	842	953	1027	1964/ 1965	897	1991/ 1992	918	בת-ים
165	373	502	646	727	792	874	925	1991/ 1992	858	1944/ 1945	878	יפו-נמל
251	392	511	670	774	873	999	1096	1994/ 1995	826	1991/ 1992	1263	רשפון
252	448	577	726	813	885	976	1036	1968/ 1969	933	1991/ 1992	1286	עדינים
230	398	520	665	753	830	926	993	1964/ 1965	877	1991/ 1992	1001	מקוה-ישראל
218	343	447	583	669	751	855	933	1964/ 1965	787	1991/ 1992	979	פלמחים
228	400	522	665	752	826	919	983	1973/ 1974	883	1991/ 1992	1047	תל-אביב
261	410	524	671	762	846	951	1027	1942/ 1943	919	1991/ 1992	1127	כפר שמריהו
209	382	508	660	753	835	936	1009	1951/ 1952	944	1991/ 1992	1361	נס-ציונה
174	396	542	710	809	892	995	1062	1994/ 1995	899	1991/ 1992	1132	קרית-שאול
183	438	584	731	809	873	946	995	1982/ 1983	892	1991/ 1992	1294	עינת
260	404	519	669	762	850	961	1042	1994/ 1996	974	1991/ 1993	1230	שפיים
139	386	535	692	779	848	933	986	1968/ 1969	919	1991/ 1992	1361	שדה ורבורג
241	425	558	717	814	897	1002	1076	1968/ 1969	959	1991/ 1992	1159	רעננה
207	425	560	710	794	862	947	1000	1973/ 1974	883	1991/ 1992	1289	פתח-תקוה
266	431	550	693	780	856	951	1017	2002/ 2003	862	1991/ 1992	1290	נחלים
258	415	533	684	776	861	968	1045	1973/ 1974	896	1991/ 1992	1204	לוד
203	401	530	675	758	829	915	971	1951/ 1952	871	1991/ 1992	1364	צרפין
250	407	526	670	757	834	928	994	1994/ 1995	883	1991/ 1992	1095	געש
268	429	543	677	759	828	915	975	2002/ 2003	851	1991/ 1992	1194	בארות-יצחק
208	379	505	656	749	831	932	1005	1938/ 1939	936	1991/ 1992	1275	ראשון-לציון
250	438	564	711	799	871	964	1025	1968/ 1969	892	1991/ 1992	1335	ניר אליהו
206	428	568	725	814	887	978	1036	1996/ 1997	903	1991/ 1992	1464	רמת הכובש
217	370	484	626	713	790	888	957	2002/ 2003	860	1991/ 1992	1230	רמלה
152	406	550	694	770	832	902	950	1955/ 1956	877	1991/ 1992	1285	קרית-אוננו
203	371	494	640	730	808	905	974	1982/ 1983	817	1991/ 1992	1041	בן-שמן
233	461	601	755	840	909	994	1048	1973/ 1974	970	1991/ 1992	1462	אייל
196	377	499	641	725	795	884	942	1942/ 1943	849	1991/ 1992	1252	חולדה
173	408	568	757	869	964	1083	1163	1955/ 1956	960	1991/ 1992	1239	חורשים
190	386	516	664	751	824	915	974	2002/ 2003	839	1991/ 1992	1229	שעלבים
192	365	488	634	723	798	894	959	1942/ 1943	866	1991/ 1992	1058	לטרון
334	469	583	740	843	941	1067	1164	2002/ 2003	910	1991/ 1992	1226	אלקנה
156	379	518	673	761	832	921	977	1942/ 1943	811	2001/ 2002	915	נאות קדומים
285	416	542	723	849	973	1136	1266	1968/ 1969	809	1991/ 1992	1202	עזון
113	359	498	637	710	769	837	883	1944/ 1945	799	1973/ 1974	811	מבוא-חורון
301	407	518	697	833	970	1167	1320	1942/ 1943	849	1991/ 1992	1151	צפא
379	500	625	826	977	1129	1347	1516	1973/ 1974	972	1991/ 1992	1309	דיר-עסנה
353	524	665	851	969	1082	1224	1330	1979/ 1980	1011	1991/ 1992	1132	עטרה
209	450	595	748	831	898	980	1031	1973/ 1974	903	1942/ 1943	907	בית-מאיר
268	452	607	811	944	1070	1230	1351	1982/ 1983	1124	1991/ 1992	1391	שכם
250	467	603	752	835	903	987	1040	1979/ 1980	916	1982/ 1983	1227	אריאל
292	471	619	812	934	1050	1197	1306	1982/ 1983	1001	1991/ 1992	1248	יסוף
317	411	506	653	760	866	1015	1132	1973/ 1974	825	1991/ 1992	909	עקרבה
258	488	654	853	974	1079	1210	1303	1982/ 1983	1116	1991/ 1992	1440	קרית-ענבים
301	454	586	766	886	1001	1148	1263	1963/ 1964	941	1991/ 1992	1245	עטרות
249	428	574	766	886	1001	1147	1254	1979/ 1980	910	1991/ 1992	1209	סנג'ל
228	507	680	869	975	1061	1167	1234	1982/ 1983	1040	1942/ 1943	1068	מעלה החמישה
250	471	620	794	898	985	1095	1168	1944/ 1945	993	1937/ 1938	1026	רמאלה

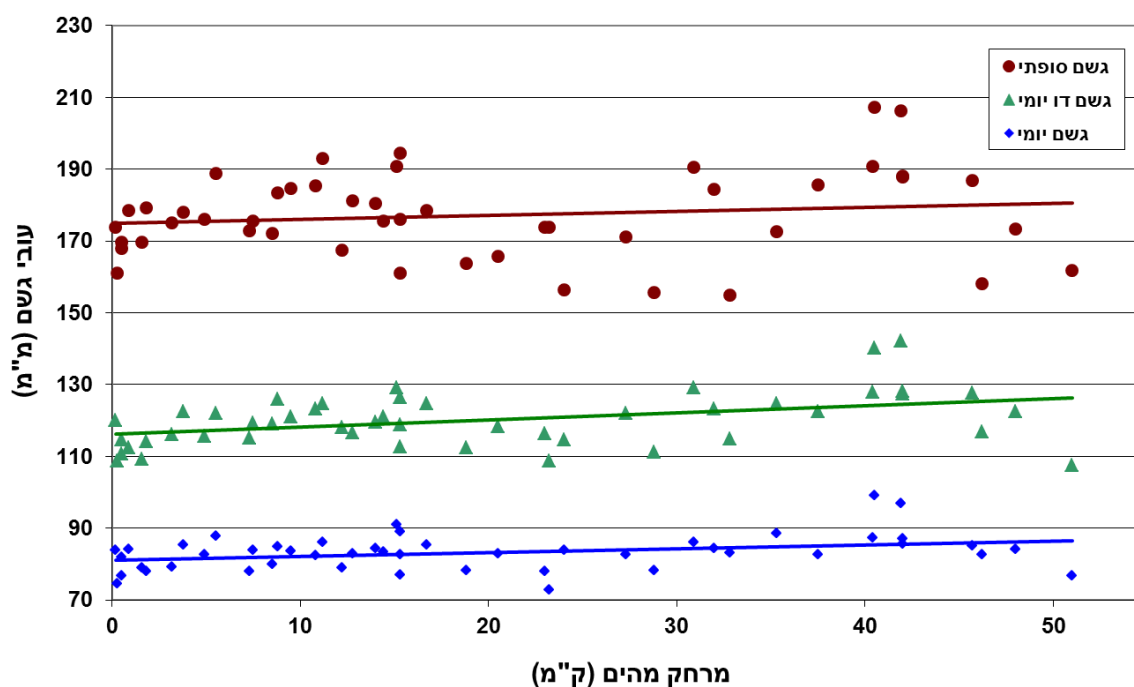
הערות:

- א. בתחנות שפיים, נאות קדומים, מבוא חורון ומעלה החמישה חסרה שנת 1991/1992 בטבלה מס' 7, עובי הגשם השנתי.
- ב. עובי הגשם הסופתי מייצג היטב את תהליכי היווצרות הנגר באגנים הגדולים (מעל כ-100 קמ"ר).
- ג. עובי הגשם השנתי בהסתברות 50% קרוב מאוד לעובי הגשם בממוצע הרב שנתי.

1.1.6 בדיקת קשר בין עובי הגשם למרחק מהים:

מטבלאות 4-6 ניתן לראות הבדלים גדולים מאוד בעובי הגשם בין התחנות השונות ואף בין תחנות סמוכות (הנתונים בטבלאות מסודרים בסדר עולה לפי רום התחנה). כאמור אחד הגורמים להשתנות המרחבית של כמויות הגשם במרחב אגן הניקוז ירקון הוא הפרמטר הגיאוגרפי. ידוע כי המרחק מהים כמו גם רום פני השטח משפיעים על כמויות ועוצמות הגשם במרחב (דו"ח מחקר 1/94) בעבודה זו נבדקה השפעת שני הגורמים על מאפייני הגשם ונמצא כי המרחק מהים יכול לייצג את שני הגורמים יחד, מאחר ובאגן ירקון ככל שמתרחקים מקו החוף ישנה עליה ברום פני השטח. באיורים מס' 2-4 ניתן לראות את תלות עובי הגשם היומי, הדו יומי והסופתי בהסתברות 20% ו-1% במרחק מהים.

איור מס' 2: תלות עובי הגשם היומי, הדו יומי והסופתי בהסתברות 20% במרחק מהים



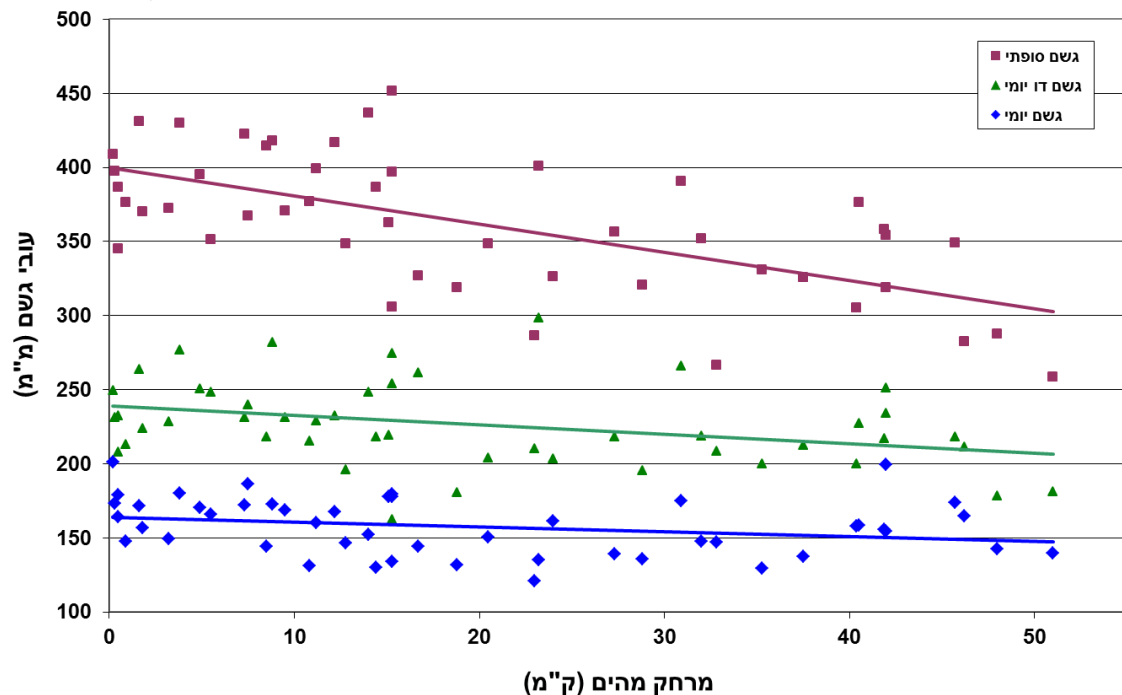
מאיור מס' 2 ניתן לראות כי לא קיימת מגמה ברורה לגידול או הפחתה של עובי עם ההתרחקות מהים, בכמויות הגשם השונות, בהסתברות 20%, כלומר בהסתברויות גבוהות ניתן לקבל אותו עובי הגשם: יומי או דו יומי או סופתי בכל מרחב האגן. להבדיל מאירועי הגשם השכיחים יחסית (הסתברות 20%), באירועי גשם חריגים (בהסתברות נמוכה) ניתן לראות מגמה הפוכה.

av-4380-b



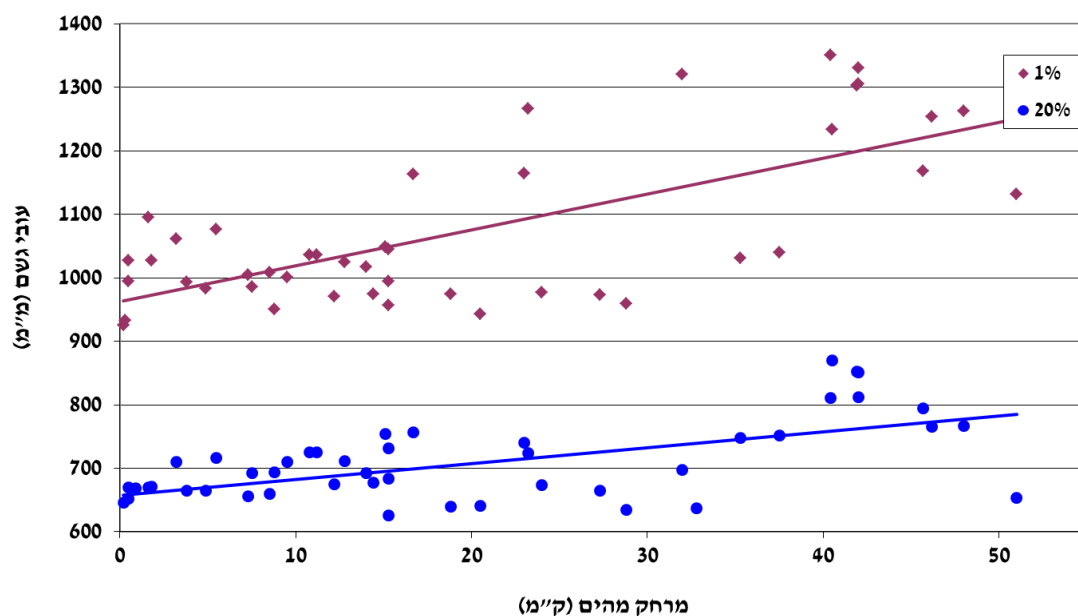
פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
 טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

איור מס' 3: תלות עובי הגשם היומי, הדו יומי והסופתי בהסתברות 1% במרחק מהים



ניתן לראות ירידה בעובי הגשם עם המרחק מהים. בעיקר בולט הדבר בגשם הסופתי, דבר המעיד על כמות הסופות הנדירות (בעלות עובי גדול במיוחד) שגדולה יותר באזור חוף הים מאשר באזור הגבוה המרוחק יותר מהים. כמות הגשם הסופתית הצפויה בהסתברות 1% במישור החוף כ-450 מ"מ, ואילו באזור ההר כ-350 מ"מ בלבד. כלומר אנחנו יכולים לצפות לכמויות גשם גדולות יותר בחלקים המישוריים של רשות הניקוז בסופות הנדירות. באיור מס' 4 ניתן לראות את תלות עובי הגשם השנתי במרחק מהים בהסתברויות שונות.

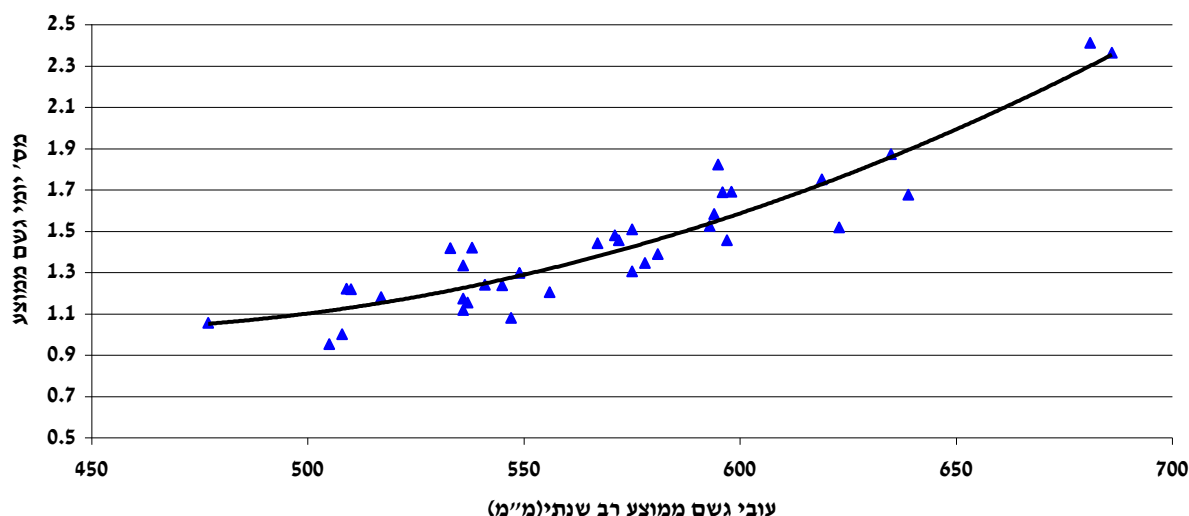
איור מס' 4: תלות עובי הגשם השנתי במרחק מהים בהסתברויות שונות



מאיור מס' 4 ניתן לראות תמונה הפוכה בהתנהגות עובי הגשם השנתי מאשר ראינו במאפייני הגשם לפרקי הזמן הקצרים: יומי, דו-יומי וסופתי. ניתן לראות מגמה ברורה של גידול בעובי הגשם עם המרחק מהים. את ההסבר לכך

ניתן לראות באיור מס' 5 : כמות ימי הגשם מעל סף מסוים כתלות בעובי הגשם הממוצע הרב שנתי באזור רשות ניקוז ירקון.

איור מס' 5: כמות ימי הגשם מעל סף מסוים כתלות בעובי הגשם הממוצע הרב שנתי באזור רשות ניקוז ירקון



מאיור מס' 5 ניתן לראות כי מספר ימי הגשם בהם יש מעל 50 מ"מ עולה ככל שעובי הגשם הממוצע הרב שנתי עולה, כלומר מקורו של עובי הגשם השנתי הגדול יותר באזור ההרים בגידול במספר ימי הגשם, למרות שהגשם הסופתי והיומי הנדירים (בהסתברות 1%) גדולים יותר דווקא במישור החוף.

1.1.7 המלצות לקביעת עובי הגשם בהסתברויות שונות:

באיורים 2-4 הראנו מגמות של שינויים בעובי הגשם עם המרחק מהים. מגמות אלו ברורות כאשר מדובר בכמויות גשם בהסתברויות נמוכות וברורות פחות או אף נעלמות לחלוטין, כאשר מדובר בהסתברויות הגבוהות. קיים פיזור גדול מאד של כמויות הגשם במיוחד בהסתברויות הנמוכות. פיזור זה הוא תוצאה של שוני בתקופות תצפיות, חוסר נתונים משנים חריגות ובעיות של חיזוי סטטיסטי לטווח ארוך, שמתבסס על תקופת מדידות קצרה. בהסתמך על כל הבעיות הללו, אנו ממליצים על מיצוע הנתונים המוצגים בטבלאות השונות, בהתאם לאזורי החוף, השפלה וההר.

באזור החוף רוכזו נתוני הגשם מתחנות ברום עד 75 מטר, באזור השפלה מתחנות ברום 100-212 מטר ובאזור ההר נתוני גשם מתחנות שרומם מעל 220 מטר. בטבלה מס' 7 ניתן לראות את ממוצעי עובי הגשם היומי, הדו יומי, הסופתי והשנתי באזורים השונים.

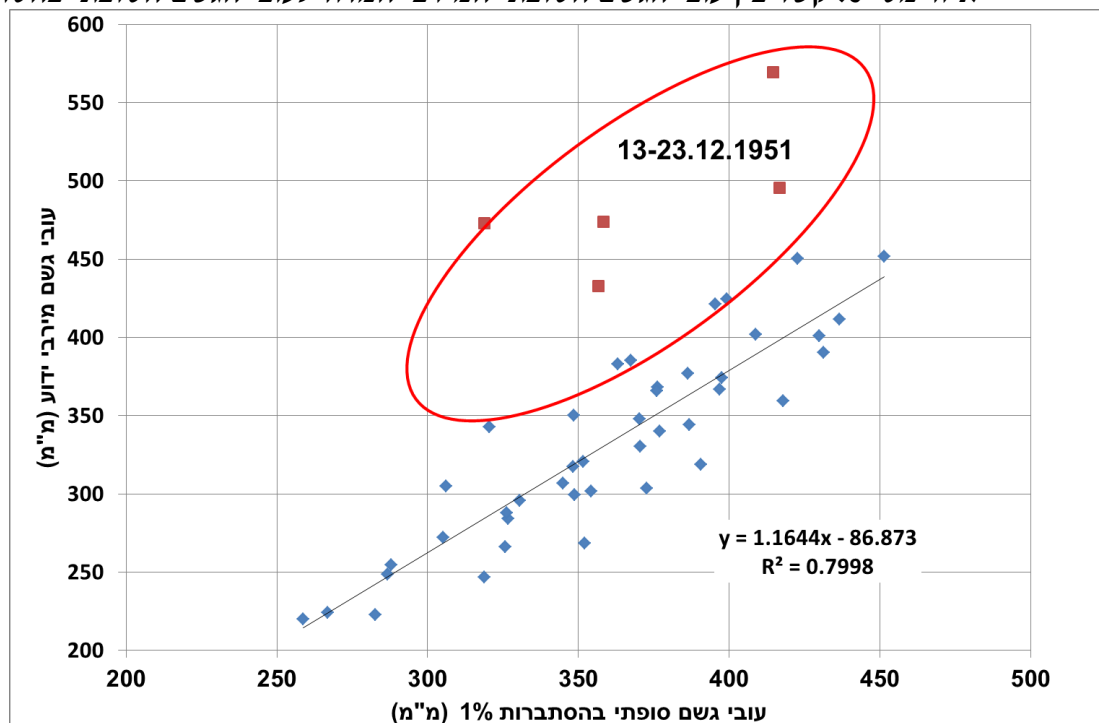
טבלה מס' 7: עובי הגשם היומי, הדו יומי, הסופתי והשנתי בהסתברויות שונות, באזורי החוף, השפלה וההר באגן נחל

ירקון

הסתברות (%)								אזור	ממוצע עובי הגשם
99	80	50	20	10	5	2	1		
28	43	58	82	100	118	143	163	אזור החוף	עובי הגשם היומי (מ"מ)
28	45	61	82	97	111	129	143	אזור השפלה	
31	47	63	85	101	117	138	155	אזור ההר	
39	61	83	118	143	169	205	234	אזור החוף	עובי הגשם הדו יומי (מ"מ)
40	65	87	119	141	162	191	213	אזור השפלה	
43	69	91	124	146	168	197	220	אזור ההר	
50	83	118	177	222	269	336	391	אזור החוף	עובי הגשם הסופתי (מ"מ)
49	85	120	171	208	244	293	332	אזור השפלה	
47	90	128	180	215	250	295	330	אזור ההר	
217	402	530	679	768	845	941	1007	אזור החוף	עובי הגשם השנתי (מ"מ)
217	405	536	690	783	863	963	1032	אזור השפלה	
263	449	588	764	876	979	1113	1211	אזור ההר	

מטבלה מס' 7 ניתן לראות כי עובי הגשם הסופתי הגבוה ביותר מתקבל באזור החוף. באזורי השפלה וההר עובי הגשם הסופתי בהסתברות 1% נמוך ב – 60 מ"מ מאשר בחוף.
באזור מס' 6 ניתן לראות קשר בין עובי הגשם המירבי המדוד לעובי הגשם בהסתברות 1%.

איור מס' 6: קשר בין עובי הגשם הסופתי המירבי המדוד לעובי הגשם הסופתי בהסתברות 1%



ניתן לראות כי נתוני סופת הגשם מדצמבר 1951 חורגים מהקשר האזורי. עובי הגשם הסופתי המדוד בסופה זו, במספר תחנות, גדול בהרבה מהצפי הסטטיסטי לעובי גשם סופתי בהסתברות 1%. סביר להניח שהסתברות עובי הגשם בסופת דצמבר 1951 נמוכה מ- 1%.

בתכנון הגנה בפני שיטפונות יש לקחת בחשבון שעובי גשם גדול בהרבה מהחזוי בהסתברות 1% כבר ירד במספר תחנות. תופעה זו ניתן לראות גם בנתוני עובי הגשם היומי בסופות נובמבר 1938 ו- נובמבר 1955. עובי הגשם הממוצע היומי המדוד בתחנות בדיא (שומרון), כפר קאסם וגבעת השלושה היה כ- 250 מ"מ, לעומת ממוצע עובי הגשם היומי בהסתברות 1% מ- 50 תחנות, העומד על כ- 150 מ"מ בלבד. עיבוד סטטיסטי של נתוני עובי הגשם היומי בהסתברות 0.5% מראה גידול של כ- 25 מ"מ בלבד בהשוואה לעובי הגשם היומי בהסתברות 1%. לעומת זאת ההבדל בין עובי הגשם היומי המירבי המדוד לעובי הגשם היומי בהסתברות 1% עומד על כ- 100 מ"מ. סביר להניח כי סופות 1938, 1951 ו- 1955 אינן כה נדירות כפי שעולה מניתוח הסתברותי של עובי הגשם בהסתברות 0.5%.

בתכנון הגנה בפני שיטפונות יש לקחת זאת בחשבון ולא לקבוע את עובי הגשם בהסתברות כה נמוכה על סמך העיבוד הסטטיסטי של הסדרות הקיימות.



1.1.8 עוצמות הגשם :

בטבלה מס' 8 ניתן לראות את עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברויות שונות ואת 2 הערכים המרביים ותאריכי הופעתם.

טבלה מס' 8 : עוצמות הגשם המירביות המדודות בכל תקופות התצפיות (במ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%) בתחנות רישומות בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה

הסתברות (%)									תאריך	עוצמת גשם מירבית שניה (מ"מ/שעה)	תאריך	עוצמת גשם מירבית ראשונה (מ"מ/שעה)	פרק זמן (דקות)	שם התחנה
95	80	50	20	10	5	2	1							
57	65	84	123	157	198	261	320	18/11/1974	209	10/02/1974	226	5	געש	
39	46	59	84	105	127	161	189	10/02/1974	129	17/10/1987	137	10		
27	35	48	70	88	106	133	154	03/10/1986	101	17/10/1987	123	15		
22	29	41	61	77	95	120	141	03/10/1986	90	17/10/1987	116	20		
18	22	31	48	62	77	100	120	03/10/1986	66	17/10/1987	102	30		
14	18	24	36	46	56	72	85	12/12/1966	44	17/10/1987	90	45		
11	14	19	29	37	46	59	70	12/12/1966	37	17/10/1987	73	60		
6	9	14	19	22	25	29	31	05/03/1991	25	12/12/1966	29	90		
3	6	10	15	18	21	24	27	05/03/1991	20	12/12/1966	23	120		
52	66	85	111	127	144	164	180	19/12/1949	147	03/12/1963	175	5	שדה דב	
36	45	60	80	94	107	125	138	20/01/1962	103	03/12/1963	160	10		
31	36	46	63	76	89	108	124	20/01/1962	101	03/12/1963	128	15		
25	30	39	54	66	78	96	110	20/01/1962	99	03/12/1963	100	20		
16	22	31	44	52	61	73	82	03/12/1963	70	20/01/1962	82	30		
12	16	23	33	40	46	54	61	03/12/1963	48	01/12/1991	51	45		
8	12	19	28	34	40	48	54	21/01/2003	42	19/12/1949	44	60		
5	8	12	20	26	32	42	49	21/01/2003	38	19/12/1949	38	90		
4	5	9	16	21	27	37	45	19/12/1949	30	21/01/2003	36	120		
43	53	69	94	112	131	157	177	16/04/1981	150	15/12/1992	171	5	לוד שדה תעופה	
29	38	50	68	81	93	110	123	15/12/1992	103	16/04/1981	105	10		
23	30	40	55	67	79	96	110	16/04/1981	84	22/02/1939	92	15		
20	25	33	47	58	70	87	101	16/04/1981	74	22/02/1939	82	20		
16	19	26	38	47	58	74	87	22/02/1939	63	24/11/1992	67	30		
11	14	20	29	37	45	56	65	17/10/1942	49	24/11/1992	54	45		
8	11	16	24	30	37	47	54	17/10/1942	43	24/11/1992	46	60		
5	8	12	18	22	26	33	37	07/11/1938	32	24/11/1992	34	90		
4	6	9	15	19	24	31	37	15/12/1992	29	07/11/1938	32	120		
61	72	89	116	137	157	187	210	09/11/1986	160	05/12/1974	169	5	בית דגן שרות מטאו'	
41	48	59	78	92	106	127	144	09/11/1986	103	30/11/1991	122	10		
31	38	47	63	75	87	104	118	24/11/1992	87	30/11/1991	110	15		
27	32	41	55	65	75	89	100	24/11/1992	79	30/11/1991	87	20		
20	25	32	44	53	61	73	82	21/01/2003	63	24/11/1992	72	30		
15	19	25	34	40	47	56	63	24/11/1992	54	21/01/2003	54	45		
12	15	20	28	34	40	49	55	24/11/1992	45	21/01/2003	47	60		
8	11	16	22	26	30	35	40	21/01/2003	33	24/11/1992	33	90		
7	9	13	18	21	25	30	34	22/10/1963	26	24/11/1992	27	120		

av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
 טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

הסתברות (%)								תאריך	עוצמת גשם מירבית שניה (מ"מ/שעה)	תאריך	עוצמת גשם מירבית ראשונה (מ"מ/שעה)	פרק זמן (דקות)	שם התחנה
95	80	50	20	10	5	2	1						
31	38	53	81	106	134	177	214	15/01/1997	129	22/01/1997	151	5	עטרות
22	28	39	60	77	96	125	150	23/11/1974	82	23/01/1997	117	10	
16	21	31	48	61	74	93	108	17/10/1987	67	18/10/1997	83	15	
13	19	27	40	50	60	75	86	22/10/1979	62	18/10/1997	65	20	
12	15	21	29	35	40	48	54	17/10/1987	38	22/10/1979	46	30	
10	12	16	22	26	30	36	41	06/02/1972	29	22/10/1979	32	45	
9	10	13	18	21	24	29	33	22/10/1979	25	06/02/1972	25	60	
6	8	10	13	15	17	19	21	06/02/1972	18	25/03/1999	18	90	
6	7	9	11	12	13	14	15	20/01/2000	12	06/02/1972	15	120	
32	40	54	76	93	111	137	157	02/11/1963	129	22/01/1997	129	5	בית מאיר
25	34	46	61	70	79	90	98	29/04/1972	80	22/01/1997	85	10	
21	28	37	51	59	67	78	86	22/01/1997	70	21/10/1969	70	15	
17	23	31	42	49	56	64	70	18/10/1997	57	22/01/1997	60	20	
11	18	25	33	37	41	45	48	08/02/1984	41	22/01/1997	46	30	
8	13	19	25	29	31	35	37	08/02/1984	32	22/01/1997	34	45	
8	11	16	21	24	26	30	32	22/01/1997	27	17/01/1968	29	60	
6	9	12	17	20	22	25	27	04/11/1997	21	17/01/1968	27	90	
5	7	10	14	17	19	23	25	04/11/1997	19	17/01/1968	25	120	
32	46	67	97	118	138	165	187	17/11/1964	106	17/10/1967	114	5	נחשון + צרעה
30	37	50	73	91	110	138	162	17/11/1964	92	17/10/1967	104	10	
24	31	42	62	77	93	116	134	14/12/1961	79	17/11/1964	86	15	
21	26	35	51	63	76	96	112	14/12/1961	69	17/11/1964	70	20	
10	17	26	39	48	56	67	75	14/12/1961	50	17/11/1964	52	30	
8	12	17	26	33	39	49	56	14/12/1961	35	17/11/1964	37	45	
6	9	13	21	27	33	42	50	14/12/1961	27	17/11/1964	30	60	
5	7	11	16	21	25	31	36	19/03/1966	21	10/12/1964	23	90	
0	5	8	14	18	22	28	33	19/03/1966	18	10/12/1964	22	120	
31	42	56	76	89	102	118	131	24/11/1992	99	18/03/1997	107	5	שכם
23	30	41	55	64	73	85	93	18/10/1987	70	03/11/1991	76	10	
18	25	34	46	53	59	67	73	03/11/1991	57	18/10/1987	64	15	
16	22	29	37	42	46	50	54	07/11/1982	44	22/01/1997	48	20	
12	17	23	30	34	38	43	47	22/01/1997	39	07/11/1982	40	30	
10	13	17	23	28	33	39	44	22/01/1997	31	07/11/1982	35	45	
9	11	14	20	24	27	33	37	22/01/1997	25	07/11/1982	30	60	
8	9	12	15	18	20	24	27	22/01/1997	20	22/03/1983	22	90	
6	8	10	13	16	18	20	22	22/01/1997	17	22/03/1983	19	120	
31	40	59	95	127	162	218	266	26/02/1991	106	03/12/1991	178	5	טולכרם
18	27	42	65	81	98	121	139	07/11/1982	87	03/12/1991	99	10	
14	21	32	50	63	76	94	108	03/12/1991	71	11/12/1989	75	15	
11	17	27	41	51	60	72	82	03/12/1991	54	11/12/1989	61	20	
10	14	22	34	42	51	62	72	03/12/1991	40	11/12/1989	45	30	
8	12	17	26	32	37	45	51	16/12/1985	31	11/12/1989	33	45	
7	10	14	20	24	28	34	38	01/02/1985	22	16/12/1985	29	60	
5	7	10	15	19	22	27	31	05/12/1977	17	16/12/1985	21	90	
3	5	8	12	15	18	23	26	27/01/1981	14	05/12/1977	15	120	



מטבלה מס' 8 עולה כי יש הבדלים גבוהים ביותר בעוצמות הגשם (עד פי 2 ויותר) בין התחנות השונות בכל טווח ההסתברויות. הגורמים לשינויים גדולים אלה, הם תקופות תצפית שונות, מדגם שאינו מייצג היטב את אוכלוסיית עוצמות הגשם באזור וגורם לחוסר יציבות סטטיסטית בתוצאות הניתוח.

בטבלה מס' 8 ניתן לראות הבדלים עצומים באומדן עוצמות הגשם להסתברויות השונות בין האזורים השונים גם באותו אזור גיאוגרפי. תופעה זו מודגשת במיוחד באומדן העוצמות בהסתברויות הנמוכות שהן בדרך כלל החשובות ביותר לתכנון מערכות ניקוז והגנה בפני שיטפונות. לדוגמא תחנת געש בה נרשמה עוצמה מרבית של 102 מ"מ/שעה לפרק זמן של 30 דקות ואומדן העוצמה בהסתברות 1% עומד על 120 מ"מ/שעה. בתחנת בית דגן נמדדה עוצמה מרבית לאותו פרק זמן של 72 מ"מ/שעה ואומדן העוצמה בהסתברות 1% עומד על 82 מ"מ/שעה. ההבדל בין אומדן העוצמה בהסתברות 1% לפרק זמן של 30 דקות בגעש גבוה בכ-50% יותר מאשר בבית דגן. ואילו לפרק זמן של 240 דקות אומדן העוצמות מראה תמונה הפוכה לחלוטין: העוצמה בבית דגן בהסתברות 1% 21 מ"מ/שעה גבוהה בכ-50% מזו של געש 13 מ"מ/שעה בלבד.

דוגמא זו מוכיחה עד כמה לא ניתן ולא נכון להשתמש במושג "תחנה מייצגת", אין זה נכון לדעתנו להשתמש בנתונים או אומדנים של תחנה אחת לאגן ניקוז גדול.

צריך גם לקחת בחשבון תקופת תצפיות קצרה לעיתים בתחנות הרושמות וחיזוי לתקופות של 50 ו-100 שנה שמהווה אקסטרפולציה גדולה ובהרבה מקרים נותן אומדנים נמוכים במקצת. בטבלאות 9-10 ניתן לראות השוואה בין ניתוח סטטיסטי של נתוני עוצמות הגשם בתחנת בית דגן עד 2004 לעומת ניתוח נתונים עד שנת 2014.

