



תמותת עצים ביער יתיר- תיאור מקרה בוחן מבצורות קודמות ומבט צופה פני עתיד

יקיר פרייזלר | מעבדת היער העירוני
המרכז לחקר ערים ירוקות, המכון למדעי הצמח, מכון וולקני

פלאשבקים מהעבר יתיר 2007-2019



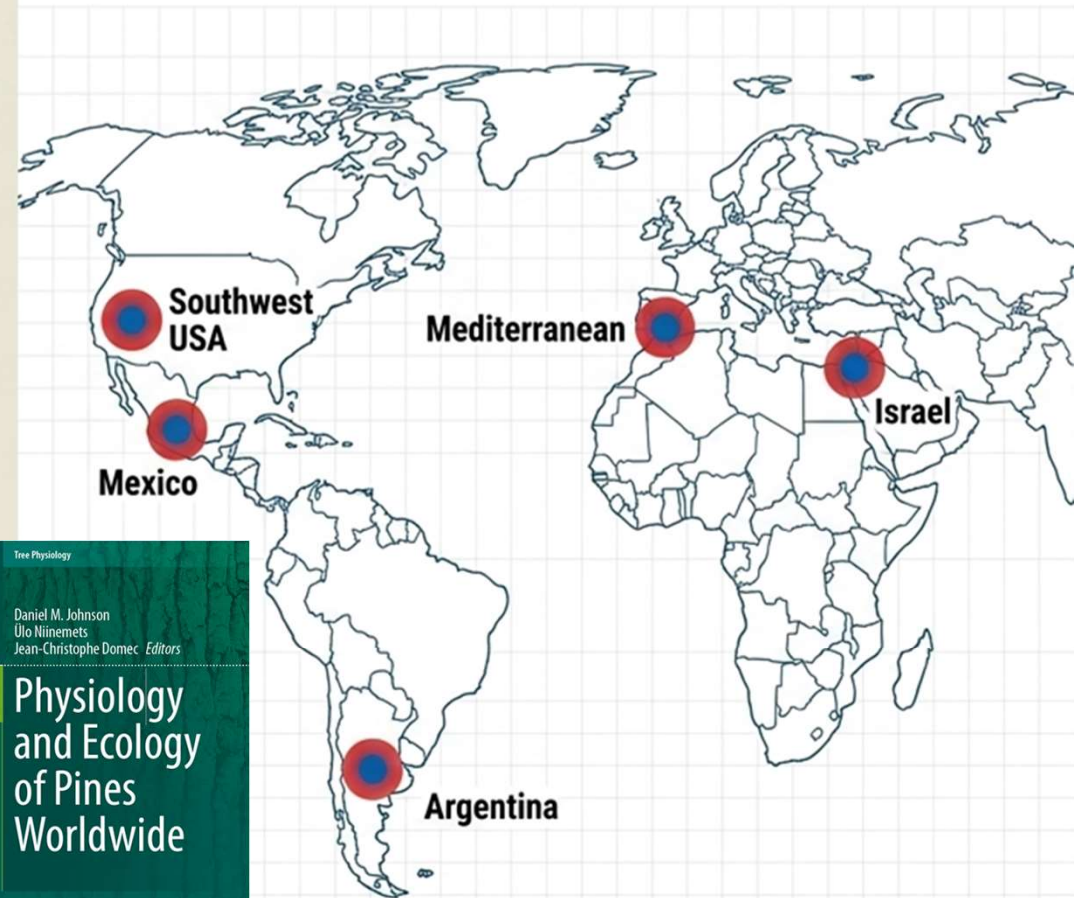
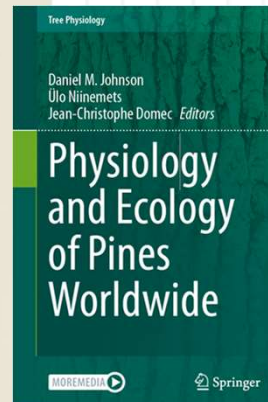
אנחנו לא לבד... יש עליה משמעותית בדיווחים על תמותת עצי אורן בכל העולם

Number of Species per Genus in Global Tree Mortality Database



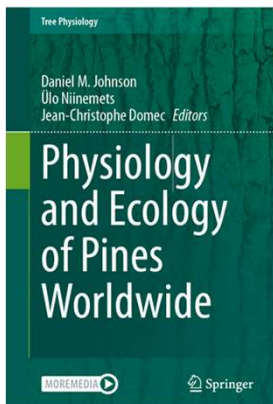
מתוך 157 מיני עצים החווים תמותה עולמית
מהירה עקב שינויי אקלים, 26 משתייכים
לסוג אורן (Pinus) – הסוג הפגיע ביותר.

הגורם המרכזי: בצורות חמות (Hotter droughts)

