

יחסי גשם-נגר ממדרונות באזור צחיח

2. ניתוח כמותי של הנגר הסופתי לתכנון קצירי נגר בשיחים

משה גטקר, שמואל ארבל, רן מולכו, התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, בית דגן
shmuela@moag.gov.il
יצחק משה, מוטי שריקי, ארנון בן-דרור, ייעור ושימור קרקע, מרחב דרום, קק"ל, גילת

תקציר

השיחים מתוכננים כך, שיוכלו לקלוט את רוב כמויות הנגר שיתפתחו על גבי המדרון גם באירועי גשם קיצוניים. תכנון השיחים בעבר התבסס על הניסיון בשטח של אנשי קק"ל ועל מדידות נגר וגשם שנעשו בכל רחבי הנגב, בשיתוף פעולה עם התחנה לחקר הסחף. בנוסף לגידול עצים, השיחים מהווים חלק ממערכות קצירי נגר המשמשות גם לניהול אגן היקוות מבחינה הידרולוגית: שימור הקרקע והמים; ויסות מי הנגר העל-קרקעי; ניקוז והגנה בפני שיטפונות. איסוף נתוני גשם ונגר סופתיים בתקופה ארוכה יחסית, כפי שנעשה בפארק סיירת שקד, איפשר פיתוח שיטה לאומדן ולחישוב כמויות הנגר הצפויות בסופות גשם קיצון (פעם אחת בממוצע ב-100 שנה), לצורכי תכנון שיחים.

מטרתה של עבודה זו לספק כלים לחישוב כמויות הנגר לתכנון שיחים במרחב דרום הארץ. נחקרו יחסי גשם-נגר סופתיים ממדרונות בפארק סיירת שקד בתקופת התצפיות 1991/2-2000/1 ונמצא קשר מובהק בין עובי הגשם הסופתי לכמויות הנגר הסופתי. כמו כן, נותחו תצפיות רב-שנתיות של עובי גשם סופתי בתקופה של 50 שנה בכל התחנות המטאורולוגיות. על סמך הקשר גשם-נגר סופתי בתקופה קצרה ותוצאות הניתוח הסטטיסטי של עובי הגשם הסופתי בתקופה ארוכה, נקבעו כמויות הנגר להסתברויות הגבוהות בדרום הארץ. תוצאה זו מאפשרת לחשב את הנפח הנדרש לאגירת מי הנגר ממדרונות, לצורך תכנון שיחים.

שיטות

ניתוח יחסי הגשם-נגר מתבסס על המדידות שנעשו בחלקות הטיפול וההיקש, כפי שמפורט במאמר מספר 1 בגיליון זה. סופת גשם מוגדרת כגשם אשר עוביו עולה על 2 מ"מ, ומשך הזמן מסיום פרק הגשם עד לתחילתו של פרק הגשם הבא עולה על 24 שעות.

מילות מפתח (נוספות על מילות הכותרת): השקיה, לימנים, סופת גשם, עובי גשם שנתי, עובי נגר סופתי, שיחים.

מבוא

פעולות ייעור, שימור קרקע, שימור מים וקציר נגר נעשות מזה שנים רבות. בתנאים שבהם זמינות המים מהווה גורם מגביל עיקרי לגידול עצים, מגדילות פעולות אלה את כמות מי השיטפונות הזמינים המשמשים להשקיית העצים. פעולות לאיגום מים ולקציר נגר נעשו באזורים שונים בשטחי הלס בנגב עוד בתקופות קדומות, בהיקפים גדולים בהרבה מאשר כיום, ושימשו למטרות חקלאיות. בכל התקופות שבהן התיישב האדם באזורים מדבריים ועסק בחקלאות התבצע יישום כלשהו של קצירי הנגר. השימוש במשאב מתחדש של מים היה הבסיס לשגשוג באזורים אלו כבר לפני אלפי שנים ואפשר התפתחות של התיישבות במדבר (Evenari et al., 1971).