טבלה מס' 9: עוצמות הגשם (מ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%) בתחנת בית דגן מניתוח נתונים עד שנת 2004 (40 שנות תצפית)

פרק זמן (דקות)	עוצמות גשם (מ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%)							
	99%	90%	80%	50%	20%	10%	5%	2%
10	144	127	106	92	78	59	48	38
15	118	104	87	75	63	47	38	28
20	100	89	75	65	55	41	32	24
30	82	73	61	53	44	32	25	18
45	63	56	47	40	34	25	19	13
60	55	49	40	34	28	20	15	11
90	40	35	30	26	22	16	11	6
120	34	30	25	21	18	13	9	5

טבלה מס' 10: עוצמות הגשם (מ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%) בתחנת בית דגן מניתוח נתונים עד שנת 2014 (50 שנות תצפית)

פרק זמן (דקות)	עוצמות גשם (מ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%)							
	99%	90%	80%	50%	20%	10%	5%	2%
10	142	126	105	91	77	59	48	38
15	110	99	85	74	64	49	38	28
20	99	88	74	64	54	41	32	23
30	82	72	60	51	43	32	24	18
45	62	55	46	40	33	24	19	13
60	53	47	39	34	28	20	15	11
90	38	34	29	26	22	16	12	8
120	32	28	24	21	18	13	10	7

מטבלאות 9 ו-10 ניתן לראות כי השינויים בעוצמות הגשם החזויות עקב תוספת 10 שנות מדידה מזעריים. בשנים האחרונות לא היו אירועי גשם חזקים ולכן בהסתברויות הנמוכות יורדות במקצת העוצמות החזויות ובהסתברויות הגבוהות גדלות במקצת. בכל אזור ירקון אילון לא היו עוצמות גשם חריגות בעשר השנים האחרונות. בינואר 2013 התפתחו זרימות חזקות יחסית באגן נחל אילון כתוצאה משילוב של הרטבה מוקדמת של הקרקע ופריסה רחבה של הגשם. גם באירוע זה לא נרשמו עוצמות גשם חזקות.

על מנת לקבל תוצאות מייצגות יותר של עוצמות גשם בהסתברויות שונות, נעשה עיבוד נוסף של ניתוחים סטטיסטיים בתחנות רושמות בתחום רשות הניקוז.

בטבלה מס' 11 ניתן לראות את אומדני עוצמות הגשם בהסתברויות השונות לאזורי החוף, השפלה וההר. בטבלה זו רוכזו הערכים המרביים של עוצמות הגשם לפרקי הזמן השונים (טבלה מס' 8) מתחנות שונות השייכות לכל אחד משלושת האזורים. לאזור החוף השתמשנו בתחנות געש, שדה דוב, לוד ובית דגן, לאזור השפלה טול כרם וצרעה ולאזור ההר עטרות, בית מאיר ושכם.

טבלה מס' 11 : עוצמות הגשם בהסתברויות שונות באזורים שונים של רשות הניקוז וסביבתה הקרובה

שם התחנה	פרק זמן (דקות)	עוצמות גשם (מ"מ/שעה) בהסתברויות שונות (%)						
		95%	80%	50%	20%	10%	5%	2%
מישור החוף	5	320	261	198	157	123	89	72
	10	189	161	127	105	84	60	48
	15	154	133	106	88	70	48	38
	20	141	120	95	77	61	41	32
	30	120	100	77	62	48	32	25
	45	85	72	56	46	36	25	19
	60	70	59	46	37	29	20	15
	90	49	42	32	26	22	16	11
	120	45	37	27	21	18	13	9
השפלה	5	266	218	162	127	97	67	46
	10	162	138	110	91	73	50	37
	15	134	116	93	77	62	42	31
	20	112	96	76	63	51	35	26
	30	75	67	56	48	39	26	17
	45	56	49	39	33	26	17	12
	60	50	42	33	27	21	14	10
	90	36	31	25	21	16	11	7
	120	33	28	22	18	14	8	5
ההר	5	214	177	134	106	81	56	42
	10	150	125	96	77	61	46	34
	15	108	93	74	61	51	37	28
	20	86	75	60	50	42	31	23
	30	54	48	41	37	33	25	18
	45	44	39	33	29	25	19	13
	60	37	33	27	24	21	16	11
	90	27	25	22	20	17	12	9
	120	25	23	19	17	14	10	8

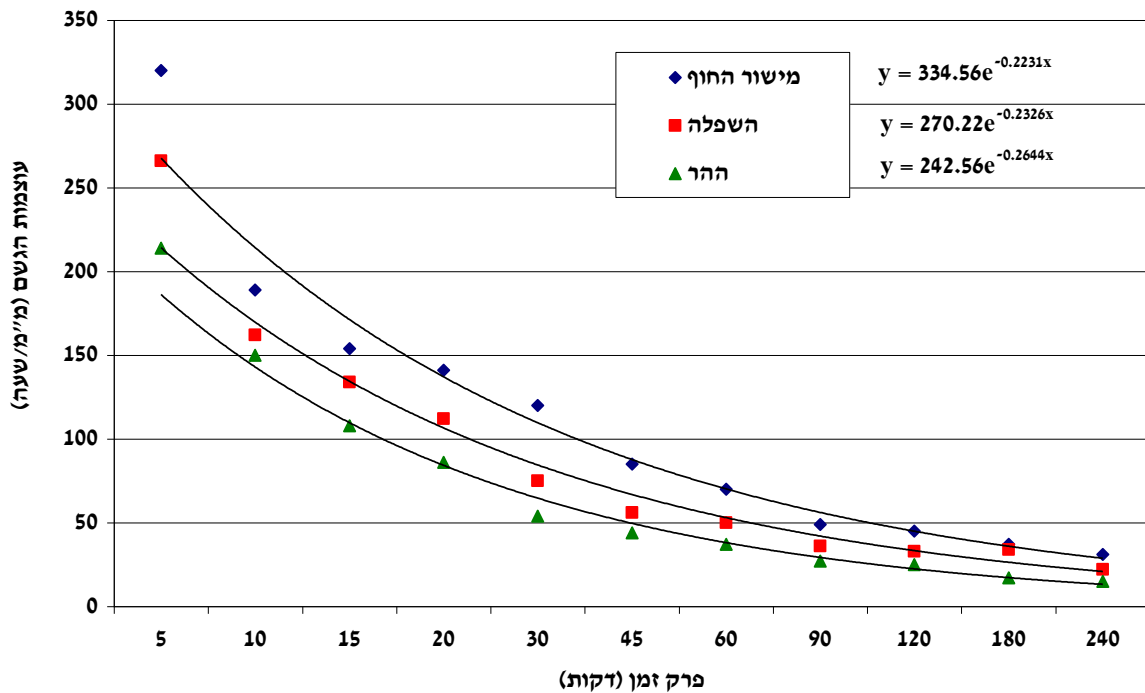


אנו גורסים כי יש להשתמש בערכים המרביים של עוצמות הגשם משום הצפיפות הזעומה כל כך של מדי הגשם הרושמים שבוודאי לא הצליחו לרשום את עוצמות הגשם הגבוהות ביותר במוקדי גשם רבים.

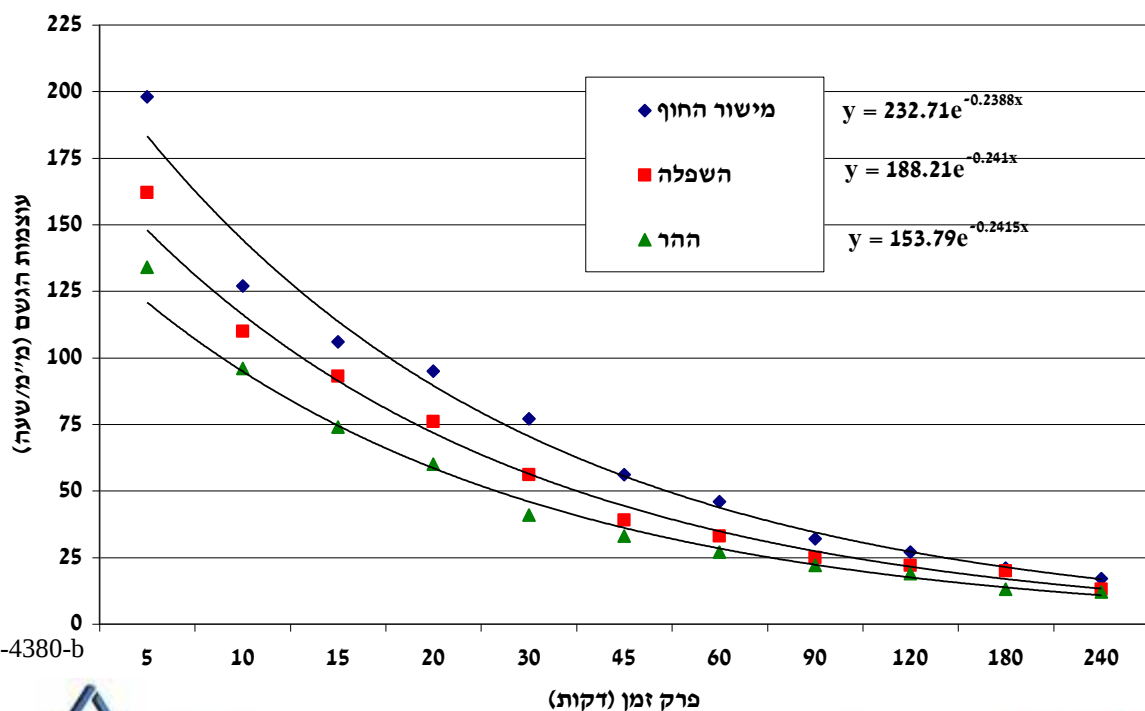
הבדלים בעוצמות הגשם בהסתברויות נמוכות (1%-5%) לפרקי זמן שונים בשלושת האזורים השונים ניתן לראות בצורה ברורה מאוד באיורים 7 ו-8.

הערה: חשוב לזכור כי ההסתברות לערך עוצמת הגשם נקבע על-פי כל תחנה בנפרד, עם כל הבעייתיות המשתמעת מכך.

איור מס' 7: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברות 1% באזורים השונים ברשות הניקוז



איור מס' 8: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברות 5% באזורים השונים ברשות הניקוז



av-4380-b



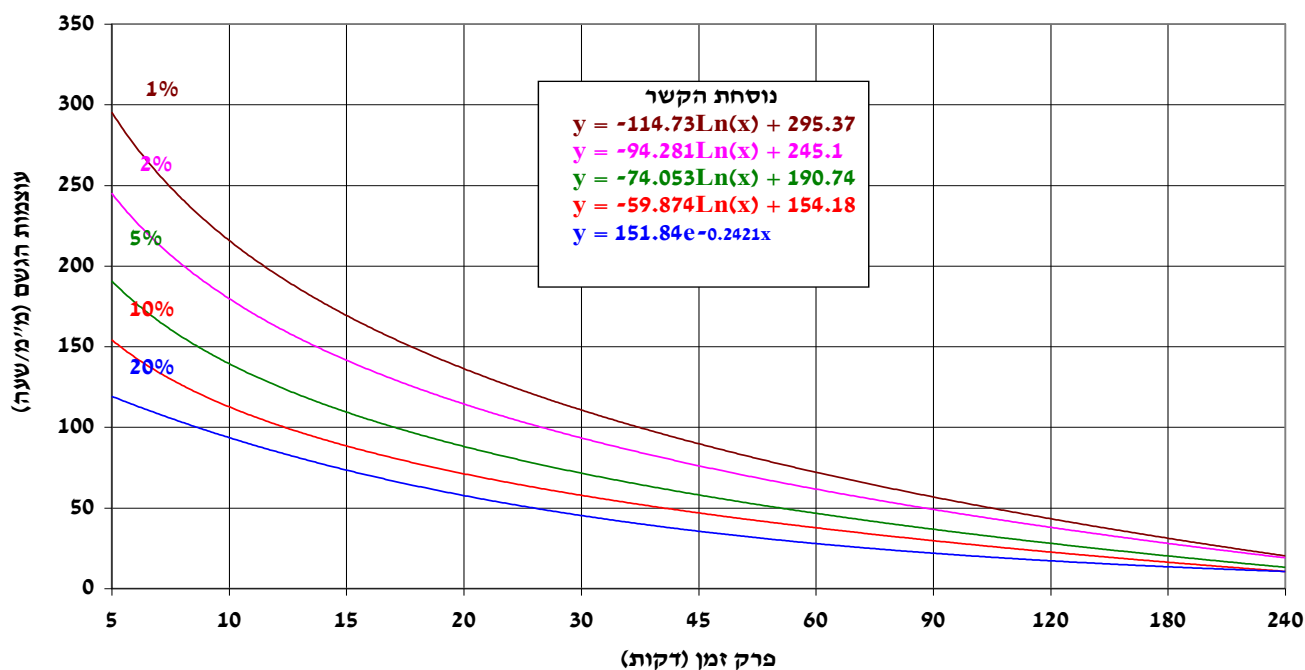
מאיורים 7 ו-8 ניתן לראות כי עוצמות הגשם הגבוהות ביותר אופייניות למישור החוף ואילו הנמוכות ביותר אופייניות לאזור ההר.

1.1.9 המלצות לקביעת עוצמות הגשם:

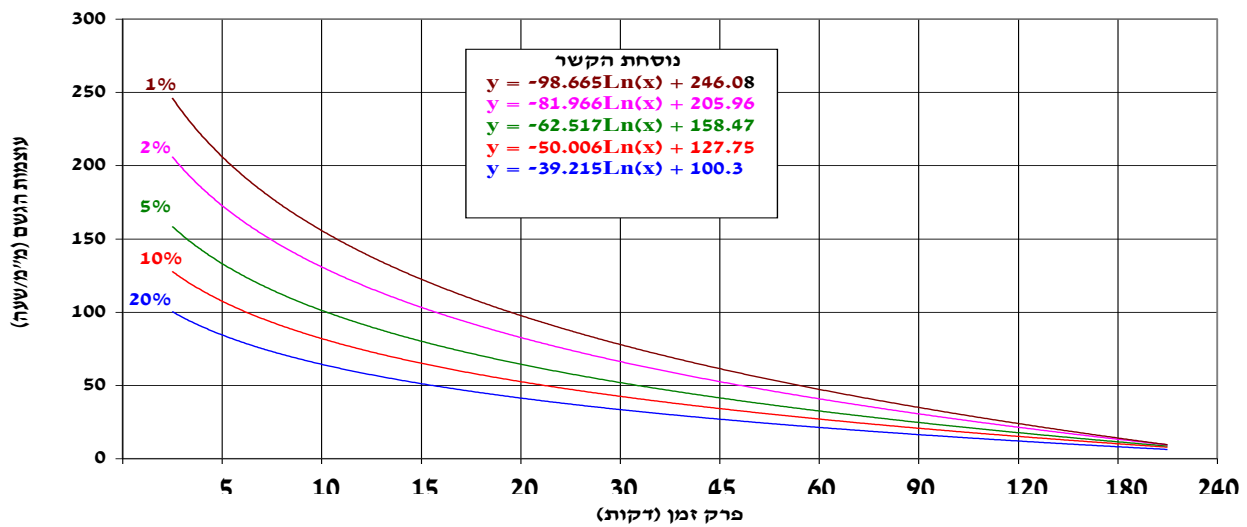
באיורים 9-11 ניתן לראות את עוצמות הגשם המומלצות על ידנו לתכנון מערכות ניקוז והגנה בפני שיטפונות לפרקי הזמן השונים בהסתברויות שונות. עקומים אלו מבוססים על הנתונים המוצגים בטבלה מס' 9 לאחר שעברו "החלקה" ע"י נוסחאות אמפיריות הניתנות בגרפים לכל אזור בנפרד.

אזור החוף משתרע מקו הים ועד לגובה כ-60 מ', אזור השפלה משתרע מרום 60 מ' ועד כ-200 מ' והרום הגבוה יותר שייך לאזור ההר. שוב יש לזכור כי רום פני השטח והמרחק מהים משתנים במקביל, כך ששניהם עולים יחד ולהפך. כאשר יש צורך באומדן עוצמות גשם לאזור קרוב לתפר בין שני אזורים, יש לבדוק את אומדני עוצמות הגשם של שני האזורים ולשקול שימוש בממוצע משוקלל.

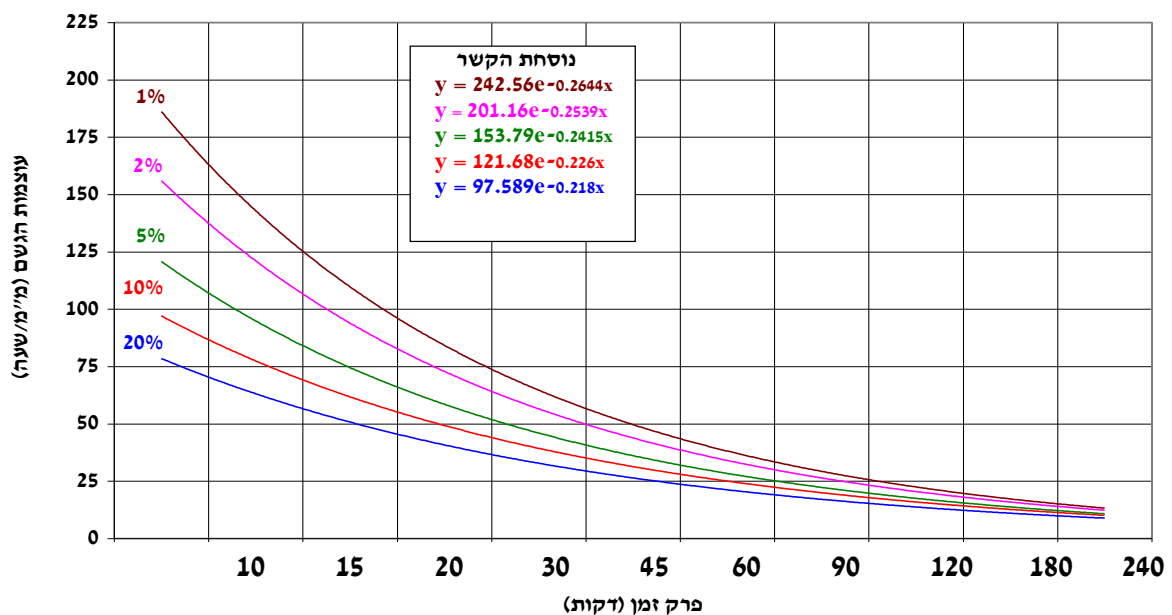
איור מס' 9: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברויות שונות באזור מישור החוף



איור מס' 10: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברויות שונות באזור השפלה



איור מס' 11: עוצמות הגשם לפרקי זמן שונים בהסתברויות שונות באזור ההר



2. ספיקות שיא

2.1 מידע על תחנות הידרומטריות

באגן נחל ירקון קיים מידע מ - 15 תחנות הידרומטריות של השרות ההידרולוגי ושתי תחנות של התחנה לחקר הסחף. בטבלה מספר 12 מופיעים נתוני התחנות.

טבלה מס' 12: נתוני התחנות ההידרומטריות של השרות ההידרולוגי ושל התחנה לחקר הסחף בתחום רשות הניקוז וסביבתה הקרובה

מס' תצפית	מס' שנות תקופת התצפיות	שטח אגן (קמ"ר)	קואורדינטות		שם התחנה	שם הנחל	מס' תחנה	מס' סידורי
			X	Y				
9	1951-1961	107	181100	670200	כביש תל-אביב - חיפה	ירקון (רבה)	17106	1
56	1943-2013	240	196540	672680	ירחיב	קנה	17110	2
54	1943-2013	357	196420	664020	נחשונים	שילה	17125	3
73	1940-2013	953	183920	668100	כביש הרצליה	ירקון	17135	4
11	1939-1952	296	180750	652850	לוד	איילון	17144	5
56	1956-2013	139	180750	652850	לוד	איילון	17145	6
70	1939-2013	251	191250	654620	אתר "ג"	נטוף	17155	7
38	1957-1995	46	195450	654900	כ.מגדל אפק-לוד	בית עריף	17160	8
16	1997-2013	91	192250	657320	כביש 46	בית עריף	17162	9
41	1955-1998	526	186050	658190	בית-דגן	איילון	17165	10
20	1993-2013	593	182000	662000	שכונת עזרה	איילון	17168	11
16	1938-1955	629	180720	664820	נחלת יצחק	איילון	17172	12
35	1978-2013	34	186400	655600	ירקון	שפיר	17-03042	13
23	1978-2001	19	180200	646300	ירקון	גזר	17-0372	14
4	2010-2014	20	194468	644972		ענבה		15
4	2010-2014	15	182075	659025	תעלה	אזור		16
4	2010-2014	7	184111	662659	דרום רמת גן	כופר		17

מטבלה מס' 12 ניתן לראות כי תקופת התצפיות בתחנות השונות אינה אחידה ובחלק מהתחנות אף קצרה מאוד. בחלק מהתחנות בהן תקופת התצפיות קצרה התרחשו **אירועי זרימה חריגים מאוד**. נתונים אלו חשובים מאוד לקבלת החלטות על ספיקות והידרוגרפי תכן. את ספיקות השיא המרביות השנתיות המדודות בתחנות ההידרומטריות ניתן לראות בטבלה מס' 23 בנספח מס' 3.

בשנים האחרונות החלו במדידת זרימות בנחלים עירוניים כופר ואזור. תקופת התצפיות קצרה ואינה מאפשרת ניתוח סטטיסטי לקבלת ספיקות שיא בהסתברויות שונות מהשטחים המבונים במישור החוף של אגן ירקון.

2.2 ניתוח סטטיסטי של ספיקות השיא בתחנות הידרומטריות

שיטת הניתוח הסטטיסטי בה השתמשנו לנושא עובי ועוצמות הגשם שימשה גם לנושא ספיקות השיא. נבדקו 3 פילוגים שונים: פירסון סוג 3, לוג פירסון סוג 3 ולוג נורמל ונמצא כי פילוגים פירסון סוג 3 ולוג פירסון סוג 3 הם המתאימים ביותר לחיזוי סטטיסטי של ספיקות השיא באזור רשות ניקוז ירקון איילון. את עקומי ההסתברות של ספיקות השיא בתחנות הידרומטריות שונות ניתן לראות באיורים מס' 28-37 בנספח מס' 4. עקום ההסתברות של ספיקות השיא בתחנת איילון שכונת עזרא הוא סינטיטי ומורכב מהשלמת נתונים מהספיקה הסגולית של תחנת איילון בית דגן (שנים 1955/56-1997/98) מוכפלת בשטח האגן של איילון שכונת עזרא. עקום זה בעייתי כמובן אך נדרש לשם קביעת פרמטרים הידרולוגיים באזור ת"א.

בטבלה מס' 13 ניתן לראות את ספיקות השיא בהסתברויות שונות ואת הספיקות המרביות הידועות ותאריכי הופעתם בתחנות שונות ברחבי רשות הניקוז.

טבלה מס' 13: ספיקות שיא בהסתברויות שונות וספיקות שיא מרביות מדודות ותאריכי הופעתן בתחנות הידרומטריות שונות (תקופת תצפיות עד שנת 2013)

שם הנחל	שם התחנה	שטח אגן (קמ"ר)	ספיקת שיא מרבית ידועה (מקש"נ)	תאריך ספיקת השיא המרבית	ספיקות שיא (מקש"נ) בהסתברויות שונות			
					10%	5%	2%	1%
קנה	ירחיב	240	127	22/02/1997	169	135	92	61
שילה	נחשונים	357	192	01/01/1992	248	205	149	107
ירקון	כביש הרצליה	953	508	09/11/1955	571	472	343	248
איילון	לוד	139	150	08/01/2013	153	125	89	62
נטוף	אתר "ג"	251	230	22/03/1969	343	277	192	132
בית ערף	כ.מגדל אפק-לוד	46	54	16/12/1992	75	61	42	28
איילון	בית-דגן	526	377	01/01/1992	516	429	308	220
איילון	שכונת עזרה	593	400	08/01/2013	587	473	335	240
שפיר	(תחל"ס)	34	57	15/12/1992	86	67	46	33
גזר	(תחל"ס)	19	25	02/12/1991	38	33	25	19

הערות לטבלה:

- לא נעשו ניתוחים סטטיסטיים לתחנות עם תקופת תצפיות קצרה מ-20 שנה, אך ניתן לראות את הספיקות המרביות הידועות. מצאנו לנכון להציג גם את אומדן הספיקות להסתברות 0.5% על אף "החוצפה" בהצגת חיזוי לטווח ארוך כל כך (200 שנה) המתבסס על ניתוח של נתונים מתקופת תצפיות של כ-60 שנה בלבד.
 - התבוננות בסדרת נתוני ספיקות השיא המרביות השנתיות של תחנת נטוף מעלה סימני שאלה. משנות ה-70 ועד היום קיימת מגמה מסוימת של פחיתה בספיקות לעומת השנים הקודמות. איננו יודעים בוודאות את הסיבות לכך, ייתכן וויסותים במעלה, ייתכן בעיות הידרומטריה ואחרות.
- מחצבת שפיר הממוקמת מעבר לקו הירוק החלה בכרייה לפני כ-5 שנים. המחצבה נמצאת במורד תת אגן בנחל

נטוף שגודלו כ- 90 קמ"ר. בעת סופה זורם יובל נחל נטוף אל המחצבה, משבית אותה ומחלחל לאקוויפר בתוך מספר שעות עד ימים. עובדה זו מחזקת את הפחיתה בברור בשנים האחרונות.

3. מבדיקת הנתונים הגולמיים של ספיקות השיא המרביות השנתיות התברר כי בתחנות קנה ושילה חסר מידע ממספר סופות גשם קיצון שאירעו בשנות 40-50. לדוגמה בסופת כפר קאסם המפורסמת (נובמבר 1955), ירדו באגן נחל קנה עד - 250 מ"מ גשם בלילה אחד. סופה זו גרמה לספיקת השיא המרבית הידועה בנחל ירקון אך לא נמדדה בתחנת נחל קנה שלא עבדה בשנה זו. המסקנה היא שלא נכון להשתמש בתוצאות הניתוח הסטטיסטי של תחנות קנה ושילה לקביעת ספיקות שיא בהסתברות נמוכה.

בטבלה 14 ניתן לראות את השינוי בספיקות השיא החזיות עקב תוספת 10 שנות נתונים.

טבלה מס' 14: השוואה בין ספיקות השיא בהסתברויות שונות בתקופת תצפיות עד 2004 לעומת תקופת תצפיות עד 2013

ספיקות שיא (מקש"נ) עד שנת 2013 בהסתברויות שונות (%)				ספיקות שיא (מקש"נ) עד שנת 2004 בהסתברויות שונות (%)				שם התחנה	שם הנחל
10%	5%	2%	1%	10%	5%	2%	1%		
61	92	135	169	76	116	172	212	ירחיב	קנה
107	149	205	248	117	166	232	283	נחשונים	שילה
248	343	472	571	261	336	500	606	כביש הרצליה	ירקון
64	100	170	231	62	89	125	153	לוד	איילון
117	168	241	299	132	192	277	343	אתר "ג"	נטוף
33	46	67	86	34	48	71	92	(תחל"ס)	שפיר

מטבלה 14 ניתן לראות כי ברוב התחנות תוספת 10 שנות התצפיות גרמה להקטנה מסוימת של ספיקות השיא בהסתברויות הנמוכות. **מומלץ להשתמש בניתוח הסטטיסטי הישן** כיוון שבחלק מהתחנות לא נכללים נתוני הסופות הגדולות של השנים 1951, 1955.

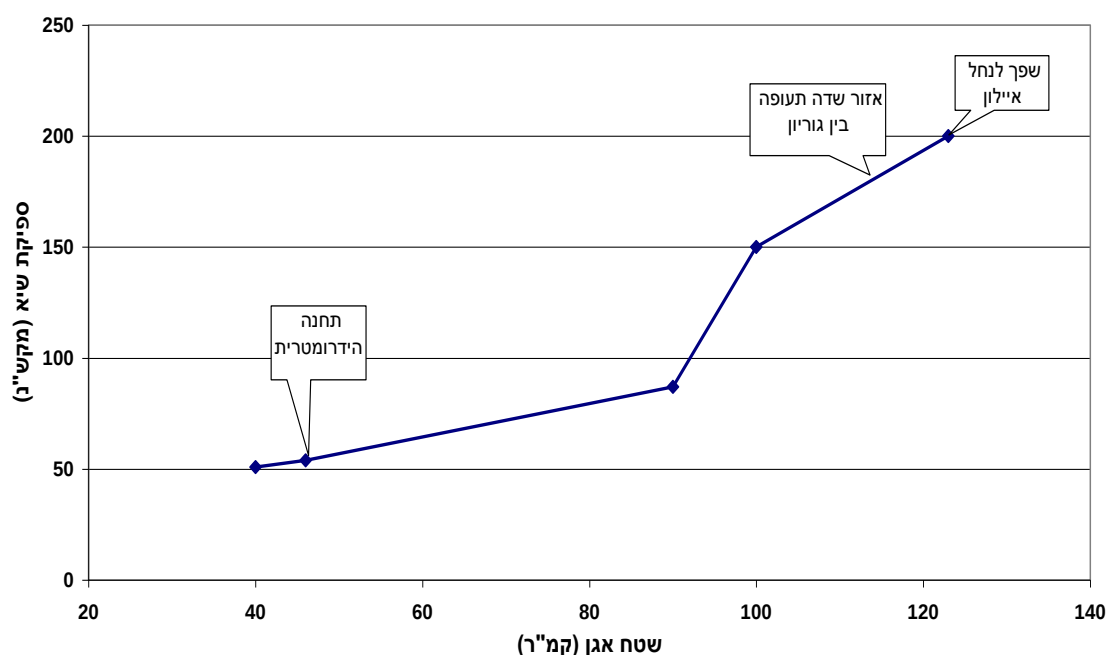
בתחנת אילון לוד ספיקות השיא בהסתברויות הנמוכות גדלו באפן דרמטי. יש לציין כי התחנה לחקר הסחף קבעה ספיקת שיא של 130 מקש"נ בתאריך 8.1.2013 ולא 173 מקש"נ כפי שמופיע בסדרת הנתונים של השירות ההידרולוגי. הנתון החורג של השירות ההידרולוגי מקפיץ מאד את הספיקות החזיות בהסתברויות הנמוכות.

2.3 נתוני ספיקות שיא מאירועים חריגים:

השונות הגבוהה של עובי ועוצמות הגשם בזמן ובמרחב, יוצרות מצב בו בדרך כלל ערכי עובי ועוצמות הגשם הגבוהים ביותר אינם נרשמים עקב התרחשויות במרחק מה מתחנות המדידה. ספיקות השיא מושפעות כמובן מהגשם ולעיתים מופיעות בעוצמה חזקה דווקא בנחלים שאינם מדודים. לתיעוד ספיקות השיא מאירועי גשם חריגים יש חשיבות רבה כמו גם לשימוש בנתונים אלה בהבנת תכניות שימור קרקע ומים, ניקוז והגנה בפני

שיטפונות. ספיקות השיא נמדדו בנחלים רבים בחלקם ליד תחנות הידרומטריות של השירות ההידרולוגי ושל התחנה לחקר הסחף ובחלקם בנקודות אחרות ברחבי רשות הניקוז. בנספח מס' 5 בטבלאות 24-26 ניתן לראות את ספיקות השיא שנמדדו ע"י התחנה לחקר הסחף בשיטות העבר שיפוע על סמך סימני שיא הזרימה (דו"ח מיוחד M-62) בשנת 1992/1993 ונתוני ינואר 2013. דוגמא לחשיבות הנתונים מאירועים חריגים ניתן לראות כאשר בוחנים את ספיקות השיא אשר נמדדו בנחל בית עריף בשנת 1992. באיור מס' 12 ניתן לראות את אומדן ספיקות השיא כפי שחושבו ע"י התחנה לחקר הסחף לאחר מדידת סימני שיא הזרימה כנגד גודל האגן בנקודות המדידה.

איור מס' 12: פריסת ספיקות השיא המדודות בנקודות שונות של אגן נחל בית עריף באירוע נגר חריג מתאריך ה- 16/12/92



מאיור מס' 12 ניתן לראות את התרומה הגבוהה של הספיקה משטחו התחתון של אגן הניקוז בית עריף. תחנת המדידה של נחל בית עריף נמצאת בחלקו העליון של האגן ומידע חשוב כל כך על תרומה כה גבוהה של ספיקה מחלקו התחתון של האגן שהיה במוקד הגשם לא תילקח בחשבון באם נתייחס רק לניתוחים סטטיסטיים מתחנות קבע. מוקד הגשם באירוע מדצמבר 1992 היה באזור שדה התעופה ומסלולי שדה התעופה והשטחים הבנויים תרמו באירוע זה נגר רב תוך ספיקת שיא סגולית גבוהה יותר מאשר במעלה האגן. כאשר בוחנים ספיקות לאזורים שאינם מדודים בעזרת מודלים הידרולוגיים שונים יש לבחון את התוצאות גם לאור המידע על ספיקות שכבר נרשמו כגון ספיקת 200 מקט"נ במורד נחל בית עריף.

מנתוני סופת הגשם עולה כי עובי הגשם היומי, הדו יומי והסופתי לא היו מרביים בתחנת לוד בתקופת התצפיות. עובדה זו יכולה לרמוז לנו כי הסתברותה של ספיקת השיא כנראה גבוהה יותר מ-1%. בשנים 1910, 1938 ו-1951 ירדו כמויות הגשם המרביות הרשומות בתחנת לוד, לדוגמא עובי הגשם הסופתי בתאריך 12.23.1951 היה 452 מ"מ לעומת 352 מ"מ בלבד בדצמבר 1992. דוגמא נוספת בשיטפון בתאריך 16/12/1992 בתחנת לוד בפרק זמן של שעותיים גשם

בעוצמה גבוהה מ-20 מ"מ/שעה והעוצמה המרבית למשך חצי שעה הגיע ל-50 מ"מ/שעה. בתאריך 6/11/1938 ירד גשם בעוצמה גבוהה מ-20 מ"מ/שעה אך לפרק זמן ארוך יותר (3 שעות) והעוצמה המרבית לפרק זמן של חצי שעה הייתה דומה (52 מ"מ/שעה).

אם ניקח בחשבון שלא היה זה גשם מקומי (כמויות גשם יומיות גדולות ירדו גם באזור יפו ת"א ומקווה ישראל). אזי סביר להניח שהנחלים בית עריף ואיילון זרמו לא פחות חזק מאשר בדצמבר 1992. ספיקת שיא "משוחזרת" לו הייתה מוכנסת לסדרות הנתונים בתחנות ההידרומטריות הייתה משנה באופן מהותי את אומדני הספיקות בהסתברויות הנמוכות.

מטבלה מס' 23 בנספח מס' 3 ניתן לראות ספיקות שיא גבוהות בנחל ירקון 107 קמ"ר (רבה) בשנים 1951 ו-1955. ספיקה סגולית של כ-1.5 מקש"נקמ"ר (בדומה לנחל בית עריף משנת 1992), לא נרשמה עדיין בתחנה בעלת שטח אגן הררי דומה. בשנים אלו התחנה בנחל קנה לא עבדה וכך ניתוח סטטיסטי של נתוני ספיקות השיא בנחל קנה אשר תקופת התצפיות בו כוללת שנים אלו לא יביא לידי ביטוי את הספיקות החזקות שכנראה עברו בנחל זה. אנו משערים שגשם סופתי כפי שירד בשנים 1938, 1951 ו-1955 (טבלה מס' 5) היה גורם היום לספיקות שיא גבוהות יותר מאלו הבודדות עליהן יש לנו רישום. הסיבה לכך נעוצה בתוספת הסדרת נחלים ובשינויים בשימושי הקרקע. תוספות הבינוי הגדולות באזור המרכז והסדרת הנחלים שבאה בעקבות כך מאפשרת כיום פוטנציאל ספיקה גדולה יותר במורדות הנחלים מזו שהייתה בהם לפני כ-50 שנה. השימוש בסדרות הנתונים ללא התייחסות לשינוי זה עלולה להיות בעייתית כאשר מדובר באומדן הספיקות בהסתברות נמוכה.