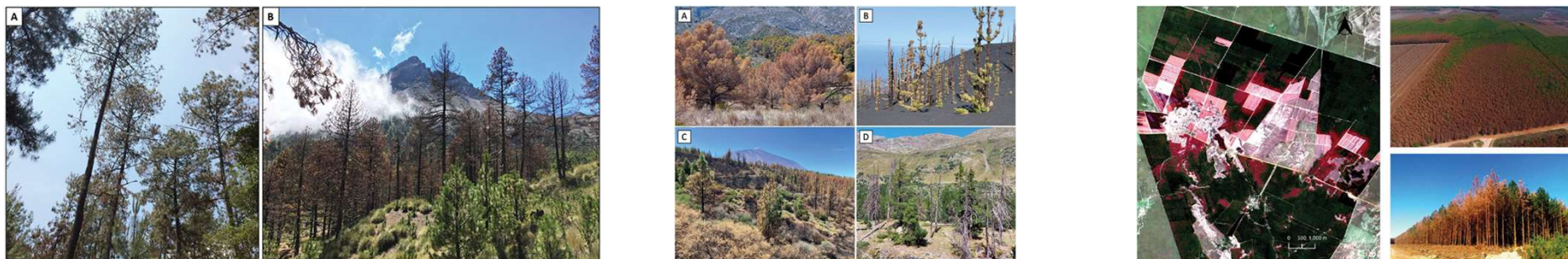
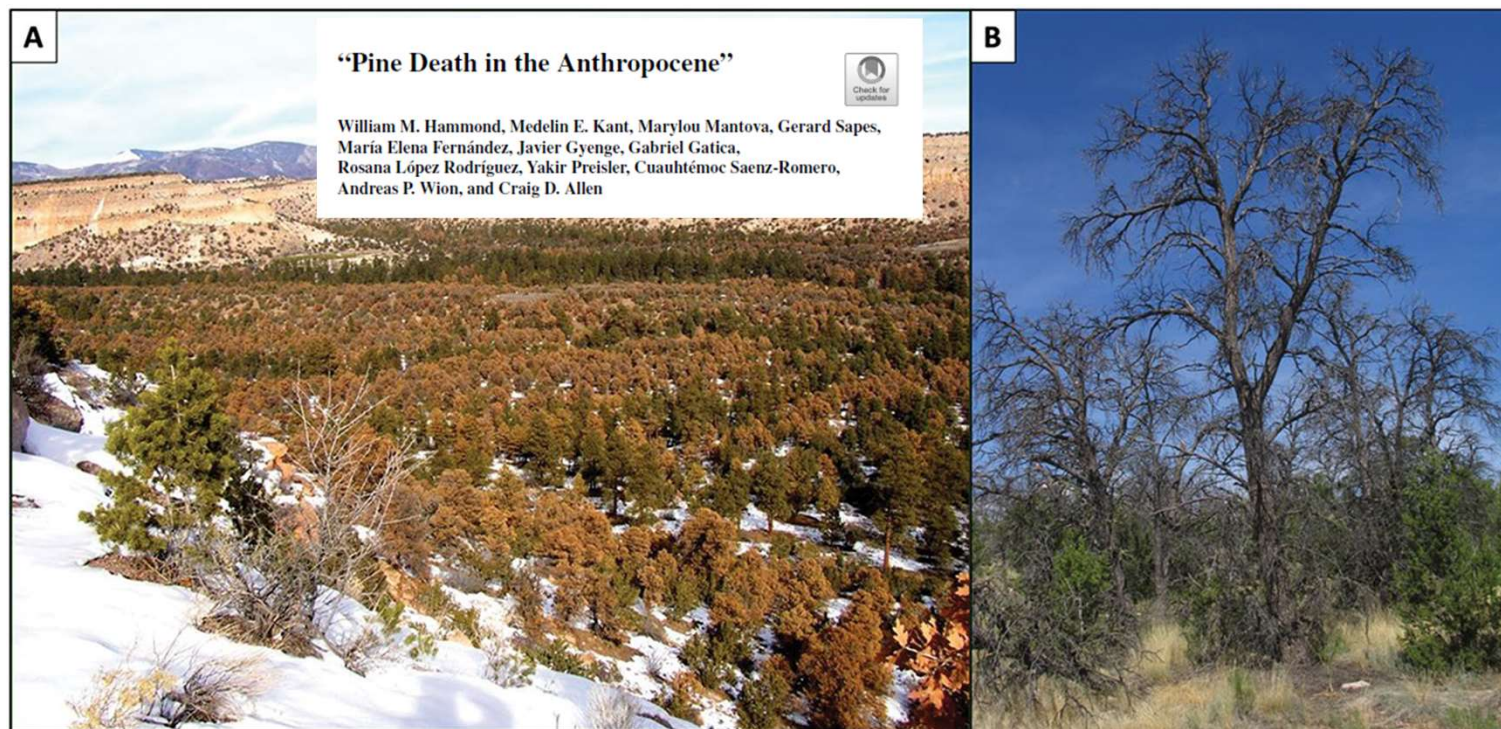


Hammond et al. 2026

אנחנו לא לבד... יש עליה משמעותית בדיווחים על תמותת עצי אורן בכל העולם



הפרק על תמותת
האורנים - עמ' 317



אירוע התמותה ביער יתיר ב2010

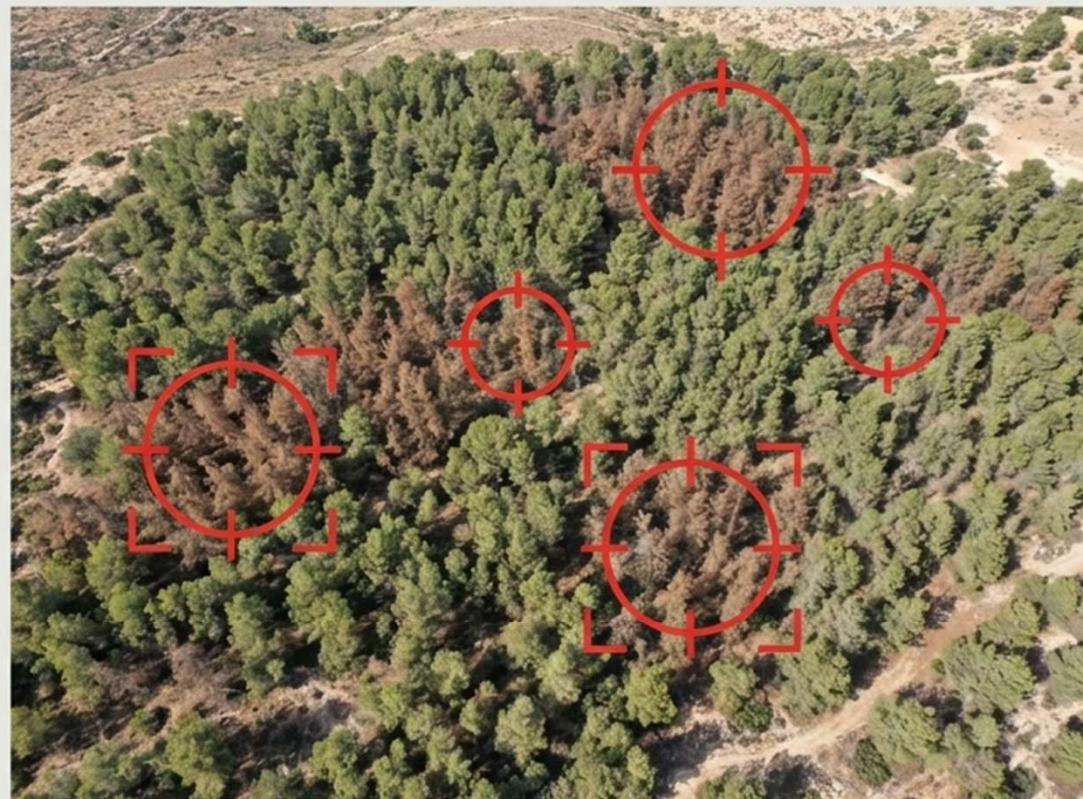
הטריגר: שנות בצורת רצופות וקיצוניות
2008-2009 עם 350 ימים רצופים ללא
גשם