תוצאות

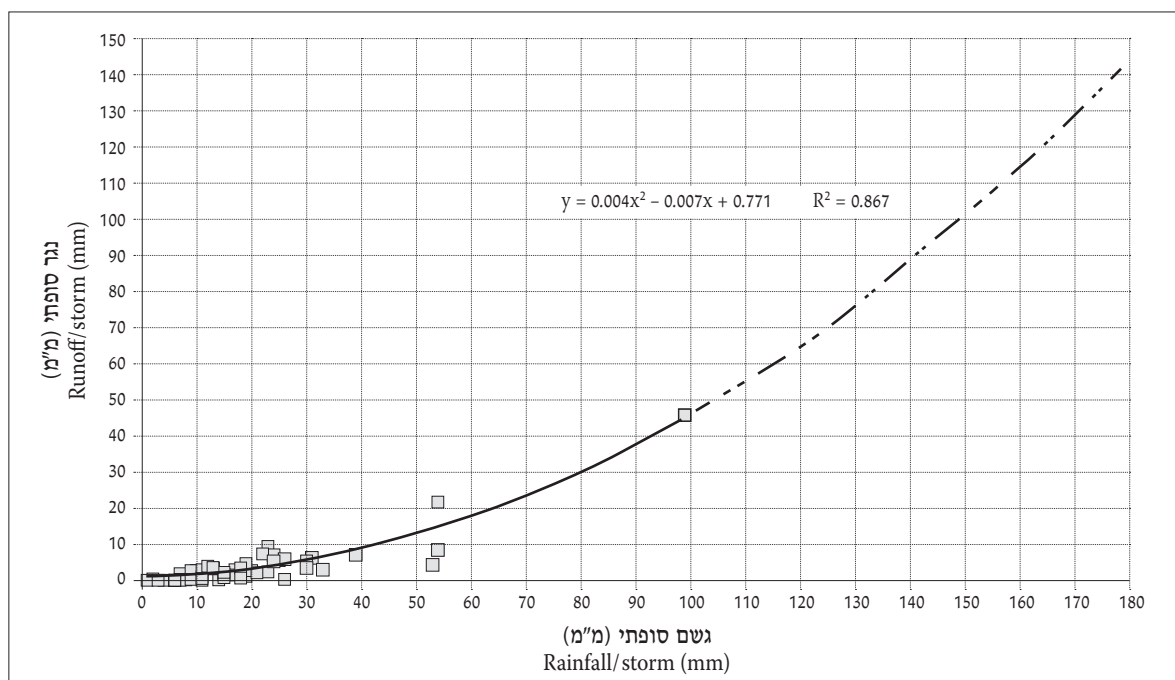
נגר סופתי

נבדק הקשר בין עובי הגשם הסופתי לבין עובי הנגר הסופתי בחלקות ההיקש. הקשר ביניהם (איור 1) מוגדר בתחום עובי גשם סופתי של עד 100 מ"מ, והוא מבוטא באמצעות נוסחאות אמפיריות. אפשר לראות כי מקדם המתאם הוא גבוה ($R^2=0.87$). הקו המרוסק באיור מתייחס לגשם סופתי, שעדיין לא נמדד ואשר הסבירות שלו נמוכה יותר. האקסטרפולציה הארוכה נובעת מהצורך לספק למתכנני השיחים אומדן נגר בהסתברויות נמוכות מאוד, על מנת לבנות שיחים שיהיו יציבים באירועי קיצון.

ניתן לראות, כי עד כמחצית מכמות הגשם זורם כנגר. כמו כן, פיזור עובי הנגר הסופתי עולה ככל שכמות הגשם הסופתי עולה. עלייה זו נובעת, ככל הנראה, מהשפעת עוצמות גשם שונות בסופות הגשם השונות.

השיטות העיקריות לקצירי הנגר שבהן משתמשים כיום בארץ כוללות: שיחים, לימנים, מערכות משולבות של שיחים ולימנים גם יחד וטרסות אבן משוקמות וחדשות. השיחים הם סוללות בנויות עפר הממוקמות בקווי גובה על גבי מדרונות האגנים. מי הנגר נאגרים במעלה הסוללות ומשמשים להשקיית עצים נטועים.

