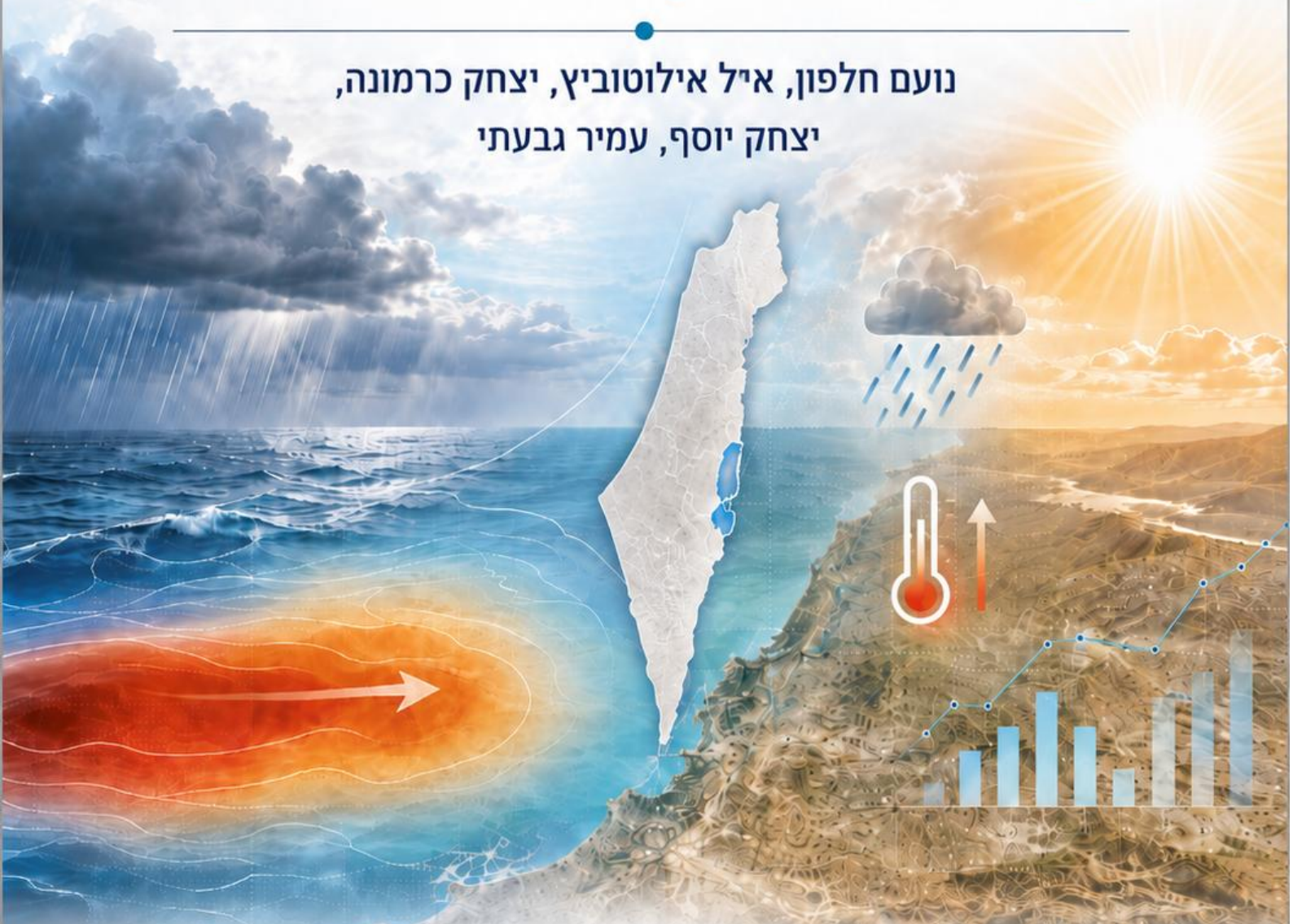


מדינת ישראל
משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
השירות המטאורולוגי



הקשר בין ערכי אל-ניניו קיצוני לאקלים ישראל

נועם חלפון, איל אילוטוביץ, יצחק כרמונה,
יצחק יוסף, עמיר גבעתי



יולי, 2026

הקשר בין ערכי אל-ניניו קיצוני לאקלים בישראל

נועם חלפון, איל אילוטוביץ, יצחק כרמונה, יצחק יוסף, עמיר גבעתי
השירות המטאורולוגי הישראלי

תקציר

עבודה זו מציגה בפעם הראשונה תוצאות כמותיות של השפעות אל ניניו קיצוני על אירועי מזג אוויר בישראל, כגון כמויות ועוצמות משקעים, ואף הסתברויות לשלגים, וזאת על רקע לקראת ערכי אל ניניו חסרי התקדים אשר צפויים להתקבל במהלך סתיו 2026 ואל תוך חורף 2026/7. העבודה בחנה את הקשרים בין אנומליות טמפרטורות האוקיאנוס השקט לבין מערכות מזג האוויר אשר משפיעות על ישראל בעשורים האחרונים.

תוצאות העבודה מצביעות על קשר מובהק בין ערכי האל ניניו לבין כמויות המשקעים בישראל, תוך שונות גיאוגרפית ברחבי המדינה. הממצאים מצביעים על פוטנציאל גדול לאירועי קיצון בשנות אל ניניו חזקות בשל הסעת לחות ואנרגיה רבה המוסעת באטמוספירה עקב התחממות האוקיאנוסים. עבודה זו מצביעה גם על הסיבה לקשר בין שנות אל ניניו קיצוניות לריבוי משקעים בישראל: הדרמה של זרם הסילון בשנות האל-ניניו וחדירת אפיקי רום עמוקים לאזורנו. התחממות החריגה בשנות אל נינו גורמת להדרמת זרם הסילון, מביאה יותר מערכות מזג אוויר פעילות ועמוקות למזרח הים התיכון והתוצאה היא סופות גשם חזקות מהרגיל, עוצמות גשם גבוהות בעיקר בחודשים הראשונים של עונת הגשמים ואף לעלייה בשכיחות של היערמות שלג עבה בהרים ומספר גדול של ימי שלג בעונת החורף.

התנאים המטאורולוגים של שנת אל ניניו קיצונית בישראל מעודדים היווצרות סופות גשם קיצוניות אשר יחרגו ממה שנמדד עד כה בישראל, בדגש על אזור מישור החוף והשפלה. שנת אל ניניו קיצונית צפויה אומנם להיות שנת ברכה מבחינת כמויות המשקעים המצטברות, ולהטיב עם מאגרי המים הטבעיים בישראל, אך גם קיימת גם הסתברות גבוהה שכמויות במשקעים הרבות ירדו בפרקי זמן קצרים ויגרמו לשיטפונות חריגים בנחלים ולהצפות קשות, בעיקר באזורים העירוניים במדינה.

עבודה זו ותרחישי הייחוס שהכין השירות המטאורולוגי למזג אוויר קיצון ב-2026 תאפשר לגופים השונים במדינה להיערך בצורה טובה יותר, לזהות נקודות כשל אפשריות ולצמצם את הסיכונים הנובעים מאירועי מזג אוויר חריגים במיוחד.



תוכן עניינים

3	.....	מבוא	1.
5	.....	מתודולוגיה	2.
7	.....	תוצאות	3.
20	.....	דיון	4.
24	.....	סיכום ומסקנות	5.
25	.....	מקורות	

1. מבוא

תופעת האל-ניניו היא אחת התנודות האקלימיות המשמעותיות ביותר אשר משפיעות על האקלים העולמי. התנודה המקורית היא תנודת טמפרטורות פני האוקיינוס השקט בחלקו המשווני המזרחי והיא קשורה בעוצמת ניבוע מים קרים מהמעמקים (Upwelling) בסמוך לחופי אקוודור וצפון פרו. המחזור הרב שנתי של ניבוע מים קשור ישירות ללחצי האוויר במרכז ודרום האוקיינוס השקט ונובע מהחלשות "רוחות הסחר", הרוחות המזרחיות הנושבות באזור המשווני של האוקיינוס השקט (Wyrтки, 1975). טמפרטורות גבוהות של האוקיינוס באזור אקוודור-פרו מביאות למוקד לחץ נמוך שם, עלית אוויר לח וגשמים מרובים ומנגד למוקד לחץ גבוה וצניחת אוויר בצידו המערבי של האוקיינוס באזור פפואה-ניו גיני, מזרח אינדונזיה וצפון מזרח אוסטרליה וכתוצאה מכך לבצורות באזור זה. על הקשר ההדדי בין טמפרטורת האוקיינוס השקט המשווני והלחצים מעליו עמד כבר לפני יותר מ-100 שנים Walker (1924), שהגדיר את התנודה הדרומית (Southern Oscillation). עם התרבות התצפיות מהאוקיינוס השקט, תנודה זו הוכחה פיזיקלית על-ידי Bjerknes (1969). אלא שמלבד ההשפעה הישירה באזור האוקיינוס השקט, לתנודה זו השלכות גם על מזג האוויר באזורים מרוחקים יותר בשל קשרים מרחוק (Teleconnections), בין אם בשל השלכות על מיקום אפיקי רום מרוחקים כחלק מתצורת "גלי רוסבי" וכן בשל התעצמות זרם הסילון והסטתו דרומה ועימו אזורי היווצרות של השקעים הברומטריים. זאת, בשל התחזקות גרדיינט הטמפרטורות בין הקוטב לקו המשווה בשנות אל-ניניו (An & Zhang, 2021).

כמו כן, בעת אירועי אל-ניניו ככלל ואירועי אל-ניניו חזקים בפרט, אנומליית הטמפרטורות החיובית של פני מזרח האוקיינוס השקט מגבירות משמעותית את אידיי המים ומביאות לשחרור כמויות גדולות של חום כמוס באטמוספירה ובשל מחזור המים בטבע, אנרגיה זו ממשיכה להשפיע גם על לחות והתעבות באזורים הטרופיים המרוחקים ממוקדי התנודה כגון, אפריקה המשוונית Cai et al. (2021) ואף בקווי רוחב צפוניים בשל הפרעות שנוצרות בחלקה העליון של הטרופוספירה ואף בסטרטוספירה כתוצאה משחרור כמויות גדולות של חום כמוס באזורי ההתעבות העיקריים בשנות אל-ניניו המייצרות הפרעות ושינויים בגלי רוסבי ואפיקי הרום (Alexander et al., 2002). במחקר אחר, בחנו החוקרים (Adler et al., 2018) באמצעות כלי חישה מרחוק, את ממוצעי הגשם הגלובליים השנתיים ומצאו סטייה חיובית משמעותית בכמות הגשם הגלובלית בשנות אל-ניניו קיצוניות כמו 2016, 2010 ו-1998.

מאחר שמדובר בתנודה אטמוספרית בה לטמפרטורת מי האוקיינוס יש משוב חיובי עליה ובפרט בחודשי הסתיו והחורף (הצפוני), היא למעשה מתקבעת בין הסתיו לחורף ללא שינוי משמעותי בערכיה (Wyrтки, 1975). מנגד באביב בשלב המעבר של הצפנת המונסון

והיחלשות רוחות הסחר התנודה הרבה יותר כאוטית ופחות צפויה (Webster & Yang, 1992).