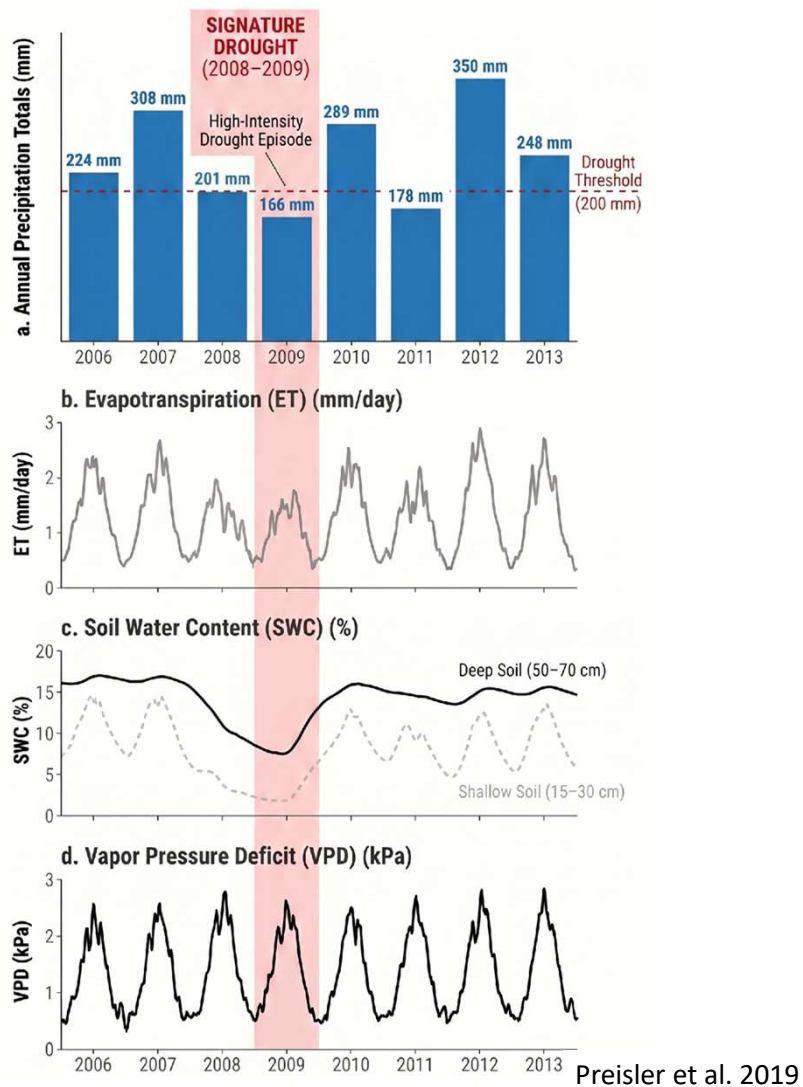
הנזק: תמותה של כ 50,000 עצים
שהתבטאה בכתמיות מובחנת במהלך
קיץ 2010



מחקר: שילוב צוותים של מיפוי ומדידות
מרחביות, ניתוח צילומי אוויר, איפיון גנטי של
העצים ושילוב של מדידות פיזיולוגיות,
קרקע, שורשים ודנדרוכרונולוגיה (טבעות
עצים)



התנאים האקלימיים שקדמו לתמותה



ככה נראה יער בתמותה. מבאס מאוד



מאמץ מחקרי רב
תחומי

מדוע עצים מסוימים שרדו ואחרים לא?

חלקה מתה (Dead Plot)



חלקה חיה (Live Plot)



גיל העצים: זהה

שווה



גיל העצים: זהה



צפיפות העומד (Stand density): זהה

שווה



צפיפות העומד (Stand density): זהה



טופוגרפיה: זהה

שווה



טופוגרפיה: זהה



סוג קרקע כללי: זהה

שווה



סוג קרקע כללי: זהה

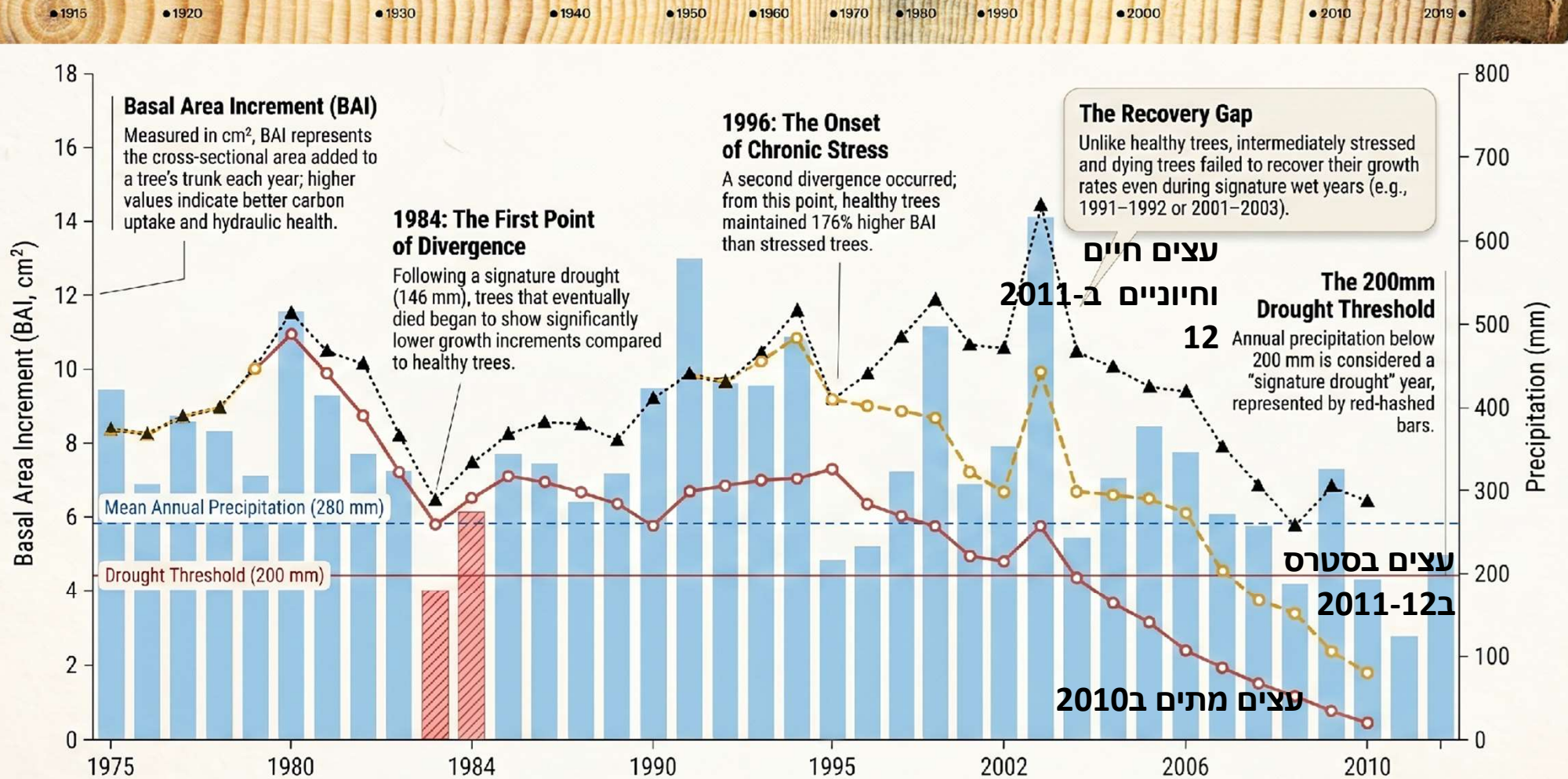


לא נמצא קשר גם במחקר של
הסמנים הגנטיים. נבחנו 12
מיקרוסטליטים - אך לא נראה קשר
בין ההרכב הגנטי לתמותה