איור 1: הקשר שבין עובי הגשם הסופתי לעובי הנגר הסופתי בחלקות ההיקש
Fig. 1: Rainfall-runoff relationship per storm event in the control plots at Sayeret Shaked Park



לצורך חישוב כמויות מי הנגר, אשר ישמשו להשקיית העצים, אנו משתמשים ביחסי גשם-נגר שנתיים, ואילו לצורך תכנון המרחק שבין השיחים ונפחי המים המרביים, שאותם ניתן לקלוט בשיחים, מבלי לגרום לפריצתם, נעשה שימוש ביחסי גשם-נגר סופתיים.

הנגר השנתי

הקשר שבין גשם שנתי לנגר שנתי, כפי שנמצא (איור 3 במאמר 1 בגיליון זה), מאפשר להחיל את אומדן מי הנגר הנאגרים בשיחים לנגב המערבי כולו, בגלל המתאם הגבוה שהתקבל והעובדה שחלקות ההיקש בפארק סירת שקד (מאמר 1) מאפיינות שטחים רבים בנגב ואינן שונות מהותית מבחינת היווצרות הנגר ממקומות אחרים, שבהם יש רעייה וכמויות גשם ממוצעות שנתיות של 100-250 מ"מ לשנה.

לצורך אומדן כמויות הנגר באזורי גשם שונים ערכנו ניתוח סטטיסטי של עובי הגשם בתחנות שונות בנגב.

בטבלה 1 ניתן לראות:

1. עובי הגשם השנתי בתחנות שונות בנגב בהסתברויות גבוהות, לפי הניתוח הסטטיסטי של סדרות כמויות הגשם השנתי בתקופת תצפיות של כ-50 שנה.
2. עובי הנגר השנתי המחושב בהסתברויות גבוהות באותם האזורים בנגב.

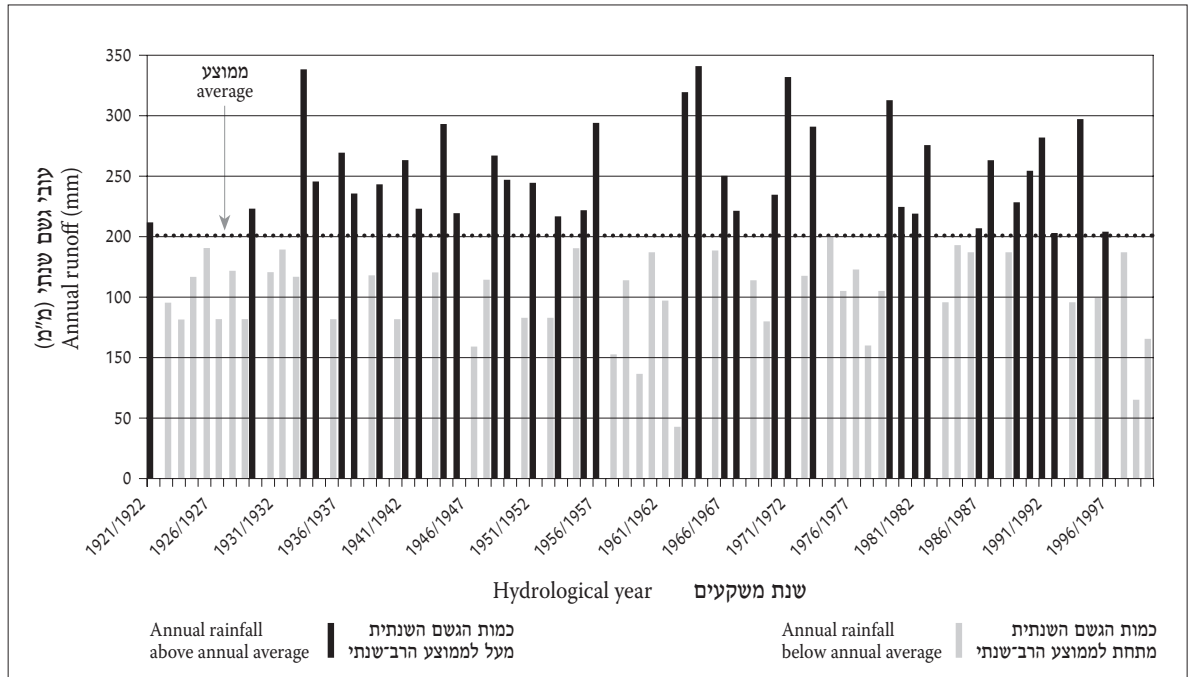
בטבלה 2 מוצגות התוצאות של חישוב הנגר הסופתי בהסתברויות הנמוכות בלבד, כיוון שתכנון מניעת כשל ופריצת