2.4 קביעת ספיקות השיא בנקודות נבחרות

בארץ מקובלות שיטות שונות לקביעת ספיקות השיא: סטטיסטיקה של סדרות נתונים מדודות, מודלים סטטיסטיים, אנלוגיה ושימוש בנוסחה רציונאלית באגנים קטנים. קביעת ספיקות השיא בהסתברויות שונות לנחל ירקון ויובליו נעשתה לפי מודל סטטיסטי אזורי ולפי השיטה האנלוגית.

שיטה זו מבוססת על בחירת אגן אנלוגי לאגן הנחקר בעיקר מתוך אגן נחל ירקון ואיילון, כאשר נשמר דמיון בין סוגי חבורות הקרקע והתכסית. בחישובים נעשית השוואה בין אגן בו נמצאת תחנה הידרומטרית לבין אגן שבו לא קיימות מדידות. לקביעת אגן אנלוגי נעשה שימוש באחוזים של קבוצות חבורות קרקע עיקריות ובאחוזי השטח הבנוי באגן. תנאי חשוב להפעלת השיטה הינו סדרי גודל דומים של שטח אגן ההיקוות בנחל הנחקר ובנחל המדוד (האנלוגי). נתונים לצורכי חישוב בשיטה האנלוגית באזור אגן ירקון נלקחו מהתחנות והנחלים הבאים: שפירים, גזר, בית עריף, איילון-לוד, איילון-בית דגן, נטוף-אתר "ג", ירקון-כביש הרצל, קנה ושילה. סדרות נתוני ספיקות השיא עודכנו עד שנת 2013.

השיטות לקביעת ספיקות שיא באגנים קטנים ובינוניים בעייתיות מאוד שכן אינן לוקחות בחשבון גורמים נוספים שיכולים להשפיע על הזרימות כגון: כושרי ההלכה, רציפות וצפיפות ערוצי הזרימה וכד'. יחד עם זאת, בהעדר נתונים מדודים של זרימות, חידור, אוגר, מקדמי נגר, זמני ריכוז ועוד, אין ברשותנו בשלב זה שיטות טובות יותר לאומדן ספיקות התכן.

החלק העירוני במורד האגן אינו מיוצג כלל וגם האזור של הקרקעות הגרומוסוליות בין השפלה לחוף כמעט ואינו מיוצג (נחל שפיר בלבד).



השינויים המשמעותיים בכושרי ההולכה והסדרת מערכות הניקוז, מחייבים פיתוח מודלים פיזיקליים מבוססים על שימוש בגשם תכן ובמידע על השינויים במערכות הניקוז.



2.5 ספיקות מומלצות בנקודות נבחרות לתכנון הגנה בפני שיטפונות

בטבלה 15 ניתן לראות ספיקות שיא בהסתברויות שונות בנקודות מפתח אשר נקבעו לצורך בדיקת אפשרות הקמת מאגרי וויסות להקטנת ספיקות השיא בנתיבי אילון.

בנספח מס' 6 ניתן לראות את ספיקות השיא בהסתברויות שונות בנקודות נבחרות לפי שיטות חישוב שונות. ניתן גם לראות את הקואורדינטות, שטח חבורות הקרקע באגנים והשטח הכולל של האגנים בנקודות הנבחרות.

טבלה מס' 15: ספיקות שיא בהסתברויות שונות בנקודות מפתח באגן אילון

ספיקות שיא (מקש"נ) בהסתברויות שונות (%)					שטח מצטבר (קמ"ר)	נקודת מפתח	שם אגן
10	5	2	1	.5			
270	390	535	660	702	639.6	0-201	נחל איילון ממחצבה
13	15	18	21	25	8.0		נחל אזור
24	32	41	49	57	26.0		נחל כופר
45	61	82	98	115	49.3	020200	נחל שפירים
240	335	470	575	673	556.3	0-203	מתקן "א-2" (נחל איילון ממחצבת נשר עד כביש 4)
240	335	470	575	673	541.7	0-204	מפגש איילון - בית עריף (ממחצבת נשר)
24	36	48	60	70	37.1		מתקן "מחצבת מודיעין" (מעלה נחל בית עריף)
27	41	55	70	82	52.1		נחל בית עריף במעלה מתקן "ע-1"
50	70	100	120	140	89.2		מתקן "ע-1"
9	13	19	25	29	10.7		מתקן "ע-3"
80	110	150	180	211	121.3		מעלה מפגש "עריף" 1 (מעלה מפגש נחל בית עריף ונחל יהוד)
19	23	26	30	35	6.6		מתקן "ע-5"
90	120	165	200	234	139.2	020400	נחל בית עריף בחיבור לאיילון
174	246	349	410	480	394.9	0-205	נחל איילון במורד מפגש איילון נטוף (ממחצבת נשר)
102	143	204	255	298	235.5		מתקן "נ-1"
107	150	215	270	316	249.4	020500	נחל נטוף בחיבור לאיילון
93	120	163	196	229	145.5	0-205	נחל איילון במעלה מתקן "א-1" (ממחצבת נשר)
42	53	67	79	92	35.5		מתקן "ג-1"
70	90	120	140	164	59.3	020600	נחל גזר בחיבור לאיילון
46	69	91	120	143	78.1	0206	נחל איילון במעלה מפגש עם נחל גזר (ממחצבת נשר)
11	15	21	27	32	14.4	020700	נחל גמזו
57	79	115	145	170	209.7	0-208	נחל איילון במעלה מחצבת נשר
35	47	70	100	117	52.3	0-208	נחל איילון בין מחצבת נשר למאגר "משמר איילון"
56	78	107	130	150	157.5	0-210	אגן האיילון במעלה מאגר "משמר איילון"

מטבלה 16 ניתן לראות כי באגן אילון במעלה מאגר משמר אילון (שורה אחרונה), ספיקות השיא קטנות בהרבה באופן יחסי לגודל האגן, מנחלים הררים אחרים. הקטנה זו מבוססת על מדידת ספיקות השיא בכניסה למאגר בשלוש הסופות החזקות ביותר בתקופה 1991-2013 (טבלה 16). ניתן לראות את ספיקות השיא בתחנות הידרומטריות נטוף ובית עריף וממדידות של התחנה לחקר הסחף בכניסה למאגר אילון (דוח M-45, דוח שנת 2012/2013, טרם פורסמו).

טבלה מס' 16: ספיקות השיא בכניסה למאגר אילון ובאגנים שכנים ב 3 הסופות החזקות בשנים האחרונות

מיקום	שטח אגן (קמ"ר)	ספיקת השיא (מקש"נ) בתאריכים שונים		
		1.1.1992	16.12.1992	8.1.2013
כניסה למאגר אילון	160	80	10	14
נטוף	251	160	110	90
קנה	240	100	100	-
בית עריף	46	26	54	30

ניתן לראות שספיקת השיא בכניסה למאגר ב 1.1.92 היא 80 מקש"נ (מרבית ידועה לנקודה זו). הסתברותה של ספיקת השיא בסופה זו, בתחנת אילון לוד בגודל שטח דומה, כ – 1.5%. סביר להניח שהסתברותה של ספיקת השיא בכניסה למאגר דומה, כי פריסת הגשם הייתה אחידה יחסית.

מטבלה 16 ניתן לראות דעיכה של ספיקות השיא מ – 80 מקש"נ בשנת 1991 ל – 14 מקש"נ בלבד בשנת 2013. ייתכן והסיבות לכך נעוצות בשימושי הקרקע טרסות וייעור, אך נושא זה עדיין לא נבדק כראוי.

בטבלה 17 ניתן לראות ספיקות שיא בהסתברויות שונות בנקודות מפתח באגן נחל ירקון.

טבלה מס' 17: ספיקות שיא בהסתברויות שונות בנקודות מפתח באגן ירקון

שם אגן / מתקן	שטח אגן (קמ"ר) מתקן	ספיקת שיא בהסתברות 0.5% (מקש"נ)	ספיקת שיא בהסתברות 1% (מקש"נ)	ספיקת שיא בהסתברות 2% (מקש"נ)	ספיקת שיא בהסתברות 5% (מקש"נ)	ספיקת שיא בהסתברות 10% (מקש"נ)
אגן עירוני - מעלה שפך ירקון לים לבד	7.0	18	15	12	9	7
נחל ירקון מעלה כביש 20 (מעלה כניסת נחל איילון)	967.8	772	660	541	396	290
נחל ירקון מעלה כביש 482	956.0	772	660	541	396	290
מתקן ירק 2 (מעלה כביש 4)	948.5	772	660	541	396	290
מתקן ירק 3	917.0	761	650	533	390	286
Y05	7.5	30	26	21	16	11
Y0601	10.8	41	35	29	21	15
מתקן שילה 1 - נחל שילה	413.1	509	435	357	261	191
מתקן שיל2	410.4	503	430	353	258	189
מחצבת נחשונים	363.0	468	400	328	240	176
נחל מזור בחיבור לשילה	20.3	70	60	49	36	26
מתקן מזר 1 - מזור תחתון	9.7	35	30	25	18	13
מתקן מזר 2 - מזור עליון	8.9	21	18	15	11	8
מתקן ירק 6	498.0	573	490	402	294	216
מזור עליון	15.0	35	30	25	18	13
נחל הדס	19.3	74	63	52	38	28
נחל קנה	376.0	486	415	340	249	183
מתקן קנה 1 (מעלה כביש 40)	354.6	468	400	328	240	176
מתקן קנה 2	242.3	351	300	246	180	132
מתקן קנה 3	237.3	351	300	246	180	132
נחל סיר (מעלה נחל קנה)	107.8	176	150	123	90	66
נחל סיר (מעלה נחל חבלה)	100.5	140	118	95	66	46
מתקן סיר 1	1.9	9	8	7	5	4
מתקן חבל 3 - נחל חבלה	5.3	25	22	20	14	11
מתקן חבל 2	4.2	19	16	13	10	7
מתקן חבל 1	1.8	9	8	7	5	4
מתקן ירק 4	112.8	176	150	123	90	66
כפר ברה, נווה ירק דרום/חגור	9.6	35	30	25	18	13
נחל ירקון במעלה חציית כביש 5	98.0	170	145	119	87	64
נחל רבה	91.0	158	135	111	81	59
מתקן רבה 1	73.2	123	105	86	63	46
תעלת עינת	7.0	29	25	21	15	11
RA0201	7.5	19	16	13	10	7

* הערה: הספיקות המוצגות בטבלה הנ"ל אינן כוללות התייחסות לריסון שהחל לעבוד בשנים האחרונות במחצבת נחשונים ומחצבת רבה.

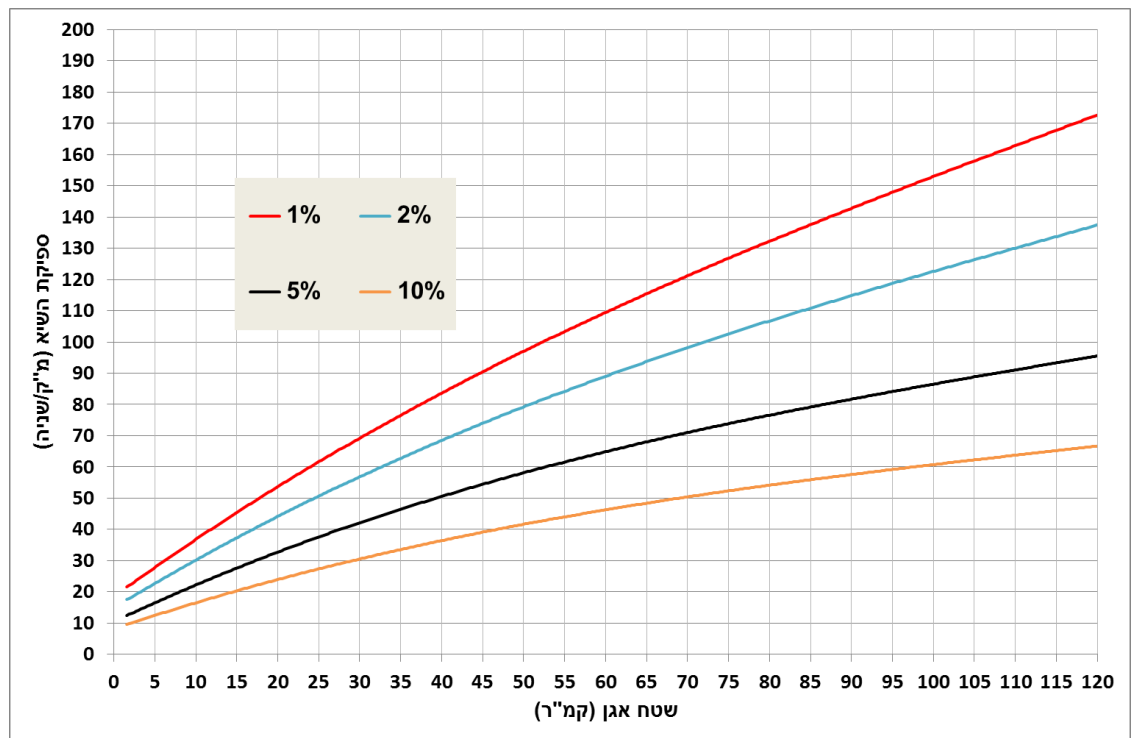
מחצבת נחשונים- נכון לשנת 2012 נפח המחצבה לטובת ריסון בתא הצפוני עמד על 2.2 מלמ"ק, עבודות החציבה נמשכות בתא הדרומי כך שפוטנציאל הריסון במחצבה בעתיד יהיה גדול יותר (8-10 מלמ"ק). מחצבת הנסון- ממוקמת על ערוץ משני של נחל רבה - המחצבה חדשה יחסית, נפחה עדיין לא משמעותי במונחים של ריסון. האגן אשר מתנקז למחצבה גם הוא קטן יחסית כ- 25 קמ"ר. המחצבה ממוקמת מעבר לקו הירוק כך שיש לקחת את תרומתה בערבון מוגבל.

2.6 עקומים לאומדן גס של ספיקות התכן

לאומדנים גסים בלבד, ניתן להשתמש בנומוגרמות של ספיקות כפונקציה של גודל האגן בהסתברויות שונות (איור 13). הנומוגרמות מתאימות לשימוש בתחום שטחי אגנים 5-120 קמ"ר. אומדנים אלו מתעלמים מהבדלים הנובעים משינויי חבורות הקרקע, שימושי הקרקע והאזורים השונים- חוף, שפלה והר. מחישובי הספיקות עולה כי בהסתברויות הנמוכות ההבדלים כתוצאה מהשתנות התנאים מצטמצמים מאוד. ובאגנים קטנים יותר יש להשתמש בנוסחה רציונאלית (ראה אתר נתיבי ישראל), לאגנים גדולים יותר ניתן להשתמש באינטרפולציה בין נקודות בטבלאות 16 ו- 17.

איור מס' 13: קשר ספיקות שיא (מקש"נ) בהסתברויות שונות (%), לשטח אגן היקוות (קמ"ר) באגן אילון ירקון (אומדן גס בלבד)





4. נפחי נגר

3.1 נפחי נגר שנתיים בהסתברויות שונות בתחנות הידרומטריות

בטבלה מס' 19 ניתן לראות תוצאות ניתוח סטטיסטי של נפחי הנגר השנתיים ב – 7 תחנות הידרומטריות של השירות ההידרולוגי באגן ירקון אילון.

טבלה מס' 18: נפחי נגר שנתיים (מלמ"ק) בהסתברויות שונות (%) באגן ירקון

נפח מירבי ידוע (מלמ"ק)	נפח שנתי (מלמ"ק) בהסתברויות שונות (%)										שטח אגן (קמ"ר)	שם נחל תחנה
	1%	2%	3%	5%	10%	20%	50%	75%	90%	95%		
219	185	149	130	104	71	42	11	2.9	1.2	0.9	953	ירקון
115	94	79	70	58	43	28	10	3.6	1.2	0.6	526	אילון בית דגן
34	23	18	16	13	9	5	1.5	0.4	0	0	357	שילה
13	16	14	10	8	6.5	3	1	0.5	0	0	240	קנה
70	28	23	20	16	11	7	2	0.5	0.1	0	251	נטוף
26	26	18	17	14	10	6	1.4	0.2	0.1	0	136	אילון לוד
3.6	5.4	4	3.5	3	2	1	0.2	0.1	0	0	46	בית עריף

ניתן לראות מתוצאות הניתוח הסטטיסטי בהסתברויות הנמוכות בעיתיות רבה. לדוגמה הנפח השנתי בהסתברות 1% בנחלים שילה וקנה (כ - 600 קמ"ר), 39 מלמ"ק. בהשוואה בתחנת בית דגן עם שטח דומה (526 קמ"ר), נפח של 94 מלמ"ק. אין גורם הגיוני לדעתנו לנפח גדול פי 2 באגן אילון לעומת אגני ירקון. בדוגמה נוספת ניתן לראות כי בירקון צפוי בהסתברות 1% נפח שנתי של 185 מלמ"ק לעומת נפח של 39 מלמ"ק בלבד ביובליו הראשיים שילה וקנה. הפרש השטח בין ירקון (953 קמ"ר) לקנה ושילה יחד (597 קמ"ר), הוא 356 קמ"ר והפרש הנפח 146 מלמ"ק. כלומר משטח זהה בגודלו לשטח אגן שילה מתקבלת תוצאה פי 6 יותר מאשר מיוחס לאגן שילה. הסיבה לדעתנו מחסור ברישומים אמינים של הידרוגרפים נדירים והידרומטריה לקויה. המסקנה היא שלא ראוי להשתמש רק בניתוחים סטטיסטיים של הנפחים. לדעתנו הנפחים השנתיים המרביים של אגני ירקון, אילון בית דגן ונטוף (230-280 מ"מ נגר), מייצגים נפח שנתי בהסתברות כ - 1%. על מנת לקבל אומדן גס של נפח זרימה שנתי בהסתברות מסוימת באגן לא מדוד, ניתן להשתמש בשיטה האנלוגית.

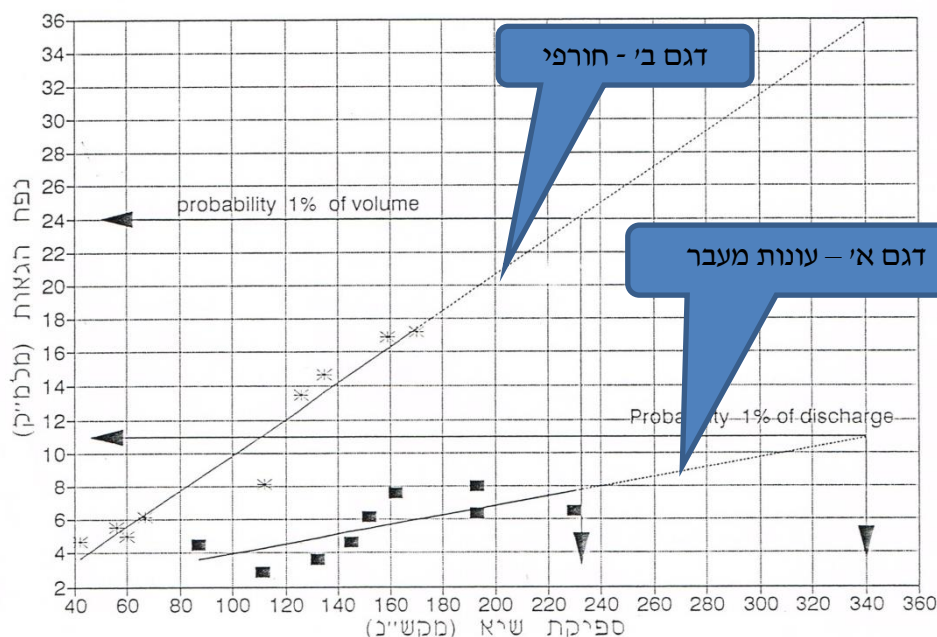
3.2 נפחי גאוויות בהסתברויות שונות בתחנות הידרומטריות

כללי

מאגר נתוני נפחי הגאוויות קיים רק משנות השמונים בעוד נתוני הספיקות גם משנות הארבעים - חמישים. הבדל כ - שלושים שנות תצפית משמעותי מאד לקביעה אמינה יחסית של מאפיינים הידרולוגיים. במקרים רבים הרישום של הגאוויות הקיצוניות לקוי ולעיתים משוחרר באופן בעייתי.

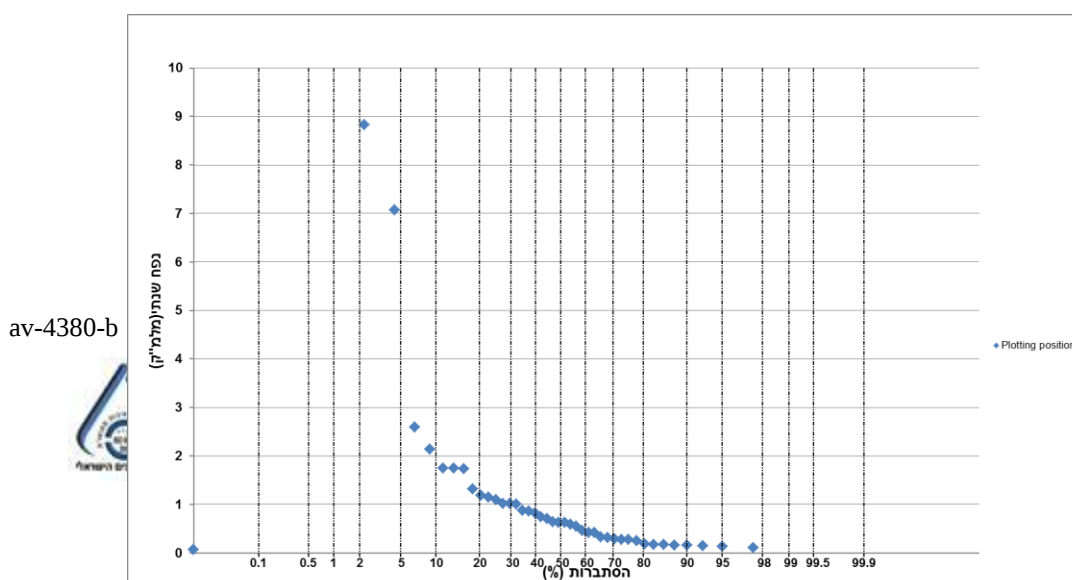
בפרק הבא - הידרוגרפי תכן מוצגים 2 דגמי הידרוגרפים, דגם א' לסופות בעונות המעבר (נפחים קטנים ביחס לספיקות השיא), דגם ב' לסופות חורפיות ממושכות המייצרות נפחים גדולים מאד. בשנת 1993 (טרם בניית מאגר הנתונים הממוחשב), נעשה בתחנה לחקר הסחף עיבוד לנתוני נפחי גאוויות בנחל נטוף. עיבוד זה נעשה על כל נתוני רישומי הגאוויות מתוך ארכיון השירות ההידרולוגי. כמו כן נעשה ניתוח סטטיסטי של ספיקות השיא ושל נפחי הגאוויות. באיור 14 ניתן לראות קשר בין נפחי הגאוויות לספיקות השיא.

איור מס' 14: הקשר בין ספיקות השיא לנפח הגאות בנחל נטוף כאשר ספיקת השיא מעל 40 מקש"נ או נפח של 2 מלמ"ק



מאיור 14 ניתן לראות כי נפח הגאות בדגם ב' הצפוי בהסתברות 1% קרוב ל- 24 מלמ"ק וספיקת השיא הצפויה בגאות זאת כ- 235 מקש"נ. לעומת זאת בעונות המעבר - דגם א' ספיקת השיא הצפויה בהסתברות 1% קרובה ל- 340 מקש"נ ונפח הגאות 11 מלמ"ק בלבד. לצורכי תכנון הגנה בפני שיטפונות יש כמובן להתייחס למאפייני גאוויות של סופות חורפיות ממושכות. באיור 15 ניתן לראות את ההסתברויות האמפיריות של נפחי הגאוויות אשר נמדדו בתחנת אילון בכ- 50 שנות תצפית (אורך התצפיות הגדול ביותר במאגר הממוחשב).

איור מס' 15: נפחי גאוויות בהסתברויות שונות בתחנת אילון לוד

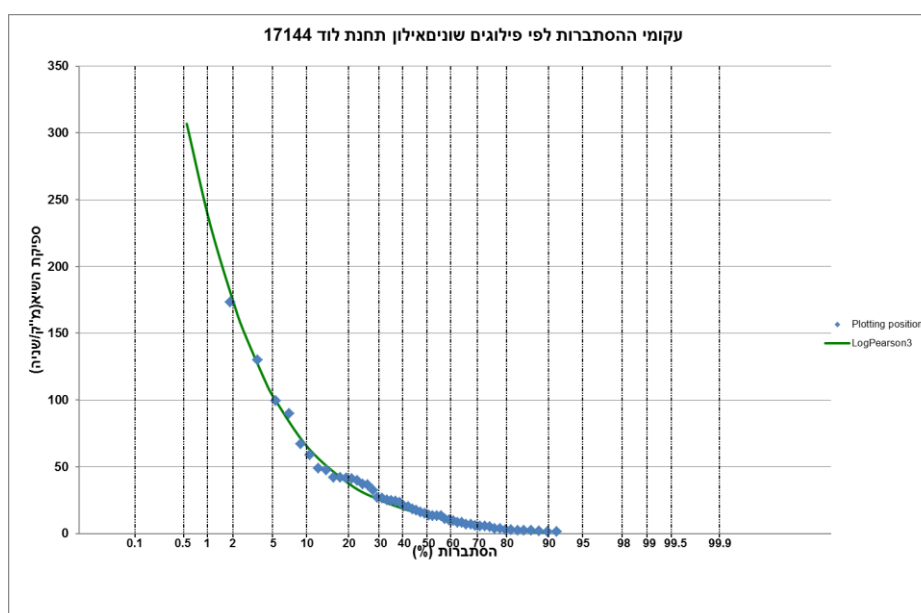


מאיור 15 ניתן לראות כי 2 הגאוויות של השנים 1991/1992 ו- 1992/1993 חורגות לחלוטין מכל שאר הגאוויות. ניתן לראות כי נפח הגאות השנייה גדולה פי 3 מנפח הגאות השלישית. לפי קריטריונים סטטיסטיים מדובר בתת אוכלוסיות שונות מבחינת תנאי היווצרות נפחי הגאוויות. מידע על נפחי רוב הגאוויות אינו רלבנטי לקביעת נפחי גאוויות דגם ב' (גאוויות תכן).

אוכלוסיות שונות ותקופת תצפיות קצרה יחסית, אינה מאפשרת ניתוח סטטיסטי אמין, תוך שימוש בפילוגים התאורטיים המקובלים.

באיור 16 ניתן לראות את עקום ההסתברות של ספיקות השיא המדודות באותה תחנה. ניתן לראות כי לעומת נפחי הנגר, ספיקות השיא מסודרות בסדר יורד ואינן חורגות. ביצוע הניתוח הסטטיסטי ישים, תקין ואמין יחסית.

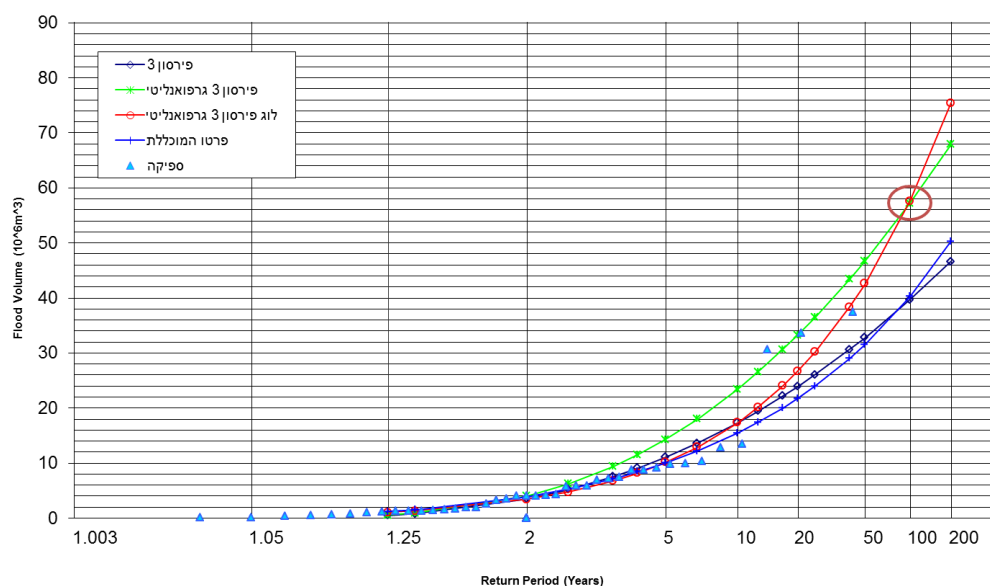
איור מס' 16: עקום ההסתברות ספיקות השיא בתחנת אילון לוד



מנתוני נפחי גאוויות מדודים (נקודות אמפיריות, איור 17), בתחנת אילון בית דגן בה קיים רקורד ארוך יחסית ניתן לראות את שתי תתי אוכלוסיות הנתונים השונות. תת אוכלוסייה ראשונה גדולה מאד - גאוויות שכיחות יחסית ואילו תת האוכלוסייה השנייה קטנה מאד - גאוויות חריגות מאד. פילוגים תאורטיים מקובלים

(מבוססים על שיטת המומנטים: ממוצע, סטיית תקן, מקדם אסימטריה), אינם מסוגלים לייצג היטב את שתי תת האוכלוסיות יחדיו. רק השיטה הגרפואנליטית (המקובלת בהידרולוגיה יישומית בברית המועצות ובארה"ב), מאפשרת קבלת חיזוי סביר. שיטה זו מבוססת על ההנחה שהקו האמפירי המועבר דרך כל הנקודות מכיל בתוכו את מיטב המידע על הפרמטרים הסטטיסטיים הנדרשים לחיזוי ספיקות שיא ונפחי נגר. הוצאת הפרמטרים הסטטיסטיים מתוך הקו מאפשרת ייצוג רב יותר לתת האוכלוסייה הקטנה של נפחי הנגר החריגים. באיור מס' 17 ניתן לראות דוגמה לשימוש בשיטה הגרפואנליטית בניתוח נפחי גאוויות בתחנת בית דגן. בטבלה 19 מרוכזות תוצאות הניתוח הסטטיסטי של נפחי הגאוויות בהסתברות 1% בתחנות הידרומטריות.

איור מס' 17: עקומי הסתברות של נפחי גאוויות בנחל אילון בית דגן



טבלה מס' 19: נפחי גאוויות ועובי נגר בהסתברות 1% בתחנות הידרומטריות

שם נחל תחנה	שטח אגן (קמ"ר)	נפח גיאיות (מלמ"ק)	עובי נגר (מ"מ)
ירקון	953	86.7	91
אילון בית דגן	526	57.5	109
שילה	357	23.1	65
קנה	240	9.2	38
נטוף	251	22.4	89
אילון לוד	136	10.6	78
בית עריף	46	4.8	104

בהסתמך על התכונות הסטטיסטיות של סדרות נתוני הנפחים והספיקות באגן אילון ירקון המלצנו על שיטה אחרת לאומדן הידרוגרף תכן ונפחי גאוויות תכן. שיטה זו מבוססת על יצירת הידרוגרף מנורמל של גאוויות דגם ב' לאגנים שונים בתנאים שונים ושימוש בספיקות שיא בהסתברות נדרשת.



5. הידרוגרפי תכן

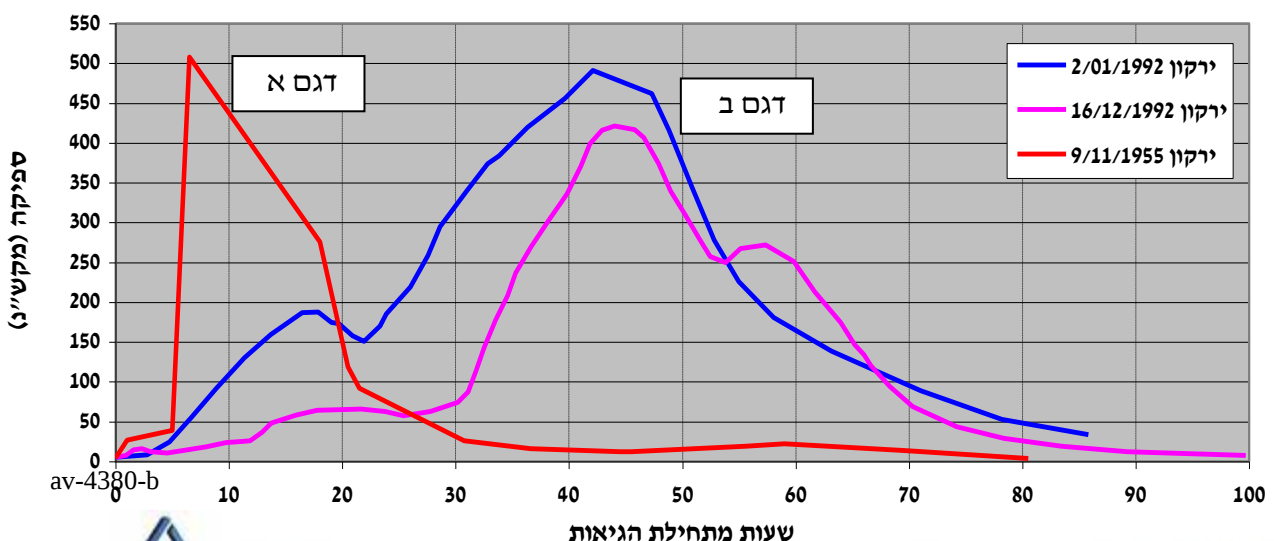
4.1 כללי

יש חשיבות רבה בקביעת הידרוגרפים לתכנון מערכות ניקוז והגנה בפני שיטפונות. על מנת לבחון התנהגות הזרימה בנחלים בעת התרחשותם של אירועים חריגים, אין להסתפק במידע על ספיקות השיא וחובה להתייחס גם למהלך הזרימה. לצורך ביצוע העבודה הוצאו מארכיון השרות ההידרולוגי הנתונים על כל הגאוויות החזקות שנרשמו בתחנות ההידרומטריות בתקופה 1950 עד היום. מתוך גאוויות אלו נבחרו ההידרוגרפים בעלי הספיקות והנפחים המרביים ובהם השתמשנו לקביעת הידרוגרפי התכן. בטבלה 20 ניתן לראות מידע על הגאוויות הגדולות בהן נרשם מהלך הזרימה. באיורים 18-21 ניתן לראות דוגמאות להידרוגרפי זרימות חזקות יחסית.