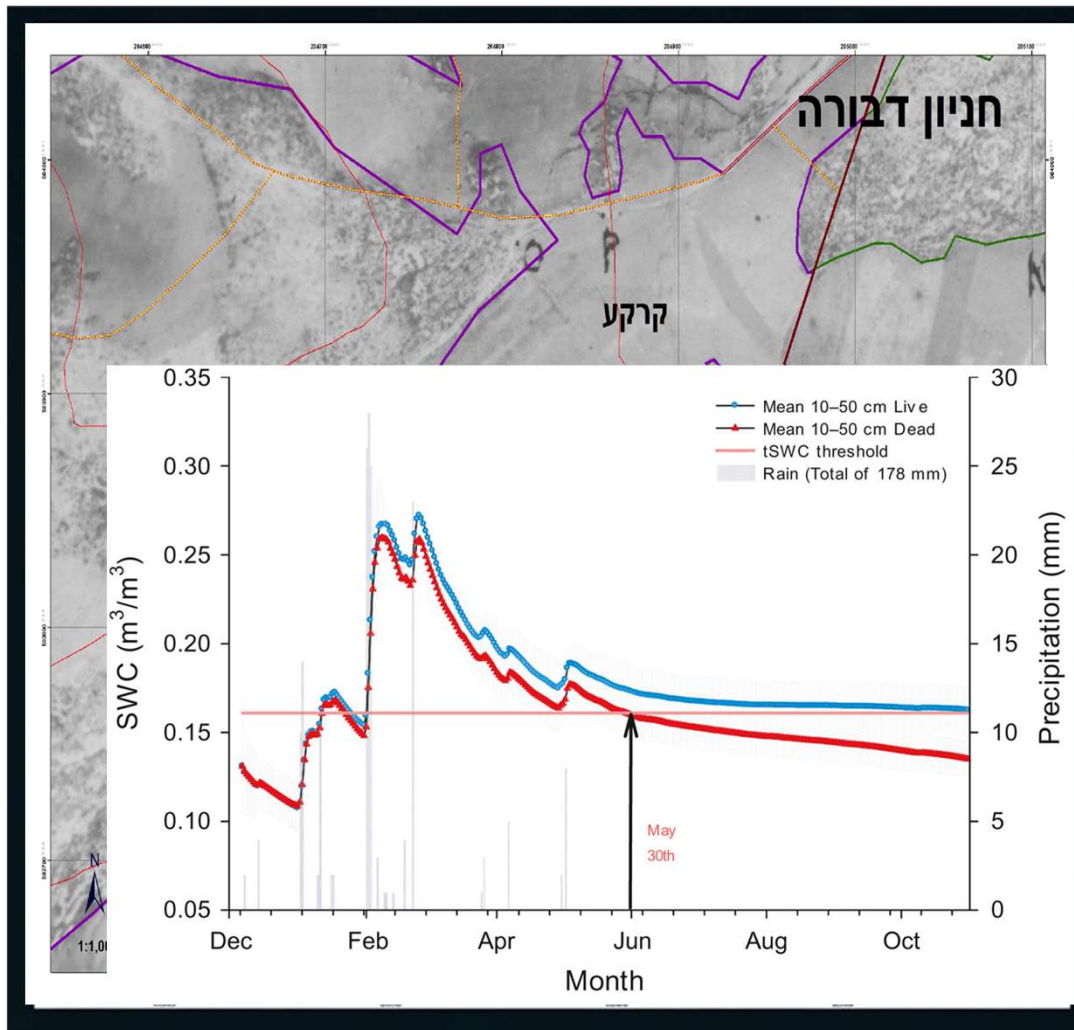
התשובה לא נמצאה במאפייני היער הנראים
לעין, אלא מתחת לפני הקרקע.



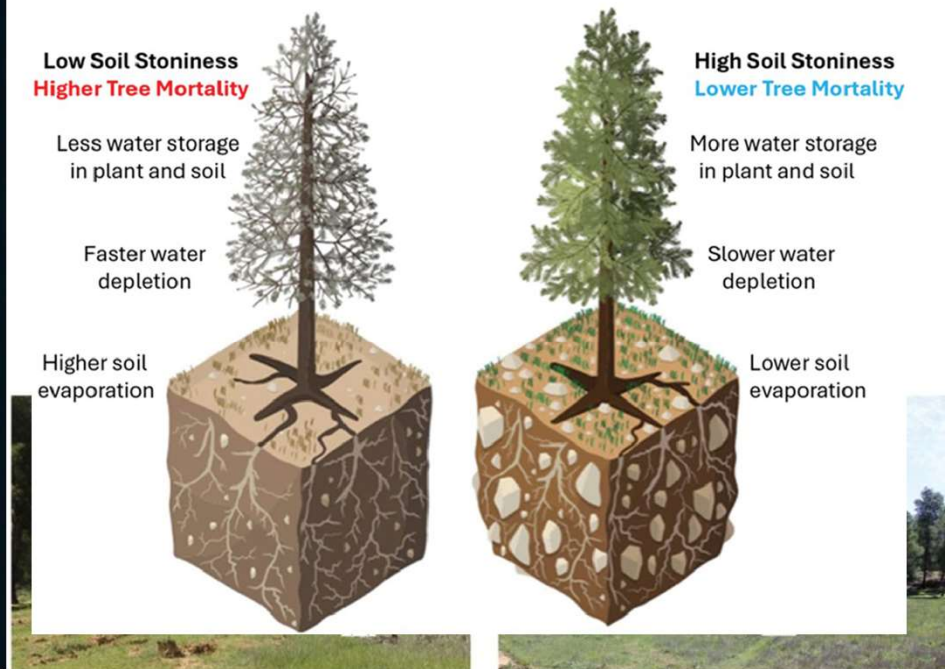
סימנים מוקדמים לתמותה - ניתוח טבעות גדילה שנתיות



האם לבד מהחקוקה נתאן מכלקחת תשרקת וטא שטמטעטע?