אזור הניטור המרכזי והחשוב לקביעת עוצמת האל-ניניו הוא אזור 3.4 שנמצא במרכז האוקיינוס השקט בין קו הרוחב 5 צפון ודרום ובין קווי האורך 120 ו-170 מערב. ערך המדד מציג את סטיית טמפרטורת מי האוקיינוס באזור זה מהממוצע הרב שנתי. מאחר שמדובר באזור בלב האוקיינוס השקט, יש הבדל גדול בין אמינות הערכים שנמדדו טרם הצבת הלוינים הגאוסטציונריים ומצופי האימות בשלהי שנות ה-70 וראשית שנות ה-80 של המאה הקודמת, לבין ערכים שנמדדו לאחר מכן. נתונים מוקדמים יותר במחצית השנייה של המאה ה-20 מבוססים על מדידות של אוניות שחצו את האזור ונתונים מוקדמים עוד יותר מעובים על-ידי פרוקסים כמו מדד הלחץ בין דארין לטהיטי. אם בוחנים את המתאם בין מדד אל-ניניו באוקטובר למדד האל-ניניו בינואר העוקב בתקופה בה יש ניטור לווייני רציף (1979/80 - 2025/6) מגלים מתאם גבוה ($r=0.95$). כלומר 90% משונות מדד האל-ניניו בינואר מוסברת על-ידי מדד האל-ניניו שלושה חודשים קודם לכן. זהו מתאם עצמי גבוה במיוחד, הגבוה באופן ניכר מזה המאפיין תנודות אטמוספריות אחרות בטווח של שלושה חודשים קדימה ולכן הוא מאפשר חיזוי עונתי מוצלח באזורים המושפעים ישירות מתנודה זו.

באשר להשפעת התנודה על ישראל נכתבו מספר מאמרים. הראשון מבניהם נכתב על-ידי Price et al. (1998) שבחנו את הקשר בין התנודה לגשמים בצפון הארץ ונתונים הידרולוגיים של ספיקות הירדן ומפלסי כנרת. בעת בחינת הערכים ההיסטוריים לא נמצא מתאם גבוה ועקבי בין התנודה למשקעים בישראל אך ב-20 השנים שבין אמצע שנות ה-70 וה-90 (מועד כתיבת המאמר) המתאם השתפר אם כי לא היה הדוק מאוד. במחקר אחר של Ziv et al. (2006) מצאו אף הם קשר חיובי בין משקעים שנתיים בישראל לאל-ניניו ומסבירים את המתאם החלש יחסית בכך שהאל-ניניו משפיע על מיקום זרם הסילון הסובטרופי, מה שמגביר את הסיכויים להיווצרות אפיקי ים סוף פעילים ושקעים קפריסאיים עמוקים, אך האפקט הזה תמיד מתחרה עם תנודות אטמוספריות באוקיינוס האטלנטי שלהן השפעה משמעותית על המשקעים בישראל. בעבודתם של Yosef et al. (2009), מצביעים החוקרים על קשר מובהק בין סך המשקעים השנתי בישראל לבין מדדי אל-ניניו שונים ובהם Nino 3, Nino 4 ו-Nino 3-4. באשר לגשמי הדרום, Dayan et al. (2021) מצאו כי לאירועי הקיצון של אפיקי ים סוף פעילים קשר חיובי לאירועי אל-ניניו.

בסדרה הארוכה והמשוחזרת של השירות המטאורולוגי הבריטי עבור טמפרטורת פני הים (HadISST1.1), הערך החודשי הגבוה ביותר שנמדד מ-1870 עד כה, הוא 2.6 מ"צ מעל הממוצע, בנובמבר 2015. הערך העדכני הצפוי בנובמבר 2026 הוא הרבה יותר גבוה ונאמד

ב-3.7-3.8 מ"צ מעל הממוצע. כלומר ערך שעוקף את השיא הקודם בכמעלה ויותר וככזה עשוי לגרום לאירועי מזג אוויר קיצוני. משום כך ולאור הספרות המצביעה על קשר משתנה בזמן בין תופעת האל-ניניו לכמויות המשקעים בישראל, מצאנו לנכון לערוך בחינה מחודשת ועדכנית של קשר זה. בחינה זו מתמקדת באירועי האל-ניניו הקיצוניים ביותר ובאלו הצפויים שעשויים לאפיין את עונת הגשם 2026/27 וכן בהשלכות העולות מהם לצורכי היערכות לחורף הקרוב.

2. מתודולוגיה

לצורך בחינת עוצמת אירועי האל-ניניו, נעשה שימוש בסדרה חודשית ארוכה של ערכי מדד אל-ניניו 3.4^2 מתוך ארכיון NOAA:

psl.noaa.gov/data/timeseries/month/data/nino34.long.anom.data

סדרה זו נבחנה ביחס לנתוני משקעים בישראל לעתים באופן רציף או תוך חלוקה ל-5 קטגוריות:

1. אל ניניו חזק – 1.5 מעלות צלזיוס (מ"צ) ויותר מעל הממוצע,
 2. אלניניו חלש- 0.5-1.5 מ"צ מעל הממוצע
 3. מצב ניטרלי - עד סטיה של חצי מ"צ מהממוצע לשני צדיו
 4. לה ניניה חלשה בינונית - 0.5 עד -1.5 מ"צ ביחס לממוצע
 5. לה ניניה חזקה (-1.5 ומטה).
- סדרות הנתונים שנבחנו ביחס לאלניניו כללו:

1. סדרת סריגית של גשמי ישראל (מקו גשם ממוצע 100 מ"מ וצפונה) ברזולוציה של קילומטר (17825 נקודות סריג), החל מעונת 1952/3. עבור כל נקודת סריג חולץ ערך המשקעים השנתי והומר לאחוז מהממוצע לתקופת הייחוס 1980/1-2009/10, אשר חושב בנפרד עבור כל נקודה. כך ניתן היה לבחון את הקשר בין ערך האל-ניניו לאחוז הגשם העונתי מהממוצע הרב שנתי, הן ברמה הנקודתית, הן ברמה אזורית, כאשר הנקודות מעל קו 200 המ"מ קובצו ל-9 אזורים ברזולוציה של חצי מעלה גאוגרפית ולכל אזור חושבה סדרה עתית של הסטייה המרחבית הממוצעת בשנה ספציפית מהממוצע הרב שנתי. עיבוד שלישי התייחס לסדרה עתית של ממוצע הגשם המרחבי של כל נקודות הסריג באזור הלא מדברי של ישראל. סדרה משקעים סריגית, המבוסס על ERA5, ברזולוציה של רבע מעלה (כ-25 ק"מ), עבור כלל אזור המזרח התיכון ולכל

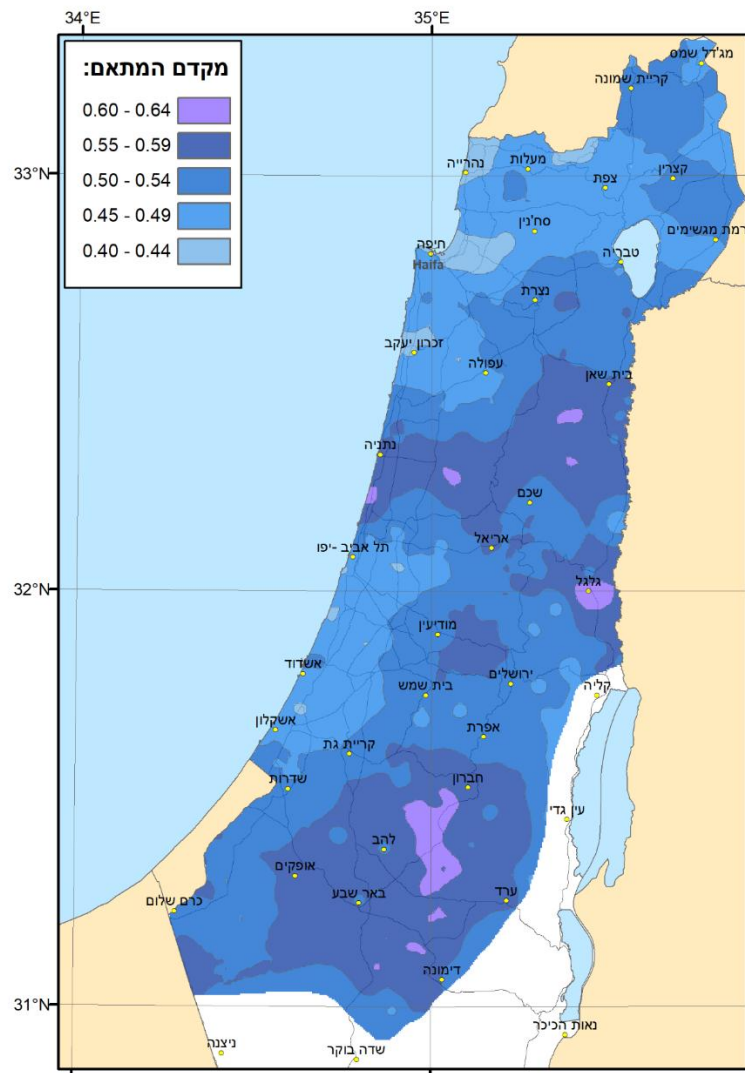
² סדרת נתונים חודשית מ-1870/1 של אנומלית טמ' המים באוקיינוס השקט בתא השטח 5° צפון – 5° דרום ו- 120° – 170° מערב ביחס לממוצע הטמפרטורות בתא שטח זה בתקופה 1981-2010

- השנים הזמינות בתקופה 2025/6-1980/1. הסדרה כוללת משקעים מצטברים בחודשים ספטמבר עד אפריל.
2. סדרה ארוכה של עונות גשם בארץ ישראל מ-1870/1 ועד 2025/26 ובה ניסיון לאפיין את שנות הגשם על-פי התחנות הפעילות הן מבחינת כמות שנתית כללית והן מבחינה אזורית. מאחר שאפיון זה כלל שנים שבהן היו הבדלים משמעותיים הן בכמות המדידות והן בתפרוסתן המרחבית, שולב בו גם שיקול דעת סובייקטיבי. בסופו של דבר, חולקו השנים לשלוש קטגוריות: יבשה, ממוצעת וגשומה.
3. סדרת גשם יומי בממוצע מרחבי ארצי - ממוצע של סך הגשם היומי שירד בכל התחנות הפעילות (מעל קו גשם 200 מ"מ) באותה שנה חלקי מספר התחנות הפעילות. מסדרה זו נדגמו:
- א. כמות הגשם המרבית ביממת גשם במהלך כל עונה (RX1).
 - ב. סופת הגשם העונתית בעלת כמות המשקעים המרבית (RX MAX) – סופה הוגדרה כרצף ימים שבו כמות הגשם היומית הממוצעת במרחב עמדה על 5 מ"מ ויותר, וזאת כדי למנוע חיבור מלאכותי בין שתי סופות שונות באמצעות ימי ביניים. באירועים שנמשכו פחות מ-4 ימים, נכללו גם ימי שוליים לצורך השלמת משך הסופה ל-4 ימים ובלבד שכמות הגשם בהם הייתה 2 מ"מ ויותר. לכל עונה נבחרה הסופה שבה נרשמה כמות הגשם המצטברת המרבית.
4. שני המשתנים RX1 ו-RX MAX נבחנו ביחס לממוצע ערכי מדד אל-ניניו 3.4 בחודשים דצמבר-ינואר (ממוצע DJ), באותן עונות.
5. סדרת עוצמות הגשם השעתיות המקסימליות בכל עונת גשם, בחלוקה לשבעה אזורים. עבור כל אזור ובכל שנה נבחר הערך שנמדד בתחנה שבה נרשמה העוצמה המקסימלית מבין כלל התחנות באותו אזור.
6. סדרת נתוני עומק השלג העונתיים (בס"מ) בירושלים, מ-1870/1 וסדרה משולבת עם הר כנען מפתיחת התחנה ב-1939. לצורך כך עובה בסיס הנתונים ההיסטורי שהסתמך על סיכומים של דוד עמירן (1995) בנתוני מקור מתוך ארכיון סריקות נתוני המאה ה-19 וראשית המאה ה-20 בשמ"ט, תוך הסתייעות בכלי AI ליירוט נתוני שלג מתוך דו"חות התצפיות ההיסטוריים
7. שכיחות טיפוסים סינופטיים רלוונטיים למשקעים (שקעים ברומטריים) לפי שיטת המיון הסמי אובייקטיבי של Alpert et al. (2004). במטרה לבחון אם יש הסברים סינופטיים ליתרון במשקעים בשנות אל-ניניו או שתמהיל האירועים הסינופטיים דומה ורק כמויות הגשם היומיות באותם אירועים גדולות יותר בשנות אל-ניניו עקב כמות לחות גבוהה יותר בשכבות הנמוכות של האטמוספירה.