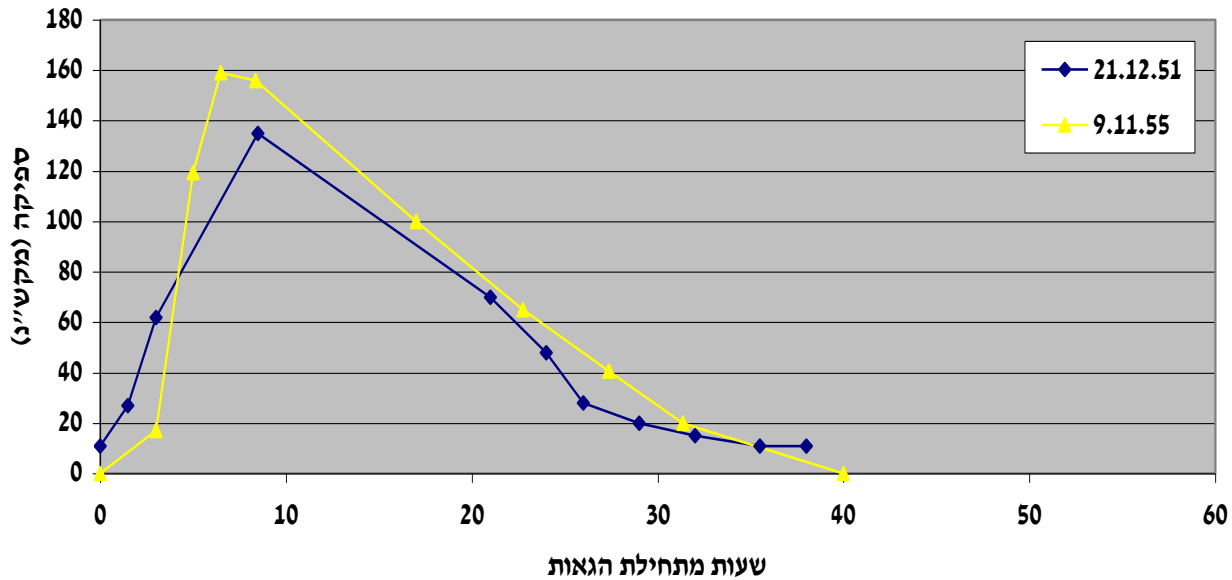
**טבלה מס' 20: פירוט ההידרוגרפים ששימשו לקביעת הידרוגרפי תכן
באגן ההיקוות ירקון-איילון**

תחנת המדידה	תאריך האירוע
ירקון (רבה)	9.11.55, 21.12.51
שילה, בית עריף, קנה, איילון לוד נטוף	1.1.92, 16.12.92
שפיר	15.12.92
ירקון כביש הרצליה,	9.11.55, 1.1.92, 16.12.92
איילון בית דגן	1.1.92, 16.12.92

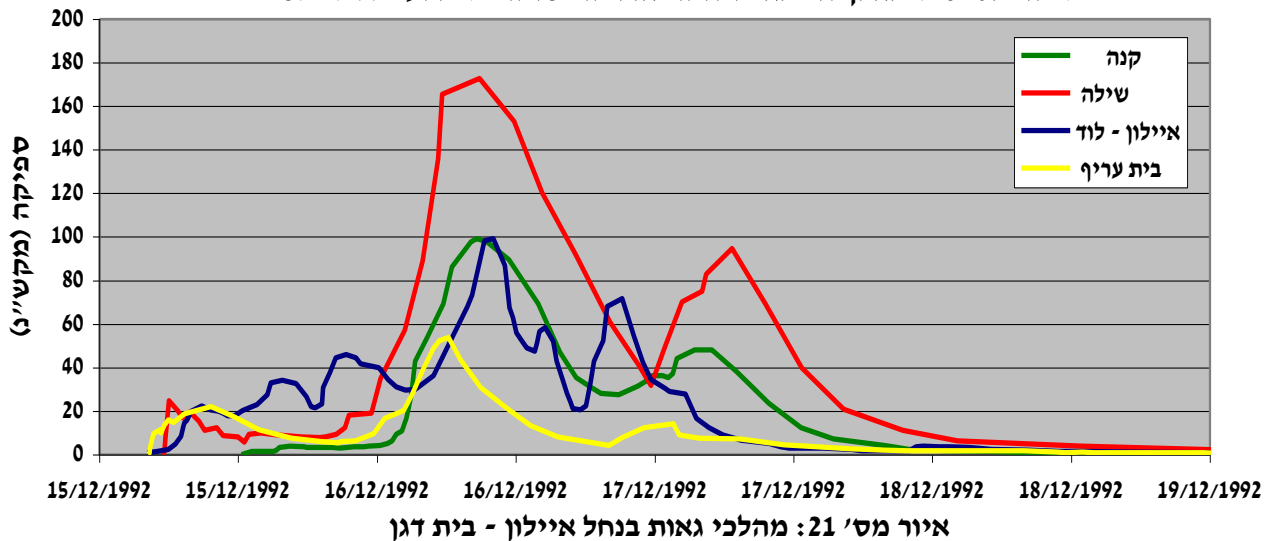
איור מס' 18: מהלכי גאות באגן ירקון בסוגי סופות גשם שונות



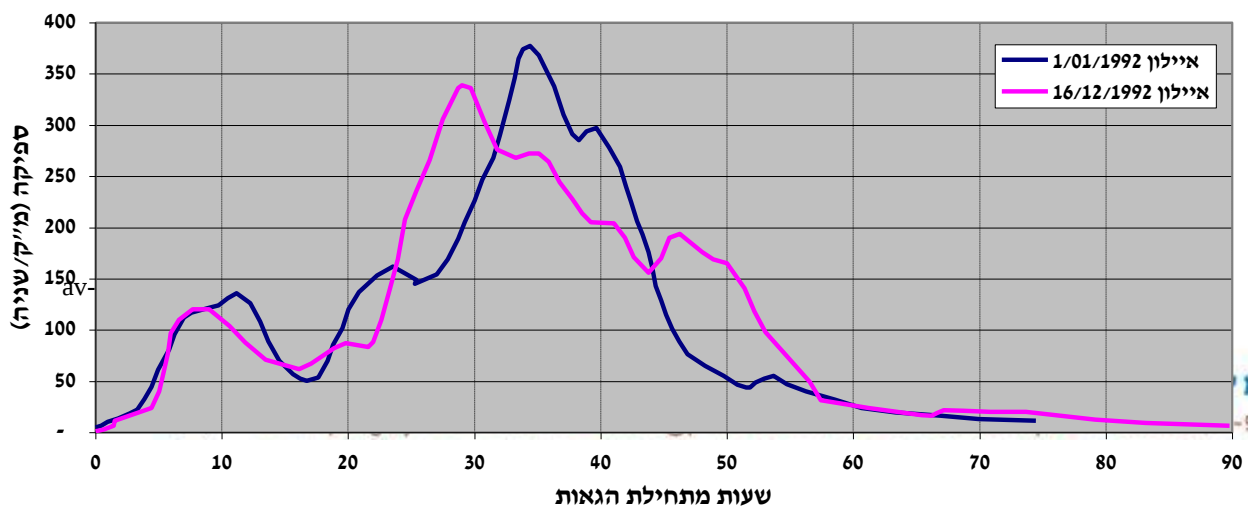
איור מס' 19: הידרוגרפים של גאוויות מדודות קיצוניות מתחנת נחל ירקון – כביש תל אביב-חיפה (רבה)
מתאריכים 9.11.1955 ו- 21.12.1951



איור מס' 20: מהלך זרימה בתחנות הרריות שונות באירוע 16.12.1992



איור מס' 21: מהלכי גאות בנחל איילון - בית דגן



4.2 שני סוגים של הידרוגרפי תכן

קיימים שני תסריטים עיקריים אפשריים להתפתחות גאוויות נדירות בהם נוצרים הידרוגרפים שונים מאוד בצורתם.

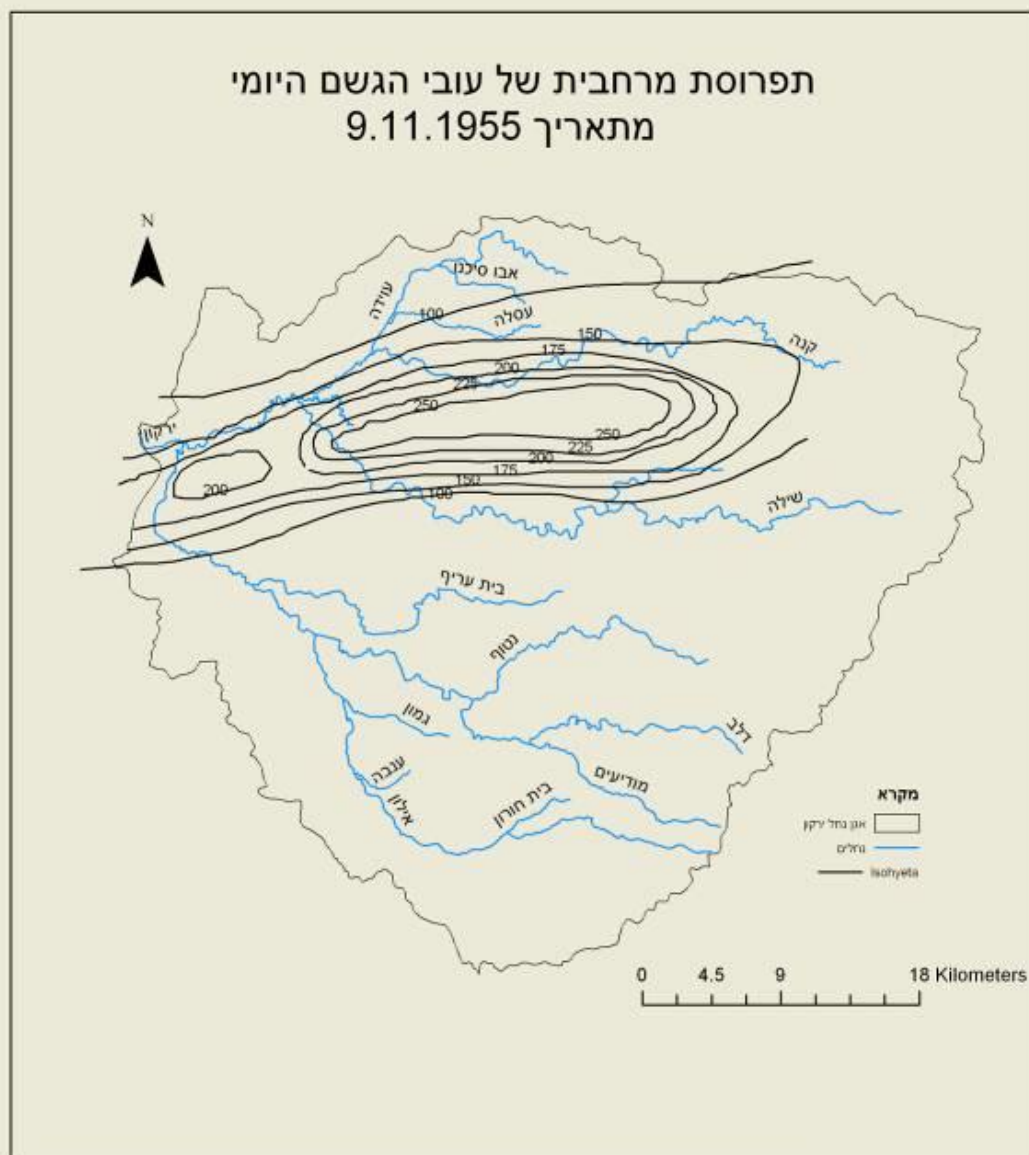
תסריט א: סופת גשם (בדרך כלל בעונות המעבר) עם עוצמות וכמויות גשם נדירות, פריסה מרחבית יחסית מצומצמת ומשך הסופה יחסית קצר (כ-10 שעות). דוגמא לדגם סופת גשם מסוג זה ניתן לראות באיור מס' 22, "סופת כפר קאסם" המפורסמת שנחקרה ע"י תה"ל מתאריך 9.11.1955. בסופה קיצונית זו נמדדה כמות הגשם היומית הגדולה ביותר בכל תקופת התצפיות במדינת ישראל. בסופה זו נמדדו ספיקות השיא הגבוהות ביותר במעלה ובמורד נחל ירקון.

תסריט ב: פריסה מרחבית רחבה מאוד (בדרך כלל בחודשי החורף), עם עוצמות גשם חלשות ובינוניות ומשך סופה ארוך מאוד (כ-60 שעות ויותר). בסופות אלו קיימת השפעה גדולה של רטיבות הקרקע על ספיקות השיא ונפחי הזרימה. דוגמא לדגם סופה זה ניתן לראות באיור מס' 23, סופת הגשם מתאריך 14-16.12.1992. בהתאם לאופי סופות הגשם מתקבלים שני סוגי הידרוגרפים השונים באופיים: דגם סופה א' יוצר בדרך כלל הידרוגרף חד-גלי עם עליית גל מהירה (שעות ספורות) והתוצאה ספיקות שיא גבוהות מאוד.

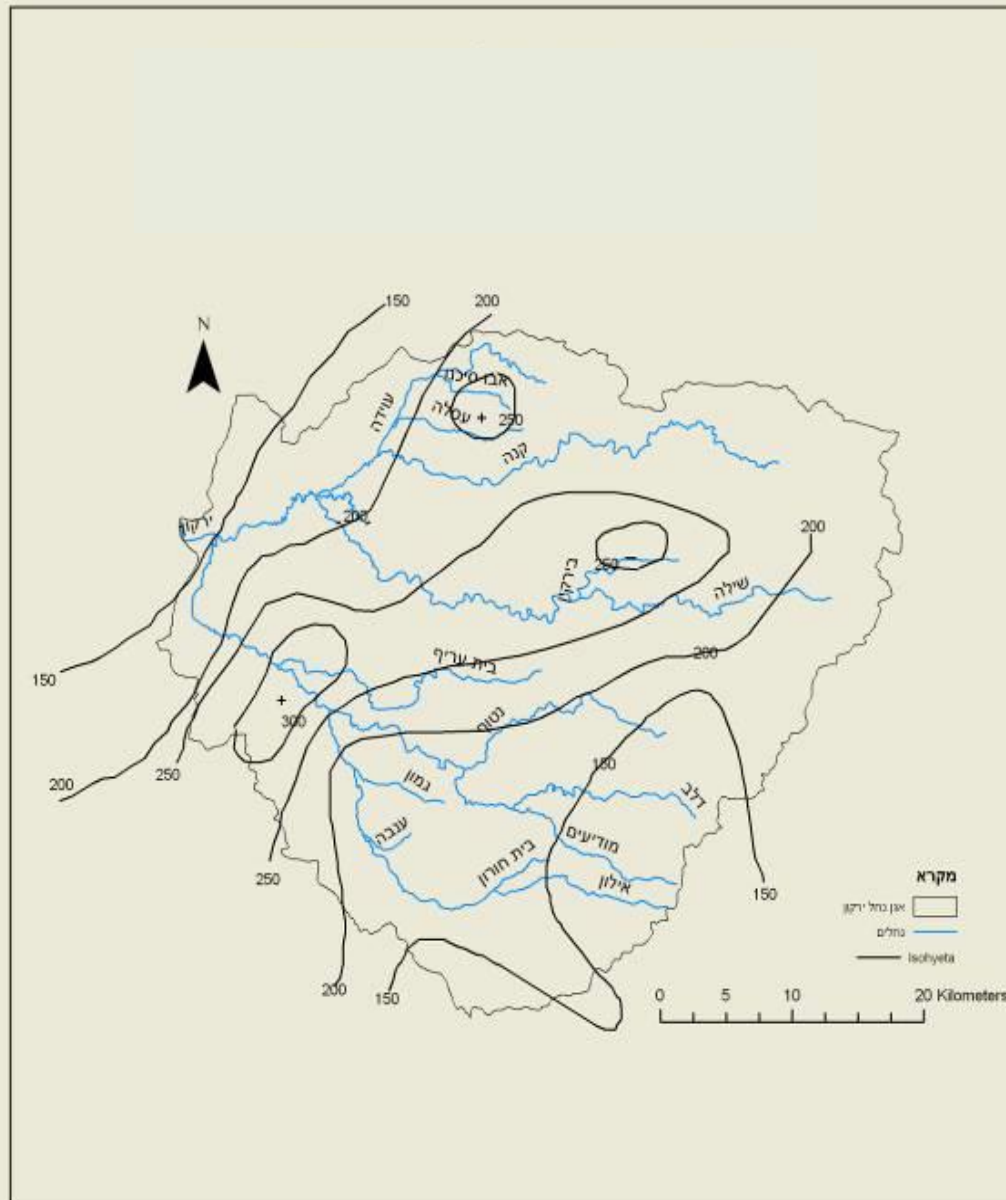
דגם סופה ב', ייצור בדרך כלל הידרוגרף דו-גלי או יותר, עם קצב עליית ספיקות מתונה יותר וספיקות שיא קטנות יותר מאשר בדגם א' בנחלים ההרריים. כפי שניתן לראות מ"סופת כפר קאסם", בנחלים הגדולים (ירקון), ערכי ספיקות השיא מתקרבים לאלו שבדגם א'.

את ההבדל בין שני סוגי ההידרוגרפים הנוצרים מהסופות השונות ניתן לראות באיור מס' 18. מאיורים 19 ו-21 ניתן לראות הידרוגרפים דומים מאוד בנחל מסוים בזרימות קיצון בשנים שונות. תופעה זו מאפשרת קביעת צורה של הידרוגרפי תכן לתכנון הגנה בפני שיטפונות.





**איור מס' 23: תפרוסת מרחבית של עובי הגשם הסופתי (מ"מ)
בסופה מתאריך 14-16.12.1992**



av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
 טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

את שני דגמי הגאוויות, א' ו-ב', אנו רואים בכל אחד מהאזורים באגן הניקוז ירקון. האירועים מדגם א' נדירים בהרבה ומתרחשים בדרך כלל בשולי עונת הגשמים, בסתיו ובאביב, ואילו דגם ב' של הגאות הממושכת יותר מתרחש בעיקר בחודשי החורף העיקריים. מידע על תאריכי גאוויות וספיקות השיא מדגמים שונים ניתן לראות בטבלה מס' 21.

טבלה מס' 21: ספיקות השיא ותאריכי גאוויות גדולות בנחלים נטוף וירקון – כביש הרצליה

דגם	שם הנחל	תאריך	ספיקת שיא (מקש"נ)
א'	נטוף	22.3.69	230
		18.10.42	193
	ירקון	9.11.55	508
ב'	נטוף	21.12.51	170
		1.1.92	159
	ירקון	16.12.92	491

בנחלים נטוף וירקון תקופת התצפיות כ – 60 שנה המאפשרת קביעת צורת הידרוגרפי תכן.

4.3 שיטת העבודה לקביעת הידרוגרף התכן

הוחלט לקבוע הידרוגרפי תכן לאגנים הרריים (גדולים וקטנים), מישוריים ומשולבים. שיטת העבודה מבוססת על בחירת ההידרוגרפים המדודים הקיימים במאגרי הנתונים אשר מייצגים את האזורים השונים. לאחר מכן הפכנו את ההידרוגרפים המדודים להידרוגרפים סינטטיים תוך נירמול הספיקות (ספיקה בזמן מסוים מחולקת לספיקת שיא הגאות). על מנת לקבל הידרוגרף תכן מכפילים את הספיקות המנורמלות בספיקת השיא בהסתברות הנדרשת.

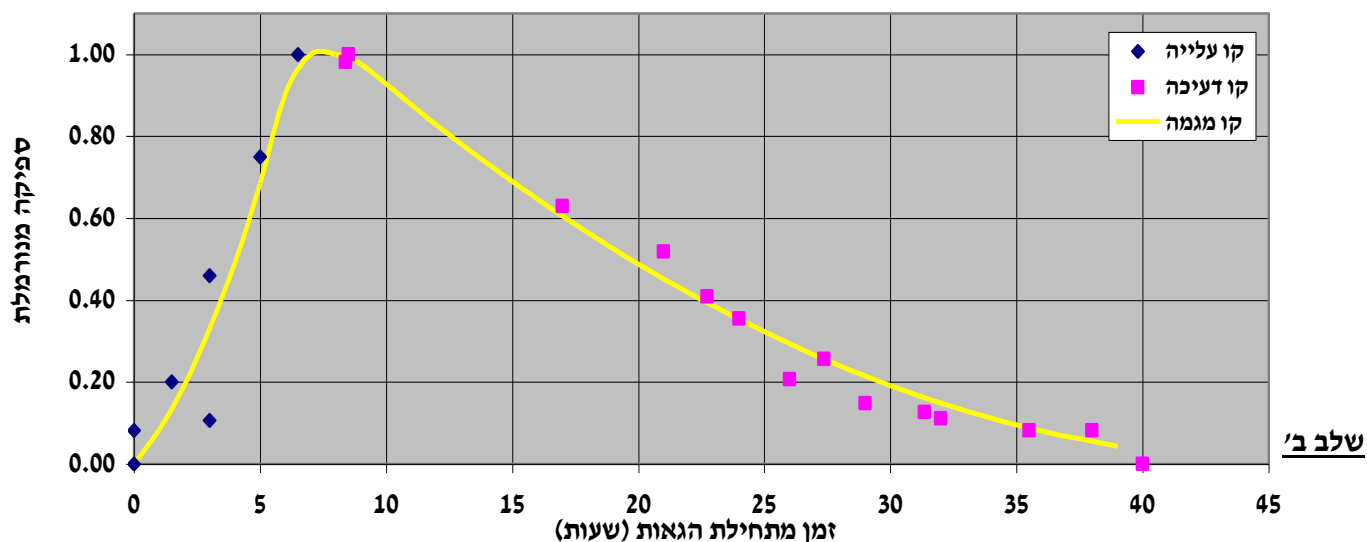
4.3.1 בניית הידרוגרף סינטטי

באיור מס' 19 ניתן לראות שני הידרוגרפים של גאוויות קיצוניות אשר נמדדו בתחנת נחל ירקון – כביש ת"א-חיפה (נחל רבה) בתאריכים 9.11.1955 ו-21.12.1951. מנתוני טבלה מס' 17 ניתן לראות שהסתברות לספיקת שיא בשתי הגאוויות הנ"ל קרובה ל-1%. עובדה זו מאפשרת לנו להשתמש בהידרוגרפים המדודים באירועים אלה להכנת הידרוגרף סינטטי לנחלים לא מדודים.

באיור מס' 19 ניתן לראות כי השוני בקווי העלייה והדעיכה של מהלך שתי הגאוויות קטן ומאפשר מיצוע של קווי העלייה והדעיכה. את קו העלייה של הגאות מאפיין אופי הגשם הסופתי באגן ואילו קו הדעיכה מאפיין כללית

את תכונות האגן כגון שיפוע, צפיפות הרשת ההידרוגרפית, צורת האגן וכד'. היווצרות מהלך גאוויות דומה באירועי קיצון מצביע על היתכנות לדגם אופייני של מהלך גאות לאגן היקוות מסוים באירועי קיצון. באיור מס' 24 ניתן לראות את ההידרוגרף הסינטטי של נחל ירקון – כביש ת"א-חיפה (רבה) לאחר נירמול הספיקה.

איור מס' 24: ההידרוגרף מנורמל לנחל ירקון – כביש ת"א-חיפה (רבה)
(רק ספיקת השיא מנורמלת)



מאיור מס' 24 ניתן לראות את קווי העלייה והדעיכה אשר התקבלו לאחר מיצוע שני ההידרוגרפים של הגאוויות המדודות תוך נירמול הספיקה בהתאם לספיקות שיאי הגאוויות. ניתן לראות כי פיזור הנקודות האמפיריות מסביב לקו הממוצע קטן.

4.3.2 בניית ההידרוגרף סינטטי לאזורים השונים

לצורך אפיון אזורים שונים להם נקבעו ההידרוגרפים סינטטיים השתמשנו בהידרוגרפים מדודים מתחנות שונות. בטבלה מס' 22 ניתן לראות את פירוט ההידרוגרפים ותאריכי הופעתם אשר שימשו לקביעת ההידרוגרפי התכן בכל אזור. בנספח מס' 7 ניתן לראות את ההידרוגרפים מנורמלים לנחלים שונים בצורה טבלאית.

**טבלה מס' 22: פירוט ההידרוגרפים ששימשו לקביעת הידרוגרפי תכן
באגן ההיקוות ירקון-איילון**

אזור	תחנת המדידה	תאריך האירוע
שטח הררי	ירקון (רבה)	21.12.51, 9.11.55
	שילה, בית עריף, קנה, איילון לוד נטוף	16.12.92, 1.1.92 1.1.92
שטח מישורי	שפיר	15.12.92
השטח המורדי (משולב)	ירקון כביש הרצליה,	16.12.92, 1.1.92, 9.11.55
	איילון בית דגן	16.12.92, 1.1.92

4.3.3 יצירת הידרוגרפי תכן

בנספח 7 ניתן לבחור הידרוגרף מנורמל אנלוגי לנחל לו נדרש הידרוגרף תכן. על מנת לקבל הידרוגרף תכן מכפילים את הספיקות המנורמלות בספיקת השיא בהסתברות הנדרשת. בטבלה מס' 23 ניתן לראות את נפחי הזרימה ועובי הנגר בשני דגמי גאוויות התכן המומלצות לתכנון הגנה בפני שיטפונות. **טבלה מס' 23: נפחי זרימה ועובי נגר חזויים בגאוויות תכן בתחנות הידרומטריות באירועים קיצוניים**

נחל	תחנה	שטח אגן היקוות (קמ"ר)	נפח גאות (מלמ"ק)		עובי נגר (מ"מ)	
			דגם א'	דגם ב'	דגם א'	דגם ב'
ירקון	כביש הרצליה	953	37	85	38	89
איילון	כביש בית דגן-יהוד	526	22	47	41	89

מטבלה 23 ניתן לראות כי בנחלים הגדולים נפחי הגאוויות בסופות החורפיות (דגם ב') גדולות פי 2 ויותר מאשר בגאוויות דגם א'. החישוב מבוסס על ספיקות בהסתברות 1% בדגם א' והסתברות 2% בדגם ב'. מומלץ לתכנון הגנה בפני שיטפונות שימוש בהידרוגרף דגם ב'. ניתוח סטטיסטי של נפחי גאוויות (איור מס' 17 וטבלה) בתחנת בית דגן נותן נפחים דומים לאלו אשר מתקבלים לפי השיטה המומלצת לקביעת הידרוגרפי תכן. השיטה המומלצת ניתן לקבל בנוסף לנפח הגאות גם את מהלכה ובכך יתרונה. דוגמה לשימוש בשיטת הידרוגרפי התכן ניתן לראות בטבלה 24 נפחי גאוויות בנקודות מפתח באגן נחל אילון.

6. נפחי גאוויות לתכנון וויסות שיטפונות באגן אילון

בטבלה 24 ניתן לראות נפחי גאוויות בנקודות מפתח אשר חושבו בשתי שיטות שונות :

א. לפי ספיקות שיא בהסתברות 1% ויצירת הידרוגרפי תכן כפי שהוסבר בפרק הקודם.

ב. לפי אנלוגיה עם תוצאות ניתוח סטטיסטי של סדרות נפחי גאוויות מדודים בתחנות הידרומטריות.

טבלה מס' 24: השוואה בין נפחי הגאוויות לפי הידרוגרפי התכן לנפחים לפי אנלוגיה סטטיסטית בהסתברות 1%

בנקודות מפתח באגן נחל אילון

שם אגן	נקודת מפתח	שטח מצטבר (קמ"ר)	ספיקות שיא (מקש"נ) 1%	נפח בהסתברות 1% ע"פ אופייני הידרוגרפים (מלמ"ק)	נפח לפי אנלוגיה עם סטטיסטיקה בתחנות הידרומטריות (מלמ"ק)	אופיין מתאים
נחל איילון ממחצבה	0-201	639.6	660	71.0	64.0	אין הידרוגרף
נחל אזור		8.0	21	1.4	0.7	מישורי קטן
נחל כופר		26.0	49	3.2	2.1	מישורי קטן
נחל שפירים	020200	49.3	98	6.4	5.1	מישורי קטן
מתקן "א-2" (נחל איילון ממחצבת נשר עד כביש 4)	0-203	556.3	575	56.8	54.9	משולב מורד
מפגש איילון - בית עריף (ממחצבת נשר)	0-204	541.7	575	56.8	53.4	משולב מורד
מתקן "מחצבת מודיעין" (מעלה נחל בית עריף)		37.1	60	3.0	3.9	הררי קטן
נחל בית עריף במעלה מתקן "ע-1"		52.1	70	3.5	5.4	הררי קטן
מתקן "ע-1"		89.2	120	9.6	9.3	הררי גדול
מתקן "ע-3"		10.7	25	1.3	1.1	הררי קטן
מעלה מפגש "עריף" 1 (מעלה מפגש נחל בית עריף ונחל יהוד)		121.3	180	14.4	12.6	הררי גדול
מתקן "ע-5"		6.6	30	1.0	0.7	מישורי קטן
נחל בית עריף בחיבור לאיילון	020400	139.2	200	16.0	14.5	הררי גדול
מתקן "נ-1"		235.5	255	20.4	21.2	הררי גדול
נחל נטוף בחיבור לאיילון	020500	249.4	270	21.6	22.4	הררי גדול
נחל איילון במעלה מתקן "א-1" (ממחצבת נשר)	0-205	145.5	196	19.4	9.7	משולב מורד
מתקן "ג-1"		35.5	79	4.0	3.7	הררי קטן
נחל גזר בחיבור לאיילון	020600	59.3	140	9.3	6.2	מישורי קטן
נחל איילון במעלה מפגש עם נחל גזר (ממחצבת נשר)	0206	78.1	120	6.1	2.4	הררי קטן
נחל גמזו	020700	14.4	27	1.4	1.5	הררי קטן
נחל איילון במעלה מחצבת נשר	0-208	209.7	145	15.0	11.0	הררי גדול
נחל איילון בין מחצבת נשר למאגר "משמר איילון"	0-208	52.3	100	5.0	3.8	הררי קטן
אגן האילון במעלה מאגר "משמר איילון"	0-210	157.5	130	10.0	7.1	הררי גדול

הערה: עקב הקטנת ספיקות השיא במעלה מאגר משמר אילון ובנחל אילון במעלה מחצבת נשר (ראה הסבר

בפרק ספיקות השיא), אומדני הנפח לפי האנלוגיה הסטטיסטית ולפי הידרוגרף התכן הוקטנו באותו יחס.

מהטבלה ניתן לראות כי קיימים הבדלים לפעמים די משמעותיים בין שתי השיטות לקביעת נפח גאות התכן.

באגנים הגדולים (מעל 200 קמ"ר), החשובים ביותר לתכנון וויסות הזרימות, ההבדל נע בין 4-15 אחוז ובממוצע

כ – 8% בלבד. יש לזכור כי סטטיסטיקת נפחי הגאוויות בעייתית והשימוש באנלוגיה עם תוצאות הניתוחים

הסטטיסטיים בעייתי מאוד.

מומלצים נפחי הגאוויות המחושבים בשיטת הידרוגרפי התכן.

עקב חשיבות קביעת נפחי הנגר בכניסה למאגר משמר אילון ולמאגר נשר להלן שיקולים נוספים.

5.1 שיקולים לאומדן נפח הגאות בכניסה למאגר משמר אילון

מטבלה מס' 17 ניתן לראות כי ספיקת השיא הגבוהה ביותר בכניסה למאגר אילון, בשלושת השנים בהן היו נפחי זרימה קיצוניים, הייתה בשנת 1991/92. גאות זו התרחשה בתאריכים 28.12.1991 עד 3.1.1992, לאחר הרטבה משמעותית ביותר של האגן אשר קיבל עד לתחילת סופה זו כ – 500 - 600 מ"מ גשם. הגשם בסופה זו היה פרוס על פני כל האגן באופן די אחיד. נפח הזרימה אשר נמדד בסופה זו בנחל נטוף היה המרבי הידוע עד היום (תקופת תצפית 75 שנים). ההסתברות האמפירית של הנפח הסופתי בגאות זו כ – 1%.

באין נפח מדוד בכניסה למאגר אילון נשתמש לצורך אומדן הנפח ביחס בין ספיקת השיא המדודה בכניסה למאגר אילון לבין הספיקה בנחל נטוף. יחס הספיקות המדודות 80 ל- 160 מקשי"נ (0.5). ניתן להשתמש ביחס זה בשני אופנים שונים:

כמקדם הכפלה לנפח מדוד 17 (מלמ"ק) בתחנת נטוף.

כמקדם הכפלה לעובי נגר סגולי (17 מלמ"ק חלקי 250 קמ"ר = 68 מ"מ).

אומדני נפח גאות סופתית בכניסה למאגר אילון לפי 2 צורות חישוב אלו הם 8.5 מלמ"ק ו – 5.5 מלמ"ק בהתאמה.

טווח האומדנים לפי אנלוגיה עם נחל נטוף נע בין 5.5 ל – 8.5 מלמ"ק.

נפח מאגר אילון כ – 7 מלמ"ק ובשנת 1991/1992 גלש מעט (מידע מהשירות ההידרולוגי). בנוסף ברור גם שלא היה ריק בתאריך 1.1.1992 (לפי רישומי תחנת נטוף זרמו בתחילת העונה יותר מ – 10 מלמ"ק עד אמצע דצמבר). כדאי גם לציין כי בתחנת אילון לוד נמדד בשנת 1991 נפח של קרוב ל – 9 מלמ"ק בסופה שהסתברותה כ – 1.5%. אגן זה מאופיין בקרקעות כבדות יותר ותורמות נגר רב יותר מאשר הקרקעות ההרריות באגן עד הכניסה למאגר אילון.

אומדן נפחי הגאוויות לפי השיטות השונות והמידע על נפח הגאות במאגר בשנת 1991 נע בין 5 ל- 8.5 מלמ"ק.

אומדן נפח הגאות המומלץ להסתברות 1% בכניסה למאגר משמר אילון הוא 7 מלמ"ק.

5.2 אומדן נפח למאגר מחצבת נשר

שטח האגן המתנקז אל מחצבת נשר (ללא שטחו של אגן מאגר אילון) הוא 50 קמ"ר. לקביעת אומדן הנפח הצפוי מאגן זה ניתן להשתמש כאנלוג באגן מדוד בית עריף (46 קמ"ר).

לפי שיטת הידרוגרף התכן מתקבל נפח של 3.7 מלמ"ק, לפי אנלוגיה סטטיסטית נפח הגאות גדול יותר 4.8 מלמ"ק. העיר מודיעין אמורה לגדול מאד בעתיד ותכסה כחמישית משטח האגן. תרומת נגר משטח עירוני בשיפועים גדולים כפי שקיים באגן זה תגדל מאד ויש לקחת זאת בחשבון. במקרה זה מומלץ לתכנון הגנה בפני שיטפונות לקחת את הערך הגדול יותר – 4.8 מלמ"ק.



av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
 טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

5.3 תהליך העיור והשפעתו על כמויות הנגר הצפויות בצירי הזרימה

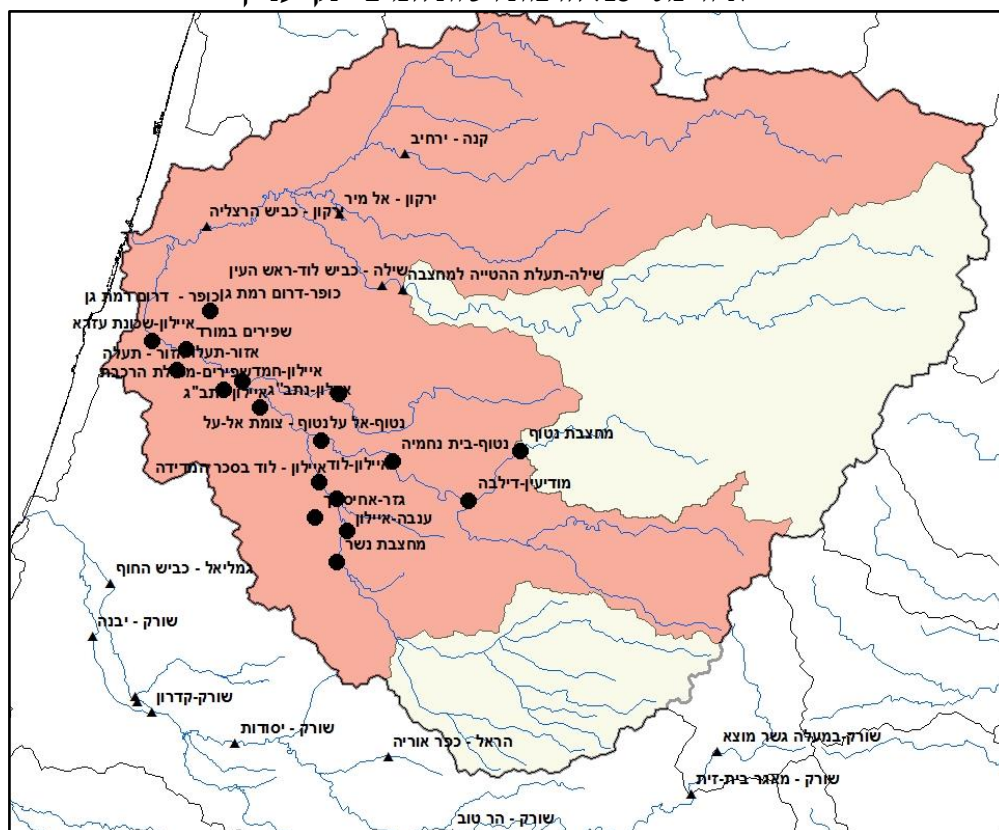
בשנים האחרונות אנו עדים לתהליך נמרץ של בינוי והרחבת ישובים על חשבון שטחים פתוחים. השטחים הפתוחים הינם בעלי מקדם נגר נמוך כתוצאה מחלחול וצריכת מים ע"י צמחיה שגדלה בהם, בתהליך העיור שטחים אלה מתכסים אספלט ובטון אשר מגדילים את מקדם הנגר בצורה משמעותית. גורם נוסף שתורם לעליה בכמות הנגר הוא שיפור מערכות הניקוז העירוניות. באזורים רבים מערכות הניקוז הישנות מהוות צוואר בקבוק, מעקבות את הנגר ומהוות מעין מתקן ויסות. על אף הנאמר לעיל, בעת הקמת שכונות חדשות ישנן תקנות המעודדות שימור נגר, החדרתו, שמירה על שצ"פים ועוד אלמנטים אשר מצמצמים יצירת נגר. בעבודתה של דר' איזבלה שנציס (רשות המים 2009-2010) נעשתה התייחסות מורחבת לנושא. על פי המחקר ניתן לראות כי משנת 1980 ועד 2005 הכפיל השטח העירוני את גודלו בכל האגנים, אמנם האחוזים מכלל השטח אנחנו עדיין מסתכלים על חלק קטן- פחות מ-10%. תוצאות המחקר במורד נחל איילון בשנת 2020 מדברות על תוספת של 40 מ"ק לשנייה בספיקת השיא, תוספת של 1 מלמ"ק בנפח הגל והקדמה של 30 דקות בשיא הגל. כל זאת בהסתברות של 1%. בפרק א' של תכנית האב לא התייחסנו באופן ישיר לשינויים הצפויים בכמויות הנגר והספיקות, תוספת של 40 מ"ק לשנייה הינה תוספת של פחות מ-10% לספיקת התכן. מדע ההידרולוגיה אינו מדע מדויק וסטיות של עד 10% הינן דבר לגיטימי.