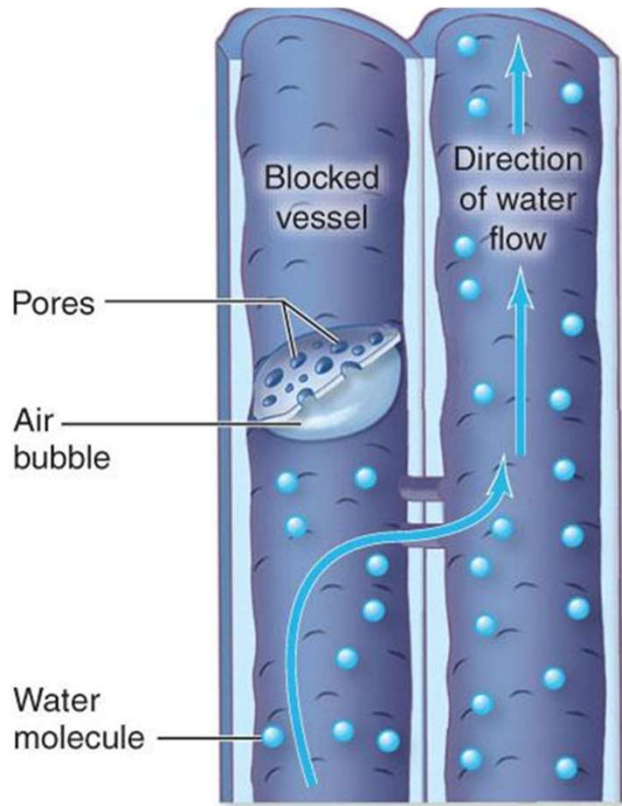


צילומי אוויר מ-1945
שמואל ספרינצין גיל סיאקי ואיציק משה



איך עצים מתים? או מה קורה כשנגמרים המים?

אמבוליזם - כניסת אוויר לצינורות העצה



- חסימת צינורות העצה מתרחשת לרוב עקב כניסת אוויר, תופעה הנקראת קוויטציה -המובילה לחסימה-אמבוליזם ועצירת זרימת המים
- קוויטציה מתרחשת בעיקר בעקבות עקת יובש ממושכת.
- הצטברות של תופעת אמבוליזם בעצה היא ככל הנראה הגורם לתמותת עצי יער ברחבי העולם

איך עצים נמנעים מאובדן מים בתנאי יובש קיצוניים ?

Tree Physiology 42, 771–783
<https://doi.org/10.1093/treephys/tpab144>

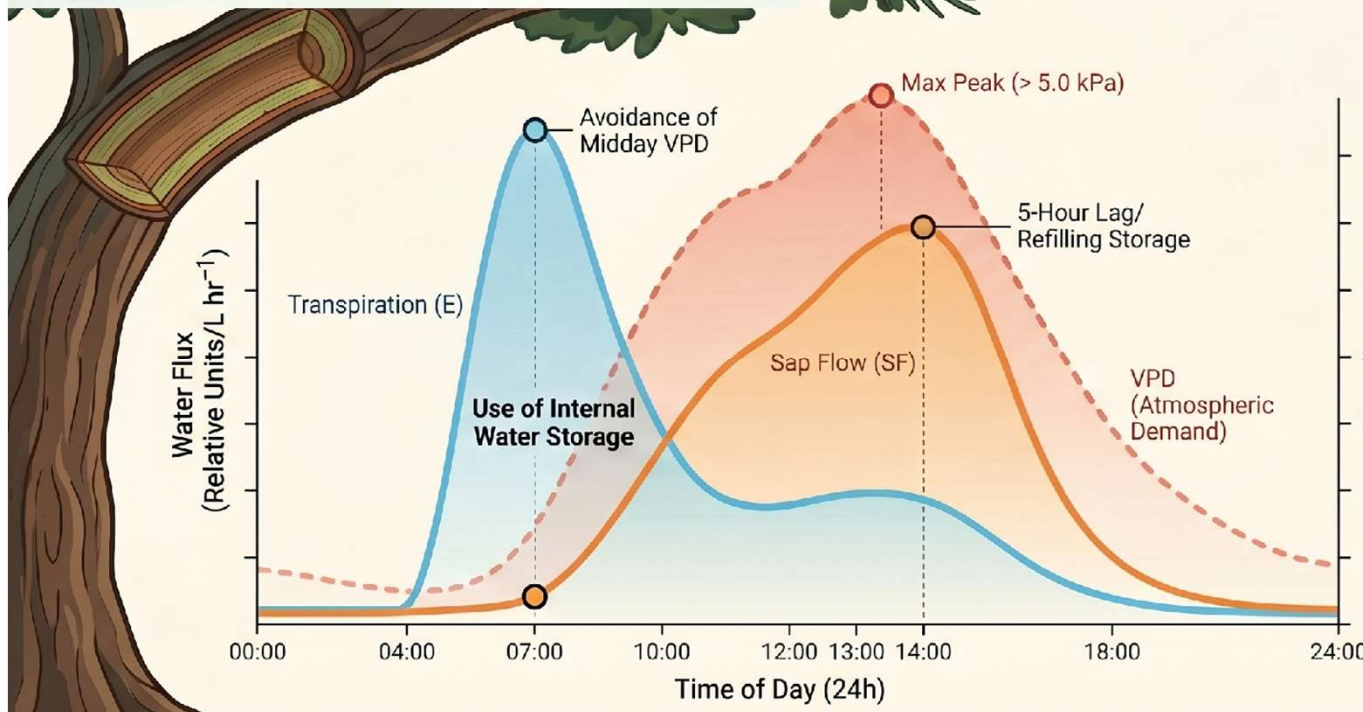
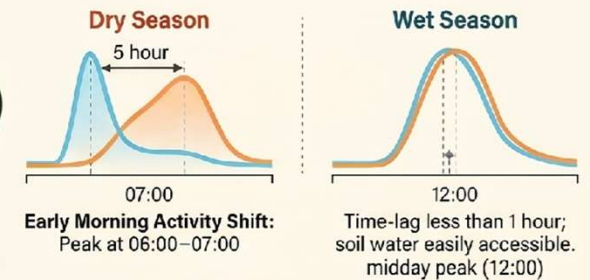
Research paper

The importance of tree internal water storage under drought conditions

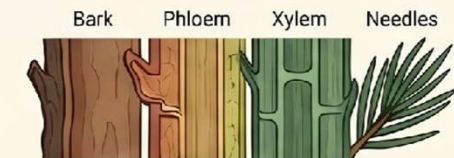
Yakir Preisler^{1,2,5}, Teemu Hölttä^{3,5}, José M. Grünzweig², Itay Oz^{1,2}, Fedor Tatarinov¹, Nadine K. Ruehr⁴, Eyal Rotenberg¹ and Dan Yakir¹



Seasonal Adaptation



The Role of Internal Storage



בעונה היבשה והחמה עצי האורן ביער יתיר הסיטו את שעות הפעילות שלהם לשעות הבוקר המוקדמות להמנע מאמבוליזם תוך שימוש באוגר מים המצוי בענפים ובשורשים, עד להגעת

אבל עצים עדיין מתים, איך ניתן לזהות את זה בזמן?