3. תוצאות

ככלל נמצא מתאם חיובי בין עוצמת האל-ניניו לבין המשקעים העונתיים בישראל גם בבחינה מעודכנת זו.

 בניתוח הממד הממוצע לחודשים דצמבר-פברואר מול המשקעים העונתיים ב-17,850 נקודות סריג, נמצאו בכולן ערכי מתאם פירסון של 0.4-0.6 לאורך 47 השנים שנבחנו, בתקופה 1979/80-2025/6 (איור 1).



איור 1. מתאם בין כמויות הגשם העונתיות בתקופה 1979/80-2025/6, לבין ממוצע מדד האל-ניניו בחודשים העוקבים דצמבר-ינואר.

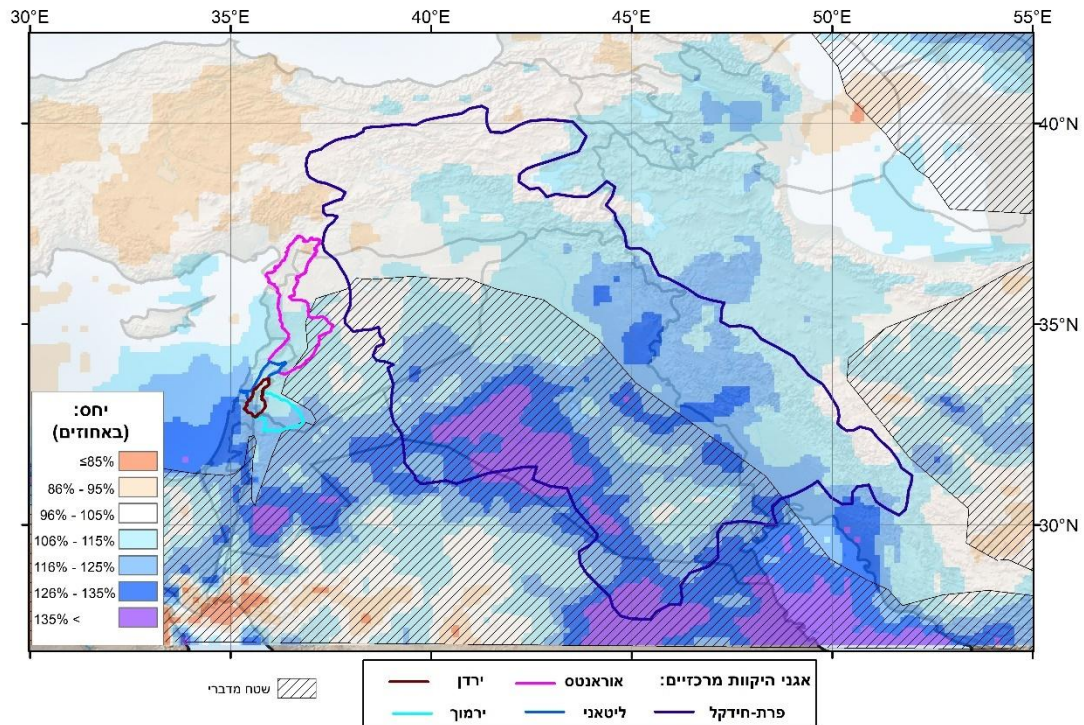
ערכי המתאם הגבוהים ביותר נמצאו בהרי יהודה והנמוכים ביותר בצפון מערב הארץ. אף שערכי המתאם מתונים, הם נמצאו מובהקים סטטיסטית בכל נקודות הסריג ($p < 0.01$). בדיקה נוספת באמצעות מתאם ספירמן, שנועדה לבחון את השפעתה האפשרית של עונת 1991/92 החריגה, העלתה הבדלים קטנים בלבד וללא שינוי מהותי במסקנות.

בחינה נוספת בוצעה עבור כלל אזור המזרח התיכון. במסגרת זו חושב היחס בין ממוצע כמויות הגשם המצטברות בחודשי עונת הגשם העיקריים (ספטמבר-אפריל) בששת חורפי האל-ניניו העוצמתיים ביותר, מראשית שנות ה-80 של המאה הקודמת (1982/3, 1991/2, 1998/9, 2009/10, 2015/16, 2023/24), לבין ממוצע כמויות המשקעים ביתר 40 עונות הגשם בתקופה 1980/1-2025/6. איור 2 מציג יחס זה, ומצביע על יתרון יחסי לחורפי האל-ניניו העוצמתיים בישראל ובחלק מהאזורים המדבריים שמזרח לה, בהשוואה לשאר השנים. בשאר אזורי הסהר הפורה היתרון במשקעים קטן יותר ובטורקיה ובצפון סוריה חורפי האל-ניניו העוצמתיים לא הגיעו לממוצע יתר השנים (איור 2).

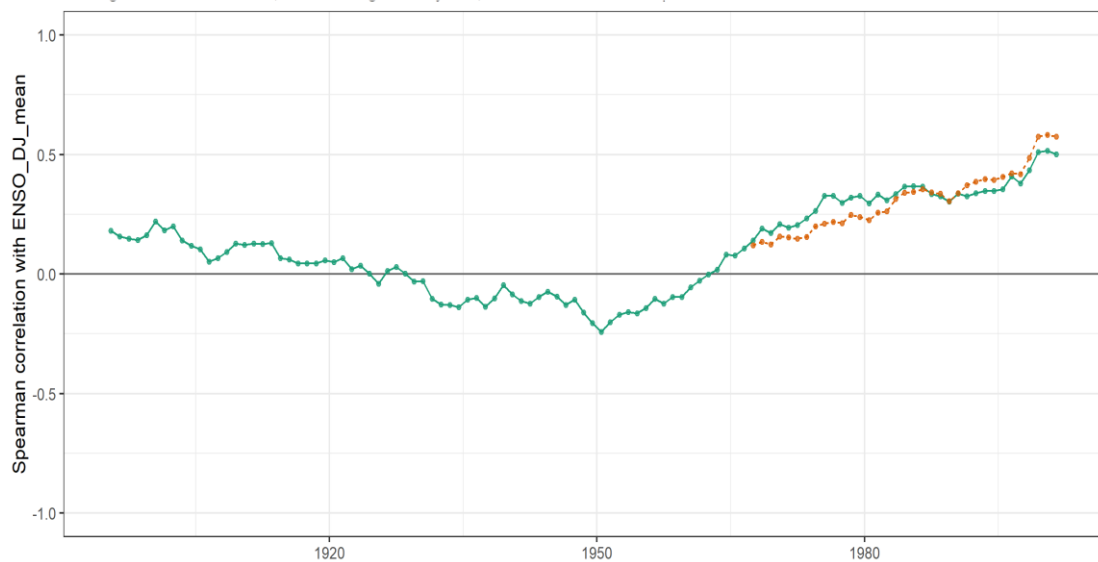
מאחר ש-Price et al. (1998) מצאו כי הקשר בין אל-ניניו למשקעים בישראל אינו יציב, ערכנו בחינה ארוכה של הקשר החל מ-1870 בחלון נע של 50 שנה. חשוב לציין כי גם ערך האל-ניניו וגם ערכי המשקעים בישראל פחות מדויקים שחוזרים בזמן לתקופות מוקדמות ובפרט סוף המאה ה-19 וראשית המאה ה-20 עקב מיעוט מדידות ותצפיות. יחד עם זאת לבדיקה ההיסטורית על אף אי הדיוק בנתונים והירידה ברמת המתאם הנובעת מכך, יש ערך וחשיבות ובפרט אם רוצים לבחון את אירועי הקיצון של האל-ניניו, כששניים מבין חמשת המקרים העוצמתיים ביותר ב-155 השנים האחרונות התרחשו לקראת סוף המאה ה-19.

הניתוח מסוף המאה ה-19 בוחן מתאם בין ערך האל-ניניו לבין שלוש קטגוריות גשם כאשר שנה יבשה סווגה כמינוס 1, שנה ממוצעת כאפס ושנה גשומה כפלוס 1. החל מ-1952/3 ישנם ממוצעים מרחביים מבוססי מיפוי שבהם לכל נקודת סריג יש ייצוג קבוע ולכן אין כמעט השפעה לפיזור התחנות בין השנים על הממוצע המרחבי. הדבר מאפשר בחינה כמותית מדויקת בין האל-ניניו לממוצע המשקעים המרחבי העונתי בישראל בחלון זמן רץ של פרקי זמן ארוכים של 50 שנה (איור 3).

באיור 3 ניתן לראות דמיון רב במתאם בין הגרף המבוסס על הערכים הכמותיים מ-1952/3 ובין הגרף המתייחס למתאם לפי חלוקת השנים לשלוש קטגוריות כאשר בשניהם חלה עלייה במתאם עד כדי הגעה לערכי מתאם של 0.5 ויותר ב-50 השנים האחרונות (כשהמובהקות חזקה במיוחד $p < 0.1\%$), ממצא המתיישב עם ערכי המתאם הממופים באיור 1.



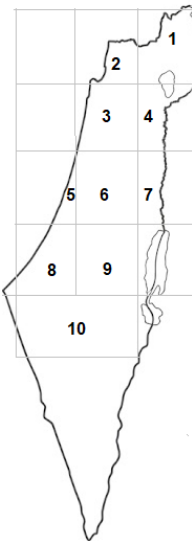
איור 2. יחס בין ממוצע כמויות המשקעים ב-6 עונות האל-ניניו הגשומות ב-46 השנים האחרונות לבין ממוצע כמויות הגשם ביתר 40 העונות.



איור 3. המתאם (ספירמן- בשל החלוקה הקטגוריאלית של עונות הגשם בסדרת השנים הארוכה) בין כמויות הגשם העונתיות לממוצע מדד האל-ניניו 3.4 לחודשים דצמבר-ינואר בחלון נע של 50 שנה. בקו הכתום המתאם עם הממוצעים המרחביים שנלקחו מהמיפוי ובקו הירוק המתאם עם הסדרה ארוכת הטווח בה סווגו השנים מ-1870/1 ועד 2025/6 ע"פ שלוש קטגוריות: גשומה, ממוצעת ויבשה בלבד.

לאור מובהקות הקשר בין אל-ניניו למשקעים העונתיים בישראל בפרק ההתחממות העיקרי מאמצע שנות ה-70 ועד היום, חושבו משוואות המכמתות את הקשר בין ערך האלניניו ואחוז הגשם מהממוצע הרב שנתי בחבלי הארץ השונים (ראו טבלה 1) – זאת תוך חישוב ממוצעים מרחביים אזוריים המבוססים על מפות הגשם העונתיות (ראו החלוקה הסריגית לאזורים באיור 4).

טבלה 1. משוואות הקשר בין SST של אל-ניניו 3.4 לכמויות הגשם העונתיות באזורי הארץ השונים. מספר האזור מופיע על גבי מפה.