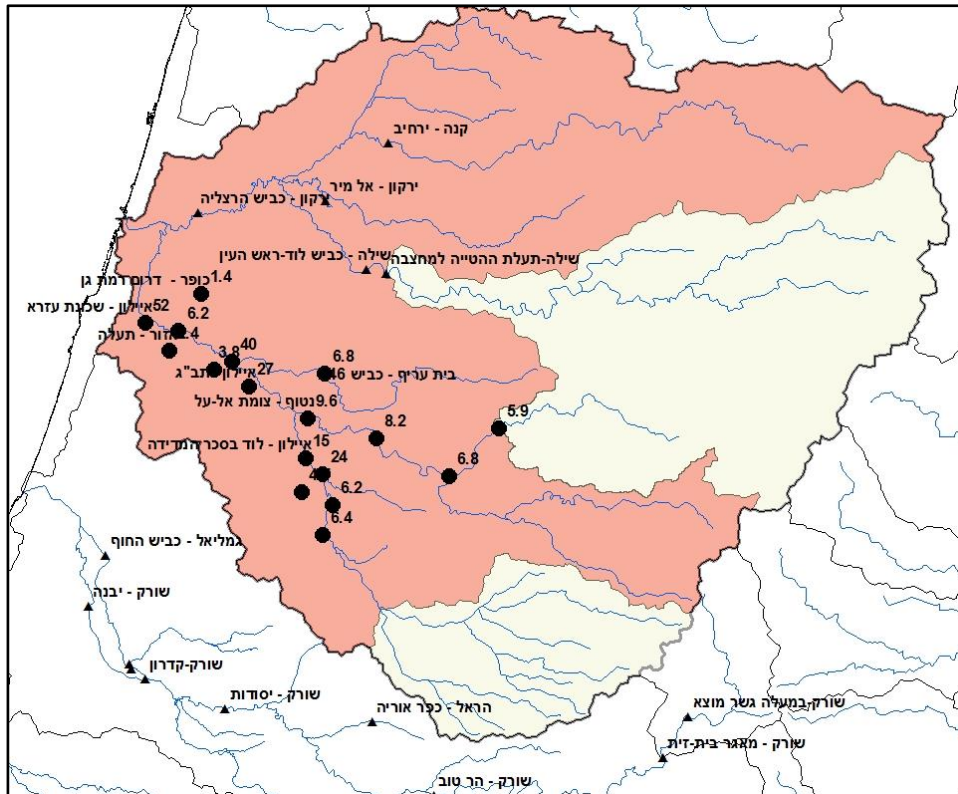
7. השוואה לנתוני רשות המים

המחלקה ההידרולוגית ברשות המים בהנהגתו של עמיר גבעתי ובשיתוף עם גלעד ספיר מחברת DHV מפתחים בימים אלו מודל פסיקלי "גשם- נגר" HEC-HMS בעזרתו הריצו מספר תרחישים לפי אופיין גשם של סופת ינואר 2013 כמו גם הרצה של "גשם וירטואלי" בעוצמה של כ- 280 מ"מ על כל האגן. ההרצה שלהם כללה נפח נגר של 54 מלמ"ק בלבד, ותוספת גלישה של 3 מלמ"ק באירועים נדירים ממאגר משמר איילון. סה"כ 57 מלמ"ק, לעומת 74 מלמ"ק בבדיקה שלנו. באירועים הבאים מוצגות תוצאות ההרצות שנעשו ע"י רשות המים. נתוני ההרצות המפורטים ניתן לראות בנספח מס' 8.

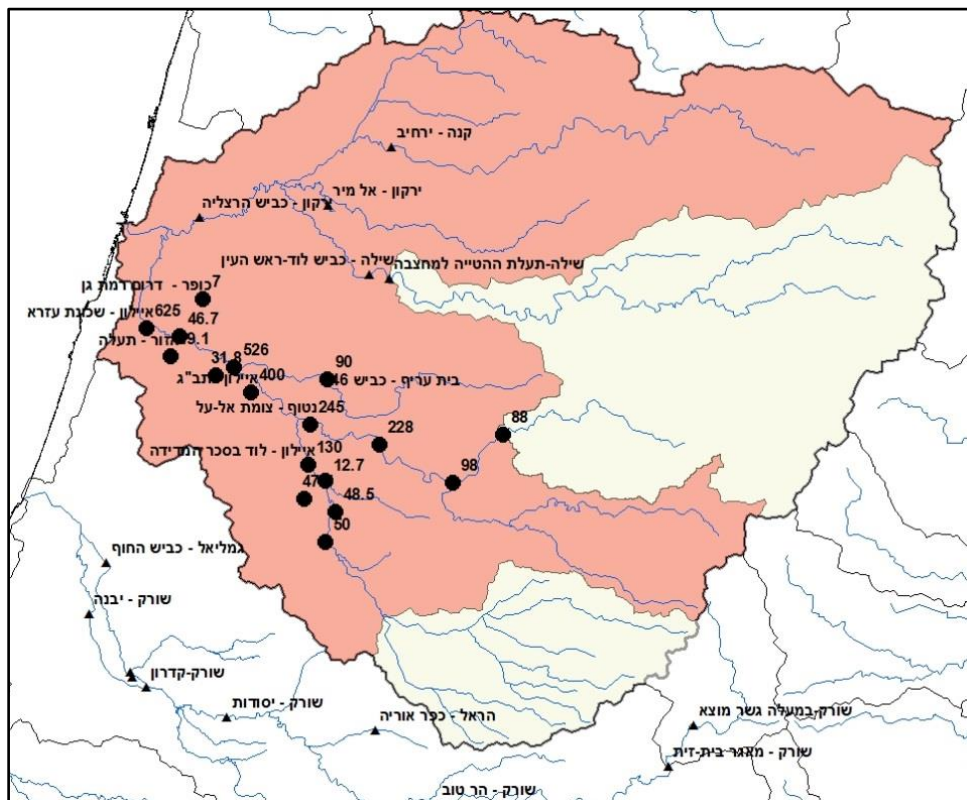
איור מס' 25: הרצות רשות המים - נק' עניין



איור מס' 28: הרצות רשות המים - נפחי שיא



איור מס' 29: הרצות רשות המים - שטחי אגנים

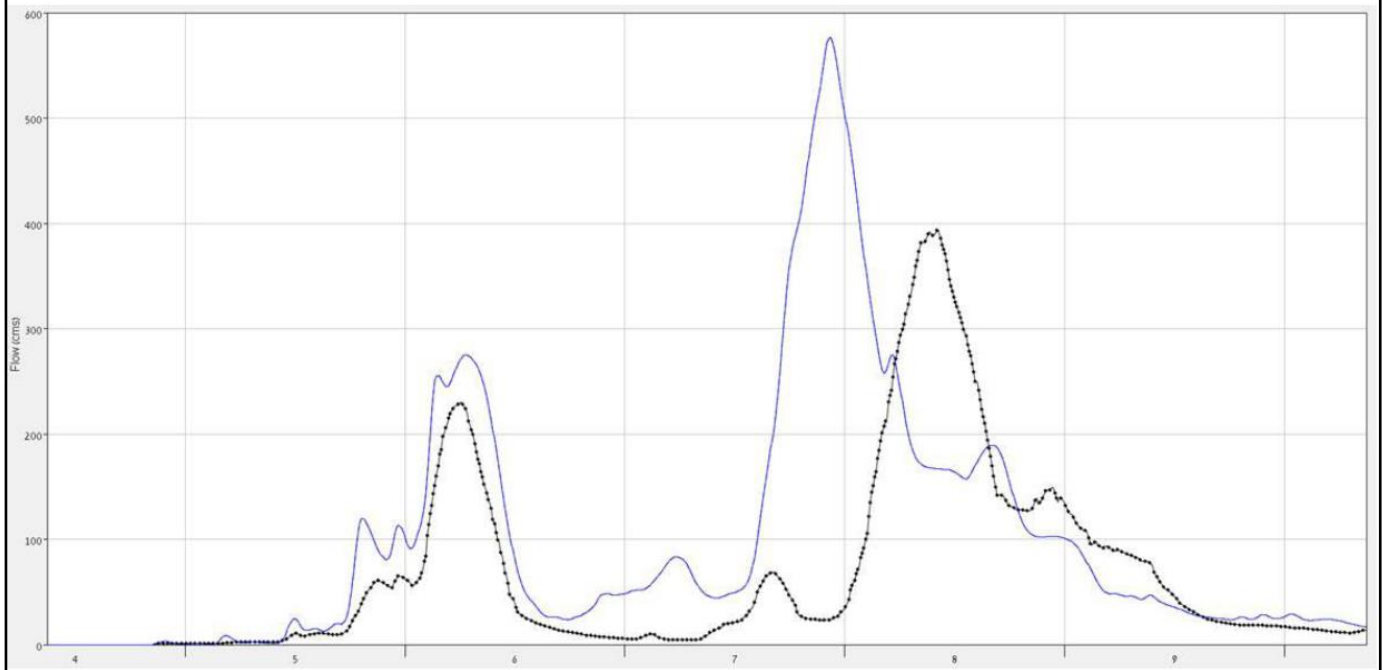


av-4380-b

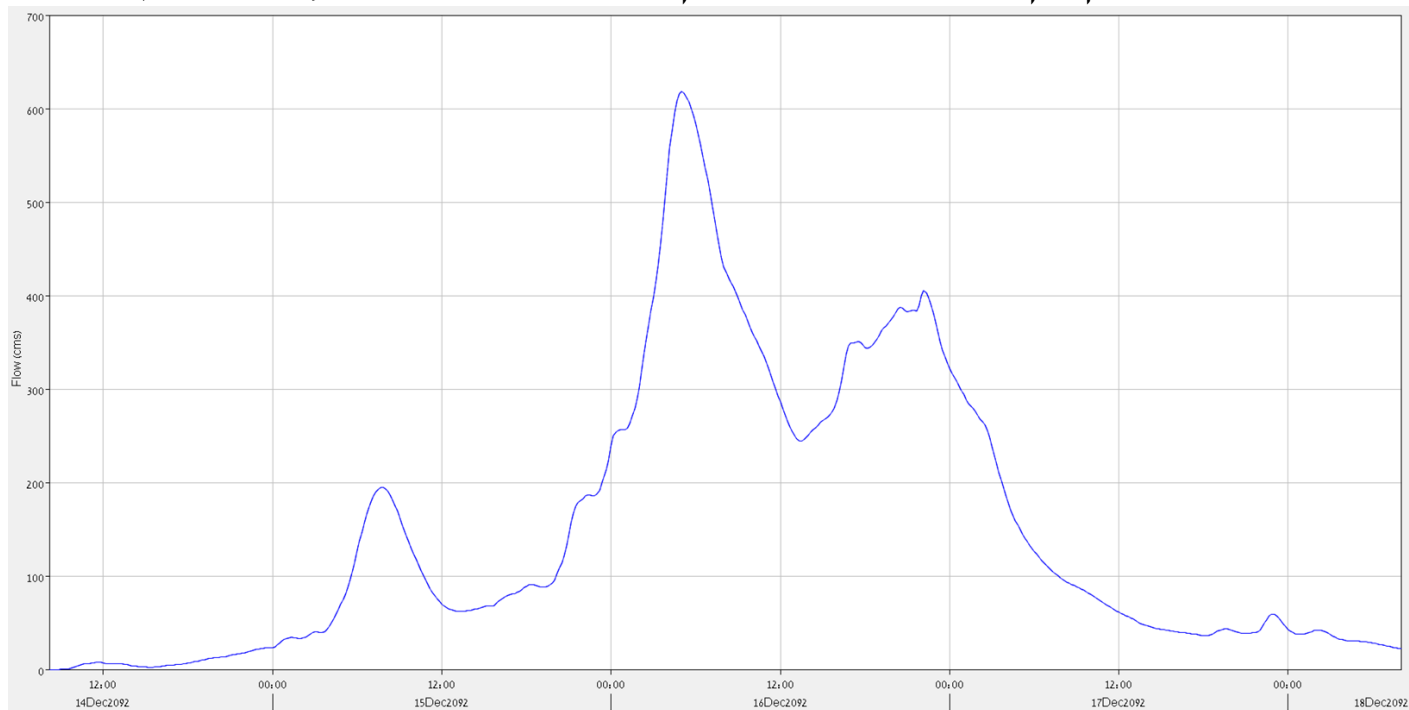


פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

איור מס' 30: הרצות רשות המים - הידרוגרף תכן 1% - הידרוגרף מדוד ינואר 2013
הידרוגרף תכן בהסתברות 1% בתחנת איילון- שכנות עזרא (בכחול) \
וההידרוגרף המדוד בסופת ינואר 2013 (בשחור)



איור מס' 31: הידרוגרף תכן בהסתברות 1% בתחנת איילון עזרא – לפי מודל דצמבר 1992 (הרצה פבר' 15):

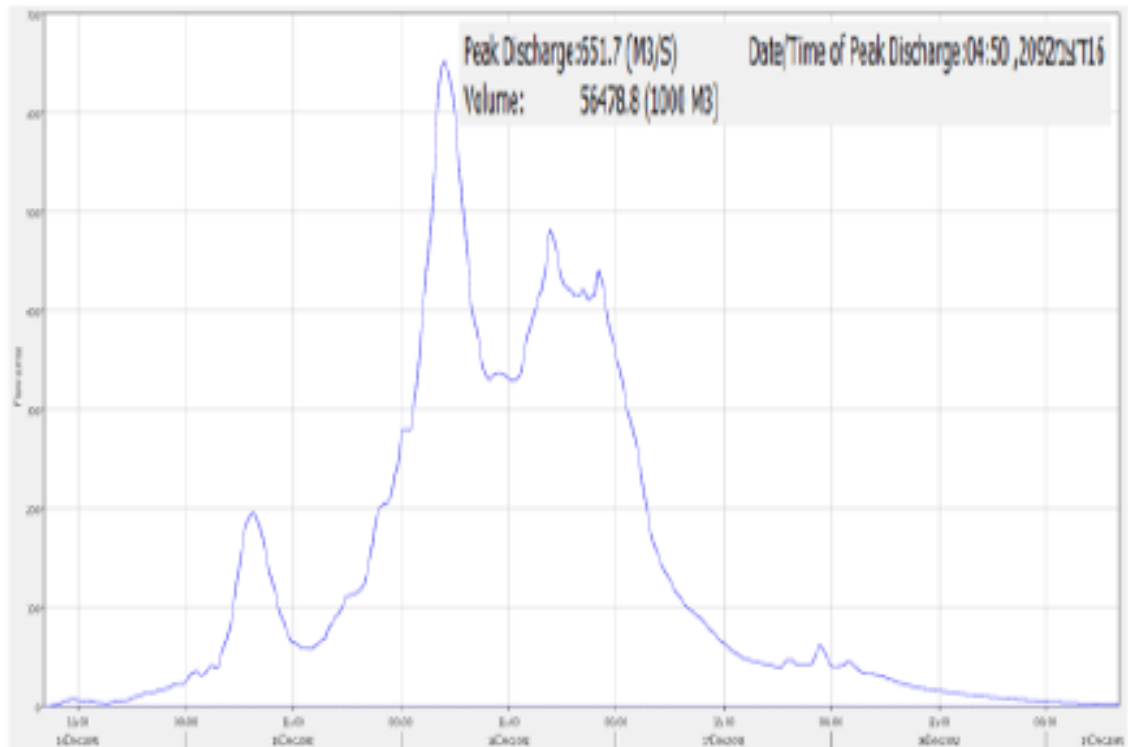


av-4380-b



איור מס' 32: הרצה מעודכנת לפי גשם וירטואלי - השירות ההידרולוגי.

הוגדרה ע"י השירות ההידרולוגי, מבוסס על האירועים מ- 2013 ו- 92, "שמך" ו- 92. האירוע הנבחר כבסיס לבחינה החמור מבין האירועים, 92, 1% (1:100) בפארק אריאל שרון.

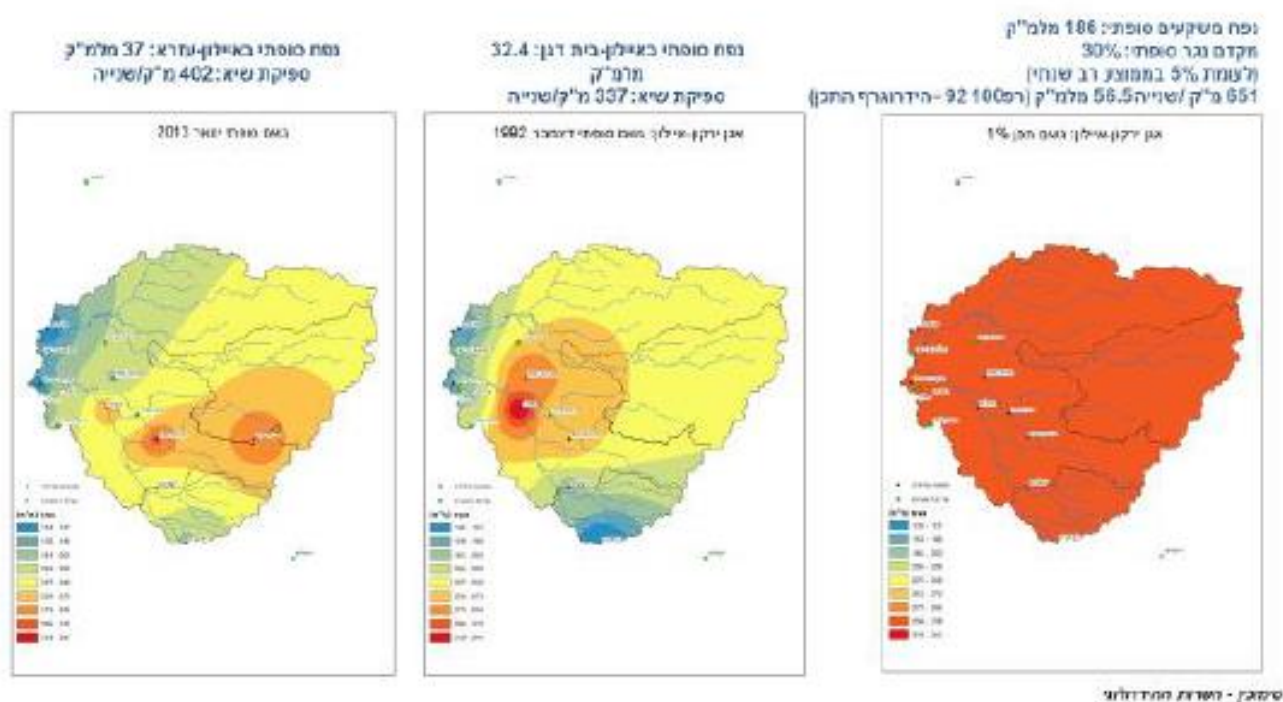


03

av-4380-b



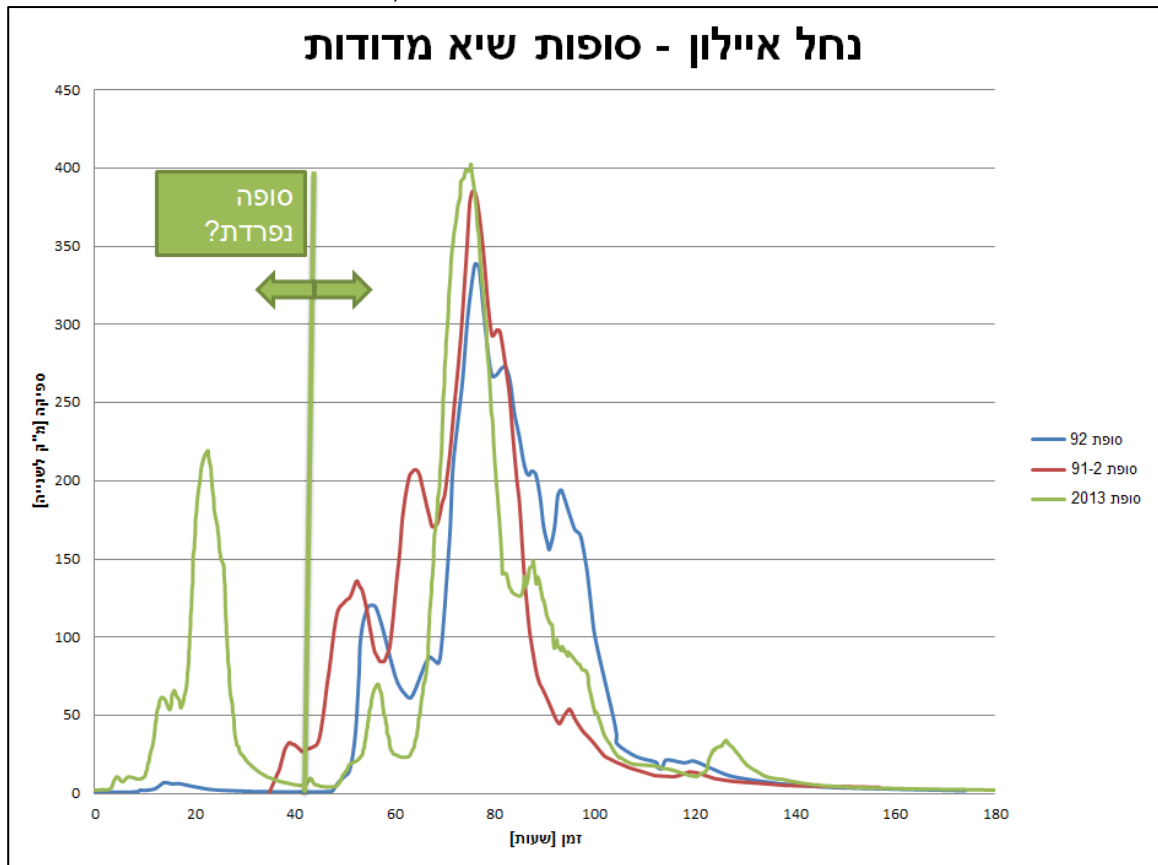
פירוס ונוצמות הגשם אשר שימשו בסיס להידרוגרף התכן.

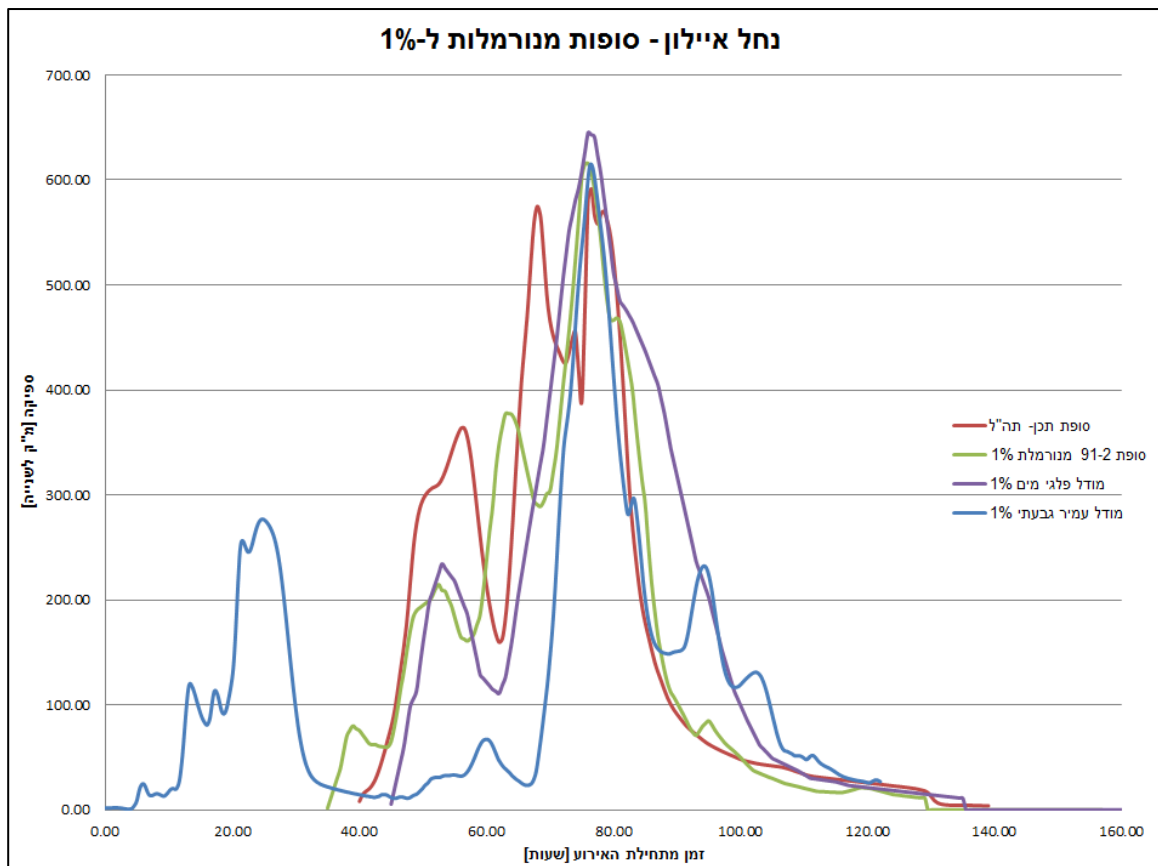


הסתברות השגה	שנים	עובי גשם סופתי	מ"מ
1%	100		289
2%	50		243
4%	25		211
10%	10		170
20%	5		140
50%	2		103
100%	1		77

סימון השדה ההידרוגרפי

איור מס' 33: השוואת נתוני תכן:





av-4380-b



במודל הרשות הוכנסו מתקני ריסון בדומה למיקום שתוכננו על ידנו, והתקבלו תוצאות ריסון דומות לשלנו

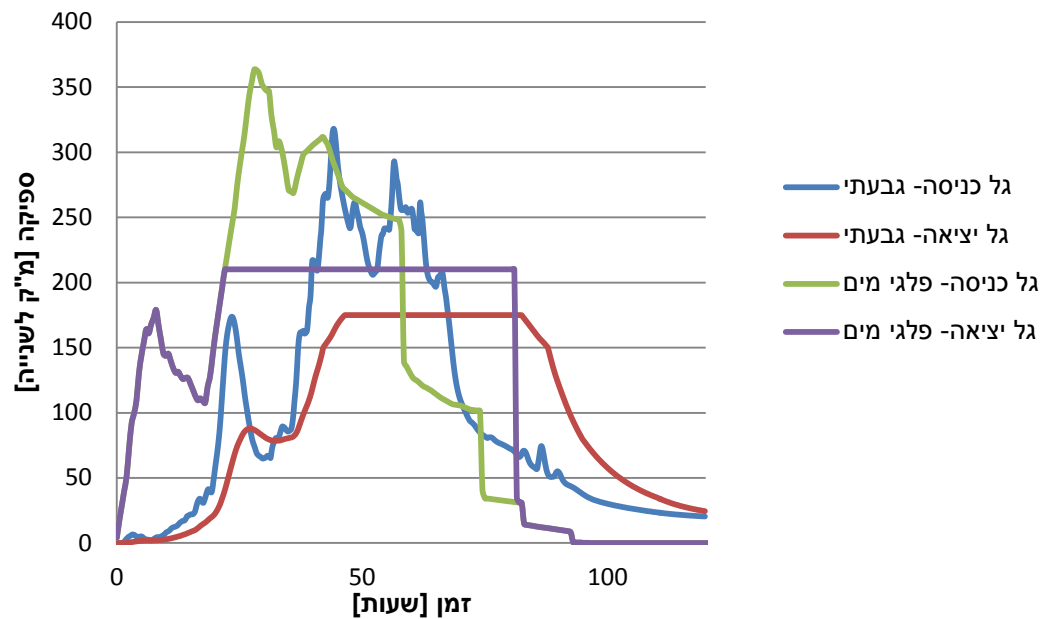
להלן עיקרי ההשוואה של תוצאות שני המודלים בחלופות ריסון שונות:

פלגי מים					עמיר גבעתי					חלופה 0
משך הסופה	נפח יציאה	נפח כניסה	ספיקת יציאה	ספיקת כניסה	משך הסופה	נפח יציאה	נפח כניסה	ספיקת יציאה	ספיקת כניסה	מתקן
שעות	מלמ"ק	מלמ"ק	מ"ק לשנייה	מ"ק לשנייה	שעות	מלמ"ק	מלמ"ק	מ"ק לשנייה	מ"ק לשנייה	
75	60.0	60.0	334	560	60	49.87	50.4	444.5	620	פ.א.ש מאושר
פלגי מים					עמיר גבעתי					חלופה 3.3א
משך הסופה	נפח יציאה	נפח כניסה	ספיקת יציאה	ספיקת כניסה	משך הסופה	נפח יציאה	נפח כניסה	ספיקת יציאה	ספיקת כניסה	מתקן
שעות	מלמ"ק	מלמ"ק	מ"ק לשנייה	מ"ק לשנייה	שעות	מלמ"ק	מלמ"ק	מ"ק לשנייה	מ"ק לשנייה	
	0	8.0				0	6.0			מחצבת נטוף
50	0	7.0	0	118	48	0.56	4.75	2	48.4	מחצבת נשר
50	12.7	12.7	51	158	30	5.27	7.75	28	192.1	נ-1
50	13.2	13.2	45	71	84+	6.33	7.86	21.8	46.7	נ-2
55	0	3.2	0	60	28	0.45	3.2	2	66.7	מחצבת מודיעין
55	6.54	6.54	25	70	28	5.74	5.74	39.1	88.1	ע-1
55	13.82	13.82	72	94	66	11.1	11.1	80.7	97.9	ע-4
60	44.23	44.23	238	273	84	31.48	31.48	205.2	260.7	א-2
75	54.65	54.65	204	358	96	42.0	42.7	175	318.1	פ.א.ש מוגבר + מקווה רדוד
פלגי מים					עמיר גבעתי					חלופה 3.4/1
משך הסופה	נפח יציאה	נפח כניסה	ספיקת יציאה	ספיקת כניסה	משך הסופה	נפח יציאה	נפח כניסה	ספיקת יציאה	ספיקת כניסה	מתקן
שעות	מלמ"ק	מלמ"ק	מ"ק לשנייה	מ"ק לשנייה	שעות	מלמ"ק	מלמ"ק	מ"ק לשנייה	מ"ק לשנייה	
	0	8.0				0	6.0			מחצבת נטוף
50	0	7.0	0	118	48	0.56	4.75	2	48.4	מחצבת נשר
50	12.7	12.7	51	158	30	5.27	7.75	28	192.1	נ-1
50	13.2	13.2	45	71	84+	6.33	7.86	21.8	46.7	נ-2
55	0	3.2	0	60	28	0.45	3.2	2	66.7	מחצבת מודיעין
55	6.54	6.54	25	70	28	5.74	5.74	39.1	88.1	ע-1
55	13.82	13.82	72	94	66	11.1	11.1	80.7	97.9	ע-4
60	44.23	44.23	238	273	84	31.48	31.48	205.2	260.7	א-2
75	54.65	54.65	158	358	96	35.77	37.75	120	226.6	פ.א.ש מוגבר + מקווה עמוק

רמת הדיוק המוצהר של תוצאות מודל HEC-HMS בו השתמשה רשות המים הינו +/- 20%.

אחרי דיון בנושא הנפחים בין פלגי מים לרשות סוכם שיש להוסיף לתוצאות של מודל רשות המים (עמיר גבעתי) 10% ממה שרשום בטבלה למעלה כדי לשקף את הנפח החסר ל- 63 מלמ"ק לאירוע של 1% בהתאם לניתוח של רשות המים. כל המספרים הנ"ל של המודלים הינם לפני מקדמי הביטחון הנדרשים בין 30-40% לפחות.

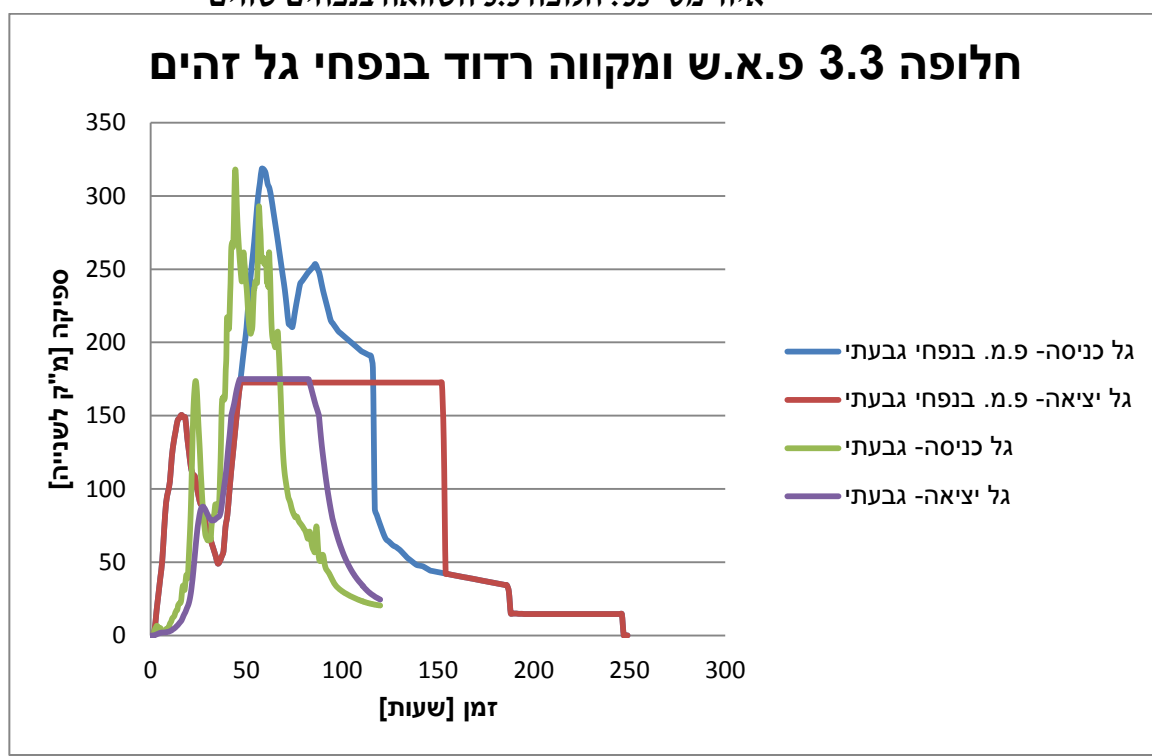
חלופה 3.3 פ.א.ש מוגבר + מקווה רדוד



בבדיקה השוואתית של הרצת שני המודלים בנפחים שווים – נמצא שאין הבדל בתוצאות ספיקות היציאה המתקבלות גם עבור גלי תכן שונים בספיקתם בכניסה למתקנים

השוואת נפחים (מ"ק)		ספיקת כניסה [מ"ק לשנייה]		ספיקת יציאה [מ"ק לשנייה]	
מתקן	נפח גל פ.מ. מקורי	נפח גל גבעתי	מודל מודל גבעתי	מודל פלגי מים (בנפח גל גבעתי)	מודל גבעתי
נ-1	20,000,000	7,750,000	192	96	28
נ-2	20,500,000	7,860,000	46	39	21
ע-1	5,600,000	5,740,000	88	60	39
ע-4	14,200,000	11,100,000	98	88	80
א-2	45,000,000	31,500,000	260	243	205
פ.א.ש	56,800,000	42,700,000	318	334	175
					173

איור מס' 35: חלופה 3.3 השוואת בנפחים שווים



בשורה התחתונה, חשוב לעמוד על ההבדלים העקרוניים בין שתי השיטות. בעוד המודל הגשם-נגר של רשות המים הינו מודל אשר בסיסו מטאורולוגי, ללא הסתברות תכן לכל אירוע סופה. מודל פלגי מים הינו מודל סטטיסטי אשר בסיסו הוא הניתוח הסטטיסטי לאירועי גשם בהסתברויות תכן שונות.