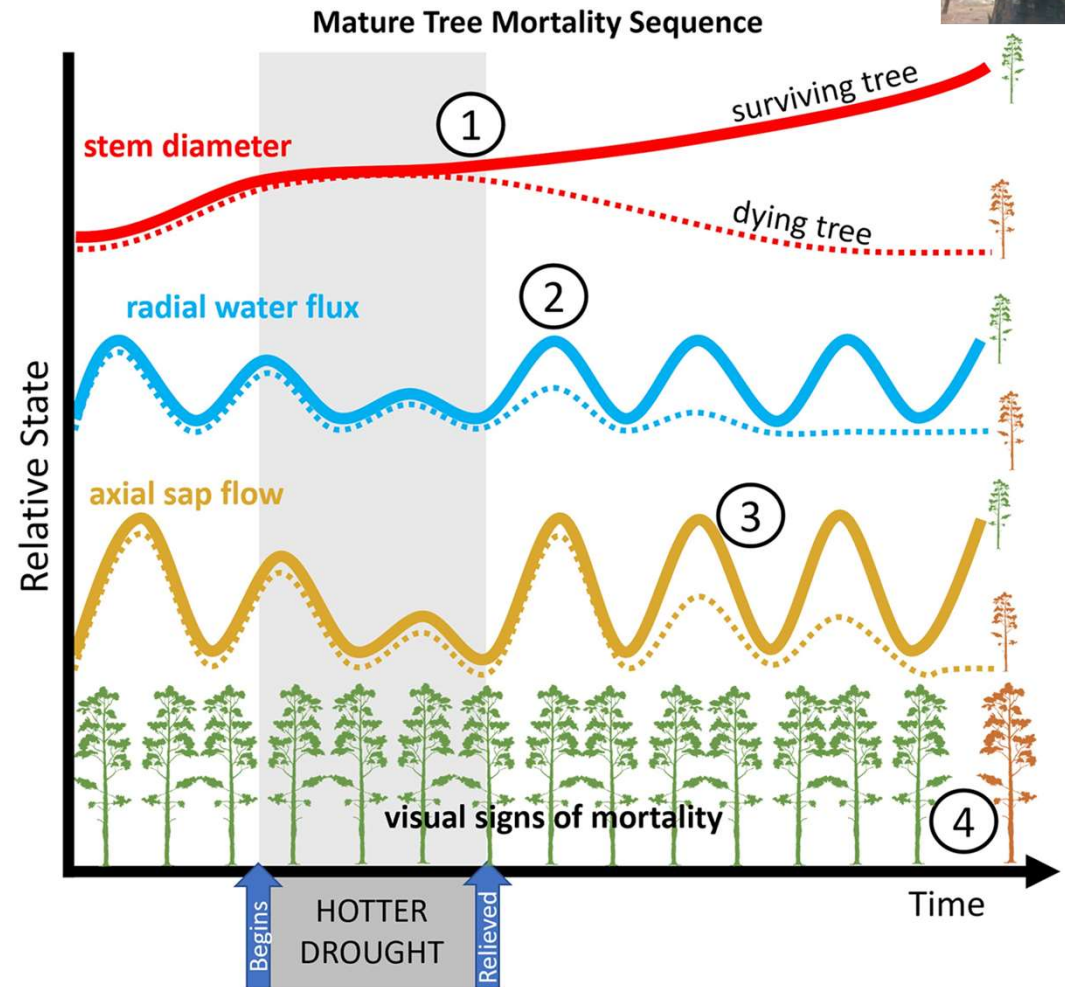
ב-9 חודשים לפני הסימנים הויזואליים של התמונה ניתן היה לראות זאת באנומליה **בקצב הצימוח** בחישיני **הדנדרומטרים**

ב-6 חודשים לפני התמונה הויזואלית, פסקה **תנועת המים** הרדיאלית שנמדדה על ידי **הדנדרומטרים** - נק' האל חזור

ב-4-5 חודשים לפני התמונה ניתן היה לראות את זה בחישיני **הסאפ פלואו** (אחרי נקודת האל חזור)

שימוש באמצעי ניטור פשוטים יחסית - יכול להקל על עולות ממשקיות ולהפחית את אחוזי התמונה

-
-
-
-



Received: 11 September 2020 | Revised: 3 November 2020 | Accepted: 8 November 2020
DOI: 10.1111/pce.13942

ORIGINAL ARTICLE

WILEY

Seeking the “point of no return” in the sequence of events leading to mortality of mature trees

Yakir Preisler^{1,2} | Fedor Tatarinov¹ | José M. Grünzweig² | Dan Yakir¹

Preisler et al. 2021
Hammond et al. 2021

אז מה הלאה?



שימוש במודל אקוסיסטמי לחזות את גורל יערות ישראל

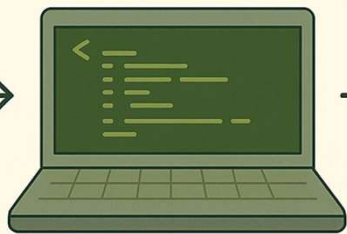
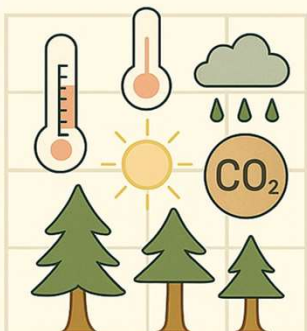


ED2- Ecosystem Model

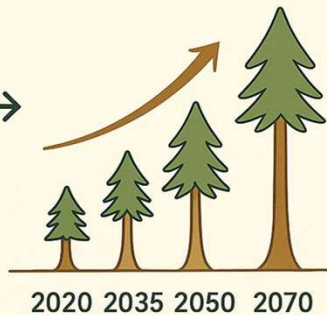
Adapted to dryland ecosystems by Dr Katja Irob