מס"ד	אזור	משוואת דצמבר	מתאם דצמבר	משוואת DJ	מתאם DJ
1	גליל גולן	$0.994+0.119X$	$r=0.49$	$0.998+0.122X$	$r=0.50$
2	גליל מערבי	$1.004+0.103X$	$r=0.46$	$1.007+0.106X$	$r=0.47$
3	מנשה	$1.006+0.121X$	$r=0.52$	$1.010+0.125X$	$r=0.52$
4	גלבוע	$0.997+0.137X$	$r=0.54$	$1.001+0.141X$	$r=0.54$
5	גוש דן	$0.993+0.118X$	$r=0.45$	$0.997+0.126X$	$r=0.47$
6	שומרון	$0.989+0.129X$	$r=0.53$	$0.993+0.133X$	$r=0.54$
7	בקעה	$0.978+0.136X$	$r=0.53$	$0.982+0.141X$	$r=0.53$
8	הרי יהודה	$0.982+0.134X$	$r=0.54$	$0.986+0.142X$	$r=0.56$
9	צפון הנגב	$0.987+0.130X$	$r=0.50$	$0.991+0.140X$	$r=0.53$
10	מדבר	$0.949+0.149X$	$r=0.54$	$0.953+0.153X$	$r=0.54$

איור 4- חלוקת הארץ לסריג אזורי

בטבלה 1 נבחן מלבד המתאם לאנומליית טמפרטורת פני האוקיינוס באזור אלניניו 3.4 בחודשים דצמבר וינואר, גם המתאם לחודש דצמבר בלבד, שהוא אמנם נמוך במעט אבל ניתן לשערך אותו באופן מדויק יחסית מוקדם יותר בעונת הגשם מהמדד המבוסס גם על ינואר.

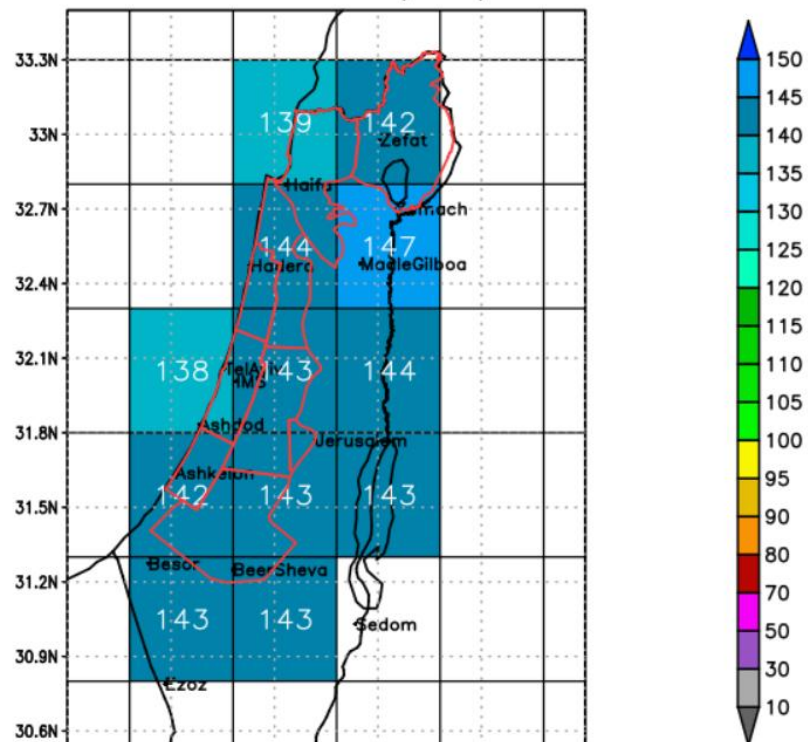
באיור 5 ניתן לראות תוצר יישומי שמופק בשמ"ט על בסיס המשוואות לפי צפי המודלים השונים ומתעדכן בהתאם לעדכוני תחזית אנומלית טמפרטורת אלניניו 3.4 בדצמבר ובינואר, מאחר שעל פי המשוואות לכל מעלת התחממות יש תוספת של 11%-15% לאחוז הגשם מהכמות הרב שנתי הממוצעת. בשנה הבאה בה הצפי הוא לכ-3 מעלות מעל הממוצע ולכן כמות המשקעים המחושבת באזור הרי יהודה וצפון הנגב מגיעה לכדי 140-145% מהכמות השנתית הממוצעת.

עם זאת יש לזכור כי אפילו אם צפי המודלים לא יתמתן, עדין רק כרבע משונות המשקעים מוסברת ע"י האלניניו והיתר על ידי סיבות מטאורולוגיות אחרות. בנוסף יש לזכור שהמתאם

והשיפוע המרשים בין אחוז הגשם העונתי לאלנינו מייצגים את 50 השנים האחרונות ואילו קודם לכן המתאם היה נמוך יותר ובחלק מהמאה ה-20 אף קרוב ל-0 משני צדדיו.

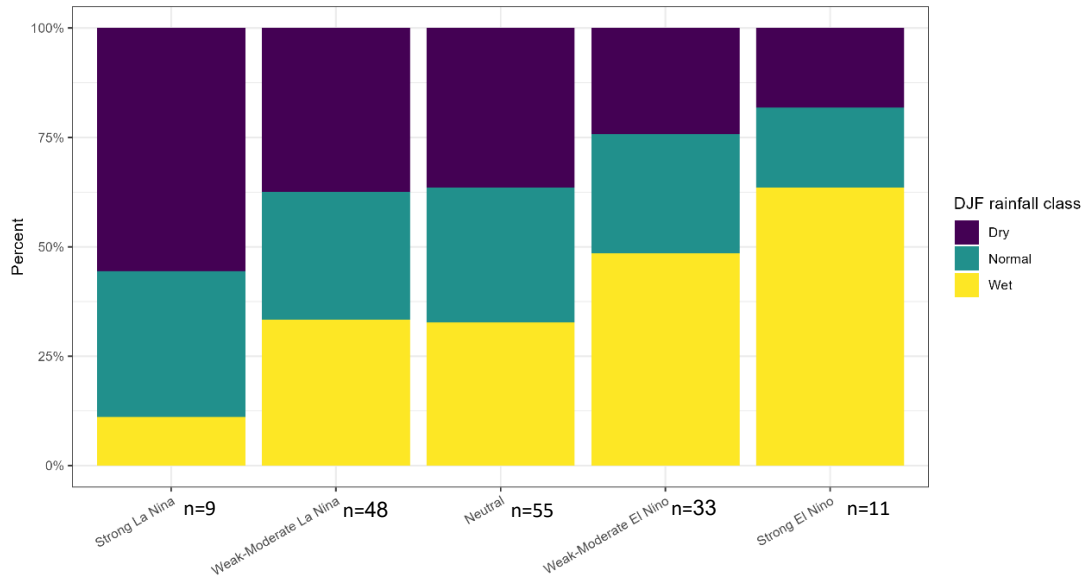
בחינה של מלוא סדרת הנתונים המשתרעת על 156 שנות הגשם מ-1870/1 ועד 2025/6 מלמדת על עדיפות ברורה לקבלת שנים גשומות בשנות אל-נינו קיצוניות (איור 6).

Annual rain amount [%] which predicted from DJ ENSO3.4
NCEP CFSv2 from 28/JUN/2026

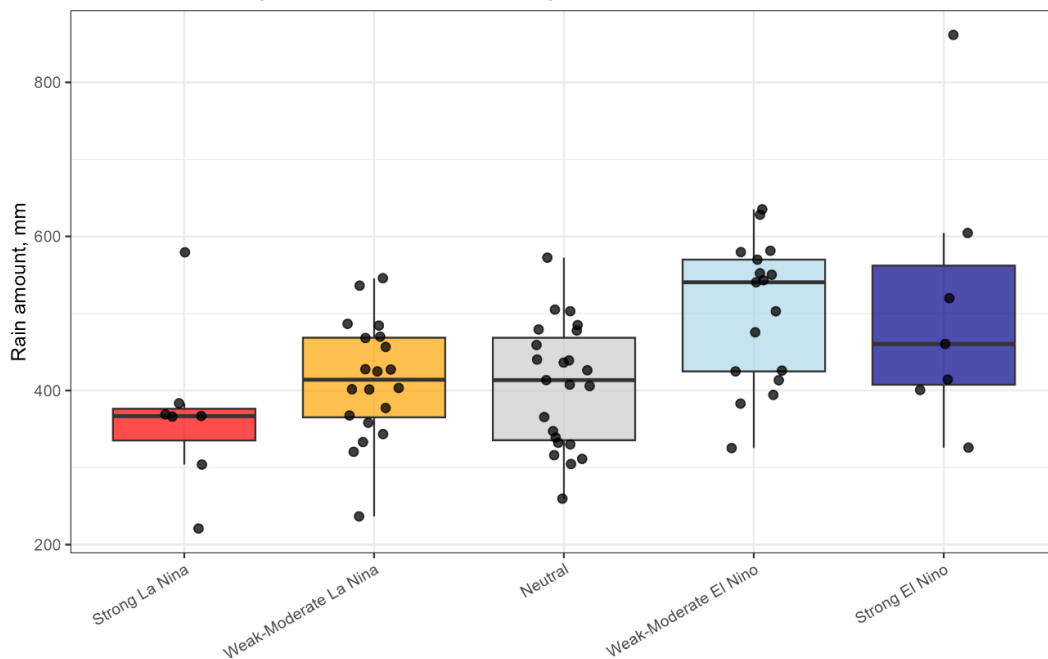


איור 5 צפי משקעים מצטברים בעונת 2026/27 ביחס למוצעי 1991-2020 לפי נתוני אל-נינו 3.4 חזויים לחודשים דצמבר וינואר ע"י מודל NCEP CFSV2 מעדכון יוני 2026.

איור 7 מציג התפלגות כמותית של ממוצע הגשם המרחבי לכל שטח הארץ מקו הגשם הממוצע 100 מ"מ וצפונה בכל השנים בהן יש בידינו ממוצע מרחבי מהימן 1952/3-2025/6. גם באיור זה ניתן לראות עדיפות לשנות אל-נינו ואל-נינו חזק בפרט על שנות לה-נינו (לה-נינו חזקה בפרט), אם כי יש יוצאי דופן כגון שנה יבשה במקביל לאל-נינו חזק (2015/16) ושנה גשומה בעת לה-נינו חזקה (1973/4).



איור 6. התפלגות השנים הגשומות, הממוצעות והיבשות (2025/6-1870/1) על פי עוצמת מדד אל-ניניו 3.4 בדצמבר-ינואר. המספרים הצמודים לאות n מייצגים את מספר השנים בכל קטגוריה.

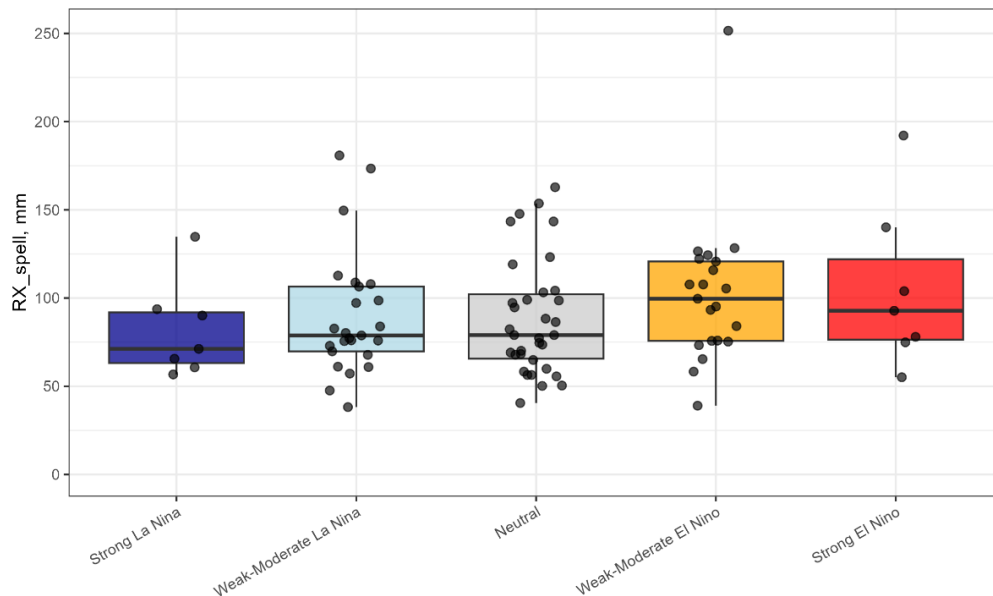


איור 7 - התפלגות כמויות הגשם השנתיות בעונות 2025/6-1952/3 לפי קטגוריות מדד אל-ניניו 3.4 (כמפורט בפרק 2) הממוצע לחודשים דצמבר-ינואר. הנקודות מייצגות כמויות גשם שנתיות בכל קטגוריה. הקו השחור בכל תיבה מייצג את החציון, התקרה של התיבה את האחוזון ה-75 והתחתית את האחוזון ה-25.