ברור לכל כי אף אחד מהמודלים אינו מושלם ולכל אחד מהם יתרונות וחסרונות, הדגש העיקרי צריך להיות ההכרה ביכולותיו של כל מודל ושימוש מושכל בכל אחד מהמודלים בהתאם לצורך. עם זאת, אנו רואים במודל הגשם-נגר של רשות המים ככלי בעל פוטנציאל יישומי מצוין וממליצים להמשיך ולפתח גם בו את הרכיב הסטטיסטי לסופות הגשם ובכך יכול להפוך לכלי מרכזי בחיזוי, תכנון וניהול האגן.



אשבל, ד. 1951. אקלים ארץ ישראל לאזוריה, המחלקה המטאורולוגית, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

כצנלסון, י. 1967. אקלים ארץ ישראל לאזוריה. השירות המטאורולוגי.

שמואל ארבל, ד"ר משה גטקר, ד"ר עדית ארזי, סופת הגשם הנדירה אשר אירעה ביום 4-6 בדצמבר 2001 והגאויות אשר התחוללו בעקבותיה בתחומי התנקזות בכרמל, דו"ח מיוחד M-70, משרד החקלאות, התחנה לחקר הסחף.

שמואל ארבל, ד"ר משה גטקר, ד"ר עדית ארזי, נתוני שיטפונות וגשם באירועים חריגים סיכום השנה ההידרולוגית 2003/2004, דו"ח מיוחד M-80, משרד החקלאות, התחנה לחקר הסחף.

משה גטקר, אנה קלבר, 1998. ניתוח של עוצמות הגשם ועובי הגשם היומי בישראל ככלי לקביעת ערכיהם האזוריים בהסתברויות נמוכות, דו"ח מסכם לשנת 1998, נושא מס' 190/5/403/7, משרד החקלאות, התחנה לחקר הסחף.

רמי גרתי, משה גטקר, שמואל ארבל, 1998. חישוב שיא גל הגאות בתעלות ניקוז ובאפיקים טבעיים של נחלים בישראל יישומים בשיטת העבר-שיפוע והתוכנה 2 – EVENT.

יוסף מורין, דוד שרון, שרה רובין, 1998. עוצמות גשם בישראל מבחר תחנות, מהדורה מעודכנת של דו"ח מחקר 1/94 בית דגן, 1998.

נספחים:

נספח מס' 1: דוגמא לאיחוד נתוני גשם יומי בתחנות גשם סמוכות:

בטבלה מס' 22 ניתן לראות נתוני עובי גשם יומי מרבי בשנה ב-4 תחנות גשם באזור לוד. תחנה מס' 136848 היא תחנת הבסיס ובה מס' שנות התצפית הגבוה ביותר. להלן תאור קצר של דרך השלמת הנתונים:

בין התחנות הנבחרות לאיחוד נבחרה התחנה בעלת סדרת התצפיות הארוכה ביותר כתחנת הבסיס. התחנה המאוחדת תקבל את שם ומס' תחנת הבסיס.

בשנים בהן חסר נתון על עובי הגשם היומי בתחנת הבסיס, מתבצע חיפוש נתון זה בשאר התחנות הנבחרות לאיחוד. במידה והנתון החסר קיים במספר תחנות, יבחר הנתון הגבוה ביותר. באמצעות תוכנת מחשב שנכתבה במיוחד לצורך איחוד התחנות, ניתן לבצע איחוד של עד 12 תחנות.

בחירת עובי גשם יומי מרבי בשנה מסוימת מתבצע באמצעות תוכנת מחשב מיוחדת על פי הכללים הבאים:

במידה וקיים נתון בעל קוד המצביע על יותר מיום אחד, לא יעשה שימוש בנתון זה.

במידה וחסר נתון מהחודשים דצמבר-פברואר, ברוב המקרים לא יעשה שימוש בנתון אותה שנה. במקרים בהם למרות חוסר הנתון, תימדד כמות של מעל ל-80 מ"מ, יעשה שימוש בנתון בניית הסטטיסטי.

בטבלה מס' 23 ניתן לראות דוגמא ליצירת איחוד נתוני עובי גשם יומי מרבי עפ"י הקריטריונים הנ"ל מ-4 תחנות גשם סמוכות באזור לוד.

טבלה מס' 25: דוגמא לאיחוד נתוני עובי גשם יומי מרבי (מקסימום שנתי) של 4 תחנות גשם סמוכות באזור לוד

שם תחנה	מס' תחנה	גובה	רשת ישראל		שנת תחילת התצפיות	שנה אחרונה לתצפיות	ס"ה שנות מדידה בפועל
			מזרח	צפון			
LOD AIRPORT	136735	28	140	156	1972	1992	20
LOD B GURION AIRPORT	136848	50	140	155	1937	2004	56
LOD EVAPORATION	136900	40	140	155	1951	1963	12
BENE ATAROT	136720	50	141	159	1904	1952	34

תחנה מאוחדת מס' 136848 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136900 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136735 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136720 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136848 מקסימום * שנתי (מ"מ)	+++++
34			34		1904/ 1905
83			83		1905/ 1906
50			50		1906/ 1907
56			56		1907/ 1908
56			56		1908/ 1909
146			146		1909/ 1910
37			37		1910/ 1911



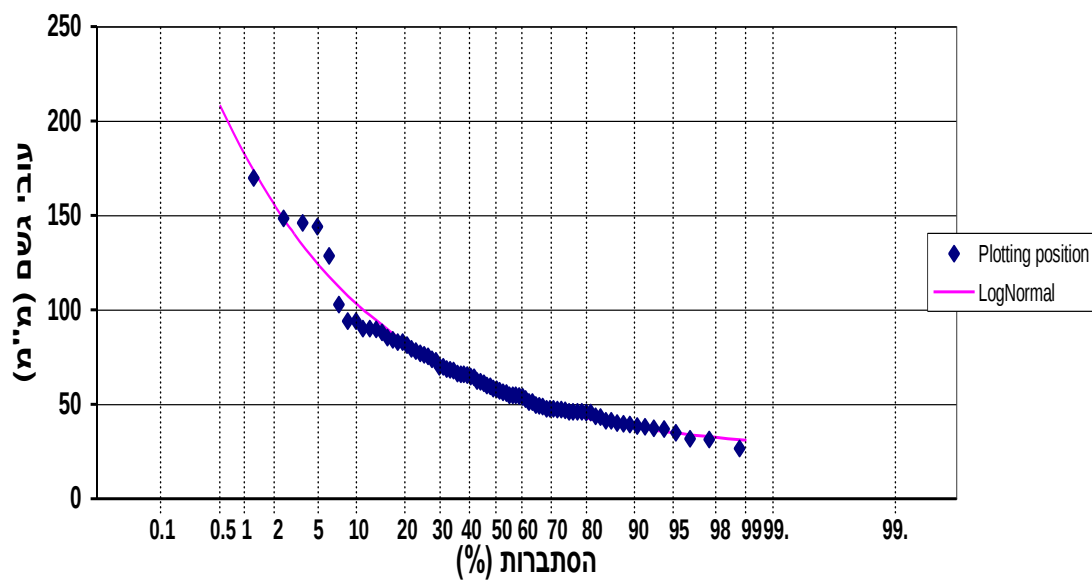
+++++	תחנה מס' 136848 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136720 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136735 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136900 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מאוחדת מס' 136848 מקסימום * שנתי (מ"מ)
1911/ 1912		60			60
1912/ 1913		46			46
1913/ 1914					
1914/ 1915					
1915/ 1916					
1916/ 1917					
1917/ 1918					
1918/ 1919					
1919/ 1920					
1920/ 1921					
1921/ 1922					
1922/ 1923					
1923/ 1924					
1924/ 1925					
1925/ 1926		27			27
1926/ 1927		55			55
1927/ 1928		70			70
1928/ 1929		63			63
1929/ 1930		94			94
1930/ 1931		40			40
1931/ 1932		44			44
1932/ 1933		38			38
1933/ 1934		58			58
1934/ 1935		76			76
1935/ 1936		49			49
1936/ 1937	2	66			66
1937/ 1938	42	57			57
1938/ 1939	170	125			170
1939/ 1940	47	60			47
1940/ 1941	46	48			46
1941/ 1942	55	47			55
1942/ 1943	129	50			129
1943/ 1944	31				31
1944/ 1945	48	80			48
1945/ 1946	103	90			103
1946/ 1947	57	30			57
1947/ 1948	90				90
1948/ 1949	62	37			62
1949/ 1950	65	95			65
1950/ 1951	81	53			81
1951/ 1952	148	103		145	148
1952/ 1953	70			70	70
1953/ 1954	90			90	90
1954/ 1955				68	68
1955/ 1956				66	66
1956/ 1957				43	43



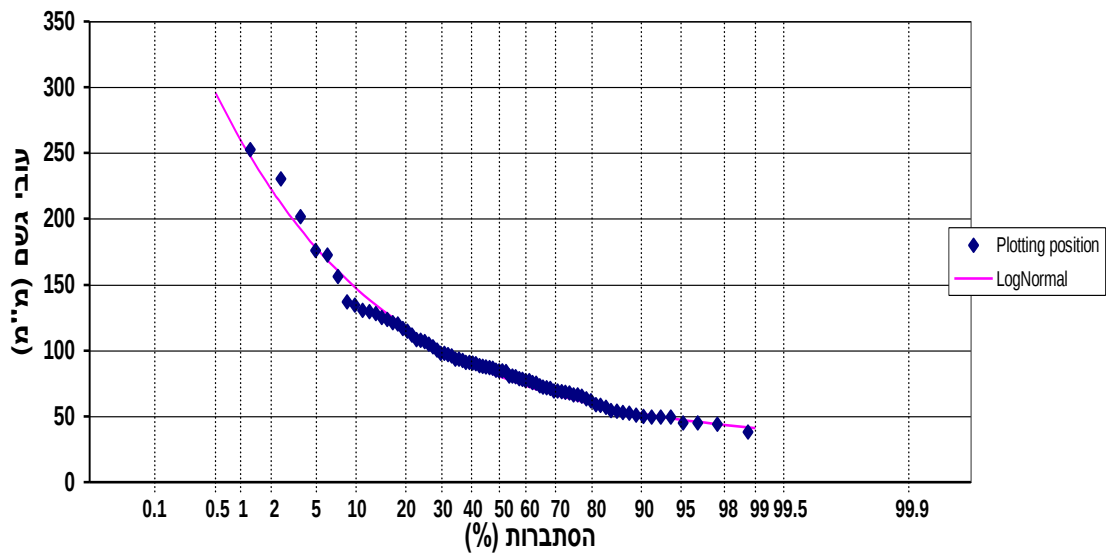
+++++	תחנה מס' 136848 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136720 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136735 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מס' 136900 מקסימום * שנתי (מ"מ)	תחנה מאוחדת מס' 136848 מקסימום * שנתי (מ"מ)
1957/ 1958				144	144
1958/ 1959				46	46
1959/ 1960				40	40
1960/ 1961				46	46
1961/ 1962				85	85

נספח מס' 2: עקומי ההסתברות של עוצמות הגשם

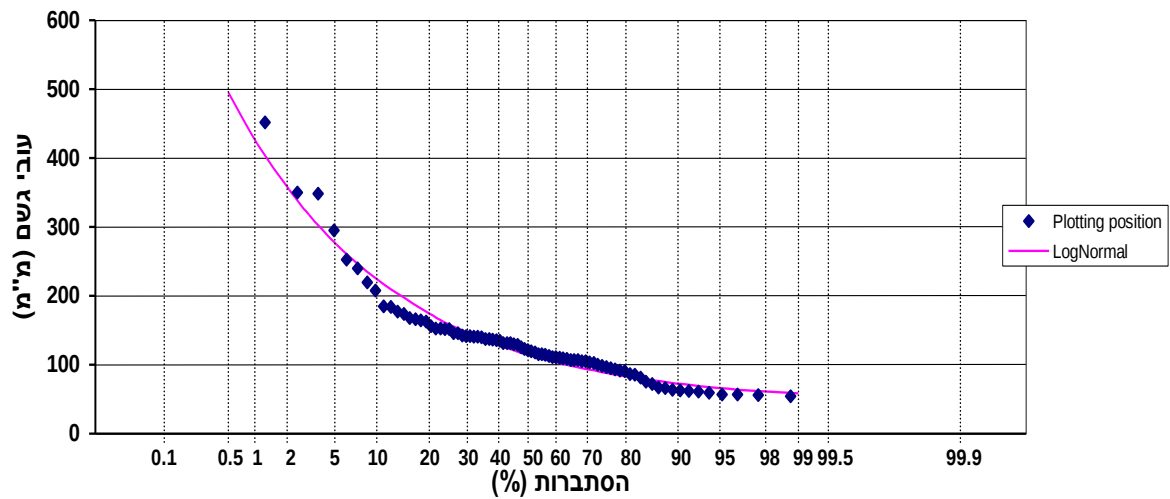
איור מס' 36: עקום ההסתברות של עובי גשם יומי מרבי בתחנה לוד-שדה תעופה



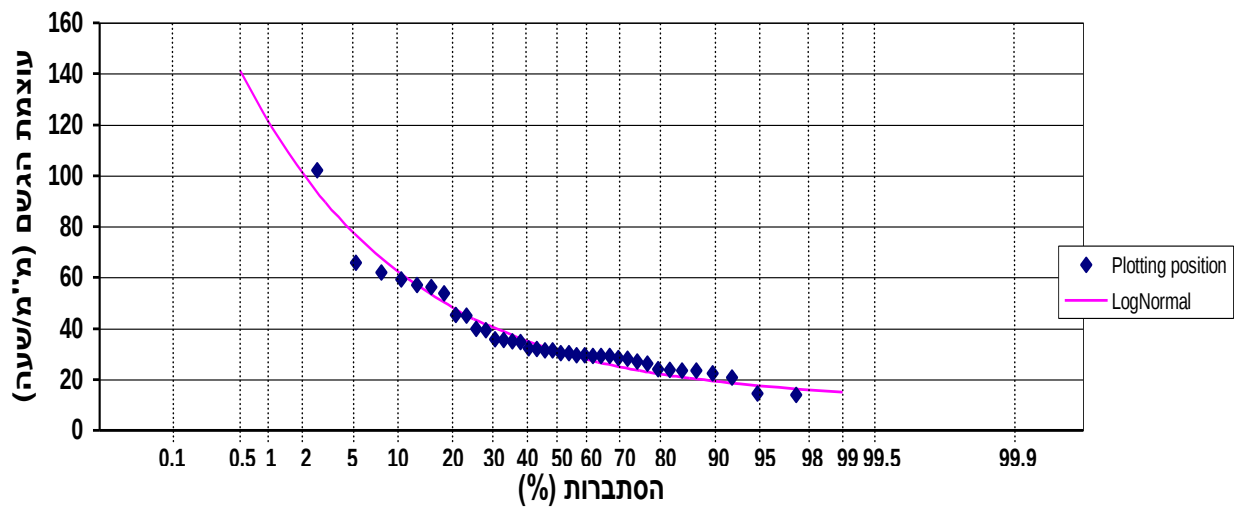
איור מס' 37: עקום ההסתברות של עובי גשם דו יומי מרבי בתחנה לוד-שדה תעופה



איור מס' 38: עקום ההסתברות של עובי גשם סופתי מרבי בתחנה לוד-שדה תעופה



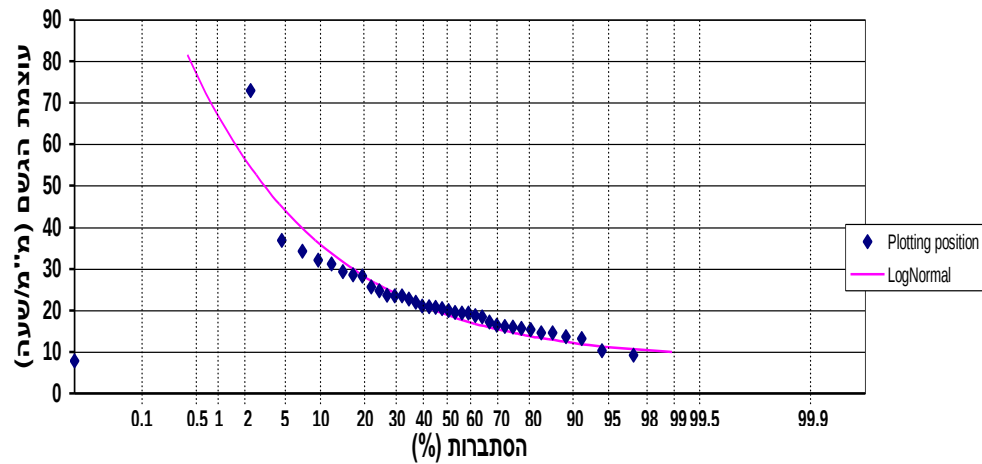
איור מס' 39: עקום ההסתברות של עוצמת הגשם לפרק זמן של 30 דקות בתחנת געש



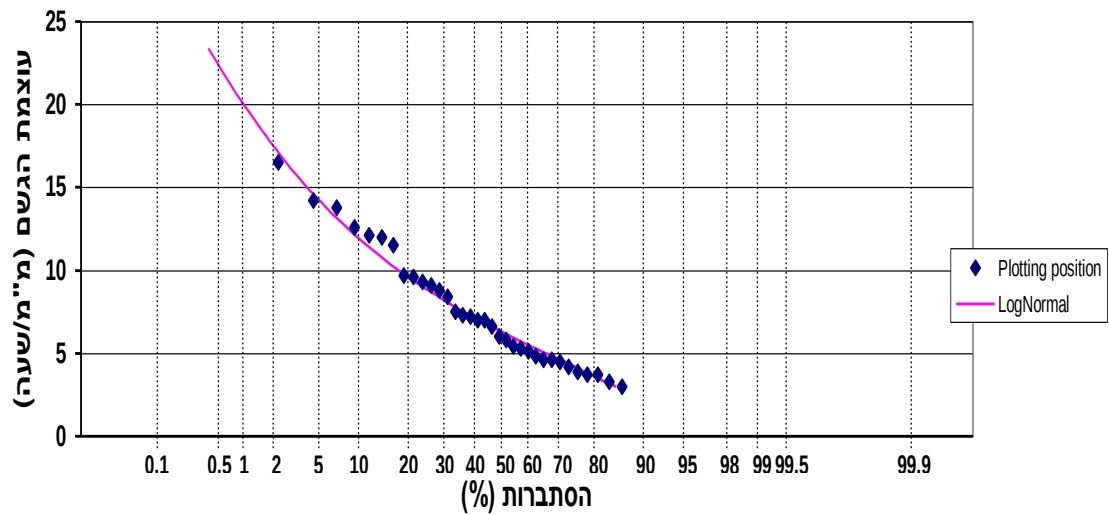
av-4380-b



איור מס' 40: עקום ההסתברות של עוצמת הגשם לפרק זמן של 60 דקות בתחנת געש



איור מס' 41: עקום ההסתברות של עוצמת הגשם לפרק זמן של 180 דקות בתחנת געש



נספח מס' 3: ספיקות שיא מרביות שנתיים בתחנות מדידה

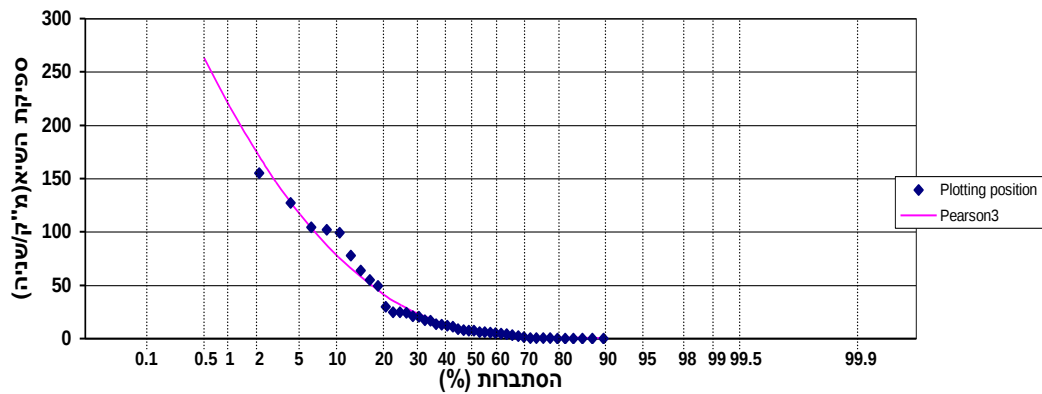
טבלה מס' 26: ספיקות השיא המרביות השנתיות (מקש"נ) שנמדדו בתחנות ההידרומטריות של השירות ההידרולוגי והתחנה לחקר הסחף

שם הנחל	ירקון (רבה)	קנה	שילה	ירקון	איילון	איילון	נטוף	בית ערף	איילון	איילון	שפיר	גזר
שם התחנה	כביש תל-אביב - חיפה	ירחיב	נחשונים	כביש הרצליה	לוד	לוד	אתר "ג"	כמגדל אפק-לוד	בית-דגן	שכונת עזרה	נחלת יצחק	תחל"ס
שנה	17106	17110	17125	17135	17144	17145	17155	17160	17165	17168	17172	17-03042
1938/ 1939											258	
1939/ 1940					132		193				217	
1940/ 1941				34	52		86				168	
1941/ 1942				68	130		85				155	
1942/ 1943				326	105		193				249	
1943/ 1944		5	47	14	72		27				44	
1944/ 1945		21	120	72	87		87				161	
1945/ 1946		78	77	92	79		13				149	
1946/ 1947		1	6	0	0						5	
1947/ 1948				24			1				76	
1948/ 1949				39	52		29				60	
1949/ 1950				220	14		32				112	
1950/ 1951				10	0		0					
1951/ 1952	129			290	153		170				319	
1952/ 1953	1			11							34	
1953/ 1954	17		8	33			5				20	
1954/ 1955			22	111			1				151	
1955/ 1956	155		28	508			20		80			
1956/ 1957			9	16		20	35		18			
1957/ 1958	24		23	105		6	33	13	56			
1958/ 1959	0		0	0		3	9	2	13			
1959/ 1960	0			0		0	0	3	0			
1960/ 1961	0	6	45	31		10	111	0				
1961/ 1962		6	42	30		15	162	9				
1962/ 1963		2	0	0		0	19	0	13			
1963/ 1964		24	45	38		48	152	14	230			
1964/ 1965		13	32	48		40	46	5	121			
1965/ 1966		0	9	9		0	0	0	1			
1966/ 1967		49	106	230		49	132	24	235			
1967/ 1968		4	21	17		0	18	0	17			
1968/ 1969		8	114	46		16	230	18	263			
1969/ 1970		0	0	4		2	0	0	3			
1970/ 1971		20	142	64		5	33	7	41			
1971/ 1972		5	14	49		13	1	6	39			
1972/ 1973		0	0	8			0	1	25			
1973/ 1974		64	130	311		42	126	29	194			
1974/ 1975		55	17	124		24	17	13	92			

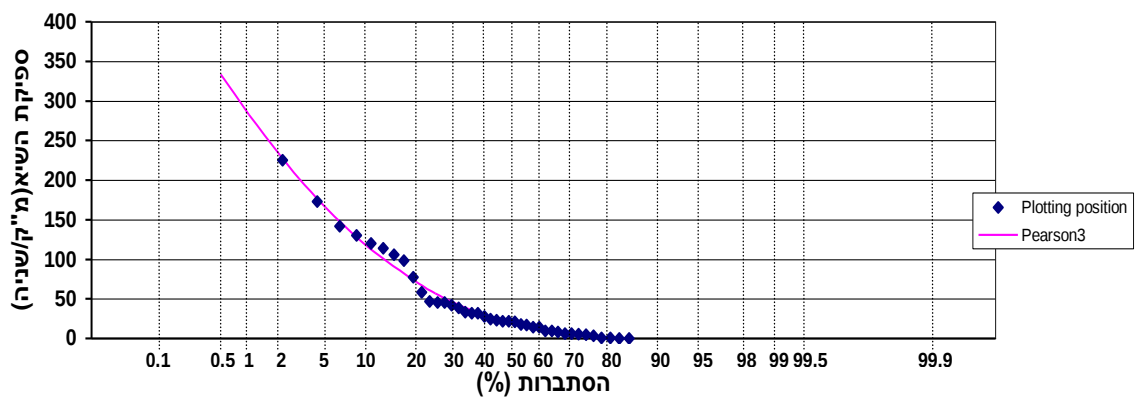
שם הנחל	ירקון (רבה)	קנה	שילה	ירקון	איילון	איילון	נטוף	בית ערף	איילון	איילון	שפיר	גזר
שם התחנה	כביש תל-אביב - חיפה	ירחיב	נחשונים	כביש הרצליה	לוד	לוד	אתר "ג"	כ.מגדל אפק-לוד	בית-דגן	שכונת עזרה	נחלת יצחק	תחל"ס
שנה	17106	17110	17125	17135	17144	17145	17155	17160	17165	17168	17172	17-03042
1975/ 1976		0	0	5		2	0	0	7			17-0372
1976/ 1977		6	3	91		3	2	3	10			
1977/ 1978		0	5	18		10	3	6	44			
1978/ 1979		0	0	7		3	1	0	10			9
1979/ 1980		30	38	168		59	29	4	143			19
1980/ 1981		11	18	70		7	12	4	41			4
1981/ 1982		0	33	73		13	20	11	46			6
1982/ 1983		25	98	197		21	57	5	99			11
1983/ 1984		0	0	16		2	2	0	13			0
1984/ 1985		0	5	39		8	26	4	27			5
1985/ 1986		0	0	63		2	2	0	10			1
1986/ 1987		17	24	178		27	58	21	131			10
1987/ 1988		25	32	126		11	23	2	44			6
1988/ 1989		0	0	74		18	10	0	28			16
1989/ 1990		0	21	26		13	58	9	66			5
1990/ 1991		3	0	40		7	3	8	19			5
1991/ 1992		102	192	491		130	159	26	377			25
1992/ 1993		99	173	421	99	99	112	54	339			10
1993/ 1994				17	4	4		0	10	16		5
1994/ 1995		9	6	72	90	90	11	1	138	168		23
1995/ 1996		8	14	93	25	25	9		50	62		5
1996/ 1997		127	58	230	41	41	4		78	90		14
1997/ 1998		12		51	6	6	6		29	31		6
1998/ 1999				25	6	6				46		0
1999/ 2000		14		128			8			103		2
2000/ 2001		1		49	2	2	2			24		2
2001/ 2002		7		104	27		7			147		
2002/ 2003		17		88	37		61			219		
2003/ 2004		1		25	4		1			35		
2004/ 2005		105		119	23		31			122		
2005/ 2006		33	69	17	18		22			125		
2006/ 2007		0	0	24	33		3			51		
2007/ 2008		0	8	26	42		12			104		
2008/ 2009		7	20	49	42		26			130		
2009/ 2010		7	20	31	36		40			89		
2010/ 2011		2	1	50	14		6			59		
2011/ 2012		2	97	80	25		32			86		
2012/ 2013		27		160	173		93			403		
2013/ 2014		21		102	67		21					



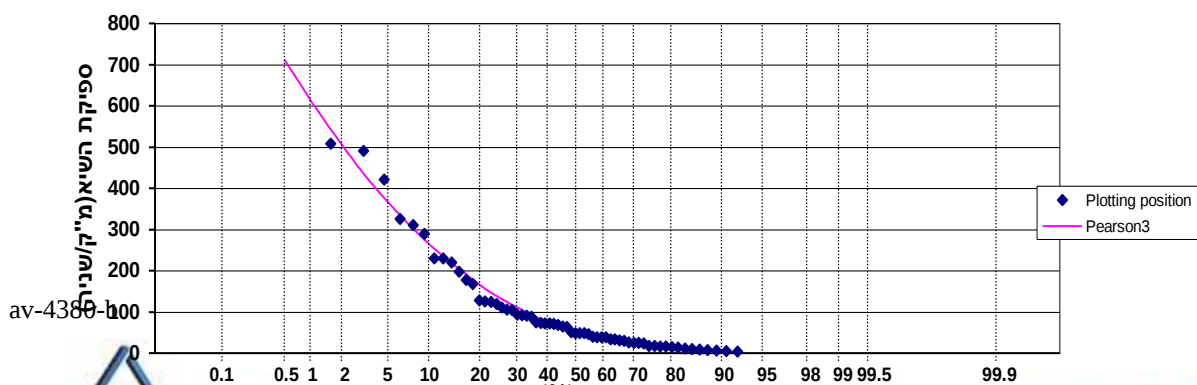
נספח מס' 4: עקומי ההסתברות של ספיקות שיא בתחנות מדידה
 איור מס' 42: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל קנה תחנת ירחיב



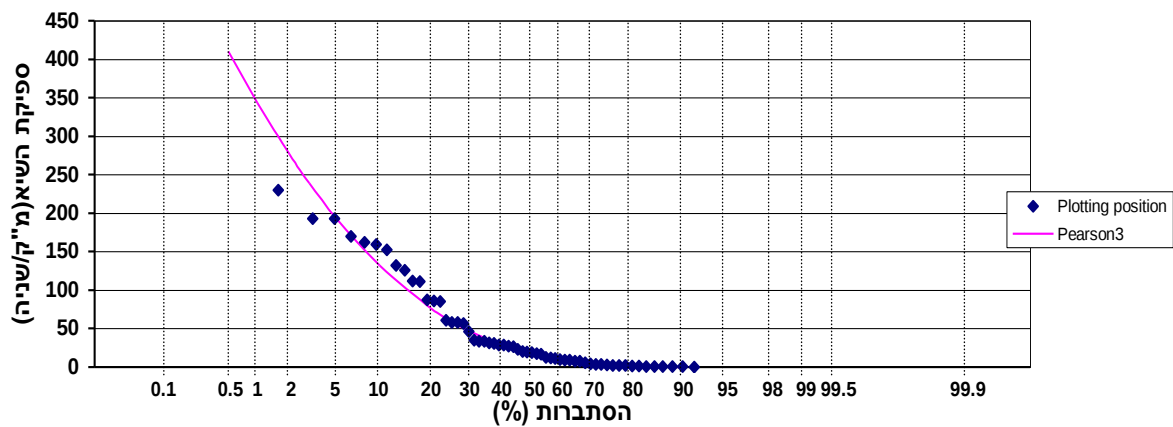
איור מס' 43: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל שילה תחנת נחשונים



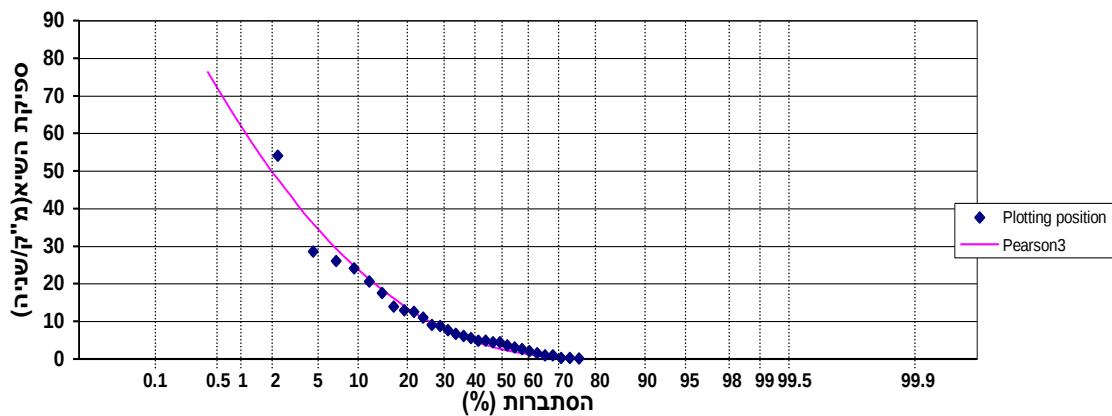
איור מס' 44: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל ירקון כביש הרצליה



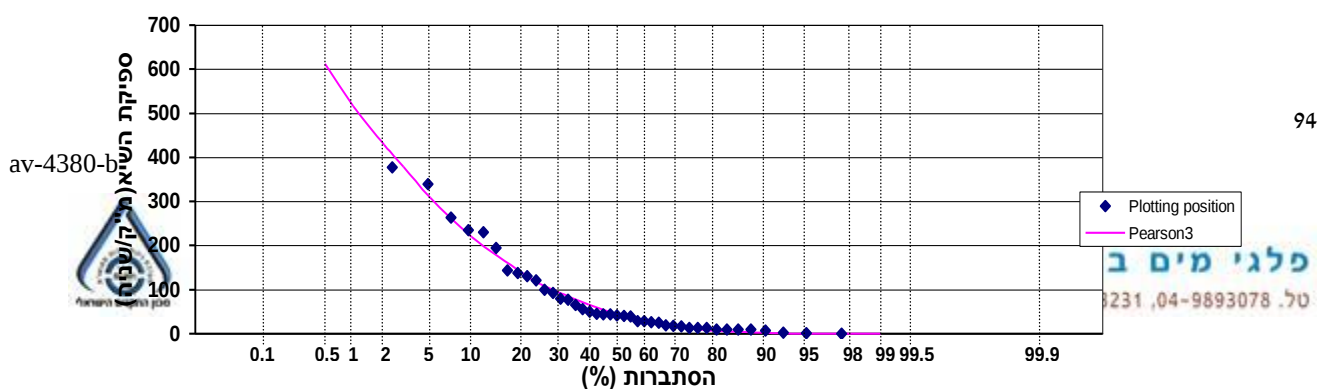
איור מס' 45: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל נטוף תחנת אתר"ג



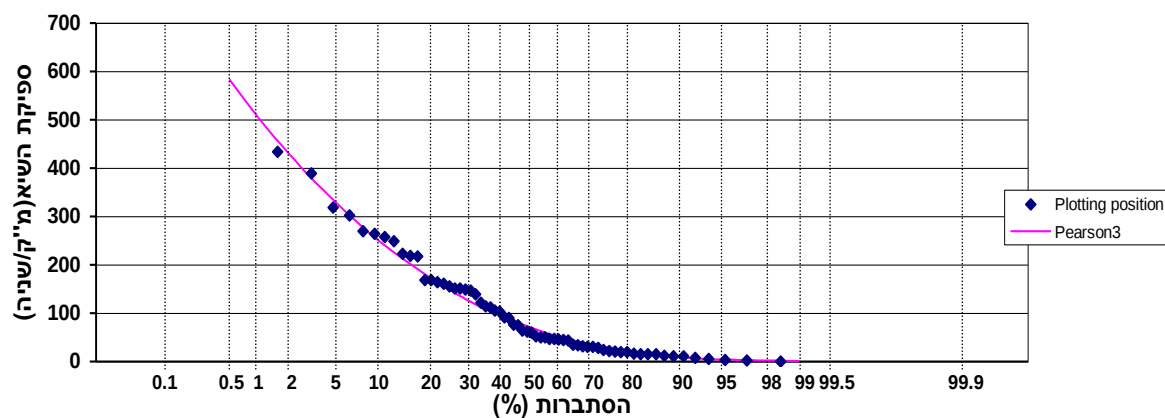
איור מס' 46: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל בית עריף תחנת כ. מגדל אפק-לוד