HOW ECOLOGICAL SIMULATION MODELS WORK

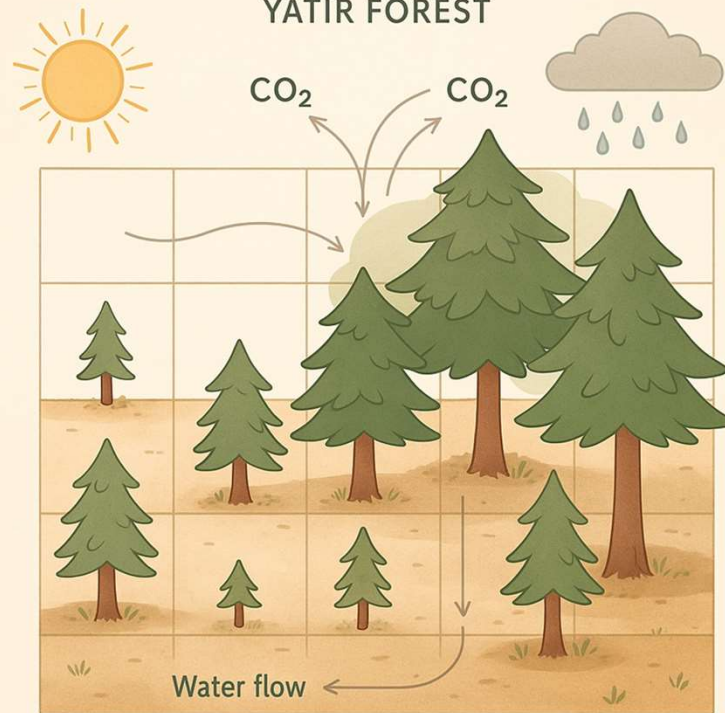
INPUT DATA



PREDICTIONS



ECOSYSTEM DEMOGRAPHY MODEL YATIR FOREST

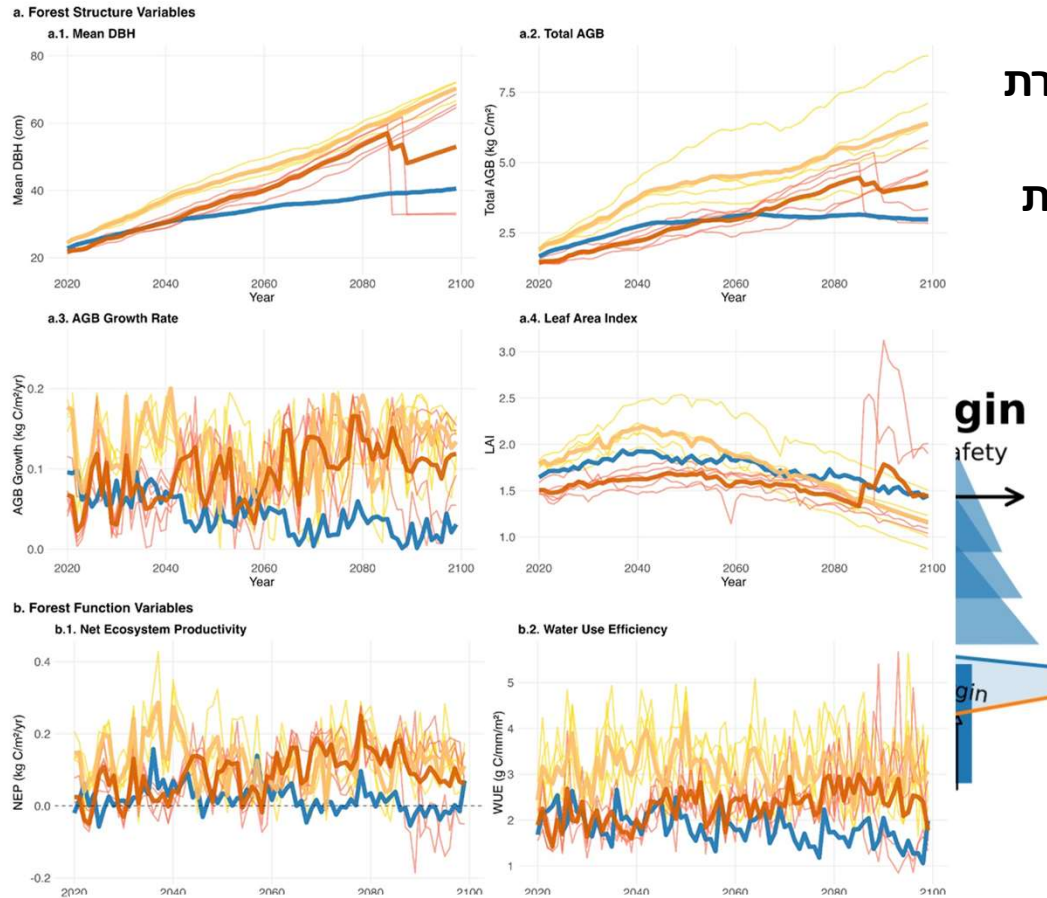


המשך צימוח בשילוב הגדלת הרגישות לאירועי קיצון

- פחות עצים, אבל גדולים יותר ורגישים יותר לאירועי בצורת

- אין התחדשות ויש תמותה -הרכב היער משתנה דרמטית

Yatir persists structurally longer than it persists functionally

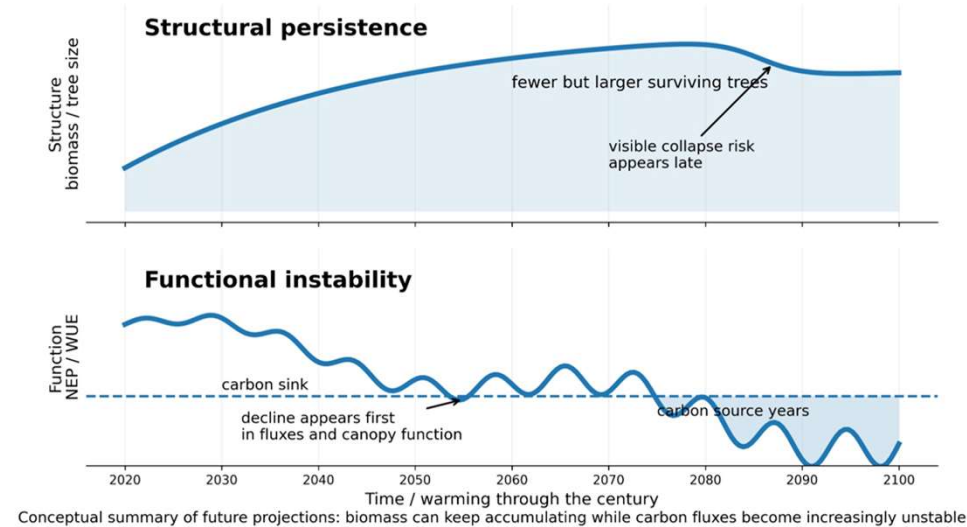


young / smaller
more buffer

larger trees
higher demand

warming + VPD
less buffer

threshold risk
sudden mortality



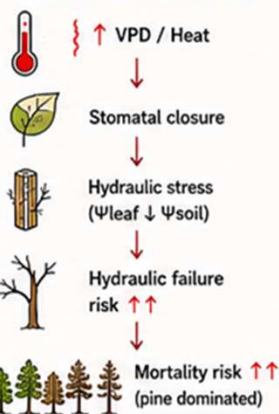
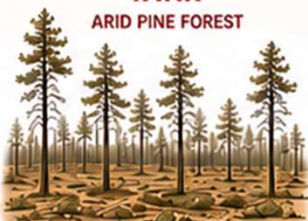