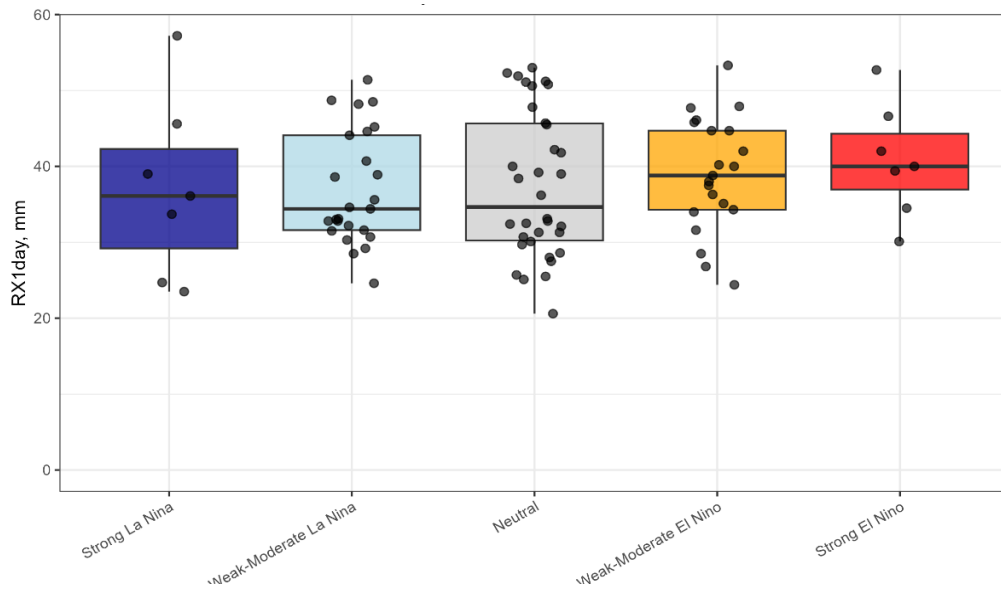
מלבד הקשר בין האל-ניניו לכמות המשקעים השנתית נבחנו מדדי משקעים לפרקי זמן קצרים יותר שלהם חשיבות הידרולוגית מתוך השפעתם על אירועי הצפות עירוניים ועל זרימות בנחלים שונים.

גם במקרה זה הקשר שנבחן הוא קשר בין מדדי הגשם לבין מדד אל-ניניו 3.4 הממוצע בחודשים דצמבר-ינואר (DJ). מדד אחד בחן את כמות הגשם הסופתית המקסימלית בכל עונה (RX MAX), מדד שאיננו מתייחס לפרק זמן מוגדר מאחר שהסופות העוצמתיות בעונה יכולות לנוע בין 3 יממות גשם ל-11 יממות גשם אינטנסיבי רצופות (למשל, 13-23.12.1951).

מדד הגשם השני המבוסס על ארכיון הגשם היומי בשמ"ט הוא כמות הגשם ביממת הגשם המקסימלית בכל עונה (RX1). באיור 8 ניתן לראות את התפלגות כמות הגשם הסופתית המקסימלית בכל עונה לפי קטגוריות האל-ניניו. ניתן לראות כי חציון הכמות הסופתית גבוה יותר באירועי אל-ניניו ביחס למצב הניטרלי ולאירועי לה-ניניו. הפרש זה בין החציונים איננו מובהק. ממצאים דומים של ממוצעי משקעים גבוהים יותר בקטגוריות אל-ניניו אך לא שונים באופן מובהק זה מזה עלו גם מבחינת יום הגשם המקסימלי בכל עונה (איור 9).

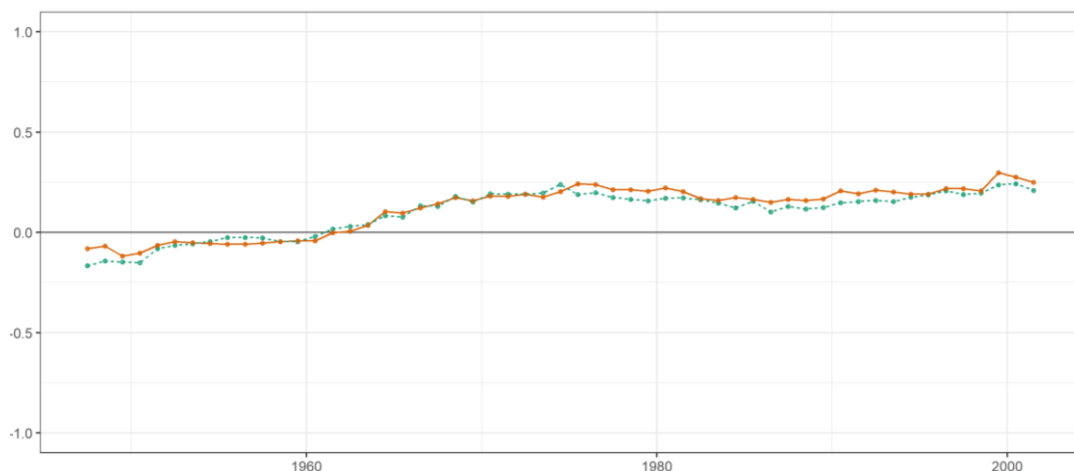


איור 8 - כמו איור 7 אך עבור התפלגות כמויות הגשם הסופתיות המקסימליות בעונות 2025/6-1952/3 לפי קטגוריות מדד אל-ניניו 3.4 הממוצע לחודשים דצמבר-ינואר (DJ).



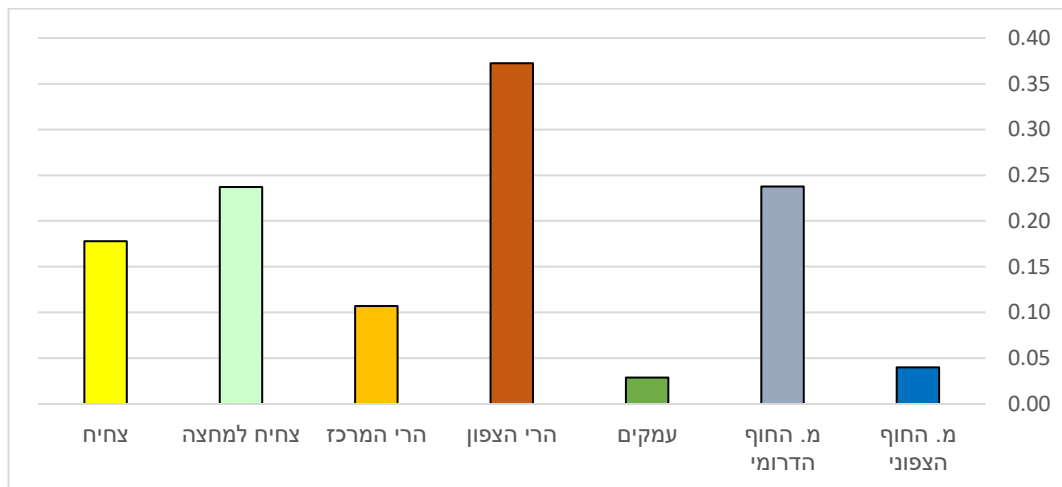
איור 9. כמו איור 8, אך עבור התפלגות כמות הגשם היממתית המקסימליות (RX1) בעונות 1952/3 – 2025/6, לפי קטגוריות מדד אל-ניניו 3.4 הממוצע לחודשים דצמבר וינואר (DJ).

בבחינת המתאם (ספירמן) בין הכמות הסופתית המקסימלית והכמות היומית המקסימלית בכל עונה לבין מדד אל-ניניו 3.4, על ציר הזמן ובחלון זמן נע של 50 שנה, ניתן לראות כי בדומה לגשם העונתי, גם מדדים אלו נעשו מתואמים יותר עם האל-ניניו בעשורים האחרונים. עם זאת, גם בחלון הזמן המאוחר ביותר ערכי המתאם אינם חוצים את סף המובהקות ברמה של 5%, העומד על 0.28 (איור 10).



איור 10. מתאם (ספירמן) בין כמות הגשם היומית המקסימלית (בירוק) והסופתית המקסימלית (בכתום) בכל עונת גשם למדד אל-ניניו 3.4 (ב-DJ) בחלון נע של 50 שנה.

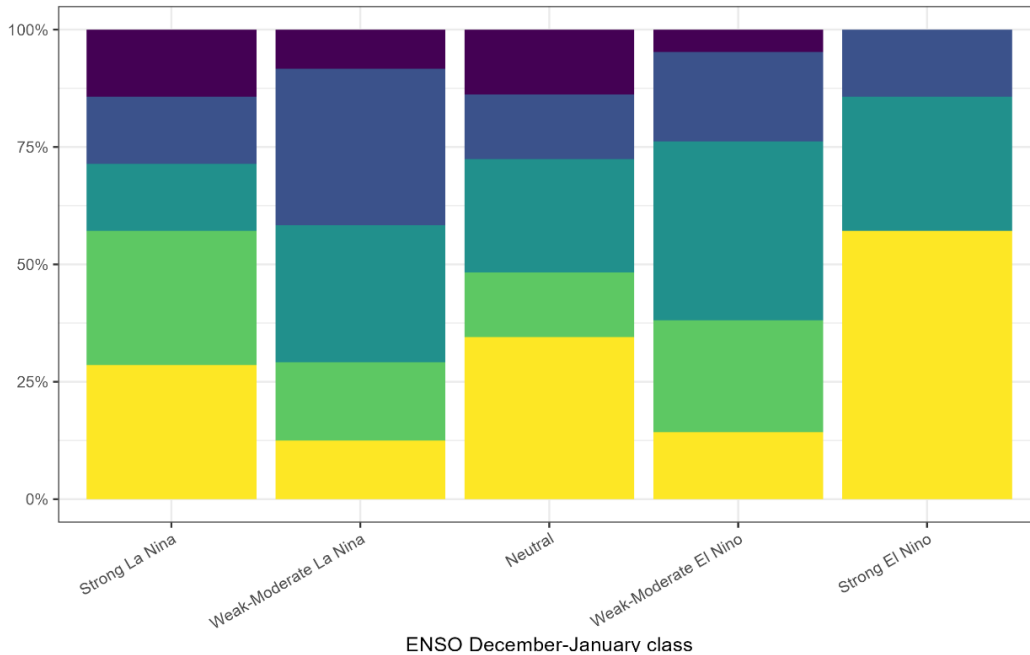
להשלמת בחינת הקשר בין אל-ניניו לאירועי הצפות נבחן הקשר בין עוצמת הגשם השעתית כפי שנמדדה ברושם הגשם/מד הגשם שמדד את הערך הגבוה ביותר בכל חבל ארץ בכל שנה בין 1979/80 ל-2024/25 לבין מדד האל-ניניו 3.4 הממוצע לחודשים אוקטובר – דצמבר, בהם בדרך כלל נמדדות עוצמות הגשם המקסימליות (ראו איור 11). גם באיור זה ניתן לראות כי אל-ניניו השפעות חיוביות קלות, אך מרבית המתאמים על אף שהם חיוביים, הם חלשים מאוד ולא מגיעים אף לסף מובהקות סטטיסטית מינימלית ברמה של 5%. יוצא דופן הוא אזור הרי הצפון בו המתאם גבוה יותר (0.37) ומתקרב לסף מובהקות של 1%.