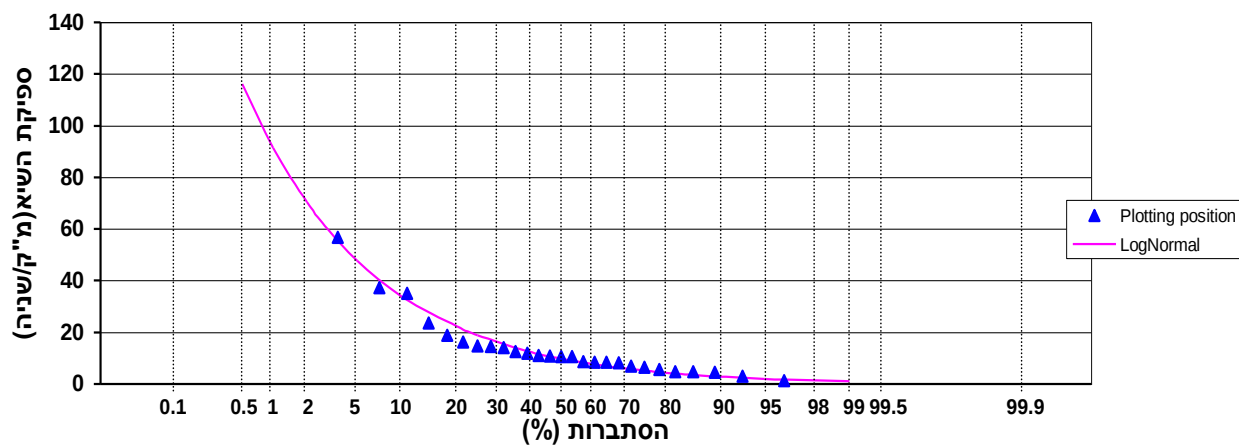
איור מס' 47: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל איילון תחנת בית דגן



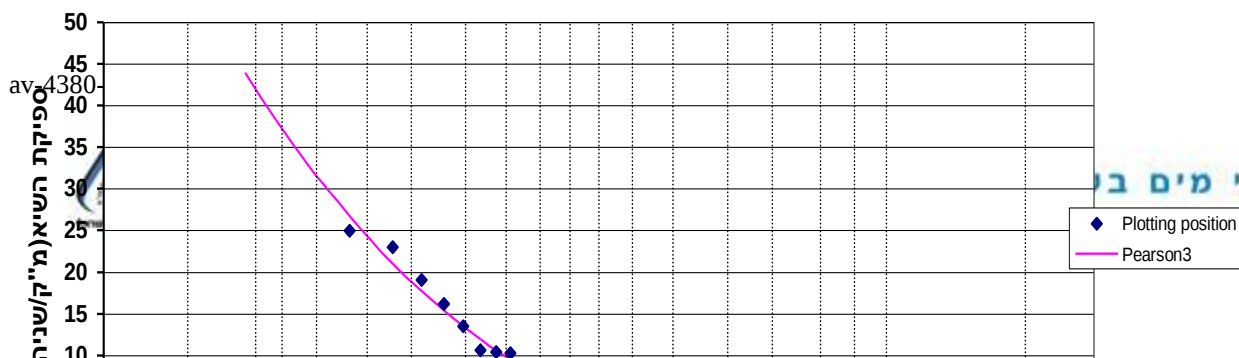
איור מס' 48: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל איילון שכונת עזרה



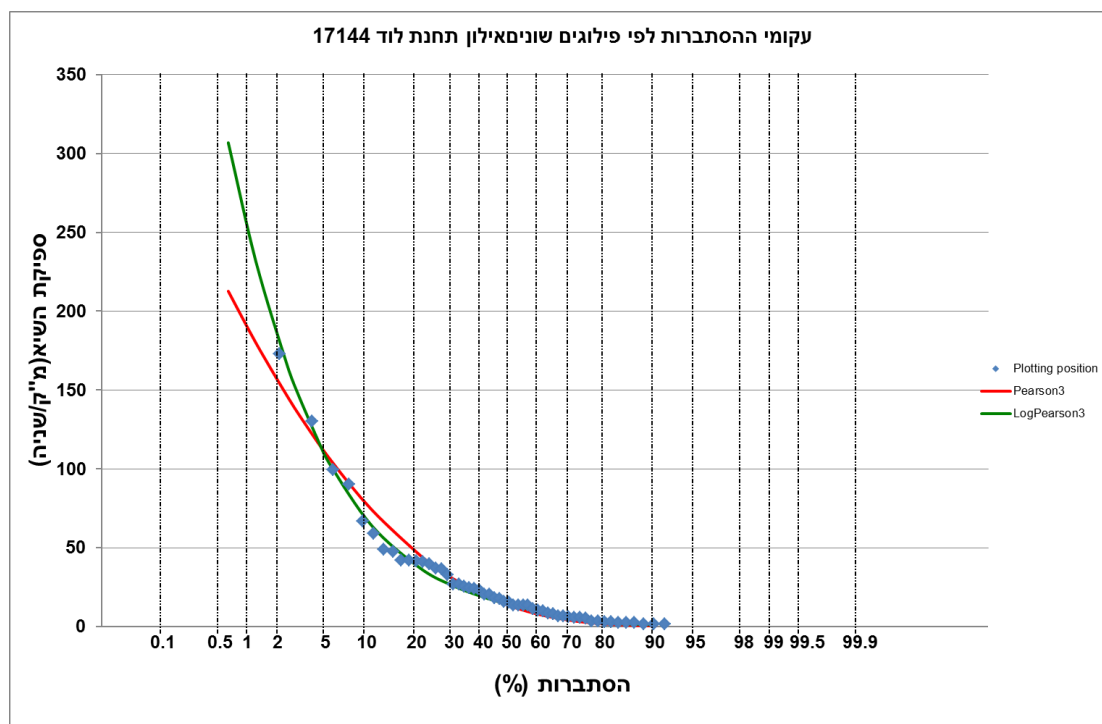
איור מס' 49: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל שפריר



איור מס' 50: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל גזר



איור מס' 51: עקום ההסתברות של ספיקות השיא השנתיות בנחל אילון לוד



נספח מס' 5: ספיקות שיא שנמדדו בשיטות העבר שיפוע בחקירת אירועים מיוחדים בשנים 1992/1993

טבלה מס' 27: ספיקות השיא באגן נחל איילון שנמדדו ע"י התחנה לחקר הסחף בשיטות העבר שיפוע על סמך סימני שיא הזרימה בשנת 1992/1993

שם האגן	Y	X	שטח האגן (קמ"ר)	ספיקת שיא (מקש"נ) (מקש"נ/קמ"ר)	ספיקה סגולית (מקש"נ/קמ"ר)
כופר	661400	182700	13	5	0.4
שפיר	655600	186400	34	60	1.8
בית עריף	658000	185600	123	200	1.6
בית עריף	657500	189000	100	150	1.5
בית עריף	658000	191300	90	87	1.0
בית עריף	656000	197000	40	51	1.3
נבלט	654400	197000	13	18	1.4
איילון	651200	191500	136	118	0.9
גימזו	649600	195400	8	9	1.1
איילון	649700	192400	60	20	0.3
איילון	(כניסה למאגר איילון)		160	10	0.1
נחשון	(כניסה למאגר איילון)		20	4	0.2
מודיעים	651000	199800	105	100	1.0
א-שמי	648000	202800	100	130	1.3

טבלה מס' 28 : ספיקות השיא באגן נחל ירקון שנמדדו ע"י התחנה לחקר הסחף בשיטות העבר שיפוע על סמך סימני שיא הזרימה בשנת 1992/1993

שם האגן	Y	X	שטח האגן (ק"מ)	ספ. שיא (מקש"נ) (מקש"נ/קמ"ר)	ספיקה סגולית (מקש"נ/קמ"ר)
מזור	665300	191000	32	30	0.94
מזור	661300	195400	8	11	1.37
שילה	664200	194500	357	225	0.63
ירקון (רבה)	668400	194500	75	39	0.52
הדר	672400	189700	5	5	1.00
הדס	672200	191300	18	10	0.55
סיר	676300	195500	75	37	0.49
קנה	673100	195300	240	63	0.41



טבלה מס' 29: ספיקות השיא באגן נחל ירקון שנמדדו ע"י התחנה לחקר הסחף בשיטות העבר שיפוע על סמך סימני שיא הזרימה בשנת 2012/2013

מס' סידורי	שם הנחל	X	Y	שטח אגן (קמ"ר)	ספיקה (מקש"נ)	ספיקה סגולית (מקש"נ/קמ"ר)	הסתברות (%)
אגן נחל גזר							
1	גזר - תחל"ס	190349	646214	15.1	25	1.66	3.5
3	גזר-מורד אחיסמך	191351	650282	55.2	120	2.17	1.7
נחל איילון לפני המפגש עם נחל גזר							
4	גמזו כביש 6	193380	649705	13.3	5	0.38	10
5	איילון	192300	650150	64	25	0.39	24
6	איילון מעלה מאגר	198473	641119	111	14	0.13	30
7	ענבה	195690	645206	27.8	36	1.29	1
נחל איילון עם נחל גזר							
8	איילון-לוד	191057	651844	138.6	133	0.96	2
נחל איילון							
9	נטוף-נתב"ג	190154	654844	243	108	0.44	17
11	נבלט	195443	654677	16.3	15	0.92	3
12	בית עריף לפני הכניסה של איילון	189069	658775	112.9	80	0.71	15
13	אונו כביש 461	188271	659956	6.1	8	1.31	
14	אור יהודה	186304	659030	1.6	2	1.28	
15	שפיריים - תחל"ס	186579	655348	29.9	30	1.00	10
16	שפיריים - חמד	184827	657799	38.6	40	1.04	10
17	כופר	182879	661627	9.9	25	2.53	
18	כופר במורד	180641	661059	14.3	12	0.84	
19	אזור-רחוב שיקמה	181241	659854	1.9	12	6.32	
20	אזור בחיבור עם איילון	180503	660569	4	5		
21	איילון שכונת עזרא	180524	660927	628	375	0.60	3.5

נספח 6: ספיקות השיא בהסתברויות שונות לפי מודל הידרולוגי – סטטיסטי ולפי המודל האנלוגי.

אגן ירקון								
20	13	35	8	31	25	24	מס' סידורי	
סיר	קנה לפני סיר	הדס	קנה לפני כניסה לירקון	סוסי	רבה קו ירוק	רבה חיבור לירקון	שם הנחל	
107.7	243.0	19.4	377.3	32.0	70.6	82.0	שטח (קמ"ר)	
194159	194478	191132	191126	198774	198661	192722	X	קואורדינטות
673724	673402	671071	671022	666999	667477	669145	Y	
84.9	223.3		308.2	31.6	70.1	75.5	ABC	חבורות הקרקע (קמ"ר)
15.1	19.7	3.6	45.6	0.4	0.6	6.5	H	
7.7		15.8	23.5				E	
							V	
7.4	3.7	10	19.5	0.35	-	6.8	גודל שטח עירוני (קמ"ר)	
מורד אגן	מורד אגן	מרכז אגן	מורד אגן	מורד		מורד אגן	מיקום השטח העירוני	
66	94	42	169	17	31	51	10%	ספיקות שיא מקש"נ לפי מודל סטטיסטי בהסתברויות שונות
93	138	54	236	27	49	73	5%	
129	198	69	325	41	72	103	2%	
160	249	81	400	53	94	128	1%	
63	95	27	186	35	51	55	10%	ספיקות שיא מקש"נ לפי אנלוגיה בהסתברויות שונות
92	139	39	260	50	75	81	5%	
134	202	57	362	73	109	117	2%	
168	253	73	436	92	136	147	1%	
5,6,7	5,6,7	שפירים	איילון כביש 412	5,6,7	5,6,7	5,6,7		נחל אנלוגי

28	9	7	40	6	15	33	מס' סידורי		אגן ירקון
	שילה לפני מזור	שילה כניסה לירקון	הדר	ירקון אחרי כניסת קנה	קנה קו ירוק	ואדי עסלה י.סיר	שם הנחל		
19.6	389.7	413.6	9.4	488.5	231.2	21.1	שטח (קמ"ר)		
191352	191533	189279	189526	190292	198899	196358	X	קואורדינטות	
667755	667544	670114	670234	670290	671787	675851	Y		
	355.1	354.2		389.1	216.4	19.3	ABC	חבורות הקרקע (קמ"ר)	
9.9	34.6	47.0	0.6	76.0	14.8	1.8	H		
9.8	0.01	11.6	8.8	23.5			E		
							V		
7	5	12.4	4.5	29.6	-	-	גודל שטח עירוני (קמ"ר)		
							מיקום השטח העירוני		
מורד אגן	מורד +	מורד אגן		מורד +					
38	135	161	22	223	82	14	10%	ספיקות שיא מקש"נ לפי מודל סטטיסטי בהסתברויות שונות	
49	197	229	28	306	124	22	5%		
62	281	320	35	418	179	32	2%		
73	352	397	40	509	228	41	1%		
27	155	159	19	211	93	28	10%	ספיקות שיא מקש"נ לפי אנלוגיה בהסתברויות שונות	
39	220	227	27	296	135	41	5%		
57	312	321	39	412	197	59	2%		
73	382	393	51	496	247	74	1%		
שפירים	5,6,7,1	5,6,7,1	שפירים	איילון כביש 412	5,6,7	5,6,7		נחל אנלוגי	



אגן ירקון							
1	2	43	47	11	10	מס' סידורי	
ירקון לפני איילון	ירקון כביש 4	הדרים	פרדס	שילה קו ירוק	שילה עינת	שם הנחל	
969.3	947.1	8.0	2.8	350.4	383.9	שטח (קמ"ר)	
181885	185954	186642	188781	200297	193820	X	קואורדינטות
667441	668233	668623	670284	662590	665065	Y	
744.1	743.3			324.2	355.1	ABC	חבורות הקרקע (קמ"ר)
134.8	129.9			26.2	28.8	H	
90.3	73.8	8.0	2.8			E	
						V	
89	68.4	2.47	0.46	-	4.3	גודל שטח עירוני (קמ"ר)	
מורד+	מורד+	מרכז אגן	מרכז אגן		מורד+	מיקום השטח העירוני	
314	310	20	12	114	131	10%	ספיקות שיא מקש"נ לפי מודל סטטיסטי בהסתברויות שונות
431	426	28	17	170	192	5%	
588	581	38	24	244	275	2%	
717	708	45	30	309	345	1%	
254	252	18	10	114	120	10%	ספיקות שיא מקש"נ לפי אנלוגיה בהסתברויות שונות
363	359	25	15	166	174	5%	
518	512	36	22	242	253	2%	
642	634	47	28	304	318	1%	
ירקון- כביש הרצליה	ירקון- כביש הרצליה	שפירים	שפירים	5,6,7	5,6,7	נחל אנלוגי	

אזור ירקון

אין איילון								
26	38	41	42	17	27	19	מס' סידורי	
				אילון מאגר	נחשון	איילון כביש 1	שם הנחל	
56.6	14.3	8.3	8.0	160.5	39.7	113.0	שטח (קמ"ר)	
191382	192324	192960	196337	195994	196137	197351	X	קואורדינטות
650726	650589	648385	642677	641945	640400	641129	Y	
10.3	13.7	8.1	8.0	135.3	31.0	100.5	ABC	חבורות הקרע (קמ"ר)
36.4	0.6	0.2		25.1	8.7	12.5	H	
9.9							E	
							V	
7.1	-	-	-	-	-	-	גודל שטח עירוני (קמ"ר)	
מורד אגן							מיקום השטח העירוני	
66	10	6.2	6	69	26	51	10%	ספיקות שיא מקש"נ לפי מודל סטטיסטי בהסתברויות שונות
86	15	9.9	10	101	39	76	5%	
112	23	15	15	145	55	109	2%	
132	30	20	19	182	70	139	1%	
49	14	11	10	77	38	65	10%	ספיקות שיא מקש"נ לפי אנלוגיה בהסתברויות שונות
63	20	15	15	112	56	95	5%	
81	29	22	21	164	82	138	2%	
95	35	27	26	205	102	172	1%	
גזר	בית עריף	בית עריף	בית עריף	5,6,7	5,6,7	5,6,7	נחל אנלוגי	

אגן איילון



מס' סידורי	14	21	18	39	4	32	3
שם הנחל	נטוף כביש 6	מודיעים	בית עריף כניסה לאיילון	נבלט כביש 6	איילון כביש 4	שפירים תחנת תחל"ס	איילון כניסה לירקון
שטח (קמ"ר)	232.8	105.7	126.5	13.8	588.6(749.1)	30.9	670(830.5)
קואורדינטות	X	196118	186242	196504	183637	186300	181700
	Y	652237	658110	654528	659688	655604	667093
חבורות הקרקע (קמ"ר)	AB	227.2	79.3	13.193	525.5		525.5
	C	5.5	39.7	0.7	161.1	6.0	176.9
	H		7.6		62.4	24.9	99.2
	E						28.9
גודל שטח עירוני (קמ"ר)	-	-	11	-	35.5	9	91.0
מיקום השטח העירוני			מורד אגן		מורד+	מעלה אגן	מורד+
ספיקות שיא מקש"נ לפי מודל סטטיסטי בהסתברות שונות	10%	79	89	9.8	272	40	290
	5%	120	121	15	368	55	393
	2%	176	164	23	496	76	530
	1%	225	199	30	599	92	639
ספיקות שיא מקש"נ לפי אנלוגיה בהסתברות שונות	10%	118	51	14	232	34.502	247
	5%	170	80	20	325	49	347
	2%	248	132	28	452	72	483
	1%	312	180	35	545	92	581
נחל אנלוגי	נטוף- אתר "ג"	5,6,7	איילון- לוד	בית עריף	איילון-בית דגן	שפירים	איילון-בית דגן



נספח מס' 7: נתוני הידרוגרפי תכן לתכנון הגנה בפני שיטפונות
נתוני הידרוגרף תכן לנחל איילון – לוד

ספיקה מנורמלת לספיקת השיא	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה (מקש"נ)
0	0.0	0
0.03	1.0	4
0.07	2.1	9
0.11	3.1	14
0.15	4.1	19
0.21	5.2	26
0.26	6.2	33
0.315	7.2	39
0.37	8.3	46
0.44	9.3	55
0.5	10.3	63
0.57	11.4	71
0.64	12.4	80
0.75	13.4	94
0.9	14.5	96
0.96	15.5	120
0.98	16.0	123
1	16.5	125
0.93	17.0	116
0.8	18.0	100
0.66	18.7	83
0.52	19.8	65
0.407	21.0	51
0.33	21.7	41
0.151	23.8	19
0.225	24.3	28
0.27	24.8	34
0.4	25.8	50
0.5	26.9	63
0.55	27.9	69
0.44	28.9	55
0.34	30.0	43
0.24	31.0	30
0.16	32.0	20
0.11	33.1	14

ספיקה (מקש"נ)	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה מנורמלת לספיקת השיא
0	0.0	0
4	1.0	0.03
9	2.1	0.07
14	3.1	0.11
19	4.1	0.15
26	5.2	0.21
33	6.2	0.26
39	7.2	0.315
46	8.3	0.37
55	9.3	0.44
63	10.3	0.5
71	11.4	0.57
80	12.4	0.64
94	13.4	0.75
96	14.5	0.9
120	15.5	0.96
123	16.0	0.98
11	34.1	0.09
9	35.1	0.07
7	36.2	0.055
6	37.2	0.045
4	38.2	0.035
3	43.4	0.025
1	48.5	0.01
0	58.9	0

נתוני הידרוגרף תכן לנחל נטוף

ספיקה (מקש"נ)	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה מנורמלת לספיקת השיא
0	0.0	0
8	1.6	0.03
19	3.3	0.07
30	4.9	0.11
42	6.6	0.15
58	8.2	0.21
72	9.9	0.26
87	11.5	0.315
102	13.2	0.37
122	14.8	0.44
139	16.5	0.5

0.57	18.1	158
0.64	19.8	177
0.75	21.4	208
0.9	23.1	249
0.96	24.7	266
0.98	25.5	271
1	26.4	277
ספיקה מנורמלת לספיקת השיא	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה (מקש"נ)
0.93	27.2	258
0.8	28.7	222
0.66	29.9	183
0.52	31.6	144
0.407	33.5	113
0.33	34.6	91
0.151	37.9	42
0.225	38.7	62
0.27	39.6	75
0.4	41.2	111
0.5	42.9	139
0.55	44.5	152
0.44	46.2	122
0.34	47.8	94
0.24	49.5	66
0.16	51.1	44
0.11	52.7	30
0.09	54.4	25
0.07	56.0	19
0.055	57.7	15
0.045	59.3	12
0.035	61.0	10
0.025	69.2	7
0.01	77.5	3
0	94.0	0



נתוני הידרוגרף תכן לנחל קנה – ירחיב

ספיקה (מקש"נ)	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה מנורמלת לספיקת השיא
0	0.0	0
5	1.9	0.03
12	3.9	0.07
19	5.8	0.11
26	7.7	0.15
36	9.7	0.21
45	11.6	0.26
54	13.5	0.315
64	15.5	0.37
76	17.4	0.44
86	19.3	0.5
98	21.3	0.57
110	23.2	0.64
129	25.1	0.75
155	27.1	0.9
165	29.0	0.96
169	30.0	0.98
172	30.9	1
160	31.9	0.93
138	33.7	0.8
114	35.1	0.66
89	37.1	0.52
70	39.3	0.407
57	40.6	0.33
26	44.5	0.151
39	45.5	0.225
46	46.4	0.27
69	48.4	0.4
86	50.3	0.5
95	52.2	0.55
76	54.2	0.44
58	56.1	0.34
41	58.0	0.24
28	60.0	0.16
19	61.9	0.11
15	63.8	0.09
12	65.8	0.07
9	67.7	0.055
8	69.6	0.045
6	71.6	0.035
4	81.2	0.025
2	90.9	0.01
0	110.2	0

av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
 טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

נתוני הידרוגרף תכן לנחל ירקון כביש ת"א-חיפה (רבה)

ספיקה (מקש"נ)	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה מנורמלת לספיקת השיא
3.6	1.3	0.03
8.4	2.5	0.07
13.2	3.8	0.11
18	5.0	0.15
25.2	6.3	0.21
31.2	7.5	0.26
37.8	8.8	0.315
44.4	10.0	0.37
52.8	11.3	0.44
60	12.5	0.5
68.4	13.8	0.57
76.8	15.0	0.64
90	16.3	0.75
108	17.5	0.9
115.2	18.8	0.96
117.6	19.4	0.98
120	20.0	1
111.6	20.7	0.93
96	21.8	0.8
79.2	22.7	0.66
62.4	24.1	0.52
48.84	25.4	0.407
39.6	26.3	0.33
18.12	28.8	0.151
27	29.4	0.225
32.4	30.1	0.27
48	31.3	0.4
60	32.6	0.5
66	33.8	0.55
52.8	35.1	0.44
40.8	36.3	0.34
28.8	37.6	0.24
19.2	38.8	0.16
13.2	40.1	0.11
10.8	41.3	0.09
8.4	42.6	0.07
6.6	43.8	0.055
5.4	45.1	0.045
4.2	46.4	0.035
3	52.6	0.025

0.01	58.9	1.2
0	71.4	0

נתוני הידרוגרף תכן לנחל שילה (תחנת נחשונים)

ספיקה (מקש"נ)	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה מנורמלת לספיקת השיא
7	2	0.03
16	4	0.07
26	6	0.11
35	8	0.15
49	10	0.21
60	12	0.26
73	14	0.315
86	16	0.37
102	18	0.44
116	20	0.5
132	22	0.57
148	24	0.64
174	26	0.75
209	28	0.9
223	30	0.96
227	31	0.98
232	32	1
216	33	0.93
186	34.8	0.8
153	36.3	0.66
121	38.4	0.52
94	40.6	0.407
77	42	0.33
35	46	0.151
52	47	0.225
63	48	0.27
93	50	0.4
116	52	0.5
128	54	0.55
102	56	0.44
79	58	0.34
56	60	0.24
37	62	0.16
26	64	0.11
21	66	0.09
16	68	0.07
13	70	0.055
10	72	0.045



0.035	74	8
0.025	84	6
0.01	94	2
0	114	0

נתוני הידרוגרף תכן לנחל שפיר

ספיקה מנורמלת לספיקת השיא	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה (מק"ש"נ)
0	0.0	0
0.23	2.0	17
0.409	3.0	29
0.45	4.0	32
0.419	5.0	30
0.36	6.0	26
0.25	8.0	18
0.15	10.0	11
0.13	12.0	9
0.117	14.0	8
0.11	16.0	8
0.1	18.0	7
0.174	19.0	13
0.3	20.0	22
0.47	22.0	34
0.65	24.0	47
0.84	26.0	60
0.95	27.0	68
1	28.0	72
0.9	29.0	65
0.76	30.0	55
0.55	32.0	40
0.33	34.0	24
0.187	35.0	13
0.175	36.0	13
0.266	37.0	19
0.35	38.0	25
0.4	40.1	29
0.43	42.1	31
0.4	43.1	29
0.32	44.1	23
0.2	46.1	14
0.15	48.1	11
0.123	50.1	9
0.097	52.1	7
0.07	54.1	5
0.05	56.1	4
0.04	58.1	3
0.035	60.1	3



0.03	62.1	2
0.025	64.1	2
0.02	66.1	1
0.015	68.1	1
0.01	70.1	1
0	72.1	0

נתוני הידרוגרף תכן לנחל איילון (תחנת בית דגן)

ספיקה (מקש"נ)	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה מנורמלת לספיקת השיא
5	0	0.01
20	2	0.04
35	4	0.07
125	6	0.25
175	8	0.35
175	10	0.35
150	12	0.3
100	14	0.2
88	16	0.175
85	17	0.17
100	18	0.2
140	20	0.28
182	22	0.364
218	24	0.435
278	26	0.555
350	28	0.7
413	29.5	0.825
488	31	0.975
500	32	1
485	33	0.97
460	34	0.92
415	36	0.83
370	38	0.74
338	40	0.675
303	42	0.605
265	44	0.53
235	46	0.47
193	48	0.385
165	50	0.33
125	52	0.25
93	54	0.185
70	56	0.14
50	58	0.1



0.08	60	40
0.07	62	35
0.06	64	30
0.05	66	25
0.02	90	10

av-4380-b



נתוני הידרוגרף תכן לנחל ירקון (כביש הרצליה)

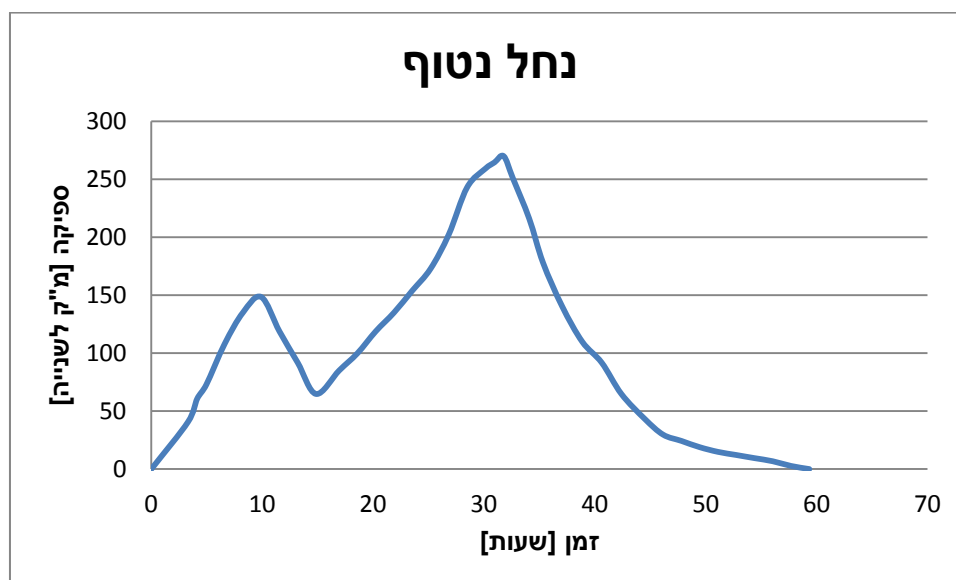
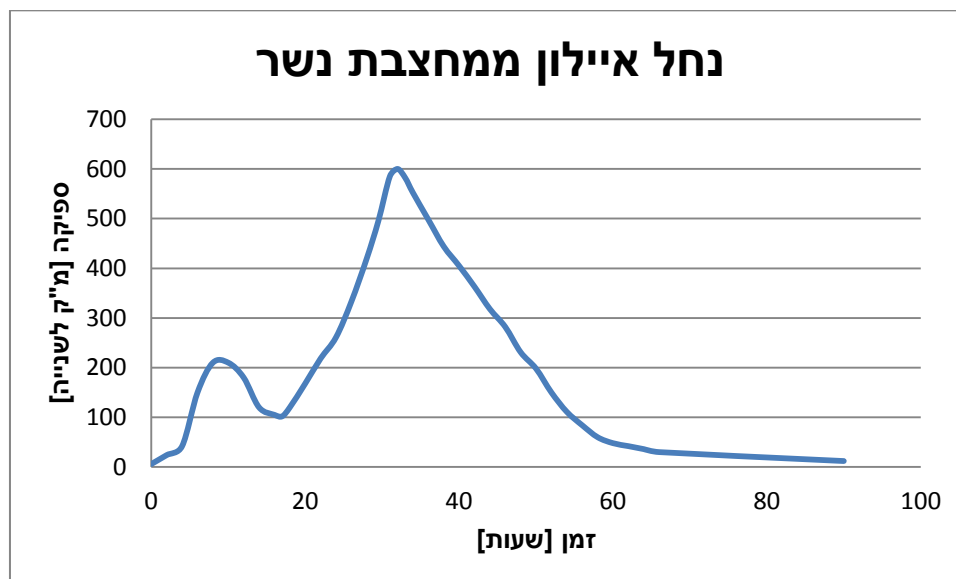
ספיקה (מקש"נ)	זמן מתחילת הגאות (שעות)	ספיקה מנורמלת לספיקת השיא
6	0	0.01
9	2	0.015
24	4	0.04
53	6	0.09
100	8	0.17
135	10	0.23
165	12	0.28
194	14	0.33
223	16	0.38
223	18	0.38
200	20	0.34
182	22	0.31
221	24	0.375
262	26	0.445
320	28	0.545
388	30.3	0.66
432	32.6	0.735
462	34	0.785
494	36	0.84
523	38	0.89
556	40	0.945
588	42	1
588	44	1
582	46	0.99
520	48	0.885
447	50.3	0.76
409	52	0.695
368	54	0.625
329	56	0.56
294	58	0.5
262	60	0.445
229	62	0.39
200	64	0.34
173	66	0.295
147	68	0.25
129	70	0.22
106	72	0.18
88	74	0.15
71	76	0.12
59	78	0.1
47	80	0.08
38	82	0.065
29	84	0.05
24	86	0.04
18	88	0.03

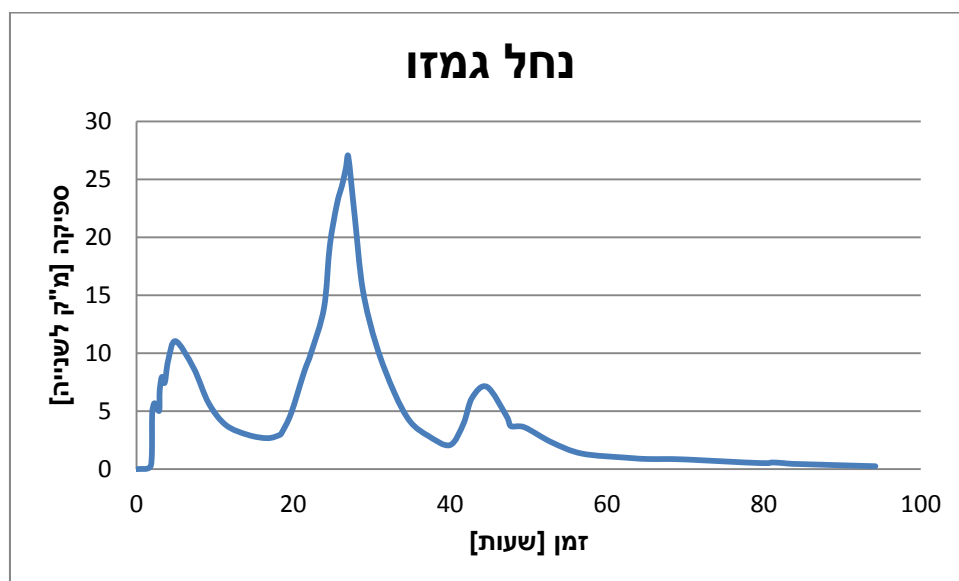
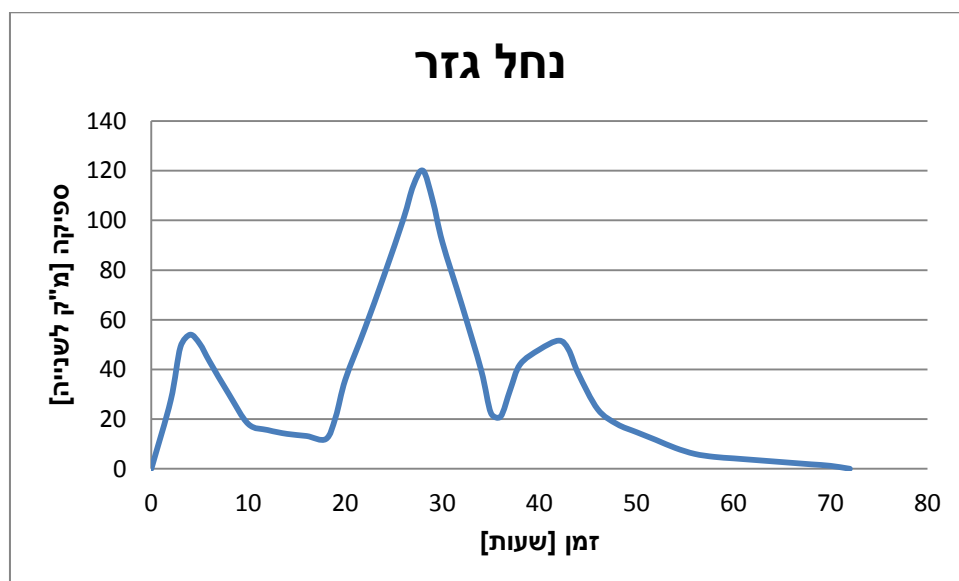
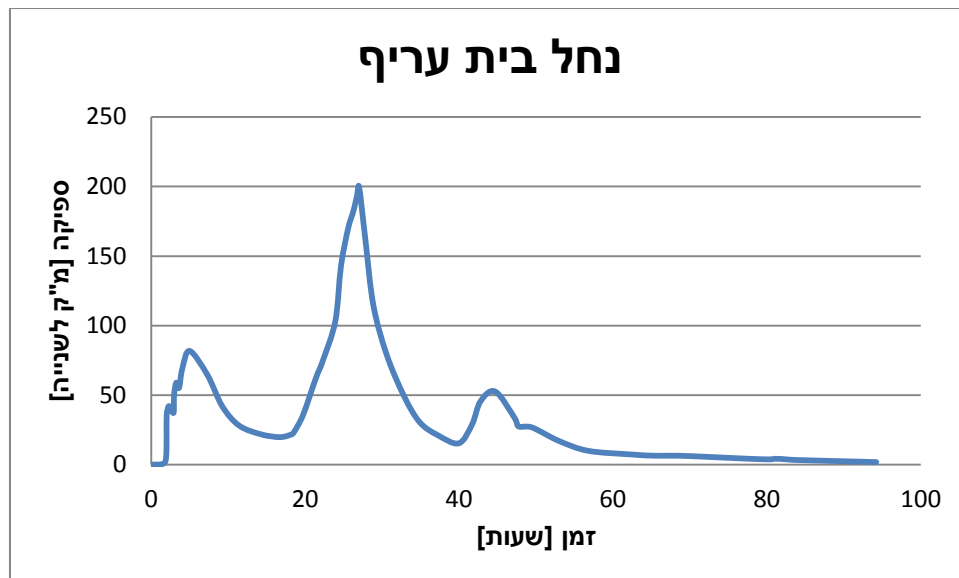