אומדן כמויות הנגר השנתי והסופתי בהסתברויות שונות לצורך תכנון יציבות השיחים ותוספת מים לעצים
 בתכנון קצירי נגר מתעוררת השאלה כיצד לקבוע את המרחק שבין השיחים, כך שמצד אחד תצטבר כמות מי נגר גדולה דיה להשקיית העצים ומצד שני, הכמות לא תהיה גדולה עד כדי הרס השיחים, כתוצאה מעודפי נגר בסופות קיצוניות.

טבלה 1: עובי הגשם השנתי ועובי הנגר השנתי בהסתברויות שונות בתחנות נבחרות בנגב
Table 1: Annual rainfall and runoff at different probabilities at selected stations in the Negev region

תחנת גשם	עובי נגר שנתי בהסתברויות שונות (מ"מ)			עובי גשם שנתי בהסתברויות שונות (מ"מ)		
	50%	75%	95%	50%	75%	95%
להב	95	37	13	278	212	135
שובל	75	29	9	262	194	110
יתיר	68	36	19	255	210	163
גילת	45	21	7	226	171	96
אורים	35	16	6	208	151	81
באר שבע	29	16	7	195	151	92
ערד	11	6	3	125	88	40
רביבים	8	5	3	103	75	39
משאבי שדה	8	5	3	100	70	34
שדה בוקר	7	5	3	90	64	35

איור 2: עובי הגשם השנתי בתחנת באר שבע
Fig. 2: Annual rainfall at Beer-Sheva station



עד ל-100 מ"מ (רביבים, ניצנה, טללים), כמות הגשם השנתית היא לעתים 20 מ"מ בלבד. בשנים אלו סביר שלא ייווצר נגר על המדרון ולא תהיה תוספת מי נגר להשקיית העצים. משום כך, באזורים אלו הנטיעות מתבססות על מי הנגר בלימנים באפיקים או תוך שיקום חוות חקלאיות עתיקות משוקמות ולא בשיחים במדרונות. באזורים אלו יש גם צורך להתאים את מיני העצים לתנאים קשים יותר.

סוללות השיחים במורד המדרון (אפקט הדומינו) חשוב בעיקר באירועי גשם קיצוני. כלומר, חישוב מהי הכמות המרבית של מי הנגר אשר ייקלטו בשיחים באירועים קיצוניים, שהופעתם לפחות פעם אחת ב-20, 50 ו-100 שנה בממוצע, בתקופה ארוכת שנים (5%, 2%, 1% בהתאמה).

מובן שאחד המדדים החשובים בהיווצרות נגר הוא עוצמות גשם, או לפחות עובי הגשם היומי, אך מהיעדר תקופת תצפיות מסודרת וארוכה של עוצמות גשם ועובי יומי בפארק סירת שקד, אנו מתייחסים לעובי הגשם הסופתי בלבד.

טבלה 2: עובי הגשם הסופתי ועובי הנגר הסופתי בהסתברויות נמוכות בתחנות נבחרות בנגב

Table 2: Low probability rainfall and runoff at selected stations in the Negev region

נגר סופתי מחושב (בהסתברויות שונות מ"מ)			עובי גשם סופתי (בהסתברויות שונות מ"מ)			תחנת גשם
5%	2%	1%	5%	2%	1%	
75	111	144	142	176	203	להב
69	101	129	136	167	191	אורים
67	101	133	133	167	194	יתיר
66	101	134	132	167	195	גילת
65	88	107	131	155	173	שוכל
39	53	65	98	117	131	באר שבע
25	34	42	76	91	103	ערד
20	28	37	66	82	95	שדה בוקר
18	26	32	63	77	88	משאבי שדה
17	24	30	61	74	85	רביבים

דיון

כמויות הנגר

באיור 2 מוצגת כמות הגשם השנתית בתחנת באר שבע, שהיא בעלת תקופת התצפיות הארוכה ביותר בנגב, החל ב-1921.