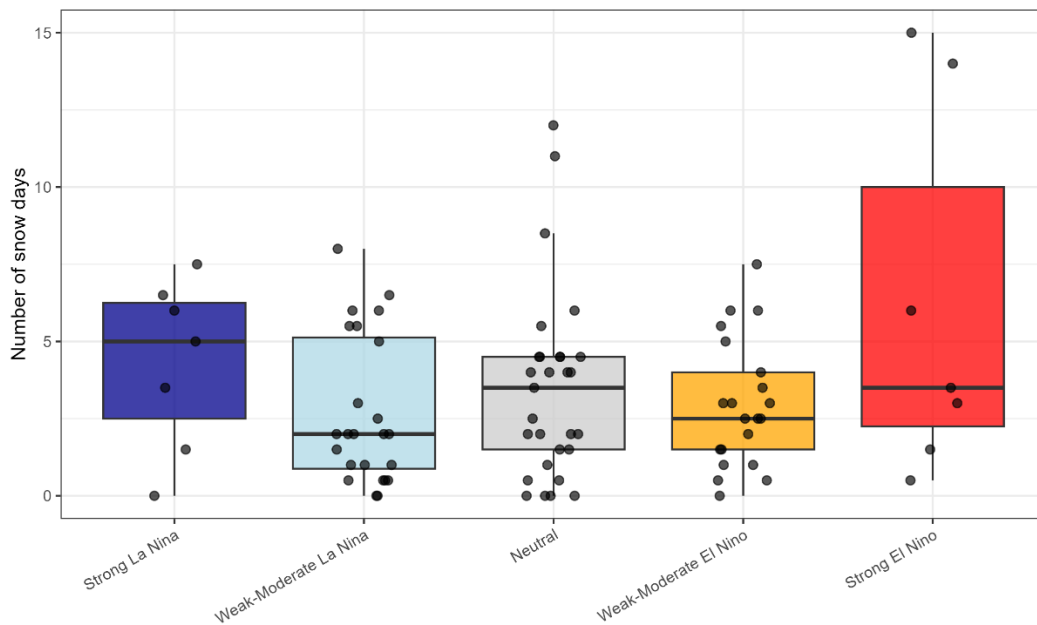
איור 11. המתאם בין שעת הגשם העוצמתית ביותר שנמדדה בחבלי הארץ השונים בכל שנה ובין ערך האל-ניניו 3.4 הממוצע לחודשים אוקטובר – דצמבר.

בתום בחינת הקשר בין אירועי הקיצון הקשורים למשקעים לבין האל-ניניו, נבחן גם הקשר בין אל-ניניו לאירועי שלג המחייבים לצד ירידת משקעים גם הגעת אפיקי רום עמוקים וקור לאזורינו.

איור 12 בוחן את ממוצע השלג שהצטבר בכל עונה בהר כנען וירושלים (מתחילת המדידות בהר כנען ב-1939) ואיור 13 בוחן את הקשר בין מספר ימי השלג בעונה (ממוצע בין ירושלים והר כנען) לבין קטגוריות האל-ניניו. מאיורים 14 ו-15 עולה כי בעונות אל-ניניו קיצוניות יש שכיחות גבוהה יותר של היערמות שלג עבה ומספר גדול של ימי שלג בעונה, אך ההבדלים אינם מובהקים ובשונה מאיור 4 המתייחס לקטגוריות של הגשם העונתי, אין שינוי הדרגתי כך שבארבע הקטגוריות בין לה ניניה חזקה ועד אל-ניניו חלש אין כמעט הבדל בשכיחות האירועים ורק במעט המקרים של אל-ניניו חזק נמצא יתרון לאירועי שלג משמעותיים ומדובר בהתפלגות של 7 מקרים בלבד שהיו בקטגוריה זו.



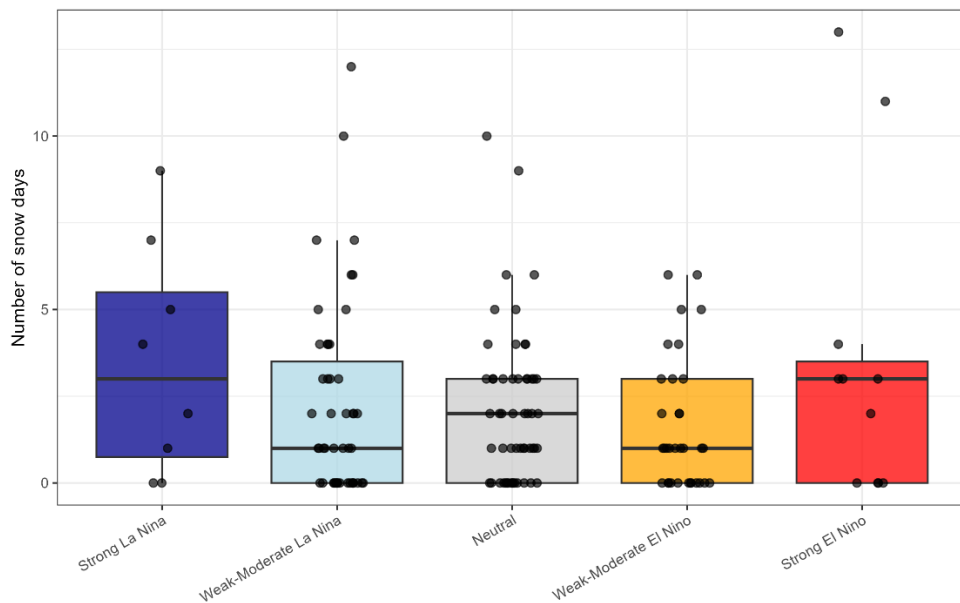
איור 12. התפלגות עומקי שלג מצטברים (ממוצע בין עובי השלג בהר כנען וירושלים) בעונות 1938/9-2025/6 לפי קטגוריות מדד אל-ניניו 3.4 הממוצע לחודשים דצמבר וינואר (ראו אופן החלוקה למחלקות באיור 4). בצהוב שכיחות הצטברות של יותר מ-15 ס"מ, בירוק 6-15 ס"מ ובטורקיז 1-5 ס"מ. בכחול שנים עם אירועי שלג ללא היערמות ובכחול כהה שנים ללא שלג כלל בירושלים והר כנען גם יחד.



איור 13. התפלגות מספר ימי שלג בעונה (ממוצע בין ימי השלג בהר כנען וירושלים) בעונות 1938/9-2025/6 לפי קטגוריות מדד אל-ניניו 3.4 הממוצע לחודשים דצמבר וינואר (ראו אופן החלוקה למחלקות באיור 4).

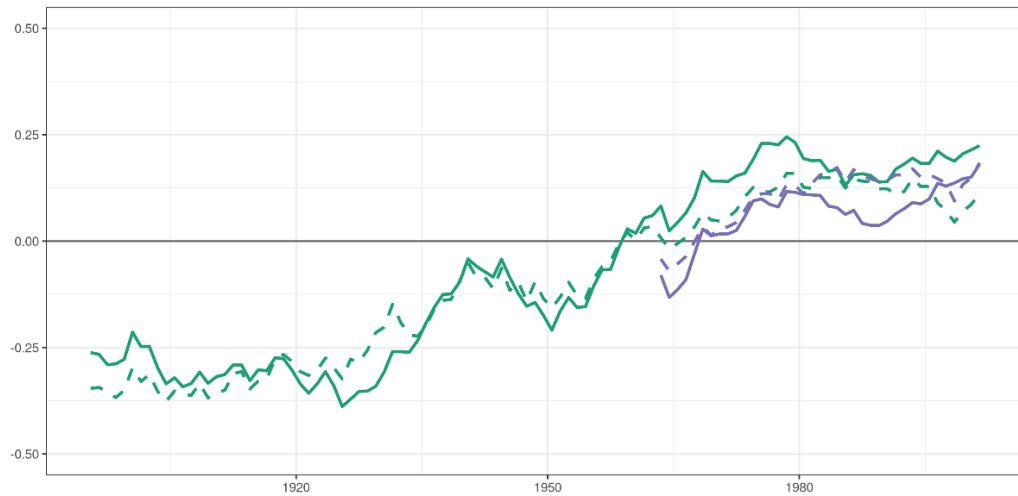
באיור 14 הורחבה היריעה אחורה בעזרת נתוני תחנת ירושלים בלבד בה יש נתוני שלג רשמיים מעונת 1870/1³ ואף קודם ובבחינה זו היתרון למספר ימי השלג בשנות אל-ניניו חזק היה מצומצם עוד יותר והדבר נכון גם לעובי היערמות השלג (לא מוצג). באיור 15 מוצג הקשר בזמן בין השלגים למדד האל-ניניו וממנו עולה כי בדומה למדדים המתייחסים לגשם הקשר השתנה עם הזמן והמתאם עלה במחצית השניה של המאה ה-20, כך שהרחבת הסטטיסטיקה עד שנות ה-70 של המאה ה-19 אולי פחות רלוונטית לקשר בהווה. ואכן כשבוחנים את המתאם בין אל-ניניו 3.4 (DJ) למוצע שלגי צפת וירושלים מוצאים מתאם גבוה יותר שנעשה חיובי בסוף המאה ה-20 והתקרב לסף המובהקות אך לא חצה אותו.

לסיכום ממצאי השלג, גם במשנת השלג, כמו במשתנה השלג, כמות המשקעים העונתית, ישנה עדיפות מסוימת לשנות אל ניניו קיצוניות ובפרט מהמחצית השנייה של המאה ה-20. יחד עם זאת המתאם לשלג חלש יותר ביחס לכמות המשקעים העונתית ולא מובהק. אפילו לעדיפות הברורה לכאורה לשלגים כבדים באירועי אל-ניניו קיצוניים הניכרת באיור 7 יש להתייחס בספקנות לאור מיעוט המקרים בקטגוריה זו ב-85 השנים האחרונות (שבעה מקרים בלבד).



איור 14. כמו איור 13 אבל עבור ימי השלג בירושלים בלבד מעונת 1870/1 ועד 2025/6.

³ למעט שנות שיא מלחמת העולם הראשונה בא"י 1916/17, ו-1917/18

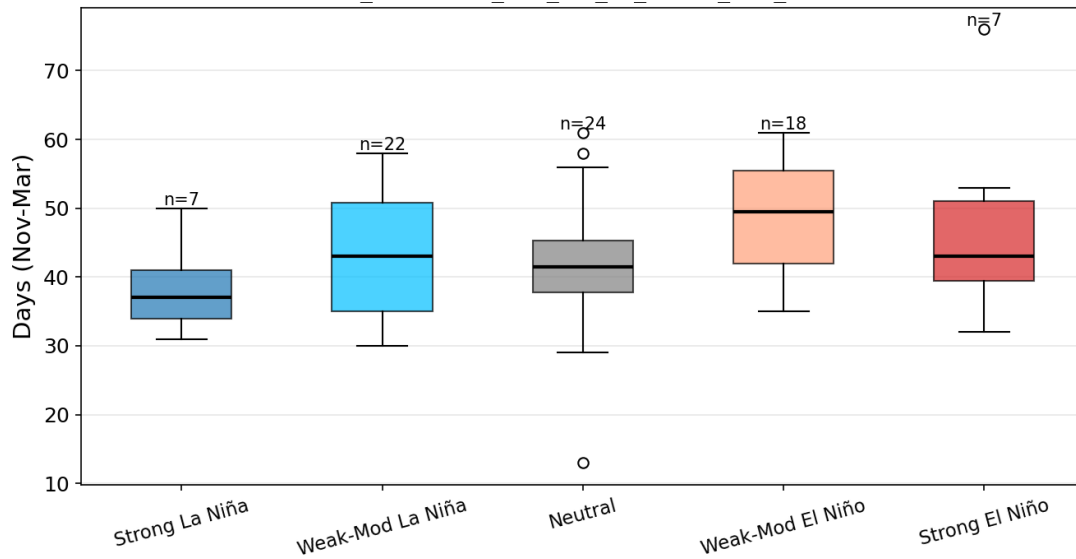


איור 15 מתאם (ספירמן) בין מספר ימי השלג (קו רצוף) ועומק ההצטברות השנתי (קו מקווקו) בירושלים (ירוק) ובסדרת הנתונים המשותפת לירושלים והר כנען (כחול) לבין מדד אל-ניניו 3.4 (DJ) בחלון נע של 50 שנה.