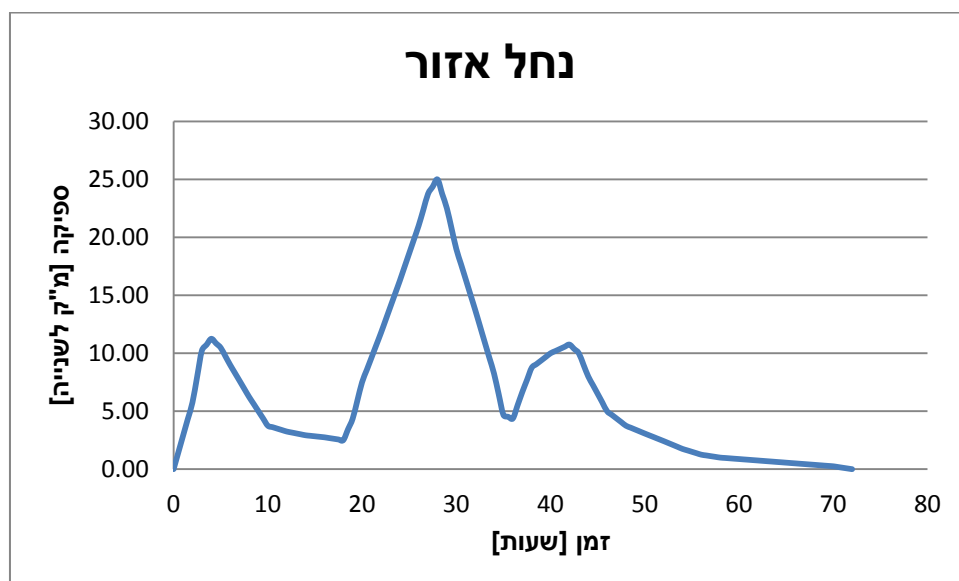
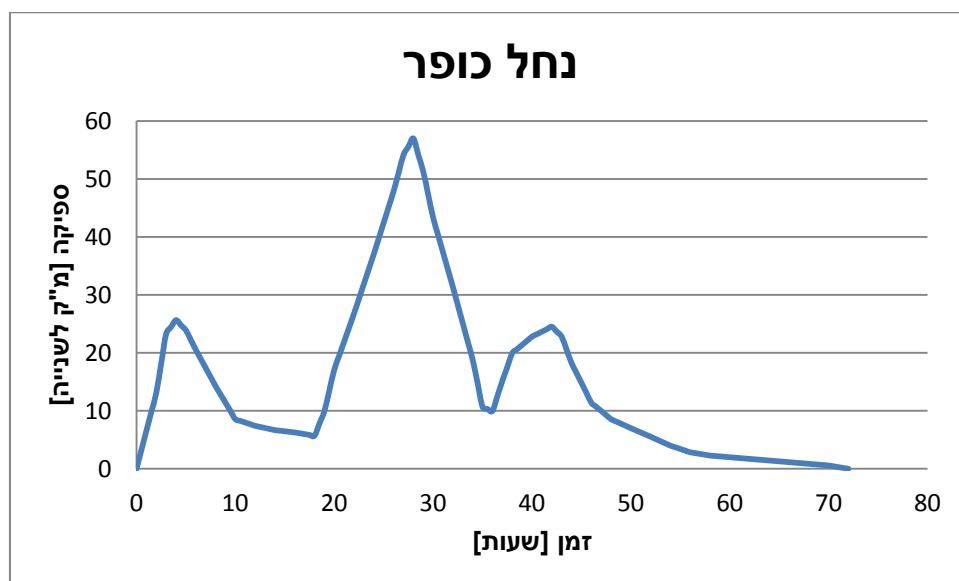
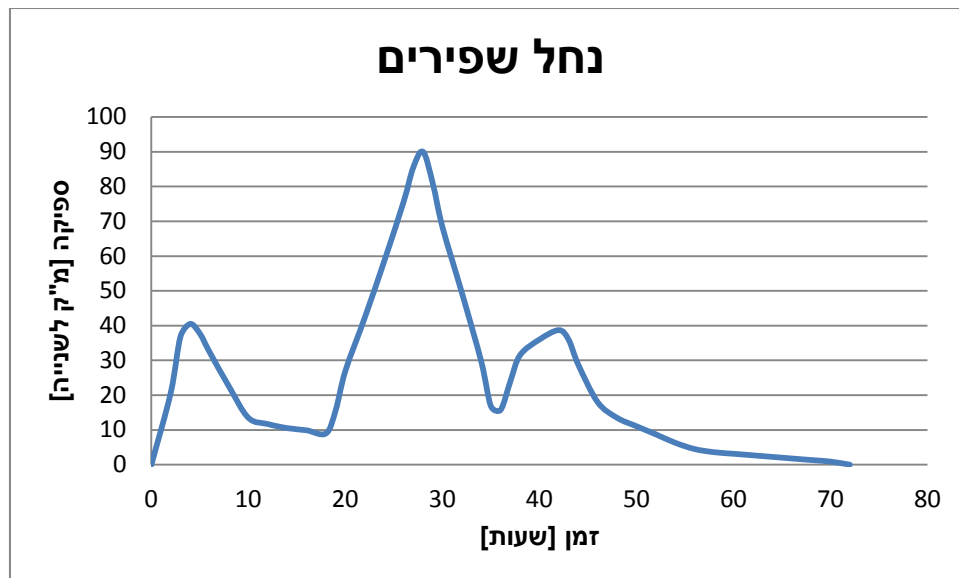
0.025	90	15
0.02	100	12

הידרוגרפי תכן:

נחלי איילון:



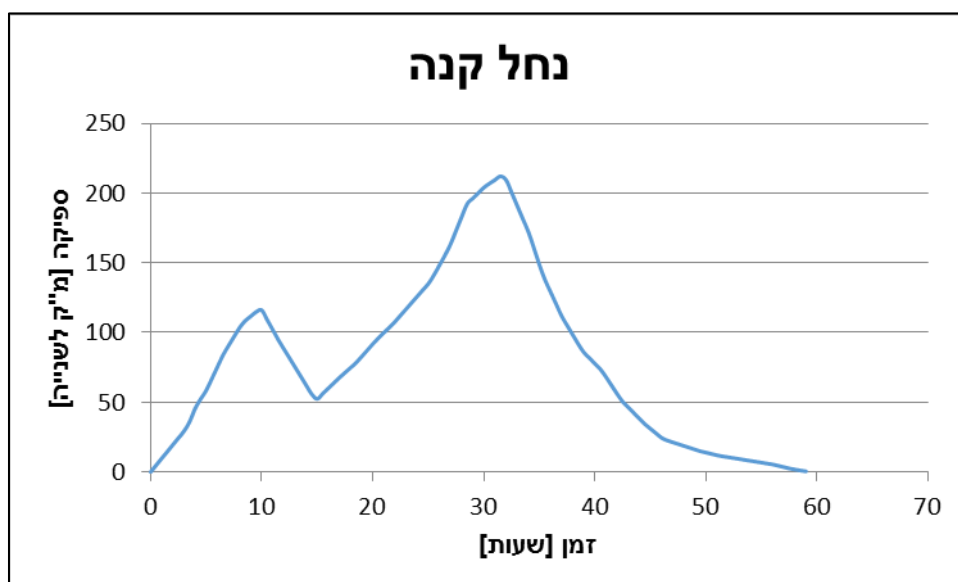
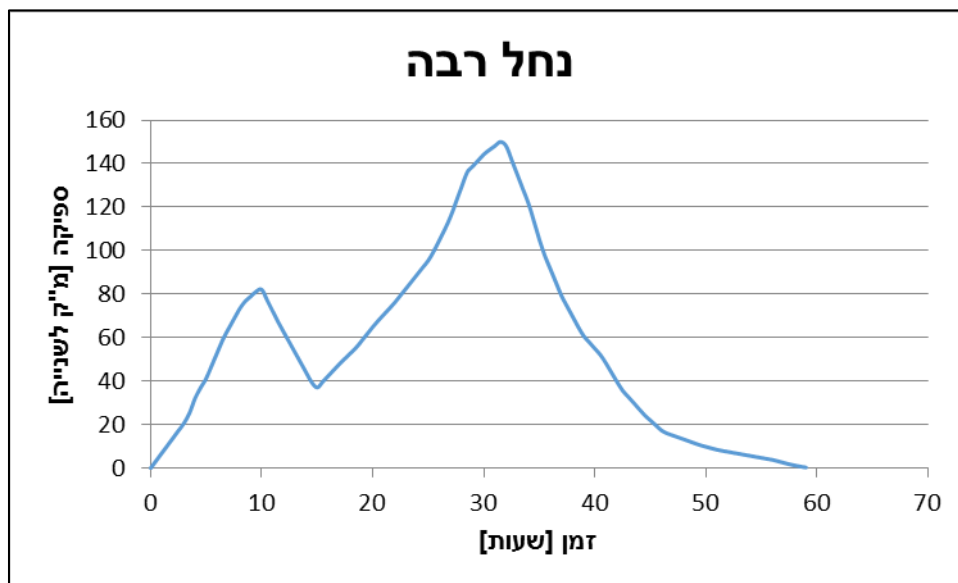


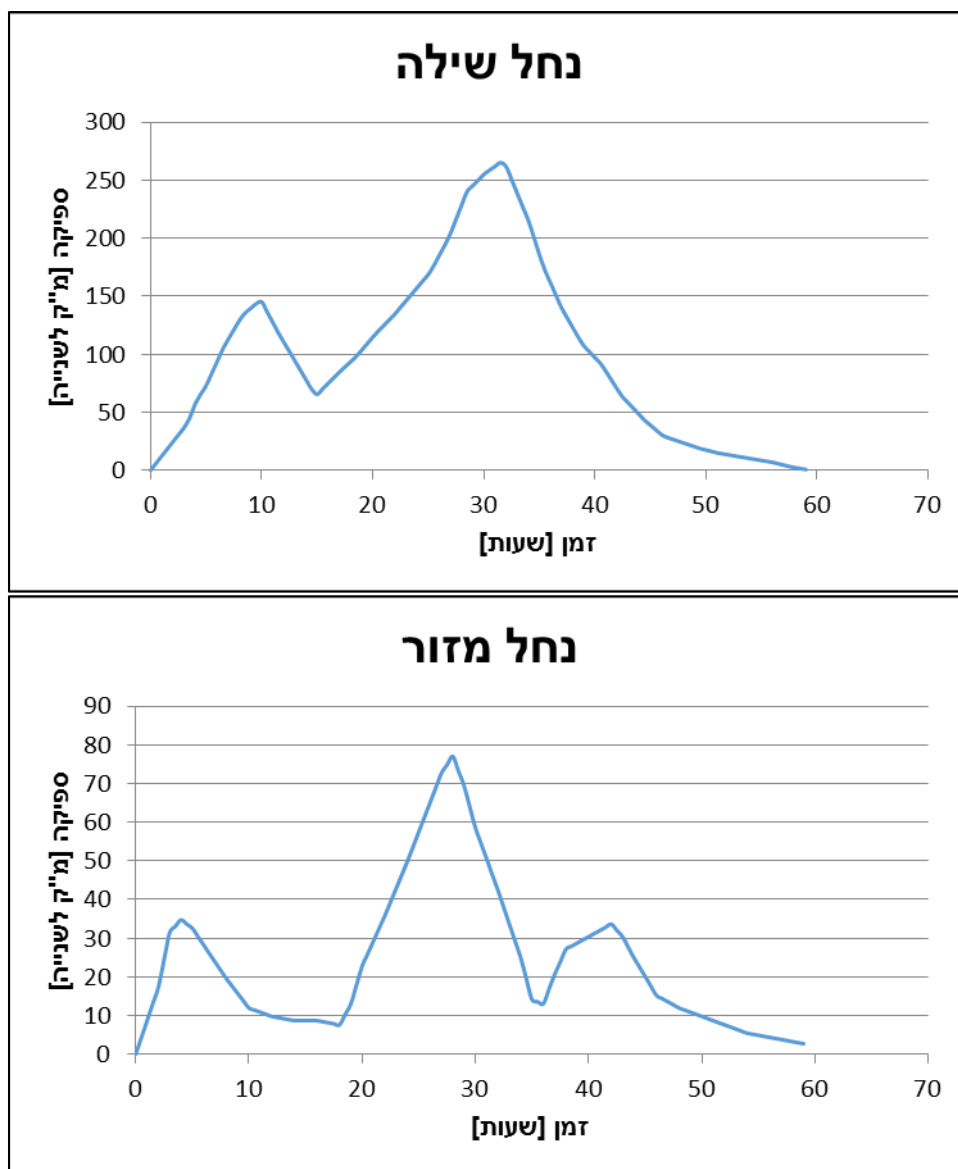


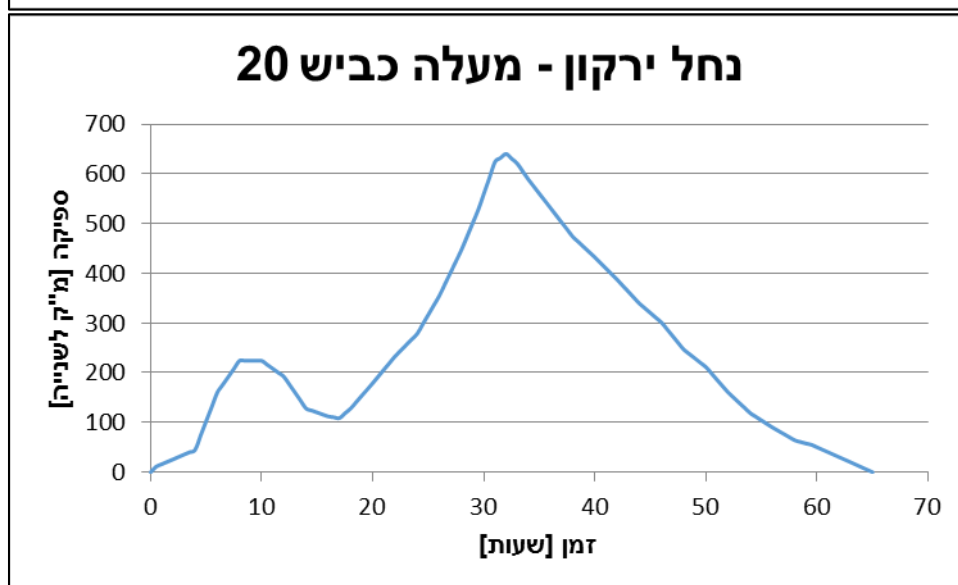
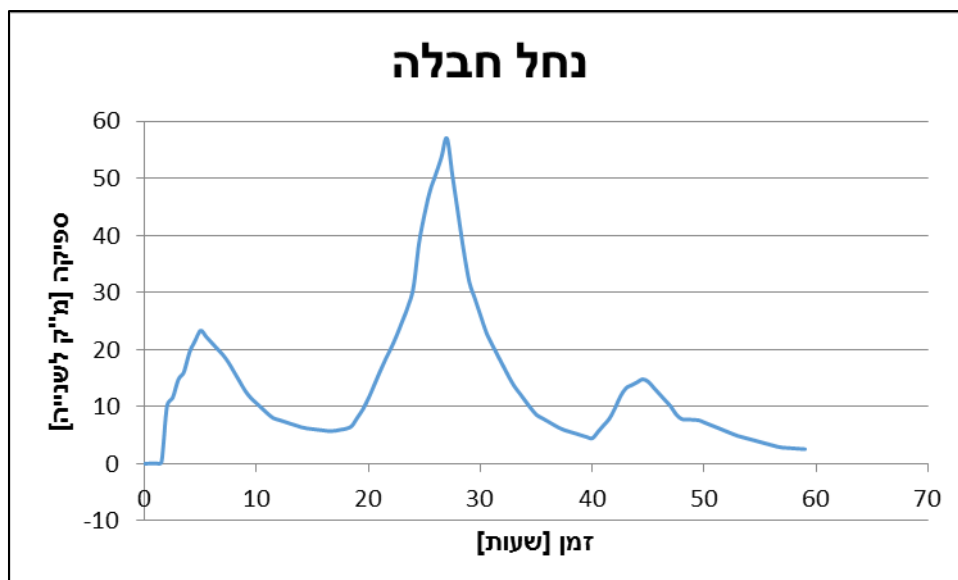
av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il







נספח מס' 8: נתוני השרות ההידרולוגי

תת אגן	שטח תחום התנקזות (קמ"ר)	ספיקת שיא בהסתברות 1% (מ"ק/שנייה)	נפח גאות בהסתברות 1% (אלמ"ק)
J39855	624.7	577.3	51085
R Ayalon Ezra HS	624.7	576.3	51079
J Ezra HS	624.7	576.3	51079
J Kofer Azur	621.4	574.9	50455
P.A.S + Mikve	621.4	574.9	50455
R Ayalon P Begin	621.4	571.3	50442
J Ayalon Shapirim	588.3	523.8	45565
R Ayalon down Hiria	588.3	521.3	45386
J Ayalon - Beit Arif	527.1	476.4	39091
Res Arif-4	527.1	476.4	39091
J39795	537.0	475.4	40036
J39821	540.5	467.4	39555
Res A-2	537.3	465.9	39382
R Ayalon up Hiria_1	537.0	465.5	39314
R Ayalon Hemed	527.1	465.4	38385
R Ayalon Hiria	540.5	463.7	39282
R Ayalon up Hiria_2	537.3	463.0	39161
J39666	402.2	383.3	26882
R Ayalon Natbag	396.9	382.4	26876
R Ayalon NATBAG	402.2	382.4	26876
Natbag	399.6	378.8	26269
R Ayalon NATBAG HS	399.6	378.8	26267
J2618	396.9	372.5	25713
J Ayalon Natuf	393.5	363.1	25021
R Ayalon United	393.5	363.0	25019
J2587	144.2	210.1	15669
J Gezer Ayalon	135.1	203.7	14333
Res G2	135.1	203.7	14333
A1	146.6	203.7	15293
Ayalon_Lod HS	136.1	203.4	14456
R Ayalon Ginaton	136.1	202.9	14450
R Ayalon Gezer	135.1	202.5	14324
R Ayalon Zeitan	144.2	199.8	14861
J2505	217.5	172.2	9008
J2653	228.5	166.7	8820
J2508	115.5	161.3	8617
Res N3	245.1	161.3	9605
Natuf HS	245.1	161.3	9605
Res N1	222.8	159.5	8485
J58	234.7	158.7	8685
R Modiim lower	115.5	157.9	8487
R Natuf lower	245.1	157.9	9377
R Natuf Modiim	217.5	157.1	8385
J2495	240.3	156.6	9050
R Natuf B Nehemia 1	228.5	154.7	8248
R Natuf Truman	240.3	151.8	8753
R Natuf B Nehemia 2	234.7	151.7	8377
J2532	98.3	146.4	7556
Res MH3	106.2	146.4	7916
J Anava Ayalon	48.5	142.0	6541
diversion Nesher	48.5	142.0	6541
J39761	122.8	141.6	11949
J39801	108.4	140.5	9891
J39632	117.7	139.3	10826



תת אגן	שטח תחום התנקזות (קמ"ר)	ספיקת שיא בהסתברות 1% (מ"ק/שנייה)	נפח גאות בהסתברות 1% (אלמ"ק)
R Yahud 4	117.7	139.1	10796
R Yahud down	122.8	138.7	11795
R Yahud 3	108.4	137.0	9713
Res Arif-1	90.5	133.9	7055
J39783	95.7	133.3	7985
J39728	89.1	132.8	6872
J2537	76.2	132.2	8080
J2540	59.6	131.6	7321
R Ayalon Gamzo	76.2	131.1	8036
R Beit Arif Yahud HS	89.1	130.5	6811
R Yahud 2	95.7	130.5	7890
R Modiim Dilb	98.3	130.0	6856
R Yahud 1	90.5	128.1	6903
R ayalon Anava	48.5	126.2	6295
R Ayalon Daniel	59.6	122.1	7085
J2551	88.4	118.5	6244
J2524	35.5	114.5	4074
Res D2	35.5	114.5	4074
R Natuf Shukba	88.4	111.6	5936
J2608	26.6	97.5	2691
J39725	63.4	92.7	4691
Qiryat Sefer	46.4	87.3	4241
R Dilb lower	35.5	86.9	3498
R Beit Arif	63.4	85.8	4494
J39807	46.7	82.0	6140
R Shapirim down	46.7	79.4	6051
R Anava lower	26.6	77.3	2445
J39755	37.3	73.7	3134
J2548	51.8	72.7	3344
R Modiim Haoranim	51.8	72.4	3312
J2545	44.4	71.3	3289
J2692	54.7	70.7	5705
R Gezer Lower	54.7	70.3	5699
R Modiim Modiin Ilit	44.4	68.8	3219
J39748	42.7	67.0	3299
J2527	18.1	66.5	2154
J2519	39.5	65.5	3426
J2623	39.6	65.4	3071
J2511	31.6	64.8	3059
J39671	38.6	64.3	4582
R Beit Arif 2	37.3	63.1	2897
Diversion Modiin	37.3	63.1	2897
R Natuf Tawahin	39.5	63.0	3314
J2648	45.2	63.0	3316
J2490	14.7	62.5	1775
R Modiim Saad	39.6	62.0	2980
J2598	24.5	60.5	2513
R Shapirim down HS	38.6	60.3	4409
R Dilb upper	18.1	60.1	2032
R Natuf Abu Mashal	45.2	60.0	3165
J2683	47.5	59.9	4872
R Natuf Zarg'a	31.6	59.2	2898
R Beit Arif 3	42.7	59.1	3040
R Anava upper	14.7	57.8	1702
J2689	42.5	57.2	4420
R Gezer Ahisemeh	47.5	56.9	4648
R Gezer Ramla west	42.5	56.8	4388
J2564	34.3	56.0	2738
J2580	37.1	55.7	2793
R Modiim Ein Aric	34.3	54.7	2692
R noname Shabatin	37.1	54.5	2733
J2660	35.1	53.5	3899
J2703	13.2	52.2	3582
J39776	17.7	51.3	1745
R Gezer Ramla south	35.1	51.2	3796

av-4380-b



תת אגן	שטח תחום התנקזות (קמ"ר)	ספיקת שיא בהסתברות 1% (מ"ק/שנייה)	נפח גאות בהסתברות 1% (אלמ"ק)
J2593	13.4	50.8	1639
W Ramaalla	14.3	50.0	1659
J2514	15.7	48.8	1694
R ayalon upper	13.2	48.6	3420
R noname Naale	24.5	47.8	2156
J39643	9.6	46.9	1904
J39788	21.0	46.2	1889
R Rantis downstream	21.0	45.8	1871
Azur HS	19.1	45.6	2370
R noname Dir Amar	13.4	45.0	1521
J39771	18.2	44.9	2198
R Azur downstream	19.1	44.7	2370
J39766	14.4	43.7	1466
R3000	8.3	43.6	3168
R Natuf Halamish	15.7	43.5	1576
R Rantis_3	17.7	43.5	1629
R Rantis_2	14.4	43.0	1444
R Azur HS	18.2	42.9	2198
J Shapirim HS	33.1	42.8	3538
W Modiin	9.9	42.5	1196
J39736	20.6	41.9	1849
R canal Shoham_2	20.6	41.8	1834
W Bitunia north	12.1	40.9	1440
Res G1	27.7	40.5	2895
R Kofer downstream	9.6	40.1	1778
J39658	31.4	39.0	3300
J39696	12.5	38.6	1569
R Shapirim HS	31.4	38.3	3214
J39637	25.8	37.1	2985
J39706	29.7	36.6	2943
W Mishmar Hashiva	4.3	36.3	1122
J39652	4.3	36.3	1122
R Shapirim_5	29.7	35.8	2943
R Shapirim_4	25.8	35.0	2826
J39731	14.5	34.3	1572
R Azur_1	12.5	33.7	1528
W Kfar Azar	7.0	32.9	1339
Kofer H.S.	7.0	32.9	1339
R Kofer HS down	7.0	32.8	1339
J39713	15.8	32.6	1140
Groundwater	0.0	32.3	6023
R Nvalit down	15.8	32.1	1128
W Mazraa Al Kabaliya	8.1	31.9	1024
J39743	13.9	31.8	1169
W Lapid	7.9	30.3	1060
J2500	8.1	30.1	921
R Azur_2	14.5	30.1	1572
Mishmar Ayalon Res	0.0	30.0	2826
J2603	7.1	29.9	924
J39804	8.6	29.0	957
R Zarga	8.1	28.7	886
J2559	9.8	28.6	985
J2630	15.9	28.4	1351
J39798	14.1	28.4	1098
R Beit Arif Upper	13.9	28.0	1091
R Haban Down	14.1	27.6	1027
J39814	7.3	27.0	1208
W Gimzo N	12.7	26.9	366
r noname Modiin	7.1	26.8	858
R Rantis_1	8.6	26.6	914
J39843	9.6	26.4	1388
R Modiin upper	15.9	26.1	1233
R Ein Aric	9.8	25.7	904
R canal Magshimim_3	9.6	25.6	1388
J39701	16.1	25.6	2091
R Shapirim_3	16.1	25.5	2075
W Bir Zeit west	7.8	25.0	874
R canal T Hashomer	7.3	24.6	1146
W Modiin SW	4.8	23.9	579
W Atarot	7.9	23.7	820

av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
 טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

תת אגן	שטח תחום התנקזות (קמ"ר)	ספיקת שיא בהסתברות 1% (מ"ק/שנייה)	נפח גאות בהסתברות 1% (אלמ"ק)
R Gamzo	12.7	23.5	327
W Ein Aric	6.8	23.2	747
R Ganot	4.3	23.1	1007
J39655	5.2	22.7	986
R Hashiva	5.2	22.3	986
J2575	7.1	22.2	343
J2663	15.7	21.6	1377
J39718	11.1	21.6	826
R Daniel 2	7.1	21.5	338
W Beit Horon	11.2	21.2	884
W Beit Arie W	6.3	21.1	690
W Rishon Interchange	5.6	20.3	817
W Modiin NW	2.9	20.1	489
R Nvalt upper	11.1	19.8	744
W Dolev	5.3	19.6	602
W Beit Dagan Fields	4.5	19.6	836
W Safari	3.1	19.6	637
W Kubir south	5.2	19.5	597
R Gezer Azaria	15.7	19.2	1277
W Abu Shedm	5.3	18.9	615
W Biliin north	10.9	18.8	730
W Vulkani	6.9	18.3	753
W Talmon	7.2	18.2	716
W Modiin north	4.2	18.0	435
W Ahisemeh south	6.0	18.0	971
W NATBAG runway	4.4	17.8	995
W Abu Kash	3.9	17.6	495
W Modiin Ilit	9.3	17.6	702
W Azaria	7.7	17.1	1120
W Beitunia west	4.7	16.9	467
W Qibia N	9.1	16.9	681
W Dir Abu Mashal W	7.8	16.7	618
W Abud W	6.1	16.4	552
W Naalin	6.1	16.0	400
W Modiin S	8.3	15.7	450
J39688	11.0	15.7	1310
W Beit Nehemia E	6.2	15.6	437
J39846	5.2	15.6	705
W Kfar Hamaccabiah	2.6	15.6	565
W Bareket	6.7	15.5	612
R canal Magshimim 2	5.2	15.2	681
W Or Yehuda 1	2.9	14.9	660
R Shapirim 2	11.0	14.8	1247
W Gimzo S	4.2	14.6	180
W Neshar east	5.6	13.6	174
W Shoham S	5.0	13.3	529
W Barkat Forest	4.2	13.2	436
J2675	7.2	13.1	971
W Naale	7.9	12.7	385
R Gezer Matzliah	7.2	12.7	970
J2668	10.0	12.5	707
R Daniel 1	4.2	12.4	149
W Givaat Koach N	4.1	12.3	697
W Yahud	2.4	12.3	506
W Dir Abzia west	4.6	11.9	334
J39678	7.1	11.9	742
W Holon Industry E	1.9	11.9	409
R Gezer upper	10.0	11.8	678
W NATBAG Terminal 3	2.6	11.8	615
W Tayasim Junction	2.7	11.2	529

av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס. 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

תת אגן	שטח תחום התנקזות (קמ"ר)	ספיקת שיא בהסתברות 1% (מ"ק/שנייה)	נפח גאות בהסתברות 1% (אלמ"ק)
W Tzrifin	3.2	11.2	534
W Airport City	4.8	11.1	852
J39683	6.6	11.1	772
R Shapirim Upper	6.6	11.0	772
W Kubir west	2.9	10.7	324
W Ofarim S	3.2	10.7	299
W Beit Ur el Fuka	5.6	10.5	378
W Yad Rambam	3.2	10.1	499
W Neot Kdumim	5.3	9.9	100
J39828	5.1	9.9	378
W Halamish	4.8	9.8	370
W Nesher	2.5	9.8	412
W Bnei Atarot	2.9	9.7	527
W Savion	5.9	9.7	485
Res Azur 5	5.9	9.7	485
W Bitilo south	3.8	9.6	275
W Bodros	5.7	9.6	335
W Kfar Shmuel	3.3	9.5	502
W Ofarim N	2.4	9.5	268
W Green Line 5	2.9	9.5	245
W Givataim 1	1.7	9.4	352
J39646	1.7	9.4	352
W Dir A Mashal south	5.4	9.3	308
W Kfar Daniel	2.4	9.3	399
W Anava north	2.3	9.2	67
W Shoham	2.4	9.0	312
J39661	2.4	9.0	312
W Ayalon NATBAG	2.7	8.9	561
R Kofer old	1.7	8.9	352
W Shomron Reserve	3.6	8.8	258
R Ono	5.9	8.8	424
W Ginaton	3.1	8.7	547
R canal Shoham 1	2.4	8.7	282
W TAAS	2.3	8.7	555
R Tzrifin	7.1	8.7	654
R Haban Upper	5.1	8.6	283
W Ein Aric lower	3.0	8.5	223
W Savion E	1.9	8.4	359
Junction-1	1.9	8.4	359
W Nesher N	2.4	8.2	103
R canal Magshimim 1	1.9	8.2	337
W Rantis	2.5	8.1	253
W Kfar Ben Nun N	3.0	8.0	464
W Rantis W	3.1	8.0	287
W Dir Nizam	4.0	7.9	270
W Jamala	4.7	7.8	252
W Beit Nehemia	2.5	7.8	460
W Daniel	1.5	7.8	277
W Matzliah south	5.0	7.8	649
W Natbag	2.3	7.8	472
R3005	2.4	7.7	92
W Ginaton N	2.9	7.7	504
W Azur E downstream	1.1	7.7	243
W Shukba	4.7	7.6	265
W Tel Hashomer M	2.7	7.3	339
W Beit Ur	3.0	7.1	238
W Nir Zvi	2.8	7.1	475
W Ganot	2.8	7.1	494
W Kfar Habad	1.4	7.0	291
W Hashiva Junction	1.8	7.0	218
J2641	3.6	6.9	247
R Tawahin	3.6	6.9	242
W Bitilo north	3.1	6.8	228
W Tzomet Gezer	2.7	6.8	432
W Beerot Izhak	1.6	6.8	299
W Gezer	3.3	6.7	460
W Benjamin Rd	3.1	6.7	232
W Shapirim HS	1.8	6.7	323
W Kfar Tov	2.9	6.6	94
W Biliin south	2.7	6.5	178

av-4380-b



תת אגן	שטח תחום התנקזות (קמ"ר)	ספיקת שיא בהסתברות 1% (מ"ק/שנייה)	נפח גאות בהסתברות 1% (אלמ"ק)
W Ramla	5.0	6.5	484
W Ganot Interchange	1.1	6.5	230
W Ben Shemen S	1.5	6.4	270
W Ramla N Junction	4.3	6.3	461
W Anava River	2.4	6.1	64
W Givaat Koach	2.4	6.1	203
W Mishmar Ayalon	1.9	6.0	320
W Matzliah SW	2.2	6.0	322
W Park Begin	1.0	5.9	200
W Shapirim 3	2.3	5.8	369
W Natbag south	1.8	5.7	351
W Hemed	1.8	5.7	337
W22240	2.0	5.6	131
J39691	3.9	5.5	481
W Green Line 4	2.0	5.4	144
W Shoham N	2.3	5.4	210
R Ahiezer	3.9	5.4	462
W Lod Zeitan	2.4	5.2	432
W Tel Dalit	1.9	5.1	151
W Ramat Pinkas W	0.8	5.1	187
W Kfar Shmuel west	1.5	4.9	238
W Ben Shemen	1.7	4.9	277
W Tel Hashomer MW	1.8	4.9	210
W Ahiezer	2.1	4.9	370
W Ayalon down NATBAG	1.0	4.8	213
W Ramat Pinkas S	0.7	4.8	167
W Green Line 1	2.1	4.7	156
W Lod 1	2.3	4.7	311
W Beit Arif Quarry	1.9	4.6	145
W Azur	0.9	4.6	173
W Bitilo west	2.3	4.5	161
W Nili	2.5	4.4	144
J2554	95.6	4.4	144
W Karmei Yosef N	1.7	4.4	225
W Hiria N	0.7	4.3	132
W Assaf Harofe	2.4	4.2	224
W Green Line 7	1.7	4.1	133
W Ahisemeh north	1.5	4.0	234
W Green Line 2	1.6	3.9	127
W Green Line 8	2.0	3.9	146
W Beit Arif 2	1.4	3.9	244
W Or Yehuda 2	0.7	3.8	159
R Natuf Nialin	95.6	3.6	102
W NATBAG N3	1.1	3.6	206
W Tel Hashomer H	1.9	3.5	148
J39640	1.9	3.5	148
W Hiria W	0.5	3.5	101
W Saffa	6.7	3.4	56
W Hadid	1.1	3.4	191
W Yagal	1.1	3.4	223
R canal T Hashomer W	1.9	3.4	123
W Modiin Ilit east	0.7	3.1	69
W Tirat Yehuda	1.1	3.1	196
W Tohelet Fields	0.5	3.1	102
Junction-2	0.5	3.1	102
R Hashiva parking	0.5	3.1	102
W Neshet N1	0.5	3.0	101
W NATBAG N2	1.0	3.0	183
W Hiria E	0.4	2.9	84
W Tawahin upper	1.3	2.5	86
W Shoham W	0.7	2.5	134
W Nval Junction	0.6	2.4	87
W Tohelet	0.3	2.4	66
W Lod North	1.2	2.3	160
W Ayalon up Hiria	0.3	2.3	67
W Ber Yaakov N	3.9	2.3	208
W Ayalon up Ezra 2	0.5	2.1	92
W Modiim - Ein Arid	0.7	1.9	45
W NATBAG N1	0.4	1.9	83
W Ramla south	4.7	1.8	193

av-4380-b



פלגי מים בע"מ חברה לפיתוח מקורות מים • יקנעם המושבה 20600
 טל. 04-9893078, 04-9893231 • פקס 04-9893502 • דוא"ל: office@p-ma.co.il • www.palgey-maim.co.il

תת אגן	שטח תחום התנקזות (קמ"ר)	ספיקת שיא בהסתברות 1% (מ"ק/שנייה)	נפח גאות בהסתברות 1% (אלמ"ק)
J2680	4.7	1.8	193
R noname west Ramla	4.7	1.8	193
W Lod east 1	0.7	1.8	91
W Hadid E	2.1	1.7	29
W Ramla North	1.2	1.7	86
R3026	2.1	1.5	23
W Lod South	1.1	1.5	87
W Shapirim_2	1.8	1.5	111
W Ahiezer W	0.4	1.5	84
W Hashiva	0.2	1.5	59
W Ayalon down hiria	0.2	1.5	41
W Shabtin	0.7	1.4	38
R2351	1.2	1.4	86
W Tzomet Ben Shemen	1.0	1.4	17
W Modiim lower	0.2	1.2	20
W Shapirim Parking	0.2	1.2	49
W Magshimim	1.7	1.1	69
R3021	1.0	0.9	7
W Shapirim_1	0.3	0.8	53
W Azur Upper	0.4	0.8	14
W Lod east 2	0.2	0.7	42
W Mtzliah small	0.2	0.6	34
W Ahiezer Small	0.2	0.6	32
W Rishon Sands Azur	1.7	0.6	30
W Tawahin lower	0.3	0.5	16
W Green Line 3	0.2	0.5	14
W Kfar Habad S	3.5	0.5	33
W Karnei Yosef S	3.5	0.4	30
W Green Line 6	0.2	0.4	16
W Shapirim_4	0.1	0.4	23
R2990	3.5	0.3	16
W Beit Arif_1	0.1	0.3	15
W Saffa minor	0.0	0.2	4
W Yahud E	0.2	0.2	11
W Kfar Ben nun S	1.8	0.1	8
W Karnei Yosef W	1.2	0.1	8
W Dir A Mashal east	3.9	0.0	2.2
W22930	1.8	0.0	0
Shafir Quarry	93.1	0.0	0
R2995	1.8	0.0	0.8
W Gezer S	0.9	0.0	0
R2979	0.9	0.0	0
R2352	1.2	0.0	0.1