בצורת דומה מובילה לתגובה שונה כתלות בהרכב המינים ביער

1. WARMING (ATMOSPHERIC DROUGHT)

YATIR

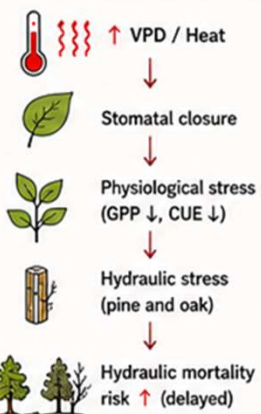
ARID PINE FOREST



NEP declines strongly and early

HAKDOSHIM

MEDITERRANEAN PINE-OAK FOREST

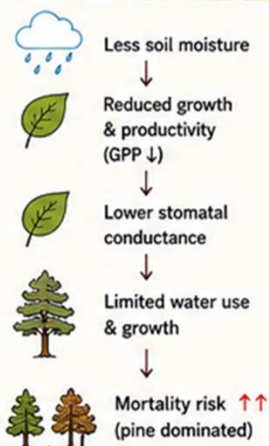
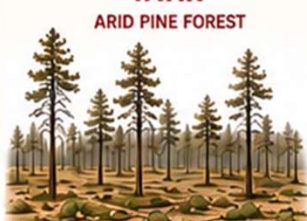


NEP can remain stable initially, but becomes unstable over time

2. RAINFALL REDUCTION (SOIL MOISTURE DROUGHT)

YATIR

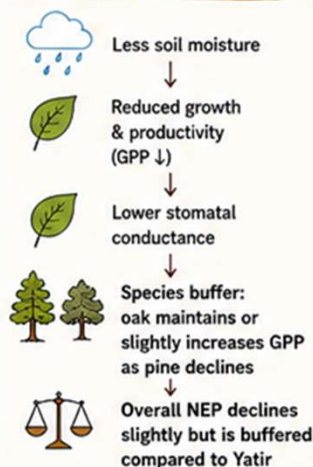
ARID PINE FOREST



NEP declines moderately (less than warming)

HAKDOSHIM

MEDITERRANEAN PINE-OAK FOREST



NEP declines slightly but buffered by oak compensation

- התחממות עתידית תגרום לירידה

משמעותית בתפקוד (NEP) של יער יתיר

ואף לתמותה כתוצאה מכשל הידראולי

ולירידה מתונה יותר ביער הקדושים

- ירידה במשקעים תוביל לירידה חדה

בתיפקודיות של יער יתיר אך לא תפגע

ביער הקדושים שאף ידע להתמודד עם

קושי זה

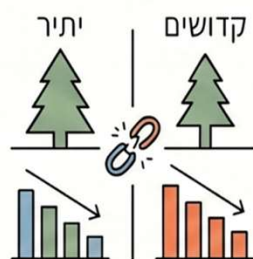
- יער הטרוגני מהווה יער עמיד יותר לאקלים

עתיד ומשפר את החוסן הפיזיולוגי של כלל

היער

לסיכום – שרידות האורן תלויה במגוון משתנים

5



**ירידה בתפקוד
ובשרידות ביערות
העמיד.**

הפגיעה ביערות העמיד
צפויה להיות משמעותית,
אך שונה באופייה ביערות
הדרום והמרכז

4



**ניתן לזהות סימנים
מקדימים לעקה על
ידי ניטור ממוקד
וממושך.**

ניטור ממושך ואיכותי יכול
להוביל לזיהוי מוקדם של
עקה ולאפשר טיפול
מתוכנן בחלקות
המוחלשות והצלת העצים
הנותרים

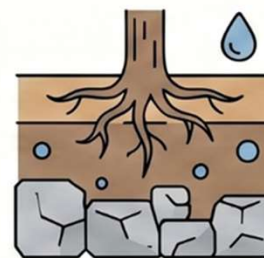
3



**לעצי אורן יש יכולת
הימנעות ממצבי יובש
קיצוניים על ידי שימוש
באוגר מים פנימי –
אך לא לעולם חוסן.**

שימוש באוגר המים
הפנימי המצוי במחטים
ובענפים מסייע ומאפשר
תיפקוד זמני והימנעות
מנזק הידראולי - אך עקה
ממושכת, תוביל בסופו של
דבר לתמותה

2



**תנאי בית הגידול
משפיעים על
זמינות המים.**

אחוז האבניות והכיסוי
הסלעי מהווים פקטור
משמעותי ביכולת ניצול
המים של עצי האורן בתנאי
יובש ממושכים

1



**תמותת אורנים הינה
תופעה נרחבת בעולם,
בעיקר כתוצאה
מבצורות חמות
במיוחד.**

תופעה גלובלית המושפעת
מעליית הטמפרטורות
ועלייה בתכיפות וחומרת
הבצורות

לסיכום -למעשה

ההבנה המעמיקה של גבולות היכולת של עצי האורן היא המפתח לניהול יערות חסינים ועמידים לאקלים עתידי



ברמת האסטרטגיה המרחבית

עיצוב נוף היער בצורה הטרוגנית ומודולרית
אשר תסייע בהגברת התיפקודיות
האקופיזיולוגיות של היער. הגברת יתירות
תפקודית (redundancy) לצורך ויסות
התפשטות אירועי קיצון ויצירת רצף
פיזיולוגי עמיד ובעל כושר התאוששות



ברמת הניטור והאזהרה

מעקב רציף אחר מצב בריאות
העומד, באמצעות חיישנים צמחיים
על מדגם מייצג של עצים ואמצעי
חישה מרחוק לזיהוי סימנים
מוקדמים של עקה והתערבות
מוקדמת ומותאמת



ברמת המיקרו-סביבה

התחשבות בתנאי הקרקע (קרקע/סלע
בעיקר) ובהתאמת המינים לשטח
הנטיעה בעת תכנון נטיעות עתידיות
שילוב של מינים עם קצב התפתחות
שונה ועומק שורשים שונה יגביר את
סיכויי ההישרדות של העומד



עצים על גבול המדבר

אורן ירושלים ביער יתיר שורד בתנאי סף
פיזיולוגיים עם פחות מ-300 מ"מ גשם
בשנה.

התאמה פנולוגית עונתית

העצים מעתיקים את שיא פעילותם
לתורף ולאביב כדי לשרוד את הקיץ
הארוך והיבש.



ניהול וממשק יערני

דילול צפיפות העצים ובחירת מיקרו-אתרים
בעלי כיסוי סלעי משפרים את זמינות המים
לשרידות העצים.

מורשת של חוסן: הבטחת המאה הבאה של יערות ישראל



שאלות?

הצלחת הייעור באיזורים צחיחים היא מודל עולמי. חשוב לפתח יער בו העצים מתפקדים ולא רק שורדים

מיקוד בנטיעה ממשקית המבוססת חוסן תיפקודי במקום בנטיעה מבנית - כמותית עשויה לעזור להבטיח שהיערות שנשתלו וטופחו ישרדו את שינויי האקלים וימשיכו לתפקד ולשגשג