כדי לבחון אם העדיפות המסוימת למשקעים עונתיים, סופתיים ויומיים ואף העדיפות לשלג נובעת מתנאים סינופטיים מעט סוערים יותר בעת חורפי אל-ניניו נבחנה שכיחות הופעתם של שקעים ברומטריים במזרח הים התיכון האחראים למרבית הגשם בישראל תוך סיווגם ל-7 סוגים שונים בהתאם למיון הסינופטי היומי הסמי אובייקטיבי מ-1948 שהגדירו Alpert et al. (2004).

איור 16 מציג את מספר הימים שבהם היה שקע מכל הסוגים (בחודשים נובמבר-מרץ) בקרבתנו ביחס לעוצמת אינדקס האל-ניניו באותם חורפים וממנו ניתן לראות שכיחות גבוהה יותר של שקעים בעת אירועי אל-ניניו אך לא בהכרח בשנות האלניניו הקיצוניות.

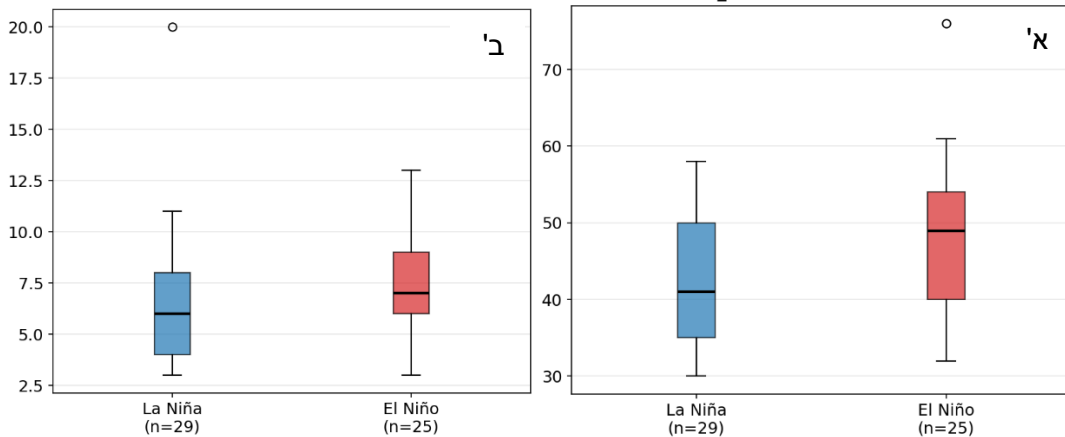
בטבלה 2 יש פירוט של שכיחות השקעים השונים בחורפי אלניניו ולה נינה תוך קיבוץ השנים הקיצוניות והמתונות יותר יחד בשל השכיחות הנמוכה של חלק מהטיפוסים הסינופטיים. בטבלה זו ניתן לראות יתרון מסוים לחורפי אל-ניניו בכל הקטגוריות אך רק בטיפוס הסינופטי של שקע עמוק ממזרח ההבדל הוא מובהק ($P < 5\%$) ראו איור 17.



איור 16. ההתפלגות הממוצעת של מספר הימים שבהם היה שקע במזרח הים התיכון לכל קטגוריה. הקו השחור בכל תיבה מייצג את החציון, תקרת התיבה את האחוזון ה-75 ותחתיתה את האחוזון ה-25. הקו התחתון והעליון מחוץ לboxplot מייצגים את הערך שהוא פי 1.5 מהטווח הבין רבעוני. הנקודות מייצגות outliers. המספרים מעל הקו השחור העליון מייצגים את מספר העונות של כל קטגוריה לתקופה 2025-1948.

טבלה 2. תוצאות מבחן Mann-Whitney U Test. משמאל לימין שמות השקעים, רמת המובהקות, מספר עונות אל-ניניו, מספר עונות לה-ניניה, ממוצע תדירות השקעים בעונות אל-ניניו ולה-ניניה.

system	p_value	n_el_nino	n_la_nina	mean_el_nino	mean_la_nina
All low systems	0.024	25	29	48.1	42.0
Low to the east deep	0.040	25	29	7.6	6.3
Cyprus low to the south deep	0.820	25	29	0.3	0.3
Cyprus low to the south shallow	0.541	25	29	0.4	0.3
Cyprus low to the north deep	0.165	25	29	9.4	7.9
Cyprus low to the north shallow	0.753	25	29	8.6	8.4
Cold low to the west	0.119	25	29	8.8	6.9
Low to the east shallow	0.497	25	29	13.0	11.9



איור 17. ההבדל בין ממוצעי סך הימים המאופיינים בשקעים באזורנו בחודשים נובמבר-מרץ בחורפי אל-ניניו ולה ניניה (א') ובין ממוצעי שכיחות טיפוס השקעים העמוקים ממזרח בחורפי אל-ניניו ולה ניניה (ב'). הסבר הקווים והנקודות באיור זה כמו באיור 16.

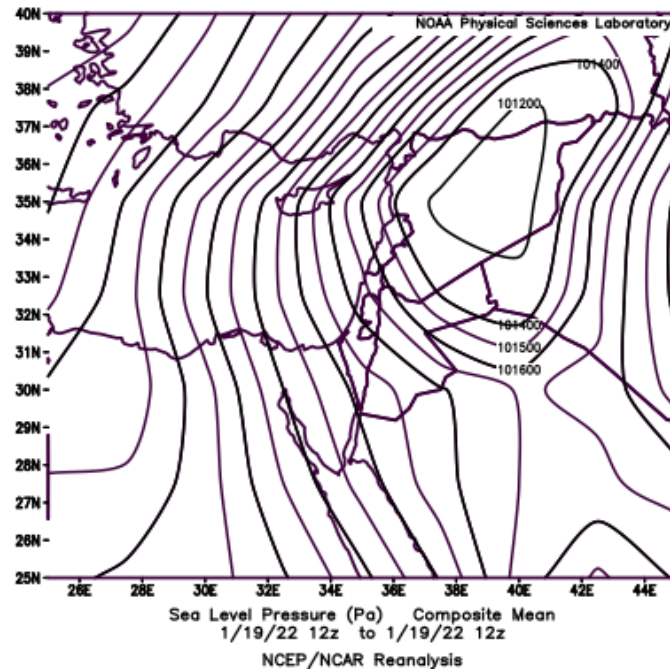
4. דיון

בחינה מעודכנת של קשרים בין האל-ניניו לשנות גשם בישראל העלתה כי קיים קשר מובהק בעשרות השנים האחרונות בין עוצמת אל-ניניו 3.4 ובפרט בחודשי סוף הסתיו וראשית החורף לבין כמות המשקעים השנתית בישראל, ממצא שמתיישב היטב עם ממצאיהם של Price et al. (1998). (הן לגבי המתאם בעשורים האחרונים והן לגבי היעדר המתאם קודם לכן) אך הפעם עם בחינת קשרים לתקופה ארוכה ויציבה יותר (50 שנה מול 20 שנה).

המתאם שנמצא ב-50 השנים האחרונות הן ברמה הארצית והן ברמה האזורית מובהק ($P \leq 0.1\%$) אך הוא בינוני. כלומר בממוצע רב שנתי יש יתרון ברור במשקעים לשנות אל-ניניו ובפרט שנות אל-ניניו קיצוניות כמו זו שצפויה ב-2026/7 ומרבית השנים שהתאפיינו באינדקס אל-ניניו קיצוני הסתיימו כגשומות מהממוצע. מנגד בשל רמת המתאם הבינונית, על אף הסבירות הנמוכה לכך, אין להוציא מכלל אפשרות שעונת הגשמים 2026/27 תסתיים כיבשה מהממוצע בדומה לשנת האל-ניניו הקיצונית 2015/16.

בחינת ההבדלים הסינופטיים ביו שנות האל-ניניו והלה-ניניה ב-78 העונות להן קיים המיון הסינופטי של Alpert et al. (2004) העלתה כי ניתן למצוא הסבר סינופטי לממצא שעלה בטבלה 1 ולפיו יש עליה ב- 11%-14% באחוז הגשם עבור כל התחממות של מעלה בטמפרטורת פני הים באזור אלניניו 3.4, זאת משום שנמצא שמספר הימים בהם שווה שקע בסביבתנו בשנות אל-ניניו גבוה בכ-15% ביחס למספר הימים בשנת לה-ניניה. יתרון קל ומובהק היה לימים עם שקע עמוק ממזרח (ראו דוגמה לשקע שכזה באיור 18) שבהם יש

יתרון משקעים להרי המרכז ולדרום (Saaroni et al., 2010) מה שעשוי להסביר את המתאמים הטובים יותר בין המשקעים העונתיים לאל-ניניו בהרי יהודה, דרום השפלה וצפון הנגב (ראו איור 1).



איור 18. דוגמה לשקע עמוק ממזרח מה-19.1.2022, ניתן לראות את הקווים שווי הלחץ (איזוברים) המגיעים לישראל מצפון מערב ומייצרים רוחות צפון מערביות חזקות שמסיעות את הלחות למרכז הארץ ודרומה.

כמות המשקעים הגדולה יותר בשנות אלניניו והיתרון למרכז ולדרום עשויים להיות מוסברים בהדרמה מסוימת של זרם הסילון בשנות האל-ניניו כפי שמצאו (An & Zhang (2021). אפשרות זו מתיישבת גם עם הממצא ולפיו ישנה שכיחות גבוהה יותר של אירועי שלג משמעותיים בחורפי אל-ניניו עוצמתיים המחייבים הדרמה של הסילון וחדירת אפיקי רום עמוקים לאזורנו.

ראוי לציין בהקשר זה שישנן תנודות אטמוספריות קרובות יותר לישראל שנמצאו על-ידי (Krichak & Alpert (2005) ו-(Kutiel & Benarush (2002) כמתואמות טוב יותר עם הגשמים בישראל ויציבות בזמן בשל הדפוסים הסינופטיים הברורים שנוצרים באזורנו בפאזות החיוביות והשליליות שלהם כמו תנודת מזרח האטלנטי/מערב רוסיה (EA/WR) וכן ואריציה נוספת שלה המכונה תנודת צפון הים הכספי (NCP), אך תנודות אלו לא קשורות לטמפרטורת פני הים ולכן לא מתמידות בזמן כמו האל-ניניו. יתרונן הגדול של האלניניו על פני חיזוי עונתי המסתמך על התנודות האטמוספריות שהוזכרו לעיל הוא במתאם העצמי הגבוה שלו בחיזוי לחודשים