ניתן לראות את השונות הבינ-שנתית הגבוהה וכן את רצפי השנים שבהן היתה בצורת. כמות הגשם השנתית המזערית בבאר שבע היתה כ-40 מ"מ והכמות השנתית המרבית הגיעה ל-340 מ"מ.

מאיור 2 ועל פי הקשר גשם שנתי-נגר שנתי, שהוצג במאמר 1, נראה כי מתוך 78 שנות תצפיות גשם, קיים סיכוי סביר להיווצרות נגר לתוספת מים במדרונות בכל שנה, למעט בשנה שבה כמות הגשם השנתית היתה 40 מ"מ.

הממוצע הרב-שנתי בתחנת באר שבע עומד על כ-200 מ"מ. יש לזכור, כי באזורים שבהם ממוצע עובי הגשם הרב-שנתי יורד

- מערכות קצירי נגר באזורים שונים של מרחב הנגב:
 א. עובי הנגר השנתי בהסתברויות גבוהות לתוספת מי נגר להשקיית העצים;
 ב. עובי הנגר הסופתי בהסתברויות נמוכות לתכנון יציבות מערכות השיחים.
 3. חשוב להמשיך ולמדוד יחסי נגר-גשם ממדרונות על מנת לבסס היטב את הממצאים החשובים.

הבעת תודה

עבודה זו התאפשרה במימון מענק מיוחד של קק"ל. תודה לצופי הגשם והזרימות מרט"ג המדווחים על אשר קורה בעומק השטח: יורם, חנן, בן ואסף; תודה לצוות המסור בשירות המטאורולוגי אשר מסייע רבות באיסוף נתוני הגשם; תודה לדני מחוות הניסיונות בגילת, שאסף את נתוני הגשם והנגר מהחלקות במשך שנים אחדות.

מקורות

- גטקר, מ', ארבל, ש', מולכו, ר', משה, י', שריקי, מ', בן-דרור, א' (2008). יחסי גשם-נגר ממדרונות באזור צחיח: 1. בחינת שיטות להגדלת יכול הנגר השנתי. יער 10, 17-20.
 Evenari, M., Shanan, L. & Tadmor, N. (1971). *The Negev: The challenge of a desert*. Harvard University Press, Cambridge, Ma, U.S.A.

לצורך המחשת כמויות מי הנגר שניתן לאגור בשיחים נשתמש בדוגמה מפארק סירת שקד: בטבלה 2 שבמאמר 1, אפשר לראות, כי בחלקות ההיקש (השטח המדרוני התורם מים לשיח) עובי הנגר המזערי היה 3.5 מ"מ, המרבי הוא 75.7 מ"מ ובממוצע 25.9 מ"מ בתקופת התצפיות. המרחק שבין השיחים הוא 15 מטר, המרווח בין העצים לאורך השיח הוא 6 מטר וגובה השיחים כ-0.7 מטר. מכאן, שלכל עץ יש שטח תורם נגר של 90 מ"ר. במקרה זה, כמויות מי הנגר הזמינים להשקיה לעצים בתקופת המדידות היו בין 0.3 מ"ק ועד 6.8 מ"ק ובממוצע 2.3 מ"ק לעץ בשנה.

בנטיעות עצים בשיטת קצירי נגר באמצעות שיחים משתנים המרחק בין השיחים (8-20 מטר), גובהם (0.3-1 מטר) ומרחקי הנטיעה (6-8 מטר) בהתאם לממוצע עובי הגשם השנתי ושיפועי המדרונות. חשוב לציין, כי תקופת המדידות שעליה אנו מבססים את ממצאינו כוללת שנים שחונות וגם גשומות מאוד ומייצגת היטב את התנודות האקלימיות של עובי הגשם בנגב.

סיכום ומסקנות

1. לנטיעות עצים בשיטות קציר נגר יש יתרון גדול על פני נטיעות רגילות באספקת מי נגר מגשם כתוספת השקיה לעצים.
2. המחקר המוצג כאן נותן בידי היערנים ואנשי שימור הקרקע בקק"ל כלים לחישוב כמויות מי הנגר לצורכי תכנון