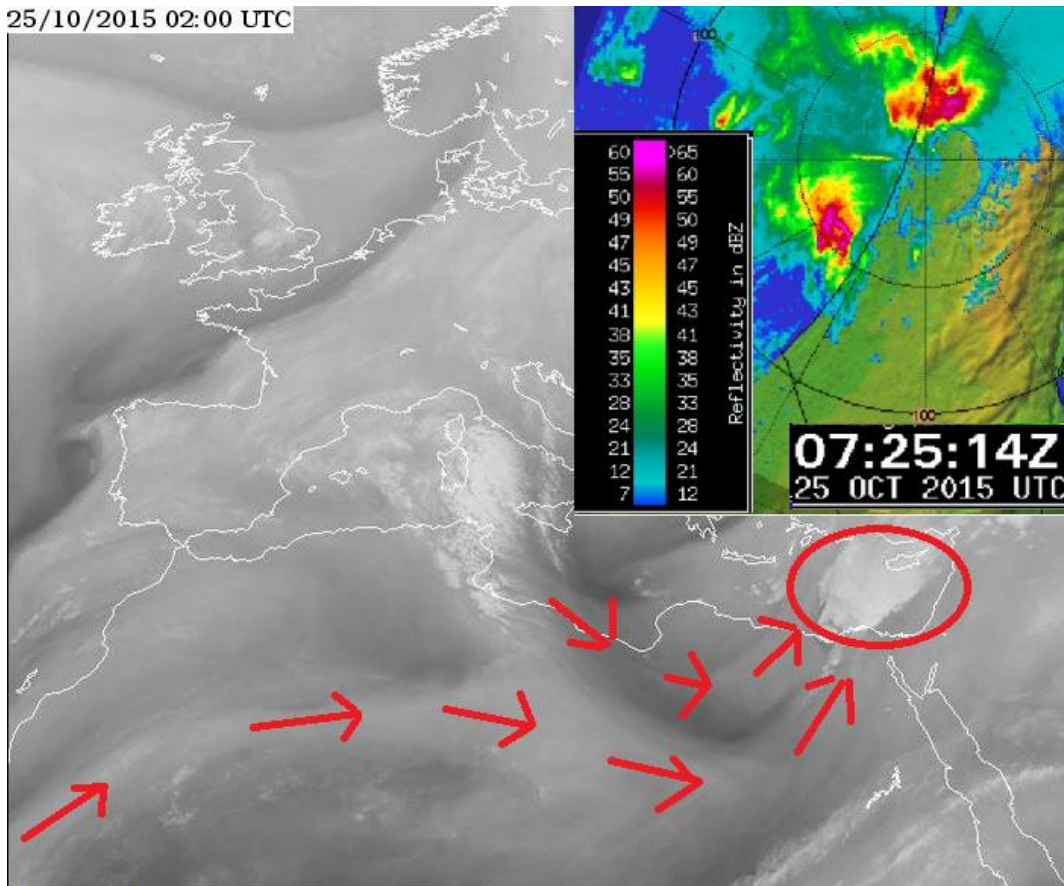
קדימה בדיוק בתקופה הקריטית לחיזוי עונתי בסתיו ובחורף, כגון מתאם של $r=0.95$ בחיזוי סטיית הטמפרטורות של ינואר באמצעות ערך הסטייה שנמדד באוקטובר.

בשונה מכמות המשקעים השנתית, המתאם של האלניניו עם כמות הגשם היומית והסופתית המקסימלית בעונה היה חלש ולא מובהק. ממצא זה אינו מפתיע במיוחד לאור הקשר הגבוה יחסית של אירועים אלה, לטמפרטורת הים התיכון המהווה את ספק הלחות והחום הכמוס והמוחשי העיקרי באירועים אלה (Amitai and Gildor (2017).

אירועי שיא של גשם יומי רב משקעים במישור הארצי מתרחשים במקרים הנדירים בהם שקע עמוק מצליח להסתנן לאזורנו בתחילת עונת גשם כשהים עוד חם. אם הוא משתהה מספיק זמן (כגון שקע הרום והקרקע בסוף נובמבר – תחילת דצמבר 1991) מתקבלת כמות סופתית חריגה. זאת ללא קשר למצב האל-ניניו.

יחד עם זאת לעתים יש גם אירועים בהם קיימת תרומת לחות ממקורות רחוקים יותר כגון תופעת "הנהרות האטמוספריים" המסיעים לחות מקווי רוחב נמוכים (Krichak et al., 1997). A (1997) בשנות אל ניניו אירועים אלה עשויים להיות עוצמתיים יותר עקב הלחות הרבה והחום הכמוס והמוחשי בקווי הרוחב הנמוכים באפריקה, כפי שמצאו Cai et al. (2021). לכן לא מן הנמנע כי תא העל "ספרסל" שהתפתח ב-25 באוקטובר 2015 מתוך "נהר" לחות אטמוספרית שהגיע מקווי הרוחב הנמוכים למזרח הים התיכון הגיע לעוצמתו הייחודית בהשראת האל-ניניו הקיצוני (ראו איור 19). ראוי לציין כי אירוע זה שהתרחש במקביל לאל-ניניו החזק ביותר עד כה היה חסר תקדים בהיסטוריה האקלימית המתועדת בישראל והביא למשב ירח קיצוניים, ירידת ברד קיצוני, עוצמות גשם חריגות וכמויות שיא של ברקים.

25/10/2015 02:00 UTC



איור 19. תמונת לוויין בתחום אורכי הגל שמציגים את הלחות האטמוספרית ב-25.10.2015 בשעות לפנות בוקר עת התפתח במזרח הים התיכון "תא על" – supercell (ראו האליפסה האדומה). ניתן לראות הזנת לחות משמעותית מהאזור המשווני של אפריקה וכן ממרכז הים התיכון. למעלה מימין ניתן לראות בתמונת מכ"ם מאותו בוקר את שני המוקדים העיקריים של אותו תא שהצפוני מביניהם גרם להצפות, נזקי ברד ונזקי רוח.

סיכום

בעבודה זו בוצעה בחינה מעודכנת ומקיפה של הקשר בין האלניניו לעונות הגשם בישראל וזאת לאור העובדה שעונת הגשם הקרובה (עונת 2026/27) צפויה להיפתח עם ערכי אלניניו גבוהים באופן חריג וכן על רקע ממצאי עבר שבהם הקשר בין האלניניו למשקעים בישראל נמצא כדינמי ומשתנה עם הזמן.

בחינה זו הינה המקיפה ביותר שבוצעה לא רק מבחינת עדכניות העיבודים שלקחו בחשבון, אלא מבחינת רוחב היריעה אחורה עד תחילת סדרת נתוני האלניניו בעונת 1870/1 ובכלל זה עיבוי בסיסי נתונים על שלגים ואירועים חריגים המאה ה-19 שנאספו מארכיון הנתונים של השירות המטאורולוגי.

בבחינה זו נמצא מתאם בינוני ($r \sim 0.50-0.55$) בין סטיות הטמפרטורה של אלניניו 3.4 מהממוצע בחודשים דצמבר וינואר לבין כמויות המשקעים העונתיות ב-50 השנים האחרונות.

גם המדדים המטאורולוגים הנוספים אשר נבחנו בעבודה זו כגון אירועי שלג וסופות גשם ברמה יומית ושעתית העלו תמונה די דומה כאשר בכלום היה יתרון מסוים גם אם לא מובהק לשנות אל-ניניו על שנות לה-ניניה ב-50 השנים האחרונות. גם במדדים אלה כשנבחן הקשר בחלון זמן נע נמצא כי בעשורים האחרונים היתה עליה במתאם מערכי מתאם סמוכים ל-0 ואף נמוכים ממנו באמצע המאה שעברה.

הנטייה החיובית אך הלא מובהקת לאירועי קיצון בחורפי אלניניו מעידה כי ישנו פוטנציאל רב יותר לאירועי קיצון בשנות אל-ניניו בין אם בשל לחות ואנרגיה רבה המוסעת באטמוספירה או בשל הדרמת זרם הסילון והאפשרות לקבל יותר שקעים ואפיקי רום עמוקים. לעתים פוטנציאל זה מתממש ומתבטא בסופות גשם חזקות, עוצמות גשם גבוהות ואף אירועי שלג משמעותיים, אך לעתים פוטנציאל זה מתממש באזורים אחרים בעולם ואילו בישראל שוהות רמות ברומטריות שחוסמות הגעת אפיקים ושקעים ומונעות ממנו להתממש.

שנת 2026/27 צפויה להיות שנת אל-ניניו קיצונית ולהביא עמה פוטנציאל גדול לחורף גשום ורב אירועים הכולל גם אירועי קיצון ואולי אף אירועי שלג אחרי 3-4 שנים ללא אירוע שלג משמעותי בהרי הצפון והמרכז. גם המודלים העונתיים אשר לוקחים בחשבון משתנים נוספים מלבד האל-ניניו מזהים עודף רב של גשם באזורנו בחודשי ראשית עונת הגשמים 2026/27

5. מקורות

Adler, R., Sapiano, M., Huffman, G., Wang, J. J., Gu, G., Bolvin, D., Chiu, L., Schneider, U., Becker, A., Nelkin, E., Xie, P., Ferraro, R., & Shin, D. B. (2018). The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Analysis (New Version 2.3) and a Review of 2017 Global Precipitation. *Atmosphere*, 9(4), 138. Cited by: 1018

Adler, R. F., & Gu, G. (2024). Global Precipitation for the Year 2023 and How It Relates to Longer Term Variations and Trends. *Atmosphere*, 15(5), 535. <https://doi.org/10.3390/atmos15050535> Cited by: 14

Alexander, M. A., Bladé, I., Newman, M., Lanzante, J. R., Lau, N. C., & Scott, J. D. (2002). The atmospheric bridge: The influence of ENSO teleconnections on air–sea interaction over the global oceans. *Journal of Climate*, 15(16), 2205–2231

Amitai, Y., & Gildor, H. (2017). Can precipitation over Israel be predicted from Eastern Mediterranean heat content? *International Journal of Climatology*, 37(5), 2603–2611. <https://doi.org/10.1002/joc.4860>

An, X., & Zhang, Y. (2021). Asymmetric impacts of El Niño and La Niña on the Pacific–North American teleconnection pattern: the role of subtropical jet stream. *Environmental Research*

Bjerknes, J. (1969). Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, 97(3), 163–172.

Cai, W., Santoso, A., Collins, M., Dewitte, B., Karamperidou, C., Kug, J.-S., et al. (2021). Changing El Niño–Southern Oscillation in a warming climate. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(9), 628–644. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00199-z> Cited by: 104

Curtis, S., Salahuddin, A., Adler, R. F., Huffman, G. J., Gu, G., & Hong, Y. (2007). Precipitation Extremes Estimated by GPCP and TRMM: ENSO Relationships. *Journal of Hydrometeorology*, 8(4), 678–689. <https://doi.org/10.1175/jhm601.1>

Krichak, S. O., Alpert, P., & Krishnamurti, T. N. (1997). A numerical study of the first phase of a deep Mediterranean cyclone. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 63(3), 159–170. <https://doi.org/10.1007/BF01027381>



Krichak, S. O., & Alpert, P. (2005). Decadal trends in the East Atlantic–West Russia pattern and Mediterranean precipitation. *International Journal of Climatology*, 25(2), 183–192. <https://doi.org/10.1002/joc.1124>

Kutiel, H., & Benaroch, Y. (2002). North Sea–Caspian Pattern (NCP)—An upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition. *Theoretical and Applied Climatology*, 71(1–2), 17–28. <https://doi.org/10.1007/s00704-002-8205-x>

Price, C., Stone, L., Huppert, A., Rajagopalan, B., & Alpert, P. (1998). A possible link between El Niño and precipitation in Israel. *Geophysical Research Letters*, 25(21), 3963–3966. <https://doi.org/10.1029/1998GL900098>

Saaroni, H., Halfon, N., Ziv, B., Alpert, P., & Kutiel, H. (2010). Links between the rainfall regime in Israel and location and intensity of Cyprus Lows. *International Journal of Climatology*, 30(7), 1014–1025.

Yosef, Y., Saaroni, H., & Alpert, P. (2009). Trends in daily rainfall intensity over Israel 1950. *The Open Atmospheric Science Journal*, 3, 196-203. doi: 10.2174/1874282300903010196

Walker, G. T. (1924). Correlation in seasonal variations of weather, IX. A further study of world weather. *Memoirs of the India Meteorological Department*, 24(9), 275–333

Webster, P. J., & Yang, S. (1992). Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 118(507), 877–926. <https://doi.org/10.1002/qj.49711850705>

Wyrtki, K. (1975). "El Niño—The Dynamic Response of the Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing." *Journal of Physical Oceanography*, 5(4), 572-584.

Ziv, Baruch, Uri Dayan, Yochanan Kushnir, C. Roth, and Yehouda Enzel. 2006. "Regional and Global Atmospheric Patterns Governing Rainfall in the Southern Levant." *International Journal of Climatology* 26 (1): 55–73. <https://doi.org/10.1002/joc.1238